Community Magazine of
College of Engineering
Seoul National University

SEOUL
NATIONAL
UNIVERSITY

ENGINEERING 서울공대

Community Magazine of
College of Engineering
Seoul National University

2017 AUTUMN NO.106

만나고 싶었습니다

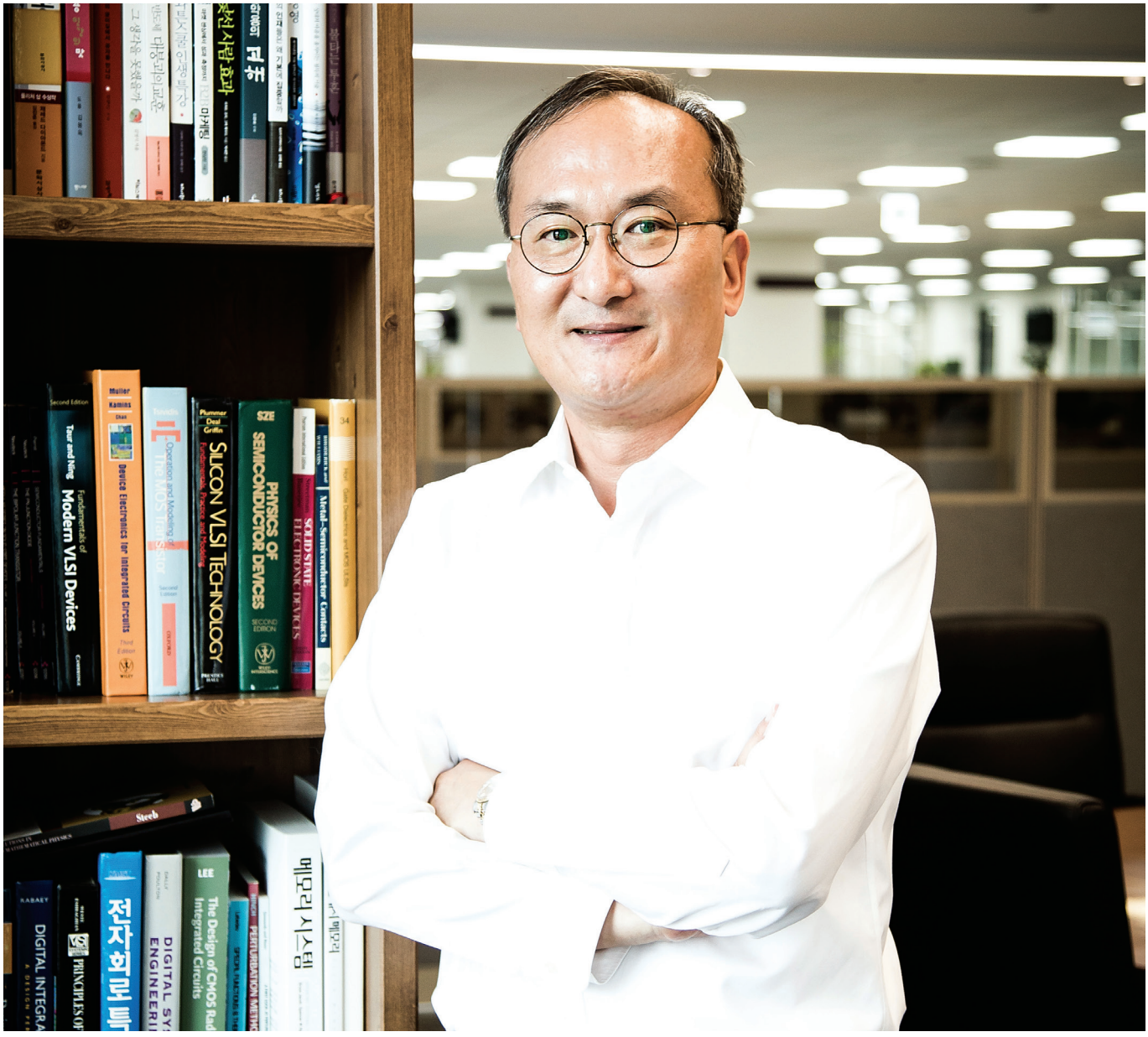
• **이석희** SK하이닉스 사장

신기술 동향

• 에너지생산/저장/변환 소재기술과 미래사회
① 페로브스카이트 기반 탠덤태양전지 연구 동향
② 리튬 이온전지를 대체할 차세대 이차 전지기술
③ 박막기술을 이용한 고체산화물 연료전지의 작동온도 저하
④ 전기화학적 탄소 자원화 기술의 현재와 미래

칼럼

• 후박나무의 전설
• 피부암 알아보기
• 비어있는 중심:광주'를 서사화 한다는 것
• 캠퍼스장비 검색 앱
• 경정보트, 세계적 수준으로 발전하다
• 일본 큐슈(九州) 학술답사 기행
• 대학과 도시4 제네바



COVER STORY

이석희 SK하이닉스 사장

발행인 서울대학교 공과대학 학장 차국헌
서울대학교 공과대학 동창회장
김재학

발행처 서울대학교 공과대학
서울대학교 공과대학 동창회

편집장 김재필

편집위원 김응수 김진영 박우진 박형민
윤군진 이규태 이종호 서진욱
장범선 정은혜 지석호

당연직 최성현 (교무부학장)
신상준 (학생부학장)

편집담당 이동하

학생기자 공대학생홍보팀 공상

편집실 서울대학교 공과대학 39동 212호
전화 | 02-880-9148
팩스 | 02-876-0740
E-mail | eng.magazine@snu.ac.kr

공대동창회실 서울대학교 공과대학 39동 235호
전화 | 02-880-7030
팩스 | 02-875-3571
E-mail | aace@snu.ac.kr
(주소변경은 동창회실로 연락)

디자인 · 제작 (주)이안커뮤니케이션
전화 | 070 -7791- 5900

정가 10,000원

Editor's Letter

안녕하십니까? 이번 호부터 새로이 편집장을 맡게 된 재료공학부 김재필교수입니다.

제가 서울공대와 인연을 맺은 것은 1980년 대학을 들어오면서부터 아니 생각해보면 20살 때부터 지금까지 영국, 미국으로 박사학위 받고 연구원생활 하느라 해외에 나가있었던 몇 년간을 제외하면 성인이 된 후 제 인생의 거의 전부를 관악캠퍼스 공학관 33동 주변을 맴돌고 있는 것 같습니다.

그간 많은 변화가 있었습니다. 제가 처음 입학 했을 땐 관악캠퍼스가 관악골프장터에 건설되었던 지라 온통 잘 자란 잔디밭이었고 건물과 건물 사이에 공간도 널찍해 캠퍼스가 광활하게 느껴질 정도였습니다. 지금은 그 좋던 잔디는 거의 온데간데 없고 캠퍼스는 온통 건물로 꽉 들어찼습니다. 제가 서울공대 교수로 임용됐던 1991년 공과대학 교수님의 숫자는 153명이었고 그때는 거의 모든 공대 학과의 교수님들과 안면이 있었지만, 지금은 전임교수만 340여 명으로 늘어나 종종 교외나 해외 학회에서 임용된 지 10여년도 더 지난 공과대학 교수님들과 처음 인사를 나누곤 합니다.

좋은 방향으로의 발전도 눈부십니다. 1990년대 초에는 해외 학회지에 논문을 투고하는 교수님들이 그리 많지 않았지만, 지금은 제가 속한 재료공학부만 일년에 340편 정도의 소위 SCI 저널에 논문을 투고하고 있고, 평가하는 기관들 마다 순위가 들쑥날쑥 하기는 하지만 공과대학의 여러 학과가 세계순위 20위 내외를 오르내리고 있어 서울대학교 공과대학이 명실공히 국제적으로 인정받는 학교가 되었습니다.

오늘날 우리나라가 반도체, 디스플레이, 자동차, 조선, 철강, 건설, 섬유, 화학, 원자력 등의 분야에서 이룩한 경제적 성공은 대부분 공학인들의 노력과 헌신에 기반을 둔 것이고, 점수를 매기기는 어렵겠지만 우리 서울공대가 여기에 기여한 부분은 매우 크다고 할 것입니다.

이러한 서울공대 동문들과 관련산업에 종사하는 훌륭한 분들이 주로 독자가 되는 서울공대지의 편집장이 되어 막중한 책임감을 느끼면서, 공과대학의 변화와 구성원들의 소식, 새로운 기술동향, 뿐만 아니라 졸업한 동문들의 근황 등을 담아서 많은 분들이 읽고 싶어하는 소식지가 되도록 편집위원들과 함께 최선을 다하겠습니다.

감사합니다.

편집장 김재필

원고 투고 안내

서울공대지는 독자들의 소식 및 의견을 받습니다. 또한 동문동정 및 수상소식 등 동문들에게 알리고 싶은 소식이 있으면 알려주시기 바랍니다.
모든 소식은 eng.magazine@snu.ac.kr로 보내주시기 바랍니다.

서울공대지 광고를 기다립니다

서울공대지는 서울대학교 공과대학과 서울공대 동창회가 계간으로 발간하는 종합소식지로서 동문들뿐만 아니라 각급 관공서, 대기업, 학교 등에 매호 15,000부가 배부됩니다. 서울공대지에 광고를 내면 모교를 지원할뿐 아니라 회사를 소개할 수 있는 좋은 기회가 됩니다.

광고게재 문의 **Tel** 02-880-9148 **Fax** 02-876-0740 **E-mail** eng.magazine@snu.ac.kr

C O N T E N T S

ENGINEERING
서울공대

서울대학교 공과대학 커뮤니티 매거진
Community Magazine of College of Engineering, Seoul National University

2017 AUTUMN **NO.106**

09
만나고 싶었습니다
이석희
SK하이닉스 사장

19
페로브스카이트 기반 탠덤태양전지 연구 동향

47
Bear Robotics 하정우 대표

02 Editor's Letter
04 발행인 칼럼

지금 서울공대에서는

06 공대발전공로상 수상
07 해동과학문화재단, 해동도서실 기증
08 AIP 30주년 역사 공간 조성 기념식

만나고 싶었습니다

09 이석희 SK하이닉스 사장

신기술동향

에너지생산/저장/변환 소재기술과 미래사회 강기석 교수
① 페로브스카이트 기반 탠덤태양전지 연구 동향 김진영 교수
② 리튬 이온전지를 대체할 차세대 이차 전지기술 이규태 교수
③ 박막기술을 이용한 고체산화물 연료전지의 작동온도 저하 손지원 센터장
④ 전기화학적 탄소 자원화 기술의 현재와 미래 남기태 교수

설공코너

47 Bear Robotics 하정우 대표 공대기자단 공상

연구실탐방

50 해동일본기술정보센터

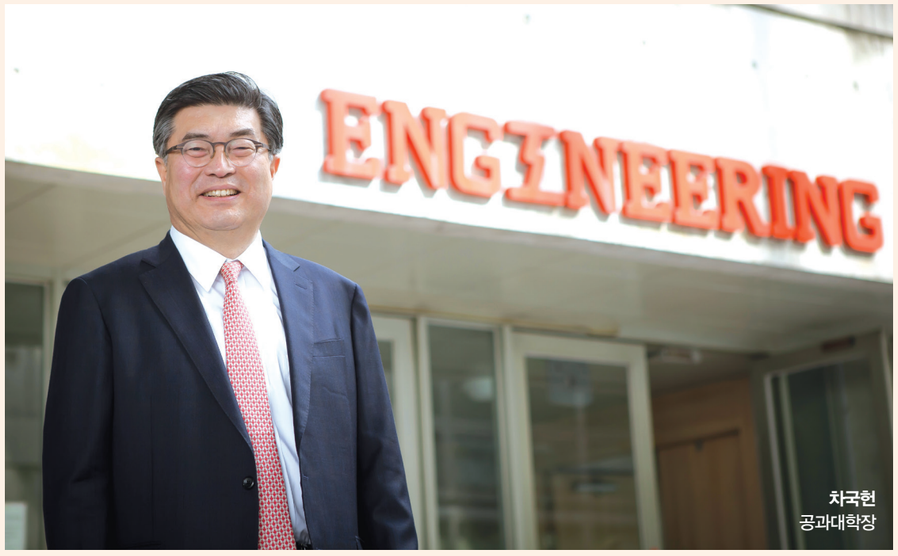
칼럼

52 정년퇴임식 및 명예교수 추대
54 후박나무의 전설 나용수 교수
56 피부암 알아보기 박지웅 교수
61 비어있는 중심:광주'를 서사화한다는 것-영화 〈택시운전사〉 이수향 평론가
66 캠퍼스장비 검색 앱 김성우 교수
68 경정보트, 세계적 수준으로 발전하다 김효철 명예교수
71 일본 큐슈(九州) 학술답사 기행 전효택 명예교수
74 대학과 도시4 제네바 한광야 교수

모교소식

79 수상 및 연구성과
85 인사발령
87 발전기금 소식
91 동창회 소식
93 최고과정 소식

세계를 선도하는
서울공대 – 사람중심 플랫폼 3.0



차국헌
공과대학장

존경하는 서울공대 동문 여러분, 안녕하십니까. 9월부터 서울공대 학장을 맡은 차국헌입니다. 21세기 들어 서울공대의 위상은 크게 높아졌습니다. 1999년 BK사업이 시작된 이후 SCI급 논문업적이 크게 늘었으며, 최근에는 SNU 컨설팅센터, 공학전문대학원 등을 통하여 산학협력도 크게 늘었습니다. 하지만 수많은 연구업적과 산학협력 실적에도 불구하고, 서울공대는 지금 새로운 역할을 안팎으로부터 요구받고 있습니다. 지금까지 양적 목표 중심의 플랫폼으로는 새로운 단계로의 발전을 기대하기 어렵습니다. 이제 서울공대 구성원들이 합당한 대접을 받고 변화의 중심에 설 수 있는, 사람이 중심이 된 새로운 서울공대 발전 플랫폼을 만들고자 합니다.

첫째, 세계를 선도할 연구리더십 창출을 위한 "연구지원시스템"을 구축하겠습니다. 연구를 지원하는 현재의 행정체계에 획기적인 변화가 필요합니다. 서울공대의 연구역량은 크게 높아졌고, 대형과제의 기획이나 국제적 활동이 크게 늘어났음에도 불구하고 행정지원은 이를 따라오지 못하고 있습니다. 이에, 대형과제 및 융합과제의 기획, 응모 및 선정절차를 공대 본부가 적극 지원하겠습니다. 대형과제 및 융합연구 공간 확보를 위해 시흥 캠퍼스를 비롯한 다양한 연구공간을 적극 확보할 수 있도록 정부 및 기업들과 컨소시움을 구축하겠습니다. 대학 내에 '지식의 축적'이 이루어질 수 있도록 연구정보시스템을 구축하고, 재원 마련을 위해 외부 지원기관 및 동문들을 적극적으로 접촉하겠습니다. 다양한 융합연구 논의가 이루어지고 전공 간의 장벽을 낮출 수 있는 연구기획 시스템을 구축하도록 하겠습니다. 향후 스타공학자로 발돋움 할 수 있는 신진교수 및 외부 우수연구자들을 적극 영입하고 지원할 수 있는 시스템을 마련하겠습니다.

둘째, 서울공대의 교육 선진화 비전에 부합하는 "교육지원"을 시행하여 교육의 질을 높이겠습니다. 좋은 시설을 갖춘 강의실이 여전히 부족하여, 책임시수 이상으로 강의를 하는 경우가 허다합니다. MOOC 등 새로운 포맷의 강의가 늘어나야 하지만 교육지원은 이를 따라오지 못하고 있습니다. 이에, 융합과목 및 기초 대형과목을 위한 강의동을 신축하고, 다양한 전공의 학생 및 교수들이 상호 교류할 수 있는 소통 공간을 충분히 확보하겠습니다. 규모가 작은 학과도 효과적인 교육이 필요한 충분한 교원을 확보할 수 있도록 본부를 설득하고 관련 재원을 마련하겠습니다. 동시에, 교육의 내실화 및 실습교육 강화를 위한 강의시수를 줄이는 방안을 적극 모색하겠습니다. 4차 산업혁명 등 학생과 사회의 수요를 반영한 융합기초 교과목을 공대 공동과목으로 구축하고 이를 지원하고 아울러 서울공대를 대표할 "명품과목"을 기획, 개발하고 국내외에 적극적으로 마케팅하겠습니다.

셋째, 구성원들이 우선적으로 존중되는 "사람중심 행정지원"을 실현하겠습니다. 병역특례제도는 꼭 지속되어야 합니다. 또한, 교수사회의 축적된 지식을 사회구성원이 골고루 활용할 수 있는 새로운 시스템이 필요합니다. 이에, 교수 재직 중에 쌓은 경험이 활용될 수 있도록 명예교수 지원시스템을 구축, '축적된 지식'의 활용을 도모하고 세대간 소통을 극대화하겠습니다. 다양한 학제가 융합하여 새로운 아이디어를 시도하고, 창업으로 이끌어 갈 수 있는 "아이디어 팩토리"와 같은 시스템을 더욱 확대 발전시키도록 외부 재원을 확보하겠습니다. 대학원생들을 위한 기숙사 확보를 위해 다양한 방법을 강구하겠습니다.

넷째, 더욱 개방되고 다양성이 존중되는 "열린 서울공대"를 함께 구현하겠습니다. 구성원의 다양성이 증가함과 더불어 연구 및 교육 활동의 다양성도 커지고 있습니다. 기술과 사회의 발전에 걸맞은 열린 공대 운영시스템이 필요합니다. 이에, 학장실을 오픈하고 SNS를 구축하여 언제 어디서나 보다 쉽게 소통할 수 있게 하겠습니다. 여성 교수 및 외국인 교수들의 비중이 꾸준히 늘어가는 등의 구성원 변화에 맞추어 공대 운영 참여에도 다양성을 확보하겠습니다. 거대 학부와 소규모 학과가 조화를 이루고 상호 존중받는 서울공대를 구축하도록 하겠습니다. 규모에 따라 유불리가 있는 여러 규정들을 개정하여 구성원들이 함께 의사결정 과정에 참여할 수 있도록 하겠습니다. 공대 발전기금을 적극적으로 유치하여 서울공대가 서울대 본부의 영향에서 좀 더 자유롭게 활동할 수 있도록 자율성을 대폭 확대하겠습니다.

서울공대는 지금까지 선도적 연구를 수행하고 우수한 인재를 길러내는 역할을 충실히 해 왔습니다. 서울공대가 눈앞에 다가온 4차 산업혁명시대에도 주도적 역할을 감당하려면 이전의 산업혁명이 그래왔듯이 그 성공의 핵심은 '사람'입니다. 서울공대의 발전계획은 '사람', 즉 구성원들에 대한 혁신적이고 획기적인 투자와 지원이 중심이 되어야 합니다. 이 길만이 급변하는 상황에서 꾸준히 진화하고 발전할 수 있는 선진 교육 및 연구 성과를 만들어 갈 수 있는 길입니다. 서울공대 동문님들의 적극적인 성원과 지지를 부탁드립니다.

차국헌 신임 학장은 Stanford에서 박사학위를 취득하고, 미국 IBM Almaden Research Center와 LG화학 등의 회사 경력을 거쳐 1991년 서울대 화학생물공학부에 부임하여 26년째 교수로 재직하고 있다. 재직하는 동안 교육 및 연구에 모든 힘을 모아 독일 구텐베르그재단 및 미국물리학회 석학회원으로 활동 중이며, TOTAL Visiting Scholar Award (프랑스, 2017년), 삼성고분자학술상(한국, 2012년) Gutenberg Research Award(독일, 2006년) 등 국내외의 학술상들을 다수 수상한 바 있다. 또한, 한국공학한림원 부회장, 과학기술한림원 정회원, 대통령 직속 균형발전위원회 위원 등을 맡고 있으며, 학내에서는 화학생물공학부 학부장, 공대 정보화본부장(부학장) 임무를 맡아 공대의 모든 자료를 전산화하는 작업을 맡아 진행한 바 있다.

故 박민호 전기정보공학부 명예교수 • 차상균 전기정보공학부 교수,
서울대 공대 발전공로상 수상

▲ 故 박민호 전기정보공학부 명예교수 (왼쪽), 서울대 전기정보공학부 차상균 교수 (오른쪽)

서울대 공대 발전공로상 수상자로 故 박민호 전기정보공학부 명예교수와 차상균 전기정보공학부 교수를 선정하고 6월 21일 오후 12시 30분에 서울대 엔지니어하우스에서 수여식을 개최했다.
발전공로상은 서울대 공대가 공대 발전에 현저한 공로가 있는 학내 · 외 인사를 선정해 수여하는 상이다. 1989년부터 지금까지 총 27회에 걸쳐 46명의 인사들이 이 상을 수상했다.
수상자로 선정된 故 박민호 전기정보공학부 명예교수는 1947년 서울대 전기공학과 졸업 후 국립중앙공업연구소, 국방부 과학연구소를 거쳐 1957년 서울대 전기공학과의 전임강사로 부임하여 1990년 정년 퇴임 때까지 본교에서 33년간 후학 양성에 매진했다.
박 교수는 1973년 우리나라 최초로 전력전자 분야를 도입하고 강의 및 관련 연구를 시작하면서, 우리나라 전력전자 분야가 세계적인 선도 분야로 발전하는데 초석을 마련했다. 지난 2012년에는 5억원을 서울대 전력전자 분야 대학원생들의 학술 활동을 지원하는 후원금으로 공대 교육 연구 재단에 기부하여 국제 교류 재원으로 활용되고 있다. 2013년 초에 작고했다.
차상균 전기정보공학부 교수는 1980년 서울대 전기공학과 졸업 후, 1992년 서울대 조교수로 부임했다. 2000년에는 우리나라 최초로 대학에서 수행한 소프트웨어 연구를 바탕으로 미국 실리콘밸리에 벤처를 설립하여 SAP에 전략적 인수합병을 했다. 이어 원천기술을 바탕으로 세계적 빅데이터 처리 플랫폼인 'SAP HANA'를 개발한 바 있다. 이는 4차 산업혁명 시대에 신시장 개척과 인메모리 분석 기술이 시장의 주류가 되는데 핵심 역할을 하고 있다.
차 교수는 SAP Labs Korea를 설립하여 한국에서 150명이 넘는 글로벌 SW아키텍트와 엔지니어를 양성하여 글로벌 소프트웨어 산업 발전과 서울대 글로벌화 촉진에 크게 기여했다. 또한 차 교수는 공과대학 발전기금 및 장학금을 쾌척하였고 서울대 공대의 발전, 후학 양성에 지대한 공헌을 하고 있다.

해동과학문화재단 김정식 이사장,
서울대 공대 학생들을 위해 '해동도서실' 기증

▲ 서울대 공대 해동도서실 개관 기념행사 현장

8월 24일(목) 오전 11시에 서울대 301동 로비에서 해동도서실 개관 기념행사를 열었다.
이번에 개관한 해동도서실과 세미나실 총 5곳은 해동과학문화재단 김정식 이사장의 지원으로 건립됐다.
개관식에는 김정식 이사장 및 서울대 박찬욱 부총장, 이건우 공대 학장과 서울대 학부생들이 참석했다.
김정식 이사장은 축사를 통해 "6.25 전쟁 이후 공부할 강의실도, 교재도, 실험실도 없던 시절 오직 배우고자 하는 열정만으로 공부했던 시절과 비교하면, 지금은 너무나 좋은 환경인데 부디 후배 학생들은 더욱 배움에 정진하길 바란다"며 "그동안 후배들을 위해 다양한 지원을 했지만 가장 뜻 깊은 기부는 역시 마음껏 공부할 수 있는 도서실을 만들어 준 것이라고 생각한다"고 소감을 밝혔다.
이건우 학장은 감사의 인사를 통해 "해동 도서실 및 세미나실이 학생들의 잠재력을 이끌어내고, 학생들이 마음껏 지식과 상상의 나래를 펼칠 수 있는 공간이 되기를 기대한다"고 말했다.
한편 해동과학문화재단 김정식 이사장은 1948년 서울대 전자공학과에 입학하여 학생시절 6.25 전쟁을 경험했고, 1956년 졸업 후 대덕전자를 설립하여 우리나라 전자산업 발전의 초석을 놓았다.

서울대 공대 최고산업전략과정(AIP)

30년 역사를 밝혀줄 역사 공간 마련

▲ 서울대 공대 최고산업전략과정(AIP) 역사공간 조성 기념식 기념 사진

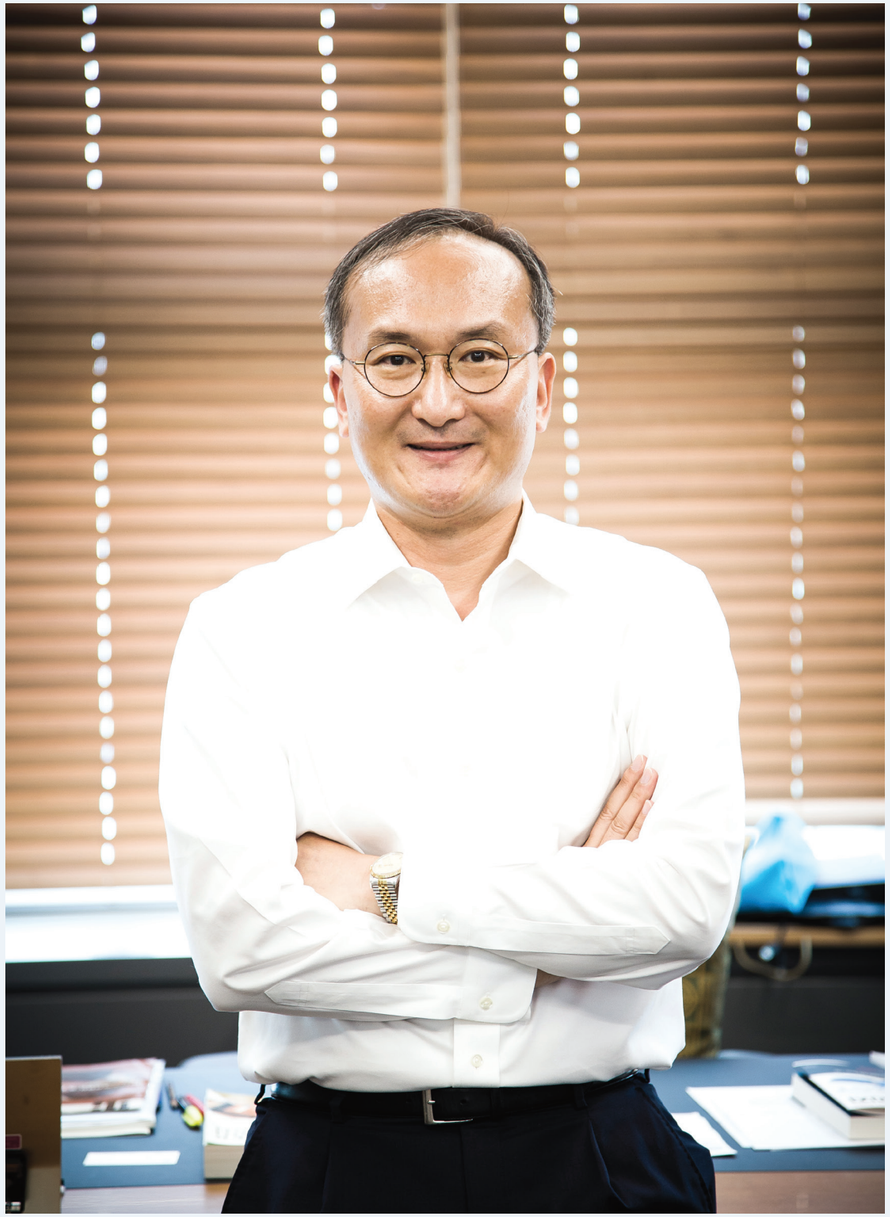
서울대학교 공과대학 최고산업전략과정(Advanced Industrial Str-ategy Program)이 30년의 역사를 기념하는 역사조형물 기념식을 가졌다.

기념식은 8월 23일 오후 5시에 엔지니어하우스 AIP홀에서 황인규 부총장, 김석환 총동회장, 강태진, 이건우 전 학장, 차국헌 학장, 역대 총동창회장 등 귀빈들이 참석한 가운데 열렸다.

서울대학교 최고산업전략과정(이하 AIP)은 1988년에 설립을 신청, 1989년 3월에 개설하고 제1기 신입생이 입학하였으며, 지금까지 30여 년 동안 3,000여명의 동문을 배출하였다. AIP는 이공계분야 최고위(最高位)과정으로는 한국에서 가장 오랜 역사를 가지고 있으며, 한국경제신문이 국내 CEO를 대상으로 매년 실시하는 최고위과정 평가에서 평가시행 이후 이공계 1등을 꾸준히 유지하고 있는 명실상부한 최고(最高)의 최고위(最高位) 과정이다.

서울대학교 최고산업전략과정은 30년의 역사를 기념하기 위하여 앞으로 2년동안 역사 및 동문탐방 등을 담은 뉴스레터 및 기념책자를 기획하여 발행하는 등 다양한 활동을 진행할 예정이다. 그 1단계로 서울대학교 공과대학과 최고산업전략과정 총동창회가 함께 AIP의 역사를 기념하는 공간을 마련하였으며, 여기에 AIP 역사조형물을 건립하였다.

김석환 14대 총동창회장의 출연으로 마련된 본 역사조형물은 공과대학이 마련한 공간의 중심에 위치하며, 이후 마련될 다양한 기념물과 어우러져 AIP의 역사와 동문들의 빛나는 성과를 알리는 역할을 할 것이다. 총동창회는 앞으로 후학을 위한 기금모금활동 및 교수들의 산학협력활동 지원 등에 나설 예정이다.



이석희

SK하이닉스 사장

대담 | **김진영** 서울공대지 편집위원(재료공학부 교수)

Q 이석희 동문님, 반갑습니다. 서울공대지 독자이신 동문들께 간단히 현재 동문님의 근황을 소개해 주시겠습니까?

A 근황이라면, 우리 기업의 메모리 반도체 사업을 위해 열심히 개발,생산하고 판매하는 일에 힘쓰고 있습니다. 과거의 메모리 산업은 CPU가 Master device고 메모리는 Slave device라서 굉장히 단순했어요. 그러다 보니 시황이 변하면 출렁이는 부분도 굉장히 많았고 또 여러 업체가 경쟁을 했습니다. 하지만 지금은 DRAM의 경우 전세계적으로 세 개 업체만 남았어요. 따라서 변동의 진폭도 줄어들었지요. 또한 최근 빅데이터나 머신러닝 등이 큰 관심을 끌면서 메모리에 대한 수요가 폭발적으로 늘어나고 있습니다. 저는 메모리 분야에서 양질의 제품을 만들고 그것을 시장에 적기에 공급함으로써 전세계 IT산업의 발전에 기여해야 한다는 사명이 있습니다. 그래서 지금 그 일에 집중하고 있지요. 또 하나는 좋은 사람을 얻는 일에 노력하고 있습니다. 이 모든 일이 결국 사람이 해야 하는 HI-TECH 산업이기 때문에 좋은 사람들을 확보하는 데에 시간의 상당부분을 쓰고 있습니다.

Q 1984년에 서울대 무기재료공학과를 진학하셨는데 당시 무기재료공학을 선택하신 계기가 있으신지요?

A 1984년에 서울대학교 무기재료공학과에 입학을 했는데 무기재료공학을 선택한 계기가 있다면, 그 무렵 우주왕복선이 처음으로 발사에 성공했습니다. 우주왕복선의 외부를 감싸고 있는 내열, 단열 세라믹 신소재에 관련된 내용이 TV에서 크게 소개가 되면서 신소재에 대한 관심이 굉장히 높아졌어요. 마침 제 고등학교 친구 아버님이 한양대 무기재료학과 교수님이셔서, 지원하기 전에 전화로 한번 여쭤봤어요. 'TV 보니까 이런게 나오고 하는데 이 분야가 앞으로 어떻습니까' 그랬더니 '한번 해볼만한 분야다' 하셨죠. 그분께서 무기재료과 교수님이셔서 그러셨는지도 모르겠지만 저는 그 말의 영향으로 지원을 하게 되었습니다. 마침 학과 이름도 무기재료공학과로 바뀌면서 84학번부터 학과의 순위가 굉장히 올라갔어요. 아마 그 이후로도 더 올라갔을거에요. 그래서 그 무렵부터 재료공학부에 좋은 학생들이 많이 들어왔습니다.

Q 대학생 시절의 생각나는 은사님이나 동료, 선후배가 있으신지요?

A 여러 분들이 계신데요. 일단은 제 석사 지도교수님이셨던 정수진 교수님이 계십니다. 제가 3학년 때, 결정학개론 수업을 들으면서 결정학에 관심을 가지게 되었고 그래서 교수님의 연구실에 지원을 했지요. 정수진 교수님의 지도를 계속 받았기 때문에 가장 생각이 나고요. 은퇴하셨지만 지금도 가끔씩 뵙곤 합니다. 또 제자들끼리 모여가지고 골프도 치곤 하구요. 또 생각나는 교수님은 지금은 포항공대 총장으로 계신 김도연 교수님이십니다. 김도연 교수님은 신입생 오리엔테이션 때 처음 뵈었습니다. 당시에는 학과에 젊은 교수님이 몇 분 안 계셨어요. 그 때는 류한일 교수님도 오시기 전이어서 김도연 교수님께서 혼자 젊은 교수님으로서 학과의 변화를 주도하고 계셨고, 수업도 열심히 하시고 학생지도도 많이 하시고 하셔서 아직도 가끔 뵙습니다. 언론에 저희 회사 좋은 소식 나면 문자로 격려해주시고 그렇습니다. 또 한 분은 김형준 교수님이신데요. 아무래도 제가 반도체쪽 길을 걷는 데에 많은 영향을 주셨기 때문에 생각이 납니다. 김형준 교수님도 계속 뵙고 있습니다. 선후배 동료로는 제 동기인 홍성현 교수가 있습니다. 학부 때에는 운동도 같이 자주 했구요. 그리고 황철성 교수님이 계신데, 저보다 한 해 선배예요. 그분과는 대학원 생활을 같이 했기 때문에, 지금도 아주 가깝게 지내고 있습니다. 같은 반도체 분야를 연구하시면서 좋은 제자들을 많이 키워서 보내주시고 계십니다.

Q 학창시절의 추억이 있으시면 한 두 가지 소개부탁드립니다.

A 무기재료공학과는 학과가 굉장히 작았어요. 저희 학번에 서른 세명이 입학했었거든요. 아마 졸업 정원제가 있어서 졸업 정원은 삼십명이었는데 중간에 그만둔 친구들도 있어서 결국은 다 졸업을 했을 거에요. 당시에 학내 상황이 여러 가지 이슈 때문에 어려웠잖아요?
학창 시절엔, 학원자율화와 관련해 학내에서 여러 가지 민주화 움직임이 있었고 그러다 보니 여러 가지 가슴 아픈 일도 많았지요. 좋은 기억이라기에는 조금 그렇지만, 우리 시대 대학생으로서는 이런 것들이 가장 기억에 남죠. 다른 추억이라면, 학과 인원이 적어서 단합이 잘 돼서 체육대회 같은 것도 활발하게 진행이 되었고, 또 선후배님들과 굉장히 끈끈하게 지냈던 기억이 있습니다. 지금도 선배님들 뵈어요. 우리 학과의 장점이 그런 것 같아요. 굉장히 끈끈하게 단합이 잘 되어 지금도 동기모임을 아주 잘 하고 있습니다.

Q 졸업 후 회사(현대전자)에 계시다가 미국 Stanford University로 유학을 가서 재료공학 박사학위를 받으셨는데 유학을 가신 계기와 또 유학시절 추억이 있으시면 소개 부탁드립니다.

A 제가 하이닉스의 전신인 현대전자에 있었을 때 연구소에서 트랜지스터의 핵심 레이어라고 할 수 있는 게이트옥사이드에 대한 연구를 했어요. 그때 했던 연구들 중에 실적이 굉장히 좋은 연구가 있어서, 하이닉스(그 당시 현대전자) 창사 이래 최초로 소자분야에서 가장 큰 학회인 IEDM에 제가 first author로 accept가 되고 논문을 냈어요. 그런 경험을 하다 보니 좀 더 체계적으로 공부를 하고 싶다는 욕구가 생겨서 유학 준비를 하게 되었죠. 병역특례 5년을 마치고, 스탠퍼드로 가서 공부를 하게 되었습니다.

Q 박사학위를 받으신 세부분야는 어떤 분야이고 이후에 KAIST나 SK하이닉스에서 연구하신 분야와 어떤 관련이 있으신지요?

A 박사학위 논문은 배선 쪽 분야입니다. 칩을 만들 때 metalization쪽 배선의 신뢰성과 관련된 게 제 학위 논문이구요. 주영창 교수님 학과에서 그런 분야를 다루는데 거의 비슷하지요. 알루미늄하고 구리(copper) 두 가지를 다루었어요. 90년대 말에 copper interconnect가 사용된다. 또는 불가능하다. 하면서 한참 시끄러울 때였거든요. IBM에서 제일 먼저 치고 나와 알루미늄과 copper interconnect를 하게 되었습니다. 이런 것들은 하이닉스에서 제가 해왔던 연구와는 사실 연관이 없어요. 하이닉스에서 했던 연구는 아주 얇은 thin dielectric에 대한 연구였지요. 아무튼 interconnect 분야를 접한 것이 제게 굉장히 큰 전환점이 됐어요. interconnect 연구를 하다 보니까 자연스럽게 thin film stress에 대한 공부를 하게 됐고요. 그러면서 기계과에서 theory of electricity, continuum mechanics같은 과목들도 들으면서 stress에 관해 깊게 공부하게 됐거든요. 그래서 제 부전공이 mechanical property입니다. 근데 그게 너무 우연하게도 잘 맞아떨어졌던 것이, 제가 2000년대 초반에 박사를 졸업한 후 인텔에서 근무하게 되었는데 그 무렵 트랜지스터 scaling이 벽에 부딪히면서 strain silicon이라는 기술이 필요해졌어요. 그게 뭐냐하면 silicon에 strain이 인가되면 band gap 구조가 바뀌면서 carrier mobility가 획기적으로 증가되는 기술입니다. intel이 업계 최초로 그 기술을 개발하고 있었죠. 1960년대에서부터 silicon band에 대해 여러 가지 이론적인 연구가 되어있었지만 그걸 실험으로 구현하는 것은 80년대에나 진행되었거든요 그걸 인텔에서 제품화하려고 하던 단계였는데 제가 마침 학교에서 stress에 관한 공부를 깊게 하고 회사에 들어가게 된 거죠. 제가 하는 일은 트랜지스터에 관련된 일이었지만 다른 그냥 일반 전자과 커리큘럼을 공부한 사람들은 stress에 대한 공부를 한 적이 없잖아요. 그래서 제가 그 연구에 큰 기여를 하게 된 거에요. 정말 운이 잘 맞았던 것 같습니다.

Q 대학에 계시다가 기업으로 이직을 하셨는데, 어떤 계기로 이직을 하게 되셨는지 궁금하고, 또 대학과 기업의 차이점이나 장단점이 있다면 어떤 것인가요?

A 저는 2010년에 귀국을 해서 카이스트 전자과 교수로 부임을 했습니다. 트랜지스터 관련해서, 새로운 트랜지스터 구조, 아니면 분석 이런 것들에 대한 연구를 했죠. 한때 연구실에 제자를 스무명까지 키웠구요. 정말 열심히 뛰어가면서 키웠는데 어느 날 SK에서 R&D쪽을 좀 맡아달라 또 일등정신 이런 것도 회사에 심어 줬으면 좋겠다 하는 부탁이 왔어요. 처음에는 양해를 구했죠. 카이스트에 교수로 부임할 때 저는 그게 저의 마지막 직장이라 생각했고, 정말 열심히 제자들을 키워 사회에 내보내서 그 제자들이 사회에 기여하도록 하는 꿈을 가지고 있었기 때문에 양해를 구했던 것 입니다. 그런데 요청이 계속 반복되었고 저도 다시 곰곰이 생각을 해 보니 정년 퇴임 전까지 박사 학생을 키워서 사회에 내보낼 수 있는 인원이 몇 명쯤 될 것이며 그 학생들이 경험을 쌓고 사회에 기여하기 시작하려면 언제쯤 되겠다 하는 생각과 회사에 가서 큰 조직을 맡아서 뭔가 변화를 일으키면 어떤 영향을 줄 수 있겠다 하는 생각을 하면서 비교해보게 됐어요. 그러다 보니 제가 성격이 급해서 그런지 직접 큰 조직을 맡아서 변화를 시키면 좀 더 빨리 변화를 일으킬 수 있을 것이고, 그렇게 해서 SK하이닉스가 발전하면 대한민국의 반도체 산업이 발전하는 것이고 동시에 여러 엔지니어들이 혜택을 보겠다 하는 생각이 들었죠. 주위에서 특히 제 아내가 만류했지만, 저는 그냥 그렇게 결정을 했습니다.

Q SK하이닉스에서 미래기술연구원장과 DRAM개발사업부를 맡으셨고 현재는 사업총괄 사장으로 반도체 분야 최고 전문가 중 한 분이신데, 최근 우리나라 반도체산업의 현황 및 전망에 대해 말씀 부탁드리고, 그 가운데 SK하이닉스가 잘 해오고 있거나 중점적으로 추진하는 분야들은 어떤 분야입니까?

A 하이닉스에서 미래기술원장을 맡았고 DRAM 사업도 개발했고, 사업 총괄도 하고 7월부터는 경영지원 총괄도 겸직을 하고 있습니다. 상당히 책임이 많아졌지요. 지금 우리나라 반도체 산업은 실적으로 발표되는 것을 보면 아시겠지만 올해는 상당히 호황이고 굉장히 좋아요. 이게 일시적인 현상일 것이냐 하면 전 그렇게 보지 않습니다. 아까 말씀드렸듯이 머신러닝 분야는 이제 시작인 것 같아요. 2009년에만 해도 우리가 만드는 DRAM의 70%가 PC용이었어요. 그만큼 우리 업이 단순했지요. 그런데 스마트폰이 나오고 모바일 어플리케이션 분야가 확 크면서 또 한 번 이 시장을 견인했습니다. 이제는 머신러닝에 들어가는 서버가 또다시 이것을 견인하는 시대가 될 것입니다. 우리가 빨리 실력을 키워서 시장이 요구하는 제품을 제때에 공급할 수 있느냐 하는 것이 관건이지, 시장 자체의 전망은 상당히 밝다고 생각합니다. DRAM 뿐만 아니라 낸드 플래시도 마찬가지입니다. 지금 사람들이 농담처럼 하는 말이 컴퓨팅 시스템에 spinning 하는 마지막 부품인 하드드라이브를 이제 없앨 때가 되었습니다. 그러면 전력소모량을 대폭 줄일 수 있고, 스피드도 빨라지죠. 그렇기 때문에 낸드 플래시 분야도 앞으로 계속 성장하게 될 겁니다. 낸드 플래시하는 회사들이 굉장히 공격적인 투자를 하는 이유도 그것 때문입니다. 같은 흐름으로 CPU/메모리/storage 이렇게 단순화되어 있던 기존 시스템과 달리 지금은 점점 분화가 되고 있습니다. 모바일용, 하이엔드 서버용, 머신러닝에 특화된 것, 등등 여러 가지 분야로 분화가 되고 있어서 그에 맞는 메모리를 개발하고 있구요. 또 다른 기술로 HBM(High Bandwith Memory)이라는 것이 있는데, I/O 개수를 획기적으로 늘려서 Bandwith를 확 늘리는 완전히 새로운 기술입니다. 그게 머신러닝, 딥러닝에서는 굉장히 중요합니다. 딥러닝 알고리즘을 쪼개서 수학적으로 보면 결국은 행렬의 내적 또는 그냥 더하기 연산이에요. 그 연산을 빨리 할 수 있는 병렬 프로세스는 GPU가 many core를 갖기 때문에 가능한 거구요. 그 각각의 것들이 메모리에 빠르게 access 하기 위해서는 차로가 넓어야해요. 그게 Bandwith인데, 그래서 I/O 개수를 확 늘려서 차선을 많이 확보하는 겁니다. 그런 새로운 개념의 메모리가 앞으로 계속 나올 겁니다. 이와 같은 신기술들을 미리 구상하기 위해 관련된 플랫폼을 가지고 있는 회사들하고 굉장히 협업을 많이 합니다. 그래서 미래를 위한 제품을 만들어내는 것에 주력하고 있습니다.

Q 요즘 중국의 추격도 무서운데요, 4차산업혁명의 도래와 같은 급변하는 산업환경 하에서 우리나라 반도체 산업이 국제적인 경쟁력을 계속 유지하려면 어떤 부분을 강조해야할까요? 반대로 현재 걸림이 되는 장애물이나 규제는 무엇인가요?

A 중국 얘기를 안할 수가 없지요. 중국 사람들이 반도체 산업에 들어오는 것을 막을 방법은 없습니다. 어떻게 하면 경쟁력을 유지하느냐 하는 것이 핵심이 되겠죠. 거기에는 두 가지 방법이 있습니다. 하나는 우리가 진행하고 있는 미세화 공정을 계속 한 발 앞서 나가는 것이고, 두 번째는 아까 말씀드린 그 플랫폼이 요구하는 미래형 제품을 개발하는 것이죠. 그게 간단치는 않지만 그런 것을 앞서서 준비해서 첨단 제품을 미리 공급을 해나가면서 격차를 벌리거나 유지하는 것이 우리 전략입니다. 미세화에는 소자와 공정이 주가 되고 신제품 개발에는 제품의 기획 능력과 설계가 중요합니다. 두 축을 가지고 계속 격차를 늘려가야 되는데 한가지 걱정이 있습니다. 어차피 일은 사람이 하는 것인데 반도체 쪽의 인재들이 학교에서 계속 배출이 되어야 하거든요. 여러 채널에서 반도체는 이미 성숙된 산업이고 기업에서 너무나 잘 하고 있다고 얘기하기 때문에, R&D 프로그램 등을 통해서 국가가 학교를 지원하고 연구를 지원하고 학생을 육성하는 규모가 과거보다 줄어든 것 같아요. 아무래도 새로운 분야에 국가 R&D 자원을 배분하다보니 우려가 됩니다. 우리나라에서 국제적인 경쟁력을 갖춘 산업이 반도체이고, 사양산업이 아니라 4차 산업혁명의 핵심이 반도체이고 앞으로 계속 발전할 사업입니다. 그래서 이런 것들을 여러 채널을 통해서 의견을 전달하고는 있습니다.

Q 우리 공과대학은 사장님과 같은 글로벌 리더를 양성하는 것을 교육목표로 삼고 있습니다. 물론 산업계뿐만 아니라 학계와 사회 전반을 포함하는 것입니다. 하지만 현대 사회는 변화가 워낙 빨라서 '지금 배운 것을 졸업하면 써먹지 못할' 정도입니다. 급변하는 현대 사회에서 리더로 활약하기 위해서는 학생들이 어떤 준비를 더 해야 하는지, 학교가 중점을 두고 육성해야 할 부분이 무엇인지 의견을 부탁 드립니다.

A 저도 경험을 해보니까, 학부때 배운 것을 사회에 나와서 써 먹는다 라는 생각은 좀 문제가 있습니다. 특히 기술 분야에서는 불가능한 이야기입니다. 그렇지만 변치 않는 것이 있다면 물리나 화학 같은 기초 학문이지 않습니까. 전자기학이 뭐 변하나요? 그런 기초가 되어 있는게 가장 중요하다고 저는 생각해요. 그 다음에는 끊임없이 배우고자 하는 자세만 있으면 됩니다. 저는 지금도 계속 새로운 것을 공부하고 있습니다. 현실에서 부딪히는 문제가 책에 없고 논문에 없는 것들입니다. 학문의 새로운 유행을 따라가는 것도 막을 수는 없겠지만 학부 때 가장 중요한 것은 기초다지기인 것 같아요. 기본에 대한 이해를 확실하게 하는 것이죠. 제가 우리 구성원들한테 강조하는 부분이 진짜로 아는 것과 안다고 생각하는 것의 차이가 엄청나게 큰데 확실하게 알지 못하면서 안다고 착각하는 경우입니다. 차라리 자기가 모른다라고 생각하면 열심히 배우게 됩니다. 하지만 잘 모르면서 안다라고 생각하는게 제일 위험한 것이거든요. 그래서 학부때는 그런 기초를 확실하게 이해를 하고 졸업을 하는게 가장 중요하죠. 그 다음은 다 배우면 되니까요. 특히 우리 동문들께서는 새로운 것을 배우는 능력은 탁월하시니까 다 잘 하실 거라고 봅니다.

Q 앞선 질문과 연관되어 있습니다만, 동문으로서, 그리고 기업의 경영인으로서 서울공대의 교육과 관련하여 바라는 것은 무엇입니까?

A 교육과 관련해서도 마찬가지입니다. 기초를 잘 다져주는 것이 중요하죠. 우리가 알고 있는 해외 유명 대학들에서 학부 교육 하는 것을 보면 정말 그런 기본을 잘 가르치더라구요. 그 다음은 학생들이 사회에 가거나 진학을 하거나 해서 스스로 가지치며 뻗어나가는 거거든요. 우리 공대도 그러한 것에 중점적으로 신경 써 주셨으면 합니다. 기본이 잘 갖춰져 있으면 그 친구들이 창업을 하더라도 잘 할 것 같구요. 학계나 산업계 원로들께서 하시는 말 중에 잘하는 애들은 뭘 해도 잘한다고들 하는데, 그게 아마 기초가 잘 갖춰진 사람들을 이야기하는 거라 생각됩니다.

Q SK하이닉스는 우리 학생들이 가장 입사하고 싶어하는 기업 중 하나입니다. SK하이닉스가 바라는 인재상이 있다면 어떤 것입니까?

A 우리 구성원들 자체적으로 하이닉스의 DNA가 무엇인가 하는 survey를 한 적이 있습니다. 하이닉스의 역사가 참 순탄치만은 않았잖아요? 여러 굴곡을 거치면서 구성원들 사이에 자리잡은 consensus가 있더라구요. 그게 치열함, 끈기 이런 것들이지요. 그렇지만 지금은 그때보다 회사가 훨씬 좋아졌고, 시스템도 잘 갖춰졌기 때문에 지금 시점에서 신입사원들에게 그것을 덕목으로 요구하지는 않습니다. 이제는 우리가 추격형에서 리드하는 쪽으로 가고 있기 때문에 기술에 대한 이해가 깊고 기술을 선도할 수 있는 사람이 필요합니다. 또 점점 더 일이 복잡해지기 때문에 소통을 잘 할 수 있어야 해요. 일이 너무 복잡하기 때문에, 협업을 잘 하느냐 아니냐에서 성패가 갈립니다. 협업을 잘하려면 커뮤니케이션을 잘 해야죠. 상대방이 어려운 점을 공감하면서 도와주고 결과물을 만들어나가는 그런 사람을 저는 바랍니다.

Q SK하이닉스에는 우리 서울 공대 동문들이 많이 있다고 알고 있습니다. 동문들이 각자의 분야에서 큰 역할을 하고 있습니다. 잘 하고 있는 면은 당연히 많을테니 접어두고, 동문님이 보실 때 특히 후배 동문들에게 어떤 면이 부족하다고 생각하시는지요? 이 기회에 우리 동문들에게 하고 싶은 말씀이 있다면 부탁드립니다.

A 서울 공대 졸업생들은 일단 공부를 잘 하는 사람들이에요. 그런데 공부만 잘하는 사람으로 그치면 안 되지 않습니까? 우리 사회는 서울 공대에 리더가 될 인재들을 기대합니다. 좋은 리더가 되기 위해서는 공부만 잘해서는 안되고, 소통 능력도 있어야하고 공감 능력도 있어야하고 자신의 생각을 잘 커뮤니케이션 할 수 있어야합니다. 지금 너무 공부만 강조하다 보니 그런 부분이 부족하지 않을까 생각합니다. 뒤에 질문에 우리 후배 동문들의 아쉬운 점을 물어보셨죠? 우리 동문들께서야 다 실력이 뛰어나서 회사에서도 일 다 잘 합니다. 그렇지만, 그 중 리더쉽을 보여서 임원으로 올라가는 사람들을 보면 우리 졸업생은 상대적으로 적습니다. 그 차이를 보면 리더쉽을 발휘하는 데에 있어서는 소통 능력, 공감 능력, 그리고 자신이 솔선수범하는 능력 이런 것들이 더 중요합니다. 이건 어려운 숙제인데 아무튼 우리 후배들을 보면 그게 좀 더 있으면 좋겠다 하는 아쉬움이 있습니다. 저는 2010년에 귀국하기 전까지는 미국에 있었기 때문에 아이들이 다 미국에서 대학을 다녔는데, 그 학교에서는 study abroad 라는 제도가 있어서 한 학기는 무조건 자매결연을 맺은 외국의 다른 학교에서 공부를 하도록 되어 있더라구요. 그렇게 해서 학생들의 시야를 넓히도록 말이죠. 우리 학제 내에서 가능할지는 잘 모르겠지만 그런 방법도 있을 것 같구요. 결국에는 학창시절에 다양한 경험을 해 보는 것이 중요할 것 같아요. 제가 학교에 다닐 때는 우리나라 산업이 추격형 산업이었잖아요? 이미 선진국에서 다 해놓은 것을 빠르게 배우고 만들어서 파는 것이죠. 그 결과 우리나라가 OECD 국가가 되고 했지만 앞으로는 그런 방식으로는 안 되거든요. 당장 메모리 반도체만 해도 우리가 추격하는 입장이 아니잖아요? 끌고 나가고 있습니다. 그런 흐름에 맞춰서 교육 시스템도 바뀌어야 한다고 생각합니다. 그러려면 우리 서울대 학생들이 학교를 다닐 때부터 세계를 바라보고 세계를 경영하는 그런 마인드를 가져야 하지 않나 싶습니다. 우리 젊은이들이 세계를 바라보면서 이게 내가 다 뛸 무대다라고 생각하는 호연지기가 생길 것 같아요.

Q 한 기업을 책임지는 최고경영자로서 동문님께서 생각하시는 리더의 자질은 무엇인지요? 또, 구성원들에게 강조하시는 것들은 어떤 부분인지요?

A 리더의 역할로써 가장 중요한 것은 방향 제시를 잘 하는 겁니다. 그리고 그게 진정성이 있기 위해서는 스스로 솔선수범해야 하구요. 그 두 가지가 갖춰지지 않으면 굉장히 공허한 것 같아요. 구성원들이 공감하고 따라올 수 있는 방향제시를 계속해서 할 줄 알아야하고 그리고 난 뒤에 뒷짐 지고 빠지는게 아니라 앞에서 끌고 나가야죠. 마치 전장의 장수가 앞에 나가서 먼저 싸우듯이, 그런 면모가 없다면 리더로서 사람들에게 좋게 평가받지 못하고 구성원들이 믿고 따라오기 어렵겠죠.

Q 올해 또는 근래에 크게 염두에 두거나 계획하고 구상하고 있는 점이 있다면 무엇인지요?

A 우리 회사가 지난 한 5년동안 실적이 두 배가 됐어요. 굉장히 빠른 시간 안에 급격히 발전을 한 거죠. 앞으로 더 발전을 하기 위해서는 우리 회사의 시스템과 문화 그리고 거기에 따라가는 우리의 역량을 한 단계 업그레이드를 시켜야한다고 생각을 해요. 예컨대 몸이 두 배로 커지면 몸을 지탱하는 뼈대도 같이 커져야 그 커진 몸을 움직일 수 있잖아요. 뼈대는 안 자라고 몸만 커지면 기우뚱 할 수가 있잖아요. 그래서 앞으로 십 년을 내다보고 우리 회사가 지금보다 더 커졌을 때에도 작동할 수 있는 그런 시스템, 또 거기에 따른 역량을 갖추는 것이 회사의 경영자로서 지금 저의 가장 큰 관심사입니다. 실제로 많은 프로젝트를 진행하고 있구요. 그렇게 해서 우리 구성원들이 쓸데 없는 데에 시간을 덜 쓰고 효율적으로 일하면서 엔지니어링 본연의 업무에 더 집중을 할 수 있도록 하는 거죠. 그러면 구성원들도 훨씬 엔지니어로서의 만족도가 올라갈 것 같습니다.

Q 마지막으로 동문님께서 세상을 살아오면서 가지게 된 좌우명이 있다면 소개 부탁드립니다.

A 저희 아버님이 주신 네 글자가 있습니다. 진의지덕. 참 진, 의로울 의, 지혜로울 지, 덕 덕으로 참되고, 의롭고, 지혜와 덕을 가져라 라는 뜻입니다. 붓글씨도 있는데, 저희 아버님이 강조하신 말씀이기 때문에 계속 염두에 두고 어긋나지 않게 살려고 애를 쓰고 있습니다. 이외에도 저희 구성원들하고 소통할 때에 제가 여러 가지 이야기를 많이 하기도 하지만 그거는 어떻게 보면 저희 회사에 국한된 이야기구요, 그냥 제가 살아오면서는 저희 아버님이 주신 이 네 글자를 가장 중요하게 여기고 있습니다.

이석희
SK하이닉스 사장

이석희 동문은 1965년 경북 경산에서 태어나 1984년 서울대 무기재료공학과를 입학하였다. 동 대학원에서 석사를 마치고 미국 Stanford University에서 박사학위를 취득했다. 귀국하여 2010년부터 5년간 KAIST교수로 근무하다 SK하이닉스로 옮겨 미래기술연구원장, DRAM개발사업부문 부문장을 맡았다. 현재 SK하이닉스 사업총괄(COO)을 맡고 있고 경영지원총괄을 겸직하고 있다.

에너지생산/저장/변환 소재기술과 미래사회

강기석
재료공학부 교수
편집위원

근대 이후, 인류가 이루어낸 많은 유형자산은 인간의 힘(근력)을 뛰어넘는 외부동력을 이용할 수 있었던 것에 많은 부분 기인한다. 첫 번째 산업혁명이 증기의 힘을 이용해서 많은 일을 큰 힘으로 빠르게 할 수 있었기에 가능했다면, 현재의 경제/사회/문화 활동은 전기라는 편리하고 쉽게 변환 가능한 에너지원으로 인해 가능하며 융성해지고 있다. 전기를 언제 어디서나, 빛에너지로 또는 열에너지로 또는 바퀴를 돌리는 동력원으로 변환시킬 수가 있다는 측면에서, 시간적 공간적으로 다양한 형태의 에너지를 전기는 공급할 수 있다. 현재까지 전기는 상당 부분 화석연료를 이용하여 생산하여 왔으나, 최근 환경오염에 대한 인식 변화와 이산화탄소 배출 감소를 위한 화석 연료 의존도 탈피 등 세계적 노력 그리고 에너지 관련 기술의 발전으로 인해, 다각화된 에너지 생산/저장/변환 기술들이 개발/적용되고 있다. 특히 지속가능한 사회를 지탱해 줄 친환경적이고 고갈 위험이 없는 에너지 순환 생태 패러다임이 중요해지고 있으며 이러한 에너지의 생산/저장/변환의 생태계에 있어, 소재 기술이 중요한 핵심으로 떠오르고 있다. 본 호의 신기술 동향에서는 에너지 소재 기술의 국내 전문가를 통해서 최근 기술 동향과 수준과 미래에 대해 들어보는 것으로 구성하였다.

서울대학교 재료공학부의 김진영 교수는 최근 전 세계적으로 많은 연구가 진행되고 있는 새로운 타입의 초고효율, 저가 태양전지 기술인 페로브스카이트 기반 탠덤태양전지를 소개하고 현재의 기술적 발전과 미래에 대해서 논의한다. 이규태 교수(서울대학교 화학생물공학부)는 태양전지와 같은 신재생 에너지를 통해 발전된 전기를 효율적으로 저장하여 이용할 수 있는 이차전지 기술에 대해서 집필하였다. 현재 가장 많이 쓰이고 있는 리튬 이온 전지를 대체할 차세대 기술로서 소듐이온 전지, 리튬 공기 전지의 전반적인 기술에 대해서 소개한다. 한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터 손지원 센터장은 수소를 통해 전기를 발생시키는 연료전지 기술에 대한 소개와 함께 고체산화물 연료전지 기술의 난제인 높은 작동 온도를 낮추는데 있어 필요한 소재 기술에 대해서 논의한다. 마지막으로 남기태 교수 (서울대 재료공학부)는 이산화탄소를 전기화학적으로 전환하여 에탄올, 부탄올 등 가용한 자원으로 변환시키는 촉매 기술에 대해 국내외 기술 동향에 대해서 소개한다.

① 페로브스카이트 기반 탠덤태양전지 연구 동향*

김진영
재료공학부 교수

박민아
재료공학부 박사과정

*한국태양광발전학회지 3권 1호의 기술현황 및 동향 리뷰에 투고된 내용을 일부 편집함.

서론

William Shockley 와 Hans J. Queisser가 계산한 단일 p–n접합 태양전지의 이론적 효율 한계인 Shockley–Queisser 한계를 고려하였을 때, 1.1–1.4eV 밴드갭에너지를 가지는 단일 p–n 접합의 경우 최대 광전변환효율이 약 33% 정도로 예상되는데, 이는 태양에너지의 약 77%를 이용할 수 없다는 결과이다. 광전변환효율은 물질의 밴드갭에너지와 관련하여 단락전류, 개방전압 등의 영향을 받으며, 낮은 광전변환효율을 가지는 것은 대부분 물질이 가지는 광응답에서 비롯된 스펙트럼 손실에 기인한 것이라 볼 수 있다.[1] 입사광이 물질의 밴드갭에너지보다 낮은 에너지를 가지면 흡수되지 못하고, 밴드갭에너지 이상의 에너지를 가지는 광자만이 흡수되어 전하운반체를 형성할 수 있다. Shockley–Queisser 한계를 극복하기 위해 다양한 연구들이 이루어지고 있으나 현재까지 탠덤태양전지만이 Shockley–Queisser 한계를 넘는 효율을 보여주고 있으며,[2] 이에 본 원고에서는 페로브스카이트 태양전지와 탠덤구조를 이루는 다양한 태양전지의 연구 동향에 대해 소개하고자 한다.

먼저 탠덤태양전지는 흡수 스펙트럼 손실을 최소화 하기 위해 고안되었으며 서로 다른 밴드갭에너지를 가지는 2개 이상의 태양전지를 전기적으로 접합하여 연결된 구조이다. 주로 접합부가 전기적으로 결합되는 방식에 따라 4–terminal과 2–terminal로 구분되며 4–terminal의 경우 탠덤태양전지를 이루고 있는 2개의 태양전지가 각각의 캐소드와 애노드를 가지고 외부 회로를 통해 전기적으로 연결된다. 반면 2–terminal 구조의 탠덤태양전지는 단일 기판에 상하부셀을 순차적으로 적층하여 제작되며 상부셀과 하부셀 사이에 증착된 내부층을 통해 직렬 연결되고 이를 통해 상하부셀에서 생성된 전하수송자는 재결합한다. 2–terminal 구조 탠덤태양전지의 제작은 단순히 외부 회로를 통해 연결되는 4–terminal 탠덤태양전지보다 제작 공정에 제약이 따르며 이를 극복하기 위해 상부셀 제작 공정에 열화 되지 않는 하부셀의 내구성, 상하부셀의 광전류 및 전압 매칭, 재결합이 용이한 내부층 등 다양한 요소를 필요로 한다. 그러나 4–terminal 구조에 비해 사용되는 기판의 수가 적고 두 단일셀의 추가적 연결이 필요 없으므로 비용절감이 가능하고, 기판에 의해 손실되는 태양 스펙트럼을 감소시켜 투과율 증가에 따른 향상된 광전변환효율을 기대할 수 있다. 이렇게 접합된 각각의 태양전지는 서로 다른 밴드갭에너지의 광흡수층을 가지므로 각각의 해당 스펙트럼에 반응하게 된다. 일반적으로 탠덤태양전지에서 상대적으로 큰 밴드갭에너지를 가지는 태양전지가 먼저 태양빛을 흡수하고, 이때 밴드갭에너지보다 낮은 에너지를 가지는 광자는 흡수되지 못하고 통과하여 상대적으로 낮은 밴드갭에너지를 가지는 태양전지에서 흡수되어 활용될 수 있다. 이러한 원리로 넓은 범위의 태양 스펙트럼을 최대로 활용할 수 있으며, 계산에 의하면 1sun 조건에서 밴드갭에너지가 1.9eV인 상부셀과 1.0eV의 하부셀을 이용할 경우 최고 효율 42%가 가능하게 된다.[3,4]

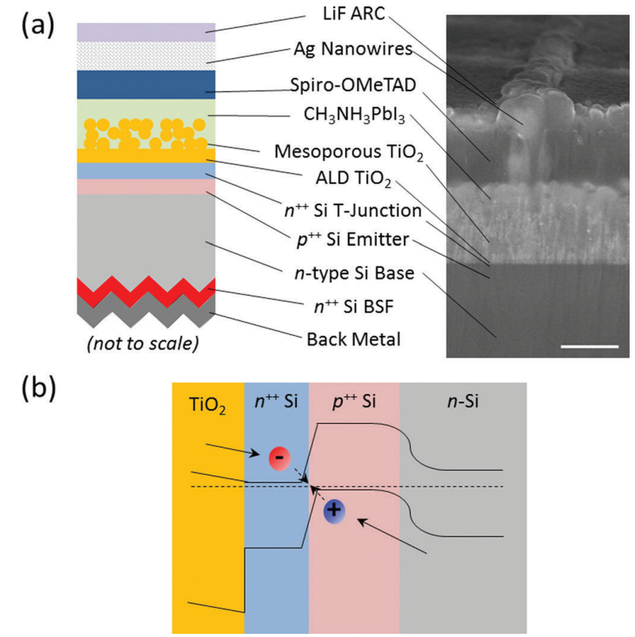


그림 1. 2–terminal 실리콘/페로브스카이트 탠덤태양전지의 구조[5] (Appl. Phys. Lett. 2015, 106 (12), 121105.)

실리콘/페로브스카이트 탠덤태양전지

현재 실리콘태양전지는 산업화와 상대적으로 높은 효율(~26.6% PCE)로 인해 광전소자 분야의 기준이 되고 있다. 그러나 지난 수년 간 실리콘 태양전지의 광전변환효율은 대체로 큰 발전이 없었고 실리콘 기반 태양광 발전 비용의 감소는 주로 제조에 의존해 왔다. 이러한 한계를 극복하기 위해 다른 종류의 태양전지와 결합하여 상호보완적인 탠덤태양전지를 개발함으로써 킬로와트 당 비용 절감을 실현할 수 있다. 실리콘은 1.1eV 이상의 에너지를 흡수하므로 1.1eV보다 큰 밴드갭 에너지를 가지는 광흡수 물질과 결합하여 탠덤태양전지를 구성할 수 있으며, 이미 고도화된 실리콘 산업 덕분에 실리콘/페로브스카이트 탠덤태양전지는 비교적 활발한 연구가 이루어지고 있다.

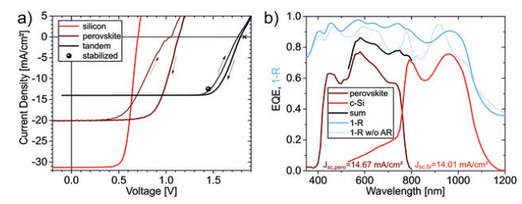


그림 2. 2–terminal 탠덤태양전지 및 단일셀의 j–v 곡선과 외부양자효율[6] (Energy Environ. Sci. 2016, 9 (1), 81–88.)

2– terminal 구조의 적층 방식은 장파장(적외선)의 빛을 하부로 통과 시키는 상부셀과 이를 이용하는 하부셀 간의 전기적 작용을 발생시키는데, Mailoa 외 연구진은 실리콘 터널접합을 이용한 2–terminal 실리콘/페로브스카이트 탠덤태양전지를 최초로 제작하여 빛에너지의 변환에 따른 손실을 감소시켰다.[5] 또한 페로브스카이트 상부셀의 TiO2층과 n++형 실리콘 전도대의 밴드 배열은 ITO와 같은 투명 전도성 산화물을 재결합층으로 사용하지 않도록 할 수 있고, n형 실리콘과 p형 에미터의 터널접합에서 일어나는 재결합에 의해 전하적 중성이 유지된다. 실리콘/페로브스카이트 탠덤태양전지의 구조는 그림 1에서 확인할 수 있으며, $MAPbI_3$기반의 실리콘/페로브스카이트 2–terminal 탠덤태양전지는 1.65V의 개방전압으로 13.7%의 광전변환효율을 달성할 수 있다. 많은 연구진들은 페로브스카이트 단일셀과 실리콘 단일셀 각각의 품질이 탠덤태양전지에 영향을 미친다고 보고 있으며, 단일셀의 고품위화를 통해 최대 29%의 광전변환효율이 가능할 것이라고 예상한다. 또한, Albrecht 외 연구진은 18%의 안정화된 광전변환효율을 달성하기 위해 원자층증착(ALD)을 이용해 SnO_2을 증착하여 저온공정에서 2–terminal 탠덤 소자를 제작하고(그림 2), 저온 공정을 통해 결정성 실리콘 단일 접합 소자의 고품위화를 실현할 수 있음을 주장하였다.[6]

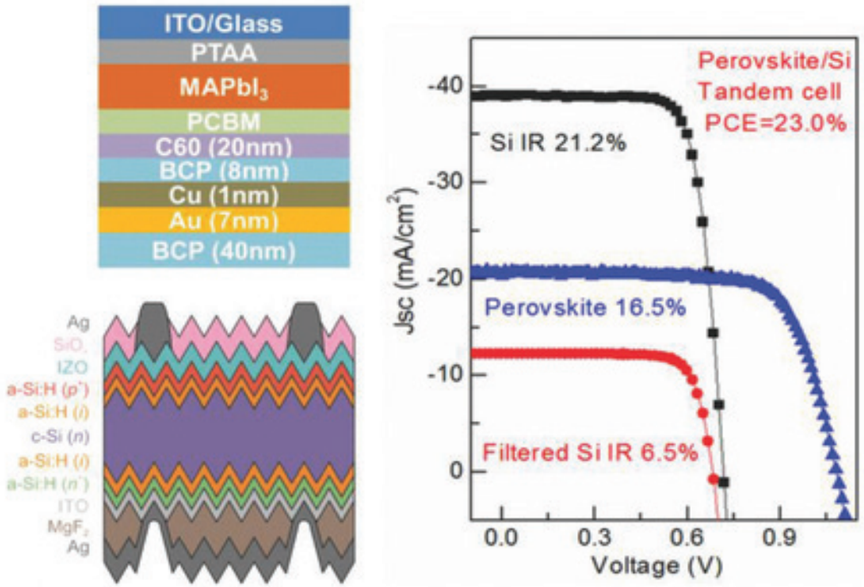


그림 3. 4-terminal 탠덤태양전지의 구조, j-v 곡선 및 외부양자효율[9] (Adv. Energy Mater. 2016, 6 (19), 1601128.)

최근, 스탠포드 대학의 McGehee 그룹은 1cm² 면적의 2- terminal 실리콘/페로브스카이트 탠덤태양전지에서 23.6%의 기록을 세웠다.[7] 이 탠덤태양전지는 ASU의 Holman 그룹의 결정성 실리콘 하부셀, NiO 정공 전극, ITO/LiF 투명 상부 전극, 그리고 $FA_{0.83}Cs_{0.17}Pb(I_{0.83}Br_{0.17})_3$ 조성의 페로브스카이트 층으로 구성되어 있으며 굉장히 안정적이라고 발표하였다.

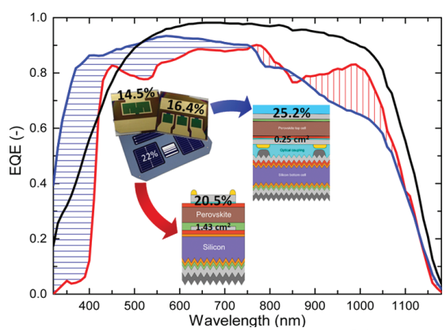


그림 4. 4-terminal 탠덤태양전지의 구조, j-v 곡선 및 외부양자효율[10] (ACS Energy Lett. 2016, 1 (2), 474-480.)

Bailie 외 연구진은 낮은 품질의 다결정 실리콘을 하부셀로 사용하여 4-terminal 탠덤태양전지를 발표하였다.[8] 고가의 단결정 실리콘 대신 저품질의 다결정 실리콘을 사용함으로서 비용을 절감하고, 페로브스카이트셀과의 결합으로 낮은 효율을 보완하고자 하였다. 이러한 노력으로 11.4%의 다결정 실리콘 단일셀의 광전변환효율을 17%까지 향상시킬 수 있었다. 이 후, Chen 외 연구진은 페로브스카이트 상부셀을 필터로 사용하여 실리콘 하부셀을 분석함으로써 4-terminal 실리콘/페로브스카이트 탠덤태양전지에서 광전변환효율이 23%까지 획득 가능한 것을 입증하였다(그림 3(a)-(c)).[9] Werner외 연구진은 SnO^2 저온공정을 이용한 반투과성 페로브스카이트 단일 셀을 활용하여, 1.015cm²와 0.25cm² 면적의 4-terminal 실리콘/페로브스카이트 탠덤태양전지에서 각각 23%와 25.2%의 광전변환효율을 달성하였다(그림 4).[10] 동일한 페로브스카이트 상부 셀을 이용하여 2-terminal 탠덤태양전지와 4-terminal 탠덤태양전지 모두를 제작하였기에 탠덤태양전지 구조 간의 직접적인 비교가 가능했다.

최적의 효율을 위한 페로브스카이트 단일셀의 밴드갭에너지는 약 1.8eV여야 하므로,[8] 이를 위한 연구가 추가적으로 수행되었다. McMeekin 외 연구진은 밴드갭에너지가 약 1.74eV인 $FA_{0.83}Cs_{0.17}Pb(I_{0.6}Br_{0.4})_3$을 사용하여 가장 이상적인 밴드갭에너지에 근접한 페로브스카이트 상부셀을 구현하였으며 개방전압 1.2 V로 약 17%의 광전변환효율을 기록하였다.[11] 또한 탠덤태양전지를 구성하는 각각 단일셀의 효율을 고려해 볼 때, 위와 같은 17% 효율의 페로브스카이트 태양전지가 19% 효율을 가지는 실리콘 태양전지와 결합하면 이상적인 4-terminal 탠덤태양전지에서 25% 이상의 효율을 기대할 수 있다고 주장하였다. 실제로 최근 비슷한 조성의 $FA_{0.83}Cs_{0.17}Pb(I_{0.83}Br_{0.17})_3$ 페로브스카이트 태양전지가 McGehee 그룹에서 발표되었다. 이처럼 이상적인 밴드갭에너지를 가지는 안정한 페로브스카이트 조성을 구현하는 것은 탠덤태양전지 실현을 위해 매우 중요하다.

CIGS/페로브스카이트 탠덤 태양전지

Chalcopyrite(CIGS) 화합물은 유망한 광전 소재로 현재 CIGS 태양 전지의 최고 광전변환효율은 22.6%에 달하며, 보편화된 실리콘 웨이퍼 기반의 광전소자와 경쟁할 수 있는 상용화된 고효율 광전소자 기술 중 하나이다.[12] CIGS 화합물은 직접 밴드갭에너지를 가지는 안정한 4종의 무기화합물로 이를 구성하는 Ga과 Ga+In의 비율을 0.25에서 0.35까지 미세조정함으로써 1.1eV에서 1.24eV의 밴드갭에너지를 구현할 수 있다. 뛰어난 흡수계수로 인해 약 2μm의 CIGS 박막만으로도 대부분의 입사광을 흡수할 수 있으며, 플렉서블한 기판에도 큰 효율 손실없이 적층 가능하다는 장점을 가지고 있다.[13] 이로 인해 이론적으로는 roll- to-roll 제조업과 같은 기법을 사용하여 생산 원가를 낮출 수 있으므로, 대규모 애플리케이션을 상업화할 가능성을 가지고 있다고 보여진다.

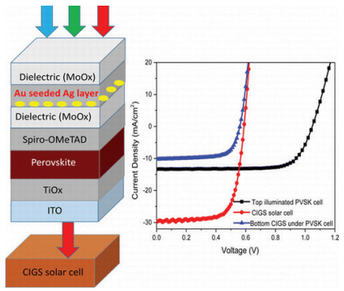


그림 5. 페로브스카이트 태양전지를 필터로 이용한 CIGS 태양전지와 각 단일셀의 j–v 곡선[16] (ACS Nano 2015, 9 (7), 7714–7721.)

지난 몇 년간, 많은 CIGS 흡수 물질의 개발을 통해 CIGS 태양전지의 효율을 향상시키고자 노력하였으나 소자 수준의 효율 향상은 상당히 어려웠고,[12] 여러 가능한 한계들을 극복하는 방법으로 CIGS 태양전지를 적절한 광흡수 물질과 결합하여 탠덤 구조의 태양전지를 구현하는 것이 유망하다고 보여지고 있다. 계산에 의하면 탠덤 태양전지에서 하부셀의 최적화된 밴드갭에너지는 0.9에서 1.2eV 사이이며[3,14] Ga/(Ga+In)과 S/(S+Se)의 조절로 밴드갭에너지 조절이 가능한 CIGS는 이상적인 후보라 할 수 있다. 특히 페로브스카이트와 CIGS의 결합으로 더 넓은 범위의 빛을 흡수할 수 있으며 지난 수년간 이 조합의 이점은 충분히 증명되어왔다.

2015년에 IBM 연구팀은 최초로 10.9%의 CIGS/페로브스카이트 탠덤태양전지를 발표하였으나 15nm의 Ca과 5nm의 bathocuproine(BCP)로 이루어진 Ca기반의 상부전극으로 인해 상당한 광손실이 야기되어 광전변환효율이 낮았으며, 적층 기술의 발달이 이루어지면 25%의 효율도 충분히 가능할 것이라고 주장하였다.[15] 그 후, Yang 연구팀은 유전체/금속/유전체(MoO_x/Ag/MoO_x) 구조의 투과성 전극을 페로브스카이트 태양전지에 적용하였고(그림 5),[16] 이를 이용한 4-terminal CIGS/페로브스카이트 탠덤태양전지에서 15.5%의 향상된 광전변환효율을 보여주었다.
뿐만 아니라, 스퍼터를 이용해 증착된 고품질의 투과성 전도성 산화물(ITO, AZO 등)을 반투명의 페로브스카이트 태양전지에 적용하였는데,[17–20] 스퍼터 사용을 위해서는 버퍼층의 첨가가 필수적이고 광 및 전기적 손실을 최소화하기 위해 이 버퍼층의 최적화가 선행되어야 한다. 2016년에 4-terminal CIGS/페로브스카이트 탠덤태양전지의 최고효율 22.1%가 기록되었고[19] 같은 해에 McGehee 연구팀은 실버나노와이어망을 상부 전극으로 사용하는 것을 대체하는 상온 비용매 공정을 제안하였다.[8] 이를 이용한 4-terminal CIGS/페로브스카이트 탠덤태양전지의 효율은 18.6%로 보고되었다. 그러나 복잡한 공정은 전지의 재생산성에 영향을 미치며 효율의 균일도를 떨어뜨릴 수 있다. 2-terminal 구조의 경우 제조공정의 호환성을 문제로 IBM 연구팀에 의해 2-terminal CIGS/페로브스카이트 탠덤태양전지가 유일하게 성공적으로 이루어 졌으며, i-ZnO층이 60℃ 이상의 공정과정에서 페로브스카이트 물질의 화학적 불안정성을 야기하므로 CIGS 태양전지에서 제거되었다.[15] 비록 ZnO가 제거된 CIGS 구조가 탠덤태양전지의 손상을 막을 수는 있으나, CIGS 태양전지의 효율이 낮아진다는 단점이 있다. 결과적으로 탠덤태양전지에서 페로브스카이트 상부셀의 효율을 유지하는 것도 중요하나 CIGS 하부셀의 장점을 유지하는 것 또한 중요하다. 특히 2-terminal 탠덤태양전지에서 전체 셀의 효율은 전류매칭에 의해 감소된 CIGS 하부셀의 효율에 제한을 받으므로, 페로브스카이트의 저온 공정과 화학적으로 안정한 재결합층의 설계가 필수적이다.

페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤태양전지

최근, 페로브스카이트 태양전지의 밴드갭에너지 범위가 조성 컨트롤과 증착 기술의 발달로 굉장히 넓어지고 있어[11,21–24] 페로브스카이트만으로 이루어진 탠덤태양전지의 개발을 가능하게 하였고, 보다 낮은 밴드갭에너지에 대한 연구를 촉진시키고 있다. 간편한 용액 공정과 낮은 가격으로 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤태양전지는 대량 상용화 가능성을 가지는 것으로 보여진다.
2015년 후반 연구팀들은 1.8 V의 개방 전압을 가진 탠덤태양전지를 제작하였으나[25,26] 두 페로브스카이트 단일셀이 유사한 흡수물질을 사용함으로써 전류밀도가 감소하고 광전변환효율 또한 낮았다. 현재까지는 Pb 대신 Sn을 사용함으로서 낮은 밴드갭에너지를 구현할 수 있었는데, 두 물질은 같은 족에 속하며 비슷한 이온 반경을 가짐으로써 격자왜곡없이 쉽게 치환될 수 있다.
Sn 기반의 페로브스카이트 태양전지에 관한 몇가지 연구들을 살펴보면, 2014년에 Snaith 연구팀은 처음으로 lead-free 페로브스카이트 태양전지를 제작하였다.[27] 그 논문에서 $MASnI_3$는 1.23eV의 밴드갭에너지를 가지며 다공성 TiO_2를 이용한 태양전지에서 6% 이상의 광전변환효율을 보여주었다. 그 후 Kanatzidis 외 연구진은 Sn과 Pb를 혼합하여 페로브스카이트에서의 변칙적인 밴드갭에너지 변화에 대해 보고했다(그림 6).[28] 이 연구에서 페로브스카이트 밴드갭에너지는 $MA(Pb,Sn)I_3$에서 Pb와 Sn의 조성을 조절하여 1.17eV로 낮출 수 있으며 7% 이상의 광전변환효율을 입증할 수 있다고 주장하였다. 이 후, Jen 연구팀은 Pb/Sn를 혼합한 페로브스카이트($MAPb_{1-a}SnaI_{3x}Cl_x$) 기반의 planar 구조 헤테로 접합을 통해 1.38eV의 밴드갭에너지와 10.1%의 광전변환효율을 얻을 수 있었다.[29]

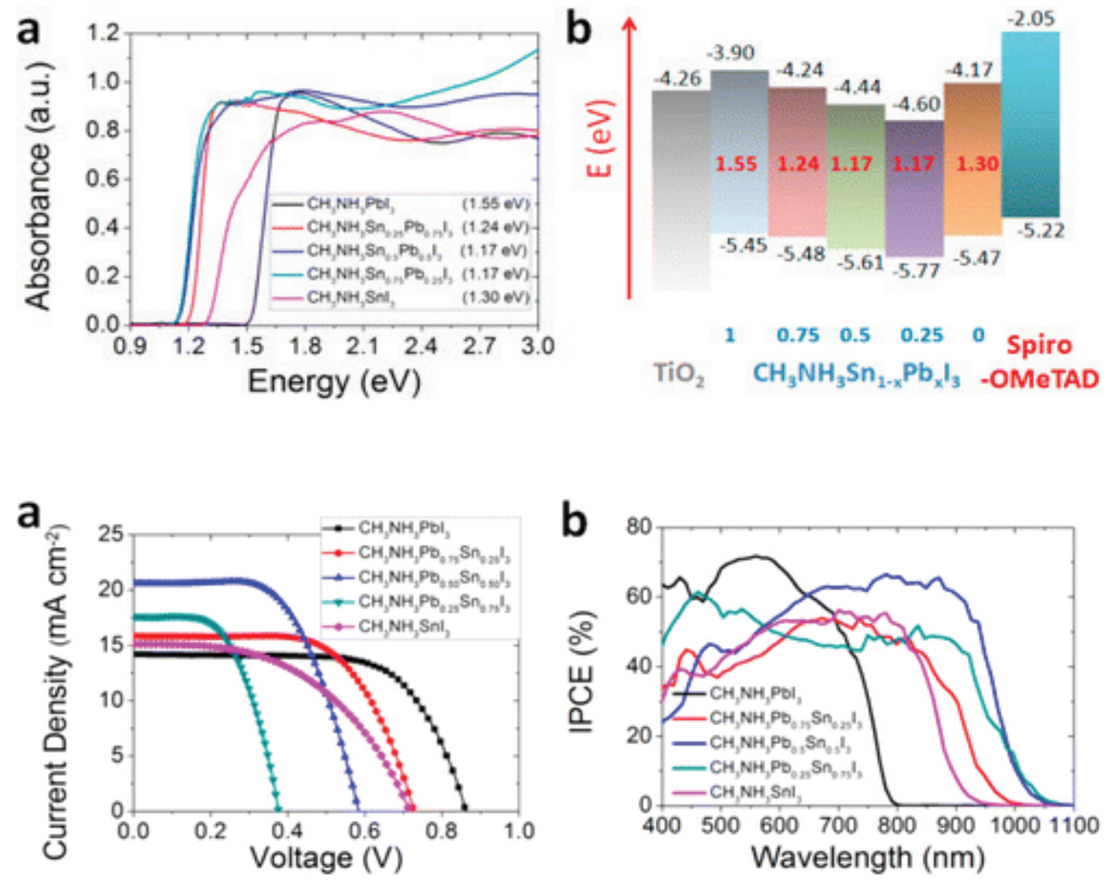
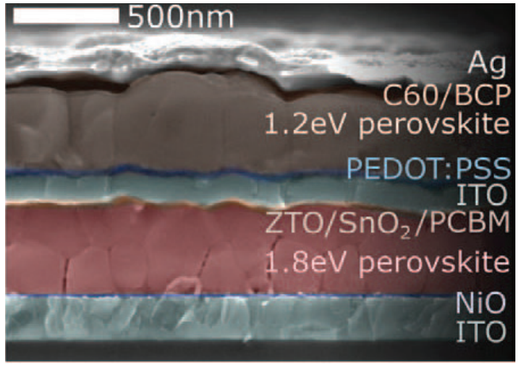


그림 6. 페로브스카이트 조성에 따른 밴드갭에너지와 흡광도의 관계, j–v 곡선, 및 외부양자효율[28] (J. Am. Chem. Soc. 2014, 136 (22), 8094–8099.)

2016년에, Jen 연구팀은 더 높은 광전변환효율과 안정적인 Pb/Sn 기반 페로브스카이트 태양전지를 제작하였고, 4-terminal 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤태양전지를 실현하였다.[30] Formamidium 양이온 치환을 포함하여, 안정한 양이온 혼합형 Sn 기반 페로브스카이트 ($MA_{0.5}$ $FA_{0.5}Pb_{0.75}Sn_{0.25}I_3$)는 1.33eV의 밴드갭에너지를 가지며 14.19%의 광전변환효율을 보여주었다. 이 페로브스카이트 단일셀은 $MAPbI_3$ 페로브스카이트 단일셀과 4-terminal 탠덤태양전지에서 19.08%의 광전변환효율을 기록하였다. 최근에는 Snaith 연구팀이 2-terminal 탠덤태양전지를 완성하였는데,[31] 1.2eV의 밴드갭에너지를 가지는 $FA_{0.75}Cs_{0.25}$ $Pb_{0.5}Sn_{0.5}I_3$를 합성하여 단일셀 효율 14.8%를 기록하였으며 1.8eV 밴드갭에너지를 가지는 $FA_{0.83}Cs_{0.17}Pb(I_{0.5}Br_{0.5})_3$과 결합하여 2-terminal 탠덤태양전지에서 17%, 4-terminal 탠덤태양전지에서 20.3%를 각각 달성하였다(그림 7).

낮은 밴드갭에너지를 가지는 Sn 기반 페로브스카이트 태양전지의 효율은 점점 발전하고 있으나 Pb 기반 페로브스카이트 태양전지와 비교하여 여전히 큰 차이가 있다. 이는 안정적인 Sn 산화상태에



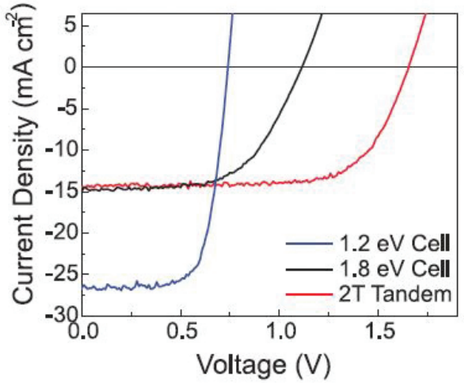


그림 7. 2-terminal 페로브스카이트 탠덤태양전지의 SEM 이미지 및 j-v곡선[31] (Science 2016, 354 (6314), 861-865.)

서 기인한 것으로 Sn^{4+}에 의해 야기된 안정성 문제를 극복하는 것이 중요한데, Cs과 formamidium를 함께 치환함으로써 광 및 수분에 의해 야기되는 열화를 완화시킬 수 있다는 것이 밝혀졌다.[32,33] 또 다른 연구에서는 hydrazine을 이용하여 환원된 분위기를 조성하여 Sn^{4+} 종의 형성을 억제하거나[34] 유사한 방법으로 산화 방지제인 아스코르브산을 사용하여 Sn을 포함하는 전구체 용액의 산화를 지연시킬 수 있다.[35]

안정성 문제 외에도, 전하 재결합층 또한 탠덤태양전지의 효율 향상을 방해하고 있는 요소 중 하나인데, 적절한 디자인을 통한 에너지 밴드 정렬과 호환 가능한 공정을 통해 해결될 수 있다. 특히 ITO와 같은 높은 광투과성 전도성 산화물은 페로브스카이트의 민감성 때문에 증착 과정과 하부층에 대한 적합성을 잘 판단하여 사용해야 하는데,[31] 대안으로 저온 진공 공정을 이용한 도핑된 유기 반도체를 사용하는 것이 보고된 바 있으며[36] 도핑된 유기 반도체를 재결합층으로 사용하여 $Cs_{0.15}FA_{0.85}Pb(I_{0.3}Br_{0.7})_3$과 $MAPbI_3$로 구성된 2-terminal 페로브스카이트 탠덤태양전지에서 평균 15%의 광전변환효율이 입증되었다.

전통적인 무기 태양 전지의 높은 생산비를 고려하면 페로브스카이트 만으로 구성된 탠덤 태양전지는 저비용 고효율 태양광 전지의 발전을 위한 유망한 접근법이 될 수 있다. 단, 위에서 언급한 바와 같이, 낮은 밴드갭에너지를 가지는 페로브스카이트 하부셀의 안정화, 적절한 소자 구조 및 공정이 고효율 탠덤태양전지를 위해 선행되어야 할 것이다.

결 론

최근 몇년간 페로브스카이트 태양전지의 괄목할 만한 진보에도 불구하고, 비교적 발전이 덜한 태양전지와의 접합을 통한 탠덤태양전지가 큰 관심을 받고 있다. 이는 고효율 페로브스카이트 태양전지 단일셀이 이미 잘 정비되어 있는 태양전지 산업의 결합하여 새로운 태양전지 시장을 열 수 있다는 가능성 때문일 것이다. 낮은 제조 원가로 고효율의 에너지 자원 공급을 가능하게 하고, 최첨단 기술을 통합하여 단기간에 시장 경쟁력을 확보하기를 기대해 본다.

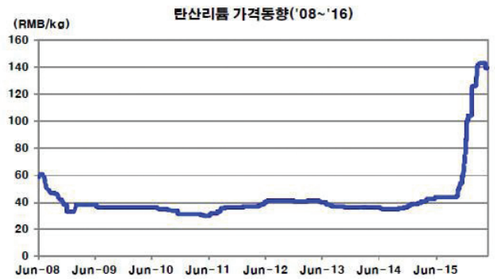
② 리튬 이온 전지를 대체할 차세대 이차 전지 기술

이규태
화학생물공학부 교수

핸드폰이나 노트북의 전원으로 널리 사용되는 이차 전지는 최근들어 전기자동차나 Energy Storage System (ESS)의 전원으로 확대되고 있다. 특히 전세계적으로 환경에 대한 관심이 증대되면서 기존의 내연기관 자동차 대신 전기자동차의 사용에 대한 요구가 증가하고 있고, 이로인해 전기자동차에 사용되는 이차 전지에 대한 연구 개발이 폭발적으로 이루어지고 있다. 현재 소형 모바일 기기나 전기자동차에 가장 널리 사용되고 있는 이차전지는 리튬 이온 전지이다. 그러나 리튬 이온 전지는 에너지 밀도 및 가격적인 면에서 전기자동차나 ESS등의 응용분야에 한계를 보이고 있으며, 따라서 이를 극복하는 새로운 차세대 이차 전지에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 기고에서는 이러한 차세대 이차 전지로써 저가의 소듐 이온 전지 및 고에너지 밀도의 리튬-공기 전지에 대해 소개하고자 한다.

1. 소듐 이온 전지

최근들어 그림 1에서 보는바와 같이 리튬 자원의 가격이 급격하게 상승함에 따라 이를 사용하는 리튬 이온 전지의 가격 또한 크게 높아지고 있다. 게다가 이러한 리튬 자원의 가격은 전기자동차의 수요가 향후 증가할 것으로 예상되기 때문에 더더욱 가파르게 상승할 것으로 예상되고 있다. 따라서 리튬 자원을 사용하지 않는 비리튬계 이차전지인 소듐 이온 이차 전지가 전기자동차 및 ESS용 이차 전지 시장에서 차세대 이차 전지로 큰 관심을 받고 있다. 소듐 이온 전지는 리튬 이온 전지와 매우 유사한 구성을 갖고 있다. 즉, 소듐 이온을 포함하는 고전위 산화물 또는 인화물 기반의 양극과 소듐 이온을 저장할 수 있는 저전위 탄소 또는 합금계 기반의 음극, 그리고 소듐 이온을 전달하는 비수용액계 전해질과 분리막으로 구성된다. 그러나 충방전 중 양극과 음극사이에 리튬 이온이 전하 전달을 하는 리튬 이온 전지와 달리, 소듐 이온 전지에서는 리튬 이온 대신 소듐 이온이 전하 전달 역할을 하게된다.



품목	단위	전월가격 ('16.3월, A)	월간가격('16.4월)						증감율 (B-A)/A, %
			4.1주	4.2주	4.3주	4.4주	4.5주	월평균 (B)	
탄산리튬	RMB/kg	142.65	143.00	143.00	143.00	139.00	139.00	141.10	-1.09

※ 자료원 : Asian Metal(lithium carbonate 99%min China)

그림 1. 리튬 이온 전지의 소재로 사용되는 탄산 리튬 자원의 가격 동향
[전자신문 2016. 06. 03]

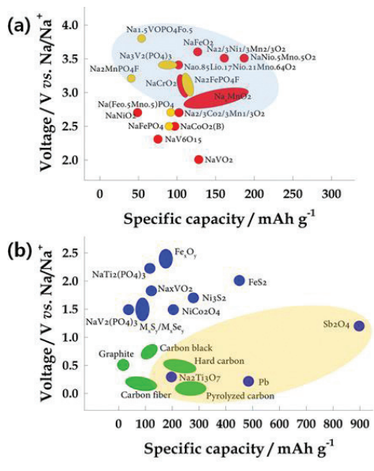


그림 2. 소듐 이온 전지에 사용되는 다양한 전극 소재의 가역용량 및 작동 전압:
(a) 양극 및 (b) 음극

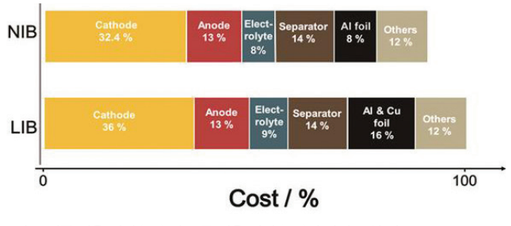


그림 3. 리튬 이온 전지 (LIB) 및 소듐 이온 전지 (NIB)의 가격 구성 비교

즉, 리튬 이온 전지의 구성 요소에서 리튬을 소듐으로 치환하게 되면 소듐 이온 전지를 구성할 수 있게 된다. 따라서 이러한 두 이차 전지의 시스템적 유사성 때문에, 리튬–황 전지 혹은 리튬–공기 전지와 같이 반응 메커니즘이 상이한 다른 차세대 이차 전지에 비해 소듐 이온 전지가 좀 더 상용화에 용이하게 근접할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 그러나 이러한 소듐 이온 전지가 리튬 이온 전지와 유사성만을 갖고 있는 것은 아니다. 소듐 이온의 반지름 크기는 1.02 Å이며, 이는 리튬 이온의 크기에 (0.76 Å) 비해 약 130% 정도 큰 값이다. 따라서 리튬 이온 전지에서 사용하는 기존의 전극 소재를 그대로 사용하는 것은 불가능하며, 소듐 이온의 크기에 적당한 새로운 구조의 전극 소재 개발이 이루어져야 한다. 현재까지 소개된 소듐 이온 전지의 다양한 전극 소재를 가역용량 및 작동 전압과 함께 그림 2에 도시하였다.

소듐 이온 전지는 리튬 이온 전지와 비교했을 때, 값비싼 리튬 자원 대신 소듐 자원을 활용할 수 있을 뿐만 아니라 음극의 집전체로 구리 대신 값싼 알루미늄을 사용할 수 있어 가격적인 면에서 큰 장점을 갖고 있다.[1] 게다가 양극 소재의 경우, 리튬 이온 전지에서는 코발트나 니켈을 주로 사용하지만 소듐 이온 전지에서는 값싼 철이나 망간 소재를 사용하는 것이 가능하기 때문에 리튬 이온 전지에 비해 약 20–30% 저가의 소듐 이온 전지를 개발할 수 있다. (그림 3) 이러한 가격적인 장점 때문에 소듐 이온 전지에 대한 연구 개발이 전세계적으로 활발하게 이루어지고 있으며, 현재 진행되고 있는 주요 연구에 대해 소개하고자 한다.

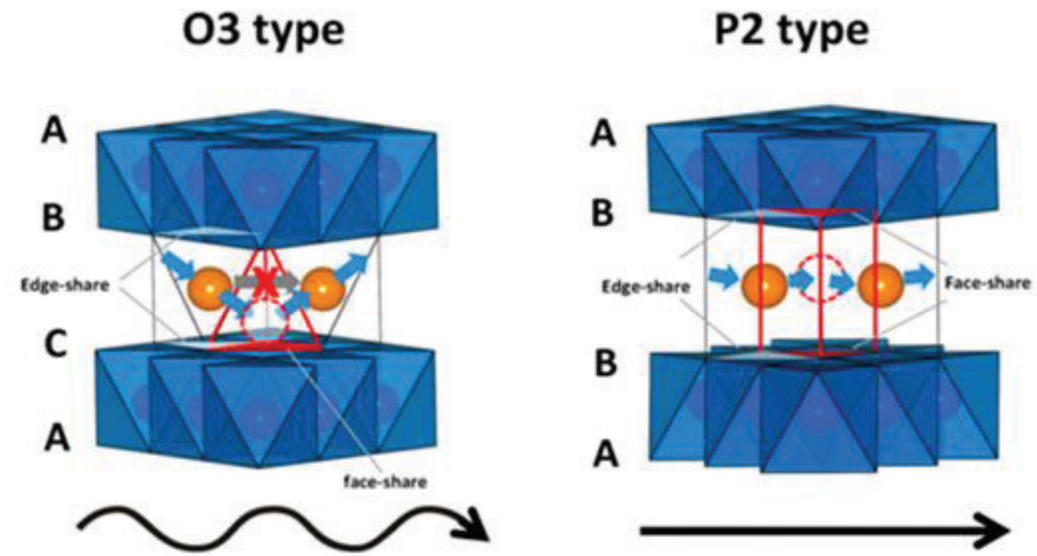


그림 4. (a) O3–type $LiCoO_2$와 (b) P2–type β–$Na_{0.7}MnO_{2+y}$의 결정 구조

1.1 양극 소재

1.1.1 층상계 산화물

리튬 이온 전지에서는 층상계 산화물인 $LiCoO_2$ 혹은 Ni–rich Li[Ni,Co,Mn]O_2의 소재들이 널리 사용되고 있으나, 최근들어 Ni 및 Co 자원 가격이 급등함에 따라 나트륨 이온 전지용 층상계 산화물에서는 전이금속으로 저가의 Mn이 널리 연구되고 있다. 그림 4는 리튬 이온 전지의 대표적인 양극 소재인 $LiCoO_2$와 소듐 이온 전지에서 유망한 양극 소재로 주목받고 있는 $Na_{0.7}MnO_{2+x}$의 결정 구조를 보여준다. 두 소재 모두 알칼리 금속층과 전이금속 층이 교대로 존재하는 층상구조를 갖지만, $LiCoO_2$의 경우에는 Li^+ 이온이 octahedral site에 존재하는 O3 구조를 갖으며, $Na_{0.7}MnO_{2+x}$의 경우에는 Na^+가 prismatic site 존재하는 P2 구조를 갖는다. 이러한 구조적 차이는 Li^+에 비해 Na^+의 이온 크기가 크기 때문에 발생한다. 또한 O3 구조의 경우, Li^+ 이온이 확산되는 과정에서 Octahedral – tetrahedral – Octahedral site로의 이동이 필요로 하는데, 이때 공간이 작은 tetrahedral site를 지나는 과정에서 큰 activation energy가 필요하게 되며, 결국 리튬 이온의 확산속도가 상대적으로 느린 모습을 보여주게 된다. 하지만 P2 구조의 경우, Na^+ 이온이 확산되는 과정에서 prismatic – prismatic site 로의 직접적 이동이 가능하며, 따라서 O3구조에 비해 상대적으로 확산속도가 빠르게 된다. 이를 통해 P2 구조의 $Na_{0.7}MnO_{2+x}$ 소재가 고출력을 요구하는 응용분야에 매우 적합한 소재로 고려되고 있다.

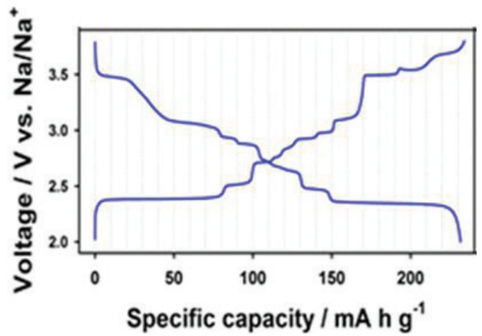


그림 5. β–$Na_{0.7}MnO_{2+y}$의 충방전 곡선

P2 구조의 $Na_{0.7}MnO_{2+x}$의 경우, 고온상인 β-$Na_{0.7}MnO_{2+y}$와 저온상인 α-$Na_{0.7}MnO_{2+y}$라는 두가지 polymorph가 존재한다. β-$Na_{0.7}MnO_{2+y}$은 고온에서 안정한 상이기 때문에 상온에서 metastable한 상태로 존재하며, 따라서 급랭을 통해 합성이 가능하다. β-$Na_{0.7}MnO_{2+y}$ 는 그림 5에서 보는바와 같이 약 230 mA h g^{-1} 의 큰 초기 방전용량을 발현한다.[2] 이는 리튬 이온 전지의 $LiCoO_2$가 약 170 mA h g^{-1} 의 방전 용량을 발현하는 것에 비해 훨씬 큰 값으로, 리튬 이온 전지보다 높은 에너지 밀도를 갖는 소듐 이온 전지의 개발이 가능함을 시사하고 있다. 그러나 β-$Na_{0.7}MnO_{2+y}$의 경우 작동 전압이 $LiCoO_2$ 보다 낮기 때문에 작동 전압을 증가시키는 연구가 요구되고 있다. 또한 β-$Na_{0.7}MnO_{2+y}$의 충방전 곡선에서 여러 복잡한 plateau들이 관찰되는데, 이는 소듐 이온이 β-$Na_{0.7}MnO_{2+y}$에 탈리/삽입되는 과정에서 여러 step의 two-phase 반응을 거쳐 진행됨을 나타낸다. 이는 β-$Na_{0.7}MnO_{2+y}$가 충방전 과정 중 여러 복잡한 상을 거쳐 상전이가 일어남을 의미한다. 이러한 복잡한 상전이는 소듐 이온과 소듐 이온 vacancy의 ordering 현상 때문에 일어나는 것으로서, 전기화학적 특성의 저하를 야기한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 전이금속 층에 리튬 또는 마그네슘을 도핑하여 (β-$Na_{0.7}[Mn_{1-x}M_x]O_{2+y}$ [M=Li, Mg]) 전지 성능을 개선하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 전이금속 층에 random하게 위치한 리튬 혹은 마그네슘으로 인해 vacancy ordering 현상이 억제되며, 이를 통해 충방전시 one-phase 반응이 진행되게 된다. 이러한 충방전시 반응 메커니즘의 변화는 전지의 성능을 향상시키게 된다.

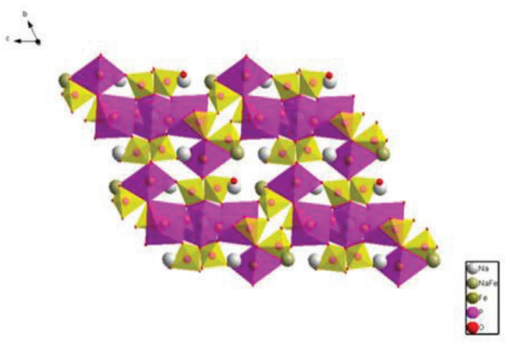


그림 6. $Na_{3.12}Fe_{2.44}(P_2O_7)_2$의 결정 구조

1.1.2 인산염계

층상계 전이 금속 산화물에 비해 열적 안정성이 우수한 인산염계 양극 소재의 경우, 이차 전지의 안전성 개선을 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 리튬 이온 전지에서 상용화된 인산염계 양극소재로는 Olivine 구조의 $LiFePO_4$가 있다. $LiFePO_4$는 비록 우수한 전지 특성을 보이기는 하지만, 전기 전도성이 낮아 나노크기 입자의 합성이 필요하며, 전기전도성이 우수한 탄소 소재의 코팅 공정이 추가로 필요하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 이온 전도성이 우수한 $Li_2FeP_2O_7$ 등의 새로운 인산염계 소재가 개발되었으며 이를 통해 마이크론 크기의 입자 사용이 가능하게 되었다. 이러한 리튬 이온 전지의 연구를 바탕으로, 소듐 이온 전지에서도 인산염계 소재를 개발하려는 연구가 진행되고 있다. 예를 들어 $Na_{3.12}M_{2.44}(P_2O_7)_2$ (M=Fe, $Fe_{0.5}Mn_{0.5}$, Mn)의 경우, 그림 6와 같이 $Fe_2P_4O_{22}$와 $Fe_2P_4O_{20}$으로 구성된 triclinic structure를 가진다.[3] $Na_{3.12}M_{2.44}(P_2O_7)_2$는 약 3 V (vs. Na/Na^+) 영역에서 약 85 mA h g^{-1}의 가역용량을 발현하며 매우 안정적인 사이클 특성을 보인다. (그림 7) $Li_2FeP_2O_7$ 경우에서와 같이 소듐 이온이 빠르게 확산될 수 있어서, 10C의 속도 조건에서도 코팅이나 입자크기의 나노화 없이도 가역용량의 약 72%를 발현할 수 있다. 하지만 이러한 인산염계 소재는 전지의 안전성면에서 우수하지만, 작은 가역용량과 낮은 작동전압으로 인해 에너지 밀도면에서 단점을 갖고 있어, 고용량 인산염계 소재를 개발할 필요가 있다.

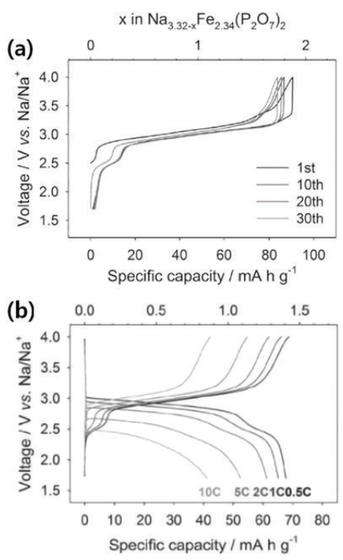


그림 7. $Na_{3.12}Fe_{2.44}(P_2O_7)_2$의 (a) 싸이클 진행에 따른 충방전 곡선 및 (b) 전류밀도에 따른 충방전 곡선

1.2 음극 소재

1.2.1 탄소

상대적으로 높은 이론 용량, 안정한 2D 구조, 그리고 낮은 산화-환원 전위 등의 많은 장점 덕분에 흑연 (graphite)은 리튬 이온 전지의 음극으로 상용화되어 널리 사용되고 있다. 흑연은 C6당 하나의 리튬 원자를 저장할 수 있으며, 이는 372 mA h g^{-1}의 가역 용량에 해당된다. 그러나 흑연이 리튬 이온 전지의 음극으로 성공적으로 적용된 것과 달리, 소듐 이온의 경우에는 흑연에 저장되는 것이 열역학적으로 불가능하며, 따라서 비흑연계의 소재 개발이 이루어지고 있다. 예를 들어 결정 구조가 crystalline이지 않은 탄소인 hard carbon의 경우에는 탄소의 기공등에 소듐 이온이 저장될 수 있으며, 이를 통해 약 300 mA h g^{-1} 의 가역용량을 발현하다. 또한 hard carbon은 매우 안정적인 싸이클 특성을 보여주고 있다. 그러나, hard carbon은 제조 공정에서 높은 비용이 들기 때문에 저가의 소듐 이온 전지 개발 관점에서는 적당하지 않는 소재라고 할 수 있다.

1.2.2 인 기반 소재

소듐 이온 전지 음극 소재의 경우 현재까지 보고된 대부분의 소재들은 리튬 이온 전지의 흑연에 비해 가격적인 면이나 에너지 밀도적인 면에서 우수하지 못하였다. 그러나 최근에 비정질 적린(amorphous red phosphorus)이 소듐 이온을 가역적으로 저장할 수 있으며, 그림 8에서 보는 바와 같이 1,890 mA h g^{-1}의 높은 가역 용량을 발현한다는 것이 보고되었다.[4]

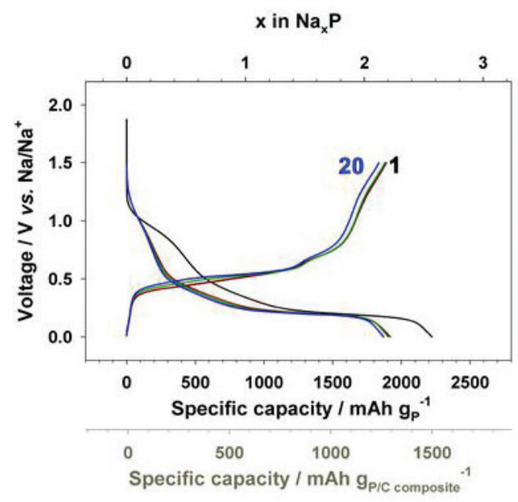


그림 8. Amorphous red phosphorus의 싸이클 진행에 따른 충방전 곡선

이는 현재까지 보고된 소듐 이온 전지용 음극소재 중에 가장 높은 가역용량을 보이는 결과이며, 200 사이클이 넘도록 용량 감소가 거의 없을 정도로 매우 안정적인 수명특성을 보여주었다. 또한 인 물질은 0.4V (vs. Na/Na^+)의 작동전압을 보여주는데, 이는 소듐 금속의 수지상 성장으로 인한 안전성 측면과 풀셀의 작동 전압에 따른 에너지밀도 측면을 모두 고려했을때, 음극으로써 매우 적당한 산화-환원 전위이며, 따라서 소듐 이온 전지의 음극으로써 매우 이상적인 소재라고 할 수 있다. 하지만 이러한 높은 가역 용량의 소재들은 충방전 동안 큰 부피변화를 일으키기 때문에, 이러한 부피 변화로 인한 전극의 퇴화가 발생하게 된다. 따라서 이를 극복하기 위해서 부피변화를 완충할 수 있는 소재 설계의 최적화와 전지 시스템의 최적화에 대한 연구가 필요하다고 할 수 있다.

2. 리튬-공기 전지

현재 리튬 이온 전지로 작동하는 전기자동차의 경우, 리튬 이온 전지의 이론적인 에너지 밀도를 고려했을때 한번 충전에 350 km 이상을 주행하는 것은 불가능한 것으로 알려져 있다. 그러나 전기자동차가 전세계적으로 보편화되기 위해서는 현재의 주행거리를 능가하는 전기자동차가 필요하며, 이를 위해서는 현재의 리튬 이온 전지보다 더 높은 에너지 밀도를 갖는 이차 전지의 개발이 필요하다. 이러한 관점에서 리튬 이온 전지를 대체할 수 있는 새로운 차세대 전지로써 리튬-공기 전지가 주목받고 있다.

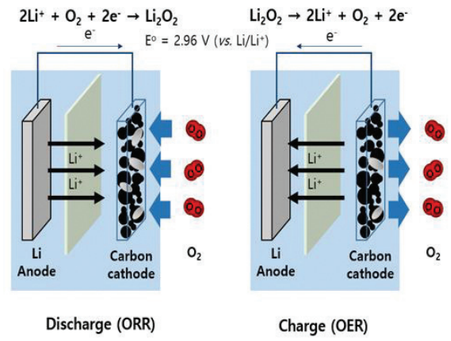


그림 9. 리튬-공기 전지의 충방전 반응 메커니즘

리튬-공기 전지는 그림 9에서 보는 바와 같이 방전 과정에서 리튬 이온과 산소가 전기화학적으로 반응 (Oxygen Reduction Reac-

tion, ORR) 하여, 리튬 산화물 (Li_2O_2)을 형성하고, 충전 과정에서 다시 리튬 산화물이 전기화학적으로 분해 (Oxygen Evolution Reaction, OER) 되어, 산소가 발생하는 반응이 일어난다. 작동전압은 약 3 V (vs. Li/Li^+)이며, 1000 mA h g^{-1} 이상의 높은 가역 용량을 발현하기 때문에, 중량당 에너지 밀도면에서 기존의 리튬 이온 전지보다 우수한 성능을 보여준다. (그림10)

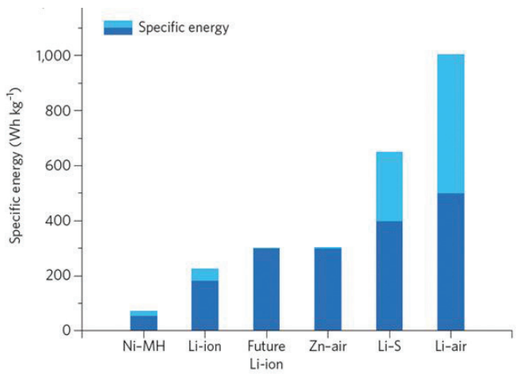
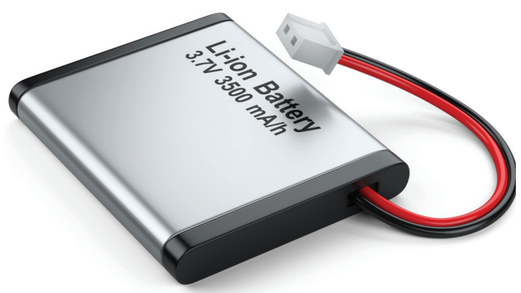


그림 10. 다양한 이차 전지 시스템의 중량당 에너지 밀도 비교

이는 리튬 금속을 음극으로 사용하고, 탄소 소재를 공기 양극으로 사용하기 때문에 가능하다. 하지만, 부피당 에너지 밀도를 고려했을 경우에는, 현재의 리튬–공기 전지 기술이 과량의 리튬 금속을 필요로 하기 때문에, 리튬 이온 전지보다 더 높은 부피당 에너지 밀도를 보여주기는 어렵다고 할 수 있다. 이는 리튬–공기 전지가 극복해야 하는 과제 중의 하나이며, 이외에도 높은 충전 과전압으로 인한 낮은 에너지 효율 및 수명 특성의 저하도 리튬–공기 전지가 극복해야 하는 난제들이라고 할 수 있다.

2.1 산화 환원 매개체 촉매 (redox mediator)

리튬–공기 전지는 OER 반응의 느린 kinetic 특성으로 인해 충전 과정에서 높은 과전압이 발생한다. 이러한 높은 과전압은 에너지 효율의 저하뿐 아니라 전해질 분해를 촉진시켜 리튬–공기 전지의 수명특성을 저하시킨다.[5] 따라서 이러한 느린 OER 반응 문제를 해결하기 위해 전이금속 산화물이나 Pt와 같은 여러 가지 고체 형태의 OER 촉매가 제안되었다. 하지만 고체촉매의 경우, 촉매의 표면에서만 촉매 반응이 일어나게 되는데, 방전 생성물인 리튬 산화물이 촉매의 표면을 덮기 때문에 방전과정에서 촉매의 활성이 저하되며, 따라서 충방전시 많은 양의 촉매를 필요로 하게되는 단점이 있다. 이에 전해질에 용해된 형태로 사용할 수 있는 촉매인 산화–환원 매개체 (redox mediator) 촉매가 제안되었다. 산화–환원 매개체 촉매는 전해질에 용해되어 있기 때문에 고체 촉매와 달리 방전 산물에 의해 촉매 활성이 저하되지 않아서 충전 과전압을 효과적으로 감소시킬 수 있다. 하지만 양극에서 산화된 산화–환원 매개체 촉매가 전해질에서 확산 이동하여 리튬 금속에서 환원되는 shuttle 현상을 보이게 되어, 에너지 효율면에서 문제를 야기하게 된다. 또한 기존에 보고된 대부분의 산화–환원 매개체 촉매들은 리튬 금속에 불안정하여, 리튬 금속 전극 표면에서 전기화학적으로 분해 반응이 일어나 리튬 금속 표면에 분해산물이 축적되게 된다. 이는 산화–환원 매개체 촉매의 고갈과 함께 리튬 금속 음극의 저항 증가를 초래하게 되며, 이를 통해 리튬–공기 전지의 수명이 크게 저하되게 된다. 따라서 리튬–공기 전지의 개발을 위해서는 공기 양극의 개발뿐 아니라 리튬 금속 음극의 안정화를 위한 리튬 금속 보호막 개발도 함께 이루어져야 한다. 게다가 리튬–공기 전지는 연구가 본격적으로 시작된지 얼마되지 않았기 때문에, 아직 반응 메커니즘에 대한 이해도 충분하지 않다. 따라서 리튬–공기 전지의 상용화를 위해서는 반응 메커니즘 및 열화 메커니즘에 대한 보다 더 깊은 이해가 필요로 되고 있다.



2.2 전해질 분해

리튬–공기 전지에서는 방전과정 중 양극에서 산소의 환원으로 인해 산소 라디칼 (O_2^-, Superoxide)이 생성된다. 그런데 이러한 산소 라디칼은 매우 불안정하기 때문에 nucleophilic attack을 통해 전해질과 반응하여 전해질의 염 또는 용매를 분해시키게 된다. 특히, 리튬 이온 전지에서 상용화되어 널리 사용되고 있는 carbonate와 ether계열의 전해질 용매는 산소 라디칼에 매우 불안정하여 전해질 부반응이 폭발적으로 발생하게 되며, 이는 전지의 저항 증가를 야기시켜 수명 특성 저하의 원인이 된다. 따라서 산소 라디칼에 안정하여 전해질 분해를 억제할 수 있는 새로운 용매의 개발이 필요하다고 할 수 있다.

2.3 리튬 음극

리튬–공기 전지는 리튬 금속을 음극으로 사용하는데, 리튬 금속 음극의 경우 충방전시 리튬 금속 표면에서 나뭇가지 모양으로 리튬이 전착되는 수지상 성장 (dendritic growth) 현상이 발생한다. 충방전이 거듭됨에 따라 리튬 금속 표면에서는 전착과 용출이 반복적으로 진행되며, 이때 리튬의 수지상 성장이 가속화되어, 리튬 수지상이 분리막을 관통하여 음극과 양극 사이에 내부단락 (short circuit)을 발생시키게 된다. 내부단락이 발생하면, 두 전극 사이에 과전류가 흘러 열이 발생하며, 이를 통해 전지의 폭발로 이어질 수 있다. 따라서 충방전시 리튬 금속의 수지상 성장을 억제할 수 있는 방법에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

3. 맺음말

지난 이십여 년 동안 리튬 이온 전지는 모바일 기기의 전원으로써 성공적으로 적용되어 왔다. 하지만 최근들어 이차 전지를 요구하는 다양한 새로운 응용분야가 탄생하였고, 이러한 새로운 응용분야는 기존의 리튬 이온 전지보다 더 우수한 전지 성능을 요구하고 있다. 특히 전기자동차의 경우, 기존의 리튬 이온 전지보다 더 높은 에너지 밀도와 더 저가의 전지 개발을 요구하고 있다. 이러한 관점에서 새로운 응용 분야의 차세대 이차 전지로써 리튬–공기 전지와 소듐 이온 전지가 전세계적으로 주목을 받고 있으며, 이를 통해 많은 기술적 진보도 이루어 지고 있다. 하지만 아직 이러한 차세대 전지 기술들은 전지의 성능과 안전성 면에서 좀더 완성이 필요하기 때문에, 더욱 더 많은 노력이 필요하다라고 할 수 있다.

참고문헌

[1] Kyu Tae Lee et al., Energy & Environmental Science, 6, 2013, 2067-2081
[2] Kyu Tae Lee et al., ACS Applied Materials & Interfaces, 9, 2017, 14758-14768
[3] Kyu Tae Lee et al., Advanced Energy Materials, 3, 2013, 770-776
[4] Kyu Tae Lee et al., Advanced Materials, 25, 2013, 3045-3049
[5] Kyu Tae Lee et al., Journal of Materials Chemistry A, 5, 2017, 10609-10621

③ 박막 기술을 이용한 고체산화물 연료전지의 작동 온도 저하

손지원
한국과학기술연구원(KIST)
고온에너지재료연구센터
센터장

고체산화물 연료전지의 특징과 작동 온도 저하의 필요성

연료전지는 연료와 산화제를 전기화학적으로 반응시켜 전기를 발생하는 에너지 변환장치로서, 기존의 발전장치들에 비해 발전효율이 매우 높고 공해물질의 배출이 적어 차세대 친환경 에너지 시스템으로 주목받고 있다. 연료전지 중 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell: SOFC)는 고체산화물, 즉 세라믹을 전해질로 사용하는 연료전지로서 여러 연료전지 종류 중 가장 에너지 효율이 높고 순수한 수소 이외에도 LPG, LNG 등의 기존 인프라의 다양한 탄화수소 연료 사용이 가능하므로 상용화 가능성이 매우 높은 연료전지로 관심받고 있다. 이러한 SOFC의 높은 발전효율 및 에너지효율, 연료 선택의 유연성, 연계 발전 가능성 등의 특장점은 통상 800 ℃ 정도의 높은 운전온도에서 기인한다. 하지만 역설적으로, 고온 작동에 따른 높은 소재/제조/유지비용과 빠른 열화에 따른 장기운전 신뢰성의 저하가 SOFC 상용화에 큰 걸림돌이 되고 있다. 특히 깨지기 쉬운 특성을 가지는 세라믹 소재로 이루어진 주 구성 부품들의 고온 작동에 따른 열-기계적 취약성으로 인해 일정 수준 이상의 제품신뢰도를 확보하기 어렵고, 시동-정지-재가동 시간이 많이 걸리게 되므로 일반적인 고온 작동형 SOFC를 대형 발전용 이외에 수송용이나 이동용, 휴대용 전원으로 응용할 가능성은 높지 않다 [1].

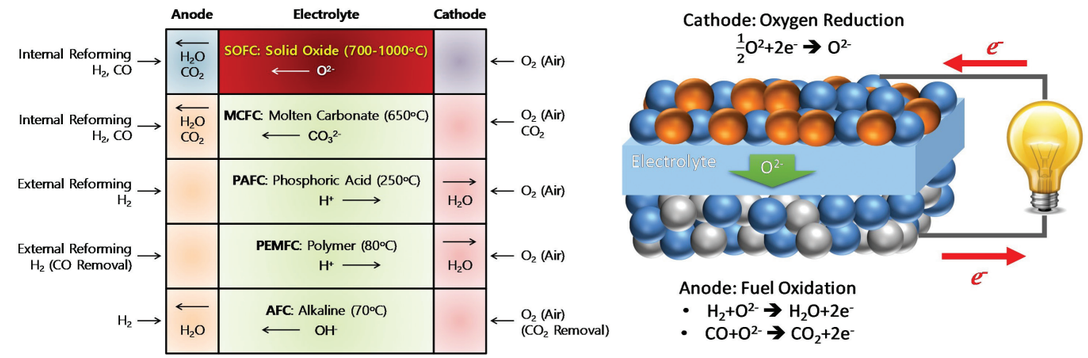


그림 1. 연료전지의 다양한 종류와 작동 조건(왼쪽) [3]; SOFC의 기본 구조와 작동 원리(오른쪽) [4]

이에 따라 지난 10 여 년간 SOFC의 작동 온도를 800 ℃ 이하, 더 나아가 600 ℃ 이하로 내리기 위한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 낮은 작동 온도에서는 SOFC의 구성 소재와 시스템 구성 부품의 비용을 획기적으로 감소시킬 수 있고, 단열 비용 및 부피, 고온에 의한 구성 소재/부품의 열화 속도를 크게 줄일 수 있다. 더 나아가 350 ℃ 이하로 작동 온도를 저하시키면 SOFC의 일산화탄소 전환 효율이 81%에 이르고, 고분자 소재와 상용 시스템 부품을 활용할 수도 있어 소재/부품의 선택폭이 더욱 확대되며 빠른 시동이 가능해진다. 이는 SOFC의 활용 분야를 대형 발전용에서부터 수송용, 이동용, 휴대용 전력원으로도 확장할 수 있는 가능성을 높여준다 [2].

박막 기술을 이용한 고체산화물 연료전지의 작동 온도 저하

하지만 SOFC의 작동 온도가 낮아짐에 따라 전해질의 이온전도도나 전극의 촉매 활성이 지수적으로 감소하여 성능이 저하될 수밖에 없으므로, 이를 상쇄하기 위해 다양한 방향의 연구가 진행되고 있다. 가장 대표적인 두 가지의 연구방향은 낮은 온도에서도 높은 성능을 보이는 신소재를 이용하는 방향과 SOFC의 구조를 저온 작동에 적합하게 변화시키는 방향이다. 두 연구방향 모두 매우 활발하게 진행되고 있으나, 고성능 신소재는 화학적 반응성 또한 높기 때문에 주변 구성요소와의 정합성과 화학적 안정성 등 실제 응용에 있어 해결해야 할 부분들이 존재하므로, 이미 검증된 소재의 미세구조를 변형하여 저온에서 고성능을 얻어내기 위한 연구에도 많은 노력이 집중되고 있다.

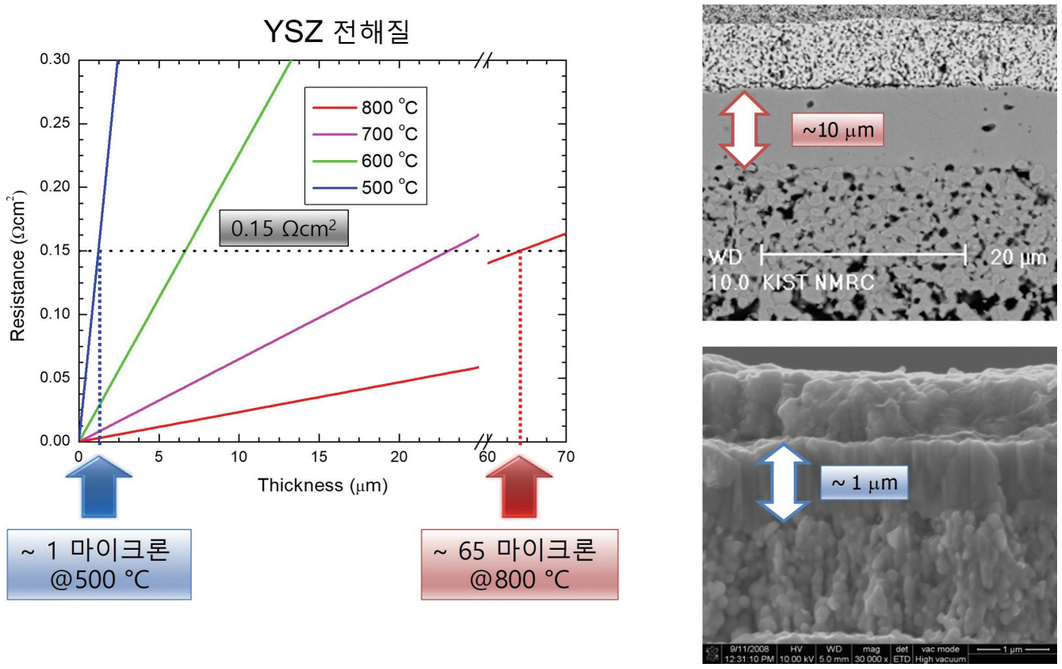


그림 2. YSZ 전해질의 온도-두께 별 저항값(왼쪽); 고온 작동 SOFC의 두꺼운 YSZ 전해질(오른쪽 위)과 저온 작동 SOFC의 얇은 YSZ 전해질(오른쪽 아래)

이와 같은 미세구조 변화의 대표적인 방법은, 전해질의 경우 전해질 두께를 감소시켜 저항을 감소시킴으로써 저온에서 이온전도도 저하를 상쇄하는 것이고 전극의 경우 나노(nm) 구조화하여 표면적과 그에 따른 전극반응면적을 증가시켜 저온에서 감소하는 촉매 활성을 상쇄하는 것이다. 일례로, 그림 2에 보인 것처럼 SOFC의 대표적인 전해질 물질인 이트리아 안정화 지르코니아 (Y_2O_3-stabilized ZrO_2, YSZ)의 경우, 전해질 물질로 사용할 수 있는 적절한 면저항인 0.15 Ωcm² 이하를 얻으려면 800 ℃에서는 약 65 마이크론 두께 이하, 500 ℃로 온도를 저하시키는 경우 1 마이크론 두께 이하면 만족되는 것을 알 수가 있다.

이를 위해 반도체나 최첨단 소자 기술에 활용되는 박막 기술을 SOFC의 제조에 접목시키고자 하는 노력이 크게 증가해왔다. 하지만, SOFC로서의 응용을 위해서는 단순히 박막 구조를 만드는데 그치는 것이 아니라, 기존의 SOFC 작동온도로서는 매우 낮지만 박막 구조로서는 매우 높은 온도(300-600 ℃)에서 구조적-성능적인 안정성을 유지시켜야 하므로 박막 기술을 SOFC에 성공적으로 접목시키는 것은 박막 기술과 SOFC 기술 양쪽 모두에 대해 전문성과 깊은 이해도를 필요로 한다.

박막 전해질을 형성하는 가장 일반적인 방법은 실리콘이나 유리 기판처럼 치밀한 기판 위에 전해질 박막을 증착한 후, 후면식각을 통해 박막 전해질의 하부를 노출시키고 이후 전극을 전해질의 상-하면에 형성시키는 것이다(그림 3). 이 방법이 가장 많이 이용되고 있는 데는 몇 가지 이유가 있다. 연료전지에서 연료극의 연료와 공기극의 공기가 전해질을 통과하여 직접 섞이게 되면 전기화학반응을 일으키지 않고 연료의 직접 연소가 일어나게 되어 전기가 얻어지지 않을 뿐 아니라 연소열로 인해 구조가 파괴되므로, 전해질은 연료와 공기가 섞일 수 없는 치밀한 구조를 지녀야 한다. 그런데, 박막 증착법으로 형성되는 박막의 구조는 증착되는 표면의 구조를 반영한다. 즉, 박막 증착법을 이용하여 치밀한 박막을 형성하기 위해서는 치밀한 증착 표면이 요구되므로 실리콘 웨이퍼와 같은 치밀하고 평평한 기판을 사용하는 것이 가장 간단하고 명확한 접근 방법이다. 이렇게 치밀한 전해질을 형성한 후, 연료전지로서의 작동을 위해 전해질의 양면에 연료와 산소 기체가 도달할 수 있어야 하므로, 전해질의 아랫면(기판과 닿는 면)은 후면 식각을 통해 기판을 제거하여 반응 기체가 도달할 수 있는 통로를 형성해 주어야 한다. 이후 전극 증착을 거쳐 박막기반 SOFC가 완성된다.

이러한 플랫폼을 바탕으로 스탠포드대, 스위스 연방공대, 하버드대 등 여러 연구기관에서 박막 전해질의 두께를 100 nm 이하 수준까지 저감시키고 기존의 SOFC에서는 구현할 수 없었던 저온에서의 획기적인 높은 특성을 획득하는 등 많은 선구자적인 연구를 행해왔다. 하지만 이 구조는 SOFC에서 사용되기에는 치명적인 문제점을 가지고 있다. 전해질-전극으로 이루어진 멤브레인의 두께는 보통 1 마이크론보다 훨씬 얇은데, 이런 얇은 멤브레인이 한 변의 길이가 작게는 100에서 크게는 수백 마이크론에 이르는 뻥 뚫린 공간에 아무런 구조적 지지체 없이 형성되어 섭씨 수백 도에 이르는 작동환경에서 구조적 안정성을 가지는 것은 거의 불가능하다. 그림 3에 이와 같은 멤브레인이 온전한 경우와 파괴된 경우의 예를 보였다. 이 기술은 플랫폼의 구조적 불안정성 때문에 획기적인 저온 작동 성능에도 불구하고 실용화에 난관을 겪고 있다.

높은 성능과 구조적 안정성을 동시에 확보할 수 있는 박막 고체 산화물 연료전지 기술

이러한 구조적 취약성을 해결할 수 있는 한 가지 방법은, 박막 전해질을 나노(nm)규모의 기공을 가진 전극 위에 형성하여 구조적으로 지지하는 것이다. 이는 두가지 방향으로 접근이 가능한데, 처음부터 나노다공구조 위에 치밀 박막 전해질을 형성하는 방법과 전해질을 형성할 당시에는 증착 표면이 치밀하다가 이후 공정에서 기공이 생기도록 유도하는 방법이 있을 수 있다. 첫 번째 방법은 박막 전해질을 형성하는데 있어 특별한 기술이 필요한데, 앞서 서술한 것처럼 박막 전해질의 구조는 증착 표면에 크게 영향을 받으므로 아무

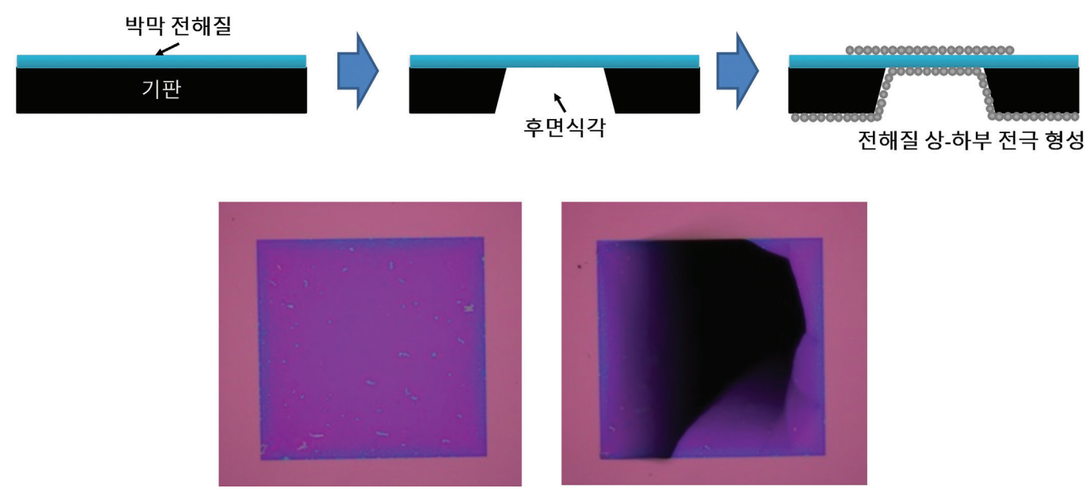


그림 3. 후면식각을 통한 박막 SOFC 형성 방법(위) [5]; 이렇게 형성된 온전한 멤브레인(아래 왼쪽)과 파괴된 멤브레인(아래 오른쪽)

리 증착 표면이 나노 다공성 구조라고 하더라도 박막 전해질에 필연적으로 핀홀(pin-hole) 등의 결함이 발생하게 된다. 따라서 이를 추가적인 공정으로 제거하는 기술이 필요한데, 증착면 표면에 원자규모로 균일하게 막을 증착할 수 있는 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition, ALD)으로 핀홀을 성공적으로 차단한 예가 보고된 바 있다 [6, 7]

두 번째 방법은 본 연구진에서 다년간 개발한 방법으로, 기존의 SOFC의 연료극 촉매로 사용되는 니켈 산화물(NiO)이 SOFC 시동 과정에서 환원되어 니켈 금속(Ni)이 되면서 부피수축으로 기공이 생기는 것을 이용하는 것이다. SOFC의 연료극은 일반적으로 전해질인 YSZ와의 열-기계적, 화학적 정합성을 위해서 NiO와 YSZ를 섞은 복합체를 사용하는데, NiO-YSZ 소결체 기판 위에 박막 공정을 이용하여 치밀한 나노구조의 NiO-YSZ 복합체 박막을 우선 형성한 후 그 상부에 치밀한 박막 전해질을 증착하는 것이다.

이 기술은 SOFC의 전지의 크기는 센티미터(cm) 수준, 소결체 기판의 미세구조는 마이크로미터(μm) 수준, 박막으로 형성한 구성요소들은 나노미터(nm) 수준의 미세구조를 가져, 다양한 구조 스케일로 이루어진 바 '멀티스케일 아키텍쳐' 박막 SOFC라고 부르고 있다. 현재 실험실에서 구현된 멀티스케일 아키텍쳐 박막 SOFC는 박막 전해질 상부의 공기극 또한 공정 온도 및 미세구조 규모의 정합성을 위해 박막 증착으로 형성하여, 소결한 연료극 지지체를 제외한 모든 부분을 박막 증착을 이용하여 제작하는 구조이다.

멀티스케일 아키텍쳐 박막 SOFC의 구성소재는 검증된 SOFC 소재로서, 기존의 SOFC와 동일한 플랫폼과 소재를 사용하되, 전해질의 두께와 전극의 미세구조 규모를 나노~마이크론 규모로 축소하여 성능의 손실 없이 SOFC의 작동온도를 획기적으로 낮추는 기술이다. 기존의 SOFC에 비해서 600 ℃ 이하 온도에서 3~4배 이상의 출력밀도 향상을 얻었고, 온도의 급격한 변화와 장기 작동에서 박막 SOFC 기술로서는 획기적으로 향상된 안정성을 보였다. 멀티스케일 아키텍쳐 박막 SOFC는 재현성이 뛰어난 박막 기술의 특성을 살려 저온 구동형 SOFC를 신뢰성있게 연속적으로 제작할 수 있는 장점이 있고, 면적이 제한되는 후면식각 멤브레인과 달리 구조적 견고성을 가지므로 제작 면적에 제한을 받지 않아 적합한 증착장비를 활용하면 대면적 박막 SOFC 제작도 가능하다 [8].

또한 멀티스케일 플랫폼 기술은 구조적 안정성을 기반으로 통상적인 SOFC 소재 뿐 아니라 신규 소재의 활용도 가능한데, YSZ 이외에도 다양한 고성능 산소이온 전도체 뿐 아니라 수소이온을 전도하는 세라믹(프로톤 세라믹) 소재를 이용한 세라믹 연료전지의 제작도 가능하여 최근 크게 주목받았다 [9]. 특히 이종 물질의 다층 구조를 박막 증착 기술을 이용하여 공정 조건의 제약을 적게 받으면서 형성할 수 있으므로, 각종 이종 소재가 결합된 SOFC의 형성도 가능하다 [4].

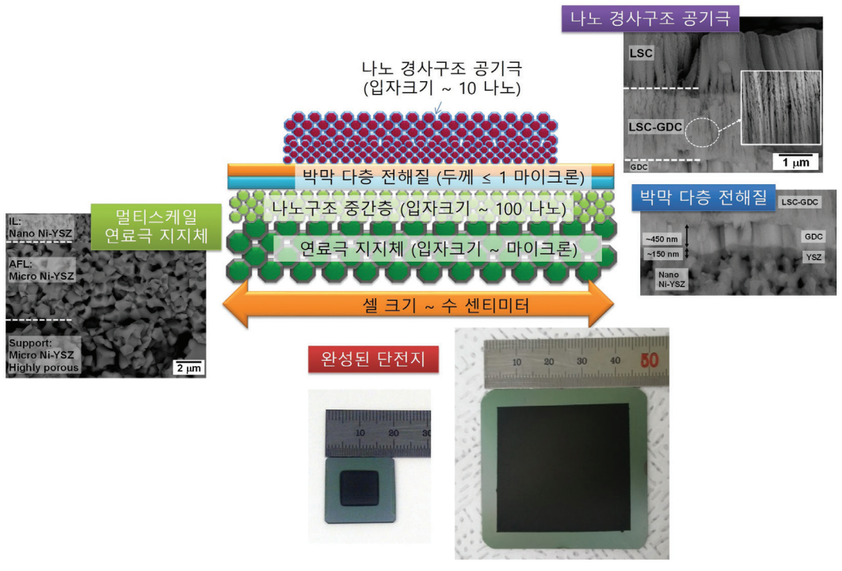


그림 4. 멀티스케일 아키텍쳐 박막 SOFC의 개념도와 각 부분의 미세구조 및 제작된 단전지의 실제 모습

맺으며

SOFC의 작동 온도를 낮추면 지금까지 SOFC 기술발전에 가장 큰 장애요소로 작용해온 소재 및 부품의 고온 열화문제를 극복하여 궁극적으로는 SOFC 기술의 신뢰성과 경제성 확보를 통한 상용화를 앞당길 수 있을 것으로 전망된다. 또한 SOFC의 응용범위를 고출력-고효율 소형 전력원이 필요한 새로운 범위로 확대하여 SOFC의 잠재력을 극대화할 수 있을 것으로 예상된다. 이에 박막 공정기술을 포함하는 새로운 혁신기술이 중추적인 역할을 할 것으로 기대되는데, 이를 통해 기존 소재기술들의 한계요인을 극복함은 물론 기존 공정보다도 훨씬 경제적으로 생산할 수 있는 획기적인 공정개선도 가능할 것이다. 하지만 SOFC 작동온도에서의 박막 구조의 열-기계적 안정성을 고려하지 않은 박막 기술의 도입은 때로 매우 성급하며, 종종 성공적이지 않은 결과를 낳을 수 있다. 박막 기술과 SOFC 기술 모두에 대한 주의 깊은 연구와 이해를 통해 박막 기술을 SOFC에 성공적으로 접목시킬 때 SOFC 기술의 비약적 발전이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 윤경중, 이종호, 손지원, 김병국, 제해준, 이해원, '고체산화물 연료전지 (Solid Oxide Fuel Cell) 스택 (Stack)의 신뢰성과 경제성 향상을 위한 세라믹재료기술의 중요성', 세라미스트지 15(3), 14 (2012).

[2] E. D. Wachsman and K. T. Lee, Science 334 (6058), 935 (2011).

[3] B. C. H. Steele and A. Heinzel, Nature 414, 345 (2001)

[4] J.-W. Son, 'Metal Oxide Thin Film-based Low-temperature-operating Solid Oxide Fuel Cell by Interface Structure Control', Chap. 15 in Metal Oxide-Based Thin Film Structures: Formation, Characterization and Application of Interface-Based Phenomena (Eds: N. Pryds, V. Esposito), Elsevier, 2017

[5] 손지원, '박막-나노기술 기반 고체산화물 연료전지 기술', NICE지 29(3), 366 (2011)

[6] C.-W. Kwon, J.-W. Son, J.-H. Lee, H.-M. Kim, H.-W. Lee, K.-B. Kim, Adv. Funct. Mater. 21, 1154 (2011)

[7] I. Chang, J. Bae, J. Park, S. Lee, M. Ban, T. Park, Y. H. Lee, H. H. Song, Y.-B. Kim, S. W. Cha, Energy 104, 107 (2016)

[8] 손지원, 홍종섭, 김형철, 윤경중, 이종호, 김병국, 이해원, '고체산화물 연료전지 (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) 개발 동향 및 저온 구동형 SOFC 연구 방향 소개', 재료마당 29(4), 44 (2016)

[9] K. Bae, D. Y. Jang, H. J. Choi, D. Kim, J. Hong, B.-K. Kim, J.-H. Lee, J.-W. Son, J. H. Shim, Nat. Comm. 8, 14553 (2017)

④ 전기화학적 탄소 자원화 기술의 현재와 미래

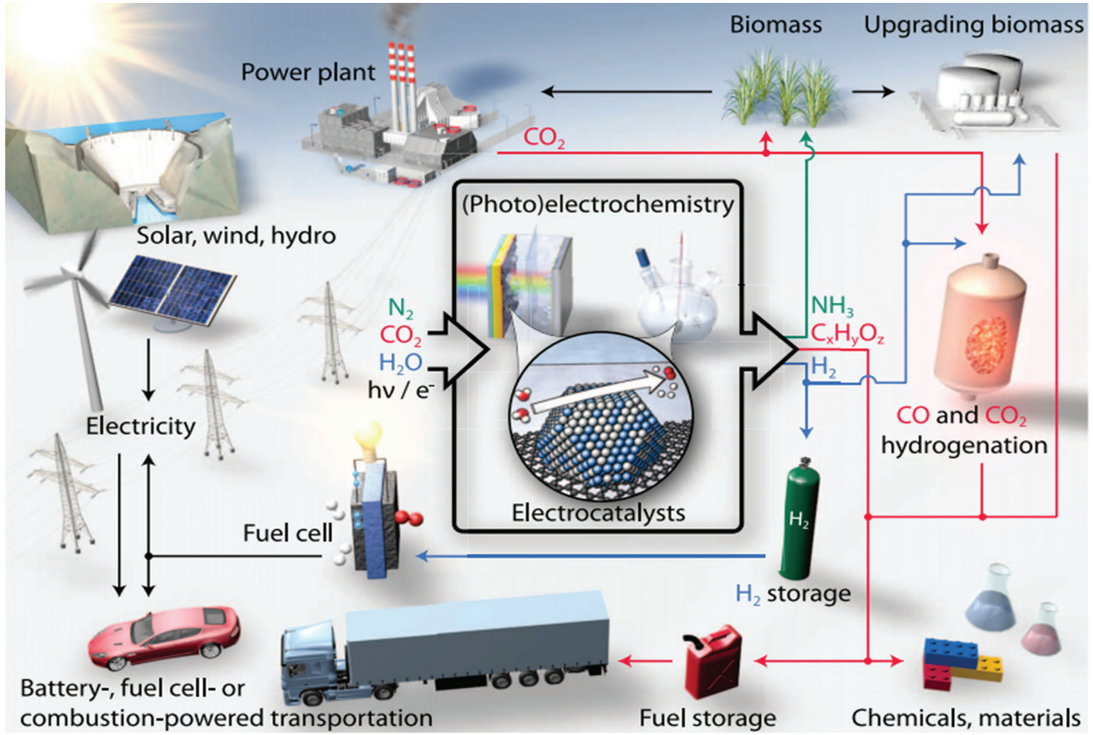
남기태
재료공학부 교수

이찬우
재료공학부 박사

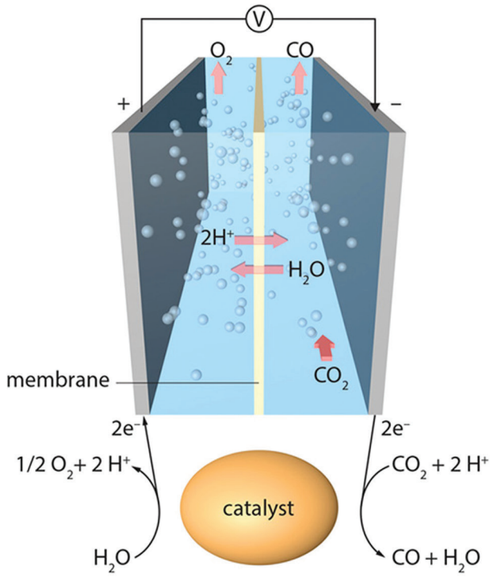
1. 전기화학적 이산화탄소 전환 기술

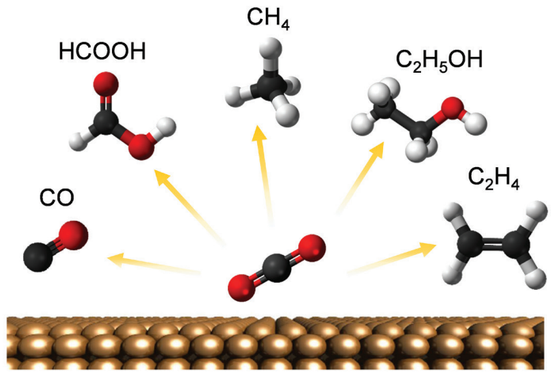
국제 에너지 기구에 따르면 2013년 세계 에너지 수요가 18 TW에 달하며, 이 중 80%가 석탄, 석유, 천연가스와 같은 화석 연료로부터 공급되었다고 한다. 세계 인구의 증가와 산업화 지역 확대로 인해 이러한 에너지 수요는 2040년에는 26 TW로 증가할 것으로 예측되며 그 결과로 이산화탄소 배출량은 해당 32 Gt에서 44 Gt으로 대폭 증가할 것이다. 탄소 배출량 증가는 지속적인 기온 상승을 야기할 뿐만 아니라 해수를 산성화하여 인류 생태계를 위협한다. 이러한 미래 기후 변화의 심각성이 대두됨에 따라 2015년 파리기후협약에서는 세계 196개 당사국이 참여하여 지구평균온도 상승폭을 산업화 이전과 비교해 2 ℃ 이내로 제한하는데 합의하였으며, 각국에서 온실가스 배출의 감축 의무와 함께 실질적인 이행 계획을 공론화 하였다. 한국은 2030년 배출전망치 대비 37%를 감축해야 하는 의무를 가진다.

탄소배출을 줄이고 인류의 지속 가능한 삶을 이루어 내기 위해서는 화석연료 기반의 에너지 공급 체계를 태양, 풍력, 수력 에너지와 같은 신재생에너지원을 이용하는 시스템으로 대체하려는 노력이 필요하다. 그림 1은 신재생 에너지원으로부터 발생하는 전기에너지를 이용하여 다양한 연료와 화학물질이 생산되는 경로를 나타낸 개략도이다. 지구상에 풍부하게 존재하는 물, 이산화탄소, 질소 기체는 전기화학적 반응을 통해 수소 기체, 탄화수소물, 암모니아와 같은 부가가치 화합물로 전환이 가능하다. 수소 기체는 연료전지에 공급되어 전기에너지로 다시 전환될 수 있는 중요한 에너지 저장매체이며, 이러한 원리를 바탕으로 구동되는 수소연료전지차는 자동차 산업에서 차세대 친환경차로 개발되고 있다. 이산화탄소의 전기화학적 전환을 통해 생성될 수 있는 탄화수소물은 자동차의 연료로 직접 사용될 수 있을 뿐만 아니라 다양한 고분자 및 플라스틱 화합물을 합성하는데 필요한 원료로도 쓰일 수 있다. 또한, 질소를 이용하여 상온, 상압 조건에서 전기화학적으로 암모니아를 생산하는 방식은 기존의 Haber-Bosch 공정을 대체하여 비료 생산의 에너지 및 비용 절감을 가능케 한다.



(그림 1) 전기화학적 전환을 기반으로 하는 지속가능 에너지 순환 고리의 개략도 *출처: Science 2017





Cathode reaction:

$CO_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow CO + H_2O$	E° = -0.10 V vs. RHE
$CO_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow HCOOH$	E° = -0.20 V vs. RHE
$CO_2 + 8H^+ + 8e^- \rightarrow CH_4 + 2H_2O$	E° = 0.17 V vs. RHE
$2CO_2 + 12H^+ + 12e^- \rightarrow C_2H_5OH + 3H_2O$	E° = 0.09 V vs. RHE
$2CO_2 + 12H^+ + 12e^- \rightarrow C_2H_4 + 4H_2O$	E° = 0.08 V vs. RHE
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	E° = 0.00 V vs. RHE

Anode reaction:

$2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2$	E° = 1.23 V vs. RHE

(그림 2) 전기화학적 이산화탄소 환원 반응 모식도(좌)와 다양한 생성물의 반응식(우)

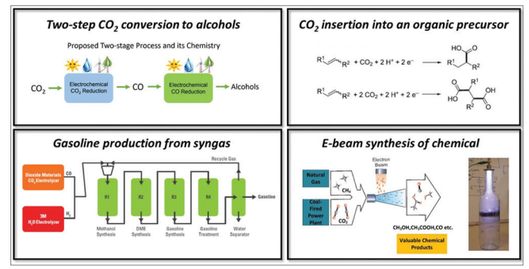
탄소 배출량을 축소해야 하는 시대적 상황에 비추어 볼 때, 배출되는 이산화탄소를 수집하고 자원화하는 기술을 확보하여 산업적으로 적용하는 일은 중요한 미래 아젠다라고 할 수 있다. 실제적인 전기화학적 이산화탄소 환원 반응 시스템에 대해 더 자세히 살펴보도록 하자. 그림 2는 이산화탄소 환원 반응 장치와 대표적인 생성물의 반응식을 나타낸다. 반응 장치는 물 산화 반응으로 산소를 생성해내는 양극과 이산화탄소를 환원하여 탄화수소물을 만들어내는 음극으로 구성되며, 반응물(물, 이산화탄소, 양성자)은 양극과 음극 사이의 이산화탄소 포화 수용액을 통해 제공된다. 또한, 생성물의 교차 현상과 역반응을 막기 위해 분리막이 사용된다. 음극에서 이산화탄소가 환원되어 생성되는 결과물은 대표적으로 일산화탄소(CO), 포름산(HCOOH), 메탄(CH_4), 에탄올(C_2H_5OH), 에틸렌(C_2H_4)이며 수소발생반응이 주요 경쟁반응으로 참여한다. 이 때, 전극에 사용되는 촉매는 생성물의 선택도를 결정할 뿐만 아니라 에너지효율을 향상시키는데 있어서 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 금속 전극 중에서 Au, Ag, Zn 금속은 CO 발생 반응에 높은 선택성을 보여주는 반면, Sn, Pb, Bi 금속은 HCOOH 발생 반응을 촉진시킨다. 특별히 Cu 금속의 경우, 메탄, 에탄올, 에틸렌과 같은 고부가가치의 탄화수소물을 생성해내는 능력이 있어서 더 큰 주목을 받고 있다. 현재 탄소 자원화를 산업적으로 실현하기 위해 연구개발 차원의 정책적 노력이 이루어지고 있으며, 이를 다음 장에서 소개하도록 하겠다.

2. U.S. DOE의 탄소 자원화 정책

미국 에너지부(United States Department of Energy, U.S. DOE)에서는 탄소 수집, 저장 및 활용 (Carbon Capture, Storage and Utilization) 프로젝트를 위해 2010년부터 15.2억 달러에 달하는 예산을 투자해 왔다. 이 중에서 이산화탄소를 활용하여 자원화하는 프로젝트는 크게 'Plastics', 'Mineralization', 'Chemicals' 분야로 구분되며 내용은 다음과 같다. 'Plastics' 분야는 에틸렌과 같은 단량체와 이산화탄소를 결합하여 고분자를 생산하는 연구방향을 말하며, 'Mineralization'은 이산화탄소를 고체 무기탄산염으로 전환하는 연구 방향과 함께 시멘트의 Curing 공정에서 이산화탄소를 활용하는 방향을 포함한다. 'Chemicals' 분야는 이산화탄소를 이용하여 산업적 활용도가 높은 화학 원료를 생산하는 모든 연구방향을 가리킨다. 본 글에서는 'Chemicals' 분야 내에서도 전기화학적 공정을 이용하여 탄소를 자원화하는 프로젝트에 초점을 두고 살펴보겠다.

Carbon Use and Reuse Projects	Performer	Final goal
Conversion of Air Water and Sunlight to Transportation Fuels	Dioxide Materials/3M/Primus Green Energy	Conversion process of CO_2 into gasoline
Electrochemical Conversion Of Carbon Dioxide To Alcohols	University Of Delaware	An integrated electrolysis system to produce ethanol and propanol
Electrochemical Conversion of CO_2 to Fuels for Power-to-Gas Energy Storage	Sustainable Innovations, LLC	Electrochemical CH_4 generation system
Micro-Electrocatalytic Upgrading of Carbon Dioxide to Hydrocarbons	Faraday Technology/MIT	The development of a microstructured Cu electrode producing C_2-C_3 hydrocarbons
CO_2 Reduction to Hydrocarbons Via Copper Gas-Diffusion Electrocatalysts	Faraday Technology/MIT	Forming nanostructured Cu on a gas diffusion layer
Low-Carbon Fuel Production Through the Electrochemical Reduction of CO_2	Opus 12/Stanford University/UC Berkeley	The development of high performance prototype reactor
High-Efficiency Process for CO_2 Conversion to Hydrocarbon Fuels	Giner/City College of New york	The development of nanostructured Cu catalysts converting CO_2 to CH_4 at high faradaic efficiency
High Energy Systems For Transforming CO_2 To Valuable Products	Institute of Gas Technology/IBA Industrial/State University of New York	E-beam synthesis process to produce valuable chemicals
Electrochemical Reduction of Carbon Dioxide to Useful Chemical Intermediates	Mainstream Engineering Corporation	Electrosynthesis process that transfers the activated CO_2 to an organic precursor to form a carboxylic acid

(그림 3) 미국 에너지부의 탄소 자원화 프로젝트(Carbon Use and Reuse Projects)와 수행기관 및 목표 *출처: U.S. DOE



(그림 4) 미국 에너지부에서 시행 중인 대표적인 탄소 자원화 전략 *출처: U.S. DOE

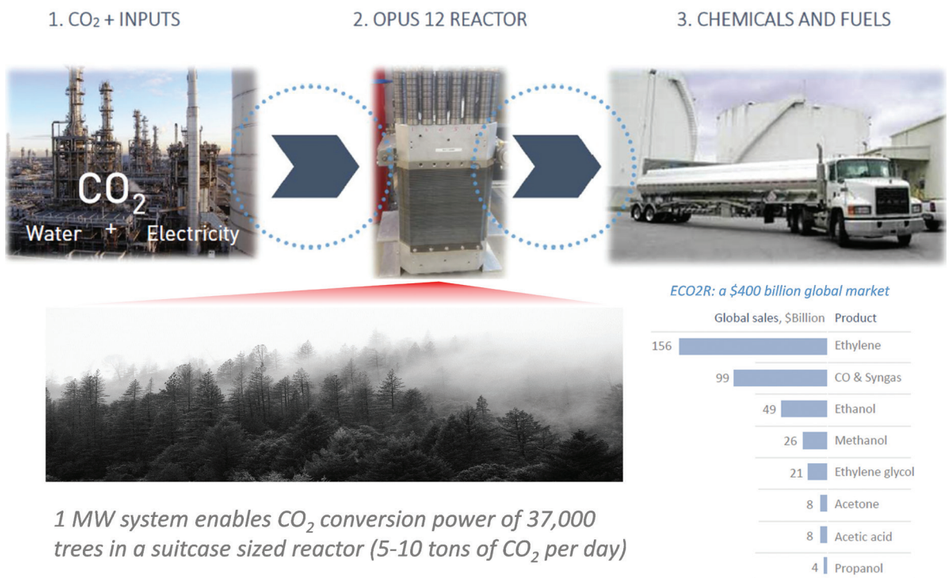
미국 에너지부에서 시행 중인 탄소 자원화 프로젝트와 대표적인 전략을 그림 3, 4에 나타내었다. University of Delaware의 Feng Jiao 그룹은 화력발전소에서 발생하는 고농도의 이산화탄소를 이용하여 에탄올과 프로판올을 생산하는 전기화학적 시스템을 구축하는 연구를 진행하고 있다. 그들의 전략은 전환 반응을 두 단계($CO_2 \rightarrow CO \rightarrow$ Alcohols)로 나누는 것이다. 이산화탄소가 에탄올로 곧바로 전환되기 위해서는 각각 12개의 양성자와 전자가 요구되는데, 여러 부반응들이 동시에 발생하기 때문에 높은 선택도를 달성하기 어렵다. 반면, 현 기술 수준에서 일산화탄소로의 전환 반응이 높은 선택도(~100%)와 에너지 효율로 가능하다. 또한, Cu 전극에서 CO가 에탄올로 전환되는 선택도가 40–50%에 달한다. 따라서, 각각의 반응에 최적화된 두 전기 분해 시스템을 통합하여 경제적이며 효율적인 공정을 확보하려고 한다.

Mainstream Engineering Corporation(MEC)은 전기화학적으로 활성화된 이산화탄소와 유기전구체 간의 반응을 통해 카르복시산(carboxylic acid)을 생산하는 연구를 진행하고 있다. 카르복시산은 제약, 고분자, 농화학, 화장품 산업에서 광범위하게 사용되는 중요한 원료이기 때문에 산업적 가치가 높다. 예를 들어, 아스피린의 원료인 살리실산(salicylic acid)는 현재 고온, 고압 조건의 Kolbe–Schmidt 방법을 통해서 생산된다. MEC가 개발 중인 전기화학적 접근법은 탄소저감정책과 맞물려 기존의 열화학공정을 대체할 수 있는 기회를 제공할 것이다. Dioxide Materials은 이산화탄소로부터 가솔린(gasoline)과 같은 차량 연료를 생산하는 공정을 개발하고 있다. 이미 확립된 Dioxide Materials의 일산화탄소 생산기술과 3M의 수소 생산기술, 그리고 Primus Green Energy의 syngas를 이용한 가솔린 전환 기술을 통합하여 최적화된 공정 시스템을 구축하는 방향을 모색 중이다. 기존에는 syngas 생산이 천연가스로부터 고온, 고압 조건(700–1000 ℃, 3–25 bar)의 증기 개질 반응(steam reforming reaction)을 통해서 이루어졌다. 이 프로젝트는 이 공정을 상온, 상압의 전기화학적 방식으로 달성한다는 전략적 의미가 있다.

한편, Gas Technology Institute에서는 고에너지의 전자빔(E–beam)을 이용하여 이산화탄소를 부가가치 원료로 전환하는 연구개발을 진행하고 있다. 전자빔은 이산화탄소처럼 매우 안정한 분자의 화학결합을 깨는데 유용하며, 활성화된 분자들 간의 반응을 유도할 수 있다. 하지만, 에너지 비용을 최소화하고 생성물의 선택도와 수율을 향상시키는 쟁점들이 존재한다.

3. 국외 사업화 추진 현황

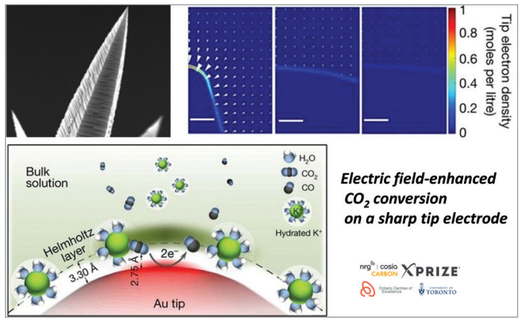
수년 간 탄소 자원화를 위해 정책적 노력을 기울인 결과, 학교를 중심으로 눈에 띄는 기술적 성과들이 나타나기 시작했다. 본 장에서는 최근 발명된 기반 기술을 바탕으로 연구 차원을 넘어서서 사업화를 추진하고 있는 세 회사(Opus 12, Dioxide Materials, Carbon Electrocatalytic Recycling Toronto)의 사례를 소개하고자 한다. Opus 12는 전기촉매 분야의 대가로 인정 받는 Standford University의 Jaramillo 그룹에서 이산화탄소 전환 연구를 수행한 Kendra Kuhl 박사와 Etosha Cave 박사가 공동 창립한 회사이다. 그들은 2012년 Energy & Environmental Science 지에 이산화탄소 환원 반응의 체계적 연구를 위한 방법론 (반응기 디자인, 생성물 분석 방법 등)을 제시하였다. 이후, 선형적으로 scale up이 가능한 이산화탄소 전환 장치 모듈을 개발하였고, 1 MW 전력이 가능한 전환 장치를 개발하는 것이 차기 목표이다. 이 장치는 매일 5–10톤의 이산화탄소를 유용한 화학 원료(에틸렌, syngas, 에탄올, 메탄올, 에틸렌 글리콜, 아세톤 등)로 전환할 수 있는 능력을 가지며,



(그림 5) 미국의 Opus 12가 개발 중인 이산화탄소 전환 장치 *출처: Opus 12

산술적으로 37000개 나무가 보여주는 이산화탄소 처리 속도와 유사한 수준이다 (그림 5).

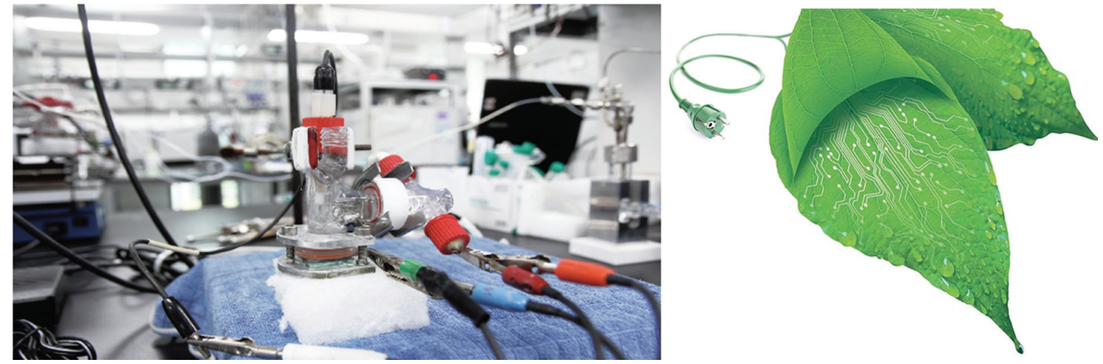
Dioxide Materials은 전해질과 분리막 제조 기술을 바탕으로 우수한 에너지 효율을 보이는 일산화탄소 생성 반응기를 제공하고 있다. University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC)의 Masel 교수는 2011년 Science지에 이온성 액체(ionic liquid)를 이용하여 일산화탄소 생성반응의 활성화 에너지 장벽을 대폭 감소시킨 연구 결과를 발표하였다. 게다가, 나피온 분리막과 비교하여 면저항이 약 12배 낮은 음이온 교환 분리막을 이용하여 동일 전압에서 수십 배 높은 전류밀도를 달성하였다. 최근에는 앞서 언급하였듯이 3M 그리고 Primus Green Energy과 합작하여 가솔린 생산 공정을 개발 중이다. Carbon Electrocatalytic Recycling Toronto는 우수한 촉매 전극 제작 기술을 기반으로 창립된 회사이다. University of Toronto의 Sargent 그룹은 2016년 Nature지에 끝이 뾰족한 나노 구조를 가지는 Au 전극을 이용하여 이산화탄소 환원 특성을 보고하였다 (그림 6). Au 금속 입자로 구성된 전극과 비교하여 112배나 높은 일산화탄소 생성 전류를 보여주었다. 이는 수용액 내에서 이산화탄소의 고용농도가 33 mM로 한정되어 있기 때문에 이례적이다. 금속 표면의 곡률이 클 경우 주위에 강한 전기장이 생성되며, 전기장과 양이온 간의 강한 상호작용에 의해 이산화탄소 생성 반응의 활성화 에너지 장벽을 크게 감소시킨다는 계산 결과를 함께 제시하였다.



(그림 6) 캐나다의 Carbon Electrocatalytic Recycling Toronto에서 개발한 나노 구조 전극. 끝이 뾰족한 금속 전극에 형성되는 전기장(상)과 전기장-양이온 상호작용에 의해 활성화된 이산화탄소 환원 반응을 나타낸 모식도(하) *출처: Nature 2016

4. 국내 연구개발 동향

국내에서는 기후변화에 대응하는 기초 · 원천기술 개발사업의 일환으로 미래창조과학부에서 2009년 한국인공광합성연구센터(KCAP)를 설립하였다. 서강대 윤경병 교수를 중심으로 로렌스버클리국립연구소, KAIST, 포스텍 등이 참여하며 10년간 총 500억원의 연구 개발비를 지원 받는다. 센터는 우선적으로 태양 전지와 물 전기분해 기술을 융합하여 수소를 생산하고, 얻은 수소를 이산화탄소와 반응시켜 연료를 만드는 연구를 진행하였다. 태양전지와

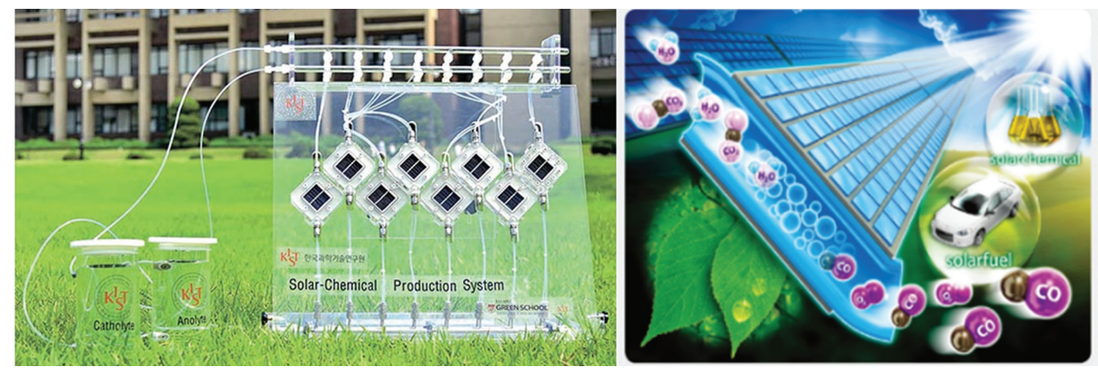


(그림 7) 한국인공광합성 연구센터(KCAP)에서 개발한 수소 발생 장치(좌)와 인공 나뭇잎의 상상도(우) *출처: KCAP, 동아사이언스

물 전기분해 전극을 이용해 물에서 수소와 산소를 얻는 에너지 효율을 18% 이상으로 높이는데 성공하였다 (그림 7). 센터의 장기적인 비전은 나뭇잎처럼 물과 이산화탄소, 태양광을 흡수해 유용한 화합물을 생산해내는 인공나뭇잎을 개발하는 것이다. 한국과학기술원(KIST) 청정에너지연구센터의 민병권, 황윤정 박사 연구팀은 실제 자연계의 나뭇잎보다 광합성 효율이 뛰어난 일체형 인공광합성 장치를 개발하여 2015년 Journal of Materials Chemistry A 저널에 보고하였다 (그림 8). 자연계의 광합성 효율은 나뭇잎이 1%, 녹조류가 3~4%인 반면, 이 연구팀에서 개발한 인공 광합성 장치의 효율은 4.23%에 달한다. KIST 연구진은 저가 박막태양전지 기술을 촉매 합성 기술과 융합하여 광전극의 안정성을 향상시켰으며, 환원전극 촉매의 종류를 바꾸어 일산화탄소 혹은 개미산과 같은 화합물을 생산할 수 있는 장치를 구현했다.

한편, 우리 연구진은 물을 분해하는 반도체 재료인 $BiVO_4$ 입자를 시금치에서 추출한 광합성 단백질과 결합시킨 하이브리드 시스템을 제작하고, 가시광선을 조사하여 물에서 수소를 생산하는데 성공했다. 이 연구 결과는 단백질을 재료로 쓰면서 물과 빛만을 가하는 첫 사례로, 2015년 Advanced Functional Materials 지에 표지논문으로 발표되었다. 더 나아가서 촉매 전극의 모양 및 구조를 조절하여 전기화학적 이산화탄소 환원 반응의 선택도와 효율을 크게 향상시키는 연구를 발표하였다. High-index facet이 안정화된 Au 나노 입자 전극이 다결정 Au 전극과 비교하여 18배 높은 일산화탄소 생성 선택도를 보여주었으며, Cu mesopore 전극은 다결정 Cu 전극에 비해서 에틸렌 생성을 7배, 에탄(ethane) 생성을 43배 만큼 향상시켰다.

최근 10년 내에 국내외에서 이루어지고 있는 이산화탄소 자원화 연구개발 동향을 살펴보았다. 이로부터 태양광 시스템과의 결합, scale up, 전해질, 분리막 그리고 촉매 전극 차원에서 점진적으로



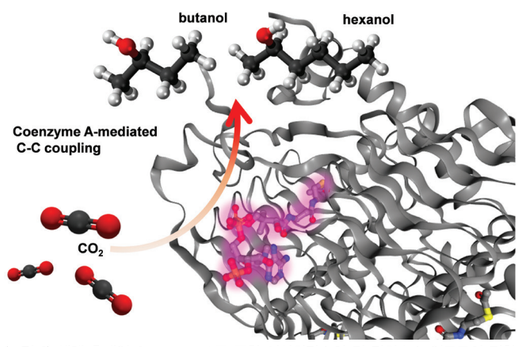
(그림 8) 한국과학기술연구원(KIST)의 청정에너지연구센터에서 개발된 인공광합성 장치(좌)와 일체형 이산화탄소 전환 시스템의 개념도 *출처: KIST, 동아사이언스

이 연구 분야가 발전하고 있음을 확인할 수 있었다. 하지만, 여전히 화석연료 기반 공정을 대체할 만큼 이산화탄소 자원화 공정의 비용이 낮지 않다는 것이 문제이다. 게다가, 대량생산을 위해서 해결해야 할 많은 기술적 난제들이 존재한다. 이산화탄소를 연료로 전환하는 시스템을 실질적으로 구축하고 대량생산을 가능하게 하려면 어떻게 해야 할까. 우리 연구진은 이산화탄소로부터 긴 탄소 사슬의 액체 화합물을 생산하는 기술에서 이산화탄소 전환 기술의 미래를 찾고 있다. 이러한 접근법은 고부가가치 연료 생산을 통해 기존의 인프라를 최대한 활용하여 비용을 절감할 수 있다. 또한, 전세계 에너지 수요의 20%를 차지하는 차량 연료로서 활용도가 높기 때문에 탄소배출 억제에 획기적인 기여를 할 것이라 생각한다. 이를 다음 장에서 살펴보도록 하자.

5. 미래 연구 방향

긴 탄소 사슬을 갖는 연료 물질은 그렇지 않은 물질에 비해 산업적 효용성이 더 뛰어나다고 평가되고 있다. 가령, 탄소 4개로 구성된 부탄올은 탄소 2개로 구성된 에탄올, 탄소 1개로 구성된 메탄올에 비해 약 30% 이상 높은 에너지 밀도를 갖는다. 또한 기화점이 높아 액상으로 저장해 수송하기에 수월하다. 이러한 특성은 곧 오늘날 가솔린 기반의 산업공정 전반이 요구하는 연료 특성과도 맞닿아 있다. 따라서 재생에너지를 이용해 이산화탄소로부터 높은 탄소 수의 연료 물질을 선택적으로 만들어 내는 기술은, 근시안적으로는 높은 부가가치를 이용해 이산화탄소 전환 산업의 활성화에, 장기적으로는 가솔린을 대체하고 어긋난 탄소순환고리를 정상화하는데 핵심 요소가 될 수 있다.

아직까지 인류의 이산화탄소 전환 기술은 주로 탄소 2개로 구성된 연료 물질을 얼마나 효율적으로 생산할 수 있냐는 질문에 머물러 있다. 흥미롭게도, 자연계는 이미 이산화탄소로부터 탄소 4개 이상의 물질을 매우 높은 효율로 전환하는 기작을 갖추고 있다 (그림 9).



(그림 9) 생체 촉매인 Coenzyme A를 통한 이산화탄소의 긴 탄화수소 연료로의 전환 모식도

Coenzyme A라는 불리우는 이 생체 촉매가 작동하는 방식은 그동안 인류가 그려온 이산화탄소의 전환 공정과는 사뭇 다르다. 인공 촉매가 이산화탄소로부터 분해된 탄소 1개짜리 단위체만 이용해 차곡차곡 탄소 2개, 3개로 탄소 사슬을 늘려가는데 비해, 이들 생체 촉매는 탄소 2개, 탄소 4개짜리 단위체의 중합 반응을 이용해 빠르고 효율적으로 긴 탄소 사슬의 연료를 생산할 수 있다. 실제로 Liao 그룹에서는 중합 반응이 촉진되게끔 유전자를 변형한 Coenzyme A와 탄소 4개짜리 단위체를 이용해 폴리에스테르 계열의 고분자 물질을 만들기도 했다. 탄소 4개, 8개, 12개의 순으로 탄소 사슬을 늘려가는 방식을 통해서다.

인공 촉매에서도 이러한 반응 기작을 구현할 수 있지 않을까? 기존의 분자 촉매 연구와 열전환공정에서 이러한 가능성을 점쳐볼 수 있다. 가령 Ir, Ru 등을 이용한 분자 촉매의 경우 에탄올을 이용해 부탄올을 생산할 수 있음이 보고된 바 있다. 중합을 위해선 탄소와 산소가 불포화 결합으로 연결된 알데하이드 작용기가 필요한데, 이들 분자 촉매는 에탄올을 아세트 알데하이드로 전환함으로써 이를 가능케 한다. 열전환공정의 경우 보다 자세한 전환 공정이 알려져 있다. 마찬가지로 열전환공정 역시 아세트 알데하이드의 중합을 이용하는데, 이때 촉매의 산소친화도가 반응을 촉진시킬 수 있다고 알려져 있다.

현재 우리 연구진은 다양한 반응 중간체를 만들 수 있는 구리 전극을 이용해, 생체 촉매와 같은 중합 반응을 전기화학적으로 응용하는 가능성을 탐색하고 있다. 구리가 이산화탄소로부터 만들어내는 반응중간체 중에는 중합에 이용할 수 있는 아세트 알데하이드도 포함되어 있다. 주요 반응중간체를 선택적으로 생산하고, 여기에 중합을 위한 활성점을 도입할 수 있다면 전기화학적으로 긴 탄소 사슬의 연료 물질을 생산할 수 있을 것이다. 앞서 열전환공정에서 제기된 바와 같이, 산소친화도가 높은 이종 원소를 도입하거나, 적층구조를 만들어 연쇄반응을 일으키는 것도 한 가지 수단이 될 수 있다. 물론 쉽지는 않다. 이러한 방식은 전극의 전자 구조를 완전히 바꿀 수도 있고, 아세트 알데하이드만이 아닌 다른 반응중간체에 대한 친화도를 바꿔 부반응을 일으킬 가능성도 있다. 재료 설계를 비롯해 반응경로예측, 반응속도분석 등 다각도의 접근과 해석이 요구된다.

참고문헌

"Combining theory and experiment in electrocatalysis: Insights into materials design", Science 2017

https://www.netl.doe.gov/research

https://www.opus-12.com/

"Enhanced electrocatalytic CO2 reduction via field-induced reagent concentration", Nature 2016

http://dongascience.donga.com/

종업원을 대신하는 로봇을 만들다 Bear Robotics

글 | **공상 학생기자단**

이번 설공코너 인터뷰는 Bear Robotics의 하정우 대표와 함께하였습니다.
바쁘신 와중에도 흔쾌히 인터뷰를 허락해주신 대표께 다시 한번 감사 드립니다.

Q1. 간단한 자기 소개 부탁드립니다.

A1. 안녕하세요! Bear Robotics의 대표를 맡고 있는 하정우 입니다. 저는 서울대학교 컴퓨터공학부 95학번이었고, 대학 졸업 후 한국 하드웨어 관련 기업에서 몇 년간 일하다 인텔에 입사하였습니다. 한국 하드웨어 관련 기업에서 일할 때는 맥북이 수입되기 전이었습니다. 그 당시 맥북 프로그램을 한글화하는 작업을 했는데, 그것이 인텔에 입사하게 된 계기가 된 것 같습니다. 이후 구글로 직장을 옮겼다가 다시 나와서 캘리포니아 Milpitas에서 순두부집을 차렸습니다. 구글에서는 Gmail과 같은 프로젝트에 참여하기도 했습니다. 지금은 순두부집의 종업원을 편하게 해줄 자율주행 로봇을 개발하는 스타트업을 운영하고 있습니다.

Q2. 소프트웨어 업계에서 갑자기 요식업에 뛰어들었던 이유는 무엇인가요?

A2. 처음엔 투자의 개념으로 시작했습니다. 같이 창업을 하기 위한 팀을 결성하던 도중에, '순두부집을 해 보자!' 는 팀이 생기면서 시작하게 되었습니다. 큰 계기는 없었지만, 색다른 경험을 해보니까 식당 인건비가 왜 낮은지, 식당에 필요한 제품은 무엇이 있는지 등 공학자로서는 가지지 못했던 색다른 정보들을 가지게 되었습니다. 아마도 엔지니어이면서 요식업에 대한 지식이 있는 사람은 흔하지 않을 것입니다.
어떤 로봇공학자가 빨래 개는 로봇을 만들면 과연 세탁소 사장님들이 그것을 구매할까요? 저는 전혀 아닐 것 같다고 생각합니다. 사람이 옷을 개는 것이 여전히 효율적이고 빠르겠죠. 오히려 세탁소 종업원들은 다림질이나 수선을 할 때의 허리와 손목 아픔이 더 큰 문제인데, 로봇을 전공한 학생들 중 세탁소에서 일한 경험이 없는 학생은 이를 알기 어려울 것입니다. 그런 의미에서, 저는 식당을 운영한 경험을 바탕으로 식당에 정말 도움이 되는 로봇을 만들어 보고자 하는 꿈을 가지고 있습니다.

Q3. 공대생으로서 회사원, 연구직, 교수 등과 비교해서 스타트업 오너가 갖는 장단점은 어떤 것이 있을까요?

A3. 카이스트에서 학생들을 잠깐 가르쳐봤었는데, 지금까지 거쳐온 직업들 중에서 교수가 제게는 가장 재미 없었습니다. 강의하는 것, 학생들을 만나는 것은 재미있었지만 독립적으로 무엇인가를 할 수 있는 것이 아니라 학교의 시스템에 맞춰서 일해야 했기 때문입니다. 논문을 정해진 만큼 써야 하며 그 논문을 쓰기 위한 연구를 해야 하는 것이 적성에 맞지 않았습니다.

그림1. BEARROBOTICS로고

반면에, 구글에서 근무하는 것은 정말 재미있었습니다. 평가가 데이터 위주이므로 본인이 하고 싶은 프로젝트를 할 수도 있다는 점이 가장 좋았습니다. 회사 실적이 좋은 이유를 분석해봤더니 제 코드 덕분임이 밝혀져 동료들의 찬사를 받았는데, 엄청 뿌듯했습니다.
어떤 일이 재미있는지는 사람의 적성마다 다 다르다고 생각합니다. 저는 옛날부터 교수가 하고 싶었는데, 그랬기 때문에 막상 재미없었는데도 접는데 굉장히 오래 걸렸습니다. 이후 엔지니어가 교수보다 훨씬 맞을 것이라고 생각해서 엔지니어로 활동하기 시작하였지만 구글에서도 새로운 프로젝트들을 다 끝내고 나니까 재미가 없어지기도 했습니다. 그때서야 저는 무언가 개척하는 직업이 잘 맞는다는 사실을 깨달았습니다. 식당을 해보니까 늘 새로움이 있었기 때문에 육체노동을 해도 너무 재미있었고, 그게 적성임을 늦게 알게 되었습니다. 그래서 앞으로 단순한 엔지니어로 돌아가기는 쉽지 않을 것 같네요.(웃음)

Q4. 창업에 필요한 역량은 어떤 것이 있을까요?

A4. 다른 것보다도 네트워킹, 인간관계 같은 것이 제일 중요합니다. 그래서 많은 창업가들이 실리콘밸리에 모이고자 노력하는 것이죠. 그러한 면에서, 미국으로 온다면 젊을 때 나오는 것이 제일 좋습니다. 나올 수 있다면, 꼭 나와서 경험해보는 것이 좋을 것 같습니다.

Q5. 회사를 운영하면서 특히 어려운 점이 있으신가요?

A5. 아직 초기라서 제일 큰 난관은 투자입니다. 앞으로는 추가로 사람 채용을 하고 한국에 지사도 세워야 하는데 지금 받은 투자로는 턱없이 부족하다는 점이 힘든 것 같습니다.
또, 한국 지사를 만들고 싶은 열정과 다르게 이 제품은 한국에서는 잘 안 통할 것 같다는 생각이 들었습니다. 한국 인건비가 너무 싸기도 하고, 한국 사람들은 너무 열심히 일해서 로봇이 오히려 방해가 될 것 같습니다. 그래서, 한국엔 우수한 인력을 위한 연구 조직을 꾸리려고 합니다. 한국은 앞에서 잘 이끌어주는 리더가 부족하다고 생각하는데, 제가 앞으로 그런 사람이 되고 싶습니다.

Q6. 창업과정에서 학부 시절에 배운 내용들이 쓰이나요?

A6. 서울대는 미국 다른 대학보다도 코딩 교육은 정말 잘 시키는 것 같습니다. 다른 서울대 컴퓨터공학부 출신들을 비롯한

그림 2 하정우대표(가장 오른쪽)

공대생들은 미국 와도 코딩 못한다는 소리를 거의 안 듣고, 오히려 잘한다는 소리를 듣습니다. 또, 학부 때 다루는 프로젝트들을 봐도 MIT나 스탠포드에 뒤지지 않는다고 생각합니다. 학교 수업 중 하나인 '운영체제' 시간에는 스스로 운영체제를 개발하고 실제 머신에 구현시키는 것까지 하는데, 이 정도의 교육은 아무 곳에서나 할 수 없는 것입니다. 서울공대 컴퓨터공학부는 특히나 기초적인 코딩보다도 코딩응용을 정말 잘 가르칩니다. 그러나, 단순히 학교에서 배운 것을 넘어서 수업을 바탕으로 스스로 밤을 새가며 뭔가를 해본 것이 특히 많은 도움이 되었습니다. 그 당시 함께 밤을 샜던 다른 친구들이 입사한 후 회사에서 게임을 만들었는데, 그 게임들이 리니지, 바람의 나라, 메이플스토리 프로토타입 등 입니다.

Q7. Bear Robotics라는 회사 이름에는 어떤 의미가 있나요?

A7. 영화 속의 많은 로봇들은 터미네이터, 스카이 넷 같이 미래지향적이며 인류 위협적인 이름을 갖고 있습니다. 하지만 우리는 사람들과 같이 활동하는 로봇을 만들기 때문에, 친근한 이미지의 '곰(Bear)'을 사용했습니다. 또, 제 식당이 위치한 캘리포니아주가 곰의 주라고 불리기도 하는 것도 영향을 주었습니다.

Q8. Bear Robotics가 나아가고자 하는 방향은 무엇인가요?

A8. 일단 가장 중요한 것은 회사가 계속 운영될 수 있도록 하는 것이죠(웃음). 개인적으로는 모든 식당에 로봇이 퍼지도록 하는 것이 목표입니다. 식당이라는 개념을 확 바꾸어 보고 싶어요. 식당이 주인 입장에서는 운영하기 쉬운 공간, 종업원들 입장에서는 일하기 좋은 공간이 되었으면 해요. 제 로봇 덕분에 종업원들이 제대로 된 대우를 받을 수 있게 되어 조금 더 인간적인 공간이 될 수 있도록 하는 것이 목표입니다.

Q9. 마지막으로 독자들에게 한마디 해주세요

A9. 요즘에는 논리적인 영역보다는 사람들의 취향, 감정 등을 공유할 수 있는 감성적인 영역을 다루는 것이 매우 중요한 것 같습니다. 컴퓨터는 점점 발전해오면서 논리적인 문제들을 잘 해결하고 있고 앞으로도 잘 해결해 나갈 것 입니다. 우리 회사의 제품 같은 경우도 식당의 힘든 일들은 대부분 처리할 수 있습니다. 그러나 사람을 대하는 것은 사람이 더 잘 할 수밖에 없습니다. 그런 감성적인 부분이 중요한 시대가 분명히 올 테니 그런 능력을 키울 수 있는 활동들을 해보는 것이 좋을 것 같습니다.
그리고 자신이 필요한 곳에 가있다면 분명히 자신이 원하는 모습이 될 수 있을 것이라고 생각합니다. 여러분이 대단하다고 생각하는 것보다도 더 대단해질 수 있어요. 저는 이제 막 스타트업에 발을 들인 사람이라서 경제적인 면에서 아직 성공이라 보기엔 이르지만, 재미로 본다면 성공했다고 생각합니다. 인생에는 정답이 없으니 여러분이 원하는 삶을 살아갔으면 좋겠습니다!

해동일본기술정보센터가 전하는 미래와 기술

자동차의 가치를 바꾸는 신기술
저 연비의 다음 개발테마로 대응한다

「새로운 가치」를 자동차에게 가져다 줄 기술 개발이 자동차 업계에서 진행되고 있다. 저 연비를 중심으로 한 현 시점에서의 자동차 가치를 뛰어넘어, 다음 가치를 창출해 낼 신기술 개발이 바로 그것이다. 고객의 잠재적 수요를 발굴하여 그곳에 초점을 맞춘 기술 개발에 힘을 쏟는 자동차 관련 업체가 늘어나고 있다.

(1) 자율주행
자동차 업계가 지금 가장 개발에 힘을 쏟고 있는 것은 자율주행 기술이라고 해도 과언이 아니다. 자율주행에서 중요시되는 안전성을 높이기 위해 미쓰비시전기는 자동차의 위치 측정 정밀도를 높인 로케이터를, 도요타자동차 그룹은 보행자 등을 감지하는 고감도 3차원 LiDAR(Light Detection and Ranging)을 개발했다.

미쓰비시 전기는 자율주행을 감안하여 고정밀도의 로케이터를 원하는 자동차 업체의 니즈에 부응했다. 절대위치를 측정하는 위성측위시스템을 복수로 사용하는「멀티 GNSS」와 상대위치를 추정하는「3차원 자율항법」을 조합하여 자동차의 위치를 1.5m의 고정밀도로 산출해 내며,「세계 최고 정밀도」(당사)를 실현했다.

도요타자동차와 도요타 중앙연구소가 공동으로 개발한 것이 3차원 LiDAR「SPAD LIDAR」이다. LiDAR는 레이더를 사용하여 물체의 감지 및 물체까지의 거리를 측정하는 것이다. 수광부(受光部)에 단일광자 Avalanche Diode를 채용한 것이 특징. 미약한 빛을 받아도 반응을 일으키는 최소의 물리량을 넘어서면, 광자의 충격으로 생기는 것보다 큰 전류가 흐르기 때문에 높은 감도를 얻을 수 있다.

(2) 휴먼 인터페이스
디지털 기술의 향상에 따라, 자동차와 사람과의 접점 부분에는 잠재적인 개량의 여지가 늘고 있다. 예를 들어 확장현실(AR) 및 인체로부터의 정보, 음성 인식을 사용하여 새로운 휴먼 인터페이스를 고려하는 사례가 나오고 있다.

AR로 정보를 표시할 수 있는 헤드업 디스플레이(HUD)를 개발한 것이 일본정기이다. 2025년까지 실용화를 목표로, 새로운 HUD는 AR을 응용하는 것으로 운전자가 보고 있는 풍경에 문자 및 일러스트 등의 정보를 투영시켜 표시할 수 있다. 카메라에 의해 인지한 대상물의 위치와 서로 겹치게끔, HUD로 생성하는 영상을 제어한다는 것이다. 예를 들어 보도에서 차도로 뛰어든 보행자에 대해 경고 표시를 화면에 띄우거나 도로에 경로안내의 화살표로 나타내는 등 표시할 수 있다. 이렇게 운전중의 안전성이나 편리성을 높일 수 있다.

(3) 디자인
진화한 디지털 기술을 적극적으로 이용한다면 자동차의 외관 디자인은 현재 모습보다 크게 변화하여 세련된 인상을 가져다 줄 수 있다. 그것을 목표로 사이드 미러를 없앤 카메라 모니터 및 곡면형 콘솔 패널을 개발하는 업체가 등장했다.

(4) 정음화(靜音化)
차량의 파워 트레인이 전기 구동화를 향해 가속화되고 있다. 구동원이 엔진에서 모터 구동으로 전환되면서 엔진 소리가 없어지게 되어, 그 외의 소리 및 진동의 영향이 상대적으로 커지게 된다. 그 소음을 줄이기 위해 음원을 특정화하는 장치의 개발이 이어지고 있다.

(5) 48V화 (기존 12V)
자동차 전원의 48V화가 주목을 모으고 있다. 비용을 줄이면서 연비를 향상시킬 수 있는 이점을 가지고 있어, 유럽 및 중국시장 등에서 높은 잠재적 수요가 있기 때문이다. 그 잠재적 수요에 일본 자동차 부품 업계도 많은 관심을 가지고 있다.

히타치 오토모티브 시스템즈가 개발한 것이 48V의 리튬이온전지 팩이다. 당사는 하이브리드차(HEV)용으로 3원계(니켈 · 망간 · 코발트)의 각형 배터리의 셀을 실용화하고 있다. 당사가 새롭게 개발한 것은 니켈의 비율을 높인 차세대 셀로 에너지 밀도를 높이고 있다.

[Nikkei Monozukuri_2017년 7월호_특집요약/ hjtic.snu.ac.kr/ 02-880-8279]

해동일본기술정보센터는 미래기술 전망과 신산업분야 정보제공, 특집기사와 산업뉴스의 한글요약 및 번역 제공, 주간브리핑과 월간 e-Newsletter의 발송, 도서 종류와 기술분야별 검색과 정보를 제공하는 일본 공학 · 산업기술 정보의 보고(寶庫)이다.

정년퇴임식 및 명예교수 추대

2017년 8월 31일자로 고현무(건설환경공학부), 서경덕(건설환경공학부), 강주명(에너지자원공학과), 박군철(원자핵공학과), 유영제(화학생물공학부), 이윤식(화학생물공학부), 김광우(건축학과) 등 총 7분이 정년퇴직을 했다.

고현무 교수는 1978년 본교 토목공학과를 졸업하였고, 1986년 미국 일리노이 대학에서 박사학위를 취득하였다. 1987년 본교 토목공학과 교수로 임용 된 이래, 지난 30여년 동안 27명의 박사와 89명의 석사를 배출하여 후학양성에 크게 기여하였다. 뿐만 아니라 총 448편의 학술논문을 발표했으며, 국내 특허 16건을 출원 · 등록하는 등 오랜 기간 공과대학 발전에 크게 기여 하였다. 또한 대한토목학회 회장, 지구환경시스템공학부장, 교량설계핵심기술연구단장 등을 역임하였고, 구조공학에 관한 연구 활동에 전념하여 학술발전에 크게 기여하였다.

서경덕 교수는 1980년 본교 토목공학과를 졸업하였고, 1989년 미국 델라웨어 대학에서 박사학위를 취득하였다. 1997년 본교 지구환경시스템공학부 교수로 임용된 이래 지난 20여년 동안 10명의 박사와 36명의 석사를 배출하여 후학양성에 크게 기여하였다. 재직기간 중 총 329편의

정년퇴임식 및 명예교수 추대

학술논문을 발표하였으며 국내 특허 및 디자인 4건을 출원 · 등록하는 등 오랜 기간 공과대학 발전에 크게 기여하였다. 또한, ICCE 2014 조직위원회 위원장, 건설환경공학부장, BK21 사업단장 등을 역임하였고, 수공학 분야에 관한 연구 활동에 전념하여 학술발전에 크게 기여하였다.

강주명 교수는 1974년 본교 자원공학과를 졸업하였고 1981년 미국 오클라호마 대학에서 박사학위를 취득하였다. 1986년 본교 자원공학과 교수로 임용된 이래 지난 30여년 동안 39명의 박사와 48명의 석사를 배출하여 후학양성에 크게 기여하였다. 재직기간 중 총 222편의 학술논문을 발표하였으며 국내 등록 프로그램 7건과 국내 특허 7건을 출원 · 등록하는 등 국내외 석유공학 분야에 크게 기여하였다. 또한 국제적으로 세계석유의회 과학위원, 국내적으로 국가에너지위원회 자원개발전문위원회 위원장 등을 역임하며 국가 에너지 분야 정책 수립을 선도하였으며, 국가주도 과학기술 연구사업 제도 정착에 기여한 공로로 2009년 과학기술훈장 혁신장을 수여받았다.

박군철 교수는 1975년 본교 원자력공학과를 졸업하였고 1983년 미국 렌셀러 폴리테크닉 대학에서 박사학위를 취득하였다. 1983년 본교 원자핵공학과 교수로 임용된 이래 지난 35년 동안 36명의 박사와 51명의 석사를 배출하여 후학양성에 크게 기여하였다. 뿐만 아니라 국내 최초로 차세대 원자력발전소 기술개발을 위한 실증실험장치 SNUF(스누프)를 서울대학교에 선설하여 학계에서 선도적인 역할을 하였으며, 총 170편의 학술논문을 발표하는 등 공과대학 발전에 크게 기여하였다. 또한 한국원자력학회 학회장, 국제원자력대학원 대학교 총장, 공과대학 연구부학장 등을 역임하였고, 원자력발전소의 안전 계통 등에 관한 연구 활동에 전념하여 학술발전에 크게 기여하였다.

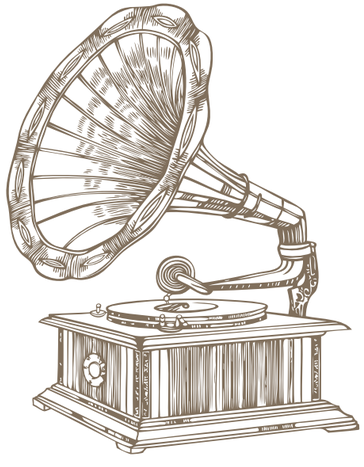
유영제 교수는 1974년 본교 화학공학과를 졸업하였고 1986년 미국 매릴랜드 대학에서 박사학위를 취득하였다. 1986년 본교 화학공학과 교수로 임용된 이래 지난 31년 동안 37명의 박사와 86명의 석사를 배출하여 후학양성에 크게 기여하였다. 뿐만 아니라 재직기간 중 국내외 학술지에 약 300편의 생물공학 관련 논문을 발표하였고, '국경없는 과학기술자회'를 설립하여 적정기술의 개발 보급을 위해 활동하였다. 또한 교무부처장, 입학처장을 역임하며 대학의 교육발전에 이바지하였고, 중앙공무원교육원장으로 재직하면서 공무원교육을 강화하여 행정의 전문화, 지식정보화 추세에 대비한 전문 인력양성에 공헌하였다.

이윤식 교수는 1974년 본교 응용화학과를 졸업하였고 1981년 미국 Rutgers 대학에서 박사학위를 취득하였다. 1982년 본교 공업화학과 교수로 임용된 이래 지난 35년 동안 31명의 박사와 81명의 석사를 배출하여 후학양성에 크게 기여하였다. 뿐만 아니라 재직기간 중 국내외 학술지에 약 250편의 논문을 발표하는 등 국내외 과학기술의 성장에 기여하였으며 90여 편의 특허를 출원 · 등록하여 관련 기술들의 사업화를 통해 정밀 화학 산업 분야에 크게 이바지하였다. 또한 공업화학과장, 연구지원소장, 한국공업화학회 회장 등을 역임하며 대학 및 학문 발전에 기여하였다.

김광우 교수는 1975년 본교 건축학과를 졸업하였고 1984년 미국 미시간 대학에서 박사학위를 취득하였다. 1990년 본교 건축학과 교수로 임용된 이래 지난 28년 동안 26명의 박사와 82명의 석사를 배출하여 후학양성에 크게 기여하였다. 뿐만 아니라 재직기간 중 총 500여 편의 학술논문을 발표하였으며 ISO 국제 표준 제정, 국내 특허 21건을 출원 · 등록하는 등 오랜 기간 공과대학 발전에 크게 기여하였다. 또한 공학한림원의 정회원으로서 대한건축학회의 등 다수의 학회장을 역임하였으며 건축환경, 친환경건축 분야의 발전을 위해 활발한 학술 봉사활동을 하였다. 그리고 IAQVEC 2016 등 다수의 국제학술대회 조직위원장을 역임하는 등 국내외 학술분야의 발전에 크게 기여하였다.

아마츄어의 명반사냥이야기 스물 네번째:

후박나무의 전설



나용수
원자핵공학과 교수

전라남도 진도의 삼막리. 한 후박나무 아래에서는 하루 종일 젓대, 즉 대금(大禁)을 불었다는 한 사내가 있었다. 어찌나 대금을 잘 불었는지 그가 대금을 불면 쑥궁새(파랑새)가 날아와 울었다고 한다. 출생일은 물론 사망일 까지도 미상(未詳)이었던 이 사내는 "대금산조(大笒散調)"를 창제한, 우리나라 반만년 역사가 내놓은 최고의 대금연주자로 일컬어지는 박종기(朴鍾基)이다.

박종기는 "대금산조" 이외에도 "진도아리랑"을 창작한 것으로 알려져 있다. 김소희 명창은 박종기가 유성기 음반을 취입 차 일본으로 가는 배 위에서 기존의 민요, 물레타령이나 산아지타령 등의 전라도의 통속민요를 즉흥으로 편곡하여 "진도아리랑"을 창작하였다고 회고한다. 학계에서는 박종기가 "진도아리랑"의 창작자라는 설에 대해 아직도 논란이 일고 있지만 그가 "진도아리랑"의 대중화에 커다란 역할을 했다는 점에는 의견을 일치하고 있다.

"진도아리랑"에는 두 가지 기원설화가 전하는 데 그 중 첫 번째 설화에 따르면,

'옛날 지산면 관마리의 목장에 설 감목관이 있었는데, 그의 딸 설이향이 원님의 아들 소영과 사랑하는 사이였다. 읍과 관마리는 50여 리 떨어진 거리였지만, 그들은 늘 중간 지점인 임회면 서낭리의 마을 뒷산 굴재에서 만나곤 했다. 그러던 중 어느 날 약속한 날에 소영 공자가 모습을 나타내지 않았고, 그 후로는 그를 만날 수가 없었다. 해가 바뀌어 이른 봄에 소영 공자가 육지의 다른 처녀와 결혼하게 되었다는 소식을 설이향이 듣게 되었다. 이에 설낭자는 죽을 결심으로 비수를 품고 신행 길목을 지키고 있었으나, 끝내 신행 행차를 가로막지 못하고 결국은 그 비수로 자기의 머리를 잘라 중이 되고 말았다. 그런데 이들 두 남녀가 굴재에서 서로 만나는 것을 보고 지나던 초군들이 "아애랑 설이랑 아라리가 났네" 하고 노래하던 것이 "진도 아리랑"이 되었다 한다.'

66

라디오 방송국에 들어갈 때는 갓을 쓴 채 의례 흥건히 취해서 연주를 했다는 이 낭만가객의 젓대 소리는 몇 장의 유성기음반에 담겨 먼지 속에 덮였지만 한주환과 그를 잇는 서용석, 이생강을 통하여 오늘도 길가를 지나는 행인들의 영혼의 쉼터가 되어주고 있다.

99

"진도아리랑"
주창(主唱): 김소희(金素姬), 조창(助唱):
오태석(吳太石) · 오비취(吳翡翠),
(Okeh Record, 음반번호 : K 1728)

〈그림〉 경성방송국 출연 중인 박종기 (朴鍾基)
https://i.ytimg.com/vi/P7rY9-e7NkM/maxresdefault.jpg

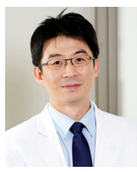
진도아리랑은 1936년 오케 (Okeh) 음반사에서 김소희 주창 (主唱), 오태석, 오비취 조창 (助唱)으로 유성기 음반으로 처음 발매되었는데 바로 이 음반이다. (음반번호: K 1728) 비록 이 음반에는 박종기의 이름이 등장하지 않지만 이후 1938년 Victor 음반사(음반번호: KJ-1138)에서는 오비취의 창에, 1940년 Regal 음반사(음반번호: Regal C-2011)에서는 김소희의 창에 박종기의 대금이 반주로 들어간 유성기 음반이 발매되었다.

박종기는 효심 또한 지극해 어머니에게 자신의 허벅지 살을 베어 약으로 바쳤다고 전해지고 그 일 때문에 평생 다리를 절었다. 결국 어머니가 타계하자 무덤 옆에서 움막을 짓고 3년을 살며 주야로 대금을 불었다고 한다.

박종기는 젓대의 명인답게 어느 무더운 삼복 더위 속 완도에서 초청받아 연주를 하는 중, 마지막 "진도 아리랑" 연주를 마치고 각혈하며 운명하였다고 전해진다. 고인의 손에는 젓대가 꼭 쥐어져 있었다. "내가 죽거든 진도섬 어느 길가 언덕에 나를 묻어 오가는 행인들에게 내 젓대 소리를 듣게 해달라"던 평소 유언에 따라 진도읍 포산리 길가 언덕에 묻혔다고 한다. 그를 아끼고 사랑했던 진도 군민들은 이례적으로 군민장(郡民葬)으로 그를 보냈지만 그가 생전에 너무도 청빈한 삶을 살았기에 몰려드는 조문객을 대접할 음식이 없어 조카가 꽹가리를 한 번 치고 "이것은 술이요" 또 한 번 치고 "이것은 안주요. 드시오"하여 보는 이의 눈물을 자아냈다고 전해진다.

라디오 방송국에 들어갈 때는 갓을 쓴 채 의례 흥건히 취해서 연주를 했다는 이 낭만가객의 젓대 소리는 몇 장의 유성기음반에 담겨 먼지 속에 덮였지만 한주환과 그를 잇는 서용석, 이생강을 통하여 오늘도 길가를 지나는 행인들의 영혼의 쉼터가 되어주고 있다.

피부암 알아보기



박지웅
서울대학교 보라매병원
성형외과

1. 피부암의 종류

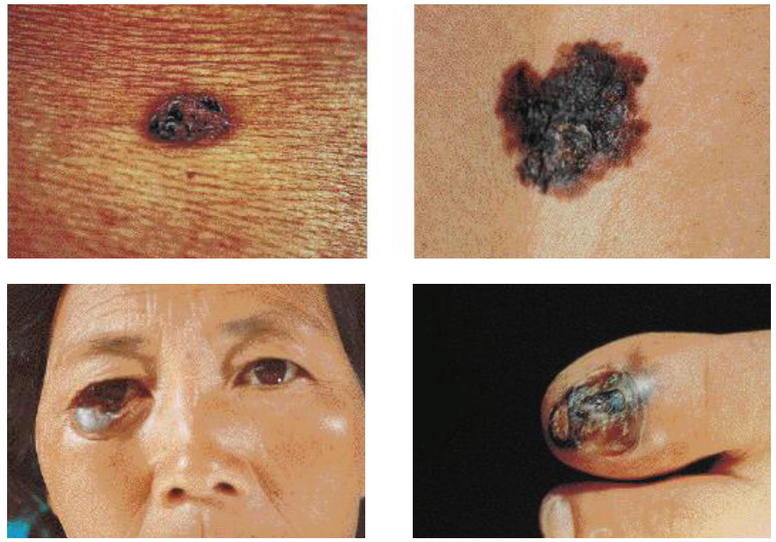
피부는 신체의 보호 벽일 뿐 아니라 복잡한 해부학적 및 생리학적 기능을 하는 신체 중 가장 큰 기관이며, 이러한 피부에 여러 가지 질병과 종양이 생기기 마련이다.

피부암(skin cancer)은 피부에 발생한 악성 종양을 총칭하는 용어로, '원발성' 피부암과 '전이성' 피부암으로 분류되나, 통상적으로 좁은 의미의 피부암은 원발성 피부암만을 의미한다.

피부암 양상은 사람마다 다르며, 같은 사람이라고 해도 부위별로 피부암 발생 및 분화에 관여하는 요소는 매우 다양하고 그 요소들이 복합적으로 작용한다고 알려져 있다.

원발성 피부암은 크게 비흑색종 피부암(non-melanocytic skin cancer) 과 악성흑색종(malignant melanoma)의 두 가지로 분류한다. 비흑색종 피부암에는 피부암 중 가장 흔한 기저세포암(basal cell carcinoma)과 다음으로 흔한 편평세포암(squamous cell carcinoma)이 포함되며, 이들은 대부분 국소적으로만 침윤하고 타 장기로 잘 전이되지 않아 비교적 양호한 경과를 보인다.

이에 반해, 악성흑색종은 비흑색종 피부암과는 달리, 침윤과 전이가 흔하므로, 조기에 진단하여 적극적으로 치료하는 것이 매우 중요하다. 악성흑색종은 일반적으로 말단흑색점흑색종, 표재확산흑색종, 악성흑색점흑색종, 결절흑생종의 네 아형으로 나누는데, 우리나라에서는 손발에 발생하는 말단흑색점흑색종이 가장 흔한 형태로 60% 정도를 차지한다.



(그림 1) 다양한 악성흑생종 사진; 악성흑색점흑색종(상좌), 얕은확산흑색점(상우), 결절흑색종(하좌), 말단흑색점흑색종(하우) 례

이 외에, 혈관육종, 융기성피부섬유육종, 유방외파젯병, 피부부속기암 등 드문 피부암들도 있다.

피부암전구증(precancerous lesion)에는 광선각화증, 보웬병, 비소각화증 등이 포함되는데, 이들 자체는 침습적인 피부암이 아니지만, 향후 시간이 지나면 피부암으로 발전할 가능성이 있기 때문에 피부암 '전구증'이라고 부른다. 피부암으로 진행할 확률은 광선각화증은 8%, 보웬병은 3~5%로 알려져 있으며, 피부암으로 진행할 위험이 있는 만큼, 반드시 치료받을 필요가 있다.

2. 유병율

2009년 발표된 한국중앙암등록본부 자료에 의하면 2007년에 우리나라에서 피부암은 연 평균 2,889건 발생하여 전체 암의 1.8%였고, 인구 10만 명 당 새로운 환자가 발생한 건수는 5.9건이었다.

흥미로운 점은 연령대별로 60대 이상이 70.5%로 대부분이 노인에서 발생하였다는 것이다.

전체 피부암 중 기저세포암, 편평세포암, 악성흑색종 각각이 차지하는 비율은, 기저세포암이 가장 흔하여 30~40% 이상을 차지하며, 편평세포암이 다음으로 흔하여 20~30%를 차지하였다. 그 다음으로 흔한 악성흑색종은 10~20%를 차지한다.

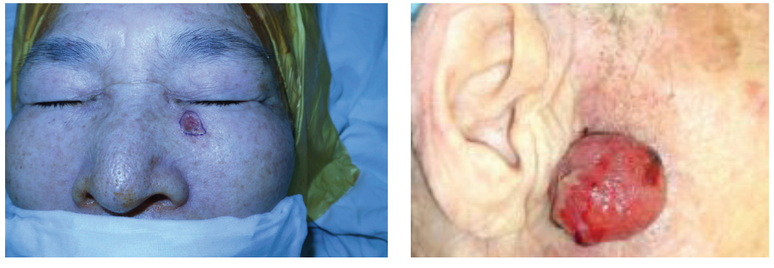
3. 원인

대부분의 피부암 및 암전구증의 발생에 자외선이 가장 큰 원인으로 작용하지만, 각 암종별로 차이를 보이는 부분이 있다.

기저세포암의 경우, 자외선에 간헐적으로 짧게 과다하게 노출되는 것이 직업적으로 장기간 노출되는 것보다 더 위험한 것으로 보고된 바 있으며, 방사선노출 및 면역 억제 시에도 발생 위험이 증가할 수 있다.

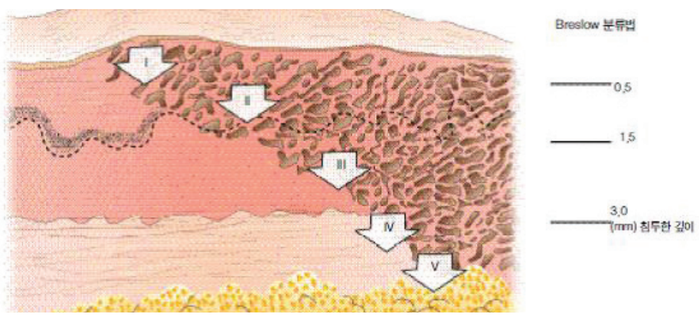
편평세포암은 발생 위험도가 자외선 노출량에 직접적으로 관련되어 있으며, 만성궤양, 화상 흉터,

만성골수염의 농루, 비소 섭취, 방사선 및 발암성단화수소에의 노출, 장기간 열 노출, 사람유두종바이러스 감염, 면역 억제, 눈피부백색증 및 색소피부건조증 등 자외선에 의한 손상에 대한 감수성이 증가하는 일부 유전피부질환 등 에서도 발생 위험이 증가한다.



(그림 2) 안면부에 발생한 기저세포암(좌), 편평상피암(우) 례.

악성흑색종은 일반적으로 강한 자외선 조사 시에 발생 위험이 상승하는 것으로 알려져 있으나, 우리나라에서 호발하는 말단흑색점흑색종의 경우 자외선이 특별히 원인으로 작용하지는 않으며, 아직까지 뚜렷한 원인을 밝히지 못하고 있다.



(그림 3) 악성흑색종의 침습 깊이에 따른 조직학적 분류; Clark 분류법, Breslow 분류법

피부암 전구증 중, 광선각화증은 장기간의 자외선 노출이 원인이며, 보웬병은 자외선, 비소, 전리방사선에의 노출, 면역 억제, 사람유두종바이러스 감염 등이 원인으로 알려져 있다.

4. 증상

피부암은 어떤 종류이든 기본적으로 반점으로 시작하여 점점 크기가 커져 종괴로 진행하는 형태로 나타난다.

기저세포암은 대부분 얼굴에 발생하며, 종괴의 경계가 둥글게 말려 있는 형태가 특징적이라 '설치류 궤양, 즉 쥐가 파먹은 것 같은 모양의 궤양'으로 불리며,우리나라 사람에서는 갈색의 색깔을 띠는 색소성 기저세포암이 흔하다.

편평세포암은 만성 일광손상부 및 만성궤양, 화상 흉터, 만성골수염 농루 등의 전구 병변에서 생기는 경우가 대부분이므로, 병변 자체도 궤양과 흉터를 동반한 공격적인 형태로 나타나는 경우가 많다.

악성흑색종 중 우리나라에서 흔한 말단흑색점흑색종은 손발톱에 크기가 점점 증가하는 흑갈색판으로 나타난다. 빠른 속도로 병변의 크기가 증가하는 경우가 많지만, 일부에서는 오랜 기간 크기가 비슷한 상태로 유지되다가 수년이 경과한 후에 크기가 증가하기 시 작하기도 한다.

피부암전구증 중, 광선각화증은 얼굴을 비롯한 일광노출부에 발생 하며 인설을 동반한 편평한 붉은 반으로 나타나는데, 일부에서는 피부가 뿔의 형태로 솟아오르기도 한다.

보웬병 역시 인설을 동반한 붉은 판으로 나타나며 습진과 유사하게 보여 습진으로 오진되는 경우도 종종 있으나, 습진과는 달리 지속적으로 크기가 증가하고 도포제 등의 치료로도 없어지지 않는 것이 특징이다.

5. 진단 및 검사

발생 부위와 형태, 병력으로 의심은 할 수 있으나, 확진을 위해서는 피부조직검사를 시행해야 한다. 암의 종류에 따라 정확한 진단을 위하여 추가적인 면역화학염색 및 분자생물학적 검사가 필요한 경우도 있으며, 최근에는 피부조직검사와 함께 추가적인 정밀 정보를 얻을 목적으로, 피부확대경의 사용이 늘어가고 있다.

비흑색종 피부암의 경우 타 장기로의 전이가 드물기 때문에, 전신 전이를 확인하기 위한 검사를 모든 환자분들에서 시행하지는 않는다. 단, 편평세포암 중 전이의 고위험인자를 가진 경우(예를 들어 입술이나 귀 에 발생한 경우, 2cm 이상의 큰 크기, 4mm 이상의 깊은 침윤, 전이 위험이 높은 조직학적 아형, 재발한 병변, 면역 억제 상태 등) 에는PET검사 등으로 전신 전이 여부를 검사할 수 있다. 반면, 악성흑색종의 경우에는 전이 여부를 감별하기 위해 반드시 전신 장기에 대한 검사가 필요하며, 결과에 따라 혈액종양내과 등에서 적절한 전신 치료를 받아야한다.

6. 치료

모든 피부암의 전통적인 일차 치료법은 수술적 제거이다. 수술 시에는 육안적으로 정상인 경계부 조직까지 상당 부분 포함하여 눈으로 보이지 않는 암세포의 확산까지 안전하게 광역절제 해야 한다. 암 제거 후 피부 결손이 발생한 부분에는 국소피판술 및 피부이식술 등으로 피부를 재건해준다.

(그림 4) 콧등의 기저세포암(좌)에 대해 광역절제술 후 이엽국소피판수술(중, 우) 시행 례.

이외에도, 표재성기저세포암 및 피부암전구증의 치료에 광선치료제, 이미퀴모드라 는 국소면역조절제를 사용하기도 하며, 질환의 상태에 따라 냉동치료, 전기소작술과 같은 국소파괴요법을 시행할 수도 있다. 악성 흑색종의 경우는 피부 병변을 수술적으로 제거한 다음, 병이 진행한 정도에 따라 전신 항암치료, 방사선치료 등을 시행할 수 있다.

7. 경과 및 합병증

비흑색종피부암 및 피부암전구증은 대부분 국소적으로만 침윤하므로, 충분한 경계를 포함하여 잘 제거된 경우 대부분 재발 없이 좋은 경과를 보인다. 악성흑색종은 전이의 위험이 높고 공격적인 경과를 보이는 경우가 많으므로, 반드시 조기에 적극적인 치료를 받아야 한다. 수술 및 국소파괴술 후에는 흉터, 감염, 신경 손상 등이 합병증으로 발생할 수 있으나, 철저한 시술 후 관리로 합병증을 최소화할 수 있다.

8. 예방 및 조기발견

자외선이 피부암의 가장 대표적인 원인이므로, 평소에 자외선차단제, 양산, 모자, 의복 등을 이용하여 자외선 차단을 잘 시행하는 것이 가장 중요하다. 특히 해수욕과 같이 장시간 강한 일광에 노출되는 경우에는 가능하면 긴팔 의복과 챙이 큰 모자를 이용하여 자외선을 차단 해주는 것이 바람직하며, 노출되는 부위에는 2시간 이내의 간격으로 방수가 되는 자외선차단제를 반복 도포하는 것이 필요하다.

특히, 피부에 발생하는 악성종양은 내부 장기에 발생하는 악성종양과는 달리 직접 눈에 띄게 되므로 조기에 발견하기가 비교적 쉽고 적절하게 치료하면 예후가 양호하긴 하나, 일반적으로 다른 장기의 암종에 비해 관심이 소홀하여 치료시기를 놓치는 수가 허다하다.

사회가 급속도로 고령화되고 있기 때문에, 노인에서 흔한 피부암의 발생 역시 급격히 증가하고 있는 추세이다. 일생을 통한 장기간의 자외선 노출이 피부암을 유발하는 것이므로, 젊은 시절부터 자외선차단제 사용을 포함한 자외선 차단의 노력을 습관화하는 것이 필요하며, 피부에 새로운 점이나 종기가 발생한 경우 의심되는 병변을 발견하는 즉시 빨리 전문의를 찾아 검진을 받는 것이 무엇보다 중요하다 하겠다.

사진출처 : 네이버 영화

비어 있는 중심 : 광주'를 서사화한다는 것

"영화 – 〈택시 운전사〉"

이수향
영화평론가

영화평론가. 서울대 국문과 박사 수료.
2013년 영평상 신인평론상으로 등단.
홍익대 강사

1. '광주'라는 문제 제기

〈택시운전사〉(장훈, 2017)를 두고 1980년 5월 광주에서 벌어진, 시민들에 대한 계엄군의 처참한 살육에 관해 재조명하는 영화라고 설명한다면 이는 오해의 소지가 있다. 이 영화는 그 시기의 광주에서 벌어진 일을 다루면서도 결코 그 중심을 향해 육박해 들어가지 않는다. 주인공이 역사적 현장의 한 복판에 놓이게 되기는 하지만 영화를 보고나서도 여전히 왜 그런 일이, 그리고 하필 그곳에서, 또 그토록 아무도 모르게 자행되고 있었는지에 관해 상술하지 않는 감독의 의뭉스러움과 마주하게 된다.

이에 대해 황진미 평론가는 "어리둥절한 외부인의 시선 이상의 것이 나올 때가 되지 않았나"라고 지적하면서, 이러한 장치로 영화가 내용적 깊이와 서사적 세련됨에서 모두 부족했다고 평한다. 이는 옳은 지적이라고 볼 수 있다. 실제로 이 영화는 소시민의 각성이라는 익숙한 전개와 단순한 선악 이분법의 인물 구성, 황태술(유해진 분)의 집에서 벌어지는 시퀀스의 안이한 내용 구성, 종반부의 차량 추격전의 밀도 문제 등 부족한 부분들이 눈에 많이 띤다.

특히 장훈 감독의 작품 세계에 대한 기대치가 높은 사람이면 영화적 완성도에 대해 더욱 아쉬움을 느낄 듯 하다. 특수한 역사적 사건을 다루면서도 문제의 본질적인 부분에 대한 해석적 태도를 드러내는 대신 여전히 그 희생자들에 대한 감상적 표현과 부채 의식에 공명할 것을 주문한다는 점에서 다소 일차원적인 반응을 유도해내는 것처럼 보이기도 한다. 그러나 대중적인 코드로 평이하게 전개되는 이 영화가 '광주민주화운동'을 그려내는 방식은 '광주(光州)'를 에둘러가면서 광주(廣州)에 이르기 위한 지난한 싸움을 보여주는 것이라 할 수 있다.

2. 세속적 소시민으로서의 만섭

이 영화는 택시 기사와 승객이 광주로 갔다가 서울로 회귀하는 이틀간의 내용을 주된 이야기로 다루고 있다. 주인공 만섭(송강호 분)은 아내를 병으로 잃고 11살의 어린 딸 은정과 함께 살아가고 있는 택시 운전사이다. 간신히 개인택시 한 대를 몰면서 살지만 월세가 석 달이나 밀려있을 정도로 형편이 어렵다. 어느 날 우연히 기사식당에서 외국인 손님을 태우고 광주를 다녀오면 10만원을 받을 수 있다는 얘기를 엿듣고 돈을 벌기 위해 그 손님을 가로채기로 한다. 한편, 일본 주재 독일 국영방송의 특파원 위르겐 힌츠페터(피터, 토마스 크레취만 분)는 한국의 정세가 심상치 않음을 전해 듣고 한국으로 들어온다. 군부에 의해 고립된 광주로 향하기 위해 약간의 영어 의사소통이 가능한 택시를 한 대 빌리는데, 이때 도착한 사람이 만섭이었다. 두 사람은 광주로 향하지만 입구부터 봉쇄된 상황에 직면하게 된다. 서울로 돌아가려는 만섭과 광주로 들어가려는 힌츠페터는 택시 운임을 놓고 싸우다가 우여곡절 끝에 광주에 진입한다. 그러나 밖에서는 전혀 알지 못했던 상황이 광주에 펼쳐져 있었다. 신변의 위협을 느낀 만섭은 피터를 버려두고서라도 서울로 돌아오려고 한다.

이 영화는 소시민인 주인공이 일련의 사건을 겪으면서 사회와 역사에 대한 부채 의식을 느끼고 각성하게 된다는 점에서 일종의 성장 서사라고 볼 수 있다. 하지만 성장 이후 그의 삶의 궤적이 각성된 주체로서의 모습이 아니라 군중 속에 숨은 범속한 생활인으로 돌아간다는 점에서 의미심장하다.

만섭의 첫 번째 각성과정을 살펴보자. 영화의 첫 장면은 경쾌한 노래와 함께 어두운 굴다리를 막 빠져나오는 택시를 부감하여 설정쇼트(establishing shot)로 제시한다. 노란색 셔츠를 입고 〈단발머리〉를 흥얼거리는 그의 뒷모습을 따라가던 카메라는 어느새 정면으로 돌아와 만섭의 얼굴을 클로즈업하여 비춘다. 1980년은 막 70년대라는 터널에서 빠져나온 활기와 정치적인 경색 국면이 양가적으로 공존하던 시기였다. 산업화로 넓어진 교량의 길을 초록색 브리사로 신나게 달리면서 여전히 혼란스럽지만 그래도 그런대로 열심히 살면 좋은 결과로 이어지리라는 믿음 위에 그는 서 있다. 하지만 데모대에 의해 도로가 막히기 시작하자 그의 노래 소리도 멈추고, 더불어 초록 택시도 멈추게 된다. 이때 데모대에서 빠져나와 경찰을 피하려던 대학생이 실수로 그의 택시의 백밀러를 부서뜨린다. 전 재산이나 다름없는 소중한 택시의 손상에 만섭은 차에서 내려서 화를 내지만 학생은 경찰에 쫓겨 어딘가로 사라져 버린다.

영화의 이 첫 번째 시퀀스는 핵심 서사로 진입하기 이전에 깔리는 도입부의 단순한 헤프닝이 아니라 80년대라는 시대를 진입하려는 한 명의 속악한 생활인인 만섭에 대한 영화적 위치 설정의 의미를 갖는다고 할 수 있다. 만섭은 시국의 분위기나 학생들의 데모 같은 것은 그저 배부른 투정이자 길이나 막히게 하는 걸림돌 정도로만 판단한다. 이러한 만섭의 인식은 니체의 구분대로라면 '낙타'와 같은 상태, 즉 거부할 줄 모르는 인식의 미각성 상태이자 노예도덕에 사로잡힌 상태라고 볼 수 있을 것이다. 계엄령이 내려지고 전국에서 민주항쟁이 벌어지는 등 사회적 파고가 일어나고 있었지만 그저 생활계에 침잠해 있는 모습을 드러내는 것이다. 그러나 만섭의 소시민적 욕망의 표상인 택시의 백밀러를 그가 조소하는 데모대의 학생이 부러뜨리는 장면을 통해 영화는 곧 만섭이 자신을 추동하는 욕망에서 삐끗하게 됨을, 즉 대사회적 각성에 이를 수밖에 없음을 보여주는 것이라 볼 수 있다.

사진출처 : 네이버 영화

사진출처 : 네이버 영화

3. 소박한 휴머니티와 직업 윤리

만섭의 의식 변화 과정은 피터와 광주로 향하면서 시작된다. 만섭은 중동붐을 타고 사우디아라비아에서 5년 간 근로자로 일했고, 그 경제적 기반으로 개인택시를 운전하게 되었음을 피터에게 자랑한다. 그리고 자신이 '수출'과 '애국'이라는 시대가 요구하는 가치에 충실한 사람임을 드러낸다. 피터는 그의 태도에 불편한 기색을 내비치지만, 만섭은 이에 아랑곳 않고 신나는 음악을 틀고 '10만원'을 벌 요량에 들뜬 모습을 보여준다. 그러나 광주에 도착하자마자 그는 황폐화되고 음산한 거리의 분위기에 놀란다. 특히 "희망의 80년대로–"라고 써 있는 플랜카드가 반쯤 떨어져서 나부끼는 장면은 만섭의 소박한 인식이 허상임을 직접적으로 드러내는 장면이라고 볼 수 있다.

외지인이자 생활인인 만섭의 의식 변화는 일차적으로 광주에 공명했었기 때문이다. 하지만 이 영화는 그를 근본적으로 자기 직업윤리에 투철한 자로 위치시킨다. 끝내 만섭은 구체적으로 이 문제가 어떤 방면에서 발생하고 어떤 정치적 함의를 가지는지에 대해 자세한 설명을 듣지 못한다. (그러므로 관객도 역시 듣지 못한다.) 다만, 만섭을 추동하는 강력한 동기는 인지상정, 즉 사람이라면 가질 수밖에 없다고 생각되는 마음이자 타인의 불행이나 고통을 차마 그냥 지나치지 못하는 소박한 휴머니티 자체라고 볼 수 있다. 속물성만이 가득한 택시 운전사로 보이는 그이지만, 아들을 찾아 거리로 나온 남루한 노파를 차마 외면하지 못할 때 우리는 이 지극히 대중적이고도 평범한 서사적 장치가 그것으로 또 익숙하게 우리의 마음을 울리는 것을 느끼게 된다.

만섭은 태도로서의 소박한 휴머니티와 방법으로서의 직업윤리로 광주를 경유해낸다. "아빠가 손님을 두고 왔어"라는 대사는 그 재현의 본질–'광주'라는 문제의식을 서사적으로 불편하지 않게 관객에게 인식하게 만드는 장치가 된다. 광주가 여전히 곡해되고 소외화 되고 있는 실제현실의 층위에서 좀 더 많은 대중적 – 대중 영화적 차원이든/사회적 공론의 차원이든– 공감대를 위해서는 이 이야기를 광주시민과 그들을 곡해하는 자들 외에 제3의 시선으로 읽어낼 필요성이 있었을 것이다. 그러므로 이 영화는 객관적 거리두기의 태도로서 서사적 공감을 우회적으로 성공시키려는 의도에 충실하다고 볼 수 있다.

사진출처 : 네이버 영화

4. 목격자의 다큐멘터리

이 영화는 독일에서 온 백인 남자의 시선(소위 '푸른 눈의 목격자')을 중요한 장치로 사용한다. 실제로 영화에서 '광주'가 처음 발화되는 것도 피터의 입을 통해서이다. 이러한 설정은 자칫 서구적 권위의 인정욕망에 기댄 표현이라는 측면에서 비판받을 소지가 있는데, 오히려 그 부분이 이 영화에서 특이하게 작용하는 지점이 있다. 서사의 중심축이 택시기사–승객임에도 불구하고 이 영화는 일반적인 버디무비(buddy films)의 장르적 성격과는 결을 달리한다. 즉 두 인물이 비슷한 캐릭터를 공유하거나 아니면 반대의 성격으로 갈등하다가 결국 화합하는 마무리를 가진 것이 일반적인 버디무비의 특징이라면, 이 영화에서는 만섭과 피터가 갈등하다가 같은 지향점으로 화합하게 되면서도 감정적 공유가 적은 편이다. 피터는 작

중 인물로서의 입체성이 거의 표현되지 않아 배우 토마스 크레취만의 연기적인 이채로움을 발견하기도 어렵다. 그러나 역설적으로 그러한 면 때문에 쉬운 함정에 빠지지 않을 수 있었다. 이 영화에서는 서구의 권위가 광주의 공적에 시혜적인 그늘을 드리우는 것을 제한한다. 대신 철저히 평면화된 인물이자 사태를 외부로 전달할 기자로서만 피터를 기능적으로 소비하고, 대신 그가 찍은 영상이 그를 대신한다. 즉, 광주라는 표상과 군부의 외설성이 외부로 드러나게 된 결정적 계기로서의 그의 다큐멘터리 화면이 피터의 입체성을 대신한다.

만섭과 피터가 광주에 겪는 주 서사가 진행되다가 그가 카메라를 돌리기 시작하면 음향의 변화와 함께 화면은 16mm필름의 다큐멘터리 화면으로 바뀌고 마치 보조 서사처럼 기능한다. 중심 서사가 진행되던 현재의 화면에 덧입혀지는 그 조악한 화면들은 실제의 역사와 영화적 장치가 조우하여 효과적으로 표현된 장면이라 볼 수 있을 것이다.

5. 관찰에서 체현으로

만섭이 각성에 이르는 두 번째 과정은 관찰자로서 직접 그 폭력 앞에 부당하게 붙잡힐 때이다. 관찰자는 타인의 고통에 절대 완전히 공감할 수 없다. 그렇다면 그 폭력 안에 들어갈 때에라야 만이 그의 각성은 현실감을 얻는다. 이는 만섭의 행동을 통해 셰레이드로서 표현된다. 영화에서 현장과 만섭의 거리감 드러내는 장면들이 많다. 만섭은 늘 시위 현장의 화면 왼쪽으로 혹은 위쪽으로 빠져나와 현장을 지켜보고 공간과의 거리를 유지한다. 계엄군의 폭력적 진압을 인지하게 된 이후에도 안타까워하는 마음을 드러내지만 여전히 관찰자의 입장인 것이다.

그러나 사복팀장(최귀화 분)에게 쫓겨 달아나다가 우연히 한 골목에 이르렀을 때 만섭은 벌거벗겨져 입과 손을 결박당한 채로 트럭에 태워져서 울고 있는 사람들을 만난다. 이 부분은 영화 속에서 아주 잠깐 스쳐지나가며 그 표현은 의도적으로 현실감각을 뛰어넘도록 처리된다. 추격전의 극심한 피로와 공포에 질린 만섭이 마치 백일몽을 꾸는 듯 화면은 붉게 처리되고 골목 끝의 사람들의 모습은 도살장 앞에서 울부짖고 있는 돼지들을 연상시킨다. 막다른 골목에서 그들을 바라본 만섭의 놀란 눈의 클로즈업과 공간을 울리는 음향이 이 대중 영화의 한 장면을 매우 특별한 것으로 바꿔버린다. 만섭이 그들을 바라볼 때 환각인 듯 그 장면은 아주 빠르게 지나쳐버리고 여전히 무지몽매한 가운데 상황 판단을 채 하기도 전에 그에게도 폭력이 날아든다. 아무리 서울시 성동구 화양리에 사는 택시운전사 김만섭이라고 외쳐봤자 그 목소리는 짓밟힌다. 사복조장의 논리 회로는 사유 없이 직관적으로 사로잡힌 이념의 고압적 태도를 보여준다. 만섭은 공권력의 이름으로 짓밟힐 때에야 비로소 자신들에게 왜 이러는지 모르겠다는 재식의 말을 온몸으로 체현하게 된다. 그런 의미에서 만섭의 클로즈업된 눈이 묶여있는 사람들을 볼 때 관객은 그 시선을 다시 따라가게 되는데 이는 동일시 효과를 불러일으키고 강력한 정서적 감응력으로 관객에게 호소하게 만든다. 그런 이유로 우리는 비로소 이 영화에서 주인공이 서사적으로 제3자의 시선을 취하고 있는 방식의 미덕을 발견한다. 광주의 고립을 외부에서 지켜보면서 객관적으로 전달할 시선, 그들의 희생을 증명해줄 존재로서의 만섭의 위치는 그런 의미에서 필수적이었다고 할 수 있다.

사진출처 : 네이버 영화

사진출처 : 네이버 영화

사진출처 : 네이버 영화

6. 시민적 주체의 잠재력

영화의 종반부에서 만섭은 결국 '서울에 두고 온 어린 딸아이'로 설정된 자신의 생활계로 되돌아가려한다. 그는 신화적인 영웅적 주인공도 아니고 민중을 이끄는 선각자도, 모더니즘의 회의하는 지식인 주체도 아니다. 그러므로 그가 차의 룸밀러에 비친 자욱한 안개로 뒤로하고 광주를 나오는 것은 영화적 개연성에서 자연스럽다. 그가 딸아이를 위한 구두를 사고, 광주의 기억 따위를 툴툴 털어버리고 서울로 향하기 위해 순천의 대로변을 지날 때 언제나처럼 그의 입에서는 노래가 흘러나온다. 그러나 "어제 다시 만나서 다짐을 하고 우리들은 맹세를 하였습니다. 이 밤이 새면은 첫차를 타고 행복어린 거리로 떠나갈 거예요"라는 노래가 더 이상 유행가 가사로 즐겁게 불리어 지지 않을 때 그는 다시 되돌아갈 수밖에 없게 된다. 이는 그가 광주에서 죽어가는 사람들에게 마음을 주었고, 데리고 나와야 할 손님이 그곳에 남아있었기 때문이다. 그러므로 그가 총에 맞은 사람들을 후송시키기 위해 금남로에 뛰어들 때 우리는 이념과 상관없이 그를 응원하게 된다. 이 영화는 광주에 대한 구구절절한 설명이나 당시의 자료들로 분노를 추동하는 대신 가장 소박한 휴머니티적 공감으로 광주를 바라봐주기를 주문하는 것이다.

이 영화는 현재에도 그 잔상이 드리워진 역사적 소재를 영화화하는 한 방식을 보여준다. 역사에 대한 단순한 재현이란 존재하기 어렵고 어떠한 판단이나 의도가 포함될 수밖에 없다. 그러한 측면에서 이 영화는 광주민주화운동을 다룬 다른 영화들-희생자에 집중(장선우, 〈꽃잎〉)하거나 계엄군의 죄의식에 집중한 영화(이창동, 〈박하사탕〉), 가해자에 대한 끝내지 못한 복수를 감행하려는 영화(조근현, 〈26년〉)-이 쌓아올린 레퍼런스에서 그다지 새로운 해석을 해내지 못한 것처럼 보이기도 한다. 평자에 따라서는 퇴행으로 보일 수도 있을 것이다. 그러나 길고 지난한 싸움을 통해 다시 환기되고 설명되고 인식되어야 하는 역사적 문제 앞에 이 영화는 낮게 포복하고 폭넓은 공감대를 불러일으킨다.

살아있으나 껍데기만 남은 시체, 유령 같은 인간인 아우슈비츠의 '무젤만(der Muselmann)'처럼 살지 않기 위하여 차를 돌렸던 만섭은 각성된 주체가 되었지만 끝내 공적인 치하의 자리에 모습을 드러내지 않는다. 대신 영화 속에서 그는 다시 이름 없는 한 시민으로 택시를 운행하며 광화문 거리를 지나고 있을 뿐이다. 이는 결국 한두 명의 영웅적 인물 대신 범속한 시민적 주체에게 내재되어 있을 잠재력의 가능성을 긍정하는 것으로 볼 수 있을 것이다. 광주가 다시 영화로 호명될 때는 단순한 재현이나 공감적 태도 이상으로 재해석되어야한다. 그때야 비로소 우리는 가벼워진 마음으로 광주를 경유해 돌아 나올 수 있을 것이다.

캠퍼스 장비 검색 앱

김성우
공학전문대학원 교수

지금 이 글을 읽고 있는 분이라면, 스마트폰을 꺼내 앱스토어나 구글플레이에서 '캠퍼스 장비'라고 검색해 보기 바란다. 파란색의 SNU RE2라는 아이콘이 나온다면 설치. 이 앱은 스마트 폰으로 공과대학 각 연구실과 연구소에서 보유하고 있는 장비와 시설을 손쉽게 검색해 볼 수 있게 하기 위해 만들어졌다. 장비뿐만 아니라 시제품 촬영소나 세미나실, 음향실 같은 공간도 검색이 가능하다. RE2는 REsearch REsources의 약자이다.

예를 들어 검색창에 '로봇'이라든지 '레이저', '진공'과 같은 키워드로 검색을 해보면, 해당 장비들이 캠퍼스내 어디에 있는지, 지도가 담당자 연락처와 함께 제공된다. 장비를 직접 검색해봐도 좋고 기관을 선택한 후 보유 장비를 검색해 보아도 좋다.

이 같은 앱기반 캠퍼스 장비 검색은 활용이 다양하다. 특정 장비가 필요할시 구매를 결정하기 전에 이미 운영중인 연구실에 방문하여 장비를 운영한 연구자에게 의견을 들을 수 있다. 많이 자주 사용할 것이 아니라면 잠시 빌려 쓸 수도 있을 것이다.

실제 이런 사례가 있었다. 얼음을 얼리고 깨는 실험을 해야 하는 연구원이 있었는데, 외부의 냉동고를 빌리려고 하니 보관이 아닌 이런 용도로 빌려주는 곳이 없거나 냉동차를 빌려는 것도 하루에 몇십만원이 들어 난항을 겪고 있었다. 마침 이 앱의 파일럿 버전이 있던 터라 냉동장치를 검색하여

보유한 연구실들을 알게 되어 그중 한 연구실에 연락이 닿아, 결빙 실험을 무사히 성공적으로 마칠 수가 있었다. 지난 5월의 일이다.

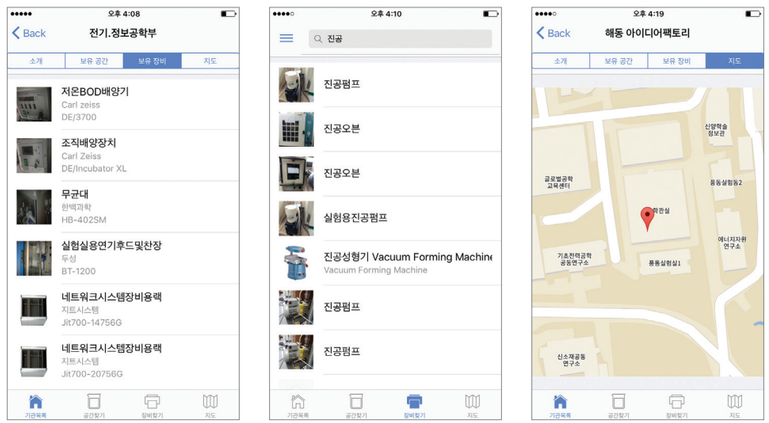
동물생체신호 측정을 해야 하는 프로젝트를 진행중인 팀의 경우 전기계측기와 전원공급장치가 필요하였는데, 범용으로 사용할 수 있는 장비를 구할 수 없어 구매를 고민하던 차에 본 앱을 통해 두 장비를 검색해 사용할 수 있게 되었다.

이 앱은 서울대 메일이 있는 교내 구성원만 사용할 수 있다. 그래도 장비를 보유한 연구실에서는 연구실원외로부터 오는 연락이 귀찮을 수도 있지만, 한편으로 새로운 연구자와도 교류를 열어 주는 계기가 될 수도 있을 것이다. 장비를 사용하려고 연락한 학부생은 대학원 연구실을 간접경험하는 기회도 될 것이다. 학교와 공대 전체로 보아도 각 장비의 가용률을 높여 줄 것이다.

아직 사진 입력과 정보가 다 되지 못한 곳도 있지만, 신규로 구입한 장비들이 등록되어 감에 따라 전체적으로 데이터가 견실 해질 것이다. 장비 사진 등을 내려 받을 때 데이터를 많이 사용하는 등 아직 여러가지로 개선할 점이 많지만, 사용하며 차츰 개선해 나갈 예정이다.

작은 변화이지만, 협동 연구와 의외의 만남이 생기길 기대해 본다.

(좌) 장비과 공간을 제공하는 학부와 연구소 목록 (중) 기관 소개 (우) 기관이 보유한 공간



(좌) 전기정보공학부가 보유한 장비목록 (중) '진공'으로 장비를 검색한 결과 (우) 공간과 장비의 위치를 나타내는 지도.

경정보트 세계적 수준으로 발전하다

김효철
조선해양공학과 명예교수

경정사업은 일본에서 1952년에 시작한 모터보트 경주사업으로서 수익금의 상당부분을 조선 기술 개발에 투입할 수 있었기에 일본은 철저하게 파괴된 조선공업을 625전쟁 중 복원할 수 있었고 일본 경제 부흥의 원동력이 되었다. 우리나라에서는 일본의 경정사업을 답습하며 올림픽 경기 후 조성된 올림픽 벨로드롬과 조정 경기장의 활용하는데 효과적이라는 논리를 앞세워 1991년 12월에 경정경륜법을 제정하였다. 법령제정이후 경륜사업은 올림픽 벨로드럼을 경륜경기장으로 즉시 활용할 수 있었고 외국산 자전거를 활용할 수 있었기에 준비기간이 단축되어 경정경기보다 앞서서 1994년에 경륜경기를 시작할 수 있었다.

이에 대하여 경정 경기를 수행하기 위하여서는 경정경기장과 경정보트가 필요하였을 뿐 아니라 실제 경기에 출전할 선수층도 충분하지 못하여 준비기간이 필요하였다. 1999년에 비로소 경정사업을 위하여 경정준비단을 발족하였으며 미사리 조정경기장의 일부에 경정경기장을 착공하게 되었고 경정 보트는 2000년에 발주하기로 계획되었다. 경정 사업에 관심을 가진 수많은 사람들은 경기를 위하여 이미 일본에서 오랜 기간 경기용으로 다듬어진 경정보트 완성품을 도입하자는 의견이 지배적이었다.

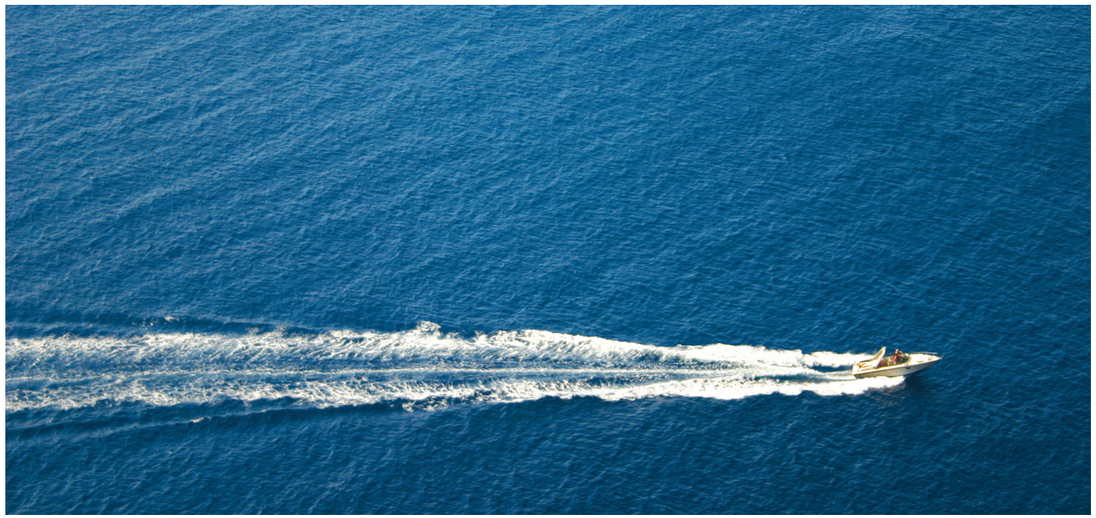
하지만 우리나라 조선기술이 세계적 수준에 이르러 있었기에 경정보트는 국산화 하여야 한다는 의견이 쉽게 받아져 국산화로 결정되었다. 조선학을 공부한 공학도로서 자존심을 지키기 위하여 경정경기에 사용할 경정보트를 설계 개발에 뛰어들어 학과의 실험실인 선형시험수조(42동)에서 일본의 자료를 참고하여 고속정 1호 시험선을 설계 개발하는데 성공하였다. 사진에 보인 것과 같은 고속정1호 시험선을 개발하였는데 경정선수 1인이 승선할 수 있는 배수량 117 kg인 소형 선박으로 실물은 미사리 경정경기장에 전시되어 있다.

실험실에서 개발한 경정경기용 고속정 1호 시험선 (길이 2.95 m × 폭 1.346 m × 높이 0.5 m ×중량 75 kg × 엔진 중량 42 kg × 엔진출력 32PS × 엔진 회전수 4500 rpm × 배수중량 117 kg × 최대 속도 75 km/hr (40.5 knots))

이를 바탕으로 실험실 출신 졸업생들이 창업한 어드밴스드 마린테크는 경정보트를 제품화하였으며 대동기계와 협력하여 경기용 모터보트에 장착할 2행정 선외기를 개발하여 2001년말 경정운영본부에 100척의 경정보트를 납품하는데 성공하였다. 새로이 납품받은 경정보트로 경정 선수들을 훈련시키며 경정사업 개장을 준비하던 경정운영본부는 끊임없이 경정보트의 개선을 요청하여왔다. 경정 경정보트를 개발하며 경기의 특성을 확실하게 이해하지 못하여 소홀히 생각한 요소들이 경정보트 성능에 중요하다는 것을 뒤늦게 깨우치는 일도 흔하였다. 경정 경기의 운용방식으로부터 경기 현장을 살피며 개선에 노력하는 도리밖에 없었다.

실제로경정 경기에서 순위는 선수의 기량에 의하여서만 결정되는 것이 아니라 경정보트의 상태와 모터의 상태에 따라서도 결정되고 있었다. 당연하지만 경정경기에 사용되는 경정보트는 품질이 균일하여 어느 경정보트를 사용하여도 대등한 성능이 보장 되어야 하였으며 경정보트를 추진하는데 사용하는 엔진과 추진기도 성능이 균일하여야 하였다. 충분히 균일한 품질의 경정보트를 제작하였다고 생각 하였으나 시간이 지나면 경정보트와 경기용 엔진의 우열이 나타나곤 하였는데 이는 경기의 기대감과 박진감을 떨어뜨리는 요인이 되는 것이었다.

경정경기는 600m 코스를 2 또는 3 바퀴를 돌아 순위를 결정하는 경기이다. 따라서 개발한 경정보트는 75km/h의 속력을 가지므로 실제 경기에 소요되는 시간은 90초에서 120초 정도에 불과하다. 속도를 높이는 것이 중요하지만 관객의 흥미를 끌 수 있는 것은 경기 중 순위의 변동이 일어날 때의 박진감이었으므로 높은 속도보다는 선회성능을 향상 시키는 것이 더욱 중요사항이 되었다. 경정경기에서 반환점을 돌아서는 선수의 조종기술과 선체의 적응성이 경기 중 순위 변경을 가져 올수 있는 주요한 요소로 나타났다.



반환점에서 순위경쟁을 벌이는 경정 선수들

실제 경정보트들이 반환점을 돌아서는 시점에 촬영한 사진을 보면, 우측 위쪽에 달리고 있는 두 척의 경정보트가 반환점을 되돌아서며 만든 파도는 가장 먼저 발생되었음을 알 수 있다. 그런데 좌측에 뒤쫓던 배가 앞선 배가 만든 파도를 가로지르며 선두로 나설 때 선미쪽에 물보라가 일어나는 것을 보여주고 있다. 경정보트로 성능을 인정받으려면 높은 속도와 동시에 우수한 조종성능이 필요하였다. 조종성능은 선체중량과 경기 중 선수의 자세변화로 인한 미소한 중심변화조차도 경기성적에 직접적으로 영향을 줄만큼 매우중요하다는 것을 확인하였다.

경정보트를 최상급의 내수합판을 사용하여 제작하였으며 충분한 방수도장을 한 상태에서 중량을 확인하고 납품 하였는데 경정보트의 중량변화가 나타나는 것이었다. 경기에서는 경정보트들은 다른 경정보트와 접촉을 일으키는 일이 흔 하였으며 경정보트가 75km/h (20.8 m/s)의 속도로 앞선 배가 만든 파도를 자르며 운행할 때 충격력을 받곤 하였다. 이때의 충격으로 선체의 도막에 작은 균열이 발생되고 이를 통하여 물이 스며들어 선체 중량이 증가하는 것으로 나타났다. 경정보트 엔진이 일으키는 굉음은 관객에게는 흥분을 불러일으키는 중요요소이었으나 주변 주민들에게는 소음이어서 민원이 되어 돌아 왔다.

선수부가 충격을 흡수하도록 개선하였고 주요치수의 변화와 운전석의 위치 등 크고 작은 항목들의 최적 값을 찾아가며 어드밴스드 마린테크는 성능개선에 힘썼을 뿐 아니라 경정사업단은 서울대학교공학연구소와 협력 체제를 구축하였고 산학협동 산업발전 T/F팀을 운영하며 선체와 엔진의 성능향상에 노력하였다. 이와 같은 노력을 경주하여 선형과 엔진을 지속적으로 개량하였는데 2007년에는 5번째의 개량형 엔진과 11번째의 개량형 경정보트가 얻어졌다. 이 과정에서 경정보트는 획기적으로 개선되어 경정보트의 수명은 일본제품의 1.5배에 해당하는 18개월 정도에 달하는 성과를 올리었다.

기술개발의 성과는 반드시 기업의 발전에 도움이 되는 것이 아니었다. 기술력은 상승하였으나 제품수명연장으로 경정보트의 사용기간이 늘어나 발주가 지연되고 발주수량이 감소하였으며 급기야 2005년에는 감사기관의 지적으로 발주가 중단되는 일이 발생하였다.

2006년 다시 경정보트 공급이 이루어 졌으나 2009년에 재차 발주가 중단 되었고 신생의 중소기업으로서는 견디기 어려운 시기를 거쳐야만 하였다. 첫 번째 경정보트를 납품한 후 10년이 되던 해인 2010년에는 납품기회가 다시 왔으나 새로운 업체의 출현으로 납품기회를 상실 하였다.

조달청 입찰에서 경정보트의 품질을 세계적 수준으로 발전시키며9년에 걸쳐 640척의 경정보트를 납품한 기술적 성과는 평가받지 못하여 신생업체에 경정보트의 납품기회가 돌아갔다. 어드밴스드 마린테크의 사업실패 원인은 첫째로 시장규모가 작은 사업인데 품질개선으로 이룩한 수명연장이 시장규모를 위축시키는 역효과를 일으켰다는 것이었으며 둘째는 사용자의 불편사항을 청취하며 품질을 개선하려는 순수한 노력이 사정기관의 눈에는 부당한 유착관계로 비쳐져 견제대상이 될 수 있다는 것을 미처 깨닫지 못하였다는 것으로 생각되었다.

조선학을 공부한 공학도의 한사람으로 최선의 노력을 하였으며 단기간에 경정보트부분에서는 세계적으로 인정받을 만큼 발전시키었다는 사실에 항상 자부심을 가지고 있다. 다만 아쉽게도 기업가의 시각을 갖추지 못하여 신생기업과의 가격경쟁에서 납품기회를 상실하였으나 자체로 축적한 기술력은 소중한 기술자산이 되었다고 생각하며 투자자의 한사람으로서 어드밴스드 마린테크의 재기의 기회가 반드시 다시 오기를 믿고 기다릴 수밖에 없는 사정이 되었다.

주) 서울공대 105호에 게재된 "나는 배와 준마처럼 달리는 배"의 칼럼 중 52면 우측 하단 15행에 경기정 300척을 제품화하여 ...는 경기정 100척을 제품화하여...의 오류임을 밝힙니다.

일본 큐슈(九州) 학술답사 기행

전효택 자원 25회
에너지자원공학과 명예교수, 수필가
서울공대 1995–97 편집장
산문집,"아쉬운 순간들 고마운 사람들"(2016)

대한자원환경지질학회의 일본 큐슈(九州)지역 화산지질과 천열수 금광산 해외학술답사가 2016년 1월18일부터 22일까지 4박5일간 개최되어 참가하였다. 학술답사에는 가이드 포함 총 27인이 참가하였으며 일정 별 답사 내용을 요약한다.

제 1 일 (1월18일) 흐리고 비, 맑음.

인천공항 출발이 오전 9시여서 새벽부터 서둘러야 했다. 집에서의 출발이 새벽 5: 20– 공항버스로 인천공항에 도착하니 7시경. 이미 도착한 낯익은 얼굴들과 오랜만에 반가운 악수를 한다. 아시아나(OZ132)는 9: 25 이륙, 10: 40 경 후쿠오카(福岡) 공항에 도착 –기내에서의 샌드위치와 커피는 아침 식사를 놓친 허기를 달래주기에 충분했다. 인천공항 출국장에서의 엄청난 여행객에 놀라고 짐 검사와 소지품 검사의 긴 줄에 다시 놀라며 이 계절에는 적어도 출발 3시간 전에 공항에 나와야 여유 있게 탑승 게이트에 갈 수 있을 듯하다. 11: 40 경 후쿠오카공항에 대기된 버스에 올라 식당으로 향했다. 후쿠오카 공항은 시내 중심가인 텐진역에서 또한 하카타역에서 5분 내지 10분 정도 걸리는 가까운 거리이다. 이번 답사의 가이드는 민짱(충남 서천 출신, 일본과 미국에서 수년 거주– 북해도와 오키나와 등지의 전문분야 투어 가이드 3년 경력, 모교 농대 출신이며 H대 대학원에서 융합관광 전공한 학구파이며 일본 가이드 전문가)이다. 식당 후요(芙蓉)에서 점심식사– 전형적인 일본식 일인용 밥상이다. 12: 30 경 식당 출발 – 약 2시간 반 운젠(雲仙)으로 이동하였다. 가이드는 중간 중간 일본의 식사와 호텔 문화, 일본의 4개 큰 섬, 일본의 역사와 지리(화산 열도) 및 기후, 오늘의 숙소를 소개하였다.

운젠(雲仙) 지역을 표시하는 안내비와 운젠 지옥 안내도.

나가사키(長崎) 고속도로 오른쪽에서 해안이 보이기 시작한 시각이 오후 1: 50 경.– 나가사키는 유명한 관광지이나 이번 지질답사에는 포함되어 있지 않다. 17– 19세기 일본이 외국의 문물을 받아들인 유일한 항구이며 일본 천주교의 발상지이고 네델란드 동인도 회사의 무역사무실이 설치된 곳이다. 푸치니의 오페라 '나비부인'의 무대인 도시이며 원폭이 투하된 장소(1945년 8월 9일)이기도 하다. 이번에는 지나기만 하지만 다음에 기회 있을 때 방문하여야지 기대한다.

필자는 큐슈의 이번 방문이 네 번째이다. 한국자원공학회 대표로 일본자원소재학회 추계연차총회에 초청강연 차 후쿠오카에 위치한 큐슈대학을 방문하였고(1998), 미나마타(水俣) 수은연구소에서 개최된 국제학술회의에 초청연사로서 중금속오염 강연 차 방문하였다(2003).
세 번째는 수년 전 고교 절친들과 부부동반으로 아소 화산지역과 벳부 온천지역을 관광차 방문한 적이 있다. 일본을 방문할 때 마다 느끼는 깨끗하고 아담한 거리와 지방 풍경, 질서 정연하고 안전한 분위기는 여전하다.

오후 3시경 운젠(雲仙) 지옥 계곡에 들어서자 유황 냄새와 솟아오르는 하얀 가스를 볼 수 있고 지표면 곳곳에 노란 유황 입자를 관찰할 수 있었다. 운젠을 최초로 개방한 사람은 AD 701년 나라시대의 명승인 교키(行基)라 하며, 당시 운젠은 여성 금지의 영산으로서 서쪽의 고우이산(高野山)이라고 불릴 정도로 번성하였고 분기장소에는 당시의 불교신화에 의거한 이름이 많이 지어졌다 한다. 일본 최초로 1934년에 국립공원이 되었고, 1956년에 아마쿠사(天草) 지역이 추가되어 운젠–아마쿠사 국립공원이 되었다. 운젠 지옥은 시마바라(島原) 반도 중앙에 우뚝 솟은 운젠다케(雲仙岳) 화산의 호흡을 관찰할 수 있는 장소이며 운젠다케의 마그마 공간은 이곳 서쪽의 다치바나만 해저 밑에 있다고 알려져 있다.

운젠다케의 주봉인 후겐다케(普賢岳)의 헤이세이(平成: 일본의 시대 구분으로 1989년 1월 8일부터 현재에 이름) 분화시(1990–1995년)에는 마그마 방(chamber)에서 마그마가 상승하여 화구를 통해 분출되었지만 평소에는 화산가스만 상승하고 있으며 지하수나 빗물이 섞여 온천이 된다 하였다. 오바마(小浜) 온천, 운젠 온천, 시마바라 온천은 동일한 마그마 방에서 유래되지만 마그마 방으로 부터의 거리에 따라서 화산가스의 성분이 변화하기 때문에 각각 수질과 색상에 차이가 있다. 운젠 지옥은 고온의 황화수소가 지표의 암석을 녹여 하얀 진흙을 만들고, 하얀 분기와 함께 주변 일대를 뒤덮은 모습이 마치 생명체가 없는 것처럼 보여서 지옥으로 불린다 한다. 실제로는 하늘지기와 철쭉류 같은 황화수소에 비교적 강한 식물이 분포하며 독특한 생태계를 형성하고 있다.
골짜기의 지옥 이름도 오이토 지옥(남편을 죽인 오이토라는 여인이 처형될 무렵 이 지옥이 분출됨. '가정을 어지럽히면 지옥에 떨어진다'는 지옥), 하치만(八萬) 지옥(불교에서 말하는 인간의 마음속에 84,000 가지의 잘못된 행동), 다이쿄칸(大叫喚: 지옥에서 외치는 소리와 울부짖는 소리를 의미) 지옥 등의 이름이 붙어 있다.

지옥 온천 계곡은 과거 귀족이나 무사 계급의 휴양지, 부상병의 휴양소, 신혼 여행지로 유명하다. 약 1시간여의 답사 후 구불구불한 왕복 2차선 산길 도로를 따라 오후 4:30 경 후겐다케(普賢岳, 해발 1,359 m) 하부 도로변에서 최근(1990– 1993년)에 분출된 화산재와 파편 퇴적층을 관찰하였다. 운젠화산지역 지질공원에서 나온 M박사는 이 지역의 화산 활동을 1990년 분화 시 직접 조사하였다 하며 지표면에 나타난 1990–1993년에 분출된 화산재 퇴적층 노두를 직접 보여주며 노두 사진 및 퇴적 단면도를 자세히 설명하였고(사진 참조), 이 일대의 화산 지질과 화산 분출 및 피해지역을 정밀지질도로 보여주며 명쾌하게 설명하여 주었다. 1990년에 일어난 대폭발로 43명이 희생되었고 후겐다케(普賢岳)에서 화산분출토사물이 동쪽 방향으로 7.5 km 이상 해안 까지 흘러간 흔적이 지질도에 나타나고 있다. 이날 저녁 묵게 될 난푸로(南風樓) 호텔 위치도 원래는 바다였으나 화산토사가 매몰된 곳이라 하였다. 오후 6시경까지 운젠다케(雲仙岳)재해기념관을 방문하여 전시장을 견학하고 화산폭발 및 매몰의 입체 영상을 감상하였다. 퇴근 시간 무렵까지 기념관 직원들이 보여준 친절, 특히 버스가 출발할 때 까지 손을 흔들며 작별 인사를 하여주는 배려가 고맙고 본받을 만 하였다.

숙소는 시마바라(島原) 반도 서안 부근의 난푸로(南風樓) 호텔– 저녁 식사는 일본 전통요리인 가이세키 요리였다. 필자가 묵은 방은 난방이 불량하여 춥고 전형적인 일본식 다다미방이었다. 거실의 크기가 다다미 12매, 침실은 다다미 6매 크기의 방이어서 필자가 36년 전 토쿄대학 유학시절의 월세 방이 다다미 4매의 방 크기(책상 옆에 누우면 꽉 차는 공간)가 생각나서 세월이 지나며 참으로 많이 좋아졌다는 느낌이 들었다.

※ 본 칼럼은 106호와 107호, 2회에 걸쳐 연재합니다

운젠(雲仙) 지옥 계곡. 노란색의 유황 침전물이 잘 보이고 있음.

후겐다케(普賢岳) 화산 하부 도로변에서 최근(1990– 1993년)에 분출된 화산재와 파편 퇴적층이며 이 기간에 지표면에 분출된 화산재 퇴적층을 보여주고 있음. 부처님이 누운 형태라는 후겐(普賢)사마. 지난 1990년의 대폭발로 43명이 희생되었으며 분출된 토사들은 동쪽으로 7.5 km 떨어진 해안까지 흘러간 흔적이 지질도에 나타나 있음.

제네바와 레만 호수 출처: https://commons.wikimedia.org

대학과 도시 4 제네바

한광야
동국대학교 건축공학부
도시설계전공 교수

제네바(Geneva)는 서유럽의 내륙 도시들이 알프스를 넘어 로마로 향하는 교역길(Saône-Rhône axis)의 입부이며 경계지이다. 제네바는 역사 속에서 남쪽에 입지한 리옹(Lyon)과 이 지역상권을 두고 경쟁했으며, 같은 이유로 이탈리아-프랑스-독일의 문화권에서 이념, 지식, 자본의 은신처였다. 또한 이곳은 알프스 몽블랑 산의 빙수가 흘러 모이는 목으로, 특히 연중 0-18℃의 온화한 기온으로 방문객을 모아왔다.

'프로테스탄스 로마'로 불려온 제네바가 우리에게 특별한 것은, 16세기에 로마캐톨릭교의 지배체제를 개혁하려는 의지와 이를 실현화하기 위한 법과 교육 체계를 마련해온 지식사회였기 때문이다. 제네바는 개혁가인 장 칼뱅(Jean Calvin, 1509 - 1564)의 주도와 도시의회(Conseil Général)의 협력으로 인간의 유토피아적 이상을 실제 도시환경으로 어떻게 구현하고, 이러한 변화를 위해 시민들은 무엇을 준비해야 하는가를 보여주었던 보기 드문 사례 도시이다.

물론 제네바는 몽블랑 빙수의 흐름을 이해하고 이를 공학으로 승화시켜 현대 분수의 대명사의 '제도 분수(Jet d'Eau, 1886)'를 완성했으며, 15세기부터 이곳으로 이주해온 세공 장인들이 구축해온 세계 시계생산의 메카인 '와치 발리(Watch Valley)'의 시작 거점이며, 이념의 경계를 넘은 사람과 자본이 모여온 국제연합의 기관들과 국제 은행들의 중심이다.

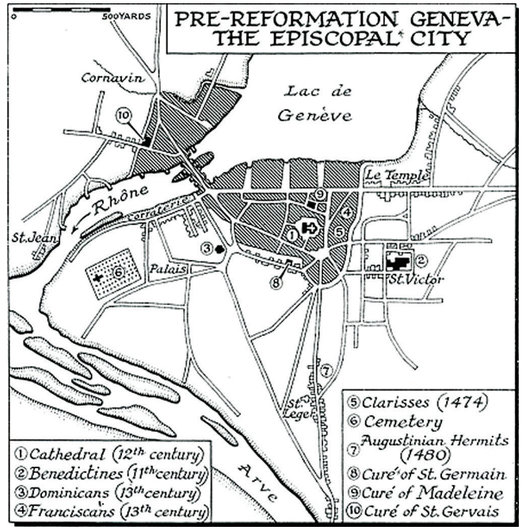
제네바는 레만 호수(Lac de Leman)를 바라보는 트랑체 언덕(Plateau des Tranchées)을 중심으로 뢰네 강(Le Rhône)의 동쪽과 서쪽에 나누어져 형성되어 성장해왔다. 제나바는 이 호수를 가로질러 북쪽으로 프랑스문화권의 프리보르그(Fribourg), 독일문화권의 베른(Bern)

과 로잔(Lausanne), 그리고 멀리 라인 강의 바젤(Basel), 프라이버그(Freiburg), 스트라스부르그와도 연결되었다. 또한 이곳은 뢰네 강을 따라 남쪽의 지중해와 동남쪽의 이탈리아로 연결되는 리옹과 지역상권을 두고 오랫동안 경쟁해온 상인의 도시였다.

제네바의 트랑체 언덕 위의 현재 오트빌(Hauteville)에 주거지가 처음 형성된 계기는 BC 121년 현대 스위스인의 조상인 켈틱-헬베티(Celtic-Helvetii) 족에 의해서였다. 이후 이곳에는 BC 1세기부터 로마제국의 군사거점인 '지나바(Genava)'로 기능했다. 당시 지나바의 상징적 중심부는 현재 생피에레 대성당(Cathedrale St. Pierre Geneva, 313) 부지에 입지했던 신전이었고, 일상의 중심부였던 포럼이 현재 플라스 두 부르그 드 푸르(Place du Bourg de Four)에 자리잡았다.

제네바에 지식생산 인프라가 갖춰진 시점은 프랑크 왕국의 카롤링거 왕조(Carolingian Dynasty, 580-, 686-, 800 - 924)의 지배하인 8세기이며, 이후 첫번째 도성이 11세기에 조성되었다. 이 시기에 제네바는 트랑체 언덕을 중심으로 주교와 성직자, 귀족, 시민의 세 그룹들이 그 신분에 따라 윗동네(Hauteville)와 항구에 면한 아랫동네(Basville)에 나누어 거주했다. 물론 플라스 두 부르그 드 푸르에는 주교와 성직자, 귀족의 주택들이 입지했다.

이 즈음 제네바에는 '카롤링 르네상스(Carolingian Renaissance, 740-840)'의 영향 하에 대성당의 성당학교가 본격적으로 기능했으며, 도성 외부에 조성되기 시작한 교구성당들이 제네바의 도시



제네바, 1536년 이전
출처: Monter, Willam (Calvin's Geneva, 1967)

확장을 주도했다. 당시 '수도자들은 도시의 수도원에서 주교와 함께 생활해야 한다'는 카롤링 르네상스 개혁의 원칙에 따라 도성 외부에 입지한 다수의 묘지와 신전들이 수도원으로 개조되었다. 특히 제네바의 성피에르 대성당이 1160년 신축되면서, 이를 중심으로 도성의 내외 부에 일군의 로마캐톨릭 교구성당과 베네딕트, 프란체스칸, 도미니칸, 아우구스트 교파들의 다수의 수도원들이 기능했다.

제네바, 1704-1720 출처: http://www.bergbook.com

제네바의 로마 포럼이며 중앙시장이었던 플라스 두 부르 드 푸르 출처: 한광야, 2013

이 시기의 제네바의 수도자들은 캐톨릭 제네바를 상업도시로 변화시킨 주체였으며, 도시중심부의 성피에르 대성당은 '제네바 페어(Foire de Geneva)'의 자랑스러운 배경이 되었다. 또한 13세기에 베네치아의 해상무역이 급증하면서, 베네치아와 이 지역을 연결하는 알프스의 상업루트가 빠르게 성장했다. 이를 제네바는 14세기에 신성로마제국으로부터 도시의 자치행정권(charter)를 획득하고, 로마캐톨릭교의 지배하의 '스위스캔톤 연맹(Alte Eidgenossenschaft, 1315)'의 구성원으로 상업거점으로 성장했다.

제네바 패어가 언제부터 시작되었는지 확인되지 않으나, 그 시점은 주변에 개최되었던 리옹 패어(Foire de Lyon, 1463) 보다 이른 14세기로 추측된다. 제네바 패어는 플라스 두 부르그 드 푸르를 중심으로 제네바의 중심가로인 그랑 뤼(Grand Rue) - 뤼 드 로텔 드 빌(Rue de l'Hotel de Ville)을 통해서 시청(Maison de Ville, 1455)를 따라 개장했으며, 독일 남부와 스위스에서 생산되는 의류, 금속, 무기 등을 매매했다. 이 과정에서 제네바는 리옹과 함께 외국 상인들의 자금세탁을 위한 은신처로 이용되었다.

제네바가 로마캐톨릭의 지배를 받는 스위스캔톤 연맹을 탈퇴하고 프로테스탄트의 도시-국가를 선언한 것은 1536년이다. 당시 제네바는 먼저 프로테스탄트교로 개종한 베른(Bern)과 군사동맹을 맺고 로마교황청의 요구를 거절했으며, 독립된 도시행정을 갈구한 제네바 시민들은 프로테스탄트의 도시임을 공포했다.

이 즈음이 파리대학교에서 수학하고 스트라스부르그와 베른에서 캐톨릭 개혁가로서 활동했던 귀욤 파렐(Guillaume Farel, 1489 - 1565)이 1532년부터 제네바에 머무른 시점이다. 그리고 귀욤 파렐은 쟝 칼뱅을 초대하여 제네바의 개혁을 추진했다. 쟝 칼뱅은 파리의 몽테규 컬리지(College de Montaigu, 현재 Université de Paris)과 오를레앙 대학교에서 수학한 법률가였다.

쟝 칼뱅은 그의 개혁에 동참하는 다수의 개혁가들과 함께 1536년 제네바로 이주해왔다. 이들은 제네바의 생산자본과 상업체제를 변화시켰고, 특히 프로테스탄트교의 선교를 위한 성서와 신학연구들을 출판했다. 당시 이주자들 중에는 프랑스 사전편집자였던 로버트 에스티엔(Robert Estienne, 1503-1559)와 그의 아들인 그리스 로마의 고전학자인 앙리 에스티엔(Henri Estienne)를 중심으로 다수의 출판가들이 포함되었다. 제네바는 1537년 베른의 인구인 4,000명을 앞지르며, 인구 10,300명의 도시로 성장했으며, 1538-1560년 도성을 증축했다.

로마캐톨릭교의 개혁가이며 법학자였던 쟝 칼뱅이 제네바에서 실현하고자 했던 이상도시는 과연 어떤 곳이었을까?

쟝 칼뱅이 추구했던 이상도시는 로마캐톨릭교로부터 독립된 도시

제네바 컬리지, 19세기의 판화 출처: https://commons.wikimedia.org

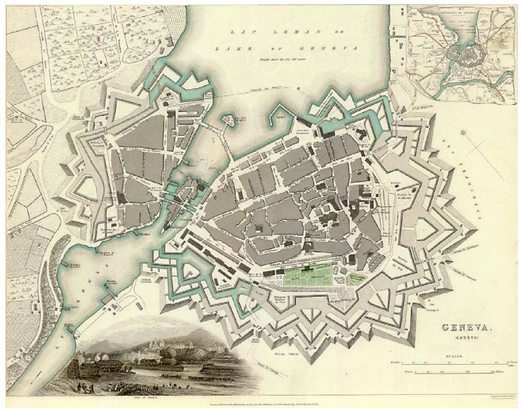
행정과 이를 실현하기 위한 교육체계를 갖춘 사회였다. 이러한 가치는 쟝 칼뱅이 출판한 '크리스챤의 법(Christianae Religionis Institutio, 1536)에 근거해 구현되었고, 이후 '교회법(Ordonnaces Ecclesiastiques, 1541)'은 기존의 로마캐톨릭 주교를 중심으로 단일화된 도시의 지배구조로부터 도시행정을 분리했다. 이를 위해 그는 종교적인 교회기능을 가진 '컨시스토리(Consistory)'와 도시입법체인 '도시의회(Conseil Général)'를 독립시켜 운영했다. 이 과정에서 로마캐톨릭교 세력이 소유했던 다수의 성당과 수도원의 소유권이 시정부로 이전되었다.

특히 쟝 칼뱅의 주도에 따라 도시의회가 입법한 '제네바 행정법(Edits Civils de la République de Genève, 1543, 1568)'과 '제네바 학교법(Leges Academiae Genevensis, 1559)'은 아이들의 도덕교육을 통해 도시민의 도덕적 부패를 미연에 방지하는 교육체계를 구축했다. 이를 위해 아동들의 의무교육과 빈곤층 교육을 위한 '제네바 컬리지(Collège de Genève, 1559, 현재 Collège Calvin)'가 현재 뤼 두 뷔 콜레지(Rue du Vieux College)에 설립되었다.

제네바의 생피에레 대성당 출처: 한광야, 2013

제네바의 뤼 콜리지와 템플 마델린, 2013 출처: 한광야

제네바, 1850 출처: https://commons.wikimedia.org



또한 쟝 칼뱅과 데오도르 드 베제(Théodor de Bèze, 1519-1605)는 제네바의 행정을 책임질 행정가와 도시의회를 위해 도시행정법을 작성하는 법률가와 법학자를 교육하고, 컨시스터리를 구성하는 목사의 양성학교인 '스콜라 제네벤시스 신학교와 법학교(Schola Genevensis, 1559)'를 설립했다. 스콜라 제네벤시스는 개교 당시 162명의 재학생으로부터 6년후 재학생이 1,600명으로 성장했으며, 특히 다수의 재학생이 외국학생들이었다. 이들은 신학, 법학, 수사학, 철학, 물리학, 역사, 그리스어, 히브리어 등을 중심으로 인문학 교육을 받았다. 스콜라 제네벤시스는 이후 '제네바 아카데미(Genevan Academy)'로 개명되었고, 현재 '제네바 대학교(Universite de Geneve)'로 성장했다.

제네바는 쟝 칼뱅의 이상적 세계관을 담은 도시행정과 교육체계의 개혁을 통해, 이후 유럽 프로테스탄트 도시들의 모델로서 확산되었다. 제네바는 이 시기에 잉글랜드의 퓨리탄(Puritans), 네델란드의 개혁운동(Dutch Reformed), 프랑스의 위그노(Huguenots), 독일의 2차 종교개혁(Second Reformation) 등을 포함해 캐톨릭개혁의 핵심부가 되었다. 무엇보다 제네바와 스콜라 제네벤시스는 이후 잉글랜드와 네덜란드의 아메리카 식민지에 조성된 다수의 학교들의 모델로 전파되었다.

제네바(Ville de Genève)의 인구는 198,072명(2015), 그리고 제네바 대학교의 대학인구는 약 23,030명(대학생 16,530명과 교직원 약6,500명)이다.

※ 원고는 대학과 도시(한울, 2017)의 일부 내용을 편집하여 완성되었습니다.

제네바 대학교 본관 출처: 한광야, 2015

수상 및 연구 성과

서울대 공대, 국제대회마다 줄줄이 석권

– 로봇, 딥러닝 등 첨단 분야 두각 나타내

최근 서울대 공대가 출전하는 국제대회마다 좋은 성적을 거두며 세계적으로도 두각을 나타내고 있다. 지난해부터 올해까지 국제 로보컵 대회, 초고해상도 영상 복원 챌린지, 고장 예지 및 건전성 관리 국제대회 등에 참가해 연이은 우승을 석권해 왔다.

서울대 공대 연구팀들이 우승한 대회는 로봇, 인공지능, 항법장치, 고장예지 등 분야 또한 다양하다. 그 중에서도 로봇, 딥러닝, IoT 플랫폼 등 컴퓨터 및 프로그래밍 분야에서 세계 최고의 실력을 선보여 눈길을 끌었다.

먼저 컴퓨터공학부 하순회 교수팀은 CVPR 2017 저전력 이미지 인식 챌린지 세계대회에서 우승한 데 이어, ACM SIGDA University Demonstration at DAC에서도 우승을 차지해 화제를 모았다. 연구팀은 모바일 기기에서 배터리 소모를 줄이면서도 정확도를 높이는 딥러닝 기반의 물체 인식 기술과 음성으로 명령을 내려 수행시키는 개인 비서형 IoT 플랫폼을 각각 개발해 최고점을 받았다.

컴퓨터공학부 장병탁 교수팀은 2017 국제 로보컵 대회에서 우승을 거머쥐었다. 연구팀은 일상 환경에서 사람 찾기, 레스토랑 주문, 고난도 심부름 등 서비스 임무부터 딥러닝 기반 시각대화를 수행하는 첨단 소셜 홈로봇 AUPAIR를 개발해 우승을 차지했다.

지난해에는 기계항공공학부 조규진 교수팀이 제1회 로보소프트 그랜드 챌린지 세계 대회에서 우승하며 소프트 로보틱스라는 신생 분야에서 괄목할 만한 성과를 내놨다. 연구팀은 '스누맥스'라는 바퀴형 로봇을 선보여 장애물 피하기, 계단 오르기, 물체 집기 등의 과제를 성공적으로 수행했다.

전기정보공학부 이경무 교수팀은 초고해상도 영상 복원 챌린지 세계대회에서 향상된 딥러닝 이용한 초고해상도 기법 알고리즘으로 우승을 견인했다. 초고해상도 영상 복원 기술은 차세대 영상 처리의 핵심 기술로서 자율주행 자동차, 지능 로봇, 감시 카메라, 위성 및 의료 영상 등의 분야에서 물체 및 사람을 인식하고 고차원 영상을 분석하는 성능을 대폭 향상시킬 수 있다.

가장 최근에는 기계항공공학부 윤병동 교수팀이 고장 예지 및 건전성 관리 국제대회에서 1, 2위를 차지했다. 연구팀은 화력 발전소 고장에 대한 예측 기술을 선보이며 우리나라 발전소의 정비 문화를 새롭게 인식시키는 중요한 전환점을 마련했다. 그 결과 2014년과 2015년에 이어 연속으로 우승을 독차지하며 세계적인 예측 기술을 자랑했다.

기계항공공학부 박찬국 교수팀은 2017 마이크로소프트 주관 국제 실내 측위 경연대회에 참가했다. 연구팀은 실시간으로 위치를 인식하는 이 대회에서 아쉽게 2위를 수상했지만, 우승팀 못지않은 성과를 제시했다. 신발과 종아리에 부착한 가속도 센서와 자이로만을 사용해 실시간 보행항법 시스템을 개발해 2.415m의 위치 정확도를 기록했다.

학부 학생들의 대회 출전도 활발하다. 학부생으로 꾸려진 서울대 팀이 미국컴퓨터협회(ACM)가 주최하는 국제 대학생 프로그래밍 경진대회(ICPC)에 출전해 금메달(3위)을 획득했다. 우리나라 팀이 이 대회에서 금메달을 딴 것은 이번이 처음이다.

수상 및 연구 성과

'이달의 과학기술인' 6월 수상자로 선정

강기석 재료공학부 교수

미래창조과학부가 주최하고 한국연구재단과 서울경제신문이 공동주관하는 '이달의 과학기술인' 6월 수상자로 선정된 강기석 서울대 재료공학부 교수는 차세대 이차전지로 꼽히는 리튬공기 전지의 효율을 획기적으로 향상시켰다. 리튬공기 전지는 리튬이온 전지를 대체할 미래형 전지 중 하나로 손꼽힌다. 강기석 교수 연구팀은 기존 리튬-공기전지의 충전시 많은 에너지 소모 및 급격히 떨어지는 성능 등 낮은 효율과 짧은 수명과 같은 문제의 해법으로 이론적 촉매설계법을 제시하였다. 이러한 설계법은 전지의 효율적이고 빠른 충전을 가능케 한다. 또한 연구팀은 리튬과 산소의 분리를 효율화 하는 액상 촉매군 원천 기술 개발 성공을 통해 전지의 수명 연장 가능성을 높였다. 강 교수는 차세대 이차전지의 핵심인 '소재'에 대한 효율적 설계 원천 기술을 통해 미래전지 개발 응용 및 관련 산업 발전 기여에 대한 기대로 연구의 의의를 설명했다.

'2017 미국약물전달학회' 최고 논문상 수상

황석연 화학생물공학부 교수팀

화학생물공학부 황석연 교수와 생체모방재료 및 줄기세포 공학 연구실이 발표한 콜라겐 섬유 가교 및 연골판 조직 공학 기술 관련 논문이 2017년 미국약물전달학회(Controlled Release Society, CRS) 최고논문상을 수상했다. 황 교수 연구팀이 발표한 논문 "Riboflavin-induced photo-crosslinking of collagen hydrogel and its application in meniscus tissue engineering"은 미국약물전달학회 학회지 'DDTR(Drug Delivery and Translational Research)'에서 2016년도 발표된 논문 중에서 가장 의미 있는 논문으로 인정받아 최고논문상을 받게 됐다. 연구팀은 이 논문을 통해 UV 또는 가시광선 노출 하에 이루어지는 비타민 B2 라이보플라빈의 라디칼 반응을 이용한 콜라겐 섬유 가교 반응을 제시했다. 이를 통해 안전하고 기계적 물성이 뛰어난 콜라겐 기반 생채재료를 사용해 연골판 조직형성에 활용했다.

'2017 국제 로보컵 대회' 우승

장병탁 컴퓨터공학부 교수팀

장병탁 교수 연구팀이 7월 30일 일본 나고야시 국제전시장에서 개최된 2017 국제 로보컵 대회(RoboCup)에서 우승했다. 연구팀의 인공지능 로봇 AUPAIR는 가정과 같은 일상 환경에서 서비스 임무를 수행하는 소셜 홈로봇 부문의 8개 시나리오 과제를 모두 최고의 점수로 통과하여 종합 1위를 차지했다. 이들은 경기 1일, 2일차에 사람 찾기, 칵테일 파티, 가정 환경 심부름 등의 부문에서 모두 1위로 4강에 진출했다. 이어 2일, 3일차에는 레스토랑 주문, 투어 가이드, 고난도 심부름 등의 시나리오에서도 모두 1위를 하여 결승전에 진출했다. 마지막 결승 과제는 장기자랑으로, AUPAIR 로봇은 딥러닝 기반 시각대화 능력을 데모하여 호주 시드니 공대(University of Technology Sydney)를 큰 점수차로 누르고 우승했다.

'초고해상도 영상 복원 챌린지 세계대회' 우승

이경무 전기정보공학부 교수팀

전기정보공학부 이경무 교수 연구팀(석박통합과정 임비, 손상현, 김희원, 나승준)은 '초고해상도 영상 복원 챌린지 (NTIRE 2017 Image Super-Resolution Challenge) 세계대회'에서 '향상된 딥러닝을 이용한 초고해상도 기법' 알고리즘으로 우승을 차지한 동시에 최우수 논문상도 수상했다. 초고해상도 영상 복원 기술은 차세대 영상 처리의 핵심 기술로서 화질 개선을 통해 자율주행 자동차, 지능 로봇, 감시 카메라, 위성 및 의료 영상 등 다양한 분야에서 물체 및 사람 인식, 고차원 영상 분석 등의 성능을 향상시킬 수 있다. 이 교수는 "새롭게 제안된 딥러닝 기반 초고해상도 알고리즘으로 기존에는 어려웠던 8배, 16배의 배율까지도 원본 영상에 가깝게 복원 할 수 있다"며 "이를 이용하면 저가의 영상 장비로도 고가 장비의 성능을 낼 수 있어 가치가 높고, 활용 범위도 넓어 의미가 있다"고 설명했다.

수상 및 연구 성과

'DAC 2017 University Demonstration'에서 수상

하순회 컴퓨터공학부 교수팀

컴퓨터공학부 하순회 교수 연구팀(석박통합과정 강진택, 강동현, 홍혜선, 이현재, 학부생 인턴 김진명)이 미국 텍사스에서 지난 6월 20일(현지시간) 개최된 '29th ACM SIGDA University Demonstration at DAC'에서 '서비스 지향 사물 인터넷 플랫폼 SoPIoT'을 시연함으로써 'Best University Demonstration Award'를 수상했다. 연구팀이 시연한 서비스 지향 사물 인터넷 플랫폼 SoPIoT은 카메라 가까이 접근하는 사람의 사진을 찍고, 그 사람의 얼굴 표정으로 감정을 판단하며, 찍은 사진을 메일로 전송하는 시나리오를 시연하였는데 심사 위원 및 참관자들의 많은 관심을 받았다. 하 교수는 "향후에는 사람이 말로 자신이 원하는 바를 표현하면 이를 인식하고 IoT 기기들에게 적절한 명령을 내려, 원하는 바를 수행하는 개인 비서형 IoT 플랫폼이 등장할 것으로 예상된다"며 "본 데모에서 시연한 SoPIoT가 그런 차세대 IoT 플랫폼에 해당된다"고 말했다.

'저전력 이미지 인식 챌린지 세계 대회 LPIRC 2017' 우승

하순회 컴퓨터공학부 교수팀

컴퓨터공학부 하순회 교수 연구팀(석박통합과정 강두석, 강동현)이 미국 하와이에서 개최된 저전력 이미지 인식 챌린지 'LPIRC 2017'(Low-Power Image Recognition Challenge 2017) 세계대회에서 우승했다. 올해 대회 목표는 2만장의 이미지에 있는 물체들을 10분 내에 인식하는 것으로, 소모 전력 대비 인식의 정확도를 측정하여 수상작을 결정했다. 연구팀은 컴퓨터공학부 하순회 교수와 유승주 교수의 공동 지도를 받아 최적 알고리즘 선정, 알고리즘 병렬화, 단계별 최적 기술 탐색, 프로세서 효율 균등화 등의 목표 지향 방법론을 적용해 2위와 큰 격차로 1위를 차지했다. 앞으로 배터리로 구동되는 스마트폰이나 소형 로봇 등 다양한 형태의 모바일 기기에서 물체를 인식하는 응용이 많아지고 있는 만큼, 전력 소모를 줄이면서 정확도를 높이는 딥러닝 기반의 물체 인식 기술은 중요한 연구 분야로 주목받고 있다.

'국가 슈퍼 컴퓨팅 경진대회'에서 대상 · 최우수상 · 우수상 수상

이재진 컴퓨터공학부 교수팀

컴퓨터공학부 이재진 교수 연구팀(석박통합과정 김희훈, 김형모, 오평석, 석사과정 도영동, 박지영, 김정욱)이 울산과학기술원(UNIST)에서 지난 7월 27, 28일 열린 '2017 국가슈퍼컴퓨팅 경진대회'에서 대상(김희훈, 오평석), 최우수상(김형모, 도영동), 우수상(박지영, 김정욱)을 수상했다. 국가슈퍼컴퓨팅 경진대회는 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서 주최한 것으로, 주어진 문제를 고성능컴퓨터를 활용하여 정해진 시간 내에 해결하는 대회다. 이 대회는 학부, 대학원 두 가지 평가부문으로 나뉘며, 대학원 부문의 경우 총 6개 팀을 시상한다(대상 1팀, 최우수상 2팀, 우수상 3팀). 이재진 교수 연구팀에서는 총 3팀으로 참가하여 각각 대상, 최우수상, 우수상을 수상했다.

'고장 예지 및 건전성 관리 국제대회'에서 1,2위 석권

윤병동 기계항공공학부 교수팀

기계항공공학부 윤병동 교수 연구팀이 지난 7월 12일~15일 제주도에서 열린 고장 예지 및 건전성 관리 데이터 챌린지 국제대회에 참가해 1, 2위를 석권했다. 이 대회는 산업 현장에서 발생하는 실제 데이터를 통해 시스템의 가동을 예측하는 과정에서 우수한 성적을 도출한 팀을 가리는 국제대회다. 1위로 선정된 SHRMer팀은 주파수 분석과 Cepstrum을 이용하여 시간에 따른 진동 특성 변화를 파악한 후에, Weighted Regression 기법을 통하여 정확한 고장 시점을 예측하는데 성공했다. 더불어 2위로 선정된 Starling팀은 Wavelet Decomposition Packet 기술을 이용하여 고장 신호들을 분리해내고, 자기상관함수(Autocorrelation Function)를 이용하여 다양한 조건에서의 고장을 예측하는 방법을 제안했다. 이번 대회에서 제시한 운 교수 연구팀의 접근법 및 결과는 고장 예지 및 건전성 관리 관련 국제학술지에 초청 논문으로 출간될 예정이다.

수상 및 연구 성과

한국인 최초로 '제26회 ICDERS 젊은 연구자상' 수상

김보훈 기계항공공학부 박사

기계항공공학부 김보훈 박사(지도교수 여재익)가 제26회 ICDERS(International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems) 대회에서 한국인 참가자 최초로 'John H. S. Lee 젊은 연구자상'을 수상했다. 이번 대회에서 김보훈 박사는 다양한 연소폭발공학 분야에 적용될 수 있는 수학적 모델을 개발했다. 김 박사는 "ICDERS에서 한국인 참가자 최초로 젊은 연구자상을 수상하게 되어 영광이다"라며 "이번에 개발한 모델이 신규 개발된 탄두, 탄약의 성능 검증과 첨단 무기 체계 및 항공우주 분야에 널리 적용될 수 있는 핵심 기술로 인정받았다는 의미라 더욱 뜻깊다"고 소감을 말했다

.

신약 검사 패러다임 바꿀 단백질 기반 분석 기술 개발

장정식 · 박태현 화학생물공학부 교수

화학생물공학부 장정식 · 박태현 교수와 한국생명공학연구원 권오석 선임연구원의 공동 연구팀이 단백질(도파민 수용체)이 결합한 전도성 나노튜브 기반 신규 바이오 전자센서 개발에 성공했다. 연구팀은 수 나노미터 두께 전도성 고분자를 나노 박막 형태로 튜브 표면에 코팅함으로써 도파민과 물리적 흡착이 발생하는 기존 탄소나노튜브의 한계를 보완했다. 이렇게 제조된 단백질 기반 구조는 도파민 구조에 감응성이 매우 높을 뿐만 아니라 정량적인 반응을 확인할 수 있어 신약 분석에 효율적으로 활용할 수 있다. 연구팀은 "기존 세포 기반 신약 검사 방법을 단백질 기반의 신약 스크리닝 방법으로 대체할 수 있음을 세계 최초로 입증했다"며 "시간과 비용을 줄여 우리나라 신약 개발 산업의 국제적 경쟁력을 강화하는 계기가 될 것"이라고 설명했다.

2017 '창의선도 신진연구자' 선정

이태우 재료공학부 교수

이종호 전기정보공학부 교수

임영섭 조선해양공학과 교수

김건희 컴퓨터공학부 교수

재료공학부 이태우 교수, 전기정보공학부 이종호 교수, 조선해양공학과 임영섭 교수, 컴퓨터공학부 김건희 교수 4인이 서울대 2017년 '창의선도 신진연구자'로 선정됐다. 서울대는 잠재력 있는 신진연구자를 발굴 및 지원하여 우수 연구자 육성 기반을 마련하는 동시에 창의적이고 도전적인 연구과제에 대해 지속적으로 지원하기 위해 작년 처음으로 '창의선도 신진연구자' 지원사업을 마련했다. 권위있는 국제학술상 수상 등 시대를 선도해나갈 우수 연구성과 산출하려는 목적이다. 서울대는 향후 신진연구자 발굴과 세계적 수준의 우수 연구성과 산출을 위한 다양한 노력을 이어나갈 계획이다.

수상 및 연구 성과

석유 탐사 위한 고해상도 이미지 기술 개발

신창수 에너지시스템공학부 교수

에너지시스템공학부 신창수 교수팀이 석유 및 천연가스 탐사 시 탄성파 자료를 이용해 석유 부존 지역을 고해상도의 이미지로 만드는 기법을 실제 현장 자료에 적용하는 데 성공했다. 탄성파 탐사 자료는 땅속의 지층으로부터 반사해 돌아온 파동 신호를 기록한 것을 말한다. 탄성파 탐사 자료를 이용해 지하 구조를 고해상도의 이미지로 만들기 위해서는 탄성파 속도가 필요하며 이를 정확히 계산해야 한다. 최근 연구팀은 현장으로부터 얻은 탄성파 자료에 순차적 주파수 전략을 적용함으로써 큰 차이를 보이는 속도 값들을 더 안정적으로 계산해내는 데 성공했다. 신 교수는 "새롭게 제안한 순차적 주파수 전략을 적용함으로써 석유 부존 지역의 탄성파 탐사 성공률을 5~10배까지 향상시킬 수 있다"며, "석유공사와의 협력을 통해 동해 대륙붕 탐사에 이 기술을 적용한다면 국내의 석유 부존 가능성에 대한 정확한 평가를 수행할 수 있을 것"이라 설명했다.

강유전체 활용으로 수소 생산 효율성 높이는 기술 개발

장호원 재료공학부 교수

재료공학부 장호원 교수와 광주과학기술원 이상한 교수 공동 연구팀이 강유전체를 광전극으로 사용해 수소 생산의 효율성을 높일 수 있는 기술을 개발했다. 강유전체는 외부에서 전압을 가하지 않아도 스스로 분극 상태를 유지할 수 있는 물질이다. 빛을 받으면 전자-정공을 효율적으로 분리해 광 변환 효율을 높일 수 있기 때문에 차세대 태양전지 소재로 주목받고 있다. 연구팀은 강유전체의 분극 값이 클수록 광전류 밀도가 높아진다는 사실을 처음으로 밝혔다. 광전류 밀도가 높아지면 태양에서 받은 빛에너지를 전기에너지로 변환하는 효율이 커지며, 전기에너지를 이용해 물로부터 수소를 얻을 수 있다. 앞으로 수소 생산뿐만 아니라 태양전지 등 에너지 생산 기술 분야에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

미세먼지 걸러줄 고효율 필터 개발

고승환 기계항공공학부 교수

기계항공공학부 고승환 교수가 지도하는 응용나노 및 열공학 연구실(조현민 박사과정, 정성민 석사)이 금속 나노와이어 네트워크를 이용, 투명하며 재사용 가능한 고효율 미세먼지 필터를 제작했다. 연구팀은 투명전극에 주로 쓰이던 나노와이어를 기존 필터 구조에 적용했다. 1차 섬유망에 은나노 와이어를 적용해 2차 금속나노와이어 네트워크를 형성했다. 이후 2차 금속나노와이어 네트워크에 전압을 가해줄 시에 와이어 표면에 미세한 전기장이 형성되며 공극 크기보다 작은 미세먼지 입자도 전기 인력으로 효율적으로 집진할 수 있다. 고승환 교수는 "이번 연구에서 개발된 필터를 이용하면 초미세 먼지도 효과적으로 거를 수 있다"며, "전 국민의 건강을 보전할 수 있도록 환경친화적인 고효율 필터 상용화에 앞장설 것"이라고 밝혔다.

초미세사이즈의 미로문양제작 기술 개발

권성훈 전기정보공학부 교수

전기정보공학부 권성훈 교수와 경희대 전자전파공학과 박욱 교수 공동 연구팀이 수십에서 수백 마이크로미터의 아주 작은 크기에서 미로와 같은 복잡한 패턴을 원하는 모양으로 자기조직화 할 수 있는 기술을 개발했다. 연구팀은 주름짐 현상을 통해 미로처럼 복잡한 패턴을 가지는 구조물을 아주 작은 크기에서 원하는 방향으로 제작할 수 있는 새로운 자기조직화 방법을 개발했다. 권성훈 교수는 "개발한 기술은 자기조직화 방식으로 만들어 낼 수 있는 구조물의 다양성을 넓힐 뿐 아니라, 고유하면서도 복제 불가능한 키를 생성할 수 있는 물리적 복제방지 기술"이라며 "4차 산업시대의 핵심이라 할 수 있는 보안 분야에서 보안 강화를 위한 기술로 활용될 수 있을 것으로 기대한다"고 연구의 의의를 설명했다.

수상 및 연구 성과

간단한 구조 및 공정의 비파괴 세포 농축 장치 개발

김성재 전기정보공학부 교수

전기정보공학부 김성재 교수 연구팀이 나노전기유체역학 장치를 이용해 농축 대상 물질에 작용하는 전단응력을 최소화한 비파괴적 세포 농축장치를 개발했다. 이번 연구는 적혈구와 같은 깨지기 쉬운 생체세포들을 비파괴 방식으로 농축하여 진단 분야의 핵심 기술을 개발한 의의를 갖는다. 연구팀은 높은 전기전도성의 나노다공성 막을 미세유체채널과 병렬 배치한 장치를 고안하였다. 김성재 교수는 "이번 연구는 이론적 분석을 기반으로, 실험의 설계 그리고 최종적으로 실제 공학적 응용처가 잘 정립된 연구"라며, "제안한 기술은 바이오-나노센싱 연구 분야에의 응용과 함께 농축을 이용한 생체물질 검사, 식품 안전성 검사, 약물 검사 등에 응용할 수 있을 것"이라고 설명했다.

머리카락보다 얇은 광대역 원편광 필터 개발

이병호 전기정보공학부 교수

전기정보공학부 이병호 교수 연구팀이 모든 가시광 영역 빛의 편광을 조절할 수 있는 수백 나노미터(nm) 두께의 '초박형 원편광 필터'를 개발했다. 이는 대략 성인 머리카락 굵기의 250분의 1에 해당하는 두께다. 연구팀이 개발한 원편광 필터는 수십 나노미터의 얇은 알루미늄 격자구조를 회전시키며 쌓는 다층 나선형 구조로 구현됐다. 이 기술을 이용하면 기존의 수백 마이크로미터(μm)에서 수 센티미터(cm)에 이르는 두께를 갖는 원편광 필터를 수백 나노미터의 두께로 줄일 수 있으며 대량생산에 용이한 물질과 구조로 이루어져 있기 때문에 다양한 광학계의 초소형화를 이룰 수 있을 것이라 기대된다.

양면 인쇄 가능한 고성능 신축성 전자 플랫폼 개발

홍용택 전기정보공학부 교수

웨어러블 디바이스의 핵심 기술인 '신축성 전자' 기술의 성능 향상을 앞당길 기술이 국내 연구진에 의해 개발됐다. 전기정보공학부 홍용택 교수 연구팀(변정환, 오은호 연구원)이 양면 인쇄 기법 및 신축성 하이브리드 전자기술을 이용하여 신축성 기판 위에 1 MHz 이상의 고속 신호 처리가 가능한 회로를 구현하였다. 이로써 신축이 가능하면서도 다양한 기능 및 고성능의 회로 동작을 요구하는 신체 부착형 웨어러블 디바이스의 개발에 청신호가 켜졌다. 연구팀은 이 플랫폼을 이용하여 다양한 칩 기반의 논리 회로로 구성된 이진 복호기 (binary decoder)를 구현하고 외부의 기계적 신축 스트레스를 가하면서도 이를 1 MHz에서도 동작 시키는데 성공하였다. 이로써 외부에 따로 구성된 신호 처리 장비가 없이도 신축성 회로 및 시스템 내에서 자체적으로 고속 신호 처리 및 연산을 할 수 있도록 하는 기술적인 토대를 마련하였다. 본 연구 결과는 세계적인 국제 학술지 '어드밴스드 펑셔널 머터리얼(Advanced Functional Materials)'에 8월 3일자로 온라인 게재되었다.

숨쉬는 전극을 통한 리튬 공기전지 효율성 높이는 기술 개발

박병우 재료공학부 교수

재료공학부 박병우 교수팀이 티타늄 산화물을 이용해 리튬 공기전지의 성능과 효율을 획기적으로 높일 수 있는 기술을 개발했다. 리튬 공기전지는 현재 상용화 된 리튬 이온전지에 비해 용량이 5~10배 가량 크고 공기 중의 산소를 이용하기 때문에 친환경 차세대 이차전지로 여겨져 왔다. 하지만 충전 시 과전압이 커서 에너지 효율이 낮고, 사용함에 따라 용량이 급격히 줄어드는 수명이 문제점으로 지적됐다. 리튬 공기전지의 전극물질인 탄소 재료는 지금까지 전기 전도도가 우수하고, 표면적 조절이 용이해 각광 받았으나, 전지에 포함되는 전해질 용액과의 부 반응 및 수명 특성의 저하로 리튬 공기전지 상용화에 걸림돌로 여겨졌다. 연구팀은 간단한 환원 열처리 방식을 통해 블랙 티타늄 산화물을 합성하여 전기 전도도를 개선하는 한편, 사람이 숨을 쉬는 폐의 구조와 기능에 착안하여 리튬 공기전지의 활성 물질인 산소의 투과가 용이한 다 공성 구조의 전극을 형성했다. 본 연구 성과는 에너지 분야의 세계적 학술지 '어드밴스드 에너지 머티리얼(Advanced Energy Materials)' 표지 논문으로 게재됐다.

인사발령

승진 임용

학과(부)	직명	성명	기관	직	시작	종료
기계항공공학부	부교수	윤병동		교수	2017-09-01	정년
	부교수	이관중		교수		
에너지시스템공학부	부교수	나용수		교수		
전기 • 정보공학부	부교수	권성훈		교수		
컴퓨터공학부	부교수	서진욱		교수		
컴퓨터공학부	조교수	전병곤		부교수	2017-09-01	2023-08-31
	조교수	허충길		부교수		
	조교수	강유		부교수		
건축학과	조교수	Choon Woong Choi		부교수		
	조교수	조항만		부교수		
조선해양공학과	조교수	장범선		부교수		

겸보

화학생물공학부	교수	차국헌	공과대학	학장	2017-09-01	2019-08-31
	교수		공학전문대학원	원장		
	교수		공학연구원	원장		
전기 · 정보공학부	교수	최성현	공과대학	교무부학장		
기계항공공학부	교수	신상준	공과대학	학생부학장		
건설환경공학부	교수	남경필	공과대학	연구부학장		
	교수		공학연구원	부원장		
	교수		공과대학 해동아이디어팩토리	관장		
컴퓨터공학부	교수	이광근	공과대학	기획부학장		
	부교수	Bernhard Egger	공과대학	국제화본부장/ 정보화본부장		
건설환경공학부	교수	김호경	교량설계핵심기술연구단	단장	2017-09-01	2021-09-25
기계항공공학부	교수	박종우	기계항공공학부	학부장	2017-06-14	2019-06-13
			기계항공공학부(기계공학전공)	전공주임	2017-06-14	
			융합지식기반 창조형 기계항공인재 양성사업단	단장	2017-06-14	2020-08-31
	교수	강연준	최고산업전략과정	주임교수	2017-08-01	2019-08-31
	교수	여재익	기계항공공학부(우주항공공학전공)	전공주임	2017-09-01	2019-08-31
에너지시스템공학부	교수	허은녕	에너지자원공학과	학과장	2017-09-01	2019-08-31
컴퓨터공학부	교수	엄현상	평생교육원	원격교육부장	2017-09-01	2019-08-31
컴퓨터공학부	교수	김선	생명공학공동연구원	생물정보 연구소장	2017-09-15	2019-09-14
화학생물공학부	교수	장정식	화학생물공학부 에너지환경화학융합기술전공	전공주임	2017-09-01	2019-08-31
건축학과	교수	전봉희	건축학과 (건축학전공)	전공주임		
	교수	박홍근	건축학과 (건축공학전공)	전공주임		

인사발령

겸보

학과(부)	직명	성명	기관	직	시작	종료
산업공학과	교수	홍유석	산업공학과	학과장	2017-07-01	2019-06-30
	부교수	이덕주	연합전공 기술경영전공	전공주임		
조선해양공학과	교수	김용환	조선해양공학과	학과장		
공학전문대학원	교수	김용권	해동일본기술정보센터	센터장		
재료공학부	교수	이경우	신소재공동연구소	소장		

겸직

건설환경공학부	교수	정창무	지방공기업평가원	위촉직이사	2017-05-31	2020-05-11
기계항공공학부	교수	안성훈	사단법인 국경없는 과학기술자회	이사	2017-06-30	2018-12-31
	교수	여재익	㈜바이오에이치	대표이사	2017-07-14	2020-07-31
	교수	이경수	㈜스마트모빌리티랩	대표이사	2017-07-14	2020-03-21
에너지시스템공학부	교수	황일순	사단법인 녹색삶지식경제연구원	이사	2017-07-27	2018-08-31
	부교수	심형진	사단법인 한국원자력학회	편집이사	2017-09-01	2018-08-31
전기 • 정보공학부	교수	노종선	재단법인 서울대학교 전자전기정보장학재단	감사	2017-07-07	2019-07-06
	부교수	서종모	사단법인 한국뇌교육학회	이사	2017-08-21	2019-02-28
컴퓨터공학부	교수	장병탁	사단법인 한국뇌공학회	부회장	2017-08-21	2019-02-28
화학생물공학부	부교수	이종민	사단법인 엔지니어링개발연구센터	회장	2017-06-14	2019-08-31
	교수	차국헌	재단법인 윤당복지장학재단	이사장	2017-09-11	2021-09-10
건축학과	교수	김광우	사단법인 한국건축친환경설비학회 부설 패시브제로에너지건축연구소	소장	2017-06-21	2017-08-31

석좌교수

소속기관	성명	직	시작	종료	비교
전기 • 정보공학부	정덕균	석좌교수	2017-09-01	2020-08-31	신규임용
화학생물공학부	현택환				재임용

객원교원

소속기관	성명	직	시작	종료	비교
건설환경공학부	이인근	객원교수	2017-09-01	2020-08-31	신규임용
전기 · 정보공학부	배원복	객원교수	2017-08-03	2018-06-30	
	윤용규	객원부교수	2017-08-03	2017-12-31	
산업공학과	남중수	객원교수	2017-09-01	2018-08-31	
	이규민	객원교수	2017-09-01	2018-08-31	

발전기금 납부현황

기본재산 기부금 출연자

(2017년 5월 21일 ~ 2017년 8월 20일까지)

출연자명	출연금액(원)	출연조건	비 고
김도형 (국제경제학과 89졸)	1,900,000	공과대학: 장학금	김태영 장학금
김윤형 (의학과 96졸)	200,000	공과대학: 장학금	김태영 장학금
2017년도 5월 21일 ~ 2017년도 8월 20일 모금총계	2,100,000		

보통재산 기부금 출연자

(2017년 5월 21일 ~ 2017년 8월 20일까지)

출연자명	출연금액(원)	출연조건	비 고
국현아 (건축학과)	500,000	건축학과: 문화교육	
김세진 (건축학과 02졸)	500,000	건축학과: 문화교육	
심형섭 (건축학과 89졸)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
강병영 (공업화학과 93졸)	10,000,000	화학생물공학부: 위임	
강두웅 (자원공학과 86입)	1,000,000	에너지자원공학과: 장학금	
김효철 (조선공학과 64졸)	600,000	조선해양공학과: 기관운영	
한무영 (토목공학과 77졸)	2,807,000	건설환경공학부: 위임	
이상훈 (화학공학과 75졸)	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
조진욱 (화학공학과 75졸)	3,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
조청원 (화학공학과 77졸)	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
손석원 (화학공학과 79졸)	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
유진녕 (화학공학과 79졸)	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
신우성 (화학공학과 80졸)	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
남동기 (화학공학과 86졸)	500,000	화학생물공학부동창회: 위임	
(재)김준기재단 (이사장 강경식)	240,000,000	공과대학: 문화교육	
대림산업㈜ (대표이사 김한기)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
대주전자재료㈜ (대표이사 회장 임무현)	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
시아플랜건축사사무소 (대표 윤정현)	500,000	건축학과: 문화교육	
에스아이건축사사무소 (대표이사 고성용)	500,000	건축학과동창회: 위임	
에스케이어드밴스드 (대표이사 김철진)	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
에어리퀴드코리아㈜ (대표자 김광섭)	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
㈜건축사사무소 한울건축 (대표이사 이성관)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
㈜건축사사무소오씨에이 (대표이사 임재용)	500,000	건축학과동창회: 위임	
㈜경영위치건축사사무소 (대표이사 김종규)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
㈜그룹원 (대표이사 이영호)	100,000,000	건축학과: 장학금	
㈜나우동인건축사사무소 (각자대표 김수훤, 박병욱)	1000,000	건축학과동창회: 위임	
㈜나우동인건축사사무소 (대표이사 김수훤, 박병욱)	500,000	건축학과: 문화교육	

발전기금 납부현황

보통재산 기부금 출연자

(2017년 5월 21일 ~ 2017년 8월 20일까지)

출연자명	출연금액(원)	출연조건	비 고
㈜단우에이앤에이 건축사사무소 (대표이사 김원규)	1,000,000	건축학과동창회: 위임	
㈜단이엔씨 (대표 최준식)	500,000	건축학과: 문화교육	
㈜디에이그룹엔지니어링종합건축사사무소 (대표 김현호)	3,000,000	건축학과동창회: 위임	
㈜디에이그룹엔지니어링종합건축사사무소 (대표 김현호)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
㈜에이치에스플랜건축사사무소 (대표이사 김경훈)	500,000	건축학과동창회: 위임	
㈜유선엔지니어링건축사무소 (대표 김복지)	1,000,000	건축학과동창회: 위임	
㈜창민우구조컨설탄트 (대표이사 김종호)	500,000	건축학과: 문화교육	
㈜태영건설 (각자대표 이재규, 윤석민)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
㈜토문건축사사무소 (대표이사 최기철, 최두호)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
㈜포스코건설 (대표자 한찬건)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
㈜피데스개발 (각자대표 김건희, 김승배, 임창일)	3,000,000	건축학과동창회: 위임	
㈜하우드엔지니어링종합건축사사무소 (대표이사 김성우)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
㈜해안종합건축사사무소 (대표이사 윤세한)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
㈜해안종합건축사사무소 (대표이사 윤세한)	3,000,000	건축학과동창회: 위임	
㈜핸즈온테크놀러지 (대표 강현웅)	5,000,000	공과대학: 위임	
㈜희림종합건축사사무소 (대표이사 정영균)	50,000,000	건축학과: 국제협력	
㈜희림종합건축사사무소 (대표이사 정영균)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
㈜희림종합건축사사무소 (대표이사 정영균)	3,000,000	건축학과동창회: 위임	
지에스건설㈜ (대표 임병용)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
한국바스프㈜ (대표이사 신우성)	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
한화토탈㈜ (대표이사 김희철)	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
현대건설㈜ (대표이사 정수현)	1,000,000	건축학과: 문화교육	
현대로템㈜ (대표이사 김승탁)	2,000,000	기계항공공학부 우주항공공학전공: 위임	
2017년도 5월 21일 ~ 2017년도 8월 20일 모금총계	457,407,000		

발전기금 소식

아름다운 나눔의 소리

GLP 교환학생 장학금 수혜 수기

김 문 주
서울대학교 공과대학
에너지자원공학과

스위스 작은 마을에 위치한 fhnw 캠퍼스에 이번 학기 교환학생은 단 3명이었습니다. 저는 운이 좋게도 GLP장학금을 받게 되어 2017년도 2학기를 fhnw에서 보내게 되었습니다. 저를 제외한 교환학생은 핀란드에서 온 오빠, 스페인에서 온 친구로 모두 독일어에 익숙했고, 심지어 겹치는 수업은 단 한개도 없었습니다. 그래서 저는 모든 수업을 스위스 현지 친구들과 듣게 되었습니다. 다행히도 모든 교수님들과 스위스 친구들은 다정하고 친근했습니다. 교수님들은 수업시간마다 한국 이야기를 꺼내시면서 저를 신경써주셨고, 다른 친구들도 교수님께서 조금이라도 독일어를 쓰시면 독일어를 못하는 친구가 있으니 영어로 진행해달라고 말씀을 드리며 저를 배려하여 주었습니다. 덕분에 낯선 환경에서도 편안한 분위기에서 수업에 적응해나갈 수 있었습니다.

fhnw는 9월 셋째주에 개강해 마지막 시험이 2월에 끝나므로 학기가 꽤 길다고 할 수 있습니다. 그 만큼 학기중에 여유가 더 있는 편인데, fhnw 학생이라면 학교 체육관에서 열리는 모든 체육수업들을 공짜로 들을 수 있었습니다. 저는 필라테스, 명상, 줌바, 살사 수업을 들었는데 독일어로 진행되지만 몸을 사용하는 수업이다 보니 크게 어려움은 없었습니다. 공부와 시험에만 매달려 여유가 없던 한국에서의 생활과 달리 다양한 여가 활동을 통해 행복하고 건강한 시간을 보냈습니다. 또한, 5개월 이상 스위스에 머무르며 다양한 생활을 경험할 수 있었습니다. 스위스는 물가가 비싸기 때문에, 함께 하우스쉐어를 했던 외국인 친구들과 종종 요리를 해먹고 했는데, 집에서 아이스크림을 튀겨 먹고 타이식 커리를 해먹는 등의 다양하고 뛰어난 요리를 해볼 수 있었습니다. 독일어 튜터 선생님이나 외국인 친구들 집에도 초대받아 퐁듀나 라클렛등 스위스 전통 음식들을 먹어보거나, 그들의 문화를 경험해본 것도 잊을 수 없는 추억이 된 것 같습니다.

학점과 취업이라는 목표만을 위해 지내온 저에게, 스위스에서의 한 학기는 너무나 행복한 경험이였습니다. 기회가 된다면 다시 한번 스위스에 꼭 가보고 싶고, 스위스라는 나라의 매력을 제대로 체험할 수 있는 귀한 시간들이였습니다. 이렇게 행복한 한 학기를 보낼 기회를 갖게 해주신 선배님들과 기부자님들께 깊은 감사의 인사를 전합니다.

동창회비 납부현황

2017. 08. 31. 현재

동창회(임원회비)비 납부자 명단

동창회장
김재학(기계24)

수석부회장
이기석(금속31)

부회장(8명)
방기문(자원39) 이희국(전자28) 신현목(토목29) 이영필(조항25)
우유철(조선34) 조진욱(화공29) 이광우(섬유31) 장세창(전기23)

자문위원(1명)
김대하(토목28)

상임이사(2명)
박하영(산업33) 장성섭(항공31) 김헌탁(토목30)

이사(2명)
백철훈(항공32) 송정희(전자35)

동창회(일반회비)비 납부자 명단

건축학과(27명)
문영준(12) 이춘호(28) 황용희(43) 노태욱(27) 최하경(37) 한상규(32)
홍성부(14) 주재휘(33) 정인대 김종호(50) 조남일(28) 황인호(14)
조용훈(36) 안우성(43) 한용호(16) 한상훈(33) 권기득(31) 전창영(26)
김덕재(12) 송신헌(21) 이덕준(16) 박찬정(31) 최광선(42) 이원도(19)
신동수(31) 곽삼영(9) 이선일(19)

기계공학과(36명)
변기홍(32) 김병교(23) 채동훈(37) 양원호(15) 조수길(11) 유태환(24)
한병익(35) 김도수(26) 박형순(19) 김종식(38) 박민서(37) 이효일(23)
서대교(25) 홍석도(23) 이창호(15) 박태용(51) 심형주(10) 안상춘(26)
조장하(11) 서정훈(9) 방정섭(23) 백선욱(20) 강학순(23) 김학준(26)
이문희(19) 방용일(23) 이정일(19) 김판수(11) 이경원(20) 허철수(28)
곽신웅(41) 배승환(12) 오제환(30) 임종염(10) 서세현(23) 이영재(23)

기계설계공학과(4명)
김석현(34) 편영준(35) 신현욱(50) 김성하(47)

금속공학과(11명)
한희서(19) 허성구(27) 선석문(26) 유용선(15) 박현철(46) 박영희(15)
허강헌(39) 정순효(23) 문제춘(32) 강춘식(13) 김수광(17)

재료공학과(부)(2명)
김덕중(28) 류채우(65)

전기공학과(32명)
김대식(31) 박신동(23) 이관수(26) 조병문(19) 민경식(9) 김동주(11)
노환영(16) 오재건(19) 강길건(23) 김중한(18) 김영화(17) 양승열(25)
박종근(21) 김주용(17) 김정철(14) 이수남(27) 양승택(15) 고인석(18)
안호열(11) 정태중(10) 조병덕(11) 곽희로(21) 송대호(26) 이훈민(31)
이창건(8) 임광수(34) 최만형(10) 이병무(19) 조영선(25) 정진수(25)
이승계(54)

전자공학과(5명)
장복명(16) 이상화(48) 정호상(17) 김윤기(12) 하성한(15)

자원공학과(14명)
이명선(14) 변중무(45) 전효택(25) 김석무(25) 김정우(15) 김종석(16)
김성언(29) 송주철(15) 김종한(11) 엄태석(23) 이청원(21) 윤석구(11)
김세준(41) 신동성(22)

조선공학과(15명)
김영석(45) 김효철(18) 오귀진(23) 박승균(21) 조정호(53) 최항순(24)
노오현(17) 이제근(16) 고웅일(20) 박홍규(11) 이영필(25) 황성혁(17)
조필제(4) 이종례(15) 박용철(13)

토목공학과(38명)
이응천(24) 정명식(9) 김경진(19) 박상도(18) 편종근(24) 이종호(19)
설영화(23) 한광석(24) 여태승(40) 장홍규(12) 김윤제(20) 김주환(15)
이병길(19) 지덕선(18) 이기창(12) 박재규(15) 김형보(45) 최선주(17)
김봉중(16) 이익용(15) 조연제(19) 백이호(21) 주재욱(12) 황해근(14)
김광남(19) 전연욱(16) 이동철(36) 이정부(20) 우종삼(14) 이정규(22)
김준언(28) 강명수(15) 주기만(22) 유상부(18) 심형윤(10) 국천표(20)
박동서(19) 김용재(15)

화학공학과(28명)
정충시(30) 김재설(16) 강순옥(11) 조용삼(15) 우무상(19) 장홍규(12)
송광호(42) 추지석(18) 송철한(42) 최운재(10) 김희창(16) 홍성일(12)
최재열(27) 문동민(15) 박건유(18) 구정모(26) 차금열(19) 정창우(27)
정재관(15) 임효빈(19) 안경수(28) 김륜(10) 박진수(31) 박찬민(17)
염사연(25) 배재흠(31) 장희익(26) 이원기(62)

응용수학과(1명)
우치수(26)

응용물리학과(1명)
홍상희(26)

섬유공학과(18명)
박달수(27) 안병휘(13) 윤봉현(32) 최연(26) 박명준(11) 김영섭(30)
이유진(21) 박종인(17) 조병철(19) 천주훈(22) 현희헌(13) 경세호(11)
김순일(25) 이경익(18) 오승환(25) 김노수(6) 이상경(26) 이호경(34)

무기재료공학과(1명)
주한용(40)

공업교육학과(12명)
김호철(28) 김천환(26) 정연호(26) 이종수(23) 이재순(32) 이광성(24)
주영재(30) 송진해(26) 한창석(26) 이병효(21) 하대홍(23) 김신태(21)

공업화학과(1명)
이종대(36)

원자핵공학과(2명)
이중재(25) 이황원(17)

제어계측공학과(1명)
허종성(38)

항공공학과(2명)
김문상(36) 이선우(54)

컴퓨터공학과(2명)
권태경(47) 원종호(60)

최고산업전략과정(12명)
유수길(5) 심문식(54) 주명국(54) 최성규(55) 임석재(2) 이대만(24)
서영복(19) 백승호(38) 조인형(13) 김윤필(32) 배영철(49) 최창식(11)

건설산업최고전략과정(3명)
이택순(2) 김명만(4) 신광순(8)

미래융합기술과정(3명)
양태운(4) 신호식(13) 안성훈(1)

학과미상(1명)
김세진

정보미상(33명)
지로용지에 정보가 기재되어 있지 않은 분들입니다.

학과별 동창회 소식

금속재료학과 동창회

광양제철소 방문 행사

지난 5월18일(목)~19일(금)에는 염희택 3회 선배님을 비롯한 38명의 동창들이 광양을 방문하여 제철소 견학을 통한 철강 생산현장에 대한 이해도를 높이고, 또 송광사 사찰 방문과 순천만의 국가정원을 관람하는 등 행사가 잘 치루어졌고, 동문들 간의 의미있고 좋은 친교의 시간이 되었다.

골프모임 행사

지난 6월8일(목)에는 24회 공병채 동문의 주관으로 은화삼에서 골프모임 행사를 5팀(19명)이 진행하게 되었으며, 이 행사에 참석한 동문들 간의 의미있고 좋은 친교의 시간이 되었다.

전자공학과 동창회

2017년도 2학기 전자전기정보장학재단 후배사랑 장학금 수여식 및 간담회

2017학년도 2학기 전자전기정보장학재단 후배사랑 장학금 수여식이 9월 5일 39동 해동아이디어팩토리에서 개최되었으며, 총 25명의 전기 · 정보공학부 장학생들에게 78,774,000원의 장학금을 지원하였다.

이번 수여식 및 간담회에는 전국진 재단이사장(전자31회, 서울대 교수)과 김정식 재단이사(전자6회, 대덕전자 회장), 이재욱 재단이사(전자19회, 노키아티엠씨 명예회장), 이희국 동문회장/재단이사(전자28회, (주)LG 고문), 정덕균 재단이사(전자35회, 서울대 교수), 신형철 재단 사무장(전자39회, 서울대 교수), 이병호 전기 · 정보공학부 학부장(전자41회), 윤성로 학생부학부장 등 학내 · 외 인사들께서 참석해 주시어 후배들을 격려하고 꿈과 비전 그리고 나눔을 통한 사랑 실천의 메시지를 전하는 뜻깊은 자리가 되었다.

특히 본 장학재단의 장학생으로 졸업 후 재기부를 통해 장학사업에 동참하여 후배사랑과 나눔을 실천에 옮긴 하성종(2007년 졸업, 삼성SDS) 동문께서도 수여식에 참석하시어 자리를 빛내주었다.

2017년도 전자동문회 정기총회 및 송년회 안내

- 일 시 : 2017. 11. 27 (월) 저녁 6시반
- 장 소 : 엘타워(양재) 8F 엘하우스 예정

학과별 동창회 소식

2017년도 2학기 김정식 특지 장학금 수여식

김정식 특지장학금 수여식이 지난 8월 25일 서울대학교 문화관 중강당에서 개최되었다. 김정식 특지장학금은 평소 모교 발전과 후배 육성을 위해 아낌없이 헌신하시는 김정식 동문(전자6회, 대덕전자 회장)께서 서울대 전기 · 정보공학부 후배들을 위해 지정한 기부금으로 2017년 2학기에는 3명의 대학원생과 6명의 학부생에게 26,643,000원이 지급되었다. 이번 수여식에는 바쁜 일정으로 인하여 김정식 동문님을 대신하여 유재학 대덕전자 감사께서 대리 수여하여 주었다.

토목공학과 동창회

서토산 모임(서울대학교 토목동창회 산악회)

"서울대학교 공과대학 토목동창회 산악회"의 애칭인 서토산 모임이 매월 마지막주 토요일인 6월24일 청계산, 7월29일 북한산, 8월26일 우면산에서 있었다. 무더운 날씨에도 많은 동문이 산행에 참여한 뜻 깊은 행사였다.

제3회 토목동창회 골프대회 개최

제3회 토목공학과 동창회 골프대회가 6월16일(금) 금강 CC에서 개최되었다. 28분의 동문이 참여하여 경기를 치뤘고 경기 전 오찬과 경기 후 만찬을 즐기며 친목을 다지는 시간을 가졌다. 신페리오 방식으로 채점한 경기 결과 롱기스트 여인호(44회), 니어리스트 김태영(32회), 메달리스트 정원교(27회), 우승 윤철수(32회) 동문이 수상하였다. 행사 준비는 조경식(39회), 진행은 최영운(31회) 동문이 하였고, 상패는 신현목(29회) 동창회장이 협찬하였고 정무현, 정원교, 김석준, 이승재 27회 동문 4분이 행사를 찬조하였다. 참여해주신 동문들께 감사드리며 앞으로 매년 행사를 갖도록 하여 더욱 발전하는 대회가 되길 기대한다.

제8회 토목동창회 바둑대회 개최

제8회 토목동창회 바둑대회가 6월 17일(토) 서초 서라벌 한정식에서 개최되었다. 25분의 동문이 참석하여 대국하였다. 신현목 동창회장의 인사말을 시작으로 오전부터 늦은 오후까지 열띤 대국을 벌였으며, 김효정 프로가 참석하여 판정 및 지도 대국을 해 주었다. 대국 결과 우승은 김대환(48회) 동문이 준우승은 이종천(23회) 동문이 차지하였다. 전세진(48회) 동문과 한만엽(34회) 동문이 대회 준비와 진행 및 찬조를 하였으며, 신현목(29회) 동창회장은 상패와 주류를 협찬하였다. 이환범(14회), 김윤환(16회), 서정만(22회), 김대하(28회) 동문 또한 주류를 협찬하여 경기 후 만찬을 통해 선 · 후배간의 우의를 다졌다.

최고산업전략과정(AIP) 소식

[주말특강]

2017년 4월 15일 토요일, AIP 57기의 첫 번째 주말특강이 예술의 전당에서 진행 되었다. 이번 특강은 가족 동반 수업으로 세계적으로 유명한 그래피티 아티스트 Shepard Fairey의 전시 "위대한 낙서" 관람과 함께 예술의 전당 고학찬 사장의 "예술과 소통"이라는 주제로 강연을 진행하였다. 이번 주말 특강을 통해 예술 그리고 예술이 우리의 삶에 끼치는 영향에 대해서 다시 한번 생각하게 되는 소중한 시간이었다.

[주말특강2]

2017년 6월 10일 서울대학교 규장각에서 두 번째 주말특강이 진행되었다. 본교 인문대학 허성도 교수의 '우리 역사 다시 보기'라는 주제로 진행되었으며 우수한 우리의 역사를 새로운 시각으로 돌아보는 뜻 깊은 시간을 가졌다. 특히 이번 특강은 가족들과 함께하여 더욱 뜻 깊은 의미를 가졌다. 특강이 끝난후에는 규장각 도슨트의 안내에 따라 전시실을 관람하고 점심식사를 마지막으로 특강을 마무리 하였다.

[산업시찰]

2017년 5월 19일 금요일, AIP 제 57기 산업시찰이 진행되었다. 허은녕 주임교수를 비롯 57기 원우들이 참석한 가운데 강원도 홍천에 위치한 하이트진로 강원공장을 시찰하였다. 하이트 진로 공장은 맥주의 제조 뿐만 아니라 직원들을 위한 부지내 녹지 조성, 환경을 위한 환경친화적 공법 등에 힘쓰고 있었다. 강원 공장에 도착해 간단한 동영상 시청과 설명을 듣고 공장의 실제 제조시설을 견학하며 맥주의 생산과 품질관리 등에 대해 알 수 있는 좋은 기회였다.

[종강행사]

2017년 6월 28일 57기 최고산업전략과정(AIP)의 마지막 정규일정 진행되었다. 화학생물공학부의 유영제 교수님의 강의를 마지막으로 AIP 57기의 모든 강좌가 끝을 맺었다. 수업이 끝난 후 서울대학교 엔지니어하우스 대강당에서 종강행사를 진행되었다. 57기의 동영상을 감상하며 즐거웠던 한 학기를 회상하는 시간을 가졌다. 57기 원우회임원진과 주임교수, 부주임교수가 케익 커팅식을 하며 화기애애한 분위기 속에 종강식을 마무리 하였다.

최고산업전략과정(AIP) 소식

[수료논문 발표 및 심사]

2017년 8월 16일 수요일에는 운영교수 및 논문심사위원들을 모시고 각 분과별로 수료논문 발표 및 심사가 진행되었다. 이날 발표에서는 심성도 ㈜GS에너지 상무의「4차산업혁명에 따른 일자리 변화와 기업 인사정책 변화방향」,탁미란 국민은행 지점장의「4차산업혁명과 금융산업의 발전방향」, 권순섭 신한은행 본부장의「디지털 금융과 금융산업의 변화에 대한 고찰」, 손수일 법무법인 로쿨 대표변호사의「문명발전과 인공지능 시대의 법」 논문이 최우수논문으로 선정되었다.

[제 57기 수료식]

2017년 8월 23일 수요일 엔지니어하우스에서 AIP 제 57기 수료식이 열렸다. 황인규 부총장, 이건우 공과대학장, 허은녕 주임교수, 자문교수가 참석하여 자리를 빛냈다. 주임교수의 학사보고를 시작으로 이수패 및 상패 수여식이 진행되었다. 이번 기수에서는 전원 수료를 비롯하여 4명의 개근상과 원우회 운영에 힘쓴 원우들을 위해 3명의 공로상과 1명의 특별 공로상이 수여되었다. 황인규 부총장의 치사, 이건우 학장의 식사, AIP 총동창회 김석환 회장의 축사, 57기 김준향 회장의 답사로 식이 마무리 되었고, 만찬을 하며 축하하는 시간을 가졌다.

[수학여행]

2017년 7월 7일부터 9일까지 2박3일 일정으로 강원도 속초에서 AIP57기 수학여행을 진행하였다. 이번 여행은 원우들의 참여를 독려하기 위해 국내로 결정되었으며 많은 원우분들이 시간을 쪼개어 참석하여 수학여행을 빛내 주었다. 첫째날에는 강원도 양양에 도착하여 속초등대 전망대를 돌아본 후 영금정, 청초호 갯배체험과 함께 낙산사,휴휴암을 관광하였다. 첫째날은 맛있는 저녁식사로 일정을 마무리 하였다. 2일차에는 우천으로 인하여 예정되어 있었던 레프팅은 취소가 되었지만더 의미있는 시간이 기다리고 있었다. 강릉 오죽헌 관람은 한국 건축의 얼과 신사임당, 율곡이이의 혼을 느끼기에 충분한 시간이었다. 이어 관람한 에디슨박물관은 에디슨의 발명품에 대한 놀라움과 작품마다 전해지는 스토리가 눈과 귀를 즐겁게 해주는 시간이었다. 아름다운 동해바다를 품고 있는 자연 속 씨마크호텔에서 차 한잔의 시간은 바쁜 일상을 달려온 원우들에게 여유로운 힐링 시간을 선물하였다. 마지막날에는 설악산 케이블카탑승하여 신흥사를 관광하고 근처 바닷가에서 산책을 하며 점심식사를 끝으로 즐거웠던 수학여행이 마무리 되었다. 국내여행으로 인하여 100%에가까운 참석률과 한국의 아름다운 자연과 맛있는 음식이 함께한 수학여행은 오랫동안 원우 한분 한분의 마음속에 오래 기억될 것이다.

정기학술세미나 개최 안내

- 일시: 2017년 9월 20일(수) 오전 7시
- 장소: 쉐라톤 서울 팔래스 강남 호텔, 그랜드 볼룸

추계 골프대회 개최 안내

- 일시: 2017년 10월 30일(월) 11시 (Tee Off 12:30)
- 장소: 샤인데일CC
- 규모: 40팀
- 주관: AIP총동창회 골프회

건설산업최고전략과정(ACPMP) 소식

[총동창회 이사회]

ACPMP 총동창회 2017년 2차 이사회가 6월 8일(목) 서울 임페리얼팰리스 호텔에서 박태원(47) 총동창회 회장을 비롯하여 90여명의 임원진이 참석한 가운데 개최되었다. 하반기 ACPMP 총동창회 행사 지원 및 계획에 대한 논의가 있었다.

[ACPMP 2차 포럼]

ACPMP 2차 포럼이 6월 22일 임페리얼팰리스 호텔에서 개최되었다. '백전불패의 리더십'을 주제로 한 정동일 연세대 경영학과 교수의 특강과 만찬 및 친교 프로그램이 진행되었다.

[14기 해외연수세미나]

14기 해외연수세미나가 6월 29일~7월 5일 프랑스에서 진행되었다. 14기 수강생은 파리, 샹보르, 르와르, 몽생미쉘 등의 지역을 방문하여 건축문화를 살펴보고 파리의 첨단도시 라데팡스 지구를 시찰하였다. 이번 해외연수세미나를 통해 수강생들은 아름다운 프랑스의 자연환경과 도시문화를 느끼며 글로벌 리더십 함양을 위한 좋은 기회를 가질 수 있었다.

[14기 제1차 토론발표회]

1학기를 마감하며 7월 18일(화) 14기 제1차 토론발표회가 개최되었다. '건설산업의 지속가능한 성장'을 대주제로 한 이번 토론발표회에서는, 5개 분과에서 '① 글로벌 경쟁력 제고를 위한 건설산업의 정책과제 ② 해외건설시장에서의 경쟁력 제고를 위한 과제 ③ 노후 인프라의 정비와 SOC 시설의 질적 고도화 ④ 대 · 중 · 소 건설기업의 상생협력 방안 ⑤ 북한건설시장 진출 전략' 등 5가지 소주제를 가지고 분과별로 한 학기 동안 토론 한 내용을 정리하여 발표하였다. 이현수 주임교수를 포함한 ACPMP 운영위원이 심사위원으로 참석하였고, 수료식 날 최우수 및 우수조와 발표우수자에 대한 시상이 진행될 예정이다. 각 분과별 1, 2차 토론 내용은 발표자료집으로 발간된다.

[총동창회 봉사활동]

ACPMP 총동창회는 8월 19일 강원도 춘천시 동면 지내리에 소재한 해비타트 춘천현장을 찾아 '사랑의 집 짓기' 봉사활동을 실시하고 후원금을 전달했다. 참석자들은 이날 안전교육과 체조를 시작으로 보강토, 벽체 트러스 제작, 외벽 페인트 칠 등의 작업을 진행했다. ACPMP 총동창회는 앞으로도 어려운 이웃들에게 보금자리를 만들어주는 사랑의 집 짓기 활동을 확대하는 등 사회적 책임을 다해 나갈 계획이다.

[총동창회 등산모임]

ACPMP 총동창회 등산회 주관으로 8월 26일에 포천 유명산 산행이 있었다. 80여 명의 총동창 동문이 기암괴석과 많은 못이 어우러진 산행길을 함께 오르며 아름다운 경치를 만끽하고 추억을 쌓았다.

산업안전최고전략과정(AIS) 소식

[국내산업시찰-영흥화력본부/새만금사업단]

5월 25일(목)~26일(금) 1박 2일의 일정으로 영흥화력본부/새만금사업단을 견학하였다. 이번 산업시찰은 조재영 주임교수, 운영위원 정충기 교수, 홍성현 교수, 황용석 교수 인솔 하에 진행되었다. 첫째날은 영흥화력본부를 시찰하게 되었다. 영흥화력본부는 국내 최고 수준의 최첨단 친환경 기술을 보유한 석탄화력 발전소로 아름다운 자연환경을 최우선적으로 고려하여 건설하여 청정 환경 보존을 위해 친환경 에너지 생산을 추구하고 있다. 에너지파크 전시관 관람을 시작으로 VTR시청 및 중앙제어실-풍력발전소-태양광발전소 순으로 견학을 진행하였다. 저탄소 녹색성장 발전소로서 선도적 역할을 하고 있으며, 신재생 에너지 개발에 적극적으로 투자하여 친환경 에너지 발전소 운영을 실천하고 있었다. 전망대 투어를 끝으로 영흥화력본부 국내산업시찰을 마쳤다.

둘째날 새만금사업단 시찰은 홍보관에 도착하여 홍보영상 및 전시관 투어를 진행하였다. 세계 최대 규모인 새만금간척개발사업의 추진 과정과 그동안 시행해 온 간척사업에 대한 역사를 파악하고, 이해를 높이는 시간이었다. 다음으로 새만금방조제 한가운데 위치한 새만금33센터로 이동하였다. 새만금 33센터는 배모양를 본떠서 건축되어 새만금지구 전체를 통제하고 제어하는 통합통제소이다. 방조제 33km를 상징적으로 나타내기 위해서 지상에서 꼭대기까지 33m로 건축하였으며, 중간지점에 위치하여 새만금 33센터로 명명하였다고 한다. 전망대에서 새만금전경 투어로 새만금사업단 시찰을 마무리 지었다.

[1학기 국외산업시찰-오스트리아/슬로베니아/크로아티아]

AIS과정 13기 교육생 일동은 해외산업기술 및 산업안전에 대한 이해를 도모하고자 6월 12일부터 6월 20일까지 7박 9일 일정으로 오스트리아/슬로베니아/크로아티아 국외산업시찰을 다녀왔다. 이번 산업시찰은 운영위원 강연준 교수, 황용석 교수의 인솔 하에 진행되었다. 견학 일정 중 온실가스 절감형 녹색빌딩(Simens City) 투어로 효율적인 에너지 관리시스템 및 선진화된 제어시스템을 시찰하였으며, 바로크 양식과 고전양식의 복합적인 건축양식으로 재건축된 류블라냐 시청사를 견학하였다. 또한, 유네스코 세계문화유산으로 지정된 두브로브닉의 구시가의 성벽투어를 진행하였으며, 13기 단합훈련의 일환으로 크로아티아 최초의 국립공원인 플리트비체 호수 국립공원 트래킹 시간을 가졌다. 마지막으로 비엔나 에너지쓰레기소각장(District Heating Plant Spittelau) 견학으로 폐기물처리장(자원회수시설) 및 친환경적인 도시기반시설 견학으로 지속가능한 주거단지 조성개발 실태를 파악을 끝으로 1학기 국외산업시찰을 마쳤다.

AIS 14기 모집안내

1) 수업기간 : 2018년 3월 – 2019년 1월 (전일제)
2) 수업시간 : 매주 월요일 – 금요일 (9:30–15:20)
3) 입학자격 : 공 • 사기업 및 산업계기관 부 • 처장급 이상
4) 접수기간 : 2018년 1월 2일 – 2월 12일
※ 문 의 : mimi0772@snu.ac.kr / http://aissp.snu.ac.kr
Tel : 02-880-9328 AIS과정 행정실

나노융합IP최고전략과정(NIP) 소식

[15기 해외연수]

NIP 15기 해외연수는 2017년 7월 14일(금)–17일(월), 2박 4일간 베트남 하노이에서 진행되었으며, 이 행사에는 박영준 주임교수, 차국헌 부주임교수, 이윤식 운영교수를 비롯한 운영진과 수강생 14여명이 참석하였다. 특히 15기 원우이신 삼성전자 장성진 부사장과 함께 방문한 삼성 베트남지사에서는 생산라인 견학과 시설 투어를 통해 현장을 생생하게 경험하였다. 이외에도 15기 원우사인 율촌 베트남 지사를 방문하여 베트남 현지에서의 경험을 공유할 수 있는 시간을 갖는 등 수 풍성한 프로그램과 함께 내실 있는 네트워킹 시간을 가졌다.

15기 해외연수 삼성전자 베트남 지사 방문

15기 해외연수 법무법인 율촌 베트남 지사 방문

[15기 수료식]

NIP 15기 수료식은 2017년 8월 25일 엔지니어 하우스에서 제15기 수료생을 비롯하여 박찬욱 교육부총장, 이건우 공과대학장, NIP 총동창회 초대 동창회장인 ㈜네패스 이병구 회장 등 내외빈이 참석한 가운데 진행되었다. 차국헌 부주임교수의 사회로 진행된 수료식은 1부에서는 학사보고, 이수패 및 상패 수여, 식사, 축사, 답사 등의 공식행사를 진행하고, 2부에는 서울음대 재학생들의 축하공연, 15기 우수강의상 시상과 함께 원우회가 직접 선정한 인기상, 특별공로상, 봉사상 등의 수상, 그리고 수료생들의 수료 소감 시간을 마련하였다. 15기 수료인원은 총 34명이며, 이로서 NIP 총동문회는 474여명의 동문을 배출하였으며, 앞으로 다양한 동문회 활동 및 사업화 네트워킹 등을 통해 자리 매김할 것이다

엔지니어하우스대강당에서 진행된 NIP 15기 수료식

[16기 입학식]

나노융합IP최고전략과정의 16기 입학식이 지난 9월 15일 (금) 서울대학교 엔지니어하우스 대강당에서 개최되었다. NIP 과정은 미래의 나노 원천과학기술과 다양한 사회의 니즈가 접점을 이루는 새로운 시도로서, 1기부터 15기까지 473여명의 졸업생을 배출한 바 있다. 이번16기 입학생은 총 22명으로 종전의 수강생 분포와 비슷하게 대기업과 강소기업의 임원뿐만 아니라, 법조인과 벤처캐피탈리스트, 정부기관 및 협회에서 고르게 참여하고 있다. 남기태 운영 교수의 사회로 진행된 입학식에는 1기 씨티엠㈜ 허종성 대표, 3기 미원상사 조진욱 대표, LG 이희국 고문, 5기 서형미 파트너변리사, 9기 ㈜네오플럭스 김동환 전무, 10기 ㈜ 다손 조은경 대표,15기 ㈜이디코어 한대수 대표 등, 서울대학교 차국헌 공과대학장 및 내빈과 운영교수진이 참석하여 16기의 출범을 축하하였다. 이어 2부에서는 서울과학종합대학원 김문수 교수의 "비트코인과 블록체인 메커니즘"의 주제로 특강을 진행하고, 3부에서는 입학생 개개인을 소개하는 자리도 마련되었다. 특히 16기 에서는 졸업한 원우들의 참여를 활성화하여, 네트워킹을 강화하는 시도를 할 예정이다.

제 16기 입학식

미래융합기술과정(FIP) 소식

[FIP 제14기 골프대회]

지난 8월 17일(목) FIP 제14기 수강생 간 골프대회가 진행되었다. 총 8팀으로 32명의 원우들이 참석하였으며, 경기는 뉴서울CC에서 오후 13시에 시작되었다. 경기 후 골프회 집행부 임명장 및 임명패 수여식과 골프대회 시상식을 진행하며 대회를 성황리에 마무리 하였다.

[원우기업탐방]

FIP 제14기 원우는 7,8월 방학 중 매주 화요일 원우기업탐방을 진행하였다. 국회, SKT 네트워크연구원, LG CNS 상암IT센터, 상아프론테크, 벤투스 carom club, 이렇게 총 5곳의 원우기업탐방이 진행되었다. 이번 행사는 14기 원우들의 자발적 참여로 이루어졌으며 같은 기수 원우들의 기업을 직접 방문하며 다양한 분야를 좀 더 생상하게 공유하고 체험할 수 있는 뜻 깊은 시간을 보낼 수 있었다.

[수학여행]

2017년 7월 7일(금)부터 9일(일)까지 2박 3일간, 서울대학교 미래융합기술과정(FIP) 제14기의 일본 아키타 해외연수가 진행되었다. '힐링 여행'이라는 컨셉으로 아키타 뉴토온센쿄 너도밤나무 숲길 트레킹을 시작으로 쯔루노유 유황 온천욕 체험, 타키카에리 계곡 산책 등 다양한 프로그램을 통해 마음을 재충전하고 친교를 다지는 시간을 가졌다.

[2학기 개강특강 및 개강파티]

8월 29일(화)은 FIP 제14기 2학기 개강일이었다. 방학을 끝내고 새로운 마음으로 2학기를 맞이하여 저녁식사 겸 개강파티를 하면서 오랜만에 만난 원우들과 회포를 푸는 시간을 가졌다. 개강특강으로 〈왜 게임기술이 기술융합의 플랫폼인가〉라는 주제로 여명숙 게임물관리위원회 위원장님의 특강이 있었다.

엔지니어링 프로젝트 매니지먼트 과정(EPM) 소식

[EPM 12기 부트캠프]

8월 10일(목) EPM 12기 수강생과 박준범 주임교수, 강사진 이 참석한 가운데 EPM 12기 부트캠프의 일환으로 두산중공업 VINH-TAN 4 프로젝트 현장을 방문하였다. 두 개의 화력발전소 수주에 이어 익스텐션 석탄화력발전소까지 추가로 수주한 현장을 시찰하며 두산중공업이 현지 전력 인프라의 핵심을 구축하는 현장을 직접 체험하는 시간이었다. 잘 정리된 현장과 활기찬 모습, 위기를 기회로 바꾼 리스크 관리와 향후 조기 준공을 목표로 추진 중인 VT4 현장은 일정, 비용, 인력, 리스크, 계약관리 등이 실제 공정에 성공적으로 적용되고 있는 플랜트 현장의 모습이었으며 많은 것을 배울 수 있었던 시간이었다.

[EPM 12기 산업시찰]

12기 산업시찰을 8월 12일(토) 베트남 빈증성 미풍산업단지에 위치한 루멘스와 도시개발공사 베카멕스 두 곳에서 진행하였다. 먼저 LED 전문기업인 루멘스에 관한 설립, 비전에 대한 브리핑 후 LED 제작공정을 직접 견학하였으며, 도시개발공사 베카맥스를 방문하여 현지 인프라와 경제지표에 관한 세미나를 경청하였다.

[EPM 12기 졸업논문발표]

8월 18일(금), 오후 2시 서울대학교 글로벌공학교육센터에서 EPM 12기 졸업논문 및 사례발표회가 있었다. 박준범(건설환경공학부) 주임교수, 박문서(건축학과)교수, 오병수(공학전문대학원)객원교수, 박창우(공학전문대학원) 객원교수의 심사로 이루어진 논문심사는 가치창조반과 실천지성반으로 나뉘어 5시간 동안 심도있게 진행되었다. 논문 심사는 박준범 주임교수님의 논문심사 총평으로 마무리 되었으며, 최우수 및 우수 발표자들은 9월 1일(금) EPM 선후배 동문을 모신 자리에서 CEPM 사례연구 발표 자격이 주어진다.

50 Years HIGEN

HIGEN

e-DRIVING SYSTEM

◆ **HIGEN** e-Driving System runs ◆

HIGEN MOTOR

주소 : 경상남도 창원시 성산구 공단로 473번길 57

TEL(대표) : 070-7703-3000 E-mail : jkson@higenmotor.com

HOMEPAGE : www.higenmotor.com