



The Korean Society of Clean Technology

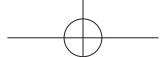
2017

한국청정기술학회 추계 학술발표회 초록집



일정 : 2017.9.20(수)~22(금) 장소 : 여수 경도리조트 주최 : 한국청정기술학회
후원 : 국가청정생산지원센터, LG-MMA(주), (주)화인테크놀로지, (주)태양인더스트리,
씨에스에너지(주), 부경대학교 청정생산기술연구소, 해조류바이오매스연구단





MMA/MAA/BMA

MMA(METHYL METHACRYLATE)
: 인조대리석, 투명ABS, MBS, SB-LATEX 등에 응용

MAA(METHACRYLIC ACID)
: 시멘트 유동화제, 페인트, 접착제, 섬유호제 등에 응용

BMA(BUTYL MAETHACRYLATE)
: 페인트, 금속표면 처리제, 접착제 등에 응용

차별화된 소재로 고객가치를 창출하는 Solution Partner LG MMA

LG MMA는 일등품질 확보 및 차별화된 고객가치 창출을 통해 시장을 선도하며
고객과 함께 도약하고 성장하기 위해 앞으로도 끊임없이 노력하고 발전해 나가겠습니다.

PMMA

- PMMA(POLY METHYL METHACRYLATE)**
- 압출 : 도광판(TV/모니터), Sheet(광고판, 방음벽) 등
 - 사출 : 자동차 후미등, 계기판, 화장품 용기 등
 - 내충격 : 자동차 외장재, 가전제품 Front panel/외장재 등
 - 확산 : LED조명커버 등
 - 코팅레진 : 접착제, 도료, 잉크, 페인트 등
 - MS수지 : 도광판, 식품용기 등



대한민국 지속가능산업발전의 촉매
한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터

KNPCPC

Korea National Cleaner Production Center

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



KNPCPC의 주요 활동

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



www.finetechnology.co.kr

산업용 특수테이프 분야를 선도하는 화인테크놀로지



반도체용 점착 TAPE



DICING TAPE

FPC MATERIL



COVERLAY TAPE

산업용보호 TAPE



건축자재용 보호 TAPE

세라믹가공·발포용 TAPE



라벨스티커



BACK GRINDING TAPE



STIFFENR TAPE(보강판)



건축자재용 보호 TAPE



HEAT SEAL TAPE



CARRIER TAPE



자동차 부품용 보호 TAPE



EMC MOLD CUTTING TAPE



CARRIER TAPE



자동차 부품용 보호 TAPE



(주) 화인테크놀로지
www.finetechnology.co.kr

경남 양산시 어곡공단1길 10
TEL : 055)362-8110 FAX : 055)362-8113

산업통상자원부 지정 바이오중유 생산업체 씨에스에너지 주식회사



1. 회사 개요

- 대표자 : 조 희 균
- 본 사 : 부산광역시 영도구 남항서로 85, 309호
- 공 장 : 경상남도 밀양시 초동면 초동농공단지길 59
- 사업영역 : 바이오중유, 선박급유외

2. 주요 연혁

- 2011년 03월 : 회사설립
- 2011년 03월 : 항만운송관련사업등록(선박급유)
- 2015년 12월 : 바이오중유생산시설 착공 (경남 밀양시 초동농공단지)
- 2016년 05월 : 바이오중유생산시설 준공
- 2016년 06월 : 바이오중유생산업자지정 (산업통상자원부)
- 2016년 08월 : 한국동서발전 입찰수주
- 2017년 08월 : 해양수산부 연구과제 진행중



본 사 : 부산광역시 영도구 남항서로 85, 309호
 공 장 : 경상남도 밀양시 초동면 초동농공단지길 59
 이메일 : csenergy@naver.com

Tel : 051-412-6704 Fax : 051-412-6707
 Tel : 055-391-6770 Fax : 055-391-7558

2017년 한국청정기술학회 추계 학술발표회 초록집



- 일 시 : 2017년 9월 20일(수) - 22일(금)
- 장 소 : 전라남도 여수 경도리조트
- 주 최 : 한국청정기술학회
- 후 원 : 국가청정생산지원센터,
LG-MMA(주),
(주)화인테크놀로지,
(주)태양인더스트리,
씨에스에너지(주),
부경대학교 청정생산기술연구소,
해조류바이오매스연구단

한국청정기술학회

The Korean Society of Clean Technology

국가의 미래를 위해 나아갈 길, 청정기술

(사)한국청정기술학회

문서번호 청정기술 2017-35 (2017.07.03)

수신 청정기술 전문가 및 소속 기관

제목 한국청정기술학회 회원출장 의뢰

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 한국청정기술학회 2017년도 추계 총회 및 학술대회를 아래와 같이 개최하오니 貴기관의 소속 전문가가 참가할 수 있도록 협조해 주시기 바랍니다.

가. 제목: 한국청정기술학회 2017년도 추계 총회 및 학술대회

나. 일시: 2017년 9월 20일(수) ~ 22일(금)

다. 장소: 전라남도 여수 경도리조트 (전라남도 여주시 대경도길 111)

라. 등록비: 사전등록 정회원A(연회비납부) 110,000원, 정회원B 150,000원

학생회원A 60,000원, 학생회원B 80,000원

현장등록 정회원A 130,000원, 정회원B 170,000원

학생회원A 80,000원, 학생회원B 100,000원

사전등록: 8월 4일(금)까지.

-끝

(사)한국청정기술학회장



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

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

친애하는 한국청정기술학회 회원 여러분,



회장 우 희 철

2017년 정유년(丁酉年), 무더운 여름을 지나 이제 활동하기 좋은 가을을 맞이하였습니다. 회원 여러분 모두 건강하시고 하시는 일 뜻대로 이루어지시길 기원합니다.

우리 학회는 1995년 7월에 설립되어 지난 22년 동안 국내 청정기술에 관한 정보의 보급과 학술 교류에 앞장서 왔으며, 늘 새로운 산업 패러다임의 요구에 부응하고자 노력하여 왔습니다. 그동안 14분의 역대 회장님들과 임원진들, 그리고 회원 여러분의 노고와 헌신에 힘입어 많은 성과와 변화를 이끌어 냈습니다. 특히, 2006년엔 학회지 '청정기술(Clean Technology)'이 한국연구재단에 등재 되었으며, 2011년부터 논문투고 및 심사의 온라인화가 이루어짐으로 논문출판 과정의 투명성이 한층 향상되었습니다. 정기학술대회는 1년에 봄, 가을 2회 개최되며, 아름다운 리조트 지역에서 산학연 회원의 참여 하에 즐겁고 자유롭게 학술적 토의가 이뤄지고 있습니다. 전문가 및 학생 회원들의 수의 증가와 더불어 발표 논문의 양적, 질적 수준도 전반적으로 향상되었습니다. 이와 같이 학회의 핵심인 학술대회와 학술지의 위상이 계속적으로 향상 발전하고 있는 것은, 국가와 사회가 요청하는 바를 잘 이해하고 실천하시는 회원 여러분의 적극적인 협조가 없이는 불가능하였을 것입니다.

이제 세계는 신기후체제와 제4차 산업혁명의 도래로 또 다른 변혁의 시대를 맞고 있습니다. 따라서, 우리 학회는 기존의 청정생산공정기술, 청정소재제품기술, 청정부품/제품설계, 재자원화기술, 청정환경기술, 청정(대체)에너지기술, 산업생태학, 지속가능경영의 청정기술 개념들을 가지고 현재의 글로벌 산업환경 변화에 맞게 능동적으로 대처하는 한편, 새로운 융합기반의 어젠다 발굴에도 노력해야 할 때입니다. 그동안 여러 노력의 일환으로 온실가스, 희소금속, 바이오연료 및 소재, 청정석탄, 산업세정, 폐기물에너지화, 청정신소재, 청정용매, 청정융합 등의 시기적절한 주제들을 부문위원회 활성화를 통해 발굴하고 다루어 왔습니다. 이러한 능동적인 노력은 앞으로도 지속적으로 진행될 것이며, 회원 여러분께 유익한 정보를 제공하고자 노력할 것입니다.

특히, 올해부터는 전자저널(e-journal)을 발행하여 보다 신속하게 학술정보를 제공하고 있으며, 더불어 scopus 등재를 위한 제반 준비에 박차를 가하여 우리 학회가 명실상부한 국제적 수준의 학회로 거듭날 수 있도록 힘쓰고 있습니다. 앞으로도 우리 학회가 확장성과 정체성을 견지하면서 시대적 소명을 가지고 계속 발전할 수 있도록 회원 여러분의 애정 어린 관심과 적극적인 협조를 진심으로 부탁드립니다.

대단히 감사합니다.

가을 총회 및 학술발표회 일정표(안)

9월 20일 (수)	대연회장	대연회장 복도 및 Foyer
13:00 – 14:30	등록	포스터 게시
14:30 – 15:30	초청 강연 한국에너지기술연구원 문승현 박사 (Non-CO ₂ 온실가스저감기술개발사업단 단장)	포스터세션 I Organizer: 김주형 교수
15:30 – 16:30	편집위원 워크숍	
16:30 – 17:30	이사회	포스터 철수

9월 21일 (목)	대연회장	금호	백도	홍도	초도	대연회장 복도 및 Foyer
08:30 – 09:00	등록					포스터 게시
09:00 – 12:00	특별세션 미세먼지 제어 김용표 교수	일반세션 오염저감 이태호 교수	일반세션 청정석탄 김수현 박사	특별세션 청정생산 기반구축 이귀호 박사	일반세션 청정융합 전병훈 교수	포스터세션 II Organizer: 김주형 교수
12:00 – 13:30	점심 포스터 철수/게시					
13:30 – 15:15	특별세션 산학연 연계 친환경기술 이만식 박사	일반세션 청정소재 및 공정 홍성제 박사	일반세션 바이오연료 및 소재 임한권 교수	특별세션 기후변화 대응과 수소에너지 우항수 박사		
15:15 – 17:00						
17:00 – 17:30	총회 ¹⁾ 및 경품추첨, 시상식 ²⁾					

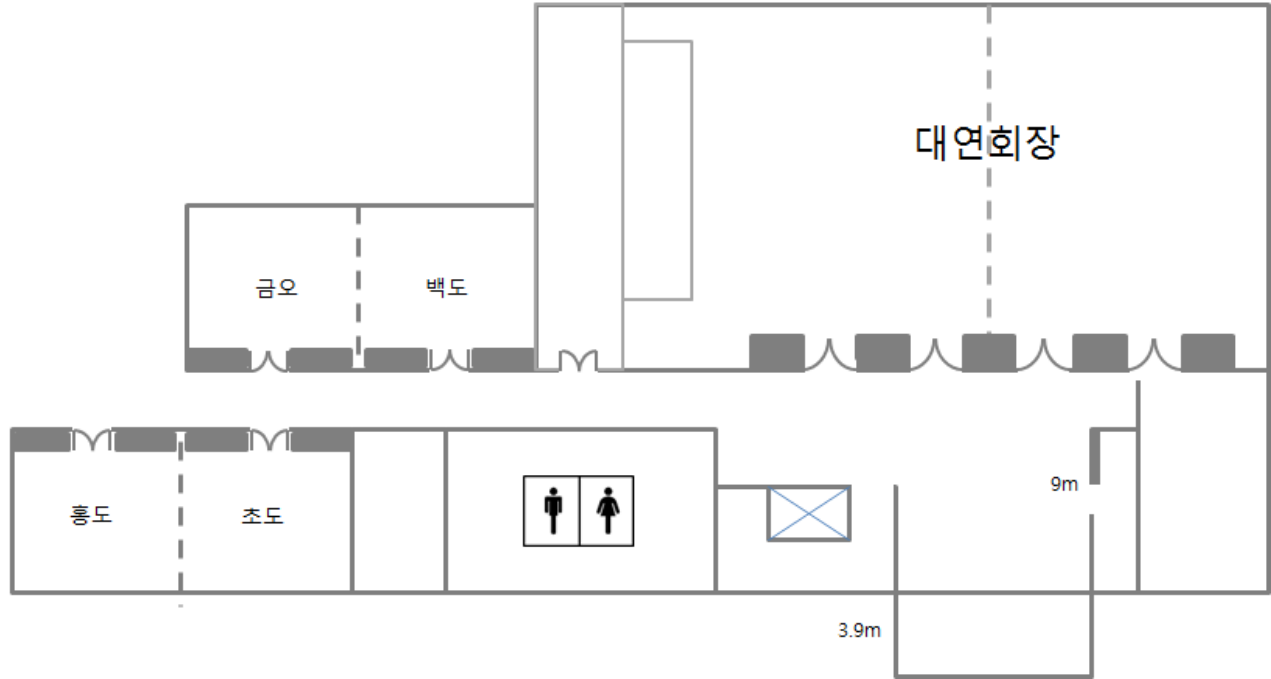
(1) 총회는 대연회장에서 진행

(2) 우수 구두(학생) 및 포스터발표(학생) 시상

9월 22일 (금)	금호
08:30 – 09:30	등록
09:30 – 12:00	특별세션 해양바이오 에너지 Organizer: 유준 교수

학회장 안내

경도리조트
컨벤션센터 도면



경품추첨 행사

학술발표회 기간 내 경품추첨 행사 안내사항
참여방법

사전등록 또는 현장등록 시, 경품응모권 제출

경품추첨권

No. 001

추첨 및 경품지급

2017년 9월 21일(목) 17:00 총회

· 갤럭시탭(Galaxy Tab) 5대

총회 참석자에 한하여 경품 지급

* 던킨도너츠 배부 (200개 선착순)

2017년 9월 21일(목) 08:30~



경도 리조트 오시는 길



차도선 안내



리조트 전용 여객선 이수경도 골프&리조트 아일랜드호

- 여수항 대경도 대합실과 경도항을 잇는 정기형 유턴선 저도선 콘코어에 설치
- 배위 : 240톤, 승선인원 : 32명, 좌석 : 10석

학회장 주변 숙박 안내

업소명	업소소재지(도로명)	소재지전화
여수 경도리조트	여수시 경호동 438-1 (경호동)	061-660-1018
월드파크	여수시 봉산2로 19 (봉산동)	061-641-5335
아라&마루	여수시 봉산2로 31-1 (봉산동)	010-4623-7098
아이젠모텔	여수시 봉산2로 33 (봉산동)	061-642-2707
H모텔	여수시 봉산2로 45 (봉산동)	061-641-1451
초원장	여수시 봉산남2길 23-22 (봉산동)	061-642-0504
파타야	여수시 봉산남3길 27 (봉산동)	061-642-4971
다올장	여수시 봉산남4길 23-10 (봉산동)	061-642-9519
더 스테이 호텔	여수시 봉산남4길 23-2 (봉산동)	010-8607-7284
렉시	여수시 봉산남5길 11 (봉산동)	061-641-7376
크로바모텔	여수시 봉산남5길 13 (봉산동)	061-641-8700
휘가로모텔	여수시 봉산남5길 20 (봉산동)	061-641-2265
팔레스	여수시 봉산남5길 8 (봉산동)	061-643-1986
미래모텔	여수시 봉산남6길 11-15 (봉산동)	061-642-3402
모이리 게스트하우스	여수시 봉산남6길 11-17 (봉산동)	061-641-2944
초콜릿 모텔	여수시 봉산남6길 11-18 (봉산동)	010-6620-2410
썬플라워모텔	여수시 봉산남6길 11-9 (봉산동)	061-642-4545
피아모모텔	여수시 봉산남6길 12 (봉산동)	061-643-5566
쉐라톤여수	여수시 봉산남6길 13 (봉산동)	010-9383-9883
마리나 무인호텔	여수시 봉산남6길 16 (봉산동)	061-644-6666
베니스모텔	여수시 봉산남6길 17-7 (봉산동)	061-643-3737
뮤	여수시 봉산남6길 7 (봉산동)	061-643-8080
하모니모텔	여수시 봉산남7길 11-11 (봉산동)	061-641-4545
C.F모텔	여수시 봉산남7길 11-15 (봉산동)	061-643-2998
비주게스트하우스	여수시 봉산남7길 11-24 (봉산동)	061-641-6170
S1모텔	여수시 봉산남7길 11-5 (봉산동)	061-643-0300
제우스모텔	여수시 봉산남7길 13 (봉산동)	061-641-1122
리오모텔	여수시 봉산남7길 17-18 (봉산동)	061-642-2582
마이다스	여수시 봉산남7길 17-8 (봉산동)	061-643-1600
리화모텔	여수시 봉산남7길 17-9 (봉산동)	061-643-7555
킹덤모텔	여수시 봉산남7길 5-2 (봉산동)	061-641-1447
썸모텔	여수시 봉산남7길 5-8 (봉산동)	061-642-4823
산무인텔	여수시 봉산남7길 5-9 (봉산동)	010-4616-3455
에쿠스모텔	여수시 봉산남7길 8 (봉산동)	061-641-1230
헤라모텔	여수시 봉산남8길 11-23 (봉산동)	061-642-4713
그랑프리모텔	여수시 봉산남8길 17 (봉산동)	061-643-1123
알프스모텔	여수시 봉산남8길 17-10 (봉산동)	061-643-4114
여수 스테이호텔	여수시 봉산남8길 17-15 (봉산동)	010-6823-8612
천지모텔	여수시 봉산남8길 17-22 (봉산동)	061-6437-582
파파야	여수시 봉산남8길 17-25 (봉산동)	061-642-5395
HI & J(하이앤제이)	여수시 봉산남8길 7-12 (봉산동)	061-642-3142

초청강연

- 일시 2017년 9월 20일(수), 14:30 ~ 15:30
- 장소 전라남도 여수 경도리조트
- Organizer 우희철 회장 (부경대학교)
- 프로그램

진행: 유준 교수 (부경대학교)

14:30 (10') **개회사**
 우희철 회장 (부경대학교)

14:40 (50') **'Non-CO₂ 온실가스저감기술개발사업단' 소개**
 문승현 박사 (한국에너지기술연구원)

■ 연사소개



2013-현재 Non-CO₂ 온실가스저감기술개발사업단장
 2000-2001 KISTEP 환경, 에너지실
 1985-현재 한국에너지기술연구원

주요연구분야

- Catalysis and Reaction Engineering
- Air Pollution Control (Mitigation and abatement Technology)
- Countermeasuring Technology for Greenhouse Gases (Especially Non-CO₂ Gases)
- Waste to Energy
- Environmental Technology using Activated Carbon Fiber

연구실적 논문: SCI 20편
 특허: 40여편
 기술이전 및 상용화: 30여건

상훈 과학기술 대통령 포장

1989-1996 서울대학교 화학공학과 박사
 1983-1985 한국과학기술원 화학공학과 석사
 1979-1983 서울대학교 화학공학과 학사

특별세션 미세먼지 제어

- 일시 2017년 9월 21일(목), 09:00 ~ 12:00
- 장소 여수 경도리조트 대연회장
- Organizer 김용표 교수 (이화여자대학교)
- 프로그램

좌장: 박현설 박사 (한국에너지기술연구원)

09:00 (30') **(CT-01) 미세먼지 무엇이 문제인가?**
김용표¹ (¹이화여자대학교 화학신소재공학과)

09:30 (40') **(CT-02) 실내 미세먼지 대응 공기청정 기술**
이성화¹ (¹LG전자(주) L&A 연구센터)

10:10 (10') Coffee Break

좌장: 김용표 교수 (이화여자대학교)

10:20 (40') **(CT-03) 산업공정 적용 미세먼지 저감기술 현황**
박현설¹ (¹한국에너지기술연구원 기후변화연구본부)

11:00 (40') **(CT-04) 초저에너지-초저배출 자동차 기술 개발**
이관영^{1,2}, 이재환¹, 박정선¹, 정은진¹, 이성호³
(¹고려대학교 화공생명공학과, ²고려대학교 그린스쿨, ³고려대학교 초저에너지 자동차 초저배출 사업단)

11:40 (20') **(CT-05) Microporous V/TiO₂ 촉매를 적용한 복합형 SCR 촉매의 NO_x 및 N₂O 저감 특성**
조종표¹, 표영덕¹, 김강출¹, 장진영¹, 정용진¹, 신영진¹ (¹한국에너지기술연구원)

일반세션 오염저감

- 일시 2017년 9월 21일(목), 09:00 ~ 12:00
- 장소 여수 경도리조트 금호
- Organizer 이태호 교수 (송실대학교)
- 프로그램

좌장: 김대근 교수 (서울과학기술대학교)

- | | |
|-------------|---|
| 09:00 (30') | (CT-06) 바이오매스 저성장과 에너지 저소비 달성을 위한 생물학적 약취저감기술의 전략
Keynote
김대근 ¹ (¹ 서울과학기술대학교 환경공학과) |
| 09:30 (30') | (CT-07) 금속산화물 나노입자에 대한 상추 및 알타리무 줄기뿌리생장 영향평가
이은진 ¹ , 양신 ¹ , 공인철 ¹ (¹ 영남대학교 환경공학과) |
| 10:00 (30') | (CT-08) <i>Chlorella vulgaris</i>의 생장영향에 근거한 혼합 중금속 독성 조사
이문희 ¹ , 공인철 ¹ (¹ 영남대학교 환경공학과) |
| 10:30 (30') | (CT-09) 고효율 탈황제를 이용한 고농도 황계열 약취제거 건식 공정
김신동 ¹ , 박성준 ² (¹ (주)이앤캠솔루션 에너지·환경연구소, ² 동강대학교 보건행정학부) |
| 11:00 (30') | (CT-10) 균일용액침전법을 이용한 전구체의 상변화에 따른 BaMnAl₁₁O_{19-δ}의 비교
박지윤 ¹ , 정유식 ² , 이영우 ¹
(¹ 충남대학교 에너지과학기술대학원, ² (주)지엔티엔에스(GNTNS)) |
| 11:30 (30') | (CT-11) 플라즈마 활성화 촉매 환원 공정을 이용한 질소산화물 (NO_x) 저감
이병주 ¹ , 조진오 ¹ , 목영선 ¹ (¹ 제주대학교 기계메카에너지화학공학부) |

일반세션 청정석탄

- 일시 2017년 9월 21일(목), 09:00 ~ 12:00
- 장소 여수 경도리조트 백도
- Organizer 김수현 박사 (고등기술연구원)
- 프로그램

좌장: 박노국 교수 (영남대학교)

09:00 (20')	<p>(CT-12) 고효율 청정화력 및 미세먼지 대응을 위한 여료 회분(Ash)의 특성 연구 초청 남궁현¹, 이영주¹, 박주형¹, 송규섭¹, 박세준¹, 김정근¹, 최종원¹, 최영찬¹ (¹한국에너지기술연구원)</p>
09:20 (15')	<p>(CT-13) 록호퍼 시스템 대체용 고압 분체연료 주입장치 개발(II) 정석우¹, 이지은¹, 김문현¹, 정기진¹, 정종선², 김태화² (¹고등기술연구원, ²(주)썬인텍)</p>
09:35 (15')	<p>(CT-14) 10.0 ton/day급 분류층 가스화기와 연계된 석탄간접액화 플랜트 운전 특성 연구 관호원¹, 서명원¹, 문태영¹, 문지홍¹, 윤성민¹, 윤상준¹, 이재구¹, 김재호¹, 김용구¹, 정현¹, 이호태¹ (¹한국에너지기술연구원)</p>
09:50 (15')	<p>(CT-15) Data-driven development of a generic evaluation metric for postcombustion CO₂ capture Karson T. Leperi¹, 정용철², Fengqi You³, Randall Q. Snurr¹ (¹Northwestern University, ²부산대학교, ³Cornell University)</p>
10:05 (15')	<p>(CT-16) 50 T/D 폐기물 소각장의 부식 방지: Ammonium sulfate 첨가에 따른 영향 김범중^{1,2}, 이정우⁴, 송재현⁴, 류창국², 이은도^{1,3} (¹한국생산기술연구원, ²성균관대학교, ³한국과학기술연합대학원대학교, ⁴한솔신텍)</p>
10:20 (10')	<p>Coffee Break</p> <p style="text-align: right;">좌장: 남궁현 박사 (한국에너지기술연구원)</p>
10:30 (30')	<p>(CT-17) 고효율 초청정 석탄 화력발전 기술개발 동향 Keynote 이재구¹ (¹한국에너지기술연구원)</p>
11:00 (15')	<p>(CT-18) 가압순산소연소 기반 초고효율 화력발전 보일러 및 CO₂ 포집/정제 기술 개발 이영재¹, 양원¹, 최석천¹, 이명화¹, 안형준¹, 이용운¹, 목진성¹ (¹한국생산기술연구원)</p>
11:15 (15')	<p>(CT-19) Pressurized Drop Tube Reactor를 이용한 실증 운전조건에서의 석탄가스화 특성 연구 윤성민¹, 문태영¹, 서명원¹, 문지홍¹, 윤상준¹, 김재호¹, 김용구¹, 정현¹, 이호태¹ (¹한국에너지기술연구원)</p>
11:30 (15')	<p>(CT-20) IGFC에 적용하기 위한 석탄가스 초정밀 정제용 흡수제 개발 박노국¹, 곽병섭¹, 정용한¹, 강미숙¹, 이태진¹, 이승종², 홍진표³ (¹영남대학교, ²고등기술연구원, ³한국전력연구원)</p>
11:45 (15')	<p>(CT-21) 합성가스 정제용 내부식성 금속필터 개발 및 IGCC 플랜트 slip-stream 연계 운전 특성 정석우¹, 변용수¹, 윤성필¹, 황상연¹, 전동환¹, 김용택² (¹고등기술연구원, ²한국서부발전(주))</p>

특별세션
청정생산 기반구축

- 일시 2017년 9월 21일(목), 09:00 ~ 11:45
- 장소 여수 경도리조트 흥도
- Organizer 이귀호 센터소장 (한국생산기술연구원)
- 프로그램

좌장: 이한웅 실장 (한국생산기술연구원)

09:00 (40') **(CT-22) 청정생산의 배출권거래제도 연계를 위한 외부감측사업 등록 타당성 분석**
Keynote 김진호¹, 박순철¹, 전윤상¹ (¹한국생산기술연구원)

09:40 (30') **(CT-23) 제품 내 유해물질 정보전달 및 관리지표 개발 방안 (Chemical Footprint)**
김선욱¹, 이한웅¹, 김성훈¹, 박백수¹, 이귀호¹
(¹한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터)

10:10 (10') Coffee Break

좌장: 김진호 실장 (한국생산기술연구원)

10:20 (30') **(CT-24) 중소기업 적합형 자원효율성 제고 프로그램 실증 연구**
김경환¹, 이일석¹, 강홍윤¹ (¹한국생산기술연구원)

10:50 (25') **(CT-25) 미국 매사추세츠주 독성물질저감법(TURA)의 성과 및 시사점**
정엠마¹, 이한웅¹, 이귀호¹ (¹한국생산기술연구원)

11:15 (30') **(CT-26) 청정생산기술의 해외진출 지원방안 연구**
초청 김익¹, 김동규¹, 홍기범¹ (¹스마트에코 주식회사)

일반세션 청정융합

- 일시 2017년 9월 21일(목), 09:00 ~ 12:00
- 장소 여수 경도리조트 초도
- Organizer 전병훈 교수 (한양대학교)
- 프로그램

좌장: Mayur B. Kurade 연구교수 (한양대학교)

09:00 (20') **(CT-27) Phytobeds with *Fimbristylis dichotoma* and *Ammannia baccifera* for the treatment of textile industry effluent**
Keynote

Suhas K. Kadam¹, Vishal V. Chandanshive¹, Mayur B. Kurade²,
Byong-Hun Jeon², Sanjay P. Govindwar^{1,2} (¹Shivaji University, ²한양대학교)

09:20 (15') **(CT-28) Chlorotoluene isomers에 대한 유전자 재조합 균주 발광 활성**
장현진¹, 공인철¹ (¹영남대학교)

09:35 (15') **(CT-29) 하수슬러지 마이크로웨이브 열분해 특성**
정벼리¹, 임문섭¹, 전영남¹ (¹조선대학교)

09:50 (15') **(CT-30) 해조류 바이오가스를 이용한 3중발전 시스템**
Ivannie Effendi¹, 유준¹ (¹부경대학교)

10:05 (15') **(CT-31) Improvement of acid mine drainage treatment using anaerobic packed bed bioreactor**

Subhabrata Dev^{1,2}, Byong-Hun Jeon¹, Soon Woong Chang², Jayanta Bhattacharya³
(¹한양대학교, ²경기대학교, ³Indian Institute of Technology Kharagpur)

10:20 (10') Coffee Break

좌장: 김도현 연구교수 (한양대학교)

10:30 (15') **(CT-32) Removal of pharmaceutical contaminants from aqueous phase : Role of microalgae in bioremediation**
초청

Jiu-Qiang Xiong¹, Mayur B. Kurade¹, Byong-Hun Jeon¹ (¹한양대학교)

10:45 (15') **(CT-33) 초음파 기반의 sonochemistry를 이용한 수처리**
장민¹ (¹광운대학교)

11:00 (15') **(CT-34) Simultaneous treatment of indium wastewater with bioelectricity generation using microbial fuel cell**

김창만¹, 전병훈², 김중래¹ (¹부산대학교, ²한양대학교)

11:15 (15') **(CT-35) Electricity generation from bioenergy extracted algae residue in microbial fuel cell**
송영은¹, 김창만¹, 전병훈², 김중래¹ (¹부산대학교, ²한양대학교)

11:30 (15') **(CT-36) 혐기성 소화에서 생물전기화학시스템을 적용한 인가전압에 따른 전극의 바이오 필름 균집 및 메탄 발생**

Carla Isabel Flores Rodriguez¹, 민부기¹ (¹경희대학교)

11:45 (15') **(CT-37) 생물전기화학적 시스템 적용에 의한 글루코오스 농도별 혐기성 소화의 pH 유지 및 메탄 발생**
이문규¹, 민부기¹ (¹경희대학교)

특별세션
산학연 연계 친환경기술

- 일시 2017년 9월 21일(목), 13:30 ~ 16:20
 - 장소 여수 경도리조트 대연회장
 - Organizer 이만식 박사 (한국생산기술연구원)
 - 프로그램
- 좌장: 이만식 박사 (한국생산기술연구원)

- 13:30 (30') **(CT-38) 비엠브레인형 해수담수 및 수처리 공정 기술**
Keynote 이주동¹, 강경찬¹ (¹한국생산기술연구원)
- 14:00 (20') **(CT-39) Polyol process를 이용한 Tin oxide nanowire 합성 메커니즘 연구**
초청 박동국¹, 이만식¹ (¹한국생산기술연구원)
- 14:20 (20') **(CT-40) 무기바인더를 이용한 알루미늄 주물용 중자 제조기술 개발**
김우천¹, 박정욱¹, 이만식² (¹(주)디알엑시온 화학연구소, ²한국생산기술연구원)
- 14:40 (20') **(CT-41) 나노기공성 유기실리케이트를 활용한 반사방지 코팅**
김수한¹ (¹한국생산기술연구원)

- 15:00 (20') Coffee Break
- 좌장: 이만식 박사 (한국생산기술연구원)

- 15:20 (20') **(CT-42) 폐유기용제 1,4-부탄디올 정제공정 운전조건의 최적화**
이유리¹, 김정환¹ (¹한국생산기술연구원)
- 15:40 (20') **(CT-43) 하이브리드 카본 필름의 제작과 양성자 교환막 연료 전지로의 응용**
이덕현¹ (¹한국생산기술연구원)
- 16:00 (20') **(CT-64) Zeolitic Imidazolate Framework (ZIF) 분리막의 열화학적 특성 연구**
이승주¹, 김재성¹, 이두환¹
(¹서울시립대학교 화학공학과)

일반세션
청정소재 및 공정

- 일시 2017년 9월 21일(목), 14:00 ~ 15:45
- 장소 여수 경도리조트 금호
- Organizer 홍성제 박사 (전자부품연구원)
- 프로그램

좌장: 김문호 교수 (부경대학교)

- | | |
|-------------|--|
| 14:00 (30') | (CT-44) 광 메타물질 및 메타표면의 최근 진전 |
| Keynote | <u>최춘기</u> ¹ (¹ 한국전자통신연구원) |
| 14:30 (25') | (CT-45) 인쇄 및 열형각인 공정을 이용한 유연투명전극제작 |
| 초청 | <u>조정대</u> ¹ , 김광영 ¹ , 장윤석 ¹ (¹ 한국기계연구원) |
| 14:55 (25') | (CT-46) 산화물 증공 나노구조체 제조 및 광촉매적 응용 |
| 초청 | <u>주지봉</u> ¹ (¹ 건국대학교) |
| 15:20 (25') | (CT-47) 불용 타겟으로부터 재생한 ITO 나노분말의 투명 발열체 응용 |
| | <u>홍성제</u> ¹ , 김채원 ^{1,2} , 이미정 ² , 김용성 ³ , 이재용 ⁴
(¹ 전자부품연구원, ² 국민대학교, ³ 서울과학기술대학교, ⁴ 한청알에프(주)) |

일반세션
바이오연료 및 소재

- 일시 2017년 9월 21일(목), 13:30 ~ 16:35
- 장소 여수 경도리조트 백도
- Organizer 임한권 교수 (대구가톨릭대학교)
- 프로그램

좌장: 이홍식 박사 (한국생산기술연구원)

13:30 (40') **(CT-48) 촉매 급속 열분해를 통한 바이오매스 개질**
Keynote 박영권¹ (서울시립대학교)

14:10 (15') **(CT-49) Ni/MTi_xO_y 촉매계를 이용한 해조류 유래 액화오일의 수증기 개질반응 연구**
박용범¹, 안희주^{1,3}, 허광선⁴, 임한권², 우희철¹
(¹부경대학교, ²대구가톨릭대학교, ³㈜태양인더스트리, ⁴경남정보대학교)

14:25 (20') **(CT-50) 혼합성능을 향상시킨 미세유체 반응기 상에서의 생광물화를 이용한 실리카 합성**
강경근¹, 박기수¹, 김주민², 이창수¹ (¹충남대학교, ²아주대학교)

14:45 (15') Coffee Break

좌장: 임한권 교수 (대구가톨릭대학교)

15:00 (40') **(CT-51) 초임계 충전층 반응기를 이용한 효소 기반 바이오디젤 생산 공정 개발**
초청 이홍식¹, Aldricho Alpha Pollardo^{1,2}, 이도훈^{1,3}, 김상용^{1,3}, 김재훈²
(¹한국생산기술연구원, ²성균관대학교, ³과학기술연합대학원대학교)

15:40 (15') **(CT-52) 바이오매스 열분해로 생성되는 복잡한 액상 혼합물 제품을 모델링하는 소프트웨어 개발**
Boris Brigljevic¹, 최재형¹, Petar Zuvela², 우희철¹, 유준¹
(¹부경대학교, ²국립싱가포르대학교)

15:55 (40') **(CT-53) 희귀금속의 회수를 위한 생체흡착소재와 생체흡착 기술**
윤영상¹, 원성욱² (¹전북대학교, ²경상대학교)

특별세션
기후변화 대응과 수소에너지

- 일시 2017년 9월 21일(목), 13:30 ~ 16:00
- 장소 여수 경도리조트 흥도/초도
- Organizer 우항수 박사 (울산 테크노파크)
- 프로그램

좌장: 우항수 박사 (울산 테크노파크)

- 13:30 (30') **(CT-54) 신기후체제와 산업계의 대응방향**
Keynote 박태진¹ (¹한국과학기술연구원)
- 14:00 (20') **(CT-55) Recarbon Korea's CO₂ Management Solution**
 장봉재¹ (¹리카본 코리아)
- 14:20 (20') **(CT-56) 연소 배가스 중 이산화탄소 제거를 위한 막접촉기 및 흡수제**
 송호준¹, 정흥기^{1,2}, 김수경¹, 강세희^{1,3}, 김영재⁴
(¹한국생산기술연구원, ²연세대학교, ³부산대학교, ⁴부경대학교)
- 14:40 (20') **(CT-57) 기후환경변화 대응을 위한 친환경 에너지 연구**
 이치현¹, 정해영¹, 구윤장¹, 임은미¹, 김태용¹, 임동한¹ (¹한국생산기술연구원)

15:00 (20') Coffee Break

좌장: 송호준 박사 (한국생산기술연구원)

- 15:20 (20') **(CT-58) rGO 지지체 적용 Mn-Ce계 저온용 SCR 촉매의 탈질성능 및 특성향상**
 예보라^{1,2}, 백정민², 김홍대¹ (¹한국생산기술연구원, ²울산과학기술원)
- 15:40 (20') **(CT-59) 부생수소를 활용한 수소에너지 산업육성**
 우항수¹, 조승환¹, 김언아¹ (¹울산테크노파크 에너지기술연구센터)

특별세션
해양바이오 에너지

- 일시 2017년 9월 22일(금), 09:30 ~ 11:30
- 장소 여수 경도리조트 금호
- Organizer 유준 교수 (부경대학교)
- 프로그램

좌장: 김승수 교수 (강원대학교)

- | | |
|-------------|---|
| 09:30 (30') | (CT-60) 해조류 바이오매스 유래 열분해 오일 제조용 운전조건 최적화 및 오일 성상 조사
한기보 ¹ , 장정희 ¹ , 최희영 ¹ , 우희철 ² (¹ 고등기술연구원, ² 부경대학교) |
| 10:00 (30') | (CT-61) The catalytic fast pyrolysis of pretreated Saccharina Japonica alga in a bubbling fluidized-bed reactor for upgrading bio-oil
Hoang Vu Ly ¹ , Seung-Soo Kim ¹ , Jinsoo Kim ² , Hee Chul Woo ³
(¹ Kangwon National University, ² Kyung Hee University, ³ Pukyong National University) |
| 10:30 (30') | (CT-62) 해조류로부터 급속열분해 경로를 통해 연료를 생산하는 전체 공정의 설계에 관한 소고
유준 ¹ (¹ 부경대학교 화학공학과) |
| 11:00 (30') | (CT-63) Bioactive Compounds in Seaweeds and its Possible Health Effects
P.S.Saravana ¹ , Byung-Soo Chun ¹ , Hee-Chul Woo ²
(¹ 부경대학교 식품공학과, ² 부경대학교 화학공학과) |

포스터세션 I (1)

- 일시 2017년 9월 20일 (수), 14:30 ~ 16:30
 ※ 13시부터 포스터 게시, 16시 30분 이후 포스터 제거
- 장소 여수 경도리조트 대연회장 복도 및 Foyer
- Organizer 아주대학교 김주형 교수
- 프로그램 포스터 학생 (PA)

- PA-01 HFC-134a Removal from Brackish Water by Semi-Batch Jet Loop Reactor**
Devi Marietta Siregar¹, Yong Sun Won¹, Tae Yoon Lee², Jae Keun Lee², Jun Heok Lim¹
(¹Department of Applied Chemical Engineering, Graduate School, Pukyong National University, ²Department of Environmental Engineering, Pukyong National University)
- PA-02 아스펜 플러스를 이용한 거대 해조류 열수액화 공정의 모사**
Haider Niaz¹, Boris Brigljevic¹, 유준¹
(¹부경대학교 화학공학과)
- PA-03 Extraction and Characterization of Lecithin from Salmon Frame Bone by Supercritical CO₂ and Ethanol as Co-Solvent**
Monjurul Haq¹, Byung-Soo Chun¹
(¹Department of Food Science and Technology, Pukyong National University)
- PA-04 Microwave Absorption Based on Multilayered Graphene-Polymer Composite Film for Electromagnetic Interference Shielding**
Van-Tam Nguyen^{1,2}, Yoonsik Yi², Bok Ki Min², Choon-Gi Choi^{1,2}
(¹Graphene Research Lab., Emerging Devices Research Group, Electronics and Telecommunication Research Institute, ²Advanced Device Technology, University of Science and Technology)
- PA-05 Homogeneous Oxidation of 5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde (HMF) to 2,5 Furandicarboxylic Acid (FDCA)**
Nhan T.T. Huynh^{1,2}, Kyoung Won Lee¹, Jinku Cho^{1,2}
(¹Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), ²Korea University of Science and Technology (UST))
- PA-06 Preparation of Furandicarboxylates: Marine Biomass-Derived Bioplasticizers**
TanPhat Nguyen^{1,2}, Seok-Kyu Park², Hong-shik Lee², Jin Ku Cho^{1,2}
(¹University of Science and Technology (UST), ²Korea Institute of Industrial Technology (KITECH))

포스터세션 I (2)

- PA-07** **질소산화물 환원과 분진 동시 제거를 위한 $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ 를 부착한 촉매필터 성능 향상**
 Ajit Dattatray Phule¹, 최주홍¹, 김진형², 김인수²
 (¹경상대학교 화학공학과/ERI, ²경성산업(주))
- PA-08** **해조류를 원료로 사용하는 에탄올 공장의 최적 설계**
 Rofice Dickson¹, 류준형², 유준¹
 (¹부경대학교 화학공학과, ²동국대학교 원자력 에너지시스템공학과)
- PA-09** **A Green Deep Eutectic Solvent-Based Ultrasound-Assisted Method to Extract Polysaccharide from Brown Seaweeds**
 P. S. Saravana¹, Byung-Soo Chun¹, Hee-Chul Woo²
 (¹Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, ²Department of Chemical Engineering, Pukyong National University)
- PA-10** **삼각형상의 판상형 Ag 나노구조체의 친환경 단일공정 합성 및 센싱 소재로의 응용**
 Yosia Nico Wijaya¹, Jinwoo Kim¹, Mun Ho Kim¹
 (¹부경대학교 고분자공학과)
- PA-11** **친환경 환원제 및 용매를 사용한 중형비가 큰 판상형 Ag 나노구조체의 단일공정 합성**
 김진우¹, Yosia Nico Wijaya¹, 김문호¹
 (¹부경대학교 고분자공학과)
- PA-12** **혼합용매를 이용한 구형의 TiO_2 입자 제어 및 광촉매 반응을 통한 페놀 분해**
 문종태¹, 주지봉¹
 (¹건국대학교 화학공학과)
- PA-13** **중형기공성 중공 실리카 입자 합성, 특성제어 및 화학물질 전달 응용**
 박건희¹, 이승기², 최인희², 주지봉¹
 (¹건국대학교 화학공학과, ²서울시립대학교 생명과학과)
- PA-14** **1단계 반응을 통한 폴리스티렌 중공마이크로입자 합성**
 박성환¹, 김진우¹, 김문호¹
 (¹부경대학교 고분자공학과)
- PA-15** **폐콘크리트를 이용한 광물탄산화 Pilot Plant 운전조건 최적화**
 박유리¹, 유달산¹, 이철호¹, 김진만¹, 이상민¹, 장원석², 전종기¹
 (¹공주대학교, ²한국지역난방공사)

포스터세션 I (3)

- PA-16** **커피 폐기물 금속 열분해로부터 제조된 바이오-오일 업그레이드 연구**
 박정우¹, 리항부¹, 김승수¹
 (¹강원대학교 삼척캠퍼스 화학공학과)
- PA-17** **탄화된 글리세롤 기반 하이브리드석탄의 연료/연소 특성 평가 석탄연소시스템에 적용 가능한 Bio-Liquid가 함유된 석탄 및 하수슬러지 신규 합성 연료 특성에 연구**
 박주형^{1,2}, 송규섭¹, 이영주¹, 박세준¹, 남궁현¹, 최종원¹, 이동욱¹, 김정근¹, 송광호², 최영찬¹
 (¹한국에너지기술연구원, ²고려대학교)
- PA-18** **Adsorption of High-Concentration Elemental Mercury on Sulfur-Functionalized Microporous Carbons**
 Joung Ho Park¹, Thi Phung Thao Nguyen¹, Moon Hyeon Kim¹, Yong-Seok Hong¹
 (¹대구대학교)
- PA-19** **매체순환식 가스연소를 위한 Ni 계열 산소전달입자의 반응특성 및 반응모델**
 박지혜¹, 황라현¹, 백점인², 류호정³, 이광복⁴
 (¹충남대학교 에너지과학기술대학원, ²한국전력연구원, ³한국에너지기술연구원, ⁴충남대학교 화학공학교육과)
- PA-20** **헤미셀룰로오스 유래 퓨란계 화합물의 수송용 연료로의 활용을 위한 수소첨가탈산소 반응**
 서장우^{1,2}, 최재욱², 하정명²
 (¹과학기술연합대학원대학교, ²한국과학기술연구원)
- PA-21** **IrO₂ 박막이 코팅된 TiO₂ 광촉매 및 페로브스카이트 태양전지를 사용한 광전기화학소자의 물분해 특성에 관한 연구**
 송다희¹, 정지원¹, 오세용¹
 (¹서강대학교 화공생명공학과)
- PA-22** **C-Doping한 구형의 콜로이드 TiO₂ 입자 합성 및 광화학적 페놀 분해**
 이경우¹, 문종태¹, 주지봉¹
 (¹건국대학교 화학공학과)
- PA-23** **그래핀 첨가에 따른 SCR 탈질촉매 활성 및 표면분산의 향상**
 이민우^{1,2}, 이희수¹, 김홍대¹
 (¹한국생산기술연구원, ²부산대학교)
- PA-24** **환경유해물질 제거 및 식별을 위한 플라즈모닉 스펀지**
 이윤정¹, 진창민¹, 이승기¹, 최인희¹
 (¹서울시립대학교 생명과학과 나노바이오인터페이스 실험실)

포스터세션 I (4)

- PA-25 Phase Equilibria for the Vinyl Methacrylate and Vinyl Propionate in Supercritical CO₂ at Five Temperatures and Pressures Up to 16 MPa**
 Jae-Kyung Lee¹, Jae-Hwi Bong¹, Bong-Seop Lee², Hun-Soo Byun¹
 (¹Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University, ²Department of Fire and Disaster Prevention Engineering, Kyungnam University)
- PA-26 흡열연료의 흡열분해 반응에서 제올라이트 촉매의 비활성화 메커니즘**
 이태호¹, 김성현¹
 (¹고려대학교 화공생명공학과)
- PA-27 가시광선 감응 광촉매 합성을 위한 루틸 상 증공 구형 이산화 티타늄 제조**
 이현경¹, 주지봉¹
 (¹건국대학교 화학공학과)
- PA-28 물리적으로 혼합된 제올라이트 간의 수열처리를 통한 Cu 이온 이동**
 이황호¹, 윤승희¹, 송인학¹, 황성하¹, 김도희¹
 (¹서울대학교 화학생명공학과)
- PA-29 수증기메탄개질용 다공성 나노구조체 기반 고효율 수소제조용 기능성 촉매 개발**
 임은미^{1,3}, 정해영¹, 구윤장^{1,3}, 김태용¹, 문건대², 박대원³, 임동하¹
 (¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²한국생산기술연구원 첨단표면공정그룹, ³부산대학교 화학공학과)
- PA-30 Ti 금속을 이용하여 물과 질소를 원료로 한 전기화학적 암모니아 합성 기술 개발**
 정은영^{1,2}, 유충열¹, 김종남¹, 오성근², 윤형철¹
 (¹한국에너지기술연구원, ²한양대학교 화학공학과)
- PA-31 선박 배연 탈질용 금속 구조체 기반 SCR-NH₃ 촉매 제조 연구**
 정해영¹, 구윤장^{1,2}, 임은미^{1,2}, 김태용¹, 정경철³, 황선엽³, 임동하¹
 (¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²부산대학교 화학공학과, ³(주)파나시아 R&D본부)
- PA-32 3차원 나노광학 구조체기반 라만 분광법을 이용한 수계 환경 물질의 고감도 검출**
 진창민¹, 권정아¹, 최인희¹
 (¹서울시립대학교 생명과학과)
- PA-33 4층 구조 열차단제의 중간층 최적화 연구**
 박경희², 이원희¹, 최진규³, 양수철³, 김종민³, 장상목^{2,3}
 (¹㈜그린컴텍, ²동아대학교 융합과학기술학과, ³동아대학교 신소재화학공학과)
- PA-34 Mesoporous-CuO 촉매를 이용한 Ammonium dinitramide 기반 저독성 친환경 액상추진제 접촉분해 연구**
 허수정², 전보경², 김지만², 김우람³, 조영민³, 전종기¹
 (¹공주대학교 화학공학과, ²성균관대학교 화학과, ³경희대학교 환경공학과)

포스터세션 I (5)

- PA-35** **Co₃O₄ 촉매의 N₂O 분해반응 특성**
 황라현¹, 박지혜¹, 전상구², 이광복³
 (¹충남대학교 에너지과학기술대학원, ²한국에너지기술연구원, ³충남대학교 화학공학교육과)
- PA-36** **염화알칼리에 의한 보일러튜브 재료의 고온부식도 분석**
 김범중^{1,2}, 김혜수⁴, 류창국², 이은도^{1,3}
 (¹한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹, ²성균관대학교 기계공학과, ³한국과학기술연합대학원대학교 청정시스템공학, ⁴연세대학교)
- PA-37** **3차원 다공성 MoS₂/그래핀 네트워크 기반의 복합 구조를 통한 압력 센서의 특성 향상**
 슈브라 몬달², 김성준¹, 최춘기²
 (¹한국전자통신연구원, ²과학기술연합대학원 대학교 (UST))
- PA-38** **고분자 전극을 이용한 전기화학적 암모니아 합성 기술 개발**
 정찬희^{1,2}, 유충열¹, 김종남¹, 한문희², 윤형철¹
 (¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교 에너지과학기술대학원)
- PA-39** **수계형 PR 노즐박리공정의 최적화 및 친환경적인 접근 연구**
 고희호¹, 김준현¹, 이기성², 주기태², 김용성²
 (¹서울과학기술대학교 기계자동차공학과, ²서울과학기술대학교 나노융합대학원)
- PA-40** **불균일 촉매와 다양한 유기용매를 이용한 설파용 경유의 산화 탈황**
 오현우¹, 우희철¹
 (¹부경대학교 화학공학과)
- PA-41** **Ni, Ru 촉매를 이용한 수소화 공정을 통하여 식물성 오일의 업그레이딩**
 이성찬¹, 윤인배^{1,2}, 빈경미³, 임동옥⁴, 우희철¹
 (¹부경대학교 화학공학과, ²삼성전기, ³부경대학교 청정생산기술연구소, ⁴(주)정림)
- PA-42** **구리-망간 복합금속산화물의 산소 전달에 관한 연구**
 정용한¹, 박노국¹, 강미숙², 이태진¹, 류시옥¹, 백점인³, 류호정⁴
 (¹영남대학교 화학공학부, ²영남대학교 화학과, ³한국전력연구원, ⁴한국에너지기술연구원)
- PA-43** **Zeolitic Imidazolate Framework (ZIF) 분리막의 열화학적 특성 연구**
 이승주¹, 김재성¹, 이두환¹
 (¹서울시립대학교 화학공학과)

포스터세션 II (1)

- 일시 2017년 9월 21일 (목), 09:00 ~ 12:00
 ※ 08시 30분부터 포스터 게시, 12시 이후 포스터 제거
- 장소 여수 경도리조트 대연회장 복도 및 Foyer
- Organizer 아주대학교 김주형 교수
- 프로그램 포스터 일반 (PB)

PB-01 Fractional Catalytic Fast Pyrolysis of Saccharina Japonica Macro-Algae in Fluidized-Bed Reactor

Hoang Vu Ly¹, Seung-Soo Kim¹, Jinsoo Kim², Hee Chul Woo³
(¹Kangwon National University, ²Kyung Hee University, ³Pukyong National University)

PB-02 건식전기집진기술 및 촉매오존반응을 이용한 염색산업 악취 저감기술 실증화 연구

권순덕¹, 정용식¹, 조운현¹, 박혜린¹
(¹㈜지이테크)

PB-03 헤테로폴리산 촉매를 이용하여 연속식 반응기에서 헤미셀룰로오스 유래의 퓨란화합물로부터 바이오디젤 전구체 생산 연구

권지선¹, 하정명², 서동진², 이관영³
(¹한국과학기술연구원 청정에너지 연구센터, ²고려대학교)

PB-04 니켈수소 폐이차전지 습식 재활용을 위한 산 침출에 대한 연구

안낙균¹, 김대원¹, 정수훈², 최종엽², 양대훈², 최희락³
(¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²(주)지엠텍, ³부경대학교 재료공학과)

PB-05 폐NiCd 전지의 효율적 재활용을 위한 분리공정에 대한 연구

박일정¹, 김대원¹, 정항철¹, 최종엽², 양대훈², 최희락³
(¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²(주)지엠텍, ³부경대학교 재료공학과)

PB-06 벤치규모 반탄화 공정을 이용한 블랙 펄릿 제조 특성 연구

김상도¹, 이시훈¹, 최호경¹, 전동혁¹, 유지호¹, 임영준¹, 임정환¹, 임 혁¹, 김문준², 심재훈²
(¹한국에너지기술연구원 청정연료연구실, ²SMK에너지)

PB-07 산성광산배수(Acid Mine Drainage)의 처리법 및 활용에 관한 연구

류승형¹, 서영주¹, 이준용¹, 김신동¹
(¹(주)이앤켴솔루션 에너지·환경연구소)

포스터세션 II (2)

- PB-08** **제올라이트4A 분리막의 투과증발을 이용한 디메틸카보네이트/메탄올/물 혼합물분리**
 문종호¹, 오웅진^{1,2}, 이동호¹, 김현욱¹, 박영철¹, 이종섭¹, 전재덕¹, 이형근¹, 여정구¹,
 조철희²
 (¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교 에너지과학기술대학원)
- PB-09** **Electronic & Display용 수계 박리액 개발**
 신원국¹, 정원준¹, 김병조¹
 (¹에이케이캠텍(주))
- PB-10** **LCA 기법을 활용한 생산공정개선 사례**
 안희경¹
 (¹한국생산기술연구원)
- PB-11** **Parameter Study for Nanofiltration (NF) Membrane Modelling: Relation Between Membrane Charge Density and Solute Concentration**
 Jin Kim¹, Hyeon Jung Kim¹, Yoon Hyuk Jang¹, Dae Ryook Yang¹
 (¹Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University)
- PB-12** **페로몬 제조공정 개선 연구**
 양주희¹, 우승한¹, 이철우¹
 (¹한밭대학교 화학생명공학과/RIC)
- PB-13** **The Characterization of Cationic of Gemini Surfactants**
 Joo Hee Yang¹, Li Jingya¹, Chul Woo Lee¹
 (¹Department of Chemical & Biological Engineering/RIC, Hanbat National University)
- PB-14** **습식 화학 공정을 이용한 F-Doped TiO₂ 나노 입자의 제조 및 광촉매 특성 연구**
 이덕희¹, 박재량¹, 이찬기¹, 박경수¹, 김현모²
 (¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²(주)모노리스)
- PB-15** **순환유동층 보일러에서 황산암모늄 첨가제 사용에 따른 미세입자 변화 측정 및 분석**
 이동호¹, 박재혁¹, 배달희¹, 한근희¹, 박재현¹, 황운태¹, 김종렬², 박상현², 김용진²,
 선도원¹
 (¹한국에너지기술연구원, ²한국중부발전)
- PB-16** **촉매-흡착제 3단 고정층 반응기의 SF₆ 가수분해 반응에 관한 연구**
 이신근¹, 남성찬¹, 임한권², 정호영³, 한재운¹, 김창현¹
 (¹한국에너지기술연구원, ²대구가톨릭대학교, ³전남대학교)

포스터세션 II (3)

- PB-17** **고압 반응기로의 분체 주입을 위한 장치의 주입 특성 시험**
 이지은¹, 정기진¹, 김문현¹, 정석우¹, 김태화², 정종선²
 (¹고등기술연구원, ²(주)씨인텍)
- PB-18** **새로운 페로브스카이트 광촉매를 이용한 수중 메틸렌 블루 제거 연구**
 이치현¹, 김현규², 임동하¹
 (¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²한국기초과학지원연구원 광에너지 응용재료연구팀)
- PB-19** **역청성 오일 포함 인도네시아 원료에 대한 연속 열분해 특성 조사**
 장정희¹, 최희영¹, 곽연수¹, 한기보¹
 (¹고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터)
- PB-20** **저온용 V₂O₅-CeO₂-ZrO₂ 촉매 성능 향상**
 정보라¹, 김진우^{1,2}, 이명진^{1,2}, 김홍대¹
 (¹한국생산기술연구원, ²부산대학교)
- PB-21** **경주 석조문화재 풍화 등급**
 정종현¹, 정민호², 피영규¹, 한승헌¹, 정경선¹, 조준형³, 손병현⁴
 (¹대구한의대학교 보건학부, ²국립경주문화재연구소, ³부산대학교 환경공학과, ⁴한서대학교 환경공학과)
- PB-22** **원원사지 동·서 삼층석탑 훼손과 모니터링**
 정종현¹, 정민호², 피영규¹, 한승헌¹, 정경선¹, 조준형³, 손병현⁴
 (¹대구한의대학교 보건학부, ²국립경주문화재연구소, ³부산대학교 환경공학과, ⁴한서대학교 환경공학과)
- PB-23** **Zinc Flake에 대한 실리카 표면처리가 산화반응에 미치는 영향**
 정현석¹, 정영복¹, 신하식¹, 장정국¹, 임준혁²
 (¹메탈 페이스(주), ²부경대학교 화학공학과)
- PB-24** **수분 흡착식 냉방 장치에 적합한 신규 수분 흡착제 개발 및 흡착 성능 평가**
 조강희¹, 김상겸^{1,2}, 범희태¹, 김종남¹
 (¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교 에너지과학기술전문대학원)
- PB-25** **매립지 가스 내 포함된 실록산 및 암모니아 불순물 제거용 고성능 흡착제 개발**
 조강희¹, 윤형철¹, 범희태¹, 한상섭¹, 김종남¹
 (¹한국에너지기술연구원)
- PB-26** **재활용 Calcite 기반 산소방출 화합물의 제조 및 특성 연구**
 조대철¹, 김종수², 권성현³, 유희진¹, 이인형¹, 박병기¹, 김동진⁴
 (¹순천향대학교, ²선문대학교, ³경상대학교, ⁴한림대학교)

포스터세션 II (4)

- PB-27** **탄소 저감을 위한 수계 박리액의 공정변수에 따른 박리공정 연구**
 이기성¹, 김준현², 주기태¹, 김용성¹
 (¹서울과학기술대학교, NID 대학원, ²서울과학기술대학교, 기계·자동차공학과)
- PB-28** **석탄가스 중에 함유된 미량 수은을 제거하기 위한 다공성 소재의 흡착특성**
 박노국¹, 권병찬¹, 정용한¹, 강미숙¹, 이태진¹, 이승종², 홍진표³
 (¹영남대학교, ²고등기술연구원, ³한국전력연구원)
- PB-29** **통계분석을 이용한 신재생에너지 연구동향 고찰**
 임은정¹
 (¹고려대학교)
- PB-30** **전기화학적 반응기 최적화에 의한 악취물질 제거효율 극대화**
 홍성오¹, 한문조¹, 이태호²
 (¹(주)우진이엔지, ²송실대학교)
- PB-31** **전주도금공정으로 제조한 Ni Metal Mesh의 전류 밀도 변화에 따른 표면 특성 연구**
 허광선¹, 배영한²
 (¹경남정보대학교 신소재화공계열, ²(주)한성이즈텍)
- PB-32** **액상규산소다(KS M 1415-type 3)의 IR 및 열적 특성**
 류영복¹, 이만식¹
 (¹한국생산기술연구원)
- PB-33** **무기바인더 유래 폐주물사의 재생 효율에 따른 재생사의 특성**
 강부윤^{1,2}, 김경호¹, 박대원², 이만식¹
 (¹한국생산기술연구원, ²부산대학교)
- PB-34** **습식법을 이용한 폐 Pd/C 촉매에서의 최적 Palladium 금속 회수 조건**
 권지수^{1,2}, 김지선³, 변미연¹, 이학성², 이만식¹
 (¹한국생산기술연구원, ²울산대학교, ³The University of British Columbia)
- PB-35** **석조문화재 체계적 관리를 위한 물성과 D/B**
 정종현¹, 정민호², 피영규¹, 한승헌¹, 정경선¹, 조준형³, 황민호⁴, 손병현⁴
 (¹대구한의대학교 보건학부, ²국립경주문화재연구소, ³부산대학교 환경공학과, ⁴한서대학교 환경공학과)
- PB-36** **문화재 풍화 요인과 백화 현상**
 정종현¹, 정민호², 피영규¹, 한승헌¹, 정경선¹, 조준형³, 황민호⁴, 손병현⁴
 (¹대구한의대학교 보건학부, ²국립경주문화재연구소, ³부산대학교 환경공학과, ⁴한서대학교 환경공학과)

포스터세션 II (5)

- PB-37 Microbial Electro Synthesis of Bio-Alcohols through Reduction of Different Concentrations of Acetic and Butyric Acids using Mixed Cultures**
 Booki Min¹, Jose Andres Gavilanes Betancourt¹
 (¹Environmental Biotechnology Laboratory for Water and Energy, Kyung Hee University)
- PB-38 Leachate treatment and electricity generation by an algae-cathode microbial fuel cell in a continuous mode operation**
 Hai T.H. Nguyen¹, Booki Min¹
 (¹Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University)
- PB-39 Increase of accessibility of mixed fruit waste for effective digestion**
 Shouvik Saha¹, Mayur B. Kurade¹, Byong-Hun Jeon¹
 (¹Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University)
- PB-40 Pyrolytic treatment for the remediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil**
 Jeong-Yun Jang¹, Subhabrata Dev¹, Do-Hyeon Kim¹, Byong-Hun Jeon¹
 (¹Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University)
- PB-41 양액재배 시설의 폐양액 관리현황과 환경적 영향**
 지민규¹, 황운호², 권만재²
 (¹한국환경정책·평가연구원, ²한국과학기술연구원)
- PB-42 탈수하수슬러지의 무건조 탈산소 액화기술**
 조완택¹, 노종호¹, 박상민¹, 박종범¹, 김현효¹
 (¹일신오토클레이브)
- PB-43 무전해 도금을 이용한 Pd계 금속이 코팅된 수소 분리막**
 임수민¹, 채진웅¹, 이성운¹, 박정훈¹
 (¹동국대학교 화학공학과)
- PB-44 고압수소용기 적용소재 지속하중 균열 저항성 평가**
 김대겸^{1,2}, 남선우¹, 김성철³, 조성민⁴, 김택수^{1,2}
 (¹한국생산기술연구원, ²과학기술연합대학원대학교, ³태광후지킨, ⁴한국가스안전공사)

초청 강연

9월 20일(수) 14:30~15:30

여수 경도리조트 대연회장

초청강연

Non-CO₂ 온실가스 저감 기술 개발 현황

문승현^{1,*}, 김재석¹, 김영주¹, 조미영¹, 전민욱¹, 전희수¹
¹한국에너지기술연구원 Non-CO₂온실가스저감기술개발사업단

우리나라에서 2030년까지 줄이기로 약속한 온실가스 저감 목표는 BAU(Business As Usual)대비 37%이고 절대량으로는 연간 3억 톤 CO₂eq를 상회할 것으로 예상된다. 목표로 하는 저감량을 달성하기 위하여 우리나라 온실가스 발생량의 90%를 차지하는 CO₂의 저감기술 개발을 위하여 미래부를 중심으로 사업단을 발족시킨지 오래이다. 반면에, 온실가스의 나머지 10%에 해당하는 비이산화탄소(Non-CO₂ : CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆, NF₃)에 대한 기술개발은 상대적으로 늦은 2013년 9월 환경부 주도의 “Non-CO₂온실가스저감기술개발사업단”이 출범하면서 종합적이고 체계적인 기술 개발이 가능하게 되었다.

Non-CO₂사업단에서는 가스 종류별, 배출원별 특성에 적합한 기술 개발을 지원하여 2017년 4월 말까지 1단계 사업을 마무리하였고, 2017년 5월부터 2단계 사업을 이어서 추진하고 있다. Non-CO₂는 CO₂에 비교하여 발생량은 1/10 수준에 불과하지만 저감잠재량은 CO₂보다 클 뿐 만 아니라 저감비용 또한 저렴하여 현재까지 국내외의 온실가스 저감 실적에서 Non-CO₂분야가 가장 많은 것으로 나타나고 있다. 본 발표에서는 그동안 Non-CO₂사업단에서 추진하였던 기술 개발 결과와 앞으로 추진할 기술들을 간략하게 소개하고자 한다.

특별세션
미세먼지 제어

9월 21일(목) 09:00~12:00
여수 경도리조트 대연회장

미세먼지 무엇이 문제인가?

김용표¹

¹이화여자대학교 화학신소재공학과

Fine Particles Problem in Korea

Yong Pyo Kim¹

¹Department of Chemical Engineering & Materials Science, Ewha Womans University

미세먼지와 그로 인한 스모그로 인해 많은 국민들이 불안해하고 있다. 미세먼지 농도가 높을 것으로 예보된 날에는 운동이나 야외활동을 취소하고, 마스크를 온 가족이 착용하는 등 대비를 하는 가정이 늘고 있다. 초미세먼지 문제는 재난 수준이라는 주장도 나오고 있다.

정부에서는 지난 2005년부터 10년간 3조원 넘는 예산을 투입하여 수도권외 미세먼지와 이산화질소 농도를 줄이기 위한 정책 (1차 기본계획)을 시행하여왔고, 2015년부터 10년간 4조5천억원이 넘는 예산을 투입하여 2차 기본계획을 시행하여 미세먼지, 이산화질소와 함께 초미세먼지와 오존 농도를 줄이는 정책을 펴고 있다. 또한 전국적으로 2013년 12월에 미세먼지 종합대책을 수립하여 시행하고 있다. 그럼에도 불구하고 많은 국민들이 정부의 초미세먼지 대책에 만족하지 않고 불안해하고 있다.

이 발표는 (1) 미세먼지란 무엇인지, 그리고 어떤 문제를 일으키는지를 설명하고, (2) 미세먼지 농도 저감이 다른 대기오염물질에 비해 어려운 이유를 설명하고, (3) 미세먼지 문제를 해결하기 위한 과학적 연구와, 정책적 방향에 대해 논의하였다.

실내 미세먼지 대응 공기청정 기술

이성화¹
¹LG전자(주) L&A 연구센터

Air Cleaning Technology for Airborne Fine Dust Removal in Indoor

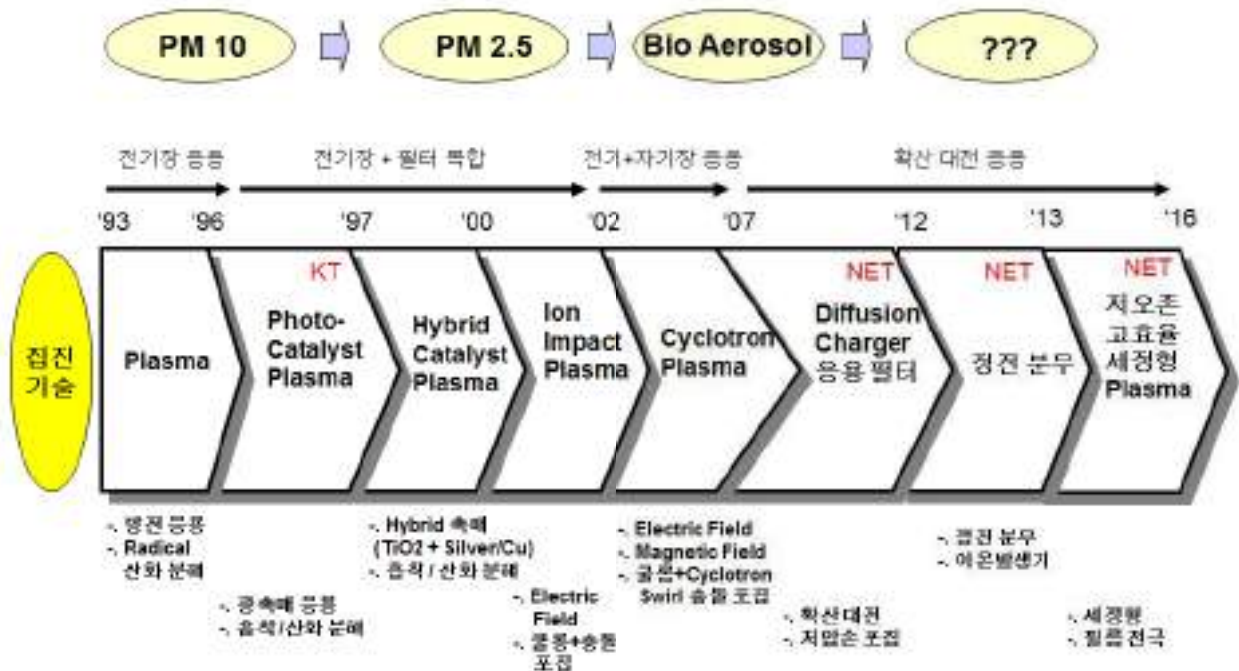
Sunghwa Lee¹
¹LG Electronics Co. L&A Research Center

인간을 둘러싸고 있는 생활 환경으로는 온열환경, 공기질환경, 수환경, 음환경, 광환경 및 특수환경으로 구분할 수가 있으며, 최근 대기오염이 심각해지면서 오염원 발생량 제어 뿐만 아니라 노출저감에 대한 관심이 한층 높아지고 있다. 특히 실내에서 생활하는 비율이 95% 이상이 되면서 실내 공기질 환경에 대한 관심이 급속히 증대되고 있으며, 이로 인하여 실내 공기질 개선을 위한 요소기술 개발에 많은 관심이 집중되고 있다.

실내 공기질 요소로는 PM10과 같은 미세먼지, 냄새 / 악취 / VOCs 및 유해가스과 같은 가스상 물질에서 유발되는 PM2.5와 같은 초미세먼지와 세균 / 곰팡이 및 바이러스와 같은 Bio Aerosol 등의 입자상 물질을 제거하는 기술 개발이 필요하다.

공기청정 집진 기술

Non-thermal Plasma 응용 집진 기술: 먼지와 냄새를 동시에 제거



오늘은 LG전자(주)에서 실내 공기청정 기술을 개발하면서 독자 기술로 확보한 저온플라즈마를 이용한 미세먼지 집진기술에 대하여 설명하고, 지속적인 연구 개발이 필요함을 강조하고자 한다.

산업공정 적용 미세먼지 저감기술 현황

박현설¹

¹한국에너지기술연구원 기후변화연구본부

Status of Fine Particulates Control Technology Applicable for Industrial Processes

Hyun-Seol Park¹

¹Climate Change Research Division, Korea Institute of Energy Research

미세먼지 문제 해결을 위해 정부에서는 노후 석탄발전소 일시 가동중단 및 조기 폐기 등 적극적인 정책을 내놓고 있으며, 산업계에서는 자발적인 미세먼지 저감 계획을 수립하거나 시행하고 있다. 잘 알려진 바와 같이 미세먼지는 산업공정내에서 생성된 후 배출되는 1차 먼지와 가스상 오염물질로 배출된 후 대기 중에서 광화학반응 등에 의해 먼지입자로 변환되는 2차생성 먼지로 구분되며, 2차 먼지의 원인물질로는 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx), 휘발성유기화합물(VOCs), 암모니아 등이 있다. 따라서 대기 중 미세먼지의 농도를 낮추기 위해서는 1차 먼지외에 2차 먼지의 원인물질이 되는 SOx, NOx, VOCs의 배출도 함께 줄여야만 한다. 본 고에서는 현재 산업공정에 후처리기술로서 적용되고 있는 PM, SOx, NOx, VOCs 저감기술 현황 및 향후 기술개발 방향을 살펴보고자 한다.

탈황기술은 크게 건식, 반건식, 습식기술로 나뉘는데 기본적으로 SOx를 흡수제거하는 기술이다. 국내 석탄발전소에 설치된 배연탈황공정은 대부분 석회석을 알칼리제로 사용하고 강제산화 과정이 도입되어 분산물로 석고를 생산하는 습식 석회석-석고 공정이 적용되고 있으며, 반건식 탈황기술은 상대적으로 처리가스의 규모가 작은 소각 공정 등에서 활용되고 있다. 최근 국내 발전사에서는 기존 습식 탈황설비의 효율을 개선하기 위해 액비비 증대, 내부 구조 변경, 액적 제거장치 고효율화 등의 방법을 도입하거나 검토하고 있다.

대표적인 탈질기술은 암모니아를 환원제로 사용하고 선택적촉매환원(SCR) 기술이며, 주로 사용되는 상용 촉매로는 W/V₂O₅/TiO₂ 계열이며, 촉매의 작동 온도는 350°C 내외이다. 최근 SCR 분야는 저온 영역에서도 높은 효율을 유지하며 SO₂ 및 알칼리 금속에 의한 성능저하를 극복할 수 있는 촉매 개발을 위해 많은 노력이 기울여지고 있다. 국내 발전사에서는 탈질효율을 현재 80% 수준에서 95%이상으로 높이고자 하고 있으며, 이를 위해 탈질설비의 촉매층 추가, 유량분배균일화 등의 개선 계획을 갖고 있다.

집진기술은 크게 전기집진방식과 여과집진방식으로 구분되며, 국내 석탄발전소에서는 대부분 전기집진기를 적용하고 있다. 전기집진기와 여과집진기의 집진효율은 탈황, 탈질기술에 비해 매우 높은 99.9% 수준이고 배출 농도는 일반적으로 1~10mg/m³ 정도로 유지된다. 탈황, 탈질설비가 연료 연소공정에 국한되어 적용되는 것에 비해, 집진설비는 제철, 시멘트와 같이 제품 생산공정이나 기계가공공정 등 매우 폭넓은 산업공정에 적용되며, 시설규모도 소형에서 대용량까지 적용 범위가 넓다. 현재 집진기술은 기존 설비의 성능을 개선을 위한 기술개발과 시설비용을 큰 폭으로 낮추면서도 높은 성능을 유지할 수 있는 방향으로 기술개발이 진행되고 있다.

국내 휘발성유기화합물(VOCs)의 대부분은 도장, 인쇄 등의 유기용제 사용과정에서 배출되는 것으로 알려져 있으며, 저감기술로는 활성탄을 이용한 흡착기술과 산화기술(RTO, RCO)이 주를 이루고 있다. 흡착기술의 경우 저렴한 시설비용에 비해 교체주기가 빠르기 때문에 유지관리가 용이한 기술에 대한 수요가 높으며, 산화기술의 경우 높은 시설비와 연료비용을 획기적으로 절감할 수 있는 기술개발이 필요하다.

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업으로 수행한 결과입니다(B7-2435-01).

초저에너지-초저배출 자동차 기술 개발

이관영^{1,2,*}, 이재환¹, 박정선¹, 정은진¹, 이성호³
¹고려대학교 화공생명공학과, ²고려대학교 그린스쿨
³고려대학교 초저에너지 자동차 초저배출 사업단

Development of Super Ultra Low Energy and Emission Vehicle

Kwan-Young Lee^{1,2,*}, Jae Hwan Lee¹, Chung Sun Park¹, Eun Jin Jeong¹, Seongho Lee²
¹Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University
²Green School, Korea University
³Super Ultra Low Energy and Emission Vehicle (SULEEV) Center, Korea University

최근 미세먼지로 인해 야기되는 문제에 대한 관심은 지속적으로 높아지고 있으며 이로 인해 전 세계적으로 미세먼지 생성을 저감하기 위한 노력을 기울이고 있다. 미세먼지(fine particles)는 입자상 물질(particulate matter, PM)로 구성되어 있으며 2.5 um 이하의 입자 크기를 갖는 PM_{2.5}의 경우 입자가 폐에 침적되고 혈관을 통해 순환계에 침투하여 혈관염증 및 뇌질환 등을 유발할 수 있다. 현재 공기 중 미세먼지 농도는 주로 개발도상국에서 높게 나타나고 있으나, 2060년 PM 및 오존에 의한 한국의 잠재적 사망자 증가율은 중국과 인도 다음으로 가장 높을 것으로 전망될 정도로 국내 미세먼지 문제는 심각한 수준이다.

차량에서 발생하는 PM의 경우 연료의 불완전 연소로 인해 PM이 직접 배출(primary particulate)되고 있으며, 배출가스에 포함된 탄화수소 (HC), 질소산화물 (NOx), 황산화물 (SOx) 등의 화학적 상호작용을 통해서도 PM이 생성(secondary particulate)되기 때문에 차량 배기가스는 PM의 직, 간접 배출에 모두 관여하고 있다. 따라서 미세먼지 생성을 줄이기 위해서는 자동차에서 직접 배출되는 미세먼지 뿐만 아니라 배출가스에 포함되어 있는 질소산화물 (NOx), 탄화수소 (HC), 일산화탄소 (CO) 등의 오염물질 또한 복합적으로 저감되어야 한다.

미국, EU 등 주요 선진국들에서는 이미 월등히 강화된 차량 연비 규제 및 배출량 규제 계획을 발표한 상황이며 이에 따라 NOx, PM, HC, CO 등의 오염물질에 대한 배출 규제는 대폭 강화될 예정이다. 하지만 배출가스 정화장치를 작동시키는데 연료를 소모하여 연비가 감소하므로, 현재 기술로는 차량의 연비 향상과 차량 배출가스 오염물 규제를 동시에 충족할 수 없는 상황이다. 따라서 전 세계적으로 차량의 연비 향상과 배출량 저감을 동시에 저감할 수 있는 기술을 개발하기 위한 연구를 수행하고 있으며 이를 위해서는 배출가스 정화촉매의 저온 활성 향상은 핵심적인 기술이다.

본 연구센터에서는 낮은 배출가스 온도에서도 높은 정화 성능을 보이는 새로운 정화시스템 개발을 목표로 계산화학, 나노 합성 기술, 전산유체역학, 장치제어 등의 융합 연구를 수행하고 있다. 계산화학 원리와 나노화학 기법을 이용하여 귀금속 산화 촉매, 금속 산화물 환원 촉매를 개발하고 있다. 또한 저온 흡착-고온 탈착 특성을 갖는 NOx 및 HC 흡착제를 개발하고 슬러리 코팅을 통해 흡착제를 PM 연소 촉매와 일체화하는 기술을 연구 중이다. 그리고 개발한 최적 촉매를 효율적으로 운용하기 위해 배출가스 정화 장치 제어 및 이상 진단 시스템을 개발하고 실제 현장에 적용 가능한 고성능·고내구성 촉매 시스템을 개발하고자 연구를 수행 중이다. 다양한 첨단 기술의 융합 연구를 통해 초고연비-초저배출을 동시에 확보한 미래형 자동차 기술 개발에 기여하고자 한다.

CT-05

Microporous V/TiO₂ 촉매를 적용한 복합형 SCR 촉매의 NO_x 및 N₂O 저감 특성

조종표^{1,*}, 표영덕¹, 김강출¹, 장진영¹, 정용진¹, 신영진¹
¹한국에너지기술연구원

NO_x and N₂O Reduction Characteristics of Hybrid SCR Catalyst Applying a Microporous V/TiO₂ Catalyst

Chongpyo Cho^{1,*}, Youngdug Pyo¹, Gangchul Kim¹, Jinyoung Jang¹, Yongjin Jung¹, Youngjin Shin¹
¹Korea Institute of Energy Research

본 연구는 디젤엔진에서 NO_x를 저감시키기 위해서 사용되는 urea-SCR (Selective Catalyst Reduction) 촉매 시스템을 구성하기 위해서 microporous V/TiO₂ 촉매와 Fe/Cu-zeolite 촉매를 복합적으로 구성하였다. 배출가스 상류 쪽에는 microporous V/TiO₂ 촉매를 놓고 뒤쪽에 Fe/Cu-zeolite 촉매를 배치하여 vanadia 계열의 낮은 NH₃ 흡장력에 기인한 slip되는 NH₃를 최소화하도록 하였다.

시험 엔진으로는 57kW급의 off-road 디젤 엔진을 대상으로 하였으며, 후처리 시스템에서 촉매구성은 엔진 출구로부터 DOC(Diesel Oxidation Catalyst), DPF(Diesel Particulate Filter)와 SCR 촉매 순서로 설치하여 실험하였다.

NO 변환율 및 NO₂ 변환율에 있어서 Fe/Cu-zeolite 촉매로만 이루어진 SCR 촉매의 변환율이 microporous V/TiO₂ 촉매에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 그러나 N₂O 배출량은 Fe/Cu-zeolite 촉매가 microporous V/TiO₂ 촉매보다 많아, N₂O 배출량 저감 측면에서는 vanadium 계열의 촉매 사용이 유리한 것으로 판단하였다. 이러한 두 촉매간의 트레이드오프 관계(trade-off)를 적절히 이용하여 복합형 SCR 촉매를 구성하였다.

실험 결과에 따르면, 복합형 SCR 촉매는 NO 변환율 및 NO₂ 변환율에서 Fe/Cu-zeolite 촉매와 유사한 저감 특성을 보였고, 운전조건별 N₂O/NO_x 생성비율은 Fe/Cu-zeolite 촉매보다 더 좁은 온도범위에서만 유사한 수준의 N₂O 생성비율을 보여주었다.

결과적으로 복합형 SCR 촉매시스템은 NO_x 변환율에서 큰 성능저하 없이 NO_x 저감 반응에 의한 N₂O 생성률을 낮출 수 있었다.

*본 연구는 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 Non-CO₂ 온실가스 저감기술개발사업단(2013001690018)에서 지원받았습니다.

일반세션
오염저감

9월 21일(목) 09:00~12:00

여수 경도리조트 금호

바이오매스 저성장과 에너지 저소비 달성을 위한 생물학적 악취 저감기술의 전략

김대근¹
¹서울과학기술대학교 환경공학과

Biological odor control strategies to attain low biomass growth and low energy consumption

Daekeun Kim¹

¹Department of Environmental Engineering, Seoul National University of Science and Technology

생물공정은 친환경적이고 효율적인 악취저감기술로 알려져 있고, 실 현장에 적용되어 악취 관리에 활용되고 있다. 하지만 악취만의 고유한 특성과 생물공정의 적용 한계로 인하여 최적의 운영 결과를 보여주지 못하고 있다. 악취는 두 가지 이상의 물질로 구성되고 무기성 물질과 유기성 물질이 혼재하는 경우가 흔하여 단일물질 제거와는 다른 생물학적 제거 메커니즘이 요구된다. 또한 생물공정은 바이오매스의 축적으로 인하여 운전효율이 낮아지고 에너지가 추가 공급된다. 이러한 점에서 무기·유기성 물질이 혼재한 악취를 효율적으로 처리하고 바이오매스 저성장과 에너지 저소비를 달성할 수 있는 생물공정 기술이 필요하며, 본 연구에서는 서로 다른 두 가지의 접근법을 제시하고자 한다. 첫째, 독립영양미생물과 종속영양미생물의 경쟁관계를 이용하여 생물공정 내 바이오매스 저성장을 달성하고자 하며, 둘째, 열악한 환경조건에서 성장할 수 있고 성장속도가 낮은 곰팡이를 생물공정에 활용하고자 한다.

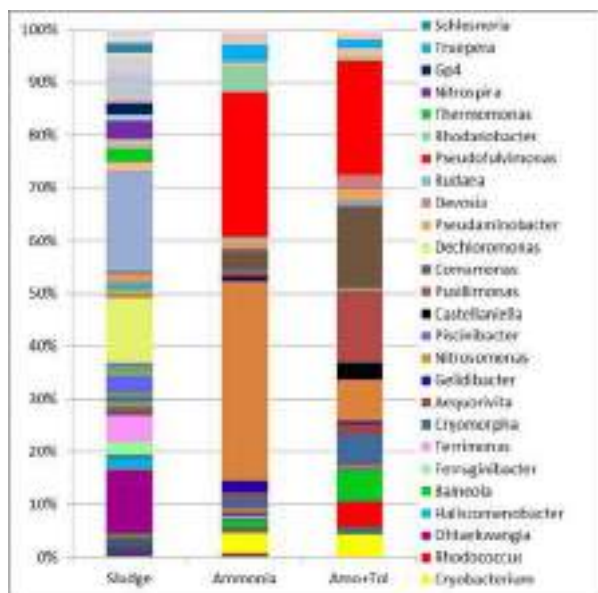


Fig. 1. Bacterial competition: Genomic classification of bacterial community in terms of relative abundance: Percentage of total effective bacterial sequences in a sample

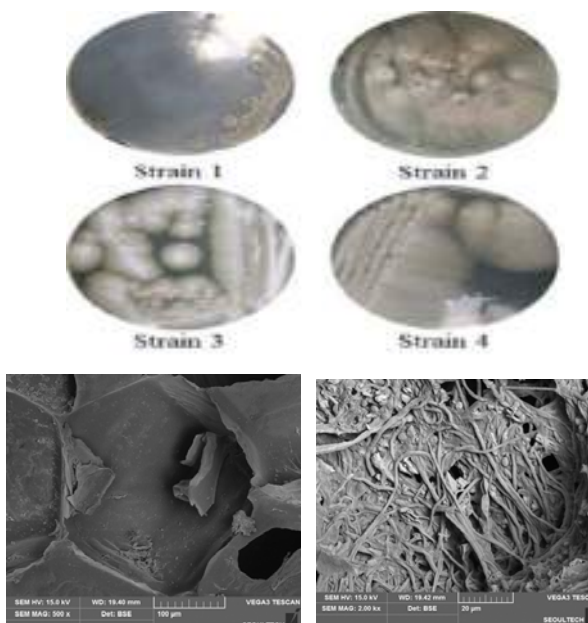


Fig. 2. Fungal bioreactor for odor control: Fungal species isolated from long-term operated fungal bioreactor(above); SEM analysis of packing-bed media in fungal reactor

금속산화물 나노입자에 대한 상추 및 알타리무 줄기뿌리성장 영향평가

이은진¹, 양신¹, 공인철^{1,*}
¹영남대학교 환경공학과

Effect of metal oxide nanoparticles on shoot and root growth of *Lactuca sativa L.* and *Raphanus sativus L.*

Eun Jin Lee¹, Xin Yang¹, In Chul Kong^{1,*}

¹Department of Environmental Engineering, Yeungnam University

나노입자(Nanoparticles, NPs)는 직접적인 주입이나 사고에 의한 노출로 환경에 배출되어 대기, 토양 및 수질 오염의 원인이 된다. 1차 생산자로서 생태계의 가장 근본적인 역할을 담당하는 식물은 다양한 환경에서 NPs와 접촉하며, NPs를 흡수하고 체내에 축적하는 등 여러 가지 상호작용을 하게 된다. NPs를 흡수한 식물을 섭취한 소비자의 체내에도 NPs가 축적되며, 축적량은 상위 포식자로 갈수록 증가하여 생물농축을 일으킨다. NPs가 식물체에 흡수 및 축적되며 그에 따라 식물독성을 나타내는 현상에 대한 연구는 다양한 종류의 식물과 NPs를 대상으로 이루어져 왔다(Ma et al. [1]). Lin and Xing [2]은 Al과 Zn NPs가 씨앗의 발아 및 뿌리생장에 미치는 영향을 평가하였다. Gu et al. [3]에 따르면 CuO, ZnO, NiO NPs가 씨앗 활성에 뚜렷한 독성 영향을 나타내었으며, NPs의 종류에 따라 상이한 민감도를 나타내었다. 또한 오이 생체 내 Zn NPs의 축적량이 노출된 NPs의 농도 증가와 상관관계가 있다고 보고되었다(Sohng et al. [4]).

본 연구에서는 *Lactuca sativa L.* (상추)와 *Raphanus sativus L.* (알타리무)를 이용하여 금속산화물 NPs(CuO, ZnO, NiO, TiO₂, Al₂O₃)가 씨앗의 줄기 및 뿌리생장에 미치는 영향을 조사하였다. NPs에 대한 영향은 씨앗과 입자의 종류에 따라 상이한 민감도를 나타내었다. 단일 NPs 영향 실험에서 상추의 줄기 및 뿌리독성영향(EC₅₀)은 다음과 같다: 줄기; CuO, ZnO, NiO (> 50 mg/L), Al₂O₃, TiO₂ (> 1000 mg/L), 뿌리; CuO (0.25 mg/L) > ZnO (0.5 mg/L) > NiO (0.57 mg/L) > Al₂O₃, TiO₂ (> 1000 mg/L). 알타리무의 줄기 및 뿌리독성영향(EC₅₀)은 다음과 같다: 줄기; CuO (11.47 mg/L) > ZnO (15.48 mg/L) > NiO (16.09 mg/L) > Al₂O₃, TiO₂ (> 1000 mg/L), 뿌리; CuO (0.35 mg/L) > ZnO (1.23 mg/L) > NiO (2.85 mg/L) > Al₂O₃, TiO₂ (> 1000 mg/L). 상추가 알타리무 보다 오염물에 더 민감하다고 조사되었다.

단일 NPs 실험에서 높은 독성 영향을 보인 NPs 3종(CuO, ZnO, NiO)의 EC₅₀에 근거하여 1/2EC₅₀, 1/4EC₅₀에 근접한 2농도에 대한 혼합 조건(12조합)으로 실험을 수행하였다. 상추와 알타리무 두 종의 혼합(총 24조합) 영향은 첨가작용(*p*-value < 0.05)으로 조사되었다.

참고문헌

1. Ma, X., Geiser-Lee, J., Deng, Y., and Kolmakov, A., "Interactions between engineered nanoparticles (ENPs) and plants: phytotoxicity, uptake and accumulation," *Sci. of the Total Environ.*, **408**(16), 3053-3061 (2010).
2. Lin, D., and Xing, B., "Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth," *Environ. Pollut.*, **150**(2), 243-250 (2007).
3. Gu, B. W., Lee, M. K., Shi, Y. T., and Kong, I. C., "Bioassessment of Nanoparticle Toxicity based on Seed Germination and Germination Index of Various Seeds," *Clean Technol.*, **21**(1), 39-44 (2015).
4. Sohng, Y. R., Nam, Y. S., and Lee, I. S., "Phytotoxicity and Bioavailability of Zinc, Zinc Oxide Nanoparticles to the *Cucumis sativus*," *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **31**(7), 467-472 (2009).

Chlorella vulgaris의 성장영향에 근거한 혼합 중금속 독성 조사

이문희¹, 공인철^{1*}
¹영남대학교 환경공학과

Toxicity evaluation of binary mixtures of Metal-Oxide based on the growth of *Chlorella vulgaris*

Mun Hui Lee¹, In Chul Kong^{1*}
¹Department of Environmental Engineering, Yeungnam University

중금속(Heavy metal)은 비중 4이상의 금속으로 일부는 미량원소로서 생물학적으로 중요성을 갖고 있다. 그러나 고농도로 노출될 경우에는 생물독성을 나타내며 이는 생화학적으로 큰 관심분야이다. 중금속은 주로 자연적 원인 및 광업 및 산업 활동 등의 인위적인 원인에 의해 주로 노출된다. 농도 및 산화상태, 발생원, 침출공정, 화학전환 등의 조건에 따라서 생물독성이 나타난다. 이러한 중금속은 자정 능력으로 쉽게 제거되지 않을 뿐 아니라 생체 내 축적성이 강하여 사람과 동물의 몸에 축적되어 급성 및 만성 독성을 발생시킨다.

본 연구에서는 중금속 7종(Cu, Cd, Cr, As³⁺, As⁵⁺, Zn, Ni) 혼합 오염이 미치는 영향을 미세 녹조류인 *Chlorella vulgaris*를 이용하여 조사하였다. 혼합물 노출에 대한 조사는 오염된 환경을 좀 더 현실적으로 반영하고, 실 환경에 미치는 영향을 파악하는데 중요한 정보를 제공할 것이다. 조류(algae)는 수생태계의 주요 영양 단계 중 가장 하위권을 차지하는 생산자로서 상위 영양단계의 먹이로 제공되기 때문에 먹이연쇄 과정에서 중요한 역할을 하는 생물이다. 또한 광범위한 서식지 분포, 실험의 용이성, 신속성, 저비용 등의 측면에서 뛰어나기 때문에 생태독성평가에서 매우 광범위하게 사용되는 생물종이다. 녹조류에 미치는 영향은 흡광도, 클로로필 그리고 개체수 측정에 근거하여 평가하였다. 두 종의 중금속을 혼합하였으며 총 21조합에 대해 조사하였다. 실험결과 클로로필은 길항작용이 57%로 가장 높게 나타났으며 상승작용이 29%, 첨가작용이 14%로 가장 낮게 나타났다. 개체수 측정에서도 마찬가지로 길항작용이 43%로 가장 높은 비율을 차지하였으며 상승작용은 29%, 첨가작용 24% 순의 비율을 나타냈다. 이와 달리 흡광도는 첨가작용이 48%로 가장 높게 나타났으며 길항작용이 29% 그리고 상승작용이 24%로 가장 낮게 나타났다. Cr은 일부의 측정방법을 제외한 모든 측정에서 상승작용이 나타났으며 그 외 대부분의 중금속은 주로 길항작용이 나타났다. 따라서 중금속 간에는 길항작용이 주로 나타나며 Cr은 타 금속과 혼합될 경우 상승작용을 주로 나타낸다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. Lee, M. K., "Toxicity evaluation of metals and nanoparticles based on the algae activity," Yeungnam University Master's Thesis, 32-38 (2016).
2. Elisabeth, A. H. and William, H. C., "Toxicity and bioaccumulation of a mixture of heavy metals in Chironomus Tentans (Diptera: Chironomidae)," Environ. Toxicol. Chem., **16**, 319 (1997).
3. An, Y. J., Nam, S. H. and Baek, Y. W., "Fundamentals of ecotoxicity evaluation method using domestic aquatic organisms in Kroea: (III)Green Algae" Kor. J. Limnol., **41**(2), 117-127 (2008).
4. Dutuibe, J. O., Ogwuegbu, M. O. C. and Egwurugwu, J. N., "Heavy metal pollution and human biotoxic effects." , Int. J. Physi. Sci., **2**(5), 112-118 (2007).

고흡착능 탈황제를 이용한 고농도 황계열 악취제거 건식 공정

김신동¹, 박성순²

¹(주)이앤캡솔루션 에너지·환경연구소, ²동강대학교 보건행정학부

Dry process for odor removal of high concentrated sulfur compounds using high adsorptive desulfurization agent

Shin Dong Kim¹, Seong Soon Park²

¹E & Chem Solution Corp. Energy & Environment Research Center,

²Dongkang College, Field of Health administration

환경기초시설 중에서 음식물폐기물, 음식물폐기물처리수, 하수슬러지, 축산 분뇨 등을 이용한 혐기성 바이오가스 생산 시설이 신재생에너지 보급 확대에 힘입어 급격하게 증가하고 있다. 이러한 환경기초시설을 운영하는데 있어서 가장 큰 민원사항 중 하나는 복합악취 발생에 기인한다. 특히 유기성폐기물 반입조, 저류조에서의 발생가스와 혐기성 소화시설에서 생산되는 바이오가스에 포함된 고농도의 황계열 악취물질은 복합악취에 대부분을 차지한다. 고농도 황계열 악취물질은 현재까지는 대부분 2단 또는 3단 약액 세정탑을 이용하여 제거하는 공정을 사용하고 있지만, 산성, 알칼리성 등의 약품을 사용함으로써 제 2차 환경오염의 원인이 되고 있다. 황계열 악취의 대표물질인 황화수소를 제거하기 위한 건식 공정을 개발하기 위하여 다양한 종류의 건식흡착제를 사용하여 가격, 공정의 용이성 등을 확보하고자 연구를 진행하였다. 건식 공정의 경제성을 확보하기 위하여 가급적 공간속도를 최대한으로 높이면서도 황화수소 흡착 제거율이 높은 조건을 확보하였다. 공간속도 $1,200\text{hr}^{-1}$ (3sec^{-1})에서 황화수소 파과흡착능이 30%를 상회하였으며, 수분 유입 정도 및 산소의 존재 유무에 따른 흡착 특성을 확보하였다. 또한 흡착제의 생산 원가를 절감하기 위하여 다양한 종류의 원료 물질을 연구에 적용하였다. 향후 황계열 악취물질의 건식 흡착 공정 비용을 절감시킴으로써 복합악취 제거 및 바이오가스 활용 분야에 상당한 경제적 효과를 부여할 것으로 예상된다.

참고문헌

1. Do Khac Uan et al. "Application of iron-based adsorbent(FeOOH) to remove hydrogen sulfide(H_2S) from biogas" Journal of Science & Technology, **54**, 2A, pp.35-41 (2016).
2. S. Haghghatafshar. "Management of hydrogen sulfide in anaerobic digestion of enzyme pretreated marine macro-algae" Master's thesis, Lund University (2012).
3. Seungwoo Lee et al. "Adsorption characteristics of hydrogen sulfide on iron-activated carbon composite prepared by ferric nitrate and ferric chloride" J. of Korea Society of Waste Management, **32**, 8, pp.772-779 (2015).

균일용액침전법을 이용한 전구체의 상변화에 따른 BaMnAl₁₁O_{19-δ}의 비교

박지윤¹, 정유식², 이영우^{1,*}

¹충남대학교 에너지과학기술대학원, ²(주)지엔티엔에스(GTNS)

Comparison of BaMnAl₁₁O_{19-δ} According to the Phase Change of Precursor Using Homogeneous Method

Ji Yun Park¹, You Shick Jung², Young Woo Rhee^{1,*}

¹Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University

²GN Technology & Solution

연소촉매란 천연가스나 탄화수소, 일산화탄소, 휘발성유기화합물 등을 화염연소보다 낮은 온도에서 안정적으로 완전 산화시키는 촉매이다. 완전연소로 CO와 같은 유해가스 배출의 원인을 근본적으로 제거 가능하며, 희박연소로 적은 유량의 가스도 안정적으로 연소처리가 가능하므로 연소소모량을 최소로 조절 사용이 가능하다. 또한 화염연소보다 낮은 온도에서 연소가 가능하여 열적 NO_x 발생을 방지한다. 기존의 상용화된 촉매는 귀금속 촉매 위주로 주로 백금촉매를 사용하여 저온활성이 우수하나 600°C 이상의 고온에서는 비활성화가 급격히 일어나게 되며 가격 또한 고가이다. 망간 또는 코발트를 기본으로 한 페로브스카이트 산화물은 높은 완전 산화 활성을 보이며, 고온에서 sintering으로 인한 표면적의 급격한 저하를 동반한다고 보고되었다[1]. 그에 비하여 헥사알루미늄네이트 복합화합물 구조의 촉매는 1300°C 이상의 고온에서도 넓은 표면적을 유지하여 뛰어난 열적 안정성을 보인다[1,2]. 알루미늄나 담체에 금속원소를 첨가하여 알루미늄이나 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. Ba, Mn, Al의 비율은 바륨헥사알루미늄네이트의 양론비인 1:1:11로 사용하였다. 주요 물질인 Al은 균일용액침전법을 통해 Al(OH)₃로 형성되었음을 확인하였다. AlOOH가 Al(OH)₃보다 헥사알루미늄네이트로 전환되는 상변이 온도가 낮다고 보고되었다. Al(OH)₃에서 물이 빠져서 AlOOH로 상변화를 진행하기 위해, 여과 후 건조 온도를 변화시켜 AlOOH로 상변이 후 1200°C에서 소성하여 BaMnAl₁₁O_{19-δ}를 제조하였다. 제조한 촉매는 XRD와 TGA를 이용하여 분석하였으며, 메탄 연소실험을 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).

플라즈마 활성화 촉매 환원 공정을 이용한 질소산화물 (NO_x) 저감

이병주¹, 조진오¹, 목영선^{1,*}

¹제주대학교 공과대학 기계메카에너지화학공학부 생명화학공학전공

Abatement of Nitrogen Oxides (NO_x) Using Plasma-activated Catalytic Reduction Process

Byeong-Ju Lee¹, Jin-Oh Jo¹, Young Sun Mok^{1,*}

¹Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University

본 연구에서는 플라즈마가 결합된 탄화수소 선택적 촉매 환원 (SCR) 공정에서 플라즈마에 의해 질소산화물(이하 NO_x) 저감효율이 향상되는 반응기구에 대해 조사하였다. 구형 은 (Ag) 나노입자 (20 nm)와 γ -Al₂O₃를 혼합하여 촉매를 제조하였고, 제조된 Ag/ γ -Al₂O₃를 석영관에 8.83 g 충전하여 촉매 반응기로 사용하였다. 석영관내의 촉매 층에서 직접 플라즈마가 생성되도록 전극을 구성하였다. 환원제로는 n-헵테인 (n-heptane)을 사용하였으며 농도는 257 ppm으로 고정하였다. 질소, 산소, 수분, NO_x로 구성된 모사 배기가스의 유량은 2 L min⁻¹, NO_x 농도는 300 ppm이었다. 250°C에서 SCR공정에 플라즈마를 결합했을 경우에는 NO_x 저감효율이 80%를 넘는 반면, SCR 단독공정일 때에는 NO_x 저감효율이 10% 이하였다. 플라즈마에 의한 SCR의 성능향상 원인을 밝히기 위해, 두 가지 가설을 세웠다. 첫째, 플라즈마가 n-heptane을 분해시켜 SCR에서 우수한 반응성을 나타내는 생성물을 만들어 낼 것이다. 둘째, NO가 플라즈마에 의해 NO₂로 빠르게 산화되고 SCR에서 NO₂가 NO보다 N₂로 환원이 잘 될 것이다. 기체 크로마토그래피 분석을 통해 플라즈마가 n-heptane을 분해시켜 다양한 부분 산화 탄화수소 (partially oxygenated hydrocarbons, POHs)가 생성됨을 알 수 있었다. POHs의 NO_x 저감 성능을 확인하기 위해, POHs 중 아세트알데하이드를 환원제로 사용하여 NO_x 저감 실험을 수행한 결과, SCR 단독공정에서도 NO_x 제거율이 90%를 상회하였다. 두 번째 가설이 타당한지를 검증하기 위하여 300°C에서 NO_x (NO+NO₂) 농도를 300 ppm으로 고정한 상태에서 NO₂ 분을 만 변화시키며 SCR 공정의 성능을 평가하였다. 실험 결과 NO₂ 분율이 높아질수록 촉매 반응에 의한 NO_x 저감효율이 감소한다는 것을 알 수 있었다. 따라서 촉매와 플라즈마를 결합했을 때 NO_x 제거효율이 향상되는 것은 플라즈마에 의해 NO가 NO₂로 산화되기 때문이 아니라, n-헵테인이 분해되어 환원력이 우수한 POHs 생성물이 만들어지기 때문으로 결론지을 수 있다.

감사

이 발표는 제주대학교 스마트그리드와 청정에너지 융복합산업 인력양성사업단(CK-1)의 지원을 받아 수행되었습니다.

일반세션
청정석탄

9월 21일(목) 09:00~12:00
여수 경도리조트 백도

고효율 청정화력 및 미세먼지 대응을 위한 연료 회분(Ash)의 특성 연구

남궁훤¹, 이영주¹, 박주형¹, 송규섭¹, 박세준¹, 김정근¹, 최종원¹, 최영찬^{1,*}

¹한국에너지기술연구원

A Study on Fuel Ash Characteristics for Coping with High Efficiency Clean Power Plant and Fine Particulate Matter

Hueon Namkung¹, Young-Joo Lee¹, Ju-Hyoung Park¹, Gyu-Seob Song¹, Se-Joon Park¹,
Joeng-Geun Kim¹, Jong Won Choi¹, Young-Chan Choi^{1,*}

¹Korea Institute of Energy Research

현재 석탄화력은 우리나라 발전원 중 약 40%의 발전 비중을 차지하고 있지만, 최근 기후변화 및 미세먼지가 쟁점이 되면서 부정적인 인식이 확산되고 있는 상황이다. 이에 따라, 청정석탄화력의 중요성은 더욱 더 증대되고 있다. 청정석탄화력은 발전효율향상, CCUS (Carbon Capture Utilization & Storage), 연료전환 (Fuel Switching) 등에 의해서 달성이 가능하다. 또한, 최근 국내에서 쟁점이 되고 있는 석탄화력 미세먼지를 저감하기 위해서는 발전효율향상과 연료전환 기술이 중요하다.

연료 회분에 대한 특성연구는 발전효율향상과 연료전환 기술 개발을 위해서 가장 핵심적인 연구 주제일 것으로 판단된다. 연료는 열화학적 전환공정에서 에너지로 전환되면서, 동시에 고온에서 부분 또는 완전 용융된 회분을 발생시키며, 이러한 발생 회분은 공정내에 부착되면서 운전장애 요소인 Fouling/Slagging과 같은 현상을 야기시켜 발전소의 효율 저하와 심각한 경우 조업 정지까지 초래한다. 게다가 발생 회분은 발전소의 미세먼지 발생원이기도 하다. Fouling/Slagging 현상은 연료가 포함하고 있는 고유 회분 특성에 의해 영향을 받기 때문에, 연료의 물성에 따른 Fouling/Slagging에 대한 특성연구가 중요하다. 특히, 최근 석탄화력에 바이오매스가 혼소되면서 회분 특성 평가 및 제어 방법 대한 연구가 더욱 절실해지고 있는 상황이다.

본 연구에서는 연소 및 가스화 조건에서의 연료별 회분 특성 평가를 하였고, 이에 따른 Fouling/Slagging 현상에 대해 비교평가 하였다. 특히, 바이오매스 회분에는 Fouling/Slagging 유발물질인 알칼리계열의 금속 성분(Na, K)이 많이 포함되어 있기 때문에, 바이오매스를 연료로 사용시 Fouling/Slagging 현상은 더욱 더 빈번해져 공정 운영에 많은 문제점들을 야기시킬 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 연료 회분의 알칼리금속을 선택적으로 제거한 회분저감형 연료와 일반 연료의 Fouling/Slagging 경향성과 회분 물성도 평가하였다.

록호퍼 시스템 대체용 고압 분체연료 주입장치 개발 (II)

정석우^{1*}, 이지은¹, 김문현¹, 정기진¹, 정중선², 김태화²

¹고등기술연구원, ²(주)세인트텍

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

Seok Woo Chung^{1*}, Ji Eun Lee¹, Mun Hyun Kim¹, Ki Jin Jeong¹,

Jong Sun Jung², Tae Hwa Kim²

¹Institute for Advanced Engineering, ²SEINTEC

일반적으로 고압의 반응기에 분체 형태의 연료를 공급하기 위해서는 상압에서 공급하고자 하는 분체연료를 저장하는 저장호퍼와 가압과 상압 상태를 반복하면서 상압 저장호퍼의 분체연료를 가압상태인 공급호퍼에 주기적으로 공급하는 록호퍼(lock-hopper) 시스템을 구비하게 된다. 록호퍼 시스템의 작동은 상압 상태에서 저장호퍼로부터 록호퍼로 분체연료를 받아들인 후 고압가스(질소 등)를 록호퍼에 공급하여 고압 반응기와 거의 동일한 압력까지 가압을 진행한다. 그리고 이퀄라이징 밸브가 열리면서 록호퍼와 고압 반응기의 압력을 완전히 동일하게 만든 다음 록호퍼 하부의 밸브를 열어 록호퍼 내부의 분체연료를 중력에 의해 고압 반응기로 공급하게 된다. 고압 반응기로의 분체연료 공급이 완료되면 다시 밸브를 닫고 록호퍼 내부의 압력을 벤트하여 다시 초기의 상압 상태로 만든 후 저장호퍼로부터 분체연료를 다시 받아들이게 되며 이러한 일련의 과정이 주기적으로 반복되면서 상압의 분체연료가 고압 반응기로 공급된다.

이와 같이 운전되는 록호퍼 시스템은 작동을 위해 고압가스의 가압 및 감압 라인/밸브, vent 되는 분체연료 분진의 여과를 위한 필터시스템, 시퀀스 제어를 위한 정압/차압 계측기 등의 추가적인 설비 연계가 필요하고 여러 단계의 절차에 따라 분체연료 주입이 이루어진다는 단점을 가진다. 또한 록호퍼 시스템은 연속식이 아닌 배치식으로 분체연료 주입이 이루어지고, 록호퍼를 고압 반응기와 동일한 압력까지 가압하는 과정에서 지속적인 고압가스의 사용이 필요하며, 분체연료 내 수분함량이 높을 경우 록호퍼 내부에서의 브리징 발생으로 인해 고압 반응기로의 원활한 분체연료 공급이 어려워지는 단점을 가진다.

본 연구에서는 이러한 록호퍼 시스템 대신 상압의 분체연료를 고압 반응기에 연속적으로 공급하기 위하여 고압호스와 체인, 롤러 등으로 구성되는 연속식 고압 분체연료 주입장치 개발을 진행하고 있다. 그리고 이러한 기술 개발의 일환으로 본 연구에서는 연속식 고압 분체연료 주입장치 시작품을 제작한 후 글라스비드(glass bead), 미분탄을 이용하여 상압 및 가압 조건에서 주입속도에 따른 주입량 파악 등의 주입특성 시험을 진행하였는데, 시험 결과 주입속도를 증가시키에 따라 분체연료의 주입량이 일정하게 증가함을 확인하였으며, 1시간 동안 동일한 속도록 연속적인 주입을 하는 과정에서 작은 오차범위에서 안정적인 주입이 진행됨을 확인할 수 있었다.

감사

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No.20163010050070)

10.0 ton/day급 분류층 가스화기와 연계된 석탄 간접 액화 공정 운전 특성 연구

라호원¹, 서명원¹, 문태영¹, 문지홍¹, 윤성민¹, 윤상준¹, 이재구¹, 김재호¹, 김용구¹, 정현¹, 이호태^{1*}
¹한국에너지기술연구원 청정연료연구실

Operation Characteristics of Indirect Coal Liquefaction Process with 10.0ton/day Entrained Flow Gasifier

Ho Won Ra¹, Myung Won Seo¹, Tae Young Mun¹, Ji Hong Moon¹, Sung Min Yoon¹, Sang Jun Yoon¹,
 Jae Goo Lee¹, Jae Ho Kim¹, Yong Ku Kim¹, Heon Jung¹, Ho Tae Lee^{1,*}
¹Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research (KIER)

분류층 가스화기를 이용하여 생산된 합성가스는 화학플랜트의 기초원료인 CO, H₂가 주성분이다. 이러한 합성가스는 전환공정을 거쳐 전기, 합성석유, 합성 천연가스, 화학원료(Methanol, Ammonia)등으로 만들 수 있다.^[1] 10.0 ton/day급 분류층 가스화기 운전을 통해 산화제 공급 조건변화에 따른 가스화 반응기 온도변화, 합성가스 조성변화를 실험하였다. 또한 대표적인 합성가스 정제 공정인 Rectisol®공정과 Fisher-Tropsch 공정의 연계운전을 통해 합성 석유 생산을 하였다. 가스화 공정의 연료인 CWM과 산화제인 산소를 버너를 통해 분류층 가스화기 내부로 공급해 600Nm³/h의 합성가스를 제조하였다. 가스화 공정에서 제조된 합성가스중 포함된 불순물인H₂S, CO₂는 Rectisol 공정에서 -30 ℃로 냉각된 메탄올을 이용해 99%, 50%가 제거가 되었다. Rectisol 공정의 정제과정을 거친 합성가스는 철 촉매가 투입된 Fisher- Tropsch 공정을 거친 후 약 6 barrel per day의 합성석유를 생산하였다.

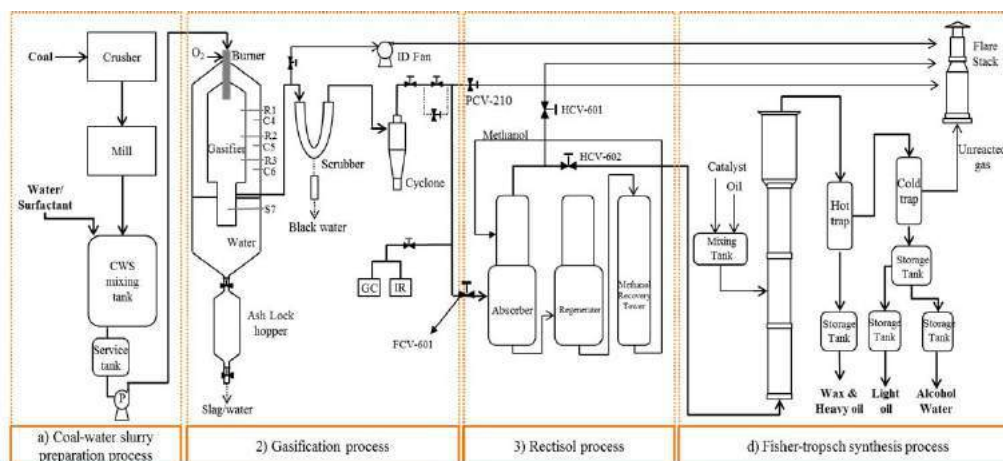


Figure 1. Schematic diagram and photographs depicting the KIER ICTL plant. (a) Coal-water slurry preparation, (b) gasification, (c) Rectisol®and (d)F-Tprocess modules.

참고문헌

1. Höök M, Aleklett K. A review on coal-to-liquid fuels and its coal consumption. Int J Energy Res; **34**, 848-64 (2010).

Data-driven development of a general evaluation metric for postcombustion CO₂ capture

Karson T. Leperi^{1,*}, Yongchul G. Chung^{2,*}, Fengqi You³, Randall Q. Snurr¹

¹Department of Chemical and Biological Engineering, Northwestern University, Evanston, IL USA

²School of Chemical & Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan, Korea (South)

³Smith School of Chemical and Biomolecular Engineering, Cornell University, Ithaca, NY 14853 USA

Molecular simulations and macroscopic pressure swing adsorption simulations and optimization were carried out for more than 400 metal-organic frameworks (MOFs) to determine the most important isotherm features in predicting the cost of post-combustion CO₂ capture, and to find promising MOFs with low CO₂ capture cost. We find that N₂ working capacity appears to be the most important feature predictor of the CO₂ capture cost, followed by the CO₂ working capacity, CO₂/N₂ selectivity at desorption conditions and the heat of adsorption of N₂. Using the data from pressure swing adsorption simulations, we developed a general evaluation metric (GEM) which can be used to rank the performance of nanoporous materials for post-combustion CO₂ capture. Spearman's correlation coefficient analysis showed that the correlation between the cost of post-combustion CO₂ capture and GEM is better than any other existing evaluation metrics reported in the literature to date, such as Adsorbent Performance Index (API), or Separation Factor (SF). Based on the screening, we find that the most promising MOFs will cost \$30 – 40 to capture a tonne of CO₂.shielding devices.

50 T/D 폐기물 소각장의 부식 방지: Ammonium sulfate 첨가에 따른 영향

김범중^{1,2}, 이정우⁴, 송재현⁴, 류창국², 이은도^{1,3,*}

¹한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹, ²성균관대학교 기계공학과,

³한국과학기술연합대학원대학교 청정시스템공학, ⁴한솔신텍

Corrosion prevention of 50 T/D waste incinerator: Influence of ammonium sulfate as additive

Beom-Jong Kim^{1,2}, Jeong-Woo Lee⁴, Jae-Hun Song⁴, Chang-Kook Ryu², Uen-do Lee^{1,3,*}

¹Thermochemical Energy system R&DB Group, Korea Institute of Industrial Technology,

²School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, ³Department of Green Process and System Engineering, University of science and technology(UST), ⁴Hansol SeenTec

청정 화력발전 기술의 일환으로 폐기물 및 바이오매스를 중심으로 한 신재생연료의 수요가 증가하고 있지만 국내 폐기물을 연료로 사용하는 소각시설은 고온부식의 문제로 인해 저열량의 스팀을 생산하는 것에 그치고 있다. 고온부식은 연료내 포함된 염소와 알칼리성분에 의해 발생하는 것으로 고온의 연소존에서 용융염 형태로 존재하다 온도가 급격히 낮아지는 보일러튜브에 부착되어 Chlorine-cycle을 형성하여 배출되지 않고 지속적으로 부식을 일으킨다. 고온부식 문제를 해결하기 위해 재료적, 구조적, 연료적 측면에서 많은 연구가 진행되는 중이다. 그 중 유립을 중심으로 첨가제를 이용한 고온부식 방지기술이 상용시스템으로 개발되어 많은 발전설비에 적용중이다.

본 연구는 50T/D 폐기물 소각설비에서 첨가제인 Ammonium sulfate의 부식방지 성능을 평가하기 위한 실험이다. 연료는 생활폐기물을 사용하였으며 Cl의 농도를 변경하기 위하여 NaCl을 투입하였다. 첨가제는 S/Cl ratio 0.5, 1, 1.5로 투입하였으며 배출가스의 SO_x, Cl, HCl 및 corrosion probe를 이용하여 분석하였다. corrosion probe는 A179, A192, T11을 사용하였고 OM조직검사와 SEM-EDS를 이용하여 분석하였다.

참고문헌

1. Viklund, P., "Superheater corrosion in biomass and waste fired boilers," KTL, Ph.D thesis (2013).
2. Kassman, H., et al. "The importance of SO₂ and SO₃ for sulphation of gaseous KCl - An experimental investigation in a biomass fired CFB boiler," Combustion and Flame, **157**, 1649-1657 (2010).
3. Tobiasen, L., "Deposit characteristic after injection of additives to a Danish straw-fired suspension boiler," Fuel Processing Technology, **88**(11-12), 1108-1117 (2007).
4. Hjornhede, A., "Reduction of furnace wall corrosion by the use of fuel additives test in fluidised bed test rig with waste and demolition wood," International workshop on high temperature corrosion in Biomass Installations (2014).

고효율 초청정 석탄 화력발전 기술개발 동향

이재구¹

¹한국에너지기술연구원

R&D Status of High Efficiency Low Emission Technology for Coal-fired Power Plant

JaeGoo Lee¹

¹Korea Institute of Energy Research, 152, Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34129, Korea

파리협정이 발효됨에 따라 온실가스 감축은 시급히 달성해야 할 글로벌 이슈가 되었고, 신기후 체제 대응을 위한 저탄소 경제시스템으로의 전환이 요구되고 있다. 최근 국내에서 매년 11월~4월 기간에 발생한 미세먼지 증가는 국민 생활건강을 위협하는 수준에 이르게 되어, 국가적인 현안이 되었다. 한편, 후쿠시마 원전사고 이후 국내 원전지역 인근에서 지진발생 빈도가 증가하여 한반도도 더 이상 지진으로부터 안전지대가 아니라는 의식을 갖게 되었고, 국가적인 안전 대비책이 필요하다는 인식을 갖기에 이르렀다.

이런 가운데 국가 전력시장 정책은 경제급전 원칙에서 환경과 안전등의 가치를 균형적으로 반영하는 방향으로 이동하고 있다. 에너지를 선정하는 기본적인 기준점은 경제성, 수급의 용이성, 환경성, 안전성과 국민들의 제반 여건에 대한 수용성에 바탕을 두어야 할 것이다. 전원망 측면에서 우리나라는 외부와 전력을 주고받을 수 없는 고립된 섬이라는 점에서 전력공급 안정성을 보장하는 에너지 안보가 무엇보다 중요시되어야 할 것이다.

에너지믹스 논리에 근거하여 석탄은 국내 전력생산에 여전히 상당부분 기여해야 할 것으로 보여진다. 그러나, 석탄 화력발전은 이산화탄소 배출 증가와 미세먼지 발생 요인으로 작용하므로 이러한 문제점을 해결할 수 있는 고효율·초청정(HELE; High Efficiency and Low Emission) 이용기술 개발이 필요한 실정에 있다. 본 발표에서는 각국에서 개발 중이거나 상업화되고 있는 청정 석탄화력 발전기술 동향에 대하여 살펴보고, 국내 현황과 추진전망에 대하여 소개하고자 한다.

참고문헌

1. Malgorzata Wiatros-Motyka, "An overview of HELE technology deployment in the coal power plant fleets of China, EU, Japan and USA", IEA CCC (2016).
2. Thermal Power EXPO Technical Conference, March 1~3, Tokyo, Japan (2017).
3. 전충환, "미세먼지와 석탄화력 현황 및 미래", Clean Coal Energy Forum, July 20, COEX, Seoul (2017).
4. Maria van der Hoeven, "Technology Roadmap High-Efficiency, Low-Emission Coal-Fired Power, Generation", IEA (2012).
5. Sam Nierop, Barry Vree and Izabel Kielichowska, "International comparison of fossil power efficiency and CO₂ intensity-Update", ECOFYS (2016).

가압순산소연소 기반 초고효율 화력발전 보일러 및 CO₂ 포집/정제 기술 개발

이영재¹, 양원^{1*}, 최석천¹, 이명화¹, 안형준¹, 이용운¹, 목진성¹
¹한국생산기술연구원

Development of a high efficient, zero-emission boiler and CO₂ capture/purification technology for thermal power generation based on pressurized oxyfuel combustion

Youngjae Lee¹, Won Yang^{1*}, Seukcheun Choi¹, Myonghwa Lee¹, Hyungjun Ahn¹,
 Yongwoon Lee¹, Chinsung Mock¹
¹Korea Institute of Industrial Technology

전 세계적으로 이산화탄소의 최대 점배출원인 화력발전소에서의 CO₂ 포집 및 저장 기술 적용이 필수적으로 요구되고 있으며, 다양한 기술적 요구사항을 동시에 만족시킬 수 있는 새로운 패러다임의 기술 개발 방향을 요구하고 있다. 이와 같은 세계의 흐름 속에 유럽의 경우 이탈리아 전력회사인 ENEL 주축으로 5MWth 급 연구개발이 수행되었고, 미 DOE는 2012년부터 총 8개의 관련과제를 한꺼번에 지원 등 차세대 CCS 기술의 가장 유력한 방안으로 가압순산소연소 기술이 유럽, 미국 등에서 적극적으로 추진되고 있다. 반면, 우리나라의 산업은 에너지 집약적이지만, 에너지 자립을 할 수 있는 요인이 부족하며, 기후변화와 대응과 같은 차세대 에너지 기술의 요구사항에 대한 기술 개발 대응을 진행하고 있으나 세계의 흐름에 미치지 못하고 있는 실정이다. 이와 같은 국내외의 에너지 기술 개발 흐름에서 본 연구는 가압순산소연소 기반의 발전시스템 개발을 통해 기존 발전소에 CO₂ 포집 장치를 add-on 또는 retrofit 하는 방식이 아닌, CO₂ negative 화력발전소를 새로 개발하는 방향을 제시하고 있으며, 특히 발전시스템의 핵심 설비인 보일러 개발에 초점을 두고 있다. 아울러 가압 순산소 연소 기반 신개념 보일러 시스템 개발을 위해 스팀 온도/압력 700°C/320bar 이상 내열/내부식 소재 개발 및 이를 최소화한 컴팩트 화력발전 시스템 개발을 목표로 한다. 본 연구 개발의 목표 달성 과정에서 중점적으로 고려해야 하는 핵심 가치는 설비비용 및 운영비용 최소화, 그리고 포집된 CO₂의 사전 정제 효율 극대화이다. 이와 같은 핵심 가치를 기반으로 개발될 가압순산소연소 기반 보일러 시스템은 향후 세계시장 선도형 화력발전기술 확보와 새로운 융합연구의 모델 제시한다는 점에서 의의가 있다. 뿐만 아니라 국가 온실가스 감축목표 2030에 크게 기여할 잠재력을 가진 핵심 기술이며, CO₂ 재이용 및 물 재이용을 활용한 국내 기후변화 대응사업 육성의 측면에서도 기여하는 바가 클 것으로 예상된다.

Pressurized Drop Tube Reactor를 이용한 실증운전조건에서의 석탄가스화 특성 연구

윤성민¹, 문태영¹, 서명원¹, 문지홍¹, 윤상준¹, 김재호¹, 김용구¹, 이재구¹, 라호원^{1*}
¹한국에너지기술연구원 청정연료연구실

Gasification Characteristics on Operating Condition of IGCC Plant Using Pressurized Drop Tube Reactor

Sung Min Yoon¹, Tae Young Mun¹, Myung Won Seo¹, Ji Hong Moon¹, Sang Jun Yoon¹, Jae Ho Kim¹,
 Yong Ku Kim¹, Jae Goo Lee¹, Ho Won Ra^{1*}
¹Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research

자원고갈과 환경오염 문제에 대한 심각성이 커지면서 전 세계적으로 신재생에너지와 기존 발전의 문제점들을 해결하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중, 기존 석탄발전의 문제점을 해결할 대안으로 석탄 가스화기술이 주목받고 있다. 석탄가스화 기술은 석탄의 단순 열적이용에서 벗어나 석탄복합화력발전(IGCC), 합성석유(CTL)제조, 대체천연가스(SNG)제조 등 다양한 분야에서 활용이 가능하기 때문에 석탄의 활용성 측면에서 유리하며 NO_x, SO_x, 분진 등 다양한 환경문제를 유발하는 요인들의 저감 효과 등의 장점들이 가지고 있다. 가스화 기술 중 분류층 가스화 기술은 효율이 높고 장치의 대형화가 유리하기 때문에 상업용 가스화기에 적합하다고 알려져 있다. 분류층 가스화 기술은 고온/고압 상태의 반응기에 짧은 체류시간으로 반응이 이루어지기 때문에 연료의 최적 조건을 찾는 것이 중요하다^[1].

본 연구에서는 Pressurized Drop Tube Reactor를 이용하여 실증 플랜트의 가스화 운전조건과 동일한 조건에서 석탄가스화 연구를 수행하였다. 실험에 사용된 연료로는 인도네시아 석탄과 중국 석탄을 이용하여 비교하였고, 반응기의 압력은 3bar, 온도는 1,000 ~ 1,300°C 의 범위에서 실험을 실시하였다.

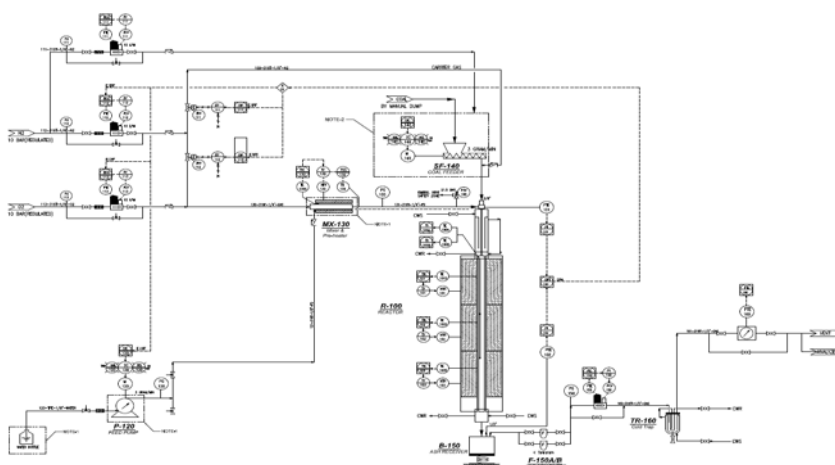


Figure 1. Schematic diagram of Pressurized Drop Tube Reactor

참고문헌

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

IGFC에 적용하기 위한 석탄가스 초정밀 정제용 흡수제 개발

박노국¹, 곽병섭¹, 정용한¹, 강미숙¹, 이태진^{1*}, 이승중², 홍진표³
¹영남대학교, ²고등기술연구원, ³한국전력연구원

Development of Absorbents for Coal Gas Ultra-Cleanup in IGFC System

No-Kuk Park¹, Byeong Sub Kwak¹, Yong Han Jeong¹, Misook Kang¹,
 Tae Jin Lee^{1*}, Seung Jong Lee², Jin-Pyo Hong³
¹Yeungnam University, ²IAE, ³KEPRI

본 연구에서는 석탄가스화로부터 생산되는 합성가스(또는 석탄가스)에 함유된 미량성분 및 미연물질을 제거하기 위한 초정밀 정제용 흡수제의 반응거동이 조사되었다. 석탄가스는 청정에너지로 이용되기 위해 전기, 수소, 합성가스, 열 그리고 화학원료 및 수송연료로 전환될 수 있다. 이는 석탄으로부터 여러 가지 유용한 에너지를 얻기 위한 폴리제네레이션 개념이라 할 수 있다. 본 연구는 석탄가스화로부터 생산된 합성가스를 연료전지를 통하여 전력을 생산하기 위한 가스정제를 목적으로하는 단위공정에 해당된다. 석탄의 가스화로부터 얻어진 합성가스에는 수소와 일산화탄소 이외에도 황화합물과 분진 그리고 중금속과 같은 미연물질들이 포함되어 있다. 분진의 경우에는 습식 스크리버를 이용하여 정제되며, 황화합물은 탈황공정에서 원소 황으로 전환된다. 그리고 미연물질들은 흡수제를 이용하여 제거된다. 황화합물은 가스화공정에서 황화수소(H₂S)와 카보닐황(COS)의 형태로 배출되며, 이들 중 COS는 산촉매 상에서 가수분해 반응에 의해서 H₂S로 전환한 후 철-킬레이트를 사용하는 탈황공정에서 원소 황으로 전환시켜 제거한다. 이들 공정은 대부분은 높은 정제효율을 가지는 것으로 알려져 있지만, 정제된 석탄가스는 최종적으로 연료전지에 공급되기 때문에 합성가스는 초정밀 정제공정을 거쳐 완전히 제거되는 것이 바람직하다. 이에 본 연구에서는 미량의 COS를 제거하기 위한 흡수제를 개발하고자 하였다. 흡수제를 사용하여 미량성분을 제거하는 공정은 건식 흡수제로 Cu-Fe-Al계 탈황제를 사용하였는데, 합성가스의 정제를 목적으로 하기 때문에 반응온도의 선정이 매우 중요하다. IGFC공정에는 석탄가스 정제공정 후단에 전환공정이 연계되어 있으며, 이들 전환공정에는 석탄가스 중 주요성분인 CO를 수소로 전환하기 위한 목적으로 HTS, LTS 그리고 CO 수소화공정이 구비된다. 그러므로 COS정제를 위한 흡수공정에서 반응온도가 250 °C 이하로 유지되어야 한다. 그럼에도 불구하고 건식 황 흡수공정은 고온에서 높은 평형전화율을 가지기 때문에 저온에서는 황 흡수속도가 느려져 황 수용능력이 감소하고, 이로부터 반응기의 크기를 증가시켜야 하는 불합리한 공정설계를 요구하게 된다. 그러므로 흡수제로 사용되는 소재의 설계와 함께 운전조건의 최적화를 통하여 미량 COS 정제공정의 설계자료를 도출하는 것이 매우 중요하다. 한편, 석탄가스에 함유된 수은(Hg)와 같은 미연물질을 제거하기 위하여 건식 흡수공정의 설계를 위한 흡수제와 이들의 수은 흡수능력(Hg-capacity)를 조사하였으며, 제올라이트 및 구리계 흡수제에 비하여 활성탄계 흡수제의 성능이 월등히 우수함을 확인하였다. UOP에서는 천연가스 중의 Hg를 제거하기 위한 은(Ag)이 치환된 제올라이트와 Cu/Al₂O₃계 흡수제를 적용한 공정을 운영하는 것으로 알려져 있다.

참고문헌

1. Izquierdo, M. T., Ballester, D., Juan, R., Garcia-Diez, E., Rubio, C. R., Pino, M. R., "Tail-end Hg capture on Au/carbon-monolith regenerable sorbents," *Journal of Hazardous Materials*, **193**, 304-310 (2011).

합성가스 정제용 내부식성 금속필터 개발 및 IGCC 플랜트 slip-stream 연계 운전특성

정석우^{1,*}, 변용수¹, 윤성필¹, 황상연¹, 전동환¹, 김용택²
¹고등기술연구원, ²한국서부발전(주)

Development of Corrosion Resistant Metal Filter for Syngas Purification and IGCC Plant Slip-stream Linked Operation Characteristics

Seok Woo Chung^{1,*}, Yong Soo Byun¹, Sung Pill Yoon¹, Sang Yeon Hwang¹,
Dong Hwan Jeon¹, Yong Taek Kim²
¹Institute for Advanced Engineering, ²Korea Western Power co.,Ltd

현재 상용 IGCC 플랜트에서는 제조되는 합성가스 중 분진 제거를 위한 집진설비에 주로 고온에 적용이 가능하며 합성가스와의 접촉에도 부식의 영향이 적은 세라믹필터를 거의 사용하고 있는 실정이다. 하지만 세라믹필터는 재질의 특성상 열적 충격에 약하고 압력손실이 크다는 단점을 가지고 있으므로, 고온, 고압 운전 중 계속 반복되는 고압 질소가스에 의한 역세정 충격에 의해 파손될 수 있다는 문제점을 가지며, 이와 같이 집진필터가 파손될 경우 분진이 후단 공정으로 이월되기 때문에 IGCC 플랜트의 운전정지를 초래할 수 있다. 따라서 보다 안정적으로 장시간 연속운전을 위해서는 기계적 강도, 열적/화학적 내구성 등이 강하고 내부식성을 가지는 집진필터의 적용이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 IGCC 플랜트 핵심부품 기술 개발의 일환으로 집진설비에 사용되는 필터를 기존의 해외수입 세라믹필터 대신 국산화 5겹 압착/소결 금속필터에 코팅을 통하여 내부식성을 부여함으로써, IGCC 플랜트에서 제조되는 합성가스 중 분진을 고효율로 제거함과 동시에 장시간 안정적으로 사용할 수 있는 고온, 고압용 금속필터 개발을 진행하였다. 그리고 이를 위하여 5겹 압착/소결 금속필터의 국산화 제작 기술 개발, 최적의 세라믹 코팅을 통한 5겹 압착/소결 금속필터의 내부식성 향상 기술 개발, 세라믹 코팅 전후 금속필터의 합성가스 실가스 적용 성능평가 등의 기술 개발을 진행하였다. 또한, 이와 같이 국산화 제작한 5겹 압착/소결 내부식성 금속필터를 상용 IGCC 플랜트에 100 Nm³/h 용량의 slip-stream으로 연계 구성한 집진장치에 적용하여 장시간 운전시험을 통하여 개발 필터의 운전 특성 파악을 실시하였다.

감사

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No.20143030050070)

특별세션
청정생산 기반구축

9월 21일(목) 09:00~12:00

여수 경도리조트 홍도

청정생산의 배출권거래제도 연계를 위한 외부감축사업 등록 타당성 분석

김진호¹, 박순철^{1,*}, 전윤상¹¹한국생산기술연구원

Validity of Cleaner Production as Offsets in Emission Trading Scheme

Jin Ho Kim¹, Soon Chul Park^{1,*}, YunSang Jun¹¹Korea Institute of Industrial Technology

본 연구는 다양한 청정생산 활동으로 감축된 온실가스가 현재 시행 중인 배출권거래제도(K-ETS)의 외부감축사업으로 등록이 가능한지에 대해 분석하였다. 연구대상으로서의 청정생산 활동은 청정공정기술, 기업간 자원·에너지 연계와 관련 있는 정부 지원프로그램의 3년 동안의 성과를 사용하였다.

연구의 착안점은 국가 온실가스 감축목표 이행을 위해서는 K-ETS 제도의 성공적 시행이 중요하며, 많은 중소기업의 감축활동이 제도권 내에서 인정받지 못하였으나, 최근 극소규모 사업을 인정하는 등의 제도 개정을 통해 자발적 감축활동의 등록이 용이하게 되었다는 점이다.

연구는 다음의 두 가지 목표로 진행되었다. 먼저 온실가스 감축실적의 계량화를 위해서 과거 지원프로그램에서 적용된 기술을 K-ETS 상의 외부사업 승인방법론과 비교하였고, 이를 통해 기존의 승인된 방법론 이외에 신규 승인이 필요한 기술 유형(방법론)을 제시하였다. 다음으로 외부감축사업과 연계하기 위해 필요한 현행 제도를 분석하였고, 운영과 방법적인 측면에서 제도에 대한 세부적인 접근 방식을 결정하였다.

일반적으로 청정생산으로 볼 수 있는 활동에는 다양한 감축기술이 적용되고 있으며, 대부분이 온실가스 감축량이 작은 점을 감안할 때, 검증 절차와 비용이 낮은 정책 단위의 외부사업과 극소규모 감축에 대한 방법론을 적극적으로 활용할 필요가 있다. 본 연구결과로 제시된 방법론의 승인 확대와 시범적인 소규모 감축량의 등록을 통해서 제도적으로는 소규모 감축에 대한 등록인정의 확대, 산업적으로는 청정생산 활동에 대한 홍보 및 기업의 자발적 감축 노력에 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 박순철, “한국 탄소배출권 거래시장 분석과 활성화 방안 연구”, 고려대학교 박사학위논문, (2017).
2. Hojeong Park, Won Kyung Hong, “Korea’s Emissions Trading Scheme and Policy Design Issue to achieve Market-Efficiency and Abatement Targets”, Energy Policy, **75**: 73-83, (2014).
3. 산업통상자원부, 「외부사업 타당성 평가 및 감축량 인증에 관한 지침」, (2017).
4. 환경부·한국환경공단, 「온실가스 배출권거래제 상쇄제도」, 설명서, (2015b).
5. 한국에너지공단, 「2015년도 에너지 사용량 통계 : 에너지 사용량 신고업체」, 분석보고서, (2016).
6. 한국생산기술연구원, 「지역에코혁신사업 성공사례집」, (2013~2016).

제품 내 유해물질 정보전달 및 관리지표 개발 방안 - 케미컬 풋프린트(Cheical Footprint) -

김선욱¹, 이한웅¹, 김성훈¹, 박백수¹, 이귀호¹
¹한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터

A Study on the Development of Management Indicator and Communication of Hazardous Substances in Product - The Chemical Footprint -

Sun Wook KIM¹, Han Woong LEE¹, Sung Hoon KIM¹, Baek Soo PARK¹, Kwi Ho LEE¹
¹Korea Institute of Industrial Technology

최근 우리나라에서는 가습기 살균제 사고, 정수기제품의 중금속 검출 등 다발적인 화학물질 사고로 인하여 화학물질의 등록 및 평가에 관한 법률(화평법) 일부 개정과 생활화학제품 및 살생물제법안 제정 등을 통해 국내 제품 유해물질 관리규제가 점차 강화되고 있다. 또한 해외 선진국에서도 제품규제를 점차 강화하는 추세이다. 특히 EU REACH 제도는 제품 신고·정보전달물질(SVHC Candidate List) 함유량 기준을 제품에서 부품·소재로 확대하고 규제물질을 대폭 늘렸으며, 가습기 살균제와 같은 살생물제는 물질부터 해당 물질로 처리된 제품까지 법률(EU BPR)에 따라 관리하고 있다. 또한, 미국의 경우 살생물제 함유제품의 등록(FIFRA)과 생활화학제품의 자가인증 및 검사(CPSA) 등의 법률을 시행하고 있으며 일본은 유해물질 함유량과 용출량·발산량 기준을 설정하여 관리(유해물질 함유 가정용품에 관한 법률)하고 있다.

이렇듯 국내외 제품 유해물질 관리규제는 대폭 강화됨에 따라, 기업의 규제 대응 부담은 증대되고 유해물질로 인한 제품 안전성 여부에 대한 소비자의 알권리 요구는 점차 강해지고 있다. 이에 미국은 미국환경청(EPA) 주도로 화학물질과 화학제품의 안전성 정보를 소비자에게 투명하게 공개하는 EPA Safe Choice 제도를 운영 중이며, 대학 연구소 및 전문 컨설팅 기관 등이 주도하여 케미컬 풋프린트(Cheical Footprint) 개념을 정의하고 화학물질 관련 기업을 대상으로 화학물질관리 현황을 정량적인 지표로 나타내는 케미컬 풋프린트 프로젝트(Cheical Footprint Project)를 수행하는 등 다양한 노력을 하고 있다. 하지만 국내에서는 제품 내 유해물질 함유에 대한 관리지표와 정보전달 방안의 부재로 기업은 효율적인 규제대응에 어려움을 겪고 있으며 소비자는 유해물질로 인한 제품 안전성 정보를 쉽게 확인하여 제품을 구매하기 어려운 실정이다.

따라서 이번 연구는 국내 제품 내 유해물질 효율적인 정보전달과 관리지표 개발을 최종 목표로, 선행 연구로 진행 중인 케미컬 풋프린트 개념을 활용한 국내외 다양한 제품 유해성·안전성 관리제도를 비교·분석하여 국내 실정에 적합한 “한국형 제품 케미컬 풋프린트 산정 및 정보전달 방안”을 마련하여 제품 내 유해물질 관리지표에 대한 우리 산업의 구체적 대응 방법을 모색하였다.

참고문헌

1. Mark S. Rossi et al., The Chemical Footprint Project 2016 Annual Report (2016).
2. Sally Edwards et al., Guidance for Using the CFP Assessment Tool (2015).
3. US Environment Protection Agency., EPA' s Safer Choice Standrd (2015).

중소기업 적합형 자원효율성 제고 프로그램 실증 연구

김경환¹, 이일석¹, 강홍윤^{1,*}¹한국생산기술연구원

Application of the SMEs Customized Resource Efficiency Improvement Program

Kyung-hwan Kim¹, Il-Seuk Lee¹, Hong-Yoon Kang^{1,*}¹Korea Institute of Industrial Technology

주요 선진국들은 자원 수급의 불균형으로 심화된 자원확보 경쟁시대에 효과적으로 대처하기 위한 방안으로 국가 및 산업의 자원효율성을 제고하기 위한 다양한 국가정책을 수립하여 추진하고 있는 반면, 우리나라는 아직까지 자원효율성 혁신을 지원하기 위한 법·제도 및 기반이 미비하며, 자원효율성 관리 역량이 부족한 대다수 중소·중견기업의 효율적인 자원이용을 촉진하기 위한 관리시스템이 전무한 실정이다.

이에 본 연구에서는 자원의 주요 소비처인 산업계의 자원효율성 향상을 위한 기업 단위 자원관리 진단을 중심으로, 공정 상에서 발생하는 자원손실의 정량적인 파악을 통해 문제점을 체계적으로 진단하고, 이를 효율적으로 개선할 수 있도록 지원하는 자원효율성관리시스템(REMS, Resource Efficiency Management System)을 개발하고, 이를 자원다소비산업 분야 내 중소기업에 신규 적용하여 그 효용성에 대해 검토하였다.

자원효율성관리시스템은 자원 소비/배출 관점에서 기업 생산공정 전체를 검토하여 물질·에너지 손실 최소화, 품질·수율·가동률의 생산성 향상, 환경보전을 추진함으로써 기업의 이윤추구와 자원의 효율적 사용을 동시에 추구하는 기법으로 정의할 수 있다. 특히, 진단 대상을 기존의 공정, 설비 중심에서 자재관리, 작업시간 등 작업장 환경 관리 측면까지 확대시켜 기업의 자원효율성을 종합적으로 진단할 수 있도록 개선하였다.

본 연구에서 제시하는 자원효율성관리시스템은 기업의 자원효율성, 경제성, 환경성을 통합 관리할 수 있으며, 공정, 설비, 작업장 환경에서 발생하는 자원손실을 비용 단위로 정량화하여 기업의 공정개선활동을 효율적으로 지원할 수 있다. 또한, 공정진단을 통한 문제점 파악에서부터 개선 실시안 도출까지의 전 프로세스를 매뉴얼화하였다는 점에서 그 간 자원관리에 소홀하였던 중소·중견기업에 최적화된 공정진단기법으로 그 활용도가 높을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 이일석, 강홍윤, “지속가능한 자원관리를 위한 자원 전과정에서의 효율적 자원이용 촉진”, 한국자원리사이클링학회, **24**, 2, 69-78 (2015).
2. 이일석, 김경환, 박찬일, 강홍윤, “산업계 자원생산성 향상을 위한 기업자원관리시스템 개발”, 한국자원리사이클링학회, **20**, 3, 19-34 (2015).
3. Lee et al. “A suggestion for Korean resource productivity management policy with calculating and analyzing its national resource”, Resources, Conservation and Recycling, **91**, 40-51 (2014).
4. 한국생산기술연구원, 「산업계 자원생산성 향상을 위한 기업의 자원관리시스템」, ISBN 979-11-85250-01-4, (2013).

미국 매사추세츠주 독성물질저감법(TURA)의 성과 및 시사점

정엠마¹, 이한웅¹, 이귀호^{1,*}

¹한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터

Performance and Implications of Toxic Use Reduction Act (TURA)

Emma Jeong¹, Hangwoong Lee¹, kwiho Lee^{1,*}

Korea National Cleaner Production Center (KNPCPC), Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)

Toxic Use Reduction Act (TURA)는 1989년 독성물질 사용기업의 자발적 사용저감을 유도하기 위해 제정된 미국 매사추세츠주(州) 주법(State Law)이다. 독성물질저감제도에 따라 주 정부가 정한 독성물질을 일정 수량 이상 취급하는 기업은 독성물질 저감계획을 수립·제출해야 하며, 매 2년마다 평가보고서 제출해야 한다. 하지만 저감계획에 대한 이행은 사업장 자율에 맡겼으며, 이행하지 않아도 처벌받지 않는다. 대신 주정부가 독성물질 취급 사업장에 대한 정보를 모두 공개하고 있으며, 주민 등 시민단체가 독성물질을 저감하지 않는 사업장을 감시하고, 주정부는 지역 대학과 연구소를 설립, 독성물질을 저감하고자 하는 사업장에 재정적, 기술적 지원을 하고 있다. 이러한 노력으로 매사추세츠주는 미국 전역에서 독성물질을 가장 크게 줄인 주로 평가되고 있다. 국내에서도 2004년부터 환경부 주도로 유해화학물질 배출저감 유도사업을 진행해오고 있으나, 사업장 외부로의 배출저감을 유도하는 것으로 사업장 내에서 사용 자체를 줄이는 TURA의 개념과는 다소 상이하다. 2015년 시행된 화학물질관리법(화관법)에 따라 배출량조사와 통계조사 결과가 사업장별로 공개되고 있으나, 독성물질의 사용·배출을 줄이려는 사업장의 노력은 아직까지 부족한 실정이다. 이에 따라 독성물질의 다량 취급하는 사업장은 배출저감계획을 수립을 의무화하도록 하는 화관법 일부개정법률안이 2016년말 발의되었다. TURA와 마찬가지로 배출저감계획의 이행을 강제화할 경우 기업에서 이행가능한 낮은 수준의 계획을 수립하는 등 실질적인 배출저감이 미흡해질 우려가 있어 배출량 저감계획을 공개, 사회적 감시체계를 통해 배출저감을 유도하는 내용을 담고 있다. 이와 같이 독성물질 사용 자체에 대한 규제와 사회적 감시망이 강화되고 있는 추세이므로 기업에서는 사업장 내 독성물질 사용현황을 파악하고, 사용자체를 줄이는 방법을 강구해야하며, 정부는 이러한 기업을 지원할 수 있는 방안과 제도를 마련할 필요가 있다.

참고문헌

1. 김신범, 해외 발암물질 배출저감 제도 및 국내외 사례, 발암물질 배출저감을 위한 정책토론회 자료집, 1-24 (2016).
2. 강병원 등, 화학물질관리법 일부개정법률안, (2016).
3. 미국 매사추세츠주 독성물질관리법(TURA), <http://www.mass.gov/eea/agencies/massdep/toxics/tur/>

청정생산기술의 해외진출 지원방안 연구

김익¹ 김동규¹, 홍기범¹
¹스마트에코 주식회사

A Study on Support Policy of Cleaner Production Technologies

Ik Kim¹, Dongkyu Kim¹, Gibeom Hong¹
¹SMaRT ECO co., Ltd.

에너지 절감, 온실가스 저감 및 자원순환 측면의 국제규제가 강화됨에 따라 청정생산기술 및 제품의 수출 경쟁력은 더욱 높아질 것으로 전망된다. 이에 따라 본 연구는 청정생산기술의 해외진출 시 애로사항을 분석하여 이를 해소하기 위한 정부의 정책적 지원방안에 대한 연구를 목적으로 하였다. 산업특성 분석, 기술현황 조사 및 시장규모 분석, 시장트렌드 조사를 통해 해외진출이 유망한 청정생산기술 및 제품을 선정하였고 선정된 5개 제품군, 12개 품목의 전문가와 기업 인터뷰 등 현장조사와 문헌조사를 통해 진출애로사항을 도출하였으며 각 진출애로사항 별 정부지원방안을 마련하였다. 정부지원방안은 진출 단계별로 분류하여 단기에 해외진출을 지원할 수 있는 수출지원과 중장기 진출을 지원하기 위한 기반구축지원으로 구축하였고 개별 지원안마다 사업목표, 추진필요성, 사업내용 및 기대효과로 구성하여 지원방안이 정책도구로 활용 가능하도록 하였다.

일반세션
청정융합

9월 21일(목) 09:00~12:00
여수 경도리조트 초도

Phytobeds with *Fimbristylis dichotoma* and *Ammannia baccifera* for the treatment of textile industry effluent

Suhas K. Kadam¹, Vishal V. Chandanshive¹, Mayur B. Kurade², Byong-Hun Jeon², Sanjay P. Govindwar^{1,2*}

¹Department of Biochemistry, Shivaji University, Kolhapur-416004, India.

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

Phytoremediation is an emerging technology for the clean up of contaminated sites which involves the use of plants and their rhizospheric microorganisms for the removal of pollutants [1]. Dyes are a group of recalcitrant compounds present in the textile industry effluents, which may have toxic, mutagenic and carcinogenic effects. The study of the potential and mechanisms adopted by the plants with respect to the effect of physicochemical parameters, fate of metabolism, role of oxidoreductive enzymes, and redox potentials in the removal of various textile dyes using in vitro cultures viz. hairy roots, suspensions cultures and whole plants helps to convince direct involvement of plants providing a new dimension to phytoremediation studies [1]. Phytotreatment systems such as floating islands, surface flow and subsurface flow phytoreactors, constructed lagoons [2], phyto-tunnels [3], static rhizo-filtration units and combinatorial reactors [4] have been found effective to treat textile wastewaters. Use of various aquatic and semi aquatic plant species like *Typha*, *Ipomoea*, *Phragmites*, *Canna*, *Iris*, *Stenotaphrum*, *Salvinia* and so on is advisable for nutrient removal as well degradation of dyes from various wastewaters. In this work, *Fimbristylis dichotoma*, *Ammannia baccifera* and their co-plantation consortium FA were found to degrade Methyl Orange, simulated dye mixture and real textile effluent. Wild plants of *F. dichotoma* and *A. baccifera* with equal biomass showed 91 and 89% decolorization of Methyl Orange within 60 h at a concentration of 50 ppm, while 95% dye removal was achieved by consortium FA within 48 h. Floating phyto-beds with co-plantation (*F. dichotoma* and *A. baccifera*) for the treatment of real textile effluent in a constructed wetland was observed to be more efficient and achieved 79, 72, 77, 66 and 56% reductions in ADMI color value, COD, BOD, TDS and TSS of textile effluent, respectively. HPTLC, GC-MS, FTIR, UV-Vis spectroscopy and enzymatic assays confirmed the phytotransformation of parent dye in to new metabolites. T-RFLP analysis of rhizospheric bacteria of *F. dichotoma*, *A. baccifera* and consortium FA revealed the presence of 88, 98 and 223 genera which could have been involved in dye removal. Toxicity evaluation of products formed after phytotransformation of Methyl Orange by consortium FA on bivalves *Lamellidens marginalis* revealed less damage in the gills architecture when analyzed histologically. Toxicity measurement by Random Amplification of Polymorphic DNA (RAPD) technique revealed normal banding pattern in treated Methyl Orange sample suggesting less toxic nature of phytotransformed dye products. The aim of using phytobeds was for cleaning the contaminated water bodies in constructed wetlands for on-site treatment of textile industrial effluents for water reuse.

References

1. Khandare, R.V., and Govindwar, S.P., "Phytoremediation of textile dyes and effluents: Current scenario and future prospects," *Biotechnol. Adv.*, **33**, 1697-1714 (2015).
2. Chandanshive, V.V., Rane, N.R., Gholave, A.R., Patil, S.M., Jeon, B-H., and Govindwar, S.P., "Efficient decolorization and detoxification of textile industry effluent by *Salvinia molesta* in lagoon treatment," *Environ. Res.*, **150**, 88-96 (2016).
3. Khandare, R.V., Watharkar, A.D., Kabra, A.N., Kachole, M.S., and Govindwar, S.P., "Development of a low cost phyto-tunnel system and its application for the treatment of dye containing wastewaters," *Biotechnol. Lett.*, **36**, 47-55 (2014).
4. Rane, N.R., Patil, S.M., Chandanshive, V. V., Kadam, S.K., Khandare, R.V., Jadhav, J.P., and Govindwar, S.P., "Ipomoea hederifolia rooted soil bed and Ipomoea aquatica rhizofiltration coupled phytoreactors for efficient treatment of textile wastewater," *Water Res.*, **96**, 1-11 (2016).

Chlorotoluene isomers에 대한 유전자 재조합 균주 발광 활성

장현진¹, 공인철^{1*}
¹영남대학교 환경공학과

Evaluation of the Bioluminescence Activity of *Pseudomonas putida mt-2* KG1206 in the presence of Chlorotoluene isomers

Hyun Jin Jang¹, In Chul Kong^{1*}
¹Department of Environmental Engineering, Yeungnam University

휘발성 유기화합물(Volatile organic compounds : VOCs)이란 탄화수소류와 할로겐화 탄화수소, 질소나 황함유 탄화수소 등 상온·상압에서 기체 상태로 존재하는 모든 유기성 물질을 통칭하는 의미로 사용되고 있다. 또한, BTEX 화합물은 원유생성물의 대부분을 차지하고 있으며 유류사용의 증가와 저장시설 증가에 따른 누출 및 유출과 주유소 유류저장 탱크의 노후화 등에 따른 누유 등이 토양오염의 주요한 원인이며, 토양을 통해 수계로 까지 노출될 수 있는 위험이 있다. 이러한 오염물에 의해 오염된 지역의 생물학적 복원가능성이나 효율적인 관리 및 감시를 위해 발전하고 있는 bioreporter 기술 중 생물발광을 생산하는 발광균주를 이용하는 기술은 환경문제 해결을 위한 하나의 수단으로 개발되고 있다. 특히 생물발광은 특정 생물의 유일한 특성이므로 발광 생물외의 다른 생물에 의한 분석 오차를 방지 할 수 있고, 화학적 분석에 의한 관리 및 감시와 비교해 볼 때 생태계에 오염된 총량보다는 생물이용 가능한(bioavailable) 양, 즉 생태계에 영향을 미치는 정도를 가늠할 수 있다. 또한 현장에서 직접 이용 가능한 특성을 가지고 있어 환경 친화적인 기술로 특수오염원에 오염된 토양이나 지하수의 관리 및 감시에 적절하게 이용될 수 있을 것이다.

본 연구에서 이용한 *Pseudomonas putida mt-2* KG1206의 경우 생물발광을 생산하는 유전자와 특정 오염물을 분해하는 유전자를 재조합하여 개발한 발광유전자 재조합 균주로서 톨루엔계열 화합물에 노출되었을 때 화합물을 분해하는 동시에 생물발광을 나타내는 특성이 있다.

본 연구에서는 VOCs의 일종인 방향족 계통의 휘발성 화합물인 chlorotoluene (CT) 이성질체(*o*-, *m*-, *p*-)를 유도제로 하여 회분식 조건에서 발광유전자 재조합 균주인 *Pseudomonas putida mt-2* KG1206의 발광 활성을 조사하였다. 순수 유도제 오염물에 대한 발광 활성(RLU_{ave})은 *p*-CT (2371 RLU_{ave}) > *o*-CT (1862 RLU_{ave}) > *m*-CT (313.7 RLU_{ave})의 순으로 나타났으며, 일반적으로 억제 영향 이하에서는 유도제 농도에 비례하는 발광 정도가 관찰되었다. CT 이성질체끼리 혼합되었을 때 균주에 미치는 영향을 조사하기 위하여 각 유도제 농도를 1 mM(최종농도)로 하여 혼합 실험을 진행한 결과 3조합 중 2조합(*o*-CT + *m*-CT, *m*-CT + *p*-CT)에서 첨가(addictive)작용, 1조합(*o*-CT + *p*-CT)에서 상승(synergistic)작용이 관찰되었다. 또한, Monod식을 이용하여 3종의 CT 이성질체에 대한 KG1206의 친화력을 평가하기 위해 최대반응속도(μ_{max})와 반포화상수(K_S)를 구하였다. K_S 값을 기준으로 유도제 오염물에 대한 친화도는 *p*-CT (0.1956 mM) > *m*-CT (0.3201 mM) > *o*-CT (0.6297 mM) 순서로 조사되었다.

참고문헌

1. Shin, J. N., Roh, S. H., Jung, S. R., and Oh, G. R., "The study on the BTEX Concentration of Soil in Gas Station" J. Soil Groundw. Environ., **19**(6), 18-23 (2014).
2. Kim, S. T., Sim, N. J., and Lee, S. J., "The Survey for the Evaluation of Odor in a Park Using Passive Sampler," J. of Kor. Soc. of Odor Res. and Eng., **11**(1), 9-14 (2012).
3. Kong, I. C., Kim, M. H., Jung, Y. H., Kim, J. K., and Shin, S. H., "Detection of m-toluene in Soils using Bioluminescence Producing," J. Kor. Soc. Environ. Eng., **27**(5), 507-512 (2005).

하수슬러지 마이크로웨이브 열분해 특성

정벼리¹, 임문섭¹, 진영남^{1,*}
¹조선대학교 공과대학 환경공학과

Characteristics of Microwave Pyrolysis for Sewage Sludge

BYEO-RI JEONG¹, MUN-SUP LIM¹, YOUNG-NAM CHUN^{1,*}
¹Department of Environmental Engineering, Chosun University

과거부터 현재에 이르는 화석연료를 기반으로 한 산업의 발달은 삶을 풍요롭게 하는 반면, 시간이 지남에 따라 화석연료의 고갈과 환경문제의 우려로 점차 깨끗하고 안정적인 공급이 가능한 신재생에너지 개발에 대한 관심이 커지고 있다. 이러한 관점에서 이제까지는 단순히 매립이나 소각을 통해 처리되며, 다이옥신, 분진과 같은 대기오염을 배출하던 하수슬러지를 최근에는 다량의 휘발성분을 가진 에너지 원료로써 열·화학적 처리(Thermo-Chemical Treatment)인 열분해를 통해 자원화 하는 연구가 진행 중에 있다. 그러나 하수슬러지의 낮은 열전도성은 많은 가열시간과 에너지를 필요로 하여, 최근에는 슬러지 내부의 물질분자를 진동시켜 가열하는 마이크로웨이브 기술을 활용하고 있다. 또한 하수슬러지의 낮은 유전체 특성은 마이크로웨이브의 흡수가 어려워 이를 보완하기 위해서는 열수용체의 혼합이 필수적이며, 이때 혼합되는 수용체는 열분해 특성과 생성물에 영향을 주므로, 마이크로웨이브 열분해 시 생성되는 생성물과 마이크로웨이브 수용체와의 관계는 열분해의 효율을 최대화하기 위해 더 많은 연구가 필요하다.

본 연구에서는 하수슬러지의 바이오매스-CCS 기술 적용을 위한 새로운 형태의 마이크로웨이브 기술을 개발하고자하며, 흑연(Graphite)과 슬러지숯(Sludge Char)를 열수용체로 하여 수용체 종류에 따른 열분해 결과를 비교 분석하였으며, 탈수 슬러지를 건조-열분해를 일체형으로 진행되는 에너지전환특성을 파악하였다.

마이크로웨이브 열분해시 생성물은 가스(60%), 숯(38%), 타르(2%) 순이었으며, 가스의 경우 주성분은 H₂와 CH₄이었으며, 일부 경질 탄화수소 등이 포함되었다. 슬러지 숯의 경우 최대 열분해온도가 1000°C로 흑연(800°C)에 비해 높아 고온에서의 반응이 활발해 H₂의 양이 상대적으로 높아 가스의 발열량 역시 19.31 MJ/m³으로 흑연은 18.67 MJ/m³보다 높게 나타났다. 타르의 경우 중량타르는 흑연 수용체의 경우가 슬러지 숯 수용체에 비해 큰 값을 보인 반면, 경질타르의 경우는 슬러지 숯 수용체가 큰 값을 나타내었다. 이는 높은 가열율로 인한 급격한 고온영역의 형성으로 중질유기성 휘발분의 다량발생으로 인한 것이다.

사사

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

참고문헌

1. Chun, Y., N., Lim, M., S., and Jo, D., Y., "Study on Characteristics of Produce Gas and Tar by Pyrolysis for RPF," J. of Korea Society of Waste Management. **32**(3), 269-275, (2015).
2. Menendez, J., A., Dominguez, A., Inguanzo, M., and Pis, J., J., "Microwave-induced drying, pyrolysis and gasification (MWDPG) of sewage sludge: Vitrification of the solid residue," Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, **74**(1), 406-412, (2005).

해조류 바이오가스를 이용한 3중발전 시스템

Ivannie Effendi¹, 유준¹
¹부경대학교 화학공학과

Combined Heat, Hydrogen and Power generation system fueled by seaweed biogas

Ivannie Effendi¹, Jay Liu¹
¹Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

With the growing need for alternative power generation, biogas-powered solid oxide fuel cells (SOFCs) have become economically prospective devices. Not only for heat and power production, but also for production of hydrogen which can be sold as vehicle fuel. In this work, process simulation and economic assessment were performed for a 3 MW biogas-fueled SOFC system using Aspen Plus® achieving > 45% electrical efficiency. The composition of the anode outlet of the proposed SOFC system contains CO, H₂, H₂O, and CO₂ which is comparable to typical high temperature water-gas-shift (WGS) feed for hydrogen co-production. The conversion of CO in WGS reaction was 88% with the hydrogen concentration of 35 mole %. Pressure swing adsorption was used to purify the hydrogen. It was calculated that the produce hydrogen (60 kg/hour) had 99.99% purity. Heat from the high temperature SOFC was utilized using organic rankine cycle (ORC). To our knowledge, this has been the first work on modelling of a biogas-powered SOFC integrated into a combined heat, hydrogen and power (CHHP) system.

Improvement of acid mine drainage treatment using anaerobic packed bed bioreactor

Subhabrata Dev^{1,2}, Byong-Hun Jeon¹, Soon Woong Chang², Jayanta Bhattacharya^{3,*}

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

²Department of Environmental and Energy Engineering, Kyonggi University, Suwon, 16227, South Korea.

³School of Environmental Science and Engineering, Indian Institute of Technology Kharagpur, Kharagpur 721302, India.

Sulfate and metal-rich water generated by mining industries is known as acid mine drainage (AMD) which possess serious environmental threat to the mining areas [1]. Microbial treatment of AMD by sulfate reducing bacteria (SRB) is a feasible and cost effective alternative to the chemical treatment processes [2]. The SRB reduces sulfate to sulfide that subsequently precipitates the dissolved metal as metal sulfide [3]. The present study discusses the potentiality of anaerobic packed bed bioreactor (PBR) for the treatment of AMD which was collected from coal and metal mine. Multiple process parameters such as pH, hydraulic retention time (HRT), concentration of marine waste extract (MWE), sulfate and total organic carbon (TOC) was optimized together using Taguchi design of experiment. At the optimized conditions (pH - 7, 20%(v/v) MWE, 1500 mg/L sulfate, 48 h HRT and 2300 mg/L TOC), sulfate was removed by 98.3% and 95% at a rate of 769 mg/l/d and 732 mg/l/d from coal and metal mine AMD, respectively. The dissolved metals (Fe, Cu, Zn, Mg, Ni) were removed in the range of 94-98%. The contaminants in the treated effluent satisfied the minimum permissible limit of industrial discharge proposed by Bureau of Indian Standard (IS 2490:1981). The present study established the optimized condition for PBR operation for the complete removal of sulfate and metals from AMD. The study directs the future research towards development of an efficient treatment process for AMD in large scale.

References

1. J. Skousen, C.E. Zipper, A. Rose, P.F. Ziemkiewicz, R. Nairn, L.M. McDonald, R.L. Kleinmann, Review of Passive Systems for Acid Mine Drainage Treatment, *Mine Water and the Environment* **36**(1), 133-153 (2017).
2. K.K. Kefeni, T.A.M. Msagati, B.B. Mamba, Acid mine drainage: Prevention, treatment options, and resource recovery: A review, *Journal of Cleaner Production* **151**, 475-493 (2017).
3. S. Dev, A.K. Patra, A. Mukherjee, J. Bhattacharya, Suitability of different growth substrates as source of nitrogen for sulfate reducing bacteria, *Biodegradation* **26**(6), 415-430 (2015).

Removal of pharmaceutical contaminants from aqueous phase: Role of microalgae in bioremediation

Jiu-Qiang Xiong¹, Mayur B. Kurade¹, Byong-Hun Jeon^{1,*}

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

Pharmaceutical compounds (PCs) are a large and diverse group of organic compounds that are widely consumed throughout the world. PCs residues are ubiquitous in aquatic environments, and recent improvements in analytical methods have revealed the presence of an ever-growing spectrum of these contaminants in aquatic systems, raising concerns of potential risks for humans and for the environment [1]. Carbamazepine (5H-dibenzo[b,f]azepine-5-carboxamide) (CBZ) is one of the most widely consumed antiepileptic agents [2]. It has been reported that approximately 13% of consumed CBZ is discharged through the feces and urine without any structural transformations [3]. It also disturbs the predator avoidance behavior of fish, and inhibits the growth of human embryonic cells [4]. Mixotrophic microalgae have recently proven to be successful for bioremediation of both organic and inorganic pollutants with subsequent utilization of its biomass as a feasible feedstock for sustainable biofuel production [5]. The present study evaluated the toxicity and cellular stresses of carbamazepine (CBZ) on *Chlamydomonas mexicana* and *Scenedesmus obliquus*, and its biodegradation by both microalgal species. The growth of both microalgal species decreased with increase of CBZ concentration. The growth of *S. obliquus* was significantly inhibited (97%) at 200 mg CBZ L⁻¹, as compared to the control after 10 days; whereas, *C. mexicana* showed 30% inhibition at the same experimental conditions. Biochemical characteristics including total chlorophyll, carotenoid contents and enzyme activities (SOD and CAT) for both species were affected by CBZ at relatively high concentration. *C. mexicana* and *S. obliquus* could achieve a maximum of 35 and 28% biodegradation of CBZ, respectively. Two metabolites (10,11-dihydro-10,11-epoxycarbamazepine and n-hydroxy-CBZ) were identified by UPLC-MS, as a result of CBZ biodegradation by *C. mexicana*. This study demonstrated that *C. mexicana* was more tolerant to CBZ and could be used for treatment of CBZ contaminated wastewater.

References

1. Xiong, J.Q., Kurade, M.B., Jeon, B.H., "Ecotoxicological effects of enrofloxacin and its removal by monoculture of microalgal species and their consortium," Environ. Pollut., **226**, 486-493 (2017).
2. Zhang, Y.J., Geißen, S.U., Gal, C., "Carbamazepine and diclofenac: Removal in wastewater treatment plants and occurrence in water bodies," Chemosphere, **73**, 1151-1161 (2008).
3. Painter, M.M., Buerkley, M.A., Julius, M.L., Vajda, A.M., Norris, D.O., Barber, L.B., Furlong, E.T., Schultz, M.M., Schoenfuss, H.L., "Antidepressants at environmentally relevant concentrations affect predator avoidance behavior of larval fathead minnows (*Pimephales Promelas*)." Environ. Toxicol. Chem. **28**, 2677-2684 (2009).
4. Bahlmann, A., Brack, W., Schneider R.J., Krauss, M., "Carbamazepine and its metabolites in wastewater: analytical pitfalls and occurrence in Germany and Portugal," Water Res. **57**, 104-114, (2014).
5. Xiong, J.Q., Kurade, M.B., Jeon, B.H., "Biodegradation of levofloxacin by an acclimated freshwater microalga, *Chlorella vulgaris*," Chem. Eng. J. **313**, 1251-1257, (2017).

초음파 기반의 sonochemistry를 이용한 수처리

장민¹¹광운대학교 공과대학 환경공학과

Ultrasound based sonochemistry: Implication for water treatment

Min Jang¹¹Department of Environmental Engineering, School of Engineering, Kwangwoon University

Cavitation formed during ultrasound irradiation which involved continuous formation, growth and collapse of microbubbles allow generating $\cdot\text{OH}$. More specifically, $\cdot\text{OH}$ is produced by the dissociation of water and oxygen (O_2), as well as association reactions inside the collapsing cavitation at extremely high temperatures and pressures. Sonocatalysis of water involved both reduction and oxidation is important for oxidative or reductive degradation of various types of pollutants.

In oxidation studies, the BPA removal by sonophotocatalysis coupled with nano-structured graphitic carbon nitride ($\text{g-C}_3\text{N}_4$, GCN) was conducted with various batch tests using energy-based advanced oxidation process (AOP) based on ultrasound (US) and visible light (Vis-L). Results of batch tests indicated that GCN based sonophotocatalysis (Vis-L/US) had higher rate constants than other AOPs and especially two times higher degradation rate than TiO_2 based Vis-L/US. This result infers that GCN is effective in the catalytic activity in Vis-L/US since its surface can be activated by Vis-L to transport electrons from valence band (VB) for utilizing holes ($h^+\text{VB}$) in the removal of BPA. In another study, sonocatalytic reductive removal of nitrate was conducted using magnetic layered double hydroxides (mag-LDH) which were synthesized using economical metals (Mg, Cu and Al). The mag-LDHs were synthesized using various ratio between Mg and Al. The result shows that high amount of Mg incorporated mag-LDH favours a high selection into N_2 gas rather than NH_4 due to high adsorption surface for H atom which overall reduces the ratio between N:H. It shows nitrate removal percentage of 87.5% and selectivity toward the formation of N_2 gas with 78.5% compared to NH_4 , 6.1%. In addition to BPA and nitrate, various types of pollutants were selected for studying sonocatalysis coupled with nano-structured catalysts.

참고문헌

1. E.J. Hundey, S. Russell, F. Longstaffe, K.A. Moser, "Agriculture causes nitrate fertilization of remote alpine lakes", *Nat. Commun.*, **7** (2016).
2. J. Kohn, D.X. Soto, M. Iwanyshyn, B. Olson, A. Kalischuk, K. Lorenz, M.J. Hendry, "Groundwater nitrate and chloride trends in an agriculture-intensive area in southern Alberta, Canada", *Water Qual. Res. J. Can.*, **51**, 47-59 (2016).
3. P.K. Sahoo, K. Kim, M. Powell, "Managing Groundwater Nitrate Contamination from Livestock Farms: Implication for Nitrate Management Guidelines", *Curr. Pollut. R.*, 1-10 (2016).
4. P. Lazor, T. Madaricová, T. Tóth, J. Tomás, M. Simko, "Determination of nitrate as a source of risk for human in groundwaters", *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.*, **54** (2016).
5. M. Pirsahab, T. Khosravi, K. Sharafi, M. Mouradi, Comparing operational cost and performance evaluation of electrodialysis and reverse osmosis systems in nitrate removal from drinking water in Golshahr, Mashhad, *Desalin. Water Treat.*, **57** 5391-5397 (2016).

Simultaneous treatment of indium wastewater with bioelectricity generation using microbial fuel cell

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

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

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

Indium tin oxide (ITO) is widely applied in the manufacturing of conductive transparent coating for the flat panel display. However the distribution of indium in the earth crust is only 50,000 t. Therefore, the recovery process from the wastewater containing In^{3+} ion is required for recovery and reuse of indium metal. Conventional process of metal recovery is the chemical processes such as chemical precipitation, solvent extraction, liquid membrane, and ion exchange techniques. Most of the processes are required to additional cost and further treatment for the recovery. In the previous study, we demonstrated the successful removal and recovery of hexavalent chromium transformed to trivalent chromium from electroplating wastewater by using microbial fuel cell (MFC) with a bipolar membrane. Similarly, we applied MFC with bipolar membrane for simultaneous recovery of indium with current generation. Even though current generations were presented as low level (but presented during long period), higher decrease rate of the concentration of In^{3+} ion in the wastewater was presented in bipolar membrane MFC. Most of In was precipitated on electrode and bottom of MFC reactors. Further study would be conducted the harvest of precipitation of In and large scale application strategies.

References

1. Xafenias et al., "Evaluating hexavalent chromium reduction and electricity production in microbial fuel cells with alkaline cathodes" , *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, **12**, 2435-2446, (2015).
2. Gangadharan and Nambi, "Hexavalent chromium reduction and energy recovery by using dual-chambered microbial fuel cell" , *Water science and technology*, 353-358, (2015).
3. Kim C, Lee CR, Song YE, Heo J, Choi SM, Lim D-H, Cho J, Park C, Jang M, Kim JR. Hexavalent chromium as a cathodic electron acceptor in a bipolar membrane microbial fuel cell with the simultaneous treatment of electroplating wastewater. *Chem Eng J* (2017).

Electricity generation from bioenergy extracted algae residue in microbial fuel cell

Young Eun Song¹, Changman Kim¹, Byong-Hun Jeon², Jung Rae Kim^{1,*}

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

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

Algae biomass has been investigated for the application of valuable conversion processes producing various biofuels such as biodiesel, bioethanol, biogas, bio-hydrogen, and other co-products. However, post-extracted algae residue remained as much as 50% of all cultivated waste. Some groups researched recycle process for valuable products or reduced remaining total residue. In this study, algae residue converted bio-electricity generation using microbial fuel cell (MFC). In the results, we obtained high COD removal efficiency and meaningful electricity generation from MFC operation. In addition, we enhanced generation of power density and high COD removal efficiency (85%) using a maximum power point tracking (MPPT) method by real-time load adjusting which obtained approximately 0.37 V and 0.33 W/m² of maximum power density below MPPT-MFC operation. Also, we showed the effect of lipid, protein, and carbohydrate variation by applying the different external load under the MFCs.

References

1. Zhao, B., Ma, J., Zhao, Q., & Frear, C. "Anaerobic digestion of algal biomass residues with nutrient recycle" . Vasa: Washington, DC, (2012).
2. Rajesh, P. P., and M. M. Ghangrekar. "Bioelectricity Generation from Marine Algae *Chaetoceros* Using Microbial Fuel Cell." Proceedings of the First International Conference on Recent Advances in Bioenergy Research. Springer, New Delhi, (2016).
3. Hou, Qingjie, et al. "The effect of algae species on the bioelectricity and biodiesel generation through open-air cathode microbial fuel cell with kitchen waste anaerobically digested effluent as substrate." Bioresource technology **218**, 902-908 (2016).

협기성 소화에서 생물전기화학시스템을 적용한 인가전압에 따른 전극의 바이오 필름 균집 및 메탄 발생

카를라 플로레스¹, 민부기¹
¹경희대학교 국제캠퍼스 환경학 및 환경공학과

Influence of voltage on electrode biofilms and methane production in a single chamber microbial electrosynthesis cell

Carla Flores¹, Booki Min¹

¹Dept. of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University,
 Seocheon-dong 1, Giheung-gu, Yongin-Si, Gyeonggi-Do, 446-701, South Korea

Methane potentially plays a key role in sustainable energy production and it could be upgraded by microbial electrosynthesis cells (MESs) (Cheng et al., 2009; Logan and Rabaey, 2012). This technology takes advantage of some bacteria ability to transfer electrons across the solid materials (e.g., electrodes) as part of their respiratory process (Khater et al., 2015). During the electromethanogenesis, the exoelectroactive microbial biofilm on the anode oxidizes organic matter and releases electrical energy that is transferred to the cathode and consumed for the bio-conversion into methane mediated by the electroactive methanogen biofilm (Logan et al., 2008). In order to upgrade the production and purity of biogas simultaneously, several changes in operational conditions have prospectively examined in MES. However, the influence of the microbial community on biogas production in MES remains unclear. The aim of the present study mainly focus on the effect of three fixed voltages (0.5 V, 1.0 V and 1.5 V) on the microbial consortium which will influence the performance of oxidation and methane production on the electrodes and liquid. For this purpose, specific batch experiments were set up to enrich carbon brush electrodes in a single chamber MES. A working volume of 270 ml was seeded with an actively digesting sludge collected from Giheung Respia Wastewater Treatment Plant (Yongin, Korea) in a 50:50 ratio with 2 g-COD/l of acetate medium (PBS 50mM). For each run, the bioelectrochemical cells were conducted under mesophilic (35° C) conditions; and monitored for biogas production (ml), gas composition (%), COD consumption (g-COD/l), current generation (mA) and cathode potential (mV) during eight operation-days. When reproducible maximum current across the resistor (10 Ω) are obtained for at least four batch cycles, steady data will be chosen to analyze the cycle voltammetry and to plot figures. An anaerobic digestion (AD) was also operated as a control without electrodes. For microbial community analysis, biofilm and planktonic samples will be taken from MES and AD reactors, which might provide an insight on the mechanism of current-methane conversion in each condition and determine which applied voltage and pool of methanogens upgrade the methane production.

Keywords: Microbial electrosynthesis, acetate, methane, microbial community, methanogens

Reference

1. B.E. Logan, D. Call, S. Cheng, H.V.M. Hamelers, T.H.J.A.Sleutels, A.W. Jeremiase, R.A. Rozendal. Microbial electrolysis cells for high yield hydrogen gas production from organic matter *Environ. Sci. Technol.*, **42**(23), 8630-8640 (2008).
2. D. Z. Khater, K. M. El-Khatib, M. M. Hazaa, Rabaey Y. A. Hassan. Development of Bioelectrochemical System for Monitoring the Biodegradation Performance of Activated Sludge. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, **175**(7), 3519-3530 (2015).
3. B.E. Logan, K. Rabaey Conversion of wastes into bioelectricity and chemicals by using microbial electrochemical technologies. *Science*, **337**, 686-690 (2012).
4. S. Cheng, D. Xing, D.F. Call, B.E. Logan. Direct biological conversion of electrical current into methane by electromethanogenesis. *Environ. Sci. Technol.*, **43**, 3953-3958 (2009).

생물전기화학적 시스템 적용에 의한 글루코오스 농도별 혐기성 소화의 pH 유지 및 메탄 발생

이문규¹, 민부기¹

¹경희대학교 국제캠퍼스 환경학 및 환경공학과

The effect of Microbial electrosynthesis to methane production and maintain pH from anaerobic digestion at different concentration of glucose

Mun Gyu Lee¹, Booki Min¹

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

The anaerobic digestion (AD) process is cost effectiveness and sustainable technology for sludge stabilization and simultaneous bioenergy generation. However, it is highly demanded to develop and efficient and innovative technology to enhance methane generation with high organic removal in AD [1]. The effect of various concentration of substrate were performed in batch mode to investigate the effect of applied MES systems to AD sludge (waste water treatment plant, Yongin-si) with different concentration of glucose. The high concentration of glucose will produce more VFAs. The accumulation of VFAs in most situations reflects an imbalance between acid producers and is associated with a drop in pH. The reduction in pH can inhibit the growth of methanogens [2].

Methanogens are extremely sensitive to pH with an optimum between 6.5 and 7.2. Moreover, the cathode electrode of the MES system can convert methane and VFA from carbon dioxide that can maintain pH value in the reactor that affect methane production rate. In this study, single chamber bottle type MES reactors, was constructed and operated with a working volumes of 350 ml. Carbon fiber brush were prepared by winding the carbon fibers with stainless steel wire and used as an anode and cathode electrode. The MES were operated at 35 ± 2 C° by placing in low-temperature incubator. MES were operated in batch mode with a supplemental voltage of 1.0 V with various concentration of glucose (2, 4, 8 and 10g/L) as substrate. Along with MES, two additional sets of reactors were operated as a control. DC power supply was used to supplement desired external voltage with an external resistance of 10 Ω . Liquid analysis (VFAs and SCOD) and head space gas (CH₄, CO₂) analysis were pursued at a regular time interval (24 to 48 hr) till the end of operational cycle. VFAs were measured using ion chromatography (Model: 792, Metrohm, Swiss). Head space gas analysis were carried out using Gas chromatogram (GC) equipped with TCD and carboxen column (Supelco, USA).

References

1. Cheng S, Xing D, Call DF, Logan BE. Direct Biological Conversion of Electrical Current into Methane by Electromethanogenesis. *Environmental Science & Technology*. **43**, 3953-8 (2009).
2. Ingrid, H. F., Andreas W., Christian E., Heribert I., 2014. Investigation into the effect of high concentrations of volatile fatty acids in anaerobic digestion on methanogenic communities. *Waste Management* **34**, 2080-2089 (2014).

특별세션
동남권 산학연 연계 친환경기술

9월 21일(목) 13:30~17:00
여수 경도리조트 대연회장

비멤브레인형 해수담수 및 수처리 공정 기술

이주동^{1*}, 강경찬¹
¹한국생산기술연구원

Non-membrane type Seawater Desalination and Water Treatment Process

Ju Dong Lee^{1*}, Kyung Chan Kang¹
¹Korea Institute of Industrial Technology

전 세계적인 수자원 확보의 노력으로 다양한 방식의 해수담수화 공정이 개발되어 왔다. 크게 증발법과 막분리법으로 나뉘지며, 다단플래쉬증발법(MSF)과 역삼투법(RO)이 대표적인 공정이다. 하지만, 기존 공정의 높은 에너지 및 유지/보수 비용 문제로 고효율의 경제성 있는 공정 개발이 요구되고 있다. 가스하이드레이트는 순수한 물분자로 이뤄진 격자내에 가스 분자가 포집되어 형성되는 고체상의 물질로써 이를 이용한 수처리 공정의 경우, 순수한 물분자와 가스만으로 하이드레이트 결정체가 형성되므로 자연스럽게 수용액중의 오염물을 배제시킬 수 있는 특성이 있다.

해수는 지구상에 존재하는 물의 97%를 차지하고 있으나 생활용수로 바로 이용할 수 없기 때문에 염분을 제거해 음용이 가능한 담수로 바꾸는 해수담수화 기술이 매우 오랫동안 연구되어 왔으며, 해수담수화 기술은 물 부족 현상을 해결하기 위한 최후의 보루로 인식되고 있다. 지금까지 해수담수화 시장을 주도하고 있는 상용화기술은 앞서 언급한 바와 같이 증발법과 역삼투법(RO)이다. 그러나 증발법은 에너지 소모가 크며, RO방법은 5 wt% 이상의 고농도 염수 처리가 어렵고, 분리막을 주기적으로 교체해야 하는 단점이 있다. 본 연구에서 제시하고자 하는 가스하이드레이트 원리를 이용한 신개념 해수담수 및 수처리 기술은 하이드레이트 형성 가스를 활용해서 특정 압력과 온도 조건에서 순수한 물과 가스로 이루어진 하이드레이트 결정체를 형성하여, 해수 나 폐수 중에 존재하는 불순물들을 자연스럽게 배제시키고, 이렇게 형성된 고체형태의 하이드레이트를 분리한 후, 다시 적절한 온도와 압력 조건에서 하이드레이트를 해리시킴으로써 순수한 물을 추출할 수 있는 신개념의 방법이다. 또한 오늘날 문제가 되고 있는 생활하수를 포함한 고농도 염/폐수의 수처리에도 광범위하게 적용이 가능하다.

참고문헌

1. Park, K. N., Hong, S. Y., Lee, J. W., Kang, K. C., Lee, Y. C., Ha, M. G., and Lee, J. D., "A new apparatus for seawater desalination by gas hydrate process and removal characteristics of dissolved minerals (Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺, B³⁺)", *Desalination*, **274**, 91-96. (2011).

Polyol process를 이용한 Tin oxide nanowire 합성 메커니즘 연구

박동국¹, 이만식¹
¹한국생산기술연구원

SnO₂ materials은 semiconductor 물질($E_g=3.64\text{eV}$ at 300K)로 환원성 가스를 감지하기 위한 가스 센서, Touch panel, flat panel display와 solar cell film의 transparent electrode 및 transparent conductor, 고용량 리튬이온 배터리의 양극재 등의 device에 많이 적용되어왔다. 특히 나노와이어의 형태를 이루게 될 경우 나노 소재 기반의 고성능 flexible and stretchable (curved, banded, foldable and rollable)을 구현할 수 있다 [1, 2]. 따라서 SnO₂ nanowire를 손쉽게 대량으로 합성하는 방법은 아직까지도 매력적인 연구 분야로서 주로 vapor-solid (VS) 또는 vapor-liquid-solid (VLS) process로 합성되고 있다. 이 방법은 고온에서 합성을 해야 하고, 스케일 업 하는 과정에 비용이 많이 들고, 재현성 있고 균일한 nanowire를 합성하는 조건이 매우 까다로운 단점이 있다. 최근 들어 이러한 단점을 극복하기 위하여 ethylene glycol (so-called polyol process, 이하 EG)을 이용한 나노와이어 합성방법이 제기되고 있다 [3]. 하지만, polyol process를 이용하여 Tin oxide nanowire의 size 및 morphology를 조절할 수 있고, 이것을 통하여 물리적, 전기적 특성을 조절할 수 있는 아이디어를 제공해줄 만한 메커니즘은 아직까지 보고된 바가 없다. 따라서, 본 연구는 polyol process를 이용한 Tin oxide nanowire 합성 메커니즘에 대하여 상세한 연구결과를 보고하고자 한다.

참고문헌

1. Krissanasaeranee, M., Supaphol, P., and Wongkasenjitt, S., "Preparation of poly(vinyl alcohol)/tin glycolate composite fibers by combined sol-gel/electrospinning techniques and their conversion to ultrafine tin oxide fibers" Mater Chem Phys., **119**, 175-181 (2010).
2. Debataraja et al., "Investigation of nanostructure SnO₂ synthesized with polyol technique for CO gas sensor applications" Procedia Eng., **170**, 60-64 (2017).
3. Wang, Y., Jiang, X., and Xia, Y., "A Solution-Phase, Precursor Route to Polycrystalline SnO₂ Nanowires That Can Be Used for Gas Sensing under Ambient Conditions" J. Am. Chem. Soc., **125**(52), 16176-16177 (2003).

무기바인더를 이용한 알루미늄 주물용 중자 제조기술 개발

김우천¹, 박정욱^{1,*}, 이만식^{2,*}

¹(주)디알엑시온 화학연구소, ²한국생산기술연구원 울산지역본부

주조산업은 자동차, 조선, 공작기계, IT산업 등 산업 전반에 영향을 미치는 뿌리산업으로 오랜 경험과 훈련으로 축적된 기술과 기능이 요구되어 단기간에 기술의 성장이 어렵고, 생산과정에서 다량의 분진과 유해가스가 발생되어 3D산업으로 분류된다. 특히 주조과정에서 발생하는 유해가스, 분진, VOCs등과 같은 대기오염물질을 제거하기 위해 생산시설 건축시 집진기 설치가 의무화 되어 있어 제조를 위한 장치 비용이 증가하므로 결과적으로 주조품의 원가를 상승시키는 요인으로 작용한다.

근래에 들어 주조과정에서 발생하는 환경오염 물질을 근원적으로 제거하기 위해 사용되는 원료를 유기질 바인더에서 무기질 바인더로 변경하는 연구가 진행되고 있으며, 유럽의 선진 주조업체를 중심으로 일부 상용화되었다.

물유리 기반의 무기 바인더는 중자 제조 및 주조시 바인더 연소에 의한 가스 발생량이 적어 주물품의 가스기포 불량을 근원적으로 제거할 뿐만 아니라 유기 바인더에서 발생하는 유해가스의 해결도 가능하다.

본 개발 기술은 내습성과 중자 항절강도가 향상된 무기바인더(IBAC) 제조기술, 기존의 유기바인더를 대체하는 친환경 무기바인더(IBAC)을 이용한 알루미늄 주물용 중자 및 주조품 제조기술 및 그 제조설비 일체이다.

친환경 무기바인더 개발을 통해 화학(원재료), 주조(제조공정) 및 플랜트(설비) 산업의 동시 발전 도모 및 주물 산업에 국한된 글로벌 경쟁력 확보가 아닌 주조공법으로 제작되는 모든 제품에 대한 품질 향상 및 가격 경쟁력 확보를 목표로 하고 있다.

CT-41

나노기공성 유기실리케이트를 활용한 반사방지 코팅

김수환¹

¹한국생산기술연구원, 친환경재료공정 그룹

Nanoporous Organosilicate Films for Antireflection Coatings

Suhan Kim¹

¹Green Materials & Processes Group, KITECH, Korea

Antireflective coatings can remove ghost images reflected on the transparent media such as a window and glasses as well as increase transmittance of light through the transparent media. These can be applied to car windows or solar cell to take advantage of high transmittance of light. To achieve 100% of transmittance of light on the glass substrate, refractive index of coating material should be 1.225 theoretically, which can be reached with a bulk material. By incorporating nanopores into the organosilicate materials, refractive index of 1.22 was achieved and over 99.8% transmittance in the visible range (400~ 700 nm) was also achieved. To increase mechanical properties, chemical structure and cross-linking density of organosilicates were modified. For optimized broad band antireflective coating, bilayer thin films with different reflectance for each layer were prepared by inserting high refractive index layer. Finally, broad band antireflective coatings with transmittance of over 98% in the visible light wavelength were achieved. Fabricated coatings were characterized by using FE-SEM, TEM, SANS(Small angle neutron scattering), XRR(X-ray reflectivity) and depth-sensing indentation.

폐유기용제 1,4-부탄디올 정제과정 운전조건의 최적화

이유리¹, 김정환^{1,*}
¹한국생산기술연구원

Optimization of Operating Condition in Purification Process of 1,4-Butanediol

Yuri Lee¹, Junghwan Kim^{1,*}
¹Korea Institute of Industrial Technology

1,4-부탄디올은 상업적인 수요가 많고 테트라하이드로퓨란(THF)이나 감마부틸로락톤(GBL)의 원료인 유기용제로 많이 쓰인다. 본 연구에서는 회분식 증류를 이용하여 회수된 폐유기용제로부터 1,4-부탄디올을 정제하는 공정을 시뮬레이션하고 운전조건을 최적화하였다. 회분식 증류 공정은 같은 장치 내에서 다른 시간동안 여러 제품의 생산을 가능하게 하여 고부가가치를 창출할 수 있다. 저순도의 1,4-부탄디올을 재활용하기 위해서는 회분식 증류 공정을 통해 순도를 99% 이상으로 정제해야 한다. 1,4-부탄디올 정제공정은 사입, 승온, 상압증류, 감압증류, 주증류의 5단계로 진행된다. 회분식 공정이기 때문에 같은 장치 내에서도 시간에 따라 생산물의 조성 등에 차이가 발생한다. 또한, 증류탑 장치의 유무에 따른 적절한 단계별 운전시간 및 조건이 필요하다. 본 연구에서는 회수된 폐유기용제로부터 1,4-부탄디올 정제를 위한 회분식 증류공정을 시뮬레이션하고 실제 공정 데이터와 비교하여 검증하였다. 증류탑이 있는 경우에는 환류시스템에 의한 증류 효율 상승으로 감압증류 단계의 시간이 단축되었다. 주증류 공정 시간을 늘려서 1,4-부탄디올 순도를 99% 까지 올릴 수 있었다. 그 결과 증류탑 설치후의 공정시간은 48시간에서 40시간으로 단축이 되고 수율은 25%가 증가하였다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 하여 1,4-부탄디올 정제과정 운전조건을 최적화하였다.

CT-43

하이브리드 카본 필름의 제작과 양성자 교환막 연료 전지로의 응용

이덕현^{1,*}

¹한국생산기술연구원, 친환경재료공정 그룹

Fabrication of hybrid carbon film and their application for proton exchange membrane fuel cell (PEMFC)

Duck Hyun Lee^{1,*}

¹Green Materials & Processes Group, Korea Institute of Industrial Technology

Carbon nanotubes (CNTs) are of broad technological interest in electronics, photonics, energy devices, and other applications. However, establishing a straightforward process for mass production of uniform CNTs with desired structures and properties has been a long-standing challenge. In this research, we have fabricated versatile hybrid carbon films composed of tailored carbon nanotube arrays grown on mechanically compliant reduced graphene oxide films. A facile and robust hierarchical organization process enabled the formation of size, wall-number, and atomic structure controlled vertical carbon nanotube arrays. The overlapped nanoplatelets of reduced graphene oxide film provided the high temperature stability and mechanical compliance of the prepared hybrid carbon films.

This novel method also enabled to fabricate the Fe-porphyrinic CNTs, which are outstanding oxygen reduction catalysts via the efficient 4-electron oxygen reduction process. The X-ray photoemission spectroscopy (XPS) analysis and work-function data, compared with the results of first-principles density-functional theory calculations, have strongly suggested the existence of the Fe-porphyrinic carbon nanotubes. The cyclic and the rotating disk electrode (RDE) voltammograms repeatedly confirmed the outstanding oxygen reduction reaction (ORR) performance of the Fe-porphyrinic CNT, as a candidate replacement of costly Pt. The facile synthesis of the efficient, bio-mimetic, rigid, electron-conducting carbon nanotube catalysts shall have a significant impact on the wide deployment of the current fuel-cell technology.

일반세션
청정소재 및 공정

9월 21일(목) 13:30~17:00
여수 경도리조트 금호

CT-44

광 메타물질 및 메타표면의 최근 진전

최춘기¹

¹한국전자통신연구원 ICT소재부품연구소 그래핀연구랩

Current Progress on Photonic Metamaterials and Metasurfaces

Choon-Gi Choi¹

¹Graphene Research Lab. ETRI, Korea

Metamaterials are artificially fabricated materials with periodic wavelength structures that exhibit exotic properties such as negative refraction, superlens imaging, invisibility cloaking, extraordinary transmission and near-perfect absorption etc.

Recently, metasurfaces reported by Capasso et al. are a kind of artificial sheet material with sub-wavelength thickness that can modulate the behaviors of electromagnetic waves through the specific boundary conditions rather than the constitutive parameters in the three-dimensional structure. Metasurfaces can find applications in planar lens, vortex generator, beam deflector, electromagnetic absorbers, polarization convertors and spectrum filters etc.

In this talk, I introduce the current progress on the fabrication and application in photonic metamaterials and metasurfaces such as negative refractive media, sub-wavelength imaging, narrow band-pass filter, spatial light modulation, etc.

인쇄 및 열형각인 공정을 이용한 유연투명전극제작

조정대¹, 김광영¹, 장윤석¹¹한국기계연구원 첨단생산장비연구본부 인쇄전자연구실

Roll Printed and Roll Imprinted Flexible Transparent Conductive Films

Jeongdai Jo¹, Kwang-Young Kim¹, Yun-Seok Jang¹¹Dept. of Printed Electronics, Korea Institute of Machinery & Materials(KIMM)

In this paper, we report a method to fabricate low-resistance and high optical transparent conductive films (TCFs) using Ag metal grids and conductive polymer. First, a gravure-offset printing method was used to fabricate Ag electrode layers and a doctor blade coating method was also used to form thin polymer layers with a cell structure of substrate/ Ag grid/ PEDOT:PSS. The gravure-offset printing and soluble printing processes made it possible to fabricate printed TCFs with a line width of $5 \pm 0.5 \mu\text{m}$ on plastic substrates. The optical transparency and sheet resistance of Ag grid/ PEDOT:PSS were controlled in the range of 86 ~ 93 % and $1 \sim 10 \Omega/\square$, respectively, by controlling the line width and pitch of Ag grid. Second, to conduct a simple fabrication process and produce a high resolution printed TCFs, the following steps were performed: the design and manufacture of an electroforming stamp mold, the fabrication of thermal roll-imprinted(TRI) patterned plastic substrates, patterned plastic substrates filled with high-conductivity and low-resistance Ag paste using a doctor blade coating, the Ag metal grid can be easily fabricated in a plastic substrates and coated with a thin film layer of conductive polymer by a spin coating process. The thermal roll-imprinting and soluble printing processes made it possible to fabricate printed TCFs with a line width of $10 \pm 0.5 \mu\text{m}$, a channel length of $500 \pm 2 \mu\text{m}$, and a pattern depth of $7.3 \pm 0.5 \mu\text{m}$ on plastic substrates. As a result of measuring line widths and channel lengths of a thermal roll-imprinted grid patterns, the linearity and uniformity characteristics for deviation and variation was good obtained. After the Ag paste was used to fill part of the patterned film with conductive polymer coating, the following parameters were obtained: a sheet resistance of $1 \sim 9.6 \Omega/\square$, transparent ratio was 83.6 ~ 91.5 % at a wavelength of 550 nm.

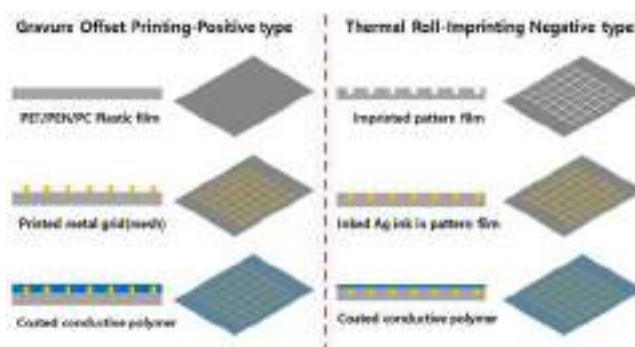


Fig. 1 Fabrication of transparent conductive films using gravure-offset printing(positive type) and thermal roll-imprinting(negative type).

참고문헌

1. Haacke, G. Transparent conducting coatings. *Ann. Rev. Mater. Sci.* **7**, 73-93, (1977)
2. Granqvist, C. G. Transparent conductors as solar energy materials: A panoramic review. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, **91**, 1529-1598, (2007).
3. Jong Su Yu et al, Fabrication of transparent conductive electrode film using thermal roll-imprinted Ag metal grid and coated conductive polymer, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, **109**, 142-147, (2012).

산화물 중공 나노구조체 제조 및 광촉매적 응용

주지봉¹¹건국대학교 화학공학과

Synthesis of metal oxide hollow nanostructures and photocatalytic applications

Ji Bong Joo¹¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University

태양의 광에너지를 전기 및 화학에너지로 효율적으로 전환할 수 있는 광촉매의 개발은 에너지 전환 및 활용 분야에서 중요한 연구 주제로, 지난 수 십년간 많은 연구가 수행되어 왔다 [1]. 대표적인 광촉매 물질인 TiO₂ 소재는 낮은 독성과, 높은 경제성, 뛰어난 안정성과 촉매적 활성 등의 장점들이 있음에도 불구하고, 물리적/화학적 특성 및 광화학적 활성이 기대 수준에 미치지 못하여, 응용과 사용이 제한되고 있다. 최근 물리적/화학적 특성이 잘 조절된 TiO₂ 기반 산화물 콜로이드 중공 나노구조체가 많은 응용 분야에서 크게 주목 받고 있다 [2]. 특히 중공 나노구조체 입자들은 넓은 활성 표면적, 낮은 확산 저항, 높은 분자 접근성 등의 많은 장점들을 가지고 있어 화학 반응에서 높은 성능을 보일 것이라 기대되고 있다. 본 연구에서는 용액공정을 기반으로 금속 산화물 나노 구조체를 제조 하였다. 입자의 합성과 후처리 과정에서 조건과 방법을 달리하여 금속 산화물 중공 입자의 물리적/화학적 특성과, 표면 특성을 제어 하였다. 이렇게 제조된 TiO₂ 기반 중공 나노구조체를 광촉매로 사용 하였을 때, 상용 TiO₂ 광촉매보다 높은 촉매 성능을 보였다. 본 발표에서는 본 연구 그룹이 수행한 TiO₂ 기반 금속 산화물 중공 나노구조체의 합성 및 특성 제어, 광촉매로의 응용을 소개하고자 한다.

감사

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

참고문헌

1. Joo, J. B., Zhang, Q., Dahl, M., Zaera, F., and Yin, Y., "Synthesis, Crystallinity Control, and Photocatalysis of Nanostructured TiO₂ Shells", *J. Mater. Res.*, **28**, 362 - 368 (2013).
2. Joo, J. B., Dahl, M., Li, N., Zaera, F., and Yin, Y., "Tailored synthesis of mesoporous TiO₂ hollow nanostructures for catalytic applications," *Energ. Environ. Sci.*, **6**, 2082-2092 (2013).

불용 타겟으로부터 재생한 ITO 나노분말의 투명 발열체 응용

홍성제^{1,*}, 김채원^{1,2}, 이미정², 김용성³, 이재용⁴
¹전자부품연구원, ²국민대학교, ³서울과학기술대학교, ⁴한청알에프(주)

Application of ITO Nanoparticles Recycled from Redundant ITO Target to Transparent Heaters

Sung-Jei Hong^{1,*}, Chaewon Kim^{1,2}, Mi Jung Lee², Young-Sung Kim³, Jae Yong Lee⁴
¹Korea Electronics Technology Institute, ²Kookmin University,
³Seoul National University of Science & Technology, ⁴Hanchung RF Co. Ltd.

본 연구에서는 불용 ITO 타겟으로부터 ITO 나노분말을 재생, 제조하였고 이를 투명 발열체에 응용하는 연구를 실시하였다. 이를 위해 불용 ITO 타겟을 분쇄 및 염산에 용해 후 이를 암모니아에 투입하여 ITO 전구체 입자 형태로 환원하였다. 이 때 암모니아에 분산제를 미리 투입, 용해하여 ITO 전구체 입자가 석출되면서 분산되도록 하였고, 이를 열처리하여 결정질의 ITO 나노분말을 제조하였다. 분산제는 물질의 종류 및 농도에 따른 ITO 나노분말의 물성을 관찰하여 최적화된 ITO 나노분말을 재생하였다. 이후 이를 용매에 분산하여 ITO 잉크를 제조하였고, 이를 유리기판 또는 쿼츠 기판에 코팅하여 열처리, ITO 기반의 투명 히터를 제작, 평가하였다. 이와 함께 Ag 나노선과 하이브리드 구조로 유연 고분자 기판 상에 투명 히터를 제작, 평가하였다. 본 연구에서는 이러한 ITO 기반의 투명 히터의 특성 평가에 대한 결과를 고찰하고, 이를 통해 재생 ITO 나노분말의 응용 방향을 제시하고자 한다.

감사

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 10048248).

참고문헌

1. S. Ji, W. He, K. Wang, Y. Ran, and C. Ye, Thermal Response of Transparent Silver Nanowire/PEDOT:PSS Film Heaters, *small*, **10**(23), 4951-4960 (2014).

일반세션
바이오연료 및 소재

9월 21일(목) 13:30~17:00
여수 경도리조트 백도

CT-48

촉매 급속 열분해를 통한 바이오매스 개질

박영권¹

¹서울시립대학교 환경공학부

Upgrading of Biomass via Catalytic Fast Pyrolysis

Young-Kwon Park¹

¹School of Environmental Engineering, University of Seoul

바이오매스 열분해를 통해 생성되는 바이오오일은 유망한 바이오연료로 여겨지고 있다. 하지만 열분해 바이오오일 그 자체는 높은 산소함유량에 기인한 불안정성으로 인해 추가적인 처리가 요구되어진다. 특히 바이오오일을 석유계연료와 비슷한 품질로 전환하기 위해서는 적절한 촉매의 사용이 필수적이다. 대표적인 촉매 공정은 상압 촉매 열분해공정과 고압수소화 공정을 들 수 있다. 본 발표에서는 이러한 대표적인 촉매 개질 공정 동향에 대해 설명하고, 본 연구자가 수행한 최근 연구 내용들을 (촉매열분해, 혼합촉매 열분해, 상압수소화촉매열분해, 리그닌 촉매 열분해 공정 등) 소개하고자 한다.

본 연구는 2015년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 20153030101580)

Ni/MTi_xO_y 촉매계를 이용한 해조류 유래 액화오일의 수증기 개질반응 연구

박용범¹, 안희주^{1,3}, 허광선⁴, 임한권², 우희철^{1*}
¹부경대학교 화학공학과, ²대구가톨릭대학교 신소재화학공학과,
³(주)태양인더스트리, ⁴경남정보대학교 신소재화공계열

Steam Reforming of Liquefied Oil derived from macro-algae over Ni/MTi_xO_y based Catalysts

Yong Beom Park¹, Hee Ju Ahn^{1,3}, Kwangsun Huh⁴, Hankwon Lim², Hee-Chul Woo^{1,*}

¹Department of Chemical Engineering, Pukyong National University,

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

³TAE YANG INDUSTRY

⁴Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,
 Kyungnam College of Information and Technology

제3세대 바이오매스인 해조류 바이오매스는 기존의 곡물계 및 전분질계 바이오매스와는 달리 육상의 경작지가 필요하지 않고 식량자원이 아닌 비식용 에너지자원으로 활용이 가능하다. 또한, 타 바이오매스와 비교하여 생산성이 높고 이산화탄소 저감 효과가 우수하다는 장점이 있다[1].

본 연구에서는 해조류 바이오매스의 수열액화 반응으로 생성된 액화 오일을 촉매를 통한 수증기 개질 반응을 수행하여 H₂, CO, CH₄와 CO₂의 생성수율을 평가하고자 한다. 수열액화 반응은 건조·분쇄된 해조류 바이오매스를 증류수와 함께 1 : 9의 질량 비율로 100 L의 오토클레이브에 주입한 뒤, 503K의 반응온도에서 2시간 동안 자생압력 하에서 이루어졌다. 수열액화 반응 이후, 원심분리기와 감압여과를 통해 잔류입자를 분리하여 생성물을 회수하였다. 수열액화 반응의 전환율은 75 wt%로 나타났다. 수증기 개질 반응에 사용된 촉매로는 20 wt%의 니켈(Ni) 활성물질을 함유하고, 20 wt%의 MTi_xO_y 성분을 촉진제로 ZrO₂-CeO₂ 담체에 담지된 촉매를 5종 제조하였고 각 MTi_xO_y의 금속성분에 따라 Ni/K₂Ti_xO_y/ZrO₂-CeO₂, Ni/MgTiO₃/ZrO₂-CeO₂, Ni/CaTiO₃/ZrO₂-CeO₂, Ni/SrTiO₃/ZrO₂-CeO₂와 Ni/BaTi_xO_y/ZrO₂-CeO₂로 명명하였다. 개질반응의 활성을 평가하기 위하여 제조 촉매 5종을 반응온도 873~1073K의 범위에서 5시간 동안 원료 공간속도 0.5~4 h⁻¹의 범위 조건에서 반응을 수행하였다.

실험결과 제조 촉매 모두 H₂와 CO₂의 수율이 높게 나타나는 것을 확인하였으며 반응온도가 873K에서 1073K로 증가할수록 생성물의 수율이 증가하는 경향을 보였다. 제조 촉매에 포함되어 있는 촉진제의 금속성분에 따라 생성물의 선택도가 달라지는 결과를 보이는데 Ni/SrTiO₃/ZrO₂-CeO₂ 촉매를 사용할 경우, 1073K의 반응온도에서 5시간까지 H₂ 75.1%, CO 6.8%, CH₄ 1.1%와 CO₂ 17.0%로 H₂와 CO가 선택적으로 가장 높게 생성되는 경향을 보였으며 Sr > Ba > Ca > K > Mg의 순으로 H₂와 CO₂의 선택도가 높게 나타남을 확인하였다.

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. Kohei, U., Kazuhisa, T., Yasushi, S., and Eiichi, K., "Production of Hydrogen by Steam Reforming of Ethanol over Cobalt and Nickel Catalysts Supported on Perovskite-type Oxides," *Catal. Commun.*, **9**, 600-604 (2008).

혼합성능을 향상시킨 미세유체 반응기 상에서의 생광물화를 이용한 실리카 합성

강경구¹, 박기수¹, 김주민², 이창수^{1,*}
충남대학교 화학공학과¹, 아주대학교 화학공학과²

Preparation of Silica by Biomineralization on a Microfluidic Device with Improved Mixing Efficiency

Kyoung-Ku Kang¹, Ki-Su Park¹, Ju Min Kim², Chang-Soo Lee^{1,*}
¹Department of Chemical Engineering, Chungnam National University,
²Department of Chemical Engineering, Ajou University

Until the biomineralization (biosilicification) was discovered, the synthesis of artificial silica was possible under high temperature, high pressure, strong acid and strong base conditions. In this study, a microfluidic device was fabricated to improve the mixing efficiency by using fluid instability by viscoelastic polymer solution, and it was applied to the synthesis of silica under mild conditions through the biomineralization method as biomimetic synthesis method. The biomimetic synthesis method was carried out by using an R5 peptide derived diatom and PAH (polyallylaminehydrochloride) as the biomimetic catalysts for silica synthesis. Compared with a conventional microfluidic device, higher mixing efficiency was observed in the microfluidic device with enhanced mixing effect. As a result, it was possible to observe the formation of silica in a short time under the milder condition than the synthesis of conventional sol-gel synthesis of silica. In addition, the silica synthesized by microfluidic device had a more complex structure due to a hyperbranched structure rather than a simple spherical shape. These unique types of silica are expected to be superior in properties in comparison with conventional spherical silica synthesized by conventional synthesis methods and are expected to be applicable to various fields.

CT-51

초임계 충전층 반응기를 이용한 효소 기반 바이오디젤 생산 공정 개발

이홍식¹, 알드리코 알파 폴라르도^{1,2}, 이도훈^{1,3}, 김상용^{1,3,*}, 김재훈²

¹한국생산기술연구원, ²성균관대학교, ³과학기술연합대학원대학교

Development of enzymatic biodiesel process using a pack-bed reactor with supercritical fluid

Hong-shik Lee¹, Aldricho Alpha Pollardo^{1,2}, Dohoon Lee^{1,3}, Sangyong Kim^{1,3,*}, Jaehoon Kim²

¹Korea Institute of Industrial Technology, ²Sungkyunkwan University,

³University of Science and Technology

리파아제 변이체 등의 효소를 이용한 바이오디젤 생산 기술은 글리세리드의 전이에스테르화 반응뿐 아니라 유리지방산의 에스테르화 반응을 동시에 활성화할 수 있어 수분 및 유리지방산 함량이 높은 폐유지의 처리에 유리하다. 이러한 효소는 분리공정의 편이성 및 효소 안정성 제고를 위해 고정화 형태로 많이 이용되는데, 고정화 효소 촉매는 메탄올에 의한 활성 저하를 막기 위해 반응 농도를 올리는 데 한계가 있고 물질전달 효율이 낮다는 단점이 있어 이를 극복하기 위한 기술 개발이 요구되어 왔다. 이에 대한 해법 중 하나로 여러 종류의 반응용매 투입이 제시되었는데, 초임계 이산화탄소를 용매로 이용할 경우 상기한 문제점들을 극복할 수 있음이 알려져 있다. 본 연구에서는 초임계 이산화탄소 이용시 높은 농도의 메탄올 투입이 가능하다는 점에 착안하여 용적 효율이 높은 충전층 반응기를 도입해 효소 기반 바이오디젤 생산 연속공정을 설계 및 구현하였다. 완성된 충전층 반응기를 이용한 여러 공정변수 영향 조사를 통해 최적 수율 수득 및 장기간 연속운전이 가능한 최적 운전조건을 탐색하였다.

CT-52

바이오매스 열분해로 생성되는 복잡한 액상 혼합물 제품을 모델링하는 소프트웨어 개발

Boris Brigljevic¹, 최재형¹, Petar Zuvella², 우희철¹, 유준¹
¹부경대학교 화학공학과, ²국립싱가포르대학교 화학과

Software Development for Modeling of Complex Liquid Mixture Products from Thermochemical Decomposition of Biomass

Boris Brigljevic¹, Jae Hyung Choi¹, Petar Zuvella², Hee Chul Woo¹, Jay Liu¹
¹Department of Chemical Engineering, Pukyong National University,
²Department of Chemistry, National University of Singapore

The prominence of biofuel research is growing, as the global energy policies focus on renewable energy technologies. Accurate process design and simulation is required when evaluating technological and market capabilities of large scale, novel chemical production processes. Thermochemical decomposition, which is employed in various biofuel production routes (pyrolysis, liquefaction, etc.) usually yields complex liquid mixtures (bio-crudes) containing numerous compounds. Process simulation of such processes must accurately represent the physical, thermodynamical and chemical properties of bio-crudes, while reducing the complexity to a point where it can be handled by a process simulator in a time effective manner. In this work, a software to tackle this common issue has been developed. It comprises of a methodology with strict reduction of raw experimental GC-MS data. The program output consists of a ready-to-use reduced mixture, including all product phases (liquid, gaseous and solid) in mass balance with the Proximate and Ultimate analyses of the feedstock material. Six different experimental data sets, were first optimized, simulated in Aspen Plus® and validated by comparison with experimental values. Average reduction factors (ratio of the number compounds in the raw data and compounds in the reduced mixtures) were 3 to 4.

희귀금속의 회수를 위한 생체흡착소재와 생체흡착 기술

윤영상^{1,*}, 원성욱²

¹전북대학교 화학공학부, ²경상대학교 해양환경공학과

Biosorbents and Biosorption for Recovery of Precious Metals

Yeoung-Sang Yun^{1,*}, Sung Wook Won²

¹School of Chemical Engineering, Chonbuk National University

²Department of Marine Environmental Engineering, Gyeongsang National University

Precious metals are widely used in various industries because of their specific physical and chemical properties. Conventional methods for the recovery of low concentrations of dissolved precious metal ions from solution phases include solvent extraction, chemical precipitation, ion exchange and so on. These methods have significant disadvantages, such as incomplete metal recovery, high capital costs, high reagent and energy requirements, and other waste byproducts that require disposal. In this talk, biosorbents and biosorption-based processes are introduced as an alternative technology to recover precious metals. To make the biosorbents competitive, required specifications of biosorbents are discussed. Especially, strategies for design of feasible biosorbents are suggested with some successful application cases.

참고문헌

1. Vijayaraghavan, K., Yun, Y.-S., "Bacterial Biosorbents and Biosorption," *Biotechnol. Adv.*, **26**(3) 266-291 (2008).
2. Wei, W., Reddy, D.H.K., Bediako, J.K., Yun, Y.-S. "Aliquat-336-impregnated Alginate Capsule as a Green Sorbent for Selective Recovery of Gold from Metal Mixtures," *Chem. Eng. J.*, **289**, 413-422 (2016).
3. Lin, S., Wei, W. Wu, X., Zhou, T., Mao, J., Yun, Y.-S., "Selective Recovery of Pd (II) from Extremely Acidic Solution using Ion-imprinted Chitosan Fiber: Adsorption Performance and Mechanisms," *J. Hazard. Mat.* **299**, 10-17 (2015).
4. Won, S.W., Kotte, P., Wei, W., Lim, A., Yun, Y.-S., "Biosorbents for Recovery of Precious Metals," *Biores. Technol.*, **160**, 203-212 (2014).

특별세션
기후변화 대응과 수소에너지

9월 21일(목) 13:30~17:00
여수 경도리조트 흥도/초도

신기후체제와 산업계의 대응방향

박태진^{1,*}

¹한국과학기술연구원

지난 2015년 12월 12일 제21차 기후변화당사국총회 (COP 21)에서는 2020년 만료되는 교토의정서를 대체할 '파리 협정(Paris Agreement)'을 세계 195개 참가국의 만장일치로 채택하였으며 각국은 온실가스 감축 목표를 달성하기 위한 '자발적 기여방안(INDC)'을 제출했다. 이 협정에 따라 세계 각국은 향후 온실가스 배출량을 감축하기 위해 노력해야 할 것이며 특히 에너지 다소비형 제조업 비중이 높은 우리나라의 경우에는 향후 산업계의 활동에 있어 상당히 큰 변화를 피할 수 없을 것으로 예상된다. 주지하는 바와 같이 우리나라는 에너지 자원의 대부분을 수입에 의존하고 있어 에너지 절약을 위해 지속적으로 노력해왔으며 이에 따라 산업계의 에너지 효율은 이미 세계 최고 수준에 달해 있으나 효율을 더 높이기 위한 노력이 필요하며 신재생에너지의 확대도 필요하다. 또한 에너지 다소비형 산업 비중을 줄이고 고부가가치형 제품을 개발하기 위한 연구개발도 매우 중요하다. 따라서 본 발표에서는 전세계적인 온실가스 감축 정책동향을 분석하고 우리나라 산업계의 현황과 향후 대응 방안을 살펴보고자 한다.

Recarbon Korea's CO₂ Management Solution

Bong Jae Jang^{1,*}

¹Recarbon Korea, Hangang XI Tower B# 909, Gayang Dong, Gangseo Ku, Seoul, Korea

Since 2002, ReCarbon's core engineering team, with 130+ years of collective experience in energy system R&D and design, developed and successfully commercialized innovative microwave plasma technologies. We started a new project on carbon recycling in 2011. Proprietary ReCarbon™ technology employing atmospheric pressure microwave-generated plasma. We are based in the heart of Silicon Valley, USA with affiliates in Australia, Canada, Indonesia, and South Korea.

ReCarbon™ is a novel carbon recycling system that uses proprietary microwave plasma technology to efficiently convert CO₂ and CH₄ into syngas (H₂+CO). The system is designed to be modular. It is easily scalable with quick ramp up/down times to meet customer needs.

There are several benefits for our system; 1. Directly reduces CO₂ 2. Produces H₂ and CO 3. Positive short and long term revenue streams 4. Supports green fuel economy 5. Adds value to natural gas Low CAPEX and OPEX 6. Easily scalable to meet demand. Also, ReCarbon™ Technology features optimized power delivery, non-thermal plasma, most energy efficient atmospheric pressure operation, high capacity, simple, and low cost system, unique reactor and igniter with reaction temperature control, reliable, low energy requirement, low cost microwave components, low capital and maintenance costs Simple modular design, scalable, configurable, and serviceable, proven and sustainable technology and business.

Key words : Microwave, Plasma, Carbon dioxide, Syngas, Hydrogen, Non-thermal, Recarbon

참고문헌

1. Pletcher, D., and Walsh, F. C., Industrial Electrochemistry, 2nd ed., Chapman and Hall, London, pp. 256-269 (2001).
2. Williams, A. C., Panagiotopolous, M. K., and Kenneth, H., "Supercritical Fluid Extraction," Ind. Eng. Chem. Res., **39**(10), 4657-4665 (2003).
3. Berube, M. R., "Synthesis of Gel Membrane for Heavy Metals Removal," Ph.D. Dissertation, University of Rochester, New York, (2005).
4. Toomey, J. E., Jr., and Cluger, M. O., "Non-toxic spray paint," U.S. Patent, **4**, 589, 968 (2006).
5. Berens, A. R., and G. S. Huvard, "Interaction of Polymers," in K. P. Johnston, and J. M. L. Penninger, ed., Supercritical Fluid Science, ACS Symposium Series **403**, American Chemical Society, Washington, DC, 207-212 (1999).
6. Kim, Y., and Cho, M.-J., "Remediation of Contaminated Soil," Paper No. A-16, AIChE National Meeting, **16**, Houston, TX, (2004).

연소 배가스 중 이산화탄소 제거를 위한 막접촉기 및 흡수제

송호준^{1,*}, 정흥기^{1,2}, 김수경¹, 강세희^{1,3}, 김영재⁴¹한국생산기술연구원, ²연세대학교, ³부산대학교, ⁴부경대학교

Membrane contactor and absorbent for removal of carbon dioxide from flue gases

Hojun Song^{1,*}, Honggi Jeong^{1,2}, Sukyoung Kim¹, Sehee Kang^{1,3}, Youngjae Kim⁴¹Korea Institute of Industrial Technology, ²Yonsei University³Pusan National University, ⁴Pukyong National University

신기후체제 하에서 우리나라는 2030년까지 배출전망치(BAU) 대비 온실가스 배출량을 30% 저감하기로 국제사회에 자발적감축목표(INDC)를 제시하였다. 이에 따라 단기적인 대응책으로서, 이산화탄소를 비롯한 온실가스의 다(多)배출원인 화력발전소, 제철소, 석유화학공장 등에 적용할 수 있는 이산화탄소 포집 및 저장(CCS) 기술이 활발히 개발되어 왔다. 국내에서도 국제적 경쟁력을 갖춘 CO₂ 포집기술이 존재하나, 거대한 CO₂ 포집설비를 위한 설치부지의 부재, 여전히 높은 CO₂ 포집가격이 CCS기술의 상용화에 걸림돌이 되고 있다.

본 연구에서는 기존의 성숙한 CO₂ 포집기술의 핵심설비인 충전탑 형태의 CO₂ 흡수탑을 개선하기 위한 대안으로서 막접촉기(membrane contactor)에 주목하였고, 막접촉기 공정 운영비의 핵심인 고효율의 CO₂ 흡수제를 개발하고자 하였다. 막접촉기는 중공사막(hollow fiber membrane)의 내부에 흡수제 용액이 흐르며 막의 기공을 통해 배기가스 중 CO₂만 선택적으로 흡수한다. 또한 그 특성상 충전탑 대비 물질전달계수가 높아서 흡수부의 부피를 현저히 줄일 수 있으며, 충전탑에서 발생하는 범람(flooding), 편류(chaneling) 현상을 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다.

개발한 고효율 CO₂ 흡수제는 모노에탄올아민(MEA) 대비 CO₂ 흡수속도 및 1 cycle 당 CO₂ 제거량이 각각 40% 가량 높았다. 또한 그 물성이 우수하여 저가의 폴리프로필렌(PP) 중공사막 기반 모듈 안에서도 안정적 운영이 가능할 것으로 사료된다. 이러한 기본적인 실험자료를 토대로 충전탑 기반 CO₂ 포집설비와 경제성을 간략히 비교평가해 보았다.

참고문헌

1. Kumar, P. S., Hogendoorn, J. A., Feron, P. H. M., and Versteeg, G. F., "New Absorption Liquids for the Removal of CO₂ from Dilute Gas Streams using Membrane Contactors," *Chem. Eng. Sci.*, **57**(9), 1639-1651 (2002).
2. Song, H. J., Park, S., Kim, H., Gaur, A., Park, J. W., and Lee, S. J., "Carbon Dioxide Absorption Characteristics of Aqueous Amino Acid Salt Solutions," *Int. J. Greenh. Gas Con.*, **11**, 64-72 (2012).
3. Schach, M. O., Schneider, R., Schramm, H., and Repke, J. U., "Techno-Economic Analysis of Postcombustion Processes for the Capture of Carbon Dioxide from Power Plant Flue Gas," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **49**(5), 2363-2370 (2010).

기후환경변화 대응을 위한 친환경 에너지 연구

이치현¹, 정해영¹, 구윤장^{1,2}, 임은미^{1,2}, 김태용¹, 임동하^{1,*}
¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²부산대학교

A Study of Eco-energy research for Actions on Climate Change

Chi-Hyeon Lee¹, Haeyoung Jeong¹, Yunjang Gu^{1,2},
 Eunmi Im^{1,2}, Taeyong Kim¹, Dong-Ha Lim^{1,*}

¹Korea Institute of Industrial Technology, Energy Plant R&D Group, Busan, Korea
²Pusan National University

2015년 12월 국제기후변화협약 제21차 당사국 총회(이하 COP 21)에서 파리협정(Paris Agreement)이 채택되면서 기존 교토의정서 체제를 대신하는 이른바 신기후체제가 출범하게 되었다. 장기 목표로서 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승을 2 °C보다 상당히 낮은 수준으로 유지할 것을 설정하고, 이를 준수하기 위한 당사국에서의 국가 정책으로 설정하고 지속가능한 발전을 위해 노력하고 있다. 이러한 신기후체제에 대응하기 위한 대안으로 온실가스 감축 및 청정에너지 기술 혁신을 위한 노력을 기울이고 있다. 이를 계기로 기후변화 대응 분야 기술개발이 활성화될 것으로 전망되며, 본 한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹 에코에너지 나노 신소재 연구실(Eco-energy Advanced Nanomaterials Lab)에서는 육상 및 해상 환경·에너지와 연계된 나노 신소재를 개발하여 이를 적용한 새로운 공정을 개발하는 연구를 현재 수행하고 있으며, 아래 대표적인 연구 내용을 소개하고자 한다.

국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)는 모든 선박에 대해 배출되는 배기가스 내 질소산화물(NOx) 및 황산화물(SOx) 저감하고자 2016년부터 Tier III 규제를 발효하였고, 또한 최근 이슈가 되고 있는 미세먼지의 원인물질로도 NOx, SOx, PM이 거론되고 있다. 본 연구실에서는 이를 대응하기 위한 선박용 금속 구조체 기반 SCR 촉매 개발 및 배기가스순환 처리 시스템을 동시에 연구개발을 하고 있으며, 이들 기술은 조선·해양뿐만 아니라 육상용 플랜트에도 적용이 가능한 기술이다. 또한 온실가스 저감의 일환으로 촉매를 이용한 이산화탄소 전환기술 연구를 수행하고 있으며, 대표적으로 금속-유기나노구조체(Metal-Organic Frameworks, MOF)를 이용한 이산화탄소와 에폭사이드 고리화 반응, 페로브스카이트 구조 광촉매를 이용한 이산화탄소 고부가가치 전환기술 등을 연구하고 있다.

그리고 기후환경변화 대응을 위한 다른 대안으로 청정에너지원인 수소에너지 관련 연구를 진행하고 있으며, 천연가스를 활용한 수소제조용 다공성 지지체 기반 개질촉매 연구와 이를 기반으로 한 수소 스테이션 공정 연구를 함께 수행하고 있다. 이외에도 광전기화학적 기반의 물 분해 수소제조 연구 등 다양한 수소에너지 관련 나노소재 개발 연구를 병행하고 있다.

본 에코에너지 나노 신소재 연구실에서는 기능성 나노 신소재(촉매)를 기반으로 하는 기후환경변화 대응을 위한 환경·에너지 분야 연구를 다각도로 연구를 추진해 나갈 예정이다.

rGO 지지체 적용 Mn-Ce계 저온용 SCR 촉매의 탈질성능 및 특성향상

예보라^{1,2}, 백정민², 김홍대^{1,*}
¹한국생산기술연구원, ²울산과학기술원

Improved de-NOx efficiency and characteristic of rGO support added Mn-Ce SCR catalyst at low temperature

Bora Ye^{1,2}, Jeong Min Baik², Hong-Dae Kim^{1,*}
¹Green Materials and Processes Group, Korea Institute of Industrial Technology
²School of Mechanical and advanced Materials Engineering,
Ulsan National Institute of Science and Technology

The SCR catalytic reaction is one of the most promising methods for removing NOx, and V₂O₅ series, which currently exhibits activity at a high temperature of 350 to 450°C, have been used for a long time. However, due to physical and chemical poisoning phenomena and differential pressures of the catalysts through the exhaust gas, the performance and the life of the SCR catalyst have continued to deteriorate. Therefore, in order to prevent this, it is necessary to study the catalysts which position the SCR catalyst at the rear end and exhibit activity even at low temperatures[1].

Currently, Mn and Ce are mainly used as the most active catalyst for low temperature below 250°C, but it has a limit of high activity when a large amount is added. In order to improve this, rGO[Reduced Graphene Oxide] support was used to nano-disperse the active catalysts such as Mn and Ce and then, this was added to the TiO₂ support[2]. When graphene is applied, the catalyst properties can be improved through high specific surface area properties and activated catalyst acid site. These results confirmed the improved catalytic properties of SCR catalysts compared to conventional catalysts by analyzing the properties of SCR catalysts and evaluating De-NOx characteristics using a fixed bed reactor.

Reference

1. Zhang et al., "Promotion mechanism of CeO₂ addition on the low temperature SCR reaction over MnOx/TiO₂: a new insight from the kinetic study," RSC Adv., **5**, 27785-27793 (2015).
2. Choi et al., "Synthesis of Vanadium oxide supported on reduced graphene oxide for de-NOx," J. Nanosci. Nanotechnol., **15**(10), 9083-9087 (2015).

부생수소를 활용한 수소에너지 산업육성

우항수^{1,*}, 조승환¹, 김언아¹
¹울산테크노파크 에너지기술연구센터

Fostering Hydrogen Energy Industry Utilizing By-product Hydrogen

Hang Soo Woo^{1,*}, Sueng Hwan Jo¹, Eon A Kim¹
¹Energy R&D Center, Ulsan Technopark
Jongga-ro 15, Joong-gu, Ulsan-Si, 444126, Korea

Carbon nanotubes (CNTs) are of broad technological interest in electronics, photonics, energy devices, and other applications. However, establishing a straightforward process for mass production of uniform CNTs with desired structures and properties has been a long-standing challenge. In this research, we have fabricated versatile hybrid carbon films composed of tailored carbon nanotube arrays grown on mechanically compliant reduced graphene oxide films. A facile and robust hierarchical organization process enabled the formation of size, wall-number, and atomic structure controlled vertical carbon nanotube arrays. The overlapped nanoplatelets of reduced graphene oxide film provided the high temperature stability and mechanical compliance of the prepared hybrid carbon films.

This novel method also enabled to fabricate the Fe-porphyrinic CNTs, which are outstanding oxygen reduction catalysts via the efficient 4-electron oxygen reduction process. The X-ray photoemission spectroscopy (XPS) analysis and work-function data, compared with the results of first-principles density-functional theory calculations, have strongly suggested the existence of the Fe-porphyrinic carbon nanotubes. The cyclic and the rotating disk electrode (RDE) voltammograms repeatedly confirmed the outstanding oxygen reduction reaction (ORR) performance of the Fe-porphyrinic CNT, as a candidate replacement of costly Pt. The facile synthesis of the efficient, bio-mimetic, rigid, electron-conducting carbon nanotube catalysts shall have a significant impact on the wide deployment of the current fuel-cell technology.

특별세션
해양바이오 에너지

9월 22일(금) 09:30~12:00

여수 경도리조트 금호

해조류 바이오매스 유래 열분해 오일 제조용 운전조건 최적화 및 오일 성상 조사

한기보¹, 장정희¹, 최희영¹, 우희철²

¹고등기술연구원, ²부경대학교

Characterization of Oil Properties and Operation Condition Optimization for Oil Production in Pyrolysis of Macro-Algae Biomass

Gi Bo Han¹, Jung Hee Jang¹, Hee Young Choi¹, Hee-Chul Woo²

¹Institute for Advanced Engineering, ²Pukyong National University

최근 지구환경 피해를 최소화하기 위하여 탄소중립자원인 바이오매스 기반 연료제조를 통해 탄소배출량을 최소화할 수 있는 기술을 확보하는 데 중점을 두어 다양한 기술들이 개발되고 있다. 또한 원료수급 차원에서 용이한 해조류 바이오매스를 원료로 삼아 이를 다양한 연료로 제조할 수 있는 기술을 개발 중이다. 본 연구에서는 해조류 바이오매스 중에서 다시마의 일종인 거대조류 바이오매스를 기반으로 발효유 및 수송연료로 전환 가능한 열분해 오일로 제조하는 공정/시스템에 대하여 운전조건 최적화와 동시에 필요한 열분해 오일에 대한 성상을 조사하였다. 거대조류 바이오매스에 대한 열분해 공정 상 필요한 반응온도 및 체류시간 등의 운전조건들에 대하여 최적화 과정이 진행되었으며, 안정적인 열분해 오일 제조를 위한 운전조건 확보 후 얻어진 열분해 오일에 대하여 연료로서 지닐 수 있는 다양한 물성이 조사되었다.

The catalytic fast pyrolysis of pretreated *Saccharina Japonica* alga in a bubbling fluidized-bed reactor for upgrading bio-oil

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

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

Macroalgae contains significant amount of inorganic compounds (K, Na, Mg, Ca), causing the problems during thermal processing (ash fouling or agglomeration of char and bed material) [1-3]. *Saccharina japonica*, a kind of macroalgae, was demineralized 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 45.87 wt%. The major compounds in the bio-oil were levoglucosan and di-anhydromannitol. The fractional catalytic pyrolysis of pre-treated *S. japonica* 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 32.82-34.39 wt% liquid yield, 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 [4], the effect of pretreatment by acid washing and the catalytic effect on the pyrolysis product distribution and compositions were clarified.

참고문헌

1. Ross AB, Jones JM, Kubacki ML, Bridgman T, Classification of macroalgae as fuel and its thermochemical behavior. *Bioresource Technology* **99** (14), 6494-504, (2008).
2. Yanik J, Stahl R, Troeger N, Sinag A, Pyrolysis of algal biomass, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **103**, 134-141, (2013).
3. 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).
4. 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).

해조류로부터 급속열분해 경로를 통해 연료를 생산하는 전체 공정의 설계에 관한 소고

유준¹

¹부경대학교 화학공학과

Thoughts on Designing an Industrial-scale Biofuel Production Plant converting Seaweeds via Fast Pyrolysis

Jay Liu¹

¹Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

국내 에너지 환경이 지속 가능한 에너지 공급에 초점을 맞추면서 바이오 연료에 대한 요구가 다시 커지고 있다. 해조류 바이오매스에서 파생된 3세대 바이오 연료는 육상 바이오매스로부터 생산된 바이오 연료에 비해 여러 가지 장점을 가지고 있지만, 원료내 상당히 높은 미네랄 함량과 본질적으로 많은 수분으로 인해 연료 생산에 있어 문제점을 제기한다. 이 연구는 갈조류인 다시마의 급속 열분해 변환을 이용한 바이오 연료 생산에 대한 산업 규모의 몇 가지 공정 경로를 제시하고 각각을 비교한다. 산업 규모의 열분해 공정은 건조 다시마 38만톤을 처리할 수 있는 규모이며, 바이오 연료 생산을 위해 필요한 모든 단계는 (1) 전처리, (2) 열분해, (3) 열 및 발전, (4) 상분리, (5) 업그레이드 및 (6) 수소 발생을 포함한다. 다음의 세 가지 경우에 대해 기술경제성 비교가 수행되었다: (i) 산세척 전처리 후 고정층 반응기를 사용한 공정, (ii) 전처리가 없고 유동층 반응기를 사용한 공정, 그리고 (iii) 물 세척 전처리 후 고정층 반응기를 사용한 공정. 연료 업그레이드를 위한 수소생산의 경우, 자체적으로 수소를 생산하는 것 보다 외부에서 수소를 구매하는 것이 보다 경제적인 것으로 나타났다. 또한 연료 업그레이드에 사용된 수소를 pressure swing adsorption (PSA)을 사용하여 분리하는 것이 보다 경제적인 것으로 나타났다.

Bioactive Compounds in Seaweeds and its Possible Health Effects

P.S.Saravana¹, Byung-Soo Chun^{1*}, Hee-Chul Woo²

¹Department of Food Science and Technology, Pukyong National University,

²Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

*E-mail: bschun@pknu.ac.kr

Seaweed biomass is already used for a wide range of other products in food, including stabilising agents. Biorefineries with seaweed as feedstock are attracting worldwide interest and include low-volume, high value-added products and vice versa. Scientific research on bioactive compounds in seaweed usually takes place on just a few species and compounds. Seaweeds are known for their richness in polysaccharides, minerals and certain vitamins, but they also contain bioactive substances like polysaccharides, proteins, lipids and polyphenols, with antibacterial, antiviral and antifungal properties, as well as many others. This gives seaweed great potential as a supplement in functional food or for the extraction of compounds. Physiologically active substances in marine algae are classified into two types based on the difference in the mechanisms: (1) non-absorbed high-molecular materials like dietary fibres and (2) low-molecular materials, which are absorbed and which affect the maintenance of human homeostasis directly. Most of the polysaccharides stimulate human health, for example by the creation of a better intestinal environment or because of their antiviral, anti-tumour and hypocholesterolemic and hypolipidemic properties. As an example, fucans are in large concentrations in large brown seaweed species. These are easy to isolate and have numerous health benefits, which give them the potential to serve as a valuable bioactive ingredient in natural health foods. The choice of species to exploit the content of bioactive compounds relies on the aim and property of the polysaccharide. Proteins, peptides and amino acids from seaweed have shown positive bioactive effects in the treatment of diabetes, cancer, and AIDS and the prevention of vascular diseases. The amino acid profile of some seaweed species is similar to that of animal foods. Extracts of valuable amino acids for feed supplement could be of potential because essential amino acids cannot be replaced by other compounds.

References

1. Balboa, E.M., Conde, E., Moure, A., Falqué, E. and Domínguez, H., In vitro antioxidant properties of crude extracts and compounds from brown algae. *Food chem.*, **138**(2), 1764-1785 (2013).
2. González-López, N., Moure, A. and Domínguez, H., Hydrothermal fractionation of *Sargassum muticum* biomass. *J Appl Phycology.*, **24**(6), 1569-1578 (2012).
3. Herrero, M., Cifuentes, A. and Ibañez, E., Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: Plants, food-by-products, algae and microalgae: A review. *Food chem.*, **98**(1), 136-148 (2006).
4. Hong, D.D., Hien, H.M. and Son, P.N., Seaweeds from Vietnam used for functional food, medicine and biofertilizer. *J Appl Phycology.*, **19**(6), 817-826 (2007).
5. Lorbeer, A.J., Lahnstein, J., Bulone, V., Nguyen, T. and Zhang, W., Multiple-response optimization of the acidic treatment of the brown alga *Ecklonia radiata* for the sequential extraction of fucoidan and alginate. *Biores technol.*, **197**, 302-309 (2015).
6. Saravana, P.S., Cho, Y.-J., Park, Y.-B., Woo, H.-C. and Chun, B.-S., Structural, antioxidant, and emulsifying activities of fucoidan from *Saccharina japonica* using pressurized liquid extraction. *Carbo polym.*, **153**, 518-525 (2016).

포스터세션 I

9월 20일(수) 14:30~16:30

여수 경도리조트 대연회장 복도 및 Foyer

PA-01

HFC-134a Removal from Brackish Water by Semi-Batch Jet Loop Reactor

Devi Marietta Siregar¹, Yong Sun Won¹, Tae Yoon Lee², Jae Keun Lee², Jun Heok Lim¹

¹Department of Applied Chemical Engineering, Graduate School,
Pukyong National University,

²Department of Environmental Engineering, Pukyong National University

Mineral salt components (Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , etc.) are naturally excluded during the gas hydrate in which water molecules form cavities by hydrogen bonding and guest gas molecules are encapsulated into the cavities to stabilize the overall gas hydrate structure. Refrigerants, in particular, draw much attentions for guest gas recently because they provide economical operating conditions (e.g., about 10°C operating temperature at atmospheric pressure). However, when using refrigerants (e.g., HFC-134a) for guest gas, there is an issue that refrigerants are still left in resulting brackish water after the desalination process because of their generally high solubility in water (e.g., 2040 mg of HFC-134a per 1 L of water at 25°C). Although 99 mol% of HFC-134a is possibly recovered by degassing during the thermal dissociation of gas hydrates, it still needs an additional method of removing refrigerants from resulting brackish water completely because the final goal of the desalination is to provide potable water. Meanwhile, jet loop reactors (JLRs) are employed very often in many commercial applications because of their high mass transfer capabilities.

In this study, a semi-batch type JLR is introduced to improve the degassing of HFC-134a from brackish water with a salt concentration of 3.5 ppt. The effect of various parameters such as initial HFC-134a concentration (772–200 mg/L), liquid circulation (40–80 L/min) rate and air flow rate (10–30 L/min) are studied. The removal efficiency and overall volumetric transfer coefficient have been calculated and based on those it was determined that increasing air flow rate have a high effect on $K_L a$.

Keywords: HFC-134a, jet loop reactor, gas hydrate formation, brackish water

PA-02

아스펜 플러스를 이용한 거대 해조류 열수액화 공정의 모사

Haider Niaz¹, Boris Brigljevic¹, 유준¹

¹부경대학교 화학공학과

Simulation of Hydrothermal Liquefaction (HTL) of Macroalgae Using Aspen Plus®

Haider Niaz¹, Boris Brigljevic¹, Jay Liu¹

¹Department of Chemical Engineering, Puyong National University

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

PA-03

Extraction and Characterization of Lecithin from Salmon Frame Bone by Supercritical CO₂ and Ethanol as Co-Solvent

Monjurul Haq¹, Byung-Soo Chun^{1,*}

¹Department of Food Science and Technology, Pukyong National University

*E-mail: bschun@pknu.ac.kr

Marine lecithin is important for high phospholipid content, rich in omega-3 fatty acids, and good emulsifying property which make it specialized for using in the feed, pharmaceutical, and cosmetic industries. This research work is attempted to evaluate the extracted lecithin from the Atlantic salmon frame bone using conventional organic solvent extraction and supercritical CO₂ + ethanol as co-solvent. Atlantic salmon frame bone was prepared by freeze drying for 72 h and then crushed using mechanical blender. De-oiled salmon frame bone residue was obtained by supercritical carbon dioxide (SC-CO₂) extraction at 45° C and 30 MPa for 3 h. Lecithin was isolated from SC-CO₂ extracted de-oiled residue by ethanol extraction and supercritical CO₂ + ethanol as co-solvent at 45° C and different extraction pressure (200 MPa to 300 MPa) to evaluate the effect of SC-CO₂ density on lecithin extraction. Extracted lecithin will be analyzed for a wide range of physico-chemical properties such as yield, phospholipid content, fatty acid composition, acid value, and peroxide value. Lecithin extracted from the salmon frame bone will be analyzed by thin layer chromatography and phospholipids analysis of the extracted lecithin will be done by High Performances Liquid Chromatography (HPLC) equipped with ELSD detector. This research work may be helpful in extraction of lecithin from marine resources for researchers and food/ pharmaceutical industries.

Microwave Absorption Based on Multilayered Graphene-Polymer Composite Film for Electromagnetic Interference Shielding

Van-Tam Nguyen^{1,2}, Yoonsik Yi², Bok Ki Min², Choon-Gi Choi^{1,2*}

¹Graphene Research Lab., Emerging Devices Research Group,

Electronics and Telecommunication Research Institute, Daejeon, Korea

²Advanced Device Technology, University of Science and Technology, Daejeon, Korea.

*E-mail: cgchoi@etri.re.kr

Unwanted Electromagnetic wave and electromagnetic interference (EMI) which are emitted by electrical and electronic equipment, have increased with the rapid development of information technology. They not only lead to malfunctioning and degradation of other electronics but also threaten human health and the surrounding environment. EMI shielding has been the effective method to protect human and environment from the electromagnetic disturbance as well as a key technology in both civil and military fields. Here we introduce a graphene composite because of a high electrical conductivity 2.62×10^2 S/m and thin skin depth of graphene, leading to the degradation of the electromagnetic field caused by absorption loss within the shielding material. In addition, graphene is a robust, lightweight and flexible material which can be a promising candidate as an EMI shield in comparison to traditional metal shields.

In this study, we present the theoretical design and demonstrate a flexible EMI shielding based on multilayer graphene-polymer structure. Due to a high shielding effect which is dominated by absorption, this multilayer graphene-polymer has great potential for flexible and stretchable EMI shielding devices.

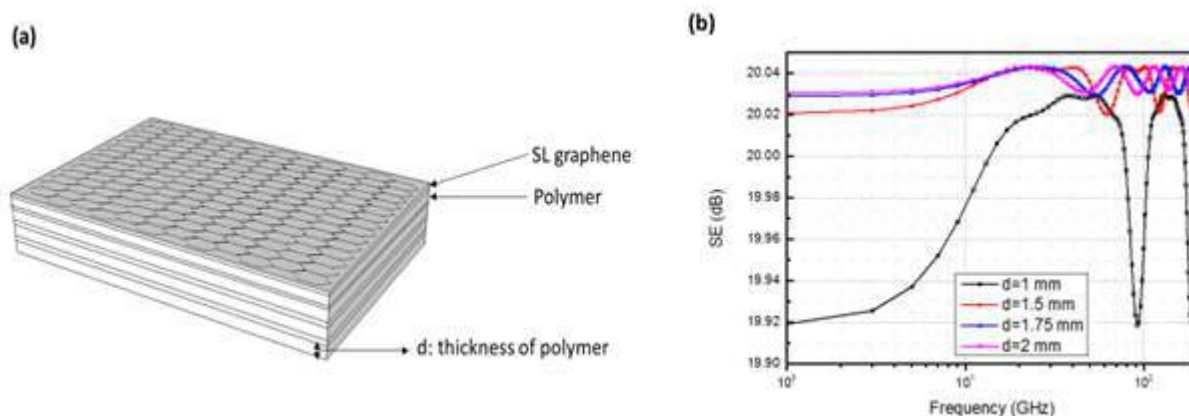


Figure 1. (a) Structural configuration of multilayer graphene-polymer composite, (b) Simulation of electromagnetic shielding effect.

Homogeneous Oxidation of 5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde (HMF) to 2,5 Furandicarboxylic Acid (FDCA)

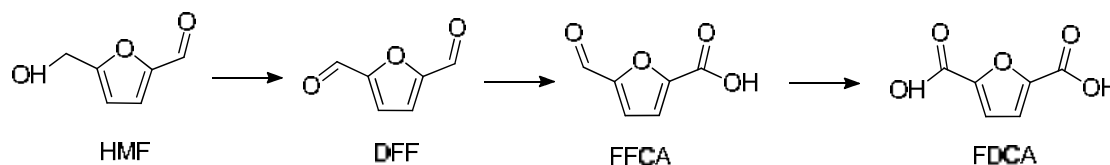
Nhan T.T. Huynh^{1,2}, Kyoung Won Lee¹, Jinku Cho^{1,2}

¹Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)

²Korea University of Science and Technology (UST)

2,5 Furandicarboxylic acid (FDCA) is considered one of the top 12 building block compounds derived from biomass that can lead to a sustainable development of a new chemical platform. FDCA has a potential as the replacement for terephthalic, isophthalic, and adipic acid, which are widely used components in the polymer industry.

In this research, we focused on the homogeneous oxidation of 5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde (HMF) using N-Hydroxyphthalimide (NHPI) and metal co-catalyst. The desired product, FDCA, is achieved through 3 steps of oxidation as shown in the scheme below. Several metal co-catalysts and solvents were screened and optimized for the reaction. Latest results show that partial oxidation was achieved and the major product was 5-formyl-2-furan carboxylic acid (FFCA). HMF conversion was 100% and the selectivity of DFF, FFCA, and FDCA are 18.7%, 48.4%, and 22.3% respectively. New experimental conditions are being tested to further push the oxidation in order to achieve higher selectivity of FDCA.



Keywords: 2,5 Furandicarboxylic acid (FDCA), 5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde (HMF), oxidation

PA-06

Preparation of Furandicarboxylates: Marine Biomass-Derived Bioplasticizers

TanPhat Nguyen^{1,2}, Seok-Kyu Park², Hong-shik Lee², Jin Ku Cho^{1,2*}

¹University of Science and Technology (UST)¹

²Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)²

*E-mail: jkcho@kitech.re.kr

Galactaric acid which is a sugar acid derived from marine carbohydrate biomass, was used as starting material for a one-pot reaction in alcoholic medium to produce furandicarboxylic acids (FDCA) ester. A series of products were successfully synthesized, isolated and structurally characterized by spectra. Those products could act as bioplasticizers in polymer matrices with the core being 2,5-FDCA or 2,3-FDCA. This research provides information about the effect of alcohol solvents on the formation of products. Also for the first time, the plasticizing effects of 2,3-furandicarboxylate on poly(vinyl chloride) matrix is unveiled through some methods, namely Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy (SEM), differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA), tensile test on universal testing machine (UTM) and migration analyses.

Keywords: Marine biomass, Carbohydrate, Bio-based, Furanic, Plasticizer, Galactaric acid, DOP, FDCA, 2,3-Furandicarboxylic acid ester, 2,5-Furandicarboxylic acid ester

PA-07

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

Ajit Dattatray Phule¹, 최주홍^{1*}, 김진형², 김인수²

¹경상대학교 화학공학과/ERI

²경성산업(주)

Improvement of $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ Supported Catalytic Filter for Simultaneous Reduction of NO_x and Particulates

Ajit Dattatray Phule¹, Joo Hong Choi^{1*}, Jin Hyoung Kim², In Soo Kim²

¹Department of Chemical Engineering/ERI, Gyeongsang National University

²Kyungsung Industry Co., LTD

NO_x is blamed for the formation of ozone in troposphere, the production of acid rains, and respiratory problems to mankind. Also the fine dust emission which negatively affects the human body has intended to increase every year in a Korea. One of the most efficient technologies for the reduction of NO_x emission as well as particulates is the selective catalytic reduction (SCR) with NH_3 over catalyst based on $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ (VWT).

These catalysts are utilized in the rigid forms supported on the surface of ceramic filter elements in the industrial fields. However, plugging of their gas flow path is one of the serious operational problems which leads to the limited-application of SCR catalyst working at the dust free stream only.² In order to overcome the problems pointed above, highly effective catalyst supported in the pores of the ceramic sheet filter elements is one of the solutions to prevent the plugging problem and to provide a low pressure drop of the system as well as keeping an important advantage owing to the simultaneous treatment of particulates and NO_x .

In our study we are using the simple solution (which has been prepared by using ball milling process to receive the particular size distributed catalyst particles) coating technique to fabricate the VWT-supported catalytic filters for NO_x reduction with NH_3 . We observed the effect of coating solution concentration to improve the NO_x reduction performance of the prepared VWT-supported catalytic sheet filter. Particle size distribution of catalyst has been analyzed by using ball milled coating solution. As the reaction time is the important factor for completion of the NO_x reduction reaction which performs at the surface of the catalytic filter, we studied the effect of face velocity on the NO_x conversion performance. Microstructure of the coated and virgin SiC sheet filter has been characterized by optical microscope to make sure that the pores of the sheet filter has been completely filled with VWT catalyst.

사사

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

PA-08

해조류를 원료로 사용하는 에탄올 공장의 최적 설계

Rofice Dickson¹, 류준형², 유준¹

¹부경대학교 화학공학과, ²동국대학교 원자력 에너지시스템공학과

Optimal Design of an Industrial-Scale Ethanol Plant Using Macro Algae as Feedstock

Rofice Dickson¹, Jun-Hyung Ryu², Jay Liu¹

¹Department of Chemical Engineering, Puyong National University,

²Department of Nuclear and Energy System, Dongguk University

High energy demands have culminated in increased fossil fuel use. Extensive fuel consumption has caused numerous environmental issues. Therefore, alternative green fuels which could potentially yield lower CO₂ emissions and techniques which could efficiently remove CO₂ are needed of the hour.

This work addresses the problem of optimizing *Saccharina japonica*-based bioethanol plant through the use of mathematical programming. The aim is to maximize profit of plant. In this work, first of all a superstructure of alternative designs containing various unit equipments and utility streams was proposed. The objective of this study is to optimize the structure and decision variables in the superstructure by minimizing the energy requirement of an entire plant. For obtaining this target, mixed integer non-linear programming problem is formulated involving the mass and energy balances for all process units in the system and solved in GAMS (general algebraic modelling system).

It is believed that once aforementioned objectives are successfully met, it will provide sufficient data for commercial utilization of bio-ethanol as a fuel. Potentially, this research will benefit society by providing cleaner fuel with less hazardous emissions.

A Green Deep Eutectic Solvent-Based Ultrasound-Assisted Method to Extract Polysaccharide from Brown Seaweeds

P. S. Saravana¹, Byung-Soo Chun^{1*}, Hee-Chul Woo²

¹Department of Food Science and Technology, Pukyong National University,

²Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

*E-mail: bschun@pknu.ac.kr

Brown seaweed consists of about 2000 species, making it the second most abundant group of marine algae. In addition to its long-standing uses in alginate and fertilizer production, in seaweed meal for animal and human consumption, focus on the utilization of seaweed has been growing in the recent years due to the bioactive compounds it contains, which can be potentially used as pharmaceuticals and nutraceuticals. Fucoidan is a sulphated fucan; the exact structural characteristics have not yet been elucidated, and only little regularity in the structure is known at the present time. Fucoidan (FU) is composed of fucose, uronic acids, galactose, xylose and sulphated fucose. Fucoidan has been shown to have diverse biological activities including anticoagulant, antithrombotic, antiinflammatory, antitumoral, contraceptive, antiviral and antioxidant. Alginate is composed of mannuronic (M) and guluronic (G) acid with $\alpha(1,4)$ -linkages and the structure varies according to the monomer position on the chain, forming either homopolymeric (MM or GG) or heteropolymeric (MG or GM) segments. Alginate (AG) is gelling in presence of divalent ions like calcium and consequently it is widely used as a food ingredient. Fucoidan is typically extracted by using large volumes of aqueous or acidic solutions at temperatures from room temperature to 100 °C for several hours. Recently, the extraction methods employing 'green technology' have been preferred these technologies allow for the extraction of natural ingredients without the need of toxic or chemical solvents in various industry. In this regard, ultrasound extraction (USE) is an excellent choice for the production of extract with functional activity from brown seaweed. Deep eutectic solvents (DESs) were recently discovered, which can be used as an alternative solvents to conventional solvents, the application of the DESs is increasing exponentially in various applications. Further the properties of DESs such as non-toxicity, cheaper cost, ease of syntheses, etc., make them lucrative for number of applications e.g., as reaction media, reactants, and catalysts. In the process of PLE, DESs will be employed as a solvent at elevated temperature under pressure modifies the dielectric constant and changes its polarity, thus selectively extracting different classes of compounds. Therefore, the USE combine with DESs as a green technology can be used for the extraction of FU and AG from brown seaweed. The objectives of this study were to optimize the process of FU and AG extraction from brown seaweed by USE technology. The influence of temperature, pressure and DES ratio on FU and AG yield will be studied. The molecular weight, chemical composition, and anti-oxidant activity of recovered FU and AG will be investigated.

삼각형상의 판상형 Ag 나노구조체의 친환경 단일공정 합성 및 센싱 소재로의 응용

Yosia Nico Wijaya¹, Jinwoo Kim¹, Mun Ho Kim^{1*}

¹부경대학교 고분자공학과

Green Synthesis and Sensing Application of Triangular Silver Nanoplates

Yosia Nico Wijaya¹, Jinwoo Kim¹, Mun Ho Kim^{1*}

¹Department of Polymer Engineering, Pukyong National University

While there has been remarkable success in generating silver (Ag) nanoplates, and they have considerable potential applications, their degradation behavior in certain environments remains poorly understood. Controlling the shapes of Ag nanoplates at the initial stage of their formation became a focus in the most of previous study. In the present work, triangular Ag nanoplates with a high yield was successfully produced by one-step and eco-friendly water-based synthesis regulated by the presences ligands which act synergistically to promote kinetically controlled reaction. This new method was based on a one-pot green synthetic method, yielded Ag nanoplates in bulk quantities, without requiring the preparation of seed particles in advance, no need for special equipment also used non-toxic reducing agent and solvent media.

We also investigated the chemical stability of triangular Ag nanoplates. When the Ag nanoplates were aged with poly(styrene-4-sulfonate) (PSS) at room temperature, they were irreversibly degraded the corresponding localized surface plasmon resonances (LSPR) of the Ag nanoplates changed as well. The shape evolution of Ag nanoplates was found to depend on the external temperature when the Ag nanoplates were aged with potassium persulfate (KPS), and the Ag nanoplate solutions showed different final colors when different external temperatures were applied. We believe these results exhibit important implications for the behavior of triangular Ag nanoplates in a wide variety of plasmonic applications to develop a novel class of sensors or indicators.

References

1. Rycenga, M., Cobley, C. M., Zeng, J., Li, W., Moran, C. H., Zhang, Q., Qin, D., and Xia, Y., "Controlling the Synthesis and Assembly of Silver Nanostructures for Plasmonic Applications" *Chem. Rev.*, **111**, 3669-3712 (2011).
2. Xiong, Y., Siekkinen, A. R., Wang, J., Yin, Y., Kim, M. J., and Xia, Y., "Synthesis of silver nanoplates at high yields by slowing down the polyol reduction of silver nitrate with polyacrylamide" *J. Mater. Chem.*, **17**, 2600-2602 (2007).
3. Wijaya, Y. N., Kim, J., Choi, W. M., Park, S. H., and Kim, M. H., "Systematic study of triangular silver nanoplates: One-pot green synthesis, chemical stability, and sensing application", *Nanoscale*, in press (DOI: 10.1039/C7NR03077K)

친환경 환원제 및 용매를 사용한 종횡비가 큰 판상형 Ag 나노구조체의 단일공정 합성

김진우¹, Yosia Nico Wijaya¹, 김문호^{1,*}
¹부경대학교 고분자공학과

Single-Step Synthesis of Ag Nanoplates with High Aspect Ratios Based on Non-Toxic Reducing Agent and Solvent Media

Jinwoo KIM¹, Yosia Nico Wijaya¹, Mun Ho KIM^{1,*}
¹Department of Polymer Engineering, Pukyong National University

Agnanoplates with high aspect ratios have been attracting attention for applications such as electrical sensors and stretchable devices because they can reduce the percolation threshold and show good conductivity. In this presentation, we report the one-step synthetic method of the Ag nanoplates with high aspect ratio through a coordination. Ag nanoplates were synthesized in the presence of acetonitrile, which is an eco-friendly solvent and plays a crucial role in the rate control, co-solvents and ligands to form complexes with Ag⁺ ions. Coordination complexes between Ag⁺ ions and acetonitrile could decrease the rate of the reduction of Ag⁺ ions. Consequently in nucleation step, the number of seeds was decreased. Decreasing the number of seeds in this way, while keeping the concentration of the Ag precursor constant, led the formation of larger Ag nanoplates. Ag nanoplates with high aspect ratio specifically were formed with lateral dimensions exceeding 1 μm and thickness of 30 nm by new synthetic method. When these Ag nanoplates were deposited on PDMS for printed electronics, they showed electrical percolation in a short sintering time and high electrical conductivity.

References

1. Lee, Y. I., Kim, S., Jung, S. B., Myung, N. V., and Choa, Y. H., "Enhanced electrical and mechanical properties of silver nanoplatelet-based conductive features direct printed on a flexible substrate", ACS Appl. Mater. Interfaces, **5**, 5908 (2013).
2. Park, Y. M., Lee B. G., Weon, J. I., Kim, M. H., One-step synthesis of silver nanoplates with high aspect ratios: using coordination of silver ions to enhance lateral growth, RSC Advances, **6**, 95768 (2016).
3. Wijaya, Y. N., Kim, J., Choi, W. M., Park, S. H., Kim, M. H., Systematic Study of Triangular Silver Nanoplates: One-Pot Green Synthesis, Chemical Stability, and Sensing Application - Nanoscale, in press (DOI: 10.1039/C7NR03077K), (2017).

혼합용매를 이용한 구형의 TiO₂ 입자 제어 및 광촉매 반응을 통한 페놀 분해

문중태¹, 주지봉^{1,*}
¹ 건국대학교 화학공학과

Control of a Spherical TiO₂ Particle Using the Mixed Solvent and Phenol Decomposition by Photocatalytic Reaction

Jong Tae Moon¹, Ji Bong Joo^{1,*}
¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University

지난 수십 년간 광촉매를 이용한 화학반응에 많은 연구들이 수행되어 왔으며, 다양한 종류의 광촉매들이 개발되었다. 많은 광촉매 소재 중, 낮은 독성과, 높은 경제성, 뛰어난 안정성과 촉매적 활성으로, TiO₂ 광촉매에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다. 현재에도 TiO₂와 관련된 수많은 연구가 수행되고 있으며 [1,2], TiO₂ 광화학반응을 이용하는 다양한 제품 및 공정이 제안되고 있다. 본 연구에서는 에탄올과 아세톤나이트라일 혼합용매를 이용하여 구형 콜로이드 TiO₂ 입자 합성을 제어하고, 광화학적 반응을 통한 페놀의 분해능을 조사하였다. 구형 콜로이드 TiO₂ 입자는 혼합 용매(Mixed Solvent)합성법으로 합성하고, 각각에 다른 온도에서 열처리하였다. 이렇게 제조한 TiO₂ 입자의 특성들을 조사하고, 다양한 온도에서 소성한 TiO₂ 입자를 이용하여 광화학적 페놀 분해 반응 실험을 진행하였다. 촉매 합성과정에서 변수로는 혼합용매의 비율을 다르게 하였으며, 합성에 필요한 계면활성제의 비율을 조절 하였고, TiO₂의 전구체인 TBOT (Titanium butoxide) 양을 조절 하였다. 에탄올(EtOH)의 비율이 높을수록 구형 콜로이드 TiO₂ 입자가 잘 형성되고, 아세톤나이트라일(ACN)의 비율이 높을수록 구형 콜로이드 TiO₂ 입자가 형성되지 않았다. 계면활성제의 비율이 높아질수록 입자가 작아졌으며 [3], TBOT의 비율이 높아질수록 입자가 커짐을 확인 하였다. 입자에 열처리를 하였을 때는 입자가 구형을 유지하고 있었으며, 온도에 따라 TiO₂의 결정성이 증대 되는 결과를 얻을 수 가 있었다. Phenol 분해실험에서 고온에서 열처리한 구형 콜로이드 TiO₂ 입자에서 높은 분해능을 보임을 알 수 있었다.

감사 : 본 연구는 2017년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 이공분야 기초연구사업 (NRF -2017R1D1 A1B03031041) 지원을 받아 수행된 연구입니다. 본 연구는 2017년도 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구실지원사업 (NRF-2017R1A4A1014806) 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

1. Goebel, J., Joo, J. B., Dahl, M. and Yin, Y., "Synthesis of tailored Au@TiO₂ core-shell nanoparticles for photocatalytic reforming of ethanol," CATAL. TODAY, **225**, 90-95 (2013).
2. Joo, J. B., Zhang Q., Dahl, M., Lee, I., Goebel, J., Zaera, F. and Yin, Y., "Control of the Nanoscale Crystallinity in Mesoporous TiO₂ Shells for Enhanced Photocatalytic Activity," ENERG. ENVIRON. SCI., **5**, 6321-6327 (2012).
3. Joo, J. B., Vu, A., Zhang, Q., Dahl M., Gu, M., Zaera, F. and Yin Y., "A Sulfated ZrO₂ Hollow Nanostructure as an Acid Catalyst in the Dehydration of Fructose to 5-Hydroxymethylfurfural," CHEMSUSCHEM, **6**(10), 2001-2008 (2013).

중형기공성 중공 실리카 입자 합성, 특성제어 및 화학물질 전달 응용

박건희¹, 이승기², 최인희², 주지봉^{1,*}

¹건국대학교 화학공학과

²서울시립대학교 생명과학과

Synthesis, Property Control and Chemical Delivery Application of Hollow Mesoporous Silica

Keon Hee Park¹, Seungki Lee², Inhee Choi², Ji Bong Joo^{1,*}

¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University

²Department of Life Science, University of Seoul

중형 기공성 나노소재는 단위질량 당 넓은 표면적, 큰 기공크기 및 기공부피 등의 많은 장점들로, 촉매, 흡착, 전기화학, 바이오 등 여러 분야에서 많은 관심을 받고 있는 소재이다 [1, 2]. 중형기공성 나노소재의 대표적인 예인 중형기공성 실리카 입자(Mesoporous Silica Particle)는 솔-젤 방법으로 온화한 조건에서 간단한 합성방법으로 제조할 수 있으며, 조절 가능한 기공 특성 및 뛰어난 생체 적합성 등의 장점으로 바이오 및 화학물질 전달 분야에서 각광 받고 있는 다공성 소재이다 [3]. 본 연구에서는 기공특성이 뛰어나며, 많은 양의 화학물질을 전달 할 수 있는 중형기공성 중공 실리카 입자를 합성하고, 물리화학적 특성들을 제어하였다. 이렇게 제조된 중형기공성 중공 실리카 입자의 표면을 개질하여 표적화학물질을 보관하고 전달할 수 있는 화학물질 전달화물(Chemical Delivery Cargo)로 사용하였다. 중형기공성 중공 실리카 입자는 주형방법을 이용한 솔-젤 합성법을 사용하였다. 주형으로 콜로이드 TiO₂입자를 이용하였으며, 솔-젤 방법으로 기공성 실리카 입자 층을 코팅 후 TiO₂@SiO₂코어-셸 입자를 제조하였다. TiO₂코어를 선택적으로 식각하여 중형기공성 중공 실리카 입자를 제조하였다. 중형기공성 중공 실리카 입자를 제조하는 과정 중, 주형 TiO₂크기 및 잘 제어된 실리카 식각 방법을 이용하여 입자 크기와 기공크기를 제어 하였다. 본 발표에서는 중형기공성 중공 실리카 입자의 합성 및 특성 제어, 표적염료 화학물질을 선택적 배출 할 수 있는 화학물질 전달화물로의 응용을 소개하고자 한다.

감사 : 본 연구는 2017년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 이공분야 기초연구사업 (NRF-2017R1D1A1B03031041) 지원을 받아 수행된 연구입니다. 본 연구는 교육부의 PRIME 사업에서 일부 지원 받았습니다.

참고문헌

1. Park J. C., Joo J. B. and Yi J., "Adsorption of acid dyes using polyelectrolytes impregnated mesoporous silica," Korean. J. Chem. Eng., **22**(2), 276-280 (2005).
2. Joo J. B., Park J. C. and Yi J., "Preparation of polyelectrolyte-functionalized mesoporous silicas for the selective adsorption of anionic dye in an aqueous solution," J. Hazard. Mater., **168**, 102-107 (2009).
3. Jeong U., Joo J. B. and Kim Y., "Au nanoparticle-embedded SiO₂-Au@SiO₂ catalysts with improved catalytic activity, enhanced stability to metal sintering and excellent recyclability," RSC. Adv., **5**(69), 55608-55618 (2015).

1단계 반응을 통한 폴리스티렌 중공마이크로입자 합성

박성환¹, 김진우¹, 김문호^{1,*}

¹부경대학교 고분자공학과

One-Step Synthesis of Hollow Dimpled Polystyrene Microparticles

Sung Hwan PARK¹, Jinwoo KIM¹, Mun Ho KIM^{1,*}

¹Department of Polymer Engineering, Pukyong National University

We have developed a new and facile method that can synthesize hollow dimpled polystyrene microparticles by using a dispersion polymerization method. This new method has several advantages over previously reported procedures. First, this template-free method directly employed the dispersion polymerization of vinyl monomers, giving rise to a one-step synthesis of well-defined hollow polymer microparticles. The dispersion polymerization of styrene monomers was conducted at 70 °C using ammonium persulfate (APS) as a radical initiator, and polyvinylpyrrolidone (PVP) as a steric stabilizer. This method was carried out in a single-phase medium, without requiring an additional template removal step. The synthetic results were reproducible, yielding hollow and dimpled PS microparticles in bulk quantities without the need for special equipment. By varying the concentration of APS and polymerization time, we were able to control the average size of the PS particles and their degree of concavity. Finally, the microparticles were highly uniform in size and showed excellent stability in that they remained dispersed and retained their shape over an extended period of time.

폐콘크리트를 이용한 광물탄산화 Pilot Plant 운전조건 최적화

박유리¹, 유달산¹, 이철호¹, 김진만¹, 이상민¹, 장원석², 전종기^{1*}
¹공주대학교, ²한국지역난방공사

Optimization of Pilot Plant Operation Condition for Mineral Carbonation using Waste Concret

Youri Park¹, Dalsan Yoo¹, Choul-Ho Lee¹, Jinman Kim¹, Sangmin Lee¹, Wonseck Chang²,
 Jong-Ki Jeon^{1*}
¹Kongju National University, ²Korea District Heating Cooperation

1. 서론

이산화탄소 배출문제는 고질적인 지구온난화의 주범으로 범세계적으로 배출량을 줄이려고 노력하고 있다. 이에 따라 CO₂를 포집하여 저장하는 Carbon Capture & Storage(CCS)의 연구가 활발히 진행 중이다. 본 연구는 이산화탄소 저감 방법으로 CCS 기술 중 하나인 광물 탄산화 기술을 이용하였고, 우수한 열 및 물질 전달 특성과 기체, 액체, 고체 등 다 상 간의 접촉 효과가 뛰어난 bubble column을 사용하였다. 실험에 사용된 시료인 폐콘크리트는 Ca 이온을 포함하고 있어 광물 탄산화에 적합하다. 또한, 건설폐기물을 재활용함으로써 친환경적인 결과를 가져온다. Scale-up과 연속 공정화를 위한 engineering data 확보를 목적으로 pilot plant 규모에서의 광물 탄산화 조건 설정에 관한 연구를 진행하였다. 다양한 조건의 운전 변수가 CO₂ 흡수율에 미치는 영향을 분석하여 pilot plant 규모에서의 최적 운전조건을 선정하였다. 최종적으로 최적 운전조건에서 실제 공정에서 나오는 배가스를 이용해 실험하여 검증하였다.

2. 실험방법

반응기는 내경 23 cm, 깊이 160 cm, 부피 66 L의 아크릴제 bubble column reactor를 사용했다. 반응기에 폐콘크리트와 물을 혼합한 슬러리를 펌프를 통해 연속적으로 공급하면서 반응기 아래 sparger를 이용해 반응기 내부로 CO₂ 5 % 농도의 혼합가스를 rotameter로 유량을 조절하여 연속적으로 공급하였다. 폐콘크리트 slurry의 농도, 폐콘크리트 입자 크기 및 혼합가스의 선속도를 변화시키면서 반응을 마치고 배출되는 CO₂의 농도를 분석하여 CO₂ 고정화 효율을 계산하였다.

3. 실험결과

폐콘크리트 입자의 크기를 변수로 둔 실험은 입자크기가 작을수록 표면적이 넓어 흡수율이 증가하였다. 폐콘크리트 슬러리 농도에 따른 폐콘크리트 단위질량당 흡수한 이산화탄소의 양은 별 차이가 없었다. 이산화탄소 5%농도의 혼합가스의 주입을 천천히 할수록 더 많은 칼슘이온이 반응에 참여해 흡수효율이 좋다. 반응기 내 슬러리의 체류시간이 증가함에 따라서 흡수효율이 증가하는 모습을 볼 수 있다. 운전자료를 종합하여 최적화된 조건은 폐콘크리트 입자크기 150 μ m 이하, 슬러리 농도 5 wt%, 폐콘크리트 슬러리의 유속을 2.2 L/min (반응기내 체류시간 30 min), 5% CO₂ 농도의 혼합가스의 유속은 25 L/min (선속도 1 cm/s)이다. 최적조건으로 24시 이상 실험을 진행하여 70%의 흡수효율을 검증하였고, 실제 공장 배가스로 실험을 하여 83%의 흡수효율을 확인하였다.

커피 폐기물 급속 열분해로부터 제조된 바이오-오일 업그레이드 연구

박정우¹, 리황부¹, 김승수^{1,*}
¹강원대학교 삼척캠퍼스 화학공학과

Bio-Oil Upgrading from the Fast Pyrolysis of Coffee Waste

Jung-Woo Park¹, Ly Honag Vu¹, Seung-Soo Kim^{1,*}
¹Department of Chemical Engineering, Kangwon National University (Samcheok Campus)
 *E-mail: sskim2008@kangwon.ac.kr

수출입 무역통계에 따르면 2016년 기준으로 국내에 15만 톤의 원두를 수입하였으며, 이중 99.8%는 폐기물로 처리된다. 커피 폐기물 (Coffee waste)을 대상으로 급속 열분해 (Fast pyrolysis)를 통하여 얻은 바이오-오일 (Bio-oil)의 업그레이드 연구를 수행하였다. 고압 반응기 (Autoclave)에서 H₂ 압력과 반응온도 250~300 °C에서 바이오-오일 업그레이드 연구를 수행하였다. 반응온도 250 °C에서, H₂의 압력이 3~9 bar였을 때 바이오-오일의 수율은 94.05~97.13%였으며, 3 bar에서 가장 높은 97.13%의 수율을 얻었다. 동일한 조건에서 가스 및 촉의 수율은 각각 1.55~3.07%와 0~4.40%였다. 생성된 가스의 주생성물은 CO, CO₂였으며 반응압력이 증가함에 따라 각각의 선택성은 1.82~3.24 mol%와 97.58~95.99 mol%였다. 압력에 따라 생성된 오일의 탄소수 분포 (Carbon number distribution)을 확인하기 위해 TGA를 이용하여 모사증류 (Simulated distillation)을 수행한 결과 반응압력이 3~9 bar로 증가할수록 가솔린 분율(C₅~C₁₁)은 28.68~15.73 wt%로 감소하였고, 중유 분율(C₁₉~C₂₆)은 20.50~31.07 wt%로 증가하였다. 반응물의 온도에 따른 생성물 변화 특성을 파악하기 위해 온도를 각각 250~300 °C 조건에서 실험을 수행한 결과 탄소 수가 300 °C에서 가솔린(C₅~C₁₁)이 35.46 wt%로 가장 높은 결과를 얻었다.

참고문헌

1. <https://unipass.customs.go.kr:38030/ets/index.do>, “품목별 수출입실적”, (accessed 2017. 07. 27).
2. Jin, P. B., Hang, S. C., Yeon, S. C., Hoon, C. P. Seock, J. K “Fast pyrolysis of coffee grounds: Characteristics of product yields and biocrude oil quality”, Energy, **47**, 17-24 (2012).
3. Ly, H. V., Kim, S.-S., Kim, j., Choi, J. H., Woo H. C., “Fast pyrolysis of macroalga Saccharina japonica in a bubbling fluidized-bed reactor for bio-oil production” Energy, **93**, 1436 (2015).
4. Archana, K., Sanat, K., “Pyrolytic degradation of polyethylene in autoclave under high pressure to obtain fuel”, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, **124**, 298-302 (2017).

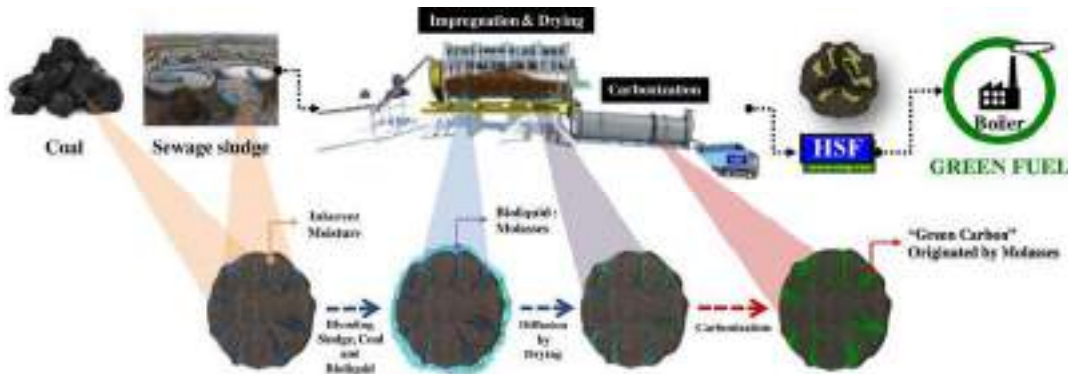
탄화된 글리세롤 기반 하이브리드석탄의 연료/연소 특성 평가 석탄연소시스템에 적용 가능한 Bio-Liquid가 함유된 석탄 및 하수슬러지 신규 합성 연료 특성에 연구

박주형^{1,2}, 송규섭¹, 이영주¹, 박세준¹, 남궁환¹, 최종원¹, 이동욱¹, 김정근¹, 송광호², 최영찬^{1,*}
¹한국에너지기술연구원, ²고려대학교

Evaluation of Fuel/Combustion Characteristics of Carbonized Glycerol-Based Hybrid Coal

J-H Park^{1,2}, G-S Song¹, Y-J Lee¹, S-J Park¹, H NamKung¹, J-W Choi¹, D-W Lee¹, J-K Kim¹,
K-H Song², Y-C Choi^{1,*}
¹Korea Institute of Energy Research, ²Korea University

바이오매스 자원 및 하수 슬러지의 적용은 현재 석탄 연소 시스템 분야에서 가장 중요한 문제이다. 보일러 시스템을 운영하기 위한 가장 큰 단점은 다양한 연소 특성과 낮은 발열량이다. 이 연구에서, 우리는 새로운 합성 연료, 즉 석탄과 하수 슬러지를 함유 한 bio-liquid (당밀)를 사용하는 하이브리드 슬러지 연료 (hybrid sludge fuel, HSF)를 개발하고 기존 연료와 비교하여 그 성질을 평가했다. HSF를 준비하기 위해 250 ° C의 탄화 시스템에서 처리했다. Van Krevelen band에 따라, HSF의 연료 품질은 bio-liquid 및 하수 슬러지의 연료 품질보다 우수하다. 또한 연료 특성은 아 역청탄 및 역청탄과 유사했다. 열 중량 분석은 비 등온 가열 동안 HSF에 대한 단일 연소 패턴을 나타냈다. UBC (unburned carbon) 함량을 명확히 하기 위해 원소분석을 수행하였다. HSF의 UBC 양은 하수 슬러지보다 훨씬 많았지만 석탄보다 적었다. HSF의 표면 소수성을 조사하기 위해 FT-IR 분석과 수분 재 흡착 시험을 수행하였다. HSF는 높은 소수성을 가지며 종래의 연료에 비해 낮은 수분 재 흡수율을 나타내었다.



Adsorption of High-Concentration Elemental Mercury on Sulfur-Functionalized Microporous Carbons

Joung Ho Park¹, Thi Phung Thao Nguyen¹, Moon Hyeon Kim^{1*}, Yong-Seok Hong¹
¹201 Deagudae-ro, Jillyang, Gyeongsan 38453, Korea

A variety of surface functionalities, typically carboxylic, lactones, phenol, carbonyl, and quinones, exist in microporous activated carbons. A relative distribution of these functional groups on the carbon surface can vary with thermal decomposition at different thermal excursions. It is well-known that elemental mercury easily reacts with sulfur functionalized to form HgS due to a strong affinity between the both components. Therefore, we have investigated sulfur-functionalization of activated carbons by using different techniques and those performances in the adsorption of elemental mercury with high concentrations at a chosen high temperature.

A commercially-available activated carbon with an appropriate amount was treated at 100, 500, 800 and 1100°C for 6 h in flowing N₂, designated to AC1, AC5, AC8 and AC11, respectively. These AC samples were subjected to two different surface sulfur functionalizations. One was that each AC series is mechanically well mixed with elemental sulfur (S/AC = 3) following the functionalization at 600°C for 3 h under a N₂ flow of 100 cm³/min, referred to as ACn-MS, where n presents the thermal decomposition temperature. Another was an sulfur sublimation technique whose protocols consisted of the loading of each desired amount of elemental sulfur and activated carbon into an independent reactor, a N₂ gas flow through the sulfur-containing reactor and an introduction of the sulfur-bearing gas stream into the reactor with the carbon at 600°C for 3 h. These sulfur-functionalized samples was denoted to ACn-SS to distinguish it from the ACn-MS series.

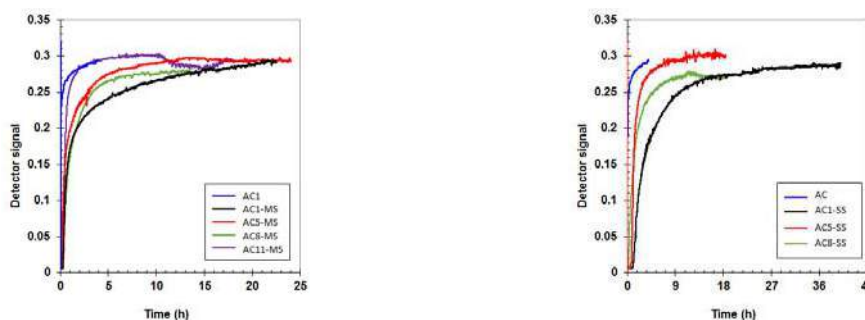


Fig. 1. Breakthrough behavior in the adsorption of elemental mercury at 135°C on:
 (a) ACn-MS, (b) ACn-SS.

A sample of AC1 had a relatively low mercury adsorption at 135°C; however, this after sulfur functionalization using the mechanical mixing and sublimation showed a great increase in the adsorption capacity (Fig. 1). The latter technique always showed a higher mercury adsorption for all the ACn series, proposing that the molecular size of sulfur gas plays a key role in effectively functionalizing the carbon surface. In situ and ex situ DRIFTS spectra of ACn samples indicated that they have different functional groups, suggesting that all of ACn-MS and ACN-SS will possess sulfur functionalities with different binding affinity to the elemental mercury adsorption.

매체순환식 가스연소를 위한 Ni 계열 산소전달입자의 반응특성 및 반응모델

박지혜¹, 황라현¹, 백점인², 류호정³, 이광복^{4,*}

¹충남대학교 에너지과학기술대학원, ²한국전력연구원, ³한국에너지기술연구원, ⁴충남대학교
화학공학교육과

Reaction Characteristics and Kinetics of Ni-Based Oxygen Carriers for Chemical Looping Combustion

Ji Hye Park¹, Ra Hyun Hwang¹, Jeom-In Baek², Ho-Jung Ryu³, Kwang Bok Yi^{4,*}

¹Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University,

²Korea Electric Power Corporation Research Institute (KEPCO RI),

³Korea Institute of Energy Research (KIER),

⁴Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University

이산화탄소 포집 기술(CCS, Carbon Capture and Storage) 기술 중 하나인 매체순환식 가스연소(CLC, Chemical Looping Combustion) 기술은 별도의 분리설비 없이 고농도의 이산화탄소를 원천적으로 분리할 수 있다. 연료 반응기와 공기 반응기의 두 개의 반응기로 이루어져 있으며, 두 반응기 사이를 매체(산소전달입자)가 반복적으로 순환한다. 산소전달입자는 연료 반응기에서 연료가스(CH₄, CO, H₂)에 의해 환원되고 공기 반응기에서 산소에 의해 산화된다. 연료 반응기에서 생성되는 기체는 이산화탄소와 수증기로 수증기를 응축하면 고농도의 이산화탄소를 간단하게 얻을 수 있다. 이 때 산소전달입자의 반응특성 및 반응속도를 해석하는 것은 반응기 설계, 입자의 장입량 및 조업조건 설정을 위해 매우 중요하다. 본 연구에서는 Ni의 종류 및 MgO의 함량이 다른 세 종류의 산소전달 입자의 반응특성을 해석하기 위하여 열 중량분석기(TGA)를 사용하여 반응가스 농도 및 온도 변화에 따른 무게 변화를 측정하고, 산화 및 환원 반응의 특성을 해석하였다. 또한 반응특성에 적절한 반응모델(JMA, Johnson-Mehl-Avrami)을 적용하고 각각의 파라미터를 구하여 값을 비교 및 분석하였다.

헤미셀룰로오스 유래 퓨란계 화합물의 수송용 연료로의 활용을 위한 수소첨가탈산소 반응

서장우^{1,2}, 최재욱², 하정명^{2,*}

¹과학기술연합대학원대학교, ²한국과학기술연구원

환경문제 해결과 화석연료 고갈에 대비하기 위해 전세계적으로 대체 에너지 연구가 많이 이루어지고 있다. 그 중에서 바이오매스는 지속가능한 탄소원이라는 점에서 다른 에너지와 차별화된다. 바이오매스 중 목질계 바이오매스는 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌으로 구성되어있는데, 이중 헤미셀룰로오스의 수소첨가분해, 탈수화를 통해 퓨란계 화합물을 얻을 수 있다. 이 화합물에서 산촉매를 이용한 중합반응을 통하면 연료로 사용하기 적합한 크기의 중합체를 만들 수 있다. 이러한 중합체를 연료로 사용하기 위해서는 수소첨가탈산소 반응을 통해 안정성과 발열량을 증가시키고 점도와 산소함량을 낮추어야한다. 본 연구에서는 2-메틸퓨란과 피푸랄의 중합체를 연속식 2단반응을 통해 최대한의 수율을 얻으면서 고품질의 연료를 얻기위한 실험을 수행하였다. 1단반응에서는 수소화와 개환반응을, 2단반응에서는 수소첨가탈산소반응을 적절하게 일으키기 위한 촉매를 선정하기 위한 연구가 수행되었다.

PA-21

IrO₂ 박막이 코팅된 TiO₂ 광촉매 및 페로브스카이트 태양전지를 사용한 광전기화학소자의 물분해 특성에 관한 연구

송다희¹, 정지원¹, 오세용^{1,*}
¹서강대학교 화공생명공학과

Studies on the Water Splitting of Photoelectrochemical Cell Using TiO₂ Photocatalyst Coated with IrO₂ Thin Film and Perovskite Solar Cell

Da-Hee Song¹, Ji-Won Jeong¹, Se-Young Oh^{1,*}
¹Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Sogang University

IrO₂는 물 분해 반응에서 H₂를 생성시키는 가장 우수한 촉매 중 하나이다.¹ 본 연구에서는 페로브스카이트 태양전지를 사용하여 외부 인가 전압이 필요없는 친환경 물 분해 시스템을 구현하고 중성 전해질 용액 하에서 IrO₂ 박막이 코팅된 TiO₂ 광촉매의 광전기화학적 특성과 계면저항을 조사하였다. 얇게 코팅된 IrO₂ 박막은 TiO₂ 광촉매가 물을 분해할 때 발생하는 과전압을 감소시키는 것으로 분석되었다. 이러한 결과로 태양광을 이용한 친환경 물 분해 시스템의 전환효율을 중성 전해질 용액 하에서 8.2 %까지 달성하였다.

참고문헌

1. Ryu, W. H., Lee, Y. W., Nam, Y. S., Youn, D. Y., Park, C. B., & Kim, I. D., "Crystalline IrO₂-decorated TiO₂ nanofiber scaffolds for robust and sustainable solar water oxidation," *Journal of Materials Chemistry A*, **2**(16), 5610-5615 (2014).

C-Doping한 구형의 콜로이드 TiO₂ 입자 합성 및 광화학적 페놀 분해이경우¹, 문종태¹, 주지봉^{1,*}¹건국대학교 화학공학과Synthesis of C-Doped Spherical Colloid TiO₂ Particles and Photochemical Phenol DecompositionKyeong Woo Lee¹, Jong Tae Moon¹, Ji-Bong Joo^{1,*}¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University

가시광 영역에서 높은 활성을 가지는 광촉매의 개발은 광에너지 전환 영역에서 중요한 연구 주제로 지난 수십 년간 많은 연구가 수행되어 왔다. 그럼에도 불구하고, 아직까지 만족할 만한 가시광 감응 광촉매의 생산이 이루어지지 않고 있다. 가장 대표적인 광촉매인 TiO₂ 소재는 낮은 독성과, 높은 경제성, 뛰어난 안정성과 촉매적 활성 등의 장점들이 있음에도 불구하고, 큰 밴드갭 에너지(3.0~3.2 eV)로 인해 광전자의 여기가 자외선 영역으로 제한되는 단점을 가지고 있다 [1,2]. 본 연구에서는 콜로이드 TiO₂ 입자를 제조하는 과정에서 손쉬운 방법으로 가시광 영역에서 활성을 가지는 탄소도핑된 TiO₂ 입자를 합성하였다. 구형의 콜로이드 TiO₂ 입자 합성에 사용되는 계면활성제 HPC (Hydroxypropyl cellulose)를 탄소 전구체로 사용하고 [3], 열처리 환경을 달리하여 탄소가 도핑된 TiO₂ 입자를 합성하였다 [3]. 이렇게 제조된 탄소도핑 TiO₂ 입자를 이용하여, 광화학적 Phenol의 분해능을 조사하였다. 선행 연구에서 수행한 혼합용매 합성법을 이용하여 제조된 구형의 콜로이드 TiO₂ 입자를 알곤 조건에서 다양한 온도에서 열처리하고 특성분석을 진행한 후 광화학적 페놀 분해 반응 실험을 진행하였다. 열처리 후 탄소도핑 TiO₂ 입자는 구형입자 형태를 유지하고 있으며, 깨지거나 변형 없이 안정하게 유지하고 있었다. 탄소 도핑 TiO₂ 입자 공기조건에서 열처리한 샘플보다 낮은 온도에서 루타일(Rutile)결정성을 갖는 것을 확인 하였다. 고온에서 열처리한 탄소 도핑 TiO₂ 입자가 높은 페놀 분해 활성을 가지고 있다는 것을 확인하였다.

감사: 본 연구는 2017년도 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구실지원사업 (NRF-2017R1A4A1014806) 지원을 받아 수행된 연구입니다. 본 연구는 교육부의 PRIME 사업에서 일부 지원 받았습니니다.

참고문헌

1. Joo, J. B., Liu, H., Lee, Y.-J., Dahl, M., Yu, H., Zaera, F. and Yin, Y., "Tailored Synthesis of C@TiO₂ Yolk-Shell Nanostructures for Highly Efficient Photocatalysis," CATAL. TODAY, **264**, 261-269 (2016).
2. Joo, J. B., Zhang, Q., Lee I., Dahl, M., Zaera, F. and Yin, Y., "Mesoporous Anatase Titania Hollow Nanostructures through Silica-Protected Calcination," ADV. FUNCT. MATER., **22**, 166-174 (2012).
3. Joo, J. B., Vu, A., Zhang, Q., Dahl M., Gu, M., Zaera, F. and Yin Y., "A Sulfated ZrO₂ Hollow Nanostructure as an Acid Catalyst in the Dehydration of Fructose to 5-Hydroxymethylfurfural," CHEMSUSCHEM, **6**(10), 2001-2008 (2013).

그래핀 첨가에 따른 SCR 탈질촉매 활성 및 표면분산의 향상

이민우^{1,2}, 이희수¹, 김홍대^{1,*}
¹한국생산기술연구원, ²부산대학교

Enhanced NOx Removal and Dispersion on the Surface of SCR Catalyst by Adding Graphene

Minwoo Lee^{1,2}, Heesoo Lee², Hong-Dae Kim^{1,*}

¹Green materials & processes group, Korea Institute of Industrial Technology, Ulsan, Korea

²Department of Materials Science and Engineering, Pusan National University, Busan, Korea

The selective catalytic reduction of NO with NH₃ by using V₂O₅-WO₃/TiO₂ catalyst is widely used for NOx removal. However, the catalytic activity materials, vanadium and tungsten are heavy metals, and they are not only harmful to the environment, they are also rare metals that continue to rise in price, should be decreased the using the materials. Therefore, to reduce the use of the materials, we synthesized the catalyst supported on RGO with less amount of the materials and similar efficiency of NOx removal. Due to the high specific surface area of RGO, the materials are evenly dispersed on the surface of RGO.

The synthesized catalysts were characterized by FTIR, TPD, XRF and the catalytic activity was measured in a fixed-bed reactor with analyzed NOx reactant by CLD at the operation temperature of 250 - 450 °C. The catalytic activities of the catalysts supported RGO were about 10 % higher than standard catalyst with same amount of the materials in. In addition, the dispersion of the materials on the RGO surface of the catalysts was shown by TEM, and the materials were dispersed well. From these results, we confirmed the improved catalytic activity is related to the dispersion of the materials on surface of RGO, and the high deNOx efficiency were resulted by evenly dispersed materials.

환경유해물질 제거 및 식별을 위한 플라즈모닉 스폰지

이윤정¹, 진창민¹, 이승기¹, 최인희^{1,*}

¹서울시립대학교 생명과학과 나노바이오인터페이스 실험실

Plasmonic Sponges for Removal and Identification of Environmental Pollutants

Yunjeong Lee¹, Chang Min Jin¹, Seungki Lee¹ and Inhee Choi^{1,*}

¹Nanobiointerface Laboratory Department of Life Science, University of Seoul

Removal and identification of environmental pollutants are very important tasks. To get rid of the pollutants, development of efficient materials which can absorb and detect such compounds has been consistently required. Herein, we demonstrate a simple and inexpensive method to eco-friendly fabricate sponge-like nanoplasmonic materials (plasmonic sponges) composed of polydimethylsiloxane (PDMS) matrix and metal nanoparticles. Stacked sucrose crystal template was used for constructing a porous structure and dissolved after filling and curing the mixture of liquid PDMS and metal precursor solution. Structural and optical properties of the fabricated structures were optimized by controlling the concentration of reagents, the size of the sucrose crystals, and the thickness of the sucrose template. To demonstrate the performances of the plasmonic sponge as an adsorbent and an optical signal amplifier, the fabricated sponges were further applied to absorb and detect volatile organic compounds (VOCs) and chloromethylisothiazolinone/methylisothiazolinone (CMIT/MIT, main compositions of humidifier disinfectant) via surface-enhanced Raman scattering (SERS) signals. We believe that our results would contribute to the environmental problems and health care by further practical applications in the fields.

References

1. Choi, S-J. et al. "A polydimethylsiloxane (PDMS) sponge for the selective absorption of oil from water," *ACS Applied Materials & Interfaces*, **3**(12), 4552-4556(2011).
2. Stewart, M. E. et al. "Nanostructured plasmonic sensors," *Chemical Reviews*, **108**(2) 494-521 (2008).
3. Choi, I. et al. "Spontaneous Self-Formation of 3D plasmonic optical structures," *ACS Nano*, **10**(8), 7639-7645(2016).

Phase Equilibria for the Vinyl Methacrylate and Vinyl Propionate in Supercritical CO₂ at Five Temperatures and Pressures Up to 16 MPa

Jae-Kyung Lee¹, Jae-Hwi Bong¹, Bong-Seop Lee², Hun-Soo Byun¹

¹Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University

²Department of Fire and Disaster Prevention Engineering, Kyungnam University

The (CO₂ + vinyl methacrylate) and (CO₂ + vinyl propionate) systems at 313.2, 333.2, 353.2, 373.2 and 393.2 K as well as pressures up to 16 MPa have been investigated using variable-volume high pressure view cell by static-type. The solubility curve of vinyl methacrylate and vinyl propionate in the (CO₂ + vinyl methacrylate) and (CO₂ + vinyl propionate) systems increases as the temperature increases at a constant pressure. The (CO₂ + vinyl methacrylate) and (CO₂ + vinyl propionate) systems exhibit type-I phase behavior. The experimental results for the (CO₂ + vinyl methacrylate) and (CO₂ + vinyl propionate) systems correlate with the Peng-Robinson equation of state using a van der Waals one-fluid mixing rule including two adjustable parameters. The critical properties of vinyl methacrylate and vinyl propionate were predicted with the Joback - Lydersen group contribution and Lee-Kesler method. RMSD for the (CO₂ + vinyl methacrylate) [$k_{ij}=0.032$, $c_{ij}=-0.015$] and (CO₂ + vinyl propionate) [$k_{ij}=0.0$, $c_{ij}=0.0$] systems using two parameters determined at 353.2 K were 4.32% and 3.45%, respectively.

References

1. M. A. McHugh, V. J. Krukonis, Supercritical Fluid Extraction, 2nd ed., Butterworth-Heinemann, Stoneham, 1994.
2. Y. S. Jang, Y. S. Choi, H. S. Byun, Korean J. Chemical Engineering, **32**, 958-966(2015).
3. C. R. Kim, H. S. Byun, Fluid Phase Equilibria, **381**, 51-59(2014).

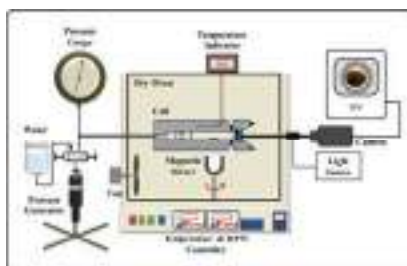


Fig. 1. Schematic diagram of high-pressure phase behavior apparatus.

흡열연료의 흡열분해 반응에서 제올라이트 촉매의 비활성화 메커니즘

이태호¹, 김성현¹

¹ 고려대학교 화공생명공학과

Deactivation Mechanism of Zeolite Catalyst in Endothermic Decomposition Reaction of Fuel

Tae Ho Lee¹, Sung Hyun Kim¹

¹Department of Chemical & Biological Engineering, Korea University

극초음속 비행체에서는 공기와의 마찰열과 엔진열의 증가로 기체 내부의 열적 부하가 발생한다. 이는 비행체 내부 구조물의 변형을 일으키고 오작동을 발생시킬 수 있다. 흡열연료는 액체 탄화수소 연료로써 흡열반응을 통해 열을 흡수할 수 있는 연료이다. 본 연구에서는 흡열연료 촉매에서의 비활성화 메커니즘을 분석하기 위해 methylcyclohexane과 n-dodecane을 모델 연료로 선정하여 반응 후 생성물과 탄소침적물을 분석하여 흡열연료 제올라이트 촉매의 비활성화 유형과 형태를 규정하였다. 본 연구의 목적은 흡열연료 제올라이트 촉매의 비활성화 유형과 형태를 연구하여 추후 촉매의 개선 방향을 제시하는 것이다.

참고문헌

1. Sobel, D.R. and Spadaccini, L.J., "Hydrocarbon Fuel Cooling Technologies for Advanced Propulsion," *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, **119**(2), 344-351(1997)
2. Hyeon, D.H., Kim, J., Chun, B.H., Kim, S.H., Jeong, B.H. and Han, J.S., "Improvement of Heat of Reaction of Jet Fuel Using Pore Structure Controlled Zeolite Catalyst," *Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers*, **18**(5), 95-100 (2014)
3. Pierre C. Mihindou-Koumba, Henrique S. Cerqueira, Patrick Magnoux, and Michel Guisnet, "Methylcyclohexane Transformation over HFAU, HBEA, and HMFI Zeolites: II. Deactivation and Coke Formation," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **40**(4), 1042-1051(2001)
4. Hans Schulz, and Ming Wei, "Deactivation and thermal regeneration of zeolite HZSM-5 for methanol conversion at low temperature (260-290°C)," *Microporous and Mesoporous Materials*, **29**, 205-218 (1999)

가시광선 감응 광촉매 합성을 위한 루틸 상 중공 구형 이산화 티타늄 제조

이현경¹, 주지봉^{1,*}
¹건국대학교 화학공학과

Synthesis of Hollow Rutile TiO₂ Nano Shell Structure for Visible Light Photocatalysis

Hyeon Kyeong Lee¹, Ji Bong Joo^{1,*}
¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University

대표적인 반도체 광촉매 소재인 이산화티타늄(TiO₂)은 높은 경제성, 낮은 독성, 높은 안정성 등의 장점을 갖는 유용한 물질이다[1]. TiO₂ 자연계에서 주로 두 개의 상 중 하나로 존재하는데, 아나타제와 루타일이 그것이다. 아나타제 TiO₂는 높은 산화 전위와 광여기 전자의 높은 전자 수명등의 장점으로 루타일 TiO₂보다 광촉매 분야에서 많은 연구가 진행되었다[2-3]. 하지만 아나타제의 큰 밴드갭 에너지(3.2 eV)는 가시광 영역의 빛을 활용하는데 저해 요소가 되고 있다. 본 연구의 목적은, 사용가능한 빛의 파장이 자외선 영역에 국한되는 아나타제 상 TiO₂ 광촉매의 한계를 극복하고자, 가시광선 영역에서의 활성화 가능한 루틸 상 TiO₂를 제조하는 것이다. 이 합성을 위해 도입된 실험 방법으로는 졸-겔 방법을 사용하였으며, 루틸 상 결정화에 촉진제인 구리 이온을 치환하는 방법을 이용하였다. 또한 중공 구형 나노 입자 형태로 제조함으로써 촉매의 높은 분산도 및 반응성, 다양한 기능화 가능성 등의 장점을 가진다. 본 연구에서 제조한 구형의 TiO₂ 입자는 입자의 코어 부분이 비어 있는 균일한 크기의 중공 입자 형태와 루틸 상을 가짐이 확인하였다. 광촉매의 활성을 조사하기 위해 가시광선 영역에서의 페놀 분해 실험을 진행하였으며, 본 연구에서 제조한 루타일 중공 TiO₂ 입자가 아나타제 상 중공 TiO₂입자보다 2배 이상 높은 페놀 분해 활성을 확인할 수 있었다.

감사: 본 연구는 2017년도 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구실지원사업(NRF-2017R1A4A1014806) 지원을 받아 수행된 연구입니다. 본 연구는 교육부의 PRIME 사업에서 일부 지원 받았습니다.

참고문헌

1. Joo, J. B., Zhang, Q., Dahl, M., Lee, I., Goebel, J., Zaera, F., and Yin, Y., "Control of the Nanoscale Crystallinity in Mesoporous TiO₂ Shells for Enhanced Photocatalytic Activity", *Energ. Environ. Sci.*, **5**, 6321 - 6327 (2012).
2. Joo, J. B., Zhang, Q., Dahl, M., Zaera, F., and Yin, Y., "Synthesis, Crystallinity Control, and Photocatalysis of Nanostructured TiO₂ Shells", *J. Mater. Res.*, **28**, 362 - 368 (2013).
3. Joo, J. B., Lee, I., Dahl, M., Moon, G., Zaera, F., and Yin, Y., "Controllable Synthesis of Mesoporous TiO₂ Hollow Shells: Toward an Efficient Photocatalyst", *Adv. Funct. Mater.*, **23**, 4246 - 4254 (2013).

물리적으로 혼합된 제올라이트 간의 수열처리를 통한 Cu 이온 이동

이황호¹, 윤승희¹, 송인학¹, 황성하¹, 김도희^{1*}

¹서울대학교 화학생명공학부

Cu Ion Movement Between Physically Mixed Zeolite by Hydrothermal Aging

Hwangho Lee¹, Seunghee Youn¹, Inhak Song¹, Sungha Hwang¹, Do Heui Kim^{1*}

¹School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University

Diesel engine has more fuel efficiency and power density than conventional gasoline engine. However, NO_x emission from diesel combustion engine causes serious environmental problems. For reducing NO_x emission, there have been a lot of catalysis technology and among them, SCR(Selective Catalytic Reduction) is regarded as the most efficient NO_x removing technology. Cu ion exchanged zeolite catalysts (Cu-SSZ-13, Cu-ZSM-5 etc..) is one of the most common SCR catalyst because of its high NO_x conversion and stability. It is known that isolated Cu ion is active site of SCR reaction. There are some researches about characteristic of Cu ion and one of those is that it is quite mobile binding with H₂O in zeolite structure¹⁾. For proving Cu ion mobility, in this research, we compared two samples, one was highly physically mixed Cu-ZSM-5 + H-SSZ-13 (PM H), the other was loosely physically mixed Cu-ZSM-5 + H-SSZ-13 (PM L). PM H sample was mixed by mortar grinding so it has high particle to particle interaction. On the other hand, PM L sample was mixed after each particles(Cu-ZSM-5 and H-SSZ-13) was sieved separately, so it has lose interaction between particles. Each samples was hydrothermally aged at 800°C for 16 hours. By hydrothermal aging, Cu ion could move within zeolite structure. Cu ion could move from Cu-ZSM-5 to H-SSZ-13 in PM H sample because each particles was attached. However, in PM L sample, Cu ion could not move to H-SSZ-13 because each particles was separated. Our aging condition was so harsh that Cu ion in ZSM-5 could not maintain its SCR activity but Cu ion in SSZ-13 could do. So PM H sample where Cu ion moved to H-SSZ-13 showed higher NO_x conversion than PM L where Cu ion was placed only in ZSM-5. So it means that Cu ion could move between zeolite particle with H₂O and this research directly showed mobility of Cu ion by physically mixed zeolites.

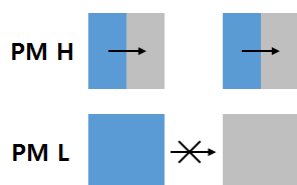


Fig 1. Scheme for PM H and PM L

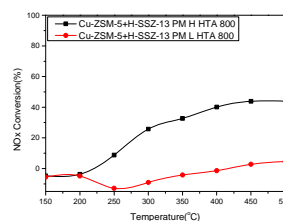


Fig 2. NO_x conversion curve in SCR reaction

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

수증기메탄개질용 다공성 나노구조체 기반 고효율 수소제조용 기능성 촉매 개발

임은미^{1,3}, 정혜영¹, 구윤장^{1,3}, 김태용¹, 문건대², 박대원³, 임동하^{1,*}

¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²한국생산기술연구원 첨단표면공정그룹, ³부산대학교 화학공학과

Development of Functional Catalyst Based on Porous Nanostructures for High Efficient Hydrogen Production in Steam Methane Reforming

Eunmi Im^{1,3}, Haeyoung Jeong¹, Yunjang Gu^{1,3}, Taeyoung Kim¹, Geonda Moon², Dae-Won Park³, Dong-Ha Lim^{1,*}

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

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

³Department of Chemical Engineering, Busan National University, Busan, Korea

2016년 기후변화 대응을 위한 파리협정 발효에 따라 주요 선진국 및 개도국 등에서 온실가스 감축을 위한 목표를 수립하고, 이를 이행하기 위한 방안을 국가 정책으로 설정하고 지속가능한 발전을 위해 노력하고 있다. 이러한 신기후체제에 대응하기 위한 대안으로 수소에너지는 환경 및 에너지 문제를 대체할 미래 청정에너지로 각광받고 있다. 수소제조 방법 중 잘 알려진 수증기 메탄 개질(Steam methane reforming)은 메탄을 이용하여 수소를 효율적으로 생산하는 방법으로 알려져 있으나, 주로 고가의 귀금속 촉매인 팔라듐(Pd)계 촉매 등이 사용되고 있어 높은 수소제조 단가의 문제점을 가진다. 이러한 고가의 촉매를 대체하기 위한 저가의 니켈(Ni)촉매 경우, 팔라듐계 촉매와 유사한 활성을 나타내지만, 고온에서의 탄소침적(Carbon coking) 및 소결(Sintering)문제로 인해 급격하게 비활성화 된다. 또한 일반적으로 사용되는 수소개질용 지지체인 α -알루미나의 경우, 물리·화학적 안정성이 높지만, 상대적으로 저비표면적 및 약한 금속-지지체 결합 강도(Weak metal-support interaction)를 가지는 단점을 가진다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 고비표면적을 가지는 다공성 나노구조체를 이용하여 고효율 수소제조 성능을 가짐과 동시에 탄소침적 및 소결문제를 해결할 수 있는 경제적인 개질촉매를 개발하고자 하였다. 다공성 나노구조체는 고비표면적 및 이중기공을 가짐에 따라 효과적인 물질전달(Mass transfer) 능력과 촉매 활성점(Active site) 증대 효과를 제공하게 된다. 따라서, 다공성 나노구조체가 가지는 기공구조에 의해 물질전달 효과가 향상되어 반응가스가 원활하게 활성금속과 반응하고, 고비표면적을 통해 촉매 활성점이 증가를 통해 높은 촉매활성을 나타내었다. 또한 내구성 실험을 통해 탄소침적 및 소결문제도 특성화 분석을 통해 최소화됨을 확인하였다. 향후, 메탄개질에 대한 연구를 기반으로 LNG를 원료로 하는 수소제조 관련 연구를 진행할 예정이다.

keywords : 수소제조, 수증기메탄개질, 개질촉매, 다공성 나노구조체

Ti 금속을 이용하여 물과 질소를 원료로 한 전기화학적 암모니아 합성 기술 개발

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

Development of Electrochemical Ammonia Synthesis Technology by Ti Metal Complex Using Water and Nitrogen as Raw Materials Under Ambient Conditions

Eun-Young Jeong^{1,2}, Cheong-Yul Yoo¹, Jong-Nam Kim¹, Seong-Geun Oh², Hyung-Chul Yoon^{1,*}
¹Korea Institute of Energy Research, ²Hanyang University

최근 기후변화문제로 인해 전 세계적으로 Power to gas인 에너지 저장·전환 기술 관련 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 중 수소의 저장체인 암모니아(17.6 wt% H₂)의 활용은 많은 관심을 받고 있다. 암모니아는 수소와 비교하여 부피당 큰 에너지밀도(HHV NH₃:13.6GJ·m⁻³)를 가지며, 상온 8.5기압에서 액체 상태로 저장 및 이송이 용이하고, 세계적으로 연간 2 억 톤 이상의 암모니아가 소비되고 있어 인프라가 갖춰져 있다. 현재 암모니아는 천연가스/석탄으로부터 생산한 수소와 질소를 원료로 하버-보슈 공정을 통해 합성한다. 하버-보슈 공정은 고온(300-550 °C)·고압(150-250 bar)반응으로 많은 에너지(> 30 GJ/ton NH₃)가 사용되며, 다량의 이산화탄소(1.8 ton CO₂/ton NH₃)를 배출한다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 물과 질소를 원료로 상온·상압에서 전기화학적 암모니아를 합성연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 암모니아 합성법은 탄소 배출이 없고, 저에너지, 저비용으로 암모니아 합성이 가능한 장점이 있다. 본 연구에서는 Ti 금속을 이용하여 물과 질소로부터 전기화학적으로 암모니아를 합성하는 실험을 수행하였다. 전기화학적 암모니아 합성 셀을 이용하여 인가전압에 따른 암모니아 합성률 및 패러데이 효율을 비교 분석하였고, 질소 환원 메커니즘을 결정하기 위해 DFT 계산을 수행하여 최적화된 구조와 깃스자유에너지를 얻었다.

선박 배연 탈질용 금속 구조체 기반 SCR-NH₃ 촉매 제조 연구정해영¹, 구윤장^{1,2}, 임은미^{1,2}, 김태용¹, 정경철³, 황선엽³, 임동하^{1,*}¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²부산대학교 화학공학과, ³(주)파나시아 R&D본부A Study of Preparation of Metal Foam Based Catalyst for SCR-NH₃ of NO_x on Ship Exhaust GasHaeyoung Jeong¹, Yunjang Gu^{1,2}, Eunmi Im^{1,2}, Taeyong Kim¹, Kyung-Chyul Jeong³,
Seon-Yub Hwang³, Dong-Ha Lim^{1,*}¹Korea Institute of Industrial Technology, Energy Plant R&D Group, Busan, Korea²Department of Chemical Engineering, Pusan National University, Busan, Korea³R&D Department, PANASIA, Busan, Korea

해양 대기환경 규제를 본격적으로 강화하고자 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)는 배출규제지역(Emission Control Areas, ECAs) 이내에서 항해하는 모든 선박에 대해 배기가스 내 질소산화물(NOx) 배출량을 Tier II 대비 80% 이상 줄이도록하는 Tier III 규제를 2016년 1월부터 발효하였다. 질소산화물을 처리하는 여러 기술들이 존재하고 있으나, 강화된 Tier III 기준을 만족시키기 위해서는 선택적 촉매 환원법(Selective Catalyst Reduction, SCR)이 가장 상업적으로 적합하다고 알려져 있다[1]. 선박용 SCR 촉매 시스템은 주로 세라믹 허니컴 촉매 모듈을 선박 엔진 후단에 수백 여 개 장착하여 많은 공간을 차지하게 된다. 이러한 세라믹 허니컴 촉매 모듈은 일반적으로 SCR 촉매 powder, 바인더(Binder), 첨가제(Additive) 등을 혼합하여 고온, 고압 하에서 사출성형(Injection molding)을 통해 최종적으로 허니컴 형태로 제조되고 있다[2]. 이러한 세라믹 허니컴 촉매는 일반적으로 강도가 낮고, 선박 배출가스의 높은 배출속도(Outlet velocity)에 의해 쉽게 파괴되며, 이러한 문제점으로 인하여 세라믹 허니컴 촉매 성능을 저하시킬 수 있어 SCR 촉매의 강도 개선이 요구된다. 또한 절연체로 알려진 세라믹 재료의 낮은 열전도도로 인해 NOx를 제거할 수 있는 300 ~ 350 °C의 온도 유지 비용 및 처리과정이 복잡해지는 문제점을 가진다. 본 연구에서는 상기 진술한 세라믹 허니컴 기반 SCR 촉매에 대한 문제점인 내구성, 열전도성 등의 물리적 특성을 향상시키고자 금속 구조체를 이용하여 특수형태의 촉매를 적용하여 새로운 형태의 SCR용 촉매 모듈을 제작하였다[3]. 이렇게 제조된 금속 구조체 기반 SCR 촉매는 특수 설계·제작된 반응기에 장착하여 선박 배기가스와 유사한 조건하에서 NO_x 저감 성능평가를 수행하였다. 제조된 금속 구조체 기반 촉매에 대한 NO_x 제거율은 상용 세라믹 허니컴 촉매의 성능과 비교하였다. 또한 개발된 촉매의 성능을 실시간으로 모니터링하여 활성 온도영역 대에서의 안정화 시간을 확인하였으며, 금속 구조체 기반 SCR 촉매에 대한 내마모성 시험을 통해 세라믹 허니컴 촉매의 취약한 내구성을 개선하였다. 향후, 실제 선박에 적용을 위한 Prototype 금속 구조체 SCR 촉매 모듈에 대한 Scale-up 연구를 추가적으로 진행할 예정이다.

참고문헌

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

3차원 나노광학 구조체기반 라만 분광법을 이용한 수계 환경 물질의 고감도 검출

진창민¹, 권정아¹, 최인희^{1,*}

¹서울시립대학교 생명과학과, 서울특별시 동대문구 시립대로 163, 130-743

High-Sensitive Detection of Pollutants in Aqueous Environments Using 3D Nanophotonic Well-Based Raman Scattering

Chang Min Jin¹, Jung A Kwon¹, Inhee Choi^{1,*}

¹Department of Life Science, University of Seoul, 163 Siripdae-ro,
Dongdaemun-gu, Seoul 130-743

Detection of pollutants in water system such as river, lake and ocean thought to be very important issues in environment field. Recently, surface-enhanced Raman scattering (SERS) has been regarded as one of the most promising tool to directly analyze environmental pollutants. Due to advantages in terms of label-free, sensitivity and specificity [1,2], SERS is well suited to detect environmental pollutants. However, detecting solution sample in itself via conventional solid SERS substrates has been challenged because of molecular convection induced by laser illumination. Herein, we present a novel and powerful method for effective solution-state SERS by using spontaneously formed three-dimensional (3D) nanophotonic wells with liquid polydimethylsiloxane and metal precursor solution [3,4]. Owing to spherical feature of the fabricated wells and plasmonic effect of the integrated metal nanoparticles, SERS enhancement was maximized at a specific point in 3D space (*i.e.*, near the center of the bottom in the well). We also optimized the SERS effect via the precise control of the volumes and concentrations of the metal precursor solution. Moreover, we demonstrated additional SERS enhancement by injecting a mixture solution of gold nanoparticles and analytes into the optimized nanophotonic wells. By these optimized protocol, we successfully detected organic pollutants including cyanine compounds, micro-plastic, and disinfectants based on their intrinsic Raman spectra. We believe that our findings will contribute to develop a high-sensitive SERS detection protocol to directly detect aquatic pollutants.

References

1. Nie, Shuming, and Steven R. Emory., "Probing single molecules and single nanoparticles by surface-enhanced Raman scattering," *Science.*, **275**(5303), 1102-1106 (1997).
2. Kneipp, K., et al., "Single molecule detection using surface-enhanced Raman scattering (SERS)", *Physical Review Letters*, **78**(9), 1667 (1997).
3. Choi, Inhee, et al., "Spontaneous Self-Formation of 3D Plasmonic Optical Structures", *ACS Nano*, **10**(8), 7639-7645 (2016).
4. Choi, Inhee, et al., "Surface enhancement Raman analysis method using an optical structure including a hole with metal particles attached to its surface", Korean Patent Application No. 10-2017-0052928 (2017).

4층 구조 열차단제의 중간층 최적화 연구

박경희², 이원희¹, 최진규³, 양수철³, 김종민³, 장상목^{2,3*}

¹(주)그린컴텍, ²동아대학교 융합과학기술학과, ³동아대학교 신소재화학공학부

Optimization of the Middle Layers of the Four Layers Heat Blocker

Gyung Hee Park², Won hee Lee¹, Jin Gyu Choi³, Su-Chul Yang³, Jong-Min Kim³, Sang Mok Chang^{2,3*}

¹Green ChemTech, ²Department of Convergence Science and Technology, Dong-A University,

³Department of Chemical Engineering, Dong-A University

본 연구에서는 표피층, 매시층, 다공성막 층, 베이스 원단의 4층 구조의 열차폐제에서 매시층과 다공성막 층의 최적화에 대한 연구 결과이다. 인장강도 등 기계적 특성 향상 기능 및 빛 차폐 기능을 하는 표피층은 A社 원단을, 매쉬 망 위에 코팅된 금속 입자를 이용해 복사열 반사 기능을 하는 매시층은 폴리에스테르 제품을, 열전도 억제 기능 및 공극 내 열 대류를 통한 열 방출 기능을 하는 다공성 막층은 폴리우레탄 제품을, 그리고 인장강도 등 기계적 특성 향상 기능 및 금속박막을 이용해 복사 열 반사 기능을 하는 베이스 원단은 B社 원단을 사용하였다. 본 시제품의 사양은 열투과도는 20% 미만 (최대허용치 30% 미만)으로, 발열체와 주위온도를 측정하여 그 온도차를 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (최대허용 온도 $\pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$)로 규정하였다.

실험은 50 cm × 50 cm의 4층 구조 시편을 제작하여 스팟 열화상 온도계 FLIR Systems을 이용하여 측정하였다. 자체 제작한 샘플 시험 거치대에 시편을 고정하여 실내 온도 이퀄라이저로 주변 온도를 30°C로 조절하면서 발열체의 온도는 70°C, 90°C, 그리고 100°C) 바꾸어가면서 실험하였다. 30 sec. 간격으로 측정 FLIR thermal picturefh 부터 온도를 측정하여 분석하였다.

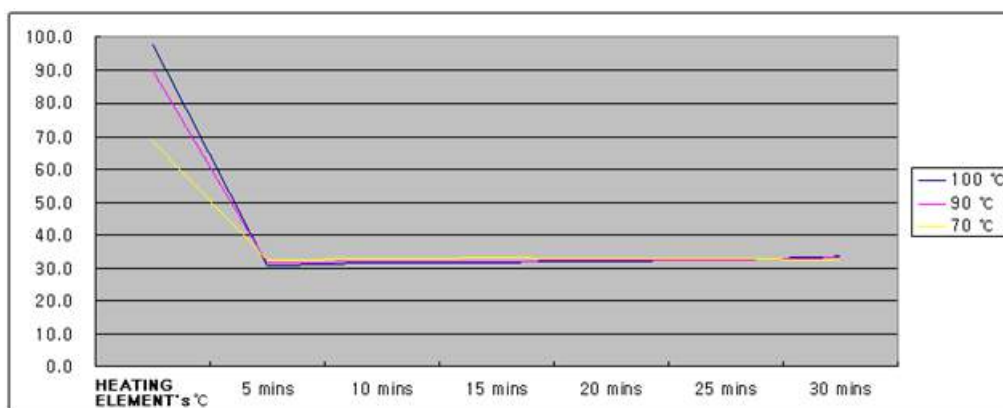


Fig. 1. Changes of the Surface Temperature of Heat Blocker

Mesoporous-CuO 촉매를 이용한 Ammonium dinitramide 기반 저독성 친환경 액상추진제 접촉분해 연구

허수정¹, 전보경², 김지만², 김우람³, 조영민³, 전종기^{1,*}
¹공주대학교 화학공학과, ²성균관대학교 화학과, ³경희대학교 환경공학과

Catalytic Decomposition of Ammonium Dinitramide-Based Low Toxic and Eco-friendly Liquid Propellant over Mesoporous-CuO Catalysts

Sujeong Heo¹, Bo Kyeong Jeon², Ji Man Kim², Wooram Kim³, Young Min Jo³, Jong-Ki Jeon^{1,*}
¹Kongju National University, ²Sungkyunkwan University, ³Kyung Hee University

Hydrazine은 가장 일반적으로 사용되는 추진제 물질이다. 하지만 최근 hydrazine의 독성으로 인해 대체 물질에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 현재 가장 유망한 녹색 화합물 중 하나가 ammonium dinitramide (ADN, $\text{NH}_4\text{N}(\text{NO}_2)_2$)이다. ADN은 강한 산화제로 작용하며, 할로젠 산 분해생성물을 만들지 않으므로 ADN 기반 액상추진제는 hydrazine을 대체할 물질로 적합하다. 하지만 ADN 기반 액상추진제는 수분 함량이 높아 점화가 어렵다는 문제점이 있다. 따라서 ADN 기반 액상추진제는 촉매를 이용하여 촉매분해를 해야 한다.

본 연구에서는 ADN 기반 액상추진제의 촉매분해를 위해 나노 복제법을 이용하여 meso-CuO 촉매를 제조하였고 공침법을 이용하여 bulk-CuO 촉매를 제조하였다. ADN 기반 액상 추진제의 분해 반응 실험은 자체 제작한 batch 반응기를 이용하였고 ADN 기반 액상 추진제의 분해개시온도와 압력 변화를 확인하였다. 기공 크기를 다르게 하여 제조한 두 촉매의 물리화학적 특성 분석을 위해 BET, XRD, TEM을 이용하였다.

참고문헌

1. Eloiridi, R., Rossignol, S., Kappenstein, C., and Duprez, D., *AIAA Journal*, **19**(2), 213-219 (2003).
2. Amrousse, R., Fujisato, K., Habu, H., Bachar, A., Folet-Houttemane, C., and Hori, K., *Catal. Sci. Technol.*, **3**(10), 2614-2619 (2013).
3. Courthéoux, L., Amariei, D., Rossignol, S., and Kappenstein, C., *Appl. Catal. B: Environ.*, **62**, 217-225 (2006).

Co₃O₄ 촉매의 N₂O 분해반응 특성

황라현¹, 박지혜¹, 전상구², 이광복^{3,*}

¹충남대학교 에너지과학기술대학원,

²한국에너지기술연구원, ³충남대학교 화학공학교육과

N₂O Decomposition Characteristics of Co₃O₄ catalysts

Ra Hyun Hwang¹, Ji Hye Park¹, Sang Goo Jeon², Kwang Bok Yi^{3,*}

¹Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University,

²Korea Institute of Energy Research,

³Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University

대표적인 온실가스 중 하나인 N₂O는 지구온난화에 미치는 영향이 CO₂가 미치는 영향의 약 10% 정도지만 지구온난화지수가 CO₂에 비해 310배가 높으며 대기 중에서 매우 안정하여 120년 동안 잔류하며 오존층을 파괴하는 물질로 알려져 있다. 최근에 N₂O의 배출량이 다른 온실가스에 비해 급격히 늘어나면서 N₂O 저감에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 이유로 N₂O 저감은 필수적이며 많은 연구가 필요하다. N₂O 저감 기술에는 열분해법, 촉매분해법 및 선택적 촉매 환원법 등이 있다. 그 중 촉매분해법은 가장 단순한 공정으로 촉매층을 통과시키며 열을 가하여 N₂와 O₂로 분해하는 공정이며, 환원제가 사용되지 않아 운전이 편리하다는 장점이 있다. 촉매분해 공정에 사용되는 촉매는 이온교환 제올라이트, 복합금속산화물, 단일금속산화물, 페롭스카이트 산화물, 금속촉매 등이 있다. 금속산화물에 속하는 Co₃O₄ 촉매는 열적 안정성과 낮은 온도영역에서 좋은 활성 때문에 최근 많이 연구가 되고 있다. Co₃O₄ 촉매에 조촉매를 첨가하여 활성을 높이거나, 알칼리금속을 도핑하여 활성을 높이는 연구가 보고되어 있다. 본 연구에서는 조촉매의 첨가와 K도핑에 대한 N₂O 분해반응 특성을 비교하여 분석하였다. 조촉매로는 Ce와 Zr을 사용하였으며 Ce/Co, Zr/Co의 비율은 0.05몰비로 공침하여 제조하였고, K의 도핑은 K₂CO₃를 사용하여 1 wt%로 함침하였다. 촉매의 특성은 BET, SEM, XRD, H₂-TPR, XPS를 통해 분석하였고 활성평가는 250-375 °C 온도영역에서 25 °C 간격으로 GHSV를 45,000 h⁻¹로 고정하여 진행하였다.

염화알칼리에 의한 보일러튜브 재질의 고온부식도 분석

김범중^{1,2}, 김혜수⁴, 류창국², 이은도^{1,3,*}

¹한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹, ²성균관대학교 기계공학과,

³한국과학기술연합대학원대학교 청정시스템공학, ⁴연세대학교

Analysis of High Temperature Corrosion on Boiler Tube Material by Alkali Chloride

Beom-Jong Kim^{1,2}, Hyeo-Soo Kim⁴, Chang-Kook Ryu², Uen-do Lee^{1,3,*}

¹Thermochemical Energy system R&DB Group, Korea Institute of Industrial Technology,

²School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University,

³Department of Green Process and System Engineering, University of science and technology(UST),

⁴Yonsei University

폐기물 및 바이오매스를 연료로 사용하게 될 경우 연료내에 존재하는 염소와 알칼리 성분이 고온에서 염화알칼리를 형성하여 온도가 낮아지는 보일러 열교환부에 부착된다. 부착된 염화알칼리는 산화막을 제거하고 Chlorine cycle을 형성하여 지속적으로 튜브를 손상시켜 가동 중단 등 문제점을 발생시킨다. 국내의 대부분 폐기물 소각장의 경우 이러한 고온부식을 피하기 위해 저온, 저압의 스팀을 생산하는 중이다. 하지만 청정 화력발전 기술의 일환으로 신재생연료를 발전설비에 접목시키는 노력이 증가하는 중으로 고온부식 문제를 반드시 해결해야하는 문제이다. 고온부식을 해결하기 위해선 부식에 강성을 갖는 재료의 사용이 한 방법이다.

본 연구는 보일러 튜브 재질별 염화알칼리에 의한 부식도를 알아보기 위하여 보일러 튜브로 사용되는 A179, A192, T11을 시편으로 제작하여 염화알칼리에 따른 부식속도를 측정하였다. 염화알칼리는 NaCl, KCl을 사용하였고 각각 3, 5, 7% 수용액을 시편에 도포하였다. 실험온도는 400, 450, 500°C로 폐기물 소각로의 보일러튜브 표면온도와 유사하게 설정하였다. ASTM G1-03 표준세척법을 이용해 실험 후 생성된 산화철을 제거하고 시편의 부식 전/후 무게차를 측정하여 부식속도를 분석하였다.

참고문헌

1. Viklund, P., "Superheater corrosion in biomass and waste fired boilers," KTL, Ph.D thesis (2013).
2. Tobiasen, L., "Deposit characteristic after injection of additives to a Danish straw-fired suspension boiler," *Fuel Processing Technology*, **88**(11-12), 1108-1117 (2007).
3. ZHAO, W. Y., et al. "Inter-phase selective corrosion of γ -TiAl alloy in molten salt environment at high temperature," *Progress in natural Science: Materials International*, **21**(4), 322-329 (2011).
4. Lee, S. H., "High-Temperature Corrosion Phenomena In Waste-to-energy Boilers," Columbia University, Ph.D thesis (2009).

차원 다공성 MoS₂/그래핀 네트워크 기반의 복합 구조를 통한 압력 센서의 특성 향상

슈브라 몬달², 김성준¹, 최춘기^{2,*}

¹한국전자통신연구원, ²과학기술연합대학원 대학교 (UST)

MoS₂ Coordinated 3D Porous Graphene Network-Based Hybrid Structure for Enhanced Performance of Pressure Sensor

Shuvra Mondal², Seong Jun Kim¹, Choon-Gi Choi^{2,*}

¹Graphene Research Lab. Emerging Devices Research Group, Electronics and Telecommunication
Research Institute, Daejeon, Korea,

²Advanced Device Technology, University of Science and Technology, Daejeon, Korea.

Recently, graphene-based 2-dimensional materials have attracted much attention due to their outstanding flexible, bendable and stretchable properties for potential application of pressure and strain sensors. Especially, graphene porous network (GPN) assisted with Ecoflex as a graphene supported elastomer showed great electrical conductivity and mechanical stability. In addition, MoS₂-based piezo resistive sensor exhibited high mechanical properties and gauge factor. Herein, we fabricated GPN-Ecoflex composite containing molybdenum disulfide (MoS₂) with different concentration (0.2, 0.5 and 1.25 wt%) that showed a type of small flakes for the enhancement of sensing performance. The presence of graphene and MoS₂ were confirmed in MoS₂-GPN-Ecoflex by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and Raman analysis. The pressure measurements of GPN-Ecoflex and MoS₂-GPN-Ecoflex were carried out. The results indicated that sensitivity of MoS₂-GPN-Ecoflex was higher than that of GPN-Ecoflex. In addition, the sensitivity of MoS₂-GPN-Ecoflex was enhanced by increasing the MoS₂ concentration.

고분자 전극을 이용한 전기화학적 암모니아 합성 기술 개발

정찬희^{1,2}, 유충열¹, 김종남¹, 한문희², 윤형철^{1,*}
¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교 에너지과학기술대학원
*E-mail: hyoon@kier.re.kr

Electrochemical Ammonia Synthesis Technology by Polymer Electrode

Chan-Hee Jung^{1,2}, Cheong-Yul Yoo¹, Jong-Nam Kim¹, Mun-Hee Han², Hyung-Chul Yoon^{1,*}
¹Korea Institute of Energy Research,
²Graduate School of Energy SCIENCE and Technology
*E-mail: hyoon@kier.re.kr

기후변화 대비 및 온실가스 감축 대응과 화석 연료의 고갈에 따른 대비를 위해 신재생에너지 사용을 높여야 한다. 하지만 신재생에너지의 시간적 단속성 문제로 항상 에너지 저장장치가 필요하며, 최근 신재생에너지 저장체 또는 캐리어(renewable energy carrier)로서 수소 또는 암모니아가 많은 관심을 받고 있다. 그 중 암모니아는 수소의 저장체(17.6 wt% H₂)이며, 상온 8.5기압에서 액체 상태이기 때문에 수소에 비해 저장 및 이송이 용이하다는 장점이 있다. 현재 암모니아는 세계적으로 연간 2 억톤 이상 하버-보슈 공정을 통해 생산하고 있다. 하버-보슈 공정은 많은 기술 개발에도 불구하고 암모니아 합성 시 30GJ/ton NH₃ 이상의 많은 에너지를 사용하고 있으며, 화석연료 개질을 통한 수소 제조로 다량의 CO₂ 배출하는 (2.16 kg CO₂/kg NH₃) 등의 문제점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 최근 물과 질소를 원료로 탄소 배출 없이 전기화학적으로 암모니아를 합성하는 연구 개발이 많은 관심을 받고 있다. 본 연구에서는 물과 질소를 원료로 한 전기화학적 암모니아 합성의 주요 제한 반응인 질소 해리 반응을 높이고 질소/수소 선택성 향상을 위한 전극을 제조하였다. 전기화학적 암모니아 합성셀을 이용하여 상온 상압에서 전압 별로 암모니아를 합성하고 비교 분석하였다.

수계형 PR 노즐박리공정의 최적화 및 친환경적인 접근 연구

고형호¹, 김준현¹, 이기성², 주기태², 김용성^{2,*}

¹서울과학기술대학교 기계자동차공학과, ²서울과학기술대학교 나노융합대학원

Optimal Eco-Friendly Approach for Photoresist Strip Nozzle Process

Ko Hyeong Ho¹, Kim Joon Hyun¹, Lee Ki Sung², Joo Gi-Tae², Kim Young Sung^{2,*}

¹Seoultech, ²Seoultech Graduate School of NID Fusing Technology

서론

투명진극 제작과정에서는 필연적으로 기판위에 포토레지스트(PR) 필름으로 패터닝하고 노출, 식각하는 등의 단계를 거쳐 제작된다. 이 과정에서 사용된 PR 층의 잔류물을 제거하여 투광성을 확보하기 위해 세정에 앞서서 박리 공정을 거쳐지게 된다. 박리 능력을 고려하여 유기체를 쓰는 비중이 전통적으로 강세였으나 박리액 사용량의 급증과 함께 대두된 환경적인 문제가 높아져 친환경 요인의 박리 조성물이 속속 개발되고 있다¹. 대표적인 수계형 박리 조성물이 박리능력의 확보와 친환경에 부합되는 성향으로 진행되고 있다.

해석 및 결과

본 연구는 이러한 수계형 박리 조성에 인체 및 환경에 무해한 성분인 생분해성 성분(cyrodextrine)을 추가 도입하여 친환경을 더욱 더 지향하면서 박리 능력을 유지하기 위한 방법으로 노즐 공정으로 최적 확보하고자 한다. 박리 조성물에 포함되는 생분해성 성분뿐만 아니라 물의 조성 비중도 최소 32 - 60%을 차지할 정도로 높아지기 때문에 PR 이 박리하는 작동 메커니즘에서 화학적 요인위주에서 물리적인 요인의 역할도 중요하게 되었기 때문에 노즐에서 분사되는 입자의 거동을 분석하여 박리액에 의해 노출되는 PR의 표면의 화학적 환경을 최적 유지하면서 표면의 박리액에 의한 dissolution을 가속화 하는 부분이 중요하다. 이를 위해 2개 이상의 노즐을 적용하고 노즐 분사상 발생하는 과정인 입자의 분해(breakup) 과정 중 주 분해(Primary breakup) 영역을 적용하여 기판 표면에 전달되는 에너지량을 늘리고 박리액 사용의 경제온도(45도 전후)를 적용하여 화학적 활성화를 기대한다.

현재 개발 중인 생분해 성분을 포함하는 PR 박리 조성물을 대상으로 스프레이 공정을 적용하기 위한 수치해석을 수행하였다. 신규 물질에 대한 물성값(점도 등)을 위해 측정을 하였으며 이를 토대로 기판에 형성되는 분사면의 크기를 고려하여 노즐 팁의 형상과 오리피스 크기 그리고 작동압 등의 표준적인 조건과 분해되는 과정을 고려한 분사거리 등을 적용하여 해석을 수행하였다. Fig. 1(a)은 내구성과 소모량을 고려하여 분당 0.5ml 이내로 분사각 30도 전후를 유지하기 위한 Full cone 형태의 노즐 형상이다. 해석 조건은 Fig. 1(b)와 같이 반원 모양의 계산 영역으로 상변에 swirl 발생이 가능한 노즐이 있으며 옆면은 opening으로 그리고 바닥은 wall, 반원 중앙부는 symmetry로 처리했다. Fig. 1(c)는 표준 사용 조건에서 계산된 속도분포로서 박리액이 기판 표면에서 충돌되면서 방사형으로 흐름을 가질 때 나타나는 모습으로 여기에 흐름의 양, 속도, 온도 등이 박리 공정해석의 중요점을 가지게 된다.

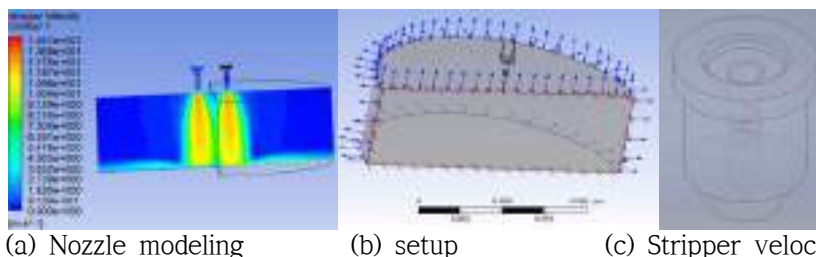


Fig. 1 Nozzle spray analysis with 0.7mm orifice diameter, 50mm distance, 45°C stripper

참고문헌

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

불균일 촉매와 다양한 유기용매를 이용한 선박용 경유의 산화 탈황

오현우¹, 우희철^{1,*}
¹부경대학교 화학공학과

Oxidative Desulfurization of Marine Diesel Using Heterogeneous Catalyst and Various Organic Solvent

Hyeonwoo Oh¹, Hee Chul Woo^{1,*}
¹Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

원유는 다양한 유기물들로 이루어진 혼합물로 이를 분별증류 및 정제 시 다양한 탄화수소 액체연료를 얻을 수 있다. 원유로부터 얻을 수 있는 액체연료들 중 경유는 에너지 밀도가 높으며, 안전성이 높아 운반과 저장이 용이하다는 장점이 있어 연료전지의 연료로서 매우 적합하게 여겨진다. 그러나 경유에는 다양한 종류의 황화합물들이 존재하며, 60% 이상이 티오펜(thiophene)과 같은 다환형 황화합물과 그 유도체로 이루어져 있다. 황화합물의 황 성분은 개질기에서 황화수소(H₂S)로 전환되어 연료전지에 사용되는 촉매 또는 전극에 피독 현상을 일으켜 연료전지의 효율을 감소시킨다[1]. 이에 경유를 연료전지의 연료로서 사용하기 위해서는 황 농도를 1 ppm 이하로 낮출 수 있는 고심도 탈황공정의 개발이 필수적이다. 액체연료의 황을 제거하기 위한 대표적인 탈황공정으로 수첨탈황공정(HDS, hydro-desulfurization)이 있다. 그러나 수첨탈황공정은 고온, 고압이 요구되며 값비싼 수소가 사용되기 때문에 운전비용이 많이 든다. 또한 구조적 입체 장애로 인해 다환형 황화합물의 제거에는 비효율적이다. 반면에 산화탈황공정(ODS, oxidative desulfurization)은 방향족 황화합물의 제거에 효과적이며 수소가 이용되지 않고 낮은 온도와 압력 하에서 수행 가능하기 때문에 비용 면에서 유리하다는 장점이 있다[2]. 산화탈황공정은 산화 반응을 통해 제거하기 어려운 다환형 황화합물의 극성을 증가시켜 제거를 용이하게 하는 산화공정과 산화된 황화합물을 제거하는 추출공정으로 이루어져 있다. 추출공정에는 주로 아세토니트릴(ACN, acetonitrile), 디메틸포름아미드(DMF, dimethylformamide)와 같은 유기용매가 사용된다. 본 연구에서는 경유(황 농도 약 200 ppmw)의 황 농도를 낮추기 위해 산화 촉매를 제조하였으며 과산화수소(H₂O₂, hydrogen peroxide)를 산화제로 이용하여 산화 공정을 수행하였다. 산화된 황화합물의 제거를 위한 추출 용매로 아세토니트릴, 디메틸포름아미드, 아세트산(AcOH, acetic acid)과 에탄올(EtOH, ethanol)을 사용하여 추출 용매로서의 성능을 비교하였다.

참고문헌

1. Yang, Y.-z., Liu, H.-g. and Xu, B.-s., "Recent Advances in Molecular Imprinting Technology for The Deep Desulfurization of Fuel Oils," *New Carbon Mater.*, **29**(1), 1-14 (2014).
2. Ho, H. P., Kim, W.H., Lee, S.-Y., Son, H.-R., Kim, N.H., Kim, J.-K., Park, J.-Y. and Woo, H.C., "Adsorptive Desulfurization of Diesel for Fuel Cell Applications: A Screening Test," *Clean Technol.*, **20**(1), 88-94 (2014).

Ni, Ru 촉매를 이용한 수소화 공정을 통하여 식물성 오일의 업그레이딩

이성찬¹, 윤인배^{1,2}, 빈경미³, 임동옥⁴, 우희철^{1,*}
¹부경대학교 화학공학과, ²삼성전기, ³부경대학교 청정생산기술연구소, ⁴(주)정림

Upgrading of Vegetable Oil by Hydroprocessing using Ni and Ru Catalysts

Seong Chan Lee¹, In Bae Yoon^{1,2}, Kyung Mi Bhin³, Dong Ok Lim⁴, Hee Chul Woo^{1,*}

¹Department of Chemical Engineering, Pukyong National University,

²Samsung Electro-Mechanics,

³The Institute of Cleaner Production, Pukyong National University

⁴Jung Lim Corporation

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

본 연구에서는 수소화 반응에 일반적으로 사용되는 상업용 촉매인 니켈 촉매와 귀금속 촉매인 Ru 촉매를 사용하여 수소화 반응의 활성을 확인하였다. 니켈 촉매는 담지량이 20%, 60%, 70% 그리고 80% 인 촉매와 3%의 Ru이 담지 되어있는 촉매를 사용하여 수소화 반응 테스트를 진행하였다. 본 실험은 고정층 반응기에서 진행하였고, 반응조건은 수소압력 5 bar, 공간속도 5 h⁻¹ 그리고 반응온도는 120, 160 °C 에서 진행하였다. 그 결과 Ni 담지량이 높을수록 수소화 효율이 약 10%에서 40%까지 증가하는 것을 확인하였고, 반응온도가 증가함에 따라 수소화 효율도 최대 약 20% 증가하는 것을 확인하였다. Ru 촉매는 효율이 약 10%를 나타냈고 온도증가에 따라 수소화 효율은 약 5% 증가하는 것을 확인하였다. 실험결과 귀금속 촉매인 Ru 촉매보다는 Ni 촉매의 활성이 더 뛰어난 것을 확인하였다. 따라서 촉매의 수소화 반응 최적 조건을 찾기 위해서는 Ni 담지량과 수소화 반응조건인 반응압력, 반응온도 그리고 공간속도에 대한 조건 실험이 더 진행되어야 할 것으로 보인다.

참고문헌

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

구리-망간 복합금속산화물의 산소 전달에 관한 연구

정용한¹, 박노국¹, 강미숙², 이태진¹, 류시옥¹, 백점인³, 류호정⁴¹영남대학교 화학공학부, ²영남대학교 화학과, ³한국전력연구원, ⁴한국에너지기술연구원

Study of Cu-Mn Mixed Metal Oxide as Oxygen Carrier

Yong Han Jeong¹, No-Kuk Park¹, Misook Kang², Tae Jin Lee¹, Si Ok Ryu¹,
Jeom-In Baek³, Ho-Jung Ryu⁴¹School of Chemical Engineering, Yeungnam University, ²School of Chemistry, Yeungnam University,
³Korea Electric Power Research Institute, ⁴Korea Institute of Energy Research

매체순환연소(Cheical Looping Combustion : CLC)는 배출되는 가스가 CO₂ 와 수증기만으로 구성되어, 수증기를 응축하여 제거할 경우 CO₂를 별도의 흡수, 분리과정 없이 원천분리가 가능한 CO₂ 포집 기술이다. 특히, 연료 연소를 위한 산소의 공급을 고체 산소전달입자의 격자 산소를 이용하고, 환원된 입자를 공기 반응기에서 산화시키는 과정을 거치므로, 연소 과정에서 발생하는 NO_x와 같은 대기 오염 물질이 발생하지 않는 장점을 가지고 있다. 또한 연소 반응기에서 나오는 배기 가스는 물과 이산화탄소로만 구성되어, 응축 과정을 거치면 별도의 분리 시설 없이 높은 순도의 이산화탄소를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 연료 연소를 위한 산소 공급 입자로서 Cu와 Mn의 복합금속산화물을 선택하였다. Cu와 Mn의 몰 비율을 1:2로 고정한 후, 각각 800°C, 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C의 온도로 소성하여 spinel 구조의 CuMn₂O₄를 합성, TGA 실험을 통해 소성 온도에 따른 반응성의 차이를 분석하였고, Fixed bed 반응기를 통해 입자의 산소 전달량을 분석하였다. 또한 반응 전과 후의 결정성의 차이와 입자 표면의 상태를 분석, 관찰하기 위해 반응 전, 후의 입자에 대해 XRD와 SEM으로 그 차이를 확인하였다.

PA-43/CT-64

Zeolitic Imidazolate Framework (ZIF) 분리막의 열화학적 특성 연구

이승주¹, 김재성¹, 이두환^{1,*}
¹서울시립대학교 화학공학과

Hydrothermal Stability of Zeolitic Imidazolate Framework (ZIF) Membranes

Seungju Lee¹, Jaesung Kim¹, Doohwan Lee^{1,*}
¹The University of Seoul, Department of Chemical Engineering

In this work, we studied the thermal and hydrothermal stabilities of supported ZIF-7 membranes at various temperatures (423 - 673 K), H₂O vapor concentrations (10 - 40 mol%), and metal oxide supports (alumina, silica, magnesia, silica-alumina). The alumina supported ZIF-7 membranes prepared by the seeding and secondary growth method showed high hydrogen permeance with good selectivity over larger CO, CH₄, CO₂ gases at elevated temperatures above 573 K. However, the alumina supported ZIF membranes suffered from fatal hydrothermal degradation of the ZIF crystalline membrane layer even at relatively low temperature of 473 K, and this structural degradation was facilitated as temperature and H₂O vapor concentration increased. Surface acid/base properties of the metal oxide supports had critical impact on the stability of the membrane as the ZIF-7 structure exhibited severe hydrothermal degradation on the acidic alumina and silica-alumina supports. Conversely, the ZIF-7 crystalline structure remained stable on the neutral silica and basic magnesia support surfaces even at the severely antagonistic hydrothermal condition (573 K, 20 mol% H₂O). These findings provide important new insights for the effective construction of organic-inorganic hybrid ZIF membranes with significantly improved structural stability for practical and relevant thermal and hydrothermal operation conditions.

포스터세션 II

9월 21일(목) 09:00~12:00

여수 경도리조트 대연회장 복도 및 Foyer

Fractional Catalytic Fast Pyrolysis of *Saccharina Japonica* Macro-Algae in Fluidized-Bed Reactor

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

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

*E-mail: sskim2008@kangwon.ac.kr

Fast pyrolysis is a thermal conversion process at high temperature (400-600 °C) in the absence of oxygen, and at short vapor residence time [1]. Fractional catalytic fast pyrolysis is an updated pyrolysis method in which the biomass can be directly converted into higher quality bio-oil by catalyst. In this concept, catalyst can be used instead of sand, and it has a role bed materials and catalyst [2, 3]. Catalytic fast pyrolysis has attracted a lot of attention as a promising method for producing high quality bio-oil from biomass feedstocks [3, 4]. In this research, the catalytic pyrolysis of *Saccharina japonica* macroalgae using both of zeolite and metal catalysts was investigated in a bubbling fluidized-bed reactor at atmosphere pressure and different temperature. The bio-oil yields ranged from 25.6 wt% to 37.4 wt% under the investigated pyrolysis conditions, the gas yields were slightly increased from 27.6 wt% to 36.4 wt%. The gas products include CO, CO₂, hydrocarbon (C₁-C₄) were similar for all pyrolysis conditions, but the selectivity of gas composition varied with conditions. Using catalyst in pyrolysis of *Saccharina japonica* macroalgae resulted in a reduction of dianhydromannitol and 2-furyl methyl ketone, but resulted in formation of 1-hydroxy-2-propanon (acetol). The aromatic compounds were found to be higher than those from fast pyrolysis in the absence of catalysts.

References

1. Ly, H. V., Kim, S-S., Kim, J., Choi, J. H., Woo, H. C., Fast pyrolysis of macroalga *Saccharina japonica* in a bubbling fluidized-bed reactor for bio-oil production, *Energy*, **93**, 1436 (2015).
2. Agblevor, F. A., Beis, S., Mante, O., Abdoulmoumine, N., “Fractional Catalytic Pyrolysis of Hybrid Poplar Wood” , *Ind. Eng. Chem. Res.*, **49**(8), 3533 (2010).
3. Graça, I., Lopes, J. M., Cerqueira, H. S., Ribeiro, M. F., “Bio-oils Upgrading for Second Generation Biofuels” , *Ind. Eng. Chem. Res.*, **52**(1), 275 (2013).
4. Yathavan BK, Agblevor FA. Catalytic pyrolysis of Pinyon–Juniper using red mud and HZSM-5. *Energy Fuels*, **27**(11), 6858 (2013).

건식전기집진기술 및 촉매오존반응을 이용한 염색산업 악취 저감기술 실증화 연구

권순덕¹, 정용식^{1,*}, 조운현¹, 박혜린¹
¹(주)지이테크

Demonstration Study on Odor Removal Using Dry Electrostatic Precipitator and Catalytic Ozone in Textile Industry

Soon Deok Kwon¹, Yong Sik Jung^{1,*}, Yoon Hyun Cho¹, Hye Rin Park¹
¹GETEC

1. 서론

대표적인 대기오염물질 및 악취를 유발하는 염색산업은 주된 민원발생의 원인이지만 현재 뚜렷한 해결책이 없는 실정이다. 대부분의 염색산업체에서는 다림질(텐터)공정을 거쳐 염색 및 원단을 생산한다. 이때 다림질 공정을 통해 섬유를 건조하는 과정에서 다량의 백연이 배출이 되며 악취유발물질인 오일미스트를 포함하고 있다. 대부분의 텐터기기를 운영하고 있는 사업장에서는 세정수를 이용한 흡수 탑에 의해 처리를 하고 있지만 폐유의 경우 불용성으로 처리효율에서는 미흡한 실정이다. 실제로 세정수 흡수 탑에서 배출되는 배기가스를 관찰해보면 높은 온도로 인한 수증기가 아니라 미처 처리되지 않은 폐유의 백연으로 배출구에서 길게 꼬리를 물고 있어 확연한 차이를 알 수가 있다. 이를 해결하고자 건식전기집진기술을 이용한 오일미스트 회수 와 비극성 잔류 악취유발 물질 처리를 위한 촉매오존산화 기술의 적용 테스트를 진행 하였다.

2. 실험방법

본 연구를 위해 안산시 반월염색공단내에 건식전기집진 및 촉매오존반응기술을 이용한 300 CMM(m³/min) 규모의 실증 설비를 현장에 설치하여 다림질(텐터)시설 후단에서 발생하는 배출가스 악취 제거 테스트를 진행 하였다. 건식전기집진기술을 이용하여 텐터공정에서 발생하는 오일미스트를 회수하고 촉매오존산화 기술을 이용한 잔류악취물질 제거 효율을 평가 하였다.

3. 결과 및 고찰

연속운전 실험결과 복합악취의 경우 처리 후 최저 300배로 처리효율을 나타내었다. 오일미스트는 173 mg/m³의 농도로 실증설비로 유입되었으며 후단 평균 6.48 mg/m³로 96 %의 회수효율을 나타내었다. 회수된 폐유는 정제연료유로 재활용이 가능하다.

4. 결론

대부분의 섬유가공업체들이 영세한 규모로 환경설비 투자에 한계가 있다. 특히 기존 시설들의 처리효율 미비함과 유지비용에 대한 부담감, 관리의 번거로움으로 투자에 소극적이다. 본 사업에서 개발된 건식전기 집진기술은 섬유사업장에서 요구되는 대기환경보전 기술적 요소를 충분히 만족시킬 수 있는 기술로써 폐기물의 자원화를 통하여 경제적 이익까지 병행하여 손쉽게 시장 확대가 가능할 것으로 판단된다.

감사

본 연구는 환경부의 2016년도 미래유망 녹색환경기술산업화촉진 사업에서 지원받았습니다.

헤테로폴리산 촉매를 이용하여 연속식 반응기에서 헤미셀룰로오스 유래의 퓨란화합물로부터 바이오디젤 전구체 생산 연구

권지선¹, 하정명¹, 서동진¹, 이관영²

¹한국과학기술연구원 청정에너지 연구센터, ²고려대학교

현재는 석유 고갈의 심각성이 덜하겠지만 점점 증가하는 오일 가격의 상승으로 인해 화석연료의 고갈의 심각성이 문제가 되고 있다. 또한 납사수급변화에 대한 적응성을 확보하기 위하여 원료다변화정책이 필요하며 이에 따라 바이오에너지에 대한 관심이 증가하고 있다. 그 중에서도 지구온난화의 원인인 이산화탄소, 대기 오염 물질과 독성물질 배출을 감소시키는 바이오디젤에 대한 관심이 급상승하고 있다. 수송 부분의 의무화 제도 (RFS) 정책에 따라 한국에서도 경유에 2.5%의 바이오디젤을 혼합하여 쓰고 있다. 따라서 바이오디젤의 생산이 중요하게 될 것이라고 예상된다. 바이오디젤의 생산을 위해서는 퓨란 플랫폼으로부터 연료형 분자들로 전환시키기 위한 탄소-탄소 커플링 반응을 거쳐 탄소 사슬의 길이를 증가시켜야 한다.

본 연구에서는 다양한 산 촉매들을 이용하여 목질계 바이오매스 유래 퓨란 화합물로부터 중합반응을 통해 C15의 바이오 디젤 전구체의 수율을 높이기 위한 실험을 수행하였다. 그 중 환경 친화적이고 열에 안정적인 실리카 지지체의 헤테로폴리산 촉매가 가장 수율이 높았으며, HPLC를 통하여 정량하였고 NMR 과 GC/MS를 이용하여 분자 구조 및 성분 분석을 하였다.

니켈수소 폐이차전지 습식 재활용을 위한 산 침출에 대한 연구

안낙균¹, 김대원¹, 정수훈², 최중엽², 양대훈², 최희락³
¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²(주)지엠텍, ³부경대학교 재료공학과

A Study on Acid Leaching for Wet Recycling of NiMH Waste Secondary Battery

Nak-Kyoon Ahn¹, Dae-Weon Kim¹, Soo-Hoon Jung², Joong-Yup Choi², Dae-Hoon Yang²,
Hee-Lack Choi³

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

하이브리드 전기자동차 (HEV : Hybrid Electric Vehicle) 보급되기 시작한 2000년경에는 현재 많이 사용하고 있는 리튬이온전지 대신에 니켈수소전지가 주로 사용되었다. 현재 사용 후 니켈수소폐전지가 발생하고 있으며 2014년 약 360톤의 니켈수소전지가 국내에 수입되었다. 2000년 당시 폐니켈수소전지의 재활용은 고온용융환원법으로 페로니켈 생산시설에서 처리되었으며, 국내에서는 아직 산업적으로 재활용이 활발하지 못한 실정이다. 본 연구에서는 니켈수소 폐전지의 산업적 재활용을 위하여 습식법에 의한 재활용에 대한 기초연구로서 우선 산에 의한 침출효과를 보고자 하였으며, 그 후 침출에 따른 회수방법을 정립하고자 하였다. 입수된 폐이차전지로부터 방전 작업 후 파쇄/분쇄 및 분급을 거쳐 얻은 전극 스크랩을 XRF (X-ray Fluorescence analysis, NITON)를 이용하여 구성 성분 분석을 실시하였으며, 구성성분에 따라 침출하여 얻은 유가금속 농도는 MP-AES (Microwave Plasma-Atomic Emission Spectroscopy, 4200)를 이용해 니켈, 코발트, 희토류 등의 금속의 농도를 확인하였다. 폐니켈수소전지에서 분리된 전극 스크랩을 침출 시 조건으로는 황산침출용액(H₂SO₄, 3.0 M)으로 L/S=40, 반응온도 95°C에서 과산화수소(H₂O₂, 10 vol%)를 첨가하여 4시간 동안의 반응조건에서 약 99%의 침출결과를 얻었으며, L/S=5의 침출 조건에서 황산농도가 3 M 이상일 때는 침출율이 약 57%였으며, 용액중의 니켈은 온도가 내려가면서 황산니켈의 형태로 결정화됨을 알 수 있었다.

사사

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

참고문헌

1. I. Vassura, L. Morselli, E. Bernardi, and F. Passarini, "Chemical characterisation of spent rechargeable batteries", Waste Management, **29**, 2332-2335 (2009).
2. D. A. Bertuol, A. M. Bernardes, and J. A. S. Tenorio, "Spent NiMH batteries - The role of selective precipitation in the recovery of valuable metals", Journal of Power Sources, **193**, 914-923 (2009).
3. L.E.O.C. Rodrigues and M.B. Mansur, "Hydrometallurgical separation of rare earth elements, cobalt and nickel from spent nickel-metal-hydride batteries", Journal of Power Sources, **195**, 3735-3741 (2010).
4. K. Huang, J. Li, and Z. Xu, "Enhancement of the recycling of waste Ni-Cd and Ni-MH batteries by mechanical treatment", Waste Management, **31**, 1292-1299 (2011).

폐NiCd 전지의 효율적 재활용을 위한 분리공정에 대한 연구

박일정¹, 김대원¹, 정항철¹, 최중엽², 양대훈², 최희락³
¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²(주)지엠텍, ³부경대학교 재료공학과

A Study on Separation Process for Efficient Recycling of NiMH Waste Battery

Il-Jeong Park¹, Dae-Weon Kim¹, Hang-Chul Jung¹, Joong-Yup Choi²,
 Dae-Hoon Yang², Hee-Lack Choi³

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

Ni-Cd 전지는 1899년 개발된 이래로 개선을 거쳐 건전지 분야와 철도 및 비행기 엔진 시동용 등 고출력이 요구되는 용도에 사용되었지만 낮은 에너지 저장밀도와 카드뮴의 유해성으로 사용량이 감소 추세에 있다. 그러나 아직 많은 양이 폐기물로서 나오고 있으며, 이를 재활용하기 위한 많은 연구들이 보고되었다. 국내에서도 일부 업체가 니켈-카드뮴 폐이차전지 재활용을 하고 있지만, 그 회수 방법은 니켈과 카드뮴의 비점차를 이용한 건식방법이 사용되어지고 있다. 이러한 방법은 다량의 에너지 소비 및 카드뮴에 의한 대기오염이라는 근본적인 문제를 포함하고 있어 좀 더 친환경적이고 경제적인 방법으로 습식법이 제안되고 있으나 아직 국내에서는 양산되고 있지 않은 실정이다.

본 연구에서는 산업용 니켈-카드뮴 폐전지의 국내에서의 산업적 회수를 위하여 습식법에 의한 재활용에 대한 기초연구로서 폐전지 단위셀의 분해 및 분리된 전극 성분을 양극 및 음극을 별도로 Cut mill 분쇄기를 이용하여 분쇄하고 이를 메쉬 크기별로 분류하였다. 또한 습식 자력선별 방법과 비교하여 그 효율성을 분석하여 분말의 효율적 재활용을 위하여 철과 유가금속인 니켈/카드뮴의 분리에 대하여 종합적으로 고찰하고자 하였다.

Table 1. Results of particle size analysis and magnetic separation on sample crushed by cut-mill.

		Cut-mill Mesh (1mm)		Cut-mill Mesh (2mm)		Magnetic Separation	
		≥25mesh	< 80mesh	≥25mesh	< 80mesh	Magnetic	Nonmagnetic
Cathode	Fe	58.8	6.4	55.7	4.1	59.8	1.3
	Ni	40.2	86.1	43.1	89.1	39.1	91.5
	Cd	-	1.9	-	2.6	-	2.1
Anode	Fe	93.2	12.2	95.0	11.4	94.6	5.4
	Ni	1.2	2.0	3.9	1.2	1.2	0.9
	Cd	4.4	85.3	-	87.3	3.2	93.5

사사

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

참고문헌

1. J. S. Park, K. H. park, H. S. Chon, J. S. Shon and B. G. Kim “Recovery of nickel from the spent nickel-cadmium battery”, J. of Korean Inst. of Resources Recycling, **8**(5), 28-33 (1999).
2. E. Rudnik and M. Nikiel, “Hydrometallurgical recovery of cadmium and nickel from spent Ni-Cd batteries”, Hydrometallurgy **89**, 61-71 (2007).

벤치규모 반탄화 공정을 이용한 블랙 펠릿 제조 특성 연구

김상도^{1*}, 이시훈¹, 최호경¹, 전동혁¹, 유지호¹, 임영준¹, 임정환¹, 임 혁¹, 김문준², 심재훈²

¹한국에너지기술연구원 청정연료연구실

²SMK에너지

Study of Black Pellet Production by Bench Scale Torrefaction Process

Sangdo Kim^{1*}, Sihyun Lee¹, Hokyung Choi¹, Donghyuk Chun¹, Jiho Yoo¹, Youngjon Lim¹, Jeonghwan Lim¹, Hyuk Im¹, Munjun Kim², Jaehun Shim²

¹Korea Institute of Energy Research, Clean Fuel Laboratory

²SMK Energy

탄소중립이며 무한한 자원을 갖고 있는 바이오매스를 발전소의 연료로 사용하기 위하여 우드칩 또는 우드펠릿 형태로 사용하고 있다. 우드펠릿은 우드칩에 비해 열량 및 겉보기 밀도가 높고 에너지밀도도 3배 정도 높은 장점을 갖고 있다. 그러나 바이오매스의 단점인 친수성 성질은 변화되지 않는다. 일반적으로 우드펠릿을 화이트펠릿이라고 하는데, 이를 소수성으로 활용하기 위해서는 저온열분해 공정이 필요하다. 저온열분해는 다른 말로 반탄화라고 하는데, 산소농도가 희박한 조건에서 250-350°C 범위에서 열처리하는 공정을 의미한다. 반탄화를 통해 생산되는 우드펠릿은 석탄과 유사한 성질을 갖는 특성을 갖게 되며, 통상 반탄화 공정을 거친 펠릿을 블랙펠릿 이라고 한다. 본 연구에서는 0.5톤/일 벤치규모인 반탄화 공정을 이용하여 우드펠릿을 블랙펠릿으로 제조하고 이에 대한 특성을 알아보았다. 반탄화 장치는 역흐름다중방해판 반탄화기를 이용하였는데, 이 공정은 바이오매스가 상부에서 공급되어 하부로 이동하며, 하부에서는 고온가스가 공급되어 상부로 이동하게 된다. 바이오매스와 고온가스는 서류 향류로 접촉하면서 저온열분해 공정이 이루어지면서 화이트펠릿이 블랙펠릿으로 변화하게 된다. 운전온도는 320°C, 유량은 2.3-2.5 Nm³/min, 바이오매스 공급량은 20kg/hr 기준으로 공급하였다. 생산된 블랙펠릿에 대해서 공업분석, 원소분석, 발열량을 분석하였다. 생산된 블랙펠릿에 대해 H/C 및 O/C 비를 갖고 그래프로 나타내어 보았는데, 문헌상에 나타난 반탄화 연료들과 유사한 특성을 갖고 있는 것으로 나타났다. 또한 블랙펠릿에 대한 수분재흡착 실험을 실시하였는데, 비이커에 일정량의 물을 담고 화이트펠릿 및 블랙펠릿을 3개씩 넣고 시간에 따라 펠릿이 변화되는 모습을 관찰하였다. 화이트펠릿의 경우 물에 넣는 동시에 풀어지는 현상이 나타났지만 블랙펠릿의 경우 24시간동안 있어도 전혀 풀어지지 않는 것으로 관찰되어 소수성으로 특성이 변화되었음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Linoj Kumar et al., "Integrating torrefaction in the wood pellet industry : A critical review", Energy & Fuels, **31**, 37-54(2017)

산성광산배수(Acid Mine Drainage)의 처리법 및 활용에 관한 연구

류승형¹, 서영주¹, 이준용¹, 김신동^{1,*}
¹(주)이앤켴솔루션 에너지·환경연구소

A Study on the Treatment Method and Application of Acid Mine Drainage

Seung Hyeong Ryu¹, Youngjoo Seo¹, Junyong Lee¹, Shin Dong Kim^{1,*}
¹E & Chem Solution Corp. Energy & Environment Research Center¹

산성광산배수는 하천을 산성화 시키고, 침전물 생성과 지반의 침하 및 주변 수질 및 토양 환경에 피해를 주고 있다. 이러한 산성광산배수는 화학적인 정화기술로써 폐수 방출 기준을 충족시킬 수 있다. 알려진 방법으로는 소석회(Ca(OH)₂)와 가성소다(NaOH)로 중화처리하는 방법이 있지만, 이로 인해 발생된 슬러지는 여전히 폐기물로써 별도의 처리비용이 발생한다. 이렇게 발생된 슬러지는 다량의 철 이온을 함유하고 있으며, 이를 활용하지 않고 처리하는 것은 자원적, 비용적으로 손해이다. 이를 해결하기위해 현재 폐기물로 처리되고 있는 산성광산배수 슬러지에 대한 활용방안이 꾸준히 연구되어 지고 있다[1-3]. 본 연구는 강원도의 Y탄광, H탄광에서 배출되는 산성광산배수(Acid Mine Drainage)를 처리하고, 발생한 슬러지의 활용방안으로써 바이오 가스에서 발생하는 유해가스 중 하나인 황화수소를 제거하기 위한 흡착제 개발 연구에 대해 발표하고자 한다.

참고문헌

1. Do Khac Uan et al. "Application of iron-based adsorbent(FeOOH) to remove hydrogen sulfide(H₂S) from biogas", Journal of Science & Technology, **54**. 2A, 35-41 (2016).
2. Jung-Hwan Jeong et al. "Characteristics of By-product Ochre from Acid Mine Drainage (AMD) Treatment and Its Potential Use", Korean J. Soil Sci. Fert, **43**. 3, 304-314 (2010).
3. Young-Goo Park et al. "Neutralization Treatment of Acid Mine Drainage Using Ca(OH)₂", J. Korean Ind. Eng. Chem, **16**. 3, 391-396 (2005).

제올라이트4A 분리막의 투과증발을 이용한 디메틸카보네이트/메탄올/물 혼합물 분리

문중호¹, 오웅진^{1,2}, 이동호¹, 김현욱¹, 박영철¹, 이종섭¹, 전재덕¹, 이형근¹, 여정구¹, 조철희²
¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교 에너지과학기술대학원

Separation of Dimethyl Carbonate/Methanol/Water Mixtures by Pervaporation Using Zeolite 4A Membranes

Jong-Ho Moon¹, Woong Jin Oh^{1,2}, Dong-Ho Lee¹, Hyunuk Kim¹, Young Cheol Park¹,
Jong-Seop Lee¹, Jae-deok Jeon¹, Hyung-Keun Lee¹, Jeong-gu Yeo¹, Churl-Hee Cho²
¹Korea Institute of Energy Research,

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

A novel membrane reactor process for DMC synthesis from carbon dioxide has been developing in Korea Institute of Energy Research. The scheme of direct synthesis of DMC from CO₂ and Methanol is "CO₂ + 2MeOH ↔ DMC + H₂O". Among them, reactants are CO₂ and MeOH, product is DMC, and byproduct is H₂O (water). According to Le Chatelier's principle, removing byproduct (water) can shift the reaction equilibrium to the right (DMC production). The main purpose of this process is removing water during the reaction. For efficient in situ water removal (dehydration) and DMC separation, zeolite 4A membranes with very small pore diameter and hydrophilicity were introduced. In this study, pervaporation performances of binary and ternary DMC/methanol/water mixtures were evaluated.

참고문헌

1. Won et al., "Separation of dimethylcarbonate/methanol/water mixtures by pervaporation using crosslinked chitosan membranes," Separation and Purification Technology, **31**, 129-140 (2003)
2. Chen et al., "Composite hybrid membrane of chitosan-silica in pervaporation separation of MeOH/DMC mixtures," Journal of Colloid and Interface Science, **316**, 580-588 (2007)

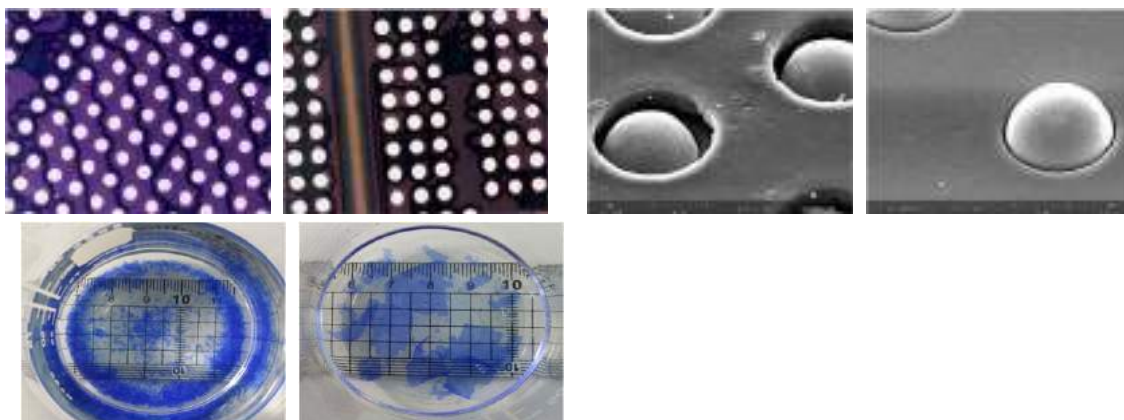
Electronic & Display용 수계 박리액 개발

신원국¹, 정원준¹, 김병조¹¹에이케이캠텍(주)

Aqueous Stripper for Electronic & Display

Won-Gook Shin¹, Won-Jun Jeong¹, Byeong-Jo Kim¹¹AK ChemTech Co., Ltd

FPD(Flat Panel Display) 및 PCB(Printed Circuit Board)의 시장은 해마다 생산량의 증가가 이뤄지고 있고, 특히 표면에 사진 기술(Photo-lithography)을 사용하여 전자기기의 집적회로, 박막회로, 프린트 배선 등을 만드는 공정에서는 보다 정밀한 구현(Fine-Pattern)을 요구하고 있다. 감광물질을 통해 이뤄지는 Image 제조공정은 고도의 정밀성과 청정성을 요구하고 있고, 제품의 품질 및 원가적인 측면에서 매우 중요하다. Image 제조공정은 감광물질 코팅(Coating), 노광(Exposure), 현상(Development), 식각(Etching), 박리(Stripping) 공정으로 이루어져 있다. 본 연구는 표면 Image 공정의 정밀도에 따라 요구되는 박리 속도와 박리 형태, 크기를 제어하기 위해 원료별, 농도별, 온도별 평가를 진행하였다. 특히 구리(Cu) 재질로 이뤄진 PCB 기판에 대한 재질 영향성과 생산 작업에 영향을 주는 냄새에 대한 평가도 동시에 진행하였다.

참고문헌

1. F. M. Alkharafi, A. M. El-Shamy and B. G. Ateya, "Comparative Effectcts of Tolytriazole and Benzotriazole Against Sulfide Attact on Copper," Ind. J. Electrochem. Sci., **4**, 1351 -1364 (2009).
2. Tulin Kiyak, "Inhibitor effects of Tolytriazole on zinc, cupper and brass surfaces to corrosion effect of environment" J. Int. Environment Application & Science, **2**(1&2), 26-32 (2007).
3. C. H. Lee, G. H. Jeong and A. S. Shin, "Evaluation of Water Absorption Phenomena into the Photo-resist Dry Film for PCB Photo-lithography Process" Appl. Chem. Eng., **24**, 6, 593-598 (2013).

LCA 기법을 활용한 생산공정개선 사례

안희경¹¹한국생산기술연구원

The Case of Improving Manufacturing Process Using LCA Approach

Heekyung An¹¹Korea Institute of Industrial Technology

본 연구는 제품 제조 과정에서의 환경영향을 감소하고, 경제적 비용을 절감하기 위한 공정개선에 관한 것이다. 각 공정의 환경영향을 분석하고, 개선 대상 공정과 개선 방법을 도출하기 위해 LCA 기법을 활용하였다. 사례기업은 치약, 비누, 샴푸 등 다양한 계면활성제를 생산하는 중견업체로 다년간 청정생산 확산을 위해 노력해왔다. 본 연구는 사례기업이 생산하고 있는 여러 계면활성제 가운데 용수사용량이 많은 치약 제조 공정을 대상으로 하였다. 치약 제조 공정은 원료 혼합 및 교반, 포장 및 검사, 믹서 및 저장조 세정, 폐수처리, 정제수 제조, 스팀제조의 6개 단위 공정으로 이루어져있다. 6개의 단위 공정을 대상으로 LCA를 실시한 결과, 믹서 및 저장조 세정 공정에서 자원고갈 특성화 영향 기여도가 전체 공정의 42%, 지구온난화 특성화 영향 기여도가 36%로 가장 높게 나타났다. 부영양화 특성화 영향 기여도와 산성화 특성화 영향 기여도는 폐수처리 공정에서 가장 높게 나타났는데, 폐수를 발생시키는 주요 단위공정은 믹서 및 저장조 세정 공정으로 파악되었다. 믹서 및 저장조 세정공정을 개선하기 위해서는 세척수로 사용되는 지하수 및 정제수의 사용량과 에너지를 필요로 하는 스팀 사용량을 감소하는 방법을 적용해야 한다. 본 연구는 기존의 세정장치를 고압분사형의 신규기술로 대체함으로써 환경영향을 개선할 수 있음을 제시하였으며, LCA 분석을 통해 신규기술 적용으로 전체 치약제조공정의 자원고갈(21.2%감소), 지구온난화 (19.1%감소), 부영양화(20.8%감소), 산성화(9.4%감소) 등 특성화영향을 감소시킬 수 있음을 파악하였다.

Parameter Study for Nanofiltration (NF) Membrane Modelling: Relation Between Membrane Charge Density and Solute Concentration

Jin Kim¹, Hyeon Jung Kim¹, Yoon Hyuk Jang¹, Dae Ryook Yang^{1,*}

¹Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University

The issue of water scarcity has been rising worldwide and there are many efforts to secure clean water like collecting rainwater, reutilizing domestic sewage, and desalinating seawater. Among these methods, the seawater desalination can supply the water steadily and without limit. In case of seawater desalination, there are two ways for producing water: the thermal method and the method using membrane.

The membranes are categorized into four types which are microfiltration (MF), ultrafiltration (UF), NF, and reverse osmosis (RO). NF membrane has pore size of approximately 1nm, which the size is in the between UF and RO membrane. Like RO, NF is used to separate inorganic salts and small organic molecules but it possess distinct feature that it shows high rejection performance on the multivalent anion and high water flux. To fully understand the potential of NF, the predictive model and the parameters included in the model are needed.

The predictive model used for the parameter study is Donnan Steric Pore Model and Dielectric Effect (DSPM-DE) which explains the separation mechanism by size exclusion, charge effect, and dielectric effect. Former models has been pointed out that it includes a physically unrealistic and DSPM-DE solves this problem. DSPM-DE has four parameters, which are pore radius, thickness to porosity ratio, pore dielectric constant, and membrane charge density.

In the previous study, Roy et al. [1], the author mentioned the possibility of linear relationship between membrane charge density and solute concentration. It was also stated that the three parameters except membrane charge density can be assumed constant when the membrane and solute type are determined. Unfortunately, most of the parameter studies are carried out in the range of low solute concentration, which is 0.001M~0.01M. As the NF process can be used to develop a new hybrid system for various applications, there exists a necessity of finding the parameter value in the range of high concentration and identifying the linear relationship. If the linear relationship between membrane charge density and solute concentration is verified, the time and money for parameter research will be greatly reduced and applied to the predictive model usefully.

As the experimental data is not enough in the range of high concentration, the ROSA simulation program provided by Dow Chemical Corporation was used. From the result simulated by ROSA, the value of membrane charge density was calculated using Matlab.

References

1. Roy, Y. et al., "Modeling of flat-sheet and spiral-wound nanofiltration configurations and its application in seawater nanofiltration," J. Membr. Sci., **493**, 360-372 (2015).

페로몬 제조공정 개선 연구

양주희¹, 우승한¹, 이철우^{1,*}
¹한밭대학교 화학생명공학과/RIC

A Study on the Process Improvement for the Production of Pheromone

Joo Hee Yang¹, Seung Han Woo¹, Chul Woo Lee^{1,*}
¹Department of Chemical & Biological Engineering/RIC, Hanbat National University

국내의 해충에 큰 피해를 주고 있는 산림 해충의 방제를 위해서 성페로몬을 사용하여 해충을 트랩으로 유인하는 것이 친환경적이며 효과적인 방법이다. 그러나 성페로몬의 합성 수율이 낮아 경제성을 확보하기 위해서는 합성 수율을 높이는 것이 시급한 실정이다. 성페로몬의 합성은 여러 단계로 이루어져 있으나 마지막 단계인 탄소-탄소 결합생성 단계의 Grignard 반응이 가장 어려운 단계이므로 이 단계의 수율을 높이는 것이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 산림 해충의 성페로몬을 인공적으로 합성하는데 있어서 반응시간, 원료투입 순서, 사용하는 촉매 등 여러 가지 반응조건이 생성물의 수율에 미치는 영향을 살펴보았다. 촉매의 사용은 1-10 mol% 정도 사용하였고 Grignard 시약의 양을 증가하여 사용하면 더 효과적인 반응이 나타남을 확인할 수 있었다. 반응의 진행은 TLC로 확인이 가능하며 정량적인 반응의 진행은 GC를 이용하여 확인하고, 생성된 물질은 NMR과 GC-MS로 확인하였다.

PB-13

The Characterization of Cationic of Cationic Gemini Surfactants

Joo Hee Yang¹, Li Jingya¹, Chul Woo Lee^{1,*}

¹Department of Chemical & Biological Engineering/RIC, Hanbat National University

Gemini Surfactant is believed to be a novel surfactant with a special molecular structure. It has a higher surface activity than the traditional surfactant but lower CMC value. And it is more easily aggregated into micelles, with excellent wetting properties. Besides, ordinary surfactants have a good synergistic effect. Due to these excellent performances, in recent years gemini surfactant has become one of the hottest topics studied by various researches.

In this paper, six cationic gemini surfactants were synthesized by one-step method. The surface tension was measured by surface tension meter. It was found that compared with the conventional surfactants, the cationic gemini surfactants had smaller surface tension and lower critical micelle concentration as well as it is complex with common anionic surfactant, SDS. The surface tension of the compound system was better than that of the complex system after SDS.

습식 화학 공정을 이용한 F-Doped TiO₂ 나노 입자의 제조 및 광촉매 특성 연구

이덕희¹, 박재량¹, 이찬기¹, 박경수^{1*}, 김현모²
¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²(주)모노리스

Study on the Preparation and Photocatalytic Property of F-Doped TiO₂ Nanoparticles by Wet-Chemical Process

Duk-Hee Lee¹, Jae-Ryang Park¹, Chan-Gi Lee¹, Kyung-Soo Park^{1*}, Hyeon-Mo Kim²
¹Advanced Materials & Processing Center, Institute for Advanced Engineering (IAE),
²Monolith Co., Ltd.

TiO₂는 높은 광효율 뿐만 아니라 산, 염기에 대한 탁월한 화학적 안정성을 갖고 있는 대표적인 광촉매 중 하나이며 생산단가 낮아 상업성이 우수하여 촉매, 태양전지 재료, 가스센서, 안료 등 다양한 산업에서 널리 사용되고 있다. 그러나 밴드갭 에너지가 3.2 eV로 높아 자외선 영역(<380 nm)에서만 활성을 나타내고 응용에 제한을 받아왔기 때문에 가시광선(400~700nm) 영역에서 높은 광활성을 띠도록 하는 연구가 다양하게 진행되고 있다. 예를 들면, TiO₂의 밴드갭 조절을 위해 양/음이온으로 도핑하여 conduction band 및 valance band 사이의 간격을 줄이고 트랩 사이트를 만들어 가시광 빛을 흡수할 수 있도록 하는 연구가 진행되고 있다. 또한, 은, 철, 바나듐, 백금과 같은 금속이온 또는 전이금속으로 도핑하는 방법들이 보고되었으나 열에 취약한 문제, 낮은 성능 등의 문제점들이 발생하였다. 더욱이, 주로 열처리에 의해 도핑함에 따른 경제적 문제, 복잡한 공정 등의 문제로 보다 쉽게 제조 가능하고 가시광 영역에서 우수한 광촉매 효율을 나타내는 기술이 요구되고 있다.

본 연구에서는 F-doped TiO₂ 나노입자를 제조하기 위해 F가 함유된 ammonium hexafluorotitanate((NH₄)₂TiF₆, AHFT)와 boric acid를 전구체로 사용하였고 추가적인 공정없이 간단한 습식 화학 공정으로 F-doped TiO₂ 나노입자를 제조하였다(F-TiO₂). 또한, 후열처리를 통해 F가 제거된 TiO₂를 제조하여 비교하였다(H-TiO₂). 제조된 TiO₂ 나노 입자들의 결정구조, 입자형태 등은 XRD, FESEM, TEM, XPS를 이용하여 비교하였으며 F가 광촉매에 미치는 영향을 평가하고 Methylene blue 염료에 대한 광분해 특성을 고찰하였다.

순환유동층 보일러에서 황산암모늄 첨가제 사용에 따른 미세입자 변화 측정 및 분석

이동호¹, 박재혁¹, 배달희¹, 한근희¹, 박재현¹, 황윤태¹, 김종렬², 박상현², 김용진², 선도원^{1,*}
¹한국에너지기술연구원, ²한국중부발전

Effect of Ammonium Sulphate addition on Fine Particle Alteration Measurement and Analysis in Circulating Fluidized Bed Combustion

Dong-Ho Lee¹, Jae Hyeok Park¹, Dal-hee Bae¹, Keun-hee Han¹, Jae-hyeon Park¹, Yuntae Hwang¹,
Jong Ryeol Kim², Sang hyeon Park², Yong Gin Kim², Do-won Shun^{1,*}
¹Korea Institute of Energy Research, ²Korea Midland Power Co., LTD.

고형연료에는 다양한 미네랄 성분이 함유되어 있고, 특히 저융점염을 생성시킬 수 있는 알칼리 금속 (Na, K), 알칼리 토금속(Mg, Ca) 원소와 황(S) 및 할로젠(Cl) 원소들을 포함한 물질들이 존재하며, 연소 중 작은 입자들이 용착되어 클링커를 생성한다. 이렇게 생성된 클링커는 전열 면적을 감소시키고, 열전달 계수를 낮추어 열회수를 낮게 만들어, 보일러의 효율을 감소시킨다. 전열관에 생성되는 클링커들의 거동을 정확히 파악 후, 클링커 생성을 방지할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

본 연구에서는 클링커 생성 방지를 위해서 황산암모늄을 중부발전의 10MWe급 순환유동층 보일러에 사용하여 클링커 생성을 유발할 수 있는 미세입자를 포집하여 분석하였다. 순환유동층 보일러의 대류전열부 전단에서 황산암모늄 사용 전과 후의 입자를 포집하여 PM10 입자 분율 및 입도 성분 분석을 비교하여 황산암모늄의 효용성을 확인하였다.

참고문헌

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

촉매-흡착제 3단 고정층 반응기의 SF₆ 가수분해 반응에 관한 연구

이신근^{1,*}, 남성찬¹, 임한권², 정호영³, 한재윤¹, 김창현¹
¹한국에너지기술연구원, ²대구가톨릭대학교, ³전남대학교

Sorption Enhanced Catalytic SF₆ Hydrolysis with Multi-Stages Catalyst-Adsorbent Three-Bed Reactor

Shin-Kun Ryi^{1,*}, Sung-Chan Nam¹, Hankwon Lim², Ho-Young Jung³, Jae-Yun Han¹, Chang-Hyun Kim¹
¹Korea Institute of Energy Research, ²Catholic University of Daegu, ³Chonnam National University

육불화황(Sulfur hexafluoride, SF₆)은 높은 절연 상수, 열·화학적 안정성과 비오염성 물질의 특성을 지니고 있어 전기산업에서 고전압 절연재료로 사용하고, 마그네슘의 주물 공정과 반도체 및 디스플레이 제조 시 에칭공정에서 주로 사용되고 있다. 그러나 SF₆는 1997년 발효된 도쿄의정서에서 6대 온실효과 발생 가스로 규정되었고, 이산화탄소에 비해 23,900배 높은 지구온난화지수(Global warming potential, GWP)와 3,200배 높은 지속시간¹⁾을 지니며 반도체·디스플레이 산업의 발전에 따라 점차적으로 배출량이 증가하는 추세이므로 오염물질의 무배출(Zero-emission) 시스템 구축과 회수 공정 기술 개발이 지속되어야 한다. SF₆의 배출량 저감 및 회수를 위한 공정으로는 흡수, 분리 및 분해기술이 있다. 흡수공정은 주로 흡수제를 이용하여 흡수 후 탈착하는 방식으로, 탈착된 기체는 회수 후 재사용이 가능하다. 그리고 분리기술은 배출기체 중 SF₆만을 분리하여 회수 후 재사용 하는 방식으로 흡수와 분리기술에 의해 순환공정 구성이 가능하지만, 대량의 배출기체 처리에는 부적합한 특징이 있다. 반면에 분해기술은 연소기술과 플라즈마 처리 및 촉매분해 공정이 있는데, 대량의 배출기체 처리에 용이하다는 장점이 있으나 연소기술은 고온의 공정 온도를 유지하기 위해 운영비용이 많이 들고, 플라즈마 처리 및 촉매분해 공정은 공정 후 생성되는 HF, SO₂F₂, SO₂ 등 주로 불화물과 황화물로 구성된 부생성물들이 독성을 지니고 있다는 특징이 있다. 따라서 높은 SF₆ 분해율 달성과 함께 부생성물들의 독성을 원천적으로 차단하는 기술 개발이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 르 샤틀리에의 원리(Le Chatelier's principle)를 기반으로 알루미늄 촉매와 수산화칼슘 흡착제의 다단 구성을 통해 평형 파괴를 유도하고, 가수분해반응 시 발생하는 부산물들을 원천적으로 차단할 수 있는 시스템을 구성하였다. 이와 같은 시스템을 구현하기 위해 인코넬600 튜브형 반응기를 제작하고 내부에 알루미늄 촉매와 수산화칼슘 흡착제를 다단으로 적층하여 SF₆ 분해 특성을 확인하였다. 이때 SF₆는 질량 유량 조절기(Mass flow controller, MFC)를 통하여 공급하였고, 농도는 5,000ppm이 되도록 하였으며 공간속도(Gas hourly space velocity, GHSV)는 2,000 h⁻¹로 유지하였다. 또한 가수분해반응을 위한 수증기는 공급기체의 8%가 되도록 정밀액체펌프를 이용하여 공급하였다. 그리고 반응기를 거쳐 배출된 기체는 가스크로마토그래피(Gas chromatography, GC)로 분석하였다. 단일 촉매 분해 성능과 촉매-흡착제 3단 분해 성능 비교 결과, 단일 촉매 반응기는 공정온도 650°C에서 89%의 분해율을 나타낸 반면 3단 촉매-흡착제 다단 반응기는 99% 이상의 분해율을 나타냈다. 또한, 수산화칼슘 흡착제에 의해 불화수소(Hydrogen fluoride, HF)와 황화물 또한 배출되지 않아 우수한 SF₆ 분해 성능과 더불어 독성 부생성물의 배출이 0%에 가까운 성능을 갖는 반응기가 구현되었음이 증명되었다. 이와 같은 촉매-흡착제 다단 구성에 의한 불화가스 처리 기술에 의해 대용량, 고효율 불화가스 처리와 더불어 유지비용이 기존 상용 기술에 비해 획기적으로 절감된 시스템 구성이 가능 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Stocker, T. et al., Climate change 2013 : the physical science basis Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University, Cambridge, pp. 166 (2014).

고압 반응기로의 분체 주입을 위한 장치의 주입 특성 시험

이지은¹, 정기진¹, 김문현¹, 정석우¹, 김태화², 정종선²

¹고등기술연구원, ²(주)세인트텍

Continuous Injection Characteristics of a Device for Powder Materials into a High-Pressure Reactor

Jieun Lee¹, Ki-Jin Jeong¹, Mun-Hyun Kim¹, Seok-Woo Chung¹, Tae-Hwa Kim², Jong-Sun Jung²

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

기존에 가스화플랜트, 화학플랜트 등에서 고압 용기 또는 고압 반응기에 상압의 분체연료(미분탄, 화학원료 등)를 연속적으로 주입하기 위하여 주로 록호퍼(lock-hopper) 시스템을 사용해왔다.

이 록호퍼(lock-hopper) 시스템은 분체연료의 계속적인 공급을 위하여 상압과 가압 운전을 반복하면서 사용할 분체연료를 저장하는 저장호퍼(storage hopper), 항상 반응기 압력보다 높은 고압상태로 운전되며 분체연료를 기류수송 방식으로 반응기에 공급하는 공급호퍼(feed hopper), 가압과 상압 상태를 반복하면서 상압상태인 저장호퍼의 분체연료를 가압상태인 공급호퍼로 계속 공급하는 록호퍼(lock-hopper) 등으로 구성되는 분체연료 공급시스템을 적용하고 있다.

이러한 종래의 록호퍼 시스템은 작동을 위해 고압 질소를 이용한 가압 및 감압 장치, 시퀀스 제어를 위한 정압/차압 계측기 등의 추가적인 설비 연계가 필요하고 복잡한 절차에 따라 분체연료 주입이 이루어진다는 단점을 가지며, 이와 함께 연속식이 아닌 배치(batch)식으로 분체연료 주입이 이루어져 공급호퍼 내 일정한 레벨 유지가 불가능하고 록호퍼를 공급호퍼와 동일한 압력까지 가압하는 과정에서 지속적인 질소가스 사용이 필요하며, 분체연료 내 수분함량이 다소 높을 경우 브리징(bridging) 현상에 의해 록호퍼에서 공급호퍼로 분체연료가 내려오지 않는 문제점이 발생한다.

본 연구에서는 상압의 분체연료를 기계적 작동에 의해 압축하여 공급하는 방식을 적용함으로써 고압 용기 또는 반응기 내부의 가스 역류를 방지함과 동시에 분체연료를 연속적으로 주입할 수 있도록 고압 분체연료 주입장치 개발의 일환으로 고압 분체연료 주입장치를 설계 및 제작하고 분체시료 주입 시험을 실시하여, 분체시료별 주입특성을 파악하였다.

새로운 페로브스카이트 광촉매를 이용한 수중 메틸렌 블루 제거 연구

이치현¹, 김현규², 임동하^{1,*}

¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²한국기초과학지원연구원 광에너지 응용재료연구팀

A Study of Degradation of Methylene Blue in Aqueous Solution Using a Novel Perovskite Photocatalyst

Chi-Hyeon Lee¹, Hyun-Gyu Kim², Dong-Ha Lim^{1,*}

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

²Korea Basic Science Institute, Photo-Energy Application Research Team, Busan, Korea

광촉매(Photocatalyst)는 빛에너지를 이용하여 화학적 반응을 일으키는 물질로, 빛에너지가 조사되면 가전자대(Valence band)에서 전자-정공쌍(Electron-hole pair)이 생성된다. 이때 광촉매의 밴드갭 에너지(Band gap energy) 보다 높은 빛에너지가 조사되면 전자-정공쌍은 분리되어 전자(Electron)는 가전자대에서 전도대(Conduction band)로 여기되고, 정공(Electron hole)은 가전도대에 남게 된다. 전도대의 전자는 공기 중 산소와 반응하여 수퍼옥사이드 라디칼(Superoxide radical)을 형성하고, 가전도대의 정공은 공기 중 수분과 반응하여 하이드록실 라디칼(Hydroxy radical)을 형성한다. 여기서 형성된 수퍼옥사이드 라디칼과 하이드록실 라디칼은 반응성이 매우 강하여 유기화합물질을 분해하여 이산화탄소와 물과 같은 무독성 물질로 전환시킬 수 있다. 광촉매는 유기물 분해, 이산화탄소 전환, 물 분해, 그리고 질소고정 등에 활용되어 왔으며, 대표적인 광촉매 물질은 이산화티타늄(TiO₂) 기반의 반도체이다. 그러나 이산화티타늄은 밴드갭 에너지가 3.0 ~ 3.2 eV로 높은 에너지를 요구하는 자외선 조사 하에서만 활성이 가능하다는 단점이 있다. 이러한 이산화티타늄의 문제를 해결하기 위해서 금속 또는 비금속을 이산화티타늄 격자 내에 도핑하거나 다른 반도체 물질과 합성하여 밴드갭 에너지를 낮추는 기술들이 사용되어 왔다. 그러나 이를 위해서는 귀금속과 같은 고가의 도핑 또는 반도체 물질을 사용하여야 하므로 생산 단가가 높아진다는 문제가 있다.

따라서 본 연구에서는 가시광선하에서도 활성을 가지는 고체상 반응의 간단한 합성법을 통해 제조되는 단상의 페로브스카이트(Perovskite) 광촉매를 개발하였으며, 이를 이용하여 대표적인 염료로 사용되는 수중 오염물질인 메틸렌 블루를 분해하는 실험을 수행하였다. PbBi₂Nb₂O₉ 광촉매를 이용한 수중 메틸렌 블루 제거 실험을 위하여 일정량의 메틸렌 블루를 증류수와 혼합하여 인공 오염용액을 제조한 다음, 제조된 PbBi₂Nb₂O₉ 광촉매를 넣어 혼합하였다. 혼합액을 교반시키면서 외부에서 제논램프로 가시광선을 조사하여 반응시간에 따른 메틸렌 블루 제거효율을 파악하였다. 반응시간이 증가할수록 인공 오염용액의 색이 점점 옅어졌으며, 약 150분 정도 지난 후에는 메틸렌 블루가 대부분 제거된 것으로 확인되었다. 따라서 수중 메틸렌 블루 제거 실험을 통해서 페로브스카이트 구조의 PbBi₂Nb₂O₉ 광촉매가 가시광선 조사 하에서 우수한 활성을 가지는 것으로 확인되었으며, 향후에는 가시광선 조사 하에서 PbBi₂Nb₂O₉ 광촉매를 이용하여 기상 이산화탄소를 메탄과 같은 재생연료로 전환하고, 물 분해를 통해 수소를 생산하는 실험을 추가적으로 수행할 것이다.

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. Du P. F., Song L. X., Xiong J., Xi X. Q., Chen J. J., Gao L. H., and Wang N. Y., "High-efficiency photocatalytic degradation of methylene blue using electrospun ZnO nanofibers as catalyst ", J. Nanosci. Nanotechnol., **11**(9), 7723-7728 (2011).

역청성 오일 포함 인도네시아 원료에 대한 연속 열분해 특성 조사

장정희¹, 최희영¹, 곽연수¹, 한기보^{1*}
¹고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터

Investigation of Continuous Pyrolysis Properties of Indonesian Bitumen-Like Oil-Contained Resources

Jung Hee Jang¹, Hee Young Choi¹, Yeonsu Kwak¹, Gi Bo Han^{1*}
¹Plant Engineering Center, Institute for Advanced Engineering

기존 연구에서 인도네시아에서 공급된 역청성 오일이 함유된 원료로부터 오일을 회수하기 위한 다양한 방법을 연구하였으며, 실험실 규모 열분해 공정을 적용하여 원료내에 함유된 오일을 효과적으로 회수할 수 있었다. 본 연구에서는 실험실 규모로 수행된 기초 열분해 특성에 대한 실험 결과를 활용하여 연속열분해 공정에 적용하여 오일 회수 실험을 수행하고자 하였으며, 이를 위하여 다단열분해 방식의 반응기를 설계 및 구축 하였다. 구축된 다단 열분해 반응기는 시간당 20 kg/hr로 역청성 오일이 함유된 원료를 주입할 수 있도록 설계되었으며, 열분해 온도는 350~550°C 까지 조절할 수 있다. 원료의 투입속도, 열분해온도등에 따른 오일의 회수량을 확인 하였다. 회수된 오일은 기초분석을 통하여 발열량, 황함량, 수분함량등을 분석하였으며, 분석결과 기존 중유(heavy oil)과 비슷한 성상을 지님을 확인 하였다. 회수된 오일을 상용 중유에 근접하도록 개질 공정이 제안하였다.

저온용 V_2O_5 - CeO_2 - ZrO_2 촉매 성능 향상정보라¹, 김진우^{1,2}, 이명진^{1,2}, 김홍대^{1*}¹한국생산기술연구원, ²부산대학교Enhanced Catalytic Property of V_2O_5 - CeO_2 - ZrO_2 Catalysts for Low TemperatureBora Jeong¹, Jinwoo Kim^{1,2}, Myeung-jin Lee^{1,2}, HongDae Kim^{1*}¹Korea institute of industrial technology, ²Pusan National University

Nitrogen oxides (NO_x) emitted from the stationary sources and mobile sources. Vanadium-titania based catalyst are widely used for removing NO_x . However, these catalyst components have a various problems as follows ; toxicity of vanadium oxides, narrow temperature window of 300-400°C, limited industrial applications. Therefore, we focused on the development catalytic activity with low temperature. To obtain the improved the catalytic property, we using CeO_2 and ZrO_2 . CeO_2 was noble metals used automobile sources of three-way catalyst. CeO_2 has non-toxic component, improving oxygen storage capability (OSC) and en increased redox performance. ZrO_2 was promoted catalyst carrier and elevated thermal stability. In this resion, we synthesized V_2O_5 - CeO_2 - ZrO_2 catalyst by various methods such as hydrothermal and impregnation method.

The enhanced De- NO_x efficiency and SO_2/H_2O durability was confirmed Fixed-bed reactor. And the crystal structures and mophology of catalyst were characterized by X-ray diffractometer (XRD) and high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM). Brunauer-Emmett-Teller (BET) and surface analysis.

경주 석조문화재 풍화 등급

정종현¹, 정민호², 피영규¹, 한승현¹, 정경선¹, 조준형³, 손병현⁴

¹대구한의대학교 보건학부, ²국립경주문화재연구소, ³부산대학교 환경공학과, ⁴한서대학교 환경공학과

Deterioration Grade of the Stone Cultural Properties in Gyeongju

Jong-Hyeon Jung¹, Min-Ho Jeong², Young-Gyu Phee¹, Seung-Hun Han¹, Gyeong-Seon Jeong¹,
Joon-Hyung Cho³, Byung-Hyun Shon⁴

¹Faculty of Health, Daegu Haany University,

²Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage,

³Dept. of Environmental Engineering, Pusan National University,

⁴Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

경주지역에는 많은 국보급 석조문화재가 분포하고 있으며, 대부분이古신라, 통일신라, 신라시대에 만들어진 석조문화재들이며, 경주시 진현동, 서약동, 구황동, 인왕동, 암곡동, 현곡면 나원리, 안강읍 옥산리, 양북면 용당리, 건천읍 송선리, 양북면 구황리 등에 분포되어 있다. 전체 석조문화재 중 20% 이상의 국보급 석조문화재가 대상지역에 분포하고 있다.¹⁾ 본 연구에서는 최근 10 년간의 모니터링 자료와 환경 영향 분석자료를 이용하여 문화재의 풍화와 훼손 등급 및 오염도 진행과정을 조사하였다. 석조문화재는 표면에 서식하는 박테리아, 곰팡이, 이끼, 조류, 지의류 등에 의한 훼손, 변색 및 박리·박락현상, 암석표면의 요철, 부재간 결합상태 불안정, 지반침하 및 구조적인 변형, 기온 변화 및 수분의 동결·융해작용에 의한 훼손, 배설물에 의한 훼손, 미신(불상의 얼굴 파괴), 접착제의 풍화물 등에 의한 훼손작용이 확인되었다. 또한, 화학적, 물리적, 생물학적 및 기타 요인에 의하여 상호 복합적으로 작용하는 것으로 판단된다. 이와 함께 산업화와 도시화 및 화석연료 사용량의 증가 등의 문제로 인하여 문화재 훼손 속도 및 풍화 등급이 가속화되고 있는 것으로 판단된다.¹⁻⁵⁾

사사

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

참고문헌

1. Jung, J. H., "Effects of air pollutants on the health/environmental risk assessment and weathering of stone cultural properties in Gyeongju and its vicinities", Daegu Haany University, Ph.D Dissertation, (2008).
2. 정종현, 정민호, 손병현, 이근직, 서정호, 김현규, "佛國寺 石造文化財 風化·毀損 特性 - 多寶塔과 佛國寺 三層石塔을 中心으로-", 신라문화, **31**, 107-135, (2008).
3. 정종현, 손병현, 정민호, 임현호, 김경원, 김현규, "해수와 대기오염물질이 석조문화재에 미치는 영향 : 감은사지 삼층석탑을 중심으로", 한국환경보건학회지, **33**(4), 325-337, (2007).
4. 정종현, 최석규, "환경오염에 의한 석조문화재 훼손 현황조사 및 보존대책", 한국환경민간단체진흥회 환경연구논문집, 5-28, (2001).
5. 정종현, 정민호, 최원준, 손병현, 장혁상, "慶州 遠願寺址 東·西 三層石塔 風化·毀損 要因", 신라문화, **33**, 107-135, (2009).

원원사지 동·서 삼층석탑 훼손과 모니터링

정중현¹, 정민호², 피영규¹, 한승현¹, 정경선¹, 조준형³, 손병현⁴

¹대구한의대학교 보건학부, ²국립경주문화재연구소, ³부산대학교 환경공학과, ⁴한서대학교 환경공학과

Weathering and Monitoring of the Eastern · Western Three-Story Stone Pagodas in Wonwonsa Temple Site, Gyeongju

Jong-Hyeon Jung¹, Min-Ho Jeong², Young-Gyu Phee¹, Seung-Hun Han¹, Gyeong-Seon Jeong¹,
Joon-Hyung Cho³, Byung-Hyun Shon⁴

¹Faculty of Health, Daegu Haany University,

²Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage,

³Dept. of Environmental Engineering, Pusan National University,

⁴Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

본 연구에서는 울산지역에 인접한 경주 원원사지 동·서 삼층석탑 주변지역의 풍화·훼손 진행과정을 비교 및 확인하였다. 본 연구팀은 1998년부터 2017년 현재까지 대상지역 동·서 삼층석탑의 모니터링 작업을 수행하였으며, 대기환경 및 물성 자료를 바탕으로 평가작업을 수행하였다. 본 연구팀의 이전 연구결과에¹⁻⁴⁾ 의하면 대상지역 인근지역에는 우리나라를 대표하는 공업도시인 울산이 위치하고 있으며, 경주지역 일부 문화재가 영향을 받고 있는 것으로 추정된다. 특히 원원사지 동·서 삼층석탑 주변지역의 경우 식생환경에 대한 문제점이 확인되었다. 대상지역의 환경특성을 분석한 결과, 원원사지 동·서 삼층석탑 주변에는 수분이 지속적으로 공급되는 계곡이 좌·우측으로 형성되어 있다. 원원사지 동·서 삼층석탑 주변에는 소나무 및 기타 식물이 서식하고 있고, 이러한 문제로 인하여 토양환경은 습도가 높은 실정이다. 이와 함께 원원사지 동·서 삼층석탑의 표면에는 곰팡이, 이끼, 조류, 지의류, 박테리아 등과 같은 다양한 미생물이 서식하고 있다. 행정당국 및 관련기관에서는 주기적으로 원원사지 동·서 삼층석탑과 주변지역 식생환경의 변화 및 개선작업을 수행하였다.¹⁻²⁾ 그러나, 원원사지 동·서 삼층석탑 표면의 미생물을 제거하는 과정에서 동·서 삼층석탑 표면이 일부 훼손된 것으로 판단된다. 향후 생물학적인 영향을 받고 있는 문화재를 관리할 경우 보다 철저한 감시 및 관리가 요구된다. 또한, 대상지역의 통풍과 바람길을 확보하고 주기적으로 자연적인 풍화 요인과 물리·화학·생물학적·인위적·구조적 요인 등과 같은 훼손 인자를 저감하는 방안을 확보해야 할 시점이다.

사사

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

참고문헌

1. 정중현, 정민호, 최원준, 손병현, 장혁상, “慶州 遠願寺址 東·西 三層石塔 風化·毀損 要因,” 신라문화, **33**, 107-135, (2009).
2. 정중현, 정민호, 손병현, 이근직, 서정호, 김현규, “佛國寺 石造文化財 風化·毀損 特性 - 多寶塔과 佛國寺 三層石塔을 中心으로-,” 신라문화, **31**, 107-135, (2008).
3. 정중현, 손병현, 정민호, 임현호, 김경원, 김현규, “해수와 대기오염물질이 석조문화재에 미치는 영향 : 감은사지 삼층석탑을 중심으로,” 한국환경보건학회지, **33**(4), 325-337, (2007).
4. 정중현, 최석규, “환경오염에 의한 석조문화재 훼손 현황조사 및 보존대책”, 한국환경민간단체진흥회 환경연구논문집, 5-28, (2001).

Zinc Flake에 대한 실리카 표면처리가 산화반응에 미치는 영향

정현석¹, 정영복¹, 신하식¹, 장정국¹, 임준혁^{2,*}

¹메탈 페이스(주)

²부경대학교 화학공학과

The Effects of Surface Treatment with Silica of Zinc Flake on Oxidation Reaction

Hun-Seok Jung¹, Young-Bok Jung¹, Ha-Sik Shin¹, Jung-Goog Jang¹, Jun-Heok Lim^{2,*}

¹Metal Face, Inc.

²Department of chemical Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea.

아연은 희생양극 기능에 의한 방식기능을 가진 대표적인 소재로써 현재까지 선박용, 해양 구조물용 방식 도료로 널리 사용되어왔다. 특히 도료로 적용될 때 편상 아연은 구형 아연에 비해 더 높은 방식 성능을 가진 것으로 알려져 있다. 최근 환경에 대한 요구로 수용성 방식도료에 대한 수요가 높아짐에 따라 수용성 도료에 적용할 수 있는 아연분말 안료에 대한 연구가 요구되고 있다. 수용성 도료에 적용하기 위해서 부식 환경인 수용성 상태에서 아연분말의 산화반응 억제가 중요하다. 따라서 편상 아연에 대한 부식 환경에서의 산화 반응에 대한 실험을 실시하였다.

본 실험에서는 아연 입자의 표면 처리를 통해 부식 환경에서 아연의 산화반응에 미치는 영향을 알아보았다. 아연은 평균 입자크기 4~6 μm 의 구형 아연분말을 이용하여 밀링가공을 통해 편상 분말형태로 제조 하였다. 제조된 편상 아연 분말을 이용하여 밀링가공 전, 후 표면처리를 진행하였으며 표면 처리의 여부, 조건에 따라 산화 반응의 정도를 측정하였다. 측정된 결과를 기준으로 표면 처리제의 효과와 산화 방지를 위한 최적의 표면 처리제 종류 및 처리 조건을 나타내었다.

참고문헌

1. 박종원, 이경환, 박병규 and 홍신협, "Silane계 유기 하이브리드 적용 합금강판 내식성 향상 코팅 기술 개발." *CORROSION SCIENCE AND TECHNOLOGY*, **12**, 6, 295-303 (2013).
2. 신용탁, 황지현, 홍민기, 최진주, 이원기, 이경배, 유병원, 이명구, "실란커플링제 종류 변화가 수분산 폴리우레탄의 특성에 미치는 영향." *Korean Chem. Eng. Res*, **49**, 3, 285-291 (2011).

수분 흡착식 냉방 장치에 적합한 신규 수분 흡착제 개발 및 흡착 성능 평가

조강희¹, 김상겸^{1,2}, 범희태¹, 김종남^{1*}

¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교 에너지과학기술전문대학원

Synthesis of New Water Adsorbent for Adsorption-Type Chiller, and Measurement of Water Adsorption Properties of This Material

Kanghee Cho¹, Sang Kyum Kim^{1,2}, Hee Tae Beum¹, Jong-nam Kim^{1*}

¹Korea Institute of Energy Research, ²Chungnam National University

최근 경제의 발전에 따라 쾌적한 주거 및 근무환경을 추구하고 지구 온난화로 인한 기온 상승으로 냉방수요가 급격히 증가하여 세계에서 생산된 전력의 15%, 전체 가정 및 상업용 건물의 45% 정도의 에너지가 냉방의 목적으로 사용되고 있다. 특히, 여름철에는 냉방으로 인한 전기 에너지 소비가 집중되면서 한 낮, 도심지의 경우 대규모 정전 위기를 야기하기도 한다. 이에 반해 여름철 다양한 산업현장에서 생산되는 열에너지는 활용되지 못하고 폐기되는 경우가 많다. 고온의 폐열 에너지는 그 동안의 에너지절약기술의 발달로 용이하게 회수되어 활용되기도 하지만, 90°C 이하의 저온으로 버려지는 폐열은 마땅한 사용처가 없어서 버려지는 경우가 많다. 따라서, 이러한 에너지 불균형 문제를 해결할 수 있는 기술에 대한 관심이 점점 늘어나고 있다. 전 세계적으 기후변화 대응을 위해 저온 폐열과 신재생 열에너지의 효율적인 활용기술이 요구되고 있고, 특히 국내에서 곧 시행 될 예정인 신재생 열에너지 공급 의무화제도(RHO, renewable heat obligation)에 대비하기 위하여 하절기에 활용도가 낮은 폐열 및 신재생 열에너지를 이용한 냉방기술 개발에 많은 관심이 이어지고 있다. 프레온계 냉매를 사용하고 많은 양의 전기 에너지를 사용하는 기존의 전기 압축식 냉방 장치는 하절기 전력 부족, 온실가스 배출, 오존층 파괴 등의 문제를 야기하는 반면, 새로운 방식의 냉방 장치인 흡착식 냉방 장치는 저온 열원(60~90°C) 또는 신재생 열원으로 구동되고, 냉매로 물, 메탄올, 암모니아 등을 사용하여 냉방열(5~15°C) 또는 냉장열 (-20~0°C)을 생산하는 극 저전력 환경친화적 냉방시스템이다.

흡착식 냉방 장치는 액상 냉매가 기화되어 고성능 흡착제에 흡착될 때 발생하는 증발 잠열 제거 현상을 기본 원리로 하고 있다. 흡착제가 수분을 흡착하는 동안 증발기의 증발 잠열을 제거하면서 냉열을 생산하고 흡착이 완료된 흡착제를 저온 열원으로 재생하는 과정을 반복하며 냉열을 지속적으로 발생시킨다. 예를 들어, 흡착제를 사용하여 25~35°C, 약 8~12 Torr 수증기 하에서 물을 흡착시키고 65~80°C, 약 30~42 Torr 수증기 하에서 흡착제에 흡수된 물을 탈착시키는 사이클을 통해 증발기에서 10~15°C 정도의 냉열을 생산할 수 있다. 흡착식 냉방 장치에서 가장 핵심이 되는 부분은 단연 흡착제이다. 흡착식 냉방 장치의 흡착 조건에서 가능한 많은 양의 수분을 흡착할 수 있고, 반면 탈착 조건에서는 적고 낮은 온도의 열원으로 대부분의 흡착된 수분을 쉽게 탈착시킬 수 있는 흡착제를 사용하면 장치의 냉방 성능 및 효율을 크게 증진시킬 수 있다. 이 연구에서 우리는 매우 다양한 종류의 나노다공성 수분 흡착제를 개발하고, 실제 수분 흡착식 냉방 장치가 구동되는 조건에서의 동적 수분 흡착량(흡착, 탈착 조건에서 측정된 각각의 흡착량의 차)을 측정하였다. 동적 수분 흡착량은 질량법 흡착량 측정 장치를 사용하여 흡착(25~35°C, 약 8~12 Torr), 탈착(65~80°C, 약 30~42 Torr) 조건 사이를 여러번 전환해 주며 신규 흡착제의 수분 흡착량 변화를 측정함으로써 구할 수 있다. 또한, 신규 수분 흡착제들의 수분 흡착 등온선을 여러 온도에서 측정한 후 그 결과로부터 수분 흡착열도 측정하였다. 그 결과, 수분 흡착식 냉방 장치에 적합한 수분 흡착 성능을 보이는 수분 흡착제를 여럿 개발했고, 특정 신규 흡착제들은 기존에 수분 흡착식 냉방 장치에 사용되던 상용 수분 흡착제인 Regular-density 실리카겔, AQSOA™ FAM-Z series (미쓰비시 케미칼사)에 비해 2~3배 높은 동적 수분 흡착량을 보임을 확인할 수 있었다. 이와 더불어, 새로 개발한 수분 흡착제들을 산업적으로 활용할 수 있도록 생산 단가를 절감하고 생산 규모를 증가시키는 연구를 함께 진행하였다. 분말 형태로 합성되는 수분 흡착제의 경우 이를 큰 입자 형태로 성형하거나 냉방 장치에 사용되는 열교환기와 같은 성분의 금속 표면에 코팅하는 방법을 개발하였다.

매립지 가스 내 포함된 실록산 및 암모니아 불순물 제거용 고성능 흡착제 개발

조강희¹, 윤형철¹, 범희태¹, 한상섭¹, 김종남^{1*}
¹한국에너지기술연구원

Carbon-Based Nanoporous Adsorbents Suitable for Separation of Siloxane and Ammonia Composed in Land-Fill Gas

Kanghee Cho¹, Hyung Chul Yoon¹, Hee Tae Beum¹, Sang-sup Han¹, Jong-nam Kim^{1*}
¹Korea Institute of Energy Research

현재 우리나라에는 국내 최대 규모의 수도권 매립지를 비롯해 220개 이상의 일반 쓰레기 매립장이 전국에 설치되어 있다. 이 쓰레기 매립장에는 보통 생활 쓰레기, 음식물 폐기물, 건축 폐기물 등이 매립되는데, 오랜 시간동안 이 폐기물들이 혐기 분해 되면서 많은 양의 매립지가스(Land-fill gas)를 배출하게 된다. 매립지 가스는 다양한 성분들이 혼합되어 있는데 유기물이 분해되면서 발생하는 메탄과 이산화탄소가 주를 이룬다. 일반적으로 40~50%의 메탄, 30~40%의 이산화탄소를 포함하고, 매립지 가스 포집 시 유입되는 공기가 약 5~10% 정도 포함되어 있다. 또한, 주로 건축물 폐기물 분해 시 많이 발생하는 황화수소, 생활 쓰레기 및 음식물 분해 시 주로 발생하는 실록산 및 암모니아가 ppm 단위로 포함되어 있다. 위에서 언급한 것과 같이 매립지 가스 내에 상당량의 메탄이 포함되어 있기 때문에 매립지 가스를 연소하여 에너지원으로 활용할 수 있다. 하지만, 이를 연료로 사용하기 전에 미량 포함된 황화수소, 실록산, 암모니아는 반드시 제거해 줘야 한다. 황화수소는 유해 물질로 공기 중에 방출될 경우 유해할 수 있고 연소 시 SOx를 발생시킬 수 있다. 실록산 성분은 발전 시설 내에서 매립지 가스를 연소시킬 때 실리카로 전환되어 열교환기, 버너, 엔진 등에 침착 된다[1]. 이는 설비 성능 및 수명 저해 문제로 연결된다. 암모니아의 경우 부식성, 유해성을 갖고 악취 문제를 유발할 수 있다[2]. 황화수소는 일반적으로 수산화나트륨 수용액을 이용한 액상 흡수법으로 제거할 수 있고, 실록산 및 암모니아는 흡착 분리 공정으로 제거하는 것이 일반적이다.

최근, 우리는 매립지 가스에 포함된 실록산, 암모니아를 효과적으로 제거할 수 있는 고성능 흡착제를 개발하는 연구를 진행하였다. 기존에 사용되던 상용 흡착제들에 비해 월등한 성능을 보이는 흡착제들을 개발하기 위하여 우선, 실록산과 암모니아의 화학적 성질을 이해하고 이를 토대로 각 성분 흡착 성능을 증진시키기 위해 흡착제들이 갖춰야할 성질이 무엇인지 생각해보았다. 실록산의 경우 기공 구조에 따라 흡착 성능이 달라지며 산성, 염기성 조건 하에서 중합 반응이 일어나 흡착제 내 기공을 막는 문제가 발생하여 흡착제 재생이 불가능하게 되는데 이를 방지하도록 흡착제를 개질 하였다. 또한, 암모니아는 염기성 물질로 이를 많이 흡착하기 위해 표면적이 넓고 산성 성질이 강한 흡착제를 개발하였다. 개발된 흡착제들에 대해서 흡착 등온선, 파곡곡선을 측정하였다. 더불어, 각 흡착제들의 재생 효율을 측정하였다. 그 결과 우리가 개발한 흡착제들이 기존 실록산, 암모니아 흡착제들에 비해 흡착 성능이 우수한 것을 확인할 수 있었다. 특히, 실록산 흡착제는 탈착 단계를 통해 거의 완벽하게 재생된다는 점을 확인할 수 있었다. 실록산 흡착, 재생 단계가 여러 차례 반복 진행되는 동안 실록산 성분이 중합되거나 흡착제 기공 내에 계속 남아 있지 않은 것을 확인하였고 그로 인해 여러 차례 흡착/재생을 반복한 후에도 실록산 흡착 성능을 지속적으로 유지하는 것을 확인할 수 있었다. 현재, 암모니아 흡착제에 대해서도 반복 흡착/재생 실험을 진행 중이며 그 결과를 토대로 재생 가능한 암모니아 흡착제를 개발하기 위해 신규 흡착제를 추가적으로 개질하는 연구를 진행하고 있다.

참고문헌

1. Cabrera-Codony, A., Montes-Moran, M. A., Sanchez-Polo, M., and Martin, M., "Biogas Upgrading: Optimal Activated Carbon Properties for Siloxane Removal" *Environ. Sci. Technol.*, **48**(12), 7187-7195 (2014).
2. Qajar, A., Peer, M., Andalibi, M. R., Rajagopalan, R., and Foley, H. C., "Enhanced Ammonia Adsorption on Functionalized Nanoporous Carbons" , *Micropor. Mesopor. Mater.*, **218**, 15-23 (2015).

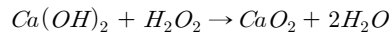
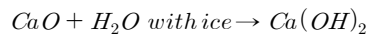
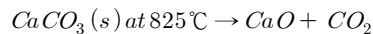
재활용 Calcite 기반 산소방출 화합물의 제조 및 특성 연구

조대철^{1,*}, 김종수², 권성현³, 유홍진¹, 이인형¹, 박병기¹, 김동진⁴
¹순천향대학교, ²선문대학교, ³경상대학교, ⁴한림대학교

A Study on an ORC Originated from Recycled Calcite

Daechul Cho^{1,*}, Jong-Soo Kim², Sung-Hyun Kwon³, Hong-Jin Yoo¹, In Hyoung Rhee¹,
 Byunggi Park¹, Dongjin Kim⁴
¹Soonchunhyang University, ²Sunmoon University,
³Gyeongsang National University, ⁴Hallym University

Calcite를 주성분으로 한 골패각을 소성하여 CaO₂를 위주로 하는 산소방출 화합물(ORC; Oxygen Releasing Compound)을 합성하였다 (part of up-cycling). 산소방출 화합물은 여러 환경에서 산소를 공급할 수 있는 특성이 있어 생화학적 환경처리·복원 및 개선에 적용할 수 있다. 다음은 calcite에서 CaO₂를 합성하는 주요 반응이다.



Milling을 통해 분말로 얻어진 과산화칼슘의 입도분석을 수행하였다.

참고문헌

1. Nelson, Joseph R., Needs, Richard J., and Pickard, Chris J., "Calcium peroxide from ambient to high pressures," Physical chemistry chemical physics : PCCP, **17**(10), 6889-6895 (2015).
2. Lu, S., Zhang, X. and Xue, Y., "Application of calcium peroxide in water and soil treatment: A review," Journal of hazardous material, **337**, 163-177 (2017).
3. Wang, H., Zhao, Y., Li, T., Chen, Z., Wang, Y., and Qin, C., "Properties of calcium peroxide for release of hydrogen peroxide and oxygen: A kinetics study," Chemical engineering journal, **303**, 450-457 (2016).

탄소 저감을 위한 수계 박리액의 공정변수에 따른 박리공정 연구

이기성¹, 김준현², 주기태¹, 김용성^{1*}
¹서울과학기술대학교, NID 대학원
²서울과학기술대학교, 기계·자동차공학과

A Study on Peeling Process According to Process Parameters of Water-Based Stripping Solution for Carbon Reduction

Ki-Seong Lee¹, Seung Hyun Kim¹, Joon Hyun Kim², Gi-Tae Joo¹, Young Sung Kim^{1*}

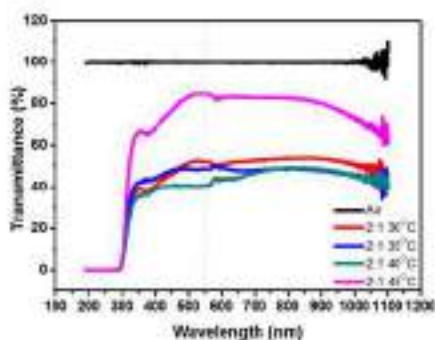
¹NID Graduate School, Seoul National University of Science and Technology

²Department of Mechanical and Automotive Engineering, Seoul National University of Science and Technology

반도체는 모든 IT제품의 필수불가결한 핵심 부품으로서, 컴퓨터를 비롯해 통신장비 및 통신시스템, 자동차, 디지털 가전제품, 산업기계 그리고 컨트롤 시스템 등 그 적용 분야가 매우 광범위 하다. 특히, 각종 이동통신 기기의 폭발적 성장함에 따라 스마트폰 및 태블릿 PC 등에도 모바일용 반도체 사용량이 급증하고 있는 추세이다. 반도체 공정 중 포토 리소그래피(photo lithography)는 마스크 상에 설계된 패턴을 웨이퍼 상에 구현하는 과정으로 웨이퍼(wafer) 위에 감광제(photoresist)를 도포한 후 노광(ultraviolet)에 의해 마스크(mask)를 이용하여 원하는 기하학적인 형상의 패턴(pattern)을 전사시켜 형성하는 공정이다. 공정 중 감광제를 제거하기 위해 사용되는 스트립 용액의 경우 대부분 유기용매로 이루어져 있어 폐기 시 환경오염을 야기하여 별도의 처리가 요구된다. 이러한 유기 스트립 용매의 사용량을 줄이고 친환경적인 수계 용매의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 수계 스트립 용매를 사용하여 딥핑과 유속 분위기에서 감광제의 박리 결과를 비교하며, 박리액의 농도를 최적화를 하였다.

실험은 400 × 400 mm인 비알칼리계 ITO 박막위에 포토레지스터를 1 μ m 두께로 전면 도포한 샘플을 사용하여 박리 실험을 진행 하였다. 포토레지스터 박리에 사용된 스트리퍼 용액은 EO tech 사 제품으로 DI water로 적정하였으며, 딥핑과 유속의 환경에서 박리를 진행 하였다.

실험결과 유속 환경에서 박리액의 부피대비 초순수물은 2:1 조건에서 88%의 광투과율의 결과를 도출하여 수계박리액도 유기계박리액과 동등한 성능을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.



참고문헌

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

석탄가스 중에 함유된 미량 수은을 제거하기 위한 다공성 소재의 흡착특성

박노국¹, 권병찬¹, 정용한¹, 강미숙¹, 이태진^{1,*}, 이승종², 홍진표³
¹영남대학교, ²고등기술연구원, ³한국전력연구원

Adsorption Property of Porous Materials for Removal of Small Content Mercury Contained in Coal Gas

No-Kuk Park¹, Byung Chan Kwon¹, Yong Han Jeong¹, Misook Kang¹, Tae Jin Lee^{1,*}, Seung Jong Lee²,
 Jin-Pyo Hong³
¹Yeungnam University, ²IAE, ³KEPRI

본 연구에서는 석탄가스화로부터 생산되는 합성가스(또는 석탄가스)에 함유된 미량 수은을 제거하기 위하여 여러 가지 다공성 소재들의 수은흡착특성이 조사되었다. 석탄가스 중의 수은은 입자상 분진에 흡착된 상태로 배출되거나 고온에서 기화되어 가스상으로 배출된다. 수은과 같은 중금속이 합성가스 중에 함유될 경우, 합성가스를 연료로 전환하기 위한 후단공정에서 촉매를 피독시켜 촉매 비활성화를 초래할 수 있으며, 수은이 대기로 유출될 경우 생태계에 심각한 악영향을 미칠 수 있다.

본 연구에서는 기상에서 수은을 흡착제거하기 위하여 제올라이트, 활성탄, Cu가 담지된 알루미늄 등 수은 흡착량(mercury capacity)을 조사하였다. 수은 흡착특성을 조사하기 위하여 질소가스 중 수은의 농도를 약 70 ppbv로 유지하였으며, 충전층 칼럼에 다공성 흡착소재를 약 5 g정도 충전한 상태에서 흡착칼럼의 출구에서 수은농도의 경시변화를 관찰하였다. 이때 흡착칼럼의 온도는 상온으로 유지하였다. 여러 가지 다공성 흡착소재 중에 활성탄이 높은 수은 흡착량을 나타내었으며, 비교적 높은 표면적을 가진 제올라이트의 경우 낮은 흡착성능을 나타내었다. Cu를 담지한 알루미늄도 수은을 흡착특성을 가진 것으로 관찰되었으나, 매우 낮은 흡착성능을 나타내었다. Cu/Al₂O₃의 경우에는 승온조건에서 실험이 수행되었는데, 약 75 °C정도에서 흡착칼럼 후단의 농도가 감소되었고 125 °C이상에서 농도가 다시 증가되었다. 이는 Cu/Al₂O₃이 약 75-125 °C범위내에서 수은 흡착거동을 나타낸다는 것을 의미한다. 그러나 흡착속도가 낮아 흡착칼럼 출구에서 수은의 농도는 높게 유지되었다. 활성탄과 제올라이트에 EDTA를 담지하여 수은의 흡착거동을 조사하였으나, EDTA의 수은 흡착력에 비하여 흡착속도가 느려 기체상의 수은을 효과적으로 제거할 수 없었다. 기체상의 수은을 제거하기 위해서는 흡착속도가 매우 중요한 요소로 작용하는 것으로 판단된다. 이는 기상조건에서 흡착칼럼내에 수은의 체류시간이 짧기 때문이라 할 수 있다. 높은 표면적을 가진 흡착소재들 중에서 활성탄만 높은 성능을 나타내는 것은 수은의 흡착에 표면적이 큰 영향을 미치지 못함을 의미하며, 표면의 작용기가 수은 흡착에 영향을 미친다고 할 수 있다. 그러므로 활성탄의 표면 작용기를 분석하여 수은의 흡착에 유효한 화학종을 밝힌다면 효과적인 고효율 수은 흡착제를 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Izquierdo, M. T., Ballester, D., Juan, R., Garcia-Diez, E., Rubio, C. R., Pino, M. R., "Tail-end Hg capture on Au/carbon-monolith regenerable sorbents," *Journal of Hazardous Materials*, **193**, 304-310 (2011).

통계분석을 이용한 신재생에너지 연구동향 고찰

임은정^{1,*}
¹고려대학교

Research of New Renewable Energy Using Statistical Analysis

Im Eun-Jung^{1,*}
¹Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University
 Anamro 145, Seongbuk-gu, Seoul 02841, Korea

4차 산업혁명은 신재생에너지(New Renewable Energy) 활용에서 스마트한 에너지 생산과 사용이 가능해진 에너지의 디지털화를 촉진시키는 ‘에너지 4.0’ 시대로 진입중이다. 석유 이전시대를 Energy 1.0, 석유 사용시대 Energy 2.0, 신재생에너지 사용시대를 Energy 3.0 이라고 부른다. 에너지를 석유와 신재생에너지로 구분하여 명명하고 있다. 신재생에너지란 새로운 신에너지와 재생에너지 모두를 뜻한다. 연료전지와 수소에너지 등이 신에너지에 속하고 태양광, 태양열, 바이오와 풍력, 수력 등이 재생에너지에 속한다. 대기오염 개선과 기후변화 대응, 에너지 자체 생산력 확대 등 다양한 분야의 미래지향적인 발전을 위해 신재생에너지 개발 관련 투자가 증폭될 것으로 전망된다. 아래 그림은 재생에너지의 장단점을 설명하고 있다. NSA 통계분석을 이용하여 신재생에너지의 연구동향을 살펴보고 R&D 분야를 분석, 예측하고자 한다.



[Fig.1] Pros and cons of New Renewable Energy

참고문헌

1. KOTRA Invest Korea, “2016 Investment Opportunities in Korea : New Renewable Energy“ (2017).
2. French Embassy, “New and renewable sources of energy” (2001).

전기화학적 반응기 최적화에 의한 악취물질 제거효율 극대화

홍성오¹, 한문조¹, 이태호²
¹(주)우진이엔지, ²승실대학교

Odor cause material removal efficiency maximization by Electrolysis & Oxidation Regeneration reactor optimization

S. O. Hong¹, M. J. Han¹, T. H. Lee²
¹Woo Jin Co.,Ltd, ²Soongsil University

환경기초시설내 저류조는 폐기물이 오랫동안 체류사기 때문에 고농도의 악취발생이 불가피하다. 이를 해결하기 위해 방지시설이 설치되어 있으나 고농도의 황화수소가 발생하여 방지시설의 처리용량이 증가하거나 처리효율과 경제성이 감소하는 것으로 확인되고 있다. 일반적으로 악취를 유발하는 물질은 황화수소만이 아닌 다성분 황계열을 포함한 복합물질로 존재하고 있으며 현재 적용된 방지시설은 복합악취를 처리하기에는 부족하다. 따라서 기존의 단일 습식시설(스크러버)는 막힘현상이 빈번히 발생하며 약품 충전 및 청소가 주기적으로 필요하다.

기존기술의 문제점을 해결하기위해 반건식·습식처리기술과 현장 적용형 스크러버 기술의 적용이 필요하다. 이러한 반건식·습식처리기술과 현장 적용형 스크러버 기술 중 현장 적용형 스크러버 기술의 경우 전기분해에 의해 발생하는 전해염소의 산화력에 의해 악취물질을 제거하며, 기존의 강산·강염기를 사용하는 약액 세정식 습식시설과 달리 위험한 화학약품의 취급이 없으며 중성계 악취의 제거가 가능한 기술이다.

현장 적용형 스크러버 기술의 설계인자 도출을 위한 실험실 실험을 진행하면서, 그림 1과 같이 OCI 이온 생성 영향 요인 실험을 통해, 전해질(NaCl)농도를 증가시키면서 확인한 결과, 전해질이 증가할수록 시간당 OCI 이온의 생성량과 속도가 증가하는 것으로 확인되었다 또한 암모니아 분해능 실험(그림 2)에서는 전기분해 반응기에서 암모늄이온이 전기분해반응에 따라 감소하여 20분만에 250 ppm이 모두 분해되었음을 알 수 있었다. 암모늄 이온이 분해된 후 다시 생성된 OCI이온이 증가하는 것으로 보아 초기 생성된 OCI 이온은 암모늄 산화반응에 이용되었음을 알 수 있었다.

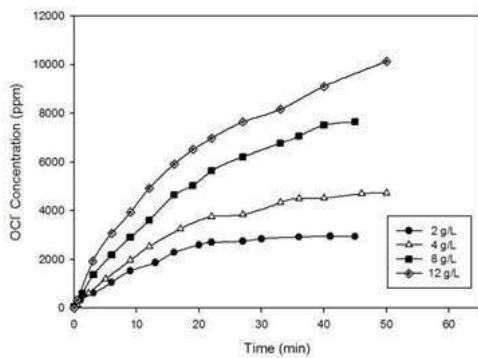


그림 1. NaCl 농도별 OCI 생성

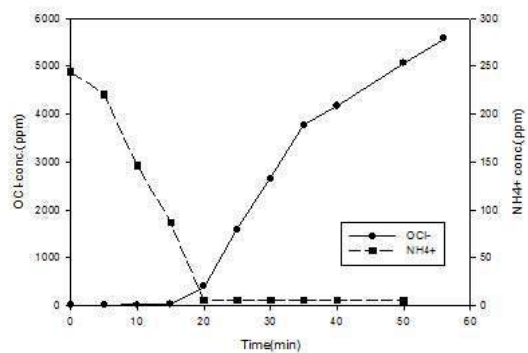


그림2. 전기분해 반응기에서 암모늄 분해

* 본 연구는 환경부 ‘환경기술 선진화 기술개발사업’의 지원을 받은 과제임.

전주도금공정으로 제조한 Ni Metal Mesh의 전류 밀도 변화에 따른 표면 특성 연구

허광선^{1*}, 배영한²

¹경남정보대학교 신소재화공계열

²(주)한성이즈텍

A Study on Surface Property of the Ni Metal Mesh Prepared by Electroforming Process with Variation of Current Density

Kwangsun Huh^{1*}, Younghan Bae²

¹Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,

Kyungnam College of Information and Technology

²Hansung E.G.Tech.Co.,LTD.

전주도금(Electroforming)의 기술의 중요성은 Photolithography 기술과 결합되어 모든 제반 산업분야의 핵심 기술로 자리 잡고 있다. 생산구조 고도화를 위한 기반으로 하는 정보통신, 멀티미디어, 자동차산업, 항공우주산업, 방위산업, 태양광 에너지산업등 첨단 산업 전반에 파급효과가 크다. 최근 각종 전자제품들의 경박 단소화 되는 추세에 부응하기 위해 제품 생산에 이용되는 패키징 기술은 고집적화와 피치의 미세화가 요구되고 있으며, 이는 기존의 접합 공정을 소형화하는데 어려움을 극복하고 정밀 미세 범프(bump)의 형성 기술개발과 신뢰성 확보라는 중요한 과제를 갖고 있다. 본 개발에서 전주도금공정의 음극은 photolithography 과정을 거쳐 패터닝 된 페놀수지기판(80mm × 80mm × 0.5mm)를 폴리머로 피복된 rack에 장착하여 사용하였고, 양극은 니켈판을 사용하여 전류밀도를 1~5A/dm² 으로 변화시켰다. 니켈 도금액은 설펡산 니켈 도금액을 사용하였고 pH를 조정하기 위한 붕산, 양극의 용해가 용이하고 평활성을 높여주기 위한 NiCl₂를 사용하여 pH는 4.0, 온도는 50℃에서 Ni metal mesh를 얻었다. 전주도금공정에서 전류밀도를 0.5~5A/dm²로 변화시켜 Ni Metal mesh을 제조하여 미세조직변화와 표면 물성을 분석하여 Fig1에 도시하였다.

Fig.1(a),(b)에서 보듯이 패턴의 형상 및 간격이 균일하며, (C)에서 보면 홀(hole)의 직경은 61.04 μm, 피치 크기는 약 15 μm로 제조되었다.

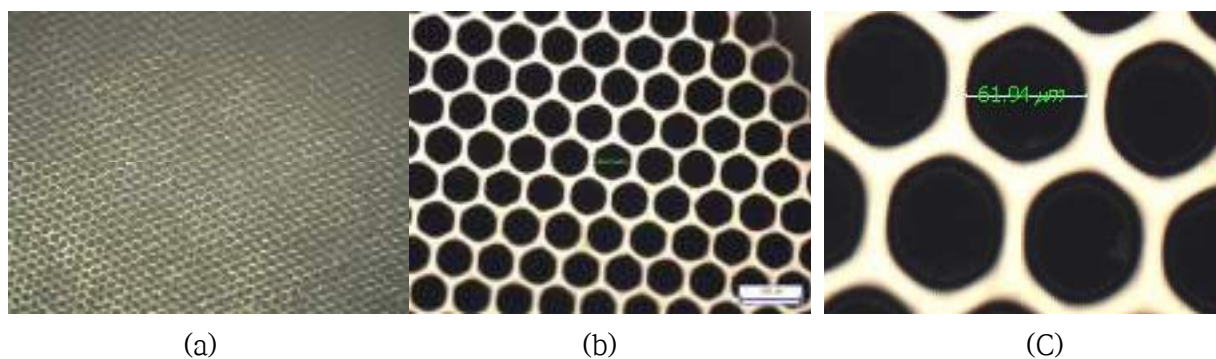


Fig.1.SEM micrographs the Ni Metal Mesh

액상규산소다(KS M 1415-type 3)의 IR 및 열적 특성

류영복¹, 이만식^{1*}
¹한국생산기술연구원

IR and Thermal Properties of Liquid Sodium Silicate(KS M 1415-type 3)

Young Bok Ryu¹, Man Sig Lee^{1*}
¹Korea Institute of Industrial Technology(KITECH)

알칼리 실리케이트(alkali silicates)는 실리카(silica)와 알칼리금속산화물(M₂O)이 다양한 비율로 결합하고 있는 화합물을 말한다. 특히 물유리(waterglass)로 통칭되는 액상규산소다(liquid sodium silicates)는 실리카와 Na₂O 혼합비, 용액의 농도(수분함량)에 따라 다양한 특성을 나타내는데, 이러한 특성을 이용하여 세척첨가제, 구조용 바인더, 접착제, 촉매원료, 콘크리트 및 자동차 등 표면코팅제, 굴착유체 및 제지공정의 탈묵증진제 등 광범위하게 활용되고 있다. 하지만 이러한 물유리의 거동에 대한 이해와 자료는 아직까지 부족하고 대체로 경험적인 조작에 의존하여 이용하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 액상규산소다(KS M 1415-type 3)와 원료물질의 IR 특성검토를 통해 분자결합구조를 살펴보았으며, 액상규산소다 건조체의 열처리 온도에 따른 특성변화를 살펴봄으로써 사용 환경의 열적인 요인에 의한 특성변화를 예측하는 자료로 활용코자하였다.

무기바인더 유래 폐주물사의 재생 효율에 따른 재생사의 특성

강부윤^{1,2}, 김경호¹, 박대원², 이만식^{1,*}

¹한국생산기술연구원, ²부산대학교

Properties of regenerated foundry sand (RFS) as recycling efficiency of used foundry sand (UFS) from inorganic binder system

Bu Yoon Kang^{1,2}, Kyeong Ho Kim¹, Dae Won Park², Man Sig Lee^{1,*}

¹Korea Institute of Industrial Technology, ²Pusan National University

주조 공정에서 발생하는 폐주물사는 주조공장에서 발생하는 폐기물의 80%를 차지할 정도로 막대한 양이 발생되고 있으나, 폐주물사의 재생을 통해 주조 공정에 재사용하는 방안에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 무기바인더를 점결제로 사용한 폐주물사의 화학적 재생 방법에 대한 실험을 진행하였으며, 바인더 제거 정도에 따른 재생사의 물리·화학적 특성을 분석하였다. 또한 재생사가 중자의 물리적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 신사와 폐주물사의 혼합물에 따른 중자의 강도특성을 분석, 고찰하였다.

화학적으로 재생하기 위한 폐주물사 시료는 주물사와 무기바인더를 혼련하여 임의로 제조하였다. 폐주물사는 사전 실험을 통해 확인된 가장 효율적인 습식재생방법으로 처리하여 재생사를 제조하였으며 입도, 유동성, 강도, 입형, 성분분석을 통해 재생사의 물리·화학적 특성을 분석하였다. 습식재생방법을 통해 재생된 재생사 중의 잔류하는 점결제에 대한 제거효율을 분석한 결과 습식재생방법에 의한 점결제의 제거효율은 약 95% 이상인 것으로 관찰되었으며, 재생사의 입도분포 및 조립률을 포함한 모든 물리·화학적 특성이 원사와 유사하게 나타났다. 무기바인더가 잔류한 재생사로 제조된 중자시편은 원사의 경우에 비해 현저한 강도의 저하가 관찰되었을 뿐만 아니라, 원사 대비 20% 이상 혼합할 경우 강도가 현저하게 감소되어 재사용하기에 부적합한 것으로 나타났다.

습식법을 이용한 폐 Pd/C 촉매에서의 최적 Palladium 금속 회수 조건

권지수^{1, 2}, 김지선³, 변미연¹, 이학성², 이만식^{1,*}

¹한국생산기술연구원, ²울산대학교, ³The University of British Columbia

Study of optimal Palladium recovery of Pd/C catalyst by wet process

Ji Soo Kwon^{1,2}, Ji Sun Kim³, Mi Yeon Byun¹, Hak Sung Lee², Man Gig Lee^{1,*}

¹Korea Institute of Industrial Technology, ²University of Ulsan,

³The University of British Columbia

백금족 금속 중 하나인 Palladium은 활성이 높고 특히 산화반응에 높은 선택성을 가지고 있어 배기가스 정화촉매 및 CO, SO_x, NO_x와 같은 유해가스 처리 등의 친환경 정화 공정에 널리 이용된다. 일반적으로 백금족 촉매들은 비표면적이 큰 담지체 위에 담지하여 사용한다. 반복적인 촉매 사용으로 인하여 촉매의 활성이 감소되면 촉매를 교체해 주어야 하고 이때 발생된 폐 촉매는 회수하여 재사용할 필요가 있다. 특히나 Palladium은 귀금속 촉매로서 자원적으로 제한되어 있고 높은 가격으로 인하여 회수가 불가피하다.

일반적인 폐 촉매로부터 Palladium의 회수방법은 습식법과 건식법이 있다. 건식법은 귀금속의 손실량이 상대적으로 크고 대기오염이 발생하는 단점으로 인해 본 연구에서는 습식법을 이용하여 Palladium 회수를 진행하였다. 호박산 수소화 반응 시 사용한 Pd/C 촉매를 소성시킨 후 염산, 황산, 질산 세 종류의 산을 이용하여 최적의 Palladium 회수 조건을 확인하였다. 실험 결과 염산을 이용한 습식법의 회수율이 가장 높았으며, 산의 세기가 증가 할수록 침출되는 Palladium의 양이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

석조문화재 체계적 관리를 위한 물성과 D/B

정중현¹, 정민호², 피영규¹, 한승헌¹, 정경선¹, 조준형³, 황민호⁴, 손병현⁴

¹대구한의대학교 보건학부, ²국립경주문화재연구소, ³부산대학교 환경공학과, ⁴한서대학교 환경공학과

Physicochemical Characteristic and Database for Systematic Management of the Stone Cultural Properties

Jong-Hyeon Jung¹, Min-Ho Jeong², Young-Gyu Phee¹, Seung-Hun Han¹, Gyeong-Seon Jeong¹,
Joon-Hyung Cho³, Min-Ho Hwang⁴, Byung-Hyun Shon⁴

¹Faculty of Health, Daegu Haany University,

²Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage,

³Dept. of Environmental Engineering, Pusan National University,

⁴Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

경상북도에는 많은 문화 유적이 분포하고 있고 新羅천년의 古都인 慶州지역에는 많은 석조문화재가 분포하고 있다. 특히, 남산 및 인근지역은 역사유적지구가 호주 케언스에서 열린 유네스코 세계유산위원회 총회(2000. 11.)에서 세계문화유산으로 등재됨으로써 인류공동의 문화유산으로 거듭나게 되었다. 우리나라의 문화유적도 영국의 스톤헨지(Stone Henge)와 같이 중·장기적으로 유적 특성을 활용하거나 또는 문화관광 자원으로서의 활용이 가능한 시점이며, 범국가적으로도 중요성이 부각되거나 인식이 변화되는 시점이다. 일부 문화재는 오랜 동안 비, 눈, 안개, 태풍, 바람 등의 요인에 의하여 자연적 풍화가 진행되고 있고, 최근에는 각종 환경오염물질의 영향으로 풍화 및 훼손반응이 가속화 되고 있어 보존대책이 매우 시급한 실정이다. 대상지역 화강암에 대한 물리, 화학적 특성과 국립경주문화재연구소에서 제공한 성분 분석결과, 실리카(SiO₂), 알루미나(Al₂O₃), 산화제2철(Fe₂O₃) 등이 함량이 주성분을 이루고 있고, 대상지역 산지에서 채취한 화강암의 조성은 실리카(SiO₂) 성분이 거의 균질한 조성을 나타내며, 알루미나(Al₂O₃)의 함량도 전형적인 화강암의 범위를 나타내었다.¹⁻³⁾ 석조문화재는 각종 물리·화학·생물학적 반응과 함께 용해, 수화, 가수분해, 산화환원, 탄산화 및 킬레이트화 작용이 진행되고 있고, 상호 복합적으로 작용하여 석조문화재의 성분, 성질 및 조직구조를 변화시키는 것으로 조사되었다. 일부 문화재 풍화·훼손의 정도는 심각한 수준에 도달한 것으로 판단되며, 관계기관은 문화재 보존방안과 관리대책을 적극적으로 도입하여야 할 시점이다.

사사

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

참고문헌

1. Jung, J. H., "Effects of air pollutants on the health/environmental risk assessment and weathering of stone cultural properties in Gyeongju and its vicinities", Daegu Haany University, Ph.D Dissertation, (2008).
2. 정중현, 정민호, 손병현, "慶州地域 石造文化財 風化·毀損 特性", 신라문화, **30**, 243-272(2007).
3. 정중현, 정민호, 손병현, 이근직, 서정호, 김현규, "佛國寺 石造文化財 風化·毀損 特性 - 多寶塔과 佛國寺 三層石塔을 中心으로-", 신라문화, **31**, 107-135, (2008).

문화재 풍화 요인과 백화 현상

정중현¹, 정민호², 피영규¹, 한승헌¹, 정경선¹, 조준형³, 황민호⁴, 손병현⁴

¹대구한의대학교 보건학부, ²국립경주문화재연구소, ³부산대학교 환경공학과, ⁴한서대학교 환경공학과

White Phenomenon and Weathering Factors of the Cultural Properties

Jong-Hyeon Jung¹, Min-Ho Jeong², Young-Gyu Phee¹, Seung-Hun Han¹, Gyeong-Seon Jeong¹,
Joon-Hyung Cho³, Min-Ho Hwang⁴, Byung-Hyun Shon⁴

¹Faculty of Health, Daegu Haany University,

²Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage,

³Dept. of Environmental Engineering, Pusan National University,

⁴Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

문화재는 국가지정 문화재와 지방지정 문화재 및 비지정 문화재로 구분하여 관리하고 있으며, 국가지정 문화재중 국보·보물·중요무형문화재·사적·명승·천연기념물 및 중요민속자료 등으로 구분한다. 市·道지정문화재는 유형문화재, 무형문화재, 기념물 및 민속자료로 분류한다. 문화재청에서는 국보나 보물급의 문화재 관리를 위하여 석조문화재, 목조문화재, 전적류, 서적류, 회화류, 조각류, 금속 등 공예류 및 과학 기기류 등으로 분류하여 관리하고 있다. 일부 문화재는 풍화 및 훼손반응이 진행되며 백화현상이 가속화되고 있다.¹⁻⁴ 백화현상이 발생하고 있는 문화재로는 분황사 삼층석탑, 정혜사지 13층 석탑, 불국사 청운교와 백운교 등이 있고, 대부분 옥외에 위치하고 있어 풍화현상이 진행되고 있다. 또한, 보수물질에 의한 풍화현상과 백화현상이 발생하고 있고, 문화재 표면 물질과 수분 및 화학적 반응으로 훼손되는 것으로 판단된다. 백화현상은 대부분 지하로부터의 습기 침투로 인하여 나타나거나 빗물의 영향으로 발생하며, 백화현상을 일으키는 물질이 습기에 포함된 염분 또는 환경오염물질에 의하여 풍화 및 훼손반응이 진행되기도 하며, 다른 요인으로서는 석재 자체에서 성분의 차이에 의하여 발생되기도 한다. 따라서 백화현상을 일으키는 전탑 또는 문화재의 재질, 구조, 환경 등에 대한 자세한 연구를 진행하여야 백화현상의 원인을 밝힐 수 있을 것으로 판단된다.

사사

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

참고문헌

1. Jung, J. H., "A study on reaction characteristic of SO₂/NO_x simultaneous removal for alkali absorbent/additive in FGD and waste incinerator process", Pusan National University, Ph,D Dissertation, (1999).
2. Jung, J. H., "Effects of air pollutants on the health/environmental risk assessment and weathering of stone cultural properties in Gyeongju and its vicinities", Daegu Haany University, Ph,D Dissertation, (2008).
3. 정중현, 정민호, 손병현, "慶州地域 石造文化財 風化·毀損 特性", 신라문화, **30**, 243-272 (2007).
4. 정중현, 정민호, 손병현, 이근직, 서정호, 김현규, "佛國寺 石造文化財 風化·毀損 特性 - 多寶塔과 佛國寺 三層石塔을 中心으로-", 신라문화, **31**, 107-135, (2008).

Microbial Electro Synthesis of Bio-Alcohols through Reduction of Different Concentrations of Acetic and Butyric Acids using Mixed Cultures

Booki Min¹, Jose Andres Gavilanes Betancourt¹

¹Environmental Biotechnology Laboratory for Water and Energy, Kyung Hee University
Global Campus, Yongin City-South Korea

Bio-alcohols production through the reduction of acetic and butyric acids using microbial electro synthesis systems (MES) was assessed under different volatile fatty acids concentrations since it is well known that high concentrations of organic substrates could inhibit the microbial metabolism. It is worth and challenging to find an appropriate carbon source configuration which achieves the better performance of the system. The aim of this work is to estimate a close approach to the best initial input of these organic acids for the operation improvement. Four double compartment MES were operated in batch mode with 1.5V applied external voltage and adjusted pH of 5 at the beginning of the operation, the reactors were fed with different amounts of an equitable mixture of acetic and butyric acids (1:1 ratio). The initial concentrations were 2, 4, 6 and 8 g/l COD and the analysis procedure was focused in the changes and products observed in the cathodic compartment. pH variation was followed as the most important key parameter since alcohol generation happens in the most efficient way at low values around 5, this study found that at lower initial COD (2, 4 g/l), the pH increased from 5 to 7 in 3 days and substrate degradation was around 50 and 75 % respectively, while for the higher concentrations (6, 8 g/l), the same pH variation took around 5 days and the acids degradation was 88 and 75% respectively. Alcohols generation was observed within the first day in small amounts and lasted until 5 days of operation when the catholyte pH raised to values above 7; moreover, after 10 days it was not alcohol production observed or further substrate degradation. No butanol generation was observed. Current generation showed higher values as 0.4 mA when 4 and 6 g/l COD were used, which means more intense microbial activity under these concentrations of substrate. The pH changes affect significantly to alcohols generation due to the development of methanogens.

Key words : Bio-alcohols, pH, substrate concentration, volatile fatty acids, microbial electro synthesis, COD.

Leachate treatment and electricity generation by an algae-cathode microbial fuel cell in a continuous mode operation

Hai T.H. Nguyen¹, Booki Min¹

¹Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University, Republic of Korea

Microbial fuel cells (MFCs) are innovative bio-electrochemical technology due to the ability of electricity generation and concurrent wastewater treatment based on the activity of microorganisms. MFCs with the combination of algae in the cathode shows more advantages such as the higher power generation as well as better nutrient removal efficiency than a typical MFC with physical aeration to the cathode. Landfill leachate contains high contents of ammonium nitrogen and other toxic compounds, which should be treated prior to discharging into the environment. In this study, we investigate the efficiency of landfill leachate treatment by an algae cathode MFC along with electricity generation in a continuous mode at different hydraulic retention times (HRTs; 10, 20, 40 and 60 hrs). The double chamber cubed MFC with algae growth in the cathode chamber was used. Leachate wastewater was first pumped into the anode chamber and then the effluent was fed to the cathode for electricity generation and algae growth. The compositions of the leachate wastewater (15% leachate) in the inlet were 416.6 mg COD/L, 428.8 mg NH₄⁺-N/L, and 2.9 mg TP/L. With HRT of 20 hrs, the cell voltage reached the highest average value of 300 mV, compared to 200 mV at HRT of 40 hrs and nearly 0 mV at HRTs of 10 hrs and 60 hrs. The maximum DO concentration was 5 mg/L at HRT of 60 hrs and remained approximately 0 mg/L at HRTs shorter than 40 hrs. Nutrient (nitrogen and phosphorus) removal increased with increasing HRTs from 10 hrs up to 60 hrs. For instance, the ammonium removal at HRTs of 10, 20, 40 and 60 hrs were 23.7%, 31.2%, 63.9% and 76.4%, respectively. The TP removal at HRTs of 10, 20, 40 and 60 hrs were 0%, 44.4%, 85.9% and 86.3%, respectively. The highest COD removal of 26% was observed at HRT of 60 hrs while lower COD removal efficiency was found at other HRTs. This study suggests that algae cathode MFC in a continuous mode operation can treat landfill leachate with nutrient removal and simultaneously produce power in field-scale application.

Acknowledgements

This study was financially supported by a grant from the National Research Foundation of Korea (No 2015R1D1A1A09059935).

Increase of accessibility of mixed fruit waste for effective digestion

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

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

Agro-food industries are generating enormous amount of fruit and vegetable processing wastes (*i.e.* liquid and solid) to be dumped into the environment [1]. These huge amount of fruit and vegetables wastes is sufficient to create a series of serious environmental concerns; as emission of greenhouse gases (GHG) *e.g.* methane (28–36 times more potent in atmospheric warming) is correlated with the wastes deposited in landfills [2]. A proper waste management strategy for the waste generated by the agro-food industries in the form of anaerobic digestion could be appropriate to avoid the landfills. Pretreatment of fruit waste (FW) for better bioavailability, is the first step towards complete utilization of these valuable substrates to bioenergy production [3]. Optimization of pretreatment for better bioavailability requires extensive study, which may consume extensive time and efforts. Statistical modeling using Response Surface Methodology (RSM) could be promising for the optimization study, which can eliminate the need of multiple trials [4]. The maximum sugar recovery of 95.01% (actual) was achieved from the FW, considering the retaining carbohydrates (701.7 mg g⁻¹) in the pretreated FW with fairly release of reducing sugars (21.92 mg g⁻¹) in the supernatant during the pretreatment conditions of 0.2 M acetic acid, 62.5 ° C and 30 min. These high sugar recoveries retained the high C/N ratios (45.34) and organic matter (93%), suitable for effective bioenergy production through the fermentation of these pretreated FW. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and thermogravimetric (TG) analysis further confirmed the presence of free cellulosic portion in the pretreated FW rather than complex hemicellulose. Scanning electron microscopy (SEM) allowed to visualize the disruption patterns during acetic acid treatment, enhancing the porosity and the roughness of FW for better microbial attachment and utilization. The pretreated biomass at optimized conditions was subjected for anaerobic digestion. Increase of methanogenic activity in pretreated FW (6.35 mL g⁻¹ VS_{initial} d⁻¹) and higher methane yield (53.58 mL g⁻¹ VS_{initial}) were the indication of the better accessibility during digestion process. Thus, optimized acetic acid pretreated FW is an effective approach for better utilization and conversion of biomass to methane.

References

1. Panda, S.K., Mishra, S.S., Kayitesi, E., Ray, and R.C., “Microbial-processing of fruit and vegetable wastes for production of vital enzymes and organic acids: Biotechnology and scopes,” *Environ. Res.* **146**, 161–172 (2016).
2. Chai, X., Tonjes, D.J., and Mahajan, D., “Methane emissions as energy reservoir: Context, scope, causes and mitigation strategies,” *Prog. Energy Combust. Sci.* **56**, 33–70 (2016).
3. Saha, S., Kurade, M.B., El-Dalatony, M.M., Chatterjee, P.K., Lee, D.S., and Jeon, B.-H., “Improving bioavailability of fruit wastes using organic acid: An exploratory study of biomass pretreatment for fermentation,” *Energy Convers. Manage.* **127**, 256–264 (2016).
4. Giovanni, M., “Response-Surface Methodology and Product Optimization,” *Food Technology*, **37**(11), 41–45 (1983).

Pyrolytic treatment for the remediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil

Jeong-Yun Jang¹, Subhabrata Dev¹, Do-Hyeon Kim¹, Byong-Hun Jeon^{1,*}

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

The crude oil spills lead to serious contamination of soil which has been considered as one of the severe ecological risks due to rapid developments in industrialization. A tremendous effort and >10 billion dollars is spent worldwide each year to clean the oil spills. The USEPA reported that >98% of oil spills occur on land with an average of 70 spills per day. Such heavy hydrocarbon contaminated soil is environmentally hazardous and exhibit significant challenge for environmental engineers. The thermal processes such as ex situ thermal desorption, incineration and pyrolysis are found effective in removing hydrocarbon from contaminated soil. The temperature for ex situ thermal desorption and incineration is ranged between 600–1200 ° C; whereas, the pyrolysis occurs at relatively lower temperature (300–500 ° C) for a short time. The pyrolysis of contaminated soil also helps in improving the soil fertility. Therefore, the pyrolysis is an alternative method among other available technologies for the treatment of soil contaminated with hydrocarbons. The present study focuses on the pyrolytic treatment of the soil contaminated with crude oil and optimization of process parameters to improve hydrocarbon removal. The study was conducted on soil contaminated with 5% and 10% crude oil. The temperature of pyrolytic treatment was varied between 300–400 ° C. Similarly, the heating time was varied between 30–60 min for respective variable temperatures. The optimized temperature and heating time for pyrolysis was found to be 400 ° C and 60 min, respectively. Pyrolytic treatment of contaminated soil at the optimized condition removed 99% total petroleum hydrocarbon (TPH) and lowered its concentration to 199 mg/kg. The results of the present study showed an improvement in the removal of hydrocarbon from contaminated soil. The present study creates a future scope for the development of a sustainable, cost effective and eco-friendly technology for the remediation of crude oil contaminated soil. Further study is required to scale up the process in industrial scale for commercial application.

참고문헌

1. Münir et al., Phytoremediation for Green Energy, Springer, 141–148 (2015).
2. Anthony and Wang, “Pilot plant investigations of thermal remediation of tar-contaminated soil and oil -contaminated gravel” , Fuel, **85**, 443–450 (2006).
3. Roland et al., “Engineering aspects of radio-wave heating for soil remediation and compatibility with biodegradation” , Environ. Sci. Technol., **42**, 1232–1237 (2008).
4. Lee et al., “Remediation of petroleum contaminated soils by fluidized thermal desorption” , Waste Manage, **18**, 503–507, (1998).
5. Laird et al., “Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil” , Geoderma, **158**, 443–449 (2010b).

양액재배 시설의 폐양액 관리현황과 환경적 영향

지민규¹, 황윤호², 권만재²

¹한국환경정책·평가연구원, ²한국과학기술연구원

이상기후에 따른 농작물의 안정적 생산을 통한 농업문제 해결과 특정 생리활성 물질을 함유하고 있는 약용식물 재배 산업 등 다양한 분야에 있어 양액재배 기술이 도입되고 있다. 그동안 양액재배 시장은 일본, 미국, 네덜란드 등 주요 선진국을 위주로 발달되어 왔으나, 근래에는 국내에서 10년간 4배의 양액재배 면적이 증가하는 등 관련업에 종사하는 농가들이 증가하고 있는 추세이다. 하지만, 국내의 경우 양액재배와 관련된 법과 제도가 정착되어 있지 않아 산업육성화를 위한 기반이 부족하며, 이를 극복하기 위해 국가 및 지자체의 제도적 지원(예, 생산시설 지원 보조금, 농산물 인증마크 등)에 대한 필요성이 제기되고 있다.

한편, 양액재배를 위해서는 재배 식물에 적합한 영양염류를 지속적으로 공급해야 하며 양액공급 방식은 일반적으로 순환식과 비순환식으로 나눌 수 있다. 국내에서는 소규모 양액재배 농가들을 포함한 대부분이 비순환식 방식을 이용하고 있으며, 그 이유로는 최적의 영양염류 농도로 지속적인 유지관리가 불필요하고, 피토프토타(Phytophthora) 균 감염 등의 문제가 존재하기 않기 때문이다. 비순환식 재배 방식은 유입 양액의 ~30%가 폐양액으로 발생된다고 보고되고 있는데, 폐양액은 현 관련제도 및 법에서 일정 농도 이하로 처리하여 배출하는 기준이 명확하지 않아 폐수처리 없이 방류되는 경우가 흔히 발생되고 있다. 양액재배 시설은 대부분이 농촌 산간지역 및 도시외곽 지역에 입지하고 있으므로 질소, 인 및 중금속 등이 농축된 폐양액이 유출될 경우, 상류수계의 오염과 양호한 수생태계의 건전성 확보에 문제가 발생할 것으로 예상된다. 또한, 폐양액의 수계 배출은 국가의 비점오염원 관리 문제와 녹조발생을 촉진시키는 원인으로 인식될 수 있으며, 2014년 기준 폐양액 배출량이 0.4억톤/년이고 향후 관련 농가가 증가한다는 전망을 고려한다면 시급한 관리대책이 필요할 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 양액재배와 관련되어 1) 국내 농가의 폐양액 관리현황 파악, 2) 폐양액 처리를 위한 국내 법/제도의 현황 및 개선방향 제시, 추가적으로 3) 관련업종의 정책적 시사점을 논의하고자 한다.

참고문헌

1. 식물공장 중장기 정책 수립 방안 연구, 농림축산식품부 (2016).
2. 이공인, 이채식, 김승희, 강태경, 황성준, 폐양액 처리방식에 따른 병원균 살균효과, 한국농업기계학회 학술대회 논문집, 12(1), 302-305 (2007).

탈수하수슬러지의 무건조 탈산소 액화기술

조완택^{1,*}, 노종호¹, 박상민¹, 박종범¹, 김현호¹
¹일신오토클레이브

No-drying de-oxygenation liquefaction technology of dehydrated sewage sludge

Wantaek JO^{1,*}, Jongho Noh¹, Sangmin Park¹, Jongbeom Park¹, Hyunhyo Kim¹
¹ILshinautoclave

런던협약에 따라 우리나라는 2012년부터 하수슬러지와 가축분뇨의 해양배출이 전면 금지되었으며, 2013년부터는 음폐수의 해양배출이 금지되고, 1ton/d 미만 육상 직접매립이 금지되어 유기성 폐자원의 적극적인 에너지화 기술개발이 시급히 필요한 실정이다. 기존 하수슬러지 처리 기술은 건조 및 소화조에서 바이오 가수화를 생산하였지만, 기술이 낮고 높은 에너지가 필요한 문제점이 있다. 본 연구에서는 물의 함량이 높은 탈수슬러지(cake)를 바이오원료로 이용하고, 건조공정이 필요 없는 탈산소·액화기술을 이용하여 산소가 제거된 고발열량의 액상연료를 제조하는 공정 개발을 수행하였다. 시료는 대전하수종말처리장에서 수분함량 78%의 탈수하수슬러지를 수급 받아 사용하였고, 실험은 350 kg/day급 연속식 초임계수 장치를 이용하여 바이오 중유를 제조하였다. 제조된 바이오 중유는 원소분석, 발열량, 전산가, 열중량 분석을 통해 물성을 알아보았다.



시사

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No.20143030100980)

무전해 도금을 이용한 Pd계 금속이 코팅된 수소 분리막

임수민¹, 채진웅¹, 이성운¹, 박정훈^{1,*}¹동국대학교 화학공학과

Membrane for hydrogen separation coated with Pd-based metal using electroless plating

Soo Min Lim¹, Jin Woong Chae¹, Seong Woon Lee¹, Jung Hoon Park^{1,*}¹Department of Chemical and Biochemical Engineering, Dongguk University

기후변화의 원인 중 하나인 이산화탄소를 발생시키는 화석연료의 대체 에너지로 연소 후 오염물질의 배출이 전혀 없는 수소 에너지가 주목받고 있다. 이에 따라 산업공정에서 수소를 사용하기 위해 고순도 수소 제조 기술 개발의 필요성이 대두되고 있다 [1]. 수소 제조 기술 중 분리막을 이용한 기술은 낮은 설치비용, 간단한(compact) 공정, 반응/분리 동시공정 등과 같은 장점이 있다.

수소원자는 금속 표면에 흡착하여 해리되고 금속 격자 사이를 이동해 다시 수소분자로 재결합되어 탈착할 수 있다 [2]. 이러한 과정을 통해 수소는 금속을 통해 투과할 수 있으며 이에 따라 금속을 분리막 표면에 코팅하여 수소를 분리시키는 연구가 진행 중이다. 특히 수소원자는 팔라듐에서 높은 용해도와 이동도를 보이기 때문에 우수한 수소 투과 특성을 나타내, 이산화탄소와 수소의 분리 등 다양한 분야에서 사용되고 있다 [3].

본 연구에서는 무전해 도금을 이용하여 Pd계 금속을 α -Al₂O₃ 디스크 형태의 지지체에 증착시켰다. Pd를 증착하기 전, seeding 과정을 통해 지지체에 Pd 핵을 심어 금속의 증착이 용이하도록 하였으며 용액의 조성과 반응온도를 변화시켜 무전해 도금을 진행하였으며 XRD, SEM 및 EDS 분석을 통해 실험조건에 따른 금속의 증착상태를 확인하였다. 또한 금속이 분리막에 치밀하게 증착되었는지 확인하기 위해 진공펌프로 감압하여 dense 테스트를 진행하였고 수소 투과 실험을 수행하였다.

참고문헌

1. Jung Y. M., Jeon S. I., and Park. J. H., "Fabrication and Hydrogen Permeation Properties of V99.8B0.2 Alloy Membrane for Hydrogen Separation," *Membr. J.*, **21**, 345-350 (2011).
2. Ryi S. K., and Park J. S., "Research Trend of Pd-based Hydrogen Membrane," *J. Ind. Eng. Chem.*, **14**, 46-53 (2011).
3. Woo B. I., and Kim D. W., "A Study on the Palladium Alloy Membrane for Hydrogen Separation," *J. Kor. Inst. Surf. Eng.*, **42**, 232-239 (2009).

고압수소용기 적용소재 지속하중 균열 저항성 평가

김대결^{1,2}, 남선우¹, 김성철³, 조성민⁴, 김택수^{1,2,*}

¹한국생산기술연구원, ²과학기술연합대학원대학교, ³태광후지킨, ⁴한국가스안전공사

Evaluation of Sustained Load Cracking resistance test for high pressure hydrogen storage cylinder application material

Dae-kyeom Kim^{1,2}, Sun-woo Nam¹, Kyoung-Tae Park¹, Taek-soo Kim^{1,2,*}

¹Korea Institute of Industrial Technology, ²University science and technology,

³TK-FUJIKIN, ⁴Korea gas safety corporation

최근 에너지 수급불안과 화석에너지의 유해 가스 배출로 인한 환경 오염 문제로 선진국을 중심으로 신재생 에너지에 대한 관심이 높아지고 있으며 그중 수소는 이산화탄소와 같은 온실가스를 배출하지 않고 순수한 물만 배출하는 무공해 연료로 관심이 증가하고 있다. 수소에너지를 사회로의 도입과 안정적인 에너지원으로 사용하기 위해서는 수소의 원활한 운송 및 저장이 필수적이지만 큰 부피(프로판 가스의 22배)로 인해 상용화가 어려운 상황이다. 따라서 단위 체적 당 높은 수소가스를 저장하기 위해 고압의 용기의 개발이 필수적이다. 고압용기의 경우 4종류가 있으며 금속으로만 이루어진 type1 용기, 금속 라이너에 중심부만 복합재료로 보강한 type2, 금속의 라이너 전체를 복합재료로 보강한 type3, 플라스틱 라이너와 복합재료로 보강한 type4가 있고 모두 금속 소재가 사용된다. 수소 가스 운송용 압력용기의 금속소재는 수소 취성에 대한 저항이 높고, 가스 충·방전 중에 저장 용기에 발생하는 응력에도 견딜 수 있는 강도를 가지며 경량성이 우수하여야 한다. 이에 낮은 수소 확산 속도로 수소 취성에 대한 저항성이 우수하고, 철계 금속에 비해 약 3배 밀도가 낮아 경량성 뛰어난 Al-Mg-Si 계열의 합금 Al 6061-T6 이 적용된다. 하지만 금속 소재는 제조 공정 중 발생하는 결함 또는 사용 중 다른 부품과의 연결에 의해 균열이 발생되기 쉽고 고압의 수소 가스를 저장 하는 동안 높은 응력에 놓여 있어 균열이 발생되어도 지속적인 하중에 대한 저항성이 높아야 한다. 이에 본 연구에서는 Al 6061-T6 합금의 압출에 의한 미세조직 변화에 따라 기계적 특성 및 지속 하중 균열 저항 미치는 영향을 평가하였다. Al6061-T6합금의 grain size와 결정 방향을 EBSD를 통해 분석을 실시하였으며, 지속 하중 균열 저항 평가를 위해 피로예비균열이 나있는 CT시편을 30일 동안 80 °C에서 일정 하중 상태를 유지하여 시험하였다. 일정 하중 상태 시험을 마친 CT 시험편의 지속하중에 의해 발생된 균열로 관찰을 위해 FE-SEM 분석을 실시하여 grain size에 따른 균열 진전을 평가하였다.

참고문헌

1. D. A. Lashof, and D. R. Ahuja, Nature **344**, 529-531 (1990).
2. C. C. Elama, C. E. G Padr6a, G. Sandrock, A. Luzzic, P. Lindbladd, E. F. Hagene, Int. J. Hydrogen Energy. **28**, 601-607 (2003).
3. G. S. Bhuyan, and D. H. Carter, Pressure Vessel Technol. **60**, 183-192 (1994).

Author Index

Betancourt, Jose Andres Gavilances	PB-37	Kurade, Mayur B.	CT-27	Xiong, Jiu Qiang	CT-32
Bhattacharya, Jayanta	CT-31	Kurade, Mayur B.	CT-32	Yang, Dae Ryook	PB-11
Bong, Jae Hwi	PA-25	Kurade, Mayur B.	PB-39	Yang, Joo Hee	PB-13
Brigljevic, Boris	CT-52	Lee, Bong Seop	PA-25	Yi, Yoon Sik	PA-04
Brigljevic, Boris	PA-02	Lee, Chul Woo	PB-13	You, Fengqi	CT-15
Byun, Hun Soo	PA-25	Lee, Hong Shik	PA-06	Zuvela, Peter	CT-52
Chandanshive, Vishal V.	CT-27	Lee, Jae Keun	PA-01	강경구	CT-50
Chang, Soon Woong	CT-31	Lee, Jae Kyung	PA-25	강경찬	CT-38
Cho, Jin Ku	PA-05	Lee, Kyoung Won	PA-05	강미숙	CT-20
Cho, Jin ku	PA-06	Lee, Tae Yoon	PA-01	강미숙	PA-42
Choi, Choon Gi	PA-04	Leperi, Karson T.	CT-15	강미숙	PB-28
Chun, Byung Soo	CT-63	Li, Jingya	PB-13	강부운	PB-33
Chun, Byung Soo	PA-03	Lim, Jun Heok	PA-01	강세희	CT-56
Chun, Byung Soo	PA-09	Min, Bok Ki	PA-04	강홍운	CT-24
Dickson, Rofice	PA-08	Min, Boo Ki	PB-37	고형호	PA-39
Effendi, Ivannie	CT-30	Min, Boo Ki	PB-38	공인철	CT-07
Govindwar, Sanjay P.	CT-27	Nguyen, Hai T. H.	PB-38	공인철	CT-08
Haq, Monjurul	PA-03	Nguyen, TanPhat	PA-06	공인철	CT-28
Hoang, Vu Ly	CT-61	Nguyen, Thi Phung Thao	PA-18	곽병섭	CT-20
Hoang, Vu Ly	PB-01	Nguyen, Van Tam	PA-04	곽연수	PB-19
Hong, Yong Seok	PA-18	Niaz, Haider	PA-02	구윤장	CT-57
Huynh, Nhan T. T.	PA-05	Park, Joung Ho	PA-18	구윤장	PA-29
Jang, Jeong Yun	PB-40	Park, Seok Kyu	PA-06	구윤장	PA-31
Jang, Yoon Hyuk	PB-11	Phule, Ajit Dattatray	PA-07	권만재	PB-41
Jeon, Byoung Hun	CT-27	Pollardo, Aldricho Alpha	CT-51	권병찬	PB-28
Jeon, Byoung Hun	CT-31	Rodriguez, Carla Isabel Flores	CT-36	권성현	PB-26
Jeon, Byoung Hun	CT-32	Saha, Shouvik	PB-39	권순덕	PB-02
Jeon, Byoung Hun	PB-39	Saravana, P. S.	CT-63	권정아	PA-32
Jeon, Byoung Hun	PB-40	Saravana, P. S.	PA-09	권지선	PB-03
Kadam, Suhas K.	CT-27	Siregar, Devi Marietta	PA-01	권지수	PB-34
Kim, Do Hyeon	PB-40	Snurr, Randall Q.	CT-15	김강출	CT-05
Kim, Hyeon Jung	PB-11	Subhabrata, Dev	CT-31	김경호	PB-33
Kim, Jin	PB-11	Subhabrata, Dev	PB-40	김경환	CT-24
Kim, Jin Soo	CT-61	Wijaya, Yosia Nico	PA-10	김광영	CT-45
Kim, Jin Soo	PB-01	Wijaya, Yosia Nico	PA-11	김대겸	PB-44
Kim, Jin Woo	PA-10	Won, Yong Sun	PA-01	김대근	CT-06
Kim, Moon Hyeon	PA-18	Woo, Hee Chul	CT-61	김대원	PB-04
Kim, Mun Ho	PA-10	Woo, Hee Chul	CT-63	김대원	PB-05
Kim, Seung Soo	CT-61	Woo, Hee Chul	PA-09	김도희	PA-28
Kim, Seung Soo	PB-01	Woo, Hee Chul	PB-01	김동규	CT-26
				김동진	PB-26
				김문준	PB-06
				김문현	CT-13
				김문현	PB-17

김문호	PA-11	김주민	CT-50	리항부	PA-16
김문호	PA-14	김준현	PA-39	목영선	CT-11
김번종	CT-16	김준현	PB-27	목진성	CT-18
김범종	PA-36	김중래	CT-34	문달 슈브라	PA-37
김병조	PB-09	김중래	CT-35	문건대	PA-29
김상겸	PB-24	김지만	PA-34	문종태	PA-12
김상도	PB-06	김지선	PB-34	문종태	PA-22
김상용	CT-51	김진만	PA-15	문종호	PB-08
김선욱	CT-23	김진우	PA-11	문지홍	CT-14
김성준	PA-37	김진우	PA-14	문지홍	CT-19
김성철	PB-44	김진우	PB-20	문태영	CT-14
김성현	PA-26	김진형	PA-07	문태영	CT-19
김성훈	CT-23	김진호	CT-22	민부기	CT-36
김수경	CT-56	김창만	CT-34	민부기	CT-37
김수한	CT-41	김창만	CT-35		
김승수	PA-16	김창현	PB-16	박건희	PA-13
김신동	CT-09	김채원	CT-47	박경수	PB-14
김신동	PB-07	김태용	CT-57	박경희	PA-33
김언아	CT-59	김태용	PA-29	박기수	CT-50
김영재	CT-56	김태용	PA-31	박노국	CT-20
김용구	CT-14	김태화	CT-13	박노국	PA-42
김용구	CT-19	김태화	PB-17	박노국	PB-28
김용성	CT-47	김택수	PB-44	박대원	PA-29
김용성	PA-39	김현규	PB-18	박대원	PB-33
김용성	PB-27	김현모	PB-14	박동국	CT-39
김용진	PB-15	김현욱	PB-08	박백수	CT-23
김용택	CT-21	김현효	PB-42	박병기	PB-26
김용표	CT-01	김혜수	PA-37	박상민	PB-42
김우람	PA-34	김홍대	CT-58	박상현	PB-15
김우천	CT-40	김홍대	PA-23	박성순	CT-09
김익	CT-26	김홍대	PB-20	박성환	PA-14
김인수	PA-07			박세준	CT-12
김재성	PA-43	남궁현	CT-12	박세준	PA-17
김재성	CT-64	남궁현	PA-17	박순철	CT-22
김재호	CT-14	남선우	PB-44	박영권	CT-48
김재호	CT-19	남성찬	PB-16	박영철	PB-08
김재훈	CT-51	노종호	PB-42	박용범	CT-49
김정근	CT-12			박유리	PA-15
김정근	PA-17	라호원	CT-14	박일정	PB-05
김정환	CT-42	류승형	PB-07	박재량	PB-14
김종남	PA-30	류시옥	PA-42	박재혁	PB-15
김종남	PA-38	류영복	PB-32	박재현	PB-15
김종남	PB-24	류준형	PA-08	박정선	CT-04
김종남	PB-25	류창국	CT-16	박정우	PA-16
김종렬	PB-15	류창국	PA-37	박정욱	CT-40
김종민	PA-33	류호정	PA-19	박정훈	PB-43
김종수	PB-26	류호정	PA-42		

박종범	PB-42	양대훈	PB-04	이귀호	CT-25
박주형	CT-12	양대훈	PB-05	이기성	PA-39
박주형	PA-17	양수철	PA-33	이기성	PB-27
박지윤	CT-10	양신	CT-07	이덕현	CT-43
박지혜	PA-19	양원	CT-18	이덕희	PB-14
박지혜	PA-35	양주희	PB-12	이도훈	CT-51
박태진	CT-54	여정구	PB-08	이동욱	PA-17
박현설	CT-03	예보라	CT-58	이동호	PB-08
박혜린	PB-02	오성근	PA-30	이동호	PB-15
배달희	PB-15	오세용	PA-21	이두환	PA-43
배영한	PB-31	오웅진	PB-08	이두환	CT-64
백점인	PA-19	오현우	PA-40	이만식	CT-39
백점인	PA-42	우승한	PB-12	이만식	CT-40
백정민	CT-58	우향수	CT-59	이만식	PB-32
범희태	PB-24	우희철	CT-49	이만식	PB-33
범희태	PB-25	우희철	CT-52	이만식	PB-34
변미연	PB-34	우희철	CT-60	이명진	PB-20
변용수	CT-21	우희철	PA-40	이명화	CT-18
빈경미	PA-41	우희철	PA-41	이문규	CT-37
		원성욱	CT-53	이문희	CT-08
서동진	PB-03	유달산	PA-15	이미정	CT-47
서명월	CT-14	유준	CT-30	이민우	PA-23
서명월	CT-19	유준	CT-52	이병주	CT-11
서영주	PB-07	유준	CT-62	이상민	PA-15
서장우	PA-20	유준	PA-02	이성운	PB-43
선도원	PB-15	유준	PA-08	이성찬	PA-41
손병현	PB-21	유지호	PB-06	이성호	CT-04
손병현	PB-22	유충열	PA-30	이성화	CT-02
손병현	PB-35	유충열	PA-38	이승기	PA-13
손병현	PB-36	유홍진	PB-26	이승기	PA-24
송광호	PA-17	윤상준	CT-14	이승종	CT-20
송규섭	CT-12	윤상준	CT-19	이승종	PB-28
송규섭	PA-17	윤성민	CT-14	이승주	PA-43
송다희	PA-21	윤성민	CT-19	이승주	CT-64
송영은	CT-35	윤성필	CT-21	이시훈	PB-06
송인학	PA-28	윤승희	PA-28	이신근	PB-16
송재현	CT-16	윤영상	CT-53	이영우	CT-10
송호준	CT-56	윤인배	PA-41	이영재	CT-18
신영진	CT-05	윤형철	PA-30	이영주	CT-12
신원국	PB-09	윤형철	PA-38	이영주	PA-17
신하식	PB-23	윤형철	PB-25	이용운	CT-18
심재훈	PB-06	이경우	PA-22	이원희	PA-33
		이관영	CT-04	이유리	CT-42
안낙균	PB-04	이관영	PB-03	이윤정	PA-24
안형준	CT-18	이광복	PA-19	이은도	CT-16
안희경	PB-10	이광복	PA-35	이은도	PA-37
안희주	CT-49	이귀호	CT-23	이은진	CT-07

이인형	PB-26	임한권	CT-49	정용한	CT-20
이일석	CT-24	임한권	PB-16	정용한	PA-42
이재구	CT-14	임혁	PB-06	정용한	PB-28
이재구	CT-17			정원준	PB-09
이재용	CT-47	장민	CT-33	정유식	CT-10
이재환	CT-04	장봉재	CT-55	정은영	PA-30
이정우	CT-16	장상목	PA-33	정은진	CT-04
이종섭	PB-08	장원석	PA-15	정종선	CT-13
이주동	CT-38	장윤석	CT-45	정종선	PB-17
이준용	PB-07	장정국	PB-23	정종현	PB-21
이지은	CT-13	장정희	CT-60	정종현	PB-22
이지은	PB-17	장정희	PB-19	정종현	PB-35
이찬기	PB-14	장진영	CT-05	정종현	PB-36
이창수	CT-50	장현진	CT-28	정지원	PA-21
이철우	PB-12	전동혁	PB-06	정찬희	PA-38
이철호	PA-15	전동환	CT-21	정항철	PB-05
이치현	CT-57	전병훈	CT-34	정해영	CT-57
이치현	PB-18	전병훈	CT-35	정해영	PA-29
이태진	CT-20	전보경	PA-34	정해영	PA-31
이태진	PA-42	전상구	PA-35	정헌	CT-14
이태진	PB-28	전영남	CT-29	정헌	CT-19
이태호	PA-26	전윤상	CT-22	정헌석	PB-23
이태호	PB-30	전재덕	PB-08	정호영	PB-16
이학성	PB-34	전종기	PA-15	정흥기	CT-56
이한웅	CT-23	전종기	PA-34	조강희	PB-24
이한웅	CT-25	정경선	PB-21	조강희	PB-25
이현경	PA-27	정경선	PB-22	조대철	PB-26
이형근	PB-08	정경선	PB-35	조성민	PB-44
이호태	CT-14	정경선	PB-36	조승환	CT-59
이호태	CT-19	정경철	PA-31	조영민	PA-34
이홍식	CT-51	정기진	CT-13	조완택	PB-42
이황호	PA-28	정기진	PB-17	조윤현	PB-02
이희수	PA-23	정민호	PB-21	조정대	CT-45
임동욱	PA-49	정민호	PB-22	조종표	CT-05
임동하	CT-57	정민호	PB-35	조준형	PB-21
임동하	PA-29	정민호	PB-36	조준형	PB-22
임동하	PA-31	정벼리	CT-29	조준형	PB-35
임동하	PB-18	정보라	PB-20	조준형	PB-36
임문섭	CT-29	정석우	CT-13	조진오	CT-11
임수민	PB-43	정석우	CT-21	조철희	PB-08
임영준	PB-06	정석우	PB-17	주기태	PA-39
임은미	CT-57	정수훈	PB-04	주기태	PB-27
임은미	PA-29	정엠마	CT-25	주지봉	CT-46
임은미	PA-31	정영복	PB-23	주지봉	PA-12
임은정	PB-29	정용식	PB-02	주지봉	PA-13
임정환	PB-06	정용진	CT-05	주지봉	PA-22
임준혁	PB-23	정용철	CT-15	주지봉	PA-27

지민규	PB-41
진창민	PA-24
진창민	PA-32
채진웅	PB-43
최석천	CT-18
최영찬	CT-12
최영찬	PA-17
최인희	PA-13
최인희	PA-24
최인희	PA-32
최재욱	PA-20
최재형	CT-52
최종원	CT-12
최종원	PA-17
최주홍	PA-07
최중엽	PB-04
최중엽	PB-05
최진규	PA-33
최춘기	CT-44
최춘기	PA-37
최호경	PB-06
최희락	PB-04
최희락	PB-05
최희영	CT-60
최희영	PB-19
표영덕	CT-05
피영규	PB-21
피영규	PB-22
피영규	PB-35
피영규	PB-36
하정명	PA-20
하정명	PB-03
한근희	PB-15
한기보	CT-60
한기보	PB-19
한문조	PB-30
한문희	PA-38
한상섭	PB-25
한승현	PB-21
한승현	PB-22
한승현	PB-35
한승현	PB-36
한재운	PB-16
허광선	CT-49

허광선	PB-31
허수정	PA-34
홍기범	CT-26
홍성오	PB-30
홍성제	CT-47
홍진표	CT-20
홍진표	PB-28
황라현	PA-19
황라현	PA-35
황민호	PB-35
황민호	PB-36
황상연	CT-21
황선엽	PA-31
황성하	PA-28
황윤태	PB-15
황윤호	PB-41

*Creative thinking!
The future found from the sea!*

AQUATIC BIOMASS RESEARCH CENTER(ABRC)



General director of ABRC
Prof. Hee-Chul Woo

VISION

A Country with Advanced Green Industry of Marine Bio

GOAL

To Secure Seaweed Biomass and Develop Application

MASS PRODUCTION

- Mass Production of High-Density Seaweed
- Selection of Sites
- Open Sea Production Management System
- Eco-Friendly On-site Pre-Treatment Process

GREEN ENERGY

- Biological Conversion Process
- Green Energy Fusion Process

INTEGRATED APPLICATION

- New Health Material
- Consolidated Process and Product Development



Clean Technology

(사) 한국청정기술학회 www.cleantechnol.or.kr

학회사무국 : (48547) 부산시 남구 신선로 365 부경대학교 용당캠퍼스 5공학관 206호
학회업무 총괄 : 051-629-6436, Fax) 051-629-6429 cleantechnol@pknu.ac.kr
학술지업무(청정기술편집실) : 055-772-1780 cleantech@gnu.ac.kr

