

한 립 원 의

치량



COVER STORY

THEME • 정책수립을 위한 과학기술인의 역할

인트로 | 기정학(技政學)적 시대의 도래

기고 | 배종태 KAIST 테크노경영대학원 교수

조화순 연세대학교 정치외교학과 교수

PEOPLE

황선욱 고려대학교 교수

강인식 서울대학교 명예교수

양정운 성균관대학교 교수

노준석 POSTECH 교수

하경자 부산대학교 교수

조민수 POSTECH 교수

배옥남 한양대학교 교수



SNS Hub

한림원의 열아홉 번째窓

The Greatest Benefit to Humankind

세상에 있는 것들 중에서 악용되지 않는 것은 없다.

과학과 기술의 진보는 항상 연속적으로 위험성을 가지고 있다.

나는 이를 극복하고 인류의 미래에 공헌하려 한다.

나는 내가 죽은 후에 평화를 위한 목적으로 사용될 수 있도록 기금을 남길 것이다.

- 알프레드 노벨(1833~1896)

“노벨상을 받기 위한 연구를 하지 않았다. 열정과 호기심을 갖고 끈기 있게 연구했을 뿐이다.”

노벨과학상 수상자들에게 수상의 비결을 물으면 매년 같은 대답이 돌아옵니다. 마치 과거 전국 1등의 단골 대답인 “국영수를 중심으로 예수복습을 철저히 했다”와 같습니다. 어느 노벨상 수상자는 얼마나 같은 질문을 많이 받았는지 “어떻게 해야 노벨상을 탈 수 있는지를 안다면, 당신에게 가르쳐주는 대신 내가 한 번 더 받을 것”이라고 답한 적도 있습니다.

그렇다면 한국의 노벨과학상 수상을 위한 방법도 단순할 것입니다. 우리나라 과학자들이 열정과 호기심을 갖고 끈기 있게, 노벨의 유언처럼 ‘인류에 공헌’하는 연구를 할 수 있도록 해야겠지요.

이번 한림원의 창(窓)은 ‘세상 안의 과학기술’을 향해 열었습니다.

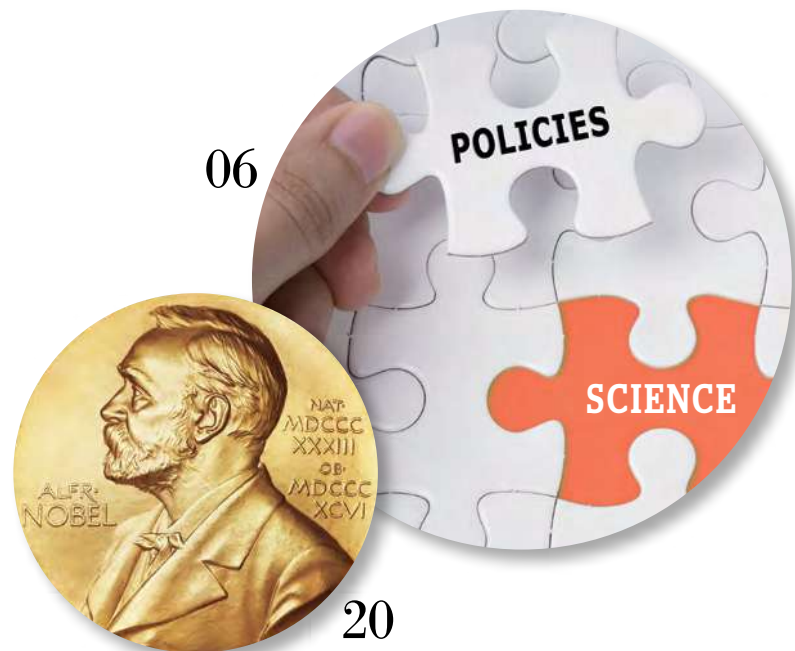
2021년 커버스토리 연간주제인 ‘과학기술인의 사회공헌’의 세 번째 이야기로 ‘정책수립을 위한 과학기술인의 역할’에 대해 전문가들의 의견을 들었습니다. 커버스토리과 이어지는 여러 코너에서 노벨상에 대한 이야기도 담았는데, 수상의 비결이나 정책 이야기보다는 과학연구의 즐거움과 어떻게 인류에 기여했는지를 탐구했습니다.



가을호에서 만난 사람들은 모두 연구의 즐거움과 가치를 아는 행복한 과학자였습니다. ‘교차점에서의 대화’에 참여한 2018년 노벨물리학상 수상자 도나 스트리클랜드(Donna Strickland) 워털루대학교 교수는 “레이저 기술의 진보에 기여할 수 있다는 것이 무엇보다 즐겁고 중요하다”라고 강조했고, 우리나라를 대표하는 여성 기후학자인 하경자 부산대 교수는 “바다를 보고 자라며 키운 꿈을 토대로 연구하고 그 결과를 국가와 사회가 필요한 곳에 쓰고 싶다”고 합니다. 인공지능 분야의 촉망받는 젊은 과학자인 조민수 POSTECH 교수는 “대가들과 컴퓨터비전 분야를 이야기할 때 행복하다”며 눈을 반짝이고 있었습니다.

이번 한림원의 창을 통해 연구자들이 늘 찾아오는 겨울을 이겨낼 수 있는 온기를 얻기를 희망합니다. 감사합니다.

2021년 가을,
김 호 근 한림원 출판기획부원장



CONTENTS

Cover Story I

과학기술인의 사회공헌

③ 정책수립을 위한 과학기술인의 역할

07 [❶ INTRO]

기정학(技政學)적 시대의 도래
과학기술인의 사회적 역할, 정책 전면에 확대 필요

12 [❷ 기고1]

과학기술을 위한 정책을 넘어,
국가정책을 위한 과학기술이 필요하다
배종태 KAIST 테크경영대학원 교수

16 [❸ 기고2]

휴머니티 기술혁신 생태계와 과학기술인의 역할
조화순 연세대 정치외교학과 교수



Cover Story II

2021 과학부문 노벨상 해설

노벨상의 길로 이어진 연구의 힘

21 [❶ 노벨생리의학상]

일상이 던진 질문에
감각의 과학이 응답하다
황선욱 고려대 의과대학 교수

24 [❷ 노벨물리학상]

지구온난화 연구의 과학적 토대 구축한
마나베, 그리고 노벨상 단상
강인식 서울대 지구환경과학부 명예교수

27 [❸ 노벨화학상]

도전과 집념에서 나온 신개념:
비대칭 촉매반응에 대한 유기적 접근
양정운 성균관대 에너지과학과 교수

사람들

30 [교차점에서의 대화]

“마음이 이끄는 대로 재미있는 것을 찾아
스스로를 행복하게 만들라”

도나 스트리클랜드 캐나다 워털루대학교 교수 +
노준석 POSTECH 석좌교수 +
이지현 서울대 대학원생 +
이찬희 한민고등학교 2학년

44 [❶ 회원 인터뷰]

하경자 부산대학교 자연과학대학 교수
지구환경에서 발견한 이치를 토대로
미래 기후의 방향성을 찾아 나서다

48 [❷ Dr.Y의 노트]

조민수 POSTECH 컴퓨터공학과 교수
“관계”적인 컴퓨터비전을 통해
인공지능 혁신을 꿈꾸다”

한림원 인사이드

36 [❶ 한림원 특별기획 프로그램]

가을은 과학을 즐기는 계절

38 [❷ AASSA 보고서]

“모든 청소년들은 양질의 과학교육을
받을 권리가 있다”

40 [❸ 각국 한림원 아카이브 사업 탐구]

세계 한림원이 자국의 과학기술 역사와
석학을 기억하는 방법 ‘아카이브’

심포

52 [연재기고] 인생논문을 만나다 ❶

질병 원인 규명에 대한 과학적 접근:
브래드포드 힐의 1950년 논문
배옥남 한양대 약학대학 교수

57 [과학문화산책]

과학기술자들이 볼만한 유튜브는 없나요?
전문가를 위한 과학기술 유튜브 채널 소개

58 회원 동정

61 한림원 소식

63 공지사항

한 국 과 학 기 술 한 림 원

경기도 성남시 분당구 돌마로 42(구미동)
전화 031)726-7900
팩스 031)726-7908
홈페이지 www.kast.or.kr

‘한림원의 창’은 과학기술진흥기금 및
복권기금의 지원으로 분기별 발행됩니다.

발행인 한민구 원장
편집인 김호근 출판기획부원장
편집위원 김광웅 인하대학교 기계공학과 교수
유상렬 서울대학교 농생명공학부 교수
이승희 서울대학교 약학대학 교수
김성재 서울대학교 전기정보공학부 교수
박근태 동아사이언스 과학동아데일리 부장
정민영 화목커뮤니케이션즈 실장
기획·편집 정윤하 한림원 홍보팀 팀장
최정아 한림원 홍보팀 선임행정원
제작·인쇄 경성문화사 02)786-2999



과학기술인의 사회공헌 ③

정책수립을 위한 과학기술인의 역할

【편집인의 말】 한림원의 창은 2021년 커버스토리 연간주제로 ‘과학기술인의 사회공헌’을 선정하고 과학기술이 인간 생활의 거의 모든 영역에 걸쳐 지대한 영향력을 미치는 이 시대, 과학기술인의 역할과 책임을 찾아보고자 합니다. △봄호(21세기 과학자의 역할과 책임) △여름호(사회적 가치 실현을 위한 연구개발) △가을호(정책수립을 위한 과학기술인의 역할) △겨울호(과학커뮤니케이션) 등의 순으로 진행됩니다.

가을호에서는 주요국 및 우리나라 과학기술정책 자문기구 현황을 살펴보고, 과학기술 이해도 증진과 진정한 의미에서의 사회적 담론 형성을 위해 무엇을, 어떻게 해야 하는지 사례를 통해 알아봤습니다. 또한, 국가 과학기술 정책을 위한 과학기술인들의 사회적 역할에 대해 전문가들의 고견을 들어봅니다.

01 / 【Intro】
기정학(技政學)적 시대의 도래
과학기술인의 사회적 역할, 정책 전면에 확대 필요

02 / 【기고1】 배종태 KAIST 테크노경영대학원 교수
과학기술을 위한 정책을 넘어, 국가정책을 위한 과학기술이 필요하다

03 / 【기고2】 조화순 연세대학교 정치외교학과 교수
휴머니티 기술혁신 생태계와 과학기술인의 역할

기정학적 시대의 도래

과학기술인의 사회적 역할, 정책 전면에 확대 필요



바야흐로 기술패권 시대다. 전 세계는 지금 첨단기술의 패권 다툼으로 치열하게 경쟁 중이다. 기술 경쟁력 확보가 국가의 미래에 결정적 역할을 하게 됨에 따라 각 국가는 과학기술을 기반으로 한 국가 전략을 수립하고 기술 주권 확보에 적극적으로 나서고 있다.

최근 국제사회에 큰 영향을 미치고 있는 미국과 중국의 패권경쟁의 핵심도 ‘과학기술’이다. 중국은 시진핑 국가주석을 중심으로 경제 패권국 도약을 목표로 하는 중국몽(中國夢) 실현을 위해 전력을 다하고 있다. 특히 반도체와 같은 핵심 부품의 국산화율을 세계 최고 수준으로 끌어올리겠다는 목표를 세우고 있는데, 이 점이 미국과의 갈등을 양산하는 기폭제가 됐다. 이에 미국은 중국 반도체 기업에 대한 기술제재와 통제를 강화했고, 관련 법안을 만드는 등 중국 견제에 본격적으로 나서고 있는 상황이다.

조 바이든 미국 대통령이 국정 최우선에 과학기술을 내세운 건 익히 알려진 사실이다. 그는 취임하면서 과학이 언제나 행정부 정책의 전면에 있을 것이라고 언급하고 과학기술인들을 적극적으로 중용하고 있다. 또 미국과학재단(NSF)의 역할을 확대하여 기술의 응용분야와 첨단제품의 개발을 지원할 수 있도록 5년 간 1,000억 달러(한화 약 118조 원)의 예산을 추가로 증액하는 법안 ‘끝없는 프런티어법(Endless Frontier Act)’을 제정하기도 했다.

전 세계를 둘러싼 과학기술 생태계가 급격한 변화와 마주하고 있다. 무엇보다 과학기술에 대한 이해 없이 경제 발전 혹은, 미래를 대비한다는 것은 불가능한 일이 되어 버린 지 오래다. 이광형 KAIST 총장은 지난 10월 열린 ‘2021 서울 국제포럼-KAIST 혁신전략정책연구소 공동포럼’에 참석해 “과거 국제정치는 정치외교의 관점, 현재 국제정치는 경제논리의 관점에서 접근했다면 미래 국제정치의 핵심은 기술”이라며 “지리적인 위치 관계가 국제정치에 영향을 미치는 지정학(地政學)적 시대에서 기술패권이 국제정치를 좌우하는 기정학(技政學)적 시대가 온다”고 언급했다.

과학기술이 인류의 명운을 좌우하는 핵심적 변인으로 대두되고 있는 이때, 과학기술계와 과학기술인은 어떤 역할을 해야 할까.

“과학기술을 위한 정책”

주요국 및 우리나라 정책자문기구 현황
30주년 ‘국가과학기술자문회의’, 국가과학기술 혁신
리더십 확대 필요

과학기술 경쟁력 확보를 위한 첫 번째 단추는 혁신적 창의적 연구개발(R&D)이 이루어질 수 있도록 하는 과학기술정책의 수립이다. 과학기술정책은 국가의 과학기술 개념·철학의 수립은 물론이고 추진 방향과 투자 전략 등을 포함하므로 정부를 중심으로 민간전문가 또는 관련단체 등이 폭넓게 참여하는 과정을 거친다. 장기적인 기본계획부터 전문적인 영역을 다루는 특정 분야 진흥사업까지 수많은 과학기술정책의 수립과 집행이 필요한데 각국은 이러한 과정을 아우르고 통합적 시각으로 국가 전략을 수립하기 위한 방안으로 과학기술정책 최상위 자문기구를 설립, 운영하고 있다.

각국의 자문기구는 국가별로 역사 및 문화적 영향에 따른 특색을 보이지만, 과학기술을 통해 국가 발전 및 국민의

안녕을 도모하는 데 그 목적을 두고 있다는 점에서 공통점을 갖는다. 대체로 행정부 수반에 대한 자문기구로서 중장기 과학기술 정책과 전략과제에 대한 조정과 심의, 또는 자문을 맡아 국가 과학기술 혁신정책의 사령탑 역할을 한다. 실질적으로 갖는 권한과 영향력은 상이하지만 자문기구에서 다루는 정책과 이슈를 살펴보면 해당 국가의 전체 방향성을 살펴볼 수 있다.

미국의 대통령과학기술자문위원회(이하 PCAST)는 바이든 정부 출범 이후 위원수가 12인에서 30인으로 확대됐다. 이 중 20인은 미국과학·공학·의학한림원 회원이다. 올해 9월, 바이든 대통령은 직접 브리핑을 맡아 “미국 역사상 가장 다양한 지도자들이 PCAST를 대표하게 됐다”며 “이들은 미국의 가장 시급한 과제를 해결하기 위한 정책 권고안을 개발할 것”이라고 발표했다. 이후 공개된 대통령의 핵심질문 5가지는, △팬데믹으로부터 무엇을 배울 수 있는지 △기후변화 등의 해결책을 만드는 과학기술 혁신을 어떻게 만들어낼 것인지 △미국이 중국과의 경쟁에서 우리의 경제적 번영과 국가 안보에 매우 중요한 미래 기술 및 산업 분야의 세계리더임을 어떻게 보장할 것인지 △과학기술의 결과

S C I E N C E

물이 모든 미국인에게 돌아갈 것임을 어떻게 보장할 수 있을지 △과학기술의 건전한 생태계를 어떻게 확보할 수 있는지 등이다. 지난 9월, 이틀 간 개최된 회의에서는 미국의 경쟁력과 리더십, 공중보건 및 감염병 대비 등이 다뤄졌으며, 10월 열린 두 번째 회의는 기후변화, 에너지 및 환경 등이 주제로 선정됐다.

일본의 종합과학기술·이노베이션회의(이하 CSTI)는 국무총리를 의장으로 14인의 위원으로 구성되며 월 1회 정례적으로 회의를 개최한다. 위원 중 절반이 각료이며, 내각부 정책총괄관 아래 정부 및 산·학에서 폭넓게 등용된 100여명의 직원이 사무국 기능을 담당하는 것을 보아도 유추할 수 있듯 자문 기능을 넘어 각 부처보다 높은 위치에서 종합기초 과학기술 및 혁신정책을 기획하고 조정하는 역할이 크다. 임기 3년의 전문가 위원 역시 대학 총장급 또는 기업의 이사장급으로 구성되며, 일본의 한림원에 해당하는 일본학술회의(SCJ) 회장이 참여한다. 회의 주제 역시 일본 과학기술 혁신 정책의 중장기 목표부터 세부분야의 기술혁신 전략까지 광범위하게 검토하여 의견을 수렴하고 있으며, 산하에 전문 조사회를 두고 각종 과학기술 관련 사안에 대한 조사 및 검토를 실행한다.

독일의 학술자문위원회(Wissenschaftsrat, 이하 WR)는 유럽에서 가장 오래된 과학정책 자문기관으로 현재

국제적으로 효율적인 과학시스템을 만드는 데 상당한 공헌을 한 것으로 평가 받고 있다. 산하에 과학자 24인 및 일반 시민 8인으로 구성된 과학위원회와 각 주 정부 대표 16인 및 연방 정부 대표 6인으로 구성된 행정위원회를 두고 있다. 위원수는 다르지만 총회에서는 행정위원회도 32표를 동일하게 행사한다. WR은 과학적 전문성을 갖춘 약 95명의 사무국 직원을 두고 약 40~45개의 워킹그룹을 운영하며, 독일의 과학기술시스템의 현황과 전망이라는 거시적 관점에서 각 사업들에 대한 평가와 기획을 담당한다. 국가 전체의 연구개발 방향 및 조직구조, 예산에 대한 자문은 물론이고 과학, 연구 및 고등교육 부문의 발전에 관한 연방정부의 모든 질문에 답한다. 독일의 ‘하이테크전략’ 수립에도 참여한 것으로 알려져 있다.

우리나라 과학기술정책 자문기구인 국가과학기술자문회의(PACST, 이하 과기자문회의)는 1991년 국가과학기술자문회의법 제정에 따라 출범한 상설기구다. 과기자문회의는 정부 출범에 따라 그 규모가 축소되거나 확대되는 등 변화를 겪어 왔지만 과학기술 중장기 정책을 결정하고 제도를 개선하는 활동은 계속해 왔다. 이번 정부에서는 대통령을 의장으로 국가 과학기술 예산과 정책을 결정하는 심의기능과 과학기술 분야 국정운영 전반에 걸친 대통령 자문기능을 통합해 운영하며 위상을 높였다. 부의장에는 현재 임한웅

【표】 주요국 과학기술자문기구 비교

	미국 > PCAST	일본 > CSTI	독일 > WR	한국 > PACST
구 성 원 >	30인 구성 (공동위원장: 백악관 과학기술정책실장과 외부위원 2인)	14인 구성 (의장: 국무총리)	과학위원회 32인, 행정위원회 22인 (의장: 내부 위원 중 선발)	30인 이내 민간위원과 정부위원으로 구성 (의장: 대통령)
개 최 빈 도 >	상시	월 1회	연 4회	상시
자 문 내 용 >	- 과학, 기술 및 혁신정책에 관한 사항들에 대해 대통령에게 자문 - 국가의 시급한 과제 해결을 위한 과학기술 정책 권고안 개발	- 과학기술 기본 정책 연구 및 심의 - 과학기술 예산 및 인력 자원 배분에 대한 조사 및 심의 - 국가 중요연구개발 평가	과학, 연구 및 고등교육 부문의 내용과 구조적 발전에 관한 모든 질문에 대해 연방정부와 주 정부에 자문을 제공	- 과학기술 분야 국정운영 전반에 걸친 자문 수행 - 국가 과학기술 예산과 정책을 결정하는 심의기능 수행

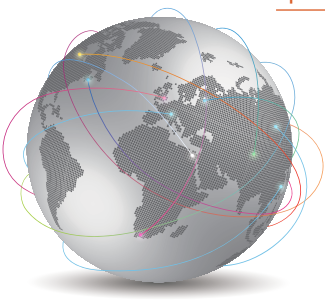
주요국 과학기술 자문동향 및 보고서 조사·분석 연구(과학기술정보통신부, 2021)의 내용을 바탕으로 최신화

POSTECH 물리학과 교수가 4년째 역할을 수행 중이다.

다만 자문과 심의 기능이 원활하게 운영되기 위해서는 보완이 필요하다는 의견이 있다. 1년이라는 짧은 위원 임기, 각 관계부처 장관들의 낮은 관심 및 실행 의지, 전문화된 사무국 조직의 부재 등이 손꼽힌다. 전·현직 부의장들 간의 언론간담회에 따르면 김도연 울산공업학원 이사장은 “자문 업무에 충실하기 위해서는 정부가 구체적 과제에 대해 자문을 요청하는 것이 바람직하다”고 개선 의견을 밝혔으며, 염한웅 교수는 “정부가 4차산업혁명위원회, 탄소중립위원회 등 과학기술 분야의 각종 위원회를 신설하면서 과기자문회의의 역할을 쪼개는 것이 아쉬운 대목으로 과기자문회의는 과학기술·정보통신·산업 등을 아우르는 국가 R&D 통합 거버넌스 구조로서 역할을 맡아야 한다”고 말했다.

최근 30주년을 맞은 과기자문회의는 기념 컨퍼런스를 열고, 탄소중립 달성, 과학기술 인력 확보 등 국가적 현안에 대한 해법을 논의했다. 역대 부의장과 전·현직 심의위원, 자문위원이 참여한 이날 행사에서는 과기자문회의의 적극적 역할을 모색하는 데 중점을 뒀다. 전문가들은 국가과학기술을 혁신해 나갈 리더십이 필요하다는 데 공감하고, 과학기술이 새로운 길을 열 수 있도록 과기자문회의가 그 역할을 다해야 한다고 조언했다.

전 세계 안팎으로 발생하고 있는 위기에
과학기술 중요성에 대한 공감대가
기하급수적으로 확산되고 있는 상황이다.
우리나라 역시 중요한 기로에
서 있는 것은 마찬가지다.



“정책을 위한 과학기술”

국회·정부의 정책수립 기반에
‘과학기술 이해 및 활용도’ 확대 필요
과학기술, ‘사회적 담론’ 형성에 기여해야

최근 국제사회의 화두 중 하나는, 과학기술의 발전을 위한 정책 수립에서 나아가 올바른 국가 정책을 위한 과학기술의 역할 확대다.

2000년대 들어서며 선진국을 중심으로 ‘증거기반정책(Evidence-Based Policy, EBP)’이 주목을 받고 있다. EBP는 과학적 탐구를 통해 도출되며 질적으로 보장된 연구에 기반하여 정책의제를 설정하는 것으로 ‘반과학적 요인의 배제’와 ‘연구의 질적 고품질’을 핵심요소로 한다. 주요 국책사업의 수립 및 집행, 법률의 입안 및 시행에 있어 정치적인 판단과 결정, 협상, 이익세력의 로비 등이 영향을 미침에 따라 국민적 신뢰를 저하시키는 결과가 반복되는 것을 방지하고, 정책의 효과를 보장하기 위한 개념이다.

EBP의 촉발지인 영국은 1999년부터 공식적으로 증거기반 정책을 기반으로 예산과 연구주제 등을 관여하고 있는데 영국의 과학기술청(OST)은 정부기관 내부나 외부 또는 다양한 과학분야로부터 과학적 조언을 정책에 반영할 것을 주문한 지침서를 발간했다. 2002년부터는 각 중앙정부기관에 과학자문책임관(Chief Scientific Advisers)이 임용되어 정책결정에서 완전한 과학적 증거를 보장하는 기능을 돕고 각 부처의 연구 활동을 지도·지원하고 있다.

미국은 2013년부터 정부기관을 대상으로 예산 편성 시 증거를 이용하여 혁신적이고 책임성 있는 예산안을 제출하도록 하는 지침을 시행했고, 2014년에 증거기반 정책결정 위원회법(Evidence-Based Policymaking Commission Act of 2014)을, 2018년에는 과학적 평가 결과 등을 정책 결정 과정에서 증거로서 적극적으로 활용하도록 하는 일명 ‘증거법(The Foundations for Evidence Based Policymaking Act of 2018)’을 제정했다. 미국의 경우

연방의회와의 협력이 용이한 대통령실이 증거기반 정책을 주도함으로써 정부의 모든 기관이 이를 수용하도록 만들었다.

한국 정부가 도입한 ‘정부 3.0’ 역시 EBP와 맥락을 같이 한다. 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅 등 최신 기술을 활용하여 공공 문제를 해결하고 과학적 데이터에 근거한 정책 수립을 활성화하는 것이 계획이다. 국가 정보화기본법, 전자정보법, 공공데이터의 제공 및 이용활성화에 관한 법률 등에서도 증거기반 정책에 대하여 규정이 되어 있다. 다만 운영에 있어서는 여전히 미흡한 부분이 있다는 것이 국내 관련 분야 전문가들의 중론이다. 제도는 잘 마련이 되어 있지만 데이터 활용을 강화하려는 노력이 더욱 필요하며, 엄정한 데이터분석 및 평가결과를 바탕으로 정책방향이 설정되기 보다는 정책방향을 먼저 설정해 놓고 이를 위한 증빙으로서 사용하고 있는 것은 아닌지도 돌아볼 필요가 있다는 의견이다.

또한 정책 입안 관련자들의 과학기술에 대한 이해도가 낮다는 것도 걸림돌이다. 기후변화 등 기존 사회 시스템으로 해결하기 어려운 난제들을 과학기술을 기반으로 접근하는 정책들이 강구되어야 하는 현 상황에서 이는 국가사회 혁신에 저해된다. 일례로 우리나라의 기술영향평가는 ‘새로운 과학기술의 발전이 경제·사회·문화 등에 미치는 영향을 사전에 평가’하는 것으로 행정부의 정책적

추진전략과 밀접하게 맞물려 있다. 그러나 선진국의 경우 국회의 정책 자문을 위한 지원기관에서도 사회적으로 논쟁이 될 만한 이슈들에 대해 사회적 담론형성과 정책 아젠다 발굴을 위한 목적으로 동시에 시행된다. 독일 의회 산하기구인 TAB(Technikfolgen Abschaetungs Buero)가 대표적이며, 네덜란드는 왕립한림원 산하에 설치된 NOTA(Netherlands Office of Technology Assessment)에서 필요에 따라 전문가 집단 또는 시민참여를 바탕으로 기술영향평가를 진행한다.

최근 국내기업 최고경영자(CEO)를 포함한 기업 경영진 200여 명을 대상으로 실시한 설문조사에 따르면, ‘대선을 준비하는 후보 캠프에서 과학기술 공약이 적절하게 준비되고 있는가’에 대한 질문에 79%가 부정적으로 평가했다. ‘대선 과정에서 과학기술정책이 적절하게 다뤄지고 있는가’라는 질문에는 응답자의 80%가 ‘그렇지 않다’고 답했고, ‘대선 후보들이 과학기술 분야를 중요하게 보고 있는가’에 대한 질문에도 66.5%가 부정적으로 평가했다.

전 세계 안팎으로 발생하고 있는 위기에 과학기술 중요성에 대한 공감대가 기하급수적으로 확산되고 있는 상황이다. 우리나라 역시 중요한 기로에 서 있는 것은 마찬가지다. 진짜 ‘혁신’을 위한 새로운 인식과 노력이 필요한 이유다. 이를 위해선 사회로부터 진정으로 존중받는 과학기술인들의 의견과 판단은 물론 사회 구성원들의 동의가 있어야 한다. 🌐

참고 문헌

- 주요국 과학기술 자문동향 및 보고서 조사·분석 연구(2021, 과학기술정보통신부)
- [과기자문회의 30년 기념 지상좌담]역대 정부 부의장들의 고언(2021, 머니투데이)
- 바이든 시대 개막에 따른 미과학재단과 과기정책의 변화(2021, 한국연구재단 R&D BRIEF)
- 국가 위기대응에서 과학기술의 역할(2021, 국가과학기술위원회 정책본부)
- 이광형 ‘국제 정치 히트 키는 과학기술...글로벌 기술 맵 알아야’(2021, 대덕넷)
- 과학기술 관련 기업 CEO 등 임원 대상 설문조사(2021, 한국경영자총협회/중소기업중앙회/중견기업연합회/국회 양향자 의원실)
- [김우재의 플라이툼](16)대선후보들의 과학기술 감수성(2021, 주간경향)
- 염한웅 과기자문회의 부의장 “정부주도 기술개발시대 지났다”(2021, 연합뉴스)
- 기술영향평가에 대한 다양한 관점과 쟁점, 그리고 나아갈 방향(2019, 과학기술정책연구원, 과학기술정책 제2권 제2호, 79~106p)
- 한국과 미국의 대통령 과학기술 자문기구 비교 연구(2019, 한국비교정부학보 제23권 제3호, 67~86p)
- 정책수립시 데이터 활용 강화방안 연구(2016, 한국행정연구원)
- 정치와 과학기술의 관계에 관한 정치인의 인식에 있어 한국적 특수성 분석: 정기국회대정부질문에 대한 내용분석을 중심으로(2007, 과학기술정책연구원 연구보고서)
- 과학기술정책수립과정의 개선방안: 정책결정과정의 참여확대방안을 중심으로(2002, STEP)

NATIONAL POLICY



과 학 기 술 을 위 한 정 책 을 넘 어, 국가정책을 위한 과학기술이 필요하다



글 _ **배종태** KAIST 경영공학부 교수
(정책학부 정회원)

기술경영 및 과학기술정책, 기업가정신, 사회가치 경영 분야의 대표적인 학자로서 개발도상국의 기술혁신과정을 선진국과 특성이 다른 기술학습 모형으로 이론화 했으며, 우리나라 최초의 대형정부 연구개발 프로그램인 G7프로젝트(선도기술개발사업)의 총괄기획을 담당하여 대형R&D프로젝트 기획방법론을 개발하는 등 국가R&D 사업 기획 및 관리시스템 구축에 기여했다.

지난 6월 미국 상원은 중국 견제를 위한 첨단기술 육성방안을 핵심 골자로 삼은 ‘미국혁신경쟁법(The U.S. Innovation and Competition Act of 2021, USICA)’을 가결했다. 이는 기존의 강대국 간 패권경쟁이 국방력이나 경제력에 좌우됐다면, 향후 글로벌 패권 경쟁의 원천은 첨단 과학기술의 우위에 있게 되었음을 시사한다. 또한 COVID-19 팬데믹은 비대면·비접촉 기술을 기반으로 한 일상생활 구축과 과학기술의 중요성에 대한 재인식, 그리고 사회 인프라의 디지털 전환을 가속화했다. 치열한 기술주권 경쟁과 급변하는 국제 질서로 인해 과학기술의 역할은 이전보다 더욱 확대되고 중요해졌다. 이제는 과학기술이 국가의 안보·경제·보건·사회·환경을 지탱하는 근간이며 미래의 지속가능한 삶을 결정짓는 절대적 요소가 되었다.

강대국 간 패권경쟁, 기후변화 위기, 팬데믹 위협 등의 글로벌 난제는 국제 질서를 변동성이 크고, 불확실하고, 복잡하며, 모호하게 (VUCA) 만들고 있다. 대전환기에 있는 지금이야말로 한국의 과학기술정책이 글로벌 환경 변화에 부응하여 새로운 기회와 위협 속에서 우리 사회가 문제를 해결할 수 있는 체제를 갖추었는지, 과학기술 혁신을 선도할 수 있는 역량을 갖췄는지 점검해야 하는 시기이다. 유감스럽게도 현행 과학기술정책은 글로벌 환경과 기술 패러다임 변화에 대응할 만한 국가적 전략이 관점이나 내용, 시스템 측면에서 부족해 보인다.

한 국가의 과학기술정책은 집권 정부가 추구하는 핵심 가치에 따라 정책의 비전과 목표가 정해진다. 과학기술을 정부가 직면한 문제를 해결하거나 행정 가치를 구현하는 정책 수단으로 활용하며, 정책 수립이나 운영은 행정 관료가 주도한다. 이제는 국가전략의 관점에서 과학기술의 역할과 범위를 확장해서 국정 운영의 기반으로 삼는 국가 전략 대전환이 필요한 시점이다. 과학기술을 국정운영 및 경제안보의 기본 원리로서, 글로벌 난제의 해결책으로서, 행복한 삶의 동력으로 운영하는 새로운 패러다임을 바탕으로 ‘과학기술 기반사회’로 도약해야 한다.

그렇다면 변화의 기로에 선 한국의 과학기술정책에 필요한 국가전략은 무엇일까? 기존 정책을 되돌아보며, 그리고

한국이 과학기술 기반사회로 도약하기 위해서는 무엇보다 과학기술인의 역할 확대와 사회적 책임 의식도 중요하다. 과학기술인들은 본연의 역할은 물론 정책 제안과 자문, 과학기술 교육과 문화 창달 등 가치를 창출하는 다양한 활동에 더 적극적으로 참여해야 한다.

다가오는 변화의 물결을 바라보며, 국가전략과 과학기술 정책의 기본방향으로 다음 세 가지를 제언한다.

첫째, 과학기술 거버넌스와 실행 프로세스의 혁신이 필요하다. 현재 과학기술정책은 과학기술정보통신부가 과학기술 주무부처로 운영 전반을 담당하고, R&D 예산 규모가 큰 관련부처들이 함께 참여하는 형태로 추진되어 왔다. 우리의 과학기술 역량은 그간 많은 발전을 거듭하여 일정 부분 선진국에 도달했지만 여전히 정부부문과 민간 부문의 연계가 약하고, 부처 간 협력도 미흡하다. 아울러 정책결정 과정이 검증된 과학기술 지식과 객관적이고 실증적인 자료나 근거에 바탕을 두지 못한 경우도 있었다. 이제 국정운영에서 과학기술이 중심이 되고, 과학적 사실이 의사결정의 기반이 되며, 여러 과학기술 정책 및 실행 주체들의 활동이 시너지를 만들어 낼 수 있도록 하는 과학기술 거버넌스의 혁신이 필요하다.

특히 디지털 전환, 감염병, 에너지 및 환경문제 등 각종 국가적 난제와 연계된 정부부처는 과학적 증거와 객관적 자료를 기반으로 국가정책을 수립하고 운영해야 한다. 과학적 사고와 전문성을 지닌 정책 관료가 부처 간 협업을 통솔하고 행정 자원과 업무를 조정하는 거버넌스 체계가 필요하다. 이를 위해 과학기술 분야의 최고 전문가를 각 부처의 차관급 CTO(Chief Technology Officer,

과학기술 담당관)로 임명해서 정책 집행의 효율성과 책임감을 강화해야 한다. CTO가 정보 공유와 의사소통을 주도함으로써 부처 간 업무 혼선을 줄이고 자율적 정책운영이 가능해진다. 이에 더해 광역지자체별로 지역 실정을 잘 아는 부지사/부시장급 CTO를 임명해서, 지역사회의 내생적 과학기술 발전을 지원하고, 각 지방의 강점과 차별성을 살리면서, 중앙정부와의 협업을 공고히 해야 한다.

둘째, 국가 연구개발 활동의 창조성·자율성·책임성 강화이다. 국가 연구개발 수준을 가늠하는 기본 조건은 창의적 연구 인재 확보와 자율적인 연구 환경이다. 과학기술인이 장기적 연구과제에 집중해서 혁신적 연구 성과를 창출할 수 있는 연구개발 체계가 필요하다. 이를 위해 과학기술인이 자율적으로 연구주제를 발굴·기획·제한하는 자유공모형 연구개발 비율을 확대해야 한다.

아울러 창의적 문제해결 능력과 응용·협력·소통 능력을 가진 연구인력을 육성하는 과학기술 교육 혁신이 필요하다. 미래 유망 산업 분야의 대학 내 연구지원을 확대해서

신진 인재를 확보하고, 산업현장에서 요구되는 실무 능력 위주의 전문교육과정을 도입해야 한다. 특히 미래 유망분

야의 혁신인재 양성 노력이 강화되어야 하고, 융합형 학과 설치 등 기술 패러다임 변화를 반영한 과학기술 교육의 혁신과 교수학습 방법의 개선이 필요하다.

연구개발 과제의 평가방식도 과학기술인의 도전의식과 책임감을 증시하는 방향으로 바뀌어야 한다. 국제학술논문 수나 피인용 지수를 지표로 삼는 정량적 평가도 필요하나 연구주제의 독창성과 연구수행의 성실성, 지속가능한 성장 가치를 포함한 정성적 평가가 더 강화되어야 한다. 숫자만으로는 과학기술 연구의 가치를 온전히 담아낼 수 없다.

셋째, 국가위기 대응과 난제 해결에 초점을 맞춘 연구개발 체계의 구축이다. COVID-19 팬데믹은 국가의 보건과 사회 안전망을 위협하고, 산업 생태계와 경제 안보에도 상당한 충격을 가했다. 팬데믹 위기는 국가적 난제 해결에 특화된 연구개발의 시급함을 강력히 상기시킨다.

우선 국가위기 신호를 사전에 감지할 수 있는 정밀한 정보분석 체계가 필요하다. 각국의 산업 정보를 수집해서 가치사슬을 설계한 다음, 위기의 양태나 국면에 따라 어느 기술 분야가 취약할지 파악하고 대응책을 준비해야 한다. 산업적 가치가 높거나 국내 대체가 어려운 기술 분야는 국가가 전략적으로 관리·통제해야 한다. 예를 들어 자동차 부품 ‘와이어링 하네스(Wiring Harness)’는 기술적 가치는 낮은 부품이지만 생산을 중국에 의존했던 국내 자동차 업계는 코로나 여파로 인한 수입 차질로 곤욕을 치렀다. 이에 더해 국가 위협에 즉각 대응할 수 있는 연구개발 프로세스를 상시 대비해야 한다. 한국사회의 특수성을 반영한 다각적 연구개발 네트워크를 운영하며 혁신적인 방법론을 모색해야 한다. 미국의 경우 정부·민간제약사·군(軍)이 합작한 ‘작전명 초고속(Operation Warp Speed)’ 프로젝트를 가동해서 8개월 만에 코로나 백신 개발에 성공했다.

몇 달 후면 차기 정부가 출범한다. 새로운 기대를 담아 과학기술정책의 바람직한 모습에 대한 논의가 활발해지고 있다. 필자는 과학기술계의 한 사람으로서 우리나라 과학기술정책의 방향에 대해 의견을 제시했다. 가장 중요한 것은 정책결정자의 선택과 실행이다. 정책결정자는 글로벌 환경과 기술 패러다임 변화에 선제적으로 대응하기 위해

과학기술을 ‘거시적’ 관점에서 바라봐야 한다. 과학기술 혁신의 역할과 중요성을 산업·경제·정치·외교·사회·문화 등 다각적 관점에서 이해하고 광범위하게 통찰해야 한다. 과학적 사고와 전문성을 갖춘 정책 관료가 과학기술이 행정체계의 기반이 되는 과학 거버넌스를 설계해야 한다.

한국이 과학기술 기반사회로 도약하기 위해서는 무엇보다 과학기술인의 역할 확대와 사회적 책임 의식도 중요하다. 과학기술인들은 과학기술 연구라는 본연의 역할은 물론 정책 제안과 자문, 과학기술 교육과 문화 창달 등 가치를 창출하는 다양한 활동에 더 적극적으로 참여해야 한다.

특히 과학기술한림원은 한국 과학기술을 대표하는 중추기관으로서 적극적 정책 활동과 건강한 과학 환경 구축에 앞장서야 할 책임이 있다. 연구개발의 주역으로서 지식창출과 기술혁신을 선도하고, 사회적 난제를 해결하는 과학기술적 해법을 제시하며, 사회 공동체와 폭넓은 소통을 통해 지식 공공재 전파에 기여해야 한다. 이를 위해 과학기술한림원은 상시적 과학기술정책 연구 체제를 마련하고 정책 평가와 자문 기능을 강화해야 한다. 다양한 연구개발 현장을 경험한 한림원 회원의 전문적 시각에서 과학기술인에게 가장 효과적인 과학기술정책을 도출하고 제안하고 확산해야 한다. 과학기술한림원이 운영하는 다양한 플랫폼을 활용해서 과학기술정책의 효율성과 가치를 알리고 사회 구성원의 과학 역량 증진에 힘써야 한다.

과학기술은 특정한 연구 및 혁신 성과를 얻는 수단으로서만 아니라, 경제안보를 포함한 국정운영의 기반으로, 연구주체 간의 협력을 바탕으로 한 문제해결의 주역으로, 국민의 삶을 풍요롭고 안전하게 하는 경제·사회발전의 엔진으로 자리매김을 해왔고 그 역할이 더욱 증대될 것이다. 이제 우리나라는 국가전략 대전환을 통해 과학기술기반사회로 도약해야 한다. 더 많은 과학기술인, 정책결정자, 시민들이 함께 과학기술을 이끌고, 밀고, 알고, 지원하는 미래 대한민국을 꿈꾼다. 



휴머니티 기술혁신 생태계와 과학기술인의 역할

Scientific
Social
Responsibility



글 _ 조하순 연세대학교 정치외교학과 교수
(정책학부 정회원)

뉴미디어와 정치사회변화, 사이버안보 등이 전문분야로서 기술발전에 의해 추동되는 정치·사회의 패러다임 변화, 기술정책과 미래 거버넌스 연구 등을 수행함. 디지털사회과학센터를 설립하고 현재 데이터기반 연구와 정책을 주도하고 있으며, 연세대학교 국가관리연구원 원장, 사이버커뮤니케이션학회 회장 등을 역임. 지난 2월 현대차그룹 첫 여성 사외이사로 선임됨.

과학기술이 무기가 아닌 도구가 될 수 있다고 기대하게 되는 이유는, 과학기술의 설계자가 다름 아닌 인간 자신이기 때문이다. 어떤 철학을 가지고 ‘설계’하느냐에 따라, 과학기술의 결과물은 현장에서 너무나 다른 결과를 낼 것이다.

코로나19 상황을 오래 겪다 보니 인류가 자연환경을 극복하기 위해서 발전시켜 온 과학기술의 한계를 실감하게 되는 요즘이다. 그럼에도 불구하고 코로나19는 한국사회에서 적용되지 못했던 과학기술을 과감하게 도입하는 계기가 되고 있다. 비대면 수업, 재택근무, 원격의료, 디지털 엔터테인먼트와 같이 과학기술이 사회와 산업의 곳곳에 적용되면서 산업사회의 교육, 노동, 소비행태에 변화가 일어나고 있다. 코로나19를 계기로 일어나고 있는 사회의 구조적 변화는 과학기술의 측면에서 새로운 기회의 장이 열렸음을 의미하기도 한다. 이 분야에서 비교적 후발주자였던 한국은 단기간에 기술 격차를 좁히는 데 성공하여 선진국의 대열에 합류할 수 있었다. 하지만 산업구조의 고도화는 경제성장을 둔화시켜 왔는데, 이제 그 돌파구의 모색을 기술적 혁신에서 찾으려는 움직임이 강력해지고 있다.

그렇다면 한국의 기술적 혁신을 어떻게 이끌 것인가? 이에 대한 대답은 과학기술의 혁신을 이끌 당사자인 과학기술인들과 이들을 중심으로 수립된 올바른 과학기술혁신 생태계에서 찾을 수 있다.

기술혁신 생태계를 발전시키는데 우선적으로 고려되어야 하는 사항은 기술 혁신에 영향을 미칠 구조적 환경이 변화하고 있다는 점이다. 최근 기술을 둘러싼 미국과 중국의 패권경쟁이 더욱 치열해지고 있어서 기술의 안보화 경향은 날로 강화되고 있다. 2021년 미국 상원은 중국 견제 종합 법안이라 평가받는 미국혁신경쟁법과 다수의 세 부법안을 통과시켰고, 중국 역시 중국제조 2025정책이나 빅테크 규제정책을 통해 기술패권에 대한 명백한 의지를 보이고 있다. 이는 기술가치 사슬의 붕괴, 보호무역주의의 확산, 공급망의 재편으로 나타나고 있다. 기술혁신이 경제적 차원의 고려를 넘어 안보적 맥락에서 다루어지면 기술 개발이 더욱 정치와 자본의 논리로 점철되고 국수주의적 대항담론이 난무하게 될 가능성이 있다. 이미 한국 사회 곳곳에 이러한 현상이 나타나 시장을 중심으로 하는 기술생태계 형성을 위협하고 있다.



한편 코로나19는 기술을 사회적으로 적용하는 데 있어서 문제가 되었던 각종 규제와 사회적 저항을 과감히 완화하는 계기가 되었다. 이제 시장은 효율성과 생산성 증가에 더욱 집중해 기술을 사회에 적용하고 산업화하는 속도를 더욱 가속화할 것이다. 그런데 급격한 속도의 기술보급은 노동시장의 구조를 바꿔 사회적으로 도태되는 많은 집단을 발생시킬 것이다. 기술의 혜택이 계층과 집단에 골고루 파급되지 않는다면 이는 장기적으로 막대한 사회적 갈등과 비용을 초래한다.

기술혁신은 또한 기술 오남용의 가능성과 환경파괴와 같은 위험을 증가시킨다. 기술 자체에 내장되어 있는 복잡성과 불확실성은 인류가 위험을 예측하고 대비하는 것을 더욱 어렵게 한다. 문제는 이러한 위험이 우연한 사건이 아니라 기술발달과 사회제도의 부정합성이 만들어내는 필연적이고 일상적인 산물이라는 점이다. 울리히 벅이 경고한 것처럼 위험이 일상화되고 기술발달의 부작용이 증가하는 사회에서 우리는 기술의 혜택을 향유하기보다는 오히려 그 위험을 최소화하는 데 집중하게 될 것이다.

이러한 구조적 변화를 고려하면, 과거와 같이 특정한 기술을 육성하고 관리하는 방식으로는 더 이상 사회 발전을

피할 수 없음을 알 수 있다. 물론 그동안 정부가 주도해 온 과학기술정책은 한국이 자원 부족이라는 한계를 극복하고 경제적으로 도약하는 데 중요한 역할을 했다. 그러나 2021년 현재 한국은 GDP 대비 R&D 투자는 세계 2위(4.53%)로 매우 높은 편인 반면 그 성과는 저조하다는 평가를 받고 있다. 공급자 중심의 R&D 지원체계, 중장기 전략이 없는 일회성 지원, 비효율적인 행정절차 등이 그 원인으로 지적된다. 정부가 지정공모 방식으로 R&D과제를 기획하거나 다양한 정치적 고려를 통해 연구비를 지원하는 방식은 한국의 기술혁신 역량을 분산하고 시장을 왜곡시켜 왔다. 이제 과학기술인들이 기술 생태계의 혁신을 주도하면서 기술의 잠재적 가능성과 잠재력을 극대화할 수 있도록 국가 정책이 유연해져야 한다.

과학기술인이 중심이 된 기술 생태계에서는 과학기술인의 포용적 혁신이 무엇보다 필요하다. 포용적 혁신은 두 가지 차원에서 모색될 수 있다. 먼저, 연구자 자신들이 학문의 경계를 넘나드는 융합과 통섭의 네트워크를 만들어야 한다. 이것은 현대사회가 직면한 문제가 복잡적이고 복잡해서 특정분야의 전문성만으로 해결하는 데 한계가

있기 때문이다. 그동안 과학기술인들은 자신의 연구영역에 머무르며 사회의 문제해결 요구를 충족시키지 못했다. 다양한 학제의 과학기술인들이 만나서 아이디어를 나누고, 기술혁신을 모색한다면 현대사회가 직면한 문제에 보다 효율적으로 대응할 수 있다. 사회문제를 해결하는 데 있어서 기술을 개발하는 연구진과 새로운 아이디어를 가진 신생기업의 산학연계도 적극적으로 고려될 필요가 있다. 예를 들어 독일의 프라운호퍼(Fraunhofer) 응용과학 연구소에서 주도하는 위탁연구 모델은 산업과 사회에서 필요한 기술을 개발하고 상용화하는데 기여하고 있다.

둘째, 포용적 혁신을 위해서는 새로운 인재들이 필요한데 그동안 학과정원이나 교내 정치에 발이 묶여 한계가 많았던 교육을 진정한 융합 교육으로 바꾸어야 한다. 교육 현장에서 본 한국의 융합형 인재교육은 기계적으로 이루어지는 측면이 강했다. 이제는 스탠퍼드 대학의 개방형 순환대학, MIT의 미디어랩처럼 대학이 스스로 교육제도의 혁신을 이루고 미래 인재를 키우는 실질적 융복합이 이루어져야 할 것이다.

무엇보다 기술 생태계는 기술발전의 과정에서 도태되는 집단과 사회적 부작용을 고려하는 포용적 혁신을 이루어야 한다. 이미 세계 각국은 과학기술이 가져야 할 사회적 책임성과 공적 책무에 대한 인식을 구체화하는 노력을 시작했다. 올해 취임한 미국의 조 바이든 대통령은 유전학자인 에릭 랜더 교수를 백악관 과학기술실장에 지명하면서 과학과 기술의 성과들이 미국 전역과 모든 미국인들에게 완전히 공유될 수 있는 방안을 주문했다. EU는 새로운 R&D 전략인 ‘Horizon 2020’을 발표하며 R&D의 궁극적인 목표는 사회 문제의 해결임을 공식화했다. 인도의 경우 과학기술부 차원에서 ‘과학의 사회적 책임성(Scientific Social Responsibility)’을 정책 목표로 제안하고 이를 구체적으로 채택하는 방안을 논의 중이다. 산업계도

마찬가지다. 국내외 주요 기업들은 사회문제해결을 위한 기술의 직접 개발, 과학기술 인재 양성 및 기술소외계층 포용을 위한 인프라 지원, 사회문제해결에 기여하는 기술 혁신 관련 스타트업 지원 등의 방법으로 ‘과학기술 CSR’의 물꼬를 트고 있다. 4차 산업혁명 기술들이 적절히 관리되지 않을 때 사회적 불평등을 양산할 수 있다는 공통된 특징을 가졌음을 감안하면, 기술혁신 단계에서 사회적 공헌의 강조는 앞으로 더욱 중요해질 수밖에 없다.

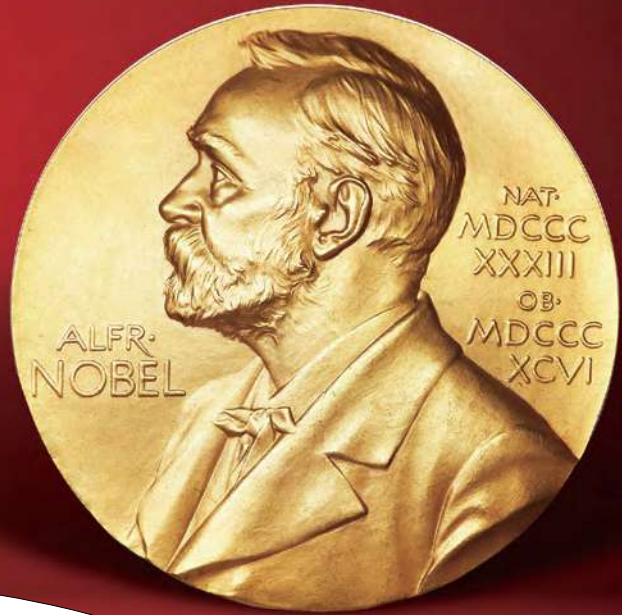
포용적 혁신이 나아가야 할 방향은 결국 ‘인간다움’의 강조일 것이다. 과학기술이 만든 일상은 키오스크의 조작법을 모르는 기술약자들이 주문조차 못한 채 발을 돌리는 쓸쓸한 뒷모습을 담고 있기도 하지만, 청각장애를 가진 기사와 비장애인 승객이 장애인 보조 기술을 탑재한 택시에서 만나는 일을 가능하게 하기도 했다. SNS의 알고리즘은 사람들을 편향의 감옥에 가두기도 했지만, 자살 고위험군을 가려내는 알고리즘처럼 고립된 사람들에게 닿을 수 있는 문이 되기도 한다. 과학기술이 무기가 아닌 도구가 될 수 있다고 기대하게 되는 이유는, 과학기술의 설계자가 다름 아닌 인간 자신이기 때문이다. 어떤 철학을 가지고 ‘설계’하느냐에 따라, 과학기술의 결과물은 현장에서 너무나 다른 결과를 낳을 것이다.

조지 오웰의 〈1984〉나 올더스 헉슬리의 〈멋진 신세계〉와 같은 SF소설은 과학기술로 인한 디스토피아를 그리고 있다. 실제로 과학기술이 인류멸망을 불러올 최

대의 위협일지 모른다. 인류는 오래 전부터 과학기술의 양면성을 인식해왔는데, 기술혁신 생태계의 철학이 세계가 꿈꾸던 미래가 될지, 혹은 두려워하던 미래가 될지를 결정할 것이다. 과학기술인이 인간의 권리를 보호하고 사회적 위험에 대비하는 휴머니티 기술혁신 생태계의 주역이 되기를 기대한다. 🦋



노벨상의 길로 이어진 연구의 힘



C O V E R S T O R Y - II

【편집인의 말】 또 한 번의 노벨상의 가을이 지나갔습니다. 대한민국 과학자의 이름은 없었지만, 이로온 연구를 통해 인류의 삶을 개선시킨 이들의 연구 열정이 고스란히 드러났던 시간이었습니다. 이번 가을호에서는 그들의 노력이 깃든 업적들을 같은 과학자의 눈으로 살펴보고자 합니다. 황선욱 고려대학교 의과대학 교수, 강인식 서울대학교 지구환경과학부 명예교수, 양정운 성균관대학교 에너지과학과 교수가 전하는 노벨상 이야기를 함께 들어봅니다.

01 / 【노벨생리의학상】

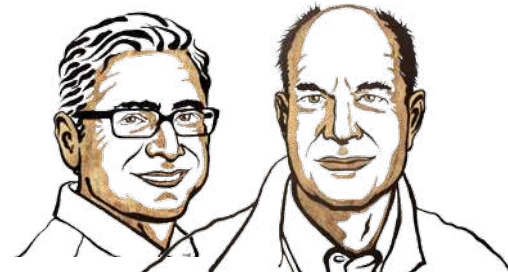
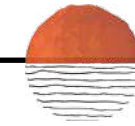
일상이 던진 질문에 감각의 과학이 응답하다
황선욱 고려대 의과대학 교수

02 / 【노벨물리학상】

지구온난화 연구의 과학적 토대 구축한 마나베, 그리고 노벨상 단상
강인식 서울대 지구환경과학부 명예교수

03 / 【노벨화학상】

도전과 집념에서 나온 신개념: 비대칭 촉매반응에 대한 유기적 접근
양정운 성균관대 에너지과학과 교수



THE NOBEL PRIZE IN PHYSIOLOGY OR MEDICINE 2021

일상이 던진 질문에 감각의 과학이 응답하다

이번 생리의학상 수상자로, 온도와 기계적 감각을 느끼게끔 몸 안에서 활약하는 수용체 분자를 규명한 샌프란시스코 캘리포니아대 데이비드 줄리어스 교수와 스크립스 연구소의 아템 파타푸티언 교수가 선정되었다. 흔히 시청후미촉이라 줄여서 일컫는 오감 중 촉각을 담당하는 수용체 분자들을 규명한 공로이다. 빛을 감지하여 시각을 일으키는 분자인 로돕신 발견에 비견되기도 한다. 매 순간 우리는 일상에서 환경을 감각한다. 누구나 한 번쯤 궁금해하지만 대수롭지 않게 잊혀온 것은 '어떻게 감각이 생겨날까'라는 근원적 질문에 도전하였고, 뒤에서 이야기할 여러 분야를 아우르는 적극적인 융합과 과학자 특유의 끈기로 답을 찾았다.

감각의 최전선은 감각기관과 감각신경이 담당한다. 이들이 받은 환경 자극은 전기신호로 바뀌어 신경축삭을 타고 뇌로 올라가 '인식'을 일으킨다. 시각의 로돕신은 G-단백수용체로서 빛을 직접 감지하지만 스스로 전기를 일으키는 능력은 없다. 파트너를 이룬 '이온채널'에 변화를 주어 이온 수송의 증감을 만들어 간접적으로 전기를 일으킨다. 이와 달리, 촉각의

온도와 기계적 감각에서는 G-단백수용체의 도움 없이 '이온 채널'이 자극의 감지와 전기의 발생을 모두 이뤄낸다. 온도 수용체 TRPV1과 TRPM8 (줄리어스 교수 규명), 기계적 감각 수용체 Piezo1과 2 (파타푸티언 교수 규명) 넷 모두 그러한 점이 흥미롭다.

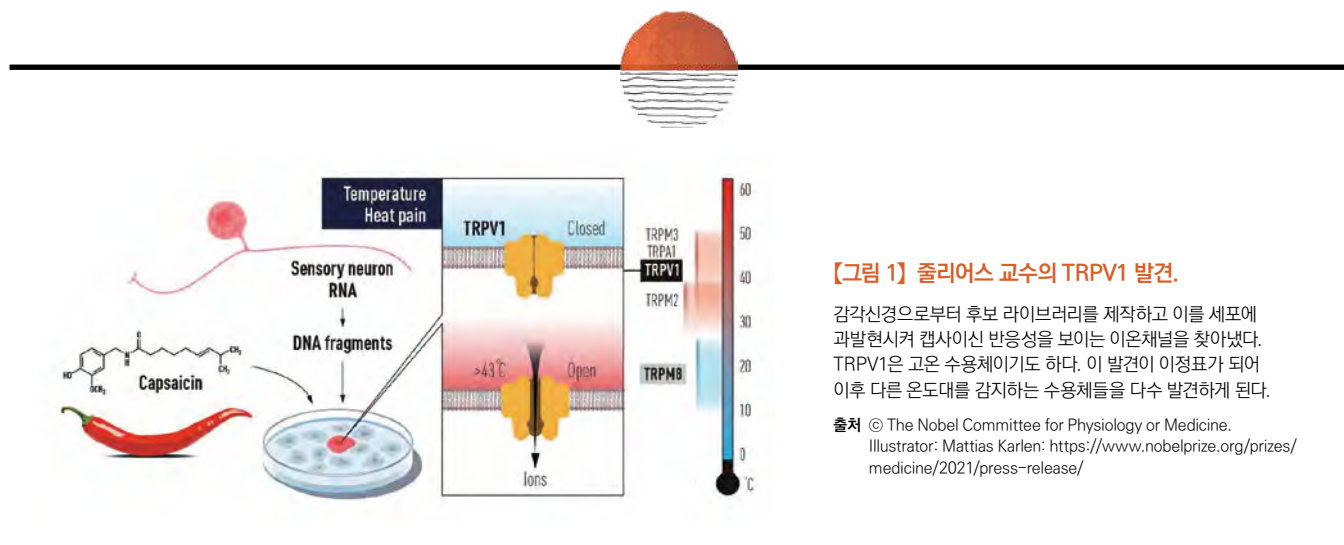
이 연구의 배경, 과정, 해답 모두는 일상의 의문에 대해 응답했다는 점과 함께, 과학계 전반을 향해 예상치 못한 시사점과 질문들을 만들어내고 있다는 점에서 매우 중요하다. 먼저 배경을 살펴보면, 서구의 현대 생리학이 수립될 당시의 근원적 질문 추구의 전통을 접하게 된다. 19세기 말에서 20세기 초에 걸쳐 이미 스웨덴의 블릭스, 조테르만, 독일의 폰프라이 등과 같은 기초의학자들은 사람과 동물이 느끼는 온도와 기계적 감각의 존재와 이를 담당하는 감각신경의 역할에 관해 보고하였다. 척박하던 시기였음에도 실용화와 경제적 가치를 떠나 기초연구 그 자체의 도전과 책무를 얼마나 중시하는가를 느낄 수 있는 대목이다.

과정은 또다른 교훈을 준다. 수용체 규명을 향한 과학적 돌파구 마련에 있어 여러 플랫폼 학문들의 융합이 중요했다는 것이다. 먼저 약리학과 의약화학이 앞서 나간다. 1960년대 후반부터 헝가리의 안초를 필두로 한 유럽의 약리학자들은 캅사이신의 통각 자극 현상과 연이은 통각 완화 현상을 줄기차게 보고한다. 이에 영감을 받은 영미권 의약화학자들은 80~90년대에 걸쳐 캅사이신과 그 유사체 합성에 몰두한다.



글 _ 황선욱 고려대학교 의과대학 교수

서울대학교에서 학·석·박사학위를 받았다. 스크립스연구소 및 하버드의대 연구원, 한국뇌신경과학회와 한국생물물리학회 임원을 역임했다. 현재 한국연구재단 전문위원, 대한통증연구학회 학술부위원장, BK21 교육연구단 부단장으로 활동하고 있다. 2013년 한국과학기술한림원 선도과학자에 선정된 바 있다.

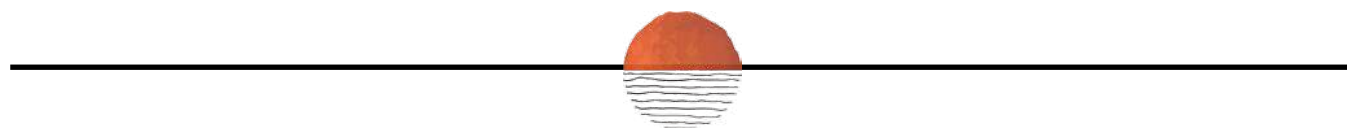


진통제로서의 가능성을 본 것이다. 현재의 캡사이신 제제가 당뇨병성 감각이상, 대상포진 통증 등을 완화하는 데 처방될 수 있는 기반 원리가 이때 제공된 것이다. 감각 수용체 발견에 활용할 미끼물질인 캡사이신을 이때 확보한 셈도 된다. 같은 시기 분자생물학의 발전도 빼놓을 수 없다. 지난한 단백질 정제의 시대를 거쳐, 수용체 후보 유전자들을 대량으로 복제/발현시켜 고효율 탐색을 가능케하는 Expression Cloning의 시대에 접어들고 있을 때다. 줄리어스 교수는 포스트닥 경력 시절 이미 이 분야 전문가로 등극했다. 2008년 노벨화학상 수상자 로저 치엔이 발명한 칼슘 형광염색제를 사용한 이미지 기반 탐색기술도 중요했다. 1991년 노벨생리의학상을 수상한 기술인 패치클램프 전기생리학을 이용한, 1996년 서울대 오우택 교수팀의 캡사이신 반응성 이온채널 논문을 청사진으로 받아든 줄리어스 교수가 이 채널의 칼슘 투과성에 주목하고 발 빠르게 도입한 것이다. 여기에, 앞서 언급한 선배 생리학자들의 성과를 떠올려, 고온 실험을 더한 것으로 화룡점정을 찍는다. 1997년 TRPV1의 발견이다. 이후 2002년 TRPM8 발견에는 캡사이신 활용 전례를 따라 멘톨이 활용되었다. 현대화 초기의 생리학이 던진 화두에, 캡사이신 활용이라는 약리학적 접근이 더해지고, 여기에 분자생물학, 형광화학, 패치클램프 등의 플랫폼 학문들이 기여한, 융합 성과의 본보기라 할 수 있다.

파타푸티언 교수의 연구는 여기에 생물정보학과 생물물리

학을 더했다. 줄리어스 교수가 미끼물질을 활용한 약리학적 탐색을 즐긴 것과 달리, TRPV1 아미노산 서열과의 유사성과, 세포막 단백질 특유의 나선 서열의 생물정보학적 분석을 기반으로 친척 단백질을 발견해낸 결과가 TRPM8이었고, 멘톨은 차후 검증에 사용되었다. 결국 줄리어스 교수와 TRPM8 동시 발견을 이루어냈다. Piezo1 및 2의 발견도 나선 서열을 중시하여 후보군 도출에 성공했으나, 연구에 쓸 미끼물질은 없었다. 대신, 생물물리학에서 역사적으로 보고되어온 몇몇 기계적 자극 방법론을 검토하여 가장 촉각을 잘 모사하는 세포막 전단 기술을 채택하였다. 이 방법은 고효율이 아니다. 도출해낸 후보군 73종을 초별 실험하는데만 1년여의 시간이 소요되었으므로, 융합에 더하여 끈기가 발휘된 발견이라 할 수 있다.

일견, 감각에 대한 분자 수준의 해답을 제시한데서 마무리된 듯 싶지만 그 파급의 범위는 엄청나다. 역시 먼저, 전체 감각 연구에서 가장 앞서나가는 시각에 빚낼 수 있다. 수용체 규명으로 1967년에 이미 노벨생리의학상을 한차례 수상한 시각 분야에서, 1981년 휴블과 비젤은 두 번째 수상을 기록한다. 시각의 중추경로 규명이다. 현재 미국이 야심차게 진행 중인 브레인 이니셔티브 프로젝트의 인간 뇌회로 규명 작업의 원조 격이라 볼 수 있다. 온도와 기계적 감각 수용체에 의해 촉발된 신경 신호가 올라가는 뇌회로 규명 연구가 그 뒤를 따르는 셈이다. 이는 인식, 지각, 판단의 차원에서 활발히 가설들을 제시해온 인지심리학과 만나는 부분이기도 하다.



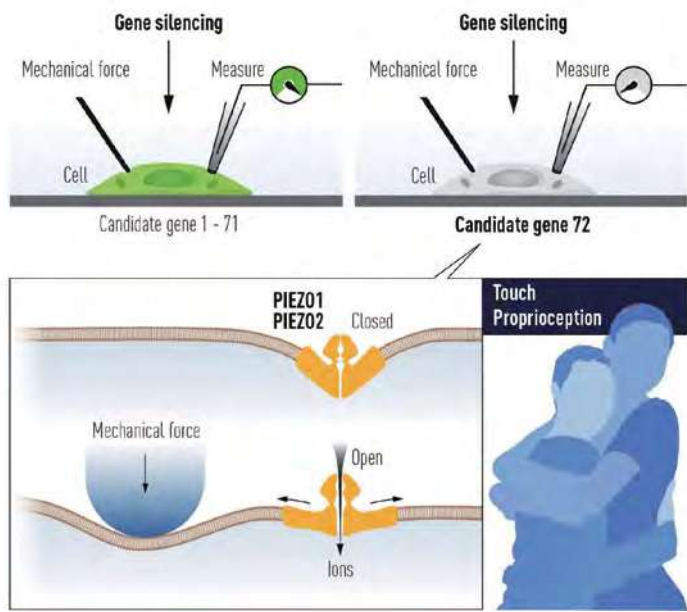
좀 더 과감하게는, 감정의 탄생을 논할 수 있게 된다는 예측도 있다. 감각 수용체 수준에서 이미, 호/불호, 쾌/불쾌 신호가 나뉘어서 뇌로 전송된다 (예: 대체로 사람은 TRPV1에 의해서 는 통각을, 반면에 Piezo2에 의해서는 유쾌함을 느낀다). 처한 환경이 우호적인지 여부를 신속하게 판단하게끔 진화되어 온 결과라 볼 수 있다. 현재의 사람들이 지닌 다양한 감정을 생각했을 때 이렇듯 이분법적으로 작동되는 감각이 원시 감정의 모태이거나, 현재의 감정을 만든 촉매였을 가능성이 있다. 이 가설이 맞는지 앞으로의 연구 추이를 지켜볼 부분이다.

가장 빠른 실용화는 임상 의약학에서 나타날 것으로 점쳐지고 있다. 환자 규모와 시장 측면에 있어 모두, 만성 통증은

【그림 2】 파타푸티언 교수의 Piezo1, Piezo2 발견.

기계적 자극을 모사하는 기법으로 자극하여 감각신경과 비슷한 반응을 보이는 세포주를 먼저 선별한 후, 후보 유전자를 하나하나 결손시켜 반응을 되짚어보는 방법으로 발견하였다.

출처 © The Nobel Committee for Physiology or Medicine.
Illustrator: Mattias Karlen: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2021/press-release/>



종양과 1,2위를 다투는 미충족 수요가 매우 큰 질환이다. TRPV1은 현재 손꼽히는 진통표적 중의 하나이다. 구조생물학과 그를 기반에 둔 인공지능 신약설계 기술 발전에 힘입어 TRPV1 표적 진통제 후보들이 하나 둘 제시되고 있다. TRPM8이 요사이 코호트 빅 데이터 연구에서 편두통 표적으로 부상하는 것까지 감안하면, 실용화 역시 여러 플랫폼 학문들의 융합 시도가 큰 기여를 하고 있음을 알 수 있다. 무엇보다도, 수많은 통증 환자의 삶의 질 개선과 그로부터 회복될 사회경제적 생산성을 생각하면 고통 없는 사회로 나아가는 지속가능한 발전 측면에서도 이러한 융합은 훌륭한 도전이다.

Piezo1과 2 연구 또한 잠재성이 크다. 인지를 촉발하는 감각뿐 아니라, 놀랍게도 몸 안에서 팽창, 수축, 흐름 등 내재적 기계적 자극을 받는 많은 조직과 세포의 정상 활동을 유지하는데 광범위하게 기여하는 것으로 밝혀지고 있기 때문이다 (대표적으로, 혈압, 호흡, 적혈구 모양 유지, 면역세포 활성화, 뼈 형성, 운동 시 균형 등). Piezo1과 2의 놀라운 활약상에 관해 학계에서는, 호르몬과 신경전달물질 등 화학적 메신저들을 통한 세포 간/조직 간의 신호 전달에 치중되어 왔던 20세기의 의생명 연구경향 하에 소외되어온 기계적 신호전달 연구가 균형을 되찾는 전조로 보는 시각도 있다.

결론적으로, 금번 수상은 여느 수상 때보다도 훨씬 다층적인 의미를 지닌다. 대중들에게는 일상의 잊힌 감각을 일깨웠다. 과학자들에게는 근원적 질문과 과감한 융합이 연구에 미치는 중요성을 되새기게 한다. 경제성과 실용화를 함부로 가늠하기 어려운 기초연구에서 끝모를 학술적 상상과 광복의 파급효과가 탄생하는 좋은 사례이기도 하다. 이점은 특히, 우리 세대가 새로이 정립해나가야 할 과학의 비전과 정책이 어떤 모습이어야 할 것인가에 관한 실마리를 던져주는 부분이라 여겨진다. 🌞



THE NOBEL PRIZE IN PHYSICS 2021

지구온난화 연구의 과학적 토대 구축한 마나베, 그리고 노벨상 단상

10월 5일 노벨위원회가 마나베 슈쿠로 미국 프린스턴대 교수와 클라우스 하셀만 독일 막스플랑크 기상연구소 연구원, 조르조 파리시 이탈리아 로마 사피엔자대학 교수 등 3인을 호명했다. 이중 마나베 교수와 하셀만 박사는 물리학을 활용해 지구 온난화를 예측한 공로를 인정받아 수상하게 됐는데, 이는 120년 노벨물리학상 역사상 첫 기후학 분야 수상으로 기록됐다. 사실 2007년에도 지구온난화를 경고하고 환경운동을 벌인 앨 고어 전 미국 부통령과 유엔 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)가 노벨평화상을 받은 바 있다. 하지만 지구 기후의 물리적 모델링을 통해 지구 온난화 연구의 초석을 마련한 두 과학자의 노벨물리학상 수상으로 비로소 많은 사람들이 기후학이 뉴턴이 세운 전통 물리학의 한 분야임을 알게 됐으며, 지구온난화와 기후변화는 더 이상 외면할 수 없는 전 지구적이고 과학적인 문제임을 공감하는 계기가 됐다. 현대 기후 모델링의 창시자로 불리는 마나베 교수는 필자가 박사후연구원으로 활동한 연구그룹의 리더였던 바, 과학자로서의 그의 열정과 업적을 가까이서 접할 수 있었다. 지면을

통해 그의 공적과 함께 필자가 평소 갖고 있던 노벨상에 대한 소회를 밝히고자 한다.

1960년대 컴퓨터 이용한 현대 기후 모델링 초석 마련

마나베 교수는 21세기 첨단기술로도 예측하기 어려운 기후 변화 연구를 60여 년 전에 개척한 기후모델링의 선구자이다. 1960년대 미국 프린스턴대 지구물리학 유체역학연구소에서 지구 기후 시스템을 예측하는 최초의 물리 모델을 개발하고, 지구 대기 중 이산화탄소 농도 증가가 어떻게 지구 표면의 온도상승으로 연결되는지를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 규명해냈다.

그는 1965년 대기를 지표면에서 공중까지 이어진 하나의 기둥으로 가정하고, 지상의 따뜻한 공기가 상승해 공중의 차가운 공기와 혼합하는 대류, 지표와 공기에서 방사하는 열, 수증기와 구름 등의 영향을 종합적으로 반영한 수치모델을 개발했다. 나아가 대기 중 이산화탄소 농도가 두 배 증가하면 지구 온도가 2~4℃ 상승하고 육지와 극지방에서의 온난화가 지구 평균보다 훨씬 더 높을 것으로 전망했다. 즉, 인간이 배출한 온실가스가 지구온난화의 원인이며, 인류의 탄소 배출로 지구는 계속 뜨거워질 것을 예측한 것이다. 즉, 온실가스 증가에 대한 복잡한 기후계의 반응 메커니즘을 제시하고 이를 계산할 기후 모델 개발을 개발하였을 뿐만 아니라, 직접 시뮬레이션을 통해 지구의 기후가 어떻게 바뀌고



글_ 강인식 서울대학교 지구환경과학부 명예교수

기후예측 분야의 세계적 석학으로 2000년부터 2009년까지 서울대 기후환경시스템연구센터장을 역임했으며, 서울대 퇴직 후 2018년 중국의 제2해양연구소의 인도양센터 과학소장으로 활동하고 있다. 2013~2018년 세계기후연구프로그램(WCRP) 공동과학 위원회의 위원으로 활동하였으며, 기후연구 업적과 국제협력의 공로를 인정받아 2021년 제66차 국제기상기구(IMO)상 수상자로 선정되었다.

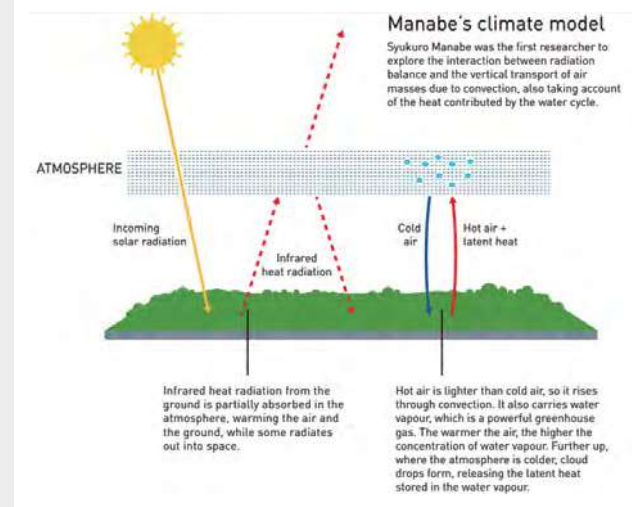
마나베 교수와 일본의 사례는 **미래 과학기술 사회를 준비**해야 하는 우리에게 시사하는 바가 크다.

젊은 과학자들이 성장하고 위대한 과학이 탄생하려면, **훌륭한 스승**, 그리고 **선진적인 지원시스템의 뒷받침이 중요함**을 다시금 깨달아야겠다.

【그림 1】 Manabe's climate model

마나베 교수는 1960년대 관측 데이터가 없는 상황에서 대기 중 이산화탄소 농도 증가가 어떻게 지구 표면 온도 상승으로 연결되는지 규명해냈다.

출처 © 노벨위원회



인류의 활동이 기후에 어떻게 영향을 미치는지 종합적으로 규명하였다.

또한 마나베 교수는 1967년 대기물리과정을 종합적으로 표현한 대기대순환모델 개발하였다. 당시로서는 컴퓨터의 모사 능력을 벗어나는 방대한 모델이었고, 1969년에는 동료인 커크 브라이언 박사와의 협업으로 대기와 해양 순환을 종합적으로 모사하는 모델을 완성하였다. 연구 결과는 당시 하셀만

박사를 비롯해 전 세계 기후과학연구소의 기후모델 개발에 많은 영향을 주었으며, 세계적으로 지구온난화 연구가 본격화되는 시발점이 되었다.

1988년 마나베 교수는 대서양 해양 대순환(Atlantic Meridional Overturning Circulation) 연구를 통해 전 지구적인 기후 시스템을 이해하는 토대를 마련했다. 이어 1989년에는 전 지구를 대상으로 시뮬레이션 할 수 있는 정밀한 기후 모델을 네이처지에 발표했다.

이 같은 일련의 연구결과는 국제사회가 지구온난화를 공동의 이슈로 인식하고, 1988년 유엔 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)를 출범하게 하는 바탕이 되었다. 또한 해양의 순환이 지구 기후에 어떻게 작용하는지를 이해하려는 학계의 움직임을 촉발시켰다. 많은 과학자들이 마나베 교수가 예측한 기후 시스템에 해양 순환의 여러 상태가 함께 존재하는 '다중 평형'의 증거를 찾기 위해 노력했으며, 그 결과 1993년 그린란드의 빙하로부터 두 상태(On-Off States) 사이에 온도가 돌발적으로 변화함을 알아냈다.

기후연구는 최첨단 기술과 글로벌 관측네트워크와 같은 전 지구적 협력이 필요한 분야이다. 마나베 교수는 이 같은 자원이 마련되기 전 방대하고 어려운 문제에 도전한 선구자였다. 더욱 놀라운 사실은 오늘날 과학자들이 최첨단 장비를 동원해 관측하고, 예측한 결과가 마나베 교수가 제시한 예측값과 다르지 않다는 점이다.

마나베의 노벨상과 동조사회 일본이 우리에게 던지는 메시지

마나베 교수의 수상 소식에 기후학자로서 반가움과 긍지도 컸지만, 한편으로는 기후학의 새로운 도전, 그리고 후학 양성에 대한 고민도 깊어졌다. 마나베 교수를 처음 만난 건 1984년 미국 프린스턴대학에서였다. 당시 나는 마나베 교수가 이끄는 지구유체역학프로그램에 박사후연구원으로 참여했다. 작고 마른 체구의 마나베 교수는 명랑하고 유쾌한 과학자였다. 당시 연구그룹의 리더였던 마나베 교수는 선후배를 막론하고 누구에게나 배우려는 열린 자세로 지적 호기심을 언제 어디서나 유감없이 드러냈다. 이름 없는 박사후연구원의 방도 수시로 찾아와 ‘연구가 어떻게 진행되는지’, ‘어떤 점이 흥미로운지’ 물었으며, 과학자의 자세에 대해 조언해주었다. 세미나에서도 마찬가지로였다. 마나베 교수는 늘 가장 많은 질문을 했고, 자신과 다른 의견도 유연하게 받아들였다. 그는 과학자로서 전문성을 한결같이 강조했는데, 그가 연구자로서 한 우물을 팔 수 있었던 배경에는 당시 연구소장이었던 스마그렌스키의 격려가 컸다며 리더의 중요성을 항상 강조하기도 했다.

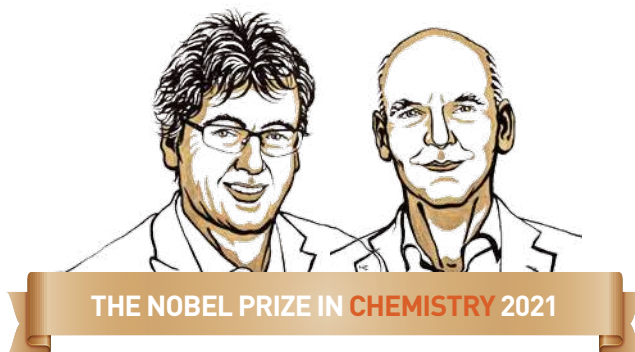
동경대에서 박사학위를 마친 마나베 교수는 1958년 미국 국립해양대기청(이하 NOAA) 지구기후연구팀에 합류했다. 차트를 그리며 기상을 예측했던 시절이었고, 컴퓨터를 이용한 날씨와 기후 예측은 미국 정부와 과학자들의 숙원이었다. 이에 NOAA는 선도적으로 컴퓨터 연구를 진행해온 프린스턴대와 함께 지구물리학 유체역학연구소를 설립했다. 마나베 교수가 속한 연구그룹은 1960년 프린스턴대로 자리를 옮겼고, 세계에서 가장 큰 슈퍼컴퓨터를 활용한 기후 연구에 착수했다. 하지만, 마나베 교수는 5년간 단 편의 논문도 쓰지 못했다. 그럼에도 연구소장인 스마그렌스키는 마나베 교수가 지구대순환모델 개발에 집중할 수 있도록 지원했고, 1967년에 이르러 결실을 보았다.

마나베 교수의 노벨상 수상 기자회견이 유튜브로 중계됐다. 일본 기자가 ‘왜 국적을 버리고 미국에 귀화했는지’ 묻자 그는 다음과 같이 답했다.

“일본은 조화를 중요시하는 동조사회로, 과학자의 독특한 개성을 받아들이지 못한다. 일본에서의 ‘YES’는 진짜 ‘YES’가 아니다. 자신은 동조사회에서 살 수 있는 능력이 없었다.”

해마다 노벨상 시즌만 되면 ‘우리는 언제쯤?’이란 질문이 쏟아진다. 현실은 어떤가? 과학자의 창의와 개성을 강조하지만, 우리 역시 조직과 동조할 때 생존율이 높아지는 동조사회임을 부정하기 어렵다. 연구가 깊어질수록 지식의 숙련과 숙성이 중요한데, 젊어서 재능을 보인 과학자일수록 성과 창출에 쫓겨 과학자의 모습을 한 행정가로 살게 되는 경우를 목도하곤 한다. 마나베 교수에게도 위기는 있었다. 1984년 프린스턴 대학 지구물리학 유체역학연구소장이 은퇴하자 모두가 신입 소장으로 마나베 교수를 추천한 것이었다. 하지만 그는 끝까지 연구실을 지켰다. 웬만한 욕심으로는 쉽지 않은 일이다.

내가 공부하던 1980년대는 마나베 교수 외에도 아라카와, 가사하라, 미야하가 등 일본 출신 기상학자들이 미국의 과학계를 주름잡았던 때였다. 그들의 공통점은 1950년대 일본 동경대학 소노라는 걸출한 교수의 문하에서 수학했다는 점이다. 그러나, 1980년대까지 세계를 주름잡던 일본의 기후학은 동조사회 패러다임을 깨지 못한 채 도약의 기회를 놓친 것이다. 마나베 교수와 일본의 사례는 미래 과학기술 사회를 준비해야 하는 우리에게 시사하는 바가 크다. 젊은 과학자들이 성장하고 위대한 과학이 탄생하려면, 훌륭한 스승, 그리고 선진적인 지원시스템의 뒷받침이 중요함을 다시금 깨달아야겠다. 현재 우리나라의 연구 역량은 모든 분야에서 세계적인 수준이다. 그러나, 우리도 노벨상이 목표가 아닌 다양성을 인정하는 연구문화를 목표로 나아가야 할 때다. 현재 젊은 과학자들의 연구가 훗날 노벨상 수상의 씨앗이 될지 어찌 알겠는가! 그렇게 되기를 바란다. 🌱



유기분자를 촉매로 사용하고, 비대칭 촉매반응의 한 분야로 이 개념을 확장시킨 공헌으로 독일 막스 플랑크 연구소 벤자민 리스트 교수와 미국 프린스턴 대학 데이비드 맥밀란 교수가 2021년 노벨화학상의 영예를 안았다. 통상적으로 유기분자는 유기반응에서 단순히 출발물질 또는 생성물로만 여겨져 왔으나, 작은 분자량을 갖는 이 유기물질이 촉매로 작용할 수 있다는 사실을 착안하여 “유기촉매 (Organocatalyst)”라는 학술적 용어를 2000년대 초에 도입하면서부터 비대칭 촉매반응의 한 분야로 새롭게 자리매김하기 시작하였다.

유기화학자라면 Nicolaou와 Sorensen 교수에 의해 편집된 “Classics in Total Synthesis”라는 책을 접해 봤을 것이며, 이 책의 서문에 다음과 같은 글귀가 담겨 있다.

“In a catalytic asymmetric reaction, a small amount of an enantiomerically pure catalyst, either an enzyme or a synthetic, soluble transition metal complex, is used to produce large quantities of an optically active compound from a precursor that may be chiral or achiral.”



글 _ 양정운 성균관대학교 에너지과학과 교수

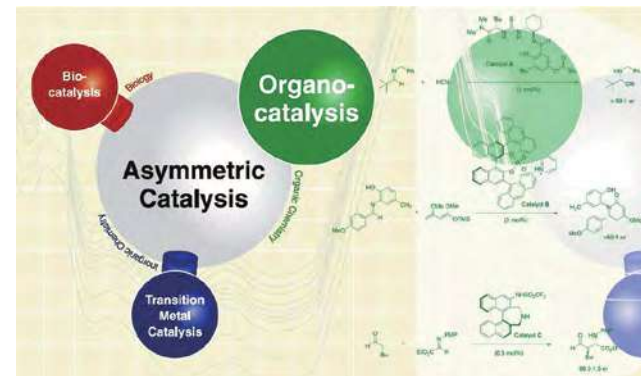
고려대학교 화학과-KIST에서 박사 학위를 받았다. 전공분야는 유기화학이며, 현재 바이오 에너지 생산을 위한 효율적이고 지속 가능한 방법론의 개발을 목표로 연구 중이다. 성균관대 임용 전 독일 막스플랑크 연구소에서 박사후연구원, 상임연구원, 그룹리더로 재직할 바 있다.

도전과 집념에서 나온 신개념: 비대칭 촉매반응에 대한 유기적 접근

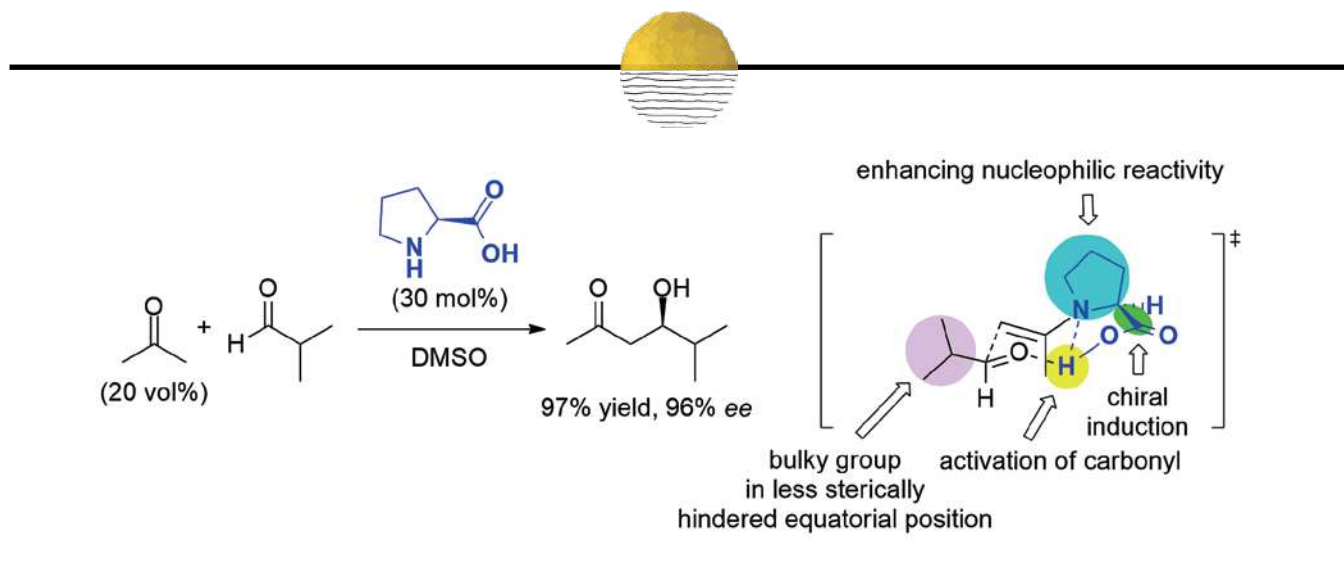
이 문장에 의하면 광학활성인 화합물을 대량 합성하기 위해서는 주로 효소나 전이금속을 촉매로 사용하는 비대칭반응을 통하여 얻을 수 있을 것으로 여겨지고 있으나, 유기촉매의 개발로 효소나 전이금속 촉매에 의존하지 않고 카이랄 분자를 설계·합성할 수 있는 획기적인 길이 열리게 되었다(그림 1).

[그림 1] 비대칭 촉매반응에서의 유기촉매반응의 도래

출처 벤자민 리스트-양정운 2006



이번에 노벨화학상을 수상한 리스트 교수와 맥밀란 교수는 유기촉매반응에서 각각 엔아민 촉매반응(Enamine Catalysis)과 이미늄 촉매반응(Iminium Catalysis)을 발전시키는 데 결정적인 역할을 담당하였다. 이 두 촉매반응에 사용된 유기촉매는 자연에 풍부하게 존재하는 카이랄 풀 중 하나인 아미노산 또는 이의 유도체에서 비롯되었고, 수분에



【그림 2】 프롤린 촉매의 기능적 역할 및 비대칭 알돌 반응으로의 적용

참고문헌 J. Am. Chem. Soc. 2000, 122, 2395

민감하지 않고 쉽게 다룰 수 있다는 점과 더불어 물을 용매로 사용할 수 있다는 점에서 각광을 받고 있다.

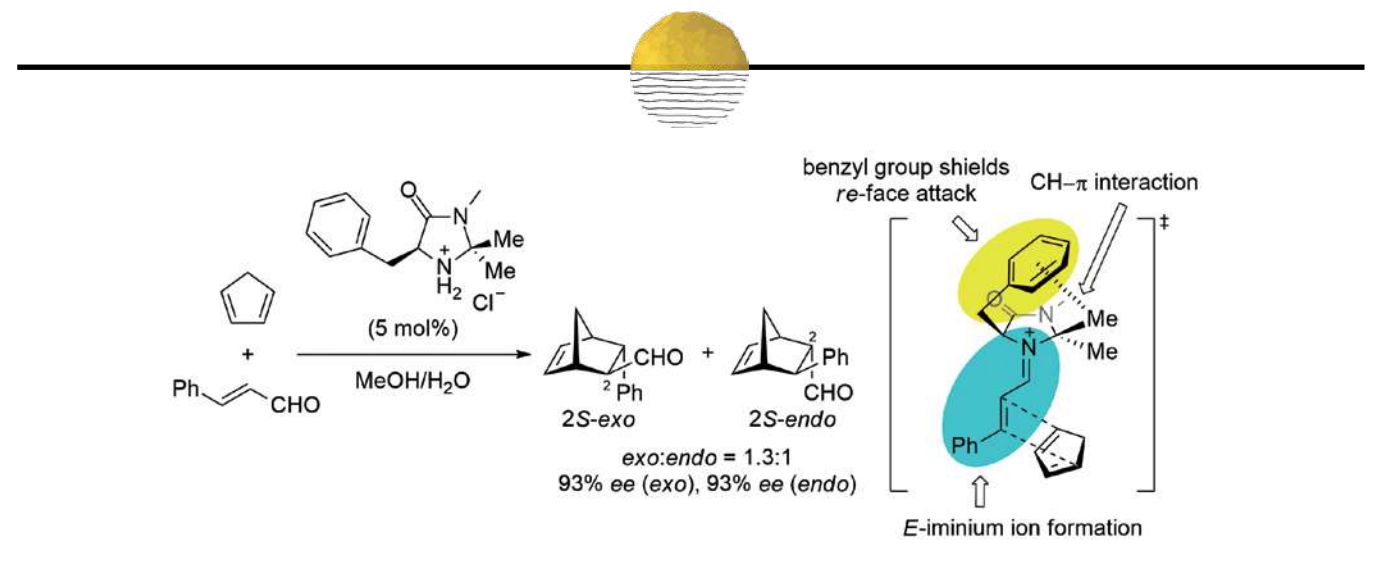
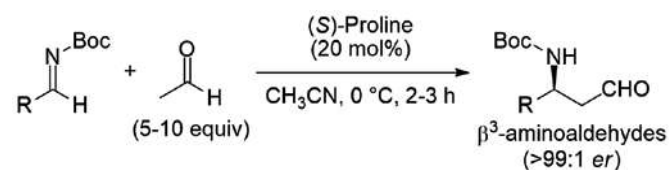
리스트 교수가 발전시킨 프롤린을 촉매로 한 비대칭 알돌 반응은 사실 1960대 후반부터 1970년대에 Hajos-Parrish-Eder-Sauer-Wiechert에 의해 이미 개발된 반응이었다. 하지만 1960-70년대 당시 화학반응에 대한 메커니즘에 대한 근본적인 이해 부족으로 이 분야를 발전시키는 데 걸림돌이 되는 상황에서 리스트 교수는 2000년도에 효소의 일종인 Class I Aldolase가 엔아민 촉매반응과 흡사한 메커니즘을 갖는다는 사실에 착안하여 효소에 비해 구조적으로 간단하고 저분자량을 가진 단일 아미노산인 프롤린을 다음과 같은 알돌 반응에 적용한 결과 탁월한 반응성과 입체선택성을 갖는 생성물을 얻는데 성공하였다. 이는 정확한 반응 메커니즘의 이해에 입각한 첫 번째 성공적인 사례이며, 이로 인해 프롤린을 사용한 엔아민 촉매 사이클을 마니히 반응, 알파-아민화반응 그리고 알파-알킬화반응 등 다양한 비대칭 촉매반응들로 적용·확대시킴으로써 대중화에 큰 공헌을 하였다. 리스트 교수는 프롤린이 우수한 입체선택성을 보여주는 요인들은 다음과 같이 제시하였다(그림 2). 프롤린과 케톤이 반응하여 엔아민을 형성하고, 프롤린에 있는 카복실산의 양성자가

알데하이드의 카보닐기를 활성화시키는 단계에서 3개의 고리로 연결된 수소결합으로 인한 견고한 짐머만-트락살러 전이 상태를 걸침과 동시에 부피가 큰 알데하이드의 치환체는 입체장애를 피하기 위해 형성된 전이 상태에서 수평 방향으로 배열됨으로써 우수한 입체선택성을 유도할 수 있게 된다.

2008년도에 리스트 교수 연구팀에서는 프롤린 촉매를 아세트알데하이드와 이민과의 조합으로 구성된 마니히 반응에 적용하여 높은 입체선택성을 갖는 베타3-아미노알데하이드를 얻는데 성공하였으며, 특히 CCR5 수용체 길항제로 분류되는 항레트로바이러스제이자 HIV의 진입 억제제인 마라비록 [Maraviroc (UK-427,857)]과 같은 의약품을 손쉽게 합성할 수 있는 획기적인 프로토콜을 네이처 논문에서 보고하였다(그림 3).

【그림 3】 프롤린을 촉매로 한 비대칭 마니히 반응

참고문헌 Nature 2008, 452, 453



【그림 4】 카이랄 이미다졸디논 촉매의 기능적 역할 및 비대칭 딜스-알더 반응으로의 적용

참고문헌 J. Am. Chem. Soc. 2000, 122, 4243

한편 맥밀란 교수가 발전시킨 이미늄 촉매반응에서의 핵심인 이미늄은 1970-80년대에 카이랄 물질 합성할 시 중간체로 이미 사용되고 있었으나, 그 당시 이 이미늄을 촉매화 단계로 발전시키는 데는 실패하였다. 그 이후 맥밀란 교수 연구팀에서는 필수 아미노산 중 하나인 페닐알라닌으로부터 다기능성 카이랄 이미다졸디논을 합성하여 비대칭 딜스-알더 반응에 적용한 결과 촉매로 사용될 수 있음을 2000년도에 처음으로 입증하였고, 이 발견이 이미늄 촉매반응의 근원이 되었다. 그는 카이랄 이미다졸디논 촉매 시스템의 구성과 우수한 입체선택성을 보여주는 요인들은 다음과 같이 제시하였다(그림 4). 이미다졸디논 촉매가 알파, 베타-불포화 알데하이드와 반응하여 (E)-선택적 이미늄 이온을 제공하고 [동시에 LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital, 가장 낮은 비점유된 분자궤도함수) 에너지 준위를 낮추는 역할도 한다], 이때 형성된 이미늄 이온은 촉매에 부착된 카이랄성 벤질기와 다이메틸기와의 상호작용으로 인해 친다이엔체의 Re-면을 가림으로써 다이엔을 Si-면으로 접근 용이하게 유도하여 높은 입체선택성을 갖는 생성물을 제공하게 된다. 이후 맥밀란 교수는 이미늄 촉매 사이클 개념을 1,3-쌍극자 고리첨가반응, 프리델-크래프츠 알킬화반응 그리고 알파-

할로젠화반응 등 다양한 비대칭 촉매반응들을 개발하는 데 큰 공헌을 하였다.

엔아민/이미늄 촉매반응 외에 다음과 같은 다양한 유기촉매 시스템들이 국내외적으로 개발되었고, 대표적인 연구팀은 다음과 같다.

싸이오우레아 유기촉매(미국 하버드대, 제이콥슨 교수)
다이아릴 살릴 에터 유기촉매 [일본 도호쿠대(하야시 교수) 및 덴마크 오르후스대(조르겐센 교수)]
카이랄 인산 유기촉매 [일본 가쿠슈인대(아키야마 교수) 및 일본 도호쿠대(테라다 교수)]
카이랄 바이놀-기반 유기촉매(일본 교토대, 마루오카 교수)
카이랄 바이놀-기반 양이온-바인딩 유기촉매
 (한국 성균관대, 송충의 교수)

선도적이고 창의적인 “유기촉매”라는 신개념을 바탕으로 기존 의약품 생산 단계의 간소화 및 개선을 뛰어넘어 ppb(parts per billion, 10억 분의 1) 단위 이하의 촉매량으로 구성된 고효율·고성능 유기촉매 시스템 개발로 화학 전 분야에 적용 가능한 가치 있는 이 신개념의 무한질주는 이미 시작되었다고 해도 무방할 것이다. 🌱

【편집인의 말】 두 개 이상의 길이 하나의 점에서 만나는 순간, 선택지는 두 배로 늘어납니다. 마주치기도 하고 엇갈리기도 하는 그 지점에서의 대화는 서로의 생각과 경험을 풍요롭게 합니다. 한림원의 창은 ‘교차점에서의 대화’를 통해 과학기술계 주요 이슈를 주제로 다양한 학문 분야 및 기관에 소속된 전문가들의 대화를 마련해보고자 합니다.



2018 노벨물리학상 수상자 도나 스트리클랜드 교수와의 대화

“
마음이 이끄는 대로
재미있는 것을 찾아
스스로를 행복하게 만들라
”



한림원, ‘제1회 노벨상 수상자와의 대담’ 온라인 개최

‘Dream Big: Being a Scientist beyond Nobel Prize’ 주제 대담 및 청중 질의응답 진행

노준석 POSTECH 교수, 이지현 대학원생, 이찬희 학생 참여



도나 스트리클랜드(Donna Strickland)
캐나다 워털루대학교 교수는 대학원생 시절 지도교수였던 제라드 무루(Gerard Mourou)와 함께 개발한 초펄스증폭(Chirped Pulse Amplification, CPA) 기술로 2018년 노벨물리학상을 공동 수상했다. CPA 기술은 레이저의 강도를 기존보다 1,000배 이상 증가시키고 빛과 물질 사이에 새로운 형태의 상호작용을 만드는 혁신적 기법으로써 고출력 레이저 펄스를 다양한 기초·응용 과학 연구에 활용하는 길을 열었다. 현재 CPA 기술은 고출력 레이저 펄스를 만드는 표준기법이 되었고, 물리학 연구에서 광범위하게 쓰이고 있으며, 시력 교정 수술, 스마트폰 부품 가공, 암 치료 등 의학·산업 전반에 활용되고 있다.



노준석 POSTECH 기계공학과·화학공학과 교수(공학부 차세대화원)는 메타물질 이용 차세대 디스플레이 및 초박막광학 분야의 개척 연구를 수행 중인 연구자이다. 세계 최초로 카이랄 특성을 갖는 가시광선용 메타물질 및 극한 광특성을 구현하고, 차세대 메타홀로그래프, 신개념 나노공정 기술 등을 개발했다. 국제적으로 주목받는 신진 연구자로서 한국인 최초로 MINE 정상회의 및 MNE 정상회의에서 ‘젊은 과학자상’을 수상했고, 2021년 광학 분야의 세계적 권위지인 Springer-Nature 사의 ‘빛·과학과 응용(Light: Science and Applications)’의 편집위원으로 선임됐다.



서울대학교 전기정보공학부 석사과정에 재학 중인 **이지현 학생**(왼쪽)과 한민고등학교 2학년 **이찬희 학생**은 평범한 한국의 학생들이다. 이공계 대학원생이자 과학자를 희망하는 청소년으로서 꿈도 고민도 많다.

Nobel Prize



과학은 원대한 꿈을 꾸는 사람이 열정적 변화를 가져오는 분야이다. 과학자는 저마다 품은 원대한 꿈을 나침반 삼아 미지의 세계에서 진리를 탐구한다. 강력한 빛을 만들어 레이저 물리의 새 시대를 연 과학자가, 지금 도달할 수 없을 것 같은 꿈을 꾸는 이들과 교차점에서 만나 연구 여정을 돌아보는 시간을 가졌다.

한국과학기술한림원은 지난 10월 20일 2018년 노벨물리학상을 수상한 도나 스트리클랜드 캐나다 워털루대학교 교수를 초청해 '제1회 노벨상 수상자와의 대담'을 진행했다. 광학 분야에서 세계 최고 수준의 연구자로 평가받는 노준석 POSTECH 교수가 사회를 맡았으며, 학생층을 대표해 이지현 학생과 이찬희 학생이 대담자로 참석했다. 2명의 과학자와 2명의 과학꿈나무가 'Dream Big: Being a Scientist beyond Nobel Prize'를 주제로 다채로운 이야기를 나눴다. 이번 교차점에서의 대화는 이를 재구성해서 소개한다.

노벨상의 무게를 견디는 방법

“과학이 중요한 시대,
과학자의 몫을 다하기 위해 노력한다”

도나 스트리클랜드 교수의 이름 뒤엔 고유한 수식어가 따라다닌다.

55년 만에, 역사상 세 번째로 물리학상을 받은 '여성 과학자'라는 특별한 의미가 왕관처럼 씌워진다. 대담에서는 현재 세상에 단 두 명만 존재하는 여성 노벨물리학상 수상자로서 느끼는 삶의 무게부터 개인적 일상까지 허심탄회한 이야기가 오갔다.

노준석(이하 준석) — 노벨상을 처음 받았을 때 기분이 어땠나.

도나 스트리클랜드(이하 도나) — 35년 동안 일하면서, 내가 언젠가 노벨상을 받을 것이라고 전혀 예상하지 못해서 정말로 놀랐다. 아침 5시에 수상 소식을 듣고 남편한테 “내가 아무래도 노벨상을 받은 것 같다”라고 얘기하면서도 현실이 아닌 것 같았다. 하루아침에 유명해지고 언론의 주목을 받고 끊임없는 인터뷰를 하는 일이 신나면서 두려웠다.

준석 — 노벨상 수상 이후 삶이 어떻게 변화했는지 궁금해하는 사람들이 많다.

도나 — 대학에서 강연하고 연구하던 조용한 생활과 달리 수상 이후엔 삶이 송두리째 바뀌었다. 2019년에 한국을

방문한 것을 비롯해 전 세계를 누비며 강연하고, 직접 달에 갔었던 아폴로 우주인이나 교황을 만나는 등 훌륭한 경험을 했다.

준석 — 노벨상을 받은 과학자의 일상은 어떠한가.

도나 — 코로나19 이전엔 출장이 워낙 많아서 잠이 부족했다. 한 달에 3일만 집에서 잠을 잔 적도 있다. 지금은 19개월간 집에만 있었더니 출장이 그림자다. 요즘은 일정을 조정하는 비서가 있어서 시간을 효율적으로 활용하며 새로운 연구 프로젝트를 준비한다.

준석 — 노벨상을 받을 수 있었던 중요한 요소는 무엇인가.

도나 — 단 한 가지를 고르기 힘들지만, 일단 행운이 필요하다. 세상엔 수많은 훌륭한 과학자가 있지만 노벨상 수상자는 극소수이다. 어떤 연구가 두각을 보일지 예측이 어려워서 행운이 없으면 불가능하다. 좋은 아이디어와 그 아이디어를 실행하기 위한 끊임없는 노력, 그리고 저명한 학술지에 논문이 등재되고 자주 인용되는 것도 중요하다.

준석 — 여성 과학자로서 진로에 제약을 느꼈던 적이 있는가.

도나 — 아버지와 언니가 엔지니어링을 전공했기 때문에 자연스럽게 과학자의 길을 걸었다. 대학교에서도 여성 전공자는 전체 학생 100명 중 단 3명이었지만, 여성으로서 제약이 있다고 생각하지 않았다. 2020년에 노벨물리학상을

받은 앤드리아 게즈 박사는 여성 노벨물리학상 수상자 두 명이 동시대를 사는 것은 지금이 처음이라고 말했다. 그래서 앤드리아 게즈 박사에게 이메일을 보내 회원이 두 명인 수상자 클럽을 결성하자고 제안했다.

준석 — 유럽(EU)의 Marie Curie Fellowship, 미국 에너지성의 Maria Goeppert-Mayer Fellowship 등 이전 두 분의 여성 노벨 물리학상 수상자의 이름을 딴 지원 프로그램(Fellowship)이 있다. 향후 Donna Strickland Fellowship도 나오지 않을까 기대가 된다. 여성 과학자를 이끌어야 한다는 부담감도 있는가?

도나 — 사실 캐나다에 내 이름을 딴 시상사업*이 만들어졌다. 노벨상을 받은 후에 과학자로서 이전에 경험하지 못한 압박감과 부담감을 느꼈다. 여성에게 불가능은 없다고 생각한다. 여성들은 할 수 있고, 그렇게 해야 한다.

* 캐나다연구재단(Natural Sciences and Engineering Research council of Canada, NSERC)는 Donna Strickland Prize for Societal Impact of Natural Sciences and Engineering Research를 시상하고 있다.

준석 — 과학 주제 중에 풀고 싶은 문제는 무엇인가.

도나 — 이 세상의 문제를 과학으로 해결하겠다고 접근하거나 생각한 적은 없다. 그저 연구실에서 일어난 무언가를 이해하기 위해 꾸준히 연구할 뿐이다.

준석 — 혹시 인생을 살면서 후회되거나 아쉬움이 남는 것이 있는가.

도나 — 후회가 없다. 과거는 중요하지 않다. 계속 전진하는 것이 중요하다.

준석 — 아주 낙관적이다. 사실 낙관주의는 과학자가 지녀야 할 주요한 덕목이다. 오늘 무엇인가 잘못되어도 잊어버린 다음 내일 다시 시작하는 마음가짐이 필요하다. 당신은 이제 세상에 영향력을 발휘하는 중요한 위치의 과학자이다. 향후 목표는 무엇인가.

도나 — 미국광학회(Optical Society of America, OSA) 활동을 하면서 광학 연구를 환경 분야에 적용하는 부분에 대해 의견을 냈다. 노벨상 수상 이후에 캐나다 정부를 비롯해 많은 사람이 내 목소리에 집중하기 때문에 과학적 리터러시(literacy)를 증진하고자 노력했다. 팬데믹과 싸우는 지금, 기후변화나 백신 문제를 비롯해 과학이 점점 더 중요한



(좌)노준석 POSTECH 교수 (우)도나 스트리클랜드 교수

시대이다. 과학자가 목소리를 내고, 지역 사회에 과학자의 역할을 전파하는 것이 중요하다.

행복한 과학자가 노벨상을 타기까지

“과학자가 부나 명예를 좇는다면
실망할 수밖에 없다”

이지현 대학원생과 이찬희 고등학생이 대담에 참여하면서 화제의 초점은 자연스레 도나 교수의 학창시절로 향했다. 노벨상 발표 당시 여성 수상자의 탄생만큼 화제를 불러일으킨 것은 그가 대학원 시절 쓴 논문이 35년이 지나 노벨상 수상의 초석이 됐다는 사실이었다.

준석 — UC 버클리 대학원 면접 당시 나를 특별할 것이 없는 지원자로 판단한 심사위원들에게 “미래에 내가 노벨상을 받을지 어찌 아냐”고 주장해 합격했던 적이 있다. 노벨상 수상은 과학자로서 연구업적 끝판왕인데, 이것이 인생의 행복과 선형 관계라고 생각하는가.

도나 — 로체스터 대학원에 들어갔을 때 세계 최고의 박사 학위 논문을 쓰겠다는 열의에 가득 찼었다. 아마 모든 대학원생이 마찬가지일 거다. 아시아는 상황이 다를 수 있는데 북미에서는 과학자가 돈을 버는 직업은 아니다. 멋진 과학을 하기 위해 과학자가 된다. 그래서 나도 훌륭한 논문을 쓰겠다는 목표밖에 없었다. 노벨상과 행복은 선형 관계가



이지현 학생(상, 좌)과 이찬희 학생(하, 좌)이 도나 스트리클랜드 교수에게 질의하고 있다.

아니다. 내 삶은 이미 행복했고, 노벨상을 받았다고 더 행복해지지 않았다. 과학자가 부나 명예를 좇는다면 실망할 수밖에 없다.

이찬희(이하 찬희) — 과학자는 무엇을 목표로 연구해야 하는가.

도나 — 나는 그저 과학적 재미를 위해 연구했다. 아침에 일어나서 신나는 일을 하고 싶어서 과학을 선택했다. 명예로운 수상을 기대하며 연구하지 않았다. 과학의 세계에서 계속 새로움을 추구하는 것이 중요하다. 1917년 아인슈타인이 처음 레이저 이론을 제시했고, 1980년대에 CPA 기술이 등장했다. 내가 했던 연구는 스마트폰 액정이나 각막을 자르는 레이저 기술로 상용화되었다. 레이저 기술은 점점 더 진보하고 있고, 나도 그 진보에 기여할 수 있었다. 과학자로서 지식의 전달에 기여한 것이 무엇보다 중요한 의미다. 정말 즐거운 일을 한다는 과학적 재미가 최고의 동기부여이며, 과학을 즐길 수 있어야만 최선을 다할 수 있다.

준석 — 과학을 포기하고 싶었던 순간이 있었다.

도나 — 박사학위 과정에서 포기하고 싶었던 순간이 있었다. CPA를 주제로 첫 논문을 쓰기 전, 대학원을 4년 동안 다니면서 단 한 편의 논문도 발표하지 못한 절망적인 상황이 계속됐다. 당시 동기들은 모두 논문을 쓴 상태였다. 포기할까 싶었지만 이것 외에는 하고 싶은 것이 없다는 것을 깨닫고 다시 매진했다. 돌이켜보면 그 좌절의 시간에도 뭔가 준비되고 있었던 것 같다.

이지현(이하 지현) — 3년 전 기자회견에서 “우리 모두 잘하는 것을 하면 세계가 나아질 것이다(The world works best if we all do what we're good at)”라고 말했다. 연구자의 길을 택하는 것과 연구 분야를 선택하는 데 있어서 ‘내가 제일 잘 하는 것’이라는 확신을 어떻게 가질 수 있나.

도나 — 나는 다른 분야에 재능이 없고 물리학만 잘했다. 기회의 창이 오직 물리학이라는 것이 내겐 오히려 행운이었다. 구체적으로 미래를 지시한 사람이 없어서 내 직감대로 움직였다. 1970년대 레이저 기술은 SF영화에나 등장하는 기술이어서 관련 연구기관이 많지 않았다. 처음 실험실에서 레이저 기술을 접했을 때 엄청난 충격과 감동을 받았다. ‘이 굉장한 기술을 보고 연구하지 않을 사람이 어딴을까’라고 생각했다. 감정이 이끄는 대로 재밌어 보이는 분야를 전공으로 선택했다. 박사학위가 끝났을 시점만 해도 산업 전망이 불투명했는데, 레이저 기술이 상용화되면서 레이저 프로젝트가 폭발적으로 증가했다. 결국 마음이 보여주는 세상으로 가야 한다.

찬희 — 한국 고등학생들은 대학이 인생을 결정한다고 생각해서 수능 공부에 매달린다. 교수님의 고등학생 시절은 어떠했나.

도나 — 당연히 한국인들이 스트레스가 심한 것을 안다. 한국이 빠른 발전을 이룬 만큼 스트레스도 심할 것이다. 캐나다 교육제도는 한국과 다르다. 내가 대학에 들어갈 무렵 이미 수능제도가 없어졌고, 어느 정도 점수만 있으면 대학 입학 자격이 주어진다. 공립대학은 평준화가 되어서 입시 스트레스도 없었다. 고등학생 시절 어머니가 내가 다닌 학교의 선생님이었는데, 내 성적을 확인하고 높은 점수를

유지하라고 지도했다. 돌이켜보면 이런 지도는 어머니의 실수라고 생각한다. 이미 내가 잘하고 있다고 생각해서 더 노력하고 싶지 않았다.

찬희 — 그렇다면 과학교육이 나아가야 할 방향은 무엇이라고 생각하는가.

도나 — 과학은 정말 과학을 하는 것처럼 가르쳐야 한다. 고등학교나 대학교에서는 기존에 존재하는 과학지식을 가르친다. 석사과정부터는 미개척 분야 연구를 진행한다. 과학은 내가 무엇을 알고 있느냐보다 아직 알지 못하는 것들이 중요하다. 이러한 개념을 고등 교육과정에 접목해야 한다. 우리가 이해하지 못하는 세상을 바라보고, 우리가 기대하는 것을 연구할 수 있어야 한다. 교육과정에서 과학적 호기심을 장려해야 한다. 기존 지식의 이해보다 과학적 호기심을 갖고 연구하는 교육과정을 보강해야 한다. 학생들이 ‘왜’라는 질문을 해야 한다.

지현 — 대학교 시절로 다시 돌아가면 해보고 싶은 것이 있는가.

도나 — 대학생으로 돌아가 하고 싶은 것은 따로 없다. 당시 교수님들은 내가 열심히 하면 학과 수석이 될 수 있다고 독려했다. 많은 것을 배워야 했고, 교수의 지시를 그대로 따라야 한다는 압박감이 있었다. 내겐 압박감이나 부담감이 좋은 성적을 내는 동기부여가 되지 못했다. 대학 이후엔 너무 많은 일을 수행하지 않도록 주의하고 있다.

지현 — 과학자에게 소통 능력(Communication Skill)은 얼마나 중요한가.

도나 — ‘과학 리터러시’는 매우 중요하다. 과학자들이 과학적 개념을 일반 대중에게 쉽게 설명할 수 있어야 한다. 물론 쉽지 않다. 노벨상 수상 이후 내 연구 성과를 강연할 일이 많은데, 준비 시간도 길고 과정도 어렵다. 과학대담에 참여하는 사람들은 이미 과학에 긍정적이지만, 사회 심리학적으로 사람들은 과학을 어려워하고 거부반응을 보인다. 과학을 어려워하는 사람들의 마음을 열어야 한다. 우리 사회가 직면한 팬데믹, 기후변화, 빈곤퇴치 등 여러 중요한 이슈에서 과학계의 역할을 이해시키고 알려야 한다. 과학자의 소통 능력은 점점 더 중요해질 것이다.

행복한 과학자의 조언

“스스로가 재미있는 삶을 사는 것이 곧 성공이다”

초등학생부터 연구원까지 다양한 연령층이 참여한 사전질문 대담에는 재기발랄한 질문이 쏟아졌다.

준석 — 서울대의 문블라다님의 질문이다. 역사 속 위대한 과학자와 연구할 기회가 생긴다면 누구와 어떤 연구를 하고 싶은가.

도나 — 물리학 연구에서 엄청난 업적을 남긴 아인슈타인을 선택하겠다. 그와 대화하면서 그 놀라운 지성이 어떻게 작동하는지 이해하고 싶다. 연구주제는 잘 모르겠다. 대략 백 년이 흐른 지금 아인슈타인이 어떤 연구를 하고 싶을지 나도 궁금하다.

지현 — 한국화학연구원의 박지원님이 질문을 주셨다. 역사 속 과학자 중에서는 종종 목욕이나 샤워를 하면서 아이디어를 얻기도 했다. 아이디어를 떠올리는 방법이 궁금하다.

도나 — 아이디어가 갑자기 연구실에서 떠오르는 않는다. 제자나 동료와 일상적인 대화를 나눌 때 떠오르기도 하고, 아침에 샤워하면서 번뜩이는 아이디어를 얻기도 한다. 산책이나 편안한 휴식을 취할 때 머릿속에 아이디어가 찾아온다. 패닉 상태에서는 아이디어가 오지 않는다.

찬희 — 동화고등학교 3학년에 재학 중인 김선명 학생의 질문이다. 삶에 도움이 된 습관은 무엇인가.

도나 — 특별한 습관은 없고 산책을 좋아한다. 머리가 복잡할 때는 산책이나 휴식이 필요하다. 여러분도 긴장을 푸는 방법을 스스로 찾아라.

준석 — 한국 청년들에게 하고 싶은 조언은 무엇인가.

도나 — 과학 분야에서 재밌는 것, 여러분을 행복하게 만드는 것을 찾아라. 행복한 삶을 사는 것이 곧 성공이다. 돈이나 상이 중요한 게 아니라 매일 아침 일어나 재밌는 일을 하는 것이 성공이다. 재밌는 것을 찾고 최선을 다해 노력하라. 🌟

가을은 과학을 즐기는 계절

국내외 최고 과학기술 석학 참여 특별강연 등 진행

노벨상 업적 해설, 최신 과학기술, 과학자로서의 삶 등
다양한 주제로 개최

한국과학기술한림원은 지난 10월부터 다양한 과학강연 및 특별대담 프로그램을 진행 중이다. 미래 과학자를 꿈꾸는 청소년부터 현재 관련 분야에 종사하는 연구자 및 전문가들을 대상으로 목적과 주제에 맞게 다채롭게 구성됐다. 청소년들을 대상으로 하는 강연에서는 걸출한 두 여성 과학자가 연사로 나서 '연구의 즐거움과 과학자로서의 삶'에 대해 대화한다. 학생들이 직접 참여하여 궁금한 점을 질의할 수 있도록 함으로써 소중한 경험을 선사한다. 첨단기술을 주제로 한 권위자들과의 대담행사 역시 과학기술계의 호응이 뜨겁다. 관련 분야 국내 전문가들이 대담자로 나서 흥미로운 질문을 던지고 대화를 이끌어감으로써 연구자들의 궁금증을 해소한다. 한림원은 노벨상 수상업적에 대한 전문가들의 정확한 해설 강연의 프로그램도 마련한다. 주한스웨덴대사관의 행사에 후원자로 참여하며, 현재 유튜브 강연 시리즈도 제작 중이다. 모든 행사는 최대한 많은 사람들이 편하게 참여하고, 언제든 다시 볼 수 있도록 온라인으로 개최하고, 한림원 유튜브 채널(www.youtube.com/c/한국과학기술한림원1994)에 올린다.

● 노벨상 수상자 등 국내외 석학들과 청소년들의 온라인 만남

제1회 노벨상 수상자와의 대담



Donna Strickland
워털루대학교 교수

- 일 시: 2021. 10. 20.(수), 21:00
- 대담자: Donna Strickland 워털루대학교 교수(2018 노벨물리학상)
- 주 제: Dream Big: Being a Scientist beyond Nobel Prize

유튜브로 실시간 중계된 이번 행사는 순 시청자 수 870여 명이 접속해서 노벨상 수상자와의 질의응답을 이어갔다. 대담자의 요청으로 다시보기는 제공되지 않는다.

개최 예정 미래과학자가 되고 싶어하는 청소년들과의 대화



김영기 시카고대학교 교수

- 일 시: 2021. 11. 29.(월) 15:00
- 대담자: 김영기 시카고대학교 교수(미국물리학회(APS) 차기 회장)

미국물리학회 120여년 만에 첫 한국인 회장으로 선출된 입자물리학의 거장 김영기 시카고대학교 석좌교수가 한국의 청소년들을 온라인으로 만난다. 2021년도 청소년 과학영재사사 수료식에 마련된 특별강연으로써 32명의 고등학생들의 질문에 답하는 시간이 마련된다. 행사는 한림원 유튜브를 통해 모든 사람들에게 공개된다.

● 최신 과학기술 주제 전문가들의 특별대담 생중계

제2회 석학과의 대담



Robert Samuel Langer MIT 교수

- 일 시: 2021. 11. 3.(수), 22:30
- 대담자: Robert Samuel Langer MIT 교수(모더나 공동창업자)
- 주 제: Innovative Drug Delivery System

코로나19 이후 가장 주목받고 있는 기술인 mRNA(메신저 리보핵산) 및 약물전달 시스템 관련 최고 권위자 중 한 명인 로버트 랭거 미국 MIT 석좌교수의 대담행사가 온라인으로 진행됐다. 2,300여 명이 시청했으며, 특히 바이오업계 연구자 및 창업자들의 호응이 뜨거웠다. 한림원 유튜브 채널을 통해 다시보기가 가능하다.

개최 예정 제3회 석학과의 대담



Alexander Waibel
카네기멜론대학교 교수

- 일 시: 2021. 11. 25.(목) 16:00
- 대담자: Alexander Waibel 카네기멜론대학교 교수
- 주 제: 오해연 KAIST MARS 인공지능 통합연구센터 소장

코로나19로 두 차례 연기된 '제6회 한국·독일한림원 공동심포지엄'의 아쉬움을 달래고자 양국이 온라인 사전행사를 개최한다. 음성 인식 및 번역 인공지능 기술의 권위자이자 유럽-미국 최초 음성번역시스템 JANUS를 개발한 Waibel 교수가 대담자로 참여해 인공지능 기술의 최신동향과 사회적 책임에 대한 강연과 토론을 펼친다.

개최 예정 제4회 노벨상 수상자와의 대담



John C. Mather NASA 박사

- 일 시: 2021. 12. 2.(목) 10:30
- 대담자: John C. Mather NASA 박사(2006 노벨물리학상)
- 주 제: Opening the Infrared Treasure Chest with JWST

퇴역을 앞둔 Hubble 망원경을 대체할 차세대 천체망원경 JWST가 12월 18일 발사가 예정되어 있다. 우주의 비밀을 밝혀줄 JWST에 전 세계 과학자들의 관심이 집중된 가운데 한림원이 JWST의 이론적 배경을 제시한 업적으로 노벨상을 수상한 Mather 박사의 특별대담을 마련했다. 한림원 유튜브 채널을 통해 생중계될 예정이다.

● 노벨상 수상업적 해설강연

Sweden-Korea Nobel Memorial Program 2021



- 일 시: 2021. 11. 2.(화) 13:30
- 과학세션 연사 명단

물리	Ludvig Lizana(Umeå University) / 강인식(서울대학교)
화학	Sven Lidin(Lund University) / 장혜영(아주대학교)
생리학	Mathias Uhlén(KTH) / 황선욱(고려대학교)

노벨 메모리얼 프로그램은 노벨상 분야별 수상 연구 및 업적에 대한 지식을 확대하기 위한 심포지엄이다. 주한스웨덴대사관과 한국과학기술한림원, 한국개발연구원, 한국비교문화학회, 이화여자대학교, 룬드대학교, 스웨덴왕립공과대학교, 우메오대학교, 예테보리대학교 등 한국과 스웨덴의 9개 기관이 파트너로 참여했다. 주한 스웨덴대사관 유튜브에서 다시 보기가 가능하다.

“모든 청소년들은 양질의 과학교육을 받을 권리가 있다”



- AASSA, '아시아 및 태평양 지역 초·중등 STEM 교육 현황과 개선 방안' 국문보고서 발간
- 한·중·일·싱가폴·호주 등 아시아 10개국 전문가 참여, 각국 현황과 과제 분석

과학과 기술은 현대 문명과 인류 복지의 초석이다. 또한 포용적이고 평등한 양질의 교육은 개인의 발전뿐만 아니라 한 국가의 지속가능한 성장의 열쇠이다. 모든 학습자들은 지속가능한 발전과 지속가능한 생활양식을 증진시키는 데 필요한 지식과 기술을 습득하여야 한다.(UN SDG4, Quality Education)



4차 산업혁명과 코로나19 팬데믹으로 급격한 비대면화와 디지털 전환이 가속화되고 있다. 인공지능과 빅데이터 등 첨단 기술의 활용이 중요해지면서 수학과 과학에 대한 기초 소양과 핵심 역량도 필수 요소로 자리매김하고 있으며, 이에 따라 과학과 기술, 공학 및 수학 교육을 일컫는 STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics) 교육의 중요성이 커지고 있다.

이러한 가운데 아시아 최대 과학기술 국제기구인 아시아과학한림원연합회(The

Association of Academies and Societies of Sciences in Asia, AASSA*)가 '아·태 지역 초·중등 STEM 교육에 대한 현황과 개선 방안' 보고서를 발간해 주목을 받고 있다. 이번 프로젝트에는 AASSA 회원국 중 한국, 중국, 일본, 싱가포르, 호주, 방글라데시, 인도네시아, 스리랑카, 태국, 터키 등 10개국 한림원이 참여했으며, 각국의 (1) STEM 교육 현황 소개, (2) SWOT(강점·

*AASSA : 국제한림원연합회(IAP)가 선정한 공식 아시아지역 제휴 네트워크로서 아시아와 오세아니아 지역의 30개국 32개 회원기관으로 구성되어 있다. 과학기술을 통한 아시아와 오세아니아 지역의 지속 발전을 도모하고 있으며, 한국 과학기술한림원이 AASSA의 사무국을 맡아 운영 중이다.

약점·기회·위협) 분석과 장단점, (3) 개선을 위한 도전 과제, (4) 제언 및 미래계획 등을 담고 있다.

AASSA 과학교육위원회 위원장인 이무하 서울대학교 명예교수와 과학교육 전문가인 송진웅 서울대학교 교수가 프로젝트의 기획 및 진행을 맡아 보고서 작성을 주도하고 통일된 정책 제안을 이끌어냈다. 이무하 위원장은 발간사를 통해 “점점 복잡해지고 급변하는 세계에서 청년들이 문제해결의 수단으로서 과학기술을 사용하고 혁신할 수 있도록 STEM 재능을 교육하는 것은 매우 중요하다”며 “아시아와 오세아니아 국가들 간의 교육제도에 대한 정보교환을 통해 각 나라의 STEM 교육을 개선시킬 수 있는 방법을 찾고자 한다”고 발간 취지를 밝혔다.

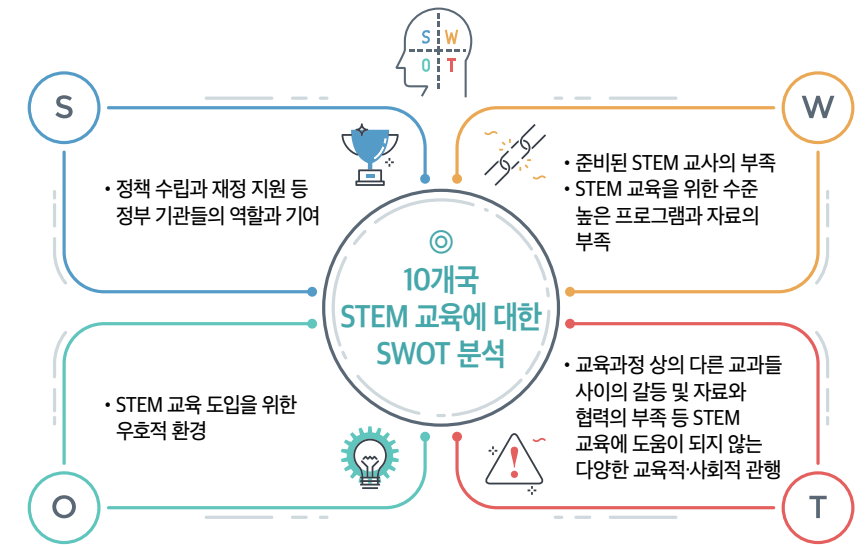
바람직한 STEM 교육을 위한 출발점

“공통의 미래를 위해 경험과 지식을 공유하고 협력해 나가야 한다”

보고서에 따르면 대부분의 국가에서 현재 STEM 교육의 필요성과 중요성에 대해 충분히 공감하고 있으며, 이미 교과별 학문 중심의 기존 학교 교육의 체제에 STEM 교육을 적용하고 통합시키기 위한 다양한 노력을 경주하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 현재의 전통적인 교육 환경 역시 100년 이상의 기간을 통해 진화해 온 결과인 만큼, 변화를 일구기 위해선 수많은 집합적 노력이 필요하다는 데에도 동의하고 있었다.

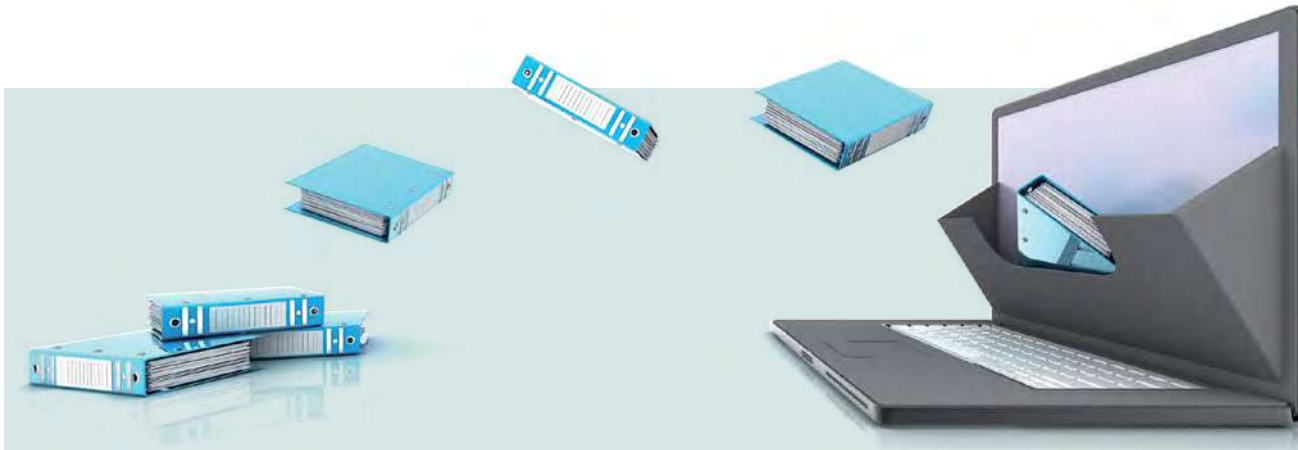
10개 국가 한림원은 시급히 해결해야 할 문제로 교사들의 준비 미흡과 수준 높은 교육 프로그램 및 자료의 부족을 꼽았다. 성공적인 교육 도입을 위해 가장 필요한 핵심 요소지만, 전통적 교육에 대한 익숙함 때문에 준비와 적용 속도가 더디다는 지적이었다. 이러한 문제로 STEM 교육을 적극적으로 실시하기에는 아직 준비가 부족하며, 특히 통합적 측면에서 학생들을 가르치기 위한 준비는 더욱더 부족한 실정으로 파악됐다.

그러나 STEM 교육 체제 도입에 대한 우호적인 환경이 전 세계적으로 구축되고 있는 만큼, 아시아·태평양 지역 전반에 걸쳐 학교 혁신에 대한 환경과 지원이 어느 정도 이뤄지고 있는 것에는 긍정적인 평가가 우세했다. AASSA는 보고서를 통해 사회적 관행들을 극복하고 공통의 미래를 위해 경험과 지식을 공유하고 협력해 나간다면 STEM 교육 체제가 성공적으로 도입될 수 있을 것이라고 조언했다. 21



◎ STEM 교육의 발전 및 성공 정착을 위한 AASSA의 정책 제언

1. 각국은 그 나라의 현실에 적합한 STEM 교육의 필요성, 목표 및 지향점 등에 대한 사회적 합의 도출을 위해 심도 있고 현실적인 논의를 시행해야 한다.
2. STEM 교육을 성공적으로 개발 및 확산시키기 위해서 예산, 입법, 교육과정, 교사 교육 및 자원 이용 등 다양한 형태의 지원이 가능한 중앙정부 및 지방정부의 역할이 중요하다.
3. 과목 간에 칸막이가 존재하는 현행 전통적 교육과정의 틀이 아닌, 실생활과의 연계성, 프로젝트형 학습, 그룹 학습, 탐구학습 등 STEM 교육에 우호적인 교육과정 또는 교육 표준을 도입할 필요가 있다.
4. 새로운 분야의 지식 및 새로운 교수학습방식이 필요한 STEM 교육의 성공적 정착을 위해 심화된 교사 교육이 마련되어야 한다.
5. 지역 내 위치한 국가들이 축적한 경험과 노하우를 서로 공유하고 협력할 수 있도록 국제 교류 통로를 설립하는 것이 중요하다.
6. STEM 교육 도약의 발판이 될 수 있는 학교, 대학, 과학 센터, 연구소, 산업체 및 민간단체들 간의 소통과 협력이 중요하다.
7. 효율적인 STEM 교육을 위해 다양한 교육 콘텐츠와 적절한 시설 및 환경 구축이 시급히 마련되어야 한다.



세계 한림원이 자국의 과학기술 역사와 석학을 기억하는 방법 ‘아카이브’

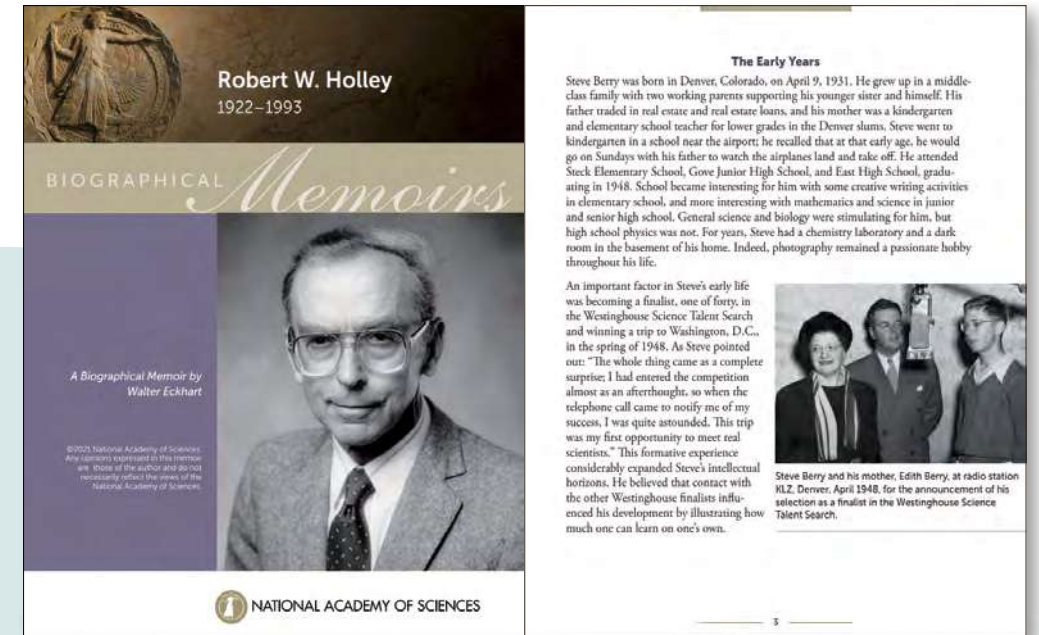
미국, 영국, 독일, 프랑스, 이탈리아 한림원의 디지털 아카이브 사업 탐구

기록은 과거를 기억하고 미래를 내다보기 위한 거울로서 국가 경쟁력의 원천으로 작용한다. 전 세계 과학기술 선진국의 과학한림원이 자국의 과학기술 역사와 석학을 기억하는 방법으로 '아카이브(Archive)'를 구축해 활용하는 이유이기도 하다.

우리말로 '기록물 보관소'로 풀이되는 아카이브는 역사적 가치가 있거나 장기 보존의 가치를 가진 기록이나 문서들의 수집, 혹은 이를 보관하는 장소나 시설을 의미한다. 최근에는 '디지털 아카이브'가 주목을 받고 있는데 물리적 손상을 대비하여 자료를 영구적으로 안전하게 보관할 수 있다는 점뿐만 아니라, 기록물을 하나의 파일 형태로 변환해 보관하기 때문에 손쉬운 검색과 열람이 가능하다는 강점이 있어 역사를 기록하고 활용하는 데 있어 좋은 수단이 되고 있다.

과학기술의 역사가 오래된 나라일수록 아카이브 구축과 운영에 적극적이다. 과학기술 역사의 영구 보존을 통해 기관의 외연을 확장하고, 사회적 공헌을 실현하는 데 앞장서고 있는 미국과학한림원(National Academy of Sciences, NAS), 영국왕립학회(The Royal Society), 독일레오폴디나한림원(German National Academy of Sciences Leopoldina), 프랑스과학한림원(French Academy of Sciences), 이탈리아린체이한림원(The Accademia Nazionale dei Lincei) 등이 대표적이다. 디지털 아카이브를 중심으로 각국의 현황을 살펴본다.

Archive



Biographical Memoirs의 표지 및 내용.
회원들의 유년기부터 그가 남긴 학문적 유산까지
전생애를 사진과 함께 기록한다. ©NAS

회원회고록으로 과학사 가치 높이는 미국과학한림원, 영국왕립학회

1863년 설립된 미국과학한림원(National Academy of Sciences, 이하 NAS)은 물리적인 아카이브를 두고 미국과학·공학·의학한림원 등 3개 한림원의 활동, 정책 및 절차에 대한 필수적인 문서를 수집하고, 유지 및 보관하고 있다. 각종 의사결정이 이루어진 파일과 출판물, 사진 등이 보관되어 있으며 NAS와 제휴한 연구원에 한해 사전 요청을 받아 열람을 허용하고 있다.

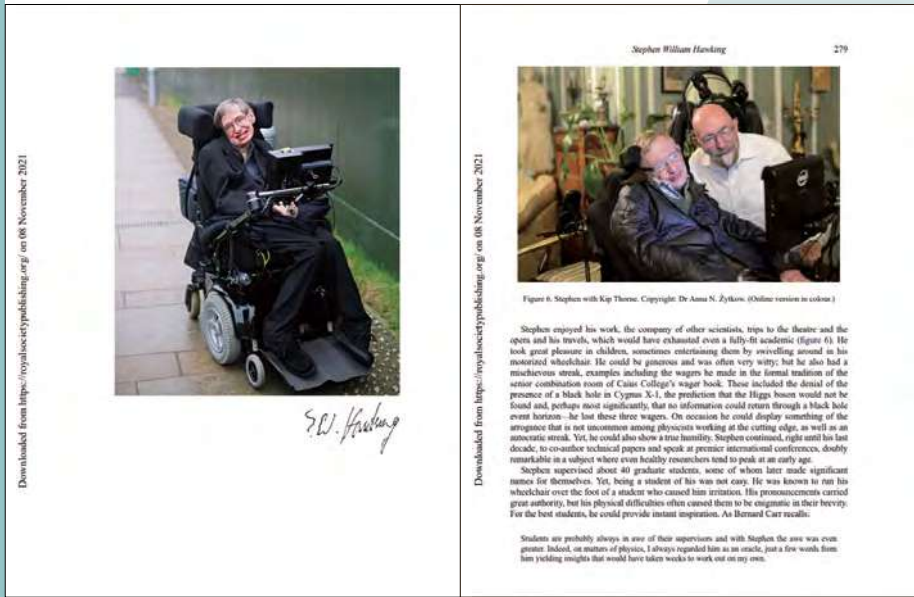
NAS는 디지털 아카이브도 꾸준히 구축 및 운영하고 있다. 홈페이지를 통해 회장 임기에 따른 주요 활동을 담은 기관

역사를 공개하고 있으며, 또한 기관 설립 14년 후인 1877년부터 출판된 '전기회고록(Biographical Memoirs)'을 중요한 사업으로 여기고 꾸준히 추진 중이다.

NAS의 전기회고록은 관련 주제에 정통한 동료들이 작성하는 것으로, 현재까지 1,900개 이상의 기록물이 축적돼 있다. 키워드, 소속기관, 학문 분야 등으로 검색이 가능하며, PDF로도 다운로드 할 수 있다. 전기회고록의 경우, 과학발전에 공헌한 NAS 회원의 생애와 연구업적을 정리함으로써 미국의 과학 역사를 제공한다는 점에서

그 가치를 인정받고 있다.

1660년 창립한 이래 현대 과학 발전에서 중추적 역할을 수행해 온 영국왕립학회(The Royal Society)는 도서관과 자료실에 보관된 각종 기록물과 수집품의 디지털화 작업을 성공적으로 진행 중이다. 영국왕립학회는 1665년부터 발행된 정기간행물 'Philosophical Transactions'와 회원들 간의 서신, 논문검토의견서, 각종 그림과 사진 등을 온라인에서 검색 및 열람할 수 있도록 하고 있으며, 현대 화학의 창시자인 보일(Robert Boyle, 1627~1691)의 논문과



Biographical Memoirs의 일부.

PDF를 다운로드 받은 순위 1위(65,000여 건)로 소개된 스티븐 호킹 박사의 회고록 일부.
©The Roayl Society

영국왕립학회 소장품과 저명한 과학자들의 기록물을 박물관 수준으로 자료를 구분해 관리하고 있다는 점이 특징이다.

영국왕립학회도 회원들의 회고록(Biographical Memoirs) 출판에 심혈을 기울인다. 전문작가, 가까운 동료나 연구자 등에 의해 세심하게 정리된 회고록이 매년 2회 온·오프라인을 통해 시리즈물로 제공되고 있다. 인간적인 측면과 과학적 성공에 대해 매우 상세하게 기록하고 있어 회원들의 삶과 업적에 대한 중요한 기록으로 과학자 및 역사학자 모두에게 인정 받고 있다. 현재까지 2,100여 명의 회고록이 출간되었다.

편지, 연구노트 등을 포함하여 12세기 이후 과학의 역사를 고스란히 담고 있는 소장품의 디지털화도 지속적으로 실행하고 있다.

독일레오폴디나한림원, 프랑스과학한림원, 이탈리아린체이한림원 문화적·역사적 가치를 지닌 자료 보존으로 과학 유산 확보

세계에서 가장 오래된 한림원 기록보관소 중 하나인 독일레오폴디나한림원(German National Academy of Sciences Leopoldina, 이하 독일한림원)은 현재까지 360년 이상의 한림원 역사 자료를 보관해 오고 있는 곳으로 유명하다. 운영 중인 도서관에는 26만 권이 넘는 책과 중요한 문화유산 50여 점, 1만 장이 넘는 그림과 사진, 각종 행정 활동에 대한 기록물들이 보관되어 있다. 물리적 아카이브에 보관 중인

소장품은 과학적 목적을 위해 사전 예약 후 방문할 수 있다.

독일한림원의 디지털 아카이브 사업은 핵심 컬렉션과 회원 디렉토리 등 두 가지로 구분해 운영되고 있다. 아카이브 핵심 컬렉션에는 회원선출 기록과 회의록 및 회원 초상화, 출판 및 서신 행정 기록, 주요 강연 등 오디오 파일, 중요 과학자들의 유품 70여 점, 한림원과 과학의 역사를 담은 사진 1만여 점 등이 포함되어 있다. 문화적, 역사적

가치를 지닌 자료 보존을 통해 국가의 과학 기술 유산을 확보하고자 하는 한림원의 아카이브 운영 철학이 돋보이는 부분이다.

유구한 역사를 자랑하는 독일한림원인만큼 회원 디렉토리 역시 가장 많은 데이터를 보유 중이다. 창립연도인 1652년부터 축적된 7,807명의 회원검색이 가능하다. 2010년부터는 매년 분야별 전문가 명단을 발표해 전문성에 대한 위상을 확고히 하고 있다.

역사가 가장 오래된 이탈리아린체이한림원 역시 모든 학술자료와 행정서류 등 원본 문서를 한림원 구성 역사에 맞춰 3단계로 분류해 정리해 놓고 있다. 2014년부터 디지털 아카이브 전환 사업을 추진해 왔으며, 문화적 가치를 지닌 자료를 지속적으로 발굴하고 공유하는 데 노력을 기울이고 있다.

1666년 설립된 프랑스과학한림원은 1880년대에 이르러서 본격적으로 초기 시대의 수집품들을 포함한 소장품들의 재건 및 보존을 추진해 왔다. 회의록, 회의자료, 메모, 편지를 비롯해 설립 이후 모든 아카데미 회원에 대한 전기 등 기록물을 파일로 전환해 제공하고 있다.



독일한림원의 아카이브 소개사진.
©German National Academy of Sciences Leopoldina

한국과학기술한림원, 회원들의 업적 한눈에 조망하는 디지털 아카이브 구축 중

한국과학기술한림원 역시 한국과학기술발전사 및 국내 과학기술 석학들의 업적을 한눈에 조망할 수 있는 ‘과학기술석학 디지털 아카이브 구축 사업’을 추진 중이다. 국가 과학기술의 역사적 가치를 지키기 위

해 디지털 아카이브 구축에 적극적으로 나서고 있는 전 세계과학기술 선진국들의 움직임에 맞춰 과학기술 석학(회원)의 업적을 영구 보존하고, 과학기술 전문가에 대한 국가적 활용을 극대화할 수 있도록 디지털 아카이브 구축을 추진한다는 복안이다. 현재 연내에 회원들이 직접 자료를 올릴 수 있는 플랫폼을 구축하고,

내년 초부터 대국민 서비스 제공을 목표로 시스템 개발에 박차를 가하고 있다. 특히 한림원은 사용자의 상세 검색 및 손쉬운 활용 기능을 중점적으로 담아 사회적 공헌을 실천한다는 방침이다.

한민구 한림원장은 “우리나라 과학기술 발전에 공헌한 연구자들의 생애와 연구성과를 정리해 후대에 전달할 수 있도록 기록을 보존해 나가는 데 앞장설 것”이라며 “과학기술 석학 아카이브를 통해 한국 과학사가 체계적으로 보존되어 활용될 수 있게 되길 바란다”고 밝혔다. 📖



수문기후와 기상 이변 간 관계성을 탐구하는
아시아 문순 연구의 대표주자

...

하 경 자

부산대학교 자연과학대학 교수

지구환경에서 발견한
이치를 토대로

미래 기후의 방향성을 찾아 나서다

지구가 인류에게 던지는 메시지는 나날이 명확해지고 있다. 이대로라면 우리가 견디기 힘든 온도에 도달한다는 경고다. 각종 자연재해가 예상치 못한 곳에서 발생하며, 일정하던 절기는 기존과 다른 양상을 보인다. 하경자 부산대학교 자연과학대학 교수가 온난화에 막대한 영향을 미치는 전체 평균 기온 2℃와 1.5℃ 사이의 아슬아슬한 간극을 주시하며, 기후변화의 해답을 찾고자 동분서주하는 이유다.

저 멀리 태평양으로 이어지는 바다와 맞닿은 지역에서 푸른 꿈을 꾸며 성장한 소녀와 천문대기 과학이라는 전공의 만남은 어쩌면 필연이었을지 모른다. 나이가 석박사 과정에서 만난 김정우 연세대학교 대기과학과 교수와 기후모형 개발의 대가로 유명한 아키오 아라카와 UCLA 교수의 가르침은 독보적인 여성 기후과학자로 성장할 수 있었던 단단한 기반이었다.

APEC 기후센터를 부산으로 유치하고, 한국연구재단 글로벌연구실 등을 통한 해외 석학과의 공동연구에 사활을 건 배경엔 일찍이 팀 프로젝트를 경험케 한 은사들의 영향이 있었다. 독일 막스플랑크 연구소 출신의 세계적 석학인 악셀 팀머만 교수를 부산대에 초빙해 IBS(기초과학 연구원) 기후물리연구단을 구성하고자 힘쓴 활동 또한 같은 맥락에서 이뤄졌다.

이 같은 노력은 그가 다양한 분야를 아우르는 전문가 그룹과 함께 아시아 문순과 수문기후를 주제로 활발히 연구하고, 논문 발표를 통해 큰 박수를 받는 토대로 작용했다. 더불어 지난 4월엔 같은 소속기관 학자 2명과 함께 영국 로이터 통신이 선정한 <세계에서 가장 영향력 있는 기후 과학자 1,000명>에 포함되는 영예를 안을 수 있었다. 현재 Scientific Report 저널 편집위원 등으로 역량을 발휘하고 있다.

하 교수는 사회문제 개선을 위한 정책 발굴 역시 적극적으로 참여했다. 부산대학교 여성연구소장과 여교수회장을 역임했고 대통령 직속 국가과학기술자문회의 자문위원으로는 2년째 활약 중이다.

“이상기후와 탄소중립 등 중대한 이슈에 일반인뿐 아니라 과학기술계의 관심을 집중시키고, 그 원인을 밝히며 솔루션을 찾아 나가는 활동이 기후과학자에게 주어진 역할이자 사명입니다.” 기후과학 분야에서 너른 지평을 열어가는 하 교수의 밝은 얼굴에 빛나는 자부심이 어렸다.

- 영국 로이터 통신 ‘세계에서 가장 영향력 있는 기후과학자 1,000명’ 선정
- 대통령 직속 국가과학기술자문회의 자문위원으로 과학기술을 통한 사회문제 해결에 앞장
- “대중과 활발히 소통하는 과정을 통해 국내외 기후변화에 대한 공감대를 넓히고 싶어”

기후변화 연구를 비롯해 다채로운 영역에서 활약 중입니다.

저는 수문기후(Hydroclimatology), 즉 대기 중에 순환하는 물과 관련한 기후 영향을 주로 연구하고 있습니다. 최근 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 ‘IPCC’)가 6차 보고서에서 기후모형 35개 이상을 활용해 해빙과 빙상 모형 접합, 지표 생물권과 대기 상호작용 등에 관해 많이 보강했는데요. 그 덕분에 지구 기후 시뮬레이션 능력이 상당한 개선을 이뤘고, 연관 데이터를 적용해 진행해야 할 연구가 많아진 만큼 완전히 몰입하고 있습니다.

한편 지난해 투표를 거쳐 곧 60주년을 맞이하는 한국기상학회의 차기 회장에 당선돼 2022년 1월 1일 취임을 앞두고 있습니다. 또한, 3기에 이어 4기 국가과학기술자문회의 자문위원 활동을 이어가고 있어요. 다양한 사회적 난제에 대한 담론을 형성해 나가고자 합니다.

수문기후라는 개념이 매우 흥미로운데요.

올해 노벨물리학상을 수상한 마나베 슈쿠로 프린스턴대학교 교수는 1967년 건조공기만을 다루는 범위를 넘어선 최초의 실험을 통해 변수는 기온뿐이 아니라며 수문기후, 말하자면 대기 중에 존재하는 물의 역할을 강조했어요. 원리는 간단합니다. 기온을 조절하는 수증기는 지구온난화로 인해 대기 중에 더욱 많아지기 마련이며, 온실기체라는 특성상 온실효과가 강해지면서 계속해서 데우는 역할을 하겠죠. 이러한 수증기 피드백은 비선형적인 경향이 있어 어느 순간 급격하게 달라질 확률이 있는 만큼, 우리 환경이 견딜 수 있는 수준을 유지해야 하기에 지난

2015년 파리기후변화회의에선 탄소중립 어젠다를 제시했습니다. 또, 2018년 IPCC는 제48차 회의를 통해 지구 평균 온도 상승치를 최대 1.5℃로 유지해야 한다고 명확히 규정했어요. 일반적으로 1.5℃와 2℃는 고작 0.5℃ 차이에 불과하겠지만, 거둬 봤다시피 기후가 비선형적으로 변화하기에 단순한 간격이 아니에요. 서서히 증가한 기온이 갑자기 악화될 수 있는 변곡점을 가늠해서 기준으로 정했다고 할 수 있습니다. 종합해보면 물은 농업이나 산림을 관장하며, 상변화를 통해 날씨, 극지방 빙하 등에 작용합니다. 수증기로 바뀌는 과정에서 열을 사용해 증발하며, 반대로 물방울로 바뀌거나 얼어붙을 땐 열의 배출을 거칩니다. 따라서 수문기후는 해양에서 육상으로의 대기 수증기 수송과 저위도에서 고위도로의 수송, 그리고 지표에서 대기 상층으로의 연직 수송이 중요하며, 기후시스템모형으로 온도와 물 관련 기후 이슈를 푸는 데 핵심적 역할을 해낸다고 하겠습니다.

교수님의 최근 연구 성과에 대해 더욱 자세히 알고 싶습니다.

제가 지난 2020년 발표한 아시아 문순에 대한 논문은 새로 나온 기후모형을 바탕으로 연구했어요. 원래 지구 상에는 시간과 공간의 함수로서 적절한 강수가 필요한데 인도 지역은 증가했고, 동아시아는 극한 강수가 늘어났습니다. 극한강수란 시간당 강우 강도가 높거나 확률적으로 약 95%에 해당하는 기후 현상으로, 흔히 자연계에서 홍수가 가뭄을 발생시킵니다. 따라서 어떤 곳이 이러한 변화에 취약한지 알아보는 내용을 발표했고, 1년간 23번 이상 인용이 이뤄질 정도로 주목받았습니다. 신경향을 신속하게 받아들여 적용한 까닭인 듯합니다.

우리나라 대표 기후과학자로서 현재 가장 걱정하는 이상 기후 문제가 있다면요?

수문기후에 속하는 강수는 변이가 크게 존재하기에 정확히 특정 연도의 문제를 해결하려면 그 해 강수량에 영향을 주는 각종 예측인자를 잘 관찰해야 합니다. 그런데 요즘 예측이 더 어려워졌습니다. 말하자면 변화에 따라 예측인자들이나 강제력에 대한 메커니즘이 아주 복잡해졌다고 할 수 있습니다. 가장 간과할 수 없는 요소가 바로 폭염입니다. 지구 표면에 대한 온난화는 대기가 부족한 수분을 토양과 바다, 곡물 등 으로부터 물리적으로 빨아들여 채울수록 심해집니다. 그러다 보면 나중엔 아마존 같은 습지가 말라버릴 가능성이 있습니다. 따라서 심각성과 발현 시기를 미리 정확하게 예측해야 하고, 모형을 통해 온난화가 강해질수록 해양에서 얼마나 수증기가 증발하는지 알아내야 합니다.

또, 우리나라 주변의 강력한 수증기 이동엔 두 가지 방법이 있어요. 우선 해양의 수증기를 육상으로 옮기는 계절 순환인 몬순을 이용하고요. 저위도에서 수분을 끌어올려 중위도에 뿌리는 태풍이 있습니다. 두 요소는 각각 물과 온도를 수송하는 역할을 하기에 해마다 어떻게 변화할지 가늠하기란 그리 쉽지 않습니다. 각종 자연재해를 발생시키고 생태계와 식량 생산에 크게 관여하기에 기후는 우리 삶에 여러모로 영향을 미친다고 할 수 있습니다.

올해 4월, 영국 로이터 통신이 발표한 <세계에서 가장 영향력 있는 기후과학자 1,000명> 가운데 교수님을 비롯해 악셀 팀머만 석학교수, 이준이 교수 등 부산대학교 소속이 세 분입니다.

참으로 영광스럽게도, 기후과학자 1,000명 가운데 우리나라 여성과학자는 저와 이준이 교수뿐입니다. 게다가 악셀 팀머만 단장은 우리나라에서 활동하는 관련 분야 학자 중에선 1위, 전체에선 상위권을 차지했어요. 우리 세 사람이 속한 IBS 기후물리연구단은 햇수로 5년 전에 처음 설립했습니다.

지난 2011년 교육부(전 교육과학기술부)가 주관한 글로벌연구실 과제를 통해 <글로벌 몬순 기후변화 : 이해, 예측 및 적응> 연구를 하와이대학교의 빈왕 교수와 수행하면서 부산의 기후연구가 많이 성장했습니다. 마침 부산시에서 기초과학

연구원(IBS) 기후물리연구단을 조성해보길 권유했고, 세계적인 석학 중 1% 내에 드는 팀머만 교수가 단연 눈에 띄었습니다. 올해 노벨물리학상을 받은 클라우스 하셀만 전 막스플랑크 연구소장의 제자로, 첫 논문을 네이처 지에 실은 이력이 제겐 매우 감명 깊었습니다. 그는 부산대학교 석학 교수로 2017년 IBS 기후물리연구단을 유치했고, 저 또한 같은 소속으로 교수를 겸직하며 연구 활동에 박차를 가하고 있습니다.

우리나라 기후 대응 관련 정책이 성공하기 위해서 특별히 신경 써야 할 사항은 무엇입니까?

중점적으로 세 가지를 들 수 있습니다. 우선 탄소중립 달성은 만만치 않은 목표입니다. 예를 들어 재생에너지 생산을 위해선 풍력, 태양광 등을 바탕 삼아야 하는데 현재 우리나라 환경으로는 조건을 갖추기가 쉽지 않습니다. 따라서 양질의 자원을 구할 방향을 잘 예측해야 합니다. 그러자면 디지털 트윈, 즉 지구를 동일하게 모방한 가상 세계에서 기후모형을 만들어 모의 전망해야 하며, 해당 영역에선 기후학자 만한 전문가가 없으니 잘 활용해서 정책 실현 가능성을 높여야 합니다. 또한, 이산화탄소 발생 배출량을 정량적으로 측정하는 시스템인 온실가스 인벤토리 방식은 그 결과를 1~2년가량 기다려야 알 수 있습니다. 각종 통계를 종합해서 확인하니 시간이 걸릴 수밖에 없어요. 반면, 전 세계에서 사용하는 위성 기반 탄소 측정과 기후 기상 모형을 적용하는 관측 기반 시스템을 갖춘다면 신속한 산출이 이뤄질 수 있습니다.

마지막으로는 지구온난화 방지를 위해 기후공학과 같은 융복합 분야가 필요합니다. 탄소 배출량 포집은 어디까지나 공학 영역이고, 배출된 이산화탄소 중 대기에 있는 이산화탄소가 50% 정도이기 때문에 이 양을 줄이거나 지구 온도를 낮추기 위한 공학적 접근 또한 필요하기 때문입니다.

기후변화를 위한 활동 가운데 가장 고무적이라고 여기는 대응은 무엇이 있을까요?

최근 자문위원으로서 접한 사례 가운데 영국의 탄소계산기가 가장 인상적이었습니다. 지방자치단체나 소분화한 지역별로 탄소를 측정·계산해서 바로 알려주는 시스템적 접근 방식이죠.



악셀 팀머만 단장(좌)과 하경자 교수(우).

이와 같이 우리가 사는 곳의 탄소 배출 시기와 양을 곧바로 알려주면 시민 수용성이 높아질 수 있습니다. 한국에서 재생에너지의 필요성을 강조하고 부산시 또한 해상풍력발전단지를 조성하려고 하지만, 쉽지 않은 이유는 공감대를 형성하지 못해서예요. 과학을 활용해서 대중에게 정보를 주고 공감받는 과정이 있어야 정책에 설득력이 더해지는 셈입니다. 그러자면 기상기후학자의 역할이 매우 중요합니다.

같은 여성 과학자가 편하게 일할 수 있는 환경을 만들기 위해 다각도로 심혈을 기울여오셨습니다. 확실히 이전보다 개선이 이뤄졌는지요?

결론적으로는 아쉽지만, 아주 크게 달라진 점은 없어요. 우리 사회는 비혼과 비출산이 흔해지면서 가정을 꾸리지 않는 방향으로 가고 있습니다. 그러나 저는 학생에게 커리어를 포기하지 않는 선에서 결혼과 육아를 해보라고 권유합니다. 임신과 출산은 자연적인 삶의 일부일 뿐이지 일하고 싶은 여성이 경력을 희생하며 휴직해야 할 걸림돌이 아니거든요. 그래서 저는 육아를 할 수 있도록 배려할 뿐 아니라, 직장어린이집을 만들어서 연구원이나 학생들이 자녀를 맡기고 올 수 있도록 분위기를 조성하는 데 앞장서고 있습니다.

여성 문제는 사회가 하기 나름이라고 생각합니다. 주위에서 배려하는 분위기를 만드는 건 물론, 범위를 넓혀서 더 많은 이가 혜택을 받을 수 있도록 국가가 정책을 펼쳐야 합니다. 아이가 태어나면 나라가 책임지는 건 이제 선택이 아닌 필수입니다.

2년간 국가과학기술자문회의 자문위원을 연임 중인데 소회가 궁금합니다. 또, 이처럼 과학기술인의 정책 참여가 활발해지려면 우리 과학기술계가 어떤 방향으로 나아가야 할까요?

현재 저는 사회영역에서 자문위원을 담당하고 있습니다. 기후 위기를 포함해 코로나19, 초고령화 등이 여기에 속합니다. 지금은 탈플라스틱 이슈도 조연하고 있어요. 플라스틱 소재의 재사용이나 폐기, 배터리 처리 등에 고민이 많은데 단시간 내에 해결하긴 아무래도 어렵지요.

과학자는 정책에 활발히 참여하기 위해 먼저 국민에게 다가가야 해요. 과학기술계가 하는 조언이 곧 국민 모두의 이슈라고 여길 수 있게 자주 등장해서 소통하는 겁니다. 논문 발표 중심이었던 기존과 달리 이제는 문화 속에 과학과 기술이 존재하면서 인류 생활 모든 분야에서 활용되어야 합니다.

앞으로의 목표와 계획에 대해 한 말씀 부탁드립니다.

연구자는 어느 정도 자신의 경험과 노하우가 쌓였을 때 국가와 사회가 필요로 하는 연구에 뛰어들어야 한다고 생각합니다. 배우고 축적한 가치로 공헌해야죠. 탐구한 바를 사용할 줄 알아야 진정한 성과가 생기는 법입니다. 따라서 저 역시 그 길을 계속해서 가고자 합니다.

같은 맥락으로 식생층의 수증기뿐 아니라 이산화탄소 반응 역시 기후 모델에 적용해서 보완할 예정입니다. 식물과 토양, 대기 등의 상호작용을 알아보는 거죠. 또, 해양 대기 상호작용은 오랫동안 연구해왔지만, 여전히 보완해야 할 점이 많아 향후 연구분야로서의 가치와 비전이 충분하리라 판단하고 있습니다.

더불어 내년부터 2년간 한국기상학회장을 하면서 학회의 새로운 60년을 준비하려고 합니다. 동시에 이제까지 보유하고 정리한 기후자료를 널리 제공할 거예요. 엄청난 양의 정보를 국가기관과 기업, 지방자치단체 등에 제공해 폭넓게 활용할 길을 열겠습니다. 🌱



인공지능의 눈과 두뇌를
연구하는

...

조 민 수

POSTECH 컴퓨터공학과 교수

자율주행자동차가 도로 위를 안전하게 달리기 위해서는 인공지능(AI)의 눈으로 불리는 컴퓨터비전을 통해 수집된 시각정보를 분석해 수행하는 능력이 필요하다. 컴퓨터비전은 컴퓨터가 물체를 식별해 정보를 이해하도록 만드는 기술로, AI 연구의 핵심 중 하나다. 사람이 눈으로 사물을 보며 정보를 수집하는 것과 같은 맥락이다.

컴퓨터비전 분야에서 주목받고 있는 젊은 과학자인 조민수 POSTECH 컴퓨터공학과 교수는 SI가 사람의 명령 없이도 물체를 발견하고 추적하는 방법과 그래프를 이용해 영상 간의 정합과 대칭 관계를 추론하는 연구를 수행 중이다. 그가 진행하고 있는 연구의 핵심은 '관계'에 있다. 단편적, 개별적인 정보가 아닌, 관계를 통해 맺어지는 통합적 정보를 인공지능이 스스로 학습할 수 있도록 만드는 것이다.

이는 조 교수가 그리는 '관계적인 컴퓨터비전(Relational computer Vision)'의 완성된 모습이기도 하다.

자신에게 주어진 모든 시간을 연구에 쏟을 정도로 컴퓨터비전 분야를 사랑한다는 조 교수는 "미약하지만 다양한 방식으로 지능의 문제를 탐구하는 열린 AI 연구 커뮤니티를 만드는 데 기여하고 싶다"고 전했다. 목표를 말하는 그의 눈이 반짝이기 시작했다. AI의 눈과 두뇌를 연구하는 조 교수를 그의 연구실에서 만났다.

“연구도 기술도 핵심은 ‘관계’...”

佛 자유로운 토론문화와 학풍이 연구의 자양분됐다”

...

“돌아보면 어린 시절부터 스스로 움직이는 자동기계에 관심이 많았어요. 집에 레오나르도 다빈치 위인전이 있었는데, 다빈치가 설계했던 자동기계들이 제겐 너무 흥미로웠죠. 당시 여느 아이들이 그랬듯 로봇만화도 참 좋아했어요. 대학에 진학한 뒤에야 AI야말로 만화 속 로봇을 구현할 핵심기술임을 알게 되었습니다.”

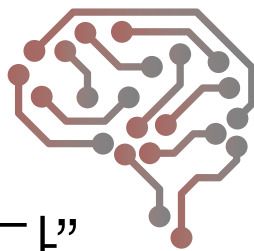
서울대에서 전기공학을 전공한 조 교수의 꿈은 애초 AI 연구자는 아니었다. 학부시절에는 전공 분야보다 철학, 종교학, 사회학 분야에 더 심취하기도 했고, 졸업 후엔 음성인식 벤처회사의 창업멤버로 합류해 일하기도 했다.

그 과정에서 접한 컴퓨터비전은 그를 매료시키기에 충분했다. 그가 좋아하는 공학과 인문학, 사회학 등이 모두 담겨 있는 동시에 컴퓨터 이론과 실용성을 균형 있게 다루는 학문이었다.

컴퓨터비전을 본격적으로 연구해보자 마음먹은 그가 첫 번째로 한 일은 최고의 연구자들을 찾아나선 것이다. 그는 컴퓨터비전 분야 우리나라 대표 학자인 서울대 전기정보공학부 이경무 교수 연구실에서 박사를 마친 후, 2012년 프랑스 INRIA(국립컴퓨터과학연구소)에 박사후연구원으로 합류했다. INRIA는 프랑스 AI연구의 핵심기관이자 세계적인 명성의 연구소다. 그가 평소 존경하던 장 폰스(Jean Ponce) 박사를 비롯해 코델리아 슈미드(Cordelia Schmid) 박사, 조셉 시빅(Josef Sivic) 박사 등 컴퓨터비전과 기계학습의 대가들이 대거 포진해 있으며, 컴퓨터과학 및 응용수학 분야 3,000여 명의 탁월한 연구자들이 관련 연구를 선도하고 있다.

“INRIA에서는 연구자들이 국적, 나이, 직급을 초월해 자유롭게 솔직한 논쟁을 펼쳐요. 연구소 커피머신 주위에는 휴식을 취하러 모인 연구자들이 에스프레소 잔을 손에 들고 이야기를 나누고 있고, 연구소 곳곳에서 칠판에 무언가를 적고 설명하며 열린 토론을 하는 모습을 늘 볼 수 있어요. INRIA를 방문한 세계 각국의 뛰어난 연구자들과 대화할 수 있는 기회도 많았죠.”

“‘관계’적인 컴퓨터비전을 통해
인공지능 혁신을 꿈꾸다”



“열려 있는 인공지능 연구 커뮤니티를 만드는 데 기여하고파”



그는 인지심리학자이자 컴퓨터비전 석학인 얀 켄더링(Jan Koenderink), 딥러닝 분야를 이끄는 이안 르쿤(Yann LeCun), 계산신경과학 분야를 창시한 토마스 파지오(Thomas Poggio), 통계적 기계학습의 대가인 레옹 보투(Leon Bottou) 등 이름만 들어도 알 만한 인공지능 학자들과 에스프레소 잔을 들고 대화를 나눴다. 다양한 인종, 문화, 성별, 국적이 융합하는 파리의 문화적 감수성과 INRIA에서 받은 지적 자극은 젊은 연구자를 성장시키는 훌륭한 자양분이 됐다. 그곳에서의 깊고 다양한 경험은 그의 시야와 관계를 확장하는 발판이 됐다.

“대가들의 이야기를 가까이 들을 때 연구하는 일이 ‘참 행복하다’고 느껴요. 프랑스에는 돈과 명예, 실적 같은 세속적인 성과보다 학문에 대한 순수한 열정으로 연구를 즐기는 분들이 많아요. 그만큼 탁월한 성과도 많고요. 하지만 상대적으로 느리고 견고하지 못한 연구지원시스템은 연구의

걸림돌이죠. 반면 한국의 시스템은 체계적이고 합리적이며 속도도 빨라요. 사실 당연하게 생각했던 부분인데, 프랑스에 가서야 큰 장점임을 알게 됐어요.”

그는 프랑스에서 5년을 보내고, 2016년 한국으로 돌아왔다. 떠날 때와 마찬가지로 그가 가장 먼저 챙긴 물건 중 하나는 작은 에스프레소 잔이었다. 조 교수에게 그것은 다른 사람들과의 연결을 담은 메타포적인 물건이다. POSTECH에서의 일상도 프랑스에서와 다를 바 없다. 커피와 함께 하루를 시작하고, 커피 한 잔이 연구자들과의 자연스러운 소통과 교류를 이어준다. 한국에 돌아와서는 에스프레소보다 아메리카노를

더 자주 마시게 됐다는 것 정도가 차이라면 차이일까. 책장 한켠으로 자리를 옮긴 에스프레소 잔은 연구자의 열정을 되살리고 연구의 영감을 떠올리게 한다.

“한국은 컴퓨터비전 4대 강국 중 하나…새로운 길 개척 연구 필요”

...

컴퓨터비전은 2010년을 기점으로 많은 변화를 맞았다. 기계학습으로 대표되던 고전적 연구주제와 아이디어를 신경망 기반의 방법론으로 재해석하며 새로운 컴퓨터비전 문제에 대한 탐구가 시작된 것이다. 조 교수는 자신의 핵심 주제인 ‘관계적인 컴퓨터비전’도 또 다른 변화의 한 축을 담당할 것이라고 강조했다.

“사람은 한두 마리의 개만 보고도 개의 공통점을 유추하는 능력이 있지만, AI는 수천만 장의 사진을 보고 학습함에도 해석 가능한 정보는 개별적이고 단편적입니다. 사진 속에 담긴 수많은 메타적, 관계적 정보를 놓친 거죠. 특정 개체의 특징뿐 아니라 물체 사이의

관계를 파악하는 일반화 능력은 인간과 기계의 가장 큰 차이점이자 AI가 풀어야 할 미션입니다.”

현재 그는 시각지능이 사람과 같이 다양한 차원의 개념을 정확하게 포착하고 총체적인 관계망을 발견할 수 있는 학습구조를 만드는 것을 목표로 연구에 매진 중이다. 그는 컴퓨터비전 분야 세계 3대 학회로 꼽히는 CVPR(컴퓨터 비전과 패턴 인식 컨퍼런스), ICCV(국제 컴퓨터비전 컨퍼런스), ECCV(유럽 컴퓨터비전 컨퍼런스)에 매년 주목받는 연구를 발표하고 있다. 특히 그래프 정합 및 학습 분야 연구로 영상분석 발전에 큰 기여를 했는데 그가 개발한 그래프 정합 기법과 그 확장 알고리즘은 대표적인 정합 알고리즘 중 하나로 널리 사용되고 있다. 그의 아이디어는 지난 4월 마이크로소프트 아시아연구소의 창의적 협력연구 공모에 뽑힌 데 이어, 7월에는 2021 삼성미래기술육성사업에도 선정됐다.

연구자로서의 역량을 인정받은 그는 5년째 CVPR과 ICCV의 논문선정위원으로 활동 중이다. 재작년부터는 IJCV(국제 컴퓨터비전 저널)의 편집위원도 맡았다. 그가 학회일에 이렇게 열심히 건 학문공동체의 발전이 곧 컴퓨터비전의 미래를 밝게 한다는 믿음 때문이다.

한국 컴퓨터비전 학계의 발전에도 열심이다. 그는 선배 연구진들의 학술적 열정과 헌신으로 우리나라가 미국, 유럽, 중국에 이어 컴퓨터비전 분야의 세계 4대 강국으로 진입할 수 있었다고 말했다. 과거의 유산을 물려받아 미래 방향을 조망해 나갈 수 있도록 과거와 현재의 소통을 연계해 나가려는 구성원들의 노력이 중요한 시기라는 점도 함께 언급했다.

“컴퓨터비전은 우리나라 AI연구에서 가장 앞선 분야입니다. 한국은 2년 전 ICCV 2019를 개최하며 우리의 역량을 세계에 알렸어요. 당시 구글, 페이스북 등 세계 74개 AI 관련 기업이 참여했고, AI와 컴퓨터비전 분야의 논문도 1,077편 발표됐죠. 코로나19 이전에 열린 가장 성공적인 학회 중 하나로 전 세계 AI 연구자들은 기억할 거예요. 하지만 여기에 안주하면 절대 안됩니다. 특히 한국의 컴퓨터비전 경쟁력을 강화하려면 당면한 문제해결에만 에너지를 쏟아서는 안 돼요. 논문 등 실적을 쫓는 연구가 아니라 근본적이면서 새로운 길을 개척하는 연구에 집중해야 합니다.”

“감성과 철학이 결합된 기술, 새로운 미래 제시할 수 없다”

...

“AI가 세계를 지배하는 미래는 오지 않아요, 최소한 가까운 미래에는요. 오히려 연구자는 AI가 개발 의도를 수행하지 못하고 오작동을 일으킬 경우 디지털화된 국방과 금융, 도시시스템을 비롯한 다양한 사회 인프라가 위기에 봉착할 수 있는 상황에 대비해야 해요. 따라서 관계를 성찰하는 연구자의 철학과 함께 정부의 세심한 정책적 준비가 필요합니다.” 조 교수는 대학원 시절 과학철학자인 마이클 폴라니(Michael Polanyi)의 저서 〈개인적 지식(Personal Knowledge)〉을 원전으로 읽었던 강독수업이 자신의 연구관뿐만 아니라 인생관에 큰 영향을 주었다고 회고했다. 지금도 그는 전공분야 뿐 아니라 틈틈이 관련 과학과 철학 서적을 탐독하며 폭넓은 사고를 하기 위해 노력한다. 자기만의 철학이 있는 연구자가 되려면 단편적 문제 해결이 아닌 새로운 개념들을 만들고 방향을 설정하는 힘이 있어야 한다고 생각하기 때문이다. AI일지라도 감성과 철학이 결합된 기술은 새로운 미래를 제시할 수 없다는 게 그의 생각이다.

“연구자로서의 소양은 스승님들께 배웠고, 저만의 경험도 쌓아가고 있어요. 하지만, 학생들을 가르치고 지도하는 일은 마치 AI가 스스로 관계를 파악해야 하는 것처럼 어려운 영역이에요. 제 한마디가 학생들의 연구 태도와 진로에도 영향을 줄 수 있는 만큼 어떡하면 이들이 바로 설 수 있도록 잘 교육하고 지도할지를 선후배, 동료 교수님들과 많이 이야기합니다.” 교육에 대한 생각이 많아진 것도 바로 이런 이유 때문이다. 그는 한림원이 국내외 연구자들의 교류는 물론, 과학자와 대중의 소통을 더욱 활발히 연계하는 접점이 되어 젊은 학생들과 국민들이 과학을 이해하고 또 과학을 꿈꾸게 할 수 있도록 하면 좋겠다고 넌지시 바람을 내비쳤다.

컴퓨터비전과 AI에 매료된 젊은 청년이 프랑스 INRIA를 거쳐, POSTECH AI대학원에서 박수하·박재식 교수와 함께 컴퓨터비전 실험실을 꾸리기가까지, 관계에 대한 성찰은 그를 컴퓨터비전 알고리즘 전문가로 성장시킨 바탕이 됐다. 테이블 위 에스프레소 잔과 따뜻한 시선을 맞추는 조 교수의 눈에는 연구자의 진심이 담겨 있다. 



[편집인의 말]

시간이 지나도 많은 사람들에게 감명을 주는 클래식 음악·소설·영화처럼, 과학기술계에도 역사를 바꾼 ‘명작 논문’이 있습니다. 한림원은 ‘인생논문을 만나다’ 연재기고를 통해 각 학문 분야에서 손꼽히는 명작논문, 혹은 최근 많은 연구자들에게 영감을 주고 있는 최신논문 등을 소개함으로써 이공계 대학(원)생들은 물론이고, 연구현장에서 눈앞의 연구에 지친 연구자들에게 연구의 묘미와 가치를 다시금 일깨워주는 계기를 마련하고자 합니다. 시리즈의 일곱 번째는 인류의 역사만큼이나 오래된 학문이며 기초과학과 응용생명과학, 사회·경제학 등이 복합적으로 담겨 있는 ‘약학’입니다.

질병 원인 규명에 대한 과학적 접근: 브래드포드 힐의 1950년 논문

이른바 ‘백세시대’이다. 2021년 OECD 건강통계(참고문헌1)에 발표된 한국인 기대수명은 83.3세이다. 의학학/생명과학 분야의 비약적 발전과 함께 질병 예방, 진단, 치료기술이 고도화되고, 인간의 평균 기대수명이 늘어났다. 오래 사는 것만이 중요한 것이 아니다. 오래 살되, 건강하고 아름답게 사는 것이 삶의 질 유지에 더욱 중요한 화두가 되고 있다. 인간의 건강을 결정짓는 데에는 다양한 요인이 있겠지만, 가장 중요한 두 가지를 꼽는다면 유전과 환경일 것이다. 무엇을 타고났느냐와 어떻게 사느냐의 부분이다. Human Genome Project 완성과 더불어 인간 유전체에 대한 많은 비밀이 밝혀졌지만, 유전학적으로 설명되지 않는 수많은 질병 발생과 건강 약화에서 환경의 중요성이 가늠된다. 먹고 마시는 것, 직업적 노출, 흡연/음주/운동을 포함한 생활 습관 등이 이런 환경요인이라 할 수 있겠다.

글 _ 배옥남

한양대학교 약학대학 교수(한림원 의학학부 차세대회원)

열정과 긍정의 힘으로 연구와 교육활동을 진행함. 화학물질 안전성 확보를 위한 위해평가 및 만성질환에 기여하는 유해인자 독성기전 규명 연구를 수행하고 있음. BK21 Four 의학산업 문제해결 미래인재 양성 교육연구단 활동을 통해 실용적 인재를 키우기 위한 교육활동에도 매진함.



BRITISH MEDICAL JOURNAL

LONDON SATURDAY SEPTEMBER 30 1950

SMOKING AND CARCINOMA OF THE LUNG PRELIMINARY REPORT

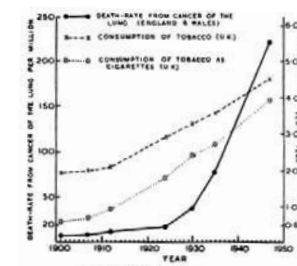
BY
RICHARD DOLL, M.D., M.R.C.P.

Member of the Statistical Research Unit of the Medical Research Council

AND
A. BRADFORD HILL, Ph.D., D.Sc.

Professor of Medical Statistics, London School of Hygiene and Tropical Medicine; Honorary Director of the Statistical Research Unit of the Medical Research Council

【그림 1】 BMJ에 소개된 브래드포드 힐 박사의 ‘흡연과 폐암’ 논문



【그림 2】 논문에서 다룬 흡연과 폐암사망의 시간 추이

흡연과 폐암의 관계를 분석하다

1950년 British Medical Journal에 실린 영국의 Richard Doll (리처드 돌) 박사와 Bradford Hill (브래드포드 힐) 박사의 ‘Smoking and Carcinoma of the lung’ 논문은 흡연이라는 생활습관(혹은 화학물질) 요인과 폐암이라는 질병에 대해 고찰한 논문이다(참고문헌2). 역학적으로 질병의 원인에 대해 분석한 선구적 연구이다(그림 1).

1920년대부터 1940년대 후반까지 잉글랜드와 웨일스 지역에서 폐암으로 인한 사망이 15배 이상 급격하게 증가했다. 영국 뿐만 아니라 미국, 호주, 일본 등 전세계 폐암 사망이 증가하였고, 저자들은 고령화 인구 증가 혹은 진단기술 발전만으로는 폐암 사망의 급증을 설명하기 어렵다고 생각했다. 이 논문에서는 산업화에 따른 폐암 증가의 가능한 원인으로 대기오염과 흡연을 제시하면서, 그 중 흡연과 폐암의 상관관계에 대한 분석을 시도하였다(그림 2).

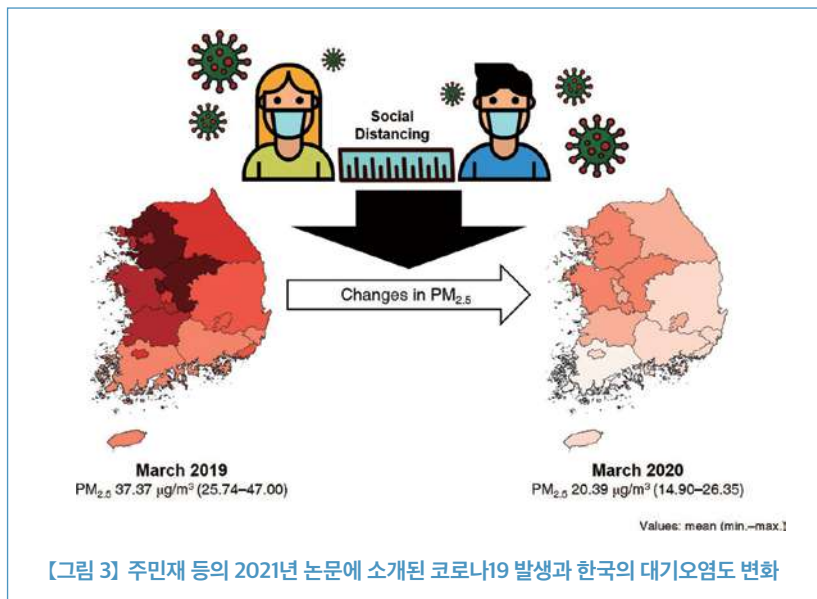
이전의 소규모로 이루어진 역학 연구와 비교하면 이 논문은 여러모로 선구적인 접근을 시도하였다. 20개 이상의 여러 병원

에서 폐암 환자와 대조군을 같은 규모로 확보하였다. 연구대상 선정에 연령/성별 등을 고려하여 다른 변수를 최대한 줄여 비교하고자 하였다. 폐암 환자와 대조군에게 이전의 흡연력을 조사하여 인과관계의 시간적 부분이 고려되었으며, 일일 흡연 담배 개비 수를 조사함으로써 인과관계에서 양적인 상관성을 평가하고자 하였다.

상관관계 vs. 인과관계

1950년 흡연과 폐암의 상관관계를 밝힌 힐 박사의 논문에서는 ‘흡연’이 ‘폐암’과 연관된다는 점을 여러 관점에서 제시했다. 폐암환자 중 흡연비율이 대조군의 흡연비율보다 높았다. 남성들이 흡연을 더 많이 하는데, 폐암을 진단받은 경우도 남성의 비율이 더 높았다. 흡연량이 많거나 흡연력이 길수록 폐암 진단을 받은 경우가 더 많았다. 저자들은 흡연과 폐암의 높은 상관관계를 확인하고 이를 논문으로 발표하였으나, 흡연으로 인해 폐암이 발생한다는 원인과 결과 관계를 완전하게 증명하는 것은 아니라고 조심스럽게 고찰했다.

빅데이터와 AI를 활용하여 화학물질 독성 예측이 시도될 만큼 과학기술이 발전한 시대이다. 질병의 원인을 규명하기 위한 **힐 박사의 선도적 연구**를 되새기며 향후 초고령화시대에서 **과학기술이 개인의 건강증진과 삶의 질 개선에 더욱 기여할 수 있기를 기대**해 본다.



여기에서 우리는 상관관계(Correlation 혹은 Association)라는 개념과 인과관계(Causation)라는 개념을 생각해 볼 필요가 있다. 상관관계는 인구집단에서 두 요인이 동시에 관찰되는 상황이 얼마나 많은지에 대한 부분이다. A라는 요인과 B라는 요인이 밀접하게 연관되어 있다는 얘기이다. 인과관계는 두 요인 사이에 원인과 결과 관계가 성립된다는, 즉 A로 인해 B가 발생한다는 얘기이다. 언뜻 비슷해 보이지만, 상관관계를 인과관계로 해석하는 경우 논리적 오류가 발생한다.

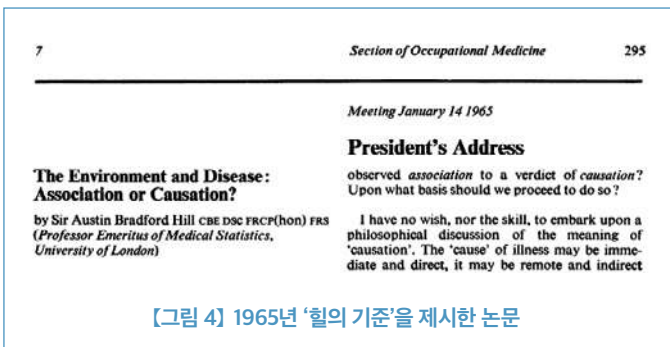
최근 예를 들어보자. 2020년 코로나19 확진 환자가 급증했던 시기, 우리나라 환경부에서 모니터링하는 한국의 대기 오염도가 낮아진 사례가 발표되었다(참고문헌3). ‘코로나19 확진자 수’와 ‘서울의 대기오염도’에 양적으로 역 상관관계가 성립되었다. 여기에는 ‘확진자 증가’ → ‘강력한 사회적 거리두기’ → ‘교통량 및 산업활동 축소’ → ‘대기오염 개선’이라는 일련의 요인

들이 얹혀있다(그림 3). 단순히 ‘확진자 수’와 ‘대기오염’이라는 두 가지 지표의 양상을 보고 ‘코로나19 확진자가 증가하면(원인) 대기오염이 개선된다(결과)’로 해석한다면 상관관계와 인과관계를 혼동한 잘못된 결론을 내는 셈이다.

인구집단의 다양한 요인들을 동시에 조사하고 분석하는 역학 연구에서는 상관관계와 인과관계 혼동이 자주 발생할 수 있다. 정교한 설계 하에 연구자가 개입하여 ‘신약’과 ‘위약(Placebo)’을 투여하여 질병의 개선 정도를 비교하는 신약임상연구(코로나19 백신이나 치료제 개발 과정을 보며, 임상연구에 대한 전국민의 이해도가 높아졌다)도 역학 연구의 큰 범주에 포함되지만, 많은 역학 연구는 개입이나 통제가 이루어지지 않고 관찰과 분석으로 진행되기 때문이다.

원인적 인과성(Causal relationship)에 대한 힐의 기준(Hill's Criteria)

1965년 힐 박사는 Proceedings of the Royal Society of Medicine 저널에 원인적 인과성에 대한 결정을 위한 아홉 가지의 판단 기준을 제시한다(참고문헌4, 그림 4). 질병 발생에 기여하는 물리적, 화학적, 정신적 유해인자를 규명하고자 하는 노력에서, 힐 박사는 역학적인 관찰로부터 인과관계를 파악하는 데에 고려할 기준들을 제시하였다. 물론, 역학 연구가 발전하고 해당 기준으로만 설명할 수 없는 현상들도 다수 관찰되면서, 힐의 기준에 대한 반론이나 제한사항, 개선사항이 제시되기도 하였다(참고문헌5). 그렇지만, 이는 반세기가 지난 현재에도



【표 1】 원인적 인과성 판단을 위한 힐의 기준

판단 기준	개념
Strength (강도)	해당 요인에 대한 노출과 질병 사이의 연관성이 강할수록 인과관계일 가능성이 높다
Consistency (일관성)	여러 다른 상황에서도 해당 요인과 질병이 관련하여 반복적으로 나타나고, 항상 그 질병과 연관성이 있는 것으로 나타난다
Specificity (특이성)	해당 요인이 오직 특정 질병하고만 연관성을 나타내거나, 그 질병이 오직 해당 요인하고만 연관성을 나타내는 것을 말한다
Temporality (시간적 선후관계)	해당 요인의 노출이 반드시 질병이 나타나기 전 선행되어야 하며, 노출기간도 적절해야 한다
Biological gradient (양적인 관계)	해당 요인에 대한 노출량이 증가하면 질병 위험이 높아진다
Plausibility (생물학적 정도)	요인과 질병 간의 연관을 설명하는 기전이 생물학적으로 설명 가능하다
Coherence (기존 지식과의 일치성)	요인과 질병 간의 연관성이 기존 지식과 일치하며 관찰 결과가 논리적으로 합당하다
Experiment (실험적 입증)	요인과 질병 간의 연관이 실험적으로 입증되어야 한다
Analogy (유사성)	요인과 질병 간의 연관성이 기존에 알려져 있는 다른 요인과 질병과의 연관성과 유사하다

원인적 인과성 파악에 주요 기준으로 활용된다(참고문헌6, 표 1).

가습기살균제 피해 사건, 생리대 중 휘발성유기오염물질 파동, 유해화학물질 관련 사회적 이슈를 겪으며, 화학물질의 건강영향에 대한 우려와 함께 안전한 사용에 대한 수요가 증가하였다. 화장품이나 생활화학제품을 선택하면서 어느 성분이 포함되었는지 확인하고 정보를 수집할 만큼 화학물질 독성에 대한 소비자의 이해 수준이 높다. 비단 화학물질에 의한 비감염성 건강영향뿐이라. 코로나19 사태를 겪으며, ‘역학조사’, ‘감염재생산지수’ 등 전문용어까지 익숙해질 정도로, 국민 전체가 감염병에 대한 상당한 수준의 전문성을 갖추게 되었다. 비감염병 혹은 감염병의 원인을 파악하고, 이를 제어하는 일은 의학학 보건 정책 전반뿐만 아니라, 개인의 생활양식 변화에 있어 매우 중요한 일이다.

서두에 OECD 2021 건강통계(2021년 발표된 이 통계는 2019년 자료를 이용하여 발표됨)에서 우리나라의 기대수명 83.3세를 언급하였다. OECD 전체 평균인 81세보다 높은 수준이며, 지표에 포함된 38개국 중에는 5위권이다. 그런데, 같이 발표된 통계 자료 중에 시선을 끄는 통계가 또 하나 있다. 바로, ‘주관적 건강상태 양호 비율’이다. 15세 이상 인구 중 본인의 건강상태가 양호(좋거나 매우 좋음)하다고 생각하는 비율은 한국인 33.7%로 OECD 평균(68.5%)에 비해 현저하게 낮으며, 지표에 포함된 36개국 중에 가장 낮다(그림 5). 한국은 객관적인 지표인 기대수명이 다른 나라보다 낮지만, 본인이 건강하다고 생각하는 국민은 현저하게 적은 것이다.

좀 더 생각해 보면, 건강에 대한 우려와 열망이 그만큼 더 큰 것이 아닌가 싶다. 질병관리, 보건 정책, 유해물질 규제관리, 투명한 대국민 소통과 보건교육 등을 개선하고 강화할 수 있는 중요한 원동력이라고 해석되기도 한다. 코로나19 사태를 겪으며 진단, 치료, 정보공유를 통해 감염병관리의 새로운 지평이 열렸다. 빅데이터와 AI를 활용하여 화학물질 독성 예측이 시도될 만큼 과학기술이 발전한 시대이다. 질병의 원인을 규명하기 위한 힐 박사의 선도적 연구를 되새기며 향후 초고령화시대에서 과학기술이 개인의 건강증진과 삶의 질 개선에 더욱 기여할 수 있기를 기대해 본다. 🌱

전문가를 위한
과학기술 유튜브 채널 소개

과학기술자들이 볼 만한 유튜브는 없나요?



최근 대중들에게 가장 영향력 있는 미디어는 단연 유튜브다. 2021년 상반기 기준, 유튜브는 4,314만 명의 사용자를 보유 중이며, 1인당 월평균 30시간을 사용한다. 이에 따라 생활 속 과학 현상을 쉽고 재미있게 설명하는 과학기술 전문 유튜브 채널도 상당히 많아졌으나 과학 기술 전문가들의 눈높이에 맞춘 유튜브 채널은 흔치 않다. 아직 구독자나 조회수는 많지 않지만 깊이 있는 정보와 지식, 다양한 분야 전문가들의 종합의견을 다루는 전문성 있는 과학 기술 유튜브 채널을 소개한다. 이들 채널은 지식의 공유를 통해 새로운 혁신을 불러일으키는 것을 목적으로 하며, 무엇보다 구독자수를 늘리기 위한 과도한 경쟁 게임에 편승하지 않고 깊이 있는 과학을 다루고 있다는 점에서 차별화되고 있다.



Science Magazine

구독자 26만6,000여 명



▶ 권위있는 저널 사이언스지는 2008년 3월부터 유튜브 채널을 개설하고, 다양한 연구분야에서 도출된 실험동영상이나 모션그래픽, 애니메이션 등을 게재하고 있다. 최첨단 연구 주제와 올해의 혁신연구 등을 다루고 있으며, 흥미로운 동영상은 관련 기사나 논문을 볼 수 있도록 하단에 링크를 제공한다.

인기 영상 (조회수 1206만회)
〈Watch this caterpillar fling its beetle attacker through the air〉



The Royal Society

구독자 14만5,000명



▶ 세계 최고 권위의 학술단체인 영국왕립학회(The Royal Society)가 운영하는 유튜브 채널로, 자연과 기술에 대한 유용한 지식을 담고 있다. 유럽 지역의 과학기술 관심을 한 눈에 볼 수 있으며 최근에는 기후변화와 같은 범세계적 이슈에 대한 영상이 다수다.

인기 영상 (조회수 274만회)
〈Life begins at 40: the biological and cultural roots of the midlife crisis〉



한국과학기술한림원

구독자 1만1,000명



▶ 한국과학기술한림원 유튜브 채널에서는 최신 이슈 및 국가 현안에 대한 전문가들의 정책토론회를 볼 수 있으며, mRNA 백신과 전달체, OLED 등 최신 과학기술 연구에 대한 국내외 전문가들의 발표와 대담 등을 시청할 수 있다.

인기 영상 (조회수 46만회)
〈메타버스, 새로운 가상 융합 플랫폼의 미래가치〉



최종현학술원

구독자 5,000명



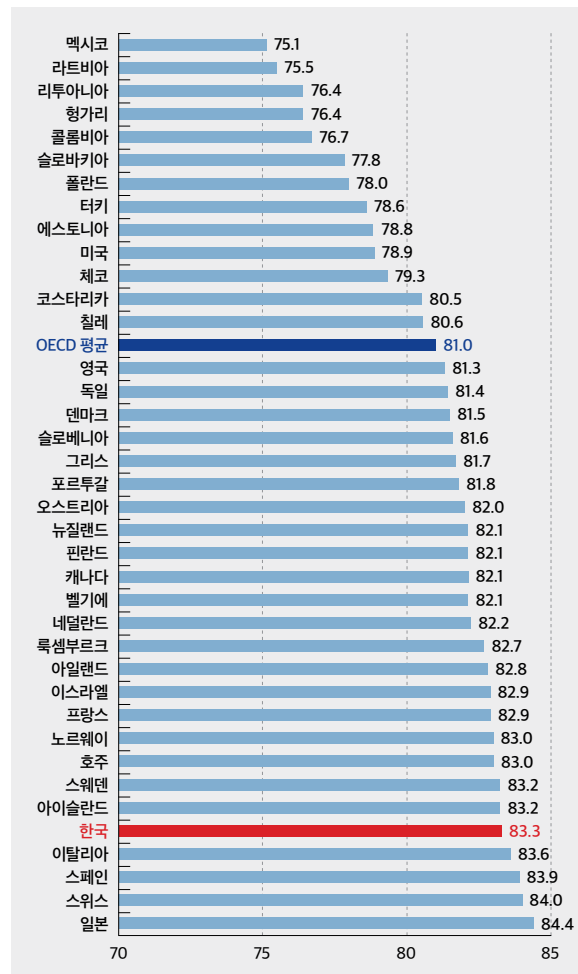
▶ 최종현 SK선대회장 20주기를 기념해 출범한 지식교류 플랫폼인 최종현학술원은 과학기술과 글로벌정책을 중심으로 관련 분야 전문가들의 대담과 토론 영상을 게재 중이다. 바이든 행정부와 한반도 정책, 지정학 특별강연 등이 흥미롭다.

인기 영상 (조회수 3.5만회)
〈조지 프리드먼-"The Next 50 Years"〉

【그림 5】 OECD 2021 건강통계에 포함된 기대수명(좌)과 주관적 건강상태 양호 비율(우)

기대수명(전체), 2019년

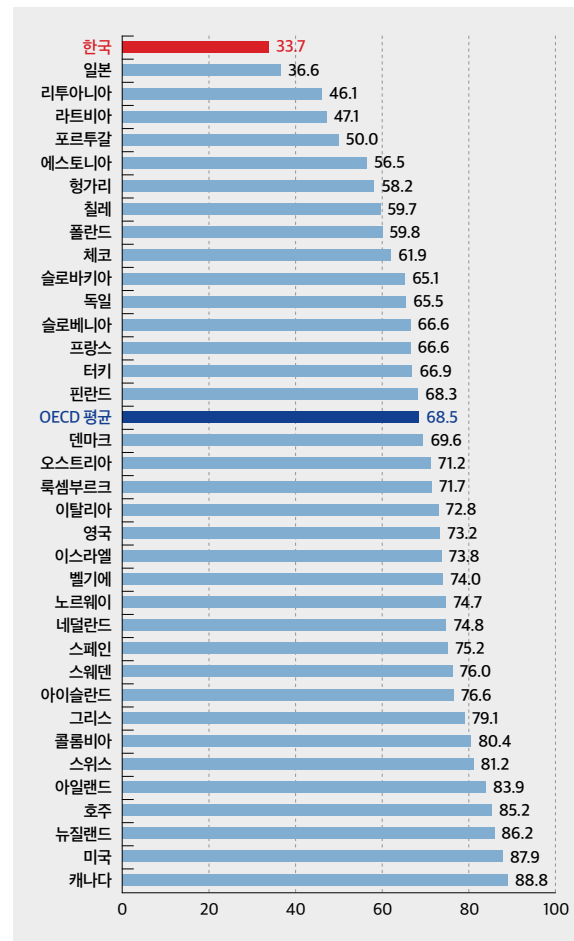
(단위: 년)



주1) OECD 평균은 2019년(혹은 인접 과거년도) 통계가 있는 38개국의 평균임

본인의 건강상태가 양호하다고 생각하는 비율(전체), 2019년

(단위: %)



주1) OECD 평균은 2019년(혹은 인접 과거년도) 통계가 있는 36개국의 평균임
주2) 호주, 칠레는 2017년, 아이슬란드, 영국, 미국은 2018년 수치임

참고 자료

- 보건복지부, OECD Health Statistics 2021 설명본 http://www.mohw.go.kr/react/jb/sjb030301vw.jsp?PAR_MENU_ID=03&MENU_ID=032901&CONT_SEQ=367832
- DOLL, R., & HILL, A. B. (1950). Smoking and carcinoma of the lung: preliminary report. British medical journal, 2(4682), 739-748. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.4682.739>
- Ju, M. J., Oh, J., & Choi, Y. H. (2021). Changes in air pollution levels after COVID-19 outbreak in Korea. The Science of the total environment, 750, 141521. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141521>
- HILL A. B. (1965). THE ENVIRONMENT AND DISEASE: ASSOCIATION OR CAUSATION?. Proceedings of the Royal Society of Medicine, 58(5), 295-300.
- Fedak, K. M., Bernal, A., Capshaw, Z. A., & Gross, S. (2015). Applying the Bradford Hill criteria in the 21st century: how data integration has changed causal inference in molecular epidemiology. Emerging themes in epidemiology, 12, 14. <https://doi.org/10.1186/s12982-015-0037-4>
- 한국약학교육협의회 예방약학분과회 (2019) 예방약학 제 9판

회원 동정



수상



박 남 규



석 상 일

박남규 이학부
정회원(성균관대)과 석상일
공학부 정회원(UNIST)이
영국 랭크상 광전자부문
(Rank Prize for
Optoelectronics) 수상자로
선정됐다.



이 병 호



최 영 주



김 형 범

이병호 공학부 정회원
(서울대), 최영주 이학부
정회원(POSTECH),
김형범 의약학부
차세대회원(연세대)이
경암교육문화재단이 선정한
제17회 경암상 수상자로
선정됐다.



조 민 행



박 수 영

조민행 이학부 정회원
(고려대)과 박수영 공학부
정회원(서울대)이
한국도레이과학진흥재단이
수여하는 제4회
한국도레이과학기술상
수상자로 선정됐다.



변 혜 령

변혜령 이학부 차세대회원
(KAIST)이 한국도레이
과학진흥재단 신진과학자에
선정됐다.



선 양 국

선양국 공학부 정회원
(한양대)이 재단법인
인촌기념회와 동아일보사가
선정하는 제35회 인촌상
과학기술 부문 수상자로
선정됐다.



이 창 하

이창하 공학부 차세대회원
(서울대)이 '이달의 과학기술인상'
9월 수상자로 선정됐다.
항생제 등 기존의 정화기술로는
분해하기 힘든 신종 수질오염
물질을 효과적으로 처리할 수
있는 기술을 개발한 공로를
인정받았다.



김 태 유

김태유 정책학부 정회원
(서울대)이 2022년
정진기언론문화상
경제경영도서부문 우수상을
수상했다.



학 술



이 호 왕

한타바이러스 분리와
백신 개발에 기여한
이호왕 의약학부 종신회원
(고려대)이 클래리베이트
애널리틱스가 발표한
'2021 Citation Laureates'
생리·의학 부문에 선정됐다.



이 경 무

이경무 공학부 정회원
(서울대)이 인공지능(AI) 분야
저명한 학술지인 '국제전기
전자공학회(IEEE) 패턴분석
및 머신지능(TPAMI) 저널'
편집장으로 8월 24일
선출됐다. 1979년 출간 이후
동양인이 편집장에 선정된
것은 이번이 최초다.



이 재 홍

이재홍 공학부 정회원
(세종대)이 국제 학술지인
'Engineering Structures'의
편집위원으로 선임됐다.



김 성 용

김성용 이학부 차세대회원
(KAIST)이 저명 국제 학술지
'프론티어스 해양과학
(Frontiers in Marine
Science, FMS)' 부편집장
(Associated Editor) 및
편집위원(Editorial Board
Member)으로 8월 27일
선출됐다.



강 봉 균



김 윤 영



이 근

강봉균 이학부 정회원, 김윤영 공학부 정회원,
이근 정책학부 정회원 등 3명이 9월 1일,
2021년도 서울대학교 석좌교수로 선정됐다.
서울대는 국제적인 학술 성과를 낸
교원의 연구 활동을 지원하기 위해 탁월한
학문적 업적을 이룬 석학에게 석좌교수
직위를 부여한다.



정 명 호

정명호 의약학부 정회원
(전남대)이 한국중재
의료기기학회 초대 이사장에
취임했다. 임기는
2021년부터 2023년까지
2년이다.



서 창 호

서창호 공학부 차세대회원
(KAIST)이 국제전기전자
공학회(IEEE) 정보이론
소사이어티에서 선정하는
'제임스 매시 연구교육상'을
수상했다. 미국대학 소속
교수가 아닌 수상자는 서창호
차세대회원이 최초다.



차 연 수

차연수 농수산학부 정회원
(전북대)이 최근 열린
한국영양학회
추계학술대회에서 최다
피인용 논문상을 수상했다.



김 학 수

김학수 정책학부 정회원
(DGIST)이
한국언론학회로부터
'2021 우수논문상'을
수상했다.



채 종 일

채종일 의약학부 정회원
(서울대, 한국건강관리협회
회장)이 한국의 기생충
국제협력사업 에피소드와
개인적인 삶의 순간까지
진솔하게 담아낸 에세이
'기생충학자 채종일 교수의
글모음'을 발간했다.



인 사



김 진 형

김진형 공학부 종신회원
(KAIST)이 9월 1일,
인천재능대학교 제17대
총장으로 취임했다.



이 병 호

이병호 공학부 정회원
(서울대)이 지난 9월 1일,
서울대학교 공과대학
제30대 학장에 취임했다.



정 우 성

정우성 정책학부
차세대회원(POSTECH)이
국가과학기술자문회의
제4기 자문위원으로
신규 위촉되었다.
정우성 교수는 청년과학자
양성과 관련된 자문을 맡았다.



삼가 고인의 명복을 기원합니다
과학기술발전에 공헌한 고인의 생애와 업적을 기억하겠습니다

기능성 쌀
개발 이끈
벼 연구 전문가



故 은무영 박사는 벼 고밀도분자유전자지도의 작성 및 유용유전자의 대량개발 등을 통해 우리나라 농업기술 경쟁력을 이끈 전문가다. 전북대를 졸업하고 미국 루이지애나주립대학교에서 박사학위를 받았으며, 호남농업시험장, 농업기술연구소, 농업유전공학연구소, 농업과학기술원 등에서 농업연구관을 지냈다. 2008년부터 2015년까지 경북대학교 연구초빙교수로 재직했다. 1994년부터는 산·학·연 공동연구를 통해 미국 종자에서 나타나는 벼 유전자를 분리, 9,000여 종의 벼 유전자에 대한 부분염기서열을 분석하고 유사성을 비교해 데이터베이스화했고, 1998년부터 미국, 일본 등 10개국이 참여한 벼게놈해독국제공동연구(IRGSP) 컨소시엄의 일원으로 참여해 연구를 수행했다. 대통령 표창(2000), 홍조근정훈장(2008)을 받았다.

고분자 분야
세계적
연구자



故 한창대 교수는 고분자분야의 가공기술혁신과 고급화로 세계적으로 높은 평가를 받은 권위자다. 고분자를 가공할 때, 즉 높은 용융상태에서 고분자물질이 어떤 움직임을 보이는가를 정확하게 측정하고 예측하는 데 사용하는 슬리트-다이 전류계를 독자적으로 개발해 고분자 가공의 정밀도를 높여 석유화학발전에 큰 기여를 했다. 특히 용융고분자 내에서 기포가 생성되는 현상과 이들의 움직임에 대해서는 전 세계적으로 거의 독보적인 연구업적을 쌓았다.

서울대 화학공학과 졸업 후 미국 MIT 화학공학과에서 공학 박사학위를 받고 미국 내 주요대학의 교수를 거친 후 92년부터 애크론대학교(University of Akron) Benjamin Franklin Goodrich 석좌교수로 재직했다. 호암상(1996)을 수상했다.

이공계
인재 양성
이끈
교육 혁신가



故 이관 박사는 우리나라 과학기술 정책 및 교육에 공헌한 혁신가이다. 서울대 졸업 후 영국 리버풀대에서 공학박사 학위를 받았고 원자력연구소 원자로공학연구실장을 거쳐 1970년부터 18년 동안 울산공대 학장 및 울산대 총장을 지냈다. 당시 교육 후 일정 기간 기업체 실습을 하고 다시 학교로 돌아오는 '샌드위치 시스템'을 도입해 산학협동을 이끌었고, 전교생에게 컴퓨터 프로그래밍을 필수로 교육하는 등 지역 이공계 인재양성 및 산학협동 시스템을 마련했다.

1988년 노태우 정부 초대 과학기술처 장관에 취임, 한국기초과학지원연구원의 전신인 기초과학연구지원센터를 설립했다. 국민훈장 동백장(1981), 영국 OBE 명예훈장(1982), 청조근정훈장(1990)을 받았다.

01 8. 4.

제48회 한림국제심포지엄 >

미래 치료제 혁명을 가져올 mRNA 백신과 전달체(LNP) 기술 동향

신·변종 감염병 대응의 핵심기술로서 mRNA(메신저 리보핵산) 기반 백신과 치료제에 전세계적인 관심과 투자가 이루어지는 가운데 국내외 전문가들이 최신 기술 동향을 발표하고 미래 연구 방향을 모색하는 자리가 마련됐다. 'Recent Advances in the Development of mRNA Therapeutics and Their Delivery Systems'을 주제로 한 이번 심포지엄에는 다니엘 앤더슨 MIT 교수를 비롯한 한·미 양국의 전문가 7인이 참여하여 원형 RNA(circular RNA) 치료제, 지질나노입자(LNP) 기술 등 최근 가장 화두가 되고 있는 주제에 대해 최신 연구 내용을 발표하고 관련 미래 연구 방향 등에 대해 밀도 높은 토론을 진행했다. 유튜브를 통해 5천 여명이 시청했다.

02 8. 11. ~ 8. 12.

2021년도 청소년과학영재사 > **한림미래과학캠프**

온라인으로 개최된 이번 캠프에는 약 60여 명의 멘토 및 멘티가 온라인으로 참여했으며, △특별강연 △선배멘티와의 만남 △멘티 활동소개 및 이야기 나누기 등의 프로그램이 진행됐다. 특별강연에는 오준호 KAIST 교수와 안윤주 환경독성보건학회 회장(건국대 교수)이 연사로 참여했고, 2013년 수료생 이현민 삼성SDI 연구원, 2014년 수료생 윤준호 서울대학교 곤충학 박사과정생 등이 선배멘티로 나섰다. 멘티들은 멘티 활동소개를 통해 코로나19로 대면 활동이 어려웠음에도 멘토와 활발히 소통하고 주도적·적극적인 참여를 통해 탐구주제를 성공적으로 수행 중인 경험을 나눴으며, 친교의 시간도 가졌다.

03 9. 24.

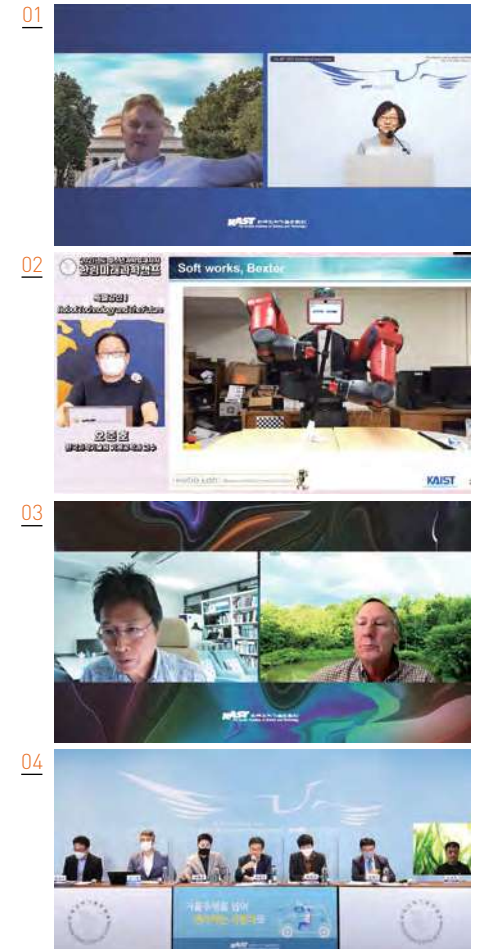
제49회 한림국제심포지엄 > **OLED 수명 및 색순도 한계 극복 기술**

'What is the limit of lifetime and color purity of OLED?'을 주제로 한 이번 심포지엄에는 스티븐 포레스트(Stephen Forrest) 미시간대학교 교수를 비롯한 OLED 분야 선도 4개국(한·미·일·중)의 전문가 7인이 참여하여 고효율 청색 인광 OLED(PHOLED) 개발현황, 초형광 OLED, 열 활성화 지연형광(TADF) 등 최근 가장 화두가 되고 있는 기술에 대해 최신 연구 내용을 발표하고 관련 미래 연구 방향 등에 대해 밀도 높은 토론을 진행했다. 특히 이번 심포지엄에서는 신기술 개발의 기본이 되는 기초 기술 연구뿐만 아니라 삼성전자, LG디스플레이 등 산업계의 R&D현황도 발표됐다.

04 10. 15.

제192회 한림원탁토론회 > **자율주행을 넘어 생각하는 자동차로**

자율주행 자동차의 현황 및 미래 전망, 향후 과제 등을 논의하기 위한 이번 토론회에는 조만수 POSTECH 컴퓨터공학과 교수, 서창호 KAIST 전기및전자공학부 교수, 조기춘 건국대학교 스마트운행체공학과 교수가 주제발표를 맡아 연구개발 현황과 난제기술, 예측되는 변화에 대한 대응방안 등을 발표했다. 지정토론은 서승우 서울대학교 전기·정보공학부 교수를 좌장으로, 김정희 현대자동차 상무, 김성수 과학기술정보통신부 연구개발특자심의국장, 최원석 조선일보 기자 등이 참여해 자율주행 자동차 상용화의 과도기적 상황에 대한 전망 및 이슈, 인력 현황, 정부 지원 및 정책적 방향 등에 대해 논의했다.



※ 한림원탁토론회와 국제심포지엄의 중계영상을 한림원 유튜브 채널에서 다시 보실 수 있습니다.

05 10. 20.

제1회 노벨상 수상자와의 대담 > 도나 스크리클랜드 교수(2018 노벨물리학상)

이번 대담은 “Dream Big: Being a Scientist beyond Nobel Prize”를 주제로 Donna Strickland 캐나다 워털루대학교 교수가 한국의 학생들과 자유롭게 대화하는 방식으로 진행됐다. 광학 분야에서 주목받는 젊은 과학자인 노준석 POSTECH 교수가 사회를 맡고, 이지현 대학생(서울대 전기정보공학부 석사과정), 이찬희 학생(한민고 2학년) 등이 대담자로 참여하여, 노벨상 수상 연구의 비결, 여성과학자로서의 삶, 과학자로서의 가치관과 목표 등에 대한 질문을 펼쳤다.

06 10. 29.

과학기술 석학과의 대화

과학기술정보통신부는 10월 29일(금), 서울대학교 IBS RNA연구단 회의실에서 ‘과학기술 석학과의 대화’ 간담회를 주최했다. 이번 간담회는 우리나라 연구자들의 우수한 기초연구 성과가 국제적으로 적절한 평가를 받을 수 있도록 체계적인 지원 방안을 모색하기 위해 마련되었다. 임혜숙 과기정통부 장관과 한민고 한림원장, 김빛내리 서울대 교수, 박남규 성균관대 교수, 이영희 성균관대 교수, 현택환 서울대 교수 등이 참석해 우수 연구성과의 국제적 인지도 제고를 위한 방안에 대한 아이디어를 나눴다.

07 11. 3.

제2회 석학과의 대담 > 로버트 랭거 MIT 석좌교수

mRNA(메신저 리보핵산) 기술의 선구자인 Robert Langer 미국 MIT 석좌교수는 ‘Innovative Drug Delivery System’를 주제로 그의 연구 성과와 새로운 약물 전달 시스템에 대해 발표하고 국내 전문가 및 청중들과 토론을 진행했다. 서울대 약학대학 최초 여성 학장이자, 핵산 소재 바이오 의약 전달연구의 권위자인 오유경 서울대 교수가 대담자로 참여하고, 랭거 교수의 제자이자 mRNA와 지질나노입자(LNP) 기술 전문가인 이혁진 이화여대 교수가 좌장을 맡았다.

05



06



07



발 간 물

대한민국 과학기술유공자 공훈록4

‘대한민국 과학기술유공자 공훈록 4’은 과학기술유공자의 공적을 체계적으로 정리한 발간물로 유공자 9인의 일화·성장과정 및 업적 등을 정리하고, 생존 유공자 3인의 인터뷰와 후학들이 바라본 과학기술유공자 등을 수록하여 국민 누구나 쉽고 재미있게 읽을 수 있도록 구성했다.



AASSA 연구보고서

아시아 및 태평양 지역 STEM교육의 현황과 향상 방안

‘아시아 및 태평양 지역 초·중등 STEM 교육 현황과 개선 방안’은 STEM 교육의 성공을 위해 한국이 프로젝트 책임운영 국가로 참여해 총 아시아-태평양 지역의 10개국이 △현재의 STEM 교육에 대한 간략한 소개, △SWOT 분석에 기초한 STEM 교육의 장점과 단점, △개선을 위한 도전과제, △결론, 제언, 미래 계획 등을 공통 주제로 작성한 국가보고서이다.

※ 모든 발간물은 한국과학기술한림원 홈페이지(www.kast.or.kr)에서 PDF를 다운로드 받으실 수 있습니다.

공지사항



2021년 4분기 행사예고

코로나19로 인해 행사계획에 변동이 있을 수 있습니다.

행사 일정은 한림원 홈페이지(www.kast.or.kr) 등을 통해 반드시 재확인해주시길 바랍니다.

2021 11

- 제2회 한국과학기술한림원 정기총회
 - 일시: 11. 23.(화) 15:00
 - 장소: 온라인(Zoom)
- 제7회 대상을림식품과학상 시상식
 - 일시: 11. 23.(화) 16:00
 - 장소: 한국과학기술한림원회관 대강당
- 제1회 암젠한림생명공학상 시상식
 - 일시: 11. 23.(화) 17:00
 - 장소: 한국과학기술한림원회관 대강당
- 제3회 석학과의 대담 (제6회 한국·독일한림원 공동심포지엄 사전행사)
 - 일시: 11. 25.(목) 16:00
 - 장소: 온라인 (한국과학기술한림원 유튜브)
 - 연사: Alexander Waibel 카네기멜론대학교 교수
 - 주제: Realizing the Promises of Artificial Intelligence
- 2021년도 청소년과학영재사사 수료식 및 특별강연
 - 일시: 11. 29.(월) 15:00
 - 장소: 온라인 (한국과학기술한림원 유튜브)
 - 특별강연 연사: 김영기 시카고대학교 교수 (미국물리학회(APS) 차기 회장)

2021 12

- 제4회 노벨상 수상자와의 대담
 - 일시: 12. 2.(목) 10:30
 - 장소: 온라인 (한국과학기술한림원 유튜브)
 - 연사: John C. Mather 박사 (2006 노벨물리학상, 미국 NASA)
 - 주제: Opening the Infrared Treasure Chest with JWST
- 2021년 Y-KAST Members' Day
 - 일시: 12. 14.(화) 16:00
 - 장소: 온라인 (한국과학기술한림원 유튜브)

2022 1

- 2022년 한국과학기술한림원 정회원 회원패 수여식
 - 일시: 1. 19.(수) 16:00
 - 장소: 온라인 (한국과학기술한림원 유튜브)



‘한림원의 창’ 독자 참여 안내

- ‘인터뷰/기고’에 참여해주세요. 회원(종신회원, 정회원, 준회원, 차세대회원)을 추천해주셔도 좋습니다. 참여 회원에게는 소정의 자문비/원고료를 지급합니다.
- 신청: 한림원 홍보팀 이메일(kast_pr@kast.or.kr)

연재기고
· ‘인생노문을 만나다’ 시리즈
· 자유기고



회원인터뷰
· 연구와 삶 이야기
· 정책 제언

버킷리스트
· 취미로 보는 과학자의 인생
· 회원 취미 소개



과학기술유공자
故 윤능민(1927~2009)

故 윤능민 서강대학교 명예교수는
유기화학 분야에서 세계적인 연구
성과로 한국 화학의 위상을 높인 과
학자다. 금속수소화물에 의한 선택
환원 반응과 수소화금속을 이용한
유기합성 분야의 연구로 국제적 인
정을 받았으며, 후학들을 우수 연구
집단으로 육성했다.