

ISSN 2005-7474

December 2014

# 화학연합

Bulletin of Korean Chemical Science and Technology



Winter

Vol. 6 No. 4

6권 4호

통권 43호

## 포커스

디스플레이 산업의 현황 및 전망

자연모사기술, 청정생산 3.0 시대를 위한 미래 유망기술



한국화학관련학회연합회  
THE KOREAN UNION OF CHEMICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY SOCIETIES

<http://www.kucst.org>



효성 컬렉션 시리즈      요요마 & 실크로드 앙상블 글로벌 파트너

# 행복한 하모니를 만들어 가는 효성의 작은 노력들

사람을 배려하는 기술로 모두의 앞선 생활을 만들어 가는 효성이  
세상을 풍요롭고 아름답게 하는 다양한 활동들을 하고 있습니다.  
행복한 세상을 위한 효성의 작은 노력은 곳곳에서 계속됩니다.



베트남 무료 진료 활동



굿윌스토어 효성1호점 운영



장애 아동·청소년 음악교육 지원사업

■ 사회적 기업 운영 : 굿윌스토어 효성1호점 운영, 함께하는재단 사업 후원, 효성TX 행복 두드리미 운영 ■ 글로벌 나눔 : 베트남 무료진료봉사 활동 (미소원정대), 해외 사업장 장학 사업 ■ 취약계층 자립 지원 : 취약계층 여성 취업 활성화 프로그램 지원, 취약계층 응급 지원, 나라사랑보금자리 후원 (국가유공자 집 고쳐주기) ■ 지역사회 나눔 활동 : 급여 나눔을 통한 사랑의 쌀 전달, 사랑의 김장김치 나눔 활동, 저소득층 가정을 위한 사랑의 밑반찬 전달, 사랑의 연탄나눔 활동, 희망나눔 페스티벌 후원, 1사1촌 활동, 1사1교 활동 ■ 아동·청소년 교육 지원 : 장애 어린이 음악 교육 지원, 저소득 장애어린이 재활치료 지원, 전경련 보육사업 지원, 주니어 공학교실 운영 ■ 문화지원 활동 : 문화유산보호활동, 현대 미술관회 지원, 요요마 & 실크로드 앙상블 글로벌 파트너, ACSI KOREA 연합 청소년 오케스트라 여름캠프 후원







[www.pacrim11.org](http://www.pacrim11.org)



The 11th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies

# PACRIM 11

August 30 ~ September 4, 2015

International Convention Center JEJU (ICC JEJU), Jeju, Korea



## Key Dates

**Abstract Submission Deadline December 31, 2014**

Notification of Acceptance **March 31, 2015**

Pre-Registration **May 31, 2015**



Organized by  The Korean Ceramic Society

Supported by



# 한국화학관련학회연합회 5개 정회원 학회 2014 · 2015년 춘 · 추계 학술대회 일정



연도		월	개최학회	개최일	개최장소
2014년	춘계	4월	대한화학회	16(수)~18(금)	일산킨텍스 제2전시장
			한국고분자학회	9(수)~11(금)	대전DCC
			한국세라믹학회	16(수)~18(금)	일산킨텍스
			한국화학공학회	23(수)~25(금)	창원컨벤션
		5월	한국공업화학회	4월30(수)~5월2(금)	제주컨벤션
	추계	10월	대한화학회	15(수)~17(금)	광주김대중컨벤션
			한국고분자학회	6(월)~8(수)	제주컨벤션
			한국세라믹학회	15(수)~17(금)	디오션리조트(여수)
			한국화학공학회	22(수)~24(금)	대전엑스포
		11월	한국공업화학회	12(수)~14(금)	대구EXPO
2015년	춘계	4월	대한화학회	15(수)~18(금)	일산킨텍스
			한국고분자학회	8(수)~10(금)	대전DCC
			한국세라믹학회	16(목)~17(금)	강원 하이원 리조트
			한국화학공학회	22(수)~24(금)	제주 ICC
			한국공업화학회	4월29(수)~5월1(금)	부산 벅스코
	추계	10월	대한화학회	14(수)~16(금)	대구 EXPO
			한국고분자학회	6(화)~8(목)	대구 EXPO
			한국화학공학회	21(수)~23(금)	대전 DCC
		11월	한국공업화학회	4(수)~6(금)	제주 ICC
			한국세라믹학회	26일(목)~27(금)	삼성코엑스



# CONTENTS

## 03 권두언

김성현(한국화학공학회 회장)

## 포커스

## 05 디스플레이 산업의 현황 및 전망

- 박희동

## 11 자연모사기술, 청정생산 3.0 시대를 위한 미래 유망기술

- 성기은, 신용관, 김성덕

## 지상초대석

## 20 분석화학기술 기반 대사체학 연구

- 황금숙, 정영애

## 24 전이금속을 사용한 리빙 라디칼 중합법의 원리 및 상업화 현황

- 백경열

## 30 고효율 무/유기 하이브리드 페로브스카이트 태양전지의 등장과 발전

- 노준홍, 석상일

## 화학연합카페

## 37 흙, 비온 직후 공기와 풀 벤 냄새

- 진정일

## 41 대한민국(조선)의 세라미스트로부터 전수받은 기술로 국력을 키워 대한민국을 침략·식민 통치하고 또 끝없이 고통을 안겨주고 있는 일본!

- 이홍림

## 54 화학연합회소식

## 정회원 소식

## 60 대한화학회

## 64 한국고분자학회

## 67 한국공업화학회

## 72 한국세라믹학회

## 77 한국화학공학회

## 특별회원 소개 및 소식

## 82 한국화학연구원

## 우수 연구단체 소개

## 84 기능세라믹연구실

- 박동수

## 89 한국기계연구원 나노자연모사연구실

(Department of Nature-Inspired Nanoconvergence Systems)

- 임현의

## 권/두/언



김 성 현 한국화학공학회 회장  
고려대학교 화공생명공학과 교수

존경하는 한국화학관련학회연합회 회원 여러분!

세월호 참사로 가장 힘들었던 한해도 이제 저물어 가고 있습니다. 회원 여러분 다사다난 했던 금년 한해 모든 일들을 행복하게 잘 마무리하시기 바랍니다. 한국화학공학회 회장 김성현입니다.

잘 알고 계시는 바와 같이 화학 관련 산업은 일상생활용품으로부터 자동차, 전자, 건설, 조선, 항공, 섬유산업 등에 기초 및 핵심소재를 공급하는 핵심기반산업이며 지난 반세기 이상 동안 우리나라의 경제 발전에 핵심적인 기여를 하여왔습니다. 최근 몇 년 동안 석유화학과 석유제품은 매년 천억 불 이상을 수출하여 우리나라 전체 수출의 18% 이상을 차지하였습니다. 그 동안 우리나라 경제 발전에 견인차 역할을 해왔던 석유화학산업이 작년부터 어려워지기 시작하여 금년도에도 개선될 기미를 보이지 않고 있습니다.

우리나라의 석유화학 산업은 생산제품의 절반이상을 수출하기 때문에 세계 경기에 민감할 수밖에 없습니다. 아직까지도 유로존 재정위기가 회복되지 않고 있고 무엇보다 2008년도 금융위기 이후 세계 경제성장을 이끌었던 중국의 성장률이 7%대로 감소하면서 중국 수요가 급격하게 줄어들면서 석유화학 시장은 공급 과잉상태로 가격이 급락하고 일부 제품은 물량 감소로 공장 가동률을 축소하고 있는 상황입니다. 유럽으로 향하던 저가의 중동제품들이 중국으로 밀려들고 있고 중동 산유국가들 뿐만 아니라 중국 내에 신규공장들이 속속 제품을 생산하고 있어 공급 과잉은 계속 확대되고 있습니다. 또한 값 싼 원료를 사용하는 중동은 물론이고, 북미의 셰일가스/오일을 원료로 하는 석유화학산업, 중국의 석탄 화학산업에 원가경쟁력에서 밀리고 있습니다. 즉 한국석유화학산업은 선진국들의 높은 기술 장벽과 중국의 대규모 물량공세, 중동, 북미 및 중국의 저가원료 경쟁자 사이에 끼어있는 매우 어려운 상황입니다.



그 동안 우리나라의 범용석유화학산업은 양적인 면이나 질적인 면에서 엄청난 발전을 거듭하여 생산 및 운진 기술은 세계 최고를 자랑하고 있지만 새로운 공정이나 촉매와 같은 원천기술이나 정밀화학, 생명과학, 첨단 신소재 분야와 같은 부가가치가 높은 선진국형 산업분야에서는 아직도 갈 길이 먼 것이 사실입니다. 특히 석유제품과 석유화학은 중국이 우리제품의 1위 수출국으로 20여 년간 국내 석유화학 산업이 발전하는데 핵심적인 역할을 해왔지만 그 동안 중국은 범용석유화학산업면에서 엄청난 신 증설과, 대규모의 잘 구축된 석유화학단지, 대규모 단위공장, 신 공정 도입 등으로 우리를 바짝 쫓아 왔거나 일부 분야에서는 이미 우리를 능가하였습니다.

지난 50여 년간 우리나라 중화학 산업에 중추적인 역할을 해왔던 대기업 주도의 성장 중심 추격형 석유화학산업이 근본적인 한계에 봉착하여 새로운 성장 전략을 요구하고 있습니다. 선진국에 의해 기술 독점화가 가속화되고 있는 이 시대에 그 동안의 추격형 산업 발전 전략에서 선도형으로 전환하여 석유화학뿐만 아니라, 에너지, 정보소재, 정밀화학, 생명분야 등 부가가치가 높은 다양한 분야의 육성 전략이 필요합니다. 이를 위해서는 새로운 분야에 대한 창조적인 발전전략, 우수한 인력의 유입 및 교육, 산학연 간의 우수한 연구 결과의 공유 등이 필요합니다. 이를 달성하는 중요한 실전 중의 하나는 산업체 중심의 산학협동 연구 확대를 통한 핵심공정과 신소재 기술 등 파급효과가 큰 원천기술 확보가 중요하고 5개 학회로 구성된 한국화학관련 연합회가 중심이 되어 현재 전체 연구비의 5% 수준인 화학 관련 분야에 대한 정부의 연구비 지원을 확대시키는 노력이 필요합니다. 또한 우리 회원여러분의 적극적인 학회참여도 중요하다고 생각합니다.

저의 한국화학공학회에서는 금년도 가을학술대회에서 어려움에 처한 국내의 석유화학산업에 대한 발전 방안을 마련하기 위하여 “기회와 위기의 화학산업” 이란 주제로 정유, 석유화학, 정보소재, 바이오, 엔지니어링 산업분야 대표를 초청하여 패널 토론회를 개최하여 산학연이 중심이 되어 새로운 국내 화학산업의 발전 전략을 수립하기로 하였습니다. 우리 한국화학관련연합회도 서로 힘을 합하여 어려움에 처한 화학 관련 산업의 발전을 위하여 공동 프로그램의 개발, 관련 분야의 정보 공유 및 연구력 증대를 위한 학회 활동을 더욱 더 활발하게 하는 것이 필요합니다.

그 동안 한국화학관련연합회를 발전시켜 오신 연합회 회장님들과 회원 여러분의 노고에 깊이 감사드리며, 한국화학공학회도 한국화학연합회의 발전을 위하여 계속 노력하겠습니다. 연합회 회원 여러분 모두의 가정과 하시는 일에 행운이 가득 하시길 기원 합니다.

2014년 11월  
한국화학공학회 회장 김 성 현

# 디스플레이 산업의 현황 및 전망

박 희 동 (한양대학교 융합전자공학부)

## 1. 머리글

디스플레이는 다양한 정보를 인간이 볼 수 있도록 화면으로 구현해 주는 영상표시장치를 통칭하는데, 디스플레이의 발전을 살펴보면(그림 1), 1900년대에 들어와서 진공관의 발명으로 브라운관 TV(CRT, Cathode Ray Tube)가 개발되었고, CRT가 좋은 화질을 보여 주었지만 화면의 대형화에 추세에 따라 무거워지고 부피가 커지는 단점 등으로 가볍고 얇은 평판 디스플레이가 요구되어 액정 디스플레이(LCD, Liquid Crystal Display)나 플라즈마 디스플레이(PDP, Plasma Display Panel)등으로 실현이 되었다. 1990년대에 본격적인 평판 디스플레이 시대가 되면서 초기에는 모니터용, 노트북용 디스플레이가 성장을 주도했으나 2000년 중반 이후 TV와 휴대폰이 성장을 주도하고 있다. 스마트폰, 태블릿PC, 100인치 이상의 대형 TV 등으로 비약적인 발전을 이루어 온 평판 디스플레이가 지금은 성장세가 낮아지고 있다.

우리나라 디스플레이 산업의 규모는 괄목하게 성장하여 2000년 초반부터 우리나라가 세계 1위의 시장 점유율을 유지하면서, 우리나라 수출 총액의 약 10% 정도를 담당할 정도로 주요한 국가 산업이 되었다. 그러나 현재의 디스플레이 산업이 대형화 및 고품격 이미지 구현을 중심으로 IT 제품 위주의 개발이 진행되어 왔으며, 세계 경제의 침체 등 외부 환경 변화 요인까지 겹쳐서 성장에서의 한계가 다가오고 있는 실정임으로, 향후에는 IT 이외의 다른 분야에 적용할 제품군의 창출 및 플렉서블 디스플레이와 같은 새로운 디스플레이의 개발이 주요 발전 방향이 될 것으로 사료된다. 플렉서블 디스플레이는 기존의 유리 기반 디스플레이에 비해서 깨지지 않고, 가볍고,

휘어질 수 있는 새로운 특성을 가진다. 이러한 특성을 갖기 위하여 재료의 혁신이 없이는 불가능하므로 향후에는 화학의 역할이 매우 지대할 것으로 전망할 수 있다. 이러한 플렉서블 디스플레이는 기존의 디스플레이가 적용하기 어려웠던 기존 시장을 대체하고 신규 시장을 만들 것으로 기대한다.

## 2. 평판 디스플레이 현황

### 2-1. 액정 디스플레이(LCD, Liquid Crystal Display)

LCD는 액정이 인가전압에 따라 빛을 스위칭 하는 원리를 이용한 디스플레이로써 낮은 구동 전압 및 소비 전력, 얇은 두께, 대형화 등으로 다양한 디스플레이의 응용을 실현하고 있으며, 백라이트를 필요로 하고 시야각이 좋지 않은 단점 등을 극복하여 전체 디스플레이 제품 중에서 90% 이상을 차지할 정도로 LCD 산업이 성장하였다. 한국의 LCD 산업 규모가 클 뿐 아니라, 삼성전자 및 LG디스플레이 등 패널 제조사들이 신기술 도입에 적극적이고 새로운 소재에 대한 니즈로 LCD 생산에 쓰이는 각종 화학소재 산업도 비약적으로 발전하였다.

LCD 패널 제조에 사용되는 소재 중, 액정과 Gas chemical을 제외하면, TFT array 제조에 쓰이는 photoresist, etchant, stripper, developer 그리고 color filter 제조에 사용되는 RGB resist, Resin BM, photo spacer 의 7개 주요 소재들이 비교적 큰 시장 규모를 형성하고 있다. 이들 주요 소재들은 LCD 산업 성장 시장 규모가 비례하여 성장하고 있으나, LCD 공정 개발은 큰 변혁 없이 고착화되는 상황이기 때문에 향후 시장 변화에 있어 큰 변수는 보이지 않는 산업이다(그림 2).



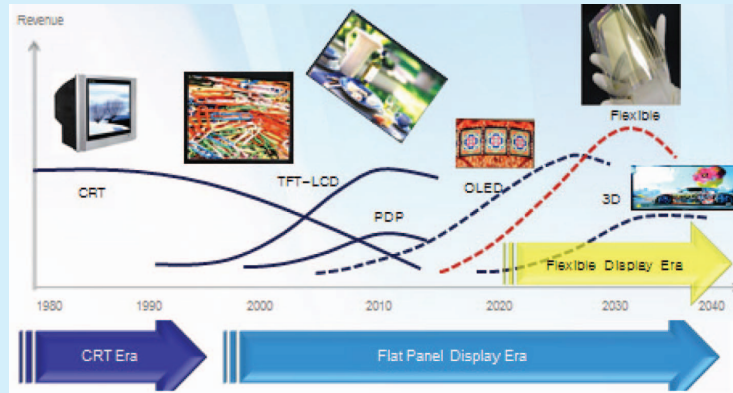
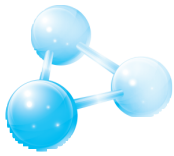


그림 1. 디스플레이의 발전 방향

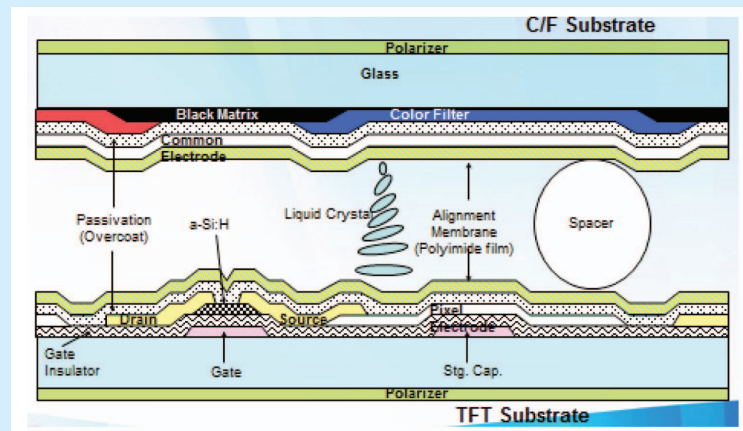


그림 2. LCD 패널 구조

전극재료도 중요한 재료인데, 2000년대 중반까지만 하더라도 대부분의 LCD 패널 제조사들은 gate와 S/D 전극에 Al(barrier는 Mo 또는 Mo 합금)을 적용하고 있었다. 그러나 TV가 점차 대형화되면서 저항이 낮은 금속 전극을 요구하게 되었고, 이에 따라 Cu 전극에 대한 필요성이 제기되었다.

Cu 전극은 Al에 비하여 전기 전도도가 높아 배선의 굵기를 상대적으로 가늘게 만들어도 전기 신호의 왜곡이 없이 안정적인 신호를 보낼 수 있으므로 응답속도, 휘도 등의 개선이 가능하며, 또한 부족한 전기 전도도를 보완하기 위해 대형 TV 패널 제조 시 부가되었던 물질이나 공정이 필요 없게 되는 점 등이 큰 이점이다.

LG디스플레이가 세계최초로 2006년부터 양산 라인에 Cu 전극을 적용하였으며, 현재는 거의 대부분의 제품에 Cu 전극을

적용하고 있다. LG디스플레이에서 Cu 전극을 도입한 이후로 삼성디스플레이 등 다른 제조사에서도 Cu 전극 적용을 추진해 오고 있다. 최근에는 초고해상도(UHD, Ultra High Definition) 패널 추구로 인해 Cu 배선의 필요성이 커지고, 이에 따라 메이저 LCD 패널 제조사들이 Cu 배선에 대한 적용을 확대하거나 적용을 준비 중에 있어, 향후에는 Cu가 LCD 패널 배선의 주류가 될 것으로 판단된다.

LCD는 비자발광형 디스플레이이므로 빛을 제공하여 주는 백라이트(BLU, Backlight Unit)가 필요한데 이와 관련된 도광판 재료, 확산판 재료 및 다양한 필름의 개발이 중요하다. TFT 제조 공정에서 사용되는 화학증착(CVD, Chemical Vapor Deposition)은 수많은 결정질 및 비정질 형태의 다양한 금속, 금속간 화합물, 산화물, 질화물, 탄화물, 무기고분자 등 다양한

박막을 증착 할 수 있는 방법이다. 이러한 CVD 공정에서 사용되는 Precursor 선정은 매우 중요하다. CVD 공정에서 사용되는 Precursor는 주로 TEOS와 B, P 도핑 소스들과 Cap이나 Gate에 사용되는 High k Precursor이 있다. 또한 Electrode 용도로 사용되는 Metal Precursor와 2009년 이후 양산 공정에 본격 도입되기 시작한 low k precursor 등이 있다.

## 2-2. 유기발광다이오드(OLED, Organic Light Emitting Diode)

유기 재료에서 발광 현상을 관찰한 이후 발광 효율이 증가하면서 90년대에 디스플레이 응용을 위하여 개발이 진행되어 파이어니어가 1999년 차량의 오디오 디스플레이로 선을 보였으나, 전류 구동형인 OLED의 여러 가지 한계로 인하여 메인 디스플레이 제품 개발은 지연이 되었다. 그러나 2007년 소니가 11.1인치 소형 TV를 상용화시킨 이후, LG디스플레이와 삼성디스플레이가 2012년 미국 라스베이거스에서 열린 가전 전시회 CES에서 55인치 OLED TV를 전시한 이후 LG디스플레이가 세계 최초로 2013년 1월에 55인치 FHD OLED TV를 출시하고 4월에 55인치 곡면 FHD OLED TV 출시를 하였고 삼성디스플레이는 6월에 55인치 곡면 FHD OLED TV 출시를 하였다.

스마트폰, 태블릿 PC 등과 같은 스마트 기기들이 급증하면서, 고품질 디스플레이 기술에 대한 니즈도 커지고 있어서 색재현성, 응답속도 및 슬림한 디자인에 장점이 있는 OLED가 최근 다양한 모바일 기기에서 고품질 패널로 채택되고 있다.

2010년 처음 출시된 삼성전자의 Galaxy 시리즈 등장으로

2014년 Galaxy S5 모델까지, 5년이라는 길지 않은 기간 동안 OLED는 초기 지적되었던 휘도, 해상도, 수명 등의 많은 문제점을 개선해 왔다. Galaxy S3와 Galaxy S4는 EML 재료 중 Green 소재를 형광에서 인광으로 변경, 휘도를 중점적으로 개선하여 고해상도, 저전력 제품을 구현함으로써 디스플레이 성능을 한층 개선했다. 또한, Galaxy S4 모델은 Blue의 효율 개선을 위해 기존 소자에는 사용하지 않던 B' layer를 신규 적용하기도 했다. 최근 출시된 Galaxy S5의 경우 EML 중 형광소재를 사용하고 있는 Blue의 추가적인 효율 개선과 수명 특성을 개선하기 위해 aETL이라는 신규 layer를 적용하였다.

최근 삼성전자가 세계 최초 curved 스마트폰 갤럭시 라운드가 출시된 데 이어, LG전자도 올 11월에 curved 스마트폰 출시를 예정하고 있어서, 스마트폰 시장에서의 curved 디스플레이 채용도 빠르게 확산되고 있다. 이렇듯 스마트폰 디스플레이는 1세대인 흑백 LCD, 2세대인 컬러 TFT-LCD, 3세대인 아몰레드(AMOLED)를 거쳐 4세대인 Curved Display로 이어지면서 차세대 스마트폰 디스플레이 시장을 차지하기 위한 한판 경쟁을 예고하고 있다.

중소형 OLED 제품에서 승승장구하던 삼성전자는 TV로의 제품 확대에 있어, 2013년 AMOLED TV 출시 이후 공정 수율 확보 부족으로 RGB type의 대형 제품은 아직 이렇다 할 개선 내용이 없다. 반면 open mask를 적용한 stack 구조 소자를 적용한 LG전자는 2013년 WOLED TV 출시 이후 제품군을 확대하고 개선된 제품을 선보이고 있다(그림 3). 고효율, 장수명 OLED

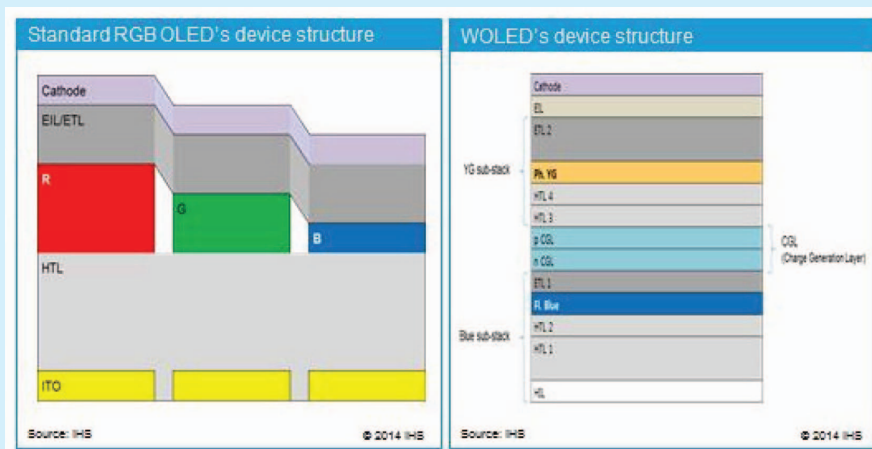
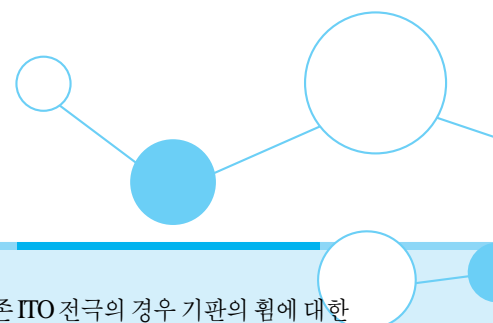
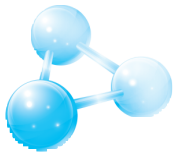


그림 3. RGB OLED 및 WOLED 구조





패널 실현을 위해 패널업체의 소자 개선 및 재료 개발은 지속되고 있다.

LG디스플레이의 초기 WOLED 소자는 2color 2stack으로 YGreen 인광 발광물질을 사용한 YG sub stack과 Blue 형광 발광물질을 적용한 Blue sub stack의 수직 구조로 구성되어 있다. YG + Blue의 2가지 색을 이용하여 구현한 white 빛은 Red, Green, Blue의 삼원색을 이용한 white 빛 대비 순도 저하와 수직 구조에서 오는 낮은 휘도 이슈가 여전히 존재한다. 따라서 WOLED용 소자 연구개발은 계속 진행 중이다.

OLED 공정 중 유기발광층 공정에서 각 소재를 도포할 때, 해당 소재를 solvent에 녹인 후 도포하는 soluble방식을 적용하여 제조하는 기술을 개발하고 있다. 현재 중소형 AMOLED를 생산하는 방식인 evaporation 방식의 경우 대형 패널 제작을 위한 8세대 이상 설비에 적용하기에는 문제점이 많아, OLED 패널 제조업체들은 대형 패널 제작을 위해 다양한 방법을 개발하고 있다. WOLED라는 대안을 가지고 OLED TV 패널을 개발하는 업체도 있으나 궁극적으로 OLED의 특성을 살리기 위해서는 RGB 방식의 패널이 개발되어야 한다는 데에 많은 의견이 모아지고 있다. 따라서 이론적으로 대면적화, 제조가 등에 유리한 Soluble 공정이 주목 받고 있으며, OLED 관련 업체들은 OLED TV 패널의 생산을 위한 방안 중 하나로 "Soluble" 공정을 적극적으로 양산에 적용하기 위해 노력하고 있다.

### 2-3. 디스플레이 부품재료

투명전극은 빛의 투과와 전류 주입/추출을 동시에 필요로 하는 평판디스플레이, 태양전지, 터치패널, 투명트랜지스터의 전극으로 사용되는 IT 산업의 핵심 재료로, 현재까지 대부분 스퍼터 공정을 통해 제작된 ITO (SnO<sub>2</sub>-doped In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)가 주로 사용되고 있다.

투명전극의 활용은 디스플레이에는 LCD, OLED, PDP, 투명 디스플레이의 전극소재로, 터치패널에는 저항막, 정전용량 방식의 터치센서로 활용된다. 그리고 박막형 태양전지에는 a-Si, CIGS, CdTe, 염료감응(DSSC)형에 전극으로 사용된다.

최근 플렉서블 디스플레이, 태양전지 및 전자 소자 등 유연 광전자 기술의 급격한 발전으로 기존의 유리 기판이 아닌 플렉서블한 기판 위에 제작이 가능한 유연 투명전극 기술에 대한

관심도 높아지고 있다. 기존 ITO 전극의 경우 기판의 휨에 대한 기계적 특성이 약해 이를 대체 할 수 있는 고분자 투명전극, CNT, 그래핀, 은 기반의 투명전극 등이 제안되고 있다.

상기 ITO 필름의 주원료인 인듐(Indium)은 전 세계 생산량의 58%가 중국에 집중되어 있는 상황이다 보니 최근 중국 정부의 인듐 생산량 제한에 따라 인듐 가격이 상승되는 결과를 맞이하였다. 이에 따라 수년 전부터 국내외 터치 패널 업계에서는 터치스크린 원가의 약 40%를 차지하는 ITO 필름을 메탈 메쉬(Metal mesh)나 은나노 와이어(Ag nanowire), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(Graphene) 등으로 대체하려는 시도가 적극적으로 이루어지고 있다. 이렇듯 최근 커브드(Curved), 벤더블(Bendable), 폴터블(Foldable) 등 플렉서블 디스플레이가 급부상하면서 ITO 투명전극을 대체할 수 있는 차세대 투명전극으로서, 메탈 메쉬와 은나노 와이어, 탄소나노튜브, 그래핀 등 차세대 투명전극이 크게 주목받고 있는 상황이다.

그래핀은 실리콘의 100배에 이르는 전하이동도, 구리의 100배에 이르는 전류밀도를 갖고 있다. 또한, 열전도도 및 내화확성이 뛰어나고 다양한 화학적 기능화가 가능할 뿐 아니라 뛰어난 유연성과 신축성을 보여 간단한 방법으로 합성 및 패터닝이 가능하다는 장점이 있다. 이러한 그래핀은 기존의 소재를 대체할 뿐만 아니라 차세대 트랜지스터 및 전극 소재로 주목을 받고 있다.

Oxide TFT는 대면적, 고해상도 구현이 가능할 뿐 아니라 무안경 3D TV로의 적용도 가능하고, Oxide 물질은 상온에서 공정이 가능하여 플라스틱 기판을 활용한 플렉시블 디스플레이 구현이 가능하다. 또한, 투명하여 차세대 디스플레이에 응용 가능한 차세대 트랜지스터로 많은 주목을 받고 있다. 이처럼 Oxide TFT는 각종 디스플레이 패널의 TFT 구동소자로서 그 잠재적인 가능성과 기술적인 실용성을 충분히 인정받고 있으며, 한국, 일본 등의 디스플레이 패널 메이저 업체에서도 양산을 염두에 둔 연구 개발 투자가 이루어지고 있기에, 조만간 Oxide TFT가 LCD, AMOLED 패널 등의 시장에 속속 등장하게 될 것으로 전망 된다

2007년 iPhone의 등장과 더불어 스마트폰의 보급이 일반화되면서 이제 터치 UI(User Interface)는 세계적인 표준으로 자리 잡고 있으며, 지난 반세기 동안 유일무이한 대표 UI로서 군림해

왔던 키보드와 마우스의 입지마저 위협하고 있다. 특히, 정전용량 방식의 Pro-cap 터치 기술은 기계식 자판이 없는 태블릿 PC의 출현을 가능케 했을 뿐만 아니라, 현재는 터치 UI가 탑재된 터치 노트북과 올인원 PC, 모니터, 심지어 자동차 영역으로도 빠르게 영역을 확장하고 있다.

현재 터치패널 시장은 정전용량 방식의 터치가 시장의 90% 이상을 장악하고 있는 상황이다. 이러한 정전용량 터치의 성장은 정전용량 터치가 적용된 애플 iPhone의 흥행과 더불어 멀티터치와 부드러운 터치, 디자인, 편의성, 우수한 표면 경도 등 정전용량 터치만의 장점이 크게 부각되면서 모바일 기기용 터치 표준으로 자리매김한 것이 그 배경으로 인식되고 있다. 현재 정전용량 터치센서는 초기 모바일 폰에 보편적인 형태였던 GFF, GG 등의 2-layer 터치센서를 시작으로, 이를 더 얇고 가볍게 개선한 G2, G1 등의 1-layer 터치센서로 빠르게 이행되고 있으며, 최근에는 터치센서가 아예 디스플레이와 일체화된 형태의 In-On-cell 구조의 터치센서에 이르기까지 치열한 기술개발 경쟁을 벌이고 있다.

#### 2-4. Emerging Display

최근 주요 전자기기 제조사들은 스마트폰이 제공했던 모바일 컴퓨팅보다 더욱 혁신적인 제품에 몰두하고 있는데 그것이 바로 웨어러블 전자기기 (Wearable product)이다. 웨어러블 전자기기는 몸에 착용이 가능할 뿐만 아니라 신체의 가장 가까운 위치에서 사용자와 소통할 수 있다. 웨어러블 전자기기는 용

도와 주요 기능, 착용 부위에 따라 디스플레이 장치가 필요한데 신체에 밀착된 전자기기를 구현하기에는 Flexible, Stretchable display가 매우 적합한 형태이다. 따라서 앞으로의 Wearable display 시장은 Flexible 및 Stretchable display로 접근하는 것이 유리할 것으로 전망된다.

스마트워치는 시장을 주도해온 글로벌 IT 기업들이 최근 앞다투어 제품을 출시하고 있어, 웨어러블 기기 가운데 차세대 모바일 제품으로 가장 구체적이고 현실적인 대안이 되고 있다. 최근 독일에서 열린 세계 가전 전시회 (IFA)에서 삼성전자가 갤럭시 기어를 공개한 데 이어, 쥔펄과 소니도 토크와 스마트워치2를 공개하며 시장 진입을 선언했으며, 현재 페블 스마트워치, 지 워치, 아임 워치 등 다양한 스마트워치가 출시되어 판매되고 있다. 이 외에도 일본의 자동차 기업인 닛산은 자동차에 특화된 스마트워치를 공개했고, 나이키와 아디다스는 운동 정보를 체크할 수 있는 피트니스에 특화된 스마트워치 제품을 출시하며 경쟁에 뛰어들고 있다.

언제 어디서나 쉽게 정보를 얻을 수 있는 유비쿼터스 시대로 접어들면서, 디자인 변형이 자유로우며, 떨어뜨려도 깨지지 않고 유연하면서도 질긴 특성을 바탕으로, 때론 종이처럼 접거나 휘어지거나 두루마리처럼 말을 수 있는 이른바 플렉서블 디스플레이(Flexible Display)에 대한 필요성이 점점 대두되고 있으며, 모바일 기기용 디스플레이로의 채택이 검토되고 있다. 구부리는 등 디스플레이 형상을 변형할 수 있기 때문에 향후 생활용품이나 자동차 분야 등으로 확산될 경우 폭발적인

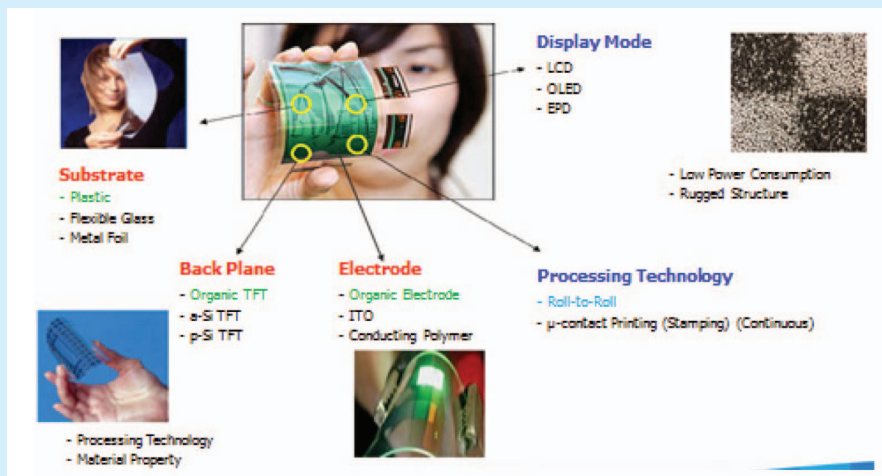
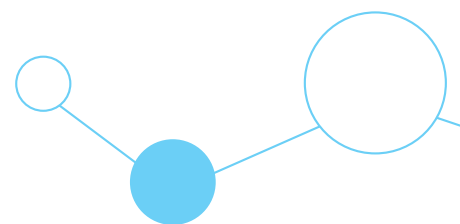
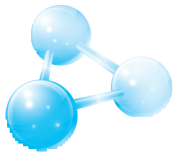


그림 4. 플렉서블 디스플레이 핵심 기술





수요가 기대되는 미래 유망 산업이다.

현재 플렉서블 디스플레이를 구현하기 위한 가장 핵심적인 기술은 기판과 Back Plane 기술이다(그림 4). 특히 플라스틱 기판은 플렉서블 디스플레이를 구현할 수 있는 가장 가능성 있는 기판 소재이지만 수분과 산소 침투에 취약해, 현재는 이를 방지하기 위한 배리어 코팅 기술의 개발이 중요한 과제로서 활발히 연구되고 있다.

이러한 플렉서블 디스플레이 중에서 가장 상용화에 근접한 것이 플렉서블 OLED로서 기본 구조는 휘어지거나 말 수 있는 형태가 되기 위해 필요한 유연한 기판과 각 화소를 구동하는 TFT 소자, 빛을 내는 OLED, OLED의 장수명을 위해 수분과 산소의 침투를 막아주는 박막봉지 등의 핵심기술로 구성된다. 플렉서블 OLED 상용화 기술 개발은 처음에는 깨지지 않고 휘어질 수 있는 단계에서 둘둘 말 수 있고 최종적으로는 접을 수 있는 단계로 개발이 추진되면서 본격적인 상용화가 이루어질 전망이다.

최근 차세대 디스플레이 소재로 양자점(Quantum Dot)이 주목 받고 있다. 원소주기율표에서 II-VI족 및 III-V족 화합물들(예를 들면 CdS, CdSe, CdTe, InP, PbS 등)의 직경이 나노미터 크기인 퀀텀닷은 반도체 결정의 일종으로, 입자가 작을수록 짧은 파장의 빛이 발생하고, 입자가 클수록 긴 파장의 빛을 발생한다. 퀀텀닷을 통해 얻은 빛은 다른 광원들에 비해 유용한 점이 많아 양자점 디스플레이(Quantum dot display)에 이목이 집중되고 있다(그림 5). 양자점 디스플레이는 기존의 OLED에 비해 전력소모가 낮고, 재료의 용이성 및 색감을 풍부하게 제어할 수 있는 장점이 있다. 또한 퀀텀닷을 이용하여 구현된 백색광의 고휘도와 우수한 색채 재현성은 기존 LED를 이용한 BLU를 대체할 수 있는 기술로도 주목 받고 있다.

양자점(QD, Quantum Dot) 디스플레이는 1990년대 이후 꾸준한 연구를 통해 발광효율과 안정성 측면에서 지속적인 발전을 이루어 왔다. 특히 MIT의 연구 그룹이 Spin-off 한 QD Vision과 실리콘밸리의 나노기술 전문 회사인 Nanosys 가 본격적으로 QD를 이용한 조명과 디스플레이 시장을 이끌어가고 있다. 2013년 Quantum Dot (QD) 이 LCD 의 LED BLU에 적용되면서 고색재현 TV와 Tablet으로 양산되었다. QD Vision과 Sony는 2013년 상반기부터 Color IQ™를 적용한 LCD TV를 판매하였으

며, Nanosys와 3M이 공동으로 개발한 QDEFT™는 2013년 11월 아마존의 Kindle Fire HDX 7인치와 8.9인치 Tablet에 적용되어 판매하고 있다. 기존의 LED BLU 기반 LCD나 OLED보다 우수한 색감과 화질을 보여주는 QD는 차세대 디스플레이 시장을 이끌어갈 수 있는 중요한 소재 가운데 하나로 주목 받고 있다.

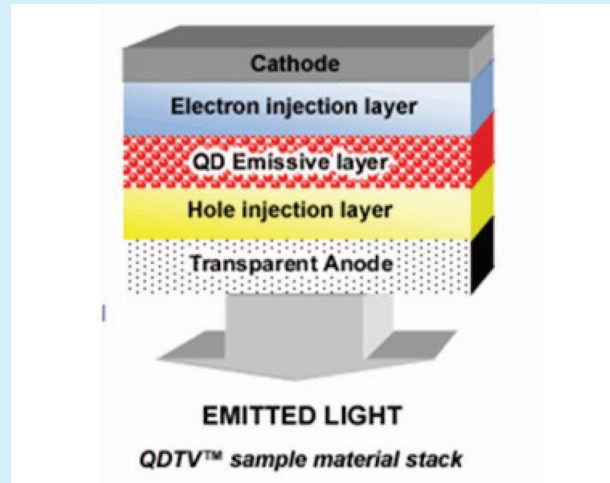


그림 5. 양자점 디스플레이 모식도

### 3. 맺음말

현재의 평판 디스플레이는 대규모 투자가 수반되는 자본집약적인 장치산업에서 발전되어 왔고 IT 산업을 구성하는 필수 제품으로만 국한되었다. 그리고 디스플레이 산업은 전후방 산업과의 연관 효과가 큰 플랫폼 산업이며, 세계를 선도하고 하고 있는 산업이나 성장세가 낮아지고 있으며 디바이스간 경쟁이 치열하고 신규시장 진출이 어려운 실정이다. 향후에 전망되는 디스플레이로 위에서 언급한 몇 종류의 디스플레이는 대규모 투자와 장치산업에 의존하는 기존의 패러다임에서 벗어날 수 있으며, IT 이외의 다른 분야로도 확대할 수 있어서 새로운 시장을 창출할 수 있을 것으로 본다. 이를 위해서는 화학과 재료를 바탕으로 새로운 재료 개발과 신규 제품에 대한 아이디어 개발이 매우 중요 할 것으로 본다.

# 자연모사기술, 청정생산 3.0 시대를 위한 미래 유망기술

성 기 은 전임연구원 (한국산업기술평가관리원 소재부품PD그룹)

신 용 관 책임연구원 (한국산업기술평가관리원 소재부품PD그룹)

김 성 덕 PD (한국산업기술평가관리원 소재부품PD그룹)

## 1. 서 론

청정생산이란 인간과 환경에 대한 위험을 최소화하고 환경·경제효율성을 높이기 위하여 서비스, 공정, 제품에 대한 종합적이고 예방적인 환경전략을 지속적으로 적용하는 활동을 말한다. 원재료와 에너지의 절약, 유독물질 사용량의 감소, 오염물질과 폐기물 발생량을 최소화하는 생산 공정, 환경 친화적인 서비스의 설계와 제공을 포함하는 서비스, 원재료의 채취에서 최종 폐기단계까지 전 과정에 걸쳐서 부정적 영향을 줄이는 활동 등을 청정생산의 구체적인 범위로 정하고 있다. 국내에서는 『환경 친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률』에 근거하여 환경 친화적 산업 구조 구축 및 오염 저감을 추진하고 있는데, 이는 제품의 설계·생산 공정 등 생산과정에서 환경오염을 제거하거나 줄이기 위한 기술과 녹색 제품을 생산하기 위한 기술을 말한다. 본 논문에서 청정사업의 특성 및 개념변화, 특히관점에서 바라본 미래 유망 청정기술 및 선정된 기술 중 하나인 자연모사기술에 대해 살펴보고자 한다.

## 2. 청정사업의 특성 및 개념변화

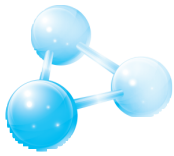
### 청정사업의 정책적 특성

【경제적 측면】 2012년부터 재.개정되고 있는 국제환경규제 규제가 12건이며, 영국의 Stem 보고서에 따르면, 기후변화에 따른 경제적 비용이 국가별 5~20% 수준에 다다른다고 한다. 또한, 베트남의 RoHS, 중국의 SRVC, 인도의 E-waste Rule

등 개발도상국도 국제적 환경규제 강화 흐름에 맞추어 규제 범위 및 수준을 확대·강화하는 추세에 있다. 이런 상황에서 규제대응 기술개발에 대한 지원을 통해 국제환경규제 무역장벽 극복과 수출 증대, 국제환경 규제 역이용 및 시장선점 기회를 확보할 수 있다.

【환경적 측면】 영세한 국내 중소·중견기업은 연구개발(R&D)투자에 소홀하게 되고, 이는 제품의 차별화 전략과 우수 제품 개발에 큰 걸림돌이 될 수 있다. 그러나 녹색기술 적용과 응용, 제품생산의 전 과정 평가(Life Cycle Analysis, LCA)를 통한 녹색경영 확산, ISO 14040의 수립, EMS(환경경영, Environmental Management System) 구현 등을 통해 기존 제품의 고부가가치화 및 친환경 제품을 만든다면 새로운 가치를 창출할 수 있다. 특히, 우리나라의 주력산업인 자동차, 화학, 섬유 염직, 철강 등은 자원생산성에 영향이 큰 산업으로 청정기술의 개발과의 연계성이 높다. 그래서 중소·중견기업 생산 공정의 녹색화를 위해 제품 전 과정에서 자원생산성의 최대화 및 환경부하를 최소화하기 위한 기술개발의 지원이 필요하다.

【사회적 측면】 청정기술은 지속가능발전 사회로의 이행을 위한 기반조성적 사업, 실천적 사업의 성격이 가지며, DfE, Eco-Design 등 사회적 실천도구 성격이 강하다. 따라서 청정기술은 기업의 입장에서 지속가능한 혁신과 개발로 사회공헌적 역할을 이행하는 방안으로서 기능을 갖는다. 즉, 청정기술은 영속성, 친환경성, 적정성 등의 특성을 가지며, 현세대와 미래 세대의 지속가능한 사회구현 및 발전을 가능하게 하고 있다.



### 청정생산의 개념적인 변화

1992년 6월 환경 및 개발에 관한 국제연합회의(UNCED, United Nations Conference on Environment and Development)에서 선언적 의미의 '리우 선언' 과 의제21(Agenda 21)을 채택하는 것으로 청정생산 1.0시대가 시작되었다. 그 후 10년마다 각 시대를 나누고 있는데, 청정생산 1.0시대에서 오염물질 배출 저감이 기술개발의 트렌드였다면, 청정생산 2.0시대는 자원순환, 청정생산 3.0시대는 지속가능 제품디자인으로 그 트렌드가 변화하고 있다. 또한, 기술개발 트렌드가 그 세대 안에서 머무르는 것을 벗어나 미래세대까지 지속가능한 방향으로 흐르고 있다.

개념	시기	주요내용	기술개발 트렌드
청정생산 1.0 (Pollution Prevention)	1992.6~ [UNCED] (UN 환경개발회의)	전 세계 지속가능발전의 실천과 환경·개발에 관한 리우선언 및 Agenda21	·오염물질 배출 저감 ·사후처리의 효율성 증대 ·무독성 원부재료로의 대체
청정생산 2.0 (Eco-efficiency)	2002.6~ [WSSD] (지속가능발전 세계정상회의)	10년간의 성과평가와 지속가능발전을 위한 요하네스버그 선언문 채택 * 지방행동 21선언으로 적극적인 행동 강조	·자원순환 ·친환경부품 및 제품개발 ·에코디자인 ·환경규제 대응 등
청정생산 3.0 (Sustainable Consumption & Production)	2012.6~ [UNCSD] (UN지속가능발전회의)	지속가능한 소비와 생산 활성화 및 녹색경제 조성, 국제제도 개선방안	·지속가능 제품디자인 ·환경규제 선도 ·자연모사 녹색기술 개발 ·적정기술 개발 확대 등

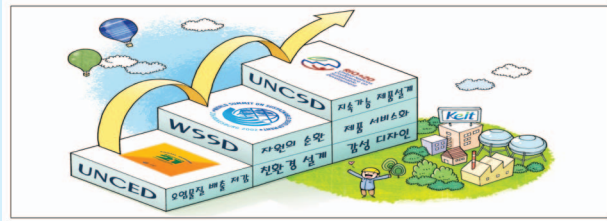


그림 1. 청정생산의 글로벌 트렌드 변화

## 3. 특허관점에서 바라본 미래 유망 청정기술

### 청정생산기술의 세부 핵심기술 및 IP 분류체계

지속가능한 소비, 생산 활성화 및 녹색경제 조성 등 청정 3.0 시대에 부합하는 미래유망 청정기술을 선정하기 위해 IP분석을 실시하였다. 청정생산기술 IP분석은 기존 산업통상자원부 청정생산 R&D 분류를 준용하여 4개 분야의 중분류로 진행하였으며, 청정생산시스템 분야의 소분류 및 핵심기술은 청정분야 기술전문가로 구성된 실무위원회를 구성하고, 각 실무위원

의 기술자문을 통해 전략 기술체계를 구체화·체계화하여 청정생산시스템 분야의 소분류 및 핵심기술에 대해 각 분류간 기술범위 및 성격을 정의하였다.

표 1. 청정생산기반 4대 세부분야

중분류	중분류 개요
국제환경규제 대응기술	EU를 중심으로 하는 국제 환경 규제에 대한 대응 자원을 넘어 신산업 창출이나 기업 경쟁력을 제고할 수 있는 기술 ※ VOCs, RoHS, WEEE, 환경부하 저감 등
녹색제품 생산	자원의 순 과정을 순환측면에서 자원 및 에너지의 효율적 이용과 순환 효율을 제고하기 위한 기술 ※ 유니소재, 적정기술, Mass-customization 등
청정공정	기존 생산 공정의 혁신적 개선을 통해 오염물 발생을 완전 제거 또는 획기적 저감을 위한 공정 ※ Ionic liquids, 바이오매스, 그린생산 등
제품서비스화	제품의 품질, 기능 등을 서비스 형태로 제공함에 따라 환경오염 저감 및 제품 이용효율성 제고를 유도·평가할 수 있는 기술 ※ 제품렌탈관리, 웨어링, IT/스마트기술 기반 에너지효율·제어기술

### 청정생산분야 10대 후보 유망기술 도출

IP기초분석 모델을 통해 <표 3>와 같은 방법으로 특허의 1)부상성과 2)경쟁력을 판단하여 100대 환경기상분야 후보유망기술 중 청정생산시스템 분야의 유망기술을 선정된 뒤, 기초분석을 통하여 핵심기술들 중 일차적으로 추출된 후보유망기술에 대해 IP심층 분석을 실시하였다. 부상성 및 경쟁력 평가지표의 각 세부지표에 대해 상대적 구간별 1~5(Points)에 해당하는 점수 부여 후 유망기술을 최종 재 선정하였다. 또한, 현 시점의 기준에서 부상성 및 경쟁력이 미흡하더라도 정부 R&D 정책 및 미래 성장 가능성 등을 고려하여 전문가 실무위원회의 정성적 판단을 일부 반영하였다.

후보 유망기술은 특허관점에서 부상되고 있으며 한국이 최소한의 경쟁력 확보가 가능함을 전제하였다. 특허전문가 그룹과 기술전문가 그룹의 평가를 종합한 <표 4>의 평가 모델을 활용한 IP 심층 분석을 통해 앞서 선정된 100대 후보 유망기술 중 10대 유망기술 선정하였다. 지표에서 주요 10대 출원인의 핵심 특허가 독점될 가능성을 판단하는 "10대 출원인 출원 점유율"은 각 세부평가는 지표별로 0~4점으로 구성하였다. "분쟁 가능성"은 지적재산권 분쟁이 현재 발생되어 있거나, 잠재적으로 발생 가능성이 어느 정도인지를 판단하는 기준



이다. “포트폴리오 발전단계”는 특허관점의 발전 단계로 태동기-성장기-성숙기-쇠퇴기-회복기를 나타내고 있다. “공백도”는 핵심특허를 확보할 만한 공백영역이 존재하는지 여부와 공백영역의 성격을 판단하는 것을 의미한다.

표 2. 청정생산시스템 세부분야 및 기술 분류

대분류	중분류	소분류	핵심기술
청정생산 시스템	국제환경 규제대응 기술	환경규제 대응기반 기술	제품의 유해물질 산정 및 측정 기술
			생산 공정의 유해 물질 산정 및 측정 기술
		유해물질 규제기술	중금속 및 6대 유해물질(Cd, Hg, Pb, Cr <sup>6+</sup> , PBBs, PBDEs) 규제 및 저감 기술
			프탈레이트계 가소제 대체 및 저감 기술
			VOCs 및 SVOCs 저감 및 대체 기술
			자동차용 도로 유해물질 저감 및 대체 기술
	녹색제품 생산	유니소재	steel/iron계열 유니소재화 기술
			Aluminum계열 유니소재화 기술
			SiC계열 유니소재화 기술
			자동차용 바디판넬 플라스틱 유니소재화 기술
		그린프린팅	그린프린팅 소재기술
			섬유 소재 청정 프린팅 기술
			저에너지 및 고효율 스크린 프린터 기술
			자원절감형 3D 프린팅 기술
		자연모사(Nature inspired)	자연모사를 통한 에너지자원 및 오염물 저감 기술
	청정공정	청정원천 공정기술	무용제 공정 기술
			이온성액체 공정 기술
			초임계유체 공정 기술
		एको 공정설계 기술	폐순환 공정 기술
			공정합성 기술
			플라즈마 공정 기술
		건식 공정 기술	레이저 공정 기술
			하이브리드 건식 세정 기술
			막분리 신기술
		분리정제 공정기술	결정화 분리 신기술
	제품 서비스화	환경오염 저감 관리 서비스 시스템	사업장 위험물질 관리시스템
			사업장 위험예방 모니터링 시스템
		자원/에너지 절감관리 서비스 시스템	자원절감 원부자재 관리시스템
			공유 및 대여제품 정보관리 시스템
			공용 조명 관리시스템
			에너지 자급모듈 관리시스템

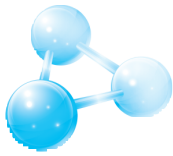


표 3. 유망기술 선정을 위한 세부지표

평가지표	세부평가지표
부상성	1-1) 출원추세( $\frac{\text{최근 4년 평균 출원건수}}{\text{분석 전제구간 평균 출원 건수}}$ )
	1-2) 국가별 외국인 출원비중( $\frac{\text{최근 4년간 4개국 외국인 출원 점유율}}{\text{분석 전제구간 4개국 외국인 출원 점유율}}$ )
	1-3) 출원 점유율( $\frac{\text{최근 4년간 세부기술 점유 증가율}}{\text{분석 전제구간 세부기술 점유 증가율}}$ )
	1-4) 기술 발전 단계(태동기/성장기/성숙기/쇠퇴기/회복기)
경쟁력	2-1) 한국 출원인 출원 점유율
	2-2) 한국 출원인 영향력 지수(미국 등록 특허) (PII: Patent Impact Index)
	2-3) 한국 출원인 시장 확보력 지수(PFS: Paten Family Size)

\* 전제구간 : 1994. 1. 1. ~ 2011. 12. 31; 최근 4년 구간 : 2008. 1. 1. ~ 2011. 12. 31

표 4. IP 심층 분석 평가 모델

평가관점	평가지표	세부평가지표
특허관점	장벽 회피 가능성	10대 출원인 출원 점유율
		분쟁 가능성
	핵심특허 확보 가능성	포트폴리오 발전단계
		공백도

표 5. IP 심층 분석을 통한 청정생산시스템 유망기술

구분	핵심기술	장벽 회피성	원천성	등급	유망기술
청정 생산 시스템	프탈레이트계 가소제 대체 및 저감 기술	8	6	S	선정
	자연모사를 통한 에너지자원 및 오염물 저감 기술	7	7	S	선정
	자원절감형 3D 프린팅 기술	6	6	S	선정
	VOCs 및 SVOCs 저감 및 대체 기술	7	5	S	
	이온성액체 공정 기술	7	6	S	
	결정화 분리 신기술	7	5	S	
	사업장 위험예방 모니터링 시스템	7	6	S	
	공용 조명 관리시스템	5	6	S	
	중금속 및 6대 유해물질 규제 및 저감 기술	6	3	A	
	steel/iron계열 유니소재화 기술	5	5	A	
	Aluminum계열 유니소재화 기술	7	3	A	
	SiC계열 유니소재화 기술	4	5	A	
	무용제 공정 기술	8	3	A	
	막분리 신기술	4	5	A	
	에너지 자급모듈 관리시스템	5	5	A	
	제품의 유해물질 산정 및 측정 기술	8	2	B	
	저에너지 및 고효율 스크린 프린터 기술	7	2	B	
	폐순환 공정 기술	7	2	B	
	공정합성 기술	6	2	B	

IP 심층 분석 결과, 환경·기상 분야의 10대 유망기술 중 청정생산시스템분야에서는 i) 프탈레이트계 가소제 대체 및 저감기술, ii) 자연모사기술 및 iii) 자원절감을 위한 3D프린팅 기술 등 3개의 기술이 선정되었다.

#### i) 프탈레이트계 가소제 대체 및 저감 기술

프탈레이트계 가소제 대체 및 저감 기술의 10대 출원인 점유율이 20%로 현저히 낮은 수준인 것으로 나타났다. 즉, 프탈레이트계 가소제 대체 및 저감 기술에 관한 시장을 독보적으로 장악한 기업은 나타나지 않은 것으로 분석되었다. 친환경 가소제 제조 기술의 경우, 2000년도 초반부터 특허가 출원되기 시작하여 대다수의 기술이 유해 프탈레이트계 소재를 대체한 조성물(예를 들면, 글리콜형 노보넨 에스테르계 유도체, 락톤계 단량체, 에폭시드화 지방산 에스테르 가소제 등)에 대한 기술이었다. 친환경 PVC 가공 기술의 경우, PVC 가공할 때의 주요 물질인 프탈레이트를 대체한 조성물(폴리에테르 화합물, C9~C11 alkyl benzoates 등) 기술 및 Casting 공법과 같은 제조 공정

중의 프탈레이트 가소제를 저감한 기술이 있었으며, 최근 구간에 출원건수가 증가하는 것으로 나타났다.

EU는 2008년부터 DEHP(Di-2-ethylhexylphthalate) 등의 가소제를 SVHC(고위험성 물질)로 지정하였고, DOP(Dioctyl Phthalate) 등에 대한 대체제 개발을 요구하고 있으나, 기존 물질 대비 물성 확보에 어려움이 큰 실정이다. 랑세스의 無프탈레이트 제품은 가공물성은 우수하나, 고가 정책에 따라 차량용 실링 및 언더바디 코팅 등의 일부 제품에만 적용 중이다. 해당 기술은 특허관점에서 중요도가 높으며 공백 영역이 존재하는 기술로써 핵심 특허 확보의 필요성과 가능성이 매우 높다고 평가되었다.

#### ii) 자연모사를 통한 에너지자원 및 오염물 저감 기술

자연 및 생태시스템을 모사하여 공학적으로 응용하는 기술을 기반으로 에너지 및 자원 사용 효율성을 높이는 기술, 또는 친환경 제조기술 및 오염물을 저감하는 기술이 유망기술로 선정되었다. 주요 출원인은 미국의 PPG IND사 및 EATON사, 일본의 ASAHI GLASS사 및 Toto사, 한국의 한국과학기술연구원 및 한국기계연구원이었지만, 10대 출원인의 기술 분야에 대한 점유율은 13%로 현저히 낮은 수준인 것으로 분석되었다. 주요 출원인 및 핵심 특허를 이용한 분쟁 가능성 조사 결과, 참고할 만한 분쟁 사례가 없는 것으로 나타나 분쟁 가능성은 높지 않은 것으로 판단되었으며, 해당 기술은 특허관점에서 중요도가 높으며 공백 영역이 존재하는 기술로써 핵심 특허 확보의 필요성과 가능성이 매우 높다고 평가되었다.

최근 국내의 기술동향은 초발수성 및 초발유성 표면 제조 및 처리 기술, 날치의 비행거동 해석, 홍합의 족사를 모방한 이차전지 분리막 등이 있다. 자연모사 기술의 특성상, 식물 및 동물과 같은 생태계에서 얻은 아이디어의 기술 개발을 통해 전자, 광학, 바이오 등의 분야에서 여러 다양한 소자들의 개발로 그 응용 범위가 확장될 수 있을 것으로 판단된다.

#### iii) 자원절감형 3D 프린팅 기술

세 번째 유망기술은 최근 각광받고 있는 개인맞춤형 소량 다품종 생산을 위한 3D 프린팅 기술이다. 본 기술은 개인맞춤형 소량 다품종 생산을 위한 3D 프린팅 기술로써, 3D 프린팅의

속도 및 경제성 향상, 해상도 향상 및 강도 강화를 위한 stereolithography(광 조형법)를 이용한 기술, 특정 조성물이 특징인 기술, 온도 제어기술 및 장치와 같은 다양한 특허가 출원되었다. 주요 출원인은 미국의 3D Systems社 및 Z社인 것으로 나타났다. 이들을 포함한 10대 출원인 점유율이 51%로 보통 수준인 것으로 분석되었다. 주요 출원인 및 핵심 특허를 이용한 분쟁 가능성 조사 결과, 참고할 만한 분쟁 사례도 없었지만 일부 출원인이 장벽특허를 보유하고 있고, 하드웨어 및 장치에 관한 기술은 다수의 다양한 기술이 출원된 것으로 나타났다. 관련 기술이 성숙될 경우 장기적인 분쟁 가능성이 존재할 것으로 예상된다. 스트라타시스의 FDM 특허는 2009년 만료되어 보급형 3D 프린터 기술로 확장되었고, 3D System社의 SLS는 올해 2월 특허가 만료되었다.

IP심층 분석을 통해 선정된 청정생산시스템분야 유망기술 중 자연모사기술에 대하여 조금 더 살펴보자

## 4. 무한 가능성의 세계, 자연모사기술

### 자연모사기술이란?

IP심층 분석을 통해 선정된 청정생산시스템분야 유망기술 중 자연모사기술은 자연의 생태계와 자연 현상 그리고 살아 있는 생명체의 기본 구조, 원리 및 메커니즘에서 영감을 얻어 공학적으로 응용하는 기술을 말하며, 생태모방(biomimicry), 생체모방공학(biomimetics), 바이오닉스(bionics), 바이오그노시스(biognosis), 바이오 창조공학(bionical creativity engineering) 등의 용어와 동일한 의미를 지닌다.

아래는 에너지 및 자원 사용 효율성을 높이고, 친환경 제조 및 오염물을 저감시키며 지속가능한 제품을 디자인하는 청정생산 3.0시대에 자연모사기술이 어떻게 응용될 수 있는지에 대한 몇 가지 예시를 나타낸 것이다.

### [사례 1] 거미줄로부터 섬유산업의 혁신

지구상에는 약 4만 여종의 거미가 다양한 지역에 분포하고 있으며, 엄청난 양의 거미줄을 생산하여 생존과 번식을 위해 사용하고 있다. 거미줄 분비샘은 수백에서 수천 개가 있는데,



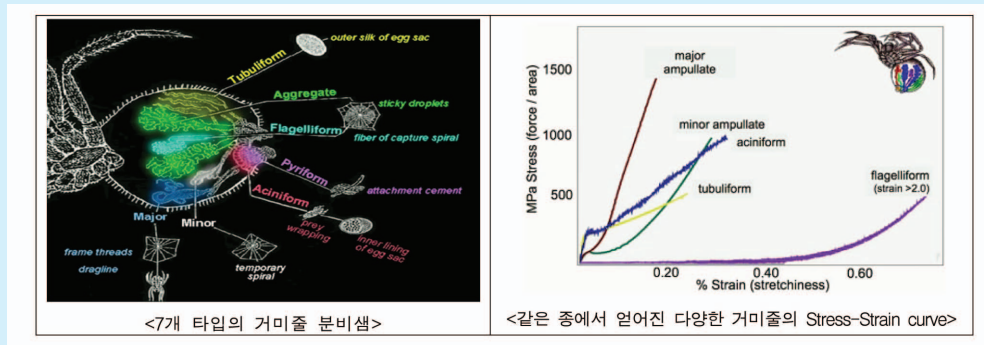
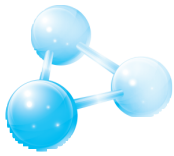


그림 2. 다양한 거미줄 분비샘과 거미줄의 Stress-Strain curve

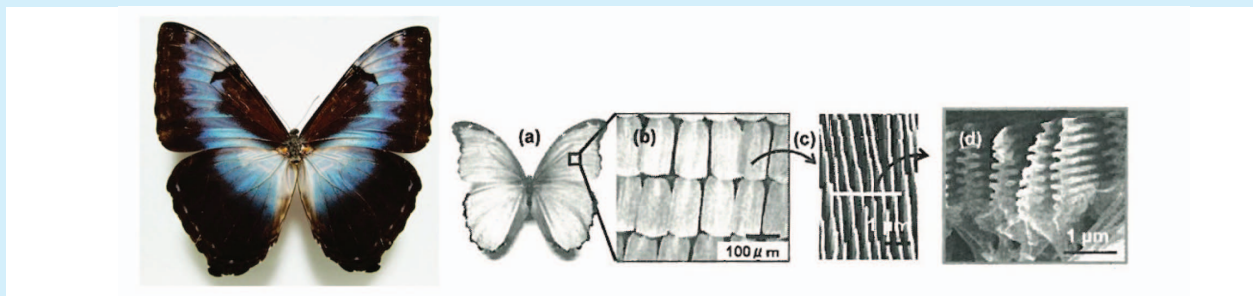


그림 3. Morpho 나비와 날개표면 구조

7가지 타입의 거미줄 분비샘에서 완전한 단백질로 구성된 다양한 거미줄이 분출된다. 튜브모양(Tubuliform)의 거미줄은 알주머니를 만들 때, 취장선사(Aggregate)와 편장선사(Flagelliform) 거미줄은 동그랗게 나선형 포획 거미집을 만드는 끈적끈적한 물질을 만들 때, 서양배 모양(Pyniform) 거미줄은 접착제 성분을 만들 때, 포도송이 모양(Aciniform) 거미줄은 먹잇감을 포획할 때, 소호장선사(Minor ampullate) 거미줄은 거미집 건설 재료를 만들 때, 대호상선사(Major ampullate) 거미줄은 거미줄을 치면서 뼈대 및 이동을 위한 안전선을 만들 때 분출된다. 거미줄의 장력 테스트 결과를 보면 거미줄은 Nylon, Bombyx 실크, Wool, Kevlar 등의 물질 보다 인성값(toughness)이 높다. 또한, 거미집의 뼈대와 안전선을 만드는 대호장선사(Major ampullate)가 가장 튼튼하며, 포획사로 거미집의 충격을 흡수하고 포획된 먹잇감을 잡아 두는 역할을 하는 편장선사(Flagelliform)는 원래 길이보다 두 배나 늘어날 수 있는 특성이 있다.

이러한 거미줄은 다양한 섬유재료로서 그 응용 가능성이

크고, 항체반응을 일으키지 않아 향후 생화학적 약품제조에 쓰일 수 있는 잠재력이 높다.

#### [사례 2] 자연생명체의 구조색 응용: Morpho 나비

색의 근원은 대부분이 특정단위의 전자전이로서, 흡수 또는 발광으로 분류되지만, 구조색은 근원이 달라 전자전이를 따르지 않고 빛의 간섭, 산란, 회절에 기인하여 빛을 수반하는 독특한 색채를 지니고 있다. Morpho 나비, 비단벌레, 공작의 깃털 등이 이러한 구조색을 만들어 내며, 구조가 파괴되지 않는 한 탈색되는 일이 없기 때문에 반영구적이다. 색소가 불필요함은 물론 외부의 빛을 효율적으로 이용함으로써 환경부하 저감, 자원절감 등 녹색기술의 좋은 사례로 부각되고 있다. 또한, Morpho나비는 그 구조색 뿐만 아니라 표면이 물을 튕기는 초발수특성과 고성능 광학 가스 센서로서의 가능성도 밝혀졌다.

Morpho나비의 비늘가루에는 파란색소가 아닌 거의 투명한 단백질로 이루어져 있지만, 다층막 모양, 폭, 주기구조 등이 제각각 역할을 갖고 특이한 발색이 가능한 것으로 판명되었다.

Qualcomm사는 이러한 구조색 원리를 이용하여 저전력으로 자체 컬러 색을 발현하며 밝은 빛 하에서도 선명한 색감을 유지하고 기존 제품 대비 1/3 에너지만 소모하는 디스플레이 개발에 성공하였다고 한다.

부인용 의류, 스포츠 의류, 가방이나 구두 · 커튼 · 인테리어 자재, 자동차 차체 및 내 · 외장부품의 도장, 화장품, 컴퓨터의 화면보호 커버 등 다양하게 응용될 수 있으며, 위조방지 카드 및 자외선 · 적외선 등 특정의 파장만을 선택하여 투과 또는 반사하는 광학필름 개발에도 응용이 가능할 것이다.

### [사례 3] 극한적인 건조 내성에 의한 휴면생활(Cryptobiosis): Sleeping Chironomid

Sleeping Chironomid(휴면 모기불이)의 유충은 열대 아프리카 반 건조지대 화강암 암반의 패인 곳에 생긴 작은 물웅덩이에서 서식한다. 8개월에 이르는 긴 건조기 동안 말라버린 물웅덩이 바닥에 깔려있는 건조한 흙속에서 Sleeping Chironomid 유충은 휴면생활(Cryptobiosis) 상태에서 다음의 우기를 기다린다. 웅덩이에 물이 고이면 이 물을 흡수하여 1시간 정도에 소생하고 발육을 재개한다. 이를 통해 이당류(Trehalose)와 LEA(Late Embryogenesis Abundant)단백질이 휴면생활에 수반되는 다양한 스트레스로부터 생체성분이나 세포막을 보호하는 중요한 인자로 규명되었으며, 미국 Crowe 등은 미국 국방성의 지원을 받아 이당류의 높은 생체고분자 보호기능을 이용하여 수혈용 혈액의 건조보존법을 개발하였다고 한다.

극한적인 건조상태에서 생체성분, 세포, 조직이 어떻게 보호되고 있는가를 명확히 밝힐 수 있다면, 기존의 냉장이나 냉동보존이 아닌 에너지가 필요하지 않는 미래형 상온 건조보존기술 개발이 가능할 것으로 예상된다. 또한, 영하 273℃ 나 끓는 물 온도보다 높은 151℃에서도 생존할 수 있는 벌레인 타디그레이드(Tardigrade)의 생존방식에서도 새로운 기술을 발견할 수 있을 것으로 기대된다.

### [사례 4] 빛을 내는 발광 생명체들의 지혜를 담은 바이오 픽셀: Vibrio fischeri

Bobtail squid에 공생하고 있는 Vibrio fischeri라는 박테리아는 정족수 인식(Quorum Sensing)에 의해 자체 발광하고 있다. 정족수 인식(Quorum sensing)으로 불리는 프로세스는 특정 박테리아들이 화학적인 신호 전달분자를 통해서 서로 간에 정보를 교환할 수 있으며, 이를 통해 유전자 발현을 일치시켜 이들이 마치 다세포 생물과 같이 행동 하는 것이다.

Arthur Prindle 등은 Vibrio fischeri 박테리아가 빛을 내는 생체 주기가 같은 집단으로 분류하기 위해 하나의 콜로니에서 자란 박테리아들을 별도의 칩에 배양한 결과, LCD의 픽셀처럼 주기적으로 발광하는 박테리아 셀을 얻을 수 있었다. 현재 연구진들은 다양한 신호를 구체적으로 해석하지는 못하지만 광이용 네온사인 정도 까지는 사용 가능한 수준으로 발전시켰으며 연구진들은 이를 바이오 픽셀 (bio-pixel)이라고 명명하였다.

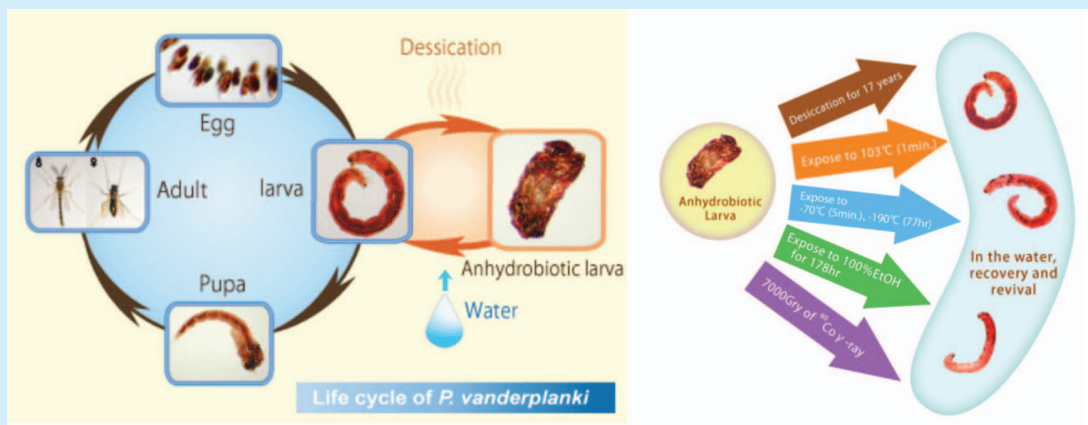


그림 4. Sleeping Chironomid의 Life cycle과 극한환경에서의 적응

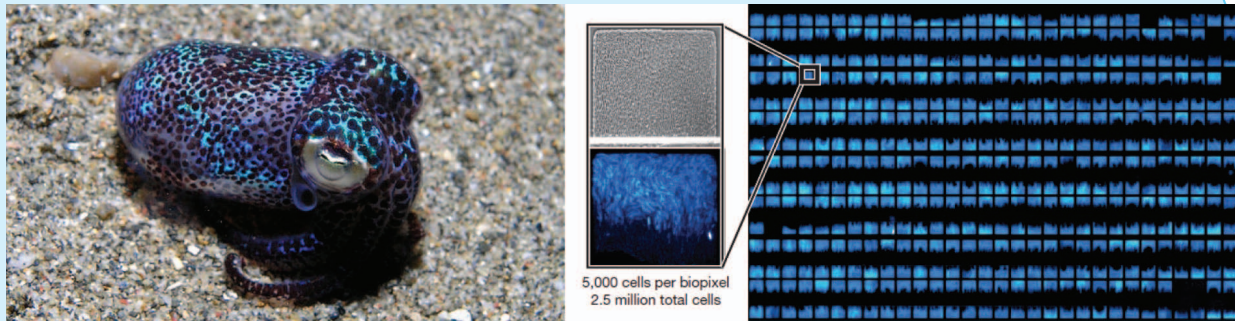
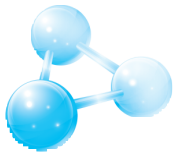


그림 5. Bobtail squid로 부터 정족수 인식에 의해 발광을 이용한 소자 개발

비소(Arsenic) 같은 유독 물질을 감지하면 형광을 내게 되는데, 이를 이용하면 간단하게 유독 물질의 농도를 측정할 수 있게 되어 향후 여러 분야에서 유용하게 사용 가능하다. 또한, 형광 기술이 여러 물질 및 항원 검사에 사용된다는 점을 감안하면 이와 연계해서 새로운 기술로의 개발 응용이 가능할 것으로 보인다. 미래에는 항원만 검출하는 게 아니라 항원이나 병원체의 농도까지 아주 빠른 시간에 직접 검출이 가능해져 의료 분야에서 상당히 유용한 기술로 예상된다.

## 5. 결 론

청정생산 3.0 시대는 지속가능한 소비와 생산을 기반으로 한 녹색(청정)시스템으로, Sustainable, Green & Circulation 등 키워드로 그 개념을 나타낼 수 있다. 지속가능발전의 주체로 정부-기업-소비자-NGO 및 국제사회 등 다양한 플레이어의 참여와 역할이 요구되며, 이의 적절한 중재와 교류, 정보공유 창구의 일원화가 필요하다. 또한, 지속가능한 소비와 생산을 위해 신규 사업 발굴 및 기존 관련사업의 강화가 필요하다. 지속가능한 소비와 생산으로 현 사회상과 기술발전 및 미래의 청정기술을 고려한 청정생산기술의 개념 확장과 재정립을 통해 전략적인 기술개발 체계로의 전환이 필요하다. 또한, 최근 세월호 참사로 인해 안전에 대해 최근 관심이 고조되고 있어 산업체의 사전예방적인 차원에서 안전관리 기술도 검토되어야 할 것으로 판단된다.

청정생산 분야의 R&D 아이템 발굴에 IP분석은 매우 중요한 도구로 활용되었으며, 이는 일관되고 미래 지속가능한 청정생산기술 R&D 정책수립에 기여할 수 있다. 또한, 새로운 시장

분석 등 향후 다양하게 활용이 가능하여 청정생산기반 분야의 새로운 시장 개척에 활용이 가능할 것이다. IP분석을 통해 선정된 미래유망 청정기술 중 하나인 자연모사 기술은 지속가능성 향상을 추구하는 기술로써, 오늘날 경제성 · 환경성 · 사회성을 통합하여 인간과 자연이 공존하는 사회경제시스템의 요구가 증가됨에 따라 관심이 급증하고 있는 추세이다. 지구의 생명체는 약 38억 년 전 최초로 출현한 이래로 오랜 과정을 거쳐 다양하게 지구 환경에 적응하였고, 자원과 에너지를 적게 소모하는 방식으로 진화하였다. 다양한 환경에 최적화된 여러 종류의 생명체 등 자연을 모사하여 공학적으로 개발하고 응용하려는 시도는 새로운 기능과 새로운 소자, 새로운 시스템을 발명하는데 획기적인 전기를 마련할 수 있을 것으로 예상된다. 앞으로 자연모사기술은 청정생산 3.0에 핵심 유망기술로 자리매김할 것이다.

## 참고문헌

- 1) 미래 산업환경 및 청정생산기반 기술 전망을 위한 전문가 의견 조사 보고서, 한국산업기술평가관리원 & 월드리서치(2012)
- 2) 특허관점에서 바라본 미래 유망 청정기술, 전영건, 안형수, 이지연, 안중우, 김성덕, KEIT PD이슈리포트(2014)
- 3) 청정생산 3.0, 진화하는 청정생산의 미래, 전영건, 황수연, 김성덕, KEIT PD이슈리포트(2013)
- 4) 자연에서 얻은 지혜, 자연모사기술(Nature Inspired Technology)의 현재와 미래, 김성덕 · 황수연 · 김완두 · 임현의, KEIT PD이슈리포트(2012)
- 5) 한국사회의 15대 메가트렌드, 안소현, 한국정보화진흥원(2010)
- 6) 미래비전 2040, 미래 사회경제구조 변화와 국가발전전략, 한국개발연구원(2010)



- 7) Emerging Technologies, MIT(2011)
- 8) 2011년 글로벌 10대 유망기술, 이성호 외 7인, 삼성경제연구소(2011)
- 9) 미래유망기술, 한국과학기술정보연구원(2011)
- 10) 자연모사 기술과 산업경제, 기계기술정책, 김완두, 한국기계연구원 (2012)
- 11) 국가 특허전략 청사진 구축 결과보고서(환경·기상분야), 한국지식재산전략원(2014)
- 12) 2012년 기술이전·사업화 조사분석 자료집, 한국지식재산전략원(2013)
- 13) PLANNING FOR CHANGE(Guidelines for National Programmes on Sustainable Consumption and Production), UNEP(2008)
- 14) <http://www.nias.affrc.go.jp/anhydrobiosis/Sleeping%20Chironimid/e-about-yusurika.html>
- 15) <http://phys.org/news/2011-03-moth-eyes-antireflective-surfaces-military.html>
- 16) <http://www.avsforum.com/avs-vb/showthread.php?t=1198834>
- 17) [http://www.ted.com/talks/lang/en/cheryl\\_hayashi\\_the\\_magnificence\\_of\\_spider\\_silk.html](http://www.ted.com/talks/lang/en/cheryl_hayashi_the_magnificence_of_spider_silk.html)  
(Cheryl Hayashi: The magnificence of spider silk/Video on TED.com)
- 18) [http://www.ted.com/talks/lang/en/bonnie\\_bassler\\_on\\_how\\_bacteria\\_communicate.html](http://www.ted.com/talks/lang/en/bonnie_bassler_on_how_bacteria_communicate.html)  
(Bonnie Bassler: how bacteria "talk"/Video on TED.com)
- 19) PLANNING FOR CHANGE(Guidelines for National Programmes on Sustainable Consumption and Production), UNEP(2008)
- 20) Mainstreaming Sustainable Consumption and Production and Resource Efficiency into Development Planning, UNEP (2009)

## 분석화학기술 기반 대사체학 연구

황 금 속 (한국기초과학지원연구원 책임연구원)

정 영 애 (한국기초과학지원연구원 연구원)

대사체학 (metabolomics)은 오믹스 (-omic)의 한 분야로, 다양한 유전적, 생리적 또는 환경적 조건에 변화되는 생체 내 저분자 대사체군 (metabolome)을 정성적/정량적으로 분석하여 생명현상의 변화와 원인을 규명해 나가는 총체적인 연구이다. 한 개체내의 대사체들을 모두 분석한 후, 분석된 대사체들을 연결하여 대사경로를 결정한다. 연관된 대사과정들 사이의 네트워크를 해석하여 그 대사과정을 이해할 수 있게 된다. 유전자의 발현을 통해 생성되는 최종 단계의 산물인 대사체는 그 변동 양상의 분석을 통해 관여되는 유전자의 기능을 형질과 직접 연계하여 세포 수준에서의 파악이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 이러한 특징은 단백체학 (proteomics)이나 전사체학 (transcriptomics)이 제공할 수 없는 것으로 생화학적 표현형 (phenotype)과 직접적인 연관성을 보여주게 된다. 대사체학 연구는 기술적 한계 때문에 다른 오믹스에 비해 뒤늦게 연구되기 시작하였지만 최근 분석 기술의 발전과 더불어 활발히 연구되고 있는 추세이다.

대사체학 (metabolomics)은 이러한 중요성으로 인하여 2005년 테크놀로지 리뷰 (Technology Review)지에 올해의 10대 과학기술 (10 Emerging Technologies) 중의 하나로 소개되었으며, 또한 2010년 네이처 (Nature)지에 2020년 유망 신기술 (2020 visions)로 선정되었다 (그림 1).

대사체학은 외부 환경 자극이나 유전적 변동에 의해 서로 다른 대사 상태가 된 시료들간의 차이를 연구하는 분야로 질환, 환경, 미생물, 식물, 약물 등 다양한 분야에 적용이 가능하다 (그림 2). 여러 응용 분야들 중에서 질환 대사체학 연구는 생체 내 대사체군 분석을 통하여 질환 관련 생체 지표 대사체인 바이오마커를 발굴함으로써 질환의 조기 진단법 개발이 가능해지고 그 기능을 규명하여 병인을 밝혀나갈 수 있다. 인간의 몸에는 약 3000-5000개의 검출 가능한 대사체들이 있고, 그 중에서 상당수의 대사체들이 이미 확인된 것으로 알려져 있다. 생물학적 상태에서의 변화는 많은 중요 질환과 관련되거나 특정 세포 대사과정에 연관된 특정 내인성

### MIT 선정 2005년 10대 유망 기술



### 2010년 네이처지 선정 유망 신기술 Metabolomics in Nature's 2020 vision

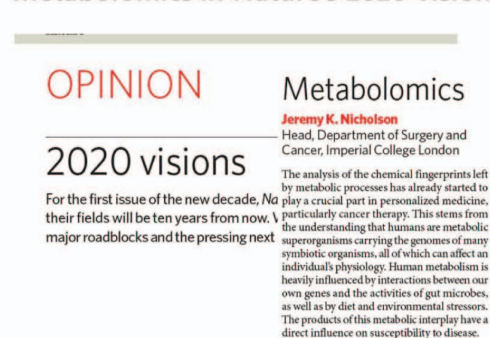


그림 1. 대사체학의 전망

대사체의 흐름의 변화에 기초하므로 대사체학은 현재의 질환 상태나 치료 정도와 밀접한 중요한 정보를 보여줄 수 있다. 이 때 생체 시료들의 대사체 프로파일은 식이, 나이, 민족, 약물, 생활습관, 장내 미생물군집과 같은 많은 요소들에 의해 영향 받으므로 이러한 요소들은 질환에 특화된 정보를 얻기 위해서 통제되거나 배제되어야 한다 (Expert Rev. Mol. Diagn., 2008, 8:617-33). 질환 대사체학 연구로 NMR을 기반으로 한 대사체학 연구를 통하여 간단하고 비침습적인 방법으로 중풍의 바이오마커를 발굴하고 대사경로를 규명한 연구가 2011년 Stroke지에 발표되었다 (Stroke, 2011, 42:1282-1288).

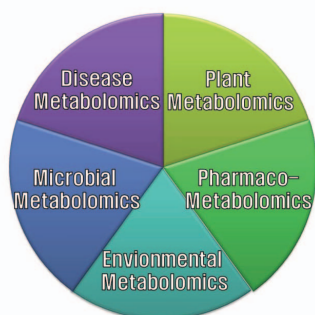


그림 2. 적용 가능한 대사체 분야

식물계 전체에 존재하는 것으로 알려진 대사물질의 종류는 20만 종류로 추정되고 있는데 이러한 식물의 대사체들은 외부의 환경변화나 내부의 유전적 변화에 의해서 변하게 된다. 이러한 식물 대사체들의 변화를 관찰하는 식물 대사체학 연구는 원산지/종 판별 연구, 식물의 스트레스 반응 연구

등에 많이 응용되고 있다. 대표적인 식물 대사체학 연구로 NMR과 MS를 기반으로 하여 두 지역 (진도, 제주도)에서 재배된 두 종의 강황 (*Curcuma aromatica*, *Curcuma longa*)의 원산지 및 종을 판별한 연구가 있다 (Analyst, 2012, 137:5597-5606; Molecules, 2014, 19:9535-9551). 또한 미생물의 대사산물은 산업적인 이익과 관계가 있기 때문에 이와 관련된 많은 연구가 진행되고 있으며, 미생물 관련 연구에 이들의 대사과정을 포괄적으로 파악하기 위한 수단으로 대사체 연구가 이용될 수 있다.

일반적인 대사체 연구는 그림3와 같은 흐름에 의해서 분석된다. 대사체학 연구에서 가장 흔히 사용되는 생체시료는 비침습적 방법으로 얻을 수 있는 소변 시료와 다른 생체시료보다 덜 침습적인 방법으로 얻을 수 있는 혈액 샘플로 수백에서 수천개의 대사체들을 검출할 수 있다. 그 외에도 뇌척수액, 담즙액 등과 같은 시료 뿐만 아니라 조직시료 또한 질환 대사체학 연구에 이용될 수 있다. 또한 식물, 식품, 미생물, 환경 등으로부터의 다양한 형태의 시료들이 추출을 통하여 대사체학 연구에 사용 가능하다.

대사체학에 응용될 수 있는 분석기술 중에서 핵자기공명 분광기 (Nuclear Magnetic Resonance spectroscopy, NMR)와 질량 분석기 (Mass spectrometry, MS)가 가장 일반적이다 (그림4). 이 대표적인 두 장비를 이용하여 대사체학 연구에서 주로 사용되는 복잡한 샘플들을 분석할 수 있도록 많은 분석 기법들이 개발되어져 왔다. NMR은 분자를 이루고 있는 원자핵

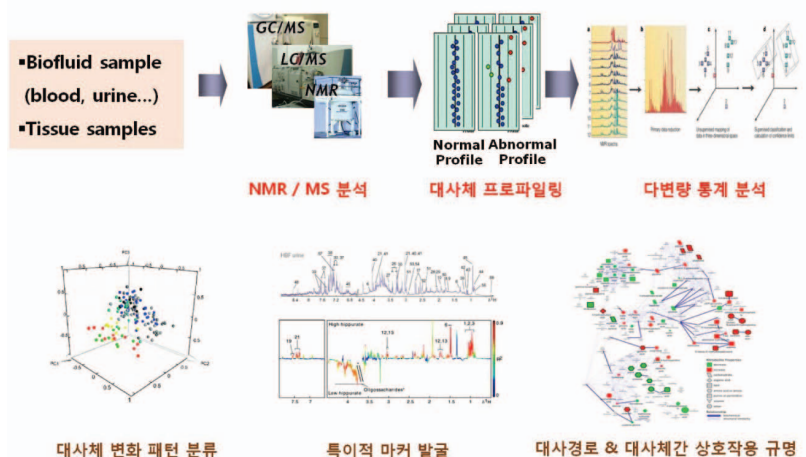


그림 3. 대사체학 연구 흐름



들의 자기적인 성질을 이용하여 분자의 구조를 관찰하는 분석 장비로 측정된 화학적 이동 값에서 오차가 적으므로 매우 정확한 정량적인 분석이 가능하며 또한 재현성이 좋다는 장점을 가지고 있다. 그러나 낮은 감도로 인해 함량이 적은 대사체의 경우는 분석하기 어려우며 NMR 데이터에서 피크들이 서로 가려져서 제대로 관찰하기 어렵다는 단점이 있다(그림5).

NMR과 함께 대사체 분석에서 많이 쓰이는 장비인 MS는 모든 물질이 각각 고유의 질량을 가지고 있으므로 물질의 질량을 정밀하게 측정하여 그 물질이 어떤 물질인지 알아낼 수 있게 한다. 질량분석기는 감도가 매우 좋기 때문에 미량 분석이 가능하여 적은 양의 시료로도 좋은 감도의 데이터를

얻어낼 수 있다는 장점이 있다. 그러나 재현성이 낮으며 질량분석기 자체가 본래 지니고 있는 기기오차로 인해서 분석 데이터의 편차가 심하다는 단점이 있다. 질량분석기는 주로 크로마토그래피와 연결하여 사용하며 LC (Liquid Chromatography)와 GC (Gas Chromatography)가 많이 이용된다(그림6).

현재 한국기초과학지원연구원에 설치중인 고감도 High-throughput SPE-800MHz NMR-MS System은 cryo probe의 장착으로 고감도 분석을 가능하게 하여 극미량의 생체시료 속 대사체의 확인을 가능하게 한다. 자동화 장치를 통해 대용량 시료를 빠르고 정확하게 분석할 수 있으며 이를 토대로 대용량 스크리닝 시스템 및 표준화된 분석기법을 제시할 것으로 기대된다. 또한 LC-SPE system을 통해 분리 및

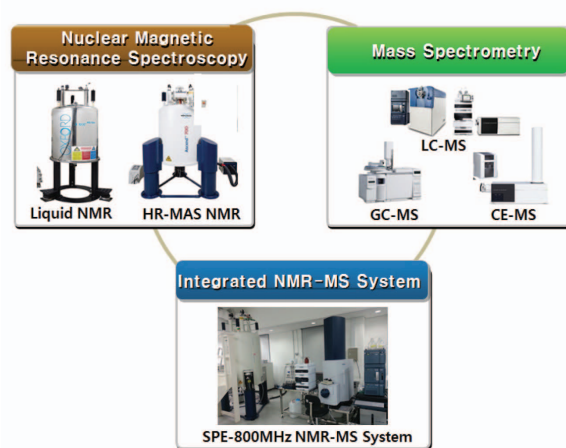


그림 4. 대사체 분석 장비

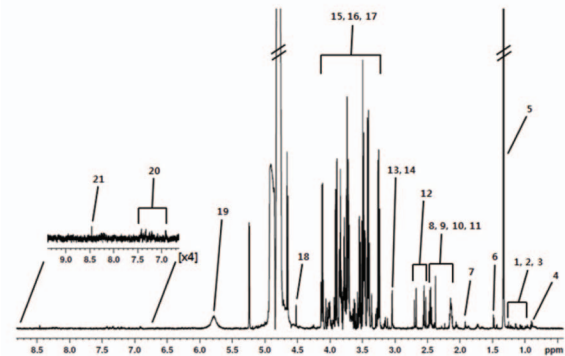


그림5. CSF 샘플의 대표 NMR 스펙트럼

(1, 2-hydroxybutyrate, 2, valine, 3, isobutyrate, 4, 3-hydroxyisovalerate, 5, lactate, 6, alanine, 7, glutamine, 8, acetate, 9, acetone, 10, acetoacetate, 11, pyruvate, 12, citrate, 13, creatine, 14, creatinine, 15, glucose, 16, myo-inositol, 17, fructose, 18, ascorbate, 19, urea, 20, phenylpropionate, 21, formate)

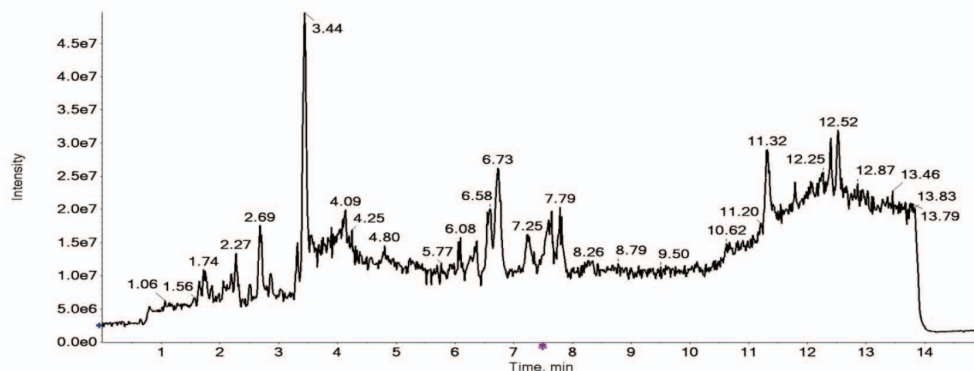


그림6. LC-MS를 이용한 혈액 샘플의 대표 TIC (Total Ion Chromatogram)

농축된 미지 물질의 NMR과 MS의 동시 분석을 통하여 알려지지 않은 대사체의 구조 확인을 가능하게 할 수 있다.

NMR이나 MS를 통해서 얻은 데이터들은 수백에서 수천 개의 대사체들에 대한 정성적/정량적 정보를 담고 있기 때문에 일반적으로 매우 복잡하다. 그래서 다변량 분석을 활용하면 데이터를 축소시킬 수 있으며 또한 수많은 대사체들의 차이에 기초하여 그룹간을 구분 지을 수 있다. 대사체학에 적용될 수 있는 다양한 통계 기법이 존재하며 무료로 이용 가능하거나 상업적으로 판매되어 쉽게 이용 가능한 소프트웨어가 많이 알려져 있다. 다변량 분석 방법은 장비로부터 얻은 수많은 데이터들을 정리하는데 매우 유용한 기법이다. 이러한 다변량 분석을 이용하여 그룹 사이에서 유의적 차이를 보이는 잠재적인 바이오마커를 발굴할 수 있으며, 발굴된 잠재적인 바이오마커는 반드시 검증 단계를 거쳐 확인될 필요가 있다.

하나의 세포 안에 존재하는 모든 대사물질을 정량, 정성 분석 하는 것은 쉽지 않다. 미량의 대사물질들을 동정하고 정확하게 재현 가능한 정량분석을 가능하게 하는 것이 대사체학에서 매우 중요하다. 대부분 미량으로 존재하는 마커 물질들을 동정하기 위해서는 최상의 감도를 가진 최첨단 최신 장비들의 사용이 필수적이다. 이에 따라 고자장의 NMR 장비나 고분해능의 질량분석기와 연계된 대사체 연구를 위해 분석 장비의 계속된 개발이 필요하다. 가능한 많은 대사체들을 동정할 수 있도록 하는 대사체 라이브러리 구축 및 bioinformatics 기반기술의 발전도 함께 이루어져야 할 것이다.

NMR이나 MS에 기초한 질환 대사체학의 응용은 질병의 조기 진단 마커 발굴, 치료 효과 모니터링, 궁극적으로 개인 맞춤 의학이라는 목표에 도달하기 위해 폭발적으로 발전해왔다. 특히, 통계적 분석 기법이 결합된 대사체학 연구는 암, 당뇨, 심장질환과 같은 중요 질환 및 그외의 수많은 질환과 연관된 대사체들을 확인하는데 집중해왔다. 이러한 대사체학 연구는 질환에서 변화된 대사경로나 병인 메커니즘을 밝히고, 질환의 발생에 대해 이해하는데 크게 기여했다. 그러나 질환의 조기 진단 마커로서의 임상적 이용은 아직 초기 단계에 있다. 질환 관련 분야에서의 대사체학 연구의 발전 속도는 매우 빠르게 진행되고 있으며 대사체학이 가지고

있는 가능성이 매우 크므로 곧 임상 단계에서의 조기 진단 마커로 사용될 수 있을 것으로 보인다. 또한 식물, 환경, 미생물 등 여러 분야에서의 대사체학의 활용도가 더 높아질 것으로 기대된다.

### •• 황금숙 ••



2005-현재 한국기초과학지원연구원, 책임연구원  
2009-현재 충남대학교 분석과학기술대학원, 학연교수  
1992-1996 KAIST 화학과 이학박사  
1990-1992 KAIST 화학과 이학석사  
1985-1989 경희대학교 화학과 이학사

### •• 정영애 ••



2009-현재 한국기초과학지원연구원, 연구원  
2005-2007 연세대학교 화학과 이학석사  
2001-2005 서울산업대학교 정밀화학학과 이학사

# 전이금속을 사용한 리빙 라디칼 중합법의 원리 및 상업화 현황

백 경 열 (한국과학기술연구원 (KIST))

## 1. 서론

석유화학공업이 본격적으로 시작된 20세기를 전후로 합성 고분자는 근 100년의 짧은 역사를 갖고 있음에도 불구하고 수많은 종류의 범용수지 및 합성섬유, 엔지니어링 플라스틱 등 다양한 종류의 고분자가 개발되어 일상생활뿐만 아니라 산업 전반에 있어 폭 넓게 사용되어지고 있다. 하지만, 최근의 IT/ET/ST를 중심으로 하는 새로운 분야가 개척됨에 따라 기존의 단순하게 합성되어진 고분자 소재는 이러한 특정분야에 필요로 하는 성능을 만족시키기 어렵기 때문에 이에 대응할 수 있는 새로운 기능성 고분자 소재의 필요성이 대두되었다. 이를 위해선 고분자를 분자레벨에서부터 정밀하게 설계하여 각 분야에서 필요로 하는 소재의 특성이 정확히 반영될 수 있도록 해야 하며, 이를 위한 가장 적합한 고분자의 합성법으로써 리빙 중합법이 있다. 리빙 중합법은 정밀 부가중합법의 한 기술로써 1956년 Michael Szwarc에 의해 처음으로 Styrene 단량체를 이용하여 Polystyrene 고분자의 분자량 분포가 좁으면서 분자량을 제어할 수 있는 리빙 음이온 중합법이 개발되었다. 이후 보다 다양한 종류의 단량체를 사용한 고분자의 분자량과 분자량 분포 제어시키기 위한 중합 시스템이 개발되어져 왔으며, 1980년 초반에 리빙 양이온 중합, 1990년대 중반에는 리빙 라디칼 중합법이 개발되어, 현재에는 기존의 중합법으로 해결되지 않았던 고분자의 화학적 조성, 구조 등을 상당수 정밀하게 제어할 수 있게 되었다.

그 중에서도 가장 최근에 개발되어진 리빙 라디칼 중합법은 기존의 리빙 음이온 중합법과 리빙 양이온 중합법과

달리 자유 라디칼 중합법 (free radical polymerization)이 갖고 있는 다양한 장점, 즉 간단한 중합조건과 극성 단량체와 같은 다양한 종류의 단량체의 중합이 직접적으로 가능하기 때문에 현재 가장 활발히 연구되어지고 있는 분야이다. 본 총설에서는 현재 학문적으로뿐만 아니라 산업적으로 가장 큰 관심을 갖고 있는 리빙 라디칼 중합법, 특히 전이금속을 사용한 리빙라디칼 중합법의 원리 및 상업화에 대해서 살펴 보고자 한다.

## 2. 리빙 라디칼 중합의 고찰 및 전이금속을 사용한 리빙 라디칼 중합법의 원리

부가중합인 라디칼 중합은 기본적으로 개시제, 단량체 및 용매(필요할 경우)로 구성되어지며 중합계에 열 또는 빛과 같은 외부 에너지를 줌으로써 개시반응(initiation)과 이를 통한 만들어진 라디칼 활성종(active species)이 단량체에 부가반응을 일으킴으로써 중합이 진행된다(성장반응, propagation). 라디칼 중합법(자유 라디칼 중합법)은 비닐계 고분자를 합성할 수 있는 가장 간단한 중합방법으로써 현재 비닐계 범용수지의 약 50% 이상이 라디칼 중합법에 의해서 합성되어지고 있고 또한 이온중합과 달리 활성종이 중성의 라디칼이므로 히드록시기 및 아민기와 같은 극성그룹을 갖는 고분자의 합성이 쉽기 때문에 실험실 또는 산업계에 있어서 가장 많이 이용되는 중합법 중의 하나이다. 하지만, 중합 중 활성종인 라디칼이 일으키는 짝지음(coupling) 또는 주고받기반응(disproportionation)과 같은 부반응으로 말미암아 중합이 도중에 종결되어(정지반응, termination), 분자량과 분자량 분포



의 제어가 되지 않는 등 고분자의 분자량을 정확하게 제어하기가 어렵고 분자량 분포가 넓은 특징이 있다. 또한 고분자의 구조제어가 어렵기 때문에 고분자의 특정위치에 특정한 조성을 갖는 고분자의 합성이 어렵다(그림 1).

반면, 리빙 라디칼 중합법은 활성종인 라디칼의 농도를 효과적으로 제어하기 때문에 통상의 라디칼 중합에서 보이는 이동반응 및 정지반응이 거의 없는 개시반응과 성장반응만으로 이루어져 있으며, 또한 개시반응이 성장반응에 비해 매우 빠른 속도로 진행되기 때문에 얻어진 고분자의 분자량이 일정하며 분자량 분포의 제어가 가능하다. 또한 이동반응, 정지반응이 적기 때문에 중합이 완결된 상태에서도 고분자 말단인 라디칼 활성종이 살아있어 (livingness) 새로운

종류의 단량체를 첨가하였을 경우, 이전 고분자의 말단에서 다시 중합이 시작되기 때문에 두 가지 이상의 고분자로 이루어진 블록공중합체의 합성이 가능하며, 개시제 및 단량체의 설계에 따라 말단에 기능성기가 도입된 고분자라든지 조성이 제어된 고분자의 합성이 가능하다. 또한, 중합방법에 따라서 고분자의 고차 구조가 제어가능하며, 특정위치에 선택적으로 기능성을 갖는 고분자의 정밀합성 역시 가능하다.(그림 2).

상기에서 서술한바와 같이 리빙 라디칼 중합을 실현하기 위해서는 반응성이 높은 라디칼 활성종이 일으키는 부반응을 효과적으로 제어해야 할 필요성이 있다. 이를 위하여 그림 3과 같이 라디칼 활성종(active species,  $\sim C^\bullet$ )을 보다 안정

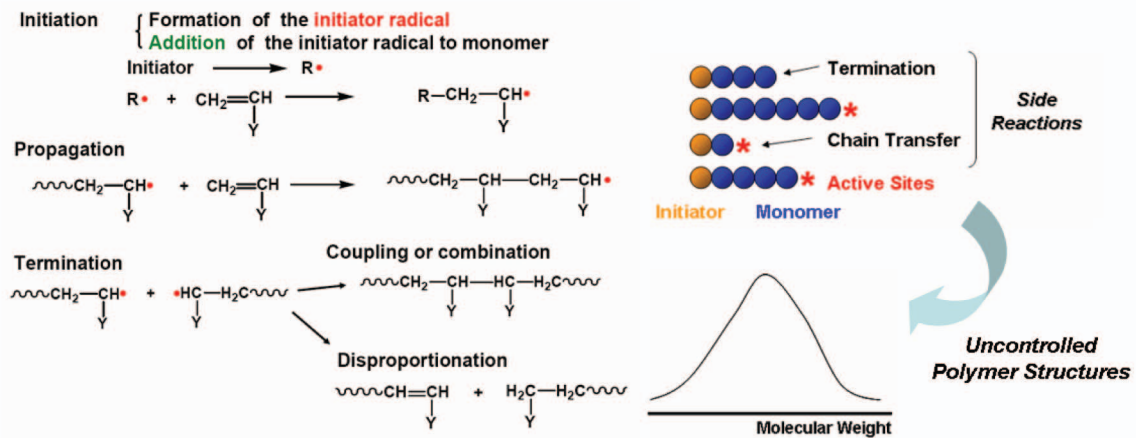


그림 1. 일반적인 라디칼 중합법의 중합기구와 얻어진 고분자의 분자량 분포도

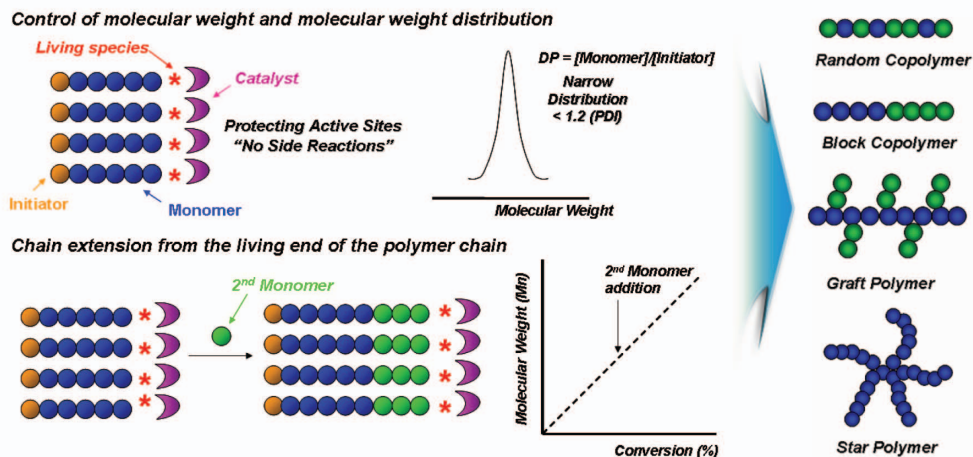


그림 2. 리빙 라디칼 중합법에 의한 분자량 및 분자량 분포의 제어와 이를 통한 화학적 조성 및 구조가 제어된 고분자의 합성

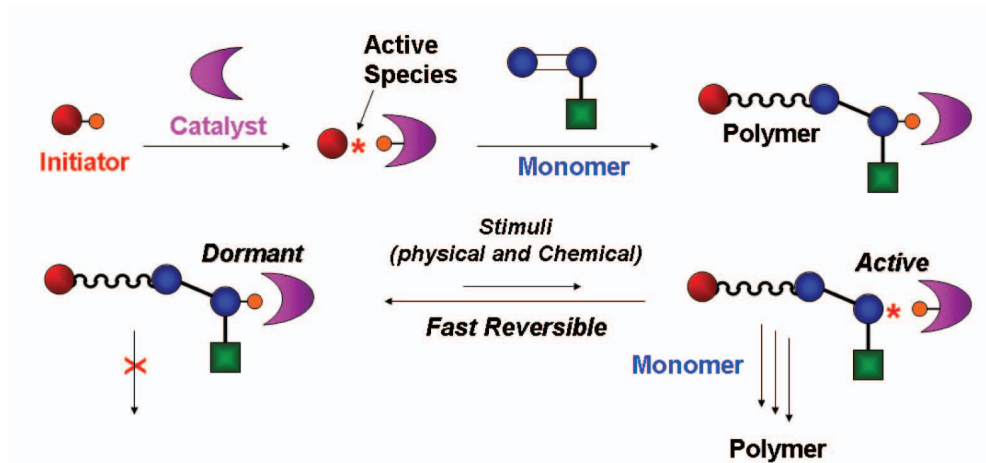


그림 3. 리빙 라디칼 중합법의 기본원리

한 공유결합중(dormant species,  $\sim\text{C-X}$ )으로 빠르고 가역적으로 변환시킬 수 있는 시스템을 구축해야 한다. 즉 대부분의 중합시간에서 고분자의 말단이 중합이 일어나지 않는 공유결합중을 형성하고 있다가 물리적 또는 화학적 외부자극에 의해 순간적으로 활성종을 형성시켜 단량체와 반응을 한 뒤(중합) 다시 안정한 공유결합중을 형성시킴으로써 전체적으로 부반응을 일으키는 라디칼 활성종의 농도를 감소시켜 중합을 제어할 수가 있다.

다양한 리빙 라디칼 중합법 중에서 특히 전이금속에 의한 리빙 라디칼 중합의 경우, 비교적 간단한 중합 시스템의 설계와 제어 가능한 단량체의 종류가 많아 현재 가장 활발히 연구되어지고 있는 중합법이다. 일반적으로 이 중합시스

템은 알킬 할라이드 계열의 개시제( $\text{R-X}$ )와 전이금속 촉매( $\text{M}^n$ ), 비닐 단량체( $\text{CH}_2=\text{CR}_1\text{R}_2$ )로 구성되어져 있으며, 전이금속이 일전자 산화반응을 통하여 개시제에 전자를 하나 줌으로써 개시제로부터 할로젠을 제거, 산화된 상태( $\text{M}^{n+1}\text{-X}$ )로 되면서 동시에 개시제의 말단에 라디칼( $\text{R}^*$ )을 생성시켜, 이 생성 라디칼이 단량체와 반응함으로써 중합 중간체인  $[\text{R}(\text{CH}_2\text{-CR}_1\text{R}_2)_n]^*$ 을 형성시킨다. 이 라디칼 말단을 갖는 중간중합체는 다시 매우 빠르게 산화된 상태의 전이금속과 반응하여 말단에 할로젠을 갖는 반응 중간체  $[\text{R}(\text{CH}_2\text{-CR}_1\text{R}_2)_n\text{-X}]$ 를 형성하며 전이금속은 환원된 상태( $\text{M}^n$ )로 돌아오며, 이러한 전이금속의 산화·환원과정이 가역적으로 매우 빠르게 진행됨으로써 라디칼의 농도를 감소시켜 중합이 제어되게

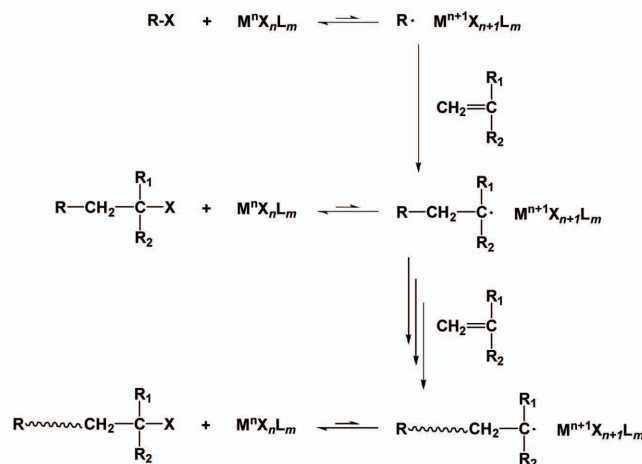
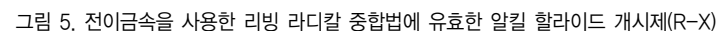


그림 4. 전이금속을 사용한 리빙 라디칼 중합법의 중합기구



<b>MMA</b>	<b>MA</b>	<b>BA</b>	<b>St</b>
<b>AN</b>	<b>DMS</b>	<b>NIPAM</b>	<b>VAc</b>
			<b>VC</b>

**Ru**

**Fe**

**Ni**

**Pd**

**Rh**

**Cu [X = Cl, Br]**

**Re**

**Mo**

## 5. 전이금속을 사용한 리빙 라디칼 중합법의 상용화 현황

Bulletin of Korean Chemical Science and Technology 27



가능한 극성그룹을 갖는 단량체 또는 용매에 있어서는 비교적 제한이 있으며, 사용한 금속촉매를 최종적으로 고분자와 분리하는 별도의 정제과정이 필요하기 때문에 환경적 및 경제적으로 제약이 따르는 단점이 있다. 이러한 부분은 전이금속을 사용한 리빙 라디칼 중합법의 상용화에 큰 제약이 되기 때문에 반드시 극복해야 한다. 이를 위하여 전이금속 촉매의 활성을 극대화시켜 극미량으로 중합을 제어함으로써 최종 고분자에 촉매 잔존량을 최소화시키는 방법이 개발되고 있다. 일반적으로 전이금속을 사용한 리빙 라디칼 중합법에서는 약 10-50 ppm 정도의 촉매 양이 필요하지만, 특정한 리간드를 사용한 CuBr/N,N,N',N'-tetrakis(2-pyridylmethyl)-ethylenediamine의 중합시스템의 경우, 약 6-8 ppm 정도의 촉매양에서도 Styrene, Acrylate, Methacrylate의 제어되는것으로 알려져 있으며, 또한 Ru 촉매시스템에 있어서도 Bis(tri-m-methylphenylphosphine)ruthenium(II)dichloride과 4-amino butyl alcohol을 첨가제로 사용한 시스템에 있어 약 5 ppm정도에서 MMA의 중합제어가 가능한것으로 보고되고 있다. 특히 Cu 촉매시스템(ATRP)에서는 최근에 상업적 응용 가능성이 높은 새로운 중합 시스템을 개발했는데, 기존 산화반응에 취약한 활성촉매인 CuBr 1가촉매 대신 산화에 안정한 CuBr<sub>2</sub> 2가촉매에 다양한 환원제를 도입시킴으로써 중합중 인시츄로 활성촉매인 CuBr를 발생시켜 중합을 제어하는 시스템을 개발하였다. 사용하는 환원제에 따라 ARGET (Activators ReGenerated by Eletron Transfer), ICAR (Initiators for Continuous Activator Regeneration)로 불리는 시스템으로써, 특히 ARGET에서 사용하는 환원제는 amines, sugars, ascorbic acid는 무독성으로써 저가의 환경 친화적으로 상업화에 매우 적합한 시스템으로 평가받고 있다. 특히 이 시스템에서는 그림 8에서와 같이 도입한 환원제로 인하여 약간의 산소의 존재 하에서도 중합이 지속적으로 가능하며, 또한 중합 중에 활성촉매인 CuBr가 계속적으로 재생되기 때문에 중합의 정지반응이 최소화된다. 따라서 얻어진 고분자의 촉매 함유량이 수~수십 ppm으로 매우 적기 때문에, 의약 및 식품, 전자재료 응용을 제외하고는 별도의 정제 없이 사용이 될 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 고효율의 촉매개발 외에도 중합후 중합용액으로부터 촉매의 분리를

쉽게 하기위하여 기존 전이금속의 배위자에 기능성 그룹을 도입하는 방법이 있다. 예를 들어 금속 촉매 배위자에 불용의 가교고분자 또는 실리카 입자를 담지시켜 불균일 상태로써 중합을 한 뒤, 중합 후 불용의 금속 담지촉매를 필터에 의해 제거함으로써 고순도의 고분자를 얻는 방법이 있다. 하지만, 불균일계 중합 시스템으로 인하여 단량체의 확산의 문제 등의 문제가 있어 얻어진 고분자는 기존 균일 촉매 시스템에 비하여 분자량 분포가 넓어짐을 알 수 있다. 이를 극복하기 위하여 리간드에 온도감응형 또는 친수성의 그룹을 도입시켜, 균일용액에서 중합 후 온도변화를 시켜 촉매를 불용화 시켜 여과를 통하여 제거하거나, 추출을 통하여 촉매를 제거하는 방법이 있는데, 상업적인 측면에서 단가가 높아지는 단점이 있기 때문에 적용에 어려움이 있다.

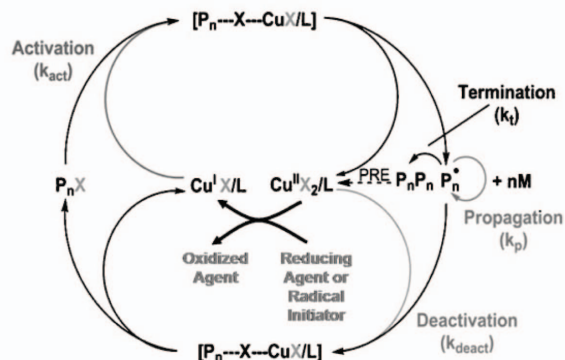
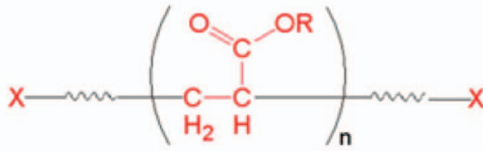


그림 8. Cu 촉매시스템을 사용한 ARGET 및 ICAR 중합시스템

상기에 기술한 바와 같이 전이금속을 사용한 리빙 라디칼 중합시스템은 상업화를 위하여 극복해야할 점이 많지만, 이미 몇 군데의 기업에서는 특정 소재에 있어서 규모는 작지만 상업화에 성공하였다. 특히, Cu 촉매시스템(ATRP)을 개발한 카네기멜론대의 K. Matyjaszewski 그룹에서 몇몇 화학기업과 컨소시움을 이루어 상업화를 위한 기술개발이 이루어져 PPG, Dionex, Ciba, Kaneka, Mitsubishi, WEP, ATRP solutions과 같은 주로 미국, 유럽, 일본의 화학업체와 ATRP 관련 라이선스 협정을 맺어 양산 규모의 몇 가지 소재를 선보이고 있다. PPG의 경우는 ATRP 개발초기부터 소규모로 주로 블록공중합체, 스타폴리머를 이용한, 점착증진제, 염료분산제, 표면개질제와 같은 코팅관련 소재를 선보였으며,



Low Polydispersity : PDI=1.1-1.6  
Variety of Molecular Weights : Mn=5,000-40,000

**Type-S**

Functional group X: dimethoxymethylsilyl group  
Curing mechanism: moisture

**Type-C**

Functional group X: acryloyl group  
Curing mechanism: radical by means of UV, EB and heat

그림 9. Kaneka에서 개발한 XMAP Telechelic Polymer

Kaneka의 경우, 처음으로 양산스케일로 Polyacrylate계열의 양쪽 말단이 기능화된 가교제를 개발, 젖음성이 우수하고 열 및 오일에 대한 저항성이 우수한 실란트, 접착제, 코팅제 등에 응용하고 있다(그림 9).

또한 카네기멜론의 Matyjaszewski 그룹을 기반으로 하여 설립한 ATRP solutions에서는 Cu 촉매를 기반으로 하는 다양한 기능성 개시제, 리간드, polystyrene-*b*-polyacrylic acid와 같은 기능성 블록공중합체를 개발, 판매하고 있으나, 아직까지 어는 특정분야에 대한 대량생산보다는 다양한 기능성 고분자를 통하여 새로운 분야를 찾고 있는 상황이기 때문에 해당 매출은 크지 않은 상황이다. 현재 Cu 촉매를 이용한 ATRP 관련 시약은 쉽게 구할 수 있기에 연구자의 개발에 따라 그 활용성이 더욱 커지리라 예상되며, 이에 따라 시장이 형성될 것으로 전망된다.

## 5. 결론

전이금속을 사용한 리빙 라디칼 중합법은 1990년대 중반 처음으로 개발된 이후, 급속하게 발전하여 현재는 비공역계의 단량체를 제외하고는 공역계의 극성 및 비극성 단량체의 중합제어가 가능한 중합 시스템이 속속 등장하고 있으며, 이를 통하여 조성이 제어된 블록, 랜덤 공중합체와 구조가 제어된 삼차원 고분자의 그래프트, 스타폴리머, 물성이 제어된 유무기 하이브리드 재료까지 다양한 종류의 소재가 이 중합법을 통해서 제조되고 있다. 또한 문제점으로 지적되었던 중합촉매의 제거에 있어서도 괄목한 만한 연구가 진행이 되어 상업화에 대한 기대가 크지만, 아직까지 소재 제조에 있어 비공역 단량체의 리빙중합 제어, 입체 규칙성 고분자

의 제조, 초 고분자량 합성의 어려움 등 아직까지 리빙 라디칼 중합법이 해결해야 할 문제가 많이 있기 때문에 향후 기술개발을 통하여 이러한 문제점 등이 조속히 해결되기를 기대하는 바이다.

### 참고문헌

- 1) Coates, G. W., Sawamoto, M., In Polymer Science: A Comprehensive Reference, K. Matyjaszewski, K., Möller, M. Eds.; Elsevier, 2012; Vol. 3, pp 377-429.
- 2) Destrarac, M., Macromol. React. Eng. 2010, 4, pp 165-179.
- 3) <http://www.cmu.edu/maty/crp/index.html>

### ..백 경 열 ..



1996	송실대학교 섬유공학과 (학사)
1999	Kyoto University 고분자화학과 (석사)
2002	Kyoto University 고분자화학과 (박사)
2002-2006	UC Berkeley 및 LBNL 박사후연구원
2006-현재	한국과학기술연구원(KIST) 책임연구원
2007-현재	과학기술연합대학원대학교(UST) 교수

# 고효율 무/유기 하이브리드 페로브스카이트 태양전지의 등장과 발전

노 준 흥 (한국화학연구원 그린화학소재연구본부 선임연구원)

석 상 일 (한국화학연구원 그린화학소재연구본부 책임연구원/성균관대학교 에너지과학과 교수)

## 1. 서론

청정하고 무한한 태양에너지를 이용하는 것은 인류의 에너지 공급 문제와 환경 보존 과제를 동시에 해결할 수 있는 가장 합리적인 수단으로 받아들여지고 있다. 태양에너지를 주어진 원래의 형태인 광이나 열의 형태로는 매우 오래 전부터 사용되어 왔지만, 현대의 문명을 영위하기 위해서는 보다 적극적인 형태로 활용하여 현재 화석연료에 치우친 에너지 사용의 형태를 변화 시킬 필요가 있다. 태양에너지를 가장 효율적이며 편리한 에너지인 전기에너지로 변환시키는 방법은 태양전지를 이용하는 것이다. 태양전지 기술은 지난 수십 여 년 동안 눈부신 발전을 이루어 왔지만 아직 화석연료로부터 전기에너지를 생산하는 화력발전과 비교하여 여전히 가격이 높은 문제점을 가지고 있다. 하지만 향후 온실 가스 배출 규제와 원자력 발전의 위험성을 고려하면 태양전지 기술의 개발은 필수적이라 말할 수 있겠다. 따라서 태양에너지를 보다 저가격으로 변환시킬 수 있는 태양전지 기술의 개발이 필요하다.

태양전지 기술은 다중 접합 태양전지, GaAs 기반 결정질 태양전지, Si 기반 결정질 태양전지, 무기 박막형 태양전지, 염료감응태양전지와 유기 태양전지와 같은 차세대 태양전지 등 다양한 종류로 개발 되어 왔다. 집광형 다중 접합 태양전지의 경우 44% 정도의 광전 변환 효율을 보이지만 그 제조 가격이 높아 상용화와는 거리가 먼 기술이다. 이와 반대로 염료감응 태양전지나 유기 태양전지와 같은 차세대 태양전지의 경우 그 제조 가격은 낮을 것이라 예상되지만, 발전

효율이 아직 10% 전후로 여전히 낮아 대규모적인 상용화에 어려움이 있다. 이처럼 태양전지 기술이 상용화되기 위해서는 높은 발전 효율과 낮은 제조 가격의 조건을 동시에 만족하여야만 한다.

현재 개발된 태양전지 기술로서 이 두 조건에 가장 부합하는 태양전지 기술은 결정질 실리콘 태양전지 기술이다. 결정질 실리콘 태양전지는 단위 셀 기준으로 25% 수준의 비교적 고효율을 보이며 최근 모듈 가격이 \$0.6/W 수준까지 낮아지면서 전체 태양전지 시장의 대부분을 점유하고 있다. 또한 CdTe 박막형 태양전지 역시 21% 수준의 단위 셀 효율을 보이며 최근 미국 First solar Co.에서는 \$0.5/W 수준의 모듈 제조를 발표하기도 하였다. 이 두 가지 타입의 태양전지가 전체 태양전지 시장을 점유하고 있는 실정이나 결정질의 실리콘 태양전지는 고순도로 정제하고 고품질의 결정을 성장시키기 위하여 고가의 설비가 필요하며, 박막형 태양전지의 경우 역시 진공 공정을 이용하여 고순도의 균일한 박막 제조가 중요하므로 고가의 설비가 필요하다. 이와 같이 무기 반도체에 기반한 태양전지는 제조공정의 복잡성과 높은 투자비 및 긴 밸류체인에 따라 더 이상의 가격 하락을 기대하기 어려운 상황이다. 이는 급속하게 설치량이 증가할 것으로 보이는 향후 태양전지 시장에 대응하기 위해서는 새로운 개념의 태양전지 기술의 개발이 요구됨을 의미한다. 다시 말해, 현재 상용화된 실리콘, CdTe 태양전지와 같은 고가의 설비와 복잡한 제조공정을 거치지 않고, 저가의 용액 코팅 공정을 통하여 고속이며 대량으로 고효율의 태양전지를 제조할 수 있는 기술이 하나의 대안이 될 수 있을 것이다.

최근 이러한 새로운 개념의 태양전지 기술로 평가 받아지는 태양전지 기술이 개발되어 큰 주목을 받고 있다. 무기물과 유기물이 혼합된 무/유기 하이브리드 할로겐화물을 이용한 태양전지가 바로 그것이다. 이 무유기 할로겐화물은 페로브스카이트라 불리는 결정 구조를 갖고 있어 이 태양전지를 소위 페로브스카이트 태양전지라 명명하고 있다. 본 기고문에서는 페로브스카이트 태양전지에 사용되는 무유기 하이브리드 할로겐화물과 이 신규 태양전지의 등장과 발전 및 최근 기술의 흐름에 대하여 본 필자들의 연구실에서 수행한 결과를 바탕으로 소개하고자 한다. 참고로 필자의 연구실은 현재 세계 최고 효율의 페로브스카이트 태양전지의 제조에 대하여 보고하여 왔다.

## 2. 본론

### 2.1. 페로브스카이트 구조의 무/유기 하이브리드 할로겐화물

필자의 연구실은 오랜 기간 동안 무기물과 유기물이 가진 각각의 장점을 결합한 소위 무-유기 하이브리드 소재에 기반한 다양한 응용 연구를 수행하여 왔다. 무기물의 경우 높은 내구성과 우수한 광전자적 특성(높은 전하 이동도, 높은 유전율, 투과율 등)을 갖고 있으며 유기물의 경우 저온에서의 용액 공정이 가능하다는 공정상의 편의성을 갖고 있다. 이 두 가지 특성을 서로 결합하여 기능성의 극대화와 공정의 용이성을 만족하는 연구를 수행하여 왔으며, 그 동안 금속의 내부식성 코팅제, 플라스틱의 내스래치성 코팅 등과 같이 단순한 표면 코팅제 뿐 만 아니라 평면광도파로형 광증폭용 소재, 고유전 혹은 저유전 소재에 대한 연구가 진행되었다. 최근에는 무기반도체 나노입자 혹은 양자점을 광흡수제로 사용하고 다공성 무기 광반도체와 전도성 고분자를 결합한 무유기 하이브리드 태양전지에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔으며, 이 분야에서도 세계 최고의 효율을 보고하여 오고 있다. 이에 더하여 동일한 연구 범위 속에서 무유기 하이브리드 페로브스카이트 소재를 태양전지에 적용하는 연구에서도 세계적으로도 선도적으로 진행되어 오고 있다.

페로브스카이트란 특정 결정 구조를 지칭하는 명칭으로, 러시아 광물학자 페로브스키가 발견한 티탄산 칼슘( $\text{CaTiO}_3$ )

의 구조를 그의 이름으로 지칭하는데서 유래되었다. 구체적으로, 그림 1에서와 같이 페로브스카이트 구조는  $\text{ABX}_3$ 라는 화학 조성식을 갖는 물질에서 상대적으로 이온 반경이 큰 A 양이온을  $\text{BX}_6$ 라는 8면체가 둘러싸인 구조를 형성하고 있다. 또한 이러한  $\text{BX}_6$  8면체는 모든 모서리가 연결된 3차원 망을 이루고 있으며 A 양이온은 인접한 12개의 X 음이온과 배위하게 된다. 이러한 페로브스카이트 구조를 갖는 산화물은 초전도체, 강유전체, 압전체, 연료전지 전극체 등의 물질들이 보고되어있고 많은 연구가 진행되어 왔다.

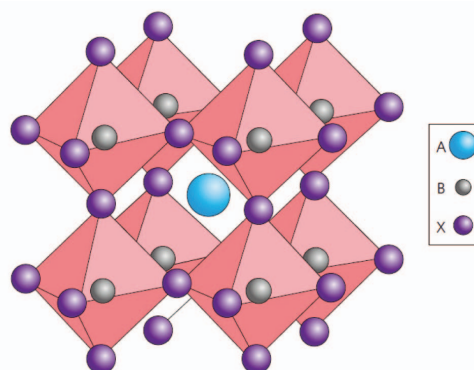


그림 1.  $\text{ABX}_3$  페로브스카이트 구조  
(출처: Nature Photonics 8, 506 (2014))

페로브스카이트 산화물과 달리 무유기 하이브리드 할로겐화물 페로브스카이트 물질은  $\text{ABX}_3$  조성에서 A 자리의 메틸암모늄 ( $\text{methylammonium}$ ,  $\text{CH}_3\text{NH}_3^+$ ) 혹은 폼아미디늄 ( $\text{formamidinium}$ ,  $\text{NH}_2\text{CH}=\text{NH}_2^+$ )와 같은 1가 유기 양이온과 B 자리의  $\text{Pb}^{2+}$  혹은  $\text{Sn}^{2+}$  같은 2가 양이온이 X 자리의  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ 와 같은 할로겐 음이온과 결합한 형태이다. 이 물질은 무유기 하이브리드 물질로서 예측 가능하듯이 저온에서 용액 공정이 가능한 장점을 갖고 있다. 또한 놀랍게도  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 와 같은 물질은 100도 아래의 저온에서도 결정상이 형성되는 특징을 갖고 있다. 저온에서도 높은 결정성을 가진 결정이 제조 가능하다는 것은 저온 용액 공정으로 고효율의 태양전지를 제작할 수 있다는 의미이기도 하다.

이 무/유기 하이브리드 할로겐화물은 또한 태양전지로 사용되기에도 몇 가지 장점을 갖고 있다. (1) 밴드갭이 1.2~2.3 eV로 태양전지로 사용하기 적절할 뿐만 아니라 음이온인 할로겐 종류를 바꾸거나 치환하는 매우 단순한 방법으로 밴드갭



제어가 가능하다는 점이다. (2) 광흡수 계수가 700 nm 파장에 서  $3 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ 이 될 정도로 상당히 높다. 이는 수백 나노 미터의 얇은 두께에서도 충분히 빛을 흡수 할 수 있어 태양전지 광흡수체로 적당하다. (3) 엑시톤의 결합 에너지가 대략 50 meV로 작아 자유 전하로 잘 분리 될 수 있다. (4) 유전율이 30 정도로 높아 전하 분리 수집이 용이하다. (5) ambipolar 전하 이동 특성으로 태양전지 설계에 자유도가 높다. (6) 전하의 trap site로 작용할 수 있는 결합의 농도가 작아 높은 전압이 가능하다. 이러한 장점들을 이용하여 페로브스카이트 태양전지는 급격한 효율 향상을 보이고 있다.

## 2.2. 페로브스카이트 태양전지

1970년대 후반에 발견된 무유기 하이브리드 할로겐화물 페로브스카이트 소재는 1990년대부터 용액 공정이 가능한 반도체 소재로서 연구가 진행되어온 물질이다. 이러한 페로브스카이트 소재를 태양전지의 광흡수체로 사용한 첫 보고는 2009년 일본 미야자카(Miyazaka) 교수 그룹의 발표였다. 당시 미야자카 교수 연구진은 기존의 염료감응태양전지의 염료를 대신하는 감응형 광흡수체로서  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 와  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ 의 페로브스카이트 할로겐화물을 사용하였다. 염료감응태양전지는 표면적이 넓은 다공성  $\text{TiO}_2$  막에 염료 분자를 흡착한 형태의 광흡수 층을 이용한다. 이 염료분자에서 광을 흡수하여 생성된 엑시톤이  $\text{TiO}_2$  표면에서 분리되고 전자가  $\text{TiO}_2$ 로 주입된다. 주입된 전자는  $\text{TiO}_2$  전극을 따라 외부 회로로 빠져나오게 된다. 이때 염료의 낮은 흡광계수로 인해 다공성  $\text{TiO}_2$ 의 두께를  $\sim 10 \mu\text{m}$  정도로 두껍게 제조해야 하며 이는 고상전해질을 사용하는 염료감응태양전지 구조의 낮은 효율의 원인이 되었다. 따라서 염료를 대체하는 높은 광흡수 계수를 갖는  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ,  $\text{PbS}$ ,  $\text{CdSe}$ 와 같은 무기물을 다공성  $\text{TiO}_2$  표면에 흡착하는 연구가 당시 활발히 진행 되었으며 이들 페로브스카이트 할로겐화물 역시 그 하나의 후보 물질로 볼 수 있었다. 국내의 성균관대학교 박남규 교수 연구팀도 동일한 소재와 구조의 태양전지에 대하여 제조 공정을 보다 정밀하게 제어하는 방법으로 2011년 태양전지의 효율을 6.5%로 향상 시킨 결과를 보고 하였다. 그러나 이 태양전지는 염료감응태양전지에서 사용하는 요오드 액체전해

질을 홀 전도체로 그대로 사용하여 태양전지를 제조하였기 때문에, 초기 효율은 높았으나, 페로브스카이트 물질이 액체 전해질에 의하여 바로 분해되어 안정성이 극히 낮아 실제 소자로의 활용 가능성이 미미하여 큰 주목을 받지 못하였다. 2012년 들어와 영국옥스포드 대학교의 헨리 스네이스 교수그룹과 미야자카 교수 그룹이 공동으로 고체염료감응 태양전지 구조에 페로브스카이트 소재를 적용한 연구가 진행되었고, 상기의 박남규 교수 그룹에서도 거의 동일한 구조로 페로브스카이트를 이용한 고체형 염료감응태양전지가 제조되었다. 이 두 그룹은 모두 Spiro-OMeTAD라는 기존의 염료감응태양전지의 고체형 정공 전달체로 사용되던 물질을 적용하여 각각 10.7%와 9.7%의 효율을 가진 태양전지를 제조하였다고 발표하였다. 앞서의 미야자카교수 그룹을 포함하여 이 두 그룹 모두 기존의 액상 혹은 고상 염료 감응태양전지의 구조와 원리를 그대로 이용한 소위 페로브스카이트 감응태양전지로 보고하였다.

한편, 본 필자의 연구실에서도 2012년 거의 유사한 시점에 페로브스카이트를 광흡수체로 사용한 무유기 하이브리드 태양전지가 제조되어 그 결과를 발표하였다. 그러나 필자의 연구실에서 제조한 무유기 하이브리드 태양전지는 비록 동일한 페로브스카이트 소재를 광흡수체로 상용하였으나, 그 구조와 동작원리 등이 앞서의 염료감응태양전지와 매우 다른 형태의 연구 결과를 보고하였다. 구체적으로 다공성  $\text{TiO}_2$ 의 기공을 페로브스카이트 물질로 모두 채우고 다공성  $\text{TiO}_2$  표면에 페로브스카이트 물질 막이 섬(island)형태로 존재하는 구조의 표면에 Polyarylamine (PTAA)라는 고분자 정공 전달 물질을 코팅한 형태의 소위 pillared 구조를 가지면서 박막형 태양전지와 유사하게 동작하는 새로운 태양전지 구조로 보고하였다. 본 필자의 연구실은 이러한 새롭게 제안한 태양전지 구조를 바탕으로 당시 12%의 세계 최고의 광전변환 효율을 보고하였다. 다시 말하여 본 필자의 연구실에서 개발한 태양전지는 그림 2에서 볼 수 있듯이 구조 상 정공을 전달하는 물질이 기공안으로 침투하지 못하는 구조 이므로 작동을 하기 위해서는 정공이 페로브스카이트 자신을 통해 이동해야만 한다. 이 작동원리는 앞선 감응형 태양전지 구조에서 단분자 Spiro-OMeTAD 물질이 기공으로 침투하여

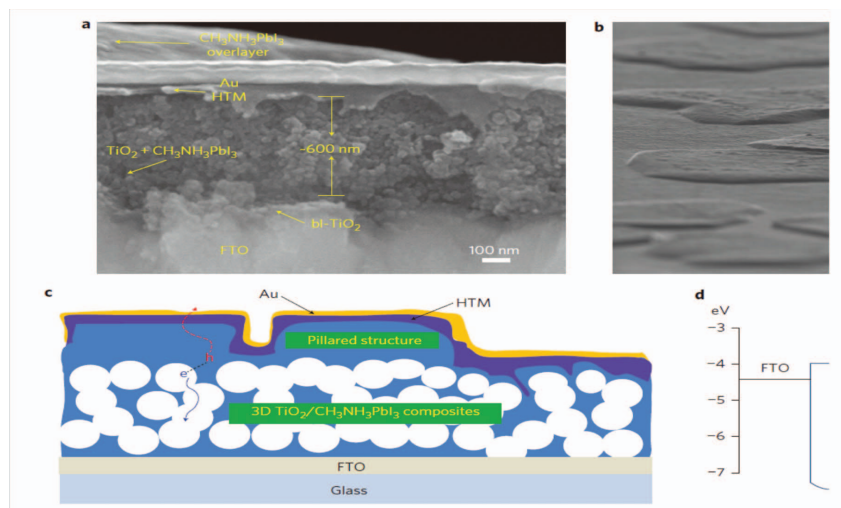


그림 2. 본 필자의 연구실에서 개발한 페로브스카이트 태양전지 구조. (a) 페로브스카이트 이종접합 태양전지 단면. (b)  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 이 코팅된 다공성  $\text{TiO}_2$  막 표면 SEM 이미지. (c) 소자 구조의 개략도. (d)  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ , HTM의 에너지 레벨 모식도 (출처: Nature Photonics 7, 486 (2013))

정공을 전달하는 역할을 하는 작동원리와 배치되는 결과로 새로운 태양전지 플랫폼 구조로 발표되었다. 페로브스카이트 물질은 전자와 정공 모두를 잘 전달 할 수 있는 ambipolar 특성을 갖고 있음이 확인된 결과로 이 후 페로브스카이트 박막을 치밀하게 제작하는 연구로 그 흐름이 이어졌다.

그 후 페로브스카이트 태양전지의 발전사는 페로브스카이트 막의 고품질화의 역사로 볼 수 있다. 그림 3은 페로브스카이트 박막을 제조하는 여러 방법을 보여준다. 무/유기 할로겐화물 페로브스카이트 물질은 앞서 언급한 바와 같이 그 결정화가 쉽고 빨라 100도 이하의 저온에서도 쉽게 결정상을 얻을 수 있다. 하지만 이 빠른 결정화 거동은 쉽게 제어하기 어려워 기판 상에 치밀한 막을 형성하기 어려운 걸림돌로 작용할 수 있다. 전자와 정공을 모두 잘 전달 할 수 있는 페로브스카이트 물질은 광흡수체 뿐만 아니라 전하 전달의 역할을 할 수 있지만 치밀한 박막이 제조되지 않을 경우 높은 광전 변환 효율을 기대할 수 없다. 그림 3a는 초기에 주로 사용하던 단일 단계 스핀 코팅 공정이다. 이 공정은 페로브스카이트 용액을 제조한 후 스핀 코팅으로 기판 상에 페로브스카이트 막을 형성하게 된다. 하지만 이때 페로브스카이트 물질의 빠른 자기조립 결정화 거동으로 치밀한 막이 형성되지 않는다. 2013년 스위스 로잔공대 (EPFL)의 그라첼 (Grazel) 교수 연구팀은 이를 개선하기 위해 그림 3 b에서

보는 바와 같이 2단계 공정 즉 “sequential deposition method”를 이용한 페로브스카이트 태양전지를 보고 하였다. 이 방법은 자기 조립 특성이 강해 치밀한 막을 형성할 수 없는  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  막을 용액 공정으로 바로 제작하는 대신에  $\text{PbI}_2$ 의 무기물 막을 일차적으로 치밀하게 형성한 후  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 가 녹아있는 용액에 침지하여 2차 반응을 통해  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  막을 형성하는 원리이다.  $\text{PbI}_2$  무기물 막은 비교적 용액공정으로 치밀하게 형성되므로 이 막과 반응하여 제조한 페로브스카이트 막은 당시 단일 스핀 공정 막에 비해 치밀하게 형성될 수 있었다. 이 방법을 통해 15%의 광전 변환 효율을 보고하였고 공인 효율로 14.1%를 보고하여, 본 필자의 연구실이 가진 최고 효율이 추월당하게 되었다.

유사한 시기 영국 옥스퍼드 대학의 스네이스 교수는 치밀한 페로브스카이트 박막을 제조하기 위하여 용액 공정이 아닌 진공 증발 증착법을 이용한 결과를 보고하였다.(그림 3 c) 용액 공정으로는 얻지 못하는 치밀하고 균일한 페로브스카이트 박막을 제조할 수 있었고 15.4%의 높은 광전 변환 효율을 보고하였다. 또한 미국 UCLA의 양(Yang)교수 그룹에서는 상기의 순차적 코팅 법을 수정한 방법으로 vapor-assisted solution process를 발표하였다.(그림 3 d) 이 방법은 앞선 그라첼 교수의 방법과 유사하나  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 와 반응을 용액 상에서 하지 않고  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$  증기를 이용한 것을 특징으로 한다. 최근

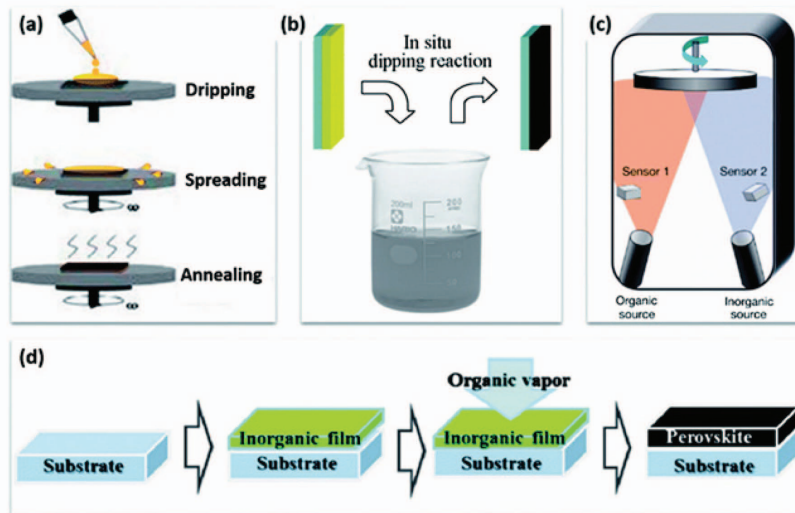


그림 3. 용매 공학 공정을 이용한 중간상으로부터 페로브스카이트 결정상 형성 과정 모식도 (출처: Nature Materials 13, 897 (2014))

에는 페로브스카이트 용액에 첨가물을 넣어 치밀한 막을 제조하기 위한 노력들이 이루어지고 있다.

### 2.3. 고효율 KRICT 페로브스카이트 태양전지

앞에서 언급한 바와 같이 균일하고 치밀한 페로브스카이트 막이 효율 향상에 매우 중요하다. 그러나 이러한 균일한 페로브스카이트 막을 제조하려는 많은 노력에도 불구하고 용액 공정을 통한 치밀한 페로브스카이트막의 제조는 쉽지 않았고 페로브스카이트 태양전지의 효율 역시 공인 효율 14.1%의 갭은 2013년 말에 이루어 졌다. 그 결과는 기존의 순차 반응 코팅, 기상 증착과 같은 상대적으로 복잡한 공정을 탈피한 소위 용매 공학법(solvent-engineering)이라는 새로운 방법으로 페로브스카이트 막을 균일하고 치밀하게 제조하여 태양전지를 제작한 본 연구 그룹에 의해 발표 되었다.

그림 4는 본 그룹에서 발표한 용매 공학법에 의한 균일한 페로브스카이트 박막 제조 공정도를 나타낸다. 기존의 페로브스카이트 박막 제조 방법은 페로브스카이트 용액을 단순 스핀 코팅하는 방법이었다. 하지만 용매 공학법 공정에서는 페로브스카이트 용액의 스핀 코팅 단계에 비용매인 톨루엔을 적하시켜 페로브스카이트 상이 아닌 다른 중간상의 형성을 유도하였다. 이때 비용매란 페로브스카이트 물질을 녹이지 않는 용매를 의미한다. 그림에서 볼 수 있듯이 톨루엔 적하 후 얻어진 막은 투명한 노란색의 막임을 알 수 있다. 이 막을 100도에서 열처리 하였을 경우 검정색의 막이 형성 되었다. X선 회절, 적외선 흡수, 원소 분석 등을 통하여 검정색 막은 순수한  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  단일 페로브스카이트 막임을 알 수 있었고 투명한 노란색의 막은  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I-PbI}_2\text{-DMSO}$ 가 같은 몰수로 결합되어있는 결정질의 중간상 상태임을 규명하였다.

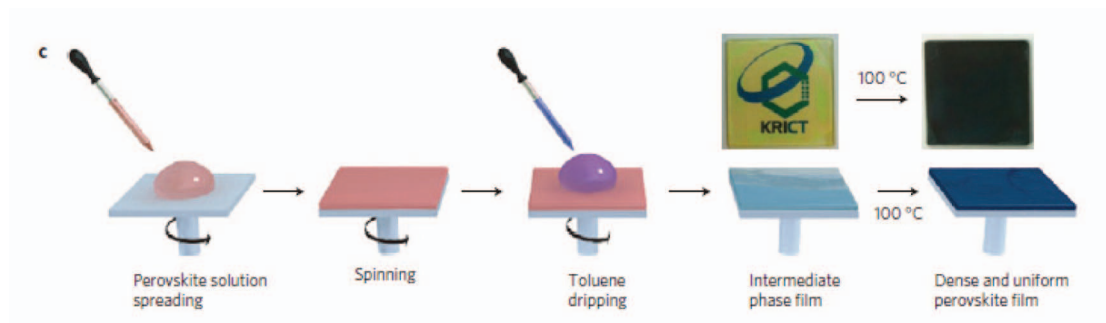


그림 4. 용매 공학을 통한 페로브스카이트 박막의 제조 공정도 (출처: Nature Materials 13, 897 (2014))

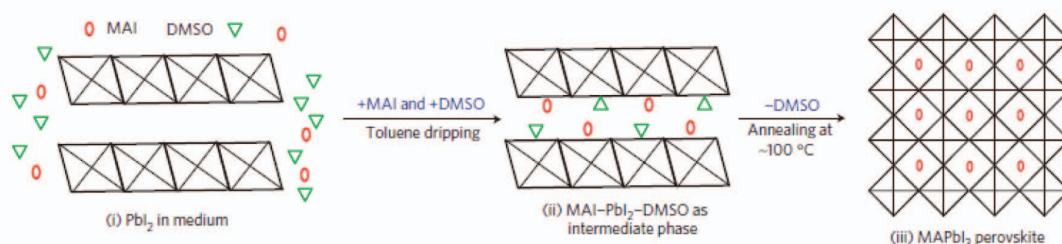


그림 5. 용매 공학 공정을 이용한 중간상으로부터 페로브스카이트 결정상 형성 과정 모식도 (출처: Nature Materials 13, 897 (2014))

DMSO는 dimethylsulfoxide의 약자로 본 실험에서 페로브스카이트 용액의 용매로 사용되었다.

이 결정 중간상은 현재까지 보고되지 않은 형태의 물질로 최초로 보고되었다.  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  페로브스카이트 상이  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ (MAI)와  $\text{PbI}_2$  두 물질의 결합으로 이루어진 결정상이라는 관점으로 보면 중간 결정상은 이 두 물질에 더해 DMSO라는 물질이 더 결합된 형태임을 알 수 있다. DMSO는 주로 용매로 사용되는 물질이나 비공유 전자쌍을 갖고 있어 결정상의 양이온과 약하게 결합할 수 있다. 특히  $\text{PbI}_2$ 라는 물질은 구조상  $[\text{PbI}_6]$  8면체가 edge-sharing으로 연결되어있는 층상 구조를 갖고 있다. 이 점을 착안하여 본 그룹에서는 그림 5와 같이 중간상 형성 및 페로브스카이트 상 형성에 관한 반응 기구를 제안하였다.

그림 5에서 볼 수 있듯,  $\text{PbI}_2$ 는 층상 구조를 갖고 있다. 이 구조에 MAI 단일 분자 중만이 결합 할 경우 바로  $\text{MAPbI}_3$ 의 페로브스카이트 결정상이 형성된다. 하지만 이 반응은 빠른 결정화 속도로 인해 제어가 어려워 균일한 박막을 제조하지 못하는 원인이 되었다. 본 그룹에서는 용매 공학 공정을 통해 층상 구조를 갖는  $\text{PbI}_2$ 의 층간에 MAI 뿐만 아니라 동시에 DMSO를 삽입시킬 수 있다. 이렇게 두 물질이 동시에 삽입될 경우 DMSO의 존재로 인해 바로  $\text{MAPbI}_3$  페로브스카이트 결정상으로의 상전이가 이뤄지지 않는다. 하지만 열처리를 통해 DMSO를 제거 할 경우 남아있는  $\text{PbI}_2$ 와 MAI가 반응하여  $\text{MAPbI}_3$  페로브스카이트 상이 형성된다. 이때, MAI- $\text{PbI}_2$ -DMSO 중간상의 막이 치밀하고 극도로 평탄하게 형성된 고체상이기 때문에 이 고체상에서 페로브스카이트 고체상으로 상전이가 일어나는 전환 과정으로 얻어진 최종  $\text{MAPbI}_3$  페로브스카이트 막 역시 치밀하고 평탄한 고품질의 막이 될

수 있다. 이렇게 규명된 원리를 바탕으로 Glass/FTO/bl- $\text{TiO}_2$ /mp- $\text{TiO}_2$ : $\text{MAPbI}_3$ /PTAA/Au의 다층 구조로 형성된 페로브스카이트 태양전지를 제조할 수 있었고, 그 결과 16.2 %의 인증 효율을 얻어 세계 최고 효율을 갱신하였다.

고효율 페로브스카이트 태양전지는 치밀하고 균일한 페로브스카이트 박막의 제조뿐만 아니라 초기에 제안한 신규 태양전지 플랫폼 구조와 페로브스카이트 조성의 정밀 제어로 제작되었으며 이를 바탕으로 현재 더 높은 인증 효율이며, 세계 최고인 17.9%, 20.1%의 효율을 가진 페로브스카이트 태양전지가 필자의 연구실에서 개발 되었다. 향후 보다 더 향상된 효율의 무유기 하이브리드 페로브스카이트 태양전지가 필자의 연구실에서 조만간 다시 실현될 것으로 생각한다.

### 3. 결론

최근 페로브스카이트 태양전지는 공식 인증 효율로 20.1%의 효율이 미국재생에너지연구소(NREL)에서 발표하는 태양전지 효율 차트에 기록되었다. 이처럼 급격하게 효율의 향상이 가능했던 중요한 요소 중에 하나는 치밀하고 균일한 페로브스카이트 박막을 제조하는 기술의 개발이다. 20% 수준의 광전 변환 효율은 기존의 박막형 태양전지의 효율과 비등한 수준의 효율이며 향후 더 효율이 향상될 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 기존의 결정질 실리콘, 박막형 태양전지 기술과 달리 페로브스카이트 태양전지는 용액공정으로 저온에서 가볍고 유연한 기판상에도 제작이 가능하기 때문에 상기 20%의 효율은 이 태양전지의 상용화를 위한 기술적 가치를 증명하는 수치로서 큰 의미가 있다고 볼 수 있다. 따라서 추후 대면적화, 안정성에 대한 결과가 뒷받침 된다면 고가의 초기 설비 투자를 필요치 않기 때문에 상용화가



급격히 이루어 질 것으로 기대된다. 본 필자의 연구실은 무 유기하이드리드 페로브스카이트 태양전지에 대한 세계적인 선두그룹의 하나로, 이 분야의 학문적인 기여뿐만 아니라 조기 상용화를 위한 대면적 모듈화 및 신뢰성 향상에도 기여를 하고자 한다.

### ..노 준 홍 ..



서울대학교 재료공학부 학사  
서울대학교 재료공학부 박사  
현재 한국화학연구원 선임연구원

### ..석 상 일 ..



경북대학교 화학과 학사  
서울대학교 무기재료공학과 박사  
코넬대학교, 재료공학과 박사후 연구원  
현재 한국화학연구원 책임연구원

# 흙, 비온 직후 공기와 풀 벤 냄새

진 정 일 (고려대학교 KU-KIST 융합대학원 석좌교수, 한국과학문화교육단체연합 회장)

우리는 살아 있는 동안 항상 어떤 종류의 냄새를 맡으며 지낸다. 한편 향긋한 꽃향기에서부터 누구나 싫어하는 오물 냄새에 이르기까지 냄새의 종류는 그야말로 무궁무진하다. 자연이 주는 냄새, 인간들의 식생활과 관계되는 냄새, 산업 활동이 배출하는 냄새, 여러 가지 화장품이 풍기는 냄새, 동물들의 배설물의 악취 등은 특히 우리들이 자주 부딪치는 냄새들이다.

이 다양한 냄새 중 우리들이 비교적 좋아하기는 하나 그 냄새들이 어디서 오는지는 잘 알지 못하는 세 가지 냄새가 있다. 소위 흙(토양) 냄새, 비 특히 비온 후의 공기냄새, 풀 깎을 때 날아오는 날(풀) 냄새가 그들이다. 이 글에서는 이들 냄새의 출처를 찾아본다.

## 1. 흙냄새



(출처: [http://dosinongup.blogspot.kr/2013/06/blog-post\\_5.html](http://dosinongup.blogspot.kr/2013/06/blog-post_5.html))

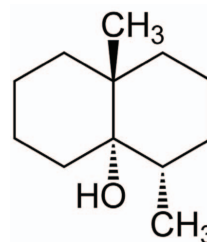
장시간을 선상에서 지낸 해양사들은 육지가 아직 눈에 들어오지 않더라도 육지로부터 불어오는 냄새를 통해 자기들의 입향이 가까워졌음을 느낀다고 한다. 그런가하면, 귀향

또는 귀농하는 사람들은 종종 고향의 냄새로 흙의 냄새를 맡아곤 한다. 분명 흙은 인간을 품어 안는 마음의 고향이며, 흙이 뿜어내는 열은 특유의 냄새가 그런 심혼을 일으키는 모양이다.

순수한 흙은 무기물로 우리들이 그 냄새를 맡지 못한다. 따라서 우리가 부르는 흙냄새는 흙 자체의 냄새가 아니고, 흙 속에 살고 있는 세균과 곰팡이들이 흙 속에 섞여 있는 유기물들을 분해하면서 만들어낸 냄새(휘발성)나 물질들 때문이다. 다시 말해 흙냄새는 흙 속에 살고 있는 미생물들의 작품이라는 의미다. 흙 1그램 중에 미생물이 자그마치 3천만 마리나 살고 있다며 '3천만 중생'이라는 표현을 쓴 이완주('흙을 알아야 농사가 산다.' (2002, 도서출판 들녘)의 저자)의 표현이 생각난다.

토양 속의 미생물들이 만들어내는 화합물로 우리가 흙냄새라 느끼는 화합물은 지오스민(geosmin)과 2-메틸이소보르네올(MIB)다. 이들 화합물의 특성을 차례로 살펴보자.

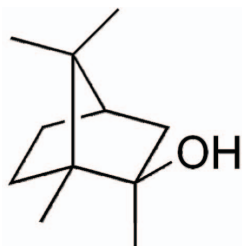
-지오스민: 지오스민의 화학구조는 아래와 같으며 데칼린의 유도체다. 이 화합물의 이름은 희랍어  $\lambda\epsilon\omega$ (geo, 흙, 토양)과  $\acute{o}\sigma\mu\eta$ (smin, 냄새)에서 유래했다. 지오스민은 그람 양성 박테리아인 스트렙토마이세스(방선균(放線



Geosmin 화학구조

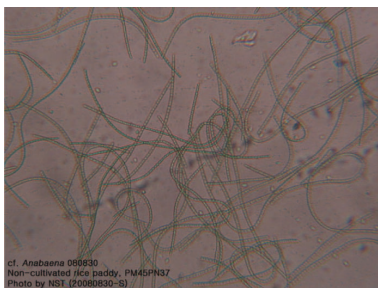
菌)의 일종으로 악티노마이세스목에 속함)에 의해 생산된다. 이 균은 토양 속의 거름(유기물)과 셀룰로오스를 분해하여 지오스민을 만들어 자기들 세포 속에 간직하다가 사멸할 때 방출한다. 사람의 코는 지오스민 냄새에 매우 민감하여 1조분의 5 농도도 탐지할 수 있을 정도다. 지오스민은 흙냄새의 주성분일 뿐 아니라, 민물고기(예컨대 잉어, 붕어, 메기 등)에서 나는 흙냄새의 주원인이다. 지오스민은 다음에 설명할 2-메틸이소보르네올과 결합해 지방질성 피부(껍질)와 근육조직에 농축된다. 지오스민은 산성에서 분해되기 때문에 식초를 민물고기 요리에 사용하면 흙냄새를 줄일 수 있다.

-2-메틸이소보르네올(MIB): 이 화합물도 두고리 화합물로 그 구조식은 아래와 같으며, 보르네올의 유도체로 볼 수 있다.



2-methylisoborneol 화학구조

이 화합물은 시아노박테리아의 일종인 아나배나(*Anabaena*, 남조류)에 의해 생산되며, 지오스민 등도 함께 만들어진다. 여기서도 이 시아노박테리아 박테리아가 사멸할 때 세포에 축적되었던 MIB를 방출한다. 인간의 후각은 이 화합물의 냄새(흙냄새)에도 매우 민감해 수 ppt(part-per-trillion, 일조분의 몇 정도) 범위에서도 그 냄새를 알아낸다. 마시는 물이 아주 소량의 MIB를 포함하고 있어도 우리는 그 냄새를 감지한다.



아나배나 (출처: <http://blog.naver.com/nstdaily?Redirect=Log&logNo=150035086595>)

재미난 사실은 이들 화합물이 쌍봉낙타들의 안녕과 생존에 중요한 역할을 한다는 점이다. 이 낙타들은 200리 떨어져 있는 수원지도 찾아갈 수 있다고 알려져 있다. 이들이 알아내는 냄새는 물 냄새가 아니라 젖은 흙의 냄새로 스트렙토마이세스가 방출하는 지오스민의 냄새다. 쌍봉낙타들은 이 냄새를 따라 오아시스를 찾아간다. 이 둘 사이에는 왜 이런 관계가 존재할까? 이런 설명이 있다. 즉 낙타가 물을 마실 때 스트렙토마이세스 포자와 접촉하게 되며, 이 포자들이 낙타가 여행하는 길을 따라 넓게 퍼진다는 논리다 즉 협조적 공생을 한다.

참고로 흙 속에 이로운 미생물이 잘 번식하도록 먹이(거름)를 풍부하게 해주고, 공기가 잘 통하고 수분도 알맞게 주면 작물도 잘 자란다. 이로운 미생물들은 토양의 pH가 6-8, 즉 중성에 가까우면 잘 자란다.

## 2. 우중(雨中)과 비온 후의 공기냄새

비온 후, 특히 오랜 건기 중 한바탕 쏟아진 소나기 후의 공기는 참으로 향기롭게 느껴진다. 그 훗훗하면서 잡힐 듯 말 듯 한 내음은 어디서 오는, 무슨 화합물들 때문일까?

지금으로부터 50여 년 전에 호주의 두 과학자, 베어(I. J. Bear)와 토마스(R. G. Thomas)는 네이처(1964, 201, 993-995)에 '점토질 냄새의 본질' (Nature of argillaceous odour)을 발표하면서 건조한 토양에 비가 올 때 나는 냄새를 페트리코르(petrichor)라 이름 붙였다. 그 후 종종 비온 후 공기의 좋은 냄새를 페트리코르라 부른다. 이 이름은 희랍어의 petros(돌(stone)을 뜻함)와 ichor(희랍신화 중 신의 혈관을 흐르는



(사진출처: 박용기 [http://www.hellodd.com/mobile/section\\_view.html?no=43131](http://www.hellodd.com/mobile/section_view.html?no=43131))

유체)의 복합어로, '긴 건조기후에서 첫 비가 내린 직후에 공기에서 느껴지는 특징적 향긋한 냄새'로 정의된다.

이 냄새는 한 근원지나 한 화합물에서 나오지 않으며, 지금까지 밝혀진 바로는 적어도 세 가지 다른 요인으로부터 공기 중으로 살포되는 화합물들이 함께 주는 냄새다. 그 근원의 첫째는 토양 속에 있는 박테리아, 두 번째는 식물들, 세 번째는 번개다. 이들은 모두 다른 화합물을 배출하며, 이들 화합물들은 각기 다른 냄새를 공급한다.

지오스민: 토양 중에서 수없이 많은 종류의 미생물이 살고 있으며 앞에서 이미 언급했듯이 스트렙토마이세스가 토양 속 영양분(유기물)을 분해하여 지오스민을 만든다. 비가 오면 이 지오스민을 공기 중으로 퍼지게 해 우리들이 그 냄새를 감지하게 된다. 위에서도 한차례 얘기했지만 우리 후각은 올림픽 수영장 200개 정도에 지오스민을 작게 한 숟가락만 큼만 풀어놓아도 그 냄새를 맡을 수 있을 정도로 민감하다. 이 미생물은 건조한 기후 또는 건기 중에는 토양에 포자를 생산하다가 비가 쏟아지면 이 포자들을 공기 중으로 밀어낸다. 공기 중 수분은 에어로졸(aerosol, 연무질(煙舞質))이 되어 포자의 확산을 돕는다. 호흡시 에어로졸은 쉽게 우리들 콧속으로 들어온다. 이 미생물은 전 세계에서 발견되며, 따라서 세계 어느 곳에 가든 소나기 후의 신선한 공기 내음을 맡게 된다.

- 휘발성 식물 오일: 일부 풀과 나무들은 식물성 오일 성분을 분비하고, 건기에 특히 이 기능이 활발해진다. 이들 기름 성분들 중에는 씨앗의 발아를 막기도 하고, 또 식물이 수분을 잃지 않게 잎 표면에 피막을 만들기도 한다. 물론 일부는 식물 주위의 바위나 흙에 축적된다. 비가 오면 이 오일성분들 중 특히 휘발성인 성분들이 수분과 섞여 공기 중에 날아다니게 된다. 이들 성분들은 물과 잘 섞이지 않는 소수성을 지닌다. 따라서 지오스민과 쉽게 섞여 우리가 느끼는 냄새를 준다. 일부 식물유(기름)는 식물성 향유로 사람들의 애호품이 되고 있다.

-오존: 공기 중의 오존도 신선한 공기 냄새의 원인이 된다. 일부 공공장소에 있는 공기 청정기 중에 오존 발생기가 가끔 눈에 뜨인다. 공기 중에는 매우 낮은 수준의 오존이 존재하지만 특히 뇌우(雷雨) 직후에는 번개방전 때문에 공기 중에

오존의 양이 증가한다. 번개는 공기 중의 산소와 질소의 반응으로부터 산화질소(NO)를 만들고, 이 화합물은 산소 등과 반응해 오존을 만든다. 때때로 폭풍이 도달하기 전에 오존(마늘 또는 염소 냄새)의 냄새를 감지할 수 있다.

-산성비: 특히 공기오염이 큰 도시에는 산성비가 내리기 쉽다. 산성비가 공기 및 토양 중의 여러 가지 유기화합물질과 반응해 방향성 화합물을 만든다. 물론 이 중에는 역겨운 냄새를 지니는 화합물도 섞여 있다. 일부는 가솔린과 관계되는 화합물들이다.

물론 비가 공기 중의 부유물을 제거해 공기를 깨끗이 해주는 역할도 한다. 따라서 소나기 후 우리 콧속에 들어오는 공기는 맑게 느껴진다. 참고로 비온 후 공기 속에서 2-이소프로필-3-메톡시-피라진이라는 화합물이 분리되었다는 보고가 있으며, 이 화합물은 비온 후의 신선한 향기로움과 유사한 냄새를 준다.

### 3. 갓 자른 풀냄새

공원을 걷는 중 향기로운 풀냄새가 불어오는 쪽을 찾아본다. 저 건너편에서 풀을 베는 기계가 잔디를 깎고 있다. 평소에는 별로 특수한 냄새를 느낄 수 없던 잔디가 왜 뽕 때는 그렇게도 싱그러운 풋내를 쏟아낼까? 자를 필요도 없이 집에서 키우고 있는 허브(향초) 잎들을 손으로 살짝 건드리기만 해도 그 특수한 향을 주는 휘발성분이 손에 잔뜩 묻는다.

녹색 식물의 잎이 발산하는 휘발성 물질들을 흔히 GLVs(Green Leaf Volatiles)라 부른다. 이들은 정상적인 잎이나 풀이 지속적으로 방출하지만 평소 때는 그 양이 적다가, 상처를 받거나 잘게 갈리면 그 방출량이 크게 증가한다.

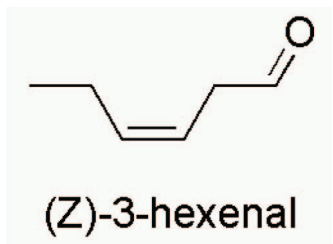


(사진출처: <http://www.mungyeong.net/coding/news.aspx/2/1/2195>)



왜 잘릴 때는 더 많이 생길까? 그때 어떤 화합물들이 생길까?  
이들 화합물은 어떤 역할 또는 기능을 할까?

자른 풀은 아세톤, 에탄올, 아세트알데히드 등 비교적 분자량이 낮은, 즉 휘발성이 매우 큰 화합물들도 방출하지만, 분자식에 탄소를 6개 지니는 6-탄소 알데히드, 알코올, 에스테르 등이 가장 흔하다. 풀 베는 기계가 풀을 깎기 시작하면, 상처받은 풀이 지니고 있던 효소들이 지방과 인지질을 분해하여 리놀렌산과 리놀레산을 만든다. 이들은 다시 산화된 후



분해되어 6-탄소 화합물들을 만들면서 풀냄새를 풍긴다. 대표적인 6-탄소 화합물은 (Z)-3-헥센알이다.

(Z)-3-헥센알은 환원되어 (Z)-3-헥센올이 되고, 아세틸화되어 초산 (Z)-3-헥센알이 된다. 한편 (Z)-3-헥센알이 (E)-2-헥센알로 이성질화된 후 4-히드록시-(E)-2-헥센알과 4-옥소-(E)-2-헥센알로 산화된다. 인간 후각은 (Z)-3-헥센알의 냄새에 어찌나 민감한지 10억분의 0.25도 감지한다. (E)-2-헥센알은 흔히 잎알데히드(leaf aldehyde)라 부른다. 이 두 화합물은 공업적으로 생산되어 향료와 식물 산업에 사용되고 있다.

식물들이 상처를 받으면 이런 화합물들을 왜 만드는데에 관해서는 여러 가지 설명이 있다. 동물들이 스트레스를 받으면 체내에서 스트레스 화합물들이 만들어지듯 식물들도 스트레스에 감응해 위에서 언급한 여러 화합물들을 만든다는 쉬운 설명이 있다. 그러나 그보다는 식물들이 상처받은 곳에 해충, 균, 박테리아의 공격과 침입을 막기 위해 이들 화합물들을 배출한다는 연구결과가 더 수긍이 간다. 상처가 속히 (Z)-3-헥센알을 만드는 또 다른 까닭은 일부 초식동물로부터 자신을 보호하려는 의도에서다. 초식동물 중에는 이 냄새를 별로 좋아하지 않는 동물도 있기 때문이다.

또 이들 화합물들이 정보화합물(infochemical)로 이웃 식물들에게 곤충의 침입들을 알려주는 역할을 한다는 주장도 있다. 곤충(예컨대 개미 등)의 페로몬에 상응하는 기능을 가진다는 설명이다. 또 재미있는 기능으로 (Z)-2-헥센올이 기생

장수말벌이 숙주 채식동물이 어디에 있는지 알아내게 한다는 보고도 있다. 일본 야마구치 대학의 마쯔이(Kenji Matsui) 등은 2012년에 GLVs가 식물에서 만들어지는 메커니즘에 관해 심도 깊은 연구를 발표한 바 있다. 이들 연구에 따르면 풀잎은 갈았을 때>상처를 주었을 때>원상태 순서로 GLVs가 방출되었다. 한 예에서 (Z)-3-헥센알이 각 경우 1460>233>215 (nmolg/화학식량) 만큼씩 배출되었다.

## 4. 글을 맺으며

자른 풀냄새가 우리의 기분을 상쾌하게 하는 좋은 일만 하지는 않는다. GLVs가 공기오염을 일으켜 사람들에게 해를 준다는 주장이 꽤 설득력을 얻고 있다. 즉 일부 GLVs는 공기 중에 있는 질소산화물(자동차 엔진에서 질소와 산소가 반응해 생기는 유해 기체들이다.)과 반응해 지상에 오존을 만들 뿐만 아니라, GLVs 자체들이 온실가스 노릇을 한다는 보고가 일부 눈에 띄인다. 더구나 자른 잔디들이 잔디밭에서 마르는 동안 10배 이상의 GLVs를 발생시킨다는 보고도 있어 풀 깎기에 얼굴을 찡그리는 일까지 벌어지고 있다. 그러나 점점 초식을 즐기는 인구가 늘어나고 있으며, 초식동물 또한 풀을 먹고 살아야 하는 현실에서 식물들이 상처를 받거나 먹힐 때 발생하는 GLVs를 막을 수는 없지 않은가? 오늘도 다가오는 풀 향기를 즐기고, 질푸른 야채로부터 싱싱한 건강을 얻자.

## 대한민국(조선)의 세라미스트로부터 전수받은 기술로 국력을 키워 대한민국을 침략·식민통치하고 또 끝없이 고통을 안겨주고 있는 일본!

〈세라믹과학기술의 발전과정/한·일간의 세라믹 기술 전쟁: 일본은 대한민국(조선)의 세라미스트들로부터 전수받은 세라믹기술로 국력을 키워 대한민국(조선)을 멸망시키고 식민지로 삼았다/일본으로 데려간 세라미스트와 조선인들의 비참한 삶/대한민국과 일본의 노벨과학상 비교/임진왜란의 반성과 대비책인 징비록/일본의 침략과 전범 추적·조사 필요/일본의 집단주의(대화혼)·침략주의의 인류학적 해석/예언자의 나라 소강국 이스라엘과 대한민국의 미래〉  
- “역사를 잊은 민족에게 미래는 없다” 〈단재 신채호〉 -

[한·일 관계에 장밋빛 미래는 기대할 수 있을까?]

이 홍 림 (연세대학교 명예교수)

### 1. 도자기 제조 기술로부터 오늘날 첨단 과학 기술로 발전

#### (1) 인류의 문명을 뒷받침해준 세라믹 기술

인류가 불을 사용하면서부터 흙에 열을 가하여 그릇 형태의 도자기를 만들고 음식을 도자기에 담아서 먹고 여가를 즐기는 것이 그 당대 최고의 문화생활이었을 것이다. 차츰 생활에 여유가 생기면서 꽃병을 만들어 꽃을 꺾어서 꽂아두는 등 생활주변을 아름답게 꾸미는 장식품들을 제조하기에 이르게 되어 점점 더 여유로운 문화생활을 즐기게 되고, 보석 등의 장신구를 만들어낼 수도 있게 되었으며, 마침내 현대문명을 일으키는 시멘트와 내화물, 유리, 타일 등의 세라믹 제품을 제조하게 되고, 철강을 제조하여 무기를 생산하기에 이른 것이다. 오늘에 와서는 전기·전자·통신 등의 첨단 과학기술을 이용하는 제품을 제조하기에 이르고 있다.

인간은 오감의 법칙(五感法則)에 따라 문화생활을 즐긴다. 따라서 인간의 문화는 오감의 법칙에 따라서 발전한다고 보는 것이 옳을 것이다.

인간의 5대 감각인 오감(五感) 즉, 대뇌에서의 신경밀도가 높은 것에서부터 낮은 것으로 적어보면, 시각·청각·미각·후각·촉각의 순이 된다. 이것은 신경밀도가 높은 감각에서부터 낮은 감각으로 가는 일종의 ‘진화 법칙’과 같은 것이다. 즉, 생활이 풍족해지면 인간은 눈과 귀를 통해 만족하는 단계에서 혀를 만족시키려 하게 되고 나중에는

냄새, 그리고 만져보거나 피부로 접촉하여 느끼는 데 집착하게 된다. 이유는 간단하다. 신경밀도가 높을수록 자각에 민감하므로 쉽게 만족하기 때문이다.

생활이 넉넉하지 못한 경우의 오락이라면 주로 눈과 귀를 통해 즐기는 것들이다. 독서·만화·게임·영화·TV 등이 그것이다. 그리고 그것들은 쉽게 복제하고 대량생산할 수 있게 되었다. 미각을 만족시키는 상품을 최근에는 대량생산이 가능해지기는 했지만 진짜로 맛있는 것을 먹으려면 일류 요리사가 있는 고급식당에 가야 한다. 그러면 돈도 많이 든다. 냄새로 만족을 얻는 데에는 돈이 더 많이 든다. 향수 ‘샤넬 5번’은 돈이 더 많이 들고, 살갗에 닿는 느낌을 만족시키려면 돈이 더 많이 든다. 다시 말하면 오감에 의한 만족은 시각·청각·미각·후각·촉각의 순으로 고급화되며, 그것은 국가 사회나 개인이 풍요해지는 정도에 따라 발달하는 분야이다.

그래서 오늘날에 와서는 오감을 골고루 즐겁게 하는 전자 기기의 제품 제조를 비롯한 정보·통신 기술을 발전시키는 데 가장 필요한 세라믹스를 비롯한 기능성 소재를 활용하는 과학·기술이 매우 중요한 역할을 담당하기에 이른 것이다.

#### (2) 세라믹과학기술에 특별한 재능을 발휘한 대한민국의 세라미스트들

우리나라의 도자기 제조 기술자들은 도공, 자기장, 사기장 등으로 불렸는데, 오늘날에는 모든 세라믹 제품을 만드는

전문가와 세라믹 관련 학문을 하는 전문가들을 우리는 모두 통틀어 세라미스트(ceramist)라고 부르고 있다.

세라믹 제품들 중에서 우리 대한민국 국민의 창의성을 드러낸 가장 대표적인 것을 든다면 고려청자와 조선백자일 것이다. 처음에는 중국으로부터 전래된 것이 많지만, 우리나라의 도자기는 우리나라의 고유한 특색을 가진 특별한 아름다움을 자랑하고 있어서, 우리나라 세라미스트들의 기술적·예술적인 독창성은 세계적으로 높이 평가받고 있다. 오늘날에는 도자기 제조 기술에서 시작하여 세라믹스의 기능성을 활용한 세라믹 과학기술에 힘입어 세계적인 기업으로 성장한 삼성과 LG 등의 국내 기업들이 세계를 리드하고 있고, 그 외에도 수많은 국내 기업들이 대한민국의 국력을 떠받치고 있다. 비록 그 규모에 있어서 작은 기업들이라고 해도 꾸준히 우리나라 산업을 주도해 나가고 있다. 이것은 한국인이 고대로부터 세라믹과학기술을 비롯하여 예술과 인문학에 대한 특별한 재능이 있는 것에 기인되는 것이라고 볼 수 있을 것이다.

## 2. 일본은 대한민국(조선)의 세라미스트로부터 전수받은 '세라믹 기술'을 바탕으로 국력을 키워 대한민국을 멸망시키고 식민지화했다 <집요한 일본, 방심한 대한민국>

-임진왜란 때 강제로 잡혀간 2만 여명의 대한민국(조선)의 세라미스트(도공)들이 일본의 도자기 제조 기술을 획기적으로 발전시켜서 일본의 명성과 일본 도자기의 명성을 세계적으로 높여주었다-

### ① 대한민국(조선)의 세라믹 기술과 세라미스트를 탐낸 도요토미 히데요시(豊臣秀吉)

-일본은 조선의 세라미스트들을 강제로 데려가서 통째로 세라믹 기술을 전수받다-

기원전부터 우리나라 세라미스트(도자기 기술자)들이 일본(왜(倭))에 가서 당대 최고의 기술이었던 도자기 제조 기술을 전하고 문화를 전해준 것은 이웃나라 일본에 대해 유익한 영향을 주었다는 것을 의미하고 있는 것이다. 이것은 또한 우리나라의 선조들은 세라믹 과학기술에 특별한 재능을 가지고 있었기 때문인 것이다. 그러기에 도요토미 히데요시(豊臣秀吉)와 같은 일본의 야심만만한 통치자는 우리나라의

도자기 제조 기술을 정상적인 방법으로 순차적으로 배우기 보다는 단번에 그것도 통째로 약탈하는 방법을 택했던 것이다. 그는 임진왜란(壬辰倭亂)을 일으켜서 1592년~1598년의 7년 동안이나 30만 이상의 왜군을 동원하여 우리나라 전국을 살살이 뒤흔들면서 2만 명이 넘는 도공들을 찾아 해매었던 것이다. 강제로 데려간 세라미스트들을 도조(陶祖)[도자기(陶磁器)의 신(神)]라고 받들어 모시면서 도자기 제조 기술을 발전시켜 마침내 일본에 도자기 제조 기술을 전해주던 조선의 기술을 오히려 앞지르게 된다. 이처럼 일본이 조선시대의 도자기 제조 기술자(도공, ceramist)들을 모두 사로잡아가고, 조선을 황폐화시켰기 때문에 조선의 도자기 제조 기술은 오히려 후퇴할 수밖에 없는 지경이 되어버렸으며, 유능한 세라미스트들을 빼앗겨버린 조선은 17세기에 이르자 마침내 도자기 제조 기술이 일본에게 역전 당하고 만다.

### ② 조선의 세라미스트들이 제조한 일본 도자기가 17세기 유럽에서 명성을 떨치다

-고국에서 천민으로 천대받던 조선의 세라미스트들은 끌려간 일본 땅에서 만든 일본 도자기를 통해 고국의 명예를 간접적으로 드높일 수 있었다-

-일본은 조선으로부터 전수받은 세라믹 기술로 국력을 키워 조선을 침략하여 멸망시켰다-

임진왜란 때 일본으로 잡혀간 이삼평을 대표로 하는 조선의 도공(세라미스트)들은 아리타(有田)에서 도자기를 제조하기 시작하였다. 에도시대 초기 나베시마 번주가 조선의 도공들에게 고급 도자기를 제조하도록 채촉하면서, 도자기 제조 기술이 새어나가지 않도록 하기 위해 아리타로부터 사방이 높은 산으로 둘러싸인 깊은 산골의 이마리(伊万里)로 옮기고 험한 산세를 이용하여 엄중하게 감시하였다. 에도 시대에 아리타와 이마리에서 제조되는 도자기는 이마리 항을 통해 유럽으로 수출되었으므로, 일본 도자기의 대명사 아리타(有田) 야키는 이마리(伊万里) 야키라는 이름을 얻게 된다.

17세기 일본은 조선의 세라미스트들이 만들어낸 도자기를 네덜란드의 동인도회사를 통해서 유럽으로 진출하게 되어 이마리(伊万里)야키라는 이름의 일본 도자기는 유럽에서 명성을 얻게 된다. 이때부터 일본의 도자기 제조 기술은 한층 더 급속도로 발전하게 된다.

일본은 임진왜란을 일으켜 조선(대한민국)으로부터 세라믹 제조 기술자들을 연행하여 가서 조선의 도자기 제조 기술을 황폐화시키고 일본의 도자기 제조 기술을 획기적으로 발전시킴으로써 조선의 도자기 제조 기술을 앞지르게 된 것이다.

일본은 고급 도자기 생산을 위해 고온 기술을 발전시키고 이에 따른 내화물·유리·시멘트·타일 등의 제조를 비롯한 요업제품(세라믹스)의 제조가 가능해짐에 따라 이를 바탕으로 제철제강을 중심으로 하는 중공업이 발전하게 되었다. 또 이에 따라 무기 제조가 가능하게 됨으로써, 또다시 조선을 침략하여 이번에는 조선을 멸망시켜 식민지화 하게 된다.

이후 또다시 전자재료 등 세라믹스의 기능성을 활용한 세라믹 제품을 생산하게 되어 IT 산업을 발전시킴으로써 오늘날에는 세라믹 분야에서 세계 최강국으로 부상하게 된 것이다.

따라서 우리나라와 일본 사이에는 세라믹 산업이 흥한 쪽은 국력이 강해지고, 세라믹 산업이 약한 쪽은 국력이 약해진 것을 알 수 있다. 조선시대 중기까지는 대한민국이 도자기 생산 기술이 일본보다 우세하여 일본을 가르치고 영향을 주었으나, 임진왜란 때 조선의 세라미스트들이 모두 일본군에게 잡혀가서 세라믹 기술이 역전되어 일본은 도자기를 비롯한 세라믹 기술과 산업이 번성하게 되자 일본이 부강하게 되어 우리나라를 침략하여 멸망시키고 식민지 통치를 하는 지경에 이르고 말았다.

### 3. 임진왜란 중에도 살아남은 조선 백자의 아름다움

**-조선백자의 아름다움 속에 대한민국 세라미스트들의 슬픈 한이 서려있다-**

그림 1에 보인 청화백자는 중국 원대(元代, 1271~1368)에 처음 만들어졌고 명대(明代, 1368~1644)에 유럽으로 수출되었다. 조선 청화백자의 등장은 15세기 무렵이다. 중국 청화를 바탕으로 하면서도 조선 특유의 표현으로 독자적 면모를 과시하고 있다.<sup>1)</sup>

만일 우리나라가 강해서 임진왜란을 겪지 않고 또한 우리가 서양에 일찍 눈을 돌려 근대화를 이루었더라면, 우리의



그림 1. '운현(雲峴)'이라 쓰인 19세기 영지 닝쿨무늬 병. 임진왜란에서 살아남은 조선의 세라미스트들이 제조하여 조선 말기 왕실에서 사용한 청화백자는 일반과는 구별되는 장식·표현으로 수준과 품격을 유지하고 있다. (국립중앙박물관 제공)

세라미스트들이 우리나라에서 만든 아름다운 조선의 백자가 유럽과 세계를 석권했을 것이다. 그러나 조선의 세라미스트들은 일본으로 잡혀가서 일본 도자기를 발전시켰고, 일본 도자기의 명성을 세계에 떨치게 한 것이다. 그러나 우리 대한민국의 세라미스트들은 끌려간 일본 땅에서 만든 일본 도자기를 통해서 대한민국의 우수성과 명예를 간접적으로 높였던 것이다. 우리나라 세라미스트들의 재능과 기술력은 앞섰지만, 국내의 정치적 여건이 따라주지 못한 결과라고 말할 수 있는 대목이다.

오늘날 우리는 이처럼 조선백자의 아름다움 속에 우리 세라미스트들의 한이 서려 있는 슬픈 역사를 읽어내어야만 하는 것이다.

### 4. 일본으로 잡혀간 세라미스트와 조선인들의 비참한 삶

**-일본 때문에 비참하게 살아가는 재일 한국인들을 일본은 왜 증오하며 혐한(嫌韓)시위를 벌이는가? 또한 일본의 통치자들은 왜 대한민국을 증오하는가? 일본은 이러면 안 되는 것이다. 이것은 일본의 치부이자 아킬레스건-**

임진왜란 때 일본으로 잡혀간 우리 조상들 중에서 소수의 세라미스트들은 대우를 받았지만, 대부분은 비참하게 살면서 일본에 정착하여 대를 이어 무명의 일본인으로 살아오고 있다. 임진왜란 당시 일본은 우리나라 사람들을 잡아가서

<sup>1)</sup> 조선일보, 2014. 9. 30.



노예처럼 부렸으며, 또 실제로 다른 나라에 노예로 팔아넘겼던 것이다.

그것은 ‘임진왜란’ 때 일본이 많은 왜병들을 조선에 보내어 일본 농민들이 부족하게 되자 조선인들을 일본의 농촌으로 데려가서 농사일을 시켰던 것이다. 그리고 너무 많은 조선인들을 끌고 가서 세계 노예시장에 팔아넘겼기 때문에 노예시장의 가격이 폭락했다고 한다.<sup>2)</sup>

또 일본 제국주의 침략전쟁에도 일본인만으로는 부족하여 많은 조선인들을 강제징용으로 데려가서 힘든 노동을 시켰으며, 나중에는 일본군으로 강제 징병하여 전쟁터에서 싸우다 죽게 하였다.

또한 일제는 조선을 식민지화하고 토지조사사업을 실시하여 농민 대다수를 소작농으로 전락시켜 일본 본토의 쌀 부족 문제를 해결하기 위해 산미증식계획(産米増殖計畫)(일제가 조선을 일본의 식량공급지로 만들기 위해 시행한 농업정책)을 실시하여 우리 농촌을 황폐화시켜버렸기 때문에 식량 부족으로 배고파 허덕이던 조선인들은 살아가기 위해 고향을 떠나 북간도 등으로 떠돌아 다녔으며, 일본으로도 많이 건너가게 되었던 것이다.

이렇게 국내에서 쌀농사를 지어 일본으로 보내고 식량이 부족하게 되자 먹고 살기 위해 일본으로 간 후손들 중에서 많은 사람들이 아직도 일본에서 한국인 디아스포라(diaspora, 외국에 흩어져 살고 있는 한국인들)로 살고 있으며, 일본 특유의 따돌림 속에서 차별을 받으며 비참하게 살아가고 있다. 이렇게 비참하게 살아온 재일 대한민국 동포들을 향해, 일본인들은 오늘날 세계 최대의 도시라고 하는 도쿄에서 “한국인 나가라”, “한국인 죽여라”는 등 입에 담을 수 없는 가혹한 언어를 사용하여 소위 재특회(在特會)[재일특권(在日特權)]을 허용하지 않는 시민의 모임)가 헤이트 스피치(hate-speech, 증오발언)를 외치며 ‘혐한(嫌韓)시위’를 벌이고 있다. 이것은 일본의 치부이며 아킬레스건이 되고 있다. 일본의 침략근성에 의한 침략전쟁으로 인한 우리나라의 비극은 이처럼 아직도 계속되고 있는 것을 우리는 잊지 말아야 한다.

〈‘에비, 이비(耳鼻), 이비아(耳鼻野, 귀와 코를 베어가는

왜놈 야만인) 온다’: 코무덤은 분명한 침략 사실의 증거이므로 일본정부로부터 사과와 배상을 받아야〉

도요토미 히데요시는 잔인하게도 조선인들을 멸종시키고 조선에 일본인을 이주시키기 위해 조선인들을 가능한 많이 죽이는 방법으로 조선인을 죽인 후에 ‘목’ 대신 ‘코’를 베어서 소금에 절여 전리품으로 왜군 1명당 코 한 되씩을 가져오도록 왜군들에게 지시하였다. 이때 희생된 조선 군민(軍民)의 수는 12만 6000명에 이르며 당시 왜군들은 군인들의 코는 물론 갓 태어난 어린뒹덩이로부터 남녀노소 조선 양민들의 코까지 베어갔다. 이렇게 가져간 코를 교토 토요쿠니 신사(豊國神社) 앞에 묻어서 만든 ‘코무덤’ 천인비총(千人鼻塚)은 천(많은) 사람의 코를 넣고 만든 무덤이라고 한다. “그 코를 그 안에 묻고 후세에 남기어 그 이름을 다른 나라에까지 떨치었다”고 한 데에서 일본의 무력을 과시하려는 목적으로 만들어 일본의 잔인성이 엿보이는 역사적 흔적이다.

이때 생긴 말이 ‘이비(耳鼻), 에비, 에비온다’ 인데, 어린애가 울 때, ‘에비 온다’, 즉 ‘귀와 코를 베어가는 야만인(왜놈)이 온다’고 하면 아이들이 울음을 툭 그친다고 하여, 이 말이 우리나라에 전해 내려오고 있다. 당시에 왜군들을 ‘귀와 코를 자르는 야만인’이라는 뜻으로 ‘이비아(耳鼻野)’라고도 했는데, 말을 듣지 않는 어린이에게 겁을 주기 위해 ‘이비아!’라고 하는 말도 전해지고 있다. 나라가 힘이 약해지면 어찌 된다는 경고가 담긴 말이다.

이처럼 ‘코무덤’이 교토에 버젓이 있으니, 일본정부가 부정하지 못할 침략전쟁 사실이므로 우리 정부는 일본정부에 대해 사과하는 물론 이에 대한 보상을 받아내는 것은 당연한 일이다.

〈일본 통치자들은 왜 대한민국을 증오하는가?: 새로운 ‘징비록’ 필요〉

지금도 일본은 침략사실을 부인하고 정치·경제·사회·문화·예술·과학기술 등 모든 분야에서 우리 대한민국을 압박하고 고통을 주고 있어, 과거 대한민국으로부터 받은 혜택이나 노예처럼 취급했던 임진왜란과 일제강점기에 극심한 고통을 주었던 일은 아랑곳하지 않고 있다. 우리

<sup>2)</sup> 이홍림, “한·일간의 세라믹 기술 전쟁”, 세라미스트, 17[3] 68-95, (서울: 한국세라믹학회, 2014).

는 오늘의 일본 통치자들의 모습에서 임진왜란을 일으킨 도요토미 히데요시의 잔인한 모습과 일제의 대한민국 침략에 극단적으로 앞장서서 탈아론을 주장하면서 조선을 비하했던 후쿠자와 유키치(福澤諭吉), 고종황제를 퇴위시키고 명성황후를 시해한 이토 히로부미(伊藤博文)를 비롯한 일본의 하급무사(사무라이) 출신들의 한국침략 정책과 정신을 그대로 읽을 수 있는 것이다. 우리는 이런 역사를 절대로 잊지 말고 새로운 '정비록' (6항 참조)을 써야 할 것이다.

## 5. 대한민국과 일본의 노벨과학상 수상자 비교: '한글'과 '노벨과학상'

- '한글'처럼 필요에 의해서 자기나라 '글자'를 발명하여 사용하는 나라는 대한민국뿐이다! 일제는 조선을 식민지화하고 조선인을 '열등한 일본인'으로 만들려고 했다-

오늘날 일본은 노벨과학상 수상자가 많은 것을 자랑하고 우리는 부러워하고 있다. 우리나라가 과거 인쇄술과 화약제조 기술, 그리고 세라믹 기술 등 모든 과학기술이 일본보다 훨씬 앞서있었다. 그런데 올해(2014년) 현재 일본과 한국의 노벨과학상 수상자를 비교하면 19:0이다.

이에 대한 최재천 교수의 글을 요약하면 다음과 같다.<sup>39)</sup> "일본은 이번에도 세 명의 노벨과학상 수상자를 배출하며 과학 강국의 면모를 과시했다. 이런 소식을 접할 때마다 '일본은 하는데 왜 우리는 못하느냐'며 과학계에 굶지 않은 눈초리를 보내는 이들이 있다. 나는 이야말로 좀 거칠게 표현하면 '도둑놈 심보'라고 생각한다. 일본을 비롯한 선진국 수준의 뒷받침만 해주면 10년 내로 노벨과학상의 유력한 후보군에 오를 수 있는 과학자들이 수도룩하다. 마땅히 연구 여건부터 마련해주고 수상 욕심을 내는 게 순서라고 생각한다. 일본 노벨 물리학상 수상자 아카사키 교수는 '유행하는 연구에 매달리지 말고 자신이 하고 싶은 일을 하는 게 최고'라고 말했다. 그러나 이 같은 일본식 한 우물 파기는 대한민국에서는 불가능하다. 미국과 일본 같은 과학 선진국에서는

연구 성과만 좋으면 계속 연구비 지원을 받지만, 우리나라에서는 비슷한 연구 제목으로는 연구비를 받기 어렵다. 한 번도 못 받은 사람이 수도룩한데 이미 받아먹은 사람이 왜 또 손을 벌리느냐는 눈총을 받는다. 번번이 다른 우물을 파는 척하며 한 우물을 파야 하는 풍토에서는 노벨상 수상은 묘연하다. 운 좋게 하나 받든들 그게 이 땅의 과학 발전에 무슨 기여를 할지 그 또한 묘연할 뿐이다."

이것은 우리나라 입장에서 반성해야 할 문제인 것이 사실이다. 그러나 우리가 역사를 분석해보면 여기에는 분명히 짚고 넘어가야 할 것이 있다. 일본이 대한민국 과학기술 발전을 의도적으로 완전히 막아버린 것이다. 일본은 대한민국을 식민지로 만들어 국권을 탈취하고 외교권을 박탈하여 대한민국의 모든 독립적이고 독창적인 발전요소의 싹을 의도적으로 완전히 잘라버린 것을 분명히 알아야 한다.

일본이 서양에 먼저 눈을 돌려 1868년 메이지유신으로 근대화를 하면서 대학과 연구소를 먼저 설립한 것은 사실이다. 이에 비해 대한민국은 일본에 비해 약 60년 후인 1924년 일제 강점기 때 일본정부가 경성제국대학을 설립하였으나, 이 학교에는 조선 사람의 독립의식을 고양시키거나 경제와 과학기술을 발전시킬 수 있는 정치·경제·이공 등의 학부는 설치하지 않았고, 일제의 식민통치에 효과적으로 이용할 수 있는 법문학부·의학부만 설치하였다. 이 시기는 우리나라가 서양으로부터 과학기술을 받아들여 국가발전을 이룰 수 있는 절호의 기회였던 것이다. 그러나 일본은 가혹한 식민지 정책으로 국권을 박탈하고 외교권을 빼앗아버려서 우리는 이 결정적인 기회를 놓쳐버린 것이다.

일제는 경성제국대학의 교수와 학생의 구성에서도 일본인 교수와 일본인 학생에 비해서 대한민국의 교수와 학생의 수는 비교가 되지 않을 정도의 낮은 비율로 구성하여 대한민국 과학기술을 비롯한 국가발전의 기회를 철저하게 가로막았던 것이다.<sup>40)</sup> 그 후 우리나라는 남북으로 양분되고 6.25 전쟁으로 또다시 폐허로 변하고 만 것 역시 국가발전을 가로막은 큰 원인일 것이다.

<sup>39)</sup> 조선일보, 2014. 10. 14.

영국 신문기자 프레드릭 매킨지(Frederick Mckenzie)는 잠재력이 무한한 한국이 일본의 식민지로 전락해 가자 참을 수가 없었다. 그는 **“일본은 애초부터 한국인을 경멸했다. 나무꾼이나 지게꾼으로 밖에는 쓸모가 없는 사람들로 만들려고 했다. 한국인의 민족적 이상을 말살시켜 일본인으로 만들되 지배계급과는 다른 열등한 일본인으로 만들려고 했다”**고 썼다.

또 매킨지는 **“조선보다 더 열등한 일본 민족이 4000년 역사를 가진 자기들보다 더 우수한 조선 민족을 동화시키는 일은 절대 불가능하다”**고 확신했다. 그는 “한국의 민족성에는 무서운 잠재력이 있다”고 했다.<sup>5)</sup>

1910~1919년 일본의 제국주의 통치는 무자비했다. 이 시기 조선총독부 총독이었던 테라우치 마사타케(寺內正毅)는 **“한국인은 집어삼켜 씹을 말려야 할 민족”**이라고 공공연히 말했다. 일본은 유럽과 미국에서 자신의 명분을 옹호해 줄 ‘박수부대’를 끌어 모았다. 일제 통치에 항거하는 한국의 병은 ‘폭도’로 몰아갔다. 한국을 찾는 서양 언론인들은 일본에 매수돼 본국으로 돌아가면 일본을 칭송하고 한국을 경멸하는 기사를 쓰기 일췌였다.<sup>4)</sup>

이 시기에 일본은 우리보다 근대화를 먼저 달성하여 제국주의 침략 노선으로 나아가면서 관민조화(官民調和)라는 기치 아래 일본국민으로 하여금 천황을 중심으로 충성을 하도록 사무라이 칼로써 굴종시켜 일사불란하게 만든 것이 결국 일본의 국력을 강화하고 대한민국을 침략하여 식민지화하고 나라를 폐허화시켜버린다. 그 후 또다시 일본 침략의 결과로 야기된 6.25전쟁이 일어나 대한민국에는 참담한 비극이 또다시 이어지게 된다. 일본은 6.25전쟁 때 우리를 도우려 멀리서 온 미군의 군수기지 역할을 하면서 막대한 경제적 이득을 챙기면서 2차 세계대전 패전으로 잃은 경제를 회복하게 되고 오늘의 경제대국을 일으키는 계기를 마련하게 된다. 이런 과정을 거쳐 일본은 과학기술 발전에 투자할 수 있게 됨으로써, 노벨과학상 수상의 실적도 올리게 되는 결정적인 계기가 된 것이다. 이처럼 6.25전쟁은 대한민국에는 불행을 가져왔지만, 지정학적 조건으로 6.25 때문에 일본

은 행운을 맞게 된 것이다.

우리나라는 일본에 비해 경제 발전이 늦어서 아직도 교수 연구비 지원이 적고, 대학들은 연구시설이 부족하며, 수능시험으로 대학 순위가 매겨져서 대학들 상호 간에 경쟁력이 없는 것도 문제다. 특히 대학들이 SCI 논문에만 매달려서 산·학·연·관의 협력에 의한 생산적인 연구를 하지 않는 것도 과학기술과 산업 발전에 큰 장애가 되고 있다.

그러나 또 하나의 큰 원인은 정치권이 당쟁에만 매달려서 이권 다툼만 하면서 나라의 미래 비전을 세우는 일을 위해 효과적으로 노력하지 않는 것이라고 말할 수 있을 것이다.

반면에, 일본은 대화혼(大和魂, 아마토다마시이, 일본 고유의 집단주의)으로 똘똘 뭉쳐서 정치권이 국가의 과학기술을 비롯한 모든 분야에서 당쟁을 하지 않고, 산·학·관의 협력 체제를 만들어 연구지원을 하고 힘을 모아서 비전을 세우면서 실천하고 있기 때문에 대한민국에 비해서 효율적으로 국가를 경영하고 있어 일본의 국가발전에 매우 큰 힘이 되고 있는 것이 우리나라와 크게 다른 점이라고 볼 수 있다.

만일 지금이라도 우리 정치가들이 당쟁을 멈추고 나라를 반듯하게 운영하도록 협력하면서, 과학기술을 비롯한 모든 분야에 밤새워가며 열정을 다 바쳐 비전을 만들고 민생과 국민들을 위해 일하여 모든 국민들에게 감동을 준다면, 당장이라도 노벨상이 쏟아져 나오고 국민소득이 몇 배나 뛰어 오를 것이라는 희망찬 미래에 대한 기대를 가져보는 것은 결코 꿈이 아닐 것이다.

#### 〈한글은 노벨과학상 7천만 개에 해당하는 위대한 대한민국의 발명품〉

우리 대한민국은 한글이라는 발명품이 있다. 한글은 과학·기술·인문학·예술 등 모든 분야에서 공통적으로 사랑받고 있는, 실로 최고의 노벨과학상 이상의 효과를 나타내는 발명품으로서 우리 7천만인 모두에게 해당되는 노벨과학상 7천만 개 이상의 효과를 나타내는 것이라고 생각된다. 이미 우리 대한민국은 노벨과학상 7천만 개를 보유하고 있는 나라라고 자부해도 좋다고 생각된다. 이렇게 생각해 볼 때, 앞으로 다가올 영원한 미래까지 생각한다면 우리가

<sup>4)</sup> 이홍림, “일본의 침략주의와 대한민국 과학기술의 발전”, 세라미스트, 17[1] 112~116, (서울: 한국세라믹학회, 2014).

<sup>5)</sup> 이홍림, “한·일간의 세라믹 기술 전쟁”, 세라미스트, 17[3] 68~95, (서울: 한국세라믹학회, 2014).

나라를 반듯하게 운영하기만 한다면 실로 엄청난 수의 노벨상이 쏟아져 나올 잠재능력을 보유하고 있으며, 언젠가 반드시 세계의 중심에서 세계적 리더로서의 역할을 할 수 있다고 말할 수 있을 것이다. 따라서 지금은 국회가 나라의 정치를 반듯하게 잘 해주는 것이 무엇보다도 중요하다고 생각된다.

## 6. 임진왜란을 겪은 대한민국의 반성과 대비책: 유성룡의 '징비록'

-징비록을 쓴 유성룡에게 일본이 자객을 보내다: '가동청정(加藤清正, 가토 기요마사)나오네'에서 나온 '꽤지나칭칭나네' -

<징비록을 대한민국(조선)에서는 교훈으로 승화시키지 못했으나, 일본에서는 철저히 연구하여 대한민국을 다시 침략하여 멸망시키고 식민지로 삼는 중요한 자료로 활용했다>

'난중일기' 외에 임진왜란을 돌아본 중요한 문헌 중 하나는 서애 유성룡이 남긴 '징비록(懲毖錄)'이다.<sup>9)</sup> '징비(懲毖)'란 시경(詩經)에 나오는 말로 "그것을 징계해서 훗날 환난을 경계한다(予其懲而後患)"에서 따왔다.

징비록은 7년에 걸친 참혹한 임진왜란을 기록하면서 무자비한 일본의 만행을 성토하는 한편, 그런 비극을 겪을 수밖에 없었던 조선의 문제점을 파헤치고 지적한다. 그 내용을 간단히 요약하면 다음과 같다.

### ① 임진왜란을 교훈으로 승화시키지 못한 조선

임진왜란 당시 조정에서 군사나 병무를 아는 유일한 존재는 유성룡이었다. 유성룡은 전쟁을 수행하면서도 장기적으로 전쟁 후유증을 회복하고 침략 받지 않는 나라로 재건하기 위해 뭘 해야 하는가를 고민했다. 그래서 전쟁이 끝난 뒤 화기(火器)와 병법(兵法)을 도입하고, 직업 군인제를 창설했으며, 무역이나 통상을 통해 경제를 활성화하려 애썼다. 왜군 포로를 포섭해 조총 제조법을 익혔고, 명나라에서 신형 대포나 독화살 제조법도 배우려 했으나 잘 가르쳐 주질 않았다. 징비록은 과거를 돌아보고 미래를 대비한다는 차원에서 쓰여졌으나, 이후 불행하게도 이 정신은 계승되지 못하고

일본에 의해 또다시 침략당하고 만다.

② 징비록을 더 열심히 연구한 일본은 침략준비를 더 철저히 하여 대한민국을 또다시 침략하여 멸망시키고 식민지화했으며, 오늘날에는 대한민국을 '집단지아지' 영향 아래로 몰아넣고 있다!

징비록에 대해 주목한 쪽은 오히려 일본이었다. 17세기 초 부산에는 왜관 외교 사무실이 있었는데 이곳은 일본인이 조선과 교류하고 무역하면서 정탐하는 전진 기지였다. 누군가 왜관 사무실에 국가 기록인 징비록을 넘겼고, 일본은 이를 조선보다 더 열심히 연구했다. 1712년 일본에 갔던 통신사가 오사카 난전에서 징비록이 팔리고 있는 걸 보고 경악했다고 한다.

일본은 이처럼 징비록을 더 열심히 연구하고 준비를 더욱 확실히 해서인지 그로부터 약 300여년이 지난 후, 일제가 또다시 대한민국을 침략했을 때에는 대한민국을 완전히 멸망시키고 식민지로 만들어 버린다. 반면, 대한민국은 그 후 300여 년 동안 임진왜란에 당하고도 충분히 대비하지 못한 채 끊임없이 당쟁만 하다가 1910년 일본에 함방 당해버린다.

이처럼 일본은 대한민국에 대해 끊임없이 침략 준비를 하고 있으나 대한민국은 방심하고 있다가 침략을 당하고 마침내 멸망당하는 지경에 이르게 된 굴욕의 역사를 가지고 있는 것이다.

③ 새로운 '징비록'이 필요한 오늘: 일본이 또다시 침략사실 부정, '독도' 영유권 주장 등 우리나라를 공격하고 있는 지금 우리에게 새로운 '징비록'이 필요하다

2012년 아리랑 3호를 발사하면서 한반도가 들쭉했다. 땅에 있는 자동차 번호판까지 식별할 수 있다는 자랑을 늘어놓았으나, 그 추진체 로켓은 일본 미쓰비시가 개발해 판 것으로 발사 자체도 규슈 남쪽 다케가시마 섬에서 이뤄졌다. 포르투갈 선박이 표류해 일본에 조총을 전해준 바로 그곳이다. 또한 2012년은 임진왜란이 일어난 지 420년 되는, 60갑자가 일곱 번 돌아온 해였다.

유성룡은 조선의 지정학적 환경이 '복배수적(腹背受敵)'

<sup>9)</sup> 한명기, "임진왜란 다시보기"(징비록), 조선일보 2014. 10. 11.



(배와 등 양쪽에서 적이 물려오는 처지)이라고 판단했다. 지난 역사를 돌아볼 때 주변 강대국에서 권력 교체가 일어나면 한반도는 전쟁터로 전락했다.

앞으로 그러지 않으리라는 보장이 있을까. 유성룡은 이를 막기 위해 리더의 능력과 책임감, 비전이 중요하다고 강조했다.

지금 우리에게 일본의 전범추적·연구기관을 설치·운영하여 새로운 ‘징비록’을 써야 한다. 징비의 정신은 역사를 잊지 않는 것에서 출발한다. ‘ 역사를 잊은 민족에게 미래 없다!’고 단재 신채호 선생은 부르짖었다.

격동하는 한반도 주변 환경 속에서 바깥 세계를 파악하고 외교에 역량을 기울이는 건 물론 중요하다. 그러나 이에 앞서 내부를 통합하고 내부 역량(국력)을 키우는데 더 노력해야 한다. 외교나 교섭의 힘은 한 나라 자체 국력에 비례하기 때문이다.

[징비록을 쓴 유성룡에게 왜장 가토 기요마사(加藤清正, 1562~1611)가 자객을 보냈으나 이를 미리 알고 동네 아이들이 노래(전래 민요) ‘가등청정(加藤清正, 가토 기요마사)나오네’를 불러 물리쳤다고 전해지고 있는데, 이후 ‘쾌지나칭칭나네’가 되었다고 전한다.]

<일본은 대한민국 국민이라도 일본에 방해가 되는 인물이면 자객을 보내 학살했다>

일본은 자객을 보내 한국인을 마음대로 죽였다. 일본은 대한민국을 침략하고 식민통치 하는 데 방해가 된다고 자객을 보내 대한민국의 국모 명성황후를 시해한 것으로부터 수많은 한국인들을 마음대로 죽였다. 일본은 ‘신국’이라는 하나의 거짓 이론(신앙)을 믿고 있는 우월주의에 사로잡혀 한국인을 인간 이하로 비하하는 교육을 받았기 때문일 것이다. 그러나 평화주의자인 한국인을 학살한 인간 이하인 쪽은 일본(지배계층)이다.

<6.25 때 미국 등 먼 나라는 대한민국을 위해 피 흘리고, 일본은 돈벌이 장사하고>

한국전쟁(6.25) 때 대한민국을 구하기 위해 미군 4만 여명이 피 흘려 사망(실종자 3737명 포함)하여 고귀한 목숨을 바치는 등 16개국이 참전했지만, 가장 가까운 일본은 36년 동안 식민통치로 우리나라를 황폐화시켜놓은 직후 6.25전쟁

발발의 간접적인 책임이 있으면서도 미군의 군수업으로 돈벌이를 하며 피 한 방울 흘리지 않고 경제대국을 일으킨 나라이다. 일본(지배계층)은 지금도 침략 사실을 부정하면서 정치, 경제, 사회 등 모든 면에서 우리나라를 압박하고 남북한 사이를 이간질하며 못살게 괴롭히고 있지 않는가? 왜?

## 7. 도요토미 히데요시 → 일제 전범자들 → 아베 신조 → 미래세대로 이어지는 ‘일본 침략 근성’의 유전!

일본이 용의주도하게 준비하여 이웃의 여러 나라를 침략하였고, 또한 지금도 아베 총리가 과거 침략 사실을 부정하면서, 또한 전임 총리들이 형식적으로나마 인정하고 사과했던 역사적 사실도 또다시 재검증하여 사과했던 사실을 반복함으로써 사과하기 이전의 원점으로 돌려놓겠다는 것은, 실로 그들의 DNA 속에 유전되어 흐르고 있는 고유한 ‘역사 왜곡’ 근성 때문인 동시에 대한민국과 평화를 사랑하는 전 인류를 무시하는 처사라고밖에 달리 표현할 수가 없다. 아베 총리의 정책 방향과 사상이 도요토미 히데요시와 일제 전범자들을 속 빼어 닮은 것도 그렇다. 또 아베 총리가 왜곡하고 있는 역사를 일본의 미래를 이어받을 일본 학생들에게 가르쳐 침략근성을 유전시키려는 것과 이러한 은밀한 일들에 대해 우리는 우리 세대와 우리 후손의 미래를 지키기 위해, 또한 전 인류의 미래를 위해 그리고 일본의 선량한 국민을 위해서라도 우리 모두가 주시하고 대비해야 할 것이다.

## 8. 일본의 과거 침략 사실과 전쟁범죄자들에 관한 철저한 추적과 연구·분석이 필요: 일본의 전쟁범죄·전범자 추적·연구조사는 너무나 부족했다!

- 일본의 침략사실과 전쟁범죄를 철저히 밝혀 앞으로의 전쟁방지 및 평화유지를 위하고, 한·일 양국의 밝은 미래와 세계의 미래 세대의 교육을 위한 자료를 준비하고 ‘징비록’을 써야-

대한민국은 임진왜란을 당하고 또 일제침략으로 36년간의 식민지고통을 당했으며 침략전쟁의 진상과 침략전쟁과 관련된 사실을 추적하는 일에 대해서는 과거 이스라엘이 2차 대전 중에 독일로부터 당한 전쟁범죄 진상에 대해 추

적한 것과 비교하면 너무나 차이가 나게 부족하다. 그 결과 이스라엘은 독일로부터 진정한 사과를 받아내었다. 반면에, 대한민국은 지금도 일본의 정치지도자들로부터 전범사실에 대해 사과는커녕 역사를 부정하고 심한 망언을 듣고 있는 실정이다. 일본은 진정성 있는 사과도 하지 않고 전임 총리들에 의해 일부 형식에 지나지 않는 사과 내용이 담긴 담화문을 발표한 것까지 현재의 일본 아베 총리는 검증 절차를 밟아서 무효화하려고 하면서 21세기에 접어든 지금도 침략전쟁을 정당화하여 일본 후세들에게 침략사실을 왜곡하여 오히려 자랑스러운 역사로 가르침으로써 '일본의 침략근성'을 유전시키려 하는 실로 위험하기 짝이 없는 무책임한 리더의 모습을 보여주고 있다.

이에 대해 이태진 서울대 명예교수는 “아베 신조 총리의 사상 원류는 정한론(征韓論)의 원조인 요시다 쇼인(吉田松陰 · 1830-1859)”이라며 “메이지(明治) 시대 침략주의를 만든 인물에 대해 한국 학계의 연구가 거의 없다시피 한 것이 일본이 반성을 제대로 하지 못하게 한 것”이라고 지적했다.<sup>7)</sup>

이것은 일본의 침략근성과 침략역사에 대한 연구가 부족하기 때문에 과거 침략에 대하여 충분히 반성하도록 하기 위한 경각심을 주지 못하고, 또 일본 침략전쟁에 대한 분석과 미래대책이 부실한 것이 일본으로 하여금 대한민국에 오만한 태도로 나오게 만들고 우리나라 스스로가 국민적 결집력을 강화하지 못하게 된 결과를 가져온 것이다. 일본 전범자들에 대한 충분한 연구·분석과 관심이 부족했던 것이다. 기시 노부스케(岸信介, 1896-1987) 현 일본 총리 아베의 외조부를 비롯한 A급 전범자들과 그 주변 인물에 대한 충분한 연구·분석과 대책이 세워져야만 할 것이며, 특히 일본의 침략에 대비한 ‘징비록’을 써서 후세들을 교육해야 할 것이다. 현 아베 총리가 야스쿠니 신사를 참배하는 그 배경에는 일본의 ‘침략근성’이 유전되고 있다는 것을 우리는 주목해야 할 것이다.

## 9. 일본의 집단주의와 침략주의에 대한 인류학적 해석

**-대화혼(大和魂)으로 뚫뚫 뭉쳐 침략전쟁을 하고 이웃과 세계에 대해 학살·약탈·파괴를 자행하여 세계에 고통과 피해만 주는 일본, 왜?-**

KAIST 뇌과학 전공의 김대식 교수는 인류학적 연구결과에 대해 다음과 같이 말하고 있다.<sup>8)</sup>

오늘날 지구의 주인은 우리 호모 사피엔스들이다. 하지만 아프리카를 먼저 떠난 인류의 친척은 네안데르탈인들이었다. 네안데르탈인들은 단단한 뼈와 현대인들보다도 더 큰 뇌를 가졌었다. 그러나 그들은 멸종하고, 더 약하고 더 작은 뇌를 가진 호모 사피엔스는 살아남았다. 이스라엘 히브리 대학의 하라리(Yuval Harari) 교수는 ‘픽션을 만들어내는’ 호모 사피엔스의 능력 덕분이라고 주장한다. 전설과 신화로 만들어진 정체성으로 뚫뚫 뭉친 100명, 1000명의 힘을 모아 네안데르탈인들과의 싸움에서 이길 수 있었다는 말이다.

여기서 호모 사피엔스와 네안데르탈인들의 싸움을 한·일 간의 문제와 어떤 관련이 있는지 한번 생각해보기로 한다.

오늘날 모든 인류는 호모사피엔스인데, 이상과 같은 하라리 교수의 이론을 한·일 관계에 적용하는 것은 별로 내키지 않는 일이지만, 일본은 이러한 인류학적 이론을 연구하여 이미 오래 전에 그것을 일본에 적용하고 있는 것 같다는 생각이 든다.

신화로 엮어놓은 ‘고사기’(古事記)와 ‘일본서기’(日本書紀)의 바탕위에 일본 특유의 집단주의 윤리의식을 만들고, 역사왜곡에 뛰어난 일본의 특별한 능력은 ‘픽션을 만들어내는’ 능력이 뛰어난 호모사피엔스 특유의 능력과 닮았고, ‘대화혼’(大和魂, やまとだまし, 야마토다마시)으로 뚫뚫 뭉쳐서 독일의 나치처럼 자국민이 타민족에 비해 우수하다는 거짓 이야기를 진실처럼 만들어 자국민을 부추기고 ‘타민족 비하하기’를 전술로 하여, 대한민국을 침략하여 식민지화 하고, 거대한 중국과는 ‘청일전쟁’에서 이기고 러시아와의 ‘러일전쟁’에서 이긴 것 등은, 네안데르탈인들을 멸종시킨 호모사피엔스를 연상하게 한다. ‘자국민 우월 강조와 타국민 비하 정책’은 나치와 일제가 공통적으로 사용한 타민족 침략을 위한 전략과 전술이었다.

<sup>7)</sup> 조선일보, 2014. 1. 28

<sup>8)</sup> 김대식, “호모 사피엔스나 네안데르탈인이나”, 조선일보(김대식의 브레인스토리), 2014. 9. 25.

## 10. 메이지유신(明治維新)과 후쿠자와 유키치(福澤諭吉)의 ‘탈아론(脫亞論)’

-대한민국 및 중국에 대해 상호 존중과 우애로 대하던 일본이 갑자기 돌변하여 두 이웃 민족을 인간 이하로 비하하여 잔인하게 학살하며 침략할 수 있도록 교육하고 침략하다-

탈아론이란 메이지유신 시기에 후쿠자와 유키치가 탈아입론(脫亞入歐論), 즉 아시아를 벗어나서 유럽으로 가고 주장한 이론으로서 일본이 그동안 대한민국과 중국으로부터 앞선 문화를 배워오고 교류해오던 것로부터 서양으로 눈을 돌려, 서양과 교류하면서, 아시아(대한민국과 중국)를 별안간 악우(惡友)로 바꾸어 버리고 대한민국을 침략하기로 결정해버린다. 대한민국과 중국에 대한 상호 존중과 우애를 하루아침에 악우(惡友, 나쁜 친구)로 바꾸어 배신하고 인간 이하로 비하하여 일본군이 쉽게 학살하며 침략전쟁을 수행할 수 있도록 만들고 침략하게 된다. 실로 놀라운 반전과 전략이 아닌가? 이것은 타민족에 대한 자국민의 우월감에서 나오는 독선에서 기인되는 것일까? 그리고 그 다음에 찾아온 것은 침략전쟁으로 인한 죽음과 파멸뿐이었다. 일본은 이웃 나라는 물론 일본 스스로도 죽음과 파멸 속으로 몰아넣고 말았다는 사실을 잊지 말아야 한다. 그러나 일제 침략을 이끌었던 후쿠자와 유키치가 주장한 ‘탈아론(脫亞論)’에 집착하고 있는 현재 일본 우익인 아베 총리는 그동안 길러놓은 경제력과 최신무기체계, 그리고 일본 고유의 신국(神國)과 천황제 사상으로 우월감과 자만심에 빠져있는 모습을 보여주고 있다. 그는 후쿠자와 유키치의 주장에 따라 대한민국을 ‘악우(惡友)’로 대하면서 또다시 대한민국에 고통을 주고 남북한 이간과 분쟁을 유도하는 등 여러 가지의 위험한 모험을 벌일 가능성이 있으므로, 우리는 이를 주시하면서 경제정책을 비롯한 모든 정책이 무엇을 노리고 있는지 감시를 게을리 하지 말아야 할 것이다. 이것은 대한민국과 일본의 미래를 안전하게 지키기 위해서이다.

## 11. 조금도 방심하지 말고 일본을 감시해야 우리도 살 수 있고 일본도 살 수 있다!

-한국 기독교의 ‘목숨을 건 일본사랑 러브 소나타’ 활동, ‘이스라엘의 모사드’ 모델의 ‘전범추적연구기관’의 설치, ‘전쟁방지와 세계평화유지를 위한 연구기관’ 설치, 대일 ‘징비록’ 작성 필요-

-역사를 잊은 민족에게 미래는 없다!(단재 신채호)-

앞에서 보면 일본은 우리와 우방이라고 해도 언제 또다시 돌변하여 ‘악우’라고 비하하면서 침략해올지 모르는 믿을 수 없는 나라임을 우리는 잊어서는 안 된다. 일본에게 수없이 당해온 역사를 경험하고 있기 때문이며, 이제 아베 총리가 또다시 대한민국에 대한 공격적인 태도와 역사왜곡, 침략 사실 부인 등을 하고 있는 것을 절대로 간과해서는 안 되는 것이다. 일본은 이 시점에서 신뢰를 쌓는 일이 중요한 것이다. 대한민국과 일본은 하나의 공동 비전을 가지고 함께 나아가야 모두 살 수 있는 이웃 관계에 있는 것이다.

그래서 하용조 목사는 ‘목숨을 건 일본사랑 러브 소나타’ 활동을 하면서 사랑 없는 일본에게 사랑을 가르치는 일을 시작한 것이다. 일본을 구원하는 일이 얼마나 다급했으면 목숨을 걸었겠는가? 그러나 일본의 ‘과거의 전쟁범죄’에 대해서는 나치 전범 아이히만을 추적해낸 이스라엘의 ‘모사드(Mossad)’를 모델로 삼아 ‘전범추적연구기관’(Research Institute for War Crimes and Criminals)을 설치하여 끝까지 추적하고 감시해야 우리도 살고 일본도 살 수 있는 것이다.

<일본식 집단(전체)주의의 위험성: ‘러브 소나타’

운동 등의 기독교 신앙으로 인도해야>

-일본의 역사소설가 시오노 나나미의 ‘일본군 위안부’ 발언은 일본 집단(전체)주의의 표출-

-일본은 천황제 하에서 일사불란하게 상명하복 하는 군대조직-

이상에서 알 수 있듯이 일본은 전 국민이 일사불란(一絲不亂)한 하나의 군대조직과 같다. 일본은 정부의 시책이나 지도자의 말에 순종하지 않거나 거부하면 안 된다(따돌림을 당한다)는 전 국민적인 인식이 각인되어 있는 나라로 보인다.

‘로마인 이야기’로 널리 알려진 일본 역사소설가 시오노 나나미(塩野七生)가 일본군의 ‘조선인 위안부 강제 동원을 부정’ 하는 글을 월간지 ‘문예춘추(文藝春秋)’에 기고하면

서, 위안부 문제를 집중 보도한 아사히(朝日)신문에 대해 “아사히는 (이런 보도가) 일본에 얼마나 피해를 초래했는가를 고려하지 않았다”면서 “(위안부 문제가) 일본에 사는 일본인이 생각하는 이상으로 큰 문제가 돼 아시아는 물론 유럽과 미국인들도 관심을 갖게 됐으며 이런 변화는 수술(手術)이 불가피하다”고 했다. 그는 또 “네덜란드 여성을 위안부로 했다는 이야기가 확산할 경우, 일본에 대단히 치명적일 수 있다”, “구미(歐美)를 적으로 돌리는 것은 일본에 현명하지 않다”(2014년 9월 13일자 조선일보 기사)는 그의 발언은 일본의 대표적 지성이라고 할 수 있는 문학 작가인 그 역시 천황제 하에서 맹목적으로 상명하복 하는 한 명의 일본 군인으로 살아가고 있는 모습을 보여주고 있다고 할 수 있다.

이 발언으로 그의 역사소설 ‘로마인 이야기’를 읽은 사람들을 실망시키고 있는 것은 그가 일본 천황제 하에서 교육받은 사람으로서 일본 군국주의에서 조금도 벗어나지 못한 천황 신봉자인 것과 역사 소설가이면서 잘못된 역사인식을 가지고 있기 때문이라고 볼 수 있다. 오히려 그는 일본 사회에 신선한 변화를 이끌 수 있는 리더로서의 모습을 보여주어야 옳을 것이다.

이러한 일본 사회에서는 일본의 지도자가 정직하고 양심적일 때는 별문제가 없지만 우익이거나 비정상적인 인물이 지도자가 될 경우에는 특히 이웃나라는 물론 전 세계와 일본에 대해서도 큰 비극을 초래할 가능성이 매우 크기 때문이다.

따라서 특히 일본을 이웃하고 있는 우리는 일본을 주시하고 감시해야 하는 이유가 여기에 있는 것이다. 망심하고 있다는 언제 또다시 불행을 겪게 될지 모르기 때문이다.

### <일본은 천황제에서 벗어나는 정치제도 개혁을 해야 시대조류에 따라갈 수 있다>

여기에 대한 대책으로는 일본이 스스로 시대의 변화에 따라 적절하게 천황제와 민족우월주의 및 국수주의에서 벗어날 수 있도록 일본의 정치제도를 수정·개혁하여 종교(기독교) 활동의 폭을 넓혀준다면, 일본은 훨씬 더 미래지향적으로 크게 달라질 수 있을 것이라고 생각된다. 일본의 천황제는 오늘날 낡고 이해하기 어려운 용어가 되어가고 있는 것 같다.

만일 일본이 이와 같이 ‘메이지유신’과 같은 또 한 번의 개혁을 단행하여 이웃나라에 눈을 돌리게 된다면 ‘이웃사랑’을 깨닫게 해주는 기독교 신앙을 대대적으로 받아들일 수 있는 계기가 될 것이며, 지금 한국 기독교가 별이고 있는 ‘러브 소나타’ 운동은 매우 큰 도움을 줄 수 있을 것이라고 생각된다. 그리고 한·일 양국은 공동의 비전을 향해 나아가는데 획기적인 계기를 맞이할 수 있을 것이라고 생각된다.

## 12. 이스라엘을 지켜온 예언자와 예언(성경): 미래학자와 예언자

### -소강국 이스라엘을 모델로 삼아 대한민국의 미래를 설계해야-

일본에 사랑을 전하기 위해 한국 기독교가 일본에 대해 별이고 있는 ‘러브 소나타’ 운동과 전범과 침략전쟁 사실에 대한 추적을 위해 이스라엘 정보기관 ‘모사드(Mossad)’ 모델의 전범연구체계[‘전범추적연구기관’(Research Institute for War Crimes and Criminals)]의 구축과 운영, 그리고 ‘미래학자’들의 도움은 대한민국과 일본의 미래를 위해서 반드시 필요하며, 또 이것은 한·일 양국의 공통된 비전이 되어야 한다고 생각된다.

미래학자에게는 미래를 내다보는 안목이 있다. 율곡 선생과 같이 ‘십만양병설’의 비전을 가진 미래학자들이 필요한 것이다. 율곡 선생의 ‘십만양병설’만 따랐더라면 대한민국은 ‘임진왜란’을 막아내고 일본에게 식민지 통치도 받지 않았을 것이며, 지금 아시아와 세계의 리더로서 세계 속에 우뚝 서 있을 것이다. 물론 일본도 침략전쟁을 일으켜 스스로 자초한 ‘일본패망’이라는 치욕도 겪지 않았을 것이다.

이스라엘은 작은 나라이지만 강한 나라인 소강국(小強國)이다. 대한민국도 지정학적으로는 중국, 러시아, 일본의 3국에 포위되어 있지만 희망적인 미래비전을 가지고 다이내믹하게 발전하고 있는 소강국이라고 말할 수 있을 것이다. 이스라엘은 그 면적이 약 2만 km<sup>2</sup>로서 우리나라 남한의 약 5분의 1정도이고 인구는 711만 명으로 우리나라 남한의 약 7분의 1 정도밖에 되지 않으며, 유럽, 아프리카, 아시아의 3개 대륙들 사이에 둘러싸여 있는, 작은 나라이므로, 이 대륙



들 사이에서 사소한 문제라 할지라도 발생하면, 강대국들의 사이에서 금방 무너져버릴 수밖에 없는 나라였고, 남북으로 나누어져서 각각 외국에 멸망당했던 적이 있다. 만일 이스라엘에 정치 지도자와 백성들의 미래를 위해 예언을 하는 훌륭한 예언자들이 많이 나타나서 경고와 예언을 하지 않았더라면, 현재까지의 생존이 불가능했을 것이다.

대한민국 역시 이스라엘보다 약간 더 크지만 역시 작은 나라로서 주변에 중국, 러시아, 일본이 둘러싸고 있어서, 지정학적으로 이스라엘과 비슷한 운명에 처해 있으며 이스라엘처럼 이웃나라(일본)에게 멸망당한 적도 있고, 그 후유증으로 남북으로 분단되어 있는 실정이다. 대한민국 역시 살아남기 위해서는 훌륭한 미래학자(예언자) 그리고 비전을 가진 유능한 리더들이 많이 배출되어야 한다는 것을 알 수 있다.

이스라엘에는 기원전부터 지금까지 역사를 통하여 나라를 위한 미래 지향적 예언자와 예언은 계속 이어져 왔다. 특별히 이스라엘에는 아브라함으로부터 예수 그리스도에 이르기까지 예언자들이 많이 나타나서 예언을 하였고, 이 예언들로 엮어 만든 비전들로 가득 찬 지혜와 신비의 책인 성경의 기록에 의지하여, 이스라엘 사람들이 오늘까지 굳세게 나라를 지키면서 살아왔다고 할 수 있다.

따라서 약소국인 이스라엘은 남북으로 갈라져서 북쪽은 아시리아에게, 남쪽은 바벨론에게 한때 멸망당한 적은 있지만 소강국으로 오늘날까지 살아남은 것은 이스라엘이 배출한 많은 훌륭한 예언자(오늘날의 미래학자)들이 정치 지도자들에게 잘못을 지적하고 충고하며 외국으로부터의 침략을 미리 예언하고 경고했을 뿐만 아니라 백성들이 윤리·도덕적으로 올바르게 살도록 항상 경고해왔기 때문이다. 이스라엘이 소강국으로 살아남아 있는 것은 이러한 모든 역사를 성경으로 기록하여 모든 백성들이 읽도록 가르쳐오기 때문이라고 볼 수 있을 것이다.

우리 대한민국은 지정학적으로 이스라엘과 닮았고, 남북으로 갈라져서 국력이 분산되어있기 때문에 이스라엘의 모델을 따르는 것이 매우 효과적일 것이라고 생각된다. 특히 일본의 전쟁범죄 추적에 관해서는 이스라엘의 정보기관인 '모사드(Mossad)'의 모델을 따라서 전범추적연구기관을

지금부터라도 설치하여 과거 임진왜란부터 일제 침략의 전범사실들을 샅샅이 그리고 끝까지 추적하고 기록하여 '징비록'으로 삼아 한·일 양국 및 전 세계 인류의 후세들의 평화로운 미래를 위해 교육하기 위한 중요한 교육 자료로 활용해야 할 것이다.

### <대한민국 국력이 우위였을 동안 한·일 양국은 평화를 유지할 수 있었다>

한·일 양국은 선린(善隣)의 관계를 유지하면서 지내야 할 하나의 공동 운명체와 같다. 서로 도우면 번영과 평화를 누릴 수 있지만, 침략하고 전쟁을 하면 파멸과 불행의 연속임을 우리는 특히 한·일 간의 역사에서 배워서 알고 있다. 그리고 임진왜란 때부터 일본은 일방적으로 대한민국을 침략하여 고통을 준 것을 역사는 말해주고 있다.

지난 역사에서 평화로운 시기는 대한민국이 일본에 앞선 문화와 세라믹 기술을 전해주던 시기였다. 그러나 임진왜란을 일으켜 일본이 세라믹 기술을 약탈해가서 일본이 강해지면서부터 일본은 대한민국을 침략하기 시작하였고 일본의 세라믹 기술이 대한민국을 앞지르기 시작할 때 일본은 마침내 대한민국을 멸망시키고 말았다. 대한민국이 세라믹 기술이 일본에 앞서서 일본에 전하는 시기에는 평화로운 시기였지만, 일본이 앞지르자 그 관계는 선린에서 악우(惡友)(탈아론(脫亞論)에서 후쿠자와 유키치(福澤諭吉)가 비하하고, '남을 지배하는 것은 기분 좋은 일'이라고 했다]로 바꾸고 침략하였다. 그리고 일제 강점기의 대한민국에 대한 탄압은 인류 역사상 가장 잔인했던 역사로 기록되고 있다.

### <대한민국의 과학기술의 힘과 국력이 강해져야 한·일 간의 평화가 유지될 수 있다>

여기서 분명한 것은 한·일간의 평화는 대한민국이 세라믹 기술이 앞설 때, 즉 대한민국이 일본보다 강할 때, 한·일 간에는 평화로웠다는 것이다. 따라서 일본이 대한민국에 대해서 침략하지 않고 선린으로 대우해주기를 바라는 것은 현재와 같은 아베 정권과 아베로부터 이어지는 우익정권 하에서는 기대할 수 없으므로, 우리 대한민국이 모든 분야에서 일본을 앞지를 수 있도록 방법을 찾아 그것을 반드시 실현해야 할 수밖에 다른 방법은 없는 것이다. 우리는 역사에서

배운 것을 잊어버리고 방심하고 있으면 불행한 상황을 맞게 된다는 것을 잊어서는 안 되는 것이다.

우리는 여기서 우리의 리더 단재 신채호 선생과 영국을 제2차 세계대전에서 구해낸 리더 처칠 수상의 “역사를 잊은 민족에게 미래는 없다” 는 말을 잊지 말고 나라가 분열하지 말고 단결하여 힘을 모아 각자의 분야에서 세계 최고를 이루어내는 일이 가장 중요할 것이라고 생각된다.

## 화학연합회 소식

### 1. 제6회 '화학산업의 날' 기념행사 개최

한국화학관련학회연합회와 한국석유화학협회는 제6회 '화학산업의 날'을 맞아 10월 31일 63컨벤션센터 그랜드볼룸(2층)에서 기념행사를 개최했다. 기념식에서 화학산업 발전에 기여한 유공자 포상과 함께 화학탐구프런티어페스티벌 시상식이 같이 진행됐다. 화학산업 발전에 기여한 공로포장은 한동화 금오석유화학(주) 전문가 은탑산업훈장을 받았으며, 이동휘 삼성비피화학(주)대표이사는 동탑산업훈장을 수상하는 등 31명에 대해 정부포상이 수여됐다. 특히 연합회에서 추천한 한국화학연구원 류병환 박사가 산업통상자원부장관 표창을 받았다.



#### 〈수상자 리스트〉

훈격	성명	소속
은탑산업훈장	한동화	금호석유화학(주)
동탑산업훈장	이동휘	삼성비피화학(주)
산업포장	임호상	한화케미칼(주)
대통령표창	김기태	실크코리아
	오중걸	조광페인트(주)

훈격	성명	소속
국무총리표창	김동희	SK종합화학(주)
	김종남	한국에너지기술연구원
	이철우	한밭대학교
산업통상자원부장관표창	강경보	롯데케미칼(주)
	권순탁	(주)태성산업
	김원효	애경유화(주)
	김용철	대영산업(주)
	김재수	(주)윌드룰
	김학천	OCI(주)
	류병환	한국화학연구원
	류재욱	한국화학연구원
	류종우	S-Oil(주)
	박영삼	(주)모던
	박준우	안전성평가연구소
	성기철	대림산업(주)
	손병길	대림산업(주)
	송희운	(주)LG화학
	신철우	경도화학공업(주)
	신현중	(주)LG화학
	이길섭	한화케미칼(주)
	이상진	코오롱인더스트리(주)
	이준수	삼성정밀화학(주)
	이홍수	(주)조비
	장봉기	한국폴리텍대학
	조혜영	한국산업기술평가관리원
	채수민	남양부직포(주)

### 2. 2015년도 수석부회장 이승중 교수 추천



연합회 정관 제10조에 의거하여 2016년도 담당학회인 한국화학공학회 추천으로 이승중 교수가 (서울대학교 화학생명공학부:2012년 한국화학공학회회장)수석부회장에 추천되었다.

### 3. 2015년 신년하례식 안내

- 일시: 2015년 1월 7일(수) 오후 3시
- 장소: 한국과학기술회관 12층 SC컨벤션 아나이스홀

[회의록]

제4차 편집운영이사회의회의록

- 일 시: 2014년 10월 10일(금) 오후 4시 30분
- 장 소: 산천 봉피양 (02-365-4831)
- 1. 참석자: 김해두, 박영조, 류병환, 강영종, 김성원, 김성환, 소대섭, 임현의, 정하균, 임상규(2015년 편집위원장)

2. 편집회의 안건

1) 12월호 주제별 원고 섭외 현황 및 계획

주 제	담당
권두언	한국화학공학회장
포커스	임현의: 청정분야 정책
	김해두: 디스플레이 (박희동 박사)
지상초대석	김성환 교수님
	강영종 교수님
	정하균 박사님
화학연합카페	진정일 교수님, 하창식 교수님
우수연구단체	김해두: 박동수 박사 (KIMS)
	임현의 박사

2) 12월호 원고 마감일 예정일: 11월 21일(금)

3) 12월호 담당 편집위원 위촉: 김성환, 강영종, 임현의, 정하균

3. 화학연합 광고 건

- 표2(100만원): 송암교역
- 표3(100만원): 한국화학연구원 화학정보센터
- 표4(300만원):
- 내지(100만원): 효성기술원
- 우수연구단체소개(각 100만원): 김해두 회장과 임현의 박사가 섭외하기로

4. 기타 토의

한국화학관련학회연합회 제2차 자문위원회 회의록

- 일시: 2014년 11월 19일(수) 오후 5시 30분
- 장소: 서초 대원
- 참석: 손연수(2대), 박원훈(3대), 심상철(7대), 이철수

(8대), 김봉식(9대), 윤민중(12), 김화용(13대), 최길영(14대), 김해두(현 회장), 강한영(수석부회장), 류병환(현 총무이사)

1. 2014년 회무 보고

1) 회의 개최 현황

- (1) 편집운영이사회 개최 (총 4회 개최)
- (2) 2014년 제1차 이사회 및 제17차 총회 개최
- (3) 자문회의 개최
- (4) 술어조정위원회 구성 및 회의
- (5) 회장단 회의

2) 회원 현황

- (1) 정회원 (5개 학회)  
대한화학회, 한국고분자학회, 한국공업화학회, 한국세라믹학회, 한국화학공학회
- (2) 특별회원(10개 기관 및 기업)  
삼성토탈(주), 한국과학기술연구원, 한국석유화학협회, 한국에너지기술연구원, 한국정밀화학공업진흥회, 한국화학연구원, 롯데케미칼(주), GS칼텍스, (주)LG화학, KCC중앙연구소

3) 주요 회무 보고

- (1) 2014년 신년하례식 개최 - 1월 6일 과총 회관 12층 아나이스홀
- (2) 미래 화학 인재상 포상
- (3) 회장단 회의 - 7월 21일 서초대원  
참석: 김해두, 강한영, 김성현, 김정돈, 임대순, 최중길, 김정안(허수영회장 대리 참석), 류병환
- (4) 술어조정위원회 구성 및 회의 - 5월 20일 산천 봉피양  
• 일시: 2014년 5월 20일  
• 참석: 김해두(연합회 회장), 류병환(연합회 총무이사), 임경희(술어조정위원회), 이효원(대한화학회 화학술어위원회 위원장), 엄명현(한국공업화학회 술어위원회 위원장), 우종표(한국화학공학회 출판위원회 위원장)
- (5) 화학연합 6권1호, 2호, 3호 발간, 4호 발간 준비 중 (12월중 발간)



## 화학연합회 소식

- (6) 제5회 화학기술 정책 포럼 개최 - 5월 14일 프레지던트 호텔 19층 아이비홀
- 연사: 한국연구재단 정민근 이사장
  - 제목: 우리나라 R&D 지원현황 및 미래기술 트렌드
- (7) 제6회 화학기술 정책 포럼 개최 - 10월 13일 프레지던트 호텔 19층 아이비홀
- 장소: 프레지던트호텔 19층 아이비홀
  - 연사: LG디스플레이 한상범 대표이사
  - 제목: 급변하는 Display 시장과 미래주도의 열쇠
- (8) 2014년 화학관련 학부생 대상 화학비전 강연 - 9월 18일 공주대학교
- 연사: 박희동 한양대학교 특임교수
  - 제목: Display love Chemistry
- (9) 제6회 화학산업의 날 행사 개최 - 10월 31일 63컨벤션 그랜드볼룸 2층
- 2014년 포상 내용

(한국화학관련학회연합회 포상 추천자 중 포상수상자 명단)

훈격	성명	소속
산업통상자원부 장관 표창	류병환	한국화학연구원

- (10) 연합회 홈페이지에 각 회원학회 뉴스레터를 용이하게 볼 수 있도록 각 회원학회 뉴스레터 배너 마련.
- (11) 파주 LG디스플레이 공장 방문 예정 - 12월 9일 파주 LG디스플레이 공장 방문
- 4) 수입 지출 현황 보고 (2014.1.1 ~ 2014.10.31)

### 2. 2015년도 임원, 예산 및 사업 계획 보고

- 2015년 한국화학관련학회연합회 임원 (안)
- 2015년 예산 (안)
- 2015년 사업 계획 (안)
  - 신년하례식
    - 일시: 2015년 1월 7일(수) 오후 3시
    - 장소: 서울 과충회관
  - 산·학·연·관 협력 강화 사업
    - 화학기술정책 포럼 개최
    - 연사: ① 진정일 교수 예정
    - ② 추후 공고

- 일시: 2015년 5월 초순 및 10월 초순
  - 장소: 서울
- (3) 화학진흥 심포지움 개최 (안)
- 연사: 각 학회에서 각 1인 추천 총 5인
  - 일시: 2015년 9월 중
  - 장소: 서울 과충회관
- (4) 화학산업의 날
- 일시: 2015년 10월 31일
  - 장소: 미정
  - 주최: 한국화학관련학회연합회, 한국석유화학협회, 한국화학산업연합회와 공동 주최
  - 연 4회 발간 (3월, 6월, 9월, 12월 예정)
- (5) 회장단 회의, 이사회, 제 위원회 활성화: “함께하는 연합회”
- 내년에는 8월에 IUPAC-2015 행사에 따른 한국화학관련학회연합회 회원의 이해와 참여 유도
  - 한국화학관련학회연합회 행사에 회원학회의 참여를 유도
  - 사업비용의 현실화를 통한 예산집행 효율화: 사업계획 집행 방안 검토 고려

### 3. 기타 토의

‘화학기술 정책 포럼’의 명칭을 ‘화학연합 포럼’으로 변경하는 안을 이사회에 토의 안건으로 상정하기로 함.

### 술어조정위원회 제2차 실무회의록

- 일 시: 2014년 12월 2일(화) 오후 5시
- 장 소: 산천봉피양 (한정식, ☎02-365-4831)
- 참석자: 김해두(연합회 회장), 류병환(연합회 총무이사), 임경희(술어조정위원회 위원장), 이효원(대한화학회 화학술어위원회 위원장), 우종표(한국화학공학회 출판위원회 위원장), 강한영(차기 연합회 회장), 김종혁(차기 연합회 총무이사)

### [보고사항]

- 경과보고
- 5월 20일 제1차 술어조정위원회 회의 후 위원장이 교육부,

문화체육관광부, 한국창의재단, 한국과학기술총협회, 국립국어연구원 등을 접촉하여 연구비를 마련하고자 했으나 현재까지 연합회에 대한 이해 부족과 관련 부서의 비협조로 예산을 확보하지 못함.

#### [토의사항]

##### • 향후 전략

창의재단에서 4월쯤 예산이 책정 될 수 있는데 연합회에 대한 이해가 부족하여 현재까지 연구비 확보를 예단할 수 없음.

예산 확보 시 두 달에 한 번 정도 만나서 위원회 활동을 할 예정임.

##### • 기타 토의 사항

연합회에서 행사를 개최할 때 외부인사도 초청하여 연합회를 홍보해야 할 필요성을 느낌.

사업예산은 연간 약 3,000백여만 원 정도의 예산이 필요할 것으로 예상 됨.

술어조정위원회의 성격을 명확하게 하여 5개 학회가 만든 술어집을 통합하여 일단 파일을 만들어 놓고 각 학회별로 사용하는 특수한 용어는 그대로 두고, 하나의 의미를 학회별로 다르게 사용하는 경우에는 학회별로 사용하는 용어를 병기하고, 용어 조정이 가능한 경우는 조정하고 잘못 사용되고 있는 용어는 정정하는 일을 주된 목적으로 해야 함.(강한영)

5개 학회마다 관점이 다르므로 학회별로 모여서 의견을 도출하면 새로운 관점이 나올 수도 있을 것 같음.

각 학회의 술어집에 수록된 용어 중 외래어로 되어 있는 용어는 전문가 외에는 잘 알지 못하므로 되도록 우리말로 바꾸어 일반인도 알 수 있도록 해야 함.(임경희)

학회마다 용어의 개념이 약간씩 다르기 때문에 용어를 통합하는 것은 엄청난 시간을 들여야 할 것으로 예상되므로 일단, 각 학회의 술어를 가지고 와서 조정하는 활동을 위주로 해야 할 것으로 생각 됨.

5개 학회의 술어집을 가지고 병기하는 작업은 가능하나, 5개 학회의 개념을 통합한 후 새로운 용어를 만든다는 것은

무척 오랜 시간이 필요할 것으로 생각 됨.

5개 학회에서 어느 정도 규모의 활동을 원하는지 파악한 후 학회의 입장을 대변하는 쪽으로 활동방향을 잡는 게 좋겠다.(우종표)

용어를 통일할건 통일하고 병기할 건 병기하는 대상을 우선적으로 일본식 용어로 한정해서 정리를 시작하는 것도 한 방법임.(김해두)

일단 위원회를 만들었으니 작게라도 시작해서, 기본적으로 사용하는 용어부터 정리해가면서 틀을 확장하는 것이 좋으니 공통적으로 사용하는 용어부터 조정하는 게 좋다고 의견이 나옴.

일단 화학 용어의 표준은 IUPAC을 기준으로하기 때문에 IUPAC이 용어 표기 기준을 영어로 잡아서 우리도 영어발음으로 해야함.(이효원)

## 제6차 화학기술정책포럼 후기

총무이사 류 병 환 (한국화학연구원)

한국화학관련학회연합회는 급변하는 국제환경에 능동적으로 대처하고 화학 관련 학문연구 및 기술개발의 바람직한 방향 설정에 도움이 될 수 있도록 '제6차 화학기술 정책 포럼'을 10월 13일 프레지던트 호텔에서 개최하였습니다. 김해두 회장의 개회선언 및 훈훈한 인사말씀과 함께 포럼은 시작하였습니다.

LG 디스플레이 한상범 대표이사님께서 “급변하는 디스플레이 시장과 미래주도의 열쇠”라는 주제로 뜨거운 열기와 함께 발표해 주셨습니다. 한사장은 LG그룹에 인연이 많아 3번이나 입사를 하였고 그의 열정을 보면 유독 LG 사랑이 남다른 분이셨습니다. 강연 자료에 의하면, LD 디스플레이 매출은 2002년 3.6조원 규모에서 2013년 27조원 규모로 연평균 20.2% 성장하였으며, TV, 모니터, 노트북, 모바일 폰, 태블릿 PC, 대형 OLED, 각종 상용 디스플레이, 투명 및 플렉시블 디스플레이까지 제품을 다양화하였습니다. 드디어 2013년에는 디스플레이 부문에서 마켓 셰어 26%를 넘기며 글로벌 넘버원의 성과를 일구어냈습니다. 결국 우리나라 디스플레이가 세계시장에서 절반에 가까운 마켓 셰어를 달성하는데 매우 큰 역할을 하였던 것으로 파악 되었습니다. 또한 기업은 절정에 있을 때 다음 먹거리를 찾는데 열중한 것을 알 수 있습니다.

디스플레이 세계는 상전벽해와 같이 급진적으로 진화하고 있습니다. 과거 CRT가 약 70년을 우리생활과 함께 하였고 LCD 평판디스플레이가 나온 지 약 20년의 세월이 흘렀지만 벌써 새로운 기술의 집합체인 OLED 디스플레이로 시장에 새로운 바람을 일으킬 수 있는지 주목하고 있습니다. 또한 지금의 스마트폰은 전화기, 사진기, MP3, 계산기, 시계, 캠코더, 녹음기, 컴퓨터 등이 하나로 모여진 멀티 플레이어 즉 다기능의 전화기입니다. 실로 인간 생활의 패턴을 바꾸어 놓은 주인공이 되었습니다. 더욱 인간이 꿈꾸는 디스플레이를 구현하고자 고해상도와 지능화로 Reality를 증강시키고 세상 어디에도 존재하는 제품이 되기 위해 거듭나고 있습니다.

케미스트리의 어원에서 짚어본 흥미 있는 한마디는 “케미(Chemi)돈다”였습니다. 상호간의 화학반응을 지칭하기도 하며 상호간의 강한 끌림이나 시너지 효과를 의미한다고 합

니다. 우리들에게 꼭 필요한 단어라고 생각합니다. 많은 양곡을 얻으려면 좋은 씨앗이 필요하고, 많은 물을 길고자한다면 한 바가지의 마중물이 필요하듯, 우리들 주변의 연구와 노력이 한국산업 경쟁력의 희망과 변화의 “마중물”이 되기를 소망한다는 한사장의 마무리 멘트와 사뭇 일치하여 아직도 귓전에 맴돌고 있습니다. 개발된 기술을 제품으로 연계하여 글로벌 산업을 일궈내기 위해서는 대학교의 인력양성, 출연연구원의 기술개발 및 인큐베이션 그리고 기업의 제품개발을 서로 협력하여 상생 적이고 시너지 효과를 나타내는 산학연 협동이 선순환이 되기를 기대합니다.

이 후 질의응답 시간을 통하여 중국의 급속히 성장한 기술 압박과 일본의 오랜 전통을 가진 소재 기술을 어떻게 대응할까 등 지속 가능한 디스플레이 산업발전 방향에 대한 활발한 토론이 있었습니다. 본 제 6차 화학정책포럼이 친선도모 및 정보공유와 함께 화학 관련 산업기술의 발전과 보급에 기여하기를 기대합니다. 이번 포럼을 통하여 디스플레이는 화학을 좋아한다는 것을 알 수 있었습니다.

(연합회의 제6차 화학기술정책 포럼은 신소재경제 10월 15일자 소식란에 소개되었습니다. [http://www.amenews.kr/atc/view.asp?P\\_Index=22163](http://www.amenews.kr/atc/view.asp?P_Index=22163))



## LG디스플레이 파주 공장 방문 후기

총무이사 류 병 환(한국화학연구원)

2014년 12월 9일 한국화학관련학회연합회의 임원 및 이사진들 약 20여명은 경기도 파주시 소재 LG 디스플레이(LGD)를 방문하였습니다. 본 방문은 김해두 회장님이 주선하신 '제6차 화학기술 정책 포럼(올해 10월 개최)'에서 LG 디스플레이 한상범 사장은 "급변하는 디스플레이 시장과 미래주도의 열쇠"라는 주제로 발표해 주신 바 있었고, 이에 청중의 뜨거운 호응에 대한 화답으로 이루어졌습니다.

이른 아침시간에도 불구하고 LGD측이 제공하여준 버스를 탑승하기 위하여 전국 각지에서 방문에 대한 기대감과 함께 모두 제시간에 모였으며, 순조롭게 방문을 시작하였습니다. 강인병 CTO를 비롯한 직원들의 환대와 함께 LGD 회사소개, 전시관, P7투어와 전망대를 관람 하였습니다. 전시관에서는 그 옛날 필수 혼수품이었던 흑백 TV, 벽걸이 TV를 선도한 LCD 및 PDP 디스플레이, 종이처럼 얇고 화소와 색상이 뛰어난 OLED 디스플레이까지 한 눈에 보며 우리나라의 디스플레이 변천사를 추억과 기쁨 속에 관람하였으며, 이들 디스플레이는 TV뿐만 아니라 우리의 생활 패턴을 바꾼 핸드폰 및 정류장 안내 및 음식점 메뉴제공 등 공공 디스플레이, 그리고 미래형 자동차의 전장계기판 및 외관의 패션을

선도할 상상의 제품을 꿈꾸게 하였습니다. 특히 미래사회에서의 디스플레이는 우리의 상상력을 뛰어넘을 정도로 우리의 일상생활 구석구석까지 사용될 예정이며 새롭게 디스플레이의 위력을 실감하였습니다.

"고객이 꿈꾸면 LGD는 현실화 한다"는 슬로건 아래 열심히 제품 개발과 보급을 통하여 디스플레이 업계를 주도한 결과, 2013년 말 기준으로 디스플레이 부문에서 마켓 셰어 27%를 넘기며 글로벌 넘버원의 성과를 일구어냈으며, 한상범 사장은 2014년 12월 5일에는 우리나라 디스플레이 산업이 세계 1위로 성장하는 데 중추적 역할을 수행한 공로로 금탑산업훈장을 수훈하게 되었다고 합니다.

글로벌 디스플레이 업체로의 지속적인 성장으로 커브드(Curved) OLED, 플렉시블(Flexible) 및 투명 디스플레이 등 미래 디스플레이 기술 개발과 시장 개척을 주도하여 제2의 도약으로 이어지기를 기대하며, OLED 디스플레이는 화학적인 구성요소가 많은 제품으로 이들 제품화를 통하여 우리나라가 더욱 화학강국으로 발돋움 할 수 있는 기회가 되기를 기대해봅니다.





# 2014 대한화학회



최 중 길 (대한화학회 회장)

## 1. 제114회 학술발표회, 총회 및 기기전시회 (추계) 개최 결과

- 1) 일시: 2014년 10월 15일(수)~17일(금)
- 2) 장소: 광주 김대중컨벤션센터
- 3) 발표논문: 1,478편
- 4) 등록인원: 2,681명
- 5) 학회상, 외부상, 포스터상 수상인

구분	수상인 및 소속
이태규 학술상	이상엽 (서울대)
화학경영자상	백운필 (나노캐텍)
기술진보상	김상태 (동우화인켐 전자재료연구소)
초중등학교화학교사상	강희준 (아산중)
KCS-Wiley 젊은화학자상	성봉준 (서강대) 오제민 (연세대)
Sigma-Aldrich 화학자상	정영미 (강원대) 조천규 (한양대)
아이센스여성화학자상	김양미 (건국대)
우수박사학위논문상	곽재성 (KAIST)
	김인영 (이화여대)
	서현옥 (성균관대)
	이주용 (연세대) 임대운 (서울대, 現 한국원자력연구원)

## □ 포스터상

포스터상	수상자 (발표자)	공동저자	소속
동우 화인켐 (주)	박인혁	Raghavender Medishetty <sup>1</sup> 이심성*, Jagadesse J. Vitali*	경상대학교 화학과 <sup>1</sup> Department of Chemistry, National University of Singapore
	최성규	조은진*	한양대학교 응용화학과
Reaxys	차 훈	윤상운*	단국대학교 화학과
WISSET	김셋별	정희일*	한양대학교 화학과
RSC	최원훈	이민재*	경희대학교 응용화학과
	송다은	이민지 <sup>1</sup> 강가에 <sup>2</sup> 황종연 <sup>3*</sup> 윤창수 <sup>4</sup> 김필호 <sup>5</sup> 정희정 <sup>6</sup> 조성윤 <sup>5</sup> 김형래 <sup>5</sup>	충북대학교 약학부/신약개발전공, <sup>1</sup> 고려대학교 화학과 <sup>2</sup> 한국화학연구원 난치성질환치료연구그룹, <sup>3</sup> 한국화학연구원 의약화학연구센터 <sup>4</sup> 한국화학연구원 신약연구본부 의약화학연구센터 <sup>5</sup> 한국화학연구원 난치성질환치료연구센터
동우 화인켐(주) 대학(원)생 선정	이광민	차상원*	한국외국어대학교 화학과
	CAIHONGYUN	하립개 이용록*	영남대학교 화학공학부
	김혜진	wadoodabdul* 이선경 <sup>1*</sup> 박철민 <sup>2*</sup> 송종환 <sup>3*</sup>	과학기술연합대학원대학교(UST) 의약 및 약품화학 <sup>1</sup> 한국화학연구원 의약화학연구센터 <sup>2</sup> 한국화학연구원 의약화학 연구센터 <sup>3</sup> 한국화학연구원 신물질연구단
	송다은	이민지 <sup>1</sup> 강가에 <sup>2</sup> 황종연 <sup>3*</sup> 윤창수 <sup>4</sup> 김필호 <sup>5</sup> 정희정 <sup>6</sup> 조성윤 <sup>5</sup> 김형래 <sup>5</sup>	충북대학교 약학부/신약개발전공 <sup>1</sup> 고려대학교 화학과 <sup>2</sup> 한국화학연구원 난치성질환치료연구그룹, <sup>3</sup> 한국화학연구원 의약화학연구센터 <sup>4</sup> 한국화학연구원 신약연구본부 의약화학연구센터 <sup>5</sup> 한국화학연구원 난치성질환치료연구센터
	홍한나	이대희 엄현아 신지철 조민주 MATINDERKAUR 최동훈*	고려대학교 화학과



포스터발표



기조강연



이태규학술상 수상인



화학경영자상 수상인



씨그마알드리치 화학자상 수상인



씨그마알드리치 화학자상 수상인



KCS-Wiley 젊은화학자상 수상인



KCS-Wiley 젊은화학자상 수상인



## 정·회·원·소·식



아이센스 여성화학자상



대한화학회 우수포스터 시상



기기전시회 - 채용부스



기기전시회



경품 추첨



2014 운영위

## 2. 2015년 임원 및 주요 일정

### 1) 2015년 임원

구분	성명	소속
회장	김홍석	경북대
차기회장	이창희	강원대
부회장 (8명)	총무	이상기 이화여대
	기획	허영덕 단국대
	학술	안교한 POSTECH
	산학협력	박한오 바이오니아
	홍보	원종욱 세종대
	국제협력	이덕형 서강대
	교육	정진갑 계명대
	조직	정옥상 부산대
실무이사 (13명)	총무	금교창 한국과학기술연구원
	기획	장우동 연세대
	기획	윤성호 국민대
	학술	한민수 중앙대
	학술	심은지 연세대
	학술	윤완수 성균관대
	산학협력	황금숙 한국기초과학지원연구원
	홍보	석차욱 서울대
	홍보	옥강민 중앙대
	홍보	장락우 광운대
	국제협력	조규봉 서강대
	국제협력	김필호 한국화학연구원
	조직	조창우 경북대

### 2) 115회 학술발표회, 정기 총회 및 기기전시회

- 일 시 : 2015년 4월 15일(수)~17일(금)
- 장 소 : 일산 킨텍스

### 3) IUPAC 2015 총회, 세계학술대회

- 일 시 : (총회) 2015년 8월 6일(목)~13일(목)  
(세계학술대회) 2015년 8월 9일(일)~14일(금)
- 장 소 : 부산 벡스코

### 4) 116회 학술발표회, 임시 총회 및 기기전시회

- 일 시 : 2015년 10월 14일(수)~16일(금)
- 장 소 : 대구 엑스코

### 5) 16th Asian Chemical Congress

- 일 시 : 2015년 11월 18일(수)~21일(토)
- 장 소 : Dhaka, Bangladesh

### 6) Pacificchem 2015

- 일 시 : 2015년 12월 15일(화)~20일(일)
- 장 소 : Honolulu, Hawaii

### 7) 화학적성시험(Chemistry Aptitude Test, CAT)

- 일 시 : 2015년 중

### 8) 화학올림피아드 2015 겨울학교

- 일 시 : 2015년 1월 4일(수)~16일(금)
- 장 소 : 연세대

### 9) 제47회 국제화학올림피아드 대회 참가

- 일 시 : 2015년 7월 20일(월)~29일(수)
- 장 소 : Baku, Azerbaijan

### 10) 화학포스터 · 시화전

- 일 시 : 2015년 4월 중

## 3. 제50대 회장(임기: 2016년 1월 1일~2017년 12월 31일) 선거 결과

이창희 회원(강원대 화학과) 당선

## 4. 화학적성시험 (Chemistry Aptitude Test, CAT) 2차 시험 실시

11.29(토), 연세대, KAIST, 전북대, 전남대, 부산대 등 5개 장소에서 개최



## 2014 한국고분자학회



허수영 (한국고분자학회 회장)

### 1. 2014년 추계총회 및 연구논문발표회 개최

2014년 한국고분자학회 추계총회 및 연구논문발표회가 10월 6(월)~8(수)일, 3일에 걸쳐 제주국제컨벤션센터에서 열렸다. 이번 추계학회는 제주에서 열렸음에도 불구하고, 1,844명(일반: 522명, 학생: 1,322명)의 인원이 등록한 가운데, 논문 발표 편수도 기조강연 1편, 수상기념강연 1편, 초청강연 129편, 구두발표 58편, 포스터발표 1,034편 등 총 1,223편에 이르렀다. 등록 인원 및 발표논문수를 통해 매해 비약적으로 발전하는 한국고분자학회의 모습을 재차 확인할 수 있었다.

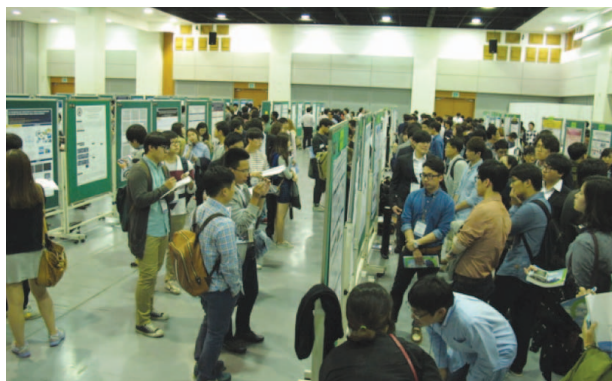
이번 연구논문 발표회에서는 “신진연구자 특별 심포지엄” 및 “대학원생 구두발표” 세션이 영어발표로서 진행되었으며, 네 개의 국제심포지엄(International Symposium on Architectural Control of Supramolecules, Korea-Taiwan Joint Symposium on Polymer Synthesis and Applications, International Symposium on Advanced Biopolymers, International Symposium on Organic Electronic and Photonic Materials)을 세부 심포지엄으로 진행하는 등 대한민국의 대표적 학술대회에서 국제적인 저명 학술대회로 도약하는 고분자학회의 새로운 모습이 두드러진 연구논문 발표회였다. 또한, 학계와 산업계의 소통과 공통의 문제해결의 노력을 이끌어내기 위한 “산학협력 특별 심포지엄”이 개최되는 등, 대한민국 고분자 산업의 발전을 위해 산/학이 함께 노력하는 학회로서의 자리매김을 확고히 하였다.

간친회 행사에서는 원로회원, 현 임원진, 신진회원간의 발전적이면서도 즐거운 만남의 시간을 가졌다. 특히, 간친회 행사에는 대만고분자학회의 Yu-Der Lee 회장님께서 참석하셔서 자리를 빛내 주셨다.



본 추계총회 및 연구논문발표회를 위해 훌륭한 학술프로그램이 될 수 있도록 애써주신 학술위원회 위원님들, 프로그램을 구성해 주신 organizer 분들과 성공적인 세션 진행을 위하여 애써 주신 좌장님들께 깊은 감사를 드리며 전시부스에 참가해주신 여러 기업 및 기관분들께도 감사드리며

끝으로, 이번 학술대회가 성공적으로 마무리 된 것은 무엇보다도 우수한 연구논문을 발표해 주신 발표자님들과 애착을 갖고 적극적으로 참여해 주신 학회 회원님들의 덕분이라 생각하며 고분자학회 모든 회원님들께 다시 한 번 진심으로 감사의 말씀을 드린다.



## 2. 2014년 추계 학회상 수상자

	수상자	소속
롯데산학협력상 (상패와 상금 1,000만원)	허완수 교수	숭실대학교
도레이고분자상 (상패와 상금 1,000만원)	김윤희 교수	경상대학교
중견학술상 (상패와 상금 300만원)	박철민 교수	연세대학교
	홍성철 교수	세종대학교
우수논문상 (상패와 상금 100만원)	영문지: 노영창 박사	한국원자력연구원
	국문지: 고영수 교수	공주대학교
MR-Springer Award (상패와 상금 € 500)	한학수 교수	연세대학교

## 3. 고분자기기분석 개회

- 일시: 2014년 11월 5일(수)-6일(목)
- 장소: 한국화학연구원
- 참석자: 총 200명 (일반 43명, 특별회원사 21명, 학생 136명)

한국고분자학회에서 주관하는 공식적인 마지막 행사인 고분자 기기분석 강좌는 KIST에서 처음 시작하여 20여 년 전부터 한국화학연구원에서 후원하여 진행되고 있는 행사로서 금년으로 36회를 맞고 있는 한국고분자학회 내 최장수 강좌 프로그램 중의 하나이다.

올해에는 11월 5일(수)과 6일(목), 한국화학연구원 강당에서 개최되었는데, 오전 9시 등록을 시작하여 안동준 전무이사님의 개회사, 이규호 한국화학연구원 원장님의 축사와 함께 강좌가 시작되었다. 작년 35회 강좌의 설문조사 결과를 바탕으로 올해에는 총 10개 분야의 강사를 모셨다. 첫째 날, 한국기초과학지원연구원의 이주한 박사의 “Introduction of XPS/UPS for Surface Analysis and Its Related Applications”, 충남대 이은지 교수의 “투과전자현미경(TEM)을 이용한 고분자 분석”, 한국화학연구원 김용석 박사의 “열분석의 이론과 응용”, 부산대

현 규 교수의 “유변학을 이용한 고분자 분석”, 경북대 박수영 교수의 “X-ray Diffraction을 이용한 고분자 분석”의 강연이 있었으며, 둘째 날, 한밭대 고장면 교수의 “Cyclic Voltammetry를 이용한 고분자의 전기화학적 특성 분석”, 세종대 최성신 교수의 “고분자의 분자량 분석”, 한국의국어대 김용애 교수의 “고체 NMR의 소개 및 고분자 분석에 응용”, 포항가속기연구소의 채복남 박사의 “적외선 분광법을 이용한 고분자 구조분석(가속기포함)”, 한국화학연구원 정유진 박사의 “Single Molecule Force Spectroscopy(SMFS) by Atomic Force Microscopy”의 발표가 진행되었다. 각 발표가 끝날 때마다 수강생 분들의 열띤 질문이 이어졌고, 모든 강의가 종료된 후까지 질의응답이 이어져 연사님들을 귀찮게 해드리는 모습을 볼 수 있었고, 특히 마지막 강연이 끝날 때 까지 대부분의 수강생 분들이 자리를 지켜 주신 것을 바라보며, 고분자 기기분석에 대한 고분자학회 회원님들의 열의와 관심을 다시금 실감할 수 있었다.



## 4. 2015년도 임원

회 장	김정안 (경희대학교)
수석부회장	조길원 (포항공대)
부 회 장	김은경 (연세대), 유진녕 (LG화학), 이재석 (광주과학기술원), 이창진 (한국화학연구원), 차국현 (서울대)
감 사	김재경 (한국과학기술연구원), 윤호규 (고려대)
전무이사	김덕준 (성균관대)
총무이사	손대원 (한양대)
이사	[본부] (21명) 강호종(단국대), 권용구(인하대), 권익찬(한국과학기술연구원), 김종만(한양대), 김지홍(성균관대), 김창근(중앙대), 김철희(인하대), 박 민(한국과학기술연구원), 박수진(인하대), 백상현(경희대), 손병혁(서울대), 안동준(고려대), 안철희(서울대), 우종표(명지대), 이상수 (한국과학기술연구원), 이종휘 (중앙대), 이준영 (성균관대학교), 조재영 (서울대), 홍성철 (세종대)
학계 : 34명 산업계 : 24명	김동유 (광주과학기술원, 분자부문위원회 위원장(당연직)), 한동근 (한국과학기술연구원, 의료용부문위원회 위원장(당연직))

## 한국고분자학회

이사 학계 : 34명 산업계 : 24명	[대구·경북 지부] (3명) 김진곤(포항공대), 제갈영순(경일대), 최이준(금오공대)
	[부산·경남 지부] (3명) 김병수(울산과학기술대), 김 일(부산대), 임권택(부경대)
	[충청 지부] (4명) 고장면(한밭대), 김상율(KAIST), 홍영택(한국화학연구원), 황택성(충남대)
	[호남 지부] (3명) 나재운(순천대), 임윤목(한국원자력연구원), 유봉렬(전남대)
[산업계] (24명) 강창균(현대EP), 강충석(코오롱), 김 도(삼양사), 김범성(KCC), 김상필(도레이첨단소재), 김승수(금호석유화학), 김양국(아이킴포인트), 노기수(LG화학), 동현수(두산전자), 민경집(LG하우시스), 박기홍(한국고분자시험연구소), 박승진(한국엔지니어링플라스틱), 박준려(삼성토탈), 유정수(LG화학), 윤필중(신일화학), 이건주(파운텍), 이동우(롯데케미칼), 이영근(SK이노베이션), 이영준(제일모직), 이 원(효성), 박홍만(한화케미칼), 장경호(이녹스), 장재권(대한유화공업), 최창현(삼성토탈)	

위 원 회	위원장	위 원 회	위원장
자 문 위 원 회	김은영	학 술 위 원 회	차국현
재 무 위 원 회	유진녕	교 육 위 원 회	김은경
국문지편집위원회	원종찬	산학협동 위원회	김창근
영문지편집위원회	최동훈	학회발전 위원회	조길원
기술지편집위원회	김덕준		

## 5. 2015년도 사업계획

### 1) 학회지 발간

고분자 과학과 기술	씩수달 발간	Vol. 26, No. 1 ~ 6 발간
폴리머	홀수달 발간	Vol. 39, No. 1 ~ 6 발간
Macromolecular Research	매월 발간	Vol. 23, No. 1 ~ 12 발간

### 2) 학회 주관 사업

	학회사업	일시	장소
1	제13회 고분자 신기술 강좌	4. 8(수)	대전컨벤션센터
2	춘계총회 및 연구논문발표회	4. 8(수)~10(금)	대전컨벤션센터
3	2015 고분자 포럼	5월 중	미정
4	제23회 고분자 아카데미	6. 24(수)~25(목)	이화여자대학교
5	추계총회 및 연구논문발표회	10. 6(화)~8(목) *9일(금) 한글날-공휴일	대구컨벤션센터
6	제37회 고분자 기기분석	11월 중	한국화학연구원

# 2014 한국공업화학회



김 정 돈 (한국공업화학회 회장)

## 1. 추계 총회 및 학술대회 개최

2014년 한국공업화학회 추계 총회 및 학술대회가 11월 12일부터 11월 14일까지 대구 그랜드호텔과 대구 엑스코(EXCO)에서 개최되었습니다. 이번 추계학술대회는 1,533명이 학술대회에 참여하였고, 특별강연과 구두 및 포스터 발표를 포함하여 총 1,337편에 이르는 연구논문의 발표가 진행된 활기차고 내실 있는 학술대회로 진행되었습니다. 이번 학술대회 기간 중에는 서울대학교 박태현 교수의 초청강연을 비롯하여 각 분야의 권위 있는 연사들로 구성된 다양한 분야의 특별 심포지엄이 개최되었으며 특히 참가가 늘어나는 외국인 연구자들에게도 적극적인 참여기회를 제공하기 위해 외국인 연구자를 위한 세션을 개최하였고, 열띤 경쟁을 통해 우수 외국인 연구자에 대한 시상도 진행되었습니다. 2015년 춘계 학술대회는 4월 29일부터 5월 1일까지 부산 벡스코(BEXCO)에서 개최될 예정입니다.



## 2. 2014년도 추계 총회 및 학술대회(11/12-14) 수상자 명단

1. 초청강연 감사패: 박태현 교수(서울대학교)
2. 제9회 한국공업화학상: 최형진 교수(인하대학교)
3. 제12회 대주기술상: 고영옥 대표이사((주)비츠로밀텍)
4. 제2회 동남합성이의갑회장상: 임경희 교수(중앙대학교)
5. 제2회 대주산학연협력상: 김훈식 교수(경희대학교)
6. 제19회 우수지부상: 강원지부
7. 신진과학자포럼 감사장: 박영일(화학연), 박치훈(경남과학기술대), 엄병환(한경대), 이상민(가톨릭대), 이승환(국가핵융합연), 이혁진(이화여대), 인수일(DGIST), 전봉현(건국대), 정우재(성균관대)
8. WISER · 한국공업화학회 젊은여성연구자상: ISF-8 강소라(영남대), ISF-9 이옥경(경희대), 2P-18 전수지(한양대), 2P-443 남다현(서강대), 2P-456 양희나(건국대)
9. 우수논문발표상  
 [최우수논문상] 2LF-3 윤대희(상명대)  
 [우수논문상-구두] 2LF-1 김민규(서울대), 2LF-2 신환규(가톨릭대)  
 [Excellent Paper Presentation Award] ISB-1 PRAVIN SHINDE(전북대), ISB-2 K. Khaja Mohaideen(한국에너지기술연구원), ISB-3 Asif Mahmood(KRICT), ISB-4 Bui Huu Trung(서울대),



ISB-5 Zafar(전북대), ISB-6 Shashi Prabha Dubey(UNIST), ISB-7 Le Ngoc Thuc(KRICT), ISB-8 Palanivel Velmurugan(전북대), ISB-9 SHAO GODLISTEN NAMWEL(한양대), ISB-10 Geok Leng Seah(KAIST), ISB-11 Dega Sudha(전북대), ISB-12 Arvind Jadhav(명지대), ISB-13 펀드비체셀(전북대), ISB-14 Truong X. Do(한경대), ISB-15 Prabuddha Gupta(가톨릭관동대), ISB-16 Lalhmunsiamma(가톨릭관동대), ISB-17 Kumaravel Vignesh(영남대), ISB-18 Tran Le Luu(서울대), ISB-19 Churchil Angel Antony Rajjeganathan(한국생산기술연구원)

## [우수논문상-포스터]

[고분자] IP-370 정민호(충남대), IP-371 정경석(충남대), IP-392 조원석(연세대), 2P-244 조성훈(성균관대), 2P-248 이호식(충북대), 2P-317 박정호(경상대), 2P-324 우승문(경상대), 2P-327 이국원(경상대), 2P-343 여준석(단국대)

[나노] IP-12 박진옥(서울대), IP-13 LEE JAMES SANGMIN(서울대), IP-39 김윤태(UNIST), IP-49 김혜인(한양대), IP-84 박영호(한국교통대)

[무기재료] IP-112 Guan Zhu Wu(부경대)

[생물공학] 2P-21 현성진(단국대), 2P-35 권진호(충남대), 2P-38 김필한(인하대), 2P-46 이주영(고려대)

[석유화학융합] IP-144 양진영(KRICT)

[에너지저장변환] IP-427 임태진(인하대), IP-431 심준형(DGIST), IP-455 강고루(성균관대), IP-465 Le Thi Minh Uyen(인하대), IP-468 이동수(인하대), IP-474 김동휘(DGIST), IP-492 정지문(인하대), IP-495 Abdul Razzaq(DGIST), 2P-364 장보윤(영남대), 2P-368 권세진(한국생산기술연구원), 2P-370 하영권(전남대), 2P-411 조민선(전남대), 2P-416 이민호(대구가톨릭대), 2P-419 현유라(계명대), 2P-423 박근영(한국세라믹기술연구원), 2P-427 김영석(한남대), 2P-434 한용운(건국대), 2P-437 이의진(건국대), 2P-444 전성재(건국대)

[전기화학] IP-164 강윤식(서울대), IP-191 이경재(서울대), IP-192 박인기(단국대)

[접착제·도료·잉크] 2P-64 김진우(부산대)

[정밀화학] 2P-100 이다영(충남대), 2P-110 Shanmugavel ramachandran(대구가톨릭대), 2P-124 김관우(한국탄소융합기술원)

[정보전자소재] IP-198 민수정(한국생산기술연구원), IP-218 안은수(경상대), IP-219 박성중(경상대), IP-221 이재현(가톨릭대), IP-244 송옥(단국대), IP-249 이수지(가톨릭대), IP-252 이하윤(가톨릭대), IP-266 이재훈(한국생산기술연구원), IP-282 배우리(고려대)

[촉매] 2P-158 김현수(영남대), 2P-173 김초균(KIER), 2P-183 김요한(서울대)

[콜로이드계면화학] 2P-211 이솔이(숭실대)

[필프제지·피혁] IP-291 조후승(경상대), IP-298 남혜경(경상대), IP-299 박건호(강원대), IP-307 한송이(강원대), IP-315 박종혜(경상대), IP-325 최도침(강원대), IP-339 황성준(국민대), IP-354 김동성(충남대)

[화학공정] 2P-233 박소연(단국대)

[환경에너지] IP-504 임윤희((주)에니텍), IP-513 현민정(한양대), IP-552 장은석(고등기술원), 2P-471 전태영(충북대), 2P-497 박재현(성균관대), 2P-517 성요한(KIER), 2P-521 강은아(KRICT), 2P-535 임동현(강원대), 2P-565 이옥경(경희대)

## 3. 제21회 도료·도장기술 심포지엄 개최

제21회 도료·도장기술 심포지엄(2014. 11. 21(금), 한양대학교 ERICA 게스트하우스 컨퍼런스룸)은 산업계, 학계의 큰 관심에 힘입어 도료산업의 현재 및 미래기술 발전을 도모하는 소중한 기술교류의 장이었습니다. 올해는 작년에 이어 “Advances in Coating Technology”라는 주제 안에서 다양한 기능성을 가진 coating기술과 스마트 기술 그리고 color의 다양한 기능에 대하여 토론할 수 있는 좋은 기회가 되었습니다. Imprinting용 도료와 가전용 VCM(Vinyl Coated Metal) Coating System을 통하여 Roll Coating System의 다양한 응용분야를 소개하였으며, 나날이 중요시 되고 있는 기능성 도료 산업에 대한 소개를 통하여 기초 재료의 합성기술 개발과 더불어 기능성 발현을 통한 응용기술의 중요성을 다시 한 번 생각할 수 있었습니다. 그리고 외부의 환경 변화에 적절하고 예측 가능한 형태로 반응하는 스마트 코팅(Smart Coatings) 기술의 가치와 사업동향에 대해 살펴보았으며, 나노소재(Nanomaterials)와 생명공학(Bioengineering)과 같은 다양한 첨단 분야와의 관계에 대한 정보를 얻을 수 있는 소중한 시간이었습니다.



#### 4. 환경·에너지 분야 미래산업형 바이오촉매/나노촉매 개발 동향 특별심포지엄 개최

2014년 12월 4일 건국대학교 새천년관 우곡국제회의장에서 환경·에너지 분야 미래산업형 바이오촉매/나노촉매 개발 동향 특별심포지엄이 개최되었습니다. 이번 심포지엄은 산업 현장에서 필요로 하는 환경 및 에너지 분야의 기술개발 동향을 중심으로, 최근 바이오 정화(bio-remediation), 바이오 화학전환(bio-conversion) 등 그 적용분야가 빠른 속도로 확산되고 있는 효소 등 미생명체의 화학반응을 촉진시키는 바이오촉매(biocatalyst)를 포함하였고, 또한 기존의 에너지, 환경 등 대부분의 산업 분야에서 광범위하게 사용되고 있는 전통적인 화학 촉매의 최근 기술성과 경제성의 한계를 극복하는 기술 개발 및 활용 동향으로 구성되었습니다. 이번 심포지엄은 국내 정책기관, 학계, 연구소 및 기업체의 전문가를 심포지엄 강사로 초빙하여 지속 성장하는 국내외 바이오 산업 및 촉매 기반 시장에 대응 가능한 사업전략 수립과 기술개발 계획에 도움이 되는 좋은 기회였던 것 같습니다.



#### 5. 신, 구 임원 상견례 및 송년모임 개최

2014년 12월 8일 The Classic 500 그랜드볼룸에서 신, 구 임원 (이사/감사/지부장/위원장/분과회장) 상견례 및 송년모임이 개최되었습니다. 신, 구 임원 및 역대회장, 역대전무이사님께서 참석하셨습니다. 학회발전상 시상식과 올해 마지막 회무보고로 지난 1년을 마무리 하는 시간이 되었습니다.

학회발전상 수상자 명단: 설용건 교수(연세대), 문두경 교수(건국대), 이상국 박사(KITECH), 홍영택 박사(KRICT), 박종욱 교수(가톨릭대)



#### 6. 2015년 춘계 총회 및 학술대회

- 일시: 2015년 4월 29일(수)~5월 1일(금)
- 장소: 부산 벡스코
- 초록제출 웹 오픈: 2015년 2월 5일(목)
- 초록제출 마감: 2015년 2월 26일(목) 자정
- 초록수정 마감: 2015년 3월 5일(목) 자정
- 사전등록 마감: 2015년 3월 31일(화) 오후 3시  
(단, 초록을 제출하는 분은 2월 26일(목) 오후 3시까지)
- 프로그램북 광고 및 기기전시 마감: 2015년 4월 6일(월)

#### 7. 2015년 임원

직 위	성명	소 속
회장	장정식	서울대학교 화학생물공학부 교수
수석부회장	장경호	(주)이녹스 대표이사
부회장	김영식	강원대학교 삼척캠퍼스 화학공학과 교수
부회장	김영규	서울대학교 화학생물공학부 교수
부회장	김희택	한양대학교 화학공학과 교수
부회장	이용택	경희대학교 화학공학과 교수

## 한국공업화학회

직 위	성명	소 속
부회장	정건용	서울과학기술대학교 화학공학과 교수
부회장	허정림	건국대학교 융합신소재공학과 교수
부회장	이재영	나노종합기술원 원장
부회장	이재홍	한국화학연구원 화학인프라본부장
부회	임순호	KIST 광전하이브리드연구센터 책임연구원
부회장	최병현	한국세라믹기술원 전자소재융합본부 수석연구원
부회장	최형기	한국화학융합시험연구원(KTR) 원장
부회장	이재준	동일시마즈(주) 대표이사
부회장	한상훈	(주)아모레퍼시픽 기술연구원 원장
감사	김형일	충남대학교 정밀응용화학과 교수
감사	홍인권	단국대학교 화학공학과 교수
전무이사	박수진	인하대학교 물리화학부 교수
총무이사	이우걸	단국대학교 화학공학과 교수
기획이사	김상범	경기대학교 화학공학과 교수
기획이사	김영진	충남대학교 고분자공학과 교수
기획이사	김정훈	한국화학연구원 그린화학사업단 환경자원센터 책임연구원
기획이사	박선민	한국세라믹기술원 에너지환경소재본부 수석연구원
기획이사	이경진	충남대학교 정밀응용화학과 조교수
재무이사	강미숙	영남대학교 화학과 교수
재무이사	전용석	건국대학교 융합신소재공학과 교수
재무이사	윤주영	한국표준과학연구원 산업측정표준본부 진공기술센터 책임연구원
조직이사	김영호	충남대학교 정밀응용화학과 교수
조직이사	홍창국	전남대학교 응용화학공학부 교수
편집이사(국)	남상용	경상대학교 나노신소재공학부 고분자공학전공 교수
편집이사(국)	박영권	서울시립대학교 환경공학부 교수
편집이사(국)	박종욱	가톨릭대학교 화학전공 교수
편집이사(국)	이기세	명지대학교 환경에너지공학과 교수
편집이사(국)	이혜진	경북대학교 화학과 교수
편집이사(영)	김진웅	한양대학교 응용화학과 교수
편집이사(영)	박경원	승실대학교 화학공학과 교수
편집이사(영)	배준원	동덕여자대학교 응용화학과 교수
편집이사(영)	유효종	한림대학교 화학과 교수
편집이사(영)	이상호	국민대학교 건설시스템공학부 교수
편집이사(영)	이영석	충남대학교 정밀응용화학과 교수
편집이사(영)	이종휘	중앙대학교 화학신소재공학부 교수
편집이사(영)	이준엽	단국대학교 고분자시스템공학부 교수
편집이사(영)	이태규	연세대학교 화공생명공학과 교수
편집이사(영)	이혁진	이화여자대학교 약학대학 교수
편집이사(전망)	김선희	상지대학교 신에너지·자원공학과 교수
편집이사(전망)	소대섭	한국과학기술정보연구원 성과확산실장/책임연구원
편집이사(전망)	정순관	한국에너지기술연구원 기후변화연구본부 온실가스 연구단 책임연구원
편집이사(전망)	최창식	고등기술연구원 Plant Engineering 센터 수석연구원
학술이사	김 석	부산대학교 화공생명공학부 교수
학술이사	김재홍	영남대학교 화학공학부 교수
학술이사	김주현	부경대학교 고분자공학과 교수
학술이사	박성영	한국교통대학교 화공생명공학과 교수

직 위	성명	소 속
학술이사	심상준	고려대학교 화공생명공학부 교수
학술이사	이재영	GIST 환경공학부 교수
학술이사	이호원	제주대학교 생명화학공학과 교수
학술이사	홍성철	세종대학교 나노공학과 교수
국제협력이사	박 현	부산대학교 조선해양플랜트글로벌핵심연구센터 교수
국제협력이사	신승환	한국생산기술연구원 수석연구원
국제협력이사	조 민	전북대학교 생명공학부 교수
산학연협력이사	염승호	강릉원주대학교 생명화학공학과 교수
산학연협력이사	조영민	경희대학교 환경학 및 환경공학과 교수
산학연협력이사	김기현	한국전자통신연구원 차세대디스플레이 연구단 책임연구원
산학연협력이사	김용석	한국화학연구원 화학소재연구본부 고기능화학소재연구그룹 책임연구원
산학연협력이사	서민강	한국탄소융합기술원 신사업조정실 책임연구원
산학연협력이사	강성기	덕산하이메탈(주) 전무이사
산학연협력이사	강충석	코오롱 인더스트리 신사업 TF장
산학연협력이사	김진태	한국화학융합시험연구원 (기업지원) 본부장

## 8. 2015년 위원장

직 위	성명	소 속
교 육	김재용	충북대학교 환경공학과 교수
국문지편집	나재운	순천대학교 고분자공학과 교수
국제협력	윤제용	서울대학교 화학생명공학부 교수
산학연협력	이상국	한국생산기술연구원 수석연구원
술어제정	엄명현	공주대학교 화학공학부 교수
여성인재육성위원회	신경희	한국에너지기술연구원 에너지저장연구센터 선임연구원
연구윤리	정영진	강원대학교 삼척캠퍼스 소방방재학부 소방방재공학전공 교수
영문지 편집	유복렬	KIST 물질구조제어연구단 책임연구원
전망지 편집	윤용승	고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부 본부장
중장기발전	인교진	강원대학교 화학공학과 교수
포상위원회	장경호	(주)이녹스 대표이사
학술	우제완	상명대학교 공업화학과 교수

## 9. 2015년 분과회장

직 위	성명	소 속
고분자	박종욱	가톨릭대학교 화학전공 교수
나노	한정인	동국대학교 화공생명공학과 교수
무기재료	김동표	포항공과대학교 화학공학과 교수
생물공학	김동명	충남대학교 정밀응용화학과 교수
석유화학·윤활유	김영운	한국화학연구원 융합화학연구본부 바이오화학연구센터 산업바이오화학연구그룹장
에너지저장·변환	홍영택	한국화학연구원 화학소재연구본부 에너지소재연구센터 센터장
전기화학	성영은	서울대학교 화학생명공학부 교수
집착제·도료·잉크	허귀행	삼화페인트 연구센터장
정밀화학	김진중	인하대학교 생명화학공학부 교수



직 위	성명	소 속
정보·전자소재	강상욱	고려대학교 신소재화학학과 교수
촉매	전기원	한국화학연구원 그린화학공정연구본부 그린화학촉매연구센터장
폴로이드계면화학	오성근	한양대학교 화공생명공학부 교수
펄프·제지	성용주	충남대학교 환경소재공학과 교수
화학공정	박용기	한국화학연구원 그린화학공정연구본부 탄소자원전환촉매연구그룹장
환경·에너지	최석순	세명대학교 바이오환경공학과 교수

## 10. 2015년 지부장

직 위	성명	소 속
강원	이승목	가톨릭관동대학교 보건환경학과 교수
광주·전남	최재곤	조선대학교 생명화학고분자공학과 교수
대구·경북	제갈영순	경일대학교 소방방재학과 교수
대전·충남	이철위	한국화학연구원 그린화학연구단 책임연구원
부산·울산·경남	최영선	부산대학교 화공생명공학부 교수
전북	강필현	한국원자력연구원 첨단방사선연구소
제주	현영진	제주대학교 생명화학공학과 교수
충북	민병각	한국교통대학교 나노고분자공학과 교수



## 2014 한국세라믹학회

임 대 순 (한국세라믹학회 회장)



### 2014 한국세라믹학회 추계총회 및 학술발표회 보고

존경하는 한국세라믹학회 회원 및 학술대회 참가자 여러분!

결실의 계절인 지난 10월 15일(수)부터 17일(금)까지 여수 디오션 리조트에서 2014년도 추계학술대회 및 총회가 여러 회원님들의 적극적인 참여와 호응으로 성황리에 마쳤습니다. 화창한 가을 하늘과 남도의 푸른 바다도 이번 행사를 더욱 빛나게 해 준 것 같습니다.

이번 학술대회에서는 기조강연 1건, 단기강좌 3건, 초청강연 136건을 포함한 구두발표 155건과 포스터발표 433건 등 총 724건의 수준 높은 강연과 연구내용이 발표되었습니다. 또한 학술대회 이래 가장 많은 31건의 심포지엄을 구성하여 폭 넓은 학문 교류의 장을 마련하였습니다. 특히 제1회 산학연 심포지엄을 개최하여 학회를 통한 국내 세라믹 산업체 모임의 기틀을 마련하였고, 학생들이 참여할 수 있는 연구 주제발표 경연대회와 학생 페스티벌을 성황리에 개최하여 명실 공히 기업체와 학생들이 함께하는 한 단계 성숙된 학술대회를 개최하였습니다.

존경하는 회원 여러분, 금번 2014년도 추계학술대회 및 총회는 여러분들의 적극적인 참여로 그 규모나 내용으로 보아, 국내 소재분야의 대표적인 학술대회로 자리매김하였다고 생각합니다. 이번 학술대회를 준비하는데 노력하여 주신 조직위원회 위원, 각 심포지엄 조직위원, 학회 임원, 학회 사무원 모두

에게 깊은 감사의 마음을 전합니다.

최근 가까운 중국과 일본과의 무한한 경쟁 속에서 우리 세라믹 소재산업은 더욱 고도화된 기술과 끊임없는 도전이 요구되고 있습니다. 이번 추계학술대회와 같은 한국세라믹학회의 활발한 산학연 활동이 우리나라 세라믹 소재산업의 발전에 크게 기여할 수 있게 되기를 기원합니다.

감사합니다.

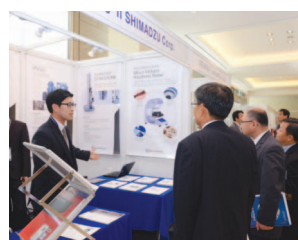
한국세라믹학회 회장 임대순 드림



[개회사]



[기조강연]



[전시회장]



[포스터발표]

2014 한국세라믹학회 추계학술대회 수상자

학회상	수상자	소속	비고
성욕상	이온영	동국R&S	
학술진보상	김원주	한국원자력연구원	
	김성환	조선내화(주)	
기술진보상	김상배	(주)하스	
	조경식	조선내화(주)	
양충논문상	정미원	성신여자대학교	
	김대중	한국원자력연구원	
젊은세라미스트상	장호원	서울대학교	
감사패	이종국	조선대학교	추계학술대회 조직위원장
	이상진	목포대학교	
	김해종	KC주식회사	
	허종	포항공과대학교	ISNOG2014 조직위원장
	최경만	포항공과대학교	SOFC Symposium 조직위원장

WISET · KCerS 젊은 여성과학자

학회상	수상자	소속	발표제목
최우수	윤미영	KIST	혼합상을 갖는 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}1-x\text{MgxO}_{3-\delta}$ ( $x=0.05-0.20$ ) 페로브스카이트 산화물의 산소 이온전도 거동에 관한 분자동역학 계산(G8-1)
우수	김다정	창원대	$\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3$ 세라믹스의 전기적 특성 평가(P1-G1-19)
	임예술	인하대	La과 Ce을 조속매로 첨가한 $\text{Ni/Al}_2\text{O}_3$ 촉매의 특성(P1-G2-8)
	이유나	가천대	$\beta$ -ray 방사선 조사에 따른 전고상 전지용 $\text{LiCoO}_2$ 양극 박막의 특성 평가(P2-S14-3)
	배은지	경상대	이온 주입 후 활성화 공정에 따른 4H 탄화규소를 이용한 P-i-N 소자의 전기적 특성 변화 분석(P2-S3-11)

양송포스터

학회상	수상자	소속	발표제목
최우수	문선영	KIST	p-type $\text{LaCuOS}$ 레이어의 PLD에 의한 에피 성장(P1-G1-6)
	황성문	세종대	이차원 전도성계면을 갖는 산화물 이중접합구조에서의 Multi-level 저항변화효과 연구(P2-S1-5)
우수	김수민	KICET	지역별 용기의 태도 및 기물의 특성분석(P1-G9-18)
	박종규	한서대	직접 성형법을 이용한 입자가 안정화된 $\text{SiC}$ 마크로 다공성 세라믹(P1-G3-7)
장려	조서현	KIMS	층상구조 산화물 자기냉매의 자기열량효과 향상에 관한 연구(P1-G1-5)
	Mircea Cristian Pantilimon	목포대	Sintering Behavior of High Purity, Nano-yttria ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ Powder without the Use of Sintering Aids(P1-G3-14)
	이우형	한국항공대	적외선 투과렌즈용 삼성분계 $\text{Ge-Sb-Se}$ 칼코지나이드 유리의 열적 성질(P1-G6-5)
	김기선	KAIST	근접장나노패터닝을 이용한 산화아연 및 알루미늄 도핑된 산화아연의 3차원 얇은셀 나노구조체(P1-G4-20)
	정현진	창원대	마이크로- 광 발광 및 자외선 광 발광 효과를 이용한 4H-탄화규소의 적층 결합 분석(P2-S3-18)
	박후근	국민대	세라믹 형광체기반 백색 LED를 위한 다양한 나노제조 공정기술을 이용한 2D광결정의 제조(P2-S26-10)
	곽창훈	고려대	Selective Detection of Trimethylamine Gas Using $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -decorated $\text{SnO}_2$ Nanowires Networks (P2-G1-6)
	조현진	경기대	Zn 치환에 따른 $\text{MgTiO}_3$ 계 세라믹스의 마이크로파 유전특성(P2-G1-14)
	김신익	KIST	1-다이오드 1-저항 구조에서의 비휘발성 메모리 셀 어레이(P2-S9-5)
	여열매	KAIST	원자층 증착된 폴리이미드 나노파이버를 리튬황전지의 중간층으로 삽입한 연구(P2-S17-2)
	송민석	KICET	$\beta\text{-Zn}_x\text{-XSb}_y$ 의 비화학적양론성에 따른 열전특성 평가(P2-S18-13)
	홍창효	UNIST	KNN계 무연압전세라믹스를 이용한 링형 초음파 모터 제작(P2-S1-1)
	강진규	울산대	BNKT 세라믹스의 마이크로웨이브소결과 전기로소결시 전기적특성 비교연구(P2-S1-6)
	연우진	조선대	Flexible OLED 소자에 적용하기 위한 ITO/Ag NW/ITO 박막의 신뢰성과 수명(P2-S2-4)
	박협찬	경남대	JBS구조의 p-grid 영역과 FLR 간격에 따른 4H-탄화규소 쇼트키 장벽 다이오드의 전기적 특성 분석(P2-S3-9)
	조동춘	전남대	물 분해를 위한 헤마타이트 광 전극 연구(P2-S6-4)

## 학생연구주제 발표대회

구분	수상자	소속	발표제목
최우수	조현진	경기대	Substitutional Effects of Ni and/or Sn on the Dielectric Properties of MgTiO <sub>3</sub> -based Ceramics at Microwave Frequencies
우수	장승훈	서울시립대	Electrical and Thermal Conductivities of SiC Ceramics Sintered with Yttria and Rare-Earth Oxides
	이승렬	포항공대	산광성 형광체 / 유리 복합체를 이용한 백색 LED의 색상 균일화
장려	박보인	KIST	Synthesis of Cu <sub>2</sub> ZnSnS <sub>4</sub> Nanocrystals: A Facile, Green, Up-scalable Route for Low Cost Thin Film Solar Cells
	이원준	KICET	Microstructural Control in 4YSZ Thermal Barrier Coatings Fabricated by Suspension Plasma Spray with Suspension Characteristics
	이빈	KAIST	강도와 인성이 향상된 옥방정 질화붕소 나노시트(BNNS) 강화 질화규소 나노복합재료
	정현묵	고려대	Methyl Benzene Sensor using Cr-doped Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Nanorods
	우성필	연세대	Development of High Contact Area LiMn <sub>0.475</sub> Ni <sub>0.475</sub> Al <sub>0.0502</sub> Cathode Materials for All-solid-state Lithium-ion Battery
	강승민	강원대	시멘트 재료의 열충격에 의한 물성 변화
	강진규	울산대	BNKT 세라믹스의 마이크로웨이브소결과 전기소결시 전기적특성 비교연구
	정현진	창원대	Effects of Stacking Faults on 4H-SiC Schottky Barrier Diode Characteristics
	홍창효	UNIST	Ring-type Rotary Ultrasonic Motor using KNN-based Lead-free Piezoceramics

## 양송세라모그라피

구분	수상자	소속	제목
최우수	이혜선	연세대	Would you like some nano waffles?
우수	한영민	KAERI	케라모스 꽃
	박세용	가천대	카본나노튜브에 붙은 백금 참깨들
장려	김주란	KICET	티타니아에 얹은 세포 새
	김용학	동의대	산화아연 침엽수림
	최영주	인하대	열대 바다의 Nd <sub>2</sub> Ni <sub>0.8</sub> Cu <sub>0.2</sub> O <sub>4</sub> 산호

## 산업통상자원부 장관상

김아름 (연세대학교)

시상은 2014 KOREA 세라믹동장성장포럼에서 진행

### ◎ 제41회 시멘트 심포지엄 개최결과

#### 1. 개최일시 및 발표장소

- ① 개최일시: 2014. 9. 24(수)~9. 25(목)
- ② 개최장소: 웰리힐리파크 (강원도 횡성)

#### 2. 내 용

- ① 200여명 참석
- ② 연구발표: 20건
  - 특강: 4건 (동경공대 사카이 교수의 품질강연 외 3편)
  - 연구발표: 16건 (시멘트, 콘크리트 연구개발 및 공정개선)
- ③ 시멘트 KS 및 기후변화대응방안 간담회

## 3. 결 과

한국시멘트협회와 한국세라믹학회가 공동주최한 제41회 시멘트 심포지엄은 산·학·연의 시멘트 지식정보 공유, 시멘트 업계의 현안문제 인식확산 및 대책강구, 업계 기술인들의 교류활성화를 통한 유대강화의 계기가 되었다.



[시멘트 심포지엄]

### ◎ 제28회 내화물 심포지움 개최결과

#### 1. 개최일시 및 발표장소

- ① 개최일시: 2014. 10. 30(목) 09:30-17:30
- ② 개최장소: 한국과학기술회관 중회의실2

#### 2. 내 용

- ① 105명 참석
- ② 연구발표: 19건
  - 특강: 3건, - 구두발표: 11건, - 포스터 발표: 5건



### 3. 결 과

올해는 전년대비 내화물 메이커 참가자가 소폭 증가한 반면 수요처 및 기타업체 참석자는 줄어 전체적인 참가 인원은 소폭 감소로 하였으나 좋은 내용의 연구발표로 마지막 시간까지 관심을 가지고 듣는 참석자들이 많이 있었다.

이번 심포지엄도 변함없는 내화물조합 회원사의 적극적인 지원과 세라믹학회 내화물부회 회장 및 간사 그리고 운영위원들의 협조로 내실있게 개최되었다.



[내화물 심포지움]

#### ◎ 제27회 도자기기술 심포지엄 개최결과

##### 1. 개최일시 및 발표장소

- ① 개최일시: 2014. 11. 13(목) 09:00-17:00
- ② 개최장소: 한양여자대학교 행원파크

##### 2. 126명 참석

##### 3. 연구발표 : 12건

- ① 국외 구두발표: 1건, ② 국내 구두발표: 11건

### 4. 결 과

제27회 도자기기술 심포지엄은 매년 개최되며, 중국의 경덕진 도자대학과 격년제로 한국과 중국에서 번갈아주최하는 (2015년 제9회 아시안 세라믹웨어 심포지엄을 중국에서 개최예정) 행사이기도 하다. 올해는 국내대회로 개최되었으며 산학연의 도자분야 전문가들이 모여 고도자 및 산업도자 분야의 연구결과를 발표하고 토론하는 자리를 갖게 되었다. 고도자 분야에서는 조선도자와 고려청자의 유물 분석 결과를 바탕으로 제조 기술을 추정하는 연구결과를 발표하였고, 산업도자 분야에서는 근래 도자산업에서 조명 받는 디지털 기술과 디자인 관련 발표, 도자소재의 재활용, 위생도기의 건조기술에 대한 활발한

논의가 진행되었다. 특히, 잉크젯 기술을 활용한 타일기술에 대해서는 세계적인 도자 잉크업체인 스페인의 토레시드의 초청발표로 이 분야의 세계적인 동향과 한국의 타일산업에 대한 발표도 이루어졌다.



[도자기기술 심포지엄]

#### ◎ 제29회 유리심포지엄 개최

한국세라믹학회 유리부회와 한국유리공업협동조합이 공동주최하는 제 29회 유리심포지엄을 아래와 같이 개최하오니 많은 참석을 하시어 유리기술에 대한 산·학·연의 토론을 더욱 빛내 주시기 바랍니다.

1. 일시: 2014년 12월 5일(금) 10:00-17:00
2. 장소: 여의도 중소기업중앙회 회관
3. 주최: 한국세라믹학회 유리부회/한국유리공업협동조합

#### ◎ 이온영 동국알앤에스 대표, 세라믹학회 성옥상 수상



한국세라믹학회 최고상인 성옥상의 올해 수상자로 이온영 동국알앤에스 대표가 선정되었다. 지난 33년 동안, 이온영 대표가 각종 내화물·세라믹을 활용하여 산업 발전에 크게 이바지했다는 점이 높이 평가되어 수상자로 선정되었다.

성옥상은 우리나라 세라믹 산업 발전과 기술 제고를 위해



## 한국세라믹학회

조선내화 주식회사 성옥 이훈동 회장이 출연한 기금으로 제정한 상이다. 고 이훈동 조선내화 명예회장의 호인 '성옥'에서 이름을 따왔다. 수상자에게는 상패와 1천만원의 상금이 수여된다.

### 행사안내

KJ-Ceramics 31

<http://kj-ceramics31.changwon.ac.kr>

### The 31st International Korea-Japan Seminar on Ceramics

November 26(Wed.) - 29(Sat.), 2014  
CECO (Changwon Exhibition Convention Center),  
Changwon, Gyeongsangnamdo, Korea



### Welcome to KJ-Ceramics 31

We are pleased to announce that the 31st International Korea-Japan Seminar on Ceramics will be held in Changwon, Korea, during Nov. 26 ~ 29, 2014. The conference will be hosted by Changwon National University.

Since the first Korea-Japan Seminar on Ceramics in 1984, two countries hosted the annual meeting alternatively to encourage active communication between both sides in terms of science and human resources.

This year's Seminars proposes 18 symposia covering from traditional ceramics to high-tech ceramics as listed in Conference Topics. Oral and poster presentations are cordially invited.

Especially, participations of students and young scientists are strongly encouraged.



**Byong Ho Kim**  
Korea Univ.  
Chairman,  
Organizing Committee



**Myong-ho Kim**  
Changwon National Univ.  
Chairman,  
Local Organizing Committee

### Important Dates

- Abstract Submission : Jul. 1 ~ Aug. 31, 2014
- Notification of Acceptance : Sept. 1 ~ Sept. 30, 2014
- Early Registration : Sept. 1 ~ Oct. 31, 2014
- Accommodation Reservation : Sept. 1 ~ Oct. 31, 2014

### Conference Topics

- |  |   |
|--|---|
| 1) Synthesis, Raw Materials & Advanced powder processing | 10) Biomaterials  |
| 2) Thermoelectrics                                       | 11) Sensor Materials  |
| 3) Thin Films & Layers                                   | 12) Electric Field Assisted Sintering<br>(PAS, SPS and Related Processing Techniques) |
| 4) Nano-particles & Nano-structured Materials            | 13) Piezoelectric Device & Application  |
| 5) Traditional Ceramics & Refractory Materials           | 14) Leadfree Piezoelectrics   |
| 6) Fuel cells and Batteries                              | 15) Computational Ceramic Science and Engineering                                     |
| 7) Electronic Ceramics                                   | 16) Ceramics Culture and Education  |
| 8) Structural Ceramics                                   | 17) Transparent and Display Electronics   |
| 9) Glass & Opto-Electronic Materials                     | 18) Advanced Coating for Gas Turbines   |
|  | • Poster session  |

### Conference Proceedings

The conference proceedings will be published in international journals(SCI).  
The journal names will be announced prior to the pre-registration.

First E-Newsletter

[www.pacrim11.org](http://www.pacrim11.org)



The 11th

### Pacific Rim Conference of Ceramic Societies

August 30 ~ September 4, 2015 / ICC Jeju, Jeju, Korea

### Abstract Submission

All prospective authors are invited to submit abstract online at  
[www.geni-pco.com/pacrim11](http://www.geni-pco.com/pacrim11) by Dec. 31, 2014.  
Please refer to the following guidelines for your abstract submission.

[Abstract Submission Guideline](#)



# 2014 한국화학공학회



김 성 현 (한국화학공학회 회장)

## 1. 2015년도 운영진(제46대 임원)

구 분	성 명	소 속	직 위
회 장	손 영 기	GS파워(주)	대표이사
수석부회장	강 용	충남대학교 화학공학과	교 수
학술부회장	박 진 호	영남대학교 화학공학부	교 수
산업계부회장	고 춘 석	GS EPS(주)	대표이사
지부부회장	변 현 수	전남대학교 화공생명공학과	교 수
감 사	김 인 원	진국대학교 화학공학과	교 수
	오 명 숙	홍익대학교 신소재화공시스템공학부	교 수
총 무 이 사	안 경 현	서울대학교 화학생물공학과	교 수
	오 미 해	자동차부품 연구원 스마트 소재 연구센터	센 터 장
재 무 이 사	김 범 상	홍익대학교 신소재화공시스템공학부	교 수
	김 승 태	GS파워(주) 에너지솔루션사업실	처 장
조 직 이 사	이 창 수	충남대학교 화학공학과	교 수
	박 해 경	한서대학교 화학공학과	교 수
학 술 이 사	이 현 주	KAIST 생명화학공학과	교 수
	김 수 길	중앙대학교 융합공학부	교 수
	오 준 학	POSTECH 화학공학과	교 수
기 획 이 사	홍 창 국	전남대학교 응용화학공학과	교 수
	정 현 욱	고려대학교 화공생명공학과	교 수
	이 도 창	KAIST 생명화학공학과	교 수
사 업 이 사	송 광 호	고려대학교 화공생명공학과	교 수
	원 용 선	부경대학교 화학공학과	교 수
	김 민 찬	제주대학교 생명화학공학과	교 수
국 제 이 사	성 수 환	경북대학교 화학공학과	교 수
	이 동 현	성균관대학교 화학공학부	교 수

구 분	성 명	소 속	직 위
산 학 이 사	강 혜 원	(주)드림파마 사업개발팀	과 장
	김 학 주	한국 에너지 기술연구원 온실가스 연구실	책임연구원
	민 병 권	KIST 청정에너지연구센터	센 터 장
	김 태 원	(주)기련 E&C	대표이사
	오 현 정	LG실트론 기술개발담당 시물레이션팀	연구위원
홍 보 이 사	함 승 주	연세대학교 화공생명공학과	교 수
	김 형 순	GS칼텍스(주) 대외협력부문	전 무
	전 종 기	공주대학교 화학공학부	교 수

## 2. 2014년도 가을 총회 및 학술대회

10월 22일(수)~24일(금)까지 대전컨벤션센터에서 개최된 가을 총회 및 학술대회에는 학계, 산업계, 연구소 등에서 모두 2,418명이 등록하였으며, 1,420편의 논문이 발표되었다.

“새시대 창조의 원동력 화학공학: ‘화학공학 융합기술’이라는 주제 아래 “제3회 해양플랜트와 화학공학 심포지엄”, “제11회 화학공학 마스터즈 심포지엄: 환경안전관리 현황 및 발전 방안”을 비롯해 “유체, 입자, 그리고 빛(양승만 교수 추모 심포지엄)” 등 총 3개의 특별 심포지엄과 이번이 처음 진행된 International symposium인 “Application of crystallization technology to chemical industry: Fine chemicals and pharmaceuticals”, 그리고 “Ordered nanoporous materials: State of the art 2014, Polymer and nanotechnology symposium”, “분자 모델링 기술 심포지엄”, “배성

## 한국화학공학회

열 교수 정년기념 심포지엄”, “혁신기술과 공학적 생체재료 심포지엄”, “나노입자 합성 및 응용 심포지엄”, “제11회 약물전달 및 화장품기술 심포지엄”, “이산화탄소 포집 및 저장 공정의 모델링 및 설계 심포지엄”, “Non-CO<sub>2</sub> 온실가스 저감 기술” 등 9개의 주제별 심포지엄이 성공적으로 개최되었다. 이외에도 유망 신진연구자 심포지엄, 화학공학 분야의 창의공학설계의 확산과 재생산 심포지엄, 여성기술리더 심포지엄, 화학분야 국가직무능력 표준(NCS) 활용패키지 개발사례 심포지엄, 삼성미래기술육성사업 설명회, 한국에너지기술평가원 바이오에너지 심포지엄, 물질특허에 기반한 지재산 창출 및 보호 전략 심포지엄, WISNET 2014 여대학(원)생 공학연구팀제 지원사업 일반 결과발표대회 - 화학공학 · 환경분야 등이 성공리에 개최되었다.

그리고 화학공학 관련 학과(부) 대학생들의 통합행사로 개최된 ‘화학공학 대학생 Fun&Fun Festival’에서는 ‘화학공학 대학생 동아리 경진대회’, ‘화학공학 전문대학 실기 경진대회’, ‘제10회 대학생 화학공학 창의설계 경진대회’ 및 식후행사로 ‘도전골든벨’ 까지 다양한 프로그램으로 대학생 동아리 임원단이 직접 행사를 구성하고 진행하여, 380 여명의 참가 대학생들로부터 큰 호응을 받았다.

22일 첫날에는 계속교육프로그램인 “계산 화학 입문”과 재료 튜토리얼인 “나노소재 습식 합성법의 이론 및 실무”로 시작하였는데 장시간의 강의였음에도 불구하고 앉을 자리가 없어서 서서 듣는 회원이 많을 정도로 새로운 학문 분야에 대한 회원들의 관심과 열기가 대단하였다. 그리고 롯데시티호텔에서는 업무위원장, 지부장, 부문위원장회의와 ‘Startup and Innovation’의 제목으로 강연하신 KAIST 강성모 총장님의 ‘평의원회의의 전세미나’, 손영기 수석부회장님의 한국화학공학회 중장기 발전 계획안이 발표되었으며, 이후 ‘평의원회의’ 및 만찬행사가 진행되었다. 23일(목) 오후 1시에는 기존에 진행되던 plenary lecture 대신 국내 화학산업을 대표하는 산업계 인사를 초청하여 “기회와 위기의 화공산업”이란 주제로 패널토론을 진행하였으며, 목요일 오후 진행된 총회에서는 학회업무보고, 승인사항, 심의 안건 등을 논의하고 이후 학회상과 각 부문위원회 학생 경진(경시)대회 시상식이 개최되었다. 이후 진행된 간담회와 아이패드가 걸린 경품 추첨 시간은 많은 회원들의 적극적인 관심 속에서 기쁨과 아쉬움을 나누는 즐거운 시간이 되었다.

금요일 마지막 일정으로는 우수 구두 발표상 및 우수 포스터 발표상 시상식, 그리고 목요일과 마찬가지로 회원들의 환호성과 탄식이 어우러진 경품 추첨까지 즐겁고 알찬 학술대회 일정이었다.

참가자들의 편의를 위해 포스터발표, 홍보전시회, 인터넷라운지, 휴게실을 전시장에 마련하였고, 신입회원과 연사들을 위해 신입회원과 연사휴게 라운지를 1층 로비에 설치하였으며, DCC 주변에 식당이 부족하여 목요일 점심시간에 맞춰 서틀버스를 운행하여 참가자들의 불편함을 해소해 주었다. 그리고 학술대회 양일 오전에는 아침 식사를 못한 회원들에게 던킨도너츠와 커피를 제공하였다.

학술대회 개최를 위해 후원해주신 유수한 여러 업체와 기관 및 행사준비와 진행을 위해 애써주신 대전충남지부와 학생도우미 여러분에게 진심으로 감사를 드린다.



### 3. 2014년도 학회상 수상자

학 회 상 (기금출연)	수 상 자	소 속
공 로 상	故 최 창 균	서울대학교 화학생명공학부 명예교수
	남 인 식	POSTECH 화학공학과 / 환경공학부 교수
학 술 상 (GS칼텍스(주))	윤 인 섭	서울대학교 화학생명공학부 교수
기 술 상 (OCI(주))	이 동 우	롯데케미칼(주) 연구소장
법 석 논 문 상 (제7대 회장 이재성 교수)	이 기 봉	고려대학교 화공생명공학과 교수
	논문제목: Effect of operating parameters on methanation reaction for the production of synthetic natural gas	
심 장 논 문 상 (제19대 회장 故박원규 교수)	고 영 수	공주대학교 화학공학부 교수
	논문제목: 이온성 액체를 이용한 CO <sub>2</sub> 와 glycidyl methacrylate의 고리화 첨가 및 고분자 가교 반응	
	임 상 혁	경희대학교 화학공학과 교수
	논문제목: 결정성 이산화티탄 나노줄 블록킹층 도입을 통한 거친 표면을 가지는 FTO 투명전극 기반 위 수직 배향된 산화아연 나노막대 형성에 관한 연구	

학 회 상 (기금출연)	수 상 자	소 속
석명우수화공인상 (석명과학재단 (제28대 회장 故권석명 부회장))	김 종 남	한국에너지기술연구원 석유가스연구실 책임연구원
형 당 교 육 상 (제33대 회장 이현구 교수와 그 문하생)	양 대 룩	고려대학교 화공생명공학과 교수
윤 창 구 상 (제19대 총무이사 故윤창구 박사 기념사업회)	백 영 순	한국가스공사 자원기술연구센터 연구위원
전통 화학공학 특별상 (미원상사(주))	정 회 원	
	이 창 하	연세대학교 화공생명공학과 교수
	학 생 회 원	
	정 의 환	서울대학교 화학생명공학부
박선원 학술상 (박선원 교수)	진 시 형	충남대학교 화학공학과
	이 광 순	서강대학교 화공생명공학과 교수
양정생물화공상 (장호남 교수)	서 진 호	서울대학교 농생명공학부 교수
영문지 논문상 (GS칼텍스)	박 승 빈	KAIST 생명화학공학과 교수
영문지 공로상 (GS칼텍스)	논문제목 : Design of particles by spray pyrolysis and recent progress in its application	
영문지 발전상	김 재 창	경북대학교 화학공학과 교수
	한 윤 봉	전북대학교 화학공학부 교수
영문지 장려상	논문제목 : Zinc oxide nanostructures and their applications	
회명 대학원 연구상 (회명산업(주), 회명솔레니스(주))	박 중 곤	경북대학교 화학공학과 교수
	김 병 재	고려대학교 화공생명공학과
	논문제목 : 그래핀 투명전극을 활용한 GaN 기반의 발광소자 연구	
	이 현 찬	경북대학교 화학공학과
	논문제목 : Development of methanol reforming catalyst supported on anodic aluminium oxide	
	장 성 찬	충남대학교 화학공학과
	논문제목 : Understanding meiotic chromosomes movement in yeast using microfluidic chip	
	김 선 미	KAIST EEWS 대학원
	논문제목 : Hot electron effect on metal-semiconductor schottky nanocatalysts	
	유 성 진	서울대학교 화학생명공학부
조 성 윤	논문제목 : Dynamic modelling of mixotrophic microalgal photobioreactor systems with time-varying yield coefficient for the lipid consumption	
	아주대학교 화학공학과	
	논문제목 : A novel process for the fabrication of three-dimensional Si nanostructures	

학 회 상 (기금출연)	수 상 자	소 속
대림 대학원 연구상 (대림산업(주) 석유화학사업부)	최 우 수 상	
	김 동 우	부산대학교 화학공학과
	문 명 훈	KAIST 생명화학공학과
	우 수 상	
	나 종 결	서울대학교 화학생명공학부
	남 진 오	충남대학교 화학공학과
	박 정 은	아주대학교 화학공학과

#### 4. 2015년도 학회지 발간 사업

- Korean Chem. Eng. Res. (국문 학술지)  
제53권 제1~6호 발행(2, 4, 6, 8, 10, 12월 발행)
- Korean J. Chem. Eng. (영문 학술지)  
제32권 제1~12호 발행(매월 발행)
- NICE(화학공학기술정보지)  
제33권 제1~6호 발행(2, 4, 6, 8, 10, 12월 발행)

#### 5. 2015년도 봄 총회 및 학술대회

- 일시 : 2015년 4월 22일(수)~24일(금)
- 장소 : 제주 ICC

#### 6. 2015년도 가을 총회 및 학술대회

- 일시 : 2015년 10월 21일(수)~23일(금)
- 장소 : 일산 KINTEX

#### 7. 제46대 임원워크숍 및 제1차 이사회

- 일시 : 2015년 1월 30일(금)~31일(토)
- 장소 : GS칼텍스 인재개발원

#### 8. 2015 전국 화학공학 관련 학과 대학생 학생 회장/동아리회장 Workshop

- 일 시 : 2015년 2월 12일(목)~13일(금)
- 장 소 : GS칼텍스, 롯데케미칼, 전남대 여수캠퍼스 기숙사
- 대 상 : 전국 화학공학 관련 학과(전문대학 포함) 학회장 및 동아리 회장
- 마 감 : 2015년 1월 16일(금)
- 신 청 : 온라인으로 신청([http://www.kiche.or.kr/sub5/menu6\\_15](http://www.kiche.or.kr/sub5/menu6_15))
- 문의처 : (Tel) 02-458-3078, (E-mail) office@kiche.or.kr



## 9. 한국화학공학회 보유 구의동 사무실 임대 안내

당 학회가 보유하고 있는 구의동 소재 사무실의 임대 안내를 드리오니, 임대를 원하시거나 주위에 임대를 원하시는 분이 계시면 문의 부탁드립니다.

- 장 소: 서울특별시 광진구 강변역로4길 68(구의동, 306호)  
(지하철 2호선 강변역 4번 출구 도보 5분)
- 건 물 명: 리젠트오피스텔
- 임대면적: 103.4m<sup>2</sup>(31평)
- 임대보증금: 10,000,000원
- 월임대료: 900,000원(VAT 별도)
- 월관리비: 평당 13,000원 정도
- 주차공간: 2대까지 무료, 그 이상은 유료
- 문 의: 070-8796-7164

## 10. 한국화학공학회 부문위원회 행사 안내

### □ 고분자부문위원회(위원장: 김성우 교수)

#### 1. 2014년도 고분자부문위원회 워크숍

- 일시: 2014년 12월 22일(월), 13:30~18:00
- 장소: 홍익대학교 제1공학관(K동) 101호
- 등록비: 일반 - 15만원, 학생 - 5만원(신용카드 결제)
- 문의 및 참가신청: 정보를 작성하여 다음의 E-mail로 신청해주시기 바랍니다.

김범준 교수(KAIST 생명화학공학과), bjkim02@kaist.ac.kr

남재욱 교수(성균관대학교 화학공학부),

jaewooknam@skku.edu

### □ 미립자공학부문위원회(위원장: 한현각 교수)

#### 1. APT2015(Asian Particle Technology 2015)

- 일시: 2015년 9월 15일(화)~18일(금)
- 장소: 서울코엑스

\* 2015년 9월 15일부터 18일까지 한국에서 Asian Particle Technology(APT2015) 개최됩니다. 본 행사는 미립자부문위원회가 주축이 되어 설립된 APT2015 조직위원회가 주관하는 학회로서 미립자공학 관련된 여러분께서 함께 개최하는 학회라 할 수 있습니다. 현재 홈페이지가 오픈이 되어

있사오니 많은 관심과 참여 부탁드립니다.

- 홈페이지: <http://www.ap2015.org/>

## 2. 동계 기술 교육 세미나

- 2014년 미립자공학부문위원회 및 강원지부 공동 동계 기술 교육 세미나를 2014년 12월 18일(목)~19일(금), 강원대학교에서 개최하고자 합니다. 저희 부문위원회에서 매년 개최하는 기술 교육 세미나로서 많은 관심과 성원 부탁드립니다. 또한, 발표에 참여해주실 분은 총무간사(최희규, hkchoi99@changwon.ac.kr)에게 연락주시기 바랍니다.

### □ 분리기술부문위원회(김우식 교수)

#### 1. 나노결정의 기초이론 및 활용기술

한국연구재단의 지원을 받고 있는 결정 기능화 공정기술센터(ERC)가 한국화학공학회 분리기술부문위원회와 공동으로 나노결정 기초이론 및 활용기술 교육 프로그램을 준비하였습니다. 본 프로그램은 기능성 결정소재의 제품화 및 상용화를 위해 산업계가 필요로 하는 결정소재의 제조, 분석 및 제조공정에 대한 기본 교육을 목적으로 합니다. 또한 참가자간의 인적교류를 통해, 지식과 아이디어를 교류할 수 있는 네트워크의 장도 제공하고자 합니다. 관심 있는 많은 분들의 참여 부탁드립니다.

- 일시: 2014년 12월 19일(금)
- 장소: 수원 IBIS엠베서더호텔 3층 몽마르트1홀
- 등록비: 일반 35만원(현장등록 40만원)  
학생 25만원(현장등록 30만원)
- ERC 컨소시엄 참여업체 참가자: 무료
- 문의: 박지현(csrc@khu.ac.kr)

전화: 031-201-2970, 2997 / 팩스: 031-201-2971

### □ 재료부문위원회(조성민 교수)

#### 1. Materials Challenges In Alternative & Renewable Energy 2015(MCARE 2015)

- 일시: 2015년 2월 24일(화)~27일(금)
- 장소: 제주 롯데호텔
- 규모: 현재 307편 이상 초록 접수(21개국)  
- 구두 175편(한국 100편, 국외 75편)
- 홈페이지: [www.mcare2015.org](http://www.mcare2015.org)

- MCARE2015 주요일정 사항
  - December 30, 2014 Announcement of final program
  - January 2~6, 2015 Attendance confirmation for on-site participants
  - March 1, 2015 Manuscript submission for publication in SCI journals
  - February 24~27, 2015 MCARE 2015 Conference

□ 촉매부문위원회(정순용 박사)


1. 2015년도 동계 촉매 강좌

- 일 시: 2015년 1월 21일(수)~23일(금)
- 장 소: 천안상록리조트
- 인 원: 250명 선착순 접수(사전등록 마감일 이전에 인원이 초과하면 접수를 마감합니다.)
- 참가신청: 신청서에 내용 기입 후 e-mail 전송 후, 참가비를 아래 계좌로 입금(신청서 미접수시는 현장등록으로 간주하며, 신청서는 e-mail(finejw@skku.edu)로만 접수받음.)
- 참가비용: 사전등록시 학생 200,000원, 일반 350,000원 사전등록 이후에는 20,000원 추가됨.
  - ※ 참가비는 2015년 1월 9일 이후에는 반환하지 않음.
- 사전등록마감: 2015년 1월 9일(금)
- 신청서/사전등록 접수 및 문의처: 성균관대학교 화학공학부 배종욱 교수 Tel: (031) 290-7347, Fax: (031) 290-7272  
E-mail: finejw@skku.edu
- 등록 및 결제 문의: 김순주(한국화학공학회)
  - 전화: 070-8796-7164, 02-458-3078~9
  - 팩스: 02-458-3077, e-mail: kim@kiche.or.kr
- 참가신청: 한국화학공학회 홈페이지(<http://www.kiche.or.kr>)를 통해 신청서 기입 및 참가비 결제(카드 또는 온라인 입금)
- 신청서 온라인 제출: 배종욱 교수(finejw@skku.edu)
- 준비물: 세면도구, 실내화, 운동복, 운동화, 기타개인물품

## 한국화학연구원

### ○ 화학(연), 제14대 이규호 원장 취임

- 이규호 한국화학연구원 전문위원이 한국화학연구원 제14대 원장으로 선임되어 2014년 10월 17일(금) 11시, 화학(연) 강당에서 취임식을 개최했다.
- 이규호 신임 원장은 2014년 10월 15일(수), 국가과학기술연구회에서 개최된 제9회 임시이사회에서 한국화학연구원 제14대 원장으로 선임되었다.
- 신임 이규호 원장은 서울대학교 응용화학과, KAIST 응용화학 석사를 졸업하였고, 미국 아이오와대학교에서 화학 및 재료공학으로 박사를 취득하였다.
- 1977년 화학연에 입사하여 분리소재 연구실장, 분리막 다기능소재 연구센터장, 응용화학 연구부장 등을 역임하였다.
- 이규호 신임 원장은,
  - 한국고분자학회, 대한화학회 등의 이사를 지냈고, 현재는 한국막학회 고문, 국제 순수 및 응용화학 연맹(IUPAC) 회원으로 국제 학술회의 활동을 통해 국내 과학기술 진흥에 기여하고 있다.
  - 대통령 표창('99), 과학기술 우수논문상('01), 이태리 정부 최고공로훈장('08), 과학기술훈장 도약장('13)을 수상하였고, 2007년에는 고투수성 나노복합막 연구로 국가연구개발 우수성과 100선에 선정된 바 있다.
- 신임원장 약력

성명	생년월일 (나이)	학력사항	주요경력
 이규호	'52. 05. 05. (62)	• 서울대학교 학사(응용화학) • KAIST 석사(응용화학) • 미·아이오와대학교 박사(화학 및 재료공학)	• 한국화학연구원 분리막다기능소재연구센터장('97~'06) • 한국화학연구원 응용화학연구부장('04~'05) • 국가지정 분리막다기능연구실 책임자('00~'05) • 고려대학교/연세대학교 객원/겸임 교수('02~10) • 現) 과학기술연합대학원 대학교 전문교수('14~현재) • 現) 한국화학연구원 전문위원('13~현재)

### ○ 화학(연), '에너지 및 석유화학 기초원료 확보 기술' 포럼 개최

- 한국화학연구원(원장 이규호)은 10월 29일(수) 더케이아트홀(구 서울교육문화회관)에서 국가 기반산업인 석유화학산업의 경쟁력을 강화하기 위해 '에너지 및 석유화학 기초원료 확보 기술'을 주제로 R&D 포럼을 개최했다.
- 이번 포럼에서는 석유·석탄·가스산업을 연계하는 신공정기술 개발에 대해 논의하고 우리나라 에너지 자원을 안정적으로 확보하기 위한 발판을 마련하기로 했다.
- 또한 포럼에서는 세계적인 에너지 환경 변화에 따른 석유화학산업의 핵심이슈와 석유화학산업 부흥을 위한 R&D 정책 및 산·학·연 협력방안 등에 대해 발표, 논의된다.
- ※ 석유화학산업은 자동차, 스마트 기기, 의류, 신발 등 첨단산업과 생활용품 제작에 필요한 기반산업으로 우리나라의 대표적 주력산업이다.
- 세계적인 경기침체와 원유의 정제 마진 감소, 중국 내 화학원료 자급률 증가에 따라 우리나라의 정유 및 석유화학 산업 경쟁력을 강화하기 위한 기술 개발이 시급한 실정이다.

□ 세계 기초화학제품의 수요는 2030년까지 2배 이상 증가하고 석유화학플랜트 신설 또는 증설 수요도 증가할 전망이어서, 석유화학 기초원료 확보 기술 경쟁력을 높인다면 창조경제 실현과 국가경쟁력 향상을 앞당길 것으로 기대된다.

\* 세계 기초화학제품의 수요 전망 출처:

국제에너지 기구(IEA), 2013

• 이에 따라, 한국화학연구원은 석유화학 기초원료 확보 기술 개발을 통해 중소기업 경쟁력을 강화하고, 신규 고용을 창출하는 데 이바지한다는 계획이다.

- 화학연구원은 세계 최초로 촉매를 이용한 중질 나프타 분해 공정 기술을 개발하는 등 석유화학산업 원천 기술 개발에 주력하고 있다.

\* 중질나프타 : 원유의 증류 과정(원유의 끓는점에 따른 분리 과정)에서 나오는 중질 가솔린 성분 중, 자동차 엔진 등 내연기관 연료 이외의 용도로 사용되는 성분

□ 화학(연) 이규호 원장은 “에너지 및 석유화학 기초원료 확보 기술 개발 논의를 통해 화학산업의 국가적인 시너지 효과를 창출하는데 역량을 집중해 나가고자 한다”고 의의를 밝혔다.





## 기능세라믹연구실

박 동 수 책임연구원 (재료연구소 기능세라믹연구실)

경남 창원시 성산구 창원대로 797 재료연구소 기능세라믹연구실  
Tel: 055)280-3345 Fax: 055)280-3289  
E-mail: pds1590@kims.re.kr

### 1. 연구실 개요

세라믹코팅은 세라믹스의 압전 및 유전 특성, 절연성, 내식성, 내열성, 생체적합성, 윤활성, 내마모성 등의 우수한 특성을 유지하면서 취성, 난가공성 및 난소결성 등의 문제점을 극복할 수 있는 방안으로 산업의 고도화에 따라 그 수요가 증가하고 있다. 세라믹스 코팅을 위한 공정으로는 박막 제조를 위한 물리증착법 (PVD), 화학증착법 (CVD), 솔-젤법 등과 후막 제조를 위한 용사법, screen printing 법 등 다양한 방법들이 개발되어 있고 지금도 새로운 방법들이 개발되고 있다. 최근에는 전자, 환경, 에너지, 바이오 소재에 적용하기 위한 후막 코팅기술에 관심이 증가하고 있으나 screen printing 을 비롯한 종래의 후막 코팅기술은 한계에 이른 상태이다. 재료연구소 기능세라믹연구실은 상온진공분사공정은 상온의 진공 분위기에서 코팅하고자 하는 세라믹 분말을 노즐을 통하여 기체에 분사함으로써 치밀한 세라믹 코팅층을 형성하는 기술 개발의 연구를 수행하고 있다. 상온진공분사공정으로 최근 많은 관심을 받고 있는 에어로졸 데포지션 (AD, Aerosol Deposition)은 상온진공분사공정의 한 가지로 볼 수 있는데 두께 수~수백 마이크로미터의 압전 세라믹스 후막 코팅과 유전 세라믹스 후막 코팅, 자성 세라믹스 후막 코팅, 알루미늄 후막 코팅, 이트리아 후막 코팅, 세라믹스 복합 후막 코팅 등이 개발되어 소자화까지 이루어진 바

있다. 특히, 나노구조로의 미세조직 제어기술을 통한 기존 소재의 한계 극복, 고밀도 대면적 후막 소재의 고속 코팅기술 등이 가능한 에어로졸 데포지션을 포함한 상온진공분사공정은 신기술로서 주목되고 있으며 기술개발의 진행에 따라 적용되는 범위가 크게 확대될 것으로 기대된다. 기능성 후막 코팅의 2009년 국내시장은 6,000억 원, 세계시장은 5조 7,000억 원으로 2015년에는 각각 8,000억 원과 8조원 규모로 성장할 것으로 예측되고, 한국을 비롯한 아시아 시장이 가장 빠른 성장을 나타낼 것으로 분석되었다.

### 2. 에어로졸 데포지션 연구

에어로졸 데포지션은 이미 2006년 기계와 재료 지에서 소개한 바 있다. 요약하자면, 에어로졸 데포지션은 1990년 후반, 일본 AIST의 J. Akedo 박사가 발명하였으며 2002년부터 5년간 경제통산성의 NEDO program으로 지원된 바 있다. 주로 전자부품용 압전, 유전, 자성 세라믹스 후막 코팅 및 소자화 기술이 개발되었으며 참여기관들로는 NEC, Fujitsu, Sony, Toto, Brother 등 대기업과 오사카대, 동경공대, 동북대 등의 대학들이 있다. 코팅이 되는 과정은 다음과 같다. 코팅하고자 하는 분말을 에어로졸 챔버에 넣고 기계적 진동 등을 가하여 분말의 미세입자들을 부유시킨다. 부유된 미세입자들은 이송가스에 실려 에어로졸 챔버와 진공 챔버 내의 노즐을 연결하는 관을 통하여 노즐에 공급되고, 노즐을 통하여 기체에 분사된다. 분사된 입자들은 기체와의 충돌을 통하여 더욱 미세한 파편으로 깨어지고 후속 입자들의 충돌에 의해 다져진다. 다져지는 과정에서 국부적인 소성변형과

물질이동 등이 발생하며 이에 의해 치밀한 세라믹 코팅층이 상온에서 형성된다.

에어로졸 데포지션에 있어서 중요한 변수들 중의 하나는 원료 분말의 입자 크기이다. 원료입자의 크기가 너무 작으면 (예를 들면 수십 나노미터 이하의 크기) 치밀한 코팅층 대신 입자들이 서로 접촉하고 있는 다공질 형태의 분말 압분체가 형성되고, 너무 크면 (예를 들면 수십 마이크로미터 크기) 코팅층이 형성되지 않고 오히려 기재를 깎는 erosion 현상이 발생하여 sand blasting과 유사한 결과를 얻게 된다. 따라서 에어로졸 데포지션을 위하여 원료 분말의 입자를 적절한 크기로 제어할 필요가 있는데, 분말의 종류마다 적절한 크기는 다소 달라질 수 있다. 이미 서술한 바와 같이 코팅 과정 중에 원료입자가 깨어진다는 것은 많은 실험적 데이터로 확인할 수 있으며 그림 1은  $\text{TiO}_2$  (Anatase상)의 경우를 보이는 것이다.

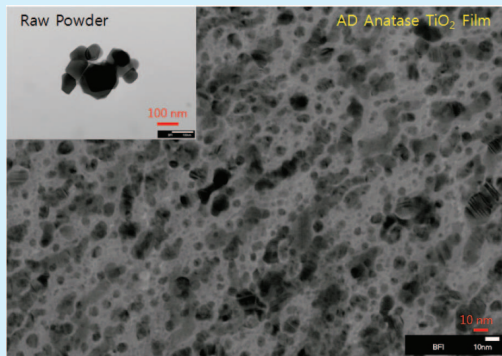


그림 1. 에어로졸 데포지션으로 성막된  $\text{TiO}_2$  코팅의 TEM 사진; inset은 원료분말의 TEM 사진

사용된 원료분말의 평균 입자크기 ( $d_{50}$ )는  $2.41 \mu\text{m}$ 이었으나 그림 1에서 보이듯이 코팅층 내의 결정입자 (어두운 것들)는  $30 \text{ nm}$  이하의 크기인 것을 확인할 수 있다.

### 3. 상온진공분사공정의 특징과 응용

에어로졸 데포지션은 코팅하고자 하는 분말을 직접 분사하기 때문에 고속코팅이 가능하다. 코팅하는 분말과 공정조건, 코팅면적에 따라 코팅속도는 크게 차이가 나지만  $30 \mu\text{m}/\text{min}$  이상의 속도로 코팅할 수 있어 고속코팅이 가능하며,

코팅층의 두께가 비교적 균일하다. 또, 코팅의 두께는 분사 횟수에 비례하기 때문에 코팅층의 두께제어가 용이하다 (그림 2). 이미 그림 1에서 보이듯이 코팅층이 나노스케일의 입자들을 가진 나노구조를 형성하며 다양한 세라믹스 코팅 또는 일부 금속 코팅이 가능하다. 분사된 입자들이 기체에 물리적으로 충돌하고 금속 기재와 같은 경우에는 충돌한 세라믹 입자의 파편들이 기체에 박혀 있으므로 계면에서의 결합력, 즉 부착력이 우수하며 상온 공정이므로 고분자 기재에 치밀한 세라믹 코팅이 가능하다. 이밖에 경제성의 관점에서는 저 진공 ( $10^{-2} \text{ torr}$ )의 단순한 장비를 사용하기 때문에 저가화와 유연성 그리고 조작성의 간편성이 중요한 특징이며 상온에서 이루어지는 공정이고 코팅되지 않은 분말은 원료 상태를 유지하며 모든 공정이 closed system에서 이루어지기 때문에 공정 후에 분말을 회수하여 재사용할 수 있다는 장점을 가진다.

상온진공분사공정은 코팅공정의 하나로 어떤 물질을 코팅하는가에 따라 광범위한 응용처에 적용될 수 있다. 응용에 있어서 고려될 수 있는 상온진공분사 코팅의 재료 공학적인 특징으로는 여러 가지가 있겠으나 코팅층의 치밀

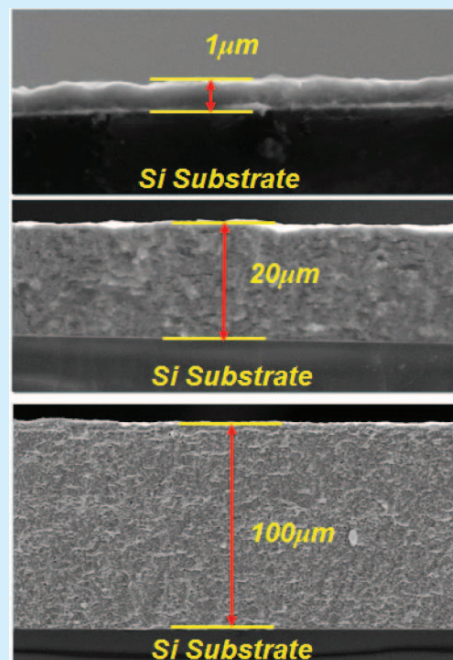


그림 2. 상온진공분사공정으로 제작된 PZT 코팅의 두께변화

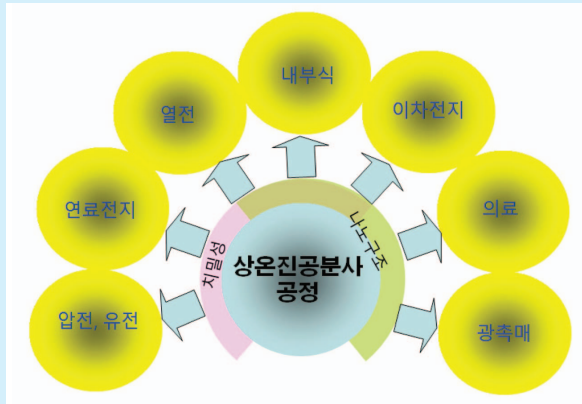


그림 3. 상온진공분사 코팅의 미세구조 특징과 응용분야

도와 나노구조를 들 수 있겠다. 그림 3에 보이는 바와 같이, 압전 및 유전 세라믹스 코팅을 비롯한 전자산업용 코팅, 반응억제를 위한 보호 코팅, 금속 interconnect의 전도성 산화물 코팅을 비롯한 고체산화물 연료전지용 코팅, 고온형 산화물계 및 Bi-Te계 열전코팅, 반도체/디스플레이 장비 부품용 플라즈마 내식성 희토류 금속산화물 코팅과 Mg합금 등의 내식성 향상을 위한 세라믹 코팅 등의 내부식 코팅, 고체 전해질 및 전극 세라믹 코팅 등의 이차전지용 세라믹 코팅, 임플란트용 생체적합성 세라믹 코팅 등의 의료산업용 세라믹 코팅, Anatase 이산화티탄 등 환경산업용 광촉매 코팅 등을 포함하여 실로 광범위한 응용분야에 상온진공분사 공정은 적용될 수 있다.

리튬이온 이차전지의 활물질인 평균입경  $1.9\ \mu\text{m}$ 의  $\text{LiNi}_{0.4}\text{Co}_{0.3}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$  분말을 Stainless steel 기판에 분사하여 두께  $2.6\ \mu\text{m}$ 의 코팅층을 형성하고, 그 특성을 평가하였다. 그림 4는 코팅층의 표면 미세구조를 나타내는 SEM 사진으로 치밀한 코팅이 형성되었고 고배율로 관찰하며 약  $200\text{nm}$ 이하의 크기를 가진 입자들이 존재함을 알 수 있다. 상기의 양극을 액체전해질과 Li metal foil 음극을 사용하여  $1\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 의 속도로 충방전 시험한 결과, 그림 8과 같은 충방전 곡선을 얻었다. 첫 번째 싸이클의 방전용량은  $44.7\ \mu\text{Ah}/\text{cm}^2$ 로 이차전지 전극으로서 전지반응을 하고 있음을 알 수 있다 (그림 5). 느린 속도의 충방전 시험임에도 불구하고 용량이 다소 낮게 측정된 것은 양극 활물질 코팅층이 매우 치밀하게 형성되어

액체전해질이 충분히 침투되지 못한 것과 연관되었을 것으로 보인다.

최근 전기자동차와 신재생 에너지 저장을 위한 대형 배터리 시스템에서는 배터리의 안전성이 중요한 이슈가 되고 있다. 휴대폰과 노트북 등의 휴대기기용 배터리의 폭발과 화재는 지금도 종종 발생하고 있어 뉴스가 되고 있지만 이들 보다 수만 배의 크기를 가진 전기자동차나 전력저장용 배터리에서 이러한 폭발이나 화재가 발생하면 이는 인명과 재산을 위협하는 사고가 된다. 배터리의 폭발과 화재의 근본적인 원인은 현재 사용하는 배터리의 전해질이 가연성 유기용매를 기반으로 한다는 것이다. 따라서, 이차전지의 전해질을 불연성 고체전해질로 대체하면 배터리의 안전성을 확보할 수 있다. 아울러, 불연성 배터리이기 때문에 배터리의 안전성을 확보하기 위한 별도의 관리시스템이 불필요하여 배터리 시스템 전체의 무게나 부피가 줄어드는 장점이 있다. 일본 AIST의 Akedo 박사팀은 Toyota 자동차의 지원으로 에어로졸 데포지션에 의한 전고체 이차전지 셀을 개발하고

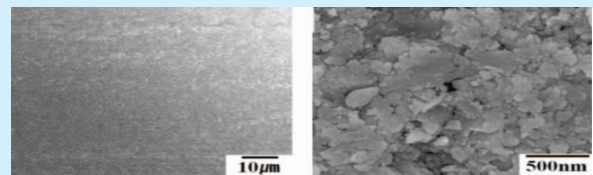


그림 4. 에어로졸 데포지션으로 제작된  $\text{LiNi}_{0.4}\text{Co}_{0.3}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$  양극의 표면 SEM 사진; (좌) 저배율, (우) 고배율

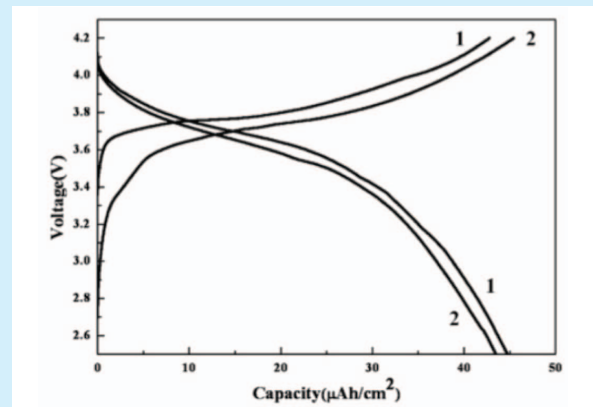


그림 5. 에어로졸 데포지션으로 제작된  $\text{LiNi}_{0.4}\text{Co}_{0.3}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$  양극의 충방전 곡선; 1, 2는 싸이클 번호를 나타냄



있다. 그림 6는 알루미늄 포일 기재 위에 개발된 셀의 SEM 사진이다 [7]. 셀의 방전용량은 아직 실용화 수준에 이르지 못하였지만 상온에서 전고체 이차전지 셀을 만들 수 있다는 것을 입증한 결과로 주목되고 있다.

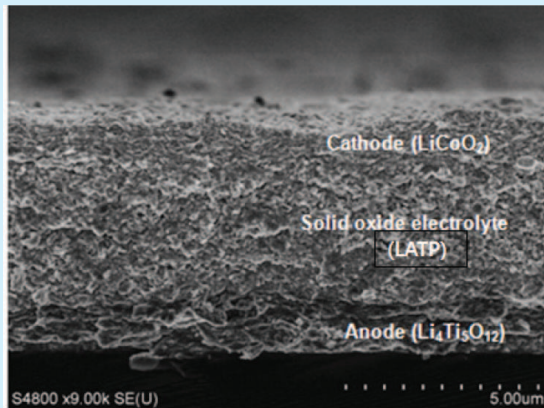


그림 6. 일본 AIST에서 개발된 에어로졸 데포지션에 의한 전고체 이차전지 셀

#### 4. 상온진공과립분사 (GSV)에 의한 대면적 세라믹 코팅

AIST의 J. Akedo 박사는 향후 에어로졸 데포지션의 발전방향이 과거의 소형 전자부품의 개발로부터 에너지 산업용 대형품의 개발로 진행될 것으로 제시한 바 있다 (그림 7). 이는 결국 코팅의 경제성 향상을 추구하는 방향이 될 것이며 이전과는 다소 상이한 문제들을 해결해야 함을 암시하는 것이기도 하다. 대면적화를 위하여 핵심적인 요소들 중

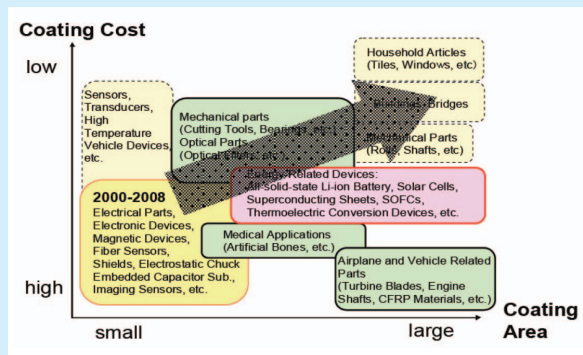


그림 7. 일본 AIST의 에어로졸 데포지션 연구방향

하나의 에어로졸 챔버 내에서 발생하는 미세입자와 이송가스의 혼합체인 에어로졸을 어떻게 안정하게 지속적으로 만들 수 있는가 하는 것이다. 에어로졸 안정화의 문제는 과거로부터 간간히 제기된 바 있다. 에어로졸 데포지션에서 에어로졸은 미립자가 가스 중에 분산 혼합된 상태로 정의되고 미립자는 응집되지 않은 평균직경  $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$  크기의 입자를 의미한다. 에어로졸의 불안정성은 주로 원료공급 장치인 에어로졸 챔버에서부터 시작되는데, 에어로졸 발생을 위하여  $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$  크기의 입자로 구성된 분말을 넣고 기계적 진동을 가하면서 이송가스를 흘리게 되면 시간이 지남에 따라 분말이 에어로졸 챔버의 벽에 다져지게 되어 에어로졸의 발생량이 감소한다. 이 현상의 원인 중 하나는 미세한 입자들 간의 마찰에 의해 입자들이 응집되는 현상이 시간이 지남에 따라 심화되는 것이다. 따라서 미세한 입자들을 변형하여 입자 간의 응집현상을 제어하고 기계적 진동 없이 원료를 노즐에 공급할 수 있으면 원료공급의 안정화를 이룰 수 있다. 재료연구소에서는 상온진공과립분사공정의 대면적화 기술을 지향하여 왔으며 이를 위하여 에어로졸 데포지션과 차별화된 독자의 상온진공과립분사공정 (GSV, Room Temperature Granule Spray in Vacuum)을 개발하였다. 상온진공과립분사공정에서는 에어로졸 데포지션과 달리 응집된 입자들로 구성된  $5 \sim 500 \mu\text{m}$  크기의 과립이 노즐에서 분사된다. 또한 과립을 원료로 사용하기 때문에 기계적 진동이 없이 원료 공급이 이루어지며 이송가스와 원료공급이 독립

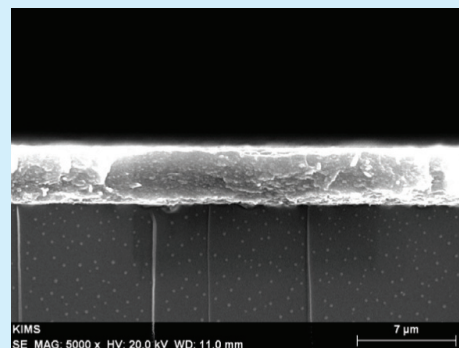


그림 8. 상온진공과립분사 (GSV)에 의한 알루미늄 코팅의 파단면 SEM 사진 (기판: 글래스)



적으로 제어되기 때문에 상온진공분사 공정의 핵심 공정변수가 되는 원료공급 속도와 이송가스 유속의 영향을 분석하는 것이 가능하다는 것이 에어로졸 데포지션과의 차별점이다. GSV와 AD의 차이점을 표 1에 요약하였다. 그림 8에서 볼 수 있듯이 GSV에 의한 코팅은 AD에 의한 코팅과 동등한 치밀도를 나타낸다. 원료공급의 안정화가 확보되었기 때문에 대면적 고속 코팅이 가능하다. 그림 9는 GSV에 의해 제작된 1mX80cm의 대면적 코팅이다. 코팅 폭은 1m로 노즐의 폭과 동일하고 길이 (80cm)는 코팅 챔버의 크기에 의해 제한된 것으로 향후 Roll-to-Roll 공정 등을 적용하며 길이는 더욱 늘어날 것으로 예상된다. 코팅의 두께는 약  $4.5\mu\text{m}$ 이며 소요시간은 16분으로 코팅속도는 약  $0.3\mu\text{m}/\text{min}$ 이었다.

표 1. 에어로졸 데포지션 (AD)와 상온진공과립분사 (GSV)의 비교

	AD	GSV
Impinging Material	Fine individual particle of $0.1\sim5\mu\text{m}$ size	Granules of $5\sim500\mu\text{m}$ size
Feeding Method	Fine particles generated by mechanical vibration & carrier gas	Rotor disk with openings for supplying granules
Feeding Rate Control*	Dependent on gas flow rate	Independent of gas flow rate
Large Scale Feeding	Limited generation of fine particles	Unlimited quantity of Granule supply
Long Term Stability of Material Supply	Unstable due to compaction of powder caused by vibration	No change in granule state

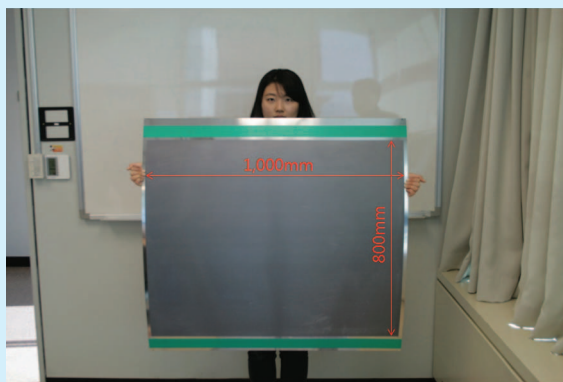


그림 9. 재료연구소에서 개발된 대면적 세라믹 코팅

• 박 동 수 •



학력

78~82 연세대학교 금속공학과 학사  
85~90 Univ. of Illinois at Chicago  
재료공학과 (석사, 박사)

경력

90~현재 한국기계연구원 부설 재료연구소 선임  
및 책임연구원

# 한국기계연구원 나노자연모사연구실

(Department of Nature-Inspired Nanoconvergence Systems)

임 현 의 연구실장 (한국기계연구원 나노융합기계연구본부 나노자연모사연구실)

대전광역시 유성구 가정북로 156 연구13동  
Tel: +82-42-868-7106 Fax: +82-42-868-7933  
E-mail: helim@kimm.re.kr  
Homepage://www.kimm.re.kr

## 1. 연구실 개요

한국기계연구원(KIMM, Korea Institute of Machinery & Materials)은 1976년 상공부 산하의 한국 기계금속 시험연구소로 설립되어 현재는 미래창조과학부 산하의 정부출연연구기관으로 국가 기계기술의 발전에 기여를 하고 있다. 본원은 대전의 대덕연구개발특구에 위치하고 있으며 의료를 집중적으로 연구하는 대구 분원과 자동차와 극저온을 연구하는 센터가 경상남도에도 있으며, 부설연구소인 재료연구소가 창원에 자리 잡고 있다. 한국기계연구원은 나노크기의 정밀하고 미세한 연구에서부터 자기부상열차, 플랜트 기술 등 거대과학에 이르기까지 기계기술 분야의 원천기술 개발에 연구 역량을 집중하고 있으며 국가산업을 선도하는 초일류 기계기술 전문 연구기관으로 성장해 나가고 있는 중이다.

나노자연모사연구실은 기계연의 미래 먹거리를 책임지기 위해 2005년 미래기술연구부로 신설돼 2007년 자연모사 바이오기계연구팀을 거쳐 2011년부터 나노자연모사연구실로 명명됐다. 나노자연모사연구실은 다양한 전공을 가진 8명의 박사과 20여명의 박사 후 연구원과 대학원생들이 자연모사를 통한 창의적인 미래기술 개발에 주력하고 있는 연구실이다. 연구실에서 주로 연구되는 주제는 생태모사

나노그린기술, 생체모사 나노융합기술, 조직공학용 바이오 기계기술 등 3가지로 분류될 수 있으며, 한국의 대표적인 자연모사 연구 집단으로서 국내 · 외에 알려져 있다.

## 2. 연구내용

### 2-1 자연모사 나노기술

자연모사기술(Nature-inspired Technology)이란 자연의 생태계와 자연 현상 그리고 살아있는 생명체의 기본 구조, 원리 및 메커니즘에서 영감을 얻어 공학적으로 응용하는 기술을 말한다. 나라마다, 사람마다 자연모사기술의 개념은 다른 용어로 사용되고 있는데, 생태모방(biomimicry), 생체모방(biomimetics)이라는 용어가 많이 통용되고 있으며 바이오닉스(bionics), 바이오그노시스(biognosis), 바이오모방공학(bio-inspired engineering), 바이오 창조공학(bionical creativity engineering), 의생학 등의 용어들도 동일한 의미를 갖는다.

자연모사 나노기술이란 자연모사기술 중 나노기술과 관련된 분야를 뜻하며, 자연에 존재하는 나노구조나 물질, 나노의 개념이 포함된 기능 및 메커니즘에서 영감을 얻어 공학적으로 응용하는 기술이라 할 수 있다. 자연에 있는 나노기술의 대표적인 예로는 연잎의 청결함과 게코의 접착력을 들 수 있다.

더러운 연못에 살면서도 항상 고귀함과 청결함을 잃지 않고 있는 연잎은 물에 젖지 않는 신비한 기능을 가지고 있다. 연잎의 표면을 전자현미경으로 확대하여 보면 10~20 마이크로미터

크로미터( $\mu\text{m}$ )의 돌기가 있고 그 위에 100 나노미터( $\text{nm}$ ) 크기 정도의 나노 털들이 덮여 있는 것을 관찰 할 수 있다. 연잎의 표면을 이루는 왁스성분이 마이크로 크기와 나노크기의 복합 미세구조물을 이루고 있고 이러한 계층적인 구조는 연잎에 맺히는 물이 퍼지지 않고 잘 굴러서 표면의 모래나 먼지를 닦도록 만들어 주는 것이다.

자신의 몸보다 50배가 무거운 물건을 가지고도 벽이나 천정을 자유자재로 붙어 다니는 게코 도마뱀붙이의 발바닥에도 나노털이 존재한다. 나무가 큰 기둥에서 줄기를 통해 작은 나뭇가지로 뻗어나가는 것처럼 게코의 발바닥에도 굵은 털부터 뻗어나간 미세 털들이 궁극적으로는 200 나노미터( $\text{nm}$ )의 굵기의 나노털가지로 갈라져 있으며 이러한 나노 털의 존재는 부스럼이나 화합물의 흔적을 남기지 않는 게코 도마뱀붙이의 놀라운 부착력의 원인이다. 또한 이러한 계층구조는 울퉁불퉁한 표면을 만나도 부착력의 감소가 없으며 먼지도 잘 붙지 않는 기능도 있다.

이처럼 다양한 나노자연모사연구 중 연구실에서 진행되고 있는 주요 연구 과제를 주제별로 살펴보면 다음과 같다.

### 1) 생체모사 나노융합기술 분야

- 생체 청각기구를 모사한 인공 감각계 원천기술 개발 (미래부, 미래유망파이오니아사업)
- 청각장애우를 위한 MEMS 마이크로폰 제작 기술 개발 (미래부, 신성장동력사업)
- 생체모사 피부형 센서 3차원 집합체 개발 (미래부, 생체모사 메카트로닉스 융합기술사업)

### 2) 조직공학용 바이오기계기술

- 표준형/맞춤형 인공지지체 제작 기술 개발 (산업부, 산업원천기술개발)
- 장기 형성을 위한 세포프린팅 기술 개발 (미래부, 바이오의료기술개발)

### 3) 생태모사 나노그린기술

- 자연모사 응용 스마트 물/용제 순환기술 개발 (산업부, 산업원천기술개발)

- 청정표면 태양전지 커버유리 가공기술 개발 (산업부, 산업원천기술개발)



그림 1. 나노자연모사연구실의 연구 분야



그림 2. 나노자연모사연구실 실원들

## 2-2 생체모사 나노융합기술

생체모사 나노융합기술은 인공감각기술에 대하여 연구하는 분야이다. 생체모사 청각소자와 피부모사 3차원 센서 집합체에 대한 연구가 진행 중이다. 신개념의 생체청각기구를 모사한 인공감각계 원천기술과 다기능의 감지가 가능한 생체모사 피부형 센서 원천기술을 개발하고 있다. 또한 소리를 듣지 못해 위험에 처하는 청각 장애우를 위해 소리의 방향과 위치를 감지할 수 있는 멤스(MEMS) 구조의 초소형 청각소자 개발에 힘을 쏟고 있다.

얼마 전 학생들 사이에서 담임교사는 절대 들을 수 없는 고음의 벨소리가 유행했다. 단순히 재미로 나온 이야기가 아니다. 소리가 들리기까지는 컷바퀴에서 소리를 모아 고막으로 전달하고 안쪽에 있는 달팽이관 안의 유모세포들이

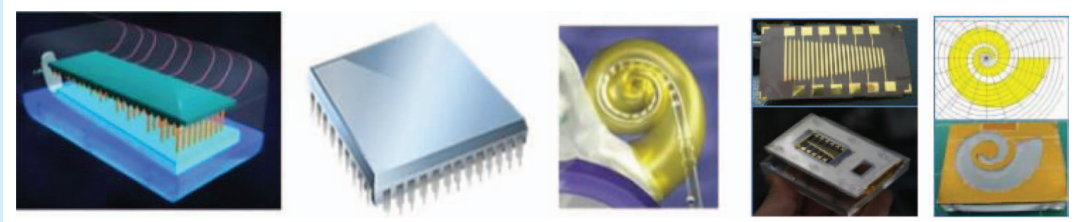


그림 3. 생체모사 인공 와우 핵심요소 기술과 인공기저막 소자 개발

이를 받아들이면서 소리를 인지하는 과정을 거친다. 이 유모세포들은 고음과 저음으로 소리를 듣는 영역이 나뉘어있다. 그런데 고음을 인지하는 유모세포가 저음 유모세포보다 수명이 더 짧다. 그래서 나이가 들수록 고음을 듣지 못하게 되는 것이다. 미국의 여성리더이면서 청각장애우로 잘 알려진 헬렌 켈러는 이 유모세포가 전혀 없었다고 한다. 연구실에서는 생체청각기구를 모사해 새로운 인공청각소자 기술을 개발하여 청력을 잃은 장애우에게 더 나은 삶을 제공하기 위한 노력을 하고 있다.

“생체모사 메카트로닉스”사업의 일환으로 진행되고 있는 피부형센서 개발은 2014년 시작된 연구로 피부의 감각기관인 소체들을 모사한 센서와 그들의 3차원 패키징을 통하여 인간피부와 동일한 감지능력을 가지도록 연구가 진행되고 있다.

- 달팽이관의 주파수 분리 및 생체전기신호 발생 메커니즘을 모사한 생체모사 신개념 인공 와우 개발 기술
- 피부형 3차원 센서 집합체 구조 설계 및 제작
- 생체 촉각 메커니즘 분석 및 생체 피부 감각 수용체 모사 센서 개발

### 2-3 조직공학용 바이오기계기술

조직공학용 바이오기계기술은 인공장기를 만드는 연구다. 인체 중 한 부분이 상처를 입거나 손실되었을 때 가장 좋은 방법은 손실된 부분의 세포를 이용하여 그 부분을 복원하는 것이다. 하지만 세포는 지지체가 있어야 성장하고 더욱이 손실된 부분과 같은 형상을 가지도록 하기위하여 손실된 부분과 같은 모양을 가지는 지지체가 있어야 한다. 연구실에서는 지지체라 불리는 스캐폴드를 자체 개발한 3D 프린터를 이용하여 제작하고 있다. 스캐폴드의 재료로는 몸 안에서 저절로 분해되는 PCL (polycaprolactone), PLGA (poly(lactic-co-glycolic acid)) 등의 생분해성 고분자가 사용되고 있으며, 최근에는 하이드로젤 등을 이용하여 세포를 직접 프린팅 하는 연구도 진행 중이다.

현재 실험실에서 제작되는 스캐폴드는 30여 가지다. 치아, 관절, 피부를 만드는 스캐폴드 등은 물론 혈관용 스캐폴드까지 제작하여 현장의 의사들과 공동연구로서 동물 임상실험을 진행 중이다.



그림 4. 스캐폴드 프린팅 시스템(좌) / 제작된 3D 스캐폴드(우)



이 분야는 선진국에서도 활발한 연구를 하고 있지만 각각 중점을 두고 있는 연구 분야가 조금씩 다르게 진행되고 있다. 연구실에서는 2006년부터 3D 프린터를 개발하기 시작하여 현재는 다중 노즐을 이용하거나, 세토프린팅이 가능하도록 하는 장비까지 개발되어 연구 중이며, 개발된 장비들은 세계적으로도 우수하다고 평가되고 있다.

- 인공장기/조직을 제작하기 위한 스캐폴드(세포 지지체) 제작 장비(3D 바이오 프린팅 시스템) 및 공정 기술 개발
- 세포 프린팅 시스템 설계 및 제작
- CT/MRI 의료 영상을 이용한 환자 맞춤형 3D 스캐폴드 제작 기술 개발
- 세포 증식/분화 실험을 통해 제작된 스캐폴드 특성 평가

#### 2-4 생태모사 나노그린기술

나노자연모사 기술과 가장 연관된 연구 분야로 현재 연구실에서는 연꽃잎을 모사해 저절로 청소되는 유리, 나방의 날개를 모사한 반사되지 않는 유리, 사막딱정벌레를 모사한 에너지를 덜 사용하는 물 포집 연구가 이루어지고 있다.

자연의 슬기로운 배운고자 이루어지고 있는 생태모사 나노그린기술에는 에너지를 아끼면서 첨단기술의 혜택을 누릴 수 있는 무궁무진한 연구아이템이 존재한다. 연꽃잎을 모사한 유리를 만들면 더러움을 제거하기 위해 사용되는 세제가 불필요해지고 물의 사용량도 대폭 줄일 수 있게 된다. 또한 지구에서 가장 건조한 사막인 나미브사막에서 아침 안개를 포집해 생명을 유지해가는 딱정벌레를 모사해 물을 포집한다면 더 이상 가뭄으로 고생하지 않아도 된다.

연구실에서는 자기방어를 위해 빛이 나지 않도록 반사방지 구조를 가지고 있는 나방 눈의 특성에 착안, 최적의 반사방지 성능을 갖춘 나노구조물을 만들고 있다. 나방의 눈 구조를 모사해 빛이 반사되지 않는 유리 개발은 거의 상용화 수준에 와 있어 국산화시기를 앞당길 수 있을 것으로 기대되고 있다. 나방눈 모사 반사방지 나노 유리는 TV나 모니터 등 디스플레이 기기는 물론 자동차 유리 등에 적용하면 선명한 시야를 확보할 수 있고, 태양전지판에 접목하면 효율을 높일 수 있어 고부가가치 산업 가능성이 높다.

나방눈 모사 반사방지 유리는 더불어 연잎의 표면처럼 성능이 뛰어난 초발수 표면 특성을 가지고 있어 다방면으로 활용도가 높아질 전망이다.

사막 딱정벌레의 등껍질을 모사하여 성능이 뛰어난 물 수집 장치에 대한 연구도 진행 중이다. 냉동 공조의 열교환기에 적용되기 위하여 개발 중인 연구는 공기 중에 있는 소량의 습기를 효율적으로 응축시켜 모으는 구조를 기반으로 이루어지고 있으며, 연구가 성공적으로 이루어지면 에너지 효율이 매우 뛰어난 제습기가 상용화되리라 기대되고 있다.

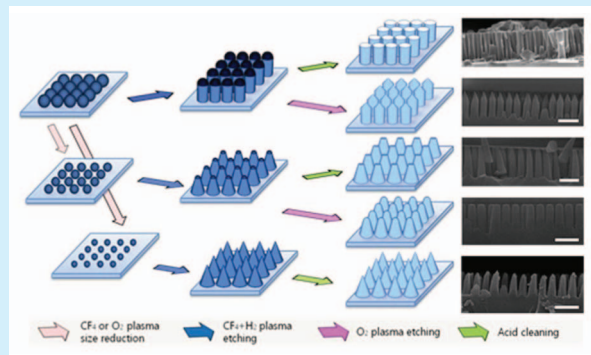


그림 5. 다양한 형상을 갖는 나노구조물

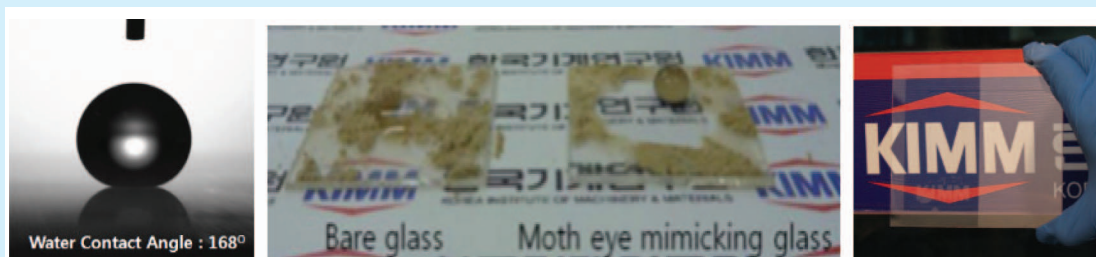


그림 6. 나노유리의 초발수성, 자기세정효과, 및 반사방지 효과

- 물에 젖지 않고 항상 깨끗한 상태를 유지하는 연잎의 초발수 특성을 넓은 면적의 유리 표면에 구현하는 친환경 경적인 가공 공정기술
- 나노구조물을 이용한 초발수 무반사 유리 개발  
단면투과도: 93.5%(파장 550nm) 초발수성: 접촉각 150°, 구름각 5°
- 친환경 공정을 이용한 고효율 열전편 기술개발
- 다양한 젖음성을 가지는 표면의 수분 응축 거동 연구
- Anti-fouling을 위한 표면 제작 및 메카니즘 분석 연구

### 3. 맺음말

현존하는 공학 기술의 개선 혹은 더 나아가 새롭고 창조적인 기술의 개발을 자연으로부터 배워서 문제 해결 방식을 찾는 다학제간의 융합 기술인 자연모사 나노기술은 자연을 이용하고 소비하는 데 중점을 두어온 기존기술에 비하여 현재 인류가 직면한 에너지 고갈, 환경오염, 생물의 멸종, 물 부족, 전 지구적 인류의 기아 등의 문제를 해결하고자 하는 지속가능 지향 미래기술이다. 국내에서도 현재 많은 연구자들이 자연모사기술에 관심을 가지고 연구를 진행 중이며 매년 ISNIT(International Symposium on Nature Inspired Technology)라는 국제학술대회가 1월에서 개최되고 있다.



그림 7. ISNIT 2013 소개포스터

한국기계연구원 나노자연모사연구실에서는 자연을 망가뜨리지 않고 오히려 깨끗하게 하면서도 인류의 삶을 안락하고 풍요롭게 편리하게 만들어 줄 수 있는 새로운 기술로서 자연모사 나노기술의 기초연구부터 상용화연구까지 진행 중이며 또한 국내의 전초기지로서 그 역할을 다하기 위하여 오늘도 연구에 매진하고 있다.

#### .. 임현의 ..



1997-2002 고려대 화학과 박사  
2002-2003 UC Berkeley 화학공학과 박사 후 연구원  
2003-현재 한국기계연구원 선임/책임연구원  
2011-현재 UST 나노바이오공학과 교수  
2012-현재 충남대학교 메카트로닉스공학과 겸임교수  
ISNIT 2012, 2013, 2014 프로그램 위원장  
BAMN 2013 조직위원장  
NanoKorea 2015 Nano Fabrication & Processing 분과위원장

#### 참고문헌

- 1) 한국기계연구원 홈페이지
- 2) 한국기계연구원 웹진 2012 “생생R&D 자연모사연구실”
- 3) 국가나노정책센터 정책이슈리포트 2013 “자연모사 나노기술”
- 4) 국가나노정책센터 Nano Insight 2013 vol. 3, 4 “자연을 닮은 나노기술의 세상, 임현의”
- 5) www.isnit.org

# 한국화학관련학회연합회 제16대 임원

회 장	김해두(한국기계연구원 부설 재료연구소)	
수석부회장	강한영(충북대학교 화학과)	
부 회 장	최중길(연세대학교 화학과)	김정돈(미원상사(주) 대표이사)
	허수영(롯데케미칼 대표이사)	임대순(고려대학교 신소재공학과)
	김성현(고려대학교 화공생명공학과)	
감 사	임경희(중앙대학교 화학신소재공학부)	김인원(건국대학교 화학공학과)
총무이사	류병환(한국화학연구원 고기능화학소재연구그룹)	
편집이사	박영조(한국기계연구원 부설 재료연구소)	
이 사	김홍석(경북대학교 응용화학과)	장정식(서울대학교 화학생명공학부)
	이철태(단국대학교 화학공학과)	이두성(성균관대학교)
	김정안(경희대학교 화학과)	김형준(서울대학교 재료공학부)
	남 산(고려대학교 신소재공학과)	손영기(GS파워(주)/대표이사)
	한종희(KIST 연료전지연구센터)	이미혜(한국화학연구원 선임본부장)

## 자 문 위 원

전민제(고문, 한국화학회관 이사장)	김시중(고문, (사)과학기술포럼 이사장)
손연수(이화여자대학교 화학과 교수)	박원훈(한국과학기술한림원 총괄부원장)
이본수(인하대학교 화학과 명예교수)	윤기현(연세대학교 세라믹공학과 명예교수)
심상철(경북대학교 공업화학부 명예교수)	이철수(고려대학교 화학공학과 명예교수)
김봉식(영남대학교 화학공학부 명예교수)	이호인(전주대학교 총장)
이홍림(연세대학교 세라믹공학과 명예교수)	윤민중(충남대학교 화학과)
김화용(서울대학교 화학생명공학부 교수)	최길영(한국화학연구원 신뢰성평가센터)
이윤식(서울대학교 화학생명공학부)	

## 전 문 위 원

총무재정	임대순(고려대학교 신소재공학과)	남 산(고려대학교 신소재공학과)
	김덕준(성균관대학교 화학공학부)	박수진(인하대학교 물리화학부 화학과)
	이석중(고려대학교 화학과)	탁용석(인하대학교 화학공학과)
기획홍보	박승민(경희대학교 화학과)	함시현(숙명여자대학교 화학과)
	안동준(고려대학교 화공생명공학과)	이경호(순천향대학교)
	이상국(한국생산기술연구원 국제협력부)	이헌상(동아대학교 화학공학과)
산학협력	김성현(고려대학교 화공생명공학과)	노중석(㈜에스코)
	문두경(건국대학교 융합신소재공학과)	이재익(한국과학기술연구원 도핑콜트롤센터)
	허완수(숭실대학교 환경·화학공학과)	하조웅(㈜이노세라)
학술출판	허수영(롯데케미칼 대표이사)	김덕준(성균관대학교 화학공학부)
	김 웅(고려대학교)	박종욱(가톨릭대학교 자연과학부 화학전공)
	윤소원(한양대학교 화학과)	이종민(서울대학교 화학생명공학부)

## 대 의 원

강정원(고려대학교 화공생명공학과)	공영민(울산대학교)
권도균(한국항공대학교)	김선희(상지대학교 신에너지-자원공학과)
김수길(중앙대학교 융합공학부)	김영준(충남대학교 화학과)
김영호(충남대학교 정밀응용화학부)	김영훈(광운대학교 화학공학과)
김진웅(한양대학교 응용화학부)	김철희(인하대학교 고분자공학과)
문명희(연세대학교 화학과)	박영권(서울시립대학교 환경공학부)
박태주(한양대학교)	박형련(전남대학교 화학과)
성재영(중앙대학교 화학과)	용기중(POSTECH 화학공학과)
원종인(홍익대학교 화학공학과)	윤성호(국민대학교 생명나노학과)
윤주영(한국표준과학연구원 산업촉진표준본부 진공기술센터)	윤호규(고려대학교 신소재공학부)
이기봉(고려대학교 화공생명공학과)	이상호(국민대학교 건설시스템공학부)
이승용(한국과학기술연구원)	이준영(성균관대학교 화학공학부)
조재영(서울대학교 화학생명공학부)	차국현(서울대학교 화학생명공학부)
최원열(강릉원주대학교)	홍창국(전남대학교 응용화학공학과)
황해진(인하대학교)	

## 화학연합 편집운영이사회

[총무운영이사] 류병환(한국화학연구원 고기능화학소재연구그룹)  
 [수석편집운영이사] 박영조(한국기계연구원 부설 재료연구소)  
 [편집운영이사] 김성환(경북대학교 화학과) 강영종(한양대학교 화학화)  
 소대섭(한국과학기술정보연구원 성과확산실) 김 웅(고려대학교 신소재공학부)  
 정현욱(고려대학교 화공생명공학과) 류도형(서울과학기술대학교 신소재공학과)  
 송준명(서울대학교 약학대학 약학과) 임현의(한국기계연구원 나노융합기계연구본부)  
 김성원(한국세라믹기술원 엔지니어링세라믹팀) 정하균(한국화학연구원 차세대전지소재연구그룹)

## 한국화학관련학회연합회 정회원/특별회원

### 1. 정회원: 5개 화학관련 학회

회원명	기관장	기관장 소속	홈페이지
대한화학회	최종길	연세대학교 화학과	<a href="http://www.kcsnet.or.kr">http://www.kcsnet.or.kr</a>
한국고분자학회	허수영	롯데케미칼(주) 대표이사	<a href="http://www.polymer.or.kr">http://www.polymer.or.kr</a>
한국공업화학회	김정돈	미원상사(주) 대표이사	<a href="http://www.ksiec.or.kr">http://www.ksiec.or.kr</a>
한국세라믹학회	임대순	고려대학교 신소재공학과	<a href="http://www.kcers.or.kr">http://www.kcers.or.kr</a>
한국화학공학회	김성현	고려대학교 화공생명공학과	<a href="http://www.kiche.or.kr">http://www.kiche.or.kr</a>

### 2. 특별회원: 10개 화학관련학회 산업체 및 연구기관

회원명	기관장	홈페이지
삼성토탈(주)	손석원	<a href="http://www.samsungtotal.com">http://www.samsungtotal.com</a>
(주)LG화학	김반석	<a href="http://www.lgchem.co.kr">http://www.lgchem.co.kr</a>
한국과학기술연구원	이병권	<a href="http://www.kist.re.kr">http://www.kist.re.kr</a>
한국석유화학협회	방한홍	<a href="http://www.kpia.or.kr">http://www.kpia.or.kr</a>
한국에너지기술연구원	이기우	<a href="http://www.kier.re.kr">http://www.kier.re.kr</a>
한국정밀화학산업진흥회	권영후	<a href="http://www.kscia.or.kr">http://www.kscia.or.kr</a>
한국화학연구원	김재현	<a href="http://www.kRICT.re.kr">http://www.kRICT.re.kr</a>
롯데케미칼(주)	허수영	<a href="http://www.lottechem.com">http://www.lottechem.com</a>
GS칼텍스(주)	허진수	<a href="http://www.gscaltex.co.kr">http://www.gscaltex.co.kr</a>
KCC 중앙연구소	김범성	<a href="http://www.kccworld.co.kr">http://www.kccworld.co.kr</a>

## 화학연합

제6권 제4호(통권 43호)

2014년 12월 20일 인쇄  
2014년 12월 30일 발행

발행인 김 해 두  
 발행처 사단법인 한국화학관련학회연합회  
 서울시 성북구 안암로 119 한국화학회관 3층  
 TEL : 02)925-5271 FAX : 02)925-5272  
 E-mail : kucst@kucst.org WEB : <http://www.kucst.org>  
 인쇄 한림원(주)  
 서울특별시 중구 퇴계로 51길 20, 1303 (오장동, 넥서스타워)  
 TEL : 02)2273-4201 FAX : 02)2266-9083  
 WEB : [www.hanrimwon.com](http://www.hanrimwon.com)





**한국화학관련학회연합회**  
THE KOREA UNION OF CHEMICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY SOCIETIES