2016 SPRING VOLUME.18

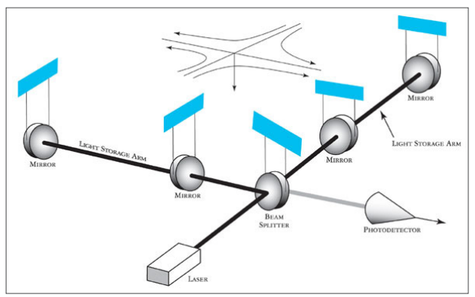
세계를 선도하는 연구중심대학 KAIST

# Science 소식지

KAIST

중력렌즈 효과로 생기는 천체현상들의 모습_ Page 07

물리학계에 중력파 관측이라는 화두를 가져온 웨버_ Page 08




LIGO 파헤치기_ Page 10

바이오영상 및 광유전학 연구실의 구성원들_ Page 18

물리학과 단체촬영_ Page 31

2016년 자연과학대학 Dean's list 수상자_ Page 40

2016.05.20 정오의 수학산책_ Page 16

생명과학과 오병하 교수, 제9회 아산의학상 수상_ Page 41

**편집위원_** 송지준 교수(위원장, 생명과학과), 서민교 교수(물리), 박진현 교수(수리과학), 최인성 교수(화학과)

본지에 게재된 글과 사진의 무단복제를 금합니다.

**발행일_**2016년 7월 26일 [통권 제 18권] **발행처_**KAIST 대전광역시 유성구 대학로 291
**발행인_**이순칠 **기획편집_**KAIST 자연과학대학 Science 소식지 편찬위원회(042-350-2471)

# CONTENTS


**06 기획특집**

- 중력파, 너를 알고 싶어!
  (담당학생기자 : 강규민, 최인혁)

**14 자연대 이야기**

- KAIST CMC 정오의 수학산책
  (담당학생기자 : 김동률)

**18 연구실 탐방**

- 빛으로 세포를 조절하다, 바이오영상 및 광유전학 연구실!
  (담당학생기자 : 류자영)

**24 과학 아카데미**

- 수리생물학 : 수학과 생물학의 아름다운 만남!(김재경 교수님)
  (담당학생기자 : 김동률)

**28 자연대 명물**

- 물리학과 진입식
  (담당학생기자 : 서형석)

**32 화제의 인물**

- 화학과 백무현 교수님을 만나다!
  (담당학생기자 : 이준만)

**36 신임교수 소개**

- 생명과학과 : 김찬혁, 정원석 교수님
- 물리학과 : 이성빈 교수님
- 화학과 : 변혜령 교수님
  (담당학생기자 : 류자영, 최인혁, 이준만, 강규민)

**40 공지, 뉴스**

(담당학생기자 : 해당 학과 / 총괄 : 강규민)

**42 편집후기**

(담당학생기자 : 기자 전원)

# “중력파, 너를 알고 싶어!”

2016년 2월 12일, 전 세계 언론은 중력파 관측에 대한 논문이 Physical Review Letters에 발표되었다는 소식을 대서특필했다. 우리 모두 중력파가 발견되었다는 것은 알고 있지만 그것이 정확히 무엇인지, 이 발견에 어떤 의미가 있는지 등에 대해서는 관련 전공자가 아닌 이상 잘 알지 못한다.

이 발견에 대해 정확하고 깊은 이야기를 전달하고자 KAIST SCIENCE는 한국과학기술정보연구원(KISTI) 책임연구원이자 KAIST 물리학과 겸직교수인 강궁원 교수님을 만났다. 강궁원 교수님은 블랙홀 쌍성계 시뮬레이션의 권위자로, 중력파 연구에 참여하셨다.

## 중력의 역사-갈릴레이에서 중력파까지

중력에 대한 근대적인 연구는 17세기 초 갈릴레이에 의해 시작되었다. 유명한 피사의 사탑 실험과 기울어진 면에서 굴러 내리는 물체의 ‘물체의 질량과 관계없이 중력은 모든 물체를 같은 정도로 가속시킨다’는 결과를 내놓으며 기존 아리스토텔레스의 ‘무거운 물체는 더 빠르게 낙하한다’는 패러다임을 깨뜨렸다. 그러나 그는 중력이 어떤 물리량과 관련 있는지에 대해서는 이해하지 못했다.

중력에 대한 인류의 이해는 뉴턴에 의해 크게 발전했다. 그는 1687년 자신의 저서 ‘프린키피아’에서 중력이 물체 간 거리의 제곱에 반비례한다는 것을 17세기 초 발표된 케플러의 법칙을 통해 제안했다.
우리가 흔히 만유인력의 법칙으로 알고 있는 그의 제안은 해왕성의 존재를 예측해 내는 데에 크게 기여하며 힘을 얻었다. 하지만 뉴턴의 이론과 수성의 공전 경로는 약간의 차이가 존재했으며, 그 차이를 설명하기 위해 뉴턴의 이론은 한 행성의 존재를 예측했지만, 그 행성은 발견되지 않았다.

1915년, 아인슈타인은 시공간과 중력을 함께 설명하기 위해 일반상대성이론을 제안했다. 1919년, 아인슈타인은 일반상대성이론에 기반을 두어 도출될 수 있는 세 가지 현상을 발표하며, 이 세 가지 중 하나라도 실험으로 반증된다면 이 이론은 포기돼야 한다고 천명했다. 세 현상은 수성의 세차운동, 중력에 의한 빛의 굴절, 그리고 중력 적색 편이 현상이었다. 세 가지 현상 모두 이론적으로 예측한 값과 실험 · 관측 결과가 일치하며 아인슈타인의 이론을 뒷받침했다.
하지만 이것은 일반상대성이론이 ‘옳다고’ 증명하는 것은 아니며, 단지 ‘틀리지 않음’을 보이는 것이다.

일반상대성이론의 주장 중 핵심은 “중력에 의한 물체의 이동이 중력이라는 힘을 받아 일어나는 것이 아니고 질량 주위의 시공간이 휘어져 야기된다는 것”이라 할 수 있다. 질량에 의해 공간이 휘어진다는 것은 1919년 에딩턴의 관측으로 증명되었다고 알고 있지만, 관측의 오차가 커 정확한 증명이라 하기에는 충분치 못했다.

시간이 지나며 관측의 정밀도가 향상되었고, 1960년에 들어서며 에딩턴과 유사한 방식의 관측으로 질량에 의해 공간이 휘어진다는 것이 확실하게 증명됐다. 이 과정에서 중력렌즈 효과가 발견되었고, 이를 통해 추산한 은하 또는 은하단의 질량이 관측되는 것보다 크다는 점이 발견되면서 암흑물질의 존재 증거를 제시하기도 했다. 아인슈타인이 제안한 물체의 질량과 공간의 휘어짐을 연결하는, 소위 아인슈타인 중력 방정식이라 부르는 미분방정식은 몇 개의 해석적 해가 알려져 있다. 이 해들은 블랙홀의 존재나 우주의 팽창 등 여러 우주적 현상을 예측해냈고, 아인슈타인의 이론은 현재까지도 큰 성공을 거두고 있다.

▲ 중력렌즈 효과로 생기는 천체현상들의 모습이다. 신비롭지 않은가?

이제 중력파에 대해 알아보자. 어떤 힘에 대해서 정확하게 이해하기 위해서는 이 힘이 어떤 물리량에 의해 야기되는지, 이 힘이 어떻게, 얼마나 빠르게 전파되는지에 대해 알아야 한다. 뉴턴에 의해 물리학자들은 중력이 물체의 질량과 거리에 따라 변한다는 것을 알았지만, 중력이 전파되는 속도에 대해서는 아무런 설명을 내놓지 못했다. 뉴턴 역학에서는 중력의 전달을 어떤 질량의 위치가 변화한다면 다른 질량들은 그 변화를 ‘순식간에’ 인식하게 되는 것으로밖에 말할 수 없다. 이것은 물리적으로 받아들이기 힘들다. 일반상대성이론은 어떤 물체가 움직이면 그 물체에 의해 생기는 시공간의 변화가 공간 속으로 퍼져나갈 것이며, 다른 물체에 다다르면 힘을 받게 된다고 제안한다.
이 중력을 전파하는 시공간의 변화가 바로 중력파이며, 일반상대성이론에 의하면 빛의 속도로 전파한다.

▲ 중력파 관측이라는 화두를 물리학계에 가져온 웨버와 그의 실험장치

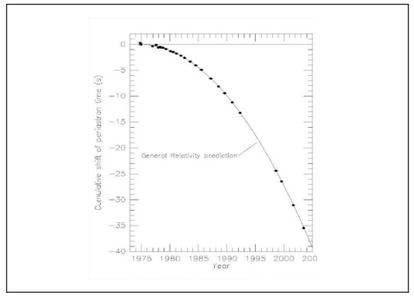
## 중력파 관측의 역사 - 웨버에서 LIGO까지

이론은 반드시 실험으로 증명되어야 한다. 전자기력이 전자기파에 의해 전파된다는 것이 1862년 맥스웰의 방정식으로부터 제안되었고, 전자기파의 존재를 보이는 것은 당시 물리학계의 큰 화두였다. 헤르츠가 1887년 실험적으로 전자기파의 존재를 보이면서 물리학자들은 비로소 전자기력에 대해 정확하게 이해할 수 있게 되었다. 아인슈타인이 일반상대성이론을 통해 중력파의 존재를 예견한 이래로 중력파를 직접적으로 관측해내는 것은 맥스웰이 전자기파의 존재를 제안했던 때와 마찬가지로 물리학계의 큰 목표가 되었다. 그러나 중력파를 직접적으로 관측해내는 것은 만만치 않았다. 통상적으로 지구 상에 도달하는 중력파의 세기는 $10^{-21}$ 정도인데, 이는 지구 지름에 핵자 한 개 정도의 길이 변화를 유발한다. 이처럼 극도로 미세한 길이 변화를 측정해내는 기술의 개발은 엄청난 과학적 도전이었다.

중력파의 측정을 위한 본격적인 시도는 1960년대부터 시작되었다. 조셉 웨버는 웨버 막대로 불리는 거대한 알루미늄 막대의 둘레를 압전 장치로 감싸 막대에 가해지는 변형률을 관측하려 시도했다. 그는 이 장치를 통해 중력파를 측정했다고 주장했지만, 장치의 정밀도와 재현성이 부족한 점이 비판받았고, 웨버의 계산 결과를 다시 분석해본 결과 오류였던 것으로 결론났다.
비록 오류로 결론났지만, 웨버의 실험은 중력파 검출을 위한 최초의 시도였으며, 물리학계가 중력파의 측정에 관심을 가지게 만들었다는 점에서 큰 의미가 있다.



비슷한 시기에 헐스와 테일러는 중성자별 쌍성인 PSR B1913+16을 1974년에 발견해낸다. 일반상대성이론에 따르면 중성자별 쌍성이 서로를 돌면 중력파가 퍼져나가고, 이로 인해 계는 에너지를 잃게 된다.
따라서 중성자 별들은 점점 가까워지게 되고, 회전주기가 짧아진다. 또한 중성자별은 전자기파를 방출해내는데, 한 바퀴를 돌 때마다 그 전자기파가 지구 방향을 향하게 되므로 결과적으로 주기를 측정할 수 있다. 헐스와 테일러는 PSR B1913+16의 주기를 수년간 측정한 결과가 중력파에 의한 에너지 손실을 가정하고 계산한 결과와 일치한다는 것을 발표했고, 이 공로로 1993년 노벨 물리학상을 수상했다. 이것은 중력파의 존재에 대한 첫 간접적인 증거였다.



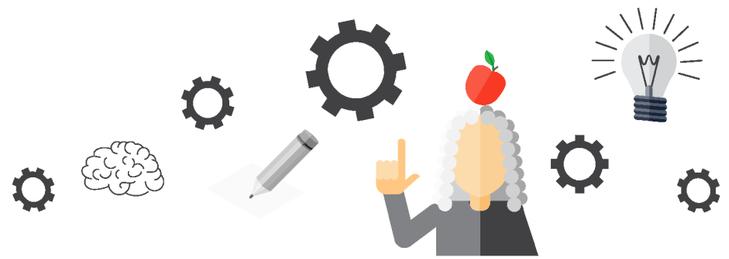

▲ 헐스와 테일러가 관측한 쌍성의 주기와 이론값이 일치하는 것을 볼 수 있다.

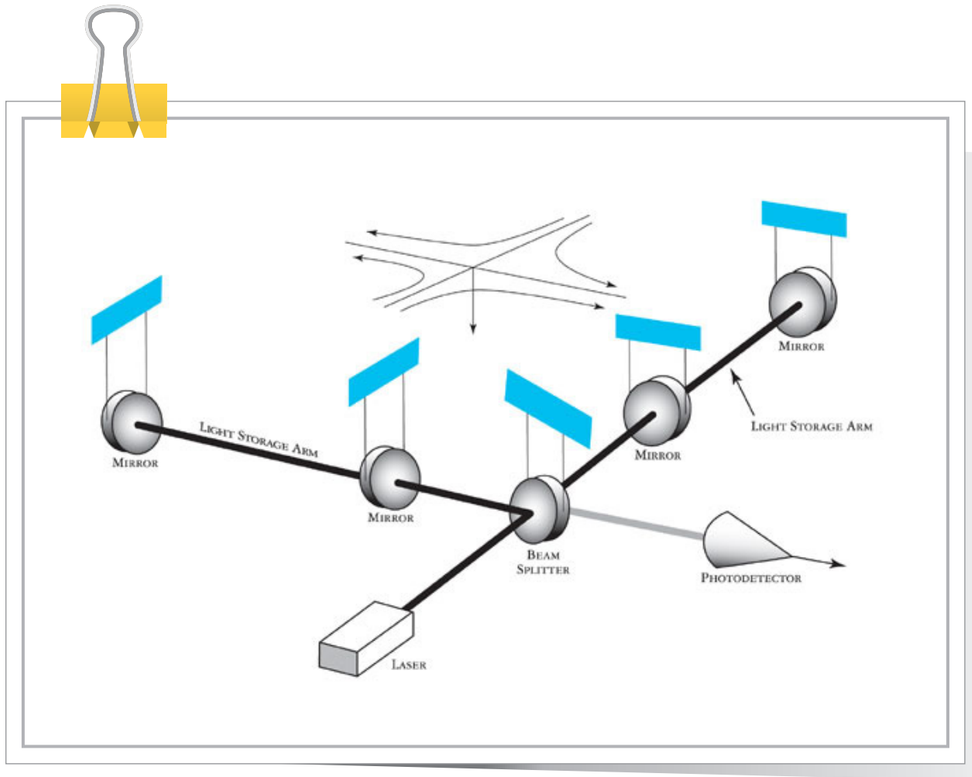
1960년대부터는 올 2월 최초로 중력파를 검출해낸 LIGO와 같은 간섭형 검출계의 이론과 모형이 제안되어 연구되기 시작했다. MIT의 라이너 와이스(Rainer Weiss)는 레이저 분석계가 중력파 분석을 위해 가져야 할 조건과 오차 원인에 대해 실제로 수백 미터에 이르는 간섭계를 제작하며 실험했다. 칼텍의 로널드 드레버(Ronald Drever)는 간섭계를 중력파 관측에 적합하게 만들기 위해 Fabry – Perot type의 간섭계를 처음 시도했고, 레이저 안정화 기법을 개발했다.

킵 손(Kip Thorne)은 이론적으로 간섭계가 관측할 수 있는 천체 현상(중성자 별 쌍성, 블랙홀 쌍성계 등)과 이의 검출을 위해 검출기가 가져야 하는 민감도를 제시했다. 라이너 와이스는 1983년, 미국 국립 과학 재단(NSF)에 그동안의 연구와 기술적 성취, 그리고 이를 위한 건설 계획과 용지 후보 등을 담은 보고서를 제출했다.

이는 MIT와 칼텍이 공동 추진하는 것을 조건으로 승인되었으며, 앞서 언급한 세 과학자 – 라이너 와이스, 로널드 드레버, 킵 손 – 이 책임자가 되었다.

LIGO는 다섯 번째 과학거동에서야 설계 감도에 도달했고, 이후 여섯 번째 과학거동인 2010년 10월까지 유의미한 관측을 진행했으나 아쉽게도 검출 감도 내에서 유의미한 중력파를 관측하지 못했다. 그러나 과학자들은 포기하지 않았다. 2010년에 가동을 끝낸 뒤 성능 강화에 들어간 LIGO는 2015년 Advanced LIGO라는 이름으로 재가동에 들어갔고, 가동 이틀 만에 중력파를 검출해냈다. 감히 상상할 수 없는 정도의 – 40여 년에 달한 – 노력이 일궈낸 성과였다.






# » LIGO 파헤치기

그렇다면 LIGO는 무엇이며, 도대체 어떻게 중력파를 관측할 수 있었을까? LIGO는 Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory의 약자로, 레이저를 이용한 빛의 간섭현상을 통해 중력파를 검출해내는 실험 장치(간섭형 검출기)이다.

LIGO와 Advanced LIGO 모두 간섭형 검출기로, 기본 원리는 마이컬슨 간섭계와 비슷하다. 레이저에서 나온 빛이 Beam splitter에 의해 두 갈래로 갈라지고, 갈라진 빛이 각각 거울에 반사되어 다시 하나로 합쳐지는데 이때 합쳐진 빛을 분석하면 갈라진 빛들 사이의 광로차를 알 수 있다. LIGO는 서로 수직하는 두 개의 간섭계로 이루어져 있다. 중력파가 LIGO를 지나가며 서로 수직한 방향의 거리를 변화시키면 광로차가 나타난다. 이 광로차를 분석하여 과학자들은 중력파의 파형을 유추해낼 수 있다.

중력파 검출에 성공한 Advanced LIGO는 기존에 있던 Initial LIGO를 상향시킨 것이기 때문에 기본적으로 빛의 간섭을 이용해 검출한다는 원리는 변하지 않았다.

하지만 중력파를 관측하기 위해서는 더욱더 높은 정밀도가 요구되기 때문에 몇 가지 바뀐 사항들이 있다.

예를 들어, 기존의 Initial LIGO와 달리 Advanced LIGO의 Fabry – Perot cavity에서는 빛의 반복 횟수를 25회에서 280회로 늘려 4km인 팔의 길이를 유효적으로 1,120km가 되게 하는 효과를 가져왔다. 레이저 출력 또한 8W에서 200W로 높아졌다. 그리고 빛이 반사되는 거울에서 반사되는 열잡음을 감소시키기 위한 열 감쇠 장치가 도입되어 레이저가 발생시키는 거울의 브라운 운동을 최소화했다. 이를 통해 Advanced LIGO의 정밀도는 30~200Hz 대역에서 $10^{-23}$ 정도에 도달했다.*

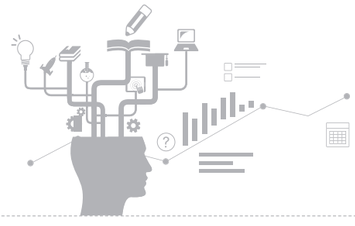


## » 중력파 검출의 의의

강궁원 교수님의 설명에 따르면 중력파 검출에는 크게 두 가지 의의가 있다. 첫 번째는 일반 상대성 이론을 검증해냈다는 것이다. 100여 년간 직접적으로 증명되지 않았던 사실을 증명한 것으로 역사적으로도 과학적으로도 큰 성취이다. 맥스웰이 예측했던 전자기파의 존재를 헤르츠가 검증하고 나서 라디오파, 마이크로파 등을 응용한 전자공학 세계가 펼쳐졌듯이, 이번 발견도 난제를 해결했다는 데에 의미가 있으며 현재로는 예측할 수 없는 새로운 측정이나 활용을 가능케 할 것이다.

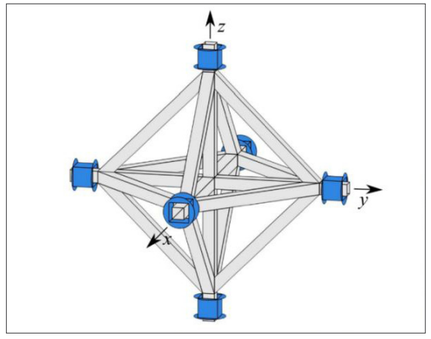
두 번째는 천문학적인 의미이다. 이번에 검출된 중력파의 파원은 블랙홀 쌍성이다. 블랙홀 쌍성은 이제까지 관측된 적이 없었다. 블랙홀은 전자기파를 내놓지 않기 때문에 블랙홀에 빨려 들어가는 다른 천체 같은 것이 없다면 관측이 어렵기 때문이다. 하지만 이번에는 전자기파 대신 중력파를 이용했기 때문에 관측할 수 있었다.

즉, 전자기파로 관찰되지 않는 천체를 중력파로 관찰할 수 있게 된 것이다. 실제로 이번 중력파를 관측한 실험은 블랙홀 쌍성계를 처음으로 발견해냈다는 의의도 가진다. Advanced LIGO는 앞으로도 단계적인 성능 강화를 통해 2017년 말에는 Initial LIGO보다 정밀도를 10배 높이는 것이 최종 목표이다. 그렇게 될 경우 중력파 검출 빈도가 지금보다 훨씬 높아질 것이고, 중력파를 천문학 관측에서 상시로 이용하는 것이 가능해진다. 중력파가 천문학에서 가질 수 있는 가능성은 무궁무진하다. 쌍성계의 움직임에 따라 중력파의 파형이 달라지기 때문에 중력파를 분석하여 쌍성계의 움직임에 대한 정보를 얻을 수 있으며, 중력파 관측 장비가 많아질 경우 쌍성계의 정확한 위치를 알 수 있게 된다. 즉 중력파 천문학이라는 새로운 분야를 개척한 것이다. 전자기파의 발견 후 1964년 펜지아스와 윌슨이 우주 배경 복사를 관측했을 때 우주의 팽창에 대한 우리의 지식이 넓어졌듯, 중력파 발견 또한 그러한 의미를 가진다고 볼 수 있다.



## » 대한민국이 독자적으로 개발하는 중력파검출기, SOGRO

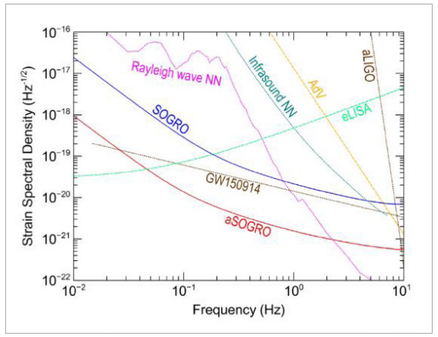
비록 최초의 중력파 발견이라는 위업은 Advanced LIGO에 의해 달성되었지만, 아직 나아가야 할 길은 멀다. Advanced LIGO와 같은 지상 중력파 검출기에는 특정 주파수대의(10Hz~수 kHz) 중력파만을 검출할 수 있다는 한계가 존재한다. 지상 중력파 검출기가 검출할 수 없는 낮은 주파수대의(10Hz 이하) 중력파를 측정하는 것은 아직 중력파 연구에 있어 남아있는 도전과제 중 중요한 부분이다. 이를 위해 우주에서 중력파를 관측하려는 $10^{-4}$~$10^{-1}$ Hz 대의 주파수를 측정하는 데에 최적화되어 있는 LISA (Laser Interferometer Space Antenna) 프로젝트가 ESA 등에 의해 진행되고 있다. 하지만 이 두 측정 방법 모두가 접근하기 어려운 0.1~10Hz 대의 중력파를 측정하는 연구 또한 필요하다. 메릴랜드 대학교의 백호정 교수는 SOGRO(Superconducting Omni-Directional Gravitational Radiation Observatory) 라는 중력파 측정 방법을 제안했으며, 이 방법은 앞서 설명한 두 측정 방법이 감지할 수 없는 주파수 영역을 메우는 방법으로 주목받고 있다. SOGRO의 모형은 아래와 같으며, 한 틀에 위치한 6개의 시험 질량(초전도 자석에 의해 공중에 떠 있다)의 움직임을 이용해 중력파의 변화를 측정한다. 한 틀에 시험 질량들이 위치하기 때문에 지진에 의한 잡음을 줄일 수 있으며, 3차원 구조로 중력파원의 방향과 극성을 구분할 수도 있다.




▲ SOGRO의 구조

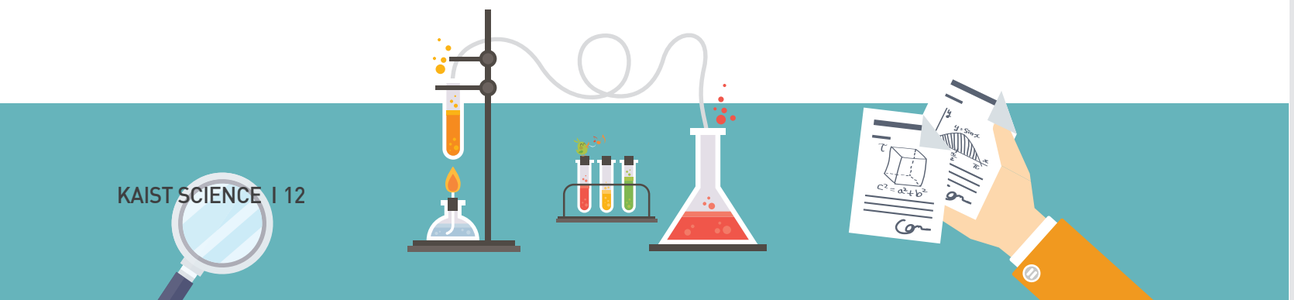
SOGRO는 구조적 특성으로 인해 기존의 간섭형 검출기가 가지는 문제점 – 10Hz 이하의 저주파수대에서 발생하는 지진 잡음, 뉴턴 잡음 등에 매우 취약하다는 점, 최소 세 대의 검출 장비가 있어야 중력파의 방향을 결정할 수 있다는 점 – 들을 극복할 수 있다. SOGRO는 세 직교하는 방향에 대한 측정이 가능하고 뉴턴 잡음 자체를 측정할 수 있으므로 데이터 분석을 통해 뉴턴 잡음 등을 분리해 낼 수 있고 한 대만 있어도 중력파의 방향을 결정할 수 있다는 장점을 가진다. 하지만 무엇보다도 SOGRO의 독보적인 장점은 측정 가능한 주파수대에 있다.

Advanced LIGO가 측정할 수 있는 중력파는 블랙홀 두 개가 융합하기 직전에 방출하여 수 초밖에 지속되지 않는 고주파대의 중력파뿐이다. SOGRO는 블랙홀 쌍성계가 가까워지는 동안에 방출하는 파수대의 중력파를 측정할 수 있어 블랙홀 쌍성계가 융합할 것임을 예측할 수 있고, Advanced LIGO 등의 고주파대를 측정하는 장비들에 미리 알려 줄 수 있다. 만약 SOGRO가 이번 중력파 검출 시기에 준비되어 있었더라면 그림 7에서 볼 수 있는 것처럼 블랙홀의 접근을 약 10일 정도 먼저 검출하고 LIGO에서 0.2초 정도의 마지막 병합 단계를 검출하게 되었을 것이다.




▲ aLIGO의 정밀도는 10Hz보다 작은 영역에서 급격히 나빠지며, aSOGRO가 1~10Hz주파수대에서 이론적으로 가장 정밀하다.

SOGRO 가동을 위해서는 아직 넘어야 할 산들이 있다. 정밀한 측정을 위해서는 거대한 장비를 0.1K 정도로 냉각시켜야 한다. 실제로 장비를 제작하였을 때 어떤 난관이 생길지 아직은 알 수 없다. 지원을 받기 위해 성과를 내야 하는 대한민국의 연구비 지원 기준 또한 SOGRO 연구를 어렵게 하는 요인이다. 하지만, 과학은 도전을 통해 발전하였으며, LIGO가 NSF에 의해 40여 년간 지원받았다는 사실은 우리에게 시사하는 바가 크다. SOGRO가 성공적으로 개발되어 대한민국이 중력파 검출에서 중요한 위치를 차지하는 날이 오기를 기대한다.





## 강궁원 교수님으로부터 듣는
# 연구 Q&A

**Q 이번 중력파 검출은 다른 과학 연구에 비해 굉장히 많은 연구자들이 참여했는데, 이유가 있습니까?**

A 기본적으로 어려운 실험이기 때문입니다. 실험실 내에서 할 수 있는 연구가 아니고, 거대 검출 시설 건축 및 운용, 데이터 분석이 진행되어야 하니 각 분야의 사람들이 필요했던 것이지요. 예를 들면, 광학 장치를 운용하거나 배치하는 데에 첨단 광학 기술이 들어가니 광학연구자가 필요했고, 검출기의 특성과 제어를 담당하는 기술자도 필요했지요. 지진에 의한 오차를 분석하기 위해 지질학자 또한 필요했습니다. 그 외에도 수많은 분야의 사람들이 연구에 참여해야 했는데 이러한 과학을 거대과학이라고 부릅니다. 이제 첨단 연구에서 거대과학은 그렇게 드문 일이 아닙니다. 여러 분야의 지식이 접목되어야 연구를 진행할 수 있는 경우가 있기 때문입니다.

**Q 이번 연구에는 5분의 KISTI 연구원분들이 → KISTI 연구원 다섯 분이 참여했다고 알고 있습니다. 연구원들이 기여한 부분은 어떤 부분입니까?**

A 전체 연구 중 우리 연구원들이 담당한 부분은 크게 세 가지입니다. 첫 번째로 데이터 분석을 위해서는 전체 신호 중 유효한 신호만을 솎아 내는 작업이 필요한데 그 기술을 담당했습니다. 그다음, 실험에서 사용되는 검출기의 특성을 연구해야 중력파가 아닌 다른 원인에 의한 오차를 분석할 수 있는데 그 검출기 특성에 대해 연구하신 분들이 있습니다. 마지막으로 중력파 파원인 블랙홀에 대해 분석하고 시뮬레이션을 진행하는 파원 분석을 담당했습니다.

**Q 물리학도들에게 해주고 싶은 조언이 있으시다면**

A 중력파 연구는 이제 시작된 분야로, 새로운 것을 발견할 무궁무진한 가능성을 가지고 있습니다. 최초가 될 가능성이 높은 분야이기도 하고 말이지요. 학생들이 이 분야에 많은 관심을 가지고 공부해주면 좋겠습니다.

**마치며 …**

국내 중력파 관련 기사에는 거의 빠짐없이 등장하실 정도로 국내 중력파 연구의 아이콘과 같은 강궁원 교수님께 인터뷰를 부탁드릴 때, 부담스러워하시지 않을까 하는 우려가 있었다. 그러나 인터뷰를 진행하면서 강궁원 교수님께서 이 연구를 정말로 사랑하시며, 널리 알리고 싶어 하신다는 것을 느꼈다. 세세하고 친절한 설명과 풍부한 자료를 준비해주시며 중력파에 대한 내용과 이 연구의 필요성, 그리고 SOGRO에 대해 말씀하시는 교수님의 눈은 대한민국 중력파 연구의 밝은 미래를 보고 계시는 듯 시종일관 반짝임을 잃지 않았다. 연구에 바쁘신 와중에도 최선을 다해 인터뷰에 응해주신 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드리며 이 글을 마친다.

**본문 참고**

*중력파 검출 실험의 역사, 오정근, 강궁원

**사진 출처**

– 사진 1 : http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1990/20/
– 사진 2 : http://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/15861603283_3579db3fc6_o.jpg
– 사진 3 : Phys. Rev. Focus, 16, 19 (2005)
– 사진 4 : ASP Conference Series, 328, 25 (2005)
– 사진 5 : http://www.ligo.org/science/GW–Overview/images/IFO.jpg
– 사진 6, 7 : New Physics : SaeMulli, Vol. 66, No. 3, March 2016, 272–282
– 사진 8 : 기자 촬영

# KAIST CMC 정오의 수학산책

**자연대 이야기 |** 김동률

## 내가 배운 수학으로 무얼 할 수 있을까?

## 내가 모르는 수학의 세계엔 어떤 것들이 있을까?

대한민국 사람이라면 누구나 본인의 의사와 무관하게 아주 어린 시절부터 최소 성인이 되기 직전까지 "수학" 이란 이름의 과목을 공부하며, "수학"을 공부한 사람이라면 누구나 위의 질문을 던져보곤 한다. 그중 많은 사람들이 수학에 대한 흥미를 잃고 이에 무관심해지며, 일부는 수학에 흥미를 갖고 더욱 심오한 수학을 공부하게 되지만 공부하는 입장의 그 누구에게나 위의 질문은 정말 난감하고 답답한, 나름의 난제이다.

이에 대해 KAIST CMC(Center for Mathematical Challenges, 수학 난제 연구센터)에서는 "KAIST CMC 정오의 수학 산책" 이라는 굉장히 특별한 프로그램을 통해 수학을 공부하는 학생들에게 해답을 주고 있다.
CMC는 고등과학원 소속임과 동시에 KAIST 수리과학과에 지부를 두고 있는데 인류 역사상 최대의 미해결 수학 난제를 해결하기 위한 고등수학 연구센터로서, 세계 수학계의 메카 역할을 수행하고, 박사급 전문 글로벌 인재들에게 지적 호기심을 표출하는 공간을 마련하기 위해 설립(2013년) 되었다. 중점 연구분야는 고유 난제 연구(장기간 미해결 상태인 난제 연구)와 전략 난제 연구(새로운 분야를 선도하는 난제 연구)이다. Millennium Problems를 포함한 수학 난제 연구를 통해, 국제적 리더십을 발휘하여 국가 수학 위상 제고와 국가 기초과학기술력 질적 고도화에 기여하고 있다.

KAIST CMC에서는 난제 해결뿐 아니라, 수학을 공부하는 학생들에게 "수학을 공부하면 이러한 문제를 해결할 수 있다", "우리 수학자들은 이런 신기하고 멋진, 아름답고 우아한 분야를 연구하고 있다"등의 메시지를 받게 하는 "KAIST CMC 정오의 수학 산책"이라는 프로그램을 2014년 봄부터 운영하고 있다. 먼저, 2016년 봄학기 KAIST CMC 정오의 수학 산책의 포스터 및 강연 정보는 아래와 같다. 이전까지의 모든 정보는 KAIST 수리과학과 홈페이지(http://mathsci.kaist.ac.kr/)에서 확인할 수 있다.

▲ 2016 봄학기 포스터

| 강연자 | 강연주제 |
|---|---|
| 이기명 | Counting the number of physical objects |
| 강현배 | Spectral theory of Neumann-Poincare operator |
| 최윤서 | 라마누잔 문제 |
| 김영훈 | 기하학자의 꿈-공간의 분류와 대칭성 |

이름 그대로, KAIST CMC 정오의 수학 산책은 금요일 정오에 KAIST 자연과학동 3435호에서 진행되는 일종의 수학 세미나이다. CMC의 지원 아래 수학계 명사들을 초청하여 수학을 공부하는 학생들, 특히 학부생들을 주 대상으로 해당 명사의 연구 분야에 대한 역사적 배경 및 개념 설명, 최근의 결과 등에 대한 강연이다. 만약 본인이 "수학 강연" 이라는 것에 "굉장히 어려움", "난해한" 과 같은 거부적인 생각들을 가지고 있다면, 완전히 잘못된 생각이라 말하고자 한다. 본 프로그램은 "학부생" 에게 수학과 함께하는 "산책" 을 제공하기 때문이다.
물론 간혹 "행군" 을 하는 분도 계시긴 하지만, 그 나름대로 좋은 경험이 아닐까 싶다. 더불어 타 학과 포함 학부 1학년부터 학부 고학년, 대학원생 및 교수들로 이루어진 넓은 참석자 스펙트럼만 보아도 이 프로그램이 얼마나 유익한지 자연스레 깨닫게 된다.

그러나 "아니 정오엔 맛있는 점심 식사를 해야지 왜 수학을…" 이라는 본능적인 고민과 함께 참석에 부정적인 생각을 가질 수 있음은 누구나 인정하는 사실이다.
이를 해결하고자, KAIST CMC에서는 정말 맛있는 김밥과 샌드위치, 그리고 커피 및 음료를 1,000원에 제공하며 참석자들로 하여금 맛있는 점심 식사와 함께 유익한 시간을 보낼 수 있도록 장려한다. 싸고 맛있는 음식과 위대한 사람들과 아름다운 수학이 함께라니 정말, 금상첨화다.

# KAIST CMC 정오의 수학산책

▲ 2016.05.20 정오의 수학산책

보다 실제적인 서술을 위해 기자 본인의 경험에 비롯된 서술을 하고자 한다. 필자 본인은 15학번 수리과학과(현 2학년)소속으로, 입학 후 처음 열린 KAIST CMC 정오의 수학 산책에 참석하여 큰 감명을 받아 이후의 모든 강연에 참석하고 있다. 특히 가장 기억에 남는 강연은, 당시 KIAS 고계원 명사의 〈동역학계의 섞임 성질〉에 대한 강연이다. 본 강연에서 소개된 동역학계와 에르고딕 이론은 당시 처음 접해본 분야였는데, 특정 문제를 해결하기 위해 고안된 수학자들의 아이디어가 정말 흥미로웠으며, 이 분야를 더 깊게 공부하고 싶다는 마음이 들었다.

더불어 맛있는 음식과 음료를 천원에 제공받는 것에 대한 메리트도 있지만, 본 프로그램을 통해 위의 동역학계, 에르 고딕 이론뿐 아니라 해석적 정수론 및 베르크 만 기하학 등 관련 수업이 없어 평소 접하지 못 했던 새로운 분야를 접해볼 수 있고, 수학을 공부하는 학생으로서 진로설계에 도움이 되었다.
주제 및 간략한 초록이 KAIST 수리과학과 홈페이지(http://mathsci.kaist.ac.kr/)에 업로드되는데, 수학 산책에 참석하려는 학생들은 이를 바탕으로 인터넷에서 적당히 조사를 한 후 참석하는 것도 강연을 듣는 데 꽤 큰 도움이 된다.
학부 1학년 때부터 본 강연에 열정적으로 참석한 필자 본인의 사례를 통해 수학을 공부하는, 혹은 관심 있는 사람이라면 누구라도 KAIST CMC 정오의 수학 산책에 부담 없이 참석해 볼 것을 권한다.

**사진 출처**

- **사진 1 :** 2016 봄학기 정오의 수학산책 포스터, KAIST 수리과학과 페이스북 페이지 (https://www.facebook.com/kaistmath/)
- **사진 2 :** 2016.05.20 정오의 수학산책 현장사진, 기자 촬영

"KAIST CMC 정오의 수학 산책"은 많은 학생에게 새롭고 흥미로운 분야에 대한 강연을 제공함으로써 학부 1학년부터 교수들까지, 넓은 스펙트럼의 사랑을 받고 있다.
정말로, 수학에 관심을 가진 그 누구라면, 금요일 정오 KAIST 자연과학동 3435호에서의 수학 산책이 소중한 경험이 될 것이라 믿어 의심치 않는다. 지금, 당신의 발걸음을 자연스레 산책으로 이어 보는 것은 어떨까?

빛으로 세포를 조절한다,

# 바이오영상 및 광유전학 연구실

**연구실 탐방 |** 류자영

2015년 10월, 살아있는 쥐의 기억력을 두 배 향상한 새로운 기술이
'Nature Biotechnology' 의 표지 논문으로 선정되었다.

허원도 교수(KAIST 생명과학과)의 바이오영상 및 광유전학 연구실에서 개발한 OptoSTIM1이 그것이다.
OptoSTIM1은 빛을 이용해 세포막의 칼슘 채널을 조절하는 기술로, 쥐의 뇌에 적용했을 때 기억력이 두 배 향상된다고 한다.
이 논문의 제1저자인 경태윤 박사를 만나기 위해 KI 빌딩을 찾았다.

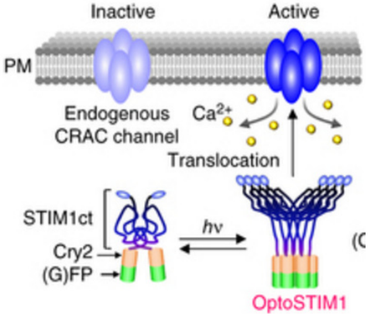
▲ 사진1) 바이오영상 및 광유전학 연구실의 구성원들



## 빛을 사용해 세포 내 단백질을 조절한다.

"Bio-Imaging (Seeing) is Believing and Optogenetics is Achieving."

바이오영상 및 광유전학 연구실의 슬로건이다. 광유전학은 '채널로돕신' 이라는 녹조류의 청색광 단백질을 쥐의 신경세포에 발현한 후 빛만으로 신경세포를 활성화하고 이를 이용해 쥐의 행동을 컨트롤했던 Stanford University의 칼 다이서로스 교수의 연구에서 시작됐다. 허원도 교수 연구실에서 진행하는 광유전학 분야에서는 빛에 반응하는 식물 단백질들을 사용하고 있다. 연구팀은 칼슘채널을 조절하기 위해 뭉치면 칼슘채널을 열리게 하는 조절 단백질*에 주목했다. OptoSTIM1 기술에서 연구팀은 청색광에 반응하는 식물의 광수용체**에 조절 단백질을 연결해 융합단백질을 만들었다. 식물의 청색광 수용체는 빛을 쐬면 서로 뭉친다.
이 융합단백질을 가진 세포에 빛을 쐬어 주었더니 융합단백질이 뭉치고, 뭉친 조절 단백질이 칼슘채널을 활성화시켰다. 빛을 사용해 칼슘채널을 조절할 수 있게 된 것이다.




▲ 사진2) 칼슘 채널을 조절하는 단백질과 식물의 청색광 수용체를 연결한 융합단백질을 만들었다. 빛을 비춰 주면 단량체(왼쪽 아래)가 복합체(오른쪽 아래)를 형성한다.

연구팀은 KAIST 생명과학과의 발생 · 분화 연구실, 행동유전학 연구실과의 공동연구를 통해 OptoSTIM1을 다양하게 적용했다. 행동유전학 연구실에서는 이 융합단백질을 가지는 쥐의 뇌에 빛을 비춰 보았다. 뇌에서 기억력을 담당하는 부분인 해마에 빛을 비추었을 때 쥐의 기억력이 두 배 이상 좋아진 것을 확인할 수 있었다.

OptoSTIM1은 뇌 조직에 손상을 주지 않고 단백질을 조절할 수 있다는 장점이 있다. 기존에는 뇌의 기능을 조절하려면 전기 충격을 주거나 침을 사용해 약물을 주입해야 했다. 그러나 광유전학은 빛을 쐬어 주는 것이기 때문에 조직에 손상이 가지 않고, 그래서 더 정확한 연구가 가능하다. 연구팀에서는 OptoSTIM1을 사용해 칼슘 관련 질환의 치료에 기여한다는 목표를 가지고 연구 중이다.

허원도 교수 연구실은 지난 3년 동안 유명 학술지에 독자적으로 개발한 광유전학 기술들을 연속적으로 발표하고 있다. 2014년에 Nature Methods, Nature Communications, Cell 자매지인 Chemistry & Biology 표지논문으로 발표를 시작했다. 2015년 Nature Biotechnology 표지논문에 이어, 올해는 Nature Chemical Biology 그리고 PNAS 지에 발표하는 등 세계적으로 광유전학 분야를 선도하고 있다.

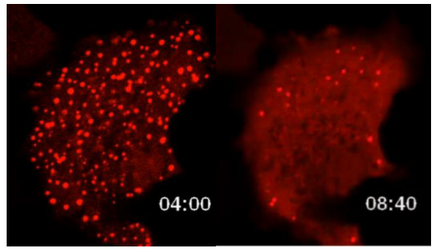
2014년 Nature Methods 지에 발표한 'LARIAT***'이라는 광유전학 기술은 빛을 쬐어 융합단백질을 뭉치게 해 기능을 잃게 만드는 기술이다. 올가미(lariat)처럼 단백질을 붙잡아 작동하지 못하게 하는 것이다. 올해 4월, 연구팀은 광유전학 기술로 세포막으로 구성된 세포 내소 기관의 기능을 조절할 수 있음을 발표했다. 세포 내 물질 수송을 담당하는 작은 세포 소기관의 움직임을 빛으로 제어하는 기술이다. 세포 소기관의 출발지나 도착지에 따라 표면에 서로 다른 단백질을 가진다. 특정 세포 소기관의 표면에 부착하는 단백질을 LARIAT으로 뭉치게 함으로써 세포 내 물질 수송을 선택적으로 막을 수 있었다. 이 기술을 사용하면 세포 내 운송 과정의 역할을 밝혀낼 수 있게 될 것이다. 연구팀에서는 이들 외에도 세포막 수용체를 빛으로 활성화시키는 기술 등 광유전학을 사용한 다양한 단백질 조절 플랫폼을 개발하고 있다.

* 조절 단백질 STIM1은 복합체를 형성하면 칼슘 채널의 일종인 CRAC(Ca2+ release – activated Ca2 + channels)을 활성화시킨다.
** 청색광 수용체 크립토크롬2(Cryptochrome2)
*** Light – Activated Reversible Inhibition by Assembled Trap의 약어

## 이미징을 통해 직관적으로 확인

앞서 설명한 기술에서는 단백질끼리 뭉치게 하여 단백질의 기능을 조절했다. 그렇다면 단백질끼리 뭉치는 것을 어떻게 확인할 수 있을까? 이때 바이오 영상이 활약한다. 주로 형광현미경을 사용해서 세포를 촬영한다. 빛을 끄고 켬에 따라 세포 내 단백질이 뭉치고 풀어지는 것을 확인할 수 있다.

'바이오 영상' 연구실인 만큼 연구실은 다양한 현미경을 보유하고 있다. 일반적으로 사용하는 형광현미경, 공초점 현미경뿐만 아니라, 나노미터 단위까지 볼 수 있는 고성능의 초고해상도 현미경도 있다. 하고 싶은 연구를 마음껏 할 수 있는 환경을 갖춘 셈이다.




▲ 사진3) LARIAT 기술을 적용한 세포. 빛을 쬐어 주었을 때(왼쪽) 쬐지 않았을 때(오른쪽)에 비해 단백질이 확실히 뭉침을 볼 수 있다.

## 두 번이나 연구 결과를 빼앗기다

OptoSTIM1 논문은 표지논문 선정까지 두 번이나 '스쿱' 당하는 난관을 겪었다. 진행하는 연구와 유사한 논문이 출판되면 그 연구가 '스쿱(scoop) 당했다' 고 한다. 아이스크림 한 '스쿱' 할 때의 스쿱으로, 아이스크림을 퍼내는 것처럼 연구 데이터를 한순간에 없애 버린다는 말이다.

경태윤 박사는 그때를 연구하면서 가장 힘들었던 순간으로 꼽았다. 낙담했지만 다른 두 랩과 공동연구를 진행하는 등 절치부심했고, 생각지도 못했던 좋은 논문을 내게 되었다.

"잘된 일이라고 기뻐할 순 없지만, 지금 생각해보면 스쿱 당한 게 보다 더 좋은 성과를 내는 발판이었던 것 같아요."

그는 후배와 함께 OptoSTIM1 논문의 후속 연구 두 가지를 진행하고 있다. 하나는 OptoSTIM1 기술을 변형하는 연구이다. 유전자 변형을 통해 칼슘 채널을 조금씩 바꿔보면서 변형된 칼슘 채널을 가진 세포의 반응을 관찰하려고 한다. 다른 하나는 쥐의 기억력이 향상된 원리를 밝히는 연구이다. 빛에 의해 기억력이 증가한 쥐의 뇌세포가 단백질을 어떻게 발현시키는지 분석하고 있다.



## 특별한 즐거움이 있는 연구실

6년째 광유전학 및 바이오 영상 연구실에 몸담고 있는 경태윤 박사에게 처음에 연구실을 선택한 이유를 물었다.

"학부생 시절에 허원도 교수님께 서명을 받으러 갈 일이 있었습니다. 그때 우연히 연구실에서 생일 파티를 해주는 걸 봤는데, 연구실의 분위기가 너무 좋아 보였어요. 이런 곳에서는 뭐든지 할 수 있을 거라고 생각했죠."

무슨 일을 하든 단체의 분위기를 중요하게 생각한다는 경 박사는 연구실의 자랑거리로 구성원들 간의 끈끈한 연대를 꼽았다. 연구실의 구성원은 대학원생 14명, 학부생 1명, 박사 후 과정 5명 등 허원도 교수를 포함해 25명이다. 적지 않은 수이지만 자주 모여서 점심을 함께 먹으며 대화도 나누고 좋은 분위기를 유지한다고 한다. 일정이 바빠서 힘들지만 선배들의 결혼식에서 구성원들끼리 축가까지 불러 주는 등 사이가 정말 좋다고 인정할 수밖에.

▲ 사진4) 연구실의 게시판. Heovengers(Heo + Avengers) 라고 써 있다.

"스윗소로우랑 정준하가 부른 '정 주나요' 를 안무까지 준비해서 축가로 불렀죠. 브라운 아이드 소울이 부른 '그대' 는 배경에 아카펠라가 있는데, 그걸 성부별로 나누어서 불렀습니다."

그는 연구실의 또 다른 자랑거리로 하고 싶은 연구를 마음껏 할 수 있다는 점을 꼽았다.

"원래는 교수님들께서 연구 분야를 지정해 주시는 경우가 많은데, 우리 연구실에서는 교수님께서 연구 분야에 있어 학생의 의견을 많이 지지해 주십니다. 교수님께서 이렇게 해 주신다는 점은 굉장히 특별하고 자랑할 만한 것이죠."

처음 연구실에 들어가면 선배에게 기본적인 실험을 배우는 동시에 여러 분야를 공부하게 된다. 이때 꽂히는 분야가 있으면 허 교수와의 상의를 통해 방향을 잡고 연구를 시작할 수 있다. 하고 싶은 연구를 하기 때문에 스트레스도 덜 받고, 결과가 잘 나오면 훨씬 더 뿌듯하다.
경 박사의 OptoSTIM1 프로젝트도 경 박사와 실험실 선배인 이상규 박사가 '세포 내 칼슘 신호전달' 분야에 관심을 가지게 되었고 허 교수가 구체적인 방향성을 제시해 주시면서 시작된 연구라고 한다.

"처음에는 스탠퍼드에 계신 교수님의 지도교수님과 분야가 겹칠 수 있다며 반대하셨습니다. 원래 지도교수님과는 분야를 다르게 하는 게 암묵적인 규칙이거든요. 제가 두세 번 더 찾아가서 고집을 피웠죠. 꼭 이걸 하고 싶다, 이게 아니면 안 될 것 같다고요. 그랬더니 허락해 주셨습니다."

결국 그 논문은 'Nature Biotechnology' 의 표지 논문으로 선정되었다. 경태윤 박사의 열정과 그를 인정해 주는 허 교수의 연구 철학이 있었기에 낼 수 있었던 결과이다.

이쯤에서 필자는 연구실을 운영하는 교수님을 굉장히 알고 싶어졌다. 이런 특별한 자랑거리를 가진 연구실의 교수님은 어떤 분일까? 여러분도 조금은 궁금해졌다면 다음 장의 인터뷰를 보시라.

# 허원도 교수를 만나다

바이오영상 및 광유전학 연구실의 허원도 교수를 만났다. 올해로 9년째 KAIST에 재임중인 그는 다양한 단백질 조절 플랫폼을 개발하는 등 활발한 연구 성과를 내고 있다.

**Q. 연구실이 굉장히 화목하다고 하는데, 분위기가 좋은 비결이 있을까요?**

A. 연구실에서 생활하는 시간이 길기 때문에 연구실 구성원 간 사소한 갈등이 일어나지 않게 관리하는 것이 중요하다고 생각합니다. 실험실 선후배 간 혹은 학생들 간 갈등의 대부분은 아주 사소한 것에서 시작되거든요.
작은 업무(청소, 배지 만들기 등)는 직원을 따로 고용해 학생들이 연구에 전념할 수 있도록 합니다.

**Q. 새로운 기술을 개발하고 다양한 시도를 하려면 아이디어를 내는 것이 중요할 것 같습니다. 교수님에게 있어 새로운 아이디어의 원천은 무엇인가요?**

A. 아이디어는 아무것도 없는 상태에서 갑자기 생기지 않습니다. 항상 최신 연구 동향을 파악하고 관련 연구 내용들을 생각하고 있어야 합니다. 우리의 연구분야나 관심분야에서 어떤 논문들이 나오는지 부지런히 읽고, 해외학회에 자주 참여하면서 어떤 연구들이 진행되고 있는지 공부를 합니다. 항상 연구에 대해 곰곰이 생각해 봅니다.
그렇게 준비가 되어 있어야 학생들과의 연구 미팅 중에, 랩 미팅 그리고 출장 중에도 갑자기 아주 좋은 아이디어가 떠오를 수 있죠.

**Q. 대학원생들의 관심분야를 존중해 주시고 그쪽으로 연구를 진행할 수 있도록 해주신다고 들었습니다.**

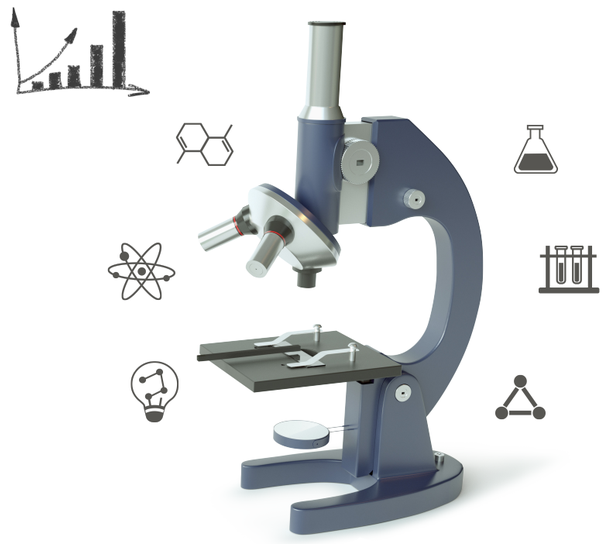
A. 저도 대학원 과정과 박사 후 과정을 거치면서 지금까지 제가 하고 싶은 연구를 진행했기 때문에 좋은 연구결과들이 나왔다 생각합니다. 신입생이 저희 연구실에 들어오면 진행 가능한 여러 분야와 프로젝트들을 자세히 설명하면서 학생들의 흥미를 유발하고 스스로 고르게 하지요. 혹시 원하는 것이 없으면 학생 스스로 새로운 프로젝트를 만들어 오도록 합니다. 학생 스스로 만든 프로젝트가 괜찮다고 판단되면 저도 함께 공부하면서 실험을 계획하고 연구를 진행합니다. 실험은 학생이 직접 하는 것이기 때문에 학생이 관심있는 분야를 연구해야 좋은 결과가 나올 수 있다고 생각합니다.

**Q. 교수님께서는 학부생들에게 특히 친절하시다고 들었습니다. 특별한 이유가 있나요?**

A. 그런가요?(웃음) 특별히 의도한 건 아니지만, 저는 학생들이 제 강의를 듣거나 우리 연구실에서 연구를 하는 게 즐거우면 좋겠어요. 힘든 상황에서는 학생의 능력이 최대한으로 안 나오는 것 같아요. 좋은 분위기에서 긍정적인 마인드를 가질 때 더욱더 창의적인 생각을 할 수 있고 실험도 더 잘 되기 마련이죠. 저도 학생들의 밝은 분위기를 보면서 기분이 좋아지고 즐겁게 토론을 하면서 더 좋은 연구결과를 이끌어 낼 수 있습니다. 서로 좋은 영향을 주고받는 게 아닐까 생각합니다.

경태윤 박사님과 허원도 교수님을 인터뷰하면서, 열정을 가진 과학자가 얼마나 멋진지 느꼈다. 자신이 하는 일을 사랑하는 사람에게서는 정말로 빛이 난다. 이런 반짝임을 지닌 바이오 영상 및 광유전학 연구실에서 또 어떤 놀라운 성과를 낼지 기대가 된다. 바쁘신 와중에도 인터뷰에 응해주신 경태윤 박사님과 허원도 교수님께 깊은 감사를 드린다.

**사진 출처**
- 사진1 : 바이오영상 및 광유전학 연구실
- 사진2 : Kyung, T. et al. 2015. Optogenetic control of endogenous Ca2+ channels in vivo. Nat Biotechnol. 33, 10 (2015), 1092-1096.
- 사진3 : Lee, S. et al. 2014. Reversible protein inactivation by optogenetic trapping in cells. Nature Methods. 11, 6 (2014), 633-636.
- 사진4 : 기자 촬영



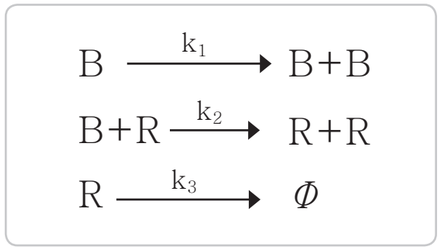
# 수리생물학 : 수학과 생물학의 아름다운 만남!

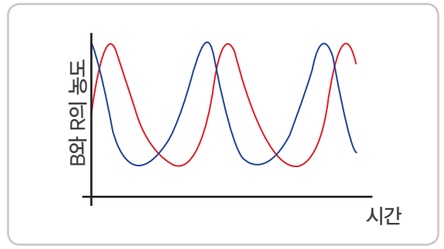
수리생물학(Mathematical biology)은 다양한 생물학적 시스템을 수학적으로 표현함으로써 시스템을 이해하고 예측하는 학문이다. 피보나치수열은 토끼의 개체 수가 세대가 지남에 따라 어떻게 증가하는지를 수열을 이용해서 예측할 수 있도록 한다. Hodgkin–Huxley 모델은 뉴런(neuron)에서 활동전위(action potential)가 발생하는 과정을 상미분방정식으로 묘사함으로써 이온채널(ion channels)의 근본 메커니즘을 밝혀냈고, 이는 1963년 노벨 생리학상으로 이어졌다. 영화 '이미테이션 게임(Imitation Game)'의 주인공이었던 천재 수학자 Alan Turing은 얼룩말과 열대어에서 발견되는 독특한 무늬들처럼 다양한 생물학적 패턴이 발생하는 원리를 편미분 방정식을 이용해서 밝혀냈다. 이외에도 염색체 구조를 이해하기 위해서 위상수학이, 생물들의 걸음을 조절하는 Central pattern generator를 연구하기 위해 대수학이 사용되고 있다.

이처럼 수학을 이용해서 다양한 생물학 퍼즐들을 연구하는 수리생물학 분야는 전 세계적으로 급속하게 성장하고 있다. 2007–2008년 미국 수학 박사 학위자의 9.6%가 수리생물학 전공자였고 이수치는 2011–2012에는 13.3%까지 증가하였다. 이러한 증가세는 통계 분야에서 더욱 두드려져서 2011–2012 미국 통계 박사 학위자 중 무려 46.3%는 생물통계학자이다.

최근 이러한 수리생물학의 급속한 성장을 이끈 원인 중 하나는 Watson과 Crick의 DNA 구조 발견으로 촉발된 분자생물학의 혁명이다. 분자 수준의 생물학 연구가 이루어지기 전의 중요한 생물학 발견들을 떠올려보면 멘델의 유전법칙, 다윈의 진화론과 같이 한 사람의 천재적인 상상력으로 기존에 축적되었던 데이터를 통합하는 발견들이었다. 하지만 지난 50여 년 동안 축적된 분자 수준의 데이터들은 기존의 생물학 데이터와는 차원이 다른 복잡성을 갖고 있어 인간의 직관에만 의존하는 기존의 연구 방법은 한계에 부딪혔고 인간의 직관을 넘어 도움을 줄 수 있는 도구, 즉 수학의 필요성으로 이어졌다.

다음의 간단한 생화학 반응들로 구성된 가상의 생물학적 시스템을 이용해서 수학이 어떻게 이러한 인간의 직관이 가지고 있는 한계를 극복하는데 도움을 줄 수 있는지 살펴보자.



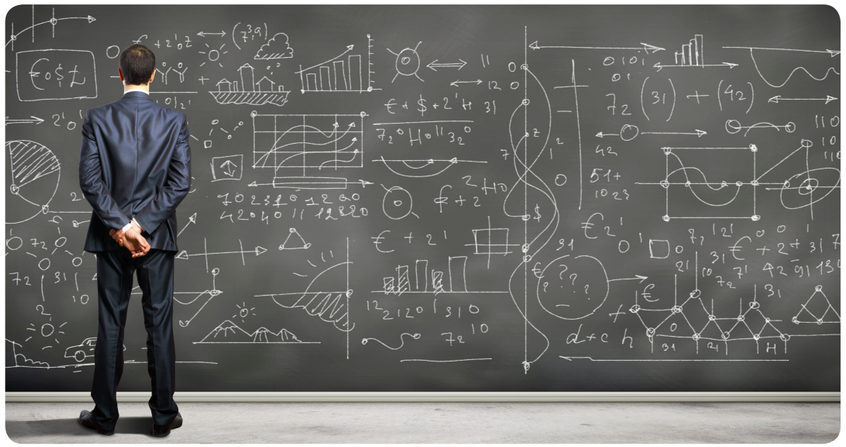




첫 번째 생화학 반응은 B라는 물질이 스스로 복제하는 반응, 두 번째는 B와 R이 만났을 때 B가 R로 변환되는 반응, 마지막으로 세 번째는 R이 분해되는 반응을 의미한다.
그리고 k1, k2, k3인 각각의 화학반응 속도를 나타낸다. B와 R 두 물질의 농도는 시간이 지남에 따라 어떻게 될 것인가? 계속 증가할 것인가? 계속 감소할 것인가? 혹은 적절한 값으로 수렴할 것인가? 아마도 k1이 크면 생산이 많아져 전반적으로 증가할 것 같고 k2 혹은 k3가 크면 분해가 빨리 일어나니 감소할 것 같다. 생산되는 속도와 분해되는 속도가 적절한 균형을 이루면 두 물질의 양이 적절한 값으로 수렴할 것 같다.

실제로는 위 세 가지 어느 경우도 일어나지 않는다. 대신 아래 그림에서 보듯이 B와 R의 농도가 일정한 주기로 증감을 반복한다. 정확하게 이야기하면 초기 B와 R의 농도가 k3/k2와 k1/k2 만 아니라면 시간이 지남에 따라 항상 증감을 반복한다. 그리고 놀랍게도 이러한 반복적인 증감은 반응속도에 상관없이 항상 일어난다.

실험을 이용해서 어떻게 이러한 시스템의 특성을 밝혀낼 수 있을까? 우선 B와 R의 양이 시간이 지남에 따라 어떻게 변화하는지 측정할 수 있는 적절한 장치를 마련하는 긴 과정을 거쳐야 한다. 하지만 운이 좋게도 B와 R은 푸른색과 붉은색 빛을 발산하는 물질이라서 빛의 세기로 농도를 측정할 수 있다고 가정하자. 이제 푸른색과 붉은색이 교차해서 주기적인 증감이 발생하는 것을 관찰할 수 있을 것이다. 이러한 증감이 발생하는 메커니즘을 이해하기 위해서 유전자조작을 통해 각각의 화학반응속도를 변화시켜 언제 증감이 사라지는지 밝혀내야 한다. 하지만 위 세 반응 중 하나를 완전히 막지 않는 이상 주기와 진폭만 변화할 뿐 주기적인 증감은 항상 관찰될 것이므로 세 반응으로 구성된 위 시스템은 항상 주기적인 증감을 일으킨다고 결론을 내릴 수 있을 것이다. 하지만 모든 경우를 다 실험해본 것은 아니므로 찜찜함이 남을 것이고 논문을 쓴다면 이러한 점들은 향후 숙제로 남긴다고 결론 부분에 적을 것이다.

수학을 이용해서 위 시스템을 연구하기 위해서는 값비싼 실험 장비 대신 우선 펜과 메모지가 필요하다. 메모지에 위 반응들을 묘사하는 상미분방정식을 적고, 단위를 이차원화(nondimensionalization) 하여 핵심 매개변수들을 줄이고 학부 수학전공 시간에 배우는 비선형 미분방정식 이론을 이용해서 위 결론을 도출하는데 10여 분 정도 소요된다. 컴퓨터를 이용하면 시스템의 보존 양을 계산하고 시뮬레이션을 통해서 k1, k2, k3의 값과 R/B의 초기 농도에 따라서 증감의 진폭과 주기가 어떻게 변화하는지 까지도 쉽게 계산할 수 있다.



만약 위 시스템을 실험하는 생물학자가 실험을 시작하기 전에 수학자 동료와 논의를 할 수 있었다면 많은 수고로움을 줄였을 것이다. 주기적인 증감이 발생할 것이라는 예상을 한 상태에서 실험을 진행하는 것은 실험 디자인부터 전혀 다르기 때문이다. 실제 생물학적 시스템은 위의 이상 반응과 비교할 수 없을 정도로 복잡한 생화학 반응들로 구성되어 있고, 훨씬 더 복잡한 다이내믹스를 만들어낸다. 이를 직관에 의존한 사고 실험만으로 시스템을 이해하는 데에는 분명한 한계가 있다.

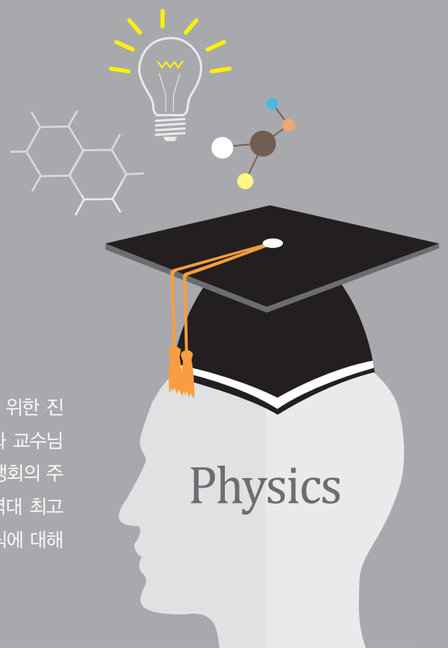
물론 모든 생물학 연구에 수학이 필요한 것도 아니고 수학이 모든 문제를 해결해주는 것은 더더욱 아니다. 하지만 상당히 많은 생물학 문제들을 해결하는데 수학이 중요한 역할을 하고 있고 이러한 협업의 중요성을 반영하듯 지난여름 미국 애틀랜타에서 열린 수리 생물학회에 미국 보건 기구(National Institute of Health)의 연구비 담당자가 참석하여 NIH 산하에 있는 모든 기관들(National Cancer Institute 등)의 연구비 상당 부분을 수리 모델링을 위해서 사용하기로 하였으니 많은 수리 생물학자의 참여를 독려하였다. 그리고 최근 들어 Pfizer, Novartis 등 다국적 제약회사들은 신약개발 비용 절감을 위하여 수리 생물학자들로 구성된 수리 모델링 부서를 만들었다.

수리 생물학이 생물학 발전에만 공헌한다는 인상을 받을 수도 있을 것 같다. 하지만 수리 생물학은 생명현상으로부터 도출되는 새롭고 중요한 수학적 질문들을 끊임없이 던짐으로써 여러 수학 분야를 더욱 풍성하게 하고 있다. 분자들의 생화학 반응 네트워크 연구는 상미분 방정식과 확률 미분방정식의 많은 새로운 이론을 이끌어냈다. Turing 패턴은 확산 반응 방정식(Reaction diffusion equation)을 편미분 방정식의 핵심 분야가 되는데 일조하였다. 물리적 시스템과 달리 생물학적 시스템은 적응을 위해서 끊임없이 변화하는 특성이 있어 이를 연구하는 과정에서 수많은 확률이론과 도구들이 개발되었다. 이외에도 생물학은 기하학, 대수학, 위상수학, 조합론 등 다양한 수학 분야에 새로운 문제들을 제공하고 있다.

아직 수리 생물학이라는 용어가 낯설지만, 한국에서도 수학자와 생물학자의 만남이 시작되고 있다.
한국 질병관리센터에서는 수리 모델링을 할 수 있는 연구원을 고용하기 시작하였다. KAIST 수리과학과 역시 작년부터 아산병원과 연구 협약을 맺고 영상 이론, 통계, 확률, 미분방정식 등의 다양한 수학적 도구들을 이용해서 공동연구들을 진행하고 있다.
빠른 시일 내에 한국에서도 수학자와 생물학자의 만남이 전혀 낯설지 않기를, 그리고 생물학자들에게 언제든지 자유롭게 대화할 수 있는 많은 수학자 동료들이 생기기를 기대해 본다.

**글 |** 김재경 교수님

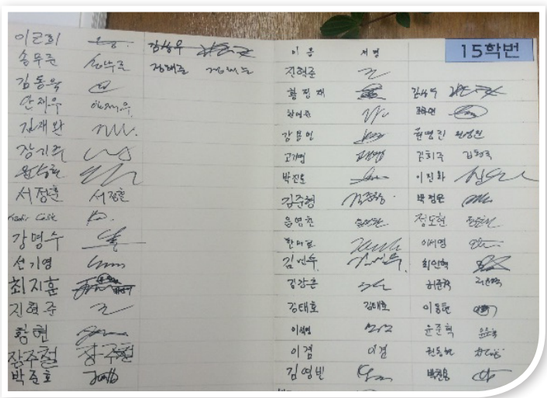
# 물리학과 진입식




카이스트 물리학과에서는 매년 봄학기 초 물리학과에 새로 진입한 학생들을 위한 진입식이 열린다. 이는 물리학과의 오랜 전통으로, 학사과정 학생들과 물리학과 교수님들이 정식으로 인사를 나누는 학과 공식 행사이다. 특히 올해는 물리학과 학생회의 주도로 기존에 행해지던 진입식과 비교하여 많은 변화가 이루어졌으며 가히 역대 최고의 진입식이었다고 할 수 있었다! 그럼 지금부터 올해 진행된 물리학과 진입식에 대해 소개하겠다.

## ▸▸▸ 물리학과 명부에 서명하다

3월 16일 수요일 4시, 진입식에 참가하는 물리학과 학생들이 하나둘씩 궁리 시험관 1층으로 모여들었다. 홀에 들어가기에 앞서, 물리학과에 진입하는 신입생들은 명부에 서명을 하고 명찰을 받아 가는데, 이때 기입하는 명부에 한번 이름을 쓰면 그 이름은 영원히 지워지지 않는다고 한다. :) 명부에 서명한 그 순간부터 학생은 물리학과 선배 및 동기들과 함께하는 영원한 물리 학도의 일원임을 밝히는 일종의 신고식인 셈이다.



## ▸▸▸ 물리학과 소개 영상

물리학과 신입생들과 교수님들이 모인 궁리 시험관 1층 미디어실에서 선배들이 신입생들에게 물리학과를 소개하기 위해 특별히 제작된 영상을 시청하면서, 본격적인 물리학과 진입식이 시작되었다. 선배들의 참신한 드립과 꿀팁, 조언 등으로 화기애애한 분위기가 이어졌다. 영상에 참여한 사람이 많아서였는지, 여느 때보다 신입생이 아닌 물리학과 학생들이 많아 보였던 진입식이었다. 영상을 통해 물리학과가 보다 사람 냄새나는 곳이라는 것을 보여주려고 의도한 부분이 다분했지만 신입생들에게 과연 제대로 먹혀들었을지는 미지수이다.ㅎㅎ

## ▸▸▸ 물리학과 학생회 및 1년간의 학과 행사 소개

이어서 16년도 물리학과 학생회장 윤승현군이 기본적인 물리학과 소개 및 물리학과 학생회 소개, 학생회가 주관하는 물리학과 행사에 대한 소개를 했다. 전체 10명이 지원한 학생회 면접에서 치열한 경쟁률을 뚫고 합격한 10명의 15학번 학생들을 포함해(하나같이 열정적인 학우들이었기에 면접을 진행한 학생들이 감동받아 모두를 선발했다고 한다.) 총 15명의 학생회 임원이 구성되었으며 각 임원의 간단한 소개가 진행되었다. 또한 효율적인 사업 진행을 위해 국서체계가 마련되었으며 이를 통해 물리학과 행사가 업그레이드될 것임을 예고했다.

### ▸▸▸ 학과장님의 물리학과 소개

다음으론 16년도 물리학과장 조용훈 교수님의 전체적인 물리학과 학사일정 및 수강과목, 전공 분류 및 졸업 이후 진로 등 다양한 부분에 대한 설명이 이어졌다. 특히 올해부터 새로 추가되는 심화전공 이수에 대한 내용과 각 학기별 추천 과목에 대한 내용은 신입생뿐만 아니라 재학생들에게도 매우 중요한 내용이었기에 신입생과 재학생을 가리지 않고 모두 학과장님의 말씀에 집중하는 모습이 인상적으로 비쳤다.

### ▸▸▸ 교수님들 및 학생들의 자기 소개

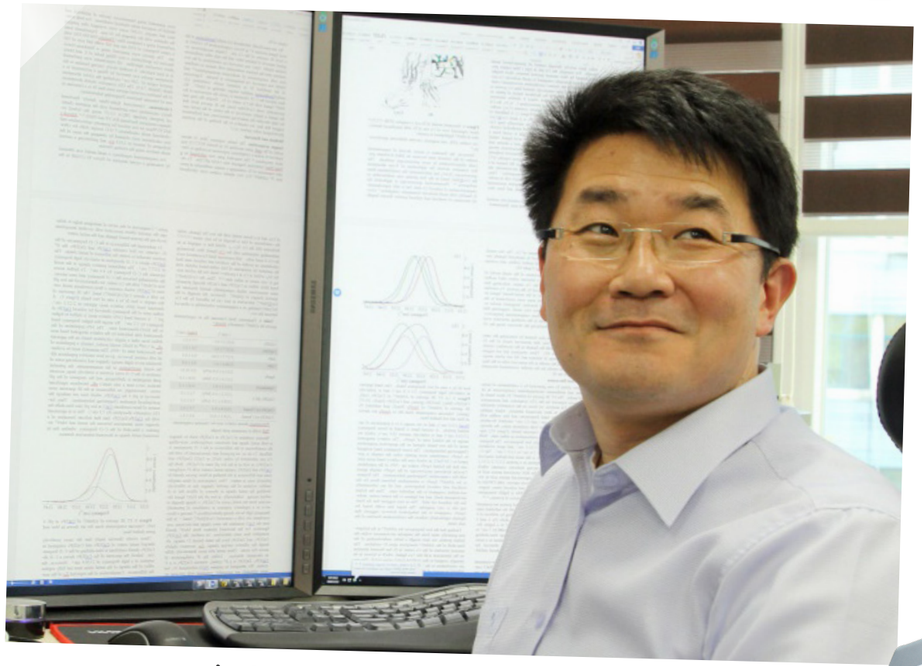
학생회 임원들의 소개 이후 진입식에 참여한 교수님들과 신입생들의 자기소개가 이루어졌다. 교수님들은 강의하시는 과목과 랩에 대한 설명 및 학생들을 위한 조언 등을 아낌없이 해주셨으며 학생들은 활동하는 동아리, 물리학과에 진입하게 된 계기 및 각오, 취미 등을 공유했고, 몇몇 학생들의 개성 넘치는 자기소개 덕분에 분위기가 후끈 달아올랐다.
몇몇 교수님들은(서민교 교수님, 최형순 교수님...) 카이스트 학부시절 활동했던 동아리를 언급하셨고(두 분 다 스포츠 동아리였다! 역시 강의하실 때 느껴지는 힘이 남달라 보였다),그로 인해 동아리 선 · 후배간의 시대를 초월한 만남이 이루어지기도 했다.

### ▸▸▸ 진입식 공연 및 와인파티

진입식 일정을 소화하는 동안 세팅된 와인, 핑거푸드와 함께 미디어홀에서의 일정이 끝난 후, 궁리 시험관 1층 홀에서 진입식의 하이라이트인 물리학과 선배들의 공연이 시작되었다. 첫 번째 공연은 이번 진입식을 위해 지난 2년간 각종 밴드 동아리에서 현역으로 활동하던 학생들이 모여 결성된 물리학과 밴드 My Physical Romance의 공연이었다.
델리스파이스의 '고백', 브로콜리 너마저 의 '사랑한다는 말로는 위로가 되지 않는' 을 연주하였으며 보컬 황현군의 허스키한 보이스는 많은 사람들의 혼을 쏙 빼놓기에 충분했다. 다음으로 14학번 물리학과 학부생인 서형석군의 뉴에이지 피아노 메들리 공연이 이어졌으며, 부드러운 분위기 속에서 학생들과 교수님들 사이의 담소가 이루어졌다.
이용희 교수님의 축사를 시작으로 다 같이 와인을 부딪히며 건배한 순간은 진입식 전체를 통틀어 가장 빛나던 순간이었다.

### ▸▸▸ 단체촬영

마지막으로 물리학과 공식 구호인 F니까 ma이다!!!(매년 구호를 개선하자는 움직임이 나타나지만 기존 구호의 완벽함?을 대체할 것을 찾지 못해 몇 년째 이어지고 있다)를 외치며 단체사진을 찍는 것으로 2시간에 걸친 진입식이 끝났다.
모든 일정이 종료된 후엔 개강파티가 이루어졌으며 진입식을 통해 친해진 학생들의 즐거운 술자리가 이어졌다.
물리학과는 학생들과 교수님들 사이 많은 교류가 이루어지기로 유명한데, 진입식은 그것이 시작되는 첫발걸음이라는 의미를 가진다. 또한 전체적인 진행이 물리학과 학생회의 주도로 이루어진 만큼, 앞으로 매년 이어질 물리학과 진입식은 점차 그 구성이 다양해지고 더욱 재미있는 콘텐츠로 새로 진입하는 학생들을 반길 것이다.



## 화학과 백무현 교수님을 만나다!

사진 출처 : http://www.ibs.re.kr/

이번 자연대학교 소식지 화제의 인물 코너에서는 화학과의 백무현 교수님을 모셨습니다! 백 교수님께서는 2008년부터 2015년까지 Indiana University에서 교수로 계시다가, 작년 가을 카이스트에 오셨고, 현재 기초과학연구원 부단장을 겸임하고 계십니다. 소문에 따르면 백 교수님께서는 식사도 하루에 한 끼만 드시고, 잠도 서너 시간만 주무시는 특별한 능력을 갖고 계시다고 합니다. 또한 쓰신 논문의 90퍼센트가 공동연구 논문이신데다가, Mookie라는 특별한 별명 등 교수님에 대한 이야기가 화학과 학생들은 물론이고 자연 대학교 학생들 사이의 관심사가 되고 있어 인터뷰를 계획하게 되었습니다.



**Q. 교수님께서 지금까지 해 오신 연구에 대해 소개해주실 수 있나요?**

A. 예, 제가 하고 있는 분야는 계산화학이라고 하는 분야입니다. 실험실에서 실제 화합물을 다루는 것이 아니라, 다양한 물리화학 이론을 기반으로 한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분자의 특성을 연구하는 분야예요. 그중에서도 무기화학반응과 촉매에 대해서 연구를 하고 있습니다.
지금까지 생명체 안에서 중요한 역할을 하는 효소의 metal center[1]를 주제로도 연구를 해 보았었고, 항암물질 연구를 해 보기도 하였는데, 교수가 되고 나서부터 시작한 유기금속 화학의 촉매 반응이 지금까지 해 왔던 연구들 중에 가장 재미있는 것 같습니다.

교수가 되고 나서 처음으로 연구 주제를 찾고 있을 때, '내가 어디에 뛰어들어야 내가 지금까지 해 온 일을 잘 써먹을 수 있을까?' 라는 질문을 저 스스로에게 많이 했었어요. 저는 그때까지 무기화학 연구를 해 오면서 금속의 전자 구조나 금속의 반응을 잘 알고 있었는데, 그러한 반응들이 유기화학 분야에서도 많이 활용되고 있다는 것을 알게 되었어요. 그런데 정작 유기화학 연구를 하는 사람들은 그 금속에 대해서는 잘 모르는 것 같더라고요.
그래서 금속에 대해서 많은 것을 알고 있는 제가 그쪽 분야에 대해 연구를 시작하면 유기화학 연구를 하는 사람들에게 가르쳐줄 수 있지 않을까 하고 그쪽 일에 뛰어들게 되었어요. 시작하고 보니 너무 재미있기도 했고요.
지금 제가 카이스트에 와서 연구하는 이 유기화학 촉매 분야가 제가 가장 사랑하는 일입니다.

**Q. 이 계산화학이라는 분야에 어떻게 관심을 가지시게 되셨나요?**

A. 어렸을 때부터 화학 실험하는 것을 정말 좋아했어요. 11살 때부터 지하실에서 화학실험을 하면서 용액 색깔 바뀌는 것 보고, 또 폭탄도 만들어 보기도 했어요.
그리고 정말 좋아했던 또 다른 하나가 컴퓨터였어요. 13살 때 부모님께서 Commodore 64라는 컴퓨터를 사주셔서 처음으로 컴퓨터라는 물건을 접하게 되었는데, 그때 정말 컴퓨터에 미쳤다 싶을 정도로 좋아했어요. 제가 화학도 좋아하고 컴퓨터도 좋아하다 보니 대학교를 진학할 때 '앞으로 컴퓨터 공학을 할 것이냐, 아니면 화학을 할 것이냐' 를 가지고 고민을 정말 많이 했는데, 결국 화학을 전공하게 되었어요.
그러다가 제가 대학을 졸업하고 대학원을 어디로 갈지 고민하던 시기에, 그러니까 20여 년 전 즈음부터 컴퓨터의 성능이 좋아져서 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 화학 반응을 예측하는 것이 가능해지기 시작했어요.
그때까지만 해도 이론 화학에서는 종이랑 펜만을 가지고 이론 개발을 했었는데, 그 당시 Density Functional Theory2)라는 새로운 이론들이 나오고 컴퓨터 성능도 좋아져서, 간단한 양성자 두 개에 전자 두 개만 있어서 계산이 간단한 수소 원자를 넘어선 복잡하고 큰 분자들에 대해서도 양자역학적으로 계산을 할 수 있게 되었어요.
이 분야에 대해 처음 접했을 때 '이 분야는 나를 위해 생겨난 분야이구나, 내가 좋아하는 화학을 내가 좋아하는 컴퓨터를 사용해서 할 수 있으니.....' 라는 생각이 제일 먼저 들었어요. 그래서 계산화학 분야로 대학원을 가기로 결정하였고, 미국의 University of North Carolina at Chapel Hill 에 Density Functional Theory를 연구하시는 교수님이 계신다고 해서 그쪽 대학원을 가기로 마음먹었습니다. 대학원을 다니면서 컴퓨터로 화학에 대한 시뮬레이션을 하는 법을 배우기 시작했고, 지금까지 컴퓨터로 분자를 모델링 하는 연구를 하고 있습니다.

**Q. 이번에 교수님 인터뷰를 하게 된 가장 큰 계기가 교수님께서 계획하시고 계신 공동연구 때문입니다. 예전에 화학과 세미나에 갔을 때, 공동연구를 통해 미국의 여느 대학과 비교해도 뒤처지지 않는 거대한 연구 조직을 만들고 싶다고 하셨습니다. 많은 학생들 사이에서 교수님이 화제가 되고 있는 이유도 아마 이것이 가장 크지 않을까 생각하는데요, 교수님께서 공동연구를 중요하게 생각하시는 이유가 궁금합니다.**

A. 제가 하는 일인 컴퓨터 시뮬레이션만 해서는 이게 정말 화학 반응에서 일어나는 현상인지 아닌지 알 방법이 없어요. 실험을 해 봐야 하죠. 그런데 저는 실험을 못하는 사람이니까, 저 같은 경우는 정말 커다란 일을 하려면 반응을 할 수 있는 사람이랑 같이 손을 잡아야 제대로 된 연구를 할 수가 있어요. 제가 지금까지 논문을 한 100개 정도 냈는데, 아마 90퍼센트가량이 다 공동연구 논문일 거예요. 제가 공동연구를 정말 좋아합니다.

그리고 최근 연구 경향을 살펴보면 여러 분야를 넘나드는 연구 주제들이 점점 중요해지고 있어요.

옛날에는 무기화학만 혹은 유기화학만을 하여도 성공할 수 있는 시기가 있었는데, 연구 성과가 많아지고 그 체계가 복잡해지다 보니 한 연구 실적을 내기 위한 자본과 노력이 예전과는 비교할 수 없을 정도로 커졌어요. 요즘 시대에 그렇게 한 가지 분야로만 연구를 해서는 막강한 미국이나 중국의 자본력에 우리가 밀릴 수밖에 없습니다. 이제는 중국도 과학 연구에 투자를 많이 해서 엄청나게 세져서 미국만 생각해서도 안 되고, 미국이랑 중국을 같이 생각해야 해요. 땅도 넓고 사람도 많고 자본도 많은 나라들이랑 우리가 경쟁을 하려면, 기존의 방법이 아닌 다른 곳에서 해결책을 찾아야 해요. 저는 그것을 공동연구에서 찾을 수 있다고 봅니다.

어떻게 공동연구를 통해 좋은 연구를 할 수 있는지 예를 한 번 들어볼게요. 유기화학에서 전 세계적으로 유명하신 A 교수님이 있다고 합시다. A 교수님 연구실에서는 유기화합물에 대해서는 정말 엄청난 연구가 이루어지고 있는데, 연구를 진행하는 과정 중에서 사용하는 무기화학 촉매의 선택이 적절하게 되지 않다는 것을 무기화학을 전공하시는 B 교수님께서 우연히 알게 되었어요. 예를 이렇게 들기는 하였지만, 실제로 한 연구실에서 연구를 진행할 때 한 쪽 분야에 특화되면 특화될수록 다른 쪽 분야가 약해지는 건 어쩔 수 없이 일어나는 일이거든요.
하지만 공동연구를 통해 서로가 아마추어인 분야에 대해 서로 보완을 해 줄 수 있어요. 이 경우에 B 교수님께서 현재 연구 중이신 보다 효율이 좋은 무기화학 촉매를 사용하여 A 교수님께서 실험을 진행하시면, A 교수님의 연구 실적은 훨씬 빠르게 나오게 될 것이고, 이와 더불어 B 교수님께서 연구하시는 무기화학 촉매의 인지도가 전 세계적으로 올라가게 되겠죠.

조금 더 나아가 볼까요? B 교수님께서 새로운 무기화학 촉매를 디자인하시는 데, 현재 사용되는 방법은 모든 가능한 조합에 대해 실험을 해 보는 것이거든요.
그래서 1000번 실험을 하면 하나 겨우 건질 수 있을까 말까 해요. 이 방법대로 계속 실험을 하면 투자해야 하는 시간과 노력이 정말 어마어마하게 많죠. 그런데 제가, 실제 실험을 하는 것보다 자원이 훨씬 적게 투자되는 계산화학을 활용해서 1000개의 가능한 후보군들 중에서 900개의 조합에 대해서는 촉매의 효율이 너무 낮아서 실험을 할 필요가 없다는 것을 밝혀내면, B 교수님 연구의 효율을 10배로 올릴 수 있지요.

이렇게 유기화학, 무기화학, 계산화학의 전문가들이 모여 한 팀을 이루어 연구를 진행할 수 있다면, 기존의 연구 방법보다 훨씬 적은 노력으로도 더 높은 수준의 연구 성과를 얻어낼 수 있어요. 그리고 저는 이것이 대한민국 과학 연구가 미국과 중국의 연구에 맞설 수 있는 해결책이라고 믿습니다.

**Q. 미국에서 카이스트로 오신 것도 이 이유이셨던 건가요?**

**A.** 그렇죠. 제가 미국에서 정교수로 임용까지 받았는데, 미국의 큰 대학에서 정교수로 임용 받는 게 정말 어렵거든요. 게다가 중 교수직을 받으면 죽을 때까지 그 대학에서 있을 수 있는데, 받은 중 교수직을 다 버리고 여기에 온 이유는 바로 미국에서 할 수 없는, 한국에서 할 수 있는 공동연구를 하고 싶어서였습니다.

미국에서도 공동연구를 할 수 있기는 하지만, 여기 카이스트에서 할 수 있는 만큼의 큰 규모가 나오지를 않아요. 뛰어난 교수님들과 연구원들이 이렇게 모여 있는 데다가, 여러 연구실이 공동으로 큰 주제를 연구한다고 할 때 그것을 지원해 줄 수 있는 기초과학연구원 같은 단체가 공동으로 있는 곳이 세계적으로 드물어요. 기초과학연구원과 카이스트와의 시너지 효과가 너무 좋고, 그것이 제가 이곳 카이스트로 온 가장 큰 이유입니다.

**Q. 이번 질문은 교수님의 개인적인 이야기에 대한 질문이데요, 교수님께서 'Mookie' 라는 별명을 굉장히 좋아하신다고 들었습니다. 이 별명에 관련된 일화를 들려주실 수 있나요? 화학과에서 하는 세미나에 강연하러 오신 외국인 교수님들이 교수님께 Mookie라고 부르시는 걸 종종 들었고, 또 Google에 'MookieBaik' 이라고 검색하면 교수님 관련된 정보가 다 떠서 굉장히 신기했어요.**

**A.** 부모님께서 제가 어릴 때 진짜 이름 '무현' 보다 집에서는 '묵이' 라고 부르시곤 하셨어요. 제가 10살 때 온 가족이 함께 독일로 이사를 하는 바람에 어린 시절을 독일에서 보내고 대학교도 독일에서 다녔거든요.
독일에 가니까 독일 친구들이 제 이름의 '현' 자를 발음을 잘 못 해서 힘들어했는데, 하루는 제 집에 놀러 온 친구들이 제 부모님께서 '묵이' 라고 부르시는 것을 우연히 듣게 되었어요. 그 친구들이 그 발음이 더 쉽다고 하면서 독일 친구들이 '무기' 라고 부르기 시작했어요.

미국에 가서도 무현이라는 이름이 발음이 어려워서 힘들다. 다른 이름 없냐고 물어봤을 때 '독일 친구들이 나를 무기라고 부른다' 라고 했더니 당시 미국 야구 선수 중에서 Mookie Wilson이라는 유명한 선수가 있어서 '미국 사람들 사이에서 무기라는 이름이 굉장히 친숙한 이름이다.' 라고 해서 그렇게 별명을 쓰게 되었습니다.
지금까지 20년 동안이나 미국 사람들이 제게 Mookie라고 불러왔으니, 이제는 진짜 이름보다 더 내 이름 같아요.

**Q. 그리고 또 교수님 수면 시간이 그렇게나 짧다고 소문이 자자하더라고요.**

**A.** 하하하, 사람들이 그렇게 부러워해요. 그렇죠? 그게 유전자 덕분이에요. 어느 유전자인지 정확하게 기억이 나지 않는데, short sleeper라는 이름을 가진 gene mutation이 있는 사람들은 하루에 한 4시간 정도만 자도 개운하게 일어날 수 있어요. 전 인구의 2% 정도가 그러한 유전자를 가지고 있다고 해요.

그러니까 내가 부지런하고 일이 많아서 뭐 특별한 비결이 있어서 일찍 일어나는 게 아니라, 그냥 졸릴 때 자서 개운하게 잘 잤다 하고 일어나는 데 네 시간이면 충분한 거예요. 대학 다닐 때 시험 기간마다 같이 다니는 친구들이 너무 부럽다고 하고, 요즘 한국에 와서는 교수님들께서 너무 부럽다고 하시네요.

**Q. 마지막으로 학부생, 대학원생, 그리고 과학에 관심이 있는 고등학생들에게 한 말씀 부탁 드려도 될까요?**

**A.** 자기가 하는 일이나 공부에 재미를 붙여 보라고 이야기해주고 싶어요. 아직까지 한국 문화에는 아직 일이 재미있다고 느끼는 것이 아직 부족한 것 같아요.
독일이나 미국 같은 데에는 그런 사람들이 많은데. 오히려 일이 힘들다고 생각하고 그래야 더 보람이 있다고 느끼는 사회적 분위기가 있는 것 같아서 좀 씁쓸합니다.
PC방 같은 데 가 보면 꼬박꼬박 밤도 잘 새면서 컴퓨터 게임하고 그러는데, 그것을 힘들다고 생각하지는 않잖아요. 마찬가지로 공부나 과학 연구도 일이라고 생각하지 말고, 게임이라 생각하면, 지치지도 않고 다른 사람들과 경쟁하기가 정말 쉬워져요. 옆에 사람은 힘들고 그런데 나는 그게 재미있다고 상상해봐요.

제가 화학을 해야겠다고 마음을 먹었던 것이, 나중에 화학을 하면 좋은 직업을 가지고 돈을 많이 벌 수 있겠지라는 생각에서가 아니라, 그냥 재미있어서 한 것이거든요. 어렸을 때부터 화학이나 컴퓨터 둘 중 하나를 하고 살고 싶다고 생각을 했고, 지금까지도 화학은 저에게 있어서 일이 아니거든요. 그러다 보니까 삶이 너무 즐겁고 행복해요. 같은 일이라도 힘들다고 생각하면 금방 지치잖아요. 내가 정말 좋아하는 것을 하다 보면, 명예나 직업 선택 폭은 저절로 따라옵니다. 여러분 스스로가 재미있는 일을 찾는 것이 가장 중요하다고 생각해요.

**주석**

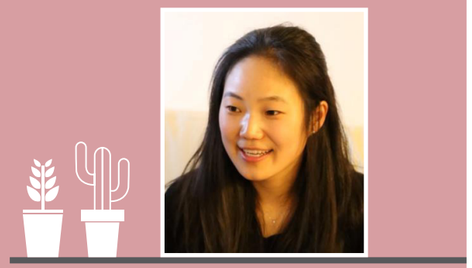
1) metal center: 금속으로 이루어진 촉매에서, 핵심 반응이 일어나는 금속 원자를 일컫는다.
2) Density Functional Theory : 밀도 범함수 이론. 분자를 이루고 있는 전자들의 배치를 파동함수들로 나타내는 것이 아니라 전자 밀도함수로 대체하는 방법이다. 파동함수를 계산하는 것과 비교하여 계산이 훨씬 빠르다는 장점이 있다.

맨 마지막: 백무현 교수님 연구단 홈페이지 (http://baik-laboratory.com)에서 교수님의 연구에 대해 보다 자세한 설명을 찾을 수 있습니다.

신임교수

# 이성빈 교수님

## 신임교수 소개 | 물리학과



이성빈 교수는 2006년 Tokyo Institute of Technology 물리학과를 졸업하고 2012년 University of California, Santa Barbara 물리학과에서 박사학위를 받았다. 이후 University of Toronto, University of California, Irvine에서 연구원 생활을 거치고 2016년 3월에 KAIST 물리학과 교수로 부임하였다.

이성빈 교수는 양자 자성(Quantum Magnetism)의 근본적인 원인과 메커니즘을 밝히기 위한 이론 연구를 수행하고 있다. 강상관계 전자계(Strongly Correlated Electronic System)에서 나타날 수 있는 양자 자성 (Quantum Magnetism) 상태를 현상론적으로 이해하고, 특히 기하학적 반목 현상(Geometric Frustration)이 만들어 내는 새로운 자성 상태를 중점적으로 연구하고 있다. 전자 스핀들이 격자상에 놓여 있을 때 그들의 경쟁적 상호작용으로 인해 절대 영도까지 얼지 않는 상태, 즉 양자 스핀 액체(Quantum Spin Liquid) 상태가 나타날 수 있는데 그 상태의 특이점을 연구하고 실험적으로 재현할 수 있는 방법을 제시하는 연구를 진행 중이다.

### 포부 및 한마디

“카이스트 물리학과에서 훌륭한 교수님 그리고 우수한 학생들과 함께 연구를 할 수 있게 되어 기쁩니다. 학부생 수업도 학생들의 적극적인 수업 참여로 교육의 보람을 많이 느끼고 있습니다. 앞으로 응집물리 이론 분야에 많은 학생들이 흥미를 가져서 함께 좋은 연구를 할 수 있기를 기대합니다.”



신임교수

# 변혜령 교수님

## 신임교수 소개 | 화학과

변혜령 교수는 2002년 숙명여대 화학과와 물리학과를 복수전공후 졸업하고 2008년 포항공대에서 박사학위를 받았다. 이후 포항공대와 MIT에서 연구원 생활을 거치고 2011년부터 일본 이화학 연구소(RIKEN), Byon Initiative Research Unit (Byon IRU)에서 Principal Investigator로 연구하다 2016년 2월에 KAIST 화학과 교수로 부임하였다.

변혜령 교수는 전기화학을 통해서 친환경 에너지, 특히 에너지 저장과 에너지 변환 관련 연구를 진행하고 있다. 가장 중점적으로 하고 있는 연구는 기술적 한계에 부딪힌 리튬 – 이온 전지의 성능을 능가할 수 있는 리튬 – 산소 전지를 개발하는 것으로, 리튬과 산소 사이의 화학 반응에서 어떠한 일들이 일어나는지를 화학에서 사용되는 다양한 기술을 활용하여 전기화학적, 분석적, 나노물질적으로 관찰하고 있다. 리튬 – 산소 전지는 리튬 – 이온 전지와 비교했을 때 한 번 충전했을 때 충전되는 에너지가 훨씬 많을 뿐 아니라 같은 크기의 전지에 더 많은 양의 에너지를 충전할 수 있어서 유망한 차세대 전지로 거론되고 있다.

### 포부 및 한마디

“카이스트에 온 이유는 인프라가 잘 갖추어져 있고 학술적으로 활발한 연구가 가능하기 때문입니다. 예전에 연구소에 있을 때에는 아무래도 같이 연구할 사람을 찾는 일이 어려웠는데, 여기에서는 똑똑한 학생들을 많이 만날 수 있어서 너무너무 좋습니다.

요즘 학생들에게 도전의식이 많이 결여되어 있는 것 같아요. 자기가 정말 해 보고 싶은 일을 한다기보다는, 그냥 취직이 잘 되니까, 부모님께서 원하시니까, 사회적 인식이 그러하니까 등의 이유로 강요받고 있는 것 같다는 느낌이 들었어요. 그래서 뭔가 다른 일을 하고 싶어도 새롭게 시작하는 것을 두려워하는 것 같더라고요. 그 마음이 이해가 가지 않는 건 아니지만, 나중에 직장이 생기고, 가정이 생기고 나면 그때는 새로운 것을 시작하기 더 힘들어지거든요.
아직 늦지 않은 시기에, 새로운 것을 도전해보는 게 어떨까요?”

신임교수

# 김찬혁 교수님

신임교수 소개 | 생명과학과

김찬혁 교수는 2003년 서울대학교 화학부를 졸업하고 2008년 서울대학교 화학과에서 박사학위를 받았다. 이후 The Scripps Research Institute에서 연구원, California Institute for Biomedical Research에서 Principal Investigator 생활을 거치고 2016년 KAIST 생명과학과 교수로 부임하였다.

김찬혁 교수의 면역치료 연구실은 고분자물질이나 항체 단백질, 나아가 조작된(engineered) 면역세포를 아우르는 다양한 도구를 이용해서 우리 몸의 면역계를 조절하는 새로운 접근법을 고안하고, 이를 이용해 다양한 난치병에 대한 치료제를 개발하는 연구를 진행하고 있다.

우리가 알고 있는 다양한 질병들 – 암, 감염증, 면역 질환, 대사질환 등 – 은 많은 경우 우리 몸의 면역계의 균형이 깨지거나 혹은 내재하는 기능만으로는 질병을 극복하기에 역부족인 경우 발생한다. 면역치료란 깨어진 면역계의 균형을 회복시키거나, 혹은 필요한 경우 강화시킴으로써 질병을 치료하는 방법을 의미한다. 특히 최근에는 항체나 면역세포를 이용해 암을 치료하는 항암 면역치료제들이 임상시험에 도입되었고, 기존의 방법으로는 치료하기 어려웠던 암 환자들에 대해 인상적인 효과를 보여주어 차세대 항암 치료법으로 많은 기대를 모으고 있다.

### 포부 및 한마디

“자유롭고 창의적인 사고를 통해 연구하는 즐거움을 느낌과 동시에 우리의 연구로 인해 인류를 이롭게 하는 보람을 찾고자 하는 열정 있는 학생들의 참여를 기다립니다.”

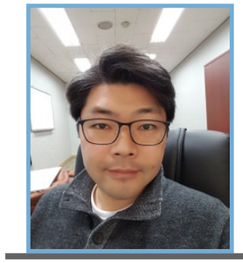


신임교수

# 정원석 교수님

(신경교세포 생물학 연구실)

신임교수 소개 | 생명과학과



정원석 교수는 서울대학교 약학대학을 졸업하고 University of California, San Francisco (UCSF)에서 박사 학위를 받았다. 이후 Stanford University에서 박사 후 연구를 진행하였고 2016년 1월에 KAIST 생명과학과에 부임하였다. 정원석 교수의 신경교세포 생물학 연구실에서는 뇌에서 신경세포보다도 많은 비율을 차지하고 있는 신경교세포(glial cells)들의 역할을 연구하고 있다. 신경교세포들은 신경세포와의 긴밀한 연결을 통해 뇌의 발달 및 항상성 유지에 필수적인 역할을 담당하고 있음이 최근 들어 속속 밝혀지고 있다.

현재 정원석 교수는 신경교세포 중에서도 뇌에서 가장 많은 수를 자랑하는 별아 교세포(astrocytes)와 뇌의 면역 반응을 담당한다고 알려진 미세아교세포(microglia)들이 신경세포 사이의 연결 부분인 시냅스들의 생성과 소멸에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 연구하고 있다. 시냅스의 생성과 소멸은 뇌의 발달 과정뿐만 아니라 성체 뇌에서의 학습과 기억 생성시에도 항상 수반되어 일어난다.
특히 시냅스의 소멸은 알츠하이머병과 같은 퇴행성 뇌질환의 초기 단계에서도 광범위하게 일어난다. 정원석 교수는 이와 같은 시냅스의 구조 변화가 신경교세포에 의해 조절되는지를 밝히고 이를 선택적으로 조절할 수 있는 시스템을 구축하고자 한다. 이를 통해 신경세포와 신경교세포의 역동적인 상호작용을 이해하고, 나아가 뇌질환의 새로운 예방 및 치료법을 제시하는 것을 목표로 하고 있다.

### 포부 및 한마디

“생명과학을 연구하는 사람으로서 뛰어난 학생들과 훌륭한 교수님들이 계신 KAIST 생명과학과의 일원이 된 점을 매우 기쁘게 생각합니다. 신경교세포의 역할에 대한 연구는 전 세계적으로 최근에 더욱 활발히 진행되고 있으며 앞으로 KAIST에서 새롭고 흥미로운 연구를 진행할 수 있도록 노력하겠습니다.”

# 공지뉴스

2015학년도 가을학기 성적 우수자를 선정하는 대학 Dean's list 및 학교 Dean's list 행사가 3월 11일에 개최되었다. 대학 Dean's list는 2011년부터 운영되어 왔다. 학사과정 3학년 2학기까지 이수한 학생 중 전공과목 누적 성적이 우수한 학생을 대상으로 선정하며, 학과별 세부기준을 충족하는 학생들을 추천받아 자연과학대학교에서 최종 선정한다. 수학, 물리, 화학, 생명학과에서 각각 2명씩 선정하며, 자연과학대학 정문에 있는 현판에 이름이 걸리게 된다. 2016년 자연과학대학 Dean's list 수상자는 아래와 같다.

■ 물리 : 김광수, 진익경 ■ 수리과학 : 박민재, 안광준
■ 화학 : 김도연, 허재녕 ■ 생명과학 : 남기진, 이태경

학교 Dean's list는 2014년 9월부터 시행됐으며, 성적 우수자를 학과별로 선정해 매 학기 시상하는 제도이다.
학과의 세부기준을 충족한 전공성적 우수자를 각 학과에서 추천받아 단과대학에서 최종 선발한다. 2015학년도 가을학기 학교 Dean's list 대상자는 아래와 같다.

〈자연과학대학 – 물리, 수리과학, 화학과〉

■ 물리 : 김형섭, 배지은, 류영훈, 박준호, 전준모, 이근희
■ 수리과학 : 이상훈, 김동현, 이승현,박성혁, 이경훈
■ 화학 : 이성곤, 선대영, 이정우, 김수빈, 임효찬, Panyawut

〈생명과학기술대학 – 생명과학과〉

■ 수상자 : 김강욱, 백진아, 나다운, 김효상



## 수리과학과 권길헌 교수, 2016년 대한수학회 교육상 수상

수리과학과 권길헌 교수님이 2016년 대한 수학회 교육상을 받으셨습니다. 권길헌 교수님은 지난 29년간 KAIST 교수로 근무하며 학술활동을 활발히 하고, 신규 교과목을 개발하여 탐구적이고 열성적인 강의를 통하여 우수강의 대상을 포함하여 우수강의상을 수상하셨으며, 석 · 박사 고급인재를 배출하는 등 학문 발전과 후학 양성에 크게 기여한 공로를 인정받아 이번에 수상하게 되셨습니다. 시상식은 2016년 4월 23일(토) 성균관대학교 자연과학캠퍼스(수원) 삼성학술정보관에서 개최되었습니다. 수상을 축하드립니다! :)

## 물리학과 이용희, 박용근교수, 한국광학회 제26회 정기총회 수상

물리학과 이용희, 박용근 교수님께서 2016년 1월, 한국광학회 공로상과 광기술 혁신상을 각각 수상하셨습니다.
이용희 교수님께서는 제11회 레이저 및 광전자 환태평양 국제회의(CLEO-PR 2015)의 조직 위원장으로서 사업의 성공적 수행에 지대한 공헌을 하여 학회 발전에 기여함으로써 공로상을 수상하셨습니다.
박용근 교수님께서는 Super 렌즈 및 시간 역행 거울 등 새로운 초분해능 영상기술 분야에서 우수한 연구 실적을 거두어 광기술의 혁신에 기여함으로써 광기술 혁신상을 수상하셨습니다. 수상을 축하드립니다! :)

## 생명과학과 오병하 교수, 제9회 아산의학상 수상

아산사회복지재단(이사장 정몽준)이 수여하는 국내 의학계 최고 권위의 '제9회 아산의학상' 수상자로 기초의학 부문에 오병하(55세) 카이스트 생명의학과 교수님께서 선정되셨습니다. 기초의학 부문 수상자 오병하 카이스트 생명과학과 교수님께서는 세포분열시 필수적으로 나타나는 현상인 DNA가 염색체로 응축되는 과정에 작용하는 단백질 '콘덴신' 의 구조와 작용 원리를 밝혀낸 업적을 높이 평가받아 수상하게 되셨습니다. DNA 응축이 제대로 이뤄지지 않으면 분열되는 세포가 유전정보를 받지 못하고 사멸하게 되므로, 향후 콘덴신 기능을 제어해 암세포의 분열과 증식을 억제하는 항암제 개발에 이번 연구를 활용할 수 있을 것으로 기대됩니다. 수상을 축하드립니다! :)

## ••• 기자후기

**강규민** 편집장을 맡고 처음으로 작업한 소식지이기 때문에 18호는 제게 매우 특별합니다. 이번에 새로 들어온 기자들이 취재를 열심히 해 기사마다 내용이 알찹니다. 천천히 읽으시면서 즐겨주시면 좋겠습니다. :) 처음 편집장을 맡아 부족한 점도 분명 있을 것입니다. 이번 호에 미진한 점은 다음 호에 보완하여 더 나은 소식지로 돌아오겠습니다!

**김동률** 18호를 시작으로 KAIST SCIENCE 기자가 되었습니다. 이번 호도, 그리고 앞으로도 주로 수리과학과 소식을 여러분들께 전달해 드리게 될 것 같습니다. 혹시 개인적으로 궁금하신 사항에 대해 메일로 연락 주시면 친절히 답변해 드리도록 하겠습니다. 세 문장 쓰고 보니 그래도 편집 후기인데 너무 글이 딱딱하네요. 딱따구리도 아니고… 죄송합니다. 글을 쓴다는 것은 참 좋은 것 같아요. 어지럽게 뒤엉킨 머리와 마음이 한결 정돈되는 것 같거든요. 그러고 보니 이번 18호는 봄학기 소식이네요. 봄학기는 지났지만, 봄날은 가지 않았으면 하는 마음은 저뿐만 아니라 여러분 모두가 갖고 계실 거라 생각합니다. 노래 하나 추천해드리며 후기 마칩니다. 캔 – 내 생에 봄날은 간다.

**류자영** 저도 18호부터 기자로 활동하게 되었는데요, 인터뷰하고 기사를 쓰는 일이 꽤 재미있더군요. 특히 허원도 교수님을 인터뷰할 때는 뒤에서 막 후광이…ㅎㅎ교수님의 멋짐이 독자분들께도 전달되었으면 좋겠습니다. 연구실 탐방이니만큼 연구실의 진짜 모습을 담고 싶었는데, 한 시간 남짓한 인터뷰로 기사를 쓰려니 조금은 아쉽네요. 다음번 기사에서도 열심히 뛰고, 여러분께 더 쉽고 친근하게 다가가겠습니다!

**서형석** 정식 기자로서 활동하여 소식지를 내는 건 처음이라 감회가 새롭습니다.ㅎㅎ 저는 자연대 명물 코너에서 물리과 진입식을 취재했는데요, 눈치 채신 분들도 계시겠지만 사실 제가 물리학과 학생회 소속으로서 진입식 기획에 참여하고 공연까지 했었답니다.ㅋㅋㅋ 그런 행사를 제가 직접 취재하려니 좀 부끄러웠지만 동시에 매우 보람찼던 것 같습니다. 다음 기사는 좀 특별한 것을 기획하고 있는데 성공적으로 끝나면 좋겠네요.ㅎㅎ



**이준만** 이번에 새로 부임하신 화학과 교수님들을 인터뷰하면서 재미있는 이야기도 많이 듣고 교훈이 되는 좋은 말씀도 많이 들어서 좋았습니다. 이를 계기로 다른 여러 교수님의 연구실에서 어떤 연구를 하게 되는지 찾아보게 되었고, 그 덕분에 한 학기 동안 기자 활동을 하면서 유익한 정보를 많이 얻었습니다. 다음 학기에도 잘 부탁드리겠습니다!

**최인혁** 이번 학기부터 KAIST SCIENCE 기자로 활동하게 되었습니다. 처음에는 기사 작성이나 취재원 컨택 등의 업무가 익숙하지 않아 고생했지만, 그래도 나름 만족스러운 결과물이 나와 뿌듯합니다. 저와 강규민 기자가 담당한 중력파 특집 기사는 특히 관심이 있는 주제였기 때문에 더욱 애착이 가네요. 앞으로도 열심히 해보겠습니다. 감사합니다!

NOTICE

정기적으로 소식지를 받아보길 원하시는 분은 아래 연락처로 문의하시기 바랍니다.

☎ 042-350-2471~2

KAIST

세계를 선도하는 연구중심대학 KAIST

College of Natural Sciences