



SEOUL  
NATIONAL  
UNIVERSITY

# 서울공대

ENGINEERING

Community Magazine of  
College of Engineering  
Seoul National University

2017 WINTER NO.103

## 만나고 싶었습니다

- 김태호 서울메트로 사장

## 신기술 동향

- 재난재해로부터 이웃을 보호하는 첨단 융합기술
- 융합기술을 통한 실내재난 대응시스템
- 수해폐기물 발생량 예측 및 UAV기반 실측기술개발
- 도심지 지반재해 : 우리는 안전한가?
- 알고리즘을 통한 뉴스기사의 생성

## 칼럼

- 16년 촛불, 종로에서
- 로켓기술 미래에너지 위기를 해결할 열쇠
- 접어서 낚싯배를 짓다
- 지하에너지 발전소 소개
- 당뇨와 혈관합병증
- 대학과 도시 1. 볼로냐





## 통합경비 솔루션

공동주택, 관공서 등의 보안 효율화 서비스

# Everguard



## 영상인식 스마트도어락

ETRI가 출자한 영상 인식 특허기술로  
보다 안전하고 편리한 IoT 구현

## 전력수요관리

한국 전력거래소(KPX)와 연계하여  
전력 수용가에게 새로운 부가수익 창출

## 그린 리모델링

국토교통부, 창조경제센터 등 국가 주도의  
대규모 에너지 절감 효율화 사업

# C O N T E N T S

# 서울공대

ENGINEERING

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

2017 WINTER NO.103

10

만나고  
싶었습니다  
김태호  
서울메트로 사장



53

접어서  
뉘싯배를  
짓다



70

대학과 도시  
볼로냐



05 발행인 칼럼

### 지금 서울공대에서는

- 07 우리가 닳고 싶은 공대인 흉상 설치
- 08 한국을 빛내는 70인의 서울공대 박사 선정
- 09 훌륭한 공대 교수상 선정

### 만나고 싶었습니다

- 10 김태호 서울메트로 사장

### 신기술동향

- 17 재난재해로부터 이웃을 보호하는 첨단 융합기술 송준호 교수
- 20 융합기술을 통한 실내재난 대응시스템 전화숙 교수
- 28 수해폐기물 발생량 예측 및 UAV기반 실측기술개발 지석호 교수
- 33 도심지 지반재해 : 우리는 안전한가? 정충기 교수
- 37 알고리즘을 통한 뉴스기사의 생성 이준환 교수

### 설공코너

- 39 인터뷰 : 경계없는 작업실을 찾아서(문주호, 임지환, 조성현)

### 칼럼

- 43 16년 촛불, 종로에서 나용수 교수
- 45 로켓기술 미래에너지 위기를 해결할 열쇠 김승조 명예교수
- 53 접어서 뉘싯배를 짓다 김효철 명예교수
- 56 아듀, 2016 김성우 연구교수
- 60 지하원자력 발전소 소개 송재준 교수
- 66 당뇨와 혈관합병증 박지웅 교수
- 70 대학과 도시 1. 볼로냐 한광야 교수
- 75 공구회를 소개합니다 고석봉 동문
- 76 신입교수 소감

### 모교소식

- 78 수상 및 연구성과
- 82 국제협력소식
- 83 인사발령
- 85 발전기금 소식
- 89 동창회 소식
- 93 최고과정 소식

# Editor's Letter



## COVER STORY

김태호 서울메트로 사장

시답잖은 농담을 하나 드러볼까 합니다. 얼마 전 이탈리아 남부의 해안가에 자리한 아말피라는 도시에 다녀왔습니다. 피록처럼 곱이 진 절벽을 따라 지중해의 해안선이 요리저리 구비를 틀 때마다 용수철처럼 탄성이 튀어나옵니다. 우뚝우뚝한 암반에 신기하게도 동지를 튼 목련처럼 새하얀 중세도시가 불현 듯 나타날 때는 감동이 절정에 이릅니다. 천년보다도 더 먼 옛날 저 물길을 내달려 아나톨리아 지방으로 향하던 상인들의 이야기를 곁들여 들으니, 항을 떠나던 그들의 길을 등대처럼 인도해 주었던 시칠리아 섬도 새삼스레 눈에 들어왔습니다. 그런데 돌아온 지 얼마 되지 않아 이런 감동은 아지랑이처럼 사그라지고 제가 다녀온 도시가 아말피였는지 아니면 아토피였는지 헷갈렸습니다. 물론 순간적이었지만 말입니다. 차매가 일찍 찾아온 것은 아니기를 빌어봅니다.

이런 시답잖은 농담을 드리게 된 것은 어느덧 한 해가 가고 새해가 오는 접점에 서 있기 때문입니다. 쌍방향 조망이 가능한 시간의 코너에 서 있다 보니 순간의 무게가 달리 느껴지기 때문입니다. 숨 가쁘게 어딘가로 나ולה 다녔다는 좌표체계 상의 느낌만 남을 뿐 어느 곳 하나 또렷한 기억으로 남는 것이 없자니, 새해에 대한 방향감이 안 생깁니다. 좋은 것이든 못한 것이든 기억 없이 새해를 맞이하는 것은 이정표 없이 그냥 무조건 앞으로만 내달리는 열차 같다는 생각이 듭니다. 잠시 숨을 고르고 이런저런 상념에 잠겼던 곳이 아말피였는지 아토피였는지 가다듬어보니 새해에는 메시나 해협을 지나 코리티섬 쪽으로 달린 후 아나톨리아 평원과 예루살렘으로 가는 길목이었던 아크레까지 가보면 어떤 풍경, 사람 그리고 역사를 만날 수 있을까 하는 꿈을 꾸게도 됩니다.

아말피였는지 아토피였는지는 헷갈렸어도 지난번에 약속드렸던 바를 말종말종 기억하고 이번 호는 새로운 내용을 더하여 찾아בק게 되었습니다. 공대지의 메인콘텐츠인 '만나고 싶었습니다' 코너에는 김태호 서울메트로 사장님을 모셨습니다. 신기술 코너에는 최근 사회적 관심이 높아지고 있는 재난재해에 대한 예측 및 대처기술을 준비하였습니다. 건강, 영화, 음악 관련 칼럼도 준비하였습니다. 새로 더해진 코너는 먼저 여행칼럼입니다. 편집회의를 거쳐 첫 번째 테마로 세계대학도시를 탐방해 보기로 하고, 첫 글은 대학의 발상지 볼로냐를 다루어 보았습니다. 유수의 대학도시를 연재형식으로 탐방하는 이유 중 하나는 관악캠пус를 비롯하여 그 주변의 낙성대와 신림동 일대가 세계적인 대학도시로 변모하면 얼마나 좋을까 하는 희망 때문이기도 합니다. 너무 허황된 꿈인가요? 또 '실공코너'도 첫 기사를 마련하였습니다. 이 코너는 새로 창설된 학생기자단이 주제를 자유롭게 정하되, 공대지에서 그 동안 상대적으로 덜 다루었던 젊은 동문들의 삶을 소개하는 것이 그 큰 줄기입니다. 자기만의 길을 개척해 가는 동문을 인터뷰한다거나, 재학생 후배들이 자주 다니는 사로수길의 맛집을 소개한다거나, 아니면 공대출신 연예인들을 만나볼 수도 있을 것 같습니다. 아무튼 공대지에 약간의 '젊음'이 스며들도록 애를 써 갈 기자단의 앞으로의 활약에 큰 기대를 걸어봅니다.

이번 호가 나오기까지 편집위원회에서 봉사해주신 교수님들과 학생기자단에게 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 아시다시피 공대지는 동문 여러분의 지속적인 관심과 사랑을 통해서만 그 생명을 유지하고 또 꾸준한 자랑분을 얻어 성장할 수 있습니다. 동문 여러분의 격려의 말씀과 또 제안을 들을 수 있는 방법을 찾아보고 있습니다. 또 동문 여러분의 투고도 받을 예정입니다. 한 해가 가고 새 해가 오는 시간의 코너에 서서, 함께 만들어 가고 공대인 모두가 읽어보는 그런 공대지가 되기를 다시 한 번 꿈꾸어 봅니다.

편집장

<b>발행인</b>	서울대학교 공과대학 학장 이건우 서울대학교 공과대학 동창회장 김재학
<b>발행처</b>	서울대학교 공과대학 서울대학교 공과대학 동창회
<b>편집장</b>	백진
<b>편집위원</b>	강기석 김응수 박우진 박형민 윤근진 서진욱 장범선 정운찬 정은혜 지석호 황석연
<b>당연직</b>	안경현 (교무부차장) 곽승엽 (학생부차장) 김태완 (대외부차장)
<b>편집담당</b>	이동하
<b>학생기자</b>	정지혁 이선민
<b>편집실</b>	서울대학교 공과대학 39동 212호 전화   02-880-9148 팩스   02-876-0740 E-mail   eng.magazine@snu.ac.kr
<b>공대동창회실</b>	서울대학교 공과대학 39동 235호 전화   02-880-7030 팩스   02-875-3571 E-mail   aace@snu.ac.kr (주소변경은 동창회실로 연락)
<b>디자인·제작</b>	(주)이안커뮤니케이션 전화   070-7791-5900
<b>정가</b>	10,000원

### 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 지원하뿐 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



## 서울대학교 공과대학 백서(II) 추종자를 넘어 선도하는 대학으로 From fast follower to first mover



이건우  
공과대학장

우리는 서울대의 발전이 대한민국 발전의 초석임을 잘 알고 있기 때문에 발전방안에 대한 제안 하나라도 소홀히 할 수가 없습니다.

서울대 공대는 1980년대 후반부터 학내에 학부(과) 등과 관련된 연구소들이 본격적으로 생겨나면서 발전이 가속화되었으며, 2016년 QS 국제평가에서 서울대는 35위, 공대는 학부(과)별로 20위에서 40위 사이에 분포할 정도로 발전을 거듭 해 왔습니다.

2016년은 서울대가 개교 70주년이 되는 해였습니다. 그동안 많은 동문들과 학내 구성원들이 대학의 발전을 위해 무던히도 노력을 해 왔습니다. 때로는 쓴 소리를 했고, 진심어린 조언을 했으며, 기부를 통한 대학발전에 기여한 바도 큼니다.

2015년에는 우리대학 현실과 문제를 적나라하게 드러내고 스스로 반성하는 내용을 담은 백서 “좋은 대학을 넘어 탁월한 대학으로”를 발간하여 많은 분들의 이목을 끌었습니다. 공대백서에는 탁월한 대학이 되기 위하여 우리대학이 어떻게 변해야 하는지에 대하여 가감 없이 이야기하고 있습니다. 공대 백서에 제기된 내용 중에 예산을 수반해야 달성되는 것들도 있고, 학내 구성원들이 합심해서 노력해야만 가능한 것들도 있습니다.

우리는 서울대의 발전이 대한민국 발전의 초석임을 잘 알고 있기 때문에 발전방안에 대한 제안 하나라도 소홀히 할 수가 없습니다. 서울대 공대는 1980년대 후반부터 학내에 학부(과) 등과 관련된 연구소들이 본격적으로 생겨나면서 발전이 가속화되었으며, 2016년 QS 국제평가에서 서울대는 35위, 공대는 학부(과)별로 20위에서 40위 사이에 분포할 정도로 발전을 거듭 해 왔습니다. 그러나 우리대학이 세계 10위권의 대학으로 진입하기 위해서는 더 많은 노력과 개선사항이 필요합니다.

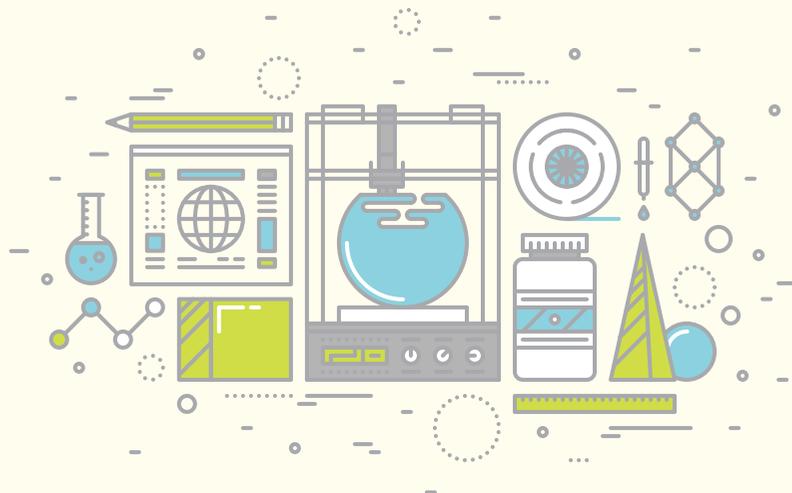
최근 대한민국의 산업 경쟁력이 떨어지고, 주변국이 기술적으로 우리나라를 쫓아오거나 이미 많은 분야에서 추월한 상태입니다. 특히 우리나라의 인구감소에 따라 미래 산업을 책임질 대학교 입학 수험생 수가 매년 줄어들고 있어 그것에 대한 대안을 마련하는 것이 절실히 필요한 상황입니다. 또한 시기적으로 교육, 연구, 창업의 각 부문별로 시대에 부합하거나 미래 지향적인 새로운 전략과 이를 추진할 방법에 대한 고민과 실행전략 또한 필요합니다.

혹자는 한국이 지금까지도 잘하고 있고 앞으로 어려운 상황이 닥치더라도 2016년 브라질 리우올림픽에서의 여자골프 우승의 주인공처럼 탁월한 인재가 나올 것이라고 내심 기대하는 이도 있습니다. 물론 이런 가능성이 없지는 않지만 막연한 가능성에 우리의 미래를 맡길 수는 없습니다. 근본적으로 기술 강국으로서의 위상을 높일 수 있는 구체적인 전략과 준비만이 우리대학 더 나아가 대한민국의 발전을 도모할 수 있다는 것을 꼭 잊지 말아야 할 것입니다.

최근 마련한 ‘공대 발전방안’은 2015년 공대백서에서 지적한 우리대학의 부족한 부분을 조금이나마 해결하고자 후속 작업으로 준비하였습니다. 이 발전방안을 통해 어떤 항목은 구체적인 제도로 만들어질 것이고, 또 어떤 항목은 미래의 계획으로 남겨질 것입니다. 지금의 우리대학 내부의 역량이나 상황을 이해하고 시대의 흐름을 미리 읽어서 대응한다면 우리대학이 처한 상황을 효과적으로 개선하고 발전할 수 있을 것입니다. 비록 모든 발전방안의 항목이 실현되지 않을 수도 있지만, 끊임없이 학내 구성원 및 동문들과 소통하면서 함께 고민하고 노력해 나가는 계기를 만드는 점에서 의미가 있을 것입니다.

탁월한 조직은 문제가 발생하기 전에 먼저 고민하고 과감하게 실천함으로써 문제 발생의 여지를 미연에 방지하거나 혹은 최소화 시킵니다. 이 발전방안의 전략과 실행이 효과적이고 지속가능한 사업이 되어 우리대학은 물론 국가정책에도 발전적인 영향을 미치기를 바랍니다.

발전방안의 전체 내용은 서울대 공대 홈페이지에서 확인할 수 있으니 관심을 가지고 읽어보신 후 아낌없는 조언을 부탁드립니다. 이 발전방안에 동문들께서도 힘을 보태주시면 2017년 새해에도 서울대학교 공과대학이 대한민국의 발전을 견인하는 주도적인 역할을 지속할 수 있을 것입니다. **I**



# 개교 70주년 기념 '우리가 닮고 싶은 공대인' 흉상 설치

## 공대 학생들에게 롤모델이 될 만한 동문 3명 선정 및 흉상 제막식 개최

서울대 공대는 개교 70주년을 맞이하여 학생들에게 롤모델이 될 만한 훌륭한 공대 동문 '우리가 닮고 싶은 공대인' 3명의 흉상을 설치했다.

서울대 공대는 지난 1월부터 흉상 선정자 관련 학장단 검토를 마치고, 공대 학과(부) 및 동창회에 적임자 추천을 요청했다. 이후 2월부터는 공대 기획위원회 및 학사위원회 보고를 통해 적임자 추천을 마감했고, 4월 선정위원회의 심사를 거쳐 최종 3명이 선정됐다. 흉상 제작은 5월부터 본격적으로 시작됐다.

최종 선정된 흉상 선정자는故 정석규 동문, 김정식 동문, 허진규 동문이다.故 정석규 동문은 1957년 화학공학과를 졸업하고 태성고무 화학을 창업해 특수고무제품 개발 등을 통해 우리나라 고무산업 발전에 기여했다. 또한 서울대 신양학술정보관, 신양인물학술정보관 등의 건물 기부는 물론 신양문화재단의 운영권을 서울대에 위임하며 나눔의 삶을 실천했다.

김정식 동문은 1956년 통신공학과를 졸업하고 대덕산업, 대덕전자를 창업해 PCB 개발 및 국산화를 통해 우리나라 전자산업 발전에

기여했다. 또한 1991년 해동과학문화재단을 설립하고, 이후 서울대 해동학술정보실, 해동학술문화관, 해동아이디어팩토리 등 다양한 공간 기부를 통하여 공대 학생들이 스스로 연구하고 학습할 수 있는 장을 만들었다.

허진규 동문은 1963년 금속공학과를 졸업하고 일진그룹을 창업해 공업용 합성다이아몬드 개발 및 국산화를 통해 우리나라 부품소재 산업 발전에 기여했다. 또한 1993년 덕명학술문화재단(現 일진과학기술문화재단) 설립을 통해 서울대 신소재공동연구소 건물 기부를 하는 등 이공계 인재를 위한 지원을 아끼지 않았다.

한편 흉상 제막식 행사는 지난 11월 23일 오전 11시 30분부터 서울대 공대 39동 2층 역사홍보관에서 이루어졌다. 참석자는 성낙인 서울대 총장, 박찬욱 교육부총장 및 대학원장, 황인규 기획부총장, 이진우 공대 학장 및 교수진,故 정석규 동문 유족 대표, 김정식 동문, 허진규 동문 등이다. **☎**



서울대 공대의 '우리가 닮고 싶은 공대인' 흉상 제막식에 설치되는 동문 3명의 흉상(왼쪽부터故 정석규 동문(유족 대표로 아들 참석), 김정식 동문, 허진규 동문)

# 개교 70주년을 맞이하여 '한국을 빛내는 70인의 서울공대 박사' 선정

서울대 공대는 개교 70주년을 맞이하여 서울대 공대를 졸업한 박사들 중, 우수한 업적을 달성하고 산업기술 발전에 크게 기여한 동문 70인을 선정하였다.

이를 위해 서울대 공대에서는 지난 2월부터 계획안 및 선정위원회를 구성하고, 총 7,649명의 박사 졸업생들의 자료를 확보했다. 또한 각 학부, 학과에 후보자 추천을 요청했고 모든 자료를 검토 후, 선정위원회에서 최종 선정을 하는 과정을 거친 것으로 알려졌다.

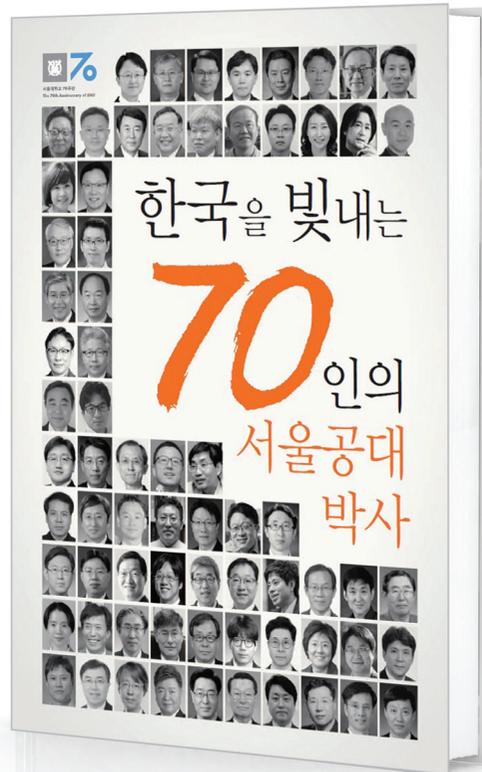
'한국을 빛내는 70인의 서울공대 박사'로 선정된 이들은 모두 교육 분야 32명, 산업 분야 27명, 연구 및 기타 분야 11명으로 총 70명이다.

교육 분야 주요 선정자는 김현영 강원대 총장(기계설계학 박사, 91년 졸업)과 김봉렬 한국예술종합학교 총장(건축학 박사, 89년 졸업)이다. 김현영 총장은 산학컨소시엄 강원지역연합회 회장직을 수행하며 강원도 내 산업체·연구기관·정부부처와의 컨소시엄 체계를 구축, R&D 역량이 미흡한 중소기업과의 매칭을 통해 사업을 지원했다. 또한 김봉렬 총장은 불교 건축전문가로서, 도서 <한국의 건축>을 출간 후 지속적으로 한국 건축 문화에 대한 저서 및 작품을 해외에서 발표했다.

산업 분야 주요 선정자는 경계현 삼성전자 부사장(제어계측공학 박사, 94년 졸업), 안승권 LG전자 사장(전자공학 박사, 92년 졸업), 변대규 (주)휴맥스홀딩스 대표이사(제어계측공학 박사, 89년 졸업) 등이다. 경계현 삼성전자 부사장은 메모리 반도체 DRAM의 주력 제품인 DDR2, DDR3 DRAM의 개발과 더불어, 2013년 7월에는 세계 최초 3차원 입체 형태의 VNAND를 개발했다. 안승권 LG전자 사장은 통신·모바일 등 전기전자분야의 기초 원천기술 개발 및 사업화에 기여했으며, 현재는 그룹 내 R&D 조직을 총괄하는 CTO 및 기술협의회 의장직을 역임 중이다. 변대규 (주)휴맥스홀딩스 대표이사는 1996년 세계에서 3번째, 아시아에서는 최초로 디지털 위성 방송 셋톱박스 개발에 성공했다.

연구 및 기타 분야 주요 선정자는 임기철 국가과학기술정책연구원 명예연구위원(공업화학 박사, 90년 졸업), 김인호 국방과학연구소 소장(원자핵공학, 88년 졸업) 등이 있다. 임기철 명예연구위원은 前 청와대 과학기술비서관으로 국가과학기술위원회, 원자력안전위원회 등의 설치를 주도하면서 과학기술정책 집행을 위한 제도적 기반 구축에 기여했다. 김인호 국방과학연구소 소장은 우리나라 군대에서 실제 사용하고 있는 유도탄 탄두와 탄약체계 개발을 주도하여 세계적 수준의 고풍화약 개발에 성공한 바 있다.

한편 서울대 공대는 이러한 동문 박사 70명의 업적을 널리 알려, 후배들에게 좋은 본보기가 되었으면 하는 취지에서 별도의 기념식을 지난 11월 17일 서울대 엔지니어하우스 310동에서 개최했다. **1**



서울대 개교 70주년을 맞이하여 선정된 '한국을 빛내는 70인의 서울공대 박사'들

# ‘훌륭한 공대 교수상’에 신창수 · 장정식 · 김형준 교수 선정



왼쪽부터 이건우 학장, 화학생물공학부 장정식 교수, 에너지자원공학과 신창수 교수, 재료공학부 김형준 교수

서울대 공대는 ‘훌륭한 공대 교수상’ 수상자로 에너지자원공학과 신창수 교수(교육상), 화학생물공학부 장정식 교수(학술상), 재료공학부 김형준 교수(산학협력상)를 선정했다. 이에 대한 시상식은 10월 19일 오후 12시 서울대 엔지니어하우스에서 열렸다.

훌륭한 공대 교수상은 서울대 공대 교수들의 연구활동을 진작하고 산업기술의 선진화에 기여하는 취지에서 1992년 7월 공대 동문들이 출연한 기금으로 제정됐다. 2003년부터 교육상과 연구상 2개 부문으로 시상하다가 2014년부터는 교육상, 학술상, 산학협력상 3개 부문으로 확대되어 그 의미가 더욱 커졌다.

교육상은 창의적이고 진취적으로 교육에 헌신한 교수에게, 학술상은 학술업적이 탁월한 교수에게, 산학협력상은 산학협력성과가 탁월하여 산업기술 발전에 지대한 공헌을 한 교수에게 매년 수여하고 있다. 이번 훌륭한 공대 교수상에는 신창수 교수, 장정식 교수, 김형준 교수가 선정되었다. 



선정 기념식에 참석한 한국을 빛내는 70인의 서울 공대 박사들



서울메트로사장

김태호

대담 | 박우진 편집위원(산업공학과 교수)

**Q** \_\_\_\_\_ 김태호 동문님, 반갑습니다. 서울공대지 독자이신 동문들께 간단히 현재 동문님의 근황을 소개해 주시겠습니까?

**A** 2016년 8월 25일자로 서울도시철도공사에서 서울메트로 사장으로 자리를 옮겨 지내고 있습니다. 그 전에는 첫 직장이었던 한국통신공사에서 1986년 입사하여 이후 23년간 KT가 정부투자기관, 정부출자기관, 민간기업으로 전환되는 과정 속에서 엔지니어링, IT, 경영혁신 등 기업 전반에 걸친 다양한 업무를 맡아 수행하였습니다. 이후 농축산 종합식품 그룹인 하림그룹과 바이오 메디컬 그룹인 차병원그룹에서 경영관리 고도화 및 신사업 추진을 담당하였습니다.

서울메트로는 수도권 시민의 편리한 대중교통서비스를 제공하기 위해 1974년 우리나라 최초로 지하철을 개통하여 운영하고 있으며, 최초의 지방공기업으로서 전국 7개 지하철 운영기관의 만행 역할을 수행하고 있습니다.

또한, 지난 40년간 하루 400만명의 고객이 이용하는 지하철 1~4호선 120개역, 영업거리 137.9km 구간을 책임지는 수도권 대중교통의 중추적 역할을 담당하고 있는 서울시 산하 지방공기업으로서 시 산하 동종기업에서 보낸 최고경영자로서의 경험과 노하우를 바탕으로 빠른 시간 내에 서울메트로의 당면한 문제를 해결하고, 이용시민이 안심하고 이용할 수 있는 지하철 만들기에 힘쓰고 있습니다.

**Q** \_\_\_\_\_ 1979년에 서울대 산업공학과에 입학하셨는데 공대를 특히 산업공학을 선택하신 계기가 있으신지요?

**A** 그때 저는 일학년은 학부로 들어와서 입학할때는 공학계열로 1년을 다녔어요. 공학계열로 있었던 일학년때 얻은 학점으로 과를 지원을 해요. 공대 전체로 몇 백명이 들어와서 각 과마다 정원이 있으면 전자 기계 산업 공학 등 이렇게 학과로 지원을 하면 지원자들을 학점으로 선발했어요. 당시 산업공학 정원은 33명으로 적고 상대적으로 평점이 높았는데 저는 1학년때 성적이 좀 괜찮아서 산업공학을 지원했습니다. 공대에 있지만 굉장히 학과 과목이 독특하여 여러 다양한 분야로 진출할 수 있어 당시 공학과 경영학 양쪽에 관심이 많은 학생들이 동기들 중에 많았습니다. 제 동기들중에는 CPA로 간 친구들, 경영대로 간 친구들이 많습니다. 교수가 된 친구들 중 절반정도는 경영대 교수이고 절반정도는 공대 교수입니다. 당시에 제가 산업공학과 11기니까 학과가 생긴지 10년정도 되어서 학문의 내용도 아직 잘 알려지지 않아서 굉장히 신선했었어요. 당시 미국에서도 산업공학이 각광을 받을 때여서 친구들 중에 산업공학을 매력적으로 여겨 경쟁률이 굉장히 높았어요.

**Q** \_\_\_\_\_ 당시 공릉동에서 관악캠퍼스로 공대가 이전한 시기인데 학창시절의 추억이 있으시면 한두 가지 소개를 부탁드립니다.

**A** 제가 입학한 1979년에 학부 일학년은 관악에서 공부하고 이학년이 되면 공릉동으로 가기로 되어 있었어요. 그런데 우리가 공릉동으로 갈 때쯤에 공릉캠퍼스가 관악으로 완전히 이사와서 사실은 공릉동에 가서 공부를 못했어요. 하지만 1학년때 과별로 선배들을 만나러 공릉동에 가서 봄에 배밭에서 미팅이나 배꽃 축제도 했던 추억들이 있습니다. 공릉캠퍼스가 굉장히 오래되고 아담해서 새로 지은 관악캠퍼스에 비해 캠퍼스가 멋있었어요. 하지만 1979년 가을에 10.26 사태가 나고 캠퍼스에 최루탄 냄새가 나는 혼란기에 학창시절을 보냈습니다. 누구나 어려운 시절이었는데 2학년때는 5.17 비상계엄으로 학교가 장기간 휴교해서 2학년 3학년은 거의 수업도 못듣고 레포트를 제출해서 학점을 받았습시다. 당시 큰 기대를 하고 컴퓨터 과목을 수강신청했는데 강의는 한번도 못 듣고 과제만 제출했어요. 지금 학생들하고 비교해보면 수업에 충실할 수가 없었어요. 그래서 동기들 중에 대학원을 많이 진학했습니

다. 왜냐하면 학부때 공부를 너무 안 해서 이 상태로 졸업을 하면 세상에 너무 미안하니 대학원 가서 학부때 못 한 공부까지 다 해야겠다고 생각했어요. 재미있는 것은 요즘에서는 상상이 안가겠지만 대학원가서 학부 수업에 조교로 들어가면 학부생이나 조교나 잘 모르기는 마찬가지였어요.

**Q** \_\_\_\_\_ **석사 졸업후 미국으로 유학을 가셨는데 유학을 떠나신 계기나, 유학시절 추억이 있으시면 한두 가지 소개 부탁드립니다.**

**A** KT에 들어가서 일을 하면서 유학을 가려고 준비를 했었는데 결혼을 일찍해서 자녀를 키우며 직장생활 하다 보니 10년이 지났어요. 당시 직장은 진급할 타이밍을 놓치면 승진이 안돼요. 상사가 저한테 부장승진을 한 다음에 유학을 가라고 권하는 바람에 차일피일 미루다 35세가 되니 더 늦어지면 공부하던 능력이 떨어져서 힘들겠다고 생각되어 늦은 유학을 떠나게 되었어요. 저는 회사에 있다가 유학을 떠났기 때문에 돌아와서 학교로 갈 생각은 없었고 다시 직장에 복귀하려고 마음을 먹고 있었기 때문에 나이가 크게 문제되지는 않았습니니다. 늦게 유학을 가니 대부분이 후배들이라 처음에는 어울릴 사람이 없었어요. 그래서 유학생들 모아서 축구단을 만들었어요. 한인학생 축구단을 처음엔 세 명으로 시작했는데 한 일년 지나니까 30명 이상이 모여서 오클라호마, 달라스, 오스틴, 휴스턴 등 인근 대학 한인학생단하고 교류전도 많이 했습니다. 제가 떠난 뒤로도 그 축구단이 활성화되어서 유학을 마치고 한국에 돌아 온 교수들도 귀국하면 일년에 한 두 번 대전이나 서울에서 다시 만나서 양팀 나눠서 공도 차고 했습니다. 축구는 공 한 개와 운동화만 있으면 되고, 또 텍사스는 잔디가 많고 더운곳이라 가위바위보해서 지면 옷통을 벗고 유니폼이 없어도 돈이 없어도 재미있게 운동했습니다.

또 하나는 가족과 주말에 낚시를 많이 다녔습니다. 멕시코만의 북쪽에서 남쪽까지 어지간한 곳은 다 다녔던 것 같아요. 특별히 주말에 할 일이 없으면 두 시간 차몰고 멕시코 만에 가면 고기가 참 많았어요. 낚시대 넣고 기다리면 뭐든지 잡혀서 올라오니 참 재미가 있었습니다. 또, 방학때는 자동차 몰고 미국을 횡단하기도 했습니다. 지금은 다 출가했지만 당시 우리 아이들이 초등학생이었는데 아빠와 함께 낚시하고 자동차 여행하고 했던 시절이 제일 재미있었다고 말합니다.



**Q** \_\_\_\_\_ **미국 유학을 마치고 돌아오셔서 KT에서 7년 정도 다양한 부서에서 근무하셨는데 KT에 계시면서 어떤 일들을 맡으셨나요?**

**A** 유학 마치고 KT 기획조정실에 부장으로 복귀해서 경영개선, 신진경영기법을 정착시키는 일, 경영 혁신활동 등을 주로 했어요. 임원이 돼서는 혁신기획실장을 맡았어요. 당시 KT가 민영화하기 직전이었는데 공기업에서 민영기업으로 바뀌면서 어떻게 혁신해 갈 것인가에 대한 고민이 많았고, 민영기업으로 기업문화를 바꾸고 경영시스템을 바꾸고 이런 일들에 참여 했습니다. IT기획실장을 할 때는 회사 전체의 CIO 역할을 했습니다. KT가 IT회사이다 보니 회사의 IT자체가 굉장히 방대해요. 그 전체를 운영하고 전략을 세우고 투자하고 그런 일들을 했었죠. 경영관리팀장으로 있을 때는 기업지배구조에 대한 고민을 많이 했습니다. 포스코나 KT 같은 기업은 민간기업이지만 오너가 없는 국민기업이잖아요, 기업의 오너쉽이 없다보니 3년 마다 리더십 교체로 인한 어려움이 많아서 적절한 기업지배구조가 무엇인지에 대한 연구도 많이 했습니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **산업공학은 사회시스템을 다루는 학문이라 학문간 융합이 더욱 필요한 분야인 것 같습니다. 서울대 공대는 전공교육 뿐 아니라 최근 인문학 교육도 강화하고 있습니다. 앞으로 변화하는 세상에서 어떤 방향으로 학생들을 가르쳐야할지 의견을 부탁드립니다.**

**A** 어려운 질문이네요. 예전이나 지금이나 산업공학은 문제해결(problem solving)능력을 키워야 된다고 생각합니다. black box든 grey box든 어떤 안풀리는 문제가 있을 때 그 어떤 전공출신보다 빨리 풀 수 있는 소양과 능력을 키워야 됩니다. 교과서에 나오는 것처럼 정형화된 문제로만 주어지는 경우는 없어요. 학교에서 배웠던 여러 문제들은 현장에 나가면 거의 소용이 없습니다. LP문제만 하더라도 교과서에서는 a, b, c 값을 다 주고 x를 구하라 하잖아요. 실제로 현장에서는 a, b, c 값을 구하는게 제일 어렵습니다. 그게 어려우니까 답을 못 구합니다. 학교에서 배워야 되는 것은 지식이 아니라 어떤 문제든지 그걸 다양한 tool과 어떤 접근법과 상상력을 통해서 해결하는 능력을 배워야 합니다. 저는 산업공학을 공부하면서 어떤 특정한 기법에 orient된 게 아니라 그런 기법들을 통해서 문제에 어떻게 접근해야하는지에 대한 능력들을 배웠고 사회에서 어떤 새로운 문제를 접해도 다른 사람보다 빨리 해결할 수 있었다고 생각합니다. 이런 능력은 어떤 전공이나 산업분야든 마찬가지입니다. 그렇다면 옛날이나 지금이나 교육방법이 크게 달라질 필요는 없는 것 같습니다. 앞으로도 문제 유형은 사회가 발달함에 따라 처음 접하는 새로운 문제 유형이 계속 나오겠지만 그런 문제를 풀어가는 방법과 능력을 키워주는 것은 지금과 같을 것 같아요. 물론 tool도 진화하겠지만 approach하고 생각하고 접근해 나가는 체계적이고 논리적인 사고 방식의 훈련이 더 중요합니다. 사회가 더 복잡해지고 문제들이 점점 융합적으로 얽히니까 융합적인 사고를 할 수 있는 능력을 학교에서 더 키워줘야 할 것 같습니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **불투명한 세계경제와 가속화되는 세계화, 이러한 급변하는 사회환경에서도 우리 서울대 공대생들이 사장님과 같은 선배들을 본받아 사회의 리더로 활약하기 위해서는 학생들이 학창시절에 어떤 자질을 더 길러야 할지요?**

**A** 제 입장에서 이야기 하면 자기 경험의 세계를 폭넓게 가졌으면 좋겠습니다. 전공이 기계든 전자든 화공이든 자신의 전공분야를 넘어 자신이 경험해 보지 못한 세계를 많이 경험해 보는 것이 중요합니다. 저의 경우에도 통신회사에 20년 이상 있었지만 통신회사를 나와서는 제조업이든지 서비스업이든지 다른 industry가서 새로운 경험을 해보고 싶었습니다. 그래서 저는 중합식품업의 하림그룹에 있기도 했고, 병원그룹인 헬스케어 분야에서도 일

하기도 했습니다. 지금 현재는 도시철도 지하철 교통분야를 맡고 있는데, 제가 industry를 옮겨 다니면서 느낀 점은 표면적인 것은 다르지만 원리는 똑같다는 것입니다. 기업입장에서 보면 효율화시키고 표준화하고 cost를 줄이고 customer satisfaction을 늘리자는 것이죠. 만드는 물건과 제공하는 서비스는 다르지만 원리는 industry마다 같습니다. 공대생 전체로 본다면 자신이 어떤 전공분야에 있고 어떤 industry에서 어떤 job을 가지고 있든지, 또 job을 옮기더라도 너무 개의치 말라는 것입니다. 어디를 가든 원리는 똑같은 것이기 때문에 크게 되고 싶다면 자기의 활동무대를 넓혀서 다양한 경험을 하는 것이 필요합니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **지난 8월 서울메트로 사장에 취임하셨는데, 현재 목표하고 있고 계획가운데 추진하고 있는 중요한 일은 어떤 것들인가요?**

**A** \_\_\_\_\_ 제가 메트로 사장으로 오면서 제일 첫 번째로 생각하는 것은, connected subway입니다. 그 앞에 수식어를 붙이면 smart connected subway. 우리는 도시철도를 운영하는 회사인데 현재 운영시스템을 얼마나 더 스마트하게 할 것인가가 숙제입니다. 스마트해져야 더 안전해지고 더 편해지고 비용 효율성도 증가합니다. 지금은 많은 부분이 분절되어 있습니다. 차량의 운행정보와 승객의 동선과 우리 시설의 상태정보와 여러 가지 외생환경변화와 이런 모든 정보들을 모두 연결하면 승객들에게는 차량의 지연상태, 운영상태, 어떤 서비스가 되고 있는지 안되고 있는지, 어느곳에 에스컬레이터가 안 되는지, 엘리베이터는 가동중인지 아닌지 등의 모든 정보들이 집에서 나오기 전부터 모두 연결해서 제공된다면, 내가 오늘 몇 호선을 타고 가야하는데 어디가 지연되고 있는지, 몸이 불편할때는 에스컬레이터나 엘리베이터가 되는지 미리 안다면 굉장히 편리해지겠죠. 그런 정보를 모르고 현장에 와서 엘리베이터 고장을 확인한다면, 시간도 늘어나고 불편해 집니다. 시민 입장에서는 그런 정보들이 연결돼서 제공되어야 합니다. 우리는 1-4호선에서 나오는 신호, 통신, 영상, 승객정보, 차량 운행정보 등 여러 가지 정보와 8000여대의 CCTV 영상이 연결되어서 한곳에 모아지고, 900대여대의 엘리베이터나 에스컬레이터에 달린 센서에서 정보를 실시간으로 모니터링 하면 언제 고장 날 것이라는 것도 예측할 수 있습니다. 그렇게 되면 지하철을 운영하는 운영시스템도 스마트해지고 훨씬 더 서비스도 잘하고 안전해질 수 있습니다. 제 임기내에 smart connected subway가 될 수 있는 기반을 닦아야겠다고 생각하고 있습니다. 기술적으로는 어려운 일이 아닙니다. 이미 개발된 기술들을 엮어서 구슬을 꿰듯이 지하철이라는 특성에 맞게 연결시키는 것이 중요합니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **2014년부터 2년간 서울도시철도공사에 계셨고, 이번 8월부터 서울메트로에 사장으로 옮기셨는데, 두 기관 모두 안전이 제일 중요한 이슈인데요. 안전에 대해 현재 주안점을 두는 부분은 무엇인지요?**

**A** \_\_\_\_\_ 통계적으로 살펴보니 인적오류(human error)가 제일 중요합니다. 현재 노후된 시설을 새롭게 교체하는 것도 중요합니다. 40년 30년 20년 등 노후된 시설을 교체하는 것은 시간을 두고 계속해야 합니다. 예산이 한정되어 있어 노후된 시설의 교체는 한꺼번에 급격하게 할 수 없습니다. 시설노후도를 타지기 이전에 시설의 노후 정도에 따라 작업방식이나 매뉴얼이나 점검체계나 이런 것들이 달라져야 되는데 이게 잘 안되어서 문제가 발생합니다. 맞춤형 매뉴얼이 불비해서 생기는 인적오류(human error), 시스템의 불비로 생기는 인적오류(human error), 작업방식이 맞지 않아서 생기는 인적오류(human error), 또 개인이 당연하게 지켜야 하는 룰을 지키지 않아서 생기는 인적오류(human error), 태만해서 오는 인적오류(human error) 등이 절반이상입니다. 이것만 줄이면 현재 지하철에서 발생하는 사고의 많은 부분이 줄어듭니다. 우리나라 지하철이 그렇게 장애가 많고 문제가 많은 지하철이나 하면 해외사례를 보면 우리나라는 굉장히 안전한 편입니다. 최근 Newyork post 기사에 뉴욕지하철을 운영하는 MTA에서

리포트한내용을 봤습니다. 2016년에 사람이 열차와 충돌하는 사고가 142건 있었고 현재까지 44명이 사망했다고 합니다. 한 명의 사망자도 없는 것이 우리의 목표입니다. 뉴욕지하철과 비교하면 우리 지하철이 상당히 안전한 편이지만 자잘한 사고들이 나고 있는걸 살펴보니 반 이상은 인적오류(human error)에 속하는 사고였습니다. 그래서 시설투자는 장기적으로 계속 해 나가면서 인적오류(human error)를 줄이는 노력을 병행하고 있습니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **서울도시철도공사와 서울메트로가 통합하기로 최근에 결정되었다고 들었습니다. 통합의 장단점은 무엇인지요?**

**A** 교통측면에서 천만명의 수도 서울이 10년 뒤 어떻게 될 것인가 생각해봐야 합니다. 현재 지하철이 9호선까지 있고 2022년까지 경전철이 10개가 더 생겨납니다. 버스, 택시, 마을버스 등 천만 명 이상의 사람이 사는 데서 교통시스템이 통합돼야 체계적으로 발전할 수 있습니다. 버스노선, 지하철 노선, 마을버스 노선, 또 택시가 유기적으로 연결이 되어야 좋잖아요. 대중교통이 편해야 자가용차들이 덜 다니게 되고 그래야 대기도 생활환경도 좋아집니다. 지하철노선만 따져봐도 두 공사가 분리되어 있으면 이런 일들을 할 수 있는 모멘텀을 만들 수가 없습니다. 원래 20년전에 하나였는데 여러 가지 이유로 나누었던 것을 20년만에 다시 원위치로 만들게 된 것입니다. 이참에 미래 교통체계의 변화에 대한 코어가 되게 하자는 취지입니다. 외국의 경우 프랑스는 파리교통공사 밑에 지하철, 버스, 트램, 택시가 다 있어요. 독일도 교통공사가 지하철, 트램, 버스를 동시에 같이 운영해요. 싱가포르도 택시, 버스, 지하철을 같이 운영해요. 운송수단 하나만 분절적으로 운영하면 도시교통 문제를 해결할 수가 없습니다. 교통시스템이 통합적으로 모아져야 합니다. 우선 지하철을 통합하고 다음에 다른 교통수단도 통합하고, 서울과 경기도 수도권 구분도 사실은 별 의미가 없습니다. 파리로도 광역으로 교통체계를 만들었고, 독일도 베를린 시내와 주변 몇 지역을 합쳐 광역교통시스템을 만들었어요. 교통은 연결이 중요합니다. 그런 의미에서 통합을 비용 절감나 경영효율 같은 측면으로 바라 볼 것이 아니라, 교통시스템은 그 자체로 모아지는 것이 당연합니다. 세계 어느 도시를 봐도 한 도시 안에 지하철을 운영하는 주체 중에서 100% 공공기관인 두 곳이 운영하는 곳은 없습니다. 하나가 공공이면 하나는 민간이든지 하면 몰라도 똑같은 공공기관 두 개가 나뉘어서 하는 데는 없습니다. 만약 그게 효율적이면 다른 곳도 그렇게 하겠죠. 1-4호선과 5-8호선 두 기관이 서로 경쟁하는 것도 아니고 통합하는 것이 바람직합니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **서울메트로의 성장전략은 무엇인가요? 글로벌 시장에 진출하실 계획도 있나요?**

**A** 지금 전체 수익에서 운수 분야가 90%이고 승객 수송이 아닌 역사에서 발생하는 임대 광고 사업 등 비운수 분야 수익이 10%됩니다. 정부보조금이 없는 싱가포르 같은 경우 비운수사업이 30~40%정도 차지합니다. 홍콩 같은 경우엔 비운수분야가 운수분야보다 포션이 더 큼니다. 운수분야는 공공성을 가지고 있어 요금을 높게 책정할 수 없어 구조적으로 적자를 볼 수 밖에 없습니다. 우리는 승객 한사람을 운반하면 평균 350원 정도 적자를 봄



저는 산업공학을 공부하면서 어떤 특정한 기법에 orient된 게 아니라 그런 기법들을 통해서 문제에 어떻게 접근해야하는지에 대한 능력들을 배웠고 사회에서 어떤 새로운 문제를 접해도 다른 사람보다 빨리 해결할 수 있었다고 생각합니다



니다. 운수사업 분야의 성장은 요금을 올리는건데 시민들의 거부감과 부담이 크기 때문에 마음대로 올릴 수 없습니다.

비운수사업을 통해서 운수사업의 적자를 메꾸어 나가든지, 정부나 시의 보조금이 들어와야 하는데 보조금은 들어오지 않아 매년 1000억 이상의 적자가 나고 있습니다. 결국엔 비운수 사업의 포션을 한 20%정도로 높여야 합니다. 지하철역사의 복합개발이라든지, 거점별 환승센터 건립 등의 전략을 구상중입니다. 해외 사업으로는 현재 필리핀에서 지하철사업을 하고 있고, 방글라데시 지하철사업 컨설팅을 진행 중입니다. 국내에서도 김해-부산 경전철 운영 사업 등을 진행 중입니다.

서울메트로는 신사업 발굴에 원동력이 되는 인프라를 보유하고 있습니다. 지하철 1~4호선은 서울의 주요지역을 포함하여 동·서·남·북으로 관통함으로써 그 접근성 측면에서 오프라인 플랫폼(Off-line Platform)으로서의 가치가 뛰어납니다. 또한, 40년이 넘는 운영기간동안 축적된 철도기술 노하우를 적절히 전수·활용할 수 있는 체계를 구축한다면 해외사업 진출을 통해 혁신추진의 원동력으로 작용할 수 있을 것이라 생각합니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **서울대 공대생들에게 서울메트로 취업을 추천하고 싶은데, 서울메트로에서 바라는 인재상이 있다면 어떤 것입니까?**

**A** 인사(人事)는 곧 만사(萬事)라는 말이 있듯이, 모든 일에 사람이 가장 중요하고, 조직의 활기와 효율성을 높이기 위해 사람을 잘 쓰는 것만큼 중요한 게 없다고 생각합니다. 서울메트로의 인재상은 “고객에게 책임과 신뢰를, 직원에게 소통과 신뢰를, 개인에게 열정과 도전의 서울메트린”입니다. 최상의 서비스와 품질을 고객에게 제공하여 신뢰받는 사람, 배려와 협력을 통해 더불어 일할 줄 아는 사람, 실패를 두려워하지 않으며 신념과 의지를 가지고 적극적으로 업무를 추진하는 사람입니다. 개인적으로는 무엇보다도 열정있는 사람을 선호합니다. 실수하는 것은 눈감아 줄 수 있지만 열정이 없는 것은 봐 줄 수 없습니다. 잘 하려다가 실수하는 것이야 얼마든지 용인이 되는데, 열심히 하려는 마음조차 없다면 문제지요. 그래서 흔히 말하는 뛰어난 스펙을 갖춘 사람보다 스펙이 떨어지더라도 열정이 많은 사람을 선호합니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **앞으로 개인적으로 계획하고 계신 일은 무엇인지요?**

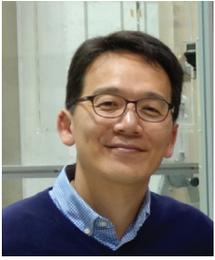
**A** 지금은 가까운 국내 여행도 잘 못하는데 기회가 되면 국내외의 여러 군데 안 가본 곳들을 가보고 싶습니다. 도시철도는 365일 24시간 돌아가니까 밤이나 낮이나 회사 근처에 있어야 합니다. 사고가 나면 1시간 내에 출동할 수 있는 위치에 있어야 하는 업무 특성 때문입니다. 나중에 자동차 여행도 마음껏 하고 싶습니다. 

---

## 김태호 서울메트로 사장

김태호 사장은 1960년 경남에서 태어났다. 1979년 서울대 산업공학과를 입학했다. 서울대에서 학사와 석사를 마치고 미국 텍사스A&M대학교에서 산업공학 박사학위를 취득하였다. KT에서 오래 근무하다가 하림그룹, 차병원그룹 부사장, 차케어스 사장 등을 역임하였고, 서울도시철도공사 사장으로 있다가 2016년 8월부터 서울메트로 사장을 역임하고 있다.

## 재난재해로부터 이웃을 보호하는 첨단융합기술



송준호  
건설환경공학부 교수



최유정  
건설환경공학부 박사과정

동일한 재난상황에서도 각 지역사회가 가지고 있는 재난재해 복원력에 따라서 복구의 양상은 물론 최종결과까지 큰 차이를 나타낼 수 있다. 또한 재난재해는 그 특성상 발생 위치와 규모를 정확하게 예측하는 것이 쉽지 않고, 예측한다고 하더라도 불가항력적인 경우가 많기 때문에 재난재해의 영향을 최소화하는 능력이 재난재해 복원력 증진은 현대 도시사회의 핵심 과제라고 할 수 있다.





‘도시 재난재해 복원력’(Urban Disaster-Hazard Resilience)은 각종 재난재해로 발생할 수 있는 사회경제적 손실을 최소화할 수 있는 도시 공동체 전체의 역량으로 정의될 수 있다. 재난재해 복원력은 재난재해 발생시 도시 인프라 시스템의 물리적, 사회경제적 손실의 정도와, 도시 시스템의 기능을 원래의 상태로 회복하는데 소요되는시간 등을 통해 종합적으로 평가할 수 있다. 동일한 재난상황하에서도 각 지역사회가 가지고 있는 재난재해 복원력에 따라서 복구의 양상은 물론 최종결과까지 큰 차이를 나타낼 수 있다. 또한 재난재해는 그 특성상 발생 위치와 규모를 정확하게 예측하는 것이 쉽지 않고, 예측한다고 하더라도 불가항력적인 경우가 많기 때문에 재난재해의 영향을 최소화하는 능력인 재난재해 복원력 증진은 현대 도시사회의 핵심 과제라고 할 수 있다. 복잡한 도시 시스템이 재난재해로부터 받는 영향에 대한 총체적 이해를 바탕으로 효과적으로 재난재해 복원력을 증진하기 위해서는 수요자 중심의 기술, 그리고 시스템 레벨의 해석과 솔루션이 요구되며, 이는 다양한 분야 전문가들의 첨단 융합연구를 통해서만 실현될 수 있다.

1990년 설립된 미국 텍사스 A&M의 재해저감 및 회복 센터는 융합연구가 필요한 주제들에 대해 다수의 기관이 다학제적인 협력을 할 수 있도록 지속적으로 지원하고있다. 1997년 설립된 미국 일리노이대의 MAE(Multi-hazard Approach Engineering)센터의 경우 물리적 피해와 그로 인한 사회적 피해예측을 정확히 예측할 목적으로

구조공학자들과 사회과학자들이 융합연구를 수행하였고 그 성과를 GIS 소프트웨어 플랫폼에 담았다. 위의 두 센터가 재난재해와 복원력 연구과정의 일부로서 융합연구의 필요성을 느껴 이를 지원하였다면, 2015년 설립된 미국 콜로라도 주립대학의 리스크기반 지역 복원력 연구센터(Center for Risk-Based Community Resilience Planning)는 본격적인 융합연구 중심의 센터로서 다양한 배경을 가진 연구진의 융합연구를 근간으로 재난재해 복원력을 증진하기 위한 연구활동을 활발히 수행하고 있다.

이러한 도시 재난재해에 대한 융합연구필요에 부흥하고자, 한국연구재단의 지원을 받아 2015년 서울대학교에 도시 재난재해복원력 융합연구센터(Convergence Research Center for Disaster-Hazard Resilience)가 설립되었다. 이 센터는 대학과 연구소에 소속된 12명의 핵심연구진과 총 50명 이상의 연구원들로 구성되어 있으며, 진정한 의미의 융합연구를 위해 건설환경공학, 컴퓨터공학, 심리학, 언론정보학, 경제학, 지리학 등을 포함하는 다양한 분야의 전문가들이 센터 활동에 참여하고 있다. 현재 센터에서 활발히 진행되고 있는 연구과제들은 다학제간 융합연구의 모범을 제시하고, 도시 재난재해 복원력 증진을 위한 참신한 해법을 제공할 것으로 기대된다.

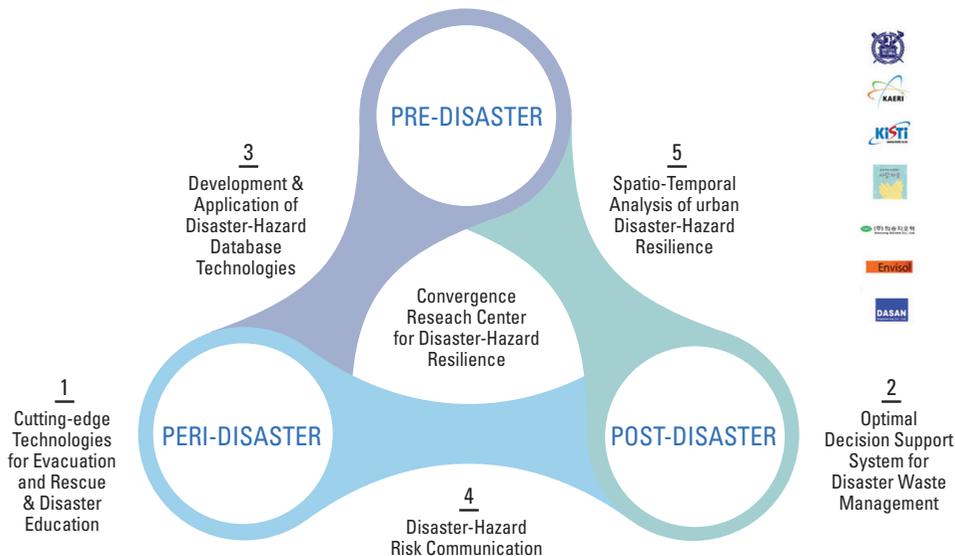
2015년 8월 도시 재난재해복원력 융합연구센터가 설립된 직후,

센터 연구진들은 재난재해관리 3단계 즉, 재난재해 예측 및 대비(Pre-Disaster), 재난재해 감시 및 대응(Peri-Disaster), 그리고 재난재해 복구(Post-Disaster) 단계별로 도시 지역 사회가 당면한 과제를 해결하기 위한 첨단 해법을 제시하고자 5개의 공동 융합연구 주제를 설정하였다. 효과적이고 실질적인 융합연구 추진을 위하여 재난재해 관리 3단계 및 5가지 융합연구그룹에 자연/공학, 인문/사회, 연구계의 핵심연구원 및 참여기업 인력이 고르게 분포하여 있으며, 각 핵심연구원의 팀별 중복 배치를 통하여 연구성과물의 연계, 통합 그리고 융합성이 극대화될 수 있도록 하였다. 이러한 구성은 센터의 핵심과제를 중심으로 구성원 간의 연구 칸막이를 없애고 연구진들이 복수의 연구 주제에 참여할 수 있게 함으로써 융합 공동연구의 유연성을 대폭 강화하는 효과가 있었다.

센터 연구진들이 선정한 5개의 연구주제는 서로 선 순환성을 띄며 하나 이상의 재해관리 단계와 유기적으로 연결되어있다. 첫번째 주제 ‘대피-구조 첨단융합기술 개발 및 융합기술기반 재난교육’(리더:컴퓨터공학부 전화숙 교수)은 Peri- 단계에 중점을 두어 인명 피해 최소화를 위한 첨단 기술개발에 집중하였고, 두번째 주제 ‘재해폐기물 처리 최적 의사결정 시스템’(리더:건설환경공학부 지식호 교수)은 수해 폐기물 처리에 관련한 Pre-와 Peri-단계의 의사결정에 긴요한 연구성과를 낼 수 있도록 계획되었다. 세번째 ‘재난재해 DB 융합기술 개발 및 적용’ 주제(리더:건설환경공학부 정충기 교수)는 Pre-와 Peri-단계가 결합된 DB 중심 기반재해 관리에 초점

을 둔 융합연구이고, 네번째 ‘재난재해 리스크 커뮤니케이션’ 주제(리더:언론정보학과 이준환 교수)는 Peri-와 Post-단계가 결합된 융합연구를 통해 재난재해 발생시 그 효과를 극대화할 수 있는 첨단 재난재해 커뮤니케이션 기술을 개발하고 있다. 다섯번째 주제(리더:건설환경공학부 송준호 교수)는 ‘도시 재난재해 복원력의 공간간적 분석’으로 Pre-와 Post-단계가 결합된 융합연구이며 각 지역의 복원력 특성을 파악하여 대비 및 복구 관련 최적 의사결정을 돕는 것을 목표로 한다. 이번 특집호에서는 도시 재난재해복원력 융합연구센터에 핵심연구진으로 참여하는 네 분 교수님을 중심으로 융합연구의 성과를 소개하고 앞으로의 연구방향을 제시하고자 한다.

9.12 지진 등 최근 국내외에서 발생한 다양한 재난재해 사건들로 인하여 재난재해로부터의 안전에 대한 관심이 그 어느 때보다 증대되고 있다. 본 특집호를 통해 재난재해로부터 이웃을 보호하고 도시 공동체 기능을 빠르게 회복할 수 있는 재난재해 복원력 증진을 위해 학계에서 이루어지는 다양한 융합연구 노력들을 살펴볼 수 있을 것이다. 그뿐 아니라 기존의 사후 대책 중심 접근에서 대응, 예방 및 복원력 증진 중심의 선제적 접근으로, 기술 공급자 중심에서 실제문제의 효과적 해결을 위한 수요자 중심의 연구로, 그리고 단일분야 연구에서 학제간의 벽을 허물어 진행되는 융합연구로 변화하는 재난재해 연구의 최근 패러다임 전환 양상을 파악하는 데에도 도움이 될 것으로 기대한다. **I**





## 융합 기술을 통한 실내 재난 대응 시스템



전화숙  
컴퓨터공학부 교수

- 신중권 컴퓨터공학부 석사과정
- 이효원 컴퓨터공학부 석사과정
- 손동현 컴퓨터공학부 박사과정
- 최민지 건축학과 박사과정
- 천취경 건설환경공학부 석사과정
- 현익주 심리학과 연구원
- 김찬영 심리학과 석사과정

최근들어 지진, 홍수, 그리고 화재 등의 재난이 빈번하게 발생함에 따라, 재난 대응 시스템 및 관련 기술 개발에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 재난으로 인한 인명 피해는 주로 실내에서 발생하므로 실내 재난이 확산되고 있는 상황(Peri-disaster)에서 사람들을 신속하고 효과적으로 대피시키거나 또는 구조하기 위한 기술들이 큰 주목을 받고 있다. 대표적인 관련 기술로는 실내 사람들의 위치를 파악하는 '실내 측위 기술', 그리고 재난 확산을 예측하기 위한 '컴퓨터 시뮬레이션 기술'이 있다. 또한, 재난 상황에서 사람들을 빠르게 대피시키기 위해, 재난이 발생하기 전(Pre-disaster)에 미리 사람들에게 대피 경로를 효과적으로 학습시키기 위한 교육 방법도 개발되고 있다. 이에 본 기고에서는 재난 중에서도 가장 빈번하게 발생하는 화재에 초점을 두어, 실내 화재 대응 시스템에 활용될 실내 측위 기술, 컴퓨터 시뮬레이션 기술, 그리고 대피로 교육 방법을 소개한다.

### 실내 재난 대응을 위한 측위 기술

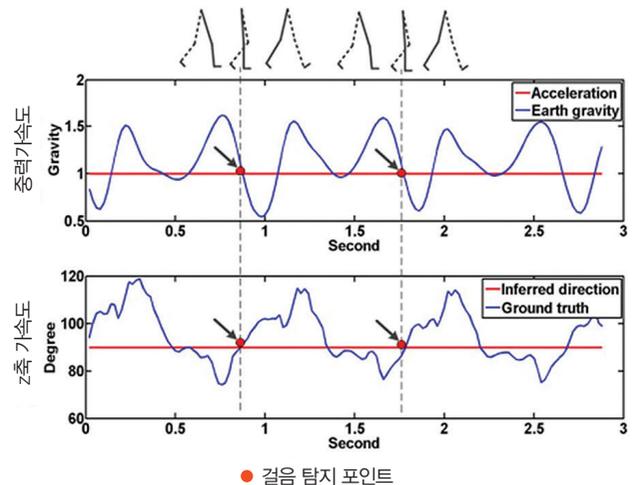
실내 측위(Indoor Localization) 기술은 화재 또는 지진과 같은 재난 상황에서 사람들에게 대피 경로를 안내하거나, 구조대원들에게 조난자의 위치를 제공하는 등에 응용되어 인명 피해를 줄이는 데 핵심적인 역할을 할 수 있다. 그래서 실내 측위 기술은 그 중요성 때문에 30여 년 넘게 꾸준히 연구되고 있다. 기존에 제안된 대다수의 실내 위치 추정 방법들은 앵커(Anchor)들을 이용해 단말기의 위치를 계산하는 방식을 취한다. 여기서 앵커란 와이파이(WiFi) 무선랜 공유기나 블루투스 비콘(Bluetooth Beacon)과 같이 고정된 위치에서 자신의 공간상의 절대적인 위치 값이 담긴 무선 신호를 주기적으로 방송(Broadcast)하는 장치를 일컫는다. 그러나 실제 재난 상황이 발생하면, 정전이나 파손으로 인해 일부 또는 모든 앵커가 정상적으로 작동하지 않을 수 있다. 따라서 재난 대응을 위한 측위 기술을 개발하기 위해서는 기존의 앵커를 활용하는 방법(앵커 의존적인 방법)들과 전혀 다른 방식으로 접근해야 한다. 실내에 분포된 앵커들이 재난으로 인해 얼마나 많이 손상되었는가에 따라, 실내 측위 기술들을 분류하면 다음과 같다.

- 1) 재난의 피해가 적어 모든 앵커를 참조할 수 있는 경우 → 앵커 완전 의존적 실내 측위법
- 2) 재난의 피해가 심각하여 모든 앵커가 파손된 경우 → 보행자 관성항법, 앵커 독립적 실내 측위법
- 3) 실내 앵커 중 일부가 파손되어, 정상 작동하는 일부 앵커만을 참조할 수 있는 경우 → 앵커 부분 의존적 실내 측위법

1)의 경우에는 실내 모든 앵커가 정상 작동하기 때문에, 앵커와의 통신을 적극적으로 활용하는 앵커 완전 의존적 위치 추정 방법을 이용하는 것이 좋다. 그러나 앞에서 언급하였듯, 재난이 발생하면 실내 일부 또는 모든 앵커들이 작동하지 못할 것이므로, 재난 대응을 위한 실내 측위 기술들은 앵커와는 독립적으로 단말기의 위치를 찾을 수 있어야 한다. 따라서 앞으로는 재난 상황에 해당하는 2)와 3) 경우의 위치 추정 기술들에 중점을 두어 설명할 것이다.

우선, 2)의 경우에는 앵커를 전혀 활용할 수 없으므로, 단말기 자체의 기능을 활용해 위치를 추정하는 것이 적합하다. 이러한 방법에는 단말기 간에 통신을 이용해 단말기들의 위치를 추정하는 앵커 독립적 측위법 (Anchor-Free Localization)과 단말기 내 센서 모듈을 활용해 단말기의 위치를 추정하는 보행자 관성항법(Pedestrian Dead Reckoning)이 있다. 하지만 이 두 방법은 환경적인 요인으로 인해 위치 추정 정확도가 매우 낮으므로, 최근에는 실내 도면 데이터 등을 활용해 정확도를 향상시킨 방법들이 제안되고 있다. 그 방법의 하나로, 보행자 관성항법을 이용해 단말기의 위치를 추정한 후, 3)의 상황에서 단말기 주변에 정상 작동하는 앵커들을 활용해 위치 추정 오차를 줄이는 앵커 부분 의존적 위치 추정 방법이 있다. 이에, 본 기고에서는 기존에 제안된 보행자 관성항법과 앵커 독립적 위치 추정 방법과 이들의 문제점에 대해 살펴본다. 그리고 이 방법들을 재난 상황에 적합하도록 개선시킨 최근 연구들에 대해서도 알아본다.

### 보행자 관성항법

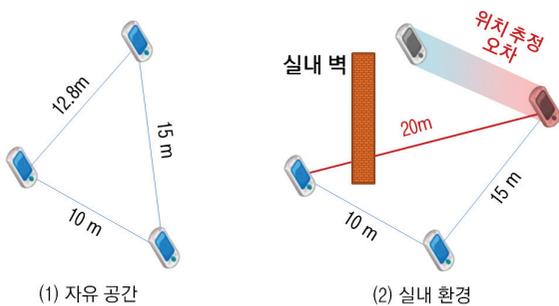


[그림 1] 단말기 내 중력가속도 및 z축 가속도 감지 센서를 이용한 걸음 탐지

앵커를 사용하지 않고 단말기의 위치를 추정하는 대표적인 방법으로는 보행자 관성항법이 있다. 이 방법은 단말기의 내장 센서 모듈을 이용해 단말기의 이동 방향을 추정하고, 만보기와 유사한 원리로 사람의 걸음횟수를 계산해 단말기의 이동 거리를 추정하여 단말기의 위치를 구한다. 예를 들어, [그림 1]에서는 단말기 내 중력 가속도 및 각속도 센서를 통해, Z축 가속도와 중력가속도가 일치하는 시점의 간격을 한 걸음으로 감지하는 방법을 보여준다. 그러나 이러한 센서 모듈을 통해서만 잘못된 걸음 탐지를 할 수 있을 뿐만 아니라, 사람마다 이동 특성이 다르므로, 이 방법으로 추정된 단말기의 위치 값은 시간이 지날수록 큰 오차를 가진다. 그러므로 재난 상황에서 보행자 관성항법만 이용해서는 단말기의 정확한 위치를 구하기 어렵다.

### 앵커 독립적 측위법

앞에서는 단말기 내 센서를 이용해 단말기의 위치를 추정하는 방법에 대해 살펴보았다. 여기서는 단말기 간의 무선 애드-혹(Ad-hoc) 통신과 그래프 이론을 활용해 단말기의 위치를 추정하는, 앵커 독립적 측위법에 대해 설명한다.



[그림 2] 종래 앵커 독립적 측위 방법. 실내 환경에서는 벽으로 인한 신호 세기 감쇠로 큰 위치추정 오차가 발생한다.

[그림 2]와 같이 앵커 독립적 실내 측위 방법은 단말기 간의 거리를 변의 무게(Edge weight), 그리고 각 단말기의 ID를 꼭짓점(Vertex)으로 하는 그래프를 생성하여 단말기들의 위치를 추정한다. 따라서 이 방법은 모든 단말기의 위치를 반영하는 한꺼번에 추정할 수 있다는 장점이 있다. 여기서, 단말기 간의 거리는 무선 애드-혹 통신을 이용해 단말기들끼리 서로 주고받은 무선 신호의 수신 세기(Received Signal Strength Indicator)와 경로 손실 모델(Path Loss Model)을 통해 구할 수가 있다. 그러나 이 방법은 자유 공간에서는 비교적 정확하지만, 실내 환경에서는 여러 장애물과 벽으로

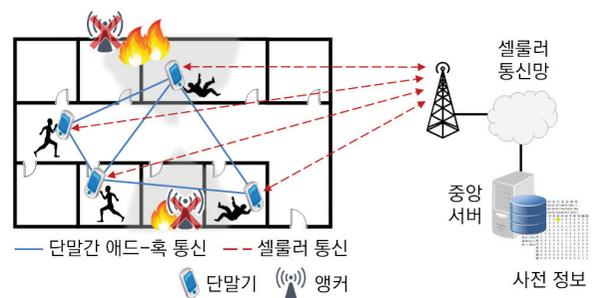
인해 무선 신호 세기가 크게 감쇠하므로, 측정된 단말기 간 거리 값은 실제 거리와 큰 차이가 있게 된다. 따라서, 실내 재난 상황에서는 기존 앵커 독립적 측위 방법으로 추정된 단말기의 위치 값은 큰 오차를 가지게 된다.

지금까지 앵커를 활용하지 않는 대표적인 기존 실내 측위 기술로, 보행자 관성항법과 앵커 독립적 측위법에 대해 알아보았다. 그러나 이들 모두 위치 추정 정확도가 낮으므로, 실내 재난 환경에서 활용하기 어렵다. 이에, 다음 장에서는 두 방법을 재난 상황에 적합하도록 개선한 최신 연구들을 살펴볼 것이다.

## 재난 대응을 위한 실내 측위기술 1

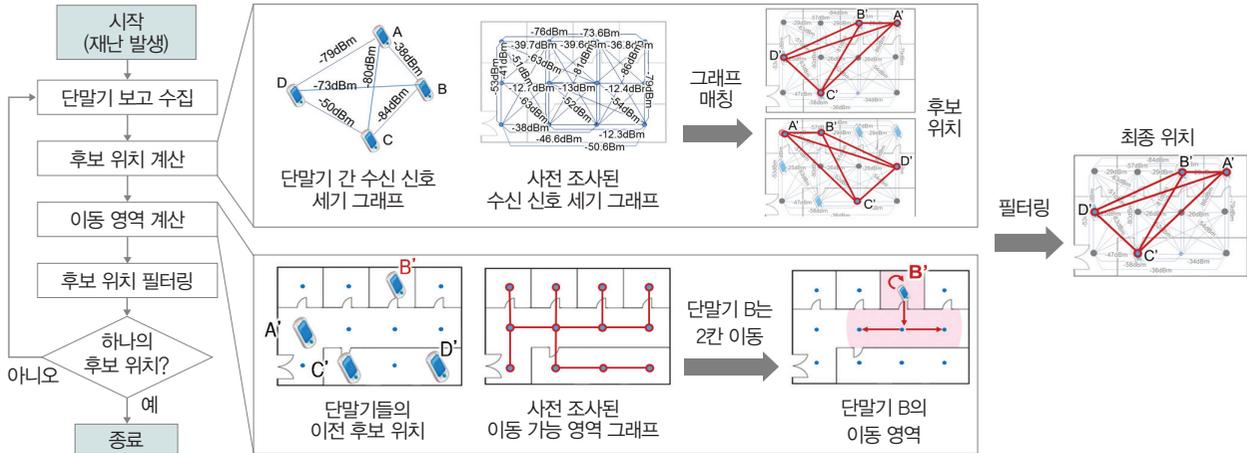
### - 실내 환경 데이터를 활용한 앵커 독립적 실내 측위법

재난 상황 초기에 사람들을 신속하게 대피시키기 위해서는, 건물 내 모든 사람의 위치를 한꺼번에 빠르고 정확하게 추정하는 작업이 우선되어야 한다. 여기서, 앵커 독립적 측위법은 실내 모든 단말기의 위치를 한꺼번에 추정할 수 있으므로, 이 방법을 실내 환경에 적합하도록 개선한다면 재난 초기 대피 지원에 효과적으로 이용할 수 있을 것이다. 여기서는 관련 연구 중, 실내 환경 정보를 이용하는 앵커 독립적 실내 측위법(Anchor-Free Indoor Localization) 과 그 시스템에 대해 알아본다.



[그림 3] 실내 환경 데이터를 활용한 앵커 독립적 실내 측위 방법 시스템. 각 단말기들은 이동 속도와 애드-혹 통신을 통해 얻은 수신 신호 세기 정보를 중앙 서버에게 셀룰러 통신망을 이용해 보고한다. 이후, 중앙서버는 사전 정보를 이용해 단말기들의 위치를 추정한다.

[그림 3]에서 제시된 바와 같이, 중앙 서버는 실내 공간에 대한 사전 정보를 저장하고 있다. 이러한 사전 정보는 재난 발생 전에 미리 수집되며, 다음과 같은 방법으로 생성된다. 우선, 무선 신호가 벽에 의해 크게 감쇠된다는 점, 그리고 단말기의 이동성이 크게 제약되



[그림 4] 실내 환경 데이터를 활용한 앵커 독립적 위치 추정 알고리즘. 이 알고리즘은 중앙 서버 안에서 동작한다.

는 성질을 바탕으로, 공간을 벽을 기준으로 한 격자(Grid) 구조로 나눈다. 그다음, 각 격자마다 평균 수신 신호 세기와 단말기가 이동할 수 있는 경로에 대한 정보를 바탕으로, 각각 '사전 조사된 수신 신호 세기 그래프'와 '사전 조사된 이동 가능 경로 그래프'를 생성한 후, 중앙 서버가 이 둘을 관리하게 된다.

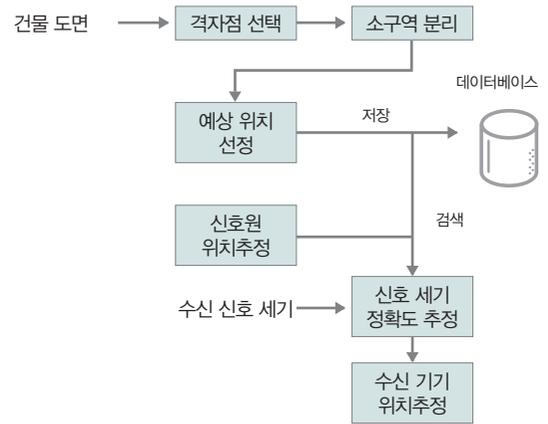
이후 재난 상황이 발생하면, 중앙 서버는 실내에 위치한 셀룰러 네트워크를 통해 모든 단말기에 긴급 메시지를 전송한다. 그 메시지를 수신한 단말기들은 내장 센서 모듈로부터 얻은 자신의 이동 속도를 측정한다. 이와 동시에, 이웃한 단말기들과 계속해서 무선 통신 신호를 주고받는다. 수신한 무선 신호의 수신 세기를 측정한다. 그다음, 각 단말기는 셀룰러 네트워크를 통해 중앙 서버로 측정된 값들을 주기적으로 보고한다. 그러면, 중앙 서버는 보고된 정보들을 바탕으로 단말기들의 위치를 추정하기 위한 알고리즘을 수행한다.

위치 추정 알고리즘은 [그림 4]와같이 총 3세지 단계로 구성된다. 첫 번째 단계는 후보 위치 생성 단계이다. 각 단말기의 ID를 꼭짓점, 단말기 간 통신으로 얻은 평균 수신 신호 세기를 변의 무게로 하는 그래프를 생성한다. 그다음, 특정 공간에 대해 사전 조사된 수신 신호 세기 그래프에 해당 그래프를 일치(Matching)시켜 단말들의 후보 위치를 구한다. 두 번째 단계는 이동 영역 예측 단계로, 특정 공간에 대해 사전 조사된 이동 가능 경로 그래프와 각 단말기가 보고한 현재 이동 속도 값을 바탕으로, 각 단말기가 이전 위치로부터 이동할 영역을 계산한다. 마지막 단계는, 앞에서 구한 후보 위치 중 이동 영역 밖에 있는 것을 제거하는 필터링 과정이다. 이 알고리즘은 필터링 과정을 통해 오직 하나의 후보 위치만이 산출될 때까지 재귀적으로 수행된다.

이처럼 실내 환경에 적합하도록 개선된 앵커 독립적 측위법은 공간 내 모든 단말기의 위치를 한꺼번에 추정하는 기존의 방법의 장점을 그대로 지녔을 뿐만 아니라, 실내 환경에 대한 정보를 활용해 위치 추정 정확도를 크게 향상시켰다. 앞으로는 단말기의 이동 방향 등 더 다양한 요소를 고려해 앵커 독립적 실내 측위법의 정확도를 향상시킬 연구들이 이루어질 것이라 기대한다.

## 재난 대응을 위한 실내 측위기술 2 - 구조대원과 조난자 간의 통신을 이용한 실내 측위 방법

실내 재난이 확산되어 119 구조대원들이 투입된 이후에도, 각 구조대원이 미처 대피하지 못한 조난자들을 위치를 파악하는데 실내 위치 추정 기술이 활용될 수 있을 것이다. 이러한 상황에서는 각 구조

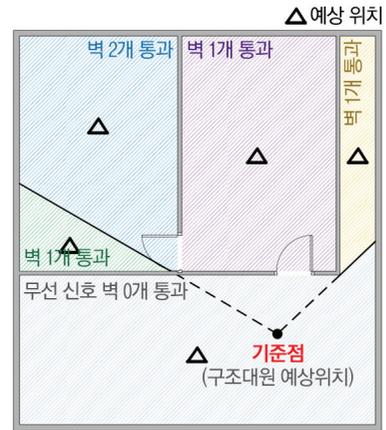


[그림 5] 제한하는 실내 도면을 이용한, 구조대원 단말기의 피해자 단말기 위치 추정 방법

대원이 피해자들의 위치를 정확히 파악하는 데 많은 시간을 소요하기보다는, 어느 방에 있는지를 빠르게 추정하는 것이 더 중요하다. 이에, 구조대원 단말기와 조난자 단말기 간의 통신을 이용해, 각 구조대원 단말기가 어느 구역에 피해자 단말기가 소구역(Subarea)에 있는지를 추정하는 실내 측위 방법을 살펴본다.

[그림 5]는 각 구조대원 단말기가 무선 통신을 이용해 피해자 단말기들의 위치를 추정하는 방법을 보여준다. 해당 시스템에서는 앞서 소개한 방법과 유사하게, 공간에 대한 사전 정보를 생성해 데이터베이스에 저장한다. 사전 정보는 다음과 같은 방법으로 생성된다. 우선, 실내 공간을 일정한 크기의 격자(Grid)로 나눈다. 그 후, [그림 6]과 같이 각 격자의 중심점을 기준으로 무선 신호가 통과하는 벽의 개수에 따라 소구역을 나눈다. 그 이유는 무선 신호의 세기가 건물의 벽에 의해서 큰 폭으로 감쇠되기 때문이다. 그 다음, 각 소구역들의 무게중심을 피해자 단말기들이 위치할 예상 위치로 선정한다. 그리고 격자의 중심과 예상 위치마다 수신 신호 세기를 사람이 직접 측정하는 것이 아닌, 경로 손실 모델(Path Loss Model) 등의 확률적인 모델을 이용해 추정한다. 이렇게 추정된 수신 신호 세기 정보는 중앙 서버의 데이터베이스에 저장된다.

이후, 실제 재난 상황에서 구조대원들이 투입되면, 구조대원 단말기는 중앙 서버로부터 사전에 수집된 데이터를 다운받아 피해자 단말기들의 위치를 추정한다. 그 구체적인 방법은 다음과 같다. 먼저, 구조대원 단말기들은 보행 관성항법을 이용해 자신의 위치를 추정한다. 동시에, 각 구조대원 단말기는 피해자 단말기들의 위치를 추정하기 위해 주기적으로 무선 통신 신호를 방송(Broadcast)한다. 이를 수신한 구조대원 인근의 피해자 단말기들은 수신한 신호의 세기를 측정한다. 그리고 해당 신호를 송신한 구조대원 단말기로 측

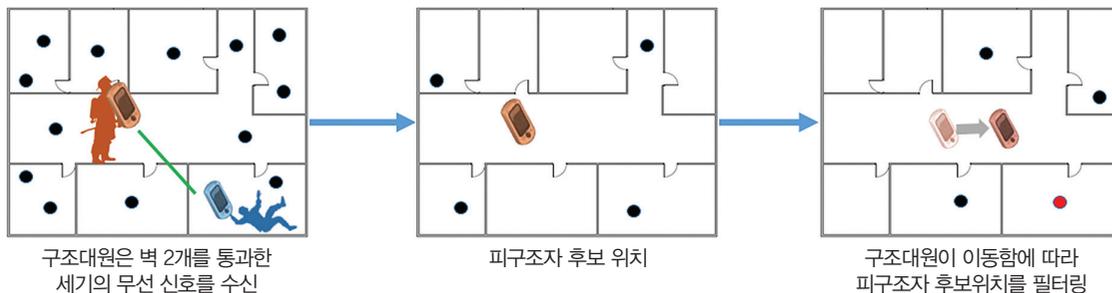


[그림 6] 제안하는 알고리즘을 이용한 예상 위치 선정 결과 예시

정한 값을 전송한다. 이후, 구조대원 단말기는 인근 피해자 단말기들이 보고한 값을 바탕으로 피해자 단말기들의 위치를 추정한다.

피해자 단말기 위치 추정은 [그림 7]과 같이 구조대원 단말기 내부에서 이루어진다. 우선, 구조대원 단말기의 현재 위치와 각 피해자 단말기의 수신 신호 세기 값을 바탕으로, 현장 투입 시 내려받은 데이터에서 피해자 단말기의 예상 위치 검색한다. 여기서 복수의 예상 위치가 추정될 경우에는, 구조대원 단말기가 시간에 따라 이동하면서 가장 많이 추정된 하나의 예상 위치를 최종적으로 해당 피해자 단말기의 위치로 정의한다.

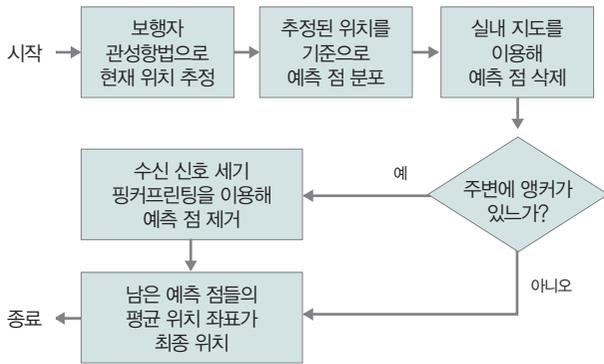
이 방법은 재난이 퍼져 앵커를 전혀 활용할 수 없는 상황에서도, 각 단말기 내부의 기능만을 이용해 단말기 위치 추정이 가능하다는 장점이 있다. 뿐만 아니라, 공간에 대한 사전 데이터를 기존 방법과 달리 사람이 일일이 수집하지 않아도 된다는 큰 장점이 있다.



[그림 7] 구조대원 단말기의 피해자 단말기 위치 추정 과정. 피해자 단말기가 수신한 신호 세기를 바탕으로, 사전 수집된 데이터에서 피해자 단말기의 예상 위치를 검색한다. 복수의 예상 위치가 추정된 경우, 구조대원이 이동함에 따라 가장 많이 중첩된 예상 위치가 최종적인 피해자 단말기의 위치로 추정된다.

### 재난 대응을 위한 실내 측위기술 3 - 실내 지도 정보 및 보행자 관성항법을 활용한 앵커 부분 의존적 위치 추정 방법

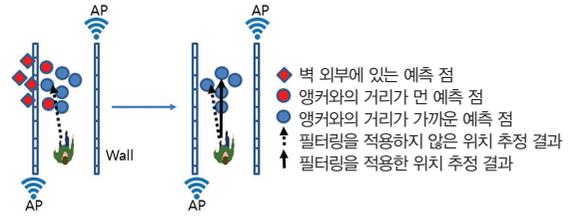
앞에서는 앵커를 전혀 활용하지 않고, 오직 단말기 간의 통신을 이용해 위치를 추정하는 방법에 대해서 알아보았다. 하지만, 재난 피해가 심각하지 않아 단말기 주변에 활용할 수 있는 앵커가 있다면, 이를 이용해 위치 추정 정확도를 훨씬 높일 수 있을 것이다. 여기서는 단말기가 위치한 실내 지도 정보와 보행자 관성항법을 이용해 단말기의 위치를 추정한 후, 주변에 정상 작동하는 앵커를 활용하여 위치 추정 정확도를 높이는 방법에 대해 알아본다.



[그림 8] 파티클 필터를 이용한 앵커 부분 의존적 위치 추정 방법

[그림 8]은 단말기가 위치한 실내 장소에 대한 지도 정보와 각 단말기 주변에 정상 작동하는 앵커를 고려한 파티클 필터 (Particle Filter)를 활용해 정확도를 향상시킨 보행자 관성 항법을 보여준다. 우선, 기존의 보행자 관성항법을 이용해 단말기의 위치를 추정한 후, 해당 위치 주변에 다수의 예측 점들을 임의로 흩뿌린다. 그 후, [그림 9]와 같이 이 예측 점 중에서, 단말기로부터 전혀 다른 방 또는 너무 멀리 떨어진 곳에 분포된 예측 점을 제거한다. 이러한 방법을 통해, 단말기의 위치가 전혀 다른 공간으로 추정되는 치명적인 위치 추정 오류는 어느 정도 방지할 수 있다.

이와 동시에, 만일 단말기 주변에 정상 작동하는 앵커가 있다면, 해당 앵커를 활용해 예측 점들을 추가로 제거할 수 있다. 먼저, 단말기는 주변 앵커와 무선 통신 신호를 주고받아 그 세기를 측정한다. 그리고 측정한 값을 바탕으로 해당 앵커와의 거리를 측정하고, 이를 각 예측 점과 앵커 사이의 거리를 비교하여 차이가 적은 예측 점들만 남긴다. 최종적으로, 남은 예측 점들의 평균 위치 좌표를 단말기의 위치로 정의한다.



[그림 9] 파티클 필터 적용 예시

이처럼, 재난이 퍼지고 있는 과정에서 주변에 일부 정상 작동하는 앵커를 활용하면 기존에 보행자 관성항법만 이용하는 것 보다 훨씬 더 정확하게 단말의 위치를 찾을 수 있다. 여기에 앞에서 소개한 단말기간 통신 기능을 추가적으로 고려한다면 그 정확도를 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

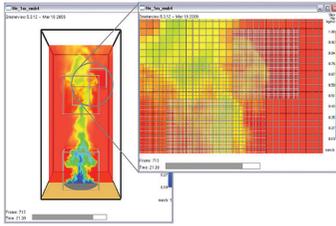
지금까지 재난 상황에 활용될 수 있는 다양한 실내 측위 기술들과 그 응용 방향에 대해 알아보았다. 재난 상황에서는 앵커들을 일부만 사용할 수 있거나 전혀 사용하지 못하기 때문에, 관련 연구들은 실내 공간에 대한 사전 정보를 활용하거나 기존의 여러 기술을 동시에 적용하였다. 그러나 이 연구들은 수익성 등의 이유로 실제로 상용화되지는 못하고 있다. 일례로, 최근 SK텔레콤, NOKIA 등 많은 기업이 블루투스 비콘을 활용한 상업적인 용도의 위치 기반 서비스를 제공하고 있으나, 정작 대피 또는 구조 등의 공공적으로 활용될 실내 측위 기술 개발은 크게 이루어지지 않는 실정이다. 하루에도 수십 건씩 발생하는 재난 상황에서 실내 측위 기술은 수많은 생명을 구하는 데 크게 기여할 것이기에, 기업 및 정부기관 등에서 관련 기술 개발과 상용화를 위한 노력이 필요할 것으로 생각한다.

### 화재 확산 컴퓨터 시뮬레이션과 실내 측위 기술을 활용한 대피 예측 방법

앞에서는 실내 재난 상황에서 사람들의 위치를 구하기 위한 측위 기술을 살펴보았다. 이를 더 응용하여, 실내 재난이 어떻게 확산될 것인가에 대한 정보를 추가로 고려하면, 각 사람의 위치를 기준으로 대피 경로를 산출하는 데 활용할 수 있을 것이다. 따라서 여기서는 재난 상황 중 화재에 중점을 두어, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 실내 화재 확산을 예측하는 기술을 소개한다. 그리고 사람들의 현재 위치를 바탕으로, 화재 상황에서 사람들이 어떻게 안전하게 대피할 수 있을지를 컴퓨터 시뮬레이션으로 예측하는 방법도 알아본다.

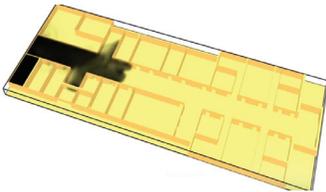
#### 실내 화재 확산 시뮬레이션

실내 화재가 어떻게 확산될지 예측하는 데에는 화재 피해 분석 시



[그림 10] FDS 시뮬레이션 예시

물레이터인 Fire Dynamics Simulator(FDS)가 대표적으로 사용된다. [그림 10]에 제시된 FDS는 미국 National Institute of Standards and Technology(NIST)에서 개발한 시설물 화재 시뮬레이터로서, 화재 발생, 화재 및 유독가스의 확산을 시설물 정보에 따라 모의하는 C++ 및 Fortran 기반의 오픈소스 소프트웨어이다.



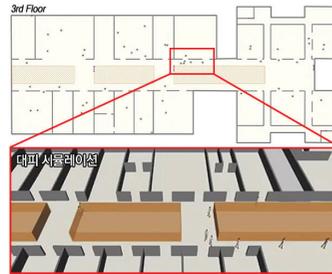
[그림 11] FDS 연기 확산 예측 예시

FDS를 통해서 실내 화재 확산 양상은 공간의 특성과 시뮬레이션의 목적에 따라 다양하게 파악할 수 있다. [그림11]은 초기 발화 지점으로부터 화재로 인한 연기가 시간에 따라 얼마나 퍼지는지를 FDS를 통해 산출한 결과다. 여기서, FDS에 실제 화재가 확산되는데 영향을 줄 수 있는 발화지점, 단위 열 방출량, 발화물질 등의 다양한 조건들을 추가로 고려한다면, 각 공간의 구성 물질과 특성을 반영한 화재 확산 시나리오를 수립할 수 있다.

### 대피 예측 시뮬레이션 및 모델

FDS를 통해 예측한 실내 화재 확산 정보를 응용하면, [그림12]처럼 화재 상황에서 사람들의 대피 경로를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 살펴볼 수 있다. 여기서, 시뮬레이션 공간에 위치한 각 사람을 에이전트(Agent)로 일컫는데, 각 에이전트에게 사람의 인지 및 대처 능력을 반영한 행동 모델을 적용해야지만, 실제와 비슷한 대피 양상을 살펴볼 수 있을 것이다.

에이전트 기반 모델(Agent-Based Model, ABM)은 각 에이전트에게 상황에 대한 인지 및 대처 능력을 부여하기 위해 사용된다. ABM

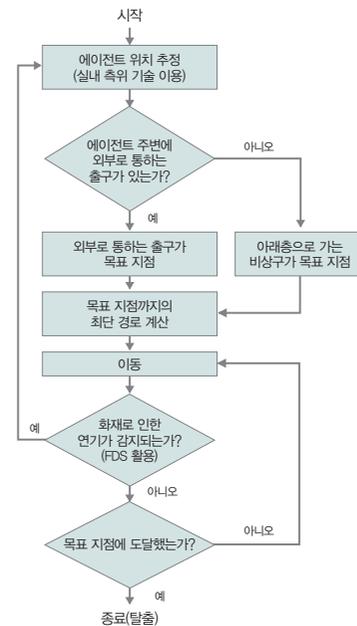


[그림 12] ABM 기반 피난 시뮬레이션 예시

기법에 의하면, 각 에이전트는 주변 상황에 대한 인지(Sensing), 학습(Learning), 적응(Adaptation), 및 상호작용(Interaction) 능력을 갖추게 된다. 여기서, 각 에이전트가 인근에 발생한 화재를 인지하였는지, 화재로부터 얼마나 피해를 입었는지를 FDS 시뮬레이션을 통해 ABM에 입력하면, 각 에이전트는 화재 상황에서 실제 사람과 유사한 의사결정 능력을 지니게 된다.

더 나아가, 실내 측위 기술을 이용해 구한 각 에이전트의 현재 위치를 ABM에 추가로 입력한다면, 사람들의 현재 위치부터 탈출구까지의 대피 양상을 시뮬레이션을 통해 예측할 수 있다. [그림13]는 화재 상황에서 각 에이전트의 위치를 기준으로 대피 경로를 추정하기 위한 ABM을 보여준다.

이처럼 실내 측위 기술과 FDS 융합한 ADM을 통해, 화재 상황에서 사람들이 어떻게 대피할지를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 예측할



[그림 13] FDS 연기 확산 예측 예시

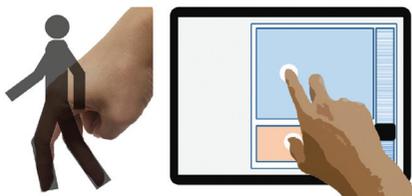
수 있다. 이 방법은 재난 상황에 대한 위험을 사전 예측하고 각종 구조 및 대피 의사결정을 지원할 수 있는 도구로써 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

### 재난 대응을 위한 효과적인 대피 훈련 및 교육

지금까지 실내 재난이 확산되고 있는 중(Peri-disaster)에, 사람들을 효과적으로 대피 또는 구조하기 위한 기술들을 살펴보았다. 그러나 재난이 발생하기 전(Pre-disaster)에 사람들에게 대피 방법을 미리 교육을 한다면, 재난 상황에서의 인명 피해를 더욱 최소화할 수 있을 것이다. 현재 우리나라에서는 소방 훈련, 민방위 훈련 등을 통해 국민들에게 대피 교육을 하고 있다. 그러나 이러한 방법들은 사람들의 참여율이나 실효성 측면에서 많은 의문이 제기되고 있다. 따라서 여기서는 사람들에게 실내 대피로를 효과적으로 훈련 또는 교육하기 위한 최근 연구들과 이들의 문제점에 대해 살펴본다.

### 가능성 게임 및 체화된 인지를 활용한 대피로 학습

대피로를 효과적으로 훈련시키기 위한 방법 중에서, 컴퓨터 프로그램을 이용한 가능성 게임이(Serious Game) 크게 주목받고 있다. 여기서 가능성 게임이란, 일반적으로 우리가 알고 있는 오락 게임(Entertainment Game)과 대비되는 개념으로, 문제 해결이나 교육 등의 목적으로 고안된 게임을 의미한다. 가능성 게임을 통해서, 사람들은 시각적인 요소와 함께, 마우스, 키보드, 조이스틱 등의 입력장치를 조작해보며 실내 대피로를 반복적으로 손쉽게 학습할 수 있다.



[그림 14] 버지니아텍의 한 연구진은 손가락 걷기 기법은 실제로 걷는 것과 유사한 인지적 효과를 얻을 수 있기에, 대피로 학습에 적합하다고 주장하고 있다.

가능성 게임을 이용한 연구 중, 가장 주목할 만한 것은 체화된 인지(Embodied cognition)의 요소를 활용하는 방식이다. 체화된 인지란 신체적인 동작과 지각적인 요소를 결합하여 무언가를 학습하는 것을 의미하는 것으로, 관련 연구들은 기존에 단순히 마우스나 키보드 등을 조작하는 것 보다 체화된 인지를 통해 대피로를 학습하면

더 효과적이라고 시사하고 있다. 특히, [그림 14]은 같은 손가락 걷기(Finger-Walking-In-Place)는 체화된 인지 방법의 대표적인 예로, 버지니아텍의 한 연구진은 단순히 손가락으로 실제 걷는 방식을 모사하는 행위만으로도 마치 실제 사람이 걷는 것 유사한 학습 효과를 얻을 수 있다고 주장하고 있다.

### 체화된 인지를 활용한 대피로 학습의 실효성 검증

그러나 최근에는 이러한 체화된 인지 훈련의 실효성을 부정하는 연구결과가 나오고 있다. 서울대학교 박주용 교수님 연구실에서는 [그림 15]와 같이 실내 공간에 미로를 설치한 후, 해당 미로의 탈출 경로를 집단1은 손가락 걷기 방법으로, 집단2는 마우스 드래그를 통해서, 그리고 집단3은 시각적인 방법으로만 학습시킨 후, 집단마다 미로 탈출에 소요된 시간을 비교하는 실험을 진행했다.



[그림 15] 각 집단에게 손가락 걷기, 마우스 드래그, 그리고 단순히 시각적인 방법으로만 대피로를 학습 시킨 후, 탈출 시간을 비교하는 실험을 진행했다.

실험 결과에 따르면, 손가락 걷기를 통한 경로 학습을 하였던 집단1은 마우스를 활용한 집단2보다 탈출 시간에 큰 차이가 없었으며, 시각적으로만 학습하였던 집단3보다는 오히려 더 오랜 시간이 소요됐다. 그 이유로는 손가락 걷기나 마우스 드래그가 학습자들에게 인지적 과부하를 일으켰기 때문이라고 한다. 인지적 부하란 대부분의 교육이나 훈련이 특정한 과정을 거쳐 정보와 지식을 장기적인 기억으로 전환이 제대로 이루어지지 않는 것을 의미한다. 여기서, 학습 과정에서 손가락을 함께 움직이는 등의 불필요한 부하가 추가로 가해지면, 학습한 내용을 장기 기억으로 저장시키는 과정에 무리를 주게 되어, 대피로를 효과적으로 학습할 수 없게 된다고 주장하고 있다. 따라서 기존에 가능성 게임을 활용해 대피로를 학습시키는 기존 방법들을 인지적 과부하 측면에서 재검증하여, 재난 훈련에 적합한 방법들만 재선별해내는 노력이 필요할 것으로 보인다. **I**

# 수해폐기물 발생량 예측 및 UAV 기반 실측기술 개발



**지석호**  
건설환경공학부 부교수



**유형택**  
건설환경공학부 석사과정



**조영훈**  
건설환경공학부 석사과정



**최유정**  
건설환경공학부 박사과정

수해폐기물이란 태풍, 집중호우, 해일 등 풍수해로 인한 침수지역에서 발생한 폐기물로서, 사업장 이외에서 발생한 쓰레기와 하천 상류에서 떠내려와 댐·호소·하구역, 하천변, 도로, 침수지역 등에 퇴적된 쓰레기를 의미한다. 최근 2016년 10월 4일 태풍 차바가 상륙하여 제주도 및 남해안 일대에 상당한 피해를 입었으며, 이 과정에서 대량의 수해폐기물이 발생하였다. 주요 피해 지역에 해당하는 울산광역시와 울주군에서는 태풍 이후 1주일 동안 하루 평균 약 2,000톤의 수해폐기물이 매립지로 반입되었고, 수해폐기물로 인해 도로통행을 포함한 도시기능 일부가 마비되었다[그림 1]. 이에 따라 태풍 이후 발생한 수해폐기물 대응체계를 포함해 수해폐기물을 처리시설로 보다 신속하게 운반할 수 있는 기술적 수요가 증가하고 있다.

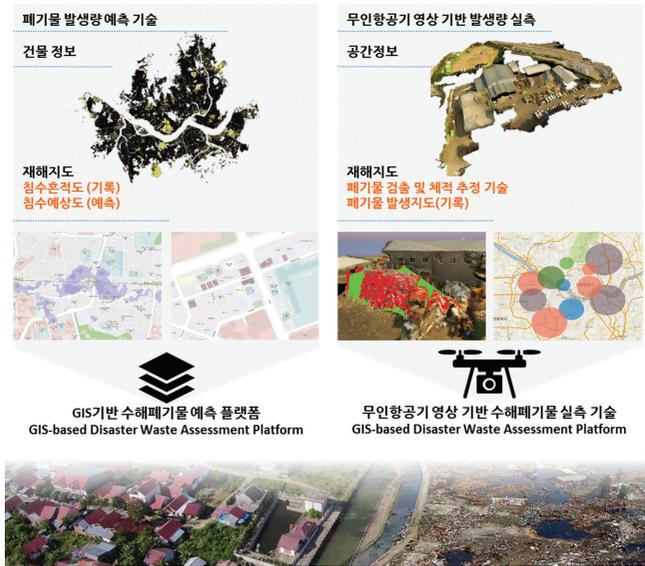


[그림 1] 태풍 차바로 인해 통행이 마비된 도로 (사진: 뉴스토마토)

수해폐기물을 신속하게 처리시설로 운반하기 위해 반드시 필요한 것은 수해폐기물의 '발생량'과 '위치'를 파악하는 것이다. 세 가지 정보 중에서 특히 '발생량'과 '위치'를 파악하는 것은 수해폐기물을 운반하기 위한 인력 및 장비 수를 산정하는 것과 직접적인 연관이 있어 반드시 파악해야 할 정보다. 관련된 대표적인 기술은 재난이 발생하기 이전(Pre-Disaster)과 직후(Peri-Disaster), 그리고 재난 상황 종료 이후(Post-Disaster)로 나누어 설명할 수 있다. 우선 재난 발생 이전, '다가올 수해폐기물의 발생량을 예측(Prediction)하는 기술'은 해당 지역에 발생할 수해폐기물의 총량을 미리 가능하여 이를 운반하고 처리하기 위해 필요한 시설의 용량과 크기, 장비의 수를 미리 파악하는 데 도움이 된다.

또한 재난 이후 현장에 있는 폐기물의 발생량과 위치를 파악하는 '추정(Estimation)기술'은 실제 발생한 재해폐기물의 발생량과 위치를 구체적으로 알려주므로 수해 직후 폐기물 운반에 필요한 인력 및 장비 배치 등 관련 의사결정에 필요한 정보를 제공한다. 마지막으로 수해폐기물의 실측 정보는 재난 상황 종료 후 기존 처리 시설의 용량이 해당 수해폐기물을 처리할 수 있는지를 파악하는 기준이 된다.

본 기고에서는 수해폐기물 발생량 예측 및 실측 기술을 차례로 소개한다. 본문에 앞서 국내외에서 기존에 사용되고 있는 재해폐기물 발생량 예측 방법에 대해 간략히 소개한 뒤 '한국형 수해폐기물 발생량 예측 플랫폼'과 '무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 영상 기반 수해폐기물 실측 기술'을 소개한다[그림 2].



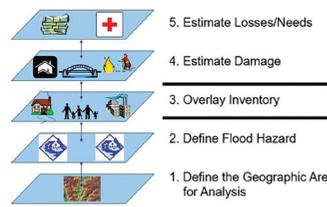
[그림 2] 도시재난재해복원력 융합연구센터의 수해폐기물 발생량 예측 및 실측 기술

## I. 수해폐기물 발생량 예측 기술 현황

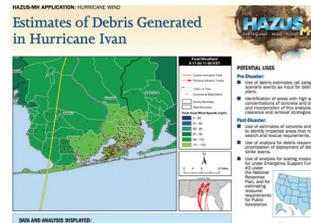
### 미국

미국의 연방재난관리청(FEMA, Federal Emergency Management Agency)에서는 재난이 발생한 시점을 기준으로 재난 발생 이전 재해폐기물의 발생량을 조사하는 것을 예측(Prediction), 재난 발생 이후 발생한 폐기물을 실측 및 조사하는 것을 추정(Estimation)으로 명명하고 있다. 미국의 FEMA에서는 폐기물 발생량 예측 모델로 USACE(U.S. Army Corps of Engineers)에서 개발한 모델과 GIS를 이용한 HAZUS-MH(The Hazards U.S. Multi-Hazard)를 주로 활용하고 있다. USACE의 예측 모델은 허리케인으로 발생하는 폐기물의 발생량을 예측하기 위한 목적으로 개발되었으며, 허리케인의 등급, 인구 분포, 식생 분포, 강우량을 이용하여 발생한 폐기물의 발생량을 예측한다. 그러나 현재 정확도는 30%에 불과하다는 점에서 한계를 가진다.

HAZUS-MH의 경우 USACE의 모델과 달리 홍수, 허리케인, 지진으로 인해 예측되는 재해폐기물 발생량을 제공하고 있다. 미국에서는 재해 피해 경감 정책 개발, 사전 대비 계획 및 긴급 대응 계획의 개발, 구호 및 복구 계획 수립의 근거를 마련하는 도구로 HAZUS-MH를 사용하고 있다. 지진, 태풍, 홍수의 위험 요소 모델링과 인구 자료, 건물 자료 및 사회기반시설 등의 시설 정보에 대한 취약성 모델링을 입력 자료로 사용하여 직·간접적, 경제적 피해 손실과 사회적 피해 손실을 추정한다. 물리적 피해와 경제적 피해액, 사상자 및 이재민의 수, 각종 시설물 및 사회기반시설의 기능 상실 정도를 평가한 점수를 GIS플랫폼인 ArcGIS 상에 시각화하여 전달한



[그림 3] HAZUS-MH의 정보 수집과정과 모델 개발과정

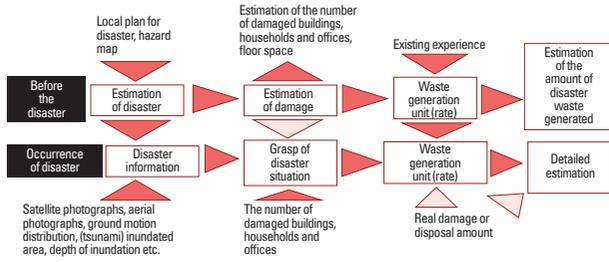


[그림 4] 미국의 재해폐기물 발생량 추정 모델 HAZUS-MH(FEMA). 해당 자료를 2004년에 발생한 허리케인 Ivan으로 발생한 구조물 잔해를 표시한 것이며, 1개의 점은 2 ton을 의미한다.

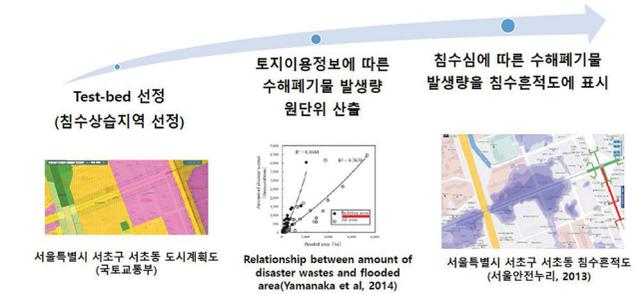
다. [그림 3]은 HAZUS-MH의 정보 수집 및 처리과정을 보여주며 [그림 4]는 생성된 정보가 GIS플랫폼에 시각화된 결과를 보여준다. 수해지도의 경우 과거의 수해를 기록한 침수흔적도와 앞으로의 재난을 예측하여 만든 침수예상도 두 가지가 있다. 이러한 침수흔적도와 침수예상도는 수해피해를 연구하는데 기초 자료로 활용된다. 지금까지 GIS 플랫폼 상에서 수해지도와 건물 용도별 피해 산정 모델을 결합하면 최종적으로 대상 지역내 침수 피해액이 산정 가능하다. 이 방법론을 활용한 수해 피해 예측은 국내외적으로 발전되어져 왔다. 미국의 Hazus Flood Loss Estimation Model 은 침수지도와 구조물 정보(inventory data)와, 피해예측 모델(loss estimate model)을 결합하여 수해로 인한 각각의 구조물의 피해 및 대상 지역 전체의 피해를 산정한다.

### 일본

일본에서는 주로 쓰나미와 지진에 대하여 재난재해 폐기물의 원단위를 활용한 폐기물 발생량 예측식을 개발하였으며, 피해 유형(건물의 붕괴 정도, 침수 깊이)에 따라 지자체별로 다양한 추정식을 또한 개발하고 있다. 재난재해 폐기물의 발생량 원단위는 피해 가구 수나 피해 가옥 수를 대상으로 나타나는 폐기물 발생량을 하나의 수치로 표준화한 것을 말한다[그림 5]. 이러한 원단위들을 피해 유형별로 다르게 산출하고, 각각의 폐기물 발생량을 합하여 총량을 산정하고 있다. 재난재해 폐기물 발생량 예측식의 정확도를 높이기 위해 GIS를 이용한 피해 정보들을 수집하고 있으며, 또한 지역별로 나타날 폐기물 발생량을 지도에 제공하고 있다.



[그림 5] 일본의 재난재해 폐기물 발생량 예측과 추정 과정



[그림 6] 수해폐기물 발생량 예측을 위한 연구 프레임워크

국내

아쉽게도 현재 국내에 재해폐기물의 발생량을 사전에 예측하거나 실측할 수 있는 기술은 없다. 2013년 환경부에서 발행한 ‘재난폐기물 안전관리 지침’에서 수해, 지진, 화학물질 관련 재난 시 폐기물의 예측, 수집, 처리에 관한 내용을 다루고 있지만, 재해폐기물의 발생량 예측 및 추정방법에 대해 단순히 침수가옥 한 동당 1.7ton으로 추정하는 것을 제안하고 있다. 이는 피해 가옥의 재료적 특성을 반영하지 못하여 수해폐기물의 발생량을 정확하게 파악하기 어려우며, 가옥이 아닌 사회기반시설의 파괴로 인한 폐기물의 양을 알아내기 어렵다. 게다가 재난현장에서 발생한 폐기물의 발생량을 실측할 수 있는 방법 또한 존재하지 않는다.

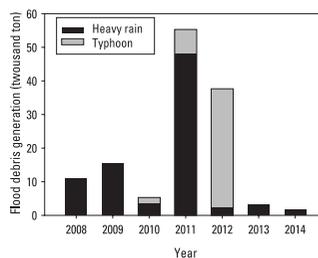
도시재난재해복원력 융합연구센터에서는 재해폐기물 중 국내에서 가장 영향력이 큰 수해폐기물을 사전에 예측하는 통계적 모델 및 GIS 플랫폼의 개발과 재난 이후 발생한 재해폐기물을 실시간으로 실측하는 기술 개발을 목표로 연구를 진행했다. 첫 번째 연구 주제인 ‘한국형 수해폐기물 발생량 예측 플랫폼’은 수해폐기물의 발생량을 사전에 예측하여 이를 지리정보시스템에 탑재하는 연구다. 또 다른 주제인 ‘무인항공기(UAV) 영상 기반의 재해폐기물 실측기술 개발’ 연구는 재난 직후 발생한 폐기물을 사진측량 및 영상분석 기술을 통해 실측하여 궁극적으로 재해폐기물의 체적을 추정하고 위치를 파악하는 기술을 개발하는 연구다.

II. 한국형 수해폐기물 발생량 예측 플랫폼

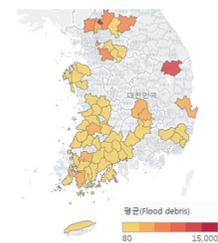
본 연구는 지리정보시스템(GIS)을 이용하여 세분화된 피해 정보를 수집하고, 회귀분석을 이용하여 한국의 수해폐기물 발생량을 예측한다. 보다 구체적으로 특정 지방자치단체를 대상으로 시·군·구보다 작은 지역 단위로부터 피해 정보와 침수흔적도를 수집하고, 수해폐기물 발생량 예측모델에 피해 지역의 특성을 반영하여 수해폐기물 발생량 예측지도도를 제공한다[그림 6].

연구에 이용된 수해폐기물 발생량 자료는 재해연보(소방방재청, 2008-2014)의 연도별 복구비 지원내역 통계로부터 수집하였고, 연도별-기간별-시·군·구별-부처별 복구비 지원 내역의 육상쓰레기 발생량을 대상으로 하였다. 이러한 육상쓰레기 발생량은 피해 지역에서 나타난 수해폐기물의 총 발생량으로 판단하였다. 수집한 수해폐기물 발생량 자료는 재해의 유형(집중호우와 태풍)과 피해 지역(시·군·구)에 따라 분류되었다. [그림 7]은 집중호우와 태풍으로부터 나타난 연도별 수해폐기물 발생 현황이고, 한국의 경우는 미국이나 일본에서 나타난 연도별 발생량(1-80만 톤)보다 적은 규모(0.5-6만 톤)로 나타나는 것을 확인하였다. 수해폐기물 발생량이 가장 높게 기록된 연도는 2011년(55,000톤)이었고, 다음으로는 2012년(38,000톤)이었다. [그림 8]과 같이 지역별 수해폐기물 발생량을 나타냈을 때, 2011년 집중호우로 인하여 경기도에서 40,000톤 이상으로 폐기물이 나타난 것을 확인하였다.

수해폐기물 발생량에 주된 영향을 미치는 인자에는 피해 가구 수와 피해 유형(전파, 반파, 마루 위 침수, 마루 밑 침수 등)에 따른 피해



[그림 7] 연도별 수해폐기물 발생 현황



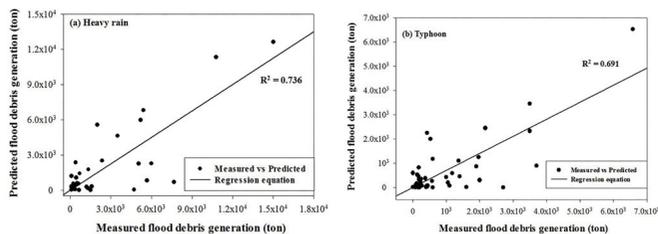
[그림 8] 지역별 수해폐기물 발생 현황

건물 수가 포함된다. 이러한 피해 정보를 모으기 위해 재해연보(소방방재청, 2008-2014)의 자연재해상황 통계로부터 피해 건물 자료를 수집하였고, 건물의 피해 유형을 전파, 반파, 침수로 분류하였다. 건물의 피해 유형을 독립변수로, 수해폐기물 발생량을 종속변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다.

집중호우의 경우, 붕괴건물 수와 침수건물 수를 독립변수로 하고, 수해폐기물 발생량을 종속변수로 하는 다중회귀모형 ( $y=266.0x_1+1.4x_2$ )이 제시되었다[그림 9]. 붕괴건물 수는 재해로 인하여 기둥, 벽체, 지붕 등이 파손된 건물의 수를 말하며, 재건축이 요구되는 전파의 경우와 파손된 부분만 교체·수리하였을 때 거주가 가능한 반파의 경우를 포함한다. 집중호우의 다중회귀모형은 집중호우가 침수의 원인이 되어 수해폐기물이 나타날 경우, 붕괴된 건물의 수에 따라 한 동당 266.0 톤의 폐기물이 나타나고, 침수된 건물 한 동당 1.4 톤의 폐기물이 발생한다는 것을 의미한다. 이러한 다중회귀모형의 결정상수 값은 0.736으로 나타났고, 총 34개의 사례 중에서 7개의 사례가 모형의 예측 범위를 벗어난 것을 확인하였다. 결정상수는 예를 들어 0.75로 나타난 경우 4개의 사례 중에서 3개의 사례가 독립변수와 종속변수의 관련성이 높다는 것을 의미한다.

태풍의 경우, 전파된 건물 수와 침수건물 수를 독립변수로 하고, 수해폐기물 발생량을 종속변수로 하는 다중회귀모형이 제시되었다[그림 10]. 태풍의 다중회귀모형은 태풍이 침수의 원인이 되어 전파된 건물 한 동당 65.3 톤의 폐기물과 침수된 건물 한 동당 6.8 톤의 폐기물이 나타난다는 것을 의미한다. 다중회귀모형의 결정상수 값은 0.691이었고, 총 47개의 사례 중에서 7개의 사례가 모형의 예측 범위를 벗어났다.

본 연구를 통해 개발한 수해폐기물 발생량 예측모델은 서울특별시 안전누리에서 제공하는 침수흔적도와 서울특별시 열린 데이터 광장에서 제공하는 구조물 위치정보를 수해폐기물 발생량 예측 모델과 융합하여 피해 지역의 특성을 반영한 수해 폐기물 발생량 예측 지도를 제작함에 기여한다. 더 나아가 완성된 수해폐기물 발생량 예측지도는 예측되는 수해폐기물 발생량으로부터 폐기물을 신속하고 효율적으로 처리할 수 있도록 재해폐기물 처리시스템을 구축함에 기여할 것으로 기대된다.



[그림 9, 10] 피해 건물의 유형과 수해폐기물 발생량 사이의 다중회귀분석 결과 (집중호우의 경우)

### III. UAV 기반 재해폐기물 실측 기술 개발

#### 재난 현장에서의 UAV 활용

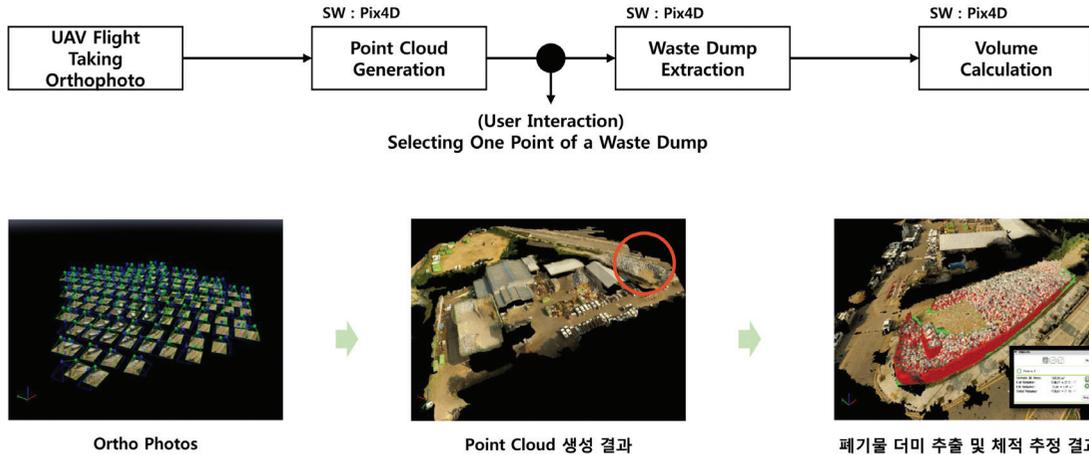
UAV는 Unmanned Aerial Vehicle의 약자로 무인항공기를 의미한다. 우리가 익히 알고 있는 용어인 드론(Drone)은 무인항공기의 한 형태인 멀티콥터의 운항소리가 마치 수컷 말벌의 날개소리와 비슷하다 하여 붙여진 이름이다. 최근 초고속 신성장 산업으로 주목받는 드론은 다양한 산업군에서 다양한 목적으로 그 활용범위가 점차 확대되고 있다. 미국의 미래학자 토마스 프레이(Thomas Frey)는 ‘드론의 192가지 미래의 사용방법’을 언급했다. ‘조기경보시스템(Early Warning System)’과 ‘응급서비스(Emergency Services)’와 같이 방재 혹은 재난대응과 관련된 활용 분야들도 여럿 포함되어 있었다. 실제 재난현장에서 드론은 피해 지역의 상황정보를 신속하고 정확하게 획득하기 위한 목적으로도 사용된다. 드론으로 촬영된 정사사진을 이용하면, 위성지도나 기존의 항공지도 보다 훨씬 정밀한 대축척 2차원 정밀지도를 제작할 수 있을 뿐만 아니라 사진측량기법(Photogrammetry)을 활용해 재해현장의 모습을 재현한 3차원 모델로 재현할 수 있다.

#### UAV 기반 실측기술 개발

본 연구는 무인항공기로부터 재해폐기물 대응에 필요한 정보인 재해폐기물의 발생량과 위치에 대한 실측 자료를 생산함에 목적을 둔다. 재해폐기물 발생에 대응하기 위한 관련 연구는 재해폐기물의 발생량을 사전에 예측함에 초점을 두었지만, 현장에 산재해 있는 폐기물을 신속하게 적환장으로 운반하려면 예상 총량 보다 현장의 실측값이 필요하다. 이러한 수요를 고려했을 때, 현장 정보를 빠르게 취득할 수 있다는 점에서 무인항공기는 최적의 장비다.

본 연구는 크게 1)무인항공기 영상을 활용한 재난현장 3차원 공간 정보생성(Point Cloud Generation)과 2)Point Cloud 기반의 재해폐기물 검출 및 체적 추정 이렇게 두 단계로 나눌 수 있다.

재난 현장의 3차원 공간정보를 획득하는 방법은 본 연구에서 사용한 무인항공기를 이용하는 방법이 아니어도 레이저 스캐너를 이용하거나 인공위성을 이용해 원격측량을 하는 방법이 있다. 레이저 스캐너는 정확도가 매우 높지만, 매우 고가의 장비이며 현장정보를 취득하는 속도가 다른 장비에 비해 매우 느리다. 인공위성을 통해 공간정보를 생성할 경우 넓은 공간의 정보를 획득할 수 있지만 다른 장비에 비해 해상도가 부족하다. 이와 달리, 무인항공기로 재난현장의 영상과 이미지를 촬영하고 사진측량(Photogrammetry) 방법을 통해 3차원 공간정보를 생성할 경우, 분해능이 우수할 뿐만 아니라 레이저 스캐너로 획득한 것만큼 높은 정확도를 가지는 공간정보를 획득할 수 있다. 이때 생성된 공간정보는 현장을 수많은



[그림 11] UAV 기반 재해폐기물 실측 과정 및 결과

은 한 점의 형태로 표현한 Point Cloud다. 각각의 점들은 가상공간 내의 X, Y, Z 좌표뿐만 아니라 RGB형식의 컬러 정보를 포함한다. Point Cloud를 구성하는 각 점들은 서로 어떠한 연관성도 가지지 않는다. 하지만 각 포인트에 포함된 위치정보와 컬러정보를 분석한다면 같은 물체를 표현하는 점들을 선별적으로 추출할 수 있다. 본 연구에서는 Point Cloud 내에서 원하는 물체인 재해폐기물을 검출하기 위해 객체 추출(Object Extraction) 알고리즘을 이용한다. 이는 기존에 사용된 보행자 인식 알고리즘이나 차량 인식 알고리즘과 원리를 달리한다. 이미지프로세싱에서 사용하는 객체 인식 알고리즘은 인식하고자 하는 객체의 이미지를 먼저 Training 하고 사용자가 입력한 영상 혹은 이미지 내의 객체를 자동으로 추출한다. 하지만, 본 연구에서 인식하고자 하는 폐기물의 경우 폐기물의 형태나 종류 등의 시각적 특징이 없어 앞서 언급한 방법으로 객체를 추출하기에 어려움이 있다. 따라서 객체의 일반적인 시각적인 특징에 기반하지 않기 때문에 객체 인식(Object Detection) 보다는 검출(Object Extraction)로 언급했다. 본 연구에서 사용자는 재해폐기물로 인지한 물체의 특정 점을 선택하고, 알고리즘은 사용자가 선택한 포인트의 정보를 바탕으로 해당 객체를 추출한다. 이때 인접한 포인트 간의 유사성을 바탕으로 객체를 추출하기 위해 Clustering 방법이 사용되었다.

추출된 객체(재해폐기물)의 체적을 추정하기 위해 체적 추정 알고리즘을 사용한다. 해당 알고리즘은 적분의 기본 원리인 구분구적법을 바탕으로 작성되었다. 추출된 포인트들을 xy평면 위로 정사영한 뒤 이를 밑면으로 하는 다면체를 z축 방향을 따라서 쌓아 올리며 체적을 계산한다.

본 연구의 실현가능성 검증을 위해 재해폐기물이 발생한 현장과 유사한 실제 생활폐기물 적환장을 Test-Bed로 실험을 진행했다. Test-Bed로 선정한 부지는 서울특별시 서초구 소재의 생활폐기물 적환장이다. 드론을 이용해 해당 지역의 정사이미지를 획득 후 상용소프트웨어인 pix4D를 이용해 Point Cloud를 획득하고 이로부터

터 폐기물 더미의 체적을 추정이 가능함을 확인했다. 앞서 언급한 사항을 [그림 11]과 같이 나타냈다.

본 연구를 통해 개발된 재해폐기물 발생량 및 위치 실측 기술은 단순히 재해폐기물의 발생량과 위치에 관한 정보를 제공할 뿐만 아니라 재해폐기물의 신속한 운반 및 처리를 위해 필요한 인력 및 장비 소요량을 산정하는 근거로 활용될 수 있다. 또한 생성된 데이터는 향후 재해폐기물의 발생량 예측 모델 개발 및 사용에 필요한 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

본 고를 통해 살펴본 연구는 재해폐기물의 발생량을 예측하고 실제 재난 시 발생하는 폐기물에 신속 대응하기 위한 정보를 생산함에 목적을 둔다. 향후 연구는 개발 기술의 구현 및 고도화를 포함하여, 생산된 정보를 바탕으로 임시적환장의 입지선정과 임시적환장 내에서의 효율적 동선을 고려한 배치계획을 넘어 재해폐기물 관리를 위한 통합 플랫폼을 완성하는 것으로 계획한다. 해당 플랫폼은 단순히 재해폐기물의 효율적인 운반과 처리에 기여하는 것을 넘어 재난 종료 이후 피해지역의 신속한 복구와 회복에 기여할 것으로 기대한다. **I**

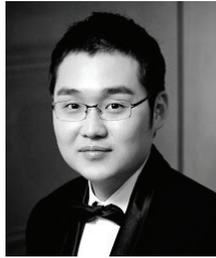
**참고문헌**

- [1] US FEMA, Public Assistance: Debris Management Guide, 2007
- [2] US EPA, Planning for natural disaster debris, 2008
- [3] JSMCWMM, Strategy of separation and treatment of disaster waste: Focusing on the Great East Japan Earthquake 2011, 2012
- [4] Misuru Asari, Shin-ichi Sakai, Toshiaki Yoshioka, Yasumasa Tojo, Tomohiro Takasaki, Hidetaka Takigami, Kohei Watanabe, Strategy for separation and treatment of disaster waste: a manual for earthquake and tsunami disaster waste management in Japan, Journal of Material Cycles and Waste Management, 15, 290-299, 2013
- [5] Sangjae Jeong, Jae Yeong Kim, Comparison of Disaster Debris Guidelines and Analysis of Flood Debris Recovery, the Journal of Korean Society of Material Cycles and Waste Management, 29(5), 497-503, 2012

# 도심지반재해 (지진, 토석류, 지반함몰 및 지반침하): 우리는 안전한가?



**정충기**  
건설환경공학부 교수



**우상인**  
건설환경공학부  
BK계약 조교수



**김민기**  
공학연구원 연구원



**송영우**  
건설환경공학부  
석박통합과정



**정택규**  
건설환경공학부  
석박통합과정



최근 도심지에서 토석류, 지반함몰, 그리고 지진과 같은 지반관련 재해가 빈번하게 발생하여 시민들의 불안감이 커지고 있다. 2011년 서울 우면산에서 발생한 대규모 토석류로 인하여 18명의 인명피해와 막대한 재산피해가 발생하였으며, 2014년과 2015년에 걸쳐 서울, 대구, 광주 등 대도시 도심에 연이어 지반함몰이 1천 건 이상 발생하였다. 또한 올해 경주에서 발생한 규모 5.8의 강진과 그에 따른 여진으로 인하여 일부 구조물들이 손상을 입는 등, 지반재해로 인한 피해가 지속적으로 발생하고 있다.

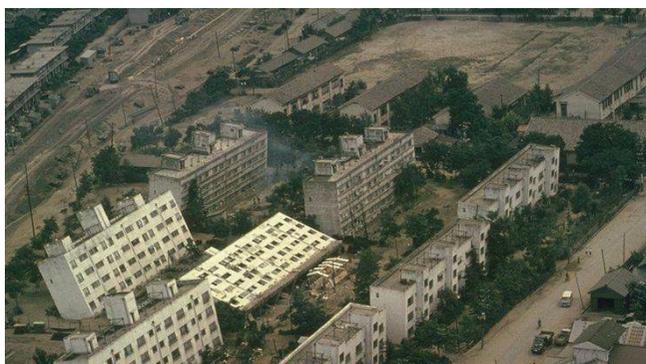
대표적인 지진에 의한 지반 액상화 피해, 토석류 및 지반함몰과 같은 도심지 지반 재해는 그 피해규모가 광범위하고 발생시기와 규모를 예측하기 어렵다는 특징이 있다. 재해의 발생원인은 각각 다르지만, 도심지의 확대, 인구밀도의 조밀화 그리고 난개발로 인하여 지반재해로 인한 피해의 규모는 점차 대형화될 것으로 예상된다. 따라서, 재해로 인한 추가적인 하중을 고려한 구조물의 설계와 시공, 방재 시설물의 구축, 재해의 사전 예측 및 예방조치 그리고 신속하고 정확한 복구계획 및 대책 수립 등으로 재해를 막고 파생되는 피해를 최소화하는 노력이 필요하다.

### 지진에 의한 액상화 피해

2016년 9월 12일, 서울대학교 교내에서도 진동을 느낄 수 있을 정도의 지진이 경주시 남남서쪽에서 발생했다. 리히터 규모 5.8의 지진은 대한민국 기상청에서에서 지진관측을 시작한 1978년 이후 뿐만 아니라 한반도에서 발생한 지진 가운데 역대 가장 강력한 규모다. 또한, 2016년 10월 24일 오전 수원에서 규모 2.3의 지진이 발생하였다. 발생한 지진의 규모가 크지 않아 피해는 보고되지 않았지만, 한반도 전역이 더 이상 지진에 안전한 지대가 아니며 도시에서도 큰 규모의 지진이 발생할 수 있음을 보여주는 지진이었다. 일정 규모 이상의 지진이 발생하면, 지반에 액상화현상이 발생할 수 있다. 액상화란 포화된 느슨한 사질토(모래)지반에 지진동 또

는 반복하중이 작용할 경우, 지반이 강도를 잃고 마치 액체와 같이 거동하는 현상을 말한다. 지반이 액상화되면 상부 구조물이 전도되거나 지반이 침하되며, 수도관과 같은 지중구조물이 떠오르고 파손된다. 이 현상은 1953년 Mogami와 Kubo에 의해 처음 언급되었다[1]. 이후 1964년에 발생한 알래스카지진(리히터 규모 8.3)과 Niigata 지진(리히터 규모 7.5)에서 액상화 현상이 보고되었다. 액상화 발생 가능성은 지반증폭현상으로 인해 커진다. 지반증폭현상이란 진앙에서 발생한 지진파가 기암반에 도달한 후, 지반이라는 매질을 통과하면서 증폭되는 현상을 말한다. 이 때문에 암반 노두에서 계속되는 지진가속도보다 지표면에서 계속되는 지표면 최대가속도가 더 커지는 현상이 발생한다. 지반증폭효과는 암반 상부 지반에 따라서 크게 달라진다. 지진파가 단단한 토사지반을 통과하는 경우에 비하여 연약한 지반을 통과할 때, 더 크게 증폭된다. 일반적으로 토목 구조물의 안전성은 하중과 저항의 비인 안전률로 표현이 된다. 액상화에 대한 저항은 보통 반복전단저항강도비(Cyclic Resistance Ratio, CRR)로 표현이 되며, 지반공학에서 널리 사용되는 현장시험인 표준관입시험(Standard Penetration Test, SPT) 결과값인 N값을 기반으로 하는 경험식을 이용하여 산정된다. 액상화에 대한 지진하중은 전단저항강도비(Cyclic Stress Ratio, CSR)로 표현이 되며, 측정 또는 평가된 지진 세기로부터 산정된다. 산정된 CRR과 CSR부터 각 토사층 별 안전률(Factor of Safety, FS)이 계산된다. 최종적으로 한 지점에 대한 액상화 발생 가능성 및 액상화로 인한 피해정도는 지층의 두께와 심도, 그리고 액상화에 대한 안전률을 고려하여, Iwasaki et al. (1978)이 제안한 액상화 가능 지수(Liquefaction Potential Index, LPI)로 정량화된다. 이를 통해 지점별로 LPI에 따른 액상화 피해 정도를 추정할 수 있다 [2][3].

도심지와 같은 복잡한 지역에 대해 액상화 발생가능성의 평가와 실시간 피해 예측을 위해서는 지진 재난재해 데이터베이스의 구축이 선행되어야 한다. 토사층의 층상정보(두께, 재질 등), SPT N값, 지



[그림 1] 1964년 Niigata 지진에 의해 발생한 액상화로 기울어지고 전도된 아파트



[그림 2] 경주지진, 동일본 대지진을 적용한 부산항 액상화 민감도 평가결과

하수위 등의 지반조사자료 정보, 지반증폭현상을 반영한 압반 노두 가속도와 지표면 최대가속도의 상관관계정보 및 지진계측 정보 등을 체계적으로 저장하고 분석할 수 있는 데이터베이스 시스템을 활용할 때, 액상화에 대한 효과적인 대책마련이 가능할 것이다. 다음 [그림2]는 2016년 발생한 규모 5.8 경주지진과 2012년 일본에서 발생한 동일본 대지진과 같은 강도의 지진발생 시, 부산항 신선대 부두의 액상화 피해 예측 결과를 보여준다.

### 토석류

우리나라는 국토의 70% 정도가 산지이며, 지형이 험난하고 강원도 산간지역과 같이 지질이 취약한 곳이 많기 때문에 집중호우, 빙설 등에 의하여 산사태와 토석류의 발생 가능성이 높다. 산사태는 지진, 강우 및 사면 자체의 자중에 의하여 산지가 일시에 붕괴되고, 지반이 침식되는 현상을 말한다. 반면 토석류는 소규모 산사태로 발생한 토사와 물의 혼합물이 경사진 계곡을 따라서 흐르는 현상을 말한다. 산사태와는 다르게 토석류는 발생부에서부터 먼 거리를 빠른 속도로 이동하며, 이동하면서 토석류의 양적인 규모가 증가하는 특징이 있다. 또한 토석류는 발생한 이력이 있는 곳에서 지속적으로 반복하여 발생하는 경향이 있다.

서울과 같은 도시지역에선 도심지에 존재하는 산정상부에서 소규모 산사태로 인해 토사가 유출되고 집중호우와 만나 토석류로 발전된 경우, 토석류가 계곡 아래로 진행됨에 따라 유속과 수심이 증가하여 에너지가 커진다. 토석류 생성지점에서부터 토석류의 이동방향을 따라 흘러 내려오면서 토석류는 주변의 흙을 세갈무리고 사면 침식을 발생시킨다. 2011년도 서울 우면산 토석류 사례처럼 하루부에서 큰 외력을 가진 토석류는 부채꼴의 형태로 펼쳐져 민가 등 주민 생활공간을 침범하게 되고 인명과 재산에 큰 피해가 발생한다. 도심지내의 산악 지형에서는 등산 등 여가활동으로 인하여 토석류가 빈번하게 발생할 수 있다. 등산로가 발달한 산지의 경우, 잦은 통행에 의하여 지반이 다져지게 되고 이로 인해 난투수층 또는 불투수층이 형성된다. 이 경우, 집중호우 발생 시 토석류 발생지에서 표면 유출 및 침식작용이 활발해지며 토석류 이동경로에서는 유속이 빨라져 토석류로 인한 피해가 더 커지는 원인이 된다. 이 밖에도 산지 근처에 배수로가 잘 구비되어 있지 않은 경우 그리고 산불이 자주 발생한 이력이 있는 경우에도 토석류의 발생 가능성은 증가한다. 토석류와 관련된 국내외 여러 기관(한국도로공사, 서울시, 산림청, 한국전설기술연구원, 사면재해경감협회, 일본 고속도로조사회 등)에서 방재 업무를 담당하고 있으며 또한 각 기관은 기관의 목적에 맞는 토석류 위험도 평가방법을 개발하여 실무에 활용하고 있다. 예를 들면 한국도로공사에서는 고속도로 주변에서 발생하는 토석



[그림 3] 2011년 서울 우면산에서 발생한 토석류

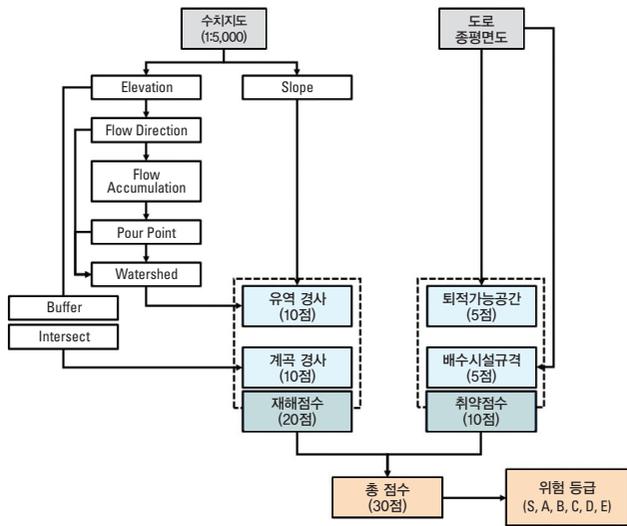
류 위험등급을 평가하기 위하여 토석류의 재해도와 취약도를 각각 평가한다. 재해도는 토석류의 발생가능성과 이동가능성으로 나뉘는데, 유역평균경사와 35도 이상 경사의 비율로 토석류의 발생 가능성을 평가하고 계곡평균경사와 15도 이상인 계곡경사의 비율로 토석류의 이동가능성을 평가한다. 취약도는 배수시설 규격과 퇴적 공간의 유무로 평가한다[4]. 하지만 토석류의 발생과 이동 요인은 매우 복잡하므로 객관적인 위험도 평가방법은 아직 완전히 정립되지 않았고, 아직까지 많은 연구와 노력이 필요하다.

이러한 토석류에 대한 심도있는 연구는 반드시 체계적이고 표준화된 토석류 데이터베이스에 기반하여야 한다. 이미 일본에서는 50년전부터 토석류에 관한 조사 및 연구가 본격적으로 시작되었고, 현재까지 해마다 재해 자료를 수집하고 축척해 왔기 때문에 토석류에 관한 대책도 급속한 진보를 이루고 있다. 우리나라에서도 도시에서 발생하는 토석류 특성을 파악하고 지반공학적, 수문학적, 지형학적, 지질학적인 데이터들을 효과적으로 저장하고 처리할 수 있는 토석류 관련 데이터베이스의 개발이 시급하다.

### 지반함몰(싱크홀) 및 지반침하

지질학적으로 싱크홀은 산성비와 지하수 등의 영향으로 석회암이 용해되거나 기타 자연 현상에 의하여 지하 공동이 발생하고, 공동상부의 지반층이 함몰되어 땅이 꺼지는 현상을 말한다. 최근에는 자연적인 요인 또는 인공적인 요인으로 지하의 공동이 함몰돼 지표면이 침하되는 현상을 통칭하는 용어로 보편화되어 사용되고 있지만, 도심지에서는 대부분 인위적 요인에 의해 함몰현상이 발생하기 때문에 도심지에서 발생하는 함몰현상은 싱크홀보다 더 포괄적으로 지반함몰이라고 표현하는 것이 적절하다.

석회암지대인 강원도나 제주지역과 달리 서울, 대구, 광주 등 도심지 지역은 자연적 지질 현상에 의해 지하 공동이 발생할 가능성은 희박하다. 도심지에서 발생하는 지하공동은 주로 도시집중화



[그림 4] 한국도로공사의 공용고속도로 토석류 위험도 평가 방법

포장체 파손이나 구조물의 기울어짐과 균열을 발생시킬 수 있다. 지반함몰과 지반침하하는 지하에서 발생하기 때문에 사전에 발생을 예측하기 매우 어렵다. 하지만, 그 발생원인인 지하 공동 발생을 적절하게 모니터링하고 지속적으로 관리한다면 불가능한 일만은 아니다. 서울시에서는 지반조사자료를 바탕으로 지반정보 통합시스템을 구축하고 6종의 지하시설물 정보(상수도, 하수도, 전기, 통신, 가스, 난방)를 활용하여 지하시설물 통합정보시스템을 구축하여 인터넷을 통하여 실시간으로 구축된 정보를 제공하고 있다. 이러한 정보를 터널 및 굴착공사 등 도심지에서 수행되는 각종 공사에 적극적으로 활용할 필요가 있다. 도심지 지반재해는 언제 어떻게 발생할지 알기 어렵다. 평소에도 보다 적극적 관심과 투자를 통해 관리해야 한다. 지반재해 관련 제도와 기구만 있다고 하루아침에 해결되는 문제가 아니다. 평소에도 재해관리의 중요성을 인식하고 꾸준히 관리하는 일이 무엇보다 중요하다. **I**

및 난개발에 따른 부작용으로 발생한다. 도심지에서 하수구 등 지하 매설물의 파손된 부분이나 지하 터널 및 굴착 공사중의 가설 또는 노출 벽체에 토사가 노출되게 되고, 집중 호우가 발생할 경우, 토사가 지하수와 함께 유출되며 유출된 토사의 부피만큼 지하 공동이 발생한다.

어느 정도의 공동이 발생하더라도, 지반내의 아칭(arching) 효과와 흙 입자 사이의 간극수의 표면장력에 의해 지반 공동이 함몰되지 않고 유지되는 경우가 있다. 최근 서울 잠실의 석촌 지하차도 인근에 함몰되지 않은 지하 공동으로부터 이를 확인할 수 있다. 다만, 지하 공동이 더욱 확대되거나 지하수위의 저하 또는 과도한 지하수 흐름이 유발되는 경우, 또는 지표면에 차량 등에 의해 하중이 작용하는 경우에는 지하 공동이 무너져 지반함몰로 이어질 수 있다.

지반함몰 외에도 도심지에서는 지하수위의 저하로 인한 지반침하가 발생할 수 있다. 지하수위 저하는 도시화와 밀접한 관련이 있다. 도시화가 진행되게 되면 구조물, 도로, 대지 및 포장체 등으로 인하여 불투수면적이 증가하게 된다. 서울시의 불투수율은 1962년 7.8% 이후 지속적으로 증가하여 2010년 도시생태현황도 자료에 의하면 47.6%에 육박하고 있다[5]. 불투수면적이 증가하게 되면, 자연상태에서는 지표면을 통해서 공급되던 지하수가 배수구를 통하여 하천으로 바로 유출되면서 지하수위가 저하된다. 지하수위가 저하된 깊이만큼 지하수의 부력에 의한 하중 감소효과가 상실되고, 토층 자체의 하중 증가로 인하여 지반침하가 발생한다. 지하수위 저하는 이밖에도 각종 굴착공사에 필요한 강제 배수에 의해서도 발생한다. 이러한 지하수위 저하에 의한 침하는 급작스럽게 침하가 크게 발생하지 않지만, 연약한 토층이 두껍게 분포하는 경우

참고문헌

[1] Mogami, T., and Kubo, K., "The behavior of soil during vibration.", Proceedings, 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Zurich, Vol. 1, pp. 152-155., 1953

[2] Iwasaki, T., Tatsuoka, F., Tokida, K. and Yasuda, S. "A Practical Method for Assessing Soil Liquefaction Potential Based on Case Studies at Various Sites in Japan", 2nd International Conference on Microzonation for Safer Construction Research and Application, pp. 885-896, 1978

[3] 김한샘, 김민기, 장인성, 정충기, "부산항만 지역의 LPI 기반 실시간 액상화 평가.", 2012년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회., 2012

[4] 한국도로공사, "고속도로 토석류 위험지 분석기법 개발 및 적용기준 수립", 2009

[5] 조성하, "지중 건전성 평가 : GIA(Geo Integrity Assessment)", 한국지반공학회지 Vol.31, No5, pp 8-10, 2015



## 알고리즘을 통한 뉴스 기사의 생성



**이준환**  
언론정보학과 부교수



**박향희**  
언론정보학과 박사과정

서울대학교 hci+d 연구실에서 개발 중인 로봇저널리즘 알고리즘은 기계적으로 자동화된 판단을 바탕으로 수많은 데이터 속에서 뉴스거리가 될 만한 가치 있는 이벤트를 찾아낸다(김동환·이준환, 2015). 의미 없이 나열된 데이터를 일련의 분석과정을 통해 의미를 부여하고 기사에 활용할만한 중요한 이벤트를 찾아내기 위해서는 통계적 방법론과 같은 특별한 연산 능력이 필요하다. 따라서 정형화된 데이터, 특히 숫자로 구성된 데이터를 다루는 스포츠와 금융 관련 뉴스가 알고리즘이 가장 쉽게 접근할 수 있는 분야가 된다. 알

고리즘은 대용량의 데이터를 빠르고 정확하게 처리할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문에 기사에 필요한 데이터를 수집하고 기사를 작성하는 데 걸리는 시간은 매우 짧다. 따라서 수많은 노이즈(데이터) 속에서 유용한 신호(정보)를 찾아내는 초기 경보시스템의 역할이나 지진과 같은 재난 상황 등에서 사람보다 빨리 신호를 감지하여 기사를 작성하고 송고하는 등의 역할을 수행할 수 있다. 알고리즘의 장점은 속도에만 있는 것은 아니다. 알고리즘은 데이터 표기의 정확성이 요구되는 환경이나 개인화가 필요한 분야에서 활



용될 수 있다. 증시기사와 같이 소수점 아래 둘째 자리까지 표기해야 하는 일이 빈번한 경우 숫자가 잘못 기입돼서 낭패를 보는 일은 사람에게서는 간혹 나타날 수 있는 오류이지만 로봇저널리즘에서는 상상하기 어렵다. 또한 개개인의 지식 포트폴리오를 기반으로 모든 사람에게 서로 다른 기사를 생성하는 것은 사람에게서는 불가능한 일이지만 알고리즘에게는 쉬운 일이다. 내가 응원하는 야구팀의 관점에서 기사를 쓴다거나, 같은 기사를 아이들의 언어와 어른의 언어로 동시에 작성하는 것, 혹은 실시간으로 5개국어로 작성된 기사를 송고하는 것도 어려운 일이 아니다. 이외에도 사용자에게 기사가 필요로 하는 시점에 바로 최신의 데이터로 생성을 하는 것이나(on demand), 사용자의 질문을 듣고 여러 형태의 응답으로 기사를 제공하는 것도 가능하다.

### 재난·재해 상황에서의 로봇저널리즘

수많은 노이즈 속에서 중요한 데이터를 발견하고 신속하게 알리는 것을 목표로 하는 로봇저널리즘은 재난·재해시 더욱 유용하게 쓰일 수 있다. 재난·재해 상황에서는 어느 때보다도 더 신속하게 피해자에게 방송, 통신, 재난메시지를 통해서 상황을 알리고 후속피해가 없도록 신속하게 대응하는 것이 중요하다. 뿐만 아니라, 로봇저널리즘은 건물의 내진 설계여부, 지역에 따른 지질학적 정보, 건물노후도와 같은 타융합 연구팀의 추가적인 데이터를 통해서 보다 신속하게 중요한 정보를 파악하고 메시지를 생성해 수신자에게 송신할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한, 로봇저널리즘은 재난·재해시 중요한 이벤트를 추출하여 보다 빠르게 메시지를 생성하는 간단한 작업 외에도 개인의 사적 정보를 이용해 재난·재해시 필요한 맞춤형 대응 메시지를 보낼 수 있다. 예를 들어, 외국인에게는 근처 대사관 연락처가 포함된 영어메시지를 보낼 수 있으며, 노약자 및 장애인에게는 그들에게 필요한 비상응급메뉴얼을 메시지

로 보낼 수 있다.

재난대응 메시지 생성을 위한 분류로는 크게 Generic Message, Specific Message, Contextual Message, Action Message로 나뉜다. Generic Message는 재난·재해 발생시각, 발생지역, 재난 유형 정보(지진, 태풍, 해일, 화재 등), 재난 강도 정보(진도, 파고 등)와 같은 재난·재해의 가장 기본적인 정보가 포함되어 있다. Generic Message는 이러한 재난 관측데이터를 통해서 수신자에게 보다 신속하게 재난·재해를 알리는 것을 목적으로 한다. Specific Message는 내진설계여부, 여진에 따른 피해 및 붕괴위험, 대피소 정보와 같은 건물 및 사용자의 특성에 기반한 개인화 정보를 활용한 메시지이다. Contextual Message는 GPS 및 기상청 정보를 활용하여 사용자의 현재 맥락에 맞춰 생성되는 메시지이다. 이는 현재 사용자 위치에 기반한 해당 지역 지진 이력, 원자력 발전소 등의 인근 위험시설 유무, 근처 대피소 위치와 같이 개인의 상황을 고려한 메시지이다. 마지막으로 Action Message는 국민안전처 등에서 제공하는 재난 대응 매뉴얼에 기초한 상황별 대응 메시지이다. 이는 장소 별 대응 정보, 대피 관련 행동 대응 정보, 관리자의 대처요령 등과 같은 행동메시지를 포함한다. 재난·재해 상황에서의 로봇저널리즘은 앞서 설명한 총 네 가지의 메시지를 통해 기존의 방식보다 더 나은 형태로 재난·재해시 더욱 신속하고 유용한 정보를 제공하는 것을 목표로 한다. 보다 나은 메시지를 생성하기 위해서는 더욱 다양하고 의미 있는 데이터를 필요로 한다. 이는 심리학, 건설공학, 컴퓨터공학 등 다양한 연구 분야에서 제공되는 데이터를 통해 융합적으로 발전시킬 수 있을 것이라고 기대한다. **1**

### 참고문헌

김동환, & 이준환. (2015). 로봇 저널리즘: 알고리즘을 통한 스포츠 기사 자동 생성에 관한 연구. 한국언론학보, 59(5), 64-95.

## 경계없는 작업실을 찾아서

‘서울대학교 건축학과 동기들인 문주호 소장, 임지환 소장, 조성현 소장 그리고 서울대학교 시각디자인학과 출신인 류재희 소장까지. 평균나이 33세인 서울대학교 동문들로 구성된 건축의 새로운 세대, 경계없는 작업실에 대해 소개해보고자 한다.’

**Q** \_\_\_\_\_ 소장님께서 운영하고 계시는 ‘경계없는 작업실 (Boundless)’에 대해 소개해 주시겠습니까?

**A**  
**문주호 소장(이하 문)** “경계 없는 작업실”이라는 이름은 저희가 이 일을 처음 시작하게 된 두 가지 동기를 반영하고 있습니다. 저희의 첫 번째 동기는 건축이 단순히 물리적인 환경을 구축하는 것에서 벗어난 건축에 대한 추구입니다. ‘공간’ 속에서 사람들이 활동하는 방식과 그 방식에 영향을 주는 기술들이 다양해짐에 따라 그 안에서 일어날 수 있는 사람들의 활동, 분위기, 그리고 사생활 보호 등이 모두 잘 수행될 수 있도록 건축물을 설계하고 싶었습니다. 그

렇게 되면 사람들의 ‘공간’ 속에서의 경험이 극대화될 수 있을 거라고 여겼기 때문입니다. 공간 안에서 사람들이 생활하며 담을 수 있는 이야기들을 함께 만들어 보고 싶었습니다.

두 번째 동기는 단순히 ‘건축’이라는 프레임에서 벗어나, 도시화 콘텐츠 기획과 브랜딩, 그리고 그래픽 영역들까지 다루어 보고 싶었습니다. 이러한 동기에서 시작한 작업들 중 대표적인 작업은 Green lamp library와 Boundless -X(설계 자동화 플랫폼) 등이 있습니다. 잘 모르시는 분들을 위해 간략하게 Green lamp library를 예시로 설명을 드리자면, Green lamp library의 모티브는 오래된 도서관에 상징적으로 green lamp가 있는 것으로부터 따왔습니다. 이는 집중력을 높여주는 banker’s lamp라는 건데요, 이를 모티브로 저희는 기존의 독서실의 모습에서 벗어나 새로운 공간의 느낌을 가지는 Green lamp library를 브랜딩화 했고, 현재 11호점까지 완공했습니다. 이러한 두 가지 동기를 반영하여 이름을 “경계 없는 작업실”이라고 지었습니다.





**Q** \_\_\_\_\_ **수많은 학과 중 서울대학교 건축학과를 선택하게 된 이유가 있으신가요?**

**A**  
**임지환 소장(이하 임)** 고등학생 시절에 저는 이과 학생의 진로는 크게 의대, 공대, 자연대, 이 세 가지라고 생각했습니다. 저는 의학에는 관심이 없었고 순수과학은 하고 싶지가 않았어요. 응용과학 분야에서 일을 하고 싶어서 공대를 선택했고 그 중에서도 가장 멋지다고 생각했던 건축학부를 선택했죠. 저는 사람들의 삶에 긍정적인 영향을 끼치는 창의적인 무언가를 만들고 싶었습니다.

**문** 이렇게 말씀 드리면 유치하다고 하실 수 있지만 저는 유치원을 다니는 꼬마였을 때부터 건축학부에 가고 싶었어요.(웃음) 고등학교 때 진로 관련하여 부모님과 많은 갈등이 있었지만 제 꿈이 확고했기 때문에 건축학부에 진학하게 되었습니다. 저도 이유는 잘 모르겠는데 어릴 때부터 그렸던 그림들을 보면 아파트나 건축물들을 그리는 게 많아요. 어릴 때 아마 누군가로부터 건축 분야에 대해 많은 이야기를 들었고 자연스럽게 그 분야에 관심을 많이 갖게 되지 않았을까 합니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **현재 함께 일을 하고 계시는 네 분이 모두 서울대학교 동문인 것으로 알고 있습니다. 혹시 네분께서 함께 일을 하시게 된 계기는 무엇인가요?**

**A**  
**임** 현재 4명의 파트너 중에서 세 명은 서울대학교 건축학부 03학번 동기였습니다. 저희는 대학교 학창시절, 어떤 일든지 셋이서 함께 작업한다면 재미있을 것 같다는 생각을 많이 했습니다. 4학년

때에는 같이 설계실과 제도실을 함께 쓰면서 저희끼리 건축과 관련된 홈페이지도 만들며 같이 일을 하는 꿈을 키웠습니다. 학부 졸업 후에는 각자 3년간 서로 다른 사무실에서 일을 하다가 온 중계도 건축 분야에서 함께 일할 수 있는 기회를 얻었습니다.

한 건축회사로부터 의뢰가 들어와 건축물 설계를 맡게 되었는데 아쉽게도 그 일의 결과는 썩 좋지 않았습니다. 하지만 그 뒤로도 꾸준히 건축물 설계 의뢰가 들어왔고, 그 과정에서 셋이서 어떤 일을 해도 잘 할 수 있을 것이라는 확신이 들어 계속 함께하기로 했습니다. 나중에 시각디자인을 전공하신 분과 함께 일할 수 있는 기회가 생겨 함께 일을 하면서 시각 디자인과 건축이라는 분야가 서로 영향을 주고받으면서 긍정적인 효과가 나는 것이 보였습니다. 그 후로 계속 같이 일을 하게 되어 현재 4명이 함께 일하고 있는 것입니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **‘경계없는 작업실’의 대표적인 작업들 중 하나로 ‘Boundless - X(설계 자동화 플랫폼)’라는 것이 있다고 들었습니다. 프로그램을 통한 설계 자동화 기술이라고 하는데 자세히 설명해 주실 수 있으신가요?**

**A**  
**조성현 소장(이하 조)** ‘Boundless - X’가 시작할 당시의 아이디어는 기계적인 일은 기계에게 맡기고 인간은 좀 더 창의적인 일을 할 수 있게 하자는 것이었습니다. 건축 법규를 고려하고 향(向)을 고려하는 등의 인간보다 기계가 더 빠르게 처리할 수 있는 부분은 기계가 할 수 있게 하는 것이죠. ‘Boundless - X’는 기본 계획부터 세대별 면적 배분, 설계 개요 작성, 투시도 및 각종 도면 작성까지 평균적으로 인간이 소모하는 시간에 1/1000만큼이 소요됩니다. 도

면의 정확성도 인간이 하는 것에 비해 월등히 높죠. 설계 자동화 기술인 Boundless - X는 알고리즘을 통해 해당 사이트에 맞는 최적의 설계를 하게 됩니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **플랜(평면도)을 최적화하는 프로그램의 알고리즘은 어떻게 구현하셨나요?**

**A**  
**조** 설계과정을 알고리즘으로 구현할 때의 핵심은 '건축 설계의 패턴을 공간의 관계에 맞추어 조합하는 것'입니다. 인간이 설계를 할 때에는 다양한 공간 패턴들을 조합하면서 진행합니다. 이를테면 복도와 방들을 계획할 때, 부분적으로 일종의 원형(原型) 혹은 기본형들을 생각하면서 조합, 적용하죠. 저희는 기계가 수많은 패턴들의 상하관계, 수평 관계를 조율하며 건축계획을 할 수 있도록 해야했습니다. 그래서 기계 또한 인간과 같이 사고할 수 있도록 하는 기계 학습 알고리즘을 활용하게 되었고 그 중 유전알고리즘과 딥러닝등을 이용하였습니다. 알고리즘은 여러 공간의 조합들을 최적화시키는 과정을 가속시키면서 하나의 최종적인 계획안이 나오게 합니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **기계적으로 작성되는 평면과 입면, 모델링들은 일종의 기계화의 산물인 '대량생산'이라는 개념으로 이해될 수 있나요? 그렇다면 건축에 있어 기계가 할 수 있는 일과 인간이 할 수 있는 일에는 무엇이 있다고 생각하시나요?**

**A**  
**조** 설계 자동화 플랫폼은 대량생산(mass production)의 측면으로 이해되기 보다는 개별 사용자의 다양한 요구 조건과 기대를 충족시키며 대량 생산되는 매스커스터마이제이션(Masscustomization)에 가깝다고 생각합니다. 이전 많은 선배 건축가들이 시민들을 위한 적절한 가격의 주거(affordable housing)공급을 목표로 도전해왔습니다. 르코르뷔지에의 빛나는 도시(La Ville radieuse)로 대규모의 공급의 방식으로 접근하였다면 프랭크 로이드 라이트(Frank Lloyd Wright)나 그레고리 에인(Gregory Ain)은 유소니언 하우스 시리즈나 모던하우스 시리즈들로 개별로는 작지만 반복될 수 있는 공급의 방식으로 도전 해왔죠. 저희는 개별로는 작지만 각각 다른 다양한 제약조건과 요구조건들을 충족시킬 수 있는 계획부터 이를 실현시킬 수 있는 시공단계까지 Boundless - X를 통해 도전해보고자 합니다.  
건축에 있어 기계의 영역과 인간의 영역이 명확하다고 생각되지는 않습니다. 건축에서 단순 반복되는 작업은 결국 기계로 대체될 확률이 매우 높습니다. 하지만 아직 기계는 사고가 필요한 '어떤 건축을 해야 하는지'에 대한 문제정의를 할 수 없습니다. 이에 비해 인

간은 이러한 문제에 대해 정의를 내릴 수 있죠. 이러한 기계와 인간의 격차는 인간이 기계의 도움을 받아서 구현의 속도를 앞당긴다거나 자신이 정의한 문제에 대한 해결을 구현해 줄 수 있는 기계를 만들어냄을 통해 줄어 들고 있습니다. 결국 앞으로의 건축에는 인간과 기계가 할 수 있는 일이 정해져 있기보다는 서로의 유기적인 협업을 통해 이루어질 것이라고 생각합니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **이번에 KOICA에서 진행하는 CTS 프로그램에 지원하셔서 하신 피칭 콘테스트 대회 영상을 보았습니다. 어떤 계기로 참여하게 되신 건가요?**

**A**  
**조** 전통적인 건축의 방식으로 풀기 가장 어려운 문제를 찾다가 참여하게 되었습니다. 현재 세계 40억의 인구가 농촌에 거주하고 있고, 그중 70%가 빈곤에 시달리고 있습니다. 이들의 생활환경의 개선에 기존의 건축가가 접근하기에는 그들의 생활환경이 각기 다르고 개별적인 문제들이 모여있어 그들의 방식으로 해결하기에는 어려움이 많았습니다. 그렇기에 새로운 방식으로 도전해 볼 수 있겠다고 생각했습니다. 알고리즘은 개별문제가 아무리 작더라도 집합이 충분히 크다면 효율적으로 문제를 해결할 수 있습니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **경계 없는 작업실은 건축뿐만 아니라 다양한 분야에서 창업을 진행하고 있다고 들었습니다. 다양한 분야에서 일을 하는 만큼 다양한 어려움이 있었을 것 같은데, 이러한 어려움을 어떻게 극복 하셨나요?**

**A**  
**임** 저희가 다루는 분야들이 다양한 것 같지만, 저희는 하나의 공통점, 즉 공간을 만든다는 공통점을 공유하고 있습니다. 경계 없는 작업실은 사람들이 새로운 공간경험을 얻을 수 있는 공간을 다양한 방법으로 건축합니다. 이러한 다양한 방법을 실현시켜가는 도중에, Boundless-X같은 경우는 IT에 대한 전문적 지식 혹은 시각적 전문성 등이 부족했던 어려움이 있었습니다. 그래서 어려움을 극복하기 저희는 이러한 분야의 전문가들과 협업하였고, 피드백을 받았습니다.

**Q** \_\_\_\_\_ **이번 베니스 비엔날레 건축전에 경계 없는 작업실 팀의 작품이 소개된 것으로 알고 있습니다. 이번 한국관의 키워드였던 '융적률 게임'에 대해 소장님은 평소 어떻게 생각해보셨나요?**

**A**  
**문** 융적률, 즉 '법적으로 허용된 모든 면적을 확보하는 건물을 건축

할 수 있는가?’라는 것은 건축가로서는 부인할 수 없는 첫 번째 목표입니다. 비엔날레 건축전의 경우 서울이라는 도시의 특징을 반영했을 때, 용적률이 더욱 중요하게 고려가 되어 한다고 생각했습니다. 서울은 인구밀도가 높고, 토지가 적기 때문에 용적률을 최대한 채울 수 있는지가 중요합니다. 이러한 점에서 테트리스 하우스와 코너 하우스는 용적률을 찾기 어려운 곳에서 용적률을 찾아낸 결과입니다. 테트리스 하우스는 수직적으로 건물을 조깅으로써 용적률을 찾은 경우입니다. 용적률을 채우는 것은 금융과 투자 그리고 토지주가 가지는 기본적인 욕구입니다. 따라서 이에 대한 욕구를 채워주는 것이 건축가로서의 몫이라고 생각합니다.

**Q** **다양한 시각에서 다양한 방법으로 공간을 관찰하면서 공간 경험을 극대화 시킨다고 하셨는데, 이런 방법은 건축 분야만이 아니라 시각 디자인, 예술의 영역까지 연결되는 것 같습니다. 혹시 공간에 대한 다양한 인식을 가지기 위해서 소장님들이 노력했던 부분에 대해서 얘기해 주실 수 있나요?**

**A**  
**문** 경험이 많이 중요하다고 생각합니다. 예를 들면 진짜 좋은 공간을 가봤을 때 느낀 감동을 기억해서, 저런 공간을 후에 만들어야겠다는 마음가짐을 가지는 것도 하나의 경험이 될 수 있습니다. 건물을 돌아다니는 것, 전시회에 가는 것, 하물며 대부분의 사람들은 무심코 지나치는 소품 등에서도 아이디어가 떠오를 수 있거든요. 그런 아이디어들이 정확히 어디서 튀어나올지 경험하는 당시에는 모를 수 있지만, 무심코 떠오른 아이디어를 캐치하는 건 경험으로 쌓인 자신의 관점이 큰 역할을 한다고 생각합니다. 그래서 다양한 경험을 많이 하고, 좋은 건축물이나 공간들을 많이 보는 경험이 공간에 대한 인식을 가지는 데 가장 중요한 것 같습니다.

**Q** **건축에 대해 설명할 때 ‘공간’이라는 키워드를 사용하시는 것 같습니다. 소장님에게 ‘건축’과 ‘공간’은 어떤 의미인가요?**

**A**  
**임** 저희가 건축이라는 단어보다 공간을 설계한다는 표현을 쓰는 이유는, 일단 첫째로 공간이라는 단어는 건축이라는 단어 보다 일반인들에게 있어서 공감하기 더 쉬운 단어라는 이유가 있습니다. 또 다른 이유는 건축이라는 단어가 너무 이념화 돼서 저희 스스로에게 있어 선입견이 생기는 부분이 더러 있더군요. 건축가라서 오히려 건축이라고 하면 프레임화 된 생각들이 있어서 그걸 탈피하고자 실제 건축이라는 과정을 통해서 만들어지는 결과물인 공간이라

는 단어를 더 많이 사용하는 것 같습니다.

**조** 사람들의 삶(living)의 대부분은 공간에서 이루어집니다. 그리고 공간은 건축을 통하여 구축됩니다. 건축 문제를 개선하는 것은 사람들 삶을 좀 더 행복하게 만들어 주는 일이기 때문에 매우 중요하며 인생을 걸고 도전해 볼 가치가 있다고 생각합니다.

**Q** **‘경계없는 작업실’이 가지고 있는 철학이나 장기적인 목표에 대해 말씀해 주실 수 있나요?**

**A**  
**문** 사실은 최근에 사무실에 많은 변화가 있었습니다. 저희가 개발한 설계 자동화 프로그램의 일종인 Boundless-X도 스피노프 하여 경계 없는 작업실과는 별개로 독립적으로 성장을 해보자고 결론 내린 상황입니다. 그래서인지 저희의 목표에 대해서는 고민이 조금 됩니다. 하지만 여전히 저희가 하고 싶은 것은 무엇보다 좋은 공간을 만드는 것이라고 생각합니다. 시대를 반영하고, 사람들에게 긍정적인 영향을 주는 공간을 세상에 많이 제공하겠다는 것이죠. 방법론적인 측면에서 보면, 더 좋은 공간을 만들기 위해서 건축 공간의 경계를 탐구하고, 경계와 경계 사이의 공백을 찾아내어 공간의 다양성이나 경험을 더 늘리고자 합니다. 애플의 비전이 속된말로 ‘죽이는’ 제품을 만드는 것인 것처럼, 저희도 ‘죽이는 공간’을 만드는 것이 목표입니다.

**Q** **마지막으로 서울대학교 건축학과 및 공과대학 후배님들에게 한 말씀 부탁드립니다.**

**A**  
**임** 대학생이라는 시기는 하고 싶은 것을 할 수 있는 최적의 시기라고 생각합니다. 뿐만 아니라 학교라는 틀은 자신이 하고 싶은 것을 매우 많이 할 수 있는 환경이라고 생각합니다. 자신이 원하는 강 의가 있다면 들을 수도 있고, 원하는 활동이 있다면 해당 동아리에서 활동을 할 수 있습니다. 그래서 제가 대학생들에게 전해주고 싶은 말은 자신이 관심 있는 것이 있다면 두려움 없이 도전을 했으면 좋겠다는 것입니다.

**조** 공대는 세상의 문제를 해결하는 방법을 ‘기술’이라는 방법으로 학습하는 곳이라고 생각합니다. 전문성이 충분히 갖추어졌을 때, 여럿이 연대하고 협업하여 더 큰 문제에 도전할 수 있는 것 같습니다. 저는 많은 선배들과 힘을 합하여 사람들의 삶(living)의 개선이라는 문제에 도전하고 싶습니다. **I**



2016년 11월 12일 시청 앞 광장에 그 동안 매체와 단절해 왔던 한 나이 지긋한 시인이 무대에 올랐다.

“내가 살고 있는 나라는 선이 악을 물리치고 염치가 파렴치를 이길 수 있는 나라여야 합니다. 그러나 그런 믿음은 언제나 조롱당해왔습니다. 거짓은 진실 앞에 고개 숙이고 많이 가진 자들은 못가진 자들에게 미안해해야 하지만 그러나 내가 살고 있는 나라는, 내가 살고 있는 나라는 그러하지 못했습니다. 내가 살고 있는 나라는 인의가 헌법보다 우선하고 시민의 분노가 정치적 계산보다 우선해야합니다. 그러나 그런 믿음은 언제나 좌절당해 왔습니다. 내가 살고 있는 나라...”

종로 까지 가득 메운 시민들 앞에서 그는 1993년에 발표한 노래 “92년 장마, 종로에서”를 부른다.

“다시는 다시는 종로에서 깃발 군중을 기다리지 마라 기자들을 기다리지 마라  
다시는 다시는 시청 광장에서 눈물을 흘리지 말자 물대포에 쓰러지지도 말자...”

## 아마추어의 명반사냥이야기 스물 한번째: 16년 촛불, 종로에서



나용수  
원자핵공학과 교수

20여 년 전 한 시대를 절망으로 뒤로 한 채 새로운 시대를 맞이하며 읊조렸던 이 노래는 작금의 예언이 되어 2016년 종로에서 시민들의 촛불을 밝혔다.

정태춘. 국악을 녹인 사회성 짙은 “한국적 포크”의 장을 연 가수이자, 시인, 문화운동가, 사회운동가로 한국을 대표하는 음유시인이자 불린다. 또 다른 포크가수인 박은옥과 결혼했다. 극도로 정제된 시적인 가사를 읊조리듯, 꾸밈듯, 혹은 담담하게 소화하는 그의 가창력은 감수성을 담아낸다는 측면에서는 거의 비교할 대상이 없을 정도로 독보적이란 평가를 받는다. 1978년 <시인의 마을>로 데뷔하여 1979년 10대 가수상, 신인가수상, TBC 가요대상 작사상을 수상하였으나, 데뷔곡 “시인의 마을”이 방향의 내용을 담고 있어 대중가요로 부적격하다는 한국공연윤리위원회의 심의로 개작된 것을 계기로 가요사전심의 폐지 운동을 전개하였다. 세상을 바라보는 가감 없는 솔직한 목소리로 <아, 대한민국>, <92년 장마, 종로에서>를 ‘삶의문화’라는 독자레이블을 통해 불법으로 발매하며 거대한 권력에 맨주먹으로 도전하였고, 결국 헌법재판소는 1996년 가요사전심의 위헌 판결을 내렸다. 같은 해 부부는 함께 민족예술인총연합의 제6회 민족예술상을 수상하였다. 이 역사적인 사건 이후 두 불법앨범은 1996년 6월 정식 발매되었고, 아이러니컬하게도 두 앨범은 그의 데뷔앨범과 4집 <북한강에서>와 함께 경향신문에서 선정한 100대 명반의 반열에 올랐다. 이로써 정태춘은 서태지와 함께 네 앨범이 100대 명반에 선정되는 신화를 이루었다. 오늘날 그의 이름조차 모르는 신인가수들이 자신의 목소리를 대담히 세상에 내뿜을 수 있는 것은 분명 그에게 빚을 진 것이다. 그는 2006년 조용필에 이어 2007년 한국대중음악상 공로상을 수상하였다.

<92년 장마, 종로에서>는 단 한 곡도 버릴 것 없는 시대의 명작임에 틀림이 없다. 무덤덤하면서 구수한 그러면서도 날카로운 그의 시선은 따뜻하기 그지없는 박은옥의 눈빛과 하모니를 이루어 서울 출퇴근 지하철 안, 추수 후 짚단을 태우는 농민, 코메리칸이 모여 사는 미국

LA, 일상 속에서 만나는 사람들, 섬진강의 일본 관광객들, 그리고 92년 종로를 차분하게 바라본다. 남도 구음, 풍물 등 국악적 요소를 억지가 아닌 자연스러움으로 녹여 통기타에 담았다. 함춘호와 배수연이 각각 기타와 드럼에 참여하여 앨범의 완성도를 높였다.

정태춘 1집 <시인의 마을>이 그다지 쉽게 구할 수 있는 반면 <아, 대한민국>이나 <92년 장마, 종로에서>의 초판은 불법으로 발매되었기 때문에 구하기가 쉽지 않다. 두 앨범이 가요 사전심의가 폐지된 직후 한국음반에서 재발매된 CD (음반번호 HKC191, 192) 또한 절판되어 구하기가 어렵고 가격도 10만 원대로 올라가는 추세다. 특히 <아, 대한민국>은 카세트 테잎으로 발매되어 초판이 더욱 희귀하다. <92년 장마, 종로에서>의 초판 LP는 두 가지 버전으로 출시되었는데 열은 노란색과 갈색으로 표지 색깔이 다르다. 정태춘이 모든 음반에 직접 서명하였고, 표지에 '정태춘' 오타도 보인다. 이 LP는 현재 30만 원을 호가하는 것으로 알려져 있다.

정태춘은 누구든 그를 필요로 하는 이들에게 언제나 달려갔다. 대학 학부시절 몇 명 모이지 않은 단출한 공대 광장에서 그를 본 적이 있었다. 과방에서 선후배의 기타로 들던 "92년 장마, 종로에서"를 생음악으로 직접 들었던 감동은 아직도 생생하다.

16년 촛불, 종로에서.

그를 필요로 하는 이들 앞에 그는 다시금 시청 광장에 섰다. 종로를 밝힌, 더 이상 비열하지 않은 백만의 촛불이 비둘기 되어 날아가길. 그의 예언이 다시는 다시는 반복되지 않고 16년에 막을 내리길 기대한다. **도**

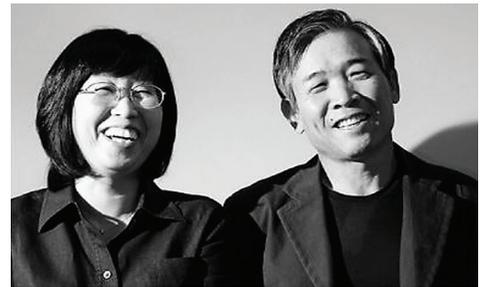
66

16년 촛불, 종로에서.

그를 필요로 하는 이들 앞에 그는 다시금 시청 광장에 섰다. 종로를 밝힌, 더 이상 비열하지 않은 백만의 촛불이 비둘기 되어 날아가길. 그의 예언이 다시는 다시는 반복되지 않고 16년에 막을 내리길 기

대한다.

99





# 로켓기술 미래에너지 위기를 해결할 열쇠



김승조  
기계항공공학부 명예교수

## 2. 에너지 사용량과 미래전망

국제에너지기구(IEA, International Energy Agency) 보고서, World Energy Outlook 2014에 의하면 2012년의 전 세계 최종 에너지 소비량은 133.6억toe(Tonne of Oil Equivalent) 정도라고 추산하고 있다. 세계 인구를 대략 70억 명이라고 하면 1인당 년 간 약 1.9toe를 사용한 것으로 계산된다.

전세계 에너지원의 채굴 가능년수가 아래 표2.에 나타나 있다. 구체적으로 석유를 살펴보면 전세계에서 경제성이 있다고 판단되는 채굴가능 석유 매장량은 현재 약 1,2조배럴 정도라고 보고 있다. 그렇다면 전세계의 1일 석유 사용량이 약 1억 배럴(2013년 기준 9133만배럴)이기에, 12,000일, 즉, 불과 40년이 안되어 전부 소진된다는 것이다. 이러한 추산은 이제 막 개발을 시도하고 있는 인도와 수년 내에 개발도상국이 될 아프리카 제국들의 에너지사용 증가속도를 무시한 수치이다. 만약 현재에도 전기공급의 혜택을 받지 못하고 있는 약 15억여 명이 향후 전기를 사용하기 시작하면 에너지 소비는 더욱 늘어나 화석에너지 매장량의 소진은 더욱 가속화될 전망이다. 물론 석유의 채굴기술 발전과 일부 지역에서의 새로운 유전개발은 계속적으로 이루어질 것이다. 하지만 그렇게 된다 하더라도 짧게는 40~50년, 길게는 100년 뒤에는 결국 현재의 주력에너지원 중 하나인 석유의 자원이 고갈될 것이라는 사실은 자명하다. 이러한 고갈의 징후를 보이는 것은 석유뿐만이 아니다. 석탄, 천연가스의 다른 화석연료들이나 우라늄도 몇 십 년의 차이는 있겠지만 동일한 한계에 봉착하게 된다.

	1990		2012	
Coal	2,231	25.40	3,879	29.03
Oil	3,232	36.80	4,194	31.39
Gas	1,668	19.00	2,844	21.29
Nuclear	526	5.98	642	4.81
Hydro	184	2.10	316	2.37
Bioenergy**	905	10.31	1,344	10.05
Other Renewables	36	0.41	142	1.06
<b>Total</b>	<b>8,782</b>	<b>100</b>	<b>13,361</b>	<b>100</b>

\*\* Includes traditional and modern uses of biomass.

표 1. 세계 1차 에너지 수요량 (단위: Mtoe/%)

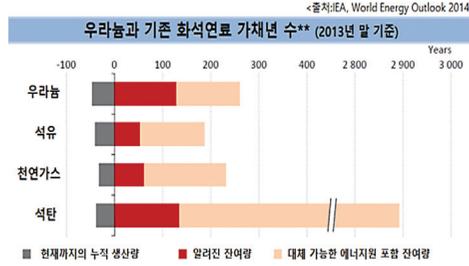


표 2. 기존 에너지자원의 한계

	1990	2012
<b>Total</b>	<b>11 825</b>	<b>22 721</b>
<b>Fossil fuels</b>	<b>7 495</b>	<b>15 452</b>
Coal	4 425	9 204
Natural gas	1 760	5 104
Oil	1 310	1 144
<b>Nuclear</b>	<b>2 013</b>	<b>2 461</b>
<b>Hydro</b>	<b>2 144</b>	<b>3 672</b>
<b>Other renewables</b>	<b>173</b>	<b>1 135</b>
<b>Fossil fuels</b>	<b>63%</b>	<b>68%</b>
Coal	37%	41%
Natural gas	15%	22%

표 3. 연료별 세계 전력 생산량 (단위: TWh)

\* 자료출처: IEA

물론 이 자료에 반론을 펴는 많은 분들도 있다. 40~50년 전에도 석유는 앞으로 40~50년이면 고갈 된다고 했는데 40~50년이 지난 현재에도 비슷한, 아니 더 늘어난 매장량이 있다고 하니 우린 걱정할 필요가 없다고 생각한다는 것이다. 계속 새로운 석유가 발견되어 매장량이 유지될 것이라는 낙관적인 관점이다. 아마 이솝 우화 양치기 소년의 사례처럼 석유고갈 주장은 과대포장이라고 간주한다. 혹은 석유가격을 유지하려는 석유 메이저 기업들의 농간일 것이라 치부하기도 한다. 그러나 어쨌건 매장량이 유한한 것은 어김 없는 사실이고, 새로운 석유가 발견되더라도 몇 십 년의 차이가 있을지 모르지만 석유는 결국 동나게 되어 있다.

대체에너지원으로는 먼저 풍력, 지상태양광발전, 지열, 바이오매스 등을 들 수 있지만 아직까지는 기술적 문제, 경제성부족, 대용량화의 어려움 등으로 대체의 역할을 충분히 하고 있지 못하다. 특히 대용량화가 가능한 원자력 발전에 비교해서 경쟁력을 가지려면 하나의 발전 단지가 적어도 수 GW급 수준의 용량을 가져야하는데 에너지 추출원의 밀도가 높지 않아 현재의 대체에너지 기술로는 이루기 쉽지 않다. 어쩌면 경제성 결핍의 큰 이유가 에너지원의 낮은 밀도 때문일지도 모른다.

표3.에서 볼 수 있듯이, 수력발전을 포함한 기타 신재생에너지의 전력 생산량은 세계 전력 생산량의 약 21%에 불과하다. 수력의 전력 생산량을 제외하면 약 5%정도의 적은 비중을 차지하고 있다. 가장 큰 발전량을 가진 신재생 에너지인 수력발전 또한 세계 물 자원의 한계로 인하여 무제한적으로 용량을 늘릴 수는 없는 실정이다. 다시 말하면, 수력, 풍력, 지상 태양광 혹은 태양열, 바이오 매스, 조력, 파력, 지열 등의 요즈음 각광 받고 있는 신 재생에너지원들은 전력 공급의 필수요건인 지속성과 가용 발전량에 있어서 주력 전력(Base Load Power) 에너지원으로써 화석연료의 역할을 대체하기에는 한없이 부족하다. 결국 화석연료 에너지의 수명을 조금

연장시키기 위한 보조적인 에너지원밖에 되지 못한다는 결론이다. 이 시점에서 필자는 제반 문제들을 해결할 수 있는 미래의 에너지원으로 우주기반 태양광을 제안하고자 한다. 지구 대기권 바깥에서의 태양광에너지는 평방미터당 1.4Kw 수준으로 지상보다 훨씬 높고 정지궤도에서 발전한다면 1년 내내 밤낮 구분 없이 발전 가능하고 또한 대용량화가 가능하기에 경제성도 조만간에 확보 할 수 있을 것으로 분석된다. 이제 본격적으로 우주기반 태양광에너지 활용 가능성에 대해 살펴보기로 한다.

### 3. 우주기반 태양광 발전 시스템

우주기반태양광발전(Space Based Solar Power, SBSP) 시스템은 거의 50년 전에 이미 미국의 Peter Glaser에 의해 제안되었다. 아폴로 달착륙 이전인데도 이미 아폴로 프로그램이 성공적으로 진행되고 있었고 새턴5 로켓의 막강한 파워를 목격한 여러 사람들이 우주산업의 가능성을 낙관적으로 보고 있었던 것이다. 1974년에는 Glaser가 타당성 연구를 비용관점에서 수행했는데 발전위성 자체를 우주궤도에 올리는 데 드는 비용 때문에 당장은 어렵지만 앞으로 더 조사연구가 필요하다고 보았다. 1978년에 드디어 미 의회가 에너지성에 예산을 주고 본격적으로 개념연구를 시켜서 1986년까지 당시예산으로 5000만 달러를 들여 세밀한 기술적 타당성 검토를 거쳤다. 당시 미 의회는 '기술적, 경제적, 환경적인 부분에 불확실성이 많다'라는 결론을 내렸고 그 이후 새로운 행정부가 들어서면서 계속적인 연구를 하지 못했다.

1997년에는 NASA가 다시 "Fresh Look"이라는 프로그램을 통해 그간의 기술발전을 감안한 재검토를 수행한 결과 기술적인 문제보다는 경제적인 타당성이 문제이고 주된 비용인 발사비를 대폭 낮출

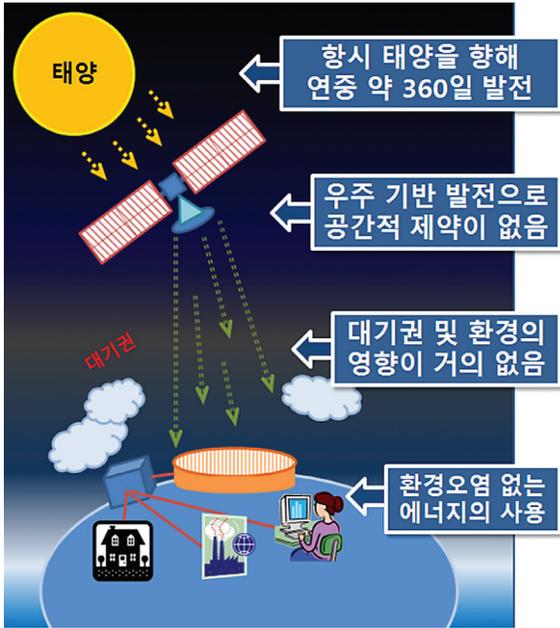


그림 4. 우주태양광발전의 장점

수 있는 조치가 필요하다고 결론 내렸다. NASA는 계속해서 SERT라 불리는 우주태양광발전 관련 연구를 수행하여 기술적 타당성 검토와 1GW급 발전위성의 개념 설계도 수행하게 된다. 그 결론으로 우주태양광발전은 미래 에너지 공급을 위해서 중요한 고려대상이다. 특히 화석에너지의 역할을 대신할 기저전력공급원으로 유망하다. 기술개발 이니셔티브를 가지기 위해 공격적인 예비계획을 가져야 한다. 그리고 경제성 확보에 가장 중요한 발사비용이 저궤도 기준으로 1Kg당 100-200달러 수준이 되어야 한다”고 주장했다. 그 이후에도 NASA에서는 여러 차례 기술타당성 검토를 거치면서 관련 기술개발도 일부 수행했으며 마이크로웨이브를 이용한 장거리 전력 전송에 성공하기도 했다. 에너지 문제에 항상 민감한 일본은 JAXA를 중심으로 타당성 연구를 수행했고 최근에는 1.8Kw 전력을 50미터 떨어진 리시버에 보내 전력을 성공적으로 회수했다고 발표했다.

유럽 역시 우주기관인 ESA는 2000년대 초부터 미래기술로써 기술적 타당성검토와 관련 워크숍을 통해 개발 가능성을 저울질하고 있다. 2005년에는 ‘Earth & Space-Based Power Generation Systems a Comparison Study’를 통해 0.5GW부터 500GW의 우주태양광 발전 설비에 대한 단계적 개발 가능성을 검토하며, 지상 태양광 및 태양열 발전과의 발전효율 및 경제성을 검토하는 보고서를 작성한 바 있다. 최근에 들어서는 중국과 인도도 우주기반 태양광발전 사업에 국가적인 관심을 보여 2012년에는 중국이 인도대통령 방문 시에 SBSP 개발에 협력할 것을 제안하기도 했었다.

우주태양광발전 시스템을 구현하기 위해 필요한 인공위성 및 태양전지기술, 로켓 발사체기술 등의 필요기술들은 이미 수십 년 전부터 상당한 수준의 기반이 마련된 상태다. 마이크로웨이브를 이용한 원거리 무선전력전송기술(Wireless Power Transmission, WPT)도 1960년대부터 연구되기 시작하였고 그 후에도 연구 개발 시험을 통해서 그 전송효율 또한 향상되어 왔다. 다시 말하면 우주태양광발전 시스템에 관련된 필수기술들은 어느 정도 우리 가까이에 와 있고 이들을 구체적으로 구현할 실용적인 개발 단계만 남아 있는 현황이다.

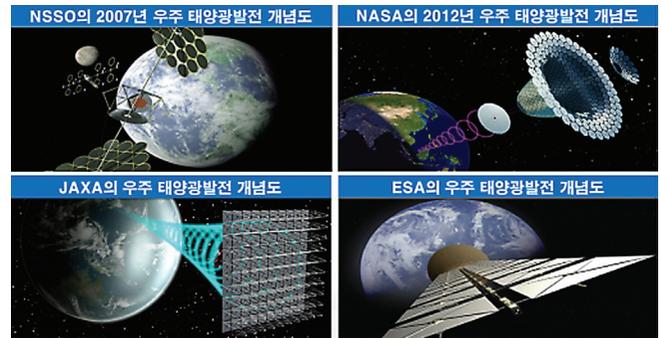


그림 5. 태양광발전시스템 : 발전위성, 무선전송시스템, 수신용 레크테나  
\* 이미지출처 : NASA, JAXA, NSSO, ESA

#### 4. 우주태양광 발전의 경제성 확보방안

그러나 이제까지 우주 태양광 발전 시스템이 공론화를 거쳐 실제 개발로 진행되지 못하고 제안서로만 존재하게 된 가장 큰 이유는 천문학적 액수의 개발비용을 정당화하고 설득할 수 있는 경제적 타당성의 확보였다.

큰 발전용량을 가진 거대한 크기의 발전위성 자체를 제작하고 조립하는데도 많은 비용이 들겠지만 이들을 우주공간으로 올리기 위한 엄청난 금액의 발사비용은 더 큰 장애물이었다. 현재 정지궤도에 5톤 정도의 인공위성을 올리기 위해서는 1억에서 3억 달러의 비용이 든다. 그렇다면, 현재의 1GW급 원자력발전소 1기의 발전량과 대등한 수준의 발전위성 1기의 무게가 적어도 1만 톤 정도는 된다고 보면 2000회의 로켓발사가 필요하다. 현재 시가로 최소 발사비용인 1억 달러만 잡아도 발전위성 1기당 총 2000억 달러의 발사비가 산출되니 시작부터 경제성 부족이라는 큰 난관에 봉착하게 되

는 것이다.

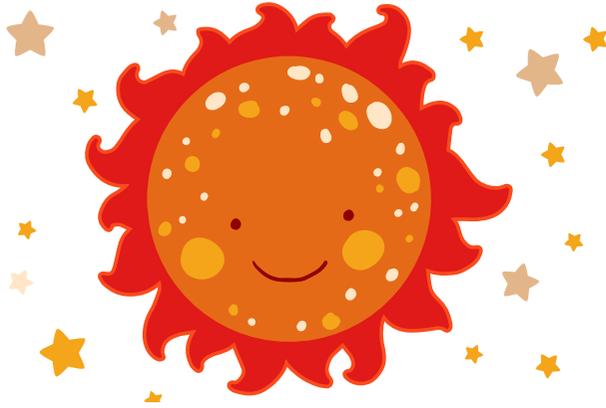
그러나 이 상황을 반대의 논점으로 바라보면 낙관적인 해답이 바로 나올 수 있다. 즉 현재의 고가의 개발비와 제작비용을 줄일 수 있는 방안을 찾으면 해결될 수 있지 않겠느냐는 것이다. 이제까지의 로켓발사체 개발은 대부분 군용 미사일 개발기술을 전용하는 형태이었거나, 미국의 유인 달 착륙을 위한 아폴로 프로그램처럼, 국가 정책방향에 따라 금액 신경 쓰지 않고 무한정의 예산을 성공적인 개발이라는 목표만으로 개발이 진행되어 왔다. 그러니 경제성에 대한 고려가 전혀 없었다고 해도 과언이 아니다. 미국과 소련이 벌였던 경쟁적인 우주개발 이후에야 본격적으로 발사체를 개발한 유럽, 일본 등의 후발주자들도, 미국의 개발비용을 토대로 해서, 손쉽게 국가로부터 예산을 받아낼 수 있었으니 저렴함을 목표로 쓸데없이 애쓸 필요가 없었다. 또한, 1회용 발사체는 발사 후 3분에서 길어야 10분 정도만 버티면 바다로 버리는 로켓 부품들인데도 실패에 대한 부담을 줄이고자 본능적으로 과도한 수준의 고급 부품들을 쓰고 있기도 하다. 어느 나라나 국민 세금을 들여 개발한 물건인 로켓이 발사에 실패하게 되면 당연히 각종 조사, 감사가 뒤따르고 누군가는 책임져야 할 것이고 결국 관련 연구자는 아주 어려운 상황에 처할 수도 있을 테니...

SpaceX는 세계 최초로 민간 자본으로 정지궤도 위성 발사용 로켓(즉, 발사체) 팰컨9을 단 3억 달러의 비용으로 성공적인 개발을 마쳤고 이를 토대로 로켓1기의 제작비용을 크게 낮추었다. SpaceX

는 팰컨9 개발 시에 가능한 한 시장에서 구할 수 있는 기존부품을 쓰고 하청, 재하청을 통한 비용증가도 없었기에 최저 비용의 발사체 개발에 성공했다. 다시 말하면 필요 부품 조달을 수직계열화하고 양산성을 최대한 높여 저비용의 로켓 발사를 구현해 가고 있는 것이다. SpaceX사의 표현을 빌면, LA 남서쪽의 Hawthorne에 있는 본사에는 “원재료가 들어와서 로켓이 되어 나간다! (Materials in Rocket out)”라고 말할 정도로 효율적인 운영 기술을 보여주고 있다. 저렴한 로켓이라 많은 사람들이 성공적인 발사에 대해 의구심을 가지고 바라보았지만, 지금까지 시험발사부터 28회 발사에 2015년 6월의 단 한번 실패만 있었으니 발사 성공률은 96.5%에 이른다. 2016년 9월 1일 발사대에서 연료 주입 중에 폭발사고가 있었지만 로켓 발사 실패가 아니라 발사준비중의 실수로 판단된다. 어쨌건 이것도 실패로 포함하더라도 29회 중 2번 실패로 성공률은 93% 이상으로 준수한 수치이다. 천문학적인 국가의 예산지원을 받아 개발해온 지금까지의 로켓 개발사를 살펴봐도 시험발사부터 시작해서 이러한 대단한 성공률을 거둔 적은 거의 없었다는 것이다. 사실 NASA당국자도 실�했었다. “만일 팰컨9을 NASA가 직접 주관해 개발했다면 최소 36억 달러는 들었을 것”이라고.

SpaceX의 Elon Musk는 전 세계에 경제성 확보라는 대 명제 아래서 발사 전환을 이룬다면 발사체 사업에서도 개발비만이 아니라 대당 양산가도 드라마틱하게 낮출 수 있다는 것을 보였다. Elon Musk의 목표가 1회 발사비를 10분의 1로 낮추는 것이기 때문에 재사용 발사





체 개발 등 비용 낮추기 위한 노력을 현재에도 계속하고 있다. 게다가 우주태양광 발전 사업이 시작되면 대량의 발사체 수요가 있을 것이기에 발사체의 제작 단가를 줄일 수 있는 더 많은 요인이 생겨나 1회 발사비용을 현재의 10분의 1 이하로 줄이는 것도 충분히 가능한 일이라고 본다.

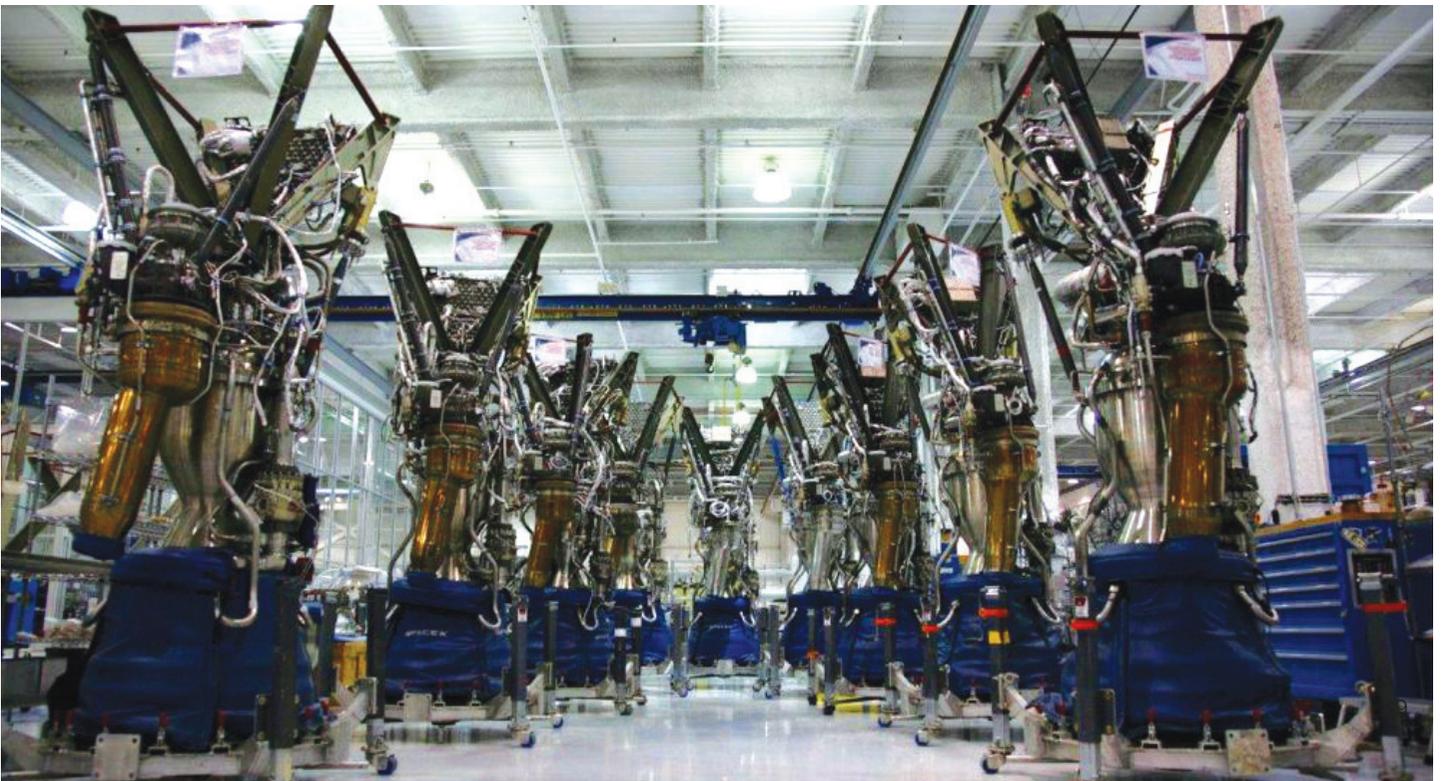
### 5. 대한민국의 저렴한 발사체 개발방안

우주태양광발전 구상의 경제성 확보를 위해서는 1회 발사 무게는 3~4배 증가 시키면서 발사비용은 현재의 10분에 1정도로 감소시킬 수 있으면 가능하다고 본다. 예를 들어, 현재의 팰컨9의 1단보

다 추력을 좀 증가시키고 2단 추력은 2배 정도 증가 시키면 1회 탑재체 무게가 20톤 정도로 커질 수 있고 대량 생산 기술을 최대한 도입하면 양산 제작비가 크게 줄여질 수 있어 1회 발사비용이 최대 1000만 달러(즉, Kg당 500달러의 발사비)정도로 충분히 내려갈 수 있을 것이고 그러면 우주태양광사업은 경제성을 확보할 수 있으리라고 본다.

가격경쟁력이 있는 발사비라는 면에서는 대한민국은 매우 유리한 위치에 있다고 필자는 생각한다. 현재 대한민국은 2조 원의 예산을 들여 고유설계 발사체를 자체 개발하고 있다. 전 세계에서 상업용 발사체 개발에 국가적으로 거금을 투자하고 있는 거의 유일한 국가이다. 이러한 국가의 지원을 토대로 SpaceX의 발사체 제작비용, 감소 방안을 타산지식으로 삼아 우리의 발사체 개발 사업에 적용하면 충분한 경쟁력이 생길 것이다. 한국형발사체는 SpaceX사의 성공적인 팰컨 로켓과 아주 유사한 기술적 제원을 가지고 있다. 저렴한 소형 석유연료 로켓엔진을 기반으로 하여 1단에 여러 개 묶어 큰 추력을 달성하고 2단에도 같은 엔진을 사용함으로써 해서 대량생산을 통한 가격의 저렴화가 가능한 설계구조다. 차이는 우리의 한 개 엔진추력이 SpaceX의 멀린(Merlin) 엔진 보다 좀 더 크다. 우리가 이 발사체를 설계 개발 단계에서부터, 가격경쟁력이 있어야 한다는 절박한 당위성을 가지고, 개발에 매진하여 너무 늦지 않은 시기에 완성한다면 대한민국이 우주기반 태양광 발전 사업에서의 발사체 공급의 주도적 국가도 될 수 있다는 논리이다.

그림 6. SpaceX Falcon Rocket의 Merlin 엔진 조립라인



우주기반 태양광발전 시스템 구축에는 매년 조 달러 단위의 투자가 필요하게 될 것이다. 그러나 이미 전 세계적으로 에너지 관련 연구 개발 투자로 매년 2조 달러 가까이 쓰고 있다는 사실을 상기하면 금액 자체는 큰 문제가 아닐 수 있다. 경제성과 당위성이 설득만 된다면 실제 투자가 충분히 가능하다는 얘기다.

미래에 우주태양광발전 시스템이 확보가 되면 현재 다른 에너지원을 사용하고 있는 분야들도 사용하기 편한 전기 에너지 사용으로 바뀌게 될 것이다. 난방, 취사, 자동차 등의 운송 수단들이 그 대표적인 분야다. 그러면 세계 전력에너지 시장은 5조, 10조 달러이상으로 성장하게 될 것이고 이의 80-90%를 우주 태양광 발전으로 충당한다고 가정한다면 아마 오늘날의 전자, 자동차 산업과는 비교할 수도 없는 거대한 미래 산업 분야가 될 것이다. 아마도 세계 각국이 생존과 번영을 위해 각축을 벌이는 산업분야의 주요 접전지가 될 것이 아니겠는가?

## 6. 우주태양광 발전 시스템 관련 대한민국의 기술 경쟁력

이제 대한민국이 이 엄청난 미래의 세계에너지 시장에서 일익을 담당할 수 있도록 하기 위해선 누구보다도 먼저 필요한 기술개발

에 앞장설 준비를 해야 한다고 본다. 전 세계 초대형 석유메이저들과 강대국들이 선점해 버리면 우리의 입지가 무척 좁아질 수 있다.

이 우주태양광발전 기술 확보는 어떻게 보면 우리 대한민국을 역사상 처음으로 무한대의 풍부한 에너지자원을 보유한 국가로 변화시킬 수 있다. 작은 크기의 나라에다 석유, 천연가스는 애당초 없고 석탄도 너무 깊은 곳에만 남아 있어 목숨 걸고 캐야 하는 상황이다. 좁은 국토라서 수차가 크지 않아 수력자원도 빈약한데다 지상태양광은 여름에는 장마로 하루 몇 시간 발전도 힘들어 시설비 건지기도 힘든 형편이다. 풍력 발전을 위한 바람도 지속적으로 적절한 설계 속도로 부는 곳이 별로 없어 설치해 놓은 풍력발전소들도 국가 지원 끊기면 지속적인 운영이 불가능하다. 그렇다고 다른 부존자원들이 풍부해서 국내에는 없는 에너지원을 충분히 사올 수 있는 것도 아니다. 부족한 부존자원도 없는 데다가 식량 자급률마저도 형편없이 낮은 나라에서 이 많은 인구가 먹고 사느라 얼마나 허둥대며 살아 왔는가? 이런 상황이니 우리 후대들의 미래 생존을 생각하면 항상 가슴이 답답하고 불안한 게 사실이다.

그래서 대한민국의 미래를 위해서라도 현재는 무주공산의 에너지원인 우주태양광 발전의 가능성을 능동적으로 살펴봐야 한다. 우리가 우주에서 태양에너지를 가져올 수 있는 기술만 확보한다면 이 엄청난 잠재력을 가진 거대한 세계 에너지산업 분야에서 주요한 플



레이어가 될 수도 있다는 확신을 가지자.

우리가 이 미래 기술에 적극적인 투자를 선행하면 태양광발전위성, 위성의 궤도 운반용 로켓, 무선 전력 수신용 레테나 시스템 공급용 영 등으로 대표되는 엄청난 크기의 세계시장에 진출 할 수 있는 기반이 마련될 수 있다. 어쩌면 우리 국민 30-40%가 이 분야에 종사 하면서 번영을 누리게 될 수도 있다. 우리가 궤도에 올려 놓은 발전 시설로부터 국내의 에너지를 충당하게 될 뿐만 아니라 남는 전력에 너지를 직접 혹은 수소연료 등의 형태로 변환해서 판매도 할 수 있을 것이다. 전력이 아주 풍족해지면 자동차를 위시한 대부분의 운송수단은 전기를 활용하게 될 것이다.

대한민국도 우주 태양광 발전 시스템을 위한 주요기술인 태양전지 기술, 무선송신기술은 어느 정도 기반을 가지고 있다. 기존에 진행 중인 태양전지 고효율 기술 개발을 상용화, 실용화 관점에서 더욱 매진하면 세계정상 수준의 수직 계열화된 국내 태양전지 산업체와 합심해서 충분히 경쟁력 있게 될 것이다. 무선 전송기술 개발도 전송효율 개선을 위한 연구가 필요하다. 원거리 전송 효율을 높이기 위한 연구에 덧붙여 pilot위성을 통한 무선전송 시스템의 효율을 검증하는 등의 실용연구도 시작돼야 한다고 본다.

지금 우리는 앞으로 다가올 우주태양광발전이라는 미래 비전에 국가 차원의 지원 계획을 세울 필요가 있다. 멀지 않은 미래에 적도

의 공해상에서는 수백 척의 해상 로켓발사선이 하루에도 수백 번씩 우주로 발전위성 모듈들을 쏘아 올릴 것이다. 이를 위해선 매년 수십만 개의 저렴한 로켓엔진이 자동차엔진처럼 대량 생산되고 이를 토대로 저렴한 발사비용에 힘입어 우주로 올려진 수많은 발전위성의 부품 모듈들이 우주에서 로봇기술을 이용하여 조립될 것이다. 전기, 전력 기술, 전자 IT기술, 기계기술, 정밀제어기술, 첨단재료 기술, 로켓 발사선을 위한 조선기술, 그리고 이들을 집대성하는 우주기술 등이 새로운 세상의 주역을 활용되고, 이는 대한민국 그리고 전 세계에 수많은 일자리를 제공하게 될 것이다. 20-30년 후, 아니 더 빠르게는 10년 후에는 전 세계의 산업분야들이 우주 태양광 발전과 함께 가고 있을지도 모른다.

더욱이 우주태양광위성들이 본격적으로 정지궤도에 배치되기 시작 하면 부가 경제적 활용도 충분히 가능할 것이다. 우선 정지궤도에 무한한 전원을 가진 거대한 크기의 위성이 올라가 있으므로 현재의 통신, 방송, 기상, 해양관측용 정지궤도 위성들의 임무를 완전히 대체할 수 있을 것이다. 더 나아가 훨씬 정밀하고 강력한 성능의 카메라를 크기, 무게에 큰 제약 없이 수용할 수 있어 현재의 대부분의 관측용 저궤도위성의 역할도 상시적으로도 수행할 수 있을 것이다. 그리고 장기적인 우주궤도 체류를 위한 우주호텔도 설치 가능해져 본격적인 우주 관광의 문이 활짝 열리게 될 것이고 우주탐사를 위한 전초 기지로도 활용될 수 있을 것이다.

그림 7. 우주항공기술만 아니라 전 분야의 필요기술들

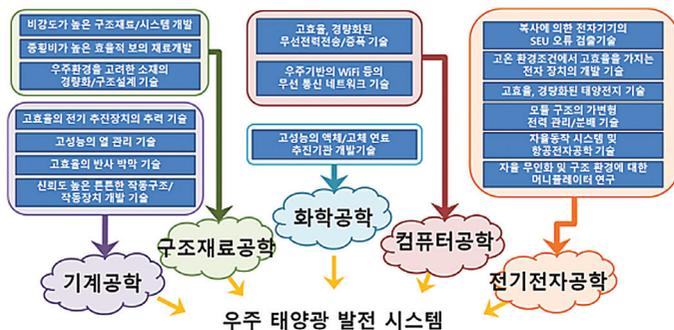


그림 8. 우주태양광 발전위성 구상도



“또한 이 초대형발전위성을 근거리로 하여 소행성 광물 채굴용 우주선을 왕복시키고 가져온 광물은 발전위성의 풍부한 전기로 제련까지 해서 지구로 내려 보내게 될 수도 있으며 가져온 각종 광물을 원료로 한 3D프린팅 제작을 통해 새로운 위성이나 탐사선도 복제해서 사업을 더 키울 수도 있다. 아마 이 위성은 1만톤 급 이상의 거대한 복합위성 플랫폼이라 말할 수 있겠다. 태양광발전, 각종 우주공장들, 사람이 거주하는 구역, 호텔 등등....”

이 우주태양에너지는 대한민국 역사상 처음으로, 우리가 지금부터 노력만 한다면, 무한대로 가질 수 있는 자원이다. 여기에는 국가 면적이 작다는 것도 전혀 문제가 되지 않는다. 이미 우주태양광산업의 기반이 되는 제반 기술도 어느 정도 수준에 올라와 있다 하지 않는가? 조금만 미리 미래를 향해 준비하고 움직인다면 세계적인 수준으로 도약 할 수 있고, 어쩌면 우위를 점할 수도 있다.

미래의 한국도 계속 전자 IT, 자동차 등의 산업 경쟁력만으로 버틸 수 있을까? 50년 100년 후는 우리 죽은 후니까 나도 모르겠다. 뭐 어떻게 되겠지 하고 살 수도 있다. 그러나 미래를 전망하고 비

전을 만들어 한국의 먹거리는 무엇이 될지 심각히 고민하고 준비해야 하는 것이 다음 세대를 위해 지금을 살아가는 우리의 임무이자 의무가 아닐까?

에너지 문제는 한국뿐 아니라 당장 전 세계 누구에서도 가장 중요한 이슈이다. 인류의 생존과 직결되는 문제이니까. 우리나라만 피하자고 한다고 피해질 수 있는 일도 아니다. 휴대폰, 자동차 등은 정 어려워면 없어도 살 수 있다. 그러나 에너지는 바로 생존이기에 포기하는 것은 바로 죽음을 의미하는 것일지도 모른다. 그러기에 한국인의 장점을 살려 우리는 이런 미래 상황에 능동적으로 대처해 나가자는 것이다. 50년, 100년 뒤의 한국의 미래를 위해서라도 미래의 기술을 선도할 필요가 있다. 우주 기반태양광발전이 결코 먼 미래의 이야기는 아니기 때문이다. **i**



# 접어서 낙싯배를 짓다



관악산의 미등록 무허가 조선소에서 FRP 판을 접어서 짓는 낙싯배를 개발하던 이야기이다.



김효철  
조선해양공학과 명예교수

1998년이었는데 연구비 신청기간이 다 지난 10월 갑작스럽게 해양수산부로부터 신청자가 주제를 결정하여 신청하는 자유공모 연구과제에 응모하라는 공고가 있었다. 연구비의 주제는 물론이고 액수에도 제한이 없었으며 과제 심사에서 선정되면 연내에 연구를 착수하여야하는 것이 유일한 조건이었다. 당연히 과제를 새롭게 구상하고 계획서를 작성하여야 하였다면 짧은 기간 내에 응모하는 것 자체가 쉬운 일은 아니었다.

당시에는 어업환경의 변화로 어선감척사업이 이어지고 있어서 출어할 수 없게 되는 영세한 어민들이 법의 저촉을 받지 않고 낚시 승객을 태울 수 있는 소형 낚시어선을 손쉽게 마련할 수 있도록 지원되는 사업이 진행되고 있었다. 이 사업을 도울 수 있는 과제이라면 과제공모 목적에 부합하는 연구가 될 수 있으리라는 데 생각이 미치게 되었고 FRP를 소재로 하는 낚시어선을 쉽게 건조할 수 있는 방법을 연구과제로 신청해보자고 생각하였다.

FRP선박은 배와 똑 같은 모양의 형틀을 만들어야 하는 것이 선박 건조비를 상승시키는 요인이다. 재단사가 옷을 만들 듯 배도 재단하여 접어서 배를 만들 수 있다면 FRP선박의 형틀을 만드는 과정을 대체할 수 있어서 선가를 낮출 수 있을 뿐 아니라 건조 기간도 단축할 수 있으리라는 데에 생각이 미치게 되었다. 장차 낚시어선으로 발전시키는 것을 전제로 설계로부터 건조 운용하는 전 과정을 담아 연구 계획서를 만들기로 하였다.

미국은 세계대전 당시 선박의 표면형상이 단순한 리버티 선형을 개발하였으며 전개된 대로 철판을 재단하고 단순히 굽히고 용접하여 규격화된 선박을 일관작업으로 건조하였다. 결국 독일의 잠수함을 U-보트가 격침시킬 수 있는 수송선의 수 보다 더 많은 선박을 단기간 내 일관작업으로 건조하여 전략물자 수송에 투입할 수 있었기에 연합군은 승전할 수 있었다. 같은 방법이라면 생산성이 높은 전개 가능한 형상으로 낚시 어선을 설계할 수 있으리라 생각되어 과제계획서를 준비하였다.

학과는 개교와 동시 개설되었으나 조선산업은 1960년대 후반에 현대화가 시작되었고 1970년대에 비로소 대형 선박을 건조할 수 있는 대형 조선소가 건설되었다. 이후 30만 톤급의 초대형 유조선 건조를 계기로 설계기술을 축적하고 발전을 거듭하여 1993년에는 우리나라가 세계발주 선박의 37.6%를 수주하여 세계 최대의 조선국이 되었다. 그런데 신청하는 연구는 배수량이 5톤 미만인 선박을 대상으로 하고 1940년대의 기술을 활용하는 연구계획서였다.

어렵게 연구자들을 규합하여 연구계획서를 제출하고 과제 계획서를 발표하였고 과제선정 통보를 받은 것이 1998년 12월 중순이었다. 그리고 1998년 12월 28일부터 2001년 12월 15일까지 3년간에 걸

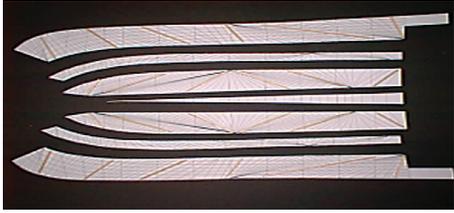


그림 1. 모형선의 표면을 전개한 판 요소

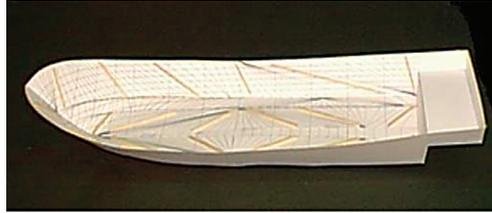


그림 2. 전개한 표면요소들을 접어서 조립한 선형

처 당시로는 큰 4억 2000만 원을 연구비로 배정 받았다. 갑작스럽게 연구비가 공모되었고 연말을 불과 3일 남긴 상태에서 연구사업 계약이 체결되고 연구비가 영달된 이유를 당시로서는 헤아리기 어려웠으나 무척 운이 좋았다고만 생각하였다.

1940년대의 미국 조선기술자들이 설계한 평판에 전개할 수 있는 선형과 우리나라 전통어선의 형상도 참고하며 낚시어선의 선형이 될 만한 선형을 설계하였다. 계산과 실험을 거쳐 선형을 결정하고 모형을 두꺼운 종이에 전개하고 이를 접고 붙여서 모형을 만들어보니 생각하던 선형이 얻어진다는 확신을 가지게 되었다. 즉 그림 1에서와 같이 모형선의 표면을 몇 개의 평판 요소로 전개할 수 있고 이들을 접어서 붙이면 그림 2와 같은 모형선이 얻어 졌다.

모형으로 만들어 보였는데도 보수적인 조선소들로서는 혁신적인 신 공법을 받아들이려하지 않았으므로 배를 지을 수 있는 기술임을 입증하여야 했다. 부득이 학교 실험실과 인접한 건물 사이에 천막을 치고 배를 지을 수 있음을 보이기로 하였다. 관악 캠퍼스에 미등록의 무허가 조선소를 차린 셈이다. 커다란 FRP 판을 제작하고 그 위에 선체 외판을 전개하고 재단하여 선형을 형성할 수 있음을 보이도록 하였다.

제작가능성을 보기 위한 것이었으므로 배수량 1.5톤급 실선의 제작이 까다로운 선수부분을 제작하기로 하고 작업을 하였는데 그림 3과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

비록 1.5톤 규모의 작은 어선에 불과 하였으나 학교의 실험실에서 실선규모의 시험건조를 통하여 실용성을 입증할 수 있었다. 소형 FRP 조선소들을 대상으로 신공법을 사용한 시험선 건조를 의뢰할 조선소를 모색하였다. 드디어 낙동강가의 조그마한 FRP 조선소의 관심을 끌어들여 어선을 준공하였으며 물금에서 원동까지 낙동강을 거슬러 오르며 시운전을 실시하고 성공을 자축하였다.

2001년 말 연구최종 보고서를 제출하였는데 해양수산부는 수행한 연구과제 중에서 최우수결과로 평가하였다. 1996년에 신설된 해양 수산부로서는 실용성이 있는 연구 결과를 홍보할 필요가 있었으



그림 3. 무허가 관악조선소에서 건조중인 어선의 선수부

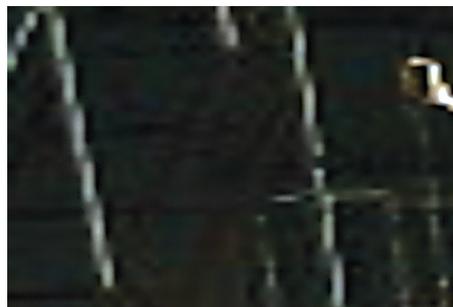


그림 4. 접이식으로 건조한 1.5톤급 FRP어선의 선체 마감공사

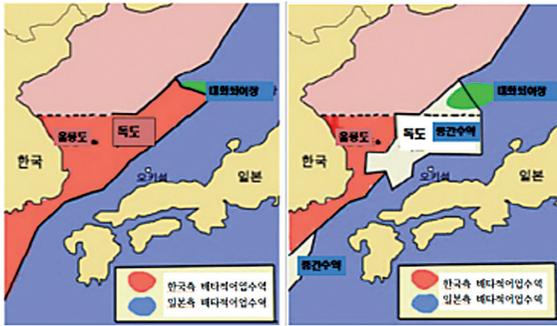


그림 5. 한일 어업협정에 따른 배타적 어업 수역비교  
1965년 6월22일 발효와 1999년12월22일 발효

므로 홍보자료를 제출받아 국내외에 홍보하였다. 연구 과정을 통하여 얻어진 성과는 국내외에서 발표 9건(국제학술지 발표 1건, 국내학술지 발표 3건, 국제회의 발표 3건, 국내 학술회의 발표 2건) 그리고 건조 공법 관련 특허 출원 3건 등의 성과를 거두었다.

여기에 더하여 해양수산부로부터는 2002년도 하반기부터 시작하는 신규 대형 장기연구과제 수행을 제안 받았다. 몹시 영예로운 제안이었으나 연구기간 중에 정년이 도래함으로 연구과제 수행을 맡을 수 있는 여건이 되지 못하였다. 후속 연구를 수행하고 싶었으나 실용성은 돋보였음에도 젊은 연구자들은 보다 최신의 연구동향을 따르는 연구에 관심을 두었기에 연구를 수행할 연구자를 확보하지 못하여 실질적으로 종결되어야만 하였다.

퇴임 후 어느 날 한일 어업협정관련 자료를 검색하다가 1965년부터 유지되던 우리나라의 어업 수역이 1999년 1월 22일부터 그림 5의 좌측그림에서 우측그림으로 바뀌인 것을 알게 되었다. 까마귀 날자 배 떨어진다 하였는가? 연구비를 받았던 시기가 독도가 한국의 배타적 어업수역에서 벗어나 중간 수역에 편입되는 신 어업협정이 발효되던 시기였었다. 후속 연구로 산업화를 꿈꾸었으나 FRP 선박의 폐선에 따른 환경문제가 제기 되었고 연구가 중단 되어야만 하였다. 지원하던 해양수산부는 왜 2008년 2월 28일 폐지되어야만 하였을까? 2013년 3월 23일 해양수산부가 재설치 되었는데 2017년 대선 후에도 남아 있을까?

최근 건축망 어선의 투망 효과를 알아볼 수 있는 실험장치 설계에 관한 자문요청을 받았는데 혹 2017년 연말에는 새로운 연구를 수행하자는 제안은 오지 않을까? 그 때면 내 나이 80을 바라보는데 연구 활동에 욕심을 내어도 될 일일까? 제안이 있을 때 내가 수행할 수 있는 건강과 능력이 남아 있을까? 상상의 나라를 떠본다. **I**



## 아듀, 2016



김성우  
공학연구원  
연구교수

66

“교수님의 3년후는  
어떤 모습일 것이라 생각하세요?  
비전 같은 거요.”

99

2년전 관악으로 돌아왔을 때 계속해서 머릿속을 맴도는 질문이 하나 있었다.

**‘만약 내 자식이 서울대와 싱가포르국립대 혹은 홍콩과기대에 합격했다면 나는 과연 어디를 보낼 것인가?’**

아무리 생각해도 슬픈 결론을 고쳐야 할 이유를 찾지 못했다. 내 자식을 외국으로 보내는 대신에 우리학교를 싱가포르국립대와 홍콩과기대가 부러워할 학교를 만들겠다는 비전을 갖게 된 것은 창업가이자 엔지니어로서 당연한 귀결이다. 내가 술과 모든 취미를 끊고 일주일에 80시간 이상 일할 수 있는 동인이다.

이번 학기, 교과서가 존재하지도 않는 공대 전공 선택과목을 3개 새로 만들어 가르쳤다. 나는 연구교수라서 의무 강의를 없어 한 과목도 강의할 필요가 없다. 과에 속하지 않은 연구교수가 과목을 신규 개설한 선례가 없어서인지 과목을 만드는 것은 별로 어렵지 않았다. 오히려 과목소개서를 꼼꼼히 써서 교과과정위원회에서 도드라졌다는 것 정도가 유일하게 불편한 점이였다.

### 디지털 제조(Digital fabrication and manufacturing)

올 봄, 미래창조과학부가 주최한 연구과제 설명회에 참석을 했다. 정부의 중점 정책 방향을 주욱 설명하다가 인력 양성 부분에 이르자 한 중소기업 사장님이 발언권을 얻었는데, 마이크를 잡자 홀을 가득 매운 청중 앞에서 감정이 폭발했다.

**“정부에서는 산업계의 현실을 알고 이런 정책을 세우는 것입니까?! 대졸자들을 뽑아 봐야 할 줄 아는 것이 없어요. 도대체 대학에서는 뭘 가르치는 겁니까! 대기업이야 처음부터 다시 가르친다지만 우리 같은 중소기업은 생존이 걸린 정말 절박한 문제입니다!”**

이 발언은 우리 학생들이 공대소식지 100호 특집에 기고한 내용과 합일하는 내용이다. 서울공대 학부졸업생의 절반은 졸업 후 곧바로 취직을 하는데, 학교는 그에 대한 대비는 전혀 안 해주고 있고, 교육 내용 역시 현장과 너무 동떨어져 있다는 학생들의 성토했다. 실제로 전기정보공학과의 경우 학부졸업을 해도 대다수 학생은 간단한 전기회로 하나 꾸밀 수 없으며 프로그래밍도 약하다. 재료공학과 역시 제대로 된 재료 한번 만져보지 못하고 졸업한다. 설명회장을 빠져 나오면서 결심했다. 학

생들에게 현장에서 실제 적용할 수 있고 바닥부터 직접해보는 제대로 된 실습 과목 하나 만들어야겠다고.

그렇게 해서 만들게 된 과목이 '디지털 제조'이다. 3D프린터부터 레이저커팅기, CNC절삭기, 목공, 철공, 용접, 주물주조, 그리고 납땀하여 회로 만드는 것까지, 아이디어가 있을 때 바로 푹푹푹푹 실현해 볼 수 있는 방법을 체계를 가지고 가르친다. 학생들은 방법론을 통해 설계한 물건을 재료부터 직접 가공해 물건을 만들어 최종 전시회에 출품해야 한다.

초안까지 받아 40명이 넘는 학생들이 수강한데다 대학원생 조교 한 명없이 40여명 전원 개인 실습과 전원 개인면담 그리고 프로젝트 지도하느라 믿을 수 없게 바빴지만, 주말 불사하고 밤늦게까지 나와서 만드는 데 몰두하는 학생들을 보니 개설하기를 잘했다 싶다.

모르는 것은 분야별로 다른 전공 학생들에게 물어가며 해결하도록 체계를 짜서 우리학생들에게 약한 다학제 협업을 실습 및 경험하게 해주었다. 기계, 전기정보, 컴퓨터, 건설환경, 건축, 화공, 재료, 미대, 언론정보학과 등의 학생들이 수강중이다.



디지털 제조 수업 실습

### 로봇인공지능 만들기(How to make a robot with AI)

알파고 쇼크가 터진 올해 3월 14일, 알파고의 근간 기술로 알려진 딥러닝과 제 4차산업혁명의 시발점중에 하나인 로봇 기술에 대한 관심이 크게 올라갔으나, 딥러닝과 로봇에 대해 신청할 수 있는 과목이 없다는 이야기를 학생들에게 들었다. 그마저 개설된 과목도 정원이 적은 것은 둘째 치고 세미나 과목이거나 타과생은 신청조차 할 수 없다는 것이다. 그래서 까짓거 내가 개설하자고 해서 만든 과목이 '로봇인공지능만들기' 수업이다.

이 수업이 개설된다는 것을 아신 미대 교수님이 제안을 해주셔서 미대 디자인학과와 공동으로 운영을 하게 되었다. 미대, 전기정보, 기계항공, 컴퓨터, 심리학, 바이오에서 온 40명이 넘는 학생들이 다학제로 팀을 이루어 첫날부터 지지고 볶으면서 로봇을 만들고 있다. 전혀 다른 배경의 학생들이 한 팀으로 묶여 한 학기 내에 딥러닝이 탑재된 움직이는 인공지능로봇을 만들어야 하는 대단히 복잡도가 높고 부하가 큰 과목이다.

학기 초 내내, 못 버틸테니 드랍하라고 으름장을 놓았는데, 40명이 넘게 남았다. 미대가 없는 보통의 과학기술대학에서는 시도조차 할 수 없는 과목이다. MIT가 부럽지 않다. 몇몇 미대생과 공대생의 눈빛이 예사롭지 않은 것을 보니 커플이 몇 생긴 것 같다. 수업의 목표는 이루었다.

### 글로벌 창의적 제품개발(Global Product Development)

마지막 과목은 글로벌 창의적 제품개발. 내가 특사로 북경, 홍콩, 싱가포르 확장단을 일일이 방문해 수업의 취지를 설명하고 설득해 가계된 수업이다. 이중 별도의 공대기반 창업 과목 준비 중이던 홍콩과 기대와 새로운 형태의 교육을 찾던 칭화대와 중국 우주개발과 항공기 개발의 주축을 담당하고 있는 북경항공항천 대학이 합류하게 되었다. 며칠 짜리 연수, 방문 프로그램이 아니라 진짜 다른 나라 다른 학교 학생들과 팀을 이루어 프로젝트를 수행하는 정규 수업이다. 60명의 학생들을 지도하는 것은 물론이고 10여 명이나 되는 교수들과 협력하여 수업을 이끌어 가는 것은 대단한 도전이다.

수업 첫날 내가 홍콩과기대에서 수업의 개설 취지와 진행에 대해서 설명한 뒤 홍콩과기대 교육처장님이 이어 홍콩과기대의 교육 비전에 대해 발표를 하였다. 그런데 이들 비전이 이미 서울대에서 다 하고 있다며, 교육처장님은 김이 빠진 듯 멧적어 하셨다. 결국 홍콩과기대의 이 수업 예산은 전액 홍콩과기대 본부에서 부담하기로 얼마 후 결정이 났다.

북경항공항천대학 역시 대학총장까지 관심을 보이며 수업에 소요되는 비용 전액을 학교 본부에서 지원하게 되었다. 싱가포르국립대학과 난양공대에도 방문하여 확장단과 이야기를 나누었는데, 이런 프로그램에 대한 개념도 없고 예산도 없다고 한다. 수업을 어떻게든 성사시키기 위해 사방 팔방 뛰어 다니며 고생했던 기억이 스쳐 갔지만, 버킷리스트 하나 지운 것 같아 기뻐다.

최종 전시회가 열린 북경. 홍콩과기대 학생들이 앱을 만들고 북경의 학생들이 제품 디자인을 하고 우리학생들이 기구 설계를 한 제품으로 글로벌 창업을 실제로 하게 되었다. 수업의 성공지표로 창업가가 나오는가 있었는데, 원래 의도했던 바를 어느 정도 달성하였다.

국제 공동 강의를 해보니 어려움이 한두 가지가 아니다. 첫째는 무엇보다 언어다. 영어가 약해 자기가 하고 싶은 말을 제대로 하는 학생이 많지 않다. 중국어는 고사하고 한자를 읽을 수 있는 학생도 거의 없다. 언어뿐만이 아니다. 아이디어를 논할 때도 9개팀 중 1위부터 4위까지가 홍콩과기대 학생이 낸 것 5위는 칭화대학교 나머지 하위 4개는 우리 학생들이 낸 것이었다.

복잡도가 높은 수업을 일관되게 이끌고 나가기 위해서, 실무교수로서 3개 도시의 10여 명의 교수진 중에 가장 많이 떠드는 것이 나이지만, 역설적이게도 가장 조용히 있는 학생들도 우리 학생들이다. 잘하는 학생들이 없는 것은 아니지만, 발표도 설득력도 약하고 비즈니스 감각과 표현력에서 글로벌 경쟁력이 있는가 하면 물음표이다. 과연 서울대학교가 국내 제일의 학생들을 데려다 글로벌 경쟁력 있게 가르치고 있는 것일까. 3개국 학생들의 이름을 모두 외우며 직접 가르쳐본 결과, 아직 갈 길이 멀다.

### 아이 해동 아이디어팩토리

3학점짜리 공대전공 선택과목이자 프로젝트 기반 실습 수업에 150여 명의 학생을 대학원생 조교 한 명 없이 한 과목도 아니고 교과서도 없는 세 과목을 신규개설하고 개별 면담하며 프로젝트 지도할 수 있는 이는 많지 않을 것이다. 이 모든 것이 가능했던 것은 올해 개소한 해동 아이디어팩토리 덕분이다. 아이디어에서 직접 만들어 보고 관찰은 것은 창업까지 이어지는 일관체계를 구축하였기 때문이다.

이 같은 서울대학교의 활동을 본 홍콩과기대에서는 해동 아이디어팩토리와 같은 공간을 만들고자 계획에 들어갔으며, 글로벌 창의적 제품개발과 같은 실습 기반의 수업으로 대대적 개편을 계획하고 있다고 전해 왔다. 교수진 포함 3개국, 10여 개 국적, 70여 명의 수업을 관리해 끌고 나가는 것을 보고 혀를 내둘렀는데, 이런 수업을 두 개 더 하고 있었다는 이야기를 들려주면 아마 믿지 못할 것이다. 여러가지로 서울대학교를 벤치마킹하며 한 수 배웠다고 한다.

이 과목뿐만 아니라 나머지 두과목 모두 100% 영어로 진행하였고 덕분에 세 명 중 한 명은 국제학생들이었다. 전공, 학년 불문이라서 1학년부터 4학년까지 화공, 재료, 건축, 건설환경, 음대, 미대, 간호학, 치대, 언론정보, 심리학, 언어, 경영 등 그야 말로 전 전공을 아우른다. 전세계에서 온 국제학생들과 음대, 미대 학생들이 공대생들과 어울려 해동 아이디어팩토리에서 아이디어를 실현하고 있다. 그러나 아직 갈 길이 멀다. 하드웨어 만드는 법을 가르쳤으니 소프트웨어 만드는 법을 가르쳐야 한다. 제4산업혁명을 맞아 공대생들이 간단한 코딩도 힘겨워 해서는 곤란하다. 영어도 문제지만, 중국어와 일어도 가르쳐야 한다. 새로운 것을 만들고 추진하는 법을 가르쳤으니 스케일업하는 방법도 가르쳐야 한다. 예산도 확보해야 한다. 실습에는 돈이 많이 든다. 여기저기 건물은 올라가지만 학생들의 교육에 쓰는 돈은 너무 모자란다. 서울대학교가 학부생 교육으로 지원 받는 정부 지원 사업 예산은 거의 없다. 올해 고생하며 쓴 학부생 교육을 위한 과제 제안서들도 죄다 고배를 마셨다.

들리는 이야기로는 우리학교가 창업에 거의 관심을 두지 않기 때문이다. 때문에 내년 정부지원예산도 대폭 깎일 것이라는 이야기를 들었다. 가만히 있을 수가 없어서 창업캠프를 비롯한 각종 창업 프로그램을 만들고 내 주소록을 털어 넣어 창업하고 자리잡아 몇십억씩 투자까지 받는 사례들이 하나둘 나오기 시작했다.

이런 소식이 주요일간지와 주요방송사에 대부분 나간 덕분인지 정부 창업관련한 기관과 기업체들이 부르지도 않았는데 다수 다녀갔다. 대학평가 심사위원들도 다녀가며 설명할 필요도 없이 알고 있었으며 연신 사진을 찍고 돌아갔다. 근래 돌아가는 뉴스를 보니 예산 관련한 이야기가 낭설은 아니었구나 싶어 가슴이 철렁하다. 이 글을 읽고 계신 분들 대부분은 나에게 얼마간 빛을 진셈이다.

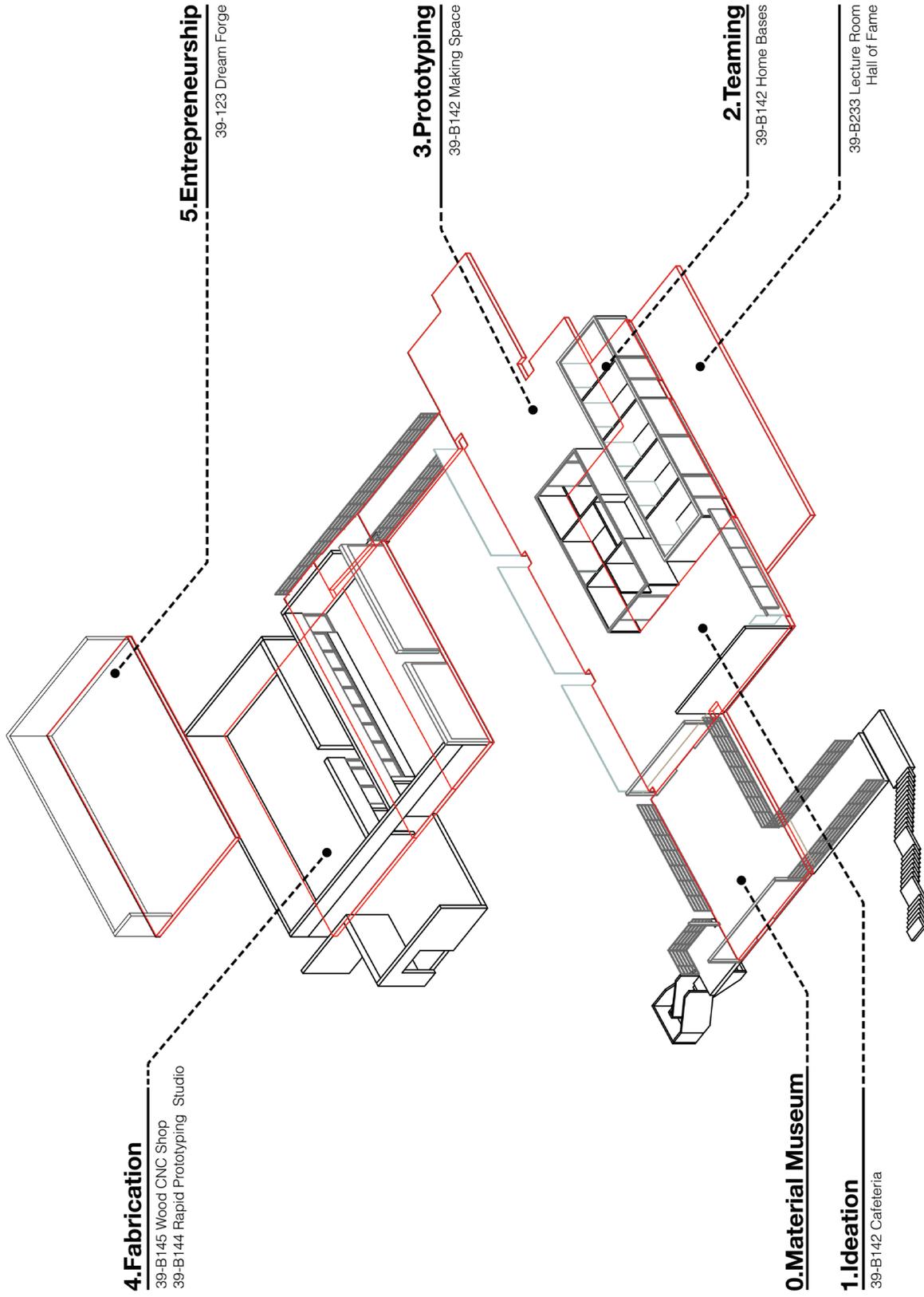
좋은 일만 있었던 것은 아니다. 사례가 없는 일을 한다고 여기저기서 미워하는 사람도 생겼을테다. 창업가의 업보이리라. 그래도 아이디어를 실현해 보겠다는 야심찬 학생들이 이번 겨울에도 내 연구실 문을 두드리고 있으니 그것으로 되었다. 올 한해 날 찾아왔던 누구고 그냥 돌려보내지 않았다.

### 3년 후의 비전

작년 이맘때만 해도 1년 후가 이럴 것이라고 상상도 하지 못했다. 39동 지하가 철거 중이었고 시공사와 담당교수진, 학생들 사이에서 건물의 세부를 만들어 가느라 늘 녹초가 되어있었었으니까. 한해도 앞서 보기 어려운 현실에서 3년 앞을 본다는 것도 어리석은 일이리라. 올 한해를 돌이켜 보니 도와주신 분들이 너무 많아 여기까지 올 수 있었다. 응원과 격려, 지원해 주신 많은 교수님들과 선생님들께 감사의 말씀을 전한다. **I**

#### 아이디어팩토리

2016년 3월 17일 개소한 아이디어팩토리는, 재료 박물관으로부터 시작해 아이디어와 팀활동 그리고 직접 만들어보고 실제 창업까지 이어지는 일관체계를 구축하였다. 실제 다수의 학생들이 이곳을 통해 창업을 하였으며, 홍콩과 북경의 학생들과 함께한 글로벌 창업팀도 올해 나왔다. 2016년 12월 현재 미대, 음대, 문과, 연건캠퍼스를 포함한 숭전공의 1250여명의 환경안전교육을 받고 등록하여 사용중이며 학생 세명 중 한명은 국제 학생이다. 해동 학술문화재단 김정식 회장의 후원 산업통상자원부 한국산업기술포진원의 지원, 그리고 공대 학장단의 적극 추진으로 39동 지하에서 365일 24시간 운영되고 있다.



Material → Ideation → Teaming → Prototyping → Fabrication → Entrepreneurship



## 지하 원자력 발전소 소개



송재준  
에너지시스템공학부  
교수

### 서론 - 경주와 후쿠시마, 그리고 원자력발전

지난 9월 12일 경주에서 일어났던 규모 5.8의 지진은 한반도에서 지난 1,200여 년 동안 발생한 지진 중 가장 규모가 큰 것으로 밝혀졌다. 1999년 이후 한반도에서 매년 평균 48회의 지진이 발생했다고 하는데 9월 12일 지진 이후 10일 동안 여진이 410회 이상 있었다하니 이번 경주지진은 발생 기간과 횡수면에서도 기록적인 사건임에 틀림없다. 기상청 통계(그림 1)를 보면 지진발생 횟수가 1990년대 이후 매년 증가하는 추세를 보이고 있어 앞으로 우리의 모든 산업과 일상의 활동에서 지진을 염두에 두고 살아야 할지 모르겠다.

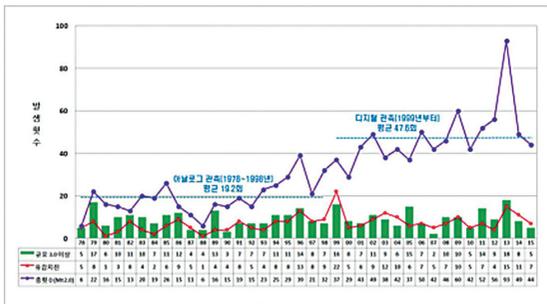
경주에서 부산을 잇는 해안지역에는 현재 국내에서 운영 또는 건설 중인 원자력 발전소 총 28기중 50%가 모여 있다. 국내 원자력 발전소(원전)는 규모 6.5를 고려한 내진설계가 되어 있지만 이번 지진 당시 월성 1~4호 원전은 만약의 사태를 대비하여 가동을 중지시켰다고 한다. '앞으로 경주에서 지진으로 인한 방사능 누출사고가 발생하지 않을까?' - 이제는 누구나 한 번쯤 상상할만한 일이 되었다.

지진과 원자력발전소 사고 얘기를 하면 누구나 떠올리게 되는 사건이 2011년 후쿠시마 원전사고일 것이다. 그해 3월 11일에 일본 동북부 태평양 연안에서 발생한 규모 9.0의 지진은 파고 14m 이상의 쓰나미를 일으켰고 이로 인한 정전으로 냉각수를 공급받지 못한 3기의 원자로 노심이 용융되는 사건이 발생했다. 이때 생성된 수소가스가 폭발하여 발전소 건물 4동이 파괴되었고 결국 방사능이 유출되었다. 후쿠시마 원전의 방사능 누출사고는 사실상 지진보다는 지진에 의해 발생한 쓰나미가 직접적인 원인이었다. 쓰나미로 인한 정전 당시 도쿄전력이 신속하게 해수를 대체수로 사용하였더라면 노심용융까지는 일어나지 않았을 것이라는 분석이 나왔다. 자연재해가 발단이었지만 사고에 대

한 미흡한 대처가 치명적인 결과를 가져왔다는 뜻이다.

유사한 대형 원전 사고를 살펴보자. 후쿠시마 원전 사고와 더불어 역사상 가장 심각한 방사능 누출사고는 1986년에 발생한 구 소련의 체르노빌 원전 폭발사고이다. 당시 체르노빌 원전에서는 전원공급이 차단되는 비상상황을 가정하여 실험을 진행하고 있었는데 원자로의 설계상 오류와 함께 제어봉을 조작하는 사람의 실수로 인해 수소가 발생하고 원자로가 폭발함으로써 다량의 방사능이 누출되었다. 이보다 7년 전인 1979년에는 향후 미국 원자력발전소 건설 및 운영에 결정적인 악영향(?)을 끼친 Three Mile Island 사고가 발생하였다. 사고의 원인은 자동밸브장치의 이상과 함께 작업자 실수로 인한 비상노심냉각시스템 정지에 있었다. 이 세 번의 대형 원전 사고의 원인은 결국 자연재해와 장비의 결함, 그리고 사람의 잘못으로 볼 수 있다.

인류가 최근에 대략 15년 간격으로 경험해온 이러한 대형 사고에도 불구하고 원자력발전을 당장 그만두거나 갑자기 줄이기는 매우 어려워 보인다. 후쿠시마 사고 직후 일본은 ‘탈원전’을 선포하였지만 턱없이 부족한 신재생에너지 발전시설과(참고로, 현재 일본의 지열발전 총량은 우리나라에서 가장 오래된 원자로 1기의 발전용량에도 못 미친다) 상대적으로 비싸고 CO2 배출량이 과다한 화력발전으로 인해 2016년 11월 현재 원자로 43기를 가동 중이고 추가로 11기를 건설 또는 계획 중에 있다<sup>2</sup>. 후쿠시마 사고는 일본 뿐 아니라 원자력 발전을 주요 발전원으로 하는 국가들 모두에게 큰 충격과 교훈을 주었으나 독일과 스위스 등을 제외하고 미국(현재 99기 가동 중, 22기 건설/계획 중)이나 프랑스(58기 가동 중, 1기 건설 중), 러시아(36기 운전 중, 32기 건설/계획 중), 중국(36기 운전 중, 61기 건설/계획 중) 등 많은 나라들은 안전 기준을 강화하여 원전시설을 확장 또는 유지하는 상황이다. 한국은 2016년 현재 가동 중인 원자로 수와 건설 중인 원자로 수에서 모두 세계 6위이다.



[그림 1] 1978~2015년 지진발생 통계1

## 지하원전의 역사

원자력 발전의 안전성을 높이는 다양한 아이디어 중에 지하에 원자력발전소를 설치하는 방안이 일찍부터 시도되었다. Atlas Copco의 지하개발 전문가 G. Nord가 “후쿠시마 원전이 지하에 설치되었다면 그 피해는 훨씬 적거나 전혀 없었을 것으로 확신한다”라고 말할 정도로 지하 암반은 외부 충격과 진동을 차단하는 자연방벽 역할을 하는 것이 사실이다. 여기서는 지하원자력발전소(지하원전)의 역사에 대하여 살펴본다.

1942년에 원자력발전의 기초가 되는 핵분열 연쇄반응이 처음으로 성공한 이래 안전과 기밀유지의 목적으로 지하 핵분열 실험실과 지하 원자력발전소가 건설되기 시작하였다. 1944년에 독일 Haigerloch의 지하 석회석 채석장에서 최초의 지하 핵분열 연쇄반응시험이 이루어졌으며 10년 뒤인 1954년에 스웨덴의 스톡홀름에서 최초의 지하 연구용 원자로 R1이 가동되었다.

### ▶ 1950~60년대 실증사례

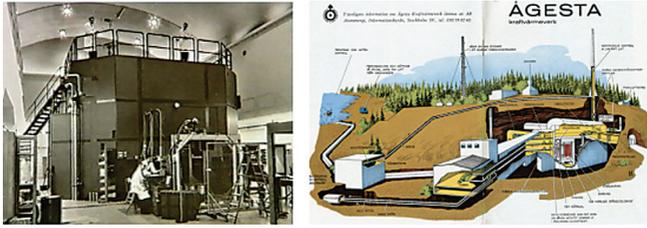
#### —스웨덴의 R1 연구용 원자로와 R3 열병합발전소

R1은 1954년에 스톡홀름에 위치한 스웨덴 왕립공과대학(KTH)의 지하 15m 심도 화강암지대에 설치되어 1970년까지 가동되었다. 전력생산량은 초기 300 kW에 불과하였으나 나중에 1 MW까지 증가하였다. 핵연쇄반응 연구의 목적으로 건설되었으나 수도인 스톡홀름의 안전에 대한 위험부담으로 폐쇄하기에 이르렀다.

스웨덴의 3번째 원자로인 1963년에 가동을 시작한 Agesta (R3) 열병합발전소에 설치되었다. 전기와 열 생산량이 각각 12 MWe, 65 MWt로 작은 편이었으나 스웨덴의 첫 상업적 원전이라는 데 의미가 있다. 여기서 생산된 열에너지는 스톡홀름 남쪽 인근 마을에 공급되었다. 이 발전소는 경제성문제와 1970년대 마련한 새로운 안전기준을 충족하지 못해 1974년에 폐쇄하였다. 그림 2는 R1과 R3의 모습이다.

#### —소련의 시베리아 발전소

소련 Zheleznogorsk의 Yenisei 강둑 아래 100m 심도에 건설되었다. 총 3기의 원자로를 설치하여 각각 1958년, 1961년, 1964년에 가동을 시작하였다. 냉전 상황으로 인해 수십년동안 외부에서는 존재사실을 몰랐다. 여기에서 생산된 100 MW의 전력은 인근 금속광산과 군수공장, Zheleznogorsk시 등에 공급되었다.



[그림 2] 1960년대 R1 원자로(좌) 사진3과 Ågesta 열병합발전소 개념도(우)

– 노르웨이 Halden 발전소와 프랑스 Chooz A 발전소

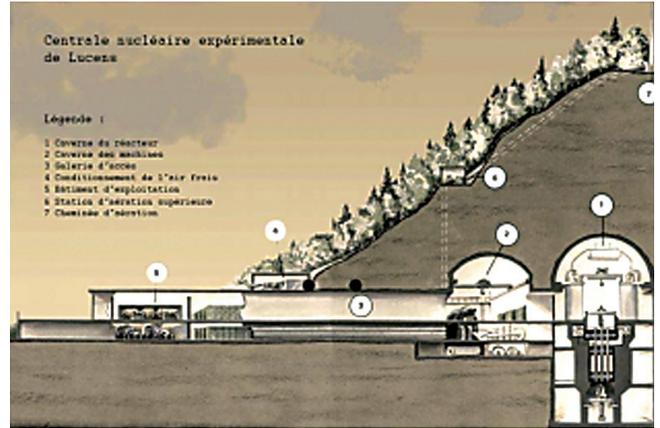
노르웨이와 스웨덴의 최남단 접경지역에 위치한 Halden시의 화강암지대 심도 30 ~ 60 m에 1964년에 설치되어 2016년까지 가동되었다. 전력생산량은 6 MW로 소규모에 속한다. 노르웨이는 원래 원자력 발전이 불가하나 유럽 연구프로그램의 일환으로 가동되었다. 프랑스 Chooz A 발전소(그림 3)는 1967년부터 1991년까지 프랑스와 벨기에의 국경지대인 Ardennes의 Chooz 지역 Meuse 강가에 건설/운영되었다. 이 발전소는 프랑스 전력공사인 EDF(Electricité De France)와 벨기에 회사가 세운 합작기업인 SENA가 건설하고 운영하였다. 화강암지대 100 m 심도에 2개의 공동을 설치하여 가압수로(PWR) 방식으로 305 MWe를 생산하였다. 큰 공동의 폭 × 높이 × 길이는 18.5 × 37.5 × 42 m 이며 두 공동사이의 거리는 25 m이다. Chooz A 발전소는 지하원전 중 가장 규모가 큰 상업생산용이러는데 의미가 있다.



[그림 3] Chooz A 지하원전의 단면도와 사진 속 발전시설은 Meuse 강가 지상에 설치됨

– 스위스 Lucens 발전소

스위스 Vaud 州의 Lucens시 근처에 1968년에 건설된 파일럿 원자력발전소이다. 원자로는 수직원통형으로 만든 지하공동에, 발전설비는 인접한 공동에 설치하였으며 사무실은 지상에 배치하였다(그림 4). 설치 이듬해인 1969년에 냉각제로 사용하던 이산화탄소가 누출되면서 원자로 일부가 녹는 사고로 폐쇄되었다. 이 사고는 국제원자력사고 기준 4~5등급 판정을 받았다(체르노빌과 후쿠시마 원전사고가 최고등급인 7등급에 해당). 그러나 사고 장소가 지하에 위치한 관계로 작업자나 인근 지상 환경에 별다른 피해가 없었던 것으로 밝혀졌다.

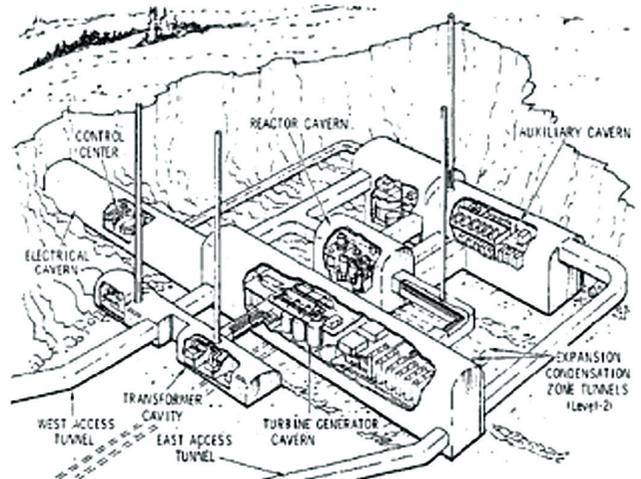


[그림 4] 스위스 Lucens 지하원전의 단면도5

▶ 1970년대 연구 모델

–미국 캘리포니아 모델

미국의 경우 원자력발전소의 (지상)부지를 확보하기 어렵다는 것과 환경단체의 압력으로 인하여 지하원전을 구상하였다. 캘리포니아 공대와 The Aerospace Company가 1975년에 발표한 연구보고서에 따르면 원자력발전소를 지하에 건설하는데 따른 추가비용은 전체 건설비용의 10% 미만인 것으로 나타났으며 적절한 지하부지에 원전을 건설하는 경우 지하로 인한 장점이 추가비용에 따른 단점을 상쇄하고도 남는다고 하였다. [그림 5]는 Aerospace사가 만든 지하원전 모델로서 대부분의 시설을 화강암 공동에 배치하고 지상에는



[그림 5] 캘리포니아 프로젝트 조감도5: 4개의 평행한 공동에 발전소 시설이 분산 설치됨

관리시설만 두었다. 이때 공동은 보강콘크리트와 스틸라이닝을 통해 기밀성을 유지하고 있다. 공동의 폭은 20~24m이며 높이는 42~55m에 이른다.

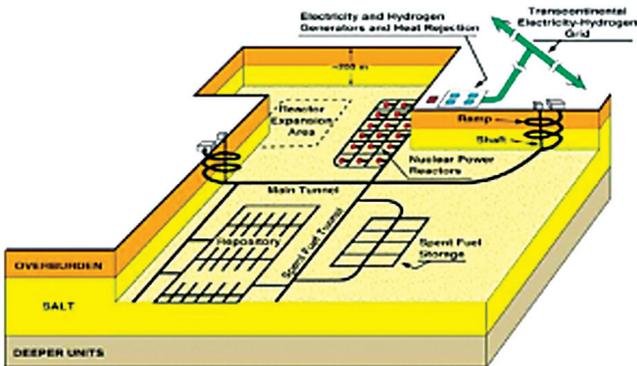
**-캐나다와 일본 모델**

캐나다는 천연우라늄과 중수 감속재를 사용하는 CANDU 원자로를 화강암지대 지하 400m에 별도의 콘크리트나 스틸라이닝 없이 설치하는 모델을 제안하였다. 이때 터빈과 콘덴서 등의 기계장비는 원자로 공동 상부 50m에 배치하였다. 한편 일본은 산이 대부분인 일본 지형을 고려하여 바다에 인접한 산악지형의 곳(cape) 지하 150m에 원전을 설치하는 모델을 구상하였다. 이 모델에서는 항만 시설이 대상 부지 인접한 곳에 설치된다.

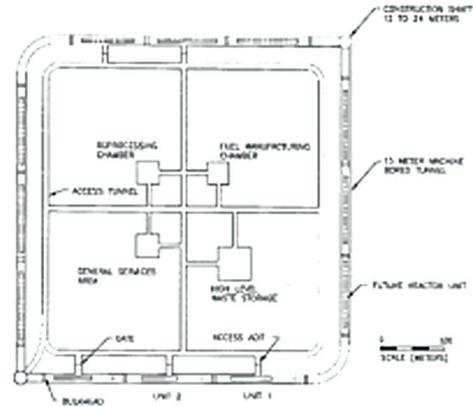
**▶ 2000년 이후 연구 모델**

**-지하원자력공원**

미국의 Three Mile Island 사고 이후 신규 원전 건설의 급격한 감소와 함께 지하원전에 대한 관심도 소강상태에 접어들었다. 그러던 중 2001년 9월 11일에 발생한 세계무역센터 테러는 지하원전에 대한 관심을 다시 불러일으키는 계기가 되었다. 2004년 무렵에는 원자력 발전설비와 폐기물 저장시설(storage) 및 처분장(disposal)을 하나의 지하공간에 함께 건설하는 지하원자력공원(Underground Nuclear Part, UNP) 개념이 제시되었다(그림 6). UNP의 장점은 NPP에 비해 원자로 해체비용과 사용후연료 이송비용, 건설비용, 안전관리 및 운영비용이 작고 사회적 수용성이 높다는 점이다. 2009년 기준으로 건설비용을 계산해본 결과 화강암 부지와 TBM(Tunnel Boring Machine) 굴착을 가정할 때 UNP 건설로 인하여 감소된 비용은 해당 원전의 총 전기생산비용의 10%에 달하는 것으로 나타났다.



[그림 6] 지하원자력공원(UNP) 개념도 (암염부지의 경우)

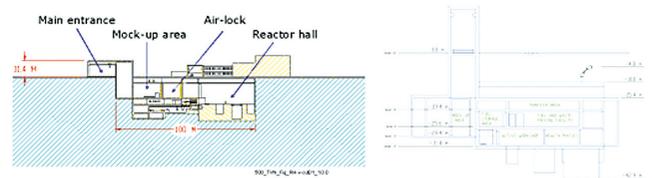


[그림 7] 12개의 SMR을 설치한 UNP의 평면도

[그림 7]은 소형모듈형원자로(SMR)을 UNP에 12기 설치하는 경우를 보여준다. SMR은 물을 적게 사용하며 자연냉각이 가능하여 정전 등의 유사시 기존 원자로 보다 안전하다는 장점이 있다. 그러나 소형이고 단위 전력당 발전단가가 높아 한국과 같은 인구밀집지역 보다는 이동이 필요하거나 지리적으로 분산된 소도시에 개별적으로 전력을 공급하는 경우에 유리하다는 특징이 있다. SMR 1기 발전량이 300 MWe 이하이므로 그림 7과 같이 하나의 UNP에 여러기의 SMR을 설치하여 건설 및 운영비용을 줄이고 안전성을 높이는 방안을 고려해 볼 수 있다.

**-MYRRHA 프로젝트**

2006년에 시작된 벨기에 원자력 연구센터의 다목적 원자로 구축 및 연구 프로젝트이다. 방사성 폐기물을 처리하고 지속가능한 에너지를 개발하며 방사선치료 등을 연구하기 위한 목적으로 설비를 구축하고 있다. 이 프로젝트에서는 원자로를 그림 8과 같이 반지하 혹은 지하에 설치할 계획이다.



[그림 8] MYRRHA 설비 설치계획: 지상 10 m 노출형(좌), 지하 43 m 설치형(우)

지하원전의 비용 및 장단점

[그림 9]는 지상 원전과 지하원전의 설치개념도이다. 지상원전은 그림에서와 같이 콘크리트 방벽으로 둘러싸인 지상 및 반지하식 구조와 개착식 구조의 3가지로 나누어 볼 수 있고 지하(UNPP)의 경우는 이 그림에서 지하 80~100m심도의 암반공동(RC)에 별도의 방벽 없이 원자로(수직 막대로 표현)가 설치되어 있음을 볼 수 있다. UNPP에서는 원자로의 하부를 콘크리트로 고정시키고 원자로의 수직방향 중심점을 공동 벽에 고정시킴으로써 지진발생시 관성에 의한 원자로의 파괴 위험을 줄여준다. 또한 응급 노심 냉각수 탱크(말발굽 형태)를 지상에 설치하여 중력에 의해 냉각수를 공급함으로써 유사시 안전성을 높이고 있음을 알 수 있다. 사용후연료는 습식 및 건식 저장소를 지하에 설치하고 차단벽에 의해 각 저장소를 분리하고 있다.

발전량이 1 GWe에 이르는 3세대 이후의 가압경수형 원자로(PWR)를 각각 지상과 지하에 건설할 경우 공사비와 운영비를 상대적으로 비교한 결과가 [표1]에 나타나있다. UNPP의 경우 사용후연료 보

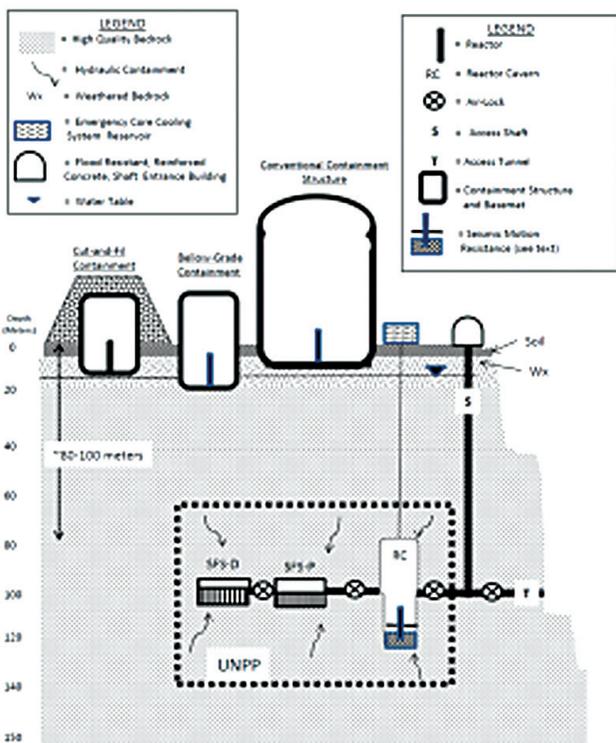
관시설도 건설대상에 포함되며 50 m 이상의 심도에 설치하는 것으로 가정하였다. 단일/복수 원자로 설치: 원자로 1기만 설치하는 경우 1970년대 기준으로 나라마다 차이가 있지만 대략 UNPP가 10~35% 비싼 것으로 나타났다. 그러나 복수의 원자로를 설치하는 경우에는 UNPP의 경우 접근용 터널과 수직갱 설치비 등에서 비용을 크게 줄일 수 있으므로(450m등 대심도의 경우는 비용절감 효과 반감) 비용면에서 더 유리하다.

**물리적보안** : UNPP의 경우 외부로의 노출 및 접근통로가 출입구로 제한되므로 경비/보안을 위한 인력과 장비를 크게 감소시킬 수 있으며 공중과 지상으로부터의 비행기와 차량충돌 또는 폭발충격으로부터 내부시설물을 보호하는 데 유리하다.

**사용 후 연료** : UNPP의 경우 지하저장소 건설비용과 냉각비용이 더 들게 되나 물리적 보안비용이 절감되며 방사성폐기물의 안정적 격리라는 면에서 유리하다.

**작업자보전** : UNPP의 경우 응급처치를 위한 외부이송, 환기, 화재통제, 지하수유입관리비는 더 들고 방사능 차단 관련비용은 적게 든다.

**해체비용** : UNPP의 경우 같은 장소에 매장할 경우 해체/폐기비용이 1/20 정도로 감소한다. 여기에는 저준위 방사능폐기물의 이동 경비절감도 포함된다.



[그림 9] 지상원전(NPP)과 지하원전(UNPP)의 설치 개념도

비용구분	UNPP 유리	NPP 유리	비고
건설	단일 원자로 설치		
	복수 원자로 설치		방벽설치비 감소가 주요원인
	내진설비, 응급냉각설비 날씨관련		
	시설내 이동시간		
건설	물리적 보안		
	사용후 연료 보관		불확실
	실내 공조		
	유지보수		불확실
건설	작업자 보전		불확실
	노후시설물 폐기		

[표 1] 지상과 지하 원자력발전소 건설, 운영 및 해체 비용 상대비교

UNPP의 주요 장단점은 다음과 같이 요약해 볼 수 있다.

### 내·외부의 테러나 적군의 공격에 대한 방어력에서 유리

**방벽의 물리적 강도가 높음 :** 노르웨이 지하수력발전소의 지하 surge chamber를 예로 비교할 때 암반방벽이 콘크리트 방벽에 비해 5~20배 큰 강도를 갖는 것으로 판단

**홍수에 의한 영향이 적음 :** 일반적으로 UNPP가 유리하나 지하원전을 두터운 대수층이나 주요 단층을 피해서 설치하여야 하며 내부 공동 및 터널의 방수공사에 만전을 기해야 함

**위치선정의 어려움 :** 지질과 대수층 조건이 유리한 곳을 선별해야 함

**법적 규정 정비 필요 :** 현재 NPP를 위주로 마련된 법제도가 UNPP를 설치/운영하는데 장애가 되지 않도록 조정할 필요가 있음

## 결론

2011년 일본 후쿠시마 지역의 쓰나미로 인하여 발생한 원전사고와 최근 경주에서 발생한 강진을 두고 판단할 때 경주 일대에 가동/건설 중인 14기의 원전을 비롯한 국내 원전의 향후 안전 문제를 고민해야 할 때가 되었다.

외국의 경우 안전한 원전운영과 사후피해 최소화를 위한 방안으로 1950 및 60년대에 소련, 스웨덴, 노르웨이, 프랑스와 스위스에서 지하원전이 건설되었으며 이후에도 각종 원전사고와 전쟁 및 테러의 위협에 대비한 다양한 형태의 지하원전이 제안된 바 있다. 초기에는 지하원전의 건설비용 문제가 대두되었으나 굴착기술의 발달과 함께 안전과 환경 및 사회적 수용성 문제가 크게 부각되면서 지하원전의 효용성이 더욱 높아졌다. 지하원전은 특히 SMR을 비롯한 원자료를 다수 설치하거나 지하원자력공원(UNP)과 같이 방사성 폐기물의 보관 및 연구처분을 동시에 수행할 때 더욱 경쟁력이 높아진다. 다만 이와 같은 지하원전 시설을 성공적으로 구축하기 위해서는 암반의 불연속면과 수리적 환경등에 대한 면밀한 조사를 통해 부지를 선정하는 과정이 필요하다.

지금까지 전세계적으로 발생한 주요 원전사고를 살펴보면 기계적 결함과 함께 운영/조작의 잘못과 예기치 못한 수준의 대형 자연재

해가 원인이었음을 알 수 있다. 여기에 앞으로 테러와 같이 의도적 요인으로 인한 사고까지 고려해 본다면 단순히 원전설비가 규모 6.5의 지진을 견딜 수 있다고 해서 안심할 수는 없다. 불과 5년 전에 발생한 7등급의 원전사고에도 불구하고 많은 나라들이 원전의 수를 오히려 늘려가는 상황을 고려할 때 원전의 안전을 보장하기 위한 다각도의 연구·개발 노력이 필요하다. 지하원전은 우리가 이와 같은 목적으로 관심을 가져야 할 중요한 연구개발 대상이다. **I**

## 참고문헌

1. [http://www.kma.go.kr/weather/earthquake\\_volcano/domestictrend.jsp](http://www.kma.go.kr/weather/earthquake_volcano/domestictrend.jsp) (기상청 홈페이지), 2016.11.22
2. [http://www.kaif.or.kr/?c=dat&s=7\\_2](http://www.kaif.or.kr/?c=dat&s=7_2) (한국원자력산업회의 홈페이지), 2016.11.22.
3. [https://en.wikipedia.org/wiki/R1\\_\(nuclear\\_reactor\)](https://en.wikipedia.org/wiki/R1_(nuclear_reactor)), 2016.11.22.
4. <http://history.vattenfall.com/from-hydro-power-to-solar-cells/the-swedish-line>, 2016.11.22.
5. ISRM Commission on Underground Unclear Power Plant, 2015.5, Final Report of the ISRM Commission on UNPP - "Underground Unclear Power Plants"
6. ISRM Commission on Underground Unclear Power Plant, 2016.7, ISRM Commission Report draft "Underground Sitting of Nuclear Power Plants"



## 당뇨와 혈관합병증



**박지웅**  
서울대학교 보라매병원  
성형외과

### 1. 당뇨병의 정의

당뇨의 당은 ‘달다’는 뜻이고, 뇨는 ‘소변’을 의미한다. 당뇨의 영어명인 ‘diabetes mellitus’도 ‘diabetes’는 ‘소변’을, ‘mellitus’는 ‘달다’를 뜻한다. 즉, 피 속의 포도당 성분이 많아지면서 피에 의해 만들어진 소변 내의 포도당이 많아지는 병이다. 정상인은 몸에서 가장 중요한 에너지원인 포도당을 혈액 내에서 70~140mg/dl로 정확히 조절한다. 하지만 당뇨병 환자는 췌장의 기능이 저하되어 여기서 분비되는 인슐린의 조절기능이 저하되고, 오래 금식할 경우 혈당이 70mg/dl 이하로도 떨어지며, 식사량이 많을 때는 혈당이 500mg/dl 이상으로 높아지기도 한다. 경우에 따라서 저혈당이나 고혈당에 의해 ‘쇼크’를 일으킬 수 있다. 이러한 급성 합병증은 병원에서 적절한 당 보충이나 혈당강하제 주입으로 치료할 수 있다. 당뇨병 환자는 세계적으로 2억명에 이르며 20년후에는 3억명으로 증가할 것으로 예상된다. 당뇨병은 고혈당이 지속되어 망막, 신장, 신경과 같은 미세혈관 합병증과 뇌혈관, 심장혈관, 말초혈관의 대혈관 합병증을 초래하는 질병이다.

### 2. 당뇨의 합병증

당뇨를 흔히 소리없는 침묵의 살인자라고 한다. 당뇨병으로 진단받았다고 해서 통증을 느낀다거나 특별한 증상을 경험하게 되지는 않는다. 하지만 이러한 이유로 치료를 소홀히 하거나 당뇨병을 불러들이는 좋지 않은 생활습관을 그대로 유지한다면 삶의 질을 떨어뜨리고 생명을 위협하는 당뇨 합병증에 걸릴 수도 있다.

만성 합병증은 지속적으로 혈액 속에 많아진 포도당에 의해 혈관의 손상이 누적되어 발생한다. 몸 전체에 분포하는 혈관이 손상되면, 혈관과 연결된 장기들에 영향을 미치게 되고, 따라서 당뇨병 합



[그림 1] 정상 망막(좌), 당뇨망막병증으로 인한 망막손상(우)

병증의 공통점은 혈관에 생기는 합병증인 것이다. 특히 당뇨병이 있으면 제일 가는 혈관부터 망가진다. 우리 몸에서 가장 가는 혈관을 가진 조직은 대표적인 곳이 눈, 콩팥, 신경, 그리고 뇌혈관, 다리혈관 같은 말초혈관이다.

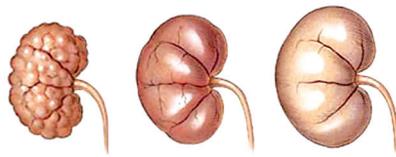
아래 기술하는 네 가지가 당뇨병에서 흔히 생기는 대표적인 미세혈관 합병증이다.

### 1) 당뇨망막변증(diabetic retinopathy)

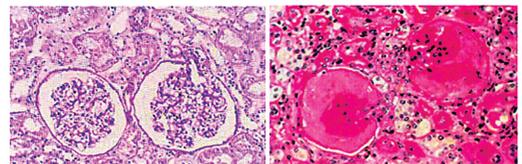
첫째, 눈의 망막은 미세혈관들이 아주 촘촘하게 분포해있는데 이러한 혈관이 좁아지고 막히고 터지게 되면 당뇨망막변증(diabetic retinopathy)이라고 해서 사물을 제대로 볼 수 없는 상태가 되고 심하면 실명할 수가 있다.

### 2) 당뇨신병증(diabetic nephropathy)

둘째로 우리 몸에 있는 노폐물을 걸러주는 역할을 하는 콩팥도 결국은 작은 모세혈관의 실타래처럼 구성되어 있다. 이러한 콩팥의 혈관들이 역시 막히고 좁아져서 콩팥이 제 기능을 못하게 되고 당뇨신병증(diabetic nephropathy)이 발생하며, 결국 우리 몸에 있는 노폐물이 쌓여서 투석을 하거나 이식을 해야 되는 만성신부전 상태가 된다.



[그림 2] 만성신부전(좌), 정상(중),  
급성신부전(우) 신장모식도



[그림 3] 정상 신장사구체 조직사진(좌),  
만성신부전으로 신섬유화 조직사진(우)

### 3) 당뇨신경병증(diabetic neuropathy)

셋째로는 말초신경에 이상이 올 수가 있다. 말초신경도 혈관에서 영양공급과 산소공급을 받아야 되는데 이러한 말초신경이 혈관공급을 제대로 못 받게 되면 신경손상이 발생하고 다양한 신경 증상이 나타나는데, 이를 당뇨신경병증(diabetic neuropathy)이라고 부른다. 당뇨신경병증은 손이나 발에 잘 나타난다. 손발이 저리거나 찌릿찌릿한 느낌이 들고, 건조해진다. 상처가 나면 염증도 심하다. 혈액에 포도당이 많으면 세균이 번식하기 쉽기 때문이다. 염증이 심해져 괴사하기도 한다. 우리나라 당뇨병 환자의 약 33%는 당뇨신경병증을 가지고 있다 발의 말초신경이 손상돼 감각이 둔해지면, 발에 상처가 나거나 세균이 감염돼 염증이 생겨도 잘 모른다. 당뇨병으로 손상된 혈관은 세균과 싸울 백혈구를 발까지 제대로 이동시키지 못해서, 한 번 발을 다치면 잘 낫지 않는다.



[그림 4] 당뇨발로 인한 피부궤양(좌), 골수염(우)

[그림 5] 당뇨발로 인한 피부 및 발가락 괴사

#### 4) 당뇨발(diabetic foot)

이러한 당뇨신경병증과 동반하여 나타나는 심각한 합병증이 당뇨발(diabetic foot)이라는 질환이다. 당뇨병 환자 중 15% 이상이 당뇨발을 가지고 있으며, 한 해 백만 명 이상이 치유되지 않는 창상으로 인해 하지절단수술을 받고 있다. 치유하기 힘든 만성 창상은 환자의 삶의 질(quality of life)을 저하시키고, 치료 및 관리비용의 증가로 막대한 사회, 경제적 손실(socioeconomic loss)을 가져온다. 당뇨발의 일년 평균 개인당 의료비용은 2만 7천 불에 달하며, 재발 비율도 1,3,5년에 34%, 61%, 70% 달할 만큼 치유하기 힘든 창상이다. 본 저자도 당뇨발로 성형외과 외래를 찾아오는 수많은 환자를 보게 되는데, 대부분 당뇨발 환자는 창상치유능이 현저히 떨어져 있고 혈관상태가 좋지 않아 피부이식이나 피판술을 시행하지 못하고 절단을 시행해야 하는 안타까운 경우가 많다. 미국당뇨협회의 보고에 의하면, 당뇨 환자의 20%가 발의 문제로 입원을 하게 되고, 당뇨병성 족부 궤양이 발생하는 경우는 약 15% 정도이며 비외상성 다리 절단의 약 50-70%가 그 원인이 당뇨로 인한 발 문제였다. 국내 당뇨병학회 보고서에 의하면 2003년 족부절단 발생 환자의 44.8%에서 당뇨병이 동반되어 있었으며, 당뇨병 환자는 비당뇨인에 비해 족부 절단 발생률이 10배 증가 하였다고 하였다. 당뇨발의 발생은 오랜 기간 고혈당증에 이환되면서 당뇨병성 말초신경병증과 말초 혈관의 기능장애 또는 폐색이 발생하고 이로 인하여 당뇨병성 족부 궤양이 발생하는 것이 문제의 시작이라 하겠다. 일단 발생한 족부 궤양은 족부 감염으로 진행하고, 치유되지 않는 감염증으로 인하여 다리를 절단할 수밖에 없는 상황이 발생할 수 있다. 따라서 당뇨발의 문제의 시작인 족부 궤양의 발생을 예방하거나 기왕에 발생 한 궤양이 절단으로까지 진행하지 않도록 적절한 처치를 하는 것이 당뇨발 치료에 있어 중요한 과정이다.

### 3. 당뇨의 발생 및 합병증의 예방

우리나라의 30세 이상 성인의 당뇨병 유병률을 약 10% 정도로 알려져 있다. 하지만 당뇨병 전 단계, 당뇨는 아니지만 정상보다 혈당이 약간 높은 상태에 있는 분도 약 20%정도 된다. 즉 10명중 3명 정도는 정상보다 혈당이 약간 높은 상태로 유지가 되고 있는 것이다. 이렇게 당뇨는 아니지만 혈당이 정상보다 높은 단계에 있는 사람들은 약 3년 정도가 지나면 당뇨병으로 진행할 확률이 높아지게 된다. 따라서 이런 분들은 혈당검사를 해보고 아직 당뇨가 아니라면 적어도 3년 이내에 다시 한



번 검사를 해서 당뇨병으로 진행하지 않았는지 체크하는 것이 필요하다. 그리고 무엇보다도 당뇨병이 진행하지 않도록 운동, 식이요법, 체중조절을 해서 당뇨병을 예방하는 것이 중요하다 하겠다. 일반적으로 부모님 중에 한 명이 당노가 있으면 자식이 당노가 될 확률이 약 30% 정도 되며, 부모 모두가 당노가 있으면 자식이 당노가 생길 확률이 약 70%까지도 증가할 수 있다고 알려져 있다. 그런데 이러한 당뇨병의 가족력은 비단 유전적 요인에 의해서만 결정되지는 않는다. 가족 내에는 생활습관을 공유하는 면도 있다. 즉, 운동을 잘 안 하는 가족은 가족전체가 운동을 잘 안 하게 되고, 외식을 좋아하는 가족들은 부모와 자식 모두가 다 같이 외식을 즐기게 된다. 그러므로 당뇨병이 있는 가족은 가족 전체가 생활습관을 교정(lifestyle modification)하여 모두 같이 운동을 열심히 할 수 있도록 하고 식습관을 같이 교정을 해서 당뇨병이 없는 가족 구성원들도 향후 당뇨병이 생기지 않도록 예방할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

전술한 바와 같이 당뇨병 환자에서 가장 중요한 것이 합병증의 발생이다. 혈당이 조금 높거나 조금 낮더라도 지금 당장 무슨 큰 문제가 생기는 것은 아니다. 하지만 혈당이 높은 상태로 10년, 20년이 지나면 다양한 합병증이 생기게 되고 그로 인해서 실명을 한다든지 투석을 하게 된다든지 신장병, 뇌혈관질환 같은 다양한 문제가 생기게 되고 이것이 바로 당뇨병 환자를 가장 힘들게 하는 큰 문제가 된다. 따라서 당뇨병환자의 혈당관리 및 다양한 생활습관 개선하여 합병증을 예방하는 것이 중요하다. 일반적으로 당뇨병 환자의 약 30~40% 정도는 합병증이 발병하는 것으로 알려져 있고, 이러한 합병증은 당뇨병의 유병기간, 즉 얼마나 오랫동안 당뇨병에 노출이 되어있는가 그리고 혈당이 얼마나 높게 유지가 되었느냐 또 동반된 고혈압, 고지혈증, 흡연 유무에 따라 달라지지만 보통 10년이 지나게 되면 합병증이 생길 수 있기 때문에 미리 미리 합병증이 오지 않도록 예방하고 정기적으로 합병증 검사를 해서 조기에 발견하고 진행하지 않도록 치료하는 것이 중요하다.

모든 당뇨병 환자들이 합병증이 오는 것은 아니며, 다양한 방법을 통해서 합병증이 오는 것을 예방할 수 있다. 당뇨병 환자는 무엇보다도 혈당관리를 잘해야 되고, 두 번째로 동반되는 고혈압, 세 번째 고지혈증, 네 번째 비만에 대해서 조절을 해야 된다. 무엇보다도 꼭 금연을 꼭 하여야한다. 혈당 같은 경우에는 매일 아침 식전에 혈당을 측정해보고 그 수치가 70~130 사이에 들어오도록 관리하는 것이 중요하다. 고지혈증은 병원 진료 받으실 때 담당 선생님과 상의해서 콜레스테롤이 높은지 확인해서 필요하다면 생활습관 교정을 하고 더 나아가 필요한 경우에는 콜레스테롤을 낮출 수 있는 약을 쓰는 것이 필요하다. 통상적으로 나쁜 콜레스테롤로 일컬어지는 것이 LDL콜레스테롤인데 이것은 심근경색, 뇌졸중과 보다 밀접한 관련이 있으므로, 일차적으로는 LDL콜레스테롤이 높지 않도록 조절하여야 한다.

당뇨병은 관리하는 질병이다. 대부분의 당뇨병 환자들은 여러 가지 합병증이 올까 걱정하면서도 평생 복용해야 하는 당뇨 약 때문에 귀찮고 번거로워하며 당 조절을 매우 힘들어한다. 하지만 당뇨병 관리를 열심히 잘 하다보면 자연스럽게 건강한 생활습관을 갖게 되고 오히려 당뇨병이 없는 사람보다도 더 건강하고 오래 행복하게 살 수 있으므로 환자가 의지를 가지고 꾸준히 관리하는 것이 당뇨의 관리 및 합병증의 예방에 가장 중요하다 하겠다. **I**





볼로냐 피아자 마지오레와 스트라다 마지오레-비아 리졸리  
출처: www.greendigitalcharter.eu

# 대학과 도시

## 1. 볼로냐

### 대학과 도시 연재를 시작하며

대학은 도시설계가인 저자에게 무엇보다 흥미로운 공부와 답사의 대상입니다. 대학은 그 자체로 작은 도시이며, 또한 좋은 대학은 좋은 도시를 갖고 있기 때문입니다. 이에 저자는 살고 싶은 도시의 미래가 좋은 대학의 설계로부터 시작될 수 있다고 믿고 있습니다.

그렇다면 좋은 ‘대학의 도시’란 어디에서 어떻게 성장해왔을까요? 이 질문에 대한 해답은 지난 20년 동안 ‘창의적인 테크놀로지 클러스터’를 만들고자 노력해오고, ‘대학은 앞으로 존재할 것인가’를 고민하는 우리 사회에 구체적인 실마리를 줄 것이라 생각합니다.

먼저 유럽 대학의 도시들은 간단한 입지특성을 공통적으로 갖고 있습니다. 이들은 대륙을 관통하는 두개의 도로들을 따라 성장해왔습니다. 하나는 유럽을 북서-남동 방향으로 가로지르며 로마-파리-산티아고를 연결하는 성지순례길(Via Francigena)이며, 또 하나는 동-서 방향으로 파리-크라카우를 연결하는 십자형의 상업루트(Via Imperii와 Via Regia)입니다.

또한 ‘대학은 소멸할 것인가’에 대한 저자의 대답은 ‘아니다’입니다. 대학 커뮤니티는 역사적으로 사회에서 가장 창의적인 집단이었습니다. 지난 2500년 동안 대학은 사회가 요구하는 기능을 찾고 변화를 주도하며, 지배자와 시민, 그리고 마켓의 옆에서 모습과 행태를 바꾸면서 기능해왔습니다.

대학은 올리브 숲의 제사장과 하천 변의 군대로부터 시작되었고, 왕조의 정당성을 찾으려는 번역원, 넓은 제국의 영토로부터 확보한 보물을 연구하는 뮤지엄, 신의 말씀을 전달하는 성당, 신분과 배고픔을 해결해주었던 수도원, 상거래의 분쟁과 도시의 행정체계를 만들었던 법학교, 버려진 고아와 여행객 위한 호스피탈, 질병으로 삶을 평가했던 마법학교와 약초와 해부로 이를 치유해온 의학교와 수술원, 아름다움을 소유의 가치로 만들었던 길드와 미술학교, 더 큰 동력과 더 강한 물건을 만들었



한광야  
동국대학교 건축공학부  
도시설계전공 교수

던 기술학교, 그리고 더 멀고 더 깊은 세상의 존재방식을 찾으려는 최근의 중력가속기까지, 지속적으로 변화해왔습니다. 물론 지금의 대학은 이상의 기능들을 모아놓은 집합체입니다.

이제 대학은 앞으로 무엇을 추구하며 다시 어떠한 방향으로 진화할 것일까요? 본 연재는 일련의 대학의 도시들을 소개하면서, 이에 대한 생각을 모아보고자 합니다. 특히 대학의 성장을 그 도시와 함께 이해하는 작업은, 무형의 지식과 기술을 생산하는 커뮤니티의 활동 궤적을 실체가 있는 물리적인 도시환경으로 투영하고 일체화하면서 대학의 존재이유를 구체적으로 이해하는데 효과적이기 때문입니다.

### 대학과 도시 1. 볼로냐

1000년의 대학도시인 볼로냐(Bologna)가 우리에게 특별한 것은 인간의 자유와 가치를 보장한 인류의 첫번째 노예해방법인 '파라다이스 법'을 공포했으며, 소수집단의 권력 독점을 금지하려는 '반권력 법'을 입법한 도시이기 때문이다.

물론 볼로냐는 로마제국의 도시블록 위에 르네상스-로마네스크 건물들로 채워진 '빨간 도시(la Rossa)'이며, 육즙, 발사믹, 파마손 치즈와 납작 파스타면의 탈리아텔레의 '맛의 도시(la Grassa)'이며, 무엇보다 세계에서 가장 오래된 볼로냐 대학교(Università di Bologna, 1088)를 가진 '지성의 도시(la Dotta)'로 불려왔다.

볼로냐는 멀리 북쪽으로 이탈리아 북부지역의 젓줄인 포 강(Flume Po)의 비옥한 들을 두고 그 상류천인 레노 강(Flume Reno)에 형성된 분지도시이다. 이 지역은 유럽에서 가장 비옥한 농업생산지로서 전통적으로 글루텐 단백질의 함량이 작은 소프트 밀가루를 생산해왔으며, 1차세계대전 이후부터 페라리, 람보르기니, 마세라티 등의 자동차와 오토바이의 생산거점으로 진화해왔다.

볼로냐는 서북쪽의 밀라노에서 동쪽의 아드리아 해안의 항구인 리미니와 라베나까지 가로지르는 육상로(Via Emilia, 187 BC)의 중간에 입지한다. 볼로냐는 잠시 서로마제국의 수도였던 밀라노의 지배를 받았으며, 또한 동로마제국의 유럽 거점(540-751)이었던 라베나와 베네치아를 통해 비잔틴제국의 콘스탄티노플(현재 이스탄불)과 교역했다. 이것이 볼로냐가 어느 도시보다 일찍 비잔틴 문화와 아시아 상품을 흡수했던 이유이다.

한편 볼로냐는 서-남-동쪽의 구릉들로 둘러싸인 'U' 형태의 분지에 조성되어, 남쪽의 아페니니 산맥을 두고 피렌체와 멀리 로마와 구별되었다. 무엇보다 이곳에는 서남쪽의 고지로부터 흘러내려온 레노 강이 사베나-이디체 하천을 만나 북쪽으로 흘러 페라라를 지나 아드리아 해양으로 흘러나간다. 이에 볼로냐는 905년을 전후로 이 하천의 수력과 해운으로 이용해 직물과 실크를 만들며 이미 13세기에 이탈리아의 최대 직물생산의 거점이 되었다.

볼로냐는 고대도시의 모습을 현재까지 그대로 도시블록과 도성에



피아자 마지오레, 바실리카 디 산 페트로니오 출처: www.visitingbologna.it

담고 있는 매우 보기 드문 도시이다. 볼로냐가 현재의 도시체계를 갖게 된 시점은 189 BC년부터 로마제국의 타운인 '보노니아(Bononia)'로 형성되면서이다. 당시 보노니아는 격자형의 가로체계를 따라 블록으로 구성되어 인구 약 30,000명의 도시로 성장했다. 놀랍게도 당시 보노니아의 중심부인 포럼과 동-서 중심가로는 현재 피아자 마지오레와 스트라다 마지오레-비아 리졸리에 그 기능을 유지하며 도시중심부를 완성하고 있다.

볼로냐가 자치행정권을 획득하며 부를 축적하고 성장한 시점은 12세기이다. 이 시기에 볼로냐는 이탈리아 북부 지역의 도시들과 함께 신성로마제국의 황제 권력에 대항하여, 도시행정의 수장인 주교와 수도원의 원장의 인사권을 획득하려는 교황의 투쟁(1075-1122)에 참여했다. 이 과정에서 볼로냐는 1116년 교황국과 신성로마제국의 지배로부터 자유로운 '볼로냐 코뮌네(Commune di Bologna)'로 기능하기 시작했고, 1125년 볼로냐의 자치행정권(charter)을 획득했다.

볼로냐는 이 시기에 세계의 중심부를 갖고 있었다. 하나는 교황권의 중심부로 볼로냐의 산 피에트로 대성당(Cattedrale Bologna di San Pietro, 5세기)으로, 침례소, 호스피스, 성직자와 전도사를 위한 기숙성당학교를 갖추고 있었다. 또한 그 동쪽으로 과거 원형극장과 이시스 여신전의 부지에는 산토 스테파노 성당 수도원(Basilica di Santo Stefano, 5세기)이 건축되어, 이후 7개의 성당 콤플렉스로 거대하게 증축되었다. 한편 시민행정의 중심부로 과거 포럼의 부지

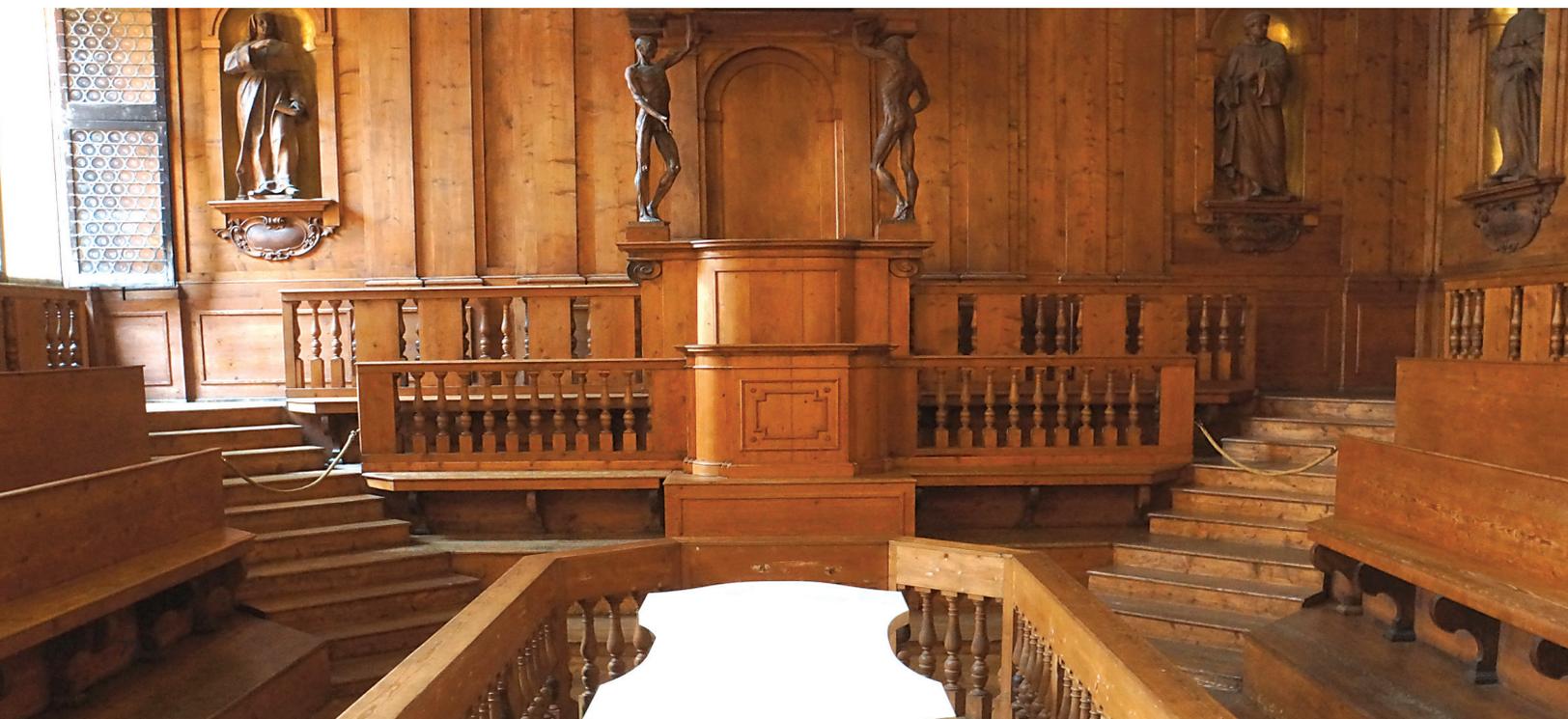
였던 피아자 마지오레(Piazza Maggiore)에는 시청인 팔라조 델 포데스타(Palazzo del Podestà, 1200)가 입지했다.

또한 볼로냐의 독특한 도시경관을 정의해온 아케이드와 타워가 이 시기에 조성되었으나 흥미롭게도 그 기능과 목적은 명확하게 확인되지 않는다. 도시중심부를 따라 형성된 보도를 유도하는 상점들을 연결해주는 아케이드의 총길이는 38km이며 강렬한 햇빛과 비를 막아준다. 특히 볼로냐의 도시중심부 동쪽 끝에 자리잡은 아시넬리 타워(91m)와 가리센다 타워(46m)는 이 시기에 세워진 180개 타워들의 흔적을 담아낸다.

볼로냐의 본격적인 지식생산활동은 볼로냐 대학교의 전신으로 여겨지는 '마터 스튜디오룸(Mater Studiorum)'이 11세기 초에 설립되어 문법과 작문을 교육하면서 시작되었다. 이 즈음 볼로냐 법학교(Scuola Giuridica Bolognese)가 설립되어 당시까지 '법학'의 중심부였던 라베나를 누르고, 당시 시급했던 도시의 자치행정과 상업활동에 관한 법률을 생산했다. 특히 볼로냐 법학교는 오랫동안 분실되었던 비잔틴제국의 유스티니아 코드(Corpus Juris Civilis, 529-534)가 1070년 발견되면서 급속히 성장했다.

이에 볼로냐는 12세기 초반부터 신성로마제국의 황제의 편에서 교황의 권한을 제한하려는 목적을 갖고 기존 교황국 행정체계의 기본이 되어온 캐논법(Corpus Juris Canonici)과 시민법(Corpus Juris Civilis)을 연구하는 중심부로 자리잡았다. 이후 볼로냐는 중세로마

볼로냐 아키지나시오의 해부극장, 2013 출처: 한광아



법의 핵심을 이루는 캐논법과 시민법을 연구하며 이탈리아, 프랑스, 독일 문화권의 대표적인 법학자 그룹인 ‘글로사토르’의 활동거점이 되었다. 이 즈음 유럽에서는 살레르노(Salerno)와 몽펠리에르(Montpellier)의 학교들이 의학에 집중했으며, 파리 대학교와 옥스퍼드 대학교는 신학에 집중했다.

볼로냐 법학교의 법학연구의 방향은 흥미롭게도 100년이 지난 후 인권을 보호하는 법학연구로 변화했다. 이에 볼로냐는 ‘파라디스 법(Liber Paradisus, 1256)’을 공포하며 농업노예제를 폐지하고 노예를 해방시킨 역사에서 첫 번째 도시가 되었다. 또한 볼로냐는 ‘반-독점법(Anti-magnate Ordinamenta, 1271)’을 입법하고, 귀족, 부유층, 원로, 예술장인길드에 도시행정의 참여와 활동을 제한했다.

볼로냐는 13-14세기에 콘스탄티노플의 함락(1261-1453)으로 비잔틴과 아랍 문화권의 의학과 과학의 지식과 학자들이 수용되어, 의학과 함께 철학, 수학, 천문학 등이 발전했으며, 이후 17세기에 과학연구는 다시 절정기를 갖게 되었다. 볼로냐 대학교는 13세기 초에 그 규모가 이미 10,000명으로 성장하며 도시경제의 핵심을 이루었으며, 유럽과 이태리 전역에서 귀족 학생들의 선망의 유학장으로 성장했다.

이 시기에 볼로냐 대학교에는 피렌체 출신의 화학자인 타데우스 피렌체(1210-1295)가 의학전공(Universitas Medicorum)을 설립했

고, 문디누스(1275-1326)가 근대해부학의 기초를 만들면서 해부와 수술이 독립된 의학전공으로 발전했다. 볼로냐의 천문천체학은 아리스토텔레스의 세계관이 유입되고, 아비체나와 아베로에즈의 영향을 받았던 체코 다스코리(1257-1327)가 1322년을 전후로 활동하면서 성장했으며, 이후 페라라 출신의 천문학자로서 ‘달의 알테바란 성식’을 관찰한 도메니코 마리아 노바라(1454-1504)가 학생인 코페르니쿠스(1473-1543)와 함께 활동했다.

한편 볼로냐에는 문법, 작문, 표현을 교육했던 ‘인문학전공(Universitas Artistarum, 1320)’이 설립되어, 16세기까지 라틴어가 아닌 이탈리아어로, 개톨릭 세계가 아닌 일상의 삶을 담아낸 이탈리아 휴머니즘의 문학작품들이 생산되었다. 이 시기에 볼로냐는 피렌체 태생으로 토스카니어로 사후의 세계에 관한 상상의 기행문인 ‘디바인 코메디(1320)’가 교수였던 단테(1265-1321)에 의해 완성되었고, 역시 피렌체 태생으로 토스카니어로 100개의 이야기를 담은 ‘데카메론’과 106명의 성공한 여성들의 일생을 묶은 ‘유명한 여성들에 관하여(1374)’를 저술한 보카치오(1313-1375)가 활동했다.

볼로냐는 이후 1506년부터 프랑스 지배를 받기 시작한 1797년까지 교황국의 도시로서 다시 성장했다. 당시 볼로냐의 지속적인 성장은 흥미롭게도 볼로냐가 배출한 인재들의 활동 결과였다. 무엇보다 볼로냐 대학교를 졸업한 교황 그레고리 13세를 전후로 세명의 교황들을 배출했다. 볼로냐는 17세기를 전후로 96개의 수도원과 성당 및 부속시설들을 가진 대표적인 개톨릭의 지식생산 도시로 진화했다.

볼로냐 아키지나시오, 2013 출처: 한광야



볼로냐가 유럽의 지도 위에 우뚝 나타난 계기는 무엇보다 1530년 신성 로마제국의 황제 찰스 5세가 세인트 페트로니오 성당에서 교황 클리멘트 7세로부터 황제로의 임관이었다. 볼로냐는 이를 계기로 현재 달력 체계(Gregorian Calendar)를 도입했던 교황 그레고리 13세의 교황기인 1582년 대주교의 도시로 그 위상이 승격되었다. 교황 그레고리 13세는 볼로냐 대학교에서 법학을 전공했던 볼로냐 태생으로 이후 교황으로서 과학, 예술, 지도 등의 발전을 주도했던 후원자였다.

볼로냐는 교황 피우스 4세의 후원으로 1564년부터 도시중심부를 재개발하며 대주교 도시로서의 위상을 준비했다. 당시 볼로냐는 피아자 마지오레의 서쪽으로 현재 피아자 델 네투노의 중심부와 뱀툼 분수(1567)를 조성했으며, 그 서쪽으로 팔라조 데이 반치의 포티코인 파바그리오네(Pavaglione, 1565-1568)를 완성했다.

특히 볼로냐는 교황으로부터 추가 예산을 확보하여 당시 볼로냐에 흩어져 기능했던 볼로냐 대학교의 교육시설들을 하나로 통합하기 위해 팔라조 데이 반치 남쪽으로 팔라조 아키지나시오(Palazzo dell'archiginnasio, 1564)를 건축했다. 팔라조 아키지나시오의 상부층에는 법학교실과 함께 안토니오 레반티(Antonio Levanti)가 설계한 해부극장(Teatro Anatomico, 1637)을 수용하며 볼로냐의 지식활동의

중심부로 기능했다. 아키지나시오의 일부는 1838년부터 현재까지 시립도서관으로 사용되고 있다.

한편 볼로냐 의학교는 치료용 약재재배를 목적으로 보타닉 가든(Orto Botanico dell'Università di Bologna, 1568)을 팔라조 푸브리코의 코트야드에 조성했다. 당시 볼로냐의 보타닉 가든은 볼로냐 태생으로 볼로냐와 파도바에서 수학한 유릴세 알드로반디(1522-1605) 교수에 의해 주도되었고, 경쟁 도시였던 피사, 파도바, 피렌체의 그것보다 늦게 조성되었다. 또한 아키지나시오로부터 북동쪽으로 현재 볼로냐 대학교 캠퍼스의 중심건물인 팔라조 포기(Palazzo Poggi, 1560)에 볼로냐 과학아카데미(Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, 1690)와 천문관측소(Museo della Specola, 1725)가 조성되었다.

볼로냐 대학교는 이후 나폴레옹의 지배기인 1803년 대학본부를 현재 캠퍼스 구역으로 이전해왔다. 볼로냐의 현재 인구는 약388,000명(광역권: 1,009,000명)이며, 볼로냐 대학교의 대학인구는 약85,000명(학부생 52,790, 대학원생 29,580, 교직원 2,850)이다. **I**

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

볼로냐 아키지나시오, 2013 출처: 한광야



## 공구회를 소개합니다

### 공석봉

섬유과 9회

공구회란 공대 9회 졸업생 친목 모임을 말한다. 이 공구회 멤버들의 걸어온 경로를 되돌아보면 그렇게 평범하지만은 않은 모임이다. 우선 유년시절을 청일 전쟁 속에서 보내고 소년기를 태평양 전쟁 하에서 보냈으며(여기까지가 일제 강점기) 청년기를 한국 전쟁시기로 겪으며 살아온 고달픈 세대로서 1950년 입학생과 1951년 입학생으로 1955년에 졸업한 동기생들인 것이다.

특히 1950년 입학생들은 1950년 6월 1일 입학하여 등록이 시작된 신입생들로서 겨우 등록을 마치고 이제 소위 낭만적이라는 캠퍼스 생활을 시작하려던 그 해 6월 25일 저 통탄의 6.25전쟁이 발발하였던 것이고 그로 말미암아 동기생의 이름은 커녕 얼굴조차 익힐 사이도 없이 전쟁에 휘말리어 현역 군인으로 혹은 무명의 학도병으로 전사하거나 행방 불명된 학생들 속에서 살아 남은 사람들이다. 그리고 이 좁은 국토 안에서 전쟁이 진행되다 보니 경상남북도 일부를 제외한 모든 학교의 학사 행정이 중단되었고 1951년 부산으로 피란간 속에서 3월이 아닌 9월에 다시 신입생을 모집하였던바 이때의 1951년 신입생과 그 전해에 들어왔던 6.25 당시의 1학년의 2개 학년이 같은 1학년으로 학과를 시작한 내력이다.

거기에는 이들이 4학년이 되었을 때 학도 군사훈련 계획의 일환으로 전국 4학년 대학생들을 광주 보병학교에 입교시키어 10주간의 군사훈련을 실시하게 되었다. 따라서 이 9회 동기들은 어느 과의 누구, 누구 할 것 없이 동기생들의 이름과 학과를 서로 알게 되는 정말 뜻있는 10주간의 수학여행(?)을 한 격이 되어 우리들 공대 9기 졸업생들의 우의는 그 어느 동기회보다 격별하다.

원래 이 모임은 1962년초 세상에 새로 나온 아크릴섬유를 갖고 스웨터 생산에 성공한 섬유과 출신의 고 양문현 동문이 우리나라 처음으로 스웨터 100타(1200매)를 스웨덴으로 시험 수출한 것이 인정을 받으면서 우리 상품도 수출이 된다는 사실을 입증하였고 이것이 효시가 되어 전 섬유제품으로, 그리고 모든 국산품의 수출의 길이 열리는 계기를 만들었던 위의 양 동문이 2000년대에 들어 서면서 동기들의 점심을 주선한 것이 공구회 탄생의 시작이 되었다.



사진 왼쪽부터 : 정명식, 공석봉, 서정훈, 신동식, 민경식, 김용익, 김용직, 김연덕

이제 나이 들어 모든 영역에서 후배들에게 넘겨주고 거의 현업에서 은퇴한 몸이 되었지만 아직도 기회만 닿으면 조국의 필요에 대응할 만한 자부심과 용기를 갖고 두 달에 한 번씩 정기적으로 모인다. 각기 자기 전공분야의 이야기는 물론 우리들의 뜻을 이해하고 수락하여주는 이공 분야의 전문가, 과학자 및 문화부문의 전문가에 이르기 까지 여러 분야의 고명한 석학들을 모셔다 점심을 같이하며 이야기도 듣고 필요하다면 조언을 하기도 하는 간담회를 통하여 전 산업분야의 흐름을 확인하며 무엇인가 작은 보탬이라도 되 보려는 진정으로 시간을 보내기도 한다.

여기에 모이는 동기들의 면면을 살펴보면 아연광에서 나온 원석을 국내에서 처음으로 제련에 성공시키어 비철금속분야의 새로운 경지를 개척한 금속과의 김연덕 동문, 미국의 원조로 유지되던 한국군의 군복 국산화에 따르는 규격의 제정, 낙후되어 있던 염색, 가공 기술을 보급 정착시키는 데 효율적으로 기여한 섬유과의 김용익 동문, 여러 가지 차량의 국산화에 따르는 동력 전달장치의 국내 첫 개발에 결정적으로 기여한 기계과의 김용직 동문, 한국 원자력 발전 1호기에서부터 모든 원자력 발전 설비의 설계, 건설, 운전에 앞장섰었고 급기야 원자력 발전 시스템의 국산화를 성공시킨 전기과의 민경식 동문, 자동차와 기관차에 들어가는 가단주철, 구상 흑연주철 등 특수 주철 제품 등을 국내 최초로 국산화시킨 기계과의 서정훈 동문, 36세의 젊은 나이로 청와대 경제수석(장관급)이 되어 우리나라 조선 공업진흥에 결정적으로 기여하여 영국에서조차 한국 조선공업의 아버지라고 불리는 조선과의 신동식 동문, 포항제철 건설초기에 입지 선정에서부터 건설, 운전이 이르는 모든 공정에 참여하여 세계적인 제철회사로 성공시킨 후 박태준 회장의 후임으로 회장자리에 올랐던 토목과의 정명식 동문, 국내에 전혀 없던 양모 공업 시스템 개발에 참여하고 섬유제품의 패션화에 선구자적인 리더 역할을 하였던 섬유과의 공석봉 동문 등이다.

아직 살아있는 9회 동기들 중에서 혹 이 글을 읽고 참여할 의향이 있으면 뜨겁게 환영하고 싶은 오늘이다. 

## 신임교수 소감



**박정원**  
화학생물공학부  
(물리화학)

한국의 과학 기술계를 이끌어갈 최고의 인재들을 양성해 내는 서울대학교 공과대학에 조교수로 임용되게 되어 기쁨과 동시에 큰 책임감을 느끼게 됩니다. 서울대학교 공과대학 학생들이 전문지식 뿐만 아니라 인문학적, 철학적, 사회적 소양을 겸비한 사회의 리더가 될 인재로 성장할 수 있도록 교육에 힘쓰고자 합니다. 그리고 최근의 연구는 여러 분야가 융합되거나 혹은 새롭게 파생되어 나오는 연구들이 새로운 가치를 만들어 내는 것이 큰 흐름입니다. 이런 흐름속에서 저도 새로운 분야를 창출하고 리딩하는 연구를 수행함으로써 서울대학교 공과대학의 명성을 높이는 데 중요한 역할을 할 수 있도록 노력하겠습니다.

### 약력소개

2000-2003 포항공과 대학교 화학과 학사      2006-2012 UC Berkeley 화학과 박사  
2012-2015 Harvard University Postdoc      2015-2016 Harvard University 연구원



**이덕주**  
산업공학과  
(경제성공학)

대학교수가 갖추어야 할 덕목으로는 첫째, 깊은 애정으로 제자들을 교육시키기 위한 타인을 사랑할 줄 아는 심성과 둘째, 사회적으로 필요한 연구 주제를 발굴하여 올바르게 수행할 수 있는 지적 능력, 마지막으로 자신의 연구결과를 통하여 사회발전에 일익을 담당하고자 자신을 채찍질 할 수 있는 사명감이라고 생각하고 있습니다. 우리나라 최고의 학부인 서울대학교에 임용되는 영광이 주어진 만큼, 세 가지 덕목을 마음 깊이 명심하고 학교 발전에 기여할 수 있는 구성원이 되도록 노력하겠습니다.

### 약력소개

1984-1988 서울대학교 산업공학과 학사      1988-1990 서울대학교 산업공학과 석사  
1990-1995 서울대학교 산업공학과 박사      1996-1997 일본 와세다대학 방문연구원  
2000-2016 경희대학교 산업경영공학과 교수



**이재욱**  
컴퓨터공학부  
(컴퓨터 아키텍처 및 시스템)

20여 년 전 처음 관악교정에 발을 들였을 때, 스스로 서울공대의 학생이 될만한 자격이 있는지 고민이 많았는데, 글을 쓰는 지금도 역할만 바뀌었을 뿐 본질적으로 같은 고민을 하고 있습니다. 교수로서 저의 가장 큰 소명은 청출어람 훌륭한 제자들을 많이 길러내는 일이며, 이를 위해 진력하고자 합니다. 학문적으로는 제 분야의 정직한 전문가들의 평가를 가장 소중히 여기고, 인격적으로는 하루 하루 얼굴을 맞대는 학생들, 학과/대학교수님들, 직원 선생님들의 평가를 가장 소중히 여기도록 하겠습니다. 마지막으로, 그것이 아무리 소박한 것이더라도, 제가 부임하기 전보다 서울공대를 조금 더 나은 곳으로 만들고 떠날 수 있다면, 큰 보람이 될 것입니다.

### 약력소개

1993-1999 서울대학교 전기공학부 학사      2000-2002 Stanford University 전기공학과 석사  
2002-2009 Massachusetts Institute of Technology 컴퓨터공학과 박사  
2009-2011 Parakinetix Inc. 연구원      2011 Princeton University 컴퓨터공학과 연구원  
2011-2016 성균관대학교 반도체시스템공학과 조교수



**이태우**  
재료공학부  
(유기/고분자 전자  
재료 및 소자)

서울대학교는 자기 전문 분야 즉, 공학자로서의 전문지식뿐 아니라 글로벌 리더로서 갖추어야 할 인문학적 소양 및 품성과 탈경계형 통합성 지성을 두루 갖춘 통합적 인재를 양성하는 것을 목표로 하고 있습니다. 제자들이 청출어람하여 보다 큰 세상에서 보다 큰 영향력을 미치는 훌륭한 리더로 성장해 사회로 다시 돌아오는 결과로 맺음이 되어야 한다고 믿고 있습니다. 이러한 글로벌 통합적 인재 양성을 저의 목표로 삼아 서울대에서 학생들을 섬기고 학생들의 미래 가치를 존중하면서 교육에 힘쓰도록 하겠습니다.

**약력소개**

1993-1997 한국과학기술원 화학공학과 학사      1997-1999 한국과학기술원 화학공학과 석사  
1999-2002 한국과학기술원 생화학공학과 박사      2002-2003 Bell Laboratory 박사후 연구원  
2003-2008 삼성종합기술원 전문연구원 (차장)      2008-2016 포항공과대학교 신소재공학과 조교수,부교수



**최정권**  
건설환경공학부  
(환경공학)

서울대학교 건설환경공학부에 부임하게 되어 영광입니다. 우리가 21세기에 풀어나가야 할 중요한 과제들 중 하나가 깨끗한 물의 지속가능한 공급과 관리입니다. 다음 세대가 더 풍요롭고 행복한 환경 속에 살아갈 수 있도록 서울대학교라는 최고의 연구 및 교육 환경 속에서 세계적인 연구에 힘쓰겠습니다. 또한 미래를 책임지고 leader로서 이끌어 나갈 우리 서울대 공대 학생들의 인재 육성에도 기여할 수 있도록 교육에도 힘쓰겠습니다. 선배교수님들과 공대 동문 선생님들의 많은 지도편 달 부탁드립니다.

**약력소개**

2003-2007 The Cooper Union 토목공학과 학사  
2007-2009 U. Illinois at Urbana Champaign 토목환경공학과 석사  
2009-2013 U. Illinois at Urbana Champaign 토목환경공학과 박사  
2013-2015 Stanford University 토목환경공학과 박사후연구원  
2016-2016 Clarkson University 토목환경공학과 조교수



**황원태**  
기계항공공학부  
(유체역학)

저는 1997년에 서울대학교를 졸업하고 유학길에 오른 이후 19 년 만에 귀국, 모교의 강단에 서게 된 기회를 영광으로 생각합니다. 지난 8년 동안 미국 General Electric (GE) 사의 선형 연구소인 Global Research Center 에 근무하면서 쌓은 다양한 경험과 지식을 바탕으로 한국의 에너지 및 환경 관련 산업 발전에 기여하고 싶습니다. 아울러, 후학들이 산업체 또는 학계에서 세계적인 리더로 자랄 수 있도록 교육에 매진하면서, 독자적인 연구 분야도 개척하고 선도하여 서울대학교 공과대학의 위상이 세계적으로 높아질 수 있도록 노력하겠습니다.

**약력소개**

1993-1997 서울대학교 기계공학과 학사      1997-1999 Stanford University 기계공학과 석사  
1999-2005 Stanford University 기계공학과 박사  
2005-2008 미국 Sandia National Laboratories 박사후 과정 연구원  
2008-2016 미국 General Electric (GE) Global Research Center 연구원

## 수상 및 연구 성과

### 수상 관련



#### 서울대 공대 '서울工大 자살예방 교육' 복지부장관 표창

서울대 공과대학이 올해 1월부터 신입생을 대상으로 실시한 체계적인 생명존중교육(자살예방교육)이 성과를 인정받아 '자살예방의 날(9월 10일)' 기념식에서 보건복지부 장관 표창을 받았다. 복지부는 자살예방법 제16조에 따라 자살예방의 날을 맞이해 자살문제의 심각성을 널리 알리고, 생명존중문화 조성에 이바지한 개인과 기관을 대상으로 상을 주고 있다. 공과대학 자살예방 교육은 전문강사의 강의와 함께 자살의 현황, 자살을 암시하는 징후, 자살의 동기에 대한 학습으로 진행됐다. 이는 경쟁과 스트레스에 시달리는 학생들이 자살에 대해 올바르게 인식하고 생명에 대한 존엄성을 갖게 했다고 평가받았다. 2016년도 1학기에 학부생과 대학원생 1100여 명이 수강했다.



#### 설승기 전기정보공학부 교수

#### IEEE 학술회의 최고업적상 수상

설승기 전기정보공학부 교수가 한국인 최초로 국제전기전자기술자협회(IEEE) 산하 산업 응용 분과(IAS) 국제 학술회의에서 수여하는 2016년 최고업적상(OAA)을 수상했다. 설 교수는 에너지 회생형 엘리베이터를 개발해 에너지를 절약할 수 있게 한 공로로 이 상을 수상하게 됐다. IEEE IAS는 1965년 설립된 전기전자 기술 산업 응용에 관한 학술 분과로 설 교수가 수상한 최고업적상은 1980년에 제정된 이 분야 최고상이다. 설 교수는 1991년 서울대에 재직할 이래로 특히 전기에너지 절약 기술 개발에 힘써왔다. 이에 앞서 설 교수는 지난 5월 IEEE에서 매년 32개의 기술 분야 중 특정 분야에 학문적 공헌을 한 석학회원에게 주는 기술분야상도 수상했다.



#### 서경덕 건설환경공학부 교수

#### 송산토목문화상 수상

서경덕 서울대 건설환경공학부 교수가 대한토목학회(회장 이성우)가 주관하는 제15회 송산토목문화대상 학술 부문 상을 9월 23일 수상했다.



#### 조맹효 기계항공공학부 교수

#### '이달의 과학기술인상' 11월 수상

이달의 과학기술인상은 과학기술자의 사기 진작과 과학기술 정신 확산을 위해 우수한 연구개발 성과로 과학기술 발전에 공헌한 연구 개발자를 매월 1명씩 선정해 미래부 장관상과 상금 1000만 원을 수여한다. 미래부와 연구재단은 조 교수가 '빛에 의해 대변형을 일으키는 광반응 고분자 소재의 기계적 거동 설계와 응용을 위한 멀티스케일 해석' 기술을 세계 최초로 개발한 점을 높이 평가해 11월 수상자로 선정했다. 멀티스케일 해석이란 문제를 해석할 때 특정 영역은 미세한 규모로, 나머지 영역은 거시적 규모로 거동을 분석하는 최신 수치기법을 말한다. 조 교수는 "광반응 소재를 유연로봇에 적용하고, 배터리나 전기 회로 없이 움직이는 작동기기의 설계 및 구현을 통해 산업 현장의 난제를 해결하고, 과학기술 발전에 기여하고 싶다"고 수상 소감을 밝혔다.

## 수상 및 연구 성과



**최기영, 정덕균** 전기정보공학부 교수, **하순회** 컴퓨터공학부 교수

### IEEE 석학회원 선정

전기정보공학부 최기영 교수, 정덕균 교수, 컴퓨터공학부 하순회 교수가 국제전기전자공학회(IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers) 석학회원(Fellow)으로 선정됐다. IEEE 회원의 최고 등급인 석학회원은 전기, 전자, 통신 등 각 분야의 10년 이상 경력자인 회원 중 탁월한 자질과 연구 개발 업적으로 사회 발전에 기여를 한 사람을 기준으로 매년 최상위 0.1% 내에서 선정된다. 이번 IEEE 석학회원으로 선정된 최기영 교수는 컴퓨터를 이용한 전자회로설계, 저전력 시스템 설계 등 다양한 분야에서 연구를 하고 있다. 특히 실시간을 고려한 저전력 시스템 설계에 대한 연구는 많은 후속 연구를 이끌어낸 바 있다. 이런 경력을 바탕으로 그동안 과학기술우수논문상, 삼성논문상 등을 수상하기도 했다. 정덕균 교수는 주로 직접회로설계분야에서 활발한 연구를 진행 중이며, 1995년에는 미국 실리콘밸리에서 실리콘이미지사를 공동 창업하여 현재 평판 디스플레이 인터페이스의 범용 표준이 되는 기술을 개발 및 상용화했다. 하순회 교수는 하 교수는 임베디드 시스템 설계 분야에서 활발한 연구 활동 중이며, 특히 정형적 컴퓨터 모델에 기반한 하드웨어-소프트웨어 통합 설계 방법론을 창안하여 관련 분야에서 우수한 연구 성과를 거두고 있다.



**한중훈** 화학생물공학부 교수

### 화학공학 분야 '최다 논문 발표자' 선정

미국 ACS(American Chemical Society) 출판사는 전세계 응용화학 및 화학공학분야 대표 학술지인 'Industrial & Engineering Chemistry Research'에 지난 5년간 가장 많은 논문을 게재한 5명 중 1명으로 한중훈 교수를 선정했다. 한 교수는 해당 학술지에 2011~2016년 동안 총 17편의 논문을 게재했고, 국제저널 전체에 총 53편의 논문을 게재했다. ACS 출판사는 1879년 'Journal of the American Chemical Society'를 시작으로 현재 50개 이상의 학술지를 구비하고 있는 곳으로, 매년 10만 명의 연구자들이 ACS 출판사를 통해 연구 논문을 발표하고 있다. 한중훈 교수는 현재 서울대 화학생물공학부에 재직 중이며, 동시에 산업통상자원부 지원을 받은 서울대 엔지니어링개발연구센터(EDRC)의 소장으로 글로벌 설계 인력 양성 사업을 이끌고 있다. 그동안 한 교수는 한국공학한림원 회원으로서 젊은 공학인상, 신양기술상, 박선원학술상 등을 수상한 바 있다. 지난 2009년에는 네덜란드 Elsevier 출판사에서 선정한 '최다 다운로드 논문 발표자'로 선정되기도 했다



**현택환** 화학생물공학부 교수

### 세계 상위 1% 연구자 선정

학술정보 서비스기업인 클래리베이트 애널리틱스가 11월 17일 공개한 '2016 세계에서 가장 영향력 있는 연구자' 명단에 따르면 국내에서 연구 성과를 낸 과학자는 28명이며 한국 국적 연구자는 26명이다. 26명 중에서 현택환 서울대 화학생물공학부 교수도 최우수 연구자로 꼽혔다. 톰슨로이터의 지적재산권 및 과학사업부가 독립한 클래리베이트 애널리틱스는 3년째 전 세계 과학·사회과학분야 연구자들이 발표한 논문의 피인용 횟수를 분석해 상위 1% 연구자를 발표하고 있다.

## 수상 및 연구 성과



**박찬국** 기계항공공학부 교수팀

### IPIN 2016 2년 연속 우승

기계항공공학부 항법전자시스템 연구실(Navigation and Electronic System Lab, 이하 NESL) 팀이 지난 10월 4일부터 5일까지 스페인 마드리드에서 개최된 국제 실내항법 경연대회인 IPIN 2016(Indoor Positioning and Indoor Navigation Competition 2016) 제2부문에서 2년 연속 우승했다. IPIN은 전세계 약 300명의 실내 위치인식 및 항법 전문가들이 참석하는 세계 유일의 학회로서, 2010년부터 유럽을 중심으로 각국의 실내항법 연구와 정책 및 이슈를 교환해왔다. 그 중 서울대 NESL 팀이 우승한 IPIN 2016 제2부문은 보행자 항법에 대한 것으로, 이번에는 스페인 알칼라 대학의 에스꾸엘라폴리테크니카(Escuela Politécnica Superior, Universidad De Alcalá) 건물의 1층부터 4층을 오르내리며 약 12분 동안 1km를 자유롭게 보행하는 미션이 주어졌다. 서울대 NESL 팀은 신발에 부착한 가속도 센서와 자이로만을 사용, 실시간 보행항법 시스템을 개발하여 가장 높은 위치 정확도(1.5m)를 기록했다. 실내에서 수행하는 보행자 항법은 GPS를 사용할 수 없다는 제약 조건 때문에 전세계적으로 매우 도전적인 주제로, 높은 정확도를 확보하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서 건물 내 사용자 위치 추정을 위해 건물 실내 지도, 와이파이 AP, 카메라 등 다양한 매체를 사용하는데, 서울대 NESL 팀은 그 중 자이로와 가속도 센서를 이용해 보행 시 신발과 지면이 닿아있는 구간에서의 속도를 정확히 추정함으로써 탁월한 성능을 얻었다.



**김승조** 기계항공공학부 명예교수

### ICAS Daniel & Florence Guggenheim Memorial Lecture Award 수상

9월 25일~30일 대전 컨벤션 센터에서 개최된 제30회 ICAS 국제 학술대회(The 30th ICAS Congress)에서 서울대학교 기계항공공학부 김승조 명예교수가 "ICAS Daniel & Florence Guggenheim Memorial Lecture Award"을 수상하였다. ICAS(International Council of the Aeronautical Sciences)는 Boeing, Lockheed Martin, ONERA, JAXA, DLR 등 각국의 대표적 항공우주 기관 및 기업이 멤버로 구성되어 있으며, 현재 5개 대륙, 32개 국이 참여하는 항공 분야 최대 국제 조직이다. 김승조 명예교수가 수상한 "ICAS Daniel & Florence Guggenheim Memorial Lecture Award"는 지난 60년 역사 중에 한국 학자로서 처음으로 수여받았다.

## 서울공대 연구성과



**이신두** 전기정보공학부 교수

### 모바일서 특수안경 없는 3D 영상기술 개발

전기정보공학부 이신두 교수 연구팀이 모바일 환경에서 특수안경 없이 2D·3D 영상표시 변환이 가능한 혁신적인 디스플레이 기술을 개발했다. 기존 디스플레이 방식은 대형 TV나 영화 등 안경을 착용하고 3D 영상을 감상해야 했기에 안경 착용에 의한 불편함이 단점이었다. 또 시정거리가 최소한 1~2m는 확보돼야 하기 때문에 휴대용 기기에는 적합하지 않다. 이 교수는 "중간판을 도입해 새롭게 만들어낸 개념은 3D 영상 디스플레이뿐 아니라 시야각 스위칭 디스플레이와 같은 다양한 차세대 디스플레이 개발에 활용될 수 있다"며 "모바일 환경에서 3D 영상을 지원하는 휴대용 기기 제조에 직접적인 도움을 줄 것"이라고 말했다. 이번 연구 내용은 11월 1일 광학분야 최상위 저널 중 하나인 미국광학회가 발행하는 '옵틱스 익스프레스(Optics Express)'에 게재되며 떠오르는 신기술로 큰 주목을 받고 있다.

## 수상 및 연구 성과



**홍용택** 전기정보공학부 교수

### '전기전도도 변화 예측' 이론정립

홍용택 전기정보공학부 교수연구팀이 고신축성 전도성 복합재료의 구조 변화에 따른 전기전도도의 변화를 정확하게 예측할 수 있는 새로운 퍼콜레이션 이론을 발표했다. 연구결과는 국제 학술지 '사이언티픽 리포트(Scientific Reports)'에 10월 3일자 게재됐다. 홍 교수연구팀은 신축에 따른 복합재료 내부의 전도 필러 재배치를 예측하고 검증할 수 있는 새롭게 이론을 정립했다. 개선된 퍼콜레이션 이론을 사용할 경우 넓은 범위의 기계적 변형 하에서도 전도성 복합재료의 특성 변화에 대한 정확한 해석이 가능하고, 특수하게 설계된 전도성 복합재료에 대해서도 기계적 변형 하에서의 전도도의 변화에 대한 정확한 해석이 가능하다.



**박남규** 전기정보공학부 교수

### 투명망토 구현할 신기술 개발

박남규 전기정보공학부 교수팀은 파동에너지를 자유롭게 제어할 수 있는 새로운 형태의 매질을 세계 최초로 개발해 국제학술지 '사이언스 어드밴시스'(Science Advances) 10월 14일 호에 발표했다. 이번 연구 결과는 파동에너지를 쓰는 광학, 음향학, 양자역학, 반도체 분야 등에 널리 적용될 수 있을 것으로 기대를 모으고 있다. 이번 연구에서 연구진은 두 매질의 장점만 조화롭게 섞은 새로운 매질을 만들었다. 연구진이 새로 개발한 매질은 파동에너지의 특성이 자유롭게 제어돼 원하는 형태의 파동을 전달하는 게 가능한 것으로 확인됐다.



**조선훈** 조선해양공학과 교수

### 냉간용접 현상 규명

조선훈 교수 연구팀이 규산염 계열 마이카 기저(mica substrate)의 영향으로 인하여 크기가 큰 금 나노입자에서도 냉간용접(cold welding)이 발생하는 현상을 발견하고 물리적 원리를 규명했다. 조선훈 조선해양공학과 교수와 차송헌 박사과정 학생(서울대 조선해양공학과)등 연구팀이 이 같은 개가를 올려 사이언티픽 리포트(Scientific Reports)에 온라인으로 게재되었다.



**최만수** 기계항공공학부 교수

### 태양전지 내구성 저하 매커니즘 최초 규명

최만수 기계항공공학부 교수와 안남영, 광귀성 박사과정 등 연구팀이 페로브스카이트 태양전지의 내구성 저하에 대한 핵심 메커니즘을 최초로 규명하는 동시에 20%의 고효율·고안정성 페로브스카이트 태양전지를 개발했다. 페로브스카이트는 부도체, 반도체, 도체의 성질과 함께 초전도 현상까지 보이는 구조의 결정구조 물질이다. 에너지 변환효율이 높아 차세대 태양전지로 떠오르고 있지만 그간 내구성이 부족하다는 단점으로 상용화에는 어려움이 있었다. 이에 최 교수 연구팀은 페로브스카이트 태양전지의 빠른 열화현상의 원인을 검증해 내구성을 향상시켰고 안정적인 결정 구조를 갖는 페로브스카이트 물질을 합성해 20%의 고효율·고안정성 페로브스카이트 태양전지 기술을 개발했다. 이를 상용화한다면 기존의 실리콘 태양전지에서는 구현이 불가능했던 플렉서블·웨어러블 전자기기에도 응용이 가능할 것으로 보인다. 이번 최 교수팀의 연구결과는 네이처 커뮤니케이션즈(Nature Communications)에 11월 10일자로 게재됐다.

## 국제협력소식

### 서울대 공대 이건우 학장, 아시아 공과대학 학장 포럼 참석



서울대 공대는 이건우 학장이 10월 24일 일본 도쿄대에서 열린 아시아 공과대학 학장 포럼(Asia Deans' Forum)에 참석하여 서울공대의 공학교육에 대하여 발표했다. 특히 이건우 학장은 서울대의 공학건설링센터, 공학전문대학원, 아이디어팩토리를 중심으로 서울공대의 공학교육에 대해 발표하여, 타 학장들로부터 많은 질문과 큰 관심을 받았다.

아시아 공과대학 학장 포럼은 일본 도쿄대 공대 Mamoru Mitsubishi 학장의 주관으로 최초로 이루어졌다. 해당 포럼에서는 중국 칭화대의 Wei Pan 학장, 홍콩 과학기술대의 Tim Kwang Ting Cheng 학장, 국립 싱가포르대의 Kee Chaing Chua 학장, 국립 대만대의 Jia-Yush Yen 학장이 대표로 참석했다. 이들은 최근 중점적으로 추진하고 있는 각국의 공학교육에 대한 소개를 하고 관련 질의응답을 했으며, 다양한 공대 상호 협력을 통한 교육 프로그램 개발을 협의했다.

### 비엔나공과대학 헬무트 포트만(Helmut Pottmann) 교수 방문

10월 18일, 비엔나공과대학 헬무트 포트만 교수가 우리 공대를 방문하여 특별 강연을 했다. 그는 비엔나공과대학에서 기하학적 모델링 및 산업 기하학 전공 교수로 역임하고 있다. 건축기하학 분야에서 세계적으로 저명한 학자인 그는 이날 공과대학 학생 및 교수진들에게 '현대건축의 응용수학(Applied Mathematics in Modern Architecture)'라는 주제로 강연을 했다. 헬무트 포트만 교수는 오스트리아 건축설계회사인 에볼루트(EVOLUTE)의 과학자문위원으로서 서울시 동대문디자인플라자(DDP)의 설계자인 Zaha Hadid에게 건축기하학 기술을 개발, 제공하여 실제 건립에 크게 공헌한 바 있다.

### 재료공학부-QSIU Training and Support Session 진행

재료공학부는 11월 10일 세계대학 평가기관의 평가부서인 QSIU(QS Intelligence Unit)의 Irene-Jay Shin 선임연구원을 초청하여 QS 랭킹에 대하여 논의하는 자리를 가졌다. 재료공학부 교수 및 QS 랭킹에 관심 있는 서울대 구성원이 모인 이 자리에서는, QS 재료공학 세계대학순위 평가 결과 및 공학 분야 결과를 비교 분석하며 대학 평가에 대한 이해를 높이는 시간을 가졌다.

### 서울대 공대 이건우 학장, 공동대회장으로 「2016 세계공학교육 및 글로벌 산학협력 포럼」 참여

서울대 공대는 교육부, 한국공학교육학회(KSEE), 세계공과대학장협의회(GEDC) 등 4개 기관과 함께 "스마트 사회를 위한 공학교육 및 글로벌 산학협력"이라는 주제로 「2016 세계공학교육 및 글로벌 산학협력 포럼」을 11월 6일(일)부터 10일(목)까지 코엑스(COEX)와 킨텍스(KINTEX)에서 개최했다고 밝혔다.

글로벌 산학협력 포럼은 2011년 출범하여 올해로 6회째를 맞는 세계 포럼으로서 한국에서는 최초로 개최되었으며, 공학교육과 관련한 산·학·연 연구성과를 공유하고 스마트 사회를 위한 공학교육 및 산학협력 발전을 논의하고자 마련됐다.

이건우 학장은 세계공과대학장협의회 공동대회장으로서 포럼에 참석했다. 이 학장은 폐회식을 통해 "공학교육페스티벌을 통해 젊은 엔지니어들의 열정과 비전을 보고, 공학교육의 밝은 미래를 확인할 수 있어 기쁘다"며, "공학교육은 스마트 사회를 위한 핵심 요소이기 때문에, 앞으로 산·학·연 사이 지속적인 정보 교류를 통해 이를 발전시켜야 한다"고 말했다.

# 인사발령

성명	직위/ 직명	소속/학과명	발령사항	임용기간	
				시작일	만료일

## 검보

홍성수	교수	공학전문대학원 응용공학과	자동차시스템공동연구소 소장	2016-09-01	2018-08-31
김현진	교수	기계항공공학부	글로벌공학교육센터 소장	2016-10-01	2016-12-31
여재익	교수	기계항공공학부	경력개발센터 소장	2016-10-02	2018-10-01
조맹효	교수	기계항공공학부	정밀기계설계공동연구소 소장	2016-11-01	2018-10-31
조보형	교수	전기·정보공학부	전력연구소 소장	2016-10-28	2017-02-28
박찬	교수	재료공학부	치안과학기술연구개발센터 소장	2016-08-31	2018-04-13
권동일	교수	재료공학부	복합환경제어멀티스케일시험 평가센터 소장	2016-11-14	2020-05-31
한흥남	교수	재료공학부	전략구조소재신공정 설계연구센터 소장	2016-09-22	2017-02-28
이상구	교수	컴퓨터공학부	빅데이터연구원 부원장	2016-09-09	2018-09-08
안경현	교수	화학생명공학부	공학전문대학원 부원장	2016-10-18	2018-10-17

## 검직

박준범	교수	건설환경공학부	(주)지오텍코리아 사외이사	2016-10-10	2018-12-31
문일경	교수	산업공학과	사단법인한국SCM학회 등기이사	2016-10-10	2019-09-30
이중수	교수	산업공학과	환경관리주식회사 사외이사	2016-10-10	2019-09-30
허은영	교수	에너지시스템공학부	국제에너지경제학회(AEE) 부회장	2017-01-01	2018-12-31
윤의준	교수	재료공학부	사단법인 대한금속·재료학회 부회장	2017-01-01	2018-12-31
장호원	부교수	재료공학부	사단법인 대한금속·재료학회 이사	2017-01-01	2019-12-31
박찬국	교수	재료공학부	사단법인 법안전용합연구소 이사	2016-10-05	2019-09-08
노명일	부교수	조선해양공학과	사단법인 한국해양공학회 산하 해양플랜트설계연구회 부회장	2016-10-01	2018-06-30
김병기	교수	화학생명공학부	재단법인 서경배 과학재단 이사	2016-09-06	2018-08-31
안경현	교수	화학생명공학부	사단법인 한국화학공학회 학술부회장	2017-01-01	2017-12-31
이중협	교수	화학생명공학부	사단법인 한국화학공학회 감사	2017-01-01	2017-12-31
김재정	교수	화학생명공학부	사단법인 한국화학공학회 이사	2017-01-01	2017-12-31
한중훈	교수	화학생명공학부	사단법인 한국화학공학회 이사	2017-01-01	2017-12-31
차국헌	교수	화학생명공학부	재단법인 대림수암장학문화재단 이사	2016-11-16	2019-02-24

# 인사발령

성명	소속/학과명	발령사항	임용기간	
			시작일	만료일

## 객원교원

김희집	산업공학과	객원교수 임용	2016-10-01	2017-09-30
박규호	산업공학과	객원교수 임용	2016-10-01	2017-09-30
이창한	산업공학과	객원교수 임용	2016-10-01	2017-09-30
조정환	산업공학과	객원교수 임용	2016-11-01	2017-10-31
신중운	산업공학과	객원교수 임용	2016-11-15	2018-11-14
유세기	전기·정보공학부	객원교수 임용	2016-10-24	2017-08-31
고석범	전기·정보공학부	객원교수 임용	2017-01-01	2017-06-30
오장수	화학생물공학부	객원교수 임용	2016-10-24	2017-10-23

## 겸임교원(4명)

김동수	건설환경공학부	겸임교수 임용	2016-09-01	2017-02-28
정수현	건설환경공학부	겸임교수 임용	2016-09-01	2017-02-28
최광철	건설환경공학부	겸임교수 임용	2016-09-01	2017-02-28
황한석	건설환경공학부	겸임교수 임용	2016-09-01	2017-02-28

## 산학협력중점교원

소남영	산업공학과	산학협력중점교원 임용	2016-11-15	2018-11-14
예병태	산업공학과	산학협력중점교원 임용	2016-11-15	2018-11-14
정명철	재료공학부	산학협력중점교원 임용	2016-11-15	2018-11-14
곽우영	공학전문대학원 응용공학과	산학협력중점교원 임용	2016-11-15	2018-11-14
오병수	공학전문대학원 응용공학과	산학협력중점교원 임용	2016-11-15	2018-11-14
이봉환	공학전문대학원 응용공학과	산학협력중점교원 임용	2016-11-15	2018-11-14

## 연구교원

이창근	신소재공동연구소	연구부교수 임용	2016-09-15	2016-12-15
Xu Wentao	신소재공동연구소	연구부교수 임용	2016-10-01	2017-09-30
박선호	뉴미디어통신공동연구소	연구조교수 임용	2016-10-01	2017-09-30
윤인섭	엔지니어링개발연구센터	연구교수 임용	2016-10-01	2017-02-28

## 발전기금 납부현황

### 보통재산 기부금 출연자

(2016년 8월 21일 ~ 2016년11월 20일 까지)

대학과의 관계	성명	출연금액(원)	출연조건	비고
기계공학과(70졸)	김재학	30,000,000	공대동창회: 위임	
무기재료공학과(76졸)	김형준	4,000,000	재료공학부: 위임	
무기재료공학과(76졸)	김형준	5,000,000	공과대학: 위임	
산업공학과(86졸)	윤명환	2,000,000	공과대학: 위임	
응용물리학과(73졸)	신현식	10,000,000	컴퓨터공학부: 위임	
조선공학과(65졸)	황성혁	1,500,000	조선해양공학과: 기관운영	
토목공학과(56졸)	성백전	6,000,000	토목과동창회: 장학금	
토목공학과(70졸)	이성우	2,000,000	토목과동창회: 위임	
토목공학과(86졸)	김재영	400,000	건설환경공학부: 위임	
화학공학과(89졸)	강희신	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
화학공학과(93졸)	허영진	1,000,000	화학생물공학부동창회: 위임	
기타	류철	25,000,000	컴퓨터공학부: 위임	
학부모	이정석	500,000	건설환경공학부: 위임	
The George Washington University		17,527,222	기계항공공학부 기계전공: 위임	
(재)동부문화재단(이사장 강경식)		9,000,000	공과대학: 장학금	
(주)코모텍(대표이사 김덕근)		5,000,000	전기정보공학부: 기관운영	
(주)해원까지종합건축사사무소(대표이사 서진철)		10,000,000	건축학과: 문화교육	
(주)희림종합건축사사무소(대표이사 정영균)		50,000,000	건축학과: 국제협력	
네이버(주)(대표자 김상헌)		100,000,000	컴퓨터공학부: 위임	
미래융합기술과정 13기일동		30,000,000	공과대학: 위임	
삼성전자(주)(대표이사 부회장 권오현)		200,000,000	컴퓨터공학부: 위임	
엘지전자(주)(대표이사 구분준)		24,463,000	기계항공공학부 기계전공: 위임	
최고산업전략과정 55기일동		30,000,000	공과대학: 위임	
하나금융투자 신림역지점(지점장 신화섭)		1,920,000	공과대학: 위임	
2016년도 8월 21일 ~ 2016년도 11월 20일 모금총계		566,310,222		

## 발전기금 납부현황

### 기본재산 기부금 출연자

(2016년 8월 21일 ~ 2016년 11월 20일 까지)

대학과의 관계	성명	출연금액(원)	출연조건	비고
국제경제학과(98졸)	김도형	1,800,000	공과대학: 장학금	김태영 장학금
기계공학과(71졸)	이봉주	30,000,000	기계항공공학부 기계전공: 장학금	
원자핵공학과(96졸)	김용환	500,000	공과대학: 장학금	김태영 장학금
의학과(96졸)	김윤경	300,000	공과대학: 장학금	김태영 장학금
(주)밀레니엄포스(대표 조웅태)		4,000,000	기계항공공학부 기계전공: 장학금	조명희/고병남 장학기금
2016년도 8월 21일 ~ 2016년도 11월 20일 모금총계		36,600,000		

## 발전기금 소식



**김은지**  
서울대학교 공과대학  
전기정보공학부

### 아름다운 나눔의 소리

고등학생 시절부터 교환학생은 제게 하나의 꿈이었습니다. 단순한 여행이 아니라 짧게나마 외국에서 학교를 다니며 생활해보고, 다른 나라 학생들과 생각을 나누며 보다 넓은 세상을 경험해보는 것이 대학생생활 중 이루고 싶은 하나의 목표였습니다. 그리고 마침내 GLP 장학생으로 선정되어 2016

년 봄에 독일 함부르크 공과대학에서 값진 경험을 할 수 있었습니다.

GLP 프로그램을 통해 얻은 가장 큰 성과는 자신감이 생겼다는 것입니다. 처음 독일 생활을 시작했을 때는 영어를 유창하게 잘하는 외국 학생들 사이에서 말 한마디 하기 힘들었습니다. 말을 하다가 영어 실력이 부족해서 말문이 막힐까, 내가 말하는 것에 답답해하지 않을까 걱정부터 들었습니다. 하지만 그들과 함께 생활하고 대화하다보니 실력은 부족하더라도 부담이나 걱정 없이 말을 하게 되었습니다. 그리고 혼자 외국에서 생활하면서 크고 작은 사건사고들이 많았습니다. 건강에 문제가 생겨 프랑스, 독일에서 병원에 가고, 혼자 여행가서 핸드폰이 고장 나 오프라인 여행을 하고, 기차에 짐을 두고 내려 경찰서에 찾으러 가기도 했습니다. 사실 우리나라에서 벌어졌다

면 크게 문제없는 일들이었지만 외국에서, 그리고 혼자 여행하다가 벌어진 일들이라 크게 당황했고 불안했습니다. 하지만 사건당시 주위에 있던 사람들에게 도움을 받고 해결해가면서 어떤 상황이든 해결할 수 있다는 자신감이 생겼습니다.

GLP 프로그램 기간 동안 정말 많은 사람들을 만나 문화를 나누었습니다. 프랑스, 핀란드, 독일, 이탈리아, 파키스탄 등 다양한 나라에서 온 사람들과 어울렸고, 서로 자신의 나라 음식을 나누었습니다. 또 서로의 생각도 말하고 들었습니다. 이 중에는 예상했던 것도 있지만 까맣게 모르고 있던 것들이 훨씬 많았습니다. 특히 라마단 기간을 보내는 친구들을 보면서, 말로 간단히 들었던 것보다 그 문화에 대해 더 구체적으로 알 수 있었습니다. 이와 같은 경험을 통해 다양한 문화와의 교류의 중요성을 깨달았고, 한국에 돌아가서도 외국인 학생들과 교류할 수 있는 프로그램에 많이 참여하고 싶다는 생각이 들었습니다.

6개월간의 경험은 제게 큰 자산이 되었습니다. 훗날 제 삶에서 영향을 많이 끼친 경험들이나 사건들을 되돌아보았을 때 빼놓을 수 없을 정도로 GLP 프로그램은 즐거웠고 제게 큰 영향을 끼쳤습니다. 제가 이렇게 좋은 경험을 할 수 있었던 것은 선배님들의 관심이 있었기에 가능한 것이었다고 생각합니다. 본인의 발전뿐만 아니라 후배들의 역량을 강화시키기 위해 지원을 아끼지 않는 선배님들께 감사의 인사를 드리고 싶습니다.

# 동창회비 납부현황

2016년 11월 30일 현재

## 2016년도 동창회(임원회비)비 납부자 명단

### 동창회장

김재학(기계24)

### 수석부회장

이기석(금속31)

### 부회장(13명)

박심수(기계31) 이희국(전자28) 이영필(조항25) 박중흠(조선32)  
김병환(자원35) 김창호(산업30) 김하방(원자핵31) 남북규(섬유30)  
장세창(전기23) 김대하(토목28) 이철희(제계42) 조진욱(화공29)  
김진일(금속29)

### 자문위원(7명)

조봉규(섬유27) 정무현(토목27) 조성구(산업30) 한성섭(조선29)  
신혜경(건축31) 조태환(조항23) 임무택(자원33)

### 상임이사(4명)

박하영(산업33) 박용수(자원41) 장성섭(항공31) 기원강(조선29)

### 이사(7명)

김재영(토목40) 백철훈(항공32) 온기현(산업31) 최해문(자원44)  
김봉재(조선49) 송정희(전자35) 진양석(섬유46)

## 2016년도 동창회(일반회비)비 납부자 명단

### 건축학과(27명)

우남환(25) 김통호(28) 전창영(26) 곽삼영(9) 김명근(11) 김형모(12)  
권기득(31) 김인수(33) 조남일(28) 송신현(21) 이산욱(10) 성명미상(31)  
이명호(11) 황인호(14) 한상훈(33) 김기준(15) 이원도(19) 고영희(35)  
안우성(43) 강의철(31) 김명환(27) 김선복(20) 김덕재(12) 임현용(27)  
조용훈(36) 김동규(18) 정지수(24)

### 기계공학과(49명)

양인철(22) 이석규(17) 오병창(21) 이승복(19) 서정수(54) 신현수(57)  
홍석도(23) 이정일(19) 정영근(21) 이효일(23) 조래승(14) 김형진(9)  
김중채(15) 서대교(25) 박태용(51) 김기현(14) 민만영(26) 이후식(30)  
안상춘(26) 배승환(12) 이병락(29) 서정훈(9) 방정섭(23) 신광현(15)

임종염(10) 백효석(20) 조장하(11) 이재철(36) 신승용(58) 허철수(28)  
인성남(21) 박무근(18) 노규환(16) 조건일(23) 김판수(11) 김희웅(65)  
김학준(26) 김정근(19) 김천욱(13) 박병완(36) 김광수(34) 이영재(23)  
이창호(15) 오수익(22) 이문희(19) 조양래(18) 성명미상(19) 유정열(23)  
김주영(19)

### 기계설계공학과(6명)

성명미상(50) 김성하(47) 김원규(46) 박희정(52) 신현욱(50) 김광일(39)

### 금속공학과(15명)

조영선(21) 권혁환(41) 송정식(29) 김수광(17) 한희서(19) 강춘식(13)  
최정근(23) 허강현(39) 윤정목(21) 문제춘(32) 정주열(34) 은광용(19)  
김유진(19) 안승일(11) 정홍용(22)

### 재료공학부(과)(2명)

허태욱(59) 김덕중(28)

### 전기공학과(36명)

정태증(10) 조병문(19) 김세진(5) 고명삼(9) 민경식(9) 문희성(11)  
김주용(17) 남광문(19) 유무웅(18) 정진수(25) 강길건(23) 전영국(20)  
김영희(17) 안준영(10) 강호석(21) 양승택(15) 송수영(9) 박준근(21)  
이수남(27) 이성기(12) 이창건(8) 김중환(18) 오재건(19) 곽희로(21)  
송대호(26) 양승열(25) 박상근(28) 노환영(16) 김주한(14) 김정철(14)  
조병덕(11) 권순룡(35) 조희원(12) 김영수(13) 호영철(18) 김유경(26)

### 전자공학과(6명)

김윤기(12) 최형진(28) 정호상(17) 노홍조(10) 황현(25) 이동린(20)

### 자원공학과(22명)

신동성(22) 송주철(15) 박재주(12) 조응현(16) 지만식(19) 김성언(29)  
최두일(33) 김정우(15) 윤문(21) 유상희(18) 강구선(21) 김종석(16)  
이청원(21) 김석무(25) 임상택(15) 김완식(24) 윤우석(21) 윤병권(15)  
김영(10) 강희태(18) 전효택(25) 이경한(23)

### 조선공학과(22명)

최길선(23) 박홍규(11) 김효철(18) 이근명(21) 김계주(15) 조정호(53)  
구자영(12) 고웅일(20) 박승균(21) 민철기(16) 이재근(16) 임종혁(18)  
강용규(10) 박용철(13) 이종례(15) 박우희(12) 김주영(13) 김천주(18)  
조필제(4) 서승일(38) 김명린(19) 노오현(17)

# 동창회비 납부현황

## 토목공학과(44명)

이정부(20) 김봉중(16) 전광병(32) 한광석(24) 전동철(15) 정명식(9)  
오정일(22) 백이호(21) 김광남(19) 최석주(9) 차재근(19) 최선주(17)  
국천표(20) 최우방(21) 신동수(10) 전연욱(16) 함건철(28) 황재천(23)  
주기만(22) 박재규(15) 전형식(24) 김성호(36) 우중삼(14) 김광명(16)  
한철중(13) 오재화(20) 이익용(15) 김철순(11) 정진삼(19) 김준언(28)  
김병태(15) 손승래(12) 이동철(36) 이성모(35) 황해근(14) 유상부(18)  
김영수(18) 김수웅(18) 안철호(6) 이현철(61) 주재욱(12) 공철규(15),  
류간성(18) 이병수(16)

## 화학공학과(25명)

김태문(13) 김희창(16) 유심덕(19) 박건유(18) 최재열(27) 인주선(17)  
김륜(10) 정재관(15) 이정균(9) 차금열(19) 장삼진(9) 배재흠(31)  
박진수(31) 정인수(31) 최운재(10) 홍성일(12) 김유향(20) 정숙철(16)  
장경현(38) 황덕규(24) 박상서(41) 김도심(12) 이부섭(14) 고영주(25)  
정창우(27)

## 응용수학과(2명)

우치수(26) 최금영(22)

## 산업공학과(5명)

이종남(31) 권봉일(27) 황문창(54) 윤승원(33) 구자공(29)

## 섬유공학과(24명)

김영섭(30) 조병철(19) 김채식(12) 오승환(25) 신중필(12) 이경익(18)  
전승범(39) 천주훈(22) 유인봉(14) 백승욱(16) 백영방(13) 경세호(11)  
이승욱(16) 심용기(11) 공석봉(9) 이호경(34) 이유진(21) 장기주(12)  
현희현(13) 박달수(27) 이상경(26) 성명미상 이상운(30) 김노수(6)

## 공업교육과(8명)

최기연(32) 이재순(32) 이광성(24) 한창석(26) 김신태(21) 주영재(30)  
손경업(23) 정상구(31)

## 공업화학과(3명)

이종대(36) 이상룡(30) 송기국(30)

## 원자핵공학과(5명)

진금택(30) 신동식(31) 이황원(17) 이재근(19) 채성기(17)

## 항공공학과(3명)

박정주(36) 정우식(38) 김지환(36)

## 컴퓨터공학과(2명)

권태경(47) 오세현(41)

## 최고산업전략과정(18명)

김경동(31) 김재호(37) 정윤계(31) 조인형(13) 유명호(43) 김윤필(32)  
이건구(24) 유길상(9) 권영익(19) 이현희(15) 임석재(2) 최창식(11)  
이현영(8) 정주용(37) 최평욱(7) 강용원(51) 박종우(6) 홍강지(30)

## 건설산업최고전략과정(3명)

신광순(8) 이창섭(3) 오윤택(5)

## 나노융합P최고전략과정(1명)

정태화(10)

## 미래융합기술과정(2명)

양태운(4) 안성훈(1)

## 엔지니어링프로젝트매니지먼트과정(2명)

조영제(1) 이상돈(8)

## 학과미상(7명)

김종찬 김동진 김총식 정상진 이재욱 이경호 김동주

## 정보미상(52명)

지로용지에 정보가 기재되어 있지 않은 분들입니다.

- ※ 동문님의 정성어린 납부 감사합니다. 동창회비는 동창회 운영뿐만 아니라 『서울공대』지 발간 등 모교 지원에 매우 유용하게 사용되고 있습니다.
- ※ 회비를 납부하셨으나 납부자 정보를 정확히 기재하지 않아 명단에 누락된 분들이 계십니다. 이점 양해바라며 동창회 사무실(02-880-7030)로 연락주시면 처리해 드리겠습니다.
- ※ 동문회비는 『서울공대』지에 첨부된 지로용지나 계좌이체(농협 301-0105-7492-91 서울공대동창회)를 통해 납부하실 수 있습니다.(연회비 3만원, 종신회비는 없음)

# 공대 동창회 소식

## 2016년도 서울공대동창회 정기총회 및 송년회 개최



12월 01일(목) 오후 5시 30분부터 서울대 엔지니어하우스 대강당에서 '2016년도 서울공대동창회 정기총회 및 송년회 행사'가 개최되었다.

이날 추운 날씨에도 불구하고 공대동문 약 130여명이 참석하여 자리를 빛내주었다. 특히 이번 행사는 동문들을 위한 식전 행사로 칵테일파티를 진행하여 동문들이 편히 담소를 나눌 수 있는 시간이 되었다.

김재학 동창회장의 개회사를 시작으로 임광수 전임 서울대총동창회장의 축사 및 이건우 공대학장의 현황보고가 이어졌다.

1부 정기총회에서는 한 해 동안 공대동창회의 여러 행사 및 회의, 예산·결산을 보고하는 시간을 가졌다.

이어진 2부 송년회 행사에서는 올해 처음으로 전문사회자인 개그맨을 초청하여 화기애애한 분위기에서 진행되었다.

가장 연장자이신 염희택(금속/3기수)동문의 건배 제의로 만찬을 시작하였으며, 서울대 음대 성악 4중창 단의 축하공연으로 분위기는 더욱 무르익었다.

가장 기수기 높은 박종후(전기/53기수)동문의 건배제의로 만찬을 종료하였다.

끝으로 경품추첨을 통해 많은 동문과의 화합의 자리를 가지며 2016년 한 해를 정리하는 뜻깊은 시간이 되었다.

특히 김재학 동창회장님께서 송년회 행사를 위해 3,000만원을 쾌척하시어 더욱 풍요로운 행사로 진행 되었다.



## 학과별 동창회 소식

### 금속재료학과 동창회

#### 제 31회 금속재료의 날 행사

지난 10월 9일(일) 서울대 버들골 잔디밭에서 제 31회 금속재료의 날 행사가 열렸다. 금속재료의 날은 매년 10월 두번째주 일요일에 금속재료인과 금속재료동문의 가족들이 즐거운 시간을 보내며 서로의 근황을 알 수 있도록 자리를 만든 행사로, 이날 행사에 150명 이상의 금속재료동문들께서 가족들과 함께 참석하시어 자리를 빛내주었다. 김진일 회장의 개회사를 시작으로 원로동문들의 인사말과 함께 축배를 들었다. 오랜만에 보는 동기들과 선후배간에 담소를 나누며 점심식사를 마친 후, 함께 체육대회를 하며 즐거운 시간을 보냈다. 이어 10배수 기념품 증정 및 행운권 추첨이 진행되었고, 김진일 회장의 폐회 선언으로 마무리하였다.



### 전기 동창회

#### 전기동문회 홈커밍데이 개최

서울대 전기동문회의 대표 행사인 홈커밍데이가 지난 9월 24일(토) 오후 3시에 서울대 글로벌공학센터 다목적홀에서 개최되었다. 43기(박현철 기간사)의 지원으로 준비된 이번 행사는 130여명의 동문과 가족들은 여러 종류의 게임과 레크리에이션에 참여하며 모교에서의 즐거운 추억을 가졌으며 저녁 만찬 후 행운권 추첨은 행사의 즐거움을 더했다. 무엇보다 장세창(23회) 동문회장의 개회사와 이달우(7회) 교문님의 건배사는 전기 동문들의 마음을 더욱 한 마음 한 뜻을 다지는 뜻 깊은 자리가 되었다.



### 전자공학과 동창회

#### 2016년 하반기 기간사 회의

일시 : 2016년 10월 6일(목) 오후 6시반 장소 : 장원한정식  
 참석: 안수길(8회), 이민철(16회), 백만기(30회, 수석부회장), 주성철(28회), 공진홍(34회), 이종창(37회), 이상식(39회), 이혁재(41회, 간사장)  
 바쁘신 중에도 회의에 참석해 주신 기간사님들께 감사드립니다.



#### 2016년 하반기 회장단-고문 연석 회의 및 전자전기정보공학재단 제3차 이사회

일시 : 2016년 10월 19일(수) 오후 4시반 장소 : 락구정  
 참석: 이희국(28회, 동문회장), 이윤우(23회), 김철동(25회), 허염(28회), 전국진(31회, 재단 이사장), 백만기(30회, 수석부회장), 이재홍(30회), 최두환(30회), 정덕균(35회), 이혁재(41회, 감사장/재단 사무장)  
 바쁘신 중에도 회의에 참석해 주신 임원들께 감사드립니다



#### 2016년도 2학기 김정식 특지장학금 수여식

일시: 2016년 8월 30일(화) 오후 2시 장소: 서울대학교 문화관 중강당  
 김정식 특지장학금 수여식이 지난 8월 30일 서울대학교 문화관 중강당에서 개최되었다. 김정식 특지장학금은 평소 모교 발전과 후배 육성을 위해 아낌

## 학과별 동창회 소식

없이 헌신하시는 김정식 동문(전자6회, 대덕전자 회장)께서 서울대 전기·정보공학부 후배들을 위해 지정한 기부금으로 2016년 2학기에는 1명의 대학원생과 8명의 학부생에게 27,914,000원이 지급되었다. 이번 수여식에는 바쁜 일정으로 인하여 김정식 동문님을 대신하여 유재학 대덕전자 감사께서 대리 수여하여 주셨다.



### 2016년도 2학기 전자전기정보공학재단 후배사랑 장학금 수여식 및 간담회

일시: 2016년 9월 9일 (금) 12시

장소: 서울대학교 132동 뉴미디어통신공동연구실 대회의실/세미나실

서울대학교 132동 뉴미디어통신공동연구실 대회의실에서 2016학년도 2학기 전자전기정보공학재단 후배사랑 장학금 수여식을 개최하여, 총 27명의 전기·정보공학부 장학생들에게 83,773,000원의 장학금을 지원하였다. 이번 수여식 및 간담회에는 전국진 재단이사장(전자31회, 서울대 교수)과 김정식 재단이사(전자6회, 대덕전자 회장), 이재욱 재단이사(전자19회, 노키아티엠씨 명예회장), 이희국 동문회장(전자28회, (주)LG 고문), 정덕균 재단이사(전자35회, 서울대 교수), 노중선 재단감사(전자35회, 서울대 교수), 이현재 재단 사무장(전자41회, 서울대 교수), 이병호 전기·정보공학부 학부장(전자41회), 홍용택 학생부학부장(전자48회, 서울대 교수) 등 학내·외 인사들께서 참석해 주시어 후배들을 격려하고 꿈과 비전 그리고 나눔을 통한 사랑 실천의 메시지를 전하는 뜻깊은 자리가 되었다.



### 화학공학부 동창회

#### 2016~2017년 추계정기총회

- 2016년 11월 15일 (화) 오후 6시 / 서울 프라자 호텔

2016년 추계 정기총회가 11월 15일 (화) 서울 프라자호텔에서 개최되었다. 동문 100여분의 동문이 참석하여 성황을 이루었다.

김준현 (48회, 화공) 간사장의 진행으로 시작된 추계 정기총회는 작년 한 해 동안 작고하신 동문님들에 대한 묵념을 시작으로 조진욱 (29회, 화공) 동창회장의 인사말, 부학부장인 김병수교수 (44회, 공화)의 인사말에 이어 2016~2017년 회장단과 간사진의 인사가 이어졌다. 또한 작년에 총괄 부회장과 간사장으로 봉사해주신 탁용석(38회 화공, 전 총괄 부회장) 동문과 김종민 (47 공화, 전 간사장) 동문께 감사의 뜻으로 감사패를 전달해 드렸으며, 학생회장에게 리더십 장학금 수여식도 마련되었다.

동창회에서는 젊은 동문들에게 동창회를 소개함으로써, 선배가 후배를 찾고 후배도 선배를 찾는 끈끈한 동창회를 만들어 보고자 총회 때마다 후배를 한 기수씩 초청하기로 하였다. 그래서 올해 추계총회는 1998년에 입학한 98학번 분들을 초청하는 자리도 마련하였다. 또한 총 9분이 참가해주신 화학공학과 28기 동문님들께도 양주를 선물하는 자리를 마련하였다. 2부 행사로는 작년 8월에 퇴임하신 김화용 명예교수 (26회 화공)께서 좋은 강의로 추계 정기총회를 마쳤다. 또한 15회 (화공) 동기 일동으로 헌금 찬조를 해주셨다.

### 토목공학과 동창회

#### 2016년 토목동창회 모교방문의 날 개최

10월30일(일) 서울대학교 38동 락구정에서 졸업 30주년을 맞이한 40회 동창회가 주관하는 2016년 모교방문의 날 행사가 개최되었다. 201명의 동문과 57명의 동문가족이 참석하여 자리를 빛내주었다. 동창회장의 인사를 시작으로 자랑스러운 올해의 동문상 및 해외건설인의 상 시상, 동창회 장학금 수여, 원로동문 선물증정 순으로 행사를 진행하였다. 또한 행사를 주관한 40회의 특별찬조금 및 감사패 전달식, 40회 동기소개, 은사님 소개 등의 시간도 가졌다.



## 학과별 동창회 소식

### 자랑스러운 올해의 동문상 및 해외건설인상 운영위원회 모임

2016년도 자랑스러운 올해의 동문상 및 해외건설인상 수상자 선발을 위한 운영위원회 모임이 9월20일(화) 오전7시30분 대치동 하동관에서 있었다. 후보자를 대상으로 심도있게 논의 한 결과 자랑스러운 올해의 동문상에는 31회 이상복(대저건설 대표이사), 36회 김우종(DM엔지니어링 대표이사), 38회 박창근(대한하천학회장), 38회 심만석(바우건설대표 대표이사) 4분의 동문이 선정되었고, 자랑스러운 해외건설인상에는 12회 편도권(前 유신코퍼레이션 부회장) 동문이 선정되었다.



### 제 7회 토목동창회 바둑대회

제7회 토목동창회 바둑대회가 11월19일(토) 서초 서라벌 한정식에서 개최되었다. 29분의 동문이 참석하여 대국하였다. 바둑대회 간사인 48회 전세진 동문의 인사말을 시작으로 열띤 대국을 벌였으며, 배유진 프로가 판정 및 지도대국을 해 주었다. 우승은 23회 이종천 동문이 차지하였고, 준우승은 23회 조경원 동문이 차지하였다. 40회 최욱, 48회 전세진, 34회 한만엽 동문이 일부 식비협찬, 14회 이환범과 28회 현인환 동문 주류협찬, 28회 김대하 동창회장이 주류 및 상패협찬을 하여 바둑대회가 순조롭게 진행될 수 있도록 많은 도움을 주었다.



### 서토산 모임(서울대학교 토목동창회 산악회)

서울대학교 공과대학 토목동창회 산악회의 애칭인 서토산 모임이 9월, 10월, 11월 각 불암산, 도명산, 도봉산을 등반하였다. 동문들은 함께 산행을 하며 가을에서 겨울로 넘어가는 길목의 정취를 느낄 수 있었다. 올해는 12월 마지막 송년 산행을 남겨두고 있다.



### 여성 동창회

#### 2016 WINNS day 서울대학교 여성공대인 네트워크의 날

지난 11월 5일 39동 BK홀에서는 서울대학교 여성공대인 네트워크의 날 행사가 개최되었다. 행사는 류전희(건축40기) 현 공대 여성동창회장의 인사말로 오전 11시에 시작되었는데, 다양한 학번의 졸업생과 재학생들이 만나는 기회가 흔치 않은 만큼 이번 행사의 분위기는 매우 화기애애했다. 간단한 회계보고와 정관 승인, 차기 동창회장 선출 등의 시간을 간략히 가진 후 점심 식사가 시작됨에 따라 본격적인 동문간의 네트워킹이 시작되었다. 모두 공대 출신 여성이라는 공통점을 가지고 있었지만 사회에 진출하여 갖게 된 직업의 스펙트럼은 굉장히 넓었고, 한참 고민이 많은 재학생들이 진로에 대해 실마리를 찾을 수 있는 기회가 되었다.



## 최고산업전략과정(AIP) 소식

### [제56기 입학식]

2016년 8월 31일 수요일, 본교 엔지니어하우스에서 AIP 제 56기과정의 입학식이 진행되었다. 제 55기 이후 에너지시스템공학부 허은녕 교수가 주임 교수를 담당하고 있으며, 기계항공공학부의 강연준 교수가 53기부터 부주임 교수를 담당하고 있다. 제 56기는 기업의 임원, 정부출연연구소, 금융, 사법 및 각 행정부처 간부 등으로 구성된 원우들로 출범하였다. 이번 입학식에도 원우들이 가족과 함께 자신을 소개하는 자리가 마련되어 더욱 뜻 깊은 시간이 되었다.



### [추계 골프대회]

2016년 10월 31일(월) 낮 12시, AIP총동창회 추계 골프대회가 양주CC에서 개최되었습니다.

김석환 동창회장님과 역대회장님을 비롯하여 총 170여명의 동창들이 참석하였고, 43팀이 경기에 참여하여 저녁에는 시상식 및 만찬이 진행되었습니다. 김석환 회장님과 김학규 골프회장님을 비롯하여 동창들께 총 25건의 협찬을 받았습니다. 동창회에서는 골프대회를 기념할 수 있도록 동창들께 개인별 사진첩을 제공하였습니다. 동문들의 참여와 협찬으로 더욱 유익하고 뜻 깊은 자리가 되었습니다.



### [주말 합숙 세미나]

2016년 9월 24일 토요일부터 9월 25일 일요일까지, 양일에 걸쳐 제주도 신라호텔에서 제 56기 주말 합숙 세미나가 개최되었다. 합숙세미나에서는 '하나의 주제를 보는 서로 다른 눈'이라는 주제로 공과대학 박용태 교수의 강

연이 있었으며, 이후 분과별 장기자랑 및 각 분과의 소개가 이어졌다. 2일차에는 애월 한담해안로 트레킹 활동을 통하여 56기의 결속을 다지는 의미 있는 시간이 되었다.



### [AIP총동창회 / 9월 정기학술세미나]

2016년 9월 28일(수), 정기학술세미나가 개최 되었습니다. 김석환 동창회장님과 이건우 공대 학생님을 비롯하여 총 240여명의 동창들이 참석 하였습니다. JW메리어트호텔에서 오전 7시에 행사를 시작하여, 특별강연과 조찬이 진행되었습니다. 인천대학교 경제학과 양준호 교수님께서 아메바경영을 주제로 강연하였고, AIP총동창회 동문간의 교류를 나누는 뜻 깊은 자리가 되었습니다.

### 57기 모집안내

- 1) 수업기간: 2017년3월 8일 ~ 2017년 8월 23일
- 2) 수업시간: 매주 수요일 오후 6:00~9:10
- 3) 모집인원: 50명 내외
- 4) 입학자격:
  - 가. 공·사 기업의 경영자 및 임원
  - 나. 정부 각 기관의 고위공무원
  - 다. 법원/검찰 부장 판사/검사
  - 라. 정부출연연구소 및 기타 연구기관의 고위 연구원
  - 마. 각 군의 장성급 장교
  - 바. 경찰청 경무관 이상
  - 사. 기타 주요기관의 기관장급
- 5) 원수접수 마감: 2017년 2월 1일(수) 까지
- 6) 접수방법: 우편 접수 및 방문접수, 온라인접수, 이메일접수 가능
- 7) 원서교부 및 접수장소:
  - : 서울특별시 관악구 관악로1 서울대학교 310동 B101호
  - AIP홈페이지: <http://aip.snu.ac.kr>
- 8) 문의: 02-880-7021/ [aip@snu.ac.kr](mailto:aip@snu.ac.kr)

## 건설산업최고전략과정(ACPMP) 소식

### [제11회 ACPMP 홈커밍데이 관악음악회]

올해로 11회를 맞는 ACPMP 홈커밍데이 관악음악회가 '청춘'을 부제로 하여 9월 20일 서울대학교 교수회관에서 개최 되었다. ACPMP 총동창회가 주최하고, ACPMP 13기와 사무국이 주관하는 본 행사는 ACPMP 동문 및 동문 가족이 함께하는 Home Coming Day 행사로서 약 400여명이 참석하여 자리를 빛내주었다. 이현수 주임교수의 환영사, 한국건설산업연구원 이상호 원장과 ACPMP 총동창회 김재식 회장의 축사로 시작 된 음악회는 많은 동문들이 잔디마당에서 성악가 및 대중가수들의 공연을 즐기며 초가을밤의 정취를 느꼈다.



### [제12회 ACPMP 총동창회 골프대회]

10월 15일(토) 용인 레이크사이드 CC에서 ACPMP 총동창회 및 총동창 골프회가 주최하고, ACPMP 총동창 골프회 및 ACPMP 12기가 주관한 'ACPMP 총동창회 제12회 골프대회'가 열렸다. ACPMP 1기~13기 동문 약 200여명이 참석하였으며, 각 기수별 동창회 및 개인 후원금과 여러 동문들의 다양한 상품 협찬으로 더욱 풍성한 행사가 되었다. 단체전 우승은 5기, 준우승 6기, 3위는 12기가 차지하였으며 개인전 우승은 12기 전용일, 메달리스트는 6기 김길수, 다버디는 12기 남정규, 니어리스트는 3기 이재철, 롱기스트는 13기 강종구 동문이 수상하였다.



### [13기 해외졸업세미나]

12기는 11월 25~27일에 일본 동경, 하코네에서 졸업세미나를 개최하였다. '도심 속 건축과 예술연구'를 주제로 진행 된 졸업세미나는 21-21 디자인 사이트, 동경대학교 방문하였고, 하코네 신사, 황거 외 다양한 건축물과 문화재를 관람하였다.



### [13기 제2차 토론탐표회]

12기 과정을 마무리하며 11월 22일(화)에 제2차 토론탐표회가 열렸다. '한국 건설기업의 선진화 실천 방안'란 대주제를 가진 이번 토론탐표회에는, 5개 분과에서 '① 선진 건설기업의 벤치마킹과 시사점 ② 건설기업의 사회공헌 실태와 과제 ③ 대·중·소 건설기업의 상생 협력 방안 ④ 건설기업의 첨단 기술 적용 전략 ⑤ 건설인력 수급 및 양성 방안' 이라는 5가지 주제를 가지고 분과별로 토론 한 내용을 정리하여 발표하였다. 이현수 주임교수를 포함한 ACPMP 운영위원 8명(서울대학교 교수와 한국건설산업연구원 연구위원으로 구성)이 심사위원으로 참석하였고, 심사결과에 따라 우수분과와 발표 우수자에 대한 시상식 수료식 날 진행된다. 1, 2차 토론 내용은 13기 토론결과보고서로 제작되었다



# 산업안전최고전략과정(AIS) 소식

## 국내산업시찰-환경안전원

9월 8일(목) 조재영 주임교수 인솔하에 서울대학교 환경안전원을 견학하였다. 대학의 안전한 생활환경과 연구환경을 조성하고 안전문화를 정착시키기 위해 설립된 기관으로 대학원생, 연구원, 직원, 교수가 참여하는 환경안전교육, 연구실안전관리, 바이오안전관리, 방사선안전관리 및 연구실 사고대응훈련 등의 안전관리 체계를 구축하고 있으며, 연구자의 안전과 건강을 확보하고자 노력하고 있었다. 연구실 안전관리 현황교육 후 환경 안전 표준실습실 견학으로 환경안전원 시설견학을 마무리 지었다.



## 2학기 국외산업시찰-캄보디아

AIS 12기 교육생 일동은 10월 19일(수)~23일(일) 3박 5일 일정으로 캄보디아 산업시찰을 다녀왔다. 운영위원 김남수 교수, 홍유석 교수의 인솔로 진행된 산업시찰은 기업친화적인 정책을 추진중인 공단지역인 프놈펜 경제특구(Special Economic Zones)를 시찰 하였으며, 씨엠립에서는 복원없이 유지보존중인 타 프롬 및 앙코르 톰 유적군 견학을 통해서 캄보디아의 유적지 관리 및 복구의 현 실태를 파악할 수 있었다. 세계문화유산인 왕의 사원 앙코르와트도 견학하였으며, 동양최대의 담수호인 톤레삽 호수 조망을 통해서도 수상가옥 실태를 파악할 수 있었다. 앙코르 국립박물관 견학을 끝으로 이번 국외산업시찰을 마쳤다.



## 논문발표회

11월 30일(수) AIS 논문발표회가 진행되었다. AIS 교육실에서 오전, 오후 두 그룹으로 나누어 발표회가 진행되었다. 심사위원으로는 AIS 운영위원 교수들이 참석하였으며, 1인당 15분간 발표 후 5분간 질의응답으로 진행되었다. 1년간 노력의 결실을 맺는 자리여서 그런지 많은 교육생들의 긴장한 모습이 역력했다. 최우수논문과 우수논문을 선정하여 수료식 당일 상패수여식이 진행될 예정이다.

## AIS 13기 모집안내

- 1) 수업기간 : 2017년 3월 - 2018년 1월(전일제)
- 2) 수업시간 : 매주 월요일 - 금요일(9:30-15:20)
- 3) 입학자격 : 공 · 사기업 및 산업계기관 부 · 처장급 이상
- 4) 접수기간 : 2017년 1월 2일 - 2월 13일

※ 문의 : mimi0772@snu.ac.kr / http://aissp.snu.ac.kr

Tel : 02-880-9328 AIS과정 행정실

# 나노융합P최고전략과정(NIP) 소식

## 14기 입학식

NIP 14기 입학식이 2016년 9월 2일, 호암교수회관 무궁화홀에서 진행되었다. 행사 당일에는 14기 입학생과 신희영 연구부총장, 이건우 공과대학장 등 내외빈이 참석한 가운데 진행되었으며, 서울대학교 경영대학 김수옥 교수 “초경쟁시대의 패러독스 경영전략” 주제로 입학식 특강이 제공되었다. 이어 서울음대 재학생들의 축하공연과 함께 입학생을 소개하는 자리로 마련되었다. 본 과정은 나노융합분야를 Ubiquitous Medicine, Energy Clean Tech, Nano Materials, Smart IT 네 분야로 나누어, 각 분야별 최신 기술트렌드와 IP를 동시에 습득할 수 있는 국내 최고 수준의 강의와 심도 있는 토론 수업을 제공한다. 14기에는 특히, 최근 이슈가 되는 ‘개인의료, 재생에너지, 신재료, 인공지능, 자율주행’ 등 새로운 나노응용 영역을 확장하였고, 우수한 IP, 그리고 외국의 정보도 매주 온라인으로 발간하는 ‘NIP생증계’를 통해서 신속히 제공할 것이다.



## 14기 워크샵

NIP 제14기 워크샵이 지난 2016년 10월 21일(금) ~ 22일(토), 인천 네스트호텔에서 열렸다. 이날 행사에는 제14기 수강생과 박영준 주임교수, 이윤식 교수, 차국현 교수, 심영택 교수 등 운영진을 포함 총 40여명이 참석하여 진행되었다. 행사에서는 운영진인 이윤식 교수의 “건강과학” 특강과 함께, 수강생들의 소속 회사 및 개인을 소개하는 시간을 충분히 할애하여 진행하는 등 14기간의 활발한 네트워킹 시간을 가졌다.



## 14기 산업시찰

지난 2016년 11월 18일(금) NIP 14기 원우들과 박영준 주임교수, 운영진 등 20여명이 참석한 가운데 (주)녹십자 R&D센터와 (주)동진씨미캠 연구소를 방문하여 기업 소개, 현장 투어 등을 진행하면서 각 기업의 경영노하우와 미래 비전을 나누는 시간을 가졌다. 경기도 용인 기흥 소재 (주)녹십자 R&D센터는 혈액제제, 백신제제, 일반의약품 등 제약 전문업체로 14기 허진성 부장의 원우사이며, 경기도 성남시 분당 소재 (주)동진씨미캠 연구소는 감광액, 금형 청소제, 발포제 등 반도체 및 LCD용 생산 전문 업체로 14기 이준혁 대표의 원우사이다. 산업 시찰을 통해 수강생들은 평소 관심을 가지고 있던 분야의 기업체를 방문하고 상호간의 협력방안도 만들어 가는 기회가 되었다.



## 15기 수강생 모집

1.교육기간 : 2017년 3월 10일 - 2017년 8월 25일 (6개월),

매주 수요일 오후 5시~9시 수업

2.모집대상 : 40명 내외

3.지원자격

- 1) 21세기 신성장동력을 찾는 기업 CEO, CTO
- 2) IP management와 관련한 국내외 기업(기관) 책임자 및 담당자
- 3) 국내기업, 연구소, 대학, 기술이전 전담기관에 종사하는 분
- 4) 벤처캐피탈리스트, 변호사, 회계사, 변리사 등 나노응용기술 수요자
- 5) 기타 위 자격과 상응하다고 인정되는 분으로 분야 및 직종에 제한을 두지 않음

4.지원 및 기타 문의

- 1) 마 감 : 수시모집
- 2) 접수방법 : 홈페이지에서 지원서 다운로드 후 이메일 접수
- 3) 접수문의 : NIP 사무국 (02-880-8901 / nanoip@snu.ac.kr)
- 4) 홈페이지 : <http://nanoip.snu.ac.kr/>

## 미래융합기술과정(FIP) 소식

### FIP 제13기 논문 발표회

2016년 10월 18일(화), FIP 제13기 원우들의 논문 발표회가 있었다. 제13기 원우들은 지난 1년간 서울대학교 공과대학 미래융합기술과정(FIP)에서 사물인터넷(IoT), 인더스트리 4.0, 빅데이터, 로봇, 핀테크 다섯 가지 분야의 강의를 들으며 배운 내용을 각 종사 분야에 접목해보았고, 이를 바탕으로 작성한 논문을 발표하였다. 원우들 간 연구결과를 공유하며 지난 1년간의 노고를 격려하는 시간을 보냈다.



### FIP 신기술 창업 전시회 개최

미래융합기술과정(FIP)은 2016년 10월 25일 서울대 엔지니어하우스에서 공과대학 학생 창업 신기술 전시회를 개최하였다. 이번 전시회는 서울대 학생들이 개발한 우수한 신기술을 공과대학 동문들에게 제공하는 취지로 기획되었으며, 서울대 공과대학 창의적 종합설계 경진대회에서 수상하였던 우수한 팀을 참가 대상으로 정하였다. 참가팀은 태그솔루션, 엔젠스윙, S-sinker 등 총 5팀이며 투명 LED 필름, 토목 건설환경 드론 데이터서비스, 수중 드론, 의료용 대·소변 측정 장치, 폐열·폐수 재사용을 통한 친환경적 정수공정 디자인 등 다양한 분야의 신기술이 전시되었으며 참가자들의 많은 관심으로 큰 호응을 얻었다. 이번 전시회는 신기술을 개발한 학생들에게는 각 분야의 실무진에게 기술에 대한 상용화 및 사업 발전에 대한 조언을 들을 수 있었고, 전시회를 참관한 공과대학 동문들에게는 새로운 기술을 사업에 접하는 기회를 만들 수 있는 뜻 깊은 시간이 되었다.



### 서울대학교 미래융합기술과정(FIP) 제 13기 수료식

서울대학교 공과대학 미래융합기술과정(주임교수 김태완)의 제13기 수료생 56명은 2016년 11월 1일(화) 본교 엔지니어하우스 1층 대강당에서 수료식을 가졌다.

홍성수 부주임교수의 사회로 진행된 본 수료식은 김태완 주임교수의 학사 보고와 기념사를 시작으로 이근우 공과대학 학장의 식사, 신희영 연구부총장의 치사, 김기중 FIP 총동창회장의 축사로 이어지며 진행되었다. 이후 오세동 FIP 제13기 원우회 회장의 답사와 발전기금 전달식을 끝으로 많은 축하 속에 수료식이 성대히 마무리 되었다. 이번 제13기 과정은 사물인터넷, 인더스트리 4.0, 빅데이터, 로봇, 핀테크 핵심주제로 미래 산업발전 전략, 기업 경영 전략, 인문학적 소양에 대하여 서울대학교 교수들로 구성된 최고의 강사진을 중심으로 다루어졌다. 이번 수료자들에게는 성낙인 서울대 총장 명의의 이수증서가 수여되었다. 최우등상은 이인환 ETRI 단장, 최우수논문상은 이동준 LG넥스원 M&S 연구센터 센터장, 특별공로상은 에버가드 오세동 회장이 수상하였다.

식을 마친 후 중식의 라쿠치나에서 제공된 리셉션을 가지며 올해 한 해 동안 진행된 FIP 제13기 과정을 마무리하는 시간을 보냈다.



### FIP 제14기 입학안내

1. 기간 : 2017년 3월 28일 ~ 2017년 11월 7일(총 23주 강좌)  
매주 화요일 오후 6시~9시 30분
2. 모집인원 : 60명 내외
3. 지원자격 : 최고경영자 및 임직원/ 행정/ 사법/입법부 공무원 및 전문직 인사
4. 핵심주제 : 사물인터넷(IoT), 인더스트리 4.0, 인공지능, 빅데이터, 핀테크
5. 모집기간 : 2017년 1월 13일(금)
6. 문의 : FIP 행정실(02-880-2648 / [fip@snu.ac.kr](mailto:fip@snu.ac.kr) / <http://fip.snu.ac.kr>)

# 엔지니어링프로젝트 매니지먼트 과정(EPM) 소식

## EPM 11기 수료식

EPM 11기 수료식이 2016년 9월 30일(금) 오후 5시, 서울대학교 엔지니어하우스 대강당에서 열렸다. 11기는 총 20명의 입학생 중에서 단 한명의 낙오도 없이 20명 전원 CEPM 인증과 EPM과정 수료를 무사히 마쳤다. 이 날 수료식 행사에는 이건우 공과대학장, 김현진 GECE 센터장, 박준범 주임교수를 비롯하여 송성진 교수(기계항공공학부), 장범선 교수(조선해양공학과), 지석호 교수(건설환경공학부), 박창우 객원교수 등 EPM 운영위원들이 참석하였다. EPM 총동창회에서는 길상석 총동문회장(7기, 대우조선해양) 이재훈 고문(4기, ㈜대주기계 부사장), 김한수 총동문 총무(5기, 대우조선해양), 주태식

(1기, ㈜대우건설 차장), 성익창(1기, ㈜포스코건설 Sr.Manager), 윤종남(2기, ㈜KCE 엔지니어링대표), 김성우(2기, ㈜아이디어정보기술 이사), 최정근(3기, 성우조경(주) 사장), 권형진(3기, 한국스파이렉스사(주) 이사), 정태주(4기, ㈜길화건설 부장), 등 EPM 동문들이 참석하여 후배들의 수료를 축하하고 그 동안의 노고를 치하하는 시간을 가졌다. 수료식은 지식호 교수(EPM 운영교수, 건설환경공학부)의 사회로 이루어졌으며, 박준범 주임교수의 학사보고, 이건우 공과대학장의 축사, 이재훈 고문의 축사, 11기 원우회장 답사 등의 순서로 진행되었다. 수료식 2부 행사는 EPM 총동문회 주관으로 11기 수료생들의 총동문회 일원이 되는 것을 축하하는 자리로 마련되었다.



## 2017년 Engineering Project Management 제12기 모집

### 엔지니어링 프로젝트 매니지먼트(Engineering Project Management : EPM)

- ※ 교육기간 : 2017년 2월 24일(금)~2017년 9월 1일(금)  
총6개월 (총165시간)  
매주 금요일 14:00~21:00 (6시간) ※석식제공  
워크샵 2회 및 해외연수 포함
- ※ 지원자격 : 경영, 기술, 연구개발, 영업, 금융, 법무 등 분야별 전문가로  
글로벌 프로젝트 실무 책임자급
- ※ 모집영역 : 건설, 플랜트, 조선해양, 항공우주, 자동차, 전자전기, ICT 등  
엔지니어링 기반기술 산업 전분야
- ※ 입학정원 : 30명 내외
- ※ 교육장소 : 서울대학교 공과대학 38동 글로벌공학교육센터
- ※ 원서접수 : 2017년 1월 11일(수)~2월 8일 (수)
- ※ 등록마감 : 2017년 2월 17일 (금)
- ※ 입 학 식 : 2017년 2월 24일 (금)
- ※ 제출서류 : 입학지원서 1부
- ※ 입학문의 : EPM 사무국 02-880-1715,  
홈페이지. <http://epm.snu.ac.kr>

*Create! The Future*

*Challenge! The Perfection*

*Inspire! The World*

|주|해안건축



## 래미안 이촌 첼리투스

[Raemian Ichon Caelitus]

2016 한국건축문화대상 준공건축물 공동주거부문 본상 수상

# 로봇 산업의 뿌리, 지난 반세기 HIGEN이 걸어 온 길입니다.

하이젠모터의 모션제어모듈을 공유할 **신상품 아이디어를 공모**합니다.  
**사업 파트너**를 구합니다.



## Robot Control Servo System



모션제어기



Servo Motor



Servo Driver