

# Technical Tour Schedule (14:00~17:00)

## ■ 제주에너지공사 (이동시간 40분)



### 청정제주

[청정제주 홍보코너]  
세계 속의 신재생에너지 사업과 Carbon Free Island 제주의 청정자연환경을 소개하다



### 4D영상실

[에너지 오아시스의 비밀]  
캐릭터 친구들과 함께 에너지 마법사를 만나러 모험을 떠나다



### 에코타이머

[상징조형물]  
사람으로 인한 자연환경파괴의 시기와 인류 존속이 위기감을 알린다



### 에너지스테이션

에너지 오아시스를 찾아 떠나는 이들이 에너지스테이션으로 모이다



### 목마른 지구

에너지 오아시스를 찾아 떠나는 이들이 에너지스테이션으로 모이다



### 희망의 에너지를 찾아

에너지 오아시스를 찾아 떠나는 이들이 에너지스테이션으로 모이다

## ■ 관람시간 : 14:40~15:40

### ■ 관람내용

- 세계 속의 신재생에너지 사업과 Carbon Free Island 제주의 청정자연환경을 소개, 4D영상관을 통한 자원고갈로 인한 지구의 위협 소개, 사람으로 인한 자연환경파괴의 시기와 인류 존속이 위기감을 알리는 조형물 관람

16:30~17:00 한화리조트 도착

## § 2013년도 한국청정기술학회 추계총회 및 학술발표회 일정표 §

시간 \ 장소	도두	봉아	사라	도래
2013년 9월 25일 (수)				
17:00 ~ 19:00	정기 이사회			
2013년 9월 26일 (목)				
09:00 ~ 10:00	등록 [강연장로비]			
10:00 ~ 12:00	09:40~ 국제심포지엄 1	청정기술1 (일반)	09:40~12:20 청정석탄	청정기술2 (일반)
중식				
14:00 ~ 14:30	정기총회			
14:30 ~ 16:30	국제심포지엄 2	국제심포지엄 3	오염저감 1	바이오연료 및 소재
Coffee break				
17:00 ~ 18:30	국제심포지엄 4	국제심포지엄 5	오염저감 2	
	포스터발표 [발표장 로비]			
2013년 9월 27일 (금)				
09:30 ~ 11:50	녹색 에너지 기술 (특별세션)	청정기술 1 (학생)	청정기술 2 (학생)	편집 워크샵
12:00 ~ 12:15	시상식 (우수포스터, 우수발표)			
중식				
14:00 ~ 17:00	Technical tour			

※ 안 내

1. 일반구두발표: 20분 (발표 15분, 토의 2분), 학생구두발표 : 15분 (발표 13분, 토의 2분)
2. 포스터발표: 26일 오후 1시 30분 이전까지 각자 부착하여 전시  
☞ Poster 발표시간(16:50-18:30)에는 발표자 정위치
3. 시상: 학생구두발표 1, 포스터발표 5개를 선정하여 상장 및 상금 수여  
(시상식 미참석 시 차순위자 시상)

# 2013년 한국청정기술학회 추계 학술발표 및 국제심포지엄 초록집



- 일시 : 2013년 9월 25일(수) - 27일(금)
- 장소 : 제주 한화리조트
- 주최 : 한국청정기술학회, 녹색에너지기술전문대학원  
부경대학교 청정생산기술연구소  
한밭대학교 산업단지캠퍼스사업단
- 후원 : 한국과학기술단체 총연합회



9월 26일 (목)

국제심포지엄 : 도두(Room Do-Du)

시 간	제 목	발 표 자
9:40~ 9:50	Opening Speech	Young Woo Rhee (Korea)
9:50~ 10:00	Welcoming Speech	Moon Hee Han (Korea)
10:00~ 10:50	(Plenary-1) Fuel cell developments in Japan and at CRIEPI	Takao Watanabe (Japan)
10:50~ 11:40	(Plenary-2) Towards better and cleaner environment: Recent status of clean energy development in Indonesia	Asep K. Permadi (Indonesia)
11:40~ 14:30	Lunch break	
	<b>국제심포지엄 Session A</b>	Chairman : Jeong Jong Ryul (Korea)
14:30~ 15:00	(A-1) Nanomaterials for optoelectronic devices	Pham Thanh Huy (Vietnam)
15:00~ 15:30	(A-2) Nanomaterials for photovoltaic conversion	Meicheng Li (China)
15:30~ 16:00	(A-3) Phosphors for LED based solid-state lighting. New trends and developments of blue LED phosphors	Hayk H. Nersisyan (Armenia)
16:00~ 16:30	Coffee Break	
16:30~ 17:00	(A-4) Highly efficient green synthesis of 2-amino-3-cyano-4 <i>H</i> -chromen-4-ylphosphon- ates catalyzed by tetramethylguanidine	Reddi Mohan Naidu (Korea)
17:00~ 17:30	(A-5) Nanomaterials researches and industrial applications possibilities in Vietnam	Mai Thanh Tung (Vietnam)
17:30~ 18:00	(A-6) Fast analysis of bio-molecules using electrochemical methods	Guang-Ri Xu (China)

9월 26일 (목)

청정기술1(일반)/국제심포지엄 : 봉아(Room Bong-A)

시 간	제 목	발 표 자
좌장: 홍성제(전자부품연구원)		
10:00~ 10:20	(CT1-2-1) 300Nm <sup>3</sup> /hr급 수소 스테이션 공정 모사 연구	신재선 <sup>†</sup> , 박상진 <sup>†</sup> , 이영철 <sup>‡</sup> , 이형욱 <sup>§</sup> , 조정호 <sup>‡</sup> <sup>†</sup> 동국대학교, <sup>‡</sup> 한국가스공사, <sup>§</sup> JNK Heaters, 공주대학교
10:20~ 10:40	(CT1-2-2) 초고온 원자로(VHTR)-수소 생산 공정 (S-I Cycle)간의 중간 열교환 공정 모사 연구	신재선 <sup>†</sup> , 이흥래 <sup>‡</sup> , 박제호 <sup>‡</sup> , 박상진 <sup>†</sup> <sup>†</sup> 동국대학교 화공생물공학과, <sup>‡</sup> (주)코네스코퍼레이션
10:40~ 11:00	(CT1-2-3) 미래의 청정연료 암모니아	윤형철, 우영민, 김종남 한국에너지기술연구원
11:00~ 11:20	(CT1-2-4) 천연조류제어제를 이용한 조류와 영양물질 제거 연구	최돈혁, 이은정, 박연정, 최일환 water 연구원, 수질분석연구센터
11:20~ 11:40	(CT1-2-5) 수소동위원소 분리를 위한 냉매 공급계통 시스템으로 헬륨을 이용한 냉동사이클연구	노재현, 김동선, 조정호 공주대학교
11:40~ 14:30	Lunch	
<b>국제심포지엄 Session B</b>		Chairman : Churl Hee Cho (Korea)
14:30~ 15:00	(B-1) Potential for high temperature gas separation through inorganic membranes	Mikihiro Nomura (Japan)
15:00~ 15:30	(B-2) Aggregative growth of crystalline or non-crystalline primary nanoparticles to form micron size zeolite crystals	Pankaj Sharma (India)
15:30~ 16:00	(B-3) Green mesostructured catalysts	M. Selvaraj (India)
16:00~ 16:30	Coffee Break	
16:30~ 17:00	(B-4) NOx storage-reduction (NSR) catalysts for diesel emissions control: Toward the understanding of the desulfation mechanism	Do Heui Kim (Korea)
17:00~ 17:30	(B-5) Development of depth filter media for gas turbine intake air filtration	Naim Hasolli (Kosovo)
17:30~ 18:00	(B-6) Flow-electrode capacitive deionization (FCD) process for continuous seawater desalination	Seung-cheol Yang (Korea)

# 9월 26일 (목)

## 청정석탄 : 사라

시 간	제 목	발 표 자
좌장: 이시훈(한국에너지기술연구원)		
9:40~ 10:00	(CC-1) 초청정 석탄의 고효율 발전 융합기술	김규보, 최호경 <sup>†</sup> , 전충환 부산대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원
10:00~ 10:20	(CC-2) 유기용매 추출을 통해 제조한 초청정 석탄의 특성	조완택, 최호경, 김상도, 유지호, 전동혁, 임정환, 임영준, 이시훈 한국에너지기술연구원
10:20~ 10:40	(CC-3) Bench-scale 유동층에서 생산한 석탄/당밀 혼 합연료의 바이오매스 함량에 따른 특성 분석	박재혁, 이창하, 선도원 <sup>†</sup> , 배달희 <sup>†</sup> , 박영철, 문중호 <sup>†</sup> , 이승용 <sup>†</sup> , 최영찬 <sup>†</sup> , 배종수, 신종선 <sup>†</sup> , 김기영 <sup>‡</sup> , 박재현 <sup>†</sup> 연세대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원, <sup>‡</sup> 충남대학교
10:40~ 11:00	(CC-4) 고수분 고입경 미분탄의 고압 기류수송 기술 최적화	이진욱, 정석우, 류상오, 윤성필, 이재만, 전동환 고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부
11:00~ 11:20	(CC-5) 저급탄 고효율 가스화기 개발	김규태, 권태완 SK이노베이션 글로벌 테크놀로지
11:20~ 11:40	(CC-6) 고온, 고압조건의 고정층 반응기에서 K-계열 흡수제의 HCl 흡수 거동 연구	문중호, 김재영, 조성호, 류호정, 민병무, 이종섭, 백점인 <sup>†</sup> , 박영철 한국에너지기술연구원, <sup>†</sup> 한국전력공사
11:40~ 12:00	(CC-7) 석회석 주입을 통한 로내탈황 특성에 관한 연구	김승모, 황민영, 안기주, 김상인, 나오키 후지와라 <sup>†</sup> , 김만철 <sup>‡</sup> , 전충환 부산대학교, <sup>†</sup> 이데미츠 코산, <sup>‡</sup> 남부발전 하동화력본부
12:00~ 12:20	(CC-8) HRSG(Heat recovery steam generator)에서 파울링 현상의 모델개발 및 전산해석	황민영, 이병화, 전충환, 송시홍 <sup>†</sup> <sup>†</sup> 부산대학교 <sup>†</sup> 두산중공업 기술연구소

# 9월 26일 (목)

## 오염저감1, 2 : 사라

시 간	제 목	발 표 자
좌장: 박희재(시흥녹색환경지원센터)		
14:30~ 14:50	(PR1-1) 저온응축공정을 활용한 폐유정제공정에서의 악취저감 공정	나병기, 서기철 <sup>†</sup> , 정구회 <sup>†</sup> , 박희재 <sup>†</sup> 충북대학교, <sup>†</sup> (주)서해기술, <sup>†</sup> 시흥녹색환경지원센터
14:50~ 15:10	(PR1-2) 조선 및 해양 구조물 밀폐구역에서의 공기 정화를 위한 집진 타당성 기초 연구	이광호, 이원구, 한명수 대우조선해양(주)산업기술연구소
15:10~ 15:30	(PR1-3) The simultaneous removal properties of H <sub>2</sub> S and NH <sub>3</sub> on Zn-based catal-sorbents in IGCC	Eun Ji Lim, Jeong Hee Hwang, Min Jin Song <sup>†</sup> , Suk Yong Jung <sup>‡</sup> , Jae Chang Kim Department of Chem. Eng. <sup>†</sup> School of Che. Eng. and Technology, <sup>‡</sup> Research Institute of Advanced Energy Technology
15:30~ 15:50	(PR1-4) EFC(Electrostatic Fume Collector)를 활용한 냉 간압연장치 배기가스의 오일 회수 방법 연구	황열순, 박희재 <sup>†</sup> , 정구회 <sup>†</sup> , 나병기 <sup>†</sup> (주)한독이엔지 <sup>†</sup> 시흥녹색환경지원센터 <sup>†</sup> 충북대학교
15:50~ 16:10	(PR1-5) 대기개선특별대책 관련 신재생 에너지 센터 건립 연구	서정철, 김원호 <sup>†</sup> 시화지구지속가능발전협의회, <sup>†</sup> 수자원공사
16:10~ 16:40	Coffee Break	
좌장: 나병기(충북대학교)		
16:40~ 17:00	(PR2-1) Antibacterial activity of silver-coated kapok fibers	Runkai Wang, Chul ho Shin <sup>†</sup> , Siho Park <sup>†</sup> , Moonhee Ryu Seohae Environment Science Institute <sup>†</sup> Chonbuk National University
17:00~ 17:20	(PR2-2) 반월·시화산업단지 내 가스 세정탑의 설계 및 운전 개선방안	조용준, 박희재 <sup>†</sup> , 정구회 <sup>†</sup> 신안산대학교, <sup>†</sup> 시흥녹색환경기술지원센터
17:20~ 17:40	(PR2-3) Passive sampler를 활용한 산단 공장 및 주변 지역 악취물질 평가	정의석, 손찬웅, 김진완, 임문혁, 권기은, 최현선, 장연규 <sup>†</sup> (주)엔버스 부설기술연구소, <sup>†</sup> 인천대학교



## 9월 26일 (목)

### 청정기술2 (일반) : 도래

시 간	제 목	발 표 자
좌장: 김영훈(광운대학교)		
10:00~ 10:20	(CT1-1-1) 수중 질산성 질소 저감 반응에 적합한 촉매 특성 탐색	김민성, 이관영 고려대학교
10:20~ 10:40	(CT1-1-2) 인도네시아 CNG 자동차 시장 현황 및 전망	최석천, 정재용, 이은도 한국생산기술연구원
10:40~ 11:00	(CT1-1-3) 탄소나노튜브 응집체의 흐름 형태	정승우, 이동현 성균관대학교
11:00~ 11:20	(CT1-1-4) 다시마로부터 고정층 열분해 장치에 의해 생산된 바이오-오일의 수첨탈산소화 반응연구	최재형, Pradeep Biradar, 양기석 <sup>†</sup> , 서동진 <sup>†</sup> , 김승수 <sup>‡</sup> , 허광선 <sup>§</sup> , 우희철 <sup>‡</sup> 부경대학교, <sup>†</sup> 한국과학기술연구원, <sup>‡</sup> 강원대학교, <sup>§</sup> 경남정보대학교
11:20~ 11:40	(CT1-1-5) 내부 구조물이 설치된 기포유동층 내에서의 기포의 거동 및 Jet에 대한 CPFD 시뮬레이션	임종훈, 신재호, 이웅, 조경훈 <sup>†</sup> , 이동호 <sup>‡</sup> , 한주희 <sup>†</sup> , 이동현 <sup>‡</sup> 성균관대학교, <sup>†</sup> 한화케미칼
11:40~ 14:30	Lunch	
좌장: 우희철(부경대학교)		
14:30~ 14:50	(BFM-1) 최근 바이오연료 정책동향	민경일 <sup>‡</sup> , 임의순 <sup>†</sup> , 정충섭 <sup>‡</sup> , 나병기 <sup>‡</sup> 한국석유관리원 <sup>†</sup> , 충북대학교 <sup>‡</sup>
14:50~ 15:10	(BFM-2) 해조류를 이용한 바이오에탄올 생산공정개발	임동중 바이올시스템즈
15:10~ 15:30	(BFM-3) 해조류 바이오매스를 이용한 VFA 생산연구	송민경, 선지윤, Hong Duc Pham, 이성찬, 우희철 <sup>‡</sup> 부경대학교
15:30~ 15:50	(BFM-4) 이온성 액체를 활용한 셀룰로오스의 전환 및 당화	이현주, Huyen Than Vo 한국과학기술연구원,
15:50~ 16:10	(BFM-5) 미세유체시스템을 이용한 바이오소재 합성	이창수 충남대학교
16:10~ 16:30	(BFM-6) 탄소저감 수단으로서의 바이오차의 중요성과 연구동향	우승한 한밭대학교
16:30~ 17:00	Coffee Break	

9월 27일 (금)

청정기술1 (학생) : 봉아

시 간	제 목	발 표 자
좌장: 고창현(전남대학교)		
09:30~ 09:45	(CT2-1-1) 온실가스 저감을 위한 이산화탄소 포집공정 의 재생에너지 절감에 대한 연구	강진진, 윤여일 <sup>†</sup> , 김동선, 조정호 공주대학교, 한국에너지기술연구원 <sup>†</sup>
09:45~ 10:00	(CT2-1-2) 메탄올-디메틸 카보네이트 이성분계의 기액 상평형 실험 및 압력변환 증류공정에 대한 공정 최적화 연구	조재숙, 김동선, 조정호, 고재천 <sup>†</sup> , 백준현 <sup>†</sup> 공주대학교
10:00~ 10:15	(CT2-1-3) 공비점 분리제로써 사이클로hex산을 사용한 이소프로판올 탈수 공비증류공정의 전산모사 에 대한 연구	이경은, 김동선, 조정호 공주대학교
10:15~ 10:30	(CT2-1-4) 기-고 유동층에서 분산판 nozzle수에 따른 기포특성 해석	신재호 <sup>†</sup> , 이용 <sup>†</sup> , 임종훈 <sup>†</sup> , 조경훈 <sup>†</sup> , 이동호 <sup>†</sup> , 한주희 <sup>†</sup> , 이동현 <sup>†</sup> <sup>†</sup> 성균관대학교, <sup>†</sup> 한화케미칼
10:30~ 10:45	(CT2-1-5) 기술융합이 자원고갈과 환경독성에 미치는 영향: Tablet PC의 사례연구	손권빈, 임성린 강원대학교
10:45~ 11:15	Coffee Break	
11:15~ 11:30	(CT2-1-6) CO <sub>2</sub> 수송선 저장탱크의 BOG 측정 실험 및 회수의 관한 연구	박진우, 김동선, 고민수 <sup>†</sup> , 조정호 공주대학교 삼성중공업(주) <sup>†</sup>
11:30~ 11:45	(CT2-1-7) 압력 변환 증류를 이용한 메탄올-아세톤의 분리공정 모델링 및 최적화 연구	엘리사 마리 풀퀘라스, 김동선, 조정호 공주대학교
11:45~ 12:00	(CT2-1-8) IPA-H <sub>2</sub> O-System의 공비증류 공정 설계 및 최적화에 관한 연구	최석훈, 신재선, 박상진 동국대학교 화공생물공학과

9월 27일 (금)

청정기술2 (학생) : 사라

시 간	제 목	발 표 자
좌장: 문종호(한국에너지기술연구원)		
09:30~ 09:45	(CT2-2-1) Extraction of waxes and polymers using supercritical carbon dioxide	<u>Elvina Fitrisia</u> , Sang Mi Ha, <sup>†</sup> Kyung Mun Lee, <sup>†</sup> Jong Ha Kim <sup>†</sup> , and Jae-Jin Shim School of Chemical Engineering, Yeungnam University <sup>†</sup> PIM Korea
09:45~ 10:00	(CT2-2-2) 친환경 LED 전구 개발을 위한 핵심 설계인자의 규명 및 분석	<u>방유영</u> , 임성린 강원대학교
10:00~ 10:15	(CT2-2-3) 기-고 순환 유동층에서 극미분 철광석 입자의 유동특성	<u>임관희</u> , 이동현 성균관대학교
10:15~ 10:30	(CT2-2-4) Pressure Swing Distillation를 이용한 Acetonitrile Water 공비 혼합물 분리 공정에서 Heat Integration 방법에 따른 각 공정의 최적화 결과 비교	<u>조성진</u> , 이의수, 박상진 동국대학교
10:30~ 10:45	(CT2-2-5) 가습기 형식이 실내공기오염에 미치는 영향 평가: 중금속 배출 특성	<u>권귀록</u> , 임성린 강원대학교
10:45~ 11:15	Coffee Break	
11:15~ 11:30	(CT2-2-6) Lactide의 증류 정제공정 전산모사 및 최적화	<u>조두희</u> , 김동선, 조정호, 전종열, 장종산 공주대학교
11:30~ 11:45	(CT2-2-7) 이소프로파놀 탈수를 위한 추출증류공정에 2기의 증류배열과 3기의 증류배열 사이의 에너지 소비 비교	<u>오설비</u> , 김동선, 조정호 공주대학교

9월 27일 (금)

녹색 에너지 기술 (특별세션) : 도두

시 간	제 목	발 표 자
좌장: 조철희(충남대학교), 김성수(충남대학교)		
09:30~ 09:45	(GT-1) Numerical analysis and experimental validation of distillation process for purification of tellurium	H. Li, W.G. Kim, B.W.Yoo, K.T. Park, H.H. Lee, J.C. Choid S.J. Hong, M.S. Kong, H.Y. Lee and J.H. Lee Chungnam National University
09:45~ 10:00	(GT-2) Ferromagnetic resonance studies on an artificial nano dot array	Vo, Thanh Son, Jong-Ryul Jeong Chungnam National University
10:00~ 10:15	(GT-3) 촉매를 이용한 오스트레일리아 Drayton탄의 저온 좌-이산화탄소 가스화 반응특성 연구	김상겸, 황순철, 박지윤, 이도균, 이상현, 조종훈, 이시훈 <sup>†</sup> , 유지호 <sup>†</sup> , 김인원 <sup>‡</sup> , 이영우 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원, <sup>‡</sup> 건국대학교
10:15~ 10:30	(GT-4) Multifunctional gold nanoparticle based drug carrier for photodynamic therapy	Linlin Zhao, So Yeon Kim Chungnam National University
10:30~ 10:45	(GT-5) Enhancement of the thermal stability of Lithium-Ion battery separator via surface modification using Electron beam irradiation	Nurpeissova Arailym, Dai In Park <sup>†</sup> Sung-SooKim Graduate School of Green Energy Technology, <sup>†</sup> SK innovation
10:45~ 11:00	Coffee Break	
11:00~ 11:15	(GT-6) MARC기법을 이용한 Ta-W 합금 코팅피막의 텅스텐 조성에 따른 전착특성	이영준, 정성욱 <sup>†</sup> , 배기광 <sup>‡</sup> , 강경수 <sup>‡</sup> , 이종현 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원
11:15~ 11:30	(GT-7) PV module의 전면 유리 변화가 내구성에 미치는 영향	최주호, 장효식, 강기환, 정태희 충남대학교
11:30~ 11:45	(GT-8) Tertiary모델을 이용한 평판형 전해정리기 3D 전산해석	김승현, 이성재 <sup>‡</sup> , 박성빈 <sup>‡</sup> , 김정국 <sup>‡</sup> , 이한수 <sup>‡</sup> 이종현 충남대학교 <sup>†</sup> 한국원자력연구원,
11:45~ 12:00	(GT-9) Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 로부터 Nd금속화기술개발	류홍열, 김완규, Hayk H. Nersisyan, 이고기 <sup>‡</sup> , 조성구 <sup>‡</sup> , 이종현 충남대학교, <sup>†</sup> 포항산업과학연구원, <sup>‡</sup> 포스코

# 9월 26일 (목)

## Poster 발표 (녹색에너지 기술): 강연장 로비

No	제 목	발 표 자
좌장: 정종율(충남대학교)		
P-GT-1	SnO <sub>2</sub> /TiO <sub>2</sub> 혼성 복합 금속산화물을 촉매지지체로 이용한 수성가스전이반응용(WGS) 촉매 개발	권순진, 전누리, 윤왕래 <sup>†</sup> , 노현석 <sup>‡</sup> , 이광복 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원, <sup>‡</sup> 연세대학교
P-GT-2	스팀유동층 건조 장치에서 스팀의 유속이 저등급 석탄 건조율에 미치는 영향	김기영, 이영우, 선도원 <sup>‡</sup> , 배달희 <sup>‡</sup> , 박영철 <sup>‡</sup> , 이승용 <sup>‡</sup> , 조성호 <sup>‡</sup> , 문종호 <sup>‡</sup> , 신종선 <sup>‡</sup> , 박재현 <sup>‡</sup> , 박재혁 <sup>§</sup> <sup>†</sup> 충남대학교, <sup>‡</sup> 한국에너지기술연구원, <sup>§</sup> 연세대학교
P-GT-3	He, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , water 기체 분리를 위한 Chabazite (CHA)-유형 제올라이트의 수열 합성과 특성평가	김민지, Pankaj Sharma, 한문희, 조철희 충남대학교
P-GT-4	구조 유도 물질 18-crown-6를 이용하여 합성한 RHO 제올라이트 기공에서의 소형 가스 수증기의 흡착 연구	김범주, Pankaj Sharma, 한문희, 조철희 충남대학교
P-GT-5	유동층 공정에서 반응 온도에 따른 K-계열 흡수제의 CO <sub>2</sub> 흡수율에 관한 연구	김윤섭, 이영우, 조성호 <sup>†</sup> , 이창근 <sup>†</sup> 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원
P-GT-6	다양한 RedOx solution을 이용한 RED 발전 장치의 전력밀도 연구	나종찬, 김한기 <sup>†</sup> , 양현경 <sup>†</sup> , 김태환 <sup>†</sup> , 한문희 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원
P-GT-7	용융염 전해정련 시 혼합염 조성비 (LiF-KF : KCl-LiCl)에 따른 Zr/Hf 분리거동	박동재, 김승현, 문종한 <sup>†</sup> , 윤주필 <sup>†</sup> , 이종현 충남대학교 <sup>†</sup> 한전원자력연료,
P-GT-8	Novel chemosensor based on rhodamine 6G sensing toward Hg <sup>2+</sup>	Junemin Park, Young-A Son Chungnam National University
P-GT-9	유동층 반응기에서 WGS 촉매의 CO 전환율에 미치는 내부 구조물의 영향	박지혜, 김하나 <sup>†</sup> , 이동호 <sup>†</sup> , 류호정 <sup>†</sup> , 이영우 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원

No	제 목	발 표 자
P-GT-10	Removal and probing of highly toxic mercury using complex formation with biothiols in aqueous medium	Sang-Ho Son <sup>†</sup> , Yongkyun Kim <sup>‡</sup> , Taek Seung Lee <sup>†‡</sup> <sup>†</sup> Graduate School of Green Energy Technology <sup>‡</sup> Department of Advanced Organic Materials and Textile System Engineering,
P-GT-11	Efficient trapping of single microparticle in microfluidic system	Kang Song, Heon-Ho Jeong, Sung-Chan Jang, Chang-Soo Lee Chungnam National University
P-GT-12	NaA 제올라이트의 증기 흡착속도 연구	송주섭, 한문희, 조철희 충남대학교
P-GT-13	Effects of surface treatment using electron beam irradiation on soft carbon for Li rechargeable batteries	Ja Hwa Ahn, Byung Cheol Lee <sup>†</sup> , Sang-Ick Lee <sup>‡</sup> , Kanamura Kiyoshi <sup>‡</sup> , Sung-Soo Kim <sup>*</sup> Graduate School of Green Technology, <sup>†</sup> Korea Atomic Energy Research Institute, <sup>‡</sup> GS Energy <sup>‡</sup> Tokyo Metropolitan University
P-GT-14	Surveying experimental factors patterning of proteins using microvalve system	Naye Eom, Chang-Soo Lee Chungnam National University,
P-GT-15	Possibility of quaternized poly(4-vinyl pyridine) as anion exchange membrane material for all-Vanadium redox flow batteries	Seok Hyeon Lee, Jeong Soo Kim Chungnam National University
P-GT-16	SiON박막 증착시 NH3와 N2O비율에 따른 박막 특성 변화	조국현, 장효식 충남대학교
P-GT-17	등온상태에서의 ECO탄의 좌-이산화탄소 저온 촉매가스화의 반응특성	황순철, 김상겸, 박지윤, 이도균, 이상현, 조종훈, 이시훈 <sup>†</sup> , 유지호 <sup>†</sup> , 이영우 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원
P-GT-18	CB[6] 펠렛의 흡·탈착 파과 특성	심중보, 조철희, 문종호 <sup>†</sup> 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원

No	제 목	발 표 자
P-GT-19	팜 잔사유(PFAD)를 이용한 저등급 석탄의 저온산화 특성 분석	박인수, 전동혁 <sup>†</sup> , 김상도 <sup>†</sup> , 최호경 <sup>†</sup> , 유지호 <sup>†</sup> , 임정환 <sup>†</sup> , 임영준 <sup>†</sup> , 이시훈 <sup>†</sup> , 이영우 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원
P-GT-20	액체음극 비스무스에서의 표면처리된 세라믹 재료의 안정성 평가	김대영, 심준보 <sup>†</sup> , 황일순 <sup>†</sup> , 이종현 충남대학교, <sup>†</sup> 한국원자력연구원, <sup>†</sup> 서울대학교
P-GT-21	Mg 내식성 향상을 위한 Ionic Liquid 기반 Al 전해 도금법 연구	유병욱, 조성석, 이종현 충남대학교
P-GT-22	니켈 금속이 이온 교환된 석탄을 촉매로 이용한 톨루엔의 수증기 개질 연구	김수현, 전동혁 <sup>†</sup> , 김상도 <sup>†</sup> , 이시훈 <sup>†</sup> , 유지호 <sup>†</sup> , 이영우 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원,
P-GT-23	기체 분리를 위한 탄소 분자체 (Carbon Molecular Sieve, CMS) 중공사 막의 제조	성기혁, 송주섭, 고희철 <sup>†</sup> , 하성용, 한문희, 조철희 충남대학교, <sup>†</sup> (주)에어레인
P-GT-24	가압 열중량 분석기를 이용한 K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /MgO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 건식 흡착제의 CO <sub>2</sub> 흡착 실험적 거동	전누리, 권순진, 류호정 <sup>†</sup> , 이광복 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원
P-GT-25	NaY 제올라이트 막을 통한 이산화탄소 투과거동 연구	정수정, 여정구 <sup>†</sup> , 한문희, 조철희 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원
P-GT-26	Analysis of meiotic chromosomes movement of trapped yeast cells by using microfluidic system	장성찬, 정현호, 김근필 <sup>†</sup> , 이창수 충남대학교, <sup>†</sup> 중앙대학교
P-GT-27	Gd-doped 된 세리아 입자에 은 나노 입자의 초음파 코팅	차다솜, 여정구 <sup>†</sup> , 유지행 <sup>†</sup> , 한문희, 조철희 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원

## 9월 26일 (목)

### Poster 발표 (청정석탄): 강연장 로비

No	제 목	발 표 자
P-CC-1	고체연료 매체순환 연소기용 회분분리기 개발	박찬영, 이동호, 이충원, 류호정 한국에너지기술연구원
P-CC-2	역세정 압력에 따른 코팅 금속필터의 차압 발생 특성	류상오, 윤성필, 이재만, 정석우, 이진욱 고등기술연구원
P-CC-3	비산재 포함 미분탄 혼합연료의 고압 기류 이송 시험	류상오, 윤성필, 이재만, 정석우, 이진욱 고등기술연구원
P-CC-4	스팀유동층 건조장치에서 석탄의 층높이가 저등급 석탄 건조율에 미치는 영향	박재현, 선도원, 배달희, 이창근, 류호정, 이승용, 이동호, 신종선, 박재혁 <sup>†</sup> , 김기영 <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원, <sup>†</sup> 연세대학교, <sup>‡</sup> 충남대학교
P-CC-5	열중량분석기를 이용한 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 함량에 따른 저등급 석탄의 좌-이산화탄소 반응특성 연구	이도균, 박지윤, 김상겸, 황순철, 조종훈, 이시훈 <sup>†</sup> , 유지호 <sup>†</sup> , 이영우 충남대학교 <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원
P-CC-6	저온에서 촉매가스화 반응에 이산화탄소가 미치는 영향	박지윤, 김상겸, 이도균, 황순철, 이상헌, 조종훈, 유지호 <sup>†</sup> , 이시훈 <sup>†</sup> , 이영우 충남대학교, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원



9월 26일 (목)

Poster 발표 (청정기술/일반): 강연장 로비

No	제 목	발 표 자
P-CT1-1	금속과 결합력을 가지는 폴리아미산 합성 및 폴리이미드 제조를 위한 열적 이미드화 공정 연구	김은지, 박재형, 백인규 한국신발피혁연구원
P-CT1-2	광학용 연질 아크릴계 필름의 제조 및 광학 특성 평가	박재형, 김은지, <sup>†</sup> 이준학, 백인규 한국신발피혁연구원, <sup>†</sup> (주)한국OGK
P-CT1-3	FPD(Flat Panel Display)용 Glass 세정성 평가 연구	신원국, 이호열, 김종희, 배재흠 <sup>†</sup> , 이동기 <sup>‡</sup> 에이케이캠텍(주), <sup>†</sup> 수원대학교, <sup>‡</sup> 한국화학융합시험연구원
P-CT1-4	준수계 세정제를 이용한 PCB 액중젯 세정 기술에 관한 연구	양승모, 이동기, 김동인 한국화학융합시험연구원
P-CT1-5	초강 알카리 전해이온수를 이용하는 강재 부품류 세척에서 recycling 연구	김동인, 이동기, 양승모 한국화학융합시험연구원
P-CT1-6	무분리막 바이오연료전지	조대철, 권성현 <sup>†</sup> 순천향대학교 <sup>†</sup> 경상대학교
P-CT1-7	박리 가능한 UV경화형 아크릴계 유리보호용 코팅용액의 제조와 특성	양지우, 서아영, 우승한, 이철우 한밭대학교
P-CT1-8	고체산화물전해질 직접탄소연료전지에서 탄소-탄산염 연료매개체의 고온 안정성에 대한 실험적 연구	유준호, 강경태, 황준영 한국생산기술연구원
P-CT1-9	PR Stripping 폐액으로부터 유기 용제 회수를 위한 감압 증류 공정 최적화	김재경, 이문용 <sup>†</sup> , 박명준 <sup>‡</sup> , 이인규 <sup>‡</sup> , 구기갑 <sup>‡</sup> 서강대학교, <sup>†</sup> 영남대학교, <sup>‡</sup> (주)코렉스
P-CT1-10	Study on the Effect of Temperature Swing Profile on Crystallization of L-Glutamic Acid	Seungjong Yeom, Huichan Yun, Dae Ryook Yang Korea University
P-CT1-11	LED용 사파이어 웨이퍼 세정제의 세정성에 대한 연구	허정무, 이호열, 김종희, 배재흠 <sup>†</sup> , 이동기 <sup>‡</sup> 에이케이캠텍(주), 수원대학교 <sup>†</sup> , 한국화학융합시험연구원 <sup>‡</sup>

No	제 목	발 표 자
P-CT1-12	유량 및 압력 변화에 따른 폴리설편 중공사막의 효율 평가	김상우, 김정은, 정재철, 육종묵, 장석준, 노영석 (주)파인텍
P-CT1-13	중공사 분리막을 이용한 SF <sub>6</sub> , CF <sub>4</sub> 회수 및 농축 효율 평가	김정은, 정재철, 김상우, 육종묵, 장석준, 노영석 (주)파인텍
P-CT1-14	와류 분무 공정을 이용한 3차원 마이크로 구조물의 감광제 코팅	이상호, 이정민, 윤종진 <sup>†</sup> , 김기영 한국생산기술연구원, <sup>†</sup> (주)엘파니
P-CT1-15	수집 대륙별 폐지의 탈묵 재활용 특성 비교 및 최적 활용방안 탐색	정성현, 주중훈, 류정용 <sup>†</sup> , 김형진 <sup>‡</sup> (주)전주페이퍼 기술연구소, <sup>†</sup> 강원대학교, <sup>‡</sup> 국민대학교
P-CT1-16	Effect of Organic Cosolvent on the Supercritical Fluid Extraction of Lipids from Microalgae	Jin-Hee Hong, Mi-Ran Park <sup>†</sup> , Giobin Lim <sup>†</sup> , Jong-Hoon Ryu <sup>†</sup> Yonsei University <sup>†</sup> The University of Suwon
P-CT1-17	열가소성 탄성체 (Thermoplastic elastomer, TPE) Vistamaxx 수지를 이용한 관절보조기 소재 개발	허광선, 하병욱 <sup>†</sup> 경남정보대학교, <sup>†</sup> 올텍
P-CT1-18	플렉서블 유리 기판 위에 제작한 ITO 잉크층의 특성 평가	홍성제, 김종웅, 옥기훈, 김선우 전자부품연구원
P-CT1-19	실리콘 슬러지로부터 재생된 SiC 나노 분말의 특성	홍성제, 윤범진, 김종웅, 조현민 전자부품연구원
P-CT1-20	마그네슘염을 출발물질로 수열합성법을 이용한 수산화마그네슘의 제조방법	박성기, 이호열, 김종희, 배재흠 <sup>†</sup> 에이케이캠텍(주), 수원대학교 <sup>†</sup>

## 9월 26일 (목)

### Poster 발표 (바이오연료 및 소재): 강연장 로비

No	제 목	발 표 자
P-BFM-1	바이오 기반 물질을 이용한 글리시돌 합성 연구	최지식, 이근임, 이상득, 이현주 한국과학기술연구원
P-BFM-2	근임계수 상에서 고체염기 촉매인 Na-ZrO <sub>2</sub> 촉매가 Veratrylglycerol-β-Guaiacyl Ether (VGE) 수소화분해반응에 미치는 영향	엄희준, 홍윤기, 정상호, 이관영 고려대학교
P-BFM-3	미세조류 유래 바이오디젤 품질특성 연구	이돈민 <sup>†</sup> , 임의순 <sup>†</sup> , 정충섭 <sup>†</sup> , 이봉희 <sup>‡</sup> <sup>†</sup> 충북대학교 <sup>‡</sup> 한국석유관리원
P-BFM-4	해조류 유래 바이오연료 품질특성 연구	장은정 <sup>†</sup> , 임의순 <sup>†</sup> , 정충섭 <sup>†</sup> , 이봉희 <sup>‡</sup> <sup>†</sup> 한국석유관리원, <sup>‡</sup> 충북대학교 화학공학과
P-BFM-5	저속 열분해로부터 생성된 바이오차의 염료 흡착 특성	이미남, 이철우, 우승한 한밭대학교 화학생명공학과
P-BFM-6	목질계 및 해조류 바이오매스의 열분해 생성물의 물리화학적 특성	이미남, 이철우, 우승한 한밭대학교 화학생명공학과

## 9월 26일 (목)

### Poster 발표 (오염저감): 강연장 로비

No	제 목	발 표 자
P-PR-1	방전가공면 복제 실리콘의 표면 모폴로지와 발수특성	홍석관 <sup>†</sup> , 김영훈 <sup>†</sup> , 이상용 <sup>‡</sup> , 이성희 <sup>‡</sup> , 강정진 <sup>†</sup> <sup>†</sup> 한국생산기술연구원, <sup>‡</sup> 한국생산기술연구원, 금형기술센터
P-PR-2	반월·시화산업단지 내 가스 흡수탑의 설계 및 운전 개선방안	조용준, 박희재 <sup>†</sup> , 정구희 <sup>†</sup> , 최여진 <sup>‡</sup> 신안산대학교, <sup>†</sup> 시흥녹색환경기술지원센터

## 9월 26일 (목)

### Poster 발표 (청정기술/학생): 강연장 로비

No	제 목	발 표 자
P-CT2-1	니켈-철산화물( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ) 촉매 제조 및 탈산소 반응특성	장민수, 서경주, 안성미, 고창현 전남대학교
P-CT2-2	응집법을 통한 은나노입자의 제거	성화경, 김영훈 광운대학교
P-CT2-3	파일럿 하수처리장내 은나노입자의 거동 평가	신현호, 심재훈, 김영훈 광운대학교
P-CT2-4	친환경 유기용매를 이용한 은나노입자의 원심분리	심재훈, 김영훈 광운대학교
P-CT2-5	필터법을 이용한 은나노입자의 제거	오승윤, 김영훈 광운대학교
P-CT2-6	$\text{Ag}_2\text{S}$ 변환을 통한 은나노입자의 저위해화 처리	정의석, 김영훈 광운대학교
P-CT2-7	Alkoxy silane을 사용한 ployamide 막 표면개질	정재훈, 정국, 원용선, 김수한, 임준혁 부경대학교
P-CT2-8	아가로스 겔을 이용한 삼차원 금속/탄소 복합체 제조 및 고출력 슈퍼커패시터로의 응용	남인호, 박수민, 김길표, 문원균, 배성준, 송현돈, 이종협 서울대학교
P-CT2-9	금 나노 입자의 암모니아 보란을 이용한 4-니트로페놀 환원 반응에서의 실시간 전자 이동 관찰	백자연, 송현돈, 김태용, 박대성, 윤다님, 윤양식, 박홍석, 이종협 서울대학교
P-CT2-10	물 산화반응에 적합한 표면구조의 질소도핑 $\text{TiO}_2$ 나노입자 개발	유성주, 이민재, 김혜선, 이수영, 김용화, 이종협 서울대학교
P-CT2-11	슬러지의 열-알카리 처리에 의한 다중인산염 배출 특성	김민욱 <sup>†</sup> , 임병호 <sup>†</sup> , 김헌기 <sup>†</sup> , 임순성 <sup>†</sup> , 김동진 <sup>†</sup> 한림대학교 <sup>†</sup>

No	제 목	발 표 자
P-CT2-12	첨가물질에 따른 비시안계 금도금용액의 환원 거동 및 물성평가	김민정, 이충곤 한밭대학교
P-CT2-13	국내산 계면활성제를 이용한 ASP용액과 ESPO유의 염도 변화에 따른 상 거동 연구	이상헌, 김상겸, 박지윤, 배위섭 <sup>†</sup> , 김인원 <sup>§</sup> , 이영우 충남대학교, <sup>†</sup> 세종대학교, <sup>§</sup> 건국대학교
P-CT2-14	Feasibility of using ashless coal from Sub-bituminous coal in a direct carbon fuel cell (DCFC)	Duc-Luong. Vu, Choong-Gon. Lee Hanbat National University
P-CT2-15	염분 변화에 따른 CO <sub>2</sub> Gas Hydrate의 상평형 변화에 관한 연구	정국, 정재훈, 원용선, 임준혁 부경대학교
P-CT2-16	Hydrothermal depolymerization of sodium alginate into organic acids in subcritical conditions	전원진, 반충현, 김도희 서울대학교
P-CT2-17	이온성액체 전처리에 따른 알지네이트로부터 유기산 생성 영향 연구	Utomo AYUNDA, 박용범, 송민경, 우희철 <sup>†</sup> 부경대학교, <sup>‡</sup> 부경대학교 청정기술생산연구소
P-CT2-18	수열 전처리에 의한 알지네이트로부터 유기산 생산 영향	Hong Duc PHAM <sup>†</sup> , 선지윤 <sup>‡</sup> , 이성찬 <sup>†</sup> , 송민경 <sup>†</sup> , 우희철 <sup>†</sup> <sup>†</sup> 부경대학교 화학공학과 <sup>‡</sup> 부경대학교 청정기술생산연구소
P-CT2-19	소규모 도장부스 적용을 위한 다공성 응집제의 농도 변화에 따른 점착성 페인트 입자의 응집 제거 성능 비교	박영옥 <sup>†</sup> , 이강산 <sup>**</sup> , 손종렬 <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원 <sup>†</sup> , 고려대학교 <sup>‡</sup>
P-CT2-20	Green synthesis of narrow polydispersity poly(Vinyl Acetate) in supercritical carbon dioxide catalyzed by elemental Cu(0)	Muhammad Naoshad Islam, Ren Yiping, Yuvaraj Haldorai, Jae-Jin Shim Yeungnam University
P-CT2-21	Production of recombinant marine tyrosinases in Escherichia coli for industrial application	Hyerin Kim, Woocho Song, Yoo Seong Choi Chungnam National University
P-CT2-22	고체산화물 전해셀을 이용한 암모니아 합성	정하나 <sup>**</sup> , 윤형철 <sup>†</sup> , 주종훈 <sup>‡</sup> , 유지행 <sup>‡</sup> , 유충열 <sup>†</sup> , 형찬희 <sup>†</sup> , 송기창 <sup>†</sup> , 김종남 <sup>†</sup> 건양대학교 <sup>†</sup> , 한국에너지기술연구원 <sup>‡</sup>

No	제 목	발 표 자
P-CT2-23	액적기반 미세유체장치에서 라이소자임 결정화	고관영, 김인호 충남대학교
P-CT2-24	H <sub>2</sub> S 흡착용 ZnO/rGO의 화학적 상태에 Cu doping이 미치는 영향	Hoon Sub Song <sup>†§</sup> , <sup>‡</sup> 박문규 <sup>‡</sup> , 이광복 <sup>‡</sup> , Eric Croiset, Zhongwei Chen <sup>†</sup> , <sup>§</sup> 남성찬 <sup>§</sup> <sup>†</sup> University of Waterloo <sup>‡</sup> 충남대학교 <sup>§</sup> 한국에너지기술연구원
P-CT2-25	Properties and synthesis of PLA-co-PGMA Copolymer	<u>Sangeun Lee</u> , Byung-Woo Kim, and Moon-Sun Kim Sungkyunkwan University
P-CT2-26	현장의 순환유동층 연소배가스의 건식 분류층 실증장치와 Duct Injection 조건에서의 탈황성능 비교	박영옥 <sup>†</sup> , 전성민 <sup>†*</sup> , 박형상 <sup>‡</sup> 한국에너지기술연구원 <sup>†</sup> , 서강대학교 <sup>‡</sup>
P-CT2-27	A Green and facile route to prepare Ag/TiO <sub>2</sub> /Graphene nanocomposite aerogels for the degradation of methylene blue	Xiaofeng Fan, Van Hoa Nguyen, Haldorai Yuvaraj, Jae-Jin Shim Yeungnam University
P-CT2-28	금속 이온 교환된 ETS-10을 이용한 톨루엔의 흡·탈착 거동 특성 확인	김우형, 이소연, Ho Hoang Phuoc, 정진우 <sup>†</sup> , 우희철 부경대학교 현대기아자동차 <sup>†</sup>
P-CT2-29	Pretreatment study for high-efficiency extraction of antioxidants from barley leaves using supercritical carbon dioxide.	<u>Yeon-woo Kang</u> , Jin-Hee Hong <sup>†</sup> , Giobin Lim, Jong-Hoon Ryu The University of Suwon <sup>†</sup> Yonsei University
P-CT2-30	전산 유체 해석 프로그램을 통한 경사판 침전조의 최적 설계에 관한 연구	김성구, 최현열, 고동현, 신동문, 조옥상 수원대학교

# 청 정 석 탄





## 초청정 석탄의 고효율 발전 융합기술

김규보, 최호경<sup>†</sup>, 전충환\*  
 부산대학교 화력발전에너지분석기술센터, <sup>†</sup>한국에너지기술연구원, \*부산대학교 기계공학부 RIMT  
 화력발전에너지분석기술센터

### Ash-Free Coal for a High Efficiency Thermal Power Generation

Kim, G. B., Choi, H. K.<sup>†</sup>, Jeon, C. H.\*  
 Pusan Clean Coal Center(PC3) at Pusan National University, <sup>†</sup>Korea Institute of Energy Research,  
 \*PC3, RIMT, School of Mechanical Engineering at Pusan National University

석탄화력발전분야에 적용되고 있는 석탄의 구성성분은 수분, 휘발분, 고정탄소 및 회분으로 되어 있으며, 특히 수분함량은 연료의 발열량 및 보일러 내 가스유동에 좋지 않은 영향을 미치고 있으며, 특히 회분의 경우는 석탄화력에서 반드시 배출될 수밖에 없는 환경배출물질이며, 보일러 내에서는 슬래깅(slugging) 또는 파울링(fouling)과 같은 현상에 의해 클링커를 생성시켜 수열부의 열교환 효율을 떨어뜨리거나, 성장한 클링커의 낙하에 의해 보일러에 손상을 일으켜 발전에 문제를 발생시키는 주요성분이다. 이러한 석탄의 기본적 성질을 향상시키는 coal upgrading 기술을 이용해, 수분과 회분을 원천적으로 제거함으로써 발열량 향상 및 회분의 영향을 배제할 수 있는 초청정 석탄(Ash-Free Coal)을 확보할 수 있다. 이러한 초청정 석탄을 화력발전소에서 활용할 경우, 높은 발열량으로 인한 석탄사용부하 및 공기 공급설비, 후단설비 부하 경감과 클링커 생성 및 회처리 문제 등을 배제하고, 특히 전기집진설비가 거의 필요 없어 초기건설비용의 절감효과도 가져올 수 있다.

이와 같은 장점들을 바탕으로, 초청정 석탄의 화력발전소 적용성을 검토하기 위한 방안으로 초청정 석탄의 탈휘발 및 연소특성을 분석하여 미분탄 보일러 내에서의 연소특성을, 기존에 발전소에 적용 중인 석탄과 비교분석하였다.

초청정 석탄의 탈휘발 및 좌 연소특성을 분석하기 위해 하향분류반응기인 Drop Tube Furnace (DTF)를 적용하였다. 탈휘발 특성을 분석하기 위해 주위가스조성을 질소(N<sub>2</sub>)로 하여 산화반응이 일어나지 않은 상태에서의 휘발분 배출속도를 온도조건별로 살펴보았으며, 좌 연소특성을 분석하기 위해 산소분압조건에서 탈휘발 후 취득한 좌를 온도조건별로 연소시키면서 좌 연소속도를 분석하였다. 특히 좌 연소속도를 분석하기 위해서는 배기가스분석법을 적용하여 탄소(C)의 연소 시 발생하는 CO와 CO<sub>2</sub>의 농도를 고려하여 연소속도를 정의하였다. 탈휘발 및 좌 연소 속도의 경우 Arrhenius 식을 적용하여 활성화에너지(E)와 선지수 상수(A)로 나타내었다.

초청정 석탄의 탈휘발 특성에 있어서 역청탄과 아역청탄의 중간적 성격을 가지고 있으며, 저온 상태에서는 저열량 석탄과 고온상태에서는 고열량 석탄과 유사한 탈휘발 특성을 나타내었고 전체적인 활성화에너지는 낮은 값을 나타내었다. 또한 좌의 연소특성에 있어서는 탈휘발 특성과 달리 역청탄과 유사한 특성을 가짐을 확인하였고, 특히 온도의 증가와 함께 반응률이 증가함으로써 화학적반응속도(kinetic control regime)의 영향을 받는 것을 확인하였다.

따라서, 초청정 석탄의 미분탄 보일러 내 연소적 측면에서의 적용 가능성을 확인할 수 있었으며, 더 나아가 환경적 측면과 설비적 측면의 검토를 위해 추가적으로 대용량의 pilot 실험설비를 통해 초청정 석탄의 연소에 따른 환경성, 설비안정성 그리고 경제성 등을 평가할 수 있는 연구가 추가되어 초청정 석탄의 고효율 발전융합기술의 개발이 필요한 시점이다.

## 유기용매 추출을 통해 제조한 초청정 석탄의 특성

조완택, 최호경\*, 김상도, 유지호, 전동혁, 임정환, 임영준, 이시훈  
한국에너지기술연구원

### Characterization of ash-free coal produced by solvent extraction method

Wantaek Jo, Hokyung Choi\*, Sangdo Kim, Jiho Yoo, Donghyuk Chun, Youngjoon Rhim, Jeonghwan Lim and Sihyun Lee  
Clean Fuel Department, Korea Institute of Energy Research

석탄은 오래 전부터 인류의 주요한 에너지원으로 사용되어 왔으며 다른 화석연료에 비해 가격이 싸고 공급 안정성이 뛰어나 전 세계적으로 사용되고 있다[1]. 하지만 석탄 연소 시 발생하는 환경 오염물질과 최근 이슈화되고 있는 지구온난화 가스인 이산화탄소의 다량 배출로 인해 석탄을 보다 깨끗하고 효율적으로 사용하려는 노력이 Clean coal technology (CCT, 청정석탄기술)란 이름으로 진행되고 있다. 석탄 내 회분을 정제하는 기술은 크게 물리적, 생물학적 및 화학적 정제방법으로 나눌 수 있다[2]. 그 중 대표적인 석탄의 화학적 정제기술로는 Ultra clean coal (UCC) process[3]와 Hyper coal (HPC) process[4]가 있다. UCC process는 산 또는 알칼리 용액을 이용해 석탄 내 회분을 제거하는 기술이며, HPC process는 유기용매를 이용해 석탄 내 유기성분만을 추출하는 공정이다.

본 연구에서는 석탄으로부터 저회분 초청정 석탄을 용매 추출법에 의해 제조하였으며, 용매 추출에 따른 석탄의 특성 변화를 분석하였다. 용매 추출은 Lignite과 Bituminous석탄을 대상으로 하였으며, 추출용 용매로는 극성 용매인 N-methyl-2-pyrrolidinone (NMP)와 비극성 용매인 1-methyl naphthalene (1-MN)을 사용하였다. 석탄의 용매 추출 특성을 알아보기 위해 추출 온도에 따른 추출 수율 및 회분 함량의 변화를 알아보았다. 실험 결과 추출 수율은 NMP 용매를 이용했을 경우에 70%로 가장 높게 나타났지만, 회분 함량은 1-MN 용매를 이용했을 때 0.02 wt%로 가장 낮게 나타났다. 추출 수율은 용매의 종류에 관계없이 모두 350°C 부근에서 크게 증가하였다.

용매 추출에 의한 석탄의 물성 변화를 확인하기 위해 추출 온도 370°C, 초기 압력 1 bar, 추출 시간 1 hr의 조건에서 3가지 등급의 석탄으로부터 용매에 의해 추출된 추출탄과 잔탄에 대해 FT-IR 분석과 C-13 solid state NMR 분석을 하였다. 유기 용매 추출을 통해 제조된 추출탄과 잔탄의 탄소 함량과 발열량은 원탄에 비해 증가하였다. FT-IR 분석 결과 원탄에서는 나타나지 않았던 방향족 CH가 1-MN 용매를 이용하였을 경우에는 추출탄과 잔탄 모두에서 나타났다. C-13 NMR 분석 결과에도 1-MN을 이용해 제조한 추출탄의 경우 원탄에 비해 방향족 CH, C가 크게 증가하였다.

#### 참고문헌

1. Kurose, R., Ikeda, M., Makino, H., Kimoto, M. and Miyazaki, T., "Pulverized Coal Combustion Characteristics of High-fuel-ratio coal", Fuel 83, 1777-1785 (2004).
2. Khoury, D., "Coal Cleaning Technology", Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey(1981).
3. Crawford, A., "The Preparation of Ultra Clean Coal in Germany", Inst. Min. Eng.3, 204-66 219(1951).
4. "Coal Utilization Technology", <http://www.Jcoal.or.jp/overviewen/gijutsu.html>, JCAL(2005).

## Bench-scale 유동층에서 생산한 석탄/당밀 혼합연료의 바이오매스 함량에 따른 특성 분석

박재혁, 이창하, 선도원<sup>†</sup>, 배달희<sup>†</sup>, 박영철<sup>†</sup>, 문종호<sup>†</sup>, 이승용<sup>†</sup>, 최영찬<sup>†</sup>, 배종수<sup>†</sup>, 신종선<sup>†</sup>, 김기영<sup>†</sup>,  
박재현<sup>†\*</sup>  
연세대학교, <sup>†</sup>한국에너지기술연구원, <sup>‡</sup>충남대학교

### Characteristics of Mixed Coal/Molasses Fuels in terms of Injection Quantity in A Bench-scale Fluidized Bed

Jae Hyeok Park, Chang-Ha Lee, Dowon Shun<sup>†</sup>, Dal-Hee Bae<sup>†</sup>, Young Cheol Park<sup>†</sup>,  
Jong Ho Moon<sup>†</sup>, Seung Yong Lee<sup>†</sup>, Young-Chan Choi<sup>†</sup>, Jong-Soo Bae<sup>†</sup>,  
Jong-Seon Shin<sup>†</sup>, Gi Yeong Kim<sup>†</sup>, Jaehyeon Park<sup>†\*</sup>  
Yonsei University, <sup>†</sup>Korea Institute of Energy Research, Chung Nam University<sup>‡</sup>

석탄의 추정매장량은 대략 10조t으로 실제 가채년수는 약 120년이다. 이는 석유의 3배, 천연가스의 2배에 해당하는 양으로 전 세계에 골고루 분포되어있다는 장점이 있다. 그러나 석탄 매장량의 절반을 차지하는 고열량 탄의 경우 최근 가격의 상승으로 인해 안정적인 수급에 문제가 있고 저등급 탄의 경우 고열량 탄의 매장량과 비슷한 매장량이지만 수분이 많고 자연발화 특성 때문에 사용하기 까다로운 문제점이 있다. 비교적 수급이 원활한 저등급 석탄과 바이오매스를 혼합하여 좀 더 향상된 연료를 생산함으로써 저등급 석탄의 발열량 문제를 해결 할 수 있다. 또한, 신재생에너지의 활용이라는 점에서 RPS(Renewable Energy Portfolio Standard)를 충족할 수 있어 좋은 대안이 될 수 있다(Lee et al.[1]).

본 연구에서는 bench scale 유동층 장치에서 고수분 저등급 석탄을 건조시키고 연속적으로 당밀을 저등급 석탄의 기공에 주입하여 석탄/당밀 혼합연료를 제조하였다. 당밀의 함량에 따른 혼합연료의 특성을 알아보기 위하여 공업분석, 원소분석, 발열량 분석, TGA 등을 사용하여 특성을 파악하였다. 바이오매스 제조의 최적화를 위해 유동층 온도, 유동화 가스의 유속 및 온도 등을 변수로 하여 운전의 최적 조건을 도출할 예정이다.

#### 참고문헌

1. Lee, D. W., Bae, J. S., Lee, Y. J., Park, S. J., Hong, J. C., Lee, B. H., Jeon, C. H., and Choi, Y. C., "Two-in-One Fuel Combining Sugar Cane with Low Rank Coal and Its CO<sub>2</sub> Reduction Effects in Pulverized-Coal Power Plants," *Environ. Sci. Technol.*, **47**(3), 1704-1710 (2013).

## 고수분 고입경 미분탄의 고압 기류수송 기술 최적화

이진욱, 정석우, 류상오, 윤성필, 이재만, 전동환  
고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부

### Optimization of Pneumatic Transport Technology for High-moisture and Large-size Pulverized Coal

Jin Wook Lee, Seok Woo Chung, Sang Oh Yoo, Sung Pill Yoon, Jae Man Lee,  
Dong Hwan Jeon  
Plant Engineering Division, Institute for Advanced Engineering

자원이 제한적인 우리나라의 현실에서는 장기적으로도 석탄이 1차 에너지에서 차지하는 비중이 매우 높을 것으로 예측할 수 있다. 반면에 석탄은 동일 에너지 생산에 가장 많은 온실가스를 배출하고 있으므로 이를 해결하기 위해서는 고청정화·고효율화 기술의 적용이 필수적이라 할 수 있으며, 석탄가스화 기술은 가장 적절한 대안의 하나로 평가되고 있다. 이에 해외의 기술선진사들은 지속적으로 고유의 석탄가스화 기술을 개발하여 왔으며 가장 대표적인 기술로서 분류층 가스화 기술이 적용되었다. 최근에 이르러서는 저급탄 활용의 필요성이 대두되고 있는데, 일반적으로 저급탄은 고수분·저발열량 특성을 지닌다. 따라서 고온에서 운전되는 분류층 가스화 기술에 발열량이 상당히 낮은 저급탄을 사용할 경우에는 고온 합성가스가 지니는 높은 현열로 인하여 석탄가스화 기술에서 가장 중요한 목표치인 냉가스효율을 저하시킬 수 있다. 이에 저급탄을 가스화 기술에 적용시킬 수 있는 대안 기술이 관심사로 부각되고 있으며 상대적으로 낮은 온도에서 운전되는 고속순환유동층 기술이 하나의 대안이 될 수 있다. 고속순환유동층 가스화기에는 미분탄 연소 또는 분류층 가스화에 적용되는 미분탄에 비하여 수분 함유량이 높고 입자의 크기가 훨씬 큰 미분탄이 사용되며, 이에 본 연구에서는 이와 같은 고수분·고입경 미분탄의 기류수송 기술을 개발하고자 하였다. 수분 함유량이 최소 10% 이상이고 평균 입경이 300 $\mu$ m 이상인 미분탄을 대상으로 하여, 최대 20기압에서 작동이 가능한 공급호퍼(injection hopper)와 receiver tank(가스화기 대체 장치) 사이의 차압에 의하여 기류수송이 이루어지는 고압 기류수송 기술을 채택하였다. 미분탄을 연속적으로 정량공급하기 위해서는 일정한 차압이 유지되는 것이 필수적이며 이를 위하여 공급호퍼에서 일정량의 수송 기체가 배출되면서 일정한 차압이 유지될 수 있도록 하였다. 미분탄을 안정적으로 정량·연속 공급하기 위해서는 공급호퍼와 가스화기 사이의 차압과 유동화 질소의 공급량과 공급방법이 가장 중요한 운전변수임을 알 수 있었으며, 이송라인에서의 속도, 관경 및 운전 압력 등에 따라 이송 특성이 변화됨을 알 수 있었다. 또한 이송 호퍼의 미분탄 저장량이 일정량 이하가 되면 재충진을 위하여 충전호퍼(lock vessel)에서 수분 이내의 짧은 시간 내에 이송호퍼로 일정량을 공급하여 줄 수 있는 적절한 방안 및 일정 차압 유지를 위하여 배출되는 이송기체의 양을 최소화하는 방안 등을 도출하고자 하였다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 2011T100200037)

## 저급탄 고효율 가스화기 개발

김규태\*, 권태완  
SK이노베이션 글로벌 테크놀로지

석유나 천연가스에 비해 매장량이 풍부하고 광범위한 지역에 고루 분포되어 있는 석탄은 투자비 및 오염 물질의 배출 문제로 청정석탄 이용기술을 통한 전환이 매우 중요하다. 청정석탄 활용 기술의 핵심은 석탄 가스화를 통해 고온 고압 반응 장치에서 산소 및 수증기와 반응하여 합성가스를 생산하는 과정으로 생산된 합성가스는 발전, 합성 석유, 화학제품의 연료 등으로 사용할 수 있다. 이러한 석탄 중 저급탄은 석탄 매장량의 50%를 차지하고 있으며 고급탄에 비해 미개발 자원으로 가격이 저렴하고 안정해 중요성이 커지고 있다.

이에 SK이노베이션에서는 기존 및 Emerging 가스화 기술 검토를 통해 저급탄에 적합한 고속 순환유동층 가스화기(TRIG, Transport Integrated Gasifier)를 선정하였고 2010년 10월 3톤/일급 파일럿 플랜트를 완공한 후 여러 가지 저급탄의 가스화 특성 연구, 가스화 플랜트의 운전/운영/정비 노하우 확보, 가스화기 효율 및 투자비 개선 연구 등을 진행하고 있다. 특히 투자비 및 CO<sub>2</sub> 저감을 위한 가스화기와 건조 시스템 융합 연구를 진행하여 2011년 Bench급 연구를 통해 파일럿 규모의 건조기의 설계하였고 2012년 10월 완공하여, 파일럿 가스화기와 연계 운전과 통합 건조시스템의 운전 변수 - 합성가스 온도, 석탄 공급량, 스팀 분압 등- 변화에 따른 석탄 건조 특성 연구를 통해 상용 통합 건조시스템 설계를 위한 운전 자료를 확보하였다. 연계운전 및 확보 운전 결과를 기준으로 통합건조시스템의 상용화를 위한 Scale-up, 개발 기술의 Reliability와 Operability 점검을 위한 RAM Study 및 공정 효율을 고려한 최적 Scheme 도출을 위한 Adaptability Study를 진행하였고 이를 기반으로 상세 설계를 진행할 예정이다.

## 고온, 고압조건의 고정층 반응기에서 K-계열 흡수제의 HCl 흡수 거동 연구

문중호, 김재영, 조성호, 류호정, 민병무, 이종섭, 백점인<sup>†</sup>, 박영철\*  
한국에너지기술연구원, <sup>†</sup>한국전력공사 전력연구원

### Study of HCl Sorption Behaviors of K-Type Sorbent in the Fixed Bed Reactor at High Temperature and High Pressure

Jong-Ho Moon, Jae-Young Kim, Sung-Ho Jo, Ho-Jung Ryu, Byoung-Moo Min,  
Jong-Seop Lee, Jeom-In Baek<sup>†</sup>, Young Cheol Park\*  
Korea Institute of Energy Research, <sup>†</sup>Korea Electric Power Research Institute

본 연구에서는 고정층 반응기(높이 15 cm, 내경 0.5 cm)에서 K-계열 건식 흡수제 (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 한국전력공사 전력연구원)를 이용하여 반응압력 변화에 따른 염화수소 흡수 실험을 수행하였다. 반응온도는 가스화 직후, 필터를 거쳐서 주입되는 것을 가정하여 400 °C로 설정하였으며, 반응기체 농도는 750 ppm HCl (N<sub>2</sub> balance)으로 설정하였다. 반응압력은 1, 5, 10, 15, 20 bar로 증가시켰다. 압력이 증가할수록 K-계열 흡수제의 흡수 성능이 증가하였다. 흡수제를 구성하고 있는 주요 물질인 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>가 HCl 가스와 반응하여 KCl 결정을 형성하였으며, 강한 결합에너지로 인하여 흡수제의 재생이 실질적으로 불가능하였다. 이에 대한 광학적, 물리적, 화학적 특성을 SEM, EDX, BET, TGA, XRD를 이용하여 분석하였다. 400 °C, 20 bar 조건 (가스화 이후 탈할로젠 공정의 온도 및 압력조건)에서 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 흡수제는 Ca 계열 및 Mg 계열의 흡수제에 비해 높은 HCl 흡수능 및 HCl/N<sub>2</sub> 분리 거동을 보였다.

#### 참고문헌

1. 김재영, “고정층 반응기를 이용한 건식입자의 hydrogen chloride 제거 특성 연구”, 대전대학교 대학원, 환경공학과, 공학석사학위 (2013)
2. Kim, J., Park, Y., Jo, S., Ryu, H., Baek, J., Park, Y., Moon, J., “Effect of Pressure on HCl Absorption Behaviors of a K-Based Absorbent in the Fixed Bed Reactor,” Clean Technology, 19 (2), 165-172 (2013)
3. Dou B. L., Gao, J. S., Baek, S. W. and Sha, X. G., "High-Temperature HCl Removal with Sorbents in a Fixed Bed Reactor," Energy & Fuels, 17, 874-878 (2003)

## 석회석 주입을 통한 로내탈황 특성에 관한 연구

김승모, 황민영, 안기주, 김상인, 나오키 후지와라<sup>†</sup>, 김만철<sup>‡</sup>, 전충환\*  
 부산대학교, <sup>†</sup>이데미즈 코산, <sup>‡</sup>남부발전 하동화력본부

### A study on the In-furnace desulfurization characteristics by limestone injection

Kim Seung Mo, Hwang Min Young, Ann Ki Ju, Kim Sang In, Naoki Fujiwara<sup>†</sup>, Kim Man  
 Cheol<sup>‡</sup>, Jeon Chung Hwan\*  
 Pusan National University, <sup>†</sup>Idemitsu Kosan, <sup>‡</sup>KOSPO

석탄가격의 급격한 상승으로 인하여 발전용 석탄으로 적당하지 않은 저품위탄의 사용이 증가하고 있다. 특히 최근에는 비교적 가격이 저렴한 고향분탄의 증가로 인해 석탄발전소의 습식탈황장치의 부하가 증가되며, 심할 경우 전력생산의 중단이 초래되며 이를 피하기 위한 설비의 증설등이 필요하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 탈황의 특성을 파악하는 여러 가지 연구들이 진행되어져왔다.

특히 실제 보일러에서 특별한 설비의 변경 및 증설 없이 적용이 가능하며, 발전원가 절감을 목적으로 가격적으로 매력적인 고향분탄을 사용하는데 있어서 보다 습식 탈황장치의 부담을 줄이고 경제성 및 설비의 안정성도 동시에 피하기 위하여, 보일러내에 직접 탈황제를 주입하여 탈황을 실시하는 로내탈황기법(In-furnace desulfurization method)은 발전소의 입장에서는 매우 매력적인 탈황방법이라고 할 수 있다.

로내탈황기법에서 가장 중요한 인자들은 분위기 온도, 체류시간이며 이에 따라 급격한 효율의 변화가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 로내탈황기법을 이용하여 Lab scale 및 Pilot scale 반응기에 탈황제로 많이 사용되는 석회석을 직접 주입 후 로내탈황의 특성을 분석을 실시하였다.

우선 로내탈황의 특성 메커니즘을 파악하기 위하여 체류시간의 영향을 분석할 수 있는 DTF(Drop Tube Furnace)를 이용하여 Ca/S비와 분위기 온도가 탈황효율에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과로 저온영역인 500℃이하, 고온영역인 1300℃이상의 조건에서는 탈황이 일어나지 않음을 확인할 수 있었다. 일반적으로 Ca/S가 높을수록 탈황효율이 증가하는 경향을 나타내고 있지만 이는 경제성 및 ash 발생의 문제를 같이 고려해야함으로 적절한 비를 찾는 것이 중요하다. 본 연구에서의 목표로 하는 탈황효율은 20%내외로서 (나머지는 후처리 설비가 담당) DTF 실험을 통한 결과를 바탕으로 1000℃~1100℃영역에서 Ca/S = 2인 조건이 20%를 만족하는 것을 확인할 수 있었다.

이와 같이 DTF의 실험 데이터를 바탕으로 보다 실기에 가까운 pilot scale 반응기에서 약 1000℃인 구역에서 석회석 주입을 통하여 Ca/S비를 변화시켜 탈황효율을 분석하였고 실기에서 석회석의 주입이 미치는 영향을 분석하기 위하여 회용점 분석을 통한 슬래깅성 파악, 그리고 전기저항을 분석을 통한 전기집진성 파악을 실시하였다.

또한 본 연구에서는 탈황특성을 파악이 쉽게 하기 위하여 황유량이 1.5%로서 매우 높은 Indomico탄을 이용하여 실험을 진행하였다. 이 실험 데이터는 시뮬레이션 분석을 통하여 최적 주입위치를 결정한 후 실기테스트를 실시하는데 매우 중요한 자료로 사용될 수 있다.

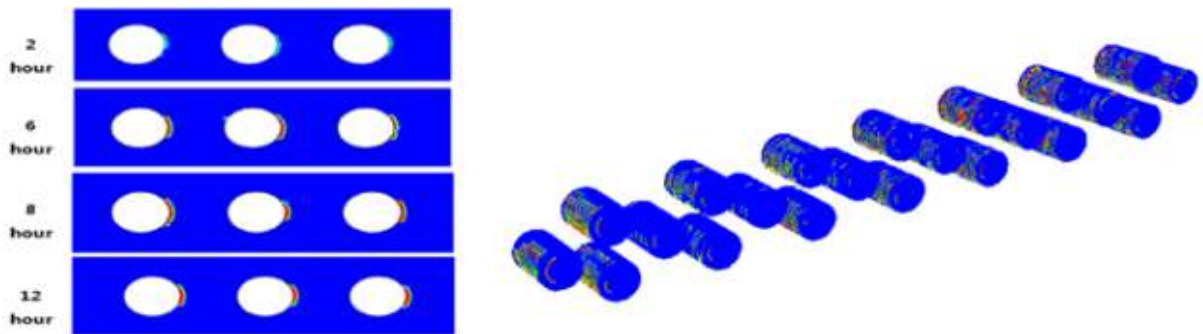
## HRSG(Heat recovery steam generator)에서 파울링 현상의 모델개발 및 전산해석

황민영, 이병화, 전충환<sup>†\*</sup>, 송시홍<sup>‡</sup>  
<sup>†</sup>부산대학교 기계공학부  
 부산대학교 화력발전 분석기술센터  
<sup>‡</sup>두산중공업 기술연구소

### Numerical analysis and development of fouling model in HRSG

Minyoung Hwang, Byounghwa Lee, Chunghwan Jeon<sup>†\*</sup>, Sihong Song<sup>‡</sup>  
<sup>†</sup>School of mechanical engineering, Pusan National University  
 Pusan Clean Coal Center  
<sup>‡</sup>Doosan Heavy Industry

HRSG(heat recovery steam generator)는 대부분의 발전시스템에서 에너지 효율향상을 위해 널리 사용되고 있다. 연소부에서 사용된 연료에 따라 HRSG에 다양한 문제를 일으킬수 있는데, 특히 중유를 사용한 경우 연소가스내에 많은 미립자를 포함하고 있어 전열튜브에 파울링을 일으키게 된다. 파울링은 성장하여 튜브와 연도가스간의 열전달을 방해하며 튜브파손의 원인이 되기도 한다. 따라서 이에 대한 현상을 이해하고 예측하여 문제가 생기기 전에 대처하는 것이 필요하다. 파울링 모델은 온도와 연소가스의 조성 그리고 입자의 크기에 따라 각기 다르며 연구분야에 대한 많은 노하우와 경험을 요구하기 때문에 어렵지만 매우 가치있는 연구이다. 본 연구에서는 HRSG의 파울링 모델을 개발하여 전산해석에 적용하여 전열튜브에 미립자들이 증착되는 현상을 예측하였다. 입자충돌력과 중력 그리고 반데르발스 인력을 중점으로 하여 파울링 모델을 형성하였으며 파울링 모델은 UDF 처리를 통해 상용코드인 Fluent에 적용하였다. 전산해석은 HRSG를 대표하는 단일 튜브와 다중 튜브의 형상을 단순화 하여 수행하였다. 증착현상은 미립자들의 크기와 속도 그리고 연도가스의 방향에 따라 변화하였으며, 입자가 작을수록 전열튜브의 표면과 입자간의 인력이 커져 증착이 더 잘 일어났다. 개발된 모델은 실험을 기반으로 하는 참고문헌과 매칭되었으며, 실제 산업에서 경향성 예측을 위해 가치 있게 사용될 것으로 사료된다.





# 청정기술1(일반)



## 수중 질산성 질소 저감 반응에 적합한 촉매 특성 탐색

김민성, 이관영\*<sup>†</sup>  
 고려대학교 화공생명공학과, <sup>†</sup>고려대학교 그린스쿨 전문대학원

## The study about the properties of the high performance catalysts for nitrate reduction in water

Min-Sung Kim, Kwan-Young Lee\*<sup>†</sup>

Department of Chemical & Biological Engineering, Korea University,

<sup>†</sup>GREEN SCHOOL, Korea University

최근 기후 변화로 인한 온도 상승, 가뭄 등의 발생으로 인하여 수질의 중요성이 증대되고 있다. 수질에 영향을 미치는 다양한 요인들 중, 수중 질산성 질소는 비료 또는 산업 폐수에서 발생되며, 질산성 질소로 인하여 청색증이 발병하는 등 여러 피해 사례가 보고되고 있어, 이에 대한 규제가 강화되고 있다. 질산성 질소 제거를 위해 역삼투압, 이온 교환, 전기투석법 등 다양한 방법이 제시되고 있으나, 처리 후 반류수를 재처리해야 하는 단점 등이 제시되고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 현재 가장 유망한 기술로, 촉매를 활용한 공정이 주목받고 있다[1,2]. 상기 공정은 온도 및 압력 등의 반응 조건이 상대적으로 온화한 조건에서 수행되며, 적은 면적의 부지에 설치가 가능한 장점이 있다. 본 연구에서는 촉매를 이용하여 수중 질산성 질소를 저감하는 실험을 수행하였다. 또한 금속 활성 성분의 상태와 질산성 질소 제거율의 상관관계를 조사해보았다.

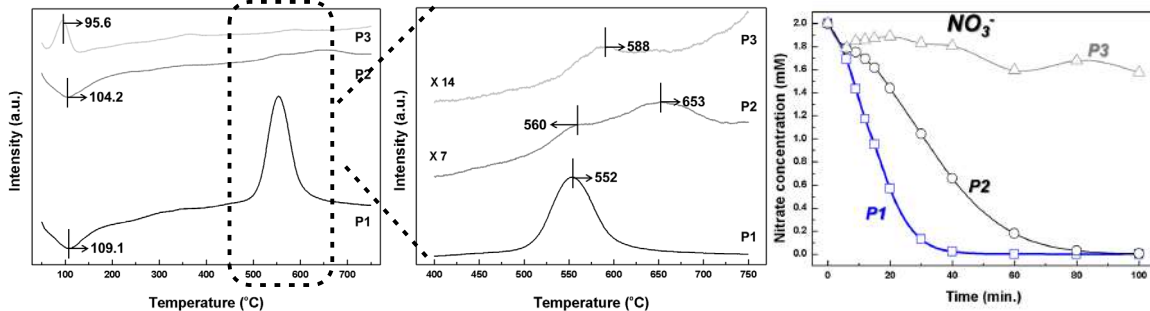


Figure. H<sub>2</sub>-TPR profiles of the prepared catalysts; Magnified H<sub>2</sub>-TPR results of the catalysts; Nitrate concentrations as a function of reaction time for catalytic nitrate reduction.

상기 그림 중, 왼쪽 그림은 제조된 촉매의 수소 TPR 결과를 나타낸 것이고, 150°C 이하의 저온 영역에서 활성 금속의 환원 피크가 관찰되었다. 또한 500°C 이상의 범위에서 환원 피크가 보이는데 (중간 그림), 이는 촉매 담체의 환원 피크를 나타낸 것이다. 두 환원 피크를 비교해보면, 촉매의 종류에 따라 활성 금속과 담체 환원 피크의 최대점 및 면적의 이동이 발생한다. 이는 촉매 내 활성 금속과 담체 간의 상호 작용의 차이에 기인한 것이다. 세 촉매 중 P1이 높은 온도에서 활성 금속 환원 피크를 나타내며 가장 큰 담체 환원 면적을 가진 것으로 확인되었고, P1 촉매가 활성 금속과 담체 간의 상호 작용이 가장 강한 것으로 판단되었다. 오른쪽 그림은 수중 질산성 질소 저감 반응 결과를 나타낸 것인데, P1 촉매가 가장 빨리 질산성 질소를 저감하는 것으로 관찰되었다. 따라서 활성 금속과 담체 간의 상호 작용이 강할수록 질산성 질소 저감 반응에 효과적인 것으로 확인되었다. 이외에 본 연구에서는 XPS, XRD 등의 다양한 분석을 통해서 질산성 질소 저감 반응에 적합한 촉매의 물리·화학적 특성을 조사하였다.

### 참고문헌

1. Calvo, L. et al., "Denitrification of Water with Activated Carbon-Supported Metallic Catalysts," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **49**, 5603-5609 (2010).
2. Sa, J. and Vinek, H., "Catalytic Hydrogenation of Nitrates in Water over a Bimetallic Catalyst," *Appl. Catal., B*, **59**, 57-69 (2005).

## 인도네시아 CNG 자동차 시장 현황 및 전망

최석천, 정재용, 이은도\*  
한국생산기술연구원

### CNG Vehicle Market & Forecasts in Indonesia

Sukchuen Choi, Jaeyong Jeong, Uendo Lee\*  
Korea Institute of Industrial Technology

Natural gas are best solution of dual problems which cleaner than petroleum fuel emission and natural gas reserves are widely spread in the world. In addition, natural gas price is most compatible than petroleum fuel. Natural gas vehicle(NGV) was invented around year of 1930's in Europe, the numbers of registration for NGV are reached about 10 millions in worldwide. Needs and usage of NGVs are gradually increasing in Middle East area, Central and South America area & East Asia area due to economical & environmental benefit. Bi-fuel system for used gasoline and diesel retrofit technique is the best and easy way to satisfying dramatical demands of NGVs needs. Indonesia is 10<sup>th</sup> of natural gas producing country in worldwide and the first largest natural gas producing country in east-pacific area. In resent, Indonesian government announced the policy of clean vehicle development project which related with natural gas vehicles and electric vehicles. In this paper we provide the informations of Indonesia government policy of "natural gas vehicles project" in clean vehicle development project.

## 탄소나노튜브 응집체의 흐름 형태

정승우, 이동현\*  
성균관대학교 화학공학부

## Flow pattern of Carbon Nanotubes Agglomerate

Sung Woo Jeong, Dong Hyun Lee\*  
School of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University

다중벽 탄소나노튜브(Multi-walled carbon nanotube; MWCNTs) 응집체의 흐름 형태를 파악하기 위한 실험을 내경이 0.14m이고 높이가 2m인 유동층 장치를 이용하였다. 실험에 사용된 MWCNTs 응집체는 평균 입자 크기( $d_p$ )가  $242\mu\text{m}$ 이고 bulk density( $\rho_b$ ) 및 particle density( $\rho_p$ )가 각각  $63.6\text{kg/m}^3$ ,  $151\text{kg/m}^3$ 으로 Nanocyl에서 제조한 제품을 사용하였다. 유속에 따라 변화하는 MWCNTs 응집체의 유동 형태를 관찰하였고, 각 흐름 영역에서 momentum probe를 이용하여 수평 및 수직 방향으로 MWCNTs 응집체의 흐름 특성을 살펴보았다. MWCNTs 응집체는 Geldart group A와 비슷한 fixed bed, particulate fluidization, bubbling fluidization 순서의 흐름 형태를 보였다. 평균 고체 체류량은 유속이 증가함에 따라 bubbling bed에서 turbulent 흐름의 특징을 보이는 형태로 변화하였으나 넓은 입자 분포로 흐름 영역의 구분은 명확하지 않았다.

## 다시마로부터 고정층 열분해 장치에 의해 생산된 바이오-오일의 수첨탈산소화 반응연구

최재형, Pradeep Biradar, 양기석<sup>†</sup>, 서동진<sup>†</sup>, 김승수<sup>†</sup>, 허광선<sup>§</sup>, 우희철\*  
 부경대학교, <sup>†</sup>한국과학기술연구원, <sup>‡</sup>강원대학교, 경남정보대학교

### Hydrodeoxygenation of Bio-oil Produced by Fixed-bed Pyrolysis from *Saccharina japonica*

Jae Hyung Choi, Pradeep Biradar, Gi-Suk Yang<sup>†</sup>, Dong Jin Suh<sup>†</sup>, Seung-Soo Kim<sup>†</sup>,  
 Kang Sun Heo<sup>§</sup> and Hee Chul Woo\*  
 Pukyong National University, Busan, Korea

<sup>†</sup>Korea Institute of Science and Technology, Seoul, Korea

<sup>‡</sup>Kangwon National University, Gangwon-do, Korea

<sup>§</sup>Kyungnam College of Information & Technology, Busan, Korea

\*woohc@pknu.ac.kr

최근 석유화학 산업에서 지속가능한 신재생에너지 산업으로의 전환이 이루어지고 있으며, 특히 바이오에너지 및 바이오산업의 비중이 높아지고 있다. 바이오에너지 개발을 위해 전세계적으로 식량자원과 경쟁하지 않으며, 환경을 파괴시키지 않은 적절한 바이오매스(biomass)를 선정 및 개발 중에 있다. 그중에서 제 3세대 바이오매스로 각광받고 있는 해조류(marine algae) 바이오매스는 목질계 바이오매스에 비해 성장속도가 빠르고, 넓은 해양을 이용할 수 있어 경작지의 제약이 비교적 없으며, 비료를 사용할 필요가 없어 환경문제를 발생시키지 않는 장점이 있다.

최근 해조류 바이오매스로부터 열화학적 방법인 열분해(pyrolysis) 공정을 통해 바이오-오일(bio-oil)을 제조하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 거대조류(macro algae) 중 갈조류 다시마에 대한 열분해 특성연구와 열분해 공정에 의해 생산된 바이오-오일의 특성에 관한 연구결과가 보고되고 있다[1,2].

본 연구에서는 고정층 열분해 장치를 사용하여 다시마로부터 바이오-오일 생산을 위한 최적공정 운전조건을 찾고, 이를 액체 연료로 사용하기 위해 물리화학적으로 분별증류하여 바이오-오일 특성을 파악하였다. 또한, 정제된 바이오-오일로부터 Pd계 촉매를 사용하여 수첨탈산소화(hydrodeoxygenation) 반응을 시켜 반응온도(300~400 °C)와 공간속도(LHSV 0.24~0.78 h<sup>-1</sup>)에 대한 생성된 오일의 수율 및 반응특성을 조사하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 해양수산부의 지원연구(계약번호 12128295500)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Kim, S.-S., Ly, H. V., Choi, G.-H., Kim, J., and Woo, H. C., "Pyrolysis characteristics and kinetics of the alga *Saccharina japonica*," *Bioresource Tech.*, **123**, 445-451 (2012).
2. Bae, Y. J., Ryu, C., Jeon, J.-K., Park, J., Suh, D. J., Suh, Y.-W., Chang, D., and Park, Y.-K., "The Characteristics of bio-oil produced from the pyrolysis of three marine macroalgae," *Bioresource Tech.*, **102**, 3512-3520 (2011).

# 내부 구조물이 설치된 기포유동층 내에서의 기포의 거동 및 Jet에 대한 CPFD 시뮬레이션

임종훈, 신재호, 이융, 조경훈<sup>†</sup>, 이동호<sup>†</sup>, 한주희<sup>†</sup>, 이동현\*  
 성균관대학교 화학공학과, <sup>†</sup>한화케미칼 중앙연구소

## CPFD Simulation of Bubble Behavior and Jet Penetration in Bubbling Fluidized Bed with Internals

Jong Hun Lim, Jea Ho Shin, Yoong Lee, Kyung Hoon Cho<sup>†</sup>, Dong-Ho Lee<sup>†</sup>, Joo Hee Han<sup>†</sup>, Dong Hyun Lee\*

Department of Chemical Engineering, SungKyunKwan University, <sup>†</sup>Hanwha Chemical

### Introduction

기포유동층(Bubbling Fluidized Bed)은 널리 사용되는 반응기의 한 형태로 열전달 및 물질 전달 특성이 우수하여 화학공업 분야에서 많은 연구 및 응용이 이루어지고 있다. 태양전지의 기관 재료로 사용되는 Poly-Silicon의 주 원료인 Trichlorosilane(TCS)를 생산하기 위해 Metal grade Silicon(MG-Si)를 염화시키는 공정에 기포유동층이 사용된다. 반응기 내부의 유동현상을 파악하기 위해 유동층 해석에 특화된 CPFD(Computational Particle-Fluid Dynamics)를 이용한 해석이 시도되고 있다. 본 연구에서는 TCS 반응기 설계를 위해 제작된 Cold-bed model에 대한 상용 CPFD software인 Barracuda를 이용하여 시뮬레이션 하였으며, 장치 내부에 설치된 내부 구조물이 기포와 jet에 미치는 영향을 파악하기 위한 연구를 수행하였다.

### Simulation

직경 0.3m × 높이 2.4m의 유동층 반응기를 3D로 모델링하여 CPFD 시뮬레이션을 수행하였다. 유동화 기체를 분산시키기 위한 분산판으로 shroud nozzle이 설치된 형태의 것을 사용하였다. 분산판의 개구율은 0.002이다. 유동화 기체로는 air가 사용되었다. 유동층 내의 bed material로는 MG-Si가 사용되었으며 평균 입도는  $150\mu\text{m}$ ,  $\rho_p=2,330\text{kg/m}^3$ ,  $\rho_{\text{bulk}}=1,180\text{kg/m}^3$ 이다.

유동층 내부에서 기포를 분산시키기 위해  $\square$  형태의 내부 구조물을 수직 방향으로 모델링하였다. 내부 구조물이 설치된 경우에 대해 기포와 jet의 거동을 시뮬레이션을 수행하고 구조물이 설치되지 않은 경우와 비교하였으며, 구조물이 기포와 jet에 미치는 영향을 파악하였다.





## 청정기술 2(일반)



## 300Nm<sup>3</sup>/hr급 수소 스테이션 공정 모사 연구

신재선<sup>1</sup>, 박상진<sup>1</sup>, 이영철<sup>2</sup>, 이형옥<sup>3</sup>, 조정호<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>동국대학교 화공생물공학과, <sup>2</sup>한국가스공사, <sup>3</sup>JNK Heaters, <sup>4</sup>공주대학교 화학공학부

### A Study of Process Simulation for 300Nm<sup>3</sup>/hr H<sub>2</sub> Station

Jae Sun Shin<sup>1</sup>, Sang Jin Park<sup>1</sup>, Young Chul Lee<sup>2</sup>, Hyung Ok Lee<sup>3</sup>, Jung Ho Cho<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical and Biochemical Engineering at Dongguk University,

<sup>2</sup>KOGAS, <sup>3</sup>JNK Heaters CO., Ltd.,

<sup>4</sup>Department of Chemical Engineering at Kong Ju University

천연가스를 이용하여 300Nm<sup>3</sup>/hr의 수소를 생산하기 위한 수증기 개질 반응기(Steam Reformer)와 수성가스 전환 반응기(WGS)를 포함한 수소스테이션 공정의 모사를 진행하였다. 각 반응기의 실험적인 전환율을 기준으로 랭미어-힌셸우드 모델(Langmuir-Hinshelwood model, 수증기 개질 반응기)과 거듭제곱 속도식 모델(power law kinetic model, 수성가스 전환 반응기)의 매개변수를 구하여 활용하였다. 공정에 필요한 열을 얻기 위하여 원료인 천연가스의 조성파 동일한 연료를 사용하였으며 수소를 분리한 후 제거된 tail gas를 회수하여 사용하였다. 공정의 에너지 효율을 원료인 천연가스의 열량을 기준으로 75%를 유지하는 것을 목적으로 하여 필요한 연료와 과잉공기(과잉률 : 10%, 20%, 30%)의 양을 계산하였으며 이를 활용하여 연소로부터 얻은 열을 공정으로 전달하는 열교환기를 모사하였다.

#### 참고문헌

1. Alberto Posada and Vasilios Manousiouthakis, "Heat and Power Integration of Methane Reforming Based Hydrogen Production", Ind. Eng. Chem. Res., Vol.44, No.24, pp.9113-9119 (2005)
2. Jin Hyeok Jeong, Jung Won Lee, Dong Joo Seo and Yu Taek Seo, "Ru-doped Ni catalysts effective for the steam reforming of methane without the pre-reduction treatment with H<sub>2</sub>", Applied Catalysis A: General, Vol.302, No.2, pp.151-156 (2006)
3. Hyun Seog Roh and Ki-Won Jun, "Low Temperature Methane Steam Reforming for Hydrogen Production for Fuel Cells", Bull. Korean Chem. Soc. Vol.30, No.1, pp.153-156 (2009)
4. Young Sam Oh and Young Soon Baek, "Development of 20Nm<sup>3</sup>/hr Hydrogen Generator for Hydrogen Fueling Station", Trans. of the Korea Hydrogen and New Energy Society, Vol.17, No.3, pp.263-271 (2006)
5. See Hoon Lee, Jung Nam Kim, Won Hyun Eom and Il Hyun Baek, "Hydrogen Conversion of Syngas by Using WGS Reaction in a Coal Gasifier", Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol.24, No.1, pp.12-19 (2013)

## 초고온 원자로(VHTR)-수소 생산 공정(S-I Cycle)간의 중간 열교환 공정 모사 연구

신재선<sup>1</sup>, 이흥래<sup>2</sup>, 박제호<sup>2</sup>, 박상진<sup>1,\*</sup>  
<sup>1</sup>동국대학교 화공생물공학과, <sup>2</sup>(주)코네스코퍼레이션

### A Study of Inter Heat Exchange Process Simulation Between VHTR and S-I Cycle

Jae Sun Shin<sup>1</sup>, Heung Nae Lee<sup>2</sup>, Jae Ho Park<sup>2</sup>, Sang Jin Park<sup>1,\*</sup>  
<sup>1</sup>Department of Chemical and Biochemical Engineering at Dongguk University,  
<sup>2</sup>Korea Nuclear Engineering & Service Corp.

열화학적인 수소 생산 공정 중 하나인 S-I Cycle은 요오드와 황을 이용한 열화학적 수소 생산 공정으로써 물 분자로부터 수소 분자를 얻어내는 순환 공정이다. 수소 생산 공정에 열을 공급하고자 하는 초고온 원자로(VHTR)은 원자로에서 수소 생산 공정으로 방사능 없이 안전하게 열을 전달하기 위하여 중간열교환기(Inter Heat Exchanger : IHX)가 필요하다. 중간 열교환기는 고온-고압의 기체와 저온-저압의 액체간의 열교환 장치로 초고온 원자로가 경제적이기 위해서는 중간열교환기의 크기가 가능하면 작아야 한다. 본 연구에서는 수소 생산공정과 초고온 원자로간의 중간 열교환 공정을 모사하여 운전 압력 및 작동 유체의 변화에 따른 중간 열교환기의 효율을 계산하고 가장 경제적인 중간 열교환기를 설계하기 위한 공정 조건을 도출하였다.

#### 참고문헌

1. L. C. Brown, G.E. Besenbruch, R. D. Lentsch, K. R. Schultz, J. F. Funk, P. S. Pickard, A. C. Marshall and S. K. Showalter, "High efficiency generation of hydrogen fuels using nuclear powerfinal technical report, Final Technical Report(GA-A24285, 1999.8.1 ~ 2002.9.30), (2003)
2. Soo Young Kim, Yoon Ki Go, Chu Sik Park, Ki Kwang Bae and Young Ho Kim, "Characteristics of Hydrogen Iodide Decomposition using Ni-Pt Bimetallic Catalyst in Sulfur-Iodine Process", Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol.23, No.1, pp.1~7 (2012)
3. Kwang Seo Cha, Young Ho Kim, Young Han Kang, Chu Sik Park and Ki Kwang Bae, "Purification of Bunsen Reaction Products in Sulfur-Iodine Hydrogen Production Process", Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol.21, No.3, pp.158~166 (2010)
4. Hui Seong Jeong, In Seon Hwang and Kwang Hyun Bang, "A Study on the Thermal-Hydraulic Characteristics of Molten Salt in Minichannels of an Intermediate Heat Exchanger for a Very High Temperature Reactor (VHTR)", Transactions of the KSME B, Vol.34, No.12, pp.1093~1099 (2010)

## 미래의 청정연료 암모니아

윤형철, 우영민, 김종남\*  
한국에너지기술연구원

### Ammonia for a Clean Energy Future

Hyung Chul Yoon, Young Min Woo, Jong-Nam Kim\*  
Korea Institute of Energy Research

인류의 생존을 위협하는 화석연료 고갈과 지구온난화 문제에 대처하기 위해서는 자연에너지(태양광, 풍력, 수력, 조력, 지열 등) 활용을 점차 증가시켜야 한다. 화석연료를 어느 정도 대체할 수 있는 대량의 자연에너지는 사막의 태양열이나 태양광 발전, 해상 풍력 발전, 적도 부근의 해양 온도차 발전으로 얻을 수 있다. 현재도 자연에너지를 전기로 변환하는 기술이 개발되어 지구상의 거의 모든 장소에서 에너지 생산이 가능하지만 자연에너지로부터 생산된 전기는 공간 및 시간적으로 편재되어 있으므로 이를 싸고 안정적으로 공급하기 위해서는 자연에너지로부터 생산된 전기를 암모니아로 저장하고 이송하여 활용하는 기술 개발이 필요하다.

암모니아( $\text{NH}_3$ )는 상온( $21^\circ\text{C}$ , 7.86 barg)에서 액체로서 저장 및 이송이 용이하고 기 구축된 내연기관에 직접 사용이 가능한 무탄소 연료로서 암모니아 자동차는 온실가스 배출을 획기적으로 저감할 수 있으며, 암모니아 연료전지나 암모니아 터빈으로 발전에 활용될 수 있다. 암모니아를 공기 중의 산소와 연소시키면 물과 질소만 배출된다. 암모니아는 연간 약 2억톤 정도가 생산되어 80% 정도가 비료로 사용되고 있어서 저장 및 수송기술이 발달되어 있다. 상업적으로 생산되는 암모니아는 천연가스나 석탄을 가스화하여 얻은 수소와 공기 중의 질소를 고온고압에서 촉매로 반응시키는 하버-보슈공정으로 얻어진다. 최근에는 비용이 많이 드는 하버-보슈공정을 대체하는 전기화학적 암모니아 합성기술이 연구되고 있다. 미래의 석유고갈과 기후변화에 대응하는 지구 경영 차원의 암모니아 에너지 시스템 구축에 필요한 암모니아는 자연에너지에서 얻은 전기를 활용하여 물( $\text{H}_2\text{O}$ )과 공기 중의 질소( $\text{N}_2$ )를 원료로 무한정 생산이 가능하고 지역 편중이 없으므로 에너지 안보에도 기여할 수 있다. 암모니아를 운송용 연료와 연료전지 원료로 활용하려는 시도가 진행되어 왔다. 벨기에에서는 2차 세계대전 때 경유 부족을 해결하기 위하여 암모니아와 석탄가스를 연료로 사용하는 버스를 운행하였고, NASA에서는 1960년대에 암모니아로 운행되는 X-15 로켓 비행기를 개발하였다. 올해 제네바 모터쇼에 이탈리아 자동차 회사가 개조하여 출품한 도요타 스포츠카는 30리터의 암모니아로 180km를 운행해 연비 6km를 달성하였다. 한국에너지기술연구원에서는 전기화학적 암모니아 합성과 암모니아 자동차 연구를 수행하고 있다. 모닝 승용차를 개조한 암모니아 자동차는 연료로 암모니아 70%와 휘발유 30%를 사용하며 시속 60km 속도로 운행하였을 때 연비가 리터 당 10km이었고 이산화탄소 발생량을 휘발유 차에 비해 70% 저감하였다. 암모니아 자동차는 기존 휘발유나 경유 자동차의 연료 계통만 수정하면 운행이 가능하므로 저렴하게 친환경 자동차를 생산할 수 있다.

이 연구에서는 미래 청정에너지로서의 암모니아 에너지 시스템, 전기화학적 암모니아 합성 연구 현황, 암모니아 활용 기술 등을 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)

## 천연조류제어제를 이용한 조류와 영양물질 제거 연구

최돈혁, 이은정, 박연정, 최일환\*  
water 연구원, 수질분석연구센터

### Study on the Removal of Algae and Nutritive Substances, using natural algae removing materials(KMWH)

Don-Hyeok Choi, Eun-Jeong Lee, Yeon-Jeong Park, Il-Hwan Choi\*  
Water Quality Analysis Center, K-water

산업의 급속한 발달과 인구의 증가로 점오염원과 비점오염원을 통해 배출되는 인, 질소 계열의 많은 유기물질이 하천, 호수, 저수지 등으로 유입되어 수계의 부영양화(eutrophication)가 급속히 진행되고 있다. 이에 따라 원수의 수질관리는 물론 정수공정에도 많은 어려움이 발생하고 있다. 기존에 활용중인 다양한 조류 제거 기술은 예방보다는 주로 발생 시 적용하는 기술이며, 녹조 대 발생 시에도 처리효율이 떨어져 뚜렷한 대안이 없는 실정이다. 따라서 녹조발생 초기에 처리함으로써 녹조발생을 최대한 방지하고, 대발생시 효과적인 제어와 2차 오염의 우려가 없고, 안전성이 확보되며, 경제적인 기술 개발의 필요성이 대두되어 이러한 요구에 가장 근접한 기술인 천연 조류 제어제를 개발하게 되었다.

개발된 KMWH를 이용하여 남조류, 규조류 각각에 대한 제거율에 대한 실험과 총인, 총질소 등의 영양염류 제거에 관한 실험을 수행하였다. 실험한 결과 조류종 중에서는 특히 남조류 *Anabaena* > *Nostoc* > *Microcystis* 순으로 제거가 잘 되었으며, KMWH 주입농도 50 mg/L, Jar-Test 결과 반응시간 6시간에 클로로필 농도 기준으로 최소 73% 제거되었다. 현장 적용성 평가에서도 클로로필 농도는 남조류는 약 79.1~94.7%, 규조류 약 63.3%~97.7%가 제거되었고, COD 농도는 남조류 약 31.5~46.8%, 규조류 약 37.8%가 제거되어 실험실 규모뿐만 아니라 대규모 현장에서도 적용 가능성이 확인 되었다. 안전성 검증을 위한 송사리 및 물벼룩 시험 결과 투입 농도의 약 10배인 500 mg/L 농도에서도 안전한 것으로 확인되었고, 조류성장 저해 시험 결과 약 3개월간 조류의 성장 저해 효과가 지속되었다. 영양물질제거는 남조류의 경우에는 KMWH에 의해 총인, 총질소가 모두 약 80% 이상 제거 되었으며 대부분 남조류 내에 함유된 인과 질소인 것으로 밝혀졌다. 규조류의 경우에는 KMWH에 의해 총인은 남조류와 같이 약 80% 이상 제거되었으나, 총질소는 약 10% 정도만 제거되었으며, 총인은 대부분 규조류 내에 함유된 것으로 총질소는 규조류에 함유된 것이 아닌 대부분 물속에 용존 된 질소인 것으로 밝혀졌다. 즉, 조체를 제거함으로써 수체내의 많은 영양물질이 제거 될 것으로 보인다. 아울러 처리 비용면에서도 기존의 다른 처리기술 보다 저렴하여 처리제의 효과성, 안전성 및 경제성 등을 두루 갖춘 남조류 대발생 시 처리기술 및 사전 발생 예방기술을 확보하게 되었다.

#### 참고문헌

1. APHA, Standard methods for examination of water and wastewater, 21st Edn., APHA, WPCF, Washington DC, USA, 2005.
2. Beklioglu, M., "A review on the control of eutrophication in deep and shallow lakes," Turkish Journal of Zoology, **23**, 327-336 (1999).
3. Jung, S.W., Kim, B. H., Katano, T., Kong, D. S. and Han, M. S., "Pseudomonas fluorescens HYK0210-SK09 offers species specific biological control of winter algal blooms caused by freshwater diatom *Stephanodiscus hantzschii*," J. Appl. Microbiol., **105**, 186-195 (2008).

# 수소동위원소 분리를 위한 냉매 공급계통 시스템으로 헬륨을 이용한 냉동사이클연구

노재현, 김동선, 조정호\*  
공주대학교

## A Study on Helium Refrigeration Cycle at Cryogenic Distillation Apparatus for Hydrogen Isotopes Separation

Jeahyun, Noh, Sun Kim, Jungho Cho\*  
Kongju National University

초저온증류계통에서는 냉매를 원활하게 공급하여 각 계통의 초저온으로 유지시키는 초저온 냉매 공급계통 시스템이 포함된다. 본 연구에서는 수소동위원소 분리를 위한 초저온 냉매 공급계통 시스템으로 헬륨을 이용한 냉동사이클을 모델링하였다. 그리고 헬륨 냉동 사이클 모델링을 위하여 PRO/II with PROVISION과 같은 정상상태 화학공정 모사기를 활용하였다. 헬륨냉매는 cold box 내에서 초저온 증류 증류탑의 응축기와 재비기에 사용되어 수소동위원소 혼합기체를 정제할 수 있도록 한다. 이러한 헬륨냉매 공급장치는 헬륨냉동기, 헬륨냉동기 압축기 및 냉각탑으로 구성된 헬륨냉동사이클을 통해 공급되어 진다.

### 참고문헌

1. ITER IDM Document (ITER\_D\_2X6K67), Plant Description (PD), Chap. 10 Fuel Cycle and Radiological Monitoring (2009).
2. D. Babineau, S. Maruyama, R. Pearce, M. Glugla, L. Bo, B. Rogers, S. Willms, G. Piazza, T. Yamanishi, S.H. Yun, L. Worth, and W. Shu, "Review of the ITER Fuel Cycle," IAEA FEC 2010, 2010.
3. M. Glugla, D. Babineau, L. Bo, S. Maruyama, R. Pearce, G. Piazza, B. Rogers, S. Willms, T. Yamanishi, and S.-H. Yun, "Review of the ITER D-T Fuel Cycle Systems and Recent Progress," Tritium 2010, Nara, Japan, 2010.
4. S. Maruyama, Y. Yang, R.A. Pitts, M. Sugihara, S. Putvinski, S. Carpentier- Chouchana, B. Li, W. Li, L. Baylor, S.J. Meitner, C. Day, B. laBombard, and M. Reinke, "ITER Fuelling System Design and Challenges—Gas and Pellet Injection and Disruption Mitigation," IAEA FEC 2010, 2010.





**주제 별 심포지엄**  
**(바이오연료 및 소재)**



## 최근 바이오연료 정책 동향

민경일<sup>††</sup>, 임의순<sup>†</sup>, 정충섭<sup>†</sup>, 나병기<sup>†</sup>  
 한국석유관리원 석유기술연구소<sup>†</sup>, 충북대학교 화학공학과<sup>†</sup>

### A Study on the recent trend of biofuels

Kyong-il Min<sup>††</sup>, Eui-Soon Yim<sup>†</sup>, Choong-sub Jung<sup>†</sup>, Byung-Ki Na<sup>†</sup>  
 Petroleum Technology R&D Center, Korea Petroleum Quality & Distribution Authority<sup>†</sup>  
 Department of Chemical Engineering, Choongbuk University<sup>†</sup>

최근 온실가스 문제 및 화석연료의 고갈 등으로 세계 각국은 온실가스 감축 및 에너지안보, 에너지원 다양화 등의 목적으로 바이오연료 보급 확대 차원에서 의무혼합을 추진하고 있다. 석유수입의존도가 높은 우리나라 역시 온실가스 저감과 에너지안보 측면에서 다양한 정책 실현이 필요한 실정이다. 이에 정부는 국가에너지기본계획(2008.08)을 통하여 2030년까지 탈화석에너지 화를 위해 석유의존도 33%, 신·재생에너지 보급률 11% 목표를 수립하고 이를 달성하기 위한 에너지 정책을 추진하고 있으며, ‘신재생에너지 연료 의무혼합제도(RFS, Renewable Fuel Standard) 관련 “신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법(신재생에너지법)”의 일부 개정 법률안이 국회 본회의 통과(’12.06.25) 및 법 공포(’12.07.30)되어 2015년 7월부터 본격적으로 전면 시행될 예정이다. 따라서 본 연구에서는 최근 바이오연료의 보급 활성화 정책기조에 따라 국내외 바이오연료 정책 동향에 대하여 조사 검토하였다.

## Development of Process of Bioethanol Production from Macro-algal Biomass

Dong-Joong Lim\*  
Biolsystems Co., Ltd.  
#1308, 254, Beotkkot-ro, Gasan-dong,  
Geumcheon-gu, Seoul 153-781, Korea

### 해조류를 이용한 바이오에탄올 생산공정 개발

임동중\*  
바이올시스템즈(주)  
153-781 서울시 금천구 벚꽃로 254, 1308호

Current commercialized bioethanol feedstocks, with the exception of woody feedstock, are biomass that have a direct effect on the world's food supply. As such, there are moral issues at hand as well as the question of if there will be enough supply to meet the rising energy demands.

Algae, compared to other biomasses, have a very fast cultivation cycle (In case of tropical climates, it can be harvested 4~6 times annually). They are grown in the vast open sea eliminating the need for dry arable land. In addition they require very little or none of the costly resources that are required to grow other feedstock(Water, Fertilizer etc.). Also, the preparation and saccharification processes are much simpler than that of woody feedstock as algae do not contain lignin. As the total conversion yield is high, if it were to be mass cultivated in Southeast Asia, Bioethanol can be produced from algae at about the same level of process cost as sugar or starch based feedstock. Bioethanol production technology with red algae feedstock will be the focus of this research. The main reason why red algae is considered a suitable feedstock for ethanol production is due to its high carbohydrate content. Red algae Bioethanol production process is composed of saccharification, fermentation, distillation and dehydration. The fermented ethanol is then separated and refined to yield 99.5% purity fuel grade ethanol. Compared to woody biomass that is mainly composed of lignin, C5 hemicellulose and cellulose, red algae is mainly composed of galactan and cellulose. As such, the costly and troublesome lignin removal process, essential for woody Bioethanol production, is not needed in red algae Bioethanol production. Through these results, red algae bioethanol production will allow Korea to maintain its status as a producer nation by meeting the CO<sub>2</sub> emission regulations set by the Kyoto protocol and further play a major role in allowing Korea to develop into a foreign energy independent nation.

## 해조류 바이오매스를 이용한 VFA 생산 연구

송민경\*, 신지윤, Hong Duc Pham<sup>†</sup>, 이성찬<sup>†</sup>, 우희철<sup>†\*\*</sup>  
 부경대학교 청정기술생산연구소, <sup>†</sup>부경대학교 화학공학과

### Maximization of volatile fatty acid production in acidogenesis of marine alginate

Minkyung Song\*, Jiyun Seon, Hong Duc Pham<sup>†</sup>, Seong Chan Lee<sup>†</sup>, and Hee Chul Woo<sup>†\*\*</sup>

*The Institute of Cleaner Production Technology, Pukyong National University*

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

\*corresponding author (songmk@pknu.ac.kr)

\*\*corresponding author (woohc@pknu.ac.kr)

Marine biomass from sources such as microalgae and macroalgae is one of the most potential and remarkable energy source due to its clean, renewable and fast growing (Kim et al., [1]). The fermentative conversion of macroalgae polysaccharides into liquid biofuels may be possible (Jung et al., [2]). Brown algae are the most abundant and contain approximately 30 to 50% of carbohydrates by dry basis with their major component, alginate. In this study, the response surface methodology (RSM) was applied to determine the optimum fermentative condition of alginate with the respect to the simultaneous effects of alginate concentration and initial pH to maximize total volatile fatty acids (TVFAs) and alcohols production. The experiment was based on the central composite in cube design (Montgomery et al., [3]) and consisted of a 2 x 2 orthogonal design (alginate concentration and initial pH) The ranges of independent variables were set 4.0 to 9.0 g of alginate/L and pH 6.0 to 10.0 based on preliminary results. The results showed that the alginate fermentation was significantly affected by initial pH than by alginate concentration and there was no interaction between the two variables. The optimum condition was 6.2 g alginate/L and initial pH 7.6 with a maximum TVFAs yield of 37.1%. Acetic acids were the main constituents of the TVFAs mixtures (i.e., 71.9 to 95.5%), while alcohols (i.e., ethanol, butanol, and propanol) were not detected. The novel approach of this study suggested that alginate was a potential biomass resource for biofuel production in anaerobic fermentation.

#### 참고문헌

1. Kim, S.S., Ly, H.V., Kim, J., Choi, J.H., and Woo, H.C., "Thermogravimetric characteristics and pyrolysis kinetics of Alga Sagarssum sp. biomass.," *Bioresour. Technol.*, **139**, 242-248 (2013).
2. Jung, K.A., Lim, S.R., Kim, Y., and Park, J.M., "Potentials of macroalgae as feedstocks for biorefinery," *Bioresour. Technol.*, **135**, 182-190 (2013).
3. Montgomery, D.C., Runger, G.C., and Hubele, N.F., *Engineering Statistics*. 5th ed., John Wiley & Sons., 2011

## 이온성 액체를 활용한 셀룰로오스의 전환 및 당화

이현주, Huyen Than Vo  
한국과학기술연구원, 청정에너지연구센터

셀룰로오스는 분자내 강한 수소결합으로 인해 높은 결정성을 갖는 고분자 물질이다. 이러한 높은 결정성으로 인하여 셀룰로오스는 대부분의 용매에 녹지 않고, 결국 셀룰로오스를 다양한 구조로 전환하거나 화학원료로 활용하는데 큰 걸림돌로 작용한다. 본 연구에서는 셀룰로오스를 포스파이트계 이온성액체로 처리하는 경우 이온구조의 셀룰로오스 포스파이트 화합물로 전환되는 현상을 발견하였다. 전환율은 반응온도 및 반응시간에 따라 상이하였고, NMR, IR, 그리고 EA를 이용하여 그 구조를 규명하였다. 그리고 합성된 이온구조의 셀룰로오스 포스파이트 화합물이 물에 잘 녹는 성질을 이용하여 다양한 불균일계 촉매로 처리함으로써 당화 반응을 수행하였다. 여러 가지 고체산 촉매 중 Amberlyst 15, sulfonated Carbon 등이 상대적으로 매우 우수한 촉매 성능을 보여주었고, 최적조건인 150°C에서 12 h 반응에 의해 약 40%의 수율로 글루코오스가 생성되었다.



### 참고문헌

1. Vo, H. T., Kim, Y. J., Jeon, E. H., Kim, C. S., Kim, H. S. and Lee, H., "Ionic-Liquid-Derived, Water-Soluble Ionic Cellulose", *Chemistry A European Journal*, **18**, 9019 – 9023 (2012).
2. Takagaki, A., Tagusagawa, C., and Domen, K. "Glucose production from saccharides using layered transition metal oxide and exfoliated nanosheets as a water-tolerant solid acid catalysts", *Chem. Commun.*, 5363–5365, (2008).
3. Rinaldi, R., Meine, N., Stein, J., Palkovits, R., and Schuth, F., "Which Controls the Depolymerization of Cellulose in Ionic Liquids: The Solid Acid Catalyst or Cellulose?" *ChemSusChem*, **3**, 266 – 276, (2010).
4. Toda, M., Takagaki, A., Okamura, M., Kondo, J. N., Hayashi, S., Domen, K., and Hara, M., "Biodiesel made with sugar catalyst", *Nature*, **438**, 178, (2005).

## 미세유체시스템을 이용한 바이오소재 합성

이창수

대전 유성구 궁동 220 충남대 화학공학과

### Microfluidic system for the synthesis of biomaterials

Chang-Soo Lee

Department of Chemical engineering, Chungnam National University, Daejeon

Microfluidics as an alternative route has recently emerged as one of promising tools to the synthesis of functional materials such as polymeric particles, microfiber, colloidosome, Janus particle, and anisotropical particles because it provides the precise control over particle shape, size, chemical compartmentation, and core/shell structure. Here, I will present our recent progress made in the synthesis of functional materials using microfluidic techniques such as droplet and laminar flow-based method. For example, we can produce a variety of polymeric particles from soft microgels to hard sphere under the combination of polymerization technique. In addition, microfluidic method continuously provides novel hollow microcapsule having core/ shell structure, Janus particles having organic and inorganic part, and microfibers from smooth to Janus topology. In addition, we will present the micromold technique containing confined two microfluids for the synthesis of anisotropical particles. We demonstrate a new way of particle synthesis with wide flexibility of distinct shapes, size, and compartmentation in 3 dimensional space.

## 탄소저감 수단으로서의 바이오차의 중요성과 연구 동향

우승한\*

한밭대학교 화학생명공학과

### The significance of biochar for carbon mitigation and its research trend

Seung Han Woo\*

Department of Chemical & Biological Engineering, Hanbat National University

바이오차는 바이오매스를 이용하여 산소가 없는 환경에서 열분해를 통해 생성되는 고체 물질을 말한다. 바이오차는 고대로부터 농업 생산성을 향상시키기 위해 전통적으로 사용되어 왔으며, 1800년대 후반 아마존의 검은 흙(terra preta)이 발견되면서 알려지기 시작하였다. 그러나 본격적으로 과학적인 연구가 시작된 것은 최근의 일로서, 바이오차가 토양 내에서 오랜 세월동안 분해되지 않고 존재함으로써 지구적 탄소저감 효과가 있다는 이론이 2007년 Nature에 발표된 후 크게 주목을 받으면서 관련 논문 수가 급격하게 증가하고 있다. 바이오차가 농업생산성을 증가시키는 이유는 주로 pH의 증가, 물 및 영양분의 보유능 증가, 미생물 서식지를 제공하는 등의 긍정적 효과 때문이다. 바이오차는 이와 같은 탄소격리 효과, 농업생산성 증가 이외에도 유기성 폐기물의 자원화, 환경오염물질의 처리 등의 관점에서 중요성을 가지고 있다. 최근에는 바이오차와 토양 사이의 상호작용, 나노 스케일에서의 관찰, 미생물의 군집변화, 기타 온실가스 저감효과, 환경분야 응용 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.



**주제별 심포지엄**  
**(오염저감 1)**



## 저온응축공정을 활용한 폐유정제 공정에서의 악취저감 공정

### Ordor removal process from used oil regeneration plant using a low temperature condensing process

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

충북대학교 화학공학과.<sup>1)</sup>(주)서해기술.<sup>2)</sup>시흥녹색환경지원센터

폐유정제공정은 사용된 후에 폐기되는 폐유를 회수하여 수거한 후에 재생하는 공정이다. 이렇게 생산된 재생폐유는 연료용으로 사용되고 있다. 폐유를 재생하는 공정을 살펴보면, 회수된 폐유를 반응기에 채운 후에 온도를 올려서 가열해 준다. 이 과정에서 수분과 낮은 비점의 기름 성분이 증발하여 배출하게 된다. 배출되는 유증기(유기용제)를 처리하기 위해 방지시설이 설치되어 있다. 기존의 방지시설로는 배출가스의 처리에 많은 문제가 있으므로 이를 개선하는 새로운 공정을 개발하였다.

기존의 방지시설은 상온의 열교환기를 거쳐서 유증기를 응축시킨 후에 활성탄 흡착탑을 거쳐서 스크러버를 거치는 공정으로 구성되어 있었다. 하지만 활성탄 흡착탑은 배출되는 유증기중의 유기용제 농도가 높아 빠른 시간에 포화되어 성능이 급격히 저하된다. 스크러버는 세정수를 이용하여 배출가스를 처리하는 공정인데, 유증기가 물에 용해되지 않으므로 유증기를 제거하는 데에는 적합하지 않은 시설이다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 저온응축공정을 설계하여 국내 최초로 폐유정제시설에 적용하였다. 기존의 환경배출시설은 효율을 증가시키기 위해서 유량을 증가시키는 것이 일반적인 설계 방법이었다. 하지만 저온응축공정에서는 반대로 유량을 최소한으로 감소시키는 방향으로 설계하였다. 개선전의 배출구 용량은 160m<sup>3</sup>/min 이었으며, 개선후의 배출구 용량은 10m<sup>3</sup>/min이었다. 희석배수 및 VOC의 THC가 획기적으로 감소된 것을 확인할 수 있었다. 표1에 저온응축공정을 적용한 폐유정제시설의 경제적 효과를 수록하였다.

표 1. 저온응축공정을 적용한 폐유정제시설의 경제적 효과

#### ◦ 경제적 효과

구분	용제회수	TOE 회수	CO <sub>2</sub> 감축
연간이익	48,000천원 절감	47.7 TOE	136.9TCO <sub>2</sub>

※ 산출근거

- 250ℓ × 20일/월 × 12개월/연간 = 60,000ℓ/연간
- 60ton/연간 × 800천원/ton = 48,000천원/연간(용제 : 800천원/ton)
- 석유환산 : 60,000L/연간 × 0.795kcal/L(용제환산) = 47,700kgOE 47.7TOE
- CO<sub>2</sub>환산 : 47.7 TOE/year × 0.783C/1TOE × 44/12 = 136.9TCO<sub>2</sub>(휘발유 기준)

새롭게 개발된 저온응축공정은 시화공단의 폐유정제시설에 적용되어 운전되고 있으며, 유증기의 배출량을 획기적으로 저감할 수 있었으며, 악취방지법 상의 희석배수 이내에서 운전되고 있다. 새로운 공정을 적용하여 시설 투자비를 빠른 시간내에 회수할 수 있었다.

## 조선 및 해양 구조물 밀폐구역에서의 공기 정화를 위한 집진 타당성 기초 연구

이광호\*, 이원구\*, 한명수\*  
\*대우조선해양(주)산업기술연구소

### A Preliminary Study on the Dust Collection for Air Cleaning within the Confined Working Space of Shipbuilding and Offshore Structures

Kwangho Lee\*, Wongoo Lee\*, Myoungsu Han\*

\*Industrial Application R&D Institute, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering

조선 및 해양 구조물은 다양한 형태의 밀폐 구역으로 구성되어 있고 이러한 밀폐구역에서의 용접작업에서 발생하는 흠(fume)은 공기를 오염시켜 작업자의 보건에 악영향을 줄 수 있다. 최근까지 조선 및 해양 구조물 밀폐구역에서는 급기 또는 배기용 송풍기를 사용한 치환 또는 희석환기가 거의 유일한 공기정화 방법 방안으로 적용되고 있으나 오염 제거라는 근본적인 문제를 해결하지는 못하고 있다. 본 연구에서는 용접작업이 행해지는 밀폐공간에서의 공기 정화를 위한 용접 흠 제거를 위해 전기 집진 방법을 선정하여 기본 성능 실험을 통해 집진 타당성을 검토하였다. 본 검토 결과를 토대로 실제 조선 및 해양 구조물의 밀폐구역에서의 용접 작업 시간을 고려하여 일정 이상의 집진 효율을 유지하면서 내부 공기를 정화하는데 필요한 전기집진장치의 설계사양 및 장치 특성을 도출하였다.

Key Words : Air Purification(공기정화), Enclosed area(밀폐구역), Ventilation(환기), ESP: Electrostatic Precipitator(전기집진기)

#### 참고문헌

1. Sabert Oglesby et al., "Electrostatic Precipitation." Marcel Dekker, pp.15-55. 1993.
2. Seiji Kanazawa et al. "Contamination of the Discharge Electrode in Air-Cleaning Electrostatic Precipitator." IEEE/IAS. pp. 1870-1874. 1993

## The simultaneous removal properties of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub> on Zn-based catal-sorbents in IGCC

Eun Ji Lim, Jeong Hee Hwang, Min Jin Song<sup>†</sup>, Suk Yong Jung<sup>‡</sup>, Jae Chang Kim\*

Department of Chemical Engineering, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea

<sup>†</sup>School of Chemical Engineering and Technology, Yeungnam University, Gyongsan, 712-749, Korea

<sup>‡</sup>Research Institute of Advanced Energy Technology, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea

The H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub> gases have been removed by absorption and catalytic decomposition methods in IGCC, respectively. To remove simultaneously of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub> in one-body reactor and same conditions, the catal-sorbent which has H<sub>2</sub>S absorption and NH<sub>3</sub> decomposition abilities under strongly reducing conditions is necessary[1, 2]. The Zn-based sorbents were the most famous metal oxide sorbent for H<sub>2</sub>S removal in the high temperature. However, the Zn-based sorbent was not decomposition ability of NH<sub>3</sub>. In the study, various metals such as cobalt (ZAC, ZTC), nickel (ZAN, ZTN) and iron (ZAF) additives were promoted in the Zn-based sorbents that was prepared by the co-precipitation method. The ZAC catal-sorbent showed an excellent NH<sub>3</sub> decomposition even in the presence of H<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S. However, the ZAN, ZAF, ZTC and ZTN catal-sorbents were depended on the H<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S. It was found that the ZAC catal-sorbent was excellent simultaneous removal properties of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub>. These catal-sorbents were discussed and characterized by BET, TEM and XRD.

### References

1. H. K. Jun, S. Y. Jung, T. J. Lee, C. K. Ryu, J. C. Kim, "Decomposition of NH<sub>3</sub> over Zn-Ti-based desulfurization sorbent promoted with cobalt and nickel," *Catal. Today*, 87, 3-10 (2003).
2. S. Y. Jung, S. J. Lee, J. J. Park, S. C. Lee, H. K. Jun, T. J. Lee, C. K. Ryu, J. C. Kim, "The simultaneous removal of hydrogen sulfide and ammonia over zinc-based dry sorbent supported on alumina," *Sep. Purif. Technol.*, 63, 297-30287 (2008).

# EFC(Electrostatic Fume Collector)를 활용한 냉간압연장치 배기 가스의 오일 회수 방법 연구

황열순, 박희재<sup>†</sup>, 정구회<sup>†</sup>, 나병기\*

(주)한독이엔지 / 626-110 경남 양산시 북정동 556-4  
<sup>†</sup>시흥녹색환경지원센터 / 429-793 경기도 시흥시 정왕동 2121  
충북대학교 화학공학과 / 361-763 충북 청주시 흥덕구 개신동 12

## EFC(Electrostatic Fume Collector) study on oil recovery from exhaust gas of cold rolling machine

Yeal Soon Hwang, Hee Jae Park<sup>†</sup>, Gu Hoi Chung<sup>†</sup>, Byung-Ki Na\*

HANDOK ENG CO., LTD.  
556-4, Bukjung-Dong, Yangsan, Kyungnam, 626-110, Korea  
<sup>†</sup>Siheung Environmental Technology Development Center  
2121 Jeongwang-dong, Siheung-si, Gyeonggi-do 429-793, Korea  
Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University  
12 Gaesin-dong, Heungduk-gu, Chungbuk 361-763, Korea

냉간 압연기의 가동 시 압연유가 흠으로 다량 발생되는데, 대부분의 업체에서 간단한 필터를 통해 처리하고 있어 상당히 많은 양의 오일미스트가 대기로 배출되고 있다. 이렇게 배출된 오일미스트는 공장 지붕에 누적되어 있어서 우천 시 우수로를 통해 하천으로 유출되어 기름띠가 형성되는 등 문제점을 안고 있다.

이러한 문제를 해결하고자 기존의 필터여과 방식을 전기집진 원리를 활용한 EFC(Electrostatic Fume Collector)로 대체하여 오일미스트의 제거 효과를 확인한 결과, 95% 이상의 제거 효과를 얻었으며 회수된 오일을 재활용하는 경제적인 효과까지 얻을 수 있었다.

경기도에 위치한 D사의 4단, 6단, 20단 압연기에 대하여 각각 120 CMM, 500 CMM, 550 CMM 용량의 EFC를 적용하여 아래와 같은 환경적 효과를 얻었다.

- (1) 4단 압연기-먼지 : 개선 전 182mg/Sm<sup>3</sup>, 개선 후 2mg/Sm<sup>3</sup>
- (2) 6단 압연기-먼지 : 개선 전 151mg/Sm<sup>3</sup>, 개선 후 5mg/Sm<sup>3</sup>
- (3) 20단 압연기-먼지 : 개선 전 130mg/Sm<sup>3</sup>, 개선 후 4mg/Sm<sup>3</sup>

또한 압연유 회수 및 재활용으로 생산원가 절감 효과로 기업경쟁력 강화되었으며, 우천 시 발생하던 압연유 방제작업 문제도 해결되었다.

- (1) 기존 여과집진기의 필터 연간 교체비용 1500만원 절감 효과
- (2) 압연유 방제 작업비용 연간 870만원 절감 효과
- (3) 회수 압연유 재활용 - 연간 2,000만원 절감 효과



[개선 전]

[개선 후]

## 대기개선특별대책 관련 신재생에너지센터 건립 연구

서정철\*, 김원호<sup>†</sup>

시화지구지속가능발전협의회, <sup>†</sup>수자원공사

### Study on establishing New Renewable Energy Center related to Air Quality Improvement Special Counterpla

Jeongcheol Seo\*, Wonho Kim<sup>†</sup>

Shihwa district Sustainable Development Meeting, <sup>†</sup>Korea Water Resources Corporation

#### 서론

시화/반월산업단지는 대기오염 특별규제지역이자 악취관리지역이다. 시화지구지속가능발전협의회는 시화/반월산업단지의 대기오염 개선과 시화호의 수질개선을 목적으로 설립된 사회적 합의기구이자 협력적 거버넌스이다. 2004년 11월 시화지구지속가능발전협의회는 시화/반월산단의 대기오염 및 악취저감을 위해 약 3,551억의 대기개선 로드맵을 수립하여 실행해 오고 있다. 대기개선 로드맵의 핵심 사업은 소각시설 공영화 및 신재생에너지 센터 건립(약 1,700억원)을 통한 악취저감 대책이다. 시화/반월산업단지의 대부분의 사업장은 대기(악취)방지시설로 흡착과 흡수에 의한 방지시설을 설치 운영(약 60%)하고 있으나, 악취저감 효과는 미미한게 사실이다. 이는 시화/반월산업단지 대부분의 사업장이 영세업체로서 오염방지시설의 적정운영이 어렵기 때문이다. 이에 시화지구지속가능발전협의회에서는 이러한 문제를 근원적으로 해결하기 위해 신재생에너지센터의 운영을 통해 활성탄 공동재생, 폐오일 공동회수와 같은 핵심 사업을 실행하는 계획을 수립 중에 있다. 본 연구에서는 그동안 시화지속협에서 시범사업을 실시한 공동재생시설 및 폐오일 공동회수사업의 현황과 문제점을 평가하고, 개선방안을 모색하고자 한다.

#### 연구방법

본 연구에서는 신재생에너지센터 건립을 통해 시화/반월산단의 악취 및 대기오염을 지속적으로 저감시키는 통합적인 정책·기술방안을 연구한다. 연구대상은 시흥녹색환경지원센터에서 시범사업으로 실시한 활성탄 공동시설 및 폐오일 공동회수 시설이다. 연구방법은 귀납적 방법을 적용하였다. 즉 시범사업의 결과를 중심으로 현황과 문제점을 평가하고, 정책적·기술적 개선방안을 제시하였다.

#### 결과 및 고찰

활성탄 공동재생시설 시범사업은 악취배출업체 1개소를 선정하여, 1년간 실시하였다. 활성탄 교체가 용이하도록 카트리지형 활성탄 흡착탑을 개발하였고, 열풍을 이용한 활성탄 공동재생장치를 개발하였다. 그 결과 악취 제거효율은 획기적으로 개선(77%) 되었으며, 오염물질 연소 폐열 다량 회수(1회 재생시 약 3Gca)하였다. 활성탄 공동재생시설은 시화/반월산단의 악취업체 중 약 40% 이상이 활성탄 흡착탑을 운영하고 있으나, 활성탄 구매비용이 비싸 교체시기가 지연되어 방지시설 기능저하로 인한 미처리 악취물질 다량 배출이라는 악순환의 고리를 해결할 수 있는 친환경적·경제적 신기술이라고 평가된다. 1

폐오일 공동회수시설 시범사업은 악취배출업체 1개소를 선정하여, 스크러버를 “습식전기집진기” 교체하여 운영중에 있다. 개선내용은 오일 배출업체 방지시설을 “습식전기집진기”로 교체하여 악취물질과 폐오일 동시에 회수하였으며, 회수된 오일은 정제 후 판매 또는 연소 후 열 생산을 하였다. 그 결과 악취 저감효율이 개선(58.3%~82.2%)되었으며, 백연현상이 해소 되었고, 폐오일 회수량은 30,000L/년 이었다. 폐오일 공동회수시설은 시화/반월산단의 악취배출업체 중 약 40%이상이 스크러버를 사용하고 있으나, 작업 공정 중 발생하는 오일이 미처리되어 대기 중으로 배출되어 악취 유발 및 백연현상을 획기적으로 저감할 수 있는 신기술로 평가된다.

신재생에너지센터가 운영되면 시화/반월산단 악취 총 배출량의 약 60%이상을 저감하는 효과가 기대된다. 또한 악취배출업체의 방지시설 운영비용이 절감되며, 기존 집단에너지 공급시설 열공급량의 일정부분을 신재생에너지로 대체되는 효과가 나타날 것으로 기대된다. 아울러 이러한 사례는 타지역의 ‘신재생에너지센터’ 사업 모델의 확산을 기대할 수 있다.

#### 참고문헌

1. 시흥녹색환경지원센터, “방지시설 효율 검증을 위한 대표물질 선정 간담회”, pp. 59~66 (2012)





**주제별 심포지엄**  
**(오염저감 2)**



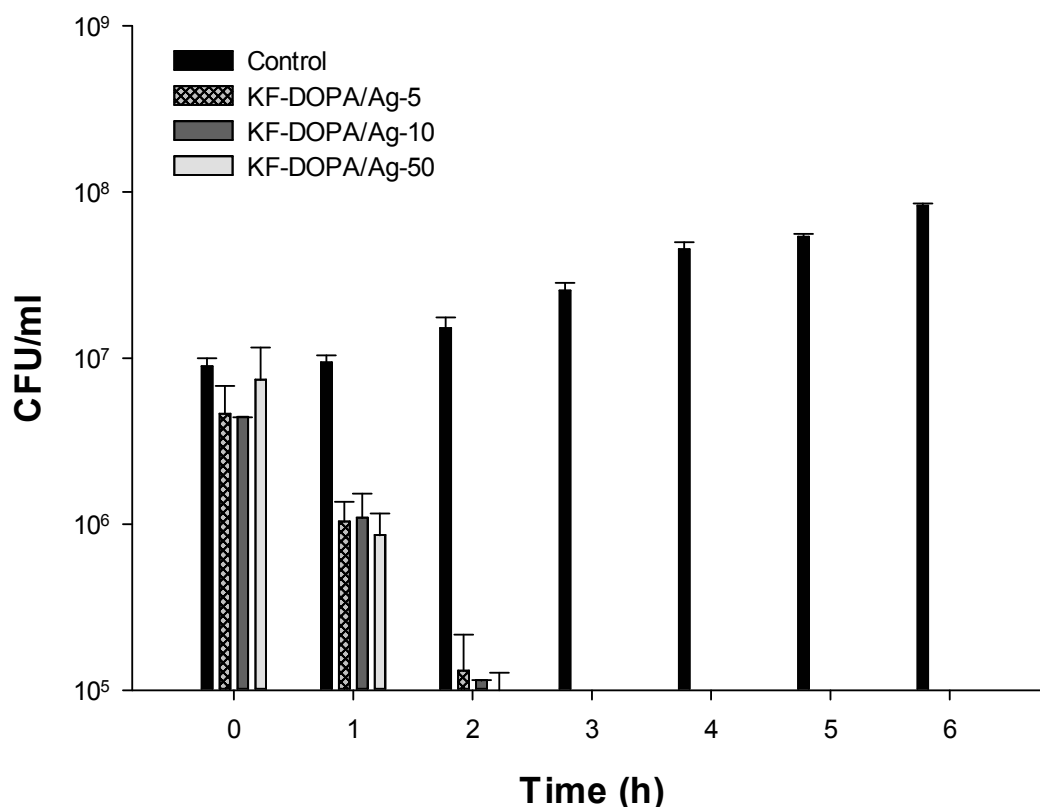
## Antibacterial activity of silver-coated kapok fibers

Runkai Wang, Chul ho Shin<sup>\*</sup>, Siho Park<sup>\*</sup>, Moonhee Ryu

<sup>\*</sup>Seohae Environment Science Institute  
College of Environmental & Bioresource sciences, Chonbuk National University

As a bio-inspired building block, poly(dopamine) layer could be formed on a wide range of inorganic and organic materials. In this work, dopamine was used as a platform to bind silvers on the surface of kapok fibers and surface modified kapok fibers coated by dopamine was produced successfully. After silver coating process, the very strong antibacterial property was showed against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* and this high antibacterial efficiency (more than 99%) could be lasted for 48 hours in peptone water by using direct contact method. Determination was carried out using spread plate method. For comparison, antibacterial activity of raw kapok fibers and the fibers only coated by dopamine was also determined and the results demonstrated that raw kapok fibers showed only a little antibacterial activity for both *S.aureus* and *E.coli*. For the case of the fibers only coated by dopamine, bacteria grew more quickly due to dopamine which could provide carbon source and nitrogen source.

Fig.1 Colonies of *S. aureus* growth naturally and direct contact with KF-DOPA/Ag in peptone water at 30°C.



## 반월·시화산업단지 내 가스 세정탑의 설계 및 운전 개선방안

조용준\*, 박희재<sup>†</sup>, 정구희<sup>†</sup>  
 신안산대학교 환경과학과, <sup>†</sup>시흥녹색환경기술지원센터

### Improvement of Design and Operation Method for Gas Scrubber Tower installed in Banwol·Sihwa Industrial Complex

Yongjun Cho\*, Heejae Park<sup>†</sup>, Guhwe Jung<sup>†</sup>  
 Dept. of Environ. Sci., Shinansan University, <sup>†</sup>Siheung Green Environment Center,

#### 서론

반월/시화산업단지에는 약 7,000 개 이상의 많은 업체들이 입주하고 있으며, 다양한 오염물질을 배출하고 있다. 한편, 산업단지 인근에 대규모의 주거단지가 조성됨에 따라 환경오염에 대한 민원이 끊이지 않고 있으며, 환경부와 지자체는 이의 해결을 위해 다양한 조치들을 시행하고 있다. 2005년 악취관리지역으로 지정된 이후 입주 업체들은 악취방지시설의 설치와 개선에 많은 노력을 기울이고 있으며, 환경부와 지자체도 각종 악취방지시설의 설치와 운영에 기술적, 재정적 지원을 실시하고 있다. 본 연구에서는 환경부와 지자체의 재정적 지원을 통해 설치된 악취방지시설 중 가스 세정탑을 중심으로 시설의 설계 및 운전 현황을 평가하고 개선방안을 제안하고자 한다.

#### 연구방법

본 연구에서는 악취 및 대기오염방지시설의 신규 설치를 위하여 시흥녹색환경지원센터에서 운영 중인 대기개선기금지원 신청을 한 업체에서 제출한 설계사양서를 중심으로 설계의 적정성을 평가하였으며, 설치된 시설의 운영상황에 대한 평가를 실시하였다. 평가 시설로는 설치된 악취 및 대기오염방지시설 중 산업단지 내에 가장 많이 설치되어 있는 것으로 보고되고 있는 [1] 가스 세정탑을 대상으로 하였다.

#### 결과 및 고찰

대기개선기금지원 신청서에 기록된 설계내역을 검토한 결과, 설계된 가스 세정탑은 모두 충전탑식 흡수탑을 적용하고 있었으며, 충전물로는 pall ring (1/2 ")를 적용하고 있는 것으로 확인되었다. 일부의 방지시설 설계업체에서 충전탑 설계에서 가장 핵심이 되는 충전층의 높이에 대한 설계과정에서 이동단위높이(HTU)의 계산에 사용되는 상관식의 적용에 오류를 범함으로써 설계결과에 오류가 발생하는 사례가 확인되었으며, 제거대상 물질의 종류와 관계없이 상관식의 적용 매개변수를 획일적으로 적용하는 것으로 조사되어 정확한 설계를 위해서는 이에 대한 개선이 필요한 것으로 확인되었다. 또한, 악취 및 대기오염물질의 포집계통 설계와 관련하여 후드 및 덕트의 구조와 배열이 부적절하여 오염물질의 포집에 대한 효율이 저하되는 원인으로 작용하고 있었으며, 후드 및 덕트, 충전탑에서의 압력 손실에 대한 저평가로 인해 설치된 송풍기의 흡인 성능이 부족하게 되어 오염물질 자체가 가스 세정탑으로 유입되지 못하고 있는 것을 확인하였고, 이에 대한 개선이 필요한 것으로 확인되었다.

가스 세정탑의 운영과 관련하여 대부분의 가스 세정탑에서 세정수의 교체가 적절하게 이루어지지 않고, 이로 인해 악취 및 대기오염물질의 제거성능이 설계 목표치에 상당히 미달되고 있는 것을 확인할 수 있었으며, 이에 대한 개선이 시급한 것으로 확인되었다.

이와 같이 시설의 설계 및 운영관리 상의 문제로 인하여 가스 세정탑의 악취 저감효율은 정 등 [2]의 조사에 의하면 대부분의 업종에서 50% 이하로 저조한 것으로 나타났으며, 이에 대한 개선이 시급한 것으로 판단된다. 한편, 일부 시설에서는 가스 세정탑의 제거효율을 제고하기 위해 직렬로 연결된 2개의 가스 세정탑을 설치하는 방안을 적용하는 것으로 조사되었는데, 방지시설의 효율적이고 경제적인 운영을 위해서는 이에 대한 보다 세밀한 검토가 요구된다.

#### 참고문헌

1. 안산녹색환경지원센터, "안산지역 대표악취방지시설 설치에 따른 개선방안 연구", 2007
2. 정구희, 최재호, 최여진, 길인섭, 박희재, 김덕현, "업종 및 방지시설별 복합악취 배출특성", 한국냄새환경학회 2013 춘계학술대회논문집, pp. 76~77 (2013)

## Passive sampler를 활용한 산단 공장 및 주변지역 악취물질 평가

정의석, 손찬웅, 김진완, 임문혁, 권기은, 최현선, 장연규<sup>†</sup>  
(주)엔버스 부설기술연구소, <sup>†</sup>인천대학교 환경기술지원사업단

### Evaluation of Odor Components of Plant and Ambient in Industrial Complex Using the Passive Sampler

Eui-Suk Jung, Chan-Woong Son, Jin-Wan Kim, Moon-Hyuck Im, Gi-Eun Kwon,  
Hyun-Sun Choi, Yun-Gyu Chang<sup>†</sup>

R&D Center, Envors Co., Ltd, <sup>†</sup>Incheon Environmental Technology Support Foundation

#### 서론

인천광역시에 위치한 남동공단의 경우 국내에서 악취관리지역으로 지정된 산업단지 중 한곳으로 2009년 3월 2일 악취관리지역으로 지정되어 관리되고 있다. 현재 남동공단에는 다양한 업종이 입주하여 가동되고 있으며, 악취발생 사업장에서 발생하는 악취로 인하여 주변지역에 악취 민원을 야기시키고 있다. 악취를 측정하는 방법은 전반적으로 고가의 장비로 구성되어 있으며, 장비, 인력, 분석비용 등이 고가로 다양한 지역 및 지점을 폭넓게 조사하는데 한계가 있는 것이 사실이다. 악취는 발생원에서의 감소 노력도 중요하지만, 발생원 부지경계 및 주변 주거지역에서의 지속적인 조사를 통하여 악취확산 지역의 구분과 현황 및 저감대책 수립을 위한 기초자료 확보가 필요하다. 이에 본 연구에서는 남동공단에 위치한 다양한 사업장 및 주변지역을 중심으로 다양한 지점에 동시에 측정을 진행하는데 활용할 수 있는 Passive sampler 장비를 사용하여 암모니아 및 휘발성유기화합물과 알데하이드화합물 중에서 지정악취물질에 포함되어 있는 성분을 중심으로 업종별 특성 평가 및 주변지역의 공간적인 분포 현황을 평가하였다.

#### 연구방법

본 조사는 남동공단의 다양한 사업장 중에서 29개 업종에 포함하는 170개 사업장을 대상으로 주요 악취배출원 1개 지점을 선정하여 측정하였으며, 남동공단 각 사업장 부지경계와 주변지역에 위치하고 있는 주거지역을 대상으로 총 100개 지점에서 측정을 진행하였다. 공단 내 사업장 조사는 업종별 조사 일정을 고려하여 진행하였으며, 주변지역 100개 지점은 동시에 측정을 진행하였다. 측정은 암모니아(NHB-P02), 휘발성유기화합물(3M 3500) 및 알데하이드류(AOB-P01) Passive sampler를 설치하여 측정을 진행하였으며, 항목은 지정악취물질 22종에 포함되어 있는 암모니아 및 VOC류 4가지 항목과 알데하이드류 5가지 항목 등 총 10가지 항목을 중심으로 측정을 진행하였다. 측정 기간은 암모니아는 약 24시간, VOC류와 알데하이드류는 1주일 노출 시킨 후 회수하여 각각 흡광광도계 및 GC와 HPLC를 이용하여 분석을 수행하였다.

#### 결과 및 결론

암모니아가 높게 확인된 업종은 37업종(하수, 폐수 및 분뇨 처리업)과 38업종(폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업)으로 환경기초시설과 밀접한 관련이 있는 시설에서 높은 것으로 조사되었다. 휘발성유기화합물에 포함되어 있는 악취물질의 경우에는 19업종(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업), 29업종(기타 기계 및 장비 제조업), 32업종(가구 제조업)을 중심으로 높은 것으로 확인되었으며, 알데하이드류에 포함된 악취물질의 경우에는 18업종(인쇄 및 기록매체 복제업), 19업종(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업), 20업종(화학물질 및 화학제품 제조업)을 중심으로 높게 조사되었다. 이와 같이 산단 내에 위치한 각 사업장의 경우 업종 특성에 따라서 발생하는 주요 악취성분에 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 주변지역을 중심으로 측정된 결과에 있어서도 각 악취물질 성분별로 공간적인 분포에 차이가 있음을 확인하였으며 이러한 결과는 향후 지속적인 조사를 통하여 남동공단 내 주요 악취배출시설의 개선 노력에 따른 효과를 분석하는데 주요하게 활용될 수 있을 것으로 기대되었다.

#### 참고문헌

1. “남동산업단지 악취배출사업장 및 주변지역 악취배출현황 조사”, 인천대학교 환경기술지원사업단, 2012.



# 청정기술 1(학생)





# 온실가스 저감을 위한 이산화탄소 포집공정의 재생에너지 절감에 대한 연구

강진진, 윤여일<sup>†</sup>, 김동선, 조정호\*  
공주대학교, 한국에너지기술연구원<sup>†</sup>

## A Study on the Regeneration Energy Reduction for CO<sub>2</sub> Capture Process

Jinjin Kang, Yeo Il Yoon<sup>†</sup>, Dong Sum Kim and Jungho Cho\*  
Kongju National University, Korea Institute of Energy Research<sup>†</sup>

화석연료 사용으로 인해 발생하는 연소배가스 중의 이산화탄소는 온실가스로서 지구온난화의 주요 원인 물질이므로 대기중으로 배출되기 전에 용매 흡수법을 이용한 포집공정이 개발되어 오고 있다. 본 연구에서는 MEA 30wt% 수용액을 이용한 이산화탄소 포집 공정에 대한 전산모사를 수행하였다. 한편 신 용매를 적용한 경우와 상전이 현상을 이용하여 공정 개선을 시도한 경우에 대해서 이산화탄소 포집에 필요한 재생에너지를 상호 비교하였다. PRO/II의 user model 기능을 사용하여 신용매의 물성치를 입력하였으며, Ludovic[3-4]의 논문을 토대로 상전이 현상을 이용하여 공정을 개선하였다. 전산모사를 수행한 결과, 본래의 이산화탄소 포집공정과 비교하여 신용매를 적용한 경우 보다 공정 개선을 적용한 경우의 재생에너지가 더 낮음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구를 통해 상전이 현상을 이용하여 공정을 개선시킨다면 이산화탄소 포집 공정의 재생에너지를 절감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. Piers, F., and Venkatachalam, R., "The Physical Science Basis," IPCC Assessment Report Climate Change, 4th ed., (2007).
2. Bishnoi, S. and G. T. Rochelle ; "Absorption of carbon dioxide into aqueous piperazine: reaction kinetics, mass transfer and solubility", Chemical Engineering Science 55, 5531-5543 (2000)
3. Ludovic, R., and Pierre-Antoine, B., "From MEA to Demixing Solvents and Future Steps, A Roadmap for Lowering the Cost of Post-combustion Carbon Capture," Chem. Eng. J., 171, 742-752 (2011).
4. Ludovic, R., and Pascal, A., "The DMX Process: An Original Solution for Lowering the Cost of Post-combustion Carbon Capture," Energy Procedia., B, 779-786 (2011).

# 메탄올-디메틸 카보네이트 이성분계의 기액 상평형 실험 및 압력변환 증류공정에 대한 공정 최적화 연구

조재숙, 김동선, 조정호\*, 고재천<sup>†</sup>, 백준현<sup>†</sup>  
공주대학교, 포항산업과학연구원

## Binary Vapor-Liquid Equilibrium Experiments of Methanol-Dimethyl Carbonate and Optimization Study on the Pressure-Swing Distillation Process

Jaesuk Cho, Dong Sun Kim, Jungho Cho\*, Jae Cheon Koh<sup>†</sup>, Joon Hyun Baik<sup>†</sup>  
Kongju National University, <sup>†</sup>Research Institute of Industrial Science & Technology

메탄올과 Dimethyl Carbonate(DMC)는 감압과 상압 및 고압 조건하에서 공비 혼합물을 형성한다. 따라서 통상적인 증류방법을 통해서는 각각의 거의 순수한 성분으로 분리해 내는 것은 불가능하다. 공비혼합물을 형성하는 이성분계를 각각의 순수한 성분으로 분리해 내기 위해서는 공비증류공정, 추출증류공정 또는 압력변환증류공정 등과 같은 특수증류공정을 사용해야 한다. 본 연구에서는 압력변환 증류공정(Pressure-Swing Distillation, PSD)을 이용하여 고순도의 DMC를 얻어내는 분리공정에 대한 전산모사 및 공정 최적화를 수행하였다. 그런데 기존의 문헌에서는 메탄올-DMC 이성분계의 기액 상평형 실험 데이터를 구할 수 없었으며, PRO/II, Aspen Plus 및 ChemCAD에는 메탄올-DMC 이성분계의 기액 상평형을 추산할 수 있는 올바른 열역학 모델식의 이성분계 상호작용 매개변수가 내장되어 있지 않음을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 감압 및 상압 조건하에서 메탄올-DMC 이성분계에 대한 기액 상평형 실험을 수행하였다. 얻어진 실험 데이터를 이용하여 열역학 모델식의 회귀분석을 통해 매개변수를 도출하였고, 추산된 매개변수를 적용하여 PSD 공정 모델링을 수행하였다. Wei et al.[1]에서 고압-저압 컬럼 배열을 이용해 공정 모사 수행한 것을 바탕으로 하여 저압-고압 컬럼 배열 및 열통합(Heat Integration)을 적용하여 공정 최적화를 수행하였다.

### 참고문헌

1. Wei, H.-M., Wang, F., Zhang, J.-L., Liao, B., Zhao, N., Xiao, F.-k. Wei, W., and Sun, Y.-H., "Design and Control of Dimethyl Carbonate-Methanol Separation via Pressure-Swing Distillation," *Ind. Eng. Chem. Res.*, (2013).
2. Luyben, W. L., and Chien I.-L., "Design and Control of Distillation Systems for Separating Azeotropes," Wiley, (2010).
3. Wang, S. J., Yu, C.-C., and Huang, H.-P., "Plant-wide design and control of DMC synthesis process via reactive distillation and thermally coupled extractive distillation" *Computers & Chemical Engineering*, **34**(3), 361-373 (2010).
4. Yang, C., Zeng, H., Yin, X., Ma, S., Sun, F., Li, Y., and Li, J., "Measurement of (vapor + liquid) equilibrium for the systems {methanol + dimethyl carbonate} and {methanol + dimethyl carbonate + tetramethylammonium bicarbonate} at p = (34.43, 67.74) kPa," *J. Chem. Thermodynamics*, **53**, 158-166 (2012).

# 공비점 분리제로써 사이클로헥산을 사용한 이소프로판올 탈수 공비증류공정의 전산모사에 대한 연구

이경은, 김동선, 조정호\*  
공주대학교

## A Study on the Simulation of the Azeotropic Distillation Process for IPA Dehydration Using Cyclohexane as an Entrainer

Kyungeun Lee, Dongsun Kim and Jungho Cho\*  
Kongju National University

이소프로판올(IPA)은 68 mole% 근처에서 물과 공비 혼합물을 형성한다. 따라서 통상적인 증류방법으로는 단수와 환류비를 아무리 증가시켜도 공비점 이상의 조성을 얻어낼 수 없다. 본 연구에서는 공비점 분리제로써 사이클로헥산을 사용한 공비증류공정에 대한 전산모사를 수행하였다. 전산모사는 Invensys사의 PRO/II with PROVISION 9.2를 사용하였으며, 열역학 모델식으로는 NRTL 액체 활동도계수 모델식을 사용하였다. 특히 공비증류공정으로써 농축기, 공비증류탑 및 탈거탑의 3기의 증류탑 배열로 구성된 공정과 농축기 및 공비증류탑의 2기의 증류탑 배열로 구성된 공정에 대하여 각각 전산모사 및 공정 최적화를 수행하였으며 각각의 증류탑 배열을 서로 비교하였다. 공정 최적화를 위한 목적함수로는 재비기의 총 heat duty의 합을 최소화시키는 것으로 설정하였으며 조절변수로는 농축기 탑상제품의 이소프로판올의 몰 농도로 설정하였다.

### 참고문헌

1. William L., Luyben, and I-Lung Chien., "Design and Control of Distillation Systems for Separating Azeotropes", 219-244 (2010).
2. Hyeungchul C., Jonghwan K., and Sangjin P., "The Study on the thermodynamic analysis and develop alternative entrainer for the azeotropic process" Theories and Applications of Chem. Eng., Vol. 9, No. 2, 2512-2515 (2003).
3. Jungho C., and Jongki J., "A Study on the Optimization of Process for Ethanol Dehydration Azeotropic Distillation" Korean Chem. Eng. Res., Vol. 43, No. 4, 474-481 (2005).

## 기-고 유동층에서 분산판 nozzle수에 따른 기포특성 해석

신재호<sup>1</sup>, 이용<sup>1</sup>, 임중훈<sup>1</sup>, 조경훈<sup>2</sup>, 이동호<sup>2</sup>, 한주희<sup>2</sup>, 이동현<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>성균관대학교 화학공학과, <sup>2</sup>한화케미칼 중앙연구소  
 (dhlee@skku.edu<sup>†</sup>)

### Analysis of bubble characteristic according to the number of distributor nozzle in gas-solid fluidized bed

Jeaho Shin<sup>1</sup>, Yoong Lee<sup>1</sup>, Jong Hun Lee<sup>1</sup>, Kyung Hoon Cho<sup>2</sup>, Dong-Ho Lee<sup>2</sup>,  
 Joo Hee Han<sup>2</sup>, DongHyun Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University

<sup>2</sup>Hanwha Chemical R&E Center

내경이 0.3m이고 높이가 2.4m인 기포유동층에서 Shroud 관이 설치된 분산판 nozzle수의 변화를 주었을 때, 유동층 내 기포의 특성을 파악하기 위해 optical fiber probe를 이용하여 axial과 radial 방향에 따라 optical probe signal을 측정하였다. 모든 data는 500 Hz에서 획득하였고 bubble voltage를 판단하기 위하여 bubble length threshold voltage와 bubble detection threshold voltage를 획득하였다. Bed material로 사용된 입자는 poly Silicon의 주원료인 metal grade Silicon으로서 particle density 2,330 kg/m<sup>3</sup>, bulk density 1,180 kg/m<sup>3</sup>, 이며 평균입도는 150 μm 이다. 분산판 nozzle 부근에서 signal이 지속적으로 낮은 것을 확인할 수 있는데 이것은 jet의 영향 때문이며, r/R=1에 근접할수록 dead zone의 영향으로 인하여 fixed bed와 비슷한 voltage를 나타내는 것을 확인하였다. 기포는 Matlab 프로그램을 이용하여 계산을 하였다. Nozzle의 수가 늘어날수록 기포의 frequency는 커지고, 초기 기포의 직경은 작아지는 것을 확인하였고, 기포의 합치 현상으로 인하여 h/H가 클수록 bubble rise velocity가 커지는 것을 확인하였다.

# 기술융합이 자원고갈과 환경독성에 미치는 영향: Tablet PC의 사례연구

손권빈, 임성린\*  
강원대학교 환경공학과

## Effect of Technology Convergence on Resource Depletion and Environmental Toxicity: Case Study of a Tablet PC

Kwon-Bin Son, Seong-Rin Lim<sup>†</sup>  
Department of Environmental Engineering, Kangwon University

### 서론

최근 융합기술의 발달로 인해, 기존단일제품들의 기능을 융합시킨 제품이 많이 등장하고 있다. 개별적으로 사용되던 단일제품들이 하나의 기술융합제품으로 대체될 경우, 제품에 사용되는 물질의 량과 환경에 미치는 영향이 변할 것으로 예측된다.

본 연구에서는 각각의 기능을 단일제품으로 사용할 경우와 각각의 기능을 하나의 기술융합제품으로 사용할 경우에 대해 자원고갈 및 독성 평가를 실시하고, 그 결과를 비교해 보고자 하였다. 기술융합제품으로 Tablet PC, 단일제품으로 넷북, 카메라, 네비게이션, mp3, 휴대폰, 전자사전으로 총 6가지를 연구대상으로 선택하였으며, Tablet PC가 각각의 단일제품 기능들을 대체할 수 있다고 가정하였다.

본 연구를 통하여 기술융합이 자원고갈과 환경독성에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

### 연구방법

Tablet PC와 6가지 단일제품들을 EPA1311 및 EPA3050b method를 이용하여 전처리 후 ICP-AES로 분석하였다. 이 후, 결과 값을 TCLP(Toxicity Characteristic Leaching Procedure) 및 TTLC(Total Threshold Limit Concentration) 기준과 비교하여 제품의 유해성을 판단하였다.

Tablet PC와 6가지 단일제품들에 대해 ReCiPe, EPS2000, CML2001 평가 방법을 이용하여 자원고갈평가를 실시하였으며, USEtox 평가 방법을 이용하여 독성평가를 실시하였다. 이 후, Tablet PC 평가결과와 단일제품들의 평가결과 합산치를 상호 비교하여 분석하였다.

### 결과 및 고찰

1. Tablet PC와 단일제품 모두 TCLP 기준을 초과하는 중금속이 존재하지 않았지만, TTLC 기준과 비교한 경우에는 몇몇 제품들에서 Cr, Co, Ni, Zn, Ag이 그 기준을 초과하였으며, Cu의 경우에는 Tablet PC와 모든 단일제품에서 그 기준을 초과하였다.

2. ReCiPe, CML2001, EPS2000 평가 방법을 이용한 자원고갈평가 결과, 모든 평가 방법에서 Tablet PC의 자원고갈성이 단일제품들의 자원고갈성 합산치보다 낮은 것으로 나타났다.

3. USEtox 평가 방법을 이용한 독성평가 결과, Cancer부분에서 Ni, Pb, Non-Cancer 부분에서 Zn, Ecotox부분에서 Cu, Zn에 대해 Tablet PC가 단일제품들의 합산치보다 독성이 낮은 것으로 나타났다.

### 결론

연구 대상으로 선정한 전자제품들이 6개의 원소에 대해 TTLC 기준을 초과하여 유해성이 있음을 알 수 있었다. 기술융합제품인 Tablet PC를 사용할 경우, 6가지 단일제품을 각각 사용할 때보다 자원고갈성 및 독성이 낮은 것으로 나타났다. 따라서 자원고갈 및 독성 관점에서 볼 때, 기술융합제품을 사용하는 것이 단일제품들을 개별적으로 사용하는 것보다 유리할 것이다.

## CO<sub>2</sub> 수송선 저장탱크의 BOG 측정 실험 및 회수의 관한 연구

박진우<sup>1</sup>, 김동선<sup>1</sup>, 고민수<sup>2</sup>, 조정호<sup>1\*</sup>  
 공주대학교 화학공학부<sup>1</sup>  
 삼성중공업(주)<sup>2</sup>

### A study on the experimental measurements and the its storage for the rate of Boil-Off Gas from the storage tank of the CO<sub>2</sub> transport ship

Jinwoo Park<sup>1</sup>, Dong Sun Kim<sup>1</sup>, Minsu Ko<sup>2</sup>, Jungho Cho<sup>1\*</sup>  
 Department of Chemical Engineering, Kongju National University<sup>1</sup>  
 Samsung Heavy Industries<sup>2</sup>

우리가 사용하는 대부분의 에너지는 탄화수소로 이루어진 화석연료(석유, 석탄, 천연가스 등)를 태워 나오는 열로부터 얻어지며 연소과정에서 탄화수소는 산소와 반응하여 이산화탄소와 물로 변한다. 즉 화석연료로부터 에너지를 얻으면 반드시 이산화탄소가 배출되게 된다. 이렇게 화석연료 사용이 늘어나면 필수 불가결하게 이산화탄소의 배출량은 늘어날 것으로 판단되며 지구온난화를 방지하기 위해서는 이산화탄소 포집 및 저장기술(Carbon Capture and Storage, CCS) 개발이 요구되고 있다. 즉, 이산화탄소를 대량발생원으로부터 포집한 후 압축, 액화 시킨 뒤 수송의 과정을 거쳐 육상이나 해양의 지중에 안전하게 저장하거나 유용한 물질로 전환함으로써 온실가스의 배출을 억제하려는 CCS 기술이 점차 부각되고 있다. 이 과정에서 수송시 액화 이산화탄소가 선박의 진동에 의한 유체의 마찰, 외부열의 침투 또는 액화 이산화탄소의 선적, 하역 등으로 인해 지속적으로 BOG(Boil-Off Gas)가 발생하게 되는데, 이를 방지시 저장탱크의 보호를 위해 대기중으로 방출해야하는 문제점이 생기게 된다. 따라서 이를 처리하기 위한 재액화, 멤브레인, 흡착 등과 같은 처리 공정이 요구 된다. 본 연구에서는 40 m<sup>3</sup> 저장 Tank 2대에 액화 이산화탄소를 주입하여 고압 및 외부열과 선적, 하역시 발생하는 BOG의 양과 조성을 측정하였다. 측정한 양과 조성을 통하여 적절한 처리 공정을 선별하고, 상용성 모사기인 PRO/II with PROVISION 9.1을 이용하여 BOG 중 이산화탄소의 98% 이상 회수하는 것을 목표로 하는 전산모사를 수행하였다.

#### 참고문헌

1. Yang, Y., and Lee, J. M., "An iterative optimization approach to design of control Lyapunov function," *Journal of Process Control*, 22, 144-155 (2012).
2. Kim, S. H., Ku, K. M., and Yun, I. S., "Optimization of sustainable energy planning with consideration of uncertainties in learning rates and external cost," *European Symposium on Computer-Aided process engineering*, 1914-1918 (2011).
3. Lee, S. K., Choi, K. B., and Lee, J. M., "Determination of optimal operating condition for ship transport of liquefied CO<sub>2</sub>" *Korean Chem. Eng. Res.*, (2011).

## 압력 변환 증류를 이용한 메탄올-아세톤의 분리공정 모델링 및 최적화 연구

앨리사 마리 풀퀘라스, 김동선, 조정호\*  
공주대학교

### Modeling and Optimization Study on the Separation Process of Acetone–Methanol Mixture using Pressure Swing Distillation

Alyssa Marie Fulgueras, Dong Sun Kim, Jungho Cho\*  
Kongju National University

Acetone-methanol system forms an azeotrope at 77.6% by mole of acetone in acetone-methanol mixture under atmospheric pressure. Acetone can be purified from water by pressure swing distillation process since the azeotropic composition is very sensitive to the system pressure. Pressure swing distillation process is more environmental-friendly than azeotropic or extractive distillation process because azeotropic distillation process uses an entrainer and extractive distillation process utilizes a solvent.

In this study, modeling and comparison works have been performed for low-high columns and high-low columns configurations. Optimal operating conditions that minimize the total reboiler heat duty were determined by using feed stage locations and reflux ratios as manipulated variables for each distillation column. Overhead vapor stream of high pressure distillation column was used as a reboiler heating source with a low pressure column to reduce high temperature and low temperature utility consumptions.

#### 참고문헌

1. Seader, J. D., Henley, E. J. & Roper, D. K. *Separation process principles: chemical and biochemical operations*, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., United State of America, 2011. pp. 429-442
2. Klein, Andreas. *Azeotropic Pressure Swing Distillation*. Berlin University of Technology Dissertation. Berlin, 2013. pp. 6-16
3. Luyben, William L. & I-Lung Chien. *Design and control of distillation systems for separating azeotropes*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2010. pp. 149-164.
4. Hong-Mei Wei, Feng Wang, Jun-Liang Zhang, Bo Liao, Ning Zhao, Fu-kui Xiao, Wei Wei, & Yu-Han Sun. *Design and control of dimethyl carbonate-methanol separation via pressure-swing distillation*. Industrial & Engineering Chemistry Research Article ASAP. American Chemical Society, 2013.
5. Luyben, William L. *Pressure-swing distillation for minimum- and maximum-boiling homogeneous azeotropes*. Industrial & Engineering Chemistry Research. American Chemical Society, 2012, 51 (33), pp. 10881-10886.

IPA-H<sub>2</sub>O-System의 공비증류 공정 설계 및 최적화에 관한 연구

최석훈, 신재선, 박상진\*  
 동국대학교 화공생물공학과

## A Studies on the process Design and Optimization of Azeotropic Distillation Process in IPA-H<sub>2</sub>O-Entrainer System

Seok Hoon Choi, Jae Sun Shin, Sang Jin Park\*  
 Department of Chemical and Biochemical Engineering at Dongguk University

IPA-Water System은 공비점을 형성하여 통상적인 증류방법을 통해서는 순수한 IPA를 얻어내기 어렵기 때문에 Entrainer를 통한 공비증류 방법을 활용하여 분리하여야 한다. 본 연구에서는 공비증류 공정을 모사하기 위하여 상용모사기인 PRO/II를 활용하였으며 99.99mol%의 IPA를 생산하는 공정을 모사하였다. 열역학적인 해석을 위하여 Two-Approach방식으로 접근하였으며 해석 방법에 따른 비교를 위하여 PRO/II에 내장되어 있는 기상(PR,SRK) 및 액상(NRTL, UNIQUAC)식을 활용하여 최적의 Parameter 및 Deviation을 산출 하였다. 혼합물의 각성분에 대한 Entrainer의 무한희석 활동도 계수비와 상대 휘발도를 이용하여 Entrainer를 선정하였으며, 각 Entrainer간 비교분석을 통하여 최적의 Entrainer를 선정 하였다. 공정내 각 Column에 대한 단수 및 Reflux Ratio 등을 변수로 하여 공정 전체의 열효율을 최적화 할수 있는 공정 조건을 도출 하였다.

### 참고문헌

1. Hyung Kyu Kim et al., "A Theretical Study on MEK-Water Separation by Azeotropic Distillation", HWAHAK KONGHAK, Vol.33, No.2, pp.213~224 (1995)
2. Jung Ho Cho and Jong Ki Jeon, "A Study on the Optimization of Process for Ethanol Dehydration Azeotropic Distillation", Korean Chem. Eng. Res., Vol.43, No.4, pp.474-481 (2005)
3. F. J. L. Castillo and G. P. Towler, "Influence of multicomponent mass transfer on homogenous azeotropic distillation", Chemical Engineering Science, Vol.53, No.5, pp. 963-976 (1998)
4. I. Lung Chien et al., "Design and control of acetic acid dehydration system via heterogeneous azeotropic distillation", Chemical Engineering Science, Vol.59, pp.4547~4567 (2004)
5. Taketoshi Kurooka et al., "Dynamic simulation and nonlinear control system design of a heterogeneous azeotropic distillation column", Computers and Chemical Engineering, Vol.24, pp.887~



## 청정기술 2(학생)



## Extraction of Waxes and Polymers using Supercritical Carbon Dioxide

Elvina Fitrissia, Sang Mi Ha,<sup>†</sup> Kyung Mun Lee,<sup>†</sup> Jong Ha Kim,<sup>†</sup> and Jae-Jin Shim\*  
School of Chemical Engineering, Yeungnam University

<sup>†</sup>PIM Korea

\*Email: jjshim@yu.ac.kr

Obtained from the leaves of the Brazilian tropical palm tree *Copernicia cerifera*, carnauba wax has been extensively used as binder in metal injection process or powder injection process. Carnauba wax mainly consists of aliphatic esters (wax esters),  $\alpha$ -hydroxyl esters and cinnamic aliphatic diesters that can be removed from the green body during debinding process with supercritical carbon dioxide. Carnauba wax removal from the green body with using supercritical CO<sub>2</sub> gives less time and low temperature than other method such as solvent, thermal and catalytic debinding process. In this research, effect of pressure, temperature, and co-solvents on the solubility of paraffin wax, carnauba wax, and polymers were investigated in supercritical CO<sub>2</sub>. The solubility of waxes measured at high pressures and relatively low temperatures. Two methods are used in this research, batch method and flow method. Solubility increased when flow method is used, especially when chloroform, ethanol, acetone, or n-hexane was used as a co-solvent. It was also influenced by pressure and temperature.

**Acknowledgment:** This research is supported by DG Economic Circle Leading Industry R&D Program of the Ministry of Knowledge and Economy (MOKE) (R0001657).

## 친환경 LED 전구 개발을 위한 핵심 설계인자의 규명 및 분석

방유영, 임성린\*  
강원대학교 환경공학과

### Identification and Analysis of Key Design Factors to Develop Eco-Friendly LED Bulbs

You-Young Bang, Seong-Rin Lim

Department of Environmental Engineering, Kangwon National University

#### 서론

온실가스 발생량을 감축시키기 위한 기후변화협약 이후 많은 국가가 전력소비의 감축을 목표로 하고 있다. 조명 분야에서 LED(Lighting Emitting Diode) 전구는 수명이 거의 반영구적이고 기존 전구보다 에너지 절감 효과가 뛰어나며, 기후변화 대응을 위해 에너지 효율이 높은 친환경 LED 전구의 수요가 급증했다. 따라서 친환경 LED 전구 산업은 향후 조명산업 분야에서 핵심 산업으로의 도약이 가능하다.

본 연구에서는 친환경 LED 전구 개발을 위한 핵심 설계인자를 규명했다. 이를 위해 자료포락 분석(Data Envelopment Analysis, DEA)을 이용하여 LED 전구의 환경성에 영향을 미치는 분야를 세분화하고 각 분야의 환경성에 대한 효율을 평가했다. LED 전구의 환경성에 대한 효율이란 LED 전구가 각 분야에 대해 얼마만큼 충족을 시켰는가에 대한 것을 의미한다. 즉, LED 전구의 '지구온난화 대응을 위한 에너지 효율'이 얼마만큼 높은지, '에코 라벨링 인증'을 얼마나 잘 받는지, '제품 내구성'은 얼마나 높은지를 정량적으로 표현한 것을 의미한다.

#### 연구방법

친환경 LED 전구를 개발하기 위해서 LED 전구에 대한 환경 효율을 평가하여 환경성과 관련이 있는 설계인자를 규명해야 한다. LED 전구의 환경성 요소를 '지구온난화 대응을 위한 에너지 효율' 부분, '에코 라벨링 인증' 부분, '제품 내구성' 부분으로 분류하여 각 부분과 관련이 있는 에너지스타 인증 기준에 대한 사양을 조사하여 설계인자로 설정했다. 설계인자는 전기사용량, GWP(Global Warming Potential), 색온도, 전력, 광속, 연색성, 전구 수명, 보증기간, 역률, 광도 효율로 설정했고, DEA 방법론을 이용하여 LED 전구의 환경성을 평가했다. 에너지스타(Energy Star) 인증 항목 중 친환경 LED 전구 개발에 영향을 미치는 설계인자를 규명하기 위해 회귀분석을 이용했다.

#### 결과 및 고찰

연구 결과 '지구온난화 대응을 위한 에너지 효율'의 효율성이 가장 높았으며, '에코 라벨링 인증', '제품 내구성' 순으로 LED 전구의 효율성이 높았다. '지구온난화 대응을 위한 에너지 효율' 분야에서 GWP가 감소하고 전구 수명, 광도 효율, 역률, 광속이 증가할수록 LED 전구의 에너지 효율이 증가한다. '에코 라벨링 인증' 분야는 전구 수명과 광도 효율, 역률이 증가할수록 색 온도, 전력, 광속, 연색성이 감소할수록 에코 라벨링 인증에 대한 LED 전구의 효율성이 증가한다. 마지막으로 '제품 내구성' 분야는 전구수명이 증가하고 역률과 전력의 값이 작을수록 LED 전구의 내구성이 증가한다. 각 분야에서 규명된 핵심 설계인자들은 각각의 특성 때문에 LED 전구의 환경성에 영향을 미치는 것으로 생각할 수 있다.

#### 결론

본 연구를 통해 규명된 친환경 LED 전구 개발을 위한 핵심 설계인자들은 친환경 LED 전구 개발에 필요한 정보를 제조업체에게 제공할 수 있으며, 에너지스타 인증을 받는 데 도움을 줄 수 있어 국산 LED 전구의 경쟁력을 향상시킬 수 있다. 또한, LED 전구 제품의 환경성을 상대적으로 평가할 수 있어 기업의 친환경제품 개발과 소비자에게 친환경성이 높은 LED 전구에 대한 정보를 제공하여 녹색구매를 유도할 수 있다.

## 기-고 순환 유동층에서 극미분 철광석 입자의 유동특성

임관희, 이동현<sup>†</sup>  
 성균관대학교 화학공학부<sup>†</sup>  
 (dhlee@skku.edu<sup>†</sup>)

### Flow characteristics of ultra fine iron ore in the gas-solid circulating fluidized bed.

GuanHe Rim, DongHyun Lee<sup>†</sup>  
 Department of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University  
 (dhlee@skku.edu<sup>†</sup>)

세계적으로 환경규제가 엄격해지고 품질이 우수한 철광석과 석탄이 줄어들에 따라 현재까지 철강 산업의 주요 패러다임으로 작용 해왔던 용광로 공법을 대체 할 수 있는 새로운 제철공정 개발의 필요성이 대두되고 있다. 이 용광로 공법을 대체 할 수 있는 차세대 기술로써 FINEX 공정을 들 수 있다. FINEX 공정은 값이 저렴한 극 미분광을 전처리 공정 없이 유동층 반응기를 이용하여 환원을 시킨 후 씻물을 생성하는 방식이다. 전처리 공정이 없고 대부분의 생성가스들은 재활용 되어 유동층 반응기에서 환원 가스로 사용되기 때문에 대기 오염물질의 배출량이 매우 적은 친환경 제철 공정이라 볼 수 있다. 하지만 미분 광이 쉽게 비산되어 원료손실문제가 발생하고, 미분광이 Geldart C group에 속하는 입자이기 때문에 유동시키기에 어려움이 있다. 본 실험에서는 FINEX 공정에서 나타나는 문제를 해결하고자 cold bed 순환유동층에서 극미분광의 유동특성을 연구 하였다.

순환 유동층 반응기는 내경이 0.1m이고 높이가 3.7m이며, 실험에 사용한 고체 입자로서 평균입경이 51  $\mu\text{m}$ 이고 밀도가 4,479 kg/m<sup>3</sup>인 작고 무거운 철광석(fine particle)과 평균입경이 203  $\mu\text{m}$ 이고 밀도가 4,200 kg/m<sup>3</sup>인 크고 가벼운 철광석(coarse particle)를 혼합하여 사용하였다. 추가적으로 실제 공정에서 사용되는 부 원료인 백운석(Dolomite,  $d_p=158 \mu\text{m}$ ,  $\rho_p=2885 \text{ kg/m}^3$ )과 석회석(Lime stone,  $d_p=146 \mu\text{m}$ ,  $\rho_p=2588 \text{ kg/m}^3$ )이 약 9% 혼합되었다. Fine particle의 혼합비를 0~50%로 증가시켜 가며, riser의 dense region에서는 mixing과 segregation현상을 dilute region에서는 entrainment현상을 연구하였다.

# Pressure Swing Distillation를 이용한 Acetonitrile Water 공비 혼합물 분리 공정에서 Heat Integration 방법에 따른 각 공정의 최적화 결과 비교

조성진, 이의수, 박상진\*  
동국대학교 화공생물공학과

## A comparison study of heat integration methods for the PSD separation of azeotropic mixture of acetonitrile and water

Sung Jin Cho, Euy Soo Lee, Sang Jin Park\*  
Department of Chemical and Biochemical Engineering, Dongguk University

기본적으로 이성분계의 Acetonitrile과 Water 공비혼합물로부터 고순도의 Acetonitrile과 Water를 분리하는 Pressure Swing Distillation 전산모사를 수행하였다. Liquid Phase는 Wilson model, Vapor Phase는 Redlich Kwong(RK) 상대방정식을 공정모사를 위한 열역학식으로 이용하였다. 전체 Reboiler의 Heat Duty 최소화를 목적함수로 기본 PSD공정을 각 Column의 Reflux Ratio, Feed Stage Location을 변수로 최적화 하였고, Low Pressure Column의 reboiler에 소요되는 Heat Duty를 High Pressure Column 상부의 Condenser에서 공급하는 Heat Integration으로 총 소요 Heat Duty를 최적화 시키는 방법과 두 개의 Column을 한 개의 Column 내부에서 열교환이 이뤄지는 Internally Heat Integration 최적화 방법을 앞에서와 같은 목적함수로 최적화 후 총 소요 Energy 수치를 계산하여 세가지 경우의 Energy 수치를 비교하였다.

### 참고문헌

1. Kim, J. H., D. H. Lee, S. K. Hong, and S. J. Park., "Process Design of Low Energy Azeotropic and Extraction Distillation Process for Bioethanol Recovery," Korean Chem. Eng. Res., 46, 348-355, (2008).
2. Cho, J. H. and J. K. Jeon., "Optimization Study on the Azeotropic Distillation Process for Isopropyl Alcohol Dehydration," Korean J. Chem. Eng., 23, 1-7, (2006).
3. Jorge F. M.-S. and Antonio F.-T., "Modeling, simulation and control of an internally heat integrated pressure-swing distillation process for bioethanol separation", Computers and Chemical Eng., 1532-1546, (2011).
4. William L. Luyben, I-Lung Chien, "Design and Control of Distillation Systems for Serparationg Azeotropes", 167-172, (2010).
5. William L. Luyben, "Design and Control of Distillation Systems for Serparationg Azeotropes", (2006).

# 가습기 형식이 실내공기오염에 미치는 영향 평가: 중금속 배출 특성

권귀록, 임성린\*  
강원대학교 환경공학과

## Effect of the Type of Humidifiers on Indoor Air Quality: Characterization of Heavy Metal Emissions

Gui-Rok Kwon, Seong-Rin Lim\*

Department of Environmental Engineering, Kangwon National University

### 서론

대부분의 사람들은 하루의 80% 이상을 실내환경에서 생활하고 있고, 실내공기오염은 의식적이든 무의식적이든 재실자의 건강에 많은 영향을 주고 있다. 실내가 건조할 경우 아토피성 피부염과 알레르기성 비염 등이 생기기 쉬우며, 어린이 및 노약자에게 미치는 영향은 더욱 높기 때문에 실내 습도를 적절히 유지해야 할 필요가 있다. 우리 주변에서 습도유지에 사용되는 생활가전은 가습기가 있으며 복합식, 가열식과 초음파 가습기 3종류가 있다. 가습기 형식에 따라 각기 다른 가습 방식으로 건조한 실내공기의 습도를 적절히 유지시켜 실내공기오염을 예방 할 수 있지만, 중금속으로 오염된 물을 가습기에 사용할 경우 가습기에서 중금속이 배출 될 수 있으므로 또 다른 실내 공기오염의 원인이 될 수 있다.

본 연구에서는 가습기 형식이 실내공기오염에 미치는 영향을 평가하기 위해서, 일정량의 중금속이 함유된 물을 제조하여 가열식, 복합식과 초음파 가습기에 넣어 작동시켰다.

### 연구방법

본 연구에서는 가습기 형식마다 가습량이 다르기 때문에 가습량의 기능단위를 10 L/hr로 정했다. 실험을 위해 일정량의 중금속이 함유된 물을 제조하기 위해 증류수 3L에 저농도(2~4 mg/L)로 오염된 물을 만들어 가습기 Tank 위에 채워 넣었다. 초음파 가습기 18시간, 가열식과 복합식 가습기 6시간을 작동시킨 후 Tank 위와 아래에 남아있는 물의 양(ml)을 측정하고 후 남아 있는 물의 일부를 채취 하여 ICP 분석을 통해 남아있는 양(mg)에 대해 계산했다. 장시간 작동 후 Tank 아래에 scale이 발생할 수 있기 때문에 scale을 질산과 물로 녹인 후 일부 채취 하여 ICP 분석을 통해 scale의 양(mg)을 구하고, 가습기에서 실내로 배출된 오염물질의 양(mg)을 구했다. 마지막으로 오염된 실내공기를 청정 공기로 교환하기 위해 희석공기량을 작업장 노출 값을 사용하여 계산했고, USE tox 평가방법을 이용하여 오염된 실내공기에 의해 실내 재실자의 건강에 미치는 영향을 알아봤다.

### 결과 및 고찰

각 가습기에서 실내로 배출된 중금속 배출량을 비교했을 때 초음파 가습기의 배출량이 가장 많았다. 초음파 가습기는 진동자가 물방울을 발생시켜 중금속이 동시에 실내로 배출되었을 것이다. 복합식 가습기도 진동자에 의해 중금속이 배출되지만, 가열에 의한 물의 증발로 초음파 가습기보다 적게 실내로 배출 될 것이다. 가열식 가습기는 대부분 물의 증발만 일어났기 때문에 실내로 배출되는 중금속 배출량이 적을 것으로 분석된다. 즉, 중금속을 많이 배출하는 초음파 가습기가 실내공기오염에 가장 큰 영향을 준다. 따라서, 초음파 가습기를 사용할 경우 많은 희석 공기량이 필요하며, 중금속으로 인한 실내 재실자에 미치는 건강 영향이 큰 것으로 분석된다.

### 결론

가습기 형식에 따라 중금속 배출량을 비교한 결과 가열식 가습기의 경우 실내로 배출되는 중금속이 상대적으로 적었다. 즉, 가열식 가습기가 실내공기오염에 미치는 영향이 적은 것으로 분석된다. 본 연구에 의해 가습기 형식에 따른 중금속 배출량을 비교하여 실내공기오염에 미치는 영향을 분석함으로써 오염된 실내공기를 청정한 공기로 교환하는 환기의 중요성을 부각시킬 수 있다. 또한, 중금속으로 오염된 실내공기로 인한 재실자의 건강에 대한 관리방안을 마련하는데 활용 할 수 있을 것으로 생각된다.

## Lactide의 증류 정제과정 전산모사 및 최적화

조두희, 김동선, 조정호\*, 전종열, 장종산  
공주대학교

### Simulation and Optimization of Purification Process for Lactide production

Duhee Cho, Dong Sun Kim, Jungho Cho\*  
Kongju National University

본 연구에서는 락타이드(Lactide) 혼합물 중에 락타이드를 PLA(Polylactic acid, 폴리유산) 중합 원료에 필요한 고순도로 정제하기 위하여 분리과정 모사를 수행하기 위하여 PRO/II 순수성분 DB에 없는 m-Lactide, L-Lactide 성분을 구조식과 Antoine 증기압 추산실을 이용해서 순수성분의 물성을 추산하여 분리에 필요한 이론단수를 추산한 결과 이 두성분을 분리하기 위해 많은 단수가 필요함을 알수 있었고 전산모사 결과 3기의 진공 증류탑을 통해 crude lactide 중에 분순물들을 0.04%까지 제거하고 L-Lactide를 순도 99.96%에 원료대비 90%이상 회수 할 수 있는 분리공정을 모사를 수행 하였다.

#### 참고문헌

1. Biopolymers from Renewable Resources, D.L. Kaplan ed., High molecular weight polylactic acid polymer, by Hartmann, Springer, 1999.
2. Selman, S., US Pat. 3322791, 1967.
3. Bellis HE, US Pat. 4727163, 1988.
4. Gruber PR et al., US Pat. 5357035, 1994.



## 이소프로파놀 탈수를 위한 추출증류공정에서 2기의 증류배열과 3기의 증류배열 사이의 에너지 소비 비교

오설비, 김동선, 조정호\*  
공주대학교

### A comparative study of the energy consumptions between two-columns configuration and three-columns configuration for isopropanol dehydration through an extractive distillation processes

WU XUEFEI, Dong Sun Kim and Jungho Cho\*  
Kongju National University

본 연구에서는 이소프로파놀(IPA) 수용액으로부터 거의 순수한 IPA를 분리해 내기 위해서 추출증류공정에 대한 전산모사 작업을 수행하였다. 전산모사를 위해서 Invensys사의 PRO/II with PROVISION 9.2를 사용하였으며, 열역학 모델식으로는 NRTL 액체활동도계수 모델식을 사용하였다. 추출증류를 위한 용매로는 디메틸설폭시화물(DMSO)와 에틸렌글리콜(EG)을 각각 사용하였다. 한편, 추출증류탑과 용매 회수탑의 2기의 증류탑 배열과 농축기와 추출증류탑 및 용매 회수탑 3기의 증류탑 배열에 대해서 각각의 공정에 대한 전산모사 및 유틸리티 비용 최소화를 위한 공정 최적화를 수행하였으며 각 용매와 2기 및 3기 증류탑 배열에 대한 공정 비교를 수행한 결과 용매로써 DMSO를 사용하고 3기의 증류탑 배열을 적용한 경우에 스팀 소모량이 최소가 됨을 확인할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Renon, H. and Prausnitz, J. M., "Local Composition in Thermodynamic Excess Functions for Liquid Mixtures", *AIChE J.*, vol.14, pp. 135-144, 1968.
2. Abrams, D. S. and Prausnitz, J. M., "Statistical Thermodynamics of Mixtures: A New Expression for the Excess Gibbs Free Energy of Partly or Completely Miscible Systems", *AIChE J.*, vol. 21, pp. 116-128, 1975.
3. Wilson, G. M., "Vapor-Liquid Equilibrium XI. A New Expression for the Excess Free Energy of Mixing", *J. Amer. Chem. Soc.*, vol.86, pp. 127-130, 1964.



**녹색 에너지 기술  
(특별세션)  
구두발표**



## Numerical analysis and experimental validation of distillation process for purification of tellurium

H. Li 1, W.G. Kim, B.W.Yoo, K.T. Park, H.H. Lee, J.C. Choid S.J. Hong, M.S. Kong, H.Y. Lee and J.H. Lee\*

Numerical analysis was performed on a vacuum distillation process for Te purification. The effects of temperature gradient and Ar gas flow rate and vacuum level on the evaporation behavior of Te were investigated through a series of simulations with a diffusion-coupled convection model. An overall yield of up to 95% of 4N pure Te was achieved at an average distillation rate of  $\sim 5.6 \times 10^{-4} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  from 2N pure indigenous Te. The diffusion and condensation factors of impurities were investigated under different distillation conditions such as vacuum degree, temperature and argon flow rate. It was found that the numerical model could be used to predict impurity level during vacuum distillation process of Te and designing and optimization of a larger-scale distillation process also could be possible with a sufficient reliability.

**Keywords:** Te purification, vacuum distillation, high throughput, numerical analysis, CFX simulation

### References

1. Song, S.H.; Wang, J.; Isshiki, M. (2002) Preparation and photoluminescence characterization of high-purity CdTe single crystals: purification effect of normal freezing on tellurium and cadmium telluride, *J. Cryst. Growth*, 236: 165-170
2. Capper, P. (1982) The behavior of selected impurities in  $\text{Cd}_{1-x}\text{Hg}_x\text{Te}$ , *J. Cryst. Growth*, 57: 280-299.
3. H.E. Hirsch, S.C. Liang, A.G. White, Chapter 2 Preparation of high-purity cadmium, mercury, and tellurium, *Semicond. Semimet.* 18 (1981) 21-45.
4. Prasad, D.S.; Munirathnam, N.R.; Rao, J.V.; Prakash, T.L. (2005) Purification of tellurium up to 5N by vacuum distillation, *Mater. Lett.*, 59: 2035-2038.
5. Zaiour, A.; Zahraman, K.; Roumie, M.; Charara, J.; Fawaz, A.; Lmai, F.; Hage-Ali, M. (2006) Purification of tellurium to nearly 7N purity, *Mater. Sci., Eng. B*, 131: 54-61.
6. Ali, S.T.; Prasad, D.S.; Munirathnam, N.R.; Prakash, T.L. (2005) Purification of tellurium by single-run multiple vacuum distillation technique, *Sep., Purif. Technol.*, 43: 263-267.
7. Churbanov, M.F.; Gerasimenko, V.V.; Shiryaev, V.S. (2001) Behavior of impurity inclusions during vacuum distillation of tellurium, *Inorg. Mater.*, 37: 1017-1020.
8. Geiger, G.H.; Poirier, D.R. (1973) *Transport Phenomena in Metallurgy*, first ed., Addison-Wesley: Boston, U.S.

## Ferromagnetic resonance studies on an artificial nano dot array

Vo, Thanh Son, Jong-Ryul Jeong\*

Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University, 305-704, Korea

\* Graduate School of Green Energy Technology, Chungnam National University, 305-704, Korea

In recent years, a group of ferromagnetic resonance structures referred as FRM have received much attention in the scientific community due to their tunable physical properties and promising potential applications. The magnetic permeability  $\mu$  in this kind of medium could be controlled arbitrarily by changing the material, structure which allows arbitrary bending of electromagnetic fields to create artificial optical materials. With deliberately designed metallic structures, specific electromagnetic responses are realized, such as artificial magnetism, extraordinary optical transmission, optical antenna, and subwavelength imaging.

There are a lot of FMR structure was investigated and publishes. These medium are limited by getting negative permeability at very lower frequency from 1GHz to few hundred GHz. In order to obtain negative  $\mu$  at optical region, it have to change the periodicity and size of the elements. But it is difficult to scale these materials to terahertz and visible frequencies because critical fabrication technique. Recently, several metamaterial and ferrite structures have been proposed.

In this work, we investigate electromagnetic responses in Au/MgF<sub>2</sub>/Au nanodiscs at visible wavelength region by using well-known FDTD simulation software (CST). It shown there exist electric and magnetic responses, which originate from the coupling of localized surface plasmons (LSPs) on multiple Au layers. We demonstrated the electric resonances by the effective permeability, the electric field distributions and the measured transmission in perpendicular incident wave source. Then, we tailored electric resonances by designing different geometrical parameters. It is found that in a nanodiscs, the resonance dominant shifts with the width along the incident polarization, thickness of dielectric layer and etc. Therefore, electric resonances are tunable in multilayered MIM nanodiscs.

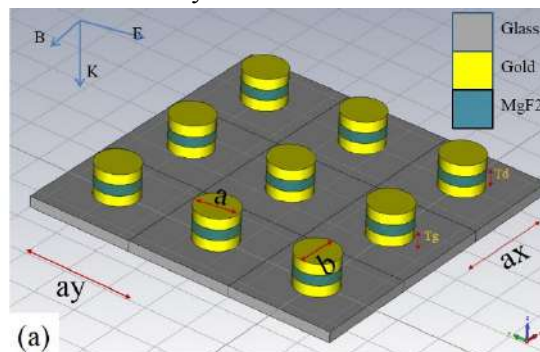


Figure 1: Schematic of the polarization configuration and the structure designs for nanodisc. The geometry parameters are given as: interdistance in x direction  $a_x=500$  nm, interdistance in y direction  $a_y=500$  nm, diameter of nanodisc in x and y direction  $a=b=300$ nm, thickness of insulator layers  $T_d=40$  nm, thickness of gold layers  $T_d=40$  nm.

### Reference

1. De Li et al., "Tunable electric and magnetic resonances in multilayered metal/dielectric nanoplates at optical frequencies," *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **43**, 345102 (2010).

## 촉매를 이용한 오스트레일리아 Drayton탄의 저온 촉-이산화탄소 가스화 반응특성 연구

김상겸, 황순철, 박지윤<sup>†</sup>, 이도균<sup>†</sup>, 이상현<sup>†</sup>, 조종훈\*, 김인원<sup>†</sup>, 이시훈, 유지호, 이영우\*  
 충남대학교 녹색에너지기술전문대학원, <sup>†</sup>충남대학교 바이오응용화학과,  
<sup>†</sup>건국대학교 화학공학과, 한국에너지기술연구원  
 \*충남대학교 화학공학과

### Kinetic of catalytic gasification using Australia Drayton coal under CO<sub>2</sub> atmosphere

Sang Kyum Kim, Soon Cheol Hwang, Ji Yun Park<sup>†</sup>, Do Kyun Lee<sup>†</sup>,  
 Sang Heon Lee<sup>†</sup>, In Won Kim<sup>†</sup>, Ji Ho Yoo, SiHyun Lee, Young Woo Rhee\*  
 Graduate School of Green Energy Technology, Chungnam National University  
<sup>†</sup>Department of Applied Chemistry and Biological Engineering, Chungnam National  
 University  
<sup>†</sup>Department of Chemical Engineering, Konkuk University  
 Clean Coal Center, Korea Institute of Energy Research  
 \*Department of Applied Chemistry Engineering, Chungnam National University

석탄은 세계적으로 매장량이 풍부하여 석유를 최우선적으로 대체하게 될 에너지원이다. 석탄 가스화는 크게 열분해(pyrolysis)와 차(char) 가스화 반응으로 구분할 수 있다. 열분해 과정은 수분의 증발과정과 저분자 물질이 저온에서(350~800℃) 분해되어 탈휘발화(Devolatilization) 되는 과정을 의미한다. 열분해 과정의 주요 물질은 탄화수소계 및 CH<sub>4</sub>, CO, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, HCN 등을 포함하는 비응축성 기체와 타르와 같은 응축성 가스/액체이다. 두 번째 과정인 차 가스화 반응은 고상과 기상의 이종간 반응(heterogeneous reaction)으로 내부 기공구조(Pore structure) 때문에 반응이 복잡하며 탈휘발화 과정에 반응속도가 매우 느리다. 따라서 차 가스화 반응속도가 전체 석탄가스화 반응을 지배하게 된다. 차-가스화 반응에서 반응가스의 종류에 따라 크게 촉-수증기, 촉-이산화탄소가 있다. 또한 현재의 가스화연구는 1500℃ 이상의 고온 상태에서 진행되어 낮은 에너지효율을 갖고 있기 때문에 저온에서 가스화 반응을 진행하기 위하여 촉매를 사용하였다. 석탄가스화 반응시 촉매를 사용할 경우 반응속도 증가, 합성가스 질의 향상, 가스화 반응 온도 감소, 운영비용 절감 등을 취할 수 있다. 본 연구에서는 900℃ 이하의 저온에서 촉-이산화탄소 가스화를 대상으로 하였다. 석탄은 아역청탄인 drayton 탄을 사용하였으며 저온에서 반응성을 높이기 위해 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>, Dolomite 등과 같은 4가지 촉매를 첨가하여 실험을 진행하였다. 질소분위기하에 목표온도에서 등온으로 유지하여 촉를 제조한 후 촉와 이산화탄소간의 반응성을 분석하기 위해 반응가스인 이산화탄소의 농도를 조절하여 TGA와 GC를 이용해 촉-이산화탄소 가스화에 대한 반응특성을 분석하였다.

#### 참고문헌

1. Park, H. Y., and Ahn, D. H., "Gasification kinetics of five coal chars with CO<sub>2</sub> at elevated pressure," *K. J. Chem. Eng.*, **24**(1), 24-30 (2007).
2. Shufen, L. and Ruizheng, S., "Kinetic studies of a lignite char pressurized gasification with CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> and steam," *Fuel*, **73**, 413 (1994).

## **Multifunctional Gold Nanoparticle Based Drug Carrier for Photodynamic Therapy**

Linlin Zhao<sup>a</sup>, So Yeon Kim<sup>a,b†</sup>

<sup>a</sup> Graduate School of Green Energy Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, South Korea

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

Photodynamic therapy (PDT) is increasingly recognized as a promising treatment for a variety of oncological, cardiovascular, dermatological, and ophthalmic diseases. To achieve a targeted drug delivery system for PDT, a highly efficient drug vector was developed by designing multifunctional and biodegradable block copolymer-gold nanoparticle (AuNP) conjugates, which act as a water-soluble and biocompatible carrier that allows delivery of a hydrophobic photosensitizer to tumor site for PDT action. The 18nm citrate-stabilized AuNPs were modified with folic acid (FA)-conjugated biocompatible block copolymers through a bidentate dihydrolipoic acid (DHLA) linker. The FA-PEG-P(Asp-Hyd)-DHLA-modified AuNPs become so stable that their optical property do not change under very harsh conditions. Then, hydrophobic photosensitizers were conjugated to the stable vectors through pH-sensitive linkage. The particle size, size distribution, and morphology of FA-PEG-P(Asp-Hyd)-DHLA-modified AuNPs were determined. In vitro tests using HeLa cells indicated that the AuNPs based nanocarrier had excellent cellular localization and killed HeLa cells effectively compare to free Pheo under laser radiation.



## Enhancement of the thermal stability of Lithium–Ion Battery Separator via surface modification using Electron Beam Irradiation

Nurpeissova Arailym, Dai In Park<sup>†</sup>, Sung–SooKim<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Graduate School of Green Energy Technology, Chungnam National University,

<sup>†</sup>SK innovation

When a lithium-ion battery operates at high currents the temperature inside the cell might be over 1300C. At these temperatures polyolefin separators such as polyethylene (PE) and polypropylene (PP) start to shrink leading to the blockage of the lithium ion transport through the micropores. To enhance the thermal stability of separator, in this study, polypropylene (PP) separator was modified with high temperature resistant component using Electron Beam Irradiation. The component is believed to serve as a mechanical support that contributes to suppressing the thermal shrinkage of the polypropylene. The concentration of the high temperature resistant component plays an important role in determining the morphology of the separator as high concentration may also hinder the ion conductivity by clogging the pores. Based on the stated understandings, the effect of the component concentration on the thermal stability of the separator and electrochemical performances of the assembled cells with the modified separator are investigated.

## MARC기법을 이용한 Ta-W 합금 코팅피막의 텅스텐 조성에 따른 전착특성

이영준, 정성욱<sup>†</sup>, 배기광<sup>†</sup>, 강경수<sup>†</sup>, 이종현  
충남대학교 녹색에너지기술전문대학원, <sup>†</sup> 한국에너지기술연구원,

탄탈륨은 열과 전기의 전도도가 높고 산화물 보호피막이 만들어져 내부식성이 크며 산에 의해서도 잘 부식되지 않는 것으로 알려져 있다.[1] 하지만 높은 압력, 온도 그리고 심각한 부식 환경에서 조업되는 수소생산 공정중 하나인 SI (Sulfur-Iodine) 공정에서는 순수한 탄탈륨보다 높은 부식저항성과 기계적 특성을 요구된다. 이에 대한 대안으로 Ta-W 합금이 대두되고 있지만, 탄탈륨 및 텅스텐의 높은 용융점으로 인하여 합금이 어렵고 가공 및 용접성이 낮아 산업에 적용이 어렵다.[2-4] 본 연구에서는 다중의 양극을 이용한 용융염 MARC(Multi Anode Reactive alloy Coating layer)기법을 이용하여 상대적으로 값싼 소재인 SUS316모재에 양극(Ta-W)과 음극(SUS316L)의 거리차이를 이용하여 다양한 조성(Ta-7.31W, Ta-4.12W, Ta-1.92W)의 Ta-W 합금 코팅피막을 형성시켰다. 특히, Ta-4.12W 조성의 코팅 피막에서는 순수 탄탈륨에 비해 경도값이 12.9%이상 상승된  $30 \pm 0.7 \mu\text{m}$ 의 균일하고 조밀한 코팅피막이 형성되었다. 또한, Autoclave (100h, 150° C, HI=26.1, I2= 51.8, H2O= 22.0 wt%)내에서 부식시험 결과 0.0087mm/year의 높은 부식저항성이 확인되었다. 이 연구를 통해 개발된 Ta-W코팅기법 및 합금코팅피막은 높은 부식 환경의 SI공정 및 다양한 화학 산업에 기여할 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. Carre, F., Yvon, P., Lee, W.J., and Petti D., "VHTR-n-going International Project," Proc. of GIF Symposium, 2009, pp. 9-10.
2. Kim S.Y., Go, Y.K., Park, C.S., Bae, K.K., and Kim, Y.H., "Characteristics of Hydrogen Iodide Decomposition using Ni-Pt Bimetallic Catalyst in Sulfur-Iodine Process" Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 23, No 1, 2012, pp. 1-7.
3. Beilmann, M., Beneš, O., and Konings, R.J.M., "Thermodynamic investigation of the (LiF + NaF + CaF<sub>2</sub> + LaF<sub>3</sub>) system", J. Chem. Thermodynamics, Vol. 43, 2011, pp. 1515-1524.

## PV module의 전면 유리 변화가 내구성에 미치는 영향

최주호, 장효식<sup>†</sup>, 강기환, 정태희  
 충남대학교 녹색에너지기술전문대학원

### Durability of PV modules change impact on front glass

Ju-Ho Choi\*, Hyo Sik Chang<sup>†</sup>, Ki-Hwan Kang\*, Tea-Hee Jung\*  
 Chungnam university Graduated school of green energy technology  
 Korea institute of energy research\*

결정질 실리콘 PV 모듈은 출력을 높이기 위해 다수의 태양전지를 직렬로 상호 연결 후 라미네이션(Lamination)공정을 통해 오랜 시간 견딜 수 있는 하나의 PV 모듈로 제작된다. 이러한 PV 모듈은 외부환경에 노출되어 장시간 발전하는 동안 설하중과 풍하중 등 다양한 응력을 받는다. 따라서 외부 응력은 PV 모듈의 태양전지를 파손시켜 발전 출력의 감소를 발생 시킬 수 있다. 그러므로 기계적 신뢰성을 보장하는 것은 매우 중요하며, PV 모듈의 기계적 강도를 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되어지고 있다.

본 논문에서는 PV모듈의 변형을 최소화 하고자 하는 방안에 대한 연구를 위해 PV모듈 전면에서 사용되는 강화유리의 두께를 증가하여 기계하중 시험을 진행하였다. 실험은 K SC IEC 61215의 PV모듈 인증시험 기준에 따라 기계강도 시험과 동일한 방식으로 하였으며, 전면유리 두께가 3.2mm, 4mm, 5mm인 PV모듈을 사용하여 하중에 대한 최대변형과 출력 변화 및 기계강도 실험 전·후의 EL(electroluminescence) 측정을 통하여 모듈 내부 태양전지 파손 여부를 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 PV모듈의 신뢰성을 높이는 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

## Tertiary모형을 이용한 평판형 전해정련기 3D 전산해석

김승현<sup>†</sup>, 이성재<sup>†</sup>, 박성빈<sup>†</sup>, 김정국<sup>†</sup>, 이한수<sup>†</sup>, 이종현<sup>\*</sup>

충남대학교 녹색에너지기술전문대학원, 한국원자력연구원<sup>†</sup>, 충남대학교 나노소재공학과<sup>\*</sup>

### 3D Computer-assisted design of multielectrode electrorefiner By using Tertiary model

Seung Hyun Kim, Sung Jai Lee<sup>†</sup>, Sung Bin Park<sup>†</sup>, Jeong Guk Kim<sup>†</sup>, Han Soo Lee<sup>†</sup>,  
Jong Hyeon Lee<sup>\*</sup>

Graduate School of Green Energy Technology, Chungnam National University,  
Korea Atomic Energy Research Institute<sup>†</sup>  
Nanomaterials Engineering, Chungnam National University<sup>\*</sup>

최근 지구 온난화와 화석연료의 고갈로 인해 미래에너지원으로 원자력의 비중은 점차 증가될 것이다. 하지만 이와 더불어 부산물로 발생하는 사용후핵연료(spent fuel)의 발생 누적량 또한 기하급수적으로 증가할 것이다. 지속가능한 발전을 위해서는 이 사용후 핵연료의 안전하고 효율적인 처리 방안이 필요한데 그 대안으로 pyroprocessing기술이 대표적이다. pyroprocessing은 플루토늄을 따로 분리하지 않고 TRU (Np, Pu, Am, Cm 등)와 함께 회수하여 재활용하기 때문에 기존의 습식 공정에 비해 핵확산저항성(proliferation)이 매우 높게 평가되고 있다. 사용후핵연료에 포함되어 있는 우라늄을 회수하기 위한 방법으로 전해정련법을 통해 다량의 우라늄을 회수하기 위한 방법으로 많은 연구가 진행되어지고 있다. 전해정련기(electrorefiner)는 일반적으로 회전하는 양극 바스켓과 다중채널(multi-channel)의 음극으로 구성된다. 금속 우라늄을 분리하여 많은 양을 회수하기 위해서는 무엇보다 전해정련기의 효율성을 높이는 것이 필요한데 이를 위해 음극의 면적을 증가시키고 양극과의 간격을 좁힘으로 발생하는 물리적 저항을 줄이며 음극의 배열을 달리하여 최적의 전기장을 발생시켜 효율성을 높이는 방법이 있다. 이러한 효율성 향상을 위해서는 많은 실험적인 노력이 필요한데 본 전산해석을 통하여 전해정련장치의 scale-up하는데 필요한 기초데이터 확보에 기여하며 최적의 전극 배열 형태를 예측하는데 도움을 줄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 전자기장 해석에 특화된 상업적 유동해석 코드인 Comsol4.3의 electrodeposition 모듈을 이용하여 Tertiary모형을 바탕으로 전해정련 시스템에서 정련특성을 예측하기 위한 모델을 설정하고 물질전달 및 열역학적인 자료를 기반으로 전산모사를 통한 전해거동 해석을 수행하였으며 인가 전류에 따른 음극 전착 형상 변화에 대해 분석하였다. 이를 바탕으로 전해정련기의 최적구조 설계를 위한 전기수력학적 전산해석 모델과 적용 방안을 제안하고자 한다.

## Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로부터 Nd금속화기술개발

류홍열, 김완규, Hayk H. Nersisyan, 이고기<sup>†</sup>, 조성구<sup>†</sup>, 이종현\*  
 충남대학교, <sup>†</sup>포항산업과학연구원, <sup>†</sup>포스코

### Development of Neodymium Metallization Technology form Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Hong-Youl Ryu, Wan-Gou Kim, Hayk H. Nersisyan, Go-Gi Lee<sup>†</sup>, Sung-Koo Jo<sup>†</sup>  
 and Jong-Hyeon Lee\*

Chungnam National University, <sup>†</sup>Research Institute of Industrial Science and Technology, <sup>†</sup>POSCO

고유가로 인해 전기자동차나 하이브리드자동차, 소형 동력장치의 수요가 증가함에 따라 동력원으로 이용되는 모터의 주요 부품인 영구자석의 수요도 꾸준히 증가하고 있다. 특히 Nd 자석의 경우 희토류 원소로 자석원가에 대부분을 차지하고, 우리나라에서는 상용화되어 생산되고 있지 않기 때문에 기술국산화를 위해서는 Nd 제련기술에 대한 연구는 반드시 필요하다. Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로부터 HCl과 NH<sub>4</sub>F와의 화학반응을 통해 보다 제어하기 용이한 NdF<sub>3</sub>로 합성하였으며, 860°C에서 LiF와 혼합해 공융전해질로 사용하였다. Cyclicvoltammetry법을 이용하여 NdF<sub>3</sub>의 농도가 10wt%에서 공정조성인 64.6wt%까지 증가할 때 Nd의 산화환원전위를 측정하였으며, NdF<sub>3</sub>의 농도가 증가할수록 Nd 환원전위는 -1.65V(vs. W)에서 -1.35V(vs. W)로 이동하였다. Chronopotentiometry법을 이용하여 전해제련 셀의 성능평가를 실시하였고, 정전류법을 이용하여 Nd금속을 회수하여 셀효율 55%를 확보하였다. 회수된 Nd 금속의 전착물을 SEM을 이용하여 관찰한 결과 용융조직이 나타난 것을 확인하였다. Nd 금속의 순도는 ICP분석결과 99.78%였다.



**녹색 에너지 기술  
(특별세션)  
포스터**





## SnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> 혼성 복합 금속산화물을 촉매지지체로 이용한 수성가스전이반응용(WGS) 촉매 개발

권순진, 전누리, 윤왕래<sup>†</sup>, 노현석<sup>‡</sup>, 이광복<sup>§\*</sup>  
 충남대학교 녹색에너지기술전문대학원,<sup>†</sup> 한국에너지기술연구원,<sup>‡</sup> 연세대학교 환경공학부,  
<sup>§</sup>충남대학교 화학공학교육학과

### Metal Complex of SnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> and its Preparation Method for Catalyst Support of Water Gas Shift Reaction

Soon Jin Kwon, Nu Ri Jeon, Wang Lai Yoon<sup>†</sup>, Hyun Seog Roh<sup>‡</sup>, Kwang Bok Yi<sup>§\*</sup>  
 Graduate school of Green Energy Technology, Chungnam National University  
<sup>†</sup>Energy Conversion Process Research Center, KIER  
<sup>‡</sup>Department of Environmental Engineering, Yonsei University  
<sup>§</sup>Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University

폐기물 가스화 합성가스로부터 고품질 연료를 생산하기 위해서는 합성가스 내 CO를 CO<sub>2</sub>로 전환함과 동시에 H<sub>2</sub>를 생산할 수 있는 WGS(Water Gas Shift) 공정이 주로 사용된다. WGS 공정은 저온영역과 고온영역에서 진행되는데 저온에서는 높은 CO 전환율을 갖지만 반응속도가 느리기 때문에 촉매를 사용해야 한다. 촉매는 활성물질, 지지체, 증진제로 구성되는데 이때 지지체의 조성과 형태에 따라 촉매활성에 상당한 영향을 미칠 수 있다.

따라서 본 연구에서는 두 가지 금속산화물 SnO<sub>2</sub>와 TiO<sub>2</sub>를 복합시켜 촉매의 활성을 극대화할 수 있는 지지체를 개발하였다. 이때 TiO<sub>2</sub>는 로드형태의 구조체로 합성하여 비표면적을 증가시켰고 아나타제와 루타일 복합결정상 형태로 합성함으로써 밴드갭을 낮춰 전자가 빠르게 이동할 수 있는 통로를 제공하였다. SnO<sub>2</sub>는 전하이동속도가 빠르고 산소이온을 흡수할 수 있는 능력을 갖고 있기 때문에 촉매표면으로 전자가 재이동하여 재결합되는 현상을 방지하여 촉매활성물질 표면에 흡착된 일산화탄소를 불안정한 상태로 유지시켜 수증기와 빠르게 반응할 수 있도록 하였다.

본 지지체는 간단한 수열합성법을 이용하여 제조하였고 단일 금속산화물 지지체와 복합 금속산화물 지지체의 특성차이 및 TiO<sub>2</sub> 결정상태에 따른 특성차이를 확인하고자 SnO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>(루타일), SnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>(아나타제), SnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>(루타일-아나타제) 와 같은 조건으로 제조하였다. 촉매는 각각의 지지체 위에 Pt를 함침시켜 제조하였고 촉매특성평가 결과 200-300 °C의 저온영역에서 Pt/CeO<sub>2</sub> 촉매보다 높은 CO 전환률을 확인할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Bin Liu, Eray S. Aydil, "Growth of Oriented Single-Crystalline Rutile TiO<sub>2</sub> Nanorods on Transparent Conducting Substrates for Dye-Sensitized Solar Cells", *J. AM. CHEM. SOC.*, **131**, 3985-3990 (2009).
2. Chi-Hwan Han, Sang-Do Han, Ishwar Singh, Thierry Toupance, "Micro-bead of nano-crystalline F-doped SnO<sub>2</sub> as a sensitive hydrogen gas sensor", *Sensors and Actuators B*, **109**, 264-269, (2005).
3. Rui Si, Joan Raitano, Nan Yi, Lihua Zhang, Siu-Wai Chan, Maria Flytzani-Stephanopoulos, "Structure sensitivity of the low-temperature water-gas shift reaction on Cu-CeO<sub>2</sub> catalysts", *Catalysis Today*, **180**, 68-80, (2012).

## 스팀유동층 건조 장치에서 스팀의 유속이 저등급 석탄 건조율에 미치는 영향

김기영<sup>1</sup>, 이영우<sup>1</sup>, 선도원<sup>2†</sup>, 배달희<sup>2†</sup>, 박영철<sup>2†</sup>, 이승용<sup>2†</sup>, 조성호<sup>2†</sup>, 문종호<sup>2†</sup>, 신종선<sup>2†</sup>, 박재현<sup>2†\*</sup>,  
박재혁<sup>3‡</sup>  
충남대학교<sup>1</sup>, † 한국에너지기술연구원<sup>2</sup>, ‡ 연세대학교<sup>3</sup>  
(jhpark@kier.re.kr)

## The Effect of Steam Velocity on Drying Rate of Low-drying Coal in A Superheated Steam Fluidized Bed Dryer

Gi Yeong Kim<sup>1</sup>, Young-Woo Rhee<sup>1</sup>, Dowon Shun<sup>2†</sup>, Dal-Hee Bae<sup>2†</sup>, Young Cheol Park<sup>2†</sup>, Seung Yong Lee<sup>2†</sup>, Sung Ho Jo<sup>2†</sup>, Jong Ho Moon<sup>2†</sup>, Jong-seon Shin<sup>2†</sup>, Jaehyeon Park<sup>2†\*</sup>,  
Jae Hyeok Park<sup>3‡</sup>  
Chungnam National University<sup>1</sup>, Korea Institute of Energy Research<sup>†2</sup>,  
Yonsei University<sup>‡3</sup>  
(jhpark@kier.re.kr)

우리나라는 세계 석탄소비량 7위, 석탄 수입량 3위로 많은 양의 석탄을 수입하여 사용하고 있다. 그러나 최근 고등급 석탄의 가격 상승으로 인하여 석탄 수급이 불안정해졌다. 따라서 매장량이 풍부하고 세계적으로 널리 분포되어 수급이 비교적 쉬운 고수분 저등급 석탄에 대한 관심이 증가 하고 있다. 고수분 저등급 석탄의 경우 고등급 석탄에 비해 상대적으로 수분의 함량이 많으며 발열량이 적고 자연발화가 발생하는 특성을 가지고 있다. 이러한 저등급 석탄을 CCS(Carbon Capture and Storage)공정에서 발생하는 스팀과 이산화탄소를 이용하여 건조를 하게 된다면 에너지 효율을 최적화 하여 많은 경제적 이득이 있을 것으로 예상된다. 본 연구에서는 스팀의 유속이 고수분 저등급 석탄의 건조율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 스팀 유동층 건조 장치에서 실험을 수행하였다. 스팀유동층 건조에서 스팀의 유속과 온도가 석탄의 건조에 직접적인 영향을 준다고 파악된다. 따라서 스팀의 유속이 석탄의 건조율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 유속을 변수로 하여 실험하였으며, 스팀의 온도, 층높이 등을 변수로 하여 최적인 조건을 도출할 예정이다.

## He, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, water 기체 분리를 위한 Chabazite (CHA)-유형 제올라이트의 수열합성과 특성평가

김민지, Pankaj Sharma, 한문희, 조철희\*

충남대학교 녹색에너지기술전문대학원

본 연구에서는 기공직경이 3.8x3.8Å 으로 He, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, water 등 작은 기체 분자 흡착 또는 분리에 유효한 소재인 Chabazite(CHA) 제올라이트 분체를 제조하기 위한 합성 조건을 도출하고자 하였다. 이를 위해 2.25K<sub>2</sub>O : 0.1Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> : 1Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 4.45SiO<sub>2</sub> : 167H<sub>2</sub>O의 수열용액을 150°C에서 수열합성 하였고, 합성된 제올라이트는 X-ray diffraction(XRD), scanning electron microscope(SEM), electron diffraction spectroscopy(EDS) 분석 및 비표면적 측정 장치를 통해 흡착특성을 분석하였다. 그 결과, 순수한 CHA 제올라이트 입자가 형성된 것을 확인 하였고, 합성시간에 따른 결정체의 성장과정을 예측할 수 있었다. 또한 수증기 흡착에 대한 Brunauer-Emmett-Teller(BET) 분석 결과, 합성시간이 100시간일 경우 매우 높은 비표면적(3456.3m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>)을 나타내었으며, HK-plot 분석 결과 보고된 문헌과 매우 유사한 기공직경(0.34nm)을 갖고 있음을 확인 하였다. 향후 실험에서는 보다 순수한 CHA 제올라이트의 제조를 위한 최적 조건 수립과 He, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, water 등 작은 기체 분자 흡착 특성을 연구할 예정이다.

## 구조 유도 물질 18-crown-6를 이용하여 합성한 RHO 제올라이트 기공에서의 소형 가스 및 수증기의 흡착 연구

김범주, Pankaj Sharma, 한문희, 조철희\*  
충남대학교 녹색에너지기술전문대학원

제올라이트는 독특한 구조의 결정성 물질로서 결정 구조와 구성 원소에 기인한 고유한 성질이 있다. 제올라이트 골격은 실리콘과 알루미늄으로 이루어져 있다. 제올라이트의 세공은 모양과 크기가 모두 같아서 분자체 효과가 나타나며 이러한 특성으로 인해 제올라이트는 촉매, 흡착제, 세제의 첨가제 등으로 많이 사용된다. RHO 제올라이트는 작은 기공크기 (3.6 x 3.6 Å)와 낮은 Si/Al비 (2.5 - 3)를 갖는 알루미늄실리케이트 제올라이트이다. 이것은  $\alpha$ -cage의 체심 입방 배열로 구성된 구조를 가지며 double 8-rings (D8R)를 통해 상호 연결되어있다. 본 연구에서 합성한 순수한 RHO 제올라이트 입자는 구조 유도 물질인 18-crown-6를 사용하여 세습이온이 함유된 알루미늄실리케이트 겔로부터 합성되었다. 합성된 RHO 제올라이트의 내부에 존재하는 구조 유도 물질을 제거하기 위해 600°C에서 3시간 동안 하소하였다. SEM 분석을 통해 1차 입자의 직경은 약 30 nm이며 2차 입자의 직경이 약 1.2  $\mu$ m임을 확인 하였다. 또한, XRD 패턴 분석 결과 합성된 물질은 순수한 RHO 제올라이트임을 알 수 있었다. 게다가, 수증기 흡착 연구를 통하여 RHO 제올라이트가 높은 물 흡착량을 보이는 것을 확인 하였다. 더 나아가, 본 연구진은 RHO 제올라이트에서 수소, 질소, 이산화탄소와 메탄 등 소형 가스 흡착의 거동에 대해 연구할 계획이다.

## 유동층 공정에서 반응 온도에 따른 K-계열 흡수제의 CO<sub>2</sub> 흡수율에 관한 연구

김윤섭<sup>†</sup>, 이영우<sup>†</sup>, 조성호<sup>‡</sup>, 이창근<sup>‡\*</sup>  
<sup>†</sup>충남대학교, <sup>‡</sup>한국에너지기술연구원  
(ckyj@kier.re.kr)

## Effect of Reaction Temperature on CO<sub>2</sub> Absorption of a K-based Absorbent in the Fluidized-bed Reactor

Yoon-Seob Kim<sup>†</sup>, Young-Woo Rhee<sup>†</sup>, Sung-Ho Jo<sup>‡</sup>, Chang-Keun Yi<sup>‡\*</sup>  
<sup>†</sup>Chungnam National University Graduate School of Green Energy Technology,  
Daejeon, 306-764, Korea  
<sup>‡</sup>Korea Institute of Energy Research, Daejeon, 305-343, Korea  
(ckyj@kier.re.kr)

기상이변, 해수면 상승, 강수량의 변화, 지구의 사막화 등을 초래하는 지구온난화현상의 원인중 하나로 화석연료 사용으로부터 나오는 CO<sub>2</sub>가 있다. 최근, CO<sub>2</sub>를 포집하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. CO<sub>2</sub> 포집기술 중 하나로 연소후 포집기술이 있다. 연소후 포집기술에서 건식흡수제를 사용할 경우 반응기 내부의 온도는 중요한 요소 중 하나이다. 반응기 내부의 온도가 너무 높아질 경우 CO<sub>2</sub> 흡수율이 감소하는 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 반응기 내부의 온도에 따른 흡수제의 CO<sub>2</sub> 흡수율을 알아보기 위한 실험을 진행하였다. 실험은 내경 0.05m, 높이 0.8m로 제작된 회분식 유동층 반응기에서 진행되었다. 흡수반응시 유동화 가스로는 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O를 실험 조건에 맞게 조절해 주고 N<sub>2</sub>로 균형을 맞추어 사용하였다. 재생반응시 유동화 가스로는 N<sub>2</sub>만을 주입해 사용하였다. 반응기 내부 온도는 내부의 전기 Heater를 통해 조절해 주었다. 반응 온도는 60℃, 70℃, 80℃, 90℃, 100℃ 로 각 각 유지하여 진행하였다. 실험 결과 반응기 내부의 온도가 증가 할수록 CO<sub>2</sub> 흡수율이 감소하는 경향을 나타내었다.

Keyword: CO<sub>2</sub> 포집, 반응기 내부 온도, 유동층

## 다양한 RedOx solution을 이용한 RED 발전장치의 전력밀도 연구

나중찬, 김한기<sup>†</sup>, 양현경<sup>†</sup>, 김태환<sup>‡</sup>, 한문희<sup>\*</sup>

충남대학교 녹색에너지기술전문대학원, <sup>†</sup>한국에너지기술연구원 JGRC,

<sup>‡</sup>한국에너지기술연구원 에너지융합소재연구센터

본 연구에서는 해수에 내재되어있는 염화나트륨을 나트륨 이온과 염소 이온으로 분리해 전기를 생산하는 역전기투석발전(Reverse Electro-dialysis: RED)을 수행 하였다. 역전기투석발전이란 이온교환막을 통해 전압이 생성되고 이에 전자가 힘을 얻어 외부도선으로 흐르게 되면서 전기가 발생하는 원리이다. 본 실험에서 이온교환막으로는 Fumasep FAD and FKD를 사용하였고, Rinse Solution은  $K_4Fe(CN)_6$ (0.05 mol/L),  $K_3Fe(CN)_6$ (0.05 mol/L)와  $Na_2SO_4$ (0.5 mol/L)를 혼합하여 사용하였다. 셀 내부에 걸리는 유체 흐름 저항을 줄여주기 위해, 두께 200  $\mu$  m Cross over type의 Spacer를 사용하였으며, Electrode cell은 Graphite로 제작되었다. Sodium Chloride 시약으로 제조한 염수(30 g NaCl/L: 47.6 mS/cm)와 담수(0.25 g NaCl/L: 506  $\mu$ S/cm)를 5 cell (10x10 cm)에 투입하여 Power density 1.69 W/m<sup>2</sup>를 얻을 수 있었다. Power density의 효율을 증가시키기 위해서는 이온교환막의 선택도, 셀 내부의 저항, 유속 그리고 농도의 조건이 중요하다. 이 논문에서는 유량 및 염수의 농도와 RedOx 반응을 유도하기 위한 NaCl,  $Na_2SO_4$ , hexacyanoferrate 전극용액을 사용하여 RED의 Power density에 미치는 영향을 분석하였다.

### 참고문헌

1. J. Veerman, M. Saakes, S.J Metz and G.J Harmsen, "Reverse electro-dialysis: evaluation of suitable electrode systems," Journal of Applied Electrochemistry, 40, 1461-1474 (2010)
2. J. Veerman, M. Saakes, S.J Metz and G.J Harmsen, "Reverse electro-dialysis: performance of a laboratory device with 50 cells on the mixing of sea and river water," Journal of Membrane Science, 327, 136-144 (2009)

## 용융염 전해정련 시 혼합염 조성비 (LiF-KF : KCl-LiCl)에 따른 Zr/Hf 분리거동

박동재, 김승현, 문종한<sup>†</sup>, 윤주필<sup>†</sup>, 이종현<sup>\*\*</sup>  
 충남대학교 녹색에너지기술전문대학원, <sup>†</sup> 한전원자력연료,  
<sup>‡</sup> 충남대학교 공과대학 나노소재공학과

### Zr/Hf separation behavior by using mixed molten salt(LiF-KF : LiCl-KCl) electrorefining

Dong Jae Park, Seoung Hyun Kim, Jong Han Mun<sup>†</sup>, Ju Phil Yun<sup>†</sup>, Jong Hyeon Lee<sup>\*\*†</sup>  
 Graduate School of Green Energy Technology, Chungnam National University  
<sup>†</sup>Kepeco Nuclear Fuel Company Ltd.  
<sup>‡</sup>Department of Advanced Materials Engineering, Chungnam National University

원자력 발전 시 핵연료 피복관 소재로 사용되는 지르코늄은 낮은 중성자 흡수단면적, 높은 인성 그리고 고융점 등의 1차 계통 소재로 사용하기에 적합한 특성을 가지고 있다. 원자로급 지르코늄 제조 시에는 원광 지르코늄에 1~5%를 포함하는 하프늄을 분리 공정이 매우 중요하다. 하프늄은 평균적으로 지르코늄에 비해 중성자를 600배나 잘 흡수하여 원자로 제어봉에 사용되고 있다. 이와 같이 원자로에서의 지르코늄과 하프늄의 역할이 다르기 때문에 지르코늄과 하프늄은 철저히 분리하여 사용해야 하지만, 하프늄의 원자크기와 화학적 성질이 지르코늄과 비슷하여 분리하기가 어렵다. 분리방법으로는 수용액상과 비수용액상에서의 분리가 구분되며 수용액상에서의 분리방법은 극독성과 공해문제가 단적으로 지적되며, 비수용액상에서의 방법은 고온, 고압하에서의 조업으로 공정상의 복잡성과 경제성이 문제점으로 지적되고 있다.

따라서 본 연구에서는 유해물질인 염소가스와 금속환원제 사용이 불필요한 용융염 전해정련법을 이용하여 지르코늄에 포함된 하프늄을 분리하는 연구를 수행하였다. 사용된 염은 혼합염을 사용하였으며, 조성비에 따른 지르코늄/하프늄의 분리 및 전기화학적 거동(Cyclic Voltammetry, Chrono potentiometry)을 분석하였다, ICP분석을 통해 전착물의 성분과 하프늄의 농도를 측정하였으며, SEM을 이용하여 미세구조를 관찰하였다, 그리고 XRD를 통해 전착물의 특성을 다각적으로 평가하였다.

Keyword : Electrorefining, Molten salt, Zirconium, Hafnium, Separation

## Novel chemosensor based on rhodamine 6G sensing toward $\text{Hg}^{2+}$

Junemin Park<sup>1</sup> and Young-A Son<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Advanced Organic Materials and Textile System Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

\*e-mail: yason@cnu.ac.kr

Rhodamine dyes belong to xanthene family have excellent photostability and photophysical properties. In rhodamine dyes, Rhodamine 6G and its precursors also have xanthene chromophore and it shows high fluorescein quantum yield. Rhodamine 6G precursors are simple to synthesis and its high sensitivity and water solubility are suitable as good chemosensor. In this regard, Rhodamine 6G precursors which have selectivity to specific metal cation can be used to detect various heavy metal ions.

In this study, rhodamine 6G derivatives were synthesized by reaction of rhodamine 6G hydrazide and glyoxal and 4-phenyl thiosemicarbazide. This novel chemosensor was analyzed and measured on UV-Vis and fluorescence spectrophotometer. HOMO/LUMO values were also calculated by computational calculation.

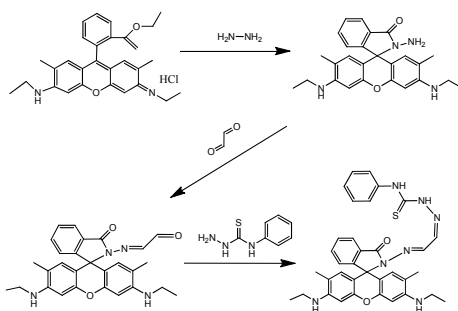


Fig.1 Synthesis of Rhodamine 6G derivatives

### References

1. A.Guerri, F.Costela, A.Figuera, J.M.Florido, F.Sastre,R. Sastre, Laser Action from Rhodamine 6G-doped Poly (2-hydroxyethyl methacrylate) Matrices with Different Crosslinking Degrees, *Chem. Phys. Lett.*, 209, 352-356 (1993).
2. S.B.O'Reilly, B.Lettmeier, R.M.Gothe, C.Beinhoff, U.Siebert, G.Drasch, Mercury as a Serious Health Hazard for Children in Gold Mining Areas, *Environmental Research*, 107, 89-97 (2008).
3. Noeltling, E., Dziewonsky, K. B. Dtsch, Zur Kenntniss Der Rhodamine, *Chem. Ges.*, 38, 3516-3527 (1905).
4. L.F. Zhang, J.L.Zhao, X.Zeng, L.Mu, X.K. Jiang, M.Deng, J.X.Zhang, G.Wei, Tuning with pH:
- 5) The Selectivity of a New Rhodamine B Derivative Chemosensor for  $\text{Fe}^{3+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$ , *Sensors and Actuators B*, 160, 662- 669 (2011).
- 6) 5. K.P.Prathish, D.James, J.Jaisy, T.P Rao, Dual Optoelectronic Visual Detection and Quantification of Spectroscopically Silent Heavy Metal Toxins: A Multi-measurand Sensing Strategy Based on Rhodamine 6G as Chromo or Fluoro Ionophore, *Analytica Chimica Acta*, 647, 84-89 (2009).
- 7) 6. Y. Ma, X.T. Zhang, Z.S. Guan, Y.A. Cao, J.N. Yao, Effects of Zinc(II) and Iron(III) Doping of Titania Films on Their Photoreactivity to Decompose Rhodamine B, *Journal of Materials Research*, 16, 2928-2933 (2001).
- 8) 7. X. Chen, T. Pradhan, F. Wang, J.S. Kim, J.Yoon, Fluorescent Chemosensors Based on Spiroring-Opening of Xanthenes and Related Derivatives, *Chem. Rev.*, 112, 1910-1956 (2012).



## 유동층 반응기에서 WGS 촉매의 CO 전환율에 미치는 내부 구조물의 영향

박지혜<sup>†</sup>, 김하나<sup>‡</sup>, 이동호<sup>‡</sup>, 류호정<sup>†‡\*</sup>, 이영우<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>충남대학교 녹색에너지기술전문대학원  
<sup>‡</sup>한국에너지기술연구원

## Effect of Bed Insert on CO Conversion of WGS Catalyst in a Fluidized Bed Reactor

Ji-Hye Park<sup>†</sup>, Ha-Na Kim<sup>‡</sup>, Dong-Ho Lee<sup>‡</sup>, Ho-Jung Ryu<sup>†‡\*</sup>, Young-Woo Rhee<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>Chungnam National University Graduate School of Green Energy Technology,  
 Daejeon, 306-764, Korea  
<sup>‡</sup>Korea Institute of Energy Research, Daejeon, 305-343, Korea

회수증진 수성가스화(Sorption Enhanced Water Gas Shift) 공정은 합성가스로부터 수소를 생산하고, CO<sub>2</sub>를 공정 내에서 원천적으로 회수하는 기술이다. WGS 촉매는 합성가스에 포함된 CO를 H<sub>2</sub>로 전환시키며, 그 결과 발생한 CO<sub>2</sub>는 흡수제를 이용하여 포집한다. 흡수제에 포집된 CO<sub>2</sub>의 재생을 위하여 CO<sub>2</sub> 흡수제가 SEWGS 반응기와 재생반응기 사이를 순환하면서 CO<sub>2</sub> 흡수-재생반응을 반복하게 된다. 한편, 재생반응기는 SEWGS 반응기보다 높은 온도에서 조업되며, CO<sub>2</sub> 흡수제를 재생시키는 역할을 하는 반응기로서 WGS 촉매는 별다른 반응을 거치지 않게 된다. 따라서 WGS 촉매의 고온노출에 의한 활성저하를 방지하기 위해서 WGS 촉매는 SEWGS 반응기에만 존재하고, CO<sub>2</sub> 흡수제만 선택적으로 재생반응기로 순환시켜 재생반응을 할 수 있는 공정구성이 필요하다. 하지만 현재까지 개발된 유동층 SEWGS 시스템의 경우 두 입자(촉매, 흡수제)가 함께 순환하는 공정을 사용하고 있다. 본 연구에서는 WGS 촉매를 SEWGS 반응기에만 존재하도록 하기 위한 연구로서 내부 구조물의 모양 변화에 따른 CO 전환율의 변화를 측정 및 고찰하였으며 흡입물의 변화에 따라 흡입물 외부의 유속변화에 따른 층 압력강하를 측정하여 주입된 기체의 주된 흐름방향을 분석하였다.

Keywords: SEWGS, WGS, Catalyst, CO conversion, Bed insert

## Removal and Probing of Highly Toxic Mercury using Complex Formation with Biothiols in Aqueous Medium

Sang-Ho Son,<sup>†</sup> Yongkyun Kim,<sup>‡</sup> Taek Seung Lee<sup>\*,†,‡</sup>

Organic and Optoelectronic Materials Laboratory, <sup>†</sup> Graduate School of Green Energy Technology,

<sup>‡</sup> Department of Advanced Organic Materials and Textile System Engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Biothiols such as cysteine, homocysteine and glutathione play important roles in biology. For instance, they are participating in the process of reversible redox reactions so that they can maintain the homeostasis of the human body.

Elevated levels of homocysteine have been associated with a number of disease states. For example, a high level of blood serum homocysteine is a powerful risk factor for Alzheimer's and cardiovascular disease. In the other hand, deficiency of cysteine have been associated with hair depigmentation, edema, retarded growth, lethargy, liver damage, skin lesions, and weakness. For these reasons, detection of homocysteine and cysteine becomes important.

We have synthesized a new fluorescent probe via Suzuki coupling reaction, and it has the aldehyde functional group in order to react biothiols. The reaction of an aldehyde with homocysteine or cysteine was reported to form a thiazinane or a thiazolidine ring, respectively. In the last step of the synthesis, positive charge has been introduced in the side chain of the fluorescent probe in order to have solubility in the water so it does not need the use of organic solvent.

In addition, our new fluorescent probe can be used to detect mercury which is a heavy metal and highly toxic to human health and environment. Because mercury and cysteine can form stable complexes, we could evaluate the amount of mercury by comparing fluorescence intensity change.

## Efficient trapping of single microparticle in microfluidic system

Kang Song, Heon-Ho Jeong, Sung-Chan Jang and Chang-Soo Lee \*

Department of Chemical Engineering, Chungnam National University, 220 Gung-Dong, Yu-Seong Gu,  
Daejeon, 305-764, Korea

\*Corresponding author: rhadum@cnu.ac.kr, Phone: +82-42-821-5896, Fax: +82-42-822-8995

Micro particles trapping are critical to diverse analysis in chemistry and biology. Microfluidic-based array system are widely used for providing efficient analysis platform. To manipulate single-particles, fluid dynamics in microfluidic device have been developed for fabrication of micro particle array. In here, we present a microfluidic-based single-particle array with enhanced efficiency of single-particle trapping. Upon optimization of single-particle trapping, we evaluate the effect of trap geometries and flow rate to increase efficiencies of single particle trapping. The micro particle efficiencies are different in flow rate and trap geometries. Thus, we found the optimal flow rate and trap geometry with high efficiency of single-particle trapping. Therefore, this microfluidic device could offer a platform for a wide range of applications such as chemical reaction, single cell based assay and cell biology.

### 참고문헌

- [1] Wei-Heong Tan and Shoji Takeuchi, "A trap-and-release integrated microfluidic system for dynamic microarray applications", PNAS 104 (4) 1146-1151 (2007)
- [2] Jean-Philippe Frimat, Marco Becker, Ya-Yu Chiang, Ulrich Marggraf, Dirk Janasek, Jan G. Hengstler, Joachim Franzke and Jonathan West, "A microfluidic array with cellular valving for single cell co-culture", Lab Chip, 231-237 (2011)
- [3] Sochol RD, Dueck ME, Li S, Lee LP, Lin L, "Hydrodynamic resettability for a microfluidic particulate-based arraying system", Lab Chip, 7;12(23):5051- 6 (2012)

## NaA 제올라이트의 증기 흡착속도 연구

송주섭, 한문희, 조철희\*

충남대학교 녹색에너지기술전문대학원

제올라이트는 단일크기의 미세기공이 규칙적으로 형성되어 있고 기공크기, 극성크기에 따라 흡착 물질의 분자를 선택적으로 흡착하며 친수성 분자 및 극성분자에 대해 우수한 흡착성능을 나타낸다. 따라서 흡착제로서 분리공정에 많이 사용되고 있다. NaA제올라이트는 Si/Al 비율이 1로써 매우 강한 친수성을 나타내며 LTA(Linde type A)구조로 분류되고 조성은  $\text{Na}_{12}[(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}]z\text{H}_2\text{O}$ 로 이루어져 있다. 또한 NaA 제올라이트 세공 내에 존재하는 양이온의 종류에 따라  $\text{K}^+$ (3A, KA)인 경우  $3.8\text{\AA}$ ,  $\text{Na}^+$ (4A, NaA)인 경우  $4.1\text{\AA}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ (5A, CaA)인 경우  $4.3\text{\AA}$ 로 기공크기가 변하며 따라서 기공크기에 따라 각각 다양한 범위의 분리공정에서 응용되고 있다. 따라서 본 연구는 NaA제올라이트의 물과 알코올에 대한 흡착속도 및 흡착 특성에 대한 학문적인 탐구를 위한 과정으로 서로 다른 직경을 갖는 NaA 제올라이트의 기공 크기에 따른 증기 흡착속도를 비교하였다. 이를 위해 비표면적 측정장치를 이용하여 흡착실험을 진행하였고, Linear driving force 원리를 통해 NaA제올라이트 입자별 증기 흡착을 통한 속도를 측정하여 비교하였다. NaA제올라이트의 수증기 흡착속도는 NaA 제올라이트 입자의 기공크기에 의존하며, 랭뮤어 흡착등온선의 형태를 나타내었고,  $290\text{ Va/cm}^3\text{g}^{-1}$ 에서 흡착평형이 이루어짐을 확인하였다.

## Effects of Surface Treatment using Electron Beam Irradiation on Soft Carbon for Li Rechargeable Batteries

Ja Hwa Ahn, Byung Cheol Lee<sup>†</sup>, Sang-Ick Lee<sup>‡</sup>, Kanamura Kiyoshi<sup>‡</sup>, Sung-Soo Kim<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Graduate School of Green Technology, Chungnam National University, 305-764, Daejeon, Republic of Korea

<sup>†</sup>Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-353, Republic of Korea

<sup>‡</sup>GS Energy, CRD Center, Daejeon 305-380, Republic of Korea

<sup>‡</sup>Department of Applied Chemistry, Tokyo Metropolitan University, Tokyo 192-0397, Japan

Soft carbon has low capacity than the graphite which is currently used as anode material for Li rechargeable batteries, but soft carbon has been developed for specific application due to its unique properties as high surface area and high-output characteristics. However, it is well known that it has high irreversible capacity of soft carbon due to interfacial defects and low crystallinity on the surface, is one of the critical drawbacks to commercialization as a negative electrode material for lithium secondary battery. [1]

The electrochemical performances might be improved by the interfacial process renovation as well as the electrode material modification. Several electrode materials have reported the remarkable improvement of electrochemical performances by surface treatment. [2]

In this study, we want to investigate the influence of surface treatment on the electrochemical performance of soft carbon, such as irreversible capacity, rate capability and high temperature performance, which is related the charge transfer component of electrode.

Here, we adopted the E-beam irradiation method[3] for surface treatment on soft carbon, which is reported its feasibility in various field, recently. Furthermore, we have measured the single particle performance of soft carbon, to elucidate the charge transfer process of soft carbon.

### **References**

1. Norio Takami, Asako Satoh, Michikazu Hara, and Takahisa Ohsaki, J.Electrochem. Soc., 142,371(1995)
2. S-S Kim, Y.Kadoma, H.Ikuta, Y.Uchimoto and M.Wakihara, Electrochemistry, 69,830(2001)
3. Min Kim, Jun-Young Shon, Young Chang Nho, Tae-Woo Lee, and Jong Hyeok Park, J.Electrochem. Soc., 157,A31(2010)

## Surveying experimental factors patterning of proteins using microvalve system

Naye Eom and Chang-Soo Lee \*

Department of Chemical Engineering, Chungnam National University, 220 Gung-Dong, Yu-Seong Gu, Daejeon, 305-764, Korea

\*Corresponding author: rhadam@cnu.ac.kr, Phone: +82-42-821-5896, Fax: +82-42-822-8995

We fabricate microfluidic MITOMI chip for patterning biomolecules and screening chemical reaction. We can selectively control the patterning of reactive spot areas in the microarray chip through actuating the pressure-controlled button valves. The pressurized button valves play a role as mechanical blocking for selective patterning. To demonstrate feasibility of selective patterning, we use BSA, and fluorescence tagged BSA (FITC-BSA). According to sequential steps, first, button valves are deformed to block the channel and generate the spot under pressure and followed by flushing the BSA. second, releasing the button valves followed by flowing FITC-BSA. The various spot areas are controlled by varying pressure providing manipulation of biomolecular patterning area. This method has many advantages such as requiring small sample volumes, operating on-chip and carrying out high throughput screening. We expect that our versatile MITOMI chip is potentially applicable to controlled patterning areas with various biomolecules, single cell analysis including in situ observation and their biomolecular chemical reaction.

### 참고문헌

- [1] Sebastian J. Maerkl and Stephen R. Quake, "A systems Approach to Measuring the Binding Energy Landscapes of Transcription Factors", *Science*, 315, 233 (2007)
- [2] Chunhong Zheng, Jingwen Wang, Yuhong Pang, Jianbin Wang, Wenbin Li, Ziggang Ge and Yanyi Huang, "High-throughput immunoassay through in-channel microfluidic patterning", *Lab chip*, 12, 2487-2490 (2012)
- [3] Jose L. Garcia-Cordero and Sebastian J. Maerkl, "Multiplexed surface micropatterning of proteins with a pressure-modulated microfluidic button-membrane", *Chem. Commun*, 49, 1264 (2013)

## **Possibility of Quaternized Poly(4-vinyl pyridine) as Anion Exchange Membrane Material for All-Vanadium Redox Flow Batteries**

**Seok Hyeon Lee<sup>1</sup>, Jeong Soo Kim<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup> Graduate School of Green Energy Technology, 99 Daehack-Ro, Daejeon 305-764, South Korea

<sup>2</sup> Department of Polymer Science and Engineering, Chungnam National University, 99 Daehack-Ro , Daejeon, 305-764, South Korea

\*jskim@cnu.ac.kr

The ion exchange membrane is one of significant part of redox flow batteries. These days, cation exchange membranes (CEMs) are mainly used in all-vanadium redox flow batteries because of their high ion conductivity and chemical stability such as Nafion. However CEMs have a critical flaw to pass vanadium ions. It causes decline of battery capacity. To resolve this disadvantage, quaternized poly(4-vinyl pyridine) (QPVP) that contains hetero rings as pendant group was selected. It be used as an anion exchange membranes (AEMs) material. The QPVP was made for N-allylation of poly(4-vinyl pyridine) with allyl bromide, then alkalized by soaking it in potassium hydroxide (KOH) solution. The QPVP's structure made certain that by FT-IR spectroscopy and proton-NMR. The ionic conductivity of hydroxide anion was analyzed in correlation between the morphology and the polarity of a medium.

**Key words** : *all-vanadium redox flow battery, anion exchange membrane, quaternized poly(4-vinyl pyridine)*

## SiON박막 증착시 NH<sub>3</sub>와 N<sub>2</sub>O비율에 따른 박막 특성 변화

조국현, 장효식<sup>†</sup>

충남대학교 녹색에너지기술전문대학원

### The characteristic change by the ratio of nitrous oxide and ammonia in SiON thin film deposition

Kuk-hyun Cho, Hyo-sik Chang<sup>†</sup>

Chungnam university Graduated school of green energy technology

SiON(Silicon oxynitride) 박막은 SiN<sub>x</sub> 박막을 대신해 태양전지 반사방지막과 후면 barrier 막으로 사용되어지고 있다. SiON 증착은 SiN<sub>x</sub>증착 조건에서 N<sub>2</sub>O 가스를 첨가함으로 증착되어지고 N<sub>2</sub>O 가스 비율을 높임에 따라 반사율과 굴절을 그리고 유효반송자 수명의 변화를 가져온다. 따라서 실험을 통해 가스 비율의 변화에 따른 막의 특성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

본 연구에서는 공정을 위해 156×156 mm<sup>2</sup>, 200 μm, 0.5-3.0 Ω·cm and p-type 단결정 실리콘 웨이퍼를 사용하였고, SiON 막을 올리기 전에 KOH 8.5% 용액으로 SDR을 실행하였다. RF-PECVD 장비로 박막을 증착하기 위해 반응기 온도는 400℃, 플라즈마 RF power는 200W, 반응기 내부의 압력을 400mtorr로 고정시켰다. SiH<sub>4</sub>/NH<sub>3</sub>/N<sub>2</sub>는 각각 25/50/300sccm 고정 하였으며 N<sub>2</sub>O 가스량을 조절하여 막의 특성을 변화 시켰다. EDS 측정으로 가스 유량비에 따른 박막의 성분비를 파악 하였고, 반사광 측정 장비인 Reflectometer 장비로 막의 두께와 굴절을, 반사율을 측정하였다. Sun-Voc 장비로 반송자 수명을 측정하여 SiN<sub>x</sub>막과 SiON 막의 태양 전지의 표면결함 패시베이션 정도를 알아보았다.



## 등온상태에서의 ECO탄의 최-이산화탄소 저온촉매가스화의 반응특성

황순철, 김상겸, 박지윤<sup>†</sup>, 이도균<sup>†</sup>, 이상현<sup>†</sup>, 조종훈<sup>‡</sup>, 이시훈<sup>‡</sup>, 유지호<sup>‡</sup>, 이영우<sup>\*</sup>  
 충남대학교 녹색에너지기술전문대학원  
 충남대학교 바이오응용화학과<sup>†</sup>  
 한국에너지기술연구원<sup>‡</sup>  
 충남대학교 화학공학과<sup>\*</sup>

### Kinetics of ECO Char-CO<sub>2</sub> Catalytic Gasification at Low Temperature under Isothermal Condition

Soon Cheol Hwang, Sang Kyum Kim, Ji Yun Park<sup>†</sup>, Do Kyun Lee<sup>†</sup>, Si Hoon Lee<sup>‡</sup>, Ji Ho Rhu<sup>‡</sup>, Young Woo Rhee<sup>\*</sup>

Graduate school of green energy technology, Chungnam National University  
 Department of Applied Chemistry and Biological Engineering, Chungnam National University<sup>†</sup>  
 Korea Institute of Energy Research<sup>‡</sup>

석유의 가격이 연일 상승하고, 기후변화협약과 환경 규제 강화에 따라 석유나 천연가스를 대체할 새로운 청정에너지 기술의 개발의 중요성이 증가하고 있다. 물론 화석에너지를 대체할 수 있는 태양에너지, 풍력에너지, 신재생에너지 등 여러 대체에너지는 있지만 계속해서 증가하고 있는 에너지 수요를 충족할 수 있을 정도는 아니다. 따라서 대부분의 에너지는 아직 화석연료에 의존할 수밖에 없다.

석탄은 매장량이 풍부하고, 전 세계적으로 고루 분포되어 있을 뿐만 아니라 가격도 저렴하여 석유를 대체할 수 있는 자원으로 가치가 높게 평가되고 있다. 하지만 석탄은 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, 이산화탄소를 배출하여 지구온난화와 같은 환경오염을 일으킨다. 따라서 석탄을 이용하여 촉매가스화 기술과 같은 청정기술로 개발하는 것은 매우 중요하다.

석탄가스화란 고온에서 석탄을 열분해 시켜서 최로 만든 후, 산소, 이산화탄소, 수증기를 주입하여 일산화탄소와 수소가 주성분인 합성가스를 만드는 것이다. 이렇게 만들어진 합성가스는 정제한 후 가스터빈 및 증기터빈을 구동하는 친환경 발전기술로 개발이 가능하다. 이를 석탄 가스화복합발전 (IGCC: integrated gasification combined cycle)이라 한다. 하지만 기존의 석탄가스화는 고온, 고압에서 반응이 이루어지기 때문에 에너지 효율면에 있어서 적당하지 못하다. 따라서 저온에 반응할 수 있도록 촉매를 첨가하여 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 열중량분석기를 이용하여 회분함량과 수분함량이 높은 저급탄에 대하여 등온상태에서 저급탄의 저온촉매가스화의 반응특성을 알아보았다. 연구에 사용된 저급탄으로는 인도네시아산의 ECO탄으로 선정하였으며, 저급탄의 가스화 효율을 높이기 위해 알칼리촉매(K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)와 알칼리 토금속 촉매(CaCO<sub>3</sub>), 천연광물(Dolomite), 비촉매를 사용하여 촉매가 미치는 영향을 알아보았다. 촉매와 섞인 저급탄은 질소분위기에서 열분해 과정을 거쳐 최 상태로 만들었고, 등온 반응조건(750 ~ 900 °C)에서 분위기를 바꾸고자 이산화탄소를 주입하여 촉매가스화의 반응특성을 알아보았다.

## CB[6] 펠렛의 흡·탈착 파과 특성

심중보<sup>†</sup>, 조철희<sup>†</sup>, 문중호<sup>††</sup>  
<sup>†</sup> 충남대학교 녹색에너지기술전문대학원  
<sup>††</sup> 한국에너지기술연구원

염산에서 cucurbit[6]uril(CB[6])의 재결정화에 의해 제조된 MOF(Metal organic framework)는 대기압에서 높은 CO<sub>2</sub> 흡착량을 보인다. 우리는 이전 연구에서 MSB(Magnetic suspension balance)로 4성분 기체(CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>)의 흡착 실험하여 CB[6] 파우더의 흡착특성과 흡착평형을 연구하였고, FORTRAN과 MATLAB을 이용하여 시뮬레이션을 구하였다.

본 연구는 CB[6]를 실제 공정의 적용가능성을 알아보기 위해 테프론과 2-mthyl-1-propanol을 조합하여 펠렛을 제조하였다. 제조된 펠렛으로 SEM과 EDS 분석을 통해 표면특성을 연구하였고, TGA와 XRD를 통해 열적 안정성을 분석하였다. 그리고 MSB 장비를 사용하여 흡착특성, 단일탑 VPSA(vacuum pressure swing adsorption) 장비를 사용하여 파과특성을 연구하였다. 또한 상용 흡착제와 비교하여 CB[6] 펠렛의 흡착성능을 비교하였다.

## 팜 잔사유(PFAD)를 이용한 저등급 석탄의 저온산화 특성 분석

박인수<sup>†\*</sup>, 전동혁<sup>‡</sup>, 김상도<sup>‡</sup>, 최호경<sup>‡</sup>, 유지호<sup>‡</sup>, 임정환<sup>‡</sup>, 임영준<sup>‡</sup>, 이시훈<sup>‡</sup>, 이영우<sup>‡</sup>  
 충남대학교 녹색에너지기술전문대학원,<sup>†</sup> 한국에너지기술연구원,<sup>‡</sup>

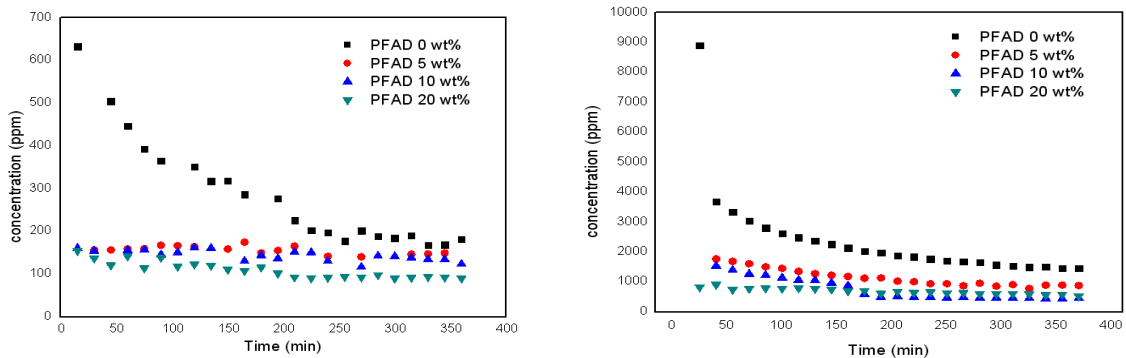
본 연구에서는 팜 잔사유를 이용하여 저등급 석탄의 저온산화 특성 여부를 알아보았다. 인도네시아 저등급 석탄인 Eco탄을 사용하였고, palm fatty acid distillate (PFAD)를 혼합 시킨 후 건조를 하였다. Eco탄에 PFAD를 혼합 후 107 °C 질소분위기에서 건조 하였으며 그 후에 안정화 특성을 평가하였다. crossing-point temperature (CPT) 측정을 통해 안정화되는 경향을 확인 하였으며, 저온산화 실험을 통해 CO<sub>2</sub>, CO 가스 배출량이 건조석탄보다 PFAD를 혼합한 석탄이 감소하는 것을 확인하였다.

**Table 1.** Proximate, ultimate analysis and calorific value of Eco raw coal and upgrading coal (\*: as received, \*\*: dry & ash-free)

Sample (wt%)	Moisture	Volatile matter	Ash	Fixed carbon	C	H	O	N	S	Calorific value (kcal/kg)
Raw coal	29.95	36.57	4.27	29.21	69.85	4.53	20.55	0.79	0.01	4,192
PFAD 0	0.35	53.68	5.73	40.23	67.60	4.61	20.74	1.16	0.14	5,912
PFAD 5	0.12	58.72	4.85	36.30	69.80	5.16	18.96	1.12	0.09	6,115
PFAD10	0.09	61.81	4.71	33.37	70.90	5.91	17.32	1.06	0.09	6,509
PFAD20	0.56	64.19	3.88	71.77	71.70	6.63	16.67	1.00	0.08	6,943

**Table 2.** PORAM Standard Specifications for PFAD.

Parameter	Specification	Method
Free Fatty Acid	70 % Min	AOCS Ca 5a-40
Palmitic Saponifiable Matter	95 % min	AOCS Ca 6a-40 modified
Moisture and Impurity	1.0% max	AOCS Ca 2e-84 AOCS Ca 31-46



**Fig. 1.** Changes in the formation rate of CO<sub>2</sub> at (a) 70°C, (b) 100°C.

## 액체음극 비스무스에서의 표면처리된 세라믹 재료의 안정성 평가

김대영, 심준보<sup>†</sup>, 황일순<sup>‡</sup>, 이종현충남대학교 녹색에너지기술전문대학원 녹색에너지기술학과, <sup>†</sup> 한국원자력연구원, <sup>‡</sup> 서울대학교  
원자핵공학과Stability of the surface treated ceramic material in liquid  
bismuth cathodeDaeYoung Kim, JunBo Sim<sup>†</sup>, IlSun Hwang<sup>‡</sup>, JongHyeon LeeGraduate school of green energy technology, Chungnam national university, <sup>†</sup>Korea  
Atomic Energy Research Institute(KAERI), <sup>‡</sup>Nuclear engineering, Seoul national  
university

The nuclear power plant is powerful energy source in the world. The spent fuels are caused after burn up in the plants. Wet process is used to recycle the spent fuels. As an alternative way of wet reprocess of spent nuclear fuel, pyroprocessing is known as novel methods of waste processing that has proliferation resistance. One of the critical matters of pyroprocessing is a ceramic crucible that contains the Liquid Bismuth Cathode (LBC) in electrowinning process. The ceramic crucible containing liquid bismuth cathode is chemically unstable. In order to enhance the stability of ceramic crucible, laser processing which is a common method of the surface treatment is used. The melted ceramic crucible surfaces recrystallize. The laser treatment were believed to produce glassy phase which has less roughness than as received sample. The surface morphology and cross-section of the treated samples were analyzed using scanning electron microscopy (SEM) and its wettability was measured by using liquid bismuth cathode on the surface treated ceramic. Intrusion of LBC element on ceramic materials is analyzed using x-ray photoelectron spectroscopy(XPS).

## Mg 내식성 향상을 위한 Ionic Liquid 기반 Al 전해 도금법 연구

유병욱<sup>1</sup>, 조성석<sup>2†</sup>, 이종현<sup>2†\*</sup>

충남대학교 녹색에너지기술전문대학원<sup>1</sup>, <sup>†</sup>충남대학교 나노소재공학과<sup>2</sup>

### Al electro plating on Mg for increasing corrosion resistance

Bung-Uk Yoo<sup>1</sup>, Seong-Seock Cho<sup>2†</sup>, Jong-Hyeon Lee<sup>2†\*</sup>

Graduate School of Green Energy Technology, Chungnam National University,

<sup>†</sup>Nanomaterials engineering, Chungnam national university

마그네슘 합금은 기계적 물성과 밀도대비 강도가 좋은 소재로 알려져 있으나 낮은 부식저항성 때문에 그 활용가치가 떨어진다. 하지만 최근 마그네슘의 부식을 억제하여 자동차의 안전 골조나 타이어 휠, 산업 구조재로 사용되면서 에너지의 효율성을 증대 시킬 수 있는 재료로 각광 받고 있다. 마그네슘의 방식 방법으로 표면 피복법이 일반적이며 피복재로 마그네슘의 저밀도를 유지할 수 있는 재료를 선택해야 한다. 따라서 본 연구에서는 기재와 도금층과의 계면 특성을 위해 전해 도금을 이용하고 저밀도를 유지하기 위해 도금재로 알루미늄을 선택하였다. 전해액으로는 Chemical Window가 넓은 Ionic Liquid(IL)를 이용하였다.

본 연구에서는 IL에서 기재인 마그네슘과 알루미늄과의 최적의 계면 특성을 가지는 전착 조건을 도출하기 위해 전류 밀도 별 전착을 진행하였으며, 단계별 전류밀도 조건의 전착 계면 특성과 표면 특성을 관찰하기 위해 단면과 표면을 SEM과 EDS를 이용하여 분석 하였다. 연구 결과 전류밀도 10mA/cm<sup>2</sup> 이상에서 알루미늄의 표면 특성이 좋아지며 전착특성 또한 10mA/cm<sup>2</sup> 이상에서 향상된다.

Keyword : Electroplating, Ionic Liquid, Aluminium, Magnesium

## 니켈 금속이 이온 교환된 석탄을 촉매로 이용한 톨루엔의 수증기 개질 연구

김수현<sup>†\*</sup>, 전동혁<sup>†</sup>, 김상도<sup>†</sup>, 이시훈<sup>†</sup>, 유지호<sup>†\*</sup>, 이영우<sup>†</sup>  
 충남대학교 녹색에너지기술전문대학원<sup>†</sup>, 한국에너지기술연구원<sup>†</sup>,

### Catalytic Reforming of Toluene Using an Nickel Ion-Exchanged Coal Catalyst

Soohyun Kim<sup>†\*</sup>, Chun Dong Hyuk<sup>†</sup>, Sangdo Kim<sup>†</sup>, Sihyun Lee<sup>†</sup>, Jiho Yoo<sup>†\*</sup>, and Young-woo Rhee<sup>†</sup>  
 Graduate School of Green Energy Technology, Chungnam National University,<sup>†</sup>  
 Clean Fuel Center, Korea Institute of Energy Research,<sup>†</sup>

바이오매스는 CO<sub>2</sub> neutral로 지속 가능한 개발을 가능하게 하고 지구온난화의 해결책 중 하나의 대안으로 떠오르고 있으며, 최근 들어 에너지원으로의 중요성이 부각되었다. 하지만 바이오매스 가스화의 가장 큰 단점은 합성가스를 생성할 때 발생하는 타르이다. 타르는 반응기의 낮은 온도에서 발생하여 엔진과 터빈 등 장비에 손상을 준다. 본 연구에서는 바이오매스 가스화 운전시 발생하는 타르를 합성가스로 전환하기 위한 촉매를 연구하였다.

일반적으로 Ni촉매는 타르 등 탄화수소 분해 공정에 유용한 촉매로 알려져 있으며 촉매의 효율을 높이기 위해 촉매를 고르게 분산시킬 수 있는 촉매 금속의 담지체가 필요하다.

이를 위해 이온교환 능력을 갖는 저등급석탄을 촉매 담지체로 활용하여 전이금속 이온들을 이온교환을 통해 저등급석탄에 분산하면 촉매 역할을 하는 전이금속을 nano 수준으로 고르게 분산시킬 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 바이오매스 가스화에서 발생하는 타르 구성 중 가장 많은 부분을 차지하고 있는 톨루엔을 대상물질로 하여 저등급석탄을 촉매 담지체로 활용한 촉매를 저온의 톨루엔 스팀 리포밍 실험에 적용하였다. 촉매 활성은 스팀 공급량과 공간속도에 따라 민감하게 변화하였으며 낮은 온도(400℃)에서도 기존의 상업적 촉매 대비 높은 촉매 활성을 달성하였다.

#### 참고문헌

1. Liuyun, L., Kayoko, M., Haruto, M., Kunihiko, Y. and Takayuki, T., "Low-temperature gasification of a woody biomass under a nickel-loaded brown coal char", *FuelProcessingTechnology*, **91**, 889-894 (2010).
2. Xiao, X., Cao, J., Meng, X., Le, D. D., Liuyun, L. and Yukiko, O., "Synthesis gas production from catalytic gasification of waste biomass using nickel-loaded brown coal char", *Fuel*, **103**, 135-140 (2013).

## 기체 분리를 위한 탄소 분자체(Carbon Molecular Sieve, CMS) 중공사 막의 제조

성기혁,<sup>†</sup> 송주섭,<sup>‡</sup> 고희철,<sup>‡</sup> 하성용,<sup>†</sup> 한 문 희,<sup>†</sup> 조철희\*  
<sup>†</sup> 충남대학교 녹색에너지기술전문대학원, <sup>‡</sup> (주)에어레인

기체 분리를 위한 분리막 소재로 폴리스ulfone (polysulfone, PS), 셀룰로오스 (cellulose), 폴리카보네이트 (polycarbonate, PC) 와 폴리이미드 (polyimide, PI) 등이 널리 사용되고 있다. 이러한 고분자막들은 우수한 기체 분리능을 가지며, 대체로 다공성 지지체 위에 얇은 선택층을 가지는 비대칭성 구조의 형태로 제조 된다. 하지만, 현재 알려진 이러한 고분자막들은 고온 및 고압 공정이 나 탄화수소, 극성용매 등이 포함된 공정에서 장기간 노출 되면 그 막의 성능이 현저하게 감소하는 단점을 가지고 있다. 반면에, 탄소 분자체(Carbon Molecular Sieve, CMS)막은 막 표면에 형성되는 기공의 크기와 turbostratic의 무질서한 기공구조에 의해, 기체 분자크기에 따라 체와 같이 선별적인 기체분리가 가능하며, 기존의 고분자막에 비해 높은 선택성, 화학 및 열적 안정성을 가지고 있기 때문에 Gas 분리막으로서 유망한 소재로 인식되고 있다. 탄소분자체 막은 전구체 물질선정, 고분자 분리막 제조, 전처리(pre-treatment), 열분해(pyrolysis)/탄화(carbonization), 후처리(post-treatment) 공정을 거쳐 제조되어 지는데, 탄소 분자체 막의 분리 성능은 여러 공정 변수 중에 전구체 분리막 제조를 위한 도프 용액의 조성과 열분해/탄화 공정의 온도에 가장 크게 영향 받는다고 알려져 있다. 본 연구에서는 Ciba 사의 상용화된 폴리이미드인 Matrimid-5218을 이용하여 탄소분자체(CMS)막을 제조 하는 과정에서 전처리, 열분해, 후처리 공정 등을 조정하여 탄소분자체(CMS)막의 기공 구조가 투과에 미치는 영향을 고찰 하였다. 그 결과, 전처리, 열분해 및 후처리 250° C에서 1050° C 까지의 온도에 따라 형성되는 기공구조에 의해 투과특성이 달라짐을 알 수 있었다.

# 가압 열중량 분석기를 이용한 $K_2CO_3/MgO/Al_2O_3$ 건식 흡착제의 $CO_2$ 흡착 실험적 거동

전누리, 권순진, 류호정<sup>‡</sup>, 이광복<sup>†\*</sup>

충남대학교 녹색에너지기술전문대학원, <sup>†</sup> 충남대학교 화학공학교육과, <sup>‡</sup> 한국에너지기술연구원

## Experimental Behavior of $CO_2$ Capture over $K_2CO_3/MgO/Al_2O_3$ Dry Sorbent using Pressurized Thermal Gravimetric Analyzer

Nu Ri Jeon, Soon Jin Kwon, Ho Jeong Ryu<sup>‡</sup>, Kwang Bok Yi<sup>†\*</sup>

Graduate school of Green Energy Technology, Chungnam National University

<sup>†</sup>Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University

<sup>‡</sup>Korea Institute of Energy Research

이산화탄소 연소 후 포집 기술 중 건식흡수제 이용 기술은 기존의 습식용액 대신에 고체입자를 사용하는 기술이다. 건식흡수제는  $CO_2$ 와 반응하여 안정된 화합물로 변하고, 다른 조건에서  $CO_2$ 를 배출하고 원래의 화합물로 재생되는 원리를 갖고 있다. 그로인해 기존의 습식흡착법과 다르게 폐수가 발생되지 않고 부식문제가 적으며, 재생공정에서의 높은 에너지 소모의 문제점을 극복할 수 있는 장점을 가진다.[1]

건식흡수제 소재로서 알칼리금속, 알칼리 토금속, 건식 아민 등의 다양한 소재가 개발되고 있다.

그중 알칼리 금속 건식  $CO_2$  흡수제는 Na, K계 화합물을 활성증진제로 사용하고 Mg계 화합물을 주요 활성성분으로 하여 고강도의 특성을 가진다. 그러나 반응 메커니즘이 밝혀진 바가 없어 실규모 공정의 구성에 어려움이 있다.

본 연구에서는 고압에서의  $CO_2$  흡수실험에서 활성성분인 K과 Mg의 양에 따라  $CO_2$  흡수량과 물 소모량을 정확하게 판단하기 위해 sorbent를 직접 제조하여 실험하였다.  $Al_2O_3$ 를 지지체로 사용하여 질량비에 따라 K, Mg를 담지하여 건식흡수제를 제조하였고, 실험은 GC와 balance를 동시에 측정 가능한 가압 열중량 분석기를 사용하여 일정한 압력(10bar)에서 흡착(200~210℃) 실험을 진행하였다. 그 결과 K-Mg 계열 흡착제의  $CO_2$  흡착거동 및 ICP 분석을 통해 활성성분을 파악하고  $CO_2$  흡착에 최적화된 K/Mg의 질량비를 알 수 있었다.

### 참고문헌

1. Yi, C. K., "Advances of Post-combustion Carbon Capture Technology by Dry Sorbent" *Korean Chem. Eng. Res.*, 140-146 (2010).
2. Park, K. W., Park, Y. S., Park, Y. C., Jo, S. H., Yi, C. K., "Study of  $CO_2$  Carbonation-Regeneration Characteristics of Potassium-Based Dry Sorbents According to Water Vapor Contents of Inlet Gas and Regeneration Temperature in the Cycle Experiments of Bubbling Fluidized-Bed Reactor", *Korean Chem. Eng. Res.*, 349-354 (2009).
3. Lei L., Yong L., Xia W., Feng W., Ning Z., Fukui X., Wei W., Yuhan S., " $CO_2$  Capture over  $K_2CO_3/MgO/Al_2O_3$  Dry Sorbent in a Fluidized Bed", *Energy Fuels*(25), 3835-3842 (2011).



## NaY 제올라이트 막을 통한 이산화탄소 투과거동 연구

정수정<sup>1</sup>, 여정구<sup>2</sup>, 한문희<sup>1</sup>, 조철희<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 녹색에너지기술전문대학원, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원 에너지융합소재연구단

NaY 제올라이트 분리막은 7.4Å의 큰 기공채널을 특징으로 친수성을 띄며, 막 소재와 특정기체 간의 친화력을 통한 분리 Mechanism을 갖는다. 특히 막 표면에서 기공으로 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O의 선택적 흡착이 이루어지며, 표면확산을 통해 이동하여 CO<sub>2</sub> 분리에 유망한 소재로 알려져 있다. 본 연구에서는 CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> 조성으로 단일가스 및 혼합가스 조건에서 NaY 제올라이트 분리막의 이산화탄소 기체투과거동을 알아보고자 하였다. 평가에 사용된 막은 α-알루미나 tube 외부표면에 NaY 제올라이트가 코팅된 tube 형태로, 막 길이 40cm, 외경 0.75mm, 내경 0.5mm, 유효 막면적이 94cm<sup>2</sup>이었다. 분리막은 각 기체에 대해 단일가스 및 혼합가스 조건에서 평가장치에 설치되어 평가 되었다. 기체는 MFC를 통해 일정유량 주입되었고, 분리막을 투과한 기체는 GC(gas chromatography)와 유량계(bubble flow meter)로 투과성분, 투과농도 및 투과유량을 확인하여 투과도, 선택도를 알 수 있었다. 단일가스뿐만 아니라 혼합가스에서도 상대적으로 CO<sub>2</sub> 기체투과도가 높았으며, 10이상의 높은 CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 선택도를 보였다.

## Analysis of Meiotic Chromosomes Movement of Trapped Yeast Cells by using Microfluidic System

장성찬, 정현호, 김근필<sup>†</sup>, 이창수\*  
충남대학교, <sup>†</sup>중앙대학교

Extracting single-cells information during cellular responses to external signals is an essential step for quantitative single-cell analyses. The ability to analyze cells at a single-cell level is important when investigating cell heterogeneity and holds the promise of improving the outcome of many biological and medical assays. The conventional methods are limited in their, resolution (in space, time). To address these problem, high resolution live cell images is increasingly used to detect cellular dynamics in response to drugs and chemicals. But observing the real-time behavior of single- cells is achieved with much experimental difficulty due to the small size. It depends on complex and expensive liquid handling devices that have limited its wider adoption. Microfluidic systems offer advantages of precise fluid control and have recently developed as a method for imaging techniques of single-cells in precisely controlled and changing microenvironments.

Here, we have developed a simple microfluidic platform of trapping single-cells in aperture. The device exploits hydrodynamic forces to trap cells flowing near a narrow aperture. We achieved capture of cells with a trapping efficiency over 97 % moreover trapping efficiency of sing-cells over 50 %. The array format and optimized geometry allow for easy and efficient single-cell loading, while maintaining captured cells in a low shear stress environment for long-term experiments. The simplicity of the design, inexpensive materials make it a device for systems biology experiment.

## Gd-doped 된 세리아 입자에 은 나노 입자의 초음파 코팅

차다습<sup>1</sup>, 여정구<sup>2</sup>, 유지행<sup>2</sup>, 한문희<sup>1</sup>, 조철희<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 녹색에너지기술전문대학원, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원 에너지융합소재연구단

순산소 연소를 이용한 발전과, IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle)에 이용하기 위해서 고순도의 산소를 분리해 내는 공정이 필요하다. 현재 사용되고 있는 심냉법과, PAS(Pressure Swing Adsorption)은 비용이 비싸고 고분자를 이용한 분리막의 경우 산소의 순도가 낮다. 그로 인해 새로이 연구되고 있는 분야가 이온성 산소 전도막(ion transport membran)이다. 산소투과도를 높이기 위한 방법 중에 하나로 active layer의 개발이 있으며, 본 실험은 active layer의 기본 소재로 GDC(Gd-doped ceria)와 Ag(silver)을 선택하였으며 이들이 산소 이온의 이동이 용이하도록 연결 되도록 고르게 분포시키는 것을 목적으로 하며, GDC에 Ag를 코팅하는 실험이다. 코팅에 필요한 에너지는 Sonication을 사용하였으며 GDC는 용액을 사용하였으며, Ag의 출발 물질은 AgNO<sub>3</sub>을 사용하여, 중화침전제로 암모니아 수용액을 사용하였으며, 환원제로는 Ethylene glycol을 사용하였다. 기본적으로 용액에 포함 된 Ethylene glycol의 함량이 증가할수록, AgNO<sub>3</sub>의 함량이 높을수록, Sonication 중의 양암모니아의 dosing rate가 느릴수록, 암모니아의 양이 적을수록 GDC의 표면에 합성된 Ag의 량이 증가하였다. 하지만 TEM 이미지로 확인한 결과 Ag가 뭉쳐져 있는 것을 관찰 할 수 있었다. 뭉쳐진 Ag를 넓게 분포 시켜 주기 위해서 저온에서 오랜시간 sonication을 해보고, 계면활성제인 PVP(polyvinylpyrrolidone)을 첨가하여 실험을 진행 하였다. 또한 sonication의 영향을 알아보기로 pulse를 주었을 때의 sample을 비교해 보았다. 분석은 XRD와 SEM EDS, 그리고 TEM 이미지 EDS를 이용하였으며, sonication을 했을 경우 더 많은 Ag가 생성 되는 것을 확인 할 수 있었다.



**포 스텐 발 표**  
**청 정 석 탄**



## 고체연료 매체순환 연소기용 회분분리기 개발

박찬영, 이동호, 이충원, 류호정\*  
한국에너지기술연구원  
(hjryu@kier.re.kr\*)

### Development of Ash Separator for Solid Fuel Chemical-Looping Combustor

Chan Young Park, Dong-Ho Lee, Chung Won Lee, Ho-Jung Ryu\*  
Korea Institute of Energy Research  
(hjryu@kier.re.kr\*)

석유와 천연가스의 고갈로 인해 고유가시대에 접어들었고, 신재생에너지와 화석에너지의 과도기적인 시점에서 가채년수가 120년 이상이 되는 석탄은 아주 중요한 에너지원으로 부각되고 있다. 석탄을 이용해 에너지를 만드는 방법 중 매체순환 연소기술(Cheical-Looping Combustion)은 연료와 공기 중의 산소를 직접 반응시키는 기존의 직접연소방식과는 달리, 연료와 금속매체(산소공여입자)를 반응시키는 간접연소 방식이며 반응에 의한 생성물은 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O뿐이므로 간단한 응축을 통해 고농도의 CO<sub>2</sub>를 분리 할 수 있는 차세대 발전기술이다. 현재 석탄을 이용한 매체순환 연소기술은 2008년부터 스웨덴, 미국, 스페인, 중국 등에서 수행되어 오고 있으나 고체연료는 연소 후 회분이 발생하기 때문에 연속운전시간이 경과함에 따라 회분이 증가하여 연료반응기에 체류하는 고체량이 지속적으로 증가하게 되어 연속운전이 불가능하게 만들며, 산소공여입자와 연료의 접촉효율 및 반응성을 저하시키는 원인이 된다. 본 연구에서는 고체연료 매체순환 연소기에서 발생하는 회분을 공정 내에서 연속적으로 제거할 수 있는 회분분리기의 개념을 도출하여 기초 실험을 수행하였다. 산소공여입자로는 실제 매체순환연소기에 사용되는 Ni계 입자를 사용하였으며 회분을 모사하는 입자로는 입자밀도가 작은 CO<sub>2</sub> 흡수제를 사용하여 회분의 분리효율에 미치는 고체층 높이와 유속의 영향을 측정 및 고찰하였다. 또한 기초실험 결과를 바탕으로 보다 효율적인 회분 분리가 가능한 분리기를 설계하였으며 실험변수를 도출하였다.

## 역세정 압력에 따른 코팅 금속필터의 차압 발생 특성

류상오, 윤성필, 이재만, 정석우, 이진욱  
고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부

### Characteristics of pressure difference of coating metal filter according to backwashing pressure

Sang Oh Ryu, Dong Hwan Jeon, Seok Woo Chung  
Plant Engineering Division, Institute for Advanced Engineering

본 연구에서는 집진효율이 우수하고 고온/고압 조건에서도 필터 파손의 우려가 없으며 낮은 압력손실을 나타내는 압착/소결 방식의 금속필터를 대상으로 내열성, 내부식성을 향상시키기 위한 세라믹 코팅을 적용한 후 고온/고압 집진장치 설치 운전특성 시험을 진행하였다. 코팅 금속필터는 기존 금속필터에 이온 도금 코팅을 적용하여 진행하였고 세라믹 재질은 금속필터 시편의 부식성 시험에서 코팅 전 시편보다 내부식성이 향상되는 결과를 보인 AlTiN, TiN, CrN을 선정하였다. 세라믹 코팅의 두께는 필터의 기공을 막지 않도록 5  $\mu\text{m}$  이하로 하였다. 차압 특성 시험은 100 Nm<sup>3</sup>/h 용량의 고압 질소를 전기 가열 방식으로 약 300°C까지 가열시킨 후, 분체시료 정량공급 장치를 이용하여 시험용 집진장치에 기류수송 방식으로 일정하게 분진을 공급하면서 금속필터 전 후단의 차압변화와 분진농도를 측정하였다. 고온/고압 집진장치로 공급되는 분진은 집진장치 내부에 설치된 압착/소결 방식으로 제작한 금속필터의 표면에서 여과되는데, 일정 차압 이상의 조건에서 필터 표면에 달라붙은 분진을 탈리시키기 위하여 주기적인 역세정을 진행하면서 집진장치의 차압 변화를 통해 집진장치의 역세정 운전특성을 파악하였다. 그리고, 최적의 운전조건 도출을 위하여 역세정 주기, 역세정 압력 등을 조절하였고, 집진필터 전후단에서 등속 흡입 방식으로 분진을 포집한 다음 그 농도를 측정하여 집진효율을 비교, 분석을 진행하였다.

본 연구는 한국서부발전(주)에서 지원하는 “석탄 합성가스 정제용 내열성, 내부식성 금속필터 개발” 과제의 일환으로 수행되었습니다. 지원에 감사드립니다.



## 비산재 포함 미분탄 혼합연료의 고압 기류 이송 시험

류상오, 윤성필, 이재만, 정석우, 이진욱  
고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부

### High pressure pneumatic transport experiment for mixed fuel of pulverized coal and fly-ash

Sang Oh Ryu, Sung Pill Yoon, Jae Man Lee, Seok Woo Chung, Jin Wook Lee  
Plant Engineering Division, Institute for Advanced Engineering

자원이 부족한 우리나라에서는 에너지의 안정적인 수급을 위하여 세계적으로 매장량이 풍부한 석탄자원의 활용이 필수 불가결하다. 그러나 석탄을 에너지원으로 활용할 경우 다른 화석연료에 비하여 많은 오염물질을 생산하며 특히 온실가스인 이산화탄소를 다량으로 배출한다. 석탄 가스화 기술은 화석연료인 석탄이 가진 에너지를 고효율·고청정으로 활용할 수 있는 기술로서, 공급되는 석탄과 산소의 가스화 반응에 의해 생산되는 합성가스는 유용한 대체에너지원으로 직접 발전에 사용하거나 화학원료 또는 연료를 제조하기 위한 원료물질로 사용이 가능하다. 현재까지는 대부분 분류층 가스화 기술을 적용한 상업화 기술이 주를 이루고 있는데, 발열량이 낮은 반면에 반응성이 높은 저급탄의 경우 고속순환유동층 가스화 기술이 대안이 될 가능성을 포함하고 있다. 고속순환 유동층 가스화 기술에서는 미분탄 연소 또는 분류층 가스화에 적용되는 미분탄에 비하여 수분 함량이 높고 입자의 크기가 훨씬 큰 미분탄이 사용되는데, 수분이 많은 저급탄을 사용할 경우 발생할 수 있는 효율 감소를 줄이기 위하여 고온의 합성가스로 미분탄을 급속으로 건조하는 공정과 가스화기를 통합하는 기술을 고려할 수 있다. 이 경우 급속 건조공정에서 탄소 함량이 높은 비산재와 일부의 미분탄이 혼합된 상태의 시료 중 일부가 포집되지 않아서 플랜트 효율을 저하시킬 수 있다. 이에 본 연구에서는 급속 건조 공정의 후단에서 발생하는 비산재와 미분탄 혼합 원료를 공급하는 기술을 개발하고자 하였다. 본 연구의 선행연구로서 저급탄 기류수송장치를 설계/제작하여 미분화된 저급탄의 이송특성을 파악하여 원활한 저급탄 고압 이송이 가능한 운전조건을 파악하고자 하였으며, 가스화기(Receiver Tank로 대체)와 미분탄 이송용기 사이의 차압 변경, 유동화 질소 유량 변경 등을 적용하여 시험을 진행하였다. 본 연구에서는 선행연구 시험 결과를 바탕으로 공급되는 시료가 비산재와 미분탄이 혼합된 혼합연료일 경우의 운전조건 도출 시험을 진행하였다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 2011T100200037)

## 스팀유동층 건조장치에서 석탄의 층높이가 저등급 석탄 건조율에 미치는 영향

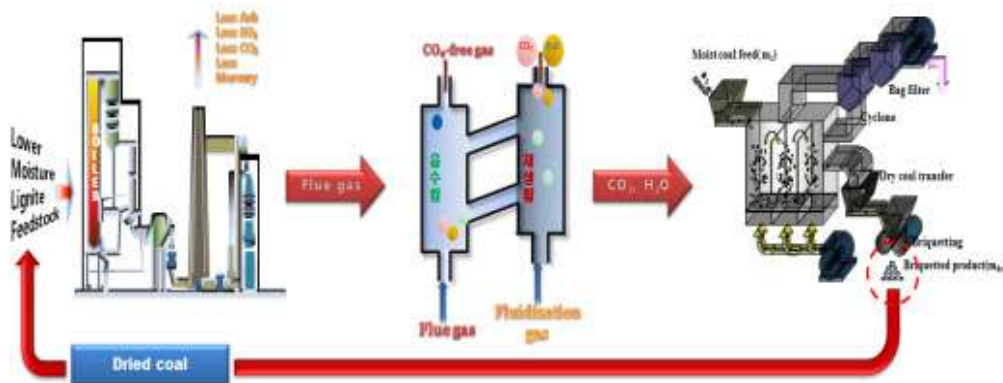
박재현<sup>1\*</sup>, 선도원<sup>1</sup>, 배달희<sup>1</sup>, 이창근<sup>1</sup>, 류호정<sup>1</sup>, 이승용<sup>1</sup>, 이동호<sup>1</sup>, 신종선<sup>1</sup>, 박재혁<sup>2†</sup>, 김기영<sup>3‡</sup>  
 한국에너지기술연구원<sup>1</sup>, † 연세대학교<sup>2</sup>, ‡ 충남대학교<sup>3</sup>

## The Effect of Bed Height on Drying Rate of Low-rank Coal in A Superheated Steam Fluidized Bed Dryer

Jaehyeon Park<sup>1</sup>, Dowon Shun<sup>1</sup>, Dal-Hee Bae<sup>1</sup>, Chang Keun Yi<sup>1</sup>, Ho Jung Ryu<sup>1</sup>, Seung Yong Lee<sup>1</sup>, Dong Ho Lee<sup>1</sup>, Jong-Seon Shin<sup>1</sup>, Jae Hyeok Park<sup>2†</sup>, Gi Yeong Kim<sup>3‡</sup>  
 Korea Institute of Energy Research<sup>1</sup>, † Yonsei University<sup>2</sup>, ‡ Chung Nam University<sup>3</sup>

최근 온실가스가 많은 이슈가 되고 있는데 이러한 온실가스를 감축하기 위한 방안중 하나로 CCS(Carbon Capture and Storage)공정이 대두되었다. 그러나 CCS공정의 경우 높은 운전비용이 상용화 단계로의 진입에 문제가 되고 있어 더 많은 개발이 진행이 되고 있다. 이러한 점을 개선하기 위한 방안중 하나로 CCS공정에서 배출되는 고온의 스팀과 CO<sub>2</sub>을 이용하여 저등급석탄을 건조하는 통합시스템을 개발하게 되면 CCS공정의 에너지 효율을 높일 수 있고 석탄의 고품위화를 동시에 수행할 수 있기에 좀 더 효율적인 시스템을 구축할 수 있을 것으로 판단된다. [그림 1]에 건식 CO<sub>2</sub> 회수 2탑 공정과 건조 공정의 통합 시스템의 개략도를 나타내었다.

본 연구에 사용된 스팀 유동층 건조 장치는 가로 80mm, 세로 80mm, 높이 500mm의 정사각형 반응기 이며, 본 장치에는 건조 열원을 공급하기 위한 열 교환기가 설치되어 있다. 일정한 온도에서 L/D(Length per Diameter)를 변수로 하여 건조에 미치는 영향을 확인하였다.



[그림 19] 건식 CO<sub>2</sub> 회수 2탑 공정과 건조 공정의 통합 시스템.

## 열중량분석기를 이용한 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 함량에 따른 저등급 석탄의 좌-이산화탄소 반응특성 연구

이도균, 박지윤, 김상겸<sup>†</sup>, 황순철<sup>†</sup>, 조종훈<sup>‡</sup>, 이시훈<sup>‡</sup>, 유지호<sup>‡</sup>, 이영우<sup>†\*</sup>

충남대학교 바이오응용화학과

<sup>†</sup> 충남대학교 녹색에너지기술전문대학원

<sup>‡</sup> 한국에너지기술연구원

<sup>\*</sup> 충남대학교 화학공학과

## The Effect of $\text{Na}_2\text{CO}_3$ on Char- $\text{CO}_2$ Gasification Reactivity by TGA

Do Kyun Lee, Ji Yun Park, Sang Kyum Kim<sup>†</sup>, Soon Cheol Hwang<sup>†</sup>, Ji Ho Yoo<sup>‡</sup>,  
Si Hyun Lee<sup>‡</sup>, Young Woo Rhee<sup>†\*</sup>

Department of Applied Chemistry and Biological Engineering, Chungnam National University

<sup>†</sup> Graduate school of green energy technology, Chungnam National University

<sup>‡</sup> Korea Institute of Energy Research

석탄 가격상승에 따른 우리나라 발전용 에너지 위기를 극복하는 방법 중 사용되지 않고 있는 저등급 석탄(Low Rank Coal, LRC)을 활용하는 방안이 있다. 저등급 석탄의 가격은 고등급 석탄(High Rank Coal, HRC) 가격의 1/3 수준이지만, 수분이 많고 불안정하여 우리나라에서 수입해서 사용하기에는 적절하지 않다. 따라서 저등급 석탄을 건조하고 안정화 하는 기술을 거쳐 고유의 가스화 반응 특성에 대한 기초 연구 진행이 필요한 상황이다.

석탄을 이용하는 대표적인 기술인 석탄가스화기술은 석탄을 가스화기에 주입하여 CO와 H<sub>2</sub>를 주성분으로 하는 합성가스를 생산하는 기술이다. 그러나 기존의 고온·고압 공정에서 가스화는 부가적인 에너지 사용이 많아 비효율적이다. 고온·고압 공정에서 진행되는 가스화의 문제점을 극복하기 위한 방안으로 촉매를 사용할 수 있다. 촉매의 사용은 저온의 조건에서 효율적인 석탄가스화를 가능하게 하며, 가스화반응으로 생성되는 CO와 H<sub>2</sub>의 수율을 높일 수 있다. 또한, CCS(Carbon Capture & Storage)를 통하여 회수된 CO<sub>2</sub>를 석탄의 기류 수송이나 가스화기에 일부를 순환시켜 가스화반응에 사용하는 방안이 검토되고 있지만, 대부분이 실험실 규모의 기초연구를 진행하고 있어 현장 적용을 위한 심도 깊은 연구가 요구되어 진다.

본 연구에서는 인도네시아 아역청탄인 Roto탄에 대한 Char- $\text{CO}_2$  가스화반응 실험을 등온 조건에서 촉매  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 를 다양한 함량으로 혼합하여 열중량분석기(Thermogravimetric analysis, TGA)로 수행하였다.

## 저온에서 촉매가스화 반응에 이산화탄소가 미치는 영향

박지윤<sup>†</sup>, 김상겸, 이도균<sup>†</sup>, 황순철, 이상현<sup>†</sup>, 조종훈<sup>‡</sup>, 유지호<sup>‡</sup>, 이시훈<sup>‡</sup>, 이영우<sup>\*</sup>

충남대학교 녹색에너지기술전문대학원

<sup>†</sup> 충남대학교 일반대학원 바이오응용화학과

<sup>‡</sup> 한국에너지기술연구원

<sup>\*</sup> 충남대학교 화학공학과

## Investigation of Carbon Dioxide Effect on Catalytic Gasification at Low Temperature

Ji Yun Park<sup>†</sup>, Do Kyun Lee<sup>†</sup>, Soon Cheol Hwang, Sang Kyum Kim, Sang Heon Lee<sup>†</sup>,  
Ji Ho Yoo<sup>‡</sup>, Si Hyun Lee<sup>‡</sup>, Young Woo Rhee<sup>\*</sup>

Graduate School of Green Energy Technology, Chungnam Natl. Univ., Korea

<sup>†</sup> Dept. of Appl. Chem. & Biol. Eng., Chungnam Natl. Univ., Korea

<sup>‡</sup> Clean Coal Center, Korea Institute of Energy Research, Korea

석탄을 이용하는 대표적인 기술인 석탄가스화 기술은 석탄을 가스화기에 주입하여 불완전 연소시켜 일산화탄소와 수소를 주성분으로 하는 합성가스를 제조한다. 대표적인 가스화는 CO<sub>2</sub> 가스화, steam 가스화, hydrogen 가스화가 있다. CO<sub>2</sub> 가스화는 steam 가스화에 비해 반응이 느리지만, 지구온난화 문제를 해결하기 위한 이산화탄소를 활용하는 청정기술로서 온실가스 저감 효과의 이점이 있다. 기존 가스화 연구는 1500°C 이상의 고온에서 진행되므로 석탄가스화로부터 생성된 고온의 가스를 정제하기 위해서 저온으로 냉각시켜야 하므로 에너지 효율이 낮은 단점이 있다. 그러나 촉매를 사용할 경우 반응속도 증가, 합성가스 질의 향상, 가스화 반응온도 감소 등을 취할 수 있다. 본 연구에서는 900°C 이하의 온도에서 이산화탄소 포집 및 저장기술을 통해 회수된 이산화탄소를 가스화 반응에 순환시키고 반응성을 높이기 위해 촉매를 첨가하는 저온 CO<sub>2</sub> 촉매 가스화에 대해 연구하였다. 실험에 사용된 석탄은 미분탄 연소방식인 석탄을 200 mesh 이하의 입자 크기로 분쇄하여 사용하였다. 가스화 효율을 높이기 위해 촉매는 알칼리금속 또는 알칼리토금속인 탄산나트륨과 탄산칼륨, 탄산칼슘을 선정하였고, 일정량으로 석탄 시료에 5 wt.% 첨가하였다. 또한 천연광물을 촉매로 사용하기 위해 국내에서 주로 생산되는 천연광물 중에서 탄산칼슘이 풍부한 백운석을 사용하였다. 각 촉매가 첨가된 석탄 시료를 고정층 반응기에 넣고 목표온도로 유지하여 차(char)를 제조하였다. 제조된 차는 일정량의 반응가스를 통해 가스화 반응을 진행하였고, 반응가스의 이산화탄소 농도를 조절하여 이산화탄소의 농도에 따른 CO<sub>2</sub> 가스화 반응을 조사하였다.

### 참고문헌

1. Higman, C., Van der Burgt, M., Gasification, Gulf Professional Publishing, 2003.
2. Dutta, S. and Wen, C. Y. and Belt, R. J., "Reactivity of Coal and Char. 1. In Carbon Dioxide Atmosphere", Ind. Eng. Chem., Process Des. Dev., 16(1), 20-30 (1977).
3. Ergun, S., "Kinetics of the Reaction of Carbon with Carbon Dioxide", J. Phys. Chem., 60(4), 480-485 (1956).

**포 스텐 발 표**  
**청 정 기 술 (일 반)**



## 금속과 결합력을 가지는 폴리아믹산 합성 및 폴리이미드 제조를 위한 열적 이미드화 공정 연구

김은지, 박재형, 백인규\*  
한국신발피혁연구원

### The synthesis of Polyamic Acid of Adhesion on Metal and the Research of Thermal Imidization Process for Manufacturing of Polyimide

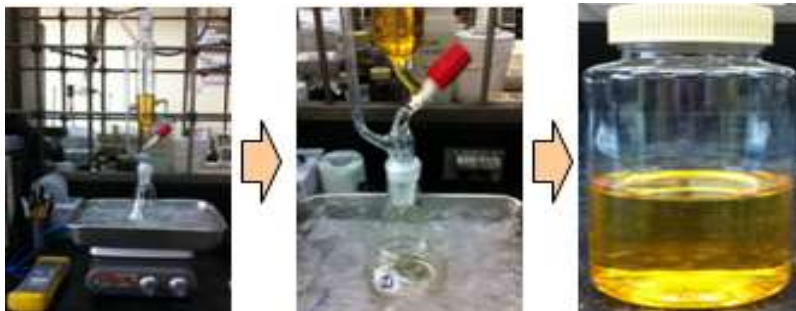
Eun Ji Kim, Jae Hyung Park, In Kyu Paik\*  
Korea Institute of Footwear & Leather Technology

#### 서론

폴리이미드(PI) 수지는 반복 단위 내에 imide group를 함유하고 있는 고분자로서 우수한 성질을 가지고 있는 물질로 내열성과 내화학성, 내마모성, 내후성, 낮은 열팽창율, 저통기성, 우수한 전기적 특성, 낮은 유전율을 가지고 있어 자동차 전장용, 엔진부품, 광섬유, PCB 등의 전자 재료 및 반도체, 디스플레이 등에 널리 이용되고 있다. 특히, 극소전자 산업분야에서는 가공 공정 온도가 높아 금속과 접촉되어 있는 고분자 막이 열팽창 계수 차에 의한 강한 열응력을 받게 되므로 금속과의 강한 접착력이 요구되고 있다. 폴리이미드의 결합 공정은 대부분이 불용하기 때문에 전구체인 폴리아믹산(PAA)을 합성하여 그 상태에서 가공하는 것이 일반적이다. 폴리이미드와 금속에 대한 접착은 필름화된 폴리이미드를 접착제를 이용하여 접착하기보다 PAA 상태에서 열적 이미드화를 통해 접착 하는 것이 공정 측면에서나 다른 물리적 측면에서 유리하다. 따라서, 본 연구에서는 금속과 결합력이 우수한 폴리아믹산 수지를 합성하고 최적의 열적이미드화 공정을 확보함으로써 금속과 결합력을 가지는 폴리이미드를 개발하고자 한다.

#### 실험

폴리이미드의 합성은 방향족 무수물(유기방향족산)과 디아민, 두 화합물간의 축합반응에 의해 이루어진다. 다음은 폴리아믹산의 합성 공정 모습을 나타낸 것으로, 합성 후 사용하기 전까지 냉장 보관한다. 제조된 PAA를 이용한 열적 이미드화는 먼저 PAA를 금속에 일정량 도포한 후, 80°C에서 용매를 제거하고 다시 180°C의 오븐에서 한 시간 동안 반응을 진행한다. 이후 금속에 대한 접착성능은 알루미늄과 구리로 나누어 진행하였고, UTM(DTU-900MHA)를 이용하여 인장전단접착강도를 측정하여 평가하였다.



#### 결과 및 검토

다양한 방향족 무수물과 디아민 화합물에 따른 폴리아믹산을 합성하고 열적 이미드 화를 통한 금속과의 결합력을 비교한 결과, 알루미늄에 대한 접착력은 4.9MPa, 구리에 대한 접착력은 0.3MPa이었다. 알루미늄에 비해 구리의 접착력이 낮은 것은 구리와 폴리아믹산의 카르복실산 관능기가 착화합물을 형성하여 이미드화를 방해하였기 때문으로 해석된다.

## 광학용 연질 아크릴계 필름의 제조 및 광학 특성 평가

박재형, 김은지, †이준학, 백인규\*  
 한국신발피혁연구원, †(주)한국OGK

### Optical Characteristics Evaluation and Manufacturing of Flexible Acrylic Film for Optics

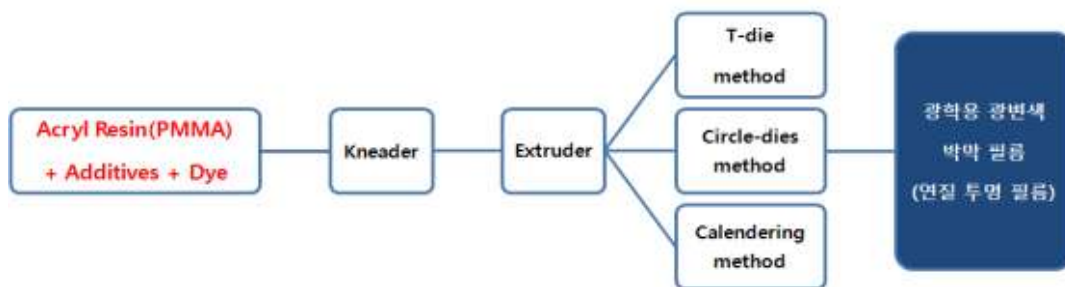
Jae Hyung Park, Eun Ji Kim, Jun Hak Lee<sup>†</sup>, In Kyu Paik\*  
 Korea Institute of Footwear & Leather Technology, <sup>†</sup>Korea OGK CO. LTD

#### 서론

최근 생활수준의 향상과 함께 야외 활동이 빈번해짐에 따라 변색렌즈에 대한 수요가 점차 증가하고 있다. 주 5일제 및 소득수준의 향상으로 야외활동 인구가 점차 증가하고 이로 인해 기능성이 강화된 변색렌즈가 요구되고 있는 것이다. 특히 변색렌즈는 겨울철 스포츠인 스키나 스노보드 및 일반 운전자, 등산, 골프, 낚시, 서핑 등의 다양한 야외 활동에 이용되고 있다, 이전의 광 변색 렌즈는 렌즈 내부에 분산되어 있는 감광성 물질이 자외선에 반응하여 진행되는 방식으로 변색의 속도가 느리고, 렌즈 두께에 따라 색 농도의 차이가 나는 문제점이 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 최근 Transitions Optical사의 기술을 적용한 다양한 변색 렌즈를 출시하고 있지만, 가격이 비싸고 대부분 수입에 의존하는 실정이다. 또한 흠이 잘 가지 않고 강도가 강하며 굴절율이 높은 PC 렌즈의 적용하기엔 공정의 적용이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 범용 플라스틱 렌즈에 적용 하면서 고투명성과 경도 부여가 가능한 플라스틱 렌즈용 연질 광변색 필름을 제조하고, 이를 표면 박막 나노 코팅 기술과 응용하여 다양한 색의 변화 및 가변 속도가 우수한 광변색 플라스틱 소재의 렌즈를 개발하고자 한다.

#### 실 험

광학용 연질 광변색 필름의 제조에 있어, LG MMA(주)의 PMMA(Polymethyl methacrylate)를 광학수지로 사용하고 접착제로는 Henkel사의 Locite uv curing adhesive를 Photochromic dyes로는 Vivimed labs사 제품을 사용하고, 첨가제로는 Genovique사의 Bensoflex 9-88 SG와 다비케미컬사의 M-sol #1, #2를 사용하였다. 다음은 필름의 가공 공정도를 나타낸 것이다.



#### 결과 및 검토

플라스틱 렌즈용 연질 광변색 필름을 개발하기 위해 PMMA수지에 염료와 액상 올리고머, 기능성 수지, 첨가제, 등을 적용한 결과, 필름 제조 공정에 적합한 흐름성을 가지게 하였고, 이를 통해 만들어진 필름의 파장대별 투과율을 측정한 결과, 자외선 영역에서 우수한 차단율을 가짐을 확인할 수 있었다. 또한 광학 렌즈로의 적용 가능성을 확인하고자 필름 표면을 확인한 결과, 필름 가공 후 표면에서 미량의 metal salt 성분이 검출됨을 알 수 있었다. 이는 가공 장비의 스크류 또는 원료 feeder에 의한 오염으로 사료되며, 향후 이런 문제점을 개선하기 위해 가공 장비 정비와 Clean room 설비의 설치 등의 방안을 고려하여 공정별 오염을 최소화하는 방안을 모색하여 할 것이다.



# FPD(Flat Panel Display)용 Glass 세정성 평가 연구

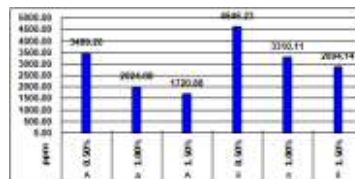
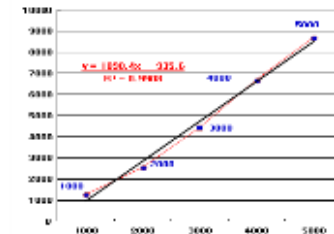
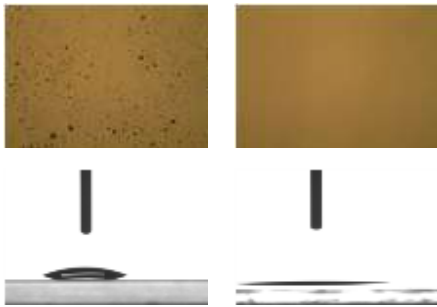
신원국, 이호열, 김종희, 배재흠\*, 이동기\*\*  
 에이케이캠텍(주), 수원대학교\*, 한국화학융합시험연구원\*\*

## A Study on the Evaluation of Cleaning Ability for FPD(Flat Panel Display) Glass

Won-Gook Shin, Ho-Yeoul Lee, Jong-Hee Kim,  
 Jae-Heum Bae\*, Dong-Kee Lee\*\*  
 AK ChemTech Co.,Ltd., The University of Suwon\*, Korea Testing & Reserch Institute\*\*

FPD(Flat Panel Display)용 Glass는 LCD, PDP, LED등 Display의 발전으로 다양한 분야에서 사용이 되고 있으며, 제조 공정이 정밀화 되어감에 따라 세정공정의 중요성이 부각되고 있다. 공정에서 필요한 최적의 세정제를 객관적이고 체계적으로 선정하기 위해서 여러 가지 세정성 평가방법을 실험을 통하여 비교 평가 하였다. FPD용 Glass는 제조 및 사용 전, 후 Glass의 품질과 제품의 보호를 위해 필름 처리를 하게 되는데, 장기간 보관하게 되면 필름 성분의 전이로 인한 오염이 발생하게 된다.

본 연구는 Glass 표면에 발생하는 필름전이 성분외에 다양한 오염원들을 제거하기 위하여 환경 친화적이며 재질의 안정성이 우수한 강알칼리 수계세정제인 NEOZOL을 사용하여 세정성능을 평가하였다. 실험방법으로는 FPD용 Glass에 오염원을 도포하여 오염시킨 후 세정력을 평가하였고, 평가방법으로는 중량법, 육안법, 접촉각법, GC-MS분석법을 통해 세정 성능을 확인 하였다. 실험 결과에 따르면, 낮은 Surface Tension과 Viscosity를 가진 NEOZOL 세정제로 세정한 결과 우수한 세정 성능을 보였다.



### 참고문헌

1. Shin, J.H and Lee, J.H "A Study on the cleanliness Evaluation methods for the selection of Alternative Cleaning Agents", Clean Technology. Vol. 15. No2 June 2009 pp81~90
2. Min, H.J and Shin J.H "A Study on the Evaluation of Cleaning Ability Using Optically Stimulated Electron Emission method", Clean Technology. Vol. 14. No2 June 2008 pp95~102

## 준수계 세정제를 이용한 PCB 액중젯 세정기술에 관한 연구

양승모, 이동기\*, 김동인  
한국화학융합시험연구원

### A study on the cleaning technology about Jet-rinse in water Using Semi-Aqueous cleaning agent for PCB

Seung-Mo Yang, Dong-Kee Lee\*, Donig-In Kim  
Korea Testing & Research Institute

PCB보드는 IT 시장의 성장에 따라 전기·전자 제품의 핵심 필수 구성요소로 수요 및 생산이 증가하였다. 이러한 PCB보드는 램 등 각종 부품을 PCB 보드위에 마운트(mount)하여 솔더링(soldering)으로 마무리하게 되는데, 솔더링시 발생하는 플럭스(Flux)를 완전히 제거하지 않을 경우 쇼트 등 제품 불량을 일으키고 제품의 수명을 단축시키며 고장의 원인이 된다. 따라서 이의 세정공정은 IT 제품 생산공정의 매우 중요한 공정의 하나이다. PCB보드 세정에는 1,1,1-TCE가 사용되었으나 1,1,1-TEC가 오존층 파괴물질로서 사용이 규제됨에 따라 국내에선 대부분 TCE등 유독성 염소계, HFC, HCFC-141b 등 불소계 및 n-propyl bromide, 2-Bromopropane등 유독성 브롬계 용제를 사용하여 작업자의 인명사고 및 대기, 수질오염을 일으키고 있어 이에 대한 대처가 시급하다.

본 연구에서는 오염물 관리 기술개발을 통해 교체 없이 장기간 사용할 수 있는 친환경 준수계 세정제와 액중젯 기술을 이용한 PCB 기판의 플럭스(Flux)를 제거 실험을 수행하였다. 실험 방법으로 세정시간(1분30초, 3분)과 초음파(사용 유/무)에 변화를 주어 PCB보드를 세정하였고, 세정된 PCB보드와 기존 1,1,1-TCE를 사용하여 세정한 PCB보드를 잔류이온 Test를 통하여 비교평가하였다.

## 초강 알카리 전해이온수를 이용하는 강재 부품류 세척에서 recycling 연구

김동인, 이동기\*, 양승모  
한국화학융합시험연구원

### Feasibility study of recycling system using superpower alkali ionized water for cleaning steel parts

Dong-In Kim, Dong-Kee Lee\*, Seung-Mo Yang  
Korea Testing & Research Institute

산업세정은 우리나라 주요 기간산업인 자동차, 전기, 전자, 기계, 선박, 광학 등 산업에서 주요 공정으로, 많은 기업에서 세정제로 많이 사용하고 있는 1,1,1-TCE가 오존층 파괴 물질로 사용이 규제됨에 따라 유독성 불소계, 염소계, 브롬계 등 세정제의 사용으로 인한 환경문제를 야기 시키거나 작업환경을 악화시키는 주요 원인이 되고 있다. 불소계, 염소계, 브롬계 등 비인화성 용제의 세정에는 주로 open 타입의 증기 세정장치를 사용하고 있으며 사용 용제의 70~80%는 작업 중 작업장 및 대기로 유출되고 있어 작업자의 인명사고 및 대기, 수질오염을 일으키고 있어 심각한 사회 문제의 하나로 많은 중소기업이 어려움에 처한 상황이다. 이러한 당면과제에서 염소계 세정제보다 환경친화적인 pH 13.0의 초강 알카리 전해이온수를 산업세정제로 사용함으로써 인체에 무해하고 안전하며, 사용 후에는 자연수로 환원되어 환경부담을 적게 할 수 있는 방안을 모색하였다.

본 연구에서는 유해세정제 대체를 위해 친환경 수계세정제인 pH 13.0의 초강 알카리 전해이온수를 이용하고, 이를 효율적으로 사용할 수 있는 recycling 기술을 연구하였다. 실험방법은 오염된 초강 알카리 전해이온수의 세정력을 알아보기 위해, 오일을 전해수에 용해시켜 오일에 오염된 스텐을 세정하였다. 또한 오일농도 1.5% 전해수를 U/F로 정제하여 오일로 오염된 팬치를 세정하였으며, 오일농도 1.5% 용액의 재생액에 오일을 첨가하여 1.5% 용액을 만들어 팬치를 세정하였다.

## 무분리막 바이오연료전지

조대철\*, 권성현†

순천향대학교 에너지환경공학과, †경상대학교 해양환경공학과

### A Biofuel Cell with no Costly Separation Device

Daechul Cho\*, Sung Hyun Kwon†

Department of Energy & Environmental Engineering/Soonchunhyang University,

†Department of Environmental Engineering/Gyeong Sang National University

생물전지 혹은 미생물전지로 널리 알려진 신재생에너지 장치에 대한 최근 연구는 전통적인 양극, 음극부 및 이 둘을 구획하여 특정이온 즉, 수소이온을 선택적으로 통과시키는 비싼 분리막으로 구성된 전지에서 또 다른 기술적 혁신을 요구하고 있다. 본 연구에서 시도한 것은 특정 기업이 독점적으로 공급하는 비싼 분리막을 원천적으로 사용하지 않고 구조적으로 양·음극부가 자연 분리되도록 디자인하는 것이다. 다음 그림의 장치 개략도에서 볼 수 있듯이 미생물이 서식하는 양극부 (anodic compartment)를 한천을 원료로 하는 다공성 gel 로 하부에 위치시키고, 음극부는 전해질이 풍부한 염수로 상부를 차지하도록 한다. 부식을 최소화하기 위하여 은 전선을 연결하고 음극부의 전극은 탄소전을 사용하였다. 한천gel의 조성은 agar 1.5%, 포도당 5%, 효모추출물 5%, 기타 미네랄 0.1%로 하였다. ATCC에서 분양받은 *Geobacter* 속의 세균이 사용되었으며 평균 전류밀도는  $0.12 \text{ A/m}^2$  였다.

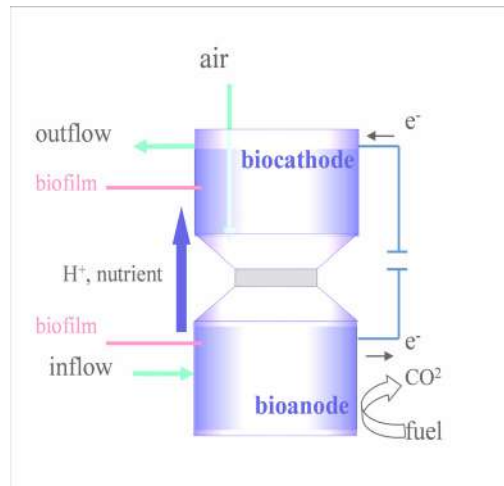


Figure 1. Schematic of a Biofuel Cell

#### 참고문헌

1. Lovley, D. R., "Microbial Fuel Cells: Novel Microbial Physiologies and Engineering Approaches," *Current Opin. Biotechnol.*, **17**(3), 327-332 (2006).
2. Zhang, J. N., Zhao Q. L., Aelterman, P., You, S. J., and Jiang, J. Q., "Electricity Generation in a Microbial Fuel Cell with a Microbially Catalyzed Cathode," *Biotechnol. Lett.*, **30**(10), 1771-1776 (2008).

# 박리 가능한 UV경화형 아크릴계 유리보호용 코팅용액의 제조와 특성

양지우, 서아영, 우승한<sup>†</sup>, 이철우<sup>†\*</sup>  
한밭대학교 RIC, <sup>†</sup>한밭대학교 화학생명공학과

## Preparation and Properties of Detachable UV-cured Acrylic Coating Ink for Glass Protection

Jee-Woo Yang, Ah Young Seo, Seung Han Woo<sup>†</sup>, Chul Woo Lee<sup>†\*</sup>  
Hanbat National University RIC, <sup>†</sup>Department of Chemical & Biological Engineering,  
Hanbat National University, Daejeon, South Korea  
(cwlee@hanbat.ac.kr\*)

### 서론

전자·통신기술의 발달로 양방향 통신수단인 터치스크린의 수요가 증가함에 따라 관유리 가공 과정에서 사용되는 공정보호용 수지의 사용량이 늘어나고 있다. 열경화성 코팅제는 경화에 소요되는 시간이 길어 생산효율이 떨어지며, 장시간 온도 유지에 따른 에너지 소모가 많고, 휘발성 용매 사용으로 인한 환경오염 등의 문제로 인해 최근 이러한 문제를 해결할 수 있는 UV경화형 코팅제에 대한 관심이 높아지고 있다[1,2]. 유리보호용 UV경화형 코팅제는 자외선에 의해 반응이 개시되어야 하며, 경화된 수지의 표면경도가 유리를 보호할 수 있는 수준이어야 하고, 재단 중의 코팅막 손상 방지를 위해 적절한 부착성이 있어야 한다. 또한 재단이 끝난 다음 코팅막 제거가 용이해야 한다. 본 연구에서는 알칼리수용액으로 박리 가능한 UV경화형 아크릴계 코팅용액을 제조하였으며, 그 특성을 조사하였다. UV경화를 위하여 광개시제를 첨가하였으며 경화 후 코팅막의 경도와 부착성 제어를 위하여 관능기 개수가 다른 아크릴계 모노머를 조합하여 사용하였고[3], 알칼리수용액으로 박리할 수 있도록 산가를 고려하여 원료를 선정하였다. 유리보호용 코팅제로 사용가능한 최종 배합비를 완성하였으며 이를 통하여 원료와 물성과의 관계성을 규명하였다.

### 실험

본 실험에 사용된 아크릴계 모노머는 아크릴기의 개수가 1개, 2개 그리고 6개인 2-hydroxyl methylacrylate, 1,6-hexanediol diacrylate 그리고 Dipentaerythritol hexaacrylate를 각각 사용하였다. 광개시제는 Hydroxy dimethyl acetophenone (HP8), 2,4,6-trimethylbenzoyl phosphine oxide (TPO) 그리고 2,4-Diethylthioxanthone (DETX) 등을 조합하여 사용하였다. 기타 첨가제로 경화에 따른 수축률 제어를 위하여 Talc를 사용하였으며, 코팅막의 육안식별을 위하여 소량의 청색 안료를 첨가하였다. 실크스크린을 이용하여 40 $\mu$ m 두께로 코팅하였으며, 경화를 위하여 수은램프를 사용하였으며, 경화 여부는 FT-IR 측정 결과로 확인하였다. 표면경도는 ASTM D3365에 근거해 연필경도계로 측정하였으며, 부착성은 ASTM D3359의 명시에 따라 cross-cut 테스트를 수행하여 확인하였다. 박리액으로는 5.5 wt% 수산화칼륨수용액을 사용하여 박리특성을 관찰하였다.

### 결과 및 고찰

코팅면의 표면경도가 4H, 부착성이 4B 이상의 물성을 갖는 코팅제 개발을 위해서는 아크릴기의 개수가 서로 다른 2-hydroxyl methylacrylate, 1,6-hexanediol diacrylate 및 dipentaerythritol hexaacrylate 모노머를 조합하여 사용하였으며, 광개시제 역시 HP-8, TPO 및 DETX 3종을 조합하여 사용하는 것이 경화시간 단축 및 내·외부가 고르게 경화되는 결과를 나타내었다. 특히 TPO 개시제를 사용하는 경우 조각으로 박리됨에 따라 박리형태 제어에 효과적이었다. 광출력이 600W/cm인 수은램프가 장착된 서랍식 경화기를 사용해 300초 이내에 경화를 완료시켰으며, 경화된 코팅막은 수산화칼륨수용액에 침지시켜 200초 이내에 박리시켰다.

### 결론

알칼리수용액으로 박리 가능한 아크릴계 UV경화형 코팅제를 제조하였으며, 유리보호용 코팅제로 사용 가능한 물성을 나타내었다. 경화시간 단축으로 인한 에너지 사용 절감과 환경오염의 원인이 되는 유기용매를 사용하지 않은 친환경적인 유리보호용 코팅제를 제조하였다.

### 참고문헌

1. Wicks, J. Z., Jones, F. N., Pappas, S. P. and Wicks, D. A., "Organic Coatings : Science and Technology," John Wiley & Sons Inc., 1, 574, Honoke, New Jersey (2007).
2. Muller, B., and Poth, U., "Coatings Formulation," Vincentz, 1, 237, Hannover (2006).
3. Ryu, C. M., Nam, Y. H., Lee, S. H., Kim, H. I., Lim, D. H., Kim, H. J., and Kim, K. M., J. Adhes. Interf., 10, 134 (2009).

# 고체산화물전해질 직접탄소연료전지에서 탄소-탄산염 연료매개체의 고온 안정성에 대한 실험적 연구

유준호, 강경태, 황준영\*  
한국생산기술연구원

## An Experimental Study on Thermal Stability of Carbon-Carbonate Mixture in Solid Oxide Electrolyte DCFC

Jun Ho Yu, Kyungtae Kang, Jun Young Hwang\*  
Korea Institute of Industrial Technology

A direct carbon fuel cell (DCFC) generates electricity directly converting the chemical energy in coal[1-3]. The DCFC adopted in this work consists of solid oxide electrolyte and molten carbonate anode-media, as proposed by SRI [1]. In this system, however, there are conflicting effects of temperature. As temperature increases, ion conductivity of the solid electrolyte increases but stability of the molten carbonate anode decreases.

In this study, effect of operating temperature on stability of carbon-carbonate mixture was investigated experimentally. TGA analysis was conducted at either nitrogen or carbon dioxide ambient for  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , and their mixtures together with carbon black. The results show that, when carbon black is added to carbonates, the mixtures become unstable over 700 °C, where carbonates alone without carbon addition were stable. It is also shown that there are at least two different reaction mechanisms significantly affecting decomposition of the carbon-carbonate mixtures.

### 참고문헌

1. Cao, D., Sun, Y., and Wang, G., J. of Power Source, 167, 250 ( 2007).
2. N.J. Cherepy, R. Krueger, K.J. Fiet, A.F. Jankowski, J.F. Cooper, J. Electrochem. Soc. 152, 80 (2005).
3. W.H.A. Peelen, M. Olivry, S.F. Au, J.D. Fehribach, K. Hemmes, J. Appl. Electrochem. 30, 1389 (2000).

# PR Stripping 폐액으로부터 유기 용제 회수를 위한 감압 증류 공정 최적화

김재경<sup>1</sup>, 이문용<sup>2†</sup>, 박명준<sup>3‡</sup>, 이인규<sup>3‡</sup>, 구기갑<sup>1\*</sup>  
 서강대학교 화공생명공학과<sup>1</sup>, <sup>†</sup>영남대학교 화학공학부<sup>2</sup>, <sup>‡</sup>(주)코렉스<sup>3</sup>

## Optimization of the Distillation process for the recovery of HEP and MDG from PR Stripping solution

Jae-Kyeong Kim <sup>1</sup>, Moonyong Lee <sup>2†</sup>, Myung-Jun Park<sup>3‡</sup>, In-Kyu Lee<sup>3‡</sup>,  
 Kee-Kahb Koo <sup>1\*</sup>

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Sogang University 1, <sup>†</sup>School of Chemical Engineering, YeungNam University 2, <sup>‡</sup>Korex Co., 3

### 서론

PR stripper 화합물은 노광(UV exposure)과 현상(developing)에 의한 게이트 패턴 형성, 금속 박막의 식각 후 남아 있는 PR, 잔류 이물질, 변성 물질을 용해하여 제거하는 화학 소재로 지방족 아민, 비양성자성 극성용매, 양성자성 극성용매 등 유기 용제와 첨가제로 구성되어 있으며 TFT-LCD array 기판 제조 공정에서 배출된다.<sup>1)</sup> 증류공정에 의한 PR stripper 폐액에서 유기 용제의 회수 연구는 환경오염 저감, LCD 패널 제조 공정의 원가 절감 측면에서 지속적으로 요구되고 있지만, 증류 조작에서 조작 변수 영향, 회수된 유기 용제에 대한 분석 등 정량적인 연구 보고와 최적화 사례는 많지 않은 실정이다. 본 연구는 감압 증류에 의하여 TFT-LCD 제조 공정에서 배출되는 PR stripper 폐액으로부터 HEP(1-hydroxyethylpiperazine)와 MDG(methyl diglycol)의 회수와 최적화에 대한 연구 결과이다.

### 실험 및 방법

본 연구에서 PR stripper 폐액의 감압 증류 조작은 Propak이 충전된 증류장치(B/R Instrument Co., Model: B/R 9600 packed column distillation system)에서 수행되었다. 증류에 의해 회수된 유기 용제의 순도는 HP-5 column과 FID가 장착된 GC(Younglin Scientific Co., Acme 600)로 분석하였다. 재생된 유기 용제의 수분 함량은 Karl-Fisher Titrator(GRS2000, GRS instruments)로 분석하였으며 금속 성분 함량은 ICP-MS (Elan 9000, Perkin Elmer)로 분석하였다.

### 결과 및 검토

감압 증류 조작에서 여러 운전 변수를 조합하여 최적화 실험을 수행한 결과 폐 PR stripper로부터 회수된 유기 용제의 순도는 99.3%이며 수율은 65%이었다. 최적 감압 증류 조건으로 증류탑 탑수, 환류비, 증류 압력, PR 함량은 30, 5, 0.1 atm, 2% 이하였다. 최적 조건에서 회수된 유기 용제에서 수분 함량은 0.7%, 전체 금속 불순물 원소 함량은 46 ppb로 TFT-LCD 공정용 PR stripper로 재순환될 수 있는 수준이었다. 현재 본 연구 결과를 바탕으로 파일럿 규모의 증류 공정 개발을 위한 공정 모델링과 장치 설계를 수행 중이다.

### 참고문헌

1. Kim, D. J., Oh, H. S., Kim, J. K., Park, M. J., Lee, M. Y., and Koo, K. K., "Reclamation of High Purity Organic Solvents from Waste Photoresist Stripper", *Clean Technology*, **13**(4), 257-265 (2007).

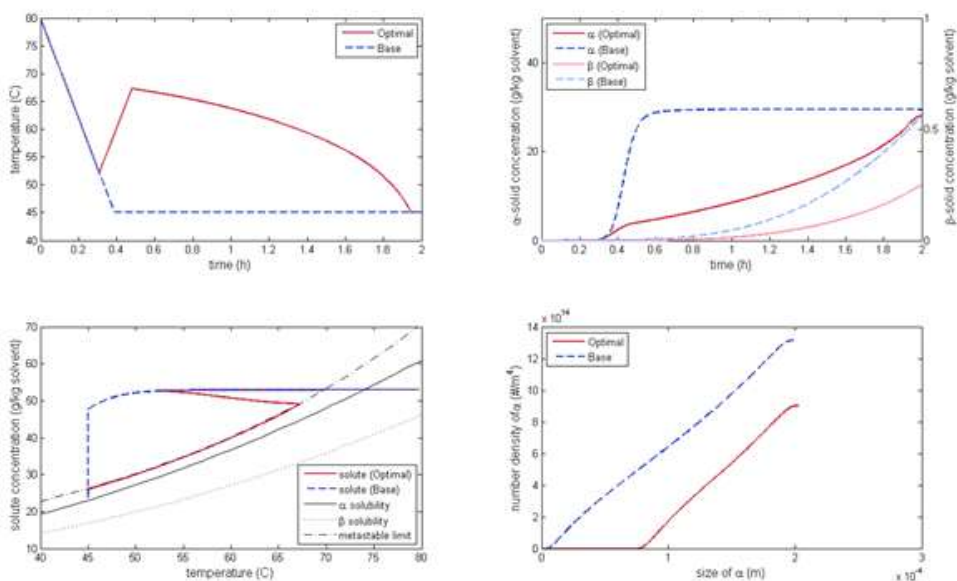
### 감사의 글

본 논문은 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 폐금속유용자원재활용기술개발사업의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.(과제번호:GT-11-C-01-130-0)

## Study on the Effect of Temperature Swing Profile on Crystallization of L-Glutamic Acid

Seungjong Yeom, Huichan Yun, Dae Ryook Yang\*  
 Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University

L-glutamic acid can be crystallized into two polymorphic forms,  $\alpha$  and  $\beta$ .  $\alpha$ -form crystal has better shape for handling but polymorphic transformation hinders production of large  $\alpha$ -form particles. The ultimate goal of this study is first dissolving commercial  $\beta$ -form crystals and then selectively crystallizing  $\alpha$ -form from the solution. To have pure and large  $\alpha$ -form particles, temperature swing method was applied to cooling crystallization. Temperature swing was designed to be three steps: the first cooling for auto-nucleation, heating for entering metastable region, and the second cooling for following close to the metastable limit. In order to find the best profile, onset point and slope of each step was varied and its effect was analyzed using mathematical model. The model is composed of kinetic equations and parameters of Schoell et al.[1], and the population balance was solved by the method of Hu et al.[2]. Solubility and metastable limit data are excerpted from Hermanto et al.[3]. Experiment was carried out for various cases of temperature swing profiles and compared with the results from the model.



### References

1. J. Schöll, D. Bonalumi, L. Vicum, and M. Mazzotti, Martin Müller, "In situ monitoring and modeling of the solvent-mediated polymorphic transformation of L-glutamic acid," *Cryst. Growth Des.*, **6**(4), 881-891, (2006).
2. Q. Hu, S. Rohani, D. X. Wang and A. Jutan, "Nonlinear kinetic parameter estimation for batch cooling seeded crystallization," *AIChE J.*, **50**(8), 1786-1794, (2004).
3. M. W. Hermanto, N. C. Kee, R. B. H. Tan and M.-S. Chiu, "Robust Bayesian estimation of kinetics for the polymorphic transformation of L-glutamic acid crystals," *AIChE J.*, **54**(12), 3248-3259, (2008).



## LED용 사파이어 웨이퍼 세정제의 세정성에 대한 연구

허정무, 이호열, 김종희, 배재흠\*, 이동기\*\*  
에이케이캠텍(주), 수원대학교\*, 한국화학융합시험연구원\*\*

### Study of Cleaning performance of NEOZOL for LED(Light Emitting Diode) Sapphire Wafer

Jung-Moo Heo, Ho-Yeoul Lee, Jong-Hee Kim,  
Jae-Heum Bae\*, Dong-Kee Lee\*\*  
AK ChemTech Co.,Ltd., The University of Suwon\*, Korea Testing & Reserch Institute\*\*

LED(Light Emitting Diode) 조명용으로 주로 사용되는 사파이어 웨이퍼 시장은 최근 카메라 모듈의 광학용 렌즈로도 이용되어 그 시장이 커지고 있다. 사파이어 웨이퍼는 광학용으로 사용되기 위하여 Ingot 절단 후, CMP 슬러리를 이용한 Polishing 공정을 거친다. Polishing 공정 이후 CMP 슬러리의 화학적 성분뿐만 아니라 연마된 사파이어 미세입자까지 완전하게 세정해야만 사파이어 웨이퍼의 투명성을 확보할 수 있게 된다.

본 연구는 유기용제가 포함되지 않은 친환경 알칼리 수계세정제 NEOZOL을 사용하여 세정력, 행균성 등을 평가하였다. 실험방법으로는 CMP 슬러리를 사파이어 웨이퍼에 도포한 뒤, 90℃에서 두 시간 동안 건조하여 오염원으로 하여 세정력을 평가하고, 세정제의 행균성을 측정하기 위해 사파이어 웨이퍼의 무게, 현미경 분석, 행균조의 유/무기물 잔존 함량(TOC, ICP)를 확인하였다. 실험결과에 따르면 NEOZOL 세정제가 후보 세정제에 비해서 세정력과 행균성이 우수함을 확인하였다.

#### 참고문헌

1. Displaysearch, Q2'11 Quarterly LED Supply/Demand and Technology Report", Aug. 2011.
2. 김휘진, 슬러리 제조원리 및 특성, in 11th KOCMPUGM 논문집, 2000년 11월 17일, 서울교육문화회관, 서울.

## 유량 및 압력 변화에 따른 폴리설폰 증공사막의 효율 평가

김상우, 김정은, 정재철, 육종목, 장석준, 노영석  
(주)파인텍

### Variation of Hollow Fiber Membranes Depending on Flow rate and Pressure

Sang-woo Kim, Jeong-eun Kim, Jae-chil Jung, Jong-mook Yuk, Seok-Jun Jang, Young-Seok Roh  
Fine-tech CO.,Ltd

전자산업에서 발생하는 온실가스 중 PFC (Perfluorocompound)는 우리나라 주력산업인 전자(반도체, 디스플레이, LED)산업에서 에칭 및 CVD(Chemical Vapor Deposition) 세정과정을 통해 주로 발생하고 있다. 이러한 불화가스는 CO<sub>2</sub>보다 높은 지구온난화지수와 긴 분해시간으로 인해 불화가스의 분리, 회수, 정제가 필요한 실정이다<sup>1)</sup>. 따라서 본 연구에서는 변들 형태의 가스에 MFC(Mass Flow Controller)를 연결하여 유량 조절에 따른 불화가스 농축율 및 회수율을 확인하였고, Permeate에 진공펌프를 사용하여 -0.1 bar, -0.2 bar, -0.3 bar로 음압 조건에 따른 분리막의 효율을 비교하고자 한다. 조건에 따른 비교 결과 Permeate의 연결된 진공압에 따라 회수율과 농축율에 관계는 -0.1 bar 일 때 가장 좋은 효율을 나타내었고, 유입된 불화가스의 양이 증가 될수록 농축율과 회수율이 증가되는 경향을 보였다.

#### 사 사

본 연구는 환경부 글로벌담 환경기술개발사업의(T113-00128-E041-0) 지원에 의하여 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 김정은, 배지철, 육종목, 오가연, 박문수, 노영석 “불화가스 분리를 위한 분리막 적용 연구”, 한국폐기물자원순환학회 Vol 30, No. 2, pp 173-180 (2013)

## 중공사 분리막을 이용한 SF<sub>6</sub>, CF<sub>4</sub> 회수 및 농축 효율 평가

김정은\*, 정재철, 김상우, 육종묵, 장석준, 노영석  
(주)파인텍

### Study on Separation of SF<sub>6</sub> and CF<sub>4</sub> Using Hollow Fiber Membrane

Jeong-Eun Kim<sup>\*</sup>, Jae-Chil Jeong, Sang-Woo Kim, Jong-Mook Yuk, Seok-Jun Jang,  
Young-Seok Roh  
*Fine-tech CO.,Ltd*

과거 수년 전까지 온실가스 저감에 관한 연구는 CO<sub>2</sub>에 집중되어 왔다. 그러나 CO<sub>2</sub>의 회수비용이 Non-CO<sub>2</sub> 보다 비싸기 때문에 지구 온난화의 주요 원인인 6대(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, PFCs, HFCs) 물질에 대한 분리, 정제, 회수, 저감, 대체 물질 등의 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 6대 원인물질 중 SF<sub>6</sub>, PFCs가 우리나라 주력사업인 전자(반도체, 디스플레이, LED)산업에서 에칭 및 CVD(Chemical Vapor Deposition) 세정과정을 통해 주로 발생되고 있기 때문에 불화가스의 분리, 회수, 정제가 필요한 실정이다<sup>1)</sup>. 따라서 본 연구는 중공사막을 통해 SF<sub>6</sub>와 CF<sub>4</sub> 물질을 분리/회수하기 위한 공정시스템을 최적화하는 것에 있다. 분리 및 회수효율을 높이기 위해 온도, 유량, 압력 등 조건을 다양하게 적용하여 그 영향을 연구하였다. 실험에 사용한 가스는 혼합가스 10% vol. SF<sub>6</sub>(N<sub>2</sub>/SF<sub>6</sub>)와 혼합가스 10% vol. CF<sub>4</sub>(N<sub>2</sub>/CF<sub>4</sub>)를 이용하여 영향인자에 따른 분리/회수 특성을 비교하고자 한다.

#### 사사

본 연구는 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업의(T113-00128-E041-0) 지원에 의하여 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. Kim, J.-E., "Study on application of membrane for separation in perfluorocompound gas(SF<sub>6</sub>)," J. of Korea Society of Waste Management, Vol. 30, No. 2, pp. 173-180(2013).

## 와류 분무 공정을 이용한 3차원 마이크로 구조물의 감광제 코팅

이상호, 이정민, 윤종진<sup>†</sup>, 김기영  
한국생산기술연구원, <sup>†</sup>(주)엘파니

### Vortex-spray coating of photoresist for 3-D micro structures

Sang-Ho Lee, Jeong-Min Lee, Jong-Jin Yoon<sup>†</sup>, Ki-Young Kim,  
Korea Institute of Industrial Technology, <sup>†</sup>Elpani Co., Ltd.

본 연구에서는 와류 분무 (Vortex-spray) 공정을 이용하여 3차원 마이크로 구조물 위에 감광제를 코팅하는 방법에 대해서 소개한다. 분무 유량, 분무 공압, 분무 높이, 기판 이동속도, 기판 온도를 변화시키면서 균일한 코팅 면이 형성되는 조건을 확립하였다.

제작된 분무 공정 시스템 장비는 최대 100 mm × 100 mm 크기의 기판의 코팅이 가능하고, 기판 이동속도는 4 ~ 20 mm/s 범위에서 1 mm/s 단위로 조절이 가능하다. 분무 노즐의 높이는 4 ~ 16 cm 범위에서 1 mm 단위로 조절이 가능하며 기판의 온도는 최대 100 °C까지 조절 가능하도록 제작되었다. 본 연구에서 사용된 분무 노즐은 ATOMAX 사의 와류형 노즐로써, 공압 방식을 채택하면서도 튀김현상(bounce-back)을 최소화 하고, 마이크로 크기의 액적 생성이 가능하고, 마이크로 크기의 막 두께 조절이 가능한 장점을 가지고 있다.

그림 1.(a)는 제작된 와류 분무 공정시스템 및 분무 공정에 사용된 와류형 노즐의 사진을 나타낸다. 최적의 코팅 면이 형성되는 조건 설정을 공정절차는 다음과 같다. 먼저, 분무코팅을 크로마토그래피 종이에 코팅한 후, 색 분포를 분석을 통하여 분무 유량 및 공압 숫치를 결정한다. 다음 단계로는 분무 높이와 기판 이동속도를 변화시켜 분무한 후, 두께 편차를 분석하여 결정한다. 마지막으로 기판 온도 설정 단계에는 온도를 변화시켜 단차 모서리 부분의 코팅여부와 코팅 면에서 기포가 발생되지 않는 조건으로 설정한 후, 단차모양의 미세구조물의 세장비를 변화하면서 감광제를 이용하여 3차원 미세구조물에 대한 분무 코팅의 신뢰성을 평가하였다. 그림 1.(b)는 폭 600 μm, 단차 깊이 300 μm 크기로 가공한 3차원 Si 기판에 분무 코팅된 결과를 전자현미경으로 측정 한 결과이다. 3차원 형상의 단차기판에 전체적으로 균일하게 감광제가 코팅된 것을 확일 할 수 있었다.

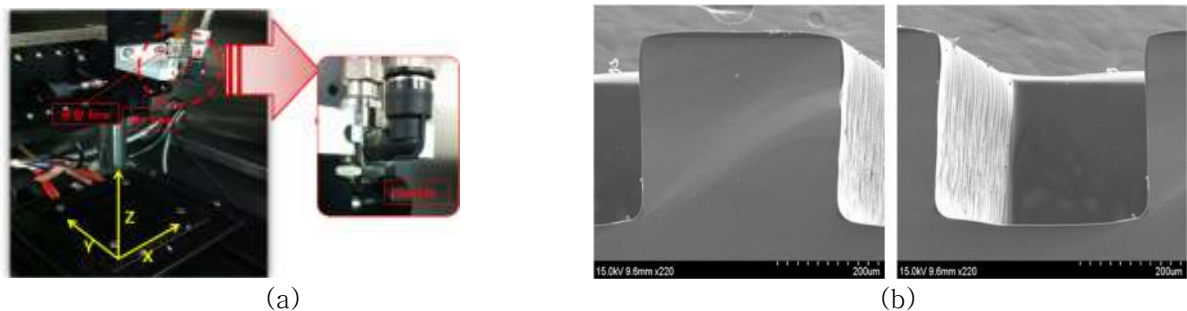


그림 1. 제작된 분무 공정 시스템 및 감광제 코팅 결과 : (a) 분무 공정 시스템 사진 및 분무에 사용된 노즐 사진, (b) 감광제가 코팅된 3차원 Si 단차기판 SEM 이미지.

#### 참고문헌

1. Pham et al., "Photoresist Coating Methods for the Integration of Novel 3-D RF Microstructures," *J. Microelectromechanical Systems*, **13**(3), 491-499 (2004).
2. Maury et al., "Sub-micron imaging on high-topography wafers using spray coating and projection lithography," *Microelectronic Engineering*, **87**(5), 904-906 (2010).

# 수집 대륙별 폐지의 탈묵 재활용 특성 비교 및 최적 활용방안 탐색

정성현\*, 주종훈, 류정용<sup>†</sup>, 김형진<sup>‡</sup>  
(주)전주페이퍼 기술연구소, <sup>†</sup>강원대학교 창강제지연구소, <sup>‡</sup>국민대학교 임산생명공학과

## Optimization of Recycling of Recovered Papers Originated from varied Continents based on Comparison of Deinkability

Chung, Sung Hyun\*, Jong Hun Joo, Jeong Yong Ryu<sup>†</sup>, Hyoung Jin Kim<sup>‡</sup>  
R&D Center, Jeonju Paper Corporation, <sup>†</sup>Kangwon Univ. Changgang Institute of Paper Science and Technology, <sup>‡</sup>Dept. of Forest Products & Biotechnology, Kookmin University

전 세계적인 경기 불황과 폐지를 수출해온 선진 공업국 경제의 침체로 최근 재활용 폐지의 국가 간 수급 균형이 흔들리고 있다. 전체적인 폐지의 유통량이 줄어들어 따라 상당량의 폐지를 수입에 의존하는 우리나라는 폐지의 부족과 품질 변동에 직면하게 되었다. 본 연구에서는 유럽과 아시아 및 북미 지역의 폐지 품질을 분석하여 비교하고, 최적의 배합비를 탐색하여 급변하는 시장 상황에 대처하고자 하였다. 실제 폐지 재활용 신문지 제조 공정 공정수와 원료를 바탕으로 실험실적 분석을 실시한 결과, 최적의 폐지 배합비를 추구하고 수 있었다.

### 참고문헌

1. Gehr, V. And Borschke, D. (1996) : "Bleaching as an integrated system part of modern DIP plants" 7th Deinking Symposium, München, (7 - 10 May 1996).
2. Johansson, O. and Steffner, S., (1989) : "Field Experience Gained in the New De-inking Plant at Hylte Bruks AB", EUCEPA Symposium, Ljubljana (23-27 Oct. 1989).
3. Linck, E., Matzke W. and Siewert W., (1989) : "Systemüberlegungen beim Deinking von Altpapier", EUCEPA Symposium, Ljubljana (23-27 Oct. 1989), Book of papers, V.II : 361-378 and Wochenblatt für Papierfabrikation, 118(6) : 227-232 (March 1990).
4. Ortner, H. and Fisher, S., (1989) : "Der Einsatz der Dispergierung zur Qualitätsverbesserung von deinkten Stoffen", EUCEPA Symposium, Ljubljana (23-27 Oct. 1989), Book of papers, V.II : 419-452 and Wochenblatt für Papierfabrikation, 117(19) : 855-862 (Oct. 1989).
5. Selder, H. and Linck, E. (1994) : "Secondary Fibers for SC Papers", 47ème Congrès de l'ATIP, Grenoble (11-13 Octobre 1994).
6. Selder, H. and Christmas, P. (1996) : "Neue prozesstechnic für die Herstellung von qualitativ hochwertigem Deinkingstoff aus gemischtem Büroaltpapier " 7th Deinking Symposium, München, (March 1996).
7. Kleuser, J. (1998) : "Concepts and Results" 1<sup>st</sup>PTS-CTPDeinkingSymposium, München, (May 1998).

## Effect of Organic Cosolvent on the Supercritical Fluid Extraction of Lipids from Microalgae

Jin-Hee Hong, Mi-Ran Park<sup>†</sup>, Giobin Lim<sup>†</sup>, Jong-Hoon Ryu<sup>†\*</sup>

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University, Korea

<sup>†</sup>Department of Chemical Engineering, The University of Suwon, Korea

It has become increasingly obvious that we must soon cease our reliance on fossil fuel energy resources due to depleting world reserves and the green house gas emissions associated with their use. Therefore, there are vigorous research activities aimed at developing alternative renewable energy resources. Recently, microalgae have been seen with a great potential as a sustainable feedstock for biodiesel. Microalgae are expected to produce up to 10 times the amounts of oil per acre compared with vegetable oils. The goal of this work was to investigate the feasibility of supercritical fluid technique for the extraction of lipid from microalgae. In this study, supercritical carbon dioxide (SCCO<sub>2</sub>) extraction were employed to evaluate the extraction efficiency of oil from *Chlorella vulgaris* (*C. vulgaris*). The SCCO<sub>2</sub> extraction was carried out while varying such operating parameters as cosolvent, static extraction time and pretreatment methods. The FAME (fatty acid methyl ester)-convertible oil yield of the SCCO<sub>2</sub> extraction was found to increase with the addition of cosolvent and the static extraction time. The ultrasonication treatment has been proven to be effective in disrupting plant cells and thus improving the extraction rate.

### References

1. Arief W., Chien, C.-C. and Ju, Y.-H., " Study of increasing lipid production from fresh water microalgae *Chlorella vulgaris* ", *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, **40**, 13 - 20 (2009).
2. Michael C., Young, G. and Nagle, N., "Extraction of Bio-oils from Microalgae", *Separation & Purification Reviews*, **38**, 291-325 (2009).

# 열가소성 탄성체(Thermoplastic elastomer, TPE) Vistamaxx 수지를 이용한 관절보조기 소재 개발

\*허광선<sup>1</sup>, 하병욱<sup>2†</sup>  
경남정보대학교<sup>1</sup>, 울텍<sup>2†</sup>

## Development of Orthosis material using Thermoplastic elastomer Vistamaxx resin

Kwangsun Huh<sup>1</sup>, Byeonguk Ha<sup>2†</sup>

Department of Advanced Materials & Applied Chemistry, Kyungnam College University of Information & Technology<sup>1</sup>, ORTEC<sup>2</sup>

### 서론

열가소성 엘라스토머(Thermoplastic elastomer, TPE)는 가황 고무와 플라스틱의 기능을 겸비하고 있으며, 일반 플라스틱과 동일한 장치로 성형이 가능하면서 재활용성 등의 특성을 가지고 있기 때문에 신소재로 관심이 집중되고 있다. TPE는 경쟁 재료에 비해 제조공정을 간략화 할 수 있고 생산비용의 저감이 가능한 점이 커다란 장점이 있으며, 의료용도로써 폴리올레핀계, 폴리에스터계, 폴리스티렌계, PVC계 등의 TPE가 개발되어 생산, 판매되고 있다. 의료기구의 재료로서 기존재료를 TPE로 대체하는 세계적인 추세에 발맞춰 국내의 업체에서도 보다 성능이 향상되고 비용이 절감되는 의료용 TPE 재료의 개발이 활발히 진행되고 있다.

재활 및 보조기로 무릎인대 파열 혹은 손상을 보조하는 Knee brace, 발목관절 손상 및 골절시 고정하여 보호하는데 사용되는 Ankle brace, 인공고관절 치환술이나 고관절 탈구시에 보조해 주는 고관절 brace, 주관절 파열 및 손상시 보호 및 고정하기 위해 사용되는 Long arm brace가 있다. 이때 사용되는 TPE는 일반적으로 열가소성 플라스틱용 성형기로 용이하게 가공되고 가황공정이 필요없어 가황고무에 비해 많은 장점을 가지고 있다. 반면, 가황고무에 비해 내열성 영구압축 비뚤어짐 등의 물성이나 내구성은 떨어지는 것으로 알려졌다. TPE 사출성형에 있어 성형공정 변수로 사출온도, 사출속도, 사출압력, 사출시간, 금형의 온도, 냉각속도 등이 사출조건이다.

### 실험 및 고찰

열가소성 수지 중에서 사출성형 시에 결정성수지는 결정을 용해시키기 위한 여분의 열이 필요하게 되며, 성형온도까지 수지의 온도를 높이는 데는 비결정성 수지보다도 더 많은 열량이 필요하게 되어 가소화 능력이 상당히 큰 사출 성형기가 필요하며, 고화과정에 있어서도 금형의 충분한 냉각을 위한 여분의 시간이 필요하다. 또한 결정성수지인 경우는 금형의 온도가 높아지면 냉각속도가 낮아지고 그 결과 결정화가 증가되어져서 수축률이 크게 되므로 결정성 수지는 비결정성 수지에 비하여 금형의 온도의 영향을 많이 받게 된다. 냉각시간이 길어지면 금형내의 수지는 균일하게 냉각되어 충분히 고화되기 때문에 금형으로부터 취출된 성형품의 수축률은 전반적으로 작게 나타나게 되는데 반해 결정성 수지의 경우는 냉각시간이 길어지면 결정화가 천천히 진행되어 결정화도가 증가되어지기 때문에 성형수축율은 증가되어진다.

본 연구에서는 열가소성 탄성체(TPE) 관절보조기용 수지를 개발하기 위하여 Vistamaxx(PE) 수지를 선정하여 사출 성형 조건을 정확한 조정을 위해 금형온도, 사출압력, 사출시간, 냉각시간 등을 설정한 후 3회의 시험사출을 실시하여 시험편을 제작하여 수축율을 측정하였다.

실험결과 금형온도변화에서는 금형온도가 높을수록, 금형의 냉각속도는 늦어지고, 결정화는 증가되어 수축률이 증가 되었으며, 사출압력과 사출시간 변화에서는 사출압력과 사출시간이 증가함에 따라 수축률이 감소되었다.

### 참고문헌

1. Sally Cater and David Kazmer, Studies of Plastics Boss Design and Methodology", ANTEC, 1999, pp. 2369-3696.
2. 김현필, 김용조, "충전과 보압과정이 사출성형 공정에 미치는 영향에 관한 연구" 한국공작기계학회지, 11(4) 44-53(2002)

## 플렉서블 유리 기판 위에 제작한 ITO 잉크층의 특성 평가

홍성제\*, 김종용, 옥기훈, 김선우  
전자부품연구원

### Evaluations of ITO Ink Layers Fabricated on Flexible Glass Substrates

Sung-Jei Hong, Jong-Woong Kim, Gi-Hoon Ock, Sun Woo Kim  
Korea Electronics Technology Institute

최근 플렉서블 디스플레이 및 플렉서블 태양전지 등 플렉서블 기기에 대한 관심이 높아지면서 이를 구현할 수 있는 플렉서블 기판 및 그 위에 구현하는 투명전극 막에 대한 관심도 함께 높아지고 있다. 일반적으로 플렉서블 기판은 기존보다 두께가 얇고, 고분자 재질로 되어 있어 가열될 수 있는 온도가 제한적이다. 그러나, 투명전극 막을 제작하기 위해서 그 이상의 온도가 가열되어야 하기 때문에 그러한 높은 온도에 견딜 수 있는 재질의 기판이 필요하다. 본 연구에서는 플렉서블 유리 기판을 이용하여 그 위에 ITO 잉크 투명전도막을 코팅, 열처리 및 특성을 평가하였다. ITO 잉크는 400°C 이상에서 잉크의 유기 잔유물이 제거되어 전기적 특성이 구현될 수 있다. 그러나, 기존의 고분자 재질의 플렉서블 기판 상에는 그러한 공정이 어려운데, 이는 고분자 재질이 견딜 수 있는 온도가 200°C 이하로 매우 낮기 때문이다. 따라서 이를 극복하기 위해 유리 재질의 플렉서블 기판 위에 ITO 잉크를 제작하여 600°C로 열처리, 특성을 평가하였다. ITO 잉크는 약 10~20 nm 크기의 ITO 나노입자를 알코올 기반의 청정 용매에 분산하여 제조하였고, 용매 내 입자의 농도는 약 15wt%로 제어하였다. 열분석 결과 농도는 약 15wt%로 측정되어 설계한 농도와 일치함을 알 수 있었다. 무게 감소는 약 200°C 부근에서 완료되는 것으로 관찰되었으나, 300~400°C 사이에서 추가적으로 약간의 발열반응이 관찰되었다. ITO 잉크를 플렉서블 유리 기판에 재생 ITO를 코팅한 결과 ITO 잉크는 기판 상에 균일하게 코팅되었다. 그 결과 플렉서블 유리 기판은 양호한 내열성을 나타내었다. 즉, ITO 잉크 코팅후 600°C에서 1시간 동안 열처리 후에도 기판의 휘어짐이나 변형 등 변화가 관찰되지 않아 플렉서블 기판이 매우 양호한 내열성을 가지고 있음을 확인하였다. 열처리된 ITO 잉크층의 면저항을 측정한 결과 약  $1.170 \times 10^3 \Omega/\square$ 의 값을 나타내었다. 광투과율의 경우 550 nm 파장에서 공기층 기준으로 90%로 매우 양호한 결과를 나타내었다. 또한, 휨 특성 등 플렉서블 기판의 조건에 따른 ITO 잉크막의 특성을 평가하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 2010년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 2010501010002B).

#### 참고문헌

1. M. Sibiński, K. Znajdek, S. Walczak, M. Sloma, M. Gorski, A. Cenian, "Comparison of ZnO:Al, ITO and carbon nanotube transparent conductive layers in flexible solar cells applications" *Materials Science and Engineering: B* 177(26) 1292-1298 (2012).
2. T. Hanada, T. Negishi, I. Shiroishi, T. Shiro, "Plastic substrate with gas barrier layer and transparent conductive oxide thin film for flexible displays" *Thin Solid Films* 518(11) 3089-3092 (2010).



## 실리콘 슬러지로부터 재생된 SiC 나노 분말의 특성

홍성제\*, 윤범진, 김종웅, 조현민  
전자부품연구원

### Characteristics of SiC Nanoparticles Recovered from Si Sludge

Sung-Jei Hong, Beom-Jin Yoon, Jong-Woong Kim, Hyun-Min Cho  
Korea Electronics Technology Institute

탄화 실리콘(SiC)은 높은 열전도율 및 기계적 특성을 가지고 있어 다양한 분야에 응용될 수 있는 소재이다. 그 중 한 분야로서 최근 관심이 높아지고 있는 디지털 프린팅 분야에 SiC를 적용하기 위해선 SiC를 나노급의 입자로서 구현하는 것이 필요하고, 또한 용액 내에서의 분산이 양호하게 이루어져야 한다. 그러나, 태양전지 소재가공 과정에서 발생하는 실리콘 슬러지로부터 회수하는 SiC는 입도가 매우 조대하여 그것을 미세화하는 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 실리콘 슬러지로부터 회수한 SiC를 Milling 공정을 이용하여 분쇄하였고, 분쇄 후 잉크 내 분산 거동을 관찰하기 위해 용매, 바인더 및 첨가제 등으로 제조된 잉크 용매 시스템을 제조후 그 속에 SiC 입자를 넣어 Milling을 실시하였다. 그 결과 초기입도가 약 10 $\mu$ m 수준의 SiC 입자가 milling 후 약 100 nm 급의 나노급 입자로 미세화되었다. 또한, 초기 투입한 분산제가 milling 중에 분쇄에 의해 노출된 SiC 입자 표면에 흡착되면서 양호한 분산성을 유지하였다. 따라서 태양전지 소재가공 과정에서 발생하는 실리콘 슬러지로부터 회수 및 재생한 SiC 분말은 미세한 나노분말로 가공하여 디지털 프린팅에 적용이 가능함을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2011년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 10038632).

#### 참고문헌

1. T. Abe, H. Kishimoto, N. Nakazato, J.S. Park, H.C. Jung, Y. Kohno, A. Kohyama, "SiC/SiC composite heater for IFMIF", Fusion Engineering and Design 87, 1258-1260 (2010).

## 마그네슘염을 출발물질로 수열합성법을 이용한 수산화마그네슘의 제조방법

박성기, 이호열, 김종희, 배재흠\*  
에이케이캠텍(주), 수원대학교\*

### Manufacture Method of Magnesium hydroxide used Hydrothermal Synthesis from Magnesium Salts

Seong-Ki Park, Ho-Yeoul Lee, Jong-Hee Kim,  
Jae-Heum Bae\*  
AK ChemTech Co.,Ltd., The University of Suwon\*

수산화마그네슘(Mg(OH)<sub>2</sub>)는 유해가스의 발생이 없는 친환경 난연제로서 전선용 및 건축용 PolyOlefine, PVC 수지의 난연첨가제로 활용되고 있다. 수산화마그네슘(Mg(OH)<sub>2</sub>) 난연제의 제조방법은 크게 3가지로 구분이 되는데 이는 천연광물인 브루사이트(Brucite)의 파쇄제품, 마그네시아(Magnesia, MgO)의 수화반응으로 제조된 제품, Mg염의 수열합성에 의한 제품 이 3가지 이다, 그러나, 천연광물 파쇄제품의 경우, 입도제어가 어려워 미분(2 $\mu$ m이하)의 제품확보가 어렵고, 마그네시아의 수화제품은 입자의 뭉침 및 순도문제로 적용품의 한계가 있다. 따라서, 본 연구에서는 Mg염의 수열합성을 통한 고순도, 미분의 수산화 마그네슘을 제조하고자 한다.

수산화마그네슘의 제조는 Mg염의 침전물의 생성단계, 생성된 입자의 숙성단계, 수열반응을 통한 결정화 단계, 건조 및 후처리 단계로 나누어 진다. 본 연구에서는 Mg염의 종류 및 수열합성시 의 합성온도 및 시간에 따른 수산화마그네슘의 입도분포, 입자의 형상, 결정화도 등을 비교하였다, 이렇게 제조된 수산화마그네슘은 기존의 고순도 수산화마그네슘(일본제품) 난연제, 천연광물의 파쇄제품 등과 Powder 특성을 비교분석하고, 고분자수지(EVA, PE)에 배합하여 수지물성에 미치는 영향을 비교 분석하였다.

#### 참고문헌

1. Lim. M. H, , Lee S. H, Whang Ch. M., "Comparison of Magnesium Hydroxide Particles by Precipitation and Hydrothermal Treatment for Flame Retardant Application to Low Density Polyethylene and Ethylene-Co-Vinyl Acetate Resin" J. Korean Ind. Eng. Chem., Vol. 20. No.2 (April 2009)
2. Kalfus J, Jancar J, "Effect of Particle Size on the Thermal Stability and Flammability of Mg(OH)<sub>2</sub>/EVA Nanocomposites" Composite Interfaces, Vol.17, No.5-7, (2010)

**포 스텍 발 표**  
**바이오연료 및 소재**



## 바이오 기반 물질을 이용한 글리시돌 합성 연구

최지식, 이근임, 이상득, 이현주\*  
한국과학기술연구원

### Synthesis of glycidol from bio-based material

Ji Sik Choi, Gun Im Lee, Sang Deuk Lee and Hyunjoo Lee\*  
Clean Energy Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Seoul  
136-791, Republic of Korea

최근 새로운 글리시돌 합성 방법으로 바이오 기반의 글리세롤 카보네이트로부터 글리시돌을 얻는 방법은 경제적이면서 환경친화도가 높아 많은 관심을 받고 있다. 본 연구에서는 이온성 액체를 촉매로 사용하여 글리세롤 카보네이트를 탈탄산하여 글리시돌을 합성하였다. 다양한 이온성 액체 음이온 중에서 중간 정도의 염기도를 띠는 Nitrate 음이온과 Iodide 음이온을 갖는 이온성 액체가 높은 촉매 활성을 보였으며, FT-IR 분석을 통해 글리세롤 카보네이트와 글리시돌의 OH 그룹이 이온성 액체 음이온과 상호작용하는 것을 알 수 있었다. 또한 루이스 산을 첨가하여 이온성 액체 음이온의 염기도 세기를 조절함으로써 촉매의 활성을 더욱 증가시킬 수 있었다.

## 근임계수 상에서 고체염기 촉매인 Na-ZrO<sub>2</sub> 촉매가 Veratrylglycerol-β-Guaiacyl Ether (VGE) 수소화분해반응에 미치는 영향

엄희준, 홍윤기, 정상호, 이관영\*<sup>†</sup>  
고려대학교 화공생명공학과, <sup>†</sup>고려대학교 그린스쿨 전문대학원

## Effects of Solid Base Na-ZrO<sub>2</sub> Catalyst on the Hydrogenolysis of Veratrylglycerol-β-Guaiacyl Ether (VGE) in Near-critical Water

Hee-Jun Eom, Yoon-Ki Hong, Sang-Ho Chung and Kwan-Young Lee\*<sup>†</sup>  
Department of Chemical & Biological Engineering, Korea University,  
<sup>†</sup>GREEN SCHOOL, Korea University

Lignin is uneatable biomass and large amounts of lignin are produced by the lignocellulosics biomass-to-ethanol process and by pulp & paper refineries process as waste. Most of it is burned as low-grade fuel. However, the complex chemical structure of aromatic groups in lignin suggests that it may be a good source of valuable aromatic chemicals if it could be broken into smaller molecular units. Veratrylglycerol-β-Guaiacyl Ether (VGE), model substance of the β-O-4 linkage prevalent in lignin was hydrolyzed in near-critical water. The influence of alkali salt (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) and solid base catalyst (ZrO<sub>2</sub>, Na-ZrO<sub>2</sub>) on these reactions was tested at 250°C in hydrogen condition (initial pressure: 20 bar) for 6 h (sampling time: 30 min). The prepared Na-ZrO<sub>2</sub> catalysts were characterized by several methods (BET, XRD, ICP, TEM and CO<sub>2</sub>-TPD) to investigate the relationship between its physicochemical structure and the activity in VGE hydrogenolysis. The valuable chemical such as guaiacol was produced by cleavage of β-O-4 bond of VGE and catechol was produced by demethylation of guaiacol. The Na-ZrO<sub>2</sub> catalyst showed the higher surface area and basicity than pure ZrO<sub>2</sub>. The VGE conversion and the yields of the valuable products increased sharply by using sodium substituted ZrO<sub>2</sub> catalyst.

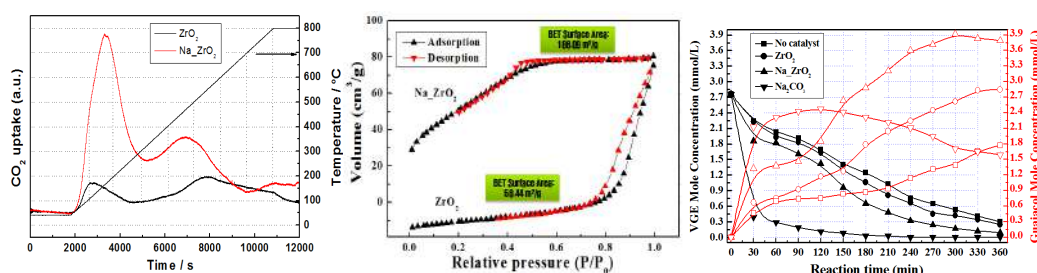


Figure. CO<sub>2</sub>-TPD profiles and nitrogen adsorption-desorption isotherms of pure ZrO<sub>2</sub> and the as-prepared Na-ZrO<sub>2</sub>; VGE concentrations as function of reaction time for catalytic hydrogenolysis reaction.

## 미세조류 유래 바이오디젤 품질특성 연구

이돈민<sup>††</sup>, 임의순<sup>†</sup>, 정충섭<sup>†</sup>, 이봉희<sup>†</sup>  
 한국석유관리원 석유기술연구소소속기관, <sup>†</sup>충북대학교 화학공학과

### A Study on the quality characteristics for biofuels from Micro-algae

Don-min Lee<sup>††</sup>, Eui-Soon Yim<sup>†</sup>, Choong-sub Jung<sup>†</sup>, Bong-hee Lee<sup>†</sup>  
 Petroleum Technology R&D Center, Korea Petroleum Quality & Distribution Authority<sup>†</sup>  
 Department of Chemical Engineering, Choongbuk University<sup>†</sup>

기존 바이오디젤에는 대두유, 팜유, 코코넛유와 같은 오일을 함유한 식물이 사용되었으나, 최근 바이오디젤 원료물질로서 지구온난화의 주범으로 인식되고 있는 대기중의 CO<sub>2</sub> 농도를 감소시키기 위해 여러 물질이 검토되고 있으며, 그 중 모든 광합성물질 중에 단위면적당 CO<sub>2</sub> 흡수가 최대인 미세조류의 개발 및 사용이 대두되고 있다. 이 때문에 미세조류의 빠른 성장 속도, 높은 지질 함량, 폐수 사용가능 등 다양한 장점으로 수많은 해조류 종이 바이오디젤 생산 원료물질로서 조사되고 있다.

바이오디젤이 자동차용 경유로 사용되기 위해서는 점도, 밀도 등의 물성이 유사하고 세탄가가 높아 경유엔진 및 기존 석유유통 인프라의 변경 없이 사용가능하여야 하며, 이렇게 사용된 바이오디젤은 차량 연소에 의해 생성된 CO<sub>2</sub>를 식물의 성장과정에서 광합성에 의해 다시 식물에 흡수되기 때문에 대기 중의 CO<sub>2</sub>를 줄일 수 있고, 황 성분이 거의 없다. 또한, 합산소 연료로서 디젤기관에서의 연소성이 좋아 SO<sub>x</sub>, CO, HC 및 soot 등 유해 배출가스 저감효과가 있으며, 또한 다고리방향족탄화수소(Poly cyclic aromatic hydrocarbons ; PAHs)와 nPAH(nitrated PAHs) 등의 유해 배출가스도 줄일 수 있고, 생분해성도 높아 환경오염이 적은 이점을 가지고 있다.

본 연구에서는 기존 FAME 함량 분석법 대신 내부 표준물질 가감법을 이용하여 미세조류별 FAME함량을 분석하고 기존 바이오디젤과의 차이와 특성을 조사하였다.

#### 참고문헌

1. Se-Kwon Kim, Handbook of Marine Macroalgae, WILEY-BLACKWELL, UK (2012).
2. A. Pandey, C. Larroche et al. Biofuels-Alternative feedstocks and conversion process, Academic Press, San Diego, 397~439 (2011).
3. Committee on the Sustainable Department of Algal Biofuels, Algal Biofuels, The National Academies Press, Washington DC, 86, 191~204 (2012).
4. Richard Gordon, Joseph Seckbach, The science of Algal fuels, Springer Dordent Heidelberg New York, 177~193 (2012).

## 해조류 유래 바이오연료 품질특성 연구

장은정<sup>††</sup>, 임의순<sup>†</sup>, 정충섭<sup>†</sup>, 이봉희<sup>†</sup>  
 한국석유관리원 석유기술연구소소속기관, <sup>†</sup>충북대학교 화학공학과

### A Study on the quality characteristics for biofuels from Aquatic Biomass

Eun-Jung Jang<sup>††</sup>, Eui-Soon Yim<sup>†</sup>, Choong-sub Jung<sup>†</sup>, Bong-hee Lee<sup>†</sup>  
 Petroleum Technology R&D Center, Korea Petroleum Quality & Distribution Authority<sup>†</sup>  
 Department of Chemical Engineering, Choongbuk University<sup>†</sup>

최근 신재생에너지 연료 의무혼합제도(RFS, Renewable Fuel Standard) 국내 도입 등 바이오연료 보급활성화 정책기조에 따라 차세대 바이오연료로 각광받고 있는 해조류 유래 바이오연료의 상용화 필요성이 대두되고 있다. 해조류는 여러 가지 바이오매스 중에서 이산화탄소 흡수 능력이 매우 뛰어난 것으로 알려져 있다. 해조류의 이산화탄소 흡수효과를 열대우림과 비교한 결과를 보면 모자반이나 다시마는 약 2배 이상의 이산화탄소 흡수효과를 가진다. 특히, 다시마는 지구상에서 광합성을 하는 생물 중에 가장 높은 1차 생산력을 가지는 것으로 알려져 있다. 또한, 해조류는 식량작물과 경쟁하지 않으며, 산림자원들을 훼손시키지 않으므로 지속가능성 있는 바이오매스라 할 수 있다. 삼면이 바다인 우리나라의 경우 바이오연료 원료 다변화 및 안정적 보급을 통한 에너지안보 확보를 위해 해조류 바이오연료 품질최적화를 통한 상용화가 더욱 필요하다. 따라서 본 연구에서는 최근 바이오연료의 보급 활성화 정책기조에 따라 차세대 바이오연료 생산원료로 각광받고 있는 해조류 유래 바이오연료의 품질특성을 평가하였다.

#### 참고문헌

1. A.B. Ross, J.M. Jones, M.L. Kubacki, T. Bridgeman, Bioresource Technology 99, 6494-6504 (2008).
2. R.H.Benderbosch, A.R.Ardiyanti, J.Wildschut, A.Oasmaa and H.J.Heeres, J Chem Technol, 85, 674-686 (2010).
3. Adam DHughes n, KennethDBlack,IonaCampbell,JohannaJHeymans,KylaKOrr et al. Marine Policy 38, 554-556 (2013).
4. Se-Kwon Kim, Handbook of Marine Macroalgae, WILEY-BLACKWELL, UK(2012).



## 저속 열분해로부터 생성된 바이오차의 염료 흡착 특성

이미남, 이철우, 우승한\*  
한밭대학교 화학생명공학과

### Dye adsorption onto biochars produced from slow pyrolysis

Mi Nam Lee, Chul Woo Lee, Seung Han Woo\*  
Department of Chemical & Biological Engineering, Hanbat National University

현재 다양한 산업활동을 통해 많은 양의 바이오매스 폐자원이 발생하고 있으며 이들의 자원화에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 바이오매스를 무산소 환경에서 저속 열분해하면 고속 열분해보다 상대적으로 많은 양의 바이오차를 확보할 수 있다. 농업부산물로부터 생성된 바이오차는 탄소 함량이 높고, 많은 기공과 높은 표면적을 가지고 있어, 물과 영양분에 대한 보유능력이 높아 작물 생산성 증진을 위해 주로 많이 사용되어 왔다. 본 연구에서는 이러한 특성을 가진 바이오차를 폐수 내의 오염물질 제거를 위한 흡착제로서의 응용 가능성을 검토하였다. 대상 오염물질로는 음이온성 염료인 congo red와, 양이온성 염료인 methylene blue를 선정하였다. 바이오차의 제조에 사용된 원료 바이오매스는 목질계로서 참나무와 대나무, 해조류로서 다시마와 파래를 이용하였다. 생성된 바이오차의 SEM 분석 결과 목질계 바이오차는 많은 기공을 포함하고 있는 반면, 해조류 바이오매스의 경우 기공이 별로 발달하지 않음을 확인하였다. Congo red의 경우에는 참나무나 대나무 바이오차에 비하여 다시마와 파래 바이오차의 흡착능이 높았으며, 특히 methylene blue의 경우에는 다시마 바이오차의 흡착능이 월등하게 높은 결과를 얻었다. 이러한 결과로부터 해조류 바이오매스의 경우 바이오차 생성 수율은 낮으나 오염물질 흡착제로의 활용 가능성이 있음을 확인할 수 있었다.

## 목질계 및 해조류 바이오매스의 열분해 생성물의 물리화학적 특성

이미남, 이철우, 우승한\*  
한밭대학교 화학생명공학과

### Physicochemical characteristics of pyrolysis products of wood and seaweed

Mi Nam Lee, Chul Woo Lee, Seung Han Woo\*  
Department of Chemical & Biological Engineering, Hanbat National University

오늘날 화석연료의 고갈이 심화되고 기후변화 문제가 대두됨에 따라 바이오매스의 자원화 및 활용에 대한 관심이 더욱 증가하고 있다. 그 중 한 방법으로서 바이오매스를 무산소 환경에서 열분해하면 고체, 액체, 기체의 다양한 활용 가능한 자원을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 2종류의 목질계 바이오매스로서 참나무와 대나무, 2종류의 해조류 바이오매스로서 다시마와 파래를 이용하여 저속 열분해 조건을 달리하여 생성물을 얻었다. 열분해 조건으로서 최종온도, 온도상승속도, 온도유지 시간을 변경하여 바이오차, 바이오오일, 바이오가스를 얻었다. 이들의 생성 특성은 바이오매스의 종류에 따라 다른 결과를 얻었으며, 특히 다시마의 경우에는 바이오오일의 수율이 다른 바이오매스와 비교하여 가장 높았으나, 파래의 경우는 가장 낮은 결과를 얻었다. 그러나 대체로 각 생성물의 수율에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 최종온도로서, 200 °C에서 500 °C까지 증가 시킴에 따라 바이오차 대신 오일과 가스의 수율이 증가하였다. 바이오오일과 바이오가스는 GC-MS를 이용하여 성분분석을 수행하였다. 열분해 조건에 따라 얻은 바이오차의 원소분석 결과, 목질계 바이오차가 해조류 바이오차보다 탄소 함량이 높고 질소 함량은 낮았다. 목질계의 경우는 온도 증가에 따라 탄소 함량이 증가하였으나, 해조류의 경우는 탄소 함량의 변화가 크게 없었다.

포스터 발표  
오염 저감



## 방전가공면 복제 실리콘의 표면 모폴로지와 발수특성

홍석관<sup>†</sup>, 김영훈<sup>†</sup>, 이상용<sup>‡</sup>, 이성희<sup>‡</sup>, 강정진<sup>†,\*</sup>  
<sup>†</sup>한국생산기술연구원, 마이크로제조시스템기술센터  
<sup>‡</sup>한국생산기술연구원, 금형기술센터

## Surface Morphology and Hydrophobic Characteristics of Silicone Replicated from Electric Discharge Machined Surface

SeokKwan Hong<sup>†</sup>, YoungHun Kim<sup>†</sup>, SangYong Lee<sup>‡</sup>, SungHee Lee<sup>‡</sup>, JeongJin Kang<sup>†,\*</sup>  
<sup>†</sup>Micro Manufacturing System Technology Center, Korea Institute of Industrial Technology  
<sup>‡</sup>Molds & Dies Technology Center, Korea Institute of Industrial Technology

본 연구에서는 방전가공된 마스터 표면을 실리콘 수지로 복제하고 해당 표면의 모폴로지(morphology)와 발수특성을 평가하였다. 마스터 표면은 DS-EDM (die sinking electric discharge machining)과 WC-EDM (wire cutting electric discharge machining) 방식으로 각각 가공하였고 이들의 모폴로지와 표면거칠기를 평가하였다. 그 결과, DS-EDM의 가공면은 안정된 가공조건에서 Ra 0.830~19.241 $\mu\text{m}$  범위를 가졌으며 Ra가 클수록 크레이터(crater)구조가 점차 커지면서 매끄러운 부분들이 표면에서 두드러지게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 한편 WC-EDM 가공면의 경우 Ra 0.520~4.716 $\mu\text{m}$  범위의 표면조도를 얻었으며, DS-EDM과 마찬가지로, 거친 가공조건일수록 미세구조도 함께 커지는 결과를 보였지만, 그 형태가 DS-EDM 구조보다 더 날카로운 구조를 보였다. 이들 마스터 표면을 복제한 실리콘 샘플의 발수특성을 평가하기 위해서 정접촉각과 동접촉각 측정을 수행하였다. 정접촉각을 측정한 결과, DS-EDM과 WC-EDM으로부터 얻은 샘플에서 평균 130°와 150.3°로 각각 측정되었다. 그리고 동접촉각 측정결과, WC-EDM의 경우, 평균 3.8°의 낮은 접촉각 히스테리시스의 결과를 보여주었다.

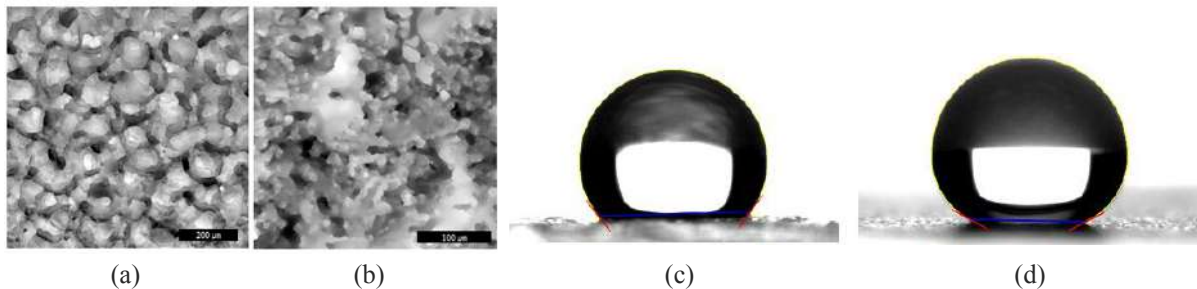


Fig. 1 Silicone surface replicated from DS-EDM(avg. Ra 6.725 $\mu\text{m}$ )(a), WC-EDM(avg. Ra 3.268 $\mu\text{m}$ )(b) and contact angle of Silicone surface replicated from DS-EDM(130°)(a), WC-EDM(150.4°)(d)

### 후기

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 지원(No. KC000610)과 기획재정부 및 한국생산기술연구원의 지원(No. EO-13-0023)을 받아 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Kim, Y., "Analysis of Hydrophobic Characteristics of Silicone Random-Patterned Surface Replicated from Electric Discharge Machined Surface and its Application to Liquid Injection Molding" M. Eng. Dissertation, Korea University, Seoul, Korea, 2012.

## 반월·시화산업단지 내 가스 흡수탑의 설계 및 운전 개선방안

조용준\*, 박희재<sup>†</sup>, 정구회<sup>†</sup>, 최여진<sup>†</sup>  
 신안산대학교 환경과학과, <sup>†</sup>시흥녹색환경기술지원센터

### Improvement of Design and Operation Method for Gas Absorption Tower installed in Banwol·Sihwa Industrial Complex

Yongjun Cho\*, Heejae Park<sup>†</sup>, Guhwe Jung<sup>†</sup>, Yeojin Choi<sup>†</sup>  
 Dept. of Environ. Sci., Shinansan University, <sup>†</sup>Siheung Green Environment Center,

#### 서론

반월/시화산업단지에는 약 7,000 개 이상의 많은 업체들이 입주하고 있으며, 다양한 오염물질을 배출하고 있다. 한편, 산업단지 인근에 대규모의 주거단지가 조성됨에 따라 환경오염에 대한 민원이 끊이지 않고 있으며, 환경부와 지자체는 이의 해결을 위해 다양한 조치들을 시행하고 있다. 2005년 악취관리지역으로 지정된 이후 입주 업체들은 악취방지시설의 설치와 개선에 많은 노력을 기울이고 있으며, 환경부와 지자체도 각종 악취방지시설의 설치와 운영에 기술적, 재정적 지원을 실시하고 있다. 본 연구에서는 환경부와 지자체의 재정적 지원을 통해 설치된 악취방지시설 중 가스 흡수탑을 중심으로 시설의 설계 및 운전 현황을 평가하고 개선방안을 제안하고자 한다.

#### 연구방법

본 연구에서는 악취 및 대기오염방지시설의 신규 설치를 위하여 시흥녹색환경지원센터에서 운영 중인 대기개선기금지원 신청을 한 업체에서 제출한 설계사양서를 중심으로 설계의 적정성을 평가하였으며, 설치된 시설의 운영상황에 대한 평가를 실시하였다. 평가 시설로는 설치된 악취 및 대기오염방지시설 중 산업단지 내에 가장 많이 설치되어 있는 것으로 보고되고 있는[1] 가스 흡수탑을 대상으로 하였다.

#### 결과 및 고찰

대기개선기금지원 신청서에 기록된 설계내역을 검토한 결과, 설계된 가스 흡수탑은 모두 충전탑식 방식을 적용하고 있었으며, 충전물로는 pall ring(2 ")를 적용하고 있는 것으로 확인되었다. 일부의 방지시설 설계업체에서 충전탑 설계에서 가장 핵심이 되는 충전층의 높이에 대한 설계과정에서 이동단위높이(HTU)의 계산에 사용되는 상관식의 적용에 오류를 범함으로써 설계결과에 오류가 발생하는 사례가 확인되었으며, 제거대상 물질의 종류와 관계없이 상관식의 적용 매개변수를 획일적으로 적용하는 것으로 조사되어 정확한 설계를 위해서는 이에 대한 개선이 필요한 것으로 확인되었다. 또한, 악취 및 대기오염물질의 포집계통 설계와 관련하여 후드 및 덕트의 구조와 배열이 부적절하여 오염물질의 포집에 대한 효율이 저하되는 원인으로 작용하고 있었으며, 후드 및 덕트, 충전탑에서의 압력 손실에 대한 저평가로 인해 설치된 송풍기의 흡인 성능이 부족하게 되어 오염물질 자체가 가스 흡수탑으로 유입되지 못하고 있는 것을 확인하였고, 이에 대한 개선이 필요한 것으로 확인되었다.

가스 흡수탑의 운영과 관련하여 대부분의 가스 흡수탑에서 세정수의 교체가 적절하게 이루어지지 않고, 이로 인해 악취 및 대기오염물질의 제거성능이 설계 목표치에 상당히 미달되고 있는 것을 확인할 수 있었으며, 이에 대한 개선이 시급한 것으로 확인되었다.

이와 같이 시설의 설계 및 운영관리 상의 문제로 인하여 가스 흡수탑의 악취 저감효율은 정 등 [2]의 조사에 의하면 대부분의 업종에서 50% 이하로 저조한 것으로 나타났으며, 이에 대한 개선이 시급한 것으로 판단된다. 한편, 일부 시설에서는 가스 흡수탑의 제거효율을 제고하기 위해 직렬로 연결된 2개의 가스 흡수탑을 설치하는 방안을 적용하는 것으로 조사되었는데, 방지시설의 효율적이고 경제적인 운영을 위해서는 이에 대한 보다 세밀한 검토가 요구된다.

#### 참고문헌

1. 안산녹색환경지원센터, "안산지역 대표악취방지시설 설치에 따른 개선방안 연구", 2007
2. 정구회, 최재호, 최여진, 길인섭, 박희재, 김덕현, "업종 및 방지시설별 복합악취 배출특성", 한국냄새환경학회 2013 춘계학술대회논문집, pp. 76~77 (2013)

**포 스텍 발 표**  
**청 정 기 술 (학 생)**





## 니켈-철산화물( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ) 촉매 제조 및 탈산소 반응특성

장민수, 서경주, 안성미, 고창현\*  
전남대학교 신화학소재공학과

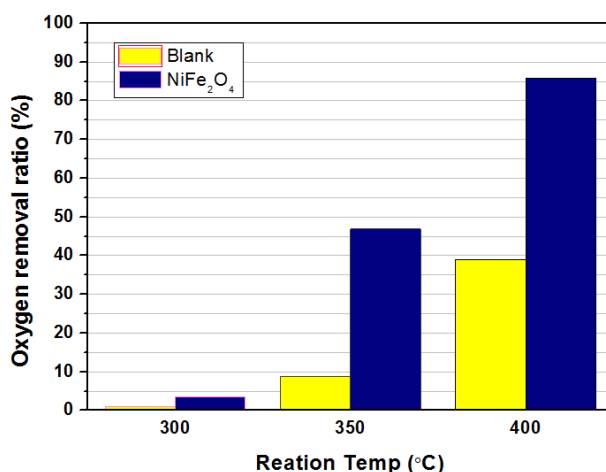
### Nickel-iron mixed oxide catalyst preparation & deoxygenation property

Min-su Jang, Gyeongju Seo, Seong mi Ahn, Chang Hyun Ko  
Chonnam National University Department of Advanced Chemicals & Engineering

#### 본문

화석연료의 고갈과 지구온난화로 인하여 화석연료를 대체하는 에너지 자원으로 친환경적인 바이오매스를 주목하고 있다. 특히 바이오매스의 일종인 지방산이나 지질의 화석연료를 대체 할 수 있을 만큼 에너지밀도가 높아 새로운 에너지자원으로써 가능성이 높다. 현재 지방산이나 지질의 탈산소반응에는 주로 귀금속 촉매를 사용하고 쓰이고 있으나, 귀금속 촉매는 비싸고 반응이 지속될수록 활성이 점점 감소하는 단점이 있다. 본 연구에서는 귀금속 촉매를 대체할 수 있는 값싸고 안정성이 높은 Mixed metal oxide 촉매를 합성하고자 하였다. 니켈과 철을 공침하는 방법으로 Nickel-iron mixed oxide 촉매를 합성하여 XRD, TPR을 통해 분석하였다. 합성한 촉매로 공기름에 대한 400°C의 반응에서 탈산소반응의 활성을 확인하였으며, 추가적인 실험으로 300°C, 350°C에서 반응을 진행하였다. 탈산소반응의 결과를 보면, Nickel-iron mixed oxide 촉매가 350°C와 400°C의 반응온도에서 Blank 반응과 비교하여 상대적으로 높은 활성을 보였다. 반응 후, 촉매의 XRD와 Liquid product의 ICP 분석을 통해서 촉매의 탈산소반응에 대한 안정성 여부를 조사하였다.

#### 그림



#### 참고문헌

1. Kuo, Y.-L., W.-M. Hsu, P.-C. Chiu, Y.-H. Tseng and Y. Ku, "Assessment of redox behavior of nickel ferrite as oxygen carriers for chemical looping process." *Ceramics International* 39(5): 5459-5465 (2013).
2. Benrabaa, R., A. Löfberg, A. Rubbens, E. Bordes-Richard, R. N. Vannier and A. Barama, "Structure, reactivity and catalytic properties of nanoparticles of nickel ferrite in the dry reforming of methane." *Catalysis Today* 203: 188-195 (2013).

## 응집법을 통한 은나노입자의 제거

성화경, 김영훈\*  
광운대학교 화학공학과

### Removal of AgNPs via aggregation method

Hwa Kyung Sung, Younghun Kim\*  
Dept. of Chem. Eng. Kwangwoon Univ. Korea

나노기술의 발전과 함께 나노물질을 포함한 소비재가 대중화되고 있고 그 중에 은나노입자는 항균, 살균, 탈취 효과를 가져 일상 생활용품에서 다양하게 활용되고 있다. 그러나 일상생활에 가까워진 만큼 그 위해성에 대한 우려도 커졌다. 나노입자의 방출이 수중 생태계를 파괴하고 인체에 영향을 미칠 수 있는 등 안전성에 대한 검증이 충분하지 않고 현재 나노입자를 처리할 수 있는 뚜렷한 방법이 없는 상태이므로 처리 방안이 따른 연구가 필요하다. 일반적인 하폐수의 콜로이드 입자는 음의 표면전하를 가지고 은나노입자 또한 안정성을 위해 음전하를 띠는 PVP나 citrate를 이용하여 표면처리를 한다. 따라서 액상에 잔류하는 은나노입자는 하폐수처리 과정에서 제거 되지 않을 가능성이 있다. 이론적으로  $1\mu\text{m}$  이상의 부유입자는 중력 침전에 의해 제거될 수 있다. 따라서 본 연구에서 염을 이용한 응집법으로 나노입자를 성장시켜 제거한다. 실험에 사용된 은나노입자는 표면처리가 다른 세 가지 형태로 준비되었다. citrate로 표면처리된 은나노입자(citrate-AgNP)와 PVP로 표면처리된 은나노입자(PVP-AgNP), 그리고 표면 처리가 되지 않은 bare-AgNP가 준비되었고 합성하수의 조성 ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  100mg/L,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  30mg/L,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  30mg/L,  $\text{MgSO}_4$  1.8mg/L,  $\text{FeCl}_3$  0.04mg/L,  $\text{NaCl}$  1.4mg/L,  $\text{CaCl}_2$  0.04mg/L,  $\text{CoCl}_2$  0.48mg/L,  $\text{NaHCO}_3$  60mg/L)에 근거하여 9가지 염의 종류와 농도를 선정했다. 스크리닝 단계로 농도가 10배인 염 용액과 은나노입자를 혼합하여 일정 시간이 흐른 뒤, 8000rpm으로 원심분리하여 상층액에 대한 ICP-MS를 통해 은나노입자의 농도를 측정하였다. 이를 염 종류 및 이온 강도로 분석하였고 그 결과로 9가지의 염 중 효과가 컸던 ammonium sulfate와 sodium bicarbonate로 시간에 따른 응집실험을 진행하였다. 이에 따른 결과 분석은 ICP-MS의 농도분석과 Dynamic Light Scattering(DLS)를 이용한 HDD 크기를 비교했다. 분리 효율은 9가지 염 중에 ammonium sulfate와 sodium bicarbonate가 가장 높았으며 bare-AgNP가 가장 좋은 제거 효율을 보였고 PVP-AgNP도 94% 이상의 제거 효율을 보였다. 따라서 염 처리에 의한 응집 제거법은 ammonium sulfate를 이용한 bare와 PVP-AgNP 제거에 적합하였다. 이 연구는 수계로 노출된 은나노입자를 제거하는데 활용될 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

1. Dadosh, T., "Synthesis of uniform silver nanoparticles with a controllable size" *Mater. Lett.*, **63**, 2236-2238 (2009).
2. Berube, M. R., "Mechanisms of PVP in the preparation of silver nanoparticles" *Mater. Chem. Phys.*, **94**, 449-453 (2005).

## 파일럿 하수처리장내 은나노입자의 거동 평가

신현호, 심재훈, 김영훈\*  
광운대학교 화학공학과

### Fate of AgNPs in Pilot Sewage Treatment Plant

Hyeon Ho Shin, Jae Hoon Sim, Younghun Kim\*  
Dept. of Chem. Eng. Kwangwoon Univ. Korea

최근 나노기술의 발달로 나노물질과 그에 따른 나노소비재의 생산량이 급격히 증가하고 있다. 나노물질은 특성에 따라 다양한 노출 경로를 가지며, 물리화학적 특성이 변화하면서 환경 거동 또한 바뀐다. 특히 나노물질은 궁극적으로 수계 및 토양으로 이동하게 되고, 하수처리에 따른 환경 매질로의 노출되는 양을 모사할 수 있다. 본 연구에서는 파일럿을 이용하여 활성슬러지법에 의한 은나노입자의 제거 특성을 분석하기로 하였다. 먼저 원수조, 1차침전조, 생물반응조, 2차침전조, 배수조를 포함하고 있는 파일럿 장치를 제작하여 설치하였고 생물반응조의 HRT는 8시간으로 설정하였다. 포도당을 이용한 합성하수를 제조하여 활성슬러지의 농도가 2,000~2,500ppm가 되도록 설정하여 투입하였다. 은나노입자는 Bare-AgNP, PVP-AgNP, Citrate-AgNP를 사용하였고, 대조군으로 AgNO<sub>3</sub>를 사용하였다. 대조군을 제외한 은나노입자들의 농도는 1, 5, 10ppm으로 설정하여 1차침전조에 투입하였다. 은나노입자 투입후 8시간 동안 1시간 단위로 1차침전조 출구, 생물반응조 출구, 2차침전조 출구, 2차침전조 환류 채취점에서 시료를 채취하여 은나노입자의 농도를 분석하고 8시간 후 각 지점별 물성을 분석하여 파일럿 장치내 채취점별 은나노입자의 거동을 평가하였다.

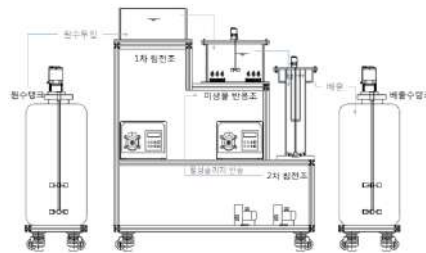


Figure 1. 미생물 반응조를 포함한 파일럿 하폐수처리장치 설계도

#### 참고문헌

1. Fathi, A. M., Ron, D. S., Runyon, J. R., Tino, O., Harald, P., and Williams, S. K. R., "An overview on field-flow fractionation techniques and their applications in the separation and characterization of polymers," *Progress in Polymer Science*, **34**, 351-368 (2009)
2. Evan, P. G., Thomas, A. B., Christopher, P. H., Rolf U. H., Paul, W., and James, F. R., "Analysis of gold nanoparticle mixtures: a comparison of hydrodynamic chromatography (HDC) and asymmetrical flow field-flow fractionation (AF4) coupled to ICP-MS," *J. Anal. At. Spectrom.*, **27**, 1532-1539 (2012)
3. Poda, A. R., Bednar, A. J., Kennedy, A. J., Harmon, A., Hull, M., Mitrano, D. M., Ranville, J. F., and Stevens, J., "Characterization of silver nanoparticles using flow-field flow fractionation interfaced to inductively coupled plasma mass spectrometry," *Journal of Chromatography A*, **1218**, 4219-4225 (2011)

## 친환경 유기용매를 이용한 은나노입자의 원심분리

심재훈, 김영훈\*  
광운대학교 화학공학과

### Centrifugal nanoseparation of AgNPs in eco-friendly organics

Jaehoon Sim, Younhun Kim\*  
Dept. of Chem. Eng. Kwangwoon Univ. Korea

나노소비재의 생산증가와 함께 원료물질로서의 나노물질의 생산량은 매년 급격히 증가하고 있으며, 세계시장도 향후 5년 내 150억불까지 팽창할 것으로 전망하고 있다. 하지만 미국의 여러 민간 환경단체를 중심으로 본격적인 나노위해성에 관한 문제가 제기되고 있으며, 나노물질이 환경에 노출될 경우 생태계의 생물에게도 악영향을 줄 수 있다는 다양한 연구결과가 발표되고 있다. 이러한 이유로 나노물질의 제조뿐만 아니라 분류 및 정제에 관한 연구도 활발히 진행되고 있는 실정이다. 그중에서도 원심분리법은 입자를 가장 손쉽게 정제할 수 있는 방법이지만 다양한 크기의 입자인 경우 크기별 분류가 어렵다는 단점이 있다. 본 연구에서는 DGUR(density gradient ultracentrifugation rate) 기법을 이용하여 AgNPs의 크기 분리를 하였다. 친환경 유기용매인 glycerine, ethylene glycol, oligosaccharides, Tween20, Tween80 등 총 5가지 점도성 물질을 증류수와 섞어 5단계의 농도로 제조하였고 이때 발생하는 밀도차를 이용하여 섞이지 적층상태로 만들어 주었다. 제조된 나노입자를 적층되어있는 물질 최상층에 적층하고 22000 rpm에서 10분간 원심분리를 실시하였다. 원심분리가 끝난 물질의 각 층의 샘플을 채취하고 이를 TEM과 ICP를 이용하여 크기 및 농도를 분석하였다. 실험결과 물질들의 각 적층단계에서 다른 크기의 나노입자를 관찰할 수 있었다. 또한 물질별 분리되는 입자의 크기가 달라 나노입자 분리효율 면에서 차이를 보였다. 이러한 연구결과는 나노입자의 분리 및 정제를 위한 실험의 기초자료로 사용되어 질 수 있을 것으로 보인다.

#### 참고문헌

1. Xiaoming Sun, Scott M. Tabakman, Won-Seok Seo, Li Zhang, Guangyu Zhang, Sarah Sherlock, Lu Bai, and Hongjie Dai\*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **48**, 939 -942 (2009)
2. Lu Bai, Xiuju Ma, Junfeng Liu, Xiaoming Sun, Dongyuan Zhao, and David G. Evans, *J. AM. CHEM. SOC.* **132**, 2333-2337 (2010)
3. Chunling Zhang, Liang Luo, Jun Luo, David G. Evans and Xiaoming Sun, *Chem. Commun.*, **48**, 7241-7243 (2012)

## 필터법을 이용한 은나노입자의 제거

오승윤, 김영훈\*  
광운대학교 화학공학과

### Removal of AgNPs using filtering method

Seung Yeon Oh, Younghun Kim\*  
Dept. of Chem. Eng. Kwangwoon Univ. Korea

급속한 사회발전으로 인한 다양한 산업제품들이 제조되고 있다. 이에 따라 나노물질이 함유되어 있는 다양한 제품들이 시중에 유통되고 사용되어 나노폐기물을 양산하고 있다. 하지만 현재 국내에서는 나노물질에 대한 적절한 규제 정책이 없어서 나노폐기물들은 다양한 경로를 통해 수계로 노출되고 있다. 이렇게 환경에 노출된 나노물질은 생태계에 악영향을 줄 수 있다는 다양한 연구 결과가 발표되고 있다. 살균, 향균, 살충 효과가 뛰어난 은나노입자가 포함된 나노제품의 경우 전체 사용되는 나노물질 중에서 절반 이상의 비율을 차지하고 있다. 따라서 수계로 노출된 은나노입자의 제거를 위한 연구가 필요한 실정이다. 시린지 필터를 이용하여 수계 중에 존재하는 은나노입자를 필터링할 경우 수계 중에 은나노입자를 제거할 수 있을 뿐만 아니라 은나노입자를 회수할 수 있다는 장점이 있다. 이에 본 연구에서는 수계 중 노출된 은나노입자의 제거를 위해 시린지 필터를 이용할 것이다. citrate로 표면처리한 은나노입자(citrate-AgNPs)와 PVP로 표면처리한 은나노입자(PVP-AgNPs)와 표면처리를 하지 않은 은나노입자(bare-AgNPs)를 100 ppm이 되게 사용하고 필터의 재질, 기공크기, 횟수에 따른 효율을 보기 위해 셀룰로스 아세테이트(cellulose acetate) 필터 200 nm, 450 nm, 800 nm와 나이트로 셀룰로스(mixed cellulose ester) 필터 200 nm, PTFE 테프론(polytetrafluoroethylene) 필터 200 nm를 사용하여 각각 3회 반복 필터링을 실시하였다. 매질은 증류수와 포도당을 이용한 합성하수를 제조하여 사용하였다. 필터 종류별로 필터링 횟수에 따라 색상 변화를 관찰하고 DLS를 이용하여 HDD와 제타 전위를 측정하였다. 또한, ICP-MS를 이용하여 Ag 농도 파악하였고 입자제거효율이 제일 좋은 나이트로 셀룰로스 필터 200 nm의 필터링 전후의 TEM 사진을 비교하였다. 전체적으로 필터에 따른 입자제거 효율을 보면 나이트로 셀룰로스 필터 200 nm가 3종류의 은나노입자에 대해 분리효율이 우수하였고, 특히 합성하수에서는 다른 필터에 비해 좋은 효율이 나타났다. 은나노입자에 따른 입자제거 효율은 bare-AgNPs의 경우 모든 필터에 대해 대부분 99 %를 보였으나 citrate-AgNPs의 경우 필터에 의한 제거가 적합하지 않았다. PVP-AgNPs의 경우 200 nm의 기공크기에 대해서는 90 % 이상의 효율을 나타내었다. 이러한 연구 결과를 통해 수계 중에 노출된 은나노입자의 제거 및 회수에 활용될 수 있다.

#### 참고문헌

1. Xinyi, D., et al. "Shape Control of Silver Nanoparticles by stepwise Citrate Reduction," J. Phys. Chem. C, 113, 6573-6576 (2009)

## Ag<sub>2</sub>S 변환을 통한 은나노입자의 저위해화 처리

정의석, 김영훈\*  
광운대학교 화학공학과

### Suppression of risk for AgNPs via transformation as Ag<sub>2</sub>S

Ui Seok Jeong, Younghun Kim\*  
Dept. of Chem. Eng. Kwangwoon Univ. Korea

최근 나노입자의 사용량이 증가하면서 생태계에 노출되는 나노입자에 대한 독성연구가 많이 진행되고 있다. 그 중에서도 은나노입자가 가장 많이 상용화 되어 있고, 매년 사용량이 증가하는 추세이다. 하지만 나노입자 배출량에 대한 규제가 정확하지 않으며 공업 폐수 속 나노입자는 강과 하천으로 유입되고 있다. 이에 본 연구에서는 점차 증가하고 있는 생태계에 노출된 나노입자를 회수하기 위해 은나노입자와 잘 응집하여 수거 할 수 있는 물질을 선정하고 응집에 대한 적정 농도 값 도출을 목적으로 하였다. 본 실험의 연구방법 및 절차를 간단히 요약하면, 먼저 은이온과 가장 잘 반응하는 물질을 선정하고 어떠한 특성변화가 있었는지 관찰한다. 대상 물질으로는 Na<sub>2</sub>S, NaSO<sub>4</sub>, NaPO<sub>4</sub>, NaCl 등을 사용했다. 반응정도가 가장 좋은 물질을 대상으로, 합성방법이 다른 Citrate, PVP, Bare 은나노입자에 대해서 동일한 실험을 진행한다. 마지막으로 이 중에서 특히 잘 반응했던 결과에 대해 농도에 따른 반응정도, 초기응집속도, 특성변화기록, TEM을 이용한 실제 응집정도 확인, EDS를 이용한 성분분석을 진행한다. 각 과정의 Ag<sub>2</sub>S 응집을 분석 한 뒤 데이터를 정리 및 비교하고 은나노입자의 응집 및 제거에 유리한 물질을 선정한다. 얻어진 결론을 이용하여 향후 효율적인 은나노입자 제거의 방법 및 특성을 제시하고자 하였다.

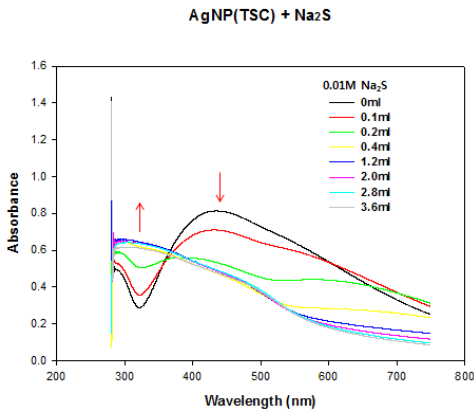


Figure 1. 응집 정도에 따른 Ag<sub>2</sub>S의 UV 파장 특성변화



Figure 39. 응집 정도에 따른 Ag<sub>2</sub>S의 시각적 특성 변화

#### 참고문헌

- David, W. H., Xiaoping, G., Scott W. C., Henry, S. W. "Electrochemistry of Sulfur Adlayers on Ag(111). Evidence for a Concentration- and Potential-Dependent Surface-Phase Transition" *J. Phys. Chem. Res.*, **100**, 331-338 (2001)

## Alkoxy silane을 사용한 polyamide 막 표면개질

정재훈<sup>1</sup>, 정국<sup>1</sup>, 원용선<sup>1</sup>, 김수한<sup>2</sup>, 임준혁<sup>1\*</sup>  
 부경대학교 화학공학과<sup>1</sup>  
 부경대학교 토목공학과<sup>2</sup>

## Polyamide membrane surface modification using Alkoxysilane

Jae-Hoon Jung<sup>1</sup>, Guk Jeong<sup>1</sup>, Yong-Sun Won<sup>1</sup>, Suhan Kim<sup>2</sup>, Jun-Heok Lim<sup>1\*</sup>  
 Department of Chemical Engineering, Pukyong National University<sup>1</sup>  
 Department of civil Engineering, Pukyong National University<sup>2</sup>

전 세계적으로 많은 나라들이 인구증가와 산업 활동의 증대로 인해 물 부족을 겪고 있다. 물 부족 문제를 해결하기 위해 해수는 지난 몇 십 년에 걸쳐서 지구상에서 가장 풍부한 원천 중의 하나로써 담수를 만들기 위한 중요한 원료로 인식되어 왔다. 해수를 담수화하기 위한 기술로 역삼투막 공정은 막분리의 원리를 이용한다. 역삼투 공정은 자연 상태에 나타나는 삼투현상을 응용하여 과학적인 방법으로 처리하는 기술로써 삼투압을 초과하는 높은 압력을 인위적으로 농도가 높은 용액에 가하고, 반투막(Membrane)을 통하여 반대 방향으로 용액의 흐름을 유도하는 공정으로 염은 통과하지 못하고 담수만 막을 통과하여 분리된다. 역삼투막의 재질로는 주로 polysulfone 지지체에 polyamide를 활성층으로 사용한다. 본 연구에서는 polyamide 활성층을 소수성 및 친수성 작용기를 가진 alkoxy silane으로 표면개질 하여 역삼투막의 투과 flux와 염 제거율의 향상을 연구하였다. 역삼투막의 성능평가에서는 원수 20L의 농도를 7000ppm 고정하여 25℃, 20bar에서 10시간 동안 수행하였고, 상용 역삼투막의 성능과 표면개질한 막을 비교하였다.

### 사사

이 논문은 2013년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(가스하이드레이트 형성원리를 이용한 해수담수화 기반기술개발).

### 참고문헌

1. Lauren F. Greenlee et al., Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges, *water research*, **43**, 2317-2348 (2009).
2. Nowon Kim et al., Effect of silane coupling agents on the performance of RO membranes, *Journal of Membrane Science*, **300**, 224-231 (2007).
3. Dihua Wu et al., Modification of aromatic polyamide thin-film composite reverse osmosis membranes by surface coating of thermo-responsive copolymers P(NIPAM-co-Am). I: Preparation and characterization, *Journal of Membrane Science*, **352**, 76-85 (2010).
4. Lee, K.P et al., A review of reverse osmosis membrane materials for desalination-development to date and future potential. *J. Membr. Sci.*, **370**, 1-22 (2011).
5. Gerald L. Witucki, A Silane Primer: Chemistry and Applications of Alkoxy Silanes, *A Journal of Coatings Technology*, **65**(822), 57-60 (1993).

## 아가로스 겔을 이용한 삼차원 금속/탄소 복합체 제조 및 고출력 슈퍼커패시터로의 응용

남인호, 박수민, 김길표, 문원균, 배성준, 송현돈, 이종협\*  
 서울대학교 화학생물공학부 에너지환경화학융합기술 전공

### A 3D Metal/Carbon Composite Synthesized using Agarose Gel for High-Power Supercapacitor Electrodes

Inho Nam, Soomin Park, Gil-Pyo Kim, Won Gyun Moon, Seongjun Bae, Hyeon Don Song, Jongheop Yi\*

World Class University program of Chemical Convergence for Energy & Environment,  
 School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University

고출력(high power)의 에너지 저장 시스템을 요구하는 차량용 보조출력장치, 신재생 에너지의 출력안정화장치 등의 분야가 확대됨에 따라 기존의 전해 커패시터를 대체할 수 있는 높은 수준의 슈퍼커패시터의 개발이 시급해지고 있다. 기본적으로 에너지 저장 소재의 출력 특성은 이온 확산 속도와 내부 전기저항에 의존한다. 그러므로 고출력 특성을 확보하기 위해서는 낮은 수준의 이온 확산 거리와 전자 전달 거리를 갖도록 전극을 디자인해야 한다. 이 2가지 특성을 확보하기 위해서 현재까지 박막형태의 전극이 제조되어 왔으나 대량 생산, 전극물질의 담지량에 한계가 있어 실질적인 응용이 어려운 상황이다.

이 연구에서는 해양 생물인 홍조류(red algae)로부터 추출한 아가로스 겔을 사용하여 3차원 구조를 가진 금속/탄소 복합체를 합성하고 고출력, 벌크 슈퍼커패시터 전극으로서 응용하였다. 한편으로 잘 알려진 아가로스 겔은 삼차원 기공구조와 탄소 골격으로 구성된 폴리머이다. 또한 아가로스 겔의 친수성 기공구조는 수계에 분산된 금속 전구체를 쉽게 흡수할 수 있다. 이러한 특성에 착안해 우리는 아가로스 겔의 기공에 금속 전구체를 위치시킨 뒤 직접환원법, 탄화법을 사용해 전극을 제조하였다. 제조된 전극의 물리화학적 성질을 SEM, TEM, XRD을 통해 분석한 결과, 탄소/금속이 이중연속성 구조를 띠고 있음을 확인하였다. 이중연속성 구조에서 탄소는 전기 이중층 형성을 위한 활물질로서, 금속은 탄소에 전자를 원활히 공급해주는 삼차원 집전체 역할을 하게 된다. 전기화학적 특성을 분석하기 위해 순환 전압-전류법, 교류 임피던스법을 수행하였고 최대 1,000 V/s의 높은 충방전 속도에서도 안정적인 에너지 저장 능력을 보이며 높은 출력 특성을 증명할 수 있었다. 이 연구를 통해 증명된 삼차원 구조화 기법은 기존의 선택적 에칭(dealloying) 및 증착(chemical/electro-deposition)법에 비해 환경 친화적이고 공정 및 소재 비용을 획기적으로 줄일 수 있다는 장점이 있다. 또한 풍부하고 자연에서 유래한 소재의 기공구조를 적용하여 고출력, 고안정성 슈퍼커패시터 물질을 벌크 스케일로 제작하였다는 점에서 중요한 의미를 지닌다.



## 금 나노 입자의 암모니아 보란을 이용한 4-니트로페놀 환원 반응에서의 실시간 전자 이동 관찰

백자연, 송현돈, 김태용, 박대성, 윤다님, 윤양식, 박홍석, 이종협\*  
 서울대학교 화학생물공학부 에너지환경화학융합기술 전공

### *In-situ* observation of electron transfer in gold nano particle during the reduction of 4-nitrophenol with ammonia borane

Jayeon Baek, Hyeon Don Song, Tae Yong Kim, Dae Sung Park, Danim Yun, Yang Sik Yun, Hongseok Park, Jongheop Yi\*

World Class University program of Chemical Convergence for Energy & Environment, School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University

여러 가지 수질 오염 중에서도 질화방향족은 허용 범위가 1에서 20 ppb에 이를 만큼 독성이 강하고 난치 물질로 알려져 있다. 이러한 질화방향족은 염료, 폭발물, 살충제를 생산하는 공장에서 많이 발생하고 있으며 환경에 방출되면 사람에게 암발생이나 돌연변이를 생성할 수 있는 치명적인 물질로 사회적으로 심각한 건강 문제를 야기할 수 있다. 질화방향족인 4-니트로페놀이 자연적으로 수용액상에서 분해되려면 시간이 많이 소요되기 때문에 이를 효율적으로 분해하기 위한 촉매 시스템의 개발이 필요하다. 현재까지 알려진 촉매 반응 시스템으로는 금 나노 입자를 촉매를 사용하여 암모니아 보란으로 4-니트로페놀을 환원시켜 4-아미노페놀로 전환하는 반응이 가장 잘 알려져 있으며 대부분 4-니트로페놀의 UV-Vis 흡수파장인 400 nm에서의 피크의 감소에 따라 그 반응 활성을 검증해왔다.

금 나노 입자 촉매는 입자의 모양에 따라 입자의 배열이 달라지고 반응 활성에까지 영향을 미치게 된다. 이러한 활성 차이는 기존의 방법처럼 UV-Vis 분광광도계를 이용하여 활성 차이를 검증하고 있지만 이러한 기법은 벌크한 촉매 시스템에서의 분석이기 때문에 원하는 특성을 가지는 금 나노 입자 하나만의 활성이라고 보기에는 어렵다. 따라서 이 연구에서는 단일입자에서 촉매 반응을 관찰하여 반응 도중에 일어나는 전자 이동 경로 및 속도를 관찰하였다. 금 나노 입자는 표면 플라즈몬 특성으로 인해 공명 주파수의 빛을 매우 강하게 산란하므로 암시야 현미경 상에서 매우 선명하게 관찰된다. 이러한 특성을 이용하여 (100), (110), (111) 면으로 이루어진 나노 막대기 모양의 금 나노 입자와 (730)면 24개 면으로 이루어진 tetrahedral (THH) 금 나노 입자의 4-니트로페놀의 환원반응을 암시야 현미경으로 산란 피크를 추적하여 전자 이동 속도를 정량화 하였다. 더 높은 index를 가지는 THH 금 나노 입자가 금 막대기 입자에 비해 전자를 주고 받는 속도가 각각 7배, 2.5배 더 빠르다는 것을 확인 할 수 있었다. 위와 같은 기술을 이용하면 다양한 형태와 크기의 나노 촉매로부터 기인하는 촉매 반응성을 정확하게 이해할 수 있으며 나아가 반응 도중의 전자 이동을 제어할 수 있는 방법을 제시할 수 있을 것이라 기대된다.

## 물 산화반응에 적합한 표면구조의 질소도핑 TiO<sub>2</sub> 나노입자 개발

유성주, 이민재, 김혜선, 이수영, 김용화, 이종협\*  
서울대학교 화학생물공학부

### Development of N-Doped TiO<sub>2</sub> Nanorod with Reactive Surface for the Oxygen Generation *via* Water Oxidation

Sungju Yu, Minzae Lee, Esther Hehsun Kim, Su Young Lee, Yong Hwa Kim, Jongheop Yi\*

World Class University program of Chemical Convergence for Energy & Environment, School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University

최근 녹색식물의 광합성 작용을 모방한 인공광합성 기술이 청정사회의 에너지원으로 큰 주목을 받고 있다. 이 시스템의 성능은 첫 번째 반응단계인 명반응 ( $2\text{H}_2\text{O} + h^+_{\text{VB}} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ )의 효율에 크게 의존한다. 명반응단계에서 이 반응뿐만 아니라 부반응을 통한 수산화라디칼(OH·)도 발생되기 때문에 산소를 보다 많이 생산하고 부반응을 최소화 하는 광촉매의 개발이 필요하다.

이 연구에서는 물로부터 산소를 선택적으로 발생시킬 수 있는 균일한 나노막대 형태의 질소도핑 이산화티탄(TiO<sub>1.97</sub>N<sub>0.03</sub>) 광촉매를 개발하였다. 이 물질의 표면은 이산화티탄에서 광촉매적 활성이 가장 뛰어나다고 알려져 있는 {101}과 {001}면이 구 형태의 나노입자 표면보다 풍부하게 발달되어 있다. 이 결정면들은 나노막대의 표면에서 규칙적으로 배열되어 {102}면 형태로 존재한다. 산소와 수산화라디칼 발생량 측정을 통해 표면에 존재하는 풍부한 양의 {102} 결정면이 물의 선택적 산화반응을 통한 산소생성에 더 높은 효율을 보임을 확인하였다.

# 슬러지의 열-알카리 처리에 의한 다중인산염 배출 특성

김민욱<sup>1</sup>, 임병호<sup>1</sup>, 김현기<sup>1</sup>, 임순성<sup>2</sup>, 김동진<sup>1,\*</sup>  
 한림대학교 환경생명공학과 및 에너지·환경연구소, <sup>1</sup>식품영양학과, 200-702 강원도

## Polyphosphate Release from Activated Sludge by Thermal and Alkaline Treatment

Min-Wook Kim<sup>1</sup>, Byung-Ho Lim<sup>1</sup>, Heonki Kim<sup>1</sup>, S. S. Lim<sup>2</sup>, Dong-Jin Kim<sup>1,\*</sup>  
<sup>1</sup>Department of Environmental Science & Biotechnology, Institute of Energy & Environment,  
<sup>2</sup>Department of Food & Nutrition, Hallym University, 200-702, Gangwon-do, Korea

Phosphorus (P) is one of the key elements for living organisms and its continuous input to soil is essential to produce crops for growing world population. Most of the P is obtained from phosphate rock deposits and the economical resource remains only 50-100 years of mining by estimation. Wastewater is a significant sink for P and the recovery and recycle of P from the wastewater sludge is critical for sustainable development. Biological P removal from wastewater treatment absorbs and releases P in aerobic and anaerobic conditions. Polyphosphate (Poly-P) is a linear polymer of inorganic phosphate, and it is accumulated in microbial cytoplasm during aerobic condition. Poly-P is a valuable source for food industry, medicine, and water treatment. It can be released from activated sludge during thermal treatment [1] and by alkaline treatment. However, the detailed mechanism of Poly-P is still unknown. The objectives of this study were to enhance Poly-P release from activated sludge by simultaneous action of thermal and alkaline treatment and to find out the background mechanism involved in the Poly-P release.

Poly-P can be recovered from excess wastewater activated sludge before sludge treatment by thermal and alkaline treatment. Figures 1 and 2 shows Poly-P release dynamics during thermal and combined thermal-alkaline treatment. The reason of enhanced Poly-P release from activated sludge during thermal and alkaline treatment will be discussed in detail. For the purpose activated sludge was stained with DAPI (4',6-diamino-2-phenylindole) at a final concentration of 50  $\mu$ g/mL and observed using fluorescence microscope.

### Results & Discussions

In thermal treatment, T-P and Poly-P release from the excess sludge increased gradually with the temperature as shown in Figure 1. About 25% of the T-P was released at 50°C while 30% of the T-P was released at 70°C in 2 hours. Poly-P release was more significantly affected by temperature because about 10% of Poly-P was released at 70°C in 2 hours when compared to 2% release at 50°C. Alkaline (0.01 N NaOH) and thermal treatment enhanced T-P and Poly-P release up to 80% and 30%, respectively, as shown in Figure 2. On the other hand, Poly-P hydrolysis increased at higher temperature as the Poly-P content decreased from 30% to 12% as the temperature was increased from 50°C to 70°C. More detailed kinetic experiments needs to be carried out to find out the Poly-P release and hydrolysis mechanism during alkaline and thermal sludge treatment.

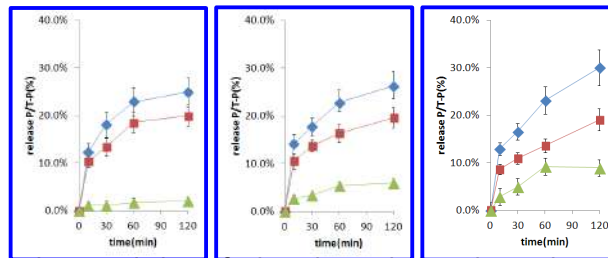


Fig. 1. Release characteristics of phosphate during thermal treatment of sludge (◆ : T-P, ■ : PO4-P, ▲ : Poly-P, from the left 50, 60, 70°C)

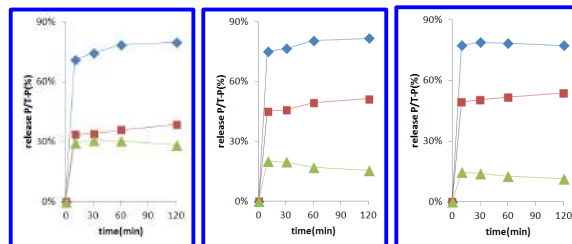


Fig. 2. Release characteristics of phosphate during thermal & alkaline (0.01 N NaOH) treatment of sludge (◆ : T-P, ■ : PO4-P, ▲ : Poly-P, from the left 50, 60, 70°C)

### References

1. A. Kuroda, N. Takiguchi, T. Gotanda, K. Nomura, J. Kato, T. Ikeda. and H. Ohtake, Biotechnol. Bioeng. **78**, 333 (2002).

## 첨가물질에 따른 비시안계 금도금용액의 환원거동 및 물성평가

김민정, 이충곤\*

한밭대학교 화학공학과 전기화학실험실

본 연구는 비시안계 금원인 아황산금나트륨을 이용한 반도체와 같은 전자재료분야에 응용 할 수 있는 금도금 용액개발에 있다. 과거에 사용되던 시안계금원은 안정적이고 빠른 전기화학반응을 가지기 때문에 금도금 용액으로써 이점이 있지만 이 물질은 반도체공정에서 응용이 불가능하며 무엇보다도 독성물질인 시안을 포함하고 있어 비시안계 금원의 개발이 필요했다.

이 실험에서는 아황산금나트륨에 적합한 전해질의 비율 및 pH완충제를 찾았으며 첨가물질 중 결정조정에 따른 금도금 용액의 물성평가, 전기화학적 거동에 초점을 맞추었다. 전량수입에 의존하던 금도금 용액의 결정조정제로는 탈륨, 비소, 납 이온이 사용되었는데 이는 국내에 수입이 불가능 한 물질이며 독성을 포함하고 있다. 본 연구에서는 탈륨, 비소 이온을 제외한 새로운 결정조정제 BISTAN2.8을 개발하였고 이는 기존의 결정조정제보다 금이온의 환원반응이 빠르게 일어났으며 전착된 금코팅 표면은 bump공정에 맞는 경도를 가지고 있었다.

개발한 금도금용액의 성능을 평가하기 위해서 물리적 측정방법으로는 SEM을 이용한 표면분석과, 경도를 측정하였으며 전기화학적 분석방법은 Rotating Disk Electrode를 이용해 환원거동을 측정하였다.

### 참고문헌

1. T. Osaka, A. Koderu, T. Misato, T. Homma, Y. Okinaka, and O. Yoshioka, J. Electrochem. Soc., 144, 3462 (1997).
2. T. Osaka, T. Misato, J. Sato, H. Akiya, T. Homma, M. Kato, Y. Okinaka, and O. Yoshioka, J. Electrochem. Soc., 147, 1059 (2000).

## 국내산 계면활성제를 이용한 ASP용액과 ESPO유의 염도 변화에 따른 상 거동 연구

이상현<sup>1</sup>, 김상겸<sup>2†</sup>, 박지윤<sup>1</sup>, 배위섭<sup>3‡</sup>, 김인원<sup>4§</sup>, 이영우<sup>2†,\*</sup>

충남대학교 바이오응용화학과1,

<sup>†</sup>충남대학교 녹색에너지기술전문대학원2,

<sup>‡</sup>세종대학교 에너지자원공학과3

<sup>§</sup>건국대학교 화학공학과4

### Phase behavior on Salinity Scan of ASP solution Using Domestic Surfactant and ESPO Oil

Sang heon Lee<sup>1</sup>, Sang kyum Kim<sup>2†</sup>, Ji yun Park<sup>1</sup>, Wisup Bae<sup>3‡</sup>, In Won Kim<sup>4§</sup>, Young woo Rhee<sup>†,\*</sup>

Department of Applied Chemistry and Biological Engineering, Chungnam National University<sup>1</sup>,

<sup>†</sup>Graduate School of Green Technology, Chungnam National University<sup>2</sup>,

<sup>‡</sup>Department of Applied Energy and Resource Engineering, Sejong University<sup>3</sup>

<sup>§</sup>Department of Applied Chemical Engineering, Kunkuk University<sup>4</sup>

오일 수급 불균형 문제의 해결 방안으로 최근 오일회수증진기술(enhanced oil recovery, EOR)에 대한 관심이 높아지고 있다. EOR기술에는 혼합 가스 또는 용매, 화학물질, 열 에너지 등을 저류층에 주입하여 저류층 내에 존재하고 있는 잔존석유를 회수하는 기법이다.

오일회수증진기술 중 화학공법의 하나인 ASP공법은 화학공법 중 가장 높은 효율을 갖고 있으나 ASP공법에 사용되는 화학물질들의 가격 경쟁력이 낮아 사용되지 않는 기법으로 분류되었다. 하지만, 석유의 가격이 나날이 높아지는 고유가 시대에 도입하면서 ASP공법의 경쟁력이 확보가 되어 다시금 활발히 연구되는 기법중 하나이다. ASP공법은 알칼리-계면활성제-폴리머를 혼합하여 저류층에 주입하는 기술로 각각의 화학물질들의 혼합비가 매우 중요하다.

본 연구에서는 국내산 계면활성제를 이용하여 오일회수증진용 ASP용액을 제조하였으며 최적의 염도 변화를 찾기 위한 상 거동 실험을 진행하였다. 계면활성제는 현재 회사A에서 제조된 계면활성제를 사용하였으며 염도의 농도를 다양하게 변화시킨 뒤 계면활성제 용액과 ESPO유와 1:1로 섞어서 마이크로에멀전 형성을 알아보았다. 염도가 변하면서 마이크로에멀전 층은 증류수에서 오일로 이동하였으며 최적의 염도 일 때 가용화 값을 측정하였다. 또한 Pendant drop tensiometer를 이용하여 표면장력을 측정하였으며 Huh 방정식을 이용하여 계면장력을 측정하였다.

## **Feasibility of using ashless coal from Sub-bituminous coal in a direct carbon fuel cell (DCFC)**

**Duc-Luong. Vu, Choong-Gon. Lee\***

*Department of Chemical Engineering, Hanbat National University  
San 16-1, Dukmyung-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-719, Korea*

The present study proposes the production of ashless coal and its oxidation as a primary fuel in direct carbon fuel cell (DCFC). The ashless coal was produced by the extraction of sub-bituminous coal with N-methyl-2-pyrrolidone (NMP) solvent at temperature around 202°C and atmospheric condition using microwave irradiation. The evaluation of ashless coal was carried out in a coin type DCFC with a mixture of ashless coal and carbonate electrolyte (3g/3g) at 850°C. The mixture was filled in a cartridge which was placed in the anode chamber of coin type direct carbon fuel cell. The DCFC was fabricated on the basis of molten carbonate fuel cell technology. Both ashless coal and gaseous fuels such as H<sub>2</sub> and CO were found to take part in the electro chemical reactions under steady state polarization, step chrono potentiometry methods. The results show highest extract ion yield of Arutmincoalis 23.77% at 202°C under atmospheric pressure condition and the ash contents 0.78%. The feasibility when used ashless coal as a fuel in direct carbon fuel cell. The cell voltage was about 1.35V at 850°C.

**Keywords:** Ashless coal, Solvent extraction, Sub-bituminous Coal, Molten Carbonate, Fuel Cell, Direct Carbon Fuel Cell (DCFC)

### **Reference**

1. T. Yoshida, T. Takanohashi, K. Sakanishi, I. Saito, M. Fujita, K. Mashimo. *Energy Fuels* 2002; 16: 1006
2. C. Li, T. Takanohashi, I. Saito, M. Iino, H. Aoki, K. Mashimo. *Energy Fuels* 2004; 18: 97.
3. M. Muthuvel, X. Jin, G.G. Botte. *Encycl. Electrochem Power Sources* 2009; 158–171
4. J.P. Kim, H. Lim, C.H. Jeon, Y.J. Chang, K.N. Koh, S.M. Choi et al. *J. Hydrogen Energy* 2012; 37: 1401 - 11408
5. Ö. Sönmez, E. S. Giray. *Fuel*; 2011: 90, 2125–2131
6. H. Shui, Y. Zhou, H. Li, Z. Wang, Z. Lei, S. Ren, C. Pan, W. Wang. *Energy & Fuel* 2012; 11, 005
7. C.G. Lee, H. Hur, M.B. Song. *J. Electrochem. Soc*; 2011: 158 (4) B410-B415
8. C.G. Lee. *Fuel Cell*; 2012: 12 (4), 550 - 556
9. C. G. Lee, W. K. Kim. In the proceeding of 224<sup>th</sup>ECSmeetinginSanFrancisco2013,747
10. J.P. Kim, H. Lim, C.H. Jeon, Y.J. Chang, K.N. Koh, S.M. Choi. *J. Power Sources* 2010; 195 (22): 7568 – 73

# 염분 변화에 따른 CO<sub>2</sub> Gas Hydrate의 상평형 변화에 관한 연구

정국, 정재훈, 원용선, 임준혁\*  
부경대학교 화학공학과

## Studies on the change of phase equilibrium of CO<sub>2</sub> gas hydrate due to changes in salinity

Guk Jeong, Jae-Hoon Jung, Yong-Sun Won, Jun-Heok Lim\*  
Department of chemical Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea

### 서론

기존에 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 물분자들의 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. 그리고 인공해수 중에서의 Gas Hydrate의 3상(액상(Lw)-Gas Hydrate(H)-기상(V))의 평형 조건을 측정하였다. 또한, 염의 농도에 따른 Lw-H-V의 3상 평형 조건이 어떻게 변화하는지도 알아보았다.

### 사사

“본 연구는 2013년 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).

# Hydrothermal Depolymerization of Sodium Alginate into Organic Acids in Subcritical Conditions

전원진, 반충현, 김도희\*  
서울대학교 화학생물공학부

해조류의 주성분 중의 하나인 알지네이트는 만루론산 및 글루론산으로 이루어진 바이오 고분자 물질이다. 아임계수를 이용한 수열분해공정을 통해서 알지네이트를 가수분해하여 다양한 고부가가치의 유기화합물을 생산할 수 있다. 알지네이트를 구성하는 만루론산 및 글루론산 간의 1,4-글리코시딕 결합이 선택적으로 끊어짐으로써 저분자화가 진행되며, 최종적으로 우론산 단량체들의 환형구조가 분해됨에 따라서 카르복실산 및 디카르복실산 등의 다양한 유기산들이 생성된다. 본 연구를 통해, 위와 같은 알지네이트의 분해양상이 반응온도, 시간, 반응물의 조성 및 pH 등의 변화에 따라 어떠한 영향을 받는지를 알아보고자 하였다. 반응온도는 120-240 °C, 반응시간은 10분-24시간, 반응물의 조성은 2-20wt%, 반응물의 pH는 3-14의 범위에서 실험을 수행하였다. 생성물의 종류를 규명하기 위하여 GC/MS(gas chromatography/ mass spectrometry)와 LC/MS(liquid chromatography/ mass spectrometry) 기법을 활용하였고, 확인된 생성물에 대해서는 HPLC(high performance liquid chromatography) 기법을 통해 정량화 하였다. GPC(gel permeation chromatography) 기법을 활용하여 반응조건에 따른 생성물의 분자량 변화를 비교 관찰하였으며, MALDI-TOF-MS(matix-assisted laser desorption/ionization-time of flight-mass spectrometry) 기법을 통해 알지네이트의 선택적 저분자화 반응을 관찰하였다.

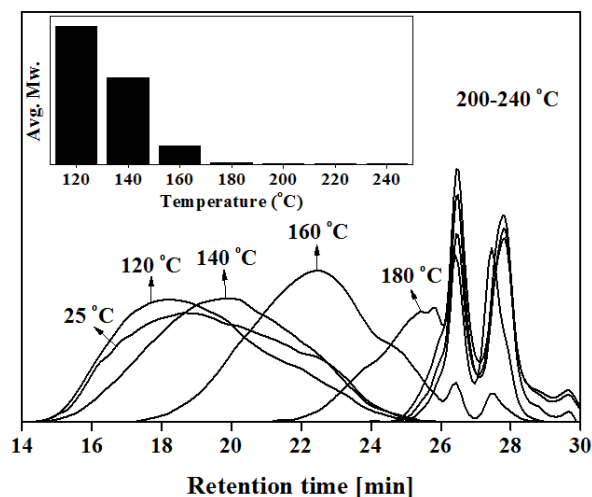


Fig 1. 알지네이트 분해온도에 따른 GPC 크로마토그램의 변화.  
(반응물 조성: 2wt%, 반응시간: 10분, 반응물 pH: 7)

## 참고문헌

1. Haug, A., and Larsen, B., "Quantitative determination of the uronic acid composition of alginates", *Acta Chem. Scand.*, **16**, 1908-1918 (1962).
2. Niemela, K., and Sjostrom, E., "Alkaline degradation of alginates to carboxylic acids", *Carbohydrate Research*, **144**, 241-249 (1985).
3. Aida, T. M., Yamagata, T., Watanabe, M., and Smith, R. L., "Depolymerization of sodium alginate under hydrothermal conditions", *Carbohydrate Polymers*, **80**, 296-302 (2010).
4. Aida, T. M., Yamagata, T., Abe, C., Kawanami, H., Watanabe, M., and Smith, R. L., "Production of organic acids from alginate in high temperature water", *J. of Supercritical Fluids*, **65**, 39-44 (2012).



## 이온성액체 전처리에 따른 알지네이트로부터 유기산 생성 영향 연구

Utomo AYUNDA<sup>1</sup>, 박용범<sup>1</sup>, 송민경<sup>2\*</sup>, 우희철<sup>1\*\*</sup><sup>1</sup>부경대학교 화학공학과<sup>2</sup>부경대학교 청정기술생산연구소**Influence of ionic liquid pretreatment on volatile fatty acids production from sodium alginate****Utomo AYUNDA<sup>1</sup>, Yong Beom Park, Minkyung SONG<sup>2\*</sup>, and HeeChulWOO<sup>1\*\*</sup>**<sup>1</sup>*Department of Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea*<sup>2</sup>*The Institute of Cleaner Production Technology, Pukyong National University, Busan, Korea**\*corresponding author (songmk@pknu.ac.kr)**\*\*corresponding author (woohc@pknu.ac.kr)*

Macroalgae (i.e., seaweed) has recently received more attention as a resource for biofuel production [1]. Alginate is the major polysaccharide in brown algae as a principal material of the cell wall [2] and also the main component highly yielded liquid biofuel. ILs has used as a good solvent for hydrolysis of organic polymer such as lignocellulic biomass [3]. Therefore, the objective of this study was to evaluate the influence of IL treatment on VFA production from alginate as a feedstock in anaerobic fermentation.

Sodium alginate (80–120 mPa·s, Wako Pure Chemical Industries Ltd., Japan) was dissolved in IL and distilled water at volume ratio of 10:0; 9:1; 7:3; and 5:5. All sets were treated at 130°C and 2 hours, and then used as a micro bial growth substrate. An aerobically digested sludge was obtained from a municipal waste water treatment plant in Busan, Korea. The batch fermentation was carried out in 200-mL working volume at 35°C and 120 rpm. Chloroform (CHCl<sub>3</sub>; 100 μM) was used as a methanogen inhibitor. VFAs in liquid phase were measured by a GC system (model GC-17A, Shimadzu) equipped with a Flame Ionization Detector (FID). In this paper we will discuss about the effect of IL treatment for a lginate degradation according to GPC level on VFA production.

**References:**

1. Phung, T.K., Choi, J.H., Park, Y.B., Lee, S.H., and Woo H.C. “Volatile Fatty Acids Production from Brown Seaweed.” *Theories and Applications of Chem. Eng.*, **17**(1), 590-593 (2011).
2. Obluchinskaya, E.D. “Comparative chemical composition of the Barents Sea brown algae.” *Applied Biochemistry and Microbiology*, **44**(3), 305-309 (2008).
3. Brandt, A., Gräsvik, J., Halletta, J.P., and Welton, T. “Deconstruction of lignocellulosic biomass with ionic liquids.” *Green Chemistry*, **15**, 550-583 (2013).

## 수열 전처리에 의한 알지네이트로부터 유기산 생산 영향

Hong Duc PHAM<sup>1</sup>, 선지윤<sup>2</sup>, 이성찬<sup>1</sup>, 송민경<sup>2\*</sup>, 우희철<sup>1\*\*</sup><sup>1</sup>부경대학교 화학공학과<sup>2</sup>부경대학교 청정기술생산연구소**Effect of hydrothermal pretreatment on volatile fatty acids production from alginate in anaerobic fermentation****Hong Duc PHAM<sup>1</sup>, Ji Yun Seon<sup>2</sup>, Seong Chan LEE<sup>1</sup>, Minkyung SONG<sup>2\*</sup>, and Hee Chul WOO<sup>1\*\*</sup>**<sup>1</sup>*Department of Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea*<sup>2</sup>*The Institute of Cleaner Production Technology, Pukyong National University, Busan, Korea**\*corresponding author (songmk@pknu.ac.kr)**\*\*corresponding author (woohc@pknu.ac.kr)*

Recently, marine macroalgae (i.e., brown-, green-, and red-algae) are receiving increasing attention as an attractive renewable resource for producing biofuels. Part of their composition, alginate is the most abundant polysaccharide in brown algae, approximately  $34.5 \pm 1.0\%$  (dry weight) [1], and simultaneous as the main component highly yielded carbon-basis biofuels. However, on account of chemical structure, its low solubility and degradation are the main drawbacks for biofuels production in anaerobic fermentation [2]. Hydrothermal treatment provides a method that is rapid for modifying the polymer properties without using harsh chemicals and has been used for hydrolysis of organic polymers such as cellulose, starch, and alginate [3]. In this study, the objective was to evaluate the effect of hydrothermal treatment on VFA production using alginate as a feedstock in anaerobic fermentation. Sodium alginate (80–120 mPa·s, Wako, Japan) was dissolved in distilled water and autoclaved (121°C for 15 min) then used as a microbial growth substrate. Anaerobically digested sludge was obtained from a municipal wastewater treatment plant in Busan, Korea and inoculated as seed cultures for alginate fermentation. The acidogenic fermentation using hydrothermal treated alginate was carried out in 200-mL working volume at 35°C and 120 rpm.

**References:**

1. Obluchinskaya, E.D., "Comparative chemical composition of the Barents Sea brown algae," *Applied Biochemistry and Microbiology*, **44**(3), 305-309 (2008).
2. Jones, C.S. and S.P. Mayfield, "Algae biofuels: versatility for the future of bioenergy," *Curr Opin Biotechnol*, **23**(3), 346-351 (2012).
3. Aida, T.M., T. Yamagata, M. Watanabe, and R.L. Smith, "Depolymerization of sodium alginate under hydrothermal conditions," *Carbohydrate Polymers*, **80**(1), 296-302 (2010).

## 소규모 도장부스 적용을 위한 다공성 응집제의 농도 변화에 따른 점착성 페인트 입자의 응집 제거 성능 비교

박영옥<sup>1\*</sup>, 이강산<sup>1,2</sup>, 손종렬<sup>2</sup>  
한국에너지기술연구원 기후변화연구본부<sup>1</sup>, 고려대학교 환경보건학과<sup>2</sup>

### Removal characteristics of sticky paint particles in a small scale paint booth by varying the injection rate of agglomerating powder

Young-Ok Park<sup>1\*</sup>, Kang-San Lee<sup>1,2</sup>, Jong-Ryeul Sohn<sup>2</sup>  
Climate Change Research Division, Korea Institute of Energy Research<sup>1</sup>  
Environmental Health Science, Korea University<sup>2</sup>

도장시설 용적 5m<sup>3</sup> 이하 또는 동력 3마력 이하의 소형 도장시설에서는 신고의무가 없어 도장시 배출되는 페인트 입자 또는 VOCs류를 대기 중으로 무단 배출하고 있다. 자동차 외장관리 사업체는 전국 약 12,000업체로 추산되며, 그 중 자동차 부분도장 작업을 하는 업체는 전체의 약 60%(7,200업체)이며, 이 중 약 80%(5000업체)가 자동차 부분도장 작업에만 치중하고 있다. 이러한 비점오염원 전체 배출량의 97%인 157.1 천톤이 연간 대기중으로 배출되거나 토양으로 배출되고 있다. 국내의 소규모 도장시설은 작업장에서 발생된 점착성 페인트 입자와 먼지를 관형의 prefilter와 2차 filter로 제거하고 있으나, 점착성 페인트 입자의 일부분은 prefilter와 2차 filter에 부착되거나 일부분은 통과하여 2차 방지시설 도는 대기 중으로 배출되고 있다. 또한 자동차 부분 도장, 광택처리하는 소규모 자동차 수리업체가 대부분 대기배출시설로 관리되지 않고 주거 지역에 위치하여 민원유발의 원인이 되고 있다. 그리하여 소규모 자동차 도장업체의 운영실태 조사와 배출되는 대기오염물질 배출을 최소화 시킬 수 있는 compact한 package type 도장 및 저감 시스템의 현장 적용 기술개발 및 체계적인 관리방안 마련이 시급하다.

본 연구에서는 prototype 실증장치 최적 구조 설계, filter cartridge의 입자상물질 부하저감 및 점착성 페인트 입자의 응집특성 자료를 확보하고자 lab-scale 점착성 페인트 입자 응집제거 성능 실험장치에서 자동차 외장용 페인트를 분사하는 조건에서 점착성 페인트 입자와 다공성 응집제와의 응집 제거 성능실험을 평가하였다. 자동차 외장 페인트(red color)를 spray gun에서 분사용 압축공기 1.0kgf/cm<sup>2</sup> 조건에서 20g/min으로 장치의 유입부분에서 분사시켰고, 다공성 응집제(비표면적 37.4m<sup>2</sup>/g, 세공용적 0.184cm<sup>3</sup>/g, 평균입자크기 6.8 $\mu$ m, 평균세공직경 12nm) 분사량을 페인트 분사량 대비 1:1, 1:2, 1:3 비율로 분사시킨 조건에서 압력손실 변화결과를 비교하였다.

#### 참고문헌

1. 김광래 et al., 자동차 도장시설에서 발생하는 배출가스 특성, 서울특별시 | 보건환경연구보, 제41호, 2006, pp.322-328.
2. 정태성 et al., 자동차 정비 도장시설의 VOC 처리를 위한 UV/오존/촉매 산화설비 실용화 연구, (주)서해환경과학연구소, 2007. p.153.
3. 전기준, 김조천, 소규모 자동차 수리업체의 도장으로 인한 대기오염물질 관리 및 저감방안, 한국대기환경학회, 2013.
4. 2005년 공동연구사업, 중규모 산정을 위한 배출계수 공동조사 연구(II), 전라북도 보건환경연구원, pp. 1-13.

## **Green Synthesis of Narrow Polydispersity Poly(Vinyl Acetate) in Supercritical Carbon Dioxide Catalyzed by Elemental Cu(0)**

Muhammad Naoshad Islam, Ren Yiping, Yuvaraj Haldorai and Jae-Jin Shim\*

School of Chemical Engineering, Yeungnam University

\*Email: jjshim@yu.ac.kr

Activator regenerated electron transfer atom transfer radical polymerization (ARGET ATRP) was implemented to synthesize Poly (vinyl acetate) in supercritical CO<sub>2</sub>. Elemental copper(Cu<sup>0</sup>)wire was used instead of the traditional reducing agents along with phenylenebis-terpyridine (PBTP)/cupric chloride (CuCl<sub>2</sub>)catalyst system. Therefore, ease of separability and recyclability was exhibited by copperwire. Zero valent copper provided tremendous control ability over molecular weight and molecular weight distribution ( $M_w/M_n \sim 1.10$ )without falsifying the reaction rate negatively. Significant enhancement of deactivation rate constant and effective reversibility of the equilibrium in the presence of zero valent copper might be opted as the potential reason. Reaction kinetics was also performed in various solvents to compare between supercritical CO<sub>2</sub> and organic solvents. Polymers with wide range of molecular weights ( $M_n=10$ to $100$ kg/mol)were synthesized in a controlled manner as well.

**Acknowledgment:** This research is supported by DG Economic Circle Leading Industry R&D Program (R0001657).

## **Production of recombinant marine tyrosinases in *Escherichia coli* for industrial application**

Hyerin Kim, Wooho Song, Yoo Seong Choi<sup>†</sup>

Biomolecular Engineering Laboratory, Department of Chemical Engineering, Chungnam National University  
99, Daehak-ro(St), Yuseong-gu, Daejeon, 305-764, Korea

Tyrosinase is a biocatalyst for controlling the production of melanin in biological system. It catalyzes the hydroxylation of a monophenol and the conversion of an *o*-diphenol to *o*-quinone. Especially, tyrosine residue can be modified into 3,4-dihydroxyphenyl-alanine (DOPA) and DOPAquinone. It has been known that 3,4-dihydroxyphenyl-alanine (DOPA) is mainly involved in binding, serving as a adhesive between surfaces and adhesive plaques in marine environment. Thus, the modification is important to prepare attractive marine-inspired biomaterials. In this manner, we prepared two marine tyrosinases using recombinant DNA technology. Two genes of *Chlamys farreri* tyrosinase and *Pinctada fucata* tyrosinase were genetically re-designed and introduced into *Escherichia coli* expression system, respectively. The proteins were over-expressed in *Escherichia coli* as soluble and insoluble form, and affinity chromatography using Ni-NTA was simply applied to purify the heterologously produced proteins. This study showed the tyrosinases could be heterologously well-obtained, and we expect the enzymes can be used as significant biocatalytic materials for biomedical and industrial applications.

## 고체산화물 전해셀을 이용한 암모니아 합성

정하나<sup>†‡</sup>, 윤형철<sup>‡</sup>, 주종훈<sup>‡</sup>, 유지행<sup>‡</sup>, 유충열<sup>‡</sup>, 형찬희<sup>‡</sup>, 송기창<sup>‡</sup>, \*김종남<sup>‡</sup>  
 건양대학교 대학원<sup>†</sup>, 한국에너지기술연구원, <sup>‡</sup>

수소는 제조 원료가 다양하고 에너지담체로 많은 장점이 있지만, 제조 방법에 따라 다량의 이산화탄소 배출과 높은 생산 단가, 이송, 저장, 안정성 등의 문제가 있다. 암모니아는 17.6 wt%의 수소를 포함하고 있고 수소와 비교하여 암모니아는 저장(8.5기압 :액체) 및 이송이 용이 하며, 에너지 밀도(액화 암모니아 : 11.5MJ/liter)가 높다. 따라서 무탄소 연료인 암모니아를 이용하여 자동차 연료, 연료전지, 가스터빈 등 다양한 분야에 적용 가능하다. 기존 암모니아 합성법인 Haber-Bosch 공정은 고온·고압(150-200bar, 300-550℃) 공정으로 높은 에너지 소모와 다량의 이산화탄소 배출 등의 문제가 있다. 본 연구는 기존 공정의 문제를 해결하기 위하여 상압에서 물과 질소를 이용하여 전기화학적 반응을 통해 암모니아를 합성하는 연구를 수행하였다.

## 액적기반 미세유체장치에서 라이소자임 결정화

고관영, 김인호<sup>†</sup>  
 충남대학교 공과대학 화학공학과

## Lysozyme crystallization in droplet-based microfluidic device

Kwan-Young Ko, In-Ho Kim<sup>†</sup>  
 Department of Chemical Engineering, Chungnam National University,  
 Yuseong-Gu, Deajeon 305-764, Republic of Korea

액적기반 미세유체 시스템을 이용해 난백단백질인 라이소자임의 결정화실험을 하였다. Flow-focusing 칩을 이용해 Water-in-oil 형태의 액적을 만들고 페트리 디쉬와 십자몰드에 넣은 후, 액적 내부에서 라이소자임 수용액과 침전제(NaCl) 사이의 액-액 반응을 관찰하였다. 그리고 수용액의 pH가 4.8일 때와 7.2일 때의 결정형태를 비교하였다. 그 결과, pH 4.8에서는 다면체 또는 판상형의 결정이 형성되었고, pH 7.2에서는 침상형 결정이 생성되었다. pH 4.8, 7.2 두 경우 액적이 홀로 있을 때에는 액적부피가 유지되거나 감소하면서 결정이 형성되었다. 하지만 액적이 서로 인접해 있을 때는 액적사이의 상호작용이 관찰되었고, 두 pH에서 다른 경향성을 보였다. pH 4.8에서는 인접한 액적의 부피에 영향을 주어 한 액적의 부피가 커졌고, 부피가 커진 액적에서 결정이 형성되었다. pH 7.2에서는 부피에 영향을 서로 주지 않고 각각의 액적에서 결정이 형성되었다.

Lysozyme crystallization was implemented at flow-focusing chip in droplet-based microfluidic system. Water-in-oil droplets were formed in the system and collected on petri-dish and cross type mold, and liquid-liquid reaction of lysozyme and sodium chloride mixed with volume ratio of 1:1 was observed in droplets. Solution pH was varied as 4.8 and 7.2. Crystals of polyhedron and plate-like shape were obtained at pH 4.8, while needle structure crystals formed at pH 7.2. When being a single droplet, lysozyme were crystallized under the condition of constant or decreased droplet volume. However, Crystals were only obtained at pH 4.8 as droplet volume increased by the interaction of droplets group. Droplet volume did not change at pH 7.2 by the interaction and crystals formed at each droplet.

## H<sub>2</sub>S 흡착용 ZnO/rGO의 화학적 상태에 Cu doping이 미치는 영향

박문규, Hoon Sub Song<sup>†</sup>, 이광복\*, Eric Croiset<sup>†\*</sup>, Zhongwei Chen, 남성찬<sup>‡</sup>

충남대학교 화학공학교육과, 대전광역시 유성구 대학로99 305-764

<sup>†</sup>Department of Chemical Engineering, University of Waterloo, 200 University Avenue West,  
Waterloo, Ontario, Canada N2L3G1

<sup>‡</sup>에너지기술연구원 온실가스단, 대전광역시 유성구 가정로152 305-343

H<sub>2</sub>S 가스 흡착 성능에 대한 ZnO/rGO 화합물에 대한 Cu의 첨가 효과를 연구하였다. Cu의 첨가에 의하여 탈황제의 황화수소 흡착 성능이 순수한 ZnO와 비교하여 최고 18배 까지 향상되는 것이 발견되었다. Cu와 Zn의 산화상태 변화를 조사하기 위해서 X-선 회절 분석기를 이용하여 결정상태를 분석하고 XPS로 화학적 상태를 분석하였다. 풍부한 산소 포함 작용기들 가지고 있는 2차원 상태의 rGO상의 기능기들이 금속산화물의 분산을 증진시키고 H<sub>2</sub>S 흡착의 효율을 증가시키는 것이 확인 되었다. 화학적 결합상태의 분석에 따르면 양론적 결핍상태의 금속산화물에 존재하는 산소들이 쉽게 떨어져 나가고 산소 대신에 황원자가 결합되어 황화반응이 촉진됨을 확인하였다. Cu의 함량이 15 wt% 일 때 최대의 흡착용량이 확인되었으며 이 비율에서 ZnO 격자에 위치한 Zn 이온의 상대적인 비율을 가장 높게 형성하는 것으로 확인되었다. 300°C에서 제조된 흡착제를 H<sub>2</sub>S와 반응시킨 결과 ZnS, CuS, Cu<sub>2</sub>S, ZnSO<sub>4</sub>, 그리고 CuSO<sub>4</sub>가 다른 비율로 형성되는 것을 확인하였다.



## Properties and synthesis of PLA-co-PGMA Copolymer

Sangeun Lee, Byung-Woo Kim<sup>†</sup>, and Moon-Sun Kim<sup>\*\*</sup>

<sup>†</sup>Department of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746, Korea

<sup>\*\*</sup>Bio/Nano-Fusion Material Research Center 83629, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746, Korea

In this study, glycidyl methacrylate-co-(L-lactide)(GMA-PLLA) with an improved thermal and mechanical properties was synthesized for packaging and construction materials. The synthesis of GMA-PLLA was performed by two steps as follows:

First, PLLA was synthesized by using 50 g of L-lactide, 0.1 wt% initiator (1-dodecanol), and 0.5 wt% catalyst of [tin(II)-bis-2-ethylhexanoate{Sn(Oct)<sub>2</sub>}] at 140 °C. Its number average molecular weight (M<sub>n</sub>) and melting temperature (T<sub>m</sub>) were about 193,000 g/mol and 180 °C, respectively. Second, GMA-PLLA was obtained by polymerization of 50 g-PLLA, 11 g-GMA and 0.1~0.3 wt% zinc catalyst. The value of tanδ was 0.740 at 82 °C, which was the lowest. The synthesized GMA-PLLA had number average molecular weight of 43,000 g/mol and melting temperature of 193 °C. In conclusion, it was found that GMA-co-PLLA Copolymer was higher than PLLA in thermal and mechanical properties. It could be used for packaging and construction materials.

### Reference

1. C. Y. Park, Y. H. Choi, and W. K. Lee, *J. Environ. Sci.*, 18, 797 (2009).
2. Y. S. You, K. H. So, and M. S. Chung, *Korean J. Food. Sci. Technol.*, 40, 365 (2008).
3. Yoon, C. S. and Ji, D. S., "Preparation of PLA/PEG Block Copolymer via Melt Blend," *Text. Sci. Eng.*, 43(5), 235 (2006).
4. Zhai, W., Ko, Y. R., Zhu, W., Wong, A. S. and Park, C. B., "A Study of the Crystallization, Melting, and Foaming Behaviors of Polylactic Acid in Compressed CO<sub>2</sub>," *Int. J. Mol. Sci.*, 10, 5381 (2009).
5. F. V. Diez, H. Sastre, and J. Coca, *J. Ind. Eng. Chem. Res.*, 27, 845 (1988).
6. Ph. Dubois, C. Jacobs, R. Jerome, and Ph. Teyssie, *Macromolecules*, 24, 2266 (1991).

## 현장의 순환유동층 연소배가스의 건식 분류층 실증장치와 Duct Injection 조건에서의 탈황성능 비교

박영옥<sup>1\*</sup>, 전성민<sup>1,2</sup>, 박형상<sup>2</sup>  
한국에너지기술연구원 기후변화연구본부<sup>1</sup>, 서강대학교 화공생명공학과<sup>2</sup>

### Comparison of desulfurization characteristics between dry type demo-scale sorbent circulating reactor and duct injection using real circulating fluidized bed flue gas

Young-Ok Park, Seong-Min Jeon<sup>1,2</sup>, Hyung-Sang Park<sup>2</sup>  
Climate Change Research Division, Korea Institute of Energy Research<sup>1</sup>  
Department of Chemical Engineering, Seogang University<sup>2</sup>

석탄 및 석유의 연소 과정에서 발생하는 대기오염물질 중에 이산화황(SO<sub>2</sub>)은 인간 및 환경에 유해한 영향을 주는 것으로 잘 알려져 있다. 이에 따라 SO<sub>2</sub> 배출량이 높은 산업 시설에 대해서는 배연탈황 기술의 도입이 필요한 실정이며, 환경오염물에 대한 배출규제 또한 강화되고 있는 추세이다. 정유공장 및 열공급 시설 등에서는 고온고압의 증기를 공급하기 위해서는 별도의 로외 탈황장치(wet scrubber)와 탈질장치(selective catalyst reactor)가 필요하지 않은 순환유동층연소 보일러를 설치하여 운영하고 있다. 로내 탈황제로 석회석을 사용하고 있으며, 석회석 입자는 입자 내의 CO<sub>2</sub>와 주위 기체에서의 CO<sub>2</sub> 분압의 평형잔용 원리에 따라 CO<sub>2</sub>를 배출하고 CaO입자로 분해되고 하소 반응을 하게 된다. 연소로 내에서 공기와의 연소에서 석회석 입자는 간접황화과정을 거쳐 탈황반응을 한다. 순환유동층 연소내에서의 석회석에 의한 탈황효율은 연소온도, Ca/S 몰비, 유동매체의 순환속도에 따라 변동되고 있으며, 일반적으로 Ca/S 몰비가 증가하면 탈황효율은 증가하는 경향이 있으나, Ca/S 몰비가 3.0 이상 조건에서 부터는 탈황효율의 증가율이 둔화되는 특성이 있다. 순환유동층보일러에서 연료로 사용되고 있는 유연탄의 가격이 해마다 상승하고 있어, 최근에는 열량이 높고 가격이 저렴한 petro-coke 연료로 전환하고 있는 실정이다. 그러나 petro-coke에는 유황함유량이 5~9 wt.%를 함유하고 있어 로내 탈황을 위해서는 높은 Ca/S 몰비 유지, 즉 석회석의 로내 투입량이 많아야 SO<sub>2</sub>에 대한 배출농도 규제범위를 유지할 수 있다. 따라서 연소로 내 석회석의 과다 투입으로 로내의 압력손실이 증가하고 관련 기기의 full 부하 운전을 해야 하며, 증기생산량의 감소와 더불어 비산재의 배출량이 급격한 증가 등이 나타나고 있는 실정이다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 hybrid 탈황기술인 석회석을 활용한 로내 탈황과 동시에 건식 분류층 반응설비를 활용한 로외 탈황을 제안하였다.

본 연구에서는 정유공장의 순환유동층연소 보일러 3호기 현장에 건식 분류층 반응실증장치를 설치하여 고반응 소석회(Ca(OH)<sub>2</sub>)를 주입하는 조건에서 탈황제의 주입을 반응기에 주입한 조건과 반응기를 통과하지 않고 반응기 전단의 duct내에 주입한 조건에서 탈황성능 특성을 비교 실험하였다.

#### 참고문헌

1. 김상인 et al., 석회석 분말을 이용한 노내 고온 건식 탈황 특성 연구, 제45회 KOSCO SYMPOSIUM 초록집(2012년도 추계학술대회), pp. 43-45.
2. 소석회를 사용한 In-Line형 건식탈황공정의 최적화와 첨가제의 영향, 한국산업안전학회지 제 12권 제2호, 1977. pp. 102-110.
3. Micheal K. at al., Conditioning of filter bags with reactive CaO and Ca(OH)<sub>2</sub> dust in flue gas, Austrian Energy & Environment AG, 2010, pp. 1-8.

## **A green and facile route to prepare Ag/TiO<sub>2</sub>/graphene nanocomposite aerogels for the degradation of methylene blue**

Xiaofeng Fan, Van Hoa Nguyen, Haldorai Yuvaraj, Jae-Jin Shim\*  
School of Chemical Engineering, Yeungnam University  
Corresponding email: jjshim@ynu.ac.kr

Graphene-based 3D macrostructures are electrically conductive, mechanically strong and thermally stable. Here, a green and facile method has been developed to prepare Ag/TiO<sub>2</sub>/graphene nanocomposite aerogels. Graphene oxide-titanium oxide (GOT) composites were synthesized by *in situ* depositing flower-shaped TiO<sub>2</sub> nanocrystals on graphene oxide nanosheets by liquid phase deposition. The GOT composites decorated with Ag nanoparticles are reduced by *L*-ascorbic acid to obtain hydrogel, then, it is dried to aerogel by supercritical fluid drying method. Structure and morphology of as-prepared aerogel have been characterized by X-ray diffraction patterns, X-ray photoelectron spectroscopy, emission scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, Raman spectroscopy and N<sub>2</sub> adsorption-desorption measurements. The application of them for photocatalytic degradation of MB under UV and visible light has been investigated.

**Acknowledgements:** This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Ministry of Education, Science and Technology (2012R1A1A2009529).

## 금속 이온 교환된 ETS-10을 이용한 톨루엔의 흡·탈착 거동 특성 확인

김우형, 이소연, Ho Hoang Phuoc, 정진우<sup>†</sup>, 우희철\*  
부경대학교 화학공학과, 현대기아자동차 배기개발팀<sup>†</sup>

### Adsorption and Desorption Behavior of Volatile Organic Compounds using Metal ion-exchanged ETS-10

Woo Hyeong Kim, So Yun Lee, Ho Hoang Phuoc, Jin Woo Choung<sup>†</sup>,  
Hee Chul Woo\*

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

<sup>†</sup>Exhaust Emission Engineering Team, Hyundai Motor Company, Hwaseong, Korea

\*woohc@pknu.ac.kr

세계 인구수가 증가함에 따라 공업 및 산업 분야가 발전하고 있으며, 이로 인한 환경 오염 문제가 심각해지고 있다. 공업 및 산업 분야 중에서 석유 화학, 정유, 도료에서 배출되는 환경 오염 물질인 휘발성유기화합물(Volatile organic compounds, VOCs)은 지구 온난화, 산성비, 암을 유발하는 물질로 알려지고 있다[1]. 따라서 세계는 현재 휘발성유기화합물의 배출 규제가 점점 강화되어 가고 있다. 본 연구에서는 흡착을 통해 휘발성유기화합물의 회수하고자 하였다. 흡착제로서는 경제적이며, 합성이 쉬운 제올라이트인 ETS-10을 선정하였다. ETS-10은 실리카알루미나로 구성된 일반 제올라이트와는 달리 티타노실리케이트로 이루어진 유사 제올라이트이다. ETS-10은 3차원 채널 구조를 지니고 있으며, 기공 크기가  $14.7 \times 7.6 \text{ \AA}$ 으로 큰 특징을 가지고 있다. ETS-10은 란타늄(La), 은(Ag), 나트륨과 칼륨(Na, K)로 이온 교환하여 흡, 탈착 성능을 스크리닝 평가하였다.

휘발성유기화합물로는 톨루엔을 흡착 제거 하고자 하였고, 고정층 흡착 반응기를 통해 흡착 후 질량분석기(HPR20, Hiden)로 승온 탈착 실험을 진행하였다. 흡착량은 질량분석기를 사용하여, Frontal 기법으로 정량화 하였고, 흡착 세기를 분석하기 위해 승온 탈착하여 탈착 면적 및 탈착 온도를 상대적으로 비교 평가하였다. 특성 분석으로는 이온 교환 후 구조의 안정성 및 산화물 존재의 유무를 파악하기 위해 XRD 분석을 실시하였고, 암모니아 승온 탈착을 통해 산점 분포 및 세기를 확인하였다. 또한 고열에 대한 안정성을 파악하기 위해  $600^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$  열처리를 하여, 성능을 비교하였다.

#### 참고문헌

1. Sanz, O., Delgado, J. J., Navarro, P., Arzamendi, G., Gandia, L. M., and Montes, M., "VOCs Combustion catalysed by Platinum supported on Manganese Octahedral Molecular Sieves," *Applied Catalysis B: Environmental*, **110**, 231-237 (2011).
2. Li, H., Shen, B., Wang, X., and Shen, S., "Thermal and hydrothermal stability of La-modified ETS-10 and its cracking ability", *Catalysis Letters*, **99**, 165-169 (2005)

## **Pretreatment study for high-efficiency extraction of antioxidants from barley leaves using supercritical carbon dioxide.**

Yeon-woo Kang, Jin-Hee Hong<sup>†</sup>, Giobin Lim, Jong-Hoon Ryu<sup>\*</sup>

Department of Chemical Engineering, The University of Suwon, Korea

<sup>†</sup>Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University, Korea

Flavonoids are plant-based compounds with powerful antioxidant properties found in a lot of fruits and vegetables. Conventional methods such as organic solvent extraction and hot-water extraction have been widely used to extract flavonoids from various plants. However, these methods require the use of large amount of organic solvents and/or high energy consumption. Furthermore, public health, environmental, and safety issues are the major concerns in the use of organic solvents in extraction processes. To overcome these limitations, a variety of processes involving extractions with supercritical fluids have been developed and are regarded as a viable extraction technology that meets the product quality and safety requirements.

Young green barley leaves are known to contain a significant amount of flavonoids such as isovitexin and saponarin as well as natural pigments such as chlorophyll and beta-carotene. However, the presence of natural pigments in the final extract may not be helpful to the preparation of cosmetic formulations.

The main purpose of this study is to investigate the optimal conditions of supercritical carbon dioxide extraction for maximizing the extraction efficiency of pigments from young barley leaves, while minimizing the extraction of flavonoids.

In particular, various process parameters such as temperature, pressure, CO<sub>2</sub> flow rate, and addition of co-solvent were investigated in detail.

### **References**

1. Chaudiere J, Ferrari-Iliou R 1999. Intracellular antioxidants: from chemical to biochemical mechanisms. *Food Chem Toxicol* 37(9-10): 949-962.
2. Ohkawa M 1998. Three new anti-oxidative saponarin analogs from young green barley leaves. *Chem. Pharm. Bull.* 46(12): 1887-1890.

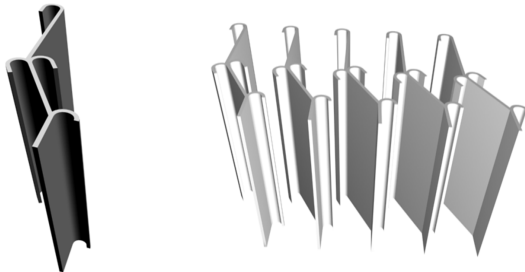
# 전산 유체 해석 프로그램을 통한 경사판 침전조의 최적 설계에 관한 연구

김성구, 최현열, 고동현, 신동문, 조옥상  
수원대학교 환경에너지공학과

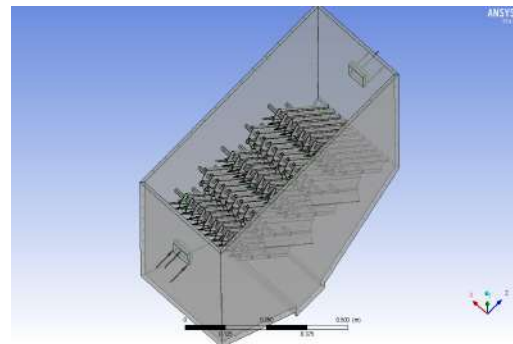
## A Study on Optimal Design of Inclined Plate Settler by Computational Fluid Analysis

Seong Goo Kim, Hyeon Yeol Choi, Dong Hyun Ko, Dong Moon Shin, Wook Sang Cho  
Department of Environmental and Energy Engineering, The University of Suwon

상수 및 용수처리, 하폐수처리 등 수처리 공정에서 침전효율의 향상과 처리용량 증대를 동시에 향상시킬 수 있는 방안의 하나로써 경사판 침전조에 관한 연구가 최근에 활발히 수행 되고 있다. 미세 부유고형물과 응집제 간에 van der Waals 인력을 유발시킬 수 있는 공정 변수로서 입자간에 충돌횟수, 체류시간, zeta 전위차, 월류율, 유량, 침전속도 등이 매우 중요하다. 본 연구에서는 유입 현탁액의 흐름을 방해하지 않고 고형물 입자의 충돌횟수를 증가시켜 고형물의 순간 비중을 높이고 유속을 빠르게 하여 고액분리 효율을 높일 수 있도록 <그림 1>과 같은 형상의 경사판을 도입 적용 하였다. 경사판의 경사각도, 침강면적, 유속 등을 변화시키면서 침전특성을 규명하였으며, Navier-Stokes 식의 유체해석을 수행할 수 있는 상용 CFD(Computational Fluid Diagram) 코드 프로그램인 CFX 14.5를 사용하여 설계모사를 수행하였다. 또한, 실험실 규모의 경사판 침전조 모형을 대상으로 다양한 수질의 현탁액을 대상으로 실험값을 구하였다.



(1) 단일 경사판 모형      (2) 경사판 배열 모습  
<그림 1> 경사판 형상



<그림 2> 프로그램 적용

### 참고문헌

1. Jeon, U, J, "Fluid Flow Analysis of Inclined Plate Settler by using CFD" Inha University., 2009
2. Ryu et al.[1], "Evaluation of Hydraulic Characteristics Influenced by Different Deflector Baffles in the Sedimentation Basin with Inclined Plate Settler" University of Seoul., 2009
3. Im S, H "A study on the Effect of the Inclined Structure in the Hydraulic Behavior Index within Sedimentation basin" Kongju National University., 2009.

# Author Index





# Author Index

## (가)

강경수	GT-6	김동선	CT2-2-6
강경태	P-CT1-8	김동인	P-CT1-4
강기환	GT-7	김동인	P-CT1-5
강정진	P-PR-1	김동진	P-CT2-11
강진진	CT2-1-1	김만철	CC-7
고관영	P-CT2-23	김민성	CT1-1-1
고동현	P-CT2-29	김민욱	P-CT2-11
고민수	CT2-1-6	김민정	P-CT2-12
고재천	CT2-1-2	김민지	P-GT-3
고창현	P-CT2-1	김범주	P-GT-4
고형철	P-GT-23	김상겸	P-GT-17
구기갑	P-CT1-9	김상겸	P-CC-5
권귀록	CT2-2-5	김상겸	P-CT2-13
권기은	PR2-3	김상겸	P-CC-6
권성현	P-CT1-6	김상도	CC-2
권순진	P-GT-1	김상도	P-GT-19
권순진	P-GT-24	김상도	P-GT-22
권태완	CC-5	김상우	P-CT1-12
김규보	CC-1	김상우	P-CT1-13
김규태	CC-5	김상인	CC-7
김근필	P-GT-26	김선우	P-CT1-18
김기영	CC-3	김성구	P-CT2-29
김기영	P-CC-4	김수한	P-CT2-7
김기영	P-GT-2	김수현	P-GT-22
김기영	P-CT1-14	김승모	CC-7
김길표	P-CT2-8	김승수	CT1-1-4
김대영	P-GT-20	김승현	GT-8
김도희	P-CT2-16	김승현	P-GT-7
김동선	CT1-2-5	김영훈	P-CT2-2
김동선	CT2-1-1	김영훈	P-CT2-3
김동선	CT2-1-2	김영훈	P-CT2-4
김동선	CT2-1-3	김영훈	P-CT2-5
김동선	CT2-1-6	김영훈	P-CT2-6
김동선	CT2-1-7	김영훈	P-PR-1
김동선	CT2-2-7	김용화	P-CT2-10
		김우형	P-CT2-27
		김원호	PR1-5
		김윤섭	P-GT-5
		김은지	P-CT1-1
		김은지	P-CT1-2
		김인원	P-CT2-13
		김인호	P-CT2-23

김재경  
김재영  
김정국  
김정은  
김정은  
김종남  
김종남  
김종웅  
김종웅  
김종희  
김종희  
김종희  
김진완  
김태용  
김태환  
김하나  
김한기  
김헌기  
김현진  
김혜선

**(나)**

나병기  
나병기  
나병기  
나오키 후지와라  
나종찬  
남성찬  
남인호  
노영석  
노영석  
노재현  
노현석

**(라)**

류상오  
류상오  
류상오  
류정용  
류호정  
류호정  
류호정  
류호정  
류호정

P-CT1-9  
CC-6  
GT-8  
P-CT1-12  
P-CT1-13  
CT1-2-3  
P-CT2-22  
P-CT1-18  
P-CT1-19  
P-CT1-20  
P-CT1-11  
P-CT1-3  
PR2-3  
P-CT2-9  
P-GT-6  
P-GT-9  
P-GT-6  
P-CT2-11  
P-CT1-15  
P-CT2-10

PR1-1  
PR1-4  
BFM-1  
CC-7  
P-GT-6  
P-CT2-24  
P-CT2-8  
P-CT1-12  
P-CT1-13  
CT1-2-5  
P-GT-1

CC-4  
P-CC-2  
P-CC-3  
P-CT1-15  
P-CC-1  
P-CC-4  
P-GT-24  
P-GT-9  
CC-6

문원균  
문종한  
문종호  
문종호  
문종호  
문종호  
민경일  
민병무

박대성  
박동재  
박명준  
박문규  
박상진  
박상진  
박상진  
박상진  
박성기  
박성빈  
박수민  
박연정  
박영옥  
박영옥  
박영철  
박영철  
박영철  
박용범  
박인수  
박재혁  
박재혁  
박재혁  
박재현  
박재현  
박재현  
박재형  
박재형  
박제호  
박지윤  
박지윤  
박지윤

**(마)**

P-CT2-8  
P-GT-7  
CC-3  
P-GT-2  
P-GT-18  
CC-6  
BFM-1  
CC-6

**(바)**

P-CT2-9  
P-GT-7  
P-CT1-9  
P-CT2-24  
CT1-2-1  
CT1-2-2  
CT2-2-4  
CT2-1-8  
P-CT1-20  
GT-8  
P-CT2-8  
CT1-2-4  
P-CT2-26  
P-CT2-19  
CC-3  
P-GT-2  
CC-6  
P-CT2-17  
P-GT-19  
CC-3  
P-CC-4  
P-GT-2  
CC-3  
P-CC-4  
P-GT-2  
P-CT1-1  
P-CT1-2  
CT1-2-2  
P-GT-17  
P-CC-5  
P-CT2-13  
P-CC-6

박지혜	P-GT-9	송기창	P-CT2-22
박진우	CT2-1-6	송민경	P-CT2-17
박찬영	P-CC-1	송민경	P-CT2-18
박형상	P-CT2-26	송민경	BFM-3
박홍석	P-CT2-9	송시홍	CC-8
박희재	P-PR-2	송주섭	P-GT-23
박희재	PR2-2	송주섭	P-GT-12
박희재	PR1-1	송현돈	P-CT2-8
박희재	PR1-4	송현돈	P-CT2-9
반충현	P-CT2-16	신동문	P-CT2-29
방유영	CT2-2-2	신원국	P-CT1-3
배기광	GT-6	신재선	CT1-2-1
배달희	CC-3	신재선	CT1-2-2
배달희	P-CC-4	신재선	CT2-1-8
배달희	P-GT-2	신재호	CT1-1-5
배성준	P-CT2-8	신재호	CT2-1-4
배위섭	P-CT2-13	신종선	CC-3
배재흠	P-CT1-20	신종선	P-CC-4
배재흠	P-CT1-11	신종선	P-GT-2
배재흠	P-CT1-3	신현호	P-CT2-3
배종수	CC-3	심재훈	P-CT2-3
백인규	P-CT1-1	심재훈	P-CT2-4
백인규	P-CT1-2	심준보	P-GT-20
백자연	P-CT2-9	심중보	P-GT-18
백점인	CC-6		
백준현	CT2-1-2		
			(아)
		안기주	CC-7
		안성미	P-CT2-1
	(사)	앨리사 마리 풀퀘라스	CT2-1-7
서경주	P-CT2-1	양기석	CT1-1-4
서기철	PR1-1	양승모	P-CT1-4
서동진	CT1-1-4	양승모	P-CT1-5
서아영	P-CT1-7	양지우	P-CT1-7
서정철	PR1-5	양현경	P-GT-6
선도원	CC-3	엄희준	P-BFM-2
선도원	P-CC-4	여정구	P-GT-25
선도원	P-GT-2	여정구	P-GT-27
선지윤	P-CT2-18	오설비	CT2-2-7
선지윤	BFM-3	오승윤	P-CT2-5
성기혁	P-GT-23	옥종훈	P-CT1-18
성화경	P-CT2-2	우승한	P-CT1-7
손권빈	CT2-1-5	우승한	BFM-6
손종렬	P-CT2-19	우승한	P-BFM-5
손찬웅	PR2-3		

우승한	P-BFM-6	이광호	PR1-2
우영민	CT1-2-3	이근임	P-BFM-1
우희철	P-CT2-17	이도균	P-GT-17
우희철	P-CT2-18	이도균	P-CC-5
우희철	P-CT2-27	이도균	P-CC-6
우희철	CT1-1-4	이돈민	P-BFM-3
우희철	BFM-3	이동기	P-CT1-11
원용선	P-CT2-15	이동기	P-CT1-3
원용선	P-CT2-7	이동기	P-CT1-4
유병욱	P-GT-21	이동기	P-CT1-5
유성주	P-CT2-10	이동현	CT1-1-3
유준호	P-CT1-8	이동현	CT1-1-5
유지행	P-CT2-22	이동현	CT2-2-3
유지행	P-GT-27	이동현	CT2-1-4
유지호	CC-2	이동호	CT1-1-5
유지호	P-GT-19	이동호	CT2-1-4
유지호	P-GT-17	이동호	P-CC-1
유지호	P-GT-22	이동호	P-CC-4
유지호	P-CC-5	이동호	P-GT-9
유지호	P-CC-6	이문용	P-CT1-9
유충열	P-CT2-22	이미남	P-BFM-5
육종묵	P-CT1-12	이미남	P-BFM-6
육종묵	P-CT1-13	이민재	P-CT2-10
윤다님	P-CT2-9	이병화	CC-8
윤범진	P-CT1-19	이봉희	P-BFM-3
윤성필	CC-4	이봉희	P-BFM-4
윤성필	P-CC-2	이상득	P-BFM-1
윤성필	P-CC-3	이상용	P-PR-1
윤양식	P-CT2-9	이상현	P-GT-17
윤여일	CT2-1-1	이상현	P-CT2-13
윤왕래	P-GT-1	이상현	P-CC-6
윤종진	P-CT1-14	이상호	P-CT1-14
윤주필	P-GT-7	이성재	GT-8
윤형철	CT1-2-3	이성찬	P-CT2-18
윤형철	P-CT2-22	이성찬	BFM-3
이강산	P-CT2-19	이성희	P-PR-1
이경은	CT2-1-3	이소연	P-CT2-27
이관영	CT1-1-1	이수영	P-CT2-10
이관영	P-BFM-2	이승용	CC-3
이광복	P-GT-1	이승용	P-CC-4
이광복	P-GT-24	이승용	P-GT-2
이광복	P-CT2-24	이시훈	CC-2

이시훈	P-GT-19	이창수	P-GT-26
이시훈	P-GT-17	이창수	BFM-5
이시훈	P-GT-22	이창하	CC-3
이시훈	P-CC-5	이철우	P-CT1-7
이시훈	P-CC-6	이철우	P-BFM-5
이영우	P-GT-2	이철우	P-BFM-6
이영우	P-GT-19	이충근	P-CT2-12
이영우	P-GT-17	이충원	P-CC-1
이영우	P-GT-22	이한수	GT-8
이영우	P-GT-5	이현주	P-BFM-1
이영우	P-GT-9	이현주	BFM-4
이영우	P-CC-5	이형옥	CT1-2-1
이영우	P-CT2-13	이호열	P-CT1-20
이영우	P-CC-6	이호열	P-CT1-11
이영준	GT-6	이호열	P-CT1-3
이영철	CT1-2-1	이흥래	CT1-2-2
이용	CT1-1-5	임관희	CT2-2-3
이원구	PR1-2	임동중	BFM-2
이용	CT2-1-4	임문혁	PR2-3
이은도	CT1-1-2	임병호	P-CT2-11
이은정	CT1-2-4	임성린	CT2-2-2
이의수	CT2-2-4	임성린	CT2-2-5
이인규	P-CT1-9	임성린	CT2-1-5
이재만	CC-4	임순성	P-CT2-11
이재만	P-CC-2	임영준	CC-2
이재만	P-CC-3	임영준	P-GT-19
이정민	P-CT1-14	임의순	P-BFM-3
이종섭	CC-6	임의순	P-BFM-4
이종현	GT-8	임의순	BFM-1
이종현	GT-6	임정환	CC-2
이종현	P-GT-20	임정환	P-GT-19
이종현	P-GT-7	임종훈	CT1-1-5
이종현	P-GT-21	임종훈	CT2-1-4
이종협	P-CT2-10	임준혁	P-CT2-15
이종협	P-CT2-8	임준혁	P-CT2-7
이종협	P-CT2-9		
이준학	P-CT1-2	장민수	P-CT2-1
이진욱	CC-4	장석준	P-CT1-12
이진욱	P-CC-2	장석준	P-CT1-13
이진욱	P-CC-3	장성찬	P-GT-26
이창근	P-CC-4	장연규	PR2-3
이창근	P-GT-5	장은정	P-BFM-4

(자)

장종산	CT2-2-6	정현호	P-GT-26
장효식	GT-7	조경훈	CT1-1-5
장효식	P-GT-16	조경훈	CT2-1-4
전누리	P-GT-1	조국현	P-GT-16
전누리	P-GT-24	조대철	P-CT1-6
전동혁	CC-2	조두희	CT2-2-6
전동혁	P-GT-19	조성석	P-GT-21
전동혁	P-GT-22	조성진	CT2-2-4
전동환	CC-4	조성호	P-GT-2
전성민	P-CT2-26	조성호	P-GT-5
전원진	P-CT2-16	조성호	CC-6
전종열	CT2-2-6	조완택	CC-2
전충환	CC-1	조용준	P-PR-2
전충환	CC-8	조용준	PR2-2
전충환	CC-7	조육상	P-CT2-29
정구회	P-PR-2	조재숙	CT2-1-2
정구회	PR1-1	조정호	CT1-2-5
정구회	PR1-4	조정호	CT1-2-1
정구희	PR2-2	조정호	CT2-1-1
정국	P-CT2-15	조정호	CT2-1-2
정국	P-CT2-7	조정호	CT2-1-3
정상호	P-BFM-2	조정호	CT2-1-6
정석우	CC-4	조정호	CT2-1-7
정석우	P-CC-2	조정호	CT2-2-7
정석우	P-CC-3	조정호	CT2-2-6
정성욱	GT-6	조종훈	GT-3
정성현	P-CT1-15	조종훈	P-GT-17
정수정	P-GT-25	조종훈	P-CC-5
정승우	CT1-1-3	조종훈	P-CC-6
정의석	P-CT2-6	조철희	P-GT-23
정의석	PR2-3	조철희	P-GT-4
정재용	CT1-1-2	조철희	P-GT-12
정재철	P-CT1-12	조철희	P-GT-25
정재철	P-CT1-13	조철희	P-GT-27
정재훈	P-CT2-15	조철희	P-GT-3
정재훈	P-CT2-7	조철희	P-GT-18
정진우	P-CT2-27	주종훈	P-CT2-22
정충섭	P-BFM-3	주종훈	P-CT1-15
정충섭	P-BFM-4	조현민	P-CT1-19
정충섭	BFM-1		
정태희	GT-7	차다솜	P-GT-27
정하나	P-CT2-22	최돈혁	CT1-2-4

(차)

최석천  
최석훈  
최여진  
최영찬  
최일환  
최재형  
최주호  
최지식  
최현선  
최현열  
최호경  
최호경  
최호경

CT1-1-2  
CT2-1-8  
P-PR-2  
CC-3  
CT1-2-4  
CT1-1-4  
GT-7  
P-BFM-1  
PR2-3  
P-CT2-29  
CC-1  
CC-2  
P-GT-19

(하)

하병욱  
하성용  
한명수  
한문희  
한문희  
한문희  
한문희  
한문희  
한문희  
한문희  
한문희  
한문희  
한주희  
한주희  
허광선  
허광선  
허정무  
형찬희  
홍석관  
홍성제  
홍성제  
홍윤기  
황민영  
황민영  
황순철  
황순철  
황순철  
황열순  
황일순  
황준영

P-CT1-17  
P-GT-23  
PR1-2  
P-GT-23  
P-GT-4  
P-GT-6  
P-GT-12  
P-GT-25  
P-GT-27  
P-GT-3  
CT1-1-5  
CT2-1-4  
CT1-1-4  
P-CT1-17  
P-CT1-11  
P-CT2-22  
P-PR-1  
P-CT1-18  
P-CT1-19  
P-BFM-2  
CC-8  
CC-7  
P-GT-17  
P-CC-5  
P-CC-6  
PR1-4  
P-GT-20  
P-CT1-8

(A-Z)

B .W.Yoo  
Byung Cheol Lee  
Byung-Woo Kim  
Chang-Soo Lee  
Choong-Gon. Lee  
Chul hlo Shin  
Dae Ryook Yang  
Dai In Park  
Duc-Luong. Vu  
Elvina Fitrisia  
Eric Croiset  
Eun Ji Lim  
Giobin Lim  
Giobin Lim  
H. Li  
H.H. Lee  
H.Y. Lee  
Hankaj Sharma  
HaldoraiYuvaraj  
Heon-Ho Jeong  
Ho Hoang Phuoc  
Hong Duc PHAM  
Hong Duc PHAM  
Hoon Sub Song  
Huichan Yun  
Huyen Than Vo  
Hyerin Kim  
J.C. Choid  
J.H. Lee  
Ja Hwa Ahn  
Jae Chang Kim  
Jae-Jin Shim  
Jae-Jin Shim  
Jae-Jin Shim  
Jeong Hee Hwang  
Jeong Soo Kim  
Jin-Hee Hong  
Jin-Hee Hong  
Jong Ha Kim  
Jong-Hoon Ryu  
Jong-Hoon Ryu

GT-1  
P-GT-13  
P-CT2-25  
P-GT-11  
P-CT2-14  
PR2-1  
P-CT1-10  
GT-5  
P-CT2-14  
CT2-2-1  
P-CT2-24  
PR1-3  
P-CT2-28  
P-CT1-16  
GT-1  
GT-1  
GT-1  
P-GT-4  
P-CT2-27  
P-GT-11  
P-CT2-27  
P-CT2-18  
BFM-3  
P-CT2-24  
P-CT1-10  
BFM-4  
P-CT2-21  
GT-1  
GT-1  
P-GT-13  
PR1-3  
CT2-2-1  
P-CT2-20  
P-CT2-27  
PR1-3  
P-GT-15  
P-CT2-28  
P-CT1-16  
CT2-2-1  
P-CT2-28  
P-CT1-16

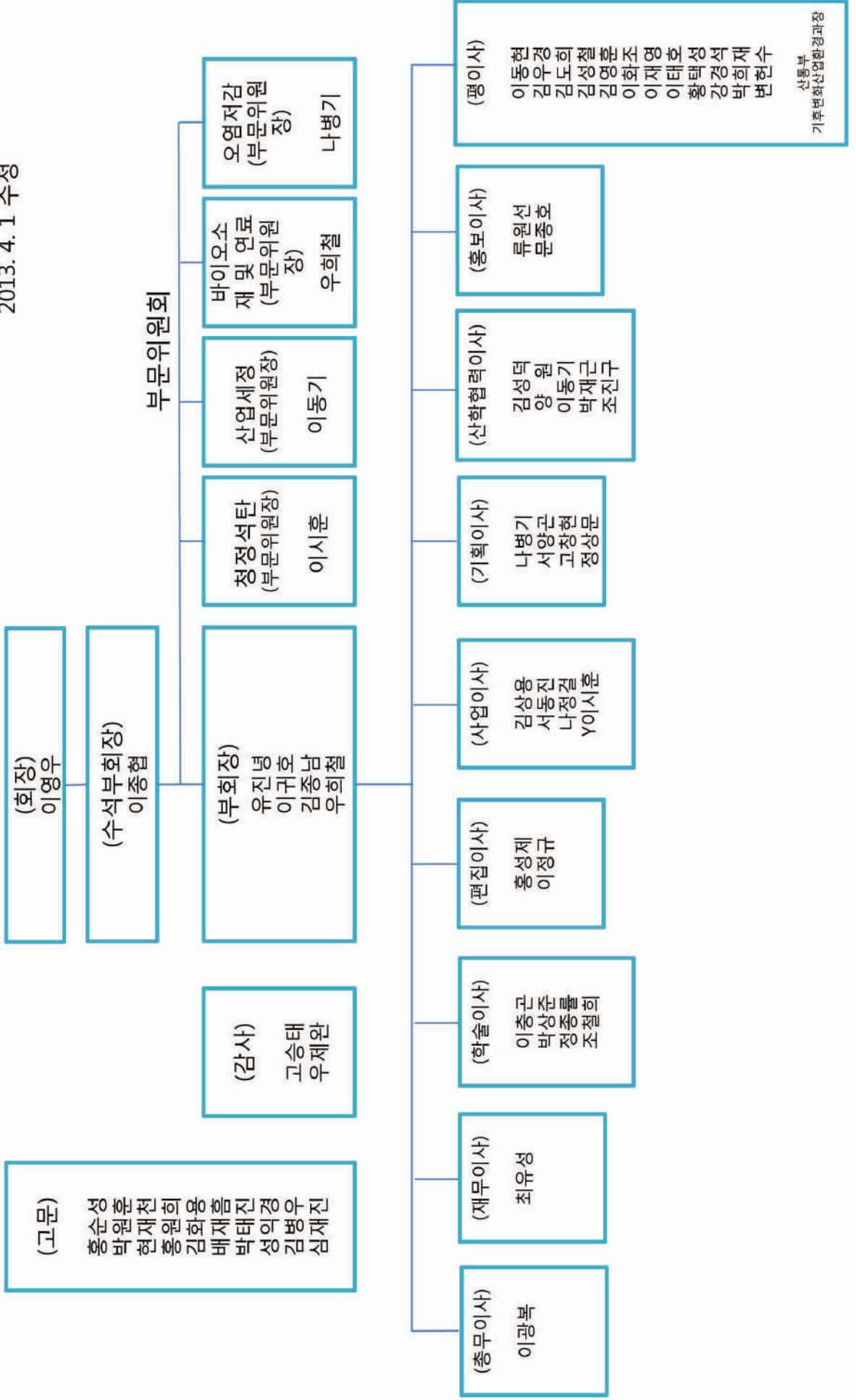
Jong-Ryul Jeong	GT-2
K.T. :Park	GT-1
Kanamura Kiyoshi	P-GT-13
Kang Song	P-GT-11
Kyung Mun Lee	CT2-2-1
Linlin Zhao	GT-4
M.S. Kong	GT-1
Min Jin Song	PR1-3
Mi-Ran Park	P-CT1-16
Moonhee Ryu	PR2-1
Moon-Sun Kim	P-CT2-25
Muhammad Naoshad Islam	P-CT2-20
Nurpeissova Arailym	GT-5
Pankaj Sharma	P-GT-3
Pradeep Biradar	CT1-1-4
Ren Yiping	P-CT2-20
Runkai Wang	PR2-1
S.J. Hong	GT-1
Sang Mi Ha	CT2-2-1
Sangeun Lee	P-CT2-25
Sang-Ho Son	P-GT-10
Sang-Ick Lee	P-GT-13
Seok Hyeon Lee	P-GT-15
Seungjong Yeom	P-CT1-10
Siho Park	PR2-1
So Yeon Kim	GT-4
Suk Yong Jung	PR1-3
Sung-Chan Jang	P-GT-11
Sung-Soo Kim	GT-5
Sung-Soo Kim	P-GT-13
Taek Seung Lee	P-GT-10
Utomo AYUNDA	P-CT2-17
Vo Thanh Son	GT-2
Van Hoa Nguyen	P-CT2-27
W.G. Kim	GT-1
Wooho Song	P-CT2-21
Yeon-woo Kang	P-CT2-28
Yongkyun Kim	P-GT-10
Yoo Seong Choi	P-CT2-21
Yuvaraj Haldorai	P-CT2-20
Xiaofeng fan	P-CT2-27
Zhongwei Chen	P-CT2-24



# 2013년 한국청정기술학회 임원 조직도

2013. 1. 1 편성

2013. 4. 1 수정



# 기능성 화학소재 플랫폼 구축 및 상용화 지원사업

<b>사업기간</b>	2012. 8. 1 ~ 2015. 4. 30(33개월)
<b>사업비</b>	10,088백만원(국비 4,500, 지방비 3,600, 민간현물 1,988)
<b>주관기관</b>	(재)대전테크노파크
<b>참여기관</b>	(재)울산테크노파크, (재)전남테크노파크, (재)충남테크노파크, (재)충북테크노파크, (재)경기테크노파크, 한밭대학교

- |  |   |
|--|---|
| <p><b>1. 기능성 화학소재 광역연계 플랫폼 구축</b></p> <p>기능성화학소재 광역연계 플랫폼 구축<br/>초광역권 협력 파트너링<br/>고경력 전문가 네트워크 구축 및 운영<br/>글로벌 네트워크 구축 및 운영<br/>그린공정 세미나 및 표준화</p> | <p><b>2. 기능성 화학소재 그린공정 상용화 지원</b></p> <p>시제품제작, 시생산 Pilot Plant 활용 지원<br/>그린공정 기술지도<br/>그린공정 및 재해발생 예방교육<br/>국내외 전문전시회 참가지원<br/>개별 맞춤형 토털마케팅 지원</p> |
|--|---|

정밀화학소재의 그린공정화를 통한  
글로벌 그린화학산업 선도

일자리창출 717명, 기업투자 958.5억원

