

THE KOREAN SOCIETY OF CLEAN TECHNOLOGY

2019 한국청정기술학회

추계총회 및 학술발표회 자료집

THE KOREAN SOCIETY OF CLEAN TECHNOLOGY

2019 한국청정기술학회

추계총회 및 학술발표회 자료집

일 시 2019. 9. 25 수 ~ 27 금

장 소 대전 인터시티 호텔



한국청정기술학회
The Korean Society of Clean Technology

국가의 미래를 위해 나아갈 길, 청정기술

(사)한국청정기술학회

문서번호 청정기술 2019-43 (2019.05.29)

수신 청정기술 전문가 및 소속기관

제목 한국청정기술학회 회원출장 의뢰

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 한국청정기술학회 2019년도 추계 총회 및 학술대회를 아래와 같이 개최하오니 貴기관의 소속 전문가가 참가할 수 있도록 협조해 주시기 바랍니다.

가. 제목 : 한국청정기술학회 2019년도 추계 총회 및 학술대회

나. 일시 : 2019년 9월 25일(수) ~ 27일(금)

다. 장소 : 대전 인터시티 호텔 (대전광역시 유성구 온천로 92)

라. 등록비 (반기 연회비 포함)

사전등록 정회원 130,000원, 학생회원 70,000원

현장등록 정회원 150,000원, 학생회원 90,000원

*사전등록 : 2019년 8월 23일(금) 까지.

-끝

(사)한국청정기술학회장



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

사무국 051-629-7939 / 팩스 051-629-6429 / cleantechnol@pukyong.ac.kr / cleantechnol.or.kr

추계총회 및 학술발표회 자료집

인사말



안녕하십니까? 존경하는 한국청정기술학회 회원 여러분

깊어가는 이 가을에 학회 회원님을 위시한 청정기술 연구자 여러분들께 풍요로운 결실이 있기를 기원합니다.

우리 학회는 1995년 창립 이래 24년을 지나오는 동안, 청정기술에 대한 연구와 보급 사업을 진행하여 왔습니다. 청정기술은 21세기의 주요 패러다임중 하나로써 우리의 모든 영역으로 그 영향력을 키우고 있습니다. 대체에너지, 친환경소재 및 제조기술, 오염저감기술, 미세먼지, 온실가스 및 미세 플라스틱 등 그 연구 영역은 날로 넓어지고 있습니다.

본 학회에서도 새롭게 대두되는 청정기술을 선도적으로 발굴하고 대응함으로써 우리나라의 과학기술 역량을 제고하는데 앞장서고 있습니다.

우리 학회는 봄 가을 두 번 학술대회를 개최하여 왔습니다. 춘계학술대회는 경주에서 성황리에 개최되었으며 추계 학술대회는 학술활동의 중심지인 이곳 대전에서 개최하게 되었습니다.

이번 학술대회에서는 한양대학교 이영무 교수님께서 초청강연을 하여주시고, 국내외 청정기술 분야 최고 권위자들을 모시고 8개의 세션과 포스터 발표 시간을 마련하였습니다. 구두발표 76편과 포스터 119편의 논문이 발표됩니다. 또한 세계적인 추세에 맞추어 모바일 등록, 모바일 초록집을 발행하여 인쇄본에 대한 의존을 줄이도록 하였습니다.

모쪼록 이 대회가 여러분들께 지식과 정보를 교류하고 공유하는 소통의 장이 될 수 있기를 바라며 많은 관심과 참여 부탁드립니다.

한국청정기술학회 회장

이재영

추계총회 및 학술발표회 자료집

프로그램 Day 1 (2019.9.25. Wed)

시간	라벤더홀1	라일락	클로버	오크	라벤더홀2
13:00 - 14:00	등록 / 포스터 게시				
14:00 - 14:30	개회식 (라벤더홀1)				
14:30 - 15:30	초청 강연				
15:30 - 16:30	편집위원 워크숍				포스터 세션 I Organizer 전병훈
17:00 - 18:00	평의원회				

프로그램 Day 2 (2019.9.26. Thr)

시간	라벤더홀1	라일락	클로버	오크	라벤더홀2
08:00 - 08:30	등록 (튀김소보로 및 부추빵 제공, 라벤더홀2) / 포스터 게시				
08:30 - 10:10	바이오연료및소재 I Organizer 임한권	청정 석탄 Organizer 김수현	청정 융합 I Organizer 전병훈	탈황 · 탈질 I Organizer 박노국	
10:10 - 10:20	휴식				
10:20 - 12:00	바이오연료및소재 II Organizer 임한권	청정 소재 및 공정 I Organizer 주지봉	청정 융합 II Organizer 전병훈	오염 저감 Organizer 이태호	
12:00 - 13:00	점심 (쿠폰 제공, 호텔인터시티 3층)				
13:00 - 14:00	포스터 세션 II (라벤더홀 2) Organizer 전병훈				
14:00 - 15:40	청정 소재 및 공정 II Organizer 주지봉	온실 가스 I Organizer 박정훈	청정 용매 I Organizer 김재훈	탈황 · 탈질 II Organizer 박노국	
15:40 - 15:50	등록 (튀김소보로 및 부추빵 제공, 라벤더홀2) / 포스터 게시				
15:50 - 17:30	청정 소재 및 공정 III Organizer 주지봉	온실 가스 II Organizer 박정훈	청정 용매 II Organizer 김재훈	탈황 · 탈질 III Organizer 박노국	
17:30 - 18:00	총회 · 경품 ¹⁾ 추첨 및 시상식 ²⁾ (라벤더홀 통합)				

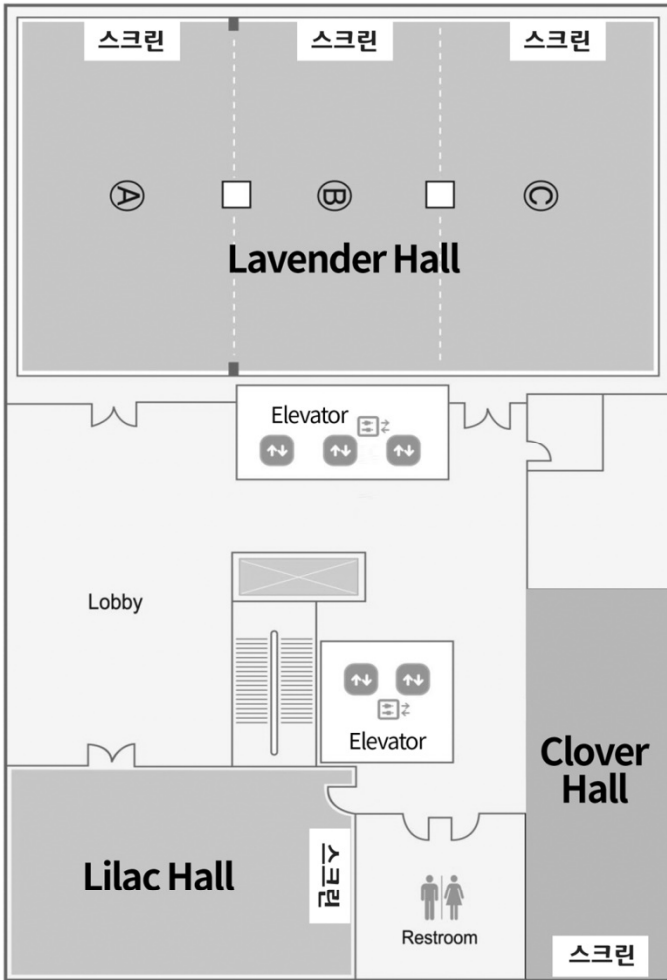
1) 경품: 상품권, 에어팟 2) 우수 발표 논문 시상 (학생)

프로그램 Day 3 (2019.9.27. Fri)

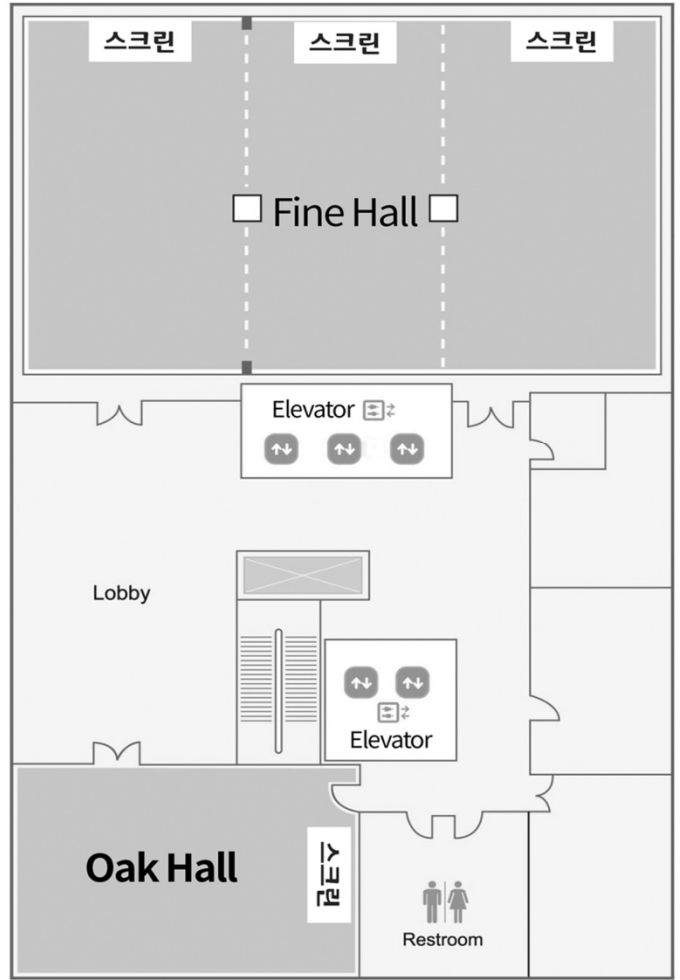
시간	라벤더홀1	라일락	클로버	오크	라벤더홀2
08:30 - 09:30	등록				
09:30 - 12:00	산학연 워크숍 Organizer 이시훈				

추계총회 및 학술발표회 자료집

학회장 안내 (4층)



학회장 안내 (3층 오크홀)



오시는 길



네비게이션 검색

- 명칭 : 호텔인터시티
- 도로명주소 : 대전시 유성구 온천로 92(봉명동 545-5)
- 구주소 : 대전시 유성구 봉명동 545-5
- 경부고속도로 → 호남고속도로 → 유성톨게이트 → 유성IC에서 10분소요

서울에서 오실 때

- 센트럴시티 터미널(호남) - 유성고속버스터미널(1시간50분소요)
- 서울고속버스터미널(경부) - 대전복합터미널(2시간소요)
- KTX 대전역하차 - 지하철(반석행) 유성온천역하차 7번 출구 도보 7~8분소요

바이오연료 및 소재

<p>■ 일시</p>	2019년 9월 26일 (목), 09:05~11:40
<p>■ 장소</p>	대전 인터시티호텔, 라벤더홀1
<p>■ Organizer</p>	<p>임한권 교수 (울산과학기술원)</p> <p style="text-align: right;">좌장: 이재철 박사 (울산과학기술원)</p>
<p>09:05 (30') Keynote</p>	<p>(CT-02) 식물성 오일 전환 바이오항공유 제조를 위한 탈산소 및 크래킹/이성질화 반응 기반 다단 수침축매공정에 대한 스케일-업에 관한 연구</p> <p>한기보¹, 장정희¹, 안민희¹, 곽연수¹, 정병훈² (¹고등기술연구원, ²국방과학연구소)</p>
<p>09:35 (15')</p>	<p>(CT-03) Two-stage Stochastic Optimization of a Biofuel Supply Chain - A Korean Case Study</p> <p>Mohammadamin Zarei, 유준 (부경대학교)</p>
<p>09:50 (20')</p>	<p>(CT-04) Hydrodeoxygenation of Bio-oil from Fast pyrolysis Wood Processing Residue Using Different Types of Natural Catalysts</p> <p>Hoang Vu Ly^{1,2}, 김진수¹, Quoc Khanh Tran², 김승수², 오창호³ (¹경희대학교, ²강원대학교, ³대경에스코)</p>
<p>10:10 (10')</p>	<p>Coffee break</p> <p style="text-align: right;">좌장: 한기보 박사 (고등기술연구원)</p>
<p>10:20 (30')</p>	<p>(CT-05) 알칼라인 수전해를 이용하여 수소를 생산하기 위한 하이브리드 재생에너지 시스템-동적 모델링 접근법</p> <p>Haider Niaz, Rofice Dickson, 유준 (부경대학교)</p>
<p>10:50 (15')</p>	<p>(CT-06) 올레산의 탈산소 반응을 통한 바이오연료 생산에서 Ni-Ce-ZrO₂ 촉매의 Ni 담지량이 미치는 영향</p> <p>박호룡, 조재완, 전경원, 심재오, 노현석 (연세대학교)</p>
<p>11:05 (15')</p>	<p>(CT-07) Effect of Alkaline Earth Metals on Pyrolysis Kinetics of Organosolv Lignin from Pine Tree</p> <p>Quoc Khanh Tran¹, 김승수¹, 김진수² (¹강원대학교, ²경희대학교)</p>
<p>11:20 (20')</p>	<p>(CT-08) 미세조류 기반 바이오디젤 생산 시스템의 기술 경제성 분석</p> <p>이재철¹, 이보름¹, 허주현¹, 김현우², 임한권¹ (¹울산과학기술원, ²전북대학교)</p>

청정 석탄

<p>■ 일시</p>	2019년 9월 26일 (목), 08:30~10:00
<p>■ 장소</p>	대전 인터시티호텔, 라일락
<p>■ Organizer</p>	김수현 박사 (고등기술연구원), 라호원 박사 (한국에너지기술연구원) <div style="text-align: right;">좌장 : 이용운 (한국생산기술연구원)</div>
<p>08:30 (30') (탈황·탈질 공동 Keynote)</p>	(CT-09, Keynote) 전력발전 분야의 신기술 동향 및 전망 이종민, 배용채(한전 전력연구원)
<p>09:00 (15')</p>	(CT-10) 연속식 고압 분체주입장치의 최적화 및 scale-up연구 (록호퍼 시스템 대체용 고압 분체연료 주입장치 개발(VI)) 이지은 ¹ , 권인구 ¹ , 정석우 ¹ , 정종선 ² (¹ 고등기술연구원, ² ㈜세인텍)
<p>09:15 (15')</p>	(CT-11) Pnematic conveying 해석에 적합한 CFD simulation parameters 연구 성우창 ¹ , 정석우 ² , 정종선 ³ , 이동현 ^{1,*} (¹ 성균관대학교, ² 고등기술연구원, ³ Seintec Corporation)
<p>09:30 (15')</p>	(CT-12) 석탄과 바이오매스의 혼합 비율에 따른 미분도 분석에 관한 실험적 연구 이용운 ¹ , 이재욱 ¹ , 양원 ^{1,*} (¹ 한국생산기술연구원)
<p>09:45 (15')</p>	(CT-13) 석탄 전처리 공정의 자연발화 및 탈휘발 특성 연구 윤성민 ^{1,2} , 이석형 ^{1,2} , 박성진 ¹ , 서명원 ¹ , 문태영 ¹ , 문지홍 ¹ , 윤상준 ¹ , 이재구 ¹ , 김재호 ¹ , 김용구 ¹ , 라호원 ^{1,*} (¹ 한국에너지기술연구원, ² 충북대학교)

청정 소재 및 공정

■ 일시	2019년 9월 26일 (목), 10:20~11:35 (오전)
■ 장소	대전 인터시티호텔, 라일락
■ Organizer	주지봉 교수 (건국대학교) 좌장 : 이민재 박사 (롯데케미칼)
10:20 (15')	(CT-14) 산화 바나듐/그래핀 복합체 제조 및 산화층 두께에 따른 전기화학적 성능 고찰 박용진 ¹ , 김재현 ^{2,3} , 이승모 ^{2,3*} , 이규복 ^{1*} (¹ 충남대학교 에너지과학기술대학원, ² 한국기계연구원, ³ 과학기술연합대학원대학교)
10:35 (15')	(CT-15) 다양한 화학 반응을 위한 구슬형태의 재료 합성 및 최적화 김지율 ¹ , 이경우 ¹ , 김나연 ¹ , 박일건 ² , 주지봉 ^{1*} (건국대학교 화학공학과)
10:50 (15')	(CT-16) PVDF-g-POEM/LITFSI 복합체 고체 고분자 전해질을 활용한 전기 이중층 캐패시터 적용 백운철 ¹ , 박정태 ^{1*} (건국대학교)
11:05 (15')	(CT-17) 빛모양 이중 양친매성 고분자를 활용한 슈캐퍼시터 전해질로서의 활용 문주용 ¹ , 박정태 ^{1*} (건국대학교)
11:20 (15')	(CT-18) 초미세먼지 저감을 위한 정전분무 집진 공정 설계 및 실험 연구 박준수, 이영수, 이길봉, 이계중, 김진한, 최종원* (한국에너지기술연구원)
■ 일시	2019년 9월 26일 (목), 14:00~15:35 (오후)
■ 장소	대전 인터시티호텔, 라벤더홀 I
■ Organizer	주지봉 교수 (건국대학교) 좌장 : 주지봉 교수 (건국대학교)
14:00 (20')	(CT-19) 고효율 광전기화학 물분해를 위한 양쪽 빛모양 공중합체 기반의 산화은/이산화티타늄 나노구조체 최고훈, 임승만, 문주용, 임정민, 백운철, 박정태* (건국대학교)
14:20 (20')	(CT-20) 가공크기 조절 가능한 다공성 탄소나노시트 합성 및 고성능 전기화학 커패시터의 응용 윤하나* (한국에너지기술연구원)
14:40 (20')	(CT-21) Simple preparation of moldable perfluoropolyether-polyethylene glycol networks with tunable wettability for droplet microfluidics 정현호* (전남대학교)
15:00 (20')	(CT-22) 트랜션트 전자기기의 수명 연장 연구 이승애* (건국대학교)
15:20 (20')	(CT-23) 수명 특성이 개선된 PEMFC cathode 촉매 개발 김태근* (충남대학교)
15:40 (10')	Coffee Break 좌장 : 김태근 교수 (충남대학교)
15:50 (20')	(CT-24) 설계 및 개발단계의 물질순환 향상을 위한 국제표준 개발 윤혜리 ^{1*} , 이광원 ² , 이화조 ³ (¹ 한국생산기술연구원, ² 엔스타알앤씨, ³ 영남대학교)
16:10 (20')	(CT-25) Computational Materials Design for Energy, Environment and Catalysis 김기훈* (건국대학교 화학공학부)
16:30 (20')	(CT-26) 순환경제 활성화를 위한 폐 플라스틱 자원화 기술 이민재, 민형기, 최영현* (롯데케미칼)
16:50 (20')	(CT-27) 연속공정을 이용한 효율적으로 안전한 분자화약의 합성법 개발 배세원 ¹ , 최윤선 ¹ , 이세진 ² (¹ 한국생산기술연구원, ² 국방과학연구소)
17:05 (15')	(CT-28) 광촉매 수소 발생을 위한 불규칙한 루타일 결정상 표면을 가지는 구형 TiO ₂ 입자의 합성 김나연, 이현경, 문종태, 주지봉* (건국대학교 화학공학과)
17:20 (15')	(CT-29) 가압 bubble column에서 분산판의 geometry 변화에 따른 기포특성 배 건 ¹ , 고강석 ² , 노남선 ² , 임영일 ³ , 이동현 ^{1*} (¹ 성균관대학교 화학공학부, ² 한국에너지기술연구원 CCP융합연구단, ³ 국립환경대학교 화학공학과)

청정 융합

■ 일시	2019년 9월 26일 (목), 08:30~12:10
■ 장소	대전 인터시티 호텔, 클로버
■ Organizer	전병훈 교수 (한양대학교) 좌장 : 김도현 박사 (한양대학교)
08:30 (15')	(CT-30) Biodegradation of emerging contaminant sulfamethoxazole using Ipomoea aquatica: Potential application of phytoremediation Swapnil M. Patil, Mayur B. Kurade, Jiu-Qiang Xiong, Hyun-Jo Ahn, Sanjay P. Govindwar, Byong-Hun Jeon* (한양대학교)
08:45 (15')	(CT-31) 제거를 위한 활성탄 분말과 규산 마그네슘 담지 활성탄 분말의 성능평가 정초은, 황건덕, 장석범, 윤소연, 장민* (광운대학교)
09:00 (15')	(CT-32) Anaerobic co-digestion of fat, oil and grease (FOG) and sewage sludge: Lab & pilot scale reactor operation Hoo H. Kim, Mayur B. Kurade, Dong-Ho Kang, Byong-Hun Jeon* (한양대학교)
09:15 (15')	(CT-33) ZrO ₂ , CeO ₂ , Ce-ZrO ₂ 조촉매 첨가가 이산화탄소 개질 반응용 Ni-MgO 촉매성능에 미치는 영향 김범준, 전경원, 노현석* ()
09:30 (15')	(CT-34) Enhancement of the C1 gas conversion efficiency for the VFAs production with considering proton and electron migration Young Eun Song, Changman Kim, Jiyun Beak, Eunhee Seol, Jung Rae Kim* (부산대학교)
09:45 (15')	(CT-35) 황 담지 팜셀폐기물 분말 활성탄을 사용한 수중 수은 제거 윤소연, 장석범, 정초은, 황건덕, 장민* (광운대학교)
10:00 (10')	Coffee Break 좌장 : 장민 교수 (광운대학교)
10:10 (15')	(CT-36) Pretreatment with cellulolytic Aspergillus fumigatus facilitates improved methane production in anaerobic digestion of polysaccharidic wastes Bikram Basak, Ji-Kwang Cheon, Dohyeon Kim, Byong-Hun Jeon* (한양대학교)
10:25 (15')	(CT-37) 청정화력발전 분야 개도국 진출 유망 기술 평가 방법론 개발 이규용*, 오상진* (녹색기술센터)
10:40 (15')	(CT-38) Isolation of novel CO converting microorganism using zero valent iron for bioelectrochemical system (BES) Hyeon Sung Im, Changman Kim, Yeong Eun Song, Chae Ho Im, Jung Rae Kim* (부산대학교)
10:55 (15')	(CT-39) 포자형성미생물을 이용한 토양생태독성탐지방법 개발 강우창, 엄현섭, 오상은* (강원대학교)
11:10 (15')	(CT-40) 미생물호흡측정기를 이용한 BOD측정법 개발 오상은*, 피다후세인, 유혜원 (강원대학교)
11:25 (15')	(CT-41) Microbial syntrophy improves the anaerobic digestion of polysaccharidic wastes Shouvik Saha, Dongho Kang, Hoo Kim, Geon-Soo Ha, Byong-Hun Jeon* (한양대학교)
11:40 (15')	(CT-42) 조촉매(Ba, Zr, Nd)가 담지된 Ce/Cu _γ -Al ₂ O ₃ 촉매를 적용한 폐기물 가스화 합성 가스의 고온 수성가스전이 반응으로부터의 청정 수소 생산 안선용, 나현석, 심재오, 노현석* (연세대학교)
11:55 (15')	(CT-43) Whole conversion of microalgal biomass to biofuels through energy efficient pretreatment and fermentation process Geon-Soo Ha, Marwa M. El-Dalatony, Byong-Hun Jeon* (한양대학교)

탈황 · 탈질

▪ 일시	2019년 9월 26일 (목), 08:30~17:20
▪ 장소	대전 인터시티호텔, 오크 (Keynote: 라일락)
▪ Organizer	박노국 교수 (영남대학교) 좌장 : 이도연 박사 (한국에너지기술연구원)
08:30 (30') (청정 석탄 공동 Keynote)	(CT-09, Keynote) 전력발전 분야의 신기술 동향 및 전망 이종민, 배용채(한전 전력연구원)
09:10 (25')	(CT-45) 반응 성능 향상을 위한 Iron Chip 버퍼 영역을 적용한 COS 가수분해 장치의 수치적 연구 노경훈, 이승중, 허덕재 (고등기술연구원)
09:35 (25')	(CT-46) Assessment of catalytic oxidation activities of Pt-Pd/Al ₂ O ₃ catalysts with different Pt:Pd ratios for hydrocarbon oxidation under near-stoichiometric and fuel-lean conditions 김용우 ¹ , 김종현 ¹ , Michelle H. Wiebenga ² , Se H. Oh ² , 김도희 ^{1*} (¹ 서울대학교, ² GM Global R&D)
12:00 (120')	점심식사 및 포스터 세션 II 좌장 : 임동하 박사 (한국생산기술연구원)
14:00 (20')	(CT-47) 국내 대기배출규제의 기준 신서린, 김종민, 김령주, 이귀호 (한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터)
14:20 (20')	(CT-48) 미세먼지 감축 정책동향('19년 추경요구안을 통해 바라본) 김종민, 신서린, 김령주, 이귀호 (한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터)
14:40 (20')	(CT-49) 고정원용 저온 활성 탈질촉매 제조기술 개발 김태욱, 예보라, 정보라, 이덕현, 김홍대 (한국생산기술연구원)
15:00 (20')	(CT-50) 금속구조체 기반 저온형 SCR 코팅촉매 개발 박정용 ^{1,2} , 임동하 ¹ (¹ 한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ² 동아대학교 환경공학과)
15:20 (20')	(CT-51) 초내열 에어필터 표면여과체 형성기술 개발 엄현진 ^{1*} , 김연상 ¹ , 허기준 ¹ , 권기범 ^{1,2} (¹ 한국생산기술연구원, ² 전남대학교)
15:40 (10')	Coffee Break 좌장 : 박대근 박사 (한국생산기술연구원)
16:00 (20')	(CT-52) 폴리프로필렌 막접촉기 및 흡수제 용액을 이용한 모사배기가스 중 SO ₂ 제거 및 자원화 박현식 ¹ , 강동원 ^{1,2} , 강조홍 ¹ , 김수한 ¹ , 송호준 ^{1*} (¹ 한국생산기술연구원, ² 부산대학교)
16:20 (20')	(CT-53) VOC 저감용 촉매 흡착제 기술 이진희 (한국화학연구원)
16:40 (20')	(CT-54) 시멘트 제조업에 사용되는 연료 특성 분석 박대근 ¹ , 김대해 ¹ , 유미연 ^{1,2} , 소성현 ^{1,3} , 배성우 ^{1,4} , 박지연 ^{1,5} , 정낙원 ^{1,3} , 송아란 ^{1,3} , 이창엽 ^{1*} (¹ 한국생산기술연구원, ² 충북대학교, ³ 연세대학교, ⁴ 전북대학교, ⁵ 성균관대학교)
17:00 (20')	(CT-55) 가스 및 미이용 바이오매스 연소에서의 NOx 저감기술 개발현황 문태영 ^{1*} , 문지홍 ¹ , 박재연 ² , 박주용 ² , 이기만 ³ (¹ 한국에너지기술연구원 청정연료연구실, ² ㈜수국, ³ 순천대학교 우주항공공학)

오염 저감

■ 일시	2019년 9월 26일 (목), 10:20~12:00 (오전)
■ 장소	대전 인터시티호텔, 오크
■ Organizer	이태호 교수 (송실대학교) 좌장 : 이성우 박사 (우진이엔지)
10:20 (20')	(CT-56) PTFE 나노입자 정전분무 코팅을 이용한 내열 필터백 허기준 ^{1*} , 엄현진 ¹ , 권기범 ^{1,2} , 김연상 ^{1*} (¹ 한국생산기술연구원, ² 전남대학교)
10:40 (20')	(CT-57) 전해산화수 스크러버 시스템을 이용한 소화슬러지 저류조의 악취 제거 특 성 홍성오 ^{1*} , 이태호 ² , 한문조 ¹ , 이성우 ¹ , 강신욱 ¹ (1*(주)우진이엔지, 2송실대학교 융합연구원)
11:00 (20')	(CT-58) Anionic Dye removal from wastewater using MOFs (MIL-100Fe) incorporated polysulfone nanofiltration membrane Gnanaselvan Gnanasekaran, Sudhakaran MSP, and Young Sun Mok* Department of Chemical & Biological Engineering, Jeju National University, Jeju, South Korea
11:20(15')	(CT-59) 고기구이 시 열원 및 불판에 따른 악취 및 미세먼지 발생 특성과 상관관 계 양우영 ^{1*} , 이진영 ¹ , 유승열 ¹ , 오혁진 ¹ , 이태호 ² , 류희욱 ^{1*} (¹ 송실대학교 화학공학과, ² 송실대학교 융합연구원)

온실 가스

■ 일시	2019년 9월 26일 (목), 14:00~17:15 (오후)
■ 장소	대전 인터시티호텔, 라일락
■ Organizer	박정훈 교수 (동국대학교) 좌장 : 박정훈 교수 (동국대학교)
14:00 (20')	(CT-60) 선박배출 이산화탄소 제거를 위한 CCUS 기술 적용 방안 정순관*, 김영은, 박기태, 이원희, 이정현, 윤민혜 (한국에너지기술연구원)
14:20 (20')	(CT-61) MOF 촉매를 이용한 이산화탄소 및 메탄 유래 메탄올 합성 반응 백자연* (한국생산기술연구원)
14:40 (20')	(CT-62) 전기화학적 이산화탄소 전환을 위한 촉매 및 반응 시스템 박기태*, 정순관, 이원희, 김영은, 고유나, 윤민혜 (한국에너지기술연구원)
15:00 (15')	(CT-63) 이산화탄소 분리용 소수성 세라믹 중공사 접촉막 공정 개발 이홍주, 김민광, 이연준, 박정훈* (동국대학교)
15:15 (15')	(CT-64) 이산화탄소 수소화 촉매반응을 통한 자원화 연구 윤성호 (중앙대학교)
15:40 (10')	Coffee Break 좌장 : 임탁형 (한국에너지기술연구원)
15:50 (20')	(CT-65) In Situ 졸-겔 방법을 통한 LSCF-GDC 나노 복합 음극 조동우* (한국에너지기술연구원)
16:10 (20')	(CT-66) 화학안정성 및 수소이온전도성이 향상된 IT-SOFC용 BaCeO3 페로프스카이트 산화물 김혜성 ¹ , 배형빈 ² , 정우철 ³ , 정성윤 ^{3*} (¹ 한국에너지기술연구원, ² KAIST 중앙분석센터, ³ KAIST 신소재공학과)
16:30 (15')	(CT-67) 세리아/가스 계면에서의 직접 전기화학산화반응 연구 최윤석 ¹ , 서한길 ¹ , 유정도 ¹ , 김진욱 ¹ , 정범균 ² , Ethan Crumlin ³ , 정우철 ^{1*} (¹ 한국과학기술원, ² 한국기초과학지원연구원, ³ Lawrence Berkeley National Laboratory)
16:45 (15')	(CT-68) New metal-CO2 system for highly efficient utilization of CO2 김건태, 김창민, 김정원, 양예진, 성아림. (UNIST, 에너지 및 화학공학과)
17:00 (15')	(CT-69) 고체산화물 기반 양방향 수전해/연료전지 시스템의 경제성 분석 부이비엘뚜안영 ¹ , 잡반티엔 ¹ , 이영덕 ^{1,2,*} , 김영상 ² , 안국영 ^{1,2} (¹ 과학기술연합대학원대학교(UST), ² 한국기계연구원)

청정용매

<p>■ 일시</p>	<p>2018년 9월 26일 (목), 14:00~17:30</p>
<p>■ 장소</p>	<p>대전 인터시티호텔, 클로버</p>
<p>■ Organizer</p>	<p>김재훈 교수 (성균관대학교), 이흥식 박사 (한국생산기술연구원), 제정호 교수 (부산대학교)</p> <p style="text-align: right;">좌장: 제정호 박사 (한국생산기술연구원)</p>
<p>14:00 (30')</p>	<p>(CT-70) ZIF-7-catalyzed methoxycarbonylation of aniline with dimethyl carbonate: the role of defect site on ZIF-7 이현주^{1,*} (¹한국과학기술연구원)</p>
<p>14:30 (30')</p>	<p>(CT-71) 생촉매와 초임계이산화탄소에 의한 폐유지 유래 바이오디젤 제조 공정 개발 이흥식^{1,*}, 김상용¹, 이도훈¹, 김재훈² (¹한국생산기술연구원, ²성균관대학교)</p>
<p>15:00 (20')</p>	<p>(CT-72) Thermal Stability and Decomposition Behavior of HFO-1234ze(E) as a Working Fluid in the Supercritical Organic Rankine Cycle Miqdar Zulfikar Irriyanto¹, 임형수², 최범석², Aye Aye Myint¹, 김재훈^{1*} (¹성균관대학교, ²한국기계연구원)</p>
<p>15:20 (20')</p>	<p>(CT-73) Thermal decomposition mechanism of HFO-1234ze(E) by Density Functional Theory (DFT) study Ricky Gunawan¹, Miqdar Zulfikar Irriyanto¹, Handi Setiadi¹, 임형수², 최범석², Aye Aye Myint¹, 김재훈^{1,*} (¹성균관대학교, ²한국기계연구원)</p>
<p>15:40 (10')</p>	<p>Coffee Break</p> <p style="text-align: right;">좌장: 이흥식 박사 (KIST)</p>
<p>15:50 (30')</p>	<p>(CT-74) 수열/용매열 분해를 통한 변성 리그닌의 저분자화 기술 개발 제정호^{1,*}, 이반 크리스티안토², 수잔 올리비아² (²부산대학교, ¹한국과학기술연구원)</p>
<p>16:20 (30')</p>	<p>(CT-75) Lipid extraction using switchable solvents for the lignocellulosic biodiesel production by an oleaginous yeast <i>Yarrowia lipolytica</i> 이선미^{1,2,3,*} (¹한국과학기술연구원, ²과학기술연합대학원대학교 ³고려대학교)</p>
<p>16:50 (20')</p>	<p>(CT-76) One-pot complete drying of Ecamsule solution with steady and dynamic pressure fluctuation of supercritical CO2 using view cell reactor Patrick Hariyanto¹, Aye Aye Myint¹ and Jaehoon Kim^{1*} (¹성균관대학교)</p>
<p>17:10 (20')</p>	<p>(CT-77) Fish Skin Gelatin Based Packaging Films Functionalized by Microencapsulated Essential Oils Produced Using PGSS Process Adane Tilahun Getachew¹, Truc Cong Ho¹, Yeon-Jin Cho¹, Jin-Seok Park¹, and Byung-Soo Chun^{2*} (¹Pukyong National University)</p>

포스터세션 I (1)

■ 일시	2019년 9월 25일 (수), 15:30~16:30
■ 장소	대전 인터시티호텔, 라벤더홀2
■ Organizer	진병훈 교수 (한양대학교) 좌장: 이시훈 교수 (전북대학교)
PA-01	식물성 오일 기반의 바이오항공유 제조를 위한 hydrotreating 공정시스템에 관한 연구 안민희, 곽연수, 장정희, 한기보, 정병훈 ¹ (고등기술연구원, ¹ 국방과학연구소)
PA-02	팜유 잔사물 유래 바이오가스로부터 메탄 생산을 위한 수분 건조 TSA 공정 개발 이찬현 ¹ , 김선형 ¹ , 범희태 ¹ , 최예라 ^{1,2} , 김종남 ^{1*} (¹ 한국에너지기술연구원, ² 충남대학교)
PA-03	퓨란계 화합물로부터 고탄소수를 가지는 탄화수소의 생산하는 3단 촉매 반응 시스템 조현민 ^{1,2} , 양혜민 ^{1,2} , 최원준 ^{1,2} , 최정규 ² , 서동진 ¹ , 최재욱 ¹ , 하정명 ^{1,*} (한국과학기술연구원, 고려대학교)
PA-04	Biopolyols 및 Biopolyurethane의 제조 높은 리그닌 함유 silver grass의 마이크로파를 이용한 두 단계 액화 My Ha Tran ¹ , 현승운 ¹ , 서태석 ¹ , 이은열 ^{1*} (¹ 경희대학교 화학공학과)
PA-05	Spray pyrolysis derived-NiMo catalysts as an efficient catalytic system for guaiacol hydrodeoxygenation Dieu-Phuong Phan ¹ , Linh Thanh Nguyen ¹ , Tae Seok Seo ¹ and Eun Yeol Lee ^{1*} (¹ Chemical Engineering, Kyung Hee University, ² Kyung Hee University)
PA-06	염기 촉매를 이용한 셀룰로오스와 선형 저밀도 폴리에틸렌 혼합열분해 류혜원 ¹ , 김도희 ^{1*} (¹ 서울대학교)
PA-07	자트로파 오일로부터 바이오디젤 제조를 위한 불균일 촉매 연구 우재규 ¹ , 김진우 ¹ , 이시임 ¹ , 박현지 ¹ , 전종기 ^{1*} (¹ 공주대학교)
PA-08	Urea를 이용한 균일침전 합성시간에 따른 핵사알루미늄에이트의 제조와 연소성능 비교 박지윤, 이영우* (충남대학교 에너지과학기술대학원)
PA-09	매립지 가스 내 산소 제거용 중공사형 페롭스카이트 촉매 개발 김민광, 원희연, 이유진, 박정훈* (동국대학교)
PA-10	수소 분리를 위한 Pd 합금 코팅 세라믹 분리막 기술 개발 이승환, 송수훈, 나윤수, 박정훈* (동국대학교)
PA-11	HZSM-5가 각각 코팅된 메탈폼과 알루미늄 중공사 지지체를 이용한 MCH 연료의 흡열 분해 반응에 관한 연구 정병준, 신민창 ¹ , 류진용, 정지훈 ² , 정병훈 ³ , 박정훈* (동국대학교, ¹ 한국화학연구원, ² 경기대학교, ³ 국방과학연구소)
PA-12	<i>Methylomonas</i> sp. DH-1 전세포 생촉매를 이용한 생물학적 메탄올 생산 김률호 ¹ , 이은열 ² , 이진원 ¹ , 나정걸 ^{1*} (¹ 서강대학교 화공생명공학과, ² 경희대학교 화학공학과)
PA-13	메탄올과 propane의 동시 공급을 통한 메탄자하균 이용 생물학적 프로판올 생산 고한도 ¹ , 이은열 ² , 박시재 ³ , 이진원 ¹ , 나정걸 ^{1*} (¹ 서강대학교 화공생명공학과, ² 경희대학교 화학공학과, ³ 이화여자대학교 화학신소재공학과)
PA-14	알긴산-프러시안 블루 하이드로젤 비드를 이용한 수계내 세균 제거 외맹-보헨 캄프레드, 우승한* (한밭대학교)
PA-15	고타이트 미네랄을 이용한 친환경적 자성 바이오차 생성 디바인 세우, 이철우, 우승한* (한밭대학교)
PA-16	B ₂ O ₃ 를 이용한 리튬이온 이차전지용 LiNi _{0.89} Co _{0.10} Al _{0.01} O ₂ 양극소재의 표면 개질 Jia Sheng Chen, Xuan Liang Wang, 김은미, 정상문* (충북대학교 화학공학과)
PA-17	수열합성한 VO _x 나노입자를 이용한 슈퍼커패시터의 전기화학적 특성 이명훈, Sanjay Kumar Devendhar Singh, 정상문* (충북대학교 화학공학과)

포스터세션 I (2)

PA-18	리튬이차전지 제조 공정 폐액의 생태독성 연구 김대원 ^{1*} , 양재교 ¹ , 진연호 ¹ , 김보람 ¹ (고등기술연구원 신소재공정센터 ¹)
PA-19	페니켈-카드뮴 전지 침출액으로부터 황산암모늄을 이용한 수산화니켈 제조 방안 연구 김민준, 박일경, 김대원*, 정항철 (고등기술연구원)
PA-20	리튬이차전지 제조 공정폐액의 잔여 리튬 재활용을 위한 전기투석 농축시스템 연구 한덕현, 정항철, 김보람, 김대원* (고등기술연구원 신소재공정센터)
PA-21	Effect of alkaline earth metals on pyrolysis kinetics of Organosolv Lignin from Pine tree Quoc Khanh Tran ¹ , Seung-Soo Kim ^{1*} , Jinsoo Kim ^{2*} (¹ Department of Chemical Engineering, Kangwon National University, ² Department of Chemical Engineering, Kyung Hee University)
PA-22	Ru/SiO ₂ 촉매를 이용한 Tricyclopentadiene 수소화 반응에서 지지체의 구조가 미치는 영향 박유리, 구희지, 김석준, 한정식 ¹ , 전종기* (공주대학교, ¹ 국방과학기술연구소)
PA-23	The removal of low concentration styrene from Air by Non-thermal plasma technique at atmospheric conditions Van Toan Nguyen ¹ , Duc Ba Nguyen ¹ , Bhattarai Roshan Mangal ¹ and Young Sun Mok ^{1*} (¹ Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University)
PA-24	Big-Data를 이용한 CO ₂ 회수기술 분석과 기술예측 임은정 ^{1*} , 임효지 ² , 이희관 ³ (고려대학교 ¹ , 아시아환경에너지연구원 ² , 인천대학교 환경공학과 ³)
PA-25	In-Line N ₂ Purification System 용 Cu 촉매 제조 방법 연구 오승교, 전종기* (공주대학교)
PA-26	순산소 연소 기반의 Indirect S-CO ₂ power cycle 공정 개발 김형우, 서수빈, 강서영, 고은솔, 이시훈* (전북대학교 자원에너지공학과)
PA-27	CO ₂ 공전해 시스템 BoP 설계 및 구성 정기진 ¹ , 전동환 ¹ , 이지은 ¹ , 정우현 ¹ (¹ 고등기술연구원)
PA-28	200 kg/h급 호스 압착 방식 분체주입장치의 고압 조건 성능 특성 윤성필 ¹ , 이지은 ¹ , 정석우 ¹ , 정종선 ² (¹ 고등기술연구원, ² (주)세인트)
PA-29	Ir-Cu/Honeycomb 촉매를 이용한 Hydroxylammonium nitrate 수용액 분해 연구 윤달산 ¹ , 우재규 ¹ , 오설영 ¹ , 이건우 ¹ , 이석희 ¹ , 전종기* (¹ 국립공주대학교)
PA-30	Ru/hexaaluminate pellet 촉매를 이용한 ammonium dinitramide 기반 액상 단일추진제 분해 김문정 ¹ , 김진우 ¹ , 김효진 ¹ , 김주영 ¹ , 이정섭 ² , 박영철 ² , 전종기* (¹ 공주대학교, ² 국방과학연구소)
PA-31	Fabrication of Aniaml Cell Pattern through Eco-friendly Process for Analysis of Lipid Inhibition Activity Hun Soo Byun ¹ , Soon-Do Yoon ¹ , and Heon-Ho Jeong ^{1*} (¹ Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University)
PA-32	Pt@TiO ₂ @Metal oxide 중공형 광촉매의 합성 및 광화학적 반응 적용 연구 장세진, 이현경, 김나연, 이경우, 김지울, 주지봉 (건국대학교 화학공학부)
PA-33	CO ₂ 포집-전환 동시반응시스템을 이용한 CaCO ₃ 생산 공정 최적화 어준 ^{1,2} , 길기강 ¹ , 문대현 ¹ , 윤민혜 ¹ , 박영권 ² , 정순관 ^{1*} (¹ 한국에너지기술연구원, ² 서울시립대학교)
PA-34	가스화 공정에서 발생하는 타르 제거를 위한 니켈 촉매 합성 전략 주지봉 ^{1*} , 김지울 ¹ , 최동섭 ¹ , 이현경 ¹ , 이경우 ¹ , 장세진 ¹ , 김나연 ¹ (¹ 건국대학교 화학공학과)
PA-35	Corrosion behavior of nickel-based alloy, stainless steel, and aluminum alloy in supercritical HFO-1234ze(E) Migdar Zulfikar Iriyanto ¹ , Hyung Soo Lim ² , Bum Seong Choi ² , Aye Aye Myint ¹ , and Jaehoon Kim ^{1*} (¹ Sungkyunkwan University, ² Korea Institute of Machinery and Materials)
PA-36	DFT Study of 2,5-Dimethylfuran (2,5-DMF) Synthesis from 5-(Hydroxymethyl)furfural (5-HMF) on Cu ₃ Pd(111) Ricky Gunawan ¹ , Handi Setiadi ¹ , Rizki Insyani ¹ and JaehoonKim ^{1*} (¹ Sungkyunkwan University)

포스터세션 I (3)

PA-39	탈질 미생물과 황 담지 나노영가철에 의한 질산염 환원 윤소연, 김민지, 김혜원, 임선화, 종초은, 장민* (광운대학교)
PA-40	초음파 기계적 응력 하에서 플라즈마 Ag / AgCl 도핑 된 ZnSnO ₃ 의 자발적 원자 분극을 통한 아트라진의 압전 촉매 분해 황건덕, 류백하, 장민* (광운대학교)
PA-41	니켈 담지 영가 마그네슘을 이용한 촉매 탈질 Choe Earn Choong, Kien Tiek Wong, Seok Byum Jang, So Yeon Yoon, Min Jang (광운대학교)
PA-42	Detection and removal of an endocrine disruptor, bisphenol A by electrochemical methods using modified ITO electrode Min soo Kim, Young Eun Song, Jung Rae Kim* (부산대학교)
PA-43	Regulation of redox balance to actively control metabolite production of genetically modified Escherichia coli BL21(DE3) Jiyun Baek, Changman Kim, Young Eun Song, Jung Rae Kim* (부산대학교)
PA-44	1,3-Propanediol production of Klebsiella Pneumoniae L17 from Crude Glycerol using zero valent iron (ZVI) Daseul Kong, Jiyun Baek, Hyeon Sung Im, Changman Kim, Jung Rae Kim* (부산대학교)
PA-45	활성탄을 이용한 산성가스(SO ₂)의 화학적 흡착에 대한 연구 윤영식 ¹ , 이승중 ^{1*} (고등기술연구원)
PA-46	온도에 따른 ACF 흡착제의 수은 흡착특성 권병찬 ¹ , 강인수 ¹ , 박노국 ¹ , 이태진 ¹ , 이승우 ^{1*} , 서명조 ² , 정 철 ² , 문영실 ² , 황상연 ³ (¹ 영남대학교, ² (주)마이크로원, ³ 고등기술연구원)
PA-47	순산소 순환유동층 연소 조건에서의 재탄산화된 CaCO ₃ 의 탈황 특성 연구 강서영, 고은솔, 서수빈, 이시훈* (전북대학교)
PA-48	수증기 메탄 개질용 3차원 계층형 인 첨가 알루미늄 지지체 기반 니켈촉매의 비활성화 방지 연구 우은석 ^{1,2} , 임하늬 ¹ , 박대원 ² , 임동하 ^{1*} (¹ 한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ² 부산대학교 화학공학과)
PA-49	최적 촉매 슬러리를 이용한 금속구조체 기반 SCR 코팅촉매 개발 박정윤 ^{1,2} , 임동하 ^{1*} (¹ 한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ² 동아대학교 환경공학과)
PA-50	질소 도핑 그래핀에 담지된 루테튬-철 나노입자가 이산화탄소의 전기화학적 환원에 미치는 시너지 효과 임하늬 ¹ , 우은석 ^{1,2} , 임동하 ^{1*} (¹ 한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ² 부산대학교 화학공학과)
PA-51	석탄 합성가스를 이용한 연료전지 발전의 경제성 분석 이재용, 이승중 (고등기술연구원)
PA-52	재해로 인한 오염물질 배출 예방 훈련 시스템 연구 이재용, 박찬국 (고등기술연구원)
PA-53	기상 수은 제거를 위한 ACF-KI 흡착제 코팅 PTFE 멤브레인 필터 제조 및 필터 성능 분석 윤성필, 황상연, 정석우, 서명조 ¹ , 이승우 ² (고등기술연구원, ¹ (주)마이크로원, ² 영남대학교 산학협력단)
PA-54	미세입자 및 수은 동시제거를 위한 흡착제 적용 PTFE 멤브레인 백필터 제조 및 운전 특성 황상연, 류상오, 윤성필, 서명조 ¹ , 이승우 ² (고등기술연구원, ¹ (주)마이크로원, ² 영남대학교 산학협력단)
PA-55	다이나믹 멀티 벤츄리 스크러버를 이용한 Fly ash 제거특성 분석 권현준 ¹ , 이은도 ^{1,2,3*} , 경수화 ^{1,3} , 오승진 ¹ , 신원식 ¹ (¹ 고온에너지시스템그룹, 한국생산기술연구원, ² 청정공정 및 시스템공학, 과학기술연합대학원대학교, ³ FEP융합연구단, 에너지기술연구원)
PA-56	순산소 순환유동층 보일러에서 N ₂ O의 비촉매 환원 특성에 관한 연구 전민규 ¹ , 최영곤 ¹ , 이정규 ¹ , 윤진한 ¹ , 길상인 ^{1*} (¹ 한국기계연구원)
PA-57	UVA-LED 광원에서 향상된 광촉매 성능을 갖는 은 나노입자가 분산된 환원된 이산화티타늄 클러스터 제조 정하늘 ¹ , 구분신 ¹ , 이준형 ² (¹ (주)블루원테크, ² 서울대학교)
PA-58	Anode electrode facilitates anaerobic acetate assimilation and energy recovery by P.putida 2523 in a microbial fuel cell Mutyala Sakuntala, Young Eun Song, Jiyun Baek, Eunhee Seol and Jung Rae Kim* (Pusan National University)
PA-59	Isolation of electroactive novel Pseudomonas sp. from agriculture soil for enhanced bioelectricity generation and other applications. Khandelwal Himanshu, Mutyala Sakuntala, Young Eun Song, and Jung Rae Kim* (Pusan National University)
PA-60	바이오 탄화물 마이크로웨이브 가열 이산화탄소 가스화 송희관 ¹ , 김은혁 ¹ , 전영남 ^{1*} (¹ 조선대학교)

포스터세션 II (1)

■ 일시	2019년 9월 26일 (목), 13:00~14:00
■ 장소	대전 인터시티호텔, 라벤더홀2
■ Organizer	전병훈 교수 (한양대학교) <div style="text-align: right;">좌장: 이시훈 교수 (전북대학교)</div>
PB-01	H ₃ PW ₁₂ O ₄₀ /silica-alumina 촉매를 이용한 글리세린으로부터 아크롤레인의 합성 강태훈 ¹ , 김도희 ^{1*} (서울대학교 화학생명공학부)
PB-02	니켈 및 루테튬 촉매를 이용한 알긴산의 촉매적 수소화 반응 김형주 ¹ , 양승도 ¹ , 반충현 ¹ , 김도희 ^{1*} (서울대학교)
PB-03	수소첨가 탈산소 및 업그레이딩 촉매 반응 기반 바이오항공유 제조용 파일럿 설비 운전 결과 장정희 ¹ , 곽연수 ¹ , 안민희 ¹ , 한기보 ^{1*} , 정병훈 ² (고등기술연구원 ¹ , 국방과학연구소 ²)
PB-04	리그닌 열분해 오일의 수첨탈산소화 촉매 개발 심진기 ¹ , 서동진 ¹ , 하정명 ² , 최재욱 ³ (UST, ¹ KIST, ² KIST, ³ KIST)
PB-05	휘발성 지방산 플랫폼을 이용한 연료 및 화학 제품 생산을 위한 최적의 설계: 상부 구조 기반 접근법 딕슨 로피스, 니아즈 하이더, 유준 (부경대학교 화학공학과)
PB-06	Investigate pyrolysis characteristics and kinetics of α-cellulose under effect of loaded alkali and alkaline earth metals Manh Linh Le ¹ , Seung-Soo Kim ^{1*} and Jinsoo Kim ² (¹ Kangwon National University, ² Kyung Hee University)
PB-07	다중 공급 2 차 및 3 세대 바이오 에탄올 공급망을 위한 최적화 설계 - 대한민국의 물류 사례 아민 자레이, 유준 (부경대학교)
PB-08	Saccharina japonica의 열수액화를 이용한 수소생산 공정설계 및 경제성 니아즈 하이더, 유준 부경대학교 화학공학과
PB-09	고기 종류에 따른 미세먼지 및 악취 발생 특성과 상관관계 유승열 ¹ , 양우영 ¹ , 이진영 ¹ , 오혁진 ¹ , 이태호 ² , 류희욱 ^{1*} (¹ 송실대학교 화학공학과, ² 송실대학교 융합연구원)
PB-10	시멘트 소성로에서 DC Plasma Torch를 이용한 SF ₆ 및 HFCs 가스 분해 기술 개발 이규환, 김태욱, 김필중, 이수민, 손병구* (철원플라즈마산업기술연구원)
PB-11	Effects of different redox mediators on microbial electrosynthesis of CO ₂ Shuwei Li, Young Eun Song, Min Soo Kim, Jung Rae Kim* (School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University)
PB-12	Electrolyte-NRTL식을 이용한 MEA, AMP 및 혼합수용액에 대한 이산화탄소 용해도 모형개발 최봉근 ¹ , 이종섭 ² , 신현용 ³ , 민병무 ^{2,4*} , 문중호 ^{1*} (¹ 충북대학교, ² 한국에너지기술연구원, ³ 서울과학기술대학교, ⁴ 에너지토피아)
PB-13	WO _x -ZrO ₂ 촉매와 과산화수소를 이용한 선박용 경유의 산화 탈황 오현우, 윤인배, 우희철* (부경대학교 화학공학과)
PB-14	진공 증류를 이용한 캐슈넛껍질액으로 부터 카다놀 분리 연구 이성찬, 안희주, 강경수, 우희철* (부경대학교 화학공학과)
PB-15	다공질 실리카 분말을 활용한 연료 흡착 및 수처리 공정 응용 한민호 ¹ , 조영상 ^{1*} (한국산업기술대학교 생명화학공학과)
PB-16	암모니아 분해 기반 CO ₂ 배출 없는 수소 생산 관련 경제적 타당성 평가 이보름, 허주현, 이현준, 변만희, 김희향, 김아연, 임한권* (울산과학기술원)
PB-17	Highly Stable and Fine-Textured Hybrid Microspheres for Entrapment of Cosmetic Active Ingredients Ee Taek Hwang ^{1*} (¹ Center for Convergence Bioceramic Materials, Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology)
PB-18	바이오디젤 제조 공정에서 발생하는 VOCs 및 악취 제거를 위한 촉매식 산화법 검토 김기왕, 신동일, 김동우, 유지선, 박준우, 박광희 (㈜에코프로)
PB-19	특허 분석을 통한 국가 및 기술 분야별 계연활성제 개발 동향 연구 안희경 ¹ (한국생산기술연구원)

포스터세션 II (2)

PB-20	수질오염 사전예방을 위한 생분해성 계면활성제 생산기술 분석 안희경 ¹ (한국생산기술연구원)
PB-21	매립장 유래 미세플라스틱 관리방안 연구 지민규 ¹ * (한국환경정책·평가연구원)
PB-22	한강유역의 수질변화 분석 지민규 ¹ * (한국환경정책·평가연구원)
PB-23	파일롯급 순환유동층 연소시험장치를 활용한 우드펠릿 혼소 특성연구 박경일 ¹ , 이종민 ¹ , 김동원 ¹ , 박병철 ¹ , 이규화 ¹ (한국전력공사 전력연구원)
PB-24	시멘트 제조과정 발생하는 부산물의 자원화를 위한 유용자원 회수공정기술에 관한 연구 박병현 ¹ , 조성현 ¹ , 김해기 ¹ , 이주열 ^{1,2} , 최진식 ^{1,2} (¹ ㈜에니텍 기술연구소, ² 경희대학교 환경응용과학과)
PB-25	팔라듐 복합 분리막을 이용한 PEMFC용 수소연료 생산에 관한 연구 도한영 ^{1,3} , 김창현 ^{2,3} , 한재윤 ^{2,3} , 이신근 ³ (¹ 연세대학교 화공생명공학과, ² 고려대학교 화공생명공학과, ³ 한국에너지기술연구원 에너지효율소재연구본부)
PB-26	고압 분체주입 장치의 운전신뢰성 확보를 위한 장시간 성능 시험 권인근 ¹ , 윤성필 ¹ , 정석우 ¹ , 정종선 ² (고등기술연구원, ² (주)씨인텍)
PB-27	순산소 연소 기반의 600MWe CFB 발전소의 기초경제성 연구 서수빈 ¹ , 김형우 ¹ , 강서영 ¹ , 이시훈 ¹ * (전북대학교)
PB-28	20 톤/일급 대용량 가압 분체주입장치의 운전특성 정기진 ¹ , 이지은 ¹ , 정석우 ¹ , 정종선 ² (고등기술연구원, ² (주)씨인텍)
PB-29	친환경 생분해성 PLA/PBAT/DGEBA blending 필름 제조 및 물성 평가 이승민 ¹ , 김한성 ¹ , 윤현기 ² , 형태경 ² , 정현호 ¹ , 윤순도 ¹ *, 변현수 ¹ (¹ 전남대학교 화공생명공학과, ² 포토캡스)
PB-30	스팀 세척을 이용한 Ti 스크랩의 청정 전처리 및 재활용 채지광 ¹ , 오정민 ¹ , 임재원 ¹ * (전북대학교)
PB-31	수소 플라즈마 용해에 의한 Inconel 718 스크랩의 친환경 재활용 이도성 ¹ , 오정민 ¹ , 임재원 ¹ * (전북대학교)
PB-32	전주도금공정으로 OLED 대면적 금속마스크 개발 허광선 ¹ *, 배영한 ² (경남정보대학교 신소재화학계열, ² (주) 한성이즈텍)
PB-33	폐소화약제를 이용한 친환경 ABC 분말소화약제의 재생 연구 홍진화 ¹ , 이정훈 ¹ , 정제영 ¹ , 허광선 ¹ (경남정보대학교 신소재화학계열)
PB-34	아크 방전법으로 합성된 고 결정성 질소 도핑 그래핀 플레이크의 에너지 저장소재로의 응용 김정길 ^{1,2} , 탕 비엠팜 ¹ , 정재영 ^{1,3} , 김명중 ^{1,*} , 김남동 ^{1,*} (¹ 한국과학기술연구원, ² 전북대학교, ³ 광주과학기술원)
PB-35	아크 방전법으로 합성된 그래핀 플레이크의 합성 조건에 따른 특성 변화 연구 김민지 ^{1,2} , 김정길 ^{1,2} , 정재영 ^{1,3} , 김남동 ^{1,*} (¹ 한국과학기술연구원, ² 전북대학교, ³ 광주과학기술원)
PB-36	Gelatin-sodium alginate based films with <i>Pseuderanthemum palatiferum</i> (Nees) Radlk. freeze-dried powder obtained by subcritical water extraction: antioxidant activities and physical properties Truc Cong Ho, Myoung Hwan Kim ^{1,2} , Yeon-Jin Cho, Jin-Seok Park, Seung Yun Nam ^{1,2,3} , Byung-Soo Chun ¹ (¹ Interdisciplinary Program of Biomedical Mechanical & Electrical Engineering, Pukyong National University, ² Center for Marine-Integrated Biomedical Technology (BK21 Plus) Pukyong National University, ³ Department of Biomedical Engineering, Pukyong National University)
PB-37	리그닌의 선택적 저분자화를 위한 혼성 초임계 유체 시스템 연구 Ngoc Tuan Tran ¹ , 김한별 ² , 박철우 ² , 이현주 ¹ , 제정호 ^{2,*} (한국과학기술연구원, ² 부산대학교)

포스터세션 II (3)

PB-38	<p>Synthesis of Zinc halide immobilized on the polymer resin and its catalytic activity for the coupling reaction of CO₂ with propylene oxide Shin Hye Cho^{1,2}, Seok Kyeon Cheong^{1,2}, Hyunjoo Lee^{1,2,*} (¹Clean Energy Research Center, Korea Institute of Science and Technology, ²Division of Energy & Environment Technology, KIST School, Korea University of Science and Technology)</p>
PB-39	<p>미세조류의 산소 발생을 이용한 증금속 생태독성 탐지방법 개발 피다 후세인, 엄현섭, 오상은* (강원대학교)</p>
PB-40	<p>토양의 계면활성제 흡착 특성 연구 권주혁, 전병훈* (한양대학교)</p>
PB-41	<p>한국 동남부지역 경주석빙고 3D 모니터링 및 전산유체해석 특성 정중현, 정유진¹, 정민호², 피영규, 최창훈³, 손병현⁴ (대구한의대학교 보건학부, ¹금강씨엔티, ²국립경주문화재연구소, ³H.S.E Tech, ⁴한서대학교 환경공학과)</p>
PB-42	<p>新羅 四天王寺址 出土 塑造神將像 3D 복원 및 모니터링 특성 (I) 정민호, 정중현¹, 피영규¹, 정유진², 최창훈³, 손병현⁴ (국립경주문화재연구소, ¹대구한의대학교 보건학부, ²금강씨엔티, ³H.S.E Tech, ⁴한서대학교 환경공학과)</p>
PB-43	<p>新羅 四天王寺址 出土 塑造神將像 3D 복원 및 모니터링 특성 (II) 정민호, 정중현¹, 피영규¹, 정유진², 최창훈³, 손병현⁴ (국립경주문화재연구소, ¹대구한의대학교 보건학부, ²금강씨엔티, ³H.S.E Tech, ⁴한서대학교 환경공학과)</p>
PB-44	<p>한국 동남부지역 석조문화재 물리·화학적 특성 (II) 정중현, 정민호¹, 피영규, 정유진², 최창훈³, 손병현⁴ (대구한의대학교 보건학부, ¹국립경주문화재연구소, ²금강씨엔티, ³H.S.E Tech, ⁴한서대학교 환경공학과)</p>
PB-45	<p>미세먼지 대응을 위한 시멘트 산업의 질소산화물 저감 기술동향 분석 서준형¹, 백철승¹, 조계홍¹, 조진상^{1*} (한국석회석신소재연구소)</p>
PB-46	<p>미세먼지 제어를 위한 VOCs 산화촉매의 비활성화 박노국¹, 권병찬¹, 이태진^{1*}, 윤대식² (영남대학교, ²창성엔지니어링(주))</p>
PB-47	<p>석탄화력발전을 위한 배가스 중 미량 SOx 흡착용 복합활성탄의 대량 제조 기술 권병찬¹, 박노국^{1*}, 이태진¹, 이승중^{2*} (영남대학교, ²고등기술연구원)</p>
PB-48	<p>미세먼지 제어를 위한 다중 촉매층 VOCs 개질 시스템 이영진¹, 권병찬¹, 박노국¹, 이태진¹, 이승우^{1*}, 강석환², 김효식², 홍범의² (영남대학교, ²고등기술연구원)</p>
PB-49	<p>심도 탈황을 위한 K계 건식 흡수제의 수분 영향 채호진, 이수출, 김재창* (경북대학교)</p>
PB-50	<p>미세먼지 대응 휘발성 유기화합물 에너지화 친환경 공정기술 개발 박정은, 황상엽, 이기쁨, 김지현, 김석휘, 홍범의* (고등기술연구원)</p>
PB-51	<p>The effects of NH₃/NO ratio in SCR for scale-up Hyo Sik Kim¹, Suk Hwan Kang^{1*}, Jae Hong Ryu¹, Jin Ho Kim¹, Ji Hyun Kim¹ (Institute for Advanced Engineering)</p>
PB-52	<p>중질 잔사유 촉매 분해 공정에서의 SO₂ 제거를 위한 Co-Fe-MgO 흡수제 제조 및 특성 연구 이철호¹, 채호진¹, 이수재¹, 이수출³, 김재창^{1*} (경북대학교 응용화학공학부, ²특허청, ³경북대학교 차세대에너지기술연구소)</p>
PB-53	<p>탄화수소 연료의 탈황기술 강석환^{1*}, 류재홍¹, 박노국² (고등기술연구원, ²영남대학교)</p>
PB-54	<p>Lab-scale 순환유동층에서의 산화매질의 종류와 주입방법에 따른 질소산화물 발생특성 최영근, 전민규, 이정규, 김상인, 윤진한* (한국기계연구원 환경기계연구실)</p>
PB-55	<p>Al₂O₃-CeO₂ 복합 support를 이용한 저온에서의 NOx 흡탈착 성능 평가 윤형진, 김현욱, 이기쁨* (고려대학교)</p>
PB-56	<p>Iron oxide-promoted V₂O₅-WO₃/TiO₂ catalysts for the selective reduction of NO by NH₃: Effect of iron oxide loading Thi Phuong Thao Nguyen, Ki Hyuck Yang, Moon Hyeon Kim* (Daegu University)</p>
PB-57	<p>NSP 시멘트 킬른 예비소성 공정의 질소산화물 배출에 관한 연구 백철승, 서준형, 조진상, 조계홍* (한국석회석신소재연구소)</p>
PB-58	<p>내약품성 및 난연성을 가지는 발수처리 가공 직물의 제조 및 특성 평가 권선영¹, 김은지¹, 백인규¹, 채철수², 박재형^{1*} (한국신발피혁연구원, ²(주)부성텍스텍)</p>
PB-59	<p>가교 아민이 담지된 이산화탄소 흡착제에서 가교제의 탄소 사슬 길이가 이산화탄소의 흡/탈착 특성 및 화학적 안정성에 미치는 효과 전선빈¹, 윤형진¹ 민진서, 김성현, 이기쁨¹ (고려대학교)</p>
PB-60	<p>일회용 플라스틱 포장재로부터의 다공성 탄소 기반 이산화탄소 흡착제 개발 윤형진¹, 홍성민², 이기쁨^{1*} (고려대학교, ²한국원자력연구원)</p>
PB-61	<p>수증기 메탄 개질 반응용 Egg-shell-type Ni/MgAl₂O₄ 촉매제조: 지지체 국산화 및 상용촉매와 성능 비교 유연정¹, 조은경¹, 박다솜¹, 오현¹, 김건우¹, 고창현^{1*} (전남대학교 화학공학부)</p>

추계총회 및 학술발표회 자료집

초청강연

시 간 2019. 9. 25 (수) 14:30~15:30

장 소 대전 인터시티호텔 라벤더홀 #1



추계총회 및 학술발표회 자료집

초청강연 I

일 시	2019년 9월 25일(수) 14:30 ~ 15:30	
장 소	대전 호텔인터시티, 라벤더홀1	
Organizer	전병훈 교수 (한양대학교) 진행: 전병훈 교수 (한양대학교)	
14:30 (5')	개회사 - 이재영 대표이사 (미래초음파기술)	
14:35 (55')	열전환 고분자막을 이용한 작은분자 및 이온의 분리 - 이영무 석학교수 (한양대학교)	
연 사 소 개		
주 요 이 력	연구분야	Membrane applications in gas separation, energy, water treatment
	2015.03 - 2019.02	한양대학교 제14대 총장
	1988 - 현재	한양대학교 공과대학 화공과 조교수 ~ 현 한양대학교 석학교수
	2001 - 현재	한국과학기술한림원 정회원
	2001 - 현재	한국공학한림원 정회원
	2010 - 현재	Harbin Institute of Technology Advisory Professor
	2016 - 현재	중국 길림대학교, 천진대학교 명예교수
	2004 - 현재	Journal of Membrane Science, Editor
	2017.09	2017년 국가연구개발 우수성과 100선 선정
	2008.09	2008년 교육과학기술부 연구개발사업 우수연구성과 50선 선정
	1986	미국 North Carolina 주립대학교 대학원 공학박사
	1979	한양대학교 대학원 고분자공학과 공학석사
	1977	한양대학교 공과대학 고분자공학과 공학사

열전환 고분자막을 이용한 작은분자 및 이온의 분리

이 영 무*

*한양대학교 공과대학 에너지공학과

Thermally rearranged polymer membranes for separation of
small molecules and ions

Young Moo Lee*

*Department of Energy Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea

Microporous polymers are a class of polymeric materials with high free volumes and large surface areas. Microporous polymers have received much attention for various energy-related applications in gas separation, gas storage, and for clean energy resources due to their easy processability as well as microporosity for high performance. As gas separation membrane materials, microporous materials exhibit high flux based on the fast gas transport through membrane matrix. Moreover, the easy processability of polymer materials has been a great advantage for expansion into industrial applications.

Reported rigid polymer membranes, so-called thermally rearranged (TR) polymer membranes have been developed from ortho-functionalized polyimides by a post thermal conversion process. They demonstrate bimodal cavity size of 0.3–0.4 nm and 0.7–0.9 nm and narrow cavity size distributions characterized by PALS measurement which is an efficient transport path for small molecules, especially for CO₂ molecules. As a result, TR polymer membranes exhibit both high permeability and high selectivity based on high diffusion of gas molecules. TR polymer membranes are also suitable for water treatment applications due to their microporous characteristics. In this presentation, we will report on the recent progress of thermally rearranged microporous polymer membranes for applications such as in energy and water.

Keywords: Thermally rearranged polymer; gas separation; PRO; battery

추계총회 및 학술발표회 자료집

초청강연


시 간 2019. 9. 26 (목) 08:30~09:00

장 소 대전 인터시티호텔 라일락홀



추계총회 및 학술발표회 자료집

초청강연 II

일 시	2019년 9월 26일(목) 08:30 ~ 09:00	
장 소	대전 인터시티호텔, 라일락	
Organizer	김수현 박사 (고등기술연구원), 라호원 박사 (한국에너지기술연구원)	
08:30 (30')	전력발전 분야의 신기술 동향 및 전망 - <u>이종민</u> 실장 (한전 전력연구원 발전기술연구소)	
연 사 소 개		
주 요 이 력	연구분야	지능형디지털 발전분야 및 신발전분야
	1998- 현재	한전 전력연구원 발전기술연구소
	2019- 현재	발전기술연구소 지능형발전연구실 실장
	2012- 현재	국제에너지기구 유동충전환(IEA-FBC) 국내대표
	2015- 2018	IEA-FBC 18개국 협의체 부의장 및 의장 역임
	2008	FBC Design Certificate from Canada GRI
	1998.02	KAIST 화학공학과 박사
	1994.02	KAIST 화학공학과 석사
1992.02	고려대학교 화학공학과 학사	

전력발전분야의 신기술 동향 및 전망

이종민, 배용채

한전 전력연구원 발전기술연구소

Trend and Outlook of New Technology in Power Generation

JongMin Lee and YongChae Bae

Power Generation Laboratory, KEPCO Research Institute, Korea

최근 들어 전력생산을 위한 발전부분의 탈석탄 정책으로 인해 석탄발전 부분의 신규사업 제약이 크게 증가하고 있다. 특히, 국내의 경우, 글로벌 이슈인 온실가스 저감이라는 환경적 문제와 더불어 미세먼지 발생의 주요원인으로 석탄 화력이 거론되고 있는 상황에서 석탄 관련 신규 사업의 확장이라는 부분은 전력공급의 여유상황에서 매우 어려운 상황으로 인식되고 있다.

이에 석탄발전 분야의 기술 지속성을 위해, 국내에서는 크게 다음의 기술분야에 대해 집중적이고 미래 지향적 개발을 추진하거나 또는 향후 추진해야 할 필요성이 있다. 첫째는 CO₂ 문제에 대응하기 위한 고효율 신발전 기술의 개발이다. 이는 석탄화력의 효율 증대에 따른 CO₂ 감소분과 더불어, 단위 석탄연료당 배출되는 미세먼지의 저감효과까지 고려해 개발을 추진해야 하며, 특히, 초초임계(USC) 미분탄화력 및 유동층화력을 넘어 향후, A-USC의 기술 융합이 이루어 질것으로 전망된다. 또한 석탄가스화복합발전(IGCC)처럼 고효율 발전에 더불어 SO_x 및 NO_x 배출에 매우 우수한 석탄 기술의 개발 및 보급은 CO₂와 미세먼지의 동시 저감을 목표로 기술개발의 Upgrade가 요구되고 있다. 둘째는 이러한 신발전 시스템과 CCS 또는 CCU 기술의 융합이다. 이는 순산소 연소방식의 신발전 기술로서 구현될 수 있으며, 가압 순산소 미분탄 또는 가압 순산소 유동층 기술로 나뉘어 기술개발이 진행되고 있다. 이는 CCS 기술 중 후처리를 통한 CO₂ 대응기술과 더불어, 연소 중 CO₂ 및 미세먼지를 포집 또는 제거하는 기술로서 Zero Emission을 그 주요 목표로 설정하고 있다. 더불어, IGCC와 수소생산 그리고 연료전지의 융합인 IGFC 또는 그 대안으로 부상하고 있다. 셋째는 미세먼지 대응을 위한 SO₂ 및 NO_x의 저감 기술 개발이다. 이는 특히 2차 미세먼지 생성원으로 인식되고 있는 SO₂ 및 NO_x의 저감을 위해 기존의 환경기술보다 보다 고효율의 포집 또는 전환기술을 요구하고 있으며, 더불어, 발전설비의 기동 또는 정지 중 발생하는 SO₂ 및 NO_x의 제어에도 큰 관심을 기울이고 있는 실정이다.

한편, 가스터빈의 경우에도 보다 고도의 CO₂ 저감 대응을 위한 순산소 가스터빈 연구 또한 활발하게 진행 중에 있으며, 신재생에너지의 증가에 대비한 화력발전 유연운전 또한 큰 관심대상의 연구개발 분야라 할 수 있겠다. 더불어, 모든 설비 및 운전의 디지털 변환을 통한 4차산업 대응기술은 앞서 언급한 환경 및 유연운전분야의 최적 지향점을 도출할 목표로 “지능형 디지털발전소” 구현을 추진하고 있으며, 이를 통해 궁극적으로 새로운 발전분야의 신기술 지향점을 도출함을 그 목표로 하고 있다[1].

참고문헌

1. 한국전력공사 전력연구원 “2019 발전분야 기술개발로드맵 및 기획보고서”, KEPCO RI Technical Report (2019).

추계총회 및 학술발표회 자료집

바이오연료 및 소재

시 간 2019. 9. 26 (목) 09:05~11:40

장 소 대전 인터시티호텔 라벤더홀 #1



식물성 오일 전환 바이오항공유 제조를 위한 탈산소 및 크래킹/이성질화 반응 기반 다단 수첨촉매공정에 대한 스케일-업에 관한 연구

한기보^{1,*}, 장정희¹, 안민희¹, 곽연수¹, 정병훈²

¹고등기술연구원, ²국방과학연구소

A study on scale-up of multi-stage catalytic hydrotreating process for bio-jet fuel production by vegetable oil conversion

Gi Bo Han^{1,*}, Jung Hee Jang¹, Min Hwei Ahn¹, Yeon Su Kwak¹, Byung Hun Jeong²

¹Institute for Advanced Engineering, ²Agency for Defense Development

항공수송 수요의 증가로 인해 항공분야에서의 온실가스 배출이 증대되는 가운데 이를 감축을 위한 노력의 일환으로 바이오항공유의 제조기술과 더불어 이로부터 제조된 바이오항공유에 대한 품질을 향상시킬 수 있는 기술을 개발하는 데 다양한 관점에서 지속적으로 연구되고 있다. 바이오항공유 제조공정에는 식물성 오일을 기반으로 탈산소와 크래킹/이성질화 반응을 동반하는 Hydrotreated esters and fatty acid(HEFA) 등의 Oil-to-Jet(OTJ) 공정, 알코올성 원료를 기반으로 탈산소/올리고머화 및 중축합 반응을 동반하여 바이오항공유를 제조하는 Alcohol-to-Jet(ATJ) 공정, 당질계나 전분질계 원료를 촉매 전환 공정을 통해 탄화수소로 업그레이딩하거나 생물학적 전환 공정을 통하여 항공유를 생산하는 Sugar-to-Jet(STJ) 공정, 목질계 등 바이오매스 원료를 가스화한 바이오가스, 천연가스 또는 합성가스를 생화학적 경로나 열화학 경로를 통해 항공유로 전환하는 Gas-to-Jet(GTJ) 공정 등이 있다. 본 연구에서는 식물성 오일인 정제 팜유를 원료로 하여 바이오항공유를 제조하는 공정에 대한 스케일-업에 관한 연구가 수행되었다. 이러한 과정에서는 실험실 규모의 기초 연구결과를 기반으로 벤치 규모와 파일럿 규모에서 각각 다양한 운전조건을 동반하여 최적의 운전조건을 도출함과 동시에 장기운전 안정화를 위한 공정 안정화 과정이 동반되었다. 더불어, 이로부터 제조된 바이오항공유가 포함된 바이오원유에 대한 수율 및 물성 최적화, 이후 후처리 공정을 통한 제품화로서 가능한 바이오항공유에 대한 물성 최적화 과정이 수반되었다.

바이오 연료 공급망의 2 단계 확률적 최적화 - 한국 사례 연구

자레이 모하마다민, 유준
부경대학교 화학공학과

TWO-STAGE STOCHASTIC OPTIMIZATION OF A BIOFUEL SUPPLY
CHAIN - A KOREAN CASE STUD

Mohammadamin Zarei, Jay Liu
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

Concerns about climate change, energy security, and the diminishing supply of fossil fuels are causing our society to search for new renewable sources of transportation fuels. Amongst various candidate, biomass have attracted much attention in recent years because of its widespread availability and its potential applicability as a sustainable source of energy and material. The biomass passes through some facilities and undergoes various processes called the biomass supply chain. Each part of the supply chain needs specific knowledge, technology and activities including growing, harvesting, transporting, integrating, storing, converting, distributing, and consuming. The static(structural) and dynamic behavior of the supply chain.

Most researcher focus on steady state models. However, in a real word case study, uncertainty play a significant role. Designer of the chain must understand the dynamics of the chain which represent uncertainty and determine many variables.

There are many parameters that have uncertainty characteristics. According to review papers the most important variables have to deal with are: biomass supply (biomass yield, harvest rate and biomass quality), biofuel demand. Other important parameters under uncertainty are biomass and biofuel prices and costs. In this study, based on our parameter and specific biomass that can be found easily in eastern Asia called "Saccharina japonica", a two-stage mixed integer programming of a biomass-based fuel supply network is developed to deal with two main important uncertainties, biomass and biofuel demand. The proposed model is then validated via a real-world case study with data from Korea. The aim of this work is to determine planning decisions related to a supply chain that can be dispersed in Korea's geographical area.

Hydrodeoxygenation of Bio-oil from Fast Pyrolysis Wood Processing Residue Using Different Types of Natural Catalysts

Hoang Vu Ly^{1,2}, Jinsoo Kim¹, Quoc Khanh Tran², Seung-Soo Kim², Changho Oh³

¹Kyung Hee University, ²Kangwon National University, ³Daekyung Esco

The bio-oil produced from fast pyrolysis of biomass has received a lot of attention as an attractive replacement for fossil fuel [1]. Wood processing residue (WPR) is one of biomass source to be converted into bio-oil. However, due to high oxygen content, the bio-oil should be further upgraded to achieve the higher quality bio-oil. The deoxygenation under hydrotreating using different catalysts (catalytic hydrodeoxygenation (HDO)) is considered as one of the promising methods for upgrading bio-oil from pyrolysis by removal of the O-containing groups [2]

In this study, the HDO of WPR bio-oil collected from fast pyrolysis of WPR (450 °C) was carried out in autoclave at the temperature between 350 °C, the pressure in range of 10 and 20 bar, in 60 min. Then, the catalytic HDO experiments were performed with different types of natural catalysts such as dolomite, HZSM-5, and iron oxides (red mud, hematite, magnetite, ferric oxide 99%). During catalytic HDO, the oxygen was mainly removed from bio-oils via formation of CO₂ and H₂O. The moisture content was determined in range 12.63 – 22.94 wt%. The CO₂ content showed highest selectivity (between 82.59 and 89.14 mol%) in gas product (CO, CO₂, H₂, and hydrocarbon gas C1~C4). The liquid product contained high selectivity of alkyl phenol derivatives. The proportions of C₅–C₁₁, C₁₂–C₁₈, and C₂₅–C₃₈ of pyrolysis bio-oil of organic phase were in range of 45.61–59.78 wt%, 23.31–28.11 wt%, 13.19 – 24.93 wt.%, respectively. The dolomite catalyst mostly removed oxygen via CO₂, whereas the HZSM-5 mainly eliminated oxygen via CO and H₂O. Among the iron oxides catalyst, red mud is the most effective in catalytic HDO.

References

1. Park, J.W., Heo, J., Ly, H.V., Kim, J., Lim, H., Kim, S.-S. Fast pyrolysis of acid-washed oil palm empty fruit bunch for bio-oil production in a bubbling fluidized-bed reactor. *Energy* 179, 517–527 (2019).
2. Ly, H.V., Choi, J.H., Woo, H.C., Kim, S.-S., Kim, J. Upgrading bio-oil by catalytic fast pyrolysis of acid-washed *Saccharina japonica* alga in a fluidized-bed reactor. *Renewable Energy* 133, 11–22 (2019).

알칼라인 수전해를 이용하여 수소를 생산하기 위한 하이브리드 재생 에너지
시스템-동적 모델링 접근법

니아즈 하이더, 딕슨 로퍼스, 유준
부경대학교 화학공학과

Hybrid Renewable Energy System For Hydrogen Production Via Alkaline
Water Electrolysis –A Dynamic Modelling Approach

Haider Niaz, Rofice Dickson, Jay Liu
Department of Cheimcal Engineering, Pukyong National University

As a result of increasing global demand for energy and rising threat for environment pollution due to greenhouse gas emissions, focus is gradually shifting towards renewable energy as a backup energy supply. Among renewable energy technology pathways, hydrogen production via Alkaline water electrolysis (AWE) is emerging as a savior. Solar-PV and wind energy when combined, hydrogen production from AWE has a potential to play an important role as an energy carrier in future sustainable development. In this study, dynamic modelling approach is employed to overcome the dynamic behavior of renewable energy by modelling AWE along with renewable energy management via energy storage system (ESS). ESS helps the model overcome the energy instabilities, hence providing a continuous hydrogen production system.

올레산의 탈산소 반응을 통한 바이오연료 생산에서 Ni-Ce-ZrO₂ 촉매의 Ni 담지량이 미치는 영향

박호룡, 조재완, 전경원, 심재오, 노현석*
연세대학교

The production of biofuel by the deoxygenation of oleic acid over the Ni-Ce-ZrO₂ catalyst: Effect of Ni loading

Ho-Ryong Park, Jae-Wan Cho, Kyung-Won Jeon, Jae-Oh Shim, Hyun-Seog Roh*
Yonsei University

The Ce_{0.6}Zr_{0.4}O₂ catalyst was designed for the deoxygenation of oleic acid [1]. For the further enhancement of catalytic activity, Ce_{0.6}Zr_{0.4}O₂ supported Ni catalyst was developed [2]. In this study, a series of Ni-Ce_{0.6}Zr_{0.4}O₂ catalysts with different Ni loading were prepared by a co-precipitation method and employed for deoxygenation of oleic acid. Among the prepared catalysts, the 20 wt.% Ni-Ce_{0.6}Zr_{0.4}O₂ catalyst exhibited the highest catalytic activity. The effect of Ni loading on the catalyst characteristics has been investigated through various analysis techniques. The characterization results were related to the activity results in deoxygenation.

참고문헌

1. Shim et al, "Deoxygenation of oleic acid over Ce_(1-x)Zr_(x)O₂ catalysts in hydrogen environment" *Renew. Energy*, 65, 36 (2014).
2. Shim et al, "Bio-diesel production from deoxygenation reaction over Ce_{0.6}Zr_{0.4}O₂ supported transition metal (Ni, Cu, Co, and Mo) catalysts" *J. Nanosci. Nanotech.*, 16, 4587 (2016).

Effect of alkaline earth metals on pyrolysis kinetics of Organosolv Lignin from Pine tree

Quoc Khanh Tran¹, Seung-Soo Kim^{1*}, Jinsoo Kim^{2*}

sskim2008@kangwon.ac.kr (S.-S. Kim)

¹Department of Chemical Engineering, Kangwon National University

²Department of Chemical Engineering, Kyung Hee University

Lignin is one of the most common plant polymer besides cellulose and hemicellulose. Mainer [1] proposed lignin structure is significantly different from others carbohydrate-based polymers. Kim et al. [2] concluded that alkaline earth metals (AEM) content in most lignocellulosic biomass has strong catalytic reactivity during biomass depolymerization.

In this study, the pyrolysis kinetics of organosolv lignin and alkaline earth metals (Ca and Mg) impregnated organosolv lignin were investigated using differential method and integral method to determine the activation energy based on thermogravimetric analysis (TGA) data. The particular mechanism and characteristics of lignin pyrolysis based on rate constant (k) also were examined using tubing reactor. Organosolv lignin was mainly decomposed from 350 °C to 450 °C at various heating rate (5, 10, 15, 20 °C/min). The activation energy was from 70.11 to 607.89 kJ/mol which corresponded to the conversion of 5 to 95%. The presence of AEM as a catalyst led to decrease the activation energy. The Ca and Mg loading amount (0.5 and 2.0 wt%) and high molecule weights content in organosolv lignin strongly influence to lower activation energy.

Reference

[1] R. M. Mainer, Environmental Microbiology (Thrid Edition), 339–340 (2015).

[2] K. H. Kim, K. Jeong, S.-S. Kim, R. C. Brown, Kinetic understanding the effect of Na and Mg on pyrolytic behavior of lignin using a distributed activation energy model and density functional theory modeling, Green Chemistry, **5**, 1099–1107 (2019).

미세조류 기반 바이오디젤 생산 시스템의 기술 경제성 분석

이재철¹, 이보름¹, 허주현¹, 김현우², 임한권^{1*}

¹UNIST, ²전북대학교

Techno-economic analysis of microalgae-based biodiesel production

Jae-Cheol Lee¹, Boreum Lee¹, Juheon Heo¹, Hyun-woo Kim², and Hankwon Lim^{1*}

¹UNIST, ²Chonbuk National University

There is a significantly high demand for the alternative energy source due to increase in energy requirement and global warming concerns. Biodiesel is one of the good options because it can be used in existing diesel engines, is biodegradable, and produces less toxic and greenhouse gas emissions than petroleum diesel. In particular, biodiesel production using microalgae has gained a lot of attention because microalgae contain a considerable amount of lipids (15 to 65%) in their cells and consume carbon dioxide for cell synthesis. Although many experiment-based studies already showed the potential of microalgae-based biodiesel production, techno-economic analysis based on experimental data is not well be discussed. In this context, we performed experimental data-based techno-economic analysis for biodiesel production using microalgae. A unit biodiesel production cost was calculated based on the process flow diagram and itemized cost estimation. The results show that a unit biodiesel production cost is approximately 3.5 \$ kg⁻¹. The result of sensitivity analysis also shows that a unit biodiesel production cost is significantly affected by biomass and chemical costs. It means that the main drawback to commercialize is a cost for microalgal biomass, which can be reduced via wastewater-based biomass cultivation.

참고문헌

1. Amer, L., Adhikari, B., and Pellegrino, J. "Technoeconomic analysis of five microalgae to-biofuels processes of varying complexity," *Bioresour. Technol.* 102(20), 9350-9359 (2011).
2. Batan, L.Y., Graff, G.D., and Bradley, T.H. "Techno-economic and Monte Carlo probabilistic analysis of microalgae biofuel production system," *Bioresour. Technol.* 219, 45-52 (2016).
3. Davis, R., Aden, A., and Pienkos, P.T. "Techno-economic analysis of autotrophic microalgae for fuel production," *Appl. Energy* 88(10), 3524-3531 (2011).

추계총회 및 학술발표회 자료집

청정 석탄

시 간 2019. 9. 26 (목) 08:30~10:00

장 소 대전 인터시티호텔 라일락홀



연속식 고압 분체주입장치의 최적화 및 scale-up 연구 (록호퍼 시스템 대체용 고압 분체연료 주입장치 개발 (VI))

이지은¹, 권인구¹, 정석우¹, 정종선²

¹고등기술연구원, ²(주)세인트텍

A study on the optimization and scale-up of continuous type high-pressure powder feeding system

Jieun Lee¹, In-goo Kwon¹, Seok-Woo Chung¹, Jong-Sun Jung²

¹Institute for Advanced Engineering(IAE), ²Seintec Co., Ltd.

기존 가스화플랜트, 화학플랜트 등에서는 고압 용기 또는 고압 반응기에 상압의 분체연료(미분탄, 화학원료 등)를 연속적으로 주입하기 위하여 주로 록호퍼(lock-hopper) 시스템을 사용해왔다. 이 록호퍼(lock-hopper) 시스템은 분체연료의 계속적인 공급을 위하여 상압과 가압 운전을 반복하면서 사용할 분체연료를 저장하는 저장호퍼(storage hopper), 항상 반응기 압력보다 높은 고압상태로 운전되며 분체연료를 기류수송 방식으로 반응기에 공급하는 공급호퍼(feed hopper), 가압과 상압 상태를 반복하면서 상압상태인 저장호퍼의 분체연료를 가압상태인 공급호퍼로 계속 공급하는 록호퍼(lock-hopper) 등으로 구성된다. 그리고 이러한 종래의 록호퍼 시스템은 작동을 위해 고압 질소를 이용한 가압 및 감압 장치, 시퀀스 제어를 위한 정압/차압 계측기 등의 추가적인 설비 연계가 필요하고 복잡한 절차에 따라 분체연료 주입이 이루어진다. 또한 연속식이 아닌 배치(batch)식으로 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(bridging) 현상에 의해 록호퍼에서 공급호퍼로 분체연료가 내려오지 않는 문제점이 발생하는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 상압의 분체연료를 기계적 작동에 의해 압축하여 공급하는 연속식 고압 분체주입장치를 개발하였고, 소용량 및 대용량 설비를 설계/제작하여 운전 특성 시험 및 설비 개선을 반복하며 설비 최적화를 위한 연구를 진행하였다. 그리고 호스내경에 따른 운전압력과 주입량의 상관성을 비교하여 100톤/일급 scale-up 설계를 진행하였다.

사사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20163010050070)

Pneumatic conveying 해석에 적합한 CPFD simulation parameters 연구

성우창¹, 정석우², 정종선³, 이동현^{1*}

¹성균관대학교 화학공학부, ²고등기술원, ³Seintec Corporation

Study on CPFD simulation parameters suitable for Pneumatic conveying system

Woo Chang Sung¹, Seok Woo Chung², Jong Sun Jung³, Dong Hyun Lee^{1*}

¹School of chemical Engineering, ²Institute for Advanced Engineering, ³Seintec Corporation

At IGCC gasifier coal was transported to the gasifier at high pressure using pneumatic conveying system. Pneumatic conveying system can stably transport particles and is widely used because it doesn't need additional mechanical parts. Barracuda[®] calculates the flow characteristics of particles and fluids by CPFD (Computational Particle Fluid Dynamics) method, one of the CFD (Computational fluid dynamics) types, and has been widely used for the analysis of gas-solid flow characteristics. The CPFD method has the advantage that the calculation is faster than other simulation tools when the scale is large. However, few studies have been conducted on barracuda for the pneumatic conveying system, and the effects of drag model and drag force on the pneumatic conveying system results have not been studied. Therefore, in this study, based on the data of the previously studied paper, the change of the result according to the drag model was confirmed, and the appropriate drag model was confirmed in the dilute system. CPFD simulation was conducted at circular horizontal tube (ID = 81 mm). Particle used in this study was sand and its diameter was 10–500 μm and particle density was 2718.5 kg/m^3 . Range of air velocity is 12 – 22 m/s at atmospheric pressure and the range of solid loading is 2 – 4 kg/kg. As a result, the effect of drag model and drag force which used in CPFD simulation was confirmed at pneumatic conveying system.

참고문헌

1. Malagalage, A. et al. , “Experiments and Simulations for Horizontal Pneumatic Transport of Dry Drill Cuttings.” Chemical Engineering & Technology, 41(8), 1531–1537 (2018).
2. Santo, N. et al. , “Experimental study on the particle velocity development profile and acceleration length in horizontal dilute phase pneumatic conveying systems.” Powder Technology, 339, 368–376 (2018).

석탄과 바이오매스의 혼합 비율에 따른 미분도 분석에 관한 실험적 연구

이용운¹, 이재욱¹, 양원^{1*}

¹한국생산기술연구원

Experimental study on grindability analysis by mixing ratio of coal and biomass

YongWoon Lee¹, JaeWook Lee¹, Won Yang^{1*}

¹Korea Institute of Industrial Technology

바이오매스는 섬유질 구조로 인해 미분도가 낮으며 미분탄을 활용하는 화력 발전 내 혼소율을 저감시킨다. 우드펠릿은 석탄과 혼소시 낮은 분쇄성으로 인해 연소 효율 저감, 미분기 전력소모량 증가와 미분기와 배관의 막힘 등의 다양한 운전 장애를 야기한다.[1] 석탄과 바이오매스의 미분도 측정 방법은 선행 연구들을 통해 개발되었지만 혼소 조건에서 미분도 측정 방법은 연구 초기 단계이다. 석탄의 미분도 측정은 HGI(Hardgrove Grindability Index) method를 기반으로 분석하며 바이오매스는 TTBTGI method를 기반으로 미분도를 측정한다.[2, 3] 본 연구에서는 석탄과 바이오매스의 혼소시 적용 가능한 미분도 측정 기법을 개발하였으며 석탄과 바이오매스의 혼합 비율에 따른 미분도 특성 분석을 수행하였다.

본 연구에서는 기존의 HGI method와 TTBTGI method를 기반으로 석탄과 우드펠릿 혼합에 따른 신규 미분도 측정 기법을 개발하였다. 대상 석탄은 아역청탄인 Indominco이며 바이오매스는 우드펠릿과 밀짚펠릿을 사용하여 분석을 진행하였다. 대상 샘플의 미분도는 Indominco 37, 우드펠릿 19, 밀짚 펠릿 13의 미분도를 가진다. 우드펠릿과 밀짚펠릿은 낮은 혼합 조건에서 미분도가 급격히 감소되었다. 모든 혼합 비율에서 밀짚펠릿은 우드펠릿보다 낮은 미분도로 나타났다.

결과론적으로 본 연구에서는 석탄과 바이오매스의 혼합 비율에 따른 신뢰성이 높은 새로운 미분도 측정 기법을 개발하였다. 또한, 혼합 비율에 따른 정확한 미분도 측정 결과를 도출하였다. 향후 산재생에너지의 활용 증가가 요구됨에 따라 바이오매스의 혼소 비율이 증가될 것이며 개발된 미분도 측정 결과는 화력 발전 내 적정 미분기 성능과 최적의 운전 조건을 도출하는 지표로 활용될 것으로 판단된다.

참고문헌

참고문헌의 인용 및 작성요령은 학회지 'Clean Technology' 투고요령에 준한다.

1. Tillman, D. A., "Biomass cofiring: the technology, the experience, the combustion consequences", Biomass and bioenergy, 16(10), 365-384 (2000).
2. ASTM D409 / D409M-09, "Standard Test Method for Grindability of Coal by the Hardgrove-Machine Method", ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009.
3. Ndibe C. et al, "CHARACTERIZING THE GRINDING BEHAVIOR OF PRE-TREATED BIOMASS FUELS FOR COAL PULVERIZER APPLICATION", EUBEC, 457-465 (2016).

석탄 전처리 공정의 자연발화 및 탈휘발 특성 연구

윤성민¹⁾, 이석형^{1,2)}, 박성진¹⁾, 서명원¹⁾, 문태영¹⁾, 문지홍¹⁾, 윤상준¹⁾, 이재구¹⁾, 김재호¹⁾, 김용구¹⁾, 라호원^{1)*}

1)한국에너지기술연구원 청정연료연구실, 2)충북대학교 재료공학과

(*seojun@kier.re.kr)

A Study of Devolatilization and Spontaneous Combustion Characteristics of Coal Pretreatment Process

Sung Min Yoon¹⁾, Seok Hyeng Lee^{1,2)}, Park Sung Jin¹⁾, Myung Won Seo¹⁾, Tae Yong Mun¹⁾, Ji Hong Moon¹⁾, Sang Jun Yoon¹⁾, Jae Goo Lee¹⁾, Jae Ho Kim¹⁾, Yong Gu Kim¹⁾, Ho Won Ra¹⁾

1)Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research (KIER)

2)Chungbuk National University Material Engineering(CBNU)

(*seojun@kier.re.kr)

석탄자원의 환경적인 문제들로 인해 전세계적으로 석탄을 청정하게 사용하기 위한 기술개발이 활발하게 이루어지고 있다. 석탄을 청정하기 위한 기술 중에는 가스화 기술이 있으며, 가스화 기술은 탄화수소계 연료를 산소, 물 등의 산화제를 이용하여 고온/고압 하에서 반응시켜 H₂, CO를 주성분으로 하는 합성가스의 형태로 변환 하는 기술로서 고압공정이기 때문에 공정내에서 미세분진 이나 NO_x, SO_x 등 환경 오염 유발 물질을 저감할 수 있어서 친 환경적인 기술이다. 또한, 후단공정에 따라 IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle), SNG(Synthesis Natural Gas), CTL(Coal to Liquid) 등 다양한 고부가가치 물질 생산이 가능하여 급변하는 에너지 시장에 유동적으로 대응이 가능한 장점을 가지고 있다. 가스화 반응기는 크게 고정층, 유동층, 분류층 으로 분류 될 수 있으며 이 중, 분류층 가스화기에서 사용되는 석탄의 입자 사이즈는 일반적으로 75 μm 이하분이 80%이상 되는 미분쇄 석탄이 이용된다. 이를 위해서는 석탄의 건조와 분쇄 과정의 전처리 과정이 필요로 하게 되며, 이러한 석탄의 전처리 공정은 고온의 열풍을 공급하여 건조와 분쇄가 동시에 일어나게 된다. 이 때, 과도한 열량을 공급하거나 저장 탱크내부의 온도나 산소의 농도가 제어 되지 않을 경우, 일부 석탄에서 자연발화나 석탄의 탈휘발 현상이 발생하여 공정의 잠재적 고장요인이 될 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 실제 석탄 전처리공정과 유사한 조건을 모사 할 수 있는 Wire Mesh Reactor와 자연발화 장치를 이용하여 실제 운전조건에서 석탄의 자연발화와 탈휘발 특성을 연구 하였다. 실험에 사용된 석탄은 다양한 나라의 10종의 석탄과 비교 대상으로 1종 각각의 자연발화 개시온도와 탈휘발 개시온도를 실험하였다.

참고문헌

1. Ho Won Ra et al. "Devolatilization characteristics of high volatile coal in a wire mesh reactor", Korean J. Chem. Eng., 31(9), 1570-1576 (2014).

추계총회 및 학술발표회 자료집

청정 소재 및 공정

시 간 2019. 9. 26 (목) 10:20~15:35

장 소 대전 인터시티호텔 라일락홀
라벤더홀 #1



산화 바나듐/그래핀 복합체 제조 및 산화층 두께에 따른 전기화학적 성능 고찰

박용진¹, 김재현^{2,3}, 이승모^{2,3*}, 이규복^{1*}¹충남대학교 에너지과학기술대학원, ²한국기계연구원, ³과학기술연합대학원대학교Effect of Oxide Thickness on Electrochemical Performance of VO_x/Graphene Composite.Yong-Jin Park¹, Jae-Hyun Kim^{2,3}, Seung-Mo Lee^{2,3*} and Kyubock Lee^{1*}¹Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University, ²Korea Institute of Machinery & Materials, ³University of Science and Technology

Vanadium oxide (VO_x) have been widely used for pseudocapacitive decoration of the hybrid supercapacitor. In particular, the VO_x/graphene has recently come into notice due to the presumable synergistic effect by the pseudocapacitive nature of the VO_x and the promising physical properties of the graphene. Although the graphene has been intensively studied even till now, the research on the VO_x is comparatively less active. Especially, the effect of VO_x thickness on electrochemical performance still remains largely unexplored when the graphene with large specific surface area is decorated with the VO_x. Here, using a home laser engraver, firstly we performed the prompt and selective reduction of the graphene oxide to produce multilayered and highly porous graphene maintaining high electrical conductivity. Subsequently, the resulting graphene was conformally decorated with pseudocapacitive thin VO_x using atomic layer deposition in order to add pseudocapacitive property. We found the electrochemical performance pronouncedly decreases when the VO_x is too thick (over 22 nm). It is conjectured that the thick VO_x not only hinders accessibility of electrolyte ion into pores but also increases charge-transfer resistance. In order to assure high performance of the graphene-based hybrid supercapacitor electrodes, the thickness or the decoration density of the employed metal oxide should be considered and thoroughly investigated in advance.

다양한 화학 반응을 위한 구슬형태의 재료 합성 및 최적화

김지율¹, 이경우¹, 김나연¹, 박일건², 주지봉^{1*} (jbjoo@konkuk.ac.kr)

¹건국대학교 화학공학과, ²(주) 평화엔지니어링 R&D 연구소

Synthesis and Optimization of Bead-Shaped Materials for Various Chemical Applications

Ji Yull Kim¹, Gyoung Woo Lee¹, Na Yeon Kim¹, Il Gun Park²,

Ji Bong Joo^{1*} (jbjoo@konkuk.ac.kr)^{1*}

¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University,

²Pyunghwa Engineering Consultants R&D Institute

최근 화학 공정에서 독성 가스 유출로 인한 환경오염과 인명 피해 사건 등이 일어나며 독성 가스의 안전한 제거에 대한 사회적 관심이 높아지고 있다. 독성 가스 중에서 암모니아, 일산화탄소, 아르신, 포스핀 등은 미량의 양이라도 누출되었을 때 인간의 사망을 일으킬 정도로 위험한 독성 가스로 분류된다. 독성 가스들을 제거하는 기술들은 대기오염을 방지할 뿐만 아니라, 독성 가스 누출로 인해 발생하는 사고들을 방지하는데 중요하다. 선행 연구로 독성 가스를 제거하는 소재로 다양한 파우더(Powder) 형태의 흡착제 및 촉매들이 사용되어 왔다. 파우더 형태의 소재들은 넓은 표면 흡착 비표면적, 높은 분산 정도 등의 장점을 가지며, 여러 가지 응용분야에서 기초소재로 범용적으로 사용된다. 그러나, 실제 연속식 흡착 및 반응탑에 적용되었을 때, 높은 압력강하, 흡착제의 손실, 안정성 감소 등 여러 가지 문제가 발생할 수 있다. 따라서 파우더 형태의 흡착제 및 촉매들을 특정 크기 범위에서 제조하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 고분자 주형을 이용한 졸 겔 합성법과 소성에 의해 특성 조절이 가능한 구슬형태(Bead)의 흡착소재 및 촉매를 제조하였다. 구슬형태로 성형된 흡착제 및 촉매는 균일한 구형 입자이며, 다양한 직경범위를 가지며, 기공이 잘 발달되어 있음을 확인할 수 있다. 높은 기계적 안정성을 가지며 재사용이 용이하다는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 다양한 독성 가스 중 대표적인 물질인 일산화탄소와 암모니아 가스를 구형 흡착제와 촉매를 이용하여 제거 연구를 수행하였다. 실험실 규모급 흡착 및 촉매공장에서 최적화된 구슬형태 흡착제 및 촉매가 뛰어난 흡착/제거율을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Nasrullah, A., Bhat, A.H., Mohammed, H.I. "High surface area mesoporous activated carbon-alginate beads for efficient removal of methylene blue" *Int. J. Biol. Macromol.*, **107**, 1792–1799 (2018).
2. Yu, S. J., Yun, H. J., and Yi, J. H. "Preparation and characterization of Fe-doped TiO₂ nanoparticles as a support for a high performance CO oxidation catalyst" *J. Mater. Chem.*, **22**, 12629 (2012).

PVDF-*g*-POEM/LiTFSI 복합체 고체 고분자 전해질을 활용한 전기
이중층 캐패시터 적용

백운철¹, 박정태^{1*}

¹건국대학교

Double layer electrolyte polymer electrolyte using PVDF-*g*-POEM/LiTFSI for
supercapacitor application

Uoon chul Baek¹, Jung Tae Park^{1*}

¹Konkuk University

Poly vinylidene fluoride-*g*-poly(ethylene glycol) methyl ether methacrylate (PVDF-*g*-POEM) was synthesized for double layer supercapacitor application as a electrolyte and a separator. The graft copolymer was synthesized via atom transfer radical polymerization (ATRP) method. Incorporating ionic salt to PVDF-*g*-POEM electrolyte lead to increase of ionic conductivity of PVDF-*g*-POEM. Grafting to semi-crystalline hydrophobic polymer PVDF chains with hydrophilic POEM results in reduced the crystallinity nature of PVDF lead to decrease of ductility of PVDF which would provide better segmental motion of polymers, and hydrophilic domains grants sites for sulfonimide lithium (LiTFSI) salt, which leads to better ionic pathways. Ionic conductivity was measured by placing the electrolyte between stainless steel and tested over impedance analyzer using a potentiostat. The polymer structure was characterized by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), energy filtered transmission electron microscopy (EFTEM), and differential scanning calorimetry (DSC). The polymer PVDF-*g*-POEM serves as a matrix for the membrane electrolyte with high ionic conductivity which is comparable to several conventional matrix such as poly (ethylene oxide) (PEO), poly vinylidene fluoride (PVDF), or Poly(vinylidene fluoride-*co*-hexafluoropropylene) matrix based membrane electrolytes.

빛모양 이중 양친매성 고분자를 활용한 슈퍼커패시터 전해질으로의 활용

문주용¹, 박정태^{1*}¹건국대학교

The Amphiphilic Double Comb Copolymer Electrolyte for Using Flexible Supercapacitor

Juyoung Moon¹, Jung Tae Park^{1*}¹Konkuk University

As demand for sustainable energy becomes a hot issue in international society, supercapacitor is receiving great attention due to its environment friendly energy storage system. Mostly water-based electrolytes are mainly used as electrolytes for supercapacitors, but there are disadvantages such as limited range of potential windows and electrolyte leakage problem. Therefore, many researches are being conducted to develop electrolytes using polymers using non-aqueous electrolytes. One of grafting methods, atom transfer radical polymerization (ATRP) is an easy way to synthesize high molecular weight amphiphilic polymer containing both hydrophilic and hydrophobic regions. Using two step ATRP process, (poly(vinylidene chloride)-g-poly(methylmethacrylate))-g-Poly (ethylene glycol) methyl ether methacrylate ((PVDC-g-PMMA)-g-POEM) was synthesized and was used for supercapacitor polymer electrolyte with bis(trifluoromethane) sulfonimide lithium (LiTFSI) salt for enhancing ionic conductivity . PVDC-g-PMMA is the hydrophobic back bone which gives mechanical property that decrease crystallinity with grafting PMMA to PVDC and POEM possesses the hydrophilic side chain, making electron pathway which raise the electron transport properties. The coin cell structure with two stainless steel were used to measure ionic conductivity with potentiostat. The Characteristic of polymer was characterized by gel permeation chromatography (GPC), Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), field emission scanning electron microscopes (FE-SEM), transmission electron microscopy (TEM) and differential scanning calorimetry (DSC). Furthermore, solid-state flexible devices using carbon-based electrode are fabricated and assembled symmetrically using as-synthesized polymers as electrolyte and separator. The devices were tested in two electrode system to analyze electrochemical properties.

초미세먼지 저감을 위한 정전분무 집진 공정 설계 및 실험 연구

박준수¹, 이영수¹, 이길봉¹, 이계중¹, 김진한¹, 최종원¹

¹한국에너지기술연구원

Design and performance test on the ultrafine particle removal process by applying the electrospray technology

Jun Su PARK¹, Young Soo LEE¹, Gilbong LEE¹, Kye Jung LEE¹, Jin Han KIM¹, Jong Won CHOI¹

¹Korea Institute of Energy Research

최근 석탄화력발전소 혹은 산업용 제조 공정 중 발생하는 초미세먼지가 건강에 미치는 영향이 보고됨에 따라 이를 저감하는 기술에 대한 연구가 대내외적으로 높아지고 있다. 기존에 대기 중 초미세먼지의 제거를 위해 시중에 판매 중인 공기청정기는 대부분 고가인 HEPA필터를 이용하고 있으며, 소비자에게 필터 교환의 의무를 전가하고 있어 기기의 연속적인 초미세먼지 집진에 한계가 있다. 근래 들어 황사 등 외부 요인에 의해 실내 대기질이 결정되는 경우가 늘어나고 있어 일정한 집진 효율을 통해 청정공기를 공급하기 위해서는 물을 이용한 적극적인 미세먼지 저감 방법을 도입할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 공공시설 및 가정 내에서 사용이 가능하면서 극소량의 물과 극소량의 전력을 이용한 고효율 초미세먼지 제거 정전분무 습식 공기청정기를 개발하고, 집진 성능에 대한 연구를 수행했다. 다양한 현장에 적용할 수 있도록 용량 대응형 다단 집진 방식을 채택하여 설계하였으며, 각 집진박스에는 좌, 우, 하방으로 노즐이 10개씩, 총 30개의 노즐을 설치하였고, 고전압을 이용하여 소량의 물을 분사하는 정전분무 기술을 적용하였다. 집진장치의 성능 실험은 5.5 CMM 풍동 조건에서 PM 10 먼지를 약 100 mg/m³의 농도로 투입하면서, 초미세먼지 제거를 위한 정전분무 최적 전압 및 물 유량의 변화에 따라 실험이 진행되었다. 집진기의 입구와 출구에 광학입자계수기(Optical particle Counter, OPC)를 배치하여 성능을 측정해본 결과, 인가전압 40 kV 및 물공급 유량 0.3 LPM 조건에서 PM1.0 86.7%, PM2.5 98.0%, PM10 99.8%의 처리효율을 보였다.

참고문헌

1. Choi, J.W., Development of modular electrospray electrostatic precipitator for ultrafine particles removal, Air-Condi. Ref. Eng., Korea, pp. 262-267 (2017).
2. Choi, J.W. et al., Fine Water Droplet Generation via Electrospray and its Application to Wet Cyclone, Soc. Air Condi. Ref. Eng., Korea, pp. 1108-1113 (2017).
3. J.Kim, et al., 2018, Study on the fine particles removal performance of the electrospray driven swirling electrostatic, Air-Condi. Ref. Eng., Korea, pp. 262-267 (2018).
4. M. Najafabadi et al., 2014, Effects of geometric parameters and electric indexes on performance of a vertical wet electrostatic precipitator, J. Electrostat., Vol. 72, pp. 402-411 (2014).

고효율 광전기화학 물분해를 위한 양쪽 빗모양 공중합체 기반의 산화은/이산화티타늄 나노구조체

최교훈¹, 임승만¹, 문주용¹, 임정민¹, 백운철¹, 박정태^{1*}

¹건국대학교

Ag₂O/TiO₂ nanostructure based on double comb copolymer for high-efficiency photoelectrochemical water-splitting

Gyo Hun Choi¹, Seung Man Lim¹, Juyoung Moon¹, Jeong Min Lim¹,

Uoon Chul Baek¹, Jung Tae Park^{1*}

¹Konkuk University

Synthesis of Ag₂O/TiO₂ nanostructures was realised in this study by employing the facile hydrothermal method, which involved use of double comb copolymer templated sol-gel and a chemical bath. The synthesized Ag₂O/TiO₂ nanostructures demonstrated a photocurrent density of 1.78 mA/cm² at 1.23V against RHE under an illumination of 1 sun. This observed value of photocurrent density exceeded that of pristine TiO₂ nanorods by 2.18times.

참고문헌

1. Grätzel, M., "Photoelectrochemical cells." *Nature*, 414, 338-344 (2001).

기공크기 조절 가능한 다공성 탄소나노시트 합성 및 고성능 전기화학 커패시터의 응용

윤하나^{1*}

¹한국에너지기술연구원

Self-templated synthesis of porous carbon nanosheets with controllable pore size and their electrochemical capacitor application

Hana Yoon^{1*}

¹Korea Institute of Energy Research

Carbon-based electrochemical capacitors are highly promising energy storage devices that can meet the demands of high power density and long cycle life but they exhibit a lower energy density compared to lithium ion batteries. To increase the energy density of electrochemical capacitors, hybrid electrodes which combine carbon and pseudocapacitive materials are being actively investigated. In recent years, redox-active organic materials have attracted considerable interest as promising pseudocapacitive materials for energy storage applications because they have large gravimetric energy density, low cost and mechanical flexibility.

Interconnected porous carbon nanosheets (IPCNs) are promising candidates for use as the electrode materials of electrochemical capacitors because of their high surface area, efficient ion transport, and three-dimensional (3D) structure. Herein, IPCNs with easily adjustable pore-size distributions, ranging from micro- to mesoporous, are synthesized by the carbonization of alkali metal citrates in a single-step self-templating process. In addition, a facile bio-inspired surface functionalization of the IPCN electrodes is demonstrated through the formation of a polydopamine coating and the subsequent layer-by-layer deposition of ferric ions (Fe^{3+}) and tannic acid, with the aim of developing high-performance electrochemical capacitors.

Simple preparation of moldable perfluoropolyether–polyethylene glycol networks with tunable wettability for droplet microfluidics

Heon-Ho Jeong^{1*} (jeonghh29@jnu.ac.kr, Yeosu, Jeonnam 59626)

¹Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University

Soft lithography-based droplet microfluidics has enabled production of highly uniform and complex droplets. PDMS (polydimethylsiloxane) based conventional elastomers that are used for microfluidic device preparation are significantly deformed and swollen by various organic solvents. In here, we demonstrate that both water-in-oil and oil-in-water emulsion with organic solvents can be produced by using microfluidic device that are fabricated using cross-linked networks of PFPE (perfluoropolyether) and PEGDA (polyethylene glycol diacrylate) by simple UV irradiation. We identify that these PFPE-PEG networks are transparent and maintain excellent compatibility with various organic solvents that can swell the PDMS. In addition, we can systematically control the wettability of these devices by changing the ratio of the two macromonomers. Based on this device, we prepare solid microparticles with high uniformity by using an organic solvent-based emulsion as a template. We believe the PFPE-PEG polymer network will have broad impacts in a wide range of applications, including drug screening and solvent-based separation processes.

참고문헌

1. Hu et al., “Optically Transparent, Amphiphilic Network Based on Blends of Perfluoropolyethers and Poly(ethylene glycol),” *J. Am. Chem. Soc.*, **130**(43), 14244–14252 (2008).
2. Wang et al., “Photocurable Amphiphilic Perfluoropolyether/Poly(ethylene glycol) Networks for Fouling-Release Coatings,” *Macromolecules*, **44**(4), 878–885 (2011).
3. Jeong et al., “Moldable Perfluoropolyether–Polyethylene Glycol Networks with Tunable Wettability and Solvent Resistance for Rapid Prototyping of Droplet Microfluidics,” *Chem. Mater.*, **30**(8), 2583–2588 (2018).

트랜션트 전자기기의 수명 연장 연구

이승애^{1*}¹건국대학교

Strategies to extend the lifetime of transient electronics

Seungae Lee^{1*}¹Konkuk University

Transient electronics, which are capable of being dissolved in water in a certain period of time, are emerging fields for alleviating electronic wastes generated constantly [1]. Extending the lifespan of the device is essential for the practical commercialization of transient electronics. One strategy for achieving long-term operation is to encapsulate the device with a silicon nanomembrane as a protecting layer. An additional wax layer is introduced as a side encapsulation to prevent water penetration. Another approach is to develop water-soluble conductive inks composed of hydrophobic polymers loaded with metal microparticles [2]. The resulting conductive inks can serve as a printable conductor so that they can substitute the interconnects, antennas, and strain gauges. Testing the biocompatibility of these transient devices and materials in animal models verifies no effects of toxicity.

참고문헌

1. Hwang, S.-W., Park, G., Edwards, C., Corbin, E. A., Kang, S.-K., Cheng, H., Song, J.-K., Kim, J.-H., Yu, S., Ng, J., Lee, J. E., Kim, J., Yee, C., Bhaduri, B., Su, Y., Omennetto, F. G., Huang, Y., Bashir, R., Goddard, L., Popescu, G., Lee, K.-M., and Rogers, J. A., "Dissolution Chemistry and Biocompatibility of Single-Crystalline Silicon Nanomembranes and Associated Materials for Transient Electronics", *ACS Nano*, **8**(6), 5843–5851 (2014).
2. Lee, S., Koo, J., Kang, S.-K., Park, G., Lee, Y. J., Chen, Y.-Y., Lim, S. A., Lee, K.-M., and Rogers, J. A., "Metal microparticle - Polymer composites as printable, bio/ecoresorbable conductive inks", *Materials Today*, **21**(3), 207–215 (2018).

수명 특성이 개선된 PEMFC cathode 촉매 개발

김태근^{1*}¹충남대학교

Development of PEMFC cathode catalyst with improved durability

Taekeun Kim^{1*}¹Chungnam National University

In this study, the activated carbon composite support (ACCS) was developed using novel methodology from carbon black to enhance support stability of Pt/C catalysts. The preliminary study of thermal stability showed that ACCS has good thermal stability similar to that of carbon nanofibers (CNFs). Moreover, it keeps the good properties for a Pt deposition similar to those of carbon blacks. From these advantages of ACCS, it was considered as a promising support material for Pt/C catalyst and was studied extensively for its electrochemical activity and stability using the membrane electrode assembly (MEA). The Pt/ACCS kept the electrochemical activity under simulated start-up/shut-down operating conditions. The commercial Pt/C and Pt/290G catalysts show drastic mass activity losses and maximum power density losses. The good activity and excellent stability of Pt/ACCS catalyst are attributed to the higher degree of graphitization and enhanced hydrophobicity of ACCS.

참고문헌

1. Kim, T., Xie, T., Jung, W. S., and Popov, B. N., *Int. J. Hydrogen Energ.*, **42**, 12507–12520 (2017).
2. Kim, T., and Popov, B. N., *Int. J. Hydrogen Energ.*, **41**, 1828–1836 (2016).

설계 및 개발단계의 물질순환 향상을 위한 국제표준 개발

윤혜리^{1*}, 이광원², 이화조³

¹한국생산기술연구원, ²엔스타알앤씨, ³영남대학교

IS(International Standard) Development for Improving Material Circulation in Design and Development

Hyeri Yun^{1*}, Kwangwon Lee², and Hwa-Cho Yi³

¹Korea Institute of Industrial Technology, ²Enstar Co., Ltd., ³Yeungnam University

지속가능한 발전을 위해 직면한 과제 중 하나는 자원의 효율적 사용과 사용된 자원의 순환성을 높이는 것이다. '15년 UN은 지속가능한 개발 목표(SDGs) 17개를 채택하였고, 향후 15년 내에 세부 목표를 달성하겠다는 의지를 표명하였다. 그 중 SDGs 9, SDGs 12에서는 지속가능한 생산과 소비를 위해 자원에 대한 중요성을 강조하고 있다. 기업에서도 ISO 14001, ISO 90001 등의 환경경영시스템을 도입하여 전사적으로 환경 및 에너지 관리를 하고 있다.

ISO TC207(환경경영기술분과)/SC1(환경경영시스템)에서는 '17년 기업의 환경경영시스템에 물질순환을 통합하는 가이드라인 국제표준 아이템을 채택하여, 현재 ISO DIS 14009로 진행이 가능하도록 투표 결과를 통보 받은 상태이다. 본 국제표준에서는 조직(기업)이 설계 및 개발단계에서 물질 효율성의 목적을 달성하기 위하여 물질순환 측면의 설계 전략을 제공한다. 설계 전략은 총 3개이며, 제품의 물질의 양과 종류, 제품 수명 연장, 제품/부품/물질의 재생으로 제시하고 있다. 또한 제품 전 과정 단계별 물질순환 측면을 고려한 설계 전략 및 가이드라인을 제공함으로써 조직에서 효율적인 물질 관리를 할 수 있도록 한다.

본 국제표준 개발에 대한 연구는 현재 한국 주도로 프로젝트가 진행중이며, 에코디자인, 순환경제 등의 국제표준과의 이슈가 지속적으로 제기되고 있어 환경경영시스템 내의 물질순환 측면으로만 논리를 마련하고자 한다.

참고문헌

1. ISO 14001:2015, Environmental management systems — Requirements with guidance for use (2015).
2. ISO CD 14009, Environmental management systems — Guidelines for incorporating material circulation in design and development (2019).
3. ISO/DIS 14006, Environmental management systems — Guidelines for incorporating ecodesign (2018).
4. IEC/ISO FDIS 62430:2019, Environmental Conscious Design (ECD) — Principles, requirements and guidance (2019).

Computational Materials Design for Energy, Environment and Catalysis

김기출*

건국대학교 화학공학부

(kich2018@konkuk.ac.kr*)

화석연료의 환경적 폐해로 인해 관심을 갖게 된 태양전지 및 친환경 자동차용 전지의 성능 향상은 최근의 주요 연구 과제로서 많은 관심을 받아 왔다. 이산화탄소를 비롯한 해로운 기체를 제거하고 자 이용되는 metal organic frame works의 성능 향상 또한 친환경적인 관점에서 연구 사료로서 많은 관심을 받아 왔다. 하지만 위의 언급 된 분야에 대한 획기적인 성능 향상을 위해서는 개개의 분야에서 사용되는 주요 물질의 구조의 부분적 개질에 근거한 성능 향상을 추구하는 것에서 탈피하여 성능 향상에 필수적인 요소를 포함하도록 구조 자체를 새롭게 설계하는 것이 나아가야 할 방향이라고 할 수 있다. 본 연구자는 리튬이온전지의 양극 재료로서 최근에 각광 받고 있는 유기분자 수소 저장물질인 금속수소화물, metal organic frameworks를 구성하는 유기리간드의 구조에 대한 체계적인 설계를 기반으로 한 성능의 획기적인 향상에 그 목표를 두고 있다. 체계적으로 설계된 분자 및 물질에 대한 계산화학 기반의 성능 및 특성 계산을 통해서 궁극적으로 우수한 성능을 지니는 분자 및 물질 후보군을 규명하고자 한다. 본 연구자는 에너지 및 환경분야에서의 계산화학연구와 더불어, 분자동역학에 기반한 촉매 연구의 가능성 또한 제시하고자 한다.

순환경제 활성화를 위한 폐 플라스틱 자원화 기술

이민재, 민형기, 최영헌*

롯데케미칼

Plastic Wastes as a Resource for Circular Economy

Minzae Lee, Hyung-Ki Min, and Youngheon Choi*

Lotte Chemical Corporation

플라스틱의 무분별한 사용과 부적합한 처리 방법에 따라 인류는 전례 없는 환경 오염을 겪고 있다. 이러한 폐기물 기반의 환경오염을 해결할 수 있는 대표적인 방안으로 순환경제가 새로운 패러다임으로 떠오르고 있다. 순환경제는 환경에 대한 악영향을 축소시킬 수 있다는 효과와 더불어 환경오염 유발 물질인 화석연료를 대체할 수 있는 신규 자원으로 활용할 수 있다는 장점이 있다. 폐 플라스틱을 자원화 하기 위한 기술로서 유화, 해중합, 가스화 등의 화학적 재활용 기술들이 있다. 특히, 가스화 기술은 C1 화학 기술을 적용하여 다양한 석유화학 제품을 생산할 수 있다.

참고문헌

1. Clark et al., “Circular economy design considerations for research and process development in the chemical sciences”, *Green Chem.*, 18, 3914–3934 (2016).
2. Adlhoch et al., “High-temperature Winkler gasification of municipal solid waste”, *Gasif. Technol. Conf.*, 1–15 (2000).
3. Benedikt et al., “Advanced dual fluidized bed steam gasification of wood and lignite with calcite as bed material”, *Korean J. Chem. Eng.*, 34(9), 2548–2558 (2017).
4. Gomez et al., “Thermal plasma technology for the treatment of wastes: a critical review”. *J. Hazard. Mater.*, 161 (23), 614–626 (2009).
5. Kurkela et al., “Steam oxygen gasification of forest residues and bark followed by hot gas filtration and catalytic reforming of tars: Results of an extended time test” *Fuel Process. Technol.*, 141, 148–158 (2016).

연속공정을 이용한 효율적으로 안전한 분자화약의 합성법 개발

배세원¹, 최윤선¹, 이세진²

한국생산기술연구원¹, 국방과학연구소²

Efficient and Safe Synthesis of Molecular Explosives via Flow Chemistry

Se Won Bae¹, Yunseon Choi¹, Sejin Lee²

Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)¹, Agency for Defense Development (ADD)²

군은 높은 폭발성능을 지닌 고폭화약(High Explosive, HE) 조성의 효과를 유지하면서 둔감화된 탄약(Insensitive Munition, IM)의 개발에 지속적으로 큰 관심을 가지고 있다. 그 일례로 1-methyl-3,5-dinitro-1,2,4-triazole (MDNT)는 기존의 성능과 효과를 유지하면서 Melt Cast를 통해 Comp B와 IMX-104의 기술적인 간극을 해소할 수 있다. 현재 MDNT는 Batch Chemistry(BC)를 통해 합성하고 있다. 하지만, BC를 통한 합성은 스케일업(Scalability), 수율(Yield), 합성량(Throughput)에 문제를 보이고 있으며, 다량의 합성부산물(By-product)을 생성하여 경제성이 떨어지며 환경적으로 큰 문제를 초래하고 있다. 이에 따라 BC를 대체할 수 있는 보다 경제적이면서 친환경적인 합성방법이 절실히 요구되고 있다.

Flow Chemistry(FC)은 스케일업이 용이하며, 수율향상이 쉽고, 합성부산물이 적으며, 작업자가 매우 안전하게 합성공정을 수행할 수 있는 장점이 있어서 BC를 대체할 수 있는 새로운 방법으로 떠오르고 있다. 또한 FC 공정은 열전달 능력이 매우 뛰어나기 때문에 BC에서 불가능했었던 새로운 합성법을 개발하는 새로운 대안으로 주목받고 있다.

본 연구를 통해 분자화약의 합성시 FC 공정을 활용 작업자의 안전성을 높이고, 친환경적이며, 경제적인 MDNT 합성법의 개발을 위해 효율적인 혼합공정(Mixing Scheme)을 통해 산물의 수율을 높이고, 반응 공정중 발생하는 폐용매 및 합성부산물을 최소화 하여, 연속공정 하에서 쉽고 빠르게 산물을 정제하여 순도를 높이고, 작업자의 안전을 증대하였다.

참고문헌

1. T. M. Klapötke, Chemistry of High-Energy Materials, 3rd ed., de Gruyter, Berlin, 2015.
2. R. Surapaneni, In 7th International High Energy Materials Conference & Exhibit (HEMCE-2009), Pune, 2009, p. 7-9.
3. T. F. Jamison, G. Koch, Flow chemistry in Organic Synthesis, Thieme, Stuttgart, 2019.

광촉매 수소 발생을 위한 불규칙한 루타일 결정상 표면을 가지는 구형 TiO₂ 입자의 합성

김나연¹, 이현경¹, 문종태¹, 주지봉¹ *

¹ 건국대학교 화학공학과

Synthesis of Spherical TiO₂ Particles with Disordered Rutile Surface for Photocatalytic Hydrogen Production

Na Yeon Kim¹, Hyeon Kyeong Lee¹, Jong Tae Moon¹, Ji Bong Joo¹*

¹ Department of Chemical Engineering, Konkuk University

Energy issues are becoming a big problem that has a direct impact on our lives. Hydrogen energy attracts attention as an efficient eco-friendly energy as urged to develop eco-friendly and sustainable renewable energy. In this study, we report the monodispersed spherical TiO₂ particles with disordered rutile surface for use as hydrogen production photocatalysts under visible light conditions. The spherical TiO₂ particles with disordered surface were synthesized by sol-gel synthesis, followed by sequential calcination, and chemical reduction process using Li/Ethylenediamine (Li/EDA) solution. Variation of the calcination temperature allowed the crystalline properties of the calcined TiO₂ samples, such as the ratio of anatase and rutile, to be finely controlled. Chemical reduction using the Li/EDA solution enables selective reduction of the rutile surface of the calcined TiO₂, resulting in enhanced light absorption. We confirm that the chemically reduced TiO₂ particles show improved photochemical properties than the mother TiO₂ sample. When used as photocatalysts for hydrogen production under solar light conditions, the chemically reduced TiO₂ particles with both the disordered rutile surface and mixed crystalline phase showed significantly enhanced catalytic activity.

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

참고문헌

1. Joo J. B., Zhang Q., Lee I., Dahl M., Zaera F. and Yin Y., "Mesoporous Anatase Titania Hollow Nanostructures through Silica-Protected Calcination," *Adv. Funct. Mater.*, **22**, 166-174 (2012).
2. Moon J. T., Lee S. K. and Joo J. B., "Controllable one-pot synthesis of uniform colloidal TiO₂ particle in a mixed solvent solution for photocatalysis," *Beilstein J. Nanotechnol.*, **9**, 1715-1727 (2018).
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).

가압 bubble column에서 분산판의 geometry변화에 따른 기포특성

배 건1, 고강석2, 노남선2, 임영일3, 이동현1

¹성균관대학교 화학공학부, ²한국에너지기술연구원 CCP융합연구단, ³국립한경대학교 화학공학과

Bubble characteristics according to the change of geometry of the distributors in pressurized bubble column

Keon Bae¹, Gang Seok Go², Nam Seon Noh², Yeong Il Im³, Dong Hyun Lee¹

¹Sungkyunkwan University, ²Korea Institute of Energy Research, ³Hankyong National University

본 연구는 가압 bubble column에서 air-kerosene system에서의 기포 특성에 distributor geometry가 미치는 영향을 분석하기 위해 진행되었다. 최대 3.5 MPa의 system pressure하에 내경 0.097 m, 높이 1.8 m의 cylindrical stainless column에서 실험이 수행되었다. 실험에 사용된 액체는 kerosene을 사용하였으며 기체는 air를 사용하였다. 상압 하에 최대 98mm/s, 3.5 MPa에서 최대 31mm/s 까지 유속을 변화시켜 기포의 특성 및 DGD 분석을 통한 미세기포의 생성량을 측정하였다. 기포 size 및 bubble rising velocity는 distributor 상단 0.5m에 설치된 optical probe를 이용하여 측정하였다. 또한 column의 상, 하단부의 차압을 측정하여 DGD분석을 수행하였다. 6개의 perforated plate에서 실험이 수행되었으며 동일 opening fraction(0.128%) 에서 각기 다른 hole size 3개(1 mm_12ea, 2 mm_3ea, 3.46 mm_1ea), 동일 hole size(1mm) 에서 각기 다른 opening fraction(0.223%_21ea, 0.128%_12ea, 0.074%_7ea, 0.032%_3ea)을 가진 6개의 분산판을 통해 distributor의 geometry가 유동특성에 얼마나 영향을 미치는지 파악하였다. 전 압력 및 유속범위에서 opening fraction이 감소함에 따라 gas holdup은 증가하는 경향을 나타냈으며 이는 미세기포 생성량의 차이에 의한 결과로 판단된다. DGD 분석결과 opening fraction이 감소할수록 압력 증가에 따른 미세기포 생성량의 변화 폭이 급격히 증가함을 확인하였다. 반면 동일 opening fraction에서 hole size의 증가에 따라 gas holdup은 감소하였다. 하지만 DGD 분석결과 미세기포의 생성량은 크게 차이가 없는 것으로 판단된다.

참고문헌

참고문헌의 인용 및 작성요령은 학회지, 'Clean Technology' 투고요령에 준한다.

1. Leonard, C., Ferrasse, J. H., Boutin, O., Lefevre, S., and Viand, A., "Bubble column reactors for high pressures and high temperatures operation." *Chemical Engineering Research and Design*, **100**, 391-421 (2015).
2. Tsuchiya, K., and Nakanishi, O., "Gas holdup behavior in a tall bubble column with perforated plate distributors." *Chemical engineering science*, **47**(13-14), 3347-3354 (1992).

추계총회 및 학술발표회 자료집

청정 융합

시 간 2019. 9. 26 (목) 08:30~12:10

장 소 대전 인터시티호텔 클로버홀



Biodegradation of emerging contaminant sulfamethoxazole using *Ipomoea aquatica*: Potential application of phytoremediation

Swapnil M. Patil¹, Mayur B. Kurade¹, Jiu-Qiang Xiong¹, Hyun-Jo Ahn¹, Sanjay P. Govindwar¹, Byong-Hun Jeon^{1*}

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

Water is crucial for all the lifeforms on Earth, having an immeasurable social, environmental, and economic value. However, the pollution of water reservoirs by numerous geogenic and synthetic compounds is causing severe problems linked to unacceptable sanitary conditions [1,2]. In recent years, traces of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) have been frequently found in the aquatic phase including wastewater, ground water, surface water, and even in drinking water [3]. Sulfonamides are representative of a universal type of antibiotic, and their occurrence in the environment is relatively high due to their large consumption rate via human and veterinary medicines [4]. Plants serve as appropriate markers of worldwide pollution because they are present in almost every corner of the globe and bioaccumulate xenobiotic chemicals from their environment. The potential of a semi-aquatic plant, *Ipomoea aquatica*, to uptake and metabolize sulfamethoxazole (SMX) was investigated in this study. *I. aquatica* exhibited 100% removal of 0.05 mg L⁻¹ SMX from synthetic media within 30 h. The *I. aquatica* achieved 93, 77 and 72% removal of SMX at 0.2, 0.5 and 1 mg L⁻¹, respectively, after 48 h. This indicated that removal efficiency of *I. aquatica* was deteriorating at high concentrations of SMX. The chlorophyll and carotenoid content of *I. aquatica* was insignificantly influenced by SMX irrespective of its high concentration. Similarly, scanning electron microscopy (SEM) showed that exposure to SMX had an insignificant impact on morphology of the plant organelles. The mechanisms of removal by *I. aquatica* were explored by evaluating contributions of bioadsorption, bioaccumulation and biodegradation. There was negligible adsorption of SMX to plant roots. Accumulation of SMX within plant roots and stems was not observed; however, *I. aquatica* accumulated 17% of SMX in leaves. Thus, the major mechanism of elimination of SMX was biodegradation, which accounted for 82% removal of SMX. Gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) confirmed that *I. aquatica* biodegraded SMX into simpler compounds, and generated 4-aminophenol as its final product. A laboratory scale phytoreactor was used to investigate the application of *I. aquatica* in a simulated system, where it achieved 49% removal of SMX (0.2 mg L⁻¹) in 10 d.

Acknowledgements

The authors also thankfully acknowledge the National Research Foundation of Korea (NRF), Ministry of Education, Science, and Technology (MEST) of the South Korean government (No. NRF– No. 2017R1A2B2004143).

References

- [1] Gorito, A.M., Ribeiro, A.R., Gomes, C.R., Almeida, C.M.R. and Silva, A.M.T., “Constructed wetland microcosms for the removal of organic micropollutants from freshwater aquaculture effluents.” *Sci. Total Environ.* 644, 1171–1180 (2018).
- [2] Kurade, M.B., Kim, J.R., Govindwar, S.P. and Jeon, B.H., “Insights into microalgae mediated biodegradation of diazinon by *Chlorella vulgaris*: Microalgal tolerance to xenobiotic pollutants and metabolism.” *Algal Res.* 20, 126–134 (2016).
- [3] Madikizela, L.M., Ncube, S. and Chimuka, L., “Uptake of pharmaceuticals by plants grown under hydroponic conditions and natural occurring plant species: A review.” *Sci. Total Environ.* 636, 477–486 (2018).
- [4] Bai, X.L. and Acharya, K., “Removal of trimethoprim, sulfamethoxazole, and triclosan by the green alga *Nannochloris* sp. *J. Hazard. Mater.*” 315, 70–75. (2016).

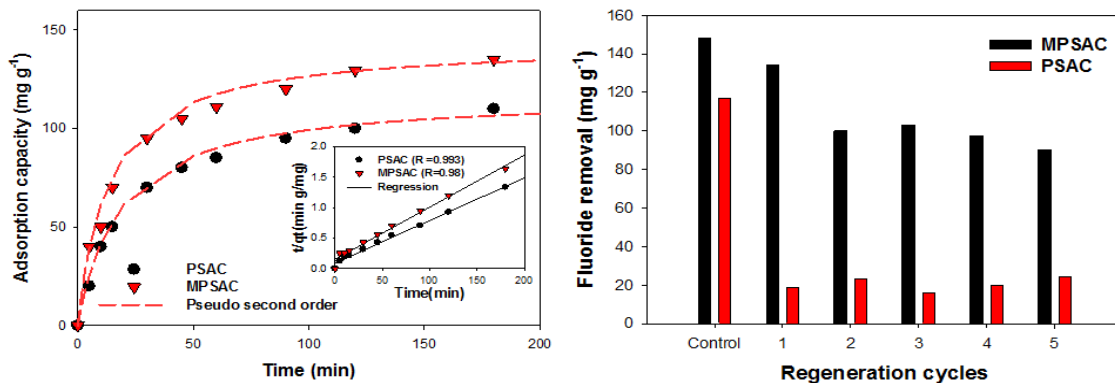
불소 제거를 위한 활성탄 분말과 규산 마그네슘 담지 활성탄 분말의 성능평가

정초은, 황건덕, 장석범, 윤소연, 장민 (minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)
광운대학교 환경공학과

Evaluation of activated carbon powder and magnesium silicate impregnated activated carbon powder for fluoride removal

Choe Earn Choong, Kien Tiek Wong, Seok Byum Jang, So Yeon Yoon, Min Jang
Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, 20 Kwangwoon-ro,
Nowon-gu, Seoul 01897, Republic of Korea

In this study, palm shell activated carbon powder (PSAC) and magnesium silicate (MgSiO_3) modified PSAC (MPSAC) were thoroughly investigated for fluoride (F^-) adsorption for the first time. F^- adsorption isotherms showed that PSAC and MPSAC over-performed some other reported F^- adsorbents with adsorption capacities of 117 mg g^{-1} and 148 mg g^{-1} , respectively. Interestingly, the MgSiO_3 impregnated layer changed the adsorption behavior of F^- from monolayer to heterogeneous multilayer based on the Langmuir and Freundlich isotherm models verified by chi-square test (X_2). Thermodynamic parameters indicated that the F^- adsorption on PSAC and MPSAC was spontaneous and exothermic. PSAC and MPSAC were characterized using FESEM-EDX, XRD, FTIR and XPS to investigate the F^- adsorption mechanism. Based on the regeneration tests using NaOH (0.01 M), PSAC exhibited poor regeneration ($< 20\%$) while MPSAC had steady adsorption efficiencies ($\sim 70\%$) even after 5 regeneration cycles. This is due to highly polarized C-F bond was found on PSAC while Mg-F bond was distinguished on MPSAC, evidently denoting that the F^- adsorption is mainly resulted from the exchange of hydroxyl ($-\text{OH}$) group. It was concluded that PSAC would be a potential adsorbent for in-situ F^- groundwater remediation due to its capability to retain F^- without leaching out in a wide range pH. MPSAC would be an alternative adsorbent for ex-situ F^- water remediation because it can easily regenerate with NaOH solution. With the excellent F^- adsorption properties, both PSAC and MPSAC offer as promising adsorbents for F^- remediation in the aqueous phase.



Reference

- Bourlinos, A.B., Georgakilas, V., Zboril, R., Jancik, D., Karakassides, M.A., Stassinopoulos, A., Angelos, D., Giannelis, E.P., 2008. Reaction of graphite fluoride with NaOH - KOH eutectic. *Journal of Fluorine Chemistry* 129, 720-724.
- Khatibikamal, V., Torabian, A., Janpoor, F., Hoshyaripour, G., 2010. Fluoride removal from industrial wastewater using electrocoagulation and its adsorption kinetics. *Journal of Hazardous Materials* 179, 276-280.

Anaerobic co-digestion of fat, oil and grease (FOG) and sewage sludge: Lab & pilot scale reactor operation

Hoo H. Kim¹, Mayur B. Kurade¹, Dong-Ho Kang¹, Ji-Kwang Cheon¹, Byong-Hun Jeon^{1*}

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

Biomethane production through the anaerobic digestion (AD) of sludge can play a major role by offsetting the energy consumption of WWTPs. However, only 40–50% of the organic portion of sludge is converted to biomethane, resulting in low digestion efficiency and biomethane yield. Recently, anaerobic co-digestion (ACD) of lipidic waste such as fat, oil, and grease (FOG) has received much attention for the enhancement of biomethanation in WWTPs. However, there are several major challenges associated with ACD of FOG which includes inhibition by long chain fatty acids, sludge floatation and washout, and scum formation. Here we summarized the scientific and engineering aspects of the FOG supplementation as a co-substrate in AD as well provides appropriate solutions for challenges encountered during the anaerobic operation. The discussion on the existing pretreatment approaches (including mechanical, thermo-chemical and biological) for rapid degradation of FOG was also highlighted. Metagenomic analysis elucidates the microbial community and the interspecies interactions which are responsible for the degradation of FOG and its biomethanation during ACD. Following the investigations in the lab, a 3 m³/day field pilot plant was operated to demonstrate the findings and subsequent applications on industrial level.

Acknowledgements

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20163010092250).

ZrO₂, CeO₂, Ce-ZrO₂ 조촉매 첨가가 이산화탄소 개질 반응용 Ni-MgO 촉매
성능에 미치는 영향

김범준, 전경원, 노현석*
연세대학교

Effect of the ZrO₂, CeO₂, and Ce-ZrO₂ promoter in Ni-MgO-Ce_(1-x)Zr_(x)O₂
catalysts for carbon dioxide reforming of methane

Beom-Jun Kim, Kyung-Won Jeon, and Hyun-Seog Roh*
Yonsei University

ZrO₂, CeO₂, and Ce-ZrO₂ promoted Ni-MgO catalysts were prepared via a facile co-precipitation method and applied to the carbon dioxide reforming of methane. To understand physicochemical properties of the catalysts, various techniques were carried out such as BET, XRD, TPR, H₂-chemisorption, and CO₂-TPD. Catalytic reaction was carried out at 800 °C and a gas hourly space velocity of 720,000 h⁻¹ was used to screen the catalytic performance. Among the prepared catalyst, the ZrO₂-promoted Ni-MgO catalysts exhibited the highest CH₄ conversion. This result is mainly due to the easier reducibility, high Ni dispersion, and high specific surface area.

Enhancement of the C1 gas conversion efficiency for the VFAs production with considering proton and electron migration

Young Eun Song, Changman Kim, Jiyun Beak, Eunhee Seol, Jung Rae Kim*

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

The carbon monoxide 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, bioelectrochemical system (BES) based CO/CO₂ conversion provide a potential route to improve conversion efficiency and cell growth of strains. In this study, we investigated an optimized bioelectrochemical system configuration and operational factors to overcome the conventional limitation of CO conversion such as pH, ion exchange membrane, redox mediator, applied potential. The gas composition and applied potential were examined with simultaneous estimation of coulombic efficiency. The volatile fatty acid production and their conversion efficiencies are compared in different operating condition.

황 담지 팜셸 폐기물 분말 활성탄을 사용한 수중 수은 제거

윤소연, 장석범, 종초은, 황건덕, 장민 (minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)
광운대학교 환경공학과

Mercury removal using sulfurized palm shell waste activated carbon powder from aqueous solution

So Yeon Yoon, Seog Beom Jang, Choe Earn Choong, Kien Tiek Wong, and Min Jang*
(minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)

Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, 20 Kwangwoon-ro,
Nowon-gu, Seoul 01897, Republic of Korea

This research focused on the development of sulfurized palm shell waste activated carbon powder (PSAC-S) for Hg(II) adsorption from aqueous solution. The effect of initial solution pH, ionic strength, contacting time, initial Hg (II) concentration, sulfur coating ratio and sulfur precursors were studied. In this study, Na₂S was found excellent as a sulfur precursor compared to Na₂SO₄, and CH₃CSNH₂ for Hg(II) removal. PSAC, PSAC-S₅, PSAC-S₁₀ and PSAC-S₁₅ were characterized using FESEM, XPS, XRD, FT-IR, N₂ gas adsorption desorption analysis to investigate the Hg(II) removal mechanism. PSAC-S exhibited high surface area (781.16 m²/g) and consisted with micropore and mesopore which favorable for adsorbing Hg(aq). According to the experimental results, the increase sulfur coating ratio led to higher Hg(II) adsorption capacities. All the kinetic data fitted well to pseudo-2nd order model and reached equilibrium at 30 min. Overall, PSAC-S₁₅ was found to be the optimum adsorbent with the maximum adsorption capacity of 189.45mg/g. In addition, Hg(II) adsorption decreased as the initial solution pH increase and no significant effect on Hg(II) adsorption capacity when ionic strength concentration increased. From these results, it can be concluded that PSAC-S can be used as an excellent removal medium for mercury ions from aqueous solutions.

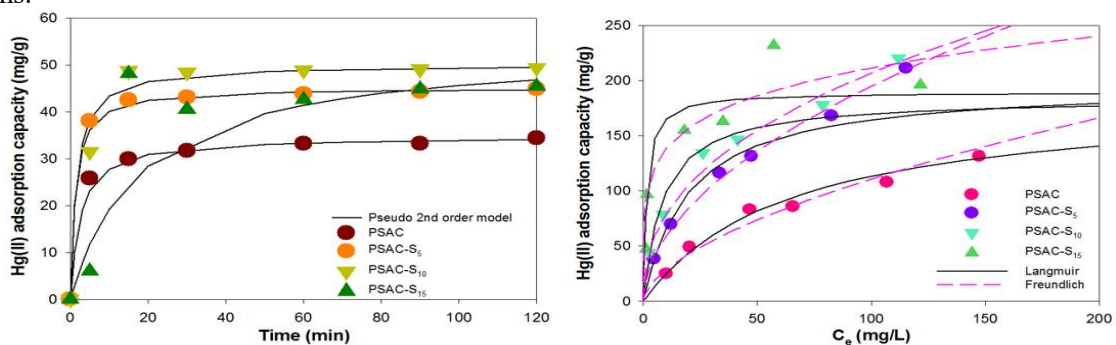


Figure 1: Kinetic plot for Hg(II) removal **Figure 2:** Isotherm models for media with various S impregnation ratio

References.

1. Jong-Hwan Park, Jim J. Wang, Baoyue Zhou, Joseph E.R. Mikhael, Ronald D. DeLaune ., "Removing mercury from aqueous solution using sulfurized biochar and associated mechanisms", *Environmental Pollution*, 244, 627-635, (2019)

Pretreatment with cellulolytic *Aspergillus fumigatus* facilitates improved methane production in anaerobic digestion of polysaccharidic wastes

Bikram Basak, Ji-Kwang Cheon, Do-Hyeon Kim, Byong-Hun Jeon*

Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, Korea
(Republic of)

*Corresponding author. Tel: +82 2 2220 2242, E-mail: bhjeon@hanyang.ac.kr

Pretreatment of polysaccharidic biomass for better digestibility is the first step towards complete utilization of these valuable substrates in biomethane production via anaerobic digestion (AD). Biological pretreatment could be an interesting alternative involving bacteria, mold, and fungi that break down lignin, cellulose, hemicellulose and converting the latter two into fermentable carbohydrates without generating furfural and phenolic inhibitors as in conventional pretreatment methods. In the present study, a potent cellulolytic strain of *Aspergillus fumigatus* was used for biological pretreatment of polysaccharidic wastes (PWs) to enhance its digestibility and subsequent methane (CH₄) production by AD. Analysis by scanning electron microscopy, X-ray diffraction, and Fourier transform infrared spectroscopy revealed that pretreatment with *A. fumigatus* promoted extensive disintegration and increased the porosity of polysaccharidic biomass. After the pretreatment, a 92% increase in total soluble carbohydrate (170.67 mg g⁻¹ to 326.86 mg g⁻¹ substrate) in the substrate was recorded. AD of pretreated PWs exhibited shorter lag period compared to untreated PWs. Cumulative CH₄ production was significantly improved to 4369.73 mL during AD of pretreated PWs, which is 63% higher than the control (2689.87 mL with untreated PWs). A total solids reduction of 66.56% was attained in AD of pretreated PWs which is 25% higher than the control (53.27% with untreated PWs). Therefore, pretreatment using cellulolytic *A. fumigatus* could be an effective way to enhance bioenergy recovery from PWs with substantial solid reduction, paving the way for maximizing energy generation combined with waste management.

Keywords: Biological pretreatment; *Aspergillus fumigatus*; Anaerobic digestion; Polysaccharidic wastes; Biomethane.

Acknowledgements

This study was supported by Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grants funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the South Korean government (No. 20182510102420)

References

1. Barua, V.B., Goud, V.V., Kalamdhad, A.S. 2018. Microbial pretreatment of water hyacinth for enhanced hydrolysis followed by biogas production. *Renew Energy*, 126, 21–29.
2. Zhao, Y., Xu, C., Ai, S., Wang, H., Gao, Y., Yan, L., Mei, Z., Wang, W. 2019. Biological pretreatment enhances the activity of functional microorganisms and the ability of methanogenesis during anaerobic digestion. *Bioresour Technol*, 290, 121660.

청정화력발전 분야 개도국 진출 유망 기술 평가 방법론 개발

이구용^{1*}, 오상진¹

¹녹색기술센터

Development of Promising Technology Evaluation Methodolgy to Advance into Developing Countries in Clean Thermal-power-generation Field

Gooyong Lee^{1*} and Sang Jin Oh¹

¹Green Technolgy Center

Korean government is supporting various domestic technologies to enter developing countries[1] in clean thermal-power-generation field. Supporting the technology requires a methodology to select promising technologies to advance into developing countries[2]. Therefore, in this study, we developed a new methodology that can evaluate technologies with consideration of the current state of domestic technologies and the state of technology demands in developing countries. Technology-needs-assessment(TNA) reports from 86 countries were collected and analyzed. Information of Korean research institutes and companies which related with clean thermal-power-generation were surveyed and compared with TNA reports.

참고문헌

1. Kim, H.S., "Policy to Support the Global Market Entry of the Environmental Industry and Its Future Direction," J. Korean Soc. Atmos. Environ. **29**(1), 105-115 (2013).
2. Kim, Y.M. and Lee, W.H., "A Study on Methods for Developing by Nurturing Clean Thermal Power Generation Technology," Journal of Climate Change Research. **9**(2), 197-207 (2028).

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

Hyeon Sung 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 have drawbacks 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 donor. 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

참고문헌의 인용 및 작성요령은 학회지, 'Clean Technology' 투고요령에 준한다.

1. Choi, M., Chul Kim, H., Hwang, D.-W., Lee, I.-S., Kim, Y.-S., Kim, Y.-J., and Choi, H.-G., "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, 424-436 (2013).
2. Zhen, G., Lu, X., Li, Y.-Y., Liu, Y., and Zhao, Y., "Influence of zero valent scrap iron (ZVSI) supply on methane production from waste activated sludge." Chemical Engineering Journal 263, 461-470 (2015).

포자형성미생물을 이용한 토양생태독성탐지방법 개발

강우창, 엄헌섭, 오상은*
강원대학교 환경융합학부

Development of toxicity assessment in soil using spore forming bacteria

Woo Chang Kang, Heon Seop Eom and Sang Eun Oh*
Kangwon National University

Rapid Industrialization and urbanization make the world more vulnerable towards the dangers of heavy metals contamination to the environment. The other concern to the heavy metals, organic pollutants and other contamination is their identification, rapid testing and cost effectiveness. Several chemicals testing using heavy instruments for the toxicity assessment has been using which require lots of money and other chemicals. Alternately, biological methods using bacteria and algae are cost effective but require longer time. Therefore, simple testing method is required which can assess many heavy metals in short time and in cost effective. In this research, Spore forming bacteria(SFB) was used in order to assess the toxicity of different concentration of chromium (Cr^{6+}) using Owen's method. Mixed culture from Tomato baked soil were isolated using SFB specific media in order to inhibit the methanogens. In 25 mL glass tube, 2 g of soil was taken and 8 mL of media containing 4 g/L glucose. After adding the media Cr^{6+} was added from stock solution 1000 ppm to a final concentration of (0, 0.5, 1, 2, 5, 10 ppm). In the end, close the cap of vials and N_2 was purged for 10 minutes to maintain the anaerobic condition. SFB culture was injected during nitrogen was injected into vials. Test vials were incubated into a incubator at 38°C , 100rpm. The gas production was measured at 0, 6, 12 hours using glass syringe. The results were analyzed on the basis of difference in gas production with the change in contaminant concentration in the test sample. Gas production volume in control was approximately 10 mL and according to the concentration of contaminant, gas production volume was decreased. At a concentration of more than 22.5 ppm, gas production volume was decreased by 70% compared to the control. The results of this study showed that hydrogen producing bacteria can be used in similar way as other conventional biological toxicity assessment. Hence these bacteria can be an alternative and method of choice among the other methods in use. This method seems to more easire and have potential to identify the soil toxicity in the field. Further research require for overcome the shortcoming such as maintaining anaerobic condition and temperature.

미생물호흡측정기를 이용한 BOD측정법 개발

오상은^{1*}, 피다후세인¹, 유혜원²¹강원대학교 환경융합학부, ²한국수자원공사

Biomonitoring of biological oxygen demand using optical biogas respirometric system

Sang Eun Oh^{1*}, Fida Hussain¹ and Hye Won Yoo²¹Kangwon National University, ²K-water Institute

In answer to the ever-increasing need to monitoring-based process control of wastewater treatment plants, an online applicable respirometer shows great promise on real-time measurement of oxygen uptake rate (OUR) and biological oxygen demand (BOD) measurements as an indicator of the biodegradability of wastewater. Here, we have developed a photosensor-assisted real-time respirometric system equipped bubble counting photosensor for accurate measurement of microbial oxygen consumption in a bottle (300 mL). This system can measure OUR and BOD in a bottle equipped with a tube containing NaOH solution to absorb carbon dioxide with continuous oxygen supply from the atmosphere to a bottle, which guarantee a non-limiting dissolved oxygen (DO) available for aerobic biodegradation even at high organic loads. These technical improvements allow the sensitive and rapid analytical tool for real-time profiles of oxygen uptake and biodegradation rate of organic matters and for BOD measurement with extended measurable range (0–420 mg O₂/L), which enables significant reduction or elimination of dilution step. The photosensor-assisted respirometric system was used to elucidate the biodegradable kinetics of domestic and swine wastewaters as a function of the type and concentration of organic matters, depending on source characteristics including rapidly or slowly oxidizable organic substances by bacteria. Through the comparative study with conventional and manometric BOD methods, it can be confirmed that this study provides a reliable accuracy.

Microbial syntrophy improves the anaerobic digestion of polysaccharidic wastes

Shouvik Saha, Dongho Kang, Hoo Kim, Geon-Soo Ha, Byong-Hun Jeon*

Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul 04763,
Korea (Republic of)

*Corresponding author. Tel: +82 2 2220 2242, E-mail: bhjeon@hanyang.ac.kr

Biomethanation of organic waste through anaerobic digestion (AD) is the most reliable energy harvesting process to harbour waste-to-energy [1]. Heterogeneity in the organic waste creates community shifts in conventional anaerobic digesters, treating sewage sludge at wastewater treatment plants (WWTPs), globally, impacting the normal performance of digesters for methanation [2]. Investigation of the microbial dynamics during AD with polysaccharidic wastes (PW) revealed the association of effective digester performance and methane yields with the microbial nexus. Dominance of the acidogenic saccharolytic genera, *Prevotella*, *Eubacterium*, and *Lachnoclostridium*, enhanced the utilization of carbohydrates (54%) in PW digesters. Spearman's rs correlation showed dynamic interspecies interactions among acetogenic syntrophs, and that of iron oxidizers/reducers with acetoclastic and hydrogenotrophic methanogens. Propionate oxidizers in Chloroflexi (*i.e.*, *Bellilinea*, *Levilinea*, and *Longilinea*) exhibited positive associations with acetoclastic methanogens. Increase in the population of acetoclastic methanogens (*Methanosaeta*, 77% and *Methanosarcina*, 9%) accelerated the methanogenic activity of PW digesters by 7 times during the exponential phase, increasing the methane yield (75%) compared to the control. Thus, microbial nexus facilitated the effective methanation of PW during AD process.

Keywords: Syntrophy, Anaerobic digestion, Polysaccharidic wastes, Acetoclastic methanogenesis, Methane.

Acknowledgements

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20163010092250; No. 20173010092470).

References

1. Salama, E.-S., Saha, S., Kurade, M.B., Dev, S., Chang, S.W., Jeon, B.-H. 2019. Recent trends in anaerobic co-digestion: Fat, oil, and grease (FOG) for enhanced biomethanation. *Prog. Energy Combust. Sci.*, 70, 22–42.
2. Zhang, L., Loh, K.-C., Zhang, J., Mao, L., Tong, Y.W., Wang, C.-H., Dai, Y. 2019. Three-stage anaerobic co-digestion of food waste and waste activated sludge: Identifying bacterial and methanogenic archaeal communities and their correlations with performance parameters. *Bioresour. Technol.*, 285, 121333.

조촉매(Ba, Zr, Nd)가 담지된 Ce/Cu/ γ -Al₂O₃ 촉매를 적용한 폐기물 가스화
합성 가스의 고온 수성가스전이 반응으로부터의 청정 수소 생산

안선용, 나현석, 심재오, 노현석*
연세대학교

Clean hydrogen production from the high temperature water-gas shift reaction
using simulated waste-derived synthesis gas over metal (Ba, Zr, Nd) promoted
Ce/Cu/ γ -Al₂O₃ catalyst

Seon-Yong Ahn, Hyun-Suk Na, Jae-Oh Shim, Hyun-Seog Roh*
Yonsei University

Metal (Ba, Zr, Nd) promoted Ce/Cu/ γ -Al₂O₃ catalysts were investigated for clean hydrogen production from the high temperature water-gas shift reaction using simulated waste-derived synthesis gas. Ce-Ba/Cu/ γ -Al₂O₃, Ce-Zr/Cu/ γ -Al₂O₃, Ce-Nd/Cu/ γ -Al₂O₃ and Ce/Cu/ γ -Al₂O₃ catalysts were prepared by a sequential impregnation method and applied to the water-gas shift reaction using simulated waste-derived synthesis gas at a gas hourly space velocity (GHSV) of 50,060 mL/g·h. The physico-chemical properties of Ce/Cu/ γ -Al₂O₃ catalysts promoted with various metal (Ba, Zr, Nd) were characterized using various analysis techniques such as BET, TPR, XRD and N₂O titration. The characterization results for each catalyst were correlate with its catalytic activity in the high temperature water-gas shift reaction using simulated waste-derived synthesis gas.

Whole conversion of microalgal biomass to biofuels through energy efficient pretreatment and fermentation process

Geon-Soo Ha¹, Marwa M. El-Dalatony², Byong-Hun Jeon^{1*}

¹Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, South Korea

²Department of Occupational and Environmental Health, School of Public Health, Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu Province, PR China

Microalgae have been considered as one of the most promising feedstock for biofuels (bioethanol, higher alcohols (C2–C5), and biodiesel) production to replace fossil fuels through microbial fermentation and transesterification due to their high growth rate, high biochemical compositions. The energy recovery from microalgal is greatly influenced by their physical properties such as cell wall thickness and proportions of biocomponents. We developed a novel integrated approach to achieve unprecedented conversion efficiency (80–93%), total energy recovery (46–48%) from *Pseudochlorella* sp., *Chlamydomonas mexicana*, *Chlamydomonas pilschmannii* through microwave pretreatment, successive fermentations, and transesterification under optimum conditions (at 210 W, 2 min). Scanning electron microscopy visualized significant disruption of microalgal cells after the microwave pretreatment and fermentation. Carbohydrate fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* YPH499 produced 0.45–0.47 g/g ethanol yield and fermentation of the left over microalgal proteins after carbohydrate fermentation by *S. cerevisiae* S288C produced 0.44–0.45 g/g higher alcohols yield. Fermentations served as a bio-pretreatment to enhance the bioavailability of intracellular compounds, which minimized the use of expensive and laborious methods for their extraction from the microalgal biomass. The transesterification of the remaining lipid portion produced 0.62–0.74 g/g biodiesel. Microwave pretreatment saving 32–folds specific energy than ultrasonic pretreatment. This study provides a proof-of-concept that microwave pretreatment and successive fermentations can encourage the use of microalgal biomass for cost-effective biofuels production in a large-scale process.

참고문헌

1. Georgianna D. R., Mayfield S. P., "Exploiting diversity and synthetic biology for the production of algal biofuels," *Nature*, 488, 329–335 (2012).
2. Onumaegbu C., Mooney J., Alaswad A., Olabi A. G., "Pre-treatment methods for production of biofuel from microalgae biomass," *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 93, 16–26 (2018).
3. El-Dalatony M. M., Saha S., Govindwar S. P., Abou-Shanb R. A. I., Jeon B. H., "Biological conversion of aminoc acids to higher alcohols," *Trends Biotechnol.*, 37, 855–869 (2019).
4. El-Dalatony M. M., Salama E. S., Kurade M. B., Kim K. Y., Govindwar S. P., Kim J. R., Kwon E. E., Min B., Jang M., Oh S. E., Chang S. W., Jeon B. H., "Whole conversion of microalgal biomass into biofuels through successive high-throughput fermentation," *Chem. Eng. J.*, 360, 797–805 (2019).
5. Chew K. W., Chia S. R., IEE s. y., Zhu L., Show P. L., "Enhanced microalgal protein extraction and purification using sustainable microwave-assisted multiphase partitioning technique" *Chem. Eng. J.*, 367, 1–8 (2019).

추계총회 및 학술발표회 자료집

탈황 · 탈질

시 간 2019. 9. 26 (목) 08:30~17:20

장 소 대전 인터시티호텔 오크홀



반응 성능 향상을 위해 Iron Chip 버퍼 영역을 적용한 COS 가수분해 장치의 수치적 연구

노정훈^{1*}, 이승종¹, 허덕재¹

¹고등기술연구원

Numerical analysis of COS hydrolysis reactor applied iron chip buffer region for improved performance

Jung-Hun Noh^{1*}, Seung-Jong Lee¹, Deog-Jae Hur¹

¹Institute for Advanced Engineering

In recent decades, environmental pollution such as global warming has become issued and policy measures including greenhouse gas regulation have been strengthened. Accordingly, not only various new technologies for more efficient power generation by employing fossil fuels have been developed but also several researchers have been conducted to commercialize them. In this study, we introduce the method to remove acid gas, i.e., H₂S, and COS, generated during the IGFC (Integrated Gasification Fuel Cell Combine Cycle) which is one of the promising power generating technologies and perform the numerical analysis to demonstrate the effect of iron chip buffer region. In the numerical analysis, fluid flow, heat transfer and catalytic reaction resulting from the COS hydrolysis reactor were considered. In order to figure out the performance of COS hydrolysis reactor, the variation of reaction rate and concentration field was analyzed according to each design parameter.

감사의 글

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20163010050080).

참고문헌

1. Tong, S., Dalla Lana, I. G., and Chuang, K. T., "Kinetic modeling of the hydrolysis of carbon disulfide catalyzed by either titania or alumina," *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, **73**(2), 220-227 (1995).
2. Huang, H., Young, N., Williams, B. P., Taylor, S. H., and Hutchings, G., "COS hydrolysis using zinc-promoted alumina catalysts", *Catalysis Letters*, **104**(1-2), 17-21 (2005).

Assessment of catalytic oxidation activities of Pt–Pd/Al₂O₃ catalysts with different Pt:Pd ratios for hydrocarbon oxidation under near–stoichiometric and fuel–lean conditions

Yongwoo Kim^{1 †}, Jonghyun Kim^{1 †}, Michelle H. Wiebenga², Se H. Oh², Do Heui Kim^{1*}

¹School of Chemical and Biological Engineering, Institute of Chemical Processes, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea

²General Motors Global R&D, 30500 Mound Road, Warren, MI 48090, USA.

Pollutants in exhaust gas from conventional gasoline engine vehicles have been effectively eliminated by three–way–catalysts (TWCs) under near–stoichiometric condition. However, exhaust gas condition of the advanced gasoline engine, which is recently suggested to improve fuel–economy, contains excessive oxygen compared to the fuel. As the catalytic oxidation activity of TWCs under such fuel–lean condition was expected different from that under near–stoichiometric condition, we evaluated the catalytic activity of TWCs under both conditions for several representative hydrocarbons (i.e. propane, iso–pentane, and propylene).

As typical TWCs, Pt–Pd/Al₂O₃ catalysts with 1:0, 1:1, and 0:1 Pt:Pd ratios aged under lean–rich cycling at 900 °C for 100 h were prepared and characterized by XRD, XANES, STEM, CO chemisorption, and H₂–TPR. The oxidation abilities of those catalysts were examined for each hydrocarbon under both near–stoichiometric and fuel–lean conditions. The catalytic activities were considerably dependent on Pt:Pd ratios, type of hydrocarbon, and gas conditions. Moreover, various characterizations for the after–reaction catalysts informed that the states of the catalysts were changed only after fuel–lean condition. Since the near–stoichiometric condition scarcely changed states of the catalysts, the different activities were mainly attributed to the different oxidation abilities of Pt and Pd for each hydrocarbon. In contrast, with excessive oxygen in the feed gas (fuel–lean condition), Pd in Pd–only and Pt–Pd catalysts were slowly oxidized, while Pt maintained its initial states. In addition, the different partial pressure of oxygen also had a crucial impact. As a result, completely different oxidation behaviors were observed under fuel–lean condition. These results would help to develop proper catalysts for the advanced gasoline engine vehicles.

국내 대기배출규제의 기준

신서린, 김종민, 김령주, 이귀호
한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터

Domestic Standard of Air Pollutant Emission Regulation

Seolin Shin, Jongmin Kim, Lyungjoo Kim, and Kwiho Lee
Korea Institute of Industrial Technology, Korea National Cleaner Production Center

WHO의 미세먼지 1군발암물질 지정과 더불어 ‘13년부터 이슈화되기 시작한 미세먼지 문제[1]는, ‘19년3월 국가 재난으로 지정될 정도로 심각한 사회문제가 되었다. 미세먼지 문제를 완화하기 위해 미세먼지 발생 저감 대책, 예방 대책 등 여러 가지 법적 규제들이 마련되었으며, 산업 미세먼지와 관련된 법은 총 4가지로 각 법안의 중복 사항 및 조례와의 관계에 대해 혼란이 많은 상황이다. 이에 각 법(대기환경보전법, 미세먼지 저감 및 관리 특별법, 수도권 대기환경개선에 관한 특별법, 환경오염시설의 통합관리에 관한 법률)의 대기배출 규제에 대해 분석하고, 우위관계에 대해 다루며, 미세먼지 관련 규제의 나아갈 방향에 대해 언급하였다.

참고문헌

1. World Health Organization, Health Effects of Particulate Matter, WHO Regional Office for Europe (2013).

미세먼지 감축 정책동향
(‘19년 추경요구안을 통해 바라본)

김종민, 신서린, 김령주, 이귀호
한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터

Policy Trends to Reduce Particulate Matter
(through policy items related supplemental budget proposals 2019)

Jong Min Kim, Seolin Shin, Lyungjoo Kim, Kwiho Lee
Korea National Cleaner Production Center in Korea Institute of Industrial Technology

The government is preparing additional projects and budget for particulate matter reduction, considering four areas of accelerating the reduction of emission sources, strengthening the policy base such as measurement, monitoring, and Korea–China cooperation, protecting the public health. In this study, I will introduce policies that are likely to be implemented in new one or larger scale in addition to the existing reduction policy.

Especially, the newly added items in the R&D project for industrial sector, which is managed by the Korea Institute of Industrial Technology, are beyond the simple replacement and improvement of existing PM reduction facilities. These items are technologies for SMEs and contribute to solving unapplied or unmanaged facilities problem.

고정원용 저온 활성 탈질촉매 제조기술 개발

김태욱¹, 예보라¹, 정보라¹, 이덕현¹, 김홍대^{1*} (hdkim@kitech.re.kr)¹한국생산기술연구원Development of low-temperature deNO_x catalysts for stationary sourcesTaewook Kim¹, Bora Ye¹, Bora Jeong¹, Duck Hyun Lee¹, and Hong-Dae Kim^{1*}¹Green Materials and Processes Group, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)

질소산화물(NO_x : NO₂, N₂O, NO 등)은 2차 발생 초미세먼지(Particulate Matter, PM2.5)의 원인 물질이며, 그 자체만으로도 인체에 유해하며 각종 환경 문제를 유발한다. 또한 2020년 이후, 대기오염물질 배출사업장에 대한 대기 배출부과금 제도가 도입되는 등 보다 강화된 대기오염물질 배출 허용 기준 및 규제에 의해 질소산화물 저감 기술개발의 필요성이 더욱 강조되고 있다.

고정원에서 발생하는 질소산화물을 저감하는 기술은 현재 SCR (Selective Catalytic Reduction) 촉매 기술이다. SCR 기술은 NH₃ 등과 같은 환원제를 사용하여 NO_x를 인체에 무해한 N₂와 H₂O로 환원시키며, 상용촉매기준으로 300~380°C에서 90% 이상의 질소산화물 저감 효율을 나타낸다.[1] 하지만, 배가스 내에 존재하는 입자상 물질에 의한 피독 현상 및 고온의 장시간 노출로 인한 촉매열화로 인해 촉매 파손과 수명 저하 등의 문제가 지속적으로 발생하고 있다. 상기 문제의 해결을 위해, 고정원에서는 SCR 설비를 집진, 탈황설비 후단에 배치하는 Tail-end 시스템을 적용하였으나, 활성 온도 유지를 위한 재가열 시스템이 추가되어 후처리 설비 가동에 의한 높은 유지비가 소요된다. 따라서 저온 동작을 할 수 있는 240°C이하에서 높은 활성을 나타내는 촉매에 대한 필요성이 증대되고 있다.

본 연구에서는 240°C 이하의 저온 영역에서 높은 활성을 보이는 질소산화물 제거용 SCR 촉매의 개발하였다. 촉매 활성물질로 V, W, Mn, Ce 등을 활용하여 촉매 제조뿐만 아니라, 저온용 촉매의 고질적 문제인 SO₂, H₂O 에 대한 저항성 증진을 위한 물성 및 성능 증진도 수행하였다. 활성물질 나노분산 시점과 동시에 구조체 변경을 통해 입자의 응집현상을 저해함에 따라 상대적으로 소량의 활성물질로도 반응 site가 증진됨에 따라 저온에서도 90% 이상의 높은 활성을 나타내는 촉매를 제조하였다.[2]

참고문헌

1. M.D. Amiridis and J.P. Solar, "Selective Catalytic Reduction of Nitric Oxide by Ammonia over V₂O₅/TiO₂, V₂O₅/TiO₂/SiO₂, and V₂O₅-WO₃/TiO₂ Catalysts: Effect of Vanadia Content on the Activation Energy," Ind. Eng. Chem. Res., 35, 978-981 (1996)
2. Jeong et al, "Characteristics of selective catalytic reduction (SCR) catalyst adding graphene-tungsten nanocomposite," Catal. Commun., 93, 15-19 (2017)

ACKNOWLEDGEMENTS

이 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임("20005721")

금속구조체 기반 저온형 SCR 코팅촉매 개발

박정용^{1,2}, 임동하^{1,*}

¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹

²동아대학교 환경공학과

Development of novel SCR catalyst coated on metallic structure for low-temperature NH₃-SCR

Jungyong Park^{1,2} and Dong-Ha Lim^{1,*}

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

²Environmental Engineering, Dong-A University

In this study, the TiO₂ derived from MIL-125(Ti) (denoted as TM) as a catalyst support was successfully synthesized via a solvothermal method for applying low-temperature NH₃-SCR[1]. The as-prepared samples were characterized by scanning electron microscopy(SEM), Brunner-Emmett-Teller(BET), Barrett-Joyner-Halenda(BJH), X-ray diffraction(XRD), and temperature programmed desorption(NH₃-TPD), respectively. We confirmed that the TM support having cake-like morphology synthesized by a solvothermal method had the hierarchical porous structures with high specific surface areas, nano-sized pore, and high acid sites. Based on these properties, the as-prepared TM support was suitable for use as a catalyst support and beneficial to the enhancement of catalytic performance for low-temperature NH₃-SCR reaction. The MnO_x/TM catalyst by impregnation method showed the considerably enhanced NO_x conversion at low-temperature range. In particular, the maximum peak of NO_x conversion for the MnO_x/TM catalyst showed a significantly shift toward low-temperature. In conclusion, we can suggest that the MnO_x/TM catalyst may be a good alternative catalyst for low-temperature NH₃-SCR.

참고문헌

1. X. Hou, L. Pan, S. Huang, W. O. yang, X. Chen., "Enhanced Efficiency and stability of Perovskite Solar Cells using Porous Hierarchical TiO₂ Nanostructures of Scattered Distribution as Scaffold," *Electrichim. Acta*, **236**, 351-358 (2017).

Acknowledgment

This work was supported by the Technology Innovation Program (20005690, Development of three-dimensional metal structured De-NO_x catalyst) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Republic of Korea).

초내열 에어필터 표면여과체 형성기술 개발

엄현진^{1*}, 김연상¹, 허기준¹, 권기범^{1,2}

¹한국생산기술연구원, ²전남대학교

Development of surface filtration structure for heat-resistant air filter

Hyeonjin Eom^{1*}, Yeonsang Kim¹, Ki Joon Heo¹, Kibeom Kwon^{1,2}

¹Korea Institute of Industrial Technology, ²Chonnam National University

Recently heat-resistance air filter technologies has been studied to decrease ultrafine dust generated from industrial plant [1-2]. In here, fabrication technology of polytetrafluoroethylene (PTFE) surface structure on the air filter was investigated for enhancing ultrafine dust filtration efficiency of heat-resistance air filter. The PTFE surface structure was designed to consist of PTFE nanofibers and beads to have heat-resistance and filtration characteristics. Electrospinning and electrospray were utilized to fabricate PTFE surface structure. Fabrication elementary technology of PTFE surface structure was developed and its surface characteristic was confirmed. This PTFE surface structure will be used for enhancing the ultrafine dust filtration of heat-resistance air filter.

참고문헌

참고문헌의 인용 및 작성요령은 학회지, 'Clean Technology' 투고요령에 준한다.

1. Xiao L., Xiao-Xiong W., Tian-Tian Y., Yuan X., Ming-Liang Z., Miao Y., Seeram R. and Yun-Ze L., "Waterproof-breathable PTFE nano- and Microfiber Membrane as High Efficiency PM2.5 Filter", *Polymers*, **11**(4), 590 (2019).
2. Weimin K., Huihui Z., Jingge J., Zhijie S., Chunmei Q., and Bowen C., "Electrospun Poly(tetrafluoroethylene) Nanofiber Membranes from PTFE-PVA-BA-H₂O Gel-spinning Solutions" *Fibers and Polymers*, **17**(9), 1403-1413 (2016).

Acknowledgment

This work was supported by the Technology Innovation Program (20005842, Development of industrial heat-resistant air filter technology) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Republic of Korea).

폴리프로필렌 막접촉기 및 흡수제 용액을 이용한 모사배기가스 중 SO₂ 제거 및 자원화

박현식¹, 강동완^{1,2}, 강조홍¹, 김수한¹, 송호준^{1*}

¹한국생산기술연구원, ²부산대학교

SO₂ removal and recycling from simulated flue gas using polypropylene membrane contactor and aqueous absorbents

Hyun Sic Park¹, Dongwoan Kang^{1,2}, Jo Hong Kang¹, Suhan Kim¹ and Hojun Song^{1*}

(hjsong@kitech.re.kr)

¹Korea Institute of Industrial Technology

²Pusan National University

There exist several techniques to treat fossil fuel-combusted flue gas such as wet limestone-gypsum method and amine absorption. Although these techniques have been widely used, they require a large footprint due to poor gas-liquid contact efficiency, making them hard to install.

In this study, we propose a novel gas scrubbing concept, which could effectively remove SO₂ and CO₂ from simulated flue gas by stages using two polypropylene (PP) membrane contactors in series. The SO₂ is captured and directly converted to aqueous ammonium sulphate, which could be utilized as fertilizer. The CO₂ is captured and recovered using aqueous amine solutions and temperature-swing desorption. Various absorbent solutions such as freshwater, NaOH, NH₄OH, H₂O₂ are tested. Of the tested absorbents, aqueous ammonia solution showed the highest removal efficiencies (i.e., > 99% for SO₂). Optimum condition, removal mechanism, and size reduction of gas-liquid contactor are also discussed.

참고문헌

1. Yuexia Lv et al., "Experimental studies on simultaneous removal of CO₂ and SO₂ in a polypropylene hollow fiber membrane contactor," *Applied Energy*, 97, 283-288 (2012).
2. Danu Ariono et al., "SO₂ Removal from the flue gas by hollow fibre membrane contactor," *MATEC Web of Conferences* 156, 08007 (2018).
3. Nii and Takeuchi, "Removal of CO₂ and/or SO₂ from gas streams by a membrane absorption method," *Gas Separation & Purification* 8(2), 107-114 (1994)

VOC 저감용 촉매 흡착제 기술

이진희^{1*}

¹한국화학연구원

The Catalyst and Adsorption Technology for VOC Removal

Jin Hee Lee¹

¹Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT)

Volatile organic compounds (VOCs) are the major classes of air pollutant. Due to the environmental and health risks of VOCs, the VOCs are ristrictly controlled by world-wide standards. Because the VOCs are produced with a variety of compositions, temperatures, and scales, the developments of suitable materials are pivotal for effective VOC removal. The thermal oxidation, catalytic oxidation, and adsorption are the representative VOC removal technologies. In this talk, we are going to present the materials for VOC removal via catalytic oxidation and adsorption.

시멘트 제조업에 사용되는 연료 특성 분석

박대근¹, 김대해¹, 유미연^{1,2}, 소성현^{1,3}, 배성우^{1,4}, 박지연^{1,5}, 정낙원^{1,3}, 송아란^{1,3}, 이창엽^{1*}

¹한국생산기술연구원, ²충북대학교, ³연세대학교, ⁴전북대학교, ⁵성균관대학교

Analysis of Fuel Characteristics in Cement Industry

Dae Geun Park¹, Daehae Kim¹, Miyeon Yoo^{1,2}, Sunghyun So^{1,3}, Sungwoo Bae^{1,4}, Jiyeon Park^{1,5},

Nakwon Jeong^{1,3}, Aran Song^{1,3} and Changyeop Lee^{1*}

¹Korea Institute of Industrial Technology, ²Chungbuk National University, ³Yonsei University, ⁴Chonbuk National University, ⁵Sungkyunkwan University

현재 미세먼지 이슈에서 우리 국민은 문제해결을 위한 실질적 대책 마련과 이행을 요구하고 있는 상황이며, 이에 '17년 9월 26일 정부는 배출원 별 대책으로 '22년까지 30% 저감을 위해 각 부분별 감축 목표량을 설정하였다. 후속 조치 중 하나로 사업장 질소산화물 대기배출부과금 제도 도입으로 질소산화물 1kg 당 부과단가는 2,130원으로 측정되었다. 시멘트 업계에서는 '22년부터 질소산화물 배출 부과금으로 인해 연간 비용 약 650억원이 발생할 것으로 예상된다.

이에 따라 시멘트 업계의 질소산화물 저감을 위해, 예열탑 부근의 저 NO_x 연소기, 재연소, 다단연소, SNCR의 기술 개발이 진행되어오고 있다. 본 과제 수행에 앞서, 가장 먼저 수행해야 할 일은 시멘트 제조공정에서 사용되고 있는 연료 특성 분석이 필수적이다. Figure 1은 시멘트 제조공정에서 사용되는 연료를 보여주고 있다. 주연료는 유연탄이며, 그 이외에 순환자원 연료인 합성수지와 WDF(Waste Derived Fuel)가 사용된다. 연료 특성 분석은 원소분석, 공업분석, 그리고 발열량 분석이 수행되었으며, 본 학회에서 자세히 다룰 예정이다.



Fig. 1 시멘트 제조공정에서 사용되는 연료 직접사진

사사

이 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KIET) 연구비 지원에 의한 연구임('20005750')

가스 및 미이용 바이오매스 연소에서의 NO_x 저감기술 개발현황

문태영^{1*}, 문지홍¹, 박재언², 박주용², 이기만³

¹한국에너지기술연구원 청정연료연구실, ²(주)수국, ³순천대학교 우주항공공학

Development status for NO_x reduction technology in combustion of natural gas and domestic unused biomass

Tae-Young Mun¹, Jihong Moon¹, Jaen Park², Juyong Park², Junho and Keeman Lee³

¹Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research, ²Research Division, Sookook Inc.,

³Aerospace Engineering, Sunchon National University

산업용 보일러 대부분은 천연가스를 연료로 사용하고 있으며 질소산화물 배출부과금 도입에 의해 가스연료를 사용하고 있는 기존 산업체의 부담은 가중될 전망이다. 이에, 본 연구에서는 산업용 보일러에 사용되고 있는 가스연소기를 더 낮은 농도의 NO_x가 배출될 수 있는 1.5MW 급 시작품 연소기를 설계 및 제작을 완료하여 NO_x 원천저감형 가스연소기 상용화 연구를 수행하고 있다. 1차 실험 결과, NO_x 발생량은 약 10ppm으로 1차년도 목표 값에 도달하였으나 화염이 불안정하고 CO 발생량이 많아 이를 개선하는 연구들을 진행하고 있다.

또한, single digit으로 NO_x를 줄이고 가스연소기 효율을 향상시키고자 연소 배기가스의 재순환 유로에 따른 FGR(Flue Gas Recirculation)연소를 실험적으로 모사할 수 있는 대향류(counterflow) 버너를 이용한 랩-크기 규모의 실험장치 구성과 연소기에 적용될 FGR 시스템 장치의 설계를 진행하였다. 게다가, 해석적인 연구로 해당 FGR 시스템이 적용된 대향류 화염의 NO_x 반응기구 구축을 위하여 CO₂와 H₂O의 삼체반응(third body reaction)이 적용된 modified detail mechanism으로 FGR 율에 따른 화염 내 주요 농도, 온도분포 및 반응경로를 조사하는 연소반응 해석에 착수하였다. 국내 미이용 바이오매스 연소에서의 오염저감 기술 개발 관련해서는 높은 REC 가중치(전소 2.0, 혼소 1.5)에 의한 국내 미이용 바이오매스 시장이 점차 증가하고 있으며 이들의 연소이력이 부족하기 때문에 연소특성을 파악하는 것이 매우 중요하다. 이에, 국내 미이용 바이오매스를 취급하는 기업과 협의를 통해 계절별로 변화하는 연료특성을 파악하고자하며 개선된 순환유동층 연소설비에서 미이용 바이오매스 연소 시 발생하는 배기가스 내 오염물질들(CO, SO₂, NO)의 수준을 분석하고 배출되는 회재 내 미연탄소분 및 부식에 영향을 줄 수 있는 인자를 평가하고자한다.

사사

이 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('20005788').

추계총회 및 학술발표회 자료집

오염 저감

시 간 2019. 9. 26 (목) 10:20~12:00

장 소 대전 인터시티호텔 오크홀



PTFE 나노입자 정전분무 코팅을 이용한 내열 필터백

허기준¹, 엄현진¹, 권기범^{1,2}, 김연상^{1*}

¹한국생산기술연구원, ²전남대학교

Heat-resistance air filter bag by PTFE nano-particle coating via air-controlled electro-spray

Ki Joon Heo¹, Hyeonjin Eom¹, Kibeom Kwon^{1,2}, and Yeonsang Kim^{1*}

¹Korea Institute of Industrial Technology, ²Chonnam National University

Air pollution infect as estimated 250 million people every year, about 8% of which are deadly[1]. Therefore, recently, increasing attention about the air quality has been paid to the relationship between fine dust emission at the industries with high level of fine dust emission and the control of polluted air. In most industries, heat-resistance air filters are needed to withstand high temperatures of 260–280° C due to the emission of fine dust along with high temperature exhaust. Polytetrafluoroethylene(PTFE) resin is used most common material for fabrication of heat-resistance filter bag because PTFE has unique properties such as high thermal and chemical stability[2]. Here, we present a heat-resistance filter bag coating technology that can be increase heat-resistance and filtration performance of filter bag. This heat-resistance filter bag was fabricated from PTFE nano-particles, which were produced by air-controlled electro-spray on the PTFE foam coating/glass fiber filter bag. The coated filters were assessed in terms of pressure drop, filtration efficiency, air permeability, and morphology of surface.

사사

This work was supported by the Technology Innovation Program (20005842, Development of industrial heat-resistant air filter technology) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Republic of Korea)

참고문헌

1. Dye, C., "After 2015: Infectious Diseases in a New Era of Health and Development", *Philos. Trans. R. Soc., B, Biol. Sci.*, 369(1645), 20130426 (2014).
2. Kang, Weimin, Huihui Zhao, Jingge Ju, Zhijie Shi, Chunmei Qiao, and Bowen Cheng., "Electrospun poly (tetrafluoroethylene) nanofiber membranes from PTFE-PVA-BA-H₂O gel-spinning solutions." *Fibers and Polymers*, 17(9), 1403–1413 (2016).

전해산화수 스크러버 시스템을 이용한 소화슬러지 저류조의 악취 제거 특성

홍성오^{1*}, 이태호², 한문조¹, 이성우¹, 강신욱¹(woojin948@hanmail.com)

^{1*}(주)우진이엔지, ²송실대학교 융합연구원

Removal characteristics of odor from sewage digester sludge tank using scrubber with electrolytic oxidation system

Sung Oh Hong^{1*}, Tae Ho Lee², Moon Jo Han¹, Seong Woo Lee¹, Shin Wook Kang¹

^{1*}Woo Jin Co.,Ltd, ²Soongsil University

혐기성 소화조, 폐기물저류조 등에서 배출되는 악취 중 황화수소와 암모니아는 물에 대한 용해도가 높아 일반적으로 스크러버에 의해 제거된다. 이때 사용되는 흡수액은 황산 또는 염화나트륨이 사용될 수 있다. 전해산화수를 이용한 스크러버의 적용은 환경기초시설 등에서 발생하는 악취에 대하여 강알칼리성 및 강산성의 흡수액을 사용하지 않기 때문에 화학적으로 안전한 악취 처리방법이다. 본 연구는 염수를 전기분해하여 생성된 전해산화수를 스크러버에 내에 분사하여 소화슬러지 저류조에서 발생된 악취의 제거 특성을 파악하고자 하였다. 악취 발생원은 서울시에 소재하는 하수처리장의 소화슬러지 저장시설을 대상으로 하였으며 전체 공정은 전단 흡착시설과 후단 스크러버로 복합 공정이 적용되었다. 여기서 스크러버의 규모는 3CMM이었으며 발생원에서 덕트로 연결하여 공정에 유입하였다. 흡착시설에서는 고농도의 황화수소가 제거되며 후단의 스크러버에서는 암모니아를 제거하였다. 이때 스크러버의 유입 및 유출 농도와 염소 등을 분석하여 운전 및 암모니아 제거 특성 등을 확인하였다.

본 연구는 환경부의 '환경기술 선진화사업'의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

(E318-00012-0701-1)



〈전해산화수 Pilot 실험장치〉

Anionic Dye removal from wastewater using MOFs (MIL-100 Fe) incorporated polysulfone nanofiltration membrane

Gnanaselvan Gnanasekaran, Sudhakaran MSP, and Young Sun Mok*

Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University, Jeju, South Korea

In this study, the metal-organic framework (MIL-100 Fe) was embedded into polysulfone membranes prepared by phase inversion techniques for the removal of hazardous dyes from wastewater. The embedding percentage of MOFs amount in the polymer matrix such as 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, and 1%, which are represented as M1, M2, M3, M4 and M5. The composite membranes were characterized by XRD, FT-IR-ATR, FESEM. The incorporated MOF enhances the hydrophilicity of polysulfone membranes, which confirmed by contact angle measurement. The pure water permeability of membranes enhanced from 25 to 53 L/m²h at 10 bar pressure. The pore size of the membranes was increased from 85.7 to 120.3 nm, which leads for the permeability enhancement. The rejection percentage of methyl orange dye improved from 25.6% to 58.9%. The addition of MIL-100 Fe into the polysulfone matrix, which is effectively a promising candidate for the dye removal with effective permeability for nanofiltration.

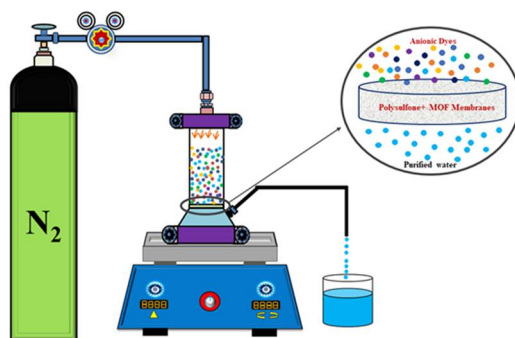


Figure 1. Schematic representation of anionic dyes removal by MOF membranes

References

1. Sotto, Arcadio, et al. "Preparation and characterization of MOF-PES ultrafiltration membranes." *Journal of Applied Polymer Science* 132.21 (2015).
2. Gnanasekaran, Gnanaselvan, et al. "Removal of hazardous material from wastewater by using metal-organic framework (MOF) embedded polymeric membranes." *Separation Science and Technology* 54.3 (2019): 434-446.

고기구이 시 열원 및 불판에 따른 악취 및 미세먼지 발생 특성과 상관관계

양우영¹, 이진영¹, 유승열¹, 오혁진¹, 이태호², 류희욱^{1*}

¹승실대학교 화학공학과, ²승실대학교 융합연구원

The characteristics and Correlation of odor and fine dust from grilling meat by heat source and fire plate

Woo Young Yang¹, Jin Young Lee¹, Seung Yeol Yu¹, Hyuk Jin Oh¹, Tae Ho Lee²,
and Hee wook Ryu^{1*}

¹승실대학교 화학공학과, ²승실대학교 융합연구원

2016년 기준으로 전국 음식점 업소는 약 483,000 여 곳이며, 30석 이상인 중~대규모 음식점 업소가 약 53 %를 차지하고 있다. 1 대부분 음식점은 조리 시 불을 사용하여 조리하지만, 이 때 배출되는 오염물질에 대한 특별한 규제가 없기 때문에, 많은 악취 및 미세먼지를 발생시키게 된다.

이에 본 연구에서는 열원(가스불 또는 숯불)과 불판(직화용 및 간접가열용 불판)에 따른 고기구이시 발생하는 악취 및 미세먼지 특성에 대해 알아보았다. 미세먼지는 Grimm사의 입자분포분석기를 이용하여 분석하였으며, 악취의 경우 공정시험법에 의거하여 분석하였다. 삼겹살을 기준으로 고기구이 시간은 약 5분정도 이었으나, 불판에 남아있는 유적 및 고기찌꺼기의 영향을 확인하기 위하여, 고기를 꺼낸 후에도 분석 및 시료채취를 수행하여 총 분석시간은 10분으로 설정하였다.

가스불의 경우에는 구멍이 나 있는 직화불판의 경우 PM10, PM2.5, PM1.0 기준으로 최대치가 각각 40,016 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 29,488 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 3,407 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 초미세먼지 비중은 약 94 %를 나타냈다. 같은 가스불에서도 구멍이 없는 판의 가열방식은 이에 비해 미세먼지농도가 1/5 ~ 1/10 수준으로 낮게 측정되었다. 복합악취의 경우 미세먼지와 마찬가지로 직화불판의 경우 1,000배로 가장 높았고 다른 간접불판의 경우 100 ~ 448배로 낮게 나타났다. 숯불의 경우에는 PM10, PM2.5, PM1.0 기준으로 최대치가 각각 10,519 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 9,756 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2,625 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며, 초미세먼지 비중은 약 93 %를 보였다. 복합악취의 경우에는 300 ~ 1,000배로 가스 직화와 유사한 수준이었다. 고기구이 시 주요 발생 악취물질농도는 아세트알데히드가 35 ~ 325 ppb 수준으로 가장 높게 검출되었으며 프로피온알데히드, 뷰티르알데히드, 발레르알데히드 등이 최소감지농도를 훨씬 상회하게 나타났다. 이밖에도 암모니아, 황화수소, 트리메틸아민이 감지농도 이상으로 분석되었다. 결과적으로 직화보다는 간접방식의 미세먼지 및 악취발생이 적었으며, 열원의 종류보다는 불판의 형태적 특성이 더욱 미세먼지 및 악취발생에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 또한 PCA 분석결과 미세먼지에 비하여 악취가 열원과의 상관관계를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 통계청, 시도/객석수 규모별 음식점업 현황 (2007 ~ 2016)

감사의 글

본 연구는 환경부의 환경정책기반공공기술개발사업(2017000700002)의 지원에 의해 수행되었습니다.

추계총회 및 학술발표회 자료집

온실 가스

시 간 2019. 9. 26 (목) 14:00~17:15

장 소 대전 인터시티호텔 라일락홀



선박배출 이산화탄소 제거를 위한 CCUS 기술 적용 방안

정순관*, 김영은, 박기태, 이원희, 이정현, 윤민혜
한국에너지기술연구원

온실가스에 의한 기후변화 속도가 빨라지면서 온실가스의 대부분을 배출하는 육상에서의 온실가스 감축뿐 아니라 비행기, 선박과 같은 운송 부문에 대한 온실가스 감축 요구가 거세지고 있다. 전 세계 온실가스 배출의 약 2.2%를¹⁾ 차지하는 해운부문에서도 온실가스 감축을 위해 2018년 초기 IMO 전략안을²⁾ 채택하였다. IMO에서는 2018년 국제해상운송 부문 온실가스 배출량을 2008년 대비 2050년까지 최소 50%를 감축하는 안을 공포하였다. 선박에서의 온실가스 감축은 선박에너지효율설계지수(EEDI) 적용을 통한 에너지 효율 향상과 무탄소 에너지원 도입이 가장 큰 기술군으로 부각되고 있다. 그러나 온실가스 감축 기술 개발과 적용이 선행되고 있는 육상의 경우를 고려할 때 에너지 효율 향상 및 신재생에너지 도입만으로 온실가스 감축을 달성하기에는 한계가 있음을 경험적으로 습득하였다. 따라서 선박 배출 온실가스 감축을 위해서는 가용할 수 있는 모든 기술이 검토되어야만 한다. 본 발표에서는 선박에 적용할 수 있는 CCUS 기술을 비교 분석하고 논의하고자 한다.

참고문헌

1. International Maritime Organization, “3rd IMO GHG Study 2014” (2014).
2. International Maritime Organization, “Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships and Existing IMO Activity Related to Resucing GHG Emissions in the Shipping Sector” (2018).

MOF 촉매를 이용한 이산화탄소 및 메탄 유래 메탄올 합성 반응

백자연*

한국생산기술연구원

CO₂ and methane conversion to methanol using MOF catalystsJayeon Baek*

Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)

이산화탄소와 메탄은 대표적인 온실가스 중에 하나로 지속가능한 생태 환경을 만들기 위한 일환으로 다른 고부가가치 화합물로 전환하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔다. 이 연구에서는 이산화탄소와 메탄을 각각 수소화 반응과 선택적 산화반응을 통해 메탄올로 전환하는 연구를 진행하였다. 노벨상 수상자인 George A. Olah는 수소 기반 경제보다 메탄올 기반의 경제 즉, 메탄올 이코노미 (methanol economy)가 도래할 것이라 예측하며 메탄올이 가장 적합한 미래 에너지원이라 예측하고 있다[1]. 일산화탄소, 이산화탄소, 수소로 이루어져 있는 합성 가스(syngas)에서 메탄올을 얻는 반응은 Cu/ZnO/Al₂O₃를 촉매로 이용하여 상용화되어있다. 하지만 역수성 가스 반응(reverse water-gas shift)이 부가적으로 일어나기 때문에 선택적으로 메탄올을 합성하기 어렵다는 단점을 지닌다. 구리 나노입자를 둘러싸고 있는 MOF (metal-organic framework) 촉매는 작은 산화 무기물 클러스터로 이루어져 있는 MOF의 특성상 구리 입자와의 접촉면적을 최대한으로 이끌어 낼 수 있다. 구리 입자와 산화지르코늄의 접촉면에서 역수성 가스 반응이 일어나지 않고 선택적으로 메탄올을 합성한다는 것을 확인하였다[2]. 또한, 메탄을 메탄올로 전환하기 위한 촉매로는 효소촉매로 알려진 pMMO의 활성점을 모사하여 합성하였다. 히스티딘(histidine) 외 imidazole unit을 포함하는 리간드를 MOF에 후처리 한 후 구리 전구체와 반응하여 imidazole unit과 구리가 공유결합을 한다는 것을 확인하였고 섭씨 150도에서 선택적으로 메탄을 메탄올로 산화시킴을 확인하였다[3]. 이 연구는 다양한 구조를 가지는 MOF의 versatility 특성을 보여주는 대표적인 예라 생각되며 MOF 촉매의 가능성을 기대해 볼 수 있다.

참고문헌

1. Olah, G. A., Goepfert, A., and Prakash, G. K. S., Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy, 3rd ed., Wiley-VCH, Germany (2018).
2. Rungtaweeworanit, B., Baek, J., Araujo, J. R., Archanjo, B. S., Choi, K. M., Yaghi, O. M., Somorjai, G. A., "Copper Nanocrystals Encapsulated in Zr-base Metal-Organic Frameworks for Highly Selective CO₂ Hydrogenation to Methanol." Nano Letters, 16, 7645-7649 (2016).
3. Baek, J., Rungtaweeworanit, B., Pei, X., Park, M., Fakra, S. C., Liu, Y. -S., Matheu, Roc., Alshimri, S. A., Alshehri, S., Trickett, C. A., Somorjai, G. A., Yaghi, O. M., "Bioinspired Metal-Organic Framework Catalysts for Selective Methane Oxidation to Methanol." J. Am. Chem. Soc., 140, 18208-18216 (2018).

전기화학적 이산화탄소 전환을 위한 촉매 및 반응 시스템

박기태*, 정순관, 이원희, 김영은, 고유나, 윤민혜
한국에너지기술연구원

Electrocatalyst and Electrolyzer for Electrochemical CO₂ Conversion

Ki Tae Park*, Soon Kwan Jeong, Wonhee Lee, Young Eun Kim, You Na Ko, Min Hye Youn
Korea Institute of Energy Research

Electrochemical conversion of carbon dioxide (CO₂) has been receiving attention as a promising method for mitigation of CO₂ by its capture for synthesis of valuable chemicals and fuels [1]. Among the various products, formic acid/formate is expected to be one of the most economically feasible products. However, there still remain some problems to be solved, including a large overpotential, low Faradaic efficiency (FE), and poor stability of electrocatalysts. The most commonly used electrocatalysts for formate synthesis such as tin (Sn) and tin(IV) oxide (SnO₂) are not ensured for stable production of formate due to its poor long-term stability. Here, we report our study on the electrochemical stability of Sn and SnO₂ and describe an approach to achieve stable production of formate using an appropriate support for the preparation of electrocatalyst and a catholyte-free electrochemical CO₂ conversion system [1,2]

참고문헌

1. Kim, Y. E., Lee, W., Youn, M. H., Jeong, S. K., Kim, H. J., Park, J. C., Park, K. T., “Leaching-resistant SnO₂/g-Al₂O₃ nanocatalyst for stable electrochemical CO₂ reduction into formate”, J. Ind. Eng. Chem., **78**, 73–78 (2019).
2. Lee, W., Kim, Y. E., Youn, M. H., Jeong, S. K., Park, K. T., “Catholyte-Free Electrocatalytic CO₂ Reduction to Formate” Angew. Chem. Int. Ed., **57**, 6883–6887 (2018).

이산화탄소 분리용 소수성 세라믹 증공사 접촉막 공정 개발

이홍주, 김민광, 이연준, 박정훈*
동국대학교

Development of hydrophobic modified ceramic hollow fiber membrane contactor process for CO₂ separation

Hong Joo Lee, Min Kwang Kim, Jun Yeon Lee, and Jung Hoon Park*
Dongguk University

본 연구에서는 직경 3 inch 사이즈의 세라믹 증공사막 단위 모듈을 개발에 성공하였다. 세라믹 증공사 접촉막 모듈의 성능을 평가하기 위하여 흡수제 내 이산화탄소 로딩량, 배가스 내 수분과 산소에 의한 영향을 평가하였다. 배가스 내 수분과 산소에 대해서는 성능 감소 현상은 발견되지 않았다. 흡수제 내 이산화탄소 로딩량에 따라 흡수성능은 감소하였으나, 2개 모듈을 연결하여 흡수제 로딩량 0.17 mol CO₂/mol MEA일 때, 0.5 Nm³/h 흡수제 중 90% 이상의 CO₂를 흡수 가능했다. 이 때의 기상과 액상 압력 강하는 각각 0.012, 0.010 bar였다. 이는 기존 흡수탑 공정에 비하여 매우 작은 수치이다. 세라믹 증공사 접촉막은 기존 흡수탑 공정이나 고분자 접촉막을 대체할 수 있는 유망한 공정이다.

사사: 이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 (재)한국이산화탄소포집 및 처리연구개발센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2014M1A8A1049314)

참고문헌

1. Lee, H. J. et al., "Preparation, characterization and laboratory-scale application of modified hydrophobic aluminum oxide hollow fiber membrane for CO₂ capture using H₂O as low-cost absorbent," J. Mem. Sci., 494, 143-153 (2015).
2. Lee, H. J., and Park, J. H., "Effect of hydrophobic modification on carbon dioxide absorption using porous alumina (Al₂O₃) hollow fiber membrane contactor," J. Mem. Sci., 518, 79-87 (2016).
3. Lee, H. J. et al., "Study on CO₂ absorption performance of lab-scale ceramic hollow fiber membrane contactor by gas/liquid flow direction and module design," Sep. Pur. Tech., 220, 189-196 (2019).

이산화탄소 수소화 촉매반응을 통한 자원화 연구

윤성호

중앙대학교 화학과

비교적 저렴하고 무해한 금속/리간드 전구체로 구성된 고효율 및 재활용 가능한 불균일계 촉매의 개발은 비용 측면에서 효율적이고 환경 친화적인 CO₂ 이용 방법 개발에서 가장 중요한 목표 중 하나이다. 최근 본 연구실에서 이룩한 루테튬 양이온 처리된 피리딘-함유 공유 결합 트리 아진 골격(CTF)을 이용하여 38,800 h⁻¹의 전례 없는 수소화 반응 촉매활성을 보고하였다. 촉매 [bpy-CTF-RuCl₃]를 활용하여 2 시간 만에 이산화탄소를 수소화하여 2.1 M의 최대 최종 포름산염 생성을 확인할 수 있었다. 더 나아가 이러한 비균질화된 촉매에 기반을 두어 Tickle bed reactor를 사용한 연속공정 적용을 통한 이산화탄소 자원화 기술 실증을 진행하고 있으며 이는 향후 이산화탄소 동시 포집·전환기술로 확장 적용될 수 있다. 이번 발표에서는 이에 대하여 상세히 논의하고자 한다.

참고문헌

1. ACS Catalysis, “3Design Strategy toward Recyclable and Highly Efficient Heterogeneous Catalysts for the Hydrogenation of CO₂ to Formate” (2018).
2. Chem. Mater., “A Covalent Triazine Framework, Functionalized with Ir/N-Heterocyclic Carbene Sites, for the Efficient Hydrogenation of CO₂ to Formate” (2017).

In Situ 졸-겔 방법을 통한 LSCF-GDC 나노 복합 음극

조동우*

한국에너지기술연구원

LSCF-GDC Nanocomposite Cathodes via a In Situ Sol-Gel Method
for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel CellsDong Woo Joh*

Korea Institute of Energy Research

Cobaltite-based perovskite materials such as $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ (LSCF), $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ (BSCF) which have rapid surface activation and mixed ionic and electronic ionic conductivity (MIEC) usually mixed with ionic conducting electrolyte material to lower cathodic polarization resistance. Moreover, decreasing the particulate size of the cathode at nanoscale can effectively enhance the ORR activity of the cathode by extending the electrochemically active sites due to its high surface area[1], [2]. However, due the high surface energy, the nanoparticles easily aggregate before mixing into homogeneous heterophase nanoparticles, resulting in significant coarsening between adjacent particles during high-temperature sintering. In this study, GDC and LSCF-GDC composite powders were synthesized via advance sol-gel method. The physicochemical properties such as sintering behavior, phase stability, etc. of the synthesized nanopowders were investigated. The optimal sintering conditions of GDC nanopowders were evaluated based on the relative density and total conductivity of the sintered GDC pellets. Furthermore, the electrochemical performances of the LSCF-GDC nanocomposite cathodes were measured by the electrochemical impedance spectroscopy (EIS). The microstructural characteristics of the LSCF-GDC nanocomposite cathode were quantified via a 3D reconstruction techniques and related to electrochemical performance of the Ni-YSZ anode supported SOFC single cell.[3]

참고문헌

1. Zhou, W., Ran, R., Shao, Z. P., Gu, H. X., Jin, W. Q., and Xu, N. P., "Significant im-pact of nitric acid treatment on the cathode performance of $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ perovskite oxide via combined EDTA-citric complex-ing process", J. Power Sources, 174(1), 237-245 (2007).
2. Baqué, L., Caneiro, A., Moreno, M. S., and Serquis, A., "High performance nanostruc-tured IT-SOFC cathodes prepared by novel chemical method", Electrochem. Commun., 10(12), 1905-1908 (2008).
3. Joh, D. W., Cha, A., Park, J. H., Kim, K. J., Bae, K. T., Kim, D., Choi, Y. K., An, H., Shin, J. S., Yoon, K. J., and Lee, K. T., "In Situ Synthesized $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ - $\text{Gd}_{0.1}\text{Ce}_{0.9}\text{O}_{1.95}$ Nanocomposite Cathodes via a Modified Sol-Gel Process for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells", ACS Appl. Nano Mater., 1(6), 2934-2942 (2018).

화학안정성 및 수소이온전도성이 향상된 IT-SOFC용 BaCeO₃ 페롭스카이트 산화물

김혜성¹, 배형빈², 정우철³, 정성윤^{3*}

¹한국에너지기술연구원, ²KAIST 중앙분석센터, ³KAIST 신소재공학과

Chemically Stable BaCeO₃ Polycrystals with Enhanced Proton Conduction for Intermediate-Temperature Solid Oxide Fuel Cells

Hye-Sung Kim¹, Hyung Bin Bae², Woochul Jung³, Sung-Yoon Chung^{3*}

¹Fuel Cell Laboratory, Korea Institute of Energy Research (KIER), Daejeon 34129, Korea

²KAIST Analysis Center, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon 34141, Korea

³Department of Materials Science and Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon 34141, Korea

In many ion-conducting polycrystalline oxides, grain boundaries are generally accepted as rate-limiting obstacles to rapid ionic diffusion, often resulting in overall sluggish transport. Consequently, based on a precise understanding of the structural and compositional features at grain boundaries, systematic control of the polycrystalline microstructure is a key factor to achieve better ionic conduction performance. In this study, we clarify that a nanometer-thick amorphous phase with Ba-rich composition at most grain boundaries in proton-conducting BaCeO₃ polycrystals is responsible for substantial retardation of proton migration and moreover is very reactive with water and carbon dioxide gas. By a combination of atomic-scale chemical analysis and physical imaging along with consideration of straightforward phase equilibria, we demonstrate that highly densified BaCeO₃ polycrystals (>98% in relative density) free of a grain-boundary amorphous phase can be easily fabricated by a conventional ceramic process and show sufficiently high proton conductivity (order of 10⁻² S/cm at 600° C) and significantly improved chemical stability. These findings emphasize the value of direct identification of intergranular phases and subsequent manipulation of their distribution in ion-conducting oxide polycrystals.

세리아/가스 계면에서의 직접 전기화학산화반응 연구

최윤석¹, 서한길¹, 유정도¹, 김진욱¹, 정범균², Ethan Crumlin³, 정우철^{1*}¹한국과학기술원, ²한국기초과학지원연구원, ³Lawrence Berkeley National Laboratory

Study of direct electrochemical oxidation of methane at ceria/gas interface

Yoonseok Choi¹, Han Gil Seo¹, JeongDo Yoo¹, Jinwook Kim¹, Beom gyun Joeng², Ethan J. Crumlin³, WooChul Jung^{1*}¹KAIST, ²KBSI, ³LBNL

One of the key advantages of solid oxide fuel cells is that they can use hydrocarbon fuels in addition to pure hydrogen, in principle, without additional reforming systems, and CeO_{2-δ} (ceria)-based oxides play an important role as a catalyst for hydrocarbon activation and as an inhibitor of carbon coking. However, even for the simplest hydrocarbon molecule, CH₄, the mechanism of electrochemical oxidation on the ceria surface remains largely unknown. This has partly been due to the difficulty to monitor the targeted electrochemical reactions from various chemical reactions occurring simultaneously in typical porous metal/ceria composite electrodes. Here, we present a polarizable, Sm-doped ceria thin-film model electrochemical cells capable of selectively investigating CH₄ direct-oxidation on the ceria surface. Combined in operando X-ray photoelectron spectroscopy and DFT calculation reveal that the ceria surface catalyzes the C-H cleavage and the overall electrode reaction rate is dominantly determined by the H₂O formation step. These observations end the longstanding academic debate over the direct use of CH₄ and provide an ideal electrode design for high performance.

효율적인 이산화탄소 활용을 위한 새로운 Metal-CO₂ 시스템

김창민¹, 김정원¹, 양예진¹, 성아림¹, 김건태^{1*}

¹울산과학기술원

New metal-CO₂ systems for highly efficient utilization of CO₂

Changmin Kim¹, Jeongwon Kim¹, Yejin Yang¹, Arim Seong¹, and Guntae Kim^{1*}

¹Ulsan National Institute of Science and Technology

Carbon dioxide (CO₂) generated by human activities over the centuries has been regarded as the cause of global warming and climate change[1]. Thus, many countries and organizations have made great efforts to reduce their carbon footprint, and recently carbon capture, utilization and storage/sequestration (CCUS) technology has been studied to recycle CO₂ as a useful resource. In this regard, much research has been focused on the chemical conversion of CO₂ into value-added carbon compounds, such as ethanol, ethylene, syngas, and plastics, etc. However, it has been pointed out that it cannot be an efficient greenhouse gas abatement technology due to a lot of required energy for the chemical conversion inducing the generation of CO₂[2]. Recently, non-aqueous metal-CO₂ batteries have also been studied for the production of electrical energy by electrochemically reducing CO₂[3]. During generation of electric energy, however, solid carbonate products accumulate on the surface of the electrode, resulting in deterioration of performance and discharge capacity, and the regeneration of CO₂ in the charging process does not meet an actual CCUS technology for reducing CO₂. We have therefore devised metal-CO₂ system that meets a desirable CCUS technology, which combines the concepts of fuel cells and batteries using an aqueous system[4]. While CO₂ is consumed, this system can continuously produce the electrical energy via the oxidation of metal and hydrogen from the spontaneous dissolution of CO₂ in water. Therefore, this metal-CO₂ system adopting efficient CCUS technology will not only utilize CO₂ as a useful resource for high-value electrical energy and hydrogen production, but also solve environmental issues through reduction of a greenhouse gas.

참고문헌

1. Obama, B., "The irreversible momentum of clean energy," *Science*, **355**(6321) 126–129 (2017).
2. Darensbourg, D. J., "Making Plastics from Carbon Dioxide: Salen Metal Complexes as Catalysts for the Production of Polycarbonates from Epoxides and CO₂," *Chem. Rev.*, **107**(6) 2388–2410 (2007).
3. Qie, L. et al., "Highly Rechargeable Lithium-CO₂ Batteries with a Boron- and Nitrogen-Codoped Holey-Graphene Cathode," *Angew. Chem. Int. Ed.*, **56**(24) 6970–6974 (2017).
4. Kim, C. et al., "Highly Efficient CO₂ Utilization via Aqueous Zinc- or Aluminum-CO₂ Systems for Hydrogen Gas and Electricity Production," *Angew. Chem. Int. Ed.*, **58**(28) 9506–9511 (2019).

고체산화물 기반 양방향 수전해/연료전지 시스템의 경제성 분석

부이비엘뚜안앵¹, 잡반티엔¹, 이영덕^{1,2,*}, 김영상², 안국영^{1,2}

과학기술연합대학원대학교(UST)¹, 한국기계연구원²

Economic analysis of reversible SOEC/SOFC system

Tuananh Bui¹, Van-Tien Giap¹, Young Duk Lee^{1,2,*}, Young Sang Kim², Kook Young Ahn^{1,2}

University of Science and Technology (UST)¹, Korea Institute of Machinery and Materials²

태양광, 풍력 등의 재생에너지 발전의 비중이 증가하면서, 재생에너지의 간헐성에서 기인하는 수요/공급의 불일치 문제와 계통의 안정성 관리를 해결하기 위한 방안으로 에너지 저장기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 현재 검토되는 에너지 저장기술에는 배터리, 압축공기 에너지저장, 액체공기 에너지저장 등이 있으나, 저장 용량과 활용시간을 고려하면 수전해 기술을 이용한 수소저장 방식이 가장 타당한 방법으로 알려져 있다.

수전해 기술은 알칼라인 방식, 고분자 방식과 같은 저온형과 고체산화물 방식과 같은 고온형으로 분류되는데, 에너지 효율측면에서 고온수전해 기술이 각광받고 있다. 특히, 고온 수전해에서는 하나의 스택을 이용하여 수소생산(SOEC)과 전기생산(SOFC)하는 양방향 운전이 가능한 장점을 갖지만, 아직까지 기술의 성숙도가 낮은 단점 또한 가지고 있다.

본 발표에서는 국내에서 개발중인 양방향 수전해 시스템을 대상으로 경제성 분석을 수행한 결과를 소개하고자 한다. 재생에너지 발전의 잉여전력과 잉여전력과 폐기물 소각로에서 공급되는 저가의 스팀을 이용하여 수소를 생산/저장하여 활용하고(SOEC mode), 필요시 연료전지 모드로 전력을 공급하는(SOFC mode) 방식으로 시스템이 설계되어 있다. 경제성 분석을 위해 ①장치비용추산, ②경제성 평가인자 도출, ③수명기간 동안의 투입비용 추산, ④균등화 수소생산가격 계산의 절차를 따라 단위 질량의 수소생산 가격을 추산하였으며, 시스템 스케일업에 따른 비용저감 효과도 분석하였다.

추계총회 및 학술발표회 자료집

청정 용매

시 간 2019. 9. 26 (목) 14:00~17:30

장 소 대전 인터시티호텔 클로버홀



ZIF-7-catalyzed methoxycarbonylation of aniline with dimethyl carbonate: the role of defect site on ZIF-7

Hyunjoo Lee

¹ Clean Energy Research Center, Korea Institute of Science and Technology

The Zeolitic imidazole framework ZIF-7 ($\text{Zn}(\text{benzimidazole})_2$) is known to exhibit a unique gate-opening property depending on the temperature and pressure in the presence of guest molecules, making it useful for H_2 , CO_2 , and paraffine separation technology. Besides this distinctive gas absorption property, ZIF-7 can be used as a catalyst because it contains a Lewis acid site on Zn, and a Lewis basic site on the benzimidazole. In this study, for the first time, we demonstrate that ZIF-7 is a very promising material as a catalyst for the methoxycarbonylation of aniline with dimethyl carbonate (DMC) to produce methyl phenyl carbamate (MPC), an isocyanate precursor. Fresh ZIF-7 showed a high aniline conversion of over 95% at 190 °C for 2 h, and the yield MPC was 60 – 70% due to the formation of methylated side products, such as N-methyl aniline and N,N'-dimethylaniline. However, interestingly, when the ZIF-7 was reused, the yield of MPC gradually increased and reached over 94.7% by the catalyst's 6th run. SEM and TEM images revealed the crystalline structure of ZIF-7 collapsed during the reaction due to the leaching of benzimidazole from the ZIF-7 during the reaction, which created defect sites on the Lewis acidic zinc center. Pretreating of ZIF-7 with DMC at 190 °C for 6 h could directly activated the ZIF-7 for this methoxycarbonylation reaction. The activated ZIF-7 showed 91.0% MPC yield and the catalyst was reusable.

생축매와 초임계이산화탄소에 의한 폐유지 유래 바이오디젤 제조 공정 개발

이홍식^{1*}, 김상용¹, 이도훈¹, 김재훈²

¹한국생산기술연구원, ²성균관대학교

Process development for production of biodiesel from waste oils and fat by biocatalyst and supercritical CO₂

Hong-shik Lee^{1*}, Sangyong Kim¹, Dohoon Lee¹ and Jaehoon Kim²

¹Korea Institute of Industrial Technology, ²Sungkyunkwan University

생축매를 이용한 바이오디젤 제조 공정은 유지의 주성분인 트리글리세라이드와 폐유지에 많이 포함된 유리지방산을 모두 바이오디젤로 전환할 수 있어, 폐유지를 원료로 활용하는 데에 적합한 공정이다. 기존 생축매공정의 단점으로 지적되었던 낮은 반응속도는 지속적인 효소의 개발에 의해 크게 개선되었으나, 상대적으로 높은 축매 가격, 고정화 효소 사용 시 낮은 물질전달 효율과 유지의 침착 문제, 메탄올에 의한 축매 비활성화 등은 여전히 극복해야 할 과제이다. 하나의 해결방안으로써 생축매공정에 용매를 도입하여 물질전달 효율을 높이고 축매 비활성화를 억제하는 방법이 제안되고 있으며[1, 2], 특히 초임계이산화탄소는 상기의 장점과 함께 반응 후 분리가 용이하고 독성이 낮은 장점이 있어 효과적인 것으로 보고되고 있다[2, 3]. 본 연구에서는 초임계이산화탄소를 용매로 사용하는 생축매공정을 이용하여 폐유지로부터의 바이오디젤 제조 실험을 수행하였다. 회분식 실험 결과를 바탕으로 본 공정을 충전층 반응기 형태의 연속공정으로 구현하였고, 반응조건 최적화 및 장기운전 시험을 수행하여 20일 이상 축매 활성의 저하 없이 연속 운전이 가능함을 확인하였다. 또한 생축매공정에서 부산물로 발생하는 글리세롤 정제에 초임계이산화탄소 추출을 활용할 수 있음을 밝혔고, 바이오디젤 제조와 글리세롤 분리를 연계할 수 있는 초임계통합공정의 가능성을 확인하였다.

참고문헌

1. Christopher, L. P., Kumar, H., and Zambare, V. P., "Enzymatic biodiesel: Challenges and opportunities", *Appl. Energ.*, **119**, 497–520 (2014).
2. Aguiéiras, E. C. G., Cavalcanti-Oliveira, E. D., and Freire, D. M. G., "Current status and new developments of biodiesel production using fungal lipases" *Fuel*, **159**, 52–67 (2015).
3. Ciftci, O. N., and Temelli, F., "Continuous biocatalytic conversion of the oil of corn distiller's dried grains with solubles to fatty acid methyl esters in supercritical carbon dioxide", *Biomass Bioenerg.*, **54**, 140–146 (2013).

Thermal Stability and Decomposition Behavior of HFO-1234ze(E) as a Working Fluid in the Supercritical Organic Rankine Cycle

Miqdar Zulfikar Irriyanto¹, Hyung Soo Lim², Bum Seong Choi², Aye Aye Myint¹, and Jaehoon Kim^{1*}

¹Sungkyunkwan University, ²Korea Institute of Machinery and Materials

The supercritical organic Rankine cycle (SORC) is a highly promising technique to recover non-utilized low-to-medium-temperature heat sources [1]. A good thermal stability of the working fluid is crucial to create a safe SORC system. Herein, the thermal stability of a new type of working fluid, HFO1234ze(E) (trans-1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene), which is an environmentally friendly fourth-generation refrigerant, is investigated in supercritical regimes. The experimental conditions are designed for long-term reactions for 56 days at 453.15 K and 5 MPa, which represent the highest temperature and pressure, respectively, at the SORC turbine inlet. In addition, the effects of temperature, pressure, and time on the decomposition of HFO-1234ze(E) are investigated over a short experimental period of up to 24 h to propose the reaction kinetics. Decomposed gases species from HFO-1234ze(E) included difluoromethane (HFC-32), pentafluoro ethane (HFC-125), 1,1,1-trifluoroethane (HFC-143a), 1,1,1,2,2-pentafluoropropane (HFC-245fa). For extended time periods or in high-pressure and high-temperature conditions, HFO-1234ze(E) decomposes to form liquid products with weight average molecular weights in the range of 470–740 g mol⁻¹. The decomposition of HFO-1234ze(E) can be fitted with a first-order kinetic model. Under the assumption that major decomposition occurs at the turbine inlet, the decomposition rate of HFO-1234ze(E) is found to be 0.02% per year in this study.

References

1. Wei D., Lu X., Lu Z., Gu J., “Performance analysis and optimization of Organic Rankine Cycle (ORC) for waste heat recovery,” *Energy. Convers. Manag.*, **48**(4), 1113–1119 (2007).

밀도범함수 이론 (DFT) 연구에 의한 HFO-1234ze (E)의 열분해 메커니즘

리키 구나완¹, 믹달 줄피칼 이리안토¹, 한디 스티아디¹, 임형수², 최범석², 이이민¹, 김재훈^{1*},

¹성균관대학교, ²한국기계연구원

Thermal decomposition mechanism of HFO-1234ze(E) by Density Functional Theory (DFT) study

Ricky Gunawan¹, Miqdar Zulfikar Irriyanto¹, Handi Setiadi¹, Hyung-Soo Lim², Bum-Seong Choi², Aye Aye Myint¹, and Jaehoon Kim^{1*}

¹Sungkyunkwan University, ²Korea Institute of Machinery and Materials

The supercritical organic Rankine cycle (SORC) system is a promising solution for low heat recovery and renewable energy utilization[1–3]. However, its application is limited by the thermal decomposition of the organic refrigerants, which becomes more prevalent when the cycle is performed under extreme operating conditions[4]. Therefore, it is very important to understand the mechanism of thermal decomposition of the organic working fluids. In this current work, both experimental work and density functional theory (DFT) calculations were performed to elucidate the mechanism of the decomposition of HFO-1234ze(E) ((1-E)-1,3,3,3-tetrafluoropropene (CFH=CHCF₃)). The main products of HFO-1234ze(E) decomposition are pentafluoroethane (CF₃CF₂H), trifluoroethane (CF₃CH₃), and 2,3,3,3-tetrafluoropropene (CH₂=CF₃CF₃). Heavier hydrofluorocarbon (HFC) and hydrofluoroolefin (HFO) molecules are formed when the decomposition process is carried out under higher temperature and pressure values.

참고문헌

1. Hung, T. C., Shai, T. Y., and Wang, S. K., "A Review of Organic Rankine Cycles (ORCs) for the Recovery of Low-Grade Waste Heat," *Energy*, **22**(7), 661–667 (1997).
2. Park, B. -S., et al., "Review of Organic Rankine Cycle Experimental Data Trends," *Energy Convers. Manage.*, **173**, 679–691 (2018).
3. Lion, S., et al., "A Review of Waste Heat Recovery and Organic Rankine Cycles (ORC) in On-Off Highway Vehicle Heavy Duty Diesel Engine Applications," *Renew. Sust. Energy Rev.*, **79**, 691–708 (2017).
4. Dai, X., et al., "Thermal Stability of Some Hydrofluorocarbons as Supercritical ORCs Working Fluids," *Appl. Therm. Eng.*, **128**, 1095–1101 (2018).

수열/용매열 분해를 통한 변성 리그닌의 저분자화 기술 개발

제정호^{1*}, 이반 크리스티안토², 수잔 올리비아²¹부산대학교, ²한국과학기술연구원,

Effective depolymerization of technical lignin by hydro/solvothermal liquefaction

Jungho Jae^{1*}, Ivan Kristianto², Susan Olivia Limarta²¹Pusan National University, ²Korea Institute of Science and Technology

바이오매스 리그닌의 선택적인 저분자화를 통한 고열량 액체 연료 및 고부가가치 페놀계 단량체 생산은 목질계 바이오리파이너리 기술의 경제성 확보를 위해 필수적인 기술이다. 특히 제지공업이나 셀룰로오스 에탄올 공정에서 유래한 크라프트 및 강산당화 리그닌과 같은 Technical lignin의 경우, 리그닌 분리 공정 중 C-C 결합 생성 등을 통한 구조 변형으로 인해 화학적으로 분해가 더욱 어려운 특성을 지니게 된다. 본 연구에서는 변성 리그닌의 효율적인 저분자화를 위해 고온, 고압 (예, >350 ° C, >100 bar)의 수열/용매열 분해 공정을 적용하고, 다양한 촉매 및 반응시스템에 따른 리그닌의 분해 메커니즘 및 분해 효율을 평가하였다. 구체적으로는 변성 리그닌의 효율적인 분해를 위한 초임계 물/에탄올 공용매 및 개미산 첨가제 용매시스템을 소개하고, 리그닌 분해 반응 중 in-situ 수소화물 (hydride) 생성 및 농도 효과에 대해 토의한다. 아울러 리그닌 분해 중간체 및 라디칼들의 재중합을 효과적으로 억제하여 리그닌 단량체 수율을 증가시키기 위한 방법으로 금속/염기 이원기능(Ru+MgO) 촉매시스템을 제안하고, 그 효과에 대해 토의할 것이다.

Lipid extraction using switchable solvents for the lignocellulosic biodiesel production by an oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica*

Sun-Mi Lee^{1,2,3*}

¹Korea Institute of Science and Technology, ²University of Science and Technology,

³Green School, Korea University

Biodiesel production using an oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* has recently attracted strong attention due to its superior lipid accumulation capacity during high-cell-density fermentation and relative easiness of metabolic engineering. As emerging microbial host for lipid production, *Y. lipolytica* is now actively engineered to efficiently convert lignocellulosic biomass into lipids, but the efficient extraction method for the accumulated lipids inside the cells is yet underexplored. Here, we developed an efficient lipid extraction method for oleaginous yeast of *Y. lipolytica* by using switchable hydrophilicity solvents (SHSs), namely, N-ethylbutylamine (EB), N-dipropylamine (DP), and N,N-dimethylcyclohexyl-amine (DMCHA). DMCHA and EB showed effective lipid extraction performance from *Y. lipolytica* regardless of using harvested cells or culture broth. The lipid yields were up to 13% higher than that obtained by conventional organic solvent extraction with comparable fatty acid compositions. After switching processes, the lipids and solvents were successfully recovered from the solvents and culture broth mixture, demonstrating the practicability of lipid extraction using SHSs. Consequently, this study provides an effective lipid extraction method for *Y. lipolytica* that could significantly improve energy efficiency and economic feasibility of lignocellulosic biodiesel production.

참고문헌

1. Yook et al., "Efficient lipid extraction from the oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* using switchable solvents," *Renew. Energ.*, 132, 61-67 (2019)

One-pot complete drying of Ecamsule solution with steady and dynamic pressure fluctuation of supercritical CO₂ using view cell reactor

Patrick Hariyanto¹, Aye Aye Myint¹ and Jaehoon Kim^{1*}

¹Sungkyunkwan University,

Ecamsule, also known as Mexoryl SX, is a water-soluble organic Ultraviolet A (UVA) sunscreen agent. It is contained in sunscreen formulations to filter out UVA rays by absorbing the photons and releasing them as thermal energy [1], preventing sunlight derived damage and disease. During ecamsule production process, ethanol is used to enhance the crystallization process of ecamsule, producing ecamsule powder from the ethanol solution. Ethanol separation and drying process is required to produce dry and pure ecamsule powder. Conventional drying methods utilized in ecamsule production such as vacuum drying, vacuum distillation, and steam-based drying have several disadvantages including high energy consumption and material degradation. With the aspects of energy and environmental issues, the development of energy efficient green technologies for separation and drying are highly crucial. Supercritical carbon dioxide (scCO₂) have been widely applied in the field of extraction and drying process due to its tunable physicochemical properties near its critical temperature and pressure and other outstanding properties [2]. Therefore, for the first study, we investigated one pot, simultaneous extraction of ethanol and drying of ecamsule from an ecamsule-ethanol solution with scCO₂ in a high-pressure view cell reactor. Process optimization was conducted by modifying the operational temperature, pressure, time and, CO₂ flowrate. Herein, we performed two experimental designs such as conventional (steady state) and modified (steady state plus dynamic pressure) scCO₂ drying processes. This study showed that the modified scCO₂ process resulted a complete dry ecamsule powder in a short total operation time (37 min) at 60 °C and pressure fluctuation range of 100 bar to 140 bar.

References

1. Mancebo, S. E.; Hu, J. Y.; Wang, S. Q. Sunscreens: a review of health benefits, regulations, and controversies. *Dermatol. Clin.* **2014**, *32*, 427–438.
2. Reverchon, E.; De Marco, I. Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter. *J. Supercrit Fluids* **2006**, *38*, 146–166.

Fish Skin Gelatin Based Packaging Films Functionalized by Microencapsulated Essential Oils Produced Using PGSS Process

Adane Tilahun Getachew, Truc Cong Ho, Yeon-Jin Cho, Jin-Seok Park, and Byung-Soo Chun*
 Department of Food Science and Technology, Pukyong National University 45 Yongso-ro, Namgu, Busan, 48513, Korea *bschun@pknu.ac.kr

In today's packaging industries, petroleum-based synthetic plastics dominate the manufacturing of packaging films. However, films produced using synthetic polymers have been facing serious challenges from consumers and environmentalists as these are not sustainable and biodegradable. Thus, there is an urgency to replace these with better sustainable and biodegradable materials. Incorporation of bioactive compounds such as essential oils into gelatin based films can be used to produce active packaging films. Active packaging films are a packaging films having extra functions such as antioxidant and antimicrobial activities beside their known functions of mechanical and physical protections of the food packed with them. Current research in active packaging are focused on the encapsulation of natural bioactive compounds into biodegradable packaging materials. This approach can reduce the addition of large amount of synthetic additives into the foodstuff. Direct incorporation of essential oils in biopolymers for production of active films has several drawbacks such as miscibility problem with the polymer and rapid release from the film after production. Microencapsulation of essential oils using a compatible wall material with the biopolymer could solve these problem. Therefore, in this study essential oils limonene and Eugenol were encapsulated using polyethylene glycol (PEG-1500) as wall material by particles from gas saturated (PGSS) process. The produced microencapsulated essentials oils were incorporating with fish skin gelatin to produce active packaging films. The mechanical, physical, thermal, and biological activities of the films were evaluated.

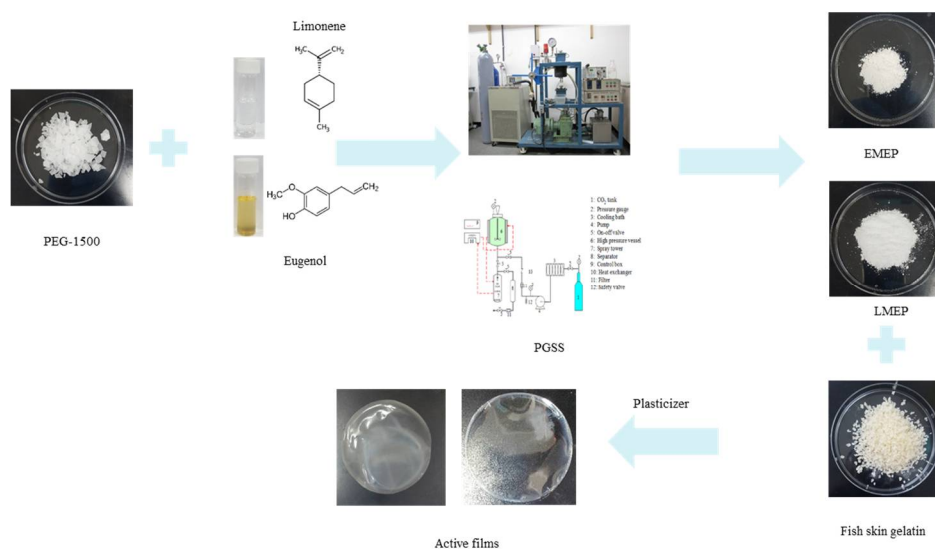


Fig1. Overall process showing the production of microencapsulated particles and the active packaging films

Reference

1. M.G.A. Vieira, M.A. da Silva, L.O. dos Santos, and M.M. Beppu, *Eur. Polym. J.* **2011**, *47*, 254-263.
2. M. Zanetti, T.K. Carniel, F. Dalcanton, R.S. dos Anjos, H. G. Riella, P.H.H. de Araújo, D. de Oliveira, M. A. Fiori, *Trends Food Sci. Technol.* **2018**, *81*, 51-60.

추계총회 및 학술발표회 자료집

포스터세션 I

시 간 2019. 9. 25 (수) 15:30~16:30

장 소 대전 인터시티호텔 라벤더홀 #2



식물성 오일 기반의 바이오항공유 제조를 위한 hydrotreating 공정시스템에 관한 연구

안민희, 곽연수, 장정희, 한기보, 정병훈¹
고등기술연구원, ¹국방과학연구소

전 세계가 지구온난화문제로 온실가스 감축을 위한 노력을 기울이고 있다. 그 중 항공분야에서 전체 온실가스 배출량의 2%를 차지하고 있으며, 항공 수요의 증가함에 따라 점차 증가할 것으로 보인다. 본 연구는 식물성 오일을 기반으로 제조된 바이오항공유의 중간체인 탄화수소 화합물을 제조하는 hydrotreating공정에 대한 연구를 진행하였다. 운전변수인 반응온도, 압력, 반응속도 및 반응물의 비율을 변화시켜 제조된 탄화수소류 화합물의 물성을 분석하였다. 이를 통해 바이오항공유 생산을 위한 탄화수소류 화합물의 최적의 운전조건을 설정하였으며, 파일럿 규모의 반응기로 스케일업하여 제조중이다.

팜유 잔사물 유래 바이오가스로부터 메탄 생산을 위한 수분 건조 TSA 공정 개발

이찬현¹, 김선형¹, 범희태¹, 최예라^{1,2}, 김종남^{1*}

¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교

동남아시아와 아프리카에 주로 분포되어 있는 팜오일 생산 공정은 막대한 양의 팜유 잔사물이 필연적으로 발생되고 있으며, 이는 주위에 별다른 처리 없이 버려지고 있어 하천 오염과 같은 심각한 환경 문제를 야기하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 바이오매스를 다양한 고부가가치 상품으로 전환하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 이 중 팜유 잔사물을 혐기 소화를 통해 메탄과 이산화탄소로 이뤄진 바이오가스로 고질화하고 추가적인 분리 정제 공정을 통해 bio-CNG를 생산할 경우 환경 문제를 해결함과 동시에 수송용 연료를 생산할 수 있다는 장점이 있다. 혐기 소화를 통해 생산된 바이오가스를 제품화하기 위해서는 탈황, 이산화탄소/메탄 분리, 수분 제거와 같은 일련의 분리공정들이 필수적인데, 본 연구에서는 이 중 수분 제거를 위한 thermal swing adsorption (TSA) 공정 개발과 관련한 결과를 소개한다. 먼저, TSA 공정에 적용하기 위해 다양한 상용 흡착제의 특성을 평가하였고 이 중 적용 가능한 흡착제로써 activated alumina와 zeolite 4A를 선정하였다. 이후 두 흡착제가 다중층으로 충전된 흡착 컬럼을 이용해 서로 다른 조건의 수분 함유 메탄 흐름을 이용해 연속 공정을 위한 최적 공정 조건을 도출하였다. 개발된 TSA 공정을 통해 water scrubbing 으로부터 정제된 메탄의 모사가스를 이용해 수분 함유량이 32 mg/Nm³ 이하 수준으로 수분 제거가 가능함을 확인하였으며, 선정된 재생 조건에 따라 연속적으로 운전이 가능함을 파악하였다.

퓨란계 화합물로부터 고탄소수를 가지는 탄화수소의 생산하는 3단 촉매 반응 시스템

조현민^{1,2}, 양혜민^{1,2}, 최원준^{1,2}, 최정규², 서동진¹, 최재욱¹, 하정명^{1,*}

한국과학기술연구원¹, 고려대학교²

(jmha@kist.re.kr*)

셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등으로 주로 구성된 리그노셀룰로오스는 비식용 바이오매스로서 바이오연료 생산 공정의 주요 원료 후보이다. 셀룰로오스에서 얻어지는 글루코스는 발효 등에 의해 유용한 연료, 화합물로 전환되지만, 헤미셀룰로오스에서 얻어지는 자일로스 등 오탄당은 부산물로서 발효 공정에서 활용이 어렵다. 본 연구에서는 오탄당에서 제조 가능한 퓨란계 화합물인 퍼퓨랄과 2-메틸퓨란을 원료로 하여, 중합 및 수첨탈산소 반응을 거쳐 고탄소 탄화수소 탄화수소를 생산하였다. 각각의 반응 공정을 한 개의 반응 시스템에서 동시 진행할 수 있는 3단 연속 촉매 반응 시스템을 사용하여 탄화수소를 생산하였고, 제조된 탄화수소 연료는 GC/MS, 원소분석 등으로 분석하여 반응 특성을 확인하였다.

키워드 : 리그노셀룰로오스, 퍼퓨랄, 2-메틸퓨란, 촉매

Biopolyols 및 Biopolyurethane의 제조 높은 리그닌 함유 silver grass의 마이크로파를 이용한 두 단계 액화

My Ha Tran¹, 현승운¹, 서태석¹, 이은열^{1*}

¹경희대학교 화학공학과

Microwave-assisted two-step liquefaction of high lignin-containing silvergrass for production of biopolyols and biopolyurethane

My Ha Tran¹, Seung Woon Hyun, Tae Seok Seo¹ and Eun Yeol Lee^{1*}

¹Chemical Engineering, Kyung Hee University

Microwave heating was applied for an efficient two-step liquefaction of high lignin-containing saccharification residue of *Miscanthus sacchariflorus* (silver grass) to obtain biopolyols with low acid number and reasonable hydroxyl number. Silvergrass residue was liquefied in crude glycerol and 1,4-butanediol solvent mixture at different solvent blending ratio, biomass loading, acid loading and reaction temperature. The optimal reaction condition was determined at a solvent blending ratio of 1:2, a biomass loading of 20%, a catalyst loading of 1% and a temperature of 140°C for 10 min. The resulting biopolyol was directly used for biopolyurethane preparation. The chemical and physical properties of biopolyurethane foams derived from silvergrass were characterized by FT-IR, TGA, and FE-SEM analysis, including determination of compressive strength. The produced biopolyurethane foams possessed comparable thermal properties, mechanical strength and morphology structure to that of petroleum-based polyurethane foam.

참고문헌

1. Hu, S.; Li, Y. Two-Step Sequential Liquefaction of Lignocellulosic Biomass by Crude Glycerol for the Production of Polyols and Polyurethane Foams. *Bioresour. Technol.*, **161**, 410–415 (2014).
2. Dos Santos, R.G.; Bordado, J.C.; Mateus, M.M. Microwave-Assisted Liquefaction of Cork—from an Industrial Waste to Sustainable Chemicals. *Ind.Eng.Manag.*, **4**, 173 (2015).

Spray pyrolysis derived–NiMo catalysts as an efficient catalytic system for guaiacol hydrodeoxygenation

Dieu-Phuong Phan¹, Linh Thanh Nguyen¹, Tae Seok Seo¹ and Eun Yeol Lee^{1*}

¹Chemical Engineering, Kyung Hee University, ²Kyung Hee University

Nowaday, conversion of lignocellulosic biomass is one of the most efficient ways for producing the biofuel. However, lignin-based biocrude usually contains high oxygen amount in its composition. Hydrodeoxygenation (HDO) is a catalytic process for removal of oxygen functionality, which is generally carried out at high temperature and hydrogen pressure. In this study, spherical micrometer NiMo – supported Al₂O₃ –TiO₂ were successfully synthesized by continuous flow spray pyrolysis process. The prepared catalysts were then applied for HDO of guaiacol as a model compound using a fix-bed reactor. The role of NiMo alloy formation and the incorporation between Ni site and Mo⁴⁺ are exhibited by the enhancement of guaiacol hydrodeoxygenation efficiency. The effect of reduction temperature on the product distribution and HDO catalytic activity has been studied well. This catalytic system was also shown the high catalytic stability, indicating that spray pyrolysis derived – NiMo catalysts could be a very promising route for bio-oils upgrading.

참고문헌

1. Vo, T. K., Kim, W.-S., Kim, S.-S., Yoo, K. S. and Kim J., “Facile synthesis of Mo/Al₂O₃-TiO₂ catalysts using spray pyrolysis and their catalytic activity for hydrodeoxygenation”, *Energ. Conver. Manage.*, **158**, 92–102 (2018).
2. Smirnov, A.A., et al., “Nickel molybdenum carbides: Synthesis, characterization, and catalytic activity in hydrodeoxygenation of anisole and ethyl caprate”. *J. Catal.*, **354**, 61–77, (2017).

순산소 연소 기반의 600MWe CFB 발전소의 기초경제성 연구

서수빈, 김형우, 강서영, 이시훈*
전북대학교

Feasibility study of a 600MWe Oxy-fuel CFB power plant

Su Been Seo, Hyung Woo Kim, Seo Yeong Kang, See Hoon Lee*
Chonbuk National University

최근 석탄, 석유 등 화석에너지에 의존한 산업의 발달은 이산화탄소를 포함한 대량의 온실가스를 배출하고 있다. 이러한 온실가스의 무분별한 배출은 전 세계적으로 이상기온 발생, 해수면 상승 등의 문제를 야기해왔다. 특히 발전부문은 2015년 기준으로 국가 전체 온실가스 배출량의 약 34%를 차지하고 있다. 이산화탄소 배출 감소를 위한 사회적 관심이 높아짐에 따라 발전시장에서의 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 유망기술로는 oxy-fuel combustion 기술이 주목받고 있다. 또한 USC steam cycle은 동일한 양의 화석연료로 더 많은 전기를 생산할 수 있고, CO₂ 및 황산화물, 질산화물, 미세먼지와 같은 오염물질을 저감시킬 수 있다. 따라서 oxy-fuel USC CFB 발전소는 세계적으로 연구 및 개발 되어왔다. 그러나 앞서 언급된 고효율-환경친화적인 발전 기술들은 추가 장비 설치 및 기술을 필요로 하므로 초기 투자 비용이 증가한다. 이러한 배경 하에서 NPV(net present value), B/C ratio(benefit/cost ratio), 그리고 IRR(internal rate of return)의 분석기법을 사용하여 600MWe oxy-fuel USC CFB 발전소의 비용 편익을 기존 USC CFB발전소와 비교를 통해 경제성 타당성을 수행하고자 한다.

자트로파 오일로부터 바이오디젤 제조를 위한 불균일 촉매 연구

우재균¹, 김진우¹, 이사임¹, 박현지¹, 전종기^{1*}(jkjeon@kongju.ac.kr)

¹공주대학교

A heterogeneous catalyst study for the production of biodiesel from non-edible Jatropha oil

Jaegyoo Woo¹, Jinwoo Kim¹, Saim Lee¹, Hyeonji Park¹, Jong-Ki

Jeon^{1*}(jkjeon@kongju.ac.kr)

¹Kongju National University

세계적으로 기술 발전으로 인해 에너지의 소비량이 증가하며, 그에 따라 원유의 가격상승과 환경오염이 문제가 되고 있다. 따라서 최근 친환경적이며 원유가 아닌 동·식물성의 유지로부터 생산할 수 있는 바이오디젤이 연구되고 있다. 바이오 디젤은 트리글리세라이드를 염기촉매로 전이에스테르화를 이용하여 바이오디젤인 Fatty acid methyl ester(FAME)를 생산할 수 있다. 하지만 동·식물성 유지에는 트리글리세라이드 외에 유리지방산이 존재하기 때문에 염기촉매와 반응하여 비누화가 진행되어 활성이 감소하는 점과 균일촉매의 특성상 생산물과 분리하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 산 촉매를 이용하여 유리지방산을 에스테르화 반응으로 제거한 후 불균일 염기촉매로 전이에스테르화를 이용하여 바이오디젤을 생산하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 비식용 식물인 Jatropha에서 추출한 oil로 Amberlyst-15 촉매를 이용하여 유리지방산을 제거한 후 이어 불균일계 염기 촉매인 CaO를 제조하여 바이오디젤을 합성하기 위한 최적 조건을 찾고, 제조된 촉매는 BET, XRD를 이용하여 특성분석을 하였다.

Urea을 이용한 균일침전 합성시간에 따른 헥사알루미늄네이트의 제조와 연소성능 비교

박지윤, 이영우*

충남대학교 에너지과학기술대학원

Comparison of Combustion Performance and Preparations of Hexaaluminate on the Homogeneous Precipitation Using a Urea

Ji Yun Park, Young Woo Rhee*

Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University

99, Daehak-ro, Yuseung-gu, Daejeon 34134, 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 전망이며, 오염물질 배출량 증가로 인해 오염도도 악화될 것으로 예상된다. 연소촉매란 천연가스나 탄화수소, 일산화탄소, 휘발성유기화합물 등을 화염연소보다 낮은 온도에서 안정적으로 완전 산화시키는 촉매이다. 완전연소로 CO와 같은 유해가스 배출의 원인을 근본적으로 제거 가능하며, 희박연소로 적은 유량의 가스도 안정적으로 연소처리가 가능하므로 연소소모량을 최소로 조절 사용이 가능하다. 또한 화염연소보다 낮은 온도에서 연소가 가능하여 열적 NO_x 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 결정 성장이나 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 높이기위하여 헥사알루미늄네이트 구조에 치환할 전이금속으로 Mn을 사용하였다. 이전 연구를 통해 얻은 합성농도와 온도조건에서 합성시간에 따른 촉매상의 변화를 비교하였다. 제조한 촉매는 XRD와 SEM를 이용하여 분석하였으며, 메탄 연소성능을 비교하였다.

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).

매립지 가스 내 산소 제거용 증공사형 페로프스카이트 촉매 개발

김민광, 원희연, 이유진, 박정훈*
 동국대학교

 Development of hollow fiber type perovskite catalyst for oxygen removal from
 landfill gas

Min Kwang Kim, Hee Yeon Won, Yu Jin Lee, and Jung Hoon Park*
 Dongguk University

쓰레기 매립지로부터 발생하는 매립지 가스는 메탄이 고농도(40~50%)로 존재한다. 따라서 매립지 가스의 활용을 통하여 화석연료를 에너지원 일부 대체하면서 동시에 온실가스를 저감할 수 있다. 매립지 가스 포집 과정에서 유입되는 산소, 질소 등의 불순물은 가스 품질 저하와 수송 과정에서 산화, 부식, 폭발의 위험성을 증가시킨다. 따라서 매립지 가스 내 불순물을 일정 농도 이하로 제거하는 전처리 공정이 반드시 필요하다. 매립지 가스는 고농도의 메탄에 산소가 미량(1~2%) 존재하기 때문에 촉매반응을 통해 산소를 제거할 수 있다. 선행 연구에서 통해서 $\text{La}_{0.1}\text{Sr}_{0.9}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ (LSCF1928) 페로프스카이트 조성이 우수한 메탄 완전 산화 특성을 보이는 것을 확인하였다. 페로프스카이트형 촉매를 공정에 적용하기 위하여 비드형과 증공사형으로 성형하였다. 증공사형 촉매는 내부가 비어있는 원기둥 형태이며, 상전이법을 통해 기공을 형성시킬 수 있어 비표면적을 획기적으로 향상시킬 수 있다. Methyl Cellulose (MC)를 넣어 제조한 비드형 촉매의 경우 MC에서 배출되는 CO_2 와 촉매 성분인 Sr이 반응하여 원래 촉매 조성이었던 LSCF1928 조성 외에 SrCO_3 가 생성되었다. 증공사형 촉매의 경우 불순물 없이 단일상의 페로프스카이트 구조를 얻었다. 증공사형 촉매는 손가락구조와 스펀지구조가 혼합되어 있는 비대칭형 구조였으며, 475 °C 반응 온도에서 99.9% 산소 전환율을 달성하였다.

사사: 본 연구는 환경부 글로벌 환경기술개발사업 중 Non- CO_2 온실가스 저감기술개발 사업단에서 지원받았습니다. (과제번호: 2017002410012)

참고문헌

1. Marchetti, L. and Fomi, L., "Catalytic Combustion of Methane over Perovskites," Applied Catalysis B: Env., 15(3), 179-187 (1998).
2. Kim, J. R., Kim, E. J., Edoardo, M. and Park, J. H., "Catalytic Deoxygen Reaction of Landfill Gas (LFG) at Intermediate Temperature: The Case Study of Perovskite-type $\text{La}_{0.1}\text{Sr}_{0.9}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-d}$ Catalysts (LSCF)," J. Ind. Eng. Chem., 47, 214-220 (2017).

수소 분리를 위한 Pd 합금 코팅 세라믹 분리막 기술 개발

이승환, 송수훈, 나운수, 박정훈*
동국대학교

Development of Pd Alloy Coating Ceramic Membrane Technology for Hydrogen Separation

Seung Hwan Lee, Su Hun Song, Yoon Su Na and Jung Hoon Park*
Dongguk University

수소에너지는 화석연료를 대체하여 자원고갈과 지구온난화 문제를 동시에 해결할 수 있는 에너지원으로 주목받고 있다. 수소는 다양한 산업공정 부생가스로서 발생하며, 일반적으로 일산화탄소, 이산화탄소, 산소, 질소, 수분 등 다양한 가스들이 혼합되어 있다. 수소를 에너지원으로 사용하기 위해선 혼합 가스에서 고농도의 수소를 분리/농축하는 과정이 필요하다. 수소를 포함하는 부생가스는 대부분 고압/고온으로 발생하기 때문에 분리막 공정이 경제적으로 유리한 것으로 알려져 있다. 따라서 수소화 경제를 위한 높은 투과도와 높은 선택도를 지닌 저비용의 수소 분리막에 대한 필요성이 증가하고 있다.

이산화탄소 포집 및 저장 기술 중에서 연소전 CO₂ 포집 공정의 경우, 수성 가스 전환반응 (WGS) 을 거쳐 H₂ 및 CO₂를 생산하게 된다. 생산된 혼합가스에 수소분리기술을 적용하면 6대 온실가스 중 하나인 CO₂를 분리해 낼 수 있으며, 또한 에너지원으로 사용할 순수한 H₂를 포집할 수 있다. 본 연구에서는 중공사막을 상전이 법을 이용해 제조하였다. 무전해 도금법을 이용하여 중공사막의 표면에 Pd기반 합금을 코팅하여 Pd-alloy 가 코팅 된 α -Al₂O₃ 중공 사막을 제작했다. 무전해 도금법의 조건에 따라 코팅된 중공사막의 특성을 조사하기 위해 코팅된 중공사막의 표면 및 단면을 SEM 및 EDS로 분석했다. 또한, 수소투과도와 선택도를 측정하였다.

사사: 본 연구는 “교육부 기본연구(NRF-2017R1D1A1B03036250)”의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Yun, S, and Ted Oyama, S., “Correlations in palladium membranes for hydrogen separation: A review”, Journal of Membrane Science., 375, 28-45 (2011).
2. Magnone, E., Lee, H.J., Che, J.W., and Park, J.H., “High-performance of modified Al₂O₃ hollow fiber membrane for CO₂ absorption at room temperature”, Journal of Membrane Science., 42, 19-22 (2016).

HZSM-5가 각각 코팅된 메탈폼과 알루미나 중공사 지지체를 이용한 MCH 연료의 흡열 분해 반응에 관한 연구

정병준, 신민창¹, 류진용, 정지훈², 정병훈³, 박정훈*

동국대학교, ¹한국화학연구원, ²경기대학교, ³국방과학연구소

A Study on the Endothermic Decomposition Reaction of MCH Fuel using HZSM-5 Zeolite Coated Metal Foam and Alumina Hollow Fiber

Byeong Jun Jeong, Min Chang Shin¹, Jin Yong Ryu¹, Ji Hoon Jung², Byung Hun Jeong³, Jung Hoon Park*

Dongguk University

¹Korea Research Institute of Chemical Technology

²Kyonggi University

³Agency for Defense Development

제트 엔진이 개발된 이후 최근까지 초고속 비행체의 성능을 향상시키기 위한 연구는 계속 되어왔다. 엔진의 성능이 향상됨에 따라 초고속 비행체의 속도는 더욱 빨라졌고, 이로 인해 외부의 공기와의 마찰로 비행체의 표면 온도가 급상승하게 되었다. 외부에서 부하되는 마찰열과 내부의 엔진으로부터 발생하는 열은 비행체의 내구성에 영향을 끼치게 되었고, 이러한 열을 잡기위한 냉각기술이 필요로 하게 되었다. 여러 가지 냉각 기술 중 상대적으로 비행체의 무게를 최소한으로 하면서 흡열량을 높일 수 있는 냉각 기술로 비행체에 사용되는 액체탄화수소 연료의 분해열을 이용하는 방법이 있다. 이 기술은 연료가 엔진에 도달하기 전에 비행체에 가해지는 열로부터 연료를 열분해 시킴으로써 열을 흡수하고 열 분해된 연료는 엔진에서 더 쉽게 연소되는 이점이 있다.

본 연구에서는 비행체에 사용되는 연료와 유사한 Methylcyclohexane(MCH)를 사용하여 다양한 촉매에 따른 연료의 분해 특성과 흡열량을 파악하였다. 촉매는 지지체를 사용하지 않은 펠릿 형태와 메탈폼과 알루미나 중공사에 각각 코팅된 형태로 준비되었다. 이에 따라 각각의 지지체가 MCH 분해 특성에 미치는 영향을 Gas Chromatography Mass Spectrometry(GC/MS)로 분석하고 반응기에 가해지는 전력량을 통해 흡열량을 계산하였다. 각각의 촉매 특성 및 코팅 특성은 X-ray Diffraction(XRD)와 Scanning Electron Microscopy/Energy-dispersive X-ray spectroscopy(SEM/EDS)로 확인하였다.

사사: 본 연구는 방위사업청 지원 기초연구과제 (순수-17-20)의 일환으로 수행되었음을 알려드립니다.

Methylomonas sp. DH-1 전세포 생촉매를 이용한 생물학적 메탄올 생산

김률호¹, 이은열², 이진원¹, 나정걸^{1*}¹서강대학교 화공생명공학과, ²경희대학교 화학공학과

Biological Methanol Production by whole cell biocatalyst of Methylomonas sp. DH-1

Hando Ko¹, Eun Yeol Lee², Jinwon Lee¹, Jeong-Geol Na^{1*}¹Sogang University, ²Kyung Hee University

Hydrofracturing을 비롯한 채굴 기술의 발전에 따라 셰일가스의 생산량이 폭발적으로 증가하고 있으며 셰일가스의 주요 성분인 메탄 가스의 효율적 활용에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재까지 메탄은 단순 연소에 의한 열 또는 전력 생산에 한정되어 이용되고 있으나, 메탄을 산화하여 메탄올로 전환할 경우 다양한 화학물질의 원료로 활용할 수 있다. 메탄올은 포름알데히드나 아세트산의 원료이며, 바이오디젤 생산에도 사용된다. 그러나, 메탄의 촉매화학적 전환에 의한 메탄올 생산 방법은 고온 고압에서 진행되므로 장치 및 운전비용이 큰 단점이 존재한다. 메탄자화균의 일종인 Methylomonas sp. DH-1은 MMO (methane monooxygenase) 효소를 통해 메탄올로 전환되는데, 포름알데히드를 거쳐 세포 대사에 활용된다. 생물학적 메탄 전환 공정은 온화한 조건에서 진행되며 공기를 산화제로 활용하므로 생산 비용을 저감할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 생성된 메탄올의 추가 분해를 막기 위하여 EDTA를 저해제로 사용하고, formate를 환원제로 공급하여 메탄올 축적을 유도하였다. pH, formate 농도, EDTA 농도를 조절하여 메탄올 생산성을 향상하였다. 최종적으로 증발공정과 결합된 메탄 이용 메탄올 연속 생산 공정 개념을 도출하였다.

감사의 글

본 논문은 2019년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단-C1가스리파이너리사업(NRF-2015M3D3A1A01064926)과 서강대학교 교내연구비(201819074.01) 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

1. Hur, D. H., Na, J. G., and Lee, E. Y., "Highly efficient bioconversion of methane to methanol using a novel type I Methylomonas sp. DH-1 newly isolated from brewery waste sludge", J. Chem. Technol. Biotechnol., **92**, 311-318 (2017).
2. Hwang, I. Y., Hur, D. H., Lee, J. H., Park, C., Chang, I. S., Lee, J. W., and Lee, E. Y., "Batch conversion of methane to methanol using Methylosinus trichosporium OB3b as biocatalyst", J. Microbiol. Biotechnol., **25**, 375-380 (2015).

메탄올과 propane의 동시 공급을 통한 메탄자화균 이용 생물학적 프로판올 생산

고한도¹, 이은열², 박시재³, 이진원¹, 나정걸^{1*}

¹서강대학교 화공생명공학과, ²경희대학교 화학공학과, ³이화여자대학교 화학신소재공학과

Biological Propanol Production of Methanotrophs through Methanol and Propane Feeding

Hando Ko¹, Eun Yeol Lee², Si Jae Park³, Jinwon Lee¹, Jeong-Geol Na^{1*}

¹Sogang University, ²Kyung Hee University, ³Ewha Womans University

메탄자화균은 메탄 산화효소(MMO, methane monooxygenase)의 작용을 통하여 메탄을 유일 탄소원으로 성장할 수 있다. 메탄 산화효소는 메탄 이외에 다양한 알케인 분자를 알코올로 전환하는데, 이러한 특성을 활용하여 저급 탄화수소로부터 고부가가치 알코올을 생산할 수 있다. 액화석유가스(LPG)의 청정전환 및 가치 향상을 위해 본 연구에서는 메탄자화균의 일종인 *Methylomicrobium alcaliphilum* 20Z의 전세포 생 축매(whole cell biocatalyst)를 사용하여 propane을 2-propanol로 전환하는 전략을 개발하였다. 메탄자화 균을 이용한 알케인 전환에는 몇 가지 극복해야 할 난제가 존재한다. 우선 알케인의 C-H 결합을 활성화 시키기 위하여 외부 환원력이 필요하다. 또한, 알케인으로부터 생성되는 알코올은 대사전입을 위하여 메탄 을 탈수소화효소(MDH, methanol dehydrogenase)에 의해 알데히드나 케톤으로 추가 산화되는데 이러한 현상으로 인하여 목적 산물인 알코올의 고농도 축적이 매우 어렵다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하 기 위해 환원력 공급 및 2-propanol의 추가 산화 저해제로 메탄올을 사용하였다. 메탄올과 propane을 이 용한 2-propanol 생산을 최적화하기 위하여 메탄올 농도, 초기 세포농도, 기질공급 방법 등을 포함한 다 양한 반응조건을 영향을 조사하였다. 이러한 결과로부터 2-propanol 과량 생산을 위한 조건을 도출하였다.

감사의 글

본 논문은 2019년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단-C1가스리파이너지사업(NRF-2015M3D3A1A01064926)과 서강대학교 교내연구비(201819074.01) 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

1. Hur, D. H., Na, J. G., and Lee, E. Y., "Highly efficient bioconversion of methane to methanol using a novel type I *Methylomonas* sp. DH-1 newly isolated from brewery waste sludge", *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, **92**, 311-318 (2017).
2. Nguyen, T. T., Hwang, I. Y., Na, J. G., and Lee, E. Y., "Biological conversion of propane to 2-propanol using group I and II methanotrophs as biocatalysts", *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, **46**, 675-685 (2019).

알긴산-프러시안 블루 하이드로젤 비드를 이용한 수계내 세슘 제거

외맹-보헨 갠프레드, 우승한*
한밭대학교

Alginate-Prussian blue composite hydrogel bead for the removal of Cesium from aqueous solution

Ohemeng-Boahen Godfred and Seung Han Woo*
Hanbat National University

Alginate-Prussian blue composite hydrogel bead (Alg-PB) was successfully developed via physical crosslinking with Ca^{2+} . The effect of Prussian blue (PB) loading on mainly the physical properties and the adsorption efficacy of the Alg-PB have been studied. A comparative analysis of the physicochemical properties indicated that although varying the PB loading had sparing effect on the wet mass of the resulting Alg-PB, it resulted in a steady increase in the dry mass of the Alg-PB while the size and the corresponding bulk volume of the Alg-PB decreased with increasing PB loading. The Alg-PB was tested for the safe removal of Cesium ions (Cs^+) from aqueous solution. The results indicated that, the efficacy of Cs^+ adsorption onto the Alg-PB increased with increasing Prussian blue (PB) loading. The highest adsorptive capacity was obtained for Alg-PB with 5wt% PB loading for which the volume-based adsorptive capacity ($q_{e,bv}$) was 15.9 times that of the pristine. Likewise, the highest mass-based adsorptive capacity (227.8 mg/g) obtained at 5wt% PB loading was 2.28 times that of the pristine alginate beads (100.0 mg/g). When tested for their stability, the Alg-PB also showed tremendous stability in both acidic and basic media. Our Alg-PB showed great potential for efficient removal of Cs^+ and thus can well and truly be considered as a suitable adsorbent in the wastewater treatment process.

참고문헌

1. Chatterjee, S., Tran, H. N., Godfred, O-H., and Woo, S. H., "SUpersorption capacity of anionic dye by newer chitosan hydrogel capsule via green surfactant exchange method," *ACS Sustainable Chm. Eng.*, **6**, 3604-3614, (2018)
2. Jang, J., Mirana, W., Sewu, D. D., Nawaz, M., Shahzad, A., Woo, S. H., and Lee, D. S., "Rice straw-based biochar beads for the removal of radioactive strontium from aqueous solution," *Science of the Total Environment*, **615**, 698-707 (2018)

고타이트 미네랄을 이용한 친환경적 자성 바이오차 생성

디바인 세우, 이철우, 우승한*
한밭대학교

Green and facile magnetic biochar production route with goethite

Divine Damertey Sewu, Chul Woo Lee, and Seung Han Woo*
Hanbat National University

Magnetic biochar production has helped curb the drawbacks of high separations costs incurred post-adsorption, with powdered-grade biochars. That notwithstanding, problems of goethite reformation reactions, which renders the magnetic biochar less magnetic do occur especially under conditions of high pH in aqua environments. Again, the potential production of chlorine or hydrochloric acid gases – which have toxic tendencies – via the pyrolysis method of magnetic biochar production with chloride or sulfate precursors render the process unclean. Therefore, to overcome these issues, goethite (10%) was used as the magnetic precursor either impregnated into (FG10BC_I) or admixed (FG10BC_A) with waste fir biomass via a facile thermochemical production route (1 h sustained at 500°C with N₂ flow at 200 mL/min). For comparison purposes, magnetic biochar of FeCl₃-origin was also produced (FF10BC), characterized with proximate and ultimate analyses, BET surface area, porosity, FTIR, SEM-EDS, ICP-OES, and pH and investigations into the resistance to goethite reformation reactions via recoverability, aqua-stability and magnetic properties experiments determined. Water-extractable/leachability extents followed the order FG10BC_I(0.16mg/mL) < FG10BC_A(0.21mg/mL) < FF10BC(0.84mg/mL). Higher magnetic saturation (20.8 emu/g) and recoverability, nano-structured surfaces and better resistance to goethite reformation reactions in aqua media (over 30 days) occurred for the goethite-derived magnetic biochars. As such goethite usage via admixing or impregnation of fir biomass produces green magnetic biochar with satisfactory magnetic properties as well as good stability to goethite reformation reactions with great application potential in various fields.

참고문헌

1. Sewu, D. D., Boakye P., Jung H., and Woo, S. H., “Synergistic dye adsorption by biochar from co-pyrolysis of spent mushroom substrate and *Saccharina japonica*,” *Bioresource Technol.*, **244**, 1142–1149 (2017).
2. Sewu, D. D., Boakye P., and Woo, S. H., “Highly efficient adsorption of cationic dye by biochar produced with Koreancabbage waste,” *Bioresource Technol.*, **224**, 206–213 (2017).

B₂O₃를 이용한 리튬이온 이차전지용 LiNi_{0.89}Co_{0.10}Al_{0.01}O₂ 양극소재의 표면 개질

Jia Sheng Chen, Xuan Liang Wang, 김은미, 정상문*

충북대학교 화학공학과

Surface modification of LiNi_{0.89}Co_{0.10}Al_{0.01}O₂ cathode material for lithium ion batteries by B₂O₃

Jia Sheng Chen, Xuan Liang Wang, En Mei Jin, Sang Mun Jeong*

Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University

리튬이온 이차전지는 소형 IT 기반에서 전기자동차, 전력저장시스템 등 중대형으로 적용범위가 넓어짐에 따라 고용량화 뿐만 아니라 고출력화도 동시에 요구되고 있다. 이러한 리튬이온 이차전지의 수요변화에 따라 고용량과 고출력 구현을 위한 양극소재 개발이 요구되며 현재 상용화된 양극물질로 LCO, NCM, NCA, LFP 등이 있다. 특히 이들 중에서 NCA는 고용량, 고출력 특성을 갖는 소재로 각광받고 있다. 최근 NCA의 고에너지화를 위해 니켈함량을 90% 가까이 높이는 연구가 진행되고 있지만 니켈함량이 높아짐에 따라 전기화학적 특성, 수명 및 안정성의 급격한 저하가 발생한다 [1,2]. 따라서 본 연구에서는 니켈함량이 89%인 NCA(LiNi_{0.89}Co_{0.096}Al_{0.011}O₂) 양극소재의 표면에 B₂O₃를 코팅하여 사이클 안정성 및 고용량화를 실현하고자 하였다. B₂O₃의 코팅은 NCA 양극소재 표면과 전해질 계면에서의 특성 개선을 통하여 우수한 율특성, 사이클 수명 및 충방전시 양극활물질의 손실을 최소화할 수 있다. 본 연구에서는 B₂O₃의 코팅양에 따른 NCA 양극소재의 물리적, 화학적 및 전기화학적 특성을 분석하였으며, 그 결과 210mAh/g 이상의 높은 초기방전용량과 우수한 사이클 특성이 관찰되었다.

참고문헌

1. Huang, Y., Y. Huang and X. Hu, Enhanced electrochemical performance of LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O₂ by nanoscale surface modification with Co₃O₄. *Electrochimica Acta*, 2017. 231: p. 294–299.
2. Wu, N., H. Wu, H. Liu and Y. Zhang, Solvothermal coating LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O₂ microspheres with nanoscale Li₂TiO₃ shell for long lifespan Li-ion battery cathode materials. *Journal of Alloys and Compounds*, 2016. 665: p. 48–56.

수열합성한 VO_x 나노입자를 이용한 슈퍼커패시터의 전기화학적 특성

이명훈, Sanjay Kumar Devendhar Singh, 정상문*

충북대학교 화학공학과

Electrochemical Properties of Supercapacitor Using VO_x Nanoflake by Hydrothermal synthesis

Myeong Hun Lee, Sanjay Kumar Devendhar Singh, Sang Mun Jeong*

Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University

슈퍼커패시터는 높은 출력밀도와 빠른 충전속도, 친환경적인 특성으로 인해 차세대 에너지원으로 주목받고 있으며 사용하는 전극소재에 따라 전기이중층 커패시터(EDLC, Electrostatic Double-Layer Capacitor), 의사커패시터(Pseudocapacitor) 및 하이브리드 커패시터(Hybrid capacitor)로 분류된다[1]. EDLC는 주로 비표면적이 높은 활성탄 등 탄소를 전극소재로 이용하여 전극표면에서 형성하는 전기이중층에 의존하는 커패시터로 약 50~200F g⁻¹ 정도로 비정전용량이 낮다[2]. 따라서 낮은 비정전용량을 향상시키기 위하여 전이금속산화물을 이용한 의사커패시터나 탄소와 전이금속산화물을 각각 양극과 음극으로 사용하는 하이브리드 커패시터에 대한 연구가 진행되기 시작하였다. 의사커패시터는 EDLC에 비해 높은 정전용량(EDLC의 2~14배)을 나타내고 있으며 주로 가역적인 faradic 전기화학적 산화환원반응을 이용하는 커패시터이다[2]. 현재 의사커패시터용 전극소재로 RuO₂, MnO₂, VO_x 등이 이용되고 있으며 그들 중 VO_x계 소재는 풍부한 자원, 저렴한 가격, 높은 정전용량(200~260F g⁻¹) 등 장점이 있다[3]. 본 연구에서는 VO_x를 수열합성방법으로 제조하였고, Sodium dodecylbenzenesulfonate(SDBS)를 계면활성제로 첨가하여 침상 또는 판상구조를 갖는 VO_x를 합성하였다. 제조한 VO_x의 물리적, 화학적, 전기화학적 특성은 XRD, FE-SEM, BET, CV, GCD, EIS 등을 통해 분석하였다. 합성한 VO_x는 단사정 결정구조의 V₆O₁₃으로 분석되었고, 침상 또는 판상구조를 갖는 약 2~3 μm의 구형 입자로 관찰되었다. 또한 판상구조를 갖는 VO_x는 다른 샘플에 비해 높은 220F g⁻¹(5A g⁻¹)의 비정전용량과 우수한 사이클 특성을 나타내었다.

참고문헌

1. L.Y. Chen, Y. Hou, J.L. Kang, A. Hirata, M.W. Chen, "Asymmetric metal oxide pseudocapacitors advanced by three-dimensional nanoporous metal electrodes", *Journal of Materials Chemistry A*, 2, 10.1039 (2014).
2. L.L. Zhang, R. Zhou, X.S. Zhao, "Graphene-based materials as supercapacitor electrodes", *Journal of Materials Chemistry*, 20, 10.1039 (2010).
3. S. Boukhalfa, K. Evanoff, G. Yushin, "Atomic layer deposition of vanadium oxide on carbon nanotubes for high-power supercapacitor electrodes", *Energy & Environmental Science*, 5, 10.1039 (2012).

리튬이차전지 제조 공정 폐액의 생태독성 연구

김대원^{1*}, 양재교¹, 진연호¹, 김보람¹

고등기술연구원 신소재공정센터¹

Ecotoxicity study of Lithium-ion battery manufacturing process waste

Dae-Weon Kim¹, Jae-Kyo Yang¹, Yun-Ho Jin¹, Bo-Ram Kim¹

Institute for Advanced Engineering, Advanced Material & Processing Center

최근 친환경 자동차 (xEV) 및 에너지 저장장치 (ESS) 산업의 급격한 성장에 따른 리튬 이차전지 원료의 수요량 및 수입량이 급증하고 있다. 리튬 수요는 2025년 70만톤 이상으로 2017년에 비해 약 3배 이상 증가할 것으로 예상되며, 탄산 리튬 수입량은 2010년 약 8천톤에서 2017년 약 20,700톤으로 매년 평균 20% 이상 증가하였다. 현재 고 니켈계 리튬 이차전지 생산의 경우 전지 특성을 향상하기 위해 전구체 하소 후 전극에 코팅하기 전 수세 공정을 통해 잔여 리튬을 제거 하는 공정이 추가되어, 리튬 수세액은 리튬이 최소 500 ppm 이상 함유된 폐액이 발생하여 폐수처리공정으로 유출되는 실정이다. 현재 일부 기업에서 실시되고 있는 리튬 재활용 공정은 인산리튬 형태로 회수되는 공정으로 폐수 중 인(Phosphorus) 성분으로 인하여 폐수 처리가 문제화 될 가능성이 높다.

수세액으로 부터 리튬을 회수하는 공정 후 발생하는 여액을 방류하기 위해서 여액 내에 잔존하는 화학물질의 오염이 각종 생물 에 미치는 영향을 최종적으로 평가하기 위해 발생부터 번식능력까지 포함한 생물을 이용한 시험이 요구된다. 각종 생물이 화학 물질에 노출되어지는 과정에 대한 평가를 위해 화학물질의 독성 평가는 매우 중요하다. 본 연구는 물벼룩을 이용해 48시간 노출시켜, 유영저해율을 측정하고, 대조군의 유영저해율과 비교해 물벼룩에 대한 시험물질의 독성을 시험하였다. 시험은 수질오염 공정시험기준 제 49항 물벼룩을 이용한 급성독성 시험법을 이용하여 실시하였다. 리튬 수세액(원료, A)과 리튬 회수 공정 후 여액 (B), 여액 방류를 위한 R/O (Reverse osmosis) 시스템(정수, C)를 이용하였다. R/O 시스템은 해수담수화용 멤브레인을 사용하여 처리하였으며, 정수된 용액만 이용해 분석을 진행하였다. 공정별 용액(A, B, C) 내의 리튬 이온을 분석하기 위해 유도결합 플라즈마(ICP, Inductively Coupled Plasma) 와 이온 크로마토그래피 (IC, Ionic Chromatography)를 병행하여 사용하였고, pH-meter, 이온전도도 (Ion Conductivity) 등의 측정을 통해 용액의 조건등에 따른 생태 독성 연구를 기반으로, 리튬 농도, pH 등 생태독성에 영향을 미치는 인자를 검토하였다. 본 기술 개발을 통해 리튬이차전지 제조 공정 폐액으로부터 순환자원의 활용에 따른 경제적 효과 및 관련 산업공생 활성화를 기대하고 물질 순환을 통한 지속 가능한 사회를 구축에 이바지 하고자 한다.

사사

본 연구는 2019년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가평가원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (청정 생산기반산업공생기술개발사업 No. 20004128)

참고문헌

1. Lee, S. H. and Lee, H. S. "Comparison between ecotoxicity using *Daphnia magna* and physiochemical analyses of industrial effluent," J. of Environmental Science International, 23(7), 1269-1275 (2014).

페니켈-카드뮴 전지 침출액으로부터 황산암모늄을 이용한 수산화니켈 제조 방안 연구

김민준, 박일정, 김대원*(mdsimul@naver.com), 정항철
고등기술연구원

A Study on the Synthesis of Nickel Hydroxide by Ammonium Sulfate from Leaching solution of Waste Nickel-Cadmium Batteries.

Min-Jun Kim, Il-Jeong Park, Dae-Weon Kim*(mdsimul@naver.com), Hang-Chul Jeong
Institute for Advanced Engineering,

본 연구에서는 산업에서 실제로 재활용을 위해 니켈-카드뮴전지로부터 얻어진 혼합 침출액을 기반으로 하여, 두 공정으로부터 얻어지는 반응물의 형상 및 품질 비교를 통해 중간 공정의 차이로 인한 니켈 화합물의 차이를 확인하였다. 동일한 페니켈-카드뮴 침출액에 황산암모늄을 이용한 니켈과 카드뮴의 분리공정을 통해 회수되는 수산화니켈의 최적의 회수 조건을 도출하고, 황화나트륨을 통한 분리공정을 이용하여 회수된 수산화니켈과의 품질을 비교하는 것을 목표로 진행하였다. 산성의 침출액의 pH를 중성이나 염기성으로 증가시킬 경우 침출액 내 불순물인 철 이온과의 반응이 우선적으로 발생하여 니켈과 철의 화합물이 혼재되어 분리시켜 회수하는 것이 불가능하여 산성의 pH에서 황산암모늄을 투입하는 것이 최적의 황산니켈암모늄을 석출시키는 조건임을 확인하였다. XRD 분석 결과, 침출액의 온도가 60°C 이상일 때 황산암모늄을 투입하여 생성된 황산니켈암모늄의 피크가 실제 황산니켈암모늄의 피크와 가장 일치하였다. 황산암모늄의 투입량을 니켈 함량 몰 비 대비 1배로 할 경우, 약 46%의 낮은 황산니켈암모늄 회수율을 나타내어 최적의 회수율을 얻기 위한 황산암모늄 투입량은 니켈 함량 대비 2배의 몰 비로 투입했을 때인 것으로 확인되었다. 황산니켈암모늄을 용해시켜 수산화나트륨을 투입할 경우 약 1.4%의 카드뮴이 함께 석출되는 것으로 확인되었고 황화나트륨을 이용하여 용액 내 카드뮴을 제거한 후 수산화나트륨을 투입할 경우 카드뮴을 검출되지 않았지만 다량의 철과 니켈이 혼합된 화합물이 석출되는 것으로 확인되었다. 본 연구를 통해 황산암모늄을 이용한 공정이 고순도의 수산화니켈을 제조할 수 있는 효율적인 방법임을 확인하였고 추후 연구를 통해 불순물을 완전히 제거할 수 있는 공정을 확립할 수 있는 가능성을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 2016502101280).

참고문헌

1. Purkayastha, D., Mishra, U., Biswas, A., "A comprehensive review on Cd(II) removal from aqueous solution," J. Water Process Eng. 2, 105-128 (2014).
2. Kim, M. J., Park, I. J., Kim, D. W., Jung, H. C., 2019 "A study on the cementation reaction of cadmium by zinc powders from leaching solution of waste nickel-cadmium batteries," J. of Korean Inst. of Resources Recycling 28(1), 23-31 (2019).
3. Kim, D. W., Park, I. J., Ahn, N. K., Jeong, H. C., Jung, S. H., Choi, J. Y., Yang, D. H., "A study of the separation of cadmium from waste Ni-Cd secondary batteries by ion substitution reaction," J. of Korean Inst. of Resources Recycling 27(4), 36-43 (2018).
4. Bartolozzi, M., Braccini, G., Bonvini, S., Marconi, P. F., "Hydrometallurgical recovery process for nickel-cadmium spent batteries," J. Power Sources 55, 247-250 (1995).
5. Xue, Z., Hua, Z., Yao, N., Chen, S., "Separation and recovery of nickel and cadmium from spent Cd-Ni storage batteries and their process wastes," Separ. Sci. Technol. 27(2), 213-221 (2012).

리튬이차전지 제조 공정폐액의 잔여 리튬 재활용을 위한 전기투석 농축시스템 연구

한덕현, 정향철, 김보람, 김대원*
고등기술연구원 신소재공정센터

Study on Electrodialysis System for the Concentrate on Recycling Residual Lithium in Lithium-ion Battery Manufacturing Process Waste

Deokhyun Han, Hangchul Jung, Bo-Ram Kim, Dae-Weon Kim*
Institute for Advanced Engineering, Advanced Material & Processing Center

에너지 저장장치 및 친환경 자동차 산업의 급격한 성장에 따른 리튬 이차전지 원료의 수입량 및 수요량이 급증함에 따라 리튬 수요는 2025년 약 70만 톤 이상으로 2017년 약 25만 톤 대비 3배 이상 증가할 것으로 예상된다. 최근, 리튬 이차전지 생산의 경우 전지 특성을 향상하기 위해 전구체 하소 후 전극에 코팅하기 전 수세 공정을 통해 잔여 리튬을 제거하는 공정을 수행하고 있다. 수세공정에 따라 발생하는 공정폐액에는 리튬이 300 ppm 이상 함유되어 있어 공정 부산물인 리튬을 회수하기 위한 재활용 공정 기술이 연구 개발이 요구된다[1].

본 연구는 수세 공정 부산물인 리튬폐액을 원료로 하여 전기투석 공정을 통해 전처리 공정을 수행하여 고농도의 리튬 용액을 회수하였다. 전기투석(ED, Electrodialysis) 장치를 이용하여 폐액의 리튬 이온 농축 실험을 수행하였다. 전기투석 장치는 전류를 인가하여 줌으로써 양, 음이온 교환 멤브레인을 통해 이온의 이동을 조절하여 폐액 내 이온을 농축(Concentrate) 또는 정제, 희석(Dilution) 할 수 있다. 전기 투석 시 인가된 전압은 12 V로 정전압 방식을 이용하였으며, ASTOM에서 제작된 양, 음이온 멤브레인 10쌍의 배치되어 있는 카트리지를 이용하였다. 또한 폐액 이외에 전극액(5% Li_2SO_4 수용액)이 추가적으로 배치되어 각 이온막에서 전기를 흐를 수 있는 역할을 수행하였다.

초기 폐액은 24 L에 300 ppm의 리튬이 포함되어 있는 용액으로 1차 농축 공정을 15분 간 진행되어 1200 ml에 농축되었으며, 이를 이용하여 2차 농축 공정을 진행하여 200 ml에 농축액을 회수하였다. 전기 투석 장치를 이용함에 있어서, 이온 변화량을 전기전도도 측정과 유도결합 플라즈마(ICP, Inductively Coupled Plasma)를 통해 분석하였으며, 최종적으로 약 15배 농축된 용액을 확보하였다. 초기 폐액을 처리하는 것보다 15배 이상 농도의 리튬 함유량을 포함하는 용액을 이용하는 경우, 재활용 공정 시 나오는 정수량의 급격한 감소를 유도하여 경제적 효과를 기대할 수 있다.

사사

본 연구는 2019년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가평가원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (청정생산기반산업공생기술개발사업 No. 20004128)

참고문헌

1. Kim D. W., Park J. R., Ahn N. K., Choi G. M., Jin Y. H., and Yang J. K., "A review on the recovery of the lithium carbonate powders from lithium containing substances", Journal of the Korean Crystal Growth and Crystal Technology, 29(3) 91-106 (2019).

Effect of alkaline earth metals on pyrolysis kinetics of Organosolv Lignin from Pine tree

Quoc Khanh Tran¹, Seung-Soo Kim^{1*}, Jinsoo Kim^{2*}

sskim2008@kangwon.ac.kr (S.-S. Kim)

¹Department of Chemical Engineering, Kangwon National University

²Department of Chemical Engineering, Kyung Hee University

Abstract

Lignin is one of the most common plant polymer besides cellulose and hemicellulose. Mainer [1] proposed lignin structure is significantly different from others carbohydrate-based polymers. Kim et al. [2] concluded that alkaline earth metals (AEM) content in most lignocellulosic biomass has strong catalytic reactivity during biomass depolymerization.

In this study, the pyrolysis kinetics of organosolv lignin and alkaline earth metals (Ca and Mg) impregnated organosolv lignin were investigated using differential method and integral method to determine the activation energy based on thermogravimetric analysis (TGA) data. The particular mechanism and characteristics of lignin pyrolysis based on rate constant (k) also were examined using tubing reactor. Organosolv lignin was mainly decomposed from 350 °C to 450 °C at various heating rate (5, 10, 15, 20 °C/min). The activation energy was from 70.11 to 607.89 kJ/mol which corresponded to the conversion of 5 to 95%. The presence of AEM as a catalyst led to decrease the activation energy. The Ca and Mg loading amount (0.5 and 2.0 wt%) and high molecule weights content in organosolv lignin strongly influence to lower activation energy.

Reference

- [1] R. M. Mainer, Environmental Microbiology (Thrid Edition), 339–340 (2015).
- [2] K. H. Kim, K. Jeong, S.-S. Kim, R. C. Brown, Kinetic understanding the effect of Na and Mg on pyrolytic behavior of lignin using a distributed activation energy model and density functional theory modeling, Green Chemistry, 5, 1099–1107 (2019).

Ru/SiO₂ 촉매를 이용한 Tricyclopentadiene 수소화 반응에서 지지체의 구조가 미치는 영향

박유리, 구희지, 김석준, 한정식¹, 전종기*

공주대학교, ¹국방과학기술연구소

Effect of ordered mesoporous silica on tricyclopentadiene hydrogenation over Ru/SiO₂ catalysts

Youri Park, Huiji Ku, Seokjun Kim, Jeongsik Han¹, Jong-Ki Jeon*

Kongju National University, ¹Agency for Defense Development

체적에 한계가 있는 항공기의 경우 높은 에너지 밀도 연료(High energy density fuel, HEDF)가 필요하다. 나프타 공정의 부산물인 cyclopentadiene (CPD)은 중합을 거쳐 높은 에너지 밀도를 가진 tricyclopentadiene (TCPD)을 제조 할 수 있다. 연료로 사용하기 위해 TCPD를 수소화 하여 tetrahydrotricyclopentadiene (THTCPD)으로 제조할 필요성이 있다. 본 연구에서는 수소화 촉매로서 Ru 금속을 다양한 구조의 silica 지지체에 담지 하여 수소화 활성을 확인하였다. 촉매는 과량용액 합침법으로 담지 하였으며, 바인더를 넣어 pelletizing을 통해 제조하였다. 저렴한 지지체인 kieselguhr, 표면적이 넓고 Ia3d구조를 가진 KIT-6, 표면적이 넓고 원통형 기공을 가지고 있는 SBA-15의 물리적 특성이 TCPD 수소화 반응 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 촉매 활성화 및 안정화는 in-situ 반응기에서 진행하였으며, 활성화된 촉매를 사용하여 회분식 반응기에서 TCPD 수소화 반응을 진행하였다. 비활성화 된 촉매를 재생하여 반응에 사용하였고 이를 5회 반복하여 성능과 특성을 연구하였다. 촉매의 물리적 및 화학적 특성을 N₂ adsorption, H₂-TPR 및 XRD로 분석하였다.

Keywords : Ru/KIT-6, Ru/SBA-15, tetrahydrotricyclopentadiene, tricyclopentadiene, hydrogenation

The removal of low concentration styrene from Air by Non-thermal plasma technique at atmospheric conditions

Van Toan Nguyen¹, Duc Ba Nguyen¹, Bhattarai Roshan Mangal¹ and Young Sun Mok ^{1*}

¹Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University, Jeju 63243, Korea.

The conversion efficiency of styrene is generally low at atmospheric conditions. To solvent this issue, we proposed the non-thermal plasma combine with catalytic treatment. The aim is obtained high conversion of styrene at room temperature. In this work, Pb/ZSM5 catalyst packed bed inside the DBD plasma reactor, was used to for styrene removal. The styrene removal was investigated based on the effect of the plasma, the catalyst and the plasma-catalyst. The result showed that the combination of plasma and catalytic were significantly improved styrene removal at atmospheric conditions. Alternatively, some by-products formed during the plasma such as NO_x, O₃, CO were also successfully solved.

Keywords: VOCs; dielectric barrier discharge; catalysts.

Corresponding author: smokie@jejunu.ac.kr (Mok)

Big-Data를 이용한 CO₂ 회수기술 분석과 기술예측

임은정^{1*}, 임효지², 이희관³

고려대학교¹, 아시아환경에너지연구원², 인천대학교 환경공학과³

Analysis of CO₂ Retrieval Techonology using Big-Data

Eun-Jung Im^{1*}, Hyo-ji Lim², Hee-Kwan Lee³

Korea University, A.ENERGY, Incheon National University

기후변화에 대응하기 위한 일환으로 탄소세를 부과하는 방안을 제시하여 노벨 경제학상을 수상할 정도로 지구 환경은 인류 최대의 관심사가 되고 있으며, 기술 진보 이면의 지구 환경변화는 전지구적 차원에서 해결해야할 과제이기도 하다. 파리기후변화협약의 지구 평균기온 상승을 1.5°C 이하로 제한하기 위하여 각국에서 주요 온실가스 감축 정책을 추진하고 있으며 이를 근거로 온실가스로 인한 기후변화 대응책인 이산화탄소 저감 기술에 대한 다양한 연구개발이 진행되고 있다. 본 연구에서는 최근까지 이루어진 이산화탄소 회수 기술을 분석함으로써 온실가스 저감 기술의 연구개발 방향을 제시하고자한다. 기술개발이 활발한 US, KR, JP, CN, EP 특허를 중심으로 온실가스 제거 방법과 상용화와 관련된 주요기술의 Big-data를 분석하였다. 이산화탄소 회수기술 분야의 Big-data 분석을 위해 특허청 데이터베이스와 국내외 논문을 활용하였다. 국내외 International Patent Classification를 기준으로 정성, 정량 분석함으로써 시장 개척 가능성이 있는 신규 기술개발 분야 발굴과 주요 기술 분야의 출원인 동향, 온실가스 관련 분야 기술의 현황과 핵심특허와 원천 기술을 중심으로 기술을 예측하였다. 우리나라의 경우 2000년도 이후 이산화탄소 저감 기술이 본격화 되면서 내국인 출원 점유율이 70%이상으로 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 유럽에서는 세라믹 필터를 사용하는 기술이 개발되었고, 이산화탄소 저감 기술은 국내외에서 지속적인 양적 성장을 나타내고 있으며, 미국은 파급효과와 시장 확보 등 온실가스 제거기술 분야에서 높은 기술 경쟁력을 보이고 있다.

참고문헌

1. Im, E. J., Kim, S. H., Kim, S. K., "Analysis of Zeolite Membrane Using Patent Information", Clean Technology, Vol. 18, No. 3, September, 307-311 (2012).
2. Wang, H. C., Chi, Y. C., Hsin, P. L., "Constructing Patent Maps Using Text Mining to Sustainably Detect Potential Technological Opportunities", Sustainability, Oct 2018, 10 10, 18 (2018).
3. Choi, B. G., Lee, H. K., "Spatiotemporal Analysis of Air Quality using GIS", Journal of the Koreansociety of civil engineers, 24, 1009-1009 (2004).

In-Line N₂ Purification System 용 Cu 촉매 제조 방법 연구

오승교, 전종기*

공주대학교

Research on Cu-based Catalysts for In-Line N₂ Purification System

Seung Kyo Oh, Jong-Ki Jeon*

Kongju National University

전자기술의 발달로 인해서 스마트폰, 디스플레이, TV 등의 AM OLED가 필요로 한 전자기기의 수요가 증가하고 있다. 따라서 AM OLED 제조 공정기술의 중요성이 계속 커지고 있다. 한편, OLED 제조 공정에서 수분과 산소에 취약하기 때문에 AM OLED Encapsulation(봉지)공정에서 수분과 산소를 일정하게 유지하는 기술이 필요하다. 본 연구에서는 AM OLED Encapsulation(봉지)공정에서 산소제거용 Cu-based 촉매를 제조하였다. 공침법을 통해서 촉매를 제조하였으며, 시판용 촉매와 비교하기 위하여 methylcellulose (MC)바인더를 넣어 pellet형 촉매를 제조하였다. 제조된 촉매들을 BET, XRD, TPR의 분석장비를 활용하여 촉매의 특성을 분석하였다. 촉매의 산소제거 성능을 확인하기 위하여 Fixed bed reactor에서 산소분석기를 통해 촉매 산소 제거 반응 실험을 진행하였고, 촉매의 재생능력도 확인하였다.

Keywords : co-precipitation method, oxygen remove, copper, catalyst

순산소 연소 기반의 Indirect S-CO₂ power cycle 공정 개발

김형우, 서수빈, 강서영, 고은솔, 이시훈*
전북대학교 자원에너지공학과

Development of Indirect S-CO₂ power cycle process under the Oxy-combustion

Hyung Woo Kim, Su Been Seo, Seo Yeong Kang, Go Eun Sol, See Hoon Lee* Department of Mineral Resources and Energy Engineering, Chonbuk National University

현재 국내의 해외 발전시스템의 기술적 의존도가 높은 상황이므로, 새로운 에너지원의 개발보다는 다양한 에너지원과 연계하여 발전효율을 최대화할 수 있는 기술 확보가 매우 중요하다. 초임계 CO₂ 발전 시스템은 다양한 온도 대역의 열을 활용할 수 있을 뿐만 아니라 원자력, 화력, 태양열 등 광범위한 열원을 활용 가능하여 다양한 자원과 연계할 수 있다. 또한, 이산화탄소를 활용한다는 점에서 온실가스를 줄일 수 있는 미래형 에너지전환 기술 중 하나이다. 초임계 상태에서 CO₂는 작은 온도와 압력 범위에서 급격한 밀도 변화를 수반하며 비교적 작은 장비에서 많은 양의 에너지를 추출할 수 있어, 장비의 소형화와 경량화가 가능하며 기존 발전터빈 기술보다 높은 열효율에 도달할 수 있을 것으로 보인다. 본 연구에서는 ASPEN-PLUS를 이용하여 공기연소와 순산소 연소 플랜트의 운전특성을 비교하고자 한다.

참고문헌

1. Xijia Lu, PhD, Allam cycle coal—a novel clean coal supercritical CO₂ power cycle, 8Rivers Capital, LLC (2019).

CO₂ 공전해 시스템 BoP 설계 및 구성

정기진¹, 전동환¹, 이지은¹, 정우현¹

¹고등기술연구원

Design and Configuration of Banlance of Plant for CO₂ & Steam Co-electrolysis System

KiJin Jeong¹, Dong-Hwan Jeon¹, Jieun Lee¹, Woohyun Jung¹

¹Institute for Advanced Engineering(IAE)

온실가스 저감을 위해서 다양한 방법으로 CO₂를 포집, 저장, 전환하는 기술이 개발되고 있다. 하지만 포집된 CO₂를 우리나라에는 저장하기 어려우므로, 직접 이용하는 기술이 필요한데, 그중 하나로 H₂O와 함께 고온에서 공전해(Co-electrolysis)시켜 CO와 H₂가 주성분인 합성가스를 생산하는 기술이 주목받고 있다. 고온 조건에서 동시에 전기분해를 시켜 합성가스를 생산할 경우 열역학적, 반응속도 면에서 기존의 합성연료 생산 기술 및 저온 전기분해 기술보다 유리하고, 복잡한 공정의 단순화로 높은 효율을 얻을 수 있는 장점이 있다. 신재생에너지발전과 발전소 주파수 조정 과정에서 생산되는 잉여전력을 이용하여 고효율 고온 전기분해 기술을 통해 CO₂를 직접 원료로 이용함과 동시에 합성연료를 생산하게 되면 신재생에너지의 보급 확대와 환경오염 문제 해결에 많은 기여가 기대된다.

본 연구에서는 CO₂ 처리량 3.5 Nm³/h 규모의 고온 공전해 시스템을 개발하기 위해 열 교환망 최적화를 통해 BoP(Banlance of Plant)를 구성하였다. BoP를 구성하는 단위기기인 스팀발생기, 열교환 설비, 개질장치에 대한 설계를 진행하였고, 공정 시스템에 대한 열 및 물질 수지를 In-house Tool을 사용하여 계산하였다. 설계 데이터를 확보하여 스팀발생기, 열교환설비, 개질장치 등의 단위기기를 제작하였으며, BoP 단위기기 성능 평가를 진행하기 위해 공전해 시스템을 설계하여 구축하였다. 구축된 단위기기에 대한 성능평가를 진행하기 위해 모사가스를 이용하여 시험을 진행할 예정이다.

사사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20182010600400)

200 kg/h급 호스 압착 방식 분체주입장치의 고압 조건 성능 특성

윤성필¹, 이지은¹, 정석우¹, 정종선²

¹고등기술연구원, ²(주)세인트텍

High pressure performance characteristics of the 200 kg/h scale hose compression type powder feeding system

Sung-pill Yun¹, Jieun Lee¹, Seok-Woo Chung¹, Jong-Sun Jung²

¹Institute for Advanced Engineering(IAE), ²Seintec Co., Ltd.

현재 가스화플랜트를 비롯한 대부분의 공정에서는 고압 용기 또는 반응기로의 분체시료 주입을 위하여 고압 질소가스를 이용하여 가압과 감압을 반복하는 방식의 배치식 록호퍼 시스템을 적용하고 있으나 이를 위해서는 추가적인 설비 연계가 필요하고 복잡한 절차에 따라 분체시료 주입이 이루어진다는 단점이 있다. 그리고 연속식이 아닌 배치식으로 분체시료 주입이 이루어져 공급호퍼 내 일정한 레벨 유지가 불가능하며, 록호퍼를 공급호퍼와 동일한 압력까지 가압하는 과정에서 지속적인 질소가스 사용이 필요하다는 특성을 가진다. 하지만 이러한 록호퍼 시스템을 대체할 수 있는 연속식 고압 분체주입장치와 관련하여 아직까지는 전 세계적으로 상용화된 장비가 없는 상황이므로, 본 연구에서는 이에 대한 국내 원천기술 확보를 통해 기존 록호퍼 시스템을 대체할 수 있는 장치를 개발하고자 하였다. 본 연구에서는 이를 위해 기존 록호퍼 시스템을 대체하면서 운전편리성 확보 및 비용절감(건설비, 운영비)이 가능한 200 kg/h급 연속식 고압 분체시료 주입장치 개발을 진행 중에 있으며, 이 과정에서 제작한 시작품의 분체 주입량 및 오차율, 변화율 등에 대한 고압 조건에서의 성능검증 시험을 진행하였다.

사사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 20163010050070)

Ir-Cu/Honeycomb 촉매를 이용한 Hydroxylammonium nitrate 수용액 분해 연구

윤달산¹, 우재규¹, 오설영¹, 이진우¹, 이석희¹, 전종기^{1*} (jkjeon@kongju.ac.kr)

¹국립공주대학교

Decomposition of Hydroxylammonium Nitrate Solution over Ir-Cu/Honeycomb Catalysts

Dalsan Yoo¹, Jaegyoo Woo¹, Seolyeong Oh¹, Geonwoo Lee¹, Seokhee Lee¹, Jong-Ki Jeon^{1*} (jkjeon@kongju.ac.kr)

¹Kongju National University

대표적인 인공위성 액체추진제인 hydrazine(N₂H₄)는 강력한 독성과 유해물질을 가지고 있기 때문에 취급 및 사용 시 매우 까다롭다[1-4]. 따라서 친환경 저독성의 액체추진제 연구가 진행중이다. Hydroxylammonium nitrate (HAN)은 독성이 없고 취급이 쉬우며, 액체추진제로써 훌륭한 물성과 비추력을 가지고 있기 때문에 hydrazine을 대체 할 수 있는 추진제이다. 하지만 추력기 내부의 최종 연소 온도가 높은 단점을 극복하기 위해서는 촉매분해를 통해 저온에서의 분해가 필수적이다 [1-3]. 본 연구에서는 HAN 분해 활성이 좋은 Cu/honeycomb 촉매를 Ir을 조촉매로 하여 고내열성 Ir-Cu/honeycomb 촉매를 제조하였다. batch reactor를 통해 촉매의 HAN계열 액체 추진제의 분해 성능 실험을 하였으며, BET, XRD 분석을 통해 촉매의 특성분석을 하였다.

참고문헌

- [1] Amrousse, R., Katsumi, T., Azuma, N., and Hori, K., "Hydroxylammonium nitrate (HAN)-based Green Propellant as Alternative Energy Resource for Potential Hydrazine Substitution: From Lab Scale to Pilot Plant Scale-up," *Combust. Flame*, **176**, 334–348 (2017).
- [2] Charlie, O., Santhosh, R., R Arun, C., R, R., "Catalytic Decomposition of Hydroxylammonium Nitrate Monopropellant," *Proc. Int. Conf. Chem. Chem. Process (ICCCP 2011)*, **10**, 205–209 (2011).
- [3] Amrousse, R., Katsumi, T., Bachar, A., Brahmi, R., Bensitel, M., and Hori, K., "Chemical engineering study for hydroxylammonium nitrate monopropellant decomposition over monolith and grain metal-based catalysts," *React. Kinet. Mech. Catal*, **111**, 71–88 (2014).
- [4] Robert S. J., "HAN-based monopropellant assessment for spacecraft," in *32nd Joint Propulsion Conference and Exhibit*, 1-12 (1996).

Ru/hexaaluminate pellet 촉매를 이용한 ammonium dinitramide 기반 액상 단일추진제 분해

김문정¹, 김진우¹, 김효진¹, 김주영¹, 이정섭², 박영철², 전종기^{1*}

¹공주대학교, ²국방과학연구소

Decomposition of Ammonium Dinitramide-based Liquid Monopropellant over Ru/hexaaluminate Pellet Catalysts

Munjeong Kim¹, Jinwoo Kim¹, Hyojin Kim¹, Kim Juyoung¹, Jeongsub Lee², Young Chul Park², Jong-Ki Jeong^{1*}

¹Kongju National University, ²Agency for Defense Development

최근, 기존에 추진제로 사용하던 hydrazine의 독성 문제로 인해 그 대체 물질에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다. Hydrazine의 대체 물질로 주목받고 있는 친환경 녹색 추진제 중 하나인 ammonium dinitramide (ADN) 기반 액상 단일추진제는 고비추력, 저독성, 저민감성 및 저장성 등의 장점을 가지고 있다. 그러나 ADN 기반 액상 단일추진제는 높은 함량의 수분을 포함하고 있기 때문에 점화가 어렵다는 단점을 가진다. 이를 보완하기 위해 ADN 기반 액상 단일추진제의 분해를 보다 저온에서 진행시키기 위한 촉매를 개발하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 ADN 기반 액상 단일추진제의 분해를 위해 Ru을 담지한 hexaaluminate pellet 촉매를 제조하였다. 촉매는 hexaaluminate에 Ru 활성금속을 담지시키는 순서를 달리하여 총 3가지의 방법으로 제조하였다. 제조한 촉매의 물리화학적 특성을 분석하기 위해 BET, XRD, XRF를 이용하였으며, 자체 제작한 batch 반응기를 이용하여 ADN 기반 액상 단일추진제의 분해개시온도와 압력의 변화를 비교하였다.

Fabrication of Animal Cell Pattern through Eco-friendly Process for Analysis of Lipid Inhibition Activity

Hun Soo Byun¹, Soon-Do Yoon¹, and Heon-Ho Jeong^{1*} (jeonghh29@jnu.ac.kr, Yeosu, Jeonnam 59626)

¹Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University

Polydimethyl-siloxane (PDMS) is often applied to fabricate cell pattern. In this study, we fabricate an adipocyte microcell pattern using PDMS to evaluate the inhibition activity of lipid droplets in embryo fibroblast cells with anti-obesity agents. Our method is simple and eco-friendly process combined polyelectrolyte multilayer coating with microcontact printing using PDMS. To form the PDMS based micropattern, we apply the micro-contact printing method using PDMS stamps with micropattern that had been fabricated by conventional photo-lithography and soft-lithography. This PDMS pattern enable the selective growth of animal cells onto the specific region by preventing cell adhesion on the hydrophobic PDMS region. Based on the PDMS micropattern, we perform a direct quantitative analysis of animal cell differentiation using Oil Red O staining. In conclusion, PDMS-based micro-cell pattern chips may contribute to the large-scale analysis of novel bioactive compounds.

참고문헌

1. Jeong et al., "Simple analysis of lipid inhibition activity on an adipocyte micro-cell pattern chip," *Biomolecules*, **8**, 37 (2018).
2. Dujovne et al., "Anti-obesity drug development," *Expert Opin. Investig. Drugs*, **11**, 1189-1204 (2002).
3. Kim et al., "Efficient and reliable screening of anti-obesity agents on a micro-cell pattern chip," *J. Chem. Technol. Biotechnol*, **91**, 2688-2692 (2016).

Pt@TiO₂@Metal oxide 중공형 광촉매의 합성 및 광화학적 반응 적용 연구

장세진, 이현경, 김나연, 이경우, 김지율, 주지봉
건국대학교 화학공학부

Synthesis of Hollow Pt@TiO₂@Metal Oxide photocatalysts and application to photochemical reactions

Se Jin Jang, Hyeon Kyeong Lee, Na yeon Kim, Gyoung Woo Lee, Ji Yull Kim, Ji Bong Joo
Department of Chemical Engineering, Konkuk University

화석연료의 고갈과 같은 에너지 위기 문제와, 온실가스 및 미세먼지 발생과 같은 환경오염 문제가 심각하게 대두되고 있다. 이와 같은 에너지-환경 문제를 해결하기 위한 노력 중 하나로 광촉매에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 광촉매는 빛을 에너지원으로 이용해 산화-환원 반응을 진행하며, 환경오염 물질 저감 및 수소 에너지 생산 분야에 활용될 수 있는 유용한 소재이다. 그 중 이산화티탄(이하, TiO₂)은 뛰어난 경제성, 낮은 독성 및 높은 화학적 안정성 등의 장점으로 주목받고 있다. 하지만 TiO₂의 큰 밴드갭 에너지(3.0~3.2V)와 광전자와 양공의 비교적 빠른 재결합 속도가 광화학적 반응에 단점으로 작용한다. 이를 극복하기 위해 많은 연구진들은 TiO₂에 Pt와 P-type 반도체인 MnOx를 분리되게 하여 재결합 특성을 증대시켰으며 가시광선 영역 조사 하에서 높은 이산화탄소 환원 능력을 보고하였다 [1]. 또한 Au@TiO₂-CdS Core-shell 구조를 합성하였고, 뛰어난 가시광 감응 및 광화학특성으로 가시광선 영역을 이용한 높은 HER 성능을 보고하였다 [2]. 본 연구진은 선행 연구를 참고하여 중공형 TiO₂에 Pt과 Metal Oxide이 담지된 촉매를 디자인하였으며 광화학적 산화-환원 반응에 적용하였다. 또한 다양한 촉매 특성분석(FE-SEM, TEM, XRD, XPS)을 수행하였다. 본 연구에서 제조한 Pt@TiO₂@Metal oxide 광촉매의 경우, 뛰어난 광화학적 특성과 함께, 증대된 광촉매 성능을 보였다.

참고문헌

1. Aiyun Meng., Liuyang Zhang., Bei Cheng., Jianguo Yu., "TiO₂-MnOx-Pt hybrid Multiheterojunction Firm Photocatalyst with Enhanced Photocatalytic CO₂-Reduction Activity," *ACS appl. Mater. Interfaces.*, **11**, 5581-5589 (2019).
2. Jun Fang., Lin Xu., Zhenyi zhang., Yupeng Yuna., Shaowen Cao., Zheng Wang., Lisha Yin., Yusen Liao., Can Xue., "Au@TiO₂-CdS Ternary Nanostructures for Efficient Visible-Light-Driven Hydrogen Generation," *ACS appl. mater. Interfaces.*, **5**, 8088-8092 (2013).

CO₂ 포집-전환 동시반응시스템을 이용한 CaCO₃ 생산 공정 최적화

어 준^{1,2}, 길기장¹, 문대현¹, 윤민혜¹, 박영권², 정순관^{1*}

¹한국에너지기술연구원, ²서울시립대학교

Optimization of CaCO₃ production process using simultaneous reaction system of CO₂ capture and conversion

Jun Eo^{1,2}, Ki Jang Kil¹, Dea Hyun Moon¹, Min Hye Youn¹, Young-Kwon Park², Soon Kwan Jeong^{1*}

¹Korea Institute of Energy Research, ²University of Seoul

With increasing concern about global warming, CO₂ scrubbing technology is considered to be the potential solution to reduce CO₂ emissions [1]. However, the main drawback of this technology is a high energy consumption for solvent regeneration [2]. To solve this problem, simultaneous CO₂ capture-mineralization process which could be operated on the conditions of normal temperature and pressure was investigated. In this work, a specially designed continuous flow reactor was used and potassium hydroxide and calcium chloride solution were used for the reactants. To develop more efficient process, several operating conditions such as concentration of reactants, liquid to gas ratio, and retention time have been optimized.

참고문헌

1. Leung, D.Y.C. et al., "An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies", *Renewable Sustainable Energy Rev.*, **39**, 426-443 (2014).
2. Kang J. M. et al., "Energy-efficient chemical regeneration of AMP using calcium hydroxide for operating carbon dioxide capture process", *Chem. Eng. J.*, **335**(1), 338-344 (2018).

가스화 공정에서 발생하는 타르 제거를 위한 니켈 촉매 합성 전략

주지봉^{1*}, 김지율¹, 최동섭¹, 이현경¹, 이경우¹, 장세진¹, 김나연¹

(jbjoo@konkuk.ac.kr)

¹건국대학교 화학공학과

Synthetic Strategy of Ni catalysts for Tar removal from gasification process

Ji Bong Joo^{1*}, Jiyull Kim¹, Dongseop Choi¹, Hyeon Kyeong Lee¹, Gyoung Woo Lee¹, Se Jin Jang¹, Nayeon Kim

(jbjoo@@konkuk.ac.kr)

¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University

1950 년 이후 플라스틱 산업이 크게 성장하면서, 여러 가지 기능적 우수성과 뛰어난 가격경쟁력, 기존재료의 대체재로서 이용도가 높아 플라스틱의 사용 범위와 사용량은 계속적으로 확대되어 왔다. 이로 인해, 폐기물로 발생하는 플라스틱도 지속적으로 증가하는 추세이며, 최근 소각 처리에 대한 문제점으로 인하여, 폐플라스틱의 처리에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 가스화 공정은 고온에서 이론적 산소량보다 적은 산소를 공급하거나, 스팀을 이용하여 수소를 포함하는 합성가스를 생산하는 방법이다 [1]. 폐플라스틱을 가스화 연료로 사용할 경우, 버려지는 폐기물로부터 수소 및 CO를 생산할 수 있어 그 경제적 이익 매우 크다고 알려져 있다. 하지만 가스화공정에서 발생하는 타르 성분은 점도가 높고 비점이 높은 유기화합물로 이를 제거하지 않으면 후단공정에 무리를 주게 되어 전체 설비를 가동에 문제가 생긴다. 본 발표에서는 가스화공정에서 발생하는 타르를 경제적이고 효과적으로 제거하기 위한 타르 제거 촉매를 제조하는 전략에 대해서 발표하고자 한다. 타르 제거 반응에서 가장 문제가 되는 코킹 문제와 금속 촉매의 열적 소결 현상을 방지하기 위해 여러 가지 조촉매 도입 및 코어-셸 구조의 촉매를 제조하고자 한다. 또한 타르의 효과적인 제거를 위한 고정층 촉매 반응기를 설계하고 성형된 비드 형태의 촉매를 이용하여 반응 공정 운저의 최적화를 이루고자 한다.

참고문헌

- [1] Guo, F., Li, X., Liu, Y., Peng, K., Guo, C., and Rao, Z., "Catalytic cracking of biomass pyrolysis tar over char-supported catalysts" *Energ. Convers. Manage.* **167**, 81–90 (2018).

Corrosion behavior of nickel-based alloy, stainless steel, and aluminum alloy in supercritical HFO-1234ze(E)

Miqdar Zulfikar Irriyanto¹, Hyung Soo Lim², Bum Seong Choi², Aye Aye Myint¹, and Jaehoon Kim^{1*}

¹Sungkyunkwan University, ²Korea Institute of Machinery and Materials

Corrosion behaviors of various types of alloys were studied in supercritical HFO-1234ze(E) under mild condition (180 ° C, 5 MPa) and harsh condition (200 ° C, 10 MPa). The corrosion tests including Inconel 718, stainless steel 316 (SS316), stainless steel 420 (SS420), and aluminum 6061 (Al6061) were performed for exposure time of 7 days. The corrosion resistance was evaluated using FE-SEM/EDS, XPS, and SIMS analysis. SS420 showed the most severe corrosion while Inconel 718 had excellent corrosion resistance. The cracking and spallation of surface layer were found only in stainless steels. Aluminum 6061 showed higher corrosion resistance than stainless steel. Magnesium content in aluminum alloy enhanced the corrosion resistance because of the formation of magnesium fluoride protective layer. The protective MgF₂ layer formed after simple chemical conversion from MgO with the presence of HF in an acidic medium [1]. The presence of carbon, oxygen, and fluorine content on the surface of tested materials indicated the deposition of decomposed HFO-1234ze(E) products. Corrosion mechanism of alloys was also presented.

References

1. Panemangalore D.B., Shabadi R., Gupta M., Ji G., “Effect of fluoride coatings on the corrosion behavior of Mg-Zn-Er alloys,” *Surf. Interfaces.*, **14**(1), 72-81 (2019).

DFT Study of 2,5-Dimethylfuran (2,5-DMF) Synthesis from 5-(Hydroxymethyl)furfural (5-HMF) on Cu₃Pd(111)

Ricky Gunawan¹, Handi Setiadi¹, Rizki Insyani¹ and JaehoonKim^{1*}

¹Sungkyunkwan University,

5-(Hydroxymethyl)furfural, also known as 5-HMF, is an organic furanic compound obtained from the dehydration of hexoses [1]. 5-HMF can be converted to 2,5-dimethylfuran (2,5-DMF), which is a potential substitute for petroleum-based fuels, through selective hydrodeoxygenation [1]. The low-temperature, aqueous-phase conversion of 5-HMF to 2,5-DMF has been shown to be facile on palladium (Pd) catalyst [2]. However, 5-HMF molecules on the surface of Pd catalyst undergo a change in adsorption geometry as the reaction temperature is increased, which caused the unfavorable decarbonylation reactions that produce furan and CO [3]. Studies into the upgrade of furanic compounds have revealed that the products of catalytic transformations heavily depend on the affinity of the reactant molecules to the catalyst. As a result, on Pd catalyst that strongly binds furanic compounds, 5-HMF can undergo decarbonylation reactions, particularly at elevated temperatures. In contrast, hydrogenation of the carbonyl group of furfural-based molecules is preferred when the reaction takes place with the help of catalysts that do not strongly bind furanic compounds, such as copper (Cu) catalyst. Therefore, with the use of Cu₃Pd catalyst, selective hydrodeoxygenation of 5-HMF to 2,5-DMF is expected while maintaining a relatively strong adsorption energy of 5-HMF at the same time. Herein, a density functional theory (DFT) study was performed to investigate the 2,5-DMF synthesis from 5-HMF on Cu, Pd, and Cu₃Pd catalysts. Initial results confirmed that 5-HMF molecules are strongly adsorbed on Pd (111) surface with a “parallel” adsorption geometry through the furan ring, while on Cu(111) surface, a weak adsorption occurs with a “perpendicular” adsorption geometry through the carbonyl oxygen. Furthermore, the hydrogenation of 5-HMF on Pd(111) preferably takes place through the formation of a hydroxymethyl intermediate.

References

0. Solanki, B. S.; Rode, C. V. Selective hydrogenolysis of 5-(hydroxymethyl)furfural over Pd/C catalyst to 2,5-dimethylfuran. *J. Saudi Chem. Soc.* **2019**, *23*(4), 439–451.
1. Lange, J.-P.; van der Heide, E.; van Buijtenen, J.; Price, R. Furfural – A promising platform for lignocellulosic biofuels. *ChemSusChem*. **2012**, *5*(1), 150–166.
2. Sithisa, S.; Resasco, D. Hydrodeoxygenation of furfural over supported metal catalysts: a comparative study of Cu, Pd, and Ni. *Catal. Lett.* **2011**, *141*, 784–791.

One pot, simultaneous cell wall disruption and complete extraction of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* at room temperature

Patrick Hariyanto¹, Muhammad Irshad¹, Aye Aye Myint¹, Min Eui Hong,² Sang Jun Sim,² Jaehoon Kim^{1,*}

¹Sungkyunkwan University, ²Korea University

Astaxanthin is a red-colored secondary carotenoid having strong antioxidant activity widely applied in various pharmaceutical and therapeutic applications. One of the most promising natural sources of astaxanthin is freshwater microalgae *Haematococcus pluvialis*. *H. pluvialis* can accumulate up to 1–5 wt% of astaxanthin based on dry weight basis at aplanospore stage under unfavorable conditions. However, those unfavorable conditions will also lead to the formation of a highly robust and acetolysis-resistance cell wall [1]. Conventional astaxanthin extraction usually performed in two steps; disruption of the cell wall and subsequent solvent extraction. However, most of the two-step approaches suffer from high-energy consumption, high chemical cost, long processing time, loss of astaxanthin bioactivity, incomplete cell wall rupturing, or low astaxanthin recovery. Moreover, most of the previously studied extraction did not pay much attention to astaxanthin degradation. Astaxanthin is highly sensitive toward physical and chemical degradation, affecting the function of astaxanthin even at low temperatures (50–60 ° C) [2]. Therefore, rapid, simple, and efficient pretreatment and extraction technique of astaxanthin from *H. pluvialis* under mild condition is required to mitigate the risk of astaxanthin degradation and to reduce energy consumption and cost of the process. In this work, we investigate one-pot, simultaneous cell wall disruption and complete extraction of astaxanthin from *H. pluvialis* using simple wet ball milling in the presence of generally recognized as safe solvents (GRAS). Using this technique, an almost complete astaxanthin recovery of 31.6 mg/g dried *H. pluvialis* (>99% recovery) can be achieved at room temperature and pressure in a very short time (30 min) using mild milling condition (200 rpm).

References

0. Han, D.; Li, Y.; Hu, Q. Astaxanthin in microalgae: pathways, functions and biotechnological implications. *Algae* **2013**, *28* (2), 131–147.
1. Pu, J.; Bechtel, P. J.; Sathivel, S. Extraction of shrimp astaxanthin with flaxseed oil: Effects on lipid oxidation and astaxanthin degradation rates. *Biosyst. Eng.* **2010**, *107* (4), 364–371.

탄소 수용체 마이크로웨이브 가열 모델타르 벤젠 크래킹 및 개질전환 특성

김은혁¹, 송희관¹, 전영남^{*1}
 조선대학교 환경공학과¹

Microwave-induced cracking and reforming of benzene on activated carbon

Eun Hyuk Kim¹, Hee Gaen Song¹, Young Nam Chun^{*1}
 Department of Environmental Engineering, Chosun University, Gwangju, South Korea.¹

열분해와 가스화 기술은 유기성 폐자원 또는 바이오매스로부터 에너지를 회수할 수 있는 유용한 기술로 알려져 있다. 이와 같은 열화적 에너지 전환기술로부터 생산된 생성가스(produced gas)는 가스터빈, 엔진, 연료전지 등의 연료로 사용되어 질 수 있지만 가스 중에 기기손상을 주는 타르가 포함되어 사용 전 가스처리가 필요하다.

본 연구에서는 상용 활성탄을 마이크로웨이브 탄소 수용체로 하고 모델 타르로 벤젠을 적용하여 연구를 수행하였다. 타르 크래킹 분해와 이산화탄소-수증기 혼합 또는 각각에 대한 개질 전환에 대하여 타르저감, 생성가스 성상과 질에 대한 특성을 파악하였다. 또한, 탄소 수용체의 촉매 담체 특성을 파악하기 위해 활성탄에 니켈과 철을 함침 코팅한 후 건조하여 만들어진 탄소 수용체 촉매에 대한 타르전환과 생성가스 특성을 파악하였다.

타르전환은 타르 크래킹만 하였을 경우 99%로 가장 크고 이산화탄소만 공급된 경우 98.5% 그 다음이고 이어서 이산화탄소-수증기가 동시에 공급된 경우 95-97% 그리고 수증기만 공급된 경우 94%의 순으로 작은 값을 가졌다.

생성가스 발열량의 경우 크래킹인 경우 15MJ/m³로 가장 높고 이산화탄소만 공급할 경우 4 MJ/m³로 가장 작다. 그리고 이산화탄소-수증기 동시에 공급된 경우 약 9-9.3 MJ/m³이고 수증기만 공급된 경우 8.7 MJ/m³로 중간 정도 값을 보였다.

촉매 탄소 수용체의 타르전환은 이산화탄소 개질의 경우 니켈과 철 촉매 모드 미세하게 증가되었으며 H₂/CO비는 감소되었으나 발열량은 증가되었다. 반면 수증기 개질의 경우 두 촉매 모두 타르 전환율이 다소 감소 되었으나 H₂/CO비와 발열량이 증가되었다.

탈질 미생물과 황 담지 나노영가철에 의한 질산염 환원

윤소연, 김민지, 김혜원, 임선화, 종초은, 장민* (minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)
광운대학교 환경공학과

A new insight into nitrate reduction by sulfide-modified nanoscale zero-valent iron in the presence of microbial

So Yeon Yoon, Min Ji Kim, Hye Won Kim, Seon Hwa Lim, Choe Earn Choong
and Min Jang* (minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)
Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University

The denitrification efficiencies of sulfide-modified nanoscale zero-valent iron (S-nZVI) were better than those of nZVI due to less agglomeration, and slower corrosive electron loss. However, there was limited study on the effect of S-nZVI in the presence of microbial for denitrification. This study aims to compare the denitrification efficiency in anaerobic condition using S-nZVI, microbial and S-nZVI with microbial and to provide insights into the S-nZVI and microbial interaction in the system of nitrate reduction and by-product (nitrite, ammonium and nitrogen) production for the first time. It was found that 25 mg/L-N of nitrate was completely removed using S-nZVI and S-nZVI with microbial in 3 days with unbuffered condition. Moreover, the combination of S-nZVI with microbial promoted higher N₂ production compared to S-nZVI without microbial inoculum, denoting the presence of microbial promoted the denitrification efficiency. On the other hand, the nitrate removal using S-nZVI in the presence of microbial was affected by initial solution pH, nitrate concentration and carbon/nitrogen (C/N) ratio. The results demonstrated the increasing of nitrate initial concentration enhanced the nitrite and ammonium yield and reduced the N₂ production. Especially, as the increasing of C/N ratio led to a positive effect on the nitrate removal efficiency for the microbial inoculum without S-nZVI. It was concluded the synergistic effect on denitrification was observed using S-nZVI in the presence of microbial.

참고문헌

1. Zhang, Yiping., Douglas, Grant B., Kaksonen, Anna H., Cui, Lili., Ye, Zhengfang., "Microbial reduction of nitrate in the presence of zero-valent iron", Science of The Total Environment, 646, 1195-1203 (2019)
2. Huang, Shasha., Xu, Chunhua., Shao, Qianqian., Wang, Yahao., Zhang, Bingliang., Gao, Baoyu., Zhou, Weizhi., Tratnyek, Paul G., "Sulfide-modified zerovalent iron for enhanced antimonite sequestration: Characterization, performance, and reaction mechanisms", Chemical Engineering Journal, 338, 539-547 (2018)

초음파 기계적 응력 하에서 플라즈몬 Ag / AgCl 도핑 된 ZnSnO₃의 자발적 원자 분극을 통한 아트라진의 압전 촉매 분해

황건덕, 류백하, 장민* (minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)

광운대학교 환경공학과

Piezophotocatalytic degradation of atrazine via spontaneous atomic polarization of plasmonic Ag/AgCl doped ZnSnO₃ under ultrasound mechanical stress

Kien Tiek Wong, Baekha Ryu and Min Jang* (minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)

Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, 20 Kwangwoon-ro,

Nowon-gu, Seoul 01897, Republic of Korea

Nanostructured perovskites with high piezoelectric charge constants are attracting much attention owing to their potential conversion of mechanical energy into electricity. Particularly, ZnSnO₃ is acknowledged for having high electron mobility, high electrical conductivity, and attractive optical properties that allow wide range of applications in solar cells, sensors and negative electrode material for Li-ion battery (Baruah & Dutta, 2011). However, more recent researches have shifted the application of piezoelectric materials in the field of water treatment, especially in degradation of emerging organic pollutants. In this study, ZnSnO₃ was used to degrade atrazine (ATZ, herbicide) with the assistance of ultrasound (US) wave. In Figure 1(a), the results show that insignificant amount ATZ were removed by either adsorption or US degradation. However, 100 % of ATZ were removed within 90 min when ZnSnO₃ were exposed to US wave. When ZnSnO₃ were subjected to an external force (i.e. US wave), the atomic structure of ZnSnO₃ were displaced from their original position gaining a net positive and negative charges on the opposite outer surfaces. This spontaneous polarization under mechanical stress leads to the flow of free carriers in the opposite direction leading to the generation of highly reactive $\cdot\text{OH}$ and $\cdot\text{O}_2^-$ radicals. To confirm this, $\cdot\text{OH}$ scavenger was applied in the system, and resulting negligible amount of ATZ removed. Different atomic percentage (1–15% w/w) of Ag/AgCl were doped on the ZnSnO₃ as plasmonic photocatalyst to induce strong and broad range of light absorption. The addition of Ag/AgCl allows ZnSnO₃ to adsorb light generated from sonoluminescence and hence, increasing the degradation rate of ATZ (Figure 1(b)).

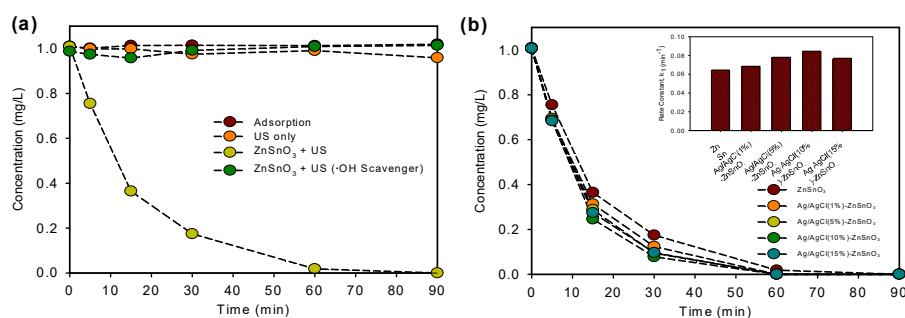


Figure 1 (a) Removal of ATZ at different condition and (b) ATZ removal with Ag/AgCl doped ZnSnO₃ under US

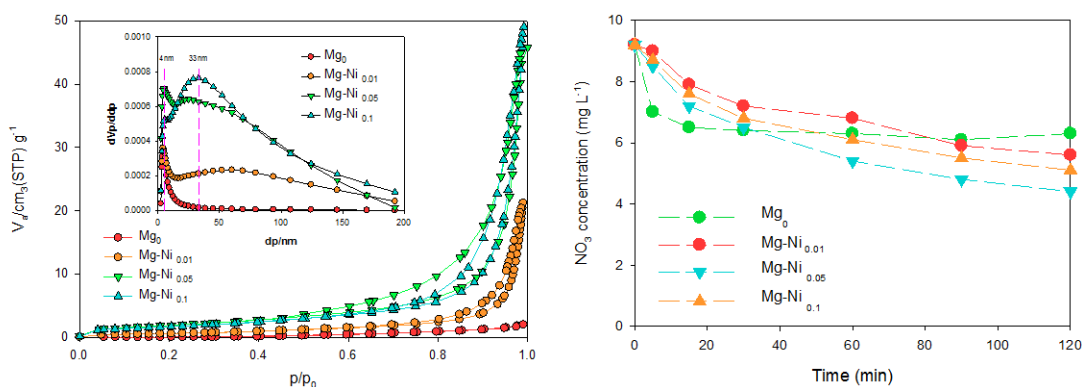
니켈 담지 영가 마그네슘을 이용한 촉매 탈질

종초은, 황건덕, 장석범, 윤소연, 장민 (minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)
 광운대학교 환경공학과

Catalytic denitrification using nickel-modified zero valent magnesium

Choe Earn Choong, Kien Tiek Wong, Seok Byum Jang, So Yeon Yoon, Min Jang
 (minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)
¹Kwangwoon University, Seoul

In this study, nickel modified zero valent magnesium (Mg-Ni) was prepared by 2-step processes involving liquid-solid phase reduction with varies percentages of nickel coating (0.01%, 0.05% and 0.1%) for denitrification in anoxic condition for the first time. Mg⁰ and Mg-Ni were characterized using FESEM-EDX, XRD, BET, FTIR and XPS to study the relationship between catalyst and surface properties and to investigate the nitrate reduction mechanism. From the experiment results, Mg-Ni_{0.05} was found to have a higher denitrification efficiency and larger surface area than Mg⁰, Mg-Ni_{0.01} and Mg-Ni_{0.1}. According to the first order kinetic models, the nitrate reduction was sensitive to the initial solution pH and nitrate concentration, as the nitrate removal efficiency decreased with the increased of solution pH and initial concentration. The final products of the reaction were nitrogen gas, ammonium and. The presence of oxygen strongly gave effects for the denitrification efficiency and N₂ selectivity due to surface passivation that limits the electron transfer toward contaminants. Moreover, batch tests were carried with actual nitrate groundwater using Mg-Ni_{0.05} in order to identify the potential for nitrate treatment and it was found that the N₂ selectivity increased as the catalyst dosage. The current study provides a proof of concept denotation that nickel modified Mg⁰ significantly enhances the denitrification efficiency and N₂ selectivity from water.



Reference

1. Kumar, M. and S. Chakraborty, Chemical denitrification of water by zero-valent magnesium powder. *Journal of Hazardous Materials*, 2006. 135(1): p. 112-121.
2. Lee, G., J. Park, and O.R. Harvey, Reduction of Chromium (VI) mediated by zero-valent magnesium under neutral pH conditions. *Water Research*, 2013. 47(3): p. 1136-1146.

Detection and removal of an endocrine disruptor, bisphenol A by electrochemical methods using modified ITO electrode

Minsoo Kim, Young Eun Song, Jung Rae Kim*

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

Currently, various industrial wastewaters are discharged into aquatic environment. These wastewaters include substances such as endocrine disruptor and antibiotics which are hard to detect by conventional off-line analyses. Among them, 2,2-bis (4-hydroxyphenyl) propane, (bisphenol A), is a precursor in production of major classes of resins, plastics and polycarbonate, thus bisphenol A is released into the environment by manufacturing process and end-consumer. Therefore, the in-situ detection and removal of bisphenol A are highly anticipated. The conventional detection of those endocrine disruptors use HPLC and GC-MS, etc. All of which requires time and complicated pre-preparation of sample which may result in inaccuracy and is not able to control the discharge timely. In this study we aim to develop a novel electrochemical detection method of bisphenol A by using a modified ITO electrode. When bisphenol A is electropolymerized on ITO, the capacitance and electrochemical properties were changed and analyzed by cyclic voltammetry and linear sweep voltammetry. We also examined the morphological change of surface of ITO with electropolymerized bisphenol A by scanning electron microscopy (SEM). The concentration of bisphenol A was detected and quantified by the electrochemical responses. The electrochemical detection can be applied to other endocrine disruptor chemicals besides bisphenol A in natural environment.

REFERENCES

1. Hideki Kuramitz, Yohsuke Nakata, Mikio Kawasaki, Shunitz Tanaka "Electrochemical oxidation of bisphenol A. Application to the removal of bisphenol A using a carbon fiber electrode." *Chemosphere* volume 45, Issue 1, October 2001, Pages 37-43

Regulation of redox balance to actively control metabolite production of genetically modified *Escherichia coli* BL21(DE3)

Jiyun Baek¹, Changman Kim¹, Young Eun Song¹, Jung Rae Kim^{1*}

¹Pusan National University

Redox balance in microorganism is very important to conduct metabolic pathway and respiratory chain. Industrially, 3-hydroxypropionic acid and 1,3-propanediol are important platform chemicals, which can be intermediate for further synthesis of plastic, fiber and paint. The production of these two substances are greatly affected by the internal redox balance (i.e. NADH/NAD⁺ ratio), thus the yield/titers of bioconversion are also changed by supply of external oxidants/reductants. In this study, we developed a genetically modified *E. coli* strain which harbor the metabolic pathways of 3-HP and 1,3-PDO synthesis from glycerol, and examined an electrode-based redox regulation of yield and titer in a bioelectrochemical system. For the active control of pathway, glycerol dehydratase, aldehyde dehydrogenase and 1,3-propanediol oxidoreductase were introduced into *E. coli* from *Klebsiella pneumoniae* (DhaB, DhaT) and *Azospirillum brasilense* (KGSADH). On the other hand, glycerol catabolite pathway in *E. coli* such as glycerol kinase (GlpK) and glycerol dehydrogenase (GldA) were deleted to see a clear regulation of 3-HP and/or 1,3-PDO production pathway. Our results showed that 3-HP production was enhanced by decreasing the intracellular NADH/NAD⁺ ratio induced by the electrode-driven oxidative potential. The ratio of NADH/NAD⁺ was increased under reductive potential was applied, simultaneously the synthesis of 1,3-PDO increased, whereas 3-HP was suppressed. These results suggest that the BES can be a redox controller to regulate metabolic pathway of biosynthesis, and produce particular platform chemicals.

Reference

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

1,3-Propanediol production of *Klebsiella Pneumoniae L17* from Crude Glycerol using zero valent iron (ZVI)

Daseul Kong, Jiyun Baek, Hyeon Sung Im, Changman Kim, Jung Rae Kim*

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

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

1,3-PDO (1,3-Propanediol) is a value-added platform chemical for further synthesis of industrial products. Sustainable and non-toxic regeneration of NADH is critical for efficient production of 1,3-PDO. Zero valent iron (ZVI) can provide reducing equivalent to convert NAD⁺ to NADH, thus increase 1,3-PDO synthesis from glycerol as an electronic donor. *Klebsiella Pneumoniae* has 1,3-PDO production pathway from glycerol, and has been also extensively investigated for an extracellular electron transport system in microbial fuel cell. In this study, we attempt to produce 1,3-PDO using *K. pneumoniae L17* from un-purified crude glycerol produced from biodiesel process by using neutral red (NR) as an electron mediator. The ZVI provide reducing power into glycerol bioconversion. The results showed significant increase of 1,3-PDO production using the ZVI. Interestingly, the difference between a crude glycerol and a pure glycerol in 1,3-PDO production, was not so significant, which indicates unidentified biodiesel bring synergetic effects for both cell biomass and 1,3-PDO production rather than inhibition. These results implicate that ZVI can regulate the biosynthesis of electron transport chain therefore improve crude glycerol conversion into value-added platform chemicals.

활성탄을 이용한 산성가스(SO₂)의 화학적 흡착에 대한 연구

윤영식¹, 이승종^{1*}

¹고등기술연구원

Study on Chemical Adsorption of Acidic Gas(SO₂) Using Activated Carbon

Young Sik Yoon¹, and Seung Jong Lee^{1*}

¹Institute for Advanced Engineering

황산화물은 미세먼지를 발생시키는 2차오염원이며 주로 화석연료의 사용에 의해 대기중으로 배출된다. 황산화물에 의한 미세먼지의 생성은 암모니아와의 반응에 의한 황산암모늄염의 형성에 기인한다. 초미세먼지(PM2.5)의 58.3%는 황산염과 질산염으로 구성되어 있으며 배출량의 저감에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 활성탄 표면에 OH를 분포시켜 SO₂의 화학적 흡착 성능에 대한 연구를 수행하였으며 흡착 성능의 비교를 위해 화학적 처리를 하지 않은 활성탄과 OH 이외의 화학종 1종에 대해서도 흡착 실험을 수행하였다. 일반 활성탄의 경우 SO₂의 흡착량은 30° C 기준으로 0.62 mg-SO₂/g으로 분석되었으며 온도가 증가할수록 흡착량은 감소된다.

화학적 흡착제가 첨가된 활성탄 2종의 경우 온도가 증가할수록 흡착량도 증가하는 경향을 보였으며 OH-가 도포된 흡착제의 경우 200° C에서 SO₂의 흡착량은 17.14 mg-SO₂/g으로 일반 활성탄과 큰 차이를 보이는 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20181110200170)

미세먼지 제어를 위한 VOCs 산화촉매의 비활성화

박노국¹, 권병찬¹, 이태진^{1*}, 윤대식²

¹영남대학교, ²창성엔지니어링(주)

Deactivation of VOCs oxidation catalysts for fine dust control

No-Kuk Park¹, Byung Chan Kwon¹, Tae Jin Lee^{1*}, Dae Sik Yoon²

¹Yeungnam University, ²Changsung Engineering Co. Ltd.

일반 산업분야의 초미세 먼지 발생원으로 인쇄 및 도장공정에서 다량 배출되는 VOCs를 흡착 및 산화시키기 위한 설비에 적용된 허니컴형 산화촉매의 장기 운전과정에서 발생하는 촉매 비활성화를 조사하였다. 촉매산화에 의한 VOCs의 제어를 위한 공정은 흡착공정과 탈착공정 그리고 촉매산화 공정으로 구성된다. 이들 공정은 물질 및 에너지 측면에서 상호연계된 시스템으로 운전되는데, 사업장에서 배출되는 저농도의 VOCs를 다공성 흡착제에 흡착한 후 탈착과정에서 흡착제로부터 상대적 고농도로 VOCs를 탈착하고, 촉매산화공정에서 연소하여 제거하는 방식이다. 이때 연소과정에서 발생하는 연소열은 흡착제에 흡착된 VOCs의 효율적 탈착을 위하여 사용된다. 그러므로 이들 세 가지 단위공정이 유기적으로 운전될 때 VOCs 제거설비의 운전 안전성이 보장된다고 할 수 있다. 그러나, 탈착과정에서 농축되어 촉매연소공정으로 유입되는 VOCs의 농도가 비 이상적 변동성을 가질 경우에는 촉매연소공정의 운전 안정성이 보장되지 못하고, 이로부터 탈착에 필요한 열의 공급에도 변화성이 발생된다. 본 연구에서는 장기 운전 후 채취된 허니컴 촉매의 표면특성 분석으로부터 촉매 비활성화의 원인을 규명하고자 하였으며, 국부적 카본침적과 촉매 코팅층의 균열 등을 확인할 수 있었다. 산화공정에서의 카본침적의 발생은 촉매층 일부 영역에서 불균일한 유체의 흐름으로부터 균일한 반응온도가 재현되지 못하고 저온 영역에 발생하였기 때문이라 할 수 있으며, 탈착공정으로부터 공급되는 VOCs의 농도의 변동성이 높아져서 발생할 수도 있는 것으로 판단된다. 또한, fresh 촉매의 허니컴 표면 상 불균일한 촉매 코팅에 의한 영향도 함께 검토되었다.

감사의 글

본 연구는 2019년도 중소기업벤처부의 산학연 Collabo R&D사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(S2724618)

참고문헌

1. Bartholomew, C. H., "Carbon Deposition in Steam Reforming and Methanation," *J. Catal. Rev. Sci. Eng.*, 24, 67-112 (1982).
2. Rostrup-Nielsen, J., "Trimm, D. Mechanisms of carbon formation on nickel-containing catalysts," *J. Catal.*, 48, 155-165 (1977).

순산소 순환유동층 연소 조건에서의 재탄산화된 CaCO_3 의 탈황 특성 연구

강서영, 고은솔, 서수빈, 이시훈*
전북대학교

Desulfurization characteristics of recarbonized CaCO_3 in Oxy-fuel CFB conditions

Seo Yeong Kang, Eun Sol Go, Su Been Seo, See Hoon Lee*
Chonbuk National University

순환유동층 보일러는 연료의 범용성이 높을 뿐만 아니라 로내 탈황 및 적은 NO_x 배출량과 같은 이점으로 인해 연도가스로부터 CO_2 를 포집하는 경제적인 방법으로서 널리 알려져 있다. 석회석은 순환유동층 보일러에 주입되어 SO_2 와 반응하여 CaSO_4 를 생성하고, 결과적으로 발전소에서 배출되는 SO_2 를 효과적으로 저감시키는 공정에 활용되고 있다. 그러나 탈황을 위해 순환유동층 보일러에 주입된 석회석은 탈황 반응 뿐만 아니라 소성 및 재탄산화와 같은 다양한 반응을 거치게 된다. 특히 순산소 순환유동층 보일러의 경우에는 순수한 산소가 이용되며, 연도 가스에서 재순환된 CO_2 로 인하여 높은 CO_2 분압이 형성된다. 이러한 조건에서 소성 반응으로 생성된 CaO 의 재탄산화가 진행되어 기존 석회석과는 다른 형태의 CaCO_3 가 생성될 가능성이 있다. 따라서 순산소 순환유동층 보일러의 탈황 효율을 향상시키기 위해서는 석회석의 거동을 세밀하게 분석할 필요성이 제기되고 있다. 이에 본 연구는 TGA를 사용하여 기존 석회석과 재탄산화된 CaCO_3 의 탈황 효율을 비교하였으며, FE-SEM을 통한 표면 분석과 동시에 XRD를 이용하여 조성을 구하였다. 또한 석회석과 재탄산화된 CaCO_3 의 직접 탈황 반응을 비교 및 분석하였다.

참고문헌

1. Kim, Y. B., Gwak, Y. R., Keel, S. I., Yun, J. H., Lee, S. H., "Re-carbonation of Calcined Limestone Under Oxy-Circulating Fluidized Bed Combustion Conditions," Korean Chem. Eng. Res., **56**(6), 856-863 (2018).
2. Shin, J. H., Kim, Y. R., Kook, J. W., Kwak, I. S., Park, K. I., Lee, J. M., Lee, S. H., "Desulfurization Characteristics of Domestic Limestones through Simultaneous Calcination and Desulfurization Reaction," Appl. Chem. Eng. **26**, 557-562 (2015).

수증기 메탄 개질용 3차원 계층형 인 첨가 알루미나 지지체 기반 니켈촉매의 비활성화 방지 연구

우은석^{1,2}, 엄하늬¹, 박대원², 임동하^{1*}

¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²부산대학교 화학공학과

dongha4u@kitech.re.kr, *

Study of anti-poisoning Ni catalyst supported on phosphorus modified hierarchically 3D structure alumina for steam methane reforming

Eunseok Woo^{1,2}, Ha Nee Umh¹, Dae-Won Park², Dong-Ha Lim^{1*}

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

²Pusan National University, Division of Chemical and Biomolecular Engineering, Busan, Korea

dongha4u@kitech.re.kr*

최근 환경문제로 인해 청정에너지원인 수소에너지가 각광받고 있다. 현재 사용되는 수소생산 방법은 물 전기분해(water electrolysis), 화석연료 수증기 개질(steam reforming) 또는 부분산화(partial oxidation), 광분해(photolysis) 등이 있다. 이러한 방법들 중에서 수증기 개질 공정은 전체 수소제조법의 48% 가량을 차지하는 주된 상업적 기술이다. 수증기 개질에 일반적으로 사용되는 저가의 니켈 촉매의 경우 값이 싸며 귀금속 촉매와 유사한 높은 활성을 나타내지만 고온반응에서 탄소침적(carbon coking) 및 소결현상(sintering)에 취약하다는 단점이 있어 내구성 확보에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 니켈촉매 비활성화의 주된 원인중 하나인 탄소침적 문제를 해결하기 위해 인(phosphate)을 첨가한 3차원 구조의 계층형 알루미나 지지체를 개발하고자 하였다. 인은 원자가전자가 풍부하고 전기음성도가 높은 것으로 알려져 있어 수증기 메탄 개질반응에서 전자주개(electron donor)로 작용해 탄소침적을 줄여 촉매 비활성화 방지에 효과적이다. 또한 3차원 구조의 계층형 알루미나 지지체는 마크로기공(macropore)과 메조기공(mesopore)을 동시에 가지는 구조로 만들어 비표면적 증대 및 물질전달 능력을 향상시키고자 하였다. 인이 첨가된 3차원 구조의 계층형 알루미나 지지체를 이용한 니켈 촉매는 낮은 온도에서 쉽게 환원되는 NiO 비율이 늘어나지만 소결공정 시에 소결현상이 발생하는 단점도 지닌다. 따라서 지지체 합성 시 탄소침적 및 소결현상이 최소화되는 최적 함량을 찾기 위해 P/Al 몰랄비를 0, 0.02, 0.05, 0.1으로 각각 제조하였고, P/Al 몰랄비가 0.05일 때 탄소침적 및 소결 현상이 최소화됨을 확인하였다. 또한 약 94%의 우수한 메탄전환율을 보이며 장기 안전성 평가에서도 높은 활성이 유지됨을 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 한국생산기술연구원 생산기술산업원천기술개발 사업 “수소에너지 산업 대응을 위한 수소제조용 다공성 3D 나노구조체 촉매(KITECHEO190022)”의 지원으로 수행한 연구입니다.

참고문헌

1. Damyanova, S., et al., “Biogas reforming over bimetallic PdNi catalysts supported on phosphorus-modified alumina” *Int J. Hydrogen Energy*. **36**, 10635–10647 (2011).

최적 촉매 슬러리를 이용한 금속구조체 기반 SCR 코팅촉매 개발

박정용^{1,2}, 임동하^{1,*}

¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹

²동아대학교 환경공학과

Development of SCR catalyst coating on metallic structure using optimized catalyst slurry

Jungyong Park^{1,2} and Dong-Ha Lim^{1,*}

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

²Environmental Engineering, Dong-A University

최근 미세먼지에 관한 국민들의 관심과 인식이 높아짐에 따라 정부 부처 합동으로 미세먼지 관리 종합대책을 발표하여 2020년부터 산업, 발전, 수송, 생활 등 사회 전 분야에서 발생하는 미세먼지 배출허용기준을 강화하였다. 배출가스 내에 포함된 오염물 중 미세먼지 발생에 직접적인 영향을 미치는 물질로는 질소산화물(Nitrogen Oxides, NOx), 황산화물(Sulphur Oxides, SOx), 및 입자상 물질(Particulate Matter, PM)이다[1]. 특히 화석연료 연소되는 과정에서 발생하는 질소산화물을 제거하기 위한 대표적인 방법으로 선택적 촉매 환원법(Selective Catalytic Reduction, SCR)가 널리 사용되고 있다. 일반적으로 압출성형을 통해 제조되는 세라믹 허니컴 촉매는 약한 물리적 강도로 인한 운전 및 유지보수 시에 쉽게 파손되는 문제점을 가지고 있어 고강도를 가지는 새로운 형태의 SCR 촉매 개발이 필요하다.

본 연구에서는 기존 세라믹 기반 허니컴 촉매의 단점을 보완하기 위해 높은 기계적 강도와 열적 안정성을 가지며 낮은 배압을 가지는 금속구조체 기반 SCR 촉매를 개발하고자 하였다. 특히 금속표면 상에 촉매를 코팅하기 위해서는 코팅 슬러리 제조가 중요함에 따라 유기 및 무기 바인더, 첨가제, 분산제 등 최적 혼합비를 가지는 코팅 슬러리를 제조하고 이를 슬러리 코팅공정 및 소성공정을 통해 금속구조체 상에 견고하게 고부착된 탈질촉매를 제조하였다. 유기 및 무기 바인더 등의 혼합비에 따른 표면특성분석과 이에 따른 NOx 제거 성능평가를 수행하였다. 개발된 금속구조체 기반 탈질촉매는 고효율, 고내구성을 가짐으로써 기존 세라믹 허니컴 촉매를 대체할 수 있는 SCR 촉매로서의 가능성을 확인하였다.

감사의 글

This work was supported by the Technology Innovation Program (20005690, Development of three-dimensional metal structured De-NOx catalyst) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Republic of Korea).

참고문헌

1. J. Kim, and S. Kang, "A Study on NOx and NH₃ Emission Characteristics for Database Construction of NOx Reduction Performance and NH₃ Adsorption/Desorption Characteristics of SCR Catalyst", The Korean Society Of Automotive Engineers, 270-270 (2019).

질소 도핑 그래핀에 담지된 루테늄-철 나노입자가 이산화탄소의 전기화학적 환원에 미치는 시너지 효과

엄하늬¹, 우은석^{1,2}, 임동하^{1*}

¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²부산대학교 화학공학과

Synergetic effect of Ru-Fe nanoparticles supported on N-doped graphene for CO₂ electrocatalytic reduction

Ha Nee Umh¹, Eunseck Woo^{1,2}, Dong-Ha Lim^{1*}

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

²Pusan National University, Division of Chemical and Biomolecular Engineering, Busan, Korea

이산화탄소 포집·활용·저장(Carbon Capture Utilization and Storage, CCUS) 방식은 온실가스인 이산화탄소로 인한 기후변화를 극복하는 효과적인 대안책으로 떠오르고 있다. 이산화탄소를 전환하여 일산화탄소 등 연료로 사용하고자 하는 기술은 열촉매, 전기화학적, 광화학적 전환 등으로 구분된다. 그 중 전기화학적 전환 기술은 재생에너지의 잉여전력과 연계하여 상온·상압에서 이산화탄소를 환원하여 유용한 물질로 전환하기 때문에 미래 기술로 주목받고 있다. 하지만 이산화탄소를 전기화학적으로 전환하기 위해 고효율 촉매를 개발함과 동시에 높은 과전압과 낮은 선택도를 해결하는 전극 촉매 개발이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 Modified Hummer's method를 이용하여 질소 도핑 그래핀 담지체를 제조하였고, 제조된 담지체 상에 루테늄-철 나노입자를 고분산 담지하여 이산화탄소 환원의 선택도와 패러데이 효율을 개선하고자 하였다[1]. 제조된 촉매는 Scanning Electron Microscopy(SEM), Transmission Electron Microscopy(TEM), Inductively Coupled Plasma(ICP), Brunner-Emmett-Teller(BET), X-ray Diffraction(XRD)를 활용하여 특성분석을 하였고, Gas Chromatography(GC), Potentiostat을 사용하여 성능평가를 진행하였다. 도핑된 질소에 의해 graphitic, pyridinic, pyrrolic nitrogen을 형성하는데, 이들에 의해 CO₂가 *COOH로 환원되기 위한 활성화 에너지를 낮게 함에 따라 CO₂ 환원을 촉진시킨다. *COOH에서 *CO로 환원된 후의 중간체는 전극표면에서 낮은 탈착에너지를 가지게 되어 최종 환원물인 CO의 선택적 생성이 가능하다. 또한 루테늄-철 나노입자가 동시에 담지될 수 있는 메커니즘을 수소 분리흡착(H₂ dissociative adsorption)현상으로 확인하였고, 고분산된 루테늄-철 나노입자를 통해 넓은 활성표면적과 시너지 효과를 가짐을 확인하였다. 이를 통해 개발된 촉매를 통해 이산화탄소 환원에 필요한 과전압의 감소 및 높은 패러데이 효율을 가짐을 확인하였다. 또한 루테늄과 철의 함량비를 조절하여 이산화탄소 환원 효율에 최적화된 저기형 촉매 개발이 가능함을 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 한국생산기술연구원 지방자치단체 수탁연구 “온실가스 감축 이산화탄소 포집 및 활용 실증화 사업(1/5) (KITECH IZ180050)”의 지원으로 수행한 연구입니다.

참고문헌

1. Zhang, Z., Yang C., Wu S., Wang, A., Zhao, L., Zhai, D., Ren, B., Cao, K., Zhou, Z., “Exploiting Synergistic Effect by Integrating Ruthenium-Copper Nanoparticles Highly Co-Dispersed on Graphene as Efficient Air Cathodes for Li-CO₂ Batteries”, Adv. Energy Mater., **9**, 1802805 (2018).

석탄 합성가스를 이용한 연료전지 발전의 경제성 분석

이재용, 이승종
고등기술연구원

Economic analysis of fuel cell power generation using coal syngas

Jae Yong Lee, Seung Jong Lee
Institute for Advanced Engineering

전통적으로 석탄을 이용한 발전은 화력발전으로 이는 연소 과정에서 생성되는 이산화탄소 및 질소산화물과 같은 오염가스가 지구온난화와 같은 환경오염을 발전시키기 때문에 근래 노후 석탄 화력 발전소 폐쇄를 추진하고 있다. 대신 환경오염 최소화 및 고효율 발전을 목적으로 석탄가스화복합발전(IGCC, integrated Gasification Combine Cycle)과 같은 신기술 적용 발전시스템을 구축하여 운전하고 있다. 한편 IGCC보다 발전효율은 높으면서 오염가스 배출이 거의 없는 석탄가스화 연료전지 발전(IGFC, Integration Gasification Fuel Cell)기술의 개발이 이루어지고 있는데, 이는 IGCC 공정에서 정제 및 전환설비와 연료전지 시스템을 이용해서 구축할 수 있다. 본 논문에서는 IGCC 플랜트에서 생산된 석탄 합성가스를 부분적으로 이용하여 연료전지 연계 발전을 하였을 때 0.1MW, 1MW, 10MW 시스템의 각각 투자비와 운전비를 산출하여 경제성 분석을 진행하였다. 0.1MW에서는 본 연구 수행에서 사용한 pilot plant의 실제구입비용을 기준으로 산출하였으며, 1MW와 10MW의 원가는 실제 구입비용과 문헌[1]의 cost를 산출하는 방법을 비교하여 factor를 산출하여 계산하였다. 경제성 분석을 위해서 AVEVA사의 상용공정 시뮬레이터인 PRO/II를 이용하여 공정 시뮬레이션을 진행하였으며 이를 통해서 경제성에 영향을 미칠 수 있는 주요 인자와 각 용량별로 어느 정도의 수익 창출이 가능한지를 공장운전연수에 따라서 도출하였다. 본 연구를 통해서 석탄 합성가스를 이용한 연료전지 발전의 경제적 타당성과 상업운전을 위해 확보되어야 할 요소들을 도출 할 수 있었다.

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

참고문헌

1. U.S. Department of Energy, Jan. 2002, DON/NETL-2002/1169, Process Equipment Cost Estimation Final Report

재해로 인한 오염물질 배출 예방 훈련 시스템 연구

이재용, 박찬국
고등기술연구원

Study on training system to prevent pollutant emissions from disaster

Jae Yong Lee, Chan Cook Park
Institute for Advanced Engineering

최근 미세먼지가 환경오염의 주요 이슈로 떠오른 가운데 미세먼지 저감을 위해 발전소 배출 물질의 규제로 이어지고 있으며 CO₂ 저감을 위한 공정 혁신 등 여러 환경오염 물질 저감을 위한 노력이 지속되고 있다. 이러한 공정과 관련된 환경오염 물질의 저감 노력과는 별개로 각종 재해로 인한 환경오염 물질의 배출도 역시 간과 할 수 없다. 후쿠시마 지진으로 인한 원전 사고로 방사능 물질의 누출이 대표적이며 각종 화재 및 폭발 사고로 인해 오염물질이 누출되어 대기를 오염시키는 영향 역시 크다 하겠다. 본 논문에서는 이와 같이 재해로 인한 환경 오염물질 배출을 예방 또는 최소화 하기 위해 인적 오류를 최소한으로 할 수 있는 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 최근 많은 발전을 이루고 있는 VR(Virtual Reality)기술을 이용하여 각종 산업 안전 종사자들의 숙련도를 높일 수 있는 훈련 시스템으로서 PC 한 대와 가상환경 기기인 HMD(Head Mounted Device)를 이용한 간단한 훈련 시스템부터 공정과 연계한 다중 협업 훈련 시스템까지 여러 응용 분야에서 사용 가능한 훈련 시스템이다.

재해로 인한 오염물질 발생 예방을 위한 본 시스템의 장점은 다음과 같다.

1. 이론적인 교육/훈련에 비해서 직접 움직임으로 익힐 수 있는 시스템으로 높은 교육/훈련 효과
2. 실제 일어날 수 있는 재해 효과를 가상환경에서 보여 줄 수 있어 재해에 대한 경각심을 고취
3. 혼자서도 다수의 사람과 함께 훈련할 수 있는 효과
4. 훈련 중 일어날 수 있는 안전사고 예방 가능

이외에도 사용자가 현장에서 받아야 하는 훈련을 실내에서 받을 수 있는 등의 사용자 편리 및 효율적인 측면에서도 많은 장점을 지니고 있다고 판단되며, 본 시스템의 구성요소의 기술적 발전으로 인해서 시스템 구축에 대한 비용 및 기간도 지속적으로 낮아질 것으로 예상이 되어 향후 각종 재해를 예방하기 위한 새로운 시스템으로 정착될 수 있을 것이라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 플랜트연구사업의 연구비지원(16IFIP-B087592-05)에 의해 수행되었습니다.

기상 수은 제거를 위한 ACF-KI 흡착제 코팅 PTFE 멤브레인 필터 제조 및 필터 성능 분석

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

Fabrication and Performance Analysis of ACF-KI Adsorbent-coated PTFE Membrane Filter for Gas-phase Mercury Removal

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

석탄발전, 폐기물 소각 및 연소시설 등 산업공정에서 배출되는 수은은 대기오염을 야기할 뿐 아니라 여러 가지 환경문제를 초래하고 인체에 악영향을 미치게 되는데 전 세계 배출량 4,400~7,500톤 중 아시아 배출량이 전체의 53% 정도를 차지할 정도로 매우 심각한 편이고 국내의 경우에도 연간 약 20톤 정도로 추산되고 있으며 이중 발전시설 배출량이 약 40% 달하는 것으로 보고되고 있다. 또한, 전 세계적으로 대기 중 수은 배출량 증대로 인한 환경오염 심화 및 규제의 필요성이 대두되고 상황이므로 국내에서도 발생 수은에 대한 관리가 필요하다. 특히, 수은은 증기압이 높아 가스상으로 배출될 가능성이 높는데 가스상 수은 중 산화수은(Hg²⁺)은 물에 대한 용해도가 높아 기존 배가스 처리설비로 제거가 가능하지만 원소수은(Hg⁰)은 제거가 어려워 산화제를 주입하여 산화수은으로 전환시켜 제어하거나 활성탄을 분사하여 흡착 제거하게 된다. 본 연구에서는 미세입자 제거를 위한 섬유 필터에 가스상 수은 흡착제 제거 기능을 갖도록 비표면적과 미세기공이 발달되어 흡착능력 및 흡착속도가 우수한 다공성 탄소물질인 ACF를 지지체로 이용하고 활성물질인 KI를 담지한 흡착제 코팅 PTFE 멤브레인 필터를 제조하였으며 공기투과도, 여과효율, 차압 측정 및 흡착제 탈리 특성 시험을 통해 필터의 성능을 분석하였다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Yang, S., Guo, y., Yan, N., Qu, Z., Xie, J., Yang, C., "Capture of gaseous elemental mercury from flue gas using a magnetic and sulfur poisoning resistant sorbent Mn/τ-Fe₂O₃ at lower temperature, J. Hazard. Mater., 186, 508, (2011).
2. 1. Jie Han, Wei Qiu, Wei Gao, "Adsorption of estrone in microfiltration membrane filters", Chemical Engineering Journal, 165(3), 819-826, (2010).

미세입자 및 수은 동시제거를 위한 흡착제 적용 PTFE 멤브레인 백필터 제조 및 운전 특성

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

Fabrication and Operation Characteristics of PTFE Membrane Bag Filter with Adsorbent for Simultaneous Removal of Fine Particles and Mercury

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

미세먼지는 복합 성분을 가진 대기 중 부유물질로서 화석연료 연소, 자동차 배기가스, 산업용 제조 공정 등에서 발생하게 되는데 최근 화력발전소 및 연소시설 등에서 배출되는 미세먼지가 사회적 이슈가 되고 있으며 연평균 오염도가 선진국의 주요 도시 대비 높은 수준으로 고농도로 배출되고 있는 것으로 알려져 있다. 특히, 산업시설 연소과정에서 발생하는 미세입자는 중금속이나 산성 물질과의 결합반응을 통해 성장하여 집진시설 등에서 포집 처리되거나 미처리된 성분은 대기 중 반응을 통해 2차 오염물질을 발생시키게 되며 수은과 같은 유해 중금속 물질은 입자상 물질에 포함되어 미립자 형태로 대기 중에 배출되어 인체에 악영향을 미치게 된다. 그러나 기존 처리시설로는 복합 유해물질의 동시 처리가 어려워 고성능 필터 여재 개발 및 후처리 설비 개선 등을 통한 오염물질 배출 억제 노력과 체계적인 환경관리의 필요성이 증가하고 있다. 본 연구에서는 고온 조건에서 사용가능하고 내화확성이 우수한 파이버 및 여과제 제조 복합화 기술을 통해 미세입자 표면 침투방지용 고성능 필터를 제조하였고 다공성 무기흡착제를 지지체로 하고 수은 제거용 활성물질을 코팅 처리한 가스상 수은 동시 처리용 PTFE 멤브레인 백필터를 국산화 개발하였으며 pilot 시험용 집진장치에 적용하여 실험을 통해 차압 발생 특성 및 필터 여과성능을 파악하였다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Yunlou Qian, Yuanxia Bi, Mingxing Zhang, Haiyan Chen, Guanjie Xu "Effect of filtration operation and surface treatment on pulse-jet cleaning performance of filter bags", Powder Technology, 277, 82-88, (2015).
2. Byung Hyun Park 외, "Filtration Characteristics of Fine Particulate Matters in a PTFE/Glass Composite Bag Filter", Aerosol and Air Quality Research, 12: 1030-1036, (2012)

다이나믹 멀티 벤츄리 스크러버를 이용한 Flyash 제거 특성 분석

권현준¹, 이은도^{1,2,3*}, 정수화^{1,3}, 오승진¹, 신원식¹

¹고온에너지시스템그룹, 한국생산기술연구원, ²청정공정 및 시스템공학, 과학기술연합대학원대학교,
³FEP융합연구단, 에너지기술연구원

Analysis of flyash removal characteristics using dynamic multi-ventury scrubber

Hyeon Jun Kwon¹, Uen Do Lee^{1,2,3*}, Soo Hwa Jeong^{1,3}, Seung Jin Oh¹, Won Sik Shin¹

¹Thermochemical Energy System R&BD Group, Korea Institute of Industrial Technology, ²University of Science&Technology, ³Korea Institute of Energy Research

최근 미세먼지 (PM10 및 PM2.5)에 대한 관심이 증대되고 있는 가운데 대형 발전소와 함께 중소형 산업기기에서 발생하는 미세먼지 저감이 큰 이슈가 되고 있으며 정부에서 미세먼지 저감정책을 시행함에 따라 발전부문 및 산업부문에서 강화될 오염물질 배출 기준에 대응하기 위한 고효율 환경오염방지시설 개발이 필요한 실정이다.

다이나믹 벤츄리 스크러버 (DMV: Dynamic Multi Venturi)는 내부에 다수의 벤츄리를 설치하여 다단 벤츄리 효과로 인한 세정수와 오염물질의 고속 회전에 의한 접촉, 제거하는 기술로써 기존 벤츄리 스크러버의 효율 및 기능을 개선하여 4-20배 정도 성능이 뛰어나다.

본 실험에 사용된 스크러버의 용량은 300m³/hr급이며 분진은 실제 산업현장에서 발생한 Flyash를 사용하였다. 투입분진의 입자크기, 물 공급량, 분진농도를 변수로 지정하여 실험을 수행하였고 각 실험에서 얻어진 결과를 비교 검토하여 조건에 따른 DMV의 성능과 분진제거특성을 분석해 보았다.

참고문헌

1. Zarei et al., "PVC dust removal from the air by a new dynamical scrubber", Chemical Engineering and Processing, 2010
2. Lee et al., "Evaluating the performance of a turbulent wet scrubber for scrubbing particulate matter", Journal of the Air & Waste Management Association, 2012

순산소 순환유동층 보일러에서 N₂O의 비촉매 환원 특성에 관한 연구

전민규¹, 최영곤¹, 이정규¹, 윤진한¹, 길상인^{1*}

¹한국기계연구원

Characteristics of Non-catalytic Reduction for N₂O in Oxy-CFBC

Min-Kyu Jeon¹, Young Kon Choi¹, Jung Kyu Lee¹, Jin Han Yoon¹ and Sang In Keel^{1*}

¹Korea Institute of Machinery & Materials

순산소 순환유동층 연소기술(Oxy-fuel Circulating Fluidized Bed Combustion, Oxy-CFBC)은 배가스 내 고농도 CO₂의 원천분리, 초임계 발전, NO_x 발생 저감 등의 장점을 갖는 차세대 화력발전 기술이다[1]. Oxy-CFBC에서 아산화질소(N₂O)가 생성될 수 있으며, 이 가스는 CO₂ 대비 지구온난화 지수(global warming potential, GWP)가 310배 온실가스인 동시에, 대기권 내 NO와 O₃간 산소원자 O 치환 메커니즘으로 오존층 파괴에도 기여하고 있다[2-3]. 기존 CFBC에서 온실가스 N₂O에 대한 주 배출경로는 연소실에서의 석탄 표면 반응과 NO_x의 SCR환원공정에서 N₂로의 환원반응에서 부산물로 발생된다고 알려져 있다[4]. 과거 연구에서 연소반응장 온도조건, NO_x의 SNCR환원공정에서 투입된 환원제 종류와 양에 따른 N₂O의 생성 거동을 확인하였다. 환원제로 요소수가 투입된 경우, NO_x 제거효과가 확실하게 나타났으나 NO_x 감소량 만큼 N₂O가 증가하는 경향을 보였다. 본 발표에서는 Oxy-CFBC에서 발생된 N₂O 제거를 위한 비촉매 환원기술에 대해 다루고자 한다. 우선, 단순 열분해 특성을 파악하고자 관형 반응기 내 체류시간과 반응 온도에 따른 N₂O 분해 결과를 도출하였으며, 약 1000K에서 N₂O 분해가 시작되어 1400K에서 대부분의 분해가 완료되었다. 또한, 탄화수소를 이용한 N₂O 비촉매 환원 특성을 파악하였다. 단순 열분해와 동일한 온도영역에서, 환원제 사용량에 따라 N₂O 분해효율이 크게 변화하였다. 본 연구를 통해, 연소시설에서 발생될 수 있는 N₂O의 비촉매 환원기술 특성을 이해하고 이를 응용하여 N₂O 분해에 대한 실용 기술 연구를 진행하여 산업체의 촉매사용에 따른 비용부담을 줄이고 온실가스저감 기술 개발에 기대할 수 있다.

참고문헌

1. MYÖHÄNEN, Kari, et al. Near Zero CO₂ Emissions in Coal Firing with Oxy-Fuel Circulating Fluidized Bed Boiler. *Chemical Engineering & Technology: Industrial Chemistry-Plant Equipment-Process Engineering-Biotechnology*, 2009, 32.3: pp355-363.
2. Pérez-Ramírez, J., Kapteijn, F., Schöffel, K., & Moulijn, J. A. Formation and control of N₂O in nitric acid production: where do we stand today?, *Applied Catalysis B: Environmental*, 2003, 44.2: pp117-151.
3. Ravishankara, A. R., John S. Daniel, and Robert W. Portmann. Nitrous oxide (N₂O): the dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. *science*, 2009, 326.5949: 123-125.
4. 김문현, 화력발전소용 V₂O₅/TiO₂ 계 촉매상에서 NH₃-SCR 탈질반응으로부터의 N₂O 생성, *Korean Chemical Engineering Research*, 2013, 51.2: pp163-170.

UVA-LED 광원에서 향상된 광촉매 성능을 갖는 은 나노입자가 분산된 환원된 이산화티타늄 클러스터 제조

정하늘¹, 구본신¹, 이준형^{2*}

¹(주)블루윈테크, ²서울대학교

Facile preparation of Ag nanoparticle dispersed reduced TiO₂ clusters with enhanced photocatalytic performance under UVA-LED

Ha neul Jeong¹, bon sin Koo¹ and Junhyung Lee^{2*}

¹Bluewind Tech co.,ltd, ²Seoul National University

Titanium oxide (TiO₂) has been extensively studied material as a promising photocatalyst due to low-cost, nontoxicity, and stability. However, its photocatalytic application is limited as a visible-light driven photocatalyst due to its large band gap (anatase, 3.2 eV and rutile, 3.0 eV). In this work, Ag nanoparticles dispersed TiO₂ cluster was prepared by the simple grinding and calcination process under Air. The morphology and structural properties of the prepared photocatalysts were characterized using TEM, SEM, XRD, and EDS mapping analysis. Small Ag nanoparticles are well dispersed on the TiO₂ nanoparticles cluster. Based on the results of XPS analysis, the formation of reduced Ti ion was observed via Ag introduction. In the photocatalytic degradation of methylene blue indicated significantly enhanced catalytic activities under UVA-LED (405 nm) irradiation.

참고문헌

1. Fujishima, A and Honda, K., "Electrochemical Photocatalysis of Water at a Semiconductor Electrode," Nature, 238, 37-38 (1972)
2. Etacheri, V. et al., "Visible-light Activation of TiO₂ Photocatalysts: Advances in theory and Experiments," Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews, 25, 1-29 (2015)
3. Ren, R. et al., "Controllable Synthesis and Tunable Photocatalytic Properties of Ti³⁺-doped TiO₂," Sci. Rep., 5, 10714

Anode electrode facilitates anaerobic acetate assimilation and energy recovery by *P.putida* 2523 in a microbial fuel cell

Mutyala Sakuntala, Young Eun Song, Jiyun Baek, Eunhee Seol and Jung Rae Kim*

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

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

Pseudomonas putida is recently highlighted for its electro-active behavior in a microbial fuel cell (MFC) system to produce electricity along with its versatile metabolism of various carbon sources. *P. putida* is an ideal host strain for electrode-based metabolic regulation to produce platform chemicals. In this study, we investigated the effect of the electrode on *P. putida* metabolism in different culture condition such as conventional fermentation (open circuit MFC) and carbon electrode respiring environment (closed-circuit MFC) using acetate as carbon source. The cell growth of *P. putida* was increased by electrode with simultaneous electricity generation. This strain has discharged respiratory electron up to $110\mu\text{A}/\text{cm}^2$ of anodic current. The change of NADH/NAD⁺ ratio and acetyl-CoA synthetase activity assay further support that the electrode-based respiration facilitates acetate oxidation. These results imply that the carbon electrode in MFC may improve utilization of refractory substrate such as acetate. Further metabolic engineering and optimization of *P.putida* may provide a platform for bioenergy production and BES based bio-refinery process.

References

1. Bin Lai, Shiqin Yu., Anoxic metabolism and biochemical production in *Pseudomonas putida* F1 driven by a bioelectrochemical system. *J. Biotechnology for biofuels* (2016).
2. [H. Friman](#), [A. Schechter](#)., Effect of external voltage on *Pseudomonas putida* F1 in a bioelectrochemical cell using toluene as sole carbon and energy source(2012)

Isolation of electroactive novel *Pseudomonas* sp. from agriculture soil for enhanced bioelectricity generation and other applications.

Khandelwal Himanshu, Mutyala Sakuntala, Young Eun Song, and Jung Rae Kim*

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

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

Pseudomonas sp. has been known to have diverse capability of feedstock conversion and bioremediation for recalcitrant organic contaminants, thus extensively studied for its metabolic pathway and recombination. Recently, *Pseudomonas* sp. has been highlighted for production of valuable commodity, bioremediation, biosensor and wastewater treatment, and various isolation strategies for the purpose are attempted. Several *Pseudomonas* sp. have also shown electrochemical activity which transfer their respiratory electron to carbon electrode with simultaneous electricity generation in a microbial fuel cell. Bacterial cells carries out direct electron transfer by forming biofilm and/or indirect transfer via electron shuttle to deliver respiratory electron. In this study, we tried to isolate a novel *Pseudomonas* strain which had higher electrochemical activity in a microbial fuel cell. The enrichment in MFC with a designed growth media pose selective pressure for *Pseudomonas* from agricultural soils inoculum. Then isolated strain will be tested for electrochemical and bioconversion activity. This result contributes to develop an bioenergy and biorefinery as well as sustainable bioremediation process.

References

1. Muhamad Hanif Md Nor, Mohd Fahmi Muhammad Mubarak, Hassan Sh Abdi Rahman Elmi, NorahimIbrahim, Mohd Firdaus Abdul Wahab, Zaharah Ibrahim, "Bioelectricity generation in microbial fuel cell using natural microflora and isolated pure culture bacteria from anaerobic palm oil mill effluent sludge", *Bioresource Technology* , Volume 190, August 2015, Pages 458–465.
2. Jinwei Zhang, Enren Zhang, Keith Scott, and J. Grant Burgess, "Enhanced Electricity Production by Use of Reconstituted Artificial Consortia of Estuarine Bacteria Grown as Biofilms", *Environmental Science & Technology*, 2012, 46 (5), 2984–2992.

바이오 탄화물 마이크로웨이브 가열 이산화탄소 가스화

송희관¹, 김은혁¹, 전영남^{*1}

조선대학교 환경공학과¹

Microwave-enhanced Gasification of Biomass Char

Hee Gaen Song¹, Eun Hyuk Kim¹, Young Nam Chun^{*1}

Department of Environmental Engineering, Chosun University, Gwangju, South Korea.¹

화석연료의 한계성과 온실가스 발생 등의 환경문제로 인해 새로운 대체 에너지 연구 개발에 대한 관심이 크다. 바이오매스를 열분해 또는 가스화 해서 바이오 가스, 바이오 오일, 바이오매스 탄화물(biomass char)의 에너지를 생산하는 방법이 관심을 가지고 연구가 진행되고 있다. 최근에는 기존의 가열방식의 대체방안으로 마이크로웨이브 가열방식에 의한 바이오 매스 열적처리 방식에 대한 연구가 진행되고 있다. 이 방식은 마이크로파가 직접 바이오 셀 내부로 침투해 물질분자와 원자 등을 진동시켜 직접 열을 발생시키는 유전체 가열이 진행되어 기존의 가열방식에 비해 가열효율(heating efficiency)과 가열 율(heating rate)이 높고 이로 인해 가열시간이 단축되는 장점이 있다.

본 연구에서는 바이오매스 탄화물을 마이크로웨이브 유전가열 건조-가스화 특성을 파악하기 위해 실험실 규모의 실험을 수행하였다. 가스화 가스인 이산화탄소를 상온(RTG)과 고온(HTG)으로 공급한 경우와 마이크로웨이브 수용체에 철 촉매를 함침-건조한 탄화물(FCI)의 세가지 조건에 대해 비교연구를 수행하였다.

이산화탄소 가스화 시 생성물은 가스, 촉, 타르인데 그 중 가스가 가장 많이 생성되고 잔류 탄화물인 바이오매스 탄화물(biomass char) 그리고 중질 탄화수소인 타르(tar)의 순으로 생성되었다. 가스화 시 생성가스의 주 성분은 일산화탄소와 수소이고 일부 메탄과 경질 탄화수소가 포함되었으며 연료로 사용하기에 충분한 발열량을 보였다.

타르의 경우 총 타르인 중량타르가 일부 발생되었으며 대표 경질타르는 light aromatic tar인 벤젠이 가장 많이 생성되었고 light PAH tar인 나프탈렌, 안트라센, 피렌도 발생되었으나 상대적으로 작은 값은 보였다. 그리고 바이오매스 내 단백질과 질소함유 타르의 열적분해로부터 생성되는 NO_x 전구물질인 NH₃와 HCN이 발생되었다. 슬러지 촉의 경우 평균기공 직경이 작고 비표면적, 기공체적, 흡착량이 상대적으로 커 기공 및 흡착특성이 우수하였다.

이 상의 실험과로 볼 때 바이오매스 마이크로웨이브 가열 가스화 시 생성된 가스를 연료로 이용이 가능하지만 가스 중에 함유된 중질타르와 NO_x전구물질을 처리해야 한다. 그리고 바이오매스 탄화물은 고체 연료나 흡착제로 이용이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

Acknowledgment

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2018R1D1A1B07040326)

추계총회 및 학술발표회 자료집

포스터세션 II

시 간 2019. 9. 26 (목) 13:00~14:00

장 소 대전 인터시티호텔 라벤더홀 #2



$H_3PW_{12}O_{40}$ /silica-alumina 촉매를 이용한
글리세린으로부터 아크롤레인의 합성

강태훈¹, 김도희^{1*}

¹서울대학교 화학생명공학부

Dehydration of glycerin to acrolein over
 $H_3PW_{12}O_{40}$ /silica-alumina catalyst

Tae Hun Kang¹, Do Heui Kim^{1*}

¹Seoul National University

Biomass has attracted much attention as a clean energy resource with increasing concern about fossil fuel depletion and global warming. In the biodiesel production from biomass resources, a considerable amount of glycerin is formed as a by-product. In this work, Keggin-type heteropolyacid catalysts supported on silica-alumina ($H_3PW_{12}O_{40}/SA$) were prepared with a variation of SiO_2 content, and they were applied to the dehydration of glycerin to acrolein. Acid properties of $H_3PW_{12}O_{40}/SA$ catalysts were determined by NH_3 -TPD measurements and in-situ FT-IR spectroscopy of adsorbed pyridine. The effect of SiO_2 content on the catalytic performance of $H_3PW_{12}O_{40}/SA$ catalysts in the dehydration of glycerin to acrolein was investigated.

니켈 및 루테튬 촉매를 이용한 알긴산의 촉매적 수소화 반응

김형주¹, 양승도¹, 반충현¹, 김도희^{1*}

¹서울대학교,

Catalytic hydrogenation of alginic acid using supported Ni and Ru catalysts

Hyungjoo Kim¹, SeungdoYang¹, Chunghyeon Ban¹, Do Heui Kim^{1*}

¹Seoul National University

Due to its structural similarity with cellulose, alginic acid, a promising chemical feedstock obtained from brown seaweed, could be converted into sugar alcohols in the same way as many studies have done on cellulose using Ru based catalysts[1]. In this work, two types of metal loaded catalysts (Ni loaded carbon, Ru loaded zeolites) were tested to identify the effect of metal species and acid properties in catalytic hydrogenation of alginic acid. Despite of the structural similarity between alginic acid and cellulose, catalytic conversion of alginic acid into hexitols were not possible via Ni loaded carbon catalysts. Instead of obtaining sugar alcohol, selective production of 1,2,5-pentanetriol(14.5% carbon yield) was possible. As tested with Ru loaded zeolite with different Si/Al₂ ratio, no significant trends were shown between Si/Al₂ ratio and sugar alcohol yield.

참고문헌

1. Ban et al., "Catalytic Hydrogenation of Macroalgae-Derived Alginic Acid into Sugar Alcohols." ChemSusChem, 10(24), 4891-4898 (2017)

수소첨가 탈산소 및 업그레이딩 촉매 반응 기반 바이오항공유 제조용 파일럿 설비 운전 결과

장정희¹, 곽연수¹, 안민희¹, 한기보¹⁺, 정병훈²

고등기술연구원¹, 국방과학연구소²

바이오항공유는 항공분야의 온실가스 저감을 위하여 필수적으로 연구되어야 하는 기술이다. 국내에서는 대표적인 식물성 오일인 팜오일(Plam Oil)로부터 바이오항공유를 생산하는 기술에 대한 연구가 진행 되었다. 연구의 성과로 실험실규모 수소첨가 탈산소 및 업그레이딩 연계 공정을 통하여 바이오항공유 물성기준인 ASTM D1566을 만족하는 C8~C15사이의 탄소 분포를 가지는 항공유를 제조하였다. 2050년 항공부문의 온실가스 저감 목표를 달성하기 위해서는 대량의 바이오항공유가 필요하며, 상용 설비를 설계 및 운전하기 위해서는 많은 시행착오가 필요할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 파일럿 규모 설비로부터 설계 및 운전인자를 도출하여 상용규모의 바이오항공유 제조설비 구축을 위한 기초 데이터를 확보 하고자 하였다. 이를 위하여 실험실규모에서 도출된 설계인자를 바탕으로 연간 5톤 이상의 100% 바이오항공유를 생산할 수 있는 파일럿 규모의 탈산소-업그레이딩 연계 공정을 설계 및 구축하였으며, 2,000 시간 이상의 장기 연계운전을 통하여 파일럿 설비의 장기 건/안정성을 확인하였다. 또한 공정의 효율을 개선하기 위한 다양한 방법을 도입하여 추후 상용설비의 설계 구축을 위한 운전 인자를 확보하고자 하였다.

리그닌 열분해 오일의 수첨탈산소화 촉매 개발

심진기, 서동진¹, 하정명², 최재욱³UST, ¹KIST, ²KIST, ³KIST

탄소 중립적 원료인 목질계 바이오매스의 미활용 성분인 리그닌을 석유 대체 연료로 사용하는데 있어 산소 기능기는 연료의 품질과 효율을 저하시키므로 수첨탈산소(Hydrodeoxygenation) 반응이 필수적이다. 그러나, 수첨탈산소 반응을 진행하면 반응중에 촉매 표면에 증착하는 탄소 또는 코크로 인해 촉매가 피독되어 촉매 비활성화가 급격히 진행되어, 연속 반응 공정으로 연료 생산을 수행하기 어렵다. 본 연구는 리그닌 열분해 오일을 활용하기 앞서 구아이아콜을 모델 화합물로 선정하여 촉매를 제조하고, 고온 고압 반응으로 산소를 제거하였다. 귀금속 촉매 대신 열분해 오일에 포함된 질소, 황 등의 성분에 저항할 수 있는 Mo 계열 촉매를 제조하였다. 다양한 촉매 분석 방법 및 생성물 분석 방법을 활용하여 촉매 특성을 이해하고 최적 촉매를 탐색하고자 한다.

휘발성 지방산 플랫폼을 이용한 연료 및 화학 제품 생산을 위한 최적의 설계:
상부 구조 기반 접근법

딕슨 로피스, 니아즈 하이더, 유준
부경대학교 화학공학과

Optimal design for fuel and chemical production using volatile fatty acid
platform: A superstructure-based approach

Rofice Dickson, Haider Niaz, Jay Liu
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

A novel superstructure is developed that uses volatile fatty acid platform (anaerobic digestion) to produce mixed alcohols and mixed acids from macroalgae *Saccharina Japonica*. The main objective of this study is to determine the optimal design of biorefinery from the given superstructure by maximizing the net present value as well as minimizing the environmental impact of biorefinery by the integration of carbon dioxide utilizing- and wastewater treatment- technologies. Microalgae production processes as well as comprehensive wastewater treatment networks are integrated into the process synthesis framework to improve the environmental performance of the manufacturing process. Based on the superstructure, techno-economic mixed integer non-linear programming model was formulated. The results indicated that biofuel production from macroalgae is economically viable, at a minimum ethanol selling price of \$1.18/gal. Furthermore, the optimal design has achieved a 90% reduction in carbon dioxide emissions.

Investigate pyrolysis characteristics and kinetics of α -cellulose under effect of loaded alkali and alkaline earth metals

Manh Linh Le¹, Seung-Soo Kim^{1*} and Jinsoo Kim²

¹Kangwon National University, ²Kyung Hee University

Pyrolysis of lignocellulosic biomass under effect of loaded alkali and alkaline earth metals (AAEM) have been reported by Feng et al. [1]. In structure of lignocellulosic biomass, apart from main components including hemicellulose, cellulose, and lignin. There is a small amount of inorganic materials such as potassium and calcium according to a study by Lenga et al. [2].

The primary purpose of this study is to examine the effects of AAEM on pyrolysis characteristics and kinetics of α -cellulose, which has not been profoundly investigated. In order to investigate pyrolysis characteristics and kinetics of α -cellulose loaded with AAEM, thermogravimetric analyzer (TGA) and micro-tubing reactor were mainly employed. The decomposition of α -cellulose, which mainly occurred within 270 °C and 420 °C at different heating rates (5, 10, 15, 20 °C/min), calculated apparent activation energy ranging from 167.36 kJ/mol to 331.88 kJ/mol at the conversion of 5–95%. Those of apparent activation energy range of α -cellulose was lowered by adding potassium and calcium on α -cellulose with different weight loadings (0.1 wt% and 0.2 wt%). After series of pyrolysis experiments in micro-tubing reactor, it was found that the activation energy calculated by product distribution was in correlation with the data obtained from TGA. The reaction rate constant of pathway from α -cellulose to liquid showed the highest value (0.0796–0.1223 min⁻¹) compared with that of pathway from α -cellulose to gas (0.0265–0.0362 min⁻¹) and that of pathway from liquid to gas (0.82×10^{-13} – 7.24×10^{-13} min⁻¹). AAEM loading on α -cellulose did not change this reaction mechanism, however, the reaction rate constants were higher than that of α -cellulose.

References

1. Feng, D., Zhang, Y., Zhao, Y., Sun, S., "Catalytic effects of ion-exchangeable K⁺ and Ca²⁺ on rice husk pyrolysis behavior and its gas-liquid-solid product properties", Energy, 152(1), 166–177 (2018).
2. Lenga, E., Costab, M., Gongga, Xun., Zheng, A., Liuc, S., Xua, M., "Effects of KCl and CaCl₂ on the evolution of anhydro sugars in reaction intermediates during cellulose fast pyrolysis", Fuel, 251 (1), 307–315 (2019).

다중 공급 2 차 및 3 세대 바이오 에탄올 공급망을위한 최적화 설계 -
대한민국의 물류 사례

아민 자레이, 유준

부경대 학교 부산 광역시

OPTIMIZATION DESIGN FOR MULTI-FEEDSTOCK SECOND AND
THIRD GENERATION BIOETHANOL SUPPLY CHAIN – A LOGISTIC
CASE IN SOUTH KOREA

Amin Zarei, Jay Liu*

Pukyong National University, Busan, South Korea

Concerns with the rapid depletion of natural resources, oil crisis and greenhouse effects have spurred interests in the development of biofuel industry. The first-generation biofuels which are made from edible feedstock such as corn and soybean have now reached an economic level of production. However, biofuel production from these resources has resulted in a series of problems like subsequent surge in food prices and competition for arable land. To overcome such problems, researchers have focused their efforts on fuel production from non-edible energy crops. Using second generation second-generation biofuels obtained from cellulosic and third generation biofuels made from marine biomass (microalgae and macroalgae) is the one solution of this issue.

Thus, in this study we developed a mixed integer linear programming (MILP) model for strategic planning of biofuel supply chain network, based on second and third generation, from feedstock fields to end users that considers resource limitation, demand constraints, and technology over a long-term planning horizon. The total objective function of this model is minimizing the total annual cost of proposed supply chain by determining feasibility, size and distance of facilities in all aspects including upstream (harvesting, pre-processing and storage), midstream (biorefinery) and downstream (distribution to consumer). An application case study on Korea, confirms that the proposed model is suitable for decision making to find the optimum method to meet the biofuel demand.

Saccharina japonica의 열수액화를 이용한 수소생산 공정설계 및 경제성

니아즈 하이더, 유준
부경대학교 화학공학과

Process design and economics of Hydrogen production through hydrothermal liquefaction of Saccharina japonica

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

Our study provides a techno-economic feasibility study for the industrial scale process design for H₂ production via HTL using Aspen Plus V10 process simulator. The goal of simulation study was to evaluate various industrial scale design cases in quest of minimum hydrogen selling price (MHSP). Design cases were built to minimize the natural gas utilization and to enhance maximum heat integration. Base case design with external utilities, Case 1: Combined heat, power and hydrogen production (CHHP), Case 2: modified by using fraction of HTL product for combustion were introduced. Hot oil system was introduced in the Case 1 and Case 2 as an effective element for reducing the natural gas consumption. Combined heat, hydrogen and power production (CHHP) was simulated using 480,000 kg/yr., of dry Saccharina japonica. Economical study revealed that the Case 1 showed the lowest H₂ price of 2.97 \$/kg with an hourly production of 6659 kg/hr of H₂.

고기 종류에 따른 미세먼지 및 악취 발생 특성과 상관관계

유승열¹, 양우영¹, 이진영¹, 오혁진¹, 이태호², 류희욱^{1*}¹승실대학교 화학공학과, ²승실대학교 융합연구원

The characteristics and Correlation of odor and fine dust from grilling meat by meat type

Seung Yeol Yu¹, Woo Young Yang¹, Jin Young Lee¹, Hyuk Jin Oh¹, Tae Ho Lee²,and Hee wook Ryu^{1*}¹승실대학교 화학공학과, ²승실대학교 융합연구원

2013년 기준으로 생물성연소 배출원별 초미세먼지 배출현황 중 고기구이 음식점이 차지하는 비율이 전국적으로 약 3.1 %, 수도권은 8.8 %를 차지한다.¹ 또한 2012년 기준 생활악취배출시설 악취 민원 중 음식점이 26 %를 차지하였다. 따라서 악취 및 미세먼지 배출을 저감하는 최적의 조건을 실험을 통하여 찾고자 하였다. 이에 고기종류(삼겹살, 돼지목살, 양갈비, 소등심)에 따른 고기구이 시 발생하는 미세먼지 및 악취 발생 특성에 대해 알아보았다. 미세먼지는 Grimm사의 입자분포분석기를 이용하여 분석하였으며, 악취의 경우 공정시험법에 의거하여 분석하였다. 불은 숯불(열탄)로 고정하였고 불판 역시 같은 종류의 불판으로 고기를 구웠으며 고기 굽기 정도는 먹을 수 있을 정도로 구웠다. 고기구이 시간은 불판에 남아있는 유적의 영향도 포함시키기 위해 구이 시간은 10분으로 고정하였다.

삼겹살의 경우에는 PM10, PM2.5, PM1.0 기준으로 평균값이 각각 1,562 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,427 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 707 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 초미세먼지 비중은 약 91 %를 나타냈다. 돼지목살은 이에 비해 미세먼지농도가 1/2 수준으로 낮게 측정되었다. 소등심의 경우에는 PM10, PM2.5, PM1.0 기준으로 평균값이 각각 1,438 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,254 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 482 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며, 초미세먼지 비중은 약 87 %를 보였다. 양갈비의 경우에는 PM10, PM2.5, PM1.0 기준으로 평균값이 각각 1,403 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,310 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 758 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며, 초미세먼지 비중은 약 93 %를 보였다. 복합악취의 경우 양갈비는 2080배, 목살은 1442배, 소등심은 1000배, 삼겹살은 300배순으로 나타났으며, 양고기의 경우에 주요 발생 악취물질농도는 암모니아가 781 ppb 수준으로 가장 높게 검출되었으며 뷰티르알데히드, 프로피온알데히드, 발레르알데히드 등 알데히드류가 높게 검출되었다. 결과적으로 악취가 심한 양갈비의 경우가 초미세먼지 비율도 가장 높았으며 상대적으로 기름이 적은 고기 종류에서 전체 미세먼지 배출량이 적게 나온걸 알 수 있었다.

참고문헌

1. 국립환경과학원, CAPSS 배출량
2. 2010년도 서울시 대기 중 PM2.5의 성분특성 및 발생원 추정에 관한 연구, 문광주 외, 2010, 한국대기환경학회

감사의 글

본 연구는 환경부의 환경정책기반공공기술개발사업(2017000700002)의 지원에 의해 수행되었습니다.

시멘트 소성로에서 DC Plasma Torch를 이용한 SF₆ 및 HFCs 가스 분해 기술 개발

이규항, 김태욱, 김필중, 이수민, 손병구*

철원플라즈마산업기술연구원

Development of SF₆ and HFCs gases decomposition using DC plasma Torch in cement kiln

Kyu Hang Lee, Tae Wook Kim, Pil Jung Kim, Soo Min Lee and Byung Koo Son*

Cheorwon Plasma Research Institute

대기 중 온실가스(greenhouse gases) 농도로 인한 지구온난화(global warming)는 홍수, 사막화, 해수면 상승 등의 기상이변과 그로 인한 사회적 손실을 초래하고 있다. 우리나라는 신기후체제에 따라 2015년에 2030년 온실가스 배출량 전망치(BAU)를 감축하는 목표를 유엔에 제출하였으며, 2018년 7월 “2030 국가 온실가스 감축 로드맵”을 수정하여 국내 감축 목표를 25.7%에서 32.5%로 상향 조정하였다. 특히 온실가스 중 SF₆ 및 HFCs 가스는 반도체 제조공정, 충전기기 및 냉매에 사용되고 있으나, 대기중에서 매우 안정적이며 체류시간이 길기 때문에 대기의 배출을 억제하여야 한다. 본 연구는 시멘트 소성로 내에서 DC 플라즈마 토치 3개의 열원과 시멘트 소성로의 열원을 활용하여 SF₆ 및 HFCs 가스 분해를 진행하였다. 토치의 입력전력은 각각 20kW와 30kW로 고정하여 진행하였으며, 플라즈마 방전 가스는 질소 가스 100 liter/min를 사용하였다. SF₆ 및 HFCs 가스는 각각 30kg/hr로 투입 하였으며, 가스분석은 시멘트 소성로 마지막 위치에서 시료를 채취하여 자외선가시선분광법(UV-Visible Spectrophotometer), 푸리에변환적외선 분광법(FT-IR), 침전적정법(precipitation titration method) 분석을 진행하였다. 가스 분석결과 토치 입력 전력 20kW와 30kW에서 HF, SF₆, HFCs, PFCs, NF₃, N₂O 가스는 검출되지 않았으며, SO_x, NO_x는 기준치 이내에서 미량 검출 되었다.

Acknowledgments

This project is supported by the “ R&D Center for reduction of Non-CO2 Greenhouse gases (201700243004)” funded by Korea Ministry of Environment(MOE) as “Global Top Environment R&D Program”

참고문헌

1. Tsai, W. T., “Environmental hazards and health risk of common liquid perfluoro-n-alkanes, potent greenhouse gases,” *Environment International*, 35(2), 418-424 (2009).
2. Takeshi, T. et al., “ Metal phosphate and fluoride catalysts active for hydrolysis of NF₃,” *Catalysis Communications*, 11(3), 147-150 (2009).
3. Chang, M. B., and Chang, J. S., “ Abatement of PFCs from semiconductor manufacturing processes by nonthermal plasma technologies,” *Ind. Eng. Chem. Res.*, 42, 4101-4109 (2006)

Saccharina japonica의 열수액화를 이용한 수소생산 공정설계 및 경제성

니아즈 하이더, 유준
부경대학교 화학공학과

Process design and economics of Hydrogen production through hydrothermal liquefaction of Saccharina japonica

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

Our study provides a techno-economic feasibility study for the industrial scale process design for H₂ production via HTL using Aspen Plus V10 process simulator. The goal of simulation study was to evaluate various industrial scale design cases in quest of minimum hydrogen selling price (MHSP). Design cases were built to minimize the natural gas utilization and to enhance maximum heat integration. Base case design with external utilities, Case 1: Combined heat, power and hydrogen production (CHHP), Case 2: modified by using fraction of HTL product for combustion were introduced. Hot oil system was introduced in the Case 1 and Case 2 as an effective element for reducing the natural gas consumption. Combined heat, hydrogen and power production (CHHP) was simulated using 480,000 kg/yr., of dry Saccharina japonica. Economical study revealed that the Case 1 showed the lowest H₂ price of 2.97 \$/kg with an hourly production of 6659 kg/hr of H₂.

Electrolyte-NRTL식을 이용한 MEA, AMP 및 혼합수용액에 대한 이산화탄소 용해도 모형개발

최봉근¹, 이종섭², 신헌용³, 민병무^{2,4*}, 문종호^{1*}
 (bmmmin@kier.re.kr, moonjongho@chungbuk.ac.kr)

¹충북대학교, ²한국에너지기술연구원, ³서울과학기술대학교, ⁴에너토피아

Modeling of CO₂ Solubility in Aqueous Solutions of MEA and AMP mixtures Using Electrolyte-NRTL Equation

Bong-Keun Choi¹, Jong-Seop Lee¹, Hun Yong Shin², Byoung-Moo Min^{2,4*}, Jong-Ho Moon^{1*}
 (bmmmin@kier.re.kr, moonjongho@chungbuk.ac.kr)

¹Chungbuk National University, ²Korea Institute of Energy Research, ³Seoul National University of Science & Technology, ⁴Enertopia

The removal of acid gases from exhausted flue gas continues to be of considerable interest in not only petrochemical industries but also other industries. Four kinds of alkanolamines has been used for CO₂ absorption processes: primary (MEA), secondary (DIPA), tertiary (MDEA), steric hindrance (AMP) amines and their binary mixtures (blended amines). Among them, MEA (monoethanolamine) has been widely applied to gas sweetening processes because of high reactivity and low cost. Recently, AMP (2-amino-2-methyl-1-propanol) are utilized as a stable amine for high CO₂ absorption capacity. In this study, equilibrium solubility characteristics of CO₂ in MEA, AMP and their mixtures were evaluated by using newly obtained experimental data and thermodynamic models. To consider the non-ideality, equilibrium constants and binary parameters of activity coefficients have been regressed from experimental data. The Electrolyte-NRTL model, activity coefficient model, are used to estimate interaction between solute species in the liquid phase. Calculation of solubility and optimizations (parameter regression) were executed by using MATLAB[®] 2019a version.

References

1. Deshmukh, R. D., Mather, A. E., "A Mathematical Model for Equilibrium Solubility of Hydrogen Sulfide and Carbon Dioxide in Aqueous Alkanolamine Solutions," *Chemical Engineering Science*, 36, 355-362 (1981).
2. Austgen, D. M., Rochelle, G. j., Chen, C., "Model of Vapor-Liquid Equilibria for Aqueous Acid Gas-Alkanolamine Systems. 2.Representation of H₂S and CO₂ Solubility in Aqueous MDEA and CO₂ Solubility in Aqueous Mixtures of MDEA with MEA or DEA," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **30(3)**, 543-555 (1991).
3. Haji-Sulaiman, M. Z., Aroua, M. K., Benamor, A., "Analysis of Equilibrium Data of CO₂ in Aqueous Solutions of Diethanolamine (DEA), Methyldiethanolamine (MDEA) and Their Mixtures Using the Modified Kent Eisenberg Model," *Chemical Engineering Research and Design*, 76(8), 961-968 (1998).
4. Kim, H., Hwang, S. J., Lee, K. S., "Novel Shortcut Estimation Method for Regeneration Energy of Amine Solvents in an Absorption-Based Carbon Capture Process," *Environ. Sci. Technol*, **49**, 1478-1485 (2015).

WO_x-ZrO₂ 촉매와 과산화수소를 이용한 선박용 경유의 산화 탈황

오현우, 윤인배, 우희철*

부경대학교 화학공학과

Oxidative Desulfurization of Marine Diesel Using WO_x-ZrO₂ Catalysts and Hydrogen Peroxide

Hyeonwoo Oh, In Bae Yoon, Hee Chul Woo*

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

연료유로부터 운송 수단의 연소를 통해 배출되는 물질들 중, 황산화물(SO_x)은 대표적인 환경 오염물질로 산성비와 대기오염을 일으키는 물질이다. 최근 국제해사기구에서는 선박 운행 시 발생하는 고농도의 황산화물의 배출로 인한 환경오염을 줄이기 위해 선박 연료유의 황 함유량에 대한 규제를 발표 하였다. 이에 2020년 이후에는 모든 해역에서 현재 황 함유량 기준치인 3.5 wt% 이하 대신 0.5 wt% 이하의 선박 연료유만 허용되며[1], 이 규제에 대응하기 위해서는 선박 연료유에 포함된 다량의 황화합물을 제거하기 위한 기술 및 공정 개발이 필요하다. 즉, 기존의 고농도 탈황에 사용되는 수침탈황(hydrodesulfurization)공정으로는 고도의 저유황 연료유를 생산하는데 한계가 있으므로 이를 보완하고자 산화탈황(oxidative desulfurization)공정이 하나의 제안으로 제시되고 있다. 산화탈황공정은 낮은 온도와 압력 하에서 수행 가능하다는 장점이 있으며[2], 산화제로 주로 쓰이는 과산화수소(hydrogen peroxide)는 반응 후 물만 생성되기 때문에 친환경적인 산화제로 여겨진다.

본 연구에서는 상업적으로 유통되는 황 농도 약 180 ppmw의 선박용 경유를 선택하여 산화 탈황반응을 수행하였다. 다양한 W/Zr 비와 소성온도에 따라 WO_x-ZrO₂ 촉매를 공침법(co-precipitation method)을 이용하여 제조하였다. 제조한 촉매와 30% 과산화수소를 이용한 산화반응을 통해 황화합물을 산화하였으며, 산화된 황화합물은 아세토니트릴(acetonitrile)을 추출용매로 사용하여 제거하였다. 촉매의 성능은 산화탈황반응 후 선박용 경유의 황 감소율을 기준으로 비교하였으며, 다양한 반응 조건(촉매량, 반응 온도, 반응 시간 등)에 따른 촉매 성능에 대해 토의하고자 한다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Kim, A. R. and Seo, Y.-J., "The reduction of SO_x emissions in the shipping industry: The case of Korean companies," *Mar. Policy*, **100**, 98-106 (2019).
2. Kim, H., Jeong, K.-E., Jeong, S.-Y., Park, Y.-K. and Jeon, J.-K., "Decomposition of dibenzothiophene sulfone over KF/MgO catalysts," *Clean Technol.*, **16**(1), 12-18 (2010).

진공 증류를 이용한 캐슈넛껍질액으로 부터 카다놀 분리 연구

이성찬, 안희주, 강경수, 우희철*
부경대학교 화학공학과

Study of Cardanol separation from Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) Using Vacuum Distillation

Seong Chan Lee, In Bae Yoon, Hee Chul Woo*
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

비식용 식물유인 캐슈넛껍질액(cashew nut shell liquid, CNSL)은 친환경 자원으로 기존의 석유에서 얻어지는 폴리를 대체 할 수 있는 기초물질로 사용 가능하다. CNSL에 포함된 카다놀(cardanol)은 페놀기와 이중결합이 1~3개 포함된 탄소 15개의 긴 사슬을 곁가지로 가지고 있어 다양한 폴라올 제조 원료로 사용되며, 그 밖에도 cardanol은 항균 및 항산화 기능도 있어 다양한 분야에서 연구되고 있다[1]. 본 연구에서는 CNSL에 포함된 cardanol을 진공증류 방법으로 분리하였고, 최적의 증류 조건을 찾기 위하여 반응표면분석법을 적용하여 확인 하였다.

본 실험에서는 CNSL을 분리 정제하기 위하여 진공 증류를 진행하였고, 실험 변수로 증류 온도 및 압력으로 하여 실험을 진행 하였다. 진공 증류는 진공 증류 탑(10단)을 이용하여 진행하였고, 반응표면 분석을 위해 반응 조건은 온도 180~200 °C, 압력 0.3~0.5 torr 범위로 설계하여 진행 하였다. 회수 된 오일의 cardanol 분석은 SUPERSIL column과 UV-Vis 검출기가 장착된 HPLC로 진행하였다. 실험 결과, 반응 온도 및 진공도가 증가 할수록 cardanol의 순도는 약 2~10% 감소하는 경향을 보였고, 반면에 오일의 회수율은 9~26%로 증가하였다. 반응 표면 분석 결과 cardanol의 최대 회수율은 온도 207 °C, 압력 0.28 torr에서 약 74 %로 인 것을 확인 하였다. 본 실험 결과를 통하여 cardanol의 순도에 따라 증류 조건을 달리 적용하는 것이 보다 높은 효율로 생산 가능성을 확인 하였다. 향후 계획으로 연속식으로 했을 경우 원료의 유속에 따라 정제된 오일의 cardanol의 순도 및 오일 회수율에 어떤 영향을 미치는지 확인 할 예정이다.

감사의 글

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

참고문헌

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

다공질 실리카 분말을 활용한 염료 흡착 및 수처리 공정 응용

한민호¹, 조영상^{1*}

¹한국산업기술대학교 생명화학공학과

Application of Porous silica Particles for Waste Water Treatment by Adsorption Process

Minho Han¹ and Young-Sang Cho^{1*}

¹Dept. Chem. Eng. & Biotech., Korea Polytechnic University

시화 반월 공단 등 국내외 염색 단지에서 발생하는 염색 폐수에는 다양한 종류의 유기 염료가 오염물로 포함되어 있으며, 미량의 염료가 나타내는 색상 때문에 대부분의 오염물이 제거된 경우에도 공업용수 및 생활용수로 활용하는 것이 매우 어려운 상황이다. 따라서 유기 염료를 효율적으로 제거하는 기술의 개발이 중요한데, 기존에 개발된 부상 공정, 전기 분해 공정 등은 전해조와 같은 설비가 요구되므로 초기 투자가 필요한 방법이라 할 수 있다. 그밖에 광촉매를 활용한 분해 공정을 고려할 수 있으나, 염료의 제거에 소요되는 공정 시간이 길고 자외선 조사를 위한 에너지 비용이 크다는 단점이 있다[1, 2].

본 학술 발표에서는 경제적인 원료인 물유리를 전구체 물질로 활용하여 다공질 실리카 분말을 합성하고, 이를 활용한 염료 흡착을 통해 수처리 공정에 적용하는 연구 결과를 발표하고자 한다. 에멀전 액적 내부에서 물유리 정제액의 자기 조립을 통한 마이크로미터 크기의 다공질 실리카 분말을 합성할 수 있었으며, 그 형상을 제어할 수 있는 합성 조건을 규명하였다. 아울러 메틸렌블루 및 로다민 B와 같은 염료 제거를 위한 흡착 공정을 수행하였으며, 수분 내에 미량의 염료를 거의 대부분 제거할 수 있음을 확인하였다. 아울러 흡착 공정의 염료 제거 반응에 대한 반응 차수 계산을 통해 사용되는 흡착제 분말의 종류와 형상에 따라 반응 차수가 변화됨을 확인하였다.

참고문헌

1. Roh, S. H., Kim, J. K., and Cho, Y.-S., "Synthesis of Macroporous TiO₂ Microparticles for Anti-Bactericidal Application", Kor. Chem. Eng. Res., **56**(4), 524-535 (2018).
2. Cho, Y.-S., and Roh, S. H., "Sol-gel Synthesis of Porous Titania Fibers by Electro-spinning for Water Purification", J. Dispers. Sci. Technol., **39**(1), 33-44 (2018).

감사: 본 연구는 한국연구재단 신진연구지원사업(NRF2017R1C1B5017174), 중점연구소사업(NRF-2017R1A6A1A03015562) 및 산업통상자원부 산업기술핵심사업의 연구비 지원(과제번호: 10077545)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

암모니아 분해 기반 CO₂ 배출 없는 수소 생산 관련 경제적 타당성 평가

이보름, 허주현, 이현준, 변만희, 김희향, 김아연, 임한권*
울산과학기술원

Economic feasibility analysis for CO_x-free hydrogen production through ammonia decomposition

Boreum Lee, Juheon Heo, Hyunjun Lee, Manhee Byun, Heehyang Kim, A Yeon Kim, Hankwon Lim*
School of Energy and Chemical Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology,
50 UNIST-gil, Eonyang-eup, Ulsu-gun, Ulsan 44919, Republic of Korea

With significant concerns about global warming worldwide, CO₂, which is one of greenhouse gases, has received a lot of attention due to the major contributor to global warming. In particular, about 80% of the anthropogenic greenhouse gas emissions are from CO₂ according to a report released by Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). In this context, Korea government has been trying to reduce greenhouse gases by releasing 'Renewable energy 3020 plan', which includes the goal of an increase in the use of renewable energy to 20% by 2030 and 'H₂ economy activation roadmap', which aims to accelerate H₂ economy in Korea. Especially, H₂ has been regarded as a viable alternative to conventional fuels like coal, oil, to name a few because of no CO₂ emission during a combustion. In this study, ammonia decomposition is introduced as a CO_x-free H₂ production from renewables such as solar photovoltaic, wind power, etc. In addition, economic feasibility analysis for this technology is performed by using various economic analysis methods like itemized cost estimation, sensitivity analysis, and profitability analysis using a cash flow diagram to make this technology economically competitive compared to other conventional ones .

Highly Stable and Fine-Textured Hybrid Microspheres for Entrapment of Cosmetic Active Ingredients

Ee Taek Hwang^{1*}

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

This study details the preparation and application of supramolecular host-guest inclusion complexes entrapping biomineralized microspheres for long-term storage and their pH-responsive behavior. The microspheres were assembled using a CaCO₃ synthesis process coupled with tetrahydrocurcumin-cyclodextrin (THC-CD) inclusion complexes, forming fine-textured and mechanically stable hybrid materials. The products were successfully characterized using scanning electron microscopy (SEM), energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy, X-ray diffraction (XRD), and particle size analysis (PSA). Various parameters such as the Brunauer-Emmett-Teller (BET) surface area, single point total pore volume, and pore size via adsorption/desorption analysis were also determined. The obtained THC-entrapped hybrid microspheres contained as high as 20% THC loading, and were very stable, preserving 90% of the initial concentration over four weeks of storage at different temperatures, largely limiting THC leaching, and indicating high stability in a physiological environment. In addition, the pH-responsive release of THC from the hybrid microspheres was observed, showing potential uses for application to the weakly acidic skin surface. To our knowledge, this is the first demonstration of anti-aging cosmetic formulation technology using biomineralization based on the co-synthesis of CaCO₃ and CD-THC complexes.

바이오디젤 제조 공정에서 발생하는 VOCs 및 악취 제거를 위한 촉매식 산화법 검토

김기왕, 신동일, 김동우, 유지선, 박준우, 박광희
(주)에코프로

Review catalytic oxidation method for VOCs and odor generated from the biodiesel manufacturing process

(10 point double spacing)

Ki-Wang KIM, Dong-Il SHIN, Dong-WOO KIM, Ji-Seon YOU, Jun-Woo PARK, Kwang-Hee PARK
ECOPRO Co., Ltd.

바이오디젤 제조공정에서 발생하는 VOCs(휘발성 유기 화합물) 및 악취에 대하여 저감을 하기 위하여 촉매식 산화법에 대하여 검토 진행하였다.

바이오디젤 제조에 사용되는 원재료는 폐식용유, 폐유 등과 황산(H_2SO_4)를 주로 사용한다. 이 때 다양한 VOCs가 발생되며 특히 쓰레기매립장에서 발생하는 악취와 유사한 악취가 발생된다. 발생하는 가스에 대하여 GC_MASS 분석을 실시한 결과 Toluene, n-Octane, n-Hexanal 등이 주요 성분으로 검출되었으며 THC 분석기로 농도를 측정한 결과 1,000ppm 이상의 고 농도로 VOCs가 함유된 가스가 배출됨을 확인하였다.

현재 VOCs 및 악취를 제거하는 방법으로는 활성탄흡착탑이 사용되고 있다. 활성탄흡착탑이 다른 대기오염방지시설보다 운영비가 저렴하다는 장점이 있지만 발생농도에 따라 잦은 교체비용 및 교체에 따른 여유설비가 있어야 한다는 점 추가적으로 가스상 외 액체상의 유기성분들이 유입되었을 경우 악취제거에 효율성이 없다는 단점이 있다. 촉매식산화법은 초기투자시설비 및 운전비가 기타 대기오염방지시설비보다 비싸다는 단점이 존재하지만 VOCs 및 악취제거에 탁월한 효과가 존재하며 장기간 연속운전이 가능하다는 장점이 존재한다. 이에 촉매식산화법을 검토하였다.

특허 분석을 통한 국가 및 기술 분야별 계면활성제 개발 동향 연구

안희경¹

¹한국생산기술연구원

Study on Development trends of Surfactants by country and technical sector through Patent Analysis

Heekyung An¹

¹Korea Institute of Industrial Technology

계면활성제는 한 분자 내 친수성과 소수성 부분을 가지고 있어 섞이지 않는 두 상의 경계면에 흡착하여 계면을 활성화시킴으로써 다양한 물성을 나타낸다[1]. 계면활성제의 상용화는 19세기 후반 독일 BASF사가 알킬나프탈린술폰산을 대량 생산한 이래 급속히 확산되었으며, 세제뿐만 아니라, 건축, 토목, 섬유, 제지, 펄프, 농약, 의약, 페인트, 인쇄, 피혁, 금속, 화장품, 식품, 전기전자, 환경 등 다양한 산업분야에 이용되고 있다. 계면활성제는 친수성 부분의 이온성 여부에 따라 이온성과 비이온성으로 구분하며, 이온성 계면활성제는 음이온, 양이온, 양쪽성으로 구분한다. 음이온 계면활성제는 세정력과 기포력이 우수하여 세제용으로 이용되며, 양이온 계면활성제는 헤어케어용 화장품, 섬유, 금속산업 등에 이용된다. 비이온 계면활성제는 기초화장품 유휴제로 사용되며, 양쪽성 계면활성제는 저자극성의 베이비 샴푸 제조에 많이 이용된다[2]. 본 연구에서는 이들 4가지 계면활성제에 관한 특허 기술을 분석하였으며, 이를 통해 각 분야별 계면활성제 생산기술 동향을 파악하였다. 특허 분석은 특허청 정보 사이트를 활용하여 추출한 출원 특허 데이터를 기반으로 실시하였다. 1978년에서 2019년까지 미국, 유럽, 일본, 한국 4개 국가에서 출원된 계면활성제 관련 기술은 합계 3,105개로, 1995년 이후부터 급속도로 증가하다가 2016년도를 기점으로 점차 감소 추세를 보였다. 이는 기존 계면활성제 기술이 이미 성숙단계에 이른 것을 의미한다. 향후 계면활성제 분야는 기존의 석유 유래 물질 개발을 지양하고, 더욱 강화되고 있는 환경 규제와 소비 성향에 부합하는 천연 유래 물질 개발에 주력해야 할 것이다.

〈 국가 및 기술분야별 계면활성제 특허 기술 출원 현황 (1978년~2019년) 〉

분야	유럽	일본	한국	미국	총합계
비이온 계면활성제	179	177	107	381	844
양이온 계면활성제	268	149	106	380	903
양쪽성 계면활성제	100	47	27	166	340
음이온 계면활성제	293	176	102	447	1,018
총합계	840	549	342	1,374	3,105

참고문헌

1. Gyeongyup, C., and Jongchoo, L., "Study on the Surface Activity of Rhamnolipid and Function of RL in Liquid Detergent," Appl.Chem.Eng., 29(6), 753-758 (2018)
2. Hyungwon, K., "Manufacturing and Application of Natural Surfactants for Cosmetics," Journal of Adhesion and Interface, 14(4), 197-211 (2013)

수질오염 사전예방을 위한 생분해성 계면활성제 생산기술 분석

안희경¹

¹한국생산기술연구원

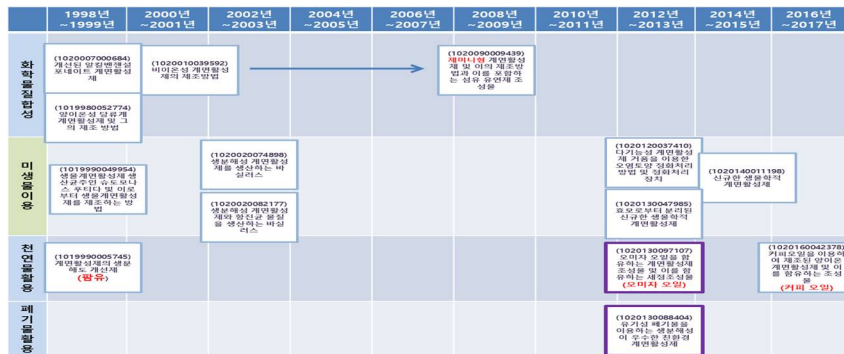
Analysis of Technology for Manufacturing Biodegradable Surfactants to prevent water pollution

Heekyung An¹

¹Korea Institute of Industrial Technology

우리나라는 물환경관리법시행규칙 제3조에 의거, 수질오염물질 58종을 지정하여 공공수역 오염 피해를 사전 예방하기 위해 노력해왔다. 이들 수질오염물질 가운데, 세제류는 급성 독성에 따른 피해 우려는 적으나, 국민들의 일상생활을 통해 대량 배출되는 이유로 적절한 수처리와 함께 청정기술 대책이 필요한 물질이다. 특히 음이온 계면활성제는 거품 발생을 통해 수표면에 피막을 형성함으로써 태양광과 산소공급을 차단하여 수생태계 파괴와 하천오염을 유발한다[1][2]. 이들 세제류에 의한 오염을 예방하기 위해서는 계면활성제의 생분해도를 개선하는 청정기술 개발이 시급하나, 국내 생분해 계면활성제 특허 기술은 전체 계면활성제 기술 대비 4%에 불과하다. 본 연구에서는 특허 기술의 심층 분석을 통해 생분해성 계면활성제 소재 개발 방향을 제시하고자 한다. 계면활성제의 생분해도 개선 기술은 기존 화학물질 합성 및 개선, 미생물을 활용한 신물질 생산, 천연물을 활용한 생분해도 개선, 폐유 활용을 통한 신제품 개발의 네 가지 방법 별로 구분하였으며, 각 생산기술, 시험 방법을 분석하였다.

〈 국내 생분해성 계면활성제 기술 동향 (1998년~2016년) 〉



참고문헌

1. Dnnan, Y., Seonhui, J., and Jongchoo, L., "Synthesis of Amino Acid-based Anionic Surfactants from Coconut Oil and Characterization of Interfacial Properties," Appl.Chem.Eng., 29(5), 524-532 (2018)
2. Ewa, O., Zaneta, P., and Jacek N., "Analytical Procedures for the Determination of Surfactants in Environmental samples," Talanta, 88, 1-13(2012)

매립장 유래 미세플라스틱 관리방안 연구

지민규^{1*}

한국환경정책·평가연구원

A study on management of micro-plastics from landfill

Min-Kyu Ji^{1*}¹Korea Environment Institute

국내·외 미세플라스틱의 발생영향 및 환경적 영향에 대한 연구는 해양 위주로 진행되어 왔으며, 최근 담수 수계와 연계하여 음용수, 하천 내 검출현황과 생태계에 미치는 영향(생태독성, 성장 등)을 중심으로 초기 연구가 수행되고 있다. 미세플라스틱은 polyethylene(PE), polypropylene(PP) 등의 재질로 분류되며, 다환방향족탄화수소(PAHs), 폴리염화비닐(PCBs) 및 미량유기유해 물질(노닐페놀 등)을 흡수하여 내분비계 교란 및 성장저하 등 생태계 내에서 부정적인 영향 가중시키는 것으로 보고되고 있다. 담수 수계의 미세플라스틱 배출은 강우에 의한 비점오염원(도로, 나대지 등) 및 점 오염원(하·폐수 처리시설)으로부터 기인한다. 현재까지 점오염의 발생원으로 공공하수처리시설 및 공공폐수처리장 방류수가 이슈화되고 있으나, 폐기물 매립장(생활폐기물 매립장 등)으로부터 발생하는 미세플라스틱의 중요성에 대해서는 크게 부각되지 않고 있다. 특히, 폐기물 매립장의 경우, 플라스틱이 장기간 분해 및 용출되어 침출수 내 고농도 형태로 상당량 존재하며, 폐수처리 공정 및 처리시설 관리방안(방류수 및 공정 발생 슬러지 처리 등)이 제대로 구축/수립되어 있지 않을 경우, 유해한 오염물질이 침착된 미세플라스틱이 환경에 노출/축적될 수 있다. 즉, 매립장은 최종 플라스틱 처리장이 아닌 잠재적인 미세플라스틱 유출경로이므로 이의 현황 및 문제점(개선점) 파악이 시급하다. 따라서 본 연구에서는 국·내외 폐기물 매립장 유래 미세플라스틱의 발생현황, 처리현황 및 관리동향을 조사하고, 이의 문제점 인식 및 개선방안 도출을 위한 기초연구를 진행하였다.

참고문헌

1. He, P., Chen, L., Shao, L., Zhang, H., and Lu, F., "Municipal solid waste (MSW) landfill: A source of microplastics? -Evidence of microplastics in landfill leachate," *Water Res.*, 159, 38-45 (2019).
2. Praagh, M., Hartman, C., Brandmyr, E., "Microplastics in Landfill Leachates in the Nordic Countries" Nordic Council of Ministers, pp. 1-5 (2018).
3. Jeong, D. -H., Ju, B., Lee, W., Chung, H., "A mini-review on discharge characteristics and management of microplastics in sewage treatment plants", *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, 32(4), 337-348 (2018).

한강유역의 수질변화 분석

지민규^{1*}

한국환경정책·평가연구원

Analysis of water quality change in Han River Basin

Min-Kyu Ji^{1*}

¹Korea Environment Institute

1990년대 이후 도시, 산업 등 관련 개발사업이 장기간 진행됨에 따라 수계로 유입되는 수질오염원(·폐수 등)의 종류와 발생량이 증가되었으며, 토지이용도의 변화로 인해 우수 유출패턴(비점오염증가 및 하천 유량 감소)도 바뀌게 되었다. 지속적인 개발로 인한 이러한 환경영향은 수계의 수질 및 수생태계의 변화에 직접적으로 영향을 미친다. 특히, 한강유역의 경우 대규모 도시, 산업단지, 축사 및 관광시설 등의 꾸준한 개발사업으로 인해 유역의 수환경 변화가 장기간에 걸쳐 변화되었을 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 한강유역의 수환경 변화를 조사하기 위해 (환경부)물환경정보시스템 내 수질측정망 및 생물측정망 측정·분석 데이터를 이용하여 1995년 이후부터 현재까지 하천현황 분석하였다. 수환경의 변화가 급격하게 변화된 특정지역에 대해서는 토지이용도의 시·공간적 변화분석을 통해 그 원인을 조사하였다. 이외, 조사·분석된 데이터를 이용하여 한강유역의 중권역별 목표수질 기준과의 부합성에 대해서도 확인하였다. 본 연구는 한강유역의 장기간 수환경 패턴변화를 조사하여 향후 유역 물관리에 있어 의의가 있는 자료로 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. <http://water.nier.go.kr/main/mainContent.do>(물환경정보시스템)

파일럿급 순환유동층 연소시험장치를 활용한 우드펠릿 혼소 특성연구

박경일^{1*}, 이종민¹, 김동원¹, 박병철¹, 이규화¹

¹한국전력공사 전력연구원

Characteristics of co-combustion of wood pellet and sub-bituminous coal in a pilot circulating fluidized bed combustor (CFBC)

Kyoungil Park^{1*}, Jong-Min Lee¹, Dong-Won Kim¹, Byeong-Cheol Park¹, and Gyu-Hwa Lee¹

¹KEPCO Research Institute

CFB combustion is an eco-friendly technology using a wide variety of low-grade coals, biomass, and waste fuels [1,2]. The operation temperature of a CFB boiler is lower than that of a pulverized coal (PC) boiler, more effectively co-firing high ratio of wood pellet. Co-firing high ratio of wood pellet with sub-bituminous coal was performed on a pilot circulating fluidized bed combustor (CFBC). In this study, combustibility and emission of pollutants were investigated to provide useful information for the attempt to co-fire in a commercial CFB boiler.

참고문헌

1. Lockwood, T., "Techno-Economic Analysis of PC Versus CFB Combustion Technology", CCC/226, IEA Clean Coal Centre (2013).
2. Basu, P., "Circulating Fluidized Bed Boilers - Design, Operation and Maintenance", Springer International Publishing Switzerland (2015).

시멘트 제조과정 발생하는 부산물의 자원화를 위한 유용자원 회수공정기술에 관한 연구

박병현*¹(grapeman77@hanmail.net), 조성현¹, 김해기¹, 이주열^{1,2}, 최진식^{1,2}

¹(주)에니텍 기술연구소, ²경희대학교 환경응용과학과

A Study on the Recovery Process Technology for the Resources of By-products in Cement Manufacturing Process

Byung Hyun Park*¹(grapeman77@hanmail.net), Seong Hyun Jo¹, Hae Gi Kim¹,

Ju Yeol Lee^{1,2}, Jin Sic Choi^{1,2}

¹Technology Insitute, ANYTECH Co., Ltd.

²Dept. of Applied Environmental Science, Kyung Hee University

과거에는 시멘트 공정 중 발생하는 킬른더스트가 대기 중으로 방출되어 환경오염의 주범이었으나, 현재는 집진기가 설치되어 대부분 포집되고 킬른에 재투입하여 사용하고 있다. 그러나 재투입되는 시멘트 킬른더스트는 미세입자로서 예열기 등 시멘트의 생산 공정을 반복 순환함으로써 시멘트의 생산 효율을 감소시킬 뿐만 아니라 킬른 및 예열기 내부에 코팅막을 형성하여 제조설비의 효율성을 저하시키는 원인으로 작용하기 때문에 생산라인에서 배출하여 효율적으로 재활용하는 방안이 필요하다. 이러한 시멘트 제조과정 중 발생하는 킬른더스트의 재이용을 위해서는 킬른더스트 중 포함되어 있는 유용자원을 회수하기 위해 수용액 형태로 전환한 후 고액분리의 공정이 필요하며, 이 과정에서 액체상의 부피를 최소화하고 동시에 고체상의 분리효율을 높일 수 있는 기술의 적용이 필수적이다. 이를 위해서 일반적으로 저에너지로 고액분리가 가능한 여과공정을 제안하며, 시멘트의 원재료와 연료에 포함되어 품질에 악영향을 끼치는 중금속 제거공정도 필수적이다. 광물의 자원화를 위한 저장 및 분리효율 향상에 관한 연구를 수행하고자 하였다.

본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업의 연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다. (과제번호: 20182010202100)

참고문헌

1. M. M. Abrams, W. M. Jarrell, Soil phosphorus as a potential nonpoint source for elevated stream phosphorus levels, J. Environ. Qual. 24, 132-138 (1995).
2. J. H. Al-Rifai, H. Khabbaz, A. I. Sch€afer, Removal of pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in a water recycling process using reverse osmosis systems, Sep. Purif. Technol. 77, 60-67 (2011).
3. APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WEF (Water Environment Federation), Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Water Works Association, Washington, DC. (1998).

팔라듐 복합 분리막을 이용한 PEMFC용 수소연료 생산에 관한 연구

도한영^{1,3}, 김창현^{2,3}, 한재윤^{2,3}, 이신근^{3*}

¹연세대학교 화공생명공학과, ²고려대학교 화공생명공학과,

³한국에너지기술연구원 에너지효율소재연구본부

수소는 에너지 밀도가 높아 향후 미래를 책임질 에너지원 중 하나로서 그 중요성이 부각되고 있다. 현재 세계 수소 생산 중 절반 수준인 48%가 천연가스에 의해 생산되고 있다. 천연가스를 이용하여 수소를 생산하는 steam methane reforming (SMR) 공정은 높은 수소회수율을 가진다. 또한, 수소경제시스템 구축에 필요한 수소연료 공급이 on-site, off-site 방식으로 나누어짐에 따라 수소연료를 공급하는 다양한 공정들을 기반으로 시스템이 구축되고 있고, 현지에 적합한 경제적인 공급방식을 추가적으로 연구하고 있다. 그리고 차량용 수소스테이션, 가정용 연료전지 등 광범위한 에너지 그리드를 구축하기 위하여 on-site 방식이 주로 적용되고 있으며 연료전지용 연료로 사용하기 위한 중소형급 수소생산 시설이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 중소형급 연료전지용 수소연료 공급을 위해 소규모 수소 생산 시스템 구성이 용이한 팔라듐 복합 분리막 기반 SMR 공정을 통해 저농도 CO를 포함한 수소를 생산하는 연구를 진행하였다. 분리막 반응기용 수소 분리막은 직경 1/2인치, 길이 45cm인 Inconel 600 소재의 튜브형 다공성 금속 지지체 위에 paste blowing coating 및 electroless plating을 통해 팔라듐 복합 분리막을 제조하였다. 제조된 팔라듐 분리막은 상용 루테늄 촉매와 함께 튜브형 반응기를 구성하여 SMR 반응을 진행하였다. SMR 반응은 GHSV=1,200 h⁻¹, S/C=6에서 반응온도를 450°C, 분리막 차압을 5 bar로 유지하고, 액체펌프를 통해 수증기를 공급하였으며, 원활한 수소배출을 위해 진공펌프를 적용하였다. 특히, 생성된 합성가스에서 이산화탄소 및 일산화탄소 농도를 저감시키는 methanation 반응을 촉진시키기 위해 Ni 촉매를 적용하였고, 적용 후 성능을 확인하기 위해 Ni 촉매 장입 전-후의 합성가스 조성을 분석하였다. 생성된 합성가스는 bubble flow meter를 통해 유량을 측정하고, gas chromatography를 통해 조성을 분석하였다. 그 결과, 450°C, 5 bar의 공정조건에서 일산화탄소가 0.0210%에서 0.0004%로 감소하였으며, 이산화탄소는 1.0560%에서 0.0028%로 감소되었다. 반면, 메탄은 1.3140%에서 2.2245%로 증가되었다. 이러한 결과는 SMR 반응의 생성물 중 일산화탄소와 이산화탄소가 수소투과층에 장입된 Ni 촉매에 의해 methanation 반응이 진행되었음을 나타내었다. 이에 따라 팔라듐 복합 분리막 개질기를 통해 생성된 합성가스의 조성은 일산화탄소 농도가 10 ppm이하로 저감되었으므로 PEMFC의 연료로 적합함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Balat H, Kirtay E. Hydrogen from biomass-present scenario and future prospects. *Int J Hydrogen Energy* 2010;35:7416-26.
2. Serban M, Lewis MA, Marshall CL, Doctor RD. Hydrogen production by direct contact pyrolysis of natural gas. *Energy Fuels* 203;217:705-13.
3. Veras TS, Mozer TS, Santos DCRM, Cesar AS. Hydrogen: trends, production and characterization of the main process worldwide. *Int J Hydrogen Energy* 2017;42:2018-33.

고압 분체주입 장치의 운전신뢰성 확보를 위한 장시간 성능 시험

권인구¹, 윤성필¹, 정석우¹, 정종선²

¹고등기술연구원, ²(주)씨인텍

Long time performance test for the operational reliability of high pressure powder feeding system

In-goo Kwon¹, Sung-pill Yun¹, Seok-Woo Chung¹, Jong-Sun Jung²

¹Institute for Advanced Engineering(IAE), ²Seintec Co., Ltd.

기존의 가스화플랜트 및 화학플랜트 등에서 고압 용기(반응기)에 분체를 투입하기 위해서는 록호퍼(Lock-hopper) 시스템을 이용하였다. 이 시스템의 구성은 연료를 저장하는 저장호퍼(Storage hopper)와 항상 고압 용기(반응기) 보다 높은 압력을 유지하는 공급호퍼(Feed hopper)가 있으며, 저장호퍼에 저장된 분체연료를 고압의 공급호퍼로 공급하기 위해서는 중간에 가압과 상압을 반복하는 록호퍼(Lock-hopper)로 구성되었다. 그리고 이러한 시스템을 작동하기 위해서는 고압의 가스를 이용할 수 있는 가압 및 감압 설비, 가스 vent 시 발생하는 분진의 여과를 위한 필터 시스템, 시스템의 제어를 위한 정압/차압 계측기 등의 다양한 설비의 연계가 필요하고 복잡하고 운전절차와 많은 설비 공간을 차지하며, 지속적으로 고압의 가스를 소모하며 운전을 진행해야 한다는 단점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 단점을 가지고 있는 록호퍼 시스템 대신 고압 용기(반응기)에 상압의 분체를 직접 주입할 수 있는 고압 분체 주입장치 개발을 진행하였는데, 제작한 시작품을 대상으로 상압의 분체를 가압 호퍼로 공급하는 장시간 성능시험을 통해 운전신뢰성을 확보하고자 하였다.

사사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20163010050070)

염기 촉매를 이용한 셀룰로오스와 선형 저밀도 폴리에틸렌 혼합열분해

류혜원¹, 김도희^{1*}

¹서울대학교

Catalytic co-pyrolysis of cellulose and linear low-density polyethylene over MgO impregnated catalysts having different acid-base property

Hae Won Ryu¹, and Do Heui Kim^{1*}

¹Seoul National University

Catalytic pyrolysis can be applied to upgrade the quality of pyrolysis product. In addition, the co-feeding of hydrogen sufficient plastics can increase the yields of aromatic hydrocarbons and calorific value of bio-oil[1]. Among various kinds of catalyst applied to the catalytic pyrolysis of biomass and biomass/plastic mixture, zeolites are known as the most efficient catalysts for producing aromatic compounds due to their proper shape selectivity and high acidity. Compared to zeolites, base catalysts are more resistant on the deposition of alkali metals to the catalysts. In addition, base catalysts prefer to form CO₂ instead of CO and H₂O formation than acid zeolites, suggesting the increase of carbon and hydrogen contents in product oil also by using base catalysts[2]. Especially, MgO is known as a cost-effective alkali metal which can decrease the corrosiveness of bio-oil by converting acids to ketones[3]. In this study, catalytic co-pyrolysis of cellulose and linear LLDPE over different MgO loaded catalysts (Bulk MgO, MgO/C, MgO/Al₂O₃, MgO/ZrO₂) were investigated to know the effect of different supporting materials of MgO on the production of value-added bio-oil.

참고문헌

1. Lee, H.W., Kim, Y.M., Jae, J., Jeon, J.K., Jung, S.C., Kim, S.C., and Park, Y.K., "Production of aromatic hydrocarbons via catalytic co-pyrolysis of torrefied cellulose and polypropylene", *Energ. Convers. Manage.*, **129**, 81-88 (2016).
2. Stefanidis, S.D., Karakoulia, S.A., Kalogiannis, K.G., Iliopoulou, E.F., Delimitis, A., Yiannoulakis, H., Zampetakis, T., Lappas A.A., and Triantafyllidis, K.S., "Natural magnesium oxide (MgO) catalysts: A cost-effective sustainable alternative to acid zeolites for the in situ upgrading of biomass fast pyrolysis oil", *Appl. Catal. B-Environ.*, **196**, 155-173 (2016).
3. Khromova, S.A., Smirnov, A.A., Selishcheva, S.A., Kukushkin, R.G., Dundich, V.O., Trusov, L.I., and Yakovlev, V.A., "Magnesium-containing catalysts for the decarboxylation of bio-oil", *Catalysis in Industry.*, **5**, 260-268 (2013).

20 톤/일급 대용량 가압 분체주입장치의 운전특성

정기진¹, 이지은¹, 정석우¹, 정종선²

¹고등기술연구원, ²(주)씨인텍

Operation characteristics of the 20 ton/day scale pressurized powder feeding system

Ki-Jin Jeong¹, Jieun Lee¹, Seok-Woo Chung¹, Jong-Sun Jung²

¹Institute for Advanced Engineering(IAE), ²Seintec Co., Ltd.

일반적인 가스화플랜트와 화학플랜트 등에서 분체를 연속적으로 주입하기 위해 사용하는 록호퍼(lock-hopper) 시스템은 분체 저장호퍼에 있는 분체를 공급호퍼로 이송하기 위해 가압과 상압 상태를 반복하면서 상압상태인 저장호퍼에서 가압 상태인 공급호퍼로 기류수송을 통해 공급하는 시스템이다. 그리고 이와 같은 록호퍼 시스템을 작동하기 위해서는 시퀀스 제어를 위한 계측기 등의 추가적인 장치가 필요하고, 복잡한 절차에 의해 분체 주입이 이루어지며 상압과 가압 상태를 반복하기 위해 질소가스가 지속적으로 사용되는 단점이 있다.

본 연구에서는 이러한 록호퍼 시스템을 대체하기 위하여 고압 공급호퍼에 분체를 연속적으로 주입할 수 있도록 상압의 분체를 기계적 작동에 의해 압축하여 공급하는 방식으로 소용량의 고압 분체 주입장치 개발을 진행하였다. 그리고 그동안 기존 소용량 설비에서 진행한 다양한 운전시험 결과를 바탕으로 보다 큰 규모로의 scale-up을 위해 대용량 가압 분체주입장치 설계/제작한 후, 운전압력 및 시료 변경 등의 조건변화에 따른 주입특성 파악 시험을 실시하였다.

사사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20163010050070)

친환경 생분해성 PLA/PBAT/DGEBA blending 필름 제조 및 물성 평가

이승민¹, 김한성¹, 윤현기², 형태경², 정현호¹, 윤순도^{1*}, 변헌수¹

¹전남대학교 화공생명공학과, ²포토캡스

교신저자 : yunsd03@jnu.ac.kr

본 연구에서는 생분해성 고분자인 poly(lactic acid) (PLA), poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT)를 이용하여 PLA/PBAT blend를 제조하였고, chain extender로 DGEBA (diglycidyl ether bisphenol A) epoxy를 사용하여 가교 생분해성 고분자 필름을 제조 하였다. FT-IR 을 통해 필름에 각각의 고분자와 DGEBA 결합이 잘 형성되었음을 확인하였고, FE-SEM을 통해 표면 분석한 결과 PLA:PBAT 비율 1:9인 필름의 표면이 가장 균일 하였으며, 4% DGEBA가 첨가된 필름에서 필름의 표면이 가장 균일 하였다. 또한, 열 분석 결과 DGEBA 함량이 4%일 때 가장 우수하였다. 제조한 필름의 대한 물리적 특성으로 인장강도 (tensile strength (MPa), TS)와 신장률 (elongation at break (%), %E)은 DGEBA의 첨가로 물리적 특성이 1.4-1.6배 증가하였음을 알 수 있었다. 본 연구 결과를 통해 기존 PLA/PBAT blend의 상용성과의 비교우위를 통한 필름 외 의료 용 재료, 식품 포장재등 다양한 용도로 활용이 기대된다.

스팀 세척을 이용한 Ti 스크랩의 청정 전처리 및 재활용

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

Eco-friendly Pretreatment and Recycling of Ti Scraps by Steam Cleaning

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

타이타늄은 높은 비강도와 뛰어난 내식성으로 점점 사용처가 많아지고 있으며 이로 인해 가공 중 혹은 사용 후 타이타늄 스크랩의 발생도 늘어나고 있다. 이러한 타이타늄 스크랩은 외국에 저렴한 값에 수출되어 다시 잉곳으로 비싸게 수입되고 있는 실정이다. 이것은 국내에 타이타늄 스크랩 전처리 공정 등 재활용 기술이 미흡하기 때문이다. 이를 재활용하기 위해서는 절삭유 등 잔존 불순물을 제거하고, 또한 이러한 스크랩을 용해하여 잉곳으로 활용하는 공정 기술 역시 확보해야 한다. 본 실험에서는 스팀 세척 시스템을 활용하여 타이타늄 터닝 스크랩에 잔존하는 기름과 불순물들을 제거하였다. 그리고 스팀 세척 전후 영향을 알아보기 위해 산소/질소 분석기, 탄소분석기, ICP 등을 활용하여 불순물 함량을 조사하였다. 그리고 세척된 타이타늄 스크랩을 활용하여 용해에 의한 Fe-Ti 잉곳을 제조 및 분석을 통하여 타이타늄 스크랩의 재활용 가능 여부를 판단하였다.

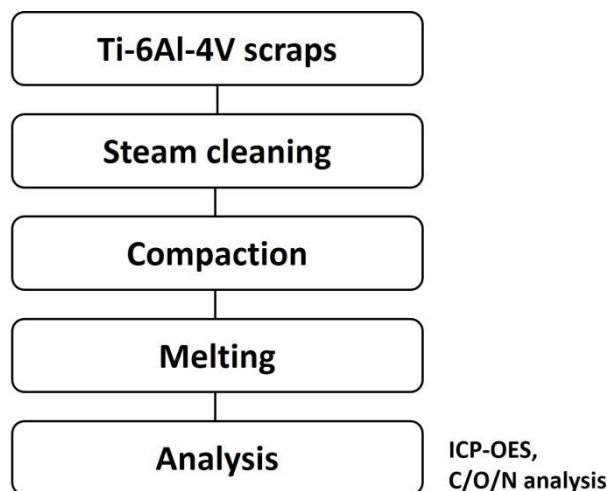


Fig. 1. Flow diagram for preparing Ti alloy ingots.

수소 플라즈마 용해에 의한 Inconel 718 스크랩의 친환경 재활용

이도성, 오정민, 임재원* (jwlim@jbnu.ac.kr)

전북대학교

Eco-friendly Recycling of Inconel 718 Scraps by Hydrogen Plasma Arc Melting

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

Chonbuk National University

HPAM(Hydrogen Plasma Arc Melting)은 아르곤 플라즈마 발생 가스에 수소를 첨가하는 방식으로 고부가가치를 가진 순금속들의 정련에 매우 실용적이고 친환경적이다. 본 연구에서는 Inconel 718 스크랩을 재활용하기 위해 HPAM을 이용하여 용해 시간에 따른 정련 효과를 연구하였다. 진공 분위기에서 Ar+20Vol.%H₂ 혼합가스를 주입하여 상압 조건을 충족시킨 후에 HPAM을 실시하였다. 스크랩의 산화층을 확인하기 위해 EDS가 실시되었고 정련된 잉곳 표면을 FE-SEM을 이용하여 관찰하였다. 산소/질소 분석기와 GDMS(Glow Discharge Mass Spectrometry)을 사용하여 스크랩과 정련된 잉곳 내의 가스 및 금속 불순물 함량이 분석되었다. 연구 결과 스크랩에서 관찰되었던 산화층이 HPAM 동안 우선적으로 제거되었다. Inconel 718 스크랩 내의 산소, 질소와 금속 불순물의 함량은 각각 173, 53과 2934 ppm으로 확인되었다. 용해 시간이 증가 할수록 Inconel 718 잉곳 내 산소와 질소 함량이 감소되었다. 30분 동안 정련된 잉곳의 총 가스 불순물과 금속 불순물의 함량은 43 ppm과 1,214 ppm으로 스크랩 대비 각각 81% 및 58%의 저감률을 보였다. 30분 동안 정련된 잉곳은 상용 Inconel 718 잉곳의 권장 기준에 충족되었다.

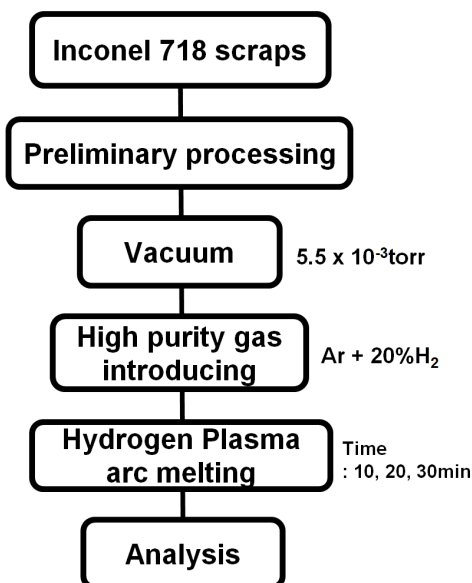


Fig. 1. Experimental procedure

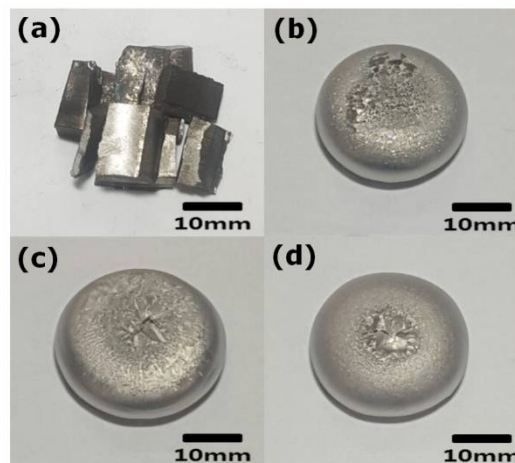


Fig. 2. Photographs of Inconel 718 scraps and refined Inconel 718 ingots : (a) scraps, (b) 10min, (c) 20min, (d) 30min

전주도금공정으로 OLED 대면적 금속마스크 개발

허광선^{1*}, 배영한²

¹경남정보대학교 신소재화공계열

²(주) 한성이즈텍

Development of large-area OLED metal mask by electroforming process

Kwangsun Huh^{1*}, Younghan Bae²

¹Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,

Kyungnam College of Information and Technology

²Hansung E.G.Tech.Co.,LTD.

유기발광다이오드(organic light emitting diode, OLED)이 대형화가 진행되면서 기판의 대형화로 인한 처짐의 발생이 문제점이 되고 있어 최소화 할 수 있는 소재 개발이 요구되고 있다. 금속마스크는 약 2000만 개 이상의 미세한 구멍이 뚫려 있는 인바(Invar) 소재의 얇은 금속판 형태를 띠며 OLED 패널의 해상도를 결정짓는 핵심 소재이다. 금속마스크 제조 방법에는 photochemical etching 법, laser 가공법, electroforming 법이 있다. 현재 증착용 마스크로 가장 많이 사용하는 방법은 photochemical etching법과 laser가공법이다. 일본 다니폰프린팅(DNP)이 해당 기술 특허와 소재 공급을 독점하고 세계 중소형 OLED 물량 대부분을 공급하고 있다. 해당 식각 방식의 단점은 인바 박판의 두께를 얇게 하는 데 한계를 지니고 있다는 것이다. 또한 증착 시 음영 구역이 발생한다. 원하는 모양의 화소 패턴도 어렵다. 업계에선 식각 방식의 기술 한계로 UHD 해상도를 구현하는데 부적합하다는 평가를 하고 있다. 전주도금 방식이 식각 방식보다 금속마스크를 얇게 제작할 수 있고, 음영 구역이 나타나지 않도록 미세한 구멍의 모양을 매끈하게 만들 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 전주도금법인바를 사용하지 않은 니켈 합금의 금속 마스크를 개발하여 물성을 측정하였다.



Fig. 1. SEM micrographs of large-area OLED Metal mask

폐소화약제를 이용한 친환경 ABC 분말소화약제의 재생 연구

홍진화¹, 이정훈¹, 정제령¹, 허광선¹

¹경남정보대학교 신소재화공계열

Regeneration of Eco-friendly ABC Powder Extinguishing Agent Using Waste Extinguishing Agent

Jinha Hong^{1*}, Jee Sin¹, Junghoon Lee¹, Jelyeong Jeong¹, Kwangsun Huh¹

¹Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,

Kyungnam College of Information and Technology

정부의 분말소화기의 사용연수를 10년으로 정하는 소방법 시행으로 인한 폐 분말소화기 처리가 새로운 폐기물처리 문제로 대두되고 있다. 특히 폐 소화기에 남아 있는 분말소화약제를 쓰레기장등에서 방사하여 소화기와 약제를 분리하여 배출하고 있어 자원의 낭비는 물론, 무차별적으로 방사되는 분말소화약제로 인하여 심각한 환경 오염 문제가 발생되고 있다. 따라서 폐 분말소화기와 폐분말소화 약제에 대한 재활용 기술 개발이 시급한 실정이다.

폐 분말소화약제의 재활용 방법은 소화약제 회수 단계, 사전 검사 단계, 1차 코팅건조 단계, 성분 분석 단계, 성분 보완 단계, 2차 건조 단계, 분쇄 단계 및 완제품 단계로 이루어진다. 기존의 분말소화약제는 제조공정은 먼저 MAP(Mono Ammonium Phosphate)와 White carbon을 분쇄하고 반응기에 건조한다. 폐소화약제를 재활용하는 코팅공정에서는 톨루엔(Toluene)와 실리콘오일(Polymethylhydrogensiloxane)을 섞은 실리콘 코팅제 대신에 THF, 실리콘 오일로 코팅하였다. 방향족 탄화수소의 하나인 톨루엔을 사용하여 분말코팅할 경우 방향족 특유의 냄새로 인하여 소화기 사용시 인체와 환경에 영향을 미친다.

본 연구에서는 친환경 분말소화약제를 개발하고자 톨루엔 대체물질로 저독성 유기용매제를 사용 하여 실리콘 용해실험을 통해 THF, 실리콘 오일로(Polymethylhydrogensiloxane)사용하는 분말 코팅을 하였다. MAP 코팅 실험방법은 물에 수성코팅제와 촉매를 넣어 5분간 교반한다. 교반 후 MAP을 넣고 다시 5분간 교반하고 건조기에서 2시간 동안 130 °C로 1차 건조를 하고 막자사발을 이용해 분쇄 후 건조기에서 1시간 동안 130 °C로 2차 건조를 하고 한 번 더 분쇄한다. 폐소화약제를 사용하여 제조한 ABC 소화약제를 분석한 결과 제1산암모늄(NH₄H₂PO₄) 함량이 72%, 수분함유율이 0.18 wt %, 겔보기비중은 0.850 g/mL 이었다

아크 방전법으로 합성된 고 결정성 질소 도핑 그래핀 플레이크의 에너지 저장 소재로의 응용

김정길^{1,2}, 탕 비엠펜¹, 정재영^{1,3}, 김명종^{1,*}, 김남동^{1,*}

¹한국과학기술연구원, ²전북대학교, ³광주과학기술원

Application of Highly Crystallinity N-doped Graphene Flake Synthesized by Arc Discharge to Energy Storage Material

Jeong gil Kim^{1,2}, Thang Viet Pham¹, Jae Young Jung^{1,3}, Myung Jong Kim^{1,*}, Nam Dong Kim^{1,*}

¹Korea Institute of Science and Technology (KIST), ²Chonbuk National University, ³Gwangju Institute of Science & Technology (GIST)

최근 수 십년 간, 그래핀은 높은 전기, 열 전도성 그리고 비 강도 등의 특성과 이종 원소 도핑 및 이종 물질과 복합체를 형성할 수 있어 많은 연구가 진행되고 있다. 많은 그래핀 합성 법 중, 아크방전법은 아크 중심에 존재하는 전극의 원소들이 원자수준까지 분해된 이후 bottom-up으로 재조립하여 그래핀을 제조한다 [1]. 이 방법은 제조 공정이 간단하고 대량생산이 가능하여 산업적으로 충분히 활용될 수 있다. 본 연구에서는 기존의 연구에서와는 다르게 중공 구조의 흑연 봉 내부에 이종의 물질을 첨가하여 아크방전법을 통해 ONE-STEP으로 질소 도핑된 그래핀 플레이크를 합성하고 에너지 저장 소재로 활용하였다. 합성된 그래핀 플레이크는 기존의 아크 방전 그래핀 (~1.5 %)과 비교하여 개선된 질소 도핑 양 (~ 3.5 %)을 나타내면서도 여전히 높은 결정 구조 및 터보스테틱 구조를 유지하였다 [2]. 합성된 그래핀은 많은 양의 도핑 된 질소, 높은 결정도 등의 효과로 63 $\mu\text{F}/\text{cm}^2$ 의 우수한 면적당 용량을 가지는 것으로 나타났다. 구조적 화학적 안정성으로 인해 높은 전류밀도하에서도 용량 강하가 크게 발생하지 않았으며, 10,000번의 충방전에서 92 %의 높은 안정성을 보였다. 결과적으로 2.3 Wh/kg의 에너지 밀도에서 18 kW/kg의 고 출력 밀도를 나타냄으로써 아크방전을 활용한 질소 도핑 그래핀 플레이크는 산업용 고 출력 에너지 저장 소재로 활용이 가능할 것으로 보인다.

참고문헌

1. Li, N. et al., "Large scale synthesis of N-doped multi-layered graphene sheets by simple arc discharge method," *Carbon* **48**, 255 (2010).
2. Huang, L. et al., "Gram-scale synthesis of graphene sheets by a catalytic arc-discharge method," *Small* **9**, 1330-1335 (2013).

아크 방전법으로 합성된 그래핀 플레이크의 합성 조건에 따른 특성 변화 연구

김민지^{1,2}, 김정길^{1,2}, 정재영^{1,3}, 김남동^{1,*}

¹한국과학기술연구원, ²전북대학교, ³광주과학기술원

Characteristics of graphene flake synthesized by arc discharge method in difference buffer gases

Min Ji Kim^{1,2}, Jeong gil Kim^{1,2}, Jae Young Jung^{1,3}, Nam Dong Kim^{1,*}

¹Korea Institute of Science and Technology (KIST), ²Chonbuk National University, ³Gwangju Institute of Science & Technology (GIST)

그래핀 플레이크는 높은 비표면적, 우수한 전기적, 열적, 기계적 특성으로 인해 많은 연구에 응용되고 있다. 기존의 그래핀 플레이크는 여러 단계의 공정을 거쳐 제조되어 합성 과정이 복잡하다. 또한 표면 특성 향상을 위한 이종 원소 도입 시, 후처리 공정에서 원 소재의 구조적 결함이 발생하고, 결과적으로 결정성 감소 및 플레이크 사이즈의 불규칙성을 초래한다. 아크방전을 이용한 합성법은 고전류를 흑연봉에 인가하여 여러가지 전구체 원소를 원자 수준으로 분해 후 재조립을 통해 짧은 시간 동안 고품질의 그래핀을 대량으로 제조할 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 이종 원소의 도핑 등이 가능하다는 장점이 있다. 본 연구에서는 아크방전법을 통한 그래핀 합성 시 챔버 내부 가스의 압력 조절에 따른 플레이크 사이즈의 변화 및 가스 종류의 (H₂, He, N₂, NH₃) 변화에 의한 화학적 상태 조절에 따른 전기화학적 성능을 살펴본다. 가스 압력 변화 시, 그래핀 플레이크의 크기 조절이 가능하며 이로 인한 표면적의 증가 및 구조적인 차이로 인해 전기화학적 성능에서 차이를 보임을 알 수 있었다. 또한, 질소가 함유된 가스를 이용한 아크 방전은 ONE-step으로 질소 도핑 그래핀을 합성하며 안정한 결정 구조를 보여준다. 특히, 질소 도핑은 그래핀의 표면 활성을 증가시키며 전기전도성을 개선시켜 전기화학적 용량 향상을 나타냈다.

참고문헌

1. Cho, H-J et al., "Catalyst and doping methods for arc graphene," *Nano tech.* **25**(44), 445601 (2014)

Gelatin–sodium alginate based films with *Pseuderanthemum palatiferum* (Nees) Radlk. freeze–dried powder obtained by subcritical water extraction: antioxidant activities and physical properties

Truc Cong Ho, Myoung Hwan Kim^{1,2}, Yeon–Jin Cho, Jin–Seok Park, Seung Yun Nam^{1,2,3}, Byung–Soo Chun*

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, 45 Yongso–ro Namgu, Busan, 48513, Republic of Korea

¹Interdisciplinary Program of Biomedical Mechanical & Electrical Engineering, Pukyong National University, 45 Yongso–ro Namgu, Busan, 48513, Republic of Korea

²Center for Marine–Integrated Biomedical Technology (BK21 Plus) Pukyong National University, 45 Yongso–ro Namgu, Busan, 48513, Republic of Korea

³Department of Biomedical Engineering, Pukyong National University, 45 Yongso–ro Namgu, Busan, 48513, Republic of Korea

Abstract

In the present study, composite films containing gelatin–sodium alginate (GSA) and *Pseuderanthemum palatiferum* (Nees) Radlk. freeze–dried powder (PFP) obtained by pressurized water extraction were fabricated. Film–forming solutions were blended with different PFP concentrations (0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, and 2.5%). Physical properties and antioxidant activities of the films were investigated. The results show that the total phenolic content (TPC) increased with the increase in PFP, and the highest value of TPC was obtained with the film containing 2.5% of PFP (9.64 ± 0.25 mg GAE g⁻¹ film). Similar to TPC, the highest percentage of 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH) scavenging and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay ($71.09 \pm 2.43\%$ and 145.3 ± 3.56 mM TE g⁻¹ film, respectively) was obtained with the film containing 2.5% of PFP. The moisture content (MC) of films was not significantly different. Water vapor permeability (WVP) tends to decrease with the increase in PFP; however, water solubility (WS) exhibits the opposite trend with WVP. Regarding mechanical properties, tensile strength (Ts) increased; however, elongation at break (EAB) showed a reducing trend with the increase in PFP. In addition, fourier–transform infrared spectroscopy (FTIR) shows the interaction between gelatin and phenolic compounds from PFP; from the obtained results, composite GSA films blended with PFP can be potentially applied in food packing field.

Reference

1. Dou et al, “Physical properties and antioxidant activity,” *Int. J. Biol. Macromol*, 118, 1377–1383 (2018).
2. Yujia Zhao et al., “Use of potato by–products,” *J. Supercrit Fluid*, 143, 97–106 (2019).
3. Hejun Wu et al., “Preparation and characterization,” *Food Hydrocoll*, 90, 41–49 (2019).
4. Hela Kchaou et al., “Enhancement of structural, functional and antioxidant,” *Food Hydrocoll*, 83, 326–339 (2018).

리그닌의 선택적 저분자화를 위한 혼성 초임계 유체 시스템 연구

Selective depolymerization of lignin to phenolic monomers in hybrid supercritical fluid system

Ngoc Tuan Tran¹, 김한별², 박철우², 이현주¹, 제정호^{2*}¹한국과학기술연구원, ²부산대학교

목질계 바이오매스의 주구성성분인 리그닌을 선택적으로 분해하여 높은 수율로 페놀릭 단량체를 생산하는 기술 개발은 경제성 있는 바이오리파이너리 공정 구현을 위한 필수적인 과제이다. 지난 십년간의 꾸준한 연구를 통하여 현재 리그닌 분해 효율은 리그닌에 존재하는 C-O 결합 기준으로 이론 수율에 근접할 정도로 높은 수준에 다다랐다. 하지만 리그닌의 효율적 분해를 위한 수첨탈산소 반응 시스템에서 사용하는 균일계 산촉매 (예, 개미산), 고압 수소 가스, 귀금속 촉매 (예, Pd)는 그 높은 효율에도 불구하고, 촉매 회수 및 공정 경제성 면에서 많은 한계가 있을 수밖에 없다. 본 연구에서는 리그닌을 균일계 촉매 및 수소 사용 없이 효율적으로 분해하기 위한 혼성 초임계 유체 (CO₂-물-알코올) 시스템에 대해 연구하였다. 구체적으로는 상기 혼성 유체 적용을 통하여 탄산의 산성 촉매 효과와 알코올의 수소 공여체 효과를 유도하여 촉매 사용 없이 리그닌의 분해를 유도하고자 하였다. 다양한 공정 조건(예, CO₂ 압력, 용매 비, 반응온도, 알코올 종류, 수소화 촉매 사용)에 따른 리그닌의 분해 효율 변화를 관찰하였으며, 제안 혼성 초임계 유체 시스템 하에서 리그닌 분해를 위한 높은 시너지가 발생한다는 것을 확인할 수 있었다.

SYNTHESIS OF ZINC HALIDE IMMOBILIZED ON THE POLYMER RESIN AND ITS CATALYTIC ACTIVITY FOR THE COUPLING REACTION OF CO₂ WITH PROPYLENE OXIDE

Shin Hye Cho^{1,2}, Seok Kyeon Cheong^{1,2}, Hyunjoo Lee^{1,2,*}

¹ Clean Energy Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 02792, Republic of Korea

² Division of Energy & Environment Technology, KIST School, Korea University of Science and Technology, Seoul 02792, Republic of Korea

*Corresponding address (Email: hjlee@kist.re.kr, Tel: +82-2-958-5868)

Synthesis of cyclic carbonate from CO₂ and alkylene oxide is one of the best environment-friendly technologies that can convert CO₂ to valuable chemicals. Among the various catalyst system for the reaction, zinc halide combined with ionic liquid was known to have best catalytic activity. However, this homogeneous catalyst system also catalyze the reverse reaction, decomposition of alkylene carbonate to CO₂ and alkylene oxide, during the distillation of product after the reaction. In this study, we shows a simple and easy method that can immobilize zinc halide on the polymer resin. 4 kinds of zinc precursors, ZnCl₂, ZnBr₂, Zn(OAc)₂, and Zn(NO₃)₂, were reacted with chloride ion exchange resin (IER) and used them in the coupling reaction of CO₂ with propylene carbonate. Among the synthesized catalysts, ZnBr₂-IER showed the highest activity; 74.3% PC yield at 80 °C, 27.6 bar of CO₂ for 2 h. The catalytic activity was maintained during 5 times reuses. The fresh and used ZnX₂-IER were characterized by FT-IR, XRF and ICP-OES to understand the catalyst structure and deactivation tendency.

Keywords: Propylene carbonate; Carbon dioxide; Ion exchange resin; Heterogeneous catalyst; Zinc complex

미세조류의 산소 발생을 이용한 중금속 생태독성 탐지방법 개발

피다 후세인, 엄현섭, 오상은*
강원대학교 환경융합학부

Photosynthetic oxygen evolution as an alternative endpoint for the rapid detection of heavy metal-induced toxicity in water using micro-algae bioassay

Fida Hussain, Heon Seop Eom and Sang Eun Oh*
Kangwon National University

The growth inhibition tests are mostly employed for standard algal toxicity detection over 48 to 96 h exposure time. The toxicity assessment using microalgae is also achieved by various endpoint measurements like mortality, photosynthetic activity, chlorophyll content, enzymatic activity, cell density, and phosphate uptake. Recent research has paid significant attention to the exposure time of toxicity test and endpoint. The aforementioned algal toxicity test usually takes 3–4 days of exposure time and laborious work involved to measure these endpoints parameters. During the last decade microalgae toxicity test based on photosynthetic activity has been shown to be an effective method to assess the toxicity of toxicant. The used methods detected phosphate uptake, fluorescence induction and ¹⁴C assimilation which are quite sophisticated. Therefore, there is a need for an alternative endpoint measurement to eradicate the sophistication and laboriousness involved in the assessments methods and shorten the required time in the toxicity test. In the present study, we described a simple and rapid toxicity assessment procedure using photosynthetic oxygen evolution as an endpoint measurement to determine the heavy metal-induced toxicity. The exposure of heavy metals to microalgae has been conducted in a closed system and oxygen evolution has been measured over 12 hours exposure time. The toxicity of mercury, silver, cyanide, copper, cadmium and hexavalent chromium were assessed. The effective concentration for the inhibition of 50% population inhibited were determined based on photosynthetic oxygen evolution. 1.02, 1.19, 0.46, 3.2, 7.5 mg/l concentration of mercury, silver, cyanide, copper and cadmium were obtained EC50 for microalgae (*Chlorella Vulgaris*) over 12h exposure. Hexavalent chromium showed 10.6 mg/L EC20. The toxicity were compared as decreasing manner as cyanide > mercury > silver > copper > cadmium > hexavalent chromium. Results showed that the measurement of photosynthetic oxygen production as an endpoint toxicity test is an alternative to the standard algal toxicity test, since it allows rapid and quantitative measurement of toxic stress imposed on algal cells.

토양의 계면활성제 흡착 특성 연구

권주혁, 전병훈*

한양대학교 자원환경공학과

A study to determine the surfactant adsorption characteristics of soil

Ju-Hyeok Kwon, Byong-Hun Jeon*

Department of Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, Korea (Republic of)

*Corresponding author. Tel: +82 2 2220 2242, E-mail: bhjeon@hanyang.ac.kr

The amount of surfactants utilization determines the surfactant enhanced aquifer remediation (SEAR) efficiency due to their economic feasibility. Surfactant recovery and reuse methods have been studied by addressing the presence of surfactant in effluent from the polluted zone. Several parameters interfere the recovery efficiency of surfactants. Surfactant losses are caused due to the reduction of permeability in porous media such as clay bearing sandy aquifers and adsorption onto surface of the soil particles. Tween 80, a nonionic surfactant was applied in this experiment for their environmental degradability, low cost, and low toxicity on soil microorganisms, compared to other nonionic surfactants. The experimental surfactant concentrations was determined according to the critical micellar concentrations (CMC). The surfactant adsorption capacity of sand and clay was compared and both fitted to the Freundlich adsorption isotherm model, indicating surface heterogeneity and the exponential distribution of active sites of soil. Tween 80 showed two times higher adsorption capacity (K_f) on clay than sand. The adsorption capacity of sand was lower in the concentrations above CMC. Therefore, maintaining a concentration of Tween 80 above CMC in the contaminated zone could be preferable for better recovery. More studies are required focusing on bonding process in soil-water systems.

Keywords: surfactant, recovery, adsorption, soil

Acknowledgements

This study was supported by the Korea Environmental Industry and Technology Institute (KEITI) grants funded by the Ministry of Environmental (ME) of the Republic of Korea (No. RE201805203).

한국 동남부지역 경주석빙고 3D 모니터링 및 전산유체해석 특성

정종현¹, 정유진¹, 정민호², 피영규, 최창훈³, 손병현⁴

대구한의대학교 보건학부, ¹금강씨엔티, ²국립경주문화재연구소, ³H.S.E Tech, ⁴한서대학교 환경공학과

3D Monitoring and CFD Characteristics of the Gyeongju Seokbinggo in the Southeastern Region of Korea

Jong-Hyeon Jung, Yu-Jin Jung¹, Min-Ho Jeong², Young-Gyu Phee,

Chang-Hoon Choi³, Byung-Hyun Shon⁴

Faculty of Health, Daegu Haany University,

¹Keumkang C.N.T,

²Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage,

³H.S.E. Tech,

⁴Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

우리나라 전역에는 대략 7군데의 석빙고(1)가 있고, 대상지역에 위치한 석조문화재 중에서 경주석빙고(보물 제 66호)는 조선시대에 조성된 얼음 저장고 역할을 수행하였다. 경주석빙고는 경주 월성 북쪽 성벽을 파고 축조되어 있다. 오랜 동안 다양한 형태의 오염물질에 노출되어 풍화, 훼손, 변색작업이 진행되었고, 특히 균열 및 이격현상, 탈락 및 박락, 백화현상, 갈색 변색, 암흑색 변색, 생물에 의한 변색현상 등이 보고되고 있다.¹⁾ 본 연구에서는 수치 해석기법(CFD, Computational Fluid Dynamics)을 이용하여 석빙고 상부에 설치된 환기구의 용도 해석을 위한 3차원 모델링 작업을 수행하였다. 이와 함께 실내 저장 공간을 가지고 있는 석빙고 내부의 유동 특성을 분석하여 다양한 형태로 진행되고 있는 풍화 현상을 수치해석기법으로 해석하여 문화재 보존을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.²⁾ 경주석빙고 내부에는 석실, 환기구 3개소, 출입문 및 배수구 등이 있고, 환기구를 통해 미소 기류가 배출되었다. 실내외 온도차에 의해 석빙고 내부에 재순환 영역이 존재하고, 기류의 흐름을 직접 체감하기는 어려움이 있으나 매우 낮은 불감 기류 수준이 확인되었다. 온도차에 의해 출입문 상부는 외부 기류가 유입되었고, 출입문 중앙과 하부로는 내부 기류가 외부로 배출되는 것으로 확인되었다. 동절기를 제외한 대부분의 계절에는 외부 기류의 유입으로 실내외 온도차에 의한 직접 결로 현상이 진행되는 것으로 판단되며, 실내외 온도차가 가장 큰 하절기에 실내 습도가 가장 높을 것으로 판단된다. 또한, 경주석빙고 기류 흐름을 분석한 결과, 실내 상부 및 배수구 구간 벽면이 가장 습할 것으로 판단되며, 출입문에 설치된 관람을 위해 개방된 문으로 외부 기류가 유입되면서 실내 습도가 높아지며, 결로현상, 풍화현상, 변색 등 훼손 등이 진행되는 것으로 판단된다.

사사

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

참고문헌

1. 김지영, "경주석빙고의 정량적 훼손도 평가와 미기후환경 분석", 공주대학교 석사학위논문, 1-147, (2006).
2. 정승훈, "환기구 변화에 따른 경주석빙고의 전산유체해석 연구", 명지대학교 석사학위논문, (2015).

新羅 四天王寺址 出土 塑造神將像 3D 복원 및 모니터링 특성(I)

정민호, 정종현¹, 피영규¹, 정유진², 최창훈³, 손병현⁴

국립경주문화재연구소, ¹대구한의대학교 보건학부, ²금강씨엔티, ³H.S.E Tech, ⁴한서대학교 환경공학과

3D Restoration and Monitoring Characteristics of the Green-glazed Clay Statue Unearthed in Sacheonwhangsa Temple of Silla (I)

Min-Ho Jeong, Jong-Hyeon Jung¹, Young-Gyu Phee¹, Yu-Jin Jung²,

Chang-Hoon Choi³, Byung-Hyun Shon⁴

Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage,

¹Faculty of Health, Daegu Haany University,

²Keumkang C.N.T, ³H.S.E. Tech,

⁴Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

사천왕사는 신라 문무왕 19년(679)에 명랑법사의 발원으로 세운 호국사찰이며, 경상북도 경주시 배반동의 낭산(狼山)에 위치한 다. 낭산은 경주시에서 동남향에 위치한 낮은 구릉이다.¹⁾ 사천왕사와 관련한 역사기록은 『삼국사기』, 『삼국유사』, 『고려사』, 『조선왕조실록』, 『신증동국여지승람』 등에 나타나며, 『삼국유사』에는 문무왕대에 당나라 대군을 부처의 힘으로 물리치기 위하여 명랑법사(明朗法師)의 건의로 낭산 남쪽 신유림에 사천왕사를 창건한 것으로 문헌기록에서 살펴볼 수 있다.²⁾ 사천왕사지에서는 일제강점기부터 소규모의 발굴이 빈번하게 이루어졌다. 최초 아마니시류(今西龍)에 의해 사천왕사 기와편이 수습되었고, 이후 1915년에 소조신장상이 목탑지 남쪽에서 발견되었다. 사천왕사 탑지는 우리나라 쌍탑가람을 연구하는데 있어 기초가 되는 유적으로, 사천왕사 목탑지 기단부를 장식한 신장상의 복원연구는 탑파 연구에 있어서 중요한 단초를 제공할 수 있다.³⁾ 이 연구는 통일신라 목조 쌍탑 가람배치의 효시로 평가되고 있는 신라 사천왕사 탑지와 출토 유물 복원을 통한 유적 보존을 목적으로 수행되었다. 이를 위하여 사천왕사의 역사적 배경과 함께 경주지역 목탑지의 형태와 현황을 비교하였다. 특히 목탑지의 기단에 존재하였던 소조신장상의 형상을 과학적 연구로 복원하기 위하여 소조신장상의 형태 분석을 통한 복원모형과 3D 모니터링을 위한 기초연구를 수행하였다. 사천왕사지는 일제강점기 발굴과 근래 기획 발굴을 통하여 소조신장상의 파편이 약 200개 수습되었다. 이 연구에서 확인된 문양을 조합하면 사천왕사지 기단부 소조신장상은 총 3종류로 확인되었다.⁴⁾ 소조신장상의 크기는 대략 높이 90 cm, 너비 70 cm이며, 형태적으로 A형은 신장상이 왼손에 칼을 잡고 우측을 바라보고, B형은 왼손에 활과 오른손에 화살을 잡고 정면을 바라보며, C형은 오른손에 칼을 잡고 왼쪽을 바라보는 점이 특징이다. 또한, 이 연구에서는 학술적 발굴조사에서 출토된 유물을 대상으로 형식별 분류와 형상분석 결과를 근거로 소조신장상의 실측도를 부분적으로 확인하였으며,⁵⁾ 향후 관련연구는 문화재 풍화 훼손 대응 기술의 일환으로 적용이 가능하며, 문화재 3D 스캐닝 복원용 콘텐츠를 활용하기 위한 기초자료로 사용하고자 한다.

사사

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

참고문헌

1. Jeong, M. H., "A Study on the Green-glazed Clay Statue Unearthed in Sacheonwhangsa Temple of Silla", Kongju University, Ph.D Dissertation, (2019).
2. 삼국유사, "문무왕법민, 당나라의 침략계획과 신라의 방비", 권제2, (679년).

新羅 四天王寺址 出土 塑造神將像 3D 복원 및 모니터링 특성(II)

정민호, 정종현¹, 피영규¹, 정유진², 최창훈³, 손병현⁴

국립경주문화재연구소, ¹대구한의대학교 보건학부, ²금강씨엔티, ³H.S.E Tech, ⁴한서대학교 환경공학과

3D Restoration and Monitoring Characteristics of the Green-glazed Clay Statue Unearthed in Sacheonwhangsa Temple of Silla (II)

Min-Ho Jeong, Jong-Hyeon Jung¹, Young-Gyu Phee¹, Yu-Jin Jung²,
Chang-Hoon Choi³, Byung-Hyun Shon⁴

Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage,

¹Faculty of Health, Daegu Haany University, ²Keumkang C.N.T, ³H.S.E. Tech,

⁴Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

사천왕사는 경상북도 경주시 배반동의 낭산(狼山)에 있었던 사찰이며, 호국사찰로 670년 착공되어 679년경 완공되었다. 사천왕사의 명칭은 호국사상이 강조되어 있는 금광명경(金光明經)의 사천왕품에서 유래한 것으로 알려져 있고, 기록에서도 전불시대 칠처가람(七處伽藍) 중 한 곳이다. 사천왕사 탑에는 기단부에 소조신장상을 장식한 것으로 확인되었다.¹⁾ 통일신라시대에는 경주지역에 위치하고 있던 황룡사와 분황사 등과 함께 호국사찰로 매우 중요시 되었고, 사원건축의 쌍탑가람을 연구하는데 있어서 매우 중요한 유적이다. 사천왕사에 대한 신라인의 인식은 고려시대에도 이어졌고, 고려사에는 고려 문종 때 사천왕사에서 문두루비법을 오랜 동안 행했다는 기록이 남아 있다. 쌍탑가람은 통일신라시대 이후 유행하는데 사천왕사가 통일신라시대에 쌍탑가람을 배치한 첫 사례이며, 이후 사천왕사보다 3년 늦게 창건된 감은사(682)의 동·서 삼층석탑이 등장하였다.¹⁻⁵⁾ 이 연구에서는 신라 사천왕사지 출토 소조신장상(塑造神將像)을 복원하기 위한 기초연구의 일환으로 수행되었고, 석조문화재 복원 및 재현을 위해 소조신장상의 구성 광물을 XRD로 분석하여 복원을 위한 기초자료를 제시하였다. 이와 같은 자연과학적 분석결과를 바탕으로 소조신장상 제작 및 복원을 위한 기초자료를 확보하였고, 이 과정에서 성형부터 소성까지 제작에 따른 방법의 흐름을 제시하였다. 이 연구에서 석조문화재 복원을 위하여 파편을 조합하여 개별 형상의 복원도를 연구한 결과, 이전 연구와 일부 차이점을 확인하였다. X-선 회절 분석결과 모든 시료에서는 석영(Quartz)과 장석류(Feldspar)가 검출되었고, 600°C 근처에서 소멸되는 고령석(Kaolinite)과 1,000~1,100°C에서 생성되는 물라이트(Mullite)는 검출되지 않았다.¹⁾ 향후 관련연구는 문화재 복원을 위한 D/B 구축, 문화재 손상요인 및 훼손에 영향을 주는 인자에 대한 대응 기술과 문화재 최적화 관리모델 및 3D 스캐닝 복원용 콘텐츠를 개발하기 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

사사

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

참고문헌

1. Jeong, M. H., "A Study on the Green-glazed Clay Statue Unearthed in Sacheonwhangsa Temple of Silla", Kongju University, Ph.D Dissertation, (2019).
2. 金光明經, 제2권 四天王品 제 6.
3. 삼국유사, 권 1 기이 1.
4. 한국민족문화대백과, <http://encykorea.aks.ac.kr/>
5. 고려사, 권제 9, 세가 9 문종 28년

한국 동남부지역 석조문화재 물리·화학적 특성 (Ⅱ)

정종현¹, 정민호¹, 피영규, 정유진², 최창훈³, 손병현⁴

대구한의대학교 보건학부, ¹국립경주문화재연구소, ²금강씨엔티, ³H.S.E Tech, ⁴한서대학교 환경공학과

Physicochemical Characteristics of the Stone Cultural Properties in the Southeastern Region of Korea (Ⅱ)

Jong-Hyeon Jung, Min-Ho Jeong¹, Young-Gyu Phee, Yu-Jin Jung²,

Chang-Hoon Choi³, Byung-Hyun Shon⁴

Faculty of Health, Daegu Haany University, ¹Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage,

²Keumkang C.N.T, ³H.S.E. Tech, ⁴Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

우리나라 동남부권역인 경주지역에는 많은 석조문화재가 분포하고 있다. 이 연구에서는 경주의 4군데(골굴암 마애여래좌상, 감은사지 서삼층석탑, 불국사삼층석탑, 장항리사지 오층석탑) 지역에 위치하는 석조문화재의 물성분석을 비교 및 검토하였다.¹⁻⁵ 이를 위하여 국립경주문화재연구소에서 분석 및 제공한 유사시료 및 압편 분석결과를 활용하였다. 이와 함께 비교 분석을 위한 기타 시료는 경주지역 암석을 대상으로 선정하였으며, 일부는 유사시료 및 박락 편이나 내부 압편을 이용하여 전처리하였다. 조암광물 및 점토광물의 결정성을 확인하기 위해서 X-선 회절분석을 실시하였고, 주요원소 분석은 X-선 형광분석기(WD-XRF)를 이용하여 60kV 200um LiF200 0.25deg(Standardless Quantitative Analysis) 조건에서 측정하였다. 추가적으로 비교자료의 경우 대상지역 및 주변지역에서 채취된 화강암 시료를 이용하여 물성분석 작업을 수행하였고, 이전 연구결과와 비교하였다. 본 연구팀의 선행연구에 서⁵ 제시한 바와 같이 골굴암 마애여래좌상의 경우 상대적으로 물성은 제일 약하며, 풍화 및 훼손반응에 제일 취약한 것으로 판단된다. 따라서 문화재청과 지자체에서 대상지역 석조문화재를 보호각을 이용하여 관리하고 있는 것은 합리적인 것으로 판단된다. 특히, 대상지역 문화재는 해염과 각종 환경오염물질로부터 영향을 받고 있으므로, 골굴암 마애여래좌상의 경우 보호각을 이용하여 문화재를 보호하는 작업은 적절하고 효율적으로 활용할 수 있는 모범적인 사례로 판단된다. 다음으로 감은사지 삼층석탑의 암질은 굴불사지 석불상보다는 강한 편이나, 지역적으로 해염과 바람 등에 많은 영향을 받고 있으므로, 향후에도 대책마련이 요구되는 시점이다. 다음으로 불국사삼층석탑은 전술한 다른 두 군데의 석조문화재보다는 암질이 강한 편으로 판단된다. 마지막으로 장항리사지 오층석탑의 암질의 강도는 매우 강한 것으로 판단되나, 지진, 화재, 충격 등에 취약한 성질이 있을 수 있다. 정부에서는 장항리사지 오층석탑을 효율적으로 보존 및 관리하기 위하여 2017년부터 연차적으로 보수작업을 진행하고 있는 것으로 조사되었다. 정부에서는 풍화 및 훼손반응이 진행되고 있는 장항리사지 오층석탑을 보존하고 관리하기 위하여 적절한 대책을 시행하고 있는 것으로 판단된다.

사사

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

참고문헌

1. Jung, J. H., "Effects of air pollutants on the health/environmental risk assessment and weathering of stone cultural properties in Gyeongju and its vicinities", Daegu Haany University, Ph,D Dissertation, (2008).
2. 정종현, 정민호, 손병현, 이근직, 서정호, 김현규, "佛國寺 石造文化財 風化·毀損 特性 - 多寶塔과 佛國寺 三層石塔을 中心으로-", 신라문화, 31, 107-135, (2008).

3. 정종현, 손병현, 정민호, 임현호, 김경원, 김현규, "해수와 대기오염물질이 석조문화재에 미치는 영향 : 감은사지 삼층석탑을 중심으로", 한국환경보건학회지, 33(4), 325-337, (2007).
4. 정종현, 최석규, "환경오염에 의한 석조문화재 훼손 현황조사 및 보존대책", 한국환경민간단체진흥회 환경연구논문집, 5-28, (2001).
5. 정종현, 정민호, 피영규, 최창훈, 손병현, "한국 동남부지역 석조문화재 물리·화학적 특성", 2018년도 한국청정기술학회 추계 학술발표회, (2018).

미세먼지 대응을 위한 시멘트 산업의 질소산화물 저감 기술동향 분석

서준형¹, 백철승¹, 조계홍¹, 조진상^{1*}

¹한국석회석신소재연구소

Trend of Reduction Technologies on NO_x from the Cement Industry for Fine Dust

Jun Hyung Seo¹, Chul Seoung Baek¹, Kye Hong Cho¹, and Jin Sang Cho^{1*}

¹Korea Institute Limestone and Advanced Materials

미세먼지는 석탄, 석유 등 화석연료가 연소되는 과정에서 배출되는 황산화물 및 자동차 배기가스에서 나오는 질소산화물이 대기 중의 수증기, 오존, 암모니아 등과 결합하는 화학반응을 통해 생성된다. 이 중 국내 시멘트 산업의 2018년 질소산화물 배출량은 약 6천 8백만 톤 수준이며, 실제 단위 생산량 당 질소산화물 배출량은 1.4 kg/ton 수준을 유지하고 있다. 2019년 산업 부분 질소산화물 배출 부과금 제도로 인해 시멘트 산업에서 배출하고 있는 질소산화물 배출 억제를 위한 deNO_x 기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는 미세먼지 대응을 위한 시멘트 산업에서의 질소산화물 배출 및 저감 기술 동향을 검토하였으며, 기술적으로 탈질 효율 향상 방안에 대해 분석하였다.

사사

본 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호: 20005750)

참고문헌

1. Lee, J. Y., Ahn, K. W., Kim, W. S., "Reduction Technologies of NO_x from Cement Industry", Cement, 161, 44-54 (2003).
2. Sun, Y., Fan, W., Zhu, T., Hong, X., "Effect of CaO on NO_x Reduction by Selective Non-Catalytic Reduction under Variable Gas Compositions in a Simulated Cement Precalciner Atmosphere", J. Environ. Res. Public Health, 14, 1474-1486 (2017).

온도에 따른 ACF 흡착제의 수은 흡착특성

권병찬¹, 강인수¹, 박노국¹, 이태진¹, 이승우^{1*}, 서명조², 정 철², 문영실², 황상연³,
¹영남대학교, ²(주)마이크로원, ³고등기술연구원

Mercury adsorption characteristics of ACF adsorbents by temperature

Byung Chan Kwon, In Soo Kang¹, No-Kuk Park¹, Tae Jin Lee¹, Seung Woo Lee^{1*}, Myung Jo Seo², Chul Jung², Young Sil Moon², Sang Yeon Hwang³
¹Yeungnam University, ²Micro-one Inc, ³Institute for Advanced Engineering

최근 미세먼지를 제어하기 위한 소각로 배기가스 정제용 기능성 백필터의 개발이 이루어지고 있다. 소각로 배기가스에는 질소산화물을 포함한 다이옥신과 중금속이 극미량의 수준으로 포함되어 있으며, 이는 소각로에서 연소되는 물질의 성상에 영향을 받는다. 본 연구에서는 소각로 배기가스 중 수은을 정밀하게 제어하기 위한 소재로서 백필터에 적용할 수 있는 섬유활성탄(ACF, activated carbon fiber)의 수은 흡착특성을 조사하였으며, 배기가스 온도에 따른 ACF의 수은 흡착성능 변화를 관찰하였다. ACF를 이용한 수은 흡착제거를 위하여 흡착층의 온도를 변화시킨 결과, 온도가 증가할수록 흡착성능이 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 한편, ACF의 표면에 KI를 담지한 경우에는 수은의 흡착성능이 증가하는 것을 확인할 수 있었는데, 흡착층의 온도를 증가시켰을 때 성능이 더욱 개선되는 것을 확인할 수 있었다. 이들 실험의 결과로부터 ACF는 단순히 물리흡착에 의해서 수은을 흡착하지만, 표면에 담지된 KI는 수은과 직접 화학반응의 수준에서 화학흡착의 거동을 가진다는 것을 알 수 있었다. 실제로 소각로의 배기가스는 고온으로 배출되며, 여과집진 공정에서는 약 200~250 °C로 배가스 온도가 유지되므로 수은을 흡착제거하기 위한 KI/ACF 소재를 적용하여 더욱 정밀하게 수은을 제어할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(20161120200170)

참고문헌

1. Galbreath, K. C. and Zygarlicke, C. J., "Mercury transformations in coal combustion flue gas," *Fuel Process. Technol.*, 65, 289–310 (2000).
2. Tong, L., Yue, T., Zuo, P., Zhang, X., Wang, C., Gao, J. and Wang, K., "Effect of characteristics of KI-impregnated activated carbon and flue gas components on Hg₀ removal," *Fuel*, 197, 1–7 (2017).

석탄화력발전을 위한 배가스 중 미량 SO_x 흡착용 복합활성탄의 대량 제조 기술

권병찬¹, 박노국^{1*}, 이태진¹, 이승종^{2*}

¹영남대학교, ²고등기술연구원

Mass production technology of composite activated carbon pellets for adsorption of trace SO_x in flue gas for coal-fired power plant

Byung Chan Kwon¹, No-Kuk Park^{1*}, Tae Jin Lee¹, Sung Jong Lee^{2*}

¹Yeungnam University, ²Institute for Advance Engineering

석탄화력발전의 배가스는 집진, 탈질, 탈황공정에 의해서 대기오염물질을 처리한 후 배출된다. 국내 석탄화력발전은 상당히 높은 수준으로 배가스를 정화함에도 불구하고 여전히 초미세먼지는 빈번히 발생되고, 오염수준도 선진국 주요 도시 대비 높은 것이 사실이다. 비록 국외의 영향이 큰 것으로 볼 수 있지만, 배가스에 포함된 대기오염물질의 배출규제가 농도규제에서 총량규제로 바뀌는 상황에서 배가스 정제공정의 고도화는 필수적인 개발 필요분야라 할 있다. 본 연구에서는 탈황 및 탈질공정의 거친 후 배출되는 배가스에 함유된 극미량의 이산화황을 초정밀 수준으로 제어하기 위하여 개발 중인 흡착공정에 적용하기 위한 복합활성탄의 대량 제조과정에서 고려되어야 할 제조 인자를 도출하고자 하였다. 본 연구에서는 복합활성탄의 대기오염물 제거용으로 산업체에서 사용되고 있는 펠렛 활성탄을 다공성 흡착소재로 사용하였으며, 활성탄 표면에 알칼리 금속 화합물인 KOH와 K₂CO₃를 진동회전증발기를 이용하여 표면에 담지하였다. 이들 알칼리 금속 화합물은 산성가스인 SO₂의 흡착에 효과적인데, 극미량의 SO₂를 화학흡착에 의해서 제거하기 위해서는 가능한 활성탄 표면에 담지된 흡착점의 분포가 높을수록 효율이 높아진다. 그러나 담지량을 증가시킬 경우, 다공성 흡착제의 기공이 막혀 표면적이 감소하고, 이로부터 알칼리 금속화합물의 화학흡착이 저하되는 결과를 초래한다. 그러므로 다공성 흡착소재의 표면 상의 알칼리 금속 화합물의 담지량의 최적화가 주요 최적화 인자로 도출되었다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20181110200170)

참고문헌

1. Kim, K., Yang, S., Lee, J. B., Eom, T. H., Ryu, C. K., Jo, S., Park, Y. C. and Yi, C., "Analysis of K₂CO₃/Al₂O₃ CO₂ sorbent tested with coal-fired power plant flue gas: Effect of SO₂," *Int. J. Greenhouse Gas Cont.*, 9, 347–354 (2012).
2. Lee, S. J., Jung, S. Y., Lee, S. C., Jun, H. K., Ryu, C. K. and Kim, J. C., "SO₂ removal and regeneration of NgO-based sorbent promoted with titanium oxide," *Ind. Eng. Chem. Res.*, 48(5), 2691–2692 (2009).

미세먼지 제어를 위한 다중 촉매층 VOCs 개질 시스템

이영진¹, 권병찬¹, 박노국¹, 이태진¹, 이승우^{1*}, 강석환², 김효식², 홍범의²

¹영남대학교, ²고등기술연구원

Multi-catalytic VOCs reforming system for fine dust control

Young Jin Lee¹, Byung Chan Kwon¹, No-Kuk Park¹, Seung Woo Lee¹, Tae Jin Lee^{1*}, Suk Hwan Kang², Hyo Sik Kim², Bumui Hong²

¹Yeungnam University, ²Institute for Advanced Engineering

초미세 먼지의 원인으로 연소 배기가스 중에 함유된 질소산화물과 황산화물 그리고 휘발성 유기화합물(VOCs, volatile organic compounds)의 효과적인 제어에 대한 논의가 지속적으로 이루어지고 있으며, 기존에 상용설비가 운영되고 있는 발전 및 금속 분야를 제외한 일반 산업분야에 적용 가능한 기술개발이 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 인쇄 및 도장공정에서 다량 배출되는 VOCs를 흡착 및 농축하여 얻어진 액상 VOCs를 개질하여 에너지로 전환하는 기술의 일환으로 개질반응기와 개질촉매의 이용율을 제고한 최적화 설계를 수행하였다. 일반적으로 촉매 반응기는 최적화 과정에서 운전조건과 컴팩트화를 지향한다. 개질반응의 경우, 높은 흡열반응에 의해서 탄화수소를 합성가스로 전환과정에서 촉매층은 온도저하가 동반된다. 그러나 개질반응기 내의 온도저하는 화학반응의 전환율 감소로 이어지기 때문에 촉매층 온도의 유지가 매우 중요한 안정적 반응의 주요 인자라 할 수 있다. 즉, 반응기의 컴팩트화를 목적으로 촉매층의 공간속도를 높일수록 반응기 입구측의 온도는 심하게 강하되는 결과가 초래되므로 전환율 감소와 함께 촉매표면의 카본침적과 동시에 반응기 배관의 막힘 현상이 발생하게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 반응기 입구 상단에는 저활성 촉매를 적용하고 후단에는 고효율 촉매를 적용하여 촉매 반응기 축방향 전환율을 서서히 증가시켜 반응기 내부로 전달되는 열의 이용을 분산시켰다. 흡열반응에 소요되는 열을 분산시킴으로 인하여 반응기 내 국부적 온도 강하를 개선하였으며, 촉매의 비활성화를 억제하였다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(20162010104680)

참고문헌

1. Bartholomew, C. H., "Carbon Deposition in Steam Reforming and Methanation," *J. Catal. Rev. Sci. Eng.*, 24, 67-112 (1982).
2. Rostrup-Nielsen, J., "Trimm, D. Mechanisms of carbon formation on nickel-containing catalysts," *J. Catal.*, 48, 155-165 (1977).

심도 탈황을 위한 K계 건식 흡수제의 수분 영향

채호진, 이수출, 김재창* (kjchang@knu.ac.kr)
경북대학교

An water vapor effect of potassium-based dry sorbent for Deep SO₂ Removal

Ho Jin Chae, Soo Chool Lee, and Jae Chang Kim* (kjchang@knu.ac.kr)
Kyungpook National University

The regulation of air pollution is becoming more stringent around the world. Sulfur dioxide (SO₂) is a major air pollutant that is produced by oxidation of sulfur-containing compounds. FGD (flue gas desulfurization) is one of the typical SO₂ removal processes used to control emissions of SO₂ from the combustion of fossil fuels. However, typical FGD processes require large amounts of water, and further treatment of the resultant wastewater is also needed. In particular, the desulfurized gas, which was outlet gas from the typical FGD processes, contains a little amount of SO₂ due to the removal efficiency (<95%). One of the improved techniques for the removal of SO₂ is chemical sorption using the dry sorbents. Although the dry sorption technology has many advantages, unfortunately, it requires high temperatures, ranging from about 250° C to 475° C, meaning it requires large amounts of energy to function effectively. In particular, total SO₂ sorption capacities of these dry sorbents are less than 100 mg SO₂/ g sorbent.

In this study, the SO₂ sorption properties of potassium-based dry sorbents, prepared by impregnation of various supports with potassium carbonate, were investigated at the various water vapor concentrations with a level of 5000 ppm of SO₂ at 50° C. The structural characteristics of the sorbents before and after the reaction were studied with the aid of X-ray diffraction (XRD).

As the results, the potassium-based sorbents showed an excellent SO₂ sorption capacity of about 310 mg SO₂/g sorbent in the presence of water vapor even at low temperature (50° C). And the water vapor plays an important role in the enhancement of the SO₂ sorption performances. It was concluded that alkali metal-based dry sorbents can be used for the deep SO₂ removal at low temperatures (between 30° C and 60° C).

미세먼지 대응 휘발성 유기화합물 에너지화 친환경 공정기술 개발

박정은, 황상엽, 이기쁨, 김지현, 김석휘, 홍범의*

고등기술연구원, 175-28 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로51번길

Development of Environment-friendly process for energizing volatile organic compounds in response to fine dust

Jungeun Park, Sang Youp Hwang, Gibbum Lee, Jihyun Kim, Seokhwi Kim, Bumui Hong*

Institute for Advanced Engineering, Goan-ro 51beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 175-28, Republic of Korea

휘발성 유기화합물은 쉽게 증발하는 유기화합물질로 대기에서 질소산화물과 화학 반응하여 미세먼지와 오존을 형성한다. 최근 환경부는 미세먼지와 오존의 원인이 되는 휘발성 유기화합물 관리 규정 강화로, 고정지붕형 저장탱크뿐 아니라 내부부상지붕형 저장탱크에도 대기오염물질 방지시설을 권장하고 있다. 이러한 방지시설은 대기오염물질 배출을 막는 형태로, 이를 에너지화 할 수 있는 “에너지화 친환경 공정기술” 개발이 요구된다.

본 연구에서는 사업장에서 발생하는 휘발성 유기화합물을 이용한 에너지화 친환경 공정을 제시하였으며, 휘발성 유기화합물 제어 및 회수, 합성가스화, 그리고 열병합 발전을 포함하고 있다. 본 연구에서 제시한 휘발성 유기화합물 에너지화 친환경 공정기술은 휘발성 유기화합물을 전기와 열에너지로 전환하여 청정에너지 생산이 가능한 통합공정이다.

핵심단어 휘발성 유기화합물, 에너지화, 친환경 공정

감사의 글

본 연구는 2016년도 에너지기술개발사업(#20162010104680)과 여성과학기술인 R&D 경력복귀지원사업의 지원을 받아 수행한 결과 임.

The effects of NH₃/NO ratio in SCR for scale-up

Hyo Sik Kim¹, Suk Hwan Kang^{1*}, Jae Hong Ryu¹, Jin Ho Kim¹, Ji Hyun Kim¹

¹Institute for Advanced Engineering

Fine dusts can be divided into direct emission and secondary emission. In case of direct emission, fine dusts discharge from the source of pollution such as vent stack, as solid phase. On the other hand the secondary emissions occur fine dust with next 2 steps. First, exhaust gas(such as NO_x, SO_x...) discharge from source of pollution as gas phase. Second, exhaust gas(SO_x, NO_x...) combine with steam, ozone, ammonia in atmosphere via chemical reaction and it produce fine dusts. The secondary emission is more important than direct emission, because amount of fine dust generation of secondary emission is much higher than direct emission.

In this study, we proceeded SCR(Selective Catalytic Reduction) in tubular fixed bed reactor with commercial honeycomb catalyst. We changed NH₃/NO_x ratio for maximized performance of NO_x conversion and minimized performance of NH₃ slip. To similar the operating condition of commercial SCR plant, we added O₂ and H₂O into reactor. As a results, we achieved over 90% NO conversion in NH₃/NO ratio = 0.87 with under 1 ppm NH₃ slip.

중질 잔사유 촉매 분해 공정에서의 SO₂ 제거를 위한 Co-Fe-MgO 흡수제 제조 및 특성 연구

이철호¹, 채호진¹, 이수재², 이수출³, 김재창^{1*}

¹경북대학교 응용화학공학부, ²특허청, ³경북대학교 차세대에너지기술연구소

The study of Co-Fe-MgO sorbent for Residue Fluid Catalytic Cracking process

Chul Ho Lee¹, Ho Jin Chae¹, Soo Jae Lee², Soo Chool Lee³, and Jae Chang Kim^{1*}

¹Kyungpook National University, ²Korean Intellectual Property Office, ³Research Institute of Advanced Energy Technology (KNU)

In this study, we designed MgO-based sorbent for RFCC (Residue Fluid Catalytic Cracking) process. For this process, it is critical that the sulfur removal capacity and regenerability of sorbent. The sorbents are prepared by co-precipitation method, Fe, Co and Cu were added as a promoter with MgO. Among them, the Fe-MgO and Co-MgO showed noticeable regeneration properties and sulfur removal capacity each. In order to maintain both sulfur removal capacity and regenerability of sorbent, the Co-Fe-MgO were investigated. In case of this three component sorbent, the formation of MgFe₂O₄ cause the decrease of sulfur removal capacity reducing the active MgO phase. In order to enhance the sulfur removal capacity, Co-Fe-MgO were prepared by the modified co-precipitation method and showed high capacity and regeneration properties.

탄화수소 연료의 탈황기술

강석환*¹, 류재홍¹, 박노국²

¹고등기술연구원, ²영남대학교

Desulfurization Technology of Hydrocarbon Fuels

Suk-Hwan Kang¹, Jae-Hong Ryu¹, No-Kuk Park²

¹Institute for Advanced Engineering (IAE), ²Yeungnam University

NG와 LPG와 같은 탄화수소 연료에 함유되어 있는 황화합물(부취제)의 제거를 위한 효과적인 상용 기술은 Co-Mo/Al₂O₃ 또는 Ni-Mo/Al₂O₃ 촉매를 사용하여 수소의 첨가반응을 통해 황화합물을 H₂S로 전환한 후 ZnO로 제거하는 수첨탈황(hydrodesulfurization, HDS)이 널리 알려져 있다. 국내의 NG에는 TBM(Tert-butyl-mercaptan)+THT(Tetrahydrothiophene)가, LPG에는 DMS(Dimethyl sulfide)+EMS(Ethylmethyl sulfide)+TBM가 함유되어 있다.

한편, HDS와 함께 상온에서 황화합물들을 제거할 수 있는 제올라이트, 활성탄 등의 흡착제들이 개발되었는데, 본 연구에서는 이러한 황화합물 제거기술들과 이들의 장·단점에 대해 소개하고자 한다.

Lab-scale 순환유동층에서의 산화매질의 종류와 주입방법에 따른 질소산화물 발생특성

최영곤, 전민규, 이정규, 길상인, 윤진한*

한국기계연구원 환경기계연구실

Characteristics of nitrogen-oxide formation in the Lab-scale CFBC System by the types and methods of injection of oxidizing agent

Young-Kon Choi, Min-Kyu Jeon, Chung-Kyu Lee, Sang-In Keel and Jin-Han Yun*

Korea Dept. of environmental Machinery, Korea Institute of Machinery & Materials

Recently, oxy-fuel combustion has attracted attention as a promising CO₂ reduction technology in the field of thermal power plant. This technology uses the fuel with pure O₂ and recirculated combustion gas to obtain a gas containing a high concentration of CO₂. The combustion gases produced at oxy-fuel combustion process consist of high concentrations of CO₂, moisture, nitrogen oxides, sulfur oxides, and other combustion byproducts. NO_x is a representative air pollutant in combustion gases that has a detrimental effect on the environment and human [1]. NO_x emitted from pure oxy-combustion is known to be up to 80% less than air combustion. Since N₂ participating in the combustion reaction is eliminated by using pure oxygen, the amount of NO_x generated in combustion is remarkably low. Nonetheless, more effective NO_x abatement techniques have been explored in the oxy-fuel combustion to deal enhanced environmental regulations and improve the efficiency of the CO₂ storage process. The NO_x reduction method is divided into a primary reduction method and a secondary reduction method. The first reduction method is a method to suppress the NO_x production by controlling the operation parameters of the combustion furnace. The secondary reduction method is to convert or captures NO_x by applying a specific technique to the flue gas flow. In general, the second reduction method requires a separate device or additive, which is disadvantageous in terms of cost compared to the first reduction method, but the NO_x reduction performance is excellent. Typical secondary reduction methods include selective catalytic reduction (SCR) and selective non-catalytic reduction (SNCR).

In this study, the second NO_x reduction method was applied to an oxy(or air)-combustion circulating fluidized bed. During the combustion operation, the variations of the flue gases composition according to combustion temperatures (800-950 ° C) were observed. And, the applied secondary NO_x abatement method is only SNCR method. As an experimental parameters, the injection methods of oxidizing agent and the change of NSR (NH₃/NO) were applied.

참고문헌

1. Environmental Protection Agency, National Center for Environmental Assessment-RTP Division, EPA/600/R-08/082F (2008).

Al₂O₃-CeO₂ 복합 support를 이용한 저온에서의 NO_x 흡탈착 성능 평가

윤형진, 김현욱, 이기봉*
고려대학교

Performance evaluation of NO_x storage-desorption at low temperature using Al₂O₃-CeO₂ hybrid support material

Hyung Jin Yoon, Hyun Wook Kim, Ki Bong Lee*
Korea University

NO_x는 고온·고압의 환경을 가진 자동차 엔진의 연소실 내부에서 공기 중의 질소와 산소가 반응하여 생성된다. NO_x가 대기로 배출되면 인체에 직접적으로 해로울 뿐만 아니라 산성비를 만들고, 특히 미세먼지 생성 과정에 직접 관여하기 때문에 자동차에서 배출되는 NO_x에 대한 규제가 세계적으로 점차 강화되고 있다. 규제를 맞추기 위해 자동차에 사용되는 NO_x 정화 장치로는 Lean-NO_x trap (LNT)과 Selective catalytic reduction (SCR) 등이 있지만, 촉매 전환 장치가 충분히 고온에 도달하지 않은 조건 (cold-start)에서는 전환 촉매가 제 역할을 할 수 없기 때문에 NO_x배출량이 높아진다. 따라서 저온 조건에서 NO_x를 저장하고 촉매 활성 온도에서 NO_x를 탈착할 수 있는 흡착제들 (Low temperature NO_x adsorbent (LTNA), Passive NO_x adsorber (PNA) 등에 대한 연구가 진행되고 있다. 이번 연구에서는 LNT 촉매를 기반으로 하여 저온에서의 NO 산화 능력을 촉진시키는 연구를 진행하였다. Support로 사용되는 γ -Al₂O₃를 CeO₂와 공침하여 oxygen storage capacity (OSC)를 증가시키고, 추가적인 전이 금속 및 platinum group metals (PGM)의 도입을 통해 산화 능력과 낮은 탈착 온도를 유도했다. 흡착제의 구조적 특성과 기공 구조는 각각 X-ray 회절 (X-ray diffraction) 분석과 질소 흡착 분석을 통해 진행하였다. 흡착능은 quartz flow reactor와 후단의 질소산화물 분석기를 사용하여 파과 곡선을 그려 계산하였으며, 그 직후 승온을 통해 온도에 따른 탈착 분석 (Temperature programmed desorption)을 실시하여 탈착 온도를 확인하였다. 또한 H₂-TPR을 통해 촉매의 환원 온도 영역을 확인하였다.

Iron oxide-promoted V_2O_5 - WO_3 / TiO_2 catalysts for the selective reduction of NO by NH_3 : Effect of iron oxide loading

Thi Phuong Thao Nguyen, Ki Hyuck Yang, Moon Hyeon Kim*
Daegu University

It has been shown that the presence of Fe_2O_3 into V_2O_5 / TiO_2 -based catalysts can greatly depress the formation of N_2O in NH_3 -SCR reaction at high temperatures. Therefore, in this study, we have impregnated a V_2O_5 - WO_3 / TiO_2 catalyst with different amounts of Fe_2O_3 and have investigated the effect of Fe_2O_3 loading on NH_3 -SCR reaction. X-ray diffraction (XRD) measurements suggest that even at a high content of iron oxide, there is no formation of crystalline Fe_2O_3 species in the catalysts. This is supported by Raman results which disclosed that the surface iron oxides have two-dimensional, non-crystalline molecular structures. Fe_2O_3 -promoted V_2O_5 / TiO_2 -based catalysts exhibited lower N_2O levels compared to the unpromoted one, regardless of iron oxide content. Catalyst samples with high iron oxide contents showed a somewhat better depression of N_2O formation and this may be due to the coverage of Fe_2O_3 over N_2O production active sites. However, all Fe_2O_3 -promoted V_2O_5 / TiO_2 -based catalysts revealed a lost in high temperature deNOx activity which is mostly because of the oxidation of NH_3 into NO.

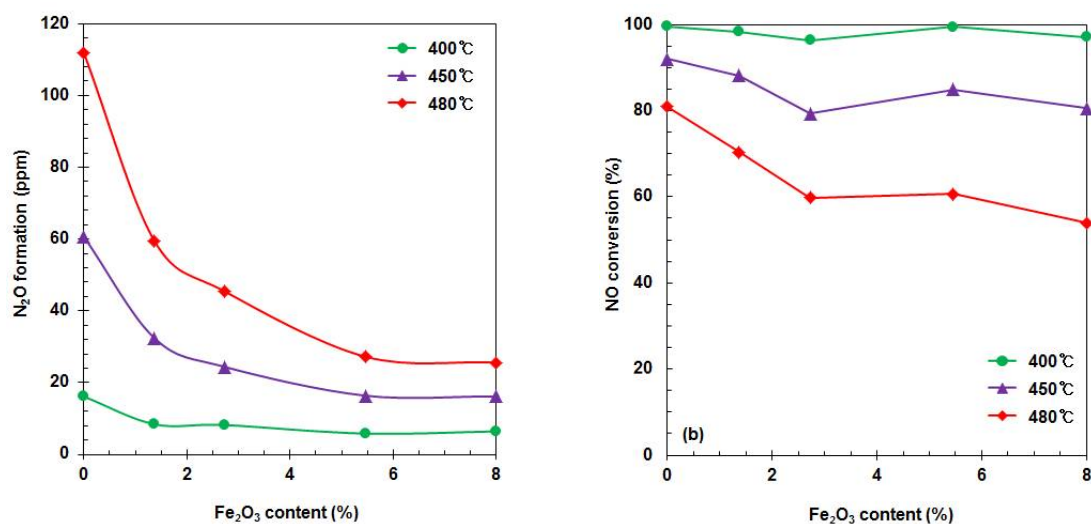


Figure 1. Changes in N_2O formation and NO conversion at chosen temperatures as a function of Fe_2O_3 content.

NSP 시멘트 킬른 예비소성 공정의 질소산화물 배출에 관한 연구

백철승¹, 서준형¹, 조진상¹, 조계홍^{1*}

¹한국석회석신소재연구소

A Study on NO_x Emission in the NSP Cement Kiln Calciner Process

Chul Seoung Baek¹, and Jun Hyung Seo¹, Jin Sang Cho¹, Kye Hong Cho^{1*}

¹Korea Institute of Limestone and Advanced Materials

시멘트 원료의 예열을 위해 2차 버너가 설치되어 있는 NSP 시멘트 킬른 시스템은 낮은 구축비용, 순환자원 활용을 향상 및 석회석 탈탄산율 증가를 통해 시멘트 제조원가 및 생산량을 크게 개선시키는 효과를 제공한다. 최근 시멘트 산업의 질소산화물 배출 규제가 강화됨에 따라 예열기에 설치된 2차 연소 버너에서 발생하는 연료유래 질소산화물(Fuel NO_x)과 더불어 1차 연소버너에서 발생하는 열유래 질소산화물(Thermal NO_x)를 저감하기 위한 노력이 진행되고 있다. 이에 본 연구에서는 시멘트 산업에서 주로 사용되는 NSP 시멘트 킬른 시스템의 핵심이 되는 예열기의 구조와 특성을 비교하였으며 국내 상용시멘트 생산공정에 적용된 예열기의 메커니즘과 특성을 비교하였다.

감사의 글

본 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (과제번호: 20005750)

참고문헌

1. Garrett, H. M., "Precalciners Today—A review", J. Rock Products, 39–61 (1985)
2. Suh, H. S., "Advanced New Process Development of Two Stage Swirl Calciner", The Korean Journal of Ceramics, 5(3), 296–302 (1999)

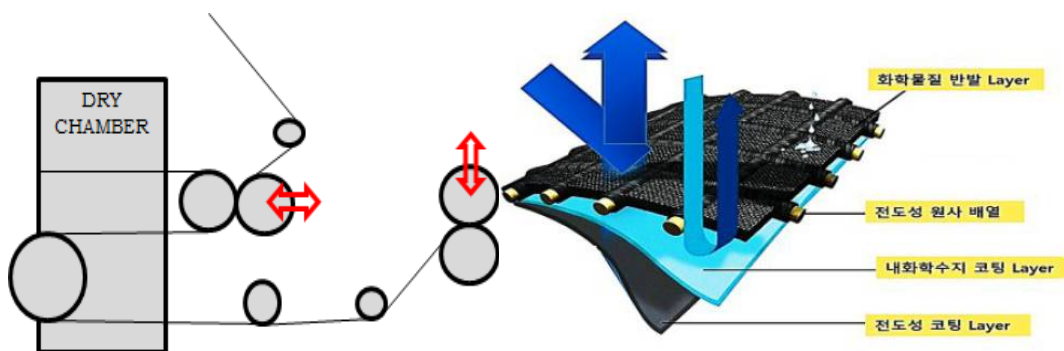
내약품성 및 난연성을 가지는 발수처리 가공 직물의 제조 및 특성 평가

권선영¹, 김은지¹, 백인규¹, 채철수², 박재형^{1*}
 한국신발피혁연구원¹, (주)부성텍스텍²

Fabrication and Characterization of Water Repellent Fabrics with Chemical Resistance and Flame Retardancy

¹Seon Yeong Gwon, ¹Eun Ji Kim, ¹In Kyu Paik, ²Cheol Su Chae, ^{1*}Jae Hyung Park
¹Korea Institute of Footwear & Leather Technology, ²Busungtextec Co., LTD.

최근 들어 인명 살상 화학사고 재해에 대한 예방 및 대응책에 대한 관심이 증가하고 있으나 국내에서는 내화학성, 난연성 작업복의 착용 의무에 대한 규칙만 있을 뿐 별다른 대응 방안이 없는 실정이다. 또한 전문 작업자에 한하여 외국 업체의 수입품에 의존하고 있어 이를 해결하기 위한 상시 작업 근무용 소재에 대한 개발이 필요하다. 산업 및 소방방재용 화학·생물학 보호복은 다양한 위험 물질과 재난조건에 대해 항시 대응할 수 있는 소재, 근무복이나 현장 작업복 등 보급을 확대할 수 있는 범용성 제품, 세탁에 잘 견디는 내구성 소재가 요구되고 있으므로 이러한 특성을 만족할 수 있는 내화학 성능을 가진 보호복 소재 직물을 개발하고자 하였다. 보호복 소재 직물은 내약품성 및 난연성을 가지는 친환경 발수 처리제를 제조하고 이를 원단에 코팅/적층하는 가공 기술을 확립함으로써 최종 생산된다. 따라서 본 연구에서는 내약품성 및 난연성을 가지는 친환경 발수 처리제를 제조하고 이를 원단에 코팅하여 내화학성, 난연성 등을 평가하였다.



〈 내약품성 및 난연성을 가지는 보호복용 소재 직물 제조 공정도 〉

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 “광역협력권산업 육성사업”으로 수행된 연구결과입니다. (과제번호: P0000864)

가교 아민이 담지된 이산화탄소 흡착제에서 가교제의 탄소 사슬 길이가 이산화탄소의 흡/탈착 특성 및 화학적 안정성에 미치는 효과

전선빈¹, 윤희진¹ 민진서, 김성현, 이기봉¹

¹고려대학교

인류의 산업활동 전반에 걸쳐 배출되는 이산화탄소는 지구 온난화를 유발하는 가장 주요한 원인으로 분류되고 있다. 특히, 석탄화력발전에서 그 배출량이 가장 큰 것으로 조사되고 있으며, 배출량을 절감하기 위한 이산화탄소 흡수제의 개발이 활발히 진행되고 있다. 아민이 담지된 이산화탄소 건식 흡착제는 수분이 포함된 저 분압의 이산화탄소 조건인 연소 배가스 조건에서도 흡수능이 높고, 선택도가 우수하여 많은 주목을 받고 있으나, 고온 및 고 분압의 이산화탄소 재생 가스 조건에서 비가역적인 요소를 형성하여 반복 흡수능이 지속적으로 감소하는 문제점을 보유하고 있다. 본 연구에서는, 비가역적인 요소 형성을 억제하기 위해 가교제를 이용하여 아민을 가교시킨 뒤 가교 아민을 담지하여 이산화탄소 흡착제를 제조하였다. 이를 위하여, 대상 아민 물질로서 polyethyleneimine을 사용하였으며, 가교물질로서 diepoxide계열 물질을 사용하였다. 나아가, 탄소 사슬 길이가 다른 가교제를 도입하여, 가교제의 탄소 사슬 길이에 따른 이산화탄소 흡수제의 흡착 및 탈착 특성을 분석하였다. 가교제를 도입함에 따라 화학적 안정성이 증진됨을 확인하였으며, 가교제의 탄소 사슬 길이가 길수록 더욱 안정성이 우수하다는 것을 확인하였다. 탈착 성능 또한 가교제의 탄소 사슬 길이가 길수록 더욱 우수하였으며, 40 사이클의 온도 변동 흡착 (TSA) 모사 공정에서 탄소 사슬 길이가 가장 긴 가교제가 도입된 이산화탄소 흡수제가 가장 우수한 working capacity를 지니는 것을 확인하였다.

일회용 플라스틱 포장재로부터의 다공성 탄소 기반 이산화탄소 흡착제 개발

윤형진¹, 홍석민², 이기봉^{1*}

¹고려대학교, ²한국원자력연구원

Development of Porous Carbon Microsheet Derived from Packing Peanut for CO₂ Capture

Hyung Jin Yoon¹, Seok-Min Hong² and Ki Bong Lee^{1*}

¹Korea University, ²Korea Atomic Energy Research Institute

Highly porous carbon microsheet (CMS) for CO₂ capture was prepared by carbonization and activation of a waste packing peanut, amount of which has been keep increasing. In this study, porous CMS were prepared by different activation methods, physical activation using CO₂ and chemical activation using KOH, and the effects of two activation methods were investigated. KOH activation showed better promise when compared to CO₂ activation, successfully producing highly microporous carbon structure with higher carbon yield. Textural properties such as a specific surface area and a total pore volume increased proportionally with the mass ratio of KOH/C due to the development of porous structure and enlarged pore size within the carbon. Among the samples tested, the highest CO₂ adsorption capacities of 6.51 mol kg⁻¹ at 0 °C and 4.07 mol kg⁻¹ at 25 °C were obtained with the KOH/C ratio of 3 (CMS-K3). In addition, it was noteworthy that CO₂ adsorption uptake was significantly dependent on the volume of narrow micropores with a pore size of less than 0.8 nm rather than the specific surface area or the total pore volume. CMS-K3 also exhibited excellent cyclic stability, good CO₂/N₂ selectivity, fast sorption kinetics, and low heat of adsorption, inducing promising adsorbents for CO₂ capture process.

수증기 메탄 개질 반응용 Egg-shell-type Ni/MgAl₂O₄ 촉매제조: 지지체 국산화 및 상용촉매와 성능 비교

유연정¹, 조은경¹, 박다솜¹, 오현¹, 김진우¹, 고창현^{1*} (chko@jnu.ac.kr)

¹전남대학교 화학공학부

Preparation of the Egg-shell-type Ni/MgAl₂O₄ Pellet Catalyst for Steam Methane Reforming: Application of Home-made Pellet and Comparison with Commercial Catalyst

Yeon Jeong Yu¹, Eunkyung Cho¹, Dasom Park¹, Hyun Oh¹, Kun Woo Kim¹, Chang Hyun Ko^{1*}

¹School of Chemical Engineering, Chonnam National University

화석연료의 무분별한 사용으로 지구 온난화가 급속하게 진행되자 화석연료를 대체할 에너지를 찾는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그중 무공해 연료가 되는 수소에너지에 대한 관심과 사용이 증가하고 있다. 이러한 수소는 화석연료의 개질반응으로 생산해 낼 수 있는데, 대량 생산하여 상용화가 가능한 공정은 대표적으로 수증기를 사용한 메탄 개질반응(Steam Methane Reforming, 이하 SMR)이 있다. 공정에 투입되는 촉매는 반응기 내부에서 가스의 압력강하를 줄이기 위해 펠렛 형태의 지지체가 사용되며 금속 활물질이 펠렛 전체에 균일하게 담지 되어있다. 많은 양의 수소를 생산하기 위해 펠렛형 촉매를 사용할 경우, Xu and Froment[1]의 연구에 따르면, 반응물의 유속이 매우 빨라서 촉매 바깥부분에서만 반응이 활발하게 일어나고 내부에서는 물질전달이 원활하지 않아 반응이 어렵다는 문제가 생긴다. 본 연구진은 이러한 문제점을 고려해서 이전 연구에서 상용 공정에 적합하도록 펠렛 촉매의 겉면에 집중적으로 활물질이 담지된 Egg-shell-type 촉매를 합성하였고 이는 상용촉매와 견주어도 뒤지지 않는 반응성을 나타내는 것을 확인하였다.[2,3] 본 연구에서는 Sasol사에서 구입하였던 MgAl₂O₄ 상용지지체(4 mm×4 mm×2 mm, 지름×길이×홀지름) 대신에 자체적으로 제조한 MgAl₂O₄ 지지체(8 mm×8 mm×3 mm, 지름×길이×홀지름)를 사용해서 SMR용 촉매를 제조하였다. 높은 반응 온도에서 안정성이 확보되는 Spinel 구조의 MgAl₂O₄를 원료로 자체적으로 제조한 지지체를 사용하였고 가격이 고가인 귀금속에 비해 저렴하지만 활성이 우수한 니켈을 금속 활물질로 사용하였다. 특히, egg-shell-type 촉매를 위해서 니켈 전구체가 펠렛 내부까지 확산되지 못하도록 소수성 용매를 사용하는 공정을 추가하여 SMR용 촉매를 제조하였다. 만들어진 촉매는 Dino-Lite Premier Digital Microscopy로 단면을 촬영하여 Egg-shell-type으로 합성됐는지 확인하고 X-ray Diffractometer와 Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer를 통해 결정구조와 니켈 담지량을 각각 분석하였다. 모든 촉매의 SMR 반응에 대한 촉매활성과 안정성은 Gas Chromatography를 사용해 분석하였다. 자체적으로 제조한 MgAl₂O₄ 지지체를 사용하여도 SMR용 상용촉매와 대등한 수준의 활성과 안정성을 얻을 수 있었다.

참고문헌

- Xu, J., and Froment, G. F., "Methane steam reforming: II. Diffusional limitations and reactor simulation", *AIChE J.*, **35**, 97–103 (1989).
- Cho, E. H. et al., "Preparation of egg-shell-type Ni/Ru bimetal alumina pellet catalysts: Steam methane reforming for hydrogen production", *International J. of Hydrogen Energy*, **42**, 18350–18357 (2017).
- Kim, Y. et al., "Preparation of Ni-based egg-shell-type catalyst on cylinder-shaped alumina pellets and its application for hydrogen production via steam methane reforming", *International J. of Hydrogen Energy*, **44**, 5314–5323 (2019).

추계총회 및 학술발표회 자료집

Author Index



2019 추계총회 및 학술발표회

A

Adane Tilahun Getachew CT-77

B

Bikram Basak CT-36

C

Choe Earn Choong PA-41

D

Daseul Kong PA-44

Dieu-Phuong Phan PA-05

E

Ee Taek Hwang PB-17

G

Geon-Soo Ha CT-43

Gnanaselvan Gnanasekaran CT-58

H

Heon-Ho Jeong PA-31

Hoang Vu Ly CT-04

Hoo H. Kim CT-32

Hyeon Sung Im CT-38

Hyo Sik Kim PB-51

J

Jia Sheng Chen PA-16

Jiyun Baek PA-43

K

Khandelwal Himanshu PA-59

M

Manh Linh Le PB-06

Min soo Kim PA-42

Miqdar Zulfikar Irriyanto CT-72

Miqdar Zulfikar Irriyanto PA-35

Mohammadamin Zarei CT-03

Mutyala Sakuntala PA-58

My Ha Tran PA-04

P

Patrick Hariyanto CT-76

Patrick Hariyanto PA-37

Q

Quoc Khanh Tran CT-07

Quoc Khanh Tran PA-21

R

Ricky Gunawan CT-73

Ricky Gunawan PA-36

S

Shin Hye Cho PB-38

Shouvik Saha CT-41

Shuwei Li PB-11

Swapnil M. Patil CT-30

T

Thi Phuong Thao Nguyen PB-56

Truc Cong Ho PB-36

V

Van Toan Nguyen PA-23

Y

Young Eun Song CT-34

ㄱ

강서영 PA-47

강석환 PB-53

강우창 CT-39

강태훈 PB-01

고한도 PA-13

권병찬 PA-46

권병찬 PB-47

권선영 PB-58

권인구 PB-26

권주혁 PB-40

권현준 PA-55

김건태 CT-68

김기왕 PB-18

김기출 CT-25

김나연 CT-28

김대원 PA-18

김률호 PA-12

김문정 PA-30

김민광 PA-09

김민준 PA-19

김민지 PB-35

김범준 CT-33

김영우 CT-46

김은혁 PA-38

김정길 PB-34

김종민 CT-48

김지울 CT-15

김태근 CT-23

김태욱 CT-49

김한별 PB-37

김형우 PA-26

김형주 PB-02

김혜성 CT-66

L

노정훈 CT-45

니아즈 하يدر PB-05

니아즈 하يدر PB-08

ㄷ

도한영 PB-25

디바인 세우 PA-15

ㄹ

류혜원 PB-27

ㅁ

문주용 CT-17

문태영 CT-55

ㅂ

박경일 PB-23

박기태 CT-62

박노국 PB-46

박대근 CT-54

박병현 PB-24

박용진 CT-14

박유리 PA-22

박정용 CT-50

2019 추계총회 및 학술발표회

박정용	PA-49
박정은	PB-50
박정태	CT-19
박준수	CT-18
박지윤	PA-08
박현식	CT-52
박호룡	CT-06
배 건	CT-29
백운철	CT-16
백자연	CT-61
백철승	PB-57
부이비엘뚜안앵	CT-69
人	
서수빈	PA-06
서준형	PB-45
성우창	CT-11
신서린	CT-47
심진기	PB-04
○	
아민 자레이	PB-07
안민회	PA-01
안선용	CT-42
안희경	PB-19
안희경	PB-20
양우영	CT-59
어 준	PA-33
엄하늬	PA-50
엄현진	CT-51
오상은	CT-40
오승교	PA-25
오현우	PB-13
외맹-보헨 갈프레드	PA-14
우은석	PA-48

우재규	PA-07
유달산	PA-29
유승열	PB-09
유준	CT-05
윤성민	CT-13
윤성필	PA-28
윤성필	PA-53
윤성호	CT-64
윤소연	CT-35
윤소연	PA-39
윤영식	PA-45
윤하나	CT-20
윤형진	PB-55
윤형진	PB-59
윤형진	PB-60
윤혜리	CT-24
이구용	CT-37
이규향	PB-10
이도성	PB-31
이명훈	PA-17
이민재	CT-26
이보름	PB-16
이선미	CT-75
이성찬	PB-14
이세진	CT-27
이승민	PB-29
이승애	CT-22
이승환	PA-10
이영진	PB-48
이용운	CT-12
이재용	PA-51
이재용	PA-52
이재철	CT-08
이종민	CT-01
이종민	CT-09

이지은	CT-10
이진희	CT-53
이찬현	PA-02
이철호	PB-52
이현주	CT-70
이홍식	CT-71
이홍주	CT-63
임은정	PA-24
ㄱ	
장세진	PA-32
장정희	PB-03
전민규	PA-56
정기진	PA-27
정기진	PB-28
정민호	PB-42
정민호	PB-43
정병준	PA-11
정순관	CT-60
정종현	PB-41
정종현	PB-44
정초은	CT-31
정하늘	PA-57
정현호	CT-21
제정호	CT-74
조동우	CT-65
조현민	PA-03
주지봉	PA-34
지민규	PB-21
지민규	PB-22
진선빈	PB-59
ㄴ	
채지광	PB-30
채호진	PB-49

최봉근	PB-12
최영곤	PB-54
최윤석	CT-67
ㅇ	
피다 후세인	PB-39
ㅎ	
한기보	CT-02
한덕현	PA-20
한민호	PB-15
허광선	PB-32
허기준	CT-56
홍성오	CT-57
홍진화	PB-33
황건덕	PA-40
황상연	PA-54





The Korean Society of
Clean Technology

한국청정기술학회
2019 추계총회 및 학술발표회



추계총회 및 학술발표회 자료집

초음파기술의 파이오니어... 미래초음파기술

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

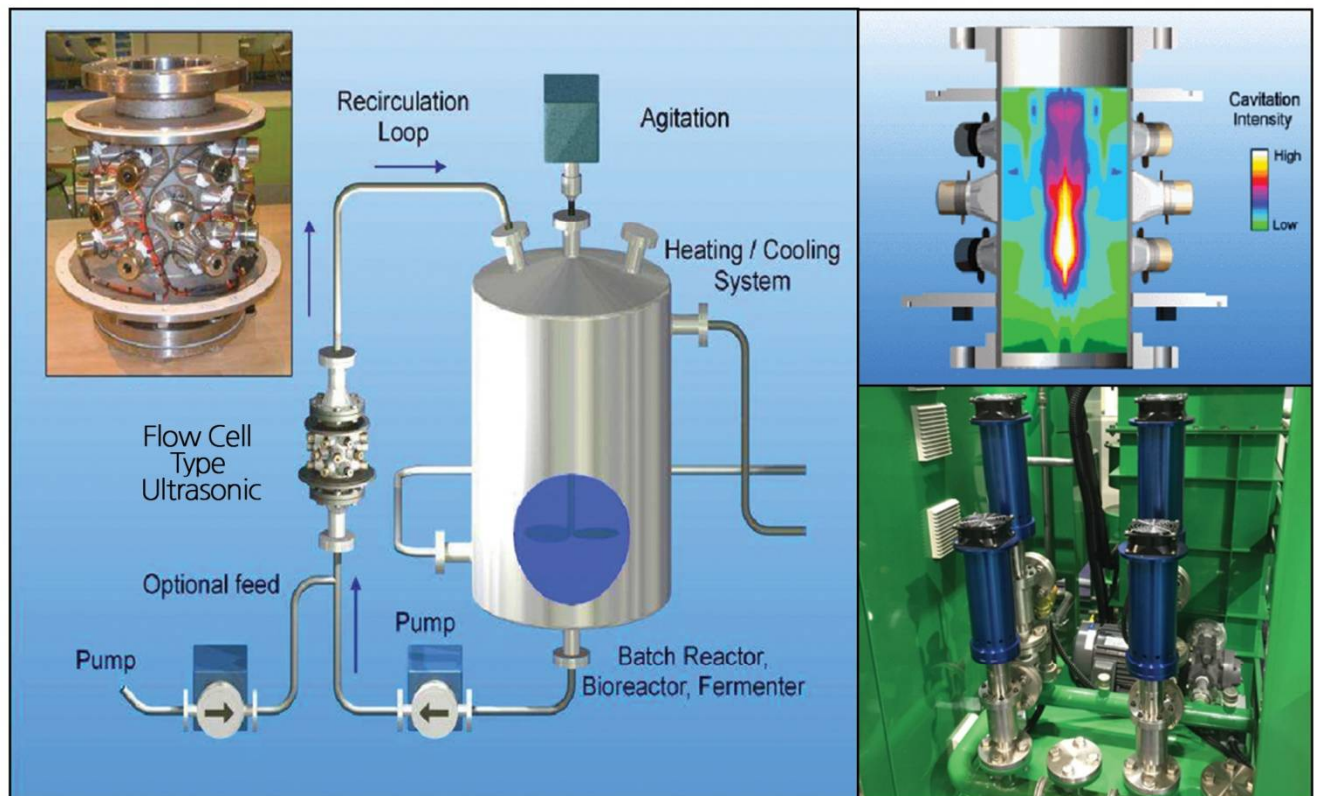
Sonochemistry : New Opportunities for Green Chemistry

Main Product

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

Application

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



MIRAE ULTRASONIC TECH. CO.

14502 경기도 부천시 원미구 평천로 655 부천테크노 파크 402동 1101호
T 032-234-6661 / F 032-234-6663 <http://www.msonic.co.kr>

