

# 2015년 한국청정기술학회 추계 학술발표회 초록집



**일 시** : 2015년 9월 16일(수) - 18일(금)

**장 소** : 부산 벡스코 제2전시관, 해운대 센텀호텔

**주 최** : 한국청정기술학회

**후 원** : 한국산업단지공단 부산지역본부,  
대경에스코, 솔텍트레이딩,  
부경대학교 청정생산기술연구소,  
충남대학교 에너지과학기술대학원,  
고려대학교 그린스쿨

**한국청정기술학회**

The Korean Society of Clean Technology

국가의 미래를 위해 나아갈 길, 청정기술

# (사)한국청정기술학회

문서번호 청정기술 2015-06 (2015.7.20)

수신각 기관장

제목 한국청정기술학회 회원출장 의뢰

---

- 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
- 한국청정기술학회 2015년도 가을 총회 및 학술대회를 아래와 같이 개최하오니 본 학회 회원들이 많이 참가할 수 있도록 협조해 주시기 바랍니다.

- 아 래 -

기간 : 2015년 9월 16일(수) ~ 18일(금)

장소 : 부산 벡스코 제2전시장 및 부산 해운대 센텀 호텔

등록비 : 사전등록 정회원A(연회비납부) 90,000원, 정회원B 130,000원

                  학생회원A 60,000원, 학생회원B 80,000원

                  현장등록 정회원A 110,000원, 정회원B 150,000원

                  학생회원A 80,000원, 학생회원B 100,000원

사전등록 : 9월 9일(수)까지. 끝.

## (사)한국청정기술학회



---

(02792) 서울시 성북구 화랑로14길 5 한국과학기술연구원 L5311C

전화 02-958-5837 / 팩스 02-958-5209 / cleantech@kist.re.kr / cleantech.or.kr

# ‘From Crisis to Opportunity through Clean Technology’

존경하는 한국청정기술학회 회원 여러분,



회장 서 동 진

우리 학회는 1995년 7월에 설립되어 지난 18년 동안 국내의 청정기술에 관한 정보의 보급과 학술 교류에 일익을 담당해 왔습니다. 청정기술은 원료의 조달에서부터 제품의 생산, 그리고 사용 후 폐기에 이르기까지 전 과정에 걸쳐 자원과 에너지를 적게 사용하고 환경오염을 사전에 예방하거나 최소화하는 미래형 기술입니다. 구체적으로는 청정생산공정기술, 청정소재제품기술, 청정부품/제품설계, 재자원화기술, 청정환경기술, 청정(대체)에너지기술, 산업생태학, 지속가능경영을 포함하고 있습니다. 특히 화석에너지 고갈과 환경오염으로 인한 지속가능한 발전에 대한 관심이 높아지는 요즘, 청정기술이야말로 이러한 위기를 극복하고 새로운 기회를 창출시키는 원동력이라고 하지 않을 수 없습니다.

학회 설립 이래 12분의 역대 회장님들과 임원진들, 그리고 회원 여러분의 노고와 헌신으로 우리 학회는 짧은 기간 내에 괄목할 만한 발전을 이루었습니다. 학회지 청정기술이 2006년 12월에 한국학술진흥재단(현, 한국연구재단)의 등재후보지에 선정된 후, 회원 여러분의 적극적인 후원에 힘입어 마침내 2009년에 등재지에 선정되었습니다. 2011년부터 학술지의 논문 투고와 심사과정을 온라인화하여 논문 투고 편의를 도모하고 있으며, 2012년부터는 국제적 요구 수준에 맞도록 형식과 내용을 과감히 정비해 나가 이제 인용지수는 국내 관련 분야 평균을 상회하는 등 날로 발전하고 있습니다.

우리 학회는 1년에 2회 정기학술대회를 개최하여 청정기술에 대한 학술 교류를 기하여 왔으며, 특히 2013년 춘계 학회부터는 개최 장소를 대학교에서 리조트 지역으로 변경하고 1박2일 이상의 학회를 개최하여 회원 상호간의 보다 깊이 있는 정보교류와 친목도모의 장을 제공하려고 노력하고 있습니다. 올해에도 최근 임원진의 노력으로 시작된 정기학술대회의 근간을 유지하고, 국제청정기술심포지엄, 온라인 결제시스템, 부문위원회를 보다 계승 발전시켜 회원 여러분께 유익한 정보를 신속히 제공하고 학회지 투고와 학술대회 발표 등을 편하게 하실 수 있도록 노력하고 있습니다.

이제 우리 학회는 창립 20주년을 맞이 하여 새로운 도약을 꿈꾸고 있습니다. 본 추계 학술대회는 창립 20주년을 기념하여 청정기술 관련 학술연구가 산업 현장에서 보다 실질적으로 활용될 수 있는 장을 제공하고 청정기술 관련 전문대학원의 심도있는 학술 토론을 위한 특별심포지엄도 준비하였습니다.

학회라는 하나의 조직이 잘 운영되기 위해서는 무엇보다도 구성원의 열정과 전문성, 그리고 화합이 중요하다고 생각합니다. 앞으로도 우리 학회가 20주년을 지나 50년, 100년 계속 발전할 수 있도록 회원 여러분의 애정 어린 관심과 적극적인 협조를 부탁드립니다.

대단히 감사합니다.

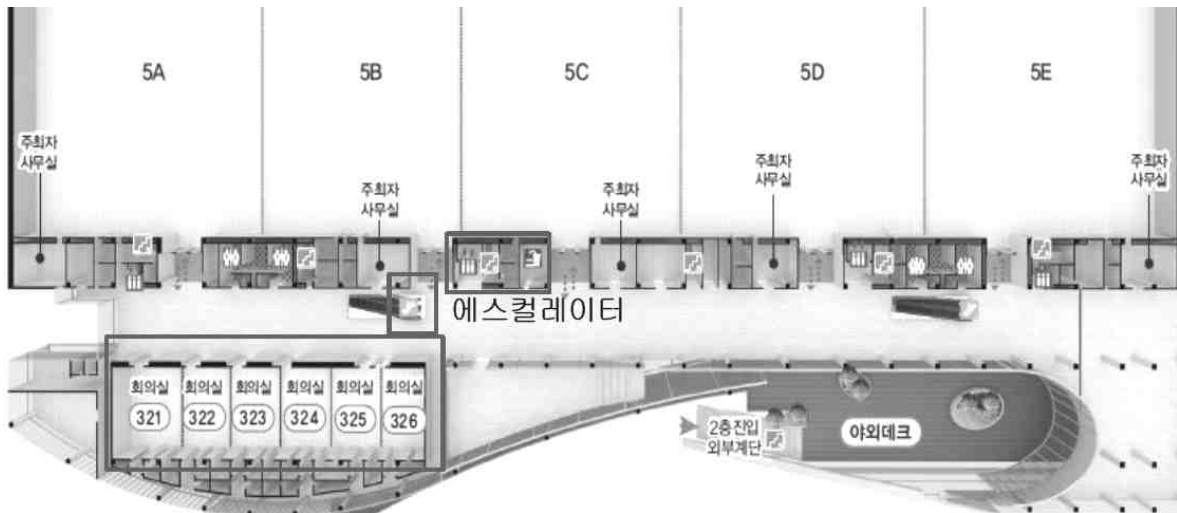
## 학회장 안내



제2전시관 및 3층(학회장) 위치



제2전시관 3층 배치도



포스터세션 및 구두발표장: 321-326호 및 5C 앞 복도  
 휴게 장소: 목요일 오전 321호, 금요일 오전 321호  
 장비 전시: 목요일 종일 323-324호 앞

### 학회기간중 식사 장소

- 벅스코 제1전시관 지하 식당: 옥돌정(한식당), 장우동(분식당), 착한집밥(한식당), 웰리앤(푸드코트) (학회 등록자 목요일 점심 식권 제공)

## 부산 벅스코 제2전시관 오시는 길



### 지하철로 벅스코 제2전시관 이동

- 시립미술관역 5번출구에서 이동
- 센텀시티역 1번출구에서 이동



### 차량으로 벅스코 제2전시관 이용

- 벅스코 주차장 이용 가능 (승용차 기준 최초 30분 1,000원 이후 초과 30분마다 600원, 일일 15,000원)
- 학회에서 주차비용 지원 없음.

## 학회장 주변 숙박 안내



학회 본부 호텔

0. 해운대센텀호텔

부산 해운대구 센텀3로 20

051-729-9000



(부근 및 광한리, 해운대 등지 숙박 시설 다수)

## 경품 추첨



‘학술발표회의 적극적인 참여를 독려하고자  
학술발표회 기간내 2회에 걸쳐서 경품추첨 행사를 진행합니다.  
발표자들의 많은 참여 바랍니다.’



iPad mini 2 (16GB Wi-Fi) 5대

### 참여방법

사전등록 또는 현장등록시에 경품응모권 제출



### 추첨일시

1차 추첨 : 2015년 9월 17일(목) 17:30 간담회 (2대)

2차 추첨 : 2015년 9월 18일(금) 11:30 총회 (3대)

### 경품지급

2015년 9월 18일(금) 11:30 총회

단, 총회에 참석한 자에 한하여 경품을 지급합니다.

## 가을 총회 및 학술발표회 일정표



9월 16일(수)	321	322	323	324	325+326
17:00-20:00	제4차 이사회 (외부)				

9월 17일(목)	321	322	323	324	325+326
08:00-09:00	등록				
09:00-11:30	휴게실		일반세션 청정석탄 (09:00-11:25) Organizer 김수현	특별세션 배재흠 교수 정년 기념 산업세정 심포지움 (09:00-11:30) Organizer 이재영	특별세션 창립20주년 특별심포지움 (표면처리산학 연관) (09:00-11:30) Organizer 박영서/허광선
11:30-12:30					초청강연 한국전과정평가학회 회장 안중우
12:30-14:00	점심 식사				
14:00-16:30	특별세션 창립20주년 특별심포지움 (충남대에너지 과학기술대학 원-고려대 그린스쿨: 발전 및 충전 기술) (14:00-16:20) Organizer 정남기/강운목	일반세션 청정기술 (14:00-16:45) Organizer 문종호	일반세션 바이오연료 및 소재 (13:45-16:50) Organizer 임한권	특별세션 창립20주년 특별심포지움 (산학연 협력 심포지움) (14:00-17:00) Organizer 김수현	간담회 및 총회 준비
17:30-18:30					경품추첨1 간담회

포스터 발표: 16:30-17:30 5C앞 복도



9월18일(금)	321	322	323	324	325+326
08:00-09:00	등록				
09:00-11:30	휴게실	특별세션 청정융합 (09:00-11:30) Organizer 전병훈	일반세션 오염저감 (09:00-11:30) Organizer 조용준	편집위원 워크샵	총회 준비
11:30-12:30					총회 경품추첨2

※ 안내

1. 일반구두발표 : 20분 (발표 15분, 토의 5분), 학생구두발표 : 15분 (발표 12분, 토의 3분)
2. 포스터발표 : 17일 오후 4시 30분 이전까지 각자 부착하여 전시  
☞ Poster 발표시간(17일 16:30-17:30)에는 발표자 정위치
3. 시상 : 학생구두발표 4, 포스터발표 4개를 선정하여 상장 및 상금 수여  
(시상식 미참석시 차순위자 시상)  
☞ 구두발표, 포스터발표 시상은 총회(18일 11:30)에서 거행

## 초청강연

- 일시            2015년 9월 17일(목), 11:30~12:30
- 장소            부산 벅스코 제2전시관 325-326호
- Organizer     서동진 (한국과학기술연구원)
- 프로그램

진행 : 하정명 (한국과학기술연구원)

11:30 (10')    **소개**  
                   서동진 회장 (한국과학기술연구원)

11:40 (50')    **전과정평가(LCA)의 현재와 미래**  
                   안중우 교수 (성신여자대학교 청정융합학과)

■ 연사소개



2011.12~현재 2012.01~2014.02 2001.09~2011.11  1993.01~2001.06 2012.01~현재 기타 경력(현)	<b>성신여자대학교 청정융합학과 교수</b> 성신여자대학교 산학협력단장 유한김벌리 지속가능경영본부/환경경영 연구소 상무 한국P&G 과학기술부장 <b>한국전과정평가학회 회장</b> 한국환경한림원 정회원 환경100포럼 회원 환경부 중앙정책환경정책위원 환경부 환경성적표지제도 기준위원 및 심사위원 녹색구매네트워크 이사 한국인정원 인정운영위원 UN Global Compact 한국협회 운영위 원 국가지속가능발전위원회 위원 서울대학교 환경대학원 초빙교수 특허청 환경기상 IP 전략위원장 CEO지속가능경영포럼 사무총장 국회환경노동위원회 자문위원 지식경제부 산업환경정책자문위원 산업자원부 그린파트너십협의회 회장 환경부 유해물질 전과정 위해성평가 위 원장 UN Eco-Peace Leadership Center 이사 겸 운영위원장
---	---

	ISO 14000 국제표준화 작업 한국 대표 대한상공회의소 환경안전위원 지구환경신문 논설위원
상훈	2007 국가환경경영대상 대통령상 수상 2006 문화관광부 우수 학술도서 선정 - 친환경제품설계
주요 저술	2004 환경의 날 환경부 장관 표창 친환경제품설계 - Eco-Design (2005, 동화기술) 폐기물 감량화 지침 (1997, 지식공작소) 전과정 평가의 기본원리 (1995, 한국경영자총협회 출판부)
1982~1988	University of Massachusetts 고분자 공학/플라스틱공학 박사
1976~1981	서울대학교 공업화학 학사

## 일반 심포지움 청정석탄

- 일시            2015년 9월 17일(목), 09:00~11:25
- 장소            부산 벡스코 제2전시관 323호
- Organizer     김수현 박사 (고등기술연구원)
- 프로그램

좌장 : 김수현 박사 (고등기술연구원)

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 09:00 (30')           | <b>(CT-01) 저급탄 건조기술 동향 및 Coal dryer 설비 국산화 개발</b><br><b>Keynote</b> 정현대, 정두찬 (포스코건설)   |
| 09:30 (15')           | <b>(CT-02) 순환 유동층 보일러의 로내 탈황을 위한 국내 석회석들의 특성 비교</b><br>학생                신지훈, 곽인섭, 김예빈, 장준영, 신혜리, 이시훈 (전북대학교)  |
| 09:45 (20')           | <b>(CT-03) 가스화 공정 적용을 위한 석탄슬러리 연료 제조 및 분류층 가스화기에서의 가스화 특성</b><br>황상연 <sup>†</sup> , 류상오 <sup>†</sup> , 전동환 <sup>‡</sup> , 정석우 <sup>†</sup> , 이진욱 <sup>†</sup> , 강원석 <sup>‡</sup> , 김미도 <sup>‡</sup> ( <sup>†</sup> 고등기술연구원, <sup>‡</sup> 한국지역난방공사) |
| 10:05 (15')           | <b>(CT-04) 광물질을 촉매로 사용한 스팀 석탄가스화 반응 특성 연구</b><br>학생                이루세, 황종하, 손정민 (전북대학교)   |
| 10:20 (10')           | Coffee Break   |
| 좌장 : 김수현 박사 (고등기술연구원) |  |
| 10:30 (20')           | <b>(CT-05) 미분탄 연소의 신재생연료 혼소를 통한 NOx 저감 기술 개발</b><br>채태영, 이재욱, 양원 (한국생산기술연구원)   |
| 10:50 (15')           | <b>(CT-06) 저급탄의 등온 연소반응 특성 연구</b><br>학생                곽인섭, 신지훈, 장준영, 신혜리, 김예빈, 이시훈 (전북대학교)  |
| 11:05 (20')           | <b>(CT-07) 고온, 고압 석탄가스화 집진장치 적용을 위한 내부식성 금속필터 기술 개발</b><br>정석우 <sup>†</sup> , 이지은 <sup>†</sup> , 변용수 <sup>†</sup> , 이동복 <sup>‡</sup> , 김용택 <sup>°</sup> ( <sup>†</sup> 고등기술연구원, <sup>‡</sup> 성균관대학교, <sup>°</sup> 한국서부발전(주))                       |

특별 심포지움  
배재흠 교수 정년 기념 산업세정 심포지움

- 일시            2015년 9월 17일(목), 09:00~11:30
- 장소            부산 벡스코 제2전시관 324호
- Organizer      이재영 대표 (미래초음파)
- 프로그램

좌장 : 이재영 대표 (미래초음파)

- |             |   |
|-------------|---|
| 09:00 (25') | <p><b>(CT-08) A Study on the Synthesis of Phosphate ester-type Surfactants and its Application of their Oil Cleaning Ability and Metal Corrosion Resistance</b><br/>Ho Lim, O.Y. Lim, J.H Bae<sup>1</sup> (일심정밀화학, <sup>1</sup>수원대학교)</p> |
| 09:25 (25') | <p><b>(CT-09) Rechargeable Li ion batteries as view for clean tech and its role</b><br/>백창근, 조영재, 서현성, 이하나 (EIG)</p>  |
| 09:50 (25') | <p><b>(CT-10) 의료용 등위원소의 분리 및 정제 기술</b><br/>이준식*, 이승곤, 이수승 (한국원자력연구원)</p>  |
| 10:15 (10') | Coffee Break  |
| 10:25 (25') | <p style="text-align: right;">좌장 : 이동기 박사 (한국화학융합시험연구원)</p> <p><b>(CT-11) 생분해성이 우수하고 부식방지 성능을 갖는 저기포성 세정제 첨가제 개발 및 세정성능 평가 방법에 관한연구</b><br/>지흥진, 장은석, 이동기†, 배재흠‡ (빅터캠, 한국화학융합시험연구원†, 수원대학교‡)</p>  |
| 10:50 (25') | <p><b>(CT-12) 산업용 세정제 개발 및 적용 사례</b><br/>이호열, 배수정, 허정무 (에이케이캠텍(주))</p>  |
| 11:15 (15') | <b>배재흠 교수 정년 기념식</b>  |

창립20주년 특별 심포지움  
표면처리분야 산학연관 심포지움

- 일시            2015년 9월 17일(목), 9:00~11:30
- 장소            부산 벡스코 제2전시관 325-326호
- Organizer     허광선 교수 (경남정보대학교)
- 프로그램

Session I. 청정기술 표면처리산업 활성화 방안

좌장 : 허광선 교수 (경남정보대학교)

- |             |   |
|-------------|---|
| 10:00 (10') | <b>축사</b><br>서동진 (한국청정기술학회)<br>(한국산업단지공단 부산지역본부장)                 |
| 10:10 (10') | <b>(CT-13) 신기술 융합플레이팅 미니 클러스터 활성화 방안</b><br>서미영 (한국산업단지공단 부산지역본부) |
| 10:20 (20') | <b>(CT-14) 경기도 뿌리산업(도금) 진흥 및 육성을 위한 종합 계획</b><br>이준균 (한국생산기술연구원)  |

Session II. 청정기술 표면처리신기술 연구 동향

좌장 : 허광선 교수 (경남정보대학교)

- |             |  |
|-------------|--|
| 10:40 (25') | <b>(CT-15) 플라스틱 도금공정에 3가 크롬 공정 기술 개발 사례</b><br>우창호 ((주)대륙금속) |
| 11:05 (25') | <b>(CT-16) 도금 시뮬레이션 기술 동향과 자동차 산업 응용</b><br>임태홍 (한국생산기술연구원)  |

CT-13, 15, 16은 초록 미포함.

창립20주년 특별 심포지움

충남대에너지과학기술대학원-고려대 그린스쿨: 발전 및 충전 기술

- 일시 2015년 9월 17일(목), 14:00~16:20
- 장소 부산 벅스코 제2전시관 321호
- Organizer 정남기 교수 (충남대학교), 강윤목 교수 (고려대학교)
- 프로그램

좌장 : 정남기 교수 (충남대학교), 강윤목 교수 (고려대학교)

- 14:00 (20') **(CT-17) 태양광 시스템 및 산업**  
서근원 (INS innovation)
- 14:20 (20') **(CT-18) Frameless glass to glass 박막태양전지 encapsulant 필름 개발 및 연구동향**  
허필호 (부산대학교)
- 14:40 (20') **(CT-19) 다결정 실리콘 태양전지 기술**  
하만효 (금오공과대학교)
- 15:00 (20') Coffee Break

좌장 : 정남기 교수 (충남대학교), 강윤목 교수 (고려대학교)

- 15:20 (20') **(CT-20) 고분자 전해질 연료전지 촉매 및 시스템**  
정남기 (충남대학교)
- 15:40 (20') **(CT-21) 리튬 이차 전지 기술개발 동향**  
김성수 (충남대학교)
- 16:00 (20') **(CT-22) Zeolite Membranes: From Syntheses and Industrial Applications**  
조철희 (충남대학교)

CT-17, 18, 19, 20, 21는 초록 미포함.

## 일반 심포지움 청정기술

- 일시                    2015년 9월 17일(목), 14:00~16:45
- 장소                    부산 벅스코 제2전시관 322호
- Organizer            문종호 박사 (한국에너지기술연구원)
- 프로그램

좌장 : 문종호 박사 (한국에너지기술연구원)

14:00 (20')    **(CT-23) Amino Acid MOF as Efficient Catalyst for CO<sub>2</sub> Conversion to Propylene Carbonate under Mild Reaction Conditions**  
Keynote  
박대원 (부산대학교)

14:20 (20')    **(CT-24) 직접 황 회수용 촉매상에서 조촉매의 역할**  
박노국, 이태훈, 이진욱, 이태진\*, 백점인, 이중범 (영남대학교, 한국전력연구원)

14:40 (20')    **(CT-25) 유무기 하이브리드 나노세공체를 이용한 에너지 절약적 SF<sub>6</sub> 포집/분리**  
배운상\*, 김민범, 윤태웅, 이승준, 김서울, 김승익 (연세대학교)

15:00 (20')    **(CT-26) Synthesis of [Mg<sub>2</sub>(DOBDC)(DMF)<sub>2</sub>]@polystyrene with high moisture stability and its carbon dioxide adsorption properties**  
김현욱\*, 문현식, 문종호, 전동혁, 박영철 (한국에너지기술연구원)

15:20 (10')    Coffee Break

좌장: 문종호 박사 (한국에너지기술연구원)

15:30 (20')    **(CT-27) 물과 질소를 원료로 한 전기화학적 암모니아 생산 및 활용 기술**  
윤형철\*, 김종남, 유충열, 한상섭 (한국에너지기술연구원)

15:50 (20')    **(CT-28) 유니소재화 제품 개발을 위한 가이드라인 적용 연구 : 전자제품 사례 중심으로**  
윤혜리<sup>1</sup>, 고관태<sup>2</sup>, 이한웅<sup>1</sup>, 유미진<sup>1</sup>, 이귀호<sup>1\*</sup> (한국생산기술연구원<sup>1</sup>, (주)웨코스<sup>2</sup>)

16:10 (15')    **(CT-29) *Phaseolus lunatus* and *Cajanus cajan* Pods as Natural Coagulants for Turbid Water Treatment**  
학생  
Marjorie L. Baynosa<sup>1,2</sup>, Gilleanne Estrada<sup>1</sup>, Frances Daphne Garela<sup>1</sup>, Mark Andrian Macalalad<sup>1</sup>, Analiza Rollon<sup>1</sup>, 심재진<sup>2</sup> (<sup>1</sup>University of the Philippines Diliman, Philippines, <sup>2</sup>영남대학교)

16:25 (20')    **(CT-30) 아민계 흡수제에서의 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S 혼합물의 흡수평형에 대한 열역학적 모델링**  
문종호, 이종섭, 박영철, 박종기, 민병무\*, 김봉근<sup>1</sup>, 유정석<sup>1</sup> (한국에너지기술연구원, <sup>1</sup> 두산중공업)



## 일반 심포지움 바이오연료 및 소재

- 일시                    2015년 9월 17일(목), 13:45~16:50
- 장소                    부산 벅스코 제2전시관 323호
- Organizer            임한권 교수 (대구가톨릭대학교)
- 프로그램

좌장 : 임한권 교수 (대구가톨릭대학교)

- 13:45 (30')    **(CT-31) 바이오디젤 생산을 위한 Diethyl aminoethyl hexanoate and Indole-3-acetic acid의 미세조류 성장 및 지방산 함유량 증진 연구**  
 Keynote      E. S. Salama, A. N. Kabra, 전병훈 (한양대학교)
- 14:15 (15')    **(CT-32) 셀룰로오스와 플라스틱의 촉매 혼합열분해**  
 학생          김범식, 이형원, 김한나, 박영권 (서울시립대학교)
- 14:30 (20')    **(CT-33) 수송용 바이오매스 기반 바이오연료**  
                   김재곤, 박조용, 박천규, 하종한 (한국석유관리원)
- 14:50 (20')    **(CT-34) Catalytic Conversion of Marcoalgae-derived Alginate to Furfural and Lactic Acid under Hydrothermal Conditions**  
                   전원진, 반충현, 박건우, 우희철<sup>†</sup>, 김도희 (서울대학교, <sup>†</sup>부경대학교)
- 15:10 (10')    Coffee Break

좌장: 김재곤 박사 (한국석유관리원)

- 15:20 (20')    **(CT-35) 국내 거대해조류 기반 바이오리파이너리의 경제적 잠재력**  
                   P. Fasahati, 유준 (부경대학교)
- 15:40 (20')    **(CT-36) 크라프트 리그닌의 수열/용매열분해를 통한 바이오원유의 생산**  
                   이홍식, 제정호<sup>†,‡</sup>, 하정명<sup>†,‡</sup>, 서동진<sup>†,‡</sup> (한국생산기술연구원, <sup>†</sup>한국과학기술연구원, <sup>‡</sup>과학기술연합대학원대학교)
- 16:00 (15')    **(CT-37) 바이오부탄올의 생산을 위한 1-butanol+3-methyl-1-butanol, 1-butanol+1-hexanol 이성분계의 등온 기-액 평형과 과잉물성**  
 학생          이경호, 유수현, 박소진 (충남대학교)
- 16:15 (15')    **(CT-38) Fast pyrolysis of tulip tree in a bubbling fluidized bed reactor**  
 학생          임동현, 심재욱, 김승수, 김진수<sup>†</sup> (강원대학교, <sup>†</sup>경희대학교)
- 16:30 (20')    **(CT-39) Microalgae biorefinery for the production of biofuels and chemicals**  
                   이은열 (경희대학교)

**창립20주년 특별 심포지움  
산학연 협력 포럼**

- 일시            2015년 9월 17일(목), 14:00~17:00 (포럼 등록 13:30~14:00 324호 앞)
- 장소            부산 벡스코 제2전시장 324호
- Organizer     김수현 박사 (고등기술연구원), 박영서 교수 (경기과학기술대학교)
- 프로그램

Session I. 수처리 및 세정 분야의 청정기술 적용

좌장 : 김수현 박사 (고등기술연구원)

- 14:00 (5')        **축사**
- 14:05 (5')        **심포지움 소개**
- 14:10 (25')      **(CT-40) 난분해성 폐수처리, 폐기물 최소화를 위한 진공증발 농축기술**  
김민섭 차장 ((주)영산테크노)
- 14:35 (25')      **(CT-41) 수처리 청정기술분야에 대한 Membrane 이용**  
김정학 대표 ((주)필로스)
- 15:00 (25')      **(CT-42) 물 재이용 및 폐기물 재활용 기술**  
조영래 대표 ((주)에코 글로벌)
- 15:25 (15')      Coffee Break

Session II. 분석기기 활용, 중금속 회수기술

좌장: 장원철 박사 ((주)코깃)

- 15:40 (25')      **(CT-43) 분석기기 활용 기술 (SEM-EDS)**  
이준희 대표 (코셈)
- 16:05 (25')      **(CT-44) 도금공정 중 Pd의 회수 및 재활용에 관한 연구**  
류경원 대표 ((주)PMR)
- 16:30 (30')      **종합토론**

**일반 심포지움  
청정융합**

- 일시                    2015년 9월 18일(금), 09:00~11:30
- 장소                    부산 벡스코 제2전시관 322호
- Organizer            전병훈 교수 (한양대학교)
- 프로그램

좌장 : 지민규 박사 (한국과학기술연구원)

09:00 (20')            **(CT-45) Differential catalytic action of *Brevibacillus laterosporus* on two structurally  
Keynote                dissimilar azo dyes Remazol red and Rubine GFL**

Mayur B. Kurade, Tatoba R. Waghmode<sup>1</sup>, Sanjay P. Govindwar<sup>1</sup>, 전병훈 (한양대학  
교, <sup>1</sup>Shivaji University)

09:20 (12')            **(CT-46) Pretreatment of microalgal biomass for enhanced recovery of biofuel  
학생                    feedstocks: Reducing sugars and proteins**

Marwa M. Eldalatony, 김호, 전병훈 (한양대학교)

09:32 (12')            **(CT-47) Biodegradation of carbamazepine by the freshwater microalgae  
학생                    Chlamydomonas mexicana and Scenedesmus obliquus**

Jiuqiang Xiong, Mayur B. Kurade, 이민선, 전병훈 (한양대학교)

09:44 (20')            **(CT-48) Performance of macrophytes as an agent for environmental bioremediation**

Rahul Kumar, Sarita Dhaka<sup>1</sup>, Himanshu Gupta<sup>1</sup>, 전병훈 (한양대학교, <sup>1</sup>Roorkee  
University)

10:04 (12')            **(CT-49) Hydraulic Properties Measurement of Tight Sandstone for CO<sub>2</sub> Geological  
학생                    Storage**

여주현, 최준형, 신영재, 이대성 (동아대학교)

10:16 (10')            Coffee Break

좌장 : Mayur B. Kurade 교수 (한양대학교)

10:26 (20')            **(CT-50) Mixotrophic cultivation of *Nephroselmis* sp. using industrial wastewater for  
enhanced microalgal biomass production**

지민규, 윤현식, 윤성주, 김도형, 박수미, 전병훈<sup>2</sup>, 최재영 (한국과학기술연구원, <sup>2</sup>한양대학  
교)

10:46 (12')            **(CT-51) Bioelectrochemical Synthesis of Platform Chemical with a Genetically  
학생                    Engineered Electroactive Bacterium: *Shewanella oneidensis* MR-1**

Ganapathiraman Munussami, Somasundar Ashok, 전병훈<sup>2</sup>, 이선구, 박성훈, 김중래  
(부산대학교, <sup>2</sup>한양대학교)

10:58 (12')            **(CT-52) Metabolic flux analysis of *Klebsiella pneumoniae* L17 in microbial fuel cell**

김창만, Satish Kumar Ainala, 전병훈<sup>2</sup>, 박성훈, 김중래 (부산대학교, <sup>2</sup>한양대학교)

11:10 (20')            **(CT-53) Comparison with Maximum Power Point Tracking (MPPT) Logic Algorithm  
and fixed load resistance on Continuous Microbial Fuel Cell Operation**

송영은, 전병훈<sup>2</sup>, 김중래 (부산대학교, <sup>2</sup>한양대학교)

## 일반 심포지움 오염저감

- 일시                    2015년 9월 18일(금), 09:00~11:30
- 장소                    부산 벡스코 제2전시관 323호
- Organizer            조용준 교수 (신안산대학교)
- 프로그램

좌장 : 조용준 교수 (신안산대학교)

- 09:00 (30')    **(CT-54) 폐유재활용공정에서의 환경오염 방지 기술**  
**Keynote**    나병기<sup>\*</sup>, 서기철<sup>1</sup>, 박희재<sup>2</sup> (충북대학교, <sup>1</sup>(주)서해엔지니어링, <sup>2</sup>시흥녹색환경지원센터)
- 09:30 (20')    **(CT-55) 탈취액을 함침한 블록의 탈취효율에 관한 연구**  
권우택<sup>\*</sup>, 강형석<sup>1</sup>, 이준철<sup>1</sup>, 박상호<sup>1</sup>, 박정민<sup>2</sup>, 김정호<sup>2</sup>, 권이승<sup>3</sup> (<sup>1</sup>을지대학교, <sup>2</sup>가천대학교, <sup>3</sup>카톨릭관동대학교)
- 09:50 (20')    **(CT-56) 환상형 활성탄 카트리지에서 VOC 흡착**  
박지영<sup>1</sup>, 양우영<sup>2</sup>, 김유미<sup>2</sup>, 류희욱<sup>2</sup>, 길인섭<sup>3</sup>, 이태호<sup>1,4</sup> (<sup>1</sup>(주)지천이앤이, <sup>2</sup>송실대학교, <sup>3</sup>시흥녹색환경지원센터, <sup>4</sup>한양대학교 산업과학연구소)
- 10:10 (10')    Coffee Break

좌장: 이태호 (한양대학교 산업과학연구소)

- 10:20 (20')    **(CT-57) 센서를 활용한 악취배출구 실시간 모니터링**  
정의석, 손찬웅<sup>2</sup>, 김진완, 임문혁, 신철호<sup>†</sup> ((주)엔버스 부설기술연구소, <sup>†</sup>(재)서해환경과학연구소)
- 10:40 (20')    **(CT-58) 충전탑식 세정탑의 악취제거효율 향상을 위한 설계개선 방안**  
조용준<sup>\*</sup>, 김영래<sup>1</sup>, 박희재<sup>2</sup>, 최여진<sup>2</sup> (신안산대학교, <sup>1</sup>한국환경기술사회, <sup>2</sup>시흥녹색환경기술지원센터)
- 11:00 (20')    **(CT-59) 악취방지시설인 습식 세정탑에서 오염된 세정수에 의한 악취의 재발산 연구**  
김영래, 조용준, 동종인<sup>\*</sup>, 여상구, 정의택, 박희재, 최여진 (한국환경기술사회, 신안산대학교, 서울시립대학교, 시흥녹색환경지원센터)

포스터 발표 (1)

From Crisis to Opportunity through Clean Technology

- 일시 2015년 9월 17일(목), 16:30~17:30  
※오후 4시 30분까지 포스터 게시, 오후 6시 이후 포스터 제거
- 장소 부산 벡스코 제2전시관 5C 앞 복도
- Organizer 하정명 박사 (한국과학기술연구원)
- 프로그램 포스터 일반 (PA) 및 학생 (PB)

PA-01	<b>페리튬이온전지의 코발트 회수 및 2차전지용 cobalt 화합물 제조</b> 채병만, 김득현, 김동환, 양대훈 <sup>1</sup> , 배효석 <sup>2</sup> , 정인경 <sup>3</sup> , 서재건 <sup>3</sup> , 이상우* ((주)케이엠씨, <sup>1</sup> (주)지엠텍, <sup>2</sup> (주)지엠코리아, <sup>3</sup> 한국산업단지공단 대경권 EIP 경북사업단)
PA-02	<b>페리튬이온전지의 Nickel 회수 및 Ni 나노분말 제조</b> 황성욱, 채병만, 김득현, 박기상, 고아라, 이상우* ((주)케이엠씨)
PA-03	<b>하수에 함유되어 있는 나노 ZnO의 제거기술 개발 및 독성평가</b> 김현상 <sup>1</sup> , 김영훈 <sup>2</sup> , 김영희 <sup>3</sup> , 이상구 <sup>1</sup> (유니엔스(주) <sup>1</sup> , 광운대학교 <sup>2</sup> , 호서대학교 <sup>3</sup> )
PA-04	<b>연속식 기포 유동층 열분해 장치에서 저등급 석탄의 열분해를 통해 생성된 char 및 tar의 물리적 특성 분석</b> 박재현 <sup>1*</sup> , 선도원 <sup>1</sup> , 배달희 <sup>1</sup> , 진경태 <sup>1</sup> , 주지봉 <sup>1</sup> , 문종호 <sup>1</sup> , 이승용 <sup>1</sup> , 정두환 <sup>1</sup> , 신종선 <sup>1</sup> , 박재혁 <sup>2</sup> (한국에너지기술연구원 <sup>1</sup> , 연세대학교 <sup>2</sup> )
PA-05	<b>인듐-주석 산화물 (ITO) 나노분말 잉크를 이용하여 제작된 인듐-갈륨-아연 산화물 (IGZO) 박막 트랜지스터 (TFTs) 의 특성 평가</b> 김채원 <sup>1,3</sup> , 김영훈 <sup>2</sup> , 이미정 <sup>3</sup> , 이재용 <sup>4</sup> , 홍성제 <sup>1*</sup> ( <sup>1</sup> 전자부품연구원, <sup>2</sup> 성균관대학교, <sup>3</sup> 국민대학교, <sup>4</sup> (주) 한청 RF)
PA-06	<b>환기시스템용 산소 분리농축 시스템의 운전특성 및 실내 공기질 개선에 미치는 영향</b> 장정희 <sup>1</sup> , 한기보 <sup>1</sup> , 최창식 <sup>1*</sup> , 이주열 <sup>2</sup> ( <sup>1</sup> 고등기술연구원, <sup>2</sup> (주)애니텍)
PA-07	<b>메탄올 및 CO, O2를 이용한 DMC&amp;DMM 합성 연구</b> 윤지인, 우제민, 문종호 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원)
PA-08	<b>활성탄 VOC 흡착 거동</b> 박지영 <sup>1</sup> , 양우영 <sup>2</sup> , 김유미 <sup>2</sup> , 류희욱 <sup>2</sup> , 길인섭 <sup>3</sup> , 이태호 <sup>1,4</sup> ( <sup>1</sup> (주)지천이앤이, <sup>2</sup> 송실대학교, <sup>3</sup> 시흥녹색환경지원센터, <sup>4</sup> 한양대학교 산업과학연구소)
PA-09	<b>공기, 산소 혼합 조건에 따른 석탄의 분류층 가스화 특성</b> 윤상준, 라호원, 서명원, 윤성민, 오건웅 <sup>1</sup> , 이재구* (한국에너지기술연구원, <sup>1</sup> 과학기술연합대학원대학교)

포스터 발표 (2)

From Crisis to Opportunity through Clean Technology

- PA-10** ITO 잉크의 Over-coating에 의한 Ag NWs 투명 전극의 고온 신뢰성 향상  
차승재<sup>1</sup>, 홍성제<sup>1\*</sup>, 이재용<sup>2</sup> (전자부품연구원, (주) 한청 RF)
- PA-11** 기상 증착 방법을 이용한 세라믹 코팅 금속소재의 부식 특성  
황상연, 이지은, 정석우\*, 김민정, 이동복<sup>†</sup> (고등기술연구원, <sup>†</sup>성균관대학교)
- PA-12** 니켈이 석탄 지지체에 분산된 촉매를 활용한 DME 수증기 개질  
김수현, 전동혁, 최호경, 김상도, 임정환, 임영준, 이시훈, 유지호\* (한국에너지기술연구원)
- PA-13** (발표 취소)
- PA-14** 다양한 기질 및 지지체를 활용한 Mn 기반 고체산 촉매에 대한 성형에 관한 연구  
한기보<sup>1\*</sup>, 장정희<sup>1</sup>, 최희영<sup>1</sup>, 한정식<sup>2</sup>, 정병훈<sup>2</sup> (<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>국방과학연구소)
- PA-15** NO 산화공정에 적용 가능한 H2O2 촉매분해공정에 대한 스케일-업에 관한 연구  
한기보, 장정희, 최희영 (고등기술연구원)
- PA-16** 석탄 지지체로의 전이금속 분산을 통한 촉매 제조 연구  
유지호\*, 김수현, 김상도, 최호경, 전동혁, 임영준, 임정환, 이시훈 (한국에너지기술연구원)
- PA-17** 에너지 저감형 자동화 시스템을 이용한 Water Deflector 개발 연구  
이봉재\*, 정지현, 최수현, 유채정, 강난희, 신진모 ((주) 청하)
- PA-18** (발표 취소)
- PA-19** 섬유염색공정 열가공장치에서 발생하는 배기가스의 폐자원(폐열, 폐오일) 회수 및 재활용에 관한 연구  
류승한, 신동훈, 박준형, 오영정<sup>1</sup>, 오정수<sup>1</sup>, 오태진<sup>1</sup> (다이텍연구원, <sup>1</sup>GS시스템)
- PA-20** MnO<sub>2</sub>촉매를 이용한 알릴알콜의 선택적 산화반응  
김예슬, 장은지, 이철우\* (한밭대학교)
- PA-21** 산업용 냉각탑 폐 증진제 재활용 네트워크 기술개발  
김근영, 최재완, 박광선, 서재건<sup>†</sup>, 정인경\*<sup>†</sup> (지엠텍(주), <sup>†</sup>한국산업단지공단 대경권EIP 사업단)
- PA-22** Oxide Metal 공정의 질산암모늄 폐기물 재활용 네트워크 구축  
김인, 서태권, 정인경<sup>†</sup>, 서재건<sup>†</sup> ((주)성은, <sup>†</sup>한국산업단지공단 대경권EIP 사업단)

포스터 발표 (3)

From Crisis to Opportunity through Clean Technology

- PA-23** 이종 유동층 반응기를 이용한 저급석탄 가스화 연구  
 김종수<sup>1</sup>, 양창원<sup>2</sup>, 방병열<sup>1\*</sup>, 류태우<sup>1</sup>, 이은도<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교)
- PA-24** 천연분말/PP 복합소재 제조 및 물성 향상 연구  
 윤정환, 유성환, 윤주호\* (자동차부품연구원)
- PA-25** 무회분 석탄 이송용 고압 공급장치의 Feeding 및 Refill 운전 특성  
 정석우\*, 윤성필, 이재만, 정기진 (고등기술연구원)
- PA-26** 석탄/바이오매스-물 혼합연료 제조  
 김상도\*, 이시훈, 최호경, 전동혁, 유지호, 임영준, 임정환, 이종배 (한국에너지기술연구원)
- PA-27** 글리세롤의 수소화분해반응에 의한 1,2-프로판다이올 전환 반응에서 구리계 촉매에 니켈 증진제 효과  
 이마음<sup>1,2</sup>, Pravin P. Upare<sup>1,2</sup>, 황동원<sup>1,2\*</sup>, 장종산<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>한국화학연구원, <sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교 (UST))
- PA-28** 자외선 경화에 의한 내산성 보호 잉크 코팅층의 특성  
 홍성제<sup>1\*</sup>, 이지예<sup>1</sup>, 한애진<sup>1</sup>, 장승일<sup>2</sup>, 황용진<sup>2</sup> (전자부품연구원, (주)엠엠테크)
- PA-29** Graphite가 첨가된 SiC 히터의 열적, 전기적 특성 분석  
 전준용, 김승현, 강한결, 홍성제<sup>1</sup>, 김용성 (서울과학기술대학교, <sup>1</sup>전자부품연구원)
- PA-30** 탄소 및 동소체가 첨가된 SiC 재활용 슬러지 페이스트로 제작된 박막히터의 특성 분석  
 김승현, 전준용, 강한결, 주기태, 김준현, 김용성\* (서울과학기술대학교)
- PB-01** MCFC 연료전지용 탈황 장치의 전산유체역학 모사  
 Agnesia Permatasari, 유준 (부경대학교)
- PB-02** 가시광 영역에서의 SnIn4S8을 이용한 6가 크롬 환원  
 박성묵, 김영훈\* (광운대학교)
- PB-03** CoryneBrick vectors: A synthetic biology platform for gene expression in Corynebacterium glutamicum  
 조수아<sup>1,2</sup>, 신호정<sup>1,2</sup>, 이선미<sup>1</sup>, 엄영순<sup>1</sup>, 한성옥<sup>2</sup>, 우한민<sup>1,2,\*</sup> (<sup>1</sup>한국과학기술연구원, <sup>2</sup>고려대학교)
- PB-04** 마이크로웨이브를 이용한 BiVO4 가시광 광촉매 제조  
 박지홍, 김영훈\* (광운대학교)

포스터 발표 (4)

From Crisis to Opportunity through Clean Technology

- PB-05**      **매체순환식 가스연소(CLC)를 위한 Ni 계열 산소전달입자의 산화환원 특성**  
 박지혜, 백정훈, 정정민, 임효빈, 변창기, 백점인<sup>1</sup>, 류호정<sup>2</sup>, 이광복<sup>3\*</sup> (충남대학교, <sup>1</sup>한국전력연구원, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원, <sup>3</sup>충남대학교과)
- PB-06**      **은나노 프리즘을 이용한 중금속 색센서 개발**  
 이혜진, 정의석, 김영훈\* (광운대학교)
- PB-07**      **석탄 촉매 지지체의 구리이온의 분산 연구**  
 Paul Victor<sup>1, 2</sup>, 김수현<sup>2</sup>, 전동혁<sup>2</sup>, 최호경<sup>2</sup>, 김상도<sup>2</sup>, 임정환<sup>2</sup>, 임영준<sup>2</sup>, 이시훈<sup>2</sup>, 이영우<sup>1</sup>, 유지호<sup>2,\*</sup> (<sup>1</sup>충남대학교, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원)
- PB-08**      **유수분리용 초친수성 나노필터 제조**  
 조선희, 정의석, 김영훈\* (광운대학교)
- PB-09**      **고온 고압에서의 K/Mg계열 건식흡수제의 이산화탄소 흡수 특성**  
 변창기, 임효빈, 박지혜, 백정훈, 정정민, 이광복<sup>\*†</sup> (충남대학교)
- PB-10**      **종이 기반 다공성 금전극을 이용한 염료의 전기화학적 분해**  
 김지은, 김영훈\* (광운대학교)
- PB-11**      **Transcriptome analysis of CO<sub>2</sub>-fixing cyanobacteria for nitrogen starvation response**  
 최선영<sup>1,2</sup>, 박병혁<sup>2</sup>, 최인걸<sup>2</sup>, 이선미<sup>1</sup>, 엄영순<sup>1</sup>, 심상준<sup>2</sup>, 우한민<sup>1,2,\*</sup> (<sup>1</sup>한국과학기술연구원, <sup>2</sup>고려대학교)
- PB-12**      **흡착탑에서 다성분 휘발성 유기화합물의 활성탄 흡착 특성**  
 조종훈, <sup>†</sup>이시훈, 이영우\* (충남대학교, <sup>†</sup>한국에너지기술연구원)
- PB-13**      **유동층 건조 장치에서 이산화탄소와 공기를 이용한 고수분 저등급 석탄의 건조 특성**  
 박재현<sup>1</sup>, 이창하<sup>1</sup>, 선도원<sup>2</sup>, 배달희<sup>2</sup>, 주지봉<sup>2</sup>, 박영철<sup>2</sup>, 류호정<sup>2</sup>, 신종선<sup>2</sup>, 박재현<sup>2\*</sup> (연세대학교<sup>1</sup>, 한국에너지기술연구원<sup>2</sup>)
- PB-14**      **K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 Ni이 혼합된 저등급 석탄의 CO<sub>2</sub> 가스화 반응특성 연구**  
 김정수, 안승호, 이시훈\*, 이영우<sup>†</sup> (충남대학교, \*한국에너지기술연구원)
- PB-15**      **The Effect of Biomass Treatment Methods on Product Yield and Composition of Bio-oil from Pyrolysis of *Saccharina Japonica* in Bubbling Fluidized-Bed Reactor**  
 Hoang Vu Ly, 김승수<sup>1\*</sup>, 김진수, 우희철<sup>2</sup> (경희대학교, <sup>1</sup>강원대학교, <sup>2</sup>부경대학교)
- PB-16**      **WGS반응을 위한 Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매의 반응 특성 연구: Aluminum 전구체 투입시간에 따른 영향**  
 백정훈, 박지혜, 정정민, 임효빈, 변창기, 이광복\* (충남대학교)



포스터 발표 (5)

From Crisis to Opportunity through Clean Technology

- PB-17**      **Simple Solution-Based Synthesis of Nitrogen-Doped Graphene**  
 이민석<sup>1</sup>, 장동욱<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>부경대학교)
- PB-18**      **실리카 나노입자를 이용한 유수분리용 초친수성 나노필터의 제조**  
 염창주, 조선희, 김영훈\* (광운대학교)
- PB-19**      **석탄 지지체 니켈 촉매를 이용한 톨루엔 수증기 개질 연구**  
 Lia Priscilla, 김수현, 전동혁, 최호경, 김상도, 임정환, 임영준, 이시훈, 유지호\* (한국에너지기술연구원)
- PB-20**      **N<sub>2</sub>O/NO<sub>x</sub> 동시 저감 반응에서 제올라이트 촉매의 수분에 의한 비활성화 원인 조사**  
 정정민, 박지혜, 백정훈, 임효빈, 변창기, 전상구<sup>1</sup>, 이광복\* (충남대학교, 한국에너지기술연구원<sup>1</sup>)
- PB-21**      **The kinetic effect of HFC-134a hydrate formation in 3.5% seawater when silica gel is added**  
 Lianna Johanna, 김아람, 임준혁, 원용선, 이제근, 이태운 (부경대학교)
- PB-22**      **Surface Sites with Different Binding Energies in Activated Carbons for CO<sub>2</sub> Adsorption**  
 조일흠, 박중호, 김문현\*, 최상욱<sup>1</sup>, 이인수<sup>1</sup>, 추수태<sup>1</sup> (대구대학교, <sup>1</sup>삼성BP)
- PB-23**      **해수에서 Sufactant가 첨가된 R-134a 가스하이드레이트 형성 속도 연구**  
 김아람, Lianna Johanna, 원용선, 이제근, 이태운, 임준혁 (부경대학교)
- PB-24**      **Synthesis of 2,5-Furandicarboxylic Acid and Its Dialkyl Ester Derivatives from Galactaric Acid**  
 Tan Phat Nguyen<sup>1</sup>, Anh H. T. Vo<sup>1</sup>, Nhan T. T. Huynh<sup>1</sup>, 김보라<sup>2</sup>, 박석규<sup>2</sup>, 문다솜<sup>2</sup>, 조진구<sup>12\*</sup> (과학기술연합대학원대학교<sup>1</sup>, 한국생산기술연구원<sup>2</sup>)
- PB-25**      **상용 등급 폴리스타이렌, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌의 열분해 제품 특성분석**  
 Boris Brigljevic, 유준 (부경대학교)
- PB-26**      **Chloromethyl-2-furfural(CMF)의 이상 연속 생산과 CMF로부터 5-acetoxymethyl-2-furfural(AMF)의 에스테르화 반응**  
 박석규<sup>\*,\*\*</sup>, Nhan. Thanh Thien. Huynh<sup>\*,\*\*\*</sup>, 이관영<sup>\*\*</sup>, 조진구<sup>\*,\*\*\*,†</sup> (한국생산기술연구원<sup>\*</sup>, 고려대학교<sup>\*\*</sup>, 과학기술연합대학원대학교<sup>\*\*\*</sup>)
- PB-27**      **녹조류 *Chlamydomonas mexicana*에 의한 에스트론의 생물학적 분해 및 생화학적 변화**  
 이민선<sup>1</sup>, Mayur Kurade<sup>1</sup>, 최재원<sup>2</sup>, 옹구강<sup>1</sup>, 전병훈<sup>1\*</sup> (한양대학교<sup>1</sup>, 한국수자원공사<sup>2</sup>)

포스터 발표 (6)

From Crisis to Opportunity through Clean Technology

- PB-28**      **Ni/Ru-X/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매의 톨루엔 수증기 및 건식 개질 특성**  
 오건웅, 박서윤<sup>1</sup>, 라호원<sup>2</sup>, 서명원<sup>2</sup>, 김용구<sup>2</sup>, 이재구<sup>2</sup>, \*윤상준<sup>2</sup> (과학기술연합대학원대학교, <sup>1</sup>충북대학교, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원)
- PB-29**      **해조류 유래 바이오-오일을 원료로 한 수증기 개질반응 연구**  
 박용범, 임한권<sup>1</sup>, 우희철\* (부경대학교, <sup>1</sup>대구가톨릭대학교)
- PB-30**      **금속열분해로부터 생성된 바이오 차의 전처리에 따른 특성분석**  
 박용범, 최재형, 우희철 (부경대학교)
- PB-31**      **내마모성이 제고된 유동층 반응공정에 적용 가능한 촉매 지지체의 합성**  
 김민정, 성연백, 이태훈, 박창준, 이진욱, 최원영, 이태진\*, 박노국, 류호정<sup>1</sup> (영남대학교, <sup>1</sup>한국에너지기술연구원)
- PB-32**      **탄산처리에 따른 무회분석탄의 추출률 변화**  
 Sukma Hidayat<sup>1</sup>, 권호중<sup>1, 2</sup>, 조완택<sup>1</sup>, 전동혁<sup>1</sup>, 유지호<sup>1</sup>, 김상도<sup>1</sup>, 임정환<sup>1</sup>, 임영준<sup>1</sup>, 이시훈<sup>1</sup>, 최호경<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>한국에너지기술연구원, <sup>2</sup>충남대학교)
- PB-33**      **개질기 촉매 지지체 코팅을 위한 FeCrAl재질 Micro-Channel plate위 ZnO버퍼층 형성**  
 박창준, 성연백, 이태훈, 김민정, 이진욱, 최원영, 이태진\*, 박노국 (영남대학교)
- PB-34**      **Hydrothermal conversion of alginate into uronic acids over sugar-derived carbon catalysts**  
 박충현<sup>1</sup>, 전원진<sup>1</sup>, 박건우<sup>1</sup>, 우희철<sup>2</sup>, 김도희<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>서울대학교, <sup>2</sup>부경대학교)
- PB-35**      **바이오 디젤 생산용 미세조류 형질전환을 위한 디지털 미세유체기반 전기천공법 연구**  
 권상구, 임도진\* (부경대학교)
- PB-36**      **Advanced lithium-ion batteries using mesoporous manganese oxide network structures**  
 최재호, 이정규\* (동아대학교)
- PB-37**      **온도에 따른 알루미늄계 촉매상에서의 NF<sub>3</sub> 가수분해 반응**  
 이진욱, 성연백, 이태훈, 최원영, 박창준, 김민정, 이태진\*, 박노국, 장원철<sup>1</sup> (영남대학교 화학공학부, <sup>2</sup>코켈)
- PB-38**      **촉매를 사용한 모델 바이오매스 초임계수 가스화에서의 수소생산**  
 황종하, 이루세, 손정민\* (전북대학교)

포스터 발표 (7)

From Crisis to Opportunity through Clean Technology

- PB-39**      **저온구동 흡착식 냉동기용 고성능 물 흡착제 개발을 위한 활성탄, 실리카 표면개질 및 흡착 특성평가**  
1,2김상겸, 1조강희, 1이은경, 2이영우, 1김종남\* (1한국에너지기술연구원, 2충남대학교)
- PB-40**      **조촉매 첨가를 통한 Cu-Sn-Zr 촉매의 반응성 향상**  
이태훈, 성연백, 이진욱, 김민정, 박창준, 최원영, 이태진\*, 박노국<sup>1</sup> 백점인<sup>2</sup>, 이중범<sup>2</sup>  
(영남대학교<sup>1</sup>, 한국전력연구원<sup>2</sup>)
- PB-41**      **고체산 촉매를 이용한 리그닌의 촉매열분해**  
김범식, 김한나, 이형원, 박영권\* (서울시립대학교)
- PB-42**      **마이크로 채널 플레이트 표면상에 버퍼층 형성을 통한 촉매 지지체 Al-Ce-Zr 코팅**  
최원영, 성연백, 이태훈, 박창준, 이진욱, 김민정, 이태진\*, 박노국 (영남대학교)
- PB-43**      **수열 전처리에 따른 알지네이트로부터 유기산 생산에 미치는 영향**  
선지윤, 이성찬, 김혜경, 송민경\*, 우희철 (부경대학교)
- PB-44**      **High performance lithium-ion battery anode using Si/C nanocomposites internally wired with graphene networks**  
오창일, 이정규\* (동아대학교)
- PB-45**      **Highly-achieved furfural from xylose by lignocellulose-based chlorosulfonated amorphous carbonaceous catalyst under biphasic microwave-assisted condition**  
Anh H. T. Vo<sup>1,2</sup>, 김보라<sup>1</sup>, 박석규<sup>1</sup>, 문다솜<sup>1</sup>, Nhan T. T. Huynh<sup>1,2</sup>, Tan Phat Nguyen<sup>1,2</sup>, 조진구<sup>1,2</sup> (1한국생산기술연구원, 2과학기술연합대학원대학교)
- PB-46**      **다시마, 알지네이트, 휘발성 유기산으로부터 미생물 연료전지의 전기 생산에 미치는 영향 평가**  
이성찬, 선지윤, 송영은, 김중래, 송민경, 우희철 (부경대학교)
- PB-47**      **CO<sub>2</sub> 석탄가스화에 미치는 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>에 Ca(OH)<sub>2</sub>가 첨가된 혼합촉매의 효과**  
이루세, 황종하, 손정민\* (전북대학교)
- PB-48**      **메탈폼 상에 코팅된 촉매를 이용한 디젤 자열 개질 반응 실험**  
성연백, 이태훈, 김민정, 이진욱, 박창준, 최원영, 박노국, 이태진\* (영남대학교)
- PB-49**      **Catalytic Dehydrofluorination of 1,1,1,2,3-Pentafluoropropane (HFC-245eb) to 2,3,3,3-Tetrafluoropropene (HFO-1234yf) using Metal Oxyfluoride Catalyst**  
임서연, 송광호<sup>1</sup>, 김홍곤, 안병성, 하정명\* (한국과학기술연구원, 1고려대학교)
- PB-50**      **전해질 액적의 접촉 충전 현상 연구**  
양석환, 임도진\* (부경대학교)

포스터 발표 (8)

From Crisis to Opportunity through Clean Technology

- |       |  |
|-------|--|
| PB-51 | <b>수소 전달 반응 및 이원금속 촉매를 이용한 구아이알콜 전환에 관한 연구</b><br>김무경, 이관영 <sup>1</sup> , 제정호* (한국과학기술연구원, <sup>1</sup> 고려대학교)   |
| PB-52 | <b>Estimation of Poly (lactic acid) aerobic and anaerobic biodegradability by specific surface area based gas production using wastewater sludge</b><br>문정현 <sup>1</sup> , 김미연 <sup>1</sup> , 김보미 <sup>2</sup> , 이재춘 <sup>2</sup> , 김종래 <sup>1*</sup> ( <sup>1</sup> 부산대학교, <sup>2</sup> WAPS Co, Ltd) |
| PB-53 | <b>CuCl/Zeolite 촉매상에서의 DMC 합성 반응</b><br>우제민, 유지인, 문종호 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원)  |

일반 심포지움

## 청정석탄

9월 17일(목) 9:00~11:25

부산 벅스코 제2전시장 323호

## CT-01 청정석탄

### 저급탄 건조기술 동향 및 Coal dryer 설비 국산화 개발

정현태<sup>1\*</sup>, 정두찬<sup>1</sup>  
(주)포스코건설<sup>1</sup>

#### Trend on Drying Technology of Low-rank Coal and Develop of Coal Dryer Facility

Hyun-Tae Joung<sup>1\*</sup>, Doo-Chan Chung<sup>1</sup>  
POSCO E&C<sup>1</sup>

저급탄은 지역별로 수분함량과 회분함량, 발열량 등이 다양하고, 고급탄에 비해 수분함량이 30~70%로 매우 높고, 수분 흡탈착에 의한 화학반응성이 높아 자연발화 가능성이 매우 높다. 이러한 이유로 지금까지 저급탄 활용율이 미약했으나, 전세계적으로 화석에너지 가격 상승으로 보다 저렴한 고수분/저발열량의 저급탄에 대한 관심이 증가하고 있다. 2012년 기준, 전세계 2,500여기의 화력발전 플랜트 중 250여개 플랜트에서 갈탄 및 아역청탄과 같은 저급탄을 사용하는 화력 발전소가 운영되고 있으며, 발전량으로는 전체 석탄화력발전량의 8.2%를 차지하고 있다. 저급탄은 수분함량이 높아 전처리 없이 사용할 경우 보일러 효율이 낮아지고, 연소가스 유량 증가로 인한 보일러 및 가스처리설비의 용량이 커지는 단점이 발생한다. 따라서, 저급탄을 이용한 화력발전 플랜트를 보다 효율적으로 운영하기 위해서는 저급탄 건조와 같은 전처리 기술이 필요하며, 현재 다양한 저급탄 고품위화 기술개발이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 저급탄 이용 석탄화력발전소에 적용가능한 건조기술에 대한 조사 및 평가를 수행하였으며, 10ton/hr 규모의 석탄건조 설비의 국산화를 위한 연구를 수행하였습니다.

#### 참고문헌

1. Nigel S Dong, Utilization of low rank coals, IEA Clean Coal Center
2. Arun S. Muhumdar, Drying of Low Rank Coal, M3TC, 2011.
3. Mr. Noguchi in Tsukishimakikai Co., 2<sup>nd</sup>LRCupgradingforum, 2010.
4. H. Osman, S.V.Jangam, J.d.Lease and Arun S. Muhumdar, Drying of low-rank coal(LRC)-A review of recent patents and innovations, 2011.
5. Cahyadi and Hark Yurismo, Impact of low rank coal utilization in the coal fired power plant that was designed to use sub-bituminous coal, 2009.
6. 박재혁, "유동층 건조에 의한 고수분 저등급 석탄의 고품위화 연구", 한양대학교, 13-16 (2011).
7. Dong-soon Jang. "Study on the Development of an Air-Agitated Screw Type Dryer for Dehydrated Sewage Sludge Treatment" ICIPEC Conference. 2002.
8. "Industrial Drying Equipment", Marcel Deckker, Inc. 94-100 (1991).

## CT-02 청정석탄

### 순환유동층 보일러의 로내 탈황을 위한 국내 석회석들의 특성 비교

신지훈<sup>1</sup>, 곽인섭, 김예빈, 장준영, 신혜리, 이시훈\*  
전북대학교 자원·에너지공학과

### Compare Characteristics the Domestic Limestone for Desulfurization of Circulating Fluidized Bed Boiler Furnace

Ji Hoon Shin, In Seop Gwak, Ye Bin Kim, Jun Yeong Jang, Hye Ri Shin, See-Hoon Lee\*  
Mineral Resources and Energy Engineering, Chonbuk University

고효율 청정 발전 기술로 인정받는 순환유동층 보일러의 보급이 지속적으로 증가함에 따라 순환 유동층 보일러의 로내 탈황에 이용되는 석회석의 사용량도 증가하고 있다. 일반적으로 국내 석회석의 대부분은 시멘트를 포함한 건축 자재로의 이용이 우세하여 순환유동층 보일러의 로내 탈황에 대한 특성 자료가 부족하다. 이에 본 연구에서는 국내에서 생산되는 7종의 석회석들을 이용하여 입도분석, 마모도 분석, 소성 및 탈황 반응 특성 등을 비교 분석하였다. 입도 분석은 Sieve Shaker(CG-211-8, 청계)를 이용하여 진행되었고 반응 실험을 위한 입도별 석회석 시료들을 선별을 선행하였다. 석회석 시료들의 마모도 분석을 위하여, ASTM D5757-95에 제시되어 있는 입자 마모 측정기를 이용하여 마모 특성을 고찰하였으며 입자의 마모와 소성 반응의 영향도 고찰하였다. 석회석 시료들은 700°C, 750°C, 800°C, 850°C, 900°C, 950°C에서 각각의 석회석의 입도별 소성반응, 탈황반응 특성을 분석 및 비교하였다. 실험 결과, 석회석의 입도가 작을수록, 850°C에 근접할수록 탈황제로서의 석회석의 특성이 좋아짐을 확인하였다.

## CT-03 청정석탄

# 가스화 공정 적용을 위한 석탄슬러리 연료 제조 및 분류층 가스화기에서의 가스화 특성

황상연, 류상오, 전동환, 정석우, 이진욱\*, 강원석, 김미도†  
고등기술연구원, †한국지역난방공사 중앙연구원

## Gasification Characteristics of Coal-slurry in a Entrained Flow Gasifier and Coal-slurry fuel Preparation for Gasification Process

Sang Yeon Hwang, Sang Oh Ryu, Dong Hwan Jeon, Seok Woo Chung, Jin Wook Lee\*,  
Won Seok Kang†, Mi Do Kim†  
Institute for Advanced Engineering, †Korea District Heating Corp

지구온난화에 대한 국제적 관심이 고조됨에 따라 주요 선진국들은 이에 대응할 수 있는 관련 기술 개발을 통해 자국의 에너지원 개발 및 온실가스 감축을 이루고자 다양한 기술을 개발하고 있다. 특히, 석유 대체 에너지로서 석탄이 크게 각광받고 있으나 환경적인 문제 및 CO<sub>2</sub> 배출 문제 등으로 인해 석탄을 환경친화적으로 활용하면서도 CO<sub>2</sub>를 저감할 수 있는 기술의 필요성이 점차 증대되고 있다. 이에 대응 가능한 석탄 가스화 복합발전 기술은 석탄을 이용하여 고효율, 고청정으로 활용하여 전력을 생산하는 기술로서 기존 미분탄 발전 기술과 비교 시 높은 청정성을 지니고 있으며, 향후 고체 연료 사용이 금지된 도시 지역 또는 인근 지역에서 높은 가격 경쟁력으로 인해 천연가스 복합발전을 대체할 가능성을 포함하고 있다. 또한, 석탄가스화 복합발전 기술은 가스터빈과 증기터빈에서 발전을 하는 복합발전 방식으로서 발전 효율이 높고 효율이 낮은 습식가스화 기술을 적용하더라도 기존 미분탄 발전과 비교하여 동등 이상으로 효율이 높은 것으로 보고되고 있다. 특히, 집단에너지 사업처 등에서는 발전단가가 높은 LNG 발전을 하고 있는 실정이므로 석탄을 이용하여 슬러리 형태의 액체 연료를 제조한 후 가스화를 통해 열병합 시스템에 활용할 경우 연료원가가 저렴하고 낮은 비용으로 전력을 생산할 수 있으며, 집단에너지 사업에서의 고체연료 사용제한이라는 한계를 극복할 가능성을 지니고 있으므로 도시 지역에서 천연가스 발전에 비하여 월등히 높은 경제성을 확보할 수 있을 것으로 예상된다. 본 연구에서는 역청탄을 이용하여 연속식으로 석탄슬러리 연료를 제조하였으며, 분류층 방식의 파일럿급 석탄가스화 시스템을 활용하여 습식 가스화 실험을 통해 습식 시료 제조/공급 및 가스화 운전 특성을 파악하고자 하였다. 실험 결과 정상운전 조건에서 주요 합성가스인 CO와 H<sub>2</sub>의 합이 63% 이상, 냉가스효율이 62%를 넘는 성능을 확인하였으며 집단에너지 시스템에 적용할 수 있는 액체연료로서의 활용 가능성을 확인하였다.

### 사사

본 연구는 한국지역난방공사에서 지원하는 “석탄슬러리를 이용한 습식가스화 기술 개발 및 적용기술 연구”과제에 의하여 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. NETL, Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants Volume 1: Bituminous Coal and Natural Gas to Electricity, Revision 2, November 2010 (DOE/NETL-2010/1397)
2. 한국지역난방공사, 중산사유 등을 활용한 IGCC 집단에너지사업 도입타당성 연구, 2010.
3. 이진욱 등, 2010 가스화 기술 컨퍼런스를 중심으로 살펴본 석탄 가스화 기술의 개발 동향 및 상업화 전개 현황, 에너지공학, 제20권 제2호, 2011.
4. 허려화 등, 중국 석탄가스화 기술 현황, KIC News, Volume 15, No. 1, 2012.



# CT-04 청정석탄

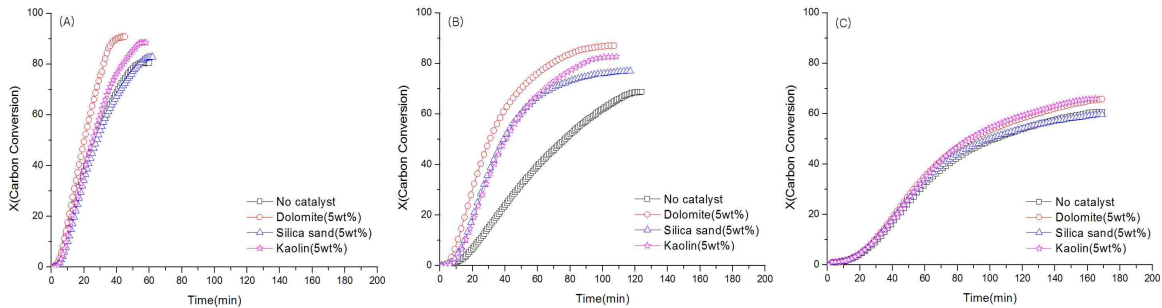
## 광물질을 촉매로 사용한 스팀 석탄가스화 반응 특성 연구

이루세, 황종하, 손정민\*  
 전북대학교 자원·에너지공학과

### The Study of Steam Coal Gasification Using Minerals as Catalyst

Rousse Lee, Jong Ha Hwang, Jung Min Sohn\*  
 Department Mineral Resources & Energy Engineering, Chonbuk University

오늘날 저급석탄을 사용하는 기술이 꾸준히 연구되어지고 있는데, 대표적으로 석탄 가스화를 들 수 있다. 본 연구는 저급석탄에 광물질을 물리적으로 혼합하여 수증기 가스화를 수행할 때 시간에 따른 가스 생성 특성 분석 및 반응 속도론에 대한 연구를 진행하였다. 저급탄에 광물질 3가지(Dolomite, Silica sand, Kaolin)를 5 wt%로 물리적 혼합하여 가스화 온도 800°C, 850°C, 900°C의 범위에서 수증기 석탄 가스화를 수행하였다. 가스화 후 발생하는 합성가스의 유량 변화를 측정하고 GC(Gas Chromatograohy)와 가스분석기를 이용해 가스 생성 특성을 분석하였다. 생성된 CO와 CO<sub>2</sub>의 수치 값을 이용하여 탄소전환율을 구하였고 이때 구한 탄소전환율 데이터를 기-고체 반응모델 MVRM(Modified volumetric reaction model)에 적용하여 반응 속도 상수를 구한 결과 Dolomite > Kaoiln > Silica sand > No catalyst 순으로 나타났으며 Dolomite의 경우 950 °C와 900 °C에 비해 저온인 800 °C에서 급격히 반응 속도 상수가 낮아지는 것으로 보아 온도가 높을수록 촉매적 효과가 좋을 것으로 판단된다.



<그림 1. 온도별 탄소전환율 : (a) 900 °C, (b) 850 °C, (c) 800°C>

	800°C	850°C	900°C
No catalyst	18.36	29.06	101.04
Dolomite	21.99	84.51	170.51
Silica sand	18.08	52.58	98.10
Kaolin	22.35	60.10	125.09

<표 1. MVRM을 이용한 반응온도에 따른 반응속도 상수(k)>

	활성화 에너지 Ea (kJ/mol)
No catalyst	177.08
Dolomite	215.20
Silica sand	177.53
Kaolin	180.51

<표 2. MVRM을 이용한 반응온도에 따른 반응속도 상수(k)>

# CT-05 청정석탄

## 미분탄 연소의 신재생연료 혼소를 통한 NOx 저감 기술 개발

채태영, 이재욱<sup>1</sup>, 양원<sup>1\*</sup>

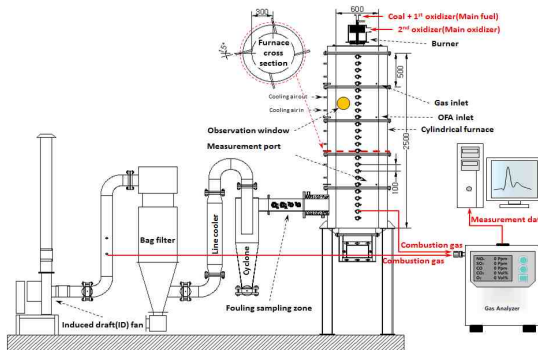
한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹<sup>1</sup>

### Development of co-firing of renewable fuel and in furnace NOx reduction

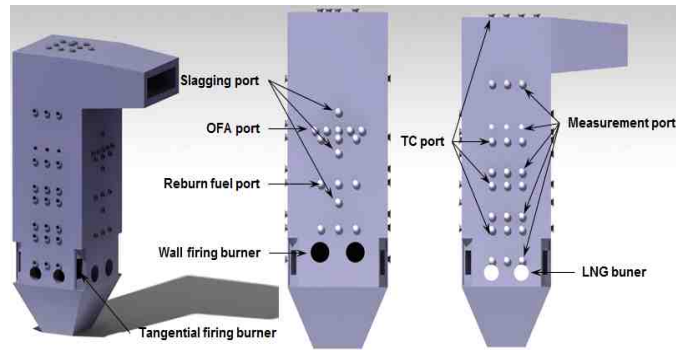
Chae Taeyoung<sup>1</sup>, Lee Jaewook<sup>1</sup>, Yang Won<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Thermochemical Energy System R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology

석탄 화력발전은 현재 국내 총 전력 생산의 44% 이상을 (08년 기준)를 차지하고 있는 중요한 전력 생산 수단의 하나이다. 발전 산업에서의 CO<sub>2</sub> 배출 문제는 신재생에너지 의무 할당제(RPS; Renewable portfolio standard)에 기반을 둔 감축 정책이 2012년부터 시행된 가운데 있어 바이오매스와 같은 신재생 연료 사용의 연료다변화 발전을 통한 실질적인 CO<sub>2</sub> 저감이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 본 연구는 이러한 필요성에 의해 국내 석탄화력발전의 대부분을 차지하고 있는 미분탄 화력 발전소에서 기존 주 연료인 석탄의 일부를 신재생 에너지의 활용 및 RPS 의무 할당제의 실질적 대비를 위한 바이오매스 또는 폐기물 에너지 등의 다양한 연료로 전환하는 기술에 관한 것이다. 이와 함께, 재연소 기술을 활용하여 로내에서 NOx 농도를 저감함과 동시에, 혼소 기술의 최적화를 통해 기존 설비의 연소효율 감소 및 발생 가능한 보일러 운전 장애를 개선하고 발전효율 penalty를 최소화하여 연료비 절감 또는 신재생 에너지 활용 증대를 도모하는 기술이다. 본 연구에 사용된 실험 장치는 80kW<sub>th</sub>급 single burner furnace와 1.2 MW<sub>th</sub> 급 multi burner furnace 로서 각 실험 장치에서 혼소 및 재연소 실험을 진행 하였다. 실험 결과 석탄/신재생연료 연소 시 혼소 및 재연소율이 증가 할수록 NOx 생성율은 감소하는 것을 볼 수 있었다. 또한, 바이오매스 투입량이 증가할수록 NOx 감소량이 증가하는 것을 볼 수 있다. 단순 혼소의 경우 바이오매스 내 포함된 N의 감소에 의한 NOx 감소효과와 바이오매스의 빠른 탈휘발에 의해 N과 O<sub>2</sub>의 반응을 방해하는 효과에 의한 NOx 감소 효과만 작용하기 때문에 NOx감소에 한계 있다. 그러나 재연소의 경우 단순 혼소 시 발생하는 NOx 감소 효과에 더하여 초기 연료 감소에 의한 NOx 감소 효과와 연소 후 생성된 NOx를 재연소 구간에서 환원 시키는 효과가 추가로 발생하기 때문에 NOx 감소에 더 효과인 것을 확인할 수 있었다.



(a) 80kW 급 싱글 버너 연소로 개략도



(b) 1.2 MW 급 멀티 버너 연소로 개략도

그림 1 실험에 사용된 연소로 개략도

## 저급탄의 등온 연소반응특성 연구

곽인섭, 신지훈, 장준영, 신혜리, 김예빈, 이시훈\*  
전북대학교 자원·에너지공학과

## Isothermal combustion characteristics research of low grade coal

In-Seop Gwak, Ji-Hoon Shin, Jun-Yeong Jang, Hye-Ri Shin, Ye-bin Kim, See-Hoon Lee\*  
Dept. of Mineral Resource&Energy Eng. Chonbuk Nat'l Univ.

본 연구에서는 다양한 분야에서 사용되고 있는 석탄들의 연소 반응성을 분석하여 설계 및 운전에 필요한 기초 반응 자료를 분석하였다. 석탄은 역청탄(BG, WH) 2종과 아역청탄(KPU, LG, MSJ) 3종을 사용하였으며 시료는 열분해장치를 이용하여 80분간 650°C로 유지하여 제작하였다. 각 석탄의 발화점 테스트를 통하여 제작된 시료를 400 ~ 900°C 온도조건에서 50°C간격으로 열중량분석기인 TGA(Thermogravimetric analyser)에서 등온연소 반응을 진행하여 기-고체 반응 속도 모델에 적용하였다. 기-고체 모델은 SCM(Shrinking core model), VRM(Volumetric reaction model), MVRM(Modified volumetric reaction model)을 사용하여 반응 속도 상수와 온도와의 관계를 Arrhenius식에 적용하였다. 석탄의 연소 반응데이터를 정밀하게 구하기 위해서 온도 범위에 따라 화학반응 율속 영역과 세공확산 율속 영역으로 나누어 율속 영역에 따른 Frequency factor와 Activation energy를 도출하였다. 더불어 실험 데이터와 각 모델에서의 탄소 전환율을 비교하여 연소반응에 가장 적합한 모델을 선정하고 연소반응 속도식을 도출하였다.

## CT-07 청정석탄

### 고온, 고압 석탄가스화 집진장치 적용을 위한 내부식성 금속필터 기술 개발

정석우\*, 이지은, 변용수, 이동복<sup>1</sup>, 김용택<sup>2</sup>  
고등기술연구원, <sup>1</sup>성균관대학교, <sup>2</sup>한국서부발전(주)

#### Technology Development of Corrosion Resistant Metal Filter for Filter System in Coal Gasification Process

Seok Woo Chung\*, Ji Eun Lee, Yong Soo Byun, Dong Bok Lee<sup>1</sup>, Yong Taek Kim<sup>2</sup>  
Institute for Advanced Engineering, <sup>1</sup>Sungkyunkwan University, <sup>2</sup>Korea Westernpower co.,Ltd

석탄, 중질잔사유, 석유코크스, 폐기물 등의 저급연료를 일산화탄소(CO)와 수소(H<sub>2</sub>)가 주성분인 합성가스로 전환시키는 가스화 기술은 기존 기술에 비해 높은 에너지 효율과 21세기의 환경규제를 만족하는 청정 기술로 평가된다. 그리고 미래 발전기술인 연료전지 기술 측면에서도 다량의 수소를 공급할 수 있는 공급원으로서 가스화 공정이 가장 유력시됨에 따라 이와 같이 저급연료를 이용하여 다양한 용도로 활용이 가능한 합성가스를 제조하는 공정 및 이러한 공정에서의 합성가스 생산량 역시 세계적으로 크게 증가하고 있는 추세이다. 그리고 석탄가스화복합발전 시스템과 같이 저급 연료를 이용하여 합성가스를 제조하는 공정에서는 환원성 분위기에서 CO, H<sub>2</sub> 등의 주성분 가스 외에도 H<sub>2</sub>S 등의 황화물 가스가 수백~수천 ppm 정도 생성되는데, 일반적인 산화 또는 황화 분위기에 비해 훨씬 더 심각한 부식현상이 발생하기 때문에 고온, 고압으로 운전되는 석탄가스화 집진장치의 경우 일반적으로 SiC 재료의 세라믹필터를 적용하고 있다. 하지만, 이러한 세라믹필터는 재료의 특성상 기계적, 열적 충격에 의해 파손될 수 있고 압력손실이 상대적으로 커서 집진장치의 장시간 안정적 연속운전 측면에서 불확실성이 존재한다. 반면에 금속필터의 경우에는 매우 균일한 기공 형성이 가능하고 강도 측면에서 우수하다는 특성을 가지지만 합성가스에 의한 부식 발생으로 인해 수명이 짧다는 단점을 가진다. 따라서 H<sub>2</sub>S 등과 같이 부식성 성분이 포함된 가스화 플랜트 제조 합성가스의 활용을 위해서는 강도 측면에서 기존 세라믹필터의 단점을 보완하면서 고온/고압 조건에서 안정적인 운전이 가능한 내부식성 금속필터의 개발이 요구된다. 이러한 측면에서 본 연구에서는 기존 세라믹필터에 비해 강도를 크게 강화시킴과 동시에 금속필터의 단점인 부식성을 억제할 수 있는 세라믹 코팅 금속필터에 대한 요소기술 개발을 진행하였다. 이를 위해 본 연구에서는 Al, Si, Cr 등과 같이 기존에 내부식성이 우수하다고 알려진 물질들을 조합하여 E-beam evaporation, sputtering, 전기도금 등의 방법을 적용한 코팅 기술 개발을 진행하였으며, 세라믹 코팅 전후의 금속시편을 대상으로 300~700°C 조건에서 산화부식, SO<sub>2</sub> 부식, H<sub>2</sub>S 부식 시험을 진행한 후 SEM, XRD 등을 이용한 분석을 진행하였다.

#### 사사

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No.20143030050070)

특별 심포지움

배재흠 교수 정년 기념 산업세정 심포지움

9월 17일(목) 9:00~11:30

부산 벅스코 제2전시장 323호

## CT-08 산업세정

### A Study on the Synthesis of Phosphate ester-type Surfactants and its Application of their Oil Cleaning Ability and Metal Corrosion Resistance

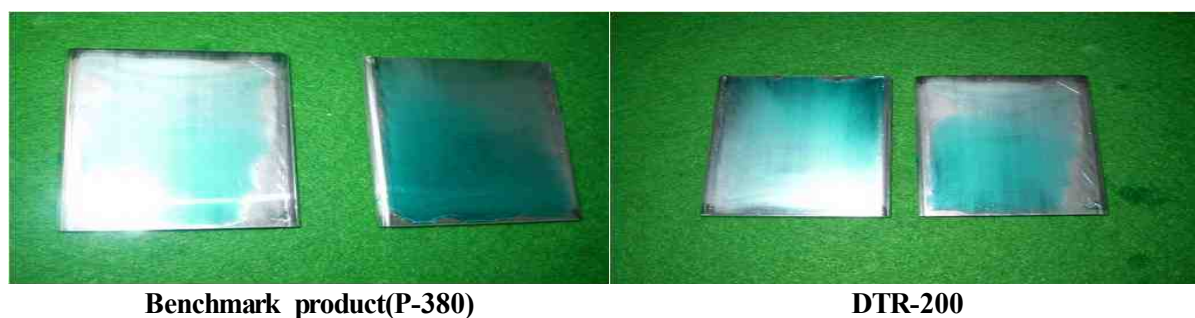
Ho Lim, O.Y. Lim, J.H Bae<sup>1</sup>

IL SHIM Fine Chemicals. Co., Ltd. , <sup>1</sup>The University of Suwon

The phosphate ester-type surfactant were developed for the removal of deep drawing lubricants, extrusion oils generated in the manufacturing process of die casting and press parts . It was prepared from 1mol phosphoric acid anhydride and 2-4.5mol polyoxyethylene glycol monoalkyl ether or a similar compound. The physical properties of the developed phosphate ester-type surfactants were measured and their metal corrosion resistance and stability were evaluated. The synthesized product was quite stable at 60~110°C without any decomposition. And its properties show good colour, quite bright clarity, and excellent resistance to metal discolorization and acid drift in storage. And a cleaner DTR-200 was formulated with the developed phosphate ester-type surfactant and applied to cleaning of metal parts in the mechanical industry. It was found that DTR-200 was comparable to the benchmark product in cleaning ability of oils and corrosion resistance of metals.

Table 1. Physical properties at 25°C of the developed 10% Cleaner DTR-200

Classification	Physical properties
Specific gravity	1.06
Viscosity (cP)	5.0
Surface tension (dyne/cm)	55.1



\* 30 sec cleaning of metal specimen with 10% Cleaner solution at 50°C and 40kHz Ultrasonic frequency

Figure 1. Comparison of Cleaning Ability of Two Cleaner Products

#### References

1. Bae J. H., "Alternative cleaning agents and alternative cleaning technologies for replacing CFC", Prospective of Industrial Chemistry, 8(2), 25~40 (2005)

## CT-09 산업세정

### Rechargeable Li ion batteries as view for clean tech and its role

Changkeun Back, Youngjae Cho, Hyunseong Seo, Hana Lee  
EIG Co., Ltd.

With a growing concern on environmental issues including global warming from the surged consumptions of fossil fuels, clean technologies covering wide sectors such as, recycling, renewable energies, information technology, green transportation have been come into spotlight since 2000 with appealing considerable revenues over \$300billion per year. One of widely recognized clean technologies with vast investments mainly in North America, Asia, and Europe reaches to renewable energy technology and its energy storing artifact. Li-ion rechargeable batteries have been considered as one of outstanding promise as faced to global climate change to alternate fossil fuels to clean energy by linking to clean regeneration energies. Li ion rechargeable batteries had been successfully commercialized in 2001 by Sony owing to the realization of reversible insertion and extraction of Li ions using carbon anode and LiCoO<sub>2</sub> cathode materials. Since the adoption of Li ion rechargeable batteries as power source in the sectors of small electronics that can be portable, such as, cellular phone, note-PC, and camcorder, newly applied markets are considerably expanded accompanying to heavily size up for electric vehicles and energy storage system. In this talk, the role of Li ion rechargeable batteries and its prospect with view for clean tech by linking to energy storing, saving, and efficiency, will be discussed.

## CT-10 산업세정

### 의료용 동위원소의 분리 및 정제 기술

이준식\*, 이승곤, 이수승  
한국원자력연구원

평균 기대 수명이 80세가 넘는 현세의 우리는 인생의 길고 짧음을 넘어 삶의 질을 중시하는 세상을 맞고 있다. 긴 인류의 역사를 되돌아 볼 때 인간의 기대수명이 늘어난 이유는 산업혁명과 농업혁명에 따른 풍부한 영양섭취 이외에도 의료분야에서의 백신 개발과 방사선을 이용한 진단·치료기술의 발전 덕분이라 하겠다. 특히, 1895년 렌트겐이 x-ray를 발견함과 동시에 시작된 방사선을 이용한 진단기술은 급격히 발전하여 왔다. 우리는 현재 병원에서의 일상적인 x-ray 진단 뿐만 아니라, 신체 장기 기능 진단을 위한 Tc-99m의 이용, F-18을 이용한 각종 암의 진단 등 난치성 질환의 조기 진단이 가능한 세대에 살고 있다. 또한 더 나아가 삶의 질 향상을 위한 방사성동위원소를 이용한 각종 치료기술 개발도 이루어지고 있다. 이러한 방사성의약품을 제조함에 있어 핵심이 되는 방사성동위원소는 화학적 순도뿐만 아니라 높은 원자핵적 순도도 요구되는 물질로서 생산 과정이 복잡하고 대형의 국가 기반시설이 있어야 생산이 가능하다. 본 발표에서는 의료용 동위원소를 생산하는 과정과 의료용 동위원소를 분리하고 정제하는 기술을 여러 예를 들어 소개하고자 한다.



## CT-11 산업세정

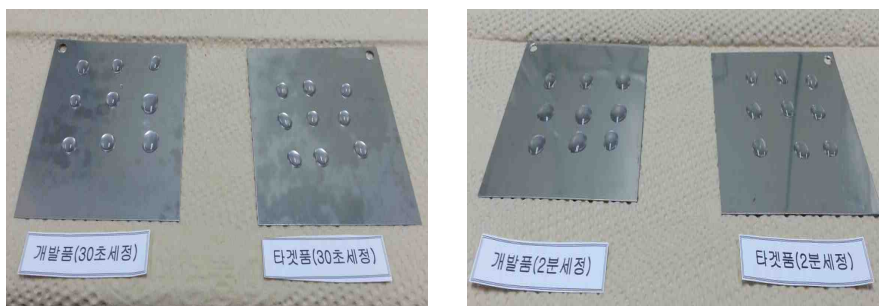
### 생분해성이 우수하고 부식방지 성능을 갖는 저기포성 세정제 첨가제 개발 및 세정성능 평가 방법에 관한연구

지흥진, 장은석, 이동기†, 배재흠‡  
빅터캠, 한국화학융합시험연구원†, 수원대학교‡

### Development of cleaning agent additives with good biodegradability and anti-corrosion: Study on the method for evaluation of the cleaning efficiency

Ji heung jin, Jang eun seok, Lee dong gi†, Bae jae heum‡  
Victorchem,, Korea testing & Research institute†, Suwon university‡

본 연구에서는 Mono 함량이 80% 이상인 alkyl phosphate를 제조하기 위해서 반응온도 및 반응시간을 제어하여 선택성을 부여할 수 있는 무독성 비활성 solvent를 사용한 반응공정을 확립하고 POCl<sub>3</sub>를 사용하지 않고 polyphosphoric acid 및 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 사용함으로써 HCl의 부산물 방지를 억제하고 기타 인산염 및 부산물의 함량을 최소화하는 신 공정을 개발하고자 하였으며 시험결과 Mono 함량이 82.4%로 개발목표를 만족하는 결과를 얻을 수 있었다. 개발기술은 세정성이 우수하고 저 기포성을 갖는 음이온 계면활성제를 제조하는 기술로서 mono alkyl phosphate가 80% 이상인 제품을 개발하기 위해서 무독성 비활성 solvent를 사용한 신 공정을 개발함으로써 기존 기술 및 선행특허와의 차별성 있는 기술을 확립할 수 있었으며 사용된 solvent는 저 비점으로 회수가 용이하여 영구 재활용이 가능하여 경제적이다. 개발제품의 세정성능 평가를 위해 평가방법을 조사 및 개발하여 적용하였는바, KSM 2709, 물방울 접촉각 test 및 UV 정량곡선을 이용한 세정성능 평가를 실시하였다



#### 참고문헌

1. Method for producing a phosphoric monoester, Kao soap co., Ltd(JAPAN), 1982. 09. 21
2. Synthesis of mono-alkyl acid phosphate with high mono-content, Stauffer chemical company(USA), 1987. 11. 21
3. Process for the production and isolation of monoalkyl phosphoric acid ester, Stauffer chemical company(USA), 1989. 10. 17
4. Japanese patent application No. 163792/1979 filed Doc. 17, 1979
5. KSM 2709-2014

## CT-12 산업세정

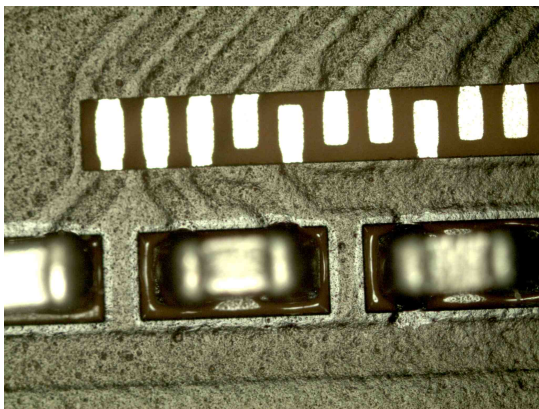
### 산업용 세정제 개발 및 적용 사례

이호열, 배수정, 허정무  
에이케이캠텍(주)

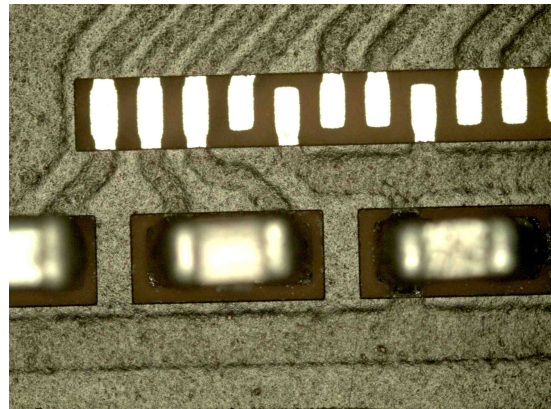
#### Development of industrial cleaners and their application

HoYeoul Lee, SooJeong Bae, JungMoo Heo  
AK ChemTech Co., Ltd.

본 발표에서는 전반적인 산업세정 분야의 간략한 소개와 더불어 산업세정제의 연구 및 개발과 이들의 구체적인 적용사례를 소개한다. 산업용 세정제의 구분은 수계, 준수계, 비수계 등으로 구분할 수 있는데 종류별 개발된 제품들의 물성 및 특성 설명과 세정성능 평가 및 주요사항에 대해 설명한다. 세정 적용분야는 광학, LCD, 전기전자, 태양광용 웨이퍼의 용도로 진행하였으며 이에 대한 피세정물, 오염원 및 세정조건별 세정성능을 평가하였다.



Before cleaning



After cleaning

Fig. Example of cleaning performance of the developed cleaner

#### 참고문헌

1. Bae J. H., "Alternative cleaning agents and alternative cleaning technologies for replacing CFC", Prospective of Industrial Chemistry, 8(2), 25~40 (2005)
2. Yoon H. K. et al., " Determination of physical properties and cleaning abilities of surfactant-free aqueous cleaning agents with their consecutive flux cleaning", The Korean society of clean technology (2013)

창립 20주년 기념 특별 심포지움  
표면처리 산학연관 포럼

9월 17일(목) 09:00~11:30  
부산 벅스코 제2전시장 325-326호

## CT-14 표면처리산업연관

### 경기도 뿌리산업 (도금) 진흥 및 육성을 위한 종합 계획

이준균

한국생산기술연구원

사업목적은 경기도 뿌리산업 발전기반 조성을 위한 전략이 필요하여 전국 뿌리 산업중 34.8%가 경기도에 집중되어 있어서 경기도 차원의 육성전략이 꼭 필요하다. 또한 10인 미만의 소규모 기업의 영세성으로 인한 혁신역량저하를 극복하기 위한 종합적이고 체계적인 육성전략도 필요하다. 조사내용으로 경기도내 6대 뿌리산업 관련 기업체 수, 매출액 고용인원, 시장 환경, 기업의 기술 및 제품 수준 등 현황조사와 더불어 뿌리산업의 육성지원 시책, 인력양성 및 공급, 뿌리기술의 개발·보급·확산과 활용 등에 대한 종합적인 육성 전략 제시를 하였다. 그 결과로 뿌리산업 종사자 중 전문대 졸업이상이 2% 내외이며, 뿌리산업의 기능집약형 산업 특징으로 지식기반으로 고부가가치산업으로, 제조원가 및 생산 공정 등 수요산업(원청)에 종속적 대부분 수입 유발형 이므로 5년내 전환 필요한 것으로, 도금 쪽은 폐수 때문에 심각하므로 청정기술 및 시스템 필요하고, 자동차, 전자, 반도체 등 수요산업이 경기도 권에 밀집되어 있어 경기도 특화 전략으로 유효한 것으로 조사되었다. 최종 Solution을 제시하면 6대 뿌리산업 중 특화 3대 분야 선정, 경기도 주력산업 연계 뿌리기술 선택, 뿌리산업 SMART 융합보증 제도 시행, 국가뿌리산업진흥센터와 협조 연계, 해외 협력기관 MOU체결 벤치마킹등을 통해 기술적으로는 기술 융합화 및 임계성능 돌파를 통한 생산기반 기술의 고도화, 경제적으로는 녹색기술 투자 확대 및 생산기반분야 고급인력 양성 기대효과를 가져올 수 있다.

창립 20주년 기념 특별 심포지움

충남대에너지과학기술대학원-고려대 그린스쿨: 발전 및 충전 기술

9월 17일(목) 14:00~16:20

부산 벅스코 제2전시장 321호

## CT-22 청정융합

### 제올라이트 분리막: 합성에서 부터 산업응용까지

조철희\*

충남대학교 에너지과학기술대학원 에너지과학기술학과

### Zeolite Membranes: from Syntheses and Industrial Applications

Churl-Hee Cho\*

Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University, 99  
Daehakro, Yuseong-go, Daejeon 305-764, Republic of Korea

에너지분야의 이슈인 화석에너지 고갈, 기후변화에 능동적으로 대응하기 위해서는 혁신적인 에너지기술이 필요하며, 이를 위해서는 첨단 에너지 디바이스(배터리, 태양전지, 연료전지 등)와 첨단 에너지 공정 기술의 확보가 중요하다. 첨단 에너지 공정은 반응 분리 공정으로써 분리막은 미래 반응 분리 공정의 핵심소재로 인식되고 있다. 분리막 중에서 제올라이트 분리막은 다공성 세라믹 지지체 표면에 수 마이크로미터 두께의 마이크로기공을 갖는 제올라이트 분리층이 치밀하게 코팅된 소재로써 알코올 탈수, 용매 분리, 기체 분리, 제염 등에 활용이 기대된다. 본 발표에서는 첫째로, 제올라이트 분리막에 대한 전반적인 소개, 둘째로 CHA(3.8Å), LTA(4.1Å), MFI(5.4Å), FAU(7.4Å) 등 여러 제올라이트 나노크기 입자 그리고 나노크기 입자를 활용한 이차성장법에 의한 제올라이트 분리막 합성, 셋째로 제올라이트 분리막의 알코올 탈수 거동, 발효 조에서의 알코올 회수, 해수담수화, 기체분리 특성 등이 소개될 것이다. 결론적으로 본 발표에서는 제올라이트 분리막이 여러 응용분야에서 고분자 분리막과 경쟁할 수 있는 유망 소재라는 점이 강조될 것이다.

일반 심포지움

## 청정기술

9월 17일(목) 13:00~16:30

부산 벅스코 제2전시장 322호

# Amino Acid MOF as Efficient Catalyst for CO<sub>2</sub> Conversion to Propylene Carbonate under Mild Reaction Conditions

Dae-Won Park

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

Metal Organic Frameworks (MOF), porous architectures made from metal containing nodes and exo-dentate spacers, have emerged as broad class of materials with wide scope of applications including gas capture and catalysis. Gas adsorption by MOFs has potentials in energy (H<sub>2</sub> or CH<sub>4</sub> for fuel) and commercial applications (CO<sub>2</sub> for fire extinguishers, or value-added products). CO<sub>2</sub> has unexplored potentials arising out of its utility as C1 feedstock, which is also easy-to-handle (non-inflammable and non-toxic), inexpensive and abundantly available (from combustion in industries and power plants). CO<sub>2</sub> can also substitute the usage of toxic C1 reagents like phosgene or CO. However, the moisture sensitivity of renowned MOF materials is a potential threat to CO<sub>2</sub> capture and transformation from flue gases. On the other hand, the expensive synthetic ligands, and toxic solvents create setback in ecofriendly applications and synthesis scale up of MOFs. We discuss the design and implementation of a rapid, energy efficient, ecofriendly and simple synthesis protocol for metal organic frameworks (MOF) by employing natural amino acid as building unit in place of synthetic ligands. A 3D amino acid MOF  $\{[Zn(H_2O)(C_5H_7NO_4)] \cdot H_2O\}_n$  (zinc-glutamate-MOF) with zinc and L-Glutamic acid as constituents was prepared by direct mixing in room temperature; using water as the solvent. Water stability, phase purity and structural purity of the material were confirmed by physicochemical methods. The utility of this amino acid MOF (AA-MOF) in ecofriendly catalytic process was demonstrated by its efficiency in the room-temperature chemical fixation of carbon dioxide to produce cyclic carbonate, even under moist conditions. Open metal sites and acid-base sites of zinc-glutamate-MOF catalyst and ionic co-catalysts supposedly enhanced the catalysis. The catalyst was recoverable upon simple filtration or centrifugation, and was reused successfully for four consecutive cycles.

### References

1. Kim, D.W., Roshan, K.R., Tharun, J., Kathalikkattil, A.C., and Park, D.W., *Korean J. Chem. Eng.*, 30, 1973-1984 (2013).
2. Roshan, K.R., Kim, B.M., Kathalikkattil, A.C., Tharun, J., Won, Y.S., and Park, D.W., *Chem. Commun.*, 50, 13619-13858 (2014).



### 직접 황 회수용 촉매상에서 조촉매의 역할

박노국<sup>1</sup>, 이태훈<sup>1</sup>, 이진욱<sup>1</sup>, 이태진<sup>1\*</sup>, 백점인<sup>2</sup>, 이중범<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>영남대 청정기술연구소, <sup>2</sup>영남대 화학공학부, <sup>3</sup>한국전력연구원

## Role of Catalytic Promoter over Catalysts for Direct Sulfur Recovery

No-Kuk Park<sup>1</sup>, Tae Hoon Lee<sup>2</sup>, Jin Wook Lee<sup>2</sup>, Tae Jin Lee<sup>1\*</sup>, Jeom In Baek<sup>2</sup>, Joong Beom Lee<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Yeungnam University, <sup>2</sup>Korea Electical Power Research Insititute

직접 황 회수공정은 석탄가스화로부터 생산된 합성가스를 정제하기 위한 고온탈황기술의 단위공정기술이다. 합성가스 중의 황화합물을 흡수제거한 후, 흡수제의 재생과정에서 SO<sub>2</sub>가 배출되는데, 이산화황을 원소 황으로 환원시키기 위해서는 촉매반응기술이 요구된다. 황화합물을 제거하기 위해 사용된 황 흡수제를 재생하기 위한 재생반응기의 출구로 배출되는 SO<sub>2</sub>의 농도는 약 3-5 vol%정도인데, 이와 같은 산성가스는 산성비를 유발하기 때문에 배출가스 중 허용기준이하로 정제하여야 한다. 발전설비의 배출가스허용기준은 약 270 ppmv수준이므로 반드시 제거되어야 하는데, 기존의 습식 탈황기술을 이용할 경우 설비규모가 크고 2차 액상 폐기물의 생성 등의 문제가 따른다. 이산화황의 환원은 촉매상에서 일산화탄소, 수소 그리고 메탄과 같은 환원성 기체에 의하여 300-500 °C정도의 온도범위에서 일어난다. 이산화황의 환원반응은 촉매의 특성에 따라 redox반응기구와 COS 중간체 반응기구에 의해서 일어난다. Redox반응기구는 금속산화물 촉매상의 격자산소가 환원제에 의해서 환원되어 격자산소 빈자리를 형성하고, 생성된 격자산소 빈자리는 SO<sub>2</sub>에 의해서 산화된다. 이때 산화제로 사용된 SO<sub>2</sub>는 원소 황으로 전환되어 고체 황으로 회수된다. 한편, COS 중간체 반응기구는 전체리과정에서 황화(sulfidation)된 금속산화물 촉매의 표면의 금속황화물(metal sulfide)가 환원제인 일산화탄소 또는 수소와 반응하여 COS 또는 H<sub>2</sub>S를 생성하고, 생성된 황화합물이 SO<sub>2</sub>와 산촉매상에서 Claus반응을 일으켜 원소 황으로 전환되는 여러 단계의 촉매반응으로 진행된다.

Redox반응기구는 금속산화물 촉매상의 격자산소의 환원과 산화를 이용하기 때문에 반응기체 중에 산소가 함유된 경우 SO<sub>2</sub>의 환원이 일어나지 않는다. 이는 SO<sub>2</sub>의 산소가 산화제로 사용되는 것보다 산소분자에 의한 격자산소 빈자리의 산화가 더 빠르기 때문이다. 고온건식 탈황공정의 재생반응기에서 일어나는 반응은 황흡수제를 저농도의 산소를 이용하여 산화시켜 재생하기 때문에 부득이 미반응 산소가 함유될 수밖에 없다. 물론 재생공정의 운전기술에 따라 재생가스 중 산소의 함량을 낮출 수 있으나, 공정의 규모가 크질수록 기술적으로 어려움이 따른다. 이에 본 연구에서는 산소가 함유된 재생가스 중의 이산화황을 원소 황으로 전환하기 위하여 조촉매를 적용하였다. 본 연구에서 사용한 조촉매는 두 가지의 기능을 가지는 것으로 확인되었는데, 첫 번째 기능은 재생가스에 함유된 미량의 산소와 환원제인 일산화탄소의 반응인 CO-oxidation을 위한 촉매작용이며, 두 번째는 COS 중간체 반응기구에 의한 SO<sub>2</sub>의 환원용 촉매작용이다. 본 연구에서는 실험적 방법에 의해서 조촉매가 첨가된 황 회수용 촉매의 반응거동과 산소함유 상태에서 촉매의 활성을 조사하였다.

#### 참고문헌

1. B.-S.Kim, J.-D. Lee, N.-K. Park, S.-O. Ryu, T.J. Lee, J.C. Kim, Korean Chem. Eng. Res., 41, 572 (2003).
2. G.B. Han, N.-K. Park, S.H. Yoon, T.J. Lee, K.J. Yoon, Appl. Catal. A-Gen., 227, 29(2008).
3. G.B. Han, N.-K. Park, J.D. Lee, S.O. Ryu, T.J. Lee, Catal. Today, 111, 205(2006).
4. N.-K.Park, J.Y.Park, T.J.Lee, J.-I.Baek, C.K.Ryu, Catal. Today, 174, 46(2011).

## CT-25 청정기술

### 유무기 하이브리드 나노세공체를 이용한 에너지 절약적 SF<sub>6</sub> 포집/분리

배운상,\* 김민범, 윤태웅, 이승준, 김서울, 김승익  
연세대학교 화공생명공학과

#### Energy-saving SF<sub>6</sub> Capture/Separations Using Metal-Organic Frameworks

Youn-Sang Bae,\* Min-Bum Kim, Tae-Ung Yoon, Seung-Joon Lee, Seo-Yul Kim, Seung-Ik Kim  
Department of Chemical & Biomolecular Engineering, Yonsei University

Sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>)는 CO<sub>2</sub>에 비해 잘 알려져 있지는 않지만 도쿄의정서에 명시되어 있는 6대 온실가스 중 하나이다. SF<sub>6</sub>는 CO<sub>2</sub>에 비해 대기 중에 함유되어 있는 양은 매우 적지만, 지구온난화잠재지수 (GWP)가 CO<sub>2</sub>에 비해 23,900배나 높으며 대기 중 체류시간이 3,200년에 달하기 때문에 소량이라도 대기 중으로 방출된다면 장기적으로 심각한 지구온난화를 유발할 수 있는 물질이다. SF<sub>6</sub>는 전력기기용 절연가스로 주로 사용되고 있으며, 대부분 N<sub>2</sub>와 혼합하여 사용되고 있다[1]. 따라서, SF<sub>6</sub>/N<sub>2</sub> 혼합물로부터 SF<sub>6</sub>의 선택적 포집/분리를 위한 효과적 방법이 요구되고 있으며, 에너지 절약적 흡착 분리가 유망한 기술 중 하나로 고려되고 있다. 유무기 하이브리드 나노세공체 (Metal-organic framework, MOF)는 매우 큰 비표면적 (~7,100 m<sup>2</sup>/g) 뿐 아니라 기공 크기와 functionality 등을 다양하게 조절할 수 있는 흥미로운 특성으로 인해 기체분리, 촉매 등 여러 분야에서 많은 관심을 받고 있다[2,3]. 본 발표에서는 여러 MOF들의 SF<sub>6</sub>/N<sub>2</sub> 분리에의 적용 가능성을 보여주고자 한다.

#### 사사

This work was supported (in part) by the Yonsei University Future-leading Research Initiative of 2014 (RMS2 2014-22-0148). This work was also supported by In-house Research and Development Program of the Korea Institute of Energy Research (KIER) (B5-2444)

#### 참고문헌

1. Kim, M.-B., Lee, S.-J., Lee, C.Y. and Bae Y.-S., "High SF<sub>6</sub> selectivities and capacities in isostructural metal-organic frameworks with proper pore sizes and highly dense unsaturated metal sites," *Micropor. Mesopor. Mater.*, **190**, 356-361 (2014).
2. Bae, Y.-S., and Snurr R.Q., "Development and Evaluation of Porous Materials for Carbon Dioxide Separation and Capture," *Angew. Chem. Int. Ed.*, **50**(49), 11586-11596 (2011).
3. Bae, Y.-S., Lee, C.Y., Kim, K.C., Nickias, P., Farha, O.K., Hupp, J.T., Nguyen, S.T., and Snurr, R.Q. "High Propene/Propane Selectivity in Isostructural Metal-Organic Frameworks with High Densities of Open Metal Sites," *Angew. Chem. Int. Ed.*, **51**(8), 1857-1860 (2012).

### Synthesis of $[\text{Mg}_2(\text{DOBDC})(\text{DMF})_2]@\text{polystyrene}$ with high moisture stability and its carbon dioxide adsorption properties

Hyunuk Kim,\*<sup>1</sup> Hyun-Sik Moon,<sup>1</sup> Jong-Ho Moon,<sup>2</sup> Dong Hyuk Chun,<sup>3</sup> Young Cheol Park,<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Energy Materials Laboratory, Korea Institute of Energy Research, Daejeon, 305-343, Republic of Korea

<sup>2</sup>Low Carbon Process Laboratory, Korea Institute of Energy Research, 152 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-343, Republic of Korea

<sup>3</sup>Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research, 152 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-343, Republic of Korea

The removal of  $\text{CO}_2$  generated by fossil fuel-fired power plants has drawn a great attention because 40-50 % of total  $\text{CO}_2$  emission causing the global warming is coming out of such stationary sources. In general, flue gases from fossil-fuel power plants have a very low  $\text{CO}_2$  partial pressure ( $\sim 0.1$  bar) because they contain 3-15 vol%  $\text{CO}_2$ . Thus, the capture of  $\text{CO}_2$  at 0.1 bar is critically important to prevent the  $\text{CO}_2$  emission. Metal-organic frameworks (MOFs) which are emerging absorbents, assembled from metal ions and organic ligands showed the remarkable adsorption capacity and selectivity for  $\text{CO}_2$ . In particular, MOF-74 with a hexagonal channel structure of helical  $\text{MO}_4$  chains connected by 2,5-dihydroxy-terephthate linkers showed the exceptionally high  $\text{CO}_2$  uptake at low pressure and room temperature. This material, however, is rather unstable under high humid conditions, which should be improved for practical applications. We synthesized the composite material MOF-74@polystyrene to increase the water-stability. This composite material showed a high  $\text{CO}_2$  uptake and maintained the structural identity after the exposure of humidity for a long time.

## CT-27 청정기술

### 물과 질소를 원료로 한 전기화학적 암모니아 생산 및 활용 기술

윤형철\*, 김종남, 유충열, 한상섭  
한국에너지기술연구원

수소의 저장체(17.6 wt% H<sub>2</sub>)이며, 무탄소 에너지 담체인 (액화 암모니아: 11.5 MJ/liter, 액화 수소: 8.49 MJ/liter) 암모니아는 수소와 비교하여 저장 (8.5기압 상온:액체)이 용이하고 연간 2 억 톤의 암모니아가 생산·소비하고 있어 암모니아 이송의 기반을 이미 갖추고 있다. 현재 암모니아는 천연가스 또는 석탄과 질소를 원료로 하버-보슈(Haber-Bosch) 공정을 통하여 합성한다. 하버-보슈 공정은 고온 고압 반응 (150-250 bar, 300-550°C)으로 많은 에너지를 소모하고(30GJ/ton NH<sub>3</sub> 이상), 천연가스 또는 석탄의 개질을 통한 수소 제조로 다량의 온실가스인 CO<sub>2</sub> 배출하는 (2.16 kg CO<sub>2</sub>/kg NH<sub>3</sub>) 문제점을 가지고 있다. 이와 같은 하버-보슈 공정의 단점을 해결할 수 있는 기술로, 물과 질소로부터 전기화학적으로 암모니아를 합성하는 방법이 연구되고 있다. 물과 질소를 원료로 전기화학적으로 암모니아를 합성하는 방법은 탄소 배출이 없고 상압에서 저에너지 저비용으로 암모니아 합성이 가능하다는 장점이 있다. 무한정 공급 가능한 물과 질소를 원료로 하며, 신재생에너지에서 생산된 전기를 사용하여 암모니아 합성 시 신재생에너지의 단속성 및 지역적 편재생 문제를 해결할 수 있는 신재생에너지 캐리어/저장 역할도 수행할 수 있다. 또한, 암모니아는 기존 에너지 시스템인 자동차, 연료 전지, 가스 터빈 등에 바로 적용 가능하다. 본 연구에서는 상압에서 물과 질소를 원료로 한 전기화학적 암모니아 생산 및 활용 기술에 대해서 소개하고자 한다.

#### 참고문헌

1. <http://nh3fuelassociation.com>
2. Rong Lan, John T.S. Irvine, Shanwen Tao, "Ammonia and related chemicals as potential indirect hydrogen storage materials" Int. J. Hydrogen Energy, 37, 1482-1494 (2012)

## CT-28 청정기술

### 유니소재화 제품 개발을 위한 가이드라인 적용 연구 : 전자제품 사례 중심으로

윤혜리<sup>1</sup>, 고관태<sup>2</sup>, 이한웅<sup>1</sup>, 유미진<sup>1</sup>, 이귀호<sup>1\*</sup>,  
한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터<sup>1</sup>, (주)웨코스<sup>2</sup>

### Analysis on Study Affecting the Guideline for Developing the Uni-materialized Product : Focused on Cases of Electronics

Hyeri Yun<sup>1</sup>, Kwantae Ko<sup>2</sup>, Hanwoog Lee<sup>1</sup>, Mijin Yu<sup>1</sup>, Kwiho Lee<sup>1\*</sup>,  
Korea National Cleaner Production Center, Korea Institute of Industrial Technology<sup>1</sup>, WECOS  
CO.<sup>2</sup>

에너지·자원의 투입과 온실가스 및 오염물질의 발생을 최소화하는 다양한 분야의 친환경제품이 개발되고 있으며, 유해물질의 사용 저감, 에너지절감형 제품, 폐기물 저감을 위한 제품 등 자원을 최소화하는 제품 개발이 확산되고 있다. 국내에서 뿐만 아니라 해외에서도 자국의 산업을 보호하기 위해 제품 중심의 환경 규제 확대되고 있으며, EU REACH, EU RoHS, EU WEEE, 일본 J-MOSS, 중국 폐기전기전자제품회수 관리규칙 등 관련 환경규제가 매년 제·개정 되고 있다. 본 연구에서는 자원순환규제를 선제적으로 대응하기 위하여 자원순환형 친환경제품 개발 가이드라인을 개발하였으며, 기존에 개발된 유니소재화 제품 개발 가이드라인에서 평가방법 및 항목을 구체화하였다. 기존에는 적용가능성 여부만 평가할 수 있으나, 변경된 가이드라인에서는 제품의 재활용평가를 통한 전략 도출, 도출된 전략에 대해 적용가능성 여부를 판단할 수 있는 사전평가, 제품개발 이후 검증을 할 수 있는 사후평가, 유니소재화 제품을 개발하는 기술에 대한 기술가치평가로 구체화 하였다. 가습기 제품은 소재 및 구조변경에 대한 2가지 전략을 통해 유니소재화 제품 개발을 적용하였다. 결과적으로는 사전평가를 통해 위험 프리미엄 5.98을 도출하여 적용가능성은 적합으로 나타났으며, 사후평가를 통해 유니소재화 기여도는 43.8%로 산출되었다. 이에 유니소재화를 적용할 경우 재질종류의 단순화, 재활용 가능성 등의 환경적인 측면은 효과가 클 것으로 예상되나, 경제성이 낮아 두 개의 항목간의 상보효과는 향후 개선해야 할 사항으로 분석된다.

#### 참고문헌

1. Guideline for assessment of the Uni-materialized Product, Environment Regulation Compliance Office, 2013.
2. Technology Valuation Guideline, Ministry of Knowledge Economy, 2011.

*Phaseolus lunatus* and *Cajanus cajan* Pods as Natural Coagulants  
for Turbid Water Treatment

Marjorie L. Baynosa<sup>1,2</sup>, Gilleanne Estrada<sup>1</sup>, Frances Daphne Garela<sup>1</sup>, Mark Andrian Macalalad<sup>1</sup>,  
Analiza Rollon<sup>1</sup>, Jae-Jin Shim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, University of the Philippines Diliman, Philippines,

<sup>2</sup>School of Chemical Engineering and Technology, Yeungnam University, South Korea

This study aims to test the effectiveness of *Phaseolus lunatus* (patani) and *Cajanus cajan* (kadyos) as natural plant-based coagulants for turbid water pre-treatment. The effect of combining plant-based coagulant with chemical coagulant in reducing turbidity was also explored. Three parameters were used to assess the results: turbidity reduction, total suspended solids (TSS) removal and pH difference. The patani and kadyos pods were sun-dried, ground and sieved. The active coagulant component was extracted from the powdered pods using three different solvents: water, KCl and NH<sub>4</sub>Cl. The coagulation and flocculation processes were conducted using a Philips and Bird Jar Tester. Rapid mixing was done at 200 rpm for 20 seconds, slow mixing at 40 rpm at 10 minutes followed by 10 rpm for 20 minutes. Settling time was set to 30 minutes. The highest turbidity removal was observed for the 1 ml kadyos coagulant, extracted with KCl, which exhibited 91.4% turbidity reduction and 86.0% TSS removal. For patani, the 1 ml coagulant extracted using KCl also showed the highest turbidity removal with 72.90% turbidity reduction and 67.07% TSS removal. The effect of adding plant coagulant on the pH of the water was minimal with a maximum percent difference of 2.09%. Based on these results, the 1 ml kadyos coagulant extracted using KCl was combined with varying dosages of alum in the following ratio: 0-100, 20-80, 40-60, 50-50, 60-40, and 80-20. Pure alum performed best with 100% turbidity reduction, and the reduction decreased as the alum dosage was decreased. Synergetic effects were not observed between the kadyos coagulant and alum.

## CT-30 청정기술

### 아민계 흡수제에서의 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S 혼합물의 흡수평형에 대한 열역학적 모델링

문종호, 이종섭, 박영철, 박종기, 민병무\*, 김봉근<sup>1</sup>, 유정석<sup>1</sup>  
한국에너지기술연구원, <sup>1</sup>두산중공업

### Thermodynamic Modeling for Absorption Equilibrium of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S mixture in Aqueous Amine Solution

Jong-Ho Moon, Jong-Seop Lee, Young Cheol Park, Jong-Ki Park,  
Byoung-Moo Min\*, Bong Keun Kim<sup>1</sup>, Jeongseok Yoo<sup>1</sup>  
Korea Institute of Energy Research, <sup>1</sup>Doosan Heavy Industries & Construction Co., LTD.

The removal of acid gases, such as CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S, from synthesis gas, natural gas and refinery using mixed solvents continues to be of interest. A mixed solvent may be defined as one consisting of a chemical solvent and a physical solvent. In this study, Sulfolane was chosen as the physical solvent because of its stability and outstanding affinity. MDEA (methyldiethanolamine) was chosen because it is a representative tertiary amine and is thermodynamically and kinetically selective for H<sub>2</sub>S in the presence of CO<sub>2</sub>.

The solubility of CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, and their mixtures has been measured from 40 to 130°C in a various mixing combination of Sulfolane and MDEA solvents by the static method. In order to overcome non-ideality, activity coefficient model and fugacity coefficient model were introduced. The activity coefficient take into account interaction between solute species in the liquid phase. Debye-Huckel expression given by Deshmukh and Mather [1] has been implemented to obtain activity coefficient matrices. The fugacity coefficients were also calculated to consider non-ideality of pressure. All the solubility calculations and optimizations (parameter estimations) were executed by using MATLAB® 2007b version.

#### References

- [1] Deshukh R. D., and Mather A. E., "A Mathematical Model for Equilibrium Solubility of Hydrogen Sulfide and Carbon Dioxide in Aqueous Alkanolamine Solutions," Chemical Engineering Science, 36, 355-362 (1981)

일반 심포지움

## 바이오연료및소재

9월 17일(목) 13:45~16:50

부산 벅스코 제2전시장 323호



## CT-31 바이오연료및소재

### 바이오디젤 생산을 위한 Diethyl aminoethyl hexanoate and Indole-3-acetic acid의 미세조류 성장 및 지방산 함유량 증진 연구

El-Sayed Salama, Akhil N. Kabra, 전병훈\*  
한양대학교 자원환경공학과

### Diethyl aminoethyl hexanoate and Indole-3-acetic acid enhanced the microalgal growth and fatty acid content for biodiesel production

El-Sayed Salama, Akhil N. Kabra, Byong-Hun Jeon\*

Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul

Microalgae are potential source of sustainable biomass feedstock for biofuel production [1]. Enhancement/acceleration of microalgal growth with higher lipid/fatty acids and carbohydrate contents would improve the algal biofuel productivity [2]. This research work investigated the effect of various concentrations ( $10^{-8}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-5}$  M) of phytohormones, Diethyl aminoethyl hexanoate (DAH) and Indole-3-acetic acid (IAA) on the growth of microalgae (*Senedesmus obliquus*, *Chlorella vulgaris* and *Ourococcus multisporus*). Microalgal growth enhanced with increases in phytohormones concentrations and the optimum growth was observed at  $10^{-5}$  M of DAH and IAA. DAH promoted the growth of *Senedesmus obliquus*, *Chlorella vulgaris* and *Ourococcus multisporus* by 2.5, 1.8 and 1.9 fold, while IAA increased the growth by 1.9, 1.5 and 1.6 fold compared to control, respectively. IAA controls important physiological processes in the plants including cell enlargement, tissue differentiation and responses to light and gravity [3], while DAH promotes cell division [4]. The primary role of DAH in cell division might be responsible for the higher microalgal growth under the influence of DAH compared to IAA in this study. Total fatty acid methyl ester (FAME) content of the *Senedesmus obliquus* increased up to 100 mg/g of dry cell weight (DCW) under the influence of both phytohormones, and contained major proportions of palmitic, oleic, linoleic and  $\alpha$ -linolenic acids. Poly-unsaturated fatty acid content increased up to 59 and 56% at  $10^{-5}$  M of DAH and IAA, respectively. The current investigation demonstrates that phytohormones accelerate the microalgal growth and induce the quality and quantity of fatty acid content for biodiesel production.

#### References

1. Borowitzka, M.A., Moheimani, N.R., "Algae for Biofuels and Energy". Springer, Dordrecht, New York (2013).
2. Chisti, Y., "Biodiesel from microalgae," *Biotechnol. Adv.*, 25(3), 294-306 (2007).
3. Leveau, J.H., Lindow, S.E., "Utilization of the plant hormone indole-3-acetic acid for growth by *Pseudomonas putida* strain 1290". *Appl. Environ. Microbiol.* 71, 2365-2371 (2005).
4. Galun, E., "Phytohormones and patterning: the role of hormones in plant architecture". World Scientific, Singapore, London (2010).

## CT-32 바이오연료및소재

### 셀룰로오스와 플라스틱의 촉매 혼합열분해

김범식, 이형원, 김한나, 박영권\*  
서울시립대학교 환경공학과

### Catalytic co-pyrolysis of cellulose and plastics over zeolites

Beom-Sik Kim, Hannah Kim, and Young-Kwon Park\*  
School of Environmental Engineering, University of Seoul, Republic of Korea

열분해는 산소가 없는 상태에서 바이오매스의 고분자 사슬을 열적으로 붕괴시켜 액상 및 고상, 가스상의 연료 등 유용한 산물을 생산하는 방법으로, 청정에너지 개발에 있어 하나의 기술로 주목받고 있다[1]. 그러나 열분해의 결과로 얻은 바이오오일은 수분과 산소의 함유량이 높고 산도가 높아 연료로서 불안정한 특성을 지니고 있다[2]. 플라스틱은 높은 수소를 함유하고 있으므로 열분해 시 플라스틱과 바이오매스를 혼합하여 투입함으로써 기존의 바이오오일이 가지고 있던 단점을 해소시켜줄 것으로 기대된다. 또한 생성된 바이오오일을 고체산 촉매인 제올라이트를 이용한 크래킹을 통해 개질하여 고품질의 바이오오일을 생산할 수 있다. 위와 같이 바이오매스와 플라스틱의 혼합열분해, 그리고 촉매 열분해가 중요성이 더해지는 상황에서 심화된 연구가 진행될 필요성이 있다. 바이오매스와 플라스틱의 혼합열분해에서 플라스틱이 열분해되는 온도가 이동하는 현상이 발견되었고, 촉매 혼합열분해에서는 반응물 간의 시너지 효과에 의해 방향족 화합물의 생성이 증진되었다는 문헌이 보고되었다. 본 연구에서는 셀룰로오스와 랜덤 폴리프로필렌(Random PP), 선형 저밀도 폴리에틸렌(LLDPE)의 혼합열분해 및 제올라이트 촉매인 HZSM-5와 HY를 사용한 열분해 특성을 분석하기 위해 비등온 분석을 실시하였다. 시료의 열분해 양상을 파악하기 위해 열중량 분석(Thermogravimetric analysis)을 수행하였으며, 이를 통해 고온 구간에서 플라스틱의 열분해 온도가 변화하는 것을 확인하였다. Analytical pyrolysis system인 Pyrolysis-Gas Chromatography/Mass Spectrometer(Py-GC/MS)를 이용하여 온도 구간에 따른 열분해 생성물 성상을 파악하였으며, 조건별 방향족 화합물 생성 능력을 평가하기 위해 Py-GC/FID를 통해 그 양을 정량 분석하였다.

#### 참고문헌

1. Huber G. W., Iborra, S., Corma, A., "Synthesis of transportation fuels from biomass: Chemistry, catalysts, and engineering," *Chem. Rev.*, **106**(9), 4044-4098 (2006).
2. Lee, H. W., Park, S. H., Jeon, J.-K., Ryoo, R., Kim, W., Suh, D. J., Park, Y.-K., "Upgrading of bio-oil derived from biomass constituents over hierarchical unilamellar mesoporous MFI nanosheets," *Catal. Today*, **232**, 119-126 (2014).

## CT-33 바이오연료및소재

### 수송용 바이오매스 기반 바이오연료

김재곤\*, 박조용, 박천규, 하종한  
한국석유관리원 석유기술연구소,

### Biofuels from Biomass for Transport Fuel

Jae-Kon Kim\*, Jo Yong Park, Cheon-kyu Park, Jong han Ha  
Research Institute of Petroleum Technology, Korea Petroleum Quality & Distribution Authority

It is important that under the new Korean initiative, pilot scale studies evolve practices to produce next generation liquid biofuels. Whereas the first generation of biofuels is based on well established technologies, the development of processes related to the production of next generation biofuels utilizing biomass is still in the early stages of R&D in Korea. This study provides a production technology of liquid biofuels same as bio-oil, Biomass-To-Liquid(BTL) using thermal and chemical process from biomass in Korea. BTL can be used for conventional diesel engine, pure or blended with conventional diesel due to its similar physical properties to diesel. BTL diesel was first produced by Fischer-Trosch (F-T) process with syngas( $H_2/CO$ ), Fe-based catalyst in low temperature condition ( $240^\circ C$ ). BTL with diesel compositions after distillation process is consisted of  $C_{12}\sim C_{23+}$  mixture of n-paraffin and iso-paraffin compounds. Especially, it showed higher content n-paraffin products compared with iso-paraffin products. This study was also focused on fuel application of bio-oil from biomass by using fast pyrolysis to use heating fuel, power fuel and transport. Biomass fast pyrolysis is a novel and most effective method to convert biomass into liquid fuel with yields a high as 80% based on dry feed uses. In fast pyrolysis, bio-oil is produced by rapidly heating biomass to intermediate temperature ( $450 \sim 600^\circ C$ ) in the absence of any external oxygen followed by rapid quenching of the resulting vapor. Bio-oil has poor properties due to the complexity of composition of bio-oil so as to use effectively. So we bio-oil fuel by fast pyrolysis investigated components of bio-oil in Korea. The bio-oil from biomass are different physiochemical properties from conventional fossil fuels. After upgrading process, it was blended in transport fuels and it was also measured physicochemical characteristics in Korea transport fuel specification.

#### 참고문헌

1. Kim, J.-K., Park, J.Y., Yim E.S., Min, K.I and Ha, J.H., "Research Trend of Bio-oil Production from Biomass by using Fast Pyrolysis," . *J. of the Korean Oil Chemists' Soc.*, 31(3), 453–465 (2014).
2. Kim, J.-K., Jeon, C.H., Yim E.S., Jung, C.-S., Lee, S.B., Lee, Y.J., "A Study on Fuel Quality Characteristics of F-T Diesel for Production of BTL Diesel," . *J. of the Korean Oil Chemists' Soc.*, 29(3), 450–458 (2012).
3. Isanhak, W.N.R.W., Hisham, M.W.M., Yarmo, M.A and Yun Hin, T.Y., "A review on bio-oil production from biomass by using pyrolysis method", *Renewable and Sustainable Energy Review*, 16, 5910 (2012).
4. Sims. R.E.H., Mabee, W., Saddler, J.N and Taylor, M., "An overview of second generation biofuels technologies", *Bioresour. Technol.*, 101, 1570, (2010).
5. Steen, E.V and Claeys, M., "Fischer-Tropsch catalyst for the biomass-to-liquid process", *Chem. Eng. Technol.*, 5, 655, (2008).

\* This research was supported by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) under the works of energy technology development program (2014~2017), study on stabilization, de-oxygenation upgrading technology of pyrolysis oil for production of transportation fuel from residue of agriculture and forest tree (No.20143010091790).

# Catalytic Conversion of Macroalgae-derived Alginate to Furfural and Lactic Acid under Hydrothermal Conditions

Wonjin Jeon<sup>1</sup>, Chunghyeon Ban<sup>1</sup>, Geonu Park<sup>1</sup>, Hee Chul Woo<sup>2</sup> and Do Heui Kim<sup>1,\*</sup>

School of Chemical and Biological Engineering, Institute of Chemical Processes,  
Seoul National University<sup>1</sup>

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

The marine biomass including micro- and macroalgae is gaining great attention as a promising renewable source for production of valuable chemicals. Alginate, a main carbohydrate compound of macroalgae, is composed of mannuronic acid and guluronic acid via 1,4-glycosidic linkages. Based on the cellulose-like structure, the alginate can be utilized as a carbohydrate feedstock in hydrothermal treatment processes. In this work, the hydrothermal treatment of alginate was performed over various types of catalysts in order to investigate the effects of catalysts on alginate depolymerization and production of organic compounds. Heterogeneous and homogeneous acid and base catalysts were employed in the hydrothermal reaction in order to evaluate the catalytic performance and study the relevance between the catalyst properties and activities. Over acid catalysts, the acid-catalyzed hydrothermal decomposition of alginate enhanced the production of monomers, glycolic acid and furfural. In contrast, over base catalysts, the lactic acid and dicarboxylic acids were predominantly produced by the base-catalyzed reaction. Various analytical techniques were used for quantitative and qualitative analysis of catalysts and products, such as HPLC, GPC, GC-MS, LC-MS, <sup>1</sup>H NMR, XRD, temperature-programmed desorption and so on. Our study proposes that the catalytic hydrothermal conversion of alginate has a great potential for the valorization of seaweed-derived biomass.

## References

1. Jeon et al., "Catalytic Hydrothermal Conversion of Macroalgae-derived Alginate: Effect of pH on Production of Furfural and Valuable Organic Acids under Subcritical Water Conditions", *J. Mol. Catal. A-Chem.*, **399**, 106-113 (2015).
2. Aida et al., "Production of Organic Acids from Alginate in High Temperature water", *J. Supercrit. Fluid.*, **65**, 39-44 (2012).
3. Aida et al., "Depolymerization of Sodium Alginate under Hydrothermal Conditions", *Carbohydr. Polym.*, **80**, 296-302 (2010).
4. Niemela and Sjostrom, "Alkaline Degradation of Alginates to Carboxylic Acids", *Carbohydr. Res.*, **144** (2), 241-249 (1985).
5. Haug et al., "The Degradation of Alginates at Different pH Values", *Acta. Chem. Scand.*, **17**, 1466-1468 (1963).

## CT-35 바이오연료및소재

### 국내 거대해조류 기반 바이오파이너리의 경제적 잠재력

Peyman Fasahati, 유준  
부경대학교 화학공학과

### Economic Potential of Macroalgae-based Biorefinery in Korea

Peyman Fasahati, Jay Liu  
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

Potentials of seaweeds or macroalgae as a biomass feedstock have been studied in recent years. However, their economic potentials have seldom studied in literature. This study evaluates the economic potential of macroalgae as biomass feedstock for biorefinery producing chemicals as well as biofuel. Proposed biorefinery have three main units composed of biochemicals fractionation, mixed alcohols production, and pyrolysis of solid residues for bio-oil and biochar production. A techno-economic model was developed to calculate return on investment (ROI) and payback time to reach break-even point after 20 years for a 10% internal rate of return and 100% equity financing. Two scenarios of with and without incentives from CO<sub>2</sub> mitigation are considered. ROI and payback time for the case with incentives from CO<sub>2</sub> mitigation are calculated to be 34.3% and four years, respectively, and for the case without CO<sub>2</sub> mitigation incentives are 24% and 6.3 year, respectively. Results show that incentives from CO<sub>2</sub> mitigation can enhance the economics of the biorefinery. In addition, low payback time and high ROI of the process shows the economic performance of the biorefinery and, therefore, industrial practice of the proposed biorefinery is recommended.

## CT-36 바이오연료및소재

### 크라프트 리그닌의 수열/용매열분해를 통한 바이오원유의 생산

이홍식, 제정호<sup>1,2</sup>, 하정명<sup>1,2</sup>, 서동진<sup>1,3</sup>

한국생산기술연구원 그린공정소재그룹

<sup>1</sup>한국과학기술연구원 청정에너지연구센터

<sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교 청정연료 화학공학 전공

<sup>3</sup>과학기술연합대학원대학교 청정공정 및 시스템공학 전공

### Production of bio-crude oil by hydro-/solvothermolysis of Kraft lignin

Hong-shik Lee, Jungho Jae<sup>1,2</sup>, Jeong-Myeong Ha<sup>1,2</sup>, Dong Jin Suh<sup>1,3</sup>

Green Materials and Process Group, Korea Institute of Industrial Technology

<sup>1</sup>Clean Energy Research Center, Korea Institute of Science and Technology

<sup>2</sup>Department of Clean Energy and Chemical Engineering, University of Science and Technology

<sup>3</sup>Department of Green Process and System Engineering, University of Science and Technology

리그닌은 방향족 화합물의 가교 고분자 형태로 이루어져 있는 바이오매스로, 이의 분해를 통해 직접적으로 방향족 화합물을 얻을 수 있다는 점에서 바이오기반 화합물 제조에 중요한 원료가 된다. 수열/용매열분해 공정을 통한 바이오매스 분해는 분해생성물인 바이오원유의 산소 함량이 낮아져 발열량이 증가하고 점도가 감소하는 등의 장점을 지니고 있다. 본 연구에서는 펄프 제조 공정의 부산물인 크라프트 리그닌의 수열/용매열분해를 통해 바이오원유로 전환하는 반응을 수행하고, 생성된 바이오원유의 물성 및 조성을 측정하였다. 고압용 회분식 반응기를 이용하여 실험을 수행하여 생성된 바이오원유의 수율을 측정하였고, 평균분자량 측정, 원소 함량 측정, 조성 분석 등을 수행하였다. 주로 반응온도 및 반응용매 조성이 바이오원유의 수율 및 물성에 미치는 영향을 조사하였다. 반응온도 300°C, 물:에탄올 비율이 50:50일 때 바이오원유의 수율이 최대 74%까지 증가함을 확인하였으나, 바이오원유의 평균분자량 또한 1200g/mol로 높아진 것을 알 수 있었다. 에탄올의 비율이 증가할수록 바이오원유의 수율은 대체로 감소했으나, 바이오원유의 평균분자량이 감소하고 바이오원유 내 방향족 단량체의 비율도 증가해 최대 35%까지 증가함을 확인하였다.

## CT-37 바이오연료및소재

### 바이오부탄올의 생산을 위한 1-butanol+3-methyl-1-butanol, 1-butanol+1-hexanol 이성분계의 등온 기-액 평형과 과잉물성

이경호, 유수현<sup>1</sup>, 박소진\*

충남대학교 공과대학 공업화학과 305-764 대전광역시 유성구 공동 220

<sup>1</sup>충남대학교 공과대학 화학공학과 305-764 대전광역시 유성구 공동 220

### Isothermal vapor-liquid equilibrium and excess properties of 1-butanol+3-methyl-1-butanol, 1-butanol+1-hexanol for production of biobutanol

Kyeong-Ho Lee, Soo-Hyun You<sup>1</sup>, So-Jin Park\*

Department of Industrial Engineering Chemistry, College of Engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, College of Engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

During the last few decade global efforts to reduce emissions related to fossil fuel consumption, there has been a shift of focus for the production of energy from renewable resources. Biobutanol is of interest as transportation fuels because it has many advantages over bioethanol, such as the high energy density, low fuel penalty, low volatile and explosive, good miscibility and non-corrosiveness. Moreover, it can be directly used in automobile engines without any modifications and transported in a pipeline. Thus it is an ideal candidate to replace gasoline. Butanol is obtained from the acetone butanol ethanol (ABE) fermentation. This process is produced mass fraction of acetone : butanol : ethanol approximately 3 : 6 : 1, but also byproducts are obtained such as acetic acid, isoamyl alcohol, acetaldehyde, 1-hexanol. Various processes are employed to separate this, such as distillation, adsorption, pervaporation, gas stripping. However, its high energy consumption decreases economical efficiency, and volatile solvents cause environmental pollution. Therefore, in order to improve separation and purification systems, experimental phase equilibrium data is needed. In this work, the isothermal vapor-liquid equilibrium (VLE) data at 343.15 K for the binary systems {1-butanol + 3-methyl-1-butanol} and {1-butanol + 1-hexanol} as determined with headspace gas chromatography (HSGC). The Wilson, NRTL and UNIQUAC equations were used to fit with the experimental data of binary mixture for their correlation parameters. In addition, the excess molar volumes ( $V^E$ ) and refractive indices ( $\Delta R$ ) for the binary mixtures were determined at 298.15 - 318.15 K. The experimental data were satisfactorily fitted using the Redlich-Kister polynomial.

#### Acknowledgment

This work was supported by research fund of Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea.

### Fast pyrolysis of tulip tree in a bubbling fluidized bed reactor

Dong Hyeon Lim, Jae Wook Sim, Seung-Soo Kim, Jinsoo Kim<sup>1</sup>

Department of Chemical Engineering, Kangwon National University, Samcheok, Korea,

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Kyung Hee University, Yongin, Korea

*Tulip tree* (*Liriodendron*) grows to great size, sometimes exceeding 50 m in height, which is one of the most productive renewable energy sources. Fast pyrolysis is a thermal conversion process at a temperature range of 400 ~ 600 °C, in the absence of oxygen, and at short vapor residence time (<5 sec). *Tulip tree* pyrolyzed in a bubbling fluidized bed reactor for the production of bio-oil. Total liquid yield of tulip tree was 34.65 ~ 42.20 wt% between 450 °C to 550 °C, and those of gas yield was 31.93 ~ 40.88 wt% with increasing reaction temperature. The higher heating values (HHV) of bio-oil were 23.89 MJ/kg at (500°C, 3.0 U<sub>mf</sub>). The bio-oil has high selectivities for furfural, phenol and their derivatives such as 2,6-dimethoxy-phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-phenol, 2,6-dimethoxy-4(2-propenyl)-phenol. The gas compositions were similar for all reaction conditions such as CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, and C<sub>1</sub>~C<sub>4</sub> hydrocarbons, and CO<sub>2</sub> selectivity was highest 34.32~49.79 mol%. The <sup>13</sup>C NMR results showed that shorter aliphatic carbon and lower molecular weight compounds of phenol, methoxy and the derivatives of aromatic compounds were generated during pyrolysis at higher temperature due to secondary decomposition reactions.

**Keywords:** fast pyrolysis, fluidized bed reactor, *tulip tree*, lignocellulosic biomass, bio-oil



## CT-39 바이오연료및소재

### Microalgae biorefinery for the production of biofuels and chemicals

Eun Yeol Lee

Department of Chemical Engineering, Kyung Hee University, Gyeonggi-do 446-701, Korea  
TEL: +82-31-201-3839, FAX: +82-31-204-8114, e-mail: eunylee@khu.ac.kr

Microalgae biomass are promising feedstock for production of biofuel and chemicals[1-5]. The lipid and carbohydrate of microalgae are valuable cellular components for biodiesel and bioethanol production, respectively. In this study, total lipids were directly converted to fatty acid methyl esters (FAMEs). In the following step, the residual biomass after lipid FAME synthesis was subjected to thermochemical conversion to bio-oil using fast pyrolysis and hydrothermal liquefaction. The reaction conditions for direct transesterification, fast pyrolysis and hydrothermal liquefaction were analyzed and optimized. Residual biomass was used for biopolyol production using solvothermal liquefaction.

#### Reference

1. Lee, O.K., Kim, A.L., Seong, D.H., Lee, C.G., Jung, T.Y., Lee, J.W., Lee, E.Y., "Chemo-enzymatic saccharification and bioethanol fermentation of lipid-extracted residual biomass of the microalga, *Dunaliella tertiolecta*." *Bioresour. Technol.* 132, 197-201 (2013).
2. Lee, O.K., Kim, Y.H., Na, J.G., Oh, Y.K., Lee E.Y., Highly efficient extraction and lipase-catalyzed transesterification of triglycerides from *Chlorella* sp. KR-1 for production of biodiesel. *Bioresour. Technol.* 147, 240-245 (2013).
3. Jo, Y.J., Lee, O.K., Lee, E.Y., Dimethyl carbonate-mediated lipid extraction and lipase-catalyzed in situ transesterification for simultaneous preparation of fatty acid methyl esters and glycerol carbonate from *Chlorella* sp. KR-1 biomass. *Bioresour. Technol.* 158: 105-110 (2014).
4. Lee, O.K., Oh, Y.K., Lee, E.Y., Bioethanol production from carbohydrate-enriched residual biomass obtained after lipid extraction of *Chlorella* sp. KR-1. *Bioresour Technol.* 196, 22-27(2015).
5. Kim, G.H., Jo, Y.J., Lee, C.G., Lee E.Y., Solvothermal liquefaction of microalga *Tetraselmis* sp. biomass to prepare biopolyols by using PEG#400-blended glycerol. *Algal Research in press* (2015).

특별 심포지움

## 산학연 협력 심포지움

9월 17일(목) 14:00~17:00

부산 벅스코 제2전시장 324호

# CT-40 산학연협력

## 난분해성 폐수처리, 폐기물 최소화를 위한 진공증발 농축기술

김민섭  
(주)영산테크노

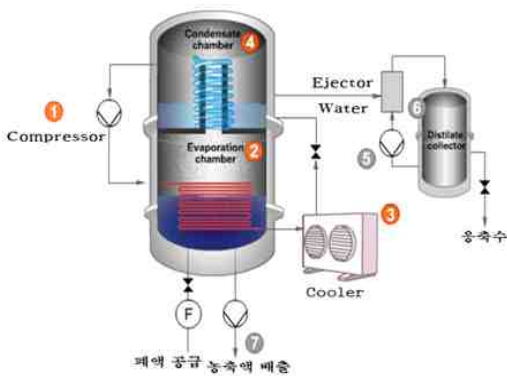
### 1.개발의 필요성

- 1) 친환경적 도금 및 세척공정 구축
- 2) 폐수 발생의 억제로 환경처리비용 절감
- 3) 증발 수 재사용(물 소모량 절감)
- 4) 농축액 재사용(약품 소모량 절감)

### 2.목표 및 내용

1) 환경 개선 목표	2) 기술적 목표	3) 경제적 목표
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 수세수 80%이상 절감</li> <li>■ 산, 알칼리계 폐수 및 농축액 90% 이상 절감</li> <li>■ 크롬계 폐수 및 폐기물 90% 재사용</li> <li>■ 시안 가스 배출 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 전처리공정의 RECYCLING</li> <li>■ 후처리공정의 RECYCLING</li> <li>■ 전체 도금 및 세척공정의 친환경 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ RECYCLING 기술로 수세수 절감</li> <li>■ 폐수 농축으로 폐수처리 비용 절감</li> </ul>

### 3.작동원리



1) 진공 상태에서 열펌프(heat pump)를 이용하여 증발한 증기를 다시 응축 시키는 것으로, Tank내를 진공(40~50 Torr)하에서 저온(25~30°C)에서 증발시켜 주고, 다시 응축하여 재사용 한다.

2) 열펌프 순환은 열교환기 ②내에 약80~90°C의 냉매 가스가 순환되는데, 결과적으로 액체를 끓여서 증발시키는 과정이다. 이 냉매가스는 압축기 ①에 의해 순환 한다.

3) 열교환기를 나온 가스는 보조냉각기 ③과 팽창밸브를 통과 하여 응축조 코일 ④내로 순환된다. 이 때 가스는 저온상태인데, 응축내로 유입되는 증기를 냉각 시켜 응축시킨다.

4) 응축된 증기는 응축조 바닥에 모이고, 펌프 ⑤에 의해 배출되어 저장탱크 ⑥내로 축적된다.

5) 이런 과정이 연속적으로 진행 되면서 원액은 점점 비중이 증가되다가 일정 비중이 되면 농축액 배출 펌프 ⑦에 의해 자동 배출된다.

#### 4.장비의형

1) 폐수액재생장치



2) 폐슬러지농축장치



업체명: (주)영산테크노

생산 품목: 표면처리 자동화설비

#### 1. 연혁

- 1992 영산테크노 창립
- 1993 일본 ABB FUSO KK 기술 제휴  
일본 PARKERIZING과 Plate coil총판 계약
- 1998 수출 유망 중소기업 선정
- 1999 프랑스 TECHNICIS 와 Dry filter 대리점 계약
- 2000 품질시스템 인증서 ISO9001:2000 획득
- 2008 기술혁신 중소기업(INNO-Biz) 인증  
품질시스템 인증서 ISO9001:2008 획득
- 2011 USD 3M 수출의 탑 수상, 기업부설연구소 인증서 획득
- 2012 경기도 유망 중소기업 선정
- 2015 뿌리기술 전문기업 선정

#### 2. 개발현황

##### ■ HVAC(Heating Ventilation and Air-Conditioning) system

- Teflon coating**
- Piston (Dispense, 2001)
  - Shaft (Dispense, 2004)
  - Swash plate (Spray, 2012)
- Impregnation**
- Full automation (2013)



- Hydrophilic coating**
- Automobile/Home application (2010)

- Automation**
- Fluxing machine, Assembling

##### ■ Automobile components



- Anodizing**
- Top ring area (2003)

##### ■ Others

- Wet blast machine**
- Pretreatment for coating (2004)



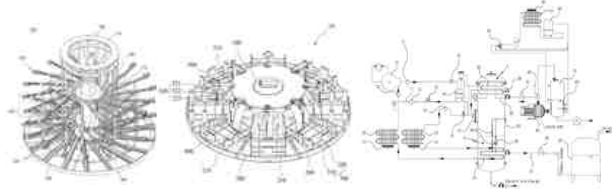
**Zink, Nickel plating**  
- Full automation (2014)

**Waste water recovery**  
- Vacuum evaporator (2005)

### 3. 특허 출원 현황

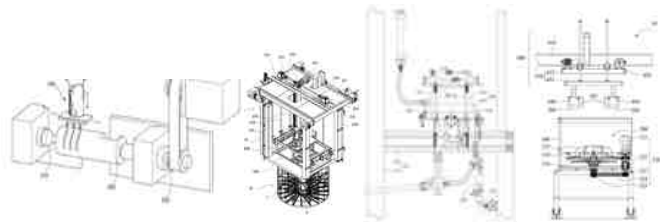
#### 1) Design

- 코팅 및 탈액용 바스켓(2012)
- 코팅 및 건조용 바스켓(2012)



#### 2) Process

- 폐수용 진공 증발 재생 장치(2007)
- 엔진용 피스톤 TOP ring 및 Head 표면처리 장치(2010)
- Evap. 탈액용 코팅장치(2012)
- 열 교환기 코팅장치(2012)
- 원형 가공물의 코팅 장치(2012)



### 4. 주요 설비

주요설비				
코팅설비 -테플론코팅 -친수	아노다이징설비	함침설비	자동화시스템	도금설비

#### 1) 코팅설비

전처리 (자동검사장치, 세척, 전처리공정) ⇨ 코팅 (테플론코팅, 친수코팅)  
⇨ 건조 (Drying off oven, Curing oven)



Teflon coating(Spray)



Spray M/C



Hydrophilic

#### 2) 아노다이징 설비

Swash plate of automobile compressor  
Piston top ring anodizing of engine with specialized "JIG" design



Robot



Chemical tanks



3) 함침설비

Full automation Impregnation plant for compressor & cylinder  
 Loading ⇨ Impregnation ⇨ Washing ⇨ Drying ⇨ Unloading



Impregnation tank



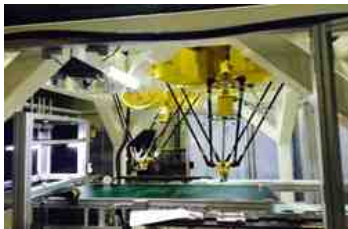
Rinsing tank



Carrier

4) 자동화설비

Provide most effective and optimized automation solution  
 for every plant what we supply



Robot



Auto storing warehouse



Automation Robot

5) 도금설비

전처리 (탈지, 산세) ⇨ 도금공정 (니켈도금, 아연도금)  
 ⇨ 후처리 (크로메이트, 원심탈수 건조장치)



Chromate tank



Barrel carrier







Plating Process

5. 납품실적



Korea plant	피스톤 Teflon 코팅 설비 (dispensing type) 세척, 코팅, 건조 및 자동화 물류 장치 Compressor front/rear 함침 설비 Swash plate 아노다이징 설비 Evap. 친수 코팅 설비 자동 창고 설비 Swash plate 코팅 설비 (spray type)
Dalian, China plant	피스톤 teflon 코팅 설비 Compressor cylinder head 함침 설비 Swash plate 주석 도금
Mexico plant	피스톤 Teflon코팅 설비 Evap친수 코팅 설비
Hungary plant	피스톤Teflon코팅 설비 함침설비
India plant	Swash plate 주석도금 Evap친수 코팅 설비

	Thailand plant	Evap. 친수 코팅 설비
	Portugal plant	피스톤 Teflon 코팅 설비
	Slovakia plant	Radiator tube washing & Flux spray system
	U.S(Alabama) plant	Flux dipping (U.S)
	Korea plant	
	India plant	에어컨용 열교환기, 친수 코팅 설비
	China plant	FMC 자동 조립 설비
		26연식 전자동 도금 설비
		전자판 자동세척 및 표면 개질 설비
		피스톤 Teflon 코팅 설비
		ABS 아노다이징 설비

# 수처리 청정기술분야에 대한 Membrane 이용

김정학  
(주)필로스

기술과 산업의 발전은 인간의 삶의 질을 향상시켜 윤택하고 풍요롭게 만들어준 반면 환경오염 등의 문제점을 발생 시켜왔다. 이러한 문제점은 인간의 삶을 위협하게 되었으며 환경오염으로부터 인간을 보호하기 위하여, 지속적으로 환경규제가 강화되고 있는 실정이다. 환경오염을 최소화하고 시간이 지날수록 강화되는 규제에 대한 충족을 위해 Membrane은 오염으로 인해 부족해진 수자원을 폭넓게 사용하기 위한 수처리 및 재활용등에서 각광을 받고 있으며, 그 응용분야도 매우 다양하다. 본발표에서는 (주)필로스가 직접 생산하는 Membrane을 이용한 하수처리, 하수재이용등의 수처리 적용된 사례를 소개 하고자 한다.

### 1. 필로스 소개

#### 1.1. (주)필로스의 강점

(주)필로스는 R&D 기반 소재사업 중심의 Membrane에 대한 Total Solution을 제공하는 회사이다. 다양한 Membrane 제조기술(중공사막, 평막, 보강막, UF, MF, RO, GS)을 보유하고 있으며 Membrane 성능평가장치, 시스템 설계, 제작 등의 Engineering 능력과 Membrane을 이용한 제품의 제작 판매만이 아니라 Membrane 제조설비의 판매 및 기술이전 등 Membrane에 관한 모든 분야를 취급하는 회사로 소비자와 공동으로 소비자기 요구하는 공정에 최적인 막 모듈 제품을 개발하여 제공할 수 있고 공정 개발 및 Process Design도 가능한 회사이다. (주)필로스는 Membrane의 개발 및 제조 할 수 있는 원천기술을 바탕으로 수처리에 최적화된 Membrane과 제품을 개발 적용하여 효율적이고 완벽한 제품을 생산 제공하고 있다.

#### 1.2. 필로스 Membrane의 특징

기존 수처리에 적용되는 Membrane의 가장 큰 문제점으로는 Membrane의 강도 저하에 의한 단사 발생과 그에 따른 수질 악화 문제를 들 수 있다. 높은 인장강도를 지닌 Membrane의 경우에도 시간에 따른 노후와 Membrane의 성능 회복을 위한 반복되는 화학적 세정으로 인하여 강도가 저하 되어 문제를 발생 시키게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 (주)필로스에서는 고강도 직물을 이용하여 제작된 Braid 지지체 위에 Membrane을 코팅한 Braid 보강막인 RCM(Reinforced Capillary Membrane)을 개발하게 되었다.

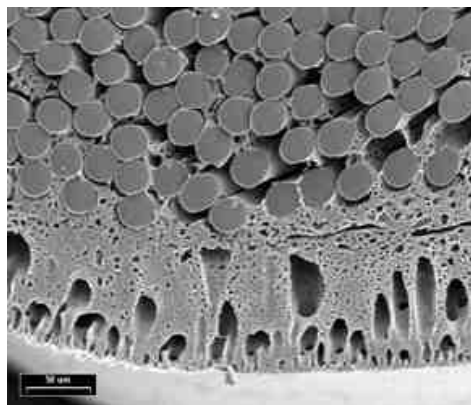


그림 1. (주)필로스에서 생산하는 Braid 보강복합막 전자현미경 사진.



필로스 RCM의 가장 큰 장점은 고강도 지지체 위에 Membrane를 형성하여 Membrane이 높은 인장강도를 가질 수 있어 통상적인 조건에서는 파손이나 단사가 발생되지 않아 Membrane 운전시 발생하는 처리수질의 악화 문제를 해결하였으며 PVDF(Polyvinylidene fluoride) 소재를 사용하여 우수한 내화학성을 가진다. 위의 그림 1은 (주)필로스 Megaflux-CUF에 적용된 RCM의 SEM 사진이며 높은 Flux와 강한 강도를 가질 수 있는 최적 스폰지 구조와 오염을 최소화 할 수 있도록 표면 스킨을 가진 2중구조의 Membrane이다.

기존 수처리에 주로 적용되었던 Membrane은 이제 그 범위를 넓혀 하수처리, 폐수처리 등에도 일반적으로 적용되고 있으며 사용용도와 현장여건에 맞게 Membrane의 소재, 구조, 특성 등을 변화시켜 적용하고 있다. 본 발표에서는 수처리에 용도에 따라 적용되는 Membrane의 종류와 기존 Membrane 및 Membrane제품에서 빈번히 발생하는 문제 및 이를 해결하고 하수처리, 하수재이용분야에 성공적으로 적용한 사례를 설명하려 한다.

## 2. 수처리 청정기술 분야에서 필로스 Membrane 적용 사례

### 2.1. 하수재이용에 이용되는 Megaflux-CUF 적용사례.

하수처리방류 기준이 강화됨에 따라 개인하수처리시설 및 대규모 하수처리시설에 Membrane이 적용된 MBR 공법이 적용되었으며 기존 침전법으로 시공되어 가동중인 대규모 하수처리시설의 경우에도 MBR 공법으로 전환 혹은 재이용을 위해 2차 처리를 하여 농업용수, 하천유지용수 등으로 활용 중에 있다. (주)필로스에서는 이러한 요구에 맞춰 하폐수 고도처리 기술개발 사업단과 고내구성/고기능성의 분리막 및 모듈을 개발하여 하수재이용수 생산에 적합한 최적화된 공정 설계 및 재이용 분야의 사업화를 위해 Megaflux-CUF를 개발하였다.



그림 2. 고강도 Braid 보강막을 적용한 배관일체형 Megaflux-CUF Skid Block.

Megaflux-CUF는 고강도 Braid 보강막인 RCM을 적용하여 정상 운전 조건 시에는 Membrane이 끊어지거나 파손되지 않아 장기적으로 우수한 성능 나타낸다. 배관일체형의 제품으로 시공 시 Skid Frame 제작을 위해 철골 프레임, 가지배관 및 별도의 헤더배관 제작이 필요 없어 제작비용과 추가적인 배관부속 및 배관공사에 대한 비용을 절감 할 수 있고 Frameless로 인하여 기존 UF Skid 대비 최대 50%의 설치면적을 축소할 수 있어 설비비용 및 건축비용을 크게 절감 할 수 있다. 타사 중공사막 모듈과는 차별화된 구조적 특징 중 하나로, 타사 중공사막 모듈에는 없는 별도 하부 산기관을 장착하여 분리막 사이사이에 공기가

균일하게 공급하여 막 세정효과를 극대화시켰으며 효율적인 공기세정으로 장기적으로 안정적인 성능유지가 가능하다. 그 외에 분해조립이 손쉬운 구조로 설치공사 기간 단축과 운송비용 절감 및 처리량 증가에 따른 확장성이 용이하며 자유로운 배열이 가능하여 설계 적용성이 뛰어나 초기 투자비 및 운영비용을 최소화한 UF 제품이다.

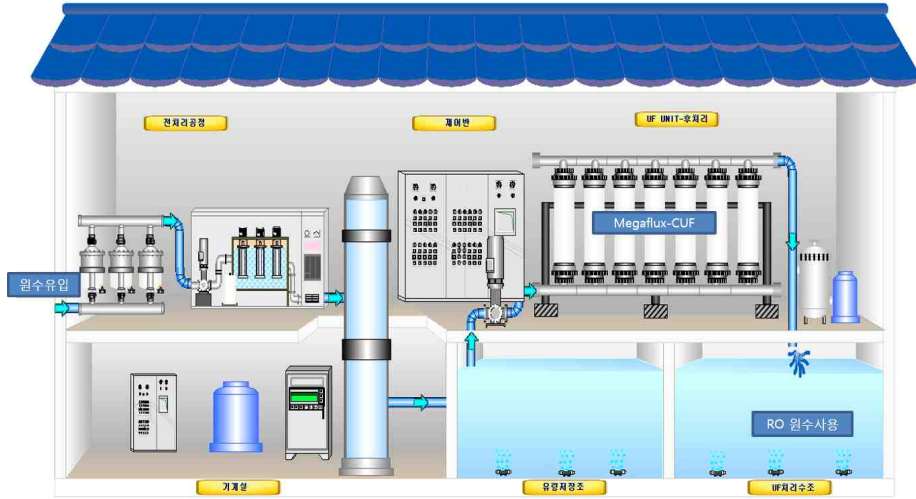


그림 3. 제주도 서부하수종말처리장 내 Megaflux-CUF가 적용 처리공정.

그림 3과 같이 Megaflux-CUF는 현재 제주 판포에 위치한 서부하수종말처리장에서 염분이 포함된 방류수를 농업용수로 사용하기 위한 3,000톤/일 규모의 Test Bed가 설치되어 RO 공급수 조건인 SDI 5 보다 낮은 SDI 3이하로 안정적으로 후단의 RO 공정으로 공급하고 있으며 판포 서부하수종말처리장의 최종 처리수는 제주 6개 지역에 농업용수로 사용 중이다.

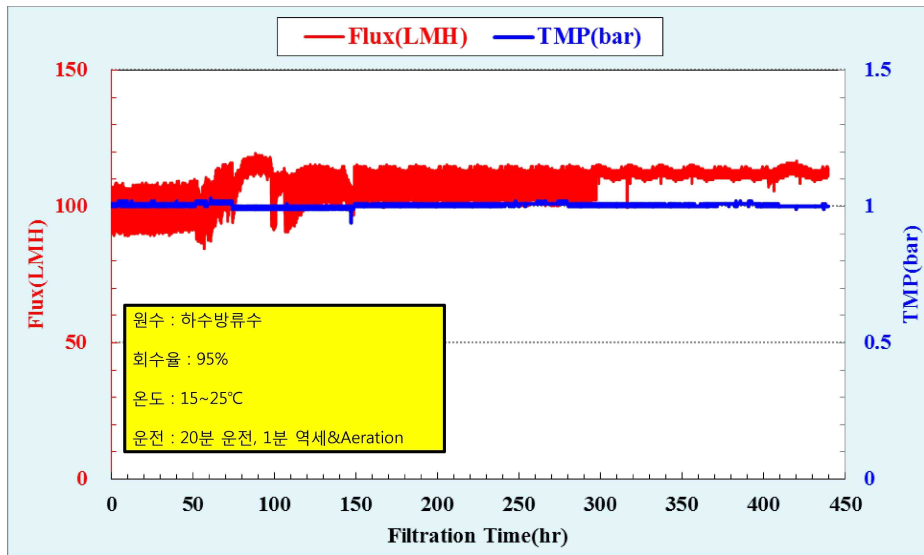


그림 4. Megaflux-CUF를 이용한 하수방류수 재이용 Flux data.

그림 4는 Megaflux-CUF를 이용하여 하수방류수 재이용을 위한 Flux data로 여과대상의 원수는 탁도 4~6NTU의 방류수로 20분 운전, 1분 역세 및 공기세정을 병행하여 연속적으로 TMP 1bar로 운전 시 Flux 변화를 측정하였으며 90~110LMH를 유지되는 것을 확인 할 수 있으며 처리수 탁도는 0.1NTU이하로 원수조건 대비 98% 이상의 제거율을 나타내었다.

## 2.2. 세계최초 Pore Filling 기술의 Super-M(Super-Microfiltration)의 적용사례

하수처리장의 방류수가 재이용의 목적이 아닌 방류를 위한 법적 기준치의 확보가 필요하여 Membrane을 이용할 경우에 필요이상의 높은 수질과 높은 유지관리비용은 Membrane의 장점이자 단점이다. 이를 해결하기 위해서 (주)필로스에서는 세계최초로 대기공 Membrane을 이용한 Super-M을 개발 상용화에 성공하였다.



그림 5. 울산 S화학회사 물리고도폐수처리 현장설치 사진 (Super-M, NF)

Super-M은 5 $\mu$ m이상의 대기공 내에 수용성 고분자를 이용하여 Hydrogel을 Pore Filling을 함으로써 기존의 높은 Flux의 유지가 가능하며, Membrane의 오염을 최소화 할 수 있는 제품으로 높은 Flux의 유지로 인하여 제품의 집적도를 향상 시킨 제품이다.

경기도와 함께 추진한 녹조제거용 Membrane 및 공정개발 과제를 성공적으로 수행하여 제품화 시켰으며, 기술력을 인정받아 울산의 S화학회사의 물리고도폐수처리 10,000톤/일을 처리할 수 있는 제품이 설치되어 처리수질 0.5NTU이하로 안정적으로 운전되고 있으며 NF를 거쳐 공정수로 재활용 중이다.

## 2.3. 하수처리, 폐수처리용 MBR 공정에 사용되는 침지식 Megaflux-MBR 적용사례

(주)필로스에서는 하수처리 및 폐수처리에 침지식 Membrane인 Megaflux-MBR을 개발 적용하고 있으며 Megaflux-MBR은 막오염을 제어하고 성능 유지를 위한 강력한 Aeration에 견딜 수 있는 높은 물리적강도와 잦은 화학세정에도 막강도 및 성능을 유지 할 수 있도록 우수한 화학적 내성이 필요 하며, 장기간 일정한 Flux를 유지 하고 막오염을 최소화 할 수 있는 Membrane의 구조와 성능, 효율적인 Air세정이 가능한 프레임 및 산기관 구조 등에 중점을 두어 개발 적용 되었다.

Megaflux-MBR은 필로스 RCM을 적용하여 MBR 공정의 포기조 내 악조건 하에서도 단사나 파손이 발생하지 않아 장기간 성능 유지가 가능하며 Megaflux-MBR에 적용되는 RCM은 그림 7과 같이 내오염성이 우수하다. 용량을 확장 할 수 있도록 단위 Element를 이용하여 Block 조립형 구조로 설계되어 확장 및 조립이 용이하며, 세가지 길이의 Element를 적용하여 현장 맞춤형 시공과 타사 제품과의 완벽한 호환이 가능하도록 설계되어졌다. 슬러지 배출형 산기관 구조로 기존 산기관의 막힘 현상을 해결하였고 개별 산기관이 포함된 구조로 막오염을 최소화 할 수 있는 특징이 있다.



그림 6. Megaflux-MBR 제품사진.

침지식 Membrane 제품인 Megaflux-MBR은 포기조 내에 설치되기 때문에 높은 MLSS 조건과 운전 시 성능 유지를 위한 강력한 Aeration으로 Membrane의 물리적 강도가 가장 크고, 약조건 하에서 운전 시에도 성능유지가 가능한 우수한 내오염성과 효율적인 산기관 구조와 프레임 구조로 Membrane의 성능을 장기간유지 할 수 있는 장점을 가지고 있다.



그림 7. 필로스 Braid 보강막(RCM)의 우수한 내오염성.

그림 7.은 MLSS 8,000mg/L 이상의 조건하에서 40LMH의 높은 Flux로 운전시 Membrane의 운전압력 변화를 확인한 것으로 필로스 RCM 0.1 $\mu$ m MF (PVDF 보강막), A사 0.04 $\mu$ m UF (PVDF 보강막), B사 0.1  $\mu$ m (PVDF 단일막)의 Membrane를 Test한 결과이며 A,B사보다 안정적이고 우수한 성능 확인 할 수 있다. Megaflux-MBR은 확장이 용이한 단위 Element를 이용하여 Block 조립형 구조 이용하여 2014년 5~7월 H반도체 제조회사 유기폐수처리장 4,000톤/일(오수기준 8,000톤/일) Membrane교체공사(미쯔비시 Membrane 교체)를 3개월 안에 제품의 설계, 제작, 납품, 현장설치, 시운전까지 완료 하였으며, 현재 SS 1mg/L 이하로 안정적인 운전 중이다. 이는 (주)필로스의 기술력과 경험이 있었기에 가능하였다고 생각한다. 이와 같이 2008년 상용화를 시작하여 550여 현장의 중소형 하수처리, 중수처리, 폐수처리등 35,000톤

/일 규모 이상의 납품 실적을 올렸으며, 제품의 현장맞춤 및 사용자 요청에 맞는 주문제작품의 제작 및 적용능력은 국내 Membrane 제조회사 중 가장 뛰어날 것이다.



그림 8. Megaflux-MBR 설치현장 사진 (H반도체 회사).

### 3. 결론

본 발표에서는 현재 수처리 분야에서 다양하게 Membrane이 적용되고 있으며 (주)필로스에서는 기존 상용화 되어 널리 쓰이고 있는 제품의 단점을 보완하고 경제성을 고려한 제품의 개발 및 적용과 새로운 측면에서의 제품, 운전기술, 공정 등을 개발하고 성공적으로 적용한 사례를 들어 설명하였다.

## CT-42 산학연협력

### 물 재이용 및 폐기물 재활용 기술

조영래

(주) 에코 글로벌

지난 20여 년간 청정 기술학회에서 국내의 청정기술에 관한 보급과 학술교류의 장을 마련한 노고위에 이번에 제1회 청정기술 분야 “산학연 협력 심포지엄”에서 산학연의 교류 협력과 인재들이 향후 우리나라의 물 부족과 자원 부존에 대비한 대책을 서로 고민하고 토론의 장이 마련된 심포지엄에서 서로의 좋은 의견이 도출되고자 합니다.

이에 저희 사 (주) 에코 글로벌에서는 그동안 물 처리 분야에서 축적된 경험을 바탕으로 최근까지는 주로 발생된 오염물과 폐기물을 처리의 개념으로 추구하고 사업화 하여 왔으나 향후 머지않아 도래 될 물 부족과 자원낭비에 대한 대비와 폐기물 자원의 재활용을 하고자 국내에 물 재이용과 폐기물을 신소재 자원으로 순환 재활용 하고자 다음과 같이 준비하여 토론과 고민을 같이 진행 하고자 합니다.

우선,

#### 1. 물 재이용에 대하여

- 1) 물 재이용에 대한 정책과 시행 및 적용대상에 대한 발표.
- 2) 물 재이용에 처리대상 항목 및 재이용 용도별 수질 기준.
- 3) 물 재이용에 대한 분야별 사례 고찰.
- 4) 물 재이용시 공통으로 선택되는 공정설비의 개요.

#### 2. 폐기물 자원화에 대하여

- 1) 발전소 에쉬의 자원화 공정과 자원화 활용도 및 가능 제품.
- 2) 밀대 자원화 공정과 자원화 활용도 및 가능 제품.
- 3) 석면(폐자재) 자원화 공정과 자원화 활용도 및 가능 제품.
- 4) 섬유 스크랩 자원화 공정과 자원화 활용도 및 가능 제품.
- 5) 폐기물 종류별 자원화 생산 가능 제품.
- 6) 중금속류 고부가 자원화 및 추출 기술.

에 대하여 발표 하고, 의견과 토론을 나눌 예정입니다.

기업 소개

상호 : (주) 에코글로벌 (ECO GLOBAL CO., LTD)

대표 이사 : 조 영 래 (CHO YOUNG LAE)

설립일 : 2004년 03월 10일

#### 1. 사업 분야 및 종목

- 가. 사업 종목 : 정수 및 음용수, 해수담수화 및 공업용수처리, 순수 및 초 순수처리
- 나. 하.폐수 처리 및 재이용, 각종 공업폐수처리, 축산/음식물/매립장 침출수처리
- 다. 자원화 종목 : 폐기물 자원(전력, 연료, 대체 신소재), 폐 금속 고부가가치화, 음식물(사료, 퇴비화), 처리수 재 이용, 토양 안정화 및 재이용

라. 사업 업무 : 타당성 조사(F.S), 설계(BD/DD), 구매, 제작, 설치, 시운전, 감리.

## 2. 기술 보유 사항

### 가. 순수 처리 및 생(음용)수 생산 공정

- ION EXCHANGER, 2B3T, MBP, CPP, EDI, R/O
- 알칼리 수 생수 생산 설비

### 나. 오. 폐수 처리 공정

- 혐기성(UASB, HYBRID)
- T-N/ T-P : A2O, NH4-STRIPPING, FORMAL 분리법
- 유기물 처리 : MBR, OZONE 산화법

### 다. 오. 하수 처리 공정

- NBS 공법
- 오. 하. 폐수 처리수 재이용 자원화(나노 버블) 공정

### 라. 토양 복원 안정화

- 토양 복토 및 안정화제 개발

### 마. 폐기물 자원화

- 발전소 애쉬의 자원화 공정
- 밀대 자원화 공정
- 석면(폐자재) 자원화 공정
- 섬유 스크랩 자원화 공정
- 중금속류 고부가 자원화 공정

## 3. 주요 PJT 수행 사항

### 가. 84, 07 ~ 91, 10 : (주) 롯데 기공 환경사업부 근무

- POSCO 고로, 연주, 냉연 순수/순환수처리설비 등 12 개소 PJT 수행
- 한국전력 영광원자력, 호남화력 폐수처리 등 7 개소 PJT 수행
- 유공, 한양화학, 호남석유화학 순수/폐수처리 등 18 개소 PJT 수행
- 서울 탄천, 대구, 춘천 등 하수처리 등 9 개소 PJT 수행

### 나. 91, 10 ~ 04, 02 : (주) 삼 양 사 환경사업부 근무

- POSCO PLTCM 순수/폐수/소각 처리설비 등 7 개소 PJT 수행
- 한국전력 서천, 보령, 영동 탈황폐수처리 등 5 개소 PJT 수행
- 삼남석화, 한양화학, 금호석화, SKI 순수(R/O) 등 42 개소 PJT 수행
- 시화, 익산, 곤지암 하수처리 등 6 개소 PJT 수행
- 삼남석화, 태광산업, 삼양제넥스, SKI 혐기성폐수 등 8 개소 PJT 수행
- 북제주군, 삼남석화, 삼양화성 해수담수/폐수재이용(R/O)등 7 개소 PJT 수행

### 다. 04, 03 ~ 15, 09 현재 : 에코글로벌 환경사업 (CEO)

- 광양 합금철, OCI 탈황 폐수처리설비 등 3 개소 PJT 수행
- Schott-Kuramoto 폐수 재이용(R/O) 1 개소 PJT 수행
- Cosmo 화학 초 순수(R/O) 처리 1 개소 PJT 수행
- 현대제철, 한국특수강 후판, 열열, 연주, 순환수처리 등 3 개소 PJT 수행
- 청주, 천안, 동해, 카자흐스탄 폐. 하수 재이용(R/O) 4 개소 등 기본설계 수행
- Cyprus, 이란 해수담수/폐수재이용(R/O)설비 등 5 개소 PJT 기본설계 수행
- K.C.C 초 순수(R/O +EDI) 처리 등 3 개소 PJT 기본설계 수행

- 현대제철 황산제조설비 중 NH3-N 폐수처리 수행 중 .
- \* 주요 실적 PJT : 32년간 152개 PROJECT 수행 .



## 분석기기 활용 기술 (SEM-EDS)

이준희

(주) 코셈

주사전자현미경(SEM)은 관찰하려는 대상물에 대하여 수 만 ~ 수십 만 배 확대시켜 나노 크기의 형태를 관찰 할 수 있는 품질분야, 분석분야, 연구분야의 가장 필수적인 기기이다. 또한 현재의 전자현미경은 단순히 보는 것 외에 물리적, 화학적 방법을 통한 나노 구조 분석으로도 매우 빠르게 확대되고 있다. 이는 나노 기술이 발전하며 지금까지 알 수 없었던 극 미시 세계에 대한 탐구가 활발히 이루어지며, 이 미시 세계에 대한 탐구의 가장 기본이 되는 것이 바로 전자현미경을 활용한 분석이기 때문이다. 또한 현재 대부분의 산업 군에서는 화학 에너지의 소모와 증가하는 환경오염에 따른 자연 그리고 인체에 친화적인 대체 청정 기술에 대하여 개발하고 새로운 동력으로 삼기 위한 기술 개발이 활발히 이루어지고 있고, 전자현미경은 이 기술에 대한 검증 및 효율성을 평가하고자 할 때 매우 유용하게 이용되고 있다. 본 내용은 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscopy, SEM)과 에너지 분광 분석기 (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS)에 대한 이론적, 기술적 배경을 설명하며, 이 기기를 활용한 표면 처리 기술에 대한 사례를 소개하고, 나아가 대체 청정 기술이 적용된 표면 처리 기술에 대하여 논한다.

## CT-44 산학연협력

### 도금공정 중 Pd의 회수 및 재활용에 관한 연구

류경원

(주)PMR

전자업체 및 도금업체에서 사용하는 표면처리(Metal finishing)는 소재표면의 손상을 방지하고 제품수명을 연장하는 기술이다. 그 중에서 도금(plating)은 표면에 금속물질의 얇은 피막을 입혀 부식방지 및 내마모성, 내열성을 향상시켜 고온에서 사용하는 금속을 보호하여 전기적 성질을 이용할 수 있다. 이런 전기적 성질을 바탕으로 전기회로의 접점에 도금하여 접촉저항을 낮추고, 전도성을 확보할 수 있다. 도금에서 대표적으로 Au가 사용되는데 금 시세(45,200원/g)의 상승으로 부분 도금방법이 사용되고 있다. 하지만 지속적인 시세 상승으로 인해 대체제의 도금기술이 연구되었고, 대표적으로 Pd도금이 사용되고 있다.(Au 2 $\mu$ m = Pd 1 $\mu$ m 성능이 동일, 삼성무선연구소 발표, 2012) 도금 전처리, 도금공정, 도금 마무리공정 등의 여러 과정에서 다량의 Pd가 함유된 폐액이(Pd도금액의 약 5% 차지) 발생되고, 이를 회수하기 위해 이온교환수지(Ion Exchange Resin), 전기전해(electrolytic cell), 카본촉매 흡착법(Carbon catalyst) 등으로 Pd를 회수하고 있다. 이온교환수지법은 이온교환을 할 수 있는 이온을 지닌 불용성 합성수지로서 국내 삼양사 제품(강염기성 음이온 교환수지, MA1)을 사용한다. 이 방법은 다른 방법에 비해 많은 물량 처리(약 1.3meq/ml 이상)가 가능하지만, 기타 이온(Ni, Cu, Sn 등)과의 흡착으로 인해 회수율이 떨어진다. 전기전해법은 양극과 음극의 기판을 사용하여 전기적 성질을 이용해 음극판에 Pd이온을 흡착시켜 회수하는 방법이다. 비교적 고가인 장비(약 3,000만원)와 전기소모에 따른 많은 운전 비용이 발생하며 전기사용에 따른 운전 위험성이 있다. 도금액의 복잡한 매질로 인해 회수율이 떨어지고, 많은 물량을 처리하기엔 공간적 한계가 있어 비효율적이다. 카본촉매 흡착법은 Pd흡착량이 50g/L로서 흡착력이 비교적 좋지만 통유량 증가에 따른 처리물량이 제한적이고, 회수공정에서 카본성분의 소각에 따른 인체에 치명적인 대기오염물질(VOCs, CN, 다이옥신 등)이 발생하는 단점이 있다. 기존의 Pd회수 방법의 단점을 보완한 'C resin을 이용한 Pd회수 공정'은 킬레이트수지(chelate resin)를 사용한 Pd이온 흡착법이다. Carboxylic acid의 치환기를 가지며 약 120°C에서도 운전이 가능해 고온에서 높은 안정성을 가지고 있다. 또한 작용기의 강한 선택성(selective absorption)을 바탕으로 Pd이온의 흡착률이 좋아 약 95% 이상(기존 약 70%)의 높은 회수율이 가능하다. 교환용량이 약 4.5meq/ml 이상(기존 약 1.3meq/ml)으로서 많은 물량이 처리가 가능하여 고효율을 통한 비용 절감 및 운전비용 감소가 가능하다. 흡착 후 용리가 가능하여 기존의 방법과 다르게 회수에 따른 환경오염원 배출을 줄일 수 있는 장점이 있다. 이 청정기술을 바탕으로 Pd회수 및 재활용에 따른 폐기비용 감소 및 신규 구입비용이 절감된다. 또한 높은 회수율을 바탕으로 추가 회수비용이 감소되며 폐기물 처리 비용절감이 가능하고, 친환경 기반 회수 처리로서 환경부하량 저감을 통해 기업이미지 향상에 이바지할 수 있다. 안전한 폐기 처리 설비 적용으로 작업자 안전을 확보하여(작업 환경 개선) 사내 회수 설비 적용에 따른 유가금속 회수 비용 절감 및 lead time 단축이 사료된다.

#### 기업 소개

- 국내의 경우 유가 금속 Recycle 관련 전문 분석 기관의 부재로, 폐자원의 재활용에 대한 그 규모 및 현황에 대해 명확하게 정의하지 못하고 있다. 이로 인해 유가금속이 함유된 폐자원을 생성하고 있는 고객사는 그 가치에 대해 명확하게 검증하지 못하고, 폐기처리 업체와의 계약으로 처리되고 있어, 폐기물에 대한 가치를 인정받지 못하고 있는 실정이다.
- 위 문제점을 해결하기 위하여, 도시광산업에서의 10년 이상의 축적된 경험과 연구 결과를 바탕으로

업체와의 가교 역할을 하고자 한다.

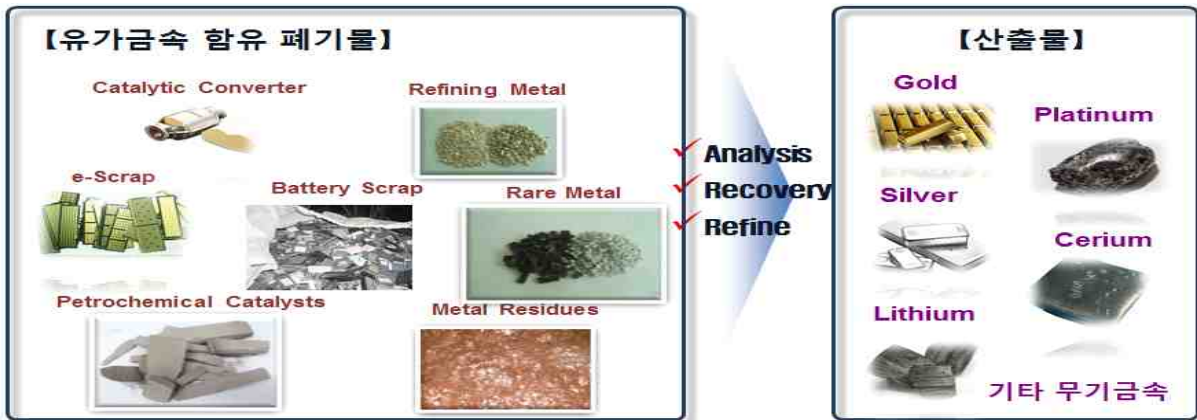
- 고객 신뢰성을 높이기 위한 투명한 분석 정보 제공
- 고객 만족을 위한 정기적인 고객사와의 협력체제 구축
- 고객의 이익을 극대화하기 위한 신기술 연구를 통한 회수능력 증대



2. 보유기술 및 적용 사례

1) 보유기술

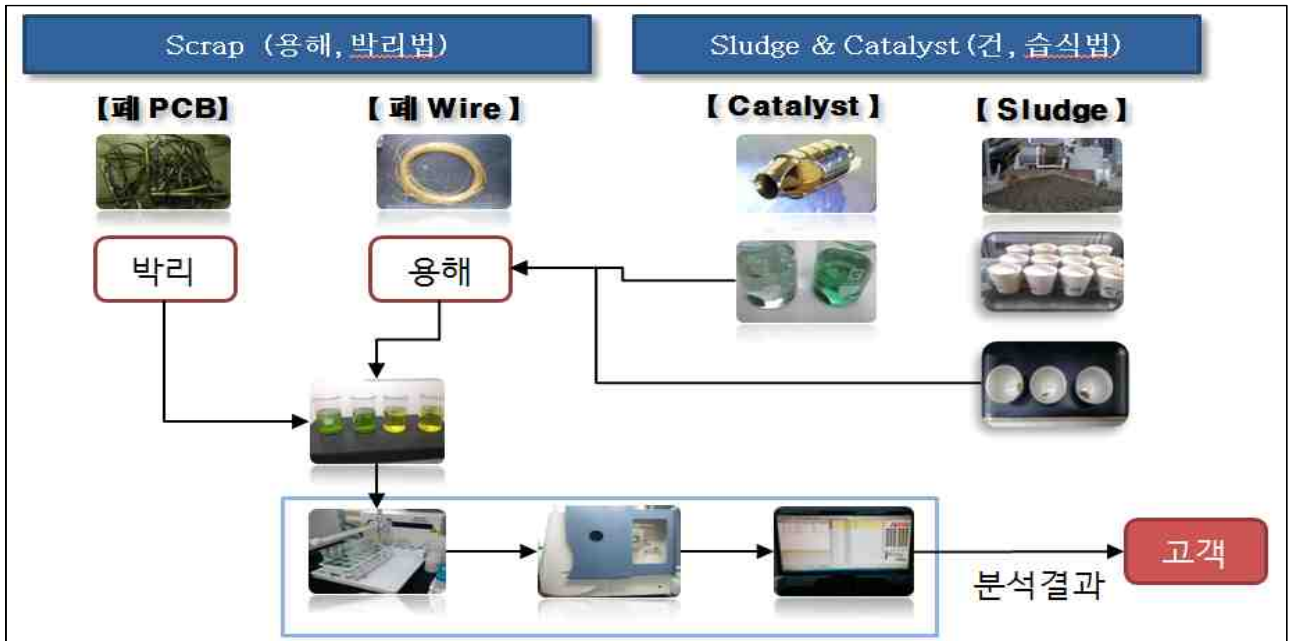
- 유가금속 회수가능
- 다양한 분야의 샘플 분석가능
- 유가금속을 포함한 여러 무기원소의 정량분석가능
- 분석의 Quick service 가능



2) 적용 사례

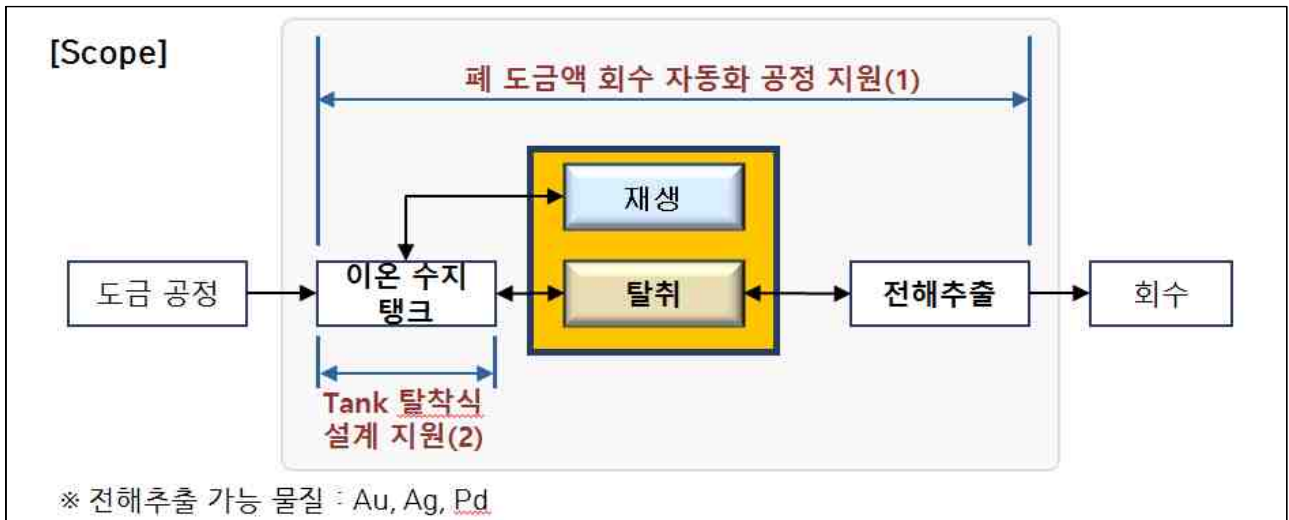
① Content Analysis(함량분석)

- Scrap 및 Sludge/Catalyst의 유가 폐기물 정량적 분석 체계 구축 완료



② Technical Support (기술지원)

- 폐 도금액 회수에 대한 친환경 자동화 공정 및 Tank 탈착 설비 판매 및 Consulting



3. 산학연 협력 가능한 부분

1) 유기금속 회수부분

- 폐수 중 유기금속의 친환경·저에너지 회수 연구
- 폐수의 재사용 기술 개발
- 도금공정 중 유기금속의 친환경 회수 연구
- 광산자원 중 유기금속의 친환경 회수 연구

2) 유기금속 분석부분

- X-ray를 이용한 유기금속 정량·정성분석 기술 개발
- w/m 이용한 반도체 공정 부산물의 친환경 유기금속 분석연구
- 촉매 중 유기금속 정량분석에 관한 연구

일반 심포지움

**청정융합**

9월 18일(금) 9:00~11:30

부산 벅스코 제2전시장 322호

## CT-45 청정융합

### *Brevibacillus laterosporus*에 의한 구조적으로 상이한 두 아조 염료, Remazol red와 Rubin GFL의 생물학적 저감

Mayur B. Kurade<sup>1</sup>, Tatoba R. Waghmode<sup>2</sup>, Sanjay P. Govindwar<sup>2\*</sup>, 전병훈\*  
<sup>1</sup>한양대학교 자원환경공학과

<sup>2</sup>Department of Biochemistry, Shivaji University, Kolhapur, India.

### Differential catalytic action of *Brevibacillus laterosporus* on two structurally dissimilar azo dyes Remazol red and Rubine GFL

Mayur B. Kurade<sup>1</sup>, Tatoba R. Waghmode<sup>2</sup>, Sanjay P. Govindwar<sup>2\*</sup>, Byong-Hun Jeon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul,  
South Korea.

<sup>2</sup>Department of Biochemistry, Shivaji University, Kolhapur, India.

Colors are considered most undesirable contaminants present in wastewater from textile industry, mainly caused by dyes as compared to other contaminants [1]. Azo dyes are the largest group of dyes with great deal of structural and color variety used in textile industries representing up to 70% of the annual production [2]. Azo dyes are potential mutagens, carcinogens and cause harmful disorders in mammalian cells [3], which necessitate proper degradation and safer disposal. Biological treatment of textile effluent is an environmentally friendly and cost competitive alternative to physical and chemical decomposition. Based on the previous report; decolorization efficiency of azo dyes is limited to several azo dye structures and it is influenced by the chemical structures of the dyes [4]. Hence, the effect of different dye structures or their various functional groups on decolorization rate is an important and interesting aspect in azo dye degradation. Therefore, the present study was carried out to investigate the versatile action of a bacterium-*Brevibacillus laterosporus* MTCC 2298 on two structurally different azo dyes (Remazol red and Rubine GFL). *B. laterosporus* decolorized 100% of Remazol red and 95% of Rubine GFL within 30 and 48 h respectively, under static condition at 50 mg L<sup>-1</sup> dye concentration. Significant increase in the activities of azo reductase, NADH-DCIP reductase, veratryl alcohol oxidase and tyrosinase was observed in the cells obtained after decolorization of Remazol red; whereas these values were totally different with complete inhibition of azo reductase during decolorization of Rubine GFL. The plausible pathway of dye degradation obtained from Gas chromatography-Mass spectroscopy (GC-MS) data confirmed the different metabolic fate of these structurally unidentical dyes. FTIR and HPTLC analysis of extracted metabolites confirmed the biodegradation, while phytotoxicity study assured the detoxification of both the dyes. The results obtained in this study suggests, i) sulpho and hydroxyl group present at *ortho* position to azo group stimulated reduction of azo bond by azo reductase in Remazol red, ii) the same reduction was totally hampered due to presence of ethyl-amino propanenitrile group at *para* position to azo group in Rubine GFL.

#### References

1. Gupta, V., Mittal, A., Gajbe, V., "Adsorption and desorption studies of a water soluble dye, Quinoline yellow, using waste materials". J. Colloid. Interf. Sci., 284, 89-98 (2005).
2. Tony, B., Goyal, D., Khanna, S., "Decolorization of textile azo dyes by aerobic bacterial consortium". Int. Biodeter. Biodegr., 63, 462-469 (2009).
3. Mansour, H., Corroller, D., Barillier, D., Ghedira, K., Evaluation of genotoxicity and pro-oxidant effect of the azo dyes: Acids yellow 17, Violet 7 and Orange 52, and of their degradation products by *Pseudomonas putida* mt-2. Food Chem. Toxicol., 45, 1670-1677 (2007).
4. Chivukula, M., Renganathan, V., Phenolic azo dye oxidation by laccase from *Pyricularia oryzae*. Appl. Environ. Microbol., 61, 4374-4377 (1995).

## CT-46 청정융합

# Pretreatment of microalgal biomass for enhanced recovery of biofuel feedstocks: Reducing sugars and proteins

Marwa M. Eldalatony, Hoo Kim, Byong-Hun Jeon\*

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

In the production of biofuels, pretreatment process is utilized to decompose the original structure of the substrates for better reactivity in the subsequent hydrolysis and fermentation process [1]. It is vital for pretreatment processes to enhance availability of the substrates (reducing sugar and protein), while minimizing energy and cost input [2,3]. In this study, ultrasonication and enzyme hydrolysis processes were optimized prior to fermentation stage. Cultivated microalgal species including *Chlamydomonas mexicana*, *Micractinium reisseri*, *Scenedesmus obliquus* and *Tribonema aequale* were used as substrate, and their biochemical composition were determined. *C. mexicana* showed the highest carbohydrate content of 52.6% and was selected for further investigation. Sonication pretreatment under optimum condition (50C for 15 min) released 742.7 mg g<sup>-1</sup> of total reducing sugars (TRS), while the combined sonication and enzymatic hydrolysis treatment enhanced the TRS yield by 4-fold (280.54.9 mg g<sup>-1</sup>). The optimal ratio of [E]:[S] for maximum TRS yield was [1]:[5] at 50C and pH 5. Combined sonication and hydrolysis treatment released 7.3% (27.10.9 mg g<sup>-1</sup>) of soluble protein, and further fermentation of the dissolved carbohydrate fraction enhanced the soluble protein content up to 56% (228.4 mg g<sup>-1</sup>). Scanning and transmission electron microscopic analyses indicated that microalgae cells were significantly disrupted by the combined sonication and enzyme hydrolysis treatment. These results demonstrate that the combined sonication and enzymatic hydrolysis pretreatment enhances the conversion of microalgae biomass to simple soluble sugars, and subsequent fermentation of the sugar residues significantly increases the release of microalgal proteins which can be utilized for generation of higher alcohol. Through this approach, it is possible to render the algae based biofuel technology cost-effective by increasing the conversion of microalgae biomass to feedstocks (TRS and protein) for bio-alcohol production.

### References

1. Kyoung Hyoun Kim, In Seong Choi, Ho Myeong Kim, Seung Gon Wi and Hyeun-Jong Bae, Bioethanol production from the nutrient stress-induced microalga *Chlorella vulgaris* by enzymatic hydrolysis and immobilized yeast fermentation, *Bioresource Technol.*, 153, 47-54 (2014).
2. Jeong-A Choi, Jae-Hoon Hwang, Brian A. Dempsey, Reda A.I. Abou-Shanab, Booki Min, Hocheol Song, Dae Sung Lee, Jung Rae Kim, Yunchul Cho, Seungkwan Hong and Byong-Hun Jeon, Enhancement of fermentative bioenergy (ethanol/hydrogen) production using ultrasonication of *Scenedesmus obliquus* YSW15 cultivated in swine wastewater effluent, *Energy Environ. Sci.*, 4, 3513-3520 (2011)
3. Giorgos Markou, Irini Angelidaki and Dimitris Georgakakis, Microalgal carbohydrates: an overview of the factors influencing carbohydrates production, and of main bioconversion technologies for production of biofuels, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 96, 631-645 (2012).

## CT-47 청정융합

### 카르바마제핀의 담수성 미세조류 *Chlamydomonas mexicana* and *Scenedesmus obliquus*에 의한 생물 분해

Jiuqiang Xiong, Mayur B. Kurade, 이민선, 전병훈\*  
한양대학교 자원환경공학과

### Biodegradation of carbamazepine by the freshwater microalgae *Chlamydomonas mexicana* and *Scenedesmus obliquus*

Jiuqiang Xiong, Mayur B. Kurade, Minsun Lee, Byong-Hun Jeon\*  
Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, South Korea.

Carbamazepine (CBZ) - an antiepileptic agent, is one of the most consumed and ubiquitously detected pharmaceuticals in the environment due to its widespread application and persistent nature [1]. Optimization of wastewater treatment processes such as advanced oxidative processes, activated carbon adsorption to remove CBZ are not cost-effective [2]. Bioremediation using algae has been demonstrated to be a successful approach for the removal of both organic and inorganic pollutants due to their endogenous catabolic systems, heterotrophic capability [3]. The present study was focused on the cellular responses, bioaccumulation and biodegradation of CBZ using the freshwater microalgae, *Chlamydomonas mexicana* and *Scenedesmus obliquus*. The 96-h EC<sub>50</sub> of CBZ for *S. obliquus* was 186.8 mg L<sup>-1</sup>, while for *C. mexicana* was more than 200 mg L<sup>-1</sup>. The dry cell weight and total chlorophyll content of both microalgae decreased with increasing CBZ concentration. Growth of *S. obliquus* was significantly inhibited at 200 mg L<sup>-1</sup> CBZ compared to *C. mexicana*. The carotenoid content in both microalgae was increased with increasing concentrations of CBZ. The optimum concentration of CBZ for enhanced carotenoid synthesis was 50 mg L<sup>-1</sup>. CBZ induced the activities of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) in the microalgae, which play a defensive role against various environmental stresses [4]. After 10-days of cultivation, 37, 24, 23 % of CBZ were removed by *C. mexicana* and 30, 23, 17 % by *S. obliquus* at 1, 10, and 25 mg L<sup>-1</sup> CBZ, respectively. The highest rates of CBZ biodegradation, 35 and 28 % by *C. mexicana* and *S. obliquus*, respectively, were achieved at 1 mg L<sup>-1</sup> CBZ. Comparing the UPLC-MS analysis of the samples revealed that there are two metabolites after the CBZ degradation of the selected microalgae, which were identical to 10, 11-epoxy-CBZ (EPCBZ) and n-OH-CBZ. This study demonstrated that *C. mexicana* was more tolerant to CBZ and could be used for treatment of CBZ contaminated wastewater.

#### References

- Zhang Y.J., Geißen S.U., Carmen G., "Carbamazepine and Diclofenac: Removal in Wastewater Treatment Plants and Occurrence in Water Bodies," *Chem.*, 73, 1151-1161 (2008).
- Esplugas S., Daniele M. B., L.G.T. Krause, Dezotti M., "Ozonation and Advanced Oxidation Technologies to Remove Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs) and Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) in Water Effluents," *J. of Hazar. Mater.* 149, 631-642 (2007).
- Kabra A.N., Ji M.K., Choi J.W., Kim J.R., Jeon B.H., "Toxicity of Atrazine, and its Bioaccumulation and Biodegradation in a Green Microalga, *Chlamydomonas mexicana*," *Env. Sci. and Pol. Res.*, 21, 12270-12278 (2014).
- Kumar M.S., Kabra A.N., Min B., El-Dalatony M.M., Xiong J.Q., Thajuddin N., Lee D.S., Jeon B.H., "Insecticides Induced Biochemical Changes in freshwater microalga *Chlamydomonas mexicana*," *Env. Sci. and Pol. Res.*, DOI 10.1007/s11356-015-4681-6 (2015).



# Performance of macrophytes as an agent for environmental bioremediation

Rahul Kumar<sup>1,2</sup>, Sarita Dhaka<sup>3</sup>, HimanshuGupta<sup>3</sup> and Byong-HunJeon\*<sup>1</sup>

1-Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, S. Korea

2- Environmental Science and Technology Division, CSIR-CBRI, Roorkee, INDIA

3- Department of Chemistry, Indian Institute of Technology, Roorkee, INDIA

Contamination of surface waters due to inorganic and organic pollutants is not only hazardous for inhabitants and aquatic life but also a potential source of ground water pollution and ultimately causes an eco-imbalance. Organic pollutants are more in number and carcinogenic also but generally biodegradable. Heavy metals being persistent have biomagnifications feature and well known protein binding tendency leading to prevention of cell division and replication of DNA [1-2]. Although various chemical and physical methods like aeration, filtration, sedimentation, electro dialysis, reverse osmosis etc are being used for water purification; the effectiveness of free floating and submerged aquatic plants (macrophytes) is presented in this paper. The macrophytes namely *Eichhornia crassipes* and *Hydrilla verticillata* and metals like chromium, nickel, copper and lead have been selected for the study of lake waters. Metal concentrations were determined using AAS/ASV. Control (certified sample), replicates and blanks were run simultaneously. Cr, Ni, Cu and Pb concentrations in the lake waters range from 0.03-0.08, 0.08- 0.35, 0.02-0.07 and 0.05-0.28  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . Although both the macrophytes are good metal scavengers; order of level of metal concentrations (mg/kg dw) in *H. verticillata* is more or less similar 4.02 (Cr) < 5.08 (Ni) < 6.80 (Cu) < 8.69  $\mu\text{g g}^{-1}$  (Pb) for all the four selected metals. On the other hand, differences were observed in case of *E. crassipes* 5.36 (Cr) < 17.8 (Cu) < 18.1 (Ni) < 61.6  $\mu\text{g g}^{-1}$  (Pb). Role of temperature on the uptake capacity (seasonal effect) is significant. Such macrophytes are grown generally unintentionally in aquatic systems rich in nutrients. So, phytoremediation may be an effective and economic tool if used for bioremediation as compared to other more conventional methods.

## References

1. Zocche, J. J., Leffa, D.D., Damiani, A.A., Carvalho, F, Mendonca, R.A., Santos, C.E.I., Bouffleur, L. A., Dias, J.F., Andrade, V.M., "Heavy metals and DNA damage in blood cells of insectivore bats in coal mining areas of Catarinense coal basin, Brazil," *Environ. Res.*, 110, 684-691 (2010).
2. Yu, S., Qin, W., Zhuang, G., Zhang, X., Chen, G. and Liu, W., "Monitoring oxidative stress and DNA damage induced by heavy metals in yeast expressing a redox-sensitive green fluorescent protein," *Curr. Microbiol.*, 58, 504-510 (2009).

# Hydraulic Properties Measurement of Tight Sandstone for CO<sub>2</sub> Geological Storage

Ju Hyeon Yo, Jun Hyung Choi, Young Jae Shinn<sup>1</sup>, and Dae Sung Lee  
Dong-A University, <sup>1</sup>KIGAM

Permeability is one of the important rock properties in oil and gas exploration as essential input data of reservoir characterization and production simulation. As production of unconventional resources such as tight gas/oil, shale gas and coal bed methane increases, there is a growing need to measure the permeability of tight formation rocks. Direct measurement by conventional steady-state flow methods, however, is limited due the length of time needed for pressure equilibration. In this study the pressure pulse-decay method is applied to measure low permeability (lower than 0.01 md) rocks. This method is based on the analysis of unsteady-state gas flow. The dissipation rates of dimensionless differential pressure ( $\Delta P_D$ ) with time indicates permeability of various core samples. The low permeability measured by using the pressure pulse-decay method, is compared with the permeability recovered from the steady-state method for validation. These low permeability measurements are conducted to six tight sandstones from the Gyeongsang and Janggi basins, South Korea and Tsushima Island, Japan. The permeability measured by the pressure pulse-decay method was approximately twice higher than permeability measured by steady-state method. By comparing the relationship between permeability and mean pressure, this may result from gas slippage effects.

### Acknowledgement

This work was supported by the Energy Efficiency & Resources of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Knowledge Economy (No. 20132010201760).

### References

1. API, "Recommended Practices for Core Analysis", *RECOMMENDED PRACTICE 40*, 2<sup>nd</sup> edition, 1998, pp. 6.1-6.7.
2. Dicker, A.I. and Smits, R.M., "A Practical Approach for Determining Permeability from Laboratory Pressure-Pulse Decay Measurements", *International Meeting on Petroleum Engineering*, Society of Petroleum Engineers, Nov. 1-4, Tianjin, China, 1998.
3. Jones, S.C., "A Technique for Faster Pulse-Decay Permeability Measurements in Tight Rocks", *J. of SPE Formation Evaluation*, 1997, pp. 19-25.

## CT-50 청정융합

### 미세조류 바이오매스 생산을 위한 산업폐수 적용에 따른 혼합영양배양 연구

지민균<sup>1</sup>, 윤현식<sup>1</sup>, 윤승주<sup>1</sup>, 김도형<sup>1</sup>, 박수미<sup>1</sup>, 전병훈<sup>2</sup>, 최재영<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술연구원 녹색도시기술연구소, <sup>2</sup>한양대학교 자원환경공학과

#### Mixotrophic cultivation of *Nephroselmis* sp. using industrial wastewater for enhanced microalgal biomass production

Min-Kyu Ji<sup>1</sup>, Hyun-Shik Yun<sup>1</sup>, Seong Joo Yoon<sup>1</sup>, Dohyeong Kim<sup>1</sup>,  
Soomi Park<sup>1</sup>, Byong-Hun Jeon<sup>2</sup>, Jaeyoung Choi<sup>1</sup>

Green City Technology Institute, Korea Institute of Science and Technology<sup>1</sup>,  
Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Hanyang University<sup>2</sup>

Effect of liquid crystal display (LCD) wastewater on the biomass production and biochemical composition of a green microalga *Nephroselmis* sp. cultivated in Bold's Basal Medium (BBM) was investigated. Different dilutions (1/250-1/10,000) of LCD wastewater with BBM were tested in the presence of 5% flue gas CO<sub>2</sub>. *Nephroselmis* sp. showed the highest growth (0.37 g L<sup>-1</sup>), lipid productivity (14.2 mg L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>), carbohydrate productivity (12.5 mg L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>), β-carotene + lutein productivity (74.2 μg L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) and nutrient removal (35.0 mg TN L<sup>-1</sup> and 11.6 mg TP L<sup>-1</sup>) with 1/1,000 diluted LCD wastewater after 6 days of cultivation. Cultivation with LCD wastewater increased the microalgal saturated and monounsaturated fatty acid contents up to 9 and 24%, respectively. Application of LCD wastewater improved the growth, lipid/carbohydrate/carotenoids productivity and nutrient removal efficiency of *Nephroselmis* sp., which can be a cost effective strategy for microalgal biomass production.

## CT-51 청정융합

# Bioelectrochemical Synthesis of Platform Chemical with a Genetically Engineered Electroactive Bacterium: *Shewanella oneidensis* MR-1

Ganapathiraman Munussami<sup>1</sup>, Somasundar Ashok<sup>1</sup>, Byong-Hun Jeon<sup>2</sup>, Sun-Gu Lee<sup>1</sup>, Sunghoon Park<sup>1</sup>, Jung Rae Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Korea

<sup>2</sup>Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, 04763, Korea

Email: j.kim@pusan.ac.kr

Tel: +82-51-510-2393, Fax: +82-51-512-8563

Biorefinery based products have the potential to deliver viable alternatives to conventional petroleum based refinery processes. However, the biological production of platform chemicals is currently limited by a number of metabolic factors, in-particular the development of intracellular redox imbalance. This is caused by build-up of electron equivalents and NADH under reducing/growth conditions, which can lead to high levels of byproduct production, low conversion yields and increased final purification processing costs. *Shewanella oneidensis* MR-1 is well-known for its capability to facilitate extracellular electron transfer (EET), a process where electrons can be transferred to solid metals or electrodes under anaerobic conditions. This process provides the basis of a metabolic control strategy to modulate intracellular NADH/NAD<sup>+</sup> levels and modify redox balance in order to improve target platform chemical production. In this study we focused on the production of a platform chemical, 3-hydroxypropionic acid (3-HP), where the NAD<sup>+</sup> regeneration system is assumed to be a major metabolic limiting factor. We demonstrated the biological production of 3-HP using a recombinant *S. oneidensis* MR-1 *dhaB gdrAB KGSADH* strain grown in a batch culture with chemical mediators and terminal electron acceptors (TEA), and employed an electrochemical bioreactor array (EBA) to investigate the effect of different applied potentials

### References

- Flynn, J. M., D. E. Ross, K. A. Hunt, D. R. Bond, and J. A. Gralnick. Enabling unbalanced fermentations by using engineered electrode-interfaced bacteria. *mBio* 1(5):e00190-10 (2010).
- S, Ashok, Subramanian M. Raj, C, Rathnasingh, S, Park. Development of recombinant *Klebsiella pneumoniae*  $\Delta$ dhaT strain for the co-production of 3-hydroxypropionic acid and 1, 3-propanediol from glycerol. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Volume 90, Issue 4, pp 1253-1265 (2011).
- Vinod Kumar, Somasundar Ashok, Sunghoon Park, Recent advances in biological production of 3-hydroxypropionic acid. *Biotechnology Advances* , 31, pp 945-961 (2013).

### Metabolic flux analysis of *Klebsiella pneumoniae* L17 in microbial fuel cell

Changman Kim<sup>1</sup>, Satish Kumar Ainala<sup>1</sup>, Byong-Hun Jeon<sup>2</sup>, Sunghoon Park<sup>1</sup>, Jung Rae Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan, Korea, 46241

<sup>2</sup>Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, 04763, Korea

Metabolic flux analysis is widely used technique for estimation of intracellular metabolic flow in various fermentations. Microbial fuel cells (MFCs) are electricity generation systems from electron transfer mechanisms from oxidation of substrate to electrode by exoelectrogenic bacteria. Various reports were suggested about electron transfer mechanisms, however little is known about intracellular metabolic flux change during electron excretion in MFC. In this study, we tried to find out the difference of metabolites production and metabolic fluxes. Also in vivo enzyme activities of pyruvate formate lyase and pyruvate dehydrogenase were measured in non-MFC and MFC fermentations. Metabolites profiles suggested significantly less production of reductive metabolites in MFC fermentation compared to non-MFC fermentation. Also in vivo enzyme activity suggested pyruvate dehydrogenase were activated only in MFC fermentation even in anaerobic condition. Metabolic flux analysis proposed intracellular metabolic fluxes of MFC fermentation were similar with microaerobic fermentation. This study is first attempt to calculate intracellular metabolisms using metabolites and suggested MFC could be applied in various anaerobic fermentations.

#### References

1. Deng, L. et al., "A study of electron-shuttle mechanism in *Klebsiella pneumoniae* based-microbial fuel cells", Chinese Science Bulletin, 55(1), 99-104, (2010).
2. Xia, X. et al., "Electricity generation from glucose by a *Klebsiella* sp. in microbial fuel cells", Appl Microbiol Biotechnol, 87(1), 383-90, (2010).
3. Zhang, L. et al., "Microbial fuel cell based on *Klebsiella pneumoniae* biofilm", Electrochemistry Communications, 10(10), 1641-1643, (2008).

# Comparison with Maximum Power Point Tracking (MPPT) Logic Algorithm and fixed load resistance on Continuous Microbial Fuel Cell Operation

Young Eun Song<sup>1</sup>, Byong-Hun Jeon<sup>2</sup>, Jung Rae Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan, Korea, 46241

<sup>2</sup>Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea, 04763

Email: j.kim@pusan.ac.kr

Tel: +82-51-510-2393, Fax: +82-51-512-8563

A microbial fuel cell (MFC) employ exoelectrogenic bacteria to generate electricity from wastewater and organic contaminant by oxidation of microbe on the electrode. However, due to their low power and potential, power management systems (PMSs) should be needed to increase power density and potential. In this study, we applied logic based algorithm on control automatically load tracking method as maximum power point tracking (MPPT) using LabVIEW™ and a circuit box for flat plate MFC (FPM). The effects of operating parameters such as organic load rate (OLR), hydraulic retention time (HRT) and sampling-load shifting time have been extensively investigated between fixed load resistance (FLR) and MPPT operation. These parameters have affected bacteria uptake pathway module. The results show the optimized OLR of  $1.953\text{gL}^{-1}\text{h}^{-1}$  and 5min sampling-load shifting time for FPM operation on MPPT. These results provide a strategy of MFC field scale application and consider the critical information for high power generation and sustainable bioenergy recovery with simultaneous wastewater treatment.

## References

- H. C. Boghani, J. R. Kim, R. M. Dinsdale, A. J. Guwy, and G. C. Premier, "Control of power sourced from a microbial fuel cell reduces its start-up time and increases bioelectrochemical activity," *Bioresource Technology*, vol. 140, pp. 277-285, 7 (2013).
- G. C. Premier, J. R. Kim, I. Michie, R. M. Dinsdale, and A. J. Guwy, "Automatic control of load increases power and efficiency in a microbial fuel cell," *Journal of Power Sources*, vol. 196, pp. 2013-2019 (2011).
- G. S. Jadhav and M. M. Ghangrekar, "Performance of microbial fuel cell subjected to variation in pH, temperature, external load and substrate concentration," *Bioresource Technology*, vol. 100, pp. 717-723, 1 (2009).

일반 심포지움

## 오염저감

9월 18일(금) 9:00~11:20

부산 벅스코 제2전시장 323호

### 폐유재활용공정에서의 환경오염 방지 기술

나병기\*, 서기철<sup>1</sup>, 박희재<sup>2</sup>

충북대학교 화학공학과, <sup>1</sup>(주)서해엔지니어링, <sup>2</sup>시흥녹색환경지원센터

### Pollution Prevention Technology in Used Oil Recovery Plant

Byung-Ki Na, Ki-Cheol Seo<sup>1</sup>, Hee-Jae Park<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Siheung Green Environment Center

자동차등에 사용되고 있는 엔진오일은 정비공장에서 회수되어 재활용이 되고 있다. 전국에 약 20여개의 폐유재활용 공장이 가동되고 있으며, 시화공단에 3개의 재활용 공장이 가동되고 있다. 시화반원공단은 악취방지지역으로 고시되어 있으므로 다른 공단에 비해서 대기오염물질 배출 규정이 엄격하다. 현재 폐유재활용 공장에서는 활성탄 흡착탑과 세정식 흡수탑을 악취방지시설로 운전하고 있다. 일부 공장에서는 오존처리법을 사용하고 있으나, 이 방법은 거의 효과가 없다고 알려져 있다. 폐유를 재활용하는 공정에서는 수거된 폐유를 가열하여 수분을 제거하고 원심분리기를 사용하여 이물질을 제거한 후에 판매되고 있다. 이 과정에서 많은 악취가 발생하고 있으나 활성탄 흡착탑과 세정식 흡수탑으로는 악취가 제거되지 않고 있다. 폐유를 가열하는 반응기에서 발생하는 유증기의 양이 매우 많아서 활성탄이 매우 빠르게 포화되므로 대부분의 시간동안에 활성탄 흡착탑이 제 기능을 하지 못하고 있다. 세정식 흡수탑은 물에 용해되는 악취물질은 제거할 수 있지만, 유증기는 물에 용해되지 않으므로 흡수탑에서 제거되지 않는다. 환경업체에 방지시설의 진단을 의뢰하면 포집하는 풍량을 증가시키거나 흡착탑의 용량을 증가시키라는 조언을 한다. 하지만 이러한 방법으로는 문제를 해결할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 청정기술의 개념을 적용하여 방지시설을 공정의 한 부분으로 해석하였다. 저온응축공정을 적용하여 유증기를 최대한으로 응축시키면 활성탄 흡착탑의 수명을 늘릴 수 있게 된다. 또한 방지시설로 보내지는 공기의 양을 최소한으로 줄이면 저온응축공정의 전기에너지 사용량을 줄이게 된다. 공기의 양을 최소한으로 줄이기 위하여 가능한 모든 시스템을 밀폐형으로 교체하였다. 특히 원심분리기의 포집 후드가 개방되어 있으므로 여기에서 발생하는 악취물질을 포집하기 위하여 팬의 용량을 키워야 했다. 원심분리기를 밀폐형으로 교체함으로써 포집되는 공기의 유량을 최소한으로 줄일 수 있었다. 이와 같은 방법으로 저온응축공정에서 회수되는 유분을 판매하면 3년 이내에 공정 건설비용을 회수할 수 있게 된다.

#### 참고문헌

1. 정창훈, 감병오, 박두열, 황철원, 김상진, "저온응축에 의한 가솔린 유증기 회수에 관한 연구", 한국대기환경학회 춘계학술대회논문집, 179-180 (2009).
2. Li, H. and Kottke, V., "Analysis of Local Heat and Mass Transfer in the Shell-and-Tube with Disc-and-Doughnut Baffle." International Journal of Heat and Mass Transfer, 42, 3509-3521 (1999).
3. 이기백, 권영길, 김재웅, 김봉환, "핀-튜브형 열교환기의 유동 및 열전달 특성에 관한 연구(III)", 대한기계학회 춘계학술대회, 344-347 (1989).



탈취액을 함침한 블록의 탈취효율에 관한 연구

권우택<sup>1\*</sup>, 강형석<sup>1</sup>, 이준철<sup>1</sup>, 박상호<sup>1</sup>, 박정민<sup>2</sup>, 김정호<sup>2</sup>, 권이승<sup>3</sup>  
 을지대학교 보건환경안전학과, 가천대학교, 카톨릭관동대학교

A study on the deodorizing efficiency of a block impregnating deodorant solution

Woo-Taeg Kwon<sup>1\*</sup>, Hyoung-Seok Kang<sup>1</sup>, Jun-Cheol Lee<sup>1</sup>, Sang-Ho Park<sup>1</sup>, Jung-Min Park,  
 Jung-Ho Kim, Lee-Seung, Kwon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Health and Safety, Eulji University

<sup>2</sup>Department of Environment and Energy Engineering, Gachon University

<sup>3</sup>Department of Health Care Management, Catholic Kwandong University

악취를 제어하는 다양한 방지기술이 있음에도, 산업현장에서 발생하는 악취로 인한 민원이 매년 증가하고 있는 실정이다. 본 연구는 산업현장에서 주로 사용하는 액상 및 고체상 탈취제의 단점을 보완한 제품을 개발하여 산업현장에서 발생하는 악취를 제어하고자 하였다. 본 연구에 사용한 제품은 저농도 배출가스의 1차 처리 및 방지설비의 처리 후 잔류하는 오염물질을 제어하는 대책으로 연구하였다. 고체 탈취블록의 크기는 7.5cm x 5.7cm x 1.2cm로 제작하였으며, 황산화물과 질소산화물을 제거 할 수 있는 D-Limonene 성분이 함유되어 있는 탈취액을 담지 시켜 탈취블록의 공극크기 및 탈취액의 담지량에 따른 악취물질의 제거효율을 확인하였다. 탈취블록의 공극크기와 탈취액의 담지량이 많을수록 탈취효율은 우수하였으나, 기술적 경제적 요건을 고려한 최적화 탈취블록의 공극크기는 5 $\mu$ m, 탈취액 담지량은 약 32ml가 적당하였으며, 탈취 효율은 탈취블록과 배출가스가 약 30분간 접촉했을 때 황화수소 90%, 암모니아 80%, 트리메틸아민 68%이상의 효율을 보였다. 또한 복합악취를 분석한 결과 업종별 차이는 있었으나 대략 70% ~ 80%의 탈취 효율을 보였다. 본 연구에 사용한 탈취블록은 방지설비 후단에 설치하여 잔류하는 악취물질을 제어하는 기술로 약 70% 정도의 제거효율이 있어 배출가스의 오염규제 기준을 준수함으로 악취 민원은 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 실험에 사용한 탈취블록은 가스 내의 미세입자 및 수분 등이 다량 존재하면 효율이 떨어짐을 확인하였으며, 교체주기가 단축되는 단점이 있었다. 앞으로 이러한 단점을 보완하는 방안으로 연구를 계속 진행할 예정이다.

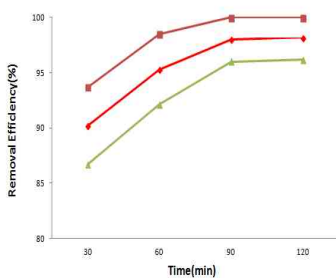


Fig. 1. Hydrogen sulfide removal efficiency

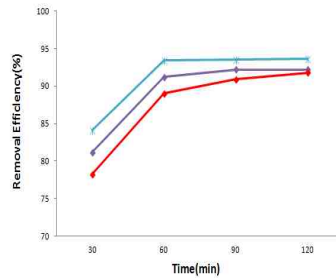


Fig. 2. Ammonia removal efficiency

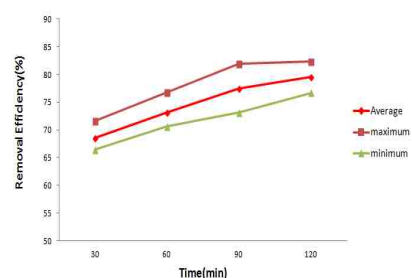


Fig. 3. Trimethylamine removal efficiency

참고문헌

Park, Y. G., "Study of toxic gas removal characteristics by chemical analysis of essential oil using SPME Method", Korean J. Biotechnol. Bioeng, 19(3), 231-235 (2004)  
 Ryu, H. W., Cho, K. S., Lee, T. H., and Huh, M., "Management of offensive odors in swine production facilities:III odor control technologies", Korean Journal of Odor Research and Engineering, 3(1), 1-11 (2004)

## CT-56 오염저감

### 환상형 활성탄 카트리지에서 VOC 흡착

박지영<sup>1</sup>, 양우영<sup>2</sup>, 김유미<sup>2</sup>, 류희욱<sup>2</sup>, 길인섭<sup>3</sup>, 이태호<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>(주)지천이앤이, <sup>2</sup>숭실대학교 화학공학과, <sup>3</sup>시흥녹색환경지원센터, <sup>4</sup>한양대학교 산업과학연구소

### VOC adsorption by the activated carbon cartridge of an annular type

Ji Young Park<sup>1</sup>, Woo Young Yang<sup>2</sup>, Yoo Mi Kim<sup>2</sup>, Hee Wook Ryu<sup>2</sup>, In Sub Kil<sup>3</sup>, Tae Ho Lee<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>JC E&E, <sup>2</sup>Soongsil University, <sup>3</sup>SHGEC, <sup>4</sup>Hanyang University

산업발달에 의해 더욱 다양한 유래화학물질들이 산업생산시설로부터 대기, 수질로 방출되고 있다. 특히 대기문제에 있어서 그 민감성때문에 악취 또는휘발성유기화합물(VOC)을 저감하는 것은 국내 여러 산업단지가 가지고 있는 공통적인 환경문제이다. 이에 대응하고자 흡수법, 흡착법, 연소법 등 다양한 기술들이 개발/진보되어 왔다. 이들 기술중 활성탄 등의 흡착제에 의한 제거방법은 가장 일반적이고 간편하여 흡수법과 더불어 널리 이용되어 왔고 많은 사업장에서 활성탄흡착탑에 의한 악취 또는 VOC 저감을 진행 중이다. 그럼에도 불구하고, 이 방법은 포화된 활성탄의 교체를 포함한 유지관리 비용 때문에 제때 교체를 해주지못해서 실제 현장에서 원활하게 제거성능을 보장하지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 활성탄의 재생사용에 중점을 두고 좀 더 쉬운 방법으로 활성탄을 재생하여 사용함으로써 상기 기술한 활성탄흡착탑의 높은 교체비용을 삭감을 통한 유지관리 편의성을 제고하고자 재생이 용이한 카트리지 형태의 새로운 흡착방법을 제시하였다. 새로운 방식의 활성탄 카트리지의 실제 VOC흡착 특성조사를 통해 기존 활성탄 충전 방식과는 다른 흐름형태의 영향을 조사하였다. 환상형 카트리지는 바깥 원통에서 공기가 유입하여 내부원통으로 빠져나가는 형태인데 그 형태 특성상 바이패스되는 단회로가 없고 매우 편류발생이 적어서 효율적인 형태로 사료되지만 실제 흡착에 있어서 유입공기가 직경방향 흡착(radial adsorption)시 일반평판과는 달리 단면적 감소에 의한 체류시간이 변화하는 특성을 가지는데 본 연구에서는 평균 체류시간으로 설계한 환상형 카트리스의 직경별 흡착거동(파과곡선) 및 물질전달영역(mass transfer zone; MTZ)의 변화를 알아보았다. 가운데가 뚫린 환상형 카트리지의 흡착특성을 모사하기 위해 단면을 그대로 재현한 흡착 반응기에서 반경에 따른 포화곡선을 작성하였으며 체류시간 및 대표적 VOC인 톨루엔의 농도를 변화시킴에 따른 변화를 관찰하였다. 또한 흡착반응 완료 후 카트리지 반응기에서 활성탄을 꺼내어 최적화된 탈착 온도 및 시간에서 탈착시킨 후 이를 다시 카트리지에 투입하여 재흡착시키는 형태로 재사용 가능여부도 알아보았다.

#### 감사의 글

본 연구는 중기청 및 시흥녹색환경지원센터의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 센서를 활용한 악취배출구 실시간 모니터링

정의석, 손찬웅, 김진완, 임문혁, 신철호<sup>†</sup>  
(주)엔버스 부설기술연구소, <sup>†</sup>(재)서해환경과학연구소

#### Odor Emission Source Real-time Monitoring Using Sensor

Eui-Suk Jung, Chan-Woong Son, Jin-Wan Kim, Moon-Hyuck Im, Chul-Ho Shin<sup>†</sup>  
R&D Center, Envors Co., Ltd, <sup>†</sup>Seohae Environmental Science Institute Foundation

사업장 배출구인 점 오염원로부터 주변지역에 미치는 악취영향의 경우 악취저감시설의 유지관리 즉, 활성탄 등의 교체주기에 따른 효율성 저하로 인하여 악취영향을 미칠 수 있다. 이러한 악취영향을 최소화하기 위해서는 악취저감시설의 효율을 실시간 악취모니터링을 통하여 확인한 후 악취저감시설의 활성탄 교체주기 시점을 명확히 확인하여 사전에 관리할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 악취저감시설 배출구에 센서를 설치하여 실시간 모니터링을 위한 기초적인 연구를 수행하였다. 본 연구를 수행하기 위하여 우선적으로 다양한 가스 센서 소자를 중심으로 반응성 실험, 감도 실험, 감응 특성 등과 관련한 기초적인 실험을 진행하였으며, 황화수소 표준가스를 대상으로 농도별 센서의 반응 특성 및 농도별 상관성 등과 관련한 실험을 진행하였다. 일차적으로 고농도부터 저농도까지 다양한 악취 특성 시료를 대상으로 12개 센서 소자 어레이를 중심으로 센서에 반응 시켰으며, 이들 센서 중에서 악취 특성에 따른 민감도가 좋은 센서를 선정하고자 하였다. 선정된 센서 소자를 중심으로 실시간 모니터링이 가능하도록 모듈을 보완하였으며, 선정된 센서 소자의 반응성, 재현성, 신뢰성 등 다양한 기본적인 실험을 수행하였다. 이후 실시간 모니터링 장치를 현재 운전되고 있는 활성탄 흡착시설 배출구에 설치하였으며, 모니터링 중에 확인되는 다양한 문제점 및 한계점 등을 확인하여 지속적인 보완 연구를 수행하고자 하였다. 또한, 실시간 모니터링 결과를 인터넷 web site 및 스마트폰에서도 확인할 수 있도록 프로그램을 개발하였으며, 모니터링이 진행되는 결과를 수시로 확인하여 연구에 활용하고자 하였다. 다양한 악취 특성 시료를 대상으로 센서 반응 특성을 실험한 결과 11번째 센서 소자가 가장 우수한 것으로 확인되었으며, 선정된 센서를 대상으로 기본적인 실험을 수행하였다. 고농도 악취를 단계별로 희석하여 적용한 결과 희석에 따른 센서의 반응성이 매우 우수한 것으로 확인되었으며, 센서의 신뢰성, 재현성이 각각  $R^2=0.99$ , RSD 1.6% 이내로 확인되었다. 또한, 황화수소 표준가스를 이용한 실험에서도 신뢰성이  $R^2=0.98$  이상으로 우수한 것으로 확인되었다. 현재 배출구에 악취 센서를 설치하여 실시간으로 모니터링이 진행 중에 있으며, 사업장 가동 여부에 따라 모니터링 되는 결과에 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구 수행 결과는 향후 악취 배출구 실시간 모니터링을 통한 흡착시설의 흡착제 파과점 이전 사전 교체주기 관리를 통한 악취저감시설 운영 효율을 증대하는데 기여할 수 있으며, 흡착시설 흡착제 효율적인 유지관리 방안 수립을 통한 악취발생량 저감 효과를 개선하여 산업단지 악취를 개선하고, 효율적으로 관리하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 사사

본 연구는 시흥녹색환경지원센터의 2015년도 연구개발사업비 지원(15-10-05-10-36)에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 정의석 외 3인, “센서를 활용한 사업장 악취배출량 산정 방안”, 2014 한국청정기술학회 춘계 학술발표회 초록집, 여수 경도리조트, 69, (2014).

### 충전탑식 세정탑의 악취제거효율 향상을 위한 설계개선 방안

조용준\*, 김영래<sup>1</sup>, 박희재<sup>2</sup>, 최여진<sup>2</sup>

신안산대학교 환경과학과, <sup>1</sup>한국환경기술사회, <sup>2</sup>시흥녹색환경기술지원센터

## Design Considerations of Packed Bed Gas Scrubbers for Improving Odor Removal Efficiency

Yongjun Cho\*, Youngra Kim<sup>1</sup>, Heejae Park<sup>2</sup>, Yeojin Choi<sup>2</sup>

Dept. of Environmental Science, Shinansan University, <sup>1</sup>Korean Society of Environ. Professional Engineers, <sup>2</sup>Siheung Green Environment Center

시흥, 안산지역은 거대 산업단지를 배후로 하고 있으며, 다양한 업종으로부터 각종 악취물질이 배출되어 주민들의 생활에 불편을 초래하고 있다. 2005년 악취관리지역으로 지정된 이래 악취배출업체들은 악취방지시설의 설치와 개선에 많은 노력을 기울이고 있으며, 환경부와 지자체도 각종 악취방지시설의 설치와 운영에 기술적, 재정적 지원을 실시하고 있다. 그러나, 설치운영 중인 많은 악취방지시설 중 가장 많은 수를 차지하고 있는 가스 세정탑의 경우 부적절한 설계와 운전관리로 인하여 악취제거성능이 설계목표에 미치지 못하고 있는 것으로 파악되고 있으며, 악취제거성능을 향상시키기 위한 설계 및 운전관리의 개선이 필요한 실정이다<sup>1)</sup>. 본 연구에서는 현재 설치운영 중인 충전탑식 세정탑에 대하여 설계 현황을 분석하고 이를 토대로 악취제거효율 향상을 위한 설계 개선방안을 제안하고자 한다. 충전탑의 설계현황 분석을 위하여 시흥녹색환경지원센터에서 운영 중인 대기개선기금지원 신청서에 기재된 설계 내역서를 참고하였다. 분석 대상은 대기개선기금이 지원된 충전탑식 세정탑 전체를 대상으로 하였으며, 이중 설계 내역을 확보할 수 있었던 44개 시설에 대해 분석을 실시하였다. 대기개선기금지원에 의해 설치된 세정탑은 날염 및 염색 가공업의 증염, 건조 및 텐터기에서 배출되는 악취를 처리하기 위해 가장 많이 설치된 것으로 확인되었고, PCB 제조공정 및 도금공정의 의 산 처리 및 화성(flux)처리공정, 각종 자동차 부품 제조시의 열처리 공정, 제지, 피혁 등 각종 폐수처리공정 다양한 배출공정의 악취성분의 제거에 사용되고 있었으며, 처리가스량 기준으로 40 ~ 1750 m<sup>3</sup>/min 에 이르기까지 다양한 용량의 것이 설치되어 있었다. 설계 자료를 분석한 결과 업종에 관계없이 액기비로는 대부분 2.0을 채택하고 있으며, 액기비의 결정에 있어서 배출가스 중의 악취성분의 특성을 고려하지는 못하고 있는 것으로 확인되었다. 많은 업체에서 탑 직경 및 충전 층 높이의 계산 시에 사용한 충전물과는 다른 충전계수 값을 적용함에 따라 설계 오류가 발생하고 있었으며, 이동단 위높이(HTU) 결정에 있어서 배출 악취성분과는 무관한 물질의 Schmidt number값을 사용함으로써 업종의 특성을 반영한 설계가 이루어지지 못하고 있는 것으로 확인되었다. 따라서, 악취제거효율을 향상시키고 처리가스 용량에 적합한 설계를 위해서는 정확한 설계 상수의 적용, 배출악취성분의 특성을 고려한 설계 변수의 적용이 필요한 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 조용준, “반월.시화 산업단지내 가스 세정탑의 설계 및 운전개선방안”, 한국청정기술학회 추계학술발표회, 2013. 9. 26.

※ 본 연구과제는 시흥녹색환경지원센터의 2015년 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## CT-59 오염저감

### 악취방지시설인 습식 세정탑에서 오염된 세정수에 의한 악취의 재발산 연구

김영래\*, 조용준<sup>1</sup>, 동종인<sup>2</sup>, 여상구<sup>2</sup>, 정의택<sup>2</sup>, 박희재<sup>3</sup>, 최여진<sup>3</sup>,  
한국환경기술사회\*, <sup>1</sup>신안산대학교, <sup>2</sup>서울시립대학교, <sup>3</sup>시흥녹색환경지원센터,

### Study on the regenerate of the odor by contaminated water in the wet scrubber odor control facilities

Youngrae Kim\*, <sup>1</sup>Yongjun Cho, <sup>2</sup>Jongin Dong, <sup>2</sup>Sanggu Yeo, <sup>2</sup>Euitaek Jung, <sup>3</sup>Heejae Park,  
<sup>3</sup>Yejin Choi

Koegan Society of Environ. Engineers\*, <sup>1</sup>Shinansan Univ., <sup>2</sup>The Univ. of Seoul, <sup>3</sup>Shiheung Green Environment Center

선진국으로 진입은 소득수준의 증가와 함께 국민의 전반적인 생활수준의 질적인 향상은 보다 쾌적한 주변 환경의 욕구를 증가시키고 있다. 직접적인 위해가 되는 미세 먼지 등의 대기오염 문제와 국지적으로는 악취에 의한 환경문제가 지속적으로 발생되고 있다. 악취의 경우 비교적 농도가 높지 않으나 사업장 전반에서 발생하고 있다. 시화/반월공단 및 전국의 여러 산업단지에서는 악취관리지역을 설정하여 철저한 악취 관리를 하고 있으며 악취 방지시설의 설치를 적극 추진하여 악취저감 노력을 하고 있다. 악취 방지시설에는 여러 가지 다양한 시설이 있으나 시화/반월공단을 중심으로 대기오염 물질의 배출이 적은 중소기업의 산업체에서는 악취 방지시설로 초기 투자비용이 저렴하고 관리가 용이한 흡착탑 및 흡수 세정탑을 선호하여 설치하고 있다. 운영 중인 흡수 세정탑에서 세정수 교체 초기에는 악취 제거 성능이 있으나 시간의 경과에 따라 흡수효율은 저하하여 세정수의 교체 시점에서는 전단 악취보다 후단의 악취 농도가 높게 나타는 현상을 확인할 수 있었다. 본 연구는 흡수 세정탑을 중심으로 금속 열처리 시설 2개 업체를 중심으로 흡수된 악취 및 분진 등의 오염물질이 세정수에 누적되어 세정탑의 효율 저하에 미치는 영향을 분석하고, 흡수된 악취에 오염된 세정수에서 악취가 재 발산 되는 시점을 파악하여, 오염된 세정수에 의한 악취의 재 발산을 방지하고, 흡수 세정탑의 성능을 지속적으로 유지할 수 있도록, 세정수의 교체 주기 기준을 마련한다. 연구의 결과 1) 유사한 금속열처리 업종이라 하여도 열처리 대상에 따라 각기 다른 공정과 운영을 하고 있으며 배출되는 악취물질은 각각 다르게 나타난다. 2) 악취의 전단과 후단이 똑같이 나타는 경우는 흡수액에서 흡수와 발산이 동시에 일어나는 경우이다. 3) 인입악취 농도보다 배출악취 농도가 높은 경우로 높은 농도의 악취를 흡수하여 낮은 농도 악취 배출시 재발산하여 악취를 배출하게 된다. 4) 오염물질의 누적으로 세정탑의 성능 저하는 세정수에 포착된 분진 및 악취물질이 고형물로 변화되어 충전층을 폐색시켜 기액전달을 방해하여 성능을 저하시킨다. 5) 세정수에 포착된 유기성 악취 물질은 장기간 사용으로 부패나 화학적인 변화에 의해 또 다른 물질로 변화되어 또 다른 악취를 유발할 수 있다.

#### 참고문헌

1. 이영우, “시화.반월공단 소재 대기방지시설의 활성탄과 세정수의 적정한 교체주기 산정 및 관리 운영방안 연구”, 2008년 연구보고서, 시흥녹색환경지원센터
2. 조용준, “반월.시화 산업단지내 가스 세정탑의 설계 및 운전개선방안”, 2013. 9. 26. 한국청정기술학회 추계학술발표회
3. 김덕현, “시화/반월공단내 주요악취배출업체현황조사”, 2011년 연구보고서, 시흥녹색환경지원센터

※ 본 연구과제는 시흥녹색환경지원센터의 2015년 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## 포스터발표

9월 17일(목) 16:30~18:00  
부산 벅스코 제2전시관 3층 복도

## PA-01 포스터일반

### 페리튬이온전지의 코발트 회수 및 2차전지용 cobalt 화합물 제조

채병만, 김득현, 김동환, 양대훈<sup>1</sup>, 배효석<sup>2</sup>, 정인경<sup>3</sup>, 서재건<sup>3</sup>, 이상우\*  
(주)케이엠씨, <sup>1</sup>(주)지엠텍, <sup>2</sup>(주)지엠코리아, <sup>3</sup>한국산업단지공단 대경권 EIP 경북사업단

### Recovery of Cobalt from lithium ion battery waste and fabrication of cobalt compounds

Byungman Chae, Deukhyeon Kim, Dong Hwan Kim, Dae Hoon Yang<sup>1</sup>, Hyo Seok Bae<sup>2</sup>,  
Ingyung-Jung<sup>3</sup>, Jaegun-Seo<sup>3</sup>, Sangwoo Lee\*  
KMC Co., Ltd., 1GM Tech Co., Ltd., 2GM Korea Co., Ltd., 3Gyeongbuk EIP Development Division

LCO(Lithium Cobalt Oxide), NMC(Nickel Manganese Cobalt Oxide) 이차전지 양극폐기물의 경우, 현재 대부분 국내업체에서 이차전지 폐기물을 수거하여 해외업체로 폐기물을 수출, 해외 업체에서 정제 및 제품화하여 국내 이차전지 생산업체로 다시 수입하는 구조이다. 환경적, 경제적인 측면에서 국내이차전지 제조기업의 요구기준에 부합되는 이차전지 폐기물 재활용기술의 구축이 필요하다. 물리적선별을 거친 LCO, NMC 폐기물을 침출, 정제공정을 통해 이차전지 급 황산코발트용액을 제조하였고, 산화코발트 화합물제조기술을 구축하였다. 이차전지 폐기물(LCO, NMC)로부터 황산침출, 1, 2차 정제 과정을 통해 황산코발트 용액을 제조하였다. 1차정제는 수산화물형성을 통해 고액분리로서 철, 구리, 알루미늄을 정제하였고, 2차 정제에서는 용매추출법을 통해 코발트를 선택적으로 분리하여 정제 하였다. 제조된 황산코발트 용액을 사용하여 황산코발트 결정, 수산화코발트, 탄산코발트를 제조하였고, 최종적으로 이차전지급 산화코발트를 제조하였다. 정제 과정에서 불순물 원소를 정제 하여 Mg <5, Fe <1, Ni <5, Cu <1, Al <1 (ppm)의 황산코발트 용액을 제조하였다. 이 때, 코발트의 회수율은 약 98%이상으로 계산되었고, 탄산코발트, 수산화코발트를 통해 제조한 산화코발트는 순도 73.5% 이상이며, 입도는 약 3, 6  $\mu\text{m}$  로 측정되었다. 수입 의존성이 큰 국내 원재료 제조 분야에서 재활용 기술의 구축을 통해 최근 대두되고 있는 환경문제의 발생을 줄이고 동시에 수요기업의 기준에 부합되는 원재료를 공급 할 수 있다.

#### 참고문헌

1. Jingu Kang, Gamini Senanayakec, Jeongsoo Sohnb, Shun Myung Shinb., "Recovery of cobalt sulfate from spent lithium ion batteries by reductive leaching and solvent extraction with Cyanex 272", Hydrometallurgy, 100(3-4), 168-171 (2010).

#### 사사

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업단지공단의 생태산업단지구축사업(EIP)의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## PA-02 포스터일반

### 페리튬이온전지의 Nickel 회수 및 Ni 나노분말 제조

황성옥, 채병만, 김득현, 박기상, 고아라, 이상우\*  
(주)케이엠씨

### Recovery of Nickel from lithium ion battery waste and fabrication of Nickel nano powder

Sung-Ok Hwang, Byungman Chae, Deukhyeon Kim, Ki Sang Park, A Ra Go, Sangwoo Lee\*  
KMC Co., Ltd.

현재 이차전지 양극물질 폐기물은 유가금속이 다량 함유되어있어 폐기하지 않고 물리적, 화학적 처리방법을 통해 재활용 하는 추세이다. 이차전지 양극물질 폐기물로부터 코발트를 정제하는 과정에서도 폐기물이 발생하게 되는데, 리튬과 니켈원소가 다량 함유되어있다. 또한 코발트를 소량 포함함 이차전지 폐기물 역시 니켈이 다량 포함되어있어 니켈의 회수와 그 수요기준에 맞는 제품 제조 기술이 필요하다. 물리적선별을 거친 LNO, NMC 폐기물을 침출, 정제공정을 통해 황산니켈용액을 제조하였고, 이어서 액상환원 공정을 통해 니켈 나노분말을 제조하였다. 이차전지 폐기물(LNO, NMC)로부터 황산침출, 정제 과정을 통해 황산코발트용액 제조과정에서 발생하는 폐기물로부터 수산화니켈제조, 수세 및 여과를 통해 분리한 후, 황산에 재용해하여 황산니켈 용액을 제조하였다. 제조한 황산니켈로부터 액상환원공정을 통해 니켈 나노 분말을 제조하였다. 정제 과정을 통해 주요 불순물 농도가 약 500ppm인 고순도의 황산니켈 용액을 제조하였고, 액상환원공정을 통해 약 250nm의 니켈 분말을 제조할 수 있었다. 니켈 나노분말은 자성유체, 촉매, 소결조제 등의 다양한 분야에 사용이 가능하다.

#### 참고문헌

1. Md. Al Hossaini Shuva, ASW Kurny, "Hydrometallurgical Recovery of Value Metals from Spent Lithium Ion Batteries", *Am. J. Mater. Eng. Tech.*, 1(1), 8-12 (2013).

#### 사사

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 산업기술혁신사업의 일환으로 수행되었습니다. (No.10050964)



## PA-03 포스터일반

### 하수에 함유되어 있는 나노 ZnO의 제거기술 개발 및 독성평가

김현상<sup>1</sup>, 김영훈<sup>2</sup>, 김영희<sup>3</sup>, 이상구<sup>1</sup>  
유니엔스(주)<sup>1</sup>, 광운대학교 화학공학과<sup>2</sup>, 호서대학교 벤처대학원<sup>3</sup>

### Development of removal technology of ZnO nanoparticles in sewage and its ecological toxicity

Hyun-Sang Kim<sup>1\*</sup>, Young-Hun Kim<sup>2</sup>, Young-Hee Kim<sup>3</sup>, Sang-Ku Lee<sup>1</sup>  
Uniens Co.,Ltd<sup>1</sup>, Department of chemical engineering in Kwangwoon University<sup>2</sup>,  
Hoseo Venture school in Hoseo University<sup>3</sup>

최근 나노물질의 독특한 기능성이 부각되면서 전세계적으로 나노물질의 사용량은 매우 급증하고 있다. Woodrow Wilson Center PEN CPI의 2011년 보고에 따르면 2005년~2010년까지 나노물질 사용량의 연평균 증가율은 468%에 달할 정도이다. 그러나, 이러한 나노물질이 어떠한 유해성을 갖는지에 대한 연구는 이제 시작단계이다. 이러한 나노물질 중에 많이 사용되고 있는 종류중에 하나가 ZnO이다. ZnO는 자외선 차단효과가 있어 썬크림과 같은 화장품의 원료로 많이 사용되고 있고, 다양한 공업적 용도로 사용되고 있는데 특히 타이어의 내마모제로 타이어제조시 카본과 혼합하여 사용되고 있다. 화장품에 사용된 ZnO는 소비자가 사용후 세안시에 바로 하수처리장으로 유출되며, 타이어에 사용된 ZnO도 타이어 마모시에 카본과 함께 대기중으로 배출되고 지면에 내려앉게 된다. 이후 비가 오면 빗물과 함께 하천으로 유입된다. 따라서 수계상에서 이러한 나노 ZnO의 유해성평가와 함께 이를 무해화하는 기술개발이 필요하다. 본 연구에서는 물고기를 이용하여 수계상의 ZnO의 유해성 평가 실험을 수행하였고, 유해성을 저감하기 위해 침전법을 이용하여 수계상의 ZnO를 제거하는 실험을 수행하였다. 나노 ZnO가 수계상에서 어떠한 유해성을 갖는지를 알아보기 위해 송사리를 이용한 생태독성실험 결과, ZnO 5mg/L에서 기형이 발생하였고, 10mg/L에서는 성장지연 영향을 보였다. 이를 제거하기 위해 Na<sub>2</sub>S, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>를 이용하여 ZnO를 침전시킨 결과, 두 방법 모두 제거율은 99% 이상으로 거의 모든 Zn이 수계상에서 침전되어 제거되었다. 침전물은 ZnS 혹은 Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>였고, ZnS는 Zn과 S가 거의 1:1로 반응하여 침전한 것과 달리 Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>는 Zn보다 과량의 PO<sub>4</sub>가 반응하여 Zn의 표면을 코팅하거나, Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O의 HOPEITE로 존재하는 것으로 판단된다. 합성한 ZnS와 Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>의 물벼룩독성 실험에서는 독성이 발견되지 않아 ZnO에 비해 독성이 저감된 것을 확인할 수 있었다.

#### <사사>

본 연구는 환경부의 환경산업선진화기술개발사업(2014000140002)에 의해 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

#### 참고문헌

Woodrow Wilson Center PEN CPI (September, 2011)

Mei Li, Lizhong Zhu and Daohui Lin, "Toxicity of ZnO nanoparticles to E. coli: mechanism and the influence of medium components", Environ. Sci. Technol., 45(5), 1977-1983, (2011).

Rui Ma, Clement Levard, Jonathan D. Judy, Jason M. Unrine, Mark Durenkamp, Ben Martin, Bruce Jefferson and Gregory V. Lowry, "Fate of zinc oxide and silver nanoparticles in a pilot wastewater treatment plant and in processed biosolids", Environ. Sci. Technol., 48(2), 104-112, (2014).

Rui Ma, Clement Levard, F. Marc Michel, Gordon E. Brown, Jr., and Gregory V. Lowry, "Sulfidation Mechanism for Zinc Oxide Nanoparticles and the Effect of Sulfidation on Their Solubility", Environ. Sci. Tech., 47(6), 2527~2534, (2013)

## PA-04 포스터일반

# 연속식 기포 유동층 열분해 장치에서 저등급 석탄의 열분해를 통해 생성된 char 및 tar의 물리적 특성 분석

박재현<sup>1\*</sup>, 선도원<sup>1</sup>, 배달희<sup>1</sup>, 진경태<sup>1</sup>, 주지봉<sup>1</sup>, 문종호<sup>1</sup>, 이승용<sup>1</sup>, 정두환<sup>1</sup>, 신종선<sup>1</sup>, 박재혁<sup>2</sup>  
한국에너지기술연구원<sup>1</sup>, 연세대학교<sup>2</sup>

## Characteristics of Char and Tar through Pyrolysis of Low Rank Coal in a Continuous Bubbling Fluidized-bed Pyrolyzer

Jaehyeon Park<sup>1\*</sup>, Dowon Shun<sup>1</sup>, Dal-Hee Bae<sup>1</sup>, Gyoung Tae Jin<sup>1</sup>, Ji-Bong Ju<sup>1</sup>, Jong-Ho Moon<sup>1</sup>,  
Seung-Yong Lee<sup>1</sup>, Doo-Hwan Jung<sup>1</sup>, Jong-Seon Shin<sup>1</sup>, Jae Hyeok Park<sup>2</sup>  
Korea Institute of Energy Research<sup>1</sup>, Yonsei University<sup>2</sup>

최근 유연탄과 같은 고등급 석탄의 가격 증가 및 수급 불안정으로 인해 화력 발전소에서는 저등급 석탄을 혼소하여 사용하고 있다. 저등급 석탄의 경우 과량의 수분함량(30 ~ 50wt.%)으로 인하여 고등급 석탄에 비하여 낮은 발열량을 가지고 있다. 따라서 발전소의 발전 효율이 감소되며 이전과 동일한 발전량을 얻기 위해서는 더 많은 양의 저등급 석탄을 사용해야 하는 단점이 있다. 현재 저등급 석탄과 관련하여 석탄 건조, 열분해, 가스화 등의 많은 연구가 진행 중에 있다. 그 중 열분해 공정을 통해 열분해 가스, tar, char 등을 생산하고 있다. 본 연구에서는 약 30%의 수분을 갖는 저등급 석탄을 약 5%로 건조한 후에 무산소 분위기에서 연속식 기포 유동층 열분해 장치를 이용하여 열분해를 수행하였다. 열분해 온도는 Tar의 생산량을 높이기 위하여 600°C로 결정하였으며, 기체와 고체의 혼합이 우수한 기포유동층 상태에서 열분해를 진행하였다. 열분해 반응에서 발생하는 가스는 IR gas analyzer를 통하여 실시간으로 확인하였으며, 저등급 석탄의 열분해 반응을 통하여 생성된 tar를 응축기로부터 회수하여 물리적 특성을 확인하였다. 또한 열분해 반응 후 남은 char 역시 회수하여 공업, 원소, 발열량 분석을 통해 변화된 물리적 특성을 확인하였다. 열분해 반응을 통해 생성된 tar는 고부가가치 탄소재료 (binder pitches, carbon nano fibers)의 원료로 이용이 가능하다.

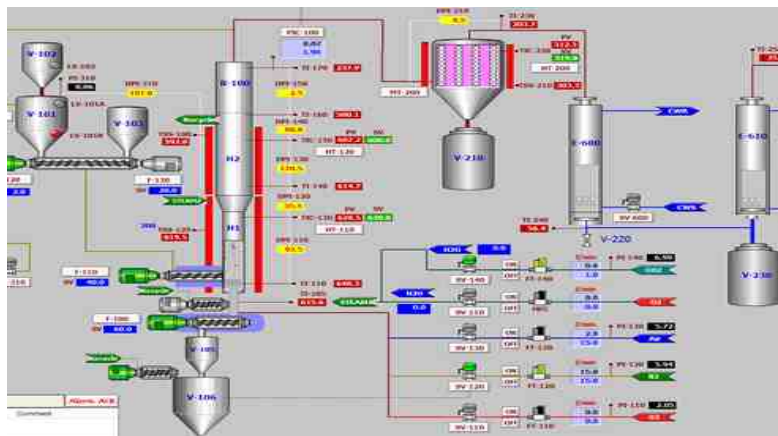


Figure 1. Schematic diagram of the experimental set-up.

## PA-05 포스터일반

# 인듐-주석 산화물 (ITO) 나노분말 잉크를 이용하여 제작된 인듐-갈륨-아연 산화물 (IGZO) 박막 트랜지스터 (TFTs) 의 특성 평가

김채원<sup>1,3</sup>, 김영훈<sup>2</sup>, 이미정<sup>3</sup>, 이재용<sup>4</sup>, 홍성제<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>전자부품연구원, <sup>2</sup>성균관대학교, <sup>3</sup>국민대학교, <sup>4</sup>(주) 한청 RF

## Characterization of Indium Gallium Zinc Oxide (IGZO) Thin-Film Transistors (TFTs) Fabricated with Indium Tin Oxide (ITO) Nanoparticles Ink

Chaewon Kim<sup>1,3</sup>, Yong-Hoon Kim<sup>2</sup>, Mijung Lee<sup>3</sup>, Jae-Yong Lee<sup>4</sup>, Sung-jei Hong<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Korea Electronics Technology Institute, <sup>2</sup>Sungkyunkwan University, <sup>3</sup>Kookmin University, <sup>4</sup>Han Cheong RF Co. Ltd.

인듐-갈륨-아연 산화물 (IGZO) 박막 트랜지스터 (TFTs) 는 3 eV 이상의 band gap으로 투명한 특성을 나타낼 수 있고, 용액 공정의 적합성, 높은 전기 이동도, 저가의 공정 비용, 그리고 대면적 코팅이 가능하다는 점에서 많은 연구들이 진행 되어 왔고, 이미 IGZO를 이용한 디스플레이 제품들이 상용화되어 있다. 또한, 최근 연구에서는 IGZO의 소성 온도가 점점 낮아지고 있기 때문에 투명 유연 소자에 적용 가능한 물질로 각광을 받고 있다. 이러한 투명 유연소자의 구현을 위해서는 투명 전극이 필요하다. 최근까지 가장 많이 사용되고 있는 투명 전도성 물질은 인듐-주석 산화물 (ITO) 로, 그 중 인듐은 물질의 희소 물질로서 가격 상승의 요인이 된다. 본 연구에서는 이러한 가격 상승을 최소화하기 위한 일환으로 공정중 불용 ITO 타겟으로부터 ITO를 재활용하여 ITO 나노분말 잉크를 제조하였고, ITO 잉크와 은 나노선(Ag NWs)를 source와 drain에 적용하여 IGZO TFTs를 제작하였다. 그 결과 본 연구에서 제작된 IGZO TFTs는 이전에 보고된 Ag NWs만을 source와 drain으로 이용하여 제작된 IGZO TFTs의 결과보다 향상된 성능을 확인하였다.

### 감사의 글

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

### 참고문헌

1. Kim, Y. H., Kim, T. H., Lee, Y. J., Kim, J. W., Kim, J. H., and Park, S. K., "Contact-Enhanced Transparent Silver Nanowire Network for All Solution-Based Top-Contact Metal-Oxide Thin-Film Transistors," Journal of Nanoscience and Nanotechnology., 14(11), 8158-8162 (2014).

## 환기시스템용 산소 분리농축 시스템의 운전특성 및 실내 공기질 개선에 미치는 영향

장정희<sup>1</sup>, 한기보<sup>1</sup>, 최창식<sup>1\*</sup>, 이주열<sup>2</sup>

<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>(주)애니텍

본 연구에서는 환기시스템에 적용된 PSA(pressure swing adsorption) 기반 산소 분리농축 시스템의 운전조건 변화에 운전 특성 및 실내공기질 변화를 조사하였다. 이를 위하여 600 CMH 규모의 환기용량이 필요한 실내공간을 선정하여 산소분리농축 시스템을 구축하여 산소를 공급하였다. 구축된 산소분리농축 시스템은 실외 대기 중 공기로부터 산소를 분리하여 95%이상의 농도로 농축시켜, 최대 1 ~ 30 L/min의 유량으로 실내에 공급이 가능하도록 설계되었다. 산소를 공급하기에 앞서 실내에 필요한 산소량을 확인하기 위하여 재실인원에 따른 산소, 이산화탄소 농도 등의 실내 공기질 변화를 조사하였다. 이 때 얻어진 결과를 바탕으로 실내로 공급될 산소의 유량 및 농도에 대한 조건을 선정하였으며, 이를 바탕으로 산소분리농축 시스템의 운전특성을 확인하기 위하여 다양한 운전조건에 따른 실내공기질 변화가 조사되었다. 그 결과, 재실자의 증가에 따른 실내 공기질이 저하되는 것이 산소 및 이산화탄소 농도변화에 의해 관찰되었으며, 실외에 위치한 산소분리농축시스템으로부터 공급되는 산소의 유량 및 농도에 따라 실내 공기질 개선효과를 확인하였다.

## PA-07 포스터일반

### 메탄올 및 CO, O<sub>2</sub>를 이용한 DMC&DMM 합성 연구

윤지인, 우제민, 문종호<sup>†</sup>

한국에너지기술연구원, 저탄소공정연구실

DMC(Dimethyl carbonate)는 고부가가치의 무독성의 환경친화적 물질로 차세대 유기용매, 가솔린 첨가제, 위약 및 농약의 중간체, 정밀 화학 연료 등 그 수요량이 급격히 증가하고 있으며, DMM(Dimethyl methane)은 화장품용 에어로졸, 세정제, 연료첨가제, 접착제 등으로 생활에 밀접한 제품을 생산하는데 많이 쓰이고 있다. 이 두 물질은 메탄올과 CO, O<sub>2</sub>로부터 촉매 반응에 의하여 합성되며 적절한 촉매의 선정과 반응 조건 설계가 중요하다. 본 연구에서는 DMC를 합성하기 위하여 Ceria 촉매를 선정하고 합성하였다. 산화카르보닐레이션에 적합한 촉매의 조건을 찾기 위하여 합성 후 소성 온도(400 ~ 700 °C)에 따른 촉매의 활성을 살펴보았다. 또한 금속 Cu(I)를 함량별(10~40wt%)로 담지하여 DMC 합성 최적의 Cu(I) 함량에 대하여 연구하였다. 제조된 촉매는 batch reactor를 이용하여 130 °C, 30 bar의 조건에서 메탄올과 반응 가스(CO, O<sub>2</sub>)를 MFC로 조절하여 2:1의 몰비로 주입 뒤 반응하였다. DMM을 합성하기 위하여 alumina ball에 Zr(IV) 및 Fe와 Cu(I)를 함침한 두 가지 촉매를 함침법으로 제조하였다. 연속된 두 개의 고정층 연속 반응기를 사용하였으며 첫 번째 반응기는 300°C, 두 번째 반응기는 130°C를 유지하였으며, 두 반응기 모두 5 bar의 조건에서 운전하였다. 제조된 촉매는 XRD, NH<sub>3</sub>-TPD, H<sub>2</sub>-TPR 등으로 촉매 특성 분석을 하였으며, 제조된 촉매를 이용하여 실험을 한 결과, DMC는 14.5%의 전환율과 88.8%의 높은 선택도를 얻었고, DMM은 92.8%의 전환율과 100%의 선택도를 얻을 수 있었다.

## 활성탄 VOC 흡착 거동

박지영<sup>1</sup>, 양우영<sup>2</sup>, 김유미<sup>2</sup>, 류희욱<sup>2</sup>, 길인섭<sup>3</sup>, 이태호<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>(주)지천이앤이, <sup>2</sup>승실대학교 화학공학과, <sup>3</sup>시흥녹색환경지원센터, <sup>4</sup>한양대학교 산업과학연구소

### Behavior of VOC adsorption on the activated carbon

Ji Young Park<sup>1</sup>, Woo Young Yang<sup>2</sup>, Yoo Mi Kim<sup>2</sup>, Hee Wook Ryu<sup>2</sup>, In Sub Kil<sup>3</sup>, Tae Ho Lee<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>JC E&E, <sup>2</sup>Soongsil University, <sup>3</sup>SHGEC, <sup>4</sup>Hanyang University

산업발달에 의해 더욱 다양한 유래화학물질들이 산업생산시설로부터 대기, 수질로 방출되고 있다. 특히 대기문제에 있어서 그 민감성때문에 악취 또는휘발성유기화합물(VOC)을 저감하는 것은 국내 여러 산업단지가 가지고 있는 공통적인 환경문제이다. 이에 대응하고자 흡수법, 흡착법, 연소법 등 다양한 기술들이 개발/진보되어 왔다. 이들 기술중 활성탄 등의 흡착제에 의한 제거방법은 가장 일반적이고 간편하여 흡수법과 더불어 널리 이용되어 왔고 많은 사업장에서 활성탄흡착탑에 의한 악취 또는 VOC 저감을 진행 중이다. 그럼에도 불구하고, 이 방법은 포화된 활성탄의 교체를 포함한 유지관리 비용 때문에 제때 교체를 해주지못해서 실제 현장에서 원활하게 제거성능을 보장하지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 활성탄의 재생사용에 중점을 두고 활성탄을 재생하여 사용함으로써 상기 기술한 활성탄흡착탑의 높은 교체비용을 삭감을 통한 유지관리 편의성을 제고하고자 다양한 활성탄의 흡착 거동을 등온흡착을 통해 알아보았다. 먼저, 카트리지에 사용할 시중에서 판매중인 세가지 활성탄의 흡착특성을 알아보고 이를 다른 온도, 탈착 조건에서 탈착하여 재생사용이 가능한지 알아보았다. 그 다음 이를 통해 가장 최적으로 판명된 활성탄을 사용하여 활성탄에서의 온도별, 농도별 흡착특성을 조사하였다. 또한 다양한 흡착제 투여량에 따른 톨루엔 및 이소프로필알코올(IPA) 제거 특성 역시 조사하였다. 흡착된 활성탄의 재생조건 탐색을 위해 톨루엔이 포화 흡착된 활성탄의 재생온도, 재생시간에 따른 재생율을 재흡착량을 측정하여 도출하였으며 이를 기준으로 향후 사용할 활성탄의 선정에 참고하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 중기청 및 시흥녹색환경지원센터의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## PA-09 포스터일반

### 공기, 산소 혼합 조건에 따른 석탄의 분류층 가스화 특성

윤상준, 라호원, 서명원, 윤성민, 오건웅<sup>1</sup>, 이재구\*

한국에너지기술연구원 기후변화연구본부, <sup>1</sup>과학기술연합대학원대학교 신에너지기술

### Gasification of Coal with Air and Oxygen Mixture in an Entrained-Flow Gasifier

Sang Jun Yoon, Ho Won Ra, Myung Won Seo, Sung Min Yoon, Gun Ung Oh<sup>1</sup>, Jae Goo Lee\*

Climate Change Research Division, Korea Institute of Energy Research,

<sup>1</sup>Advanced Energy Technology, Korea University of Science and Technology

가스화란 석탄 등의 연료로부터 열화학적 전환공정을 통하여 수소와 일산화탄소가 주성분인 가연성의 합성가스를 생산하고, 이를 이용하여 열과 전기 등을 생산시킬 수 있는 청정석탄 활용 기술이다. 석탄가스화 기술개발의 경우, 대규모의 석탄가스화복합발전, 석탄액화, 석탄이용 합성천연가스생산 위주로 개발되었으며, 순산소 가스화 기술개발에 주력되어 왔다. 그러나, 순산소 공급을 위한 고비용의 산소분리장치는 시설비 및 운영비 항목에서 큰 부담을 주고 있다. 따라서, 공기와 산소를 혼합하여 사용하는 경우 산소분리 장치의 설치 및 운영 부담을 줄여줄 수 있다. 본 연구에서는 공기와 산소의 혼합 조건에 따른 습식 분류층 가스화기에서의 석탄 가스화 특성 변화 연구를 수행하였다. 가스화 운전은 1000-1220°C의 온도조건, excess air ratio가 0.25-0.65, air/O<sub>2</sub> ratio가 2.17-6.0 범위 조건에서 수행되었다. 가스화 반응 온도가 증가함에 따라 합성가스 내 가연 성분인 H<sub>2</sub>, CO의 함량은 증가하는 경향을 보였으며, 1200°C 이상의 조건에서 각각 16% 정도의 함량을 보였다. 또한, CO<sub>2</sub>는 가스화 온도에 따라 감소하였고, CH<sub>4</sub>는 일반적인 고온의 분류층 가스화 경향처럼 거의 생성되지 않았다. 공기를 이용한 가스화로 인하여 생성된 합성가스 내 질소가 50% 정도를 차지하고 있었다. 가스화 온도 증가에 따라 탄소전환율과 냉가스효율은 증가하는 경향을 보였으며, 1200°C 이상의 온도조건에서 탄소전환율과 냉가스효율은 각각 최대 96%, 61% 이상의 결과 값을 보였다. Excess air ratio가 0.5보다 낮은 순수 공기를 이용한 가스화 운전에서 합성가스 내 H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>의 함량은 증가하는 경향을 보였다. 반면 공기와 산소를 혼합하는 excess air ratio가 0.5보다 높은 운전조건에서는 가스화기 내 산소의 함량이 높아지면서 연소조건이 우세해 지면서 CO<sub>2</sub>는 지속적으로 증가하는 반면 가연성의 H<sub>2</sub>, CO는 감소하는 경향을 보였다. 또한, excess air ratio가 증가함에 따라 CH<sub>4</sub> 함량은 감소하였다. Excess air ratio가 증가함에 따라 탄소전환율은 지속적으로 증가하며 수렴하는 반면, 냉가스효율의 경우 excess air ratio가 0.52 정도에서 61%로 최대값을 보인 후 감소하는 경향을 보였다. 따라서, 최적의 가스화 효율을 얻기 위해서는 excess air ratio가 0.5 부분에서 운전되어야 함을 확인할 수 있었다.

## PA-10 포스터일반

# ITO 잉크의 Over-coating에 의한 Ag NWs 투명 전극의 고온 신뢰성 향상

차승재<sup>1</sup>, 홍성제<sup>1\*</sup>, 이재용<sup>2</sup>

전자부품연구원 디스플레이부품소재연구센터, (주) 한청 RF

## Enhancement of High Temperature Reliability of Ag NWs Transparent Conductive Electrode by Over-coating of ITO Ink

<sup>1</sup> Seung-Jae Cha<sup>1</sup>, Sung-Jei Hong<sup>1\*</sup>, Jae-Yong Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Display Components and Materials Research Center, Korea Electronics Technology Institute, Seongnam, Gyeonggi-do 463-816, Korea

<sup>2</sup> Hanchung RF Co. Ltd., Incheon 405-816, Korea

인듐 주석 산화물 (Indium-Tin-Oxide, ITO)는 매우 높은 광 투과 및 높은 전기 전도도를 동시에 갖는 소재로서 투명전극으로 널리 사용된다. ITO 투명전극은 대부분 스퍼터링(sputtering) 증착으로 제작되어 원가가 매우 높다. 이를 해소하기 위한 ITO 대체 소재로 은 나노와이어(Ag NWs)가 많이 주목받고 있다. 그러나 Ag NWs는 산화 반응이 쉽게 일어나며, 증착 코팅한 ITO보다 내열성이 낮다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 Ag NWs를 보호 코팅하는 구조를 제작하였고, 보호 코팅층으로서 ITO Ink 코팅을 적용하였다. 100 °C에서 25 °C 간격으로 225 °C까지 고온 신뢰성 테스트를 진행한 결과, 초기 19.63 Ω/□ 이었던 Ag NWs/ITO의 2 layer는 225 °C, 1시간의 신뢰성 테스트 후에도 30.62 Ω/□로 상당부분 신뢰성이 유지되었다. 또한, 550 nm에서의 공기 기준의 광투과율은 초기 83.49 %에서 81.91 %로 고온 신뢰성 테스트 후에도 80 % 이상의 투과율을 나타내었다. 반면에 동일한 Ag NWs의 1 layer는 225 °C에서 동일한 신뢰성 테스트에서 Ag NWs가 열적으로 손상되어 저항이 전혀 측정되지 않았다. 따라서, 본 연구를 통해서 적은 비용으로도 제조 가능한 잉크 기반의 ITO 보호 코팅막을 적용함으로써 Ag NWs 투명 전극의 고온 신뢰성을 향상하였다.

### 감사의 글

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

### 참고문헌

1. K.-I. Kim, N.-R. Lee, S.-S. Lee, Y.-S. Lee, and T.-W. Hong, "Evaluations of life Cycle Assessment on indium-Tin-Oxide Electrochemical Recycling Process", *Clean Tech.*, **19**(4), 388-392 (2013).



## PA-11 포스터일반

### 기상 증착 방법을 이용한 세라믹 코팅 금속소재의 부식 특성

황상연, 이지은, 정석우\*, 김민정, 이동복†  
고등기술연구원\*, †성균관대학교

#### Corrosion Characteristics of Ceramic Coating Metal Material using Vapor Deposition Method

Sang Yeon Hwang, Ji Eun Lee, Seok Woo Chung\*, Min Jung Kim†, Dong Bok Lee†  
Institute for Advanced Engineering\*, †Sungkyunkwan University

석탄가스화 기술은 저급 연료인 석탄을 이용하여 일산화탄소(CO)와 수소(H<sub>2</sub>)가 주성분인 합성가스를 제조하는 기술로서, 석탄을 기존의 직접 연소 등의 방법으로 활용하는 대신에 이러한 가스화 방법을 통하여 고효율이면서도 환경적으로도 청정하게 사용할 수 있다. 그러나 연료 중에 포함된 유황분이 환원성 분위기에서 반응 시 생성되는 H<sub>2</sub>S, COS 등의 황화물 가스가 수백~수천 ppm 정도 포함되어 있어 부식현상이 발생할 수 있으며, 이로 인해 비보호성 스케일 생성, 반응기 두께 감소, 스케일에 의한 금속표면의 과열, 비산재 부착 등과 같은 심각한 문제점을 일으키게 된다. 고온의 SO<sub>2</sub> 가스에 의한 부식의 경우 황화/산화 반응이 동시에 일어나면서 FeS, CrS, Cr<sub>5</sub>S<sub>6</sub>와 같은 황화물과 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>와 같은 산화물이 생성되고, Cr 함량이 증가할수록 금속의 내식성이 증가하여 2층 스케일이 보호적인 단층 스케일로 변환될 수 있으며, 황화수소(H<sub>2</sub>S)에 의한 금속의 고온 부식의 경우에는 훨씬 더 심각한 부식현상을 발생시키는 것으로 알려지고 있다. 또한, IGCC 플랜트의 경우 후단 가스터빈 블레이드의 보호를 위하여 합성가스에 포함된 5 μm 이상 입도의 분진을 10 ppm 이하 수준까지 제거해야 하는데 일반 금속필터를 적용할 경우 합성가스에 포함된 부식성 가스인 H<sub>2</sub>S 등에 의해 금속필터의 수명이 매우 짧아지는 문제점이 있어 세라믹필터를 적용하고 있다. 그러나 세라믹필터는 재료의 특성상 기계적, 열적 충격에 의해 파손될 수 있고 압력 손실이 상대적으로 커서 집진장치의 장시간 안정적 연속운전 측면에서 불확실성이 존재하며, 금속필터는 합성가스에 의한 부식에 의해 수명이 짧다는 단점을 가지고 있다. 따라서 석탄 합성가스 적용 고온/고압 조건에서 금속필터를 적용한 장시간 안정적인 연속운전을 위해서는 높은 기계적 강도를 갖고 열적/화학적 내구성이 강하며 내부식성을 가지는 고온/고압용 내부식성 금속필터의 개발이 요구된다. 본 연구에서는 금속소재 시편을 대상으로 기상 증착 방법을 적용하여 세라믹 물질을 시편 표면에 코팅한 후 부식성 가스를 이용한 실험을 통해 부식 특성 시험을 진행하였다.

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KEPTEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No.20143030050070)

#### 참고문헌

1. Lai, G.Y, "High Temperature Corrosion of Engineering Alloys", ASM, Ohil, pp. 231, 1990.
2. Hyun Cho, Kwang Hyun Bang, "Thermal properties of the surface-modified Inconel 617", Journal of the Korean Crystal Growth and Crystal Technology, Vol. 19, No.6, pp. 298-304, 2009.
3. 정석우 등, "상용급 합성가스 제조공정 적용을 위한 내부식성 금속필터 국산화 기술 개발" 대한기계학회 춘계학술대회, 2015.
4. 김민정 등, "물리기상 증착법을 이용한 SUS 316L 내부식성 향상 연구", 대한금속재료학회 춘계학술대회, 2015.

## PA-12 포스터일반

### 니켈이 석탄 지지체에 분산된 촉매를 활용한 DME 수증기 개질

김수현, 전동혁, 최호경, 김상도, 임정환, 임영준, 이시훈, 유지호\*

청정연료연구실, 한국에너지기술연구원

### Steam Reforming of Dimethyl Ether Using Coal-supported Nickel Catalyst

Soohyun Kim, Donghyuk Chun, Hokyung Choi, Sangdo Kim, Jeonghwan Lim, Youngjoon Rhim, Sihyun Lee, Jiho Yoo\*

Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research

DME ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ )는 물리적 성질이 LPG와 유사하고 높은 H/C 비율로 연소 시 매연이 발생하지 않으며 저장과 수송이 편한 이상적인 연료로 현재 DME 수증기 개질에 의한 수소 생산이 활발히 연구 중에 있다. DME 수증기 개질은 주로  $\text{Cu}/\text{Al}_2\text{O}_3$  촉매가 이용되고 있으며 2단계 반응으로 1단계에서  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , zeolite 등의 acidic 촉매 반응으로 DME가 Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )로 가수분해 되고 2단계에서 Cu, Pd 등의 금속 촉매 개질반응으로 Methanol이 syngas로 전환된다. 본 연구에서는 석탄의 이온교환 특성을 활용하여 nickel 금속이온을 저등급석탄 지지체에 분산시켜 촉매를 제조하였다. 이때 10 nm 이하의 nickel 입자들이 17 wt% (Ni metal basis) 지지체에 고르게 분산되었음을 TEM과 ICP 분석을 통해 확인하였으며 이를 DME 수증기 개질에 적용하여 온도, 금속 함량, S/C ratio (steam to carbon ratio), GHSV (gas hourly space velocity) 실험을 통해 최적 조건을 찾았다. DME 개질은 S/C ratio, 온도, Ni 함량이 증가할수록 민감하게 증가하고 GHSV가 증가할수록 감소하였다. 석탄 지지체 촉매는 상용촉매 대비,  $\text{H}_2$  yield, sulfur poisoning, coking resistance, long-term stability 평가에서 유사하거나 우수한 성능을 나타냈다. 또한 반응 전 별도의 환원과정 없이 사용할 수 있음을 확인하였다.

## PA-13 포스터일반

(발표 취소)

## PA-14 포스터일반

# 다양한 기질 및 지지체를 활용한 Mn 기반 고체산 촉매에 대한 성형에 관한 연구

한기보<sup>1,\*</sup>, 장정희<sup>1</sup>, 최희영<sup>1</sup>, 한정식<sup>2</sup>, 정병훈<sup>2</sup>

<sup>1</sup>고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부/센터 청정에너지팀

<sup>2</sup>국방과학연구소

## A Study of Molding of Mn-Based Solid-Acid Catalysts Using the Various Supports and Substrates

Gi Bo Han<sup>1,\*</sup>, Jung Hee Jang<sup>1</sup>, Heeyoung Choi<sup>1</sup>, Jung Sik Han<sup>2</sup>, Byoung Hoon Jung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Clean Energy Team, Plant Engineering Division/Center, Institute for Advanced Engineering

<sup>2</sup>Agency for Defense Development

본 연구에서는 Mn 성분 기반으로 다양한 성분 및 조성으로 다양한 제법에 의해 제조된 고체산 촉매들에 대하여 지지체 및 기질의 종류를 달리하여 수행된 성형과정에서 필요한 조성을 최적화하는 연구를 수행하였다. 지지체는  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  및  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 가 사용되었으며, 기질로는 허니컴, 메탈폼 등이 사용되었다. 기질 없이 수행된 성형과정에서는 그래놀화 기법이 도입되었으며, 기질이 사용된 경우에는 딥코팅 방식이 도입되었다. 추가로 성형과정에서의 안정성을 더하기 위하여 무기 및 유기 결합제가 사용되었다. 이러한 기질 사용 유무, 그리고 지지체 및 기질의 종류에 따라 성형 후 형상화된 촉매의 기계적/열적 안정성이 달라짐을 확인할 수 있었으며, 더불어 추가로 사용된 유기 및 무기 결합제의 사용여부 및 도입된 함량에 따라 성형 후 그래놀 및 딥코팅된 형상화에 대한 안정성이 달라졌다.

## PA-15 포스터일반

### NO 산화공정에 적용 가능한 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 촉매분해공정에 대한 스케일-업에 관한 연구

한기보, 장정희, 최희영  
고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부/센터 청정에너지팀

### A Study on Scale-Up of Catalytic H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Decomposition Process for NO Oxidation Process

Gi Bo Han, Jung Hee Jang, Heeyoung Choi  
Clean Energy Team, Plant Engineering Division/Center, Institute for Advanced Engineering

본 연구에서는 배가스 내 처리가 비교적 어려운 NO에 대하여 상대적으로 처리하기 쉬운 NO<sub>2</sub>로 전환하기 위한 산화공정을 도입하고자 하였으며, 이 때 산화공정 상에서 적용 가능한 산화제 제조를 위한 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 촉매분해공정의 스케일-업에 관한 연구가 수행되었다. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>는 공업용으로 생산되는 38-42%의 농도에 해당하는 제품이 사용되었으며, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 분해공정에 사용된 촉매는 F<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 지지체에 함침 또는 침전법으로 Mn 기반 성분이 활성물질로 구성되도록 제조된 후 성형되었다. 이전 연구결과인 실험실 규모에서 얻어진 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 촉매분해반응특성과 연이은 NO 산화반응 특성을 토대로 시스템 스케일-업에 필요한 설계인자들이 도출되었으며, 이를 바탕으로 처리 용량을 확대하기 위한 스케일-업 설계가 수행되었다. 이러한 스케일-업 과정 후 구축된 시스템을 운전하는 데 있어 운전조건 최적화와 더불어 NO 처리 효율을 극대화하기 위하여 수행된 시스템 수정/보완 내용을 정리하여 차후 수행할 실제 현장 적용성을 확보하고자 하였다.

## PA-16 포스터일반

### 석탄 지지체로의 전이금속 분산을 통한 촉매 제조 연구

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

### Preparation of Transition Metal Catalysts Dispersed on Coal Support

Jiho Yoo\*, Soohyun Kim, Sangdo Kim, Hokyung Choi, Donghyuk Chun, Youngjoon Rhim,  
Jeonghwan Lim, Sihyun Lee  
Clean fuel Lab., Korea Institute of Energy Research

석탄은 구조 내 carboxyl group의 이온교환에 의해 metal complex를 형성할 수 있다. 본 연구에서는 촉매적 활성을 보이는 다양한 금속들을 이온교환을 통해 석탄에 분산하였다. 특히 탄화수소 steam reforming 촉매 제조를 위해 nickel의 분산을 주로 시도하였다. 석탄 지지체는 기존 alumina 대비 여러 장점을 갖는다. 석탄의 aromatic 성분은 탄화수소의 촉매 접촉 시간을 늘려 활성의 증가를 나타낼 수 있으며, coke의 선택적 흡착에 의해 coking에 의한 비활성화를 줄일 수 있다. 석탄은 담지된 금속에 대해 환원제로 작용하여 반응 전 촉매의 pre-reduction이 필요 없고 사용 후 촉매에서 유가 금속의 회수가 용이하다. 또한 경제성이 뛰어나며 석탄 성분의 다양성에 의해 촉매 품질의 tailoring이 가능하다. Nickel은 저등급석탄으로 분산 시 담지량과 금속 precursor 종류에 무관하게 10 nm 이하 크기로 고르게 분산되고, 석탄의 acid 처리에 의해 nickel 담지량을 증가시킬 수 있음을 확인하였다. 이때 상용촉매보다 우수한 활성과 지속성을 나타냈다. 하지만 고등급석탄을 지지체로 사용 시 담지량 및 분산 품질이 저하되었다. Copper, iron, chromium, zinc 등은 석탄 지지체로의 분산 시 통상의 조건에서는 입자가 상대적으로 큰 상태로 담지되었다. 향후 최적화 분산 조건을 찾는 연구가 필요하다.

## PA-17 포스터일반

### 에너지 저감형 자동화 시스템을 이용한 Water Deflector 개발 연구

이봉재\*, 정지현1, 최수현, 유채정, 강난희, 신진모  
(주) 청하

지구 온난화의 영향으로 환경의 파괴 및 개발의 집중 고도화로 인한 자원의 고갈이 세계적인 이슈로 부각되고 있다. 이에 따라 각기 각국의 관심이 기존의 개발 선도의 개념을 벗어나 친환경, Energy saving, 환경비파괴, 자원의 순환, 재활용과 관련한 환경 친화적인 개념으로 변화의 바람이 조성되고 있다. 이러한 개념의 유입으로 유럽 및 미국, 선진국에서는 환경 문제의 심각성이 대두되고 있으며, 환경 규제라는 새로운 법안이 생겨남에 따라 개발도상국, 제3의 국가의 수출에 대한 규제가 크게 부각되고 있다. 이러한 환경 규제와 국가차원에서의 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 현재 국내외 기업의 관심 또한 친환경, Energy saving, 환경비파괴, 자원의 순환, 재활용과 신소재, 신제품 개념의 복합적인 Hybrid 개발에 박차를 가하고 있다. 본 연구는 에너지 저감 및 자동화 공정을 통해 최소의 운영자금으로 가격경쟁력을 지니고, 기존 설비 개선을 통한 에너지 사용량을 50%이상으로 절감함로서 에너지 저감효과를 실현하고 있다. 그러나 현 수송기계 시장의 내외장재 소재회사와 제조회사의 경우 중소기업 기반의 양산위주의 system의 현실로 인한 투자비의 애로사항이 있으며, 제조 단가위주로 형성된 중소기업의 매출 특성상 공정 자동화 및 설비 투자비 제한적인 측면, 대기업의 원 소재업체와 수요기업의 제조단가의 타이트한 경영으로 인한 판매단가의 이유로 우위를 선점할 수 없는 현실이다. 또한 가공 기술 및 소재 원천기술이 대기업 위주로 편중되어 중소기업에서 지식재산권 확보가 어려운 실정이며 이로 인해 기업 간 기술적, 산업점유율의 격차가 더욱 커진 것으로 예상되어 진다. 이러한 필요성에 의해 친환경적 수송기계 내외장재 소재개발과 더불어 에너지 저감형 연속 Dry system 및 지능형 자동화 공정을 적용하여 친환경 고기능 내외장재 개발을 통해 중소기업의 자생력확보를 위한 다수의 특허 및 기술개발로 친환경 원천기술을 보유하여 대기업과의 기술격차를 줄이고 글로벌 경쟁력을 확보하는 것이다.

## PA-18 포스터일반

(발표 취소)



## PA-19 포스터일반

### 섬유염색공정 열가공장치에서 발생하는 배기가스의 폐자원(폐열, 폐오일) 회수 및 재활용에 관한 연구

류승한, 신동훈, 박준형, 오영정<sup>1</sup>, 오정수<sup>1</sup>, 오태진<sup>1</sup>  
다이텍연구원, <sup>1</sup>GS시스템

### A study on waste resource(waste heat, waste oil) recovery and reusing from thermal processing equipment generated exhaust gas in textile dyeing process

Seung Han Ryu, Dong Hoon Shin, Jun Hyung Park, Young Jeong Oh<sup>1</sup>, Jeong Soo Oh<sup>1</sup>, Tae Jin Oh<sup>1</sup>  
DYETEC, <sup>1</sup>G.S.System

섬유염색산업은 유기오염물질을 다량 함유한 배기가스로 인한 대기환경오염문제가 지속적으로 대두되고 있으며 사회적 문제와 산업공단 인근 주민들의 보건환경을 위협하고 있다. 지난 3월 보도된 환경부의 “○염색공단 주변지역 주민건강영향조사 결과”에 따르면 산업단지에서 배출되는 대기오염물질이 주변지역 환경과 주민의 인체노출에 영향을 미치고 있고, 호흡기계 증상 경험 및 유병율이 높은 경향이 있는 것으로 파악되어 대기 배출원에 대한 관리강화 등 대책 마련이 필요한 것으로 나타났다. 섬유염색산업의 대표적인 대기오염물질 유발시설로는 염색 후 가공공정 중에 하나인 텐터공정(열처리 가공공정)으로 염색한 섬유원단을 단순 건조시키는 건조기(Dryer)와는 구별되며, 섬유유연제 및 광택제 등의 각종 섬유조제(기능성 약품)가 투입되고, 섬유의 세탁 시 발생하는 수축 및 이완까지 고려하여 작업이 진행되는 열처리 가공공정이다. 텐터공정은 보통 150~220°C 범위에서 열처리공정을 진행하며 고온의 열에 의해 섬유에 포함된 방직유(직물무게의 약 4~8%), 섬유유연제, 체인오일 등이 기화되어 유증기(Oil mist) 형태로 배기가스에 포함되어 배출된다. 그리고 텐터공정은 열매체보일로 또는 직화버너를 이용하여 챔버(Chamber) 내부의 온도를 상승시키는데 연료의 사용량이 타 염색가공장치에 비해 많은 유틸리티 비용을 소모하게 되는데, 텐터공정 배기가스(130°C 이상)에서 폐열을 회수하여 공정에 재이용한다면 기업의 경쟁력 확보에 많은 이점이 있으나 배기가스에 포함된 섬유분진 및 유적성분 등으로 인하여 많은 애로가 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 “무필터 유적회수형 폐열회수장치”를 개발하여 배기가스 300m<sup>3</sup>/min 규모의 텐터가공장치에 적용하여, 폐열을 회수하여 공정에 재활용하는 동시에 배기가스에 함유된 섬유분진 및 유적성분을 제거함으로써 에너지 회수 및 오염물질 제거가 가능하였다. 텐터 가공설비 배기가스 열량은 837,000kcal/hr(150°C 기준)였으며, 폐열회수에 의한 온도변화 30°C(입구온도) → 70°C(출구온도)로 40°C가 상승하는 효과를 나타내었으며, 이에 따른 폐열회수 열량은 223,200kcal/hr(26.7% 열에너지 회수)로 확인되었다. 아울러 폐열회수 과정에서 문제점으로 지적되는 섬유분진과 유적성분에 의한 열교환장치 내부의 폐색은 무인 청소가 가능한 Auto Scraper를 이용하여 제거하여 회수함으로써 문제점을 해결하는 동시에 부산물이 폐오일을 확보할 수 있었다.

#### 감사

본 연구는 한국산업단지공단의 생태산업단지구축사업인 “섬유염색공정 열가공장치에서 발생하는 배기가스의 폐자원(폐열, 폐오일) 회수 및 재활용 네트워크 구축사업”의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Pang, S. K., Cho, W. J. and Sohn, J. Y., "Characteristics of VOCs Emission According Interior Finish Materials and Working Phases of New Apartments", Korean J. Air-Cond. Refrig. Eng., 18(6), 486-492 (2006).
2. Bai, C. H., Lim, Y. H., Gulnora, D., Park, J. Y., Kwak, K. M., Chu, E. S., Kim, Y. S. and Kim, J. Y., "A Study on the Characteristics of a Total Heat Exchanger under Various Conditions", Korean J. Air-Cond. Refrig. Eng., 17(10), 891-897 (2005).

## PA-20 포스터일반

### MnO<sub>2</sub>촉매를 이용한 알릴알콜의 선택적 산화반응

김예슬<sup>1</sup>, 장은지<sup>1</sup>, 이철우\*<sup>2</sup>  
한밭대학교 RIC<sup>1</sup>, 한밭대학교<sup>2</sup>

유기합성 분야는 바이오, 의학, 정밀화학 등을 비롯한 산업의 기초 학문으로서 중요한 위치에 있으며 보다 공업적으로는 경제적이고 효율적인 합성 방법이 요구되고 있다. 알데히드는 목표 물질을 합성하기 위한 중간 화합물로 자주 이용된다. 본 연구에서는 알코올의 선택적 산화 반응을 통한 알데히드의 합성에 있어서 반응온도, 반응시간, 촉매의 양, 그리고 용매가 수율 및 선택도에 미치는 영향을 살펴보았다. 촉매의 농도가 증가하거나 반응시간이 길어질수록 전환율이 증가하였고 용매 종류도 반응에 큰 영향을 미침을 확인하였다.

## PA-21 포스터일반

### 산업용 냉각탑 폐 충전제 재활용 네트워크 기술개발

김근영, 최재완, 박광선, 서재건<sup>†</sup>, 정인경\*<sup>†</sup>  
지엠텍(주), <sup>†</sup>한국산업단지공단 대경권EIP 사업단

## Development of Recycling Process of Waste Filler in Industrial Cooling Tower

Keunyoung Kim<sup>1</sup>, Jaiwan Choi<sup>1</sup>, Kwangsun Park<sup>1</sup>, Jaegun Seo<sup>2</sup>, Ingyung Jung\*<sup>2</sup>  
GMTECH Co. Ltd.<sup>1</sup>, Korea Industrial Complex Corp. Dagegyeong Regional EIP Division<sup>2</sup>

최근 대규모로 발생하는 플라스틱 폐기물은 사회적, 환경적 처리비용의 증가를 야기하고 있으며, 아울러 폐플라스틱의 재활용과 재이용을 위한 혁신적인 기술개발에 많은 관심을 집중시키고 있다. 폐플라스틱은 파쇄 하여 부피를 줄이는 것이 재활용의 일차적인 전제조건이 되고 있으며, 수집·수송비의 절감을 위해 수집과 동시에 파쇄 하는 설비 및 기술개발이 핵심이 되고 있다. 이처럼 대용량 플라스틱 폐기물이 발생하는 산업용 냉각탑 필터 교체현장에서 폐필터의 체적과 중량 감량화를 동시 실현하여 운반비 저감뿐만 아니라 폐플라스틱 재활용 원료시장에서 요구하는 수준의 폐 충전제 플레이크 생산을 위한 연속 운전형 파쇄-선별-세척-포장 일체형 파쇄기 개발 및 산업용 냉각탑 충전제 재활용 네트워크 구축을 목표로 한다. 폐필터 파쇄기의 구조해석을 통한 회전 날의 최적 형상을 살펴보면, 파쇄용 커터는 커터 body, 회전 날, 고정날 등 크게 3부분으로 구성되어 있으며, 커터 body에 회전 날이 고정되어 회전할 때 외함에 부착되어 있는 고정날과의 접촉에 의해 대상물이 파쇄 되는 구조로 이루어져 있다. 커터 body에 10개의 회전 날이 볼트로 고정되고 120°위상으로 배치되어 회전축의 회전과 함께 구동되게 되어 있다. 1개의 회전 날에 대하여 축 결합부를 고정하고 회전 날의 측면에 전단력 100kg과 충격하중계수 5를 부여하여 정적 강도해석을 실시한 결과, 회전 날의 고정부에 응력이 집중되는 것으로 나타났으며, 이와 같은 회전 날들을 회전축에 고정시켜 회전구동하면서 폐필터들을 효과적으로 파쇄 할 수 있을 것으로 보여진다. 회전 날의 설계변수로 돌출부 길이와 두께의 변화에 따른 최대응력과 안전율을 3가지 설계안별로 시뮬레이션 기법으로 해석한 결과, 설계안 A에서 제시된 돌출부의 길이가 30 mm이고, 두께가 20mm일 때 최대응력은 26.9 MPa이고 안전율은 9.29이므로 가장 우수한 것으로 나타났다. 본 연구를 통해 양질의 폐필터 플레이크 생산을 위한 연속 운전식 파쇄-세척-입도별 분리 기능을 갖춘 일체형 폐필터 파쇄기 개발 및 이의 실증시험을 성공적으로 수행할 수 있었다.

### 사사

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업단지공단의 생태산업단지구축사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## PA-22 포스터일반

### Oxide Metal 공정의 질산암모늄 폐기물 재활용 네트워크 구축

김인, 서태권, 정인경<sup>†</sup>, 서재건<sup>†</sup>  
(주)성은, <sup>†</sup>한국산업단지공단 대경권EIP 사업단

### Network development of solution fertilizer resource recycling for the waste of ammonium nitrate from the oxide metal manufacturing

In Kim, Taekwon Seo, Jaegun Seo<sup>†</sup>, Ingyung Jung<sup>†</sup>\*  
Sung Eun Co., Korea Industrial Complex Corp. Dagegyeong Regional EIP Division<sup>†</sup>

현재 국내 전기전자 산업 중 Metal Oxide 공정에서 발생하는 질산암모늄 폐기물은 주로 매립 및 중화 처리의 방식으로 처리되고 있는 실정이다. 국내에서도 질산암모늄 폐기물의 재활용을 통하여 비료의 원재료 중 핵심요소 인 질소의 확보가 가능하며, 이를 통한 환경오염문제를 해결함으로써 전지전자산업의 활성화 및 국내 제조 산업의 경쟁력 향상을 꾀할 수 있다. 본 연구는 질산암모늄 재활용을 위한 기술 실증에 바탕을 두고 질산암모늄 폐기물의 용해를 통한 액상화 후 잔류중금속 및 희소금속 제거를 위한 회수공정을 거쳐 이를 통한 질소질 액상비료의 제조에 목적을 두었다. 이를 위해 용해한 질산암모늄 폐기물을 pH 조절을 통한 금속 침출법으로 희소금속의 추출하고 이를 물리적 처리로 Filtering 하여 실험을 수행하였다. 그런 뒤 회수된 희소금속과 정제된 질산암모늄의 비료 제조를 위한 실험 및 정량적인 분석을 수행하였다. 본 연구를 통해 제조된 질산암모늄 용액을 사용함으로써 기존 수입 되어 오던 질소함유 비료 및 고품질의 미생물 영양제의 제조가 가능하게 되었으며 이를 통한 자원순환 네트워크를 구축할 수 있게 되었다. 기존에는 재활용이 되지 않고 전량 폐기처리 되었던 질산암모늄 폐기물을 본 연구를 통해 용해 후 중금속(희소금속)제거를 통해 재활용 후 고품질의 질소질 비료의 재료 및 미생물 영양제의 원재료가 생산 가능하게 되었다. ① pH에 따른 중금속의 제거 효율 평가 : 질산암모늄 폐기물의 용해시 발생하는 pH의 범위는 3.5~12.5사이의 산과 알칼리가 발생되었으며 pH조절을 위해 N을 기본으로 하는 질산과 암모니아수를 이용하여 pH를 6.5~8.5로 조절함으로써 중금속에 대해 99.5%의 제거(추출)효율이 나타났다. ② 물리적 Filtering 처리를 통해 제조된 질산암모늄 용액과 Urea(요소)를 혼합하여 UAN(Urea Ammonium Nitrate Solution) 액상 비료 제조 Process를 개발 하였다. ③ 또한 제조된 질산암모늄 용액을 이용하여 인산을 혼합, 이를 통한 미생물 영양제(BOD: 100, N:5, P:1)를 개발하였다. 이러한 각 용도에 맞는 화학 원료(N,P)를 투입함으로써 액상비료 및 영양제등의 고부가가치 제품으로 제조되었으며 이를 통해 Oxide Metal 제조공정에서 발생하는 질산암모늄의 재활용에 대한 검증을 완료하였다. 현재 본 연구를 통해 진행한 pH 조절을 통한 중금속추출을 이용하여 생성된 금속 Sludge의 판매뿐만 아니라 제조된 질산암모늄 용액의 비료의 수출을 진행하여 환경오염 문제의 해결 및 경제적이윤 창출을 진행중에 있다.

#### 참고 문헌

1. Urea: A low cost Nitrogen Fertilizer with Special management requirements. D.W.James UtahState University cooperative extension 2010 10

#### 사사

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업단지공단의 생태산업단지구축사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## PA-23 포스터일반

### 이중 유동층 반응기를 이용한 저급석탄 가스화 연구

김종수<sup>1</sup>, 양창원<sup>2</sup>, 방병열<sup>1\*</sup>, 류태우<sup>1</sup>, 이은도<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교

### Study on low rank coal gasification using DFBR (Dual Fluidized Bed Reactor)

Jong Su Kim<sup>1</sup>, Chang Won Yang<sup>2</sup>, Byung Ryul Bang<sup>1\*</sup>, Tae U Ryu<sup>1</sup>, Uen Do Lee<sup>1,2</sup>

Korea Institute of Industrial Technology(KITECH), University of Science & Technology(UST)

유동층을 이용한 간접가스화 방식은 중소규모 가스화 시스템에 유리하고 성상이 다양한 저급연료를 스팀을 이용해 가스화 할 경우 발열량이 높은 합성가스를 생산할 수 있어 열병합 발전이나 촉매합성공정과 연계하여 다양한 에너지 생산 공정을 구현할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에 사용된 간접 가스화 시스템은 가스화기와 연소기 두 개의 유동층 반응기로 구성되어 있으며 각각 기포유동층과 고속유동층 반응기로 구성되어 있다. 간접가스화 방식을 이용한 합성가스 생산 연구를 위해 먼저 lab scale 가스화 시스템을 통해 석탄-스팀 가스화 특성을 살펴보고 1톤/일급 pilot scale 시스템을 이용해 가스화 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 연료는 발열량 4,500kcal/kg의 저급석탄 이고, 입도 500 $\mu$ m, 밀도 2242kg/m<sup>3</sup>의 유동사를 사용하였으며, 공급되는 스팀-석탄 비율; SCR(Steam to Coal ratio)과 가스화 온도를 주요 변수로 하여 가스화 시 발생하는 합성가스의 조성을 측정 하였다. Lab scale 반응기는 기포유동층 반응기로 전기히터를 사용하여 가스화에 필요한 열을 공급하였으며 이를 통해 pilot scale 반응기의 운전에 필요한 주요 운전 조건을 도출할 수 있었다. Pilot scale 반응기의 경우 보다 안정된 조건에서의 실험이 필요하지만 예비 실험결과 유사한 SCR 및 가스화 온도 조건에서 lab scale 실험결과와 pilot scale 실험결과가 비슷한 합성가스 조성을 나타냄을 확인 할 수 있었다.

## PA-24 포스터일반

### 천연분말/PP 복합소재 제조 및 물성 향상 연구

윤정환, 유성환, 윤주호\*

자동차부품연구원 청정에너지소재기술연구센터

### Study on the Preparation and Improve Properties of natural powder/PP Composites

JeongHwan Yoon, SungHwan Ryu, Juho Yun\*

*Clean & Energy Materials R&D Center, Korea Automotive Technology Institute*

최근 기후변화협약과 환경규제 강화에 의해 친환경 특성을 가진 소재의 개발이 활발해지고 있으며, 특히 천연분말과 같은 환경 친화성 자원을 이용한 첨단 에너지 신소재의 개발은 친환경적이며 무한한 자원 공급이 가능하다는 점에서 많은 장점이 있고 친환경 특성을 가진 신소재의 개발뿐만 아니라 천연분말을 이용한 첨단 나노재료와 고기능성 재료에 대한 개발 및 응용연구가 전 세계적으로 활발하게 추진되고 있으며 특히 지구상에서 가장 풍부한 자원인 천연분말을 이용한 친환경 소재 및 경량화 소재, 고성능 무기소재 및 나노소재의 원재료 등으로의 복합화 기술에 대한 연구개발이 적극적으로 진행되고 있다. 그러나 천연분말은 물과 친한 친수성을 띠고 있기 때문에 수분에 민감하며, 물에 배타적인 소수성을 띠고 있는 대부분의 고분자수지와 천연분말 사이의 계면에서 결합력 또는 접착력이 좋지 않다. 그러므로 천연분말 표면을 개선하지 않고는 천연분말과 고분자수지로 구성된 바이오복합재료의 특성 향상도 기대하기 어렵다. 이러한 취약점을 해결하기 위해 천연분말의 표면개질이나 상용성을 향상시키기 위한 상용화제에 대한 연구가 학계에서 꾸준히 보고되고 있다. 본 연구에서는 천연분말과 PP의 상용성을 향상시키기 위하여 상용화제를 첨가하고 복합소재를 제조하여 물성에 미치는 영향을 살펴보았다. 상용화제로는 Stearic acid와 Struktol사의 TPW113, PP는 고유동성 Grade와 Powder type을 활용하였으며, 제조된 복합소재의 인장강도, 굴곡강도, 충격강도, 용융흐름지수, 비중, 열변형온도를 비교하였다.

## PA-25 포스터일반

### 무회분 석탄 이송용 고압 공급장치의 Feeding 및 Refill 운전 특성

정석우\*, 윤성필, 이재만, 정기진  
고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터

#### Feeding and Refill Operation Characteristics of High Pressure Pneumatic Feeding System for Ash-free Coal

Seok Woo Chung\*, Sung Pill Yoon, Jae Man Lee, Ki Jin Jeong  
Plant Engineering Center, Institute for Advanced Engineering

고등급 석탄 가격상승과 품귀현상에 따라 세계적으로 저등급 석탄의 활용 필요성이 증대되고 있으나 저등급 석탄은 수분함량이 높고 발열량이 낮아 고등급 석탄에 비해 연소성능이 낮으며 전력생산 효율이 떨어지고 보다 많은 오염물질을 발생하는 문제점을 가진다. 하지만 저등급 석탄에 포함된 회분과 같은 오염물질을 원천적으로 제거한다면 발열량을 향상시킴으로써 고가의 고등급 석탄 수입 대체는 물론 저등급 석탄의 직접 활용으로 인한 공정 효율의 저감 및 오염물질 생성을 방지할 수 있다. 따라서 석탄 활용 시 발생하는 회분에 의한 문제점을 해결하기 위하여 저등급 석탄에 포함된 10% 가량의 회분을 0.02% 수준으로 원천 저감함으로써 발열량을 극대화한 무회분 석탄을 제조한 후 이를 발전공정에 적용하여 효율 향상과 더불어 오염물질 발생을 저감하는 기술개발이 진행되고 있다. 본 연구에서는 이러한 무회분 석탄의 개발 시 가스화를 통한 고효율 발전 기술 개발의 일환으로 무회분 석탄을 고온/고압으로 운전되는 가스화기에 이송하기 위한 고압 공급장치의 feeding 및 refill 운전특성 파악 시험을 진행하였다. 그리고 이러한 시험을 위한 고압 공급장치는 가스화기의 운전압력보다 일정 차압만큼 높은 가압 조건에서 계속 운전이 진행되며 내부에 채워진 무회분 석탄을 유입되는 질소가스를 이용한 기류수송 방식에 의해 가스화기에 공급하는 역할의 공급호퍼, 정상적인 공급에 따라 공급호퍼 내부의 무회분 석탄이 감소하게 되면 일정 시간 간격으로 가압과 감압을 반복하면서 상압 상태의 무회분 석탄을 고압 상태의 공급호퍼로 중력에 의해 재충진하기 위한 충전호퍼, 공급호퍼와 충전호퍼 사이의 개폐를 위한 돔밸브, 각 호퍼의 무게를 실시간으로 측정함으로써 무회분 석탄의 공급량 및 원활한 재충진 여부를 파악하기 위한 로드셀, 공급호퍼와 리시버 탱크 사이의 차압 제어를 통해 정량적으로 무회분 석탄을 공급하기 위한 차압 트랜스미터 및 콘트롤밸브 등으로 구성하였다. 그리고 무회분 석탄 이송용 고압 공급장치의 feeding 및 refill 운전특성 시험은 cold 조건에서 실시하였는데 리시버탱크 압력 15 bar, 고압 공급장치(공급호퍼)와 리시버탱크 사이의 차압 1.5 bar 조건에서 일정하게 미분탄을 공급하면서 8시간 동안 진행하였으며, 일정 시간 간격으로 충전호퍼에서 공급호퍼로 미분탄을 refill하며 운전조건을 도출하였다.

#### 사사

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No.20131010101810)

## PA-26 포스터일반

### 석탄/바이오매스-물 혼합연료 제조

김상도\*, 이시훈, 최호경, 전동혁, 유지호, 임영준, 임정환, 이종배  
한국에너지기술연구원 청정연료연구실

### Preparation of Coal/Biomass-Water Fuel

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

세계적으로 온실가스 저감에 대응하기 위하여 화석연료 사용량 축소 및 신에너지 확보가 효과적인 대안으로 대두되고 있지만, 국제에너지기구(IEA, International Energy Agency), 미국 에너지정보관리기구(EIA, Energy Information Administration), BP Energy 등에 의하면 화석연료의 예상 사용량은 계속 증가하여 주요 에너지원으로 사용될 것으로 예측하고 있다. 청정석탄기술은 화석연료 사용에 따른 환경오염을 최소화하기 위한 고효율저오염(HELE, High Efficiency Low Emission) 석탄 활용기술로 IGCC, USC 기술이 상용화 단계지만 발전효율은 40 ~ 44%로 향후 고효율의 발전기술을 필요로 한다. 내연기관 발전은 연소된 열을 직접 발전에 이용할 수 있기 때문에 50% 이상 고효율 발전이 가능한 것으로 보고되고 있다. 그동안 내연기관에 대한 연료로 미분 석탄, CWF가 사용되었는데, 이산화탄소를 줄이기 위해 연료의 다변화 연구가 필요하다. 본 연구에서는 석탄과 바이오매스 혼합연료를 물과 혼합하여 내연기관에 적용하기 위한 고품질의 연료 제조를 제조하기 위해 석탄/바이오매스-물 혼합연료 제조 특성을 살펴보고자 한다. 실험에 사용한 석탄과 바이오매스는 각각 인도네시아 아역청탄과 국내 잡목으로 이루어진 톱밥을 사용하였다. 석탄과 바이오매스는 각각 전처리를 실시하였는데, 석탄은 STD(steam tube dryer)를 이용해 수분함량이 21.8wt%에서 8.8wt%로 감소하였다. 바이오매스는 질소분위기에서 260°C 열풍을 불어 넣어 반탄화 연료를 제조하였다. 바이오매스의 초기 수분함량은 30%에서 약 10%로 감소하였다. 반탄화 시료는 실험실용 회전식킬른을 이용하였다. 전처리된 석탄과 바이오매스는 물리적으로 혼합하고, 슬러리 제조를 위하여 250 $\mu$ m 이하로 미분화를 하였다. 바이오매스는 섬유질 구조를 갖고 있기 때문에 미분이 매우 어려운데, 반탄화시 미분화도가 향상됨을 확인할 수 있었다. 석탄 질량비로 바이오매스는 5%, 10%를 혼합하였다. 석탄/바이오매스-물 혼합연료를 제조하기 위해 준비된 시료에 일정량의 물과 계면활성제로 나프탈렌 술폰산염(NSWR, Naphthalene sulfonate water reducer)를 사용하였다. 일반적인 보고에 의하면 바이오매스를 미분화하고 물과 혼합하여 슬러리 제조하였을 때 고체농도는 15wt% 미만으로 매우 낮다. 따라서 고체농도를 증가시키기 위해서는 반탄화 또는 석탄 등과 혼합을 통해 고체농도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대되는데, 본 실험 결과 바이오매스 5%가 혼합되었을 때 석탄/바이오매스-물 혼합연료의 고체함량은 슬러리 점도 1,000cP를 기준했을 때, 약 51wt%로 나타났다. 건조된 석탄만을 갖고 슬러리 제조했을 경우에 비해 고체함량이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 제조 시료에 대한 연소특성 분석을 통해 연료로서의 성상을 관찰하였는데, 이는 향후 내연기관의 연료로 적용하기 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

1. Wei He et al., "Rheological study of comingled biomass and coal slurries with Hydrothermal pretreatment", *Energy Fuels*, 23, 4763-4767 (2009).
2. Agnieszka Kijo-Kleckowska et al., "Experimental investigation into coal-biomass-water fuels combustion in a circulating fluidized bed", *Waste management and Environmental Protection*, 16(2), 85-92 (2014).
3. R. Chen et al., "Preparation and rheology of biochar, lignite char and coal slurry fuels", *Fuel* 90, 1689-1695 (2011).



## PA-27 포스터일반

### 글리세롤의 수소화분해반응에 의한 1,2-프로판다이올 전환 반응에서 구리계 촉매에 니켈 증진제 효과

이마음<sup>1,2</sup>, Pravin P. Upare<sup>1,2</sup>, 황동원<sup>1,2\*</sup>, 장종산<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>한국화학연구원 나노촉매연구센터, <sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교 (UST)

#### Effect of Nickel Promoter on Cu-SiO<sub>2</sub> Catalysts for Glycerol Hydrogenolysis to 1,2-Propanediol

Maeum Lee<sup>1,2</sup>, Pravin P. Upare<sup>1,2</sup>, Dong Won Hwang<sup>1,2\*</sup>, Jong-San Chang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Research Center of Nano Catalyst, Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT), Korea

<sup>2</sup>School of Science, University of Science and Technology (UST), 113 Gwahangno, Youeong-gu, Daejeon, 305-333, Korea

Due to the focused attention on the depletion of fossil fuels and environmental problems, bio-chemical industry and biorefinery, which produce high value-added products by using biological and chemical techniques based on renewable carbon recycling biomass which can replace conventional fossil fuel, are getting attention. In 2004, US department of energy(DOE) selected 12 types of high-value chemicals which are biomass-derived and announced them. As glycerol is included and several hydroxyls are contained in the materials chosen, they can produce a variety of high value-added products. 1,2-propanediol(PG) is one of them and it is widely applied in polyester resins, pharmaceuticals, cosmetics, etc. While currently it has been produced using the propylene which is industrially derived from crude oil, it is a trend that its production cost is increasing due to the limitations of the process and the soaring oil price. Therefore, the development of the catalytic reaction process which can replace it is required. In this study, the effect of introducing nickel to copper-based catalyst in 1,2-propanediol conversion reaction which is by hydrogenolysis of glycerol was studied. The catalyst was synthesized using a co-precipitation and the catalyst performance evaluation was carried out through a gas phase reaction of reaction temperature 220 °C, pressure 3 MPa, a space velocity of 0.5 h<sup>-1</sup> - 1.0 h<sup>-1</sup> and feed ratio (Glycerol : H<sub>2</sub>) of 1:8, 1:16, 1:50, 1:100 while filling a catalyst 1 g in a fixed-bed continuous flow reactor. As a result, NiO-CuO-SiO<sub>2</sub> containing nickel catalyst showed better catalytic performance in the selectivity of 1,2-propanediol and the catalyst stability than CuO-SiO<sub>2</sub> catalysts that do not contain nickel. It was confirmed that NiO(3)-CuO(77)-SiO<sub>2</sub> catalyst has 99.9 % of the glycerol conversion rate and has 95.6 % of 1,2-propanediol selectivity, maintains the catalyst activity upto 280 hours in reaction time and shows the most excellent catalytic performance among the catalysts which introduces nickel. When performing the reaction and comparing in the same conditions using the CuCr catalyst which is known as an excellent catalyst to date, it was similar in the conversion rate and selectivity but obtained excellent results in catalyst stability so that It is expected that it is enough to replace the CuCr catalyst. In addition, in this reaction process, despite using a small amount of hydrogen where the feed ratio is 1:8 in a low pressure condition of 3 MPa, an excellent catalyst performance could be obtained. Therefore, the catalyst performance having excellent catalytic activity and stability was obtained by introducing nickel to copper-based catalyst in 1,2-propanediol conversion reaction by hydrogenolysis of glycerol.

## PA-28 포스터일반

### 자외선 경화에 의한 내산성 보호 잉크 코팅층의 특성

홍 성제<sup>1\*</sup>, 이 지예<sup>1</sup>, 한 애진<sup>1</sup>, 장 승일<sup>2</sup>, 황 용진<sup>2</sup>  
전자부품연구원 디스플레이부품소재연구센터, (주)엠엠테크

### Characteristics of Ink-coated Layer for Protection against Acidic Elements by Curing with Ultraviolet Light

Sung-Jei Hong<sup>1</sup>, Ji-Yea Lee<sup>1</sup>, Ae Jin Han<sup>1</sup>, Seung Il Chang<sup>2</sup>, Yong Jin Hwang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Display Components and Materials Research Center, Korea Electronics Technology Institute, Seongnam, Gyeonggi-do 463-816, Korea

<sup>2</sup> MM Tech Co., Ltd., Siheung, Gyeonggi-do 429-849, Korea

인듐 주석 산화물(Indium-Tin-Oxide, ITO)이 코팅된 유리 기판은 터치 센서에 사용되는 가장 중요한 소재 중 하나로, 물성을 개선하기 위해서는 불산(HF)과 같은 강산성 용액을 이용하여 국부적으로 미세 형상을 최적화하는 작업이 필요하다. 그러나, 기판 전체가 HF에 노출되면 오히려 물성이 저하하기 때문에 유리 기판의 일부분은 HF로부터 보호하여야 한다. 이를 위해 보호 잉크를 코팅, 자외선(UV)을 이용하여 경화함으로써 보호막이 형성된다 [1]. 양호한 보호막을 형성하기 위해선 보호 잉크의 UV 경화 특성이 매우 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 내산성 약품으로부터 ITO 유리 기판을 보호하는 잉크를 제조, 기판 상에 코팅하여 UV에 의한 경화 특성을 관찰하였다. 우선, 모노머, 올리고머, 광개시제 및 첨가제 등을 이용하여 보호 잉크를 제조하였다. 제조된 보호 잉크는 ITO 박막이 코팅된 유리 기판 위에 양호하게 코팅되었고, 이후 UV 광원을 이용하여 경화를 실시하였다. 그 결과 보호 잉크 코팅면이 양호하게 경화, 양호한 보호층 박막이 형성되었다. 이러한 보호막은 HF로부터 ITO 층 및 유리 기판을 보호하여 HF에 노출 후에도 ITO 막의 면저항 및 광투과율 특성이 거의 변화하지 않았다. 따라서, 본 연구에서 제조한 보호 잉크는 산으로부터 ITO 유리 기판을 보호하는데 효과가 있음을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원(KIAT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. A007700085).

#### 참고문헌

1. N. S. Allen, "Photoinitiators for UV and visible curing of coatings: Mechanisms and properties", *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.* **100**(1-3), 101-107 (1996).

### Graphite가 첨가된 SiC 히터의 열적, 전기적 특성 분석

전준용<sup>2</sup>, 김승현<sup>1</sup>, 강한결<sup>3</sup>, 홍성제<sup>4</sup>, 김용성<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>서울시 노원구 공릉동 서울과학기술대학교 172 NID 대학원

<sup>2</sup>서울시 노원구 공릉동 서울과학기술대학교 172 정보통신대학 전기정보공학과

<sup>3</sup>서울시 노원구 공릉동 서울과학기술대학교 172 에너지바이오대학 정밀화학과

<sup>4</sup>전자부품연구원 디스플레이부품소재연구센터

반도체 및 태양광 웨이퍼 제조과정에서 일부 Si/SiC 분말만이 분리 회수되어 재사용될 뿐, 남은 SiC는 매립처리 되고 있는 상황이다 [1] 환경적 관점에서 볼 때, 고순도의 SiC를 환원하여 효율적으로 재활용하는 것은 매우 중요한 일이다. 본 연구에서는 SiC를 폐기하지 않고 재활용하기 위해 전도성 물질인 graphite를 이용해 전도성을 띠는 발열체를 만드는 방법을 검토하였다. 제작과정으로써 우선 SiC, graphite, 유기 무기복합바인더를 다양한 조성비로 혼합해 paste를 제작하였다. 이렇게 제조한 paste를 AlN 및 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> substrate위에 스크린 프린팅 하여 오븐에 1시간 건조시킨다. 그 후 전극을 형성한 후 power supply로 전압을 가해 실험샘플에 전류가 흐르게 하고 전류의 흐름에 따른 히터의 발열 특성을 확인하였다. 발열특성은 Infrared camera를 이용해 직접 thermal image을 촬영 하였다. 실험결과는 조성비 기준으로 SiC 대비 graphite의 함유량이 증가할수록 전기적 특성 뿐만 아니라 발열특성이 우수해짐을 알 수 있었고, 그 중 조성비 SiC: graphite: binder = 45%wt : 45%wt : 10%wt의 경우에 최대 측정값인 350도를 300도 이상의 높은 발열 특성을 보였다. 조성비 변화에 따른 전기적, 발열특성 실험뿐 만 아니라 추가적으로 SiC에 graphite를 혼합한 발열체의 상용화 가능성을 확인하기 위해 선행 실험에서 검증한 조성비를 이용해 다양한 패턴 모양별로 히터를 제조 하였다. 그결과 ‘ㄷ’ 모양 샘플의 경우 측정된 저항은 584Ω이고, 200V의 전압을 가했을 때, 97W이상의 전력이 흘렀다. ‘ㄹ’ 모양 샘플의 경우에는 428Ω이 측정되었고, 170V의 전압을 가해 109W이상의 소모 전력이 발생하였으며 이 때 히터의 발열온도는 모두 300도 이상을 나타내었다 따라서 이를 통해 SiC, graphite 혼합 발열체의 경우 상용화 가능한 4" 이상의 기판에서 적용됨을 확인 하였다.

#### 참고문헌

1. Jang, E.J., Kim, Y.H., Lee, Y.J., Kim, S.R., and Kwon, W.T., "A Study on the Preparation of SiC Nano powder from the Si Waste of Solar Cell Industry," The Korean Institute of Resources Recycling.

## PA-30 포스터일반

# 탄소 및 동소체가 첨가된 SiC 재활용 슬러지 페이스트로 제작된 박막히터의 특성 분석

김승현<sup>1</sup>, 전준용<sup>2</sup>, 강한결<sup>3</sup>, 주기태<sup>1</sup>, 김준현<sup>4</sup>, 김용성<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>서울시 노원구 공릉동 서울과학기술대학교 172 NID 대학원

<sup>2</sup>서울시 노원구 공릉동 서울과학기술대학교 172 공과대학 전기공학과

<sup>3</sup>서울시 노원구 공릉동 서울과학기술대학교 172 에너지바이오대학 정밀화학과

<sup>4</sup>서울시 노원구 공릉동 서울과학기술대학교 172 공과대학 기계공학과

최근 철강, 반도체, 태양광 산업 등에서 발생하는 Si 및 SiC 폐기물이 증가함에 따라 환경오염이 가중되고 있다. Si 및 SiC는 반도체, 태양광 산업에 필요한 요소로 폐기물의 생성은 필연적이므로 이를 재활용 할 수 있는 기술을 개발할 필요성이 있다. 따라서 본 연구에서는 Si 및 SiC 슬러지를 graphene 과 graphite 를 첨가하여 전도성 페이스트를 제조하여 면상 발열체 히터소재로서 환경오염을 줄이고 신규 발열소재로 이용할 수 있는 방법을 연구하였다. 발열소재로 응용시키기 위해 Si 및 SiC에 전도 특성이 좋은 graphene 과 graphite를 첨가하여 전기적 특성을 확보하였으며, 이를 페이스트화 시켜 기판위에 스크린 프린팅 기법으로 박막형히터를 제작하였다. 이 히터는 SiC 45wt%, graphite 20wt%~30wt%, graphene15~25wt%, binder 10wt%를 혼합하여 페이스트를 제작한 후 기판위에 스크린 프린팅법으로 코팅하여 제작하였다. 열 특성과 전기적 특성은 IR 카메라와 power supply를 이용하여 전압에 따른 전류변화 및 온도변화를 관찰하였다. 이 히터는 graphene의 함량이 높을수록 열 특성이 우수 하였으며 히터의 두께가 증가 할수록 저항이 낮아져 우수한 전기적 특성을 확인하였다. 결과적으로 SiC 45wt%, graphite 20wt%, graphene 25wt%, binder 10wt% 제조된 히터의 발열온도는 250°C 까지 용이하게 얻을 수 있는 히터를 제작하였다. 이 연구를 통해 국내에서 연간10,000톤의 폐기물로 처리되고 있는[1] Si 및 SiC 폐기물을 신규 발열소재로 응용함으로써 환경오염을 감소시킬 수 있는 신규 소재로 사용될 것으로 판단한다.

### 참고문헌

1. Kwon, W.T., Kim, S.R., Kim, Y.H., Lee, Y.J., Kim, J.I., Lee, J.H., and Oh, S.C., "Sintering Characteristics of Si/SiC Mixtures from Si Waste of Solar Cell Industry," The Korean Institute of Resources Recycling. 22(4). 28-35 (2013).

## PB-01 포스터학생

### MCFC 연료전지용 탈황 장치의 전산유체역학 모사

퍼마타사리 아그네시아, 유준  
부경대학교 화학공학과

### CFD Simulation of Desulphurization unit for Molten Carbonate Fuel Cells

Agnesia Permatasari, Jay Liu  
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

Sulfur content allowed to molten carbonate fuel cell (MCFCs) modules is less than 0.5 ppm, because it can poison the fuel cell and affect its performance. Sulfur component can also poison catalyst in the steam reformer. Diesel fuel contains sulfur components, such as dibenzothiophene (DBT), benzothiophene, and 4,6-methyldibenzothiophene. For this reason desulfurization is required to reduce the sulfur content of diesel fuel prior to reforming. Among many types of desulphurization, the adsorptive desulphurization is considered in this work. It uses typical adsorption process with a particular adsorbent and examples of commonly used adsorbents are activated carbon, zeolite, and silica gel. Diesel feed containing 10 ppm of sulfur components, will reduce to 0.1 ppm in order to secure entry to a steam reformer and does not interfere the performance of the fuel cell. For a detailed study on the phenomena in adsorptive desulphurization systems, Computational fluid dynamics (CFD) simulation is studied in order to investigate temperature and sulfur concentration profiles inside the desulphurization unit.

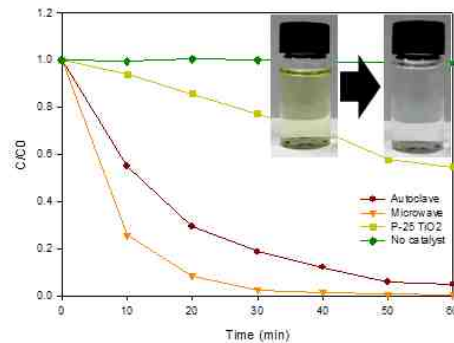
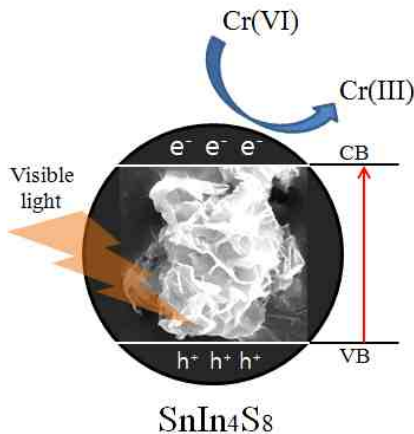
## 가시광 영역에서의 SnIn<sub>4</sub>S<sub>8</sub>을 이용한 6가 크롬 환원

박성묵, 김영훈\*  
 광운대학교 화학공학과

### Photocatalytic reduction of aqueous Cr(VI) using SnIn<sub>4</sub>S<sub>8</sub> under visible light

Sungmook Park, Younghun Kim\*  
 Dept. of Chem. Eng. Kwangwoon Univ. Korea

폐수에서 발견되는 6가 크롬은 일반적인 발암성 금속이기 때문에 이를 제거하기 위해 많은 연구가 진행 중이다. 일반적으로 6가 크롬을 제거하기 위하여 화학적 침전, 역삼투압과 이온교환수지 등이 많이 사용된다. 하지만 이는 많은 에너지와 화학약품이 필요하기 때문에 최근 광촉매를 이용한 광학적 환원법이 많은 관심을 받고 있다. 광촉매를 이용한 환원법은 저렴하고 효율이 높을 뿐만 아니라 태양에너지를 이용하기 때문에 친환경적이다. 특히 가시광 영역을 잘 흡수하는 SnIn<sub>4</sub>S<sub>8</sub>과 같은 3개의 원소로 이루어진 황화물은 자외선만 흡수하는 금속 산화물에 비해 효율적으로 6가 크롬을 환원시킬 수 있다. 일반적으로 광촉매를 제조하기 위해 오토클레이브를 이용한 수열합성법과 용매열합성법이 많이 사용된다. 하지만 높은 온도와 많은 시간이 필요하기 때문에 본 연구에서는 가시광 영역에서 마이크로웨이브를 이용하여 제조된 SnIn<sub>4</sub>S<sub>8</sub>를 이용한 6가 크롬환원 실험을 진행하였다. 제조된 SnIn<sub>4</sub>S<sub>8</sub>의 구조 및 특성을 평가하기 위해 XRD, SEM, EDS, UV-DRS, BET 분석을 진행하였다. 마이크로웨이브를 이용하여 제조된 SnIn<sub>4</sub>S<sub>8</sub>는 가시광 영역에서 30분 안에 97%의 6가 크롬을 3가 크롬으로 환원시켰다. 이번 연구는 가시광 광촉매를 이용한 6가 크롬 환원 연구 뿐만 아니라 마이크로웨이브를 이용한 효율적인 광촉매 제조 연구에 활용 될 것이다.



#### 참고문헌

1. Wang, Lin, et al. "Efficient photocatalytic reduction of aqueous Cr (VI) over flower-like SnIn<sub>4</sub>S<sub>8</sub> microspheres under visible light illumination." Journal of hazardous materials 244 (2013): 681-688.

## PB-03 포스터학생

### CoryneBrick vectors: A synthetic biology platform for gene expression in *Corynebacterium glutamicum*

Suah Jo<sup>1,3</sup>, HyojungShin<sup>1,3</sup>, Sun-MiLee<sup>1</sup>, YoungsoonUm<sup>1</sup>, SungOkHan<sup>3</sup>, HanMinWoo<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Clean Energy Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Seoul, Republic of Korea

<sup>2</sup>Green School and <sup>3</sup>Division of Biotechnology, Korea University, 145, Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, Republic of Korea

\*Correspondence to hmwoo@kist.re.kr, TEL: +82-2-958-5249, FAX: +82-2-958-6858

The standardized synthetic platforms which are the tools for the production of industrially promising chemicals have been developed and applied in microbial cells. One of the well-known industrial micro-organism, *Corynebacterium glutamicum* is important for amino acid production. However, insufficient study about synthetic tools for *Corynebacterium glutamicum* makes limitation of industrial adaptation. In this study, we constructed a synthetic biological platform (1), named CoryneBrick, i.e. a collection of *E. coli*-*C. glutamicum* shuttle vectors with different inducible promoters, and antibiotic resistance markers in a framework of BioBrick standard parts for controllable gene expressions in *C. glutamicum*. We expect this platform be used in Corynebacteria industry for bio-refinery. This work was supported by Creative Allied Program (CAP) of the Korea Research Council of Fundamental Science and Technology (KRCF)/Korea Institute of Science and Technology

#### Reference

Kang et al., Synthetic biology platform of CoryneBrick vectors for gene expression in *Corynebacterium glutamicum* and its application to xylose utilization”, (2014.7). Appl. Microbiol. Biotechnol. 98:5991-6002

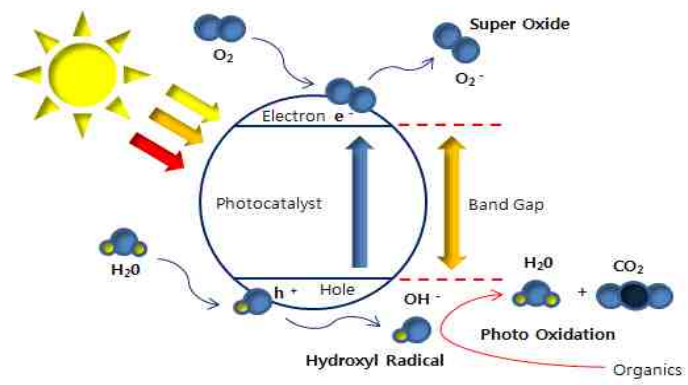
## 마이크로웨이브를 이용한 BiVO<sub>4</sub> 가시광 광촉매 제조

박지홍, 김영훈\*  
광운대학교 화학공학과

### Characterization of BiVO<sub>4</sub> nanoparticles by microwave-assisted method

Ji Hong Park, Younghun Kim\*  
Dept. of Chem. Eng. Kwangwoon Univ. Korea

화석 연료의 대량 소비로 인해 환경오염문제가 세계적으로 확산되고 있는 가운데 환경에 피해를 주지 않는 깨끗한 에너지 공급을 실현하는 것은 중요한 문제가 되고 있다. 나노 크기의 광촉매는 태양전지나 유기물 분해, 수소생성 등에 사용되고 있으며 점점 그 쓰임새가 늘어가고 있다. 어떠한 화학적 반응을 할 때 활성화 에너지의 양을 낮춰줌으로써 mild condition 에서 반응이 가능하며 광원이나 빛의 유무에 따라서 원하는 시점에 반응을 할 수 있는 장점이 있다. 하지만 대부분의 광촉매는 400nm 미만의 한정된 파장대에서만 큰 활성을 보이고 있으며 자외선영역은 전체의 5%를 차지하고 있기 때문에 넓은 범위와 반응할 수 있는 가시광 응답형 광촉매를 필요로 한다. 그런 이유로 본 연구에서는 2.42 eV의 띠틈격을 가지고 있는 BiVO<sub>4</sub> 입자를 제조하였다. 기존의 방법인 Autoclave 를 이용한 합성법의 단점을 줄이고자 Microwave 를 사용하여 형태가 다양한 입자를 제조하였다. 테플론 용기에 precursor 를 넣고 120°C 이상의 고온에서 수시간 반응시킨 후 원심분리기를 이용해 불순물 제거 및 미반응 물질을 실시하였다. TEM, SEM, UV-vis 을 이용해서 입자의 형태를 확인하고 입자의 특성 및 결정성을 평가했으며 메틸렌 블루의 광분해를 통해서 촉매의 광활성을 알아보았다. 또한 전자파를 이용한 열을 통해 실험과정을 간단하고 쉽게 진행하였고 시간을 단축시키는 효과를 보여주었으며 광활성 실험에서도 효율을 보이며 유기물 분해능력을 확인할 수 있었다. 앞으로 다른 금속이나 효율 개선을 통해 여러 분야에 응용이나 특성을 도입할 수 있을 것이다.



#### 참고문헌

1. Lili Zhang, Jinxin Long, Wenwen Pan, Shouyong Zhou, Junwu Zhu, "Efficient removal of methylene blue over composite-phase BiVO<sub>4</sub> fabricated by hydrothermal control synthesis" Materials Chemistry and physics., 136, 897-902 (2012)



## PB-05 포스터학생

### 매체순환식 가스연소(CLC)를 위한 Ni 계열 산소전달입자의 산화환원 특성

박지혜, 백정훈, 정정민, 임호빈, 변창기, 백점인<sup>1</sup>, 류호정<sup>2</sup>, 이광복<sup>3\*</sup>  
충남대학교 에너지과학기술대학원, <sup>1</sup>한국전력연구원, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원,  
<sup>3</sup>충남대학교 화학공학교육과  
\*cosy32@cnu.ac.kr

### Redox Characteristics of Ni-based Oxygen Carrier Particle for Chemical Looping Combustion(CLC)

Ji Hye Park, Jeong Hun Baek, Jeong Min Jeong, Hyo Been Im, Chang Ki Byun, Jeom-In Baek<sup>1</sup>,  
Ho-Jung Ryu<sup>2</sup>, Kwang Bok Yi<sup>3\*</sup>  
Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University,  
<sup>1</sup>Korea Electric Power Corporation Research Institute (KEPCO RI),  
<sup>2</sup>Korea Institute of Energy Research (KIER),  
<sup>3</sup>Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University

매체순환식 가스연소(CLC, Chemical Looping Combustion) 기술은 이산화탄소 포집 기술에서 연소중 (oxy-combustion) 기술의 하나로 고농도의 이산화탄소를 별도의 분리설비 없이 원천적으로 분리할 수 있다. 매체순환식 가스연소 시스템은 연료 반응기와 공기반응기의 두 개의 반응기로 구성되어 있다. 산소전달입자는 연료 반응기에서 연료 가스에 의해 환원되고, 공기 반응기에서 산소에 의해 산화되며 두 개의 반응기 사이를 반복적으로 순환한다. 이때, 연료 반응기에서 생성되는 기체는 이산화탄소와 수증기로 수증기를 응축하면 고농도의 이산화탄소를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 한국전력연구원(KEPCO)에서 생산한 Ni 계열 산소전달입자를 열중량분석기(TGA)를 이용하여 연료가스 농도, 유량 및 온도에 따른 무게변화를 측정하고 반응특성을 해석하였다. 열중량분석 실험은 연료가스 농도 CH<sub>4</sub> 10~30%, CO<sub>2</sub> bal., 유량 50~150 sccm 및 온도 800~900 °C 범위에서 수행되었다.

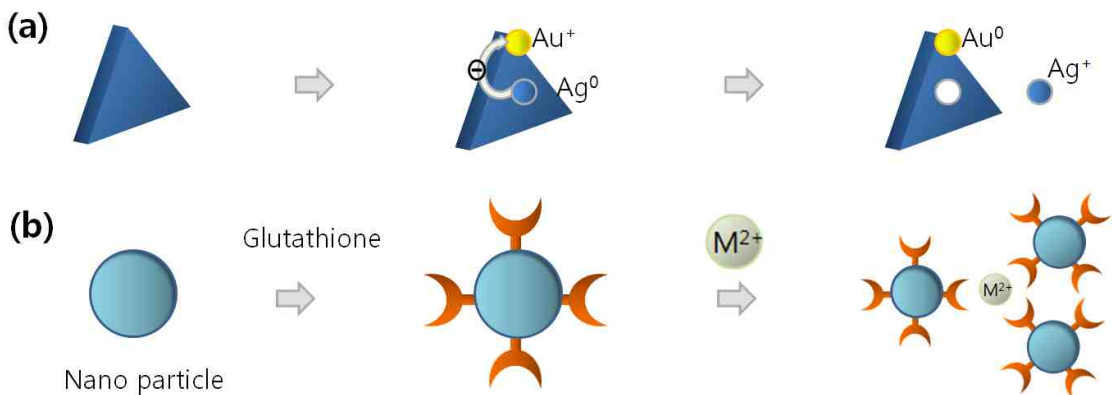
## 은나노 프리즘을 이용한 중금속 색센서 개발

이혜진, 정의석, 김영훈\*  
 광운대학교 화학공학과

### Selective recognition of cobalt using Ag nano-prisms as a naked eye in aqueous solution.

Hey-jin Lee, Uiseok Jeong, Younghun Kim\*  
 Dept. of Chem. Eng. Kwangwoon Univ. Korea

코발트는 바위나 토양, 물 등에서 자연적으로 발생하는 이온이다. 그러나 코발트 이온은 여러 부작용을 야기할 수 있으므로 민감하고 선택적인 검출이 매우 중요하다. 식품의 섭취나 중금속을 다루는 산업, 다이아몬드 세공이나 자기를 굽는 과정 혹은 화학약품의 누출과 의약품의 누출 등 다양한 방면에서 사람들은 코발트 이온에 노출될 수 있다. 이러한 노출은 비정상적인 혈관 확장이나 심근증의 원인으로 알려져 있다. 다양한 방법들이 코발트 이온의 검출을 위하여 소개되었지만 실시간으로, 현장에서 바로 적용하기에는 어려움이 있었다. 우리는 이번 연구에서 기능화된 은나노 프리즘을 이용하여 코발트 이온을 육안으로 바로 확인할 수 있는 색센서 검출을 제시하였다. 기능화된 은나노 프리즘은 다음과 같이 제조되었다. 은 프리즘 용액에 금 이온 용액을 dropwise 방법으로 천천히 첨가하여 갈바닉 반응을 일으킨다. Ag@Au 프리즘은 내부가 비어있는 프레임 형태로 제조되며 금속이온 하에서 보다 안정하다. 이후 글루타치온을 첨가하여 티올기와 은 입자가 반응할 수 있게 한다. 시료의 안정성을 보다 높이기 위하여 갈바닉 반응 후에 황화나트륨을 첨가한 용액으로 비교 실험을 진행하였다. 각각의 입자는 UV-via spectrometer로 종횡비의 변화를, TEM과 TEM-EDS로 모양과 분포를 확인하였다. 100ppm의 코발트, 구리, 납, 마그네슘의 용액에 시료를 첨가한 뒤 변화를 확인하였다. 코발트 이온은 글루타치온의 기능기와 킬레이트 결합을 이루며 색 변화를 나타낸다. 그 결과 430nm에서 UV-via spectrometer의 흡광도 변화로 손쉽게 확인할 수 있었다. 코발트 이온과 반응한 시료는 노란색을 나타냈다. 또한 각각의 시료에 대한 LOD를 제시하여 비교하였다. 이번 연구에서는 비용 대비 효과적이며 빠르고 간단한 선택적인 코발트 이온의 검출 방법을 제시하였다.



Schematics of the formation of Ag prisms. (a) Galvanic reaction of Ag prisms with HAuCl<sub>4</sub> solution. (b) Reaction mechanism of glutathione and metal ions.

## 석탄 촉매 지지체의 구리이온의 분산 연구

Paul Victor<sup>1, 2</sup>, 김수현<sup>2</sup>, 전동혁<sup>2</sup>, 최호경<sup>2</sup>, 김상도<sup>2</sup>, 임정환<sup>2</sup>, 임영준<sup>2</sup>, 이시훈<sup>2</sup>, 이영우<sup>1</sup>, 유지호<sup>2</sup>. \*

<sup>1</sup>에너지과학기술대학원, 충남대학교

<sup>2</sup>청정연료연구실, 한국에너지기술연구원

### Dispersion of Copper Ion on Catalytic Coal Support

Paul Victor<sup>1, 2</sup>, Soohyun Kim<sup>2</sup>, Donghyuk Chun<sup>2</sup>, Hokyung Choi<sup>2</sup>, Sangdo Kim<sup>2</sup>, Jeonghwan Lim<sup>2</sup>,  
Youngjoon Rhim<sup>2</sup>, Sihyun Lee<sup>2</sup>, Youngwoo Rhee<sup>1</sup>, Jiho Yoo<sup>2</sup>. \*

<sup>1</sup>Graduate school of Energy Science and Technology, Chungnam University

<sup>2</sup>Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research

Coal is able to form metal complexes via ion-exchange associated with the carboxyl functional groups. Lately, coal supported nickel catalyst has been successfully tested for tar reforming. In this experiment dispersion of Cu on Indonesian low-rank coal (Eco coal) was tried. Firstly, 4 different copper precursors ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  and  $\text{CuCl}_2$ ) were wet-impregnated on Eco. TEM results indicated that 5–30 nm copper particles were found on Eco with 17–19 wt% (metal basis) loading. Also, the effect of pH on the dispersion was investigated using  $\text{CuCl}_2$  precursor solutions, where pH was adjusted to 3.5 and 9.0. The copper was finely dispersed (< 10 nm) under the acidic pH with low loading (~2.5 wt%), whereas relatively big particles (~30 nm) with higher loading (~20 wt%) was shown by the basic pH. Further optimization will be performed to minimize the particle size and enhance the copper loading, varying the property of coal and precursor solution.

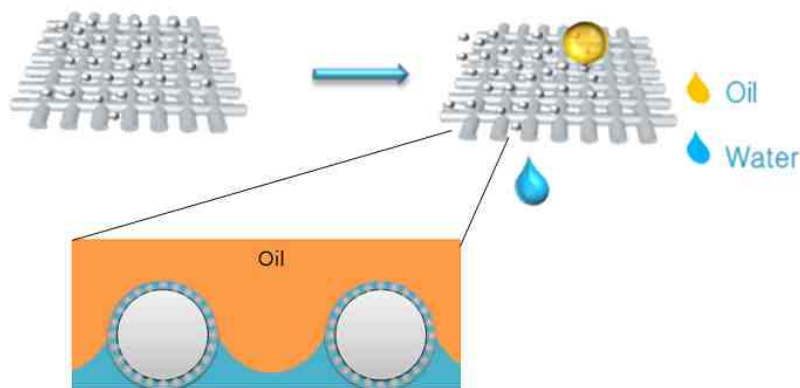
## 유수분리용 초친수성 나노필터 제조

조선희, 정의석, 김영훈\*  
광운대학교 화학공학과

### Separation of Oil/water mixture using hydrophilic TiO<sub>2</sub> nanoparticles coated mesh

Sunhee Jo, Useok Jeong, Younghun Kim\*  
Dept. of Chem. Eng. Kwangwoon Univ. Korea

석유화학 산업이 발달하면서 주원료가 되는 석유의 유통이 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 유조선에서 원유 유출사고가 빈번하게 발생하고, 석유화학 제품 제조 후 산업폐수의 무단방류로 인한 환경오염 또한 증가하고 있다. 이를 처리하기 위한 기존의 유수분리 기술에서는 일반적으로 친유성 물질을 사용하고 있다. 하지만 회수율이 낮고 기름으로 인한 막힘 현상이 있으며, 오일 스키머 등의 기기를 이용하기 때문에 처리비용이 높은 문제점이 있다. 반면 친수성 물질을 이용할 경우 오일에 의한 필터의 막힘 현상이 없고 오일의 종류에 제한이 없으며, 별도의 동력 없이 분리가 가능하다는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 기존 분리기술의 단점을 보완하고자 Stainless steel mesh에 친수성 TiO<sub>2</sub> 나노 입자를 코팅하여 유수 분리 필터를 제조하였다. 제조한 필터를 평가하기 위해 SEM, 접촉각 측정기를 사용하였다. 또한 다양한 오일에 대한 분리 가능성을 알아보기 위해 hexane, rapeseed oil, hexadecane을 사용하였다. 추가실험으로 메시의 기공크기에 따른 hexane의 분리 효율 및 재사용성을 평가하였다. 실험결과 다양한 점도를 갖는 오일에 대해 유수분리가 가능했으며, 메시의 기공 크기가 분리효율에 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있었고, 기공 크기가 작아질수록 분리효율이 향상됨을 확인하였다. 향후 이 친수성 나노필터를 산업 환경에 적용한다면 높은 분리효율과 무동력으로도 유수분리가 가능한 필터로써 친환경적 처리효과를 기대할 수 있을 것이다.



#### 참고문헌

1. Mohammed A. Gondal, Muhammad S. Sadullah, Mohamed A. Dastageer, Gareth H. McKinley, Divya Panchanathan, Kripa K. Varanasi "Study of factors governing oil-water separation process using TiO<sub>2</sub> films prepared by spray deposition of nanoparticle dispersions" ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES, DOI: 10.1021/am501867b (2014)

## PB-09 포스터학생

### 고온 고압에서의 K/Mg계열 건식흡수제의 이산화탄소 흡수 특성

변창기, 임효빈, 박지혜, 백정훈, 정정민, 이광복\*†  
충남대 녹색에너지기술전문대학원, †충남대학교 화학공학교육과

### Study on the Characteristics of A K-Mg-based Sorbent for CO<sub>2</sub> Capture at High Pressure and Low Temperature

Chang Ki Byun, Hyo Been Im, Jihye Park, Jeongjun Baek,  
Jeongmin Jeong, Kwang Bok Yi\*†  
Graduate school of Green Energy Technology,  
†Department of Chemical Engineering Education

최근 건식흡수제를 이용하여 연소전 이산화탄소 회수 및 분리에 관한 연구가 세계적으로 진행 중이다. 건식흡수제의 주 구성물질은 K와 Mg가 포함된 복합 산화물 형태이며 수성가스반응과 결합된 형태의 유동층 이산화탄소 흡수공정 운전조건은 200°C, 20bar이다. 공정의 개발과 함께 이산화탄소 흡수 반응메카니즘 연구가 여러 형태로 진행되었으나 수분이 참여하는 반응의 특성상 정확한 메카니즘의 파악이 어려운 실정이다. 본 연구에서는 대용량 가압 열중량 분석기를 자체적으로 제작하여 유동층 환경에서 이산화탄소 흡수 반응에 참여하는 수분의 양을 열중량 분석기를 통해서 조사하고 후단 가스의 분석을 통해서 이산화탄소 흡수량을 정밀하게 측정하였다. 반응의 진행 정도에 따라 반응 초기에는 수분을 흡수하지만 반응 후반에 다시 수분을 배출하는 것을 밝혀내었다. XRD, FT-IR을 통하여 시료의 반응 전후 상태를 비교하였다. 향후 건식 이산화탄소 흡수제의 반응 속도를 측정하고 반응 메카니즘을 밝혀 낼 수 있는데 기여할 수 있는 연구결과를 소개하고자 한다.

#### 참고문헌

1. Lee SC et al., "Development of regenerable MgO-based sorbent promoted with K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> for CO<sub>2</sub> capture at low temperatures", Environ sci. technol., pp. 2736-2721 (2008)
2. Fagerlund J et al., "Kinetics studies on wet and dry gas-solid carbonation of MgO and Mg(OH)<sub>2</sub> for CO<sub>2</sub> sequestration", RSC Advances., pp. 10380-10393 (2012)

## 종이 기반 다공성 금전극을 이용한 염료의 전기화학적 분해

김지은, 김영훈\*  
광운대학교 화학공학과

### Electrocatalytic degradation of organic dye using paper-based porous gold electrode

Ji-Eun Kim, Younghun Kim\*  
Dept. of Chem. Eng. Kwangwoon Univ. Korea

최근 유기 염료와 다양한 독성물질의 배출이 늘어남에 따라 다양한 분야에서 친환경적인 유기물 분해와 관련한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 유기물 분해 대상물질로 유기염료 중 하나인 로다민 B를 선정하였다. 로다민 B는 타르색소의 일종으로서 생물체 염색 용도로 쓰이지만, 인체에 노출될 경우 유해한 염료로서 유해 인공 착색료로 지정되어있다. 따라서 이러한 로다민 B가 다양한 경로를 통해 수계로 노출되어 발생하는 피해를 줄이기 위해 본 연구에서는 종이를 기반으로 한 다공성 금 전극을 제조하여 로다민 B를 분해하는 실험을 진행하고자 하였다. 먼저 시린지 필터를 이용하여 금 나노 용액을 거른 후, 필터를 소성하면 다공성 금을 얻을 수 있다. 다공성 금의 전기화학적 특성을 평가하기 위해 Potentiostat을 이용하여 CV실험과 환원실험을 진행하였다. CV실험은 0.1 M KCl 수용액과 25 mM 로다민 B 수용액을 이용하여 진행하였다. 기준전극으로는 Ag/AgCl (4.2 M KCl Saturated)를 이용하였다. CV실험 결과 환원은 -0.5V에서, 산화는 0.2V에서 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 환원실험은 로다민 B의 환원 전압인 -0.5V에서 진행되었다. 그 결과 로다민 B의 분해가 일어나는 것을 확인하였다. 본 연구를 통해 다공성 금 또한 유기염료 분해를 할 수 있는 가능성을 보여주었고, 나아가 독성을 가진 유기 물질의 저감에 활용될 것이라 기대한다.

## PB-11 포스터학생

### Transcriptome analysis of CO<sub>2</sub>-fixing cyanobacteria for nitrogen starvation response

Sun Young Choi<sup>1,2</sup>, Byeonghyeok Park<sup>3</sup>, In-Geol Choi<sup>3</sup>, Sun-Mi Lee<sup>1</sup>, Youngsoon Um<sup>1</sup>, Sang Jun Sim<sup>2</sup>, Han Min Woo<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Clean Energy Research Center, Korea Institute of Science and Technology,  
Seoul, Republic of Korea

<sup>2</sup>Green School and <sup>3</sup>Division of Biotechnology, Korea University, 145,  
Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, Republic of Korea

\*Correspondence to hmwoo@kist.re.kr, TEL: +82-2-958-5249, FAX: +82-2-958-6858

*Synechococcus elongatus* PCC7942, a photosynthetic bacterium, has great potentials for biofuel production due to autotrophic growth. It is useful to understand the metabolic changes that occur under nitrogen limited growth for investment in storage compounds like carbohydrates and degradation of resource acquisition mechanisms. To study a comprehensive analysis of a cyanobacterial transcriptome, we performed RNA-sequencing of *Synechococcus elongatus* PCC7942 according to nitrogen or not deprivation condition integrating data. We identified physiological response changes for up or down regulation genes among differentially expressed genes (p value < 0.01) during N starvation. Gene ontology analysis was performed by assigning GO categories to each gene according to the cluster of Orthologous Groups (COG). In addition, we also proposed overall model mechanism of the *S. elongatus* PCC 7942 transcriptional response to N starvation focusing on the regulation. Finally, this study might be given to insight a kind of applying way for engineering microorganism of *S. elongatus* PCC 7942 under nitrogen starvation condition by using RNA sequencing of high thought resolution analysis tool. This work was supported by the National Research Foundation of Korea grant-funded by the Korean Government (Ministry of Science, ICT & Future Planning) (2015, University-Institute cooperation program).

#### 참고문헌

1. Orily Depraetere,., "Trade-off between growth and carbohydrate accumulation in nutrient-limited *Arthrospira* sp. PCC8005 studied by integrating transcriptomic and proteomic approaches" PLOS ONE/ DOI:10.1371/ 2015

## PB-12 포스터학생

### 흡착탑에서 다성분 휘발성 유기화합물의 활성탄 흡착 특성

조종훈, †이시훈, 이영우\*

충남대학교 에너지과학기술대학원, †한국에너지기술연구원

### Activated carbon adsorption characteristics of multi-component volatile organic compounds in a adsorption bed

Jong Hoon Cho, †SiHyun Lee, Young Woo Rhee\*

Graduate School of Green Energy Technology, Chungnam National University

†Korea Institute of Energy Research

환경오염물질인 휘발성 유기화합물을 제어하기 위한 활성탄 흡착탑 설계는 파과점이 기준이 된다. 국내 산업단지의 활성탄 흡착탑 설계는 가장 사용량이 많은 톨루엔을 기준으로 하고 있다. 그러나 산업체 배출 휘발성 유기화합물은 다성분계가 대부분이어서 실제로 다성분계 흡착 시 파과특성을 고찰할 필요가 있다. 본 연구에서는 실제 공정에서 사용빈도가 높은 toluene-IPA(iso propyl alcohol)-EA(ethyl acetate)같은 비흡착성 화합물을 포함하고 있는 다성분계 가스상 휘발성유기화합물의 제거를 위해 직경 10mm × 높이 300 mm의 고정층 흡착탑에서 다성분계 VOCs의 활성탄 흡착실험을 진행하였다. 탄소흡착제로는 펠렛형 입상활성탄을 사용하였다. 흡착실험을 통하여 흡착 파과곡선을 구할 수 있었으며, 활성탄별 흡착특성을 고찰하였다. 활성탄을 고정층에 충전하고 시료가스를 흘리면서 출구에서의 VOCs 농도를 분석한 파과실험을 통하여 흡착량을 측정하였다. 다성분 흡착실험에서 IPA와 EA는 흡착성능이 우수한 toluene의 경쟁흡착으로부터 밀리어 매우 낮은 흡착성능을 나타냈다.



## 유동층 건조 장치에서 이산화탄소와 공기를 이용한 고수분 저등급 석탄의 건조 특성

박재현<sup>1</sup>, 이창하<sup>1</sup>, 선도원<sup>2</sup>, 배달희<sup>2</sup>, 주지봉<sup>2</sup>, 박영철<sup>2</sup>, 류호정<sup>2</sup>, 신종선<sup>2</sup>, 박재현<sup>2\*</sup>  
연세대학교<sup>1</sup>, 한국에너지기술연구원<sup>2</sup>

### Drying Characteristics of High Moisture Low Rank Coal in a Fluidized-bed Dryer by using Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) and Air

Jae Hyeok Park<sup>1</sup>, Chang-Ha Lee<sup>1</sup>, Dowon Shun<sup>2</sup>, Dal-Hee Bae<sup>2</sup>, Ji-Bong Joo<sup>2</sup>, Young Cheol Park<sup>2</sup>, Ho-Jung Ryu<sup>2</sup>, Jong-Seon Shin<sup>2</sup>, Jaehyeon Park<sup>2\*</sup>  
Yonsei University<sup>1</sup>, Korea Institute of Energy Research<sup>2</sup>

최근 고품위 석탄 자원의 고갈로 인하여 이를 대체할 수 있는 저등급 석탄의 활용에 대한 연구가 진행 중에 있다. 먼저 저등급 석탄은 기공이 많고 가지 탄화수소(peripheral hydrocarbon)가 많아 수분의 흡-탈착에 의한 흡착열의 축적으로 온도 상승이 되고, 휘발분 중의 상당량을 차지하고 있는 산소 기능성 그룹으로 인해 자연발화 가능성이 높아져 사용이 제한되어 왔다. 따라서 고수분 저등급 석탄의 수분을 제거하는 공정이 선행적으로 필요하다. 본 연구에서는 수분을 제거하기 위한 열원을 이산화탄소를 사용하였다. 건조의 열원을 이산화탄소를 사용한 이유는 CCS(Carbon Capture and Storage)공정을 통해 저장된 이산화탄소를 건조 공정에 사용하기 위해서이다. 본 연구에 사용된 유동층 건조 장치는 지름 80mm, 높이 500mm의 원형 건조기이며, pre-heater를 통하여 건조의 열원을 전달하게 된다. 또한 유동화 가스를 공기로 사용하여 건조할 경우와 이산화탄소를 사용할 경우의 건조 kinetics를 비교하였으며, 고온의 조건과 유동층에서 발생하는 dead zone에서 각각의 유동화 가스가 발화에 미치는 영향을 확인하였다. Fig. 1에 유동층 건조 장치의 모식도를 나타내었으며, 건조 실험 변수는 주입가스의 온도, 유속, 층 높이 등이며, 이 중 본 발표에서는 주입가스의 온도와 유속을 변수로 하여 저등급 석탄 건조에 미치는 영향을 파악하였다.

Figure 1. Schematic diagram of the bubbling fluidized-bed dryer.

## PB-14 포스터학생

### K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 Ni이 혼합된 저등급 석탄의 CO<sub>2</sub> 가스화 반응특성 연구

김정수, 안승호, 이시훈\*, 이영우†

충남대학교 에너지과학기술대학원 305-764 대전광역시 유성구 대학로 99

\*한국에너지기술연구원 305-343 대전광역시 유성구 가정로 152

Corresponding author (ywrhee@cnu.ac.kr)

### The Kinetic Study on the CO<sub>2</sub> Gasification Reaction of Low-Rank Coal Mixed with K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and Ni

Jung Su Kim, Seung Ho An, Si Hoon Lee\*, Young Woo Rhee†

Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University, 99,

Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-764, Korea

\*Korea Institute of Energy Research, 152 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon  
305-343, Korea

Corresponding author (ywrhee@cnu.ac.kr)

전 세계적으로 인구의 증가와 과학기술의 발전은 필연적으로 에너지의 사용량의 증가 시키고 있다. 1차 에너지 소비량을 보면 석유와 석탄, 천연가스가 대부분을 차지하고 있는데 이중 석탄은 전 세계적으로 고르게 분포가 되어 있고, 매장량과 가격, 안정적인 수급면에서 매우 유망한 에너지이다. 하지만 현재 석탄을 이용하는 기술인 화력발전으로 사용할 경우 CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> 등의 배출로 인해 환경적으로 많은 문제가 야기되고 있다. 이를 해결하기 위한 많은 연구가 진행중이며, 그중 많은 관심을 받고 있는 기술이 가스화이다. 가스화는 고온, 고압의 조건에서 석탄을 CO와 H<sub>2</sub>로 변환하는 기술이며, 이렇게 생산된 합성가스는 매우 다양한 용도로 활용 가능하다. 가스화는 일반적으로 고온, 고압의 조건에서 가동되기 때문에 과도한 에너지가 사용된다. 본 연구에서는 공정의 온도를 줄이기 위해 알칼리 촉매와 전이금속촉매를 Kideco 탄에 첨가하여 가스화를 진행 하였을 때 나타나는 반응특성에 대해 연구를 진행하였다.

## PB-15 포스터학생

# The Effect of Biomass Treatment Methods on Product Yield and Composition of Bio-oil from Pyrolysis of *Saccharina Japonica* in Bubbling Fluidized-Bed Reactor

Hoang Vu Ly, Seung-Soo Kim<sup>1\*</sup>, Jinsoo Kim, Hee Chul Woo<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>ADepartment of Chemical Engineering, Kangwon National University, Samcheok, Korea,

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, Pukyung National University, Nam-gu, Korea

Biofuel production based on thermal conversion of macroalgae has attracted a lot of attention as a promising method. Macroalgae contains significant amount of inorganic compounds (mainly alkali metals as K, Na, Mg, Ca), causing the problems during thermal processing such as ash fouling or agglomeration of char and bed material (in fluidized-bed reactor). In this research, the *Saccharina Japonica* macroalgae was pre-treated by diluted acid solution at different concentration to remove inorganic species. The pyrolysis behavior of pre-treated material was performed in a bubbling fluidized-bed reactor. The effects of pyrolysis conditions on product yield and the quality of bio-oil were systematically investigated. When the pyrolysis temperature increased from 450 °C to 550 °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, showing the highest selectivities of 35.41% and 14.52%, respectively. The gas products include CO, CO<sub>2</sub>, hydrocarbon (C<sub>1</sub>~C<sub>4</sub>) were similar for all reaction conditions, but the selectivity of gas composition varied with conditions. The compositions of bio-char were determined by elemental analysis and inductively couple plasma. These results were compared to those obtained from the pyrolysis of raw *S.japonica* and *S.japonica* residue after ethanol-extraction.

**Keywords:** fast pyrolysis, fluidized-bed reactor, Macro-algae, *Saccharina japonica*, bio-oil

## WGS반응을 위한 Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매의 반응 특성 연구: Aluminum 전구체 투입시간에 따른 영향

백정훈, 박지혜, 정정민, 임효빈, 변창기, 이광복<sup>1\*</sup>  
충남대학교 에너지과학기술대학원, <sup>1</sup>충남대학교 화학공학교육과

### Catalytic Characteristic of Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst for WGS Reaction: Effect of Aluminum Precursor Addition Time

JEONG HUN BAEK, JI HYE PARK, JEONG MIN JEONG, HYO BEEN IM, CHANG KI BYUN, KWANG BOK YI<sup>1\*</sup>

Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University,  
<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University

WGS(Water Gas Shift)는 합성가스 내에 CO를 CO<sub>2</sub>로 전환함과 동시에 H<sub>2</sub>를 생산하는 공정으로 온도에 따라 고온전이반응(HTS, High Temperature Shift)과 저온전이반응(LTS, Low Temperature Shift)으로 구분되며 저온전이반응에서는 Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매가 사용되고 있다. Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 지지체로서 촉매의 구조를 안정화하고 Cu/ZnO가 고온에서 소결되는 현상을 방지하는 것으로 알려져 있으며, 활성물질과 지지체의 결합세기에 따라 촉매 활성에도 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서는 공침법을 이용하여 Cu/Zn/Al의 비율을 45/45/10 mol%로 일정하게 유지하면서 Cu, Zn 전구체를 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 수용액에 침전시키고 6, 12, 18시간 후에 지지체 역할을 하는 Al 전구체를 투입하여 촉매를 제조하였다. 제조된 촉매의 특성은 SEM, N<sub>2</sub>O chemisorption, XRD, BET, TPR 등을 통해 분석하였고 활성평가는 200 - 280°C 온도 영역에서 steam/carbon의 비를 2, GHSV를 27,986h<sup>-1</sup>로 고정하여 진행하였다. 분석결과 Al 전구체를 투입하는 시간이 촉매의 형태와 구조상에는 영향을 주지 않은 반면에 지지체를 투입하는 시간이 빠를수록 촉매의 비표면적은 작아지지만 촉매의 평균기공크기가 커지며 활성물질의 표면적과 분산도가 높아지고 지지체와의 결합도 강해지는 특성을 보였다. 또한 촉매의 물리적인 특성변화가 촉매활성에 복합적으로 영향을 주는 것을 확인하였다.

#### 참고문헌

1. Lindström, B. et al., "Activity and characterization of Cu/Zn, Cu/Cr and Cu/Zr on  $\gamma$ -alumina for methanol reforming for fuel cell vehicles", Applied catalysis A: general, 234(1), 111-125 (2002).
2. Figueiredo, R. T. et al., "Influence of the preparation methods and redox properties of Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts for the water gas shift reaction", Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 318(10), 15-20 (2010).
3. Lima, A. A. G. et al., "Composition effects on the activity of Cu-ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> based catalysts for the water gas shift reaction: a statistical approach", Applied Catalysis A: General, 171(1), 31-43 (1998).
4. Kowalik, P. et al., "The effect of the precursor ageing on properties of the Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst for low temperature water-gas shift (LT-WGS)", Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 392, 127-133 (2014).
5. Takahashi, R. et al., "Effect of pore size on the liquid-phase pore diffusion of nickel nitrate", Physical Chemistry Chemical Physics, 4, 3800-3805 (2002).

# Simple Solution-Based Synthesis of Nitrogen-Doped Graphene

Min Seok Lee<sup>1</sup>, Dong Wook Chang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Chemistry, Pukyong National University, 365 Sinseon-ro, Nam-gu, Pusan 608-739, Korea

Recently, nitrogen-doped graphene has attracted tremendous interest in both industry and academia, due to its fascinating properties including a large surface area, high mechanical strength, outstanding electrical conductivity and unique electrochemical-catalytic effect [1-3]. Much attention has been devoted to the applications of nitrogen-doped graphene in the particularly interesting fields of energy-related devices such as fuel cells, field-effect transistors, lithium-ion batteries and supercapacitors [4-6]. Herein, we report a simple solution-based synthetic approach for the preparation of high-quality nitrogen-doped graphenes using an efficient acid-catalyzed dehydration reaction between graphene oxide and primary amine-containing small molecules. Interestingly, the nitrogen contents in nitrogen-doped graphenes can easily be controlled over a wide range by simple changing in molar feed ratio of reactants. Moreover, the efficient structural restoration of graphene structures during acid-catalyzed reaction, has been observed. Owing to its unique structure-property relationships, some promising results have been obtained from newly synthesized nitrogen-doped graphenes as electrode materials in fuel cell and supercapacitors. They show not only noticeable improvements like high selectivity, outstanding long-term stability and good tolerance to methanol crossover in oxygen reduction reaction but also excellent electrochemical performances such as high specific capacitance and superior cycling stability in supercapacitors. Therefore, the process developed in this study can provide new insights into the structure-property relationships in nitrogen-doped graphene. Furthermore, it can suggest a simple and large-scale production method for high quality nitrogen-doped graphene for various applications.

## References

1. Wang, H., Maiyalagan, T., and Wang, X., "Review on Recent Progress in Nitrogen-Doped Graphene: Synthesis, Characterization, and Its Potential Applications," *ACS Catal.*, **2**, 781-794 (2012).
2. Sun, Y., Wu, Q., and Shi, G., "Graphene Based New Energy Mateirals," *Energy Environ. Sci.*, **4**, 1113-1132 (2011).
3. Allen, M., Tung, V., and Kaner, R., "Honeycomb Carbon: Review of Graphene," *Chem. Rev.*, **110**, 132-145 (2010).
4. Kong, X., Chen, C., and Chen, Q., "Doped Graphene for Metal-Free Catalysis," *Chem. Soc. Rev.*, **43**, 2841-2857 (2014).
5. Liming, D., Xue, Y., Qu, L., Choi, H., and Baek, J., "Metal-Free Catalysts for Oxygen Reduction Reaction," *Chem. Rev.*, **115**, 4823-4892 (2015).
6. Liming, D., "Functionalization of Graphene for Efficient Energy Conversion and Storage," *Accounts Chem. Res.*, **46**, 31-424 (2013).

## 실리카 나노입자를 이용한 우수분리용 초친수성 나노필터의 제조

염창주, 조선희, 김영훈\*

광운대학교 화학공학과

(koreal@kw.ac.kr)

최근 기름유출과 폐수에 의한 환경오염이 환경적으로, 생태계적으로 큰 문제가 되고 있다. 이 문제를 해결하기 위해 다양한 방법들의 연구가 진행 되고 있다. 일반적으로 화학적 생물학적 방법을 이용하고 있지만 2차 오염이 발생하는 단점이 있다. 하지만 소수성필터를 이용한 우수분리 방법은 2차오염이 발생하지 않아 주목을 받고 있다. 일반적으로 소수성필터를 제작은 stainless steel mesh 에 분무법과 전기화학적증착법 등을 이용해 표면처리를 하고 있다. 하지만 이 방법들은 비용이 많이 들고, 대량 생산에 적용 시 코팅 효율이 떨어지는 단점이 있다. 그러므로 본 연구에서는 . 비교적 저렴한 소수성 고분자체와 실리카 나노입자를 이용하여 초소수성나노필터를 제조 하였고, Dip-dry용법을 이용하여 대량생산에 적용하기 용이하다. 실험은 stainless steel mesh에 산처리 후, 실리카나노입자를 코팅하고, 소수성표면개질화를 진행하였다. 제조된 필터는 주사전자현미경, 적외선분광분석기를 이용해 코팅 전/후 표면 상태를 확인하였고, 접촉각측정기를 이용해 소수성을 평가하였다. 또한, 우수분리 장치를 설계하여 여러 종류의 기름에 대한 분리효율, 분리속도, 재사용시 효율을 평가하였다. 초소수성나노필터를 이용한 우수분리시 각각의 기름은 94% 이상의 높은 분리효율을 나타냈으며 분리속도는 각각 분리 대상의 화학적 물성에 따라 다르게 나왔다. 재사용시 기름분리율측정은 25회 반복실험을 진행하였으며, 분리율은 변화가 없었다. 또한, 25회의 재사용에도 90% 이상의 높은 분리효율을 유지하였다. 향후 이 초소수성나노필터를 산업환경에 적용할 경우 처리비용이 낮고, 기름분리효율이 높고, 재사용 가능하기 때문에 환경오염문제를 충분히 해결할 수 있을 것으로 기대한다.

## PB-19 포스터학생

### 석탄 지지체 니켈 촉매를 이용한 톨루엔 수증기 개질 연구

Lia Priscilla, 김수현, 전동혁, 최호경, 김상도, 임정환, 임영준, 이시훈, 유지호\*  
청정연료연구실, 한국에너지기술연구원

### Performance of Coal Supported Nickel Catalysts for Toluene Steam Reforming

Lia Priscilla, Soohyun Kim, Donghyuk Chun, Hokyung Choi, Sangdo Kim, Jeonghwan Lim,  
Youngjoon Rhim, Sihyun Lee, Jiho Yoo\*  
Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research

Carbon, the most abundant element in the universe, has been used in various industrial sectors. Using carbon-based material as catalyst support has captivated much interest due to its catalytic & economic benefit, compare with alumina. In this work, performance of several carbon based catalytic support: Eco coal char (Eco), ash-free coal (AFC) and activated carbon (AC), along with commercial catalyst (CC), were evaluated. Catalysts were made using incipient wetness (IW) and wet impregnation (Imp) method, where nickel carbonate and nickel nitrate were used as metal precursors. The reactivity of the catalysts for toluene steam reforming at 400 - 500 °C showed that Eco-Imp and AC-IW catalysts performed well, exhibiting carbon conversion of 75 and 61%, respectively, while AFC-IW and CC showed comparably lower conversion ~33%. In the future, AFC-IW catalyst that is better in the thermal stability and metal recycling efficiency will be further investigated, focusing on the improvement of the metal dispersion, and therefore the catalytic activity.

## PB-20 포스터학생

### N<sub>2</sub>O/NO<sub>x</sub> 동시 저감 반응에서 제올라이트 촉매의 수분에 의한 비활성화 원인 조사

정정민, 박지혜, 백정훈, 임효빈, 변창기, 전상구<sup>1</sup>, 이광복<sup>2,\*</sup>  
충남대학교 에너지과학기술대학원, 한국에너지기술연구원<sup>1</sup>, 충남대학교 화학공학교육과<sup>2</sup>

### Investigation of steam caused deactivation of zeolite catalyst for N<sub>2</sub>O/NO<sub>x</sub> simultaneous reduction reaction

Jeong Min Jeong, Ji Hye Park, Jeong Hun Baek, Hyo Been Im, Chang Ki Byun,  
Sang Goo Jeon<sup>1</sup>, Kwang Bok Yi<sup>2,\*</sup>

Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University (GEST)

<sup>1</sup>Clean Fuel Department, Korea Institute of Energy Research (KIER)

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University (CNU)

N<sub>2</sub>O는 대기 중에서는 매우 안정하지만 성층권에서 오존의 파괴를 일으키는 온실가스 중 하나이다. 또한, N<sub>2</sub>O는 GWP(Global Warming Potential)가 CO<sub>2</sub> 보다 310배 높기 때문에 N<sub>2</sub>O를 저감할 수 있는 기술 개발이 필요하다. 최근에 NH<sub>3</sub>를 환원제로 사용하여 NO<sub>x</sub>와 N<sub>2</sub>O를 동시에 저감하는 기술인 NH<sub>3</sub>-SCR 공정이 연구자들에게 주목을 받고 있다. NH<sub>3</sub>-SCR 공정에서 사용되는 촉매는 주로 제올라이트이며, 전이금속을 담지하거나 함침하여 사용된다. 수분 발생 시 제올라이트 촉매는 수분에 의해 비활성화 된다. 하지만 비활성화의 원인에 대한 연구가 부족하기 때문에 원인을 밝혀내는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 산으로 처리한 제올라이트 촉매의 특성을 조사하여 수분에 의한 비활성화의 원인을 확인하였다. BEA zeolite는 질산을 사용하여 처리하였으며, 처리 시간을 변수로 두었다. 산으로 처리한 BEA 제올라이트는 이온교환법으로 Fe를 담지하여 제조하였다. 제조된 제올라이트 촉매는 BET, FT-IR, NH<sub>3</sub>-TPD, DRIFTS를 통하여 특성 분석되었다. 촉매 테스트는 350-400 °C 온도 영역에서 수행되었으며 수분에 대한 영향을 고찰하기 위하여 steam을 넣어주며 촉매 성능 변화를 평가하였다. 수분에 대한 저항성을 가지는 작용기는 Si-O-Si로 판단되었으며, N<sub>2</sub>O 전환율은 질산 처리 시간 30분에서 가장 높게 나타났다.



## PB-21 포스터학생

### The kinetic effect of HFC-134a hydrate formation in 3.5% seawater when silica gel is added

Lianna Johanna, A-Ram Kim, Jun-Heok Lim, Yong-Sun Won<sup>1</sup>,Jea-KeunLee,Tae-YoonLee<sup>2</sup>  
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea<sup>1</sup>, Department  
of Environmental Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea<sup>2</sup>

Gas hydrates (or clathrate hydrates) are ice-like crystalline molecular complexes formed when water mix with suitably sized 'guest' gas molecules. The hydrogen bonding in water (host) molecules lead lattice structures with several interstitial cavities to be formed. The guest gas molecules can occupy the lattice cavities. When a minimum number of cavities are filled, the crystalline structure will be stable and it will form solid gas hydrates, even at temperatures well above the melting point of water ice. Porous medium such as silica gel have significant influence on hydrate formation rate, as they can reduce the chemical barrier which hydrate formation must overcome and promote hydrate formation. HFC-134a has been used in this report as the guest gas since it is a refrigerant. Several kinds of commonly used refrigerants are CFC, HCFC, and HFC. However, CFC and HCFC consist of chlorine destroying the ozone layer and giving the bad effect of global warming. In this experiment, three sizes of silica gel were used and for each size, three different weights were conducted. Operation condition for each variables are remained same.

#### 사사

This research was a part of the project titled "Development of Key Technology in Seawater Desalination using Gas Hydrate Process" funded by the Ministry of Land, Transport, and Maritime Affairs, Korea.

#### 참고문헌

1. Praveen L., et. al., "Enhanced rate of gas hydrate formation in a fixed bed column filled with sand compared to a stirred vessel," Chemical Engineering Science, 68, 617-623 (2012)
2. Shunsuke H., et. al., "Three-Phase Equilibrium Relations and Hydrate Dissociation Enthalpies for Hydrofluorocarbon Hydrate Systems: HFC-134a, -125, and -143a Hydrates," J. Chem. Eng. Data, 55, 4951-4955 (2010)
3. Hideo T., et. al., "HFC-134a Hydrate Formation Kinetics during Continuous Gas Hydrate Formation with a Kenics Static Mixer for Gas Separation," Ind. Eng. Chem. Res., 49, 2525-2532 (2010)
4. Hideo T., et. al., "Formation of HFC-134a hydrate by static mixing," Journal of Petroleum Science and Engineering, 56, 75-81 (2007)
5. Jitendra S. S., et. al., "DESALINATION OF SEAWATER USING GAS HYDRATE TECHNOLOGY - CURRENT STATUS AND FUTURE DIRECTION", Proceeding of HYDRO 2013 INTERNATIONAL, 434-440 (2013)
6. Kyeong-nam P., et. al., "A new apparatus for seawater desalination by gas hydrate process and removal characteristics of dissolved minerals ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{B}^{3+}$ )", Desalination, 274, 91-96 (2011)

## Surface Sites with Different Binding Energies in Activated Carbons for CO<sub>2</sub> Adsorption

Il Hum Cho, Joung Ho Park, Moon Hyeon Kim\*, Sang Ok Choi<sup>1</sup>, In Soo Lee<sup>1</sup>, Soo Tae Choo<sup>1</sup>  
 Department of Environmental Engineering, Daegu University, 201 Daegudae-ro, Jillyang,  
 Gyeongsan 712-714, Korea

<sup>1</sup>Experiment & Research Team, Samsung-BP Chemicals Co. Ltd., 63-15 Sanggae-ro,  
 Cheongryang, Ulju, Ulsan 689-860, Korea

(\*Corresponding author: moonkim@daegu.ac.kr)

This work has studied activated carbons (ACs) with different surface functionalities related to high CO<sub>2</sub> adsorption at low pressure region. ACs are widely used for CO<sub>2</sub> separation process using pressure swing adsorption technique because they have a high surface area and a high microporosity. Generally, such textural features can lead to high CO<sub>2</sub> adsorption capacity. It is well known that the chemical properties of AC surfaces strongly influence CO<sub>2</sub> adsorption capacity, because microporous carbons possess a variety of oxygen-containing surface groups. These usually exist as carboxylic, lactone, phenol, carbonyl, carboxylic anhydride, (hydro)quinone, lactol, pyrone, and chromene. Such surface functional groups can be classified into acidic and basic sites. Carboxylic and lactone groups decompose into CO<sub>2</sub> at low temperatures, and phenol groups do into CO and H<sub>2</sub>O at 600 ~ 700°C. While the thermal decomposition of quinone groups into CO takes place around 700 ~ 980°C. Thus, the thermal decomposition technique may offer us a good vehicle to characterize different types of the surface sites in ACs that will participate in high CO<sub>2</sub> adsorption. Spectra of gaseous products during thermal decomposition with P-20, which has yielded the highest CO<sub>2</sub> uptake among AC samples used here, are provided in Fig. 1. A comparison with a sample of C-3K disclosing the lowest CO<sub>2</sub> adsorption readily indicates that the both ACs have different surface heterogeneities regarding surface functional groups and these energetic distributions. Unlike the C-3K, many oxygen functional groups existing with the P-20 decompose into CO at higher temperatures. The difference in the surface functionalities and these relative amounts could be well correlated to the measured CO<sub>2</sub> adsorption capacity.

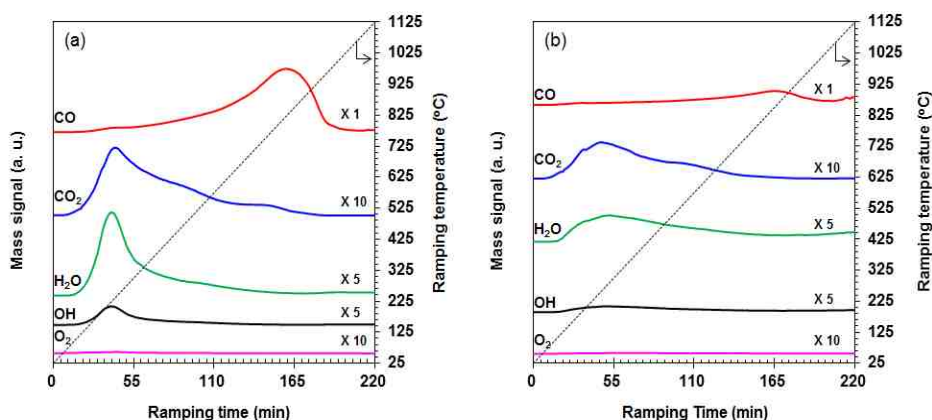


Fig. 1. Thermal decomposition spectra of (a) P-20 and (b) C-3K.

## PB-23 포스터학생

### 해수에서 Surfactant가 첨가된 R-134a 가스하이드레이트 형성 속도 연구

김아람<sup>1</sup>, Lianna Johanna<sup>1</sup>, 원용선<sup>1</sup>, 이제근<sup>2</sup>, 이태윤<sup>2</sup>, 임준혁<sup>1</sup>

부경대학교 화학공학과<sup>1</sup>

부경대학교 환경공학과<sup>2</sup>

#### The kinetic effect on R-134a gas hydrate formation with the presence of surfactant in seawater

A Ram Kim<sup>1</sup>, Lianna Johanna<sup>1</sup>, Yong Sun Won<sup>1</sup>, Jea Keun Lee<sup>2</sup>, Tae Yoon Lee<sup>2</sup>, Jun Heok Lim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea, 608-739

<sup>2</sup>Department of Environmental Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea, 608-737

기준에 사용되어온 해수담수화방법은 많은 양의 화석연료를 사용하거나(증발법), 많은 전력을 소비를 하는 형태가 주를 이루었다.(RO) 따라서, 해수담수화 과정 중 위의 방법을 이용하지 않고 gas Hydrate 형성 원리를 이용하여 해수담수화 기술에 응용을 해보고자 한다. Gas Hydrate는 낮은 온도와 높은 압력에서 물 분자들의 격자구조로 이루어져 있으며, 이때 사용되는 객체가스로는 메탄, 에탄, 프로판, SF<sub>6</sub>, R-134a 등의 여러 가스가 사용되고 있다. 이때 만들어지는 gas Hydrate의 결합형태는 크게 구조 I, II, H의 3가지 형태로 구분이 된다. 예를 들어 구조 I의 경우에는 5각형 12개인 구조물(5<sup>12</sup>)이 2개와 5각형 12개, 6각형 2개인 구조물(5<sup>12</sup>6<sup>2</sup>)이 6개인 형태를 이루고 있다. 본 실험에서는 R-134a 가스를 이용해서 하이드레이트를 형성할 때 Surfactant를 첨가하여 하이드레이트 생성 속도 차이를 알아보았다. 또한 해수의 농도에 따른 하이드레이트 생성속도의 차이가 있는지도 알아보았다.

#### 사사

“본 연구는 2015년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(가스하이드레이트 형성원리를 이용한 해수담수화 기반기술개발)”

#### 참고문헌

1. Ballard A. L. and Sloan E., "Optimizing thermodynamic parameters to match methane and ethane structural transition in natural gas hydrate equilibria," Ann. N. Y. Acad. Sci., 912(1), 702-712(2006).
2. Fleyfel F. and Devlin J. P., "Carbon dioxide clathrate hydrate epitaxial growth: Spectroscopic evidence for formation of the simple type-ii carbon dioxide hydrate," J. Phys. Chem., 95(9), 3811-3815(1991).
3. Lee H., Lee C. S. and Kang J. M., "Carbon dioxide ocean sequestration using gas hydrate," JOURNAL-KOREAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, 41(2), 135-146(2003).
4. Sloan E. D. and Koh C. A., Clathrate hydrates of natural gases, CRC Press LLC(2008).
5. 강민수, 김경희, 이주동, 홍상연, 신춘환, 이제근 and 김양도, "에너지자원: 가스하이드레이트와 RO 를 조합한 해수담수화 기술," 한국환경과학회 정기학술발표회 발표논문집, 19(1), 532-531(2010).

## Synthesis of 2,5-Furandicarboxylic Acid and Its Dialkyl Ester Derivatives from Galactaric Acid

Tan Phat Nguyen<sup>1</sup>, Anh H. T. Vo<sup>1</sup>, Nhan T. T. Huynh<sup>1</sup>, Bora Kim<sup>2</sup>, Seok-Kyu Park<sup>2</sup>, Dasom Mun<sup>2</sup>, Jin Ku Cho<sup>12\*</sup>

University of Science and Technology (UST) <sup>1</sup>  
Korea Institute of Industrial Technology (KITECH) <sup>2</sup>  
corresponding author: jkcho@kitech.re.kr \*

2,5-Furandicarboxylic acid (abbrev. FDCA or FDA, aka. pyromucic acid) is a diacid chemical in the list of the top 12 basic building blocks of the future, which is stated by US Department of Energy National Renewable Energy Laboratory (NREL, 2004). FDCA and its derivatives are thus generally believed to play an enormous role in near future. There are many starting materials that FDCA can be synthesized from; amongst them, galactaric acid (aka. mucic acid) is very promising. This study has focused on the synthesis of FDCA and its dialkyl esters from galactaric acid, via direct dehydration. Dialkyl ester products from *n*-C4, *n*-C7, *n*-C8, *n*-C10 alcohols were well isolated and characterized by <sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR and EI-(+)-MS spectra. Whilst FDCA, *n*-C5, *n*-C6 and branched alkyl alcohol-originated products were still under investigation.

**Keywords:** Galactaric acid, FDCA, FDCA ester, dehydration

### References

- Taguchi, Y., Oishi, A., and Iida H., "One-step synthesis of dibutyl furandicarboxylates from galactaric acid", *Chemistry Letters*, **37**(1), 50-51 (2008).
- Saladini, M., et al., "Binding ability of aldaric acid toward metal(II). X-ray study and solution state investigation on Cu(II)-galactaric acid system and its 2,2'-bipyridine adduct", *Inorganica Chimica Acta*, **292**(2), 189-197 (1999).
- Amarasekara, A. S., Razzaq, A., and Bonham, P., "Synthesis and Characterization of All Renewable Resources Based Branched Polyester: Poly(2,5-furandicarboxylic acid-co-glycerol)", Research Article, Department of Chemistry, Prairie View A&M University, Prairie View, TX, (2013).

## PB-25 포스터학생

### 상용 등급 폴리스타이렌, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌의 열분해 제품 특성분석

Boris Brigljevic, 유준  
부경대학교 화학공학과

### Characterization of liquid pyrolysis products of commercial grade polystyrene, polypropylene and polyethylene

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

Plastic materials and commodities are found in almost every aspect of human activity today. Vast majority of the plastic materials used globally are made from non-renewable fossil resources. The increasing cost and decreasing size of available landfills as well as the considerable resistance to biodegradation are the crucial reasons for the development of ecologically and economically viable recycling routes. In this work, tertiary recycling route or thermochemical decomposition of various plastics was utilized and liquid decomposition products were characterized by H NMR, GC and FT-IR. Plastics used were commercial grade polyethylene, polypropylene, polystyrene and their mixtures. Products from single polymers were identified in the mixture products. Furthermore, it was shown how the hydrocarbon type distribution in the liquid products can be influenced by different feedstock composition and with respect to process time and liquid product yield. Therefore using a relatively simple method liquid products compositions were tuned to resemble commercial fuels. Finally, in this work, the effect of feedstock contamination with toner powder was investigated for the first time. It was shown that the contamination of up to 20% wt. of feedstock does not significantly affect liquid distillate composition. Thus, there is a great potential application to the recycling industry, particularly IT consumables waste recyclers.

## PB-26 포스터학생

### Chloromethyl-2-furfural(CMF)의 이상 연속 생산과 CMF로부터 5-acetoxymethyl-2-furfural(AMF)의 에스테르화 반응

박석균<sup>\*,\*\*</sup>, Nhan. Thanh Thien. Huynh<sup>\*,\*\*\*</sup>, 이관영<sup>\*\*</sup>, 조진구<sup>\*,\*\*\*,†</sup>  
한국생산기술연구원<sup>\*</sup>, 고려대학교<sup>\*\*</sup>, 과학기술연합대학원대학교<sup>\*\*\*</sup>

### Biphasic Continuous production of Chloromethyl-2-furfural (CMF) and esterification of CMF into 5-acetoxymethyl-2-furfural (AMF)

Seok-Kyu Park<sup>\*,\*\*</sup>, Nhan. Thanh Thien. Huynh<sup>\*,\*\*\*</sup>, Kwan-Young Lee<sup>\*\*</sup>, Jinku Cho<sup>\*,\*\*\*,†</sup>  
KITECH<sup>\*</sup>, Korea university<sup>\*\*</sup>, UST<sup>\*\*\*</sup>

5-Hydroxymethyl-2-furfural (HMF) is most well-known biomass-derived platform chemicals, which have the possibility to replace BTX-based aromatic compounds produced from petroleum with renewable and sustainable. Although HMF obtained by dehydration reaction of fructose under the acid catalyst condition by using a high boiling aprotic polar solvent such as DMSO [1]. Since it is quite difficult to isolate HMF from DMSO, further transformations of HMF to other high value added chemicals are limited. Meanwhile, 5-Chloromethyl-2-furfural (CMF) - an alternative product of fructose dehydration in hydrophobic solvents - has been proved to be more efficient as material for later applications. CMF is produced by biphasic continuous reactor, which have formed easily from carbohydrate (fructose), hydrochloric acid and organic solvent such as dichloromethane or dichloroethane [2]. In this study, synthesize 5-acetoxymethyl-2-furfural (AMF) from biphasic continuous product CMF and polymer supported alkylammonium acetates [3]. Polymer supported alkylammonium acetates were formed by the treatment of ion exchange resin and acetic acid. The acetic acid for the treatment was obtained through fast pyrolysis in which corncobs had reacted with ZnCl<sub>2</sub> in the fluidized bed reactor [4].

**Keywords:** 5-chloromethyl-2-furfural (CMF), 5-acetoxymethyl-2-furfural (AMF), biphasic continuous reactor, esterification

#### References

- [1] (a) Jaewon Jeong, Churchill A. Antonyraj, Seunghan Shin, Sangyong Kim, Bora Kim, Kwan-Young Lee, Jin Ku Cho, *J. Ind. Eng. Chem.* **2013**, *19*, 1106-1111; (b) Bora Kim, Jaewon Jeong, Dasom Moon, Churchill Angel Antonyraj, Yongjin Kim, Baekjin Kim, Seunghan Shin, Sangyong Kim, Kwan-Young Lee, Jin Ku Cho, *Ind. Eng. Chem. Res.* **2014**, *53*, 4633-4641.
- [2] Malte Brasholz, Karin von Kanel, Christian H. Hornung, Simon Saubern and John Tsanaktsidis, *Green chem.*, **2011**, *13*, 1114
- [3] Eun-Sil Kang, Yeon-Woo Hong, Da Won Chae, Bora Kim, Yong Jin Kim, Baekjin Kim, Jin Ku Cho, Young Gyu Kim, *ChemSusChem* **2015**, 10.1002/cssc.201403252.
- [4] Seung-Jin Oh, Su-Hwa Jung, Joo-Sik Kim, *Bioresource Technology* **2013**, *144*, 172-178

## PB-27 포스터학생

### 녹조류 *Chlamydomonas mexicana*에 의한 에스트론의 생물학적 분해 및 생화학적 변화

이민선<sup>1</sup>, Mayur Kurade<sup>1</sup>, 최재원<sup>2</sup>, 응구강<sup>1</sup>, 전병훈<sup>1\*</sup>  
한양대학교<sup>1</sup>, 한국수자원공사<sup>2</sup>

### Biodegradation and Biochemical changes of estrone by green microalgae, *Chlamydomonas mexicana*

Minsun Lee<sup>1</sup>, Mayur Kurade<sup>1</sup>, Jaewon Choi<sup>2</sup>, Jiuqiang Xiong<sup>1</sup>, Byong-Hun Jeon<sup>1\*</sup>  
Hanyang University<sup>1</sup>, Korea Institute of Water and Environment<sup>2</sup>

Estrogen is a group of hormones (estrone, estradiol and estriol) that primarily influence the development, maturation and function of female reproductive tract in humans and animals, which are introduced into the environment through their excretions. These hormones have been frequently detected in aquatic environments and are toxic to the residing flora and fauna. Microalgae have endogenous catabolic systems, heterotrophic capability and ability to thrive in extreme environments, making them a favourable candidate for the removal of pollutants from contaminated waters. Four microalgal species, *Micratinum reisseri*, *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas mexicana* and *Chlamydomonas pitschmannii* were screened for the estrone tolerance. *C. mexicana* showed the lowest growth inhibition and was selected for further study. The biochemical analysis revealed that pigments (total chlorophylls and total carotenoids), protein and lipid contents of *C. mexicana* were decreased with the increasing concentrations of estrone (0-1,000 ppb), while the carbohydrate content was increased. Exposure to estrone increased the content of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT), which are the major antioxidant enzymes induced in response to environmental stress. Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) analysis confirmed the bioaccumulation and biodegradation of estrone by the microalga. *C. mexicana* was tolerant to concentrations of estrone higher than its detection level in the aquatic systems. The present study demonstrated that effectiveness of *C. mexicana* in the biodegradation of estrone.

#### 참고문헌

1. Tan, T. David et al., "Impact of organic carbon on the biodegradation of estrone in mixed culture systems", Environ. Sci. Tech., 47, 12359-12365 (2013).
2. Lai, K. M., Scrimshaw, M. D., and Lester, J. N. "Biotransformation and bioconcentration of steroid estrogens by *Chlorella vulgaris*", Appl. Environ. Microbiol., 68(2), 859-864 (2002).
3. G. Pinto et al., "Biodegradation of phenols by microalgae", Biotechnol. Lett., 47, 2047-2051 (2002).
4. Bradley, Paul M. et al., "Biodegradation of 17 $\beta$ -estradiol, estrone, and testosterone in stream sediments", Environ. Sci. Technol., 43, 1902-1910 (2009)

## Ni/Ru-X/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매의 톨루엔 수증기 및 건식 개질 특성

오건웅, 박서윤<sup>1</sup>, 라호원<sup>2</sup>, 서명원<sup>2</sup>, 김용구<sup>2</sup>, 이재구<sup>2</sup>, \*윤상준<sup>2</sup>  
과학기술연합대학원대학교 신에너지 및 시스템 기술, <sup>1</sup>충북대학교 환경공학과,  
<sup>2</sup>한국에너지기술연구원 기후변화연구본부

## Characterization of toluene steam and dry reforming over Ni/Ru-X/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts

Gunung Oh, Seo Yoon Park<sup>1</sup>, Ho Won Ra<sup>2</sup>, Myung Won Seo<sup>2</sup>, Yong Ku Kim<sup>2</sup>,  
Jae-Goo Lee<sup>2</sup> and \*Sang Jun Yoon<sup>2</sup>  
Advanced Energy and System Technology, Korea University of Science and Technology,  
Gajeong-lo 217, 305-350 Daejeon, Korea  
Department of Environmental Engineering, Chungbuk National University, Naesudong-lo 52,  
361-763 Cheongju, Korea<sup>1</sup>  
Climate Change Research Division, Korea Institute of Energy Research, Gajeong-lo 152,  
305-343 Daejeon, Korea<sup>2</sup>

바이오매스 가스화시 발생하는 타르의 제거를 위해 촉매를 이용한 수증기 및 건식 개질을 수행하였다. 타르의 주요 성분 중 하나인 톨루엔을 모사 타르로 사용하고 Ni/Ru/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매에 Mn과 Ca을 촉진제로 첨가하여 톨루엔 개질용 촉매를 제작하였다. 촉매의 특성 분석을 위해 승온 환원(TPR), 승온 이탈(TPD), X선 회절분석(XRD), 표면적 분석(BET)을 수행하여 촉매 위의 Ni 입자 분포, 표면적, pore 크기 등의 특성을 확인하였다. 쿼츠로 제작된 고정층 반응기를 사용하고 생성된 가스는 가스 크로마토그래피로 조성을 측정하였다. 톨루엔은 30g/Nm<sup>3</sup> 농도로 주입되었고 수증기, CO<sub>2</sub>와 톨루엔의 몰비는 25로 고정하였다. 실험 전 800°C에서 Ar과 H<sub>2</sub>를 주입하여 2시간동안 환원 후, 촉매에 첨가되는 Mn, Ca의 함량(1, 3wt%), 개질 반응 온도(400-800°C), 수증기와 CO<sub>2</sub>의 몰비를 변화시키며 촉매의 수증기 및 건식 개질 성능을 관찰하였다. 수증기 및 건식 개질에서 반응 온도 상승에 따른 톨루엔 전환율과 생성가스내 H<sub>2</sub>의 증가가 공통적으로 관찰되었으며 가스 조성의 변화는 유사한 경향을 보였다. 수증기 개질에서는 Ni/Ru-Ca(3wt%)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 Ni/Ru-Mn(3wt%)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매가 600°C에서 전환율 100%에 도달하였고 건식 개질에서는 Ni/Ru-Mn(3wt%)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매가 가장 우수한 성능을 보였다. 건식개질 보다 수증기 개질시 더 높은 전환율을 보였으며 수증기와 CO<sub>2</sub>를 동시에 주입하는 경우, 주입되는 수증기의 몰비가 증가 할수록 전환율이 증가하는 것을 확인하였다. 촉매 위 탄소 침적량과 Ni 입자의 소결(sintering) 정도를 파악하기 위해 8시간 수증기 및 건식 개질 후 회수한 촉매의 열중량분석(TGA)과 X선 회절분석(XRD)을 수행하여 촉매의 안정성을 확인하였다.



### 해조류 유래 바이오-오일을 원료로 한 수증기 개질반응 연구

박용범, 임한권<sup>1</sup>, 우희철\*

부경대학교 화학공학과, <sup>1</sup>대구가톨릭대학교 화학시스템공학과

### Steam Reforming of Fast Pyrolysis Bio-Oil from Macro Algae

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

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University,

<sup>1</sup>Department of Chemical Systematic Engineering, Catholic University of Daegu

전세계적으로 사용되고 있는 대부분의 에너지 의존량은 85% 이상을 화석자원이 차지하고 있다. 화석자원의 공급 감소와 점차 심화되는 환경오염문제 때문에 바이오매스를 활용한 바이오에너지 및 바이오연료의 개발 연구가 진행되고 있다. 바이오매스는 재생 가능성과 친환경성을 통해 화석자원을 대체할 에너지 자원으로 큰 잠재력을 지니고 있다. 3세대 바이오매스인 해조류는 1,2세대의 육상 바이오매스보다 뛰어난 이산화탄소 흡수능력, 빠른 생산주기, 높은 생산성, 수확의 용이성 등의 장점으로 인하여 지속가능한 친환경 바이오매스로 주목받고 있다. 해조류 바이오매스의 열분해로 생성되는 바이오오일은 알코올, 산, 알데히드, 에스테르, 페놀 등 수백 종류의 유기화합물과 다양한 불순물을 함유하고 있는 복합 혼합물이다. 바이오오일을 상업화 연료로 사용하기 위해서 많은 개질 공정을 필요로 한다. 그 중, 수증기 개질반응은 바이오오일의 특성을 변화시키면서 동시에 수소를 생산할 수 있는 반응이다. 생성물인 수소가스는 연소 시 공해물질이 배출되지 않고 연료전지 등의 연료로 사용, 화학제품의 원료 및 화학공장의 공정가스로 널리 사용되고 있다. 독일의 경우 연료전지, 수소보일러, 수소자동차 등에 이용하는 수소에너지 실증 플랜트를 설치할 정도로 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 해조류 유래 열분해로 생성된 바이오오일을 수증기 개질반응 원료로 사용하여 수소의 생성 수율을 확인하였다. 수증기 개질반응은 원료의 특성과 다양한 반응 조건에 따라 많은 영향을 받게 되므로 원료의 전처리 영향과 더불어 니켈을 포함하는 상업용 촉매, 반응온도(773~1,073K) 및 S/C ratio(2.25~10.0)에 따른 수소 생성 수율을 비교 평가하였다.

#### 참고문헌

1. Lan, P., Xu, Q., Zhou, M., Lan, L., Zhang, S., and Yan, Y., "Catalytic Steam Reforming of Fast Pyrolysis Bio-Oil in Fixed Bed and Fluidized Bed Reactors," *Chemical Engineering Technology*, 33(12), 2021-2028 (2010).
2. Trane, R., Dahl, S., Skjoth-Rasmussen, M.S., and Jensen, A.D., "Catalytic steam reforming of bio-oil," *International Journal of Hydrogen Energy*, 37, 6447-6472 (2012).

## 급속열분해로부터 생성된 바이오 차의 전처리에 따른 특성분석

박용범, 최재형<sup>1</sup>, 우희철

부경대학교 화학공학과, <sup>1</sup>부경대학교 청정생산기술연구소

### Characteristic Analysis on Pre-treatment Bio Char from Fast Pyrolysis

Yong Beom Park, Jae Hyung Choi<sup>1</sup>, Hee Chul Woo

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University,

<sup>1</sup>The Institute of Cleaner Production Technology, Pukyong National University

바이오차는 바이오매스를 이용하여 산소가 없는 환경에서 열분해 시, 만들어지는 탄소함량이 높은 고체 물질이다. 바이오차(Biochar)의 탄소 격리, 재생 에너지, 폐기물 관리, 농업 생산성 개선, 환경복원 등 중요한 기능으로 최근에 크게 주목을 받고 있다. 바이오차는 열분해 방식에 따라 생산량이 달라지는데 저속 열분해(5~7 K/min), 고속 열분해(300 이상 K/min) 및 고온·고압의 플래쉬 열분해로 구분할 수 있다. 이러한 열분해 방법 중 가열 속도가 느리고, 온도가 낮을수록 생성되는 고형물의 비율은 증가하므로, 바이오차의 생산량을 올리기 위해 주로 저속 열분해를 사용하고 바이오오일의 생산량을 늘리기 위해서 고속열분해를 사용한다. 일반적으로 바이오차의 수율은 20~50% 정도이며 대부분 탄소가 주성분을 이루며 산소, 수소와 무기물을 포함한다. 해조류는 3세대 바이오매스로 기존의 1,2세대 바이오매스와 구성성분이 많이 다르며, 해조류가 포함하는 높은 함량의 수분과 회분(무기물)은 바이오차를 활용하는 데 있어 문제점이 될 수 있다. 특히 고정층 반응기에서 열분해를 수행하였을 때, 생성되는 바이오오일 또는 타르 성분이 바이오차의 표면에 남아있기 때문에 식물을 성장하는 비료로 활용하기 어려우며, 더욱이 높은 회분함량으로 낮은 비표면적과 기공부피로 흡착제로 활용하는 데 문제가 발생하게 된다. 본 연구에서는 해조류 바이오매스로부터 생성된 바이오차를 비료나 흡착제로 사용하기 위해 화학적 전처리를 수행하였으며 각 전처리에 따른 바이오차의 특성을 비교하였다. 먼저 바이오차의 표면에 남아있는 바이오오일 또는 타르 성분을 제거하기 위하여 물의 세척과 여과를 반복하였다. 이후, 바이오차의 회분을 제거하기 위해 산, 알칼리용액을 제조하고 세척 및 교반을 용액의 농도와 시간에 따라 실험을 수행하였다. 바이오차의 특성을 비교하기 위하여 공업분석을 통하여 수분과 회분함량을 확인하였으며, BET를 통하여 비표면적과 기공부피를 측정하였고 ICP로부터 각 바이오차에 함유된 금속의 종류와 함량을 비교 평가하였다.

#### 참고문헌

1. J. H. Choi, H. C. Woo, and D. J. Suh, "Pyrolysis of Seaweeds for Bio-oil and Bio-char Production," *Chemical Engineering Transactions*, **37**, 121-126 (2014).
2. S. H. Woo, "Biochar for soil carbon sequestration," *Clean Technology*, **19**(3), 201-211 (2013).

## PB-31 포스터학생

### 내마모성이 제고된 유동층 반응공정에 적용 가능한 촉매 지지체의 합성

김민정, 성연백, 이태훈, 박창준, 이진욱, 최원영, 이태진\*, 박노국<sup>1</sup>, 류호정<sup>2</sup>  
영남대학교 화학공학부, <sup>1</sup>영남대학교 청정기술연구소, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원

### Synthesis of High abrasion resistance Catalyst support for fluidized-bed process

Min Jung Kim, Yeon Baek Seong, Tae Hoon Lee, Chang Joon Park, Won Young Choi, Jin Wook Lee, Tae Jin Lee\*, No-Kuk Park<sup>1</sup>, Ho-Jung Ryu<sup>2</sup>  
School of Chemical Engineering, Yeungnam University, <sup>1</sup>Institute of Clean Technology, Yeungnam University, <sup>2</sup>Korea Institute of Energy Research

기존의 고정층 반응공정에서의 온도조절의 문제를 유동층 반응공정에 적용하여 해결하고자 하는 합성반응들이 많이 있다. 합성가스의 메탄화 반응으로부터 합성천연가스를 제조하는 SNG 합성공정과 연소 전 CO<sub>2</sub> 포집 방법 중 하나인 SEWGS 반응이 대표적이다. 본 연구에서는 앞의 반응 공정 중 SNG 반응공정에 적용 가능하며 촉매층의 온도를 효과적으로 제어하기 위한 반응공정으로 흔히 사용되는 유동층 공정에 적용 가능한 촉매지지체를 제조하고자 하였다. 유동층 반응공정은 온도제어에 유리한 장점이 있다. 그러나 촉매의 내마모성이 반드시 제고되어야 하기 때문에 매크로기공의 골격구조체를 기반으로 내마모성을 향상시키고자 하였다. 제조한 촉매의 내마모성 향상을 위한 다공성 골격구조체는 PS (polystyrene)나 PMMA (poly methyl metacrylate)와 같이 합성하기 용이한 나노 비드를 매트릭스로 사용하여 매크로 기공이 형성된 프레임 형태를 가진다. 높은 내마모성을 가지는 촉매지지체의 프레임 내부에 SNG 반응공정에 필요로 하는 NiO와 MgO 그리고 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 같은 촉매를 채워서 내마모성이 제고된 촉매를 제조하였다. 매크로 기공을 가지는 골격구조체를 합성하기 위한 전구체로는 nickel nitrate와 aluminum nitrate가 사용되었으며, 프레임 형태의 NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 골격구조체를 형성하기 위해 고분자 비드가 사용되었다. 합성된 NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 골격구조체의 특성을 관찰하기 위하여 SEM과 EDS, XRD로 표면형성과 결정구조가 분석되었고, 균일한 NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 구조의 매크로기공이 형성되었음을 확인하였다.

## 탄산처리에 따른 무회분석탄의 추출률 변화

Sukma Hidayat<sup>1</sup>, 권호중<sup>1, 2</sup>, 조완택<sup>1</sup>, 전동혁<sup>1</sup>, 유지호<sup>1</sup>, 김상도<sup>1</sup>, 임정환<sup>1</sup>, 임영준<sup>1</sup>, 이시훈<sup>1</sup>, 최호경<sup>1, \*</sup>

<sup>1</sup>청정연료연구실, 한국에너지기술연구원

<sup>2</sup>에너지과학기술대학원, 충남대학교

## The Effect of Carbonic Acid Pretreatment on Ash-Free Coal Extraction Yield

Sukma Hidayat<sup>1</sup>, Hojung Kwon<sup>1,2</sup>, Wantaek Jo<sup>1</sup>, Donghyuk Chun<sup>1</sup>, Jiho Yoo<sup>1</sup>, Sangdo Kim<sup>1</sup>,  
Jeonghwan Lim<sup>1</sup>, Youngjoon Rhim<sup>1</sup>, Sihyun Lee<sup>1</sup>, Hokyung Choi<sup>1,\*</sup>

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

<sup>2</sup>Graduate school of Energy Science and Technology, Chungnam University

Different low-rank coals (KCH, Arch, Eco, and Glencore) were pretreated in carbonic acid for 24 hours before Ash-Free Coal (AFC) extraction to investigate the effect of the pretreatment on AFC extraction yield. Carbonic acid was produced by dissolving carbon dioxide in water at 5 bar. Both treated and untreated coals were extracted by non-polar organic solvent (1-methylnaphthalene (1-MN)) or polar organic solvent (N-methyl-2-pyrrolidinone (NMP)). The extraction was carried out in the temperature range of 350-355 °C in a batch reactor for 60 minutes. It was observed that the pretreatment caused a significant effect on extraction yield for the AFC extracted by NMP that increased by 7-25%. However, there was almost no improvement on extraction yield for the AFC extracted by 1-MN that only gave around 1-2% difference. The effect of the pretreatment on the extraction yield also depended on the coal type. Even though the extraction with NMP yielded more than that with 1-MN, it left more ash in the AFC.

## PB-33 포스터학생

### 개질기 촉매 지지체 코팅을 위한 FeCrAl재질 Micro-Channel plate위 ZnO버퍼층 형성

박창준, 성연백, 이태훈, 김민정, 이진욱, 최원영, 이태진\*, 박노국<sup>1</sup>  
영남대학교 화학공학부, <sup>1</sup>영남대학교 청정기술연구소

### Study of ZnO buffer layer formed by CFR coating method on the micro-channel plate consisting of FeCrAl to coat a diesel reforming catalyst support

Chang Joon Park, Yeon Baek Seong, Tae Hoon Lee, Min Jung Kim, Won Young Choi, Jin Wook  
Lee, Tae Jin Lee\* No-Kuk Park<sup>1</sup>,  
School of Chemical Engineering, Yeungnam University, <sup>1</sup>Institute of Clean Technology,  
Yeungnam University

소형보트를 제외한 선박의 주동력은 디젤엔진이다. 디젤엔진을 사용하는 선박의 비상전원용 연료전지 개발을 목적으로, 연료전지의 주연료인 수소를 얻기 위해서 반드시 연료 개질기를 필요로 한다. 자열개질법은 산소와 수증기 모두가 들어가 발열반응을 보임으로써 탄소침적을 다른 개질법에 비해 크게 줄일 수 있다. 이번 연구에서는 디젤연료 개질기 촉매를 담지 할 Micro-Channel plate위에 촉매 지지층을 코팅하기 위해, 우선 지지체(세라믹)와 plate(금속) 사이의 열팽창 계수 차이로 인해 나타나는 탈리현상을 막아줄 버퍼층 형성에 관한 연구를 실시하였다. CFR(Continuous Flow Reactor) method를 이용하여 ZnO버퍼층을 형성하였다. 전구체로 Zinc Nitrate와 Zinc Acetate를 사용하였고 침전제로 Sodium Carbonate와 Ammonium Bicarbonate를 사용하여 코팅하였다. 그리고 용매로 PMA, H<sub>2</sub>O, MeOH가 사용되었으며, 농도, 전구체, 침전제, 용매 각각의 변화에 따른 버퍼층 형성을 비교분석 하였다. CFR method로 코팅된 Micro-Channel plate를 건조, 소성 후 SEM과 EDS분석을 실시하였다. 비교 분석 결과 전구체로 Zinc Acetate를 침전제로는 Ammonium Bicarbonate를 사용하여 CFR코팅방법을 사용한 Micro-Channel plate에서 가장 높은 농도와 고른 분포의 ZnO버퍼층을 관찰할 수 있었다.

### Hydrothermal conversion of alginate into uronic acids over sugar-derived carbon catalysts

Chunghyeon Ban<sup>1</sup>, Wonjin Jeon<sup>1</sup>, Geonu Park<sup>1</sup>, Hee Chul Woo<sup>2</sup>, Do Heui Kim <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University, Republic of Korea

<sup>2</sup> Department of Chemical Engineering, Pukyong National University, Pusan, Republic of Korea

A wide variety of biomass such as food crops, wood, and algae, has been researched to mitigate the environmental issues and a heavy dependence of fossil fuel. Among these biomass resources, algal biomass is believed to be a potential renewable due to its rapid growth, inedibility, and lignin-free structure. Alginate consists of two uronic acids,  $\beta$ -D-mannuronic acid and  $\alpha$ -L-guluronic acid, and can be hydrothermally converted into valuable organic compounds, such as lactic acid, succinic acid, and furfural. To effectively hydrolyze alginate, employment of acids is essential. Despite the effectiveness of mineral acid for biomass hydrolysis, the use of these homogeneous catalysts causes significant issues such as product separation, purification, and neutralization. Thus, development of solid acid catalysts easily separable and having a high catalytic activity has drawn world-wide attention. Among various solid acids, carbon catalysts are reported to be hydrothermally stable. Hydrothermal conversion of alginate into uronic acids was performed over sulfonated carbon catalyst derived from glucose. Three functional groups of phenolic OH, -COOH, and -SO<sub>3</sub>H were incorporated into the catalysts by partial carbonization of D-glucose followed by sulfonation. It was found that strong brønsted sites(-SO<sub>3</sub>H) is necessary to depolymerize alginate into uronic acids. Carbon catalysts suppressed the formation of furfural, one of byproducts, and sulfonated carbon catalyst showed higher activity than sulfuric acid. The high activity can be explained by high acid density and hydrophilic functional groups of sulfonated carbon in spite of low surface area. The sulfonated carbon catalyst paved the way for replacing homogeneous catalysts.

#### References

1. Aida, T. M. et al., "Depolymerization of sodium alginate under hydrothermal conditions", *Carbohydrate Polymers*, **80**, 296-302 (2010).
2. Aida, T. M. et al., "Production of organic acids from alginate in high temperature water", *J. of Supercritical Fluids*, **65**, 39-44 (2012).
3. Fukuhara, K., et al., "Structure and Catalysis of Cellulose-Derived Amorphous Carbon Bearing SO<sub>3</sub>H Groups", *ChemSusChem*, **4**, 778-784 (2011).
4. Mo, X., et al., "Activation and deactivation characteristics of sulfonated carbon catalysts", *Journal of Catalysis*, **254**, 332-338 (2008).

## PB-35 포스터학생

# 바이오 디젤 생산용 미세조류 형질전환을 위한 디지털 미세유체기반 전기천공법 연구

권상구, 임도진\*  
부경대학교 화학공학과

## Digital Microfluidic Electroporation Method for Microalgae Transformation to Produce Bio-fuel

Sang Gu Kwon, Do Jin Im\*

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan, 608-739, Korea  
[e-mail : [dj-im@pknu.ac.kr](mailto:dj-im@pknu.ac.kr)]

바이오 디젤을 생산에서, 기본이 되는 우수한 종의 미세조류를 얻는 것이 중요하다. 하지만, 자연적으로 우수한 종의 미세조류를 얻는 것은 쉽지 않다. 그러므로 외부에서 합성된 바이오 디젤을 합성하기에 우수한 형질을 가지는 유전자를 미세조류 내부에 주입하는 방법이 매우 중요하다.[1-2] 다양한 형질전환 방법 중 전기천공법은 높은 효율과 사용의 편리성으로 각광을 받고 있는 방법이다. 그러나 현재 상업적으로 판매되는 전기천공 시스템은 높은 초기 설치비용과 낮은 세포의 생존율과 같은 여러 단점을 가지고 있다. 디지털 미세유체 기반의 전기천공법은 기존의 전기천공법과 비교하여 높은 유전자의 발현을 보인다. 야생종의 미세조류에 대한 디지털 미세유체 기반의 전기천공법의 최적화된 조건에 대한 체계적인 연구로 세포벽을 제거하지 않은 미세조류에 대하여 기존의 전기천공법 대비 10배 높은 유전자의 발현을 확인하였다.[3] 추가적으로 액적접촉충전 현상을 이용한 새로운 개념의 전기천공법은 세포배양에 대한 각 과정과 전기천공법의 통합적 프로세스에 대하여 큰 가능성을 보여 주었다.

### 참고문헌

1. Guo, S. L., Zhao, X. Q., Tang, Y., Wan, C., Alam, M. A., Ho, S. H., Bai, F. W., and Chang, J. S., "Establishment of an Efficient Genetic Transformation System in *Scenedesmus Obliquus*," J. Biotechnol., 163, 61-68 (2013).
2. Gimpel, J. A., Specht, E. A., Georgianna, D. R., and Mayfield, S. P., "Advances in Microalgae Engineering and Synthetic Biology Applications for Biofuel Production," Curr. Opin. Chem. Biol., 17, 489-495 (2013).
3. Im, D. J., "Next Generation Digital Microfluidic Technology: Electrophoresis of Charged Droplets," Korean J. Chem. Eng., 32, 1001-1008 (2015).

## PB-36 포스터학생

### Advanced lithium-ion batteries using mesoporous manganese oxide network structures

Jaeho Choi, Jung Kyoo Lee\*

Department of Chemical Engineering, Dong-A University, Busan, Korea.

E-mail: jklee88@dau.ac.kr

In order to use lithium-ion battery(LIB) at electric vehicles (xEV) and energy storage system (ESS), low cost and high performance electrode material is required to replace low capacity graphitic carbon anodes in LIB. Manganese oxides have a high theoretical capacity (756 ~ 1,233 mAh/g), low lithium storage voltage (~ 0.5 V) and high intrinsic density, which make manganese oxides highly attractive as potential anodes for LIB. However, it has poor cyclability due to its low electrical conductivity and volumetric expansion during charge-discharge progress. To resolve these problems, porous network structure (Mesoporous Manganese-oxide Network, MMN) was prepared by a simple pyrolysis of Mn precursor solution containing amino acids. MMN was coated with carbon to enhance electrical conductivity. The structures and compositions of the as-prepared materials are characterized by TGA, XRD, BET, and TEM. As a result, MMN/C showed high capacity and high cycling stability compared with the simple manganese oxide nanoparticles without porous structure. In addition, Li-Mn full cells were designed by using the MMN/C as an anode and commercial cathodes (LMO or LNCM), and their electrochemical responses were analyzed.



## 온도에 따른 알루미나계 촉매상에서의 $\text{NF}_3$ 가수분해 반응

이진욱, 성연백, 이태훈, 최원영, 박창준, 김민정, 이태진\*, 박노국<sup>1</sup>, 장원철<sup>2</sup>  
영남대학교 화학공학부, <sup>1</sup>영남대학교 청정기술연구소, <sup>2</sup>코캣

### Hydrolysis of $\text{NF}_3$ over alumina catalyst by reaction temperature

Jin wook Lee, Tae Hoon Lee, Yeon Baek Seong, Min Jung Kim, Chang Joon Park,  
Won Young Choi, Tae Jin Lee, No-Kuk Park<sup>1</sup>, Won Chul Chang<sup>2</sup>  
School of Chemical Engineering, Yeungnam University  
<sup>1</sup>Institute of clean technology, Yeungnam University  
<sup>2</sup>KOCAT Inc.

반도체 공정에서 배출되는 불소계 화합물 중  $\text{NF}_3$ 는 배출되는 양은 아직 많지 않지만 그 지구온난화에 미치는 영향은 무시하지 못 한다. 또한, 세계적으로 생산량과 소비량이 한국에 집중되어 있다.  $\text{NF}_3$ 는 기본적으로 분리/회수한 후 재사용하는 것이 기본적인 방법이지만 미량의 누출까지 막기 위하여 분해제거하는 기술이 필요하다. 본 연구에서는 알루미나계 촉매 상에서  $\text{NF}_3$ 를 가수분해하고자 하였으며, 반응 온도를 300 - 400 °C 범위에서 변화시키며 적정 온도를 찾고자 하였다. 공간속도는 15000 h<sup>-1</sup> 로 고정하였으며 반응에 필요한 스팀은 실린지 펌프를 사용하여 물을 기화기로 유입시킨 후 기화시켜 반응기로 공급하였다. 실험 결과, 온도가 증가함에 따라  $\text{NF}_3$ 의 전환율이 증가하여 380 °C일 때 100% 전환율을 달성하였다. 촉매의 특성분석은 XRD, SEM, BET, EDX등을 통하여 분석하였으며, 분해생성가스의 조성은 MK2 가스 분석기를 사용하여 분석하였다.

## 촉매를 사용한 모델 바이오매스 초임계수 가스화에서의 수소생산

황종하, 이루세, 손정민\*  
전북대학교 자원·에너지공학과

### Hydrogen production of model biomass gasification in supercritical water using various catalysts

Jong-Ha Hwang, Roosee Lee, Jung-Min Sohn\*

Dept. of Mineral Resources & Energy Eng., Chonbuk National University, Jeonju, Jeollabuk-do, Korea

본 연구에서는 4종의 모델 바이오매스(셀룰로오스, 리그닌, 글리신, 글리세롤)에서 초임계수 가스화를 진행하였으며 2종의 알칼리금속염 촉매( $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ )와 3종의 전이금속염 촉매( $Ni(NO_3)_2$ ,  $Fe(NO_3)_3$ ,  $Mn(NO_3)_2$ )사용에 따른 수소생성에 대한 특성을 분석하였다. 실험은 반응온도 440 °C, 반응압력은 25 ~ 27 Mpa에서 진행하였다. 반응물질은 회분식 반응기에 DI water 40 g에 대한 모델바이오매스 농도 1wt % 촉매농도 0.1wt %로 하였으며, 440 °C에 도달한 후 체류시간 30분 동안 유지시켰다. 반응 후 생성된 가스를 TCD와 FID가 설치된 GC(gas chromatography)를 이용하여 분석하였다. 실험결과, 셀룰로오스 경우에  $Na_2CO_3$ 를 첨가하였을 때 수소생성량은 15.41 mmol/g으로 다른 촉매 중에서 가장 높은 수소 수율을 보였으며 촉매를 첨가하지 않았을 때는 3.23 mmol/g이었다. 촉매에 의한 활성순서로는  $Na_2CO_3$  >  $K_2CO_3$  >  $Mn(NO_3)_2$  >  $Ni(NO_3)_2$  > No Catalyst >  $Fe(NO_3)_3$  였다. 리그닌에서는 모든 알칼리 금속염이 수소생산을 증가시켰고,  $Mn(NO_3)_2$ 를 제외한 전이금속염에서는 수소 수율이 감소하는 경향이 나타났다. 가장 높은  $K_2CO_3$ 에서의 수소생성량은 8.75 mmol/g이었고, 촉매를 넣지 않았을 때는 3.97 mmol/g였다. 촉매활성 순서는  $K_2CO_3$  >  $Na_2CO_3$  >  $Mn(NO_3)_2$  > No Catalyst >  $Ni(NO_3)_2$  >  $Fe(NO_3)_3$ 였다. 글리신에서는  $K_2CO_3$ 촉매를 제외하고는 수소 생산에 부정적인 영향을 가져왔다.  $K_2CO_3$  촉매를 첨가하였을 때의 수소생성량은 8.59 mmol/g이었고, 촉매를 첨가하지 않았을 때는 7.32 mmol/g였다. 촉매의 활성순서로는  $K_2CO_3$  > No Catalyst >  $Ni(NO_3)_2$  >  $Na_2CO_3$  >  $Mn(NO_3)_2$  >  $Fe(NO_3)_3$ 였다. 글리세롤에서는 모든 촉매에서 수소 수율에 긍정적인 결과를 가져왔다. 촉매를 넣지 않았을 때의 수소생성량은 7.68 mmol/g이었고,  $Na_2CO_3$ 에서는 24.75 mmol/g의 값을 가지며 가장 활성이 좋게 나타났다. 글리세롤 초임계수 가스화에서의 촉매 활성순서는  $Na_2CO_3$  >  $Mn(NO_3)_2$  >  $K_2CO_3$  >  $Ni(NO_3)_2$  >  $Fe(NO_3)_3$  > No Catalyst순이었다. 결과적으로 모든 모델바이오매스 초임계수 가스화에서  $K_2CO_3$ 촉매가 촉매를 첨가하지 않았을 때보다 수소생성량을 높여 촉매적 영향에 긍정적인 효과가 있음을 보였고, 글리신을 제외한 모델바이오매스에서 알칼리 금속염촉매를 첨가했을 때 촉매를 첨가하지 않았을 때보다 수소생성량이 증가함을 보여 단백질계 바이오매스를 제외한 목질계나 지질계열의 바이오매스에 효과적일 것으로 예상된다.  $Fe(NO_3)_3$  촉매는 모든 모델바이오매스 초임계수 가스화에서 다른 촉매들에 비해 가장 낮은 활성을 보여 촉매로서의 역할이 의심되었다.

# 저온구동 흡착식 냉동기용 고성능 물 흡착제 개발을 위한 활성탄, 실리카 표면개질 및 흡착 특성평가

<sup>1,2</sup>김상겸, <sup>1</sup>조강희, <sup>1</sup>이은경, <sup>2</sup>이영우, <sup>1</sup>김종남\*

<sup>1</sup>한국에너지기술연구원 석유가스 연구실, <sup>2</sup>충남대학교 에너지과학기술전문대학원

대부분의 에너지를 수입에 의존하고 있는 우리나라에서는 에너지의 효율적 활용에 대한 연구가 시급하다고 할 수 있다. 산업현장에서 발생하는 산업폐열에 대한 조사에 따르면 산업폐열의 형태는 중저온수, 포화수증기 등으로 다양하고 국내 폐열원의 종류 및 온도범위를 살펴보면 온도별로는 60~80°C의 중저온 폐열이 가장 많지만 대부분 폐기하고 있는 실정이다. 이들 열에너지를 효과적으로 활용할 수 있는 시스템으로는 중온수 흡수식 냉동기와 흡착식 냉동기를 들 수 있다. 중온수 흡수식 냉동기는 온수온도가 80°C 이하로 내려갈 시에는 거의 냉수제조가 불가능하다는 단점이 있다. 반면에 흡착식 냉동기는 온수온도가 60°C 이상에서 작동이 가능하여 보다 낮은 온도의 폐열회수에 유리한 시스템이다. 또한, SCF를 주로 사용하는 기존 냉각기와는 다르게 냉매로서 물을 사용함으로써 오존층 파괴와 관계없는 친환경적인 시스템이다. 본 연구에서는 흡착식 냉동기에서 가장 중요한 부분인 고효율 물 흡착제를 개발하기 위해 시중에서 쉽게 구할 수 있는 나노다공성 물질인 활성탄과 silica에 대해 물 흡착 특성을 측정하였다. 활성탄의 경우 높은 비표면적 및 기공 부피와 높은 열전도도를 보여 흡착제로 적합한 물질이지만 높은 소수성 때문에 냉동기 내부 습도 조건인 20~30% (308 K 기준)에서 흡착량이 높지 않다는 것이 단점이다. 이런 문제를 해결하기 위해 ozonation, silica 코팅 또는 질산 처리를 통해 활성탄 표면을 좀 더 친수성으로 개질하거나 흡습성 무기염인 CaCl<sub>2</sub>를 함침하였다. 그 결과 활성탄의 흡착구간이 저압으로 이동하는 것을 확인 할 수 있었다. 실리카의 경우 친수성은 충분히 높지만 흡착량이 다소 낮다는 단점이 있어 이를 해결하기 위해 저농도 NaOH 수용액을 이용한 etching을 통해 비표면적을 높이는 시도를 하였다. 화학적 처리를 한 활성탄과 실리카 이외에도 다양한 나노다공성 물질들에 대해 물 흡착 특성을 측정하여 흡착식 냉동기에 가장 적합한 물 흡착제를 개발하는 연구를 진행하고 있다.

### 참고문헌

1. Kim, Y. D., Thu, K., and Kim, C. N., "Adsorption characteristics of water vapor on ferroaluminophosphate for desalination cycle," *Desalination.*, **344**, 350-356 (2014).
2. Patrick, D. S., Brenton, R. S., Zaher, H., and Mark, J. R., "Water adsorption with hysteresis effect onto microporous activated carbon fabrics," *Adsorption.*, **13**, 173-189 (2007).
3. Wang, L. W., Wang, R. Z., and Oliveira, R. G., "A review on adsorption working pairs for refrigeration," *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, **13**, 518-534 (2009).

## 조촉매 첨가를 통한 Cu-Sn-Zr 촉매의 반응성 향상

이태훈, 성연백, 이진욱, 김민정, 박창준, 최윤희, 이태진\*, 박노국<sup>1</sup> 백점인<sup>2</sup>, 이중범<sup>2</sup>  
영남대학교, 청정기술연구소<sup>1</sup>, 한국전력연구원<sup>2</sup>

## Improvement reactivity of Cu-Sn-Zr based catalyst through additional cocatalyst

Tae Hoon Lee, Yeon Baek Seung, Jin Wook Lee, Min Jung Kim, Chang Joon Park, Won Young Choi, Tae Jin Lee\*, No-Kuk Park<sup>1</sup>, Jeom-In Baek<sup>2</sup>, Joong-Beom Lee<sup>2</sup>  
Yeungnam University, <sup>1</sup>Institute of Clean Technology, <sup>1</sup>Korea Electric Power Research Institute

탈황제 재생공정에서 배출되는 미반응산소는 Sn-Zr 촉매의 비활성화를 일으킨다. 이러한 비활성화를 방지하기 위해 CO산화반응을 통해 산소를 제거하는 Cu를 첨가하여 Cu-Sn-Zr 촉매를 사용하였다. 하지만 산소제거를 위한 Cu-Sn-Zr 촉매의 반응은 475°C이며 이 온도는 촉매의 소결을 야기하여 촉매반응성을 저해할 수 있다. 촉매 반응온도를 낮추어 촉매 소결을 방지하기 위해 Cu-Sn-Zr 촉매에 조촉매로 귀금속을 첨가하였으며 귀금속의 함량을 변화시켜 반응성을 확인하였다. 실험은 고정층 반응기에서 실험되었으며 귀금속은 Pd, Pt가 사용되었으며 미반응산소의 농도는 4%, 반응가스 SO<sub>2</sub> 환원제 CO가 사용되었다. 수직관형 반응기를 전기로에 지나도록 하였으며 전기로의 열전대와 충전된 촉매 층의 온도 측정을 위해 반응기 내부로 열전대 온도계를 사용하여 반응온도를 측정하였다. 반응압력은 20 bar, 스팀 10 mol% 반응온도는 300 ~ 450 °C, [CO]/([SO<sub>2</sub>]+[O<sub>2</sub>])=2의 비율로 가스를 주입하였으며 공간속도는 10,000 ml/g·h의 조건으로 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 Pd와 Pt가 첨가된 촉매의 반응성 중 Pd가 첨가된 촉매 반응성이 높았으며 첨가된 Pd의 함량을 (0.12, 0.18, 0.25, 0.5 wt%)변화시켜 재 실험을 실시하였다. 실험결과 0.12, 0.18 wt% 함량이 첨가된 촉매 반응성은 84, 87%이며 0.25, 0.5 wt% 함량이 첨가된 촉매의 반응성은 99%로 동일하게 확인되었으며 내부 반응온도는 380°C로 기존의 Cu-Sn-Zr 촉매의 내부온도보다 낮게 측정되었다. 이를 바탕으로 높은 내부 반응온도로 인한 촉매의 소결과 미반응산소로 인한 촉매의 비활성화를 방지하기 위해서 귀금속을 첨가한 Cu-Sn-Zr 촉매가 사용되어야한다.

### 고체산 촉매를 이용한 리그닌의 촉매열분해

김범식, 김한나, 이형원, 박영권\*  
서울시립대학교 환경공학과

### Catalytic fast pyrolysis of lignin using solid acid catalysts

Beom-Sik Kim, Hannah Kim, Hyung Won Lee, and Young-Kwon Park\*  
School of Environmental Engineering, University of Seoul, Republic of Korea

화석연료의 과도한 사용으로 환경오염에 대한 관심이 높아지면서 renewable energy sources에 대한 요구가 증가하였다. 많은 renewable energy sources 중에서 바이오매스로부터 생산된 biofuel은 CO<sub>2</sub> neutral하고 무시할 수 있을 정도의 황, 질소 등을 포함하여 환경오염 발생이 적으며 직접적인 화석연료의 대체나 첨가물로 활용이 가능한 장점이 있다. Biofuel 생산을 위한 바이오매스로 first-generation biofuel에서는 식용 작물을 사용하여서 음식물 가격 상승이나 생물다양성 감소 등의 문제를 일으키는 부작용 때문에 second generation biofuel에서는 lignocellulosic 바이오매스를 사용하고 있다. Lignocellulosic 바이오매스는 많은 양이 존재하기 때문에 biofuel 및 유용한 화학물질 생산을 위한 원료로 사용이 가능하다. Lignocellulosic 바이오매스는 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등으로 이루어져 있다. 리그닌은 셀룰로오스 다음으로 많은 구성성분이고 thermal degradation을 통해서 phenolic compounds를 얻을 수 있는 phenylpropane units로 이루어져 있다. 리그닌을 열분해하여 바이오오일을 회수하는 경우 셀룰로오스보다 바이오오일 중 더 적은 산소 함량을 얻을 수 있다. 하지만 바이오매스를 열분해하여 얻은 바이오오일은 불안정하고 부식성을 갖고 있기 때문에 반드시 upgrading이 필요하다. 바이오오일 중 산소 제거를 위한 upgrading 방법 중 촉매열분해는 상압에서 반응이 진행되고 수소 공급이 필요하지 않은 장점이 있어 많이 사용된다. 따라서 본 연구에서는 fixed bed reactor에서 ZSM-5를 이용한 리그닌의 촉매열분해를 수행하였으며 상대적으로 저가의 산촉매인 natural zeolite, silica-alumina를 리그닌과 직접혼합하여 ZSM-5의 aromatics 생성 및 coke 형성에 미치는 효과를 확인하였다

## PB-42 포스터학생

### 마이크로 채널 플레이트 표면상에 버퍼층 형성을 통한 촉매 지지체 Al-Ce-Zr 코팅

최원영, 성연백, 이태훈, 박창준, 이진욱, 김민정, 이태진\*, 박노국<sup>1</sup>,  
영남대학교 화학공학부, <sup>1</sup>영남대학교 청정기술연구소,

### Coating Catalyst support Al-Ce-Zr on micro channel plate by forming buffer

Won Young Choi, Yeon Baek Seong, Tae Hoon Lee, Chang Joon Park, Min Jung Kim, Jin Wook Lee, Tae Jin Lee\* No-Kuk Par<sup>1</sup>

School of Chemical Engineering, Yeungnam University, <sup>1</sup>Institute of Clean Technology, Yeungnam University

본 연구는 탄화수소 물질들을 개질 하여 수소를 생산 할 수 있는 Rh 촉매의 활성을 높여 주는 촉매지지체 물질인 Al-Ce-Zr를 마이크로 채널 플레이트에 코팅 하는 연구를 진행 하였다. Support material인 마이크로 채널 플레이트의 재질은 FeCrAl 이다. FeCrAl 물질은 열정 안정성이 매우 우수하며 높은 기계적 강도와 유연성을 가지며, 또한 마이크로 채널 형태이기 때문에 일반적인 플레이트 형태보다 넓은 표면적을 가져 촉매 활성화에 도움을 준다. 이와 같은 이유로 Support material 물질로 마이크로채널 플레이트를 선정하게 되었다. Al-Ce-Zr 촉매지지체는 세라믹 물질이고 Support material은 금속 물질이므로, 서로 다른 열팽창 계수를 가지므로 계면에서 박리 가 일어나는 단점을 가진다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 Support material 표면에 Zn 버퍼층을 형성하여 촉매 지지체와 채널 플레이트와의 접합 강도를 증가 시켜 주었다. 지지체 코팅 방법은 본 연구진이 개발한 코팅 장치를 사용하여 지지체를 코팅하였으며, 지지체 코팅 용매는 주로 반도체 공정에서 코팅하기 위하여 사용 되는 IPA(iso propyl alcohol)를 사용하였으며, 코팅 결과를 SEM&EDX 분석을 통하여 확인하였다.

## 수열 전처리에 따른 알지네이트로부터 유기산 생산에 미치는 영향

선지윤, 이성찬<sup>†</sup>, 김혜경<sup>†</sup>, 송민경\*, 우희철<sup>†</sup>\*  
부경대학교 청정생산기술연구소, <sup>†</sup>부경대학교 화학공학과

### Evaluation of volatile fatty acids production from alginate with hydrothermal pretreatment in anaerobic fermentation

Jiyun Seon, Seong Chan Lee<sup>†</sup>, Huiqing Jin<sup>†</sup>, Minkyung Song\*, Hee Chul Woo<sup>†</sup>\*

The Institute of Cleaner Production Technology, Pukyong National University, Busan, Korea

<sup>†</sup>Department of Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea  
corresponding author (\*songmk@pknu.ac.kr,\*\*woohc@pknu.ac.kr)

미세조류, 거대조류를 포함한 해조류는 3세대 바이오매스로서 차세대 바이오에너지원으로 각광받고 있다. 특히 갈조류는 풍부한 탄수화물 함량, 빠른 성장속도, 높은 광합성 효율 특징을 가진다. 알지네이트는 건조함량 기준으로 약 40%를 함유하고 있으며, 갈갈조류 내 탄수화물의 주요 구성성분으로 다양한 바이오에너지원으로 활용될 수 있다[1]. 하지만, 낮은 용해도와 점성의 특징을 갖는 알지네이트는 바이오연료 생산 공정에서 전환율이 낮은 단점이 있다. 해조류를 포함한 바이오매스의 바이오연료 전환율을 높이기 위해서 물리적, 화학적, 생물학적 처리 등 다양한 전처리방법을 적용하고 있다. 그 중 수열처리는 고온에서 물과 반응시키는 것으로, 유독한 화학물질 생산하지 않는 등 환경친화적인 방법으로, 바이오연료 생산공정에서 가수분해 단계에서 많이 적용되고 있다. 본 연구에서는, 알지네이트의 유기산 생산효율을 높이기 위해, 수열처리를 실시하고, 수열처리 온도에 따른 알지네이트 분해도와 유기산 생산 효율을 평가하였다. 알지네이트는 sodium alginate를 사용하였고, 수열처리는 유효용적이 350 ml인 autoclave 반응기에서 실시하였다. 수열처리 온도는 140-300°C 범위에서 15분 동안 반응하였다. 처리한 알지네이트를 유효용적 400ml인 회분식 산발효조에서 14일동안 35°C에서 발효실험을 수행하였다. 수열처리한 알지네이트의 GPC 분석결과, 반응온도가 높아짐에 따라 알지네이트의 분자량이 낮아지는 것으로 나타났다. TVFAs 생산수율은 20°C에서 높게 나타났지만, 생물학적 이용하기 쉬운 형태의 TVFAs 생산수율은 140°C에서 가장 높게 나타났다.

#### 참고문헌

1. Song, M., 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. J. Muyzer, G., Dewaal, E. C., and Uitterlinden, A. G., "Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA," *Appl. Environ. Microbiol.*, **59**, 695-700 (1993).
3. Hayashi, H., Shibata, K., Bakir, M. A., Sakamoto, M., Tomita, S., and Benno, Y., "*Bacteroides coprophilus* sp. nov., isolated from human faeces," *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, **57**(6), 1323-1326 (2007).
4. Cheng, C. H., Hung, C. H., Lee, K. S., Liao, P. Y., Liang, C. M., Yang, L. H., Lin, P. J., and Lin, C. -Y., "Microbial community structure of a starch-feeding fermentative hydrogen production reactor operated under different incubation conditions," *Int. J. Hydrogen Energy.*, **33**(19), 5242-5249 (2008).

## PB-44 포스터학생

### High performance lithium-ion battery anode using Si/C nanocomposites internally wired with graphene networks

Changil Oh, Jung Kyoo Lee\*

Department of Chemical Engineering, Dong-A University, Busan, Korea.

It is challenging to design silicon anodes exhibiting stable cycling behavior, high volumetric and specific capacity, and low volume expansion for Li-based batteries. Herein, we designed Si/C-IWGN composites (Si/C composites internally wired with graphene networks). For this purpose, we used simple aqueous sol-gel systems consisting of varying amounts of silicon nanoparticles, resorcinol-formaldehyde, and graphene oxide. We found that a small amount of graphene (1-10 wt%) in Si/C-IWGNs efficiently stabilized their cycling behavior. The enhanced cycling stability of Si/C-IWGNs could be ascribed to the following facts: (1) ideally dispersed graphene networks were formed in the composites, (2) these graphene networks also created enough void spaces for silicon to expand and contract with the electrode thickness increase comparable to that of graphite. Furthermore, properly designed Si/C-IWGNs exhibited a high volumetric capacity of ~141% greater than that of commercial graphite. Finally, a hybrid sample, Si-Gr, consisting of a high capacity Si/C-IWGN and graphite was prepared to demonstrate a hybrid strategy for a reliable and cost-effective anode with a capacity level required for high-energy Li-ion cells. The Si-Gr hybrid exhibited not only high capacity (800-900 mAh/g at 100 mA/g) but also a high electrode volumetric capacity of 161% greater than that of graphite.



## PB-45 포스터학생

# Highly-achieved furfural from xylose by lignocellulose-based chlorosulfonated amorphous carbonaceous catalyst under biphasic microwave-assisted condition

Anh H. T. Vo<sup>1,2</sup>, Bora Kim<sup>1</sup>, Seokyu Park<sup>1</sup>, Dasom Mun<sup>1</sup>, Nhan T. T. Huynh<sup>1,2</sup>, Tan Phat Nguyen<sup>1,2</sup>, JinKuCho<sup>1,2</sup>

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

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

Nowadays, conversion of xylose to furfural has drawn much attention because furfural, a high-value biomass derived- chemical, is mainly used as a common solvent in oil refining process as well as an important intermediate chemical in the manufacturing of plastics and agrochemicals. Conventionally, furfural from xylose has been produced via the utilization of highly corrosive and environmentally toxic mineral acids such as sulfuric acid or chloric acid. From the standpoint of ecofriendly and benign approach, an efficient and simple biphasic microwave- assisted process for the dehydration of xylose into furfural in the presence of novel carbon-based chlorosulfonated catalyst was investigated. The results show that xylose conversion and yield of furfural greatly depends on experimental variables such as temperatures, solvents and reaction time. 100% conversion of xylose to furfural with high yield was achieved within 5 hours at 180<sup>0</sup>C. This greener protocol provides highly selective conversion of biomass to furfural as well as facile isolation of product from the reaction mixture.

**Keywords:** Xylose, Furfural, Biphasic system, Heterogeneous catalyst

### References

Möller, M. et al., "Hydrothermal production of furfural from xylose and xylan as model compounds for hemicelluloses", RSC Adv., 3, 22253-22260 (2013).

Weingarten, R et al., "Kinetic of furfural production by dehydration of xylose in a biphasic reactor with microwave heating", Green Chem., 12, 1423-1349 (2010).

Dasom M., "Study on conversion biomass derived glucose and fatty acids", MS.Dissertation, Yonsei University, South Korea, 2015.

## PB-46 포스터학생

### 다시마, 알지네이트, 휘발성 유기산으로부터 미생물 연료전지의 전기 생산에 미치는 영향 평가

이성찬, 선지윤<sup>1</sup>, 송영은<sup>2</sup>, 김중래<sup>2</sup>, 송민경<sup>1</sup>, 우희철 (10 point)  
부경대학교 화학공학과, <sup>1</sup>부경대학교 청정생산기술연구소, <sup>2</sup>부산대학교 화학공학과

### Evaluation of bioelectricity production from *Saccharina japonica*, alginate and volatile fatty acids (VFAs) in two chamber microbial fuel cells (MFCs)

Seong Chan Lee, Jiyun Seon<sup>1</sup>, Young Eun Song<sup>2</sup>, Jung Rae Kim<sup>2</sup>, Minkyung Song<sup>1</sup>, Hee Chul Woo<sup>1\*</sup>

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

<sup>1</sup>The Institute of Cleaner Production, Pukyong National University

<sup>2</sup>School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University

(Contact: woohc@pknu.ac.kr)

화석연료 고갈과 환경오염문제가 심각하게 대두되고 있는 지금, 3세대 바이오매스로써 각광받고 있는 해조류는 1,2세대인 곡물계(식량작물) 및 목질계 바이오매스보다 이산화탄소 흡수 능력이 뛰어나고, 높은 생산성을 가지므로 원료 확보가 용이하다는 장점이 있다. 특히 갈조류에 속하는 다시마는 다른 해조류에 비해 높은 에너지 밀도를 가지는 장점이 있다. 본 연구에 사용한 미생물 연료전지(microbial fuel cells, MFCs)는 유기물의 화학에너지를 산화전극부 표면에 부착된 미생물을 촉매로 하여 전력 및 화학 전구물질을 생산하는 공정이다. 또한, MFCs 내에서 전력생산 뿐만 아니라, 유기물의 가수분해와 혐기성 발효가 동시에 일어나므로, MFCs를 한 공정으로 가능하게 해주는 이점이 있다. 본 연구목적은 목적은 다시마, 휘발성 유기산 혼합물, 알지네이트를 이용하여 기질 종류에 따른 미생물연료전지의 전기 생산에 미치는 영향을 평가하였다. Two chamber 미생물연료전지는 총 8개 운전하였으며, anode chamber 내 기질은 휘발성 유기산, 알지네이트 및 다시마를 각각 주입하였으며, 혐기 슬러지를 식종원으로 사용하였다. 또한 cathode chamber에는 공기를 주입하여 운전하였다. 각각 다른 기질로부터 생성되는 전압을 모니터링한 결과, 가장 효율이 좋은 기질유형의 조건을 확인할 수 있고, 휘발성 유기산(C2-C4)의 조성에 따라 유기산이 소비되는 경향을 통해 유기산을 분리하기 위한 조건을 찾을 수 있다.

## PB-47 포스터학생

### CO<sub>2</sub> 석탄가스화에 미치는 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>에 Ca(OH)<sub>2</sub>가 첨가된 혼합촉매의 효과

이루세, 황종하, 손정민\*  
전북대학교 자원·에너지공학과

### The effect of mixed-catalyst K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> was added to Ca(OH)<sub>2</sub> on CO<sub>2</sub> coal gasification

Roosee Lee, Jong Ha Hwang, Jung Min Sohn\*  
Department Mineral Resources & Energy Engineering, Chonbuk University

현재 저급석탄을 고효율로 사용하는 기술에 대해 많은 연구가 진행되고 있다. 대표적인 기술로는 석탄 가스화가 있다. 본 연구에서는 저급 석탄에 담지한 촉매가 CO<sub>2</sub>-석탄 가스화 반응에 미치는 영향 및 반응속도론 연구에 대해 조사하였다. Meng Tai지역의 갈탄에 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 8 wt%, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 wt% + Ca(OH)<sub>2</sub> 7 wt%, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 3 wt% + Ca(OH)<sub>2</sub> 5 wt%, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 wt% + Ca(OH)<sub>2</sub> 3 wt%의 촉매를 각각 증발기를 이용해 담지 후 오븐에서 24hr 동안 전 처리하였다. 그 후, TGA(Thermogravimetric Analysis)를 이용하여 가스화 온도 850 ~ 950 °C 범위에서 수행하였다. 실험 데이터를 기-고체 반응모델(MVRM(Modified volumetric reaction model), SCM(Shrinking core model), VRM(Volumetric reaction model))에 적용한 결과 MVRM(modified volumetric reaction model)이 가장 적합하였다. 반응 온도가 증가할수록 반응속도상수가 증가하였다. 단일 촉매인 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 8 wt%에 비해 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 wt% + Ca(OH)<sub>2</sub> 3 wt%가 가장 빠른 탄소 전환율을 보였으며 활성화 에너지 값이 단일 촉매 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 8 wt%의 시료가 44.49 kJ/mol로 가장 낮은 값을 보였으나 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 wt% + Ca(OH)<sub>2</sub> 3 wt%를 촉매로 사용한 시료가 850 °C에서 반응속도상수의 값이 낮으나 900 °C와 950 °C에서 반응속도상수가 높은 것으로 보아 고온에서 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 wt% + Ca(OH)<sub>2</sub> 3 wt%가 촉매적 성능이 좋을 것이라 판단된다.

## PB-48 포스터학생

### 메탈폼 상에 코팅된 촉매를 이용한 디젤 자열 개질 반응 실험

성연백<sup>1</sup>, 이태훈<sup>1</sup>, 김민정<sup>1</sup>, 이진욱<sup>1</sup>, 박창준<sup>1</sup>, 최원영<sup>1</sup>, 박노국<sup>2</sup>, 이태진<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>영남대학교 화학공학부, <sup>2</sup>영남대학교 청정기술연구소

### A study of diesel auto thermal reforming used by coated metal foam

Yeon Baek Seong<sup>1</sup>, Tae Hoon Lee<sup>1</sup>, Min Jung Kim<sup>1</sup>, Jin Wook Lee<sup>1</sup>, Chang Joon Park<sup>1</sup>, Won Young Choi<sup>1</sup>, No-Kuk Park<sup>2</sup>, Tae Jin Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Chemical Engineering, Yeungnam University, <sup>2</sup>Institute of Clean technology, Yeungnam University

본 연구에서는 다양한 신재생에너지 분야 중 연료전지를 작동시키는데 필요한 수소를 제조하는 개질 반응에 대한 연구를 진행하였다. 다양한 개질 반응 중 디젤 자열 개질 반응에 대한 연구를 진행하였으며, 디젤 자열 개질 반응을 진행하기 위하여 활성 물질은 Rh, 촉매 지지체로는 ceria와 zirconia가 혼합된 alumina를 사용하였다. 또한, 자열 개질 반응에서 중요한 부분인 열전달에 대한 부분을 개선하기 위하여 파우더 형태가 아닌 메탈폼 상에 촉매 지지체와 활성 물질을 코팅하였다. 촉매 지지체는 증류수에 alumina, ceria, zirconia의 전구체를 하나의 용기에 넣어 녹인 뒤 암모니아수를 이용하여 pH 7을 만들어 공침시켜 제조하였으며, 제조한 용액과 메탈폼을 제작한 코팅 장치에 넣은 뒤 용매를 제거하여 촉매 지지체를 코팅하였다. 코팅된 메탈폼은 600 °C에서 4 h 동안 소성하여 촉매 지지체를 형성 하였으며, 같은 방법으로 활성물질인 Rh도 코팅하였다. 메탈폼이 삽입될 수 있도록 제작된 반응기에 메탈폼을 삽입하여 디젤 자열 개질 반응을 진행하였다. 또한, 디젤 자열 개질 반응을 진행함에 따라 탄소 침적이 발생하기 때문에 반응 조건을 시동 조건과 운전 조건으로 나눠 반응을 진행하였다. 시동 조건은 steam/carbon ratio가 1.3, O<sub>2</sub>/carbon ratio가 0.5였으며, 운전 조건은 steam/carbon ratio가 2.5, O<sub>2</sub>/carbon ratio가 0.25였다. 생성된 건조가스 중 수소의 함량은 평균 40 % 였으며 반응을 진행하면서 탄소 침적이나 표면적 감소로 인한 촉매 비활성화가 나타나는 것은 확인하지 못하였다.

## PB-49 포스터학생

# Catalytic Dehydrofluorination of 1,1,1,2,3-Pentafluoropropane (HFC-245eb) to 2,3,3,3-Tetrafluoropropene (HFO-1234yf) using Metal Oxyfluoride Catalyst

Seo Yeon Lim<sup>a,c</sup>, Kwang Ho Song<sup>c</sup>, Hong Gon Kim<sup>a,b,d</sup>, Byoung Sung Ahn<sup>a</sup>, Jeong-Myeong Ha<sup>a,b,d\*</sup>

<sup>a</sup>Clean Energy Research Center Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Republic of Korea. <sup>b</sup>Green School and <sup>c</sup>Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Republic of Korea. <sup>d</sup>Department of Clean Energy and Chemical Engineering, University of Science and Technology, Daejeon 305-355, Republic of Korea,

Since the widely used refrigerant 1,1,1,2-tetrafluoroethane (HFC-134a) causes the global warming by 1300 times more than carbon dioxide, there is a growing need for eco-friendly refrigerant with low global warming potential (GWP). 2,3,3,3-Tetrafluoropropene (HFO-1234yf) with excellent environmental properties is selected as a new refrigerant for automobiles and household air conditioners. We studied the dehydrofluorination of 1,1,1,2,3-pentafluoropropane (HFC-245eb) to HFO-1234yf using the surface-modified metal oxide catalysts prepared by modified sol-gel method. Although the good catalytic activity for the dehydrofluorination have been reported in the literature, the origin of activity has not been clear. We characterized active catalysts using XPS, XRD, BET, EA and TG to clarify the origin of catalytic activity, which exhibited the importance of surface modification for the high catalytic activity.

## 전해질 액적의 접촉 충전 현상 연구

Seok Hwan Yang and Do Jin Im\*

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan, 608-739, Korea

Contact: dj-im@pknu.ac.kr

액적 접촉 충전 현상은 새로운 미세유체역학 연구주제로써 연구되고 있다. 그러나, 이 흥미로운 현상의 기본적인 충전 메커니즘은 여전히 불분명하다. 본 연구에서 우리는 다양한 전해질 수용 액적을 이용하여 액적 접촉 충전에 미치는 전해질의 영향을 연구하였다. 전압과 액적의 크기 및 전해질의 농도를 조절하면서, 액적의 전하를 측정, 분석하였다. 보다 정확한 전하 측정을 위해, 특별한 실험 설정 (마이너스 전압, 패러데이 케이지 등)을 설계하여 실험결과와 정확도와 정밀도를 향상시켰다. 이러한 체계적인 연구를 통해, 전해질의 종류와 농도가 액적 접촉 충전에 미치는 영향을 조사하였다. 본 연구의 결과는 전기 화학적 측면에서의 액적 접촉 충전에 대한 기초적인 메커니즘 분석에 활용될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

Im, Do Jin, et al. "Electrophoresis of a charged droplet in a dielectric liquid for droplet actuation,." *Analytical chemistry*, 83(13), 5168-5174 (2011).

Im, Do Jin, et al. "Discrete electrostatic charge transfer by the electrophoresis of a charged droplet in a dielectric liquid," *Langmuir*, 28(32), 11656-11661 (2012).

Im, Do Jin. "Next generation digital microfluidic technology: Electrophoresis of charged droplets," *Korean Journal of Chemical Engineering*, 32(6), 1001-1008 (2015).

## PB-51 포스터학생

### 수소 전달 반응 및 이원금속 촉매를 이용한 구아이알콜 전환에 관한 연구

김무경<sup>1,2</sup>, 이관영<sup>1</sup>, 제정호<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 화공생명공학과, <sup>2</sup>한국과학기술연구원 청정에너지연구센터

### Catalytic transfer hydrogenation and hydrogenolysis of guaiacol with bimetallic catalysts

Mookyung Kim<sup>1,2</sup>, Kwan-Young Lee<sup>1</sup>, Jungho Jae<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Korea University, <sup>2</sup>Clean Energy Research Center, Korea Institute of Science and Technology

석유자원은 제한된 사용량과 대기오염원이 되는 물질을 포함하고 있어 세계 각국에서 바이오매스를 석유 대체 원료로 활용하는 기술 개발에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 목질계 바이오매스의 급속 열분해를 통해 얻어지는 열분해 오일을 촉매화학적으로 산소를 제거하여 수송용 연료로 전환하는 수첨탈산소 공정은 주목 받고 있는 기술이다. 그러나 반응에 사용되는 고압의 수소 가스 때문에 공정 경제성이 낮다는 문제점이 있다. 본 연구에서는 고압의 수소 가스 대신에 알코올을 수소 공여체로 사용하는 transfer hydrogenation을 통한 바이오매스의 수첨탈산소 반응을 연구하였다. 바이오매스의 리그닌 성분 유래 페놀릭 화합물인 구아이콜을 반응물로 하고, 이소프로필알코올을 수소 공여체로 이용하여 촉매 반응을 수행하였다. 연구된 전이금속 계열 촉매 중에서 활성탄에 담지된 루테늄 (Ru/C) 촉매가 수소 전달 반응에 가장 높은 활성을 보여주었으나, 산소가 덜 제거된 cyclohexanol이 주된 생성물이었다. Cyclohexanol의 탈산소 반응을 촉진시켜 cyclohexane의 선택도를 높이기 위해 고체산 담체 및 oxophilic metal (Re, Fe, Mo, W)들을 promoter로 사용하여 bimetallic 촉매를 제조하였다. 촉매 특성 분석 및 화학 반응 실험을 통하여 promoter의 역할을 규명하고자 하였고, 촉매 비활성화를 일으키는 원인에 대해 연구하였다.

**Estimation of Poly (lactic acid) aerobic and anaerobic biodegradability by specific surface area based gas production using wastewater sludge**

Jungheun Moon<sup>1</sup>, Mi Yeon Kim<sup>1</sup>, Bo Mi Kim<sup>2</sup>, Jae Choon Lee<sup>2</sup>, Jung Rae Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Korea

<sup>2</sup>Technical Research Laboratories, WAPS Co, Ltd, 101-2101 WBC the place, 28, Centum 1-ro, Haeundae-gu, Busan, 612-889, Korea

Email: j.kim@pusan.ac.kr

Tel: +82-51-510-2393, Fax: +82-51-512-8563

The plastic waste use have gradually increased because of population growth and expending industry of scale. The petroleum-based fuels being exhausted and the environmental pollution caused by the petroleum-based plastic are huge problems. To overcome it, many researcher have developed bio-plastic (BPs) is based on corn to replace petroleum-based plastic. Bio-plastic market has also shown a significant increase. Especially, Poly (lactic acid) (PLA) have become the main BPs due to excellent biodegradability, hydro-degradability. And PLA is completely degraded from microorganism. Also, it is easy to be synthesized through polymerization. However the estimation of biodegradability of polymers usually requires long time of measurement, less standardization, thus is difficult to analyze and compare. In this study, we investigate the microbial degradation of PLA with anaerobic digester sludge. The gas production and by-product formation from PLA degradation were analyzed to investigate the mechanism. The different specific surface area of PLA granule results in different gas production rate and degradation capacity while the increase of specific surface area tends to increase gas production. We also analyze the bacterial community on the PLA granule. These results show that the fast and feasible testing method of biodegradability is possible, and can be implemented to develop and optimize the environmental friendly plastic and polymers.

**Keywords:** PLA, Poly(lactic acid), biodegradability, BPs

**References**

1. Russell, J.R., et al., Biodegradation of polyester polyurethane by endophytic fungi. Appl Environ Microbiol, 77(17): p. 6076-84 (2011).
2. Kasuya, K.-i., et al., Characterization of a mesophilic aliphatic-aromatic copolyester-degrading fungus. Polymer Degradation and Stability, 94(8): p. 1190-1196 (2009).
3. Shah, A.A., et al., Microbial degradation of aliphatic and aliphatic-aromatic co-polyesters. Appl Microbiol Biotechnol, 98(8): p. 3437-47 (2014).

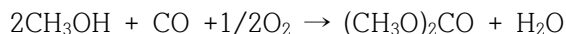


## CuCl/Zelite 촉매상에서의 DMC 합성 반응

우제민, 유지인, 문종호<sup>†</sup>

한국에너지기술연구원

Dimethyl carbonate(DMC)는 상온에서 무색, 무취인 액체 상태의 화합물로 최근 환경친화적인 카르보닐 화제 혹은 메틸화제로 알려져있다. 그에 따라 독성이 강한 포스겐이나 염화메틸 및 어려운 폐액처리가 수반되는 디메틸황산 등의 대체 물질로 주목을 끌고 있는 물질로 각광받고 있다. 여러 가지 정밀화학제품의 중간체로서도 그 용도가 매우 다양하여 앞으로 그 수요가 꾸준히 증가할 것으로 전망되고 있으며 자동차 연료의 옥탄가를 높이기 위한 첨가제로서의 사용가능성도 높아지고 있다. DMC 제조 방법은 포스겐법, 메탄올산화법, 메틸티트리법, 에스테르 교환법등이 있으며 이중 메탄올산화법은 액상법과 기상법으로 나눌 수 있으며, 특히 액상법은 상업화되어 있다. 메탄올의 산화법에 의한 DMC 합성반응식은 다음과 같다.



본 연구에서는 CuCl(I)금속을 여러 지지체에 함침법으로 제조하여 메탄올을 CO와 O<sub>2</sub>로 산화 카르보닐화하여 DMC 합성 반응에 적용하였다. Alumina, silica, 13X, 5A, Y\_Na, Y\_NH<sub>3</sub> 를 사용하여 금속을 담지하였으며, 촉매 특성 분석은 TPD, XRD, XRF, SEM-EDX 등을 이용하였다. DMC 합성반응은 회분식 고압반응기를 사용하였으며 메탄올과 촉매를 넣은 후 MFC를 이용하여 주입가스(CO, O<sub>2</sub>, Ar)는 반응기에 주입하였다. 반응 후 생성물은 막 필터로 여과하여 GC(FID)를 이용해 분석하였다. 최적의 촉매 활성 조건을 찾기 위하여 CuCl(I) 함량은 10 ~ 40 wt%, 소성온도는 350 ~ 750 °C 등으로 조절하였다. 최적의 반응 조건을 얻기 위하여 반응온도 110 ~ 150°C, 반응압력 30 bar 로 변화시켜가며 실험을 진행하였다. DMC 합성 실험 결과 여러 종류의 담체 중 Zeolite Y\_NH<sub>3</sub>를 지지체로 사용하고 CuCl(I)을 30wt% 함침한 촉매를 이용하여 실험을 한 결과, 16.1%의 높은 메탄올 전환율과 85% 이상의 높은 DMC 선택도를 얻을 수 있었다.

## Author Index

A. N. Kabra	CT-31	Tatoba R. Waghmode	CT-45	김상도	PA-16
Agnesia Permatasari	PB-01	Vo Thi Hoang Anh	PB-45	김상도	PA-12
Analiza Rollon	CT-29	Vo Thi Hoang Anh	PB-24	김상도	PB-07
Boris Brigljevic	PB-25	Young Eun Song	CT-53	김상도	PB-19
Changman Kim	CT-52	Young Jae Shinn	CT-49	김상도	PB-32
Dae Sung Lee	CT-49	강난희	PA-17	김서울	CT-25
Dohyeong Kim	CT-50	강원석	CT-03	김수현	PA-12
E. S. Salama	CT-31	강한결	PA-29	김수현	PA-16
Frances Daphne Garela	CT-29	강한결	PA-30	김수현	PB-07
Ganapathiraman Munussami	CT-51	강형석	CT-55	김수현	PB-19
Gilleanne Estrada	CT-29	고관태	CT-28	김승수	PB-15
HimanshuGupta	CT-48	고아라	PA-02	김승수	CT-38
Hoang Vu Ly	PB-15	곽인섭	CT-06	김승익	CT-25
Hyun-Shik Yun	CT-50	곽인섭	CT-02	김승현	PA-30
J.H. Bae	CT-08	권상구	PB-35	김승현	PA-29
Jiuqiang Xiong	CT-47	권우택	CT-55	김아람	PB-23
Jiuqiang Xiong	PB-27	권이승	CT-55	김아람	PB-21
Ju Hyeon Yo	CT-49	권호중	PB-32	김영래	CT-59
Jun Hyung Choi	CT-49	길인섭	PA-08	김영래	CT-58
Lia Priscilla	PB-19	길인섭	CT-56	김영훈	PA-03
Lianna Johanna	PB-21			김영훈	PA-05
Lianna Johanna	PB-23	김근영	PA-21	김영훈	PB-02
Marjorie L. Baynosa	CT-29	김도희	CT-34	김영훈	PB-04
Mark Andrian Macalalad	CT-29	김도희	PB-34	김영훈	PB-10
Marwa M. Eldalatony	CT-46	김동환	PA-01	김영훈	PB-06
Mayur B. Kurade	CT-45	김득현	PA-01	김영훈	PB-08
Mayur B. Kurade	CT-47	김득현	PA-02	김영훈	PB-18
Mayur Kurade	PB-27	김무경	PB-51	김영희	PA-03
Nhan Thanh Thien Huynh	PB-26	김문현	PB-22	김예빈	CT-02
Nhan Thanh Thien Huynh	PB-24	김미도	CT-03	김예빈	CT-06
Nhan Thanh Thien Huynh	PB-45	김미연	PB-52	김예슬	PA-20
O.Y. Lim	CT-08	김민범	CT-25	김용구	PB-28
omasundar Ashok	CT-51	김민섭	CT-40	김용성	PA-29
P. Fasahati	CT-35	김민정	PB-31	김용성	PA-30
Paul Victor	PB-07	김민정	PB-48	김용택	CT-07
Pravin P. Upare	PA-27	김민정	PA-11	김유미	PA-08
Rahul Kumar	CT-48	김민정	PB-33	김유미	CT-56
Sanjay P. Govindwar	CT-45	김민정	PB-40	김인	PA-22
Sarita Dhaka	CT-48	김민정	PB-37	김재곤	CT-33
Satish Kumar Ainala	CT-52	김민정	PB-42		
Seong Joo Yoon	CT-50	김범식	CT-32	김정수	PB-14
Soomi Park	CT-50	김범식	PB-41	김정학	CT-41
Sukma Hidayat	PB-32	김보라	PB-45	김정호	CT-55
Sunghoon Park	CT-52	김보라	PB-24	김종남	CT-27
Sunghoon Park	CT-51	김보미	PB-52	김종남	PB-39
Sun-GuLee	CT-51	김봉근	CT-30	김종수	PA-23
Tan Phat Nguyen	PB-24	김상겸	PB-39		
Tan Phat Nguyen	PB-45	김상도	PA-26	김준현	PA-30

김중래	CT-53	박노국	PB-37	반충현	PB-34
김중래	PB-46	박노국	PB-40	반충현	CT-34
김중래	CT-52	박노국	PB-42	방병열	PA-23
김중래	PB-52	박노국	PB-48	배달희	PA-04
김중래	CT-51	박대원	CT-23	배달희	PB-13
김지은	PB-10	박병혁	PB-11		
김진수	PB-15	박상호	CT-55	배수정	CT-12
김진수	CT-38	박서윤	PB-28	배윤상	CT-25
김진완	CT-57	박석규	PB-26	배재흠	CT-11
김채원	PA-05	박석규	PB-45	배효석	PA-01
김한나	PB-41	박석규	PB-24	백점인	PB-40
김한나	CT-32	박성묵	PB-02	백점인	CT-24
김현상	PA-03	박소진	CT-37	백점인	PB-05
김현욱	CT-26			백정훈	PB-16
김혜경	PB-43	박영권	CT-32	백정훈	PB-05
김홍곤	PB-49	박영권	PB-41	백정훈	PB-20
김후	CT-46	박영철	CT-30	백정훈	PB-09
나병기	CT-54	박영철	CT-26	백창근	CT-09
		박영철	PB-13	변용수	CT-07
동종인	CT-59	박용범	PB-29	변창기	PB-09
라호원	PA-09	박용범	PB-30	변창기	PB-05
라호원	PB-28	박재혁	PB-13	변창기	PB-16
류경원	CT-44	박재혁	PA-04	변창기	PB-20
류상오	CT-03	박재현	PA-04	서기철	CT-54
류승한	PA-19	박재현	PB-13	서동진	CT-36
류태우	PA-23	박정민	CT-55	서명원	PA-09
류호정	PB-31	박조용	CT-33	서명원	PB-28
류호정	PB-05	박종기	CT-30	서재건	PA-21
류호정	PB-13			서재건	PA-22
류희욱	PA-08	박준형	PA-19	서재건	PA-01
류희욱	CT-56	박중호	PB-22	서태권	PA-22
문다솜	PB-45	박지영	PA-08	서현성	CT-09
문다솜	PB-24	박지영	CT-56	선도원	PA-04
문정헌	PB-52	박지혜	PB-05	선도원	PB-13
문종호	CT-30	박지혜	PB-16	선지윤	PB-43
문종호	CT-26	박지혜	PB-20	선지윤	PB-46
문종호	PA-07	박지혜	PB-09	성연백	PB-48
문종호	PB-53	박지홍	PB-04	성연백	PB-31
문종호	PA-04	박창준	PB-33	성연백	PB-33
문현식	CT-26	박창준	PB-31	성연백	PB-37
민병무	CT-30	박창준	PB-42	성연백	PB-40
박건우	CT-34	박창준	PB-37	성연백	PB-42
박건우	PB-34	박창준	PB-40	손정민	CT-04
박광선	PA-21	박창준	PB-48	손정민	PB-38
박기상	PA-02	박천규	CT-33	손정민	PB-47
박노국	CT-24	박희재	CT-54	손찬웅	CT-57
박노국	PB-31	박희재	CT-58	송광호	PB-49
박노국	PB-33	박희재	CT-59	송민경	PB-43

송민경	PB-46	유수현	CT-37	이선미	PB-03
송영은	PB-46			이선미	PB-11
신동훈	PA-19	유정석	CT-30	이성찬	PB-46
신종선	PB-13	유준	CT-35	이성찬	PB-43
신종선	PA-04	유준	PB-01	이수승	CT-10
신지훈	CT-02	유준	PB-25	이승곤	CT-10
신지훈	CT-06	유지인	PA-07	이승용	PA-04
신진모	PA-17	유지인	PB-53	이승준	CT-25
신철호	CT-57	유지호	PA-16	이시훈	PA-16
신혜리	CT-06	유지호	PA-12	이시훈	PB-07
신혜리	CT-02	유지호	PB-19	이시훈	PB-19
신효정	PB-03	유지호	PA-26	이시훈	PB-32
심상준	PB-11	유지호	PB-32	이시훈	PA-26
심재욱	CT-38	유지호	PB-07	이시훈	PB-12
심재진	CT-29	유채정	PA-17	이시훈	PB-14
안병성	PB-49	유충렬	CT-27	이시훈	CT-02
안승호	PB-14	윤상준	PA-09	이시훈	CT-06
양대훈	PA-01	윤상준	PB-28	이시훈	PA-12
양석환	PB-50	윤성민	PA-09	이영우	PB-07
양우영	PA-08	윤성필	PA-25	이영우	PB-12
양우영	CT-56	윤정환	PA-24	이영우	PB-14
양원	CT-05	윤주호	PA-24	이영우	PB-39
양창원	PA-23	윤태웅	CT-25	이은경	PB-39
엄영순	PB-03	윤형철	CT-27	이은도	PA-23
엄영순	PB-11	윤혜리	CT-28	이은열	CT-39
여상구	CT-59	이경호	CT-37	이인수	PB-22
염창주	PB-18	이관영	PB-51	이재구	PA-09
오건웅	PB-28	이관영	PB-26	이재구	PB-28
오건웅	PA-09	이광복	PB-05	이재만	PA-25
오영정	PA-19	이광복	PB-09	이재용	PA-10
오정수	PA-19	이광복	PB-16	이재용	PA-05
오창일	PB-44	이광복	PB-20	이재욱	CT-05
오탈진	PA-19	이귀호	CT-28	이재춘	PB-52
우제민	PB-53	이동기	CT-11	이정규	PB-36
우제민	PA-07	이동복	CT-07	이정규	PB-44
우한민	PB-03	이동복	PA-11	이제근	PB-23
우한민	PB-11	이루세	CT-04	이제근	PB-21
우희철	PB-29	이루세	PB-47	이종배	PA-26
우희철	PB-30	이루세	PB-38	이종섭	CT-30
우희철	CT-34	이마음	PA-27		
우희철	PB-15	이미정	PA-05	이주열	PA-06
우희철	PB-34	이민석	PB-17	이준식	CT-10
우희철	PB-43	이민선	PB-27	이준철	CT-55
우희철	PB-46	이민선	CT-47	이준희	CT-43
원용선	PB-23	이봉재	PA-17	이중범	CT-24
원용선	PB-21	이상구	PA-03	이중범	PB-40
유미진	CT-28	이상우	PA-01	이지예	PA-28
유성환	PA-24	이상우	PA-02	이지은	CT-07

이지은	PA-11	임정환	PB-07	정두찬	CT-01
이진욱	PB-37	임정환	PB-19	정두환	PA-04
이진욱	CT-24	임정환	PA-16	정병훈	PA-14
이진욱	PB-40	임정환	PA-26	정석우	CT-07
이진욱	PB-48	임정환	PB-32	정석우	PA-25
이진욱	CT-03	임준혁	PB-21	정석우	PA-11
이진욱	PB-31	임준혁	PB-23	정석우	CT-03
이진욱	PB-33	임한권	PB-29	정의석	CT-57
이진욱	PB-42	임호	CT-08	정의석	PB-06
이창하	PB-13	임효빈	PB-09	정의석	PB-08
이철우	PA-20	임효빈	PB-05	정의택	CT-59
이태윤	PB-23	임효빈	PB-16	정인경	PA-22
이태윤	PB-21	임효빈	PB-20	정인경	PA-21
이태진	PB-48	장동욱	PB-17	정인경	PA-01
이태진	CT-24	장승일	PA-28	정정민	PB-20
이태진	PB-31	장원철	PB-37	정정민	PB-05
이태진	PB-33	장은석	CT-11	정정민	PB-16
이태진	PB-37	장은지	PA-20	정정민	PB-09
이태진	PB-40	장정희	PA-06	정지현	PA-17
이태진	PB-42	장정희	PA-14	정현태	CT-01
이태호	CT-56	장정희	PA-15	제정호	CT-36
이태호	PA-08	장종산	PA-27	제정호	PB-51
이태훈	PB-40	장준영	CT-06	조강희	PB-39
이태훈	CT-24	장준영	CT-02	조선희	PB-08
이태훈	PB-48	전동혁	PA-12	조선희	PB-18
이태훈	PB-31	전동혁	PB-07	조수아	PB-03
이태훈	PB-33	전동혁	PB-19	조영래	CT-42
이태훈	PB-37	전동혁	CT-26	조영재	CT-09
이태훈	PB-42	전동혁	PA-26	조완택	PB-32
이하나	CT-09	전동혁	PB-32	조용준	CT-58
이한웅	CT-28	전동혁	PA-16	조용준	CT-59
이형원	CT-32	전동환	CT-03	조일흠	PB-22
이형원	PB-41	전병훈	CT-53	조종훈	PB-12
이혜진	PB-06	전병훈	CT-46	조진구	PB-26
이호열	CT-12	전병훈	CT-51	조진구	PB-24
이홍식	CT-36	전병훈	CT-52	조진구	PB-45
임도진	PB-35	전병훈	CT-31	조철희	CT-22
임도진	PB-50	전병훈	CT-45	주기태	PA-30
임동현	CT-38	전병훈	CT-47	주지봉	PA-04
임문혁	CT-57	전병훈	CT-48	주지봉	PB-13
임서연	PB-49	전병훈	PB-27	지민규	CT-50
임영준	PB-32	전병훈	CT-50	지흥진	CT-11
임영준	PA-12	전상구	PB-20	진경태	PA-04
임영준	PA-16	전원진	CT-34	차승재	PA-10
임영준	PA-26	전원진	PB-34	채병만	PA-01
임영준	PB-07	전준용	PA-29	채병만	PA-02
임영준	PB-19	전준용	PA-30	채태영	CT-05
임정환	PA-12	정기진	PA-25	최상욱	PB-22

최선영	PB-11	황종하	PB-47
최수현	PA-17		
최여진	CT-58		
최여진	CT-59		
최원영	PB-42		
최원영	PB-37		
최원영	PB-31		
최원영	PB-33		
최원영	PB-40		
최원영	PB-48		
최인걸	PB-11		
최재영	CT-50		
최재완	PA-21		
최재원	PB-27		
최재형	PB-30		
최재호	PB-36		
최창식	PA-06		
최호경	PA-12		
최호경	PA-26		
최호경	PA-16		
최호경	PB-07		
최호경	PB-19		
최호경	PB-32		
최희영	PA-14		
최희영	PA-15		
추수태	PB-22		
하정명	CT-36		
하정명	PB-49		
하종한	CT-33		
한기보	PA-14		
한기보	PA-15		
한기보	PA-06		
한상섭	CT-27		
한성욱	PB-03		
한애진	PA-28		
한정식	PA-14		
허정무	CT-12		
홍성제	PA-28		
홍성제	PA-10		
홍성제	PA-29		
홍성제	PA-05		
황동원	PA-27		
황상연	CT-03		
황상연	PA-11		
황성욱	PA-02		
황용진	PA-28		
황종하	PB-38		
황종하	CT-04		