

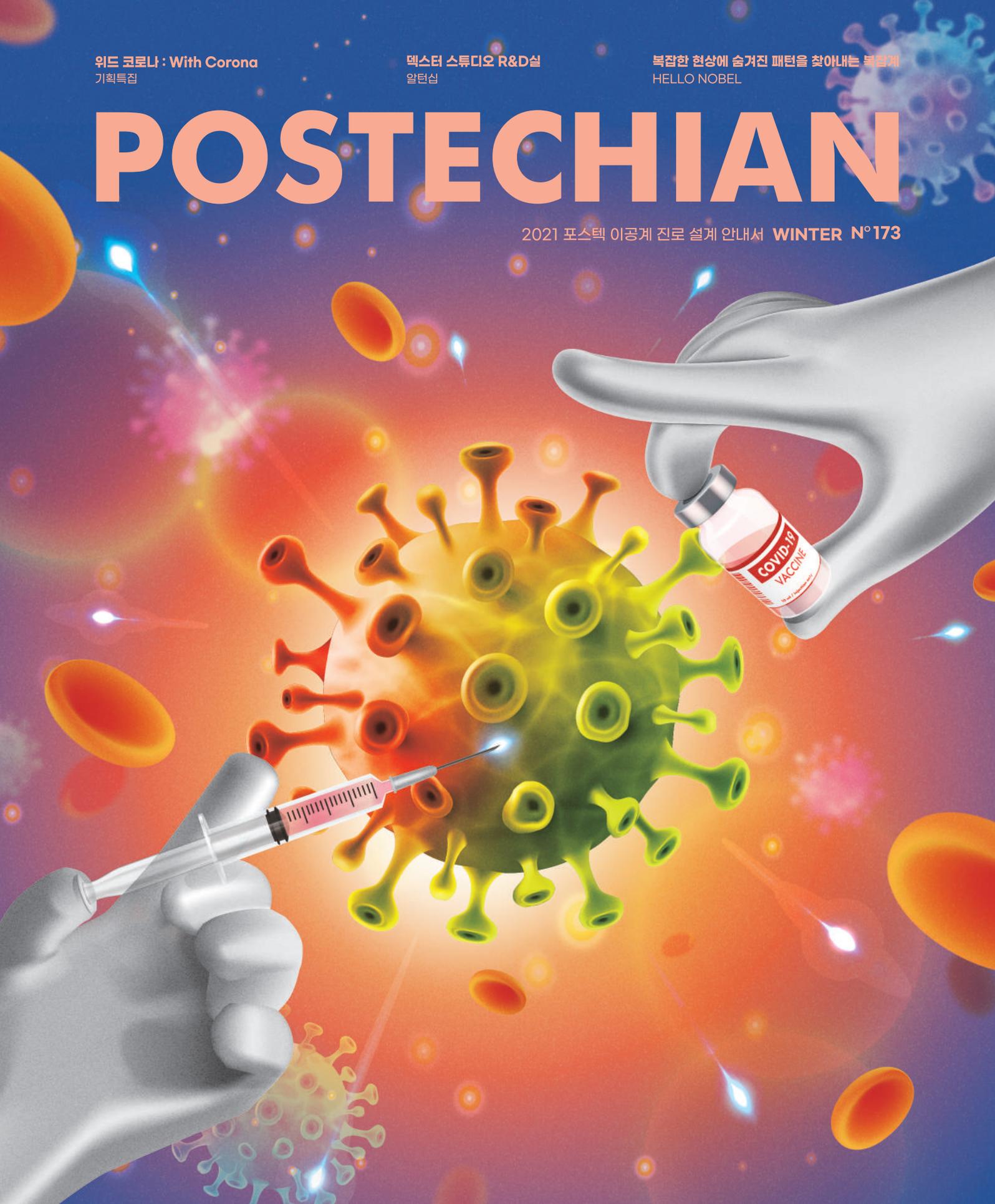
위드 코로나 : With Corona  
기획특집

맥스터 스튜디오 R&D실  
알턴심

복잡한 현상에 숨겨진 패턴을 찾아내는 복잡계  
HELLO NOBEL

# POSTECHIAN

2021 포스텍 이공계 진로 설계 안내서 WINTER N°173



# CONTENTS

2021 포스텍 이공계 진로 설계 안내서 WINTER N°173

## 06

POSTECH ESSAY

기계와 에너지,  
그리고 열유체 이야기

## 10

알리미가 만난 사람

인생을 길게 보시고,  
좋아하시는 일을 하세요.  
이주행 선배님과 이야기

## 14

알턴십

알리미의 일일 인턴 체험기  
텍스터 스튜디오 R&D실

## 18

포커스

고등학생 기자단 포커스 3기,  
포스텍 김세영 교수님을 만나다!

## 20

기획특집

위드 코로나

With Corona

## 28

HELLO NOBEL

복잡한 현상에 숨겨진 패턴을 찾아내는  
복잡계

## 32

최신 기술 소개

암 진단 / 3차원 전자 소자 /  
태양광 컬러 유리 / 4차원 시공간 설계 및 건축

## 34

포스텍 연구실 탐방기

생물정보학실험실

Structural Bioinformatics Lab

## 38

알리미 ON AIR

포스텍의 대면 강의 전환

## 40

포라이프

예술의 맥을 이어 나를 돌아보다

## 42

크리에이티브 포스테키안

4년간의 대학 탐험기

## 44

CARTOON

포스텍의 일상을 그려박서연

## 46

SCIENCE BLACK BOX

수학으로 해결된 문제들

## 48

공대생이 보는 세상

겨울나기

수학과 / 생명과학과 / 화학과 / 신소재공학과

## 52

지식더하기①

편미분과 기울기 벡터

Partial Derivative & Gradient Vector

## 53

지식더하기②

아미노산 적정

Amino Acid Titration

## 54

MARCUS

The Great Knight's Tour

## 56

알스토리①

슬기로운 겨울방학 보내기

## 57

알스토리②

이제 다시 달려 볼 시간!

## 58

Review & Editor's Note



POSTECH 입학팀 페이스북 바로가기

<http://www.facebook.com/PostechAdmission>

<https://adm-u.postech.ac.kr>

발행일 2022. 1. 15. 발행인 김무환 발행처 포항공과대학교 입학팀 경북 포항시 남구 청암로 77

편집주간 홍해미 편집기획 박정은 신유빈 유현아 이승은 편집위원 포스텍 알리미

디자인 & 제작 |주디자인클럽 T.051 202 9201 F.051 202 9206 정가 5,000원



# POSTECHIAN

지금 바로 '포스텍 입학팀' 채널 추가하세요!



Po & Ra

$6-3=6$

머선 129?

참 쉽죠?



— 예비 포스텍이안들에게 —

# 알리미가 쓴다!

과학 기술을 사랑하며 글로벌 리더의 꿈을 키우는 당신이라면 꼭 읽어보아야 할 잡지, POSTECHIAN 독자 여러분 반갑습니다.  
앞으로 더욱 풍성하고 알찬 '이공계 진로 안내서'를 만들고자 여러분의 의견을 POSTECHIAN 제작에 반영하려 합니다.  
링크에 접속해 아래 단어 퍼즐의 답을 맞히고(필수) 설문에 참여해 주시면 추첨을 통해 소정의 선물을 드릴 예정입니다.  
여러분의 많은 참여와 유익한 의견을 기다립니다.

### 가로 퍼즐

1. 초소형의 바늘을 이용해 다양한 약물을 전달하는 신기술.
2. 다변수 함수를 편미분 하여 각 변수에 대한 결과를 구했을 때, 이들을 각 변수에 해당하는 방향 성분으로 가지는 벡터.
3. 열전달을 나타내는 물질의 고유한 성질을 일컫는 말. 낮은 OOOO를 가진 물질은 절연에 쓰이기도 함. 공기는 이와 같은 이유로 단열재에 자주 쓰임.
4. 감염자가 없는 인구 집단에 처음으로 감염자가 발생하였을 때 첫 감염자가 평균적으로 감염시킬 수 있는 2차 감염자의 수.
5. 에어로젤을 만들 때 사용되는 원리. 액체 형태의 알콕사이드 혼합 원료, 알코올, 첨가제 등을 섞은 뒤 이 재조합을 이용하여 에어로젤을 얻음.
6. 다변수 함수에서 하나의 변수를 제외한 나머지 변수들을 모두 상수 취급하고, 그 변수에 대해서 미분하는 것.

### 세로 퍼즐

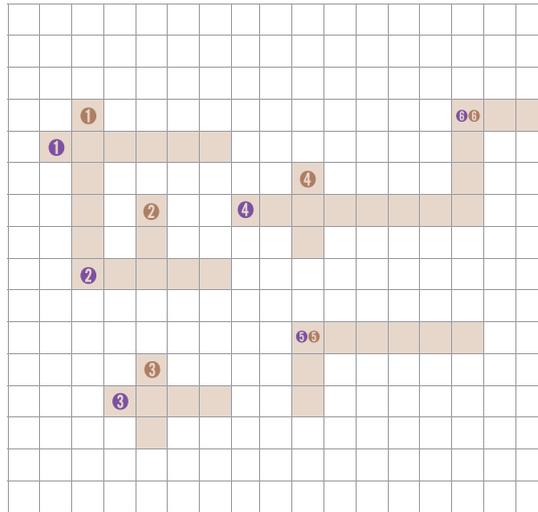
1. 한 개의 수소 원자와 한 개의 산소 원자로 이루어져 있으며, '-OH'라고 표현되는 작용기.
2. 병원에서 감염된 후 몸에 첫 번째 증상이 발현될 때까지의 기간. 특히 전염병에서는 바이러스가 숙주에 침투해서 증상을 일으키는 데 필요한 역치에 도달하기 위해 걸리는 기간을 말함.
3. 양전하 수와 음전하 수가 같아져 분자의 상태가 전기적으로 중성이 되는 pH.
4. 환자로 진단받은 사람 중에서 실제 환자의 비율을 일컫는 말. 이는 음성, 양성을 확인한 대상자를 두고 새로운 진단법에 대한 정확도를 나타내는 수치임. 정확도가 높은 진단 기법을 찾기 위해서는 이외에도 특이도를 같이 고려해 주어야 함.
5. 작가 이상의 시 「삼차각설계도」에 등장하는 용어인 '삼차각'이 표현되는 좌표계. 삼차각은 4차원 공간상의 한 점을 OOO 좌표로 나타낼 때 쓰이는 세 개의 각도를 의미함.
6. 다변수 함수를 하나의 변수에 대해서 편미분한 함수를 일컫는 말.  
(ex.  $f(x, y)$ 를  $x$ 에 대해서 편미분하면  $f(x, y)$ 의 OOOO를 얻는다.)



<https://goo.gl/6wNRLU>

- ① 잡지에 실린 내용을 기반으로 단어 퍼즐 맞추기
- ② QR코드를 통해 링크 접속!!
- ③ 단어 퍼즐이 가리키는 단어를 맞히고 설문 참여하기
- ④ 포스텍 알리미가 준비한 선물 받기

이번 포스텍이안 겨울호, 재미있게 읽으셨나요?  
십자말풍이를 풀고 정성 가득한 후기를 남겨주시면  
선물이 팡팡! 쏟아집니다.  
마지막으로 지난 가을호 '알리미가 쓴다'에  
뽑힌 친구들 축하합니다!  
대구일과학고등학교 2학년 강호연  
대구일과학고등학교 2학년 김세인





포스텍 교수님 이야기

## 기계와 에너지, 그리고 열유체 이야기

글. 포스텍 기계공학과 조항진 교수

마지막으로 포스테키안에 글을 썼던 것이 스스로는 그리 오래되지 않았다고 생각했는데, 실제로는 무려 13년 전 대학원생이었을 때라고 하니 새삼 시간의 흐름이 빠르다고 느꼈다. 그리고 그런 시간의 흐름 속에서 명확한 정체성으로 발전하는 콘텐츠를 만들어가는 알리미들과 이를 즐기며 어려운 시간을 함께 쌓아 나아가고 있을 예비 포스테키안들을 보며, 어설플 학생 알리미가 모교의 교수로 돌아올 정도로 많은 것이 변화였지만 그 속에서 변하지 않는 어떤 본질적인 것이 이어지는 것 같아 기쁘면서 묘한 감상이 들기도 하였다. 이처럼 시간이 흐르고 사회의 모습이 변하지만, 그 속에서 본질적으로 변하지 않는 것들 혹은 그 필요성이 변하지 않는 것들이 있다. 이 표현은 나의 전공을 소개하는 데 가장 적합한 표현 중에 하나라고 생각한다.

나의 전공은 기계공학으로, 그 안에서 열과 유체의 전달에 관해 연구하여 에너지 시스템을 만드는 일을 한다. 하지만 이 정서적인 소개도 청자에 따라 다른 식으로 표현되곤 한다. 이제 막 아버지가 대체 뭐 하는 사람인지 궁금해지기 시작한 6살짜리 아들에게는 전기를 만드는 사람이라고도 하고, 발전 시스템에 대한 관심이나 흥미가 없으신 지인분들에게는 물을 잘 끓이는 방법을 연구하는 사람이라고 한다. 작업 중에 노트북 발열 때문에 더워져 불만을 표현하는 친구에게는 노트북이나 전자 제품을 더 얇게 만들 수 있게 효과적인 방열에 대해 연구한다고 하고, 뇌졸중을 연구하시는 의사분들께는 뇌혈관 유동을 모사해서 가시화할 수 있는 사람이라고 소개한다. 한여름의 폭폭 찌는 날씨 속 에어컨을 켜면서는 개인적으로 가장 위대한 공학자 중에 하나라고 생각하는 에어컨 개발자 캐리어(Carrier)와 같은 연구를 하는 사람이라고 하며, 그 먼 옛날 메르세데스 벤츠(Mercedes Benz)가 자동차 내연 기관을 만들었듯 전기 자동차의 효과적인 에너지 생성, 저장, 활용을 연구하는 사람이라고도 소개한다. 즉, 나는 세상에 존재하는 뜨거움과 차가움, 그리고 공기, 물을 포함한 다양한 유체가 이동하고 있는 열유체 현상을 활용한 온갖 시스템을 연구하는 사람이다.

모든 공학 분야가 그렇듯 기계공학 안에도 다양한 분야가 존재하는데, 그중 내가 연구하는 열유체 분야는 상대적으로 많이 알려지지 않은 분야이다. 솔직히 본인은 기계공학과에 진학하고도 수업을 듣기 시작한 이후에나 알았으니 그만큼 아주 잘 알려진 분야는 아니다. 그래서 학생들에게 받는 질문이 열유체가 기계공학이랑 무슨 연관이 있는 것인가다. 이에 답하기 위해서는 대체 기계공학에서 이야기하는 ‘기계란 무엇인가?’를 생각해봐야 할 것이다. 이에 대한 견해는 사람마다 차이가 있겠지만, 내가 생각하는 기계공학에서의 기계란 인간이 인간의 원시적인 힘, 즉 견고 물건을 들고 눈앞에 있는 사람을 보고 말하고 듣는 기본적인 것에서 더 나아가는 데 필요한 것이라고 생각한다. 인간은 자동차가 만들어지기 전에 본인이나 말과 같은 다른 동물이 갈 수 있는 곳까지밖에 갈 수 없었고 에어컨과 히터가 만들어지기 전까지는 인류가 생활할 수 있는 시간과 공간이 제한되었으며, 냉장고 없이는 식품의 보관 및 활용 없이 그 자리에서 모두 먹고 필요할 때마다 채집이나 사냥해야 했을 것이다. 또한 노트북 없이는 여러분에게 글을 전달하기 위해 손으로 하나씩 작성해야 했을 것이다. 이 모든 것이 인간이 자연 생물이 아닌 ‘어떠한 하드웨어 시스템’을 만들어 냈으로써 가능하게 된 것인데, 우리는 이것을 ‘기계’라고 부른다. 즉, 인간이 원시 생활로 돌아가지 않는 한 사용하는 것들이 기계이고 이에 관한 연구가 기계공학이라 할 수 있다. 이러한 ‘기계’는 자연 생물이 아닌 어떤 목적을 이루는 하드웨어로, 이를 움직일 수 있게 하는 에너지 공급 기관이 필요한데, 그 시작점이 열유체를 활용한 제임스 와트의 증기 기관이다.

코로나19 방역 수칙을 준수하며 인터뷰를 진행하였습니다.



“

나는 세상에 존재하는  
뜨거움과 차가움, 그리고 공기, 물을 포함한 다양한 유체가 이동하고 있는  
열유체 현상을 활용한 온갖 시스템을 연구하는 사람이다.

”



▶ 1월 21일, 에세이와는 다른 매력의 조항진 교수님을 만나보세요!

증기 기관의 기본 원리는 간단히 생각하면 밥솥과 같은데, 뜨겁게 끓여진 물이 증기 상태로 변하면서 부피가 증가하여 추를 밀어내는 힘이 생겨 피스톤을 밀어내고, 이후 증기를 찬물로 냉각시켜 팽창한 부피를 수축시킴으로써 밀어낸 피스톤을 다시 당겨낸다. 이 과정을 반복하게 되면 뜨겁게 달궈진 증기 상태의 유체를 전달하고 다시 차갑게 열을 식히는 과정을 반복함으로써 피스톤을 밀고 당기거나 원형의 발전기를 회전시켜 전기를 생산할 수 있게 된다. 이때 생성물의 종류는 증기를 어떻게 달구냐에 따라 석탄, 천연가스, 원자력, 지열 발전소 등으로 구분되나, 기본적으로 결국 열을 전달하고 유체를 이동하는 과정이 핵심이다. 흔히 사람들은 인간이 전기를 쓴 지 그래도 100년에 가까운 시간이 되어가기에 발전소를 설계하는 것에 관해 추가적인 연구가 필요 없을 것이라고도 상상하지만, 눈에 보이지 않는 열 방정식과 아직도 명확한 해를 찾기 어려운 '나비에-스토크스 유체 방정식'을 같이 풀어야 하는 열유체는 아직도 정확히 예측할 수 있는 것이 많지 않은 분야 중의 하나이다. 기존의 발전소나 시스템은 정해진 조건에서 수행한 실험 결과를 바탕으로 설계되었기 때문에, 새롭거나 보다 나은 에너지 시스템이 필요한 경우에는 작용 원리에 대한 근본적인 이해가 필요한 상황이다. 그 어느 때보다 기후 변화와 같은 에너지 이슈가 가속화되는 요즘, 현재의 에너지 시스템을 그대로 유지하는 것으로 충분하다고 생각하는 사람은 없을 것이다. 이에 따라 더 복잡한 문제를 풀기 위한 이론, 시뮬레이션 노력과 실험적 노력이 함께하고 있다. 그리고 여기서 필요한 열 및 유체 전달에 대한 이해는 에너지 생성 현장 외에도 반도체 공장의 시스템 설비 설계에 활용되고, 가전 기기의 성능 개선 및 활용에 적용되고, mRNA 백신 제작을 위한 미세 유체 설비 설계에도 적용되며, 인간 몸속 혈류 분석 등에도 활용되고 있다.

최근에 1학년 학생들에게 들었던 질문 중에 전혀 예상하지 못했던 질문이 있었다. 바로 전기 자동차 등으로 기계공학과는 전망이 어두운 것 아니냐는 질문이었다. 사실 평생 기계공학과 전망이 어둡다는 이야기를 들어본 적도, 느껴본 적도 없고, 기계공학 교수님들뿐만 아니라 타 학과 교수님들도 그런 전망을 느껴보지 못하였지만, 학생들 시선에서는 기계공학이 미디어에서 집중하는 분야가 아니다 보니 직관적으로 그렇게 오해하는 것이 아닌가 하는 생각이 들었다. (이렇게 많이 하는 오해 중의 하나가 '난 물리보단 화학 쪽이 좋는데 기계공학과는 안 맞지 않나' 도 있는데 참고로 본인도 고등학교 교육과정 기준으로는 물리보단 화학을 좋아했고 열과 화학은 상당히 밀접한 관계가 있다.) 요즘 미디어에 많이 노출되는 회사들과 기계공학이 연관되지 않을 것이라고 학생들은 오해하고 있는 것 같다. 미국 등에서 100년 역사를 가진 자동차 엔진 연구실은 전기 자동차 전체 제어 및 시스템에 관한 연구를 선도하고 있다. 자동차, 즉 작은 에너지원을 활용하여 빠른 속도로 멀리 가야 하는 하드웨어의 본질은 변하지 않았기 때문이다. 외국 학회에서 만났던 나와 같은 연구 분야의 미국 친구는 첫 직장을 구글로 선택하였었다. 그는 구글 데이터 센터의 열 및 에너지의 효율적 활용에 대해 고민하고 설계한다. 데이터 센터 하나의 전기 소모량이 중소 도시와 맞먹으니 효과적인 냉각이 필요한 하드웨어를 다룰 수 있는 사람이 필요한 것이다.

최근에 떠오른 키워드와 직접적인 연관은 없어 보이지만, 하드웨어로 구현되어야 한다는 근본에서 벗어나지 않는 한 기계공학이 해야 할 일은 정말 다양하다고 볼 수 있다. 하드웨어 시스템, 즉 기계는 인공지능 등의 도구를 이용해서 계속 발전될 것이다. 최근의 급격한 소프트웨어 소비 증가에 따른 에너지의 소비에 대응할 수 있는 진보된 에너지 기술에 관한 연구가 지속될 것이다. 시간이 흐르고 시대의 요구가 변하더라도 이를 말 그대로 실생활에 구현하는 분야의 매력은 우리 주위를 감싸고 있는 공기 유체만큼 끊임이 없는 것 같다. 일상과 가까이 있어 친근하지만, 과학/공학적으로는 우리가 너무 모르는 현상들. 향후 존재하는 것에 관심이 있는 학생들과 연구를 통해 새로운 에너지 시스템을 설계하며 더욱 나은 미래를 구현하는 날이 오기를 기대한다.☺

**인생을 길게 보시고,  
좋아하시는 일을 하세요.**

## 이주행 선배님과의 이야기

여러분은 알고리즘, 인공지능을 생각하면 무엇이 먼저 떠오르시나요? 저는 자율주행 자동차나, 음성 인식 같은 공학적인 기술들이 먼저 떠오르는데요. 이번 <알리미가 만난 사람>에서는 알고리즘, 인공지능을 이용한 독창적인 작가 활동으로 예술계의 주목을 받은 이주행 선배님을 만나보았습니다. 그럼 지금부터 선배님의 이야기를 함께 들어볼까요?

글. 전자전기공학과 20학번 26기 알리미 김민수





### 포스텍이란 구독자들에게 간단한 자기소개 부탁드립니다!

안녕하세요. 저는 포스텍에 1990년도에 전자계산학과(현 컴퓨터공학과)로 입학하여, 1999년도에 동 대학원에서 박사학위를 취득한 컴퓨터공학과 동문, 이주행입니다.

### 선배님께서 포스텍 재학 시절에 어떤 학생이셨나요?

저는 신시사이저 같은 컴퓨터 음악을 좋아했어요. 그래서 기숙사에서 컴퓨터와 신시사이저를 이용해서 음악을 만드는 독특한 학생이었는데요. 어느 날, 포스텍 컴퓨터공학과와 컴퓨터 그래픽스 연구실에서 컴퓨터 애니메이션 프로젝트를 하는데 교수님께서 배경 음악을 만들어야겠다고 생각을 하셨나 봐요. 그래서 지인 소개로 거기서 컴퓨터 음악을 만들면서 학부생일 때부터 연구참여를 시작했어요. 연구참여를 하면서 연구실 분들과 교수님도 너무 좋았고, 여기서 뛰어난 성능의 비싼 컴퓨터들로 그림을 그릴 수 있다는 점이 매력적이어서 이 연구실에서 대학원 과정을 밟기로 했습니다.

### 현재 ETRI에 소속되어 계시는데, 선배님의 연구 분야에 대해 소개 부탁드립니다!

먼저, 제가 전공한 컴퓨터 그래픽스 분야는 모양, 형상(geometry), 애니메이션, 움직임, 그리고 색깔에 대해 수학적인 모델링과 시뮬레이션을 하는 학문이에요. 그리고 ETRI(한국전자통신연구원)에 와서는 연구 분야가 컴퓨터 비전, 기계 학습, 로보틱스, 자율 주행 분야까지 넓어졌습니다. 이렇게 연구 분야를 넓힐 수 있었던 이유는 전공 분야를 공부하면서 수학적인 모델링과 시뮬레이션을 통해 이것들을 응용할 수 있는 기초를 탄탄히 다졌기 때문이라고 생각해요. 그리고 최근에는 인공지능 학습을 위한 양질의 데이터 세트를 가상으로 만드는 연구를 하고 있습니다.

## 알고리즘, 인공지능을 활용한 작가로서의 활동에 대해 소개 부탁드립니다!

제 작가 활동은 ‘코드로 그린 그림’이에요. 이를 아래의 코드 한 줄로 표현할 수 있어요.

```
imgL = Table[f[imagination, Param→p, Author→”Joo-Haeng Lee”], {p, paramL}]
```

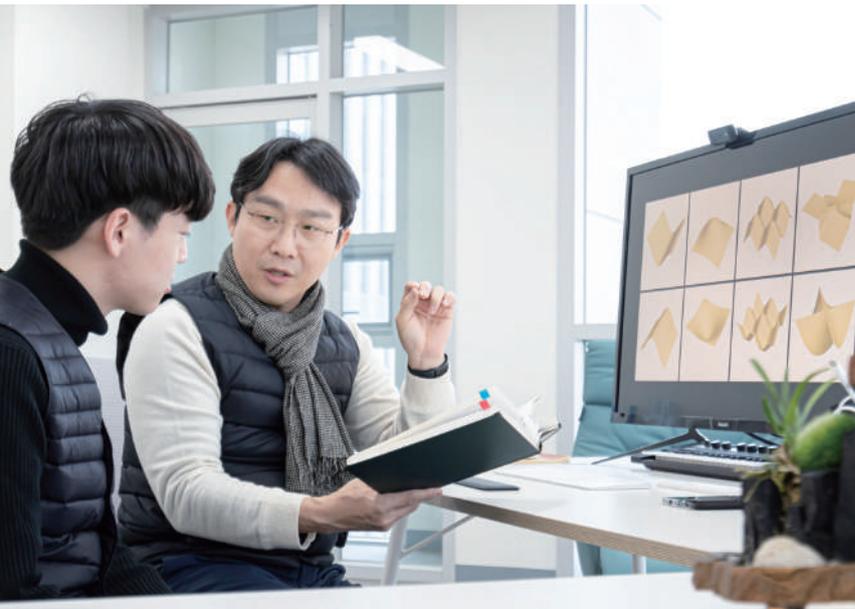
예전에는 함수 f에 제 연구 분야인 컴퓨터 그래픽스와 관련된 코드를 사용했다면, 지금은 인공지능을 이용한 코드가 들어가죠. 위의 코드에서 가장 중요한 것은 함수 f가 아닌 작가의 상상, imagination입니다. 작품을 관람하는 사람들이 이 상상과 제 생각을 느낄 수 있도록 함수 f를 구현하는 것이 바로 작가인 제 역할입니다.

## 작가로 활동하시게 된 계기가 있을까요?

처음에는 공학적인 목적을 가지고 컴퓨터 그래픽스를 이용해서 그림을 그렸었는데, 2013년부터는 그림 자체가 예뻐서 그리고 있어요. 또, 제가 살던 곳이 미술관 바로 옆이어서 미술관에 엄청 많이 갔었죠. 그러다가 어느 순간부터는 ‘내 그림이 여기 걸리면 좋겠다.’라는 생각을 하기 시작했습니다. 놀랍게도 실제로 이 생각을 하고 그린 그림이 미술관에 전시되었어요.

## 데이터를 다루는 회사인 ‘Pebblous’도 창업 중이라고 들었는데요. 어떤 회사인가요?

두 단어로 이야기하자면 ‘데이터 클리닉’ 회사입니다. 제 현재 연구 분야와도 관련이 있는데요. 먼저 인공지능을 학습시키는 데에는 양질의 데이터가 꼭 필요합니다. 현재의 데이터 세트는 산탄총에 비유할 수 있어요. 많은 데이터를 흩뿌려서 학습시키는데, 이런 방식은 인공지능이 불필요한 상황까지 학습하거나 중요한 상황에 해당하는 데이터를 얻지 못해 성능이 떨어질 수 있죠. 이러한 단점을 해결하기 위해서 데이터 세트를 평가하여 이를 진단하는 리포트와 인증을 만들고, 마치 저격용 총처럼 빈 상황을 메우고 꼭 필요한 데이터 세트를 맞춤 제공하는 회사입니다.





### 다양한 일들을 하고 계시는데, 선배님 인생의 목표가 무엇인가요?

저는 오랫동안, 한 인간으로서 완전한 독립을 꿈꿔오던 사람이었어요. 여기서 제가 말하는 독립은 '바닥부터 시작해서 무언가를 일궈내는 것'을 의미합니다. 그래서 매년 '어떻게 독립을 준비하면 좋을까'를 생각하며 새해를 시작하죠. 결론적으로, 제가 세상으로부터 많은 것을 받은 만큼 무언가 좋은 것을 만들어서 세상에 베푸는 것이 제 목표입니다.

### 마지막으로, 선배님의 경험을 바탕으로 이공계열을 꿈꾸는 학생들에게 조언 부탁드립니다!

인생을 길게 보시면 좋겠어요. 지금 느끼기에 인기 있는 학문을 따라가시기보다는, 시간이 지나도 바뀌지 않을 기초적인 것들을 20대처럼 시간이 많을 때 꾸준히 공부해 보세요. 아마 이때 배우는 것들을 평생 사용할 것이고, 이것들로 정말 많은 것을 할 수 있을 거예요. 이처럼 긴 호흡으로 공부를 하며 자신이 가장 좋아하는 일을 찾고, 바로 그 일을 하셨으면 좋겠습니다.

이렇게 포스텍 컴퓨터공학과 동문이자, 최근에는 '위대한 포스테키안'으로도 선정되신 이주행 선배님의 이야기를 들어보았는데요. 자신이 진정으로 하고 싶은 일이 무엇인지 정확히 아시고, 이를 위해 열심히 노력하시는 것뿐만 아니라 한 인간으로서의 독립을 추구하시는 삶의 태도에서 많은 점을 배울 수 있었습니다. 여러분도 오늘은 펜을 잠시 내려놓고, 진정으로 하고 싶은 것을 말하고 있을 마음의 소리에 귀 기울여 보는 것은 어떨까요? 바쁜신 와중에도 소중한 시간 내어 의미 있는 말씀을 해 주신 이주행 선배님께 감사드리며 글을 마칩니다.☺



# 알티믹스



14

알리미의 일일 인턴 체험기

## 덱스터 스튜디오 R&D실

국내 최대 VFX 기업이자 국내 유일 원스톱 콘텐츠 제작 스튜디오

2021년 겨울호, 올해 봄호부터 시작된 알티믹스도 어느덧 4화차를 맞이했습니다. 학교를 벗어나 국립백두대간수목원 시드뱅크를 찾았던 가을호에 이어 겨울호에는 국내뿐만 아니라 세계적으로 주목받는 기업에 다녀왔는데요. 바로 국내 최대 VFX 기업이자 국내 유일 원스톱 콘텐츠 제작 스튜디오인 덱스터 스튜디오입니다! 컴퓨터공학과에 재학 중인 저와 컴퓨터공학과를 지망하는 김현준 알리미 모두 컴퓨터 그래픽스와 컴퓨터 비전 분야에 관심이 있어 촬영 내내 감탄과 웃음이 끊이지 않았습니다. 그럼 덱스터 스튜디오 R&D실의 일일 인턴이 된 현장, 함께 보러 가시죠.

**# 텍스터 스튜디오 R&D실**

텍스터 스튜디오는 아시아 최고의 기술력과 규모를 갖춘 VFX 부문을 중심으로 콘텐츠의 기획부터 촬영, 제작, 후반 작업까지 제작 전반을 담당하는 기업입니다. 많은 포스텍이안 구독자분들이 VFX라는 단어에 대해 생소하실 것 같아요. VFX란 시각 효과(Visual Effects)의 줄임말로, 포괄적으로 동영상에 사용되는 모든 특수 효과를 의미합니다. 흔히 알고 있는 컴퓨터로 만들고 가공한 2D, 3D 그래픽 영상인 CG(Computer Graphics) 또한 VFX에 포함되는 개념입니다. 텍스터 스튜디오는 최근 기업의 주력 분야인 VFX뿐만 아니라 가상 현실(VR), 증강 현실(AR), 확장 현실(XR) 등 실감 미디어 분야까지 콘텐츠 제작 분야를 확장하며 메타버스 산업을 선도하는 글로벌 콘텐츠 기업으로 거듭나고 있습니다.

텍스터 스튜디오 내에는 VFX본부, 실감콘텐츠본부, 기술지원본부 등 여러 본부가 있습니다. 그중, 이번 알턴십을 진행한 곳은 바로 기술지원본부에 속해 있는 R&D실입니다. 기업부설연구소이기도 한 R&D실은 국내 VFX 업계 최대 규모이며, 텍스터 스튜디오에서 제작하는 콘텐츠에 이용되는 기술들을 개발합니다. 한국의 컴퓨터 그래픽스 관련 기업으로는 유일하게 DigiPro, SIGGRAPH, SIGGRAPH Asia의 경쟁 부문에 출품하여 발표하는 등 우수한 기술력을 갖추고 있으며, 이러한 기술들은 VFX를 넘어 여러 실감 콘텐츠 분야에도 활용되고 있습니다. R&D실에서 개발한 대표적인 기술에는 동물의 털을 구현하는 프로그램 'Zelos', 그리고 Zelos를 발전시켜 디지털 환경을 만들 수 있도록 한 프로그램 'ZENN', 유체 시뮬레이션을 용이하게 해주는 'Zarvis' 등이 있습니다.





### # 볼륨메트릭 캡처 장비 체험

R&D실에서는 사람들이 VFX뿐만 아니라 홀로그램과 같은 실감 콘텐츠를 더욱 현실처럼 느끼게 하기 위해 다양한 장비를 이용하여 기술을 개발합니다. 저희는 그중에서도 볼륨메트릭 캡처 장비를 체험해 볼 수 있었습니다. 이 장비는 60여 개의 모듈로 이루어져 있는데, 하나의 모듈은 카메라와 이를 구동하기 위한 프로그램이 장착된 컴퓨터와 스탠드로 구성됩니다. 스탠드 내부에는 신호선이나 전기선, 데이터가 오갈 수 있는 USB 케이블이 연결되어 있다고 합니다. 60여 개의 모듈은 반원을 그리며 위치해 있어 피사체를 동시에 여러 시점에서 촬영할 수 있고 이렇게 얻은 사진 데이터를 합쳐 3차원 디지털 데이터를 복원해 내는 것이 이 장비의 작동 원리입니다.

김현준 알리미가 피사체가 되어 촬영을 진행하고, 얻은 사진 데이터를 컴퓨터로 옮긴 뒤 제가 직접 프로그램을 구동해 보았는데, 특별한 종류의 데이터가 아닌 우리가 흔히 접할 수 있는 사진 데이터인데, 피사체를 다시점으로 동시에 촬영하여 프로그램에 넣으면 3D 모델을 얻을 수 있다는 점과 데이터를 처리하는 과정이 30여 초밖에 걸리지 않는다는 점이 신기했습니다. 저희가 만든 3D 데이터에서 불필요한 부분을 지우는 가공 과정을 거친 뒤 다른 시간의 3D 모델 영상과 연결하여 재생하면, 움직이는 3D 동영상을 제작할 수 있다고 합니다. 이렇게 실제로 텍스터 스튜디오에서 사용하는 장비를 체험해 보고 엔진을 사용해 보니 VFX 개발자가 된 것 같아 설렘, 동시에 하나의 동영상을 만드는 데 엄청난 노력과 시간이 필요하다는 것이 느껴져 개발자분들에 대한 존경심이 깊어졌습니다.



## # 이사님의 인터뷰

R&D실에서 장비를 체험한 뒤 로비에서 최완호 이사님과 인터뷰를 진행하는 시간을 가졌습니다. 이사님께서 현재 텍스터 스튜디오의 CTO이자 R&D supervisor, 기술지원본부장, 기업부설연구소장으로, R&D와 IT 관련 부분을 총괄하고 계십니다. 이사님께 드린 다양한 질문 중 R&D실에서 개발된 기술을 이용하여 제작된 흥행작들을 볼 때의 소감에 대해 말씀해 주신 것이 가장 인상 깊었습니다. <미스터 고>에서의 털 이슈, <신과 함께>에서의 환경 이슈, <해적: 바다로 간 산적>에서의 바다 이슈 등 영화를 할 때마다 새로운 문제가 발생했는데, 이것들이 한국 영화에서는 이전에 시도해 보지 않았던 주제들이라 조언을 구할 곳이 거의 없어 작업을 할 때에는 정말 힘드셨다고 합니다. 고생 끝에 완성된 영화를 극장에서 보면 뿌듯하기도 하고 영화 마지막에 크레딧이 올라갈 때 이름이 포함된 걸 보면 세상에 흔적을 하나 남겼다는 생각이 든다고 말씀하시는 모습이 정말 행복해 보이셨습니다. 실제로 텍스터 스튜디오의 <미스터 고>에서 고릴라 '링링'을 만들기 위해 제작한 동물의 털을 구현하는 프로그램 'Zelos'는 아시아에서 최초로 개발한 프로그램입니다. 이렇게 새로운 것에 도전하고 노력해서 성공해내시는 모습을 보며 자극을 많이 받았습니다. 이사님과의 인터뷰 내용은 향후 공개될 영상에서 자세히 만나보실 수 있습니다!

최 이사님, 인터뷰를 진행하였습니다.  
최 이사님, 인터뷰를 진행하였습니다.



## # 텍스터 스튜디오 R&D실 알턴십을 마치며

텍스터 스튜디오는 홈페이지에 적혀있는 문구처럼 '상상이 현실이 되는 곳'이었습니다. 평소 컴퓨터 그래픽스와 컴퓨터 비전에 관심을 갖고 있었는데, 이번 기회를 통해 실제로 VFX에 사용되는 장비를 사용해 보고 데이터를 핸들링해 보는 것까지 직접 해볼 수 있어 뜻깊은 하루였습니다. 이뿐만 아니라 텍스터 스튜디오 내부를 구경하며 눈에 띄게 발전한 우리나라의 VFX 기술을 실감할 수 있었으며 컴퓨터공학의 길을 밟으신 이사님의 유익한 말씀 덕에 많은 것들을 배울 수 있었습니다. 이번 알턴십이 원활히 진행될 수 있도록 협조해 주신 모든 텍스터 스튜디오 관계자분들께 감사드리며 이만 글을 마무리하도록 하겠습니다. 텍스터 스튜디오에서의 생생한 알턴십 현상이 궁금하시다면 향후 포스텍 입학팀 유튜브 채널에 공개될 겨울호 알턴십 영상을 기대해 주세요! 🎥



참고

텍스터 스튜디오 홈페이지  
<http://www.dexterstudios.com/ko/>  
텍스터 스튜디오 공식 유튜브 채널  
<https://www.youtube.com/c/DEXTERSTUDIOSOfficial>

▶ 3월 11일, 텍스터 스튜디오 R&D실에서 진행한 알리미들의 일일 인턴 체험기가 공개됩니다!





코로나19 방역 수칙을 준수하며 인터뷰를 진행하였습니다.

18

## 고등학생 기자단 포커스 3기,

## 포스텍 김세영 교수님을 만나다!

안녕하세요! 광명복고등학교 3학년 박세은입니다. 포커스 3기로 선발되어 포스텍을 방문하고 인터뷰를 진행하게 되어 영광입니다. 이번 호에서는 '뉴로모픽 반도체'를 연구하고 계시는 신소재공학과 김세영 교수님을 인터뷰하게 되었습니다. 신소재공학이라는 분야와 뇌의 메커니즘을 모방한 인공지능 하드웨어로 주목받고 있는 뉴로모픽 소자에 대해 흥미로운 이야기를 많이 해주셨는데요. 모든 내용이 정말 유익하고 재미있었지만, 그중에서도 가장 좋았던 답변을 선정해 봤습니다. 그럼 인터뷰 내용을 함께 살펴볼까요?



글. 광명복고등학교 3학년 박세은

 고등학생 기자단 포커스의 이야기는 2월 4일 공개됩니다!



**교수님께서 생각하시는  
신소재공학을 얘기해 주세요.**



우리가 일상생활에서 많은 물질을 사용하잖아요. 일상생활에서 여러분이 쓰고 있는 다양한 소재들을 어떻게 하면 지금보다도 더 좋게 만들어서 활용할 수 있을지에 대해 다양한 연구를 진행하고 있어요. 우리가 포스텍에 있으니까 특히 포스코와 연관 지어서, 철강 소재나 금속 소재 부분도 연구를 많이 진행했고, 최근에는 플라스틱 같은 고분자, 폴리머 물질까지 연구하고 있습니다. 또 여러분이 많이 사용하는 전자기기들에도 반도체 소재들이 들어가는데, 신소재공학에서는 어떻게 하면 더 성능이 좋고

유용한 소재들을 만들어낼 수 있을 것인지에 대해 기초를 공부하고, 새로운 물질들을 창조해 내는 연구를 진행하고 있습니다.



**뉴로모픽 소자처럼 차세대 소자를 만드는 경우, 기존의 실리콘 트랜지스터와 다르게 아예 새로운 물질도 사용한다고 들었는데, 교수님께서 연구하시는 뉴로모픽 소자는 어떤 소재를 사용하고 있는지가 궁금합니다.**



기존의 실리콘을 활용한 뉴로모픽 컴퓨팅 연구도 굉장히 활발하게 진행되고 있는데요. 제가 주로 진행하는

연구는 기존의 실리콘 소자가 아닌 새로운 메모리 반도체를 만들고, 그것으로 뉴로모픽 컴퓨팅이 가능한 소자를 만드는 연구예요. 산화물 기반이나 리튬 이온 배터리 기반의 물질, 혹은 고체 상태의 결정질에서 비결정질로 바뀔 때 저장값이 바뀌는 걸 활용해 메모리 0과 1을 기록할 수 있는 상변화 메모리 등, 뉴로모픽 소자에 활용할 수 있는 소자들이 많이 있습니다. 이러한 새로운 물질들로 만든 소자를 기존의 실리콘 트랜지스터에 연결해서 메모리 소자로서 활용하고 있습니다.



**공학에서는 ‘연구한 결과를 일상 속에 어떻게 적용할 수 있느냐’까지가 최종 단계잖아요. 뉴로모픽 반도체가 개발됨으로써 우리 생활은 또 어떻게 달라질 수 있을지, 그것이 어떤 도움을 줄 수 있을지 궁금합니다.**



우리가 인공지능을 활용할 때 신경망 회로를 많이 쓰게 되는데, 여기서 학습과

추론이라는 과정이 있어요. 정말 우리가 원하는 대로 뉴로모픽 반도체를 실현할 수 있다면 가장 기대되는 효과로는 인공지능 연산 속도의 향상이 있습니다. 그전에는 시간이 너무 오래 걸려서 학습시키기 어려웠던 어려운

인공지능 문제들을 우리가 뉴로모픽 소자 같은 효율적인 하드웨어를 이용해서 굉장히 빨리 트레이닝을 시킬 수 있다면 인공지능의 성능 자체가 향상되겠죠. 인공지능의 처리 속도를 크게 향상할 수 있는 성능적인 측면에서의 장점이 있고요. 그리고 추론 과정의 경우에도 우리가 기존에 사용하고 있었던 하드웨어보다도 훨씬 효율적인, 저전력으로 인공지능 연산이 가능한 반도체를 만들 수가 있어요. 저전력으로 추론 과정을 진행할 수 있다면, 이런 것들이 최종적으로 인공지능 성능 자체의 향상을 가져올 것이고, 우리가 인공지능을 적용할 수 있는 응용 분야들이 훨씬 늘어나게 될 겁니다. 그래서 기존에는 데스크톱으로밖에 할 수 없었던 인공지능 연산을 우리가 ‘에지 디바이스(Edge Device)<sup>2</sup>’라고 부르는 노트북 또는 스마트폰으로 한다든지, 이런 식으로 인공지능 연산을 에지로 가져갈 수 있으면 에지에서도 어려운 인공지능 연산을 수행하면서 정말 다양한 기능을 하도록 만들 수 있어요. 그래서 이런 부분에서 우리 인류의 삶의 질을 더 향상할 수 있는 방향으로 뉴로모픽 반도체가 기여할 수 있지 않을까 기대하고 있습니다.



**연산 속도를 빠르게 할 수 있다고 하면 슈퍼컴퓨터 같은 것이 떠오르는데, 뉴로모픽 기술이 에지 디바이스를 통해 우리 일상에도 적용될 수 있을까요?**



그럼요. 인공 신경망 중에 GPU라고 있어요. GPU는 원래 3D 그래픽 연산에 사용되던 반도체였는데 인공지능 연산에 활용하게 됐습니다. 기존에 우리가 하던 계산은 주로 계산이 복잡하고 데이터양은 적어요. 그래서 CPU가 적은 데이터를 메모리에서 불러와서 계산하면 됐습니다. 그런데 인공지능 연산의 경우에는 요즘 빅데이터 같은 얘기 많이 하는데, 데이터가 많아요. 많은 데이터를 쓰기 때문에 데이터를 가져오는 데에 시간이 많이 들지만, 막상 계산은 간단하거든요. 이러다 보니 속도가 느려지게 되죠. 그래서 사용하기 시작하게 GPU입니다. GPU는 CPU만큼 성능이 좋지 않지만, 계산을 한꺼번에 할 수 있어요. 성능이 낮은 CPU들이 굉장히 많이 있는 것이거든요. 좋은 CPU 하나보다 성능이 떨어지더라도 여러 개가 있는 것이 더 빠르다는 걸 알게 되어 GPU를 인공지능 연산에 활용하게 됐습니다.



**저처럼 신소재공학과에 진학하고 싶은 학생들에게 한마디 부탁드립니다.**



요즘 플랫폼이라는 얘기를 굉장히 많이 하잖아요. 신소재공학이라는 학문 자체가 이런 플랫폼을 마련하는, 새로운 기술의 기반을 제공하는 학문입니다.

그래서 여러분이 사용하고 있는 새로운 기술이 들어간 기기들을 보면, 새로운 소재가 개발됨으로써 이러한 제품, 기술들이 탄생할 수 있었던 경우가 아주 많아요. 디스플레이를

예로 들면, 몇 년 전만 해도 우리가 아주 큰 브라운관 TV를 봤었는데 요새는 굉장히 얇은 디스플레이의 TV를 보고 있는 것처럼요. 인공지능 또한 반도체 소재가 극한으로 발전하면서 컴퓨팅 성능이 엄청나게 좋아지다 보니까 인공지능 연산도 가능해졌던 거거든요. 컴퓨팅 능력의 향상, 새로운 디스플레이나 응용 분야의 개척, 그리고 IoT 같은 것들도 결국에는 새로운 소재가 새로운 플랫폼을 만들어줬기 때문에, 그런 플랫폼을 기반으로 새로운 기술들이 탄생할 수 있었던 것입니다. 그래서 신소재공학은 여러분이 새로운 지식과 기술을 만들어내는 데 있어서 기반을 마련할 수 있는, 정말 중요한 공학 학문이라는 점을 말씀을 드리고 싶습니다. 신소재공학과에 관심을 가져줘서 고맙고, 꼭 포스텍 신소재공학과에 와서 좋은 공부를 함께할 수 있었으면 좋겠습니다.

**지금까지 신소재공학과 김세영 교수님의 인터뷰 내용이었습니다. 반도체 연구와 뉴로모픽 소자에 대해 더 알고 싶었던 점들까지 자세하게 답변해 주셨는데, 기사에 다 담지 못해 아쉽습니다. 친절한 설명과 함께 편안한 분위기로 인터뷰를 이끌어주셨던 교수님 덕분에 더욱더 즐거운 시간이었습니다. 값진 경험을 만들어주신 알리미 분들과 김세영 교수님께 감사 인사를 드립니다.☺**

각주

1. 사람의 뇌 신경망을 모방하여 방대한 양의 데이터를 효율적으로 처리할 수 있도록 한 반도체
2. 데이터를 생성하거나 수집하는 모든 기기

# 위드 코로나

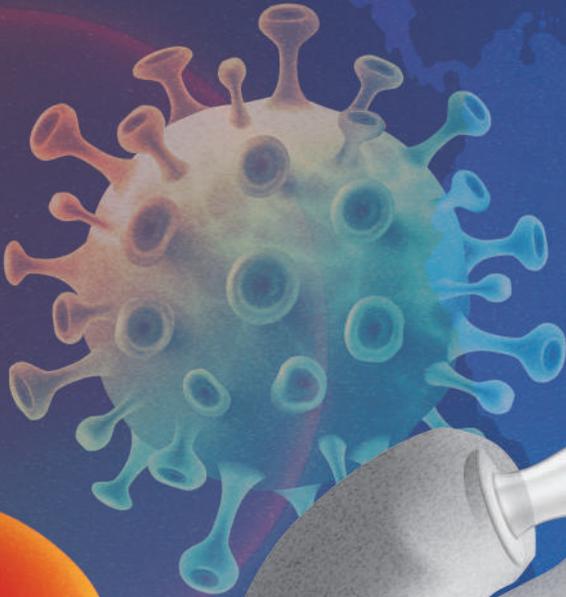
With Corona

지난 2019년 겨울 전 세계를 강타한 코로나19, 당시 2021년 이내로 종식될 것으로 예상되었던 것과는 달리 아직 일상은 팬데믹(Pandemic) 이전으로 돌아가지 못하고 있습니다. 이러한 코로나19 범유행 상황에서 유례없는 속도로 백신이 개발되고 보급되었는데요! 코로나바이러스의 감염 시 치명도가 높지 않게 나타난다는 점과 백신 접종률이 점차 높아지고 있다는 점 때문에, 세계적으로 코로나19의 완전 종식을 목표로 하지 않고 위드 코로나(With Corona)라는 정책을 시행하는 국가들이 생겨나기도 했습니다.

위드 코로나가 진행되기 위해 필수적인 백신은 어떠한 원리로 작용하고 집중될까요?

그리고 거시적으로 보았을 때, 감염병은 어떻게 퍼지고 사라지는 것일까요?

20





▶ 2월 18일, 기획특집의 이야기를 영상으로 만나보세요!

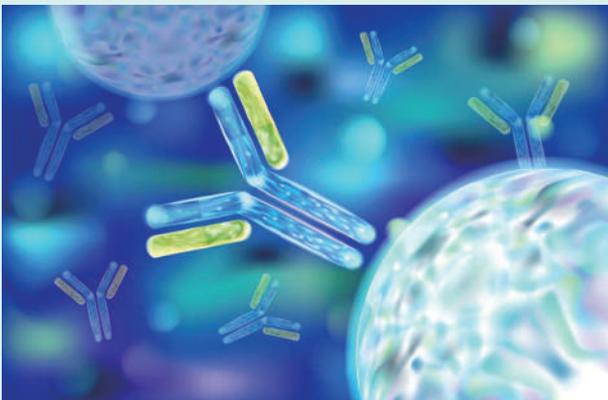
# 무엇을 넣는가? : 백신의 작용 원리

With Corona

여러분은 백신을 접종하셨나요? 접종하셨다면, 어떤 종류의 백신을 접종하셨나요? 현재 우리나라에서 코로나19 백신으로 사용할 수 있는 종류가 정해져 있기 때문에, 백신을 접종하기 전에 각 백신이 어떤 원리로 우리 몸의 면역을 활성화하는지, 부작용은 없는지에 대해 꼼꼼히 찾아보셨을 텐데요. 하지만 꾸준히 들려오는 백신 부작용 사례에 여전히 많은 사람이 두려움에 떨고 있습니다. 부작용에 대한 걱정과 불신에 대해 정확히 짚고 넘어가기 위해 초기 백신부터 현재 사용되고 있는 백신까지, 다양한 백신의 작용 원리를 알아보고 백신의 효과에 대해 알아보겠습니다!

## 면역의 의미 및 원리

면역은 화학 물질이나 바이러스 등 면역 반응을 일으키는 항원에 대해서 방어하는 현상을 뜻하며, 크게 태어나면서부터 지니고 있는 선천성 면역과 백신 등을 통해 과거에 침입한 항원에 대해 생성되는 후천성 면역으로 나뉩니다. 선천성 면역은 대부분 비특이적 방어작용으로, 피부나 점막에서 염증 반응이 일어나는 것과 같이 병원체의 종류를 구분하지 않고 일차적으로 일어나는 방어작용입니다. 하지만 선천적 면역으로는 해결되지 않는 질병도 많아졌기에, 죽거나 약해진 항원을 체내에 주입하여 일부 바이러스에 특이적으로 반응할 수 있는 항체와 기억세포를 미리 형성시켜줄 필요가 있습니다. 먼저, 인위적으로 항원을 주입하면 T 림프구와 B 림프구가 활성화되고, 활성화된 B 림프구가 형질 세포로 분화해서 항체를 생성하는 1차 면역 반응이 일어납니다. 이후, 약 2~3주 정도의 시간이 지난 후에는 실제로 병에 걸려 항원이 다시 침입해도 기억 T 세포와 기억 B 세포에 의해서 항체가 생성되는데 걸리는 시간이 훨씬 짧아지고, 생성되는 양도 더 많아지는 2차 면역 반응이 일어나게 됩니다. 이러한 면역 반응을 일으키는 백신에 대해서 한번 자세히 알아볼까요?



① 항원과 항체

[출처] <https://www.sciencetimes.co.kr/news/%EC%BD%94%EB%A1%9C%EB%82%9819%EA%B0%95%EB%A0%A5%ED%95%9C-%EB%A9%B4%EC%97%AD-%EB%B0%98%EC%9D%91-%EC%B4%89%EB%B0%9C/>

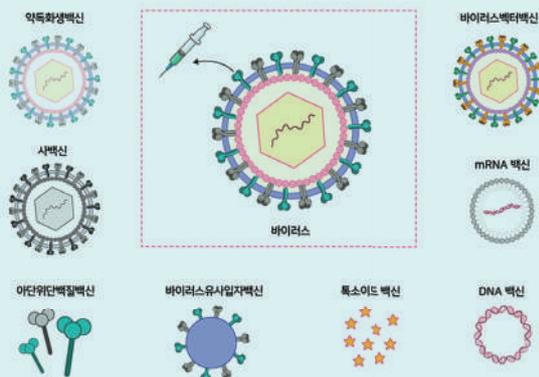
## 백신의 시초, 불활화 백신

백신은 감염이 있기 전 인위적으로 병원성을 약하게 만들거나(약독화) 병원성을 제거한(불활화) 병원체를 체내에 인위적으로 주입하여 체내 면역체계를 활성화하는 물질을 뜻합니다. 약독화 백신은 병원균이 살아있는 생백신에 해당하기 때문에 가벼운 증상이나 제한된 감염을 일으킬 수도 있습니다. 그 부분에 있어서, 병원체의 생명 활동을 완전히 중단시키는 불활화 백신이 더욱 안전하죠. 병원체를 죽일 때는 보통 포르말린이라는 약품을 사용하는데, 포르말린을 이용해서 단백질 내부 또는 단백질 간의 가교 결합(Cross-linkage)<sup>1</sup>을 만들어서 단백질의 기능을 완전히 상실시키는 과정을 거칩니다. 하지만, 이 과정은 병원체의 모든 단백질을 불활성화시킬 수 있기 때문에, 체내에서는 감염을 일으키는 특정 병원체를 인식하지 못하게 될 수 있습니다. 즉, 기능을 잃은 모든 단백질에 대해 항체를 유도하기 때문에 면역 반응이 일어나야 하는 곳에 집중되지 않는다는 단점이 있습니다. 최근에는 코로나19를 예방하기 위해 이러한 단점을 극복한 다양한 백신들이 개발되고 있고, 그 종류는 크게 앞서 말했던 불활화 백신을 포함해 6종류가 있습니다. 이 중에서 많이 사용되는 백신인 바이러스 벡터 백신과 mRNA 백신, 그리고 재조합 백신이 각각 체내에서 어떻게 작용하는지 알아보겠습니다.

## 한계를 극복한 백신들

먼저, 바이러스 벡터 백신은 코로나바이러스의 스파이크 단백질을 형성하는 DNA를, 인체에 무해하면서 인간 세포에 감염이 가능한 다른 바이러스 주형에 넣어 근육 세포에 주입합니다. 이후, 체내에서는 코로나바이러스의 표면 항원 단백질인 스파이크 단백질을 합성하며 특이적 면역 반응을 유도하게 됩니다. 단순히 약독화 백신이나 불활화 백신처럼 병원체를 그대로 주입하는 것이 아니라, DNA가 체내에서 복제할 수 없는 벡터 바이러스를 통해서 몸속에 들어간 후 유전자 전사, 번역 과정을 거쳐서 해당 표면 항원 단백질을 만들어내는 것이기

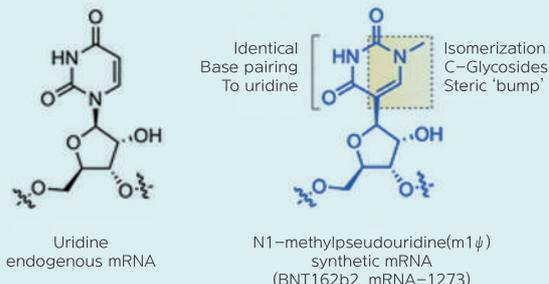
때문에, 보다 안정적이고 효과적으로 항체를 형성할 수 있습니다. 아스트라제네카의 AZD1222가 바이러스 벡터의 형태를 이용한 대표적인 백신입니다.



② 코로나바이러스 백신의 종류

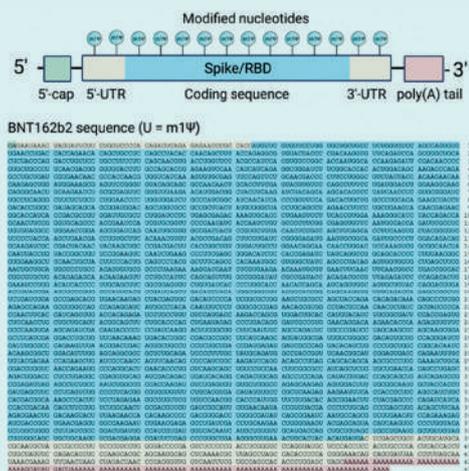
[출처] [https://www.ibs.re.kr/cop/bbs/BBSMSTR\\_00000001003/selectBoardArticle.do?ntid=19594](https://www.ibs.re.kr/cop/bbs/BBSMSTR_00000001003/selectBoardArticle.do?ntid=19594)

mRNA 백신은 말 그대로 RNA에 스파이크 단백질을 형성하는 유전자를 담은 후, 지질나노입자를 운반체로 하여 근육에 주사하는 백신을 말합니다. mRNA는 매우 불안정한 물질이기 때문에 백신으로 사용하기 위해서 여러 단계의 처리가 필요한데요. 먼저, 외부에서 유래된 mRNA가 인체에 들어갔을 때 선천성 면역이 일어나는 것을 막아야 하므로 스파이크 유전자 부분과 비번역부위인 UTR에 있는 유라실 염기(U)를 대신해서 화학 구조가 조금 다른 m1ψ(N1-Methylpseudouridine)를 붙입니다. 그림 4에서도 볼 수 있듯이 5'-cap과 그림에서와 동일하게 poly(A) tail 부분은 그대로 유지한 채 스파이크 단백질 유전자 서열의 U를 모두 m1ψ로 치환했습니다. 이는 RNA 2차 구조와의 상호작용을 변화시키고, RNA 면역 수용체와의 상호작용을 변화시킴으로써 '면역 회피' 과정을 일으키게 되는 것입니다. 두 번째로는 지질나노입자를 사용하는 것입니다. 보통 지질나노입자는 인지질과 이온화 지질을 세포막과 융합해서 만들어진 것으로 콜레스테롤과 폴리에틸렌 글라이콜(PEG)이 포함된 물질입니다. 콜레스테롤은 입자의 모양을 유지하고 RNA가 세포질로 이동하게 도와주며, 폴리에틸렌 글라이콜은 지질나노입자의 친수성을 높여 체내에 오래 머무를 수 있도록 도와줍니다. 그래서 mRNA를 담은 지질나노입자는 운반체의 역할을 잘 수행할 수 있죠. 이러한 mRNA 백신의 형태를 이용한 백신은 화이자와 바이오엔테크의 BNT162, 그리고 모더나의 mRNA-1273이 있습니다.



③ 유라실 염기와 m1ψ

[출처] <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acscentsci.1c00197>



④ m1ψ이 삽입된 mRNA

[출처] <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acscentsci.1c00197>

마지막으로, 재조합 백신은 유전자 재조합 기술을 이용해 합성된 항원 단백질만을 체내에 직접 주입하여 면역 반응을 유도하는 방법으로 작동합니다. 재조합 백신에서 가장 중요한 것이 면역증강제를 사용하는 것인데요. 합성 항원 단백질만을 이용하면 안전성은 보장되지만 면역 반응이 낮기 때문에, 면역 활성을 높여주기 위해서 이를 사용합니다. 지금까지 개발된 면역증강제에는 'Alum'과 'Saponin' 등이 있으며, 이러한 보조제와 합성 항원 단백질을 함께 주입하여 적은 양의 항원 단백질로 원하는 면역 반응을 얻어낼 수 있는 것이 재조합 백신을 처방하는 방법입니다. 재조합 방식으로 만들어진 백신은 Novavax의 NVX-CoV2373이며, 이 백신은 Matrix-M이라고 불리는 물질을 면역증강제로 사용합니다.

지금까지 면역의 생성 원리와 여러 가지 백신의 작용 기작에 대해서 살펴보았습니다. 일반적으로는 재조합 백신이 가장 안전하다고 알려져 있지만, 현재 우리나라에서는 mRNA 백신을 많이 사용하고 있습니다. 이는 mRNA의 변형이 편리하다는 점과 백신을 제조하기 쉽다는 점, 그리고 mRNA가 불안정한 물질이기에 체내에 오래 머물지 못해서 안전하다는 점 등의 이유 때문입니다. 그렇다면 이렇게 제조된 백신을 통해 가장 효과적으로 면역 반응을 끌어내기 위해서는 어떻게 해야 할까요? 백신과 관련된 또 하나의 중요한 기술인, 백신을 체내에 투여하는 방법에 대해서 알아보시다! 🗨

각주

1. 사슬 모양 고분자의 사슬 사이를 화학 결합에 의하여 서로 연결시킨 것으로, 흔히 다리 결합이라고도 부른다.

참고 문헌

- Kellie D. Nance and Jordan L. Meier, 'Modifications in an Emergency: The Role of N1-Methylpseudouridine in COVID-19 Vaccines,' 『ACS Cent.Sci.』 7(2021.04.06.), 748~756 p.
- 김주원 외 2인, 『백신 플랫폼 기술(Vaccine Platform Technologies)』, KISTEP, 2021, 7~14쪽.
- 조규봉, 『mRNA 백신의 화학적 원리와 구조』, 『과학기술』 2021년 7월호, 62~65 쪽.
- 이나경, 『백신기반기술로서의 면역증강제』, 『한국분자·세포생물학회 뉴스지』, 2015년 5월호, <https://www.ksmc.or.kr/webzine/webzine.html>

# 어떻게 넣는가? : 백신의 접종 방법

With Corona

체내에서 바이러스의 침입에 대해 면역 반응을 일으킬 수 있도록 백신을 만들었다면, 이를 어떻게 몸속에 있는 면역 세포에 전달할지 정하는 것도 중요한 문제입니다. 백신을 비롯한 다양한 약물을 체내로 도입하는 과정은 입을 통해 섭취하는 경구 투여부터 주사나 연고의 형태까지 다양한데요. 백신은 이 중에서 주사를 통해 접종하게 됩니다. 하지만 주사기를 이용하여 약물을 주입하는 방법도 한 가지만 있는 것은 아닙니다. 다양한 약물은 체내로 어떤 방법을 통해 전달되는 걸까요? 또 약물을 전달하기 위한 방법으로 개발된 신기술에는 어떤 것들이 있을까요?

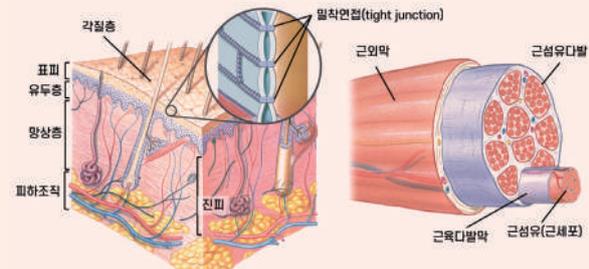
백신을 비롯한 모든 약물의 목적은 표적으로 하는 세포나 조직, 기관에 도달하여 그 기능을 수행하는 데에 있습니다. 이러한 점에서, 원하는 약물을 개발 과정에서 설계한 위치로 적절히 전달하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있습니다. 백신과 백신으로부터 만들어진 바이러스 단백질은 면역 작용을 일으킬 수 있는 세포와 만나야 하기 때문에, 백신 접종의 부위로는 혈관이 발달해 있거나 수술 없이 외부에서 접근 가능한 영역이 적합합니다. 따라서 백신과 약물은 이 두 가지 조건을 만족하는 피부 계통(Integumentary System)과 근육 계통(Muscular System)에 도입되게 됩니다.

## 백신이 도입되는 위치는 어디인가

피부 계통은 외부와 맞닿아있는 우리 몸의 가장 바깥 부분을 둘러싸는 시스템을 말합니다. 피부 계통은 크게 표피, 진피, 그리고 피하 조직으로 나뉩니다. 이 중에서 가장 외부에 위치하는 표피는 신체 부위에 따라 4개 또는 5개의 층으로 이루어져 있습니다. 표피의 가장 바깥을 이루고 있는 층은 각질층(Stratum Corneum)입니다. 각질층의 세포들은 케라틴화된 죽은 세포들로 이루어져 있고, 밀착 연결에 의해 세포 사이의 틈이 거의 없어 물이 이 층을 통과하지 못하도록 합니다. 또한 300Da<sup>2</sup> 이상의 물질은 이 층을 통과할 수 없어 대부분의 약물이 연고 형태로 전달될 수 없는 이유가 되기도 합니다. 표피의 아래에는 진피가 존재합니다. 진피는 두 개의 영역으로 나뉘는데, 표피와 인접한 유두층(Papillary Layer)에는 모세혈관이 있고, 그 아래에 있는 망상층(Reticular Layer)에는 더 큰 혈관과 림프관이 있어 면역 세포들이 효과적으로 접근할 수 있습니다. 마지막으로 피하 조직은 표피와 진피를 내부의 계통과 연결하는 연결 조직의 일종으로 모세혈관과 성긴 결합 조직(Loose Connective Tissue)으로 이루어져 있습니다.

근육 계통은 골격근, 평활근, 심장근으로 구성된 기관계를 의미하는데, 주사를 통해 약물이 전달되는 경우는 일반적으로 골격근을 대상으로 합니다. 근육에는 여러 개의 근섬유다발이 근외막에 의해 묶여 존재하고, 근섬유다발에는 다시 여러 개의 근섬유(근육 세포)가 근육다발막에 의해

묶여 존재합니다. 이때 근육은 다량의 ATP를 사용하여 수축 작용을 통해 물리적인 힘을 내는 기관이기 때문에 충분한 에너지를 공급받을 필요가 있습니다. 따라서 각 근섬유다발에는 혈관이 발달해 있어, 각 근섬유에 에너지를 전달합니다. 특히 자주 사용하는 큰 근육일수록 해당 근육으로 향하는 혈관이 발달하게 되고, 결과적으로 좋은 혈관성(Vascularity)을 가지게 됩니다. 이렇게 근육에 백신이 전달되면 전달된 백신은 근육 세포로 이동하여 바이러스 단백질을 만들어내게 됩니다.



① 피부 계통과 근육 계통의 구조

[출처] Fundamentals of Anatomy & Physiology 10th Edition

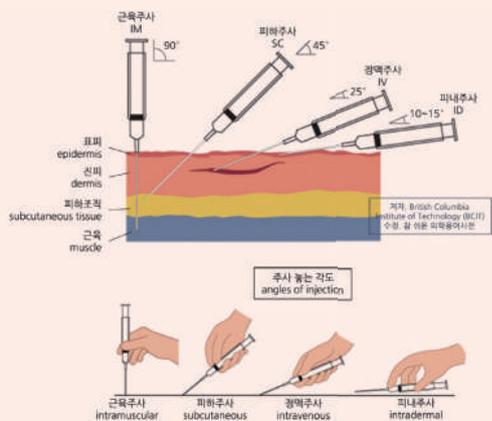
## 백신의 접종 방법

현재 백신 대부분은 주사기를 이용해 체내로 도입됩니다. 이때 백신을 넣는 주사기의 각도가 채혈할 때나 링거를 맞을 때와는 달리 거의 수직에 가깝다는 점을 알고 계셨나요? 주사기를 이용해 약물을 전달하는 방식은 그 각도와 접종 위치에 따라 피내주사, 진피주사, 정맥주사, 피하주사, 근육주사로 나뉘게 됩니다. 이 중에서 백신의 접종에 사용되는 방법으로는 혈관이 발달한 위치에 접종하는 방법인 피하주사와 근육주사가 있고, 특히 근육주사를 주로 사용합니다. 피하주사는 바늘을 45° 기울여 피하 조직에 약물을 주입하는 방법으로, 주로 팔의 옆면이나 복부, 허벅지의 전면부에 주사하게 됩니다. 피하 조직에는 혈관이 존재하기는 하나, 모세혈관의 형태로 비교적 적게 분포하기 때문에

약물과 단백질을 온몸에 빠르게 전달하지는 못합니다. 대신 주입된 약물을 지속해서 전달할 수 있어, 적은 용량을 지속적으로 전달해야 하는 백신이나 여러 호르몬 주사에 주로 사용됩니다.

근육주사는 혈관이 발달해있는 근육 조직에 약물과 백신을 전달하는 방법입니다. 근육 계통은 피부 계통의 아래에 존재하기 때문에 바늘과 피부가 이루는 각도를 거의 90°에 가깝게 하여 집중하게 됩니다.

국내에서는 코로나바이러스 백신으로 mRNA 백신이나 바이러스 벡터 백신을 주로 사용하는데, 이 백신들은 근육 세포에 바이러스의 유전 정보가 들어가게 되어 바이러스 단백질을 합성합니다. 합성된 단백질에 면역 세포들이 쉽게 접근하기 위해서는 혈관성이 좋은 근육들이 유리합니다. 따라서 대부분 팔 근육에서 큰 근육 중 하나인 삼각근(Deltoid)에 접종하고, 삼각근의 두께가 얇아 접종이 어려운 유아에 대해서는 허벅지에 접종하기도 합니다.

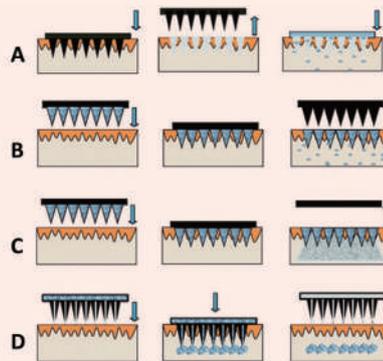


② 각도와 위치에 따른 접종 방법  
[출처] <https://medicalterms.tistory.com/344>

**약물 접종의 신기술, 마이크로니들**

현재까지는 주사기를 이용해 백신을 비롯한 약물을 체내로 도입하는 것이 일반적이지만, 머지않은 미래에는 주사기 없이도 백신을 맞을 수 있을 것으로 예상하는데, 바로 마이크로니들(Microneedle) 기술이 발전하고 있기 때문입니다. 앞서 이야기했던 것처럼, 300Da<sup>2</sup> 이상의 수용성 물질은 각질층에 의해 피부를 통과하지 못합니다. 마이크로니들은 초소형의 바늘이 각질층에 물질이 전달될 수 있도록 하는 구멍을 형성하여 이 구멍을 통해 다양한 물질을 전달합니다. 마이크로니들은 약물을 전달하는 과정에서 각질층은 뚫지만, 신경이나 혈관을 건드리지 않기 때문에 아프지 않고 출혈도 없다는 장점이 있습니다.

최초의 마이크로니들은 실리콘으로 만들어진 것이었는데, 현재는 스테인리스 스틸, 텍스트린, 유리나 세라믹, 그 외의 다양한 다량체(Polymer)들이 마이크로니들의 제작에 사용됩니다. 약물은 다양한 방식으로 마이크로니들에 결합할 수 있습니다. 그림 3의 A와 같이 가시와 같은 구조를 이용해 각질층에 구멍을 형성한 후 따로 약물을 포함한 패치를 붙이는 방식부터, 바늘 구조 자체를 약물 성분으로 만드는 방법(C), 바늘의 표면에 약물을 코팅하는 방법(B)이나 마이크로니들에 의해 형성된 통로로 약물을 전달하는 방법(D)처럼 말이죠.



③ 마이크로니들이 약물을 전달하는 방식  
[출처] Ryan F. Donnelly, Thakur Raghu Raj Singh & A. David Woolfson (2010) Microneedle-based drug delivery systems: Microfabrication, drug delivery, and safety, Drug Delivery, 17:4, 187-207. DOI: 10.3109/10717541003667798

최근에는 여러 방법을 통해 마이크로니들을 이용한 백신 접종에 관한 연구가 이뤄지고 있다고 하니 주사기가 아닌 마이크로니들로 백신을 접종하게 되는 일이 멀지 않았을지도 모르겠습니다!

지금까지 백신이 만들어지고 체내에 도입되어 면역이 형성되는 과정을 알아보았습니다. 사회가 바이러스로부터 완전히 안전해지기 위해서는 어떤 조건들이 필요할까요? 또 긴 시간 동안 우리를 힘들게 한 코로나바이러스와 같은 병원체는 어떻게 확산되고 종식될 수 있을까요? ❶

각주

1. 특정 단백질에 의해 인접한 세포들이 강하게 결합하는 방법
2. 달톤. 원자나 분자에서 사용되는 질량의 표준 단위

참고 문헌

1. Fundamentals of Anatomy & Physiology (written by Martini & Nath, 10th ed., Pearson International Edition),2015
2. Heine, A., Juranek, S. & Brossart, P. Clinical and immunological effects of mRNA vaccines in malignant diseases. Mol Cancer 20, 52 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12943-021-01339-1>
3. Takuo Yuki, Aya Komiya, et al, Impaired tight junctions obstruct stratum corneum formation by altering polar lipid and profilaggrin processing, Journal of Dermatological Science, Volume 69, Issue 2, 2013, p148-158.
4. Skowronski DM, De Serres G. Safety and Efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 Vaccine. N Engl J Med. 2021 Apr 22;384(16):1576-1577. doi: 10.1056/NEJMc2036242. Epub 2021 Feb 17. PMID: 33596348.
5. National Center for Biotechnology Information (NCBI)[Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; [1988] - [cited 2021 Dec 2]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556121/#article-23707.s3>
6. <https://korean.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/different-vaccines/mrna.html>
7. Michael E., Pichichero, Understanding messenger RNA and other SARS-CoV-2 vaccines, MDedge Hematology and Oncology, December 14, 2020, <https://www.mdedge.com/hematology-oncology/article/233491/coronavirus-updates/understanding-messenger-mrna-and-other-sars>
8. Kim, H., Park, H. & Lee, S.J. Effective method for drug injection into subcutaneous tissue. Sci Rep 7, 9613 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10110-w>
9. Ryan F. Donnelly, Thakur Raghu Raj Singh & A. David Woolfson (2010) Microneedle-based drug delivery systems: Microfabrication, drug delivery, and safety, Drug Delivery, 17:4, 187-207, DOI: 10.3109/10717541003667798
10. Mark R Prausnitz, Microneedles for transdermal drug delivery, Advanced Drug Delivery Reviews, Volume 56, Issue 5, 2004 Mar 27th, pp. 581-587.

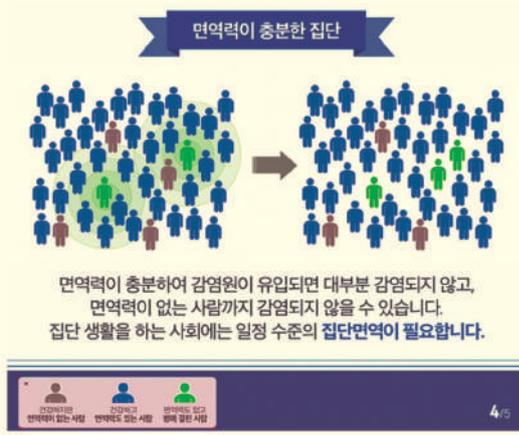
# 어떻게 막는가? : 백신과 집단 면역

With Corona

지금까지 백신이 우리 몸에 어떤 영향을 끼치고, 어떻게 접종되는지 알아보았습니다. 백신은 우리가 전염병에 저항하도록 도와주는 중요한 도구라고 할 수 있습니다. 최근에도 많은 사람이 백신을 접종하고 있죠. 그런데, 유전적인 이유나 의학적인 이유 등으로 백신을 맞지 못하는 사람들도 있습니다. 이 사람들을 전염병으로부터 어떻게 보호할 수 있을까요? 더 나아가, 한 사회에서 우리는 어떻게 전염병을 퇴치할 수 있을까요? 그 해법은 바로 ‘집단 면역’에 있습니다.

## 집단 면역이란?

전염병에 걸렸던 사람이나, 백신을 접종한 사람은 그 전염병에 대한 면역을 획득합니다. 만약 사회의 전체 구성원 중 대다수가 특정 전염병에 대한 항체를 가지고 있어서 면역을 획득한 상태일 때, 전염병은 어떻게 확산할까요? 당연히 모든 구성원이 면역을 가지고 있지 않을 때보다 덜 확산할 것입니다. 이렇듯 사람이 가진 항체로 인해 면역을 가지지 않은 사람에게도 전염병을 예방하는 효과가 나타나 전염병 유행을 저지할 수 있는데, 이를 집단 면역이라고 합니다. 또한, 사회의 전체 구성원 중 면역을 가진 사람의 비율을 면역도라고 정의합니다. 이때, 집단 면적이 작동될 수 있는 최소의 면역도, 즉, 특정 전염병을 억제하기 위해 사회 전체 구성원 중 면역을 획득해야 할 사람의 비율을 면역 역치(Herd Immunity Threshold)라고 합니다.



### ① 집단 면역의 효과

[출처] [https://nih.go.kr/gallery.es?mid=a20503010000&bid=0002&b\\_list=9&act=view&list\\_no=136500&nPage=20&vlist\\_no\\_npage=36&keyField=&keyWord=&orderBy=](https://nih.go.kr/gallery.es?mid=a20503010000&bid=0002&b_list=9&act=view&list_no=136500&nPage=20&vlist_no_npage=36&keyField=&keyWord=&orderBy=)

집단 면역는 1923년에 최초로 언급된 개념이지만, 이후 홍역을 연구하는 과정에서 멀리 퍼져나갔습니다. 초기에는 집단 면역을 단순히 자연적으로 생기는 현상이라고 생각했지만, 백신이 개발되면서 인위적으로 면역을 획득하도록 하여 면역도를 올릴 수 있게 되었고, 집단 면역을 획득할 수 있게 되었습니다.

## 집단 면역의 분석을 위한 도구,

### 기초감염재생산수(Basic Reproduction Number)

그렇다면 면역 역치는 어떻게 구할 수 있을까요? 면역 역치를 구하기 위해서는 기초감염재생산수라는 개념이 필요합니다. 기초감염재생산수는 감염병이 전파되는 속도를 수치화한 것이라고 할 수 있는데요, 구체적으로는 면역이 없는 인구 집단에 첫 감염자가 발생하였을 때, 첫 감염자를 통해 추가로 몇 명의 감염자가 발생하는지를 나타내는 수치이며, 기호로는  $R_0$ 이라고 표기합니다. 즉, 어떤 전염병의  $R_0$  값이 높으면 그 병은 전염성이 높다고 할 수 있는 것이죠. 2011년 미국감염병학회(IDSA) 학술지에 게재된 논문인 “집단 면역에 대한 대략적 지침”에서 따르면, 면역 역치는  $1 - \frac{1}{R_0}$ 로 구할 수 있습니다. 현재 유행 중인 코로나바이러스의 경우  $R_0$ 값이 3~5 정도인 것으로 알려져 있는데, 이 값을 토대로 면역 역치를 계산해보면 66.7%~80%가 됨을 알 수 있습니다. 계산된 값의 의미를 해석해 보면, 이론적으로 인구의 80%가 코로나19에 면역을 가진다면 집단 면역을 가질 수 있는 것입니다. 하지만 코로나19는 여러 형태의 변이 바이러스를 가지고 있기에  $R_0$ 의 값이 정확하다고 보기 힘들고, 다른 고려해야 할 요소가 많습니다. 기초감염재생산수에서 나아가 면역 역치를 더 정확히 구할 수 있는 지표가 있는데, 바로 백신 유효율입니다. 백신 유효율은 백신을 맞은 사람이 그렇지 않은 사람보다 전염병으로부터 얼마나 덜 감염되는지를 수치화한 지표로, 기호로는  $V_e$ 를 사용합니다. 백신 유효율까지 고려하면 면역 역치는 어떻게 계산될까요? 특정 전염병의 백신 유효율을  $V_e$ 라고 가정하면, 백신을 맞은 전체 인구 중  $V_e$ 만큼이 면역을 가진다는 뜻이기 때문에, 기존의 면역 역치 값에서  $V_e$ 를 나누어주어야 합니다. 즉,  $(1 - \frac{1}{R_0}) \times \frac{1}{V_e}$ 를 계산해주면 면역 역치를 최종적으로 구할 수 있죠. 백신 유효율까지 고려해서 코로나바이러스의 면역 역치를 다시 계산하면 어떻게 될까요? 코로나바이러스의 경우, 화이자와 바이오엔테크가 개발한 mRNA 백신인 BNT162가 약 95%의 유효율을 가지고 있다고 합니다. 실제로는 다른 백신을 맞은 사람들도 많겠지만, 편의를 위해 백신을 맞은 모든 사람들이 이 백신을 맞았다고 가정해 봅시다. 기존의 면역 역치 값에서 0.95를 나누어 최종적으로 코로나바이러스의 면역 역치를 다시 계산해 보면, 70.2%~84.2%라는 값이 나오게 됩니다.

Company	Type	Doses	How effective*	Storage	Cost per dose
Oxford Uni-AstraZeneca	Viral vector (genetically modified virus)	x2	62-90%	Regular fridge temperature	£3 (\$4)
Moderna	RNA (part of virus genetic code)	x2	95%	-20C up to 6 months	£25 (\$33)
Pfizer BioNTech	RNA	x2	95%	-70C	£15 (\$20)
Gamaleya (Sputnik V)	Viral vector	x2	92%	Regular fridge temperature (in dry form)	£7.50 (\$10)

\*preliminary phase three results, not yet peer-reviewed  
Source: Respective companies, WHO

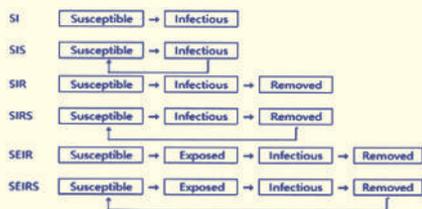
② 다양한 코로나바이러스 백신 유효율 및 특징

[출처] <https://www.ibric.org/myboard/read.php?Board=news&id=324837>

면역 역치를 통해서 우리는 집단 면역이 이루어지려면 얼마나 많은 사람들이 백신을 맞아야 하고, 얼마만큼의 항체를 형성해야 하는지를 알 수 있었습니다. 하지만 면역 역치를 통해서 전염병 전파의 자세한 과정을 알 수 없습니다. 만약 전염병이 전파되는 상세한 양상을 알고 싶다면 어떻게 해야 할까요? 전염병 모형은 바로 이 문제에 대한 해답을 제공합니다.

전염병 확산의 수학적 분석, 전염병 모형

전염병 모형은 특정 병원체나 병원체의 독성 물질 때문에 일어나는 전염병의 확산 양상을 나타낸 것으로, 사람을 여러 가지 집단으로 나누고 그 집단에 속한 사람의 수의 변화를 보여줍니다. 첫 전염병 모형은 스위스의 수학자인 다니엘 베르누이(Daniel Bernoulli)로부터 비롯되었습니다. 베르누이는 천연두 예방 접종 효과의 입증하기 위해 천연두의 발생률과 사망률에 관한 내용을 다른 자료들을 분석하여 이를 토대로 모형을 만들었으며, 이 모형으로 천연두 예방 접종이 기대 수명을 26세 7개월에서 29세 9개월로 늘릴 수 있다는 것을 보여주었습니다. 본격적으로 전염병 모형을 수식으로 표현해낸 시기는 1972년으로, 스코틀랜드 수학자 윌리엄 켈맥(William Kermack)과 역학자 앤더슨 맥켄드릭(Anderson McKendric) 박사는 사회적 상호작용을 보여주는 그래프 이론과 행렬을 이용하여 감염 가능군(Susceptible, S)과 감염군(Infected, I), 그리고 회복군(Removed, R) 사이에서 전염병이 어떻게 확산하는지를 보여주는 SIR 모형을 제시했고, 그 이후 다양한 모형들이 등장했습니다.



③ 다양한 전염병 확산 모형들

[출처] [https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NODE07245429&mark=0&useDate=&ipRange=N&ac=cssgl=Y&language=ko\\_KR](https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NODE07245429&mark=0&useDate=&ipRange=N&ac=cssgl=Y&language=ko_KR)

SIR 모형과 다른 전염병 모형들은 미분 방정식으로 표현할 수 있습니다. 이때, 크게 두 가지의 가정을 사용하는데요. 전염병에 걸리는 사람 수는 감염 가능군과 감염군의 사람 수의 곱에 비례한다는 것과, 전염병으로부터 회복되는 사람 수는 감염군에서의 사람 수와 비례한다는 것입니다. 전체 모집단의 크기를 M이라고 하고 t라는 특정 시간이 지난 지점에서 각각의 감염 가능군, 감염군, 회복군의 크기를 X(t), Y(t), Z(t)로 표현한다면, X(t) + Y(t) + Z(t) = M이라는 식이 성립합니다. 미분 방정식으로 표현하기 위해서는 각 군의 상태를 M에 대한 비율로 바꾸어서 표현해야 하므로, x(t) = X(t)/M, y(t) = Y(t)/M, z(t) = Z(t)/M 로 정의합니다. 그리고 전염병에 걸릴 확률인 감염률을 λ, 전염병으로부터 회복될 확률인 회복률을 γ라고 하면 다음의 미분 방정식들을 얻을 수 있습니다.

$$\begin{aligned} \frac{dx(t)}{dt} &= -\lambda x(t)y(t) \\ \frac{dy(t)}{dt} &= \lambda x(t)y(t) - \gamma y(t) \\ \frac{dz(t)}{dt} &= \gamma y(t) \end{aligned}$$

SIR 모형은 전염병의 잠복기까지는 고려하지 못했다는 한계점을 가지고 있습니다. 이 한계를 극복하고자 등장한 모형이 바로 SEIR 모형입니다. SEIR 모형은 기존의 SIR 모형에서 감염 가능군에서 감염이 되어 감염군으로 이동하는 과정에서 잠복기(Exposed, E)를 추가한 모형으로, 이 모형에서는 감염 상태에서 확진 환자로 전환될 확률인 잠복률이 시간에 대해 일정하다는 가정이 추가됩니다. 잠복기인 사람의 수를 E(t)라고 하여 e(t) = E(t)/M 로 정의하고 잠복률을 β라고 하면 SEIR 모형을 표현하는 미분 방정식은 다음과 같습니다.

$$\begin{aligned} \frac{dx(t)}{dt} &= -\lambda x(t)y(t) \\ \frac{de(t)}{dt} &= \lambda x(t)y(t) - \beta e(t) \\ \frac{dy(t)}{dt} &= \beta e(t) - \gamma y(t) \\ \frac{dz(t)}{dt} &= \gamma y(t) \end{aligned}$$

흥미로운 사실은, 앞에서 집단 면역을 분석하기 위해 중요하게 사용되었던 기초감염재생산수 R<sub>0</sub>가 바로 λ/γ 라는 것입니다. 즉, 감염률과 회복률을 구함으로써 우리는 적합한 미분 방정식을 세울 수 있고, 이를 풀어 시간에 따른 전염병의 확산 양상을 예측할 수 있죠. 이렇게 백신을 접종하지 못한 사람들을 보호할 수 있는 집단 면역과 미분 방정식을 통해, 다가올 미래를 대비할 수 있도록 돕는 전염병 모형을 알아보았습니다. 실제로 우리나라의 많은 수학자, 과학자 분들께서 코로나바이러스가 등장한 이후 바이러스의 확산을 예측하는 모형을 연구하셨고, 이를 참고하여 정부가 방역 정책을 펼치고 있습니다. 지금도 많은 분들이 코로나바이러스로 인한 현재의 위기를 극복하기 위해 노력하고 계시는데요. 집단 면역을 성공하여 일상을 되찾을 그날을 기대하고 있었습니다! 🙏

참고 문헌

1. 기현균, 「COVID-19 예방접종과 집단 면역」, 『The Journal of Korean Diabetes』, 2021.10.20, <https://doi.org/10.4093/jkd.2021.22.3.179>
2. 임해원, 「[팩트체크] 집단 면역 60%, 코로나19 방패일까」, 『이코리야』, 2020.03.24, <https://www.ekorenews.co.kr/news/articleView.html?idxno=42996>
3. 이상구, 고래영, 이재화, 「신종 인플루엔자의 수학적 모델링」, 『한국수학교육학회지. 시리즈 E: 수학교육논집』 제24권 제4호 (2010년), 877-889쪽
4. 류수락, 최보승, 「확률적 방법에 기반한 질병 확산 모형의 구축」, 『한국데이터정보과학회』 제26권 제2호 (2015년), 301-312쪽

# 복잡한 현상에 숨겨진 패턴을 찾아내는 복잡계

글. 산업경영공학과/물리학과 정우성 교수님

2021년 노벨 물리학상은 복잡계 연구에 기여한 학자에게 수여되었다.

노벨상을 수여하는 스웨덴 과학한림원은 이번 수상의 의미를 1) 무질서한 물질이 무작위로 하는 운동을 설명하는 이론을 만들고, 2) 지구 기후를 이해하고 인류가 기후에 미치는 영향을 밝혀낸 것이라고 하였다.

특히 기후 변화가 과학적인 근거를 바탕으로 한다는 점도 명확히 하였다.

노벨상은 빼어난 과학 업적을 남긴 학자에게 수여된다. 학자의 삶이 사회와 분리되어 있고, 학문도 세상과 거리를 두고 있다고 오해하는 경우가 종종 있다. 특히 눈에 보이지 않는 입자를 다루고, 상상하기 어려운 우주 공간을 넘나들고, 한 번도 가 본 적 없는 우주 탄생의 순간을 이야기하는 물리학에서 일상을 떠올리기는 어려울 것이라고 생각한다.

이번에 노벨 물리학상을 수상한 분야인 ‘복잡계’는 그간 대중들이 많이 접해보지 못하였을 분야다. 그렇지 않아도 일반인들이 이해하기에 거리감이 있는 물리학 중에서도, 반도체, 레이저, 로켓, 인공위성 같은 첨단 기술과도 연결이 잘 안되는 ‘복잡계’라니. 하지만 복잡계는 일상과 가장 가까운 물리 분야로, 세상 모든 것이 복잡계라고 해도 과언이 아니다. 복잡계는 아주 많은 것들이 서로 얽히고설킨 시스템이다. 때문에 겉보기에는 무질서해 보이지만, 그 시스템에 숨겨진 패턴과 질서를 찾기 위해서 많은 학자가 노력하고 있다. 이러한 복잡계의 하나인 무질서한 지구 시스템에 나타나는 기후 변화의 모델을 밝혀낸 것이 이번 노벨상의 주요 업적이다. 노벨상을 수여할 때는 항상 각 학자가 몇 %의 지분을 가졌는지 밝힌다. 이번 노벨상은 복잡계 이론의 파리시 교수가 50%, 기후 변화 모형의 마나베 교수와 하셀만 교수가 나머지 50%의 공헌을 차지하였다.

복잡계는 통계물리라는 물리학 분야에서 시작되었다. 통계물리는 ‘미시적인 상태’와 ‘거시적인 상태’를 연결하는 접점이다. 많으면 달라진다는 생각으로 자연을 바라보면 통계물리의 세계가 보인다. 시스템을 구성하는 하나 하나를 따로 보는 것과 시스템 전체를 보는 것은 분명히 다르다. 가령 물이 얼음으로 바뀌는 상전이(Phase Transition)를 보자. 어느점에 도달하면 갑작스레 모든 물 분자가 얼음으로 바뀌는 거 같지만, 실제로는 그렇지 않다. 그럼 그릇에 담긴 물 분자 중 얼마나 많은 분자가 얼음으로 바뀌어야 그릇 속  $H_2O$ 가 액체에서 고체로 바뀌는 것일까? 그릇 속 물과 얼음 분자의 비율은 어떤 함수를 따라 변하는 걸까?

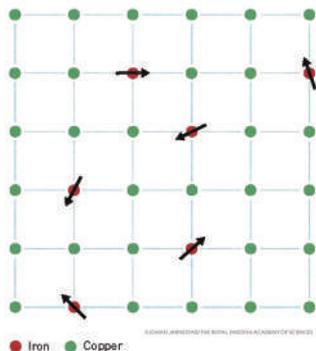


통계물리의 아버지라 할 수 있는 볼츠만 이전에는, 열(Heat)을 다루는 열역학은 단지 현상론적 해석과 열역학 법칙에 기반을 둔 연역적 접근에 의존하였다. 볼츠만은 ‘에너지가 같은 미시적 상태는 모두 같은 확률로 존재한다’라는 가설과 엔트로피의 정의를 내어놓았다. 이후 우리는 그간 거시적 관찰로만 바라보던 실험 결과를 해석하고, 열역학 법칙의 결과 역시 잘 유도할 수 있게 되었다. 시스템의 미시적 영역과 거시적 영역을 연결하는 비밀을 풀어나갈 수 있게 된 것이다.



그림 1. 마음대로 날고 있는 것 같지만 서로 연결되어 일정한 패턴을 만들어내는 철새의 움직임  
[https://www.nobelprize.org/uploads/2021/10/Slideshow\\_Physics\\_2021\\_Nobelprizelessons.pdf](https://www.nobelprize.org/uploads/2021/10/Slideshow_Physics_2021_Nobelprizelessons.pdf)

통계물리와 복잡계는 특정한 대상이나 문제를 풀기보다는 온갖 시스템에 적용이 가능한 틀을 만든다. 그래서 법칙보다는 세상을 바라보는 패러다임같이 느껴지기도 한다. 노벨상을 받은 파리시 교수도 특정 문제를 푼 업적보다는 다양한 ‘무질서한 시스템’을 설명할 방안을 제안한 것이 주요 업적이다. 만약 한 공간에 여러 사람이 모여 있고, 각자 빨간 옷과 파란 옷을 골라 입을 수 있다고 하자. 그리고 각 사람은 남들이 입고 있는 옷은 입기 싫어한다고 가정해 보자. 두 명이 모이면 간단하게 각자의 옷 색깔을 고를 것이다. 하지만 세 명이 모이면 같은 색깔 옷을 입은 사람이 생길 수밖에 없어 서로 어쩔 줄 몰라 하는 ‘찢찢땀(Frustration) 현상’이 생긴다. 파리시 교수는 전자의 스핀 사이에서 나타나는 ‘찢찢땀 현상’을 연구하였다. 이뿐 아니라 뜨거운 액체 유리를 차가운 물에 넣어서 갑자기 온도를 낮추면 무질서한 유리 분자의 복잡계가 생긴다. 파리시 교수는 유리 분자가 두 가지의 상태로 존재하면서 상호작용하는 모형을 탐구하였다. 이런 모형은 물이 얼거나 시스템이 무질서한 상태로 변하는 상전이 현상을 이해하게 해 주었다.



옆의 사진은 찢찢땀 현상의 또 다른 예이다. 붉은 동그라미로 표시된 각 철 분자를 작은 자석처럼 생각하고 서로 영향을 주고받는다 생각할 수 있지만, 찢찢땀 현상으로 인해 각 스핀의 방향을 정하는 것에 어려움을 겪는다.

파리시 교수의 이론은 더욱 다양한 시스템에 적용할 수 있다. 좁은 방이라면 세 명만 모이겠지만 넓은 교실에는 더욱더 많은 사람이 모일 수 있다. 만약

그림 2. 철 분자의 찢찢땀 현상

[출처] [https://www.nobelprize.org/uploads/2021/10/Slideshow\\_Physics\\_2021\\_Nobelprizelessons.pdf](https://www.nobelprize.org/uploads/2021/10/Slideshow_Physics_2021_Nobelprizelessons.pdf)

1 찢찢땀 현상에 빠진 스핀은 이리지도 저리지도 못하다가 두 가지의 스핀을 모두 갖는 중첩 상태에 빠지고, 이는 양자 중첩과 양자얽힘을 거쳐 양자컴퓨터 연구로 확장된다

100명의 사람이 모인다면 10명이 만났을 때 생기는 것보다 찢찢맴의 강도가 세진다. 이때 커지는 찢찢맴은 사람 수의 증가에 해당하는 열 배가 아니라 더욱 큰, 기하급수적인 변화를 겪는다. 이는 소셜 네트워크에서 일어나는 의견 대립, 신경망에서의 신호 전달, 고려할 사항이 많은 기상 현상과 기후 모델, 복잡한 학습이 일어나는 인공지능 등 여러 형태의 시스템에 적용된다.

또 다른 수상자인 마나베 교수와 하셀만 교수는 특히 기후 변화와 관련된 모델 연구에 크게 기여하였다. 과거의 기후 변화는 관측 데이터를 분석하기만 하면 되었다. 하지만 앞으로 기후가 어떻게 바뀔지를 예측하는 것은 아주 복잡한 문제이다. 마나베 교수는 기후 변화를 예측하는 수치 모델을 처음으로 만들었다. 그는 지구 대기 중의 이산화탄소 농도 변화가 지구 표면 온도 상승과 어떻게 연결되는지 살펴보았다. 하셀만 교수는 기후 변화를 추정할 때 대기만큼 해양 온도가 중요하다는 점을 고려하였다. 대기 중 이산화탄소의 상당 부분을 해양이 흡수하기 때문이다. 또한 기후 변화에 영향을 미치는 신호를 식별하는 방법도 개발하였다. 이 모델 덕분에 인간의 이산화탄소 배출이 대기 온도 변화에 영향을 미친다는 걸 증명하였다.

복잡계는 앞서 이야기한 것처럼, 특정 분야나 문제에만 머무르지 않는다. 그래서 여느 해와 달리 2021 노벨 물리학상 수상자들은 어떤 일을 하였기에 노벨상을 받았는지 명확하게 와닿지 않는다. 이는 역설적으로 복잡계가 일부 문제에 국한되지 않고 광범위한 확장이 가능하기 때문이다. 최근의 복잡계 연구는 전자의 스핀이나 기후 모형, 생물학, 기계 학습뿐 아니라 사람이 살아가는 모습, 의견이 확산하고 대립하는 과정 등에도 활용된다. 물질이나 생물 데이터뿐 아니라 사회에서 수집된 빅데이터 분석에도 복잡계의 접근 방법이 많이 쓰인다.

이렇게, 세상을 더욱 잘 이해하기 위한 복잡계의 문이 활짝 열렸다. 여느 노벨상 수상자와 마찬가지로, 새로운 세상으로 안내해 준 학자들에게 노벨상이 주어졌다. 이제 그들의 연구를 발판으로 삼아 어디로 어떻게 나아갈지는 우리의 몫이다. ②

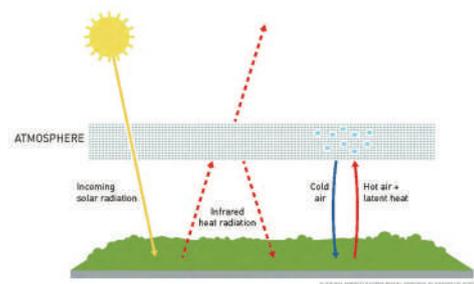


그림 3. 이산화탄소의 증가로 나타나는 대기 온도 상승 모형

[출처] [https://www.nobelprize.org/uploads/2021/10/Slideshow\\_Physics\\_2021\\_Nobelprizelessons.pdf](https://www.nobelprize.org/uploads/2021/10/Slideshow_Physics_2021_Nobelprizelessons.pdf)

수상자



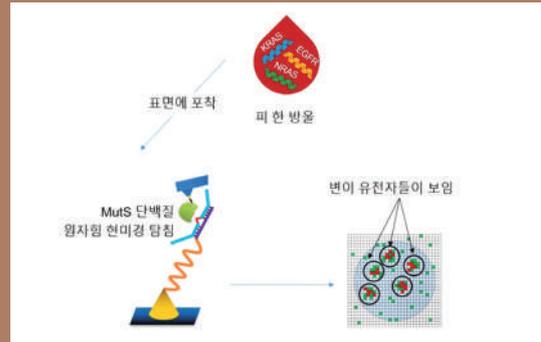
1 Syukuro Manabe [https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%8A%88%EC%BF%A0%EB%A1%9C\\_%EB%A7%88%EB%82%98%EB%B2%A0](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%8A%88%EC%BF%A0%EB%A1%9C_%EB%A7%88%EB%82%98%EB%B2%A0)

2 Klaus Hasselmann <https://www.mpg.de/nobelpreis/klaus-hasselmann>

3 Giorgio Parisi [https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A1%B0%EB%A5%B4%EC%A1%B0\\_%ED%8C%8C%EB%A6%AC%EC%8B%9C](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A1%B0%EB%A5%B4%EC%A1%B0_%ED%8C%8C%EB%A6%AC%EC%8B%9C)

## 01 피 한 방울로 유전자 증폭 없이 암 진단하다

포스텍 화학과 박준원 교수 연구팀은 서울성모병원, 서울대 의대와 공동 연구를 통해 유전자 증폭 없이 피 한 방울로 암을 조기 진단할 수 있는 기술을 개발했습니다. 사실상 피 한 방울만으로 암이나 질병을 진단한다는 개념은 그리 새로운 개념은 아닙니다. 지금까지는 액체생검(Liquid Biopsy)이라는 방법으로 다양한 연구들이 진행됐고, 혈액 검사를 통해 암을 진단하는 다양한 방법이 존재해 왔습니다. 그렇다면 이번 연구가 주목받는 이유는 무엇일까요? 바로 유전자 증폭 검사(PCR)에 의존하지 않고 암을 진단함으로써 액체생검 기술의 진보를 일궈낸 성과이기 때문입니다. 기존의 방법들은 암 특이적인 유전자를 검사하고, 이후에 PCR을 통해 암을 증폭하여 이러한 유전자를 확인하는 방식으로 진행되었는데, 이번에 새롭게 개발된 방법은 현미경 내의 탐침과 원자 사이의 상호작용을 측정해서 시료의 표면을 스캔하는 비광학 현미경인 원자힘 현미경을 통해 유전자 증폭 없이도 변이유전자를 검출하는 방식을 사용한다고 합니다. PCR에 의존하지 않으면 암 진단의 특이도가 100%에 가까우며 혈액 속 1~3개의 변이유전자, 즉, 낮은 농도의 변이유전자까지 찾아낼 수 있는 높은 민감도를 갖게 된다고 합니다. 이때 민감도와 특이도는 각각 암으로 진단받은 사람 중 실제 암 환자의 비율, 암이 아니라고 진단받은 사람 중 실제로 암 환자가 아닌 사람의 비율을 의미합니다. 특이도와 민감도가 높다는 것은 그만큼 진단의 정확도가 높아진다는 것이겠죠? 그뿐만 아니라 이 기술은 치매의 조기진단 분야에의 응용도 고려되고 있다고 하니, 앞으로 다양한 분야에서의 무궁무진한 발전을 기대해 봐도 좋을 것 같습니다.



출처 <http://www.wiznews.co.kr/news/articleview.html?idxno=10840>

## 02 씨앗 구조를 본뜬 3차원 전자 소자

식물은 움직일 수 없지만, 씨앗은 수 km까지 퍼뜨릴 수 있습니다. 열매를 먹은 동물이 직접 씨앗을 퍼뜨리기도 하지만 민들레나 단풍나무의 경우처럼 씨앗이 바람을 타고 날아가기도 하죠. 송실대 김봉훈 교수와 미국 노스웨스턴대의 존 로저스 교수 공동 연구진은 이러한 단풍나무의 씨앗에 착안하여 초소형 센서 소자를 개발했습니다. 지금까지 대기 상태를 측정할 때는 드론이나 비행 로봇을 사용했지만, 이는 비행 시에 에너지가 많이 소모되고 소형화하기에는 부품이 너무 많이 쓰인다는 단점이 있었습니다. 반면에, 새롭게 개발된 초소형 센서 소자는 가운데에 코일, 센서, 제어 회로 등을 담았고, 잘 휘는 플라스틱을 사용하여 바람을 타고 잘 날아가는 단풍 씨앗의 얇은 막 구조를 모방하였다고 합니다. 또한, 크기는 최소 0.5mm로 실제 씨앗보다 작게 설계하였고, 교통 카드와 동일하게 근적외선 통신을 통해 전력을 전송받아 센서의 이동에 별도의 동력이 필요하지 않게끔 제작하였습니다. 즉, 플라스틱을 포함한 작은 부품들을 사용하여 소형화했을 뿐만 아니라 근적외선 통신을 이용하여 자체 동력 없이 작동시킴으로써 이전의 한계점을 모두 보완한 것입니다. 연구진은 미세 먼지 농도를 정밀 측정해 주는 회로를 씨앗 모방 센서에 연결하는 데 성공하였다고 하는데요, 코넬대의 패럴 헬블링 교수는 이 소자가 사물 인터넷(IoT)에 사용되어 환경 감시와 통신 중계 네트워크를 구성할 수 있다고 평가하였다고 하니, 하루빨리 상용화된 모습을 만나 볼 수 있으면 좋겠네요!



출처 <https://www.chosun.com/economy/science/2021/10/07/2GAPT32CJFMNEZH55VD2EDNI4/>

### 03 태양광 컬러 유리

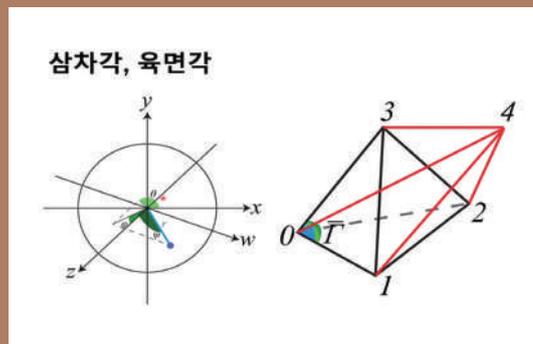
여러분은 '태양광 발전 패널' 하면 어떤 이미지가 떠오르시나요? 대부분 검푸른 유리를 떠올릴 것입니다. 그런데 이제는 빨강, 파랑, 노랑 등의 다양한 색상의 유리로 이 검푸른 유리를 대체할 수 있을 거라고 하네요. 과학기술정보통신부 산하 한국기계연구원의 박상진 원장을 포함한 연구진이 오염에도 강하고 다양한 색도 담아낼 수 있는 컬러 유리를 만드는 기술을 개발했습니다. 이 유리는 금속 나노 입자의 플라즈모닉 효과를 이용하여 만든 것으로, 유리의 표면에 고기능성 나노 소재인 금속과 실리카 나노 입자가 코팅되어 있다고 합니다. 플라즈모닉 효과는 빛이 금속을 비추면 빛의 파동에 맞추어 금속 표면의 나노 입자들이 집단으로 진동하고, 금속의 길이, 구조 등에 따라 특정 색의 빛만 산란시키는 것을 의미합니다. 이를 활용하여 개발된 태양광 컬러 유리는 나노 입자를 코팅하는 두께와 그 농도를 조절함으로써 투과율을 쉽게 바꿀 수 있다는 장점이 있고, 친환경 소재인 발수 실리카 입자를 나노 구조로 코팅함으로써 자기 세정 기능 또한 갖출 수 있게 되었습니다. 실제로, 이 자기 세정 컬러 유리로 만든 태양전지 모듈을 건물 외벽에 설치한 뒤 1년간 평가를 한 결과, 기존의 태양광 모듈이 생성하는 에너지 효율의 80%에 달하는 효율을 나타냈습니다. 성능이 검증되면서 앞으로는 건물의 벽면, 지붕에서만 볼 수 있었던 검푸른 패널을 대신하여 건물 디자인에 맞는 다양한 색의 패널을 제작할 수 있다고 하네요. 이렇게 현재 상용화된 태양전지에 근접한 효율뿐만 아니라 자기 세정력을 기반으로 한 내구성까지 지닌 컬러 유리, 앞으로 태양광 모듈을 건물 외장재로 사용하는 건물 일체형 태양광 발전시스템의 상용화를 앞당길 것으로 기대합니다!



출처  
<https://www.kimm.re.kr/sub0504/view/id/19090#u>

### 04 이상 시의 4차원 시공간 설계 및 건축

20세기 초반에 활동한 작가이자 건축가, 이상을 아시나요? 「오감도」 등의 난해한 시를 써 많은 사람에게 알려진 작가인데요. 이상정 광주과학기술원 기초교육학부 교수와 오상현 미국 캘리포니아대 머세드 물리학 박사 과정 연구원은 이상 시인의 작품 「삼차각설계도」와 「건축무한육면각체」에 등장하는 용어를 기하학, 물리학적인 관점으로 해석하였습니다. 이 연구의 핵심은 작품에 등장하는 용어인 '삼차각'과 '육면각'의 의미 이해에 있습니다. 먼저, '삼차각'이라는 용어는 4차원 공간상의 한 점을 초구면 좌표로 나타낼 때 쓰이는 세 개의 각도 값을 의미하며, '육면각'은 4차원 공간상에서 만들어지는 6개의 평면이 이루는 각도의 영역을 의미한다고 해석하였습니다. 이 해석에 기반하여 연구에서 「삼차각설계도」와 「건축무한육면각체」는 각각 4차원 시공간에서의 설계와 건축을 나타내는 작품임을 추측해 볼 수 있었다고 합니다. 또한, 4차원 시공간은 3차원 공간에 1차원 시간이 더해진 것임을 미루어 보아 이 두 작품에서의 설계와 건축은 물체의 시간에 따른 변화까지 설계하여 건축하는 것을 의미한다고 해석해 볼 수 있다고 합니다. 이번 연구를 통해 두 연작시의 관계를 규명할 수 있었고, 앞으로도 이러한 구체적인 이해에 기반하여 이상 시의 새로운 해석도 기대해 볼 수 있을 것이라고 합니다. 이렇게 문학 작품의 용어를 기하학, 물리학적으로 해석할 수 있다는 사실, 신기하지 않나요? 🍎



출처  
<https://www.youtube.com/watch?v=hoH1GrumJ58>

환자 맞춤형 치료를  
가능하게 하는  
인공지능 기술 개발

## 생물정보학실험실

Structural Bioinformatics Lab

글. 생물정보학실험실 안현수

어떤 암 환자는 새로 나온 항암제로 건강을 되찾지만, 다른 암 환자는 전혀 치료제의 혜택을 보지 못한다. 신종 코로나바이러스 감염증(COVID-19, 코로나19) 같은 바이러스 감염도 어떤 사람은 아픈지도 모르고 지나가지만, 어떤 사람은 격렬한 면역 반응을 겪다가 사망하기도 한다. 이렇듯 환자마다 질병의 증상과 치료제에 대한 반응은 다르게 나타난다. 이는 같은 질병에 걸린 환자일지라도 증상이 나타나는 생물학적 원인이 다르기 때문이다.

생명과학과 김상욱 교수님이 이끄는 생물정보학실험실에서는 의료정보 빅데이터 속에서 환자의 질병 원인과 치료 타깃이 되는 생물학적 정보를 찾아 환자 맞춤형 치료를 제공할 수 있는 정밀 치료 인공지능(AI) 기술을 개발하고 있다. 최근 활발히 연구되고 있는 다양한 머신 러닝 기술을 활용해서 약물의 혜택을 받을 수 있는 환자들의 특성을 찾아낸다면, 약물의 치료 효과를 극대화할 수 있으며, 약물이 잘 안 듣는 환자들을 예상하고 파악하여 그들을 위한 새로운 치료 방법을 제시할 수 있다.

기존에는 같은 질병이 있는 환자에게 비슷한 치료를 제공했다면 이제는 환자별 맞춤형 정밀 치료의 필요성이 부각되고 있다. 치료에 성공하거나 실패한 의료 기록이 쌓이면서, 같은 치료법이라 하더라도 동일한 질병과 증상을 가진 모든 환자에게 효과가 있는 것이 아님을 발견하게 되었다. 이에 따라 치료법에 대해 다른 반응을 보이는 환자들 사이의 차이점을 알아내기 위한 연구가 진행되고 있다. 환자들의 생물학적 차이에 대한 연구는 질병에 대한 지식 네트워크의 축적을 가능케 하고, 이는 다시 의료 기술과 기초 과학을 발전시켜 환자 맞춤형 치료법 개발을 돕는다. 하지만 아직은 피부에 와닿을 정도로 효과가 높지 않아 실제 적용 사례가 많지 않은 것도 사실이다.

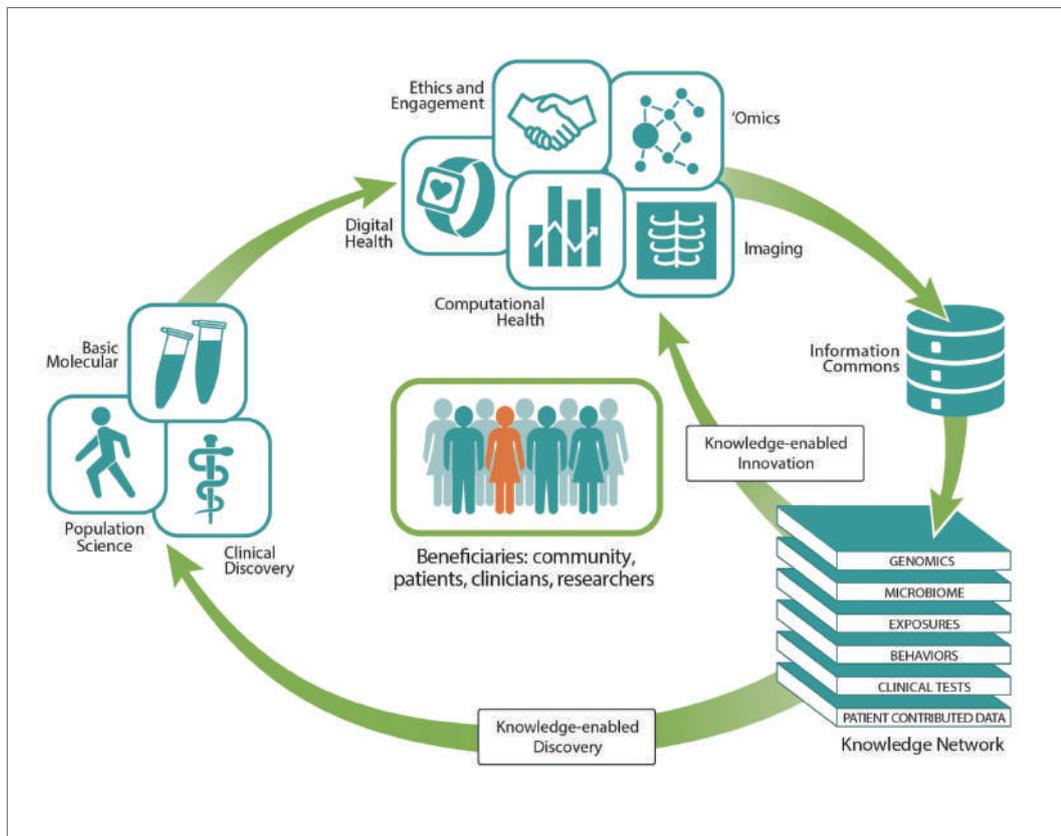


그림 1. 환자 맞춤형 정밀 치료 개요  
 [출처] <https://precisionmedicine.ucsf.edu/elements-precision-medicine>

생물정보학실험실은 환자의 의료 기록과 유전자 정보와 같은 빅데이터를 학습한 후 환자의 치료 약물 결정에 도움이 되는 정보를 제공해 주는 인공지능 기술을 설계함으로써 정밀 치료를 실제 의료 현장에 도입하고 있다. 삼성의료원, 서울대병원, 세브란스병원 등 대형 병원과의 협업으로 얻은 의료 데이터를 이용해서 정밀 치료 기술의 정확도를 높이고 있으며, 이렇게 연구실에서 새롭게 개발한 정밀 치료 기술은 병원에서 환자의 치료 효과를 높이는 데 쓰이고 있다.

연구에 사용되는 빅데이터는 환자의 생활 습관부터 질병 증상과 유전자 정보까지, 모든 종류의 생물학적 정보를 포함한다. 사람의 유전자 데이터는 환자의 유전적 배경이나 가족력, 돌연변이 등 질병에 영향을 주는 근본적인 원인을 찾아낼 수 있어서 질병 치료법 개발에 적극적으로 활용된다. 그러나 환자의 질병에는 유전자 변이 외에도 영향을 줄 수 있는 요인들이 너무나도 많아서 유전자 데이터만으로는 정밀 치료 연구가 성공적으로 진행되지 않는다. 이를 해결하기 위해 정밀 치료 분석에 유전자 발현에서부터 생활 습관에 이르기까지, 상호 보완적인 정보를 담고 있는 여러 층의 데이터들을 함께 사용한다. 환자들에게서 나오는 다양한 종류의 데이터를 각 데이터 간의 생물학적 관계와 함께 분석에 활용하는 것이 더 정확한 결과를 만들어낸다.



그림 2. 연구실 자체 슈퍼컴퓨터 서버

정확한 환자 맞춤형 치료를 위해서는 여러 질병을 앓는 환자들의 빅데이터를 학습하여 생물학적 특징을 찾아내는 인공지능 기술이 필요하다. 생물정보학실험실은 전 국민 단위의 생물학적 빅데이터 연산도 감당할 수 있는 자체 고용량 슈퍼컴퓨터 서버를 갖춰 인공지능의 예측력을 극대화한다. 연구실의 신조인 ‘남들은 상상만 할 수 있는 계산을 실현하라!’를 지킨 결과물이다. 연구실에서는 이러한 자체 서버를 이용해 빅데이터 분석 및 복잡한 연산을 제약 없이 빠르게 수행하고 있다.

최근에는 암 환자의 약물 치료 기록이 담긴 의료 빅데이터와 네트워크 생물학 접근법을 기반으로 방광암 환자별로 어떤 약물에 민감하게 반응하는지를 정확히 예측한 정밀 치료 기술을 개발해 국제 학술지 ‘네이처 커뮤니케이션스(Nature Communications)’에 발표하기도 했다.

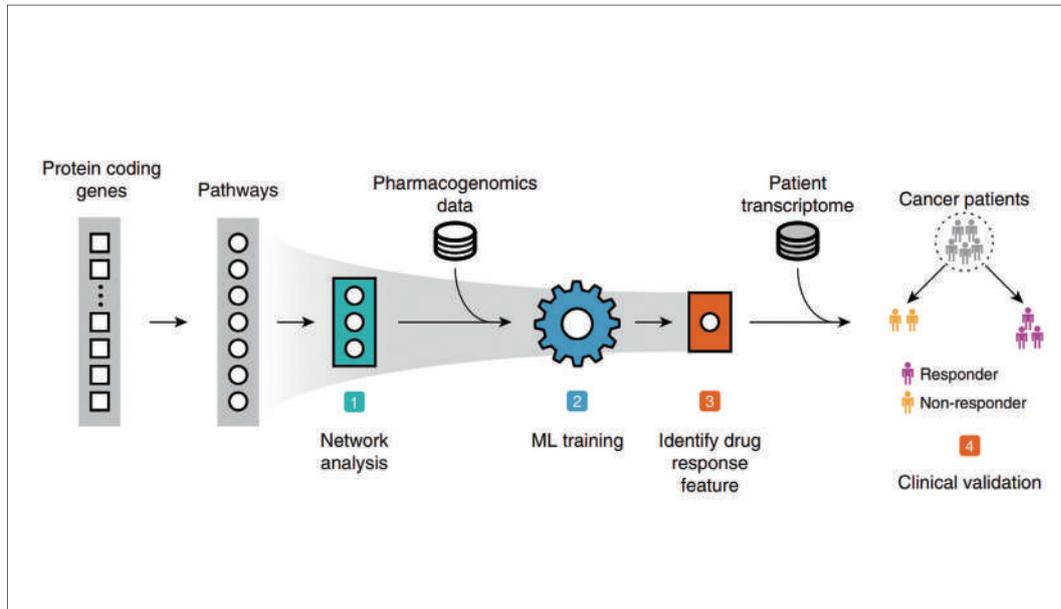


그림 3. 네트워크 기반 머신 러닝을 이용한 암 환자의 약물 효능 예측 기술

[출처]Kong J, Lee H, Kim D, Han SK, Ha D, Shin K, Kim S. Network-based machine learning in colorectal and bladder organoid models predicts anti-cancer drug efficacy in patients, Nat Commun. 2020 Oct 30;11(1):5485. doi: 10.1038/s41467-020-19313-8. PMID: 33127883; PMCID: PMC7599252.

이렇듯 환자 맞춤형 정밀 치료는 생명과학 분야뿐만 아니라 의료 기술 분야, 인공지능 기술 개발에 관련된 컴퓨터공학 분야 등이 협업해야 이룰 수 있는 기술이다. 이를 실현하기 위해 모인 생물정보학실험실의 구성원은 생명과학을 전공한 학생부터 화학 전공, 통계학 전공, 시 전공까지 다양하다. 연구실도 생명과학과뿐 아니라 인공지능대학원에 함께 소속되어 있다. 구성원의 다양한 전공만큼이나, 연구 중인 분야 또한 정밀 치료뿐만 아니라 구조생물학, 진화생물학, 암생물학 등을 폭넓게 다루고 있다. 연구실을 이끄는 김상욱 교수님은 생각이 서로 다른 이들이 한데 모여 활발한 대화를 통해 문제를 해결하고 이것이 좋은 결과로 이어지는 점을 생물정보학실험실의 매력으로 꼽는다.☺



▶ <랩뷰멘터리>영상에서 더 많은 이야기 만나보기

# AWAR



표스텍이 대면 강의 전환





**전국의 포스테키안 구독자 여러분, 안녕하세요!**

날씨가 쌀쌀해지는 겨울이 되면서 2021년도 끝이 났네요! 여러분들은 한 해를 잘 마무리하셨나요?

올해도 이어진 코로나19 팬데믹으로 인해 포스텍의 강연은 대부분 비대면으로 진행되었는데요.

아마 포스테키안 독자들께서도 코로나19로 인해 학교생활에 많은 어려움을 겪고 계실 것 같아요.

이번 겨울호에서는 부분 대면 강의 전환으로 지속사에 입사한 포스테키안의 대면 강의를 소개해 드리고자 합니다.

원화된 방역 수칙에 따라 2021학년도 2학기의 일부 강의들이 대면으로 진행되었는데요.

거리두기를 준수한 강의실 착석, 철저한 방역 수칙 준수와 학생들의 경각심 등

재학생의 일상 복귀와 원활한 수업 진행을 위해 모두가 함께 노력했습니다.

임학과 동시에 시작된 코로나19 팬데믹으로 20, 21학번 알리미들도 복잡복잡한 캠퍼스는 처음이었습니

다! 이번 알리미 온에어에서는 아침부터 수업을 들으며 이동하고, 도서관 그룹 스터디룸에서 팀 활동을 진행하는 등 평범한 대학생의 일상으로

복귀한 포스테키안의 모습을 알리미 온에어에 담아봤습니다. 포스텍 대면 강의 전환이 어떻게 진행되었는지 궁금하시다면?

4월 1일 위의 QR 코드를 통해 공개되는 영상을 확인해 보세요!



# 예술의 맥을 이어 나를 돌아보다

글. IT융합공학과 20학번 이준홍

## # 예술의 맥을 이어가자

극단 '예맥'은 '예술의 맥을 이어가자'라는 취지로 창단된 극단으로 포항 극단이지만 수도권에서도 수상을 쓸어 담으며 실력을 증명한 극단입니다. 이번 10/13~10/15에 예맥 분들과 함께 포항문화예술회관 소공연장에서 '효자동 브루스'라는 창작극을 올렸습니다. 저희는 연극 대선배님들과 함께 극을 올린다는 것 자체에서 많은 것을 배울 수 있고, 작은 역할이라도 최선을 다해 도와드리며 함께 극을 그려나가는 미래까지 멀리 내다보며 교류 활동을 진행하게 되었습니다. 사실 저희 연극 동아리 애드립(ADLIB)에서 미리 계획하고 충분히 준비한 뒤 예맥 측에 연락을 한 게 아니라, 동아리연합회

측에서 포항지역 문화 예술인들과의 교류를 추진하던 중에 포스텍 연극 동아리와 함께 공연하는 건 어떤지 이야기가 나와서 어쩌다 보니 급하게 교류가 진행되었습니다. 그래서인지 잡혀 있는 틀도 없었고, 어디서부터 어떻게 진행해야 할지도 잘 몰라 예맥 측과 자주 상의하며 하나하나씩 만들어갔던 기억이 크게 남는 것 같습니다.

'효자동 브루스'극은 예맥과 애드립이 함께하는 첫 교류 활동이고, 예맥에서 이미 준비 중인 극에 손을 도우러 가는 것이기 때문에, 스태프 위주로 함께했습니다.

애드립 동아리원들은 무대 뒤에서 대기하다가 암전시 무대를 변경하러 달려 나가는 무대팀, 극의 진행을 이끌어가는 조명을 담당하여 타이밍 맞게 세기를 조절하는 조명팀, 극의 감정을 몇 배로 부풀리는 음향을 다루는 음향팀, 포스터를 널리 홍보하고 공연 당일 관객과 마주하며 티켓팅을 담당하는 홍보팀뿐만 아니라 철호의 여자친구역, 반찬가게 손님역과 같이 직접 무대에 올라 빛을 발하는 배우로도 참여했습니다.

저는 조연출 겸 무대감독의 역할로서 참여했습니다. 극이 만들어지는 중간에 조연출이 필요하다는 연락을 받아 참여하게 되어서 극을 기획하지는 않았고, 무대감독의 역할을 주로 담당하게 되었습니다. 조명 큐나 음향 큐, 배우 분들

40

연극단원들과의 단체 샷 ▼



입·퇴장 타이밍, 무대 소품 상황 등 연출을 담당하신 분께서 만들어놓으신 연극을 이해하고 극이 진행될 때 흘러가는 감정을 느끼며 적정 타이밍에 맞게 큐를 넣는 연습을 했습니다. 어느 정도 지난 뒤엔 수정 예정인 부분에 조금씩 제 아이디어를 연출님께 조금씩 말씀드리며 연출님께서 결정하시는 데 도움이 될 수 있도록 최선을 다했습니다.

대학 입학과 동시에 코로나19가 시작되어 대면 공연을 올려본 적이 없는 저에겐 조연출의 자리가 큰 부담으로 다가왔지만, 예매 분들에게 많이 배려해 주시고 새로운 것들을 알려주신 덕에 연극의 깊이를 배울 수 있었습니다. 게다가 이렇게 좋은 분들을 만나 함께 할 수 있었다는 게 가장 행복했습니다.

## # 감정을 바라보다

처음 포스텍에 입학하고 들어갈 동아리를 고를 때, 주변 선배들로부터 연극 동아리 애드립을 소개받게 되었고 사람의 '감정'에 대해 알고 싶다는 생각으로 애드립에 들어와 연극을 시작하게 되었습니다. 물론, 고등학생 때 연극을 해본 적이 없고 지금까지도 대면 공연에서 직접 연기해 본 적이 없지만, 다양한 사람들을 만나고 다양한 캐릭터를 분석하고 또 각자의 표현 방식들을 바라보며 감정에 대해 많이 탐구할 수 있었습니다.

세상에는 다양한 사람들이 존재하기 때문에 같은 상황이어도 사람마다 다른 감정을 느끼며 다르게 표현하는 것 같습니다. 때로는 감정이 이성을 제쳐버리기도 하고, 때로는 이성이 감정을 무시하기도 합니다. 동일하게 표출한 감정이어도 상대방에 따라 전달되는 감정의 정도는 다를 수 있습니다. 그 속에서 나는 어떤 사람인가 아는 것이 중요한 것 같습니다. 물론, 내가 누군지 아는 것만큼 어려운 것이 없겠지만, 연극이 이를 충분히 도와줄 것으로 생각합니다. 연극을 통해 다양한 상황에 처해보고 다양한 사람이 되어보며 나를 직면해 보는 건 색다른 경험이 될 것입니다.

몇 년 해보지 않은 입장에서 감히 연극을 정의할 순 없겠지만, 그동안 제가 생각한 연극은 '감정을 이해하는 것' 이라 생각합니다. 배우의 말투, 동선, 몸짓 하나하나에도 다 의미가 부여되어야 한다고 배웠는데, 이는 극 중 캐릭터의 감정을 이해하고 온전히 받아들여야 가능하다고 생각합니다. 하지만, 연극은 사람마다 생각과 가치관이 다른 상황에서 하나의 극이라는 작품을 만들어가는 것이기 때문에 그

▶ '효자동 브루스' 포스터  
▼ 조연출 노력의 흔적 ▼



과정에서 의견 차이가 발생하거나 감정이 예민해지고, 서로의 감정이 틀어질 수 있는 당연한 어려움이 닥치게 됩니다. 게다가 감정을 다루는 활동이다 보니 개인의 감정이 상하지 않도록 서로 생각하고 배려해 주는 게 중요한 것 같습니다.

대부분 고등학생이실 독자분들에게 팀 프로젝트가 그럴 것입니다. 이미 많은 팀 프로젝트를 진행하고 있을 수도 있고, 앞으로 더 많은 팀 프로젝트를 하게 될 수도 있습니다. 저의 개인적인 생각으로는 어떤 팀 프로젝트를 하더라도 결과보단 사람을 잃지 않았으면 하는 바람입니다.

사람과 사람이 모여 서로의 장점을 합쳐서 다 같이 잘해보자는 의미에서 나온 것이 팀 프로젝트라 생각합니다. 팀 프로젝트 이전에 사람이 존재한다고 믿습니다. 아름다운 연극은 아무리 몸이 힘들더라도 모두가 행복할 때 비로소 만들어집니다. 연극을 올린다는 결과에 사로잡혀 감정이 상하도록 방치해 버린다면, 연극이 완성은 되어도 아름답지는 않을 수 있으니까요.

답답한 말처럼 들릴 수 있겠지만, 이건 저의 개인적인 생각일 뿐이니 '그런 가치관도 존재하는구나'하고 가볍게 읽고 넘어가 주시면 감사하겠습니다! 여러분도 여러분의 감정을 객관적으로 돌아보며 자신이 누군지에 대해 하나하나 알아가보는 기회가 있길 바랍니다. 제가 선배가 되지 않더라도, 우연히 접하게 되어 잠깐 만나게 된 글이라도, 이 글을 읽은 여러분들에게 인생의 큰 질문을 던지며 도움이 되는 사람이 되었으면 좋겠습니다. 혹시라도 사람들을 만나며 다양한 캐릭터와 마주하고 싶다면 포스텍 연극 동아리 애드립(ADLIB)을 추천합니다! 특히 전국적으로 실력을 인정받은 극단 예매과 함께한다는 흔치 않은 경험을 하고 싶다면... 🍷

# 4년간의 대학 탐험기

## ● 졸업을 앞둔 학부생이 전하는 대학 생활 이야기

글. 수학과 18학번 **이도현**

안녕하세요, 여러분. 22년 2월 졸업을 앞둔 만큼, 입학할 꿈꾸는 여러분께 이야기를 전달하게 되어 감회가 새롭습니다. 4년의 학부 생활을 돌아보며 차분히 생각해 보니, 제가 좋아하는 문구가 떠오르더군요. 바로 '소설 쓰는 철학자'로 알려진 호르헤 루이스 보르헤스(1899~1986)의 것입니다.

"시간은 나를 이루고 있는 본질이다.  
시간은 강물이어서 나를 휩쓸어 가지만, 내가 곧 강이다."

● 혹시 위 문구의 의미가 잘 느껴지시나요? 저는 두 가지 정도의 의미로 받아들였던 것 같아요. 첫 번째 해석은 '시간'과 '나'의 관계에 대한 것입니다. 시간은 나로 하여금 단맛과 쓴맛 모두를 맛보게 합니다. 또, 시간은 언제나 빠르게, 또 언제나 매우 느리게 흘러가는 것 같습니다. 시간의 흐름이란 이렇게 불가피하고 강력하지만, 그럼에도 나는 이 시간을 주체적으로 가꾸어 나갈 수 있습니다. 이러한 점에서, 위 구절은 시간 관리의 중요성을 역설한 것이 아닐까 싶습니다. 시간 관리야말로, '나'에 대한 관리인 것이죠.

한편, 또 다른 해석은 '나' 자체에 대한 것입니다. 위 문구를 말한 보르헤스가 인간이 갖는 '언어'와 '시간'에 대한 문제를 풀고자 노력했다는 점에서, 특별한 의미가 숨겨져 있는 것 같습니다. 우리는 어떻게 '현재'에서 '과거'와 '미래'를 모두 떠올릴 수 있는 것일까요? 어쩌면, 우리가 일상적으로 사용하는 과거-현재-미래의 시간관에는 인간 의식의 본질적인 특성이 숨겨져 있을 수도 있겠습니다. 이러한 점에서, 위 구절은 언어적 세계관이 인간 의식에 미치는 영향을 표현한 것 같습니다. 고교 시절부터 인간의 의식에 관심이 많았던 저는, 지난 4년간 포항공과대학교에서 수학, 물리학, 생명과학, 컴퓨터공학 등 다양한 분야의 학문을 접하며 생각의 폭을 넓히며 성장해 왔습니다. 이 글에서는 한 명의 수학교도이자, 의식과 마음에 대한 철학도, 과학도로서 어떤 노력을 해왔는지 소개하고자 합니다.

## 고교 시절, 꿈을 갖게 되다

● 저는 고교 시절 생명과학, 그중에서도 인간의 심리와 신경 시스템에 관심이 많던 학생이었습니다. 당시 실험 시간에 양 뇌를 해부했는데, 그날 이후로 다음과 같은 질문이 머릿속에서 떠나지 않았습니다.

1. 인간의 의식과 마음은 무엇으로 구성되어 있는가?
2. 그것의 본성은 무엇이며, 어떻게 기능하는가?
3. 어떻게 물질적인 뇌에서 인간의 마음이 발생할 수 있는가?

당시 위 질문에 답하기 위해, 혼자서 일반생명과학 교과서를 찾아보거나 심리학 서적을 읽어보기도 했고, 한국 뇌과학올림피아드에 참여해 여러 교수님께 특강을 듣기도 하였습니다. 그럼에도 불구하고, 저의 질문에 대한 뚜렷한 답을 찾을 수 없었습니다. 그러던 중, 고등학교에서 물리학을 배우며 이 학문을 통해 위 질문에 대한 해답을 얻을 수도 있겠다는 가능성을 발견했습니다. 만약 모든 것이 물리적 실체나 물리적 현상으로 간주할 수 있다면, 인간의 의식도 그러하리라 생각했기 때문입니다. 이처럼 인간의 의식과 그것의 본성을 탐구하겠다는 저의 꿈은 포항공과대학교로의 진학으로 이어지게 됩니다.

## 대학 입학 후, 꿈을 구체화하다

● 포항공과대학교에 입학한 직후, 무은재학부에 소속되어 3학기 후 학과를 결정하는 제도 덕분에 좋은 기회가 많았던 것 같습니다. 특히 '새내기 연구참여'라는 연구 수업을 장려하였는데, 이 과정에서 생명과학과의 생물정보학 실험실에서 실제 연구를 체험해 볼 수 있었습니다. 당시 생물물리학을 전공하신 교수님을 찾아, 생명과학과의 김상욱 교수님을 뵈게 되어 새내기 연구참여를 요청했고, 교수님께서 흔쾌히 수락해 주신 덕에, 한 학기 동안 관심 분야의 내용을 자유롭게 공부할 수 있었습니다. 하지만, 해당 분야에서 인간의 의식과 관련된 연구는 쉽게 찾을 수 없었습니다. 그러던 중, 포항공과대학교에서 주최한 생명물리 여름학교에 참여해 물리학과와 김승환 교수님을 뵈게 되었습니다. 한국계산뇌과학회의 초대 회장이자, 인간의 뇌에 관심이 많으신 교수님과 면담을 진행하며 많은 조언을 받을 수 있었습니다. 이를 바탕으로 물리학과 전재형 교수님의 통계물리학 연구실에서 연구 참여를 진행하였고, 이 연구를 통해 브라운 운동을 비롯한 수학적 방법론에 큰 흥미를 얻게 되었습니다. 한편, 연구참여를 하는 동안 '머신러닝'이라는 응용 수학 분야를 접하게 되었는데, 그중 '인공지능'이라는 키워드가 눈에 띄었습니다. 이에, 인공지능에 대한 심도 있는 학습을 위해 여러 교과서 원서를 독학하거나, 세미나 그룹을 운영해 관련 지식을 습득하였습니다.



친구들과 함께 한 인공지능 세미나

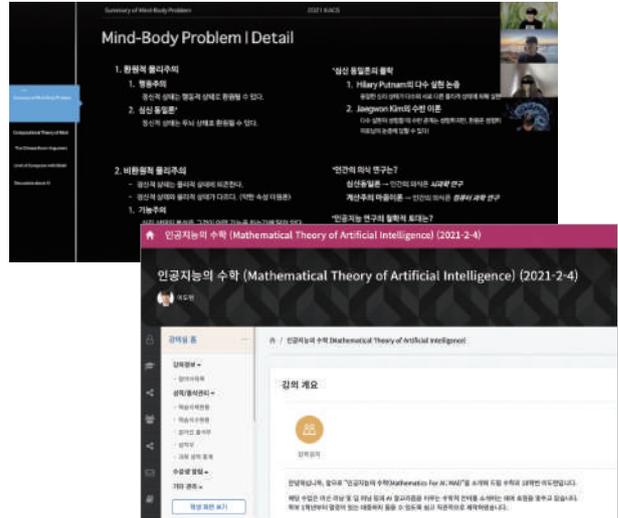
## 전공 결정 후, 끝에 도전하다

수학과에 진학하기로 한 것은, 수학으로 쓰인 텍스트를 집중적으로 읽으며 논리적 사고 능력을 크게 기르기 위함이었습니다. 실제로, 수학을 통해 길러진 논리적 사고 능력은 새로운 지식을 빠르고 정확하게 이해하는 데 큰 도움을 주었습니다. 교내 인공지능대학원에서 인공지능 관련 정책 과제의 연구 인턴을 수행하며, 인공지능 관련 내용을 폭발적으로 학습할 수 있었습니다. 이후, 앞서 제가 가졌던 질문의 근원이 인공지능의 역사를 구성하는 철학적 기반과 관련되었다는 것을 깨달았습니다. 철학 논문을 읽고 공부하는 데 있어 수학에서의 훈련이 큰 역할을 하여 깊이 있게 공부할 수 있었던 것 같습니다.

인공지능과 심리철학에 관한 공부 후, 저의 질문이 아직 심리철학의 범주에 있다는 사실을 깨닫게 되었습니다. 바로 우리의 의식을 계산 과정으로 간주하는 계산주의 마음 이론(Computational Theory of Mind)이 그것입니다. 계산주의 마음 이론 중 고전적 계산주의(Classical Computationalism)와 결합주의(Connectionism)는 프로그래밍 언어와 현대의 인공지능의 토대가 될 만큼 아주 중요한 이론이라고 생각합니다. 그러나 두 이론의 장점이 적절히 이루어진 완전한 이론은 등장하지 않았습니다. 또, 각 개체의 주관적 경험의 핵심인 감각질(Qualia)에 대한 계산 이론이 등장하지 않았다는 점에서 인류가 발견하지 못한 지식이라고 볼 수 있겠네요:) 저는 수학의 도구 중 하나인 위상수학을 활용하여, 인간의 두뇌와 계산 과정이 갖는 구조를 연구하고 있습니다. 구체적으로, 간단한 심층 신경망(Deep Neural Network)의 위상수학적인 구조를 밝히는 데에 힘쓰고 있습니다. 그뿐만 아니라, 마음의 이론을 과학으로 발전시키기 위해 한국이식과학회(KACS)에 참여하여, 의학, 바이오 및 뇌공학 등 다양한 배경을 지닌 분들과 함께 매주 심리철학 이론에 관해 토론을 진행하고 있습니다.

저의 궁극적인 꿈이 아직도 해결되지 않은 어려운 문제를 해결하는 것이라는 점이 걱정스럽기도 합니다. 수백 년간 풀리지 않은 문제가 그리 쉽게 해결되지 않을 것이기 때문이죠. 그러나

확실한 것은, 인간의 의식에 대해 공부한 제 경험을 돌아보고 공유하는 시간이 정말 즐겁다는 것입니다. 그래서 저는 제가 공부한 내용을 대중 강연으로 제작하여 교내 프로그램인 “포스텍 X 크리에이티브(POSTECH X CREATOR)”에 공유하고 있습니다. 작년에는 <인공지능의 수학>에 대한 강의를, 올해는 <인공지능의 철학적 논의>에 대한 강의를 제작하였습니다.



(위)의식과학학회 회원분들과 함께 한 심리철학 세미나  
(아래)직접 기획한 대중 강사진 “인공지능의 수학” 페이지

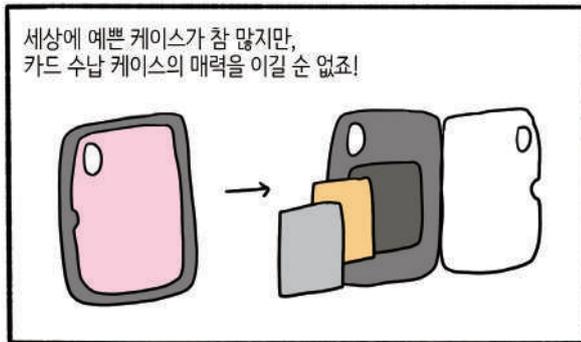
## 마치며

4년간의 학부 시절 동안 이론 성장을 돌아보며 저는 ‘사람’의 중요성을 깨달았습니다. 제가 인간의 의식에 대해 탐구하는 동안 큰 조언을 주신 여러 교수님, 인공지능에 대해 세미나를 기획했을 때 같이 한 팀원들, 심리철학 세미나에서 만난 학술회 회원님들, 여러 공모전과 경진대회에 함께 도전한 친구들, 모든 곳에 사람이 있었고, 그들을 통해 비로소 저를 발전시킬 수 있었습니다. 어찌 보면, 제가 인간의 의식에 관해 탐구하는 것이 사람을 너무 좋아해서 그런 것일 수도 있겠네요:) 또, 만약 여러분이 우리 사회에 정말로 중요한 기여를 하고 싶다면, 인간과 인간 사회에 대한 이해는 필수적인 것입니다. 문학, 경제학, 경영학, 예술 등 다양한 분야에 관심을 두고 우리 사회를 더 깊이 이해하게 된다면, 세상을 바라보는 해상도가 크게 높아질 것이라 확신합니다.

4년이라는 시간은 참 짧다면 짧고, 길다면 긴 시간입니다. 지난 4년은 저의 꿈을 구체화하고 더 가까이 다가가는 초석을 마련할 수 있는 소중한 시간이었던 것 같습니다. 보르헤스의 구절처럼, 여러분도 주어진 시간을 잘 관리하며 자신을 성장시킬 수 있으면 좋겠습니다. 다양한 사람들과 함께 시너지를 내며, 자기 잠재력을 폭발시킬 수 있는 여러분이 되길 기원합니다. 🍷



휴대폰 케이스



취미

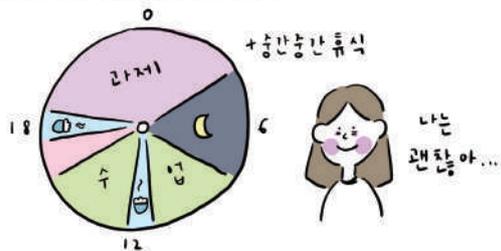
고등학생 때는 대학생이 되면 하고 싶었던 것을 하며 즐겁게 지낼 수 있을 줄 알았습니다.



평소엔 해보지 못했던 서핑을 배운다든지, 도자기 공예를 한다든지, 철학 공부를 한다든지 말이에요.



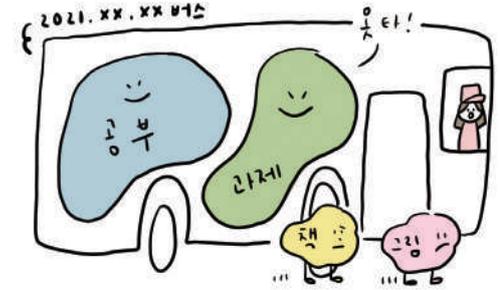
하지만 막상 대학생이 되니, 바쁜 현실에 치여 근사한 것들은 커녕 취미조차 즐길 시간이 없더군요.



제 취미는 아주 어렸을 때부터 그림 그리기였습니다.



그림 그리거나 책 읽기는 다른 취미에 비해 비교적 시간이 덜 들기는 하지만 학기 중엔 이마저도 들어갈 자리가 없습니다.



그래서 저는 취미라 하기에 민망할 만큼 작은 것들로부터 기쁨을 채우곤 합니다.



이런 작은 것들로 하루를 또 살아냈네요!



여러분은 어디에서 행복을 얻고 계신가요?



# 수학으로 해결된 문제들

수학은 일반적으로 엄밀한 논리에 근거해 추상적인 대상을 탐구하는 학문입니다. 또한 규칙을 발견하거나, 문제를 제시하고 해결하기도 합니다. 흔히 과학과 공학이 우리 생활에 도움을 주는 학문이라고 하지만, 만일 수학이 없었더라면 지금과 같은 과학의 발전은 어려웠을 것입니다. 실제로 다양한 분야에서 수학을 이용해 문제를 해결하기도 하는데요. 이번 호에서는 수학과 동떨어져 보이는 분야의 해결되지 않은 문제를 수학으로 해결한 이야기를 들려드리도록 하겠습니다.



글. 무은재학부 21학번 27기 알리미 김나림

3월 25일, [Science Black Box]의 이야기가 영상으로 공개됩니다!

46

## 수학자의 노벨 물리학상 수상 펜로즈의 특이점 정리

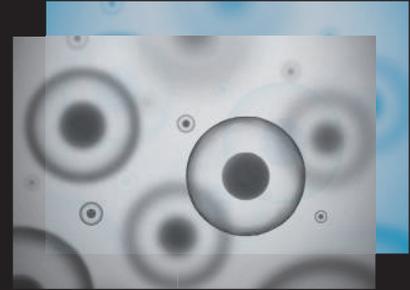


2020년 노벨 물리학상은 블랙홀의 예측 및 관측에 성공한 과학자들에게 돌아갔습니다. 특이한 점은 일생을 수학자로 살아왔던 로저 펜로즈가 블랙홀의 이론적 가능성을 입증하여 현대 이론물리학에 공을 세웠다는 것입니다. 이전까지는 많은 사람들이 블랙홀에 대해 들어본 적은 있어도 그 본질까지 정확하게 이해하지는 못했지만, 이제 블랙홀은 확실한 과학적 탐구 대상이 되었습니다. 이러한 블랙홀의 존재를 예측할 수 있는 핵심적인 이론이 바로 '특이점 정리'입니다. 블랙홀은 중력이 너무 강해 어떤 물질도 빠져나올 수 없는 시공간 영역입니다. 그리고 블랙홀의 밖에서는 안쪽에서 일어나는 일을 알 수 없어, 이를 '사건의 지평선'이라고 부르곤 하죠. 펜로즈의 '특이점 정리'에서 특이점은 바로 블랙홀의 중심을 의미합니다. 좀 더 자세하게는, 시공간 경로를 따라가는 물질의 시간이 끊기는 현상을 마주하는 이상한 점을 말합니다. 그리고 '특이점 정리'는 일반 상대성 이론의 해로 제시되었던 슈바르츠실트(Schwarzschild) 시공간에서 예측할 수 있는 특이점이 단지 수학적 허상이 아니고, 실제 천체 붕괴에서 발생할 수 있음을 수학적으로 증명한 것입니다. 펜로즈의 논증보다 훨씬 이전인 1917년에도, 완벽한 구형 물체의 중력장에서 아인슈타인의 상대성 이론을 이용하면 블랙홀과 같은 시스템이 가능하다는 가정은 존재하였습니다. 이 가정에 지나지 않던 개념을 펜로즈가 증명해 낸 것입니다. 그는 중력 붕괴에 의한 복잡한 수축 과정을 직접 다루지 않고도, 미래에 특이점이 없다고 할 때 생기는 위상수학적 모순을 발견하는 방식으로 증명했다고 합니다. 그의 논문은 특이점이 생길 수밖에 없는 전제 조건이 명료하고, 증명 과정이 깔끔해 많은 이들에게 놀라움을 주었다고 하네요. 이후에도 이런 위상수학적 방법론은 현대 이론물리학 분야에서 일반상대성이론 및 우주 구조의 연구에 중요한 역할을 하고 있다고 합니다.

[ 출처 ]

1. 김민형, [김민형의 여담] 특이한 수학자의 노벨상, 『한겨레』, 2020. 10. 22. <https://www.hani.co.kr/arti/opinion/column/966645.html>
2. 오성진, [프리미엄 레포트] 노벨물리학상 '펜로즈 특이점 정리' 이해하기, 『동아사이언스』, 2020. 11. 07. <https://www.dongascience.com/news.php?id=41191>
3. (이미지) [https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%A1%9C%EC%A0%80\\_%ED%8E%9C%EB%A1%9C%EC%A6%88](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%A1%9C%EC%A0%80_%ED%8E%9C%EB%A1%9C%EC%A6%88)

## 수학 모델로 해결된 생명과학 난제

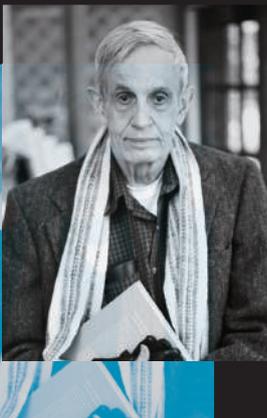


[ 출처 ]

1. 이성규, 「생물학 난제, 수학으로 풀다」, 『The Science Times』, 2012. 08. 08.  
<https://www.sciencetimes.co.kr/news/%EC%83%9D%EB-%AC%BC%ED%95%99-%EB%82%9C%EC%A0%9C-%EC%88%98%ED%95%99%EC%9C%BC%EB%A1%9C-%ED%92%80%EB%8B%A4/>
2. 김인수, 「벼룩의 운동메커니즘」, 『김인수박사와 함께하는 수학이야기』, 2012. 12. 20.  
[https://www.domin.co.kr/news/articleVi-ew.html?idxno=965663&replyAll=&reply\\_sc\\_order\\_by=1](https://www.domin.co.kr/news/articleVi-ew.html?idxno=965663&replyAll=&reply_sc_order_by=1)

생명 현상을 세포 내 화학 반응의 차원에서 이해하려는 시스템 생물학에서는 파올리가 개발한 확률 방정식을 주로 사용했습니다. 그러나 이 방법의 경우 플라스크에서처럼 균일하게 일어나는 화학 반응은 정확하게 설명해 주지만 세포처럼 불균일한 환경에서는 그러지 못했습니다. 이와 같이 세포는 영양 상태, 분열 주기, 크기에 따라 반응이 계속해서 바뀌기 때문에 정확한 모델이나 수학적 이론을 확립하는 것은 어렵다고 인식되어 왔습니다. 특히나 마이크로 RNA가 단백질 생성을 통제하는 방식이 조건에 따라 다른 조절 메커니즘을 보인다는 것에 생물학자들은 매우 혼란스러워했습니다. 이 문제를 해결하기 위해 수학자들로 구성된 국제 연구팀이 수학적 모델을 제시하였습니다. 이 모델에 의한 결과는, 마이크로 RNA의 진행 조건이 무엇이든 간에 단백질 생성의 조절이 안정적이고 효과적인 방향으로 일어난다는 것입니다. 이 연구 결과는 생명 현상에 수학적으로 접근하여 정량적으로 이해하는 새로운 패러다임을 제시하였습니다. 이 외에도 수학적 모델로 문제를 해결한 또다른 경우가 있습니다. 바로 초당 약 1.9m의 빠른 속도로 점프를 하는 벼룩의 운동 메커니즘인데요, 처음에 한 과학자는 벼룩이 점프를 할 때 체내의 탄성과 관련된 단백질인 레실린(Resilin)으로 구성된 패드(Pad)에 에너지를 저장한다고 생각하였습니다. 그러나 그렇게 큰 에너지를 어떻게 저장하는지가 의문이었습니다. 그렇게 44년이 지난 뒤 케임브리지 대학의 맬컴 버로우(Malcolm Burrows) 교수와 그레고리 서튼(Gregory Sutton) 박사가 벼룩의 이동 궤적을 재현하는 수학적 모델을 통해 이 문제를 해결하였습니다. 그들은 수학적 모델을 얻기 위해 10마리의 벼룩으로 51번의 점프 영상을 찍었다고 합니다. 이런 여러 번의 도전 끝에 벼룩이 무릎으로 점프하는 것이 아니라 발가락으로부터 힘을 전달받아 점프하는 것임을 확인할 수 있었습니다. 벼룩의 경이로운 점프가 수학적 모델링으로 설명되다니, 놀랍지 않나요?

## 게임 이론으로 노벨 경제학상을 수상한 수학자 존 내쉬



마지막은 영화 '뷰티풀 마인드'의 실제 주인공으로 알려져 있는 수학자 '존 내쉬'입니다. 존 내쉬는 조현병을 앓으며 대단한 업적을 쌓은 것으로 유명한데, 그중에서도 '게임 이론과 내쉬 균형'이 가장 잘 알려져 있습니다. 그는 게임 이론의 창안자인 폰 노이만의 한계를 뛰어넘은 논문 'n명 게임에서 평형점'으로, 1994년 노벨경제학상을 수상하였습니다. 그런데 주목할 점은 이 논문이 세상에 나오고 44년이 지나야야 노벨상을 수상했다는 점입니다. 그 이유는 무엇이였을까요? 게임 이론이란, 한 사람의 행위가 다른 사람의 행위에 영향을 미치는 상황에서 의사 결정이 어떻게 이루어지는지를 연구한 이론입니다. 이런 게임 이론의 핵심은 '합리적 공통지식'인데요, 이를 풀어 말하자면 모든 경기자가 게임의 보수와 규칙을 인지하고 있을 때, 경기자는 각각 자신에게 가장 이득이 되는 선택을 한다는 것입니다. 이 게임 이론의 핵심이 바로 '내쉬 균형'입니다. 이는 각자가 상대방의 대응에 따라 제일 나은 선택을 하고, 자신의 선택을 바꾸지 않는 균형 상태를 말합니다. 여기서 존 내쉬는 기존의 경제학 틀에서 벗어나 인간의 행동을 수학적으로 분석했습니다. 이 내쉬 균형을 설명할 때 가장 많이 사용하는 사례가 '죄수의 딜레마'입니다. 내쉬의 연구인 '죄수의 딜레마'는 경쟁보다 협력을 택할 때 참가자 모두가 이익을 얻는다는 사실을 밝혀냈습니다. 논문을 냈던 당시에 폰 노이만의 내쉬의 결과를 별것 아니라고 생각하고 넘겼지만, 시간이 지날수록 경제학, 사회과학, 진화생물학에까지 적용되며 엄청난 영향력을 가지게 되었습니다. 그래서 44년이 지나고서야 그 연구의 가치를 인정받아 노벨상까지 수상하게 된 것이었죠. 요즘에는 세계 무역 협상, 국가 노동관계와 같은 경제 분야에서 많이 사용되고 있다고 하네요!

[ 출처 ]

1. 김신영, 「조현병의 존 내쉬-1994년 노벨 경제학상 수상」, 『중앙일보』, 2016. 06. 07.  
<https://www.joongang.co.kr/article/20134120#home>
2. 강석기, 「[2015년 사라진 과학계 별들] 게임이론으로 노벨상 받은 수학자 존 내쉬」, 『동아사이언스』, 2015. 12. 30.  
<https://www.dongascience.com/news.php?idx=9428>
3. (이미지) [https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A1%B4\\_%ED%8F%AC%EB%B8%8C%EC%8A%A4\\_%EB%82%B4%EC%8B%9C](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A1%B4_%ED%8F%AC%EB%B8%8C%EC%8A%A4_%EB%82%B4%EC%8B%9C)

이렇게 수학으로 해결된 문제들에 대해 알아보았습니다. 글에서 다룬 내용 말고도 정말 다양한 분야에서 수학이 쓰이는데요. 이처럼 현대에는 수학을 비롯한 여러 학문 분야 간의 경계가 허물어지고 융합되면서 예상치 못한 시너지를 내기도 한답니다. 여러분들도 각자가 원하는 분야에서 공부하며 다른 학문에도 도움이 되는 연구를 하는 멋진 과학자가 되길 바랄게요! 



## 수학과가 본 겨울나기

Dept. of Mathematics

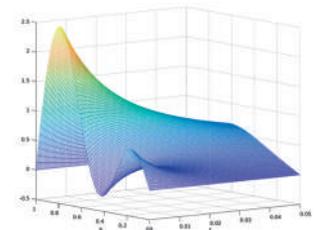
글. 전자전기공학과 20학번 26기 알리미 유현아

역시 구운 고구마를 데우니까 따듯해지네. 아, 그런데 고구마에 열을 가한 건 한 부분인데 어떻게 모든 부분이 따듯해질 수 있는 걸까? 열은 한 공간에서의 온도 분포로 정의되어 일정한 식에 의해 시간에 따라 전도되는데, 이 과정을 수식화한 것을 열 방정식이라고 해. 열역학 제2법칙에 따르면 열은 고온에서 저온으로 흐르고, 그러한 열의 전달 방법인 전도는 중간물질을 통해 열이 전달되는 방법이야. 각 중간물질은 고유한 열전도율을 가져서 같은 열을 받았을 때 전달하는 열의 크기가 달라져.

온도가 변하는 속도는 시간에 대한 함수로, 시간에 대한 편미분에 비례해. 온도가 변하는 방향은 공간에 대한 함수로, 공간의 상대적인 온도 분포에 따라 온도가 높은 부분은 온도가 내려가고 낮은 부분들은 올라가면서 열이 이동해. 상대적인 온도 차이는 공간의 2차 미분계수인  $u''$ 이 0이 되는 변곡점을 통해 파악할 수 있는데, 온도 기울기가 오목하면  $u'' > 0$ 이고 볼록하면  $u'' < 0$ 야.

이 과정을 쇠막대 같은 1차원 공간에 대해 수식으로 표현해 보면, 온도 분포는 공간과 시간에 따라 달라지기 때문에 공간에 대한 변수  $x$ 와 시간에 대한 변수  $t$ 로  $u(x, t)$ 라고 쓸 수 있어. 열이 이동하는 속도는  $\frac{\partial u}{\partial t} = u_t$ 이고, 공간의 2차 미분계수는  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = u_{xx}$ 로

표현돼. 결과적으로 열 방정식은 열전달률  $D$ 에 대해  $u_t = Du_{xx}$ 야. 이걸 3차원 공간이라고 생각하면  $x, y, z$  좌표에 대한 편미분을 하므로  $u_t = D(u_{xx} + u_{yy} + u_{zz})$ 로 쓸 수 있고,  $n$ 차원 공간까지 확대해 보면,  $u_t = D(u_{x_1x_1} + \dots + u_{x_nx_n})$ 으로 나타내게 되는 거야. 아래의 그림은 3차원 공간일 때, 특정 온도 분포를 나타낸 그림으로 시간이 지나면 왼쪽 윗부분은 내려가고, 오른쪽 밑부분은 올라가고 그 속도는  $u_t$ 에 비례해. 어때, 이렇게 식으로 표현해 보니 열이 어떻게 이동하는지 더 잘 알 것 같지? 난 고구마나 먹으러 가 봐야겠다!



[출처]

Xichu Zhang, The solution of the Heat equation, "Towards Data Science", 2021.9.1, <https://towardsdatascience.com/the-solution-of-the-heat-equation-71c503c36801>

[참고 자료]

1. 위키백과, 「열방정식」, [https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%97%B4\\_%EB%B0%A9%EC%A0%95%EC%8B%9D](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%97%B4_%EB%B0%A9%EC%A0%95%EC%8B%9D)
2. 어동훈, 「열방정식, 파동방정식의 의미」, 「공돌이의 수학정리노트」, 2019.8.29, [https://angeloyeo.github.io/2019/08/29/Heat\\_Wave\\_Equation.html](https://angeloyeo.github.io/2019/08/29/Heat_Wave_Equation.html)
3. 「편미분 방정식 (PDE) 열 방정식 (Heat equation) 이란?」, 2020.5.24, <https://m.blog.naver.com/sw4r/221976237057>



## 생명과학과가 본 겨울나기

Dept. of Life Sciences

글. 무은재학부 21학번 27기 알리미 김현준

추운 날씨에 밖에서 오래 있다가 따뜻한 집 안으로 오니 몸이 되게 나른하네. 피곤해서 지금 누우면 바로 잠이 들 것 같아. 여기서 잠깐! 잠의 역할은 무엇이며, 우리가 잠을 자는 이유는 무엇일까? 우선, 진화적 관점에서 잠은 야생에서 자신을 큰 위험에 빠뜨리는 일로 볼 수 있어. 잠을 자는 동안 천적에게 무방비로 노출될 수 있기 때문이지. 그런데도 인간을 포함한 많은 동물은 잠을 자는데, 이것은 잠이 생존에 있어서 필수적이기 때문이야. 실제로 잠은 육체적 피로를 해소할 뿐만 아니라, 뇌 기능 회복에도 큰 역할을 해. 인간의 뇌에는 1,000억 개의 뉴런과 100조 개의 시냅스가 있어. 낮 동안에 신경 세포의 시냅스 강화가 일어나며 그 강화된 시냅스 속에 기억이 저장된다면, 잠을 자는 동안에는 그 시냅스들을 정리하는 일련의 과정이 일어나. 인간의 수면은 REM과 NREM 수면으로 나뉘는데, 그중 NREM 수면 중에 주로 뇌의 필요 없는 시냅스를 제거하고, 살아남은 시냅스를 강화하지. 기억은 제대로 남기고, 필요 없는 시냅스는 지워서 다음날 새로운 정보를 받아들일 수 있도록 하는 거야. 실제로 수면 부족이 인지 능력을 감소시키고, 치매 발병률을 높이는 만큼 잠은 뇌 기능 유지에 정말 중요한 역할을 해. 또한, 최근에 나온 이론에 따르면 우리가 잠을 자는 가장

큰 이유는 ‘하우스키핑(Housekeeping)’ 과정을 위해서라고 해. 하우스키핑 유전자는 세포 내 DNA 복제나 세포의 생명 활동과 기능 유지에 필수적인 유전자로, 이 유전자의 발현을 위해서는 NREM 수면 상태의 뇌가 필요해. 실제로 NREM 수면 상태에서 뇌 신피질의 온도가 떨어지고 저온 유도성 RNA-결합 단백질 및 RNA-결합 모티프 단백질 3 유전자의 발현이 일어나는 것이 밝혀졌어. 아직 명확히 규명되지는 않았지만, 과학자들은 이때 생겨난 단백질이 뇌의 리모델링을 돕는 것으로 추정하고 있고, 관련된 연구를 계속하고 있어.

이렇게 잠이 인간에게 정말 중요한 만큼 다들 충분히 잠을 자 가면서 공부하면 좋겠다.

나도 지금 너무 졸리네. 얼른 자러 가 볼게!

### [참고 자료]

1. 신치홍, 「잠은 왜 자야 하는 것일까?」, 『사이언스타임즈』, 2020.09.24, <https://www.sciencetimes.co.kr/news/%EC%9E%A0%EC%9D%80-%EC%99%9C-%EC%9E%90%EC%95%BC-%ED%95%98%EB%8A%94-%EA%B2%83%EC%9D%BC%EA%B9%8C/>
2. 서동준, 「표지로 읽는 과학」 우리는 왜 잠을 잘까, 『동아사이언스』, 2021.10.31, <https://www.dongascience.com/news.php?id=50242>
3. Nicholas,P.Franks, 「The inescapable drive to sleep: Overlapping mechanisms of sleep and sedation」, 『Science』, 2021.10.28, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abi8372>



## 화학과가 본 겨울나기

Dept. of Chemistry

글. 무은재학부 21학번 27기 알리미 **최예니**

흐... 따뜻하다... 역시 겨울은 전기장판 속에서 귤 까먹는 재미로 나는 거지! 이대로라면 귤 한 상자라도 먹을 수 있을 것 같아. 어, 그런데 귤을 많이 먹었더니 손이 노래지고 있는 것 같아.

왜 이런 현상이 일어나는지 이제부터 그 이유를 알려줄게! 바로 카로틴이라는 성분 때문이야. 귤에는 카로틴 중에서도 특히 베타카로틴( $\beta$ -carotene)이라는 성분이 많이 들어 있는데, 이건 하이드록실기(Hydroxyl Group, -OH)를 갖지 않는 탄화수소의 색소를 말해. 이 베타카로틴은 주황색이나 붉은색을 띠게 만드는 색소라서 당근이나 늙은 호박에 많이 들어 있지. 귤을 먹어서 베타카로틴이 우리 몸에 들어오면 비타민A로 바뀌어서 흡수되는데, 이는 면역력을 높여주고 노화를 방지해 줄 뿐만 아니라 성인병도 예방해 주는 등 다양한 효능이 있어.

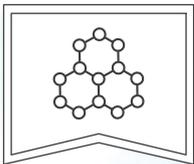
이렇게 건강에 좋은 베타카로틴이 가득한 귤이지만, 이마저도 너무 많이 먹으면 피부가 노랗게 변하게 돼. 귤을 먹고 체내로 흡수된 베타카로틴은 혈액을 타고 우리 온몸으로 퍼지게 되는데,

그중에서도 특히 피부 아래에 있는 각질층이나 피하지방층에 주로 쌓여. 그런데 귤을 많이 먹어서 베타카로틴이 체내로 과도하게 들어오게 되면 이것이 피부 아래에 계속 남아서 피부색을 노랗게 만드는 거야. 특히 손은 각질층이 다른 피부에 비해 두꺼우므로 더 잘 노랗게 변하는 거지. 이러한 현상을 '카로틴 혈증'이라고 부르기도 해!

이런 카로틴 혈증을 예방하려면 귤을 하루에 한두 개만 먹는 게 좋긴 하지만, 다행히도 카로틴 혈증은 일시적인 현상에 불과해서 건강에도 이상이 없고 베타카로틴 섭취량을 줄이면 피부색도 다시 돌아온다고 하니까 너무 걱정하지는 않아도 돼. 이게 바로 우리가 귤을 한 상자를 먹어도 전혀 상관없는 이유이기도 하지! 피부가 노래지는 것쯤이야 이제 걱정할 필요 없으니까 따뜻한 이불 속에서 새콤달콤한 귤이나 잔뜩 먹으러 가자~.

**[참고 자료]**

네이버 지식백과, 「베타카로틴」, <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=777173&cid=42776&categoryId=42783>



## 신소재공학과가 본 겨울나기

Dept. of Materials Science & Engineering

글. 무은재학부 21학번 27기 알리미 황예원

와, 집에 들어오니까 살 거 같다. 역시... 겨울에 밖에 나가면 너무 춥단 말이지. 그런데 조금 신기하지 않아? 벽 하나만 사이에 두었을 뿐인데, 어떻게 실내는 바깥 기온보다 훨씬 높은 온도를 유지할 수 있는 걸까? 그건 건물에 단열재가 쓰이기 때문이야. 정말 다양한 소재들이 단열재로 사용되지만, 그중에서도 주목받고 있는 소재가 있지. 바로 에어로젤(Aerogel)! 에어로젤은 사람이 만든 고체 중에서 가장 가벼워. 게다가 단열 효과까지 뛰어난데, 그 이유를 확인하기 위해서는 이 소재의 구성을 알아봐야 해. 에어로젤은 고체이지만 공기가 99.8%를 차지하고 있고 나머지 0.2%는 실리콘, 탄소, 산화알루미늄 등의 다양한 물질이 차지하고 있어. 공기층은 다른 물질에 비해서 열전도도가 낮다는 사실, 알고 있어? 패딩이 따뜻한 이유도 이와 연관되어 있어. 그럼 당연히 99%가 넘게 공기로 채워진 에어로젤도 좋은 단열재가 되겠지? 그나저나 이 독특한 소재는 어떻게 만드는 걸까? 에어로젤은 초임계 건조법의 원리를 사용해 제조돼. 가장 먼저, 액체 형태의 알콕사이드(Alkoxide) 혼합원료와 알코올, 첨가제 등을 섞으면 목과 유사한 알코젤(Alkoge)을 얻을 수

있어. 그다음에 고온·고압 상태에서 건조 용기에 넣은 알코젤에 초임계 이산화탄소를 가해주면 알코올의 자리에 초임계 유체가 들어가게 되지. 원래 고체에 묻어 있던 액체가 기체로 변하게 되면 표면장력의 차이가 발생하면서 부피가 변하고 제품이 손상되기 마련인데, 초임계 이산화탄소는 표면장력이 0에 매우 가까워서 이를 흘러넘으로써 부피 변화를 없앨 수 있어. 제품이 손상되는 것을 막아주는 거지! 이렇게 알코올의 자리가 초임계 이산화탄소로 대체된 다음에는 상온·상압 상태에서 알코젤을 꺼내고, 자연스럽게 초임계 이산화탄소 자리에 대기 중의 공기가 들어가면서 에어로젤을 얻을 수 있어! 남은 겨울은 에어로젤 같은 단열재 덕분에 따뜻한 우리 집에 꼭 박혀서 보내야겠다. 요즘 날씨가 추운데 너희도 감기 조심하길 바라! 안녕~☺

**[참고 자료]**

1. 김진술, 「고체인데 공기가 99.8%... 너의 이름은?」, 『이웃집과학자』, 2018.06.05. <http://www.astronomer.rocks/news/articleView.html?idxno=85828>
2. 『에어로젤 - Aerogel(초임계추출장비)』, 『일신오토클레이브 공식 블로그』, 2014.05.26. <https://sufflux.tistory.com/47>

**[이미지출처]**

<https://namu.wiki/w/%EC%97%90%EC%96%B4%EB%A1%9C%EC%A0%A4>

# 편미분과 기울기 벡터

## Partial Derivative & Gradient Vector

글. 전자전기공학과 20학번 26기 알리미 노유성

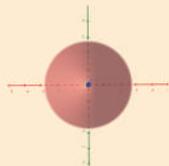
52

여러분에게 미분이란 어떤 존재인가요? 우주는 미분으로 쓰여있다는 유명한 교수님의 말처럼 미분을 조금만 들여다보면, 단순히 계산을 넘어 우리가 살아가는 세상을 설명하고 있다는 걸 느낄 수 있습니다. 여러분에게 익숙한 2차원상의 미분에서 뻗어 나가 편미분을 배워보고, 미분이 세상을 설명하는 한 가지 예시인 기울기 벡터까지 알아봅시다!

먼저, 여러분에게 익숙한 미분을 다시 정리해 봅시다. '어떤 함수를 미분한다'라는 말은 무슨 뜻일까요? 바로 '어떤 함수의 도함수, 즉 순간변화율을 구하는 것'이죠. 여기서 순간변화율은 우리가 기울기를 구하는 식에서 그 의미를 명확하게 알 수 있습니다.  $x$ 에 대한 함수  $f(x)$ 에 대해서, 두 점  $(a, f(a)), (b, f(b))$  사이의 기울기는 다음과 같은 식으로 구할 수 있죠.  $\frac{f(b)-f(a)}{b-a}$  바로 이 식에서  $b$ 가  $a$ 에 한없이 근접하게 되면, 해당식은 마치  $a$ 점에서의 순간적인 변화율을 구하는 것으로 바뀝니다. 식으로 일반화하면, 극한을 사용하여 다음과 같이 나타냅니다.

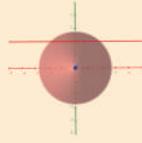
$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

위에서 구한 순간변화율의 식은 2차원에서 미분함으로써 얻은 결과인데요, 우리가 사는 3차원에서 미분을 하기 위해선 어떻게 해야 할까요? 우선, 3차원 공간에 변수가 2개인 함수  $z = f(x, y) = x^2 + y^2$ 가 존재한다고 합시다. 이를  $xy$ 평면에 나타내면 다음과 같습니다.



[그림 1]  $xy$ 평면에서 본  $f(x, y)$

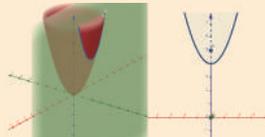
이때,  $z = f(x, y)$ 에서  $y = 2$ 인 면 위의 임의의 점  $x$ 에서의 순간변화율은 위에서 구한 식에 대입하면 구할 수 있습니다.



[그림 2]  $xy$ 평면에서 본  $z = f(x, y), y = 2$

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h, 2) - f(x, 2)}{h}$$

이를 그래프로 나타내면, 다음과 같이  $z = f(x, y)$ 와  $y = 2$ 가 만나면서 생기는 교선,  $z = x^2 + 4$ 가 그려집니다. 그리고 앞서 구한 순간변화율은  $z = x^2 + 4$  위 임의의  $x$ 에서의 순간변화율을 의미하기 때문에 그 값은  $x^2 + 4$ 를  $x$ 에 대해서 미분한 값인  $2x$ 가 됩니다.



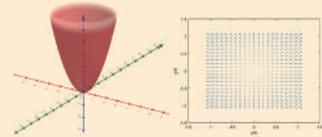
[그림 3] (좌) 3차원에서 본  $z = f(x, y)$ 와  $y = 2$ 의 교선, (우)  $xy$ 평면에서 본 모습

이렇게 우리에게 익숙한 것에서 차원만 하나 확장했을 뿐인데 여기서 편미분에 대한 개념을 알 수 있습니다. 편미분(Partial Derivative)이란, 앞서 살펴본  $f(x, y) = x^2 + y^2$ 와 같이 변수가 둘 이상인 다변수 함수에서 하나의 변수를 제외한 나머지 변수들을 모두 상수 취급하고, 그 변수에 대해서 미분하는 것을 말합니다. 즉, 앞서  $y = 2$ 라는 평면과  $z = f(x, y)$ 의 교선을 구하고 그 교선에서의 순간변화율을 구하는 과정이 바로 다변수 함수  $f(x, y)$ 에서  $y$ 를 상수 취급하고  $x$ 에 대해서 미분하는 편미분이었습니다. 이를 변수가 2개인 함수에 대해 일반화하면 다음과 같습니다.

$$f_x = \frac{\partial f}{\partial x} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h, y) - f(x, y)}{h}, f_y = \frac{\partial f}{\partial y} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x, y+h) - f(x, y)}{h}$$

즉, 어떤 변수에 대해 미분할지에 따라 결과가 달라질 수 있습니다. 이때 기호  $\partial$ 는 '라운드' 또는 '델' 등으로 읽으며, 우리가 아는 미분 기호인  $d$ 와 편미분을 구분해 주기 위해서 사용합니다. 또한, 다변수 함수  $f(x, y)$ 를  $x$ 에

대해서 편미분한 결과인  $\frac{\partial f}{\partial x}$ (또는  $f_x$ )를  $x$ 에 대한  $f(x, y)$ 의 '편도함수'라고 정의합니다. 그렇다면, 앞서 배운 편미분을 이용해 개념을 확장해 봅시다. 먼저, 다변수 함수  $f(x, y) = x^2 + y^2$ 를  $x, y$ 에 대해서 각각 편도함수를 구해두면,  $f_x = 2x, f_y = 2y$ 입니다. 이들을 각각  $x$ 방향 성분,  $y$ 방향 성분으로 가지는 벡터를 기울기 벡터(Gradient)라고 합니다. 어떤 함수  $f$ 의 기울기 벡터를 얻는 연산자로는  $\nabla$ 를 사용하며, '델' 또는 '나블라'라고 읽습니다. 정리하면, 다변수 함수  $f(x, y)$ 의 기울기 벡터  $\nabla f(x, y)$ 는  $f_x \hat{i} + f_y \hat{j}$  ( $\hat{i}, \hat{j}$ 는 각각  $x, y$ 방향의 단위벡터)로 나타낼 수 있습니다. 앞서 예에서 함수  $f(x, y)$ 의 기울기 벡터를 구하면,  $\nabla f(x, y) = 2x\hat{i} + 2y\hat{j}$ 입니다. 이를 아래와 같이  $xy$ 평면 위에 나타낼 수 있습니다.



[그림 4] (좌) 3차원에서 본  $z = f(x, y)$ , (우)  $xy$ 평면 위에 나타낸  $\nabla f(x, y) = 2x\hat{i} + 2y\hat{j}$

위에 제시된 두 그림을 함께 보면 알 수 있듯이, 각 점에서 기울기가 가장 가파른 방향으로 벡터가 향한다는 것을 확인할 수 있습니다. 이렇게 스칼라 함수인  $f(x, y)$ 로부터 편미분을 통해 기울기 벡터를 얻어냄으로써 3차원상에서 의미 있는 값으로 활용할 수 있습니다. 지금까지 여러분에게 익숙한 미분에서 편미분으로, 편미분에서 기울기 벡터로 두 번의 확장을 통해 생소한 개념을 배워봤는데요, 혹시 편미분과 기울기 벡터와 관련지어 다차원의 미분에 대해 더 공부해 보고 싶은 친구들은  $\nabla$ (Del Operator), 발산(Divergence) 그리고 회전(Curl)을 공부해 보는 걸 추천할게요!

참고 자료

- [1] <https://blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&logId=dydrogud22&logNo=220226625426>
- [2] <https://angeloyeo.github.io/2019/08/25/gradient.html>

지식더하기 ②

# 아미노산 적정

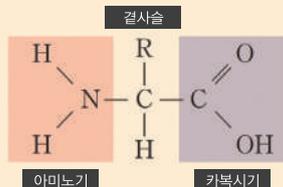
## Amino Acid Titration

글. 컴퓨터공학과 20학번 26기 알리미 박정은

포스텍이란 구독자 여러분! 여러분은 산과 염기의 적정에 대해 알고 있을 것 같은데요, 우리에게 친숙한 물질인 아미노산을 적정에 이용하면 어떤 것들을 알 수 있을까요? 아미노산의 특징부터 이를 이용한 적정까지, 함께 알아봅시다!

### 아미노산의 특징

아미노산은 우리가 흔히 알고 있는 것처럼 우리 몸의 3대 영양소 중 하나인 단백질의 기본 단위로, 중합 반응을 통해 단백질을 합성하고 합성된 단백질은 종류에 따라 각기 다른 기능을 수행합니다. 아미노산의 구조는 [그림 1]과 같은데, 중앙에 있는 탄소를 중심으로 수소 원자(H), 아미노기(-NH<sub>2</sub>), 카복시기(-COOH), 곁사슬(R)로 이루어져 있습니다. 이때, 곁사슬인 R로 어떤 것이 오느냐에 따라 아미노산의 종류가 결정됩니다. 아미노산의 대표적인 특징은 양쪽성 물질(Amphoter Substances)로, 한 분자 안에 산성을 띠는 카복시기와 염기성을 띠는 아미노기가 동시에 존재한다는 것입니다. 이에 따라 아미노산은 자신이 존재하는 용액의 pH에 따라 구조를 변형시키면서 산성 또는 염기성, 혹은 중성으로도 작용합니다.

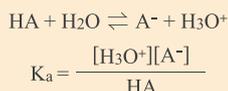


[그림 1] 아미노산의 구조  
(출처: <https://m.blog.naver.com/wdfsy35/221041191940>)

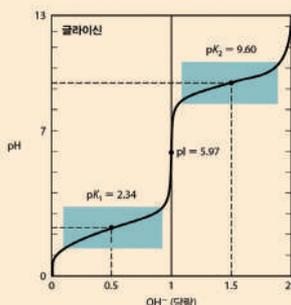
### 아미노산 적정

적정이란 모르는 물질의 농도를 이미 알고 있는 물질의 반응량을 측정하여 양적 분석을 통해 알아내는 실험 기법입니다. 여러분은 중화 반응을 이용한 산염기 적정을 통해 적정의

개념을 어느 정도 알고 있을 것입니다. 적정에는 앞서 설명드린 양쪽성 물질인 아미노산 또한 이용됩니다. 아미노산 적정을 이해하기 위해서는 우선 pKa에 대해 알아야 합니다. pKa란 산의 세기를 나타내기 위한 평형상수인 Ka를 변형한 것인데 Ka는 아래의 식을 통해 알 수 있듯이 물질로부터 수소 이온(H<sup>+</sup>)이 얼마나 잘 떨어지는지를 나타내는 값입니다.



식을 보면 산의 세기를 뜻하는 [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]가 클수록 물질은 큰 Ka값을 가집니다. 여기서 Ka의 경우 단위가 커지면 사용할 때 불편하기 때문에 편의를 위해 만든 것이 바로 pKa입니다. 산의 세기가 큰 물질일수록 작은 pKa값을 가지며, 이 관계를 수식화하면 pKa = -logKa입니다.

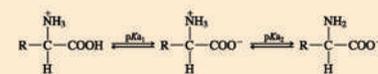


[그림 2] 글라이신의 아미노산 적정 곡선  
(출처: [https://m.blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&blogId=bird\\_youha&logNo=220961738868](https://m.blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&blogId=bird_youha&logNo=220961738868))

위의 그림은 염산을 이용하여 산성을 띠게 한 글라이신 수용액에 수산화나트륨을 조금씩 가하면서 pH를 측정한 아미노산 적정 곡선인데요, 여기서 우리는 염기인 수산화나트륨을 추가해도 pH가 잘 변하지 않는 완충 구간들을 확인할 수 있습니다. 먼저 pK<sub>1</sub> 구간은 산성을 띠는 카복시기에서 수소 이온이 떨어지는 과정이 일어나는 완충 구간으로, pK<sub>1</sub>의 값은 카복시기의 pKa값에 해당합니다. 그리고 pK<sub>2</sub> 완충 구간에서는 염기성을 띠는

아미노기에서 수소 이온이 떨어지는데, pK<sub>2</sub>의 값은 염기성을 띠는 아미노기의 pKa값을 나타냅니다. 또한 두 구간에서는 pH값과 pKa값이 동일한데, pH와 pKa의 관계는 아래의 헨더슨-하셀바흐 식을 통해 알 수 있습니다.

$$pH = pKa + \log \left( \frac{[\text{짜염기}]}{[\text{짜산}]} \right)$$



[그림 3] 성질에 따른 아미노산의 구조 변형  
(출처: <https://slidesplayer.org/slide/17172143/>)

성질에 따라 아미노산의 구조가 변하는 양상은 [그림 3]과 같고, 왼쪽부터 각각 양이온, 중성, 음이온 상태의 구조입니다. pH가 pKa와 동일하기 위해서는 헨더슨-하셀바흐 식에 따라 우변의 두 번째 항이 0이 되어야 하기 때문에 짜산과 짜염기가 같은 농도로 존재해야 합니다. 이에 따라 pK<sub>1</sub>지점에서는 제일 왼쪽 구조와 가운데 구조가 1:1의 비율로 존재하여 물질의 알짜 전하가 0.5이고, pK<sub>2</sub>지점에서는 가운데 구조와 제일 오른쪽 구조가 1:1의 비율로 존재하여 물질의 알짜 전하가 -0.5임을 알 수 있습니다. 이때, 적정 곡선에서 확인할 수 있는 변곡점 중 가운데에 해당하는 지점이 분자의 알짜 전하가 0인 등전점이라 합니다. 등전점에서의 pH는 아미노산의 종류에 따라 다르게 나타나기도 합니다.

지금까지 아미노산의 특징을 활용한 적정 과정을 분석해 보았는데요, 이번 글이 재미있었다면, 혹은 더 나아가 심화 내용이 궁금하다면, 생화학이나 세포생물학의 다른 부분도 공부해 보는 것은 어떨까요? 🌟

참고 자료  
[1] 김준, 『생화학 분자생물학 실험서』, 범문예듀케이션, 2019.  
[2] CH 3 아미노산과 펩타이드(Amino Acid and Peptides), <https://cccforone.tistory.com/13>

# The Great Knight's Tour

클. 수학과 19학번 전민수

우리는 때때로 출발점에서 출발하여, 다시 출발점이 도착점이 되도록 돌아와야 할 때가 있다. 체스에서 그렇다. 바로 Knight's Tour라는 문제이다.

**Problem.**  $n \times n$  체스 보드가 주어졌을 때, 과연 나이트는 아무 칸에서 출발하여 정확히 한 번씩 모든 칸을 지나, 다시 원래의 칸으로 돌아올 수 있을까?

위의 문제를 Knight's Tour라 한다. 우리에게 친숙한 한붓그리기와 살짝 비슷하고, 만일 그래프에 대해서 배운 학생이 있다면, Hamilton Cycle과 같음을 알 수 있을 것이다. 이번 글에서 Knight's Tour의 해답이 유한개의 경우를 제외한 모든 짝수  $n$ 에 대해서 가능함을 보이고, 수학의 한 분야인 Graph Theory를 소개하려 한다. 증명의 아이디어는 굉장히 간단하지만, 이를 엄격하게 증명하는 과정에서 조금은 생각해 보고 검증할 부분들이 다수 존재하기 때문에 살짝 복잡하게 느껴질 수 있다. 따라서 증명을 완벽하게 이해하는 데 초점을 두기보다, 수학에 이런 분야도 있고 Knight's Tour를 이런 방식으로 정복할 수 있다는 정도만 알아두면 좋을 것 같다. 그럼 시작해 보자!

**Theorem.**  $m \leq n$ 인  $m \times n$  체스 보드가 있을 때, 다음 조건들을 하나 이상 만족하지 않는다면, Knight's Tour는 가능하다.

- (a)  $m$ 과  $n$ 이 동시에 홀수이다.
- (b)  $m = 1, 2$  or 4.
- (c)  $m = 3$  and  $n = 4, 6$  or 8.

지금부터 우리가 증명할 Theorem이다. 우리는  $n \times n$ 에 대해서 Knight's Tour를 고려하지만, 이보다 좀 더 일반적인  $m \times n$ 에 대해서 증명하려고 한다. 먼저 해당 Theorem의 결과에 대해서 먼저 이야기하자. (a)와 (b)에 따르면,  $1 \times 1, 2 \times 2, 3 \times 3, 4 \times 4$  그리고 홀수  $\times$  홀수를 제외한 짝수  $n$ 에 대해서는 항상 Knight's Tour의 경로를 찾을 수 있다. 놀랍지 않은가? 체스 게임에 사용하는 실제 체스 보드는  $8 \times 8$ 이므로 Knight's Tour가 가능하다! 증명의 전체적인 틀은 우선 (a), (b) 그리고 (c)의 조건을 만족할 때, Knight's Tour가 불가능함을 보이고, 이를 제외한 짝수  $\times$  짝수에 대해서는 Knight's Tour가 가능함을 귀납적으로 증명하는 것이다. 불가능한 경우의 증명은 생략하고, 짝수  $\times$  짝수의 보드에 대해서만 증명의 스케치를 하겠다. 이를 위해서는 보조 정리(Lemma)가 필요하며 다음과 같다.

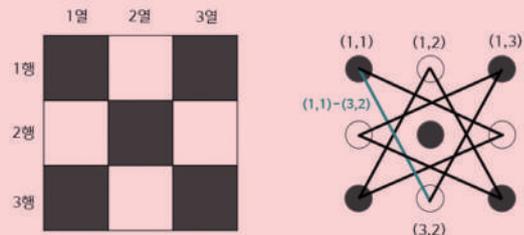
**Lemma.**  $G(m, n)$ 이 다음 10개의 Edges(선)를 포함하는 Hamilton Cycle을 가진다면,

- $(1, n-1)-(3, n), (m-2, n-1)-(m, n), (m-1, 1)-(m, 3), (m-1, n-2)-(m, n),$
- $(4, n-1)-(2, n), (1, n)-(3, n-1), (m-2, n)-(m, n-1), (m, 1)-(m-1, 3),$
- $(m, n-2)-(m-1, n), (m, 2)-(m-1, 4).$

그렇다면,  $G(m, n+4)$ 또한 Hamilton Cycle을 가지며, 다음 10개의 Edges(선)를 포함한다.

- $(1, n+3)-(3, n+4), (m-2, n+3)-(m, n+4), (m-1, 1)-(m, 3),$
- $(m-1, n+2)-(m, n+4), (4, n+3)-(2, n+4), (1, n+4)-(3, n+3),$
- $(m-2, n+4)-(m, n+3), (m, 1)-(m-1, 3),$
- $(m, n+2)-(m-1, n+4), (m, 2)-(m-1, 4).$

이 정리를 이해하기 위해서는 Graph에 대해 조금 알아야 한다. Graph에는 여러 종류가 있지만, 가장 일반적인 Simple Graph는 점들과 선들로 이루어진 집합을 의미한다. 선은 각 두 점을 연결하며, 이때 하나의 점에서 시작하여 그 점으로 끝나는 선은 없으며 두 점은 항상 한 개의 선으로만 연결되어야 한다. 재! 여기서 이제 놀라운 아이디어가 펼쳐진다! Knight's Tour를 Graph로 옮기는 것이다. 각 점은 체스 보드의 한 칸과 대응하고, 선은 Knight가 움직일 수 있는 경로를 표시한다. Fig. 1은  $3 \times 3$  보드를 Graph로 대응시킨 그림이다. Lemma에서 사용한 표기법은 Fig. 1에 표현되어 있다.  $m \times n$  보드를 이처럼 Graph로 옮긴 것을  $G(m, n)$ 라 한다. 그리고 Hamilton Cycle이란 한 그래프에서 선을 최대 1번씩만 지나며, 시작점과 끝점을 제외한 모든 점을 정확히 한 번씩 지나 다시 처음 위치로 돌아오는 경로를 말한다. 따라서 Problem은  $G(m, n)$ 에서 Hamilton Cycle을 찾는 문제로 정확히 치환된다.

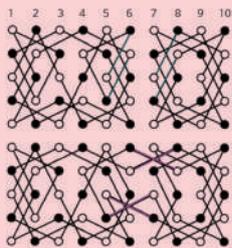


[Fig. 1]  $3 \times 3$  체스 보드판과 그 그래프

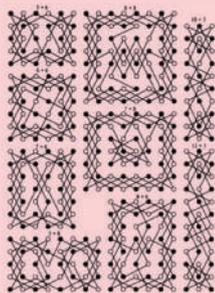
이제 Lemma를 증명해 보자. 실제 증명을 보여 주기보다  $G(5, 6)$ 으로부터  $G(5, 10)$ 을 증명하는 과정을 Sketch하듯이 보여 주고자 한다. 우선  $G(5, 4)$ 로부터  $H(5, 4)$ 라는 Graph를 만든다.  $G(5, 4)$ 에서 1) 2열과 3열을 연결하는 모든 선을 제거한다. 2) 두 개의 열만큼 떨어져 있는 점들을 연결하는 선들은 제거한다. 이때 1행과 2행, 4행과 5행에 있는 점들은 제외한다. 이렇게 만들어진 그래프를  $H(5, 4)$ 라 한다. 그러면 놀랍게도  $H(5, 4)$ 의 모든 점은 각각 단 두 개의 선만 가지며, 길이 10짜리 2개의 Cycle로 이루어져 있다(why?). 이제  $G(5, 6)$ 의 Hamilton Cycle에  $H(5, 4)$ 를 연결하여  $G(5, 10)$ 의 Hamilton Cycle을 만들어 낼 것이다. Fig. 2를 보자.  $G(5, 6)$ 의 Hamilton Cycle과  $H(5, 4)$ 가 등장한다.  $G(5, 6)$ 의 Hamilton

Cycle에서 (1, 6) - (3, 5)와 (2, 6) - (4, 5)를 제거하고,  $H(5, 4)$ 에서 (1, 8) - (3, 7)와 (2, 8) - (4, 7)를 제거한다. 그다음 Hamilton Cycle과  $H(5, 4)$ 사이에서 (1, 6) - (2, 8), (2, 6) - (1, 8), (3, 5) - (4, 7), (4, 5) - (3, 7)를 연결한다. 이렇게 만들어진 Graph는  $G(5, 10)$ 에서 Hamilton Cycle을 가지는 그래프가 된다. 그리고 만들어진 Graph는 **Lemma**에 적힌 10개의 선(Edges)을 가져, **Lemma**가 증명된다(why?).

이제 마지막 아이디어의 핵심을 설명하겠다. 앞서 말했듯이, **Theorem**을 귀납적인 방법으로 증명한다. 즉, **Lemma**에 의해서  $G(m, n)$ 이 Hamilton Cycle을 가진다면,  $G(m, n+4)$ 역시 Cycle을 가진다. 그렇다면, 특정 초기 보드들에 대해서 Knight's Tour가 가능한지 보인다면, 귀납법에 따라서 증명이 끝이 난다(why?). 따라서 **Theorem**을 증명하기 위해 우리가 검토해야 하는 것은 초기 보드들이  $m, n = 1, 2, 3$  or 4일 때  $G(m, n)$ 이 Hamilton Cycle을 가짐을 보이는 것이다. 물론 **Theorem**에 적혀있듯이 (a), (b), (c)의 불가능한 경우를 제외한 나머지 9개에 대해서만 성립함을 보이면 된다. **Fig. 3**이 이 9개들이 Hamilton Cycle을 가진다는 것을 보여준다. 따라서  $n \times n$  체스 보드가 있을 때,  $1 \times 1, 2 \times 2, 3 \times 3, 4 \times 4$  그리고 홀수  $\times$  홀수를 제외한 짝수  $n$ 에 대해서는 항상 Knight's Tour의 경로를 찾을 수 있다.



[Fig. 2]  $G(5,6)$  Subgraph와  $H(5,4)$ 를 연결하여  $G(5,10)$ 의 Hamilton Cycle을 가지는 Graph를 만들어내는 과정



[Fig. 3] Hamilton Cycle을 가지는 9개 보드판

**체스, 체스, 체스.** 누군가는 체스에서 패배하게 되면 눈물을 흘린다. 어떤 이는 고작 체스에 눈물이 떨어지는 것을 이해하지 못한다. 우리는 눈물을 흘릴 만큼 이토록 우리에게 소중한 무언가가 있는지, 눈물을 이해하지 못할지언정, 우리는 눈물을 흘린 사람보다 못나다. **누군가는, 어떤 이는, 우리는** 심지어 Knight는 Tour를 끝낼 수 있을지 알지 못하지만, 한 칸 또 앞으로 간다. ♞

**[겨울호 문제. 2021 WINTER]**

- Q1 Knight가 아닌 Look이 Tour를 떠난다고 했을 때, 어떤  $n \times n$  체스 보드에서 Tour를 마칠 수 있는가?
- Q2 **Theorem (b)**에서  $m = 4$ 인 경우 Knight's Tour가 불가능함을 증명하여라.(Hint: 1행과 4행에 빨간색을 칠하고, 2행과 3행에 파란색을 칠해서 **Fig. 1**과 비교해라.)

**[가을호 문제 풀이. 2021 AUTUMN]**

A1 가로 2cm, 세로와 높이는 1cm인 직육면체가 있다고 했을 때, 6가지 색깔을 최대 한 번씩만 사용해서 직육면체의 각 면을 색칠할 때, 구별 가능하게 색칠하는 경우의 수는 총 몇 가지인가?

직육면체의 대칭 또는 회전 이동들은  $4^{\text{th}}$  Dihedral Group에 대응시킬 수 있다. 해당 군은  $\{a, a^2, a^3, 1, b, ab, a^2b, a^3b \mid a^4 = b^2 = 1\}$ 로 이루어져 있으며, 색깔을 중복하지 않고 칠할 때, 1의 orbit 6!가지를 제외한 나머지는 전부 0이므로,  $\frac{6!}{8} = 90$ 가지이다.

A2 위에 문제에서 만일 6가지 색깔을 중복해서 여러 면에 색칠할 수 있다면, 구별 가능하게 색칠하는 경우의 수는 총 몇 가지인가? (가능하다면 Theorem 1을 사용하고, 다른 방법으로 풀어도 상관없음)

각 성분의 orbit을 다음과 같이 표시할 때,  
 $Xa = Xa^2 = Xab = Xa^3b = 6^3, X1 = 6^6,$   
 $Xa^2 = Xb = Xa^2b = 6^4$ 이므로  $51408 \div 8 = 6426$ 가지이다.



QR  
 글로 이해가 안된다면?  
 3월 4일 공개되는 문제 풀이 영상에 집중!

**| 정답자 | 가을호 마르쿠스 정답자는 없었습니다.**

- \* MARCUS에는 포스텍 수확동아리 MARCUS가 제공하는 수학 문제를 실습니다. 정답과 해설은 다음 호에 나옵니다.
- \* 이번 호 문제는 2022년 2월 28일(월)까지 알리미 E-MAIL (postech-alimi@postech.ac.kr)로 풀이와 함께 답안을 보내주세요.
- \* 정답자가 많을 경우 간결하고 훌륭한 답안을 보내 주신 분들 중 추첨을 통하여 포스텍의 기념품을 보내 드립니다. (학교/학년을 꼭 적어 주세요.)

## 즐거로운 겨울방학 보내기

글. 무은재학부 21학번 27기 알리미 문준혁

길었던 1년의 학교생활이 끝나고 겨울방학이 다가오고 있는데요. 다사다난했던 올해, 학교에 다니는 여러분이 잘 적응하고 있는지 걱정되면서도 계속해서 노력하는 모습이 대견스럽습니다. 저에게 겨울방학은 가장 두려우면서도 나태해지기 쉬운 시간이었어요. 비슷한 생각을 하고 있을 여러분을 위해 이번 알스토리에서는 어떻게 겨울방학을 맞이하면 좋은지에 대해 이야기를 하려고 합니다. 글을 읽으며 치열했던 여러분의 1년을 위로하고 잠깐이나마 편안하게 생각에 잠기는 시간을 가졌으면 좋겠어요.

**# 2021년을 돌아보며 목표 세우기 :** 겨울이 되면 열정을 쏟아부은 학교 일들이 점차 마무리되면서 점점 나태해지는 자신을 느낄 때가 많을 거예요. 독서실에서 공부하다가 집중이 잘 안 되거나 무기력함을 느낄 때면 저는 책을 덮고 잠시 공원을 걸었어요. 걷다 보면 자연스레 한 해 동안 학교에서 있었던 일들이 생각이 났어요. 보통 힘들었던 순간이 먼저 떠올라요. 학기 중에 연극 공연을 준비하기 위해 연극 연습과 공부를 병행했던 저는 그 당시 과로로 힘들었던 날들에 대한 기억이 생생하게 떠올랐어요. 그렇지만 힘들었던 과거를 돌이켜보면 성장한 나의 모습이 보였어요. 분명 저는 시간 관리를 잘하지 못했는데 힘든 시간을 극복하려는 과정에서 기어코 이겨낸 저의 모습을 볼 수 있었어요. 공원을 걸으면서 내가 어떻게 성장했는지를 돌아보며 자존감도 되찾고, “여기서 무너질 내가 아니지!”하며 자기도 받았어요.

사람이 나태해지는 가장 큰 원인은 자신이 무엇을 해야 하는지 모르기 때문이라고 생각해요. 무작정 문제집이나 기출문제를 풀다면, 잘 풀리지 않게 되는 순간부터 금방 지쳐버리는 것처럼요. 문제를 푸는 목적이 뚜렷하다면 확실한 동기부여를 받고 목표를 채우려는 끈기를 가질 수 있어요. 그렇기에 나의 과거를 돌아보고 이를 바탕으로 뚜렷한 목표를 정해야 한다고 생각해요. 학기 중에 나를 돌아보며 부족한 점이 있었다면, 그 부분을 채우는 방향으로 목표를 정하는 거죠. 특히, 겨울방학은 다음 학년을 준비해야 하는 시기라서 어떻게 준비해야 할지 고민하는 가장 어려운 시간이예요. 자신의 부족한 점이 무엇인지 알기 힘들기 때문이죠. 계속되는 공부에 지친 여러분, 오늘은 잠시 책을 덮어두고 지난 한 해 동안 나의 모습을 돌아보는 시간을 갖는 것은 어떨까요? 무작정 달리다가 금방 지쳐버릴 수 있기에, 나태해진 자신을 발견했다면 지난 학교생활을 돌아보며 목표 지점을 재설정하고 꾸준히 달려봅시다.

**# 겨울방학은 새학년의 시작 :** 부족했던 과목을 보충하기, 독서나 운동 같은 취미생활을 즐기 등 학기 중에 새로운 목표를 실현하기란 보통 힘든 일이 아니죠. 겨울방학을 학기의 끝이라고 생각하지 말고 새학년의 시작이라고 생각해서 목표를 실현해 보세요. 그동안 이루지 못했던 목표를 겨울방학 때 도전하고 새로운 시작을 맞이하기 위해 준비하는 거예요. 저 같은 경우는 고등학교 2학년에 공부를 하면서 저의 관심 분야를 찾아서 3학년 때는 관심 분야를 심화 학습하기로 다짐했어요. 그래서 겨울방학 동안 관련 동아리를 기획하는 시간을 가졌죠. 또한, 학기 중에 건강이 나빠져 겨울방학에는 아침에 공원을 걷는 습관을 들이기도 했어요. 물론 계획한 대로 실천하기란 쉽지 않죠. 그렇기에 저는 매일의 작은 성과에 기뻐하며, “더 나은 나를 위해 노력한 내가 자랑스럽다”라는 마음가짐으로 하루하루 저의 계획을 실천했습니다. 여러분도 매일 성장하는 자신에 보람을 느끼며 더욱더 즐거운 겨울방학을 보내시길 응원하겠습니다!

“오늘 나무 그늘에서 쉴 수 있는 이유는 예전에 나무를 심었기 때문이다.” <워런 버핏>  
이 글을 읽으면서 지난 한 해를 돌아보셨을 때 만족스러웠든 만족스럽지 않았든 지금까지 여러분의 노력이 새로운 출발을 위한 나무가 되기에 자신감 있게 앞으로 나아가기를 희망합니다. 여러분의 더 나은 내일을 바라며 글을 마칩니다. 2022년에도 전국의 포스테키안 구독자 여러분! 모두 파이팅! 🍀

방전되기 전  
평소에 조금씩,  
그리고 자주 충전해 주세요!



일스토리 ②

# 이제 다시 달려 볼 시간!

글. 무은재학부 21학번 27기 אלימי 조윤경

끝나지 않을 것만 같던 올 한 해도 어느덧 끝을 향해 달려가고 있네요! 여러분은 다들 연말을 어떻게 보내고 계시나요?  
 고등학생 때의 저는 이맘때 즈음에 항상 마음이 붕 떠있었던 것 같아요. 수능이 끝난 고3 선배들과 들려오는 합격 소식들, 그리고 한 해가 끝나간다는 안도감이 뒤섞여 나의 입시도 끝난 것처럼 안주하는 나날들이 참 많았어요.  
 마음을 다잡고 공부를 하다가도 여유로워 보이는 친구들을 보며 ‘저 친구도 노는데 나도 놀아도 되지 않을까?’라고 핑계를 대고 노는 시간이 점점 늘어갔어요. 또한, 동그라미가 거의 쳐지지 않은 스티디 플래너를 보며 ‘오늘은 망한 것 같은데 그냥 내일부터 열심히 해야지’라며 자기 합리화를 하는 날이 반복되었답니다. 하지만 하루하루 늘아가는 합리화의 끝에 맞이한 것은 지키지 못한 계획에 대한 죄책감과 그에 대한 실망뿐이었어요. 다음날에는 죄책감을 지우기 위해 더 많은 계획을 세웠어요. 무리하게 계획을 세우다 보니 계획한 것을 거의 지키지 못했고, 완벽하지 못한 하루를 자책하며 ‘내일부터 열심히 해야지’라는 마음으로 돌아버리곤 했어요. 그리고 또다시 무리한 계획을 세우는 악순환에 빠졌던 것 같아요. 혹시, 여러분들도 과거의 저와 같이 행동하고 있지는 않나요?  
 저와 같은 고민으로 힘들어하고 있을 친구들을 위해 제가 어떻게 악순환을 끊어냈는지 말해보려고 해요. 제가 죄책감과 자기 합리화의 악순환을 끊기 위해 가장 먼저 한 것은 ‘초기화’예요. 컴퓨터도 아니고 갑자기 초기화라니 조금 당황스러우신가요? 저는 일단 하루 동안 부담을 모두 내려놓고 저만의 힐링 시간을 가졌어요. 공부하는 것과 노는 것 사이에서 갈팡질팡하며 하루를 흐지부지 보내는 것보단 낱을 잡고 영화를 본다던가 여행을 가는 것처럼 하고 싶었던 것을 모두 하는 거예요. 그다음에는 플래너를 쓰지 않고 공부를 시작했어요. 대신 하루 동안 공부한 것을 기록하는 방법으로 어느 정도의 계획을 세우는 것이 적절한지 결정했답니다. 그렇게 하니 충분히 놀았다는 생각에 풀어졌던 마음도 다시 다잡을 수 있었고, 무리한 계획을 세우지 않으니까 압박감과 죄책감도 들지 않았어요. 초기화 후에는 내가 계획한 공부는 최대한 집중해서 끝내고, 그 이후에는 여유를 가지려고 노력했어요. 할 때는 하고, 쉬 때는 쉬는 습관을 들이는 것이죠!  
 혹시 완벽하게 계획을 성취하지 못할 것 같아서 하루를 놓아버리는 친구들이 있다면 ‘너무 완벽할 필요는 없다!’라고 말해주고 싶어요. 중요한 것은 작더라도 무언가를 해냈다는 것, 여러분이 나아가고 있다는 것이니까요!  
 또한 다시금 나타낸 생각이 든다면 여러분이 왜 공부를 하고 있는지, 여러분의 꿈이 무엇인지 되새겨 보세요. 입시는 다른 사람이 해줄 수 있는 게 아니기 때문에 내 힘으로 일구어낸 결과이고, 그만큼 합격의 순간을 맞이했을 때의 짜릿함은 그 무엇보다도 비교할 수 없습니다. 그렇게 미래에 목표를 이루어 낼 자신을 생각해 보면 다시 공부에 집중할 수 있을 거예요.  
 저의 경험이 정답은 아니지만, 다가오는 내년을 기다리며 여러분이 공부와 휴식의 균형을 찾을 수 있으면 좋을 것 같아요.  
 자, 그렇다면 이제는 다시 달려볼 시간이예요.  
 숨을 한번 고르고 목표를 향해 다시 힘차게 달려 나가 봅시다! ☺

나에 대한  
 '확신'을 잃지  
 않는 게 중요해요!



## POSTECHIAN REVIEW & EDITOR'S NOTE

<POSTECHIAN>을 만드는 알리미들에게 여러분의 이야기는 큰 힘이 됩니다.  
앞으로도 꾸준히 알리미들을 응원해 주세요. 채택된 주인공에게는 소정의 기념품을 보내 드립니다.

### REVIEW 1

#### 강호연 | 대구일과학고등학교 2학년

얼마 전 한 TV 프로그램에서 한국판 노아의 방주인 '시드볼트'에 대한 내용을 보았습니다. 전 세계 곳곳에 있는 종자은행과는 달리 이곳에 있는 씨앗들은 단순 종 보존 목적이 아니라 지구 종말 급의 큰 재앙을 대비해서 먼 옛날의 식물도 이곳에 잠들어 있다는 것을 알게 되면서 시드볼트에 큰 관심을 가지게 되었고, 동시에 시드뱅크에 관해서도 관심이 생겼는데 이번 포스테키안 '알리미의 일일 인턴 체험기'에서 관련 내용을 다루어주셔서 좋았습니다.

### REVIEW 2

#### 김세인 | 대구일과학고등학교 2학년

포스테키안을 읽으면서 '알리미가 만난 사람'에서 유주현 대표님의 "마음속에서 불타는 것이 있다면 인생은 그것을 하기 위해 사는 것 같아요."라는 말이 인상 깊었습니다. 앞으로, 천문 분야도 포스테키안에서 다루어 주셨으면 좋겠습니다. 디자인도 아기자기하고 예쁩니다!

전자전기공학과 20학번 26기 알리미 **노유성** Editor

구독자 여러분, 안녕하세요. 26기 알리미 노유성입니다. 어느새 다시 겨울이 찾아왔네요. 여러분이 이번 겨울에 느낄 감정에 완전히 공감할 수는 없지만, 그 당시의 저를 되돌아보면 유난히 춥고 외로웠던 것 같아요. 힘든 나의 오늘이 공부하는 학생이라는 이유로 당연해지고, 주변의 친구들도 다음 학년으로 넘어갈 준비를 하면서 어느새 경쟁자가 되었죠. 아마 지금쯤이면 이런 감정을 느낄 분들이 계실 것 같아요. 이번 포스테키안이 26기 알리미들의 마지막 겨울호인 만큼, 모두가 조금이라도 여러분에게 도움이 되고자 하는 마음으로 열심히 준비했습니다. 창문 너머로 눈을 보는 것처럼, 잠시라도 편안한 마음으로 읽어주셨으면 좋겠어요. 추운 겨울인 만큼 사소한 것들 하나하나에서 따뜻함을 마음껏 느끼시고, 조금 더 밝은 모습으로 봄호에서 만납시다. 그땐 겨울을 이겨내고 더욱 단단해진 저와 여러분을 마주할 수 있을 거예요.

생명과학과 20학번 26기 알리미 **최건우** Editor

포스테키안 구독자 여러분, 지난 2021년은 모두 큰 어려움 없이 보내셨나요? 코로나19도 올해면 종식이 될 거라고 예상했던 초기와 달리 팬데믹이 장기화되면서 육체적으로도, 정신적으로도 지쳤던 한 해가 되었을 것 같아요. 저는 지난 2020년 가을부터 포스테키안을 통해 독자 여러분들과 만나고 있는데요. 이번 호에서는 기획특집 기사를 작성하며 어느 때보다 팬데믹의 종식을 바랐던 것 같아요. 포스테키안을 기획할 때 여러 논문을 공부하면서 여러분도 여러분만의 관심사를 찾아갔으면 하는 마음을 담아 흥미롭게 글을 쓰려고 항상 노력하고 있으니 유익하게 느껴지면 좋겠어요! 제가 알리미 활동을 하며 지금까지 이공계학과대탐험처럼 포스테키안 밖에서 독자 여러분들과 만날 기회가 많지는 않았지만, 알리미 SNS 계정과 포스테키안, 유튜브를 통해 항상 좋은 콘텐츠를 만들려고 꾸준히 노력 중이니, 많은 관심 부탁드립니다! 구독자 여러분들, 올 한 해도 수고 많았고, 다가오는 2022년에도 행복한 일만 있기를 바라요!

무은재학부 21학번 27기 알리미 **김나림** Editor

전국의 포스테키안 구독자 여러분 안녕하세요! 저는 이번 겨울호 편집후기를 쓰게 된 27기 알리미 김나림입니다. 벌써 날씨가 추워지고 2021년도 지나가네요! 포스테키안 구독자 여러분들은 만족스러운 한 해를 보냈나요? 저는 코로나19로 이리저리 바쁘지만 알찬 한 해를 보낸 것 같아요. 저는 여름호부터 포스테키안 구독자 여러분들을 만나고 있는데요. 제가 고등학생 때 포스테키안을 즐겨 읽었던 기억과 마음을 되살려 여러분들에게 도움이 되고자 좋은 정보를 담은 글을 쓰려고 노력하고 있어요! 언젠가는 여러분과 직접 얼굴을 마주할 수 있는 날이 오길 기대하며, 앞으로도 다양한 온라인 콘텐츠와 좋은 글을 담은 포스테키안으로 여러분께 다가갈게요! 다가오는 2022년을 기대하며 포스테키안 구독자 여러분들이 늘 건강하고 행복한 한 해를 보내길 바라겠습니다! 그럼 안녕~

무은재학부 21학번 27기 알리미 **최예니** Editor

포스테키안 구독자 여러분 안녕하세요, 27기 알리미 최예니입니다! 코로나 때문인지 2021년은 유달리 빠르게 지나간 것 같아요. 겨울 때쯤 되니 여러분들도 자신의 자리가 조금은 익숙해졌을 텐데요. 하지만 익숙해진 만큼 이제는 짊어져야 할 책임감도 생긴 때죠. 저도 그 당시에는 그랬던 것 같아요. '처음이니까'라는 수식어를 쓸 수 없는 때가 오니까 모든 것들이 부담으로 바뀌더라고요. 저는 올해 초 포스테키안을 통해 여러분과 만난 이후로 처음 맞이하는 겨울인데요. 추운 날씨에도 여러분이 포스테키안을 읽으면서 조금이나마 마음 따뜻해질 수 있도록, 불안하던 모든 것들을 내려놓고 편안히 읽을 수 있도록 유익한 이야기들을 담아봤어요. 식물이 돌아올 봄에 싹을 틔우기 위해 겨울눈을 준비하듯이 구독자 여러분들도 저희와 함께 자신만의 겨울눈을 만들어서 이 힘든 겨울을 이겨내 봐요! 돌아오는 봄호에서 여러분이 피운 예쁜 싹을 만나러 다시 찾아올게요.

21世紀 노벨賞을 노리는 그대여! 우리에게 맡겨라!!

NAT·  
MDCCC  
XXIII  
OB·  
MDCCC  
XCVI

〈목요일에 물어보살〉  
"머신 129?"

〈입학팀 팀장〉  
"아이고,頭야!"

〈포스텍 총장〉  
"올게요?"

〈아인슈타인 & 마리퀴리〉  
"올-리올-라"

〈천재한 포아저씨〉  
"참 쉽죠?"

포-스텍과 함께라면, 노벨賞 어렵지 않다!  
우리 함께 미래를 그려 보자!!

포-스텍 입학 홍보 프로젝트

# 포아저씨의 노벨상 참 쉽죠?

큐알-코-드를 스캔하면, 포아저씨를 만날 수 있어요! **절찬-상영중**

고교방문 설명회 | 지역 설명회 | 포스텍 클래스 (스타교수 특강) | 목요일에 물어보살 (온라인 화상상담) |  
진정한 포사정관 (입시팀) | 온라인 대탐험 (온라인 학과설명회) | 캠퍼스 투어 | 말리미의 고인상당소

\* 자세한 내용은 **POSTECH** 입학팀 홈페이지에서 확인하세요!   <포스텍 입학팀>

