

2020 한국청정기술학회

# 추계총회 및 학술발표회

## 초록집

2020 THE KOREAN SOCIETY OF  
CLEAN TECHNOLOGY CONFERENCE

**일시** 2020. 11.25 - 27

**장소** 부산 아르피나



# 초음파기술의 파이오니어 .. 미래초음파기술

1998년 설립한 이래 20년간 Sonochemistry 분야를 개척하고 있는 미래초음파기술은 전자·화학·바이오·환경분야의 파트너입니다.

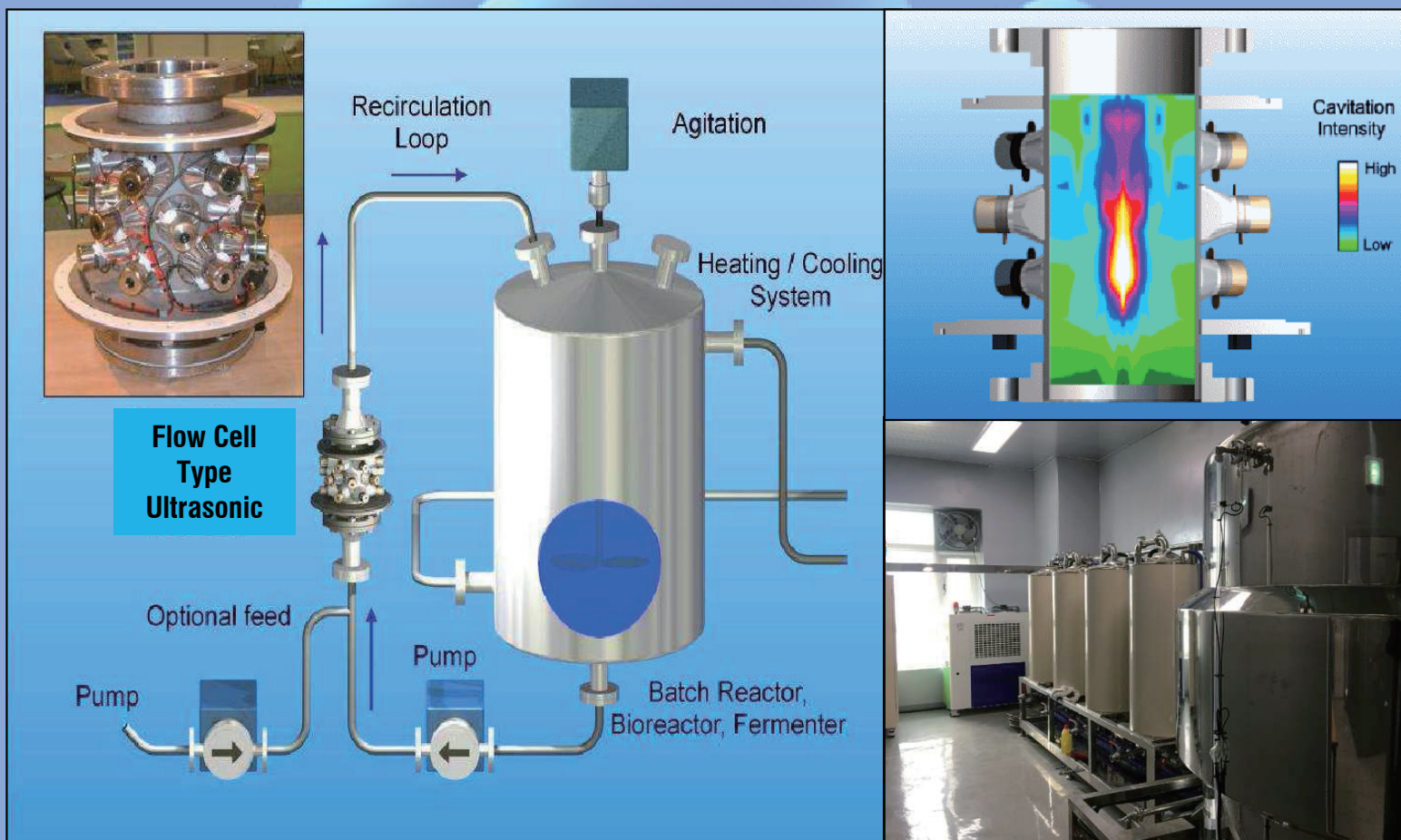
## Sonochemistry : New Opportunities for Green Chemistry

### Main Product

- Flow Cell Type Ultrasonic
- Large scale Sonotrode Ultrasonic
- In line type Ultrasonic Treatment System
- Batch type Ultrasonic Treatment System

### Application

- Bio-Diesel • Food Extraction • Homogenizing • Mixing • Dispersion



## MIRAE ULTRASONIC TECH. CO.

14502 경기도 부천시 원미구 평천로 655 부천테크노 파크 402동 1101호

T 032-234-6661 / F 032-234-6663 <http://www.msonic.co.kr>



Energy Human Resources Development  
of Pukyong National University

# 부경대학교 에너지수송체시스템개발 인력양성사업단



## 에너지인력양성사업단

(48547) 부산광역시 남구 365 부경대학교 용당캠퍼스 4공학관 209호  
Tel 051. 629. 7938~9 Fax 051. 629. 6429





## 인사말

---

존경하는 한국청정기술학회 회원 여러분 안녕하십니까?

회원 여러분의 건승하심을 기원합니다.

올 한해 예기치 못했던 코로나19 (COVID-19) 발생으로 인해 일찍이 경험해 보지 못한 ‘사회적 거리 두기’, ‘비대면’ 등 새로운 상황 속에서 생활하고 있고, 이로 인한 불편한 일상은 여전합니다. 이에 따라 많은 기대 속에 준비했던 한국청정기술학회 추계학술대회는 취소할 수밖에 없는 상황이었습니다. 이후 코로나19가 진정되기를 기대했지만, 현재 확진자 증가세가 다소 주춤하지만 아직 안심할 단계가 아닌 관계로 이번 추계학술대회도 많은 변화 속에서 진행할 수밖에 없는 현실입니다.

아직도 국내 상황이 불확실한 만큼 이번 추계학술대회는 예년에 진행하던 초청강연 등은 대폭 축소하고 회원의 학술발표 중심으로 구성하였습니다. 본 학회는 초록접수와 사전등록 시스템을 새로 구비하여 회원과 학회와의 상호소통과 편리함을 추구하였습니다.

추계학술대회의 포스터 발표는 e-Poster로 진행되며, 구두발표는 pre-recording을 통한 동영상과 현장에서의 발표를 병행하는 하이브리드형의 학술대회로 진행됩니다. 또한 사전등록비 영수증을 홈페이지에서 출력, 초록집도 e-Book으로 발행함으로써 온택트(Ontact) 플랫폼을 구축하여 세계적인 추세에 맞추고자 노력하였습니다.

새로운 형식의 학술대회인 만큼 여러 가지 미진한 부분이 있지만 회원 여러분의 너그러운 양해를 부탁드립니다. 추계학술대회가 새로운 환경에서 여러분의 지식과 정보를 교류하고 소통하는 장이 될 수 있도록 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

한국청정기술학회 회 장  
서 양 곤





## Program

### 프로그램 Day 1 (2020.11.25. Wed)

시간	클로버	자스민
13:00-14:00		e-구연 e-포스터 (청정융합, 탈황-탈질)
14:00-18:00	<b>[생산기술연구원]</b> 청정기술 발전을 위한 세라믹 3D 프린팅 제조공정 기술개발 Organizer 이만식	
18:00-19:00	평의원회	

### 프로그램 Day 2 (2020.11.26. Thur)

시간	클로버	자스민
10:00-11:30	현장 발표	e-구연 e-포스터 (청정일반)
11:30-13:30	점심	
13:30-16:00	e-구연 e-포스터 (청정일반)	e-구연 e-포스터 (청정일반)
16:00-17:00	총회	

### 프로그램 Day 3 (2020.11.27. Fri)

시간	클로버	자스민
08:30-09:30	등록	
09:30-12:00	산학연 워크샵	e-구연 e-포스터



## Contents

---

청정기술 발전을 위한 세라믹 3D프린팅 제조공정 기술개발 ..... 010

### E - 구두발표

---

청정일반 ..... 015

청정융합 ..... 029

탈황-탈질 ..... 039

### E - Poster

---

청정일반 ..... 043

청정융합 ..... 149

탈황-탈질 ..... 187

Author Index ..... 197

1. 세션명: 청정기술 발전을 위한 세라믹 3D프린팅 제조공정 기술개발

(좌장: 이만식 수석연구원)

20년도 11월 25일 14:00~18:00 (해운대 아르피나 호텔)

2. 세션구성

시간	발표명	발표자	저자
14:00-14:20	등록 및 인삿말	좌장(이만식 수석연구원)	-
14:20-14:40	세라믹 적층 신공정 요소기술 개발	고종완 선임연구원	고종완, 김동현, 김충수, 하정홍 (한국생산기술연구원 첨단정형공정연구그룹)
14:40-15:00	대기정화 탈질촉매용 3D 프린팅 소재 입자 제어	김홍대 수석연구원	이명진, 전승엽, 정보라, 예보라, 김태욱, 김홍대 (한국생산기술연구원 친환경재료공정연구그룹)
15:00-15:20	CPC공정에서 중자 반응가스 제어를 통한 증공주조 Feasibility연구	박진영 수석연구원	박진영, 김역수, 윤필환 이규훈 (한국생산기술연구원 첨단정형공정연구그룹)
			강호정 (부산대학교 재료공학과)
15:20-15:40	바인더 젯팅 타입 3D 프린팅에서 폴리머 바인더의 물성에 따른 젯팅 특성	백재호 수석연구원	백재호, 배민아, 김경호 (한국생산기술연구원 친환경재료공정연구그룹)
15:40-16:00	Effect of TiO <sub>2</sub> morphology on catalytic activity of Pt/TiO <sub>2</sub> for furfural hydrogenation	변미연 학생연구원 (지도교수: 이만식 수석연구원)	변미연, 백재호, 이만식 (한국생산기술연구원)
			변미연, 박대원 (부산대학교)
			이만식 (과학기술연합대학원대학교)
16:00-16:20	Break	-	-
16:20-16:40	Synthesis of Silicone Modified Acrylate for Digital Light Process (DLP)	김백진 수석연구원	-
16:40-17:00	레이저 신터링 공정 최적화를 통한 세라믹 분말 소결	박지용 선임연구원	박지용(한국생산기술연구원 공정지능연구부)
			고종완 (한국생산기술연구원 첨단정형공정연구그룹)

17:00-17:20	세라믹 산화물 기반 NTC thermistor 특성 분석	안치성 선임연구원	안치성 (한국생산기술연구원 공정지능연구부문)
			전재은, 박경열 (한국생산기술연구원 공정지능연구부문, 한양대학교 신소재공학과)
			민성욱 (경기대학교 신소재공학과)
17:20-17:50	청정기술 발전을 위한 세라믹 3D프린팅 기술 발전 방안	발표자 전원	-
17:50-18:00	맺음말	좌장(이만식 수석연구원)	-



2020 한국청정기술학회

**추계총회 및 학술발표회**

**초록집** 2020 THE KOREAN SOCIETY OF  
CLEAN TECHNOLOGY CONFERENCE

**E - 구두발표: 청정일반**

---



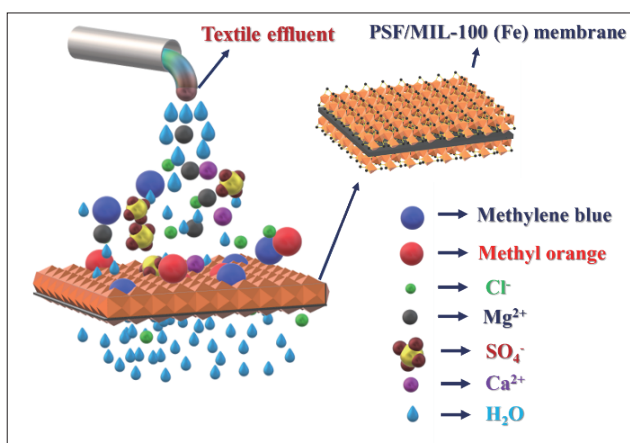


# A novel high flux MOFs embedded polysulfone nanofiltration membranes for effective anionic and cationic dye removal

**Gnanasekaran Gnanaselvan, MSP Sudhakaran, and Mok Young Sun\***

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

Fabrication of advanced and effective membrane filtration with high permeability, outstanding dyes removal, and anti-fouling performances are highly essential for water purification. In this study, a novel metal-organic framework (MIL-100 Fe) filler is embedded into the polysulfone nanofiltration membrane to achieve outstanding performances. The MOF incorporated composite membranes examined by FTIR, XRD, FESEM, EDX, and AFM. The influence of MIL-100 Fe on polysulfone membrane hydrophilicity and pore size enhancements was investigated and confirmed by water contact angle measurement and FESEM analysis. The permeability and rejection of anionic and cationic dyes treated by dead-end nanofiltration stirred cell. The increasing the pure water flux from 67.8 to 219.8 L/m<sup>2</sup> h, and decreasing the water contact angle from 64.7° to 45.4° of the composite membranes were deep-rooted that the MIL-100 Fe incorporation boosts the hydrophilicity and pore size improvement. Moreover, the PSF/MIL-100 (Fe) membranes shown a high rejection percentage of dyes and exciting anti-fouling performance, which all proves that MIL-100 Fe incorporated polysulfone composite nanofiltration membranes (PSF/MIL-100 (Fe)) are promising materials for effective dye removal in water purification application.



**Fig. 1.** Schematic representation of dyes removal by PSF/MIL-100 (Fe) membranes

## References

1. Gnanasekaran, Gnanaselvan, et al. "Removal of hazardous material from wastewater by using metal-organic framework (MOF) embedded polymeric membranes." *Separation Science and Technology* 54.3 (2019): 434-446
2. Gnanasekaran Gnanaselvan, et al. "Performance of composite PES/MOF-5 membranes for the treatment of textile wastewater." *DESALINATION AND WATER TREATMENT* 156 (2019): 220-228.

# 코로나 이후의 세계 에너지 동향 분석

이시훈

전북대학교 자원에너지공학과

## World Energy trend after COVID-19

See Hoon Lee

*Department of mineral resource and ennergy engineering, Chonbuk National University*

---

날로 심해지는 지구 온난화와 화석 연료들의 고갈에 대한 두려움으로 인해서 선진국들의 에너지 생산과 소비가 태양광, 풍력, 지열, 바이오매스 등의 재생에너지의 이용을 확대하는 방향으로 진행되고 있다. 또한 중국, 인도로 대표되는 신흥 개발 국가들도 빠른 경제 성장을 위해 주력하던 석탄, 석유, 천연가스를 중심으로 한 화석에너지의 이용으로부터 벗어나 점차 재생에너지의 이용을 확대하려고 하고 있다. 따라서 향후 20-30년간의 에너지 생산과 소비를 예측하는 대부분의 전망이 화석연료의 유지 또는 소폭 감소와 재생에너지의 이용 확대를 예상하였으나 전세계를 강타한 코로나로 인해서 세계 각국의 에너지 생산과 소비도 변화하고 있다. 이에 본 연구에서는 코로나 이후의 에너지 생산과 소비 동향을 반영하여 미래의 에너지 생산과 소비가 어느 방향으로 나아갈 것인지를 검토하였다.

(double spacing)

### 참고문헌

1. BP, Energy Outlook 2019, <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html>
2. IEA, Global Energy Review 2020, <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>
3. IEA, World Energy Outlook, <https://www.iea.org/topics/world-energy-outlook>

# 조촉매(Ba, Zr, Nd)가 담지된 Ce/Cu/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매를 적용한 폐기물 가스화 합성 가스의 고온 수성가스전이 반응으로부터의 청정 수소 생산

안선용, 노현석\*

연세대학교

## Clean hydrogen production from the high temperature water-gas shift reaction using simulated waste-derived synthesis gas over metal (Ba, Zr, Nd) promoted Ce/Cu/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst

Seon-Yong Ahn, Hyun-Seog Roh\*

Yonsei University

Metal (Ba, Zr, Nd) promoted Ce/Cu/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts were investigated for clean hydrogen production from the high temperature water-gas shift reaction using simulated waste-derived synthesis gas. Ce-Ba/Cu/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ce-Zr/Cu/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ce-Nd/Cu/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Ce/Cu/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts were prepared by a sequential impregnation method and applied to the water-gas shift reaction using simulated waste-derived synthesis gas at a gas hourly space velocity (GHSV) of 50,060 mL/g·h. The physico-chemical properties of Ce/Cu/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts promoted with various metals (Ba, Zr, Nd) were characterized using various analysis techniques such as BET, TPR, XRD and N<sub>2</sub>O titration. The characterization results for each catalyst were correlate with its catalytic activity in the high temperature water-gas shift reaction using simulated waste-derived synthesis gas.

# Preparation of Physicochemically stabilized PdNPs Nanocatalyst in the Hydrogel Microparticles

**Kyoung-Ku Kang and Chang-Soo Lee\***

*<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry, Chungnam National University,  
99 Dahak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34134, Republic of Korea*

---

Heterogeneous hydrogel catalysis containing PdNPs (Pd nanoparticles) with uniform micrometer size was designed and fabricated by the micromolding method. The preparation of PVP (polyvinylpyrrolidone)-stabilized PdNPs was performed by microwave heating and then as-synthesized PdNPs were immobilized in the hydrogels using a PDMS (polydimethylsiloxane) micromold. The immobilized PdNPs were physically stabilized by the trapping in the hydrogel networks and chemically stabilized by the hydrogen bonding induced between PVP and hydrogel matrix, PEGDA (polyethylene glycol diacrylate) and PEG (polyethylene glycol). In addition, this approach was given the high dispersity and physicochemical preservability of immobilized PdNPs inside the hydrogel microparticles at the same time. The improved PdNPs stability in the hydrogel microparticles were proved by using various characterization methods. The catalytic performance of heterogeneous Pd nanocatalysts was evaluated by the hydrogenation of 4-nitrophenol as a model reaction. Compared with the direct use of PdNPs as catalysts, the hydrogel networks decreases the initial reaction rate, however, the Pd nanocatalysts immobilized inside hydrogel provide advantages as heterogeneous catalysts. Furthermore, due to hydrogen bonding and entrapment of polymer matrix, formed between PdNPs and hydrogel matrix, the stability of immobilized PdNPs as a heterogeneous nanocatalyst improved in both liquid phase reactions and long-term storage.

# 이차전지 음극활물질 적용을 위한 탄소복합 나노 구조체 설계 및 합성

조중상\*

충북대학교

## Design and Synthesis of Carbon Composite Nanomaterials as Anodes for Secondary Batteries

Jung Sang Cho \*

Chungbuk National University

최근 에너지수요의 증가와 그 수요를 충족시킬 에너지 공급 자원에 대한 친환경 정책이 맞물려 차세대 에너지 저장장치 개발에 대한 요구와 관심이 증대되고 있다. 이에 따라 저가의 매장량이 풍부한 소듐 사용이 전지 분야의 새로운 화두로 제시되고 있지만 기존 리튬 전지에 비해 큰 이온직경 및 분자량을 갖는 소듐은 전지로 적용 시 여러 문제점을 야기한다. 소듐 이온의 느린 확산속도로 인한 저 출력 현상 및 큰 직경을 갖는 소듐 이온의 반복적인 삽입과 탈리로 인한 전극 내 생성된 응력은 음극활물질의 붕괴 및 극판과의 박리를 야기, 결국 전지 수명을 단축시킨다. 따라서, 충방전 시 전극 물질의 부피팽창을 효과적으로 완화, 또는 억제시키기 위한 다양한 연구가 진행 중이다. 큰 비표면적을 특징으로 하는 중공구조체는 센서, 촉매, 약물전달 및 에너지 저장 등 다양한 분야에서 응용되고 있으며, 특히 소듐 이차전지의 음극 재료로 적용 시, 소듐 이온의 구조 내 삽입 및 탈리에 의해 생성된 내부 응력을 효과적으로 완화, 억제시킬 수 있다. 본 연구에서는 다양한 합성기전의 분무열분해 공정 및 전기방사 공정으로의 적용을 통해 다양한 나노구조체의 형태 및 특성을 제어했으며 리튬 및 소듐 이차전지의 음극 활물질로 적용, 전기화학적 특성을 평가했다.

### 참고문헌

1. Kwon, O. H., Oh, J. H., Gu, B., Jo, M. S., Oh, S. H., Kang, Y. C., Kim, J. K., Jeong, S. M., Cho, J. S., "Porous SnO<sub>2</sub>/C Nanofiber Anodes and LiFePO<sub>4</sub>/C Nanofiber Cathodes with a Wrinkle Structure for Stretchable Lithium Polymer Batteries with High Electrochemical Performance" *Advanced Science*, 2001358 (2020).
2. Oh, S. H., Kwon, O. H., Kang, Y. C., Kim, J. K., Cho, J. S. "Highly Integrated and Interconnected CNT Hybrid Nanofibers Decorated with  $\alpha$ -Iron Oxide as Freestanding Anodes for Flexible Lithium Polymer Batteries" *J. Mater. Chem. A*, 7(20), 12480-12488 (2019).
3. Cho, J. S., Y. J. Hong, Y. C. Kang. "Design and Synthesis of Bubble-Nanorod-Structured Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Carbon Nanofibers as Advanced Anode Material for Li-Ion Batteries" *ACS Nano*, 4026-4035 (2015).
4. Cho, J. S., Y. C. Kang. "Nanofibers Comprising Yolk-Shell Sn@void@SnO/SnO<sub>2</sub> and Hollow SnO/SnO<sub>2</sub> and SnO<sub>2</sub> Nanospheres via the Kirkendall Diffusion Effect and Their Electrochemical Properties" *Small* 11, 4673-4681 (2015).

# Photoautotrophic hydrogen production of *Rhodobacter sphaeroides* in microbial electrosynthesis cell

Shuwei Li<sup>1</sup>, Mutyala Sakuntala<sup>1</sup>, Young Eun Song<sup>1</sup>, Ji-ook Heo<sup>1</sup>, Minsoo Kim<sup>1</sup>, Soo Youn Lee<sup>2</sup>,  
Min-Sik Kim<sup>2</sup>, You-Kwan Oh<sup>1</sup>, Jung Rae Kim<sup>1,\*</sup>

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

<sup>2</sup>*Gwangju Bioenergy R&D Center, Korea Institute of Energy Research (KIER), Gwangju, Korea*

---

The conventional photoheterotrophic hydrogen productions by purple sulfur bacteria (PSB), need additional organic substrates as carbon and energy sources. In this study, a novel photoautotrophic hydrogen production of *R. sphaeroides* with concomitant CO<sub>2</sub> uptake was investigated in a microbial electrosynthesis (MES). Under applied potential of -0.9V vs Ag/AgCl 3M KCl to cathode, *R. sphaeroides* produce large of hydrogen with CO<sub>2</sub> as sole carbon source under illumination condition operation. The initial planktonic cell from inoculation (0.07 OD<sub>660</sub>) rapidly decreased less than 0.01 within one day with -0.9V, whereas the biomass formation on the cathode electrode gradually increased during the MES operation. The electron and carbon flow under photoautotrophic condition were estimated in MES. The Glutamate as nitrogen source, significantly enhance hydrogen production (328 mL/L/day) as compared to NH<sub>4</sub>Cl (67 mL/L/day) in average. The photoautotrophic condition with 6000 lux increases CO<sub>2</sub> consumption and simultaneous biomass formation on the cathode electrode, while MES-driven electron and proton transfer enable to produce.

## **References**

1. Grattieri, M.J.P., Sciences, P. Purple bacteria photo-bioelectrochemistry: enthralling challenges and opportunities. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 19(4), 424-435 (2020).
2. Guzman, M.S., Rengasamy, K., Binkley, M.M., Jones, C., Ranaivoarisoa, T.O., Singh, R., Fike, D.A., Meacham, J.M., Bose, A.J.N.c. Phototrophic extracellular electron uptake is linked to carbon dioxide fixation in the bacterium *Rhodospseudomonas palustris*. *Nature communications* 10(1), 1-13 (2019).

# Sorption-enhanced chemical looping reforming 공정 내 화학반응에 따른 이성분 입자의 분쇄특성 연구

김준영<sup>1,2</sup>, 이동현<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교 화공융합기술연구소, <sup>2</sup>University of British Columbia, <sup>3</sup>성균관대학교

## Effect of chemical reactions on attrition of binary solid species in sorption-enhanced chemical looping reforming

**Jun Young Kim<sup>1,2</sup>, and Dong Hyun Lee<sup>3\*</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Convergent Chemical Engineering and Technology, Sungkyunkwan University, <sup>2</sup>University of British Columbia, <sup>3</sup>Sungkyunkwan University

The effects of chemical reactions on the attrition of oxygen carrier particles and CO<sub>2</sub> sorbent based on a chemical looping reforming (CLR) process with intrinsic CO<sub>2</sub> capture were analyzed. Iron/hematite as an oxygen carrier, and limestone/lime as a CO<sub>2</sub> sorbent were tested in a jet attrition apparatus. Particle attrition was measured as a function of temperature and gas concentration, with and without reactions. Iron oxidation and limestone calcination increased the particle attrition, whereas hematite reduction and lime carbonation reduced particle attrition due to changes in the mechanical properties of particles. Attrition was shown to depend on the fuel, CH<sub>4</sub> concentration, as well as temperature. The presence of binary solid species increased the attrition due to the increased number of particle collisions.

### 참고문헌

1. Kim, J. Y., Ellis, N., Lim, C. J., and Grace, J. R., "Effect of calcination/carbonation and oxidation/reduction on attrition of binary solid species in sorption-enhanced chemical looping reforming," *Fuel*, 271, 117665 (2020).
2. Kim, J. Y., Ellis, N., Lim, C. J., and Grace, J. R., "Attrition of binary mixtures of solids in a jet attrition unit," *Powder Technology*, 352, 445-452 (2019).

# Agglomeration Effective Diameter Model이 Binary Solids Segregation Index에 미치는 영향

성우창<sup>1</sup>, 배종욱<sup>1</sup>, 이동현<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교

## A study on the effect of a agglomeration effective diameter model to binary solids segregation index

Woo Chang Sung<sup>1</sup>, Jong Wook Bae<sup>1</sup>, Dong Hyun Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Sungkyunkwan University

본 연구에서는 agglomeration effective diameter model이 gas-solid 유동층에서 binary solids segregation에 주는 영향을 CPFD (Computational Particle Fluid Dynamics) simulation 및 상온유동층 장치에서 분석하였다. CPFD simulation은 Barracuda<sup>®</sup>를 이용하였고 cold bed 실험은 내경이 0.05 m, 높이가 1.3 m 인 아크릴장치에서 진행되었다. 층 물질중 가벼운 물질인 flotsam으로는 FCC catalyst (E-cat) 가 이용되었으며, 평균입도는 69  $\mu\text{m}$ , 밀도는 1,700  $\text{kg}/\text{m}^3$  이다. 한편 층 물질 중 무거운 물질인 jetsam으로는 glass beads 가 이용되었고, 평균입도는 165  $\mu\text{m}$ , 밀도는 2,500  $\text{kg}/\text{m}^3$  이었다. 분산판은 sintered metal 재질의 porous plate를 사용하였고, 유량은 flotsam의  $U_{mf}$  (=0.345 cm/s)에서부터 입자가 섞이기 시작하는  $U_{T0}$  까지 변경해가며 실험을 진행하였다. 실험을 통해 segregation이 발생하는 유속의 영역을 확인하였으며, 그에 따른 차압의 결과들을 얻을 수 있었다. CPFD simulation에서는 실험결과와 잘 맞는 simulation 결과를 얻기 위하여 agglomeration이 났을 때, effective diameter를 반영하여 계산을 진행하였다. Effective diameter를 반영하지 않고 계산했을 때, agglomeration이 발생하는 FCC catalysts는 측정된  $U_{mf}$  가 계산값보다 적은 값을 나타내었으며, 이는 동일 유속에서 실험결과보다 더 mixing이 잘 발생하는 결과를 유도하였다. 한편, agglomeration 났을 때의 effective diameter를 반영한 결과, 실험결과와 유사한 차압의 결과 및 segregation이 발생하는 유속 영역을 simulation을 통해 얻을 수 있었다.

### 참고문헌

1. Li, P., Lan, X., Xu, C., Wang, G., Lu, C., Gao, J. *Particuology*, 7(4), 269-277 (2009).
2. Mckeen, T., Pugsley, T. *Powder Technology*, 129(1-3), 139-152 (2003).



## CO<sub>2</sub> 공전해 BoP 시스템의 시운전 결과

정우현\*, 전동환, 홍기훈, 권인구

고등기술연구원

## Commissioning Result of CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O Co-electrolysis BoP System

Woohyun Jung\*, Donghwan Jeon, Gi hoon Hong, Ingoo Kwon

*Institute for Advanced Engineering(IAE)*

고체 산화물 스택을 이용하여 고온 조건에서 물을 분해하여 수소를 생산하는 기술의 경우 운전 조건에 따라 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 같이 분해하는 공전해(Co-electrolysis) 기술로의 전환이 가능하여 포집된 이산화탄소를 직접 활용할 수 있는 기술로 주목 받고 있다.

이러한 CO<sub>2</sub> 공전해 시스템은 기존 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cells, SOFCs)나 고온수전해(Solid Oxide Electrolysis Cells, SOECs)와 촉매 및 반응기 구조가 유사한 특성을 가지고 있다. 하지만 운전 온도가 더 높고 연료와 공기의 흐름과 열교환 되는 방식이 다소 상이하므로 스택 주변 연계 장치의 배치나 운전 방법에 대한 연구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 공전해 기술개발을 위해 스택 주변 연계 장치에 대한 BoP(Balance of Plant) 시스템을 설계하여 구성한 다음에 공전해에 필요한 운전 조건을 확립하기 위하여 구성된 장치의 Lay-out을 변경하거나, Stream별로 공급 유량을 조절하면서 시운전을 진행하였다. 이를 통해 공전해 스택에 공급되는 Feed-gas의 온도를 800℃까지 올리면서 안정적인 운전조건을 유지할 수 있었다. 또한 시운전 결과를 통해 전체 시스템에 대한 안정적인 기동 및 운전 절차를 수립할 수 있었고, 이러한 운전 절차를 반영하여 실제로 공전해 스택과 연계한 실증 시험을 진행할 계획이다.

### 사사

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

# 가압 bubble column에서 액상의 온도 증가에 따른 수력학적 특성

배건<sup>1</sup>, 고강석<sup>2</sup>, 노남선<sup>2</sup>, 임영일<sup>3</sup>, 이동현<sup>1</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교 화학공학부, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원 CCP융합연구단, <sup>3</sup>국립한경대학교 화학공학과

## Hydrodynamic characteristics according to the temperature increase of the liquid phase in a pressurized bubble column

**Keon Bae<sup>1</sup>, Gang Seok Go<sup>2</sup>, Nam Seon Noh<sup>2</sup>, Yeong Il Im<sup>3</sup>, Dong Hyun Lee<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Sungkyunkwan University, <sup>2</sup>Korea Institute of Energy Research, <sup>3</sup>Hankyong National University

가압 bubble column에서 air-heating medium oil system에서의 온도 증가에 따른 수력학적 특성의 변화를 분석하기 위해 진행되었다. 내경 0.097 m, 높이 1.8 m의 cylindrical stainless column에서 실험이 수행되었다. 실험에 사용된 액체는 heating medium oil(SK Therm 300)을 사용하였으며 기체는 air를 사용하였다. Distributor의 opening fraction은 0.128% 이며 hole size는 1mm, 개수는 12개로 설계 되었다. 상압에서 3.5 MPa 하에 12.3 mm/s ~ 31.7 mm/s 까지 유속을 변화시켜 실험을 수행하였다. 하단 chamber 내부 3kW 의 전열기를 설치하여 column 내부의 온도는 상온(21.9℃), 50℃, 70℃, 80℃ 으로 점차 상승시켜 실험을 진행하였으며 각 온도에서 gas holdup 측정, optical probe를 이용한 chord length 측정을 진행하였다. 상온에서는 열매체유의 높은 viscosity에 의해 중심부로 크게 함치되어 상승하는 기포가 관찰되었다. 이러한 원인으로 인해 gas holdup은 상당히 낮게 측정되었으며 반면 온도가 증가함에 따라 viscosity가 낮아지며 기포의 bubble dispersion이 원활히 일어났다. Bubble chord length는 상온에서는 압력 증가에 따라 12mm부터 6mm 까지 감소하였고, 높은 온도조건에서는 압력 변화에 따른 bubble size는 2mm 내외로 변화가 거의 없었다.

### 참고문헌

1. Besagni, G., Inzoli, F., and Ziegenhein, T., "Two-phase bubble columns: A comprehensive review." *ChemEngineering*, 2(2), 13 (2018).
2. Idogawa, K., Ikeda, K., Fukuda, T., and Morooka, S., "Formation and flow of gas bubbles in a pressurized bubble column with a single orifice or nozzle gas distributor." *Chemical Engineering Communications*, 59(1-6), 201-212 (1987).

## 산화반응용 Pt-Pd 이중 금속 촉매 개발

서야은<sup>1,2</sup>, 이은준<sup>1,2</sup>, 이관영<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>고려대학교, <sup>2</sup>초저에너지 초저배출 사업단 (SULLEEV)

디젤 자동차에서 자동차 배기가스 후처리 장치 촉매는 200℃ 이상의 온도에서 활성을 보이기 때문에 Cold start 구간에서 불완전 연소된 물질들이 정화되지 않고 그대로 대기중으로 배출된다. 따라서 저온에서 불완전 연소된 탄소와 탄화수소를 연소시킬 수 있는 배기가스 정화 촉매 개발이 필수적이다.

Pt와 Pd는 CO와 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 산화 반응에서 우수한 활성을 보이는 것으로 알려져 있다. Pt는 Pd에 비하여 반응 활성이 뛰어나지만, 열적 내구성이 떨어진다. 각 단일 금속 촉매의 단점을 보완하기 위하여 Pt-Pd 합금 형태를 가진 촉매 연구가 활발히 진행 중이다. Pt-Pd bimetal 촉매는 Pt, Pd 단일 금속 촉매보다 저온 산화 활성을 보이며 열적 내구성이 우수하다. 반응물의 조성과 반응 조건에 따라 Pt와 Pd의 최적 비율이 존재하기 때문에, 본 연구에서는 차량 배기가스 조건에서 Pt와 Pd의 최적 비율을 찾는 것을 연구 목표로 한다.

본 연구에서는 Pt와 Pd의 비율을 달리한 Pt-Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매를 합성하고 CO와 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 동시 산화 반응을 실시하였다. CO와 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 활성 실험과 더불어 XRD, CO chemisorption, TPR 등의 특성화 분석을 수행하였다.

### 참고문헌

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



2020 한국청정기술학회

# 추계총회 및 학술발표회

**초록집** 2020 THE KOREAN SOCIETY OF  
CLEAN TECHNOLOGY CONFERENCE

## E - 구두발표: 청정융합

---

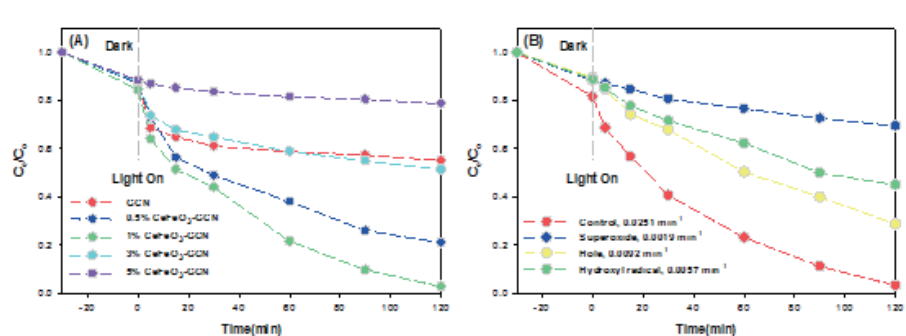


# Simple one-pot preparation of CeFeO<sub>3</sub>-GCN for micropollutants degradation under UV-LED

**Choe Earn Choong<sup>1</sup>, Kien Tiek Wong<sup>1</sup>, Hyeeseong Kim<sup>1</sup>, Seok Byum Jang<sup>1</sup>, So Yeon Yoon<sup>1</sup>, Min Jang<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Kwangwoon University, 20, Gwangun-ro, Nowon-gu, Seoul, 01897, Republic of Korea

In this study, cerium ferrite modified graphitic carbon nitride (CeFeO<sub>3</sub>-GCN) were prepared by doping various amount (0-5%) of CeFeO<sub>3</sub> on melamine for thermal polymerization. The photocatalytic performance of GCN and CeFeO<sub>3</sub>-GCN were conducted under UV-LED (dominant emission line at 400 nm) for sulphamethoxazole (SMX) degradation. The characterization study of GCN and CeFeO<sub>3</sub>-GCN composites were performed using X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) to investigate the influence of CeFeO<sub>3</sub> modified on GCN. Our results found that 1% of CeFeO<sub>3</sub> doped on GCN achieved higher SMX removal efficiency (~10-folded higher) than GCN. Scavenger experiments revealed that superoxide and hydroxyl radicals are the main ROS contributed to SMX photodegradation. Photocurrent and EIS measurements concluded the CeFeO<sub>3</sub> doped on GCN enhanced the charge transfer and photocurrent production, thus, boost up the photocatalytic activity. Accordingly, our work provides an available one-pot photocatalyst preparation strategy and those photocatalyst can be activated under low energy light source (LED) for degrading emerging water contaminants.



**Figure:** (A) Kinetic experiment for SMX removal and (B) scavenger experiments for 1%-CeFeO<sub>3</sub>-GCN.

## References

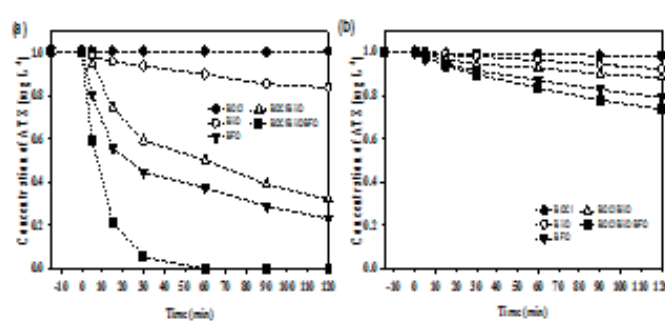
1. Jabbarzare, S., Abdellahi, M., Ghayour, H., Arpanahi, A., Khandan, A., "A study on the synthesis and magnetic properties of the cerium ferrite ceramic", *Journal of Alloys and Compounds*, 694, 800-807(2017).
2. Yan, W., Yan, L., Jing, C., " Impact of doped metals on urea-derived g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> for photocatalytic degradation of antibiotics: Structure, photoactivity and degradation mechanisms", *Applied Catalysis B: Environmental*, 244, 475-485 (2019).

# Piezophotocatalytic degradation via spontaneous atomic polarization of BiOCl/BiVO<sub>4</sub> cored BiFeO<sub>3</sub> under ultrasound mechanical stress

**Kien Tiek Wong, Seok Byum Jang, Choe Earn Choong, and Min Jang\***

\*e-mail : minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com

The BiFeO<sub>3</sub> is acknowledged for exhibits large ferroelectric polarization (P) and G-type antiferromagnetism with high transition temperatures, making it appealing for applications in non-volatile logic and memory devices [1]. However, more recent research has shifted the application of piezoelectric materials in the field of water treatment, especially in degradation of emerging organic pollutants. In this study, piezoelectric properties of BiFeO<sub>3</sub> was used to enhance the charge carrier separation from the photoexcited BiOCl/BiVO<sub>4</sub> to degrade atrazine (ATZ, herbicide) with the assistance of ultrasound (US) wave and visible light. In Figure 1, the results show that insignificant amount ATZ were removed by either adsorption or US degradation. However, 100% of ATZ were removed within 90 min when BiOCl/BiVO<sub>4</sub>/BiFeO<sub>3</sub> were exposed to US wave. When BiFeO<sub>3</sub> were subjected to an external force (i.e. US wave), the atomic structure of BiFeO<sub>3</sub> were displaced from their original position gaining a net positive and negative charges on the opposite outer surfaces. This spontaneous polarization under mechanical stress leads to the flow of free charge carriers in the opposite direction leading to the generation of highly reactive ·OH and ·O<sub>2</sub><sup>-</sup> radicals. On top of that, the polarization of BiFeO<sub>3</sub> core will assist the charge and hole separation of BiOCl/BiVO<sub>4</sub>, leading to higher photocatalytic activities. To confirm this, ·OH scavenger was applied in the system, and resulting negligible amount of ATZ removed.



**Fig. 1.** Kinetic degradation of ATZ under (a) Ultrasonication and (b) Halogen Lamp (UV cut-off).

## References

1. Wang, J., et al., *Epitaxial BiFeO<sub>3</sub> multiferroic thin film heterostructures*. Science, 2003. 299(5613): p. 1719-1722.



## 운전조건별 SOEC 스택의 CO<sub>2</sub> 공전해 특성 비교

이지은<sup>1</sup>, 홍기훈<sup>1</sup>, 이희락<sup>2</sup>, 정우현<sup>1\*</sup>

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

## Comparison of the characteristics of SOEC stack for co-electrolysis of CO<sub>2</sub> by operating conditions

Jieun Lee<sup>1</sup>, Gi Hoon Hong<sup>1</sup>, Hee Lak Lee<sup>2</sup>, Woohyun Jung<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Advanced Engineering, <sup>2</sup>Kceracell Co., Ltd

최근 잇따르는 각종 자연재해 등으로 기후변화 관련 연구개발에 관심이 집중되는 가운데, 온실가스를 대규모 저감하는 중장기적 기술인 CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage)에 대한 중요성이 더욱 증대되고 있다. 포집된 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 유용한 물질로 전환하여 재이용하는 기술은 가장 실질적인 CO<sub>2</sub> 처리 기술로서, CO<sub>2</sub> 처리와 동시에 고부가가치를 달성할 수 있는 기술이다. 그중 다양한 공정에서 포집된 CO<sub>2</sub>를 H<sub>2</sub>O와 함께 고온에서 공전해(Co-electrolysis) 시켜 일산화탄소(CO)와 수소(H<sub>2</sub>)가 주성분인 합성가스(Syngas)를 생산하는 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. CO<sub>2</sub> 고온 공전해 기술에서 SOEC(Solid Oxide Electrolysis Cell) 장치가 핵심기술로 관심을 받고 있지만 국내에서는 SOEC 장치를 적용한 시스템의 상용화가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

본 연구에서는 CO<sub>2</sub> 고온 공전해 시스템에 적용할 SOEC 장치의 에너지 효율을 향상시키기 위해 모사가스를 이용하여 다양한 전압/전류 운전조건에서 CO<sub>2</sub> 공전해 실험을 진행하며 각각의 SOEC에 대한 성능 특성을 파악하였다. 또한 SOEC 공전해 효율변화와 공전해를 통한 합성가스 배출농도변화를 확인하여 최적운전조건을 설정해 장시간 운전을 진행하며 성능저하 여부를 관찰하였다.

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

# 1,3-Propanediol production of *Klebsiella Pneumoniae* L17 from glycerol using ZVI

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

*School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Korea*  
*Fax: +82-(51)-510-3943 E-mail address: j.kim@pusan.ac.kr*

---

1,3- PDO (1,3-Propanediol) is a highly value added product which is widely used as adhesives, laminates and food additives. For efficient production of 1,3-PDO, sustainable and non-toxic regeneration of NADH is of great importance. ZVI (Zero-Valent Iron) can provide reducing equivalent for 1,3-PDO synthesis from glycerol as an electronic donor. *Klebsiella Pneumoniae* has 1,3-PDO production pathway from glycerol, and has been extensively investigated as exoelectrogens. In this study, we attempt to produce 1,3-PDO from un-purified crude glycerol produced from biodiesel process by using a electrochemically active strain, *K. pneumoniae* L17 and neutral red(NR) as a mediator. The results showed significant increase of 1,3-PDO production using the ZVI. It seems that unidentified component in a crude glycerol may bring synergetic effects for both cell biomass and 1,3-PDO production. These results implicate that ZVI can regulate the bioconversion of electroactive strain such as L17, therefore improve glycerol conversion into value-added platform chemicals.

## **Reference**

1. Li, X. M. et al. (2009). Fe (III) oxide reduction and carbon tetrachloride dechlorination by a newly isolated *Klebsiella pneumoniae* strain L17. *Journal of applied microbiology*, 106(1), 130-139.
2. Kim, C. et al. (2017). Anodic electro-fermentation of 3-hydroxypropionic acid from glycerol by recombinant *Klebsiella pneumoniae* L17 in a bioelectrochemical system. *Biotechnology for biofuels*, 10(1), 199. 1
3. Oh, B. R. et al. (2014). Production of 2-butanol from crude glycerol by a genetically-engineered *Klebsiella pneumoniae* strain. *Biotechnology letters*, 36(1), 57-62.

# Microbiota facilitated greater methanation in anaerobic digestion of slaughterhouse waste

**Shouvik Saha, Mayur B. Kurade, Geon-Soo Ha, Swapnil M. Patil, Byong-Hun Jeon \***

*Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, Korea (Republic of)*  
*\*Corresponding author. Tel: +82 2 2220 2242, E-mail: bhjeon@hanyang.ac.kr*

Rapid growth in human civilization results in an increasing demand for livestock products to accomplish the needs of society, which subsequently generates animal by-products (20 to 45% of the live animal total mass) originating in slaughterhouses [1]. Anaerobic digestion (AD) is considered as a reliable energy harvesting process to achieve waste-to-energy following augmentation with SHW due to their high organic content and theoretical conversion efficiency, compared to sewage sludge (40–50%) alone [2,3]. Our investigation revealed the dependence of improved digester performance to its microbial shift during the AD. The methane yield was significantly improved (121–152%) through the utilization of lipid (95–98%) in SHW-augmented digesters, compared to sewage sludge alone in control. Abundance of the acidogens, Firmicutes (41–54%) throughout the exponential phase followed by Bacteroidetes and Synergistetes accelerated the utilization of SHW (VS: 85–90%) due to their preeminent role in acidogenesis and acetogenesis. Among methanogens, the dominance of Methanosaeta (86%) at the beginning of digestion was gradually overpowered by another acetoclast, Methanosarcina (68–87%) in SHW-augmented digesters. Syntrophic association of acetogens, *Sporanaerobacter* (up to 17%) and *Syntrophomonas* (up to 11%) with acetoclastic methanogens led the methanogenic activity toward the acetoclastic methanogenesis. Thus, microbial diversity in SHW-augmented digesters facilitated the AD for better recovery of biomethane.

**Keywords:** Syntrophy, Anaerobic digestion, Slaughterhouse wastes, Acetoclastic methanogenesis, Methane.

## **References**

1. Moukakis, I., Pelleria, F.-M., and Gidakos, E., "Slaughterhouse by-products treatment using anaerobic digestion," *Waste Manage.* (Oxford), 71, 652-662 (2018).
2. Bayr, S., et al. "Mesophilic and thermophilic anaerobic co-digestion of rendering plant and slaughterhouse wastes," *Bioresour. Technol.*, 104, 28-36 (2012).
3. Saha, S. et al. "Microbial Symbiosis: A Network towards Biomethanation," *Trends Microbiol.*, (2020). doi:10.1016/j.tim.2020.03.012

# Phyto-degradation of emerging contaminants from secondary wastewater using *Iris pseudacorus*

Nikita Yadav, Sanjay P. Govindwar, Byong-Hun Jeon\*

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

---

Emerging contaminants (ECs) are affecting the environment and living beings even in trace amounts present in waterbodies [1]. Phytoremediation offers an alternative to conventional tertiary treatment of wastewater through efficient removal of ECs in cost effective manner [2,3]. *Iris pseudacorus* was evaluated for the removal of ECs such as sulfamethoxazole (SMX), sulfamethazine (SMZ), and doxylamine (DOX), which showed 100-50%, 83-42%, and 78-59% removal, respectively from lowest to highest concentrations in 10 days. *I. pseudacorus* followed first order kinetics for the removal of SMX and SMZ, while DOX removal followed both pseudo first order (0-1 day) and first order (1-10 day). Major removal mechanism for SMX (67.5%) and SMZ (47.9%) was biodegradation. DOX showed bioadsorption (40%) following biodegradation. Phase I and II enzymes including aniline hydroxylase, peroxidase, glutathione S-transferase, and DCIP reductase were elevated by 175%, 629%, 462%, and 840%, respectively during phytotreatment of SMX. Phytoreactor (30 L) planted with *I. pseudacorus* phytobeds also exhibited removal of these ECs and reduction in organic/inorganic components of secondary wastewater effluent. Toxicity of identified metabolites of SMX was less than the parent compound. Thus, the potential of *I. pseudacorus* to remove/degrade the ECs could be useful in wastewater treatment.

**Keywords:** Phytoremediation; *Iris pseudacorus*; Sulfamethoxazole; Sulfamethazine; Doxylamine; Toxicity.

## **References**

1. Quiñones, D.H., et al. Removal of emerging contaminants from municipal WWTP secondary effluents by solar photocatalytic ozonation. A pilot-scale study. *Sep Purif Technol* 149, 132-139, doi:10.1016/j.seppur.2015.05.033 (2015).
2. Santos, F., et al. Removal of veterinary antibiotics in constructed wetland microcosms - Response of bacterial communities. *Ecotoxicol Environ Saf* 169, 894-901, doi:10.1016/j.ecoenv.2018.11.078 (2019).
3. Guittonny-Philippe, A., et al. Selection of wild macrophytes for use in constructed wetlands for phytoremediation of contaminant mixtures. *J Environ Manage* 147, 108-23, doi:10.1016/j.jenvman.2014.09.009 (2015).

# Recovery of overfed-stalled anaerobic digesters through bioaugmentation with acclimatized microbial consortium

**Bikram Basak<sup>1</sup>, and Byong-Hun Jeon<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Earth Resources & Environmental Engineering, Hanyang University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 04763, Republic of Korea*

Acidification during anaerobic digestion due to organic overloading is one of the major reasons for process failures and decreased methane productivity. This study investigated the efficacy of bioaugmentation by using acclimatized microbial consortium (AC) in recovering anaerobic digesters stalled due to acidosis. Overloading of digesters with food waste leachate (FWL) led to the accumulation of volatile fatty acids (11.30 g L<sup>-1</sup>) and a drop in pH (4.67), which resulted in process failure and a 22-fold decline in cumulative methane production compared to that in the initial phase. In the failure phase, the syntrophic and methanogenic activities of the anaerobic digester microbiota were disrupted by a significant decrease in the abundance of syntrophic bacterial populations and the phylum Euryarchaeota. Bioaugmentation of the failed digesters by adding AC along with the adjustment of pH resulted in the prompt recovery of methane productivity with a 15.7-fold higher yield than that in unaugmented control. The abundance of syntrophic bacteria *Syntrophomonas* and phylum Euryarchaeota significantly increased by 29- and 17-fold in the recovered digesters, respectively, which showed significant positive correlations with methane productivity. *Methanosarcina* and acetoclastic *Methanosaeta* played a major role in the recovery of the digesters; they were later replaced by hydrogenotrophic *Methanoculleus*. Thus, bioaugmentation with AC could be a viable solution to recover digesters experiencing process failure due to organic overloading.

**Keywords:** Anaerobic digestion; Organic overloading; Process failure; Bioaugmentation; Process recovery; Microbial community

## **References**

1. Braz G.H.R., Fernandez-Gonzalez N., Lema J.M., Carballa M., Organic overloading affects the microbial interactions during anaerobic digestion in sewage sludge reactors. *Chemosphere*, 222, 323-332 (2019).
2. Li Y., Yang G., Li L., Sun Y., Bioaugmentation for overloaded anaerobic digestion recovery with acid-tolerant methanogenic enrichment. *Waste Manag.*, 79, 744-751 (2018).

# Determining optimal utilization conditions of fat, oil and grease (FOG) in anaerobic co-digestion through acclimatization with microbial metagenomic analysis

**Hoo Hugo Kim, Mayur B. Kurade, Shouvik Saha, Swapnil Patil and Byong-Hun Jeon<sup>1\*</sup>**

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

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

---

In recent years, various energy recovery technologies from organic wastes have been explored as an antidote to the ongoing climate crisis. Anaerobic digestion is one of the most preferred technology for organic waste management with simultaneous energy recovery. Owing to its versatility and potential for high biogas productivity, many performance-enhancing strategies are being explored. One of the promising approaches to overcome the low biogas yield of domestic wastewater sludge is ‘anaerobic co-digestion’ that utilizes multiple organic substrates for higher productivity and yield. Fat, oil, and grease (FOG) is a waste recovered from food waste with a very high theoretical energy potential. It can be used as a suitable co-substrate in domestic wastewater anaerobic co-digestion processes. However, excess amount of FOG can inhibit the methanogenesis process via adsorption of long chain fatty acids (LCFAs) on the surface of methanogens causing hindrance in mass transfer. It may lead to failure of the anaerobic digestion process and lower the biogas productivity. This study estimated the optimum FOG loading in anaerobic digester for enhanced methane production without the system inhibition, with up to 2.5% v/v FOG inoculum. The role of acclimation was studied with higher biogas production rated in order to determine optimal strategy in continuous feed reactors. Along the process, samples were gathered for microbial dynamics, gene expression and microbial networking analysis to get a deeper understanding in microbial structures and interactions for process optimization.

## **References**

1. Salama, E-S., Saha, S., Kurade, M.B., Dev, S., Chang, SW., and Jeon, BH., “Recent trends in anaerobic co-digestion: Fat, oil, and grease (FOG) for enhanced biomethanation,” *Prog. Energy Combust. Sci.*, 70, 22-42 (2019).
2. Amha, YM., Sinha, P., Lagman, J., Gregori, M., Smith, AL., “Elucidating microbial community adaptation to anaerobic co-digestion of fats, oils, and grease and food waste,” *Water Res.*, 123, 277-289 (2017).

2020 한국청정기술학회

# 추계총회 및 학술발표회

**초록집** 2020 THE KOREAN SOCIETY OF  
CLEAN TECHNOLOGY CONFERENCE

## E - 구두발표: 탈황탈질

---





# SCR 탈질설비 암모니아 주입 노즐의 유량 제어에 대한 CFD 적용

서덕철<sup>1</sup>, 박하영<sup>1</sup>, 성기종<sup>1</sup>, 김민규<sup>2</sup>, 정희택<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국남동발전, <sup>2</sup>경상대학교 기계공학부

## Application of CFD Methods to Flow Control of Ammonia Injection Nozzles in SCR-DeNOx System

**Deokcheol Seo<sup>1</sup>, Hayoung Park<sup>1</sup>, Kijong Sung<sup>2</sup>, Mingyu Kim<sup>2</sup> and Heetaeg Chung<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Korea South-East Power Company

<sup>2</sup>School of Mechanical Engineering, Gyeongsang National University

선택적 촉매 환원법(Selective Catalytic Reduction, SCR)은 산업시설의 배기가스로부터 질소산화물을 제거하는 가장 효율적인 시스템이다. 촉매 층의 입구에서 암모니아와 NO<sub>x</sub>의 혼합 상태에 대한 분포가 탈질설비의 효율에 가장 중요한 역할을 수행한다.

본 연구에서는 탈질설비 입구의 연소가스 질소산화물의 분포 패턴에 따라 암모니아 주입 노즐의 유량을 제어하여 NH<sub>3</sub>/NO<sub>x</sub> 몰 비의 균일성을 향상시키기 위해 수치적 해석기법을 적용하였다. NH<sub>3</sub>/NO<sub>x</sub>의 실효치에 대한 균일도가 최적화를 위한 파라미터로 선택되었고, 최적화 알고리즘으로는 가장 널리 쓰이는 실험계획법을 사용하였다. 탈질설비 입구에서의 유동 흐름은 4가지 유형(uniform, parabolic, upper-skewed and random)으로 설정하였다. 암모니아 주입 노즐은 총 16개로 설정하고 유량을 실제 유입 조건과 같게 하여 적용하였다.

3차원 정상상태, 비압축성 및 점성유동을 가진 유동장을 해석하기 위하여 상용 프로그램인 ANSYS-Fluent을 통하여 난류모델에 적용하여 수치해석하였다. 연소가스 입구 유동의 형태에 따라 불균일한 입구유동에 대한 최적화를 통한 개선은 최소 3.5%에서 최대 30%로 개선됨을 확인할 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20181110100320)

### 참고문헌

1. Kim, K. and Lee, K., "Numerical study on optimization of the SCR process design in horizontal HRSG for NO<sub>x</sub> reduction", *J. Environ. Sci. Int'l.*, Vol. 22, No. 11, pp. 1481-1498, (2013).
2. Seo, D., Kim, M. and Chung, H., "Numerical study on the flow characteristics of the ammonia injection system for DeNO<sub>x</sub> facilities", *Proc. KSCFE spring meeting, Jeju*, (2019).

# SCR 탈질설비 내 가이드 베인의 기하학적 배열에 따른 공력 특성에 대한 전산 해석

김민규<sup>1</sup>, 이창식<sup>2</sup>, 박하영<sup>2</sup>, 성기종<sup>2</sup>, 정희택<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 기계공학부, <sup>2</sup>한국남동발전

## Numerical Analysis of Aerodynamic Performances by Geometrical Configuration of Guide Vanes in SCR-DeNOx System

Mingyu Kim<sup>1</sup>, Changsik Lee<sup>2</sup>, Hayoung Park<sup>2</sup>, Kijong Sung<sup>2</sup> and Heetaeg Chung<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Mechanical Engineering, Gyeongsang National University <sup>2</sup>Korea South-East Power Company

최근 환경오염물질 배출 허용기준이 강화되면서 대기 중으로 방출되는 오염물질들을 저감시키기 위한 기술들이 연구되어지고 있다. 배가스에 포함되어 있는 질소산화물의 제거기술중 하나인 선택적 촉매 환원법(Selective Catalytic Reduction, SCR)이 유용한 기술로써 다양한 분야의 설비에 설치되어 운용되어지고 있다. SCR 시스템 내 촉매 층 입구의 흐름 패턴은 탈질설비의 성능에 영향을 미치는 주요한 특성 중 하나이다. 암모니아 주입 그리드와 촉매 층 사이의 곡확산부에는 유동 균일성을 개선하기 위해 가이드 베인이 설치된다.

본 연구에서는 대형 석탄 화력 발전소의 SCR 시스템을 적용대상으로 하여 가이드 베인의 기하학적 구성이 탈질설비의 공기역학적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 수치 해석을 수행하였다. 해석할 유동장은 암모니아 주입구의 출구부터 촉매 층 출구까지의 유동이 흐르는 전 영역을 포함한다. 2차원 정상상태, 점성 유동장을 해석하기 위해 상용 소프트웨어인 ANSYS-CFD를 사용하여 유동 특성에 맞는 적절한 난류 모델을 적용하였다. 유동장 내부의 속도 및 압력 강하의 루트 평균 제곱을 주요 성능 매개변수로 선택했다. 현재 운용중인 설비와 비교하여 흐름 품질을 개선하기 위해 4가지 유형의 가이드 베인이 제안되었다. 해석 결과는, 각 가이드 베인이 촉매 층 입구의 유동 균일성에 미치는 영향을 중심으로 분석하였다.

### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20181110100320)

### 참고문헌

1. Kim, M., C., Seong, K. and Chung, H., "Numerical study on flow characteristics according to the duct shape in deNOx facilities", Proc. KSME spring meeting, Changwon, (2019).
2. Xu, Y., Zhang, Y., Wang, J. and Yuan, J., "Application of CFD in the optimal design of a SCR-DeNOx system for a 300 MW coal-fired power plant", Computers and chemical Engineering, Vol.49, pp.50-50, (2013).

# Control 3D-Printing materials for atmospheric purification de-NOx catalyst

**Hong-Dae Kim<sup>1,\*</sup>, Myeung-jin Lee<sup>1</sup>, Bora Jeong<sup>1</sup>, Seung-Yeop Chun<sup>1</sup>, Taewook Kim<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Korea Institute of Industrial Technology*

Because of particulate matter (PM 2.5, 1.0, 0.1) as class 1 cancer-causing agent, this led to stronger regulation of atmospheric pollutants, and intense efforts have been undertaken worldwide to solve the problems caused by particulate matter which is generated from gaseous contaminants, and nitrogen oxides (NOx) is consisting of the highest ratio among them. Because NOx is harmful to both living organisms and the environment, selective catalytic reduction (SCR) catalyst is needed to effectively decompose NOx into harmless products, N<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O. To decompose the generated NOx at power plant, SCR technology is generally used with honeycomb typed VW/TiO<sub>2</sub> catalyst which is produced by extrusion. It however causes problems which are complex and long process from making paste to green body containing various additive. It is possibly solved by replacing extrusion to 3D-printing having advantages such as effective short process time, effective economy aspect, and recycle of materials. Therefore to utilize process with 3D-printing, granule is fabricated by spray dryer for 3D-printing, and it then is characterized by particle size, morphology, catalytic performance in powder state, and stacking possibility with layer by layer.

## **References**

1. Bertrand, F., et al., "Spray drying of TiO<sub>2</sub> nanoparticles into redispersible granules", *Powder Technology*, 203, 384-388 (2010).
2. Chun, S. Y., et al., "Capillary pressure and saturation of pore-controlled granules for powder bed binder jetting", *Applied Surface Science*, 515, 145979-145986 (2020).

## ICT 기반 SCR 공정을 위한 반응기 개발

김효식<sup>1</sup>, 김지현<sup>1</sup>, 김진호<sup>1</sup>, 강석환<sup>1</sup>, 류재홍<sup>1†</sup>

고등기술연구원

## Development of reactor for ICT-based SCR process

Hyo-sik Kim<sup>1</sup>, Jihyeon Kim<sup>1</sup>, Jin-ho Kim<sup>1</sup>, Suk-Hwan Kang<sup>1</sup>, Jae-Hong Ryu<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>*Institute for Advanced Engineering (IAE)*

전 세계적으로 기후변화에 대해 심각성을 인지하고 신기후체제(파리협정)를 체결하는 등 유해물질 배출에 대해 엄격하게 규제하기 시작하였다. 이로 인해 태양광이나 풍력 등 신재생에너지에 대한 연구가 급증하면서 에너지발전 산업의 추세가 변화하는 움직임을 보이고 있다. 이 변화에 석탄화력 발전이 대응하기 위해서는 시대의 변화 흐름에 맞춰 기술력을 갖춰야한다. 현재 기존 시설의 문제를 극복하기 위해 여러 방향으로 해결책을 찾고 있는 실정이며, 기술 변화의 흐름에 맞춰 석탄화력 발전 산업의 문제점을 극복하고자 다양한 방안들이 제시되고 있다. ICT는 Information and Communications Technologies의 약자로 처음 1980년대부터 시작되어 ICT 기술은 초기에는 발전을 목표로 세웠으나 기술력이 점차 성장하면서 없어서는 안 되는 주요 산업으로 자리 잡게 되었다. 이러한 ICT 기술이 플랜트와 융합하게 되면 첨단 산업의 경쟁력 있는 기술로 주목을 받게 될 것이다. 본 연구에서는 이러한 ICT 기술을 적용하기 위한 SCR 공정기술 개발의 일환으로 고정층 SCR 반응기에서 반응영역의 분할 및 제어가 가능한 형태의 반응기 개발을 진행하였으며 이에 대하여 소개하고자 한다.

### 참고문헌

1. 장윤중 : “에너지산업의 4차 산업혁명 선도역할과 발전방향”, KIET 산업경제, 7-17 (2017).
2. Kim, Y.M., Lee, W.H. : “A Study on Methods for Developing by Nurturing Clean Thermal Power Generation Technology”, *Journal of Climate Change Research*, 9(2), 197-207 (2018).

**키워드:** NH<sub>3</sub>-SCR, DeNO<sub>x</sub>, Reactor

### 사사

본 연구는 2018년도 한국에너지기술평가원(20181110100320)의 지원을 받아 수행한 결과 임.

(Endnotes)

2020 한국청정기술학회

**추계총회 및 학술발표회**

**초록집** 2020 THE KOREAN SOCIETY OF  
CLEAN TECHNOLOGY CONFERENCE

**E - Poster: 청정일반**

---



# Combination of Non-thermal Plasma and Ag/ZSM 5-Honeycomb Monolith for Dilute Trichloroethylene Abatement

**Nguyen Hoang Tung, Van Toan Nguyen, Duc Ba Nguyen and Young Sun Mok\***

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

---

Recent climatologic studies show that our environment is rapidly undergoing irreversible changes due to anthropogenic activities such as industry and transportation. Many of the climatologic issues such as global warming and photochemical smog that endanger public health are related to air pollution. The need to improve air quality is therefore ever increasing and urges the scientific community to develop new and sustainable air purification technologies. The objective of this study is to combine use of a DC corona discharge and Ag/ZSM 5-honeycomb monolith catalyst for removal of trichloroethylene.

## **References**

1. McMichael, A.J., Woodruff, R.E., and Hales, S., Climate change and human health: present and future risks, *Lancet*, 367, 859-859 (2006).
2. Parmar G.R., and Rao, N.N., Emerging control technologies for volatile organic compounds, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 39, 41-78 (2009).

# Low-temperature SCR of NO<sub>x</sub> using plasma coupled with honeycomb-structured monolith catalyst

**Van Toan Nguyen, Nguyen Hoang Tung, Duc Ba Nguyen, and Young Sun Mok\***

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

---

Nonthermal plasma (NTP) can activate the hydrocarbons (HCs) in air, resulting in a significant amount of oxygenated hydrocarbons (OHCs) such as alcohols and aldehydes, which are used as reducing agents instead of injecting HC for NO<sub>x</sub> removal on SCR catalysts. Based on this, we employed a honeycomb-structured monolith catalyst coupled with non-thermal plasma using hydrocarbons input to create oxygenated reducing agents, which enhances NO<sub>x</sub> removal rate in selective catalytic reduction (SCR) at lower temperatures. Analyzing by-products were carried out to give new understandings on the role of plasma in the activation of HCs to create OHCs. These results provide new insights into the NO<sub>x</sub> reduction in non-thermal plasma coupled with honeycomb-structured monolith catalyst for the first time. With using a honeycomb catalyst structure, the proposed system is suitable for industrial application

## **References**

1. W B. J. Lee, H. C. Kang, J. O. Jo, and Y. S. Mok, "Consideration of the role of plasma in a plasma-coupled selective catalytic reduction of nitrogen oxides with a hydrocarbon reducing agent," *Catalysts*, 7 (11) (2017).
2. S. Sato and A. Mizuno, "NO<sub>x</sub> Removal of Simulated Diesel Exhaust with Honeycomb Discharge," *Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol.*, 4, 1, 18–23, (2010).



## 석유화학 공정 잔사유로부터 CoMo/HUSY 를 이용한 C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub> aromatics 의 제조

구희지, 이강원, 김규리, 전종기\*

공주대학교

## Synthesis of C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub> aromatics from residue oil of petrochemical process over CoMo/HUSY

Huiji Ku, Gangwon Lee, Kyuri Kim, Jong-Ki Jeon \*

Kongju National University

석유 자원은 지속적으로 고갈되고 있는 반면, 수요는 매년 기하 급수적으로 증가하고 있다. 이에 따라 석유화학 공정 잔사유의 고부가가치가 요구되고 있다.[1,2] 석유화학 공정 잔사유 중에서도 pyrolysis fuel oil (PFO)는 다양한 종류의 polyaromatic hydrocarbons (PAHs)로 구성되어 있으며 다중 구조 복잡성을 갖고 있다. 이러한 이유로 대부분의 PFO는 공정연료로 사용되고 있다.[4] 그러나 PFO는 불순물이 적고 저렴하며 방향족 함량이 높아 선택적 수소화 분해 반응을 통해 jet fuel, benzene, toluene 및 xylene와 같은 부가가치 화학 물질로 전환할 수 있다.[3] 본 연구에서는 jet fuel의 핵심 성분인 C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub>의 mono-aromatics과 di-aromatics를 PFO로부터 얻고자 했다. 이를 위해서 우수한 hydrocracking 성능을 갖고 있는 HUSY를 지지체로 선정했다. HUSY의 Si/Al<sub>2</sub> 비를 달리하여 촉매를 제조했다. 앞서 선정된 지지체에 Co와 Mo를 각각 3, 5 wt% 담지해 제조했다. 이후 PFO의 hydrocracking 반응 동안 촉매 성능에 대한 지지체의 Si/Al<sub>2</sub> 비의 영향을 보았다. 제조한 촉매들의 화학적 및 물리적 특성은 H<sub>2</sub>-temperature programmed reduction(TPR), N<sub>2</sub>-adsorption, X-ray diffraction, 그리고 NH<sub>3</sub>-temperature programmed desorption을 이용해 분석했다.

### 참고문헌

1. Jung, M.-J., Jung, J.-Y., Lee, D., and Lee, Y.-S., "A new pitch reforming from pyrolysis fuel oil by UV irradiation," *Ind. Eng. Chem.*, 22, 70-74 (2015).
2. Rana, M. S., Samano, V., Ancheyta, J., and Diaz, J. A. I., "A review of recent advances on process technologies for upgrading of heavy oils and residua," *Fuel*, 86, 1216-1231 (2007).
3. hoi, S., Kim, D. W., Kim, G. R., Kim, H. C., Kim, Y. S., Koh, J. H., Koh, J. S. Lee, S., Lee, S. W., and Oh, S. H., "Hydrocracking catalyst for preparing valuable light aromatic hydrocarbons from polycyclic aromatic hydrocarbons," *U.S. Patent No. 9,283,553* (2016).
4. Narayanan, S., Johnson, A. R., and Wuebcke, H. N., "Process for the production of aromatics benzene, toluene, xylene (BTX) from heavy hydrocarbons," *W.O. Patent No. 1,984,001,581* (1984).

# 금속/Hexaaluminate pellet 촉매를 사용한 hydroxylammonium nitrate 수용액의 분해 연구

김문정<sup>1</sup>, 김주영<sup>1</sup>, 전종기<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>공주대학교

## Decomposition of hydroxylammonium nitrate aqueous solution over metal/hexaaluminate pellet catalysts

Munjeong Kim<sup>1</sup>, Juyeog Kim<sup>1</sup>, and Jong-Ki Jeon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Kongju National University

대표적인 인공위성 액체추진제로 사용되던 hydrazine의 독성 문제로 인해 최근 그 대체 물질에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. Hydrazine을 대체할 수 있는 친환경 녹색 추진제로 각광받는 hydroxylammonium nitrate (HAN)은 독성이 없고 취급이 쉬우며, 액체추진제로써 훌륭한 물성과 비추력을 가지고 있다. 하지만 HAN기반 액체추진제는 추력기 내부에서의 최종 연소 온도가 높다는 단점을 가지고 있으며, 분해 시, 추력기 내부의 온도가 1200 °C 이상의 고온에 도달하므로, 고내열성의 촉매를 필요로 한다. 이러한 문제점을 극복하기 위한 촉매를 개발하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 선행된 연구에서 효과가 입증된 Pt/hexaaluminate pellet-M3 촉매와 Cu/hexaaluminate pellet-M1 촉매를 이용하여 HAN 수용액의 분해성능 실험을 진행하였다. 또한, 촉매의 내구성과 고내열성을 시험하기 위해 15회 반복실험과 열충격 반복실험을 진행하였다. 촉매의 특성분석은 BET, XRD 등의 분석을 통해 진행하였다.

### 참고문헌

1. Halliwell, B., Clement, M. V., and Long, L. H., "Hydrogen Peroxide in The Human Body," *FEBS Letters*, 486(1), 10-13, (2000).
2. Tanaka, n., Matsuo, T., Furukawa, K., Nishhida, M., Suemori, S., and Yasutake, A., "The "Greening" of Spacecraft Reaction Control Systems," *Mitsubisi Heavy Ind.. Tech. Rev.*, 48(4), 44-50 (2011).
3. McLean, C. H., Deininger, W. D., Joniatis, J., Aggarwal, P. K., Spores, R. A., Deans, M., Yim, J. T., Bury, K., Martinez, J., Cardiff, E. H., and Bacha, C. E., "Green Propellant Infusion Mission Program Development and Technology Maturation," *AIAA.*, 1-21 (2014).
4. Ide, Y., Takahashi, T., Iwai, K., Nozoe, K., Habu, H., and Tokudome, S., "Potential of ADN-based Ionic Liquid Propellant for Spacecraft Propulsion," *Procedia Eng.*, 99, 332-337 (2015).
5. Amrousse, R., Katsumi, T., Itouyama, N., Azuma, N., Kagawa, H., Hatai, K., Ikeda, H., and Hori, K., "New HAN-based Mixtures for Reaction Control System and Low Toxic Spacecraft Propulsion Subsystem: Thermal Decomposition and Possible Thruster Applications," *Combust. Flame*, 162, 2686-2692 (2015)

## 폐기물 가스화 합성가스를 활용한 고온수성가스전이반응용 Co 기반 촉매의 Ba 조촉매 담지량 영향

김경진, 이열림, 노현석\*

연세대학교

## Effect of Ba promoter loading on Co-based catalyst for high temperature water-gas shift reaction using waste derived synthesis gas

Kyoung-Jin Kim, Yeol-Lim Lee, Hyun-Seog Roh\*

Yonsei University

We applied the alkali (Na, K) and alkaline earth metal (Ba, Ca) promoted Co/CeO<sub>2</sub> catalysts to investigate the effect of the promoter on the catalytic performance in high temperature water-gas shift (HTS) reaction in previous studies. Among the prepared catalysts, BaCo/CeO<sub>2</sub> catalyst showed the best performance. To enhance the performance of BaCo/CeO<sub>2</sub> catalyst, we varied the loading of Ba (0 to 3 wt.%). As a result, the doping of Ba as a promoter in the optimal amount (1–2 wt.%) improves the reducibility of the catalyst and enhances its sintering resistance. However, the doping of an excessive amount ( $\geq 3$  wt.%) of the promoter lowers the reducibility of the catalyst, resulting to the instability of the active phase (Co<sup>0</sup>). Overall, 1% BaCo/CeO<sub>2</sub> catalyst exhibited the best catalytic performance even at a severe reaction condition (CO conc. = 38%, GHSV = 143,000 h<sup>-1</sup>) owing to the strong resistance to the sintering and high stability of the active phase.

### 참고문헌

1. Lee, Y.-L. et al., “Effect of alkali and alkaline earth metal on Co/CeO<sub>2</sub> catalyst for the water gas shift reaction of waste derived synthesis gas,” *Appl. Catal., A*, 551, 63–70 (2018).
2. Calles, J.A. et al., “Hydrogen production by glycerol steam reforming over SBA-15-supported nickel catalysts: Effect of alkaline earth promoters on activity and stability,” *Catal. Today*, 227(15), 198-206 (2014).

# Critical evaluation of a model-based estimation of monolayer coverage in porous materials: a case study of solid-like hydrogen adsorption

SungHyun Yun and Yongchul G. Chung\*

*School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea (South)*

---

Recently, solid-like adsorption of hydrogen on nanoporous carbon material at 77 K has been experimentally observed [1], but the origin of high-density hydrogen adsorption remains to be elusive to date. In this work, GCMC simulations were carried out on different metal-organic frameworks (MOFs) and graphite-sheet pore models to elucidate the critically evaluate the model-based approach to estimate the monolayer coverage in porous materials. The adsorbed hydrogen densities obtained from the simulation were compared with densities obtained by fitting a model equation to simulated excess isotherm. We find that the model-based estimation of the density of adsorbed hydrogen overestimates the true density of adsorbed hydrogen obtained from the simulation by more than 50%. We discuss the origin of the discrepancies between the model-based approach and molecular simulation.

## **References**

1 Ting, V. P., Ramirez-Cuesta, A. J., Bimbo, N., Sharpe, J. E., Noguera-Diaz, A., Presser, V., Rudic, S., and Mays, T. J., “Direct Evidence for Solid-like Hydrogen in a Nanoporous Carbon Hydrogen Storage Material at Supercritical Temperatures”, *ACS nano*, 9(8), 8249-8254 (2015).

## Ru/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매를 이용한 trickle bed reactor에서 ethylbenzene 수소화 반응

오승교, 이건우, 이석희, 전종기\*

공주대학교

## Hydrogenation of ethylbenzene over Ru/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts in Trickle bed reactor

Seung Kyo Oh, Geonwoo Lee, Seokhee Lee, Jong-Ki Jeon

국내에 수입된 원유는 증류 시설을 거쳐 정제하여 사용하게 되는데, 정제된 제품 중 납사는 LPG와 등유 사이에서 유출된다. 납사는 대부분 석유화학 원료를 생산하기 위해 열분해 과정을 거치면서 원치 않는 많은 부산물이 배출된다. 이러한 부산물에는 다량의 방향족 화합물이 포함되어 있어서 연소 중 미세먼지, NO<sub>x</sub>, 불완전 연소한 탄화수소 등이 배출된다. 또한, 정부 환경 규제 강화에 따라 경유에 포함된 방향족 함량도 규제도 강화되고 있기에, 이를 제거하기 위한 새로운 촉매 개발 연구가 활발히 이루어지고 있다[1-3]. 본 연구에서는 Ru을  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 지지체에 담지하여 액상에 존재하는 방향족 화합물을 수소화하는 촉매를 개발하였다. 제조한 촉매는 BET, TPD, TPR등의 분석을 통해서 특성을 분석하였다. Model reactant로써 Ethylbenzene을 사용하여 고정층 반응기를 통해 촉매의 방향족 화합물의 수소화 능력을 평가하였다.

### 참고문헌

1. Huang, T. C. and Kang, B. C., *Journal of molecular Catalysis A: Chemical*, 103, 163-174(1995).
2. Santikunaporn, M., Herrera, J. E. and Resasco, D. E., *Journal of Catalysis*, 228, 100-113(2004).
3. Fujikawa, T., Idei, K. and Ebihara, T., *Applied Catalysis A: General*, 192, 253-261(2000).

# Jatropha oil로부터 바이오 디젤 제조를 위한 Dolomite 촉매 연구

우재균, 이사임, 박현지, Rajendra Joshi<sup>1</sup>, 전종기\*

공주대학교, <sup>1</sup>Kathmandu University

## Dolomite catalyst for biodiesel production using non-edible vegetable oils

Jaegyu Woo, SaimLee, Hyeonji Park, Rajendra Joshi<sup>1</sup>, Jong-Ki Jeon\*

Department of Chemical Engineering, Kongju National University, Cheonan, 31080, Korea

<sup>1</sup>Department of Chemical Science and Engineering, School of Engineering, Kathmandu University, Nepal

석유 자원의 소비량이 증가함에 따라 온실가스의 배출량 상승이 문제가 되고 있다. 그러므로 전 세계적으로 기존 디젤에 바이오 디젤을 일정량 혼합하여 주로 운송업에 사용하고 있다. 바이오 디젤은 Fatty acid methyle ester (FAME)로 구성되어 있으며 동, 식물에 있는 유지와 메탄올의 전이 에스테르화 반응으로 제조된다. 주로 균일계 염기 촉매인 NaOH, KOH가 사용된다. 하지만 비식용 식물성 오일에는 유지뿐만 아니라 유리지방산(Free fatty acid, FFA)이 동물성 오일에 비해 상대적으로 많이 함유되어 있어 염기 촉매와 반응하여 염을 생성하기 때문에 촉매의 활성을 감소시키며, 균일계 촉매를 이용하기 때문에 바이오디젤과 분리하는 과정과 폐수를 처리하는 과정에서 비용이 증가하는 단점을 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 유리지방산의 함량을 고체 산 촉매인 Amberlyst-15 촉매를 이용하여 낮추고 균일계 촉매의 단점을 극복하기 위해 불균일계 염기 촉매로 알려진 Dolomite를 이용하여 바이오디젤을 합성을 위한 메탄올 사용량, 촉매의 사용량, 촉매의 소성 온도, 반응온도를 최적화하는 연구를 진행하였다. 반응에 사용된 촉매의 특성을 분석하기 위해 XRD, BET, CO<sub>2</sub>-TPD를 이용하여 기공의 크기, 비표면적, 결정 크기, 촉매의 basic site를 확인하였다.

### 참고문헌

1. Yang, Z., and Xie, W., "Heterogeneous transesterification processes by using CaO supported on zin oxide as basic catalysts," *Catal Today.*, 88(6), 631-638 (2007)
2. Lee, H. V., Juan, J. C., and Taufiq-Yap, Y. H., "Preparation and application of binary acid-base CaO-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst for biodiesel," *Renew. Energy*, 74, 124-132 (2015)

## 암모니아 농축 및 재생을 위한 AC-Mg 흡착제의 개발과 공정에 관한 연구

조광희, 박지혜<sup>1</sup>, 박주영<sup>1</sup>, 이신영<sup>1</sup>, 이서영<sup>1</sup>, 윤형철<sup>2</sup>, 이광복<sup>1\*</sup>

충남대학교 에너지과학기술대학원, <sup>1</sup>충남대학교 화학공학교육과, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원

## A study on the development of AC-Mg adsorbents and processes for ammonia enrichment and regeneration

Gwang Hee Cho, Ji Hye Park<sup>1</sup>, Sin Young Lee<sup>1</sup>, Seo Young Lee<sup>1</sup>, Hyung Chul Yoon<sup>2</sup>, Kwang bok Yi<sup>1\*</sup>

Graduate School of Energy Science and Technology Chungnam National University, <sup>1</sup>Department of Chemical Engineering Education Chungnam National University, <sup>2</sup>Korea Institute of Energy Research

전기화학적 방법을 이용한 암모니아 합성법은 암모니아가 매우 낮은 농도로 생산되는 단점을 가지고 있다. 암모니아의 합성 농도를 높이는 연구개발도 중요하지만 흡착제를 사용하여 암모니아의 흡착 및 탈착을 반복하여 고농축화하는 방법도 하나의 대안이 될 수 있다. 그러나 현재까지는 미량의 암모니아를 제거하는 흡착제만 개발되었을 뿐 반복적인 흡탈착으로 암모니아를 농축하는 기술은 연구된 바 없다. 본 연구에서는 암모니아의 흡착 및 탈착을 위한 물질로 활성탄을 선정하고 초음파 함침법을 통한 표면 개질과 금속 침착을 통해 암모니아 흡착량을 급격하게 증가시켰다. 금속으로는  $MgCl_2$ 를 선정하였으며, 마그네슘 함량을 3 - 20 wt%로 각각 달리 침착하여 마그네슘 침착 활성탄(AC-Mg)을 제조하였다. 마그네슘 침착 활성탄의 특성은 TGA, BET, SEM, EDS, Mapping,  $NH_3$ -TPD 등을 통해 분석되었다. 암모니아의 흡착 및 탈착 특성은 TSA, PSA (7 bar) 그리고 PTSA (7 bar) 공정을 이용한 파과실험을 통해 수행되었다. 그중 마그네슘 10 wt%를 침착한 활성탄이 PTSA 공정에서 평균 흡착량 4.088 mmol/g으로 가장 높은 흡착량을 보였다. 이를 통해  $MgCl_2$ 와 암모니아의 관계를 명확하게 하고 암모니아 흡착을 위한 최적의  $MgCl_2$  침착량과 최적의 공정을 확인하였다.

## 이산화탄소 포집이 결합된 갈탄 추출수소 생산의 개념설계 및 타당성 평가

이영우, 김경민, 김혜선, 유 준

부경대학교 화학공학과

## Conceptual design and feasibility study of hydrogen production from coal with Carbon capture

Young Woo Lee, Kyeong Min Kim, Hye Seon Kim, Jay Liu

*Pukyong National University*

---

화석연료의 고갈과 환경문제를 해결할 수 있는 자원으로서의 수소의 중요성은 점점 커지고 있다. 이에 따라, 현재 국내에서도 수소 관련 연구에 대한 관심도가 매우 크다. 최근 여러 사업분야에서 환경오염 방지에 관련한 정부 정책이 발표되고 있으며, 따라서 친환경적인 수소 생산 공정의 필요성은 더욱 강조되고 있다. 하지만, 친환경적 연료로서 수소 생산을 위한 상업화된 기술은 아직까지도 미흡한 실정이다. 이를 위해 본 연구에서는 친환경 석탄발전인 석탄가스화발전(IGCC)의 설계를 변경하여, 저등급 석탄인 갈탄을 원료로 사용하며 가스화, 수성가스 전이반응, 이산화탄소 포집 등으로 이루어진 수소 생산 공정을 공정 모사기를 이용하여 개념적으로 설계한 후, 모사하였다. 또한 계산된 열 및 물질 수지를 통해 장치의 가격을 추정하고 전체 공정의 경제성을 분석하였다. 이 때, 각 공정의 주요 변수에 대해 민감도 분석을 통하여 공정 설계 비용을 고려하며 변수의 최적값을 찾았다. 모사 결과 500MW IGCC 공정 기준 시간당 석탄 200톤을 투입하였을 때, 20.7톤의 수소를 생산하였으며, 이때 발생하는 CO<sub>2</sub>량의 90% 이상을 포집하였다. 본 연구는 에너지 및 비용면에서 효율적으로 수소를 대량생산하며, 생산 중 발생하는 이산화탄소를 포집함으로써 친환경적인 생산방법을 제시하였다. 따라서 친환경적인 수소 생산 공정의 기초자료로 활용됨과 동시에 수소 경제 진입을 앞당기는 데 이바지할 것으로 기대된다.



---

## **Preparation of high performance alginate/polyacrylamide double network hydrogels by incorporating cellulose nanocrystals**

정지훈, 김효정, 정민웅, 이영은, Youngho Eom

---

Hydrogels, which are water-rich cross-linked polymeric networks, have been extensively used in numerous applications such as biomedicine to daily chemicals, scaffolds for tissue engineering, biosensors, and model extracellular matrices for biological studies. Nonetheless, the scope of hydrogel applications is severely restricted owing to their poor mechanical performances. To develop strong and tough hydrogels, a preparation of double network hydrogels has been proposed, and attracted considerable attention. In particular, a combination of alginate/polyacrylamide hydrogel has been largely studied because of its high toughness and biocompatibility. To further enhance the mechanical performances of the double network hydrogel, in the present study, cellulose nanocrystal (CNC) was incorporated and then the mechanical and rheological properties of the nanocomposite hydrogels were investigated with respect to the filler loading. In addition, the interfacial interaction of polymer-nanofillers were analyzed by Fourier-transform infrared spectroscopy technique.

# Preparation of all-organic biodegradable poly(butylene succinate) nanocomposites with cellulose nanocrystals

**Min Ung Jeong, HyoJeong Kim, Youngeun Lee, Ji Hun Jeong, Youngho Eom\***

*Department of Polymer Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea*

---

Petroleum-based plastics were once regarded as essential materials on account of its extensive applications and the convenience in its usage. However, the environmental damages caused by the petroleum products and their wastes were easily neglected. As a result, the cumulative plastic pollution in the soil, atmosphere, and marine ecosystems have become critical. In order to solve this problem, biodegradable polymer is now receiving attention in our daily life. Despite the eco-friendliness, the commercial applications of the biodegradable polymers have been limited to a few industries due to the inferior mechanical properties. In this study, we fabricated the high performance biodegradable nanocomposites using poly(butylene succinate) (PBS) as a polymer matrix and cellulose nanocrystal (CNC) as a reinforcing filler. The PBS/CNC nanocomposites with the CNC contents of 1-5wt% were prepared by dissolving or dispersing them in organic solvent. In addition, the mechanical, rheological and microstructural properties of the nanocomposites were evaluated. (double spacing)

## 열전 발전을 위한 PDMS/Au 복합 재료의 제조

이건석<sup>1</sup>, 유성일<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>부경대학교

## Fabrication of PDMS/Au Composite for Thermoelectric Power Generation.

**Geon Seok Lee**<sup>1</sup>, and **Seong Il Yoo**<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Pukyong National University*

Energy generation using wasted solar energy has attracted much attention on the field of energy harvesting because their advantages, such as eco-friendly and sustainable. The photothermal effect exhibited by the surface plasmon resonance phenomenon of the metal nanoparticles can be used to improve the conversion efficiency. The local heat generated can be applied to systems such as photocatalyst, steam generation[1], and thermoelectric generator[2]. In this study, we demonstrate the light absorbers prepared by an in-situ synthesis of gold nanoparticles using polydimethylsiloxane (PDMS). Briefly, porous PDMS prepared by the sugar template method was immersed in gold chloride solution to synthesize gold nanoparticles without reducing agent. By illuminating the prepared PDMS composite with a simulated sunlight, we applied the heat generated by the photothermal effect on the thermoelectric device to generate electrical energy.

### 참고문헌

1. Zhu, L. L., Ding, T. P., Gao, M. M., Peh, C. K. N., Ho, G. W., Shape Conformal and Thermal Insulative Organic Solar Absorber Sponge for Photothermal Water Evaporation and Thermoelectric Power Generation. *Adv. Energy Mater.* 2019, 9, 1900250.
2. A. Kosuga , Y. Yamamoto , M. Miyai , M. Matsuzawa , Y. Nishimura , S. Hedaka , K. Yamamoto , S. Tanaka , Y. Yamamoto , S. Tokonami and T. Iida , *A high performance photothermal film with spherical shell-type metallic nanocomposites for solar thermoelectric conversion Nanoscale*, 2015, 7 , 7580 —7584

# Development of Cu blackening process producing cupric oxide (CuO) applicable for camera spacer

Yeji Lee<sup>1</sup>, Jun-Heok Lim<sup>2</sup>, Yong Sun Won<sup>3\*</sup>

*Pukyong National University*<sup>1</sup>, *Pukyong National University*<sup>2</sup>, *Pukyong National University*<sup>3</sup>

---

The mechanical properties of black polymer spacers, which are used to separate the aligned camera lens in a camera module in a mobile phone, come to their limits in a present trend that more lens are used in a thinner camera module. Thus, a black oxide such as copper (III) oxide (cupric oxide, CuO) is proposed as an alternative to the polymer spacer, owing to its superior mechanical properties against the pressure among lenses and its inherent blackness against the light interference and flare phenomenon. In this study, we collected the information of process conditions for the Cu blackening process from various patents and set up a process comprised of cleaning, deoxidization, activation, blackening and sealing. Then, the entire blackening process as well as its unit operation was optimized based on the operation parameters such as process temperature and activator concentration, and so on. As an indicator for optimization, the blackness of the blacked Cu strip measured by a colorimeter was used.

---

# Fabrication of Heterogeneous Metal NPs through Mussel-Inspired Surface Functionalization and Their Photocatalytic Activity

**Maulida Zakia<sup>1</sup>, and Seong Il Yoo<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Pukyong National University*

---

The self-assembly of nanoscale material into complex structure with controlled size is important to induce new outstanding properties [1]. Inspired by the high catalytic activity of both Au and Ag nanoparticles [2], we prepare heterogeneous nanostructure comprised of Au core and Ag satellite by utilizing mussel-inspired polydopamine (PDA). Initially, PDA nano layer were coated onto the surface of Au NPs under alkaline condition. Subsequently, Ag satellite were synthesized on the periphery of PDA-modified Au NPs via addition of AgNO<sub>3</sub>. Furthermore, the catalytic properties of the heterogeneous nanostructure were investigated for the reduction of 4-nitrophenol to 4-aminophenol.

## **References**

1. Klinkova, A.; Choueiri, R.M.; Kumacheva, E. Self-assembled plasmonic nanostructures. *Chem. Soc. Rev.* 2014, 43, 3976.
2. Wang, A.-Q.; Chang, C.-M.; Mou, C.-Y, Evolution of Catalytic Activity of Au–Ag Bimetallic Nanoparticles on Mesoporous Support for CO Oxidation. *J. Phys. Chem. B.* 2005, 109, 18860.

## 다기능성 촉매를 이용한 오탄당 유래 2-메틸 퓨란으로부터 고탄소 탄화수소 생산

조현민<sup>1,2</sup>, 최정규<sup>2</sup>, 서동진<sup>1</sup>, 최재욱<sup>1</sup>, 하정명<sup>1,\*</sup>

한국과학기술연구원<sup>1</sup>, 고려대학교<sup>2</sup>

---

셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 등으로 주로 구성된 리그노셀룰로오스는 비식용 바이오매스로서 바이오연료 생산 공정의 주요 원료 후보이다. 셀룰로오스에서 얻어지는 글루코오스는 발효 공정을 통하여 유용한 연료, 화합물로 전환되지만 헤미셀룰로오스에서 얻어지는 자일로오스 등의 오탄당 물질들은 발효 공정에서의 활용이 어렵다. 본 연구에서는 오탄당 유래 2-메틸퓨란을 원료로 3단 반응을 통해 석유 대체 고탄소 연료를 생산하였다. 3단 연속 촉매 반응에는 Ru 기반 다기능성 촉매가 사용되었으며, 제조된 탄화수소 연료는 GC/MS, SimDist-GC, 원소분석 등으로 분석하였고, 촉매는 N<sub>2</sub> physisorption, NH<sub>3</sub>-TPD 등을 이용하여 분석하여, 반응중 촉매의 역할을 확인하였다.

**키워드:** 리그노셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 2-메틸퓨란, 촉매

# 유기물 제거를 위한 $\text{TiO}_2$ 코팅 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 중공사막 제조 및 특성 분석

신민창, 정병준, 박정훈\*

동국대학교 화학생명공학과

## Fabrication and Characteristic Analysis of $\text{TiO}_2$ Coated $\text{Al}_2\text{O}_3$ Hollow Fiber Membrane for Removal Organic

Min Chang Shin, Byeong Jun Jeong, Jung Hoon Park\*

Department of Chemical & Biochemical Engineering, Dongguk University

최근 기후변화에 의해 물의 희소성이 전 세계적으로 대두되었고, 물 부족 현상이 심화되고 있다. 물 부족 문제를 극복하기 위한 방안으로 하수처리수를 재이용할 수 있는 기술 개발의 필요성이 제기되어오고 있다. 광촉매 반응을 이용하면 하수에 포함된 유기물, 미생물, 금속이온 등을 동시에 제거할 수 있으며 기존 염소소독 기술에 비하여 운영비의 절감이 가능하며, 2차부산물 발생하지 않고 처리효율을 극대화 할수 있기 때문에 유망한 기술로 주목받고 있다. 분말형태의 광촉매를 이용할 경우 분말의 뭉침, 자외선의 산란 등에 의해서 광촉매의 활성이 낮아지며 촉매를 이용한 후 회수의 어려움이 있다. 광촉매를 지지체에 코팅하여 이용하게 되면 위와 같은 단점들을 극복 할 수 있다. 본 연구에서는 상전이법으로 제조한 세라믹 중공사에  $\text{TiO}_2$ 를 다양한 방법으로 코팅하여  $\text{TiO}_2$ 가 코팅된 중공사형 광촉매를 제조하여 광촉매의 성능을 향상 시켰다. 제조한 광촉매를 SEM, XRD 등으로 촉매의 특성을 분석하였다. 메틸렌블루를 유기 오염물질 모델로 하여 제조한 광촉매를 자외선 조사 반응기에 로딩하고 자외선을 조사하여 광촉매의 유기물 분해능을 평가하였다. 유기물 제거율은 UV-visible spectrometer로 측정하였다. 광촉매의 코팅 방법에 따른 유기물 제거율 및 촉매 활성도를 분석하였으며, 광촉매 재활용 횟수에 따른 안정성을 평가하였다.

# Electrolyte–UNIQUAC 식을 이용한 DIPA, MDEA 혼합수용액에 대한 이산화탄소 용해도 실험 및 혼합 비율에 따른 효과 분석

최봉근<sup>1</sup>, 김승모<sup>1</sup>, 신범주<sup>1</sup>, 문지훈<sup>1</sup>, 문중호<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충북대학교

## Experimental and Modeling Study of CO<sub>2</sub> Solubility in Aqueous Solutions of DIPA and MDEA mixtures Using Electrolyte-UNIQUAC: Effect of blending ratio

**Bong-Keun Choi<sup>1</sup>, Seung-Mo Kim<sup>1</sup>, Beom-Ju Shin<sup>1</sup>, Ji-Hun Mun<sup>1</sup>, Jong-Ho Moon<sup>1\*</sup>**

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

This paper reports the newly measured experimental data for CO<sub>2</sub> solubility in a blended aqueous solution of Di-isopropanol amine (DIPA) and Methyl di-ethanol amine (MDEA) at different amine mixing ratios (DIPA:MDEA:H<sub>2</sub>O = 9:21:70, 15:15:70, and 21:9:70 wt %) and working temperatures (323.15 and 383.15 K). The successive substitution method [1] was used for calculating the mole fractions of all molecules (four molecules) and electrolytes (three cations and four anions) from the equilibrium, along with the material and charge balance equations (11 equations). The electrolyte universal quasichemical, e-UNIQUAC suggested by osama et al. [2], model was used to investigate non-ideality in the liquid phase. Using the above mentioned thermodynamic models, the partial pressures of CO<sub>2</sub> in the gas phase, mole fractions of all components in the liquid phase, pH variations, heats of absorption, and cyclic capacities of CO<sub>2</sub> according to the absorption/desorption temperature and the blending ratio of DIPA/MDEA/H<sub>2</sub>O were estimated.

### REFERENCE

1. Moon J-H, Lee J-S, Park YC, et al. Experimental and Modeling Study of Vapor Liquid Equilibrium for a Methyl diethanolamine–CO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>S–Water Quaternary System Using Activity Coefficient Models with Corrected Equilibrium Constants. *Energy & Fuels*. 2019;33(5):4401-4411.
2. Al-Rashed OA, Ali SH. Modeling the solubility of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S in DEA–MDEA alkanolamine solutions using the electrolyte–UNIQUAC model. *Separation and purification technology*. 2012;94:71-83.

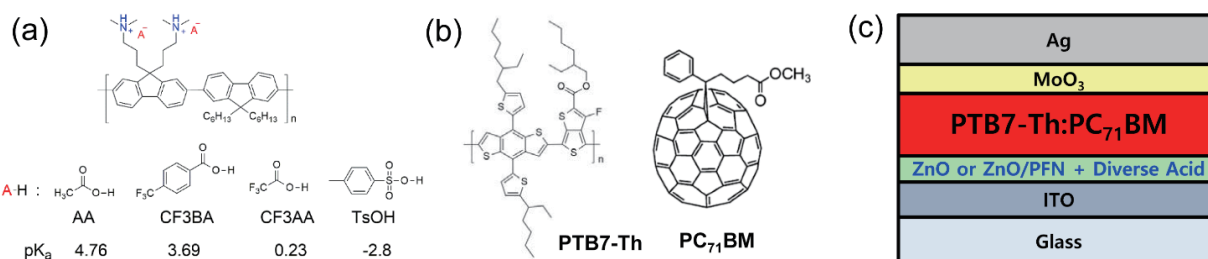


# Polymer Solar Cells based on Polymer Electrolyte with Diverse Acids as a Cathode Buffer Layer

Mijin Jeong, and Joo Hyun Kim\*

Pukyong National University

The inverted polymer solar cells (iPSCs) with a blend of PTB7-Th and PC<sub>71</sub>BM as an active layer were fabricated along the [(9,9-bis(3'-(N,N-dimethylamino)propyl)-2,7-fluorene)-alt-2,7-(9,9 dioctylfluorene)] (PFN) derivatives, which was quaternized by different amounts and diverse acids such as acetic acid (AA), 4-trifluoromethyl benzoic acid (CF3BA), trifluoroacetic acid (CF3AA), and 4-toluene sulfonic acid (TsOH) on the photovoltaic performances. As the result, the best power conversion efficiencies (PCEs) were obtained with 1.0 equivalent (eq) of each acid and the PCEs of the devices with 1.0 eq of AA, CF3BA, CF3AA, and TsOH were 9.9, 10.3, 10.3, and 10.6 % respectively, while that with pristine ZnO was 8.7 %. Interestingly, the performance trend of the devices followed the acid dissociation constant ( $K_a$ ) of the acids. Moreover, we observed the  $K_a$  was related to the recombination resistance ( $R_{rec}$ ) from impedance spectroscopy.



**Figure 1.** Chemical structure of (a) PFN with diverse acid derivatives, (b) PTB7-Th and PC<sub>71</sub>BM, and (c) the device structure of iPSC used in this study.

# Enhancing the performance of organic solar cell with the dipole moment of conjugated polyelectrolytes

**Jun Ho Lee, Joo Hyun Kim \***

*Department of Polymer Engineering, Pukyong National University, Busan 48547, Korea*

---

Polyfluorene (PF) and its derivatives have been improved not only in organic light-emitting diodes (OLEDs) but also in organic solar cells (OSCs). Polyfluorene also applied as a buffer layer of OSCs for enhancing the electron mobility, charge collection, charge separation. Among these properties, we focused on electron mobility, which can be changed with various methods. In this study, the devices were fabricated by using the polyfluorene derivatives has different backbone structure which named as PFB-Br, PFT-Br, and PF2T-Br. Through investigating the devices, the electron mobility of polyelectrolytes derived from the conformation and dipole moment of polyelectrolytes was enhanced compared with the ZnO monolayer, which using as a reference of the device. As a result, the power conversion efficiency(PCE) was enhanced through the improvement of short-circuit current( $J_{sc}$ ) and fill factor derived from the developed properties of polyelectrolytes.

**Keywords:** Organic solar cells, dipole moment, polyfluorene, electron mobility

---

# Preparation and Evaluation of Eco-Friendly Biodegradable PLA/PBAT/HCO Blended Films

**Han Seong Kim<sup>1</sup>, Heon Ho Jeong<sup>1,2</sup>, Soon Do Yoon<sup>1,2,\*</sup>, Hun Soo Byun<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Biomolecule and Chemical Engineering, Chonnam National University Graduate School*

<sup>2</sup>*Department of Chemical and Biomolecule Engineering, Chonnam National University*

---

In this study, PLA/PBAT/HCO blending films were prepared by biodegradable polymers Poly(lactic acid) (PLA), Poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT), and pajama bean extract Hydrogenated castor oil powder (HCO). The prepared films were characterized by field emission scanning microscope (FE-SEM) and fourier-transform spectroscopy (FT-IR). The results of FE-SEM analysis indicate that PLA/PBAT/HCO blending films were no rough area, crack, or large agglomeration. The FT-IR results indicated the presence of specific peak of HCO in PLA/PBAT/HCO blend films. Tensile strength, elongation at break, water barrier properties, and thermal properties of the prepared PLA/PBAT/HCO blending films were also investigated, indicating that the physical and thermal properties was improved by the addition of HCO. The results of biodegradability test in soil indicate that PLA/PBAT/HCO blending films were degraded by about 6.0~20% after 90 days. Through the results of this study, it is expected that the PLA/PBAT/HCO blending film can be used for various purposes such as food packaging.

**Key word :** PLA/PBAT/HCO blending film, HCO, Biodegradability test, Food packaging.

# Tuning the morphology of poly(vinyl alcohol)/ZIF-8 mixed-matrix membranes (MMMs): A strategy for in-situ formation of ZIF-8 phases inside PVA matrix

**Ho Jin Jung, Seung Yong Choi, Min Young Shon, Kie Yong Cho\***

*Department of Industrial Chemistry, Pukyong National University, Pusan 48547, Republic of Korea.*

---

Polymer-modification-enabled in situ metal-organic framework formation (PMMOF) is a state-of-the-art preparation method for polymer/MOF mixed-matrix membranes (MMMs)<sup>1-2</sup>. However, the actual reaction conditions of the in-situ formation of MOFs in a limited polymer free volume are speculated to be quite different from the reaction in a solution. The PMMOF-based MMM fabrication studies have been performed using polyimide-type polymers that intrinsically experience the cumbersome chemical modification steps to generate the interaction sites for polar solvents and reagents<sup>3</sup>. In this study, poly(vinyl alcohol)(PVA) was employed as a promising matrix to form MMMs based on the in-situ formation method for zeolitic imidazolate framework-8 (ZIF-8) phases inside PVA matrix (PVAZIF8) because it can allow ZIF-8 phases without a chemical modification of polymer matrix. We carried out systematic investigations on the in-situ confined formation of ZIF-8 phases inside PVA matrix by polymer-non-modification-enabled in-situ metal-organic framework formation (PNMMOF). For the morphology tuning of PVA/ZIF8 MMMs, we performed the control of various parameters, including the temperature, reagent concentration, reagent mole ratio, PVA matrix thickness, solvents. We believe that the acquired PVA/ZIF8 MMMs are going to exhibit high-performance in separation applications.

## **References**

1. Sunghwan Park, Kie Yong Cho, *Journal of Materials Chemistry A*, vol 6, 11210–11217 (2020).
2. Kie Yong Cho, Heseong An, *Journal of Materials Chemistry A*, Vol 8, 18912-18919(2018).
3. Sunghwan Park, Hae-Kwon Jeong, *Journal of Membrane Science*, Vol 596, 117689(2020).

# Photo-assisted Li-ion battery based on photoelectrochromic property

**Taehee Kim<sup>1</sup> and Yiseul Park<sup>2\*</sup>**

*<sup>1</sup>Pukyong National University, <sup>2</sup>Pukyong National University*

---

In this study, we have tried to integrate the solar energy to the energy storage system to improve the electrochemical properties.  $\text{WO}_3$  electrode was prepared as an anode of a lithium ion battery, and its electrochemical characteristics under sun light irradiation were measured and analyzed during charging/discharging. When the light was irradiated to the  $\text{WO}_3$  electrode, these capacities and coulombic efficiencies were increased compare to that measured under the dark condition. It is attributed to the photocatalytic property of  $\text{WO}_3$  that can generate photoelectrons by light irradiation. The photoelectrons improve the capacity by participating in the intercalation of  $\text{Li}^+$  ions, and further improve the columbic efficiency by facilitating electrons' transport. This approach could provide an alternative solution to solve the battery problem which is limited by the device structure.

# Synthesis of tunable poly(L-lactic acid) (PLA) copolymers toward imbuing it with versatile abilities

**Young Je Kwon, Gi Jung Lee, Jiha Lee, Min Young Shon, and Kie Yong Cho\***

*Department of Industrial Chemistry, Pukyong National University, Pusan 48547, Republic of Korea*

---

The issues with regard to microplastics all over the world make us bring tremendous attention to biomass polymers, particularly biodegradable polymers [1]. Among biomass-based biodegradable polymers, poly(L-lactic acid) (PLA) is becoming the most practical candidate for engineering approaches because PLA has good processability, biocompatibility, transparency, high strength, and high modulus polymer [2,3] However, PLA has hydrophobic properties, which means that its applications must meet inherent limitations. In addition, it is chemically inert by a lack of reactive sites. That makes it difficult to upgrade the weakness of the PLA. To this end, we approach to design and synthesize various functional PLA-based copolymers with applying diverse counterpart monomers and tuning its shapes. We believe that our strategies for the development of functional PLA copolymers can give rise to enormous potentials to impart versatile properties to the PLA polymers.

## **References**

1. Ivar do Sul, *J.A. and Costa, M. F. Environmental Pollution*, 185, 352-364 (2014)
2. Garlotta, D. *Journal of Polymers and the Environment*, 9(2) 63-84, (2002)
3. Cheng, Y. et al, *Front. Chem. China*, 4(3), 259–264(2009)
4. Park, S.Y. et al. *Macromolecules*, 36(11) 4115–4124 (2003)

# Quinoxaline-Based Polymers with Triphenylamine Groups and Fluorine Substituent for Photovoltaic Applications

**Seok Woo Lee<sup>1</sup>, Mi Jin Jeong<sup>2</sup>, Joo Hyun Kim<sup>2</sup>, Dong Wook Chang<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Industrial Chemistry, Pukyong National University,*

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

We have successfully synthesized three quinoxaline-based polymers for photovoltaic applications. Quinoxaline-based donor-acceptor (D-A) configuration polymers with triphenylamine group and fluorine substituent were prepared by the Stille coupling reaction for polymer solar cells. The electron-donating (D) indacenodithiophene (IDT) unit was linked to the electron-withdrawing (A) quinoxaline unit which was combined with two triphenylamine group and fluorine substituent. In addition, we synthesized and compared three quinoxaline-based polymers with different numbers of the fluorine substituent. A typical inverted-type device with the configuration of ITO /ZnO /Polymer:PC<sub>71</sub>BM /MoO<sub>3</sub> /Ag was fabricated and examined. Therefore, this study can provide insights into the design and structure-property correlation of fluorine-substituted quinoxaline-based polymers for photovoltaic applications.

## **References**

1. Gedefaw, D et al. Conjugated polymers based on benzodithiophene and fluorinated quinoxaline for bulk heterojunction solar cells: Thiophene versus thieno [3,5-b] thiophene as  $\pi$ -conjugated spacers., *Polym. Chem.*, 5, 2083-2093 (2014)
2. Zhou, P et al., Thiophene-fused benzothiadiazole: A strong electron-acceptor unit to build D-A copolymer for highly efficient polymer solar cells., *Chem. Mater.* 16, 3495-3501 (2014).

# Changes in performance according to modification of alkyl chain in PSCs

**JoungJin Im<sup>1</sup>, Youngeup Jin\*<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Pukyong National University*

---

For a few decades, Many research of renewable energy were conducted. PSC(polymer solar cell) is one of them. It has various advantages including flexible and large area application.<sup>1</sup> In this resarch, Diflourinated Phenazine (DFPz) is used as acceptor unit in PSC. And Benzodithiophene was used as donor unit in PSC.<sup>2</sup> To investigate the effect of alkyl chain, decyl hexyl, butyl octyl, , ethyl hexyl alkyl chain were introduced.<sup>3</sup> As a result, it was observe that the polymer with butyl octyl chain has better performance than the other polymers. It's because polymer with BO chain have proper alkyl chain for device performance. In summary, the polymer with BO chain (PBDT-DT-DFPz-BO) achieved 4.24% of PCE.

## **Reference**

1. Hashemi D, Ma X, Ansari R, Kim J, Kieffer J. Design principles for the energy level tuning in donor/acceptor conjugated polymers. *Phys Chem Chem Phys*. 2019;21(2):789-799.
2. Liu M, Gao Y, Zhang Y, Liu Z, Zhao L. Quinoxaline-based conjugated polymers for polymer solar cells. *Polym Chem*. 2017;8(32):4613-4636.
3. Chen Y, Geng Y, Tang A, Wang X, Sun Y, Zhou E. Changing the  $\pi$ -bridge from thiophene to thieno[3,2-: B] thiophene for the D- $\pi$ -A type polymer enables high performance fullerene-free organic solar cells. *Chem Commun*. 2019;55(47):6708-6710.



# D-A Type Conjugated Polymers with Strong Electron-Withdrawing Cyano-Substituent for Organic Photovoltaic Cells

**Mun Ho Yang<sup>1</sup>, Ho Cheol Jin<sup>2</sup>, Joo Hyun Kim<sup>2</sup>, Dong Wook Chang<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Industrial Chemistry, Pukyong National University,*

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

We synthesized three D-A type conjugated polymers for photovoltaic applications. To construct the D-A type architecture, the electron-donating alkyl-thienyl substituted benzodithiophene (BDT) was linked to three different electron-accepting units, respectively. Furthermore, the strong electron-withdrawing cyano-group was incorporated into the three electron-accepting units to afford three different polymers. After confirming the structural features, the optical, electrochemical properties, and photovoltaic properties of all polymers were investigated. These polymer devices were fabricated based on an inverted-type device with the structure of ITO /ZnO /Polymer:PC<sub>71</sub>BM /MoO<sub>3</sub> /Ag. Three polymer solar cells based on the cyano-substituted conjugated polymers showed high open-circuit voltages ( $V_{oc}$ ). The highest power conversion efficiency of 4.59% was obtained from the device based on the cyano-substituted conjugated polymer which contains the electron-accepting benzothiadiazole unit.

## References

1. Liu, X et al. Theoretical investigations on fluorinated and cyano copolymers for improvements of photovoltaic performances. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 16, 311-323 (2014).
2. Li, W et al. A general approach toward electron deficient tirazole units to construct conjugated polymers for solar cells. *Chem. Mater.*, 27, 6470-6476 (2015).

# Comparison of efficiency between BDT and BDTT based on Fluorinated Phenazine

Jin Han Lee, Youngeup Jin\*

---

Organic solar cells are promising eco-friendly energy. Organic solar cells are inexpensive and flexible. But efficiency is still a problem for solar cells to be commercialized, so we used a D-A structure which can controls energy levels of polymers to formulate proper energy level of polymers.<sup>1</sup> Difluorinated phenazine(DFPz) composed of butyl octyl alkyl chain was used as an acceptor unit, and difference of performance was compared by using BDT and BDTT as a donor unit. As a result, DFPz synthesized with BDTT showed better performance than DFPz synthesized with BDT. The HOMO of BDTT-DFPz was reported lower than that of HOMO of BDT-DFPz, which resulted in increased Voc. FF were also improved, giving BDTT-DFPz better PCE. This was predicted to have expanded  $\pi$  conjugated structure due to the added thiophene, which may have improved the charge mobility.<sup>2</sup> Therefore, it was found that BDTT-DFPz showed 5.28% PCE, whereas BDT-DFPz showed 4.24% PCE.

## Reference

1. Hashemi D, Ma X, Ansari R, Kim J, Kieffer J. Design principles for the energy level tuning in donor/acceptor conjugated polymers. *Phys Chem Chem Phys*. 2019;21(2):789-799. doi:10.1039/c8cp03341b
2. Urieta-Mora J, García-Benito I, Zimmermann I, et al. Tetrasubstituted Thieno[3,2- b]thiophenes as Hole-Transporting Materials for Perovskite Solar Cells. *J Org Chem*. 2020;85(1):224-233.

# Fluorine Substituted Phenazine Based Conjugated Polymers to Achieve High Performance OPVs

**Sang Hun Ahn<sup>1</sup>, Young Eup Jin<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Pukyong National University,

Recently, energy demands and consumption are growing rapidly. Eco-friendly energy includes solar, geothermal, wind, hydro, and so on. Among these energies, solar energies has many advantages. Polymer solar cells based on polymer materials have drawn attraction in the people.<sup>1</sup> For the same reasons such as affordable cost according to the solution process, light weight, flexibility.<sup>2,3</sup> The novel conjugated polymers: PBDTT-DT-DoDFPz and PBDTT-DT-BODFPz, were synthesised by using stille coupling reaction and studied. The Photovoltaic property of the polymers that PBDTT-DT-DoDFPz showed 7.17 mA/cm<sup>2</sup> of Jsc, 0.66V of Voc, 0.58 of FF and 2.73% of PCE and PBDTT-DT-BODFPz showed 11.58 mA/cm<sup>2</sup> of Jsc, 0.79V of Voc, 0.57 of FF and 5.28% of PCE. These results show that change of alkyl chain form helps improving the efficiency<sup>4</sup>

## Reference

1. Yao H, Ye L, Zhang H, Li S, Zhang S, Hou J. Molecular design of benzodithiophene-based organic photovoltaic materials. *Chem Rev.* 2016;116(12):7397-7457.
2. Hashemi D, Ma X, Ansari R, Kim J, Kieffer J. Design principles for the energy level tuning in donor/acceptor conjugated polymers. *Phys Chem Chem Phys.* 2019;21(2):789-799.
3. Zhang XZ, Wang JX, Sun YJ, Zhan HW. Synthesis of quinoxaline derivatives catalyzed by PEG-400. *Chinese Chem Lett.* 2010;21(4):395-398.
4. Hu H, Jiang K, Yang G, et al. Terthiophene-Based D-A Polymer with an Asymmetric Arrangement of Alkyl Chains That Enables Efficient Polymer Solar Cells. *J Am Chem Soc.* 2015;137(44):14149-14157.

# 알루미늄 주물공정에서 발생하는 비산분진 확산 차단 및 포집을 향상 위한 에어커튼 적용 시험

권인근<sup>1</sup>, 황상연<sup>1</sup>, 정석우<sup>1</sup>, 이지은<sup>1\*</sup>

고등기술연구원

## The test of the air curtain application for blocking effect on diffusion of dust from the aluminum production casting with improving collection efficiency

Ingoo Kwon<sup>1</sup>, Sangyeon Hwang<sup>1</sup>, Sukwoo Jung<sup>1</sup>, Jieun Lee<sup>1\*</sup>

*Institute for Advanced Engineering*

최근 경기침체 등으로 인해 어려움을 겪고 있는 뿌리산업 중 하나인 주물 제조 분야에서는 열악한 작업환경과 민원 등으로 경영환경이 더욱 악화되고 있다. 본 연구의 대상이 되는 알루미늄 주물 제조 공장은 스크랩(Scrap)등의 원료를 용해로에 투입하여 700℃ ~ 730℃의 고온에서 가열 용해하는 방법으로 빌렛(Billet)와 잉곳(Ingot)등의 알루미늄 제품을 생산하는데 공정 중 용해로에 원료를 투입하는 과정에서 다량의 미세 분진이 발생하고 있으며 적지 않은 양이 후드 밖으로 배출되어 작업장 내 비산되고 일부는 공장 외부 대기 중으로 유출되고 있다.

본 연구에서는 알루미늄 주물 제조 공정 중 용해로에 원료를 투입하는 과정 중 용해로 입구에서 발생하는 비산분진을 효과적으로 포집하기 위해 댐퍼시스템을 설치하였으며, 원료 투입 시 순간적으로 많이 발생하는 비산분진을 효율적으로 포집하기 위해서는 분진의 확산을 차단하여 포집 효율을 향상시키는 에어커튼이 필요하다고 판단하며, 연구의 대상이 되는 알루미늄 주물 제조 공장에 설치하였다. 설치된 에어커튼은 용해로 운전절차에 따라 후드 댐퍼와 연동하여 작동하도록 제어시스템을 구축하였으며, 설치 완료 후 작업장 내 분진 농도를 측정하여 성능평가를 진행하였다.

### 사사의 글

이 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 ('20007796')

**Key words** : Air Curtain, Air Nozzle, 비산분진 차단 및 포집

## 액적 접촉 충전 현상에 기반한 임베디드 미세유체 시스템 개발

배서준<sup>1</sup>, 임도진<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>부경대학교, <sup>2</sup>부경대학교

기존의 미세유체 시스템은 연속 유체를 이용하고 있지만 미세유체 시스템을 이용한 실험 조건의 수가 증가하게 되면 장치의 크기 역시 비례하여 증가하는 문제를 가지고 있다. 이러한 문제를 개선하기 위해 연속 유체 방식이 아닌 액적 방식의 미세유체 시스템의 개발이 많은 관심을 받고 있다. 최근 연구되고 있는 액적 기반의 미세유체 시스템은 기존의 시스템과 비교하여 유체의 형태가 연속 유체 흐름에서 액적의 형태로 변화하였지만 유체의 구동 방식은 기존의 장치와 동일하게 공기압, 진공펌프 등을 이용하고 있다. 이런 유체 구동 방식은 전체 미세유체 시스템의 크기를 크게 만들고, 유체의 흐름을 제어하는데 많은 에너지를 사용한다. 그래서 본 연구에서는 액적 접촉 충전현상 (Electroporation of charged droplet)을 이용하여 미세유체 시스템 내부의 액적을 제어하고, 이를 아두이노, 라즈베리파이와 같은 임베디드 시스템과 연동하는 것으로 미세유체 시스템을 소형화하여 적은 양의 에너지를 사용하여 미세유체 시스템을 구동하고자 한다.

# **Dopamine coated halloysite nanotube embedded in PVA/PVAm membrane for pervaporation dehydration of ECH/IPA/Water mixtures**

**Seungyong Choi<sup>1</sup>, Shivshankar Chaudhari<sup>1</sup>, MyungJun Moon<sup>1</sup>, Kieyong Cho<sup>1</sup>, MinYoung Shon<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Industrial Chemistry, Pukyong National University*

---

Abstract: In order to find an alternative for classical distillation in the recovery of ECH/IPA from azeotropic ECH/IPA/water (50/30/20 w/w, %) mixtures, a pervaporation process has been applied. Pervaporation dehydration of ECH/IPA containing ternary feed mixture were studied using the dopamine coated HNT embedded PVA/PVAm membrane. The dopamine coating of HNT surface was performed aim to generate the hydrophilic moieties on the HNT surface and XPS analysis was used to confirmed the successful generation PDA coating on HNT surface. FE-SEM analysis were performed for morphology of membrane surface and cross section. The pervaporation dehydration characteristics for azeotropic mixture of (50/30/20 ECH/IPA/water w/w,) at 40 °C, membrane was tested.

## 리그닌 폐액에서 $\text{Na}^+$ 및 $\text{K}^+$ 제거하기 위한 중공사막의 제작 및 성능

장학룡, 이승환, 박정훈\*

동국대학교 화학생물공학과

## Preparation and Properties of Hollow Fiber Membrane for Removal $\text{Na}^+$ and $\text{K}^+$ in Lignin Wastewater

Xuelong Zhuang, Seung Hwan Lee, Jung Hoon Park\*

*Department of Biochemical & Chemical Engineering, Dongguk University, Seoul 04620, Korea*

Each ton of product consumes 20,000 to 60,000 gallons of paper pulp during papermaking. So a large amount of wastewater is generated. According to the industry, wastewater can cause problems, and loss of environmental beauty. In addition, it will increase the amount of toxic substances in the water, kill plankton and fish, and have a great impact on the earth's ecosystem. In this study, the sodium and potassium ions in the lignin wastewater were removed based on the ion exchange method, and the wastewater was further purified. The separation membrane in this study used a coating method to create pores that can pass potassium and sodium ions, but other examples cannot. Using the concentration difference as the driving force, the low-concentration ion exchange solution exchanges sodium and potassium ions through the pores of the separation membrane.

**Acknowledgements:** This research was conducted under framework of the research and development program of The Korea Institute of Energy Research (C0-2427-01)

# NiCu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매를 이용한 비식용 식물성유의 수소화 반응

이성찬, 송윤하, 우희철\*

부경대학교 화학공학과

## Hydrogenation of Non-edible Vegetable Oil over NiCu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts

Seong Chan Lee, Yunha Song, Hee Chul Woo\*

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

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

본 실험에서는 수소화 반응에 적용한 촉매는 NiCu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 이고, Ni/Cu의 몰비는 4/1이며 총담지량은 23.0 wt%인 촉매를 사용하여 활성을 확인하였다. 수소화 반응은 고압 고정층 반응기에서 진행하였고, 반응조건은 공간속도 1 h<sup>-1</sup>, 수소압력 20~50 bar, 원료농도 20~40% 그리고 반응온도는 300~400 °C 범위로 하여 반응표면분석법을 이용하여 최적 조건을 찾고자 하였다. 반응실험결과, 45 bar, 30% 그리고 350 °C에서 활성이 높은 것으로 나타났으며, 수소화 전환율은 76%이며, 탈산소 전환율은 96%로 나타났다. 결론적으로, 비식용 식물유에 포함된 불포화 이중결합과 유기산의 카르복실기(carboxyl group, -COOH)에 포함된 산소를 NiCu/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로부터 수소화 반응에 의해 현저하게 감소되는 것을 확인 하였다.

### 감사의 글

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

### 참고문헌

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



# Transfer hydrogenation of bio-derived phenols over bimetallic NiRe catalysts

**Cheol Woo Park, Jungho Jae**\*

*Department of Chemical and Biomolecular Engineering Pusan National University, Busan, Korea*

The problem of the climate change is getting worse. To alleviate the problem, research into the development of biomass-to-fuel conversion processes has continued to replace fossil fuels, which account for the large portion of carbon emission. Among various thermochemical processes, the pyrolysis of biomass to a liquid fuel, called pyrolysis oil, is the most cost-effective process for the production of biofuels. However, the pyrolysis oil cannot be used as a fuel directly due to its high oxygen content and low calorific value. Hydrodeoxygenation (HDO) of pyrolysis oil in the presence of metal catalysts and under high-pressure H<sub>2</sub> gas can effectively remove the oxygen from biomass molecules, thereby upgrading it to deoxygenated hydrocarbon fuels that can be used as diesel or jet fuel blends [1]. In this study, we investigated the HDO of guaiacol, i.e., a representative model compound of biomass pyrolysis oil, via catalytic transfer hydrogenation (CTH) over supported NiRe bimetallic catalysts using 2-propanol as a hydrogen donor. By doing so, we intended to realize the HDO of pyrolysis oils under milder reaction conditions, which can improve the economics of the HDO process [2]. The nickel-rhenium catalysts with various composition and supported on various oxides (i.e., SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>) were prepared by wetness impregnation, and their physicochemical properties were characterized by XRD, XPS, HR-TEM, STEM-EDS, and H<sub>2</sub>-TPR measurements. Characterization results revealed that bimetallic Ni-Re surface was preferably formed on SiO<sub>2</sub> support. In general, the addition of rhenium led to a significant increase in the nickel dispersion. The catalysis results showed that the HDO of guaiacol to partially deoxygenated cyclohexanol occurred easily at 200°C for 1 h over NiRe bimetallic catalysts, while monometallic Ni/SiO<sub>2</sub> exhibited negligible activity for the HDO of guaiacol, suggesting that the Ni-Re surface is the active site for the CTH of guaiacol.

## **References**

1. Edward Furimsky, APPL CATAL A-GEN, 199 (2000) 147-190
2. Hoda Shafaghat, In-Gu Lee, Jungho Jae, Sang-Chul Jung, Youngkwon Park, Chem. Eng. J., 377 (2019)

# Promoting effect of Cu on a Ag/CeO<sub>2</sub> catalyst for soot oxidation

**Jae Hwan Lee,<sup>1</sup> and Kwan-Young Lee<sup>1,2\*</sup>**

*<sup>1</sup>Korea University, <sup>2</sup>Super Ultra Low Energy and Emission Vehicle (SULEEV) Center*

---

Among the various catalysts for soot oxidation, CeO<sub>2</sub>-based catalysts exhibit remarkable performances. The introduction of Ag could greatly promote the activity of ceria-based catalysts through improving the generation of active oxygen species and transfer to soot, which are important steps for soot oxidation activity. The addition of transition metal groups is known to increase the oxygen storage capacity (OSC) and reducibility of pure ceria, resulting in improved catalytic performance. CuO-CeO<sub>2</sub> catalyst could be a promising candidate catalyst for soot oxidation due to a strong synergistic effect between Cu and Ce species.

Due to the positive synergistic effects of Cu in oxidation reactions, Ag-incorporated CuO-CeO<sub>2</sub> catalysts could be promising candidates for soot oxidation with improved reducibility and ability to generate O<sub>x</sub><sup>•</sup>. However, to the best of our knowledge, no studies have been conducted to investigate Ag incorporated over CuO-CeO<sub>2</sub> catalysts for soot oxidation and the synergistic effects of Cu on Ag/CeO<sub>2</sub>.

In this work, a series of CuO-CeO<sub>2</sub> supports (Cu(x)Ce) with different Cu amounts were prepared and Ag was impregnated into the supports (AgCu(x)Ce) to enhance the activity for soot oxidation. The activities and properties of the catalysts were greatly influenced by complex effects between Ag and CuO-CeO<sub>2</sub>. It was concluded that the presence of synergistic effects between the Ag-CeO<sub>2</sub> and CuO-CeO<sub>2</sub> interactions and the optimum Cu amount for Ag/CuO-CeO<sub>2</sub>, improving the generation of active oxygen species and the reducibility of the catalysts.

# Dehydration of lactic acid to acrylic acid over alkali-ion-exchanged zeolites: Effect of pore structure and acid strength

**Jichan Kim<sup>1</sup>, Hanbyeol Kim<sup>1</sup>, Jae Hyung Choi<sup>2</sup>, Dong-Ha Lim<sup>2</sup>, Jungho Jae<sup>1\*</sup>**

*<sup>1</sup>Pusan National University, <sup>2</sup>Korea Institute of Industrial Technology*

Acrylic acid (AA), which is used for a versatile monomer in the petrochemical industry, is currently produced by the oxidation of propylene derived from naphtha cracking [1]. However, due to the concerns about global warming and increasing global demand of AA, sustainable production of AA from renewable resources has been receiving much attention. In this regard, biomass-derived lactic acid (LA) is being suggested to a promising alternative to propylene. LA can be produced easily by the fermentation of sugar and converted to AA through catalytic dehydration, even though the selective dehydration to AA is yet to be achieved. Because the formation of acetaldehyde is preferable to that of AA from thermodynamic point of view (115 vs 137 kJ/mol) [1], selectivity control in the LA-to-AA conversion is highly challenging. To date, dehydration of LA to AA has been studied using various solid-acid catalysts, including zeolites, hydroxyapatites and heteropolyacids, and zeolite-based catalysts such as Na-Y zeolite show considerable promise, yielding ~60% AA selectivity. Prior works focused on the improvement in the AA selectivity on zeolite catalysts through the control of acid strength by changing the type of alkali ion (e.g., potassium) and of the pore structure (e.g. MFI and Beta). It has been revealed that a suitable balance between acidity and basicity in zeolites can enhance the AA selectivity. However, LA-to-AA dehydration mechanism over zeolites and its relation to acid/base properties of zeolites are not well understood. In this research, we systematically investigated the LA dehydration reaction over a range of zeolite catalysts with various pore structures and finely tuned acid/basicity by using the combination of in-situ FT-IR spectroscopy and kinetic measurements.

## **References**

1. Thomas Bonnotte., Sebastien Paul, Marcia Araque, Robert Wojcieszak, Franck Dumeignil, Benjamin Katryniok, “Dehydration of Lactic Acid: The State of The Art”, Chem. BioEng. Rev., 5(1), 34-56 (2018)

## Modified Deshmukh–Mather model을 이용한 Three Blended Amine(MEA, DIPA, AMP) 혼합 수용액에 대한 이산화탄소 용해도 실험 및 모델링

김승모, 최봉근<sup>1</sup>, 신범주<sup>1</sup>, 문지훈<sup>1</sup>, 문종호<sup>\*</sup>

충북대학교<sup>1</sup>

## Experimental and Modeling Study on CO<sub>2</sub> Solubility in Aqueous Solutions of Three Blended Amine (MEA, DIPA and AMP) Using The Modified Deshmukh-Mather model

Seung-Mo Kim, Bong-Keun Choi<sup>1</sup>, Beom-Ju Shin<sup>1</sup>, Ji-Hun Mun<sup>1</sup>, Jong-Ho Moon<sup>\*</sup>

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

---

It is important issue that reducing emissions of Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) without decreasing fossil fuel usage. Alkanolamine as a chemical solvent is widely used in an absorption process for removal of acid gases from natural, refinery and synthesis gases. Some kinds of solvents are primary, secondary, tertiary, steric hindrance amines and their binary mixtures. Among them, MEA (Monoethanolamine) and DIPA (Diisopropanolamine) is widely used as the solvent for the carbon capture and sequestration (CCS). And AMP (2-amino-2-methyl-1-propanol) is utilized as a stable amine for high CO<sub>2</sub> absorption capacity. In this study, equilibrium solubility characteristics of CO<sub>2</sub> in Three Blended Amines (MEA, DIPA and AMP) and their mixtures were evaluated by using experimental and data and thermodynamic models. The solubility CO<sub>2</sub> was measured at 50, 60, 100, 110 °C. To consider the non-ideality, activity coefficient model, The modified Deshmukh-Mather model is applied and used to estimate interactions between chemical species in the liquid phase. Calculation and optimizations (parameter regression) were conducted by MATLAB® 2020a version. Also, cyclic capacity, heat of absorption, pH can be calculated in each condition.

## 산업단지 내에서 주요 업종에 대한 활성탄 흡착탑에 사용되는 활성탄의 물성 특성 조사 연구

박지윤<sup>1</sup>, 서석원<sup>2</sup>, 이영우<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> 충남대학교 에너지과학기술대학원, <sup>2</sup> 충남대학교 응용화학공학과

## A Study on the Physical Properties of Active Carbon used in the Adsorption Tower Industry in Korea

Ji Yun Park<sup>1</sup>, Seokwon Seo<sup>2</sup>, Young Woo Rhee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University  
99, Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134, Korea,

최근 가속화된 산업화와 더불어 경제성장으로 인하여 세계적으로 경제적, 산업적으로는 성장했으나 심각한 환경문제를 동반하면서 세계적으로 환경문제에 대한 관심과 규제가 높아지고 있다. 많은 산업단지내의 공장에서 휘발성유기화합물(VOCs; Volatile organic compounds) 등의 오염물질을 제거하기 위해 다양한 시설들을 운영하고 있다. 산업에서 배출되는 VOCs에 의한 피해는 산업 내 작업자뿐만 아니라 인근 주민에게까지 미치고 있어 VOCs의 효율적인 처리가 매우 중요하다. 활성탄 흡착탑은 악취가 많이 나는 주요 오염물질 중 하나인 휘발성유기화합물을 흡수하는데 널리 사용된다. 활성탄 흡착탑의 경우 활성탄 파괴주기에 따라 방지시설의 효율이 결정되지만 산업내에서 사용되는 활성탄 교체주기가 실제 제거기간보다 길게 설정되어 악취방지시설로써 제 기능을 하지 못하고 있으며 효율성 제고를 위한 구체적인 방안 제시가 없는 상태이다.

산업 내 냄새가 많이 나는 유기용제와 약품 냄새가 가장 많이 감지되는 표준산업분에 따른 업종은 금속가공제품 제조업; 기계 및 가구제외(25)업종과 화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외(20)업종이다. 금속가공제품 제조업은 금속제품 표면에 도장하는 업체가 많이 입주해 있어 도장 공정에서 사용하는 페인트 및 용제 냄새가 많이 감지되는 것으로 판단된다. 화학물질 및 화학제품 제조업은 원료상태의 합성고무, 플라스틱 물질, 화학섬유 등의 첨가제가 주를 이루고 있어 냄새가 많이 감지되는 것으로 판단된다.

활성탄의 VOCs 제거 성능에 대한 업종별 조사 연구가 미흡한 상태이고, 활성탄 흡착탑에 장입되는 활성탄의 요구조건이 없어 현장에서 성능이 낮은 값싼 활성탄을 사용할 개연성이 높다. 따라서 산업내에 주요 업종에 대하여 흡착탑의 물성특성을 분석하였다.

## 전기방사한 ZIF 기반 $\text{FeCo}_2\text{O}_4$ /탄소나노파이버를 이용한 리튬이온전지의 전기화학적 특성

남기천, 김은미, 정상문\*

충북대학교

## Electrochemical Properties of Electrospun ZIF Derived $\text{FeCo}_2\text{O}_4$ /Carbon Nanofibers for Lithium Ion Battery Applications

Ki Cheon Nam, En Mei Jin, and Sang Mun Jeong\*

Chungbuk National University

Zeolite imidazolate framework(ZIF)는 높은 다공성과 넓은 비표면적을 가진 금속-유기 골격계 소재로 전이금속 (Fe, Co, Cu, Zn)이 균일하게 분포되어 있는 전구체로써 다공성 탄소 소재와 금속 산화물로의 변형이 가능하다[1]. 다양한 전이금속 산화물 중에서  $\text{Co}_3\text{O}_4$ 는 높은 이론용량 ( $890\text{mAh g}^{-1}$ )과 전기화학적 안정성이 우수하여 에너지 저장 소재로 많은 관심을 받고 있다 [2]. 그러나  $\text{Co}_3\text{O}_4$ 는 낮은 전기 전도도와 장기 안정성 저하로 인한 개선이 필요하다[2]. 따라서 본 연구에서는 Co의 일부를 다른 전이금속 이온(Fe, Ni, Zn, etc.)으로 치환하여 FeCo ZIF를 제조하였고, 이를 Polyacrylonitrile(PAN)과 혼합하여 전기방사, 탄화 및 산화 과정을 통하여 최종적으로 나노파이버구조의  $\text{FeCo}_2\text{O}_4$ 의/CNF 복합체를 제조하였다. 제조된  $\text{FeCo}_2\text{O}_4$ 의/CNF 복합체는 리튬이온 이차전지의 음극 소재로 활용하여 전기화학적 특성을 분석하였다.  $\text{FeCo}_2\text{O}_4$ 의/CNF 복합체를 이용한 리튬이온 이차전지는 ZIF 기반 순수  $\text{FeCo}_2\text{O}_4$ 에 비해  $490\text{mAh g}^{-1}$  높은  $800\text{mAh g}^{-1}$ 의 방전용량( $0.5\text{A g}^{-1}$ )과 93% 용량유지율 (200사이클)을 나타내었다.

### 참고문헌

1. Cai, P., et al., "ZIF-67 derived nickel cobalt sulfide hollow cages for high-performance supercapacitors," *Appl. Surf. Sci.*, 504, 144501 (2020).
2. Sivasankar, K., et al., "Carbonization and Preparation of Nitrogen-Doped Porous Carbon Materials from Zn-MOF and Its Applications," *Materials.*, 13(2), 264 (2020).
3. Han, Y, Li, J., et al., "Zinc/Nickel-Doped Hollow Core-Shell  $\text{Co}_3\text{O}_4$  Derived from a Metal-Organic Framework with High Capacity, Stability, and Rate Performance in Lithium/Sodium-Ion Batteries," *Chem. Eur. J.*, 24(7), 1651-1656 (2018).

---

## Nickel iron LDH arrays as robust electrocatalysts for oxygen evolution reaction

Kyoung Ryeol Park<sup>1</sup>, Jae-eun Jeon<sup>1</sup>, Nuri Oh<sup>1</sup>, Sungwook Mhin<sup>2</sup> and Chisung Ahn<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> Hanyang University, <sup>2</sup> Kyonggi University, <sup>3</sup> Korea Institute of Industrial Technology

---

Electrochemical water splitting via electrolysis has been actively studied to produce a sustainable hydrogen source for eco-friendly and efficient renewable energy. Currently, noble metal-based oxides, such as RuO<sub>2</sub> and IrO<sub>2</sub>, show high electrochemical performance of water splitting. However, the scarcity and high cost of these noble metals severely hinder their large-scale practical application. Alternatively, many researcher have been intensively focused on the development of transition metal-based electrocatalysts, including the oxides, sulfides, nitrides, and phosphides. In this work, facile synthesis of the NiFe-layered double hydroxides (LDHs) directly grown on nickel foam for high-performance electrocatalyst is proposed using hydrothermal method. NiFe-LDH shows the lowest overpotential of 262 mV at a current density of 100 mA cm<sup>-2</sup>, indicating the best OER catalytic activity in 1.0 M KOH. Combined with structural characterization of the NiFe-LDH, electrocatalytic mechanism of the oxygen evolution reaction (OER) in alkaline electrolyte is discussed.

# Bifunctional CoS<sub>2</sub>/CoFeS<sub>2</sub>/CNT nanohybrid electrocatalyst for oxygen reduction and oxygen evolution reaction

**Jae-eun Jeon<sup>1</sup>, Kyoung Ryeol Park<sup>1</sup>, Nuri Oh<sup>1</sup>, Sungwook Mhin<sup>2</sup> and Chisung Ahn<sup>3\*</sup>**

*<sup>1</sup>Hanyang University, <sup>2</sup>Kyonggi University, <sup>3</sup>Korea Institute of Industrial Technology*

---

The depletion of fossil fuels and global warming have led to development of high efficiency green and renewable energy sources and technologies to resolve the environmental pollution issue. The high-rate oxygen reduction (ORR) and oxygen evolution reaction (OER) at lower overpotentials are of great importance to the enhancement of energy utilization rate and output power in these green energy systems. To date, platinum (Pt) is the most efficient electro catalyst for ORR, while ruthenium (RuO<sub>2</sub>) and iridium (IrO<sub>2</sub>) oxides exhibit the best electrocatalytic performance for OER with high cost. Therefore, alternative low-cost electrocatalysts with high activity towards both ORR and OER are highly desired. In an effort to explore the economic and practical alternatives, nonprecious transition metal based compounds have been lately studied.[8-10] Among OER/ORR catalysts, transition metal oxides have gained gradual attention due to their high OER/ORR activity. Also, it is reported that carbon based materials such as carbon nanotubes (CNT) and graphene can boost the OER/ORR properties of the transition metal oxides based catalysts.

Herein a novel and facile approach for synthesis of CoS<sub>2</sub>/CoFeS<sub>2</sub>/CNT nanohybrid is presented. The CoS<sub>2</sub>/CoFeS<sub>2</sub>/CNT demonstrates the high electrocatalytic activity for the ORR (onset potential 0.94 V) and OER (290 mV at 10 mA cm<sup>-2</sup>). Particularly, it exhibited the lowest overpotential of OER activity compared to IrO<sub>2</sub>, and was similar with ORR activity of Pt/C. Based on our results, we suggest that the CoS<sub>2</sub>/CoFeS<sub>2</sub>/CNT is one of candidates as a promising bifunctional catalysts for water splitting reactions.



## 금속-유기 골격체로부터 유도된 탄소 코팅 전이금속 셀렌화물과 MXene의 복합화를 통한 신규 소듐 이온 전지 소재 개발

오홍근<sup>1</sup>, 박승근<sup>\*</sup>

공주대학교<sup>1</sup>, 공주대학교<sup>\*</sup>

리튬 이온 전지는 현재 가장 널리 쓰이고 있는 2차 전지이다. 그러나 리튬의 매장량에 한계가 있어 이를 대체하기 위해 소듐을 이용한 전지를 연구하기 시작하였다. 소듐 이온 전지는 소듐의 풍부한 자원으로 인한 소듐의 낮은 비용과 리튬 이온 전지와 유사한 전기 화학적 저장 메커니즘으로 리튬이온 전지에서 사용하는 기술을 이용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 리튬 이온에 비해 소듐 이온의 큰 반경은 이온 전달 효율을 떨어뜨리고 소듐이온의 삽입 / 탈리시 전극재의 급격한 부피 변화를 일으킨다. 따라서 소듐 이온 배터리에 사용할 수 있는 적합한 새로운 전극 소재 개발의 중요성이 대두되었다. 본 연구에서는 신규 소듐 이온 전지의 음극 소재의 개발로 MXene과 금속-유기 골격체(Metal-Organic Frameworks, MOF)를 합성한 후 열처리를 하여 나노 시트 표면에 탄소로 코팅된 전이금속 셀렌화물을 코팅하여 고유한 2차원 구조를 가지는 나노 복합재를 제작하였다. 주사 전자 현미경과 X선 회절 분석기를 통하여 MXene의 표면에 탄소로 코팅된 전이금속 셀렌화물을 확인할 수 있었다. 코인 셀 평가를 통해 복합재의 전기화학적 특성을 분석한 결과, 전이금속 셀렌화물과 MXene의 복합재가 안정된 수명 특성과 뛰어난 출력 특성을 보여주어 소듐의 음극재로서 적합하였다. 이를 통해 전이금속 셀렌화물과 MXene과의 복합재는 향상된 전기 화학적 특성뿐만 아니라 새로운 소듐이온 전지의 전극으로서 우수한 소듐 이온 저장 능력을 확인하였다.

## 팔라듐 복합 분리막을 이용한 수소정제 기술에 관한 연구

도한영<sup>1,3</sup>, 김창현<sup>2,3</sup>, 한재윤<sup>2,3</sup>, 김한성<sup>1\*</sup>, 이신근<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>연세대학교, <sup>2</sup>고려대학교, <sup>3</sup>한국에너지기술연구원

### A study on hydrogen purification using the Pd composite membrane

**Han Young Do<sup>1,3</sup>, Chang Hyun Kim<sup>2,3</sup>, Jae Yun Han<sup>2,3</sup>, Han Sung Kim<sup>1\*</sup>, Shin Kun Ryi<sup>3\*</sup>**

<sup>1</sup>Yonsei University, <sup>2</sup>Korea University, <sup>3</sup>Korea Institute Energy of Research (KIER)

수소는 화석연료 기반 수소생산, 화학공정의 부생가스에서 추출을 통한 수소생산, 수전해를 통한 수소생산 등 다양한 공정을 통해 생산되고 있다. 이렇게 생산된 수소에는 이산화탄소를 비롯하여 일산화탄소, 탄화수소, 수분 등 불순물이 존재한다. 하지만 여러 산업분야에서 사용되는 연료전지를 구동하기 위해서는 일산화탄소 농도가 20 ppm 이하의 고순도 수소(>99 %)가 필요하다[1]. 일반적으로 대용량 수소 생산 공정에서 수소 정제는 주로 Pressure Swing Adsorption (PSA)와 getter 공정을 통해 고순도 수소를 생산하지만, 설비 대형화 및 복잡성 문제로 중·소형급 수소정제 시설이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 중·소형급 연료전지용 수소연료 공급을 위해 소규모 수소 정제 시스템 구성이 용이한 팔라듐 복합 분리막을 이용한 수소 분리/정제 공정을 통해 수소 정제(>99.9 %)에 관한 연구를 진행하였다. 수소 정제용 분리막은 직경 1/2inch, 길이 45cm인 Inconel 600 소재의 튜브형 다공성 금속 지지체 위에 paste blowing coating방식을 통해 확산 방지막을 코팅한 후 electroless plating을 통해 팔라듐 박막을 코팅하여 제조하였다[2]. 제조된 분리막은 튜브형 정제기를 구성하여 수소 분리/정제 실험을 진행하였다. 실험조건은 반응온도 350 ℃, 분리막 차압을 20 bar 이상으로 유지하여 수소 67.2 %, 이산화탄소 22.1 %, 일산화탄소 2.8 %, H<sub>2</sub>O 7.9 %로 조성된 모사 합성가스를 투입하였다. 정제된 가스는 bubble flow meter를 통해 유량을 측정하고, gas chromatography를 통해 가스 조성을 분석하였다. 그 결과 350 ℃, 20 bar 이상의 공정조건에서 수소가 99.999 %로 분리/정제 되었고 나머지 불순물의 농도는 이산화탄소 0.43 ppm, 일산화탄소 0.6 ppm, 메탄 0.23 ppm으로 낮게 검출이 되었다. 위 연구내용을 통해 분리막 정제기를 통해 생성된 고순도 수소가스는 중·소형급 연료전지의 연료로서 적합함을 알 수 있다.

#### 참고문헌

1. P. Krishnan, J.S. et al. Performance of a poly (2, 5-benzimidazole) membrane based high temperature PEM fuel cell in the presence of carbon monoxide, *J. Membr Sci* 279, 817-823 (2006).
2. Kim CH et al. Methane steam reforming in a membrane reactor using a high-permeable and low-selective Pd-Ru membrane. *Korean J Chem Eng* 34.1260e5 (2017)

---

# Preparation of booster biocide for antifouling paint and test of antifouling performances

Dong Uk Lee, Huang Xiao, Ming Young Shon, Myung Jun Moon\*

*Pukyong National University*

---

Marine antifouling paints are specialized coatings that are used to protect submerged structures such as ships or offshore from biofouling organisms. The occurrence of biofouling organisms on the hulls of ships can have significant environmental and economic implications. One of the main problems with biofouling is related to increased friction due to the physical presence of the organisms on the vessel surface. biofouling can cause a reduction in vessel speed and maneuverability and increased weight, resulting in an overall increase in fuel consumption and cost. [1] So, antifouling paints are needed to reduce fuel consumption, but the environmental implications of antifouling biocides have been well-known.[2,3] Thus, antifouling should be reduce biofouling from marine organisms simultaneously with lowering to use the amount of biocides. Biocide booster, as functionalized non-toxic substances, also can help reduce using biocides.

## **References**

1. Yebra DM et al., “Antifouling technology – past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings.” *Prog. Org. Coat.*, 50, 75–104 (2004).
2. Schiff K, et al., “Extent and magnitude of copper contamination in marinas of the San Diego region, California, USA.” *Mar. Pollut. Bull.*, 54, 322–328, (2007).
3. Katranitsas, A et al., "The effects of a copperbased antifouling paint on mortality and enzymatic activity of a non-target marine organism.", *Marine Pollution Bulletin* 46(11), 1491-1494, (2003).

# Studies of Marine bacterial inhibition of tourmaline for Anti-fouling coating

HUANG XIAO, Dong Uk Lee, Min Young Shon, Myung Jun Moon \*

*Pukyong National University*

---

Tourmaline has unique electrical properties that originated from its crystal structure, such as pyroelectricity, piezoelectricity and emission of anion. These properties can derivate the making of feeble current around 0.06 mA. This weak current enables to electrolyze seawater continuously and results in the sodium hypochlorite,  $Cl_2$ , HClO and  $ClO^-$  made on the surface of the coating, these strong oxidants are toxic for the marine bacterial with this inhibit the bio-activity and the attachment of marine bacterial. In this paper, six kinds of tourmaline were tested for the filling materials of antifouling paints. By measuring the properties of tourmaline samples such as FT-IR, SEM, Particle size, X-ray fluorescence analysis and utilized colony-forming units evaluated the impacts of tourmaline mineral on inhibition of marine bacterial. The results indicate that tourmaline can restrain the growth of marine bacterial. It predicates the application potential of tourmaline in new non-toxic marine antifouling coating.

**Keywords:** Tourmaline, antibacterial, marine antifouling coating

# High mechanical properties of PVA/CNF blending membrane with superior pervaporation dehydration performance in Hexane diol/water feed system

HyeonTae Shin<sup>1</sup>, Shivshankar Chaudhari<sup>1</sup>, KieYong Cho<sup>1</sup>,  
MyungJun Moon<sup>1</sup>, MinYoung Shon<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>*Department of Industrial Chemistry, Pukyong National University,  
San 100, Yongdang-Dong, Nam-Gu, Busan 608-739, Korea*

Poly (vinyl alcohol) (PVA) has been widely used in pervaporation dehydration of various solvent, because of its hydrophilicity, film forming property, robust and high chemical resistance. A critical barrier to their use is a lack of sufficient mechanical properties. To overcome this problem, this work was devoted to reinforcement of polyvinyl alcohol (PVA) using cellulose nanofibers(CNF). PVA-CNF blending membrane showed that incorporation of even small amounts of nanofibers (as low as 2% by weight) had significant effects on both the young modulus and tensile strength of PVA films. Additionally, PVA/CNF blend membrane showed low swelling degree in 75/25 Hexane diol/water feed system. Samples with higher concentrations of nanofibers showed improved mechanical properties attributed to a high level of interfacial adhesion and good dispersion of fibers in PVA polymer chain. As CNF have hydrophilic functional group, therefore compared to neat PVA membrane PVA/CNF blend membrane exhibits lower water contact angle. In pervaporation separation output with 75/25 Hexane diol/water at 50 °C, showed that PVA with higher CNF content of blending had higher flux ( ) with negligible difference separation factor was observed. From all the experimental data, it was concluding that, PVA/CNF blend membrane had a high mechanical strength, durability and good pervaporation dehydration ability in terms of flux.

**Keywords:** Pervaporation, Poly (vinyl alcohol) (PVA), Cellulose nanofiber, Hexane diol

## 탄소 코팅 실리콘 나노 입자와 맥신으로 구성된 리튬 이온 배터리 신규 복합재료 개발

조두열<sup>1</sup>, 나정호<sup>2</sup>, 박승근<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>공주대학교, <sup>2</sup>공주대학교, <sup>3</sup>공주대학교

리튬 이온 배터리 (lithium ion batteries, LIBs)의 음극 소재로서 실리콘 (Si)은 풍부한 자원과 낮은 작업 전위, 그리고 높은 이론 용량이라는 강점을 가진다. 하지만, 낮은 전도성과 심한 부피 팽창이 수반되는 충방전 과정에서 출력 및 수명특성이 심각하게 저하된다는 문제점을 가진다. 따라서, 이를 해결하기 위한 실리콘 기반 고성능 음극 소재의 합리적인 합성 전략이 요구된다.

본 연구는 질소 도핑된 탄소로 코팅한 실리콘 (Si@N-doped carbon, Si@NC)과 차세대 소재인 맥신 (MXene)의 합성 (Si@NC/MXene)을 통해 구조적 강도와 전도성을 향상시켜 고성능 음극 소재 개발을 고안했다. 합성을 위해, 수용액 상에서 실리콘 나노입자의 폴리도파민 코팅을 이뤘다. 이는 맥신과 혼합된 후 진공 필터를 통해 시료로 얻어졌고 비활성 분위기의 고온 열처리에서 코팅된 폴리도파민을 질소 도핑된 탄소로 전환시켰다. 복합화된 샘플은 주사 및 투과 전자 현미경과 X-ray 회절 분석 등 각가지 분석을 통해 코팅 및 결합 등의 합성 상태를 확인했으며, 코인 셀 (coin cell) 평가를 기반으로 전기화학적 특성을 분석했다. 기본적인 Si 및 Si@NC와 비교했을 때, 복합화된 Si@NC/MXene 샘플은 수명 특성 (cycling stability)과 출력 특성 (rate capability) 등 여러 면에서 우수한 성능을 도출했다. 결론적으로, 본 연구의 방향성에 부합된 복합화는 실리콘 소재의 고질적인 문제점을 타개할 수 있음을 확인했다.

# Pervaporation separation of ternary feed mixture containing epichlorohydrin/ isopropanol/water using graphene oxide incorporated polyvinyl alcohol-tetraethyl ortho silicate coated on alumina hollow fiber membrane

Shivshankar Chaudhari<sup>1</sup>, HyeonTae Shin<sup>1</sup>, KieYong Cho<sup>1</sup>, MyungJun Moon<sup>1</sup>,  
MinYoung Shon<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>*Department of Industrial Chemistry, Pukyong National University,  
San 100, Yongdang-Dong, Nam-Gu, Busan 608-739, Korea*

Graphite nano powder oxidized to the prepared graphene oxide nano sheet and they were incorporated in to the polyvinyl alcohol (PVA)-tetraethyl orthosilicate (TEOS) solution. The GO-PVA-TEOS solution coated on the surface of nano porous (AHF) membrane. The GO nano sheet was characterized by using the FTIR, XPS, TGA, EA, XRD and FE-SEM techniques. The pore size and element composition on the AHF was determined by using the FE-SEM and EDS techniques. The coating thickness of GO-PVA-TEOS membrane layer on the AHF was measured by using the FE-SEM analyses. FTIR analysis of the membrane performed to the confirm the condensation reaction between in the PVA and TEOS. Pervaporation dehydration of ECH/IPA/water was conducted at various operating condition by using the with or without incorporated PVA-TEOS AHF membranes. In pervaporation out, quantitatively with addition of GO from 0 to 1.5 wt.% GO in the PVA-TEOS, the flux declined from 0.17 to 0.09 (kg/m<sup>2</sup>h) and while separation factor increased sharply from 1450 to 4844 was reported with feed consist of ECH/IPA/water (50/30/20, w/w, %) solution at 30 °C. While increased of temperature of feed temperature, 1.0 wt.% GO incorporated membrane showed superior performance compared to the pristine PVA-TEOS membranes. In long term pervaporation stability evaluation of 1.0 wt.% GO membrane, the separation efficiency remained constant while increasing the flux was reported.

**Keywords:** Pervaporation, Poly (vinyl alcohol) (PVA), Graphene oxide, surface coating, Epichlorohydrin.

## 질소 도핑된 탄소와 몰리브덴 셀렌화물로 구성된 계층적구조의 나노튜브 개발 및 소듐 이온 전지 음극재로의 응용

임고은, 박승근\*

공주대학교 화학공학부

---

몰리브덴 셀렌화물은 넓은 층간 간격을 가지는 전이금속칼코젠 화합물이다. 이온반경이 큰 소듐의 특성을 감안하여 소듐이온전지의 음극재로서 주목받지만 낮은 전자전도도, 충방전 중 소재의 큰 부피변화, 층끼리 달라붙는 현상으로 인해 사이클 안정성 및 소듐이온 확산속도의 저하를 일으킨다. 본 연구에서는 이를 보완점으로 삼아 질소 도핑된 탄소가 복합화된 계층적구조의 몰리브덴 셀렌화물 나노튜브를 합성하였다. 질소 도핑된 탄소와의 복합화를 통해 전도성과 화학적 활성을 향상시키고, 계층적 튜브 구조를 통해 충방전 동안의 부피 팽창을 완화했다. 또한 소재의 큰 비 표면적은 전극과 전해질 간의 접촉 면적을 증가시켜 빠른 이온 전달을 돕는다. 소듐이온전지 음극재로서 특성을 분석한 결과, 향상된 전기전도도와 높은 사이클 안정성을 확인했다.



# Hydroxyapatite-Doping on Na-W-Mn/SiO<sub>2</sub> Catalysts for Oxidative Coupling of Methane

**ByungJin Lee<sup>1</sup>, Jae Hwan Lee<sup>1</sup>, Geun-Ho Han<sup>1</sup>, Kwan-Young Lee<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University,  
145, Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul 02841, Republic of Korea*

Since the recent shale gas boom, the price of methane has remained low, which makes gas chemistry for production of light olefins using methane more competitive. Considering its massive reserves, a route for converting methane to valuable chemicals is meaningful, and it has been extensively investigated [1]. Oxidative coupling of methane (OCM) is used to directly synthesize C2 compounds, such as ethylene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) and ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) from methane. In the OCM reaction, high operating temperature (above 700°C) and suitable catalyst are required to activate extremely stable methane. Regarding OCM catalyst, sodium-tungsten-manganese supported on silica (Na-W-Mn/SiO<sub>2</sub>), first reported by Li et al., is the most active catalyst, achieving methane conversion and C2 selectivity of 37.7% and 66.9%, respectively [2]. Despite high activity and stability of this catalytic system, the mechanism and characteristics of these catalysts are still not clear, but appropriate composition of each metal loading for maximum C2 yield has been suggested as 5 wt.% Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> and 2 wt.% Mn on SiO<sub>2</sub> support. Hydroxyapatite (Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>; HAp), a non-stoichiometric calcium phosphate ceramic with a Ca/P molar ratio of 1.67 or less, has attracted attention as a promising OCM catalysts due to its thermal stability and ion exchange characteristics. Also, there are two kinds of oxygen species in HAp, phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) and hydroxyl (OH) groups. Particularly, it was reported that hydroxyl group in HAp is active site for oxidative dehydrogenation of alkane [3]. In this study, to enhance the ethylene selectivity, doping of hydroxyapatite (HAp) with phosphate group (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) and hydroxyl group (OH) as oxygen species was applied to Na-W-Mn/SiO<sub>2</sub> catalyst.

## References

1. A. Galadima et al. *J. Ind. Eng. Chem.* 37 (2016) 1.
2. Z.-C Jiang et al. *J. Phys. Chem.* 97 (1993) 12870
3. S. Sugiyama and H. Hayashi. *Int. J. Mod. Phys. B* 17 (2003), 1476

# 황화된 몰리브덴 계열 촉매를 사용한 열분해 바이오매스의 바이오오일 수첨탈산소화 반응

심진기<sup>1,2</sup>, 서동진<sup>2</sup>, 최재욱<sup>2</sup>, 하정명<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup>UST, <sup>2</sup>KIST

지구온난화가 가중되면서 기후변화로 인하여 우리나라도 점점 온대기후에서 아열대 기후로 변하고 있다. 대기중에 급격하게 증가하고 있는 이산화탄소가 그 원인으로 지목되며 이는 인간의 활동에 필요한 에너지원인 화석연료를 사용하면서 주로 발생된다. 이를 대체할 친환경 에너지가 필요하며, 목질계 바이오매스의 열분해 산물인 바이오오일은 공정하여 가솔린과 같은 액체 연료를 얻을 수 있다. 바이오오일을 연료로 사용 시 탄소배출 저감 뿐만 아니라 바이오매스로부터 고부가가치 친환경 케미칼 생산을 위한 저렴하고 무한정 재생성되는 천연원료이다. 그러나 바이오오일의 문제점은 수분을 비롯한 산소 함유량이 높아 연료의 품질을 저하시키므로 수첨탈산소화(HDO) 반응을 통하여 산소를 제거하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 황화처리한 몰리브덴 계열 촉매를 사용하여 연속식 반응기에서 바이오오일의 산소를 제거하고자 하였다.

## 참고문헌

1. Letcher, T.M., 1 - Introduction With a Focus on Atmospheric Carbon Dioxide and Climate Change, in Future Energy (Third Edition), T.M. Letcher, Editor. 2020. Elsevier. p. 3-17
2. Bridgwater, A.V., Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*, 2012. 38: p. 69-94.
3. Bui, V., et al., Hydrodeoxygenation of guaiacol: Part II : Support effect for CoMoS catalysts on HDO activity and selectivity. *Applied Catalysis B: Environmental* 2011. 101: p. 246-255
4. Xu., et al., Upgrading of Bio-Oil Using Supercritical 1-Butanol over a Ru/C Heterogeneous Catalyst: *Role of the Solvent*. *Energy & Fuels*, 2014. 28: p.4611-4621.
5. XDuong, N., Q. Tan, and D.E. Resasco, Controlling phenolic hydrodeoxygenation by tailoring metal-O bond strength via specific catalyst metal type and particle size selection. *Comptes Rendus Chimie*, 2018. 21(3): p. 155-163

---

## Synthesis of Spherical Micro Silicone Resin

주영택, 우승한, 이철우\*

한밭대학교 화학생명공학과/RIC

## Synthesis of Spherical Micro Silicone Resin

Young Tak Joo, Seung Han Woo, Chul Woo Lee\*

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

---

실리콘은 선형 고분자(Silicone oil), 망상구조 실리콘(Silicone resin) 또는 실리콘 고무(Silicone rubber)를 기본 형태로 하고 다른 재료를 복합하여 이형제, 윤활제, 그리스, 페인트, 감압접착제, 화장품 첨가제 등 전 산업분야에서 활용되고 있다. 실리콘 수지는 실리콘의 입자크기에 따라 기능과 특성의 차이가 있으므로 균일한 실리콘 수지는 가공품의 안정한 특성 유지에 매우 중요하다.

본 연구에서는 Sol-Gel 법으로 구형의 마이크로 실리콘 수지 입자를 제조하고 입자의 크기에 따른 특성을 분석하였다. 구형 실리콘 수지의 입자 크기에 영향을 주는 인자로는 반응물의 pH, 전구체의 농도, 반응온도, 교반 속도 등을 고려하였다. 반응물의 pH를 변화시킴으로써 균일한 입도분포를 가지는 구형의 실리콘 수지 제조가 가능하였다.

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

## 마이크로 니들 제조공정 개발

주영택, 이철우\*

한밭대학교 화학생명공학과/RIC

## Development of Microneedle Manufacturing Process

Young Tak Joo and Chul Woo Lee\*

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

---

본 연구에서는 생체 재료를 주원료로 사용하여 마이크로 니들을 제조하였다. 마이크로 니들은 생체재료를 증류수에 용해시킨 후 음각된 PP 몰드에 도포하여 건조시킨 후 몰드에서 분리시켜 200 - 400  $\mu\text{m}$  크기로 제조하였다. 친수성이 큰 니들과 소수성이 큰 몰드의 탈부착 문제를 해결하기 위하여 여러 가지 혼합물을 첨가하여 이들이 니들의 형태와 강도에 미치는 영향을 고찰하였다. 니들의 제조에 영향을 미치는 요인으로서 생체재료와 증류수의 질량비, 반응온도, 건조온도, 그리고 혼합물의 종류와 농도 등을 고려하였다. 최종 생성물의 형태와 크기는 SEM과 광학현미경을 통하여 확인하였고 기공률과 혼합용액의 표면장력은 각각 Mercury Porosimeter와 Surface Tension Tester로 측정하였다. 생체물질과 증류수의 비율, 건조 온도, 첨가제의 종류와 농도 등이 마이크로 니들의 형상과 강도 및 기공률에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

**Keywords:** 마이크로 니들, 생체재료, 약물전달, 표면장력

## Controlled synthesis of TiO<sub>2</sub>-supported PtRe bimetallic nanoparticles for selective hydrogenation of carboxylic acids to alcohols

**Kim Han Ung<sup>1</sup>, and Jungho Jae<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Pusan National University*

Hydrogenation of carboxylic acids is an important organic reaction for the synthesis of alcohols, aldehydes, alkanes, and so on. Selective hydrogenation of carboxylic acids to alcohols is particularly important because alcohols are useful and valuable chemicals. However, the selective hydrogenation of carboxylic acids is difficult due to the low reactivity of the carboxyl group and the acidic property, which require the rational design of catalysts. To date, various monometallic (e.g., Ru and Pt) and bimetallic catalysts (e.g., PtRe, RuRe) have been investigated for the selective hydrogenation of carboxylic acids with various carbon numbers and heteroatoms [1]. In this study, the effects of the catalyst preparation method on the physicochemical properties of PtRe/TiO<sub>2</sub> catalysts and their catalytic activity for the selective hydrogenation of acetic acid to ethanol were investigated. In order to produce highly dispersed bimetallic nanoparticles with uniform sizes and composition, we employed the catalytic reduction method, in which Pt-Re bimetallic catalysts are prepared by a surface redox reaction between hydrogen activated on Pt/TiO<sub>2</sub> and the perrhenate ion, ReO<sub>4</sub><sup>-</sup> [2]. For comparison, three different methods are used: 1) in-situ catalyst reduction, 2) ex-situ catalytic reduction, and 3) conventional wetness impregnation. The prepared catalysts were characterized by HR-TEM, STEM with EDX mapping, in-situ XPS, and H<sub>2</sub>-TPR measurements. The catalytic activity for hydrogenation of acetic acid were measured in liquid-phase using a 80 mL batch reactor. Overall, it was demonstrated that in-situ catalytic reduction method enables the formation of highly dispersed bimetallic PtRe nanoparticles with high selectivity for the hydrogenation of acetic acid.

### References

1. M. Tamura, Y. Nakagawa, K. Tomishige, “Recent Developments of Heterogeneous Catalysts for Hydrogenation of Carboxylic Acids to their Corresponding Alcohols”, *Asian J. Org. Chem.*, 9 126-143 (2020).
2. C.L. Pieck, P. Marecot, J. Barbier, “Preparation of Pt-ReAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts by surface redox reactions I. Influence of operating variables on Re deposit in the presence of hydrochloric acid”, *APPL CATAL A-GEN*, 134 319-329 (1996).

# Synthesis of Quinoxaline Derivatives Conjugated Polymer for Enhanced Polymer Solar Cells Performance

**Ratri Puspita Wardani<sup>1</sup>, Ho Cheol Jin<sup>2</sup>, Joo Hyun Kim<sup>2</sup>, Dong Wook Chang<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Industrial Chemistry, Pukyong National University,*

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

---

Two quinoxaline-based conjugated polymers were synthesized using the Stille coupling reaction for the photovoltaic application. To construct donor-acceptor type conjugated polymers, the electron-donating indacenodithiophene (IDT) and indacenodithieno[3,2-b]thiophene (IDTT) were linked to the electron-accepting quinoxaline unit, in which dimethylamino-substituent was incorporated into the side chain of the quinoxaline to afford PIDT-QxN2 and PIDTT-QxN2, respectively. The inverted-type device with the configuration of ITO/ZnO/Polymer:PC<sub>71</sub>BM/MoO<sub>3</sub>/Ag was fabricated to observe the photovoltaic properties of the polymers. Owing to the more extended conjugation length, PIDTT-QxN2 exhibited the enhancement in the overall device performances than PIDT-QxN2. Hence, this study presents a comprehensive overview of the correlation of polymer structure design and the photovoltaic properties for polymer solar cells.

## **References**

1. Li, Y. et al., "The effect of thieno[3,2-b]thiophene on the absorption, charge mobility and photovoltaic performance of diketopyrrolopyrrole-based low bandgap conjugated polymers," *Journal of Materials Chemistry C*. 1 (45), 7526–7533 (2013).
2. Li, Y. et al., "Indacenodithiophene: A promising building block for high performance polymer solar cells," *Journal of Materials Chemistry A*. 5 (22), 10798–10814 (2017).

## 초임계 압출기를 이용한 온돌 파이프 재활용 연구

이환규<sup>1,2</sup>, 윤호규<sup>2</sup>, 조항규<sup>3</sup>, 배성규<sup>4</sup>, 홍순만<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술연구원, <sup>2</sup>고려대학교, <sup>3</sup>(주)파인애플, <sup>4</sup>(주)동명

## Recycling of ondol pipe using supercritical extruder

**Hwan Gyu Lee<sup>1,2</sup>, Ho Gyu Yoon<sup>2</sup>, Hang Kyu Cho<sup>3</sup>, Seong Kyu Bae<sup>4</sup>, Soon Man Hong<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>KIST, <sup>2</sup>Korea University, <sup>3</sup>Fineapple Corp, <sup>4</sup>Dongmyung Co., Ltd.

온돌 파이프는 폴리에틸렌(Polyethylene) 가교된 형태를 가지기 때문에 재성형을 할 수 없어 재활용 하기 어렵다. 이를 해결하기 위하여 초임계 유체를 적용한 동방향 이축 압출기를 제작하여 실험을 진행하였다. 스크류의 조합과 압출기의 가공 온도, 초임계 용매(Methanol, Ethanol, Acetone, water)에 따른 영향과 스크류의 회전속도를 변화시켜 여러 가공 조건을 통해 탈가교 반응을 진행하여 온돌 파이프를 재활용 할 수 있었다. 가공 온도가 낮고 스크류의 회전속도는 느린 조건에서 분자량이 높은 폴리에틸렌으로 재생할 수 있었다. 이렇게 탈가교화된 폴리에틸렌의 열적 특성 분석, 구조 분석, 기계적 특성 분석, 결정화 특성을 분석 등을 진행하였다[1,2]. 본 연구를 통해 온돌 파이프는 초임계 공정을 통하여 폴리에틸렌으로 재생 가능한 것을 확인할 수 있었다.

### 참고문헌

1. Baek. B. et al., “Decrosslinking reaction kinetics of silane-crosslinked polyethylene in sub- and supercritical fluids,” Polym. Degrad. Stab., 130, 103-108 (2016).
2. Baek. B. et al., “Continuous Supercritical Decrosslinking Extrusion Process for Recycling of Crosslinked Polyethylene Waste,” Appl. Polym. Sci., 132, 41442 (2015).

# Development and optimization of photoelectrochemical solar energy conversion and storage system

Hyunju Go<sup>1</sup>, and Yiseul Park<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>*Pukyong National University*, <sup>2</sup>*Pukyong National University*

---

As an alternative to the photoelectrochemical water splitting for use in the fuel cell used to generate electric power, this study set out to develop a solar energy rechargeable battery system based on photoelectrochemical reaction.

The Solar-Powered Electrochemical Energy Storage (SPEES) system is a system that combines a photoelectrochemical cell for solar conversion and an electrochemical cell for electron storage, and can convert and store solar energy at the same time. The photo conversion efficiency, the storage capacity and the cell voltage are determined according to the photoelectrode, storage electrode and the electrolyte which are the components of the SPEES system, so that their selection and combination are important.

In this study, a photoelectrode capable of absorbing visible light was introduced to improve light conversion efficiency, and two types of storage electrodes were compared to improve the charge capacity of electrons. This system also exhibits a superior storage ability, maintaining its specific discharge capacitance without any self-discharge.



# 탄산리튬으로부터 수산화리튬 전환을 위하여 탄산리튬의 열분해에 대한 연구 I

박재은<sup>1</sup>, 김태성<sup>1</sup>, 박민화<sup>1</sup>, 서형준<sup>1</sup>, 김대원<sup>2\*</sup>, 김보람<sup>2</sup>, 최희락<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>부경대학교 재료공학과, <sup>2</sup>고등기술연구원 신소재공정센터

## A study on the pyrolysis of lithium carbonate for conversion of lithium hydroxide from lithium carbonate

Jae-Eun Park<sup>1</sup>, Tae-Seong Kim<sup>1</sup>, Min-Hwa Park<sup>1</sup>, Hyeong-Jun Seo<sup>1</sup>, Dae-Weon Kim<sup>2</sup>, Bo-Ram Kim<sup>2</sup>, Hee-Lack Choi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Material Science & Engineering, Pukyong University,

<sup>2</sup>Institute for Advanced Engineering, Advanced Material & Processing Center,

다양한 산업에 사용되고 있는 리튬은 2000년대에 리튬이차전지의 상용화와 더불어 최근 친환경 자동차 (xEV) 및 에너지 저장장치 (ESS) 산업의 급격한 성장에 따른 리튬이차전지의 핵심원료인 리튬의 수요는 2025년 70만 톤 이상으로 2017년에 비해 약 3배 이상 증가할 것으로 예상된다. 현재 고성능의 전지의 특성을 위하여 고니켈계 리튬이차전지(Li[Ni-Co-Al]O<sub>2</sub> 및 Li[Ni-Co-Mn]O<sub>2</sub>)의 개발과 관련하여 리튬의 경우 탄산리튬(Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)보다 수산화리튬(LiOH)의 사용량이 증대하고 있다.

수산화리튬의 제조방법은 크게 2가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 리튬함유전구체 원료로부터 직접 수산화리튬을 제조하는 방법, 두 번째 탄산리튬분말로부터 수산화리튬으로 전환시키는 방법이 있다. 탄산리튬에서 수산화리튬의 전환방법은 탄산리튬 슬러리에 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)과의 반응인 causticization - carbonation을 이용하거나 좀 더 용해도가 높은 탄산수소리튬(LiHCO<sub>3</sub>)으로 전환하는 hydrogenation - decomposition을 주로 이용한다.

본 연구에서는 기존 방법과는 달리 탄산리튬에서 수산화리튬으로의 전환방법으로 시약급 탄산리튬의 TG 및 XRD를 통한 결정상 분석을 이용하여 적절한 온도의 열처리 조건과 열화학반응을 설정하였다. 또한 이를 통하여 수용성의 산화리튬(Li<sub>2</sub>O) 및 과산화리튬(Li<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)의 결정상으로 전환이 가능한지에 대하여 확인하였다. 향후 추진 연구로서 탄산리튬으로부터 얻어진 산화리튬에 대한 효율적 침출조건을 통하여 고순도의 수산화리튬 결정상을 제조하여 그 메카니즘과 결정형상에 대한 추가적인 연구를 통하여 보고하고자 한다.

### 사사

본 연구는 본 연구는 2020년도 동남권 지역산업 밀착형 부경대학교 실전문제연구단의 지원 및 2019년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가평가원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (청정생산기반산업공생기술개발사업 No. 20004128)

### 참고문헌

1. Joo S., Kang Y., Shim H., Byun S., Kim Y., Lee C., and Kim D., “Study on Preparation of High Purity Lithium Hydroxide Powder with 2-step Precipitation Process Using Lithium Carbonate Recovered from Waste LIB Battery”, *J. of Korean Inst. of Resources Recycling*, 28(5) 60-67 (2019).
2. Cai W., Chen R., Yang Y., Yi M., and Xiang L., “Removal of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> from Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> by Recrystallization in Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Solution”, *Crystals*, 19(8) (2018).

## 리튬 함유 폐액에서의 리튬농도와 생태독성과의 대한 연관성

김대원\*, 진연호, 김보람

고등기술연구원 신소재공정센터

### The association between lithium concentration and ecological toxicity in lithium-contained waste liquid

Dae-Weon Kim\*, Yun-Ho Jin, Bo-Ram Kim

*Institute for Advanced Engineering, Advanced Material & Processing Center,*

최근 리튬계 이차전지의 수요는 관련 산업(친환경자동차 및 전기전자산업 등)의 급격한 성장과 더불어 증가하고 있으며, 더불어 폐기되는 전지의 양도 점점 늘어나고 실정이다. 폐기된 리튬이차전지의 경우, 대부분의 스크랩은 유가금속 회수 차원에서 회수되고 있지만 일부의 경우에는 버려지고 있어 토양오염은 물론 수계에 환경적으로 악영향을 미치게 된다. 또한 본 연구과 관련 있는 고니켈계 리튬이차전지 생산 시 전지 특성을 향상하기 위하여 전구체에 남아 있는 리튬 성분을 일부 수세하는 공정을 거치게 되는데 이 때 발생하는 리튬 함유 폐액이 버려진다면, 이 또한 환경적으로 문제가 발생할 수 있다.

본 연구에서 사용한 리튬 함유 폐액에 존재하고 있는 리튬의 농도와 수질오염의 척도인 생태독성과의 연관성에 대하여 분석하고자 하였다. 이와 같은 화학물질에 대한 독성 평가는 각종 생물이 화학물질에 노출되어지는 과정에서의 평가로서 매우 중요하며, 일반적으로 물벼룩을 이용한 시험물질의 독성평가로 실시하고 있다. 이전연구에서 리튬이차전지에서 제조 공정 중에 발생하는 공정 폐액 (리튬 함유량 약 5,000 ppm)에 대하여 생태독성 분석을 한 결과 16 이상이라는 결과를 얻었다. 본 실험에서는 리튬 함유 폐액에서 리튬을 회수하고자 R/O (Reverse osmosis) 처리수 및 증발감압 농축에 따른 응축수, 그리고 리튬함량을 조절한 모사액 등을 이용하여 리튬농도를 달리하여 샘플을 얻었다. 각 공정에 따른 용액 내의 리튬이온은 ICP (Inductively Coupled Plasma)를 이용하여 분석하였고, 생태독성 분석을 통하여 리튬농도, pH 조건 등과 이에 따른 생태독성에 영향을 미치는 조건에 따른 연관성을 검토하였다.

#### 사사

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

#### 참고문헌

1. Kim D. W., Park J. R., Ahn N. K., Choi G. M., Jin Y. H., and Yang J. K., "A review on the recovery of the lithium carbonate powders from lithium containing substances", *Journal of the Korean Crystal Growth and Crystal Technology*, 29(3) 91-106 (2019).
2. Kim D. W., Yang J. K., Jin Y. H., and Kim B. R., "Ecotoxicity of Lithium ion battery manufacturing process waste", 2019 The Korean Society of Clean Technology (Autumn Conference), pp103, 9.25-27, Daejeon, (2019).

## 저급 탄산리튬의 재결정화를 통한 고순도 탄산리튬 제조

김대원<sup>\*</sup>, 김보람<sup>1</sup>, 황성옥<sup>2</sup>, 정수훈<sup>2</sup>, 양대훈<sup>2</sup>

<sup>1</sup>고등기술연구원 신소재공정센터, <sup>2</sup>(주)지엠텍

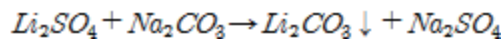
### Preparation of high purity lithium carbonate by recrystallization of low grade lithium carbonate

**Dae-Weon Kim<sup>1</sup>, Bo-Ram Kim<sup>1</sup>, Sung-Ok Hwang<sup>2</sup>, Soo-Hoon Jung<sup>2</sup>, Dae-Hoon Yang<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering, Advanced Material & Processing Center, <sup>2</sup>GM-Tech Co., LTD.,

리튬 자원은 일반적으로 남아메리카 지역에서 발생하는 리튬 함량 0.06~0.15%의 염호 및 호주나 중국 등지에서 채굴되는 리튬 품위 0.5~3.7%의 광석으로부터 일련의 공정을 거쳐 생산되고 된다. 그러나 최근에는 리튬이차전지의 생산과 맞물려 폐기되는 스크랩 양도 증가하게 되는데 리튬이차전지 양극재에는 3~6%의 리튬이 함유되어 있어 자원회수 측면에서 리튬계 이차전지의 재활용에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

상업적으로 판매되는 탄산리튬 ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ )의 경우, 일반적으로 황산리튬 ( $\text{Li}_2\text{SO}_4$ )용액을 정제 후 농축한 후 하기 반응식과 같이 탄산나트륨 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )과의 반응을 통하여 최종적으로 얻어진다. 이렇게 회수된 탄산리튬에는 칼륨, 나트륨, 마그네슘, 칼슘, 염소, 황산 등과 같은 이온이 불순물로서 함유되어 있어 고순도를 요구하는 전지용 탄산리튬으로 활용하기 위하여서는 저급 탄산리튬을 별도의 공정을 통하여 불순물을 제거할 필요가 있다.



본 연구에서는 리튬계 이차전지의 재활용의 일환으로 회수한 저급의 탄산리튬을 기반으로 고순도의 탄산리튬을 제조하기 위하여 재침출 및 재결정화 하는데 있어서의 조건들을 고려하여 회수율 및 순도 확인을 통하여 결정화 최적조건을 도출하였다. 탄산리튬( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ )의 물에 대한 용해도는 12.9g/1L(25℃)로 매우 낮기 때문에 용해시켜 불순물을 제거 후 재결정 공정을 적용하기 어렵다. 따라서 저급 탄산리튬의 침출율을 높이기 위하여 염산수용액을 사용하였으며, 함유되어 있는 중금속 이온들이 용해되지 않는 조건으로 pH를 조절하였다. 그 후 액상의  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와의 재결정화 반응으로 탄산리튬을 회수하여 전체적인 회수율 및 순도분석을 통하여 저품위 탄산리튬과 비교 분석하였다.

#### 사사

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

#### 참고문헌

1. Cai W., Chen R., Yang Y., Yi M., and Xiang L., "Removal of  $\text{SO}_4^{2-}$  from  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  by Recrystallization in  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  Solution", *Crystals*, 19(8) (2018).
2. Kim D. W., Park J. R., Ahn N. K., Choi G. M., Jin Y. H., and Yang J. K., "A review on the recovery of the lithium carbonate powders from lithium containing substances", *Journal of the Korean Crystal Growth and Crystal Technology*, 29(3) 91-106 (2019).

# Multiscale computational investigation of all-silica zeolites for simultaneous removal of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> for natural gas sweetening

**Jaehoon Cha, Seongbin Ga and Yongchul G. Chung\***

*School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University  
, Busandaehak-ro 63beon-gil 2, Busan, 46251, Korea (South)*

---

Despite the recent surge in the production of natural gas in the North American and the World Wide, a significant portion of the global gas reserves continues to remain untapped due to the sour nature of these reserves due to the high concentration of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> in the produce natural gas. Removal of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> is typically carried out based on the amine-based absorptive separation, followed by a Claus process. Still, the high concentration of H<sub>2</sub>S makes the separation uneconomical, which calls for the development of new and innovative approaches to separate the high concentration of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> from the natural gas.

Toward this end, adsorptive separation based on zeolites has been proposed in the literature to achieve separation of H<sub>2</sub>S or CO<sub>2</sub> from natural gas by Shah, M. S. et al. [1],[2] In this work, we explore the idea of layering the adsorber with different zeolites to achieve the simultaneous removal of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub>. For this purpose, we combined process-level modeling with the high-throughput grand canonical Monte Carlo (GCMC) computational screening on experimentally reported all-silica zeolite database.

## **References**

1. Shah, M. S., Tsapatsis, M., & Siepmann, J. I., “Monte Carlo Simulations Probing the Adsorptive Separation of Hydrogen Sulfide/Methane Mixtures Using All-Silica Zeolites.”, *Langmuir*, 31(44), 12268–12278 (2015)
2. Shah, M. S., Tsapatsis, M., Siepmann, J. I., “Identifying Optimal Zeolitic Sorbents for Sweetening of Highly Sour Natural Gas.”, *Angewandte Chemie*, 128(20), 6042–6046 (2016)

## 바이오가스 수증기 이산화탄소 복합 개질 반응의 열역학적 평형 계산을 통한 최적 조건 도출

공지현<sup>1</sup>, 김진희<sup>1</sup>, 김민주<sup>1</sup>, 이창환<sup>1</sup>, 김지은<sup>1</sup>, 장원준<sup>\*1</sup>

경남대학교 환경에너지공학과<sup>1</sup>

## Derivation of optimum Conditions through Thermodynamic Equilibrium Calculation of Biogas Steam and Carbon Dioxide Combined Reforming Reaction

Ji-Hyeon Gong<sup>1</sup>, Jin-Hee Kim<sup>1</sup>, Min-Ju Kim<sup>1</sup>, Chang-Hwan Lee<sup>1</sup>, Jee-Eun Kim<sup>1</sup>, Won-Jun Jang<sup>\*1</sup>

*Kyungnam University, Department of Environment and Energy Engineering<sup>1</sup>*

본 연구에서는 바이오가스의 수증기 이산화탄소의 복합 개질 (Combined steam and carbon dioxide reforming of methane, CSCRM)에 대한 열역학적 평형 계산을 통해 최적 조건을 도출하였다. 열역학적 평형 계산은 Gibbs 자유에너지 최소화 상태에서 결정되며 HSC 소프트웨어(6.0버전)를 이용하여 계산하였다. 실험에 적용된 변수는 (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)/CH<sub>4</sub> 비(0.9~2.9), CO<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O 비(3:1~1:3)와 온도(500~1000℃)를 선정하였고, CH<sub>4</sub>와 CO<sub>2</sub> 전환율, H<sub>2</sub>, CO 및 탄소 침적 수율, 생성된 합성가스의 H<sub>2</sub>/CO 비를 계산하였다. 계산 결과 액상 탄화수소 생산에 적합한 합성가스를 제조할 수 있는 최적 조건은 (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)/CH<sub>4</sub> > 1.2, CO<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O 비 = 1:2.1, 및 온도 = 850℃ 이상으로 확인되었다.

## 저급유지로부터 바이오연료 생산을 위한 탈산소 반응용 Ni계 촉매 최적화 연구

최현정<sup>1</sup>, 임대율<sup>1</sup>, 황태웅<sup>1</sup>, 김규리<sup>1</sup>, 김지은<sup>1</sup>, 전경원<sup>\*1</sup>

경남대학교 환경에너지공학과<sup>1</sup>

## Optimization of Ni-based Catalyst over Deoxygenation Reaction for Biofuel Production from Low-Grade Oil

Hyun-Jung Choi<sup>1</sup>, Dae-Yul Im<sup>1</sup>, Tae-Ung Hwang<sup>1</sup>, Gyu-Ri Kim<sup>1</sup>, Jee-Eun Kim<sup>1</sup>, Kyung-Won Jeon<sup>\*1</sup>

*Kyungnam University, Department of Environment and Energy Engineering<sup>1</sup>*

---

상용 바이오디젤은 분자내 산소를 포함하고 있어 발열량이 낮고 저온에서 점도가 높아 낮은 비율로만 경유와 혼합하여 사용할 수 있다. 본 연구에서는 경유와 동일한 성상을 지닌 바이오연료를 생산하기 위해 올레산의 탈산소 반응을 설계하고, 해당 반응에 적합한 Ni-Ce<sub>0.6</sub>Zr<sub>0.4</sub>O<sub>2</sub> 촉매를 도출하였다. 최적 Ni-Ce<sub>0.6</sub>Zr<sub>0.4</sub>O<sub>2</sub> 촉매를 도출하기 위해 Ni 담지량을 5, 10, 20, 30 wt.%로 다르게 담지하여 공침법으로 제조하였다. 제조된 촉매를 올레산의 탈산소 반응에 적용한 결과, Ni을 20 wt.%로 담지한 Ni-Ce<sub>0.6</sub>Zr<sub>0.4</sub>O<sub>2</sub> 촉매가 가장 높은 활성, 우수한 디젤 연료 탄화수소 (C<sub>9</sub> ~ C<sub>17</sub>) 선택도 및 산소 제거율을 나타내었다. 이 결과는 해당 촉매의 높은 BET 표면적과 산도에 기인한다.

## 디젤 엔진 내 황산화물 및 질소산화물 처리를 위한 스크러버 개발에 관한 연구

박병현\*, 최진식, 김현오, 이주열, 김해기, 조성현

(주)에니텍

## A study on the development of scrubbers for the treatment of sulfur oxides and nitrogen oxides in diesel engines

Byung Hyun Park, Jinsik Choi, Hyun O Kim, Ju Yeol Lee, Hae Gi Kim, Sung Hyun Jo

ANYTECH. Co., Ltd.

해상에서 운항되는 선박에 의한 대기오염은 이미 상당한 수준으로 전 세계 질소산화물 배출의 약 15%와 황산화물 배출의 약 5~8%를 차지하는 것으로 알려져 있으며, 선박에 의한 오염물질 배출은 연안 지역에 집중적인 영향을 미칠 수밖에 없다.

특히 SO<sub>x</sub> 규제가 2020년부터 ECA영역뿐만 아니라 Global 영역에서 급격히 강화(0.5% S)됨에 따라 기존의 Fuel switching (ECA에서는 저유황유를 사용하여 황 규제를 만족시키고 Global에서는 고유황유를 사용하는 방법) 방법으로 강화된 황 규제에 대한 대처가 한계에 도달함에 따라, 후처리에 의한 SO<sub>x</sub> 규제기술의 선박적용이 큰 관심으로 떠오르고 있다.

알파라발, 바르질라, 야라 등 선박에 설치되는 SO<sub>x</sub> Scrubber의 검증된 기존 장치는 경제성이 우수한 습식 스크러버 기술로 채택이 되고 있으며 습식 스크러버의 경우, 추가 기술개발을 통해 SO<sub>x</sub>뿐 아니라 미세먼지(PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), NO<sub>x</sub>도 제거할 수 있는 잠재성이 있어, 선박엔진 오염 배출물질을 동시에 저감할 수 있는 기술로 평가되고 있다.

본 연구에서는 IMO규제에 대응하기 위하여 황산화물을 처리하는 스크러버에 질소산화물을 처리할 수 있는 스크러버를 개발하고자 한다.

### 사사

이 논문은 2020년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술원의 재원을 받아 수행된 연구입니다.

(과제명 : 대기오염물질 동시저감이 가능한 고효율 스크러버(Scrubber) 기술개발)

## 디젤엔진 배기가스 내 황산화물 처리를 위한 선박용 습식 스크러버 실증에 관한 연구

박병현\*, 최진식, 김현오, 이주열, 김해기, 조성현

(주)에니텍

## Study on demonstration of wet scrubber for ships to treat sulfur oxides in diesel engine exhaust gas

Byung Hyun Park, Jinsik Choi, Hyun O Kim, Ju Yeol Lee, Hae Gi Kim, Sung Hyun Jo

*ANYTECH. Co., Ltd.*

해상운송은 전 세계 수송 물품의 80%를 담당하고 있다. 1999년 IMO에서 시행한 연구에 따르면, 선박에서 배출되는 유해물질 중 NO<sub>x</sub>(질소산화물), SO<sub>x</sub>(황산화물), CO<sub>2</sub>(이산화탄소)의 배출량이 전체 운송수단 배출량 대비 각각 14%, 5%, 2% 정도를 차지하는 것으로 나타났다.

국제해사기구에서는 2020년부터 3.5%에서 0.5%로 대폭 낮아진 연료 황 함유량 규제(SECA에서는 이미 2015년부터 0.1%)와 2016년부터 ECA(Emission control area)에서 발효된 NO<sub>x</sub> 규제인 Tier III를 통하여 선박에서 배출하는 오염물질을 규제하고 있다.

특히, SO<sub>x</sub> 규제가 2020년부터 ECA영역뿐만 아니라 Global 영역에서 급격히 강화(0.5%S)됨에 따라 기존의 Fuel switching(ECA에서는 저유황유를 사용하여 황 규제를 만족시키고 Global에서는 고유황유를 사용하는 방법) 방법으로 강화된 황 규제에 대한 대처가 엔진등 주요 선박 부품에 부정적인 영향으로 후처리 기술인 스크러버의 선박적용이 큰 관심으로 떠오르고 있다.

본 연구에서는 IMO 국제 규제 대응으로 하이브리드 시스템 스크러버를 개발하고, 실선에 적용하고자 한다.

### 사사

이 논문은 2020년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술원의 재원을 받아 수행된 연구입니다.

(과제명 : IMO 글로벌 황산화물 규제대응 SO<sub>x</sub> Scrubber 선박 실증 및 연료유 품질검증 체계구축)



## 청정 공정으로 합성한 ITO 나노입자의 분산

홍성제\*

한국전자기술연구원

## Dispersion of ITO Nanoparticles Synthesized by using Clean Process

Sung-Jei Hong\*

Korea Electronics Technology Institute

ITO(Indium Tin Oxide)는 디스플레이 및 태양전지 등의 투명 전극에 널리 사용되는 물질로서[1], 스퍼터링 및 사진식각 공정으로 투명전극이 제조되고 있다. 최근 플렉서블 및 폴더블 디스플레이 시장이 급격히 증가하면서 이에 적합한 투명전극이 연구되고 있고, 그 중의 하나가 용액 기반의 습식 공정으로 투명전극을 제작하는 것이다[2]. 이러한 공정에는 양질의 용액 소재가 필요한데, 용액은 약 10 ~ 20 nm 크기의 초미세급 나노 입자가 용매 내에 균일하게 분산되어 있어야 한다. 이러한 나노 입자가 안정하게 분산을 유지하기 위해선 합성 후 잔여 물질이 남지 않는 청정 공정으로 합성이 필요하고, 이와 함께 합성된 입자를 용매에 분산시 입자간 뭉침 현상을 감소하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 청정 공정으로 ITO 나노 입자(ITO-NPs)를 합성하였고, 이들이 용매 내에 분산하는 공정 및 이에 따른 ITO-NPs의 분산 거동 및 특성을 연구하였다.

### 감사의 글

본 연구는 2019년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구[과제번호 S2829574]로 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Song, M. , You, D.S., Lim, K., Park, S., Jung, S., Kim, C.S., Kim, D.-H., Kim, D.-G., Kim, J.-K., Park, J., Kang, Y.-C., Heo, J., Jin, S.-H., Park, J.H., Kang, J.-W., “Highly efficient and bendable organic solar cells with solution-processed silver nanowire electrodes,” *Adv. Funct. Mater.*, 23(34), 4177-4184 (2013).
2. Pyo, K.-h., Kim, J.-W., “Thermally stable and flexible transparent heaters based on silver nanowire-colorless polyimide composite electrode,” *Curr. Appl. Phys.*, 16(11), 1453-1458 (2016).

# 철 질화물을 이용하여 합성한 철 산화물 나노 입자의 물성

문혁준<sup>1</sup>, 홍성제<sup>1\*</sup>, 김용성<sup>2</sup>, 이재용<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국전자기술연구원, <sup>2</sup>서울과학기술대학교, <sup>3</sup>(주)한청알에프

## Physical Properties of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticles Synthesized by Using Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>

Hyuk Jun Mun<sup>1</sup>, Sung-Jei Hong<sup>1\*</sup>, Young-Sung Kim<sup>2</sup>, Jae Yong Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Korea Electronics Technology Institute, <sup>2</sup>Seoul National University of Science & Technology, <sup>3</sup>Hanchung RF Co. Ltd.

적철광(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)은 철 산화물 그룹에 속하는 광물로서 강력한 촉매 활성을 나타내고, 쉽고 널리 사용이 가능하며, 매우 환경 친화적인 물질이다[1]. 특히, 적철광은 유력한 가시광선 광촉매 후보로 가시광선을 흡수하고 태양광 스펙트럼 에너지의 최대 45%를 흡수할 수 있는 가장 저렴한 반도체 재료 중 하나이다. 본 연구에서는 철 질화물(Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)을 이용하여 철 산화물(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 나노 입자를 합성하였고, 합성된 나노 입자의 물성을 분석 및 평가하였다. 이를 위해 D. I. water 용매 기반으로 0.1 M의 Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 용액을 제조하였고, 여기에 동일한 D. I. water 용매 기반으로 0.5 M 암모니아수(NH<sub>4</sub>OH) 용액을 투여함으로써 Fe(OH)<sub>3</sub> 전구체를 석출하였다. 전구체의 열적 거동을 관찰한 결과 320 °C 이상에서 잔류물이 제거되고 결정화가 되는 것으로 분석되었다. 이 온도에서 열처리 후 XRD로 분석한 결과 (104) 및 (110) 방향으로 결정이 성장한 α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 회절 피크가 검출되었다. 반치폭을 이용하여 평균 입도를 산출한 결과 (104) 피크에서는 약 14 nm, (110) 피크에서는 약 21 nm로 평균 입자가 산출되어, 초미세급의 α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 나노입자가 형성됨을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제에 이에 감사드립니다 (No. 20205210100070).

### 참고문헌

1. Joya, M.R., Bar'on-Jaimez, J., Barba-Ortega, J., "Preparation and characterization of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles," *J. Phys: Conf. Ser.*, 466, 012004 (2013).

# 니켈 염화물을 이용하여 합성한 니켈 산화물 나노 입자의 물성

문혁준<sup>1</sup>, 홍성제<sup>1\*</sup>, 김용성<sup>2</sup>, 이재용<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국전자기술연구원, <sup>2</sup>서울과학기술대학교, <sup>3</sup>(주)한청알에프

## Physical Properties of NiO Nanoparticles Synthesized by Using NiCl<sub>2</sub>

**Hyuk Jun Mun<sup>1</sup>, Sung-Jei Hong<sup>1\*</sup>, Young-Sung Kim<sup>2</sup>, Jae Yong Lee<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Korea Electronics Technology Institute, <sup>2</sup>Seoul National University of Science & Technology, <sup>3</sup>Hanchung RF Co. Ltd.

니켈 산화물(NiO)은 입방정 격자 구조를 가진 전이금속으로, 촉매, 배터리 음극, 가스 센서, 변색 필름 및 자성 재료, 염료감응형 디바이스 등 다양한 분야에 적용이 가능하다[1]. 본 연구에서는 니켈 염화물(NiCl<sub>2</sub>)을 이용하여 NiO 나노 입자를 합성하고, 합성된 나노 입자의 물성을 관찰 및 분석하였다. NiCl<sub>2</sub>을 D. I. water 용매에 용해하여 0.1 M NiCl<sub>2</sub> 용액을 제조하였고, 이 용액에 동일한 D. I. water 용매 기반으로 제조한 0.5 M 암모니아수(NH<sub>4</sub>OH) 용액을 투여하여 수산화니켈(Ni(OH)<sub>2</sub>) 전구체를 석출하였다. 전구체의 열적 거동을 관찰한 결과, 열분석 결과 석출물의 중량이 급격히 감소하다가 약 400 °C 부근에서 더 이상 감소하지 않고 일정한 결과를 나타내었다. 따라서, 석출물을 400 °C에서 열처리하였고, XRD 분석 결과 (200) 우선 방위를 가진 Hexagonal 구조의 NiO 나노 입자가 생성되었음을 알 수 있었다. 또한, 반치폭을 이용하여 평균 입도를 계산한 결과 17.6 nm 로 매우 미세한 나노 입자를 합성할 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제에 이에 감사드립니다 (No. 20205210100070).

### 참고문헌

1. El-Kemary, M., Nagy, N., El-Mehasseb, I., "Nickel oxide nanoparticles: Synthesis and spectral studies of interactions with glucose," *Mater. Sci. Semicond. Process.*, 16(6), 1747-1752 (2013).

# Influences of molecular sizes on biological properties of collagen-alginate sponge

**Ho Cong Truc<sup>1,2</sup>, Vikash Chandra Roy<sup>1</sup>, Jin-Seok Park<sup>1</sup>, Sung-Yeoul Kim<sup>1</sup>, Byung-Soo Chun<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, 45 Yongso-ro, Nam-gu, Busan 48513, Republic of Korea*

<sup>2</sup>*Institute of Food Science, Pukyong National University, 45 Yongso-ro, Nam-gu, Busan 48513, Republic of Korea*

---

Alginate, a linear polysaccharide, is mainly found in marine algae and bacteria. Alginate has numerous biological effects such as anti-aggregation effect, anti-inflammatory effect, and improved protection against pathogen infection. Collagen is known to be the most promising materials and has been found diverse applications in tissue engineering for their excellent biocompatibility and biodegradability. Recently, collagen and alginate have been combined to produce a sponge that could be applied in the medical field. However, there have been no studies about the influences of molecular sizes of these two biopolymers on the biological capacities of the sponge. Therefore, in this study, sponges made from collagen and alginate with different molecular sizes were formulated using the freeze-drying technique and examined the biological activities. The reduction of alginate molecular sizes was done using subcritical water hydrolysis as advanced green technology. The temperatures were set at 120 °C and 130 °C; the concentration of alginate in distilled water was 3%; hydrolysis time was fixed at 30 minutes; the system pressure of 50 bar was kept constant using both nitrogen and carbon dioxide gases. The hydrolyzed alginate was analyzed about physical properties including viscosity, color, and average molecular weight using gel permeation chromatography; antioxidant capacity such as FRAP, hydroxyl radical scavenging activities. After hydrolysis, the molecular sizes of alginate significantly decreased and ranged from 23 to 250 kDa. Viscosity of the hydrolysates also decreased due to the decrease in its molecular size. The color of the hydrolysates became slightly dark as compared with the original alginate. The sponges of collagen and hydrolyzed alginate were successfully prepared and they were examined in terms of medical application.

## **References**

1. Truc Cong Ho, Myoung Hwan Kim, Yeon-Jin Cho, Jin-Seok Park, Seung Yun Nam, Byung-Soo Chun, "Gelatin-sodium alginate-based films with *Pseuderanthemum palatiferum* (Nees) Radlk. freeze-dried powder obtained by subcritical water extraction". *Food Packaging and Shelf Life*, 85(3), 514-521. (2020).

# Pressurized Hot Water Extraction and Characterization of Bioactive Compounds from The Byproducts of Sea Urchin *Stomopneustes variolaris*.

**Weerathunga Arachchige Shiran Chamika<sup>1,2</sup>, Truc Cong Ho<sup>1</sup>, Vikash Chandra Roy<sup>1</sup>,  
Jin-Seok Park<sup>1</sup>, Seung-Chan Lee<sup>1</sup>, Byung-Soo Chun<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, College of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea. <sup>2</sup>Department of Fisheries and Marine Science, Faculty of Fisheries and Ocean Sciences, Ocean University of Sri Lanka, Mahawela Road, Tangalle, 82200 Sri Lanka.

Sea urchin gonads are a high-priced delicacy across Southeast Asia. These gonads make up a small portion of the total body mass of sea urchins. The remaining parts, like the shells, spines and viscera are discarded as waste. Recent research has used conventional extraction techniques to demonstrate the bioactive potential of these sea urchin byproducts, including anti-oxidant, anti-microbial and anti-inflammatory activity. However, green extraction techniques less applied to sea urchin byproducts. Pressurized hot water extraction (PHWE) is a green technique that can recover bioactive compounds like phenols, flavonoids, polysaccharides and proteins. This study used PHWE to extract and characterize the bioactive compounds of the byproducts (shells, spines & viscera) of the sea urchin *Stomopneustes variolaris*. Extractions occurred at four temperatures (110 °C, 150°C, 190°C and 230°C). Total phenolic content (TPC), flavonoid content (TFC) and antioxidant activity (ABTS+ and DPPH assays) were analyzed according to the methods described by Ho & Chun (2019). According to the results, the highest TPC ( $9.38 \pm 0.15$  mg GAE/g), TFC ( $3.33 \pm 0.02$  mg RE/g) and antioxidant capacity (ABTS=  $98.92 \pm 1.27$  %, DPPH= $68.84 \pm 7.91$ %) were present in the viscera extracted at 150°C. Optimum extraction temperatures were 150°C for viscera and spines and 190°C for the shells. Bioactive compound recovery and antioxidant capacities differed significantly between the byproducts and according to extraction temperatures ( $p < 0.05$ , ANOVA, SPSS-18). These results suggest PHWE's strong potential as a green solvent for extraction of sea urchin byproducts.

## **Reference**

1. Ho, T. C. and Chun, B, "Extraction of Bioactive Compounds from *Pseuderanthemum palatiferum* (Nees) Radlk. Using Subcritical Water and Conventional Solvents: A Comparison Study". *Journal of Food Science*, 84(5), 1201–1207 (2019).

## Anticoagulant activity of sulphated polysaccharide extracted from oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*)

**Amellia Dwi Rizkyana<sup>1</sup>, Ho Cong Truc<sup>1,2</sup>, Vikash Chandra Roy<sup>1</sup>, Jin-Seok Park<sup>1</sup>, Hee-Jeong Lee<sup>1,2</sup>, Byung-Soo Chun<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, 45 Yongso-ro, Nam-gu, Busan 48513, Republic of Korea

<sup>2</sup>Institute of Food Science, Pukyong National University, 45 Yongso-ro, Nam-gu, Busan 48513, Republic of Korea

---

Recent years mushroom polysaccharides have been studied due to their bioactive compounds and highlighted as alternative sources of anticoagulant agents. Polysaccharides from oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) was extracted using subcritical water extraction (SWE). The principal experimental variables investigated at several temperatures ranging from 120 to 180°C, 30 bar, and reaction time 20 – 50 minutes. Polysaccharides were purified using ethanol 95% and precipitate was collected by centrifugation, wash thoroughly with distilled water and finally lyophilised. The optimal SWE conditions were at 180°C, 20 minutes and 20 gram of powdered sample and it showed the highest yield produced from the extract. Then the chemical modification to produce sulphated polysaccharides so that enhance the biological activity was carried out under the optimized extraction condition. The modification was confirmed by FT-IR and NMR analysis, and sugar compounds were identified by HPLC and TLC analysis.  $\beta$ -glucan content in both native polysaccharide (PN) and sulphated polysaccharide (PS) was measured using the Megazyme assay kit. The sulphated polysaccharides were elucidated by FT-IR spectra with the peaks of sulfite groups seen at the wavelength 796, 1223, 1379 nm which are not shown in PN. In vitro anticoagulant properties of PN and PS were evaluated by studying the activated partial thromboplastin time (aPTT) and prothrombin time (PT). PS prolonged time of coagulation reaching around 10 times higher compared to the PN in concentration-dependent manner. These results suggest that anticoagulant activity of oyster mushroom extracted by SWE can be enhance by sulphated modification.

### References

1. Telles, C. B., Sabry, D. A., Almeida-Lima, J., Costa, M. S., Melo-Silveira, R. F., Trindade, E. S., & Rocha, H. A. (2011). Sulfation of the extracellular polysaccharide produced by the edible mushroom *Pleurotus sajor-caju* alters its antioxidant, anticoagulant and antiproliferative properties in vitro. *Carbohydrate Polymers*, 85(3), 514-521.

## PEM 수전해용 Anode 확산층 표면 특성 제어 연구

이한얼<sup>1</sup>, Doan Tuan Linh<sup>1</sup>, 김태근<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교

## A study on the surface characteristics control of anode porous transport layer for PEM water electrolysis

**Lee Han Eol<sup>1</sup>, Doan Tuan Linh<sup>1</sup>, Taekeun Kim<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Chungnam National University

지구온난화와 화석연료의 고갈로 인해 친환경 에너지의 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 그 중 실현가능한 대안으로 수소에너지가 주목받고 있어 수전해 기술개발의 중요성이 커지고 있다. 고분자 전해질 수전해(Polymer Electrolyte Membrane Electrolysis, PEMWE)는 전해질과 분리막으로 고체 고분자 전해질 막을 이용하여 물을 산소와 수소로 전기 분해하는 기술로 차후 연구개발을 통해 고전류 밀도의 운전이 가능하며, 장치가 다른 수전해 기술에 비해 콤팩트하고, 부식성이 적어 장기간 운전이 가능하다는 장점이 있다. 본 연구에서는 수전해 셀 구성요소 중 하나인 확산층의 표면 특성을 제어하여 성능 개선을 하고자 하였으며, 표면 polishing을 통한 친수성에 따른 성능 개선 여부를 연구하였다. 준비된 확산층은 water contact angle, SEM, XPS 등을 통하여 물리화학적 분석을 진행하였다. 전기화학적 분석으로는 I-V polarization, HFR 을 진행하여 성능 개선 여부를 확인하였다.

## *Aspergillus terreus*에 의한 고수율 이타콘산 균주 스크리닝 및 통계적 배지 최적화

신우식<sup>1\*</sup>, 조재훈<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원

## **Rational screening of high-yield itaconic acid producer by *Aspergillus terreus* and statistical medium optimization**

**Wooshik Shin<sup>1\*</sup>, Jaehoon Cho<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)*

---

Industrial strain development is an empirical skill because the specific biochemical and genetic metabolism are only poorly understood in some cases. Despite this, it is possible to approach efficiently by the cell physiology using ration screening. Rational screening strategies were applied for the development of high yielding mutants of itaconic acid in *Aspergillus terreus*. Itaconic acid, a dicarbonic organic acid, used in the manufacture of various synthetic resins. For mass screening of high yield producer mutants of itaconic acid, miniaturized fermentation methods were developed using 12-well microplates for both growth and production cultures. It was found that the producer's morphology should be dense filamentous forms in the growth cultures for higher production of itaconic acid. Under these growth conditions, a morphology of optimum size (less than 0.5mm in diameter) was successfully induced in the microplate production cultures.



## 음식물쓰레기 폐유의 바이오디젤 전환공정 개발

신우식<sup>1</sup>, 조재훈<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원

## Development of Biodiesel production using Crude Oil separated from Food Waste

**Wooshik Shin<sup>1</sup>, Jaehoon Cho<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)*

With population and living level on the increase, it has led to a higher demand of foods because they provide essential nutrients and energy for everyone's activities required. Food waste is generated by about 16,000 tons/day, of which about 3-5 percent is crude oil, resulting in about 600 tons/day food waste oil (FWO). FWO represent a renewable resource for the production of fuel oils and alternative feedstocks in replacements of petroleum-based chemicals. FWO (edible + non-edible) mostly consist of triacylglycerides (more than 95%), which are composed of different fatty acids. Due to its chemical features, recycling of FWO provides a renewable feedstock for producing biodiesel. In this study, we wanted to develop biodiesel production process technology by conversion process that combines enzymes and chemical catalysts to use waste oil separated from food waste as biomass resources.

# Perhydro-dibenzyltoluene을 이용한 저온 탈수소화 반응에서의 백금 촉매에 대한 팔라듐 첨가 효과 연구

김찬훈, 장지수, 이민우, 이관영\*

고려대학교 화공생명공학과

수소는 질량대비 부피가 매우 크며, 폭발성도 높아 에너지원으로 다루기가 매우 어렵다고 알려져 있다. 액상유기수소운반체(LOHC)를 사용하면 수소를 안전한 상태로 저장 및 운반이 가능하여 최근 많은 연구가 진행되고 있다. 유럽에서 상용화되고 있는 dibenzyltoluene(DBT)는 많은 양의 수소를 저장가능하고, 안정적인 물성을 가지고 있어 수소를 저장하는데 적합하다[1]. 하지만 DBT는 탈수소화가 어렵고, 290도 이상의 고온에서 진행되므로 코크나 부생성물의 생성이 진행될 수 있다[2]. 이러한 단점을 극복하기 위하여, 비교적 저온 조건인 270도에서 perhydro-DBT에 대한 높은 탈수소화 활성을 가지는 촉매를 제조하여 적용하고자 하였다. 본 연구에서는 기존 단순 Pt 촉매에서 탈피하여 소량의 Pd이 포함된 Pt 촉매를 제조하였으며, 270도에서 perhydro-DBT의 탈수소화 반응에 적용하였다. 270도의 반응조건에서 최적 비율의 Pt-Pd 촉매는 78.5%의 탈수소화도를 나타내어, 기존 문헌[3]에서 보고된 Pt 촉매의 활성(55.0%)이나 본 연구에서 제조한 Pt촉매의 활성(52.8%)보다 우수한 촉매 활성을 나타내었다.

## 참고문헌

1. Bulgarin A. et al., "Purity of hydrogen released from the Liquid Organic Hydrogen Carrier compound perhydro dibenzyltoluene by catalytic dehydrogenation", *Int. J. Hydrogen Energy*, 45, 712-720, (2020).
2. Modisha, P. M. et al., "Analysis of reaction mixture of perhydro-dibenzyltoluene using two-dimensional gas chromatography and single quadrupole gas chromatography," *Int. J. Hydrogen Energy*, 43, 5620-5636 (2018).
3. Bruckner N. et al., "Evaluation of Industrially Applied Heat-Transfer Fluids as Liquid Organic Hydrogen Carrier Systems" *ChemSusChem*, 7, 229-235, (2014).

## 알루미나 결정상에 따른 과산화수소 직접합성 활성연구

이석호<sup>1</sup>, 한근호<sup>2</sup>, 이관영<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup>고려대학교, <sup>2</sup>그린스쿨대학원

과산화수소는 산소와 수소원자로만 이루어진 가장 간단한 분자중 하나로, 현재 상용화되고 있는 어떠한 산화제보다 산소함량이 높고 친환경적이기에 다양한 분야에서 사용되고 있는 주요한 화합물중 하나이다. 특히 제지와 펄프의 표백뿐만 아니라, 화학합성, 살균, 광산, 폐수처리등에서 주로 사용이 되며 해마다 전세계 과산화수소 시장은 계속 커지고 있다. 이러한 과산화수소는 Auto Oxidation Process이라고 하는 방법으로 대량생산되고 있는데, 해당 공정은 높은 과산화수소 수율을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 폭발위험성이 있는 반응물인 수소와 산소의 접촉을 피할 수 있다는 장점이 존재하지만, 유독한 유기용매의 과다한 사용과 대규모공정에서만 경제성을 띠는 단점 때문에 이에 대한 대안공정에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다.

과산화수소 직접합성공정은 Auto Oxidation Process에 대한 대안공정중 하나로, 중간 화합물을 통해 과산화수소를 부산물로 생산하는 Auto Oxidation Process와 달리, 반응물인 수소분자와 산소분자를 반응시켜 과산화수소를 생산하는 매우 간단한 공정이다. 직접합성공정은 앞서 말한 Auto Oxidation Process와 다르게, 유독한 용매를 사용하지 않으며 부산물로도 물밖에 생성되지 않고, 설비도 훨씬 간단하여 소규모 공정에서도 적용할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 아직 이 직접합성공정은 Auto Oxidation Process에서보다 얻을 수 있는 과산화수소가 낮아 상용화에는 이르지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 더욱 뛰어난 활성을 갖는 직접합성 촉매를 제작하기 위해 가장 많이 사용되는 담체중 하나인 알루미나를 이용하여 여러 가지 전처리를 통해 촉매를 합성하고, 이에 대한 촉매활성을 테스트하려 한다. 알루미나는 열적 기계적 안정성이 뛰어나 수많은 상용화학공정에서 담체와 활성물질로서 사용되고 있는데, 본 연구에서는 젖음법으로 Pd를 담지하였으며, 제작한 촉매의 활성과 여러 가지 특성화분석을 통해 높은 활성을 갖는 촉매를 개발하였다.

## 은이 도핑된 망간 산화물을 이용한 PM 저온 연소 반응

김민준<sup>1</sup>, 이재환<sup>1</sup>, 이은준<sup>1</sup>, 이재성<sup>1</sup>, 이관영<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>고려대학교, <sup>2</sup>초저에너지 자동차 초저배출 사업단

---

전 세계적으로 일산화탄소, 질소산화물, 미연 탄화수소, 입자상 물질 (PM) 등의 배기가스 후처리 시스템 개발이 필수적인 상황이다. 또한 지구온난화를 해결하기 위해서는 이산화탄소 배출량의 감소가 필요하다. 따라서 이 두가지 목표를 동시 달성하기 위해서는 저온에서 배기가스 저감을 할 수 있는 촉매의 개발이 필요하다.

PM은 입자상 물질 필터를 통해 제거될 수 있는데 이 때 PM을 저온에서 산화시켜야 차량의 연비가 증진될 수 있다. 따라서 필터에는 PM 저온 산화 촉매가 코팅이 되어야 하며 특히 가솔린 직분사 차량의 경우 디젤에 비하여 산화제가 부족한 환경이기 때문에 고효성의 PM 산화 촉매 개발이 필요하다.

본 연구에서는 은이 도핑된 망간 산화물을 수열 합성법을 통해 합성하였으며 soot 산화 활성을 GPF 조건하에서 평가하였다. 또한, 촉매의 활성 경향을 다양한 특성화 분석을 통해 설명하였다.

## Soot oxidation 복합 촉매 : CeO<sub>2</sub>에 Ag와 La 도입

이재성<sup>1</sup>, 이재환<sup>1</sup>, 김민준<sup>1</sup>, 이은준<sup>1</sup>, 이관영<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University, 145 Anam-Ro, Seongbuk-Gu, Seoul, 02841, Republic of Korea

<sup>2</sup>Super Ultra Low Energy and Emission Vehicle (SULEEV) Center, 145 Anam-Ro, Seongbuk-Gu, Seoul, 02814, Republic of Korea

<sup>3</sup>KU-KIST Green School, Korea University, 145, Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, 02841, Republic of Korea

전 세계적으로 환경오염 이슈가 큰 화두로 떠오른 이래 대기오염에 관해서도 국제적인 규제 정책들이 강화되고 있다. 특히 자동차 배기가스는 대기오염의 원인 중 큰 비중을 차지하고 있으며 이에 따른 자동차 배기가스 규제는 지속적으로 강화되고 있다. 특히 가장 중점적으로 규제가 되고 있는 물질은 입자상물질 (particulate matters; PM)이다.

본 실험의 목적은 PM의 배출량을 감소시키기 위해, PM의 주된 물질인 soot의 저온 조건에서의 연소를 돕는 촉매를 개발하고자 하는 것이다. 이를 위해 Ag/CeO<sub>2</sub>가 superoxide를 생성하여 낮은 온도에서 PM을 잘 연소하며, 란타넘(La)이 도핑된 CeO<sub>2</sub> 역시 낮은 온도에서 PM을 잘 연소한다는 연구결과들을 이용했다.

본 연구에서는 배기가스에 포함된 PM의 저온 산화를 위하여 여러 합성법으로 만든 Ag/CeO<sub>2</sub> 촉매와 Ag/ La-CeO<sub>2</sub> 촉매를 XRD로 분석하고, tight contact와 loose contact 조건에서 soot 산화 실험을 진행했다. 그 중 가장 저온에서 활성이 좋은 촉매의 반복 산화를 실험하였다.

## Two-bed 활성 촉매반응을 통한 3kW급 VOC 개질

김지현, 김진호, 김효식, 류재홍, 강석환\*

고등기술연구원

### 3kW VOC reforming by two-bed active catalytic reaction

Jihyeon Kim, Jin-ho Kim, Hyo-sik Kim, Jae-Hong Ryu, Suk-Hwan Kang\*

*Institute for Advanced Engineering*

---

휘발성 유기화합물(VOCs; Volatile Organic Compounds) 대기 반응을 통하여 오염물질과 인체에 유해한 물질의 원인이 되기 때문에 이에 대한 배출 규제가 전 세계적으로 강화되고 있는 실정이다. 이러한 VOCs 물질을 처리하기 위해 여러 가지 공정을 통해 처리되고 있고, 개질반응을 통해서도 수소와 일산화탄소를 생산함으로써 처리되고 있다. 하지만 VOCs 개질반응은 강한 흡열반응 특성을 지니기 때문에 외부 열원으로부터 촉매 층까지 열이 전달되는 속도보다 반응이 진행되는 촉매 층에서 발생하는 흡열반응속도가 더 빨라 결국 반응기 온도가 떨어지게 된다. 이때 개질 촉매 활성이 높을수록 반응기 내 온도 하강 폭은 더 커지게 되고, 촉매 층의 온도가 500 °C 이하로 떨어질 경우 Coking 현상이 발생하여 활성 저하의 원인이 되므로 개질반응에 필요한 온도를 유지해주는 것이 필요하다.

이에 따라 본 연구에서는 저활성 촉매와 고활성 촉매를 Two-bed 형태로 배치함으로써 촉매 층에서 발생하는 온도하강을 억제하고 촉매 활성에 따른 개질반응을 최대화하기 위한 실험을 진행하였다. 뿐만 아니라 촉매 층마다의 온도 측정을 위하여 측면에 여러 개의 온도 센서를 배치한 원통형 반응기를 사용하였으며, 결과 비교를 위하여 저활성 촉매만을 사용하여 실험을 진행하였다.

#### 사사

본 논문은 환경부 미세먼지 사각지대 해서 저감사업의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다  
(과제번호:202003060012).

---

## Property measurement and composition optimization of novel blended absorbents for membrane contactors

**Hyun-Ji Lim<sup>1,2</sup>, Kwanghwi Kim<sup>1,2</sup>, Jo Hong Kang<sup>2</sup>, Ho-Jun Song<sup>2,\*</sup>, Jin-Won Park<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 120-749, Republic of Korea

<sup>2</sup> Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), 55 Jongguro, Jung-gu, Ulsan, 681-310, Republic of Korea

---

Absorption is widely used method for separating CO<sub>2</sub> from the exhausted gas at the emission source. Mainly, they are used in packed column to react with exhausted gas to capture CO<sub>2</sub>. However, the packed column facility occupies large area and has low efficiency contacting between aqueous absorbent and exhausted gas. On the other hand, the membrane contactor-a novel type of reactor-the area can be minimized and contacting can be increased due to high specific surface area. In coal-fired power plants, MEA(monoethanolamine) is mainly used to absorb CO<sub>2</sub>, but it has drawbacks such as degradation and low cyclic capacity. In recent years, research on the development of various absorbents other than MEA has been conducted. In this study, cyclic capacity performance was increased 40 % or more by adding an additive to the amino acid salt. The composition of absorbent was optimized by CO<sub>2</sub> screening, measurement of contact angle and surface tension. As a result, an efficient amino acid salt-based CO<sub>2</sub> absorbent applicable for membrane contactor was derived.

# Computational Investigation on the pH Sensing Mechanism of Edge-functionalized Graphene Quantum Dots

**Bai Amutha Anjali and Yongchul G. Chung\***

*School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University,  
Busandaehak-ro 63beon-gil 2, Busan, 46251, Korea (South)*

*\*Corresponding author: greg.chung@pusan.ac.kr*

---

Graphene quantum dots (GQDs) have attracted enormous attention as emerging carbon nanomaterials owing to their unique chemical, electronic, and optical properties, which makes them an excellent candidate for bio-imaging, sensing, and photovoltaics. Recent experimental works show that the excitation-dependent emission properties of the GQDs could be tuned based on size, chemical doping, and edge-functionalization, which is critical for a broad range of pH sensing materials. However, the underlying electronic mechanism for pH sensing remains to be poorly understood.

Toward this end, we combined density functional theory (DFT) and time-dependent DFT (TDDFT) calculations to elucidate the underlying pH sensing mechanism for the GQD systems. We carried out large-scale DFT and TD-DFT calculations to evaluate the electronic properties (such as bandgap, pKa, and oscillator strength) of different edge-functionalized GQD structures.

## **References**

1. Chen, S., Ullah, N., Wang, T., Zhang, R., " Tuning the Optical Properties of Graphene Quantum Dots by Selective Oxidation: A Theoretical Perspective ", *J. Mater. Chem. C*, 6 (25), 6875-6883 (2018)
2. Yan, Y., Gong, J., Chen, J., Zeng, Z., Huang, W., Pu, K., Liu, J., Chen, P., "Recent Advances on Graphene Quantum Dots: From Chemistry and Physics to Applications", *Adv. Mater.*, 31 (21), 1808283 (2019)



## 저온에서 CO, Hydrocarbon 산화 능력 증진을 위한 Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@CuO/CeO<sub>2</sub> 촉매

박하늬<sup>1</sup>, 이은준<sup>1</sup>, 서야은<sup>1</sup>, 이관영<sup>1,2,3\*</sup>,

<sup>1</sup>Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University, 145 Anam-Ro, Seongbuk-Gu, Seoul, 02841, Republic of Korea  
<sup>2</sup>Super Ultra Low Energy and Emission Vehicle (SULEEV) Center, 145 Anam-Ro, Seongbuk-Gu, Seoul, 02841, Republic of Korea  
<sup>3</sup>KU-KIST Green School, Korea University, 145, Anam-Ro, Seongbuk-Gu, Seoul, 02841, Republic of Korea

세계적으로 환경오염 규제가 심화됨에 따라, 자동차 배기가스에 포함된 물질인 CO와 Hydrocarbon의 저온 산화에 효과적인 촉매 개발의 필요성이 대두되고 있다. 이전 연구에서 Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, CuO, CeO<sub>2</sub>로 합성된 CCC촉매는 CO와 hydrocarbon 저온 산화에 우수하다고 알려져 있다. 특히, CO 산화는 CuO와 CeO<sub>2</sub> 사이의 계면에서, Hydrocarbon 산화는 Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>와 CeO<sub>2</sub>사이 계면에서 일어남으로 인해 동시산화를 만족하는 장점이 있다. 하지만 Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 촉매는 고온에서 안정성이 낮아, 이를 극복하기 위해 Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>를 Core로 하고, CuO와 CeO<sub>2</sub>로 이루어진 shell로 구성된 core-shell 구조의 촉매를 도입하였다. 산화 반응 실험을 통해 합성한 촉매의 활성을 각각 서로 비교하였으며, 다양한 특성화 분석을 진행해 촉매의 특성을 분석하였다.

# Coaromatization of Light Alkane with Methane on Ga/HZSM-5 : Detailed Analysis of Reaction-Regeneration

Hyun Min Lee<sup>1</sup>, Byung Jin Lee<sup>1</sup>, and Kwan Young Lee<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University, 145 Anam-Ro, Seongbuk-Gu, Seoul, 02841, Republic of Korea <sup>2</sup>KU-KIST Green School, Korea University, 145 Anam-Ro, Seongbuk-Gu, Seoul, 02841, Republic of Korea

---

세일가스 및 천연가스의 조성은 대부분 메탄으로 이루어져 있으며, 세일가스의 가채매장량은 천연가스의 확인매장량과 비슷한 수준으로 알려져 메탄을 고부가가치 생산물 BTX(Benzene, Toluene, Xylene)로 합성하기 위한 촉매 기술이 각광받고 있다. 낮은 BTX 선택성과 더불어 고비용 공정 과정을 거치는 NCC(Naptha Cracking Center) 생산의 단점을 보완하기 위해 BTX 수율 및 안정성이 향상된 촉매의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 메탄, 에탄, 프로판의 co-conversion을 이용하여 방향족 화합물 수율을 높이기 위해 천연 가스와 유사한 조성의 모사 가스를 이용하여 반응을 진행하였다. Ga/HZSM-5 촉매의 반응 활성 실험과 산소 조건의 촉매 재생 과정을 on-line으로 진행하여 촉매별, 재생 온도별 활성 실험 결과를 비교하였다. 재생 후 촉매의 특성화 분석을 이용하여 반응 과정의 코크의 특성을 확인하였다.

## 과산화수소 직접합성용 팔라듐 촉매 개발에 적용된 아민 기능화 그룹의 선택도 향상 효과 및 원인 규명

한근호,<sup>1</sup> 이관영<sup>1,2,\*</sup>

고려대학교 화공생명공학과,<sup>1</sup> 고려대학교 에너지환경정책 기술대학(KU-KIST Green School)<sup>2</sup>

친환경적 산화제인 과산화수소의 직접합성용 촉매를 개발함에 있어, 팔라듐 기반 촉매를 활용해 고선택적인 촉매표면을 구현하는 것은 거의 불가능함. DFT 계산화학으로 예측된 단일금속 표면은 과산화수소 합성 대비 물을 생산하는 부반응에 유리한 열역학적 정보를 갖고 있음. 따라서, 친환경적인 직접합성의 장점을 유용하게 사용하기 위해서 높은 과산화수소 선택도를 갖는 촉매를 개발해야 함.

팔라듐 촉매 표면의 전자구조는 부반응을 촉진하는 산소의 해리반응에 직접적인 영향을 주는 요인으로, 표면 전자밀도가 낮을수록 산소분자로의 전자 공여를 억제하고 산소분자의 해리가 억제됨. 이같은 원리를 적용하고자, 팔라듐 표면과의 결합을 통해 전자가 부족한 팔라듐 표면을 구현할 목적으로 아민 기능화그룹을 적용함. 아민 기능화그룹은 상황에 따라 전자를 공여할수도 받을수도 있는 다기능 그룹이지만, 본 촉매에서는 팔라듐으로부터 전자를 받았음을 XPS 분석으로 확인함.

결과적으로, 아민 기능화그룹의 양에 따라 팔라듐 표면의 전자를 잃은 정도가 변화하였으며, 전자를 잃을수록 과산화수소 선택도가 향상되는 결과를 얻었음. 이뿐만 아니라, XRD에서 전자를 잃을수록 결정구조가 눈에 띄게 변화하였고 이를 바탕으로 단순한 전자교환에 의한 interaction이 아닌, chemical bond가 형성된 화합물이 존재할 것으로 추정함. 다양한 촉매 특성화분석으로 chemical bonding의 형성을 제어하고, 형성된 촉매 표면의 구조를 규명해 과산화수소 직접합성에 유리한 촉매를 개발하고자 함.

## FCC Light Cycle Oil로부터 고수율 BTX 제조를 위한 수첨분해 촉매용 제올라이트 조성 및 특성 연구

오영석, 박효정, 오진호, 이정규\*

동아대학교 화학공학과

---

플라스틱, 수지, 섬유 및 윤활제 등의 중요한 석유화학 기초 유분인 벤젠, 톨루엔 및 자일렌 (BTX)는 대부분 납사 개질 및 열분해 공정에서 생산된다. 정유공장의 FCC(Fluid Catalytic Cracking) 공정에서 대량으로 부산되는 LCO는 디젤 비점 범위나 방향족 함량이 약 80%로 매우 높고 황, 질소 성분의 함량이 높아 디젤로 사용할 수 없으며 주로 중질 연료유의 점도 조절용으로 소진되고 있다. 그러나 전세계적인 환경문제로 중질 연료유의 수요가 감소할 것으로 예상되어 LCO와 같은 다환방향족 함량이 높은 유분을 고부가 BTX와 같은 경방향족 탄화수소로 전환되는 촉매 공정 기술의 개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 사전에 Hydrotreating(HDT) 처리가 된 LCO를 사용하여 BTX 수율을 높일 수 있는 수첨분해 촉매 특성을 연구하였다. LCO 중의 방향족 화합물의 분자 크기 분포가 넓어 H-ZSM-5와 H-Beta의 혼합물에 메조기공을 갖는 H-Y(USY) 제올라이트를 소량 첨가한 혼합 제올라이트를 수첨분해 촉매용 산촉매로 사용하였다. 또한 총 질소 함량이 다른 HDT-LCO의 조성을 모사한 모델 피드를 사용하여 반응물의 질소 화합물의 함량에 따른 촉매의 안전성을 평가하였다.

## 시멘트 calciner를 모식화한 튜브로의 산화/환원 조성분위기에 따른 시멘트 조합원료의 소성특성

문기연<sup>1</sup>, 최문관<sup>1</sup>, 조진상<sup>1\*</sup>, 조계홍<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국석회석신소재연구소

## Calcination properties of cement raw meal on oxidizing-reducing conditions in a tube furnace with simulation of cement calciner

Ki-Yeon Moon<sup>1</sup>, Moon-Kwan Choi<sup>1</sup>, Jin-Sang Cho<sup>1\*</sup>, kye-Hong Cho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea institute of limestone and advanced materials

시멘트 산업의 질소산화물 배출량 감축을 위해 다단연소 공정을 적용할 경우 질소산화물을 질소로 산화시키고 연료효율을 증대할 수 있는 산화/환원 구간이 필수적인데, 질소산화물 배출 공정을 고려했을 때 내부온도 700~900℃ 범위인 calciner에 적용특성이 우수할 것으로 판단된다. 다만, calciner는 투입 원료물질의 흡착수 증발, 탈탄산, 예비소성 등이 진행되는 구간으로 조성분위기 변화에 따라 최종 생산품인 시멘트 클링커의 품질에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 질소산화물 배출량 저감과 더불어 시멘트 클링커의 최종 품질에 영향을 미치지 않는 최적 소성조건 도출이 요구된다.

이에 본 연구에서는 calciner의 입자분산, 열평형성, 입자체류 시간 등을 모식화한 튜브로를 제작하고, 최종 생산품인 시멘트 클링커의 품질확보가 용이한 최적 소성조건을 도출하고자 하였다. 이때, 로내 산화/환원 분위기는 MFC를 활용해 O<sub>2</sub> 및 N<sub>2</sub>가스를 적량 주입하여 조정하였으며, 투입원료의 탈탄산률 조사를 통해 최적 소성조건을 확립하였다.

### **Acknowledgement**

This work was supported by the Technology Innovation Program (20005750, Commercial Development of Combustion System Control Technology for Minimizing Pollutant with Multiple Analysis) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea)

# 산업적 활용을 위한 석탄재 안정화 처리 연구

김영진<sup>1</sup>, 조진상<sup>1</sup>, 조계홍<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국석회석신소재연구소, <sup>2</sup>한국세라믹기술원

## Stabilization Treatment of Coal Fly Ash for Industrial Utilization

Young Jin Kim<sup>1</sup>, Jin-Sang Cho<sup>1</sup>, Kye-Hong Cho<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Limestone and Advanced Materials

이산화탄소(Carbon dioxide, CO<sub>2</sub>)는 화석연료의 사용으로 인해 배출되는 대표적인 온실가스로, 지구온난화의 주요 원인으로 알려져 있다. 지구온난화에 따른 기후변화를 억제하기 위해 전 세계적으로 정부 정책을 제시하고 있으며, CO<sub>2</sub> 배출 저감을 위해 에너지 절약 기술, 저장기술 및 분리기술 등의 연구도 진행되고 있다. 우리나라 정부에서도 2030년 온실가스 배출 전망치 대비 37%를 감축하는 목표를 제시하였으며, 다양한 방식의 CO<sub>2</sub> 저감 연구를 진행하고 있다. CO<sub>2</sub>를 저감하기 위한 연구 중 광물 탄산화(Mineral carbonation) 기술은 열역학적으로 CO<sub>2</sub>를 안정시켜 장기적으로 처리가 가능하고 대기로 CO<sub>2</sub>가 누출되지 않는 특성이 있다. 최종적으로 형성되는 탄산염 산물은 도로 건설용 응집제, 시멘트 클링커 및 페인트 등 다양한 산업에 적용이 가능한 것으로 알려져 있어 지속적으로 연구되고 있다[1, 2]. 광물탄산화는 크게 CO<sub>2</sub>를 칼슘, 마그네슘 등이 포함된 규산염 광물이 풍부한 지층에 주입하는 방법과, 이들 규산염 광물 또는 알칼리성 산업 부산물을 파쇄 및 분쇄 등의 과정을 거친 후 외부의 화학공정을 통해 탄산화 하는 방법이 있다. 본 연구에서는 국내 발전소에서 발생한 석탄재에 탄산화 공정을 적용하여 CO<sub>2</sub> 처리 및 안정화 특성을 확인하였다. 탄산화 실험은 석탄재와 증류수를 혼합하는 공정과 혼합된 시료를 대상에 CO<sub>2</sub>를 주입시켜 탄산화 처리하는 공정 단계로 진행하였다. CO<sub>2</sub> 처리 효율은 실험 전, 후 Q-XRD 결과를 계산하여 분석하였다. 석탄재 시료의 탄산화 실험은 CO<sub>2</sub>가스 투입 속도 및 투입 시간을 고정하고, 수분함량을 비교하여 실험하였다. QXRD 분석결과, 탄산화 처리에 따른 CaCO<sub>3</sub> 성분은 수분 함량 증가에 따라 CaCO<sub>3</sub>의 peak가 점차 증가하는 것으로 확인되었고, 이는 탄산화 반응에 따른 석탄재 중 CaCO<sub>3</sub>의 생성량이 증가되어 나타난 결과로 판단된다. 석탄재에 포함된 Ca-계 물질을 대상으로 각 성상의 화학식과 Q-XRD 함량을 계산하여 탄산화 처리 전과 후의 함량 변화를 확인한 결과, 변화 특성을 보이는 물질은 CaCO<sub>3</sub>와 Ca(SO<sub>4</sub>)이었으며, 물 함량 30, 40, 50 wt%인 조건에서의 CaCO<sub>3</sub>의 함량 변화는 큰 차이가 없는 것으로 확인되었다.

### 감사

이 연구는 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(‘20010616’)

### 참고문헌

- Han, K. W., Rhee, C. H., and Chun, H. D., “Feasibility of Mineral Carbonation Technology as a CO<sub>2</sub> Storage Measure Considering Domestic Industrial Environment,” *Korean Chem. Eng. Res.*, 49(2), 137-150 (2011).
- Kim, B. H., Kang, P. S., Yoo, S. K., “Characteristics of Capture for High Concentration CO<sub>2</sub> at Carbonation of Alkaline Sorbent,” *J. of Korea Society of Waste Management.*, 33(3), 257-264 (2016).

## 0.1MW<sub>th</sub> 급 순환 유동층 연소기를 축소 설계한 냉간 유동층 반응기의 수력학적 특성 파악

김광래<sup>1,2</sup>, 양창원<sup>1,3</sup>, 정재용<sup>1,3</sup>, 방병열<sup>1,3</sup>, 이은도<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원 청정에너지시스템연구부, <sup>2</sup>광운대학교 화학과, <sup>3</sup>FEP 융합연구단

## Study on Hydrodynamic characteristics of a 0.1 MW<sub>th</sub>-scale CFB cold model

**Kwangrae Kim<sup>1,2</sup>, Changwon Yang<sup>1,5</sup>, Jaeyong Jeong<sup>1,5</sup>, Byungryeul Bang<sup>1,5</sup>, Uendo Lee<sup>1,5\*</sup>**

<sup>1</sup>Korea institute of industrial technology (KITECH),

<sup>2</sup>Kwangwoon University, <sup>3</sup>FEP convergence R&D center \*corresponding author : uendol@kitech.re.kr

순환 유동층 보일러(circulating fluidized bed boiler)는 다양한 연료를 활용하여 800~900℃로 비교적 낮은 연소온도로 NO<sub>x</sub> 발생 최소화 및 석회석을 통한 연소로 내 직접 탈황이 가능한 친환경 발전설비 이다[1]. 순환 유동층 보일러는 고체 순환량과 이에 따른 압력 분포의 예측이 매우 중요 하지만 고온 유동상을 이용하는 실제 환경에서 순환 유동층 보일러의 상세한 수력학적 특성을 파악하는 것은 현실적으로 어려운 경우가 많다[2]. 이를 위해 적절한 상사법칙을 통해 유동층 보일러의 물리적 거동을 모사할 수 있는 냉간장치(cold scale model)가 활용되어 왔으며, 이를 통해 상온, 소형 냉간장치를 고온, 대형 유동층 보일러의 바탕으로 효과적으로 살펴볼 수 있다. 본 연구에서는 0.1 MW<sub>th</sub> 순환 유동층 연소기를 대상으로 수력학적 특성을 지배하는 3개의 물리량을 대표하는 상사 인자(parameter)와 실규모 연소기의 형상 정보(내경 150mm, 높이 10m) 그리고 실제 순환 유동층 연소기와 동일한 유동화 영역에 사용되는 층물질.bed material)을 대상으로 Glicksman이 제안한 상사법칙을 사용하여 1/4 배로 축소 설계된 냉간 장치를 구축하여 실험을 수행하였다. 다양한 운전 조건을 통하여 반응기 내 압력분포 및 고체 순환량을 측정값을 0.1 MW<sub>th</sub> 순환 유동층 연소기 실험결과와 비교하였다.

### 참고문헌

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

1. 김영두, 양창원, 방병열, 이은도, 『CFB 보일러 및 발전소 운영 최적화 TOOL 개발 연구』, 『한국청정기술학회』54(2), 2018.
2. 양창원, 2014, “파일럿 규모 이중 유동층 가스화기의 수력학적 특성 파악을 위한 냉간 유동층 실험

# 머신러닝을 이용한 CFB 보일러의 유동사 및 석회석 입도분포, 오염물질 배출 최적화

김종덕<sup>1,2</sup>, 김광래<sup>1,4</sup>, 최형륜<sup>1,3</sup>, 정재용<sup>1,5</sup>, 양창원<sup>1,5</sup>, 방병렬<sup>1,5</sup>, 이은도<sup>1,5\*</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원 청정에너지시스템연구부, <sup>2</sup>인하대학교 기계공학과, <sup>3</sup>동국대학교 화학공학과, <sup>4</sup>광운대학교 화학과, <sup>5</sup>FEP 융합연구단

## Optimization of flow sand and limestone PSD and pollutant emission of CFB boiler using machine learning

**Jongduck Kim<sup>1,2</sup>, Kwangrae Kim<sup>1,4</sup>, Hyoungryun Choi<sup>1,3</sup>, Jaeyong Jeong<sup>1,5</sup>,  
Changwon Yang<sup>1,5</sup>, Byungryeul Bang<sup>1,5</sup>, Uendo Lee<sup>1,5\*</sup>**

<sup>1</sup>Korea institute of industrial technology (KITECH), <sup>2</sup>Inha University,

<sup>3</sup>Dongguk University, <sup>4</sup>Kwangwoon University,

<sup>5</sup>FEP convergence R&D center \*corresponding author : uendol@kitech.re.kr

순환유동층(Circulating Fluidized Bed) 보일러 연소기술은 석탄 외의 다양한 연료(성상이 균일하지 않은 바이오매스 등)의 직접 연소가 가능하고 비교적 낮은 연소온도(<900℃)로 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 배출량 저감에 용이한 친환경 연소방식이다[1]. 본 연구에서는 IEA-CFBC 모델을 사용하여 주입 공기량, 조업 온도, 연료 공급량(석탄 및 석회석 투입량) 등에 따른 오염물질 배출량, 유동사 및 석회석의 입도분포(Particle Size Distribution)를 예측하기 위해 머신러닝 기법을 적용하였다. 석탄 주입량(20kg/s~75kg/s), Ca/S 비율(0~4.2) 등의 다양한 조건에서 연소 결과를 예측하였다. 그 결과 수치해석을 통해 구한 SO<sub>x</sub> 배출량과 머신러닝을 통해 구한 SO<sub>x</sub> 배출량은 평균 0.1299%의 오차를 보였다. 또한 유동사의 입도분포는 평균 0.2067 $\mu$ m의 오차를 보이며, 원하는 보일러 운전 조건에 부합되는 값을 정확히 예측하는 것으로 평가되었다. 이 외에도 NO<sub>x</sub> 배출량, 석회석의 입도분포에 대한 영향 등도 같은 방식으로 예측해 볼 수 있다. 1-D CFB 보일러 수치해석 결과를 바탕으로 빅데이터를 생성하여 입력값에 따른 결과값을 도출하는 머신러닝 연구를 수행하였다. 나아가 머신러닝을 통해 구한 예측 값을 통해 수치해석에 필요한 새로운 데이터를 제공하여 수치해석의 정확성과 효율성을 높일 수 있을 것이다.

### 참고문헌

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

1. 양상열, 『순환유동층 보일러(CFBC) 내에서 우드펠릿 최적 혼소 방안 연구』, 『국내석사학위논문 부산대학교 대학원』, 2014, 13면.



# 순환유동층 보일러 1D 수치해석을 위한 MATLAB GUI 모델 개발

최형륜<sup>1,2</sup>, 김종덕<sup>1,3</sup>, 김광래<sup>1,4</sup>, 권현민<sup>1,5</sup>, 양창원<sup>1,5</sup>, 정재용<sup>1,5</sup>, 방병렬<sup>1,5</sup>, 이은도<sup>1,5†</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원 청정에너지시스템연구부, <sup>2</sup>동국대학교 화공생물공학과, <sup>3</sup>인하대학교 기계공학과, <sup>4</sup>광운대학교 화학과, <sup>5</sup>FEP 융합연구단

## Development of MATLAB GUI model for 1D numerical analysis of circulating fluidized bed boiler

Hyoun Ryun Choi<sup>1,2</sup>, Jong Duck Kim<sup>1,3</sup>, Kwangrae Kim<sup>1,4</sup>, Hyoun Min Kwon<sup>1,5</sup>,  
Changwon Yang<sup>1,5</sup>, Jaeyong Jeong<sup>1,5</sup>, Byungryeul Bang<sup>1,5</sup>, Uendo Lee<sup>1,5†</sup>

<sup>1</sup>Korea institute of industrial technology (KITECH), <sup>2</sup>Dongguk University, <sup>3</sup>Inha University, <sup>4</sup>Kwang woon University, <sup>5</sup>FEP convergence R&D center <sup>†</sup>corresponding author : uendol@kitech.re.kr

순환유동층 보일러는 유동사와 연료가 산화제와 함께 순환하는 과정에서 반응하며, 공기와 탈황제인 석회를 동시에 주입시켜 연소하기 때문에 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 등 오염물질 배출을 크게 줄일 수 있는 친환경적 발전설비이다. 본 연구에선 순환유동층 보일러 내의 1D 수치해석 수행을 위해 선행 연구로부터 개발된 Fortran 기반의 IEA-FBC 모델을 MATLAB GUI(Graphical User Interface) 형태로 재구현하였다. MATLAB 언어를 사용함으로써, 프로그램의 유지 및 보수를 용이하게 수행할 수 있었으며 연립방정식의 해 구하기, 특히 값 분해 등 MATLAB 내에서 제공하는 기본 수학 함수 기능을 활용하여 추가적인 모델 개발 또한 간편하게 수행할 수 있었다. 본 연구에서 개발한 MATLAB GUI 모델은 특정 입력 조건(연료 투입량, 입도 분포 그리고 공기 투입량)에 따라 보일러 내에서 발생하는 고체 체류량, PSD(입도 분포), 압력, 온도 및 가스 속도 등의 유동 특성 변화를 쉽게 파악 가능하다. 또한, 해석 결과를 그래프로 출력하여 가시적으로도 확인이 가능하며, 다른 입력 조건을 통해 얻은 결과 그래프들과 상호 비교할 수 있는 기능을 구현하였다. 추가적으로, 사용 연료에 따른 경제성 평가 기능도 본 GUI 모델 에 구현할 예정이다. 그 외에도 데이터를 저장하고 불러오기를 보다 원활하게 사용하여 불필요한 데이터의 기록을 방지할 수 있었다. 본 연구에서 개발된 유동해석 모델을 통해 다양한 운전조건을 바탕으로 수치해석을 수행하여 대량의 보일러 유동해석 데이터를 생성하고, 이러한 과정을 통해 생성된 빅 데이터를 추후 머신 러닝 학습 데이터로 사용할 것이다.

**Keyword:** GUI (Graphical user interface), 순환유동층 보일러(Circulating fluidized bed boiler), 1D 수치해석, MATLAB, IEA-FBC 모델

# 흡착을 위한 표면 개질화한 폐커피 가루 유래 탄소입자 기반 구슬형태 흡착제의 제조

김지율, 이동훈, 김윤희, 양영강, 최동섭, 김나연, 장현성, 주지봉\* (jbjoo@konkuk.ac.kr)

건국대학교 화학공학과

## Synthesis of Surface Modified Activated Carbon Adsorbents derived from Waste Coffee Powder for Adsorption Application

Jiyull Kim, Donghun Lee, Yoon hee Kim, Yeongkang Yang, Dongseop Choi, Na Yeon Kim, Hyunsung Jang, Ji Bong Joo\*

Department of Chemical Engineering, Konkuk University

국내 커피 산업 규모가 점차 성장함에 따라 커피 원두의 생산 규모도 꾸준히 증가하고 있다. 하지만 커피 원두는 가공 시 1%의 아주 적은 양만 사용되고 나머지 99%는 폐커피가루로 버려진다. 폐커피가루를 재사용하게 될 경우 처리 비용을 절감할 수 있으며, 여러 다양한 분야에서 이익을 창출할 수 있다. 폐커피가루는 탄소 기반의 유기물로 활성탄으로서 활용할 수 있다. 활성탄은 많은 선행연구에서 흡착 반응을 통한 다양한 유해 물질 제거에 뛰어난 성능을 보였다. 본 연구에서는 폐커피가루를 사용하여 활성탄 흡착제를 제조하고 유해물질을 제거할 계획이다. 또한, 흡착성능을 증대 시키기 위해 표면을 다양한 기능기로 개질 하였다. 제조된 흡착제를 다양한 실험실 규모급 흡착 실험에 응용하였으며, 우수한 흡착성능을 가지는 것을 확인하였다.

### 감사

본 연구는 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국과학창의재단(2020년도 학부생 연구프로그램)의 지원을 받아 수행된 연구임(SBJ000034035). 본 연구는 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구실지원사업(NRF-2020R1A4A2002854) 지원을 받아 수행된 연구임.

### 참고문헌

1. Ktzas et al. "Removal of dyes from aqueous solutions with untreated coffee residues as potential low-cost adsorbents: Equilibrium, reuse and thermodynamic approach" *Chem. Eng. J.*, 180-190, 148-159 (2012).
2. Huang et al. "Activated carbons prepared by the KOH activation of a hydrochar from garlic peel and their CO<sub>2</sub> adsorption performance" *New carbon materials.*, 34(3), 247-257 (2019).
3. Tiwari et al. "Adsorption of CO<sub>2</sub> on KOH activated N-enriched carbon derived from urea formaldehyde resin : kinetics, isotherm and thermodynamic studies", *Appl. Surf. Sci.*, 439, 760-771 (2018).

## Core@Shell 구조 촉매를 이용한 Perhydro-dibenzyltoluene 탈수소화 반응에서의 귀금속 양의 절감 연구

장지수<sup>1</sup>, 김찬훈<sup>2</sup>, 이관영<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup>고려대학교, <sup>2</sup>그린스쿨대학원

파리협약(15.12)과 신 기후협약체제(16.12) 발효 이후 친환경적인 에너지 생산에 관한 연구가 진행되고 있다. 하지만 친환경적인 에너지로 주목받고 있는 신재생에너지는 에너지 생산에 있어서 여러 변수가 존재하여 안정적으로 에너지를 공급하기 어려운 단점이 존재한다. 이러한 단점을 극복하기 위해 이에 에너지 저장기술이 요구되어 특히 수소를 이용한 에너지 저장기술에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다.

수소를 저장하는 방법에는 고압 탱크, 액화 저장, LOHC 등 여러 가지가 존재하는데, 그중 LOHC를 이용하여 수소를 저장하게 되면  $57.0 \text{ kgH}_2/\text{m}^3$  (perhydro-dibenzyltoluene, 액체 수소의 약 80%)의 수소를 저장할 수 있다. LOHC는 다른 수소 저장 방법보다 저장 및 운반에서 안정성을 가지고 있고, 기존에 사용되고 있는 유기물질의 저장 및 운반 인프라를 사용할 수 있는 장점이 존재한다.

LOHC의 탈수소화 반응에서는 백금(Pt)이 매우 높은 활성을 갖지만, 비싸므로 Pt를 대체 및 절감할 수 있는 촉매를 개발하는 것은 상업적으로 이용하는 데 큰 도움을 준다. 이러한 Pt의 양을 줄이기 위해서 비교적 저렴하면서, 귀금속과 비슷한 성질을 가지는 것으로 알려진 전이금속 카바이드를 이용하면 Pt를 대체할 가능성이 존재한다. 그중 텅스텐 카바이드(WC)는 Pt와 비슷한 촉매 성질을 가진 물질로 보고된 바 있다. 이에 WC@Pt core@shell 입자를 합성하여 Pt의 비율을 줄이며 bulk Pt와 비슷한 활성을 가지는 촉매를 얻고자 한다.

## 글라이딩아크 플라즈마-축열버너 개질기 개발

안준<sup>1</sup>, 김하진<sup>1</sup>, 전영남<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 공과대학 환경공학과

## Development of a Gliding Arc Plasma-Recuperative Burner Reformer

**June An<sup>1</sup>, Ha Jin Kim<sup>1</sup>, Young Nam Chun<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering Chosun University

메탄은 천연가스의 주성분이고, 셰일가스(shale gas), 코크오븐가스(coke oven gas), 바이오매스 또는 석탄 가스화 가스에 포함되어 있다. 또한, 이산화탄소는 바이오가스 성분이고 화석연료의 사용과정에서 발생된다. 온실가스인 메탄과 이산화탄소의 전환기술은 기존의 촉매 적용 열적전환(thermal thermochemical)과 그 외 대체 기술로 전기화학(electro-chemical) 전환이 있다. 전기화학적 방법 중의 하나인 플라즈마 개질법(Plasma reforming)은 새로운 형태(novel approach)의 개질 기술로 많은 잠재력을 가지고 있다고 알려져 있으며, 그 중 저온플라즈마(non-thermal plasma: NTP)는 저온과 저압의 마일드 조건(mild condition)에서 운전이 가능하여 에너지 비용이 기존 열적전환 방식에 비해 저감이 가능하기 때문에 메탄과 이산화 탄소 전환을 위한 유망 기술 중 하나이다. 현재 상용화 되어 사용되고 있는 자율개질(auto-thermal reforming)은 촉매 부분산화개질에 수증기 개질 또는 이산화탄소 개질 방식이 결합된 형태이다. 이 경우 대용량 수소생산이 가능한 장점이 있으나 촉매 피독, 수증기 생산 비용 등의 문제가 있다. 이를 해결하기 위해서는 더 진보된 새로운 기술의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 메탄이 주성분인 천연가스와 이산화탄소를 함유한 바이오가스를 원료로 하여 수소과농의 가스를 생산 가능한 SOFC 스택 연결용 플라즈마-축열버너 부분산화 개질장치를 개발하고자 하였다. 새로이 제안된 개질장치의 성능특성을 파악하기 위해 변수별 연구를 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다. 공급연료를 메탄만 적용할 경우 메탄전환은  $O_2/C$ 비가 증가할수록 전체 가스공급량이 감소할수록 전환율이 높았다. 공급 연료가 바이오가스인 경우 이산화탄소 전환은 메탄 비율이 높을수록 전환율이 높았다. 개질가스 재순환은 가연가스인 다소 수소와 일산화탄소 생성량이 증가되며 특히 수소증가량이 크기 때문에  $H_2/CO$ 비 특히 수소 선택도가 개선되어 양질의 고품이 가스 생산이 가능했다. 개질 성능 특성을 파악한 결과 개질기의 최적 운전조건은  $O_2/C$ 비가 0.6이고 전체 유입가스 유량이 40L/min이었다. 이 때 메탄전환은 56%이고 생성가스의  $H_2$  선택도는 36.7%이고  $H_2/CO$ 비는 1.25으로 RPG용 SOFC 연료전지 스택에 적용 가능하다는 것을 알 수 있었다.

### 사사

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

# 마이크로웨이브 개질에 의한 바이오가스의 재생에너지 전환

김하진<sup>1</sup>, 안준<sup>1</sup>, 전영남<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 공과대학 환경공학과

## Biogas conversion to sustainable energy by a microwave-enhanced reforming

**Ha Jin Kim<sup>1</sup>, June An<sup>1</sup>, Young Nam Chun<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering Chosun University

바이오가스는 도시 슬러지, 음식물 쓰레기, 축사 분뇨, 매립장 등의 혐기소화에서 발생하는 혼합가스이다. 이들의 가스성분은 45-75% CH<sub>4</sub>, 25-55% CO<sub>2</sub>, 0-25% N<sub>2</sub>, 0.01-5% O<sub>2</sub> 그리고 H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>가 소량 함유되어 있다. 이때 발생하는 메탄과 이산화탄소는 온실가스로서 기후변화 주요 원인 물질로 알려져 있다. 이와 같이 바이오가스는 생성 발생원에 따라 메탄과 이산화탄소의 비율이 달라지고 그 외 다양한 성분들이 함께 함유되어 있다. 그러한 현재까지 개질온도나 공급유량에 대한 연구는 많이 진행되었으나 바이오가스의 성분비에 따른 마이크로웨이브 개질특성에 대한 연구가 거의 진행되지 않았으며 질소나 산소에 대한 연구는 거의 찾아보기 어렵다. 본 연구에서는 바이오매스가 탄화된 좌콜을 마이크로웨이브 탄소 수용체(MCR: Microwave Carbon Receptor)로 하여 마이크로웨이브 가열 바이오가스 개질 특성을 파악하였다. 그리고 다양한 발생원으로부터 생성된 바이오가스를 양질의 재생에너지로 이용하기 위해 바이오가스 주성분인 메탄과 이산화탄소의 구성비 변화에 대한 개질특성을 규명하였다. 또한, 바이오가스 함유물인 질소와 산소가 마이크로웨이브 개질에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 영향을 파악하였고 그 결과는 다음과 같다. 메탄가스 열적분해의 경우 초기 CH<sub>4</sub> 전환효율은 증가 되었지만 시간경과에 따라 활성 기공 부착탄소 생성으로 인해 그 효율이 감소되었다. 바이오가스 주성분인 메탄과 이산화탄소비에 대한 성분비 변화는 상대적으로 CO<sub>2</sub>의 농도가 증가 할 수 록 CH<sub>4</sub>와 CO<sub>2</sub>전환 효율이 증가되었다. 이는 탄소 가스화에 의한 부착탄소 활성기공 장애 문제가 극복되기 때문이다. 다만 이 경우 H<sub>2</sub>/CO비가 감소되었다. 바이오가스 함유성분인 질소가 추가 되었을 경우 마이크로 플라즈마 생성을 촉진시켜 촉매활성 기공의 활성도가 증진되고 이로 인해 전환효율이 증진되었는데 그 효과는 촉매활성에 영향을 더 받는 CH<sub>4</sub>전환의 경우가 더 컸다. 바이오 가스 함유 성분인 산소농도가 증가될 경우 전환율이 증가되었지만 바이오가스 중 그 농도가 10%이상 존재할 경우 각 성분의 완전 산화반응으로 인해 생성가스의 연료가치가 떨어졌다.

### 사사

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

# Vapor + liquid phase behavior for the carbon dioxide + 3-methoxy-3-methyl-1-butanol and carbon dioxide + 1-methoxy-2-methyl-2-propanol systems at high pressure

Hun-Soo Byun<sup>†</sup>, Heon-Ho Jeong, Soon-Do Yoon, Chang-Hui Kim

*Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University*

The carbon dioxide + 3-methoxy-3-methyl-1-butanol and carbon dioxide + 1-methoxy-2-methyl-2-propanol systems at 313.2, 333.2, 353.2, 373.2 and 393.2 K as well as pressures up to 16 MPa have been investigated using by static-type. The solubility curve of 3-methoxy-3-methyl-1-butanol and 1-methoxy-2-methyl-2-propanol in the carbon dioxide + 3-methoxy-3-methyl-1-butanol and carbon dioxide + 1-methoxy-2-methyl-2-propanol systems increases as the temperature increases at a constant pressure. The carbon dioxide + 3-methoxy-3-methyl-1-butanol and carbon dioxide + 1-methoxy-2-methyl-2-propanol systems exhibit type-I phase behavior. The experimental results for the carbon dioxide + 3-methoxy-3-methyl-1-butanol and carbon dioxide + 1-methoxy-2-methyl-2-propanol systems correlate with the Peng-Robinson equation of state using a van der Waals one-fluid mixing rule including two adjustable parameters. The critical properties of vinyl methacrylate and vinyl propionate were predicted with the Joback – Lyderson group contribution and Lee-Kesler method. RMSD for the carbon dioxide + 3-methoxy-3-methyl-1-butanol [ $k_{ij}=0.025$ ,  $\eta_{ij}=-0.075$ ] and carbon dioxide + 1-methoxy-2-methyl-2-propanol [ $k_{ij}=0.035$ ,  $\eta_{ij}=-0.035$ ] systems using two parameters determined at 353.2 K were 5.0 % and 8.45 %, respectively.

## References

1. M. A. McHugh, V. J. Krukoni, *Supercritical Fluid Extraction*, 2nd ed., Butterworth-Heinemann, Stoneham, 1994.
2. Y. S. Jang, Y. S. Choi, H. S. Byun, *Korean J. Chemical Engineering*, 32, 958-966(2015).
3. C. R. Kim, H. S. Byun, *Fluid Phase Equilibria*, 381, 51-59(2014).
4. J. D. Jeong, H. S. Byun, *Korean Chem. Eng. Res.* 31, 826-831(2019)

## 백금전극으로 전기분해한 전해수의 항균 특성 연구

구교필<sup>1</sup>, 허광선<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>(주) 토일렉, <sup>2</sup>경남정보대학교 신소재화학계열

## Study on the Antimicrobial Properties of Electrolyzed Water Using platinum electrode

KyoPil Ku<sup>1</sup>, Kwangsun Huh<sup>2\*</sup>,

<sup>1</sup>Toelect Corp. <sup>2</sup>Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,  
Kyungnam College of Information and Technology

전기분해 원리를 이용하여 무해한 소금물로부터 소독제를 생산하는 소독기술은 염소가스의 폭발 위험성이 적고 작동의 편의성, 관리가 용이하다는 면에서 염소를 대체할 수 있는 친환경 소독제로 평가받고 있다. 본 연구에서는 변기 물탱크 내부에서 전기분해를 통하여 변기물을 전해수로 변환함으로써 변기물을 살균하는 전해수를 개발하고자 한다. 본 연구는 소금물은 수돗물 250ml에 정제염 83g, 구연산(무수)7g을 혼합하여 제조한 전해질 10ml를 물 5L에 투입한 후 10분 동안 백금전극으로 전기분해하여 전해수를 제조하였다. 이때 pH 6.4, 유효염소농도 20ppm이었다. 전기분해한 전해수(NaOCl)에 대한 항균능을 평가하기 위하여 ASTM E 2315-16에 따라 대장균, 폐렴균, 황색포도상구균, 녹농균, 칸디다균, 대살모넬라균(식중독), 장염비브리오균(식중독), 뮤탄스균(충치균)를 시료에 접종하는 방식으로 시험하였다. 시료에 시험균액을 접종하고 상온 (22 ± 2) °C에서 10분간 방치한 후, 생균수를 측정하여 각 균주에 대한 살균감소율을 확인한 결과 대장균, 폐렴균, 황색포도상구균, 녹농균, 칸디다균은 99.9% 살균력을 보였으나 대살모넬라균(식중독), 장염비브리오균(식중독), 뮤탄스균(충치균)에 대해서는 살균력이 나타나지 않았다.

# 전주도금공정으로 OLED 대면적 Fine Metal Mask(FMM)의 표면 특성 연구

배영한<sup>1</sup>, 허광선<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>(주) 한성이즈텍, <sup>2</sup>경남정보대학교 신소재화학공계열

## Study on the surface characteristics of OLED large-area fine metal mask(FMM) by electroplating process

Younghan Bac<sup>1</sup>, Kwangsun Huh<sup>2\*</sup>,

<sup>1</sup>Hansung E.G.Tech.Co.,LTD. <sup>2</sup>Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,  
Kyungnam College of Information and Technology

새도우 마스크의 변형은 대형 유기 발광 다이오드 (OLED) 제조를 위한 유기물 증착 과정에서 발생하는 문제 중 하나입니다. 유리 기판이 클수록 새도우 마스크가 커집니다. 새도우 마스크의 크기가 커질수록 변형이 심해져 유기물을 기판에 정밀한 패턴으로 증착하기 어렵습니다. 본 논문에서는 대형 OLED 증착을 위한 새도우 마스크의 처짐을 줄이는 새로운 방법을 제안한다.

유기 발광 다이오드 (OLED) 는 빛을 방출하는 유기물의 증착이 매우 중요하며 유기물 증착을 위해 잉크-젯 방식, 미세 금속 마스크 방식, 레이저 열 전사 방식등의 방법이 사용되고 있다. 이들 방법중 미세 금속 마스크를 사용하는 방식이 가장 저렴하고 공정 속도가 빠르지만 디스플레이 패널이 커짐에 따라, 기존의 방식을 이용하여 대면적 미세금속 마스크를 제작하는데 시간적, 비용적 문제가 되고 있다. 전주도금 방식은 식각 방식보다 금속마스크를 얇게 제작할 수 있고, 음영 구역이 나타나지 않도록 미세한 구멍의 모양을 매끈하게 만들 수 있는 장점이 있다. 전주도금공정에서 중요한 것은 도금액의 조성이다. 전주도금용으로 사용되는 니켈셀파메이트 일반적으로 응력이 낮고 석출 속도가 빠르기 때문에 사용되고 있다. 본연구에서는 도금액 조성은 셀파민산니켈, 염화니켈, 붕산, 온도는 50℃, PH 3.5~4.5로 사용하여 대면적 미세금속 마스크(250 x 250 mm) 제작하여 표면의 영향을 고찰하였다.



## 아크릴계 유화중합시 사용되는 무기응고제 특성 연구

안태인<sup>1</sup>, 허광선<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>티에스켄(주), <sup>2</sup>경남정보대학교 신소재화학공계열

## A study on the properties of inorganic coagulants used in acrylic emulsion polymerization

Tae-in Ahn<sup>1</sup>, Kwangsun Huh<sup>2\*</sup>,

<sup>1</sup>TSCHEM., Co., LTD. <sup>2</sup>Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,  
Kyungnam College of Information and Technology

아크릴계 유화중합시 중합라텍스를 회수하는 방법으로 염화알루미늄, 황산알루미늄과 황산마그네슘 등의 무기염을 첨가하는 방법과 황산등의 산을 첨가하는 응고법등이 있다. 그러나 사용하는 무기염의 종류에 따라 회수된 중합체가 영향을 받아 그 중합체로 이루어진 수지 조성물을 성형한 성형물의 외관을 손상시킬 수 있다. 따라서 상대적으로 적은 양의 응고제 첨가로 중합체를 회수할 수 있고, 중합체를 다른 수지에 첨가했을 때 얻어지는 수지 조성물의 물성을 저하시키지 않는 응고제 개발이 필요하다. 최근에는 응고제로 염화칼슘, 아세트산칼슘이 이용되고 있다. 아세트산 칼슘은 소석회에 초산을 반응시켜 아세트산 칼슘을 합성시킬 때 규산나트륨 등 규소 함유 화합물을 작용시킴으로써 안정적으로 철의 혼입을 억제할 수 있는 방법도 중요하다. 아세트산칼슘 수용액은 20% 이하인 것이 좋고, 20%를 초과하면 온도 변화에 따라 포화 아세트산칼슘이 석출된다. 분말은 150℃까지는 안정하지만, 150℃ 이상이되면 아세톤과 탄산가스로 서서히 분해한다. 아세트산칼슘은 84℃까지 2 수화물 85~100℃까지 1 수화물 100℃에서 결정수에 녹아 무수물로서 존재한다. 본 연구에서는 1L 반응기에 증류수에 소석회를 넣어 교반기로 교반하면서 아세트산을 천천히 첨가하고 교반한 후 방치 하였다. 그후 분액깔때기에 분리하고 수분간 방치하여 소석회의 잔류물 및 미분을 침강시킨 후, 아세트산칼슘용액을 제조하였다. 합성한 아세트산칼슘 수용액은 17%이며, 온도 20℃에서 pH7.2, 탁도는 1.0 NTU 이었다.

# 알지네이트-폴리비닐알코올 블랜드용액으로부터의 항균 기능성 바이오필름 제조

송윤하, 우희철\*

부경대학교 화학공학과

## Preparation of Antibiotic Biofilm from Alginate-Poly(vinyl alcohol) Blended Solution

Yun Ha Song, Hee Chul Woo\*

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

현대인들의 생활수준이 향상되면서 건강과 청결 및 환경오염에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 다양한 질병과 균에 대한 감염을 억제하고 예방하기 위해 위생용품, 의료용품의 항균성이 필수적인 요소 중 하나로 인식되고 있으며, 환경오염을 저감하기 위해 천연재료를 접목한 항균성 고분자에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1] 생분해성, 재생 가능성 및 합리적 가격이라는 특성을 가진 식물성 오일 중 하나인 캐슈넛 껍질액(CNSL)은 반응성 지방족 이중결합 및 다양한 중합체를 위한 새로운 기능성 물질을 제조할 수 있는 폐놀 화합물을 포함하는 재생 가능한 자원이다. 또한, CNSL이 가지는 특유의 분자구조로 인하여 기타 바이오매스와는 달리 항균성을 부여할 수 있다고 알려져 있다. 이를 응용한 카다놀을 첨가한 물질은 항균성을 보유할 수 있기에 식품용, 의학용 및 다양한 분야에 응용할 수 있는 잠재력과 활용도가 높다.[2] 알긴산(sodium alginate, SA)은 3세대 바이오매스인 해조류에서 쉽게 얻을 수 있는 생분해성, 생체 친화성, 환경 친화성 고분자 중 하나로 흡수력이 뛰어나고 방사성을 가진다는 장점이 있어 식품용, 제조 공정용 및 의료용 등 다방면에 응용이 가능하다.[3] 본 연구에서는 알긴산과 폴리비닐알코올(poly(vinyl alcohol), PVA), CNSL 및 가소제와 가교제를 사용하여 필름을 합성하였으며, 알긴산 농도(0~5 wt%), 폴리비닐알코올 농도(0~20 wt%)로 제조하였다. 제조한 필름은 SEM, 팽윤도 측정, 용해도 측정, 항균성 검사를 통해 표면 및 세공 구조, 팽윤성, 항균성을 확인하였다. 본 연구의 결과를 토대로 알긴산과 폴리비닐알코올 및 카다놀의 농도에 따른 항균 바이오 필름의 특성에 대해 논의하고자 한다.

### 참고문헌

1. J. H. Lee, H. J. Seo, T. W. Son, H. S. Lim, "Preparation and Properties of Antimicrobial Zinc Alginate Films according to Solution Concentration", *Polymer(Korea)*, 37(6), 677-684 (2013)
2. S. H. Kim, S. B. Kim, S. H. Cha, "Preparation and Characterization of Biopolyurethane Film with a Novel Cross-linkable Biopolyol Based on Cardanol", *Polymer(Korea)*, 42(5), 736-746 (2018)
3. K. E. Park, S. A. Park, G. H. Kim, W. D. Kim, "Preparation and Characterization of Sodium Alginate/PEO and Sodium Alginate/PVA Nanofiber", *Polymer(Korea)*, 32(3), 206-212 (2008)

## 산업단지 내에서 주요 업종에 대한 활성탄 흡착탑에 사용되는 활성탄의 물성 특성 조사 연구

박지윤<sup>1</sup>, 서석원<sup>2</sup>, 박지혜<sup>3</sup>, 이영우<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 에너지과학기술대학원

<sup>2</sup>충남대학교 응용화학공학과

## A Study on the Physical Properties of Active Carbon used in the Adsorption Tower Industry in Korea

Ji Yun Park<sup>1</sup>, Seokwon Seo<sup>2</sup>, Ji Hye Park<sup>3</sup>, Young Woo Rhee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University  
99, Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134, Korea

<sup>2</sup>Chemical Engineering and Applied Chemistry, Chungnam National University  
99, Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134, Korea

<sup>3</sup>Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University  
99, Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134, Korea

최근 가속화된 산업화와 더불어 경제성장으로 인하여 세계적으로 경제적, 산업적으로는 성장했으나 심각한 환경문제를 동반하면서 세계적으로 환경문제에 대한 관심과 규제가 높아지고 있다. 많은 산업단지내의 공장에서 휘발성유기화합물(VOCs; Volatile organic compounds) 등의 오염물질을 제거하기 위해 다양한 시설들을 운영하고 있다. 산업에서 배출되는 VOCs에 의한 피해는 산업 내 작업자뿐만 아니라 인근 주민에게까지 미치고 있어 VOCs의 효율적인 처리가 매우 중요하다. 활성탄 흡착탑은 악취가 많이 나는 주요 오염물질 중 하나인 휘발성유기화합물을 흡수하는데 널리 사용된다. 활성탄 흡착탑의 경우 활성탄 파과주기에 따라 방지시설의 효율이 결정되지만 산업내에서 사용되는 활성탄 교체주기가 실제 제거기간보다 길게 설정되어 악취방지시설로써 제 기능을 하지 못하고 있으며 효율성 제고를 위한 구체적인 방안 제시가 없는 상태이다.

산업 내 냄새가 많이 나는 유기용제와 약품 냄새가 가장 많이 감지되는 표준산업분에 따른 업종은 금속가공제품 제조업; 기계 및 가구제외(25)업종과 화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외(20)업종이다. 금속가공제품 제조업은 금속제품 표면에 도장하는 업체가 많이 입주해 있어 도장 공정에서 사용하는 페인트 및 용제 냄새가 많이 감지되는 것으로 판단된다. 화학물질 및 화학제품 제조업은 원료상태의 합성고무, 플라스틱 물질, 화학첨유 등의 첨가제가 주를 이루고 있어 냄새가 많이 감지되는 것으로 판단된다.

활성탄의 VOCs 제거 성능에 대한 업종별 조사 연구가 미흡한 상태이고, 활성탄 흡착탑에 장입되는 활성탄의 요구조건이 없어 현장에서 성능이 낮은 값싼 활성탄을 사용할 개연성이 높다. 따라서 산업내에 주요 업종에 대하여 흡착탑의 물성특성을 분석하였다.

# 바이오차를 통한 NO/SO<sub>2</sub> 저감 특성 평가를 위한 실험적 연구

윤동용<sup>1</sup>, 양원<sup>1</sup>, 이용운<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원

## Experimental study on the evaluation of NO and SO<sub>2</sub> reduction characteristics by biochar

**Dongyong Yun<sup>1</sup>, Won Yang<sup>1</sup>, Yongwoon Lee<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology

국내 화력 발전 및 소각 시설에서의 대기 환경 오염 물질 배출 기준이 강화됨에 따라 탈질/탈황 시스템에서 NO<sub>x</sub>/SO<sub>x</sub> 저감 효율 증가가 요구되고 있다. 기존 화력 발전 및 소각 시설은 암모니아, 요소수 등 첨가 물질의 사용량을 증가하여 대기 환경 오염물질 배출을 기준 이하로 유지하여 운영 중이며, 첨가 물질의 사용량 저감 및 효율적인 시스템 운영을 위해 저온 탈질 설비 관련 연구 개발이 진행 중이다. 저온 탈질 시스템은 촉매 활성화 온도를 충족하기 위해 약 180°C의 온도와 추가 첨가제의 사용이 요구된다. 바이오차는 탄소 위주로 구성된 고체 물질이며 일반적으로 저속 열분해를 통해 생성되어 크고 작은 기공이 발달되어 있다. 본 연구에서는 저온의 온도 조건에서 바이오차를 활용하여 NO와 SO<sub>2</sub>의 저감 특성을 평가하였다. 바이오매스 샘플은 편백나무이며 휘발분 함량 76.6%, 탄소 함량 46.32%, 고위발열량은 18.12 MJ/kg이다. 바이오차는 고정층 열분해 반응을 활용하여 각 온도 조건 500 - 700°C에서 생산하였다. 승온율은 약 10°C/min이며 목표 온도에 도달하고 충분한 탈 휘발 반응을 위해 4시간 유지하였다. NO/SO<sub>2</sub> 저감 실험은 각 온도 조건에서 생산된 바이오차 50 g을 사용하여 상온의 분위기에서 실험을 진행하였다. NO는 50ppm의 농도로 0.6 L/min으로 투입하였으며 저감을 향상을 위해 공기 0.6L/min(O<sub>2</sub> 약 10%)를 동시 투입하였다. SO<sub>2</sub>는 95ppm (N<sub>2</sub> basis)으로 1.2 L/min으로 투입하였다. 500°C에서 생산된 바이오차의 수율은 21.1 wt.%이며 600°C는 19.98 wt.%, 700°C는 19.39 wt.%로 나타났다. 500-700°C로 열분해 온도가 증가함에 따라 탄소 함량은 81.15-85.57%로 증가되었다. 비표면적 및 기공의 활성화는 NO/SO<sub>2</sub> 흡착의 주요 특성이며 열분해를 통해 약 380 ~ 550 m<sup>2</sup>/g으로 비표면적이 증가하였다. 또한, 바이오차는 구조의 열적 분해로 인해 100 nm - 300 μm 범위 다양한 크기의 기공이 발달되었다. 500°C의 바이오차를 이용한 NO 흡착은 NO 투입 농도 대비 84 %의 저감 특성을 나타내었다. 600°C에서 생산된 바이오차의 경우 약 90%의 높은 NO 저감률로 나타났다. NO 저감 실험은 약 2시간 동안 진행하였으며 NO 출구 농도는 일정한 저감률로 유지되었다. SO<sub>2</sub>는 약 7시간 동안 실험을 진행하였으며, 모든 온도 조건에서 투입 초기에는 바이오차를 통해 100% 저감되었으며 약 40~50분 간격으로 1 ppm씩 증가하였다. 결론적으로 본 연구에서는 바이오차를 통한 대기 오염 물질인 NO/SO<sub>2</sub>의 저감 특성을 규명하였으며 열분해 온도 증가에 따라 바이오차의 기공은 활성화되었으며 NO의 경우 저감률도 함께 상승하는 결과를 도출하였다. NO는 2시간 동안 저감률을 유지하였으며 SO<sub>2</sub>는 시간에 따라 서서히 증가됨을 확인하였다. 바이오차는 에너지 생산 시스템(화력발전 및 소각 등)에서 저온 흡착제로 활용하여 2차적으로 대기오염 물질의 저감 가능성을 평가하였다.

2020 한국청정기술학회

**추계총회 및 학술발표회**

**초록집** 2020 THE KOREAN SOCIETY OF  
CLEAN TECHNOLOGY CONFERENCE

**E - Poster: 청정융합**

---



# 폐기물 가스화 합성가스로부터 수소를 생산하기 위한 고온 수성가스 전이반응용 Co-CeO<sub>2</sub> 촉매 연구: 제조 방법에 따른 영향

홍가람, 김경진, 이열림, 노현석\*

연세대학교

## Hydrogen production from waste-derived synthesis gas through high temperature water-gas shift reaction using Co-CeO<sub>2</sub> catalyst: Effect of preparation method

Ga-Ram Hong, Kyoung-Jin Kim, Yeol-Lim Lee, Hyun-Seog Roh\*

Yonsei University

In our previous research, Co-CeO<sub>2</sub> catalysts were studied for HTS reaction to produce hydrogen from waste-derived synthesis gas. In this study, the various preparation methods such as sol-gel (SG), co-precipitation (CP), incipient wetness impregnation (IWI) and hydrothermal (HT) were applied to Co-CeO<sub>2</sub> catalyst to derive the optimal synthetic method. Also, the effects of preparation method on the physicochemical characteristics were investigated. As a result, Raman spectroscopy and XPS results showed that the Co-CeO<sub>2</sub> (SG) catalyst featured the highest oxygen storage capacity (OSC) compared to the other catalysts. According to the H<sub>2</sub>-TPR results, Co-CeO<sub>2</sub> (SG) catalyst showed the strong metal-support interaction (SMSI) between Co<sup>0</sup> and the CeO<sub>2</sub> support. In conclusion, Co-CeO<sub>2</sub> catalyst synthesized by the sol-gel method exhibited the highest catalytic activity among the prepared catalysts, even in the severe conditions (high CO concentration: ~38% in dry basis and high gas hourly space velocity: 143,000 h<sup>-1</sup>).

### 참고문헌

1. Jha et al., "Effect of the redox properties of support oxide over cobalt-based catalysts in high temperature water-gas shift reaction", *Mol. Catal.*, 433, 145-152 (2017).
2. Lee et al., "Optimization of Cobalt Loading in Co-CeO<sub>2</sub> Catalyst for the High Temperature Water-Gas Shift Reaction", *Top. Catal.*, 60, 721-726 (2017).

## 저온 수성가스전이 반응용 Cu-Zn-Al 촉매의 대용량 합성을 위한 제조 변수에 따른 영향 연구

윤성진, 안선용, 노현석\*

연세대학교

## An investigation of the effect of preparation parameters for synthesis of scale-up Cu-Zn-Al catalysts in the low temperature water-gas shift reaction

Seong-Jin Yun, Seon-Yong Ahn, Hyun-Seog Roh\*

Yonsei University

---

The low temperature water-gas shift reaction (LT-WGSR) has been carried out at gas hourly space velocity (GHSV) of 8,000 mL/g·h over scale-up Cu-Zn-Al catalysts. The scale-up Cu-Zn-Al catalysts were synthesized by co-precipitation method and the synthesis parameters such as precipitant injection rate and aging temperature were structuredly varied in scale-up synthesis process for the investigation of the effects of synthesis parameters on physico-chemical properties and catalytic performance of Cu-Zn-Al catalysts for the low temperature water-gas shift reaction. The effects of synthesis parameters in scale-up synthesis of Cu-Zn-Al catalysts have been interpreted through various characterization techniques such as BET, TPR, XRD, and N<sub>2</sub>O-titration. The characterization results for each of the catalysts were correlated with catalytic activity results in the LT-WGSR.

### 참고문헌

1. Shim et al., "An important parameter for synthesis of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> supported Cu-Zn catalysts in low-temperature water-gas shift reaction under practical reaction condition", *Int. J. Hydrogen Energy*, 44, 14853-14860 (2019)
2. Na et al., "Effect of precipitation on physico-chemical and catalytic properties of Cu-Zn-Al catalysts for water-gas shift reaction", *Korean J. Chem. Eng.*, 36(8), 1243-1248 (2019)



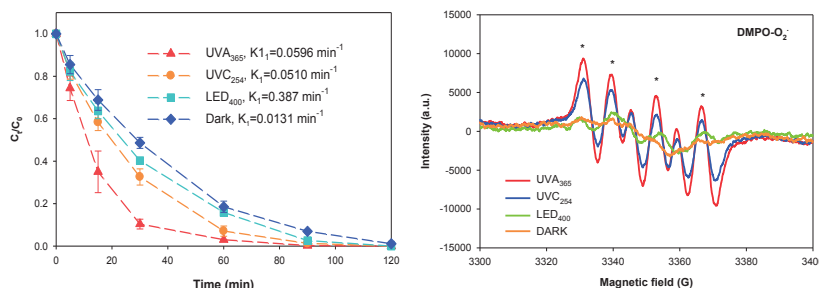
# Superoxide radical formation from Si<sup>1+</sup> contained granular palm shell activated carbon under UV: Implication to photocatalysis and the influence of irradiation wavelength

**Choe Earn Choong<sup>1</sup>, Kien Tiek Wong<sup>1</sup>, Hyeseong Kim<sup>1</sup>, Seok Byum Jang<sup>1</sup>, So Yeon Yoon<sup>1</sup>, Min Jang<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Kwangwoon University, 20, Gwangun-ro, Nowon-gu, Seoul, 01897, Republic of Korea

\*Corresponding Author Email: minjang@kw.ac.kr; heejaejang@gmail.com

Granular activated carbon (GAC) is well established adsorbent for removing micropollutants in aqueous phase, however, the application of GAC for photocatalysis is rather scarce. In this study, we demonstrated silicon oxycarbide (SiC<sub>x</sub>O<sub>y</sub>) contained granular palm shell activated carbon (PSAC) as a photocatalyst under UV for the first time. Assessed by 10 consecutive cycles of batch, PSAC exhibited excellent photocatalytic performance for methylene blue (MB) removal as follows UVA<sub>365</sub> > UVC<sub>254</sub> > LED<sub>400</sub> > dark. Our results revealed the photocatalytic performance attributed to the Si<sup>1+</sup> species from Si-dangling bond on PSAC. Owing the defects properties from Si<sup>1+</sup>, especially, PSAC under UVA<sub>365</sub> exhibited higher donor density, better charge transfer and lower electron-hole recombination. Further, PSAC had effective removal performances for various anionic dyes and endocrine disrupting chemicals under UVA<sub>365</sub>. This work demonstrates an insight into the theoretical study on photocatalyst behavior of Si<sup>1+</sup> contained PSAC and important implication for actual application as photocatalyst system.



**Figure:** Duplicate kinetic experiment for MB removal (left) and EPR spectra of PSAC under dark, UVA<sub>365</sub>, UVC<sub>254</sub> and LED<sub>400</sub> with DMPO (right).

## References

1. Velo-Gala, I., López-Peñalver, J.J., Sánchez-Polo, M., Rivera-Utrilla, J., "Activated carbon as photocatalyst of reactions in aqueous phase", *Applied Catalysis B: Environmental*, 142-143,694-704 (2013).
2. Hayyan, M., Hashim, M.A., Nashef, I.M., "Superoxide Ion: Generation and Chemical Implications", *Chemical Reviews*, 116, 3029-3085(2016).

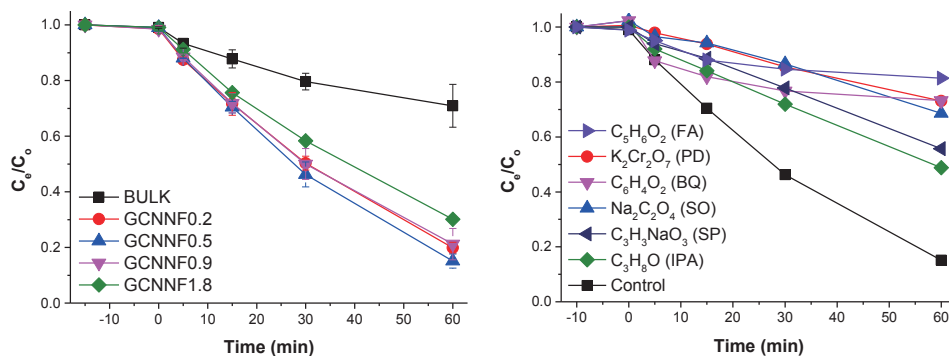
# Photocatalytic Degradation of Atrazine by g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> nanofibers under UV-LED

Hyeseong Kim<sup>1</sup>, Choe Earn Choong<sup>1</sup>, Kien Tiek Wong<sup>1</sup>, and Min Jang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, Seoul, Korea

\*Corresponding Author Email: minjang@kw.ac.kr; heejaejang@gmail.com

Graphitic carbon nitride (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) has been extensively studied by many researchers as a metal free semiconductor, however, the bulk g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> has relatively low surface area, as well as rapid electron-hole recombination which reduce its photocatalytic performance. Among the countless efforts, converting bulk g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> into the one-dimensional g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> with nanofiber structure (GCNNF) have been proposed to boost the photocatalytic performance and overcome the above-mentioned issues [1]. Still, the exfoliation degree of GCNNF against the photocatalysis performance, as well as the pathway of radical oxygen species (ROS) production are not well documented. In this study, we synthesized GCNNF in poly-thermalizing process under air with various concentrations of nitric acid, and further utilized it for atrazine (ATZ) degradation under UV-LED. The optimized GCNNF exhibited the removal constant rate of 0.0314 min<sup>-1</sup>, which is ~5.8 fold higher than bulk g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (0.0054 min<sup>-1</sup>) for ATZ removal. Remarkably, the quenching experiments revealed the singlet oxygen and hydroxyl radicals are the main ROS contributed for ATZ degradation. The photoelectrochemical and structural properties of the prepared GCNNF were characterized by FT-IR, XRD, XPS, DRS, M-S plot, EIS analysis and photocurrent measurement.



**Figure:** Degradation of ATZ under UV-LED (Left) and quenching Experiment using various scavenger (Right)

## References

1. Tahir, M., Mahmood, N., Zhu, J., Mahmood, A., Butt, FK., Rizwan, S., Aslam, I., Tanveer, M., Idrees, F., Shakir, I., "One Dimensional Graphitic Carbon Nitrides as Effective Metal-Free Oxygen Reduction Catalysts", *Sci. Rep.*, 5, 12389 (2015).

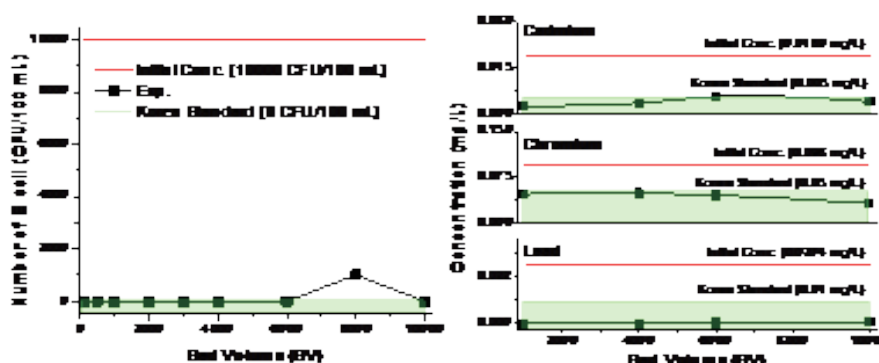
# Development of water filter for rainwater harvesting system: Escherichia coli and heavy metals removal

Hyeseong Kim<sup>1</sup>, So Yeon Yoon<sup>1</sup>, Choe Earn Choong<sup>1</sup>, and Min Jang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, Seoul, Korea

\*Corresponding Author Email: minjang@kw.ac.kr; heejaejang@gmail.com

Growing of water scarcity is one of the main challenges, as the available water resources become limited due to rapid urbanization. Recently, the reuse of rainwater can be one of the good strategies to evade those problems. However, a vase literature revealed the presence of pathogenic microorganisms and heavy metal (HM) ions in the harvested rainwater which has raised huge concerns regarding the suitability of rainwater for domestic uses. In this study, we developed a filter media consisted of silver modified activated carbon [1] and magnesium modified activated carbon [2] that can remove Escherichia coli (E-coli) and HM ions simultaneous from the rainwater. First, E-coli and HM removal experiments were conducted in single and mixed mode using the prepared filter media. Further, the continuous flow column tests were conducted (~10,000 bed volumes) using synthetic and actual rainwater to investigate the potential for actual application. Remarkably, the column experiments results indicated the treated effluent achieved Korea drinking water standard and exhibited good capability of proposed water filter media for rainwater treatment for domestic uses.



**Figure:** Result of continuous column experiment about E-coli (Left) and heavy metal (Right) until 10000 bed volume

## References

1. Bandyopadhyaya, R., Sivaiah, MV., Shankar, PA., "Silver-embedded granular activated carbon as an antibacterial medium for water purification", *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 83, 1177~1180 (2008).
2. Choong, CE., Wong, KT., Seok Byum, J., In Wook, N., Jaeyoung, C., Ibrahim, S., Yeomin, Y., Min, J., "Fluoride removal by palm shell waste based powdered activated carbon vs. functionalized carbon with magnesium silicate: Implications for their application in water treatment", *Chemosphere*, 239, 124765 (2020).

# A new insight into nitrate reduction by sulfide-modified nanoscale zero-valent iron in the presence of microbes: Batch and column experiments

**So Yeon Yoon<sup>1</sup>, Min Ji Kim<sup>1</sup>, Hye Won Kim<sup>1</sup>, Jong Hyun Mun<sup>1</sup>, Do Hwan Kim<sup>1</sup>, Si Wan Lee<sup>1</sup>, Hwi Soo Han<sup>1</sup>, Chan Soo Mun<sup>1</sup>, Ji Yoon Kim<sup>1</sup>, Yun Pil Youm<sup>1</sup>, Hoon Oh<sup>1</sup>, Choe Earn Choong<sup>1</sup> and Min Jang<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, 20 Kwangwoon-Ro, Nowon-Gu, Seoul 01897, Republic of Korea*

---

The sulfide-modified nanoscale zero-valent iron (S-nZVI) has been widely studied due to less agglomeration and slower corrosive electron loss than nZVI. However, there was less study on the effect of S-nZVI in the presence of microbe for denitrification. This study aims to compare the denitrification efficiency using S-nZVI in the presence of microbes in anaerobic condition of batch and column scale for the first time. In batch experiments, it was found that 25 mg/L-N of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> was completely removed using sole S-nZVI and S-nZVI combined with hydrogen consuming bacteria in 3 days with initial solution pH range of 6 - 7. Moreover, the combination of S-nZVI with bacteria promoted higher N<sub>2</sub> production compared to S-nZVI without inoculum, denoting the presence of bacteria enhanced the denitrification efficiency. The column experiments revealed that after injecting S-nZVI in soil of column, 30 mg/L-N of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> was removed in 3 days. It indicated that the presence of microbes in soil and groundwater used for experiments enhanced the total nitrogen (TN) removal rate and N<sub>2</sub> production of S-nZVI. Further, after injecting S-nZVI in the column system, the bacteria population was tuned in particular *Geobacter* which is known as metal reducing bacteria. Therefore, S-nZVI can affected to microbial speciation in groundwater condition and further enhanced the denitrification efficiency.

## **References**

1. Yiping, Z., Grant, B. D., Anna, H. K., Lili, C and Zhengfang, Y., "Microbial reduction of nitrate in the presence of zero-valent iron," *Sci. Total Environ.*, 646, 1195-1203 (2019).
2. Dimin, F., Graham, O. J., Paul, G. T. and Richard, L. J., "Sulfidation of nano zerovalent iron (nZVI) for improved selectivity during in-situ chemical reduction (ISCR)" *Environ. Sci. Technol.*, 50, 9558-9565 (2016).

# Single atomic molybdenum doped on graphitic carbon nitride nanosheet with acid-base duality for carbon dioxide cycloaddition with propylene oxide

**Kien Tiek Wong, Seok Byum Jang, Choe Earn Choong, and Min Jang\***

\*e-mail : minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com

Chemical fixation of CO<sub>2</sub> to high-valued chemicals is currently a significant research topic in both the environment and chemistry, and cycloaddition of CO<sub>2</sub> with epoxides is regarded as a sustainable route for the manufacture of cyclic carbonates Lan, Wang [1]. At the same time, CO<sub>2</sub> is also a promising alternative to toxic substances, such as CO and phosgene due to environmentally benign, safe, and cheap C1 building block in synthetic chemistry. In the present work, we synthesized graphitic carbon nitride (GCN) loaded with single Mo atom as a promising reaction for the direct fixation of CO<sub>2</sub> into an propylene oxide (PO) for the synthesis of cyclic carbonates like propylene carbonate (PC). The optimal conversion (85.2 %), selectivity (89.0 %) and yield (75.8 %) were achieved with 0.02g of Mo precursor added into GCN structure (Mo<sub>(0.02)</sub>/GCN). Without the addition of nucleophiles chemical, tetrabutylammonium bromide (TBAB), Mo<sub>(0.02)</sub>/GCN was unable to selectively produce PC from PO. While TBAB itself has catalytic effect to convert PO to PC. However, the conversion percentage is much lower compared to the addition of catalyst (22.1% compared to 85.2 %). Based on these results, the presence of Mo<sub>(0.02)</sub>/GCN is important to enhances the catalytic activity to convert PO to PC. That is mainly due to the acid-base duality induced by GCN and atomic Mo doping, which enables the co-activation of CO<sub>2</sub> and epoxide simultaneously. A mechanism based on acid-base duality is proposed, where CO<sub>2</sub> is activated on the basic -NH sites and PO is on the acidic Mo atom sites through a hydrogen bonding.

## **References**

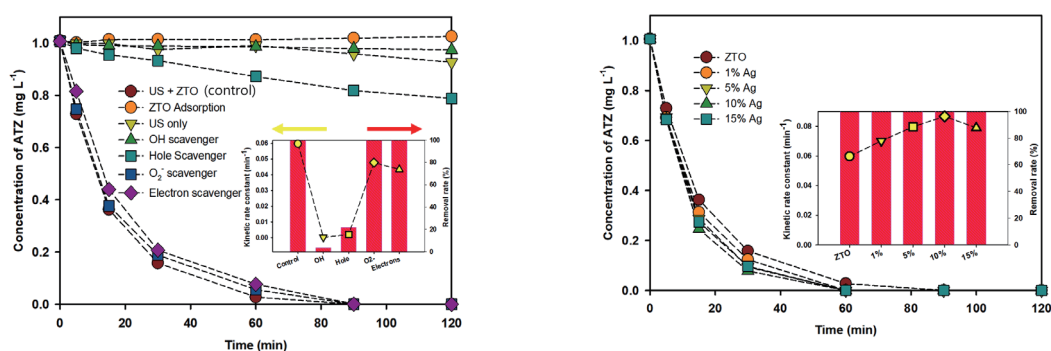
1. Lan, D.-H., et al., Phosphorous-modified bulk graphitic carbon nitride: Facile preparation and application as an acid-base bifunctional and efficient catalyst for CO<sub>2</sub> cycloaddition with epoxides. *Carbon*, 2016. 100: p. 81-89.

# Piezocatalytic Degradation of Atrazine through Atomic Polarization of Ag/AgCl doped ZnSnO<sub>3</sub> under Mechanical Stress by Ultrasound

Baekha Ryu, Kien Tiek Wong, Choe Earn Choong, Hyesong Kim, Min Jang\*

Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, 20 Kwangwoon-Ro, Nowon-Gu, Seoul 01897, Republic of Korea

Atrazine (ATZ) is a substance used as an herbicide, which has recently been found to disrupt the endocrine system of humans and animals. However, conventional water treatment systems cannot remove ATZ so that a new treatment method is being studied. Here in this study, as a piezocatalyst, zinc stannate (ZnSnO<sub>3</sub>, ZTO) was synthesized and its piezoelectric effect through mechanical pressure via ultrasound (US) was utilized to degrade ATZ in aqueous phase. Firstly, the optimal conditions such as amount of the ZTO and the relative solution location to the probe of the US, and it was confirmed that the radicals importantly involved in the decomposition of atrazine was ·OH through the scavenger tests. The removal efficiency of ATZ was improved through doping appropriate amount of Ag/AgCl. Through the above experiments, it was found that excellent ATZ removal efficiency can be obtained by using the piezoelectric effect.



**Figure:** (a) Effect of radical scavenger on piezoelectric degradation of ATZ to clarify the role of reactive species produced from polarization under ultrasound, (b) Effect of Ag/AgCl doped ZTO on piezoelectric degradation of ATZ

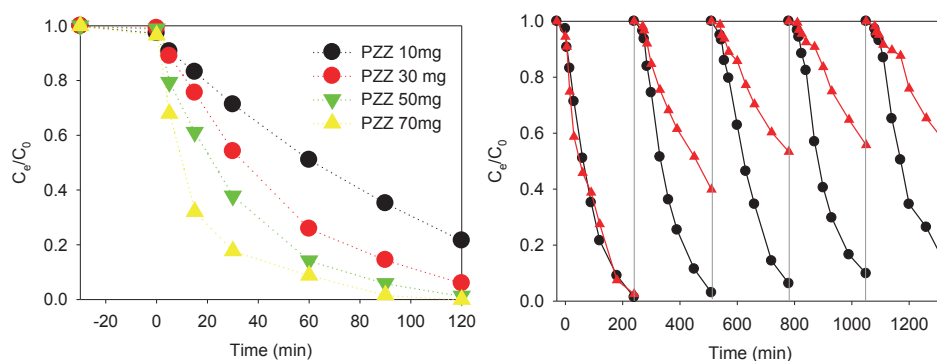
# Synthesis of anti-corrosive and highly stable flower-like ZnO coated granular polyurethane: Evaluation of the activity of sulfamethoxazole decomposition in visible range UV-light irradiation

Seok Byum Jang<sup>1</sup>, Kien Tiek Wong<sup>1</sup>, Choe Earn Choong<sup>1</sup>, So Yeon Yoon<sup>1</sup>, and Min Jang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University

\* Corresponding Author Email: minjang@kw.ac.kr; heejaejang@gmail.com

ZnO nanostructure with a flower-like morphology was grown on a granular polyurethane surface using a seeding and hydrothermal coating technique. To investigate the role of the seeding and coating ratio on the morphology of ZnO, which accompanying with corrosion stability, the deposition was carried out for 25 to 75 w% of ZnO. The PU/ZnO-ZnO(PZZ) was characterized by XRD, XPS, SEM, TEM, UV-visible spectroscopy. Process parameters, i.e., SMX concentration, material dosage, and irradiation time, were optimized for maximum pollutants degradation. PZZ showed promising efficiency for the SMX degradation, and up to 98.36% was achieved under UV-LED (400 nm) irradiation at neutral pH, 70 mg PZZ in 100ml, 120 min of UV irradiation time using 10 mg L<sup>-1</sup> SMX initial concentration. The results show that the ZnO structure deposited on the granular polyurethane has a less light scattering effect than the powder type ZnO. In addition, the reusability test, according to the seed ratio, shows that the more ZnO nanoparticles are exposed to the PU surface, the more flower-like ZnO stability increases. Therefore, PZZ can be used more effectively for decomposition for SMX than powder type ZnO under site application, and it can show excellent efficiency in terms of material recovery and reuse.



**Figure:** (a) Effect of material dosage on photocatalytic degradation of SMX under UV-LED(400nm), (b) Recyclability under UV-LED(400nm) irradiation according to ZnO seed ratio in PZZ (Red : 25% seed, Black : 75% seed)

## References

1. Inderyas et al., "Synthesis of immobilized ZnO over polyurethane and photocatalytic activity evaluation for the degradation of azo dye under UV and solar light irradiation", *Mater Res Express.*, 7(2), (2020)

# Novel Approach for Synthesis of Porous PS Microparticles and Their Application as Catalyst Support

**Dae Hwan Kim<sup>a</sup> and Mun Ho Kim<sup>a\*</sup>**

*<sup>a</sup>Pukyong National University*

---

Porous polymer microparticles have attracted ongoing research interests over the past few decades due to their excellent performance in various fields including catalysis, separation, microreactors, and drug-targeted delivery and release. Typically, these applications require high surface area and large interior voids, which are related to the efficiency of mass exchange. Therefore, the performance of porous materials depends mainly on the pore size and size distribution. In this study, an easy-to-use method was developed to produce monodisperse porous microparticles with well-defined porosity. When polystyrene solid microparticles prepared using modified dispersion polymerization were dispersed in an ethanol-water-toluene mixture at room temperature, they transformed into porous PS microparticles as a result of uptake of the continuous phase by the particles. In addition, metal nanocrystals were produced in situ from metal precursors on the surface of porous polymer particles. When the hybrid particles were used as catalysts, they showed excellent catalytic performance and reusability at low catalyst concentration for the reduction of 4-nitrophenol to 4-aminophenol using sodium borohydride as the reducing agent.

## **References**

1. Weng, H. et al., "Formation of Cagelike Sulfonated Polystyrene Microspheres via Swelling-Osmosis Process and Loading of CdS Nanoparticles." *Langmuir*, 29, 15367-15374 (2013).
2. Zha, T. et al., "Nonsolvent/Solvent-Induced Phase Separation to Multi-Porous Sulfonated Polystyrene/Chitosan/Silver Particles and Their Application in Adsorbing Chromium Ion (III) and Reduction of Methylene Blue." *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, 481, 423-430 (2015).



# Facile and Green Synthesis of Ag–Ag<sub>2</sub>S Heteronanostructures for Photocatalytic Degradation of Methylene Blue

**Astrini Pradyasti<sup>1</sup>, Dae Hwan Kim<sup>1</sup>, Merreta Noorenza Biutty<sup>1</sup>, Seong Il Yoo<sup>1</sup> and Mun Ho Kim<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Pukyong National University*

Hybrid metal–semiconductor nanostructures have received significant interest due to their synergistic properties that arise from the interaction between the two components. In this study, a green and rapid synthesis based on site-selective sulfidation of hexagonal silver (Ag) nanoplates was developed to prepare Ag–Ag<sub>2</sub>S hybrid nanoparticles with new heterostructures. By controlling the sulfur precursor concentration during the sulfidation reaction, Ag–Ag<sub>2</sub>S hybrid nanoplates with various compositions and morphologies were obtained, and both Ag and Ag<sub>2</sub>S portions were exposed to the environment. The as-synthesized Ag–Ag<sub>2</sub>S hybrid nanoplates were further employed as photocatalysts for decomposition of methylene blue under solar light irradiation, showing high photocatalytic activity, recyclability, and stability of catalysts. Moreover, a facile chemical treatment strategy involving a galvanic replacement reaction was also developed to enhance the photocatalytic activity of the hybrid nanostructures.

## References

1. Noguez C., “Surface Plasmons on Metal Nanoparticles: The Influence of Shape and Physical Environment,” *J. Phys. Chem. C*, 111(10), 3806-3819 (2007).
2. Rycenga, M., “Controlling the Synthesis and Assembly of Silver Nanostructures for Plasmonic Applications,” *Chem. Rev.*, 111(6), 3669-3712 (2011).
3. Kim, M. H., et al, “Synthesis of silver nanoplates with controlled shapes by reducing silver nitrate with poly(vinyl pyrrolidone) in N-methylpyrrolidone,” *CrystEngComm*, 15, 4660-4666 (2013).
4. Shahjamali, M. M., et al, “Ag–Ag<sub>2</sub>S Hybrid Nanoprisms: Structural versus Plasmonic Evolution,” *ACS Nano*, 10(5), 5362-5373 (2016).

# One-Step Synthesis of Metal Nanocrystals Embedded Hydrogel Beads and Their Application

**Jae Hwan Jeong, Hee-chul Woo and Mun Ho Kim<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Pukyong National University*

---

Silver (Ag) nanoparticles have been applied in many fields such as catalysts, antibacterial activity, and drug delivery. However, since Ag nanoparticles are easily aggregate to minimize their surface areas in the solution phase, various methods using hydrogel polymers as support materials were developed for the immobilization of Ag nanoparticles. Alginate which is one of the biocompatible hydrogel polymers was used in this work because it can be easily crosslinked with cation, and it has ability to cap and stabilize metal nanoparticles. There are a lot of ways to synthesize and immobilize Ag nanoparticles, however, most of them still use a two-step method in which hydrogel polymer is crosslinked first before the Ag precursor is reduced. In this study, an easy one-step method, where crosslinking of hydrogel polymer and Ag nanoparticles formation occurred at the same time, is introduced. In addition, the process is easy-handle since the synthetic procedures were carried out at the room temperature. The as-prepared Ag nanocrystals/Alginate beads in this study showed high catalytic activity and excellent reusability as a catalyst.

## **References**

1. J. Song et al., "Growth of giant silver dendrites on layer-by-layer assembled films", *Polymer*, 63, 237-243 (2015).
2. Zhang, G. et al., "Porous Dendritic Platinum Nanotubes with Extremely High Activity and Stability for Oxygen Reduction Reaction" *Sci. Rep.*, 3, 1-8 (2013).

# Solid-Phase Colorimetric Sensing System for Bromide Based on a Tough Hydrogel Embedded with Silver Nanoplates

**Sang Heon Kim<sup>1</sup>, Hee-Chul Woo<sup>1</sup>, Mun Ho Kim<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Pukyong National University*

Triangular silver (Ag) nanoplates with sharp corners exhibit fascinating optical properties, but their triangular shapes make them thermodynamically unstable. In this work, we used this intrinsic instability to develop the colorimetric sensing platform for Br<sup>-</sup>. Specifically, we designed a system that uses the color and spectral changes associated with the spontaneous rounding of the sharp corners of triangular Ag nanoplates embedded in the hydrogel exposed to bromide ions (Br<sup>-</sup>). Compared to the solution sensing system, our hydrogel based colorimetric showed several advantages. The hydrogel based sensing system can successfully determine the concentration of bromide ions based on the rate of change of the color and spectral features. The proposed sensing system has several advantages such as simplicity, easy handling, and long-term preservation compared to the solution sensing system. Our experimental results indicate that it can determine the concentration of bromide ions in natural waters. Therefore, our findings suggest that the as-proposed solid-phase sensing platform shows an outstanding potential sensing tool.

## **References**

1. Wijaya, Y. N., Kim, J., Hur, S. H., Park, S. H., and Kim M. H., “Metal Nanocrystal-based Sensing Platform,” *Sens. Actuators B Chem.*, 263, 59-68 (2018).
2. Wijaya, Y. N., Kim, J., Choi, W. M., Park, S. H., and Kim M. H., “A Systematic study of Triangular Silver Nanoplates,” *Nanoscale*, 9, 11705-11712 (2017).
3. Faghiri, F., and Ghorbani, F., “Colorimetric and Naked Eye Detection,” *J. Hazard.*, 374, 329-340 (2019).

# Compatibility and hydrolytic behaviors of polylactide/poly(butylene succinate) mixtures by the Langmuir system

Donghyeok Im<sup>a</sup>, Vishal Gavande<sup>a</sup>, Gayeon Kim<sup>a</sup>, Bong Lee<sup>a</sup>, Youngup Jin<sup>a</sup>, Won-Ki Lee<sup>a†</sup>

<sup>a</sup>*Division of Applied Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea.*

---

The compatibility and hydrolytic behaviors of the monolayer mixtures of biodegradable stereochemical polylactide (l-PLA or dl-PLA) and poly(butylene succinate) (PBS) were studied by the Langmuir technique at the air/water interface. The  $\pi$ -A behaviors of two binary systems, well mixed and unmixed, were compared with each other to demonstrate their compatibility. The hydrolytic behaviors of the homopolymer and mixed monolayers on an alkaline subphase were monitored at a constant surface pressure as a function of exposure time. The compatible monolayer mixtures showed much slower hydrolytic kinetics than their arithmetic averages.

---

## Multifunctional UV-curable two dimensional hBN/ polyurethane acrylate nanocomposite coatings

**Vishal Gavande<sup>a</sup>, Donghyeok Im<sup>a</sup>, Byeonguk kim<sup>a</sup>, Youngup Jin<sup>a</sup>, Won-Ki Lee<sup>a,\*</sup>**

*<sup>a</sup>Division of Applied Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea.*

---

Multifunctional nanocomposite coatings with excellent mechanical and thermal properties have been increasingly demanded by many pioneering fields. This study deals with the organic-inorganic hybrid nanocomposite coatings based on the UV-curable polyurethane acrylate as a matrix and hexagonal boron nitride (hBN) as reinforcement were successfully fabricated. In this study, modified hBN added into the oligomeric formulation with different amounts, such as 0.1, 0.2, 0.5, and 1 wt% to increase mechanical properties, thermal properties, hardness, and water resistance. The structural, morphological, and thermal features of nanocomposite films were characterized by using FTIR, XRD, SEM, DSC, TGA, and water contact angle.

# Highly transparent UV-curable nylon 6 nanofiber reinforced polyurethane acrylate nanocomposite

Vishal Gavande<sup>a</sup>, Donghyeok Im<sup>a</sup>, Byeonguk kim<sup>a</sup>, Youngup Jin<sup>a</sup>, Won-Ki Lee<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>*Division of Applied Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea.*

---

This study deals with the development of a UV-curable polyurethane acrylate-based transparent nanocomposite by using electrospun nylon 6 nanofibers as reinforcement. The remarkable properties of nylon 6 nanofibers offer the use of nanofibers as reinforcement in making nanocomposites, in which both the mechanical and optical properties of the fabricated nanocomposites are focused. This method allowed the significant enhancement of the mechanical properties by using a very tiny amount of Nylon 6 nanofibers for different time of deposition. This method admitted significant enhancement of the mechanical properties without sacrificing transparency and flexibility.

## **Synthesis and properties of block copolymers of enantiomeric polylactide and biopolyester**

Seungjae Lee<sup>a</sup>, Donghyeok Im<sup>a</sup>, Gayeon Kim<sup>a</sup>, Vishal Gavande, Youngup Jin<sup>a</sup>, Won-Ki Lee<sup>a†</sup>

<sup>a</sup>*Division of Applied Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea.*

---

To develop carbon dioxide-reducible polymeric materials, triblock copolymers (PLA-polyester-PLA) of enantiomeric lactides and biopolyester diol, were synthesized by the ring-opening polymerization of lactide in the presence of diol using stannous octoate. The results showed that the incorporation of the biopolyester decreases the crystallinity and melting temperature of PLA. However, the blend of enantiomeric PLA copolymers revealed more thermal stability than homo- and copolymers. It was due to the formation of stereocomplexes between enantiomeric PLAs. The topographic images of degradation showed that the degradation rate of a copolymer was faster than of PLA while that of stereocomplex became much slower.

# Sewage sludge biochar as adsorbent for the decolorization of dyes in aqueous solution

**Seung Han Woo<sup>1,2\*</sup>, Chul Woo Lee<sup>1</sup>, Dimitrios Kaldersis<sup>3</sup>, and Divine D. Sewu<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Hanbat National University, <sup>2</sup>Life Green Technology Co., Ltd., <sup>3</sup>Hellenic Mediterranean University

---

Sewage sludge generation has increased steadily across the globe over the years with the European Union (EU) and China alone generating over 30 million and 54.8 million tonnes annually (20% solids), respectively [1]. The generation rate of sewage sludge is currently in excess of the available conventional valorization approaches with/without inherent environmental and economic concerns [2]. To curb these drawbacks, a thermochemical process namely pyrolysis, has been used to convert the sewage sludge to biochar – shown to contain high ash contents. In addition, the literatures have shown that, high ash-laden biochars are generally effective at decolorizing one particular dye, crystal violet (CV) – which is of the triarylmethane (TAM) class [3]. To check the validity of this conclusion, which was based on solely one dye, another dye belonging to the same TAM class, malachite green (MG), was selected and utilized in conjunction with CV in this study, employing sewage sludge biochar, as the high-ash laden adsorbent.

## References

1. Xiao, B., Dai, Q., Yu, X., Yu, P., Zhai, S., Liu, R., Guo, X., Liu, J., and Chen, H., "Effects of sludge thermal-alkaline pretreatment on cationic red X-GRL adsorption onto pyrolysis biochar of sewage sludge", *J. Hazard. Mater.* 343, 347-355 (2018).
2. Smith, K., Fowler, G., Pullket, S., and Graham, N.J.D., "Sewage sludge-based adsorbents: a review of their production, properties and use in water treatment applications", *Water Res.* 43, 2569-2594 (2009).
3. Sewu, D.D., Boakye, P., and Woo, S.H., "Highly efficient adsorption of cationic dye by biochar produced with Korean cabbage waste", *Bioresour. Technol.* 224, 206-213 (2017).



# Physicochemical and dye adsorption property comparison of biochar from lignocellulosic and non-lignocellulosic biomasses

**Seung Han Woo<sup>1,2\*</sup>, Chul Woo Lee<sup>1</sup>, Dimitrios Kaldersis<sup>3</sup>, and Divine D. Sewu<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Hanbat National University, <sup>2</sup>Life Green Technology Co., Ltd., <sup>3</sup>Hellenic Mediterranean University

Biochar, which is the solid carbonaceous product of biomass pyrolysis, has attracted much attention in the area of water treatment as an adsorbent owing to characteristics such as lower production cost, high porosity, good surface area and versatility in biomass feedstock [1]. Feedstock for biochar production varies considerably in terms of the physicochemical properties. As such selecting the best feedstock is thus dependent on the target application of the biochar [2]. In keeping with the aforementioned point, experiments in which biochar from lignocellulosic and non-lignocellulosic biomasses are compared in the same experimental setting are few, despite the unique insight it can offer. Consequently, in this study, biochar obtained from lignocellulosic (pine tree residues; high surface area and low ash content) and non-lignocellulosic (sewage sludge; low surface area and high ash content) biomasses were compared in terms of their physicochemical properties and uptake capacity for five (5) dyes. The dyes utilized belonged to the triarylmethane (malachite green and crystal violet), thiazine (methylene blue) and azo (basic blue 41 and congo red) class.

## **References**

1. Lehmann, J. and Joseph, S., "Biochar for environmental management: an introduction", Biochar for environmental management, *Routledge*, pp. 33-46 (2015).
2. Mohan, D., Sarswat, A., Ok, Y.S., and Pittman Jr, C.U., "Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent—a critical review", *Bioresour. Technol.* 160, 191-202 (2014).

# Fabrication of SWCNTs, gold nanoparticles, glucose oxidase, and trehalase on carbon paper electrode for trehalose-enzyme fuel cells

**Zhang Yan Qing, and Chang-Joon Kim\***

*Department of Chemical Engineering and RIGET, Gyeongsang National University,  
501 Jinju-daero, Jinju, Gyeongnam 52828, Korea*

---

Trehalose is a disaccharide formed by an  $\alpha,\alpha$ -1,1-glucosidic bond between two  $\alpha$ -glucose units, is the principal sugar circulating in the blood or hemolymph of most insects. Recently, insect cyborgs have been developed for utilizing as search and rescue robots in disasters and as environmental monitoring robots. In this study, we aimed to develop the anode for high-powered compact enzyme fuel cells utilizing trehalose to power electronic devices implanted in insects. Carbon paper was used as electrode and single-walled carbon nanotubes and gold nanoparticles were sequentially adsorbed on the surface of electrode to enhance the electron transfer. Glucose oxidase and trehalase were separately immobilized via gelatin on the electrode surface. The SWCNTs and electrode surfaces were characterized using TEM, SEM, SEM-EDX. Electrochemical analyses were performed using cyclic voltammetry. Stability of bi-enzyme electrode was also investigated.

## **References**

1. Antonelli, M.L., Arduini, F., Lagana, A., Moscone, D., and Siliprandi, V., "Construction, Assembling and Application of a Trehalase-GOD Enzyme Electrode System", *Biosnes. Bioelectron.*, 24(5), 1382-1388 (2009).
2. Rasmussen, M., West, R., Burgess, J., Lee, I., and Scherson, D., "Bifunctional Trehalose Anode Incorporating Two Covalently Linked Enzymes Acting in Series", *Anal. Chem.*, 83, 7408-7411 (2011)

# Effect of the Conformation Changes of Polyelectrolytes on Organic Thermoelectric Performances

**Chungyeon Cho**<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Wonkwang University*

The relationship between the conformation of a polyelectrolyte and the performance of organic thermoelectric multilayers was studied. The conformational change of a weak polyelectrolyte via controlling assembling pH resulted in a different thermoelectric behaviour in thin films. Organic thermoelectric multilayers were fabricated by alternately depositing bilayers (BL) of a positively-charged polyaniline (PANi) and multiwalled carbon nanotubes (MWNT), stabilized in poly(acrylic acid) (PAA), via a layer-by-layer assembly technique. The electrical conductivity and Seebeck coefficient of PANi/MWNT-PAA nanocomposites were measured by varying assembly pH of PAA solutions. The thermoelectric properties, such as electrical conductivity and Seebeck coefficient, are dependent on the assembly pH conditions. Altering the deposition pH of PAA resulted in different thermoelectric performances. A 40 BL thin film (~210 nm thick) of PANi/MWNT-PAA assembled at pH 2.5/6.5 exhibited electrical conductivity of 95.2 S/cm and a Seebeck coefficient of 35  $\mu\text{V/K}$ . This translates to a power factor of 11.7  $\mu\text{W/m}\cdot\text{K}^2$ , which is 50 times higher than that of the same film with all components deposited at pH 2.5. Proper control of molecular conformation resulted in a significant improvement of thermoelectric behaviour in PANi/MWNT-PAA nanocomposites through a combination of the efficient conjugate network and tightly packed nanostructure, which enhances the charge carrier mobility.

# Catalytic upgrading of bio-oil from pyrolysis of plastics over different catalysts in a 2 kg/hr scale pyrolysis oil separator

Shuang Wang, Hana Kim, Jae-Young Kim, Doyeon Lee, Yooseob Won, Byung Wook Hwang, Hyungseok Nam\*, Ho-Jeong Ryu

*Korea Institute of Energy Research, Daejeon, 34129, Republic of Korea*

---

In this work, the catalytic cracking of bio-oil from the pyrolysis of plastic wastes was carried out in a 2 kg/h scale pyrolysis oil separation system, and three different catalysts of Cu-based catalyst, Ni-based catalyst and Molecular Sieve 4Å were used for improving the properties of the final bio-oil during the fuel separation process. The results showed that the heavy oil (HO) fractions (>C23) was reduced by catalytic cracking and thermal cracking (decreased from 23.6 wt.% in crude bio-oil to 19.8~20.2 wt.% in upgraded bio-oil). The oxygen content of bio-oil (3.63%O) was reduced through catalytic cracking over different catalysts (0.95%O for M/S 4Å, 0.75%O for Cu-based catalyst, 0.33%O for Ni-based catalyst ) as compared to the thermal cracking (1.76%O). Furthermore, Cu-based catalyst contributed to more production of light oil (LO) fractions (C6 - C10), while Ni-based catalyst favor to more generation of medium oil (MO) fractions (C11- C22). This was due to different dominant catalytic reaction pathways hydrogenation, decarboxylation, and oligomerization reactions for Ni-based catalyst whereas more decarbonylation and aromatic formation reactions were occurred for Cu-based catalyst. In addition, the physical properties (HHV, Viscosity, Cloud & Pour points and PH) of catalytically upgraded bio-oil were better than crude bio-oil, which were very close to petroleum fuels. Therefore, the knowledge gained in the current work will contribute to rational design of more effective catalysts and processes for upgrading bio-oil.

## References

1. Shi Y., Xing E., Wu K., Wang J., Yang M., Wu Y., Recent progress on upgrading of bio-oil to hydrocarbons over metal/zeolite bifunctional catalysts, *Catal. Sci. Technol.*, 7, 2385-2415 (2017)
2. Vogt E.T.C., and Weckhuysen B.M., Fluid catalytic cracking: recent developments on the grand old lady of zeolite catalysis, *Chem. Soc. Rev.*, 44, 7342—7370 (2015)

## NiO와의 물리적 혼합을 통한 Mo/HZSM-5 촉매의 메탄 직접탈수소방향족화 반응 활성 증진

남기훈, 류혜원, 김도희\*

서울대학교 화학생물공학부

## Enhanced catalytic performance in methane dehydroaromatization over Mo/HZSM-5 physically mixed with NiO

Kihun Nam, Hae won Ryu, Do Heui Kim\*

*School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University, Republic of Korea*

메탄은 천연가스와 셰일가스의 주성분으로 매장량이 풍부하며 가격이 저렴하여 좋은 탄소 공급원으로 이용될 수 있다. 하지만 메탄은 기체 상태이며 가장 안정한 C-H 결합을 갖기에 저장과 수송에 액화나 관 설치 등의 부가적 단계가 필요하며 활성화시키는 데에도 높은 에너지가 요구되어 그 활용에 어려움이 따른다. 따라서 메탄을 탄소 공급원으로 사용하는 것은 개질 반응을 통해 합성 가스를 제조한 후 피셔 트롭쉬 공정을 이용하여 액체 합성 원유를 생산하는 방식으로 국한되어 있다. 그러나 피셔 트롭쉬 공정은 여러 단계를 거치는 공정이며 많은 에너지가 소모되기 때문에 이를 극복하기 위하여 많은 연구가 진행되는 것이 메탄의 직접 전환이다. 이 중에서도 메탄의 직접탈수소방향족화 반응은 산업적으로도 가치를 가지면서도 액상으로 수송도 용이한 벤젠이 주로 생성된다는 장점이 있다. 선행 연구들을 살펴보면 MFI형 제올라이트(ZSM-5)가 가장 최적의 담지체로 알려져 있으며 담지하는 활성금속으로는 Mo가 가장 잘 알려져 있으며 이외에도 Ga, Zn 등이 알려져 있다. 그러나 메탄의 직접탈수소방향족화 반응은 700 °C 이상의 높은 온도를 필요로 하면서도 메탄의 낮은 전환율과 코크 생성에 의한 촉매의 빠른 비활성화로 인해 한계에 부딪혀있다. 본 연구에서는 메탄의 직접탈수소방향족화 반응에서 가장 잘 알려진 Mo/HZSM-5에 NiO를 물리적으로 혼합하여 촉매의 방향족 수율 증대와 코크로 인한 비활성화 억제를 유도하였다. X선 회절 분석법, 메탄 승온 표면 반응, 투과 전자 현미경, 승온 산화법, 라만 분광법, 질소 흡탈착 분석 등을 통해 NiO가 몰리브데넘 활성점의 분산도를 증진시켰으며 CNT로 코크 전구체를 소모하여 몰리브데넘 활성점의 코크로 인한 비활성화를 막았음을 밝혀내었다. 결과적으로 본 연구는 NiO는 Mo/HZSM-5의 메탄 직접탈수소방향족화 반응에서 좋은 조촉매 역할을 수행함을 보여준다.

# Electrochemical detection and removal of endocrine disruptor, bisphenol A using a carbon felt electrode

**Minsoo Kim<sup>a</sup>, Young Eun Song<sup>a</sup>, Jiu-Qiang Xiong<sup>b</sup>, Kyoung-Yeol Kim<sup>c</sup>, Min Jang<sup>d</sup>,  
Byong-Hun Jeon<sup>e,\*</sup>, Jung Rae Kim<sup>a,\*</sup>**

<sup>a</sup> Pusan National University, <sup>b</sup> Ocean University of China, <sup>c</sup> University at Albany, <sup>d</sup> Kwangwoon University,  
<sup>e</sup> Hanyang University

---

2,2-Bis (4-hydroxyphenyl) propane (bisphenol A) is a precursor in many industrial and manufactural resins, plastics, and polycarbonate, as well as an endocrine disruptor in humans and animals. Hence, the real-time sensing and in-situ removal of BPA are in strong demand. This study evaluated a method for the electrochemical detection of BPA using a carbon felt electrode. BPA was detected by cyclic voltammetry. During detection, the BPA was electropolymerized to a non-conductive lump and layer on the electrode surface. Simultaneously, the capacitance and electrochemical properties of the carbon felt decreased. The peak current and BPA concentration showed a linear correlation, and the estimated detection limit was  $4.78 \times 10^{-7}$ M. The BPA electropolymerized carbon felt could be regenerated successfully by ultrasonication. The detection and quantification of BPA in real water samples showed satisfactory recoveries of 98.4 - 101.0%. The carbon felt exhibited high sensitivity and reusable, excellent performance in detection of BPA in real water samples, which expect that carbon felt-based electrochemical analysis is applicable development of in-situ and on-site detection and removal of endocrine disruptors as well as BPA.

# Experimental study on the loading of Iridium oxide catalyst coated Titanium PTL in PEM electrolysis performance

Tuan Linh Doan<sup>1</sup>, Haneol Lee<sup>1</sup> and Taekeun Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Chungnam National University

PTL plays an important role in the electron and mass transport of PEM electrolyzer. Through harsh conditions of long-term operation, acidic environment, high temperature, the forming of TiO<sub>2</sub> on the surface of the Ti-PTL resulted in the PTL surface passivation. In this study, by combining two methods: spray-coating and thermal treatment, a thin layer of IrO<sub>2</sub> was deposited on the surface of the Ti-PTL to prevent the passivation and improve the performance of the PEM electrolyzer. The IrO<sub>2</sub> layer was expected to reduce the cell Ohmic resistance and improve the stability of the Ti-PTL due to the preventing of TiO<sub>2</sub> forming. By changing the IrO<sub>2</sub> catalyst loading on the surface of the Ti-PTL, 5 samples with different catalyst loading (0.1 mg/cm<sup>2</sup>, 0.2 mg/cm<sup>2</sup>, 0.3 mg/cm<sup>2</sup>, 0.7 mg/cm<sup>2</sup>, 1.3mg/cm<sup>2</sup>) were investigated to access the effect of catalyst loading on the water electrolysis cell performance. The Ohmic resistance results indicated that cell Ohmic resistance with coated PTLs were slightly lower than the one with pristine commercial PTL. Moreover, the polarization curve results showed that cell performance increased with the increase of catalyst loading on the surface of PTLs. Although the loading is almost double, the performance of PEM cell has not much difference between the loading of 0.7 mg/cm<sup>2</sup> and the 1.3 mg/cm<sup>2</sup>. To benefit the efficiency and the cost effect, the catalyst loading of 0.7 mg/cm<sup>2</sup> is expected as the optimum IrO<sub>2</sub> loading of PTL for PEM electrolyzer.

## References

1. J. Kristóf, J. Mink, A. De Battisti, J. Liszi, “Emission FTIR studies on the formation mechanism of IrO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> based coatings”, *Electrochim. Acta.* 39, 1531–1535 (1994)
2. R. Badam, M. Hara, H.H. Huang, M. Yoshimura, “Synthesis and electrochemical analysis of novel IrO<sub>2</sub> nanoparticle catalysts supported on carbon nanotube for oxygen evolution reaction”, *Int. J. Hydrogen Energy.* 43, 18095–18104 (2018).
3. E. Oakton, D. Lebedev, M. Povia, D.F. Abbott, E. Fabbri, A. Fedorov, M. Nachttegaal, C. Copéret, T.J. Schmidt, “IrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>: A High-Surface-Area, Active, and Stable Electrocatalyst for the Oxygen Evolution Reaction”, *ACS Catal.* 7, 2346–2352 (2017).

# Effective Harmful Organism Management I: Fabrication of Facile and Robust Superhydrophobic Coating on Fabric

**Yeongwon Kwak<sup>1</sup>, Min Kyung Kim<sup>2</sup> and Dong Gun Kim<sup>3</sup> Chang-Ho Choi<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea;

<sup>2</sup>Department of Bio & Environment Technology, Seoul Women's University, Seoul 01797, Korea

<sup>3</sup>Smith College of Liberal Arts, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea

---

Advances in harmful organism management are highly demanding due to the toxicity of conventional coating approaches. Exploiting biomimetic superhydrophobicity could be a promising alternative on account of its cost-effectiveness and eco-friendliness. Here, we introduce a facile method to fabricate a robust superhydrophobic coating on a fabric substrate. This is achieved by sequentially spraying TiO<sub>2</sub>-epoxy resin nanocomposite material and fluorocarbon-silane modified SiO<sub>2</sub> nanoparticles (FC-silane SiO<sub>2</sub> NPs). The superhydrophobicity is attributed to the nanoparticles constituting a micro/nano hierarchical structure and the fluorocarbon of the modified SiO<sub>2</sub> NPs lowering the surface energy. The epoxy resin embedded in the coating layer plays an important role in improving the robustness. The robustness of the superhydrophobic surface is demonstrated by measuring the water slide angle of surfaces that are subject to salty water at 500 rpm stirring condition for up to 13 days. This study focuses on ensuring the superhydrophobicity and robustness of the coating surface, which is preliminary work for the practical management of macrofoulers. Based on this work, we will perform practical harmful organism management in seawater as a second research subject.

## **References**

1. Bax, N., Carlton, J., Mathews-Amos, A., Haedrich, R., Howarth, F., Purcell, J., Rieser, A., Gray, A., "The control of biological invasions in the world's oceans", *Conserv. Biol.*, 15, 1234–1246 (2001).
2. Selim, M.S., El-Safty, S.A., Shenashen, M.A., Higazy, S.A., Elmarakbi, A., "Progress in biomimetic leverages for marine antifouling using nanocomposite coatings", *J. Mater. Chem. B*, 8, 3701–3732 (2020).



# Metagenomic analysis of anaerobic co-digestion revealed enhanced carbohydrate and lipid metabolism of food waste and sewage sludge substrates

Swapnil Patil<sup>1</sup>, Mayur B. Kurade<sup>1</sup>, Shouvik Saha<sup>1</sup> and Byong-Hun Jeon<sup>1\*</sup>

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

Methanogenesis, a complex biological process influenced by numerous intrinsic and extrinsic factors, can be optimized and full scale applied through understanding interrelation between degradation mechanism and microbial community composition along with in-depth analysis of metabolic pathways [1-2]. This study focused on utilization of food waste (FW) in AD by investigating varying FW amounts to determine optimum and inhibitory concentration levels with its effect on microbial populations and biomethane production. Operating AD with FW levels in the concentration range of 2–6% (v/v) enhanced biomethane production, resulting in a 5.2- to 8.1-fold increase. The highest biomethane production was observed at 4% FW (8.1- fold increase), with a lag phase of 5 days. Increased FW levels (>6% v/v) extended the lag phase and eventually displayed methanogenic inhibition due to high VFA accumulation and low LCFA reduction. LCFAs were degraded by 90–99% during AD, following all FW loading concentrations. 16S rRNA gene amplicon sequencing showed that, LCFA-degrading Syntrophomonas and Petrimonas genus were abundant in FW added AD relative to the control. Methanosaeta, archaea were dominant over Methanosarcina and Methylocystis in presence of <4% FW, but in >6% FW Methanosaeta were replaced by Methanosarcina along with enhanced metabolic pathways specific for carbohydrate and lipid catabolism. Addition of 2% FW in AD increased methane yield by 4-fold without lag phase, the current study proposes to run AD at around 4% (v/v) FW loading to achieve maximum yield.

Keywords: Anaerobic co-digestion, Food waste, Syntrophism, Methanogens, KEGG pathways.

## References

1. Kurade, MB; Saha, S; Salama, E-S; Patil, SM; Govindwar, SP and Jeon, B-H; Acetoclastic methanogenesis led by Methanosarcina in anaerobic co-digestion of fats, oil and grease for enhanced production of methane. *Bioresour Technol.* 2019; 272:351-9.
2. Tao, Y; Ersahin, ME; et al.; Biogas productivity of anaerobic digestion process is governed by a core bacterial microbiota. *Chem Eng J.* 2020; 380:122425.

## 지중 특성에 따른 계면활성제의 토양 흡·탈착 특성

권주혁, 유성가, 전병훈\*

한양대학교 자원환경공학과

## Adsorption and desorption characteristics of surfactant onto soil according to soil properties

Ju-Hyeok Kwon, Chengjia Liu, Byong-Hun Jeon\*

*Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University*

---

Surfactants have different adsorption and desorption behaviors depending on soil properties. The adsorption of surfactant on the subsurface soil causes surfactant loss, affecting the feasibility and economics of the soil remediation methods [1]. Nonionic surfactants are preferable for the in-site applications over ionic ones due to their less adsorption on the subsurface soil or precipitation through reaction with groundwater [2]. In this study, Tween 80, a highly biodegradable nonionic surfactant was investigated according to below or above critical micellar concentrations (CMC) to analyze the adsorption and desorption characteristics of surfactants according to soil properties in batch experiments. Different ratios of sand and clay mixtures were formulated, and adsorption-desorption of surfactants was monitored for 24 hours. The adsorption of surfactant on the soil was analyzed using Freundlich isotherm, which showed the increase of correlation coefficient ( $R^2$ ) and the adsorption strength ( $1/n$ ) when the clay amount increased. At the highest surfactant concentration, 3000-16000 mg/kg were adsorbed on soil. The adsorption increased more than two times when clay ratio doubled. After calculating index of irreversibility ( $I_i$ ) through the amount of desorption, the reversibility was higher without clay composition than with clay composition. Below the CMC,  $I_i$  was 1 for clay composition indicating completely irreversible adsorption. Whereas,  $I_i$  is closer to 0 (fully reversible) above the CMC, even though the ratio of clay was the same. Thus, the presence of clay significantly increase irreversible sorption if added surfactant Tween 80.

### **Acknowledgment**

This study was conducted with the financial support from the Korea Environmental Industry Technology Institute (KEITI) and the Ministry of Environment (ME) of the Republic of Korea (No. 2018002480007).

### **References**

1. Paria, S., "Surfactant-enhanced remediation of organic contaminated soil and water." *Adv. Colloid Interface Sci.* 138(1), 24-58. (2008).
2. Kaya, A. and Y. Yukselen-Aksoy, "Zeta potential of soils with surfactants and its relevance to electrokinetic remediation." *J. Hazard. Mater.* 120(1-3), 119-126 (2005).

## 산화알루미늄 나노입자가 *Scenedesmus obliquus*에 미치는 영향

안현조<sup>1</sup>, Mayur B. Kurade<sup>1</sup>, 전병훈<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한양대학교

## Effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticle on Microalgal Degradation of Sulfonamide

Hyun-Jo Ahn<sup>1</sup>, Mayur B. Kurade<sup>1</sup>, Byong-Hun Jeon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Hanyang University

The aluminum oxide nanoparticles are one of the most widely used materials both in industrial and personal care products[1]. Despite their various applicability, it poses severe environmental and human health hazards, such as cell membrane disruption, neurodegenerative disorder, and engineered water treatment processes are relatively unknown compared with other NPs. Besides, it may have some influence on the wastewater treatment process by interfering the degradation and removal of emerging contaminants by microbial agents. In this study, we investigated the comprehensive effect of aluminum oxide nanoparticle (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>NP) on a green microalga, *Scenedesmus obliquus*, and their effects on the removal of an emerging contaminant, sulfacetamide. The effects induced by Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>NP were analyzed by several biological aspects: growth inhibition, changes in biochemical components, and biodegradation capacity for sulfacetamide. The result shows that microalgal growth only impacted at higher concentrations ( $\geq 50$  mg L<sup>-1</sup>) of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>NP where dry cell weight and pigments of *S. obliquus* were significantly inhibited. After 14 days of cultivation, up to 15% of growth inhibition and 23% of chlorophyll concentration reduction of *S. obliquus* was observed at 100 mg L<sup>-1</sup> of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>NP with 1 mg L<sup>-1</sup> sulfacetamide. Although there was insignificant influence of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>NP on the removal of sulfacetamide, 8% and 12% removal of sulfacetamide was observed at 50 mg L<sup>-1</sup> of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>NP with 1 mg L<sup>-1</sup> and 15 mg L<sup>-1</sup> of sulfacetamide, compared with 13% and 17% removal in the control. The exploration of this study has provided a deeper understanding of the environmental effects of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>NP, and confirm the potential of microalgae mediated water treatment system under nanoparticle induced stress.

### References

1. Sadiq, I. M., Pakrashi, S., Chandrasekaran, N., and Mukherjee, A., "Studies on toxicity of aluminum oxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nanoparticles to microalgae species: *Scenedesmus* sp. and *Chlorella* sp.," *J. Nanopart. Res.*, 13, 3287-3299 (2011).
2. Chen, L., Yokel, R. A., Henning, B., Toborek, M., "Manufactured Aluminum Oxide Nanoparticles Decrease Expression of Tight Junction Proteins in Brain," *J. Neuroimmune. Pharmacol.*, 3, 286-295 (2008).

# Redox regulation enabled anaerobic acetate assimilation by obligate aerobe *Pseudomonas putida* in a microbial fuel cell

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

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

---

*Pseudomonas putida* is recently highlighted for its electro-active behavior in a microbial fuel cell (MFC) system to produce electricity with various carbon sources. *P. putida* is an ideal host strain for electrode-based metabolic regulation to produce platform chemicals with embedded versatile carbon metabolisms. In this study, we investigated the effect of the electrode on *P. putida* metabolism in different culture condition such as conventional fermentation (open circuit MFC) and carbon electrode respiring environment (closed-circuit MFC) using acetate as carbon source. *P. putida* was remained alive in the presence of electrode with simultaneous electricity generation. This strain has discharged respiratory electron up to 110 $\mu$ A/cm<sup>2</sup> of anodic current. The change of NADH/NAD<sup>+</sup> ratio and acetyl-CoA synthetase activity assay further support that the electrode-based respiration facilitates acetate oxidation. These results imply that the carbon electrode in MFC enabled utilization of refractory substrate such as acetate by obligate aerobe *P. putida*.

## **References**

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

## 소각시설 배기가스 내 미세먼지와 NO<sub>x</sub> 동시제거를 위한 ePTFE 멤브레인 촉매필터 국산화 개발

황상연, 윤성필, 류상오, 전동환, 정석우

고등기술연구원

## Localization Development of ePTFE Membrane Catalyst Filter for Simultaneous Removal of Fine Particle and NO<sub>x</sub> in Incineration Facility

Sang Yeon Hwang, Sung Pill Yun, Sang Oh Ryu, Dong Hwan Jeon, Seok Woo Chung

*Institute for Advanced Engineering*

미세먼지의 경우 연소과정에서 발생하는 연소생성물인 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> 등이 전구물질로 작용하여 2차 오염물질인 초미세먼지 형태로 생성되며, 정부에서도 미세먼지 2차 생성 메커니즘 규명 및 유해성분 분석과 오염물질 동시저감 기술 개발 등 획기적인 성능개선에 초점을 맞추고 있다. 현재, 국내 산업시설에 실제 적용된 미세먼지와 원인물질인 질소산화물(NO<sub>x</sub>) 제거공정은 백필터를 이용한 여과집진기와 국산화가 완료된 SNCR이나 국외에서 도입된 SCR 조합이 주류를 이루고 있으며 이들 공정을 단계별 혹은 동시에 적용하는 하이브리드(hybrid)형 기술도 일부 활용되고 있다. 특히, 질소산화물 제거 공정은 상호간의 장·단점으로 인하여 탈질효율과 경제성이 상충되어 대형 설비의 경우에는 효율이 높은 SCR 공정을 사용하나 설치비 및 운영비가 매우 높은 문제가 있으며, 중소형 설비의 경우에는 효율은 다소 낮지만 경제성을 고려하여 주로 SNCR 공정을 채택하고 있으나 SNCR 공정 효율이 60% 정도이므로 이를 활용하여 강화된 배출허용기준을 충족하기는 현실적으로 어려울 것으로 판단된다. 이에, 본 연구에서는 집진을 위한 내열성과 내화학적성이 우수한 PTFE 소재의 여과백에 탈질촉매를 담지하여 집진과 동시에 탈질이 일어나는 PTFE 멤브레인 촉매필터를 국산화 개발하고자 하며 필터 표면에서 입자상 물질인 미세입자는 99% 이상 고효율로 제거되고 배기가스 필터를 통과 시 촉매작용을 통하여 추가적인 탈질효과를 통해 기존 SNCR 공정의 낮은 효율을 보완하여 질소산화물 배출을 최소화시키기 위한 보조기술로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구는 2020년도 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원(KEITI)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(RE202001053)

### 참고문헌

1. Brooke E, et al. "Economics of an Integrated Approach to Control SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, and Particulate Emissions from Power Plants", *Journal of the Air & Waste Management Association*, volume 52, pp. 521-534, 2002.
2. L. Jiang, et al. "V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-modified Mn-Ce/AC catalyst with high SO<sub>2</sub> tolerance for lowtemperature NH<sub>3</sub>-SCR of NO", *chemical engineering journal*, volume 370, pp. 810-821, 2019.

# Controlled production of monodisperse biodegradable polycaprolactone microparticles using microfluidic device

Hun Soo Byun<sup>1</sup>, Soon-Do Yoon<sup>1</sup>, and Heon-Ho Jeong<sup>1\*</sup> (jeonghh29@jnu.ac.kr, Yeosu, Jeonnam 59626)

<sup>1</sup>*Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University*

---

Biodegradable microparticles has been used for various applications in the encapsulation and delivery of pharmaceutical agents. A microfluidic device that have micro-scale channel is attractive instrument to produce highly uniform droplets that serve as templates to form monodisperse microparticles. In this work, the microfluidic approach for preparing monodisperse biodegradable microparticles is presented. The microfluidic devices have a flow-focusing generator for generation of oil-in-water emulsion. The critical factors in the emulsion generation are the controllability of size and monodispersity of the oil droplets. For this, the volumetric flow rates of the oil and the water phases are optimized to generate uniform droplets. Furthermore, the droplets containing polycaprolactone biodegradable polymer by solvent evaporation after collection of droplet from the device is solidified.

## 참고문헌

1. Jeong, "Controlled production of monodisperse polycaprolactone microparticles using microfluidic device," *Clean Technol.*, 25(4), 283-288 (2019).
2. Jeong et al., "Moldable Perfluoropolyether-Polyethylene Glycol Networks with Tunable Wettability and Solvent Resistance for Rapid Prototyping of Droplet Microfluidics," *Chem. Mater.*, 30(8), 2583-2588 (2018).

# Isolation of electroactive novel *Pseudomonas* sp. from mixed microbial community for enhanced bioelectricity generation and other applications.

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

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

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

## **References**

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

# Energy-efficient microwave pretreatment and fermentation of microalgae to improve biofuels production

**Geon-Soo Ha, Gyeong-Uk Kim, Shouvik Saha, Byong-Hun Jeon \***

<sup>1</sup>*Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, South Korea*

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

---

Microalgae have been considered as one of the most promising feedstock for biofuels (bioethanol, higher alcohols (C2-C5), and biodiesel) production that can replace fossil fuels. The energy recovery from microalgal is significantly influenced by their physiological properties such as cell wall thickness and proportions of biocomponents. We developed a novel integrated approach to achieve unprecedented biomass utilization (80-93%), conversion efficiency (46-48%) from *Pseudochlorella* sp., *Chlamydomonas mexicana*, *Chlamydomonas pitschmannii* via microwave pretreatment (at 210 W, 2 min), successive fermentations, and transesterification. Scanning electron microscopy visualized significant disruption of microalgal cells. Carbohydrate fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* YPH499 produced 0.45-0.47 g g<sup>-1</sup> bioethanol yield and fermentation of the leftover microalgal proteins after carbohydrate fermentation by *S. cerevisiae* S288C produced 0.44-0.45 g g<sup>-1</sup> higher alcohols yield. Fermentations served as a bio-pretreatment to enhance the bioavailability of intracellular compounds, which minimized the use of expensive and laborious methods for their extraction from the microalgal biomass. The transesterification of the remaining lipid portion produced 0.62-0.74 g g<sup>-1</sup> biodiesel. Microwave pretreatment saving ca. 32 times specific energy than ultrasonic pretreatment. This study provides a proof-of-concept that it can encourage the use of microalgal biomass for cost-effective biofuels production in a large-scale process.

**Keywords:** Microalgae biofuels, Biomass pretreatment, Biomass utilization, Conversion efficiency, Specific energy



## 다공성 실리콘/탄소 복합체 음극 및 NCM 양극을 이용한 리튬 이차전지의 전기화학적 특성 및 에너지 밀도

박혜정, 강동환, 이정규\*

동아대학교 화학공학과  
(email:jklee88@dau.ac.kr)\*

리튬 이차전지의 에너지 밀도를 향상시키기 위해 고용량 음극소재의 개발이 필요한데 그에 대한 대체재로 Si(실리콘), Sn(주석), Ge(게르마늄) 등 용량이 높은 IV족의 원소가 주목을 받고 있다. 그 중 실리콘은 흑연의 10배에 달하는 3579 mAh/g의 높은 이론용량과 0.4V Li/Li+의 낮은 작동 전압을 가지고 있어 유망한 전극 소재이다. 하지만 실리콘은 충/방전 사이클이 진행되는 동안 300% 정도의 큰 부피 팽창을 수반하여 전극이 파쇄될 수 있고, 전기 전도성이 낮다는 단점이 있다. 본 연구에서는 높은 에너지 밀도와 안정적인 리튬 이차전지 개발을 위해 zeolite(Y)를 이용한 마그네슘 열환원법을 통해 부피팽창을 수용할 다공성 구조의 실리콘을 제조하였다. 이에 Pitch로 탄소 코팅을 진행하여 구조적인 안정성을 부여하고, 전기전도성을 향상시키고자 하였다. 제조된 다공성 실리콘/탄소 복합체와 상용SINP/탄소 복합체 및 흑연 음극제의 반쪽전지 특성을 비교하였다. 또한 다공성 실리콘/탄소 복합체를 NCM622 양극과 결합하여 리튬 이차전지 완전지를 설계하고 그 전기화학적 특성 및 에너지 밀도를 흑연/NCM622 완전지 시스템과 비교·분석 하였다.

### 참고문헌

1. J. K. Lee, C. Oh, N. Kim, J. -Y. Hwang, Y. -K. Sun, *J. Mater. Chem. A*, 4(2016), 5366-5384.
2. Kim, N., et al. (2018). "Zeolite-Templated Mesoporous Silicon Particles for Advanced Lithium-Ion Battery Anodes." *ACS Nano* 12(4): 3853-3864.
3. Park, H., et al. (2020). "Electrochemical characteristics and energy densities of lithium-ion batteries using mesoporous silicon and graphite as anodes." *Electrochimica Acta* 357.



2020 한국청정기술학회

**추계총회 및 학술발표회**

**초록집** 2020 THE KOREAN SOCIETY OF  
CLEAN TECHNOLOGY CONFERENCE

**E - Poster: 탈황탈질**

---



# 시멘트공정 질소산화물 저감을 위한 SNCR 및 SCR이 동시 적용된 공정 특성 연구

김진호<sup>1</sup>, 김효식<sup>1</sup>, 김지현<sup>1</sup>, 강석환<sup>1</sup>, 류재홍<sup>1</sup>, 박기우<sup>2</sup>

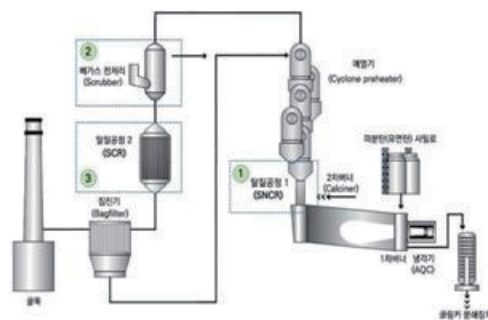
고등기술연구원, 금강씨엔터

## Study on the process characteristics of simultaneous application of SNCR and SCR for reducing nitrogen oxides in the cement process

Jin-ho Kim<sup>1</sup>, Hyo-sik Kim<sup>1</sup>, Ji hyeon Kim<sup>1</sup>, Suk-Hwan Kang<sup>1</sup>, Jae-Hong Ryu<sup>1</sup>, Ki-woo Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering (IAE) <sup>2</sup>Keumkang C.N.T

미세먼지 생성물질인 질소산화물의 적극적인 감축을 위해 시멘트 업계 내 배출 허용기준이 강화되었다. 시멘트 업종은 전체 TMS 설치 사업장 내 질소산화물 배출량의 약 30%를 차지하고 있다. 특히 2019년 조사한 기준에는 미세먼지 절감 사업이 많이 진행된 발전업(35%)과 시멘트제조업(32%)이 유사하게 배출하고 있어 미세먼지 대응체계 구축이 필요하다. 이에 환경부는 시멘트 사업장에서 배출되는 질소산화물 저감을 위해 협의체를 구성하고, 기술적 해법을 마련하였다[1]. 현재 시멘트 업체에 적용된 질소산화물 감축 기술은 과거 대기오염배출 기준을 충족하기 위한 기술로 강화된 질소산화물 배출기준을 충족하려면 두 가지 이상의 질소산화물 저감 기술이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 선택적비축매환원법(SNCR)과 선택적축매환원법(SCR)이 동시 적용된 공정의 특성을 연구하여, 제한된 환원제의 소모량에 따라 최적 질소산화물 배출량을 여러 가지 조건에 따른 case study를 진행하였다.



SNCR/SCR 연계 저감기술 적용 개념도

### 참고문헌

1. 환경부 보도자료, “환경부-시멘트업계, 초미세먼지 감축 위해 적극 나선다.” 2020. 06. 08.

**키워드:** 시멘트 제조공정, DeNO<sub>x</sub>, SNCR, SCR, 공정모사

### 사사

본 연구는 환경부 미세먼지 사각지대 해소 및 관리 실증화 기술개발사업의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다(과제번호:202003060014).

# 국내 NMFC형 Precalciner의 전산 입자 유동 해석

서준형<sup>1</sup>, 조계홍, 조진상\*

<sup>1</sup>한국석회석신소재연구소

## Computation Particle Fluid Dynamic of Domestic NMFC type Precalciner

**Jun Hyung Seo<sup>1</sup>, Kye Hong Cho<sup>1</sup>, Jin Sang Cho<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Korea Institute of Limestone and Advanced Materials*

현재 시멘트 사에서 주로 활용되고 있는 선택적무촉매환원법 (Selective Non-Catalytic Reduction, 이하 SNCR)의 주요 인자는 환원제 주입량, 반응 온도, 체류 시간, 연소 가스의 혼합 등인데 이러한 조건을 정확하게 예측하기 위해서는 배가스의 유속과 유량, 복사 및 대류 열전달, 분사 액적에 대한 동역학, 화학반응 등을 고려해야 한다. 본 연구에서는 국내 시멘트 사에 설치된 NMFC (New Mitsubishi Fluidized Calciner)형 Precalciner를 대상으로 공정에 유입되는 원료 및 가스가 미치는 영향을 CPFD (Computational Particle-Fluid Dynamics, CPFD)를 이용하여 분석하였다. 분석 결과, 입자의 경우 중심부와 비교하여 벽면에 상대적으로 많이 편중되어 있어 요소수 투입구 위치 변경을 고려할 필요가 있으며, 가스 유속의 경우 calciner의 중심부가 벽면보다 상대적으로 빠르게 나타나 반응 시험 감소가 발생할 수 있기 때문에 현장 시험을 통한 효율성 검토가 필요한 것으로 확인되었다.

### **Acknowledgement**

본 연구는 2020년도 환경부 “환경기술개발사업”에서 지원받았습니다 (No : RE202005021)

### **참고문헌**

1. Thanh, D. B. Nguyen. et al., “Computational Fluid Dynamics(CFD) Simulation for a Pilot-scale Selective Non-catalytic Reduction (SNCR) Process Using Urea Solution”, Kor. Chem. Eng. Res., 46(5), 922-930 (2008)
2. Andrews, M. J. and O'Rourke, P. J., “The Multiphase Particle-in-Cell (MP-PIC) Method for Dense Particle Flows”. Int. J. Multiph. Flow., 22(2), 379-402 (1996)
3. Snider, D., “Three fundamental granular flow experiments and CPFD predictions”, Powder Technol., 176(1), 36-46 (2007)

# 금속 킬레이트 화합물 흡수액을 이용한 질소산화물(NO) 제거 및 장시간 사용으로 인해 성능 저하된 흡수액 재생 기술 개발

남태호<sup>1,2</sup>, 조현정<sup>1</sup>, 이학연<sup>1,2</sup>, 조강희<sup>1</sup>, 김선형<sup>1</sup>, 윤형철<sup>1\*</sup>, 이찬현<sup>1</sup>, 배운상<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국에너지기술연구원, <sup>2</sup>연세대학교

발전소, 연소 시설, 다양한 산업 시설에서 배출되는 질소산화물(NO<sub>x</sub>)은 공기 중의 수증기, 오존, 암모니아 등과 화학반응을 일으켜 초미세먼지입자를 형성하는 것으로 알려져 있다. 최근 미세먼지로 인한 대기오염문제가 심각해지면서 초미세먼지의 원인이 되는 질소산화물 배출에 대한 정부 차원의 규제는 점차 강화되고 있다. 2020년 1월 1일 기준으로 이미 질소산화물 배출량이 허용 기준 이상일 때 일정 금액의 부과금이 부여되고 있어, 많은 사업장에서 질소산화물을 효과적으로 제거할 수 있는 저비용 기술을 요구하고 있다. 일반적으로 배가스 내 질소산화물을 제거하는 기술로 암모니아와 요소를 이용하는 선택적 촉매 환원법(SCR)과 선택적 비촉매 환원법(SNCR)이 많이 사용되는데, 질소산화물을 높은 효율로 제거할 수 있고 대용량에도 적용 가능한 장점이 있지만 반면에 설비 투자비가 높고 배가스 온도를 질소산화물 환원이 가능한 높은 온도까지 다시 가열하는데 사용되는 연료비용이 많이 든다는 단점이 있다.

앞서 언급한 환원법 기술의 단점을 보완할 수 있는 대체 기술로는 습식 흡수법이 있다. 습식 흡수법의 장점은 낮은 온도에서 질소산화물 제거가 유리하여 별도의 연료비가 들어가지 않는 등 운영비(OPEX; operation expenditure)가 낮고, 중소형 규모에서는 설비 투자비(CAPEX; capital expenditure) 역시 낮다는 것이다. 습식 흡수법에 수용액 기반의 흡수액이 사용될 경우 이산화질소 성분은 쉽게 흡수 되지만 일산화질소의 경우 흡수율이 매우 낮다. 일산화질소의 경우 오존이나 다양한 산화제를 사용하여 이산화질소, 질산 음이온 등으로 산화시킨 후 물로 흡수 시키는 방법이 사용 가능하나 장시간 사용할 경우 흡수액 내 질산 음이온과 산화제 농도가 지속적으로 증가하여 주기적으로 흡수액을 교체해야하고 폐수처리 비용이 발생한다.

한국에너지기술연구원에서는 최근 기존의 질소산화물 제거 기술들의 단점을 보완하고자 금속 킬레이트 화합물 흡수액을 사용하는 습식 흡수법 기술을 개발하고 있다. 금속 킬레이트 화합물 흡수액을 사용하면 일산화질소를 배위결합을 통해 직접 흡수시킬 수 있어 별도의 산화제 없이 사용 가능하고 그 흡수율도 매우 높은 것으로 확인하였다. 하지만, 이 기술 역시 장시간 사용할 경우 흡수액이 배가스 내에 존재하는 산소에 의해 산화되거나 일산화질소를 흡수함으로써 시간이 지날수록 일산화질소 흡수율이 점점 감소하는 문제를 가지고 있음을 확인했다. 본 연구에서는 흡수 성능이 저하된 금속 킬레이트 화합물 흡수액을 환원시키고 흡수액에 결합된 일산화질소를 다른 성분으로 전환시키며 제거할 수 있는 새로운 재생 촉매를 개발하고 이를 이용하여 금속 킬레이트 화합물 흡수액을 실제로 재생함으로써 일산화질소에 대한 흡수 성능이 원래대로 높아지거나 또는 오랫동안 지속될 수 있는지를 확인하였다. 특히, 재생 촉매를 실제 공정에 바로 적용할 수 있는지를 확인하기 위해, 흡수 성능이 떨어진 금속 킬레이트 화합물 흡수액을 따로 취해 재생 실험을 확인한 것(ex-situ)이 아니라, 흡수액이 실제 습식 흡수 장치에 계속 순환되며 사용되는 중간에 재생 촉매를 적용하여, 재생 촉매에 의해 흡수액의 성능이 얼마나 오랫동안 지속되는지를 확인해 보았다. 자세한 실험 결과는 게시되는 포스터에서 보여질 예정이다.

## 참고문헌

1. Chao Xu et al., "Highly Efficient Heterogeneous Catalytic Reduction of Fe(II)EDTA-NO," *Ind. Eng. Chem. Res.*, 58, 22875-22883 (2019)
2. Jun Chen et al., "FeII(EDTA)-NO Reduction by Mn Powder," *Energy Fuels.*, 34, 2, 2590-2598 (2020)

# Experimental study on NO removal by wet scrubbing using a chelate solution

**Hak Yeon Lee<sup>1,2</sup>, Sun Hyung Kim<sup>1</sup>, Tae Ho Nam<sup>1,2</sup>, Hyeon Jeong Cho<sup>1</sup>, Kang Hee Cho<sup>1</sup>,  
Chan Hyun Lee<sup>1</sup>, Yoon Sang Bae<sup>2</sup> and Hyung Chul Yoon<sup>1\*</sup> (hyoon@kier.re.kr)**

<sup>1</sup>*Clean Fuel Laboratory, Climate Change Research Division, Korea Institute of Energy Research, South Korea*

<sup>2</sup>*Department of Chemical & Biomolecular Engineering, Yonsei University, South Korea*

---

Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) and sulfur oxides (SO<sub>x</sub>) emissions, which cause negative effects on the human body and the environment, has been more strictly controlled. Selective Catalytic Reduction (SCR), which is the most widely adopted for NO<sub>x</sub> removal, has certain drawbacks such as relatively high capital cost and the concerns on the use of toxic ammonia and urea. A wet absorption method with the chelate solution such as Fe(II)EDTA to overcome the poor solubility of NO in water has been proposed as the promising alternatives to SCR. Although Fe(II)EDTA coordinates with NO efficiently, Fe(II)EDTA are easily oxidized to Fe(III)EDTA in the presence of oxygen that loses the ability to absorb NO. A new chelate solution showing high NO removal efficiency even in the presence of oxygen has been developed. In the present work, parametric experimental studies of NO removal using a newly developed chelate solution in a wet scrubber were performed under various operating conditions such as temperature, flow rate, and contact time. In addition, the effects of pH and chelate concentration on NO removal efficiency were elucidated. These findings would be used for designing and optimizing a wet scrubber for NO removal using a chelate solution.

## **References**

1. Zhu, X., He, F., Xia, M., Liu, H., & Ding, J. *RSC advances*, 9(42), 24386-24393 (2019).
2. Deshwal, B. R., & Kundu, N. *Euro. J. Appl. Eng. Sci. Res*, 4(2), 10-19 (2015).



## 산화제를 이용한 NO, SO<sub>2</sub> 동시제거 시 pH 조절제의 영향

송동훈<sup>1,2</sup>, 강조홍<sup>1</sup>, 송호준<sup>1\*</sup>, 정용철<sup>2</sup>

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

## Effect of pH control agents in simultaneous removal of NO and SO<sub>2</sub> using oxidants

**Dong Hun Song<sup>1,2</sup>, and Jo Hong Kang<sup>1</sup>, Hojun Song<sup>1\*</sup>, Yongchul G. Chung<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), 55, Jongga-ro, Jung-gu, Ulsan, 44413, Republic of Korea,

<sup>2</sup>School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, 2, Busandaehak-ro 63beon-gil, Geumjeong-gu, Busan, 46241, Republic of Korea

미세먼지는 대기환경 부문에서 큰 문제로 대두 되고 있다. 특히 한국은 세계보건기구(WHO)의 연평균 미세먼지 권고치 (10 ug/m<sup>3</sup>)의 2배 이상 농도에 노출된 인구수가 OECD 회원국 중 1위를 달성할 만큼 심각하다. 따라서 미세먼지의 제거는 매우 중요하고 시급한 과제이다. 미세먼지는 입자 형태로 배출되는 입자상의 1차 미세먼지와 전구물질이 광화학 반응을 일으켜 발생하는 2차 미세먼지로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 2차 미세먼지의 전구물질인 질소산화물(NO<sub>x</sub>), 황산화물(SO<sub>x</sub>)을 동시 제거하여 미세먼지 감소에 기여하고자 하였다. 현행 기술에서는 대부분 건식으로 NO<sub>x</sub>를 제거하고 습식으로 SO<sub>x</sub>를 제거하므로 두 개의 전구물질을 제거하기 위해서는 건식, 습식을 같이 사용해야하는 단점이 있었다. 본 연구에서는 습식으로 NO<sub>x</sub>를 제거하기 위하여 산화제를 이용하였으며, pH조절제에 따른 산화제의 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> 제거 시 미치는 영향을 연구하였다. 또한 pH조절제의 농도, 용액의 온도에 따른 경향성을 분석하였다.

### 참고문헌

1. Mondal, M. K., & Chelluboyana, V. R. New experimental results of combined SO<sub>2</sub> and NO removal from simulated gas stream by NaClO as low-cost absorbent. *Chemical Engineering Journal*, 217, 48-53 (2013).
2. Shi, D., Sun, G., & Cui, Y. Study on the removal of NO from flue gas by wet scrubbing using NaClO<sub>3</sub>. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 00, 53-53, 2019.



2020 한국청정기술학회

**추계총회 및 학술발표회**

**초록집** 2020 THE KOREAN SOCIETY OF  
CLEAN TECHNOLOGY CONFERENCE

Author Index

---



<b>A</b>	
Amellia Dwi Rizkyana	118
Astrini Pradyasti	161
<b>B</b>	
Baekha Ryu	158
Bai Amutha Anjali	128
Bikram Basak	37
Bong Lee	164
Bora Jeong	43
Byeonguk Kim	165
	166
Byong-Hun Jeon	35
	36
	37
	38
	174
	177
	184
ByungJin Lee	97
	130
Byung Wook Hwang	172
Byung-Soo Chun	116
	117
	118
<b>C</b>	
Chan Hyun Lee	192
Chan Soo Mun	156
Chang-Ho Choi	176
Chang-Hui Kim	142
Chang-Joon Kim	170
Changman Kim	34
Chang-Soo Lee	20
Cheol Woo Park	81
Chisung Ahn	87
	88
Choe Earn Choong	31
	32
	153
	154
	155
	156

	157
	158
	159
Chul Woo Lee	168
	169
Chungyeon Cho	171
<b>D</b>	
Dae Hwan Kim	160
	161
Daseul Kong	34
Dimitrios Kaldersis	168
	169
Divine D. Sewu	168
	169
Do Hwan Kim	156
Doan Tuan Linh	119
Dong Gun Kim	176
Dong Uk Lee	91
	92
Dong Wook Chang	71
	73
	102
Dong-Ha Lim	83
Donghyeok Im	164
	165
	166
	167
Doyeon Lee	172
Duc Ba Nguyen	47
	48
<b>E</b>	
Eunhee Seol	180
<b>G</b>	
Gayeon Kim	164
	167
Geon-Soo Ha	35
	184
Geun-Ho Han	97
Gi Jung Lee	70

Gnanasekaran Gnanaselvan	17
Gyeong-Uk Kim	184
<b>H</b>	
Hak Yeon Lee	192
Han Seong Kim	67
Hana Kim	172
Hanbyeol Kim	83
Haneol Lee	175
Hee-chul Woo	162
	163
Hee-Jeong Lee	118
Heon Ho Jeong	67
	142
	182
Ho Cheol Jin	73
	102
Ho Cong Truc	116
	118
Ho Jin Jung	68
Ho-Jeong Ryu	172
Ho-Jun Song	127
Hong-Dae Kim	43
Hoo Hugo Kim	38
Hoon Oh	156
Huang Xiao	91
	92
Hun Soo Byun	67
	142
	182
Hwi Soo Han	156
Hye Won Kim	156
Hyeon Jeong Cho	192
Hyeon Sung Im	34
HyeonTae Shin	93
	95
Hyeseong Kim	31
	153
	154
	155
	158
HyoJeong Kim	58
Hyo-sik Kim	44

Hyun Min Lee	130
Hyung Chul Yoon	192
Hyungseok Nam	172
Hyun-Ji Lim	127
Hyunju Go	104
<b>J</b>	
Jae Hwan Jeong	162
Jae Hwan Lee	82
	97
Jae Hyung Choi	83
Jae-eun Jeon	87
	88
Jae-Hong Ryu	44
Jaehoon Cha	108
Jae-Young Kim	172
Ji Hun Jeong	58
Ji Yoon Kim	156
Jichan Kim	83
Jiha Lee	70
Jihyeon Kim	44
Jin Han Lee	74
Jin-ho Kim	44
Jin-Seok Park	116
	117
	118
Jin-Won Park	127
Ji-ook Heo	22
Jiu-Qiang Xiong	174
Jiyun Baek	34
	180
Jo Hong Kang	127
Jong Hyun Mun	156
Joo Hyun Kim	65
	66
	71
	73
	102
JoungJin Im	72
Jun Ho Lee	66
Jung Rae Kim	22
	34
	174

	180
	183
Jungho Jae	81
	83
	101
Jun-Heok Lim	60
<b>K</b>	
Kang Hee Cho	192
Khandelwal Himanshu	183
Kie Yong Cho	68
	70
	78
	93
	95
Kien Tiek Wong	31
	32
	153
	154
	157
	158
	159
Kim Han Ung	101
Kwan Young Lee	130
Kwanghwi Kim	127
Kwan-Young Lee	82
	97
Kyoung Ryeol Park	87
	88
Kyoung-Ku Kang	20
Kyoung-Yeol Kim	174
<b>M</b>	
Maulida Zakia	61
Mayur B. Kurade	35
	38
	177
	179
Merreta Noorenza Biutty	161
Mijin Jeong	65
	71
Min Jang	31
	32

	153
	154
	155
	156
	157
	158
	159
	174
Min Ji Kim	156
Min Kyung Kim	176
Min Ung Jeong	58
Min Young Shon	68
	70
	78
	91
	92
	93
	95
Min-Sik Kim	22
Minsoo Kim	22
	174
Mok Young Sun	17
MSP Sudhakaran	17
Mun Ho Kim	160
	161
	162
	163
Mun Ho Yang	73
Mutyala Sakuntala	22
	180
	183
Myeong-jin Lee	43
Myung Jun Moon	91
	92
	78
	93
	95
<b>N</b>	
Nguyen Hoang Tung	47
	48
Nikita Yadav	36
Nuri Oh	87

	88
Rajendra Joshi	54
Ratri Puspita Wardani	102
Sang Heon Kim	163
Sang Hun Ahn	75
Sanjay P. Govindwar	36
Seok Byum Jang	31
	32
	153
	157
	159
Seok Woo Lee	71
Seong Il Yoo	61
	161
Seongbin Ga	108
Seung Han Woo	168
	169
Seung Yong Choi	68
Seung-Chan Lee	117
Seungjae Lee	167
Seung-Yeop Chun	43
Seungyong Choi	78
Shivshankar Chaudhari	78
	93
	95
Shouvik Saha	35
	38
	177
	184
Shuang Wang	172
Shuwei Li	22
Si Wan Lee	156
So Yeon Yoon	31
	153
	155
	156
	159
Soo Youn Lee	22
Soon Do Yoon	67
	142
	182
Suk-Hwan Kang	44
Sun Hyung Kim	192

SungHyun Yun	52
Sungwook Mhin	87
	88
Sung-Yeoul Kim	116
Swapnil Patil	35
	38
	177
<b>T</b>	
Tae Ho Nam	192
Taehee Kim	69
Taekeun Kim	175
Taewook Kim	43
Truc Cong Ho	117
Tuan Linh Doan	175
<b>V</b>	
Van Toan Nguyen	47
	48
Vikash Chandra Roy	116
	117
	118
Vishal Gavande	164
	165
	166
	167
<b>W</b>	
Weerathunga Arachchige Shiran Chamika	117
Won-Ki Lee	164
	165
	166
	167
<b>Y</b>	
Yeji Lee	60
Yeongwon Kwak	176
Yiseul Park	69
	104
Yong Sun Won	60
Yongchul G. Chung	52
	108



	128
Yoon Sang Bae	192
Yooseob Won	172
You-Kwan Oh	22
Young Eun Song	22
	174
	180
	183
Young Eup Jin	75
Young Je Kwon	70
Young Sun Mok	47
	48
Youngeun Lee	58
Youngeup Jin	72
	74
	164
	165
	166
	167
Youngho Eom	57
	58
Yun Pil Youm	156
<b>Z</b>	
Zhang Yan Qing	170
<b>ㄱ</b>	
강동환	185
강석환	126
	189
강조흥	193
고강석	26
공지현	109
구교필	143
구희지	49
권인구	25
	76
권주혁	178
권현민	137
김경민	56
김경진	51
	151
김광래	135

	136
	137
김규리	49
	110
김나연	138
김대원	105
	106
	107
김도희	173
김문정	50
김민규	41
	42
김민주	109
김민준	124
	125
김보람	105
	106
	107
김선형	191
김승모	64
	84
김영진	134
김용성	114
	115
김윤희	138
김은미	86
김종덕	136
	137
김주영	50
김준영	23
김지울	138
김지은	109
	110
김지현	126
	189
김진호	126
	189
김진희	109
김찬훈	122
	139
김창현	90
김태근	119
김태성	105

김하진	140
	141
김한성	90
김해기	111
	112
김현오	111
	112
김혜선	56
김효식	126
	189
김효정	57
<b>ㄴ</b>	
나정호	94
남기천	86
남기훈	173
남태호	191
노남선	26
노현석	19
	51
	151
	152
<b>ㄷ</b>	
도한영	90
<b>ㄹ</b>	
류상오	181
류재홍	126
	189
류혜원	173
<b>ㅁ</b>	
문기연	133
문종호	64
	84
문지훈	64
	84
문혁준	114
	115

<b>ㅂ</b>	
박기우	189
박민화	105
박병현	111
	112
박승근	89
	94
	96
박재은	105
박정훈	63
	79
박주영	55
박지윤	85
	147
박지혜	55
	147
박하늬	129
박하영	41
	42
박현지	54
박혜정	185
박효정	132
방병렬	135
	136
	137
배건	26
배서준	77
배성규	103
배영한	144
배윤상	191
배종욱	24
<b>ㅅ</b>	
서덕철	41
서동진	62
	98
서석원	85
	147
서야은	27
	129
서준형	190
서형준	105
성기종	41

	42
성우창	24
송동훈	193
송윤하	80
	146
송호준	193
신민창	63
신범주	64
	84
신우식	120
	121
심진기	98
○	
안선용	19
	152
안준	140
	141
안태인	145
안현조	179
양대훈	107
양영강	138
양원	148
양창원	135
	136
	137
오승교	53
오영석	132
오진호	132
오홍근	89
우승한	99
우재규	54
우희철	80
	146
유성가	178
유성일	59
유준	56
윤동용	148
윤성진	152
윤성필	181
윤형철	55
	191
윤호규	103

이강원	49
이건석	59
이건우	53
이관영	27
	122
	123
	124
	125
	129
	131
	139
이광복	55
이동현	23
	24
	26
이동훈	138
이민우	122
이사임	54
이서영	55
이석호	123
이석희	53
이성찬	80
이승환	79
이시훈	18
이신근	90
이신영	55
이열림	51
	151
이영우	56
	85
	147
이영은	57
이용운	148
이은도	135
	136
	137
이은준	27
	124
	125
	129
이재성	124
	125
이재용	114

	115
이재환	124
	125
이정규	132
	185
이주열	111
	112
이지은	33
	76
이찬현	191
이창식	42
이창환	109
이철우	99
	100
이학연	191
이한얼	119
이환규	103
이희락	33
임고은	96
임대울	110
임도진	77
임영일	26
<b>ㄷ</b>	
장원준	109
장지수	122
	139
장학룡	79
장현성	138
전경원	110
전동환	25
	181
전병훈	178
	179
전영남	140
	141
전종기	49
	50
	53
	54
정민웅	57
정병준	63
정상문	86

정석우	76
	181
정수훈	107
정용철	193
정우현	25
	33
정재용	135
	136
	137
정지훈	57
정희택	41
	42
조강희	191
조계홍	133
	134
	190
조광희	55
조두열	94
조성현	111
	112
조재훈	120
	121
조중상	21
조진상	133
	134
	190
조항규	103
조현민	62
조현정	191
주영택	99
	100
주지봉	138
진연호	106
<b>ㄹ</b>	
최동섭	138
최문관	133
최봉근	64
	84
최재욱	62
	98
최정규	62
최진식	111

	112
최현정	110
최형륜	136
	137
최희락	105
<b>ㅎ</b>	
하정명	62
	98
한근호	123
	131
한재윤	90
허광선	143
	144
	145
홍기람	151
홍기훈	25
	33
홍성제	113
	114
	115
홍순만	103
황상연	76
	181
황성욱	107
황태웅	110











