

2019년 한국청정기술학회 춘계 학술대회 초록집



일 시 : 2019년 3월 27일(수) - 29일(금)

장 소 : 경주 The-K 호텔

주 최 : 한국청정기술학회

후 원 : 미래초음파기술

경원테크

결정기능화공정기술센터

신코 M&T

한국 바스프 주식회사

CI 에코텍

C1 사업단

FEP 융합연구단

한국청정기술학회

The Korean Society of Clean Technology

국가의 미래를 위해 나아갈 길, 청정기술

(사)한국청정기술학회

문서번호 청정기술 2019-01 (2019.01.10)

수신 청정기술 전문가 및 소속기관

제목 한국청정기술학회 회원출장 의뢰

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

가. 제목 : 한국청정기술학회 2019년도 춘계 총회 및 학술대회

나. 일시 : 2019년 3월 27일(수) ~ 29일(금)

다. 장소 : 경주 The-K 호텔 (경북 경주시 엑스포로 45)

라. 등록비 (반기 연회비 포함)

사전등록 정회원 130,000원, 학생회원 70,000원

현장등록 정회원 150,000원, 학생회원 90,000원

*사전등록 : 2019년 3월 8일(금) 까지.

-끝

(사)한국청정기술학회



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

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

청정기술학회 참가자 여러분께.



회장 이재영

2019년도 한국청정기술학회 춘계 학술대회에 참가하여 주셔서 감사합니다.

우리 학회는 1995년 7월에 설립되어 24년 동안 청정기술의 발전과 회원들의 소통의 장을 마련하는데 기여하여 왔습니다. 청정기술은 산업활동으로 인한 환경파괴를 감소시키는 모든 공정, 제품, 서비스 기술들을 말하며 인류의 지속가능한 발전을 위하여 반드시 필요한 기술입니다. 환경오염 물질 발생을 줄이는 모든 제품 및 공정기술을 포함하는 청정기술은 효율 및 생

산성 향상, 에너지 절감, 청정 연료, 자원 순환, 재생에너지, 바이오 연료, 그린 화학, 온실가스 저감, 미세먼지 저감 등 범위가 매우 넓습니다. 이러한 분야 중에서 우리 학회에서는 특화된 8개의 부문위원회(청정 석탄, 탈황-탈질, 바이오 연료 및 소재, 청정 소재 및 공정, 오염저감, 청정용매, 청정 융합, 온실가스)를 운영하고 있으며 새로운 수요에 따라 연구 분야를 탄력적으로 운영할 예정입니다. 앞으로 모든 회원이 하나 이상의 부문위원회에 참여할 수 있도록 다양한 분야로 부문위원회를 확대하려고 하니 많은 제안 및 참여를 부탁드립니다.

우리 학회가 리조트에서 2박3일 학술대회를 개최한 것이 7년째를 맞았습니다. 이번 봄 학술대회에서는 ‘차세대 청정 발전’ 특별 세션을 포함한 170여 편의 논문이 발표되고 학생들을 위한 열분석기 무료 교육도 진행됩니다. 더불어 발표 논문의 질이 점점 높아지고 논문 수도 증가하고 있습니다. 우리 학회가 발간하는 학회지 ‘청정기술(Clean Technology)’에도 좋은 논문들의 게재가 증가하고 있습니다.

작년에 개정된 정관에 따라 학회 홈페이지(www.cleantechnol.or.kr)가 새롭게 구축되었고 국제화를 위한 영문 홈페이지도 조만간 구축될 예정입니다. 학회의 모든 임원진들은 회원들이 청정기술 학술대회에 참가하여 즐겁고, 지식을 공유하며, 교류가 잘 되는 학회를 만들기 위하여 노력하고 있습니다.

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

감사합니다.

춘계 총회 및 학술대회 일정표

3월 27일 (수)	거문고C	향비파
13:00 - 14:30	등록/포스터 게시	
14:30 - 15:30	초청 강연	
15:30 - 16:00	Coffee Break	
16:00 - 17:00	포스터 세션 I Organizer: 전병훈 교수	교육/TGA 분석 및 응용사례
17:00 - 17:30	평의원회	

3월 28일 (목)	거문고C	해금홀	가야금B	가야금C	가야금D	향비파B
08:30 - 09:00	등록 (도넛 및 커피 제공: 거문고C)					
09:00 - 12:00	포스터 게시 (09:00-09:30)	차세대 청정 발전 Organizer: 이시훈	탈황·탈질 I Organizer: 박노국	청정 소재 및 공정 Organizer: 주지봉	청정 융합 I Organizer: 오상은	바이오연료 및 소재 I Organizer: 임한권
12:00 - 13:00	점심 (쿠폰 제공, 1층 서라벌)					
	거문고C	해금홀	가야금B	가야금C	가야금D	향비파B
13:00 - 14:40		FEP 융합연구단 워크샵 I	탈황·탈질 II Organizer: 박노국	청정 석탄 I Organizer: 김수현	청정 융합 II Organizer: 오상은	바이오연료 및 소재 II Organizer: 임한권
14:40 - 15:00	커피 및 포스터 세션 II (커피 제공: 거문고C)					
15:00 - 16:40	포스터 세션 II Organizer: 전병훈	FEP 융합연구단 워크샵 II	탈황·탈질 III Organizer: 박노국	청정 석탄 II Organizer: 김수현	온실가스 Organizer: 박정훈	오염저감 Organizer: 이태호
17:00 - 17:30	총회 ²⁾ , 경품 ³⁾ 추첨 및 시상식 ⁴⁾					

(1) FEP는 자체 워크샵으로 진행 (13:30-16:30)

(2) 총회는 거문고C에서 진행

(3) 경품 : 에어팟 4개, 문화상품권 등 15개

(4) 우수 발표 논문 시상 (학생)

3월 29일 (금)	향비파B
08:30 - 09:30	등록
09:30 - 12:00	산학연 워크샵 : 지속가능 사회를 위한 차세대 청정 발전 기술 개발

학회장 안내



본관 Main 2F

the K 호텔 경주 오시는 길



자차용 이용 시

- 서울** ▶ 더케이호텔경주 (소요시간 : 3시간 40분)
서울 → 경부고속도로 → 청주IC → 영진평야고속도로 → 낙동JCT → 상주영천고속도로 → 영천JCT → 경부고속도로 → 경주IC → 서리벌대로 → 보문로 → 더케이호텔경주
- 부산** ▶ 더케이호텔경주 (소요시간 : 1시간)
부산 → 경부고속도로 → 경주IC → 서리벌대로 → 보문로 → 더케이호텔경주
- 대구** ▶ 더케이호텔경주 (소요시간 : 1시간)
대구 → 경부고속도로 → 경주IC → 서리벌대로 → 보문로 → 더케이호텔경주
- 대전** ▶ 더케이호텔경주 (소요시간 : 2시간 30분)
대전 → 경부고속도로 → 대구 → 경주IC → 서리벌대로 → 보문로 → 더케이호텔경주
- 광주** ▶ 더케이호텔경주 (소요시간 : 3시간 20분)
광주 → 광주대구고속도로 → 중부내륙고속지선 → 금호IC → 경부고속도로 → 경주IC → 서리벌대로 → 보문로 → 더케이호텔경주



KTX 이용 시

- 서울** 2시간 30분 | **신경주역** 35분 | **호텔** (소요시간 : 2시간 43분)
- 대전** 1시간 30분 | **신경주역** 35분 | **호텔** (소요시간 : 1시간 43분)
- 대구** 17분 | **신경주역** 35분 | **호텔** (소요시간 : 52분)
- 부산** 77분 | **신경주역** 35분 | **호텔** (소요시간 : 1시간 7분)
- 광주** 1시간 | **오송역** 1시간 24분 | **신경주역** 35분 | **호텔** (소요시간 : 2시간 59분)

초청강연

- 일시 2019년 3월 27일(수), 14:30~15:30
- 장소 경주 The-K 호텔, 거문고C
- Organizer 전병훈 교수 (한양대학교)

진행 : 전병훈 교수 (한양대학교)

14:30 (5') **개회사**
이재영 대표이사 (미래초음파기술)

14:35 (55') **산업별 빅데이터 분석 사례를 통한 청정기술 산업의 4차 산업혁명 준비**
민광기 대표이사 (㈜이씨마이너)

▪ 연사소개



연구 분야 빅데이터, 인공지능, ICT 전략, 데이터마이닝

2017-현재 육군 분석평가단 빅데이터 자문

2017-현재 UIPA (울산정보산업진흥원) 4차 산업혁명 ICT 전략 분석전문가

2017-2018 경희대 산업경영공학부 겸임교수

2016-현재 (사)한국상용소프트웨어 협회 이사

2003-현재 ㈜이씨마이너 대표이사

서울대 EDRC 4차산업혁명시리즈 ‘산업 빅데이터 이해와 플랜트 적용사례’
강의 20시간

2003 포항공과대학교 공학 박사

1996 포항공과대학교 공학 석사

1990 한양대학교 학사

※ 초청강연 자료는 초록에 수록되어 있습니다.

차세대 청정 발전

- 일시 2019년 3월 28일(목), 9:00~11:50
- 장소 경주 The-K 호텔, 해금홀
- Organizer 이시훈 교수 (전북대학교)

좌장 : 이시훈 교수 (전북대학교)

9:00 (25')	(FCT-01) 저탄소시대 청정석탄기술의 역할과 전망 <u>전충환*</u> (부산대학교 기계공학과, 화력발전에너지기술센터)
9:25 (20')	(FCT-02) 가압 순산소 연소기반 화력발전 시스템 국내 개발 현황 <u>양원</u> ^{1,2*} , 이영재 ¹ , 최석천 ¹ , 채태영 ¹ , 이용운 ¹ , 목진성 ¹ , 안형준 ¹ , 김동희 ^{1,3} (¹한국생산기술연구원, ²과학기술연합대학원대학교, ³포항공과대학교)
9:45 (20')	(FCT-03) 순산소 순환유동층 연소기술 개발 현황과 전망 <u>양창원</u> ^{1,2,3} , 김영두 ^{1,2} , 방병열 ^{1,2} , 정수화 ^{1,2} , 문지홍 ^{2,4} , 문태영 ^{2,4} , 조성호 ^{2,4} , 이재구 ^{2,4} , <u>이은도</u> ^{1,2,3*} (¹한국생산기술연구원, ²FEP 융합연구단, ³과학기술연합대학원대학교, ⁴한국에너지기술연구원)
10:05 (25')	Coffee Break <p style="text-align: right;">좌장 : 양원 박사 (한국생산기술연구원)</p>
10:30 (20')	(FCT-04) 순산소 가압유동층 발전기술 개발 현황과 전망 이종민, 박경일, 박병철, 이규화, <u>김동원*</u> (한전 전력연구원)
10:50 (20')	(FCT-05) 발전 플랜트 내 스팀 가열을 위한 태양열 유동층 가열기의 개발 <u>김성원*</u> , 박새한 (한국교통대학교 화공생물공학과)
11:10 (20')	(FCT-06) 초임계 순산소 연소 발전 사이클과 한국에너지기술연구원의 연구 <u>이대근*</u> , 노동순, 곽영태, 김승곤, 이민정, 정우남, 고창복, 이은경, 김남수, 심근선 (한국에너지기술연구원)
11:30 (20')	(FCT-07) 초임계 이산화탄소를 이용하는 발전 플랜트의 전산 모사 <u>이시훈*</u> , 김수원 (전북대학교 자원에너지공학과)

탈황 · 탈질

- 일시 2019년 3월 28일(목), 09:30~16:40
- 장소 경주 The-K 호텔, 가야금B
- Organizer 박노국 교수 (영남대학교)

좌장 : 이도연 박사 (한국에너지기술연구원)

- 09:30 (25') (CT-01) 금속구조체 기반 저온형 SCR 코팅촉매 개발
박정용^{1,2}, 이치현¹, 임동하^{1*}
(한국생산기술연구원, 동아대학교 환경공학과)
- 09:55 (25') (CT-02) 도시가스의 탈황을 위한 Zeolite계 황 화합물 흡착 특성 연구
김태영, 김현지, 채호진, 이수출, 김재창*
(경북대학교 화학공학과)
- 10:20 (25') (CT-03) 순산소 순환유동층 보일러에서 로내 N₂O 거동에 관한 실험적 연구
전민규, 최영곤, 이정규, 윤진한, 길상인*
(한국기계연구원)
- 10:45 (25') (CT-04) Pd/SSZ-13과 Pd/ZSM-5의 수열 안정성과, 저온에서 흡착을 통한 질소산화물 제거 능력 비교 연구
이재하¹, 유영석¹, 황성하¹, 김용우¹, 조성준², 이효경³, 김창환³, 김도희^{1*}
(¹서울대학교, ²전남대학교, ³현대-기아 기술연구소)

12:00 (60') 점심식사

좌장 : 이수출 교수 (경북대학교)

- 13:00 (25') (CT-05) PTFE Membrane을 이용한 고성능 표면여과방식의 집진여과 기술
서명조*, 박용규, 이영현, 정철, 최동민
(주)마이크로원)
- 13:25 (25') (CT-06) 고성능 저비용 집진장치 구현을 위한 롱백필터 집진장치
조윤행, 심준목, 박현설*
(한국에너지기술연구원)
- 13:50 (25') (CT-07) 질소산화물 환원과 분진 동시 제거를 위한 V₂O₅-WO₃/TiO₂를 부착한 시트형 촉매필터 성능
최주홍^{1*}, Ajit Dattatray Phule¹, 김진형²
(경상대학교 화학공학과, 경성산업(주))
- 14:15 (25') (CT-08) 휘발성 유기화합물 활용 에너지 생산기술 개발
홍범의^{1*}, 강석환¹, 전동환¹, 박노국², 박일건³
(¹고등기술연구원, ²영남대학교, ³평화엔지니어링)

14:40 (20') Coffee Break

좌장 : 임동하 박사 (한국생산기술연구원)

- 15:00 (25') (CT-09) 선박엔진 배출가스에 대한 환경 및 기술적 이슈
최준환*
(한국기계연구원 부설 재료연구소)
- 15:25 (25') (CT-10) 철강산업에서의 탈질기술 현황
김준우*, 변영철, 고동준
(재)포항산업과학연구원 광양연구그룹)
- 15:50 (25') (CT-11) SO₂ 심도탈황을 위한 K계 건식흡수제
채호진, 이수출, 조민선, 류민영, 조성빈, 김태영, 김재창*
(경북대학교 화학공학과)
- 16:15 (25') (CT-12) 국내 탈황용 석회석의 분쇄성 지수 평가 및 응용
서준형¹, 백철승¹, 조진상¹, 안지환², 조계홍^{1*}
(¹한국석회석신소재연구소, ²한국지질자원연구원)

청정 소재 및 공정

- 일시 2019년 3월 28일(목), 09:30~11:50
- 장소 경주 The-K 호텔, 가야금C
- Organizer 주지봉 교수 (건국대학교)

좌장 : 주지봉 교수 (건국대학교)

09:30 (25')	<p>(CT-13) Novel Surfactant Materials from Biomass by Zeolite-catalyzed Acylation of Furan and Fatty Acids <u>박대성*</u> (한국화학연구원)</p>
09:55 (25')	<p>(CT-14) 청정 분리 소재 개발을 위한 탄소 나노아키텍처링 기술 <u>김남동*</u>, 정재영, 김정길 (한국과학기술연구원, 기능성 복합소재 연구센터)</p>
10:25 (25')	<p>(CT-15) Facile and Eco-friendly Fabrication of Multifunctional Hybrid Porous Sponges for Environmental Applications <u>최인희*</u> (서울시립대학교, 생명과학과)</p>
10:50 (20')	<p>(CT-16) Isolation of acetate produced from C1 gas fermentation by electro dialysis system. <u>백지윤</u>, 김창만, 송영은, 김중래* (부산대학교, 화공생명공학부)</p>
11:10 (20')	<p>(CT-17) Effect of Pseuderanthemum palatiferum (Nees) Radlk. freeze dried powder obtained by subcritical water extraction on physical-chemical properties and antioxidant activities of gelatin-sodium alginate films <u>Truc Cong Ho</u>, 전병수* (부경대학교)</p>
11:30 (20')	<p>(CT-18) 균일한 메조공극을 갖는 MoSe₂ nanosheets/탄소섬유 복합체 합성과 소듐 이온배터리 음극활물질 적용 <u>정순영</u>, 조중상* (충북대학교 공업화학과)</p>

청정 융합

<ul style="list-style-type: none"> ■ 일시 ■ 장소 ■ Organizer 	<p>2019년 3월 28일(목), 09:30~14:40</p> <p>경주 The-K 호텔, 가야금D</p> <p>오상은 교수 (강원대학교)</p>
좌장 : 오상은 교수 (강원대학교)	
09:30 (20')	<p>(CT-19) Detection of toxicity induced by heavy metals in water using a fed-batch bioreactor on sulfur-oxidizing bacteria (SOB) <u>엄현섭</u>, 오상은* (강원대학교)</p>
09:50 (20')	<p>(CT-20) Development and commercialization of a bubble type respirometer <u>오상은</u>* (강원대학교)</p>
10:10 (20')	<p>(CT-21) Improvement of biohydrogen production from vegetable waste using inoculum pretreatment <u>Bikram Basak</u>, Ju-Hyeok Kwon, Hyun-Jo Ahn, Byong-Hun Jeon* (Hanyang University)</p>
10:30 (15')	<p>(CT-22) Surface modification of graphite granule electrode for a microbial fuel cell <u>Minsoo Kim</u>, Young Eun Song, Shuwei Li, Jung Rae Kim* (Pusan National University)</p>
10:45 (15')	<p>(CT-23) Disintegration of Microalgal Cell Wall and Consequent Improvement of Bioconstituents Fermentation for Biofuel Production <u>Geon-Soo Ha</u>, Marwa M. El-Dalatony, El-Sayed Salama, Hoo Kim, Byong-Hun Jeon* (Hanyang University)</p>
11:00 (15')	<p>(CT-24) Facile microwave hydrothermal synthesis of TiO₂ decorated on graphite carbon nitride for the enhanced removal of BPA under 400 nm LED <u>Wong Kien Tiek</u>, Baek Ha Ryu, and Min Jang* (Kwangwoon University)</p>
11:15 (20')	<p>(CT-25) 환경친화적인 뿌리기업 기반 구축을 위한 인증평가 제도 도입 방안 연구 <u>이한웅</u>¹, 노재동², 박해운¹, 박옥주¹, 김현재¹, 김기탁¹, 김성덕^{1*} (¹한국생산기술연구원, ²(주)엔스타알앤씨)</p>
12:00 (60')	<p>점심식사</p>
좌장 : 엄현섭 박사 (강원대학교)	
13:00 (30')	<p>(CT-26) 미세기포 부상분리, 불용성촉매복합전극과 자성체바이오좌를 이용한 난분해성 폐수처리 <u>채규정</u>^{1*}, 조완철¹, 손은비¹, 최상기², 김영모², 정도원³ (¹한국해양대, ²광주과학기술원, ³Techwin Co.)</p>
13:30 (20')	<p>(CT-27) Azadirachta indica extract assisted green synthesis of Co₃O₄ for application in microbial fuel cell as cathode catalyst <u>Md. T. Noori</u>¹, M.M Ghangrekar², Booki Min^{1*} (¹Kyung Hee University, ²Indian Institute of Technology Kharagpur)</p>
13:50 (15')	<p>(CT-28) Carbon electrode facilitates acetate oxidation by P.putida 2523 in a microbial fuel cell <u>Mutyala Sakuntala</u>, Changman Kim, Young Eun Song, Jiyun Baek, Minsoo Kim, Eunhee Seol and Jung Rae Kim* (Pusan National University)</p>
14:05 (15')	<p>(CT-29) Evaluation of magnesium silicate impregnated activated carbon powder for organic and inorganic compound removal <u>Choe Earn Choong</u>, and Min Jang* (Kwangwoon University)</p>
14:20 (15')	<p>(CT-30) Ammonia Removal by Simultaneous Nitrification and Denitrification in Microbial Electrolysis Cells <u>Daehyeon Choi</u>, Booki Min* (Kyung Hee University)</p>

바이오연료 및 소재

- 일시 2019년 3월 28일(목), 09:30~14:40
- 장소 경주 The-K 호텔, 향비파B
- Organizer 임한권 교수 (울산과학기술원)

좌장: 류준형 교수 (동국대학교)

09:30 (20')	(CT-31) 폐수처리 미세조류 바이오매스를 이용한 바이오연료 생산 특성과 저해요인 분석 <u>이재철</u> ¹ , <u>김현우</u> ² , <u>임한권</u> ¹ (¹ 울산과학기술원, ² 전북대학교)
09:50 (15')	(CT-32) Design of Biofuel Supply Chain Network using Mixed Integer Linear Programming (MILP) - The Case of South Korea <u>Mohammadamin Zarei</u> , <u>유준</u> (부경대학교)
10:05 (20')	(CT-33) Fractional catalytic pyrolysis of acid-washed <i>Saccharina Japonica</i> alga using HZSM-5 catalyst for upgrading bio-oil <u>Hoang Vu Ly</u> ¹ , <u>김승수</u> ¹ , <u>김진수</u> ² , <u>우희철</u> ³ (¹ 강원대학교, ² 경희대학교, ³ 부경대학교)
10:25 (15')	(CT-34) The effect of citric acid ratio on the catalytic performance of CoMo catalysts prepared by sol-gel method for the deoxygenation of oleic acid <u>조재완</u> , <u>박호룡</u> , <u>전경원</u> , <u>심재오</u> , <u>노현석</u> (연세대학교)
10:40 (30')	(CT-35) Development of Liquid Biofuels for Power Generation <u>김재곤</u> (한국석유관리원)

12:00 (60') 점심식사

좌장: 김재곤 박사 (한국석유관리원)

13:00 (40')	(CT-36) Methanotrophs as Microbial Cell Factory for Methane-to-Chemicals Bioconversion <u>이은열</u> (경희대학교)
13:40 (15')	(CT-37) Techno-economic analysis of glycerol steam reforming for H ₂ production featuring uncertainty analysis <u>허주헌</u> , <u>Boris Brigljević</u> , <u>이재철</u> , <u>이보름</u> , <u>이현준</u> , <u>임한권</u> (울산과학기술원)
13:55 (15')	(CT-38) A superstructure-based optimization framework for macroalgae biomass to fuel conversion strategies: economic and environmental perspective <u>Rofice Dickson</u> , <u>유준</u> (부경대학교)
14:10 (20')	(CT-39) 바이오항공유 1 ton 생산을 위한 파일럿 플랜트 운전 결과 <u>장정희</u> ¹ , <u>김성탁</u> ¹ , <u>곽연수</u> ¹ , <u>안민희</u> ¹ , <u>한기보</u> ¹ , <u>정병훈</u> ² , <u>한정식</u> ² (¹ 고등기술연구원, ² 국방과학연구소)

청정 석탄

<ul style="list-style-type: none"> ■ 일시 2019년 3월 28일(목), 13:00~16:40 ■ 장소 경주 The-K 호텔, 가야금C ■ Organizer 김수현 박사(고등기술연구원), 라호원 박사(한국에너지기술연구원) 	좌장 : 정천우 박사 (포항산업과학연구원)
13:00 (20') (CT-40) Wire Mesh Reactor를 활용한 석탄의 온도별 탈휘발 특성 연구 이석형 ^{1,2} , 윤성민 ¹ , 박성진 ¹ , 서명원 ¹ , 문태영 ¹ , 문지홍 ¹ , 윤상준 ¹ , 이재구 ¹ , 김재호 ¹ , 김용구 ¹ , 주종훈 ² , 라호원 ^{1,*} (한국에너지기술연구원 청정연료연구실, ² 충북대학교 재료공학과)	
13:20 (20') (CT-41) 록호퍼 시스템 대체용 고압 분체연료 주입장치 개발(V) 정석우 ¹ , 이지은 ¹ , 권인구 ¹ , 윤성필 ¹ , 정종선 ² (고등기술연구원, ² ㈜세인텍)	
13:40 (20') (CT-42) 가압 순산소 연소조건에서 NOx-SOx 저감을 위한 FGC 시스템의 해석적 연구 이호수 ^{1,2} , 이용운 ¹ , 양원 ^{1*} , 홍종섭 ² (한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹, ² 연세대학교 기계공학부)	
13:55 (15') (CT-43) CPFD를 이용한 pneumatic conveying system 최적 운전조건 연구 성우창 ¹ , 정석우 ² , 정종선 ³ , 이동현 ^{1*} (성균관대학교 화학공학부, ² 고등기술원, ³ Seintec Corporation)	
14:10 (20') (CT-44) 배가스 내 NOx-SOx 동시저감을 위한 직접 접촉식 응축기 최솔비 ¹ , 목진성 ¹ , 양원 ¹ , 류창국 ² , 최석천 ^{1*} (한국생산기술연구원, ² 성균관대학교)	
14:40 (20') Coffee Break	좌장: 정석우 박사 (고등기술연구원)
15:00 (20') (CT-45) CO2 고온 공전해 방법을 이용한 합성가스 생산 시스템 설계 정우현*, 이지은, 정기진, 이동현, 김영배, 이진욱 (고등기술연구원)	
15:20 (20') (CT-46) 가압 순산소연소 기반의 발전공정 최적화를 위한 해석적 연구 박근영 ^{1,2} , 이용운 ¹ , 양원 ^{1*} , 배운상 ² (한국생산기술연구원, ² 연세대학교)	
15:40 (20') (CT-47) 신재생에너지 이용 그린메탄 생산을 위한 핵심 융합기술 개발 현황 서명원*, 고강석, 이도연, 윤성민, 김재호, 김용구, 박성진, 손성혜, 류호정 (한국에너지기술연구원)	
16:00 (20') (CT-48) 가시화를 통한 물의 정전분무에 관한 실험적 연구 김진한, 박준수, 이계중, 김정근, 최종원* (한국에너지기술연구원)	
16:20 (15') (CT-49) 가압 bubble column에서 압력증가에 따른 heat transfer coefficient 변화 배건 ¹ , 고강석 ² , 노남선 ² , 임영일 ³ , 이동현 ¹ (성균관대학교 화학공학부, ² 한국에너지기술연구원 CCP융합연구단, ³ 국립한경대학교 화학공학과)	

온실가스 및 미세먼지 저감

- 일시 2019년 3월 28일(목), 15:00~16:40
- 장소 경주 The-K 호텔, 가야금D
- Organizer 박정훈 교수 (동국대학교)

좌장 : 박정훈 교수 (동국대학교)

- | | |
|-------------|---|
| 15:00 (20') | (CT-54) 액체연료의 직접 합성을 위한 피셔-트롭쉬 반응에서 메조기공 구조를 가지는 Co/ZSM-5 촉매의 역할
김성탁 ¹ , 김석기 ^{2*}
(¹ 고등기술연구원, ² 한국화학연구원) |
| 15:20 (20') | (CT-53) 천연가스 하이드레이트에서 메탄-이산화탄소 치환에 의한 온실가스 저장 및 에너지 생산
최원중 ¹ , 이요한 ² , 목정훈 ¹ , 서용원 ¹
(¹ 울산과학기술원, ² 독일 GEOMAR Helmholtz Center for Ocean Research Kiel) |
| 15:40 (20') | (CT-52) 이중 합금 Pd-Cu/ZnO 촉매 상에서의 이산화탄소의 수소화에 의한 메탄올 합성반응
송경호 ^{1,2} , 정순관 ¹ , 박기태 ¹ , 김학주 ^{1*}
(¹ 한국에너지기술연구원, ² 고려대학교) |
| 16:00 (20') | (CT-50) 광산란식 실시간 미세먼지 측정기기 개발 및 정확도 향상 연구
강두수, 이상열, 신희준, 봉하경, 최주현
(센트리 부설연구소) |
| 16:20 (20') | (CT-51) 숲가마 배출가스에서 발생하는 대기오염물질 및 온실가스의 배출 특성
박성규, 박종우, 홍영실, 황의현 ¹ , 권용수 ¹
((주)케이에프, ¹ 경북도립대학교) |

오염 저감

- 일시 2019년 3월 28일(목), 15:00~17:00
- 장소 경주 The-K 호텔, 향비파B
- Organizer 이태호 교수 (송실대학교)

좌장 : 김대근 교수 (서울과학기술대학교)

15:00 (20')	(CT-55) 복합악취 제어를 위한 무기물 기반 다중필터 개발 <u>김대근*</u> , 노규영 (서울과학기술대학교)
15:20 (20')	(CT-56) 센서를 활용한 생산 공정별 악취배출 특성 분석 <u>정의석¹</u> , 임문혁 ¹ , 김진완 ¹ , 신철호 ² , 황열순 ³ (¹ (주)엔버스 부설기술연구소, ² (재)서해환경과학연구소, ³ (주)한독이엔지)
15:40 (20')	(CT-57) 환상형 활성탄 카트리지를 활용한 톨루엔의 흡탈착 특성 <u>홍성오¹</u> , 이태호 ² , 한문조 ¹ , 이성우 ¹ , 박준용 ^{1*} (¹ (주)우진이엔지, ² 송실대학교)
16:00 (20')	(CT-58) Non-thermal plasmaassisted NO_x and Soot simultaneous removal over wide temperaturerange <u>Van Toan Nguyen, Duc Ba Nguyen, Md.MokterHosian, S. G. Kim, Young Sun Mok*</u> (제주대학교)
16:20 (20')	(CT-59) 고기구이에서 발생하는 아세트알데히드 제거용 흡착 촉매의 성능 평가 안해영, 이윤경, 조준표, <u>송지현*</u> (세종대학교)
16:40 (20')	(CT-60) 균일용액침전법을 이용한 BaMnAl₁₁O_{19-δ}의 제조 <u>박지윤, 정유식¹, 이영우*</u> (충남대학교 에너지과학기술대학원, ¹ (주)지엔티엔에스(GNTNS))

포스터세션 I (1)

■ 일시 2018년 3월 27일(수), 14:00~15:00

■ 장소 경주 The-K 호텔, 거문고C

■ Organizer 전병훈 교수 (한양대학교)

좌장: 이시훈 교수 (전북대학교)

- | | |
|-------|--|
| PA-01 | <p>순산소 순환유동층 보일러의 로내 조건에 따른 N₂O 발생 특성
 <u>전민규</u>¹, <u>최영곤</u>¹, <u>이정규</u>¹, <u>윤진한</u>¹, <u>길상인</u>^{1*}
 (¹한국기계연구원)</p> |
| PA-02 | <p>Characterization of Fe species in Fe-exchanged TiO₂-supported V₂O₅-WO₃ catalysts and their role in selective catalytic reduction of NO by NH₃
 <u>Thi Phuong Thao Nguyen</u>, <u>Ki Hyuck Yang</u>, <u>Moon Hyeon Kim</u>*
 (Daegu University)</p> |
| PA-03 | <p>저농도 황화합물 검출을 위한 흡착제 색 변화 특성 평가
 <u>김태연</u>¹, <u>김현지</u>¹, <u>채호진</u>¹, <u>김종수</u>², <u>이수출</u>¹, <u>김재창</u>^{1*}
 (¹경북대학교, ²(주)에스엠텍)</p> |
| PA-04 | <p>파장가변형 다이오드 레이저를 이용한 온도/농도 계측 실증 연구
 <u>유미연</u>^{1,2}, <u>소성현</u>^{1,3}, <u>박지연</u>^{1,4}, <u>정낙원</u>^{1,3}, <u>송아란</u>^{1,3}, <u>박대근</u>¹, <u>박호영</u>⁵, <u>이창엽</u>^{1,*}
 (한국생산기술연구원¹, 충북대학교², 연세대학교³, 성균관대학교⁴, 한국전력공사 전력연구원⁵)</p> |
| PA-05 | <p>FGR 적용에 의한 산업용 보일러 NO_x 저감 특성에 대한 연구
 <u>이창엽</u>^{1*}, <u>소성현</u>^{1,2}, <u>유미연</u>^{1,3}, <u>박지연</u>^{1,4}, <u>정낙원</u>^{1,2}, <u>송아란</u>^{1,2}, <u>박대근</u>¹
 (한국생산기술연구원¹, 연세대학교², 충북대학교³, 성균관대학교⁴)</p> |
| PA-06 | <p>IGFC에 적용을 위한 COS 흡수용 Potassium 담지 활성탄의 제조
 <u>권병찬</u>, <u>박노국</u>*, <u>이태진</u>*, <u>김준영</u>¹, <u>강미숙</u>¹, <u>이승종</u>², <u>지준화</u>³
 (영남대학교 화학공학부, ¹영남대학교 화학과, ²고등기술연구원, ³한국전력연구원)</p> |
| PA-07 | <p>하이브리드형 PTFE 멤브레인 필터 개발을 위한 소재성 흡착제의 코팅 및 탈리 특성
 <u>윤성필</u>, <u>류상오</u>, <u>황상연</u>, <u>서명조</u>¹, <u>이승우</u>²
 (고등기술연구원, ¹(주)마이크로원, ²영남대학교 산학협력단)</p> |
| PA-08 | <p>연소시설 배출 복합오염물질 처리용 PTFE 멤브레인 필터 제조 특성 연구
 <u>이지은</u>, <u>황상연</u>, <u>정석우</u>, <u>서명조</u>¹, <u>이승우</u>²
 (고등기술연구원, ¹(주)마이크로원, ²영남대학교 산학협력단)</p> |
| PA-09 | <p>복합 라미네이팅 기술을 이용한 미세입자 및 중금속 제거용 PTFE membrane filter 개발
 <u>황상연</u>, <u>류상오</u>, <u>윤성필</u>, <u>정석우</u>, <u>서명조</u>¹, <u>이승우</u>²
 (고등기술연구원, ¹(주)마이크로원, ²영남대학교 산학협력단)</p> |
| PA-10 | <p>Pilot급 집진장치를 이용한 미세입자 제거용 흡착제 코팅 PTFE 멤브레인 필터의 여과 특성
 <u>류상오</u>, <u>윤성필</u>, <u>황상연</u>, <u>서명조</u>¹, <u>이승우</u>²
 (고등기술연구원, ¹(주)마이크로원, ²영남대학교 산학협력단)</p> |

포스터세션 I (2)

- PA-11 직접 탈황 조건에서의 석회석 입도 분포에 따른 공극 특성 연구
 강서영, 김예빈, 고은솔, 이시훈*
 (전북대학교 자원에너지공학과)
- PA-12 VOC톨루엔의 수증기 개질과 자열개질을 위한 O₂/C비에 따른 반응 특성
 이영진¹, 권병찬¹, 박노국¹, 이승우¹, 이태진^{1*}, 강석환², 홍범의²
 (¹영남대학교, ²고등기술연구원)
- PA-13 온도 표시기 활용을 위한 삼각 형상의 판상형 은 나노구조체의 구조 변형
 Ardianrama Alexander David¹, 김문호^{1*}
 (¹부경대학교)
- PA-14 이종금속 나노결정을 표면에 가지는 폴리스티렌 중공입자의 친환경 합성 공정 개발
 및 응용
 Astrini Pradyasti¹, 김문호^{1*}
 (¹부경대학교)
- PA-15 열반응성 고분자 복합체의 제작과 스마트 윈도우 응용
 김대환¹, 김문호^{1*}
 (¹부경대학교)
- PA-16 고성능 일산화탄소 선택적 흡착제 제조 및 특성 평가
 김정수, 정태성, 조강희, 범희태, 박종호, 한상섭*
 (한국에너지기술연구원)
- PA-17 구슬 모양 촉매를 이용한 일산화탄소 산화 반응
 김지율¹, 김나연¹, 박일건², 주지봉^{1*}
 (¹건국대학교 화학공학과, ²(주) 평화엔지니어링 R&D 연구소)
- PA-18 유기화합 오염물 제거를 위한 비드형태의 TiO₂의 제조
 변상우¹, 김지율¹, 박일건², 주지봉^{1*}
 (¹건국대학교 화학공학과, ²(주) 평화엔지니어링 R&D 연구소)
- PA-19 알돌 축합 반응에서 반응 변수에 따른 영향 연구
 이경우, 주지봉*
 (건국대학교 화학공학부)
- PA-20 광촉매적 능력 향상을 위한 CeO₂-MO_x 복합 나노 구조체 제조에 관한 연구
 이현경¹, 이경우¹, 장세진¹, 김나연¹, 최인희², 주지봉^{1*}
 (¹건국대학교 화학공학과, ²서울시립대학교 생명과학과)

포스터세션 I (3)

- PA-21 중형기공성 중공형 실리카 입자 합성 및 화학물질 전달 응용
장세진¹, 이현경¹, 이승기² 최인희², 주지봉¹
 (1건국대학교 화학공학과, 2시립대학교 생명과학과)
- PA-22 Pellet-type Ni/Al₂O₃ 촉매를 이용한 Tricyclopentadiene으로부터
 Tetrahydrotricyclopentadiene 제조 및 촉매 재생에 관한 연구
박유리, 구희지, 김석준, 한정식¹, 전종기*
 (공주대학교, 1국방과학기술연구소)
- PA-23 Ir-CuO/honeycomb 촉매를 이용한 HAN 기반 이온성 액체 추진제 분해
우재균, 유달산, 오설영, 전종기*
 (공주대학교)
- PA-24 중공형 구조로 제어된 Pd@M/C와 Pd@PdM/C 촉매의 합성 및 특성 평가
손연선, 이종하, 김동건, 이지호, 이수진, 김필*
 (전북대학교)
- PA-25 코어-셸 구조의 팔라듐-백금 촉매의 산소환원반응 특성 분석
손연선, 이종하, 김동건, 이지호, 이수진, 김필*
 (전북대학교)
- PA-26 Large-scale production of uniform gas bubbles via parallelization
 Hun Soo Byun¹, Soon-Do Yoon¹, and Heon-Ho Jeong^{1*}
 (1Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University)
- PA-27 물 흡수법을 이용한 바이오가스 고질화 공정 모사기 개발
김선형, 최예라, 범희태, 이찬현, 김종남*
 (한국에너지기술연구원)
- PA-28 식물성 오일로부터 생산된 바이오항공유의 증류 조건 별 정상 분석
장정희¹, 김성탁¹, 광연수¹, 안민희¹, 한기보^{1†}, 정병훈², 한정식²
 (고등기술연구원¹, 국방과학연구소²)
- PA-29 식물성 오일 전환에 의한 바이오항공유 제조공정 구현을 위한 촉매공정/시스템의 스
 케일-업 설계-구축-운전에 관한 연구
한기보^{1*}, 장정희¹, 김성탁¹, 광연수¹, 안민희¹, 정병훈², 한정식²
 (1고등기술연구원, 2국방과학연구소)
- PA-30 엔진테스트용 바이오항공유 제조 공정에서 항공유 물성제어에 관한 연구
한기보^{1*}, 장정희¹, 김성탁¹, 광연수¹, 안민희¹, 정병훈², 한정식²
 (1고등기술연구원, 2국방과학연구소)

포스터세션 I (4)

- PA-31 고온 연소 환경에서 바이오매스 펠릿 연소 특성에 관한 연구
박혜민^{1,2}, 목진성¹, 류창국², 최석천^{1,*}
(¹한국생산기술연구원, ²성균관대학교 기계공학과)
- PA-32 다채널구조의 탄소 파이버를 이용한 리튬황전지의 전기화학적 특성 분석
Xuan Liang Wang, Baasanjav Erdenebayar, 김은미, 정상문*
(충북대학교)
- PA-33 전기화학적 환원을 통한 고성능 리튬이온 전지 음극 활물질 제조
최종혁¹, Baasanjav Erdenebayar², 김은미³, 정상문^{4*}
(충북대학교)
- PA-34 미활용 바이오매스를 활용한 유동층 가스화 시스템 예비 연구
박성진¹, 손성혜^{1,2}, 라호원¹, 윤상준¹, 문태영¹, 문지홍¹, 윤성민¹, 이석형^{1,3}, 김재호¹, 서명원^{1,*}
(한국에너지기술연구원, ¹ 충남대학교 에너지과학기술대학원², 충북대학교³)
- PA-35 중온수, 타르수용액, 톨루엔 등을 이용한 EFB 회분제거 특성
임혁, 이시훈, 김상도, 전동혁, 유지호, 임영준, 임정환, 김수현, 최호경*
(한국에너지기술연구원 청정연료연구실)
- PA-36 바이오매스 열분해 오일의 수첨탈산소 반응 촉매 개발
심진기, 하정명¹, 최재욱²
(KIST, ¹UST)
- PA-37 다시마의 열수 액화에 기반한 삼중 발전의 기술-경제성 타당성 연구
니아즈 하이더, 유준
(부경대학교 화학공학과)
- PA-38 Fabrication of Bi-enzymatic Electrodes Base on Graphene Oxide-modified ITO for Enzymatic Fuel Cell Utilizing Trehalose
Xue Wang¹, Yang Gon Seo¹, Hyug-Han Kim² and Chang-Joon Kim^{1*}
(¹Gyeongsang National University, ²Dankook University)
- PA-39 스크루 방식 고압 분체 주입장치 기초시험 결과 및 개선
정석우¹, 이지은¹, 정기진¹, 류상오¹, 정종선²
(¹고등기술연구원, ²(주)씨인텍)
- PA-40 가압 기포 유동층 반응기에서의 Ni계 촉매 CO₂ 메탄화 기초 특성 연구
손성혜^{1,2}, 황병욱¹, 박성진¹, 김정환¹, 이도연¹, 고강석¹, 전상구¹, 윤성민¹, 김용구¹, 김재호¹, 류호정¹, 서명원^{1,*}, 이영우^{2,*}
(한국에너지기술연구원, ¹ 충남대학교 에너지과학기술대학원²)
- PA-41 매립지 가스 내 산소제거를 위한 Pd 코팅 페로프스카이트 촉매 제조 및 특성
박유강, 이홍주, 이승환, 박정훈*
(동국대학교 화학공학과)

포스터세션 I (5)

- PA-42 **Na으로 개질된 ZSM-5를 이용한 제올라이트 촉매의 흡열 분해 특성에 관한 연구**
 신민창, 이태호¹, 김민광, 정지훈², 정병훈³, 박정훈*
 (동국대학교 화학공학과, ¹고려대학교 화공생명공학과, ²경기대학교 화학공학과, ³국방
 과학연구소)
- PA-43 **어류 양식의 온실가스 배출량 평가 및 질소, 인 흐름 분석 방법론 개발**
 정다운¹, 임성린*
 (¹*강원대학교 건축토목환경공학부 환경공학전공)
- PA-44 **실도로 주행 시 미니버스의 미규제물질 배출 수준에 관한 연구**
 백승하¹, 조재호¹, 안승호¹, 명차리¹, 박심수^{1*}, 이범호², 권석주²
 고려대학교 기계공학과¹, 자동차부품연구원²
- PA-45 **미니버스의 차대동력계 시험모드 별 입경 크기 별 미세먼지 배출특성 연구**
 안승호¹, 조재호¹, 백승하¹, 명차리¹, 박심수^{1*}, 오세두², 서동춘²
 (고려대학교 기계공학과¹, 자동차부품연구원²)
- PA-46 **터보과급 LPG 직접분사 엔진 적용에 따른 승용 차량의 온실가스 및 미세먼지 배출특
 성 연구**
 조재호¹, 안승호¹, 김강진¹, 백승하¹, 명차리¹, 박심수^{1*}
 (고려대학교 기계공학부¹)
- PA-47 **새로운 기상 광촉매 반응기 개발과 이를 이용한 이산화탄소 전환을 통한 재생연료 생
 산 연구**
 이치현¹, 이동훈¹, 임동하^{1*}
 (¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹)
- PA-48 **플라즈마 스크러버 적용을 위한 아크플라즈마 토치의 과불화합물 분해 특성**
 황상연, 엄성현, 차우병¹
 (고등기술연구원, ¹(주)플라즈마텍)
- PA-49 **Exploring Step-by-Step Assembly of Nanoparticle:Cytochrome Biohybrid
 Photoanodes**
 Ee Taek Hwang^{1*}
 (¹Center for Convergence Bioceramic Materials, Korea Institute of Ceramic
 Engineering & Technology)
- PA-50 **Membrane Bound Protein Inserted into Vesicle for Artificial System**
 Ee Taek Hwang^{1*}
 (¹Center for Convergence Bioceramic Materials, Korea Institute of Ceramic
 Engineering & Technology)

포스터세션 II (1)

- 일시 2018년 3월 28일(목), 14:40~15:40
- 장소 경주 The-K 호텔, 거문고C
- Organizer 전병훈 교수 (한양대학교)

좌장: 전병훈 교수 (한양대학교)

- PB-01** 임펄스 고주파 전원이 적용된 하전식 공기 청정 기술
 이재호¹, 박진호², 차우병³
 (¹플라즈마텍, ²플라즈마텍, ³플라즈마텍)
- PB-02** 스피넬 구조의 금속산화물 촉매가 CO₂의 메탄화에 미치는 영향
 권병찬, 박노국*, 이태진*, 이도연¹, 류호정¹, 서명원¹
 (영남대학교 화학공학부, ¹한국에너지기술연구원)
- PB-03** 직화구이 악취제거용 불용성 전극 및 산화제를 통한 암모니아의 직간접 제거 특성
 양우영, 이진영, 이태호, 류희욱
 (숭실대학교)
- PB-04** Evaluation of MIL-101(Cr) at optimum conditions for multi-cycles ammonia adsorption
 Haroon Ur Rasheed, Ji Hye Park, Gwang Hui Jo, Hyung Chul Yoon¹, Kwang Bok Yi^{2,*}
 (Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University, ¹Korea Institute of Energy Research, ²Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University)
- PB-05** 암모니아 농축을 위한 AC-Mg 흡착제의 흡착 및 탈착 특성
 박지혜, 조광희, Haroon ur Rasheed, 윤형철¹, 이광복^{2,*}
 (충남대학교 에너지과학기술 대학원, ¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교 화학공학교육과)
- PB-06** 히트펌프를 활용한 이산화탄소 압축시스템 연구
 이범준¹, 노철우¹, 이길봉¹, 조종재¹, 신형기¹, 조준현¹, 최봉수¹, 나호상¹, 백영진^{1*}
 (¹한국에너지기술연구원)
- PB-07** 초임계 이산화탄소 발전시스템 개발 및 운전의 기술적 이슈
 조준현¹, 최봉수¹, 신형기¹, 조종재¹, 이범준¹, 노철우¹, 이길봉¹, 나호상¹, 백영진^{1*}
 (¹한국에너지기술연구원 열에너지시스템연구실)
- PB-08** kW급 초임계 이산화탄소 발전 시스템 시험장치 300°C 예비운전 연구
 최봉수^{1*}, 조준현¹, 신형기¹, 조종재¹, 나호상¹, 노철우¹, 이범준¹, 이길봉¹, 왕은석¹, 백영진¹
 (¹한국에너지기술연구원)
- PB-09** 발전플랜트 수자원 이용 절약을 위한 증발수분 회수 쿨링타워의 성능 및 경제성 분석 연구
 노철우*, 박상준, 이길봉, 이범준, 왕은석, 최봉수, 조준현, 조종재, 신형기, 백영진
 (한국에너지기술연구원)

포스터세션 II (2)

- PB-10 **바나듐 전해액 연속 생산용 Pt/C 촉매반응기의 장기간 내구성에 관한 연구**
한재윤^{1,3}, 김창현^{1,3}, 허지윤², 김희탁², 전명석³, 이관영¹, 이신근^{3*}
 (¹고려대학교, ²한국과학기술원, ³한국에너지기술연구원)
- PB-11 **수소 생산 및 이산화탄소 포집을 위한 팔라듐 복합 분리막 반응기를 이용한 메탄습윤 개질반응에 관한 연구**
김창현^{1,3}, 한재윤^{1,3}, 임한권², 이관영¹, 이신근^{3*}
 (¹고려대학교, ²울산과학기술원, ³한국에너지기술연구원)
- PB-12 **순산소 순환유동층 연소에서의 요소수 활용 NO_x 저감 기술**
최영곤¹, 길상인, 이정규, 전민규, 윤진한^{1*}
 ¹한국기계연구원
- PB-13 **0.1MW_{th} 순산소 순환유동층 연소에서의 Urea 활용 NO_x 저감 기술**
최영곤¹, 길상인, 이정규, 전민규, 윤진한^{1*}
 (¹한국기계연구원)
- PB-14 **다중벽 탄소 나노튜브 다발에 산화철(III)이 균일하게 분산된 이루어진 1차원 섬유의 제조 및 리튬폴리머전지의 프리스탠딩 음극활물질 적용**
오세환¹, 조중상^{1*}
 (¹충북대학교)
- PB-15 **다공성 핵을 갖는 노른자-겉질 구조체 합성 및 리튬이온배터리 음극활물질로 적용**
조민수¹, 조중상^{1*}
 (¹충북대학교 공업화학과)
- PB-16 **다공성 탄소/금속셀렌화물 복합나노섬유 합성과 소듐이차전지 음극활물질 적용**
정순영, 조중상^{*}
 (충북대학교 공업화학과)
- PB-17 **Drop tube furnace (DTF) 내 회분 부착실험 대상 슬래깅 모델 평가**
강기섭¹, 조현빈¹, 박종근¹, 류창국^{1*}
 (¹성균관대학교)
- PB-18 **슬래깅 조건 태안 석탄 가스화기 동적모델 개발**
김무경¹, 예인수², 류창국^{1*}, 김봉근³
 (¹성균관대학교, ²포항산업과학연구원, ³두산중공업)

포스터세션 II (3)

- PB-19 전해제련 공정 효율 향상을 위한 전기화학 시스템 개발
 이은실, 박정은, 김지현, 김은주
 (고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부)
- PB-20 금속 담지 biochar에 의한 질산염 및 인산염의 흡탈착 연구
 김동진*, 신현아
 (한림대학교 환경생명공학과 및 에너지환경연구소)
- PB-21 금속 조촉매의 환원성질과 $\text{Na}_2\text{WO}_4/\text{Mn}/\text{SiO}_2$ 촉매의 메탄 산화이량화 반응성의 상관
 관계
 구상서,^{1,2} 오형석,² 최재욱,² 서동진,^{2,3} 제정호,⁵ 최정규,^{1,*} 하정명^{2,3,4,*}
 (¹고려대학교 화공생명공학과, ²한국과학기술연구원 청정에너지연구센터, ³고려대학교
 그린스쿨, ⁴KIST 스쿨 에너지-환경 융합전공, ⁵부산대학교 화공생명공학부)
- PB-22 시멘트 제조공정으로 인해 발생하는 부산물의 자원화를 위한 고액분리 기술에 관한
 연구
 박병현*, 조성현¹, 임재민¹, 김해기¹, 이주열¹
 (¹㈜애니텍 기술연구소, ²경희대학교 환경응용과학과)
- PB-23 산업단지 공공폐수처리장의 가동을 향상방안 연구
 - 폐수발생량 원단위를 중심으로 -
 지민규*, 안준영
 (한국환경정책·평가연구원)
- PB-24 수증기 메탄 개질용 인첨가 마크로-메조기공의 계층형 알루미나 지지체 기반 니켈촉
 매 개발
 우은석^{1,2}, 엄하늬¹, 여창원^{1,2}, 박대원², 임동하^{1*}
 (¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²부산대학교 화학공학과)
- PB-25 Synthesis of Micro Silicone Resin by Sol-Gel Process
 Seok Woo Hong, Seung Han Woo, Chul Woo Lee*
 (Chemical and Biological Eng./RIC, Hanbat National Univ.)
- PB-26 알지네이트의 분자량 조절을 위한 산화분해 반응에 대한 연구
 박용범, 안희주, 허광선¹, 우희철*
 (부경대학교 화학공학과, ¹경남정보대 신소재응용화학학과)
- PB-27 전이금속 산화물 촉매를 이용한 선박용 경유의 산화 탈황
 오현우, 유준, 우희철*
 (부경대학교 화학공학과)
- PB-28 NiMoC/Al₂O₃ 촉매를 이용한 비식용 식물성 오일의 업그레이딩
 이성찬, 윤인배, 우희철*
 (부경대학교 화학공학과)
- PB-29 친환경 습/건식 전처리 기술을 이용한 α-스포듀민으로부터 리튬 회수에 관한 연구
 박재량¹, 안낙균¹, 김대원^{1*}, 최희락²
 (¹고등기술연구원, ²부경대학교 신소재공학부)

포스터세션 II (4)

- PB-30 경유 및 휘발유 연료를 사용한 3리터급 25인승 승합 차량의 차대동력계 배출가스 특성
권석주¹, 서동춘¹, 오세두^{1*}, 서영호¹
 (¹자동차부품연구원)
- PB-31 **Non-thermal plasma assisted NO_x and Soot simultaneous removal over wide temperature range**
 Van Toan Nguyen, Duc Ba Nguyen, Md. Mokter Hosian, S. G. Kim, Young Sun Mok*
 (Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University)
- PB-32 Ni 촉매상에서의 Power to Gas(P2G)의 CO₂ 메탄화 반응실험 연구
한단비, 염규인, 김윤지, 변현승, 백영순*
 (수원대학교 환경에너지공학)
- PB-33 양방향 수전해 기반 수소제조를 위한 고온스팀 과열기의 CFD 해석
김윤지¹, 박성룡², 조종표², 백영순^{1*}
 (¹수원대학교 환경에너지공학과, ²에너지기술연구원)
- PB-34 난연 특성을 가진 폴리프로필렌용 친환경 수분산 바인더의 제조 및 특성 평가
김은지, 백인규, 최경용¹, 박재형*
 (한국신발피혁연구원, ¹경은산업(주))
- PB-35 맞춤형 인솔용 친환경 수경화 폴리우레탄 수지의 제조 및 특성 평가
김은지*, 백인규, 박재형, 하경호¹
 (한국신발피혁연구원, ¹(주)에스앤에프)
- PB-36 결로 방지용 친환경 코팅 수지의 제조 및 특성 평가
김은지*, 백인규, 박재형, 서영삼¹
 (한국신발피혁연구원, ¹(주)하이첸)
- PB-37 선택적 광 제어 기능의 농업용 multi-layer 필름 제조 및 특성 평가
김은지*, 백인규, 박재형, 김재현¹
 (한국신발피혁연구원, ¹(주)선경화성)
- PB-38 액체 유기 수소캐리어를 이용한 수소 수송 관련 경제성 분석
이보름, Boris Brigljević, 이현준, 임한권*
 (울산과학기술원)
- PB-39 Power-to-gas 기술의 이산화탄소 배출권 기반 불확실성 분석
이현준, 이보름, 허주현, 연원모, 임한권*
 (울산과학기술원)

포스터세션 II (5)

- PB-40 수소 분리막 반응기 도입 에탄 수증기 개질반응에 대한 통합 기술·경제성 평가
허주현, 이보름, 연원모, 이현준, 임한권*
 (울산과학기술원)
- PB-41 매체순환연소공정용 CaSnO₃ 산소전달입자의 산화·환원 특성 연구
백승훈, 손정민*
 (전북대학교 자원·에너지공학과)
- PB-42 Fast pyrolysis of oak tree and pine tree in bubbling fluidized-bed reactor
 for bio-oil production
Manh Linh Le, Hoang Vu Ly, Seung-Soo Kim*
 (Kangwon National University)
- PB-43 Guaiacol hydrodeoxygenation using commercial catalyst support Al₂O₃-SiO₂
Quoc Khanh Tran¹, Sangjin Han², Hoang Vu Ly¹, Seung-Soo Kim^{1*}, Jinsoo
 Kim²
 (¹Kangwon National University, ²Kyung Hee University)
- PB-44 전산유체기법을 이용한 기포유동층 반응기에서의 슬러그 고찰
서수빈, 김형우, 이시훈*
 (전북대학교 자원에너지공학과)
- PB-45 Computational Study on Sodium Metal Plating on Pre-patterned Current
 Collector for Highly Rechargeable Seawater Battery
Immanuel Kristanto¹, Jaeho Jung¹, Daeyeon Hwang¹, Sang Kyu Kwak^{1*}, Seok Ju
 Kang^{1*}
 (¹Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST))
- PB-46 폴리피롤 및 금속 도핑 테레프탈레이트의 산소환원 반응에 대한 밀도범함수 이론 계
 산 연구
김수환¹, 이동규¹, 송현곤¹, 광상규^{1*}
 (¹울산과학기술원)
- PB-47 밀도범함수 이론 계산을 통한 고성능 일산화탄소 흡착용 금속염 전산 스크리닝
김유진¹, 이지은¹, 이정현¹, 김진철¹, 이경민¹, 임형용¹, 이기봉², 광상규^{1*}
 (¹울산과학기술원, ²고려대학교)
- PB-48 Effects of different redox mediators on microbial electrosynthesis of CO₂ to
 produce acetate
 Shuwei Li, Young Eun Song, Minsoo Kim, Jung Rae Kim*
 (Pusan National University)
- PB-49 Acetate and VFA production from carbon monoxide using ZVI (zero valent
 iron)
 Hyeon Sung Im¹, Changman Kim¹, Young Eun Song¹, Chae Ho Im²,
 Jung Rae Kim^{1*}
 (¹Pusan National University, ²UNIST)

포스터세션 II (6)

- PB-50 **Assessment of cadmium toxicity in soil using sulfur oxidizing bacteria**
Ebenezer Ashun, Heonseop Eom, and Sang-Eun Oh*
(Kangwon National University)
- PB-51 **A novel micro-algal testing method for assessing toxicity of selected heavy metals in natural water**
Fida Hussain, Heonseop Eom, and Sang-Eun Oh*
(Kangwon National University)
- PB-52 **폐기물 가스화 합성가스의 수성가스전이반응용 Co/CeO₂ 촉매에서 알칼리 및 알칼리 토금속 첨가에 의한 촉매 성능 향상**
김경진, 이열림, 노현석*
(연세대학교)
- PB-53 **폐기물 가스화 합성가스의 고온수성가스전이반응용 BaCo/CeO₂ 촉매에서 Ba 조촉매 함량 최적화를 통한 촉매 안정성 증진**
이열림, 김경진, 노현석*
(연세대학교)
- PB-54 **Manganese removal from water treatment effluent using 3D nano flower-like magnesium hydroxide Coated granular polyurethane**
Seog Beom Jang¹, Wong Kien Tiek¹, Choe Earn Choong¹, So Yeon Yoon¹, and Min Jang^{1,*}
(¹Kwangwoon University)
- PB-55 **Inter-particle migration of Cu ion between physically mixed Cu-SSZ-13 and H-SSZ-13 by hydrothermal treatment**
Hwangho Lee, Inhak Song, Se Won Jeon, and Do Heui Kim*
(School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University)
- PB-56 **Silicon 음극활물질에서 탄소 전구체 변화에 따른 전기화학적 특성**
김현수, 서진성, 나병기*
(충북대학교)
- PB-57 **고분자 계면활성제를 첨가하여 졸겔법으로 합성한 Li₄Ti₅O₁₂ 음극활물질의 전기화학적 특성**
서진성, 김현수, 나병기*
(충북대학교 화학공학과)
- PB-58 **Optimized Encapsulation of A.H Oil into Polycaprolactone polymers using particles from gas saturated solutions**
David Nkurunziza¹, Jin-Seok Park¹, Adane Tilahun Getachew¹, Yeon-Jin Cho¹, Jin-Nam Moon¹, Byung-Soo Chun^{1,*}
(Department of Food Science and Technology, Pukyong National University)
- PB-59 **100kW_{th}급 기포 유동층 반응기를 이용한 석탄/하수 슬러지 고형 연료 혼소 특성 분석**
김동희^{1,2}, 안형준¹, 허강열², 이영재^{1*}
¹한국생산기술연구원, ²포항공과대학교

초청 강연

3월 27일(수) 14:30 ~ 15:30

경주 The-K 호텔, 거문고C

초청 강연

산업별 빅데이터 분석 사례를 통한 청정기술 산업의 4차 산업혁명 준비

민광기¹
¹(주)이씨마이너

Preparing clean technology industry for Industry 4.0: Through industry-wise big data analysis cases

Gwangki Min¹
¹ECMiner Co., Ltd.

2016년 구글의 인공지능(AI) 알파고의 등장 이후로 한국 사회는 정부와 기업 주도 하에 스마트팩토리, 자율자동차, 클라우드서비스, 빅데이터 분야 등에서 4차 산업으로의 이행이 활발히 이루어지고 있다. 하지만 많은 산업 종사자들은 4차 산업 기술의 근간이 되는 빅데이터 확보와 분석에 대한 이해가 부족해 4차 산업 분야 진입에 어려움을 겪고 있다. 그러나 빅데이터(temp. flow rate etc.)가 직접적으로 발생하는 철강, 화학, 반도체 산업에서는 품질, 안전, 에너지 절감 혹은 공정의 최적화, 효율화 등의 목적으로 이미 빅데이터 분석을 활용하고 있으며, 구체적으로는 공정의 조업편차 및 이상원인 분석, 품질 예측 및 영향인자 분석, 인공지능을 이용한 예측 모델 등을 구현하고 있다.

여러 청정기술 산업 또한 산업 특성상 많은 빅데이터가 발생하고 있으므로 이를 분석 활용하여 오염원 분석, 관련 영향인자 분석, 시설의 효율적 관리, 최적화 등이 구현 가능할 것으로 판단되는 바, 향후 청정기술 산업에서 빅데이터 분석 및 활용은 필수불가결한 요소가 될 것이다. 이에 빅데이터 산업별 분석사례 및 분석 도구 사용법을 확인하여 청정기술 산업의 4차 산업혁명의 적용 가능성을 검토해 본다.

[특별세션]

차세대 청정 발전

3월 28일(목) 9:00 ~ 11:50

경주 The-K 호텔, 해금홀

저탄소시대 청정석탄기술의 역할과 전망

전충환^{1*}

¹부산대학교 기계공학부, 화력발전에너지기술센터

Prospect of CCT Towards Low Carbon Society

Chung-Hwan Jeon¹

¹School of Mechanical Eng., Pusan National University, Pusan Clean Coal Center

전 세계적 CO2 저감 정책에 따라 국내 발전분야 특히 석탄화력의 미래를 조명해 보고자 한다. 2040년 세계 전력시장에서 화력발전이 차지하는 비중이 국내 석탄화력에 미치는 영향을 8차 전력수급계획 및 3차 에너지기본법을 통해 분석하고, 이를 통해 청정석탄기술의 역할과 전망을 살펴본다. 특히 유럽을 대표해서 독일의 전력시장에서 계절에 따른 부하변동시 전원별 신재생과 화력발전의 추이를 살펴 봄으로서 MooFlex 발전소의 Plant Flexibility(유연플랜트)의 중요성을 보여준다. 일본의 경우 지난 15년간 미세먼지와 화력발전의 연관성 분석하여 일본의 전원계획을 통해 우리가 배울 시사점을 제시하였다. 끝으로 국내 노후 석탄화력(10여기)을 향후 전력계통에서 청정한 발전전원으로 전환하거나 유연한 자원으로 역할과 기능을 바꿀것인가에 대한 기술적 이슈들을 제안하였다.

가압 순산소 연소 기반 화력발전 시스템 국내 개발 현황

양 원^{1,2*}, 이영재¹, 최석천¹, 채태영¹, 이용운¹, 목진성¹, 안형준¹, 김동희^{1,3}
¹한국생산기술연구원 고온에너지시스템연구그룹, ²과학기술연합대학원대학교, ³포항공과대학교

Development of a novel thermal power generation system based on pressurized oxyfuel combustion

Won Yang¹, Youngjae Lee, Seuck Cheun Choi, Tae Young Chae, Yongwoon Lee, Chinsung Mock, Hyungjun Ahn and Donghee Kim^{2*}

¹Thermochemical Energy System Group, Korea Institute of Industrial Technology, ²University of Science and Technology, ³Pohang University of Science and Technology

가압 순산소 연소 기술은 기존 이산화탄소 포집 기술의 비용 문제를 해결하기 위한 신기술로서 최근들어 많은 연구개발이 진행되고 있다. 해당 기술의 가장 큰 특징은 화력발전 시스템의 gas side를 가압하여 새로 설계함으로써 시스템을 컴팩트화하고, 이산화탄소 압축 동력을 최소화하며, 배기가스 내 수분을 쉽게 응축하여 회수함으로써 이산화탄소 포집에 필요한 설비 및 운영 비용을 획기적으로 절감할 수 있다는 것이다. 본 발표에서는 한국생산기술연구원에서 진행되고 있는 가압 순산소 연소 기반 화력발전 시스템 개발 현황을 소개한다. 현재 개발되고 있는 100 kW 급 가압 순산소 연소 시스템 및 배가스 증발 잠열 회수 시스템의 기본 원리에 대하여 소개하고, 이들을 기반으로 하여 설계될 보일러 에 필요한 중요 기술적 이슈와 접근 방법, 예비 결과들을 발표한다. 향후 남은 과제 기간 동안 진행할 연구 내용 및 풀어야 할 기술적 문제점에 대해서도 소개할 예정이다.

순산소 순환유동층 연소기술 개발 현황과 전망

양창원^{1,2,3}, 김영두^{1,2}, 방병열^{1,2}, 정수화^{1,2}, 문지홍^{2,4}, 문태영^{2,4}, 조성호^{2,4}, 이재구^{2,4}, 이은도^{1,2,3*}
¹한국생산기술연구원, ²FEP 융합연구단, ³과학기술연합대학원대학교, ⁴한국에너지기술연구원

Current status and outlook of Oxy-CFBC technology

Changwon Yang^{1,2,3}, Yongdoo Kim^{1,2}, Byungryeul Bang^{1,2}, Soohwa Jeong^{1,2}, Jihong Moon^{2,4},
 Taeyoung Mun^{2,4}, Sungho Jo^{2,4}, Jaegoo Lee^{2,3,4}, Uendo Lee^{1,2,3*}
¹Korea Institute of Industrial Technology, ²FEP Convergence R&D Center, ³University of
 Science and Technology, ⁴Korea Institute of Energy Research

순산소 순환유동층 연소(Oxy-CFBC, Oxy Circulating Fluidized Bed Combustion) 기술은 대용량 발전 시스템을 포함한 다양한 규모의 에너지 시스템을 대상으로 다양한 연료를 사용할 수 있다는 장점과 함께 순산소 연소를 통해 이산화탄소 배출을 원천적으로 차단할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이 기술은 발전 분야 신재생연료 활용 확대, 미세먼지 및 온실가스 저감 등 현재 화력발전이 당면한 다양한 이슈를 동시에 해결할 수 있는 가능성을 가지고 있다[1]. FEP 융합연구단은 Oxy-CFBC 기술을 바탕으로 연료 다변화 (발열량 5,000 kcal/kg 이하 저급 연료), 고효율, 초청정 화력 발전기술(발전효율 45% 이상, CO₂ 원천 분리 90% 이상) 구현이 가능한 순환유동층 보일러 개발을 목표로 Pilot 실험, 실증설비 실험, 수치해석 등 다양한 접근을 통해 연구개발을 진행중에 있다[2]. 본 발표에서는 순산소 순환유동층 보일러 개발과 관련하여 세계적인 연구 동향과 함께 FEP 융합연구단을 중심으로 한 국내 연구 현황 및 전망에 대해 소개하고자 한다.

참고문헌

1. Guangxi Yue, Runxia Cai, Junfu Lu, and Hai Zhang, "From a CFB reactor to a CFB boiler - The review of R&D progress of CFB coal combustion technology in China, " Powder Technology 316, 18-28 (2017)
2. Moon, J. H. et al., "Carbon dioxide purity and combustion characteristics of oxy firing compared to air firing in a pilot-scale circulating fluidized bed," *Energy* 166, 183-192 (2019)

순산소 가압유동층 발전기술 개발 현황과 전망

이종민, 박경일, 박병철, 이규화, 김동원
한전 전력연구원

Current status and Prospects of Oxy-PFBC Power Generation Technology

Jongmin Lee, Kyeongil Park, Byeongcheol park, Gyuhwa Lee, Dongwon Kim
Power Generation Laboratory, Korea Electric Power Corporation Research Institute

최근 들어 온실가스 배출에 따른 지구온난화와 미세먼지 등의 환경 문제가 전세계적으로 화두가 되고 있다. 이에 국내외 화력발전 기술은 경제적, 안정적 전력생산을 추구하는 고효율화 발전 기술에서 초청정 환경구현을 통한 Zero-Emission 기술 개발에 그 초점이 맞추어지고 있다. 한전 전력연구원에서는 '18년 10월에「15MW_{th}급 CO₂ 가스화-순산소 가압유동층 복합발전 기술개발(Phase I)」과제를 착수하여 순산소 가압유동층 복합발전(Oxy-PFBC) 기본 공정개념을 확정하였으며, 현재 미국 GTI와 Oxy-PFBC 연소기 설계를 위해 국제공동연구를 추진 중에 있다. 이를 통해 15MW_{th} 순산소 가압유동층 발전시스템 기본설계 및 용량 격상에 따른 경제성 평가를 추진할 예정이다. Phase II('20~'24)에서는 15MW_{th}급 순산소 가압유동층 발전소 설계, 건설 및 운영을 진행할 예정으로 이를 통해 굴뚝없는 초청정 고효율 발전기술을 구현함으로써 차세대 발전 기술을 선도할 것으로 기대된다.

발전 플랜트 내 스팀 가열을 위한 태양열 유동층 가열기의 개발

김성원*, 박새한
한국교통대학교

Development of a solar assisted fluidized bed heater for steam heating in power plant

Sung Won Kim*, and Sae Han Park
Korea National University of Transportation

Due to serious environmental impact from huge amount of energy and water resource consumption in industrial processes, the industries have been looking for new systems based on renewable energy [1]. Solar heat for industrial processes (SHIP) is recognized as the most potential one among solar heating and cooling applications, because a variety of industrial processes require huge amount of thermal energy. However, the SHIP still needs to reduce installation and operating costs and increase the efficiency to be competitive with other methods as already shown in the case of the concentrated solar power technology [2]. The fluidization of solid particles in a solar receiver has been proposed for several decades. Challenges still be in the development of a suitable window for the het receiver and the development of a solid-gas suspension system that maintains a uniform particle concentration and temperature[3].

Performance of the directly-irradiated fluidized gas heater (50 mm-ID X 100 mm high) with silicone carbide particles has been determined for the application of steam heating in the low- and medium temperature processes. The bed temperature shows a maximum value of about 200 oC around 0.013 - 0.021 m/s of gas velocity. It is considered that a high gas temperature is obtained in the vicinity of the minimum bubbling velocity where small bubbles are formed. The produced heat energy increases up to 18 W with increasing gas velocity. The optimum condition in this study is around 0.050 m/s. The energy efficiency was calculated to be 14%. A possible improvement of the gas heater has been proposed based on the experimental results.

참고문헌

1. Jia, T., Huang, J., Li, R., He, P. and Dai, Y., "Status and prospect of solar heat for industrial processes in China," *Renewable and Sustainable energy Reviews*, **90**, 475-489 (2018).
2. Ma, Z., Mehos, M., Glatzmaier, G. and Sakadjian, B.B., "Development of a concentrating solar power system using fluidized-bed technology for thermal energy conversion and solid particles for thermal energy storage," *Energy Procedia*, **69**, 1349-1359 (2015).
3. Ho, C., "A review of high-temperatur particle receivers for concentrating solar power," *Applied Thermal Engineering*, **109**, 958-969 (2016).

초임계 순산소 연소 발전 사이클과 한국에너지기술연구원의 연구

이대근*, 노동순, 광영태, 김승곤, 이민정, 정우남, 고창복, 이은경, 김남수, 심근선
한국에너지기술연구원

Supercritical Oxy-fuel Combustion Power Cycles and KIER's Research Activity

Dae Keun Lee*, Dong-Soon Noh, Young Tae Guahk, Seung Gon Kim, Min Jung Lee,
Woo Nam Jung, Chang Bog Ko, Eun Kyung Lee, Namsu Kim, Keunseon Sim
Korea Institute of Energy Research

지구온난화와 미세먼지를 야기하는 CO₂와 NO_x를 배출하지 않는 무공해 화력발전에 대한 관심이 전 세계적으로 증가하고 있다. 공기 대신 산소를 산화제로 사용하는 순산소 연소는 이론적으로 NO_x를 생성하지 않으며 배기가스로부터 수분만 제거하면 고농도의 CO₂를 손쉽게 포집할 수 있어서, 이를 석탄화력 발전에 적용하기 위한 연구가 지난 20여년간 활발히 수행되었다. 그러나 산소 생산이 초래하는 약 8% 가량의 발전효율 저하와 경제성 확보 문제로 인해 상용화에는 이르지 못하고 있는 실정이다. 반면, 세일가스로 인해 저렴해진 가스연료의 순산소 연소를 이용한 발전 사이클에 관한 연구가 미국 NET Power사와 일본 Toshiba사를 중심으로 활발하게 진행되고 있다 [1-3]. 그들의 Allam 사이클은 일종의 Semi-closed regenerative Brayton 사이클이다. 그것을 구성하는 순산소 연소기는 압력이 300 bar이며, 압력비 10대 1의 터빈에서 동력을 발생시키고, 다중 열교환기를 통해 수분을 제거한 CO₂를 임계압 (73.8 bar) 이상으로 압축한 후 초임계 상태에서 펌프를 이용하여 300 bar로 재 압축하고, 열교환기에서 예열한 후 연소기에 공급함으로써 순산소 연소에 따른 초고온 화염의 온도를 제어한다. 이때 펌프 사용에 따른 압축일 저감과 초임계 작동유체로 인한 전열 효율 향상으로 인해 산소 제조에 따르는 전력 손실을 포함하고도 발전 효율이 50% 이상에 이를 것으로 예측된다 [4].

한국에너지기술연구원에서는 2017년 말부터 초임계 순산소 연소 발전 사이클에 관한 연구를 시작하였다 [5]. 기술적 난이도가 가장 높은 초임계 순산소 연소기의 개발에 특히 집중하면서, 고부하 화염 안정성과 혼합 증진 및 내열 내압을 가장 중요하게 고려하고 있다. 이를 위해 다중 연료 인젝터와 이중 셸 구조를 갖는 스웰 연소기를 설계, 제작 및 시험하였다. 현재까지 연소 부하 237 kW_{th}, 압력 42.8 bar에서 안정적인 연소를 30분 이상 지속하는 결과를 획득하였으며, 향후 수 년 내에 300 bar 준 상용급의 초임계 순산소 연소기를 개발할 계획이다 [6].

참고문헌

- Allam, R., Martin, S., Forrest, B., Fetvedt, J., Lu, X., Freed, D., Brown Jr., G. W., Sasaki, T., Itoh, M., Manning, J., "Demonstration of the Allam Cycle: An update on the development status of a high efficiency supercritical carbon dioxide power process employing full carbon capture", *Energy Procedia*, 114, 5948-5966 (2017).
- Iwai, Y., Itoh, M., Morisawa, Y., Suzuki, S., Cusano, D., Harris, M., "Development approach to the combustor of gas turbine for oxy-fuel, supercritical CO₂ cycle", *Proc. ASME Turbo Expo 2015, GT2015-43160*, June 15-19, 2015, Montreal, Canada.
- Tollefson, J., "Innovative zero-emissions power plant begins battery of tests", *Nature News*, 30 May 2018.
- Scaccabarozzi, R., Gatti, M., Martelli, E., "Thermodynamic analysis and numerical optimization of the NET Power oxy-combustion cycle", *Applied Energy*, 178, 505-526 (2016).
- Lee, D. K., Noh, D.-S., Oh, J., Guahk, Y. T., Kim, S. G., Lee, M. J., Jung, W. N., Ko, C. B., Lee, E. K., "KIER's Research Plan for the Development of Supercritical Oxy-fuel Combustor in the Direct-fired sCO₂ Power Cycle, 55th KOSCO Symposium, 2017.
- Lee, D. K., Noh, D.-S., Guahk, Y. T., Kim, S. G., Lee, M. J., Jung, W. N., Ko, C. B., Lee, E. K., Kim, N., Sim, K., "Pressurized Oxy-fuel Combustor Design and Test for Supercritical CO₂ Power Generation Cycles", 57th KOSCO Symposium, 2018.

초임계 이산화탄소를 이용하는 발전 플랜트의 전산 모사

이 시훈*, 김수원
전북대학교 자원에너지공학과

Computational simulation of a power plant with supercritical CO₂

See Hoon Lee*, Su Won Kim
Department of mineral resource and ennergy engineering, Chonbuk National University

기후 변화를 야기시키는 온실가스 배출을 최소화하기 위하여 많은 국가들이 노력하고 있다. 2016년 11월에 체결된 파리 협약은 지구의 평균 온도를 2°C 이내 상승으로 저감시키기 위하여 이산화탄소 배출 농도 저감에 대한 목표를 설정하고 이의 달성을 위해 많은 대책을 세우고 있다. 특히 전력 생산의 40%를 차지하는 석탄 화력 발전에서의 이산화탄소 배출 저감은 보다 시급한 과제가 되고 있다. 이에 많은 유틸리티 회사들은 고효율 저배출(High efficiency, low emission, HELE) 석탄 화력 발전 플랜트와 탄소 포집 및 저장(CCS)이 이를 해결할 수 있는 대안을 찾고 있으며, 초임계 이산화탄소 발전 사이클을 유력한 후보로서 검토하고 있다. 이에 본 연구에서는 ASPEN Plus를 이용한 순산소 화력 발전 플랜트 모델을 기초 모델로서 이용하였다. 현재 연구는 초기 단계에 있어 증기 사이클과 유사한 초임계 이산화탄소 발전 사이클을 대상으로 열 및 물질 수지를 계산하였다.

탈환 · 탈질

3월 28일(목) 9:30 ~ 16:40

경주 The-K 호텔, 가야금B

금속구조체 기반 저온형 SCR 코팅촉매 개발

박정용^{1,2}, 이치현¹, 임동하^{1,*}

¹한국생산기술연구원 에너지플랜트 그룹, ²동아대학교 환경공학과

Development of SCR catalyst coating on metallic structure for low temperature SCR with NH₃

Jungyong Park^{1,2}, Chi-Hyeon Lee¹, and Dong-Ha Lim^{1,*}

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

²Environmental Engineering, Dong-A University

최근 미세먼지로 인한 국민건강에 대한 위험인식 증가와 관심 집중으로 12개 관계부처 합동 ‘미세먼지 관리 종합대책’을 통해 발전, 산업, 수송, 생활 등 사회 전 분야에 있어 미세먼지 배출량 30% 감축하기로 상향 조정하였다. 특히 화석연료가 연소되는 과정에서 발생하는 질소산화물(Nitrogen Oxides, NOx)는 대기 중 광화학적 2차반응에 의해 (초)미세먼지를 형성시키는 전구체 물질로 잘 알려져 있다. 이러한 NOx를 제거하기 위한 방법 중 하나인 선택적 촉매 환원법(Selective catalytic reduction)은 경제성 및 우수한 성능 때문에 가장 많이 사용되는 대표적인 탈질 기술이다. 일반적으로 암모니아를 환원제로 사용한 SCR에서 가장 대표적으로 사용되는 바나디아계 촉매의 경우 300-400 °C에서 90 % 이상의 높은 탈질 효율을 나타내나, 저온영역에서 활성이 급격하게 감소하는 현상이 나타난다. 해양선박, 산업용 화력 발전소, 제철소 등에서 배출되는 가스의 온도가 200 °C 아래인 점을 고려하면, 상용 SCR 촉매의 경우 다시 공정온도로 다시 상승시킴에 따라 추가 비용이 발생되기 때문에 저온에서 고효율을 가지는 NH₃-SCR 촉매의 개발은 친환경 에너지시대로 나아갈 수 있는 필수적인 개발과제이다.

본 연구에서는 저온에서 NH₃-SCR 성능을 향상시키고자, 케이크 형태를 가지는 유기 금속 구조체(metal organic framework)인 MIL-125(Ti) 열처리 공정을 통해 계층형 구조를 가지는 다공성의 TiO₂(TM) 지지체를 제조 했다[2]. 이후 망간 산화물 등의 활성금속을 지지체 상에 담지하여 저온형 SCR 촉매를 합성하여 물리·화학적 특성분석하였다. NH₃ 흡착량 및 산점을 알아보기 위해 암모니아 승온 탈착법(NH₃-temperature programmed desorption), reduction behavior와 redox cycle에 참여하는 산화물 확인을 위한 승온 환원법(H₂-temperature programmed reduction), 표면의 oxygen species를 측정하기 위해 산소 승온 탈착법(O₂-temperature programmed desorption)을 분석하였다. 결과로부터 이중기공 TM 지지체를 사용하여 촉매를 제조한 경우, 상용 TiO₂를 사용한 경우보다 더 많은 산점의 보유하였고, MnO₂ 형태의 망간 산화물 존재와 더 많은 peroxide ion의 존재는 탈질성능에도 긍정적인 영향을 주었다. 또한 NOx 제거를 위해 허니컴 기반 SCR 촉매를 주로 사용하고 있으나, 막힘, 파손, 유지보수 등 문제점이 발생되고 있어 이를 해결하기 위하여 강건성, 내구성, 열전도성 및 열적안정성이 우수한 물리적 특성을 가지는 고강도·고활성 금속구조체 기반 SCR 탈질촉매를 개발하였다. 금속구조체 기반 저온형 SCR 탈질촉매 제조 기술 및 이를 이용한 탈질 성능평가 등에 대해 본 연구에서 논하고자 한다.

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).

도시가스의 탈황을 위한 Zeolite계 황 화합물 흡착 특성 연구

김태영¹, 김현지¹, 채호진¹, 이수출¹, 김재창^{1*}
¹경북대학교

Adsorption characteristics of sulfur compounds for Natural Gas desulfurization using Zeolite

Tae Young Kim¹, Hyun Ji Kim¹, Ho Jin Chae¹, Soo Chool Lee¹ and Jae Chang Kim^{1*}
¹Kyungpook National University

Recently, fuel cell technology development and research have been actively performed in Korea. The fuel cell systems in Korea often use hydrogen from reforming natural gas. Because the infrastructure of natural gas is very well established. But natural gas has organic sulfur compounds which were added as an odorant for checking the leakage. In Korea, THT and TBM are mainly used as odorants, and various organic sulfur compounds are used in each country. These sulfur compounds occur the fuel cell performance degradation due to the catalyst poisoning in reformer and stack anode. Thus, it is necessary to remove the sulfur compounds using natural gas as a hydrogen source. In this study, the adsorption performance of various sulfur compounds was investigated by using modified-zeolite.

순산소 순환유동층 보일러에서 로내 N₂O 거동에 관한 실험적 연구

전민규¹, 최영곤¹, 이정규¹, 윤진한¹, 길상인^{1*}
¹한국기계연구원

An Experimental Study on N₂O Behavior in Furnace of Oxy-CFBC

Min-Kyu Jeon¹, Young Kon Choi¹, Jung Kyu Lee¹, Jin Han Yoon¹ and Sang In Keel^{1*}
¹Korea Institute of Machinery & Materials

석탄화력발전에서 발생하는 대기오염물질 중 질소산화물(nitrogen oxide)은 NO, NO₂, N₂O 등이 있으며, 이 중 N₂O(nitrous oxide)는 광화학스모그 및 산성비 등 가시적인 대기오염 문제를 발생하지 않으므로 각 국가에서는 배출허용기준 등 법적 규제제도가 시행되지 않고 있다. 그러나 온실효과 측면에서 N₂O의 지구온난화 기여 효과는 CO₂ 기준 310배에 해당하므로 배출저감 및 분해기술이 필요하다[1]. N₂O의 기존 배출경로는 석탄화력발전과 질산생산 화학산업에서 주로 배출되며, 석탄화력발전에서 석탄의 표면연소반응과 NO_x의 SCR환원공정에서 나오는 부반응 경로로 발생된다[2]. 또한, 최근 반도체 및 디스플레이 생산 전자산업에서 고농도 N₂O가스가 배출되어 심각한 문제로 제기되고 있다[3]. N₂O 온실가스 분해방법에는 크게 열분해법, 후연소법, 촉매환원법으로 구분되며, 국내에서는 촉매환원법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[4]. 반면 열분해법과 연소기술을 적용한 후연소법에 대한 기술개발 및 다양한 산업의 배가스 처리에 적용할 수 있는 범용적인 기계기술 개발이 필요하다.

본 발표에서는 순산소 순환유동층 석탄연소 중 발생하는 N₂O가스의 거동에 관해 다루고 있다. 유동층 연소로 내에서 NO_x의 SCR 환원공정에서 NO와 N₂O 농도 측정 결과, 요소수(urea) 투입 양(NSR)에 따른 탈질반응 후 잔여 NO농도는 131ppm (NSR=0)에서 34ppm (NSR=2.8)까지 감소하는 반면, N₂O농도는 61ppm (NSR=0)에서 156ppm (NSR=2.8)으로 증가하는 경향을 보였다. NO와 N₂O 간의 서로 상반되는 경향은 요소수 투입에 의한 NO_x의 환원이 N₂O 발생에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 본 연구를 통하여 석탄연소 중 N₂O 생성에 미치는 실험인자를 제시하고, 이를 통해 N₂O 저감 기술 해법에 필요한 방향을 제시하고자 한다.

참고문헌

1. Pérez-Ramirez, 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.
2. 김문현, 화력발전소용 V₂O₅/TiO₂ 계 촉매상에서 NH₃-SCR 탈질반응으로부터의 N₂O 생성, Korean Chemical Engineering Research, 2013, 51.2: pp163-170.
3. 전상구, N₂O 저감 기술 및 촉매 연구 개발 동향, 공업화학전망, 2016, 19.5: pp33-44.
4. Kim, Min-Jae, et al. Catalytic decomposition of N₂O over cobalt based spinel oxides: The role of additives, Molecular Catalysis, 2017, 442: pp202-207.

Pd/SSZ-13과 Pd/ZSM-5의 수열 안정성과, 저온에서 흡착을 통한 질소산화물 제거 능력 비교 연구

이재하¹, 유영석¹, 황성하¹, 김용우¹, 조성준², 이효경³, 김창환³, 김도희*¹
¹서울대학교, ²전남대학교, ³현대-기아 기술연구소

Comparative study of the mobility of Pd species in SSZ-13 and ZSM-5, and its implication for catalytic activity after hydro-thermal aging as Passive NO_x Adsorbers (PNAs) for cold-start applications

Jaeha Lee¹, YoungSeok Ryou¹, Sungha Hwang¹, Yongwoo Kim¹, Sung June Cho², Hyokyung Lee³,
Chang Hwan Kim³, Do Heui Kim*¹

¹Seoul National University, ²Chonnam National University, ³Hyundai-Kia Motors R&D center

The comparative behavior of Pd species in ZSM-5 and SSZ-13 zeolite supports resulting from thermal treatment in the presence and absence of water was studied. The thermal treatment at 750 °C induced the atomic distribution of Pd species in ZSM-5, while clustered Pd species remained in SSZ-13. The addition of water in the feed during thermal treatment resulted in the Pd sintering in the Pd/ZSM-5 catalyst, although Pd dispersion and agglomeration were concurrently observed in the Pd/SSZ-13 catalyst, depending on the Pd loading. At the lower Pd loading, Pd agglomeration was not observed in Pd/SSZ-13, indicating that SSZ-13 has the maximum capacity to hold the atomically dispersed Pd species. The prepared catalysts were vacuum-treated to induce the auto-reduction of the atomic Pd species, and to compare the mobility of the Pd species within the different zeolite frameworks. The isolated Pd species in ZSM-5 were completely reduced to form large Pd clusters after vacuum treatment, while most of the Pd species in SSZ-13 remained atomically dispersed, indicating that the Pd mobility is higher in the former than in the latter. Therefore, the different behavior of Pd/ZSM-5 and Pd/SSZ-13 catalysts against the oxidative and hydrothermal treatments could be explained by the intrinsic difference in the Pd mobility within the different types of zeolite. It is likely that the smaller pore size of SSZ-13 than ZSM-5 contributed to the lesser Pd mobility in the former. The hydrothermal treatment deactivated the NO adsorption ability of the other prepared Pd/zeolite catalysts with the larger pore openings (Y, Beta, and Modernite zeolites), which evidence further supports the present proposal.

참고문헌

1. J. Lee, Y. Ryou, S. Hwang, Y. Kim, H. Lee, CH. Kim, DH Kim, "Comparative study of the mobility of Pd species in SSZ-13 and ZSM-5 and its implication for their activity as passive NO_x adsorbers (PNAs) after hydro-thermal aging," Catal. Sci. Technol., 9(1), 163-173 (2019).

PTFE Membrane을 이용한 고성능 표면여과방식의 집진여과 기술

서명조, 박용규, 이영현, 정철, 최동민
(주) 마이크로원

High performance surface filtration type dust filtration technology using PTFE Membrane

Myoung-Jo Seo, Yongkyu Park, Yeongheon Lee, Charles Chung, Dongmin Choi
Micro-one Co. Ltd.

최근 기후변화 및 미세먼지 증가로 대기오염물질 배출 증가 때문으로 추정하고 있으며, 대기오염 배출량 감소를 위한 범국가적인 기구의 출현과 국가간 환경규제가 강화되고 있다. 이러한 환경규제는 고성능, 고기능 제품에 대한 수요의 급격한 증가와 함께 시장이 확대되고 있다.

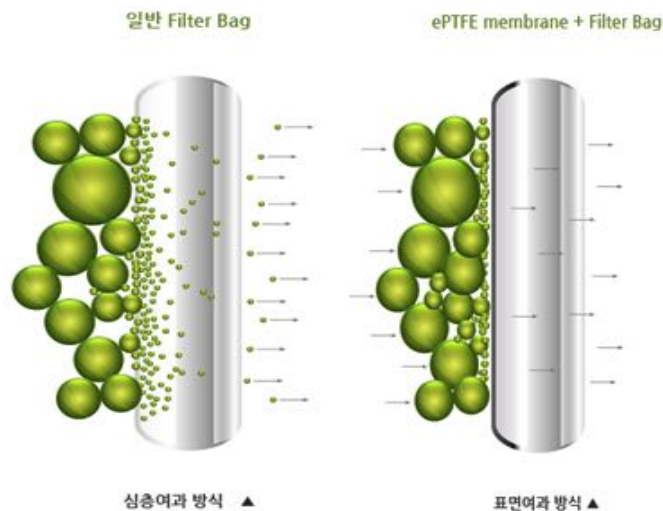
일반 filter media의 pore size가 10~20 μ m 인데 반해 PTFE(Tetrafluoroethylene) Membrane 복합섬유 filter media의 경우 표면 여과방식으로 탈진성능이 우수하고 pore size가 0.05~10 μ m로 미세한 기공으로 인해 포집 효율을 높을 수 있다.

PTFE Membrane filter media는 표면여과(surface filtration)방식으로 기존의 침층여과(depth filtration)의 단점인 압력손실의 증가 및 집진효율 감소를 저감시킬 수 있어 지속적으로 전환 되고 있으며, 현재 filter media분야에서 핵심기술이 될 중요한 후가공 처리기술 중 하나이다.

특히, 일반 membrane의 접착방식은 화학적, 물리적 접착이지만 본 기술의 경우 PTFE를 thermobonding하는 특수 접착방식으로 membrane의 기공이나 섬유제품의 기공을 본래의 형상으로 유지하면서 고압에서도 견딜 수 있는 고효율 필터이다.

PTFE membrane filter media의 경우 각종 고온용/내화학성 집진시스템(제철/제강, 시멘트, 소각로, 아스콘등)에서 미세먼지의 효율적인 제거를 위해 사용되고 있으며, 장시간 고효율(99%이상)의 성능을 유지하기 위해 사용되고 있다.

따라서, PTFE membrane 제조 기술 및 PTFE 부직포(Non-woven), PTFE coating 처리 된 부직포(Non-woven), 직포(woven)에 박막형(5 μ m이하) PTFE membrane 복합화 기술의 국산화를 통해, 전량 수입에 의존하고 있는 박막형 filter bag media 수입품의 대체와, 점점 강화되는 대기오염물질 배출 규제에 대응 하고자 한다.



고성능 저비용 집진장치 구현을 위한 롱백필터 집진장치

조운행, 심준목, 박현설*
한국에너지기술연구원

Long bag filter dust collector for high filtration efficiency and low facility cost

Yun-Haeng Joe, Joonmok Shim and Hyun-Seol Park*
Korea Institute of Energy Research

최근 미세먼지가 국내 사회적 이슈로 부각되며 고정오염원에서 배출되는 미세먼지 저감을 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 정부는 대기배출규제 및 감시체계를 강화하여 2022년까지 미세먼지 국내 배출량을 2016 대비 30%이상 감축 시키는 “미세먼지 관리 종합대책”을 발표하였으며, 석탄화력 발전시설이 밀집된 충남도는 정부 배출규제보다 더 엄격한 배출허용기준을 적용할 것을 예고하였다. 국내 중·대형 산업시설에서 운영되고 있는 백필터 집진장치(bag filter dust collector)는 패브릭(fabric) 소재의 자루 모양 필터를 이용하여 먼지를 집진하는 장치이다. 필터는 표면에 먼지가 쌓이면 압력부하가 증가하여 장치의 안정적 운전이 불가능하므로, 백필터 집진장치는 일정 주기마다 필터에 쌓인 먼지를 털어내어 장치 하단에 설치된 호퍼(hopper)로 떨어뜨리는 필터재생장치(filter cleaning system)가 설치되어 있다. 하지만, 필터 재생 과정에서 필터 표면에 부착되어있던 먼지가 재비산되며 고농도의 재비산 먼지가 집진장치 후단으로 배출된다. 재비산 되는 미세먼지의 농도는 필터재생능력이 우수할수록 더 높아지며, 따라서 안정적인 집진장치 운전과 미세먼지 배출 최소화를 동시에 만족하기에는 기술적인 어려움이 있다. 한편, 필터 재생능력은 백필터의 길이가 길어지고 여과속도(filtration velocity)가 증가할수록 현저하게 감소하게 된다. 이러한 이유로 상용 백필터 집진장치는 주로 3 ~ 5 m길이의 백필터를 사용하고 있으며, 여과속도를 1m/min 수준에서 운전하고 있다. 하지만 짧은 백필터 길이와 낮은 여과속도는 동일한 배가스 처리 시 요구되는 집진장치의 규모 및 시설 설치비용 증가를 야기한다. 본 연구에서는 안정적 필터재생 및 미세먼지 배출 최소화 동시 달성을 위해 역기류식(reverse air) 필터재생 및 충격기류식(pulse-jet air) 필터재생 기술을 응용한 복합필터재생장치(integrated filter cleaning system)를 제안하였다. 또한 집진장치의 규모 및 시설 설치비용 감소를 위해 본 재생장치를 10 ~ 15m 길이의 백필터가 설치된 집진장치에 적용하여 운전 특성 및 먼지배출농도를 평가하였다. 실험 결과, 본 복합필터재생장치가 적용된 백필터 집진장치는 낮은 압력의 압축공기를 사용할 때에도 15m 길이의 백필터를 안정적으로 재생하는 것을 확인하였으며, 이때 배출되는 먼지 농도는 기존 충격기류 필터재생방식 적용시 배출되는 먼지 농도의 1/10 수준이었다. 또한 본 재생장치를 적용한 10m 길이의 백필터가 적용된 백필터 집진장치는 기존 3m 길이의 백필터 집진장치에 비해 집진장치의 설치면적이 60% 감소하고, 시설비용도 30%이상 절감될 수 있음을 확인하였다. 이 논문은 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

질소산화물 환원과 분진 동시 제거를 위한 $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ 를 부착한 시트형 촉매필터 성능

최주홍¹, Ajit Dattatray Phule¹, 김진형²

¹경상대학교 화학공학과/ERI, 경상남도 진주시 진주대로 501 번지

²경성산업(주), 부산광역시 강서구 녹산산단 382로 14번길 41

Performance of $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ supported catalytic filter of sheet type for simultaneous reduction of NO_x and particulate

Joo Hong Choi¹, Ajit Dattatray Phule¹, Jin Hyung Kim²

¹Department of Chemical Engineering/ERI, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Kyungsung Ind. Co., LTD, Noksansandan 382 Ro 14 Bungil 41, Kangsu Gu, Busan, Korea

질소산화물 환원(SCR) 촉매를 세라믹 필터에 부착시켜서 제조된 촉매필터는 집진과 SCR 동시기능을 갖는 것으로써 큰 관심을 끌고 있다. 촉매필터를 활용하는 공정은 배기가스를 분진과 SCR의 분리된 장치로 처리할 때 보다 에너지와 설치 유지비에 있어서 20% 이상이 절약될 수 있다는 측면에서 매우 높은 주목이 된다. 그러나 촉매필터의 활용에 있어서 가장 큰 문제는 거대한 양의 촉매 배열과 그 운영에 따른 부담을 얼마나 줄일 수 있느냐에 달려있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 촉매의 성능을 획기적으로 개선하여 높은 공간 속도에서도 충분한 능력을 나타낼 수 있는 촉매필터의 개발이 필수적이다.

본 연구에서는 기존에 두께가 10 mm인 캔들형 필터를 대체하여 설치 공간을 반으로 줄일 수 있는 두께가 5 mm인 시트형 필터의 성능에 관한 연구가 수행되었다. 알루미나 계 복합 산화물 입자를 소결하여 조제한 시트 필터는 5 mm 정도의 촉매 지지층으로 구성되어 있으며, 평균 입도 25 μm 의 TiO_2 파우더에 V_2O_5 와 WO_3 를 부착하여 제조된 파우더 촉매를 수용액에 분산시켜서 코팅한 촉매 필터를 기준으로 개선된 각 촉매 필터의 성능이 평가되었다. 수용액 중 촉매의 농도를 증가시키면서 제조하여 최대 20 wt%에서 최고의 성능을 보였으며 여과속도 0.02 ms^{-1} 에서 700 ppm 농도의 NO를 92% 정도 환원시켰다. 따라서 현재 상용화된 시트 필터는 촉매 필터 소재로 활용하기에 그 성능이 부족한 것으로 판정되었다. 이와 같이 저조한 특성을 보이는 이유는, 여과속도를 0.01 ms^{-1} 로 줄일 경우 99% 이상의 NO 전환율을 보이는 결과로 보아, 필터에 부착된 촉매가 다량의 가스를 처리하기에 부족하기 때문으로 판단되었다.

시트 필터에 존재하는 필요 이상의 큰 기공을 줄이기 위하여 기존 필터 제조에 사용한 20 mesh 이하의 필터 소재를 20-180 mesh로 바꾸어 작은 입자가 포함된 소재로 시트 필터를 제조할 경우 촉매 필터의 NO 전환율이 96%로 증가하는 결과를 얻었다. 그러므로 시트 필터는 그 촉매 지지층이 얇지만 정밀하고 균일하게 기공을 조절하고 부착되는 촉매층도 잘 개선할 경우 촉매 필터 소재로써 충분히 활용이 가능할 것으로 판단되었다.

사사

본 연구는 2016년도 산업통산자원부의 재원으로 한국산업기술평가원(Keit)의 지원을 받아 수행한 우수 기술연구센터(ATC) 사업과제 (10067551)입니다.

휘발성 유기화합물 활용 에너지 생산기술 개발

홍범의^{1*}, 강석환¹, 전동환¹, 박노국², 박일건³
¹고등기술연구원, ²영남대학교, ³평화엔지니어링

Development of energy production utilizing volatile organic compounds

Bum Ui Hong^{1*}, Suk Whan Kang¹, Dong Whan Jeon¹, No Kuk Park², Il Gun Park³
¹Institute for Advanced Engineering, ²Yeungnam University, ³Pyunghwa Engineering

Abstract

본 연구는 대기오염 물질인 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)을 포집 회수하여 이를 이용한 전기 및 열에너지를 생산하기 위한 기술개발로서 VOCs 발생 사업장을 대상으로 환경규제에 대응 가능한 비용 절감형 VOCs 포집 및 회수, 개질, 열병합발전 등의 에너지 생산 통합플랜트에 대한 연구를 수행하였다. VOCs 포집 및 회수방법은 후처리공정 없이 연속 재생가능한 처리기술에 대한 연구로서 고비표면적(2,500m²/g) 흡착소재를 활용한 흡/탈착 시스템과 Liquid Ring Vacuum pump와 EG(Ethylene glycol)를 이용한 안전한 회수방법에 대한 연구를 수행하였고 자열개질을 이용한 청정가스의 생산 및 가스엔진을 이용한 전기 및 열에너지 생산에 대한 연구를 수행하였다.

사사

본 연구는 2016년도 에너지기술개발사업(#20162010104680)의 지원을 받아 수행한 결과 임.

참고문헌

1. Berenjian A. et al., "Volatile Organic Compounds Removal Methods", Americal Journal of Biochemistry and Biotechnology, 2012, 8 (4), pp. 220-229
2. Cherbanski R. et al., " Microwave Swing Regeneration vs Temperature Swing Regeneration-Comparision of Desorption Kinetics", Ind. Eng. Chem. Res. 2011, 50, pp. 8632-8644

선박엔진 배출 배기가스에 대한 환경 및 기술적 이슈

최준환*

한국기계연구원 부설 재료연구소

Environmental and Technical Issues on Exhaust Gas from Marine Engines

Joon Hwan Choi*

Korea Institute of Materials Science

International Maritime Organization (IMO) developed Annex VI to MARPOL 73/78 convention and its integral part technical code on nitrogen oxides (NO_x) emission from marine engines. The new regulation, Tier III NO_x emission standards has been applied in the emission control area since January 1st, 2016. The NO_x emission limit is 3.4 g/kWh for rated engine speed less than 130 rpm and advanced emission controls such as selective catalytic reduction (SCR) system and exhaust gas recirculation (EGR) are required to meet the Tier III regulation. With the SCR method, the exhaust gas is mixed with ammonia NH₃ or urea (as NH₃ carrier) before passing through SCR catalyst layers at a temperature between 250 and 400°C, whereby NO_x is reduced to N₂ and H₂O.

Most of the De-NO_x SCR catalysts, which mainly have been used for stationary applications such as thermal power station and gas turbines, are of ceramic monolith type with honeycomb structure consisting of blocks of V₂O₅/TiO₂ catalyst with a large number of parallel channels, the walls of which are catalytically active. The channel diameter has an influence on the pressure drop across the catalyst as well as NO_x conversion efficiency on the catalyst. The SCR catalyst monolith for marine applications is required to have high strength to support its self-weight and to sustain against vibration in engine room. The wall thickness of the catalytic ceramic monolith, therefore, needs to be very thick (sub- to a few millimeters). The space requirement for the SCR system in the engine room is considerable and the SCR catalyst also require a lot of space, so it needs to make the SCR system as compact as possible. New types of monolith such as metallic substrate, therefore, could be considered as a future technology.

In this presentation, some major issues and technical challenges on exhaust gas from marine engines will be discussed.

철강산업에서의 탈질기술 현황

김준우*, 변영철, 고동준
(재)포항산업과학연구원, 광양연구그룹

Status of de-NOx Technology in the Steel Industry

Joonwoo Kim*, Youngchul Byun, Dong Jun Koh
Research Institute of Industrial Science and Technology, Gwangyang Research group

대기 질에 대한 관심과 함께 미세먼지 생성 전구체에 대한 환경 규제의 강화는 전반적인 산업체의 대기 환경오염물질 배출을 저감하려는 노력으로 이어지고 있다. 일반적으로 잘 알려진 질소산화물(NOx)와 황산화물(SOx)은 화석연료 기반 산업에서 성능 개선 및 경제성 향상에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 특히 질소산화물의 경우 이동원과 고정원에서 보편적으로 사용되는 기술인 선택적 촉매 환원법(SCR: Selective Catalytic Reduction)이 가장 많이 연구되고 있으며, 고정원에서는 V_2O_5/TiO_2 촉매가 최근 저온 영역에서의 고활성을 갖는 촉매 기술 개발로 연구의 초점이 맞춰져있다. 종래 촉매 기술에서도 비활성화에 주요 요인이었던, 환원제인 암모니아와 황산화물의 화합물에 대한 내구성 향상 연구와 계내 재생을 위한 극복 기술을 찾기 위해 다양한 시도를 하고 있다. 본 연구에서는 화석연료 중 석탄을 기반으로 하는 철강산업에서의 탈질기술 연구 현황에 대해 소개하고자 한다.

참고문헌

1. Beretta, A., E. Tronconi, G. Groppi, and P. Forzatti, 1998. "Monolithic Catalysts for the Selective Reduction of NOx with NH3 from Stationary Sources", In: "Structured Catalysts and Reactors"; Editor: Cybulski, A., M.Dekker, New York, 1998, 121-148
2. Cobb, D., et al., 1991. "Application of Selective Catalytic Reduction (SCR) Technology for NOx Reduction From Refinery Combustion Sources", Environmental Progress, 10, 49

SO₂ 심도탈황을 위한 K계 건식흡수제

채호진, 이수출, 조민선, 류민영, 조성빈, 김태영, 김재창* (kjchang@knu.ac.kr)
경북대학교

Potassium-based Dry sorbent for Deep SO₂ Removal

Ho Jin Chae, Soo Chool Lee, Min Sun Cho, Min Young Ryu, Seong Bin Jo, Tae Young Kim,
and Jae Chang Kim* (kjchang@knu.ac.kr)
Kyungpook National University

Abstract

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. Except for the effect of human beings and environments, SO₂ was one of the critical factors of deactivation of the activity of the catalyst, despite a small amount. In addition, as it has been recently revealed that sulfur dioxide (SO₂) and nitrogen oxides (NO_x) is one of the major sources of the fine particulate matter (PM_{2.5}), the emission of SO₂ was getting more and more attention.

SO₂ is emitted from many industrial processes, which use fossil fuel that contain sulfur 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. Typical FGD processes, based on limestone scrubbing (calcium based sorbents), can remove more than 95% SO₂ from stacks. However, the flue gas, even throughout the Flue Gas Desulfurization (FGD) process, until having about 20-100 ppm of Sulfur Dioxide (SO₂) due to the efficiency of the FGD process (<95%). Although there has a low concentration of SO₂, the dry CO₂ sorbents exposed to low ppm of SO₂ for a long time are inevitably deactivated by SO₂ sorption. So the SO₂ must be removed not only for the environment but also for the maintenance of the lifetime of various catalyst, stack, and etc.

The SO₂ sorption properties of dry potassium-based sorbents, prepared by impregnation of various supports with potassium carbonate, were investigated at the various water vapor concentrations at a level of 5000 ppm of SO₂. It was found that alkali metal-based sorbents promoted with potassium carbonate could be used as a sorbent for SO₂ sorption at low temperatures (between 30 and 60°C). In particular, the potassium-based sorbents showed an excellent SO₂ sorption capacity of about 310 mg SO₂/g sorbent in the presence of water vapor, while in the absence of water vapor, their SO₂ sorption capacities decreased. And the structural characteristics of the sorbents with various sorption time were studied with the aid of X-ray diffraction (XRD) and the functional group analyzed by Fourier Transform Infra-Red Spectra (FT-IR).

국내 탈황용 석회석의 분쇄성 지수 평가 및 응용

서준형¹, 백철승¹, 조진상¹, 안지환², 조계홍^{1*}
¹한국석회석신소재연구소, ²한국지질자원연구원

Evaluation and Application of Grinding Index of Domestic Desulfurization Limestones

Jun Hyung Seo¹, Chul Seoung Baek¹, Jin Sang Cho¹, Ji Whan Ahn², Kye Hong Cho^{1*}
¹Korea Institute Limestone and Advanced Materials,
²Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

국내 석탄화력발전소의 배연탈황공정에서 탈황용 흡수제로 사용하는 국내산 석회석의 분쇄성 지수 평가 및 상관관계를 연구하였다. 시료는 국내 채광중인 탈황용 석회석 4종을 활용하였으며, 분쇄성 지수 평가는 본드의 분쇄일지수(Bond Work Index, BWI) 및 하드그로브지수(Hardgrove Grindability Index, HGI)를 측정하였다. 분쇄성은 HGI가 클수록 BWI가 작을수록 더 좋음을 의미한다. 측정결과, 국내 탈황용 석회석의 BWI는 약 10.8 - 15.8 kWh/ton, HGI는 88 - 131로 확인되었으며, HGI가 증가함에 따라 BWI가 감소하는 선형적인 반비례 관계를 확인할 수 있었다. 그리고 석회석의 화학조성 및 채광위치에 따른 결정구조에 따라 분쇄효율의 차이가 발생하였다.

이에 따라 석회석의 분쇄성을 측정할 경우 측정방법이 까다롭고 오래 걸리는 BWI 보다 간편하게 측정할 수 있는 HGI를 활용하여도 시료의 분쇄성 차이를 확인할 수 있었으며, 분쇄 특성에 따른 석회석의 선택적 활용시 탈황효율 또한 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 2015년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 20141010101880).

참고문헌

1. Bond, F. C., "The Third theory of comminution", *Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, 193(4), 484-494 (1952).
2. American Society for Testing and Materials (ASTM)., "Standard Test Method for Grindability of Coal by the Hardgrove-Machine Method (ASTM D 409)", USA, 1-15 (2008).
3. Park, S. S., Kim, K. H. and Park, S. Y., "Grindability and Reactivity of Limestones for Flue Gas Desulfurization", *Applied Chemistry*, 1(2), 465-468 (1997).

청정 소재 및 공정

3월 28일(목) 9:30 ~ 11:45

경주 The-K 호텔, 가야금C

Novel Surfactant Materials from Biomass by Zeolite-catalyzed Acylation of Furan and Fatty Acids

Dae Sung Park*

Korea Research Institute of Chemical Technology

Surfactant is an important material which has both hydrophilic and hydrophobic functionalities, and widely used in detergents, emulsifiers, and personal cares. Linear alkylbenzene sulfonate (LAS) is the most used surfactant material in household detergents with a 60 % market share. However, this material is made from petroleum-based feedstock and has limited tunable pathways for production, resulting in poor hard water stability. We propose a novel and clean surfactant material (Oleo-furan Sulfonate, OFS) designed with biomass-derived furan and fatty acid by new chemical pathways. Friedel-Crafts acylation is a key chemistry for first C-C bond of furan and fatty acid over the heterogeneous catalyst such as zeolite or the homogeneous catalyst such as trifluoroacetic anhydride. The pathway for this furan-based surfactant is highly tunable, where surfactant functionality can be tuned by using different chain-length fatty acids and combining with other chemistries to make different surfactant structure. This novel surfactant material shows similar performance of detergency, solubility, foaming growth and wetting property with commercial LAS surfactant. Importantly, the OFS surfactant demonstrates a hundred-fold improvement in hard water stability compared with commercial surfactant materials. Thus, this novel material retains the detergency in extreme hard water conditions without the need for chelating agents which is generally included about 20-30 % in conventional detergent product. It could be a promising material for numerous applications regarding on amphiphilic functionality of fluid surface control.

참고문헌

1. Park, D. S., Joseph, K. E., Koehle, M. Krumm, C., Ren, L., Damen, J. N., Shete, M. H., Lee, H. S., Zuo, X., Lee, B., Fan, W., Vlachos, D. G., Lobo, R. F., Tsapatsis, M., and Dauenhauer, P. J., "Tunable Oleo-Furan Surfactants by Acylation of Renewable Furans," *ACS Cent. Sci.*, **2**(11), 820-824 (2016).

청정 분리 소재 개발을 위한 탄소 나노아키텍처링 기술

김남동*(ndkim@kist.re.kr), 정재영, 김정길
한국과학기술연구원, 기능성 복합소재 연구센터

ECarbon nano-architecturing technology for clean separation membrane

Nam Dong Kim*(ndkim@kist.re.kr), Jae Young Jung, Jeong-Gil Kim
Korea Institute of Science and Technology, Functional Composite Materials Research Center

탄소나노소재는 0차원-풀러린 및 탄소양자점, 1차원-탄소나노튜브, 탄소섬유 및 탄소나노리본, 2차원-그래핀, 3차원-탄소나노혼 및 다이아몬드와 같은 다양한 동소체들을 가지고 있고, 각각의 소재들이 특별한 전기적, 기계적, 열적 특성들을 보인다 [1]. 나노 기술의 발달과 함께 이러한 탄소나노소재들은 개별적으로, 또는 이종 소재와의 복합화를 통하여 많은 연구 분야에서 활용되고 있으며, 또한 서로 다른 두 탄소나노소재의 장점을 살리고, 나아가 더 우수한 물성을 가지는 소재를 개발하기 위한 이종 탄소나노소재의 복합화 연구도 활발히 진행되고 있다. 이러한 복합화 전략 중 서로 다른 탄소 동소체가 공유결합으로 연결된 복합소재는 기존의 소재에서는 얻기 힘들었던 새로운 특성을 보인다고 보고되어 많은 관심을 받고 있다 [2]. 1차원 탄소나노튜브와 2차원 그래핀이 공유결합으로 이루어진 복합소재(G/CNT)는 그 대표적인 예로서, 기존의 복합소재에서는 발현되기 어려웠던 우수한 전기적, 기계적 특성을 가진다고 알려져 있다 [3,4]. 본 발표에서는 G/CNT 구조의 합성 방법 및 대표적인 특성에 대해서 소개하고, 이러한 구조의 아키텍처링을 통하여 새로운 나노기공성 분리막을 합성한 연구에 대해서 발표한다.

참고문헌

1. Georgakilas, V., Perman, J. A., Tucek, J., and Zboril, R., "Broad Family of Carbon Nanoallotropes: Classification, Chemistry, and Applications of Fullerenes, Carbon Dots, Nanotubes, Graphene, Nanodiamonds, and Combined Superstructures" *Chem. Rev.*, 115(1), 4744-4822 (2014).
2. Nardecchia, S., Carriazo, D., Luisa Ferrer, M., Gutierrez, M. C., and Monte, F., "Three dimensional macroporous architectures and aerogels built of carbon nanotubes and/or graphene: synthesis and applications" *Chem. Soc. Rev.*, 42, 794-830 (2013).
3. Zhu, Y., Li, L., Zhang, C., Casillas, G., Sun, Z., Yan, Z., Ruan, G., Peng, Z., Raji, A.-R. O., Kittrell, C., Hauge, R. H., and Tour, J. M., "A seamless three-dimensional carbon nanotube graphene hybrid material." *Nat. Commun.*, 3:1225 (2012).
4. Yang, Y., Kim, N. D., Varshney, V., Sohn, S., Li, Y., Roy, A. K., Tour, J. M., and Lou, J., "In situ mechanical investigation of carbon nanotube-graphene junction in three-dimensional carbon nanostructures" *Nanoscale*, 9, 2916-2924 (2017).

Facile and Eco-friendly Fabrication of Multifunctional Hybrid Porous Sponges for Environmental Applications

Inhee Choi

Department of Life Science, University of Seoul, Seoul 130-743, Republic of Korea

*E-mail: inheechoi1@uos.ac.kr

Detection of small molecules with high sensitivity and selectivity is an important task in environmental fields. Porous structures with three-dimensionally integrated functional nanoparticles would be very beneficial in achieving these goals. However such structures are usually prepared under stringent conditions (e.g., high temperature, organic solvent) and further subjected to either physical or chemical attachment of the nanoparticles. Herein, we present a facile and eco-friendly fabrication method of multifunctional 3D hybrid sponges with self-integrated nanoparticles. Water-soluble crystals such as sugar and salt were used as templates for porous structures where liquid polydimethylsiloxane (PDMS) including metal precursors (or nanoparticles) were filled by capillary force. When the PDMS was fully cured, the template was dissolved in water and hybrid porous sponge was finally obtained. Using porous sponges with Au and Ag nanoparticles, we directly detected strong Raman signals of environmentally important molecules (e.g., organic dyes, humidifier disinfectants, and volatile organic compounds) without labels. We also achieved selective removal and consecutive photocatalytic decomposition of organic pollutants with TiO₂ hybrid sponges. Our proposed hybrid 3D sponges will provide useful platforms for sensitive and selective molecular detection and efficient removal of hazardous pollutants.

Isolation of acetate produced from C1 gas fermentation by electro dialysis system.

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

Through the C1 gas fermentation using BES, various VFAs can be produced, among those, acetate is typical. However, the accumulation of these VFAs inhibits the acetogenic activity and cell growth in BES reactor, as a result decrease the system performance and productivity. In this respect, the ion exchange membrane in BES can provide a useful tool to separate and transfer the produced VFAs by BES-based electro dialysis, and utilize them for further bioprocessing. In this study, we examine the effect of applied voltage and current, and electrolyte composition on acetate transportation through ion exchange membrane, and its maximum concentration in BES reactor. The results show that the BES-based electro dialysis can provide a platform for in-situ separation of VFAs in electrosynthesis as well as targeted value-added chemical production. In without current condition, acetate migrated average 0.59mM/hr to anode chamber. However when we apply current from -5mA to -15mA, the migration ratio increased from 0.72mM/hr to 1.25mM/hr, respectively.

For more study we need to examine the effect of membrane fouling and the electrolyte composition to further improve of electro dialysis efficiency.

Effect of *Pseuderanthemum palatiferum* (Nees) Radlk. freeze dried powder obtained by subcritical water extraction on physical-chemical properties and antioxidant activities of gelatin-sodium alginate films

Truc Cong Ho, Byung-Soo Chun*
Department of Food Science and Technology,
Pukyong National University, Busan, Korea, 48513.
Tel: +82-51-629-5830, Fax: +82-51-629-5824
Email: bschun@pknu.ac.kr

Abstract

In the present study, gelatin-sodium alginate films [1] was incorporated with *Pseuderanthemum palatiferum* (Nees) Radlk. freeze dried powder (PFP) obtained by subcritical water extraction. Different PFP concentrations (0 %, 0.5 %, 1 %, 1.5 %, 2 %, and 2.5 %) were added into film forming solutions. Physical properties and anti-oxidant activities of the films were investigated. The highest of total phenolic content (9.64 ± 0.25 mg GAE g⁻¹ film) was obtained at the film containing 2.5% of PFP and decreased as the percentage of PFP decreased. Similarly, % DPPH and FRAP showed that the strongest antioxidant activity obtained at the film consisting of 2.5 % of PFP (71.09 ± 2.43 % and 145.33 ± 3.56 mM TE g⁻¹ film, respectively). Water content and film solubility were not significantly different; however, water vapor permeability increased with the increase of PFP percentage. For mechanical property analysis [2, 3], tensile strength (TS) possessed the same trend with PFP concentration in the films. On contrast, elongation at break (EAB) was decreased with the increase of PFP concentration. Gelatin-sodium alginate films integrated with PFP performed good physical properties and antioxidant activities; therefore, these films could be applied in food packaging industry.

References

- [1] L. Dou et al., "Physical properties and antioxidant activity of gelatin-sodium alginate edible films with tea polyphenols", *Int. J. Biol. Macromol.*, 118, 1377-1383. (2018)
- [2] M.J. Fabra et al., "Antiviral and antioxidant properties of active alginate edible films containing phenolic extracts", *Food Hydrocoll.*, 81, 96-103. (2018)
- [3] T. Le et al., "Influence of Various Phenolic Compounds on Properties of Gelatin Film Prepared from Horse Mackerel *Trachurus japonicus* Scales", *J. Food Sci.*, (2018).

균일한 메조공극을 갖는 MoSe₂ nanosheets/탄소섬유 복합체 합성과 소듐이온배터리 음극활물질 적용

정순영, 조중상*
충북대학교 공업화학과

Synthesis of MoSe₂ nanosheets/carbon fiber with uniform mesopore as an anode for sodium-ion batteries

Sun Young Jeong, and Jung Sang Cho*
Department of Engineering Chemistry, Chungbuk National University

최근 소듐이온배터리는 소듐자원의 풍부함과 저렴함을 장점으로 리튬이온배터리를 대체할 차세대 에너지 저장장치로써 많은 주목을 받고 있다. 그러나 소듐이온의 큰 이온반경은 충·방전 시 활물질의 큰 부피변화를 초래할 뿐 아니라 확산속도 또한 크게 저하되어 저조한 수명특성과 율속특성을 야기한다. 따라서 본 연구에서는 MoSe₂ nanosheets와 탄소섬유를 복합하고 균일한 메조공극을 도입하여 부피변화에 따른 응력을 완화시키고 전해질침투를 용이하게 하여 소듐이온의 확산거리를 효과적으로 감소시키고자 했다. 이를 위해 크기가 제어된 40 nm 급의 polystyrene (PS) nanobeads 현탁액, MoO₃, polyvinylpyrrolidone (PVP), ethanol, ammonium hydroxide로 구성된 용액을 조성하고 전기방사공정을 통해 PVP-PS-Mo salt fiber를 형성했다. 전기방사공정 중 ethanol의 첨가로 인해 안정한 jet의 형성이 가능했다. 이 후 PVP-PS-Mo salt fiber는 셀렌화 과정을 거쳐 균일한 메조공극을 갖는 MoSe₂ nanosheets/탄소섬유 복합체로 전환되었다. 합성된 복합체 내 약 20 nm의 기공이 균일하게 분산되어있고 few-layer로 성장한 MoSe₂ nanosheets가 관찰되었으며 탄소함량은 TGA를 통해 약 23.5wt%로 계산됐다.

균일한 메조공극을 갖는 MoSe₂ nanosheets/탄소섬유 복합체는 소듐이온배터리의 음극활물질로 적용되어 0.2 A g⁻¹의 전류밀도에서 200 사이클 후 454 mA h g⁻¹의 가역용량을 나타내었으며 7.0 A g⁻¹의 높은 전류밀도에서도 280 mA h g⁻¹의 가역용량을 유지했다. 이는 복합체 내 균일하게 분산된 기공이 활물질의 부피팽창에 따른 응력을 완화시키고 few-layer로 성장한 MoSe₂와 더불어 소듐이온의 확산거리를 효과적으로 감소시켰기 때문이다.

참고문헌

1. Jeong S. Y., Park S.-K., Kang Y. C., and Cho J. S., "One-dimensional nanostructure comprising MoSe₂ nanosheets and carbon with uniformly defined nanovoids as an anode for high-performance sodium-ion batteries", *Chem. Eng. J.*, **351**, 559-568 (2018).

청정 융합

3월 28일(목) 9:30 ~ 14:40

경주 The-K 호텔, 가야금D

Detection of toxicity induced by heavy metal in water using a fed-batch bioreactor based on sulfur-oxidizing bacteria (SOB)

Heonseop Eom and Sang Eun Oh*

Department of Biological Environment, Kangwon National University, 192-1 Hyoja-dong, Gangwon-do, Chuncheon-si, 200-701, Republic of Korea

Microbial bioassays have become an essential part in environmental toxicity assessment. In the current study, detection of heavy metal-induced toxicity in water was conducted using a fed-batch bioreactor based on sulfur-oxidizing bacteria (SOB). SOB was exposed to water contaminated with selenium, mercury, hexavalent chromium, arsenic, cyanide, cadmium, and lead for 2 h and its inhibition rates were analyzed based on changes in electrical conductivity (EC). Microbial activity of SOB was highly inhibited by even minute amount of selenium. In the presence of 0.5 mg/L of selenium for 2 h, inhibition rate of SOB accounted for 96.8 %. Mercury, hexavalent chromium, and arsenic also significantly inhibited microbial activity of SOB. Introduction of 1 ~ 2 mg/L of mercury, hexavalent chromium, and arsenic for 2 h resulted in approximately 75 ~ 90 % of SOB inhibition rates. The 2-h half maximum effective concentrations (EC_{50}) of SOB for selenium, mercury, hexavalent chromium, and arsenic were estimated to be 0.33, 0.89, 1.18, and 0.24 mg/L, respectively, which are comparable or lower than earlier studies that employed other microorganisms including bioluminescent bacteria, nitrifying bacteria, oligotrophic bacteria, iron-oxidizing bacteria, and *Escherichia coli*. These low EC_{50} values suggest that the fed-batch SOB reactor is sensitive for detecting toxicity induced by selenium, mercury, hexavalent chromium, and arsenic in water. However, SOB appears to be not sensitive for monitoring toxicity caused by cyanide, cadmium, and lead in water. Exposure of 1 mg/L of cyanide for 2 h led to 10.8 % of SOB inhibition rate. The 2-h EC_{50} value of SOB for cyanide in the current study was estimated to be 4.90 mg/L, which is substantially higher than previously reported. In the presence of even 100 mg/L of cadmium and 200 mg/L of lead, the 2-h SOB inhibition rates accounted for only 31.4 and 27.2 %, respectively. With our testing ranges, the EC_{50} values of SOB for cadmium and lead cannot be estimated. Instead, the EC_{20} values for cadmium and lead were analyzed to be 20.02 and 101.17 mg/L, respectively, showing that SOB is insensitive for evaluating toxicity caused by cadmium and lead in water. In summary, the results from the current study found that the fed-batch SOB bioreactor is suitable for detecting toxicity induced by selenium, mercury, hexavalent chromium, and arsenic, but not by cyanide, cadmium, and lead in water.

CT-20

Development and commercialization of a bubble type respirometer

Sang-Eun Oh

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

Fax +82-(33)-242-6450 E-mail address: ohsangeun@kangwon.ac.kr

A respirometer has been developed and commercialized. The respirometer is a device used to measure the rate of respiration of living organisms including microorganisms by measuring their rates of consumption of oxygen or production of biomethane or biohydrogen. Generally since the rate of respiration is very slow, the respirometer should be sensitive and accurate. The gas that is finely generated from a bioreactor will turn into a bubble shape in the BRS cuboid cell which has a hole and is filled with oil. The bubbles will pass through the two fiber optic sensors that are located above and below. The volume of the generated bubble is calculated using the time (T1 and T2) taken by each bubble to pass through each sensor. Total cumulative volume of gas generated is calculated by summation of each bubble volume calculated when the bubble passes through the sensors. Considering the volume of each bubble to be constant, the generated volume of gas is calculated by counting the number of bubbles. However, the volume of the bubble varies by 9% depending on the flow rate (0~1 mL/min). This system can accurately measure the volume of each bubble generated by measuring the time that each bubble passes through two fiber optic sensors regardless of the air flow rate. This system can be applied to biogas measurement, respiration of plants, animals, measurement of oxygen consumption rate, microbial inhibition measurement, biodegradation test, soil respiration test, BMP (Biochemical Methane Potential) test.

Improvement of Biohydrogen Production from Vegetable Waste using Inoculum Pretreatment

Bikram Basak¹, Ju-Hyeok Kwon¹, Hyun-Jo Ahn¹, Byong-Hun Jeon^{1*}

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

Hydrogen is considered to be the fuel for future and its biological production through acidogenic fermentation of renewable feedstocks such as lignocellulosic biomass is very promising. The present research investigated the efficacy of different pretreatment strategies for anaerobic digester sludge (ADS) to develop a suitable acidogenic inoculum for fermentation of vegetable wastes (VW). Among the four types of ADS treatment strategies adopted, viz., treatment with HCl, NaOH, heat shock, and ultraviolet ray, heat shock pretreatment showed that cumulative H₂ production was significantly improved to 635.20 mL during acidogenic fermentation of VW, which is 63% higher than the control (389.87 mL). The process was validated using modified Gompertz model with a high H₂ production potential (H_{max} 628.1 mL). Heat-shock treated inoculum showed 61 mL g⁻¹ VS of hydrogen yield with 61% higher specific hydrogen production potential (SHPP) compared to 37 mL g⁻¹ VS with an untreated inoculum. Increased H₂ was correlated with increased production of volatile fatty acids (VFAs). The 16s rDNA sequencing of the fermentative microbial consortium revealed presence of 9 bacterial species such as *Clostridium butyricum*, *Escherichia coli*, *Streptococcus henryi*, and 6 others uncultured bacteroides, indicating their predominant role in the acidogenic fermentation of VW. Thus, utilization of a heat-shock pretreated ADS inoculum enhanced the hydrogenogenic acidogenic fermentation of VW with simultaneous VFA production, yielding high-value products.

참고문헌

1. Marone, A., Izzo, G., Mentuccia, L., Massini, G., Paganin, P., Rosa, S., Varrone, C. and Signorini, A., "Vegetable waste as substrate and source of suitable microflora for bio-hydrogen production," *Renew. Energy*, **68**, 6-13 (2014).
2. Kumari, S. and Das, D., "Improvement of biohydrogen production using acidogenic culture," *Int. J. Hydrogen Energy*, **42**(7), 4083-4094 (2017).
3. Gomez-Romero, J., Gonzalez-Garcia, A., Chairez, I., Torres, L. and Garcia-Peña, E.I., "Selective adaptation of an anaerobic microbial community: Biohydrogen production by co-digestion of cheese whey and vegetables fruit waste," *Int. J. Hydrogen Energy*, **39**(24), 12541-12550 (2014).

Surface modification of graphite granule electrode for a microbial fuel cell

Minsoo Kim, Young Eun Song, Shuwei Li, 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

Microbial fuel cell (MFC) converts chemical energy stored into biodegradable organics into electricity through microbial respiration. MFC has been extensively examined for bioenergy production and simultaneous removal of various contaminants. The interaction between microbe and surface of carbon electrode plays an important role to capture respiratory electron from bacteria, and produce bioelectricity in MFC. Hence the improvement of electrochemical properties of carbon material is essential to improve the performance. In this study, we modified surface structure of graphite granule and examined its performance in MFC. The improvement of the specific surface area and the distribution of micropore and mesopore facilitate bacterial attachment on the surface. The start-up time for electricity generation was reduced probably due to higher biocompatibility of the modified graphite. The enhancement of electron transfer rate and power output was examined with the surface modification in various operating conditions. This result implicates that the physical and chemical surface modification increase the performance of electrode-based bioprocess such as MFC and bioelectrochemical system.

Disintegration of Microalgal Cell Wall and Consequent Improvement of Bioconstituents Fermentation for Biofuel Production

Geon-Soo Ha¹, Marwa M. El-Dalatony¹, El-Sayed Salama², Hoo Hugo Kim¹, 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

Microalgal biomass as cellulosic feedstock has gained much attention for their ability to accumulate large quantities of bio-chemical constituents which can be converted into biofuels (bio-ethanol, higher alcohols, and biodiesel). Efficient utilization of those bio-constituents through fermentation and transesterification processes is required to increase the energy recovery and reduce the generated waste. In this study, four different microalgae strains (*Pseudochlorella* sp., *Chlamydomonas mexicana*, *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas pitschmannii*) with various bio-constituents were used for bioethanol production through yeast fermentation process. Changes in cell wall structure and thickness were observed before and after fermentation process by transmission electron microscopy. The highest ethanol yield (0.45 g/g), fermentation efficiency (86%), and energy recovery (76.75%) were achieved with *Pseudochlorella* sp. where the total sugars were consumed by 86% and the substrate utilization rate was 14.05 mg/m³-d. Moreover, the amount of utilized proteins (14%) was monitored during the fermentation of carbohydrate fraction for all species. The cellular proteins (86% unutilized) will be further used for generation of higher alcohols (C3-C5). The strategies established in this study will provide additional insight into fermentations and will be useful in scaling-up of fermentation processes for improving commercial bioethanol production.

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., Kabra A. N., Hwang J. H., Govindwar S. P., Kim K. H., Kim H., Jeon B. H., "Pretreatment of microalgal biomass for enhanced recovery/extraction of reducing sugars and proteins," *Bioprocess Biosyst. Eng.*, 39, 95-103 (2016).
4. El-Dalatony M. M., Kurade M. B., Abou-Shanab R. A. I., Kim H., Salama E. S., Jeon B. H., "Long-term production of bioethanol in repeated-batch fermentation of microalgal biomass using immobilized *Saccharomyces cerevisiae*," *Bioresour. Technol.*, 219, 98-105 (2016).
5. 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).

Facile microwave hydrothermal synthesis of TiO₂ decorated on graphite carbon nitride for the enhanced removal of BPA under 400 nm LED

Wong Kien Tiek¹, Baek Ha Ryu¹, and Min Jang*
(minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)

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

A visible-light-driven photocatalysts, TiO₂ decorated onto graphite carbon nitride (g-C₃N₄) as a composite material was successfully synthesized by a facile microwave hydrothermal (MWHT) process. Comprehensive characterization was conducted not only to study the chemical states, photo-optical properties, particle sizes, and crystal structures, but also the effect on the degradation of Bisphenol A (BPA). The photocatalytic activity of GCN/TiO₂(0.1g) as shown on Figure 1, indicating the significant enhancement of BPA degradation as compared to the individual photocatalyst (TiO₂ and GCN) under 400nm LED irradiation. In comparison, the photocatalytic activity for GCN/TiO₂(0.1g) without MWHT, the BPA degradation was found to be lower compared to the MWHT treated photocatalysts. The overall BPA degradation mechanism (Liu et al., 2016) was shown on Figure 2.

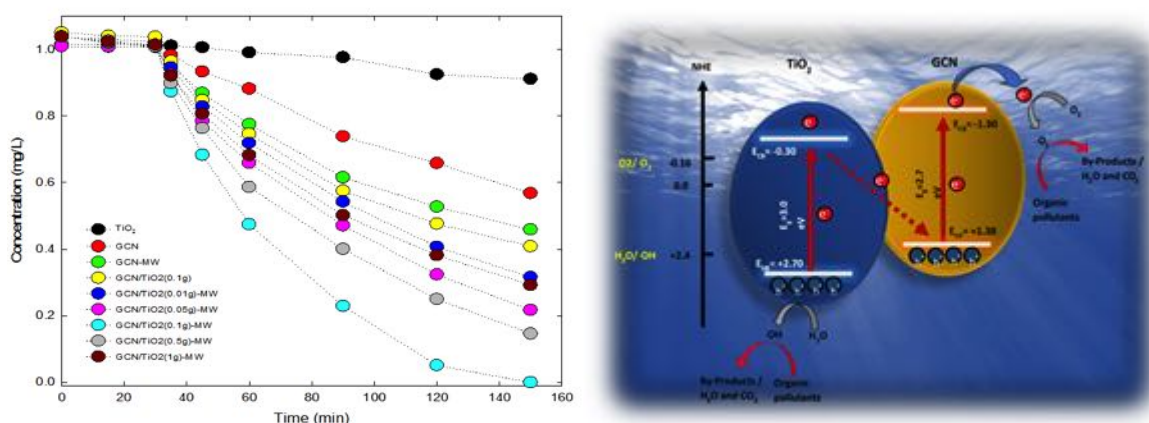


Figure 1: Kinetic plot for BPA removal by 400nm LED Figure 2: BPA degradation mechanism

Reference

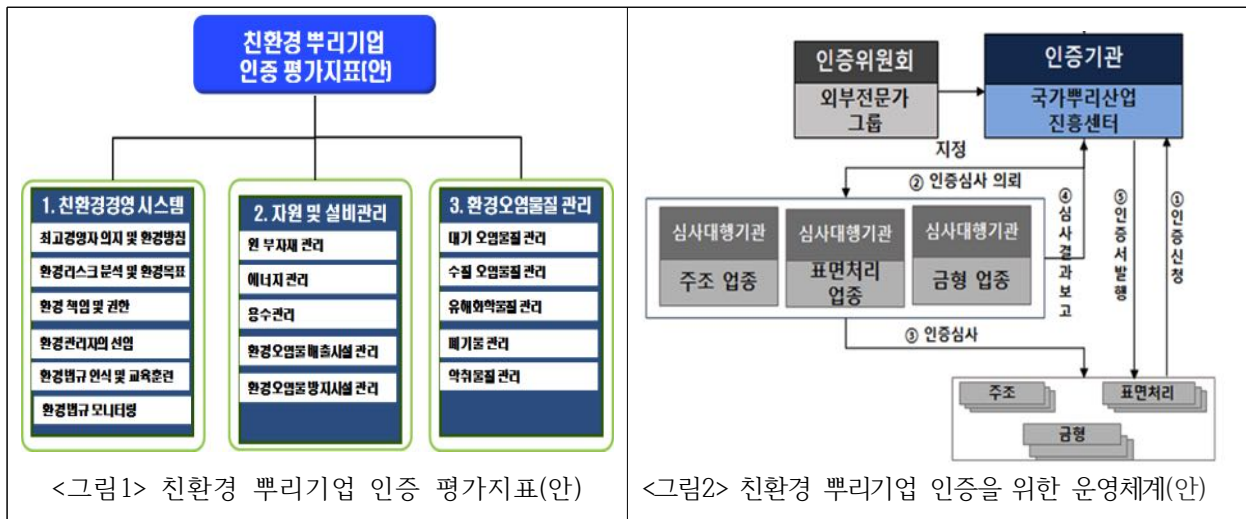
1. Liu, X., Chen, N., Li, Y., Deng, D., Xing, X., & Wang, Y. (2016). A general nonaqueous sol-gel route to g-C₃N₄-coupling photocatalysts: the case of Z-scheme g-C₃N₄/TiO₂ with enhanced photodegradation toward RhB under visible-light. *Scientific reports*, 6, 39531.

환경친화적인 뿌리기업 기반 구축을 위한 인증평가 제도 도입 방안 연구

이한웅¹, 노재동², 박해운¹, 박옥주¹, 김현재¹, 김기탁¹, 김성덕^{1*}
¹한국생산기술연구원, ²(주)엔스타알앤씨

우리나라 제조업의 기반산업인 뿌리산업은 산업경쟁력의 가늠자이다. '11년부터 정부에서는 뿌리산업 육성을 위해 다양한 정책을 수립하여 뿌리기업의 생산성 향상과 생산비용 부담 완화 등을 위한 지원을 하고 있다. 그러나 정부의 다양한 정책에도 불구하고, 아직까지 뿌리기업은 각종 환경문제를 유발하는 산업으로 분류되어 산업경쟁력 제고에 많은 어려움을 겪고 있다. 이에, 본 연구에서 청정생산이 가능한 친환경 뿌리기업 육성을 위해 뿌리기업에 특화된 “친환경 뿌리기업 인증제도” 운영 방안을 도출하였으며, 인증제도 운영을 통해 뿌리기업의 환경경쟁력을 향상시키고 3D 업종 이미지에서 벗어나 산업경쟁력을 키울 수 있는 기틀이 되었으면 한다.

본 연구 결과를 도출하기 위해 뿌리산업 특화단지 현황 조사, 뿌리산업 환경규제 관련 현황 파악, 국내·외 친환경 기업 인증제도 조사 등과 국내 뿌리산업의 영세성, 작업자의 고령화, 열악한 작업환경 및 환경오염 물질 배출이 많은 산업임을 고려하였으며, 그 결과로 현재 국내·외에서 운영되는 녹색기업지정제도, 우수그린비즈제도나 ISO 14001 등의 인증평가 지표를 적용하는 것은 친환경 뿌리기업 활성화의 조기 정착과 확산에 부정적인 영향이 예상되어 <그림 1> 같은 평가지표를 도출하였으며, 향후 많은 뿌리기업이 친환경 뿌리기업 인증을 받을 수 있도록 기업지원 방안을 연구하겠다.



참고문헌

1. 제2차 뿌리산업 기본계획, 산업통산자원부(2018)
2. 산업단지관리 기본 계획, 산업통산 자원부(2017)
3. ISO 14001(환경경영 시스템 국제기구), 국제표준화기구(ISO)(2018)
4. Jung J-H, Kim S-S, 다국적기업의 글로벌 친환경 혁신전략에 대한 제도적 결정요인과 경영성과, 25권 3호, 국제경영연구(2014)
5. 친환경기업지정제도 현황, 환경부 환경백서(2018)

미세기포 부상분리, 불용성촉매복합전극과 자성체바이오찰를 이용한 난분해성 폐수처리

채규정^{1*}, 조완철¹, 손은비¹, 최상기², 김영모², 정도원³
¹한국해양대학교, ²광주과학기술원, ³테크윈

Persistent industrial wastewater treatment using sequential dissolved micro-air flotation, dimensionally stable catalyst composite electrode, and magnetic biochar

Kyu-Jung Chae^{1*}, Wan-Cheol Cho¹, Eunbi Son¹, Sang-Ki Choi², Young-Mo Kim²,
and Do-Won Jung³

¹Korea Maritime and Ocean University, ²Gwangju Institute of Science and Technology,
³Techwin Co.

The rapid increase in the production of persistent and toxic industrial wastewaters has caused a serious public concern because they are not easily treated through traditional treatment technologies, such as biological or chemical oxidation, adsorption, and membrane filtration (Cho et al., 2018). Moreover, these wastewaters contain various pollutants such as oil, heavy metals, VOCs, and toxic substances and thus can not be appropriately treated by one specific treatment method. Therefore, in this study, we tried to stably treat various persistent pollutants by employing sequential dissolved micro-air flotation (pretreatment), advanced electro-oxidation with a dimensionally stable anode (DSA) (main treatment), and magnetic biochar (post treatment to adsorb toxic leftovers). According to experimental results, advanced electro-oxidation with highly catalytic composite DSAs can work as a simple and reliable method for removing persistent toxic pollutants in the industrial wastewater. In addition, a reuseable marine macro-algae biochar modified with magnetite and chitosan was applied as an efficient novel adsorbent for simultaneous heavy metal removal and easy magnetic separation (Son et al., 2018).

참고문헌

1. Cho, W. C., Poo, K. M., Mohamed, H. O., Kim, T. N., Kim, Y. S., Hwang, M. H., Jung, D. W., and Chae, K. J., "Non-selective rapid electro-oxidation of persistent, refractory VOCs in industrial wastewater using a highly catalytic and dimensionally stable Ir-Pd/Ti composite electrode," *Chemosphere*, 206, 483-490 (2018). 53.
2. Son, E. B., Poo, K. M., Mohamed, H. O., Choi, Y. J., Cho, W. C., and Chae, K. J., "A novel approach to developing a reusable marine macro-algae adsorbent with chitosan and ferric oxide for simultaneous efficient heavy metal removal and easy magnetic separation," *Bioresource Technology*, 259, 381-387 (2018)

사사

This research was supported by Korea Ministry of Environment as "Global Top Project" (No. 2016002190008) and in part by "Advance Environment Industry Technology Development Project" (No. ARQ201603174).

***Azadirachta indica* extract assisted green synthesis of Co₃O₄ for application in microbial fuel cell as cathode catalyst**

Md. T. Noori¹, M.M Ghangrekar², Booki Min^{1*}

¹Kyung Hee University, Yongin-si, Republic of Korea, ²Indian Institute of Technology Kharagpur, India

Application of highly corrosive reducing agents e.g. sodium borohydride, sodium citrate, ascorbate, elemental hydrogen etc. to derive nanoparticles for oxygen reduction reaction (ORR) in microbial fuel cells (MFC), imposes potential threat on environment. Thus, the synthesis protocols have taken a paradigm shift towards “green synthesis” in which bioactive compounds e.g. proteins, amino acids, enzymes, polysaccharides, alkaloids, tannins., phenols, terpinoids, vitamins etc., of plant extracts have been established prominent as reducing and stabilizing agent to synthesize nanoparticles. In this endeavor, we tried to fabricate highly efficient, yet low cost Co₃O₄ ORR catalyst using *Azadirachta indica* extracts to improve the performance of MFC. The *Azadirachta indica* extracts have been reported to have such bioactive compounds which has high potential to produce nanoparticles. The diagnostic studies, e.g. SEM, XRD and TEM etc. revealed successful synthesis of diamond shaped polycrystalline Co₃O₄. The electrochemical ORR kinetics and stability of the cathode containing Co₃O₄ were evaluated using cyclic voltammetry (CV) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS), and the balanced large redox current peaks obtained in CV publicized Co₃O₄ as an excellent ORR catalyst. In addition, upon using this catalyst in MFC, the power recovery and coulombic efficiency was noted to be substantially enhanced from 50 mW/m² and 8% in MFC using bare carbon cathode to 300 mW/m² and 36%, respectively. Thus, this approach of synthesizing an excellent ORR catalyst would outboud the practical enigma of environmental sustainability while production of large amount of catalysts for scalable MFCs.

Carbon electrode facilitates acetate oxidation by *P.putida* 2523 in a microbial fuel cell

Mutyala Sakuntala, Changman Kim, Young Eun Song, Jiyun Baek, Minsoo Kim,
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 sp. is highlighted for its versatile metabolism of various carbon sources and known as electro-active strain in a microbial fuel cell (MFC) system to produce electricity. *Pseudomonas putida* is an ideal host strain for metabolic engineering for platform chemical production by electrode-based metabolic regulation. In this study, we have investigated the metabolic shift of *P. putida* in different culture condition such as conventional fermentation (open circuit MFC) and carbon electrode respiring environment (closed circuit MFC). The cell growth of *P. putida* is increased by electrode with simultaneous electricity generation. This strain discharged respiratory electron up to 110mA/cm² of anodic current. The change of NADH/NAD⁺ ratio support electrode-based regulation of acetate oxidation. Besides, acetylcoa synthetase activity assay is conducted to show acetate assimilation in anoxic condition. These results implicate that the carbon electrode and 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 biorefinery process.

References

Bin Lai, Shiqin Yu., Anoxic metabolism and biochemical production in *Pseudomonas putida* F1 driven by a bioelectrochemical system. J. Biotechnology for biofuels (2016).

H. Friman , A. Schechter.,Effect of external voltage on *Pseudomonas putida* F1 in a bio electrochemical cell using toluene as sole carbon and energy source(2012)

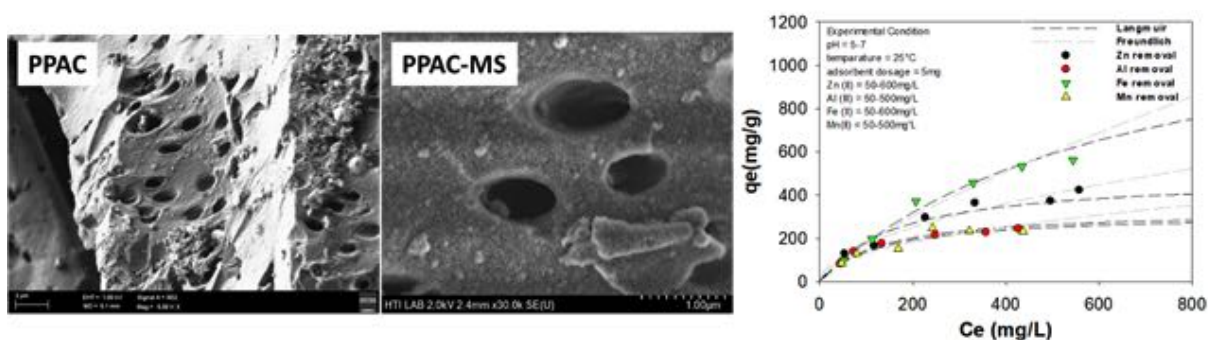
Evaluation of magnesium silicate impregnated activated carbon powder for organic and inorganic compound removal

Choe Earn Choong^{1,2}, Min Jang^{1,2}

(minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)

¹Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, 20 Kwangwoon-ro, Nowon-gu, Seoul 01897, Republic of Korea, ²University Malaya

Palm shell waste activated carbon powder (PPAC) coated by magnesium silicate (PPAC-MS) was synthesized by the impregnation of magnesium silicate from silicon dioxide powder via hydrothermal approach to remove organic and inorganic toxic compounds. PPAC and PPAC-MS characterized by Fourier Transformed Infrareds (FTIR), nitrogen adsorption/desorption analysis, X-Ray powder diffraction (XRD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM). PPAC-MS exhibited a homogeneous thin plate mesh-like structure, as well as meso- and macropores with a very high surface area of $772.1\text{m}^2\text{g}^{-1}$. Due to its specific morphological characteristics, PPAC-MS showed sufficient adsorption capacity in the range of 191 mg g^{-1} - 562 mg g^{-1} for fluoride, Pb(II), Zn(II), Al(III), Fe(II), Mn(II), and As(V) removal. Furthermore, PPAC-MS exhibited high adsorption capacity that can remove both BPA and heavy metal ions simultaneously, which promoting PPAC-MS had a high potential in the treatment process for wastewater containing both toxic heavy metals and emerging pollutants. Experiment results also indicated that the synergistic removal of BPA occurred because the precipitation process of metal ion leads to the co-precipitation of BPA with metal hydroxide compound. Moreover, PPAC-MS can be reused up to 3 times with Mg(II) solution to minimize the environmental impact while remaining economical through the reuse of palm-shell waste material.



Reference

1. Yu, Y., Hu, Z., Chen, Z., Yang, J., Gao, H., & Chen, Z., "Organically-modified magnesium silicate nanocomposites for high-performance heavy metal removal," *RSC Adv.*, 6(100), 97523-97531 (2016).
2. Gui, C. X., Wang, Q. Q., Hao, S. M., Qu, J., Huang, P. P., Cao, C. Y., Yu, Z. Z., "Sandwichlike magnesium silicate/reduced graphene oxide nanocomposite for enhanced Pb(II) and methylene blue adsorption," *ACS Appl. Mater. Inter.*, 6(16) (2014).

Ammonia Removal by Simultaneous Nitrification and Denitrification in Microbial Electrolysis Cells.

Daehyeon Choi, Booki Min* (bkmin@khu.ac.kr)
Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University,
Seocheon-dong, Yongin-si, Gyeonggi-do 446-701, Republic of Korea

Nitrogen contamination is one of the contaminants that must be removed in aquatic ecosystems. In this study, the removal of ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) in synthetic wastewater was investigated by simultaneous nitrification and denitrification processes in microbial electrolysis cell (MEC). The oxygen required for the nitrification reaction was obtained via electrolysis of water in anode chamber by supplying external voltage. The nitrification rate was proportional to the hydraulic retention time, which was 82.1, 96.4, and 98.5% conversion at HRT of 15, 20, and 25 hr, respectively. The average DO concentration remained at about 3mg/L in the cathode chamber. The effluent from the anode chamber was denitrified to nitrogen gas by bioelectrochemical denitrification process, and almost complete removal of nitrate ions from aqueous cathodic solution was obtained in all HRTs. The present study suggests that continuous removal of ammonia nitrogen pollutants in wastewater can be achieved by microbial electrolysis cell without external aeration and substrate addition.

바이오연료 및 소재

3월 28일(목) 9:30 ~ 14:40

경주 The-K 호텔, 향비파B

폐수처리 미세조류 바이오매스를 이용한 바이오연료 생산 특성과 저해요인 분석

이재철¹, 김현우², 임한권^{1*}
¹울산과학기술원 에너지 및 화학공학부
²전북대학교 토목/환경/자원에너지 공학부

Process characteristics and inhibition factors of biofuel production using wastewater treated microalgal biomass

Jae-Cheol Lee¹, Hyun-Woo Kim², Hankwon Lim^{1*}

¹ School of Energy and Chemical Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology ² Division of Civil/Environmental/Mineral Resources & Energy Engineering, Chonbuk National University

The advanced wastewater treatment using microalgae can remove various nutrients and pollutants with the production of useful biomass. The one acceptable way to utilize harvested microalgal biomass is bio-diesel production *via* transesterification process. But, bio-diesel production using wastewater treated microalgae have some limitations as follows: 1) It required high energy and chemical cost for the lipid extraction process. 2) The utilization of glycerol waste (by-product) is expected. 3) Inhibition of microalgal metabolites (such as soluble microbial product or extracellular polymeric substances) should be considered. In this context, we suggested the convergence system using direct-transesterification and anaerobic digestion to evaluate the potential of bioenergy production. In addition, impurity removal using 0.9% NaCl was tested to reduce inhibition of microalgal metabolites and enhance bioenergy production. Morphological analysis was conducted using Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), and a field-emission scanning electron microscope (FE-SEM) equipped with an energy dispersive spectroscopy (EDS). The results of this study show the impurity removal, biomass moisture content, and selection of catalyst are key factors for the effective valorization of wastewater treated microalgal biomass.

Reference

1. Lee, J. C., and Kim, H. W., "Convergence of direct-transesterification and anaerobic digestion for improved bioenergy potentials of microalgae" *J Clean Prod.* **178**, 749-756 (2018).

혼합 정수 선형 프로그래밍을 이용한 바이오 연료 공급사슬 네트워크 설계 - 한국 사례 연구

자레이 모하마다민, 유준
부경대학교 화학공학과

DESIGN OF BIOFUEL SUPPLY CHAIN NETWORK USING MIXED INTEGER LINEAR PROGRAMMING (MILP) - THE CASE OF SOUTH KOREA

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

The production of fuels and chemicals depends heavily on fossil fuels. Therefore, the depletion of fossil fuels, and rising energy demand, as well as increasing environmental issues, have directly influenced regional economic stability and energy security. Biofuels, the fuel produced from biomass, has been proposed as part of the solution to our dependence on fossil fuels. Thus, the purpose of this study is to develop a new design framework of seaweed biomass-derived supply chain for Korea. This framework consists of a number of technologies and sizes in upstream (harvesting, pre-processing and storage), midstream (biorefinery) and downstream (distribution to consumer). To achieve this goal, parameters and decision variables affecting economics criteria have been considered. We then have developed a new optimization model using a mixed-integer linear programming (MILP) technique to identify system configuration and its economic performance. The objective function to be minimized is total annualized cost including upstream, midstream and downstream. With reference to the model statistics, it has 257,245 variables and 226,855 equations.

The results indicated that except 5 provinces (Seoul, Daejeon, Daegu, Gangwon and Chungcheongbukdo) which do not have harvesting site, all provinces have biorefinery. Also, 9 provinces (Gyeonggi, Gyeongsangbukdo, Gyeongsangnamdo, Jeollanamdo, Jeollabukdo, Chungcheongbukdo, Busan, Ulsan and Incheon) have dryers in different level stages.

Fractional catalytic pyrolysis of acid-washed *Saccharina Japonica* alga using HZSM-5 catalyst for upgrading bio-oil

Hoang Vu Ly¹, Seung-Soo Kim¹, Jinsoo Kim², Hee Chul Woo³

¹Kangwon National University, ²Kyung Hee University, ³Pukyong National University

Corresponding authors: sskim2008@kangwon.ac.kr

Abstract

Biofuel production based on thermal conversion of macroalgae has attracted a lot of attention as a promising method. However, macroalgae contains significant amount of inorganic compounds (K, Na, Mg, Ca), that cause problems during thermal processing (ash fouling or agglomeration of char and bed material) [1,2]. The macroalga *Saccharina japonica* (S.J) was treated with diluted acid solution to remove inorganic species before using this material for pyrolysis in a bubbling fluidized-bed reactor. The effect of acid washing on the product yield and the quality of bio-oil were systematically investigated. When the pyrolysis temperature increased from 400 °C to 500 °C, the bio-oil yield was between 39.70 wt% and 45.36 wt%. The major compounds in the bio-oil were levoglucosan and di-anhydromannitol. The fractional catalytic pyrolysis of pre-treated S.J using H-ZSM-5 catalysts (calcined at 550 °C) was investigated in fluidized-bed reactor at same conditions. Pyrolysis of the pretreated sample with catalyst resulted in 35.37-39.05 wt% liquid yield which was lower than those of using silica sand. Using H-ZSM-5 catalytic pyrolysis bio-oil showed a reduction in dianhydromannitol, 2-furyl methyl ketone and in the formation of aromatic compounds such as derivatives of phenol, indole and naphthalene. In the comparison with previous work [3], the effect of pretreatment by acid washing and the effect of HZSM-5 catalyst on the pyrolysis product distribution and compositions were clarified.

[1] Yanik J, Stahl R, Troeger N, Sinag A, *Pyrolysis of algal biomass*, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 103, 134-141, 2013.

[2] Ross AB, Anastasakis K, Kubacki M, Jones JM, *Investigation of the pyrolysis behaviour of brown algae before and after pre-treatment using PY-GC/MS and TGA*, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 85, 3-10, 2009.

[3] Ly HV, Kim SS, Woo HC, Choi JH, Suh DJ, Kim J, *Fast pyrolysis of macroalga Saccharina japonica in a bubbling fluidized-bed reactor for bio-oil production*, Energy, 93, 1436-1446, 2015.

졸겔법으로 제조된 CoMo 촉매에서 구연산의 비율이 올레산의 탈산소 반응에 미치는 영향

조재완¹, 박호룡¹, 전경원¹, 심재오¹, 노현석^{1*}(hsroh@yonsei.ac.kr)
¹연세대학교

The effect of citric acid ratio on the catalytic performance of CoMo catalysts prepared by sol-gel method for the deoxygenation of oleic acid

Jae-Wan Cho¹, Ho-Ryong Park¹, Kyung-Won Jeon¹, Jae-Oh Shim¹, Hyun-Seog Roh^{1*}
(hsroh@yonsei.ac.kr)
¹Yonsei University

Support- and sulfide-free CoMo catalyst for the deoxygenation of oleic acid in H₂-free environment was developed [1]. The CoMo catalyst prepared by sol-gel method exhibited high catalytic activity, showing potential for application in biofuel production [2]. Citric acid was employed as a complexing agent for the sol-gel method [3]. In this study, the citric acid ratio was systematically varied to optimize the CoMo catalyst for deoxygenation. The effect of citric acid ratio on the catalytic performance has been interpreted through various characterization techniques and related to catalytic activity results.

참고문헌

1. Shim et al., "Optimization of unsupported CoMo catalysts for decarboxylation of oleic acid" *Catal. Commun.*, 67, 16-20 (2015).
2. Shim et al., "Facile production of biofuel via solvent-free deoxygenation of oleic acid using a CoMo catalyst" *Appl. Catal. B: Environ.*, 239, 644-653 (2018).
3. Subramanian et al., "H₂ production from high temperature shift of the simulated waste derived synthesis gas over magnetite catalysts prepared by citric acid assisted direct synthesis method" *Int. J. Hydrogen Energy*, 38, 8699-8703 (2013).

발전분야 액상 바이오연료의 개발

김재곤
한국석유관리원 석유기술연구소

Development of Liquid Biofuels for Power Generation

Jae-Kon Kim
Research Institute of Petroleum Technology, Korea Petroleum Quality & Distribution
Authority(K-Petro)

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

Methanotrophs as Microbial Cell Factory for Methane-to-Chemicals Bioconversion

EUN YEOL LEE

Department of Chemical Engineering, Kyung Hee University, Yongin-si 17104, Republic of
Korea

Methane is a low-priced carbon feedstock for industrial biotechnology. Microbial bioconversion of methane to chemicals is clean production method. Methanotrophs can be used as microbial cell factory for methane bioconversion, because they can utilize methane for their cell growth as sole carbon and energy source and product formation. Metabolic engineering can be applied for development of engineered methanotrophic strain as microbial cell factory for methane-to-chemicals bioconversion. In this presentation, microbial engineering of methanotrophs for the production of various target chemicals from methane will be presented.

불확실성 분석을 이용한 글리세롤 개질반응 기반 수소 생산 관련 기술·경제성 분석

허주헌, Boris Brigljević, 이재철, 이보름, 이현준, 임한권*
울산과학기술원

Techno-economic analysis of glycerol steam reforming for H₂ production featuring uncertainty analysis

Juheon Heo, Boris Brigljević, Jae-Cheol Lee, Boreum Lee, Hyunjun Lee, Hankwon Lim*
School of Energy and Chemical Engineering, Ulsan National Institute of Science and
Technology, 50 UNIST-gil, Eonyang-eup, Ulju-gun, Ulsan 44919, Republic of Korea

With the increasing interest in bio-diesel production from biomass known as alternative to fossil fuels, an increase in glycerol (by-product) yield is expected. Glycerol has been used in numerous fields such as food, cosmetics, pharmaceuticals, and chemicals. In particular, glycerol can be possibly utilized as a feedstock for H₂ production because glycerol steam reforming (GSR) is one of H₂ production methods, but GSR is a premature technology. In this context, it is crucial to evaluate feasibility of GSR in terms of technical and economical aspects, simultaneously. Therefore, techno-economic analysis coupled with process simulation and economic analysis was performed to assess the economic viability for this technology. Particularly, the optimized operating conditions such as temperature and reactant ratio were checked based on process simulation results and economic analysis was carried out by using various economic analysis methods like itemized cost estimation, sensitivity analysis, profitability analysis, and uncertainty analysis.

Acknowledgement

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) granted financial resource from the Ministry of Trade, Industry & Energy, Republic of Korea (No.20183010032380).

경제적 및 환경적 관점에서의 거대조류 바이오매스-연료 전환을 위한 상부 구조 기반 최적화 프레임 워크

딕슨 로피스, 유준
부경대학교 화학공학과

A superstructure-based optimization framework for macroalgae biomass to fuel conversion strategies: economic and environmental perspective

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

In this study, we proposed a mixed integer linear programming (MILP) model for superstructure-based optimization of mixed alcohols (ethanol, propanol, and butanol) production from macroalgal biomass. Process integration was performed to utilize direct greenhouse gas emissions from the biorefinery and to reduce pollutants and freshwater consumption. The process synthesis model features several design alternatives for mixed alcohols processing as well as alternatives for utilizing all waste streams from the processing in one combined superstructure. Detailed mathematical modeling of the superstructure is implemented and solved in the General Algebraic Modeling System (GAMS). To achieve economic and environmental targets, two objectives function were studied: maximizing the net present value and minimizing carbon dioxide emissions. Several case studies were investigated to determine the effect of biorefinery on the overall process economics, refinery topology design, and environmental sustainability.

Results indicated that the mixed alcohols production from macroalgae is economically viable. The minimum selling price of ethanol, heavier alcohols (propanol and butanol), dry distillery solids (DDS), and microalgae in optimal design are calculated to be 1.26 \$/gal, 2.3 \$/gal, 0.05 \$/kg, and 0.114 \$/kg, respectively. The maximum seaweed purchasing price is calculated to be 133 \$/ton. Comparison of carbon dioxide emissions of the optimal design and of the base case show great potential for environmental sustainability as carbon dioxide emissions have decreased by 90%.

바이오항공유 1 ton 생산을 위한 파일럿 플랜트 운전 결과

장정희¹, 김성탁¹, 곽연수¹, 안민희¹, 한기보^{1†}, 정병훈², 한정식²
고등기술연구원¹, 국방과학연구소²

국제 민간항공기구(ICAO) 및 국제항공운송협회(IATA)는 2050년까지 2005년 대비 50%의 CO₂ 배출 저감을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 연료 효율 개선만 아니라 바이오항공유의 도입이 구체화 되었으며, 바이오매스를 기반으로 한 바이오항공유는 기술적으로 상업화 전 단계에 진입한 상태에 있다. 이러한 바이오항공유 시장에 진입하기 위하여 고등기술연구원에서는 바이오항공유 제조연구를 진행하였으며, 바이오항공유를 제조하기 위한 공정 중 가장 경제성이 높은 방법으로 알려져 있는 식물성 오일을 이용한 OTJ(Oil to Jet) 공정을 도입하여 바이오 항공유 생산기술을 개발하였다. OTJ공정은 탈산소 및 업그레이딩의 2개의 공정으로 이루어져 있으면, 이러한 2개의 공정을 연계하여 500 kg의 바이오항공유를 생산 하였다. 이렇게 생산된 바이오항공유는 ASTM D7566의 규격을 충족하였으며, 석유계 항공유와 50/50 vol%로 혼합하여 ASTM D1655를 만족하는 혼합 바이오항공유 1 ton을 생산 하였다.

청정 석탄

3월 28일(목) 13:00 ~ 16:40
경주 The-K 호텔, 가야금C

Wire Mesh Reactor을 활용한 석탄의 온도별 탈휘발 특성 연구

이석형^{1),2)}, 윤성민¹⁾, 박성진¹⁾, 서명원¹⁾, 문태영¹⁾, 문지홍¹⁾, 윤상준¹⁾, 이재구¹⁾, 김재호¹⁾, 김용구¹⁾, 주종훈²⁾, 라호원^{1)*}

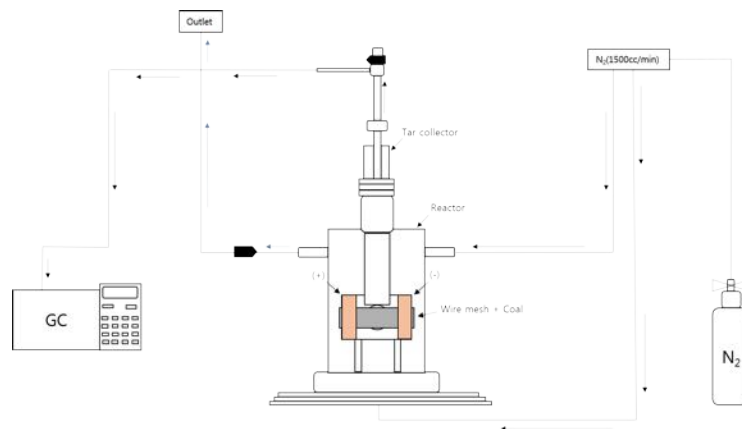
1)한국에너지기술연구원 청정연료연구실, 2)충북대학교 재료공학과
(*seojun@kier.re.kr)

Study of devolatilization characteristics of coal by temperature using Wire Mesh Reactor

Seok Hyeng Lee^{1),2)}, Sung Min Yoon¹⁾, Park Sung Jin¹⁾, Myung Won Seo¹⁾, Tae Yong Mun¹⁾, Ji Hong Moon¹⁾, Sang Jun Yoon¹⁾, Jae Goo Lee¹⁾, Jae Ho Kim¹⁾, Yong Gu Kim¹⁾, Jong Hun Joo²⁾, Ho Won Ra¹⁾.

1)Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research (KIER)
2)Chungbuk National University Material Engineering(CBNU)
(*seojun@kier.re.kr)

현재 국내에서는 생산되는 전력의 40%이상을 석탄 화력발전을 통해 생산하고 있으며 이러한 석탄을 인도네시아, 중국, 러시아, 호주 등 다양한 국가에서 수입하고 있다. 국내로 수입된 석탄들은 서로 다른 특성을 가지고 있으며 화력발전소, Integrated Gasification Combined Cycle(IGCC) 플랜트 등에 연료로 사용되고 있다. IGCC 플랜트에 사용되는 석탄은 미분쇄를 위해 Coal Milling & Drying(CMD)공정에서 건조, 분쇄를 거치게 되는데, 이때 공급/발생되는 열로 인해 자연발화나 탈휘발 현상이 발생된다[1]. 이를 예방하기 위하여 현재 발전소에서는 과량의 질소를 투입하고 조업 온도조건을 낮추어 탈휘발이나 자연발화 현상을 방지하고 있지만 이는 비용과 효율적인 측면에서 문제가 되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 석탄의 탈휘발 개시온도를 예측하기 위하여 Wire Mesh Reactor(WMR), Thermo Gravimetric Analysis(TGA), 자연발화 측정 장치를 구성하여 조건별 실험을 진행하고 결과를 비교하였다. 실험에 사용한 석탄은 IGCC플랜트 이용 석탄 중 호주 탄, 인도네시아 탄을 사용하였고 실험 조건으로 N₂ 분위기인 WMR에서 공급 전압의 변화에 따라 변화되는 온도 조건별 Char, Tar, Gas의 변화량을 분석하여 탈휘발 개시온도를 측정하였다 [2]. 이러한 탈휘발 개시온도를 예측하여 CMD공정의 효율적인 운전 조건 최적화와 가동을 향상이 가능할 것으로 예상된다.



(1) 그림 1. Wire Mesh Reactor 개략도

참고문헌

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

록호퍼 시스템 대체용 고압 분체연료 주입장치 개발 (V)

정석우¹, 이지은¹, 권인구¹, 윤성필¹, 정종선²
¹고등기술연구원, ²(주)세인트텍

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

Seok Woo Chung¹, Ji Eun Lee¹, In Goo Kwon¹, Sung Pill Yoon¹, Jong Sun Jung²
¹Institute for Advanced Engineering, ²SEINTEC Co.

석탄가스화 플랜트를 포함하여 대부분의 고압 공정에서는 상압 조건의 분체연료를 고압으로 운전되는 반응기에 공급하기 위하여 록호퍼(lock-hopper) 시스템을 사용하고 있다. 하지만, 이러한 록호퍼 시스템은 분체연료의 공급이 연속식이 아닌 배치식으로 이루어지며, 그 과정에서 다량의 고압가스를 소모하게 된다는 문제점을 가진다. 본 연구에서는 이러한 기존 록호퍼 시스템의 문제점을 개선하기 위하여 상압의 분체연료를 고압 반응기에 직접 연속적으로 공급할 수 있는 고압 분체연료 주입장치 개발을 진행하고 있다. 지난해까지의 연구결과를 살펴보면, 미분탄을 대상으로 운전압력 20 bar 조건에서 시작품으로 제작한 고압 분체연료 주입장치의 주입량 변화율 및 주입속도 가변 시 주입량 오차율 측정 시험을 진행하였는데, 40분 동안 실시한 주입량 변화율 시험에서는 전반부 20분 동안 33.3 kg의 미분탄이 주입되고 후반부 20분 동안은 32.4 kg의 미분탄이 주입된 것으로 측정되어 주입량 변화율은 1.64% 정도인 것으로 확인되었다. 그리고 고압 분체연료 주입장치에서의 미분탄 주입속도를 20~40 Hz로 변경시키며 20분 간격으로 3회 반복 진행한 주입량 오차율 시험에서는 평균 주입량 오차율 4.20%로 확인되어 매우 우수한 성능을 가지는 것으로 파악되었다.

따라서 본 연구에서는 이와 같이 20 bar 조건에서 미분탄을 대상으로 진행한 고압 분체연료 주입 시험을 성공적으로 완료한 후 30 bar 조건에서의 주입특성 시험을 진행하였는데, 고압 분체연료 주입장치의 핵심부품이라 할 수 있는 고압호스의 사양 미달로 인하여 고압호스 파손 현상이 발생하였다. 그리고 20 bar 조건과는 달리 30 bar의 매우 높은 고압 조건에서 운전이 진행됨에 따라 압착 핀, 롤러 핀 등의 기존 설비 부품들이 손상되는 문제점이 발생하였다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 현재 고압 분체연료 주입장치에 대한 구조해석을 진행하여 그 결과를 바탕으로 부품 개선작업을 진행하고 있다. 그리고 이와 병행하여 본 연구에서 개발한 고압 분체연료 주입장치를 미분탄을 대상으로 실제 2 톤/일급 석탄가스화 시스템에 연계하여 시험을 진행하기 위해 안정적인 운전이 가능하도록 시스템 개선을 진행하고 있다.

감사

본 연구는 2018년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No.20163010050070)

가압 순산소 연소조건에서 NO_x-SO_x 저감을 위한 FGC 시스템의 해석적 연구

이호수^{1,2}, 이용운¹, 양원^{1*}, 홍종섭²

¹한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹, ²연세대학교 기계공학부

Analytical study on the FGC system for NO_x-SO_x reduction based on the pressurized oxy-fuel combustion system

Hosoo Lee^{1,2}, Yongwoon Lee¹, Won Yang^{1*}, Jongsup Hong²

¹Korea Institute of Industrial Technology, ²Department of Mechanical Engineering, Yonsei University

순산소 연소는 CCS(Carbon capture and storage)의 방법 중 하나로 석탄연소 시 1차 산화제로 공기대신 고순도의 산소를 이용하는 기술이다. 순산소 연소의 배기가스는 대부분 CO₂와 물로 구성되어 있어 CO₂ 포집을 용이하게 할 수 있다. 순산소 연소를 가압조건으로 운전하는 기술을 가압 순산소 연소라고 하는데, 가압 순산소 연소는 배기가스의 잠열 및 현열 회수에 용이하며 시스템의 컴팩트화가 가능하다. 특히, FGC(Flue gas condenser)를 사용한다면 기존 화력발전 공정의 탈황, 탈질 장치를 대체할 수 있다는 장점이 있다. 가압을 하게 될 경우 배기가스 중의 NO가 NO₂로 전환되는데, NO₂는 NO에 비해 물에 대한 용해도가 높다. SO₂ 또한 물에 잘 흡수되기 때문에 물을 이용한다면 FGC 내에서 NO_x와 SO_x의 동시 제거가 가능하다.

본 연구에서는 가압 순산소 연소조건에서 FGC를 이용해 NO_x와 SO_x의 제거효율에 대한 공정해석을 진행하였다. FGC는 물과 배기가스가 직접 접촉하는 DCC(Direct contact column) 타입을 사용하였으며 DCC는 화학반응 면적을 증가시키기 위해 충전층 컬럼(Packed bed column)으로 구성하였다. 해석은 상용 해석 프로그램인 Aspen plus를 이용하여 진행되었으며 작동 압력과 L/G ratio(Liquid to gas mass flow ratio)를 변화시키며 진행되었다. 그 결과 10bar, L/G ratio 1.7에서 70% 이상의 NO_x 제거효율과 99% 이상의 SO_x 제거효율을 확인하였으며 압력과 L/G ratio를 증가시킬수록 제거효율이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 결론적으로 FGC의 작동압력과 L/G ratio가 증가할수록 NO_x와 SO_x의 제거효율은 증가할 것으로 판단되며 이를 기반으로 FGC의 최적의 운전 조건을 도출하였다.

CPFD를 이용한 pneumatic conveying system 최적 운전조건 연구

성우창¹, 정석우², 정종선³, 이동현^{1*}

¹성균관대학교 화학공학부, ²고등기술원, ³Seintec Corporation

Optimal operating conditions of pneumatic conveying system using CPFD

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

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

Pneumatic conveying은 다양한 분야에서 사용되어져 왔으며, 입자를 이송하는데 널리 쓰이고 있는 방법 중 하나이다. 이런 이유로 pneumatic conveying system에 대한 연구는 실험적으로나, CFD, DEM 등 여러 가지 model로도 연구가 진행되었다. 한편 상업반응기에 널리 사용되고 있는 CPFD(Computational particle fluid dynamics)를 이용한 pneumatic conveying 연구는 거의 진행되지 않았다. 본 연구에서는 CPFD method로 pneumatic conveying 연구를 미분탄($d_p = 10.8 \mu\text{m}$, $\rho_p = 1250 \text{ kg/m}^3$)을 모사하여 진행하였다. I.D= 7.8 mm, Length= 1m 인 원통형 모형에서 vertical, horizontal pneumatic conveying을 superficial gas velocity (2- 23 m/s) 를 변경해가며 확인하였다. 연구결과, 각 조건에 따라 단위길이당 차압 및 운송되는 입자의 양을 확인하였으며, 이를 바탕으로 최적의 공정조건을 찾아낼 수 있었다.

참고문헌

1. Dhodapkar, S. V., Klinzing, G. E., "Pressure fluctuations in pneumatic conveying systems," *Powder Technology*, 74(2), 179-195 (1993).
2. Ariyaratne, W. H., Ratnayake, C., Melaaen, M. C., "Application of the MP-PIC method for predicting pneumatic conveying characteristics of dilute phase flows," *Powder technology*, 310, 318-328 (2017).

배가스 내 NO_x, SO_x 동시저감을 위한 직접 접촉식 응축기 연구

최솔비¹, 목진성¹, 양원¹, 류창국², 최석천^{1*}
¹한국생산기술연구원, ²성균관대학교

Simultaneous removal of NO_x and SO_x in a direct contact condenser

Solbi Choi¹, and Chinsung Mock¹, Won Yang¹, Changkook Ryu², Seukcheon Choi^{1*}
¹Korea Institute of Industrial Technology, ²Sungkyunkwan University

가압 순산소연소 시스템은 석탄화력 발전소의 보일러 및 배기가스 처리 공정 전체를 가압 설계한 시스템이다. 순산소 연소와 달리 가압을 유자 운전하여 시설 및 설비를 축소할 수 있다는 장점을 가진다. 또한, 배가스의 증발 잠열을 회수하여 에너지 효율을 높일 수 있고 이산화탄소 압축을 위한 에너지 소모를 줄일 수 있다. 따라서 CCS(Carbon Capture and Storage)기술을 적용이 용이하여 온실가스인 CO₂ 포집이 가능하다[1,2,3].

가압 순산소연소 중 고농도의 NO_x, SO_x를 포함한 배가스가 발생하고 두 물질은 미세먼지의 전구물질로 스택으로 배출 전 제거되어야 한다. 기존의 저감 방법은 low NO_x 버너사용 및 SCR(Selective Catalytic Reduction)을 적용한 NO_x 저감과 FGD(Flue Gas Desulfurizer)를 이용한 SO_x 저감이 일반적이다[3]. 이와 같은 연구는 단일 가스 저감은 효과적이지만 동시 저감이 제한적이다. 따라서 가압의 배가스 응축기(FGC)를 이용하여 고농도의 NO_x, SO_x를 동시에 저감하고자 한다. FGC(Flue Gas Condenser)는 배가스의 열교환을 통한 응축으로 배가스를 저감하는 간접 접촉식 응축기(ICC)와 물을 직접 통과하여 배가스를 물에 용해시켜 저감하는 직접 접촉식 응축기(DCC)로 나누어진다. DCC(Direct Contact Column)는 물에 용해되지 않는 NO를 가압을 통해 비교적 용해가 높은 NO₂로 전환하여 SO₂와 함께 저감한다. DCC의 NO_x, SO_x 저감효과를 입증하기 위해 lab-scale의 DCC에서 운전조건을 최적화하였다. 이를 통해 pilot-scale(10 kW)를 구축하여 저감율 및 발전소 규모의 장치에서도 적용 여부를 입증하고자 한다.

참고문헌

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

1. V. White, L. T. Murciano, D. Sturgeon, D. Chadwick, Purification of Oxyfuel-Derived CO₂ Energy Procedia 1 (2009), 399 - 406
2. L. T. Murciano, V. White, F. Petrocelli D. Chadwick, Sour compression process for the removal of SO_x and NO_x from oxyfuel derived CO₂ Energy Procedia 4 (2011), 908 - 916
3. T.Z Tumsa, S.H Lee, F Normann, K Andersson, S Ajdari, W Yang, Concomitant removal of NO_x and SO_x from a pressurized oxy-fuel combustion process using a direct contact column, Chemical Engineering Research and Design Volume 131 (2018), 626-634

후기

본 논문은 국가과학기술연구회 융합연구사업(CAP-16-08-KITECH)의 지원으로 연구되었습니다. 이에 관계자 여러분의 지원에 감사드립니다.

CO₂ 고온 공전해 방법을 이용한 합성가스 생산 시스템 설계

정우현*, 이지은, 정기진, 이동현, 김영배, 이진욱
고등기술연구원

Design of Syngas Production System Using High Temperature CO₂/Steam Co-electrolysis Method

Woohyun Jung*, Jieun Lee, Kijin Jeong, Donghun Lee, Young Bae Kim, Jinwook Lee
Institute for Advanced Engineering

초록

CO₂ 공전해 기술은 산업 현장에서 다양한 포집 기술을 적용하여 포집된 CO₂를 직접 이용하는 기술로서, 발전소, 제철(철강)소 및 시멘트사 등의 폐열, 신재생에너지 발전 전력이나 발전소 주파수 조정 등에서 생산되는 잉여 전력 등을 활용하여, H₂O와 함께 공전해(Coelectrolysis)시켜 CO, H₂ 기반의 합성가스를 생산하는 기술이다. 따라서 기존 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cells, SOFCs)나 고체산화물 수전해(Solid Oxide Electrolysis Cells, SOECs) 기술과 유사한 특성을 가지고 있으나, 기존에 대표적으로 사용되고 있는 Ni-YSZ 환원극 촉매는 카본 침착이나 전극 촉매 열화로 인한 내구성 문제가 대두되고 있으며 이에 따라 장시간 운전을 위해서는 고 안정성 전극 소재기술 및 모듈화 기술 확보가 필요한 실정이다. 고등기술연구원에서는 CO₂ 고온 공전해 시스템의 안정적인 운전을 위한 새로운 세라믹 전극소재, 스택(Stack) 제조 기술과 주변 연계 장치에 대한 BoP(Balance of Plant) 설계 기술을 공동 연구기관과 함께 개발하고 있으며, 이를 적용한 공전해 시스템을 실제 제작 및 구축하여 CO₂ 배출사업장과 연계한 실증운전을 계획하고 있다. 이를 위하여 프로토타입 공전해 CO₂ 시스템의 기본 설계를 진행하였으며, 운전조건 탐색을 통한 최적화 작업을 진행하고 있다.

Keyword

CCUS, CO₂, H₂O, Coelectrolysis, SOEC(Solid Oxide Electrolysis Cell), SOFC, Syngas

사사

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

가압 순산소연소 기반의 발전공정 최적화를 위한 해석적 연구

박근영^{1,2}, 이용운¹, 양 원^{1*}, 배운상²
¹한국생산기술연구원, ²연세대학교

Analytical study for optimization of thermal power plant based on the pressurized oxy-combustion technology

Geunyeong Park^{1,2}, Yongwoon Lee¹, Won Yang^{1*}, Younsang Bae²
¹Korea institute of industrial technology, ²Yonsei university

가압 순산소연소 시스템은 산화제를 공기 대신 산소로 사용하여 화력발전소에 적용한 기술이다. 95% 이상의 산소로 가압을 시켜 운전하기 때문에 비수용성 물질 NO가 수용성 물질인 NO₂로 전환이 가능하다. 이 기술은 또한 연소실 사이즈를 컴팩트화할 수 있고 NO_x/SO_x 동시 제거 장치, zero CO₂ emission 시스템을 구성할 수 있다. 본 연구는 공정해석 프로그램을 사용해 1 GWe 규모의 가압 순산소연소 시스템을 구성하여 성능평가를 진행하였다. 해석을 위해 연소실 구간인 gas side, 전력 생산을 위한 water/steam side로 구성하였다. Gas side는 ASU (Air separator unit), furnace, H/E (Heat exchanger), FGC (Flue gas condenser)와 CPU (CO₂-Compression purification unit)로 구성되어있다. ASU는 95%의 산소를 생산하며 furnace로부터 연료를 연소시켜 생성된 연소가스는 FGC에서 NO_x/SO_x등의 산성물질이 제거된다. CPU에서는 나머지 불순물들을 제거하고 95% 이상의 CO₂를 분리한다.. Water/steam side는 turbine, condenser, FWH (Feed water heater)와 deaerator가 포함되어있다. 연소실 체적은 열전달 상관관계식을 이용하여 계산한 값을 공정해석 프로그램에 적용하였다. 가압을 하면 이슬점이 높아지기 때문에 flue gas의 응축열을 FWH를 대신하여 사용하였으며 본 연구에서 구성한 사이클의 효율이 약 2% 상승하였다.

신재생에너지 이용 그린메탄 생산을 위한 핵심 융합기술 개발 현황

서명원^{1*}(mwseo82@kier.re.kr), 고강석¹, 이도연¹, 윤성민¹, 김재호¹, 김용구¹, 박성진¹, 손성혜¹, 류호정¹
¹한국에너지기술연구원

Development of core convergence technology for green methane using renewable energy

Myung Won Seo¹(mwseo82@kier.re.kr), Kang Seok Go¹, Do Yeon Lee¹, Sung Min Yoon¹, Jae Ho Kim¹, Yong Ku Kim¹, Sung Jin Park¹, Seong Hye Son¹, Ho Jung Ryu¹
¹Korea Institute of Energy Research

최근, 2030년까지 신재생에너지 발전 비중을 20%로 높이는 이른바 '신재생 에너지 3020' 정책이 발표되면서 이에 대한 관심이 그 어느 때보다 높은 실정이다. 하지만 풍력, 태양광과 같은 재생에너지는 다른 에너지원과 비교하여 출력변동성이 크고 장시간 저장이 어려운 단점 등이 있어 이러한 재생 에너지의 잉여 전력을 이용한 Power-to-Gas (PTG, 전기에너지를 수소 혹은 메탄과 같은 가스형태로 전환하는 기술)에 대한 수요 또한 높아질 예정이다. 그중 그린메탄 생산기술은 수소를 생산하는 수전해 기술과 수소와 이산화탄소의 반응을 통하여 메탄을 생산하는 CO₂ 메탄화 기술로 나눌 수 있으며 기술적 성숙도가 높고 대용량 운전이 가능한 열화학적 메탄화 기술에 대한 관심이 점차 늘어나고 있으며, 본 연구에서는 열화학적 메탄화 기술에 초점이 맞춰져 있다.

한국에너지기술연구원에서 2018년부터 개발 중인 전력부하 변동 대응을 위한 CO₂ 메탄화 반응 시스템 개발 현황에 대해 소개하고자 한다. 기존의 고정층 형태의 CO₂ 메탄화 반응기의 문제점 (촉매 열화, 코크 침적, 스케일업 어려움)등을 극복하기 위해 열회수가 용이하고 고체혼합이 균일한 유동층 반응기를 이용하며, CO₂ 메탄화 촉매 성능 테스트 결과 및 향후 연구 진행 방향 등이 논의될 예정이다.

가시화를 통한 물의 정전분무에 관한 실험적 연구

김진한¹, 박준수¹, 이계중¹, 김정근¹, 최종원^{1*}
¹한국에너지기술연구원

Experimental study on the water electro-spray by means of visualization

Jin Han KIM¹, Jun Su PARK¹, Kye Jung LEE¹, Jeong Guen KIM¹ and Jong Won CHOI^{1*}
¹Korea Institute of Energy Research

Water spray technology has been widely used for production, semi-conductor, drug and environmental industries. Recently, the water electro-spray in Korea has drawn many attentions to the researchers in order to apply for the ultrafine particles removal due to its inherent natures such as high charge, small droplet size generation in small pressure, simple system, and easy droplet control regardless of liquid type¹⁻². However, there have rarely studied on the droplet size prediction, and thus one may be suffering from lack of data for a design of precipitator. Herein, we investigated the water droplet variation for different operating conditions such as electrode distance, nozzle diameter, water flowrate, water speed and applied voltage to explore the fundamental of water electro-spray and provide a experimental database. According to the preliminary study, the water droplet size increases as the flowrate, speed, nozzle diameter increase and as the applied voltage decreases.

참고문헌

1. Borra, J., Ehouam, P. and Boulaud, D., "Electrohydrodynamic Atomization of Water Stabilised by Glow Discharge-operating Range and Droplet Properties," *J. Aerosol Sci.*, **35**(11), 1313-1332 (2004)
2. Choi, J. W., Kim J. G., and Choi Y. C., "Studies on Ultrafine Particle-Removal Inside a Wet Cyclone" *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B*, **42**(5), 349-355 (2018)

가압 bubble column에서 압력증가에 따른 heat transfer coefficient 변화

배 건¹, 고강석², 노남선², 임영일³, 이동현¹

¹성균관대학교 화학공학부, ²한국에너지기술연구원 CCP융합연구단, ³국립한경대학교 화학공학과

Change of heat transfer coefficient with increasing pressure 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 특성 및 heat transfer coefficient을 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 water 및 kerosene을 사용하였으며 기체는 air를 사용하였다. 상압 하에 최대 98mm/s, 3.5 MPa에서 최대 31mm/s 까지 유속을 변화시켜 기포의 특성 및 heat transfer coefficient의 변화를 관찰하였다. 기포 size 및 bubble rising velocity는 distributor 상단 0.5m에 설치된 optical probe를 이용하여 측정하였다. 또한 column의 상, 하단부의 차압을 측정하여 regime transition을 확인하였다. 동일 기체 유속에서 system pressure가 증가할수록 기포의 size가 작게 형성되며 이에 따라 기포의 상승속도가 감소하여 gas holdup이 증가함을 확인하였다. 압력을 0.1 MPa에서 3.5 MPa 까지 변화시키며 기체유속 증가에 따른 열 전달계수를 측정한 결과 system pressure가 증가할수록 발생하는 기포의 size가 작아져 mixing effect가 감소하고 이에 따라 heat transfer coefficient가 감소하였다.

참고문헌

1. Kato, Y., Uchida, K., Kago, T., and Morooka, S., "Liquid holdup and heat transfer coefficient between bed and wall in liquid solid and gas-liquid-solid fluidized beds," *Powder Technology*, **28**(2), 173-179 (1981).
2. Kumar, S., and Fan, L. S., "Heat-transfer characteristics in viscous gas-liquid and gas-liquid-solid systems," *AIChE journal*, **40**(5), 745-755 (1994).

온실가스 및 미세먼지 저감

3월 28일(목) 15:00 ~ 16:40

경주 The-K 호텔, 가야금D

광산란식 실시간 미세먼지 측정기기 개발 및 정확도 향상 연구

강두수¹⁾, 이상열¹⁾, 신희준¹⁾, 봉하경¹⁾, 최주현¹⁾
¹⁾센트리 부설연구소

Development of Real-time Optical Particle Measuring Instrument and study of Accurate Measurement

Doo Soo Kang¹⁾, Sang Yul Lee¹⁾, Hee Joon Shin¹⁾, Ha Kyung Bong¹⁾, Joohyun Choi¹⁾
¹⁾R&D Center, Sentry Inc

광산란법은 다양한 간섭 요인으로 인하여 지역, 장소, 계절에 따라 상이한 차이를 나타낸다. 이러한 간접측정 방식은 중량 농도법에 비해 과대 측정되는 경향이 있으며, 여기에는 먼지의 밀도와 습도 조건이 크게 작용한다. 수분은 에어로졸 광학특성 및 물리특성을 측정하는 다양한 장비의 장애 원인이 되어 측정 값에 영향을 주기 때문에 측정 전 적절한 전처리 기술이 필요하다. 특히 대기 중 상대 습도가 높을 경우 광산란방식은 다른 표준 측정법에 비해 비교적 과대 측정되는 것으로 알려져 있다. 광산란 측정기에서 먼지농도가 과대 측정되는 이유는 측정되는 에어로졸의 밀도, 굴절률, 형태, 크기 및 크기분포에 대한 미 산란 특성에 기인한다(Kim et al., 2014). 이는 입자가 수분을 흡수하여 입자의 흡습 성장(Hygroscopic growth)을 초래하여 입자 크기의 증가로 더 많은 빛을 산란시키기 때문에 실제보다 높은 중량농도로 측정되기 때문이다.(Branis, 2006; Day et al. 2011). Kim et al.(2015)에 따르면 상대습도 75% 이상의 조건에서는 광산란계수가 크게 증가하는 것으로 나타났다. 문헌조사 결과 온도 40°C 이하, 상대습도 75% 이하에서 광산란방식 미세먼지 측정값이 안정적인 것으로 확인되었으므로 본 연구에서는 광산란방식 미세먼지 측정기의 측정오차를 최소화하기 위해 해당 구간의 온도 및 상대습도를 유지할 수 있도록 전처리장치를 연구 하였다. 본 연구에서는 대기오염공정시험 기준인 중량농도법 및 베타산 측정법의 대체 기술로 광산란법을 이용하여, 실시간 연속 모니터링이 가능한 고정밀 미세먼지 측정기기를 연구 하였다. 실시간 미세먼지 측정 시, 환경변화로 발생하는 측정값의 오차 발생을 최소화할 수 있도록 미세먼지 측정기기의 안정성을 확보하고, 입경분리 채널수를 증가시켜 측정 해상도를 높임으로써 계측기의 정확도를 향상시켰다. 또한, 서울시에 위치한 대기측정소에 설치하여 대기오염공정시험 기준인 베타산측정법과 비교 분석함으로써 측정기기의 신뢰성을 확보 하였다.

참고문헌

1. Kim, D. S., Cho, Y. K., and Yoon, Y. H. (2014). Development of a Real-time Monitoring Device for Measuring Particulate Matter, Particle and Aerosol Research, 10, 1-8. (2001).
2. Kang, D. S., Oh, J. E., Lee, S. Y., Shin, H. J., Bong, H. K., and Kim, D. S. (2018). Development and Performance Evaluation of a Real-time PM Monitor based on Optical Scattering Method, Particle and Aerosol Research, 14, 107-119.
3. Kim, J. H., Oh, J., Choi, J. S., Ahn, J. Y., Yoon, G. H., and Park, J. S. (2014). A Study on the Correction Factor of Optic Scattering PM2.5 by Gravimetric Method, Journal of the Korean Society of Urban Environment, 14, 41-47.
4. Branis, M. (2006). The concentration of ambient sources to particulate pollution in spaces and trains of the Prague underground transport system, Atmospheric Environment, 40, 348-356.
5. Day, D. E., Malm, W. C., and Kreidenweis, S. M. (2011). Aerosol Light Scattering Measurements as a Function of Relative Humidity, Journal of the Air & Waste Managements Association, 50, 710-716.
6. Kim, J. H., Kim, S. W., Heo, J., Nam, J., Kim, M. H., Yu, Y. S., Lim, H. C., Lee, C., Heo, B. H., and Yoon, S. C. (2015). Aerosol Light Absorption and Scattering Coefficient Measurements with a Photoacoustic and Nephelometric Spectrometer, Atmosphere, Korean Meteorological Society, 25, 185-191.

숯가마 배출가스에서 발생하는 대기오염물질 및 온실가스의 배출 특성

박성규, 박종우, 홍영실, 황의현¹, 권용수¹
(주)케이에프, ¹경북도립대학교

Characteristics of Air Pollutants and Green House Gases Emission from Commercial Charcoal Burner

Seong-Kyu Park, Jong-Woo Park, Young-Shil Hong, Ui-Hyun Hwang¹, Yongsoo Kwon¹
KF Co., Ltd, ¹Gyeongbuk Provincial College

일반적으로 대기오염물질의 발생은 가연성 물질의 연소과정에서 생성되는 부산물(by-product)이라고 할 수 있다. 석탄, 석유, 천연가스 등의 화석연료를 연소시켜 난방을 하기도 하고, 자동차를 주행시키기도 한다. 또한, 식물성 바이오매스를 연소시켜 난방을 하고, 동물성 바이오매스를 구워서 사람들의 식욕을 채우기도 한다. 이러한 화석연료나 바이오매스가 완전연소 되면, 발생하는 부산물은 이산화탄소와 수증기가 된다. 이중 이산화탄소는 지구온난화에 영향을 주게 된다. 하지만, 실제 가연성 물질의 연소는 불완전연소를 동반하여 대기오염물질(미세먼지, SO_x, NO_x, CO 등)과 다양한 유해물질(VOCs, PAHs, blackcarbon, 악취물질, 알데히드류 등)이 발생하여 배출 된다.

생물성연소 중 배출원으로 지정되어 있는 숯제조 공정에서 배출되는 가스에는 먼지가 다량으로 함유된 고점도 목타르가 포함되어 발생하게 된다. 이 목타르는 배출가스를 처리하기 위한 배기 덕트에 침착되거나 송풍기 및 기타 장치에 침착되어 각종 설비의 손상과 고장의 원인이 되고 있다. 특히, 숯가마에서 배출되는 가스에는 고점도의 목타르뿐만 아니라 수분이 다량으로 함유되어 있어 동절기 백연 현상이 심하고, 이에 따른 민원이 발생하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 숯제조 공정에서 배출되는 대기오염물질 및 온실가스의 배출 특성을 파악하고, 이에 따른 관리방안을 도출하고자 하였다. 특히, 숯가마에서 배출되는 배가스에는 고점도의 목타르와 유적 및 수분을 함유한 배출가스의 효율적인 처리를 위한 관성열교환집진장치(ParticleDown)의 적용을 통하여 백연 및 대기오염물질의 저감을 파악하고, 이를 통한 효율적인 관리 방안을 파악하고자 하였다.

이중 합금 Pd-Cu/ZnO 촉매 상에서의 이산화탄소의 수소화에 의한 메탄올 합성반응

송경호^{1,2}, 정순관¹, 박기태¹, 김학주^{1*}
¹한국에너지기술연구원, ²고려대학교

Dual alloy phase bimetallic Pd-Cu/ZnO catalysts for CO₂ hydrogenation to methanol

KyoungHo Song^{1,2}, SoonKwan Jeong¹, KiTae Park¹, HakJoo Kim^{1*}
¹Korea Institute of Energy Research, ²Korea University

The bimetallic Pd-Cu/ZnO catalyst was prepared by chemical vapor impregnation method and its catalytic activity difference between those of monometallic Pd/ZnO, Cu/ZnO catalysts was compared for the production of methanol from CO₂ hydrogenation at 250°C and 5Mpa. The emergence of PdZn and CuZn alloy phases after the reduction of the Pd-Cu/ZnO catalyst was believed to be the active sites for the methanol synthesis. The revelation of the reaction mechanism on the dual alloy phase bimetallic Pd-Cu/ZnO catalyst was further discussed with respect to XRD and XPS results. According to the analysis results, dual alloy phase of PdZn and CuZn were generated in the pre-reduced bimetallic Pd-Cu/ZnO catalyst. The CuZn alloy phase was not observed in the monometallic Cu_{2.5}/ZnO catalyst, but in case of the Pd_{2.5}Cu_{2.5}/ZnO catalyst, the alloying of Cu and Zn was aided by the robust hydrogen transport ability of the Pd atoms. The catalytic activity of Pd-Cu/ZnO was enhanced by the stabilizing of the formate species formed with CO₂ adsorbed on ZnO and the lowering the barrier for converting it further to methoxy intermediate, which step was reported as the rate determining step for overall synthesis of methanol from CO₂ hydrogenation. The increase in CuZn alloy formation with Pd_{3.3}Cu_{1.7}/ZnO catalyst confirmed higher methanol formation rate. Therefore, the presence of the dual alloy phase of PdZn and CuZn alloy in the bimetallic Pd-Cu/ZnO methanol synthesis catalysts was crucial to increase the methanol production rate by the stabilization of the intermediate formate species. Metallic Pd and Cu was observed as the active sites for CO production.

천연가스 하이드레이트에서 메탄-이산화탄소 치환에 의한 온실가스 저장 및 에너지 생산

최원중¹, 이요한², 목정훈¹, 서용원¹

¹울산과학기술원, ²독일 GEOMAR Helmholtz Center for Ocean Research Kiel

Greenhouse Gas Storage and Energy Recovery through CH₄-CO₂ Replacement in Natural Gas Hydrates

Wonjung Choi¹, Yohan Lee², Junghoon Mok¹, Yongwon Seo¹

¹Ulsan National Institute of Science and Technology, ²GEOMAR Helmholtz Center for Ocean Research Kiel

Natural gas hydrates (NGHs) have recently emerged as a promising future energy source because of their abundant reserves [1]. To eliminate these potential geo-hazards during NGH production, recent studies have proposed a non-destructive method of CH₄ recovery using CO₂ or flue gas injection in to the NGH reservoirs because the replacement method can circumvent potential geo-hazards by exchanging hydrocarbons with external CO₂ without hydrate dissociation [2, 3]. Moreover, given that energy security and global warming have been important issues, the replacement of CH₄ with CO₂ in the natural gas hydrate reservoirs would function as both effective CH₄ recovery for securing future clean energy and innovative CO₂ storage for mitigating global warming. This study investigates the influence of CO₂ injection into various hydrate reservoirs on thermodynamic stability, physicochemical properties, and thermal behavior, to explore a possible structural transition and reveal the replacement mechanism that occurs in various hydrate structures. The overall experimental results provide further insights into the cage-specific occupation of external gas molecules and thermodynamic stability for the real replacement occurring in natural gas hydrate reservoirs for CH₄ recovery and CO₂ sequestration.

참고문헌

1. Sloan, E. D, and Koh, C. A., Clathrate Hydrates of Natural Gases. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis, 2008.
2. Koh D-Y et al., "Energy-efficient natural gas hydrate production using gas exchange", *Appl Energy*, **162**, 114-130 (2016).
3. Lee Y et al., "CH₄-flue gas replacement occurring in sH hydrates and its significance for CH₄ recovery and CO₂ sequestration", *Chem. Eng. J.*, **308**, 50-58 (2017).

액체연료의 직접 합성을 위한 피셔-트로프쉬 반응에서 메조기공 구조를 가지는 Co/ZSM-5 촉매의 역할

김성탁¹, 김석기^{2*}

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

¹고등기술연구원, ²한국화학연구원

Determining bifunctionality of mesoporous Co/Zeolite catalyst for direct synthesis of liquid fuel by Fischer-Tropsch reaction

Sungtak Kim¹, Seok Ki Kim^{2*}

¹Institute for Advanced Engineering, ²Korea Research Institute of Chemical Technology

Fischer-Tropsch (FT) synthesis from natural gas is one of the most promising technology for the production of clean fuel that is served as an alternative of traditional petroleum oil. In general, additional upgrading process such as mild hydrocracking or isomerization is accompanied for the production of liquid fuel from solid wax. To simplify the processes, dual-function catalysts that exhibited activities for both chain growth and isomerization reaction have been suggested for the single FT process. For this purpose, a ZSM-5 zeolite was proposed as a support material due to its wide presence of acid site that is capable of cracking and isomerization of long-chain hydrocarbons. Utilization of mesoporous ZSM-5 is one of the most potential solution for the above issue.¹ However, microscopic role of mesoporosity on the activity and selectivity of the Co/ZSM-5 catalyst for the FT reaction are still elusive. Therefore, in this work, the effects of mesoporosity and acidity of Co/zeolite catalysts on the activity and selectivity for the FT synthesis were systemically studied. Mesoporous Co/HZSM-5 exhibited higher activity than conventional-structure Co/HZSM-5 and produced liquid form hydrocarbons. The mesoporous ZSM-5 zeolite was accompanied with large external surface area, which led to an effective Co dispersion. Since the FT synthesis conducted in the present study was not a case of diffusion-limited reaction, the mass-transfer enhancement induced by the mesoporosity was not responsible for its high activity. Cracking and isomerization abilities were linearly correlated to the number of acid site present on the zeolite support but independent to its mesoporosity.

참고문헌

1. Sartipi, S., Parashar, K., V-Romero, M., Santos, V., van der Linden, B., Makkee, M., Kapteijn, F., Gascon, J., "Hierarchical H-ZSM-5-supported cobalt for the direct synthesis of gasoline-range hydrocarbons from syngas: Advantages, limitations, and mechanistic insight," *Journal of Catalysis*, 305, 179-190 (2013).

오염 저감

3월 28일(목) 15:00 ~ 17:00
경주 The-K 호텔, 향비파B

복합악취 제어를 위한 무기물 기반 다중필터 개발

김대근*, 노규영
서울과학기술대학교

Development of inorganic-based multi-filter for complex odor removal

Daekeun Kim*, Gyu Yeong Noh
Seoul National University of Science and Technology

악취원인물질을 제거하는 방법 중 흡착공정은 처리대상물질에 적합한 흡착제를 선택하여 제거 효율을 높일 수 있는 방법이며, 공정에 사용되는 흡착제는 펠렛 또는 분말, 허니콤, 필터 형태로 사용되고 있다. 본 연구자는 복합악취를 처리하기 위하여 악취원인물질의 선택적 흡착이 가능한 흡착제를 적용한 다중필터를 제안하였다. 다중필터에 사용된 흡착 소재는 전이금속 기반의 이중층상 수산화물(Layered double hydroxide, LDH)를 지지체에 부착한 필터형 흡착제와 실리카겔(Silica gel)로 구성된 흡착제이다. 선형연구에서 LDH는 악취물질 중 황화수소에 선택적 흡착능이 있는 것으로, 실리카겔은 표면 Si-OH기에 의한 아세트알데하이드와 암모니아의 선택적 흡착능이 확인되었다. 본 연구에서는 다중필터의 복합악취 제어 가능성을 확인하고자, 총 3종의 악취원인물질로 구성된 복합악취를 대상으로 다중필터의 흡착 특성을 파악하고자 하였다.

흡착필터는 15×15×30 mm 크기의 개별 반응기가 직렬 연결이 가능하도록 설계하였으며, 사용 목적에 따라 복수 이상으로 연결이 가능하도록 장치하였다. 1단 반응기에는 LDH를 폴리우레탄 지지체에 표면 처리한 필터로 구성하였고, 2단 반응기에는 분말형의 실리카겔로 구성하였다. 악취물질은 무기물질(황화수소, 암모니아)과 유기물질(아세트알데하이드)이 선정되었으며, 각각 50 ppm의 농도로 혼합하여 0.3 L/min 유량으로 생성하였다.

1단 LDH필터와 2단 실리카겔 필터가 복합으로 구성된 다중필터는 3종의 악취원인물질로 구성된 복합악취를 효과적으로 제어할 수 있음을 실험적으로 보여주었다. 주어진 실험조건에서 다중필터의 흡착능은 13 mg/g(황화수소), 8 mg/g(암모니아), 16 mg/g(아세트알데하이드)였다. 또한 다중필터의 필터배열을 달리 하였을 경우에는 상이한 결과가 확인되었는데, 이는 악취성분의 경쟁 흡착에서 기인된 것으로 보였다. 이러한 결과는 복합악취의 구성에 적합한 필터 구성을 통하여 효과적인 악취제어가 가능함을 보여준다.

감사의 글

본 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 환경정책기반공공기술개발사업(2017000700002)의 지원을 받아 연구되었습니다.

센서를 활용한 생산 공정별 악취배출 특성 분석

정의석¹, 임문혁¹, 김진완¹, 신철호², 황열순³

¹(주)엔버스 부설기술연구소, ²(재)서해환경과학연구소, ³(주)한독이엔지

Analysis of Odor Emission Characteristics by Production Process using Sensor

Eui Suk Jung¹, Moon Hyuck Im¹, Jin Wan Kim¹, Chul Ho Shin², Yeal Soon Hwang³

¹R&D Center, Envors Co., Ltd, ²Seohae Environmental Science Institute Foundation

³Handok Eng Co., Ltd

전국에 다양하게 산재되어 있는 악취배출 사업장의 경우 주변지역에 미치는 악취 영향과 이에 따른 민원과 관련하여 다양한 특성을 가지고 있다. 예를 들어 대규모 산업단지에 위치하고 있는 사업장의 경우에는 악취배출량과 냄새 특성 및 인접 거리에 따라서 우선순위와 관련하여 주변지역에 미치는 영향이 상이하다. 또한, 각 공정별 배출원의 악취강도는 낮으나 다수의 배출원으로 인하여 총 악취배출량이 큰 대규모 사업장의 경우, 각 공정의 배출원 악취강도가 높아 총 악취배출량이 큰 소규모 사업장의 경우, 각 공정별 배출원 악취강도도 낮고 총 악취배출량 또한 높지 않으나 주거지역과 매우 인접하고 있는 경우 등에 따라서 악취 민원 특성에 영향을 미치고 있는 것이 사실이다. 특히, 각 사업장에서는 자체적으로 악취배출 원인을 명확히 파악하는데 한계가 있는 것이 사실이며, 이에 따라 사업장 악취를 저감하기 위한 방안을 수립하는데 어려움을 겪고 있다.

이에 본 연구에서는 사업장의 공정별 악취배출원의 악취강도와 악취배출량은 높지 않으나 주변 주거 생활지역과 매우 인접하고 있는 사업장을 대상으로 악취센서를 활용하여 각 생산 공정별 악취배출 특성을 분석하였으며, 주변지역에 미치는 악취영향을 최소화하기 위한 방안을 수립하고자 하였다.

본 연구 대상 사업장에서 주변지역에 영향을 미치는 주요 악취배출원은 OHS 저감시설 배출구, Dust collector, 공조시설로 구분할 수 있었으며, 각 배출원에서 배출되는 악취 정도가 주요 제품생산 브랜드 공정 특성에 따라서 악취영향에 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

특히, 악취센서를 활용하여 브랜드 생산공정에 따른 영향을 실시간 모니터링 결과와 연계하여 분석한 결과 최소, 최대 약 3.6배 차이로 브랜드 생산공정에 따라 큰 차이가 있음을 확인할 수 있었으며, 이러한 영향을 반영하여 주변지역에 미치는 악취영향을 최소화 하기위한 방안을 수립하였다.

이러한 결과는 사업장 공정별 악취영향을 파악하여 주변지역에 미치는 악취영향을 최소화하기 위한 저감대책을 수립하는데 센서의 활용성을 확인한 결과라 할 수 있으며, 방안 수립에 따른 대책 실행을 통하여 주변지역에 미치는 악취영향을 상당부분 저감하는데 기여할 수 있었다.

참고문헌

1. 정의석 외 4인, “센서를 활용한 악취배출구 실시간 모니터링”, 2015 한국정정기술학회 추계 학술발표회 초록집, 부산 벅스코, 112 (2015).
2. 정의석 외 4인, “악취 저감시설 유지관리를 위한 악취센서의 활용”, 2016년 한국정정기술학회 춘계 학술대회 초록집, 그라벨호텔제주, 139, (2016)

환상형 활성탄 카트리지를 활용한 톨루엔의 흡탈착 특성

홍성오^{1*}, 이태호², 한문조¹, 이성우¹, 박준용¹(woojin948@hanmail.com)

¹(주)우진이엔지, ²숭실대학교 융합연구원

Adsorption/desorption characteristics of toluene by circular cartridge packed with granular activated carbon

Sung Oh Hong¹, Tae Ho Lee², Moon Jo Han¹, Seong woo Lee,

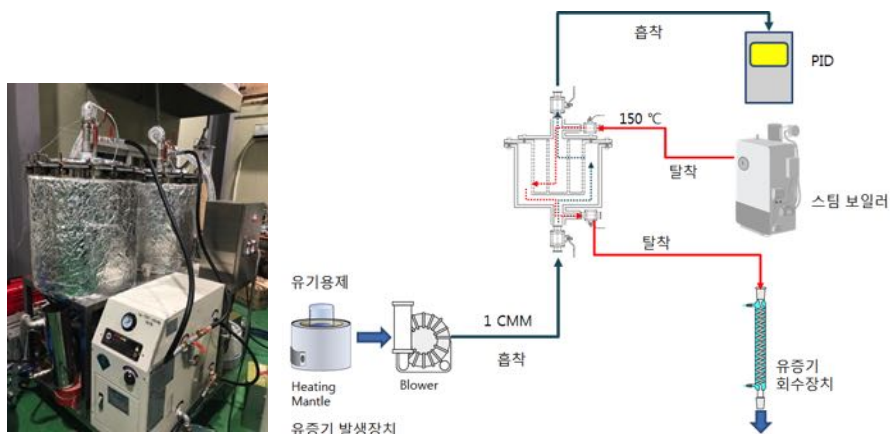
Jun Yong Park^{1*}(woojin948@hanmail.com)

¹Woo Jin Co.,Ltd, ²Soongsil Convergence Research Institute

VOCs 는 사람의 호흡기 자극, 신경계 장애, 발암성 등 인체 유해성 물질로 대기 중의 VOCs는 광화학적 산화물질인 오존, PAN(Peroxyacetyl Nitrate)등의 전구체로 작용할 뿐만 아니라, 지구 온난화에 직접 관여하는 것으로 알려져 있다. VOCs의 주요 배출원으로는 유기용제 사용처로써 주로 도로 사용 및 세탁, 인쇄시설 및 자동차 등의 도장공정 등이 있으며, 이러한 배출원 중 자동차 관련 정비업종 중 도장공정의 경우 전국에 약 35,153개 업소가 있는 것으로 확인되었다.

본 연구는 이러한 자동차 도장 공정중 중소규모 업체의 도장 부스를 대상으로 활성탄 교체가 용이하며 유지 관리가 간편한 환상형 활성탄 카트리지를 사용하여 도심에 산재된 중소규모의 자동차 도장공정에서 발생하는 VOCs를 저감하는 공정을 개발하는 과정의 일환으로 국내 3개사의 활성탄에 대한 흡착실험을 실시하고 활성탄에 대한 흡착능 비교를 통해 흡착능이 높은 활성탄을 선정하였으며 선정된 활성탄을 대상으로 흡탈착 반복실험을 통해 활성탄 재생율을 확인하고 선정된 활성탄을 대상으로 실제장치를 모사한 활성탄 카트리지를 통해 카트리지 형태에 따른 흡탈착 특성을 확인하였다.

본 연구는 19년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 기후변화대응기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.(E318-00012-0701-1)



<활성탄 카트리지 실험장치>

Non-thermal plasma assisted NO_x and Soot simultaneous removal over wide temperature range

Van Toan Nguyen, Duc Ba Nguyen, Md.Mokter Hosian, S. G. Kim, Young Sun Mok*

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

ABSTRACT

Since the exhaust gases in the diesel engines consist of NO_x and soot (unburned hydrocarbons), there is an interest in the NO_x and soot simultaneous removal. However, the conversion of the hydrocarbons in the conventional catalyst is low at low-operation temperature (≤ 350 °C). Our aim was to improve the conversion efficiency of catalytic nitrogen oxides (NO_x) and soot reduction process over a wide temperature range using non-thermal plasma to cope with the exhaust gas whose temperature fluctuates. In this study, removal of NO_x and soot from a diesel engine over an Ag/Al₂O₃ catalyst in a fixed-bed dielectric barrier discharge reactor was investigated. The effect of the reaction temperature and the energy density (SIE) were also examined. The result showed that combining plasma with the Ag/Al₂O₃ catalyst significantly enhanced the reduction of NO_x and soot which is achieved more than 80 % NO_x reduction and approximately 90 % hydrocarbon decomposition at low temperature with appropriate energy densities input. Furthermore, the result of experiment also shows that NO_x removal increased by approximately more than 10 % in the presence of soot compared with the case of absence of soot at the same condition. Obviously, by using the plasma combination in accordance with the temperature fluctuation of the exhaust gas, the NO_x and soot conversion efficiency can be kept high in a wide temperature range.

Keywords: atmospheric pressure plasma; Diesel engines; Soot; NO_x

*E-mail address of the corresponding author: smokie@jejunu.ac.kr (Y.S. Mok)

고기구이에서 발생하는 아세트알데히드 제거용 흡착 촉매의 성능 평가

안해영, 이윤경, 조준표, 송지현*
세종대학교 건설환경공학과

Evaluations of novel absorbent and catalyst for the removal of acetaldehyde from meat barbecuing

Hae Young Ahn, Yoon Kyoung Lee, Jun Pyo Cho, and JiHyeon Song*
Department of Civil and Environmental Engineering, Sejong University

고기구이 음식점에서는 육류를 조리하는 과정에서 각종 oil mist 및 알데히드류, VOCs 성분들이 고농도로 발생하게 되는데, 이러한 물질들은 악취 민원을 야기 시킬 뿐만 아니라 화재 발생의 원인도 된다. 본 연구에서는 고기구이에서 발생하는 대표 악취물질인 아세트알데히드를 대상으로 실험을 수행하였다. 대상물질 제거 성능 평가에는 유무기 소재를 조합한 신규 흡착제와 오존산화촉매를 적용하여 실험실 규모 실험과 현장 적용 실험을 진행하였다. 아세트알데히드를 40 ppm 수준의 농도로 유입시킨 후 신규 흡착제와 오존산화촉매를 충전한 반응기의 유입, 배출 농도를 측정하였다. 실험실 규모의 제거 성능 평가 결과, 신규 흡착제와 오존산화촉매 모두 아세트알데히드 제거율이 96% 수준으로 높았다. 실험실 규모 평가 결과를 참고하여 신규 흡착제와 오존산화촉매를 혼합 투입한 흡착 촉매탑을 준비하고 현장 적용 성능 평가를 진행하였다. 실제로 고기구이에서 배출되는 가스에 대한 성능 평가 결과, 유입부에서 복합악취가 3,000배 수준이었으나 흡착 촉매탑을 거치고 최종 배출된 가스의 복합악취는 20~31배 수준으로 낮아졌다. 이에 본 연구에서 제조한 흡착 촉매제를 적용하여 고기구이에서 발생하는 악취물질을 제거가 가능할 것으로 기대된다. 추후 실제 음식점에 적용하기 위하여 최적 설계 조건 및 운전조건을 확정하고, 소재 수명 평가와 재생 방법에 대한 실험을 추가로 진행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 환경부의 환경산업선진화기술개발사업에서 지원을 받아 수행하였습니다.

균일용액침전법을 이용한 BaMnAl₁₁O₁₉₋₆의 제조

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

Preparation of BaMnAl₁₁O₁₉₋₆ Using Homogeneous Precipitation

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

환경오염에 대한 관심은 전세계적으로 높아지고 있으며, 그에 따른 다양한 환경보전정책들이 발표/시행되고 있다. 우리나라의 경우 '24년까지 인구집중의 심화, 에너지 사용량 증가의 영향으로 오염물질 배출량은 다소 증가할 전망이다. 오염물질 배출량 증가로 인해 오염도도 악화될 것으로 예상된다. 연소촉매란 천연 가스나 탄화수소, 일산화탄소, 휘발성유기화합물 등을 화염연소보다 낮은 온도에서 안정적으로 완전 산화시키는 촉매이다. 완전연소로 CO와 같은 유해가스 배출의 원인을 근본적으로 제거 가능하며, 희박연소로 적은 유량의 가스도 안정적으로 연소처리가 가능하므로 연소소모량을 최소로 조절 사용이 가능하다. 또한 화염연소보다 낮은 온도에서 연소가 가능하여 열적 NO_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 결정성장이나 상변이를 지연시켜 고온 내열성을 향상시킬 수 있다. Ba나 Sr이 첨가된 헥사알루미늄네이트 구조는 1200°C 이상의 고온에서도 높은 내열성을 가지고 있는 것으로 보고하였다[2,3]. 또 헥사알루미늄네이트 구조에 Mn과 같은 전이금속을 치환시킴으로써 고온에서 필요한 촉매 활성을 확보하였다.

본 연구에서는 촉매 제조공법으로 고려인자가 적으며 균일한 입자를 생산할 수 있는 촉매 합성법인 균일용액침전법을 사용하였다. 비귀금속 촉매로서 Ba가 첨가된 헥사알루미늄네이트를 제조하였다. 고온 활성을 높이기 위하여 헥사알루미늄네이트 구조에 치환할 전이금속으로 Mn을 사용하였다. 각 금속염에 의해 생성된 Al(OH)₃와 Ba[Mn]CO₃가 소성시 BaMnAl₁₁O₁₉₋₆로 변화하는 전구체임을 확인하였으며, 각 전구체로 합성되는 비율을 구하여 BaMnAl₁₁O₁₉₋₆를 제조하였다. 제조한 촉매는 XRD를 이용하여 분석하였으며, 메탄 연소 실험을 하여 촉매에 대한 성능을 평가하였다.

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).

포스터세션 I

3월 27일(수) 16:00 ~ 17:00

경주 The-K 호텔, 거문고C

순산소 순환유동층 보일러의 로내 조건에 따른 N₂O 발생 특성

전민규¹, 최영곤¹, 이정규¹, 윤진한¹, 길상인^{1*}
¹한국기계연구원

Characteristics of N₂O Formation with Furnace Conditions 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 CO₂의 원천분리, 초임계 발전, NO_x 발생 저감 등 청정 화력발전 기술이다[1]. Oxy-CFBC 과정에서 연소장에서 아산화질소(N₂O)가 발생되며, 산성비나 스모그와 같은 가시적인 대기오염 문제를 일으키지 않아 N₂O가스가 미치는 심각성에 대해 잘 알려지지 않고 있다. 그러나 N₂O가스는 CO₂ 대비 지구온난화 기여하는 효과가 310배에 해당하는 온실가스인 동시에[2], NO와 O₃간 산소원자 O 치환 메커니즘으로 대기권 내 오존층 파괴에도 기여하고 있다[3]. 온실가스 N₂O에 대한 주 배출원은 석탄화력발전에서 석탄 표면 연소반응과 NO_x의 SCR환원공정에서 부산물로 발생된다고 보고된 바가 있으나[4] 그 생성 및 분해 메커니즘에 대한 명확한 분석이 이뤄지지 않고 있다.

본 발표에서는 순산소 순환유동층 연소(Oxy-CFBC) 과정에서 연소반응장 내 조건에 따른 N₂O 발생 특성에 대해 다루고자 한다. 연소반응장 온도와 NO의 환원반응을 위한 환원제 투입량을 변수로 하여 연소장 내 반응 조건을 변화시키면서 실험하였으며, 이에 따른 N₂O의 생성 거동을 확인하였다. 환원제로는 요소수와 암모니아를 투입하여 발생특성을 비교하였다. 전자의 경우 NO_x 제거효과가 확실하게 나타났으나, NO_x의 감소량 만큼 N₂O가 증가하는 경향을 보였으며, 암모니아(NH₃)를 환원제로 공급할 경우 N₂O의 증가경향이 명확하게 나타나지 않았다. 본 연구에서는 석탄연소 반응장에서 NO_x 환원 등 다양한 조건에 따라서 N₂O 발생 특성을 분석하였으며, 앞으로 연소반응장에서 후연소 방법을 통한 N₂O 분해 기술에 대한 실험적 연구를 진행하고자 한다.

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-Ramirez, 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.

Characterization of Fe species in Fe-exchanged TiO₂-supported V₂O₅-WO₃ catalysts and their role in selective catalytic reduction of NO by NH₃

Thi Phuong Thao Nguyen, Ki Hyuck Yang, Moon Hyeon Kim*
201 Deagudae-ro, Jillyang, Gyeongsan 38453, Korea

The formation of N₂O in the selective catalytic reduction of NO by NH₃ over V₂O₅-WO₃/TiO₂ catalysts should be depressed since N₂O is a global warming gas. According to preceding studies on Fe-zeolites which are a good catalyst for direct decomposition of N₂O and this reduction by NH₃, we have prepared and characterized Fe²⁺-exchanged titania-supported V₂O₅-WO₃ catalysts which can reduce N₂O formation in the NH₃-SCR reaction.

The Fe-TiO₂ support was made using a solid state ion exchange method. An appropriate amount of TiO₂ after drying is hydroxylated in a solution of NH₄OH and washed repeatedly before the introduction of Fe²⁺. The hydroxylated TiO₂ is well mixed with an amount of FeCl₂·4H₂O and this mixture is sublimated under various conditions to produce different Fe-TiO₂ samples.

Raman spectra of Fe-promoted TiO₂ supports shows that the Fe species exist in the form of Fe(O)_x and this is bound to the TiO₂ surface. However, the surface iron species strongly depend on the preparation conditions since calcination at high temperatures can give the formation of FeOOH that is undesired species. On the other hand, XRD patterns of all samples did not resemble none of α-Fe₂O₃, β-Fe₂O₃, α-Fe₃O₄, α-FeOOH, β-FeOOH, λ-FeOOH and δ-FeOOH. *In-situ* DRIFTS spectra of N₂O adsorbed on the samples gave peaks whose positions are similar to N₂O adsorbed on Fe-zeolites. They could also be seen for the bare TiO₂, implying that N₂O interacts not only with Fe but also with Ti sites.

Direct N₂O dissociation over Fe-TiO₂ samples could take place but this is quickly deactivated with time. Fe-exchanged TiO₂-supported V₂O₅-WO₃ catalysts possess ability to reduce N₂O emission in NH₃-SCR reaction; however, this noticeably depends on coordination environments of Fe species in the catalysts.

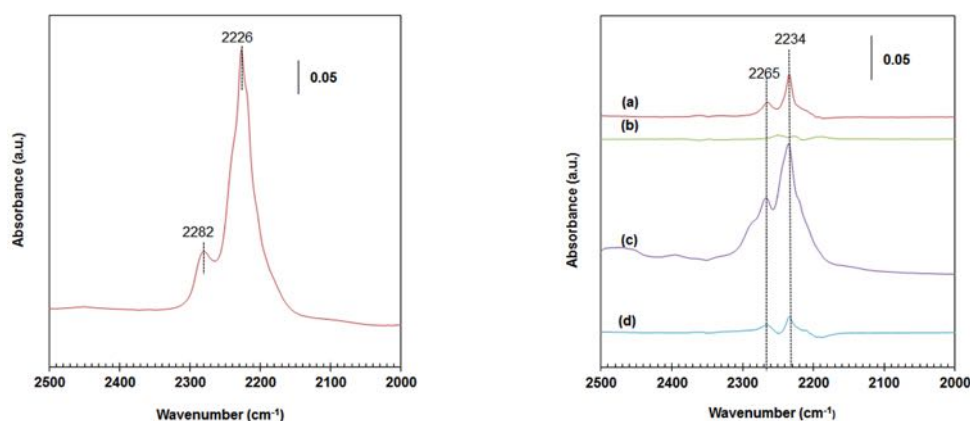


Fig. 1. *In-situ* DRIFTS adsorption of N₂O at 25°C on left: Fe-ZSM5; right: (a) 1.36% Fe-TiO₂, (b) Fe₂O₃, (c) TiO₂, and (d) 2.73% Fe-TiO₂

저농도 황화합물 검출을 위한 흡착제 색 변화 특성 평가

김태영¹, 김현지¹, 채호진¹, 김종수², 이수출¹, 김재창^{1*}
¹경북대학교, ²(주)에스엠텍

Evaluation of adsorbent color change characteristics for detection of low concentration sulfur compounds

Tae Young Kim¹, Hyun Ji Kim¹, Ho Jin Chae¹, Jong Su Kim², Soo Chool Lee¹ and Jae Chang Kim^{1*}
¹Kyungpook National University, ²Smtek

The electronic chemical sensors usually have used detection of gas leaks. Although the electronic sensor prices were high, but it is difficult to know the location of the leaks. In chemical safety management, it is very important to check the leak sites of hazardous gases. The adsorbent are inexpensive and can easily adsorb compounds. Adsorbents have been widely developed to remove the hazardous gases. And some papers reported that the changes of adsorbent color by bonding with these gases. Thus, if the color change can be detected through the adsorption method, the leak sites of the sulfur compound can be easily founded. In this study, we investigated the color change of the adsorbent when it was exposed to low concentration sulfur compounds.

파장가변형 다이오드 레이저를 이용한 온도/농도 계측 실증 연구

유미연^{1,2}, 조성현^{1,3}, 박지연^{1,4}, 정낙원^{1,3}, 송아란^{1,3}, 박대근¹, 박호영⁵, 이창엽^{1,*}
 한국생산기술연구원¹, 충북대학교², 연세대학교³, 성균관대학교⁴, 한국전력공사 전력연구원⁵

The Empirical Study on Temperature/Concentration Measurement using Tunable Laser

Miyeon Yoo^{1,2}, Sunghyun So^{1,3}, Jiyeon Park^{1,4}, Nakwon Jeong^{1,3}, Aran Song^{1,3},
 Daegeun Park¹, Hoyoung Park⁵, Changyeop Lee^{1,*}
 Korea Institute of Industrial Technology¹, Chungbuk National University², Yonsei University³,
 Sungkyunkwan University⁴, Korea Electric Power Research Institute⁵

연소로 내부의 온도 및 가스농도 계측은 에너지 효율 향상 및 환경오염물질 저감을 위해 필요한 요소이다. 그러나 화력발전소와 같은 대형 연소시스템의 경우, 실시간으로 내부의 온도 및 가스농도를 정밀하게 계측하기 어려운 실정이다. 그러한 이유로 산업현장에 적용하기 위한 온도 및 가스 농도 계측 관련 연구가 활발히 진행되고 있다.

그 중 빠른 응답시간과 높은 정밀도의 장점을 가지고 있는 TDLAS(Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy) 방법이 주목되고 있다. 이는 파장 가변형 다이오드 레이저(Tunable Diode Laser)를 사용한 광학적 방식 기반이며, 기존 계측 방식과 달리 점계측이 아닌 선평균 측정방식으로 높은 신뢰성을 가지고 있다[1,2].

본 논문에서는 TDLAS를 이용하여 실제 화력발전소 연소로 내부의 온도 및 O₂ 가스 농도 계측 관련 실증 실험수행 결과를 요약하였다.



< 연소로 내 TDLAS를 이용한 온도/농도 계측 구성도 >

참고문헌

1. Zhou X., "Diode-laser absorption sensors for combustion control," Ph.D. Dissertation, Standord University, California, (2005).
2. A. Farooq, j. B. Jeffries, R. K. Hanson., "In situ combustion measurements of H₂O and temperature near 2.5 um using tunable diode laser absorption", Measurement Science and Technology, 19(7) (2008)

사사

본 연구는 2017년도 한국전력공사 전력연구원의 지원을 받아 수행한 결과임(CX72170067)

FGR 적용에 의한 산업용 보일러 NOx 저감 특성에 대한 연구

이창엽^{1,*}, 소성현^{1,2}, 유미연^{1,3}, 박지연^{1,4}, 정낙원^{1,2}, 송아란^{1,2}, 박대근¹
한국생산기술연구원¹, 연세대학교², 충북대학교³, 성균관대학교⁴

Study on NOx Reduction Characteristics

Changyeop Lee^{1,*}, Sunghyun So^{1,2}, Miyeon Yoo^{1,3}, Jiyeon Park^{1,4}, Nakwon Jeong^{1,2}, Aran Song^{1,2},
Daegun Park¹
Korea Institute of Industrial Technology¹, Yonsei University², Chungbuk National University³,
Sungkyunkwan University⁴

최근 미세먼지 등의 사회적 이슈로 인해 환경 규제가 강화되고 있다. PM2.5 등 초미세입자의 생성에 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx) 등이 크게 기여함이 확인되면서 전구물질로 지목됨에 따라[1], NOx에 대한 배출 부담금이 새롭게 시행되었고, SOx, 입자상물질(PM) 등 다른 대기오염물질에 대해서도 규제치 및 배출부담금 강화가 예고되고 있다. 국내 다양한 제조업에서 주로 쓰이는 산업용 보일러는 현재 대부분 가스 연료를 사용하고 있으며, 앞서 언급한 대기환경 물질 중에서는 NOx가 농도 및 총량 규제, 배출부담금 등으로 인해 산업현장에서 큰 부담이 되고 있다. NOx의 경우, 최근 국내 대기오염물질 중 단위 면적당 유해 가스 배출량이 가장 높다고 알려져 있으며, 총량 기준으로 제조업 등 산업현장에서의 발생량이 발전소 보다 높은 수준으로 각별한 관리가 필요한 상황이다.

NOx는 연소조건에 따라 발생량 편차가 큰 물질로서, 연소단계에서부터 적절한 기술을 적용하면 투자 대비 고효율의 저감이 가능하다. 그로인해 규모나 사용처의 특성 상 후처리설비의 적용이 어려운 대부분의 산업용보일러에서는 저NOx 연소기를 사용하여 NOx 규제에 대응하는 것이 일반적이다. 고성능의 저NOx 연소기가 개발되어 보급되는 상황임에도 불구하고, 열매체보일러와 같이 일부 특수 산업용보일러에서는 여전히 NOx 규제 대응이 어려운 실정이다. 일반적인 스팀보일러와는 달리 300도 수준의 고온열을 사용하기 위해 필수적인 열매체보일러 시스템은 운전조건 상 NOx 배출이 높고 연소실 분위기 온도가 높아 기존 저 NOx 연소기 적용 시 성능구현이 어려운 실정이다.[2]

이에 본 연구에서는 천연가스(Natural Gas)를 사용하는 실규모 열매체보일러 시스템(2,500,000 kcal/hr)에서 복합적인 저공해 연소기술 및 배기가스 재순환(FGR, Flue Gas Recirculation)이 적용된 저 NOx 연소기를 제작하여 다양한 조건에서 성능을 분석하였다. 연소기술 측면에서는 분할화염을 중심으로 연료 다단 방법을 적용하여 연소과정 중에 생성되는 NOx를 최소화하는 연구를 진행하였으며, 연소공기와 연료에 각각 FGR을 적용하여 그 효과를 분석하였다.

참고문헌

1. Markku Kulmala, "How Particles Nucleate and Grow," Science, **302**, 1000-1001 (2003).
2. Jang, B. H., Kim, D. H., Kim, Y. M., Kwon, M. J., Lee, C. H., "Experimental Study on Low NOx Burner Used for Heating Medium Boiler," Journal of Energy and Climate Change, **11**(2), 91-99 (2016).

사사

본 연구는 2019년도 한국생산기술연구원의 지원을 받아 수행한 결과임(EO190018)

IGFC에 적용을 위한 COS 흡수용 Potassium 담지 활성탄의 제조

권병찬, 박노국*, 이태진*, 김준영¹, 강미숙¹, 이승종², 지준화³
영남대학교 화학공학부, ¹영남대학교 화학과, ²고등기술연구원, ³한국전력연구원

Preparation of Potassium Doped Activated Carbon for COS Absorption for IGFC Application

Byung Chan Kwon, No-Kuk Park*, Tae Jin Lee*, Junyeong Kim¹, Misook Kang¹,
Seung Jong Lee², Jun Hwa Chi³
School of Chemical Engineering, Yeungnam University
¹Department of Chemistry, Yeungnam University
²Institute for Advanced Engineering,
³Korea Electric Power Research Institute
(nokukpark@ynu.ac.kr, tjlee@ynu.ac.kr)

최근 들어 청정석탄이용 기술로써 발전 효율이 높고 오염물질 배출이 거의 없는 석탄가스화 연료전지 복합발전기술(IGFC)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. IGFC 운전을 위해서는 석탄가스화 과정에서 발생하는 합성가스 중 불순물을 초정밀 정제하여야 한다. 특히 석탄에 함유된 황 성분으로 인해 발생하는 COS는 연료전지 cell의 오염을 야기하여 연료전지의 수명을 단축시킬 수 있는 요인으로 반드시 제거되어야 한다.

본 연구에서는 IGFC 적용을 위해 석탄에 함유된 황 성분으로 인해 발생하는 COS를 흡수하기 위한 COS 흡수제를 제조하였다. 촉매 제조에 있어 비표면적이 높고 경제적인 면에서 유리한 활성탄을 지지체로 사용하여 potassium을 담지하여 제조하였다. XRD, SEM, EDS 등의 분석으로 제조된 흡수제의 표면 상태를 관찰하였으며, 활성탄에 potassium이 담지 되어 있음을 확인하였다. 또한 질소 흡착법을 사용하여 표면적 및 기공 특성을 분석하였다. 제조된 K/AC 흡수제는 COS 흡수 능력 테스트를 통해 온도에 따른 COS 흡수능을 측정한 결과 210 °C에서 높은 흡수능을 확인하였다.

하이브리드형 PTFE 멤브레인 필터 개발을 위한 소재성 흡착제의 코팅 및 탈리 특성

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

Characteristics of desorption, coating of adsorbent material for development of hybrid PTFE membrane filter

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

최근 국내 대기 분야의 환경이슈는 산업발달에 의해 불가피하게 생성되는 미세먼지라 할 수 있으며 발전 및 연소시설 등 1차 오염원에서 직접 배출되거나 대기 중에서 NOx, SOx, NH₃, VOC 등의 전구물질이 대기 중의 특성 조건에서 화학반응을 일으켜 2차 생성 초미세먼지를 만들어 장기적으로는 대기오염에 미치는 영향에 주목해봐야 한다. 이로 인해 미세먼지 제거를 위한 연구가 활발히 진행되고 있으나 관련 기술이 축적되어 있지 않은 현실로서 고성능 필터 여재를 외국에서 수입하고 있고 주요 핵심기술 또한 선진 외국 기술에 의존하는 경우가 많아 기술검토 및 적용이 어려운 실정이다. 이에 여과효율 개선 및 저비용 고효율의 복합오염물질 제거용 여과필터에 대한 기술력 및 가격경쟁력을 확보할 수 있는 국산화 기술 개발이 필요하다. 본 연구에서는 발전 및 연소시설에서 배출되는 미세먼지 제거용 PTFE 멤브레인 필터에 미량중금속인 수은을 동시에 제거하고자 탄소소재의 흡착제를 코팅하였고 유량 및 온도변화에 따른 필터 차압 측정 및 흡착제 탈리 시험을 진행하였으며 필터 시편의 시험 전·후에 대한 무게변화 측정, SEM-EDS 분석을 통한 표면구조 변화 확인 및 흡착제 성분에 대한 정성정량 분석 등을 통해 필터의 기공변화 및 흡착제 탈리 여부를 파악하였다.

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

참고문헌

1. Simon, X., Chazelet, S., Thomas, D., Bemer, D. and Regnier, R., "Experimental Study of Pulse-Jet of Bag Filters Supported by Rigid Rings", Powder Technol. 172, 2007, 67-81.
2. ㈜제이텍, "발전소 배출 수은 제어를 위한 고효율 흡착제, 분사시스템 및 흡착제 코팅필터 개발" 환경산업선진화기술개발 사업 최종보고서, 2015.

연소시설 배출 복합오염물질 처리용 PTFE 멤브레인 필터 제조 특성 연구

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

Study on fabrication characteristics of PTFE membrane filter for treatment of complex pollutants emitted from combustion facility

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

산업화에 따른 에너지 사용량의 증가로 인해 다양한 대기오염물질 배출로 인해 대기오염이 심화되고 있으며 대표적으로 배출가스 중에 포함된 황산화물, 질소산화물, 중금속류와 같은 가스상 물질과 미세먼지 등의 입자상 물질을 들 수 있다. 국내의 경우 2011년부터 미세먼지 발생량이 크게 증가하고 있고 발전소, 제조업, 자동차 등의 1차 오염원에서 직접 배출되거나 대기 중에서 NOx, SOx, NH₃, VOC 등이 화학반응을 일으켜 2차적으로 생성되는 것으로 알려져 있다. 최근에는 화력발전소 및 연소시설 등에서 배출되는 미세먼지 및 미량의 중금속인 수은이 사회적 이슈가 되고 있어 복합오염물질 제거를 위한 다양한 연구개발이 진행되고 있다. 그러나, 고효율 여과시스템 구조 및 SOx, NOx, VOC 등을 동시에 제거하기 위한 기술 개발은 활발히 진행되고 있으나 중금속류는 대부분 설비 전단에 활성탄을 직접 분사하는 흡착법 정도를 적용하고 있으며 유사기능을 갖는 수입산 고성능 복합필터의 경우 초고가 제품으로서 저비용 고효율의 하이브리드 필터 국산화 기술 개발이 필요한 실정이다. 이에, 본 연구에서는 연소시설에서 배출되는 복합오염물질인 미세입자 및 중금속을 동시 제거하기 위한 하이브리드형 PTFE 멤브레인 필터를 개발하고자 열융착 기술을 적용하여 필터를 제조하고 시험변수 및 조건 등 공정변수 조절을 통해 PTFE 부직포 및 멤브레인 제조 특성을 확인하였다.

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

참고문헌

1. Yan Feng, Tianrou Xiong, Shaohua Jiang, "Mechanical properties and chemical resistance of electrospun polytetrafluoroethylene fibres", The Royal Society of Chemistry, 6, 24250-24256, (2016).
2. Mao Ning, Chang Deqiang, Liu Jingxian and Sun Xi, "Effect of surface finishing on filtration performance of a regenerable filter media", Applied Mechanics and Materials. 490-491, 155-159, (2014).

복합 라미네이팅 기술을 이용한 미세입자 및 중금속 제거용 PTFE membrane filter 개발

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

Development of PTFE membrain filter for removal of fine particles and heavy metals using laminating technology

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

국내 미세먼지 오염은 날로 심각해지고 있으며 최근 PM10의 연평균 오염도는 정체 상황이고, PM2.5의 오염도는 선진 주요 도시 대비 높은 수준으로 인체 위해성이 더 큰 PM2.5가 빈번히 고농도로 발생되고 있는 추세이다. 특히, 산업설비에서 화석연료의 연소과정에서 발생하는 미세 입자상 오염물질들은 이동과정에서 자기들끼리 혹은 다른 중금속이나 산성 물질과의 엉김 및 결합반응을 통해 결정크기가 성장하여 집진설비에서 포집되는 특징을 보이며 연소과정에서 발생하는 가스 상 오염물질들은 환경설비(탈황, 탈질)에서 대부분 처리되나 미처리된 이산화황 및 이산화질소는 대기 중 반응을 통해 2차 오염물질을 발생시키게 되며 질소산화물의 경우 스모그의 원인이기도 하지만 대기 중 휘발성 유기화합물과 반응할 경우 높은 온도에서 인체에 해로운 오존성분을 생성하기도 한다. 그러나, 국내의 경우 미세먼지 입자 제거를 위한 여과시스템의 기술 개발 실적이 미흡하고 고성능 필터 여재 또한 고가의 외국 제품을 수입하고 있으므로 저비용 고효율의 필터 국산화 기술 개발이 필요한 실정이다. 이에, 복합 laminating 기술을 적용하여 미세 입자 및 중금속을 동시에 제거하기 위한 하이브리드형 PTFE membrain filter를 제작하였고 pilot 시험용 집진장치에서 운전조건에 따른 차압 및 여과성능 등 상용급 일반 필터와의 비교 시험을 통해 필터의 성능을 파악하였다.

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

참고문헌

1. 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)
2. 신홍철, "이축연신 PTFE 멤브레인 제조 공정에 관한 연구," 한국기술교육대학원 석사학위 논문, (2007)

Pilot급 집진장치를 이용한 미세입자 제거용 흡착제 코팅 PTFE 멤브레인 필터의 여과 특성

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

Filtration characteristics of adsorbent-coated PTFE membrane filter for fine particle removal using pilot scale bag-filter system

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

국내 배출가스 오염물질에 대한 집진 및 여과 기술의 대다수는 각 배출원에 포함된 오염물질에 대하여 복수개의 단위설비의 조합 등의 기술이 주를 이루고 있으며 미세먼지와 중금속을 동시에 제거하는 기능성 필터 제작 및 활용 기술에 대한 연구는 미비한 실정이다. 또한, 단일 미세입자 제거에 대한 기초 기술은 이미 거의 완료 단계에 도달했다고 판단할 수 있으나 대기오염 방지 분야에서도 최근의 관심영역은 단일 입자상 오염물질보다는 가스상 오염물질을 포함한 복합오염물질의 제어와 1차적인 오염원의 배출 저감에 초점을 맞추고 있다. 이에, microscopic pore 구조의 멤브레인 막을 이용하여 sub-micron 입자들을 포집하기에 수월하고 표면여과 방식을 통해 분진이 필터 백에 달라붙지 않게 함으로써 탁월한 탈진작용 및 고효율의 집진효과를 통해 공정 성능 향상 및 집진기 운전비용 절감 효과를 기대할 수 있고 탄소소재 기반의 흡착제를 이용하여 여과포 코팅을 통해 중금속을 동시에 제거할 수 있는 고성능 하이브리드형 PTFE 멤브레인 필터를 국산화 개발하였으며 pilot급 집진장치를 이용하여 미세입자 부하조건에서 실험을 통해 제작된 PTFE 멤브레인 필터의 차압 특성 및 여과 성능을 확인하였다.

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

참고문헌

1. Y.L. Qian, Y.X. Bi, Q. Zhang, H.Y. Chen, "Effect of filtration operation and surface treatment on pulse-jet cleaning performance of filter bags", Powder Technology, 277, 82-88, (2015).
2. L.M. Lo, S.C. Hu, D.R. Chen, D.Y. Pui, "Numerical study of pleated fabric cartridges during pulse-jet cleaning", Powder Technol. 198, 75-81, (2010).

직접 탈황 조건에서의 석회석 입도 분포에 따른 공극 특성 연구

강서영, 김예빈, 고은솔, 이시훈*
전북대학교 자원에너지공학과

Pore Characterization on Particle Size Distribution of Limestone under Direct Desulfurization Reaction

Seo Yeong Kang, Ye Bin Kim, Eun Sol Go, and See Hoon Lee*
Department of mineral resources and energy engineering, Chonbuk National University

전 세계적으로 온실가스에 대한 규제가 강화됨에 따라 여러 산업분야에서 친환경적인 기술이 개발되고 있다. 특히 CCS(Carbon Capture and Storage) 기술 중 하나인 순산소연소에 대한 연구가 발전 분야에서 이루어지고 있다. 순산소연소란 기존의 공기를 주입하던 방식에서 공기 중의 질소를 제거한 순수한 산소만을 보일러에 주입하는 기술이다. 특히 배출 가스에 포함된 이산화탄소를 산소와 혼합하여 보일러에 공급함으로써 고농도의 이산화탄소 조건에서 연소가 이루어진다. 또한 순산소 순환유동층 보일러는 순산소 PC 보일러와 비교하여 연료의 범용성이 우수하고, 로내 탈황과 더불어 NOx 배출을 저감시킬 수 있다. 그러나 로내 탈황을 위해 주입된 석회석의 크기가 마모 및 파쇄에 의해 입자 크기가 변화됨으로써 탈황 반응에 영향을 끼치게 된다. 따라서 순산소연소 조건에서 탈황 효율을 향상시키기 위해서는 입도분포에 따른 특성을 집중적으로 해석해야 할 필요성이 있다. 이에 본 연구는 열중량 분석기(TGA)에서 다양한 크기의 석회석을 이용하여 석회석 입도에 따른 탈황 반응성을 비교 검토하였다. 실험에 사용한 석회석의 평균 입자 크기는 0-1,000 μm 이다. 열중량분석기(TGA)에서 얻은 실험 데이터를 바탕으로 수은 기공측정기(Mercury porosimeter)와 전계방사형 주사전자현미경(FE-SEM), 비표면적 분석장비(BET) 등을 이용하여 입자 크기에 따른 탈황 반응을 세밀하게 검토하였다.

VOC톨루엔의 수증기 개질과 자열개질을 위한 O₂/C비에 따른 반응 특성

이영진¹, 권병찬¹, 박노국¹, 이승우¹, 이태진^{1*}, 강석환², 홍범의²(tjlee@ynu.ac.kr)
¹영남대학교, ²고등기술연구원

Reaction characteristics according to O₂/C ratio for steam reforming and autothermal reforming of VOC toluene

Young Jin Lee¹, Byung Chan Kwon¹, No-Kuk Park¹, Seung Woo Lee¹, Tae Jin Lee^{1*},
 Suk Hwan Kang², Bumui Hong² (tjlee@ynu.ac.kr)
¹Yeungnam University, ²Institute for Advanced Engineering

초록

최근 미세먼지 대응을 위한 환경처리 기술에 대한 관심이 높아지고 있으며, 모든 연소과정에서 발생하는 질소산화물로부터 초미세 먼지의 발생이 주요 원인으로 알려져 이에 대한 기술개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 도장 및 인쇄 공정에서 사용되는 시너와 같은 휘발성 유기화합물의 배출전 연소처리로부터 발생하는 질소산화물을 제어하기 위한 방안으로 흡/탈착 공정 그리고 응축공정으로부터 휘발성 유기화합물을 회수하고, 개질 반응에 의해서 합성가스를 생산한 후 가스엔진을 이용하여 전력을 생산하는 기술로서 휘발성 유기화합물의 개질을 위한 촉매반응의 거동을 조사하였다. 시너에 함유된 휘발성 유기화합물 중 가장 높은 농도로 함유된 물질은 톨루엔이며, 톨루엔과 같은 방향족 탄화수소는 개질반응에서 카본 침적 현상이 심하게 발생되기 때문에 촉매 개질 반응에서 반응조건의 최적화 및 촉매의 설계가 매우 중요하다. 카본 침적을 억제하기 위한 방법으로 자열개질을 선택하였다. 선행연구에서 수증기 개질반응으로 톨루엔을 합성가스로 전환하는 과정에서 개질효율은 높지만, 카본 침적에 의한 촉매의 비활성화 및 반응기의 막힌 현상 그리고 펠렛형 촉매의 파손이 상당히 일어나는 것으로 확인되었다. 이와 같은 비활성화 거동은 2.5이상의 S/C비 조건에서도 관찰되었는데, 흡열반응에 의한 촉매층 온도의 강하로 인한 것으로 판단된다. 이를 방지하기 위해 본 연구에서는 O₂/C비를 0.1, 0.2, 0.25로 변화시켜 톨루엔 개질실험을 수행하였다. 산소 공급원으로 사용한 공기 중의 질소로 인하여 개질과정에서 생산되는 합성가스의 농도는 질소량에 비례하여 감소하였지만, 카본의 침적은 확인할 수 없었다. 카본침적 억제는 산소에 의한 카본의 산화와 산화반응의 반응열에 의한 개질반응기 내 촉매층의 온도강하가 억제되었기 때문으로 판단된다.

참고문헌

1. Lee, Y.J., Jeong, Y.H., Kwon, B.C., Park, N.-K., Lee, K.Y., Lee, T.J., Kang, S.H., Hong, B. and Kim, H., "Investigation of Process Behavior by Carbon Formation in Steam Reforming of Toluene," J. Energy & Climate Change, 12(2), 136-143 (2017).

온도 표시기 활용을 위한 삼각 형상의 판상형 은 나노구조체의 구조 변형

Ardianrama Alexander David¹, 김문호^{1*}
¹부경대학교

Reshaping of Triangular Silver Nanoplates for Temperature Indicator

Ardianrama Alexander David,¹ and Mun Ho Kim^{1*}
¹Pukyong National University

The triangular silver nanoplates displayed strong LSPR features over a broad range of light from the visible to the near-infrared region (NIR). The intrinsic instability of this nanoplates gives some advantage for colourimetric detection by controlling the shape from triangular into spheroids with addition of halide etchants or acids. In the current work, we introduced specific compound as an etchant of triangular silver nanoplates. When aged with the compound, triangular silver nanoplates rapidly transformed into oblate nanospheroids. Interestingly, the rate of color change resulting from the introduction of Na-VBS was found to be strongly correlated with the aging temperature. This correlation between shape evolution and the ageing temperature can be applied as colourimetric sensing of temperature indicators.

이종금속 나노결정을 표면에 가지는 폴리스티렌 중공입자의 친환경 합성 공정 개발 및 응용

Astrini Pradyasti¹, 김문호^{1*}
¹부경대학교

Green Synthesis of Hollow Polystyrene Microspheres Covered with Bimetallic Nanocrystals and Their Application

Astrini Pradyasti¹, and Mun Ho Kim^{1*}
¹Pukyong National University

Hollow polymer microspheres have various physicochemical properties and functionalities. As a result, the structures are used in many applications. To obtain hollow polymer microparticles, various methods have been developed. However, most of the methods takes long processing time and removal of cores to produce hollow structures requires severe processing environments. In this research, a green and low-cost synthesis of hollow polystyrene (PS) microspheres covered with nanostructures is conducted. Hollow PS microspheres were obtained by dispersing PS seed microparticles in an ethanol-water mixture at 70 °C. By using heterophase polymer dispersion processes and addition of metal precursors, hollow PS microparticles covered with nanocrystals were obtained. Hollow PS microspheres were suitable as supporting materials for catalytic application because of their high surface-to-volume ratio and low bulk density values. Bimetallic nanocrystals (Au/Ag) covering the hollow PS microparticles were used as catalysts for the reduction of 4-nitrophenol (4-NP). The results showed good catalytic activity and could be reused several times.

열반응성 고분자 복합체의 제작과 스마트 윈도우 응용

김대환¹, 김문호^{1*}
¹부경대학교

Fabrication of Thermo-responsive Polymer Nanocomposites for Smart Window Applications

Dae Hwan Kim¹, and Mun Ho Kim^{1*}
¹Pukyong National University

Thermo-responsive polymers that exhibit phase transition in response to changes in the external temperature can be used as material for smart window because they can control solar light transmission depending on the external temperature. The thermos-responsive polymer solution does not heat up sufficiently to induce a phase change even under intense sunlight. Therefore, nanofillers that can convert the photoenergy of sunlight into thermal energy need to be added, which cause the thermos-responsive solution to reach an opaque state owing to the increased temperature by solar light. Thermo-responsive polymer nanocomposites based on the PVME and nanofillers with photothermal conversion property were prepared by simple solution mixing, and photothermal efficiencies of the nanofillers were investigated. And the transparent-opaque transition behaviors during the repeated heating and cooling processes of the thermo-responsive polymer nanocomposites were discussed.

참고문헌

- 1.Kim, D et al., "Energy Efficient Glazing for Adaptive Solar Control Fabricated with Photothermotropic Hydrogels Containing Graphene Oxide," *Sci.Rep.*, 5, 7646 (2015).
- 2.La, T. -G et al., "Highly Flexible, Multipixelated Thermosensitive Smart Windows Made of Tough Hydrogels," *ACS Appl. Mater. Interfaces.*, 9 (38), 33100-33106 (2017).

고성능 일산화탄소 선택적 흡착제 제조 및 특성 평가

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

일산화탄소는 많은 산업에 고부가 가치화하여 활용할 수 있기 때문에 일산화탄소를 분리하는 기술은 점점 필요성이 증가하고 있다. 일산화탄소의 분리에는 많은 방법들이 있으나 일반적으로 일산화탄소 분리에 이용되는 심냉법은 대량 공정에 적합하지만 에너지가 많이 소모된다는 단점이 있다. 이에 비해 흡착제를 이용한 압력 변동 흡착법(PSA)은 적합한 흡착제만 개발한다면 농도가 극히 낮은 흡착질도 선택적으로 제거, 분리가 가능하고 운전비용이 적게 들기 때문에 중소규모 공정에서 상업적 활용이 기대되고 있다. 일산화탄소는 제철소, 수증기 개질공정 등의 다양한 산업 현장에서 부생가스로 발생된다. 이중 제철소에서 발생하는 부생가스에는 다량의 일산화탄소와 함께 이산화탄소도 다량으로 존재기 때문에 PSA를 이용해 일산화탄소를 분리하기 위해서는 이산화탄소 대비 일산화탄소 선택도가 높고 일산화탄소 흡착 성능이 우수한 흡착제를 개발하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 알루미늄-구리 기반의 일산화탄소 선택적 흡착제를 제조한 후 물리화학적 특성 및 일산화탄소 흡착 특성 평가를 진행하였다. 그 결과 개발된 흡착제는 매우 높은 일산화탄소 흡착량, 이산화탄소 대비 일산화탄소 선택도를 보이는 것을 확인하였다.

구슬 모양 촉매를 이용한 일산화탄소 산화 반응

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

¹건국대학교 화학공학과, ²(주) 평화엔지니어링 R&D 연구소

Carbon Monoxide Oxidation Using Bead-shaped Catalysts

Ji Yull Kim¹, Na Yeon Kim¹, Il Gun Park², Ji Bong Joo^{1*}(jbjoo@konkuk.ac.kr)

¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University, ²Pyunghwa Engineering Consultants R&D Institute

인간에게 치명적인 독성가스를 제거하는 기술은 매우 중요하다. 여러 가지 독성가스 중 일산화탄소는 무색, 무취의 기체로 인체로 흡입 되었을때 급격하게 산소 대신 헤모글로빈과 결합하여 산소가 체내에 공급 되지 못하게 하는 '저산소증'을 유발시키는 매우 유독한 가스이다. 일산화탄소 제거 방법 중 금 나노입자 촉매를 이용한 산화반응은 높은 제거 성능에 낮은 비활성화 등의 장점으로 범용적으로 사용된다. 선행연구에서 알려져 있듯이, 파우더 형태의 흡착제/촉매들은 실제 연속식 반응시스템에서 압력강하, 촉매제의 손실, 안정성 감소 등 여러 가지 단점을 가진다. 이를 극복하기 위해, 촉매를 구슬형태로 성형할 경우, 공정의 안정적 운영과, 재사용의 용이성 등의 장점등을 확보할 수 있으며, 이러한 이유로 성형된 촉매를 제조하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 뛰어난 일산화탄소 산화 능력을 가지고 있는 것으로 알려진 금 (Gold)촉매를 TiO₂에 담지하여 구슬형태(bead)의 담지촉매를 합성하였다. Au-TiO₂를 합성을 위해 함침법 (Wet Impregnation method)을 통하여 1%의 Au를 TiO₂에 담지 하였다. 구슬형태로 만들기 위해 주형으로 Na-Alginate를 이용하였다. 합성된 구슬형태의 Au-TiO₂를 여러 가지 분석 방법으로 특성 분석 하였으며, 주형으로 사용된 Alginate가 완전히 연소되는 온도를 확인하여 소성을 진행하였다. 합성된 구슬형태 Au-TiO₂를 이용하여 일산화탄소 제거 실험을 진행하였으며, 실험실 규모 급 산화공정에서 뛰어난 제거성능을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 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).
2. Nasrullaha, 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).
3. Leala, G. B., Ligia, C., Beatriz, N., Daniela, C., Rodolfo, M., Estevam, V. S.* "Preparation of Au/TiO₂ by a facile method at room temperature for the CO preferential oxidation reaction" *Catal. commun.*, **116**, 38-42 (2018).

유기화합 오염물 제거를 위한 비드형태의 TiO₂의 제조

변상우¹, 김지율¹, 박일건², 주지봉^{1*} (jbjoo@konkuk.ac.kr)

¹건국대학교 화학공학과, ²(주) 평화엔지니어링 R&D 연구소

Preparation of TiO₂ Bead form for Removal of Organic compound pollutant

Sang Woo Byun¹, Ji Yull Kim¹, Il Gun Park², Ji Bong Joo^{1*}(jbjoo@konkuk.ac.kr)

¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University, ²Pyunghwa Engineering Consultants R&D Institute

메틸렌 블루, 로다민 B 등의 유기염료는 수질오염에 있어서 대표적인 유기오염 물질로 분류된다. 이러한 유기화합 염료를 제거하는 여러 기술 중, 이산화티탄 소재를 이용한 광촉매 기술이 각광을 받고 있다. 하지만, 성형되지 않은 파우더의 형태의 이산화티탄 광촉매를 사용할 경우, 높은 활성을 달성 할 수 있으나, 수용액상에 분산된 이산화티탄 입자를 회수하고 재활용하기 힘들다는 단점이 존재한다. 본 연구에서는 이러한 단점을 극복하기 위하여 생체고분자인 Na-알지네이트 화합물의 ‘egg-box junction’ 반응[1]을 통한 비드(Bead)형태의 이산화티탄의 광촉매를 제조하고 그 성능을 연구하고자 하였다. 높은 광촉매적 성능을 가지고 있으면서, 다른 불순물이 존재하지 않는 이산화티탄 비드를 제조하기 위해, 이산화티탄 입자가 포함된 Na-알지네이트 비드를 세척과, 산처리, 적절한 온도에서 소성과정을 거쳐 Bead형태의 순수 이산화티탄 촉매를 제조하였다. 비드 입자의 크기를 조절하기 위해 합성조건을 조절하였으며, 제조된 입자의 크기 및 물리적 특성을 조절 하였다. 이산화티탄 비드의 결정성, 화학적 조성 및 표면 특성은 XRD, XRF, SEM 기법으로 분석하였다. 이산화티탄 비드를 이용하여 회분식 염료분해 반응을 수행한 결과, 유기 염료인 로다민 B 염료가 꾸준히 분해되는 것을 확인하였으며, 입자의 안정성 및 장기사용 가능성 역시 확인하였다. 연속식 광촉매 반응탑의 촉매층으로 사용 되었을 때, 낮은 압력강하 및 안정적 광촉매 성능을 보임을 확인하였다.

참고문헌

1. Santanu, S., Sudip, C., Chiranjib, B.* “Photocatalytic degradation of pharmaceutical wastes by alginate supported TiO₂ nanoparticles in packed bed photo reactor (PBPR)” *J. ECOENV.* **121** 263-270 (2015).
2. Joana, G., Ivano, A.* “Easy recovery, mechanical stability, enhanced adsorption capacity and recyclability of alginate-based TiO₂ macrobead photocatalysts for water treatment ” *J. ECE.* **5** 1763-1770 (2017).

알돌 축합 반응에서 반응 변수에 따른 영향 연구

이경우, 주지봉*
건국대학교 화학공학부

Research on influences of experimental variable in aldol condensation reaction

Gyoung Woo Lee¹, and Ji Bong Joo*
Department of Chemical Engineering, Konkuk University

알돌 축합반응은 탄화수소계 물질간의 새로운 탄소결합을 형성한다는 점에서 매우 중요하고 널리 이용되고 있는 반응이다. 이 반응은 주로 알데히드계 물질과 키톤계의 물질을 반응물로 사용하고, 산과 염기조건에서 이놀과 이놀레이트 이온을 형성하는 단계를 거치며 반응을 진행한다. 본 연구에서는 균일상 산/염기 촉매 조건하에서, 아세트 알데히드를 사용하여 알돌 축합반응을 수행하였고, 반응 변수의 영향에 대해 알아보았다. 아세트알데히드를 반응물로 사용하여 높은 수율의 3-Hydroxybutanal을 생성하는 것이 이번 연구의 목표이다. 3-Hydroxybutanal을 생산하기 위해 산 조건보다 염기조건에서 반응을 진행해야 수율이 더 높은 것을 확인하였다. 이는 본 연구에서 진행한 알돌 반응이 기존에 알려진 축합/탈수 반응의 반응 기작을 따르는 것이 아니라, 축합 반응 진행 이후 반응 진행을 멈추어 탈수반응을 막아 3-Hydroxybutanal이 형성되었기 때문이라 판단된다. 다른 반응 변수로 염기 촉매의 농도를 조절 하였으며, 실험 설정범위 내에서는 염기의 농도가 낮을수록, 3-Hydroxybutanal 수율이 높아지는 것을 확인 하였다. 이러한 결과로 부터 너무 많은 염기 촉매를 사용하게 될 경우 중합반응이 진행되어 반응 부산물이 생성되는 것으로 판단할 수 있다. 본 연구의 연구결과는 불균일 촉매 연구에서 반응 조건을 설정하는데 있어, 참고할 기준이 될 수 있다고 기대된다.

참고문헌

1. Scheithauer, A., Grützner, T., Rijkssen, C., Zollinger, D., Harbou, E. V., Thiel, W. R. and Hasse, H. 'NMR Spectroscopic Study of the Aldoxane Formation in Aqueous Acetaldehyde Solutions'. *Ind. Eng. Chem. Res.* **53** 8395–8403 (2014).
2. Efavi, J.K., Kanbogtah, D., Apalangya, V., Nyankson, E., Tiburu, E. K., Doodoo-Arhin, D., Onwona-Agyeman, B., Yaya, A.* 'The effect of NaOH catalyst concentration and extraction time on the yield and properties of Citrullus vulgaris seed oil as a potential biodiesel feed stock' *S. Afr. J. Chem. Eng.* **25** 98-102 (2018).

광촉매적 능력 향상을 위한 CeO₂-TiO₂ 복합 나노 구조체 제조에 관한 연구

이현경¹, 이경우¹, 장세진¹, 김나연¹, 최인희², 주지봉^{1,*}

¹건국대학교 화학공학과

²서울시립대학교 생명과학과

Synthesis of nano-structured CeO₂-TiO₂ hybrid materials for performance enhancement on photocatalysis

Hyeon Kyeong Lee¹, Gyoungwoo Lee¹, Se Jin Jang¹, Na Yeon Kim¹, Inhee Choi², Ji Bong Joo^{1,*}

¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University

²Department of Life Science, University of Seoul

산업의 발전으로 인해 야기된 환경오염 및 화석 연료의 고갈은 현대사회에서 고려되는 심각한 문제이다. 이를 해결하기 위한 환경오염 저감 기술 및 지속 가능한 신·재생 에너지 생산 기술에 대한 연구가 많이 논의되고 있다. 특히, 무한한 에너지원인 태양광 에너지를 사용하여, 유기 오염물질 분해를 통한 오염 물질의 저감 능력, 물 분해를 통한 청정 수소 가스 생산 능력을 갖는 광촉매는 두 가지 문제점을 동시에 해결 가능한 기술로 주목 받고 있다[1]. 본 연구에서는, 낮은 band-gap을 갖는 세리아(Ceria, CeO₂) 나노구조체를 제조, 광촉매적 능력을 평가하고자 한다. 특히, 액상 반응에 유리한 중공형 구조체를 디자인 하여, 넓은 비표면적, 발달된 기공 특성 및 높은 분산·확산도 등의 장점을 고안하였다 [2,3]. 또한, 다른 반도체 산화물(TiO₂, MOx)와의 junction 구조를 제조해 hybrid 입자의 반응 능력 향상을 확인하고자 한다. 제조된 입자의 특성 확인을 위해, SEM, TEM, XRD 및 UV-DRS 분석법이 적용되었다.

참고문헌

1. Magesh, G., Viswanathan, B., Viswanath, R. P., Varadarajan, T. K., "Photocatalytic behavior of CeO₂-TiO₂ system for the degradation of methylene blue," *Indian J. Chem. Sec. A*, **48A**, 480-488 (2009).
2. Yuanmei X., Yiwei Z., Yuming Z., Sanming X., Qianli W., Chao Z. and Xiaoli S., "CeO₂ hollow nanospheres synthesized by a one pot template-free hydrothermal method and their application as catalyst support," *RSC Adv.*, **5**, 58237-58245 (2015).
3. Li, S., Cai, J., Wu, X., Zheng, F., Lin, X., Liang, W., Chen, J., Zheng, J., Lai, Z., Chen, T., and Zhu, L., "Fabrication of positively and negatively charged, double-shelled, nanostructured hollow spheres for photodegradation of cationic and anionic aromatic pollutants under sunlight irradiation," *Appl. Catal. B-Environ.*, **160-161**, 279-285 (2014).

중형기공성 중공형 실리카 입자 합성 및 화학물질 전달 응용

장세진¹, 이현경¹, 이승기², 최인희², 주지봉¹
¹건국대학교 화학공학과, ²시립대학교 생명과학과

Synthesis of Mesoporous Hollow Silica Particles and Application to Chemical Delivery

Se Jin Jang¹, Hyeon Kyeong Lee¹, Seungki Lee², Inhee Choi², Ji Bong Joo¹,
¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University
²Department of Life Science, University of Seoul

넓은 비표면적과 큰 기공 크기의 특징을 갖는 중형기공성 구조체는 흡착, 촉매, 단백질 및 약물과 화학 물질의 전달 등 다양한 분야에서 응용이 가능하다는 장점을 갖는다[1]. 특히, 인체에 무해한 실리카(SiO_2)를 재료로 하는 다공성 실리카 나노 구조체(mesoporous SiO_2 nano structure)의 경우 기공 특성 및 물리적 특성의 조절이 용이해 많은 연구가 진행된 바 있다. 한편, 내부가 비어있는 중공형 입자의 경우, 내부의 공간을 활용한 물질의 선택적 저장/방출이 가능해 약물 전달 시스템에 매우 적합한 모델로 알려져 있다. 본 연구에서는 내부가 비어있는 중공형 중형기공성 실리카(HMSN, hollow mesoporous silica nanoparticle)를 제조하고 이를 약물 전달 분야에 적용해 화학 물질의 저장/전달/방출 성능을 확인하고자 하였다. 중공형 실리카 입자의 주형으로 구형 폴리스티렌(Polystyrene) 입자가 사용되었으며, sol-gel 방법을 이용, 중형기공성 실리카 레이어(layer)를 코팅하였다[2-3]. HMSN의 크기는 내부 주형 물질인 폴리스티렌 크기를 통해 조절되었으며, 기공 특성은 계면활성제(CTAB)를 통해 조절되었다. 이를 바탕으로, 본 발표에서는 HMSN의 합성방법, 제조된 입자의 물리화학적 특성 및 화학물질의 저장 및 방출 성능 등을 논의하고자 한다.

참고문헌

- Lee, S., Kwon, J. A., Park, K. H., Jin, C. M., Joo, J. B., Choi, I., "Controlled Drug Release with Surface-Capped Mesoporous Silica Nanoparticles and Its Label-Free In Situ Raman Monitoring", *Eur. J. Pharm. Biopharm.*, **131**, 232-239 (2018)
2. Wang, Y., Wang, D., Tan, M., Jiang, B., Zheng, J., Tsubaki, N., Wu, M., "Monodispersed Hollow SO_3H -Functionalized Carbon/Silica as Efficient Solid Acid Catalyst for Esterification of Oleic Acid", *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **7 (48)**, 26767-26775 (2015)
3. Nandiyanto, A. B. D., Suhendi, A., Ogi, T., Umemoto, R., Okuyama, K., "Size- and charge-controllable polystyrene spheres for templates in the preparation of porous silica particles with tunable internal hole configurations", *Chem. Eng. J.* **256**, 421-430 (2014)

Pellet-type Ni/Al₂O₃ 촉매를 이용한 Tricyclopentadiene으로부터 Tetrahydrotricyclopentadiene 제조 및 촉매 재생에 관한 연구

박유리, 구희지, 김석준, 한정식¹, 전종기*
공주대학교, ¹국방과학기술연구소

Study of tricyclopentadiene hydrogenation and catalysts regeneration over pellet-type Ni/Al₂O₃ catalysts

Youri Park, Huiji Ku, Seokjun Kim, Jeongsik Han¹, Jong-Ki Jeon*
Kongju National University, ¹Agency for Defense Development

세계적으로 에너지 고갈문제에 따라 잉여 부산물을 활용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 나프타 공정의 부산물인 cyclopentadiene (CPD)은 중합을 거쳐 높은 에너지 밀도를 가진 연료인 tricyclopentadiene (TCPD)을 제조 할 수 있다. 하지만 상온에서 유동성이 떨어지는 단점이 있어 이를 수소화 하여 tetrahydrotricyclopentadiene (THTCPD)으로 제조할 필요성이 있다. 본 연구에서는 수소화 촉매로서 Ni/Al₂O₃를 활용하여 촉매의 활성과, 재생가능성을 확인하였다. 촉매는 공침법으로 Ni을 γ -Al₂O₃에 담지한 후 바인더를 넣어 pelletizing을 통해 제조하였다. 촉매 활성화는 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 : Ni/Al₂O₃, tetrahydrotricyclopentadiene, tricyclopentadiene, hydrogenation

Ir-CuO/honeycomb 촉매를 이용한 HAN 기반 이온성 액체 추진제 분해

우재균, 유달산, 오설영, 전종기* (jkjeon.kongju.ac.kr)
공주대학교

Decomposition of HAN-based Ionic Liquid Monopropellant over Ir-CuO/honeycomb catalyst

Jaegyu Woo, Dalsan Yoo, Seolyeong Oh, Jong-Ki Jeon* (jkjeon.kongju.ac.kr)
Kongju National University

우주산업에서 주로 사용하는 연료는 hydrazine이 주성분인 액체 추진제였다. 이 추진제는 연료 효율이 좋아 널리 사용되었으나 독성이 매우 강하고, 증기가 발생하여 피부나 점막, 호흡기 등에 매우 앓좋은 영향을 주기 때문에 hydrazine을 취급하는데 많은 비용이 요구된다. 이에 따라 독성이 약하고 인체에 무해하여 취급비용의 절감이 필요로 하게 되었고 이 문제를 해결하기 위해 대체물질로 ammonium dinitramide(ADN), hydroxyl ammonium nitrate(HAN) 등의 친환경 이온성 물질이 주목을 받고 있다. 특히 HAN은 인체에 무해하며 연료로 사용되었을 때 효율이 hydrazine과 비슷하다는 연구결과가 있다. 하지만 HAN 기반 추진제는 수분함량이 높아 점화에 많은 에너지가 요구된다. 그러므로 에너지의 소비를 줄이기 위해 촉매분해가 필요하다. 본 연구는 honeycomb에 Cu를 담지하여 Cu/honeycomb을 만든 후 Ir을 조촉매로 이용하여 내열성이 향상된 Ir-Cu/honeycomb 촉매를 제조하였다. 제조된 촉매는 BET, XRD, XRF 등을 이용하여 분석하였다. 또한 촉매의 성능을 보기 위하여 실험실에서 자체 제작한 batch reactor를 이용하여 분해개시온도를 확인하였다.

Keyword : Hydroxyl ammonium nitrate, Ir-CuO/honeycomb, Ionic Liquid Monopropellant

중공형 구조로 제어된 Pd@M/C와 Pd@PdM/C 촉매의 합성 및 특성 평가

손연선, 이종하, 김동건, 이지호, 이수진, 김필*
전북대학교

Synthesis and characterizations Pd@M/C and Pd@PdM/C catalysts with controlled hollow structure

Yeonsun sohn, Jongha Lee, Dong-gun Kim, Ji Ho Lee, Soo Jin Lee, Pil Kim
Chonbuk National University

연료전지의 공기극에서 발생하는 산소환원반응은 반응이 느리고 매커니즘이 복잡하여, 이에 대한 활성이 우수한 촉매 사용이 필수적이다. 팔라듐 촉매는 산소환원반응 성능이 백금 다음으로 우수하여 백금 대체 촉매로써 이용되고 있다. 그러나 팔라듐의 경우 단일 금속으로 촉매의 성능을 향상시키는데 한계가 있기 때문에 전이금속과의 합금화 및 구조 제어를 통해 촉매의 활성을 증대시킨다. 중공형 구조의 촉매는 귀금속의 사용량을 줄이는 동시에 촉매의 성능 향상에 도움을 준다고 알려져 있다. 기존의 중공형 촉매 합성 기술의 경우 반응 조건이 제한적이고 금속의 종류 및 조성 확장이 어려워 이를 개선하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 비귀금속 담지 촉매와, 비귀금속-팔라듐 담지촉매를 합성하여 환원분위기에서 열처리 한 뒤 갈바닉 치환반응을 통해 중공형 구조로 제어된 팔라듐 기반의 Pd@M/C와 Pd@PdM/C 촉매를 합성하고 기본적인 물성 분석 및 전기화학적 특성평가를 수행하였다.

코어-셸 구조의 팔라듐-백금 촉매의 산소환원반응 특성 분석

손연선, 이종하, 김동건, 이지호, 이수진, 김필*
전북대학교

Oxygen reduction reaction properties of Pd-Pt catalysts with core-shell structure

Yeonsun sohn, Jongha Lee, Dong-gun Kim, Ji Ho Lee, Soo Jin Lee, Pil Kim
Chonbuk National University

연료전지의 양극촉매로 사용되는 백금 촉매의 경우 활성은 우수하지만, 비싼 가격으로 인해 연료전지 시스템의 가격경쟁력 약화의 원인이 된다. 이를 개선하기 위하여 백금의 사용량을 줄이고 촉매의 활성을 향상시키기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 코어-셸 구조 촉매의 백금의 사용량을 줄이는 동시에 촉매의 활성을 증대시킬 수 있다고 알려져 있다. 기존의 코어-셸 촉매의 합성은 주로 Cu-UPD 또는 표면 안정제를 사용하기 때문에 반응 조건의 제약이 많고 합성 방법이 복잡하며, 촉매 표면을 백금 단일층으로 형성하기 어렵다.

본 연구에서는 백금 기반 코어-셸 촉매의 산소환원반응 활성을 증대시키는데 가장 우수하다고 알려진 팔라듐 코어에 백금 단일층을 형성하는 연구를 수행하였다. 다양한 방법을 통하여 팔라듐 표면에 백금을 선택적으로 담지하여 코어-셸 구조의 팔라듐-백금 촉매를 합성하여 촉매의 특성 및 성능을 분석하였다.

Large-scale production of uniform gas bubbles via parallelization

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

Abstract

Microscale gas bubbles are versatile templates for the synthesis of functional materials in medicine, ultra-lightweight materials, food industry, and acoustic metamaterials. In many of these applications, monodisperse gas bubbles is critical to achieve the uniform properties and functionality. The microfluidics have been used to generate gas bubbles that have a uniformity not achievable using conventional methods. However, large-scale production for laboratory scale success of monodisperse bubbles on the microfluidics remains the challenging for industrial application, but high compressibility of gas that induce strong interaction between parallel generators have been issued. In this report, we investigate the effect of factors such as viscosity of the solution, capillary number, flow rate, and channel uniformity in a parallelized flow-focusing generators. The optimized flow condition using a 8 parallel generators can provide an important strategy for successful and efficient scale-up of microfluidic bubble production. We fine that using the 8 parallel generators provides an efficient approach to find optimized flow condition for the production of monodisperse gas bubbles in a large-scale bubble production with 400 flow-focusing generators.

참고문헌

1. Jeong et al., "Kilo-scale droplet generation in three-dimensional monolithic elastomer device (3D MED)," *Lab on a Chip*, **15**(23), 4387-4392 (2015).
2. Jeong et al., "Recent developments in scale-up of microfluidic emulsion generation via parallelization," *Korean J. Chem. Eng.*, **33**(6), 1757-1766 (2016).
3. Jeong et al., "Liter-scale production of uniform gas bubbles via parallelization of flow-focusing generators," *Lab on a Chip*, **17**(15), 2667-2673 (2017).

물 흡수법을 이용한 바이오가스 고질화 공정 모사기 개발

김선형, 최예라, 범희태, 이찬현, 김종남*
한국에너지기술연구원

동남아의 팜오일 공장에서 발생하는 막대한 양의 팜유잔사물(POME)은 혐기소화되어 바이오가스를 생산할 수 있으며, 생산된 바이오가스 중 일부만이 팜오일 공장에서 필요한 전기를 생산하기 위해 사용되고 대부분의 잉여 가스는 태워져 버려지고 있어 심각한 환경 및 에너지 문제를 초래할 수 있다. 바이오가스 내 포함되어 있는 CO₂와 H₂S 등의 불순물을 제거한 후 고순도의 바이오메탄을 고압으로 압축하여 생산된 Bio-CNG는 자동차 연료 또는 도시가스로 사용될 수 있다. 바이오가스 내 CO₂를 제거하는 고질화 공정은 흡수, 흡착, 막분리, 심냉법 등 다양한 기술이 있으며, 본 연구에서는 동남아 현지 적용을 위해 운전이 용이하고 유지비용이 저렴한 물 흡수법(Water scrubbing)을 적용하였다. 물 흡수법은 CO₂와 CH₄ 가스의 물 용매에 대한 용해도 차이를 이용한 기술이며, 바이오가스 고질화 기술 중 41%로 가장 높은 점유율을 보이고 있다. 흡수탑, 플래시 드럼, 탈거탑으로 이루어진 벤치 규모의 물 흡수 공정 장치를 구축하였으며, 일정 유량, 일정 조성의 모사가스를 주입하며 물 유량, 물 온도, 흡수탑 압력, 플래시 드럼 압력 등 다양한 조건에서의 CO₂ 제거 실험을 수행하였다. 본 연구에서는 상용 소프트웨어 Aspen Plus를 이용하여 벤치 규모의 물 흡수 공정에 대한 공정 모사기를 구축하였으며, 실험 데이터와 비교를 통해 모사기를 검증하고 다양한 조건에서의 공정 결과를 예측하였다. 열역학 모델로서 기액 상평형 계산을 위해 기상의 Redlich-Kwong (RK) 상태방정식과 액상의 Electrolyte NRTL 활동도 계수 모델을 적용하는 ELECNRTL 패키지 모델을 선정하였으며, CO₂와 CH₄ 가스의 물에 대한 용해도 문헌 데이터와 비교를 함으로써 모델을 검증하였다. 다양한 조건에서의 실험 결과와 모사 결과를 비교하였으며, 실험 오차 범위 내에서 비교적 잘 일치하는 결과를 보였다. 개발된 공정 모사기는 추후 스케일 업을 위한 기초 데이터로서 파일럿 플랜트 설계 시 운전 조건, 장치 디자인 등 공정 최적화에 활용하고자 한다.

식물성 오일로부터 생산된 바이오항공유의 증류 조건 별 성상 분석

장정희¹, 김성탁¹, 곽연수¹, 안민희¹, 한기보^{1†}, 정병훈², 한정식²
 고등기술연구원¹, 국방과학연구소²

항공분야의 온실가스를 저감하기 위하여 바이오매스를 활용한 바이오항공유 제조기술에 대한 연구가 다양하게 진행 중이다. 대표적인 바이오항공유 생산 기술은 식물성 오일을 이용한 OTJ(Oil to Jet) 공정이다. OTJ 공정은 식물성 오일이 탈산소를 통하여 균일한 파라핀으로 전환된 후 업그레이딩 공정에서 크래킹 반응을 통하여 탈산소공정에서 전환된 파라핀계 오일을 바이오항공유 기준에 부합하는 성분으로 전환하는 공정이다. 바이오항공유의 기준은 ASTM D7566이며, 중요한 기준은 어는점은 -40도 이하, 인화점은 38도 이상이다. 이러한 기준을 충족하기 위해서는 제조된 업그레이딩 생성물을 증류 하여야 하며, 이때 증류과정에서 바이오항공유 생산 수율이 결정되게 된다. 본 연구에서는 바이오항공유를 대량으로 생산하기 위한 전단계로서 파일럿 규모의 바이오항공유 생산 설비에서 제조된 업그레이딩 생성물을 바이오항공유 기준에 맞추어 증류하기 위하여 파일럿 규모의 증류 시스템을 구축 하였으면, 이를 이용하여 ASTM 7566 기준에 맞는 항공유를 생산 하고자 하였다. 이를 위하여 20 리터 규모의 증류기 2개를 설계 및 구축 하였으며, 다양한 변수를 조정하여 바이오 항공유를 제조 하였다.

식물성 오일 전환에 의한 바이오항공유 제조공정 구현을 위한 촉매공정/시스템의 스케일-업 설계-구축-운전에 관한 연구

한기보^{1,*}, 장정희¹, 김성탁¹, 곽연수¹, 안민희¹, 정병훈², 한정식²
¹고등기술연구원, ²국방과학연구소

A study on scale-up design-construction-operation of catalytic process/system for realization of bio-jet fuel production process by vegetable oil conversion

Gi Bo Han^{1,*}, Jung Hee Jang¹, Seong Tak Kim¹, Yeon Su Kwak¹, Min Hwa Ahn¹,
Byung Hun Jeong², Jeong Sik Han²
¹Institute for Advanced Engineering, ²Agency for Defense Development

최근 이산화탄소 등의 온실가스 감축을 위하여 항공기 운항증가에 따른 이산화탄소 배출량 증대로 인해 나타나는 문제점들을 해결하기 위하여 바이오항공유 제조기술 구현을 통해 기존 화석연료를 일부 대체함에 따라 탄소배출 저감 효과를 얻고자 다양한 연구들이 진행 중이다. 대표적인 바이오항공유 제조기술 중 하나인 HEFA(Hydroprocessed esters and fatty acid) 공정은 수소화반응을 동반하는 대표적인 촉매공정으로써 이를 상용화하기 위한 노력의 일환으로 스케일-업 설계-구축-운전 기술을 확보하는 것이 반드시 필요하다. 본 연구에서는 기 진행된 바 있는 식물성 오일 전환에 의한 바이오항공유 제조용 HEFA 공정에 연구를 실험실 규모로부터 벤치 규모에 이르기까지 수행한 바 있어 이를 바탕으로 규모확대를 위한 스케일-업 설계-구축-운전 관련 연구를 수행하였다. 이러한 과정의 산물로서 약 500 kg에 해당하는 양의 바이오항공유를 제조하였으며, 후처리 가공을 통해 기존 석유계 항공유를 대체할 수 있는 항공유 물성을 만족하는 시제품으로 제조하여 엔진테스트용으로 납품한 바 있다.

엔진테스트용 바이오항공유 제조 공정에서 항공유 물성제어에 관한 연구

한기보^{1,*}, 장정희¹, 김성탁¹, 곽연수¹, 안민희¹, 정병훈², 한정식²
¹고등기술연구원, ²국방과학연구소

A study on jet fuel property control in bio-jet fuel production process for turbine engine test

Gi Bo Han^{1,*}, Jung Hee Jang¹, Seong Tak Kim¹, Yeon Su Kwak¹, Min Hwa Ahn¹,
Byung Hun Jeong², Jeong Sik Han²

¹Institute for Advanced Engineering, ²Agency for Defense Development

바이오항공유를 제조하는 공정에는 제공 가능한 원료에 따라 다양한 공정이 적용될 수 있다. 그 중에서도 식물성 오일을 원료로 적용하여 여러 단계의 촉매공정이 도입되는 HEFA(Hydroprocessed esters and fatty acid) 공정은 대표적인 바이오항공유 제조공정으로써 이미 전세계적으로 연구개발 과정을 통해 성숙된 기술로 인정되어 이미 상용화 단계로 접어들어 적용되고 있다. 그리고 이러한 HEFA 공정에 도입된 촉매공정으로부터 얻어진 산물로부터 엔진테스트로 적용될 수 있는 항공유 물성에 부합하는 바이오항공유로 만들어지기까지는 후처리 가공이 반드시 필요하다. 본 연구에서는 식물성 오일을 이용하여 촉매공정이 도입된 HEFA 공정으로부터 얻어진 산물로부터 엔진테스트에 적용 가능한 바이오항공유로 최종 제품화하기 위하여 필요한 후처리 가공공정에서 도입될 수 있는 인자들을 도출하고, 이로부터 얻어진 인자들을 바탕으로 실제 항공유 규격에 부합하는 바이오항공유로 제조하는 과정이 수행되었다. 이로부터 엔진테스트용 바이오항공유를 제조하는 공정에서 후처리 공정에 적용 가능한 인자들이 항공유 물성으로 제어되는 데 미치는 영향을 조사하였다.

고온 연소 환경에서 바이오매스 펠릿 연소 특성에 관한 연구

박혜민^{1,2}, 목진성¹, 류창국², 최석천^{1,*}
¹한국생산기술연구원, ²성균관대학교 기계공학과

Combustion characteristics of biomass pellet in a hot stream

Hyemin Park^{1,2}, Chinsung Mock¹, Changkook Ryu², Seukcheun Choi^{1,*}
¹Korea Institute of Industrial Technology,
²School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University

세계적으로 화석연료 고갈 및 지구 온난화 문제로 화석연료의 의존도를 낮추어가는 동시에 대체 에너지의 개발 및 보급의 필요성이 부각되고 있다. 신재생 에너지원 중 바이오매스는 경제성이 높고 기존의 석탄 화력발전 시설을 활용할 수 있다는 장점으로 인하여 에너지 활용 측면에서 관심이 매우 높다[1]. 바이오매스는 석탄과 비교하여 발열량 및 결 보기 밀도가 낮고, 미분화시 분쇄성이 낮다는 단점이 있다[2]. 이를 해결하기 위해 바이오매스 펠릿화 연구가 활발히 진행되고 있다. 바이오매스 펠릿화는 에너지 밀도 및 소수성을 높일 수 있고 수송과 저장 등의 비용을 낮출 수 있다는 장점이 있다[3]. 이러한 펠릿 연료의 특성을 파악하기 위해 DTF (Drop Tube Furnace) 및 TGA (Thermogravimetric Analysis)를 이용하여 연소특성 연구가 진행되고 있다[4,5]. 그러나 DTF의 경우 펠릿의 자발광 화염을 포함한 휘발분 연소의 특징을 정량적으로 분석하기 어렵고, TGA 분석은 소량의 샘플과 낮은 가열속도로 연소 특징을 설명하는데 제한적이다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 실제 연소 환경과 유사한 고온 조건에서 펠릿 연소 실험을 수행하였다. 22종류의 다양한 바이오매스 및 석탄 시료를 동일한 크기로 미분화한 후, 유압펠릿장치를 이용하여 지름 8 mm, 질량 0.5 g의 펠릿을 가공하여 실험에 사용하였다. 펠릿을 발열체 기준 1400°C의 고체연료 연소특성 분석 장치 내로 투입하는 시점에서부터 완전연소에 이르기까지 전 과정을 근접촬영 카메라를 이용하여 촬영하였고, 동시에 배기가스 분석 장치를 이용하여 연소 중 발생하는 가스의 종류와 농도를 분석하였다.

서로 다른 종류의 바이오매스는 물리적 구조 및 화학적 성분이 다르기 때문에 화염 및 배기가스 특성이 다양하게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 이를 바탕으로 각 시료의 연소 특성을 분석하여 바이오매스 연료에 대한 기초 연구를 진행 하고 고체 연료로서의 활용 가능성을 확인하고자 한다.

후기

본 논문은 산업통상자원부-한국에너지기술평가원 청정화력핵심기술개발사업(20161110100090)의 지원으로 연구되었습니다. 이에 관계자 여러분의 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Anurag, G et al., The policy Framework for Solid Recovered Fuel (SRF) in Europe, with UK Implication, Environmental Science and Technology, Waste as Co-Fuel, Volume 68, (2007), 4868-4874.
2. C. Mock et al., Combustion behavior of relatively large pulverized biomass particles at rapid heating rates, Energy Fuel 30 (12) (2016), 10809-10822.
3. Chinsung Mock et al., Burning characteristics of single particles of coal and wood mixtures for co-firing in an upward-flowing hot gas stream, Fuel Processing Technology, Volume 163, (2017) 20-34.
4. S. Ahn et al., The effect of wood biomass blending with pulverized coal on combustion characteristics under oxy-fuel condition, Biomass Bioenergy 71 (2014).
5. G. Wang et al., Thermalbehavior and kinetic analysis of co-combustion of waste biomass/low rank coal blends, Energy Convers. Manag. 124 (2016) 414-426.

다채널구조의 탄소 파이버를 이용한 리튬황전지의 전기화학적 특성 분석

Xuan Liang Wang, Baasanjav Erdenebayar, 김은미, 정상문*
충북대학교

Electrochemical properties of multichannel carbon fiber for lithium sulfur batteries

Xuan Liang Wang, Baasanjav Erdenebayar, En Mei Jin, Sang Mun Jeong*
Chungbuk National University

리튬황전지는 높은 이론용량(1675 mAh/g)과 에너지 밀도(450-650 Wh/kg)를 가지며 차세대 전지로 각광을 받고 있다[1,2]. 리튬황전지는 금속 리튬을 음극으로, Li₂S를 양극으로 사용하였을 경우, 2600 Wh/kg의 높은 이론적인 에너지밀도를 가지며 이는 현재 상용화되어 있는 리튬이온전지의 에너지밀도에 비해 약 4-5배 정도이다[3]. 또한 저비용 환경 친화적인 황을 사용한 리튬황전지는 리튬이온전지를 대체가능한 저가의 친환경 전원 장치이다. 그러나 리튬황전지는 정극활물질로 사용하는 황의 낮은 전기전도도(5×10^{-30} S/cm)와 충-방전 시 폴리설파이드의 용출로 인하여 사이클 특성이 감소하는 단점이 있다[4]. 본 연구에서는 연근모양의 다채널 탄소나노파이버(MCF)와 측벽 홀 도입한 다채널 탄소나노파이버(P-MCF) 제조를 통해 황 활성물질의 손실을 줄이고자 하였다. 탄소나노파이버는 간단한 전기방사방법과 후속 열처리를 통해 제조하였다. 제조한 MCF는 탄소섬유 성장 방향을 따라 크기가 다른 다중채널구조를 갖는 기공이 형성되었고, P-MCF의 측벽 홀은 SiO₂의 에칭에 의해 만들어졌다. MCF와 P-MCF에 황을 약 60% 로딩하여 리튬황전지의 황/탄소 정극활물질을 제조하였다. 충방전 결과 P-MCF는 1300 mAh/g 이상의 초기 방전용량으로 다른 샘플에 비해 높게 나타났으며 용량유지율 또한 우수하게 나타났다.

참고문헌

1. Zhang, S. S., "Liquid electrolyte lithium/sulfur battery: Fundamental chemistry, problems, and solutions," J. Power Sources., 231, 153-162 (2013)
2. Kolosnitsyn, V. S., and Karaseva, E. V., "Lithium-sulfur batteries: Problems and solutions." Russ. J. Electrochemistry., 44(5), 506-509 (2008)
3. Xin, S, et al., "Smaller sulfur molecules promise better lithium-sulfur batteries." J. Am. Chem. Soc., 134(45), 18510-18513 (2012)
4. Liu, F, et al., "Reduced graphene oxide encapsulated sulfur spheres for the lithium-sulfur battery cathode." Results in Physics., 7, 250-255 (2017)

전기화학적 환원을 통한 고성능 리튬이온 전지 음극 활물질 제조

최종혁¹, Baasanjav Erdenebayar² 김은미³ 정상문^{4*}
충북대학교

Preparation of Anode Material for High Performance Lithium-ion Battery(LIB) by Electrochemical Reduction

Jong Hyeok Choi¹, Baasanjav Erdenebayar² En Mei Jin³, Sang Mun Jeong^{4*}
Chungbuk National University

실리콘은 매장량이 풍부하며, 리튬과의 낮은 전위차(0.4V vs. Li/Li⁺), 높은 이론 용량 (4200mAh/g)을 갖고 있어 리튬 이차전지의 음극소재로 활발히 연구되고 있다.[1] 하지만 자연계의 실리콘은 산화물 형태인 실리카로 존재하기 때문에, 리튬 이차전지 실리콘 계 음극소재 제작을 위해서는 실리카의 환원공정이 필수적이다. 본 연구에서는 바이오 물질에서 추출된 실리카를 용융염 전해환원을 통해 고 순도의 실리콘을 제조하였으며, 리튬 이차전지 음극소재로써 적용 가능성을 검토하였다. 열역학적으로 안정하여 낮은 환원 전위를 갖는 SiO₂의 전기화학적 환원을 위해 850°C의 용융된 CaCl₂를 전해질로 사용하였으며,[2] 고온 조건에서 견고하며 전기전도도가 향상된 SiO₂-NiO(5mol%) 이성분계 펠렛을 환원전극으로 사용하였다. 전해환원 실험 간 SiO₂-NiO 펠렛의 환원특성 비교를 위하여 0~300%의 다양한 전하량에서 환원을 진행하였고, 고순도 실리콘 제조를 위한 최적의 산 처리 방법을 제시하였다. 또한 리튬 이차전지 음극활물질에 적용하여 제작된 실리콘의 전기화학적 특성을 평가하였다.

참고문헌

1. Kasavajjula, U., Wang, C., and Appleby, A. J., "Nano-and bulk-silicon-based insertion anodes for lithium-ion secondary cells." *Journal of Power Sources.*, 163(2), 1003-1039 (2007).
2. Mohandas, K., and Fray, D. J., "FFC Cambridge process and removal of oxygen from metal-oxygen systems by molten salt electrolysis: an overview," *Trans. Indian Inst. Met.*, 57(6), 579-592 (2004).

미활용 바이오매스를 활용한 유동층 가스화 시스템 예비 연구

박성진¹, 손성혜^{1,2}, 라호원¹, 윤상준¹, 문태영¹, 문지홍¹, 윤성민¹, 이석형^{1,3}, 김재호¹, 서명원^{1,*}
한국에너지기술연구원,¹ 충남대학교 에너지과학기술대학원², 충북대학교³

Preliminary research on the fluidized gasification system using unused biomass resource

Sung Jin Park¹, Seong Hye Son^{1,2}, Ho Won Ra¹, Sang Jun Yoon¹, Tae Young Mun¹, Ji Hong Moon¹, Sung Min Yoon¹, Seok Hyeng Lee^{1,3}, Jae Ho Kim¹, and Myung Won Seo^{1,*}

¹Korea Institute of Energy Research

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

³Chungbuk National University

미세먼지 문제가 사회적 이슈가 됨에 따라 석탄을 중심으로 한 기존 화력 발전 시스템을 대체하기 위한 기술의 관심이 높아지고 있다. 최근 바이오매스를 신재생연료로 활용한 기술은 분산발전 또는 대형 보일러와 연계하는 형태로 화력발전의 연료 전환을 크게 확대할 수 있는 효과적인 대안으로 주목 받고 있다. 다만, 국내 유통 중인 바이오매스는 비싼 가격으로 인하여, 대부분 수입하는 실정이기 때문에 원활한 공급이 어렵고 운송과정에서 온실가스를 배출한다는 단점이 있다. 이를 별목을 통해 생성된 가지, 잎 등 활용처없이 버려지는 미활용 바이오매스를 연료로 활용하면 공급성 및 경제성을 확보할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 8MWth 급 유동층 가스화 시스템을 구축하는 연구를 수행하기 위해 미활용 바이오매스 현황 및 연료 분석을 실시를 통해 DB를 구축함으로써 향후 미활용 바이오매스를 활용한 가스화 연구 방향을 제시하고자 한다. 분석 결과, 미활용 바이오매스는 함수율이 높기 때문에 발열량이 우드펠릿보다 낮다는 단점이 있다. 때문에 미활용 바이오매스를 연료로 사용하기 위해서는 전처리 공정으로 건조 및 파쇄 기술을 개발하여 발열량을 높일 필요가 있으며, 형태가 일정하지 않기 때문에 원활하게 투입을 해줄 수 있는 공급 시스템이 필요하다. 또한 가스화를 통해 생성된 합성가스를 가스엔진에 사용하기 위해서는 합성가스 내 존재하는 타르제거가 우선이다. 타르 제거 기술인 촉매, 스크러버, acid gas 제거를 위한 정제 시스템 개발 및 구축이 상용화를 위해서 선결되어야 할 과제임을 확인하였다.

중온수, 타르수용액, 톨루엔 등을 이용한 EFB 회분제거 특성

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

Characteristics of Ash Removal in Palm EFB using Warm water, Aqueous Tar solution and Toluene

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

석탄화력발전소의 석탄을 대체하는 좋은 방법으로 우드 펠릿과 같은 바이오매스가 주목을 받고 있다. 그러나 현재 사용되고 있는 우드펠릿은 산림훼손을 유발한다는 비난을 받고 있다. 따라서 최근에 비전통 바이오매스인 초본계 바이오매스와 바이오매스 폐기물로부터 연료를 생산하는 것에 관심이 집중되고 있다. 그러나 이러한 비전통 바이오매스를 연료로 만들기 위해서는 열처리와 같은 전처리(반탄화)가 필요하며 이를 위해 세계적으로 많은 연구가 진행되고 있다. 이의 일환으로 인도네시아 팜 부산물 중 Empty Fruit Bunch (EFB), Palm Kernel Shell (PKS) 및 Oil Palm Trunk (OPT) 등을 연료로 사용하기 위한 다양한 시도가 진행되고 있지만 이러한 팜 부산물의 회분에 포함된 알칼리 성분(Na, K 등)은 석탄에 비해 함량이 높으며, 연소 시 보일러 내 회융착 현상을 일으켜 결국 운전 정지나 기기수명 감소의 문제를 발생시키기 때문에 이를 방지하기 위한 회분 제거기술 개발이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 인도네시아 팜 부산물 중 EFB의 회분 저감 특성을 알아보기 위해 EFB를 이용하여 중온수와 타르수용액, 톨루엔 등을 이용한 회분제거실험을 진행하였다.

바이오매스 열분해 오일의 수첨탈산소 반응 촉매 개발

심진기, 하정명¹, 최재욱²
KIST, ¹UST

바이오매스는 친환경적이며 재생 가능한 에너지원으로 알려져 있으나, 기존 석유 연료를 대체하여 사용하기 위하여 바이오매스 분해 산물에서 산소를 제거하는 과정으로 수첨탈산소(Hydrodeoxygenation) 반응이 필수적이다. 다양한 수소화 촉매를 활용하여 수첨탈산소 반응을 진행하면 산소의 제거가 가능하나, 부산물로서 촉매 표면에 증착하는 탄소 또는 코크는 촉매를 피독시켜 활성을 저하시킨다. 본 연구는 활성이 높고 긴 수명을 가지는 촉매를 제작하기 위하여 Co, Ni, Mo, W 조합의 금속들을 제조하고 Guaiacol(GUA)을 모델화합물로 수첨탈산소반응을 수행하였다. Ni이Co보다 더 효율적인 조촉매라는 선행연구들을 입증할 뿐 아니라, 추가로 제조 방식의 차이에 따라 생성물의 선택도가 달라진다는 것을 확인하였다. 다양한 촉매 분석 방법 및 반응물/생성물 분석 방법을 활용하여 반응 활성을 해석하고 최적 촉매를 탐색하고자 한다.

다시마의 열수 액화에 기반한 삼중 발전의 기술-경제성 타당성 연구

니아즈 하이더, 유준
부경대학교 화학공학과

Techno-Economic Feasibility Study for Combined Heat, Power and Hydrogen Production via Hydrothermal Liquefaction of *Saccharina japonica*

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

Excessive usage of natural resources has led us to adverse environmental effects such as global warming. Considering the geographical location of South Korea, biofuel production from seaweed macroalgae, *Saccharina japonica* sounds to be a promising alternative in the context of large-scale energy production. High moisture content in macroalgae makes hydrothermal liquefaction (HTL) as the most suitable route for large scale energy production. Therefore, our study provides a techno-economic feasibility study for the industrial scale process design for H₂ production via HTL using aspen plus process simulator. The goal of the simulation study was to evaluate various industrial-scale design cases in quest of minimum hydrogen selling price (MHSP). Design cases were built to minimize natural gas utilization and to enhance heat integration. Base case design with external utilities, Case 1: Combined heat, power and hydrogen production (CHHP), Case 2: modified by using a fraction of HTL product for combustion was developed. Hot oil system was introduced in 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. Low operating cost and fixed capital investment for Case 1 in comparison with other design cases make it a suitable design for future assessments.

Fabrication of Bi-enzymatic Electrodes Base on Graphene Oxide-modified ITO for Enzymatic Fuel Cell Utilizing Trehalose

Xue Wang¹, Yang Gon Seo¹, Hyug-Han Kim² and Chang-Joon Kim^{1*}
¹Gyeongsang National University, ²Dankook University,

Graphene has been widely utilized in electronic devices and biosensors because it has large surface area, high electron conductivity, and stability. This paper describes a graphene as the platform substrate for enzyme immobilization as well as enhancing electron transfer in the fabrication of enzymatic biofuel cells utilizing trehalose. The graphene oxide (GO) film was formed over ITO surfaces by electrode position and it was reduced by applying electric potential ranging from -1.5 to -0.5 V (vs. Ag/AgCl). The electrodes were examined by using XPS, FESEM, and AFM and then their electrochemical performances were evaluated. The deposition time in deposition stage and pH of buffer solution in reduction stage, greatly influenced on GO loading and the extent of GO reduction. Glucose oxidase (GOD) or trehalase (Tre) was immobilized on the reduced graphene-modified ITO electrodes (r-GO-ITO) by physical adsorption. Electrodes with difference sequences of two enzymes were evaluated. The effects of GOD layers and units of Tre were investigated. Electrochemical impedance spectra and cyclic voltammograms showed that electrodes generated maximum peak currents with the lowest electron transfer resistance when electrode was covered with four-GOD layer and 2.6 U of Tre. Enzyme assay was performed to investigate whether increase in the unit of Tre influences on the mass transfer of substrate to GOD. Enzyme fuel cell was assembled in which anode was optimized GOD-Tre electrode while cathode was bilirubin oxidase immobilized r-GO-ITO. The fuel cell generated the power density of $0.42\mu\text{W}/\text{cm}^2$ in 100 mM PBS buffer (pH, 7.0) containing 30 mM trehalose solution.

References

1. Sheetal, K. B., D., Premlata, Y., Subhasis, G., Tinku, B., and Ajit, K. M., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 8, 24350-24360 (2016).

스크루 방식 고압 분체 주입장치 기초시험 결과 및 개선

정석우¹, 이지은¹, 정기진¹, 류상오¹, 정종선²
¹고등기술연구원, ²(주)세인텍

Basic test results and improvement of screw type high pressure powder feeding system

Seok Woo Chung¹, Ji Eun Lee¹, Ki Jin Jeong¹, Sang Oh Ryu¹, Jong Sun Jung²
¹Institute for Advanced Engineering, ²SEINTEC Co.

일반적으로 가스화플랜트를 포함하는 건식 분체 주입 공정에서는 미분탄 같은 분체를 상압 조건에서 고압의 반응기에 연속적으로 공급하기 위하여, 상압 상태에서 공급할 분체를 저장하는 저장호퍼, 항상 고압 반응기의 운전압력보다 높은 상태로 운전되며 분체를 반응기에 기류수송 등의 방식으로 공급하기 위한 공급호퍼, 저장호퍼와 공급호퍼 사이에 위치하며 가압과 상압 상태를 반복하면서 상압의 저장호퍼 분체를 가압 상태인 공급호퍼로 주기적으로 공급하는 역할의 록호퍼 등으로 구성되는 시스템을 적용하고 있다. 하지만, 이러한 록호퍼 시스템은 배치식으로 운전되며 여러 가지 문제점이 발생하기 때문에, 본 연구에서는 이러한 문제점 해결을 위하여 상압의 분체를 고압 반응기에 직접 공급할 수 있는 고압 분체 주입장치 개발을 진행하고 있다. 본 연구에서 개발 중인 고압 분체 주입장치는 정상운전 중 고압 반응기로 분체 주입 시 기존 배치식 록호퍼 시스템과는 달리 고압가스를 이용하는 가압/감압 과정이 불필요해지므로 고압가스 손실 방지, 분체 주입시간 단축, 연속적 운전 가능 등에 따라 효율적인 운전이 가능해지며, 기존 록호퍼 시스템에 비해 설비의 구성이 간단하고 운전 중 고압가스를 사용하지 않음으로써 건설비, 운전비 등의 절감이 가능하다는 특징을 가진다.

국내의 경우 일부 연구기관과 기업체에서 석탄슬러리, 하수슬러지 등 물과 혼합된 습식 분체 공급펌프에 대한 기술 개발은 추진한 적이 있으나, 아직까지 고압 건식 분체 주입장치 관련 기술 개발 실적은 전무한 상황이라 할 수 있다. 해외의 경우에도 미국에서 2006년 DOE의 지원을 받아 Aerojet Rocketdyne사에서 고압용 Dry Solid Pump에 대한 본격적인 기술 개발을 시작하였는데, Rocketdyne사에서는 건식 가스화플랜트에서 록호퍼 시스템 대신 Dry Solid Pump를 적용하여 전체 가스화플랜트 시스템을 컴팩트하게 구성함과 동시에 고압 미분탄 공급시스템의 건설비와 운영비를 20% 정도 감소시키기 위한 기술 개발을 수행하였지만 아직까지 상용 제품이 출시되지는 않은 상황이다. 따라서 본 연구에서는 상압의 분체를 고압 반응기에 연속적으로 직접 공급하기 위하여 스크루 방식의 고압 분체 주입장치를 설계/제작한 후 기초시험을 실시하였으며, 현재 이러한 시험 결과를 바탕으로 설비 개선을 진행 중이다.

감사

본 연구는 2018년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No.20163010050070)

가압 기포 유동층 반응기에서의 Ni계 촉매 CO₂ 메탄화 기초 특성 연구

손성혜^{1,2}, 황병욱¹, 박성진¹, 김정환¹, 이도연¹, 고강석¹, 전상구¹, 윤성민¹, 김용구¹, 김재호¹, 류호정¹,
서명원^{1,*}, 이영우^{2,*}
한국에너지기술연구원,¹ 충남대학교 에너지과학기술대학원²

CO₂ Methanation Characteristics Over Ni Catalyst in a Pressurized Bubbling Fluidized Bed Reactor

Seong Hye Son¹, Byung Wook Hwang¹, Sung Jin Park¹, Jung Hwan Kim¹, Do Yeon Lee¹, Kang Seok Go¹, Sang Goo Jeon¹, Sung Min Yoon¹, Yong Ku Kim¹, Jae Ho Kim¹, Ho Jeong Ryu¹,
Myung Won Seo^{1,*}, Young Woo Rhee^{2,*}
¹Korea Institute of Energy Research
²Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University

화석 연료의 사용을 줄임과 동시에 재생에너지의 비율이 증가함에 따라, 재생에너지로부터 생산되는 간헐적인 에너지 저장 문제가 주목받고 있다. 여러 에너지 저장 시스템(ESS) 중 CO₂ 메탄화 기술은 온실가스인 CO₂를 사용하여 에너지원으로 전환할 수 있고, 타 시스템에 비해 높은 저장 용량 및 저장 기간으로 각광받고 있다. CO₂ 메탄화 촉매로는 경제성 등의 이슈로 Ni계 촉매가 가장 많이 연구 개발되고 있으며, 낮은 온도 범위 (250-500°C)에서 높은 활성 및 선택도를 갖는다. 또한 이 반응은 발열반응으로 발열 제어에 대한 문제를 해결해야한다. 기존 고정층 방식에 비해 유동층 반응기는 높은 열전달 특성으로 반응기 내의 온도를 일정하게 유지하여 hot spot 발생을 억제할 수 있어 발열 제어에 적합한 구조를 가지며, 열전달 및 물질 전달에 유리한 장점을 가진다.

본 연구에서는, 촉매 특성 평가를 위해 기포유동층 반응기 (Diameter: 0.025m, Height: 0.35m)와 Ni/γ-Al₂O₃(Ni 70% and γ-Al₂O₃ 30%) 촉매를 사용하여 CO₂ 메탄화에 대한 기초 데이터 확보를 하고자 하였다. 반응특성은 CO₂ 전환율로 판단하였고 생성 가스의 조성은 NDIR를 통해 분석하였다. H₂/CO₂ ratio, 압력, 온도가 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였으며, 가스 유속이 빨라질수록 CO₂ 전환율은 떨어졌다. 최적의 운전 조건은 H₂/CO₂ ratio: 5, 조업온도 400°C, 조업 압력 9bar 및 3U_{mf}이었으며 이 때 CO₂ 전환율은 99.6%로 나타났다. 본 실험 촉매의 경우 장기 운전 시 촉매 성능 저하가 없이 CO₂ 전환율이 일정하게 유지하는 것을 확인하였다. Ni/γ-Al₂O₃(Ni 30%) 촉매를 사용하여 각 촉매의 특성 연구 및 최적의 methanation 운전 조건을 파악할 예정이다.

매립지 가스 내 산소제거를 위한 Pd 코팅 페로브스카이트 촉매 제조 및 특성

박유강, 이홍주, 이승환, 박정훈*
동국대학교 화학공학과

Fabrication and Characterization of Pd Coated Perovskite Catalyst for Oxygen Removal in Landfill Gas(LFG)

Yugang Park, Hongjoo Lee, Seunghwan Lee, Junghoon Park*
Dongguk University, Department of Chemical Engineering

매립지가스의 주성분인 메탄은 새로운 에너지원으로 주목 받고 있다. 이러한 매립지가스의 메탄을 배관에 공급하기 위해서 매립지가스 내의 산소, 수분 및 황화물과 같은 불순물을 제거해야 한다. 특히 배관 내에서의 폭발이나 부식을 방지하려면 매립지가스 내에 존재하는 1~2%의 산소 제거는 필수적이다. 본 연구에서는 매립지가스 내에 존재하는 산소를 제거하기 위해 La-Sr-Co-Fe 계열의 페로브스카이트 촉매를 제조했다. 또한 촉매의 성능을 향상시키기 위하여 중공사형 촉매에 무전해 도금법을 통한 Pd를 코팅했다. 제조된 페로브스카이트 촉매와 Pd 코팅된 페로브스카이트 촉매를 사용하여 실험실 규모의 메탄 산화 장치에서 실험을 수행하였으며 XRD, SEM을 통하여 촉매 분석을 수행하였다.

Na으로 개질된 ZSM-5를 이용한 제올라이트 촉매의 흡열 분해 특성에 관한 연구

신민창, 이태호¹, 김민광, 정지훈², 정병훈³, 박정훈*
동국대학교 화학공학과, ¹고려대학교 화공생명공학과, ²경기대학교 화학공학과, ³국방과학연구소

A Study on The Endothermic Decomposition Characteristics of Zeolite Catalysts Using Na-modified ZSM-5

Min Chang Shin, Tae Ho Lee¹, Min Kwang Kim, Ji Hoon Jung², Byung Hun Jeong³,
Jung Hoon Park*

Department of Chemical & Biochemical Engineering, Dongguk University

¹Department of Chemical & Biological Engineering, Korea University

²Department of Chemical Engineering, Kyonggi University

³Agency for Defense Development

초음속 추진체의 냉각을 위한 액체 탄화수소 연료의 흡열 분해 반응을 이용한 기술이 있다. 액체 탄화수소는 분해 반응 시에 주변으로부터 열을 흡수하는 특성이 있다. 하지만, 이러한 분해 반응은 매우 높은 온도에서 시작되기 때문에 사실상 냉각 효과가 크게 나타나지 않는다. 연료로부터 흡열이 나타나기 시작하는 온도를 낮추기 위해 ZSM-5 촉매를 사용하여 냉각효과를 높인 연구 사례가 있다. 하지만, ZSM-5 촉매는 표면 및 내부의 코킹 발생으로 인한 촉매 비활성화가 빠르게 나타난다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 금속이온을 도핑하거나 촉매의 기공을 메조기공으로 바꾸는 등의 다양한 연구가 진행되어 왔다. 본 연구에서는 ZSM-5 촉매를 Na으로 개질하여 H-ZSM-5와 Na-ZSM-5를 각각 다른 비율로 혼합하여 그에 따른 흡열 분해 특성을 연구하였다. XRD, FT-IR, NH₃-TPD로 제조한 촉매의 특성을 파악하고, 실험 후 생성물의 조성과 연료의 전환율을 GC-MS로 분석하였다. 촉매 종류에 따른 코킹량은 DTG-TGA 분석으로 계산하였다.

어류 양식의 온실가스 배출량 평가 및 질소, 인 흐름 분석 방법론 개발

정다윤¹, 임성린*

¹*강원대학교 건축토목환경공학부 환경공학전공

Development of Methodology for Evaluating greenhouse gas emissions and Analyzing Flow Nitrogen and Phosphorus in Aquaculture

Da Yoon Jung¹, and Seong-Rin Lim*

¹*Department of Environmental Engineering, Division of Architectural, Civil, and Environmental Engineering, Kangwon National University

어류는 2015년 기준 전 세계 인구가 소비하는 동물성 단백질의 17%를 차지하고 소비량은 점차 증가하여¹⁾ 육상 단백질원(돼지, 소, 닭)만큼의 단백질을 포함한 대체 단백질원으로써 잠재력을 갖는다. 이에 따라 다양한 양식법의 개발, 양식 가능 어종과 양식량의 증가 등의 이점과 함께 환경영향이 문제점으로 대두되고 있다. 양식과정에서 사용되는 에너지는 온실가스를 배출하고, 생사료 확보를 위한 어류의 남획은 어류 자원의 고갈과 생태계 파괴를 야기하며 양어 사료의 주 영양성분인 단백질과, 높은 성장률, 사료효율을 위한 필수 구성요소인 인이 포함된 사료의 잉여물은 부영양화를 일으킨다²⁾. 해외에서는 이에 관한 다양한 연구사례가 존재하지만 국내에서는 국가 온실가스 인벤토리 보고서에도 아직 수산부문은 포함되어 있지 않으며 양식과 관련한 온실가스 평가, 질소·인 흐름분석을 위한 방법론이 부족한 실정이다. 본 연구는 양식의 전과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 평가하고 질소, 인 흐름 분석을 통해 지속가능한 양식을 위한 방법론을 개발하고자 한다. 온실가스 배출량 산정은 LCA(Life Cycle Assessment, 전과정평가)를 이용하며, 질소·인 흐름 분석은 NUE(Nitrogen Use Efficiency, 질소 이용 효율), PUE(Phosphorus Use Efficiency, 인 이용 효율)를 이용하여 Input은 투입되는 질소, 인 Output은 양식된 어류의 질소, 인 함량으로 설정하여 정량화하고 효율을 산정한다. 도출된 결과를 양식방법별, 어종별로 비교하고 육상 단백질원과의 비교를 통해 지속가능한 양식의 방향과 대체 단백질원으로써의 잠재력을 평가한다. 방법론이 개발됨에 따라 안정된 식량확보와 환경영향을 줄인 양식의 발달에 기여 할 것으로 기대한다.

참고문헌

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

1. Food and Agriculture Organization (FAO), "THE STATE OF WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE", FAO, (2018)
2. Bosma. R., Anh. P., Potting. J., "Life cycle assessment of intensive striped catfish farming in the Mekong Delta for screening hotspots as input to environmental policy and research agenda", *Int. J. Life Cycle Asses*, 16, 903-915 (2011).

실도로 주행 시 미니버스의 미규제물질 배출 수준에 관한 연구

백승하¹, 조재호¹, 안승호¹, 명차리¹, 박심수^{1*}, 이범호², 권석주²
고려대학교 기계공학과¹, 자동차부품연구원²

A Study on the Unregulated Emissions of Minibus when Real-Driving condition on road

Sungha Baek¹, Jaeho Cho¹, Seungho Ahn¹, Cha-Lee Myung¹, Simsoo Park^{1*},
Beomho Lee², Seokjoo Kwon²

School of Mechanical engineering, Korea University¹, Korea Automotive Technology Institute²

지구온난화로 인해 전세계적으로 평균 온도가 상승하였으며, 이로 인해 각 지역에 엘니뇨 현상이 발생하고 있으며, 극지방의 빙하가 녹음으로써 생태계에도 부정적인 영향이 있어 온난화가스 (Greenhouse Gas)에 대한 관심이 높아진 상황이다. 온난화가스 배출 요인 중 하나인 내연기관 차량에 대해 CO2 기준이 강화되는 등 고효율 차량 개발에 대한 필요성이 높아지고 있는 실정으로 일반 차량뿐 아니라 버스와 같은 대형 차량에 대해서도 기준이 높아지고 있다. 대형 차량의 경우는 주로 경유를 사용하고 있으나, 최근 국내에 미세먼지 관련된 환경적인 이슈로 미세먼지저감 정책이 발효되어 노후화된 경유차량이 수도권에 진입이 금지되는 실정이다. 경유 차량에서 가장 문제가 되는 PM (Particulate matter)와 질소산화물(NOx)는 LNT, SCR 그리고 DPF와 같은 후처리 장치를 사용하는 기술을 통해 규제에 만족을 하고 있으나 실제 차량이 운행되는 도로에서 시험하는 실도로(Real Driving Emission) 시험 시의 배출물질에 대해서는 많은 연구가 되지 않은 상황이다. 그리고 차량에서 배출되는 가스 중 CO2에 비해 높은 비중으로 지구온난화에 기여하는 CH4, N2O와 같은 물질이 있고 규제되고 있지 않기 때문에 전체적인 관점에서 분석을 해야 할 필요성이 있는 동시에 다른 연료를 사용함에 따라 환경오염에 대한 개선 가능성에 대한 연구가 필요하다. 이런 상황에 맞추어 본 연구에서는 경유를 사용하는 기존의 소형 버스에 가솔린 연료를 적용하였을 시 실도로 주행 조건에서 배출되는 미규제물질의 배출수준을 비교 및 분석하여 지구온난화에 대응하기 위한 자료로서 데이터화 및 평가를 진행하였다.



그림 1. 시험 차량 외관



그림 2. 실도로 시험 장비 구성

사사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원(No. 20172010105770) 과 BK21plus 사업비 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

미니버스의 차대동력계 시험모드 별 입경 크기 별 미세먼지 배출특성 연구

안승호¹, 조재호¹, 백승하¹, 명차리¹, 박심수^{1*}, 오세두², 서동춘²
고려대학교 기계공학과¹, 자동차부품연구원²

Assessment of Size-resolved Nanoparticle Emission Characteristics from Minibus under Various Vehicle Test Modes

Seungho Ahn¹, Jaeho Cho¹, Sungha Baek¹, Cha-Lee Myung¹, Simsoo Park^{1*},
Se-Doo Oh², Dongchoon Seo²

School of Mechanical engineering, Korea University¹, Korea Automotive Technology Institute²

최근, 자동차선진국에서는 강화되는 배출가스 및 CO₂ (연비) 기준 대응을 위해 효율성 높은 자동차용 동력원 개발을 추진하고 있다. 우리나라의 경우 승용자동차에 사용되는 다양한 유종과는 달리 미니버스에 사용되는 연료는 대부분이 경유를 사용하고 있으며 강화되는 배출가스기준을 만족하기 위하여 DPF에 SCR이 결합된 후처리시스템을 적용하여 PM 및 NO_x 배출물 규제에 대응하고 있다. 경유를 사용하는 미니버스의 차대동력계 시험모드는 승용과는 달리 WHVC만을 사용하여 배출수준과 CO₂ (연비) 배출량을 인증치로 산정하고 있으며 실도로 배출계수 평가를 위해 환경부 산하 국립환경과학원에서 개발한 NIER 모드를 적용 중이다. 최신 기술이 적용된 경유엔진은 효율적인 EGR 공급과 연소계, 연료계 및 제어시스템의 고도화를 통해 엔진에서 배출되는 배기가스의 저감 외에 고성능 DPF와 SCR과 같은 후처리장치의 적용으로 PM과 NO_x 배출량은 인증모드에서 획기적으로 개선되었지만 인증모드 외 시험모드와 실제도로 주행조건에서의 미니버스에서 배출되는 유해 배기가스와 CO₂ 배출수준에 대한 연구가 미진한 실정이다. 특히 국내 수도권에서 초미의 관심사로 대두된 이동오염원에서 배출되는 미세먼지저감 정책이 발효되어 많은 관심이 집중되고 있는 상황으로 본 연구에서는 최신 기술이 적용된 미니버스의 인증모드 외, 실도로 주행패턴을 반영한 다양한 모드에서의 PM 배출량을 정량화하여 수도권과 같은 도심지 대기오염 개선을 위한 환경 정책의 근거자료를 구축하고 평가하고자 한다.



그림 1. 차대동력계 시험 사진

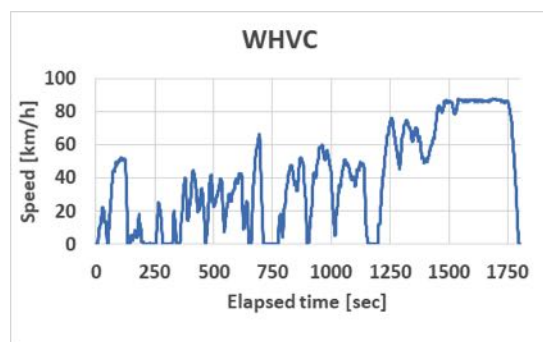


그림 2. 차대동력계 시험 모드 (WHVC)

사사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원(No. 20172010105770) 과 BK21plus 사업비 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

터보과급 LPG 직접분사 엔진 적용에 따른 승용 차량의 온실가스 및 미세먼지 배출특성 연구

조재호¹, 안승호¹, 김강진¹, 백승하¹, 명차리¹, 박심수^{1*}
고려대학교 기계공학부¹

Study on characteristics of CO₂ and nanoparticle emissions from passenger car equipped with turbocharged LPG direct injection (T-LPDi) engine

Jaeho Cho¹, Seungho Ahn¹, Kangjin Kim¹, Sungha Baek¹, Cha-Lee Myung¹, Simsoo Park¹
School of Mechanical Engineering, Korea University¹

본 연구는 가솔린직접분사(GDI) 엔진의 장점인 이산화탄소 저감 능력을 활용함과 동시에 단점인 나노입자 배출문제를 해결하기 위해서 액화석유가스(LPG)를 활용하는 방안으로 접근하였다. LPG 연료는 가솔린 대비 기화성능이 우수하여 GDI 엔진에서 나노입자가 발생하는 기재를 회피할 수 있으며, GDI 엔진을 개조한 LPG 직접분사(LPDi) 엔진을 통해 나노입자 배출수준을 매우 낮은 수준으로 개선할 수 있음을 선행연구를 통해 확인하였다. 본 연구에서는 LPG 연료의 장점을 활용하기 위해 다운사이징 터보과급 LPG 직접분사(T-LPDi) 엔진을 활용하여, 기존 GDI 엔진 대비 이산화탄소 및 나노입자 배출량 저감 가능성을 분석하였다. 동일한 차량에 각각 GDI 및 T-LPDi 엔진을 장착하여 FTP-75 및 HWFET 모드에 대한 차대동력계 시험을 수행하였다. T-LPDi 엔진 적용에 따라 이산화탄소는 20% 이상, 각각의 모드에서 나노입자는 90% 및 50% 이상 저감할 수 있음을 확인하였다.

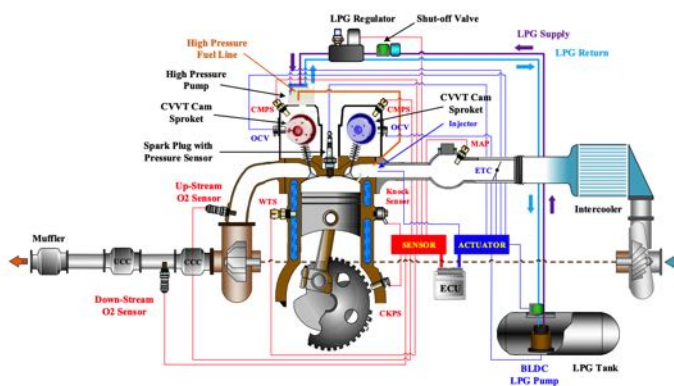


그림 1. T-LPDi 엔진 개략도

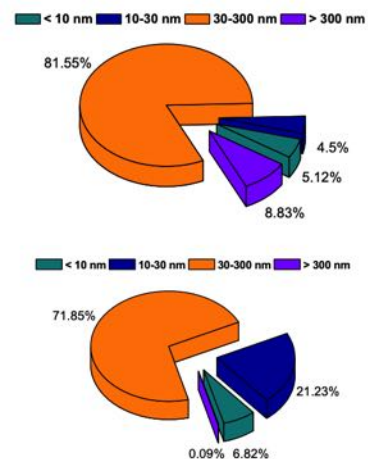


그림 2. 나노입자 비교 (상: GDI, 하: T-LPDi)

사사

본 연구는 친환경자동차기술개발사업단 및 BK21plus 사업비 지원과 현대자동차의 지원으로 수행되었습니다.

새로운 기상 광촉매 반응기 개발과 이를 이용한 이산화탄소 전환을 통한 재생연료 생산 연구

이치현¹, 이동훈¹, 임동하^{1*}

¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹

Development of a New Gas-phase Photocatalytic Reactor for CO₂ conversion to renewable fuels

Chi-Hyeon Lee¹, Dong Hun Lee¹, Dong-Ha Lim^{1*}

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

산업혁명 이후 대기 중 이산화탄소의 농도는 기하급수적으로 증가하고 있으며, 이산화탄소는 지구온난화와 기후변화를 야기시키는 주요 온실가스로 알려져 있다. 따라서 대기 중으로 배출되는 이산화탄소의 양을 줄이기 위한 많은 연구들이 수행되어왔다.

Inoue 연구그룹이 광촉매 반응을 통해 이산화탄소를 일산화탄소, 메탄, 메탄올, 포름알데히드, 그리고 포름산 등과 같은 탄화수소로 전환이 가능하다는 연구결과를 발표한 이후, 많은 연구자들은 효율적인 이산화탄소 전환이 가능한 광촉매를 개발하려고 노력하고 있다.

대표적인 광촉매 물질인 이산화티타늄 (TiO₂)은 밴드갭 에너지가 3.0~3.2 eV로, 높은 에너지를 요구하는 자외선 조사 하에서만 활성이 가능하다는 단점이 있다. 이러한 TiO₂의 문제를 해결하기 위해서 금속 또는 비금속을 TiO₂ 격자 내에 도핑하거나 다른 반도체 물질과 합성하여 밴드갭 에너지를 낮추는 기술들이 사용되어왔다. 그러나 이를 위해서는 귀금속과 같은 고가의 도핑 또는 반도체 물질을 사용해야 하므로 생산 단가가 높아진다는 문제가 있다.

페로브스카이트 물질은 가시광선 조사 하에서도 활성이 가능한 대표적인 광촉매 물질이다. 본 연구그룹의 이전 연구에서는 Aurivillius-phase의 PbBi₂Nb₂O₉ (PBNO) 페로브스카이트 광촉매를 간단한 solid-state method로 합성하였고, 이를 대표적인 수증 염료물질인 메틸렌블루 제거에 활용하였다. 그 결과, 가시광선 조사 하에서도 PBNO 페로브스카이트 광촉매는 89% 이상의 효과적인 메틸렌블루 제거 효율을 나타냈다.

본 연구에서는 이전 연구를 통해 가시광선 조사 하에서 효과적인 광촉매 활성을 나타낸 PBNO 페로브스카이트 광촉매를 이용하여 기상 이산화탄소를 메탄, 일산화탄소, 그리고 수소와 같은 재생연료로 전환하기 위해서 새로운 광촉매 반응기를 개발하였다. 새로운 광촉매 반응기는 가시광선이 조사되는 top과 bottom부분을 석영재질로 제작하였고, 반응기 내부는 이산화탄소의 체류시간을 증가시키기 위해서 다수의 유리판을 삽입하였고, 스프레이 코팅 기법을 이용하여 유리판 표면에 PBNO 페로브스카이트 광촉매를 코팅하였다.

SEM/EDX, BET, XRD, TEM, UV-Vis와 같은 분석기기를 이용하여 합성한 광촉매의 물리화학적 특성을 분석하였으며, 광촉매 사용량과 이산화탄소 체류시간 등의 변화에 따른 광촉매 반응에 의한 이산화탄소 전환 효율을 비교 분석하였다.

참고문헌

1. Kim, H. G., Hwang D. W., and Lee J. S., "An Undoped, Single-Phase Oxide Photocatalyst Working under Visible Light", *J. Am. Chem. Soc.*, **126**, 8912-8913 (2004).
2. Pham T.- D., and Lee B. K., "Novel photocatalytic activity of Cu@V co-doped TiO₂/PU for CO₂ reduction with H₂O vapor to produce solar fuels under visible light", *J. Catal.*, **345**, 87-95 (2017).

플라즈마 스크리버 적용을 위한 아크플라즈마 토치의 과불화합물 분해 특성

황상연, 엄성현, 차우병¹
고등기술연구원, ¹(주)플라즈마텍

Decomposition characteristics of perfluoro-compounds using arc plasma torch for plasma scrubber application

Sang Yeon Hwang, Sung Hyun Uhm, Woo Byoung Cha¹
Institute for Advanced Engineering, ¹Plasmatech. Inc

최근 급격한 산업발달과 더불어 온실가스 배출량이 증가하고 있으며 국가기간산업인 반도체 산업 공정에서 일반적으로 사용되는 CF₄, C₂F₆, C₃F₈, C₄F₁₀, SF₆, NF₃ 등 6종의 PFCs 가스의 경우 이산화탄소에 비해 지구상에서 대기 중 체류기간이 수백에서 수만 년으로 매우 길고 지구 복사열의 방출을 막아 지구 온난화 현상을 일으키게 되므로 대기 중에 미치는 영향은 매우 크다는 것을 알 수 있으며, 반드시 저감하여야 할 물질 중 하나이다. 특히, 불소계 온실가스 배출은 2010년 기준으로 전 세계에서 Non-CO₂ 온실가스 중 약 6%인 7억톤 CO₂ Eq. 정도가 배출되었고, Non-CO₂ 온실가스 예상 배출에 대한 미국 EPA 분석 자료에 의하면 2030년까지 약 300% 이상 배출량이 증가할 것으로 예측하고 있다. 그러나 기존 열분해, 연소, 촉매를 이용한 PFCs 분해 기술의 경우 실용화에 근접해 있는 기술로 판단되나 2차부산물인 HF, HCl, NO_x, SO_x 생성 문제, 열효율에 따른 성능 저하, 촉매의 내구성 및 교체 문제 등으로 인해 최근에는 non-thermal 및 thermal 플라즈마 분해기술이 주로 사용되고 있고 플라즈마 분해법의 경우 CF₄와 같이 화학적으로 매우 안정한 PFCs의 분해에 유리한 기술로 평가되고 있다. 본 연구에서는 아크를 이용한 고온의 열 플라즈마를 활용하여 난분해성 PFCs를 제거하고자 비이송식 플라즈마 토치를 개발 하였으며, 플라즈마 발생 전류-전압 변화 등 조건에 따른 플라즈마의 특성을 관찰하고 실험을 통한 PFCs의 분해 특성을 확인하였다.

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KEPTEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No.20172020109060)

참고문헌

1. Dong-Wha Park, "CF₄ Decomposition by Thermal Plasma Processing", Korean J. Chem. Eng., 20(3), 476-481, (2003)
2. Tomoyuki Kuroki, "CF₄ Decomposition Using Inductively Coupled Plasma: Effect of Power Frequency", IEEE transactions on industry applications, 41(1), 215-220, (2005).

Exploring Step-by-Step Assembly of Nanoparticle: Cytochrome Biohybrid Photoanodes

Ee Taek Hwang^{1*}

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

Coupling light-harvesting semiconducting nanoparticles (NPs) with redox enzymes has been shown to create artificial photosynthetic systems that hold promise for the synthesis of solar fuels. High quantum yields require efficient electron transfer from the nanoparticle to the redox protein, a property that can be difficult to control. Here, we have compared binding and electron transfer between dye-sensitized TiO₂ nanocrystals or CdS quantum dots and two decaheme cytochromes on photoanodes. The effect of NP surface chemistry was assessed by preparing NPs capped with amine or carboxylic acid functionalities. For the TiO₂ nanocrystals, binding to the cytochromes was optimal when capped with a carboxylic acid ligand, whereas for the CdS QDs, better adhesion was observed for amine capped ligand shells. When using TiO₂ nanocrystals, dyesensitized with a phosphonated bipyridine Ru(II) dye, photocurrents are observed that are dependent on the redox state of the decaheme, confirming that electrons are transferred from the TiO₂ nanocrystals to the surface via the decaheme conduit. In contrast, when CdS NPs are used, photocurrents are not dependent on the redox state of the decaheme, consistent with a model in which electron transfer from CdS to the photoanode bypasses the decaheme protein. These results illustrate that although the organic shell of NPs nanoparticles crucially affects coupling with proteinaceous material, the coupling can be difficult to predict or engineer photosystems

참고문헌

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

Membrane Bound Protein Inserted into Vesicle for Artificial System

Ee Taek Hwang^{1*}

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

There is a growing interest in the preparation of lipid vesicles able to encapsulate labile biological substances such as proteins, peptides or nucleic acids for the purposes of pharmaceutical, cosmetic and chemical applications. Here, we aimed to design this by coupling membrane bound protein with hydrophilic small molecule by reconstitution and sequential rapid dilution. The MtrCAB membrane bound protein inserted within the bilayers of liposomes that have encapsulated small molecule reactive red 120 (RR120) in order to exploit the electron transfer through MtrCAB in a compartmentalised fashion. The encapsulated molecule reduction via MtrCAB protein is confirmed by absorbance spectroscopy and spectroelectrochemistry. In other words, in these hybrid systems, creating artificial photosynthetic system in which a redox protein is used to mimic the efficient charge separation found in biological photosystems. Furthermore, the small molecule encapsulated proteoliposome platform inspire a new perspective for investigations in various cosmetic, biomedical application.

참고문헌

1. Stikane, Hwang et al. "Towards Compartmentalized Photocatalysis: Multiheme Proteins as Transmembrane Molecular Electron Conduits " *Faraday Discuss* " In press

포스터세션 II

3월 28일(목) 14:40 ~ 15:40
경주 The-K 호텔, 거문고C

임펄스 고주파 전원이 적용된 하전식 공기 청정 기술

이재호¹, 박진호², 차우병³
¹플라즈마텍, ²플라즈마텍, ³플라즈마텍

A charged air cleaning technology with impulse high-frequency power supply

Jae Ho Lee¹, Jin Ho Park², and Woo Byoung Cha³
¹Plasmatech CO., LTD., ²Plasmatech CO., LTD., and ³Plasmatech CO., LTD

환경부에 따르면 미세먼지 및 초미세먼지의 경우 매년 증가하고 있는 실정이며 최근 4년 동안 수도권의 미세먼지 나쁨 이상의 평균일수가 3일중 1일이었다. 미세먼지는 WHO에서 발암물질로 지정될 만큼 심각한 대기오염 물질중 하나이며 이에 대한 적합하고 유효성있는 대기질을 개선할 수 있는 공기청정기술이 요구되고 있다. 현재 제안되고 있는 공기 청정 기술로는 필터식, 전기 집진식, 플라즈마식, 습식, 광촉매식 등이 있으나 각각 장단점을 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 임펄스 고주파 전원 장치를 활용하여 전기 집진식의 공기 청정 기술을 개발하는 것이 목적이며, 임펄스 고주파 전원 장치를 활용하는 이유는 미세먼지 입자에 순간적으로 피크 전압을 인가하여 집진 성능을 향상하기 위함이고 다른 이유는 수분 환경에서도 전기 집진식의 안정성을 유지하기 위해서이다. 전기 집진식의 전체적인 개념은 하전방식과 집진방식이 결합된 2단 집진 형태이며 하전부는 일반적인 DC로 양방전, 집진부는 25 kHz의 임펄스 고주파 특성을 가지는 양방전의 전원 기술을 적용하였다. 본 연구로 수행된 공기 청정 기술의 성능을 평가하기 위해 수분 유입환경에서 초미세 먼지(PM_{2.5}) 제거 성능과 오존(O₃) 배출량을 측정한 결과 실온조건에서 초미세 먼지 평균 유입농도 286.4 µg/m³일 때 평균 배출농도 10.47 µg/m³, 습식상태에서 오존 11.33 ppb 배출,장시간 운전(8시간)을 통해 안정성을 확인하였다.

참고문헌

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

1. Junhong Chen and Jane H. Davidson, Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol. 22, No. 4, December (2002)

스피넬 구조의 금속산화물 촉매가 CO₂의 메탄화에 미치는 영향

권병찬, 박노국*, 이태진*, 이도연¹, 류호정¹, 서명원¹
 영남대학교 화학공학부, ¹한국에너지기술연구원

A Study on the Effect of Metal Oxide Catalyst with Spinel Structure on CO₂ Methanation

Byung Chan Kwon, No-Kuk Park*, Tae Jin Lee*, Doyeon Lee¹, Ho-Jung Ryu¹, Myung Won Seo¹
 School of Chemical Engineering, Yeungnam University, ¹Korea Institute Energy Research
 (nokukpark@ynu.ac.kr, tjlee@ynu.ac.kr)

지구 온난화를 방지하기 위해서는 6대 온실가스 중 발생량이 가장 많은 CO₂의 발생을 줄이는 것이 필수적이다. 이산화탄소의 경우 따로 분리 포집하거나 가용한 자원으로 변환시켜 사용되어야 된다.

본 연구에서는 스피넬 구조를 가진 복합 금속 산화물이 촉매 반응에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 이에 NiAl₂O₄, MgAl₂O₄ 구조를 가진 촉매를 Ni/Al 및 Mg/Al 양론상의 몰비로 공침법으로 합성한 후, 1000 °C에서 소성하여 AB₂O₄ 형태의 스피넬 구조의 촉매를 제조하였다. 제조된 촉매는 XRD 분석으로 스피넬 구조의 생성을 확인하였으며, EDS 분석으로 Ni, Mg와 Al의 구성비를 확인하였다. 또한 BET 분석으로 제조된 촉매의 비표면적 및 기공도를 확인하였다. 분석 결과 두 촉매 모두 스피넬 구조가 형성되었음이 확인되었다. 제조된 두 종의 촉매를 이용하여 이산화탄소의 메탄화에 미치는 영향을 알아보려고 250~500 °C의 온도에서 반응성 테스트가 수행되었다.

NiAl₂O₄, MgAl₂O₄ 촉매 모두 CO₂의 전환율은 반응온도의 증가에 따라 증가함을 보였으며, NiAl₂O₄의 경우 MgAl₂O₄보다 온도에 따른 전환율 상승이 증가함을 확인하였다. 한편 메탄 선택도의 경우 MgAl₂O₄를 촉매로 사용했을 때 메탄이 생성되지 않았으며 CO 선택도 100%임을 보였다. 그러나 NiAl₂O₄를 촉매로 사용한 경우 350~500 °C에서 메탄의 선택도는 CO의 선택도보다 높은 값을 가졌다. 이는 NiAl₂O₄의 활성점에서 이산화탄소가 해리된 후 Ni⁰ 사이트에서 이산화탄소-수소의 메탄화 반응이 일어나는 것으로 추정된다.

참고문헌

1. H. Muroyama, Y. Tsuda, T. Asakoshi, H. Masitah, T. Okanishi, T. Matsui, K. Eguchi, J. Catalysis, 343 (2016) 178

직화구이 악취제거용 불용성 전극 및 산화제를 통한 암모니아의 직간접 제거 특성

양우영¹, 이진영¹, 이태호², 류희욱¹
 송실대학교 화학공학과¹, 송실대학교 융합연구원²

The Characteristics of Direct and Indirect Removal Through Insoluble Electrodes and Oxidative Media for Odor Removal of Grilling

Woo Young Yang¹, Jin Young Lee¹, Tae Ho Lee², Hee Wook Ryu¹
¹Soongsil University, ²Soongsil Institute of Fusion Technology

2016년 기준으로 전국의 음식점 사업체 수는 약 483,000 여 곳이며, 그 중, 서울, 경기, 인천의 음식점 사업체 수가 약 205,000 여 곳으로 약 42 %를 차지할 정도로 수도권에 절반 가량이 집중 되어 있는 것을 확인할 수 있다.¹ 이들 대부분 음식점은 조리 시 불을 사용하게 되는데, 이때 배출되는 물질들은 다양한 악취를 발생시키게 된다. 또한 음식점은 주로 거주 밀집지역에 위치하여 있기 때문에, 2017년 기준 전체 생활악취 민원의 21%를 차지할 정도로 증가하는 추세에 있다. 특히, 고기를 불로 가열하는 직화구이는 더욱 심한 악취를 유발할 뿐만 아니라 미세먼지로 인한 추가적인 오염을 유발하기 때문에, 오염물질의 제거에 대한 체계적인 연구가 필요하다.²

이에 본 연구에서는 직화구이 시 발생하는 여러 물질들 중에, 악취를 유발하는 대표물질로 암모니아를 선정하여, 전극 및 산화제를 이용하여 암모니아의 제거 특성을 확인해보고자 하였다.

이전 연구를 통해 전류밀도 및 불용성 전극, 산화제의 농도 등에 따른 대표적 염소산화제인 OCI^- 의 생성특성에 대해 알아보았으며, 염소산화제를 이용한 전기산화를 통해 암모늄 이온이 제거된다는 사실을 확인할 수 있었다.

이번 연구에서는 암모니아수의 직간접 분해에 산화제와 전류가 미치는 영향에 대해 확인해 보았다. 미리 생산한 OCI^- 산화제에 전류를 투입하지 않은 상태에서, 암모니아수 300 ppm을 투입하자, 전극에 흡착된 양을 제외하고 약 60분 동안 약 6 %가 감소하는데 그쳤다. 반면, 약 0.01 A/cm^2 의 전류를 투입하자 약 30분 후에 100 % 암모니아가 제거된 것을 확인하였다.

또한 전자매개체의 투입이 없는 직접산화의 가능성을 알아보기 위해 직접산화 실험을 수행하였다. CV 곡선 및 LSV 곡선의 결과를 보면 산화제 OCI^- 이 없는 상태에서는, 암모니아를 투입한 후 전류를 공급하여도 암모니아 산화피크가 발생하지 않아, 전류의 공급만으로는 암모니아가 거의 산화되지 않는 사실을 재확인할 수 있었다. 이때, Ion chromatography를 이용하여 암모늄 이온이 거의 제거되지 않는 결과를 동시에 확인하였다.

이러한 결과를 통해, 암모니아 수분해에는 OCI^- 를 이용한 간접 분해와 전류에 의한 직접산화의 복합작용으로 이루어진다는 점을 확인할 수 있었다.

감사의 글

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

참고문헌

- 통계청, 시도/객석수 규모별 음식점업 현황
- 환경부, 제 2차 악취방지종합시책(2019~2028)

Evaluation of MIL-101(Cr) at optimum conditions for multi-cycles ammonia adsorption

Haroon Ur Rasheed, Ji Hye Park, Gwang Hui Jo, Hyung Chul Yoon¹, Kwang Bok Yi^{2,*}

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

¹Korea Institute of Energy Research,

²Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University

*cosy32@cnu.ac.kr

Ammonia is commercially produced by well-known Haber-Bosch process, but it is an energy intensive process. For economically viable process, a number of new processes are under development. Among these, the electrochemical synthesis of ammonia is considered as a future technology that can alternate the Haber-Bosch process. However, the electrochemical synthesis of ammonia produces highly diluted ammonia. Nevertheless, further purification may bring a way for commercialization of this process. Thus, development of an adsorbent for ammonia enrichment could be a feasible option. Among various microporous adsorbents including carbons, zeolites and MOFs, MIL-101(Cr) exhibits great prospects for the adsorption of ammonia due to their higher surface area and the rich diversities in their structures and properties. In this work, ammonia adsorption on MIL-101(Cr) was performed at ambient conditions with different pre-treatment temperatures. Ammonia desorption was also investigated at different temperatures and optimum conditions for recyclable ammonia uptake with high capacity were identified. Breakthrough test reveals that ammonia adsorption on MIL-101(Cr) is dependent on pretreatment temperature and increasing that temperature up to 270 °C, increases ammonia uptake. MIL-101(Cr) was synthesized by hydrothermal process and characterized using BET, TGA, XRD, SEM and NH₃-TPD.

암모니아 농축을 위한 AC-Mg 흡착제의 흡착 및 탈착 특성

박지혜, 조광희, Haroon ur Rasheed, 윤형철¹, 이광복^{2,*}
 충남대학교 에너지과학기술 대학원, ¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교 화학공학교육과

Adsorption and Desorption Characteristics of AC-Mg adsorbents for Ammonia Concentration

Ji Hye Park, Gwang Hui Jo, Haroon ur Rasheed, Hyung Chul Yoon¹, Kwang bok Yi^{2,*}
 Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University,
¹Korea Institute of Energy Research,
²Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University

대부분의 암모니아는 Haber-Bosch 공정을 통해 생산되며 철 또는 루테튬 촉매를 기반으로 하여 매우 높은 온도 및 압력 조건에서 질소와 수소의 높은 순도에서 반응한다. 이 공정은 가혹한 운전조건 및 지구온난화의 주범인 이산화탄소를 배출하는 단점을 가지고 있어 더욱 친환경적인 공정 개발이 필요하다. 암모니아 합성법 중 전기화학적 암모니아 합성법은 최근 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 상압 및 비교적 낮은 온도의 조건에서 물을 사용하여 질소 분위기에서 암모니아를 합성할 수 있다. 하지만 이 합성법은 암모니아가 매우 낮은 농도로 합성되는 단점을 가지고 있다. 공정 및 소재 개발로 전환율을 높여 암모니아의 생산 농도를 높이는 방법도 중요하지만 흡착제를 사용하여 흡착 및 탈착을 반복해 고농축화 하는 방법도 하나의 대안이 될 수 있다. 흡착제로는 활성탄, 제올라이트, 금속유기구조체 등이 있으며 그 중 활성탄은 저렴하고 양이 풍부하여 다양한 기체의 흡착에 널리 사용된다. 본 연구에서는 흡착제로 활성탄을 사용하였으며 활성탄에 마그네슘 전구체를 사용하여 마그네슘 침착 활성탄(AC-Mg)을 제조하였다. 마그네슘의 함량을 1 - 20 wt%로 침착하였으며 함량에 따른 특성은 TGA, BET, SEM, EDS, Mapping, NH₃-TPD 등을 통해 분석되었다. 암모니아의 흡착 및 탈착은 파과실험을 통해 수행되었으며 비교적 성능이 우수한 AC-Mg 흡착제를 사용하여 30 cycles 반복 파과실험을 통해 입자의 열적 안정성을 확인하였다.

히트펌프를 활용한 이산화탄소 압축시스템 연구

이범준¹, 노철우¹, 이길봉¹, 조종재¹, 신형기¹, 조준현¹, 최봉수¹, 나호상¹, 백영진^{1*}
¹한국에너지기술연구원

Study of CO₂ pressurization system by using Heat Pump

Beomjoon Lee¹, Cheolwoo Roh¹, Gilbong Lee¹, Jongjae Cho¹, Hyungki Shin¹, Junhyun Cho¹,
Bongsu Choi¹, Ho-sang Ra¹ and Young-Jin Baik^{1*}
¹Korea Institute of Energy Research

Recently Carbon Capture and Storage (CCS) process has been widely investigated. The CO₂ pressurization process of the CCS process is essential for the CO₂ storage. The initial CO₂ pressure of the CO₂ capture process is relatively low (1-3 bar) while the final CO₂ storage pressure is typically over 100 bar. Multi stage compression for the target CO₂ pressure consumes a substantial amount of generated electric power. Therefore, this study suggests the CO₂ compression system for reducing the compression power. This system first liquefy the CO₂ and pump it by using heat pump. The thermodynamic analysis for whole system is conducted to investigate the most influential parameters for the compressor, pump and heat pump.

참고문헌

1. Leung, D. Y. C., Caramanna, G., and Maroto-Valer M. M., "An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 426-443 (2014).

초임계 이산화탄소 발전시스템 개발 및 운전의 기술적 이슈

조준현¹, 최봉수¹, 신형기¹, 조종재¹, 이범준¹, 노철우¹, 이길봉¹, 나호상¹, 백영진^{1*}
¹한국에너지기술연구원 열에너지시스템연구실

Technical issues on development and operation of the supercritical carbon dioxide power cycle

Junhyun Cho¹, Bongsu Choi, Hyungki Shin, Jongjae Cho, Beomjoon Lee, Chulwoo Roh, Gilbong Lee, Ho-Sang Ra and Young-Jin Baik^{1*}

¹Korea Institute of Energy Research, Thermal Energy Systems Laboratory

KIER has developed several supercritical carbon dioxide power cycle test loops from 2013. Various types of turbomachinery and test loops were designed and operated under supercritical state of the carbon dioxide. High pressure condition at the turbine outlet causes key technical issues on the turbomachinery. Because large amount of axial force was imposed on the turbine/compressor wheel, bearings and seals have operation limits. In addition, leakage flow through the rotating machine occurs at high pressure difference condition, so additional makeup system which has a high compression ratio is necessary. In this study, technical issues on development and operation of the supercritical carbon dioxide power cycle test loops with turbomachinery, and lesson learns from our development experience are presented.

Acknowledgement

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업 (B9-2432)을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다.

kW급 초임계 이산화탄소 발전 시스템 시험장치 300°C 예비운전 연구

최봉수^{1*}, 조준현¹, 신형기¹, 조종재¹, 나호상¹, 노철우¹, 이범준¹, 이길봉¹, 왕은석¹, 백영진¹
¹한국에너지기술연구원

Study on preliminary operation of the kW-class supercritical carbon dioxide power cycle test loop at 300°C

Bongsu Choi^{1*}, Junhyun Cho¹, Hyung-ki Shin¹, Jongjae Cho¹, Ho-Sang Ra¹, Chulwoo Roh¹,
Beomjoon Lee¹, Gilbong Lee¹, Eunseok Wang¹ and Young-Jin Baik¹
¹Korea Institute of Energy Research

The supercritical carbon dioxide (sCO₂) power cycle is attracting considerable interest due to its high efficiency, small footprint, and dry-cooling capability. The relatively high efficiency compared to the steam Rankine cycle can contribute to greenhouse gases reduction. The sCO₂ cycle is a kind of Brayton cycle operating with supercritical carbon dioxide as a working fluid and its operating temperature and pressure conditions are above the critical point of CO₂. Since 2013, Korea Institute of Energy Research has developed a total of three sCO₂ test loops as intermediate steps for a hundreds of kWe-class test loop with maximum operating conditions of 130bar and 500°C. In 2014, a feasibility study was performed with the first 10kWe test loop. Then, in 2017, an average power of 10kWe was successfully generated with a tens of kWe-class test loop at 200°C. After that, for fundamental study of the sCO₂ cycle at 500°C, a kWe-class test loop, which has a relatively low power amount, was designed and built. In this study, the kWe-class test loop and its main components are introduced and results of a preliminary test at 300°C are discussed.

Acknowledgement

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업 (B9-2432)을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다.

발전플랜트 수자원 이용 절약을 위한 증발수분 회수 쿨링타워의 성능 및 경제성 분석 연구

노철우*, 박상준, 이길봉, 이범준, 왕은석, 최봉수, 조준현, 조종재, 신형기, 백영진
한국에너지기술연구원

Performance and economical analysis of the water recovery cooling towers to reduce water usage in power plants

Chulwoo Roh, Sang Jun Park, Gilbong Lee, Beomjoon Lee, Eunseok Wang, Bongsoo Choi,
Junhyun Cho, Jongjae Cho, Hyunki Shin and Young Jin Baek
Korea Institute of Energy Research

An open circuit or evaporative cooling tower is a heat rejection device that rejects heat to the atmosphere by cooling a water stream to a lower temperature. The tower takes the heat from the water stream and rejects it to the air stream and cooling is partly achieved through the evaporation of a portion of the water. Cooling towers are effective heat rejection devices however they are responsible for the use of large volumes of, in most cases, potable water and can account for up to half of a buildings' or a site's total water usage. With the increasing cost of water and increasing concern regarding its future scarcity, cooling tower water consumption must be well managed and reduced where possible. In this study, a heat pump dehumidifier is utilized to recover the water from the exhaust air stream of a cooling tower. About 30% of water vapor was condensed and collected by the heat pump dehumidifier. By using the heat pump dehumidifier, the exhaust air flow from the cooling tower was heated, so a white plume was not generated even when the outside temperature is in 0°C with the relative humidity of 95%.

참고문헌

- Panjeshahi, M. H., et al. "Optimum design of cooling water systems for energy and water conservation," *Chemical Engineering Research and Design* **87**(2), 2009, pp. 200-209.
- Yoo, S. Y., Kim, J. H. and Han, K. H., "Thermal performance analysis of heat exchanger for closed wet cooling tower using heat and mass transfer analogy," *Journal of mechanical science and technology* **24**(4), 2010, pp. 893-898.
- Licina, Dusan, and Sekhar, C.. "Energy and water conservation from air handling unit condensate in hot and humid climates," *Energy and Buildings* **45**, 2012, pp. 257-263.

바나듐 전해액 연속 생산용 Pt/C 촉매반응기의 장기간 내구성에 관한 연구

한재윤^{1,3}, 김창현^{1,3}, 허지윤², 김희탁², 전명석³, 이관영¹, 이신근^{3*}
¹고려대학교, ²한국과학기술원, ³한국에너지기술연구원

A study on long-term stability of the Pt/C catalytic reactor for continuous process of the vanadium electrolyte production

Jae-Yun Han^{1,3}, Chang-Hyun Kim^{1,3}, Ji-Yun Heo², Hee-Tak Kim², Myoung-Seok Jeon³,
 Kwan-Young Lee¹, Shin-Kun Ryi^{3*}

¹Korea University, ²Korea Advanced Institute of Science and Technology, ³Korea Institute of Energy Research

The vanadium redox flow battery (VRFB) is suitable replacement of the high capacity ESS (Energy Storage System) which has better high charge capacity than other flow batteries, and has a theoretically long lifetime. However, cost amount of the vanadium electrolyte accounts for above 50% in the VRFB system^[1]. So, low cost and a high efficient process of the vanadium electrolyte is highly required on the ESS industry. Two processes were developed for production of the vanadium electrolyte: the electrolysis and the metal reducing process. However, these processes have disadvantages due to unnecessary production of V⁵⁺ solution and lower overall efficiency of system according to metal ion impurities, respectively. In this study, we try to cost effective production process of the vanadium electrolyte using the self-designed Pt/C catalytic reactor. This process is can be listed as follows: 1) Preparing the 1.55~1.75M V⁴⁺ solution 2) The V⁴⁺ solution was injected into the self-designed Pt/C catalytic reactor by peristaltic pump (1~10L/h). 3) Analysis of electrovalence using the UV-VIS. It can be observed this study that catalytic activation of the Pt/C catalytic reactor is maintained conversion during 30 h. As a result, we can suggest continuous flow reactor model for production of the V^{3.5+} electrolyte based on Pt/C catalytic reduction process.

References

1. M. Zhang, M. Moore, J. S. Watson, T. A. Zawodzinski, and R. M. Counce. "Capital Cost Sensitivity Analysis of an All-Vanadium Redox-Flow Battery" *Journal of the Electrochemical Society*, **159**(8) A1183-A1188 (2012).

Acknowledgement

This work was supported by the Energy Storage System of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Trade, Industry, and Energy (No. 20172420108480).

수소 생산 및 이산화탄소 포집을 위한 팔라듐 복합 분리막 반응기를 이용한 메탄습윤개질반응에 관한 연구

김창현^{1,3}, 한재윤^{1,3}, 임한권², 이관영¹, 이신근^{3*}
¹고려대학교, ²울산과학기술원, ³한국에너지기술연구원

Steam methane reforming using Pd composite membrane reactor for hydrogen production and carbon dioxide capture

Chang-Hyun Kim^{1,3}, Jae-Yun Han^{1,3}, Hankwon Lim², Kwan-Young Lee¹, Shin-Kun Ryi^{3*}
¹Korea University, ²UNIST, ³KIER

Hydrogen is one of the alternative energy sources because of its advantages, such as having economical and environmentally friendly energy carrier. Hydrogen is mainly produced by steam methane reforming (SMR) due to its high yield per methane feed. In a conventional SMR process, methane and steam react on the reforming catalysts to yield a syngas containing H₂, CO₂, CO, and CH₄ at a high temperature (>1123 K) and a high pressure (> 3.5 MPa) [1]. The Pd composite membrane is expected to play a key role in hydrogen production and carbon dioxide capture. Since the Pd composite membrane can remove the hydrogen from the products and, significantly, lead the shift of the thermodynamic equilibrium of the reaction towards the products according to Le Chatelier's principle. In particular, when combining the membrane reactor with the CO₂ sorbent, the multifunctional reactor allows to maximizing the reaction efficiency. The purpose of this paper is to introduce a concept of the sorption enhance membrane reactor. In this study, the Pd composite membrane was prepared on a tubular porous Inconel support using blowing paste coating and electroless plating. The tubular porous Inconel support has a diameter of 12.7 mm, length of 450 mm, and surface area: 175 cm². To produce hydrogen using the Pd composite membrane, the SMR test was carried out using vacuum pump at a temperature of 723 K, steam to carbon of 3, and gas hourly space velocity of 1200 h⁻¹. The obtained methane conversion and hydrogen production rate were 65.3 % and 0.2 Nm³h⁻¹ at an operating pressure of 557 kPa, respectively. The produced hydrogen purity was 95.7% in the permeate stream. The produced retentate stream was composed of 15.1 vol%H₂, 0.03 vol%CO, 1.47 vol%CH₄, and 2.8 vol% CO₂. According to simulation study using Aspen HYSYS, when 80% of CO₂ was recovered by CO₂ adsorbent, the hydrogen yield was increased by 15%, and there is no CO₂ emission. The proposed sorption enhanced membrane reactor is useful for the simultaneous hydrogen production and carbon dioxide capture.

Reference

1. Nikolaidis, P., and Poullikkas, A., "A comparative overview of hydrogen production processes, renewable and sustainable energy review,". *Renew. Sustain. Energy Rev.*, **67**, 597-611 (2017).

Acknowledgement

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP), and received financial resources from the Ministry of Trade, Industry & Energy, Republic of Korea (No. 2018020201260).

순산소 순환유동층 연소에서의 요소수 활용 NO_x 저감 기술

최영곤¹, 길상인, 이정규, 전민규, 윤진한^{1*}
¹한국기계연구원

De-NO_x Control Technology Using Urea Solution on Oxy-Combustion Process

Young Kon Choi¹, Sang-In Keel, Jung Kyu Lee, Min Kyu Jeon, Jin-Han Yun^{1*}
¹Dept. of Environmental Machinery, Korea Institute of Machinery & Materials

순산소 연소 기술은 CO₂ 분리와 포집을 용이하게 하는 환경을 제공하므로 화력 발전소에 적용할 수 있는 유망한 온실 가스 감축 기술로 평가된다. 순산소 연소로부터 배출되는 NO_x는 공기 연소에 비해 최대 80%까지 적은 것으로 알려져 있으며[1], 이는 순산소 연소 특성상 공정에서 N₂가 배제되어 발생하는 NO_x가 주로 fuel-NO_x이기 때문이다. 하지만 순산소 연소 특성상 60~70%의 연소가스 재순환으로 제거되지 않은 질소산화물이 연소장 내로 유입되는 경우 질소산화물이 농축되는 현상이 발생 할 수 있다 [2]. 따라서 연소가스 내 오염물질의 저감기술은 순산소 연소기술에서 매우 중요하다.

본 연구는 순산소 순환유동층 공정에서 발생하는 NO_x의 거동을 파악함과 동시에 요소수를 활용하여 효과적으로 오염물질 저감하기 위해 수행되었다. 연구에 활용된 본 연구에 활용된 Oxy-CFBC 공정설비는 연료 및 첨가제 주입 장치, 스크루 피더, 순환유동층 연소로, 사이클론, SCR 반응기, 백 필터, 연소가스 응축기, 연소가스 분석기, 압축기, 유인 송풍기로 구성되어 있다. 요소수는 반응기 상부와 SCR 반응기 전단의 배관에서 각각 주입되며, 반응을 높이기 위해 열분해시켜 가스상으로 투입하였다. 또한 사이클론과 SCR 반응기 사이의 배관에 주입하기도 하였다. 본 연구를 통해 온도조건 변화와 요소수 투입량에 따라 연소가스 내 NO의 농도에 미치는 영향을 관찰할 수 있었다.

연구결과 연소가스 조성은 연소온도와 관계없이 비교적 일정한 것으로 나타났으며, 이는 비교적 저온(~820 °C)의 연소조건과는 관계없이 미분탄의 안정적인 완전연소반응이 이루어졌기 때문으로 판단된다. 또한 SCR법에서는 NH₃/NO 비 ~2의 요소수 투입량으로도 충분한 NO 저감 효과를 달성할 수 있었으나, SNCR법은 NH₃/NO 비 ~3의 요소수투입량이 필요한 것으로 나타났다. SCR법의 NO 저감 효율은 약 86%이고, SNCR법의 저감 효율은 약 66%로 산정되었다. 특히, SNCR법을 활용한 일부 실험에서는 하이브리드 타입의 NO_x 저감기술을 도입하였다. 하이브리드 타입의 NO_x 저감기술은 일부 미반응 NH₃가 연소가스와 함께 배출되는 NH₃ slip 현상을 의도적으로 발생시켜 유출된 NH₃가 SCR 반응기에서 추가적으로 연소가스 내 NO를 저감하는 기술이다. 이 하이브리드 기술을 통해 저감효율을 최대 90%까지 향상시킬 수 있었으며, 이때 최종 배출 NO농도는 18 ppm이었다. 최근 미세먼지로 인한 대기오염이 심각한 상황에서 깨끗한 대기질 향상을 위해 질소산화물 제거에 보다 효율적이고 경제적인 하이브리드 기술 적용이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Normann, F., Andersson, K., Leckner, B. and Johnsson, F., "Emission control of nitrogen oxides in the oxy-fuel process", Prog. Energ. Combust., 35(5), 385-397 (2009).
2. Andersson, K., Normann, F., Johnsson, F., and Leckner, B.: "NO emission during oxy-fuel combustion of lignite", Ind. Eng. Chem. Res., 47(6), 1835-1845 (2008).

0.1MW_{th} 순산소 순환유동층 연소에서의 Urea 활용 NO_x 저감 기술

최영곤¹, 길상인, 이정규, 전민규, 윤진한^{1*}
¹한국기계연구원

De-NO_x Control Technology Using Urea Solution on 0.1MW_{th} Oxy-CFBC Test-rig

Young Kon Choi¹, Sang-In Keel, Jung Kyu Lee, Min Kyu Jeon, Jin-Han Yun^{1*}
¹Dept. of Environmental Machinery, Korea Institute of Machinery & Materials

발전과정에서 발생하는 온실가스 배출량은 전체 온실가스 배출량의 약 40%를 차지하고 있으며 지구온난화의 직접적인 원인으로 알려져 있다 [1]. 또한 국내 전력 생산에서 화력발전이 전체 에너지 생산의 약 66%를 차지하고 있는 상황에서, 석탄화력 발전은 온실가스 및 미세먼지 배출량 증가에 따른 대기오염 주원인으로 지목받으면서 기술적 대안마련이 절실한 상황이다. 최근 순산소 연소기술은 화력발전에 적용 가능한 유망한 온실가스 감축 기술로 대두되고 있다. 순산소 연소는 순수한 산소와 재순환되는 연소가스의 혼합가스로 연소가 이루어진다. 하지만 2차 미세먼지의 생성에 주된 전구물질로 작용하는 질소산화물의 제거가 선행되지 않는다면 연소가스 재순환 과정에서 질소산화물 농축현상이 발생하여 미세먼지 문제를 심화시킬 수 있다. 따라서 순산소 연소기술의 상용화를 위해서는 연소가스 내 질소산화물 저감기술에 대한 연구가 반드시 선행되어야 한다.

본 연구에서는 순산소 연소기술을 활용한 0.1 MW_{th} 순환유동층연소(CFBC) 시스템에서의 선택적 촉매 환원법(SCR; selective catalytic reduction)과 선택적 비촉매 환원법(SNCR; selective non-catalytic reduction)의 적용과 질소산화물(NO_x)의 저감 특성을 파악하고자 하였다. 향후 화력발전 및 신재생에너지 환경설비의 최적화와 경제성 향상을 위해 각 저감기술 별 가스 조성변화 및 당량비(NSR, NH₃/NO)변화에 따른 최적의 탈질 조건을 파악하였다. 고농도의 urea(40 wt.% in H₂O)를 열분해하여 환원제로 사용하였으며, 반응온도는 SNCR의 경우 약 840 °C, SCR의 경우 약 280 °C 조건을 유지하였다. 실험결과 당량비가 증가함에 따라 SNCR 조건에서 NO 농도는 80 에서 17 ppm까지 감소하였으며, SCR 조건에서는 185 에서 19 ppm까지 감소하였다. SNCR 및 SCR이 적용된 연속실험이 진행되는 동안 산소 농도와 이산화탄소 농도는 비교적 일정하게 유지되었으나 일산화탄소 농도의 경우 SNCR 실험에서 당량비의 증가에 따라 다소 증가하였다. 이는 반응기 내부로 직접 주입되는 수용액 상태의 환원제 양이 증가함에 따라 불완전 연소가 유발되었기 때문으로 판단된다. 이와 같은 결과를 통해 순산소 연소조건에서의 SNCR과 SCR의 De-NO_x 효과를 확인할 수 있었다. 향후 본 설비를 활용하여 hybrid SNCR-SCR 운전 및 기타 환경오염 물질의 발생 특성 등에 관한 추가적인 연구를 진행할 예정이며, 이를 통해 경제적이고 친환경적인 순산소 순환유동층 설비 운전에 대한 기초자료를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. IEA Energy Data Centre, "CO₂ Emissions from Fuel Combustion Highlights," IEA Publications, Paris, France (2015).

다중벽 탄소 나노튜브 다발에 산화철(III)이 균일하게 분산된 이루어진 1차원 섬유의 제조 및 리튬폴리머전지의 프리스탠딩 음극활물질 적용

오세환¹, 조중상^{1*}
¹충북대학교

Synthesis of α -Fe₂O₃ decorated multiwall carbon nanotube for free-standing anode of lithium polymer battery

Se Hwan Oh¹, and Jung Sang Cho^{1*}
¹Chungbuk National University

리튬이차전지산업 중에서도 웨어러블 전자 기기 시장이 급속도로 성장함에 따라 높은 용량, 높은 구동 전압, 긴 수명, 유연한 성질을 갖는 리튬이차 전지의 연구가 이뤄지고 있다. 그러나, 현재 상용화된 흑연 기반의 음극활 물질은 낮은 용량 (372 mA h g^{-1})뿐만 아니라 집전판을 구부렸다가 폼을 때 활물질이 극판에서 박리된다는 문제가 있다. 따라서, 차세대 리튬이차전지 음극 활물질로 금속산화물과 카본계 물질을 복합하는 연구가 이뤄지고 있다. 카본계 물질 중에서도, 다중벽 탄소 나노튜브는 높은 전기전도성과 우수한 기계적, 화학적, 열적 안정성을 갖고 있어 금속산화물과 복합 했을 때 우수한 전기적화학적 성능을 나타낸다.

본 연구에서는, 많은 양의 다중벽 탄소 나노튜브를 용액 내에 균일하게 분산시켜 전기방사공정을 진행하고 이를 산화 시켜 다중벽 탄소 나노 튜브 다발과 산화철(III)로 이뤄진 1차원 구조체를 합성했다. 합성된 구조체를 리튬폴리머전지의 프리스탠딩 음극 활물질로 적용했을 때, 다중벽 탄소 나노튜브의 높은 전기전도성과 기계적 성질은 우수한 전기화학적 성능을 나타 낼 수 있게 했다.

참고문헌

1. Lim, J. -E., Kim, J. -K., *Korean J. Chem. Eng.*, **35**, 2464-2467 (2018)
2. Park, H., Yeom, D. H., Lee, J. K., *Korean J. Chme. Eng.*, **32**, 178-183 (2015)
3. Lim, J. -E., Oh, M. -S., Ahn, J. -H., Kim, J. -K., *Electrochim. Acta*, **238**, 107-111 (2017)
4. Cho, J. S., Hong, Y. J., Kang, Y. C., *ACS Nano*, **9**, 4026-4035 (2015)
5. Wang, J., Zhang, Q., Li, D., Wang, Z., Guo, H., Zhang, K., *Nano Energy*, **6**, 19-26 (2014)

다공성 핵을 갖는 노른자-껍질 구조체 합성 및 리튬이온배터리 음극활물질로 적용

조민수¹, 조중상^{1*}
¹충북대학교 공업화학과

노른자-껍질 구조체는 독특한 구조적 특징, 큰 비표면적 등으로 인해 바이오, 에너지, 촉매, 센서 등 다양한 분야에서 우수한 특성을 보여왔다. 특히 리튬 이온배터리 음극활물질로 적용 시, 충,방전 중 구조체 내로 전해질 침투가 용이하여 리튬이온 및 전자의 이동을 쉽게 하며, 리튬이온의 삽입 및 탈리시 발생하는 활물질의 큰 부피 변화를 수용할 수 있어 우수한 전기화학적 성능을 나타낸다. 본 연구에서는 분무열분해 공정을 통해 다공성 핵을 갖는 노른자-껍질 구조체를 합성하였다. 분무열분해 공정과정에서 액적 내에 고르게 분산된 금속염과 고분자들은 분해되어 다공성 핵을 생성함과 동시에 노른자-껍질 구조를 형성하였다. 이 후, 구조체를 대기 중에서 열처리하여 다공성 핵을 갖는 노른자-껍질 구조의 금속산화물/탄소 복합체를 합성하였다. 충,방전 테스트결과, 1A g⁻¹의 전류 밀도에서 500사이클 후 991 mAh g⁻¹의 높은 가역 용량 및 우수한 수명 특성을 나타내었다. 또한 율속 특성을 평가한 결과에서도 10A g⁻¹의 높은 전류 밀도에서 389 mAh g⁻¹의 방전 용량을 나타내었다.

참고문헌

1. Cho et al., "Synthesis and electrochemical properties of spherical and hollow-structured NiO aggregates created by combining the Kirkendall effect and Ostwald ripening," *Nanoscale*, **7**(46), 19620-19626 (2015).
2. Ju et al., "Strategy for yolk-shell structured metal oxide-carbon composite powders and their electrochemical properties for lithium-ion batteries," *Carbon*, **100**, 137-144 (2016).

다공성 탄소/금속셀레늄화물 복합나노섬유 합성과 소듐이차전지 음극활물질 적용

정순영, 조중상*
충북대학교 공업화학과

Synthesis of porous carbon/metal selenide composite nanofiber as an anode for sodium-ion batteries

Sun Young Jeong, and Jung Sang Cho*
Department of Engineering Chemistry, Chungbuk National University

최근 소듐이차전지는 리튬자원의 희소성 및 가격상승에 따라 리튬이차전지를 대체하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 소듐이온의 큰 이온반경은 충·방전 시 활물질의 큰 부피변화를 유발하여 수명특성을 감소시키고 낮은 확산속도를 초래하여 율속특성을 저하시킨다. 최근 연구되고있는 금속 셀레늄화물계 소듐이차전지 음극활물질은 ether-base 전해질을 사용하고 전압범위를 적절히 조절하여 매우 우수한 전기화학성능을 나타내고 있다. 그러나 더 좋은 성능의 음극활물질을 합성하기 위해 금속 셀레늄화물 결정의 크기를 감소시키고 탄소와 복합하는 등의 연구가 계속해서 이어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 금속셀레늄화물과 다공성의 탄소를 복합하여 부피변화에 따른 응력을 완화시키고 전해질이 쉽게 침투되어 소듐이온의 확산길이를 줄이고자했다. 이를 위해 polystyrene (PS) nanobeads 현탁액, ethanol, polyvinyl alcohol (PVA), Zn acetate, Co acetate 용액을 조성하고 전기방사공정을 통해 PVA-PS-metal salt nanofiber를 형성했다. 이 후 셀레늄화 공정을 거쳐 다공성 탄소/금속셀레늄화물 복합나노섬유를 제조했다. 제조된 다공성 탄소/금속셀레늄화물 복합나노섬유는 금속셀레늄화물 나노결정이 메조기공으로 이루어진 다공성의 탄소나노섬유 내 존재하는 것이 관찰되었으며, EA를 통해 얻어진 탄소함량은 약 15wt%였다. 다공성 탄소/금속셀레늄화물 복합나노섬유는 소듐이온배터리의 음극활물질로 적용되어 1.0 A g⁻¹의 전류밀도에서 5000 사이클 후 384 mA h g⁻¹의 가역용량을 유지했으며, 30 A g⁻¹의 높은 전류밀도에서도 141 mA h g⁻¹의 가역용량을 나타냈다. 이는 다공성 탄소나노섬유 내 메조공극과 금속셀레늄화물 나노결정으로 인해 소듐이온의 확산거리가 크게 감소했기 때문이다.

본 연구에서 소개된 합성법은 에너지저장을 비롯한 다양한 분야에 적용 가능할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Ge P., Hou H., Li S., Huang L., and Ji X., "Three-Dimensional Hierarchical Framework Assembled by Cobblestone-Like CoSe₂@C Nanospheres for Ultrastable Sodium-Ion Storage", *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **10**, 14716-14726 (2018)

Drop tube furnace (DTF) 내 회분 부착실험 대상 슬래깅 모델 평가

강기섭¹, 조현빈¹, 박종근¹, 류창국^{1*}
¹성균관대학교

Evaluation of slagging model for ash deposition in drop tube furnace (DTF)

Kie Seop Kang¹, Hyun Bin Jo, Jong Keun Park, and Chang Kook Ryu^{1*}
¹Sungkyunkwan University

석탄은 화석연료 중에서 매장량이 풍부하고 다른 연료와는 달리 광범위한 지역에서 공급이 가능한 장점을 가지고 있다[1]. 또한 국내 전력 생산에 사용되는 전체 에너지원 중에서 석탄이 차지하는 비중은 38.8%에 달하고 있다. 이는 석탄의 가격이 다른 연료에 비해서 상대적으로 저렴하고, 전 세계적으로 화석연료 중에서 가장 풍부한 매장량을 지니고 있다는 사실에 기인하고 있다. 하지만 석탄가격의 급격한 변화로 인해 국내에 수입되는 탄종과 탄질의 변동이 점점심해지고 있기 때문에 비교적 가격이 저렴한 저열량탄을 앞다투어 구입하고 있다. 설계탄의 범위와 동떨어진 저등급의 석탄까지 발전연료로 사용하여 최적의 보일러 연소 조건을 찾기가 힘들어지고 있고, 이로 인해 미연분이 발생하게 되며 soot이나 tar의 발생이 증가하여 열량 손실이 발생함과 동시에 열전달 감소와 부식을 야기하는 슬래깅과 파울링이 발생한다. 이는 심각한 경우 보일러 튜브를 손상시킬 수 있다 [2,3]

본 연구는 Drop tube furnace (DTF) 내 회분 부착실험 대상으로 슬래깅 모델을 평가하였다. 기존의 모델을 개선한 슬래깅 모델을 이용하고, ANSYS Fluent의 User -defined fuction(UDF)에 적용하여 해석을 진행하였다. 세부적으로 입자 부착 확률을 결정하는 임계점도의 영향, 다양한 점도 모델에 대한 회분 점성 영향, 탄소 전환율에 따른 입자 부착 영향을 분석하였다. 또한 해석 방식의 영향으로 격자 sensitivity와 turbulent dispersion time-scale constant 의 영향을 평가하였다.

참고문헌

1. 에너지경제연구원, “세계 석탄 수급 및 2010년 연료탄 가격전망 ; 국제에너지 시황분석, 2009
2. Park et al. “Characteristics of Unburned Material Derived from Coal-fired Power Plant Burning Low Grade Coal“, Journal of Energy Engineering., 21(1), 68-74 (2012)
3. Schobert et al. “Flow properties of low-rank coal ash slags: Implications for slagging gasification“, Fuel., 64(11), 1611-1617 (1985)

슬래깅 조건 태안 석탄 가스화기 동적모델 개발

김무경¹.예인수².류창국^{1*}.김봉근³
¹성균관대학교, ²포항산업과학연구원, ³두산중공업

Development of a dynamic reduced order model for Taean coal gasifier under slagging condition

Mukyeong Kim¹.Insoo Ye².Changkook Ryu^{1*}.Bongkeun Kim³
¹Sungkyunkwan University, ²Research Institute of Industrial Science and Technology
³Doosan heavy industry

In this study, we developed a numerical process model for the transient behavior of a AP coal gasifier including the slag layer formation. Considering the gas and particle flow characteristics, the gasifier was divided into inner and outer control volumes. Since the slag layer on the gasifier wall is an important factor for heat transfer and ash discharge, an advanced slag layer model was also incorporated in the model as the boundary condition. ROM shows sufficient accuracy which has only 5% error at steady state solution and actual operation condition. We found that exit gas temperature immediately changes by the operation condition but wall heat absorption and bottom slag thickness slowly follows.

전해제련 공정 효율 향상을 위한 전기화학 시스템 개발

이은실, 박정은, 김지현, 김은주
고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부

A development Electrochemical system for electrolytic refining process efficiency improvement

Eun Sil Lee, Jung Eun Park, Ji Hyun Kim, Eun Ju Kim
Institute for Advanced Engineering Plant Engineering Division

아연회수를 위한 기존 전해공정은 양극으로 주로 단일성분계인 Pb를 사용하고 있으며, 이 때 Pb가 산화됨에 따라 전류효율이 감소되고 주기적으로 전극을 교체해야하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 전극의 단점을 극복하기 위해 불용성촉매양극 개발을 통해 전력소비량은 감소시키고 전류효율은 증가 시킬 수 있는 전해시스템 개발을 위한 연구를 수행하였다. 아연 시장은 아연 가격의 하향 안정세 및 에너지 다소비 제조 공정으로 인해 원가 절감 기술 확보가 시장 경쟁력 확보와 직결된다. 국내 아연과 시장에 개발 기술 적용 시 7.7만원/톤 수준(생산단가의 4.2%) 원가절감 효과에 의하여 국내 아연 생산기업의 경쟁력 향상이 가능하다. 기존 전해제련 공정의 경우 3세대 불용성촉매양극 적용은 기존 공정의 전극 교체를 통해 적용 가능하며, 용매추출 공정의 경우 초기 구축 비용 투자 이후 용매 재활용을 통한 추가 비용 발생이 적은 특성을 가지고 있어 짧은 시간에 투자비용을 회수 할 수 있다. 이에 전해제련 공정 에너지 다소비 산업에서 에너지 절약 산업으로 사회적 인식의 변화가 가능할 것으로 기대된다. 따라서, 본 연구에서는 전극개발과 동시에 용매추출 공정을 이용한 전해질 연구를 동시에 수행함으로써 전극에 악영향을 높이고, 기존 정액 공정에서 할 수 없었던 전해 질 내 아연 이온의 농축이 가능하여 전력소비량을 획기적으로 줄이고 전류효율은 상승 시킬 수 있는 기술을 개발하고자 하였다.

참고문헌

1. J.L. Willit, W.E. Miller and Battles, "Electrorefining of uranium and plutonium A literature", Journal of Nuclear Materials, 195, pp. 229-249 (1992).
2. Rajeshwar K., Ibanez J. G., and Swain G. M., "Electrochemistry and the Environment", J. Applied Electrochemistry, 24, 1077-1091 (1994).

금속 담지 biochar에 의한 질산염 및 인산염의 흡탈착 연구

김동진*, 신현아

한림대학교 환경생명공학과 및 에너지환경연구소

A study on the adsorption/desorption nitrate and phosphates by metal impregnated biochar

Dong-jin Kim*, Hyuna Shin

Dept. of Environmental Science and Biotechnology & Institute of Energy and Environment,
Hallym University, Chuncheon, Gangwon 24252, Republic of Korea (E-mail:
dongjin@hallym.ac.kr)

Utilization of organic waste as a renewable energy source is promising for sustainability and mitigation of climate change. Pyrolysis converts organic waste to gas, oil, and biochar by incomplete biomass combustion. Biochar is widely used as a soil conditioner and adsorbant. Biochar adsorbs/desorbs metals and ions depending on the soil environment and condition to act as a nutrient buffer in soils. Biochar is also regarded as a carbon storage by fixation of organic carbon.

Phosphorus (P) and nitrogen (N) are strictly controlled in many wastewater treatment plants because it causes eutrophication in water bodies. P and N are removed by biological and chemical methods in wastewater treatment plants and transferred to sludge for disposal. On the other hand, P is an irreplaceable essential element for all living organisms and its resource (phosphate rock) is estimated about 100 years of economical mining. Therefore, P recovery from waste and wastewater is a critical issue for sustainable human society. For the purpose, intensive researches have been carried out to remove and recover P from waste and wastewater. Previous studies have shown that biochars can adsorb and desorb phosphates and nitrate implying that biochars could be a complementary fertilizer. However, most of the conventional biochar have limited capacity to adsorb phosphates and nitrate. Recent studies have focused on biochar impregnated with metal salts to improve phosphates and nitrate adsorption by synthesizing biochars with novel structures and surface properties. Metal salts and metal oxides have been used for the surface modification of biochars. If P and N removal is the only concern, P and N adsorption kinetics and capacity are the only important factors. If both of P and N removal and recovery are concerned, however, P and N desorption characteristics and bioavailability are also critical factors to be considered. Until now, most of the researches on impregnated biochars have focused on P removal efficiency and kinetics.

In this study, coffee waste is thermally treated to produce biochar and it was impregnated with Mg/Fe to enhance phosphates and nitrate adsorption/desorption and bioavailability to increase its value as a fertilizer. Kinetics of phosphates and nitrate adsorption/desorption and bioavailability analysis were carried out to estimate its potential as a P and N removal adsorbent in wastewater and a fertilizer in soil.

참고문헌

- 1) Rajapaksha et al. "Engineered/designer biochar for contaminant removal/immobilization from soil and water: potential and implication of biochar modification", Chemosphere (2016) 148: 276-291.
- 2) Anastopoulos et al. "A review for coffee adsorbents", Journal of Molecular Liquids (2017) 229: 555-565.
- 3) Yao et al. "Engineered biochar reclaiming phosphate from aqueous solutions: mechanisms and potential application as a slow-release fertilizer", Environmental Science & Technology (2013) 47: 8700-8708.

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

구상서,^{1,2} 오형석,² 최재욱,² 서동진,^{2,3} 제정호,⁵ 최정규,^{1,*} 하정명^{2,3,4,*}

¹고려대학교 화공생명공학과, ²한국과학기술연구원 청정에너지연구센터, ³고려대학교 그린스쿨,

⁴KIST 스쿨 에너지-환경 융합전공, ⁵부산대학교 화공생명공학부

Effects of promoters on the oxidative coupling of methane using $\text{Na}_2\text{WO}_4/\text{SiO}_2$ catalysts: Reducibility to manipulate the catalytic activity

Sangseo Gu^{1,2}, Hyung-Suk Oh², Jae-Wook Choi², Dong Jin Suh^{2,3}, Jungho Jae⁵, Jungkyu Choi^{1,*},
Jeong-Myeong Ha^{2,3,4,*}

¹Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University, ²Clean Energy Research Center, Korea Institute of Science and Technology, ³Green School (Graduate School of Energy and Environments), Korea University, ⁴Division of Energy & Environment Technology, KIST School, Korea University of Science and Technology, ⁵School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University

메탄은 자연계에 매우 풍부하며, 공업적 원료로 사용할 잠재력이 있는 물질이다. 하지만 화학적으로 안정하여 탄화수소로 전환시키는 데 어려움이 있다. 메탄의 산화 이량화 반응(OCM)은 메탄의 전환기술 중 비교적 지속적인 연구가 이루어지고 있는 분야이다. OCM 반응은 발열이 심하고 고온에서 수행되는 반응이기 때문에 CO, CO₂가 생성되는 부반응이 빈번하게 일어난다. 이를 극복하고 경제성을 확보하기 위해서는 효과적인 촉매를 개발할 필요가 있다. OCM 분야에서 가장 널리 연구되고 있는 $\text{Na}_2\text{WO}_4/\text{Mn}/\text{SiO}_2$ 촉매에서 Mn은 금속 조촉매로 알려져 있지만 구체적인 역할에 관해서는 논쟁의 여지가 있다. 본 연구에서는 금속 조촉매에 따라 촉매의 반응성이 변화하는 추세를 관찰하였으며, 금속 조촉매의 환원성질과 메탄 전환율이 상관관계를 가진다는 사실을 밝혀내었다. X선 회절 분석, X선 광전자 분광법을 이용하여 촉매를 분석하였다.

시멘트 제조공정으로 인해 발생하는 부산물의 자원화를 위한 고액분리 기술에 관한 연구

박병현*¹(grapeman77@hanmail.net), 조성현¹, 임재민¹, 김해기¹, 이주열¹, 최진식^{1,2}
¹(주)에니텍 기술연구소, ²경희대학교 환경응용과학과

A Study on Solid-Liquid Separation Technology for Byproducts Resources in Cement Manufacturing Process

Byung Hyun Park*¹(grapeman77@hanmail.net), Seong hyun Jo¹, Jae Min Lim¹, 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

시멘트 제조공정에서 가장 핵심적인 공정은 소성공정이다. 석회석 원료분쇄 공정의 비산 분진과 분쇄원료가 킬른에 투입되기 전 예열기 상부에서 약 550°C 정도의 비교적 낮은 온도로 가열하여 발생된 가스를 집진기에 의하여 포집한 미세한 입자를 시멘트킬른더스트(Cement Kiln Dust, CKD)라 한다. 발생량의 정확한 통계치는 제시되고 있지 않지만 대략적으로 시멘트 생산량의 7~15% 정도를 예상하고 있다. 시멘트 제조공정으로 인해 꾸준히 발생하는 부산물인 시멘트킬른더스트를 재이용한다면, 부산물의 원활한 수급과 연료 활용의 극대화, 환경관련 법규를 엄격히 이행할 수 있을 것이다. 재이용의 방안은 시멘트킬른더스트 중 포함되어 있는 유용자원을 회수하기 위해 수용액 형태로 전환한 후 고액분리의 공정을 거쳐 필요한 자원을 선택적으로 회수를 하며 동시에 고체상의 분리효율을 높일 수 있는 기술의 적용이 필수적이다. 이를 위해서 저에너지로 고액분리가 가능한 침전과 여과를 제안하여 광물의 자원화를 위한 저장 및 분리효율 향상에 관한 연구를 수행하고자 하였다.

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

참고문헌

1. A. H. Mostafa, Effect of cement kiln dust addition on activated sludge process without primary settling for reuse applications. Housing and Building National Research Center, dokki, cairo, Ehypt, HBRC Journal 8,14-25 (2012)
2. Piyush Chaunsali, Sulapha Peethamparan, Influence of the composition of cement kiln dust on its interaction with fly ash and slag. Cement and Concrete Research 54:106-113, December (2013)

산업단지 공공폐수처리장의 가동율 향상방안 연구 - 폐수발생량 원단위를 중심으로 -

지민규^{1*}, 안준영²
한국환경정책·평가연구원

A study on improving operation rate of public wastewater treatment plant in industrial complex - Focused on the basic unit of wastewater generation -

Min-Kyu Ji^{1*}, Junyeong An²
^{1,2}Korea Environment Institute

산업단지 내 입주업체로부터 발생하는 폐수의 처리를 위해 공공폐수처리시설을 설치하여 운영하고 있으나, 2016년 기준 전국 공공처리장의 가동률이 50% 미만에 그치고 있어 시설물 설치와 시설운영·관리 측면에서 경제성 문제가 대두되고 있는 실정이다. 처리시설의 저조한 가동률 문제는 입주예정 업체의 불확실한 폐수발생량 예측결과에서 기인하며, 관련 예측은 사업계획 승인 전 환경영향평가 단계부터 시작된다. 실제로 환경영향평가 시 환경부(공장폐수의 발생과 처리)의 통계자료 적용한 폐수발생량 예측결과는 실제 운영시의 발생량과 큰 차이가 있는 것으로 보고되고 있다. 이러한 차이는 1) 환경부 통계 자료가 산업단지 뿐만 아니라 소규모 공장시설(약 5만여 개소 이상)을 포함하여 발생량이 산정된 점과 2) 한국표준산업분류 체계에 따른 중분류가 아닌 「물환경보전법 시행규칙」 별표 4의 폐수배출시설에 따른 분류 기준 등으로 적정 폐수화율의 산정이 어려운 것으로 판단된다. 이외 최근 용수 절약기술이 적용된 시설 증가 등의 생산구조의 변화와 환경부 정책에 따른 폐수 재이용량 증가도 일부 기인한 것으로 판단된다. 한편 폐수발생량 예측 시 한국토지주택공사 자료(산업입지 원단위 산정에 관한 연구, 2015)가 존재하나 해당 자료를 적용한 시설 가동율의 실효성 또한 아직 검증되지 않은 상황이므로 추후 환경부의 산업단지 원단위(폐수화율%, 용수사용량 대비 폐수발생량 비율)가 정립되면 비교·검토할 필요성이 있을 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 최신 환경부 국가통계 자료의 raw data 활용하여 비교적 근래에 운영되고 있는 산업단지 업체의 중분류별 폐수화율 정보를 개략적으로 조사하는 기초연구에 목적이 있으며, 향후 관련 기초 자료를 활용하여 공공폐수처리장의 실시설계에 반영될 수 있는 폐수화율 설정의 심도 있는 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

1. 조영무 외, “산업단지 공공폐수처리시설의 효율적 관리방안 연구”, 정책연구 2017-47, 경기연구원 (2017).
2. 김준엽, 최경식, “산업단지 폐수발생량 원단위 산정비교 연구”, 대한상하수도학회지, 28(3), 339-344 (2014).
3. (주)동명기술공단, “폐수종말처리장 폐수유입률 제고방안 연구”, 환경공단 (2011).

수증기 메탄 개질용 인첨가 마크로-메조기공의 계층형 알루미나 지지체 기반 니켈촉매 개발

우은석^{1,2}, 엄하늬¹, 여창원^{1,2}, 박대원², 임동하^{1*}
¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²부산대학교 화학공학과
 dongha4u@kitech.re.kr*

Development of Nickel catalyst supported on phosphate modified hierarchically macro-mesoporous alumina for steam methane reforming

Eunseok Woo^{1,2}, Ha Nee Umh¹, Chang-Won Yeo^{1,2}, 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 지구온난화 문제로 인해 화석연료를 대체할 수 있는 청정에너지원인 수소가 각광받고 있다. 탄화수소를 주원료로 하여 수소를 생산하는 수증기 메탄 개질법(Steam methane reforming)은 부분산화(Partial oxidation), 자열개질(Autothermal reforming)에 비해 가장 경제적인 방법으로 알려져 있다. 수증기 메탄 개질에 일반적으로 사용되는 촉매로는 가격 경쟁력에서 우수한 니켈촉매가 사용된다. 하지만 니켈촉매는 고온반응에서 탄소침적(Carbon coking)과 소결(Sintering) 문제로 인해 촉매 비활성화가 심각하여 장시간 안정성 및 내구성 확보에 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 인이 첨가된 3차원 이중구조 다공성 알루미나 지지체 개발을 통하여 촉매활성을 높이고 탄소침적 문제를 해결하여 고효율 수소제조용 촉매를 개발하고자 하였다. 인은 원자가전자가 풍부하고 전기음성도가 높아 수증기 메탄 개질(Steam methane reforming) 반응에서 전자주개(electron donor)로 작용하여 탄소침적 예방에 도움을 주어 촉매 비활성화를 방지하는 효과가 있는 것으로 보고되었다. 또한 마크로기공(Macropore)과 메조기공(Mesopore)을 동시에 가지는 3차원 이중구조 다공성 알루미나 지지체를 개발함으로써 비표면적 증대 및 물질전달 능력을 향상시키고자 하였다. 개발촉매는 기존의 촉매보다도 우수한 90% 이상의 메탄전환율을 얻었으며, 또한 장기 안정성 평가를 통해 촉매 비활성화가 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. J. Seo et al., "Hydrogen production by steam reforming of liquefied natural gas (LNG) over nickel catalyst supported on mesoporous alumina prepared by a non-ionic surfactant-templating method", *Int. J. Hydrogen Energy*, **34**, 1809-1817 (2009).
2. Y. Bang et al., "Hydrogen production by steam reforming of simulated liquefied natural gas (LNG) over nickel catalyst supported on mesoporous phosphorus-modified alumina xerogel," *Appl. Catal. B*, 148-149, 269-280 (2014)

Synthesis of Micro Silicone Resin by Sol-Gel Process

Seok Woo Hong, Seung Han Woo, Chul Woo Lee*
(cwlee@hanbat.ac.kr*)

Dept. of Chemical and Biological Eng./RIC, Hanbat National Univ.

Siloxane bond of silicon has a very stable structure that is more stable than the C-C binding of ordinary organic polymers. Therefore, it has excellent heat resistance and electrical insulation but still has the organic chemical properties, making it easy to change characteristics, and makes it highly plastic, making it possible to produce products of complex shapes. Due to these characteristics, silicon is used in all industries, such as lubricants, grease, paints, decompression adhesives, and cosmetics additives. Silicone resin has different functions and characteristics depending on the particle size of silicon, so uniform silicon resin is very important for maintaining the stable properties of the products.

In this study, we manufactured spherical microslicone resin particles by Sol-Gel method and analyzed their properties. As factors that affect particle size of silicone resin, pH of reactants, concentration of precursors, reaction temperature, and stirring speed were considered.

It was possible to manufacture spherical silicon resins with uniform particle size by varying the pH of the reactants. When the concentration of precursors was 15 wt% or higher, particles of less than 1 μm or larger than 3 μm were not formed. In this case, hydrolysis proceeded very slowly, and the reactants were gelated and solidified. Particles of less than 1 μm were formed when the concentration of precursor was as low as 5 wt%.

Keywords: Silicone resin, Sol-gel process, Micro particles, Methyltrimethoxysilane

알지네이트의 분자량 조절을 위한 산화분해 반응에 대한 연구

박용범, 안희주, 허광선¹, 우희철*
 부경대학교 화학공학과
¹경남정보대 신소재응용화학학과

Study of Molecular Weight Control of Sodium Alginate by Oxidative Degradation

Yong Beom Park, Hee Ju Ahn, Kwang Sun Huh¹, Hee Chul Woo*

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University,

¹Department Advanced of Materials and Chemical Engineering, Kyungnam College of Information & Technology

알지네이트는 알긴산이라고도 불리우며, 갈조류 바이오매스(미역, 다시마 등)에 약 30%의 함량으로 존재하는 연고분자 물질이다. 갈조류 바이오매스는 국내에서 가장 생산성이 높은 해조류 바이오매스의 한 종류로써 높은 이산화탄소 흡수량, 높은 성장력 등을 바탕으로 차세대 바이오에너지의 원료로 활용될 수 있다[1]. 이에 알지네이트는 식품, 의약품, 친환경 플라스틱 및 연료전지의 고분자 바인더 등 다양한 고부가가치 소재로써 충분히 사용될 수 있다. 하지만 알지네이트의 분자량은 약 700,000-1,000,000Da의 범위로 이루어져 있으며 분자량이 감소됨으로써 단당류가 지닌 작용기의 노출이 많아지고 그 기능성을 활용하기 위해서는 분자량의 조절 연구가 필요하다[2]. 본 연구에서는 산화분해 반응을 이용하여 알지네이트의 분자량을 감소 또는 조절이 가능한 반응공정을 연구하고자 한다.

알지네이트의 산화분해 반응은 다음과 같이 수행하였다. 회분식 원통형 반응기에 1 wt% 알지네이트 수용액을 투입하고, 여기에 과산화수소(H₂O₂)를 산화제로 적정량 첨가하였으며, 반응변수로서 반응온도(30-60°C), 반응시간(5-120분), H₂O₂ 농도(0.1-5.0 v/v%)를 적용하였다. 부가적으로 철산화물(Fe₃O₄) 촉매 첨가와 초음파 조사에 대한 영향을 살펴보았다.

반응조건하에서 알지네이트의 분자량은 900,000Da에서 최대 13,000Da까지 감소되는 경향을 보였으며, 반응온도 및 반응시간과 비교하여 H₂O₂ 농도에 특히 민감하게 반응하는 것을 확인하였다. H₂O₂가 1% 이상의 농도에서 알지네이트의 분자량이 수만 Da으로 급격히 감소하는 경향을 보였으며, 이에 따른 분산도(Dp)도 4.3에서 2.2로 전환됨을 확인하였다. 이는 H₂O₂의 농도가 증가함에 따라 알지네이트의 고분자 사슬을 분해 할 수 있는 하이드록시 라디칼(OH•)의 농도가 증가하여 반응에 기인하는 것이라 판단된다. 또한, H₂O₂의 분해를 촉진시키고자 철산화물 촉매를 사용하였을 때, 1% 이하의 H₂O₂ 농도에서도 알지네이트의 분자량과 분산도가 약 13,000-20,000Da과 1.7-2.1의 범위로 나타남으로써 산화분해 반응을 촉진시키는 데 기여한다고 여겨진다.

감사의 글

본 연구는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다(2017R1E1A1A01074445).

참고문헌

1. Song, M. K., Pham, H. D., Seon, J., and Woo, H. C., "Marine brown algae: a conundrum answer for sustainable biofuels production," *Renew. Sust. Energ. Rev.*, **50**, 782-792 (2015).
2. Choi, S. K., and Choi, Y. S., "Depolymerization of alginates by hydrogen peroxide/ultrasonic irradiation," *Polymer*, **35**, 444-450 (2011).

전이금속 산화물 촉매를 이용한 선박용 경유의 산화 탈황

오현우, 유준, 우희철*
부경대학교 화학공학과

Oxidative Desulfurization of Marine Diesel using Transition Metal Oxide Catalysts

Hyeonwoo Oh, Jay Liu, 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 수첨탈황(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. 불균일 촉매로 금속산화물을 실리카에 담지 한 촉매(20 MO_x/SiO₂, M = W, Mo, V, Nb, Mn, Fe)를 제조하였다. 제조한 촉매와 30% 과산화수소를 이용한 산화반응을 통해 황화합물을 산화하였으며, 산화된 황화합물은 아세토니트릴(acetonitrile), N-메틸피롤리돈(N-Methyl-2-pyrrolidone), 디메틸포름아미드(dimethylformamide) 등의 극성 유기용매를 추출용매로 사용하여 제거하였다. 각 촉매의 반응활성과 용매의 추출효과는 산화탈황반응 후 선박용 경유의 황 제거율을 기준으로 비교하였다.

감사의 글

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

참고문헌

- 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).
- 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).

NiMoC/Al₂O₃ 촉매를 이용한 비식용 식물성 오일의 업그레이딩

이성찬, 윤인배, 우희철*
부경대학교 화학공학과

Upgrading of Non-edible Vegetable Oil over NiMoC/Al₂O₃ Catalysts

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

비식용 식물유인 팜유(palm oil)와 캐슈넛껍질액(cashew nut shell liquid, CNSL)은 현재 국내 바이오중유의 원료로 사용된다. 그러나 팜유에는 카르복실기(carboxyl group, -COOH)를 다량 함유하고 있어 높은 산가(acid value, AV, 약 80 mg KOH/g)를 지니고 있는 반면 CNSL은 이중결합을 최대 3개 까지 지닌 혼합물로 높은 요오드가(iodine value, IV, 약 280 g/100 g)를 지니고 있어 산패 및 변질의 원인이 된다. 본 연구에서는 이러한 단점을 개선시키기 위해 팜유와 CNSL오일을 1/1부피비로 혼합한 원료를 사용하여 니켈(Ni)과 귀금속 성질을 갖고 있는 것으로 알려진 몰리브데늄 카바이드(MoC)를 적용한 이성분계 촉매를 사용하여 비식용 식물성 오일의 요오드가 및 산가를 동시 저감 시켜 산화 안정성을 향상 시키고자 한다.

본 실험에서는 수소화 반응에 적용한 촉매는 NiMoC/Al₂O₃ 이고, Ni/Mo의 몰비와 담지량에 따른 촉매활성을 확인하였다. 수소화 반응은 고압 고정층 반응기에서 진행하였고, 반응조건은 수소압력 30 bar, 공간속도 1 h⁻¹ 그리고 반응온도는 250~400 °C에서 진행하였다. 그 결과 Ni/Mo의 몰비가 1/1, 담지량은 50 wt% 촉매가 350 °C 조건에서 요오드가 및 산가의 제거효율이 63.8%, 100%로 가장 높은 활성을 보였다. 또한 Ni/Al₂O₃ 또는 MoC/Al₂O₃ 단독 촉매보다 제거효율이 10~40% 높은 것을 확인 하였다. 따라서, 비식용 식물유인 팜유와 CNSL의 혼합유의 산가와 요오드가를 낮추기 위해 수소화 반응을 도입한 결과, 50 wt%가 담지 된 Ni₁Mo₁C/Al₂O₃ 촉매는 기존의 귀금속 촉매와 비견할 만한 활성을 보였으며, MoC에 Ni이 첨가될 때 수소화 반응 효율을 상승시키는 시너지 효과를 가져오고, 담지량이 40~60% 범위에서는 제거효율에 대한 큰 변화가 없는 것으로 보아 40 wt%이상 담지 된 촉매 부터는 지지체 표면에 담지성분이 이중층으로 형성되는 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고문헌

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

친환경 습/건식 전처리 기술을 이용한 α -스포듀민으로부터 리튬 회수에 관한 연구

박재량¹, 안낙균¹, 김대원^{1*}, 최희락²
¹고등기술연구원, ²부경대학교 신소재공학부

A study on extraction of lithium from α -spodumene by eco-friendly wet and dry pretreatment technique

Park Jae Ryang¹, Nak-Kyoon Ahn¹, Dae-Weon Kim^{1*} and Hee-Lack Choi²

¹Advanced Materials and Processing Center, Institute for Advanced Engineering(IAE)

²Department of Materials System Eng., Pukyong University

최근 전기자동차와 IT기기, 에너지저장 산업의 발전으로 이차전지의 핵심 원료인 리튬에 대한 수요도 함께 증가하고 있다. 이에 따라 리튬 원료의 확보와 효율적 리튬 추출 기술 개발에 대한 중요성이 더욱 부각되고 있다. 리튬 생산은 자연생성원에 따라 경암형(Hard Rock), 염수형(Brine), 점토형(Rich Clay)으로 구분되며 경암형 타입의 가장 일반적인 정광은 스포듀민(spodumene)으로 알려져 있다.

본 발표에서는 α -스포듀민을 이용하여 리튬의 효율적 침출을 위해 건식과 습식 방법을 병행하여 수행하였다. 건식 추출 연구에서는 열처리를 통해 α -스포듀민을 황산리튬으로 변환이 용이한 β -스포듀민으로 상변화하고 황산염과 탄산칼슘을 첨가하여 물에 대한 용해도가 높은 황산리튬을 제조하였다.

습식 추출 연구에서는 우선 α -스포듀민을 상변화에 유리한 원료로 사용하기 위해 1100 °C에서 1시간 열처리를 진행하여 β -스포듀민을 확보하였다. 이후 β -스포듀민은 autoclave를 이용하여 200 °C, 1시간, 300 rpm의 실험 조건에서 리튬 추출을 진행하였으며 NaOH, Na₂CO₃, Na₂SO₄ 등의 첨가제를 투입하여 리튬 추출 결과를 비교하였고, 첨가제로 Na₂SO₄와 NaOH를 혼합하였을 때 침출률이 가장 높게 나타났다.

최종적으로 리튬을 함유한 α -스포듀민 분말에서 리튬을 수침출하고, 침출액을 회수하여 리튬 침출 특성을 비교하였다. 스포듀민의 결정상 변화는 X선 회절분석법(X-Ray Diffraction, XRD)를 이용하여 분석하였으며, 리튬 침출액은 MP-AES(Microwave plasma-Atomic Emission Spectroscopy) 분석을 통해 농도를 확인하였다.

참고문헌

1. Lee W. J. et al. "Lithium Extraction from Smectitic Clay Occurring in Lithium-bearing Boron Deposits in Turkey," Journal of the mineralogical society of Korea, 29(4), 167-177 (2016).
2. Büyükburç A. et al. "Extraction of lithium from boron clays by using natural and waste materials and statistical modelling to achieve cost reduction," Minerals Engineering, 19(5), 515-517 (2006).
3. Peltosaari O. et al. " $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \beta$ -phase transformation of spodumene with hybrid microwave and conventional furnaces," Minerals Engineering, 82, 54-60 (2015).

경유 및 휘발유 연료를 사용한 3리터급 25인승 승합 차량의 차대동력계 배출가스 특성

권석주¹, 서동춘¹, 오세두^{1*}, 서영호¹
¹자동차부품연구원

Chassis dynamometer emission characteristics of 3-litre and 25-seat mini bus using diesel and gasoline fuels

Seokjoo Kwon¹, Dongchoon Seo¹, Sedoo Oh^{1*} and Youngho Seo¹
¹Korea Automotive Technology institute

최근 수송부분 미세먼지 관리 종합대책에서 2005년 이전의 노후 경유차량은 2022년 까지 77% 조기폐차와 수도권 외 운행제한지역 전국확대등 기준을 강화하고 있다. 2022년까지 친환경 전기자동차는 보급을 확대하며 노후건설기계 및 선박엔진에도 저공해조치를 강화하고 있다. 대형 차량(36 인 이상)의 경우는 이미 CNG 연료등으로 연구 개발이 상용화 되었으나 통학용 중형 차량(16 ~ 35 인)의 배출가스를 비교하기 위해서 3리터급 25인승 승합 차량을 시험대상으로 선정하였다.

경유 엔진을 사용한 베이스 상태에서 시험을 진행한 후 휘발유 엔진으로 개조한 뒤 동일한 주행모드에서 배출가스 측정시험을 진행하였다. 중대형 차대동력계에서 WHVC, NIER03, 05, 07, 09, 11 등 다양한 조건에서 THC, CO, CO₂, NO_x, PM, PN 등 배출가스 결과를 분석하였다. 삼원촉매 적용만으로도 강화된 실도로 배출가스(RDE) 규제를 만족시킬 수 있으며, 도심 근거리 운송수단인 미니버스에 적용시 도심생활권 내의 배출가스 저감으로 시민들의 체감 저감효과가 높은 특성을 가진다. 기존의 경유 엔진보다 연비개선과 CO₂저감이 예상되는 휘발유 엔진 변경과 관련 기술 접목으로 강화되는 환경기준 대응유도를 연구의 목표로 한다.

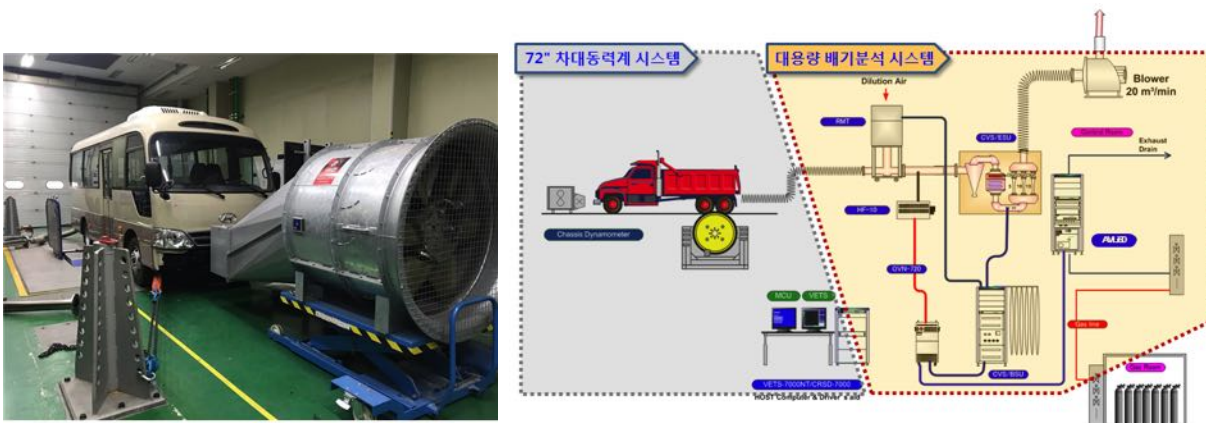


Figure 1. Chassis dynamometer vehicle test photograph and schematic diagram

사사

본 연구는 산업통상자원부 (MOTIE)와 한국에너지기술평가원 (KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20172010105770)

Non-thermal plasma assisted NO_x and Soot simultaneous removal over wide temperature range

Van Toan Nguyen, Duc Ba Nguyen, Md. Mokter Hosian, S. G. Kim, Young Sun Mok*
Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University, Jeju 63243,
Republic of Korea.

ABSTRACT

Since the exhaust gases in the diesel engines consist of NO_x and soot (unburned hydrocarbons), there is an interest in the NO_x and soot simultaneous removal. However, the conversion of the hydrocarbons in the conventional catalyst is low at low-operation temperature (≤ 350 °C). Our aim were improved the conversion efficiency of catalytic nitrogen oxides (NO_x) and soot reduction process over a wide temperature range using non-thermal plasma to cope with the exhaust gas whose temperature fluctuates. In this study, removal of NO_x and soot from a diesel engine over an Ag/Al₂O₃ catalyst in a fixed-bed dielectric barrier discharge reactor was investigated. The effect of the reaction temperature and the energy density (SIE) were also examined. The result showed that combining plasma with the Ag/Al₂O₃ catalyst significantly are enhanced the reduction of NO_x and soot which is achieved more than 80 % NO_x reduction and approximately 90 % hydrocarbon decomposition at low temperature with appropriate energy densities input. Furthermore, the result of experiment also show that NO_x removal increased by approximately more than 10 % in the presence of soot comparison with the case absence soot at the same condition. Obviously, by using the plasma combination in accordance with the temperature fluctuation of the exhaust gas, the NO_x and soot conversion efficiency can be kept high in a wide temperature range.

Keywords: atmospheric pressure plasma; Diesel engines; Soot; NO_x

*E-mail address of the corresponding author: smokie@jejunu.ac.kr (Y.S. Mok)

Ni 촉매상에서의 Power to Gas(P2G)의 CO₂ 메탄화 반응실험 연구

한단비, 염규인, 김윤지, 변현승, 백영순*
수원대학교 환경에너지공학

A study on the CO₂ methanation reaction of Power to Gas(P2G) over Ni catalyst

Dan Bee Han, Gyuin Yeom, Yun Ji Kim, Hyun Seung Byun, Young Soon Baek*
Department of Environment-Energy, University of Suwon

최근, 지구온난화와 기후변화가 발생하면서 온실가스 배출 저감을 위해 신재생에너지의 비중을 높이는 '에너지 전환' 정책을 펼치고 있다. 신재생에너지는 변동이 심하고 간헐적인 전력생산량 문제를 해결하기 위해 장기적이고 대용량의 저장능력이 필요하다. 에너지 저장방법으로 리튬 이온 배터리 방식의 에너지 저장장치(ESS)가 이용되고 있으나, 리튬이온 배터리는 낮은 저장용량과 짧은 저장기간으로 장기간의 전력 저장에 한계가 있다. 이러한 문제를 개선할 수 있는 기술로 잉여 전력을 가스로 전환하여 전력망과 가스 공급망으로 연계하여 이용 가능한 Power to Gas(PtG) 공정이 있다. PtG공정은 크게 전기를 이용하여 물을 분해하여 수소를 생산하는 수전해 기술과 다량의 배가스의 CO나 CO₂로부터 수소와 메탄화 반응이 있으며, 전환된 CH₄은 가스공급망에 연계하여 이용하거나, 유동적으로 이용할 수 있어 효율적이다.

본 연구에서는 40wt% Ni-Mg-Al 촉매를 사용하여 CO₂의 메탄화 반응에 대한 실험을 수행하였다. 촉매의 리덕션 온도를 450°C, 550°C, 800°C에서의 리덕션의 영향 실험, 450°C 리덕션한 40wt% Ni-Mg-Al 촉매 하에서 1기압, 200~500°C에서 공간속도(GHSV) 15,000~30,000/hr에서의 영향실험, 공간속도 30,000/hr 일 때 H₂/CO₂ 비가 4,5,6에서의 영향실험, 반응물의 CH₄ 농도가 0%~9%에서의 영향실험, 반응압력이 1~10기압에서의 영향실험을 CO₂ 전환율과 CH₄ 선택도로 분석하였다.

참고문헌

1. 고경호, "Power to Gas 기술개요 및 현황", 대한전기협회-전기저널, Special Issues 2, 21-25, Korea, (2014).
2. Ozgul Agbaba Sener, "Carbon dioxide methanation over Hydrotalcite-based Ni catalysts", Aalto university, (2017)
3. Soudabeh Rahmani et al., "Preparation of highly active nickel catalysts supported on mesoporous nanocrystalline γ -Al₂O₃ for CO₂ methanation", Journal of Industrial and Engineering Chemistry 20, 1346-1352, (2014)

양방향 수전해 기반 수소제조를 위한 고온스팀 과열기의 CFD 해석

김윤지¹, 박성룡², 조종표², 백영순^{1*}
¹수원대학교 환경에너지공학과, ²에너지기술연구원

CFD analysis of Superheater for the high temperature steam generation to hydrogen production by reversible Electrolysis

Yun Ji Kim¹, Seng Ryong Park², Chong Pyo Cho², Young Soon Baek^{1*}

¹Department of Environment-Energy, Suwon University, ²Korea Institute of energy research

지구온난화와 화석연료의 고갈에 따른 대체에너지의 연구개발에 대한 요구가 지속적으로 높아지고 있는 가운데 실용 가능성 있는 환경 및 에너지 문제 해결의 대안 중 하나로서 수소에너지가 주목받고 있다. 수소는 천연가스나 바이오가스의 개질반응, 물의 전기분해 방식을 통해 생산이 가능하다. 전기분해를 통한 수소 생산방법 중 고체산화물 수전해전지(SOEC)는 고온에서 작동해 물을 분해하기 위해 필요한 전기에너지를 줄일 수 있는 방법으로 적은 전기에너지로 고효율의 물 분해가 가능하며, 양방향 운전이 가능하다. 또한 SOEC를 사용함으로써 부식에 대한 내구성이 뛰어나며 전해액을 사용하는 수전해법과 달리 유지 및 보수가 용이하다는 장점이 있다. 따라서 SRF 연소로에서 배출되는 900°C 이상의 배기가스 폐열로부터 고온스팀을 생산하여 SOEC에 공급하고자 한다. SRF 연소로의 크기는 직경 0.97m, 길이 1.7m이고, 배기가스 폐열을 회수하는 과열기는 2차 연소실 내에 설치하였다. 1차 연소실 보일러에서 과열기 내로 유입되는 스팀은 160 ~ 180°C, 6 ~ 9bar이다.

본 연구에서는 700°C 이상의 스팀온도를 얻기 위해서 필요한 과열기의 면적을 NTU(Number of Transfer Unit)법에 의한 이론적 해석으로부터 구하였다. 상기의 조건으로부터 과열기의 형상을 전산유체역학(CFD, Computational Fluid Dynamics) 해석하기 위해 상용 시뮬레이터인 Fluent를 사용하여 시뮬레이션 하였으며, 이론적 해석과 시뮬레이션 결과에 의한 면적 분석, 배기가스 폐열의 상·하 위치 변경 영향, 배기가스 폐열의 온도 950°C에서 다른 영향을 내부 온도분포와 출구온도를 비교하여 과열기의 최적 조건을 찾는 연구를 수행하였다.

참고문헌

1. HB. Shin, S.Y. Lee, "Temperature Control of Superheater Steam in Thermal Power Plant", The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 59, No. 11, pp. 2006~2011.
2. P. R. Reddy, G. A. Reddy, D. P. Kumar, S. P. Kumar, "Design and Fabrication of Super Heater Used In Boiler", Engineering and Technology, Vol. 3, Issue 2, 2017.
3. D. Taler, M. Trojan, P. Dzierwa, K. Kaczmarski, J. Taler, "Numerical simulation of convective superheaters in steam boilers", International Journal of Thermal Sciences, Vol. 129, 2018, Pages 320-333.
4. S. Teir, A. Jokivuori, "Heat Exchangers in Boilers", Energy Engineering and Environmental Protection Publications, Espoo, 2002.

난연 특성을 가진 폴리프로필렌용 친환경 수분산 바인더의 제조 및 특성 평가

김은지, 백인규, 최경용¹, 박재형*
한국신발피혁연구원, ¹경은산업(주)

Preparation and Characterization of Eco-friendly Aqueous dispersion Binders for Polypropylene with Flame Retardant Properties

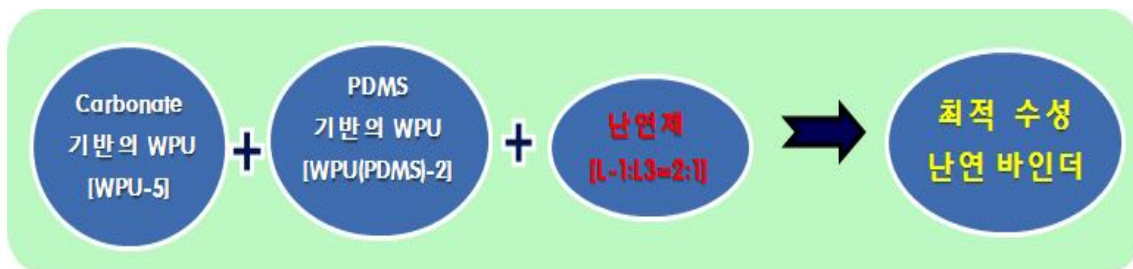
Eun Ji Kim, In Kyu Paik, Kyung Yong Choi¹, Jae Hyung Park*
Korea Institute of Footwear & Leather Technology, ¹Sunkyung Chemical Co., LTD.

서론

최근 들어 건축물에 대한 난연 특성이 세계적으로 요구되고 있고 규제가 늘어남에 따라 소재에 대한 난연 특성을 부여하기 위한 연구가 계속되고 있다. 특히 난연성이 취약한 섬유 원단에 대한 연구가 진행되고 있으며 인체 무해성, 내화학성, 보존성, 발수성, 속건성이 우수한 폴리프로필렌에 대한 개발이 이루어졌다. 하지만 현재 가염 PP의 개발 및 생산 단계로 의류 패션에 적용 될 뿐 방염 및 방오성의 한계로 인테리어 섬유원단에는 적용되고 있지 않아 본 연구에서는 난연 특성을 부여한 폴리프로필렌용 수분산 바인더를 제조하고자 하였다.

실험

난연 특성을 가진 폴리프로필렌용 친환경 수분산 바인더를 제조하기 위해 먼저 수분산 폴리우레탄계 바인더를 합성하였다. 수지는 카보네이트계 기반의 WPU와 PDMS 기반의 WPU를 각각 합성하여 블렌딩하였고 여기에 분말형 난연제 2종과 액상형 난연제 5종을 함량별로 적용하여 난연 특성을 비교 평가하고 최적 조건을 확립 하였다.



< 친환경 난연 바이던 제조 개요도 >

감사의 글

본 연구는 중소벤처기업부 지역유망중소기업지원사업(과제번호: S2613772)의 연구비 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

맞춤형 인솔용 친환경 수경화 폴리우레탄 수지의 제조 및 특성 평가

김은지*, 백인규, 박재형, 하경호¹
 한국신발피혁연구원, ¹(주)에스앤에프

Preparation and Characterization of Eco-friendly Water-curing Polyurethane Resin for Customized Insole

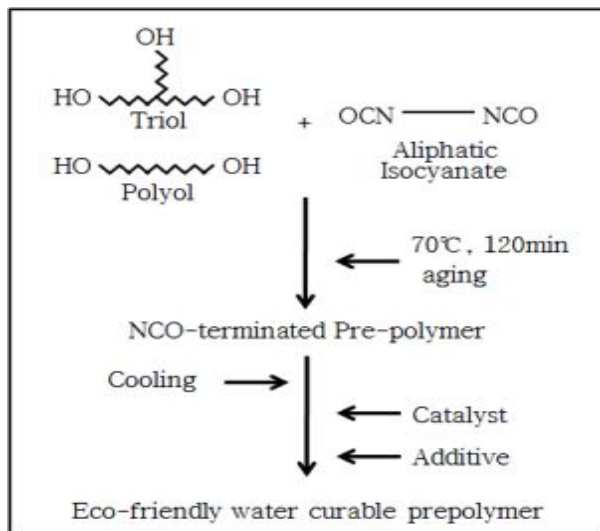
Eun Ji Kim*, In Kyu Paik, Jae Hyung Park, Kyoung Ho Ha¹
 Korea Institute of Footwear & Leather Technology, ¹S&F Inc.

서론

세계적으로 건강에 대한 관심이 늘어나 걷기 열풍이 불고 일상에서의 발 건강의 중요성이 크게 강조됨에 따라 인체의 발은 제 2의 심장이라 불리며 신발의 중요성 또한 대두되고 있다. 인솔은 보행 시 압력을 가장 많이 받는 부위에 대한 충격을 흡수하고 압력을 분산시켜 줄 수 있어 발에 편안함을 제공할 수 있으며 여기다 발 맞춤형 기능을 부여한다면 발의 교정 목적으로도 적용이 가능하다. 하지만 수경화성 폴리우레탄 수지는 미반응 NCO와 수분이 경화반응을 일으키게 되는데 이 때 이산화탄소가 발생하는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 맞춤형 인솔에 적용 가능한 친환경 수경화성 폴리우레탄 수지를 제조하고 이에 대한 특성을 평가하고자 하였다.

실험

맞춤형 인솔용 친환경 수경화 폴리우레탄 수지를 제조하기 위해 먼저 수경화 타입의 폴리우레탄 분자 구조를 설계하여 이를 합성하였다. 그 다음 이산화탄소의 반응을 억제하기 위해 경화제를 구조별/함량별 적용하고 이에 대한 특성을 비교 평가하여 최적 조건을 확립하였다.



< 친환경 수경화 처리제의 mechanism >

감사의 글

본 연구는 중소벤처기업부 수출기업기술개발사업(과제번호: S2606820)의 연구비 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

결로 방지용 친환경 코팅 수지의 제조 및 특성 평가

김은지*, 백인규, 박재형, 서영삼¹
 한국신발피혁연구원, ¹(주)하이젠

Preparation and Characterization of Eco-friendly Coating Resin for Condensation Prevention

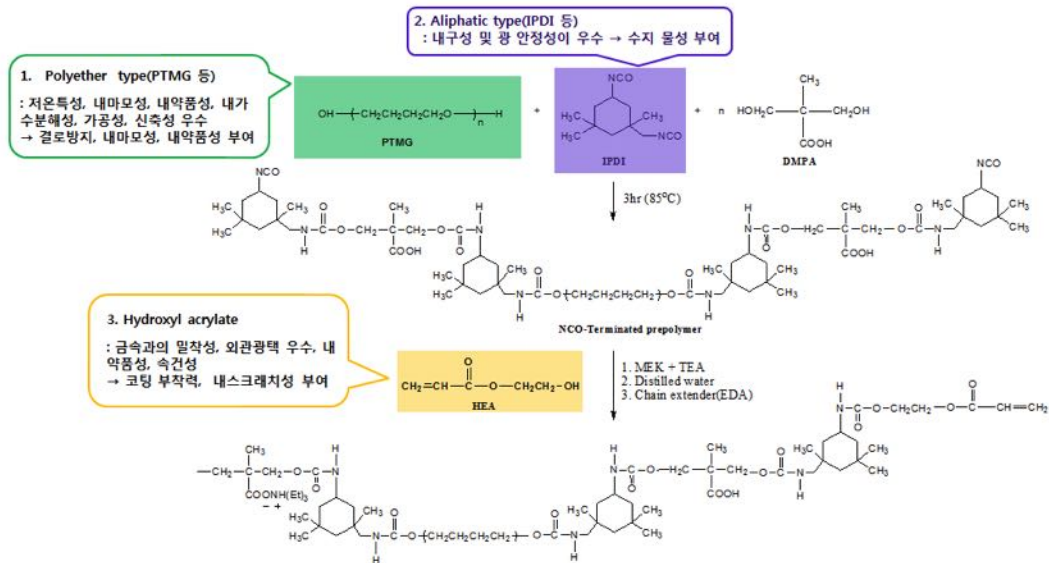
Eun Ji Kim*, In Kyu Paik, Jae Hyung Park, Yeong Sam Seo¹
 Korea Institute of Footwear & Leather Technology, ¹Heizen Co., LTD.

서론

산업이 발달함에 따라 다양한 산업에서 세정 공정은 필수 불가결하게 사용되고 있다. 하지만 기존의 물, 화학약품을 사용하여 세척하는 작업환경은 작업자의 건강 문제를 야기하고 이산화탄소, 수질 악화 등의 사회적 문제를 야기하므로 이를 해결할 수 있는 친환경 세정 기계의 개발이 필요하다. 이를 해결하기 위해 인체에 무해한 드라이아이스를 이용한 세척기를 개발하고자 하였으나 호퍼의 온도차로 인해 결로 현상이 발생하므로 이를 개선할 수 있는 친환경 코팅 수지의 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 결로 방지용 친환경 코팅 수지를 개발하고자 하였다.

실험

결로 방지용 친환경 코팅수지를 제조하기 위해 저온특성을 가진 폴리올을 선정하여 친환경 수성형 폴리우레탄 구조를 설계하고 이를 제조하였다. 제조된 수지의 반응 mechanism은 아래와 같으며 제조된 수지의 화학적, 물리적 특성을 비교 평가 하였다.



< 결로 방지용 친환경 코팅 수지의 반응 mechanism >

감사의 글

본 연구는 중소벤처기업부 창업성장기술개발사업(과제번호: S2577698)의 연구비 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

선택적 광 제어 기능의 농업용 multi-layer 필름 제조 및 특성 평가

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

Manufacturing and Characterization of Agricultural Multi-layer Film with Selective Light Control Function

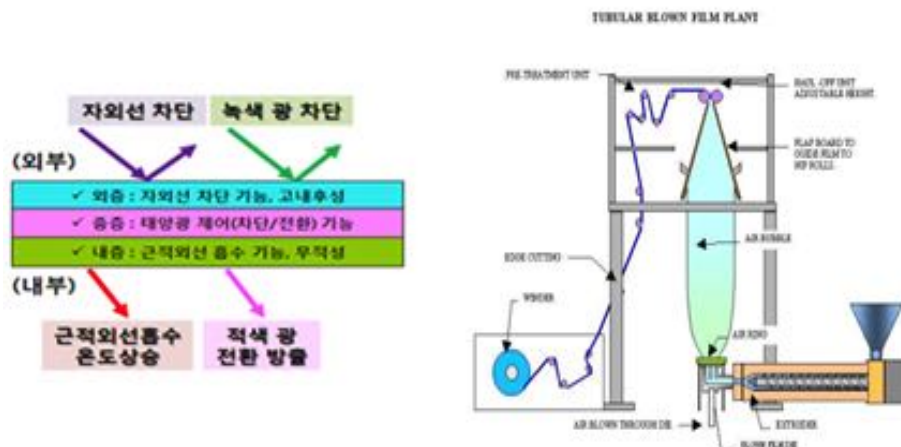
Eun Ji Kim*, In Kyu Paik, Jae Hyung Park, Jae Hyun Kim¹
 Korea Institute of Footwear & Leather Technology, ¹Sunkyung Chemical Co., LTD.

서론

지속적인 산업화로 인해 이산화탄소 배출량이 점차 증가하여 환경 기후 변화를 초래하였고 이로 인해 식량 위기에 직면할 것이며 향후 더욱 심해질 것으로 예측되고 있다. 이를 해결하기 위해 과도한 화학 비료 및 농약의 사용으로 환경오염이 발생하였고 과도한 에너지의 사용으로 인한 에너지 절감이 세계적으로 요구되고 있어 이를 개선하기 위한 친환경 소재의 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 식물 성장 촉진을 위해 태양광을 선택적으로 제어하여 성장을 돕는 기능성 multi layer 필름을 개발하고자 하였다.

실 험

태양광을 선택적으로 제어하는 multi layer 필름을 제조하기 위해 파장별 차단 및 전환 기능을 갖는 첨가제 3종을 합성하고 이를 마스터배치로 만들어 내층, 중층, 외층에 각각 적용하였다. 각 층에 부여되는 광학적 특성은 아래 그림에 나타내었으며 3중 필름은 blow 공정을 통해 제조하였다.



< 광 제어 multi-layer 필름의 층별 구조 및 blow 필름 제조기기 >

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 생산시스템산업전문기술개발사업(과제번호: 10062844)의 연구비 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

액체 유기 수소캐리어를 이용한 수소 수송 관련 경제성 분석

이보름, BorisBrigljević, 이현준, 임한권*
울산과학기술원

Economic analysis of hydrogen transportation using liquid organic H₂ carrier

Boreum Lee, Boris Brigljević, Hyunjun Lee, Hankwon Lim*
School of Energy and Chemical Engineering, Ulsan National Institute of Science and
Technology, 50 UNIST-gil, Eonyang-eup, Ulju-gun, Ulsan 44919, Republic of Korea

Stable hydrogen supply is crucial for Korean transition into a viable hydrogen economy. Among numerous H₂ storage and transportation methods, liquid organic H₂ carrier (LOHC) is in the spotlight due to many benefits such as high storage density, utilization of existing fuel infrastructure, reusability, etc. In this context, economic analysis methods such as itemized cost estimation and sensitivity analysis were employed for preliminary assessment of H₂ supply cost using LOHC for a H₂ production capacity of 300 m³ h⁻¹ applied to Korean market. The studies have shown that H₂ transportation cost accounts for a very significant portion of H₂ supply cost. In addition, it was determined that a 5-ton truck, is a more feasible option compared to a 1-ton truck, and should be used to reduce H₂ transportation cost leading to lower H₂ supply cost in Korea.

Power-to-gas 기술의 이산화탄소 배출권 기반 불확실성 분석

이현준, 이보름, 허주현, 연원모, 임한권*
울산과학기술원

Uncertainty analysis of Power-to-gas based on CO₂ tax credit

Hyunjun Lee, Boreum Lee, Juheon Heo, Wonmo Yeon, Hankwon Lim*
School of Energy and Chemical Engineering, Ulsan National Institute of Science and
Technology, 50 UNIST-gil, Eonyang-eup, Ulju-gun, Ulsan 44919, Republic of Korea

The renewable energy has come into the spotlight because of global environmental issue such as global warming. Particularly, Korean government announced 'Renewable Energy 3020', which had a target to increase the renewable energy ratio up to 20% until 2030. Therefore, a surplus electricity, which is generated by renewable energy sources like photovoltaic and wind, is also expected to increase due to the mismatch between demand and supply. In this context, power-to-gas (P2G) technology storing the surplus electricity into hydrogen and methane, to name a few, has been studied extensively by many researchers more than before. As a result, it is a timely approach to carry out the economic analysis for P2G technology and furthermore, uncertainty analysis based on CO₂ tax credit was performed in this study to quantify the risk for this technology in future.

수소 분리막 반응기 도입 에탄 수증기 개질반응에 대한 통합 기술·경제성 평가

허주현, 이보름, 연원모, 이현준, 임한권*
울산과학기술원

Integrative techno-economic analysis of ethane steam reforming in a H₂ separation membrane reactor

Juheon Heo, Boreum Lee, Wonmo Yeon, Hyunjun Lee, Hankwon Lim*
School of Energy and Chemical Engineering, Ulsan National Institute of Science and
Technology, 50 UNIST-gil, Eonyang-eup, Ulju-gun, Ulsan 44919, Republic of Korea

With the high demand of an alternative energy resource due to climate change and global warming, hydrogen (H₂) is considered as a clean energy carrier possibly made from steam reforming of light hydrocarbons such as methane, ethane, propane in natural gas, coal gasification, water electrolysis, etc. and steam reforming of light hydrocarbons as a H₂ production method accounts for about 95% of the H₂ production in the United States. Among them, ethane steam reforming (ESR) in a membrane reactor was selected in this study, which is combination of H₂ separation membrane and reactor in one unit, to expect enhanced H₂ yield and reactant conversion because of *Le Chatelier's* principle. In addition, integrative techno-economic analysis for ESR with itemized cost estimation, sensitivity analysis, and probability analysis using Monte-Carlo simulation method was carried out to assess the feasibility of the proposed process.

매체순환연소공정용 CaSnO_3 산소전달입자의 산화·환원 특성 연구

백승훈, 손정민*
전북대학교 자원·에너지공학과

A Study on Redox Properties of CaSnO_3 Oxygen Carrier for Chemical Looping Combustion Process

*Seung Hun Baek, Jung Min Sohn**
Department of Mineral Resources & Energy Engineering, Chonbuk National University,
Jeonju, Jeollabuk-do 54896

전 세계적으로 에너지 사용량은 급증하고 있고, 에너지 발전량 중 화석 연료가 차지하는 비중은 매우 크다. 화석연료 사용은 다량의 이산화탄소를 배출하여 지구온난화에 영향을 준다는 문제점이 있다. 세계 각국에서 이산화탄소 배출량을 줄이기 위해 노력하고 있으며, CO_2 저감 기술 중 최근 주목을 받고 있는 기술이 바로 매체순환연소(CLC, Chemical Looping Combustion)이다.

CLC 기술은 순 산소 연소 기술로 NO_x 발생이 없고 별도의 분리 설비 없이 CO_2 분리를 할 수 있다는 장점이 있다. CLC 공정은 산화반응기와 환원반응기로 구성되며 산소전달입자가 두 반응기를 순환하며 열과 산소를 전달하는 것이 기본 원리이다. 다시 말하면, CLC 기술에서 산소전달입자는 연료에 산소를 전달하는 중요한 요소이다.

이번 연구는 CaSnO_3 입자가 CLC 공정용 산소전달입자로서 적절한지 판단하기 위해 진행하였다. TGA를 이용하여 사이클에 따른 산화·환원 특성을 분석하였고, TPR 분석을 통해 온도별 환원 특성을 관찰하였다. 또한 입자의 결정상을 확인하기 위하여 XRD를 사용하였다. TGA실험은 900°C 등온조건으로 설정하였다. 이 때 산화성가스로 Air, 환원성가스로 15% H_2/N_2 를 이용하였다. 그리고 두 가스가 섞이지 않도록 N_2 를 투입하였다. 산소전달량은 환원 반응 시 결정 구조 변화를 통하여 계산된 이론 산소전달량과 유사한 15.4 wt%를 보였다. 또한 10번의 환원 및 산화 반응 후에도 산소전달량과 산소전달속도는 일정하게 유지되었다. 이는 산소전달입자로서 CaSnO_3 는 좋은 대체 물질이 될 수 있다고 판단하였다.

Fast pyrolysis of oak tree and pine tree in bubbling fluidized-bed reactor for bio-oil production

Manh Linh Le, Hoang Vu Ly, Seung-Soo Kim*
(sskim2008@kangwon.ac.kr)
Kangwon National University

Abstract

Lignocellulose biomass has recognition for being a potential source for bio-fuel production [1]. Within the main types of lignocellulose biomass, oak tree and pine tree are consisted of cellulose, hemicellulose and lignin, which have the converting capability to bio-oil, gas, and char through pyrolysis. In this study, the thermal conversion characteristics of oak tree and pine tree was analyzed from 25 to 700 °C in nitrogen using thermogravimetric analysis, and it was mainly decomposed between 230 °C and 400 °C. Then, the fast pyrolysis of oak tree and pine tree were performed in a bubbling fluidized-bed reactor under various reaction conditions (pyrolysis temperature, flow rate of fluidizing medium, biomass particle size, with and without catalyst) to investigate the effects of these parameters on product yield and bio-oil quality. In this system, silica sand were used as the bed material and nitrogen is a fluidizing medium. The data shows the significant effect on product yield distribution by temperature, the highest values of bio-oil yields were 66.7 wt%, obtained at 450 °C (for oak tree) and 65.5 wt%, obtained at 500 °C (for pine tree), respectively. In addition, the higher heating values of bio-oils from oak tree and pine tree were considerably high, reaching the range from around 22 to 24 MJ/kg. The high content of levoglucosan and large amount of C₅-C₁₁ (Gasoline fraction) make the pyrolysed oils originated from oak tree and pine tree can be considered as ones of the promising biofuel candidates.

Reference

[1] Seung-Soo Kim, Jinsoo Kim, Young-Hun Park, Young-Kwon Park, "Pyrolysis kinetics and decomposition characteristics of pine trees," *Bioresource Technology*, **101**, 9797-9802, 2010.

Guaiacol hydrodeoxygenation using commercial catalyst support $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Quoc Khanh Tran¹, Sangjin Han², Hoang Vu Ly¹, Seung-Soo Kim^{1*}, Jinsoo Kim²
(sskim2008@kangwon.ac.kr)

¹Kangwon National University, ²Kyung Hee University

Abstract

In this study, spherical $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ catalysts were successfully prepared by combining sol-gel and spray pyrolysis (S.P) methods. The product catalysts were investigated under different conditions for hydrodeoxygenation (HDO) using guaiacol as a model compound of bio-oil. The HDO is considered as one of the promising methods for upgrading bio-oil from pyrolysis by removal of the oxygen-containing groups [1]. Guaiacol is one of the major compositions in the bio-oil product from pyrolysis of woody biomass [2]. The effect of catalyst activity on the HDO of guaiacol were investigated at different reaction conditions (Al:Si ratio, reaction temperatures and calcination temperatures).

The catalyst $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ with the ratio Al:Si (50:50), which calcined at 450 °C gave the highest conversion and selectivity of product distribution. Not only carbon-oxygen cleavage reactions took place, but also methyl group transfer reactions were determined in this work. By the effect of calcination, the higher calcined temperature showed the lower activity of catalyst support. At 300 °C, atmosphere pressure and 6.5 WHSV (g of reactant on g of catalyst.h⁻¹) led to highly-achievable performance of HDO of guaiacol. Under those conditions, conversion of guaiacol were 74.89% and the selectivity of liquid products to 1,2-dimethoxybenzene, 3-methyl guaiacol, 2,6-xyleneol, 2,3,5,6-tetramethylphenol, pentamethylbenzene, hexamethylbenzene over $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ catalyst support were 15.25%, 31.14%, 5.21%, 4.11%, 19.22% and 25.07%, respectively. Mechanism and reaction pathways of guaiacol HDO also were proposed based on product analysis.

Reference

- [1] Ly H. V., Galiwango E., Kim S-S., Kim J., Choi J. H., et al., Hydrodeoxygenation of 2-furyl methyl ketone as a model compound of algal *Saccharina Japonica* bio-oil using iron phosphide catalyst, *Chemical Engineering Journal*, 2017, **317**, 302-308.
- [2] Lee H., Kim H., Yu M.J., et al., Catalytic Hydrodeoxygenation of Bio-oil Model Compounds over Pt/HY Catalyst, *Scientific Reports*, 2016, **6**, 28765.

전산유체기법을 이용한 기포유동층 반응기에서의 슬러그 고찰

서수빈, 김형우, 이시훈*
전북대학교 자원에너지공학과

CFD study of slug in a bubbling fluidized bed reactor

Su Been Seo, Hyung Woo Kim, See Hoon Lee*
Department of mineral resources and energy engineering, Chonbuk National University

고체 입자들이 유체처럼 움직이는 유동층 공정이 연소, 가스화, 건조 등의 에너지 전환 공정뿐만 아니라 범용 고분자 수지의 생산 공정에도 이용되고 있다. 국내외에서 이용되는 공정은 범용 고분자 수지 중의 하나인 LLDPE(Linear low density polyethylene)를 생산하는 공정으로 기포 유동층 상태에서 조업되고 있다. Geldart D 입자로 분류되는 LLDPE 입자들이 유동층 입자로 이용되고 유동화를 위해서 고분자 반응에 이용되는 수소가 사용된다. 이와 같은 특성으로 인해서 기포 유동층 공정임에도 불구하고 반응에 악영향을 끼치는 슬러그가 발생할 수 있다. 이에 본 연구에서는 상용 고분자 반응기를 모사한 pilot 규모의 고분자 합성 반응기(0.4m I.D., 4.4m High)를 LLDPE 입자의 유동 특성을 고찰하였다. 특히 LLDPE 입자의 밀도 변화, 구형도 변화에 따른 슬러그 특성을 세밀하게 고찰하기 위하여 전산입자유체해석(Computational particle-fluid dynamics, CFPD)을 이용하였다. CFPD를 통해서 일부 실험자들만 고찰할 수 있었던 flat slug 의 발생을 시각적으로 구현하였으며 기체, 고체의 물리적 특성 변화에 따라 슬러그의 발생을 저감시킬 수 있음을 확인하였다.

Computational Study on Sodium Metal Plating on Pre-patterned Current Collector for Highly Rechargeable Seawater Battery

Immanuel Kristanto¹, Jaeho Jung¹, Daeyeon Hwang¹, Sang Kyu Kwak^{1*}, Seok Ju Kang^{1*}
¹Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST)

Clean energy resources and storage have received immense attention to address various issues related with global warming and climate change. Li-ion battery has been widely used as the prime clean energy storage. Despite extensive research and development on Li-ion battery technology, tremendous increase in Li metal demand has become another concern. Seawater battery has emerged as a promising energy storage to address this concern owing to the abundance supply of sodium ions. However, dendrite growth during charge-discharge cycles poses a significant challenge on Na battery performance and safety. To mitigate this issue, we presented an in-depth study to determine Na metal growth on the current collector. We used Density Functional Theory (DFT) calculation to elucidate Na plating preference on different metals (i.e., Au, Ag, Cu, Al, and Ni) of the pre-patterned current collector by examining interfacial stability of Na with each metal. Interfacial stability was assessed based on the work of adhesion and binding energy of each interfaces. We found that Cu/Al patterned current collector has decent interfacial stability while keeping the cost minimum.

References

- U.S. Geological Survey., "Mineral Commodity Summaries 2012," Reston, VA, January (2012).
Luo et al., "Ultrathin surface coating enables the stable sodium metal anode," *Adv. Energy Mater.*, **7**(2), 1601526 (2017).
Wang et al., "First-principles calculations of β "-Mg₅Si₆/ α -Al interfaces," *Acta. Mater.*, **55**(17), 5934-5947 (2007).

폴리피롤 및 금속 도핑 테레프탈레이트의 산소환원 반응에 대한 밀도범함수 이론 계산 연구

김수환¹, 이동규¹, 송현곤¹, 곽상규^{1*}
¹울산과학기술원

DFT calculation on pPy-assisted ORR of the metal-doped terephthalate

Su Hwan Kim¹, Dong-Gyu Lee¹, Hyun-Kon Song¹ and Sang Kyu Kwak^{1*}
¹Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST)

Oxygen reduction reaction (ORR) is a cathodic reaction in the fuel cell which is a promising candidate for clean energy conversion. To overcome the slow kinetics of ORR in the metal oxide catalyst, a novel concept of involving polypyrrole (pPy) has been developed. The pPy is identified as the co-catalyst to help catalysts to improve the efficiency in ORR. However, there have been only few theoretical studies on how pPy accelerates the ORR. Therefore, by using density functional theory (DFT) calculations, the effect of pPy on the ORR was studied with metal-doped terephthalate (M-TP) system. We used various metal (i.e., Co, Mn, Ni, Zn, Fe, and Cu) to generalize the effect of pPy. Without pPy, the rate determining reaction of M-TP systems was always the reaction $*OOH \rightarrow *O$. However, when pPy was added, the secondary amine of pPy was calculated to be deprotonated during ORR to accelerate the reaction and recovered at the end. Through this study, we firstly suggested that the origination of the improved efficiency of ORR was the deprotonation and protonation of pPy.

참고문헌

1. Lee et al, "Polypyrrole-assisted oxygen electrocatalysis on perovskite oxides", *Energy and Environmental Science*, **10**(2), 523-527 (2017).

밀도범함수 이론 계산을 통한 고성능 일산화탄소 흡착용 금속염 전산 스크리닝

김유진¹, 이지은¹, 이정현¹, 김진철¹, 이경민¹, 임형용¹, 이기봉², 곽상규^{1*}
¹울산과학기술원, ²고려대학교

Metal halide screening for high adsorption capacity on carbon monoxide via DFT calculation

Yu Jin Kim¹, Ji Eun Lee¹, Jeong Hyeon Lee¹, Jin Chul Kim¹, Kyung Min Lee¹, Hyeong Yong Lim¹,
 Ki Bong Lee², and Sang Kyu Kwak^{1*}

¹Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST), ²Korea University

Refinery of byproduct gases from many industries is essential to reduce greenhouse gas and wasted energy source. Especially, carbon monoxide (CO) should be separated from byproduct gases, not only for environmental issue but also for value-added material as synthesis gas. In this study, a porous adsorbent material (*i.e.*, activated carbon) impregnated with metal halide compound, which consisted of highly electronegative metal cation and halogen anion, was investigated for high adsorption preference on CO. Through density functional theory (DFT) calculations, various metal halide structures were screened to find the structure showing the best CO-selective adsorption. Initially, the most stable spin configuration and Hubbard U parameters for each metal atom were investigated. The candidates were further scrutinized by investigating surface energies of the structures based on Bravais-Friedel-Donnay-Harker (BFDH) theory. Furthermore, the adsorption energies of CO and CO₂ on the metal halide surface were calculated to confirm the adsorption strength and CO/CO₂ selectivity. Based on local density of states (LDOS) analysis, it was confirmed that the stronger CO adsorption in metal halide with high CO selectivity, the more *d*-band shift of metal atoms in surface region occurred, implying that larger amount of electron was transferred from the *p*-orbital of CO to the *d*-orbital of metal atoms exposed on the metal halide surface. With these study, the optimal metal halide for CO-selective adsorption on activated carbon was identified.

Effects of different redox mediators on microbial electrosynthesis of CO₂ to produce acetate

Shuwei Li, Young Eun Song, Minsoo 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

Microbial electrosynthesis (MESs) has been highlighted for the purpose of biological C₁ gas reduction with simultaneous intermediates and value-added chemicals production. The bioelectrochemical system has been implemented to provide reducing power for biological C₁ gas conversion by using external power supply or potentiostat. In MES, the interfacial electron transport between bacteria and electrode, is expected to regulate the whole conversion rate of electrosynthesis. It has been reported that the indirect electron transfer via electrochemically active redox molecule, facilitate acetate and volatile fatty acid production in BES. However, the mechanism and performance of such mediators use, has not been extensively studied. In this study, we have compared different electron shuttles for start-up of MES. The electrochemical characteristics of mediators in MES were examined with cyclic voltammetry and electrochemical analyses. Our results show that the appropriate selection of mediator facilitates start-up and improves the intermediary metabolite productions in MES.

Acetate and VFA production from carbon monoxide using ZVI (zero valent iron)

Hyeon Sung Im¹, Changman Kim¹, Young Eun Song¹, Chae Ho Im², Jung Rae Kim^{1*}

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

²School of Energy and Chemical Engineering, UNIST, Ulsan, 44919, Republic of Korea

C1 gas has been highlighted for biorefinery process, and it is a valuable feedstock to produce various platform chemicals. The acetate is an intermediate chemical which can be synthesized via Wood-Ljungdahl pathway, and further substrate for chain elongation into a higher VFA when sufficient reducing power provided. Hydrogen gas and reducing sugar have problem for providing reducing power for C1 gas conversion (e.g. high price and catabolite repression). The zero valent iron (ZVI) has been widely used as a reducing agent in environmental process. In this study, we examined that the externally provided reducing power from ZVI oxidation, increase acetate production from CO and further synthesis of volatile fatty acids. The effect ZVI on CO/CO₂ conversion was evaluated with acetate production and byproduct formation. The carbon and electron balance provide an information for mechanism of C1 gas conversion and chain elongation. We have shown that ZVI can provide reducing power to microbial C1 gas conversion. These results contribute to facilitate microbial conversion and useful intermediate chemical production under the reducing power limited condition such as C1 gas conversion.

Assessment of cadmium toxicity in soil using sulfur oxidizing bacteria

Ebenezer Ashun, Heonseop Eom, and Sang-Eun Oh*

Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

ABSTRACT

Cadmium (Cd^{2+}) has become a grave environmental issue due to its extensive use and its high toxicity. The introduction of Cd^{2+} into the environment adversely disturbs ecosystems by reducing the quality of resources and affecting them due to their toxicological and adverse health consequences. Soils are gradually become sinks for a wide range of hazardous pollutants produced by anthropogenic activities. Bioassays accurately predict soil toxicity than physicochemical methods because assessing metal contamination of soils through physicochemical means is a difficult task while the results obtained through physicochemical analysis do not directly correlate to its potential toxic effects. Sulfur Oxidizing Bacteria (SOB) bioassay was applied to evaluate the toxicity of cadmium contaminated soil. SOB are chemoautotrophic organisms that oxidize sulfur particles under aerobic conditions to produce sulfuric acid. The reaction results in an increase in electrical conductivity (EC) and a decrease in pH. SOB activity is inhibited in the presence of toxic chemicals by measuring changes in EC, Oxygen consumption and pH. Batch tests were performed in 25 ml glass vials which contained 1g soil, 9g SOB attached sulfur particles and 5mL tap water. Adequate oxygen was provided for oxidation in each reactor through the provision of a 15 mL volume in the headspace of each reactor. Soil samples spiked with (0 - 2000 mg/kg) Cadmium chloride hemi-pentahydrate (model toxic chemical) were agitated in a shaking water bath at 100 rpm at 38°C for 12 hours. Increase in EC and Oxygen consumption decreased with increasing concentration of Cd^{2+} in spiked soil. Inhibition of EC and Oxygen consumption was observed in all the reactors during the 12 Hour period of the study. The determined Effective concentration EC_{50} responsible for 50% growth inhibition of SOB determined using EC and Oxygen Consumption data was 53.5 and 111 mg/kg Cd^{2+} . Results obtained from the current study indicates that SOB bioassay could be used as a bioassay to evaluate the toxicity of Cd^{2+} contaminated soils.

Key Words: Cadmium Toxicity, Sulfated Organism, SOB Bioassay, EC, Oxygen Consumption, Cadmium Contaminated Soil, Eco toxicity.

A novel micro-algal testing method for assessing toxicity of selected heavy metals in natural water

Fida Hussain, Heonseop Eom, and Sang-Eun Oh*

Department of Biological Environment, Kangwon National University

ABSTRACT

The standard algal toxicity test is conducted based on growth rate (division rate of cell) or final cell biomass (cell yield) as the end point measurement with 48 to 96 h of detection time. Micro-algal bioassays are quick, simple and inexpensive compared to bioassays using other organisms. Recent research has paid significant attention toward the exposure time of toxicity test and endpoint. The aforementioned algal toxicity test usually take 3-4 days exposure time and laborious work involved to measure these endpoints parameters (chlorophyll content, phosphate uptake, enzymatic activity, growth rate, and cell density). During last decade microalgal 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 ^{14}C assimilation which are quite sophisticated. The main purpose of present work was to design systematically a rapid and simple bioassay system which can be applied to assess the toxic effect of toxicant to photosynthetic activity of microalgae. The exposure of toxicant to micro algae has been conducted in a closed vessel and oxygen evolution (headspace oxygen percentage) has measured using highly sensitive oxygen sensor. In toxicity assay, mercury and silver were selected as tested heavy metal.

Micro algae has been grown in master culture reactor and sampled at exponential growth rate for the toxicity test. Toxicity test was performed in 25ml glass vials at batch mode. Tap water with phosphate buffer solution was used to maintain the pH of the system. 1ml of algae at exponential growth was sampled from the MCR. 14ml of media solution in 20ml vial was then added. To evaluate the heavy metal toxicity, various concentration (0, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 25 and 50mg/l) of Hg^{+2} and Ag^{+} was spiked. The headspace oxygen is removed by purging nitrogen gas. Initial and final $\text{O}_2\%$ has been measured at 0 hr and 12 hrs incubation using pyroscience needle type oxygen sensor. Initial and final chlorophyll content is also determined by solvent extraction method. 0.90 mg/l and 0.19 mg/l were the determined EC 50 for Hg^{2+} and Ag^{+} after 12 h exposure. Results showed that microalgae can be used for the assessment of contaminated water within 12 hours exposure.

Keywords - Algae, Bioassay, Heavy metal Toxicity assessment

폐기물 가스화 합성가스의 수성가스전이반응용 Co/CeO₂ 촉매에서 알칼리 및 알칼리 토금속 첨가에 의한 촉매 성능 향상

김경진, 이열림, 노현석*
연세대학교

Enhancement of the catalytic performance of Co/CeO₂ catalyst by doping alkali and alkaline earth metal promoter for high temperature water-gas shift reaction using waste derived synthesis gas

Kyoung-Jin Kim, Yeol-Lim Lee, Hyun-Seog Roh*
Yonsei University

The series of alkali (Na and K) and alkaline earth metal (Ca and Ba) -doped Co/CeO₂ catalysts applied to investigate the effect of the promoter on the stability of the catalyst for the high-temperature water-gas shift (WGS) reaction using waste derived synthesis gas. Interestingly, the alkali metal-doped catalysts exhibit higher activity than alkaline earth metal-doped catalysts in the temperature range of 400-550 °C. However, the stability result showed that alkaline earth metal-doped catalysts maintain the stable activity (CO concentration=85%, 50h) compared to alkali metal-doped catalysts even at a very high gas hourly space velocity of 143,000 h⁻¹. To understand the physicochemical properties of catalysts, diverse characterization techniques has been carried out. Transmission electron microscopy (TEM) and X-ray diffraction (XRD) results show that the higher stability of the Ba- and Ca-doped Co/CeO₂ catalyst was caused by the strong resistance to sintering of metallic cobalt (active species), showing a relatively small crystallite size of metallic cobalt compared to the alkali metal-doped catalysts after water-gas shift reaction. As a result, alkaline earth metal-doped Co/CeO₂ are promising catalysts for use in the industrial high-temperature water-gas shift reaction.

폐기물 가스화 합성가스의 고온수성가스전이반응용 BaCo/CeO₂ 촉매에서 Ba 조촉매 함량 최적화를 통한 촉매 안정성 증진

이열림, 김경진, 노현석*
연세대학교

Increase in stability of BaCo/CeO₂ catalyst by optimizing the loading amount of Ba promoter for high-temperature water-gas shift reaction using waste-derived synthesis gas

Yeol-Lim Lee, Kyoung-Jin Kim, Hyun-Seog Roh*
Yonsei University

The loading amount of Ba promoter in the 15 wt% Co/CeO₂ catalyst system was varied from 0 wt% to 3 wt%, and the resulting catalysts were used for the high-temperature water-gas shift (HTS) reaction. The catalysts were prepared by the incipient wetness co-impregnation method and studied through various characterization techniques such as X-ray diffraction, Brunauer-Emmet-Teller measurements, CO-chemisorption, H₂-temperature programmed reduction, X-ray photoelectron spectroscopy, and transmission electron microscopy. The doping of Ba as a promoter in the optimal amount (1-2 wt%) improves the reducibility of the catalyst and enhances its sintering resistance. However, the doping of an excessive amount (≥ 3 wt%) of the promoter lowers the reducibility of the catalyst, resulting in the instability of the active phase (Co⁰). Overall, the 1% BaCo/CeO₂ catalyst exhibited the best performance even at a severe reaction condition (CO conc. = 38%, GHSV = 143,000 h⁻¹) owing to the strong resistance to the sintering and high stability of the active phase.

Manganese removal from water treatment effluent using 3D nano flower-like magnesium hydroxide Coated granular polyurethane

Seog Beom Jang¹, Wong Kien Tiek¹, Choe Earn Choong¹, So Yeon Yoon¹, and Min Jang*
(minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)

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

The 3D flower like $Mg(OH)_2$ was synthesized by hydrothermal synthesis of MgO at $130\text{ }^\circ\text{C}$ in poly urethane. $PU-Mg(OH)_2$, which is characterized by Nitrogen gas isotherm, X-ray photoelectron spectroscopy, X-ray powder diffraction and Field Emission Scanning Electron Microscope, is composed of a flowerlike plate-like structure and has a very large surface area. Physico-chemical analysis showed that the manganese adsorption system of $PU-Mg(OH)_2$ is oxidized manganese and adsorbed it in the form of manganese dioxide. The adsorption of manganese on $PU-Mg(OH)_2$ was found to be adsorbed within a wide range of pH without any significant difference. As shown in Fig. 2, the manganese adsorption capacity of $PU-Mg(OH)_2$ was 100 mg g^{-1} , indicating that manganese adsorption capacity was very high Also, it was confirmed that when $Mg(OH)_2$ was loaded again after desorption of PU surface materials using sonication after manganese adsorption, it was operated normally. These results show the reusability of $PU-Mg(OH)_2$.

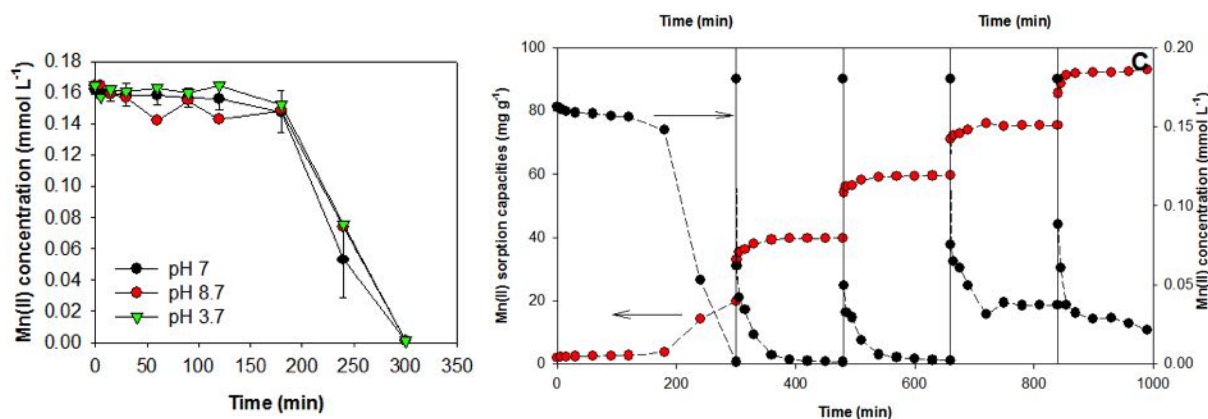


Figure 1: Kinetic plot of Mn(II) removal by various pH, Figure 2: Cumulative removal efficiency of Mn(II)

Reference

- Choi, H., Woo, N. C., Jang, M., Cannon, F. S., Snyder, S. A., "Magnesium oxide impregnated polyurethane to remove high levels of manganese cations from water", *Sep Purif Technol*, 136, 184-189 (2014)

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

Hwangho Lee, Inhak Song, Se Won Jeon and Do Heui Kim*
(dohkim@snu.ac.kr)

School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University

As abatement of NO_x emission become main issue in an environmental and human health protection fields, NO_x removal system is getting more attention in industrial fields. For reducing NO_x emission, NH_3 -SCR (Selective Catalytic Reduction) is regarded as the most efficient NO_x removal technology. Cu ion exchanged zeolite catalysts (Cu-SSZ-13, Cu-ZSM-5 etc..) is regarding as one of the most powerful SCR catalysts because of their high NO_x conversion and stability. It is known that isolated Cu ion is active site of NH_3 -SCR reaction of Cu-zeolite. There are some researches about characteristic of Cu ion, and one of those is its mobility in the zeolite cage¹⁾. For proving Cu ion mobility, in this research, we compare two catalysts, one is physically mixed Cu-SSZ-13 and H-SSZ-13 with mortar mixing (PM-C-SSZ), the other is physically mixed Cu-SSZ-13 and H-SSZ-13 with granule mixing (PM-L-SSZ). PM-C-SSZ sample was mixed by mortar grinding so it has high to particle interaction. On the other hand, PM-L-SSZ sample was mixed after each particles was sieved separately, so it has loose interaction between particles. The catalysts were hydrothermally treated. In the PM-C-SSZ, Cu ion can move from Cu-SSZ-13 to H-SSZ-13 because each particles contact directly. However, in the PM-L-SSZ sample, Cu ion can not move to H-SSZ-13 because particles were separated. Migrated Cu ions are located at 2Al sites of H-SSZ-13 which are thermodynamically more stable sites. As Cu ions on 1Al site in the Cu-SSZ-13 move to 2Al sites in the H-SSZ-13, ratio of Cu ions on 2Al site increases. The PM-L-SSZ has higher NH_3 -SCR activity than the PM-C-SSZ because its high density of Cu ion. These differences of characteristics between PM-C-SSZ and PM-L-SSZ indicate that inter-particle migration of Cu ions is possible through the physically mixed particle-particle interface.

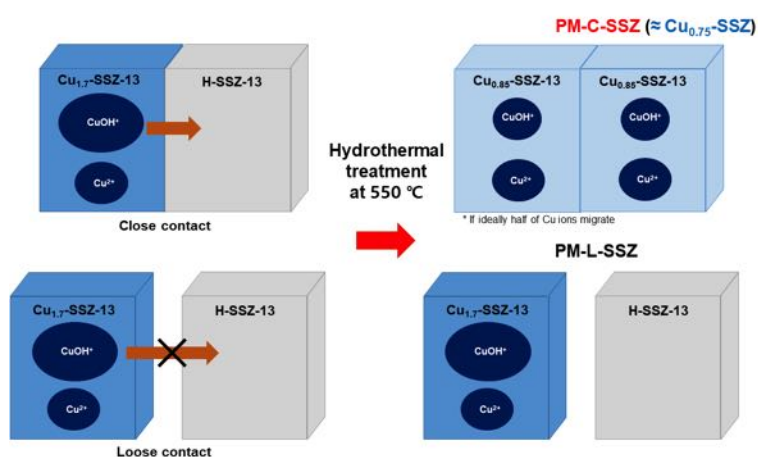


Figure 33. Scheme for PM-C-SSZ and PM-L-SSZ

Reference

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

Silicon 음극활물질에서 탄소 전구체 변화에 따른 전기화학적 특성

김현수, 서진성, 나병기*

충북대학교

(nabk@chungbuk.ac.kr)

최근 전기자동차, ESS, 휴대폰, 노트북 등의 전력장치로 사용되는 리튬이차전지는 높은 에너지밀도와 높은 용량, 우수한 사이클 성능 등이 요구되고 있다. 현재 상용화되고 있는 음극활물질인 흑연은 372mAh/g의 이론 용량을 가지고 있어, 고출력, 고용량을 요구하는 산업계에서 이러한 저용량의 문제를 해결하기 위해 기존 탄소재료 구조에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. Si은 이론 용량이 4200mAh/g으로 비교적 흑연에 비해 높은 용량을 가지고 있어 많은 연구가 진행되고 있다. 그렇지만 충 방전 시 상변화에 의한 부피팽창의 문제로 기계적 손상이 발생하고, 활물질이 분쇄되고 도전재와의 접촉 손실, 불균일한 입도분포 SEI층의 반복적인 성장으로 인한 계면 불안정 등의 문제가 발생한다.

본 연구에서는 Si의 부피팽창을 완화하기 위해 나노사이즈의 Si(<300nm)을 사용하였고, PVC, PVA, PEG 각각의 고분자를 변수로 두어, 열분해를 통해 Si에 탄소 코팅하여 Si/C 음극활물질을 제조 하였다. tetrahydrofuran, 증류수 용매 하에 Si과 탄소 전구체를 혼합하여 건조시키고, 800°C에서 3시간동안 열처리를 하였다. 제조한 시료의 결정구조와 표면을 분석하기 위하여 XRD, SEM 분석을 실시하였고, coin cell을 제조하여 용량, 사이클 수명 등 전기화학적 특성을 측정하였다.

고분자 계면활성제를 첨가하여 졸겔법으로 합성한 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 음극활물질의 전기화학적 특성

서진성, 김현수, 나병기*
 충북대학교 화학공학과
 (nabk@chungbuk.ac.kr)

리튬이온전지는 가장 주목을 받고 있는 친환경 에너지 변환장치이다. 기존의 전지들 보다 더 높은 작동전압과 에너지 밀도를 가지며, 오랜 시간동안 사용이 가능하여 다양한 기기들에 적용이 될 수 있는 장점을 가지고 있다. 최근에는 전기자동차, 하이브리드 자동차, 에너지 저장시스템과 같은 대형 전자기기 까지 적용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다.

스피넬구조의 LTO는 차세대 음극 활물질로서 많은 주목을 받고 있는 물질이다. LTO는 리튬이온이 삽입과 탈리를 하더라도 구조적인 변화가 거의없어 부피팽창이 거의 없으며, 작동전압이 리튬메탈 대비 1.55V로 높아 전해질 분해 반응에 의한 음극표면에 SEI층의 형성이 거의 없고, 높은 충전 및 방전 출력특성을 가지고 있고, 합성방법이 간단하여 값싸고 쉽게 제조할 수 있기 때문에 많은 관심을 받고 있다. 하지만 낮은 전기전도성으로 인하여 높은 전류밀도에서 LTO 음극활물질은 좋은 전기화학적 특성을 보이기 때문에, 상용화를 하는데 걸림돌이 되고 있다.

본 연구에서는 고분자 계면활성제를 첨가하여 졸겔법으로 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 음극 활물질을 합성을 하였다. 고분자 계면활성제는 PEO-PPO-PEO blockcopolymer를 사용하였다. 성능을 비교 하기 위하여 고상법으로 LTO 음극활물질을 만들었으며, 각각의 전구체들은 800°C 에서 12시간동안 열 처리를 하였으며, 325mesh Sieve로 입자 사이즈를 균일하게 걸러주었다. 이렇게 준비한 시료들은 결정성 및 결정구조를 분석하기 위해 XRD 분석을 실시하였고, 표면특성을 분석하기위해 SEM 분석을 하였다. LTO의 전기화학적 특성을 측정하기 위하여 사이클 테스트, Cyclic Voltammetry, Electrochemical Impedance Spectra 분석을 실시하였다.

Optimized Encapsulation of A.H Oil into Polycaprolactone polymers using particles from gas saturated solutions

David Nkurunziza¹, Jin-Seok Park¹, Adane Tilahun Getachew¹, Yeon-Jin Cho¹, Jin-Nam Moon¹,
Byung-Soo Chun^{1*}

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, 45 Yongso-ro,
Nam-Gu, Busan 48513, Republic of Korea

Essential oils have attracted much attention in the cosmetic industry due to their potential to inhibit skin pathogens making them target sources for active ingredients useful in cosmetics with skin ailments protective capabilities. Since these active ingredients are volatile compounds with limited stability, their use in cosmetics remains a challenge owing to the search of consistent delivery of these active ingredients to ensure their bioavailability, stability and activity in the cosmetics and pharmaceuticals systems. In this study, the potential of supercritical carbon dioxide encapsulation technique (Particles from Gas Saturated Solutions: PGSS) was explored for the encapsulation of A.H essential oils dominated by methyleugenol (ME) using Polycaprolactone polymer (PCL₂₀₀₀) as a carrier. The optimization of the encapsulation conditions using response surface methodology (RSM) resulted in the best encapsulation conditions for pressure, temperature and mixing ratio variables. ME encapsulation efficiency reached 57% and particle morphology and stability analyzed using SEM and FT-IR confirmed steady amorphous particles containing ME. Encapsulated oil exhibited antimicrobial activities for acne causing strains of *p. freudenreichii*, *s. epidermis* and *c.xerosis*. The results suggested that this technique can have potential use in the delivery of ME for cosmetics applications.

Moon, J., et al., "Physicochemical characterization and deodorant activity of essential oil recovered from *Asiasarum heterotropoides* using supercritical carbon dioxide and organic solvents," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 69, 217-224 (2019).

Bezerra, M.A., et al., "Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry," *Talanta*, 76(5) 965-977 (2008).

100kW_{th}급 기포 유동층 반응기를 이용한 석탄/하수 슬러지 고품 연료 혼소 특성 분석

김동희^{1,2}, 안형준¹, 허강열², 이영재^{1*}
¹한국생산기술연구원, ²포항공과대학교

Analysis on Co-firing Characteristics of Coal and Sewage Sludge Solid Fuel in 100kW_{th} Bubbling Fluidized Bed Reactor

Dong Hee Kim^{1,2}, Hyung Jun Ahn¹, Kang Y. Huh², and Young Jae Lee^{1*}
¹Korea Institute of Industrial Technology, ²Pohang University of Science and Technology

In this study, the co-firing characteristics of coal and sewage sludge were investigated using 100kW_{th} bubbling fluidized bed(BFB) reactor. Sub-bituminous coal(Coal), dried sewage sludge solid fuel(DSS), and hydrothermal carbonization sewage sludge solid fuel(HTCSS) was considered as fuel blends. The HHV of HTCSS produced by hydrothermal carbonization process was improved about 1500 kcal/kg compared to that of DSS. The hardgrove grindability index(HGI) of HTCSS was higher than DSS and Coal. Coal was used as the reference fuel for the co-firing. The mixing rate was 2, 5, and 10%, respectively based on HHV. In the co-firing of HTCSS and DSS, the freeboard temperature was increased due to the higher volatile matter although the bed temperature was decreased. NO_x and SO₂ emissions showed the trade-off tendency as the co-firing rate of HTCSS was increased. However, both NO_x and SO₂ emissions were increased in the co-firing of DSS. Finally, the slagging/fouling tendency index was evaluated highly in most cases.

참고문헌

1. Otero, M., Diez, C., Calvo, L. F., Garcia, A. I., and Moran, A., "Analysis of the Co-combustion of Sewage Sludge and Coal by TG-MS," Biomass and Bioenergy, 22, 319-329 (2002)
2. He, C., Giannis, A., and Wang, J. Y., "Conversion of Sewage Sludge to Clean Solid Fuel using Hydrothermal Carbonization: Hydrochar Fuel Characteristics and Combustion Behavior," Applied Energy, 111, 257-266 (2013).
3. Folgueras, M. B., Alonso, M., and Folgueras J. R., "Effect of Sludge Addition to Coal on Na, K and S Volatilisation in Ashing Process and Ash Fusibility," Fuel Process. Technol., 138, 714-723 (2015).

감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20181110200190, 미세먼지 배출저감을 위한 석탄화력발전소 초 저NO_x 연소기술 개발)

Author Index

A		Heonseop Eom	PB-50	Quoc Khanh Tran	PB-43
Adane Tilahun Getachew	PB-58	Heonseop Eom	PB-51	R	
Ajit Dattatray Phule	CT-07	Hoang Vu Ly	CT-33	Rofice Dickson	CT-38
Ardianrama Alexander David	PA-13	Hoang Vu Ly	PB-43	S	
Astrini Pradyasti	PA-14	Hoang Vu Ly	PB-42	S. G. Kim	CT-58
B		Hoo Kim	CT-23	S. G. Kim	PB-31
Baasanjav Erdenebayar	PA-32	Hun Soo Byun	PA-26	Sang Kyu Kwak	PB-45
Baasanjav Erdenebayar	PA-33	Hwangho Lee	PB-55	Sang-Eun Oh	PB-50
Baek Ha Ryu	CT-24	Hyeon Sung Im	PB-49	Sang-Eun Oh	PB-51
Bikram Basak	CT-21	Hyug-Han Kim	PA-38	Sangjin Han	PB-43
Booki Min	CT-27	Hyung Chul Yoon	PB-04	Se Won Jeon	PB-55
Booki Min	CT-30	Hyun-Jo Ahn	CT-21	Seog Beom Jang	PB-54
Boris Brigljević	CT-37	I		Seok Ju Kang	PB-45
BorisBrigljević	PB-38	Immanuel Kristanto	PB-45	Seok Woo Hong	PB-25
Byong-Hun Jeon	CT-21	Inhak Song	PB-55	Seung Han Woo	PB-25
Byong-Hun Jeon	CT-23	J		Seung-Soo Kim	PB-42
Byung-Soo Chun	PB-58	Jaeho Jung	PB-45	Seung-Soo Kim	PB-43
C		Ji Hye Park	PB-04	Shuwei Li	PB-48
Chae Ho Im	PB-49	Jin-Nam Moon	PB-58	Shuwei Li	CT-22
Chang-Joon Kim	PA-38	Jin-Seok Park	PB-58	So Yeon Yoon	PB-54
Changmam Kim	CT-28	Jinsoo Kim	PB-43	Soon-Do Yoon	PA-26
Changman Kim	PB-49	Jiyun Beak	CT-28	T	
Choe Earn Choong	CT-29	Ju-Hyeok Kwon	CT-21	Thi Phuong Thao Nguyen	PA-02
Choe Earn Choong	PB-54	Jung Rae Kim	CT-22	Truc Cong Ho	CT-17
Chul Woo Lee	PB-25	Jung Rae Kim	PB-48	V	
D		Jung Rae Kim	PB-49	Van Toan Nguyen	CT-58
Daehyeon Choi	CT-30	Jung Rae Kim	CT-28	Van Toan Nguyen	PB-31
Daeyeon Hwang	PB-45	K		W	
David Nkurunziza	PB-58	Ki Hyuck Yang	PA-02	Wong Kien Tiek	CT-24
Do Heui Kim	PB-55	Kwang Bok Yi	PB-04	Wong Kien Tiek	PB-54
Duc Ba Nguyen	CT-58	M		X	
Duc Ba Nguyen	PB-31	M.M Ghangrekar	CT-27	Xuan Liang Wang	PA-32
E		Manh Linh Le	PB-42	Xue Wang	PA-38
Ebenezer Ashun	PB-50	Marwa M. El-Dalatony	CT-23	Y	
Ee Taek Hwang	PA-49	Md. Mokter Hosian	PB-31	Yang Gon Seo	PA-38
Ee Taek Hwang	PA-50	Md. T. Noori	CT-27	Yeon-Jin Cho	PB-58
El-Sayed Salama	CT-23	Md.MokterHosian	CT-58	Young Eun Song	CT-28
Eunhee Seol	CT-28	Min Jang	CT-24	Young Eun Song	PB-49
F		Min Jang	PB-54	Young Eun Song	CT-22
Fida Hussain	PB-51	Min Jang	CT-29	Young Eun Song	PB-48
G		Min Soo Kim	CT-22	Young Sun Mok	CT-58
Geon-Soo Ha	CT-23	Minsoo Kim	PB-48	Young Sun Mok	PB-31
Gwang Hui Jo	PB-04	Minsoo Kim	CT-28		
H		Mohammadamin Zarei	CT-32		
Haroon Ur Rasheed	PB-04	Moon Hyeon Kim	PA-02		
Haroon Ur Rasheed	PB-05	Mutyala Sakuntala	CT-28		
Heon-Ho Jeong	PA-26	Q			

7		김동원	FCT-04	김재창	PA-03
강기섭	PB-17	김동진	PB-20	김재현	PB-37
강두수	CT-50	김동희	FCT-02	김재호	CT-40
강미숙	PA-06	김동희	PB-59	김재호	PA-34
강서영	PA-11	김무경	PB-18	김재호	PA-40
강석환	PA-12	김문호	PA-13	김정근	CT-48
강석환	CT-08	김문호	PA-14	김정길	CT-14
고강석	PA-40	김문호	PA-15	김정수	PA-16
고강석	CT-47	김민광	PA-42	김정환	PA-40
고강석	CT-49	김봉근	PB-18	김종남	PA-27
고동준	CT-10	김상도	PA-35	김종수	PA-03
고은솔	PA-11	김석기	CT-54	김준영	PA-06
고창복	FCT-06	김석춘	PA-22	김준우	CT-10
곽상규	PB-46	김선형	PA-27	김중래	CT-16
곽상규	PB-47	김성덕	CT-25	김지울	PA-17
곽연수	PA-29	김성원	FCT-05	김지울	PA-18
곽연수	PA-30	김성탁	CT-54	김지현	PB-19
곽연수	CT-39	김성탁	CT-39	김진수	CT-33
곽연수	PA-28	김성탁	PA-28	김진완	CT-56
곽영태	FCT-06	김성탁	PA-29	김진철	PB-47
구상서	PB-21	김성탁	PA-30	김진한	CT-48
구희지	PA-22	김수원	FCT-07	김진형	CT-07
권병찬	PA-06	김수현	PA-35	김창만	CT-16
권병찬	PB-02	김수환	PB-46	김창현	PB-11
권병찬	PA-12	김승곤	FCT-06	김창현	PB-10
권석주	PB-30	김승수	CT-33	김창환	CT-04
권석주	PA-44	김영두	FCT-03	김채호	CT-47
권용수	CT-51	김영모	CT-26	김태영	CT-02
권인구	CT-41	김영배	CT-45	김태영	PA-03
길상인	PB-12	김예빈	PA-11	김태영	CT-11
길상인	PB-13	김용구	CT-47	김 필	PA-24
길상인	CT-03	김용구	PA-40	김 필	PA-25
길상인	PA-01	김용구	CT-40	김학주	CT-52
김강진	PA-46	김용우	CT-04	김해기	PB-22
김경진	PB-52	김유진	PB-47	김현수	PB-56
김경진	PB-53	김윤지	PB-33	김현수	PB-57
김기탁	CT-25	김윤지	PB-32	김현우	CT-31
김나연	PA-20	김은미	PA-32	김현재	CT-25
김나연	PA-17	김은미	PA-33	김현지	CT-02
김남동	CT-14	김은주	PB-19	김현지	PA-03
김남수	FCT-06	김은지	PB-34	김형우	PB-44
김대근	CT-55	김은지	PB-35	김희탁	PB-10
김대원	PB-29	김은지	PB-36	L	
김대환	PA-15	김은지	PB-37	나병기	PB-56
김도희	CT-04	김재곤	CT-35	나병기	PB-57
김동건	PA-24	김재창	CT-11	나호상	PB-06
김동건	PA-25	김재창	CT-02	나호상	PB-07

나호상	PB-08	박노국	CT-08	박진호	PB-01
노규영	CT-55	박노국	PA-06	박해운	CT-25
노남선	CT-49	박노국	PB-02	박현설	CT-06
노동순	FCT-06	박노국	PA-12	박혜민	PA-31
노재동	CT-25	박대근	PA-04	박호룡	CT-34
노철우	PB-09	박대근	PA-05	박호영	PA-04
노철우	PB-07	박대성	CT-13	방병열	FCT-03
노철우	PB-08	박대원	PB-24	배 건	CT-49
노철우	PB-06	박병철	FCT-04	배윤상	CT-46
노현석	PB-52	박병현	PB-22	백승하	PA-44
노현석	PB-53	박상준	PB-09	백승하	PA-46
노현석	CT-34	박새한	FCT-05	백승하	PA-45
니아즈 하이더	PA-37	박성규	CT-51	백승훈	PB-41
ㄹ		박성룡	PB-33	백영순	PB-33
라호원	CT-40	박성진	PA-34	백영순	PB-32
라호원	PA-34	박성진	CT-47	백영진	PB-06
류민영	CT-11	박성진	CT-40	백영진	PB-07
류상오	PA-10	박성진	PA-40	백영진	PB-08
류상오	PA-39	박심수	PA-46	백영진	PB-09
류상오	PA-07	박심수	PA-44	백인규	PB-34
류상오	PA-09	박심수	PA-45	백인규	PB-35
류창국	CT-44	박옥주	CT-25	백인규	PB-36
류창국	PB-17	박용규	CT-05	백인규	PB-37
류창국	PA-31	박용범	PB-26	백지윤	CT-16
류창국	PB-18	박유강	PA-41	백철승	CT-12
류호정	CT-47	박유리	PA-22	범희태	PA-16
류호정	PA-40	박일건	PA-17	범희태	PA-27
류호정	PB-02	박일건	PA-18	변상우	PA-18
류희욱	PB-03	박일건	CT-08	변영철	CT-10
ㄴ		박재량	PB-29	변현승	PB-32
명차리	PA-44	박재형	PB-34	봉하경	CT-50
명차리	PA-45	박재형	PB-35	ㅇ	
명차리	PA-46	박재형	PB-36	서동진	PB-21
목정훈	CT-53	박재형	PB-37	서동춘	PA-45
목진성	CT-44	박정용	CT-01	서동춘	PB-30
목진성	PA-31	박정은	PB-19	서명원	CT-47
목진성	FCT-02	박정훈	PA-41	서명원	CT-40
문지홍	CT-40	박정훈	PA-42	서명원	PB-02
문지홍	PA-34	박종근	PB-17	서명원	PA-34
문지홍	FCT-03	박종우	CT-51	서명원	PA-40
문태영	FCT-03	박종호	PA-16	서명조	CT-05
문태영	CT-40	박준수	CT-48	서명조	PA-07
문태영	PA-34	박준용	CT-57	서명조	PA-08
ㄷ		박지연	PA-05	서명조	PA-10
박경일	FCT-04	박지연	PA-04	서명조	PA-09
박근영	CT-46	박지윤	CT-60	서수빈	PB-44
박기태	CT-52	박지혜	PB-05	서영삼	PB-36

서영호	PB-30	안희주	PB-26	윤성필	CT-41
서용원	CT-53	양우영	PB-03	윤성필	PA-10
서준행	CT-12	양 원	FCT-02	윤성필	PA-09
서진성	PB-57	양 원	CT-42	윤인배	PB-28
서진성	PB-56	양 원	CT-44	윤진한	CT-03
성우창	CT-43	양 원	CT-46	윤진한	PA-01
소성현	PA-04	양창원	FCT-03	윤진한	PB-12
소성현	PA-05	엄성현	PA-48	윤진한	PB-13
손성혜	PA-40	엄하늬	PB-24	윤형철	PB-05
손성혜	CT-47	엄현섭	CT-19	이경민	PB-47
손성혜	PA-34	여창원	PB-24	이경우	PA-19
손연선	PA-24	연월모	PB-39	이경우	PA-20
손연선	PA-25	연월모	PB-40	이계중	CT-48
손은비	CT-26	염규인	PB-32	이관영	PB-11
손정민	PB-41	예인수	PB-18	이관영	PB-10
송경호	CT-52	오상은	CT-20	이광복	PB-05
송아란	PA-05	오상은	CT-19	이규화	FCT-04
송아란	PA-04	오설영	PA-23	이기봉	PB-47
송영은	CT-16	오세두	PA-45	이길봉	PB-07
송지현	CT-59	오세두	PB-30	이길봉	PB-08
송현곤	PB-46	오세환	PB-14	이길봉	PB-06
신민창	PA-42	오현우	PB-27	이길봉	PB-09
신철호	CT-56	오형석	PB-21	이대근	FCT-06
신현아	PB-20	왕은석	PB-08	이도연	PB-02
신형기	PB-09	왕은석	PB-09	이도연	CT-47
신형기	PB-07	우은석	PB-24	이도연	PA-40
신형기	PB-08	우재규	PA-23	이동규	PB-46
신형기	PB-06	우희철	CT-33	이동현	CT-45
신희준	CT-50	우희철	PB-26	이동현	CT-43
심근선	FCT-06	우희철	PB-27	이동현	CT-49
심재오	CT-34	우희철	PB-28	이동훈	PA-47
심준목	CT-06	유달산	PA-23	이민정	FCT-06
심진기	PA-36	유미연	PA-04	이범준	PB-06
○		유미연	PA-05	이범준	PB-09
안낙균	PB-29	유영석	CT-04	이범준	PB-08
안민회	CT-39	유 준	CT-32	이범준	PB-07
안민회	PA-28	유 준	CT-38	이범호	PA-44
안민회	PA-29	유 준	PA-37	이보름	PB-38
안민회	PA-30	유 준	PB-27	이보름	CT-37
안승호	PA-45	유지호	PA-35	이보름	PB-39
안승호	PA-46	윤상준	PA-34	이보름	PB-40
안승호	PA-44	윤상준	CT-40	이상열	CT-50
안준영	PB-23	윤성민	CT-47	이석형	CT-40
안지환	CT-12	윤성민	PA-34	이석형	PA-34
안해영	CT-59	윤성민	PA-40	이성우	CT-57
안형준	FCT-02	윤성민	CT-40	이성찬	PB-28
안형준	PB-59	윤성필	PA-07	이수진	PA-24

이수진	PA-25	이종하	PA-24	임한권	PB-40
이수출	CT-02	이종하	PA-25	임 혁	PA-35
이수출	CT-11	이주열	PB-22	임형용	PB-47
이수출	PA-03	이지은	PA-08	스	
이승기	PA-21	이지은	CT-41	장세진	PA-21
이승우	PA-12	이지은	CT-45	장세진	PA-20
이승우	PA-09	이지은	PA-39	장정희	CT-39
이승우	PA-07	이지은	PB-47	장정희	PA-28
이승우	PA-08	이지호	PA-24	장정희	PA-29
이승우	PA-10	이지호	PA-25	장정희	PA-30
이승중	PA-06	이진영	PB-03	전경원	CT-34
이승환	PA-41	이진욱	CT-45	전동혁	PA-35
이시훈	FCT-07	이찬현	PA-27	전동환	CT-08
이시훈	PA-11	이창엽	PA-05	전명석	PB-10
이시훈	PA-35	이창엽	PA-04	전민규	CT-03
이시훈	PB-44	이치현	PA-47	전민규	PA-01
이신근	PB-10	이치현	CT-01	전민규	PB-12
이신근	PB-11	이태진	PA-06	전민규	PB-13
이열림	PB-53	이태진	PB-02	전병수	CT-17
이열림	PB-52	이태진	PA-12	전상구	PA-40
이영우	PA-40	이태호	CT-57	전종기	PA-23
이영우	CT-60	이태호	PA-42	전종기	PA-22
이영재	FCT-02	이태호	PB-03	전충환	FCT-01
이영재	PB-59	이한웅	CT-25	정기진	CT-45
이영진	PA-12	이현경	PA-20	정기진	PA-39
이영현	CT-05	이현경	PA-21	정낙원	PA-04
이요한	CT-53	이현준	PB-39	정낙원	PA-05
이용운	FCT-02	이현준	PB-40	정다운	PA-43
이용운	CT-42	이현준	PB-38	정도원	CT-26
이용운	CT-46	이현준	CT-37	정병훈	CT-39
이윤경	CT-59	이호수	CT-42	정병훈	PA-28
이은경	FCT-06	이홍주	PA-41	정병훈	PA-29
이은도	FCT-03	이효경	CT-04	정병훈	PA-30
이은실	PB-19	임동하	CT-01	정병훈	PA-42
이은열	CT-36	임동하	PA-47	정상문	PA-32
이재구	CT-40	임동하	PB-24	정상문	PA-33
이재구	FCT-03	임문혁	CT-56	정석우	CT-41
이재철	CT-31	임성린	PA-43	정석우	PA-39
이재철	CT-37	임영일	CT-49	정석우	PA-09
이재하	CT-04	임영준	PA-35	정석우	CT-43
이재호	PB-01	임재민	PB-22	정석우	PA-08
이정규	CT-03	임정환	PA-35	정수화	FCT-03
이정규	PA-01	임한권	PB-38	정순관	CT-52
이정규	PB-12	임한권	CT-37	정순영	CT-18
이정규	PB-13	임한권	CT-31	정순영	PB-16
이정현	PB-47	임한권	PB-11	정우남	FCT-06
이종민	FCT-04	임한권	PB-39	정우현	CT-45

정유식	CT-60	지민규	PB-23	한기보	PA-28
정의석	CT-56	지준화	PA-06	한단비	PB-32
정재영	CT-14	ㄹ		한문조	CT-57
정종선	CT-43	차우병	PA-48	한상섭	PA-16
정종선	CT-41	차우병	PB-01	한재윤	PB-10
정종선	PA-39	채규정	CT-26	한재윤	PB-11
정지훈	PA-42	채태영	FCT-02	한정식	PA-22
정철	CT-05	채호진	CT-11	한정식	CT-39
정태성	PA-16	채호진	CT-02	한정식	PA-28
제정호	PB-21	채호진	PA-03	한정식	PA-29
조강희	PA-16	최경용	PB-34	한정식	PA-30
조계홍	CT-12	최동민	CT-05	허강열	PB-59
조광희	PB-05	최봉수	PB-08	허광선	PB-26
조민선	CT-11	최봉수	PB-09	허주현	CT-37
조민수	PB-15	최봉수	PB-06	허주현	PB-40
조성빈	CT-11	최봉수	PB-07	허주현	PB-39
조성준	CT-04	최상기	CT-26	허지윤	PB-10
조성현	PB-22	최석천	PA-31	홍범의	CT-08
조성호	FCT-03	최석천	FCT-02	홍범의	PA-12
조완철	CT-26	최석천	CT-44	홍성오	CT-57
조윤행	CT-06	최솔비	CT-44	홍영실	CT-51
조재완	CT-34	최영곤	PB-12	홍종섭	CT-42
조재호	PA-46	최영곤	PB-13	황병욱	PA-40
조재호	PA-44	최영곤	CT-03	황상연	PA-09
조재호	PA-45	최영곤	PA-01	황상연	PA-48
조종재	PB-06	최예라	PA-27	황상연	PA-08
조종재	PB-07	최원중	CT-53	황상연	PA-07
조종재	PB-08	최인희	CT-15	황상연	PA-10
조종재	PB-09	최인희	PA-21	황성하	CT-04
조종표	PB-33	최인희	PA-20	황열순	CT-56
조준표	CT-59	최재욱	PA-36	황의현	CT-51
조준현	PB-07	최재욱	PB-21		
조준현	PB-06	최정규	PB-21		
조준현	PB-09	최종원	CT-48		
조준현	PB-08	최종혁	PA-33		
조중상	CT-18	최주현	CT-50		
조중상	PB-14	최주홍	CT-07		
조중상	PB-15	최준환	CT-09		
조중상	PB-16	최호경	PA-35		
조진상	CT-12	최희락	PB-29		
조현빈	PB-17	ㅎ			
주종훈	CT-40	하경호	PB-35		
주지봉	PA-17	하정명	PB-21		
주지봉	PA-18	하정명	PA-36		
주지봉	PA-20	한기보	PA-29		
주지봉	PA-19	한기보	PA-30		
주지봉	PA-21	한기보	CT-39		

