

POSTECHIAN

포스텍 이공계 진로 설계 안내서

no.182 / 2024



알리미가 만난 사람
티빙 최주희 대표님

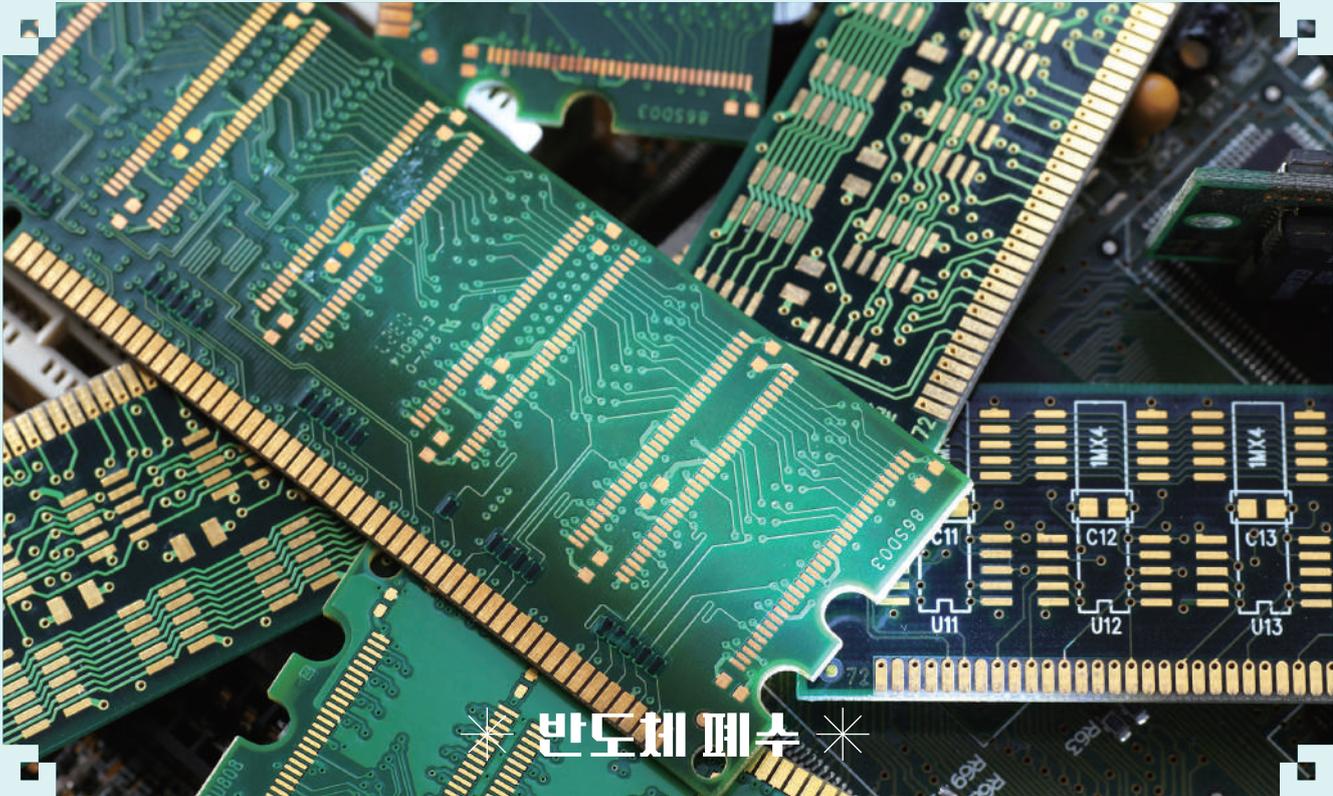


기획특집
지능형 반도체



시먼스 블랙박스
최초의 과학자들

Thinking ZONE



반도체 폐수

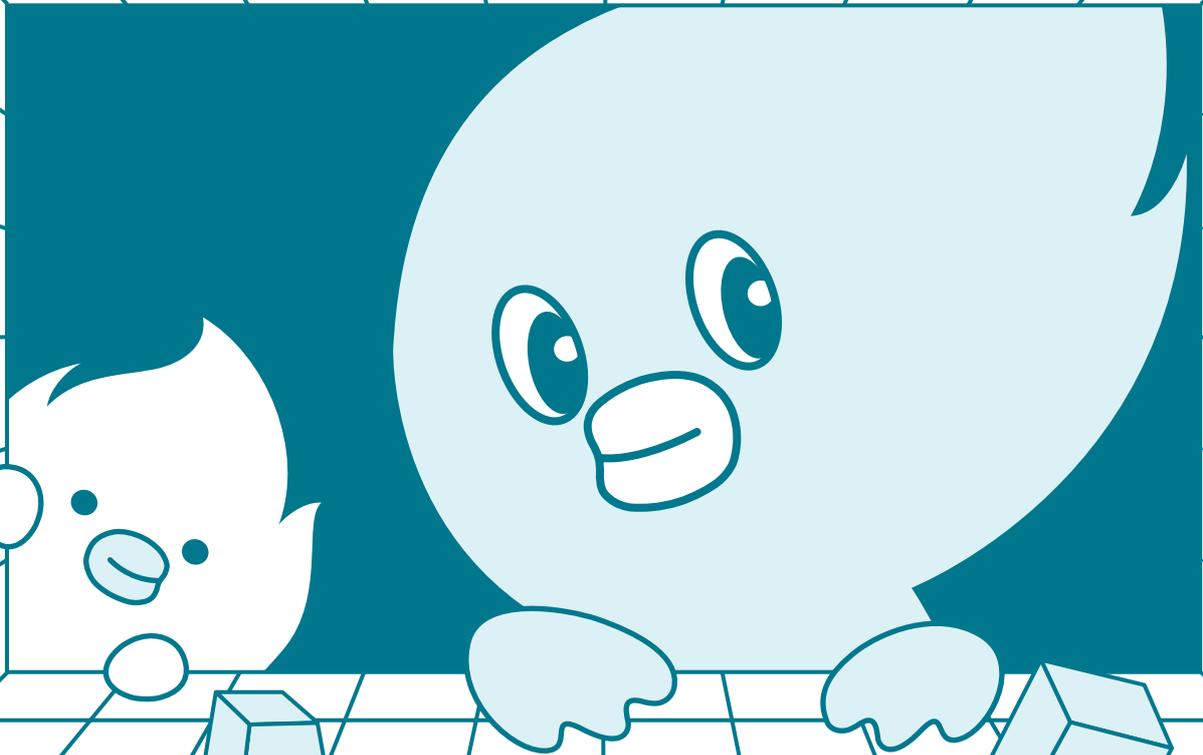
반도체는 다양한 화학물질과 금속재료로 만들어집니다.

하지만 모든 재료가 사용되는 것은 아니며, 반도체 폐기물(폐수)에는 화학물질과 금속의 잔여물이 들어있는데요. 이 폐수는 제대로 처리되지 않으면 수질과 토양에 큰 피해를 주어 연구자들의 오랜 고민거리였습니다. 그러던 중, 최근 포스텍 화학공학과 한지훈 교수님 연구팀과 삼성전자 SAIT의 공동연구로 반도체 폐수에서 희귀 금속을 친환경적이면서 경제적으로 회수하는 기술을 개발했습니다. 이 희귀 금속은 텅스텐으로, 다양한 분야에서 사용되지만 몇몇 국가에서만 채굴되어 고갈에 대비해야 하는 금속이었습니다. 연구팀은 미생물의 자연적인 금속 용해 능력을 이용한 바이오플리밍 방법을 통해 반도체 폐수에서 회수하였는데요. 이 기술은 화학 약품을 사용하는 기존 방식과 비교했을 때 환경에 미치는 영향이 적고, 비교적 적은 에너지와 비용으로도 금속을 추출할 수 있다는 장점이 있습니다. 아직 공정의 효율을 높이기 위한 연구가 남아있지만, 이번 연구는 반도체 산업의 폐수 처리 공정이 환경 오염 방지와 자원 재활용이 동시에 가능하다는 사실을 확인했다는 점에서 큰 의미가 있다고 볼 수 있습니다.

포스테키안 구독자 여러분, 지속적인 기술 발전을 위해 포스텍에서 이루어지는 연구에도 많은 관심 부탁드립니다!

HELLO

POSTECHIAN!



QUEST

지금 바로 '포스텍 입학팀' 채널을 추가하세요!

TALK 카카오톡 실행 ▶ 🔍 상단 검색창 터치 ▶

👤 검색창에 채널명 입력 ▶ 🗨️ 카카오톡 채널 추가 (상담직원에게 메시지 보내기)



예비 포스텍키안들에게

알리미가 쓴다!

과학 기술을 사랑하며 글로벌 리더의 꿈을 키우는 당신이라면 꼭 읽어 봐야 할 잡지, POSTECHIAN 독자 여러분 반갑습니다. 앞으로 더욱 풍성하고 알찬 '이공계 진로 설계 안내서'를 만들고자 여러분의 의견을 POSTECHIAN 제작에 반영하러 합니다!

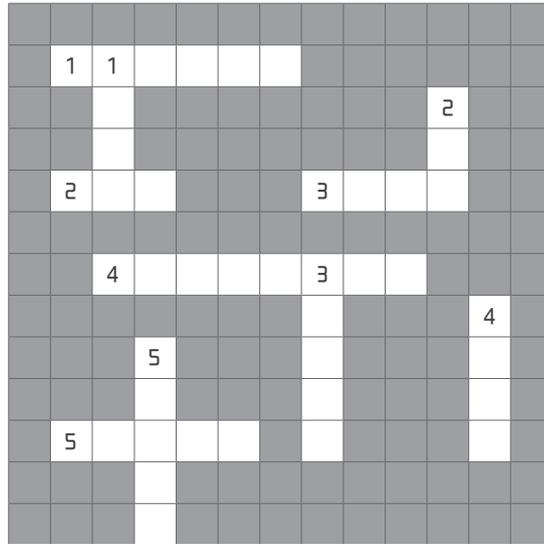
11월 24일까지 링크에 접속해 아래 단어 퍼즐의 답을 맞히고(필수) 설문 에 참여해 주시면 추첨을 통해 소정의 선물을 드릴 예정입니다. 여러분의 많은 참여와 유익한 의견을 기다립니다!



<https://forms.gle/kFEsYHoJBQfEwbMS7>

- 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

**포스텍키안 이번 호, 재미있게 읽으셨나요?
단어 퍼즐을 풀고 정성 가득한 후기를 남겨주시면
선물이 팡팡! 쏟아집니다.**



가로 퍼즐

1. 중앙처리장치(CPU), 메모리, 프로그램의 세 가지 요소로 구성된 내장 메모리 순차처리 방식의 컴퓨터 구조
2. 원자나 분자가 규칙적으로 배열되어 일정하고 특이한 내부 구조를 갖는 물질
3. 끓는점의 차이를 이용하여 혼합물을 분리하는 방법
4. 흡광도가 흡수층의 두께에 비례하는 법칙
5. n형 반도체를 조금 더 큰 일함수를 가지는 금속과 접촉하는 경우 형성되는 장벽

세로 퍼즐

1. 포도공정을 이루는 단계 중 하나로, 회로에 패턴을 새겨 넣기 위해 레이저 광원을 웨어퍼에 투사하는 반도체 공정
2. 해안선 부근의 평균 수위 차이를 완화하기 위해 외해로 향하는 해류
3. 전자 신호 및 전력을 증폭하거나 스위칭하는 데에 사용되는 반도체 소자
4. 연속된 n번의 독립적 시행에서 각 시행이 확률 p를 가질 때의 이산 확률 분포
5. 모기를 매개로 하는 바이러스의 전파를 막을 수 있으며, 곤충 세포 안에서 서식하는 박테리아



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



CONTENTS

포스텍 이공계 진로 설계 안내서
no.182/ 2024

발행일 2024. 8. 16.

발행인 김성근

발행처 포항공과대학교 입학팀

경북 포항시 남구 청암로 77

편집주관 오민진 강수향

편집기획 김세민 박다현 박태준 윤현서

편집위원 포스텍 알리미

디자인 & 제작 |주|디자인플럼

t. 051-202-9201

f. 051-202-9206

정가 5,000원



포스텍 입학팀 홈페이지 바로가기
<https://adm-u.postech.ac.kr>

06

포스텍 에세이

지구를 지키는 연구자에 도전해 보세요.

10

알리미가 만난 사람

최주희 선배님과 이야기

14

알틴십 : 알리미의 일일 인턴 체험기!

배양욱 연구 기업 티센바이오팜

18

고등학생 기자단 포커스

홍원빈 교수님을 만나다!

22

기획특집

지능형 반도체

32

헬로노벨

양자점, 빛의 마법으로의 안내

36

최신기술소개

다이아몬드 생성 기술 개발 /

고성능 비정질 p형 반도체 소자 개발 /

세계모기프로그램 /

전기로 불리는 초강력 테이프

38

포스텍 연구실 탐방기

포스텍 생명과학과

분자신경의학 연구실

42

ALIMI ON-AIR

알리미의 포항 여행 V-LOG

44

포라이프

손끝으로 세상을 바꾸는 방법

46

크리에이티브 포스테쿠만

세계적인 로봇 회사를 만들겠다는 꿈

48

포스텍 카툰

여름방학 / 축제

50

사이언스 블랙박스

숨겨진 과학자 :

최초의 과학자들

54

공대생이 보는 세상 + 해번

화학공학과 /

산업경영공학과 /

반도체공학과 /

물리학과

58

지식더하기

① 경제적 주문량(EOQ) 모델

② 푸아송 분포

60

마르쿠스

이런 숫자가 있다면 믿으시겠습니까?

p adic numbers

62

알스토리

① 능동적인 삶을 살기 위해서

② 혼자 떠나는 여행

64

포스테쿠만을 만든

알리미를 소개합니다!

66

독자서평

편집후기



지구를 지키는 연구자에 도전해 보세요.

큰 포스텍 환경공학부 민승기 교수님

연구자의 삶을 꿈꾸는 전국의 고등학생들과 포스테키안 독자 여러분 안녕하세요. 요즘 날씨가 정말 이상하죠? 갈수록 이상기후의 출몰이 잦아지면서 전 지구적으로 막대한 피해를 주고 있는데요. 먼저 제가 수행하고 있는 기후과학 분야에서는 무슨 연구를 어떤 방법으로 하는지 간단히 소개해 드리고, 제가 기후과학자의 길을 걷게 된 과정과 그동안 경험을 통해 느낀 점 몇 가지를 공유하고자 합니다.

제 연구 분야는 기후변화의 원인 및 전망으로서, 특히 지구온난화에 따라 최근 급격히 증가하고 있는 폭염, 호우, 태풍 등의 이상기후 현상에 미치는 인간의 영향을 파악하는 연구를 수행하고 있습니다. 또한 다가올 미래에 이러한 이상기후 현상들이 얼마나 증가할지를 예측하는 연구를 수행 중입니다. 이상기후 연구에서 가장 어려운 점은 우리가 살고 있는 지구는 하나뿐이기에 직접 실험할 수가 없다는 점인데요. 이 때문에 실험 대신 컴퓨터 코드로 만들어진 가상의 기후모델을 시뮬레이션해서 연구를 수행하고 있습니다. 기상청에서 슈퍼컴퓨터로 날씨를 예측할 때 사용하는 일기예보 모델과 거의 같지만 온실가스나 화산 폭발 등 다양한 기후변화 원인을 고려하여 수십 년에서 수백 년의 시뮬레이션을 한다는 차이가 있습니다. 예를 들어 산업혁명 이후로 인간이 배출한 온실가스 증가를 기후모델에 입력한 경우와 이를 제거한 경우의 기후모델 시뮬레이션 결과를 비교해 보면, 현재 우리가 겪고 있는 전 지구 온난화와 그로 인한 극단적인 이상기후의 증가는 인간 활동에 의한 온실가스 증가 때문임을 확인할 수 있습니다.

최근에 더욱 관심을 갖고 연구하고 있는 주제는 극한 호우라고 불리는 시간당 극한 강수인데요. 최근 우리나라에도 그동안 겪어보지 못한 단기간에 좁은 지역에서 집중으로 쏟아지는 호우가 자주 발생하고 있습니다. 수백 년에 한 번 나타나는 규모의 시간당 100mm를 초과하는 폭우가 거의 매해 발생하면서 산사태와 침수로 인해 막대한 인명과 재산 피해를 주고 있는데요. 관련된 피해를 줄이기 위해서는 먼저 우리가 겪고 있는 극한 호우가 인간이 배출한 온실가스 증가 때문에 발생한 것인지를 파악해야 합니다. 또한 이를 바탕으로 추후에 지구온난화가 심해짐에 따라 극한 호우가 얼마나 빈번해지고 강해질지에 대한 정확한 예측이 필요합니다. 이러한 극단적 호우는 강력한 상승기류를 동반한 대류현상을 수반하는데, 이러한 대류현상을 정확히 시뮬레이션하기 위해서는 km 규모의 해상도를 가지는 고해상도 기후모델이 필요합니다. 고해상도 시뮬레이션 결과에 따르면 온난화가 강해질수록 수증기가 많아지면서 시간당 극한 강수가 가파르게 증가할 것으로 전망됩니다. 반면, 온난화 수준을 산업화 이전 대비 2도 이내로 유지한다면 극한 호우의 발생이 확연하게 줄어들 것으로 예상됩니다. 하지만 극한 호우를 포함한 이상기후 현상의 미래 전망은 기후모델, 관측자료, 물리적인 이해 등 여러 한계로 인해 매우 불확실하며, 이러한 한계를 뛰어넘을 수 있는 기술을 개발하여 미래 이상기후를 보다 정확히 예측하는 것이 우리 연구팀의 최종 목표입니다.

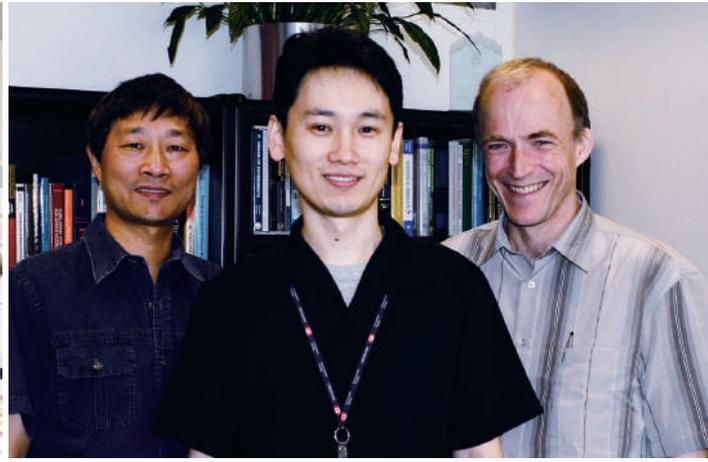




1



2



3

돌아보면 제가 이렇게 이상기후를 분석하고 예측하는 기후과학자가 될 수 있었던 배경에는 좋은 스승님들이 계셨습니다. 고등학교 때로 거슬러 가는데요. 물리 과목을 담당하셨던 담임선생님과 진로를 상담했는데 앞으로 지구환경 문제가 아주 중요하게 될 거라고 하시면서 그때는 다소 생소했던 대기과학과를 추천해 주셨습니다. 물리학과나 컴퓨터공학과의 가장 인기 있던 시절이라 고민이 되었지만 나름 지구과학에 관심이 있었기에 지원하게 되었어요. 서울대 대기과학과에 입학하여 좀 더 깊이 공부하다 보니 실제 우리가 숨 쉬고 있는 대기를 공부한다는 점에서 더욱 흥미가 생겼고 이후 기후 분야의 중요성도 점차 알게 되었습니다. 같은 학과에서 석사학위를 받은 다음에는 기상청 기상연구소에서 근무했는데요. 독일과의 기후변화 공동연구를 담당하게 되어 본 대학과 함부르크에 있는 막스 플랑크 기상연구소에 여러 번 방문하면서 기후변화 모델링의 최첨단 연구를 경험하게 되었어요. 그때 저를 지도해 주신 독일 교수님과 기상청 기상연구소 박사님들의 권유에 따라 독일 유학을 결심했습니다. 독일 유학 이후 캐나다 환경부에 박사후연구원으로 가게 되었는데 인위적 기후변화 분석 연구를 이끌고 계신 박사님들로부터 깊이 있는 가르침을 받았습니다. 그 당시에는 잘 몰랐지만, 모든 상황마다 저를 이끌어주신 선배님들이 계셨고 그분들을 통해 새로운 길로 연결되었던 것 같습니다. 어떤 연구를 하든 꼭 필요한 것이 사람과 사람의 관계인 것 같습니다. 저도 막연한 꿈을 꾸는 평범한 학생이었지만 다양한 곳에서 좋은 스승님들을 만나면서 조금씩 성장할 수 있었지요.

1. 독일 본 대학 재학시절(2005년)
2. 독일 본대학 박사 디펜스 후 지도교수님과 (2006년)
3. 캐나다 환경부 재직시절 스승님들과(2008년)

국내뿐만 아니라 독일, 캐나다, 호주 등 다양한 나라의 국가연구소에서 기후변화를 연구한 경험은 제게 매우 특별했습니다. 국가별로 관심 있는 분야도 달랐지만, 연구 시스템과 분위기에도 크게 차이가 있었습니다. 독일의 경우 조직이 매우 체계적으로 구성되어 있고 매뉴얼도 잘 만들어져 있어 담당자가 바뀌더라도 다음 단계로 잘 이어갈 수 있는 환경이 인상적이었습니다. 매우 복잡하고 정교함이 요구되는 기후모델링 분야에서 독일이 세계적인 리더 역할을 하는 것도 이러한 연구 환경이 중요하게 작동했을 거라 생각합니다. 캐나다 환경부 연구소의 경우에는 연구자가 해당 분야에 깊이 있는 전문가가 될 수 있도록 장기적인 지원을 해주고 있었는데요. 연구과학자를 뽑을 때 하나의 장기 프로젝트로 간주하는 개념이었어요. 또한 북극지방에 큰 영토를 갖고 있는 만큼 기후변화 연구에 매우 관심이 많았습니다. 호주정부출연연구소의 경우 프로젝트 기반으로 연구가 진행되면서 많은 팀이 다양한 회의를 통해 공동연구를 진행하는 방식이 독특하게 느껴졌습니다. 또한 넓은 영토에 흩어져 있는 연구자들이 서로 경쟁하기보다는 서로 협력하여 문제를 같이 해결해 나가는 분위기가 매우 좋았습니다.

이렇게 국가마다 연구 환경이 달랐지만 가장 인상적이었던 것은 연구 결과에 연연하기보다 연구 과정 자체를 즐기는 분위기였다는 점입니다. 결과만 보고 열심히 달려가는 우리나라의 분위기에서 꼭 필요한 덕목임을 많이 느꼈고, 포스텍의 학생들과 연구원들에게도 자주 얘기해 주고 있습니다. 여러분도 목표를 달성하기 위해 힘든 시간을 보내고 계실 텐데요, 끈기 있게 잘 버티면서 중간중간 여유를 갖고 그 과정을 즐길 수 있기를 응원합니다.

마지막으로 홍보하면서 마칠까 합니다. 지속 가능한 지구환경을 만들어 가기 위해 다양한 분야의 전문가들이 협력하여 혁신적인 기술을 개발해야 하는 시대가 되었습니다. 이러한 융합연구의 시대에 필요한 연구자를 양성하기 위해 포스텍 환경공학부에서는 작년부터 학부에 “환경융합부전공” 프로그램을 개설하여 운영하고 있습니다. 기후변화, 대기오염, 물 환경, 환경 관측, 환경 생태 등 환경 관련 과목 4개와 타 학과에서 제공하는 선택과목 3개를 수강하면 되는데요, 지구에 닥친 여러 환경문제를 선도적으로 해결해 나가는 인재를 키워내는 것을 목표로 하고 있습니다. 많은 관심을 부탁드립니다. 포스텍에서 반갑게 만날 수 있길 기대합니다. ㉠



8월 30일,
에세이와는 다른 매력의
민승기 교수님을 만나보세요!

함께한 무은재학부 24학번 윤채리 알리미와 화학공학과 23학번 황현준 알리미



최주희 선배님과 이야기

삶의 모든 순간이 모여 미래의 나를 만든다

TWING



여러분은 영화나 드라마 보는 것을 좋아하시나요? 요즘에는 다양한 OTT 서비스를 통해 언제 어디서나 영화, 드라마뿐 아니라 TV 프로그램까지 시청할 수 있어 편리한 것 같습니다. 이번 <알리미가 만난 사람>에서는 포스텍 산업경영공학과를 졸업하신 후 하버드 대학원과 여러 기업에서의 경험을 바탕으로 현재 대한민국의 대표 OTT 브랜드 티빙의 CEO로 계신 최주희 선생님의 이야기를 담아보았습니다. 최주희 선생님께서 들려주시는 이야기, 함께 들어볼까요?

글 컴퓨터공학과 23학번 29기 알리미 조민서

#1 전국에 있는 포스테키안 구독자들에게 자기소개 부탁드립니다.

안녕하세요. 저는 포스텍 산업경영공학과 01학번 최주희입니다. 학부 이후 하버드에서 통계학 석사를 지내고 BCG(보스턴컨설팅그룹)에서 전략 컨설턴트로 커리어를 시작하여 월트디즈니코리아, W컨셉, 트랜비를 거쳐 현재는 티빙의 대표이사로 재직하고 있습니다. 대표이사직을 수행한 저는 1년 정도 되어서 여러 가지 다양한 난제들을 맞이하고, 또 해결해 나가고 있습니다.

#2 현재 하고 계신 일을 간단히 소개해 주세요.

지금은 CJ ENM의 자회사로 있는 '티빙'의 CEO, 대표이사 역할을 하고 있습니다. 넷플릭스가 자리 잡고 있던 OTT 시장에서 국내 기업들은 적자도 심하고 경쟁 환경에서 살아남기 힘들었는데, 이를 흑자로 전환하고 지속 가능하게 노력하고 있습니다. 그리고 글로벌 OTT에 대항하여 국내에서 의미 있는 위치를 갖기 위해 전략을 짜고 팀을 구성하여 그 전략을 실행하는 일들을 진두지휘하고 있습니다.



#3 선생님께서 지금 직업을 갖기로 결심하게 된 특별한 계기가 있을까요?

이렇게 경영자가 될 줄은 몰랐는데, 산업경영공학과를 진학하고 싶다고 느꼈을 때부터 어렵פות이 '기업의 문제를 해결하고 싶다', '기업체에서 일을 하고 싶다'라는 지향점이 있었던 것 같아요. 이후 경영 컨설팅을 하면서 기업을 경영하는 경영자의 역할을 하고 싶다고 생각했던 것 같습니다. 중고등학교 때부터 기업이 가지는 사회적인 가치나 기업이 세상의 혁신을 이끌고 있다는 생각을 해 왔고, 여러 종류의 발전에 기여하려면 기업에서의 역할을 해야 한다는 생각에 경영학을 공부해 보겠다는 결심을 했어요. 경영학을 공부하던 중, 공부를 하는 것과 실제 현장에서 일을 하는 것 중에 나는 무엇이 더 맞는 사람인가에 대해 고민이 들 때 BCG에서 인턴을 하게 되었습니다. 일단 일을 해보고 나서 그 일이 맞지 않으면 학계로는 언제든지 다시 돌아갈 수 있으니까요. 실제로 일을 하던 중에 흔들릴 때도 있었어요. 다시 학계로 가고 싶다는 생각을 하기도 했지만, 사람들과 함께 변화를 만들어 나가고, 기업 안에서 전략을 제안하고 실행하는 일이 더 즐겁다고 느꼈습니다. 그래서 20대 후반에 경영 쪽으로 마음을 굳히고 커리어를 쌓으면서 경영자가 되고 싶다고 생각했던 것 같아요.

#4 선배님께서 포스텍을 졸업하시고 하버드에서 석사 학위를 받으신 뒤 다양한 기업을 거쳐 지금 티빙의 대표이사가 되신 것으로 알고 있습니다. 지금의 자리까지 오르는 데 포스텍에서의 경험이 어떤 도움이 되었나요?

저는 삶의 모든 순간들이 모여서 미래의 나를 만든다고 생각하거든요. 포스텍이라는 학교는 숙제도 많고 공부도 많이 해야 하고, 치열하게 살도록 몰아붙이면서 학생들을 올바른 방향으로 이끌어 주잖아요. 저도 제 진로와 앞날에 대해 치열하게 고민하고 공부했는데 그런 시간이 있었기 때문에 늘 최선을 다하며 사는 삶의 태도가 만들어진 것 같아요. 대학이라는 시간은 짧지만 내 삶의 근간, 가치관, 태도와 같은 것을 은연중에 결정하고 사람과의 관계를 쌓아가는 발판이 되는 중요한 시점인 것 같아요. 그래서 그런지 대학을 졸업한 지 20년이 지난 지금도 그 시절이 많이 생각나요. 아침 일찍 도서관에 가서 아침 햇살을 받으면서 공부하고, 밤늦게까지 도서관에서 조별 과제를 하던 기억도 나고요. 한번은 효자 시장 골목에서 새벽까지 놀다가 아침을 먹고 수업을 갔던 기억, 학교 축제 기간도 생각이 나요. 지나고 나니 포항에서의 기억들이 다 너무 좋아요.

#5 해외 대학원에 진학하시게 된 이유가 있을까요? 하버드 대학원 시절 이야기도 궁금합니다.

늘 글로벌을 무대로 한 활동에 대한 목마름이 있었던 것 같아요. 글로벌 무대에서 공부하고 일해보고 싶다는 열망이 있어서 2학년 때부터 유학을 준비했어요. 대학원 때는 공부를 정말 많이 했어요. 하버드는 도서관이 워낙 좋으니까 좋은 도서관이라도 누리자는 생각에 언제나 법대 도서관에 가고 언제나 공대 도서관에 가고, 도서관 투어를 다니면서 공부했던 기억밖에 안 나요.

#6 지금까지 티빙 대표이사로 일하시면서 좋았던 점이 있을까요? 앞으로의 계획이나 목표도 궁금합니다.

1년 안에 수많은 변화를 만들어내고, 그런 변화가 성과, 실적으로 나타나는 결과들, 그리고 그걸 우리 구성원들과 함께 할 수 있는 것들이 뿌듯하고 좋아요. 경영에 보람을 느끼면서 내 역할을 해냈다고 생각하게 되기도 하고요. 한국 콘텐츠가 해외에서도 인기가 많으니까 앞으로는 이런 콘텐츠와 함께 글로벌 시장으로 진출하는 게 티빙에서 이루고 싶은 목표이자 꿈이에요.

#7 마지막으로, 선배님과 같이 글로벌 무대로 나아가고자 하는 후배들에게 한 마디 부탁드립니다!

초반에 말씀드린 것처럼 삶의 매 순간이 모여서 결국 미래의 내가 되는 것이기 때문에 어린 날의 찬란한 순간에서 정말 많은 경험을 해보고, 많이 고민하고 치열하게 살아야 한다고 말해주고 싶어요. 그리고 오로지 나에게 집중해서 내가 좋아하는 것들을 탐구해 보고 나에게 대해 생각해 볼 수 있는 시간은 대학생, 대학원생 때밖에 없는 것 같아요. 그때의 고민과 그때의 내가 어떻게 살아가느냐가 훗날 나의 모습을 결정하는 데 영향을 많이 준다는 것을 이야기해 주고 싶어요.



포스텍 산업경영공학과 시절부터 현재 티빙 CEO가 되기까지, 최주희 선배님의 이야기를 들어보았습니다. 자신의 마음속 소리에 귀를 기울이고 끊임없이 고민하여 자신의 길을 찾은 선배님의 이야기에서 저희도 많은 것을 배울 수 있었습니다. 여러분도 자신이 정말 하고 싶은 일이 무엇인지 나에게 귀를 기울이고, 목표가 생겼다면 이를 이루기 위해 최선을 다해보는 것은 어떨까요? 바쁘신 와중에도 시간 내어 의미 있는 말씀 들려주신 최주희 선배님께 다시 한번 감사 인사를 드리며 글을 마칩니다.☺

사람과 환경, 동물이 안전한 미래를 만든다



배양육 연구 기업 티센바이오팜

글 무은재학부 24학번 30기 알리미 황석훈



안녕하세요, 포스테키안 구독자 여러분! 알리미가 직접 교내의 유명 기업 및 연구실을 탐방하는 알턴십이 열세 번째 이야기로 돌아왔습니다. 사람이 살 수 있는 토지의 50%, 전 세계 물 사용량의 70%가 가축을 기르는 데 사용되고 있다는 사실, 충격적이지 않으신가요? 사람들의 육류 소비가 증가하면서 환경오염, 식량난과 같은 여러 문제가 발생하고 있는데요. 이러한 문제를 해결하는 방법 중 하나가 배양육으로 육류를 대체하는 것입니다. 포스텍의 동문 기업 중에서 이러한 배양육을 연구하는 기업이 있습니다. 2023년 '세계 세포 기반 혁신상' 배양육 부문에서 우승을 거머쥐었고, 세계 최초로 정육의 형태로 10kg의 세포 배양육을 만드는 데에 성공한 기업, 티센바이오팜에 대해 자세하게 알아보기 위해 저와 조민서 알리미가 직접 찾아가 보았습니다!



도축육을 대체할 수 있는 고기, 세포 배양육

티센바이오팜은 세포 배양육을 연구하는 기업입니다. 시중에서 파는 일반육을 대체할 수 있는 세포 배양육은 동물을 죽이지 않고 동물 안에 있는 근육이나 지방세포 일부를 채취한 후에 대량으로 배양해서 3차원으로 구현하는 고기를 뜻합니다. 전 세계적으로 수요가 가장 많은 소고기를 포함하여 닭고기, 돼지고기 그리고 수산물까지 배양에 대한 연구가 진행되고 있습니다. 이곳 티센바이오팜에서는 소, 닭, 돼지고기 배양에 대한 연구를 진행하고, 그중에서도 수요가 가장 많고 배양액으로 만들기가 가장 어려운 소고기에 대한 연구를 진행한다고 합니다. 기업 부설 연구실에서 티센바이오팜에서 만든 세포 배양육을 볼 수 있었는데요. 세포 배양육을 만들 때 마블링의 비율을 조절할 수 있고, 고기에 마블링도 원하는 모양대로 직접 넣을 수 있었습니다. 현장에서 마블링이 POSTECH으로 적힌 고기가 저의 눈길을 끌었습니다. 이 뿐만 아니라 여러 비동물성 재료가 놓여 있었습니다. 사

수님께서 말씀하시길, 이 재료들의 특정 성분을 추출해서 근육, 지방 줄기세포가 분화해서 달라붙을 수 있도록 바이오 잉크¹를 만든다고 합니다!

세포 배양육이 만들어지는 과정과 원리

티센바이오팜의 세포 배양육은 어떻게 만들어지는 걸까요? 사수님과 함께 세포배양실을 견학하여 세포 배양육이 만들어지는 과정을 확인할 수 있었습니다. 세포배양실에 들어가 보니 6개의 사각형 인큐베이터와 현미경, 바이오리액터² 등 여러 기구를 볼 수 있었습니다. 세포배양실 내의 사각형 인큐베이터에서 근육 줄기세포와 지방 줄기세포의 기초 배양을 진행하고, 바이오리액터에서 대량으로 세포 배양을 진행한다고 합니다. 대량으로 배양된 줄기세포들을 근육 세포와 지방 세포로 분화시키는 것이 배양 과정에서의 핵심 기술이라고 합니다. 세포배양실에 있는 현미경을 통해 이러한 분화 과정을 직접 보니 정말 신기했습니다!

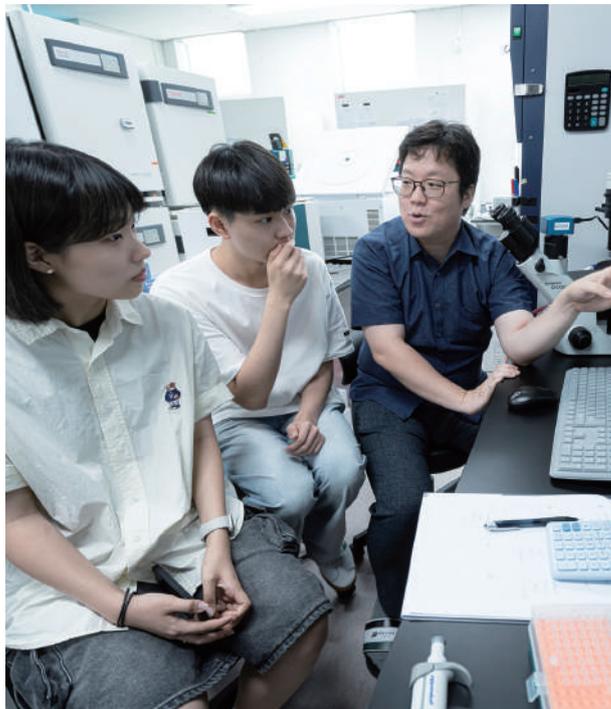
1. 3D 바이오프린팅에서 사용되는 특수한 재료로, 세포와 다양한 생체 재료를 함께 포함하고 있는 것

2. Bioreactor(생물반응장치). 효소, 미생물, 동물/식물의 세포 등 생체축매를 사용해, 생물의 체내에서 일어나는 화학반응을 체외에서 일어나게 하는 장치

세포 배양육이 일반육에 비해 가지고 있는 차별성

이렇게 만들어진 세포 배양육이 일반육에 비해 어떤 차별성을 가지고 있을까요? 세포 배양육의 경우 가공육이나 도축육과는 다르게 세포를 배양해서 만든 고기이기 때문에 여러 가지 사회적 문제를 해결할 수 있습니다. 예를 들어, 채식주의, 종교적 이유, 체질 등 개인적인 이유로 고기를 못 드시는 분들에게 맞춤형 고기를 제작해 공급할 수 있죠. 또한, 고기 소비량이 늘어남에 따라 동물을 기르는 데 많은 물과 토지를 사용해야 하는데, 이는 환경 오염의 원인이 됩니다. 세포 배양육은 이러한 문제점의 해결책이 될 수 있다는 점, 자급자족으로 식량 보급이 이루어지지 않는 나라에 도움을 줄 수 있다는 점에서 차별성을 가지고 있습니다.

하지만, 배양육 기술에도 아직 해결해야 할 과제가 있다고 하는데요. 가장 중요한 과제는 배양육 단가를 절감하는 것이었습니다. 세포 배양육의 단가는 일반육에 비해 비싸기에 소비자들이 큰 장벽을 느낄 수 있습니다. 비용 절감에 대해 많이 연구하시는 만큼, 티센바이오팜에서 만드는 육류를 시중에서 먹어볼 수 있었으면 좋겠네요!



한원일 대표님과 인터뷰

세포 배양육의 원리와 제작 과정에 대한 견학을 모두 마친 뒤에 한원일 대표님을 직접 만나 이야기를 해볼 수 있었습니다. 한원일 대표님께서 포스테키안에서 인공지능에 대해 연구하시다가 창업하셨기에, 대표님께 연구와 창업이라는 두 가지 진로의 차이점을 여쭙보았습니다. 대표님께서 연구하는 것은 모르는 것을 알기 위해서 탐구하는 것 자체가 목적이 되지만, 기술 창업은 이러한 것들이 수단이 된다고 답변하셨습니다. 덧붙여서, 연구에 너무 심취해 돈을 버는 생각을 하지 않는 것에 대한 걱정을 많이 하신다고 말씀해 주셨습니다. 또한, 회사의 비전은 지속 가능한 고기 생산 문화를 정착시키는 것이고, 대표로서의 비전은 티센바이오팜에서 일하는 분 모두가 회사에서 일하는 것을 오랫동안 자랑스럽게 여길 수 있도록 유지하는 것이라고 하셨습니다. 대표님께서 앞으로 배양육 기술이 더 발전하게 되면, 이 기술을 인공지능에 다시 접목시켜 사람들이 더 잘 살아갈 수 있도록 하는 것을 바라고 있다고 말씀하셨습니다. 마지막으로, 포스테키안 구독자 여러분에게는 모든 일을 끝까지 열심히 하고, 그 기억들이 여러분이 하고자 하는 일을 할 때 삶의 자양분이 돼서 많은 도움이 되었으면 좋겠다는 멋진 응원의 말씀을 남겨주셨습니다!



알턴십 인턴 x 컴퓨터공학과 23학번 29기 양민정



알턴십 인턴 x 컴퓨터공학과 24학번 30기 알리미 황석훈

티센바이오팜 알턴십을 마치며

지금까지 영화에서만 보던 공상과학을 현실에서 실현시키는 기업, 티센바이오팜을 견학해 보았습니다. 세포 배양육을 통해 다양한 이유로 고기를 먹지 못하는 사람들에게도 고기의 맛을 느끼게 한다는 것이 저에게는 너무나 멋있게 다가왔습니다. 이 글을 읽는 여러분들도 비현실적으로 느껴지는 꿈을 가지고 있더라도 그 꿈을 향해 노력한다면 더 나은 사람이 될 것이라 생각합니다! 체험을 도와주신 정재희 사수님과 인터뷰에 응해주신 한원일 대표님께 감사 인사를 드리며 이번 알턴십을 마칩니다. 세포 배양육과 티센바이오팜에 더욱 관심이 생기셨다면 포스텍 입학팀 유튜브 채널에 공개될 182호 알턴십 영상에도 많은 관심 부탁드립니다! 📺



알리미들의 일일 인턴 체험기.
10월 4일에 공개됩니다!



고등학생 기자단 포커스 12기

홍원빈 교수님을 만나다!



안녕하세요! 포커스 12기 청주 한국교원대학교 부설고등학교의 김도원, 황찬영입니다. 포스텍의 LG연구동에 위치한 MADs(Microwave Antenna, Device and System) 랩에서 안테나와 전파통신에 관한 다양한 연구를 하고 계신 홍원빈 교수님을 만나 인터뷰를 진행해 보았습니다. 인터뷰 영상에 있는 질문과 그 외에 추가로 질문한 내용 중 유익한 질문들을 선정하여 기사에 담아보았습니다.

글 한국교원대학교부설고등학교 1학년 황찬영, 김도원

Q 현재 진행 중이신 연구는 어떤 것이 있는지와 연구 내용에 대한 간략한 설명 부탁드립니다.

A 저는 전기장과 자기장이라는 자연의 원리를 일상생활에서 직면한 여러 문제를 해결하는 데 이용하기 위한 사용법을 연구합니다. 그리고 전기장과 자기장을 바탕으로 무선통신 레이더, 센싱 등의 여러 가지 활용 방안들을 회로나 디바이스 형태로 구현하는 방법을 모색하고 있습니다.

Q 요즘 사람들이 길거리에서 무선이어폰을 사용하는 경우가 많은데, 같은 주파수를 사용하는 같은 제품이면 무선이어폰과 핸드폰 사이에 연결이 다른 기기와 혼동될 수도 있나요?

A 기기마다 각각의 다른 식별코드를 가지고 있어서 식별코드를 핸드폰에서 인증할 때만 연결을 할 수 있게 제품이 나오고 있습니다. 즉, 신호를 감지할 수는 있지만, 서로 식별코드를 인증하는 페어링을 하고 서로 연결의 동의를 얻어야만 연결을 할 수 있어서 같은 주파수를 사용하는 제품이어도 서로 연결이 혼동되지는 않습니다. 주파수를 다르게 하지 않고 식별코드를 사용하는 이유는 주파수를 다르게 했을 때, 연결의 경우의 수가 너무 많아지기 때문입니다. 또한 각 국가에 할당되는 주파수가 있습니다. 따라서 마음대로 주파수의 대역을 사용할 수 없기 때문에 식별코드를 사용해서 페어링하게 됩니다.

Q 6G 후보 주파수 대역인 테라헤르츠 대역에서 주파수 커버리지를 확장하기 위해 RIS(재구성할 수 있는 지능형 표면) 기술을 개발하신 것으로 알고 있습니다. 해당 기술이 무엇이고, 테라헤르츠 대역의 전파를 인위적인 방향으로 반사, 흡수, 투과할 수 있는 원리가 무엇인지 궁금합니다.

A RIS는 빛의 상을 맺히게 하거나 발산하게 하는 볼록렌즈나 오목렌즈처럼 전파를 굴절시켜서 반사하는 기술입니다. 전파 표면 위의 구리 성분처럼 생긴 전자회로 부분이 일종의 곡률인데요. 이 전자회로 부분은 평평하지만 휘어져 있는 것 같은 역할을 하여 전파를 굴절시키게 됩니다. 전파가 매질을 투과한다는 것은 저항 없이 통과한다는 뜻입니다. 또한 전파 입장에서 보면 저항이 약하면 투과할 수 있고, 저항이 강하면 투과할 수 없다는 뜻인데, 저희 랩에서는 전자회로를 통해 각 지점의 저항 성분들을 설정할 수가 있습니다. 이러한 원리를 통해서 우리가 전파를 마음대로 반사, 흡수, 투과할 수 있게 되는 것입니다.

Q 공학에서 수학을 많이 사용한다고 하는데, 수학을 잘하는 것이 얼마나 중요한가요?

A 수학을 못 해도 괜찮습니다. 저도 수학 잘 못합니다. 공학을 하기 위해서 무조건 수학을 잘해야 한다는 건 선입견이라고 생각합니다. 수학이 이공계에서 중요한 이유는 두 가지입니다. 첫 번째로는 말로 설명하는 것보다 이해하기 편하다는 것입니다. 문제의 해답을 말로 설명하게 되면, 상대방이 동의하지 않는 경우 점점 미궁으로 빠지게 됩니다. 하지만 수학은 해답이 있기에 다툼의 여지가 없어서 말보다 편하게 설명할 수 있습니다. 그래서 수학이라는 언어가 있는 것이죠. 수학을 잘하지 못해도 잘 설명할 수 있다면 더 좋을 수도 있다고 생각합니다. 두 번째 이유는 수학이 기본적으로 정형화된 순서, 즉 논리가 깔려있기 때문입니다. 논리적이고 소통 능력이 좋아서 남에게 설명도 잘하고 남이 하는 말에 핵심 요지를 잘 파악한다면 사실 수학이 필요 없습니다. 하지만 수학을 이용하면 말 백 마디 대신 공식 3개를 보여주어 문제를 해결할 수 있습니다. 공학에선 그것이 수학의 목적인 거죠. 수학을 이용하면 문제를 딱 보았을 때 '할 수 있겠다, 혹은 현실적으로 어렵겠다.'를 알 수 있습니다. 결론적으로 공학에서 필요한 수학은 수학 문제를 잘 푸는 것과는 별개이기 때문에 수학을 이용한 설명 능력이 필요한 것입니다. 남한테 어려운 얘기를 손쉽게 빨리할 수 있는 사람이 세상에서 가장 강력하다는 말인 것이죠.

Q 포스텍 전자전기공학과만의 장점이 있을까요?

A 포스텍은 소수정예로 이루어진 대학교입니다. 장점으로 보자면 엘리트 교육을 할 수 있다는 것이죠. 다른 학교의 한 학과의 전체 학생 수 정도가 우리 포스텍의 전교생 수와 맞먹을 정도로 적은 숫자인데, 교수는 30명 정도라서 교수와 학생 비율이 거의 1:2일 정도로 학생 수가 적습니다. 그러면 그만큼 학교의 여러 가지 자원을 학생 한명 한명에게 집중시킬 수 있다는 뜻입니다.





㉑ 저희처럼 이공계열을 꿈꾸거나 포스텍을 꿈꾸는 학생들에게 조언 한마디 해주실 수 있을까요?

㉒ 이공계 분야를 꿈꾸고 있는 여러분께 조언을 드리자면, 여러분들 시기에 미래에 앞날이 뚜렷하지 않은 것은 당연합니다. 전자전기공학과는 폭넓은 선택을 할 수 있는 장점이 있기 때문에 전자전기공학과에 진학하신 다음, 그 안에서 다양한 분들과 교류하면서 여러 경험을 하시고 이후에 구체적인 여러분들만의 미래의 그림을 그리셔도 될 것 같습니다. 아무쪼록 우리 포스텍 전자전기공학과에서 만나서 여러분들의 미래에 대해서 같이 열띤 토론을 할 수 있는 시기가 오기를 고대합니다.

고등학생 기자단 포커스의
이야기는 10월 18일 공개됩니다!



지금까지 전자전기공학과와 흥원빈 교수님이 답변해 주신 인터뷰 내용이었습니다. 궁금했던 정보들에 대해 직접 인터뷰할 수 있도록 도와주신 입학팀의 강수향·오민진 선생님, 박다현·김채운 알리미님, 영상 촬영해 주신 박상근 감독님, 그리고 흔쾌히 인터뷰에 응해주셔서 저희의 궁금증을 해결하도록 도와주신 흥원빈 교수님께 감사드립니다! 🙏



지능형 반도체



11월 22일,
기획특집의 이야기를
영상으로 만나보세요!

반도체 산업에는 호황과 불황이 반복되는 주기가 존재한다는 것을 알고 계신가요? 2002년, PC의 보급이 확산되면서 반도체의 수요가 급격히 늘어났습니다. 2008년 스마트폰의 등장은 다시 한번 반도체 산업의 호황을 불러왔죠. 2020년 코로나19 사태로 인한 산업 전반의 디지털화 역시 반도체의 수요를 증가시켰습니다. 2024년, 반도체 산업이 다시금 황금기를 맞을 것으로 전망됩니다. 바로 AI 때문입니다. 불과 10년 전만 해도 먼 미래로 느껴졌던 AI지만 이제는 자율주행 자동차, 가전제품, SNS 알고리즘, 예술창작 등 산업 전반에 AI가 쓰이지 않는 분야가 없을 정도입니다. 이런 흐름에 따라 반도체 산업은 새로운 국면을 맞이하게 되었습니다. 기존과는 다른 역할을 하는 AI 반도체가 개발되고 있고, 메모리 반도체의 수요도 크게 증가하고 있습니다. 우리가 사용하는 반도체 소자의 작동 원리와 제작방법은 무엇일까요? 그리고 AI 산업과 함께할 미래의 반도체는 어떤 모습일까요? 이번 기획 특집을 통해서 반도체 물리, 반도체 소자의 기본인 MOSFET, 그리고 인공지능 반도체에 대해 알아보시다!

EUV와 반도체 물리

최근 세계적인 인공지능(AI) 반도체 기업 엔비디아(NVIDIA)의 주가가 지속적인 상승세를 보이고 있습니다. 그렇다면 반도체는 어떻게 전 세계가 주목할 만한 사업으로 성장할 수 있었을까요? 최근 반도체 기업들은 EUV(Extreme Ultraviolet) 공정을 통해 생산한 고성능 반도체 소자를 이용하고 있는데요. 반도체 물리의 관점에서 모빌리티와 캐리어 농도는 이러한 소자의 전기적 특성을 결정하는 중요한 요소입니다. 이번 꼭지에서는 EUV 공정에 대해 살펴보고, 반도체 소자의 특성을 결정하는 요인과 소자의 핵심구조인 PN 접합을 알아보시죠!

첨단 반도체 공정의 핵심, EUV

반도체가 완성되기까지 거치는 과정을 크게 8가지 공정으로 분류한 것을 반도체 8대 공정이라고 합니다. 이는 웨이퍼 제조, 산화, 포토, 식각, 증착 및 이온주입, 금속배선, EDS, 패키징 공정으로 이루어져 있는데요. 우선, 기동 형태의 실리콘을 얇게 절단하여 만든 웨이퍼에 회로 사이 절연막 역할을 하는 산화막을 생성하는 산화 공정, 감광액으로 회로 모양을 그리는 포토 공정, 회로의 산화막을 깎아내는 식각 공정, 불순물을 주입하여 전기를 흐르게 하는 이온 주입 공정을 실시합니다. 이후 박막을 통해 회로들을 구분하고 연결하는 증착 공정과 금속 배선 공정을 거친 후 성능 검사와 패키징 공정을 통해 반도체가 완성됩니다.

이 중에서 포토 공정(포토리소그래피)에서는 감광물질로 코팅된 웨이퍼에 회로 패턴을 새겨 넣기 위해 레이저 광원을 투사하는 노광 공정이 진행됩니다. 노광 공정에서 사용하는 광원의 파장에 따라 크게 DUV(Deep Ultraviolet)와 EUV(Extreme Ultraviolet) 리소그래피로 나뉘는데, DUV는 파장이 긴 빛(약 193 nm)을 이용하며, 주로 Eximer Laser와 렌즈, 투과형 마스크를 사용하여 패턴을 전사합니다. 그러나 소자의 집적도와 전력효율을 높이기 위해 첨단 반도체 공정에서는 매우 짧은 파장(약 13.5 nm)의 극자외선을 사용

하는 EUV(Extreme Ultraviolet) 리소그래피를 실시하고 있습니다. EUV에서는 분해능이 높은 짧은 파장의 빛을 이용하여 더 정밀한 패턴을 전사할 수 있으며, 렌즈를 통해 빛을 투과시키는 DUV와 달리 거울과 반사형 마스크를 통해 빛을 반사시켜 패턴을 전사합니다. 이는 파장이 짧을수록 공기나 물질을 통과할 때 흡수되기 쉬워 렌즈를 통과하면 빛의 세기가 매우 약해지기 때문입니다.

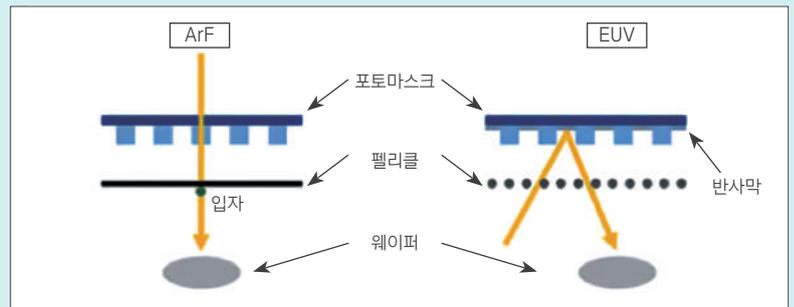


그림1. 기존 DUV(ArF) 노광 공정과 EUV 노광 공정 프로세스 비교

반도체 물리: 옴의 법칙과 모빌리티, 캐리어 농도

전자(Electron)는 가전자대(Valence Band, E_v)에 존재하다가 띠 틈(Band Gap)¹ 이상의 에너지를 받으면 전도대(Conduction Band, E_c)로 이동하여 자유전자가 될 수 있습니다. 이때 가전자대에는 홀(Hole, 정공)이라고 불리는 빈 에너지 상태가 발생합니다. 반도체의 성능을 평가하려면 반도체 소자의 저항을 변화시켜 가며 전압과 전류를 측정해야 합니다. 반도체는 외부에서 가해지는 여러 가지 자극에 대해 반응하는데, 예를 들어, 빛이나 열을 가하면 전자 또는 홀의 농도가 증가합니다.

저항은 비저항과 전류가 흐르는 단면적에 대한 길이의 비의 곱으로 정의되고($R = \rho \frac{L}{A}$), 거시적 관점의 옴의 법칙은 전류(I)가 전압(V)에 비례하고 저항(R)에 반비례함($V = IR$)을 의미합니다. 이를 이용하여 전류 밀도(J)를 다시 표현하면, $J = \frac{I}{A} = \frac{V}{R \times A} = \frac{V \times A}{\rho \times L \times A}$ 이고, 이때

1. 가전자대의 최소 에너지 준위와 전도대의 최대 에너지 준위의 차이. 물질과 결정구조가 정해지면 변하지 않지만, 온도에 따라 변화함. 온도가 상승하면 원자 간의 거리가 커지게 되고 이 때 띠 틈의 크기도 달라지는데 일반적으로 온도가 올라갈수록 작아짐.

전류가 흐르는 곳의 전기적인 특성이 균일하다는 가정하에 전기장(E)은 V/L 로 표현할 수 있으므로 전류 밀도는 비저항의 역수인 전기 전도도(Conductivity, σ)와 전기장의 곱으로 표현됩니다.

$$J = \frac{E}{\rho} = \sigma \times E$$

미시적 관점에서 볼 때, 전류는 단위 시간당 특정 면적을 통과하는 전하량으로 간주될 수 있습니다. 또한 전류 밀도는 전하의 밀도와 기본 전하량, 전하 속도의 곱으로 표현됩니다.

$$J = n \times q \times v$$

(n 은 전하의 밀도, q 는 기본 전하량, v 는 전하의 이동 속도)

이때 기본 전하량은 보통 e 로 표현하고, 전하의 속도 v 는 전기장의 크기의 곱에 비례하므로 미시적 관점에서 전류 밀도는 다음과 같이 표현됩니다.

$$J = n \times e \times \mu \times E$$

(n 은 캐리어 밀도, e 는 기본 전하량, μ 는 비례 상수)

따라서 전기전도도는 캐리어의 밀도와 기본 전하량의 곱에 비례합니다. 여기서 비례 상수를 해당 물질의 이동도(Mobility)라고 하며, 반도체 물질이 고정되면 그 값 또한 고정됩니다. 즉, 반도체의 전기전도도는 반도체 내 캐리어 농도가 클수록, 또 전압이 고정되어 있을 때 물질의 이동도가 클수록 증가합니다. 보통 전자 소자에 가하는 전기장은 한정되어 있으므로 소자의 이동도가 클수록 전자가 더욱 빠르게 움직일 수 있고, 따라서 웨이퍼의 주원료인 실리콘보다 이동도가 큰 물질을 사용하는 것이 좋습니다.

그렇다면 캐리어 농도는 어떻게 높일 수 있을까요? 상태 밀도 함수(Density of States, DOS)와 페르미 함수(Fermi Function)를 알면 캐리어 농도를 계산할 수 있습니다. 특정 띠 틈에 허용되는 캐리어의 수를 DOS라고 하며, 가전자대와 전도대에서의 DOS는 다음과 같이 표현됩니다.

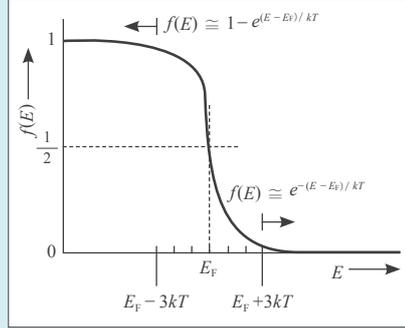
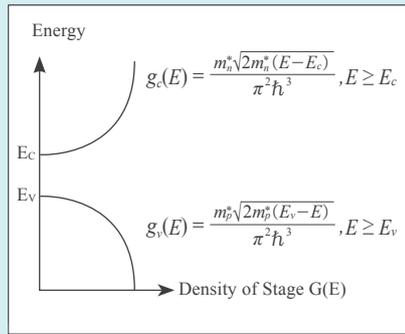


그림 2. 가전자대와 전도대의 DOS(위), 페르미 함수(아래)

페르미 함수는 전자가 특정 에너지 준위에 존재할 확률을 나타냅니다. 따라서 $1 - f(E)$ 의 값은 홀이 해당 에너지 준위에 존재할 확률을 의미합니다.

$$f(E) = \frac{1}{1 + e^{(E - E_f) / kT}}$$

(E_f 는 페르미 준위, T 는 절대온도, k 는 볼츠만 상수²⁾)

페르미 함수를 통해 전자가 존재할 확률을 구하기 위해서는 온도와 페르미 준위라는 에너지 레벨을 알아야 합니다. 여기서 페르미 준위란 T 가 0K보다 클 때, 페르미 함수의 값이 0.5, 즉 전자가 존재할 확률이 50%인 에너지 레벨³⁾을 의미합니다.

각 에너지 밴드에 존재할 수 있는 캐리어의 수와 캐리어의 존재 확률을 알면 캐리어 농도를 구할 수 있습니다. 결과적으로, DOS와 페르미 함수값을 곱한 결과가 특정 에너지 밴드에서의 캐리어 농도가 되는 것이죠. 그렇다면 페르미 준위는 물리적으로 어떤 의미를 가질까요?

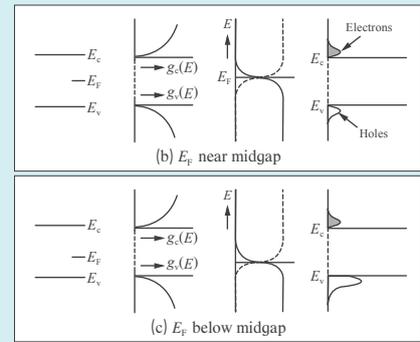
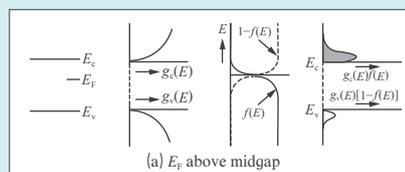


그림 3. 페르미 준위가 전도대에 가까이(a), 띠 틈의 가운데(b), 가전자대에 가까이(c)에 위치할 때의 에너지밴드 다이어그램, DOS, 페르미 함수(실선은 전자의 존재 확률, 점선은 홀의 존재 확률), 캐리어 분포

페르미 준위가 띠 틈의 가운데에 위치할 때는 홀과 전자의 분포가 거의 동일하지만, 전자의 분포가 많아질수록 페르미 준위가 전도대에 더 가까워집니다. 따라서 페르미 준위의 위치를 통해 홀과 전자의 수를 상대적으로 비교할 수 있습니다. 또한, 캐리어의 분포를 에너지 준위에 대해서 적분하면 특정 에너지 준위에서의 캐리어의 수까지 알 수 있습니다.

PN 접합과 에너지 밴드 다이어그램

전자가 가전자대에서 전도대로 전이하는 과정을 전자-정공 쌍 생성(Generation)이라고 하고, 전도대에 있던 전자가 가전자대로 전이하는 과정을 재결합(Recombination)이라고 합니다. 열 평형 상태의 반도체에서는 전자-정공 쌍 생성과 재결합이 동일한 속도로 발생하기 때문에 전류가 흐르지 않습니다. 그러나 반도체에 전압을 인가하거나 빛 에너지를 전달하면 열 평형 상태가 깨져 과잉 캐리어가 발생하게 됩니다. 이후 외부 자극을 제거하고 일정 시간이 지나면 원래 전자와 홀의 개수를 유지하려는 복원력이 작용하여 열 평형 상태로 돌아갑니다.

진성 반도체⁴⁾에 불순물(Dopant Atoms)을 도핑(첨가)하여 전자나 홀의 수를 증가시키면 페르미 준위와 에너지 밴드가 변화하여 전도도가 더 높은 반도체를 만들 수 있습니다. P형 반도체는 도펀트 원자가 acceptor(13족 원소)이고 N형 반도체는 donor(15족 원소)이며, 각

각 홀과 전자가 다수 캐리어인 반도체입니다. Donor를 도핑한 *n*형 반도체에서는 진성 반도체에 비해 페르미 준위가 높아지고, Acceptor를 도핑한 *p*형 반도체에서는 페르미 준위가 낮아집니다.

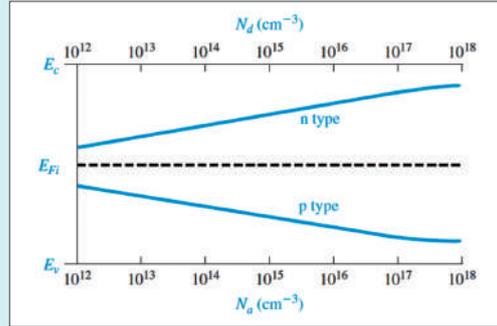


그림 4. 상온(T = 300K)에서의 도펀트 원자의 농도에 따른 페르미 준위

p-type과 *n*-type을 접합한 형태를 다이오드라고 부르는데, 다이오드는 금속학적 접합(Metallurgical Junction)⁵에 의해 두 영역으로 나누어집니다. 이때 두 반도체 간의 캐리어 농도 차이로 인해 *n*영역의 전자가 *p*영역으로 확산하고, *p*영역의 홀이 *n*영역으로 확산하게 됩니다. 결과적으로 *n*영역에는 양으로 대전된 donor가 남고, *p*영역에는 음으로 대전된 acceptor가 남게 되며, 금속학적 접합 근처에서 발생하는 이 영역을 공핍 영역이라고 합니다. 공핍 영역의 끝에는 다수의 캐리어가 존재하여 밀도 기울기가 발생하고, 이는 확산력을 발생시킵니다. 공핍 영역에서 발생된 전계는 확산력과 반대 방향으로 힘을 가합니다. 이렇게 전계와 확산력이 서로 반대 방향으로 작용하여 평형 상태를 이룹니다. 평형 상태에서는 전자의 이동이 없어야 하므로 접합 영역 전체에 걸쳐 페르미 준위가 일정해야 합니다.

p-type과 *n*-type의 상대적인 페르미 준위 차이로 인해 각 영역의 전도대와 가전자대의 에너지는 공핍 영역을 통과하며 휘어지게 됩니다. 이로 인해 *n*영역의 전자가 *p*영역으로 넘어가기 위해 일정 수준 이상의 장벽을 넘어야 하며, 이 장벽을 내부 전위 장벽(V_{bi})이라고 부릅니다. 이는 *n*영역과 *p*영역 간의 캐리어 농도의 평형을 유지시킵니다. 그러나 다이오드가 소자로 역할을 하기 위해서는 외부 자극을 통해 전류의 흐름을 용이하게 해주어야 합니다. 다이오드에 전압을 가하는 것을 바이어스(Bias)라고 하는데, *p*영역에 (+)전압을, *n*영역에 (-)전압을 걸어주는 순방향 바이어스의 경우, *p*영역의 홀과 *n*영역의 전자가 접합면 쪽으로 밀려나고 공핍 영역의 폭이 줄어들게 됩니다. 이때 전위 장벽과 저항이 낮아져 전류의 흐름

이 용이해지며, 접합부에서 전자와 정공이 결합하여 에너지가 방출됩니다. 반대로, *p*영역에 (-)전압, *n*영역에 (+)전압을 걸어주는 역방향 바이어스의 경우, *p*영역의 홀과 *n*영역의 전자가 반대 방향으로 끌려가 공핍 영역의 폭이 늘어나고 전위 장벽이 높아집니다. 이 경우, 캐리어들의 움직임이 제한되어 전류가 흐르지 않게 됩니다. 따라서 다이오드는 한 방향으로만 전류가 흐르게 하는 정류 작용을 할 수 있습니다.

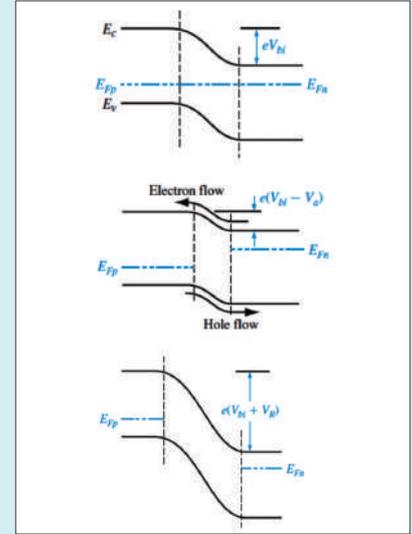


그림 5. 위에서부터 평형상태의 에너지 준위, 순방향 바이어스에서의 에너지 준위, 역방향 바이어스에서의 에너지 준위

첨단 반도체 공정의 핵심인 EUV의 원리를 알아보고, 이를 통해 생산한 소자의 성능을 결정하는 요인과 그것의 핵심 구조까지 살펴보았는데! PN 접합은 전압에 따라 전류의 흐름을 조절하는 정류작용을 할 수 있었습니다. 다음 꼭지에서 이러한 특성을 구현할 수 있는 또 다른 방법인 MS 접합을 살펴보고, 이것을 이용해서 만들어 낼 수 있는 대표적인 소자인 트랜지스터에 대해서 알아보도록 합시다! 📌

[그림 출처]

- 그림 1. <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2021101510570498161>
- 그림 2, 3. <https://shin7.tistory.com/entry/02-쉽게-알아-보는-페르미-준수-상태밀도>
- 그림 4,5. Semiconductor physics and devices : basic principles/Neamen, Donald A.

[참고 문헌]

1. 김명수. (2020). 반도체 공정 미세화에 따른 Patterning 소재 개발 동향. 한국공업화학회 연구논문 초록집, 2020(0), 116-116.
2. 주장현. EUV Lithography를 위한 진공 기술
3. Nan Fu, Yanxiang Liu, Xiaolong Ma, Zanfeng Chen. EUV Lithography: State-of-the-Art Review
4. Ben G. Streetman, Sanjay Kumar Banerjee. Solid State Electronic Devices (7th Edition)

2. 입자 수준에서의 에너지와 거시 수준에서 관측된 온도를 연관시켜주는 물리 상수이며, 기체 상수와 아보가드로 수의 비. (약 $1.380\ 6488 \times 10^{-23}$ J/K)
3. 즉, Hole이 존재할 확률과 Electron이 존재할 확률이 같은 지점.
4. Intrinsic Semiconductor, 실리콘이나 게르마늄 등 한 가지 14족 원소의 단결정으로 만들어짐.
5. *p*-type과 *n*-type이 접합되어 있는 경계.

반도체의 구조와 MOSFET

지금까지 반도체의 기본이 되는 PN 접합을 알아보았습니다. PN 접합의 유용한 성질은 적절한 금속과 반도체의 접촉을 형성시켜 주는 것만으로도 얻어낼 수 있는데요, 금속과 반도체를 접합하고 이들을 여러 층으로 쌓아 올리며 다양한 소자 개발의 가능성이 열렸습니다. 특히, 전계 효과 트랜지스터(FET)는 정보를 저장하고 회로를 동작하게 함으로써 컴퓨터를 탄생시켰습니다. 현재는 금속, 산화막, 반도체를 접합한 MOSFET이 메모리 소자의 핵심을 맡고 있죠. 지금부터 알아보도록 합시다!

금속과 반도체를 붙이면? MS 접합

일함수가 다른 두 금속을 접촉시키면 p형과 n형 반도체를 접촉시키는 것과 같은 효과를 이끌어낼 수 있습니다. 특히 반도체와 금속 간의 접합을 MS 접합이라고 부르는데요, 금속-반도체 접합이 특히 중요한 이유는 바로 우리 주변의 소자들은 반도체로만 이루어져 있지 않기 때문입니다. 반도체 소자는 '채널'이라고 부르는 소자의 성질을 결정하는 부분과 전극으로 이루어져 있습니다. 이때 채널과 전극을 연결하는 부분에서 금속-반도체 접합에 대한 해석이 매우 중요해지게 됩니다. n형 반도체를 예로 들어봅시다. n형 반도체의 페르미 준위가 금속의 페르미 준위보다 높게 형성되어 있으므로 반도체에서 금속으로 전자의 확산이 일어나게 됩니다.

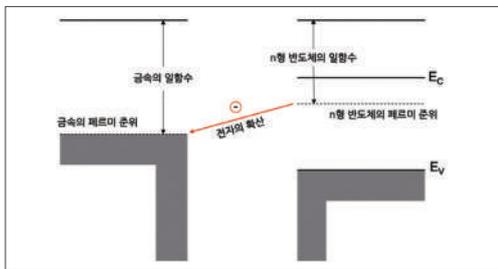


그림 1. n형 반도체의 페르미 준위가 금속의 페르미 준위보다 높다.

그러므로, 꼭지 1에서 봤듯이 두 물질이 접촉하여 열평형상태가 되면 페르미 준위가 일정해집니다. 금속의 페르미 준위와 반도체의 페르미 준위가 일치되도록 접촉이 형성되면 어떤 일이 일어날까요?

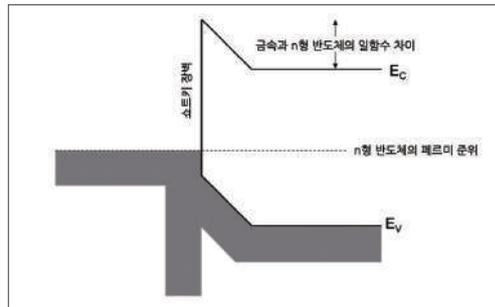


그림 2. 금속과 반도체가 접합될 경우 페르미 준위끼리 평형을 이루면서 쇼트키 장벽이 형성된다.

n형 반도체를 조금 더 큰 일함수를 가지는 금속과 접촉하는 경우 위 그림과 같이 전위 장벽이 형성됩니다. 이를 '쇼트키 장벽'이라 부릅니다. n형 MS 접합의 경우 순방향 바이어스를 걸면 n형 반도체 부분의 페르미 준위가 높아져 내부 전위 장벽이 낮아지고 전자가 흐르게 됩니다. 반면, 역방향 바이어스를 걸면 내부 전위 장벽이 높아져 전자가 장벽을 넘지 못하게 됩니다. p형 반도체의 경우 금속의 일함수가 반도체의 일함수보다 작은 경우에 같은 원리로 쇼트키 장벽 형성이 가능합니다. 이러한 쇼트키 접합의 특성을 살펴보니 어떤가요? 바로 PN 접합 다이오드와 같은 특성을 보인다는 것을 알 수 있습니다.

MOSFET에 MS 접합을 사용할 때는 쇼트키 장벽을 낮춰서 오믹 접합상태를 만들거나, 반도체 쪽의 도핑농도를 매우 높여서 쇼트키 장벽을 뚫고 전류가 흐를 수 있도록 하는 유사 오믹 접합을 만들게 됩니다. 그래야 반도체 채널에서 흘러나온 전류가 배선으로 원활하게 흐르게 됩니다.

1. 금속 표면으로부터 전자 1개를 떼어내는데 필요한 에너지. 즉, 페르미 준위에서 진공 준위까지 전자를 올리는 데 필요한 에너지

반도체 소자의 핵심, 트랜지스터

우리가 만드는 소자는 어떤 기능을 수행해야 할까요? 흔히 말하는 반도체 소자는 대부분 트랜지스터를 의미합니다. 이제 FET라 불리는 전계 효과 트랜지스터의 동작에 대해서 알아보도록 하겠습니다. FET에서는 트랜지스터에 인가된 전압에 의한 전계가 형성되고 이 전계의 세기로 전류를 제어합니다. 구체적으로는 두 단자를 통하는 전류가 제 3의 단자에 흐르는 전류나 전압을 통해서 제어될 수 있는 특징을 가지고 있습니다. 이는 교류신호를 증폭시키거나 전류가 흐르지 않다가 흐르도록 하는 스위칭 기능을 구현할 수 있게 합니다. 이를 통해 0(전류가 흐르지 않는 상태)과 1(전류가 흐르는 상태)의 이진수를 표현할 수 있게 되면서 컴퓨터를 만들 수 있게 된 것이죠.

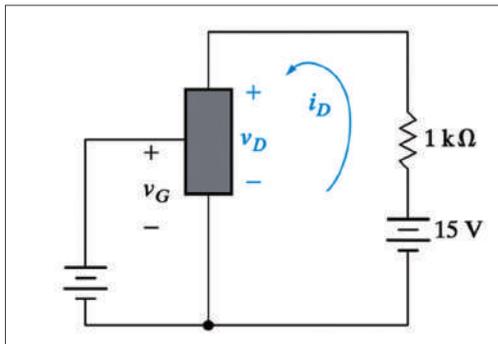


그림 3. 트랜지스터의 구조, V_G 는 게이트 전압을 나타낸다.

트랜지스터는 위와 같은 구조를 가집니다. 게이트 전압을 조절하면 트랜지스터 양단의 전압값과 전류값이 달라집니다. 이 관계를 나타내는 곡선을 전압-전류 특성 곡선이라고 합니다.

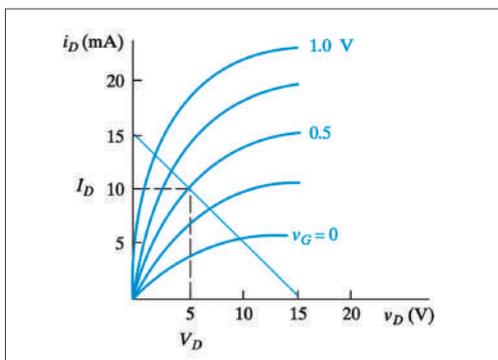


그림 4. 트랜지스터의 전압-전류 특성 곡선. 게이트 전압의 크기별로 트랜지스터 양단에 걸리는 전압-전류 특성에 대한 여러 곡선이 나타나고 있다.

그림 4 곡선에서 게이트 전압이 0.5 V, 1 V...로 커지며 다른 여러 개의 곡선을 만들고 있습니다. 게이트 전압의 작은 변화로도 소자에 흐르는 전류값에 큰 변화가 발생하는 증폭 효과를 얻을 수 있습니다. 작은 제어 전류로 소자에 흐르는 전류를 0에서 최대치까지 크게 변화시키면 스위칭 기능을 하게 됩니다. 스위칭 기능은 디지털 회로 구성에서 유용하게 쓰이죠.

금속-산화막-반도체를 붙인 MOSFET

지금까지 알아보았던 PN 접합과 MS 접합을 응용하면 트랜지스터를 만들 수 있습니다. 특히 디지털 회로에서 가장 널리 사용되는 전자 소자는 금속-절연체-반도체 트랜지스터인 MOSFET입니다. FET에서 전자가 흘러나오는 곳을 Source 채널, 전자가 흘러가는 끝을 Drain 채널이라고 합니다. 전자는 Source 채널에서 나와 Drain 채널까지 흘러가야 합니다.

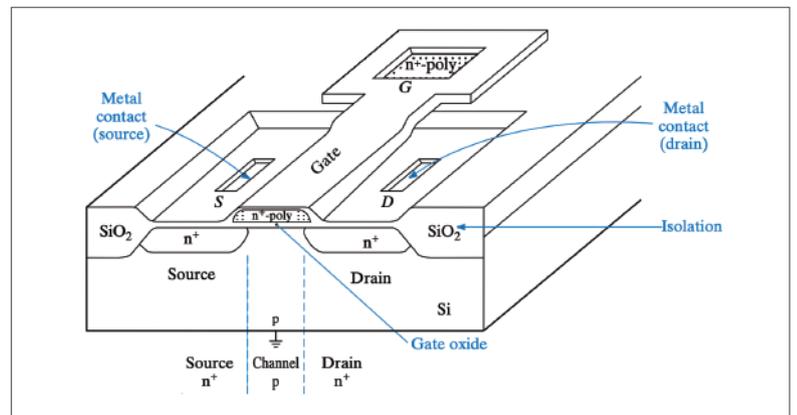


그림 5. 일반적인 MOSFET의 구조

MOSFET의 기본 구조는 위와 같습니다. p형으로 도핑된 실리콘 기판 위에 우물을 두 개 파고 고농도로 도핑된 n형 Source/Drain 영역을 만듭니다. 여기에는 contact 금속이 접합됩니다. 우물이 없는 중앙에는 게이트 채널 금속이 게이트 절연막 위에 형성됩니다. 이때, 실리콘 기판과 금속의 직접 접합을 막는 절연체 역할로 실리콘 산화막(SiO_2)이 사용됩니다. 절연체는 왜 필요한 것일까요? MS 접합에서 금속에 전압을 걸어주고 한쪽을 접지시키면 금속에서 반도체로 전류가 흐르는 것을 보았습니다. 그렇기에 절연체로 그 사이를 막아 Gate와 채널 사이에 전류가 흐르지 못하게 하고,

Source와 Drain부분이 각각 양과 음으로 대전되어 그 사이에 전기장이 형성되도록 하는 것입니다.

이제 MOSFET의 에너지 준위를 나타낸 그림을 살펴봅시다. Source에서 Drain으로 지나가는 전자에 대한 전위 장벽이 있게 됩니다. 고농도로 도핑된 n형 영역의 페르미 준위(전도대에 가까움)와 p형 영역의 페르미 준위(가전자대에 가까움)가 평형을 이루기 때문입니다. 그림으로 보면 아래와 같습니다.

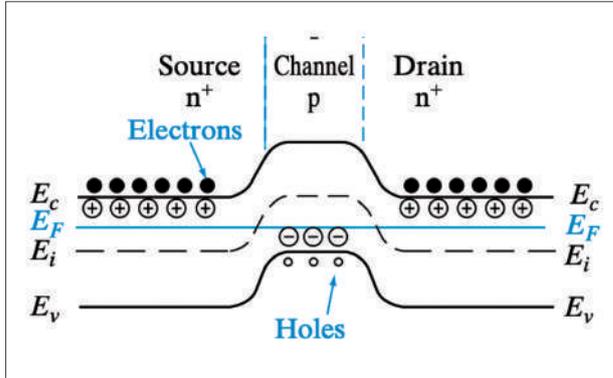


그림 6. MOSFET의 Source-Channel-Drain간 에너지 대역도

이제 Gate 채널에 양전압을 인가하면 어떻게 될까요? 그러면 전위 장벽이 낮아지면서 전류가 흐를 준비가 완료됩니다. 위로 볼록 솟은 부분이 낮아지며 장벽이 줄어든다는 뜻이죠. 반대로 Gate 채널에 음전압을 인가하면 전위 장벽이 높아지며 전류가 흐르지 않습니다. 이렇게 Gate를 이용해서 전류가 흐를 조건과 흐르지 않을 조건을 조절할 수 있습니다.

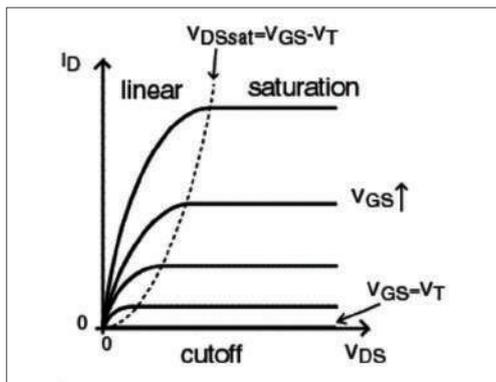


그림 7. MOSFET의 전류-전압 특성 곡선, 드레인 전류를 y축, 드레인-소스 전압을 x축으로 하여 나타내었다. Gate 전압값의 변화에 따라 여러 곡선이 나타난다.

이때 전류가 흐를 수 있도록 전위 장벽을 충분히 낮추는 데 Gate에 인가되어야 하는 최소 전압을 문턱 전압

이라고 합니다. 즉, Source와 Gate 간의 전압²이 문턱 전압보다 크냐 작냐에 따라서 전류가 흐르냐 흐르지 않느냐가 결정됩니다. 전류가 흐르는 영역은 Gate 전압이 문턱 전압보다 클 때 옴의 법칙과 비슷하게 Drain 전압에 비례하여 전류가 증가하는 선형영역과, Drain 전압의 크기가 더욱 커져서 Gate와 Drain 간의 전압 차가 문턱 전압에 도달한 이후에는 더 이상 전류의 크기가 증가하지 않는 포화영역, 두 영역으로 나누어집니다. 더 자세한 내용이 궁금한 친구들은 MOSFET 동작 상태에 대해 추가로 공부해 보도록 합니다!

MOSFET은 반도체의 현재라고 할 수 있습니다. 그렇다면 반도체의 미래는 어떨까요? 기술이 발전하고 인공지능에 대한 수요가 높아짐에 따라서 인공지능 반도체의 필요성이 증가하고 있습니다. 인공지능의 구현을 위해서는 많은 양의 병렬적 연산과 엄청난 전력이 필요합니다. 그렇다면 오로지 인공지능만을 위해 연구되고 있는 특별한 구조의 인공지능 반도체에 대해서 알아보까요? 🤖

[그림 출처]

- 그림 1, 2. 필자 자체제작
- 그림 3. Solid State Electronic Devices 7th ed. – Beg G. Streetman, Sanjay Kumar Banerjee, Pearson, Figure 6-2(a), 280p
- 그림 4. Solid State Electronic Devices 7th ed. – Beg G. Streetman, Sanjay Kumar Banerjee, Pearson, Figure 6-2(b), 280p
- 그림 5. Solid State Electronic Devices 7th ed. – Beg G. Streetman, Sanjay Kumar Banerjee, Pearson, Figure 6-10(a), 292p
- 그림 6. Solid State Electronic Devices 7th ed. – Beg G. Streetman, Sanjay Kumar Banerjee, Pearson, Figure 6-10(a), 292p
- 그림 7. Yeji11 (2020), MOSFET I-V 특성 정리, 공대생 예디의 블로그, <https://yeji1214.tistory.com/53>

[참고 문헌]

- Solid State Electronic Devices 7th ed. – Beg G. Streetman, Sanjay Kumar Banerjee, Pearson

2. Source는 접지되어 있기 때문에 Source의 전위는 0. 따라서 Source와 Gate간의 전압 차는 Gate전압임. 이하 Gate 전압으로 표기

인공지능 반도체

오늘날에는 전 세계 경제를 뒤흔드는 AI 반도체 시장. 마이크로소프트, 애플, 구글 등 글로벌 빅테크 기업부터 여러 스타트업 기업들까지 인공지능 반도체라 불리는 지능형 반도체 개발에 막대한 투자를 아끼지 않고 있습니다. 그렇다면 인공지능 반도체는 어떻게 촉망받는 반도체 기술로 성장할 수 있었을까요? 이번 꼭지에서는 기존의 MOSFET을 넘어선 반도체의 미래, 인공지능 반도체에 대해 알아보겠습니다.

HBM의 등장: 폰 노이만 구조의 한계를 극복하다

현대 사회에서 우리가 사용하고 있는 컴퓨터는 대부분 폰 노이만 구조를 따르고 있습니다. 폰 노이만 구조란 아래 그림과 같이 중앙처리장치(CPU)와 메모리 영역이 분리되어 있어 버스를 통해 데이터와 명령어를 주고받는 구조를 말합니다. 메모리는 다시 프로그램 영역과 데이터 영역으로 나뉘는데, 두 영역 사이에는 구분이 없기 때문에 명령어와 데이터가 같은 메모리, 버스를 사용하게 됩니다. 즉, 이러한 폰 노이만 구조에서는 CPU가 명령어와 데이터에 동시에 접근할 수 없기 때문에, 데이터를 하나씩 순차적으로 처리해야만 합니다. 또한 한 번에 하나의 데이터가 아닌 여러 개의 데이터가 동시에 입력되는 고차원의 데이터를 처리하기 위해서는 각각의 입력값에 따라 다른 가중치를 곱하고, 이들을 모두 더하는 인공신경망 연산이 필요했습니다. 그러나 기술 발전에 따라 컴퓨터가 저장하고 처리해야 하는 데이터가 증가하여 연산 과정이 매우 비효율적으로 이루어진다는 치명적인 단점이 드러났습니다.

폰 노이만 구조에서는 곱셈 연산을 바로 수행할 수 없어, 덧셈 연산을 여러 번 반복 수행하는 방식으로 구현했습니다.

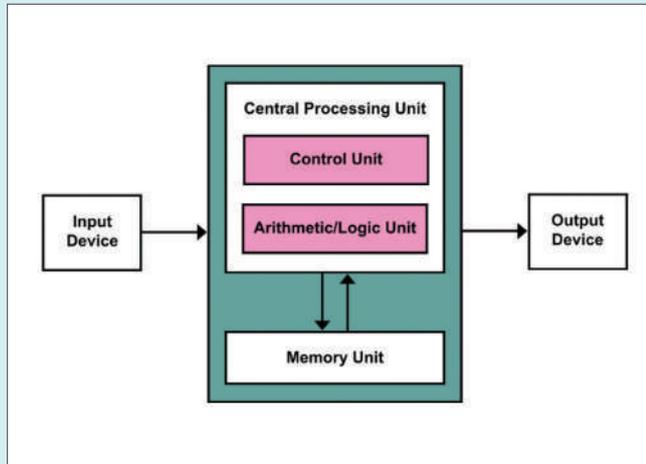


그림 1. 폰 노이만 구조

하나의 곱셈 연산을 마친 중간값을 메모리에 저장한 뒤, 다시 덧셈 연산을 위해 해당 데이터를 프로세서로 불러와야 했죠. 게다가 입력값에 따라 해당 가중치 값을 변경하기 위해서는 데이터의 이동량이 기하급수적으로 늘어나게 되었는데요. 폰 노이만 구조에서 주기억장치로 DRAM(Dynamic Random Access Memory)²을 이용하는데, DRAM의 동작 속도가 CPU의 동작 속도보다 훨씬 느리다는 점이 큰 문제였습니다. CPU와 메모리는 하나의 버스를 이용하여 데이터를 이동시키기 때문에 CPU에서 아무리 연산을 빨리 처리하더라도 DRAM의 응답을 기다리는 과정에서 두 장치의 속도 차에 의한 병목 현상이 발생한 것이죠. 이에 따라 전체적인 컴퓨터의 연산 처리 속도가 메모리의 동작 속도에 의존하고, 궁극적으로 컴퓨터 시스템 자체의 성능 저하를 야기했습니다. 그래서 등장하게 된 것이 바로 HBM³(High Bandwidth Memory)입니다. HBM은 대역 폭⁴이 높아 모든 메모리 중 데이터를 가장 빠르게 처리하고 전송할 수 있는 장점 덕분에 대량의 데이터를 빠르게 처리해야 하는 인공지능 반도체의 필수 요소가 되었죠.

1. CPU, 주기억 장치, 외부의 입출력 장치 사이의 정보 전송을 위한 전기적 통로
2. RAM의 종류 중 하나로, 트랜지스터에 데이터 비트를 저장하는 휘발성 메모리
3. DRAM 여러 개를 수직으로 쌓아 올린 적층 메모리 형태로, CPU나 GPU에 탑재되는 메모리
4. 초당 데이터 전송 속도

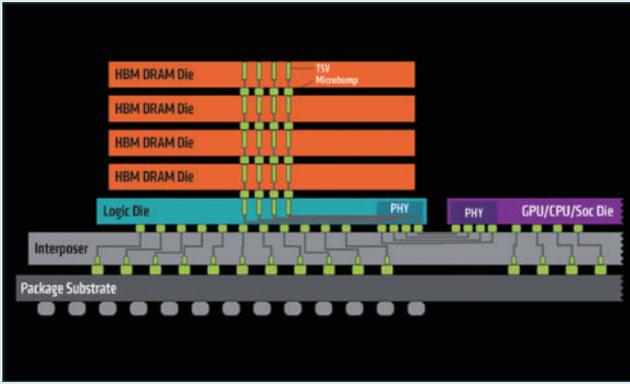


그림 2. HBM의 구조

인공지능 반도체가 인공지능경망 연산을 처리하는 방법

그렇다면 인공지능 반도체는 복잡한 인공지능경망 연산을 어떻게 처리하는 것일까요? 인공지능 반도체는 기존의 폰 노이만 구조와 달리 연산을 처리하는 프로세서와 데이터를 저장하는 메모리의 위치를 물리적으로 구분하지 않습니다. 메모리가 NPU(Neural Processing Unit) 칩 내부에 통합되어 있어 데이터 전송 시간을 줄일 수 있죠. 인공지능 반도체는 동시에 여러 입력이 들어오는 경우, 가중치 연산을 한 번에 처리하기 위해 가중치 값으로 구성된 행렬과 벡터 형태로 표현된 입력을 곱하는 행렬-벡터 곱셈(MVM, Multiple-Vector Multiplication)을 사용하는데요. 아래 그림을 예로 들어 입력값 x 에 대한 출력값 y 에 대한 식을 표현하면

$$y_0 = w_{00}x_0 + w_{01}x_1 + w_{02}x_2, \quad y_1 = w_{10}x_0 + w_{11}x_1 + w_{12}x_2$$

$$y_2 = w_{20}x_0 + w_{21}x_1 + w_{22}x_2, \quad y_3 = w_{30}x_0 + w_{31}x_1 + w_{32}x_2$$

$$y_4 = w_{40}x_0 + w_{41}x_1 + w_{42}x_2 \text{ 와 같이 정리할 수 있는 것입니다.}$$

이처럼 행렬 연산에서의 특정 행과 특정 열의 곱셈은 다른 행 또는 열에 의해 영향을 받지 않아서, 계산이 순차적으로 일어날 필요 없이 병렬적인 계산이 가능합니다.

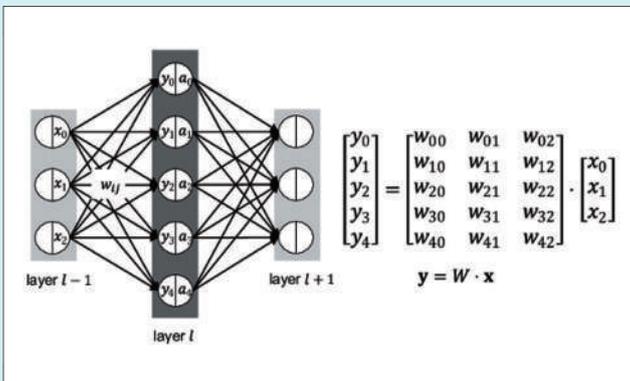


그림 3. MVM으로 표현한 인공지능경망 연산

그럼, 인공지능 반도체는 이러한 가중치를 통한 복잡한 연산을 어떻게 구현하는 걸까요? 인공지능 반도체는 MVM에서의 입력값과 가중치를 전기적 물리량으로 표현하여 저장하고, 이를 회로로 구성하여 연산합니다. 인공지능경망 연산에서의 입력값을 전압으로, 가중치를 전도도로 나타내어 입력값과 가중치의 곱을 출력 전류값으로 설정합니다.

꼭지 1에서 살펴본 옴의 법칙에 따르면 저항(R)의 역수인 전기 전도도(Conductivity, G)에 대해, 전압(V) × 전도도(G) = 전류(I)를 만족함을 알 수 있는데요. 전기 전도도를 저장하는 소자를 행렬 형태로 배치한다면, 아래 그림과 같이 키르히호프 법칙⁶에 따라 도선에 흐르는 전류의 양에 대한 덧셈 연산이 이루어집니다. 따라서 각각의 데이터들에 가중치를 곱한 뒤 더하는 연산, 즉 MVM 연산을 회로 상에서 구현할 수 있게 되는 것이죠. 이러한 행렬 연산을 여러 단계에 걸쳐 진행하고, 연산 결과에 대한 출력을 결정하는 다양한 딥러닝 알고리즘에 의해 결과적으로 아래 그림 5의 마지막 단계인 뉴런 회로가 빠르게 반응하게 되는 것입니다.

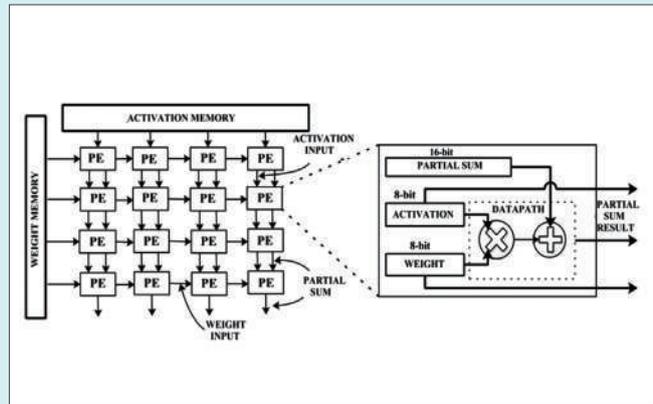


그림 4. 옴의 법칙과 키르히호프 법칙을 이용해 구현한 MVM 연산

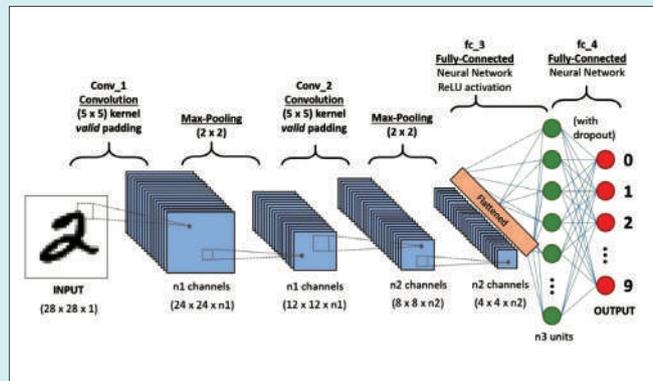


그림 5. CNN 알고리즘 구조도

5. 전류가 흐르는 분기점에서, 전류의 합 즉 들어온 전류의 양과 나간 전류의 양의 합이 같다는 법칙

인공지능 반도체의 미래

이번 꼭지에서는 오늘날 가장 혁신적인 두 가지 과학 기술인 인공지능과 반도체 기술이 합쳐져 만들어진 AI 반도체의 등장 배경부터 AI 반도체가 연산을 처리하는 방법에 대해 자세히 알아보았습니다. 현재 스마트폰과 노트북에 주로 적용되는 NPU가 가장 대중적인 AI 반도체 중 하나인데요. 실제로 갤럭시 S23 시리즈, 애플의 맥북 에어 M2에 탑재된 NPU는 안면 인식 보안, 이미지 분석 등의 기능을 통해 기존 디바이스의 카메라 기능을 보조하는 역할을 하고 있습니다. 또한 엔비디아의 Drive 플랫폼은 고성능 GPU를 기반으로 자율주행 차량의 주변 환경을 인식하고 판단하며, 안전한 주행을 할 수 있도록 지원하는데요. 인공지능 기술은 더 이상 일반인이 접근하기 어려운 첨단 기술이 아닌, 머신 러닝 기반 추천 시스템, chatGPT 등의 다양한 수단을 통해 우리 생활 속 깊이 스며들게 되었습니다. 이러한 AI 기술의 발전에 따라 CPU 대비 AI 연산에 최적화된 인공지능 반도체조차 전력효율, 연산 효율을 개선해야 하는 과제가 대두되었고, 이 문제를 해결하기 위해 새로운 반도체 기술을 이용한 고성능 저전력 AI 반도체의 중요성이 강조되고 있습니다.

컴퓨팅, 네트워크, 클라우드 등 사회 전반의 디지털화와 기존의 제조업 기술의 효율성 증대를 가능케 한 반도체 개발 연구는 21세기를 대표하는 과학 기술로써 단단히 자리매김하고 있는데요. 이번 기획특집을 계기로 하여 4차 산업혁명을 이끌어가는 핵심 요소인 지능형 반도체에 관심을 가져보는 건 어떨까요? 

[그림 출처]

그림 1. https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%8F%B0_%EB%85%B8%EC%9D%B4%EB%A7%8C_%EA%B5%AC%EC%A1%B0

그림 2. https://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=203197#google_vignette

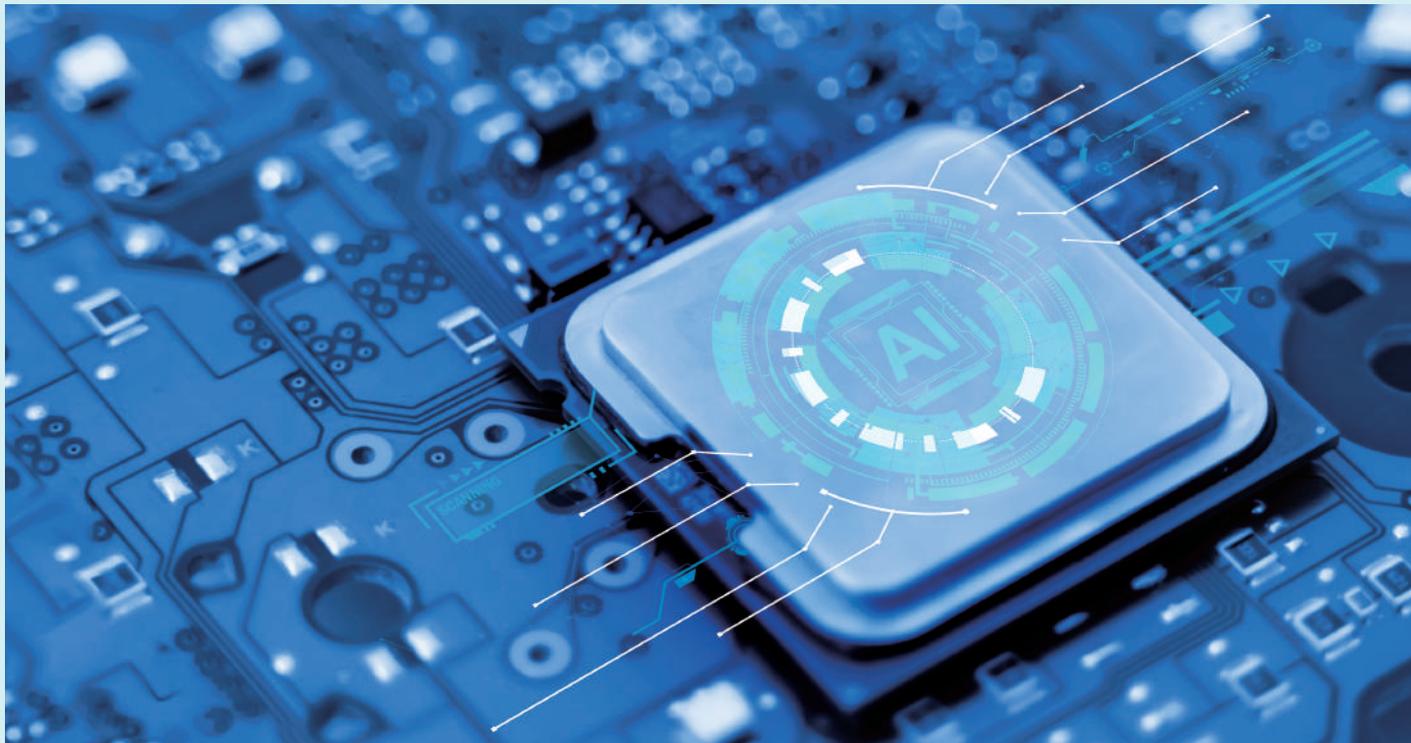
그림 3, 4. 이동수, 지능형 반도체의 새로운 패러다임, ICT 산업전망 컨퍼런스

그림 5. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/03/basic-introduction-to-convolutional-neural-network-in-deep-learning/>

[참고 문헌]

1. '초거대 AI 두뇌, AI 반도체가 키운다... GPU 넘어 NPU로', 비맥스테크놀로지, 2023.03.21. <https://www.bemax.co.kr/%EC%A0%95%EB%B3%B4%EA%B2%8C%EC%8B%9C%ED%8C%90/news/?mod=document&uid=608>

2. 이동수, 지능형 반도체의 새로운 패러다임, ICT 산업전망 컨퍼런스



HELEN

2023
노벨 화학상 이야기

양자점, 빛의 마법으로의 안내

Nobel



김
포스텍 화학과 김성지 교수
무은재 석좌교수, 시스템생명공학부 주임교수,
국가연구개발사업 평가위원, 과학기술특별위원

2023년 노벨 화학상은 수 나노미터 수준의 반도체 나노입자인 양자점의 발견에 기여한 세 명의 과학자 모운지 바웬디, 루이스 브러스, 그리고 알렉세이 예키모프에게 돌아갔습니다. 특히 반갑게도 MIT 모운지 바웬디 교수는 필자가 박사학위를 받은 지도교수이기도 하여 그 감회가 새로웠습니다. 바웬디 교수는 자유롭고 깊은 사색을 좋아하는 철학자 타입의 교수며, 무엇이든지 탐구할 수 있고 깊게 들여다볼 수 있다는 생각을 가지고 있으셨습니다. 돌이켜보면 같이 연구하면서 받은 지적 자극과 희열은 무엇과도 바꿀 수 없는 값진 자산입니다. 이번 글에서는 입자 크기가 빛의 색깔을 결정하는 양자점을 발견하고 합성에 기여한 세 사람의 업적을 살펴보면서 양자점의 기술 발전과 미래에 대해서 생각해 보고자 합니다.

현대의 연금술사

고대부터 중세까지 연금술사들은 황금을 만들기 위해 다양한 노력을 하였으며 그 과정에서 수많은 시행착오를 통해 실험 화학이 정립되고 현대 화학의 기초 지식을 마련하고 금속 및 세라믹 기술이 크게 발전하는 모태(母胎)가 되었습니다. 하지만 연금술을 통해 화학이 발전하면서 역설적으로 원자는 변하지 않는다는 개념이 확산되었고, 연금술은 허황한 꿈이었다는 사실을 점차 깨닫게 되었죠. 비록 현대 과학 기술로는 화학적인 반응을 통해 납을 금으로 변환시키는 연금술을 실현하지 못했지만, 이번 노벨 화학상을 수상한 미국 매사추세츠공대(MIT)의 모운지 바웬디(Moungi G. Bawendi) 교수, 미국 컬럼비아대학교의 루이스 브러스(Louis E. Brus) 명예교수, 前 나노크리스탈 테크놀로지 소속의 알렉세이 예키모프(Alexey Ekimov) 박사의 양자점 나노기술 연구를 바탕으로 값싼 돌멩이를 나노크기로 쪼갬으로써 형형색색의 빛을 내는 쓸모 있는 물질로 전환하는 현대의 연금술을 구현할 수 있게 되었습니다.

그림 1.

값싼 카드뮴 기반의 물질을 유용한 형형색색의 양자점으로 만들 수 있는 현대의 연금술.
(출처: Funcmater, Chemistry World)

그림 2.

2023년 노벨 화학상 수상자, 양자점의 발견과 원리 규명, 왼쪽부터 모운지 바웬디, 루이스 브러스, 알렉세이 예키모프.
(출처: Massachusetts Institute of Technology, Columbia University, Nexdot)

그림 3.

입자 크기에 따라 전자의 분포 공간이 달라 다른 에너지의 빛을 내는 양자점.
(출처: 노벨상 위원회)

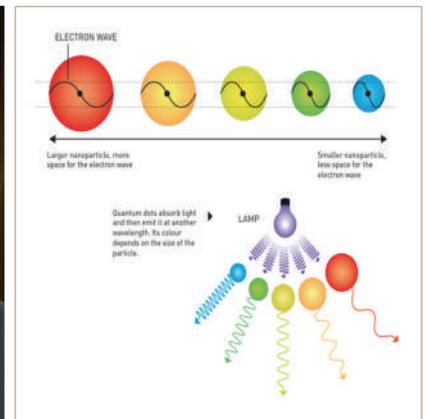
1



2



3



양자점 인공분자로 자연의 색을 구현하다

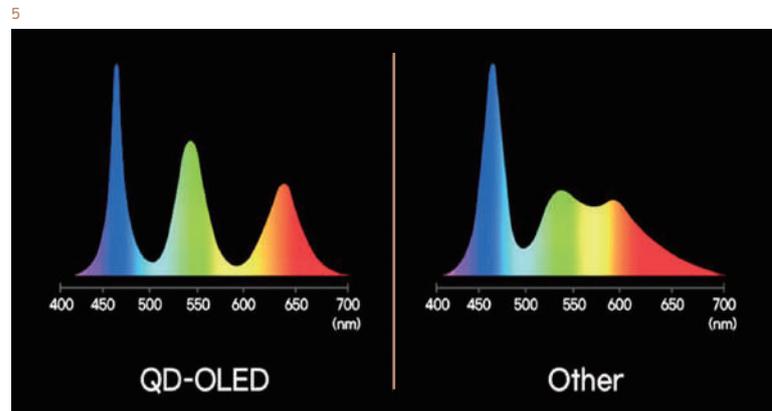
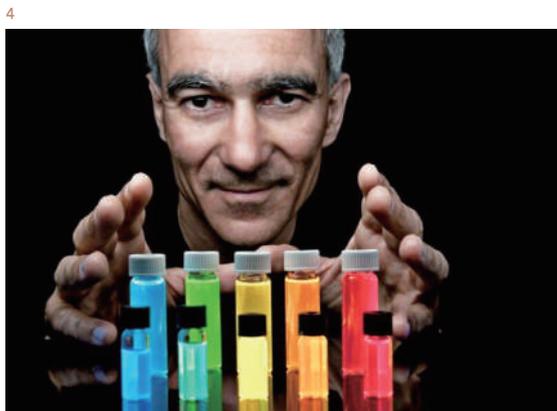
올해 노벨상을 수상한 3인의 과학자 외에도 많은 연구자들이 지난 30여 년 동안 양자점의 합성법을 개량하고 특이적인 광학적, 전기적 성질을 분석하여 양자점의 특성을 향상해 왔습니다. 이러한 노력으로 양자점 인공원자로 순수한 색을 표현하는 기술을 완성하였으며 이를 통해 양자점을 디스플레이 산업에 활용할 수 있는 기틀을 다지게 되었습니다. 덕분에 현대 사회에서는 전 세계 디스플레이 회사들이 자연의 순수한 색을 표현할 수 있는 양자점 디스플레이 제품을 출시하여 선보이고 있습니다. 물질의 크기를 조절하여 특성을 변화시키는 양자점 자체의 기술도 대단하지만, 기초연구를 통해 산업적 발전의 기틀을 마련한 부분도 주목받을 만한 대단한 연구였습니다.

양자점 디스플레이에서 하나의 서브 픽셀 내에는 대략 108~1,010개의 양자점이 채워집니다. 양자점은 앞서 서술한 바와 같이 입자 크기가 그 색깔을 결정합니다. 따라서 비록 하나하나의 양자점은 자연의 색을 모사할 수 있는 생생한 빛을 낼지라도, 픽셀 내에 여러 크기의 양자점이 혼재되어 있다면 크기별로 서로 다른 색깔이 섞여 선명하지 않고 흐릿한 색이 나오게 되는 것이죠. 그러므로 선명한 디스플레이를 만들려면, 주형(鑄型)을 이용하여 동일한 모형의 물질을 찍어내듯이, 양자점 합성 비커에서 동일한 크기 및 모양의 입자를 합성할 수 있는 기술이 필요합니다. 하지만 초창기에는 양자점이라는 나노물질이 크기에 따라 색상이 달라지는 신기한 현상을 보인다는 점을 발견했으나, 연구에 응용하기에는 재료와 기술이 불충분한 상황이었죠.

MIT의 바웬디 교수는 이러한 한계를 극복하기 위해 끓는 기름과 계면활성제를 함께 활용해 양자점을 만들어내는 혁신적인 방법을 고안하여 1993년 미국 화학회지에 발표하였습니다. 섭씨 300도 정도의 매우 뜨거운 기름과 계면 활성제가 혼합된 용액에 양자점을 구성하는 원소가 포함된 유무기 분자체를 재빠르게 주입하여 양자점 씨앗 물질을 만들고, 반응 온도 및 농도를 제어하면서 양자점의 균일한 결정 성장을 유도하였습니다. 물 대신 끓는점이 높은 기름을 반응 용매로 사용하여 양자점 합성 온도 범위를 확장하고, 반응 전구체 후보물질을 다양화하여 다양한 크기의 양자점 입자를 균일하게 만들 수 있었습니다. 또한 뜨거운 용액에서 입자를 성장시켜 결정성을 향상하고 내부 결정 결함을 줄여 뛰어난 발광성을 가지는 고품질의 양자점을 만들 수 있게 되었습니다. 바웬디 교수는 이와 같은 고온열분해법 양자점 합성법을 통해, 까만색 돌덩이의 카드뮴셀레나이드 반도체 물질을 나노 크기로 선별 합성하여 무지개 색깔의 밝은 빛을 내는 연금술을 선보였습니다. (그림 4)

그림 4. 서로 다른 색깔을 내는 카드뮴 기반의 양자점 용액 (출처: MIT 바웬디 교수 연구실)

그림 5. 색순도가 높은 양자점 디스플레이의 발광 파장(왼쪽)과 상대적으로 색순도가 낮은 기존 디스플레이 발광 파장(오른쪽) (출처: 삼성 디스플레이)



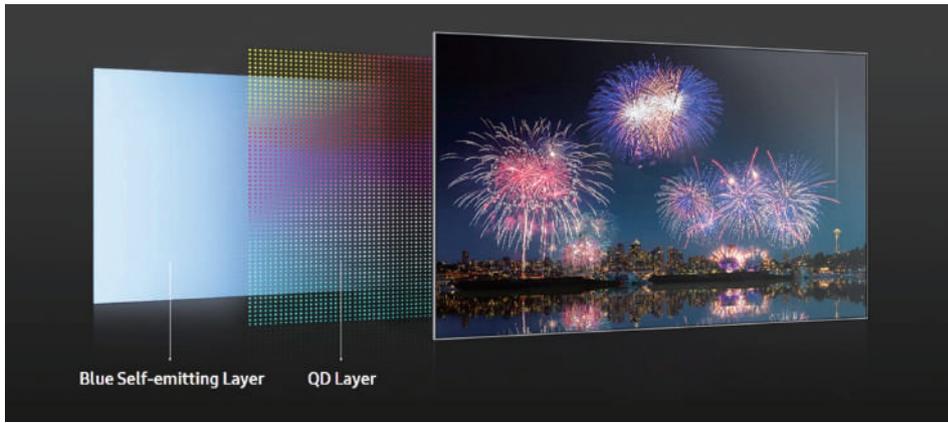
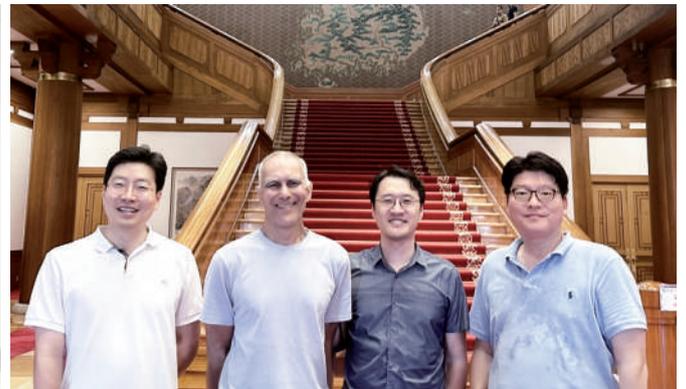


그림 6.
양자점 디스플레이 텔레비전의 원리
(출처: 삼성 디스플레이)

6

이와 같은 혁신적인 양자점 합성 기술이 발표된 이후에 전 세계적으로 양자점 합성 및 분광학적 분석 연구는 기하급수적으로 늘어나게 되었습니다. 특히 에너지 장벽이 큰 무기를 껍질로 양자점을 보호하는 핵/껍질 구조의 양자점 합성법이 추가로 발표되면서 양자점의 발광특성과 안정성이 눈에 띄게 향상되었습니다. 이를 통해 밝기, 색순도, 안정성이 모두 확보된 인화인듐(InP) 기반의 양자점 소재를 양산하는 기술까지 확보할 수 있게 되었고, 완벽히 분리된 청색, 녹색, 적색의 순수한 삼원색의 조합으로 자연의 색을 모두 표현할 수 있는 양자점 디스플레이가 제품으로 나오게 되었습니다. (그림 5) 양자점 디스플레이 시장을 선점하고 있는 우리나라 입장에서는 양자점 분야의 노벨상 수상이 더욱 반갑게 느껴지기도 합니다.



7

그림 7.
(왼쪽) 2023년 여름 노벨상 발표가 있기 몇 개월 전, 한국정보디스플레이학회 QD&PV 연구회 해외 석학초청 워크샵
(오른쪽) MIT 모운지 바웬디 교수 강연 강연을 마치고 청와대 관람, 모운지 바웬디 교수 왼쪽에서 두 번째, 필자 오른쪽 끝
(출처: 한국정보디스플레이학회 QD&PV 연구회)

우리나라의 양자점 기술은 전 세계 연구자들로부터 주목을 받고 있습니다. 삼성전자에서 세계 최초로 양자점 디스플레이 기술을 산업화하였으며, 학계 및 연구계에서도 고품질의 양자점을 합성하고, 이를 LED 디스플레이, 센서, 에너지 기술로 활용하는 연구를 선도적으로 수행하고 있습니다. 이와 같은 관심으로 노벨상을 수상한 모운지 바웬디 교수를 비롯하여 양자점 연구의 석학들이 한국을 직접 방문하여 기술 교류를 하며, 해외석학들이 한국의 양자점 연구자들과 활발한 토론을 하면서 양자점 기술의 발전을 이해하기 위한 공동의 노력을 기울이고 있습니다. 이번 노벨상 수상자들의 업적을 기반으로 국내외 양자점 연구자들이 협력하여 양자점 분야의 연구가 더욱 활성화되고 발전되기를 고대하면서 글을 마칩니다.🍀

세계모기프로그램 (WMP)

위잉~ 위잉~ 듣기만 해도 짜증 나는 이 소리! 바로 여름만 되면 찾아오는 불청객, 모기입니다. 세계 곳곳에서 많은 문제를 일으키는 이 모기의 개체 수를 급감시킬 수 있는 기술이 최근 주목받고 있습니다. 모기는 물리면 간지럽다는 단점도 있지만, 주된 문제는 모기를 통해 바이러스가 전파될 수 있다는 점입니다. 주요 모기 매개 바이러스에는 뎅기열 바이러스가 있으며, 이는 고열, 심한 두통, 치료가 늦어질 시 치사율이 약 20%에 달하는 등 다양한 문제를 일으킵니다. WMP가 내세운 대책은 '볼바키아(Wolbachia)' 박테리아입니다. 이는 곤충 세포 안에 사는 박테리아의 이름으로, 볼바키아 군에 감염된 성숙한 난자에서는 항상 발견되나,

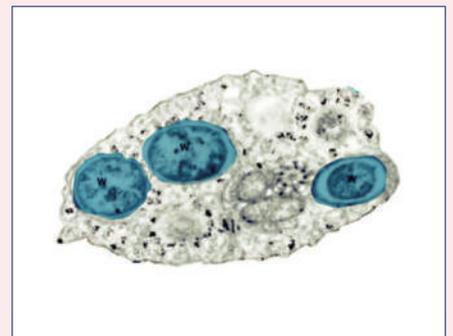
성숙한 정자에는 존재하지 않습니다. 고로 감염된 암컷만이 자손에게 볼바키아 군을 전달할 수 있습니다. 볼바키아 바이러스는 세균 바이러스 복제를 차단하므로, 볼바키아 군에 감염된 모기는 뎅기열 바이러스, 지카 바이러스를 옮기지 못하게 됩니다. WMP는 실험실에서 볼바키아 박테리아에 감염된 모기를 자연에 방사하는 과정을 거쳤습니다. 2018년 호주에서 볼바키아 박테리아에 감염된 이집트숲모기를 방사하였고, 볼바키아 바이러스에 감염된 암컷 모기의 후손들은 모두 부화하지 않거나, 볼바키아 바이러스에 감염되어, 인간에게 해로운 바이러스를 옮기지 못하게 됩니다. 중국에는 대부분 볼바키아 바이러스에 감염된 모기만 남아 뎅기 프리 지역으로 선언되었습니다. 그뿐만 아니라 여러 생물적 방제의 성공적인 결과가 지금까지도 보고되고 있으며, 말라리아와 같은 모기 전염 질환을 차단하는 데에도 도움을 줄 수 있다는 연구도 보고되고 있습니다. 머지않은 미래

에 모기로 인해 고통받는 사람이 없는 세상이 오기를 기대해 봅니다!

[참고 자료 & 그림 출처]

임송수, 「 실험실에서 만든 '모기 잡는 모기', 뎅기열에서 인류 구할까 », 『국민일보』, 2024.01.09.
<https://www.kmbi.co.kr/article/view.asp?arcid=0924338782>

그림 3. 곤충 세포 안에 사는 볼바키아 박테리아. 볼바키아군에 감염된 모기는 뎅기열을 옮기지 못한다



전기로 붙이는 초강력 테이프

테이프를 오래 붙였다 떼면 항상 찢찢하게 남던 자국, 힘들게 지우셨던 기억이 있으신가요? 테이프의 접착제가 사물에서 완전히 제거되지 않으면 끈적거리기도 하고 보기에 좋지 않은데요, 최근 발표된 ACS Central Science의 연구를 활용한다면, 접착 물질 없이도 물체를 붙였다 떼다 할 수 있다고 합니다. 전기 접착의 원리는 도체를 통해 전달된 전자와, 겔 속 음분 이온을 통한 두 물질 사이에 강한 화학 결합입니다. 또한, 인가전압이 사라져도 화학결합은 남아있어 그 유지력도 약 몇 달에 준하는 것으로 밝혀졌습니다. 반데르발스 힘을 이용하는 기존 테이프와 달리, 연구는 전기 접착(Electro Adhesion, EA)

이라는 새로운 기법을 통해 물체에 소량의 전압을 가하여 물체와 강력한 화학 결합을 형성합니다.

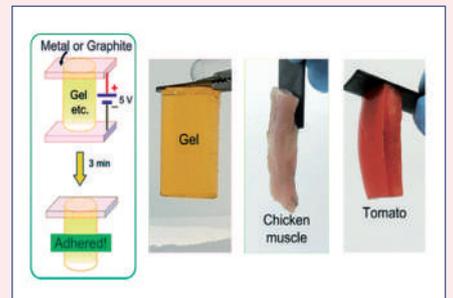
단단한 물질(그래파이트)과 부드러운 물질(하이드로겔)을 연결하고, 5볼트의 전압을 인가할 시, 접착된 물질들은 매우 강하게 붙게 됩니다. 실험 당시 물체를 양쪽에서 잡아당겨도 물체가 먼저 찢어질 정도의 강한 부착력을 확인할 수 있었고, 전류 방향을 반대로 할 시 물질들이 분리되고 반대쪽 전극에 다시 붙는 현상을 확인할 수 있었습니다.

또한, 전기 접착이 물속에서도 작동한다는 것을 보여주어, 수중 환경에서도 널리 적용될 가능성을 제시했습니다. 해당 연구는 전통적인 접착 방법의 한계를 뛰어넘는 혁신적인 접근법을 제시하며, 다양한 산업에서의 적용 가능성을 열어줍니다. 생물 의학 임플란트, 로봇 그립퍼 등 다양한 분야에서 활용될 날이 머지않은 것 같네요! 🌟

[참고 자료 & 그림 출처]

- 권예슬, 「 끈적임 없이 전기로 붙이는 초강력 테이프 », 『Science on』, 2024.04.01.
<https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchTrend.do?cn=SCTM00256086&dbt=SCTM>
- Wenhao Xu, Faraz A. Burni and Srinivasa R. Raghavan, "Reversibly Sticking Metals and Graphite to Hydrogels and Tissues", ACS Publications, 2024.03.13
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acscentsci.3c01593>

그림 4. 장치 모식도 및 실제 접착 시연 사진



포스텍 생명과학과 분자신경의학 연구실

MNPSY(Molecular NeuroPSYchiatry Lab)

글 생명과학과 박상기 교수

조현병(Schizophrenia), 우울증(Depression) 등과 같은 정신질환은 전 세계적으로 많은 사람들이 겪고 있으며, 감정 및 사고 등 다양한 뇌 기능의 이상을 동반하며 비정상적 행동으로 나타납니다. 정신질환을 앓는 사람들은 일상생활, 사회적 관계, 직업적 기능 등 여러 측면에서 심각한 어려움을 겪으며, 이는 개인의 삶의 질을 크게 저하할 뿐만 아니라 가족과 사회에도 큰 부담을 줍니다. 이러한 정신질환은 병인기전이 복잡하고 다양하여 아직 연구 초기 단계에 있습니다. 그렇다면 정신질환은 어떻게 연구할 수 있을까요?

정신질환 연구는 궁극적으로 우리의 뇌와 마음이 어떻게 작동하는지를 이해하는 것과 맞닿아 있습니다. 우리의 정상적인 뇌가 어떻게 작동하는지를 알고, 이를 바탕으로 질환을 유발하는 뇌 기능의 이상을 확인하고, 그 원인이 되는 생물학적 과정을 파악함으로써 질환을 제어하는 접근을 제시하는 것이 저희의 목표입니다. 이를 위해 다양한 연구 방법의 접근이 필요합니다. 예를 들어, 유전자 연구를 통해 특정 정신질환과 관련된 유전적 변이를 찾거나, 뇌 영상 연구를 통해 뇌의 구조적 및 기능적 변화를 관찰합니다. 심리학적 연구는 사람들의 행동과 감정을 분석하며, 약물 연구는 새로운 치료제를 개발하는 데 초점을 맞춥니다. 최근에는 컴퓨터 모델링과 같은 첨단 기술을 활용해 분자 수준에서 뇌의 변화를 시뮬레이션하기도 합니다. 이렇게 다양한 방법을 통해 정신질환의 원인을 밝히고, 효과적이고 근원적인 치료법을 모색하는 것이 정신질환 연구의 핵심입니다.

최근에는 분자생물학적 접근의 발전으로 정신질환 분야에서 중요한 역할을 담당하는 분자정신의학 (Molecular Psychiatry) 분야가 확립되었습니다. 이 분야에서는 유전자, 단백질, 신경전달물질 등의 분자의 생물학적 연구를 통하여 정신질환의 원인에 접근합니다. 이를 위해 유전자 분석, 뇌 영상, 동물 모델 실험 등이 활용됩니다. 궁극적으로는 이러한 연구를 통해 정신질환의 원인을 분자 수준에서 밝히고, 이를 치료할 새로운 약물이나 치료법을 제안하는 것이 목표입니다. 우리 연구실은 세포학, 약리학, 유전학, 생화학, 동물 행동학적 실험 기술을 활용하여 주요 정신질환의 분자기전을 분석하고, 새로운 치료 접근법에 기여할 정보를 얻고자 노력하고 있습니다. 세부적으로 연구 분야는 정신질환의 병인기전으로서 크게 신경발달의 분자기작, 조현병 병인 분자 모델링, 세포 내 소기관 연구로 나눌 수 있습니다.

신경발달의 분자기전 연구

정신질환은 신경발달과 밀접한 관련이 있습니다. 신경발달의 분자기전 연구는 우리의 뇌가 어떻게 발달하고 기능하는지를 분자 수준에서 이해하는 학문입니다. 이 연구는 주로 신경 줄기세포가 어떻게 다양한 신경 세포로 분화되는지 탐구합니다. 신경 줄기세포는 일종의 만능 세포로, 뇌의 뉴런이나 교세포 같은 다양한 세포로 변할 수 있습니다. 이 과정에서 세포 분열과 동반되는 분자기전에 따라 세포가 분열을 멈추고 분화로 진행할 것인지 그대로 분열을 계속할 것인지 등의 중요한 결정들을 내리게 됩니다.

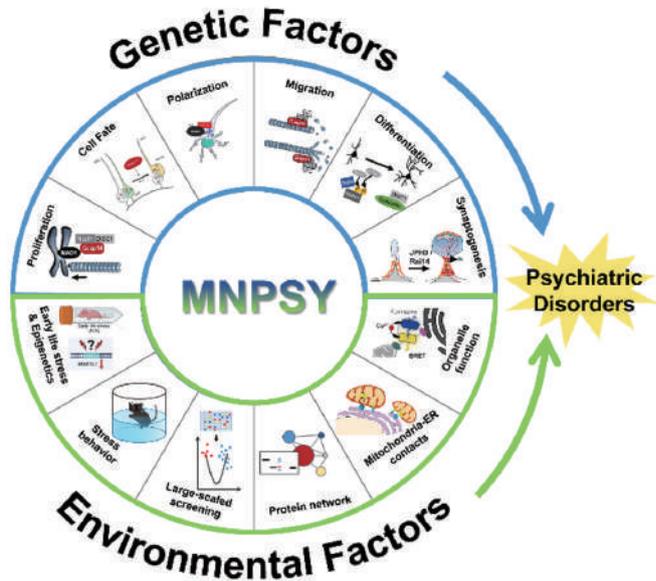


그림 1.
MNPSY 연구실의 연구 주제 : 정신질환의 유전적 요인과 환경적 요인의 병인기전 이해와 이들의 상호작용을 통한 질환 발병의 입체적 모델링

또 다른 중요한 주제는 시냅스 형성과 가소성입니다. 시냅스는 뉴런 간의 연결 부위로, 정보가 전달되는 곳이라고 이해할 수 있습니다. 이 시냅스 형성 시에는 세포핵에서 멀리 떨어진 시냅스까지 물질수송에 관련된 분자기전이 시냅스 형성에 기여합니다. 이러한 연구들은 신경발달 장애, 예를 들어 자폐증이나 ADHD 같은 질환의 원인을 이해하고 치료법을 개발하는 데 큰 도움을 준다고 할 수 있습니다. 즉, 신경발달의 분자기전 연구는 뇌가 어떻게 제대로 기능하는지 이해하고, 뇌 관련 질환을 치료하는 길을 여는 중요한 연구입니다.

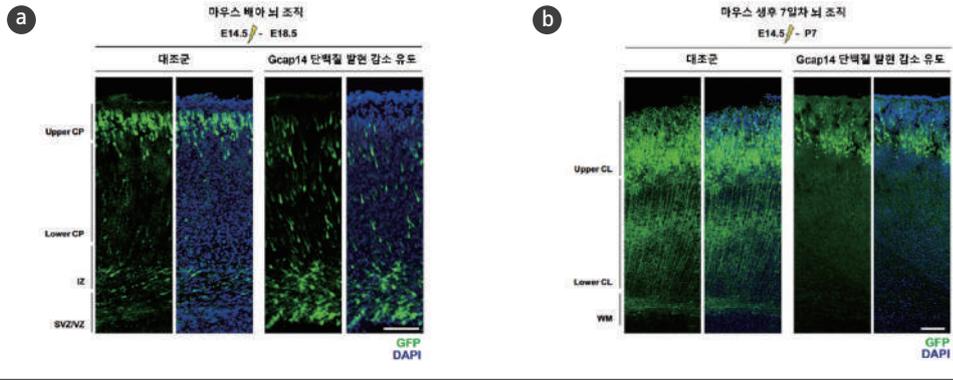


그림 2. 신경발달을 조절하는 새로운 핵심인자 Gcap14 발굴

조현병 분자 모델링

조현병 분자 모델링 연구는 조현병의 복잡한 원인을 분자 수준에서 이해하고, 효과적인 치료법을 찾기 위한 과학적 접근입니다. 유전체 연관 연구(GWAS)를 통해 조현병과 관련된 다양한 유전자 변이가 밝혀졌고, 이러한 변이들이 단백질의 구조와 기능에 어떻게 영향을 미치는지를 분자 모델링으로 분석합니다. 예를 들어, 조현병 연관 유전자들이 어떻게 신경발달에 중요한 역할을 하며, 이들 유전자의 변이가 조현병 발병에 어떤 영향을 미치는지 마우스 및 인간 유래 오가노이드를 활용해서 연구합니다.

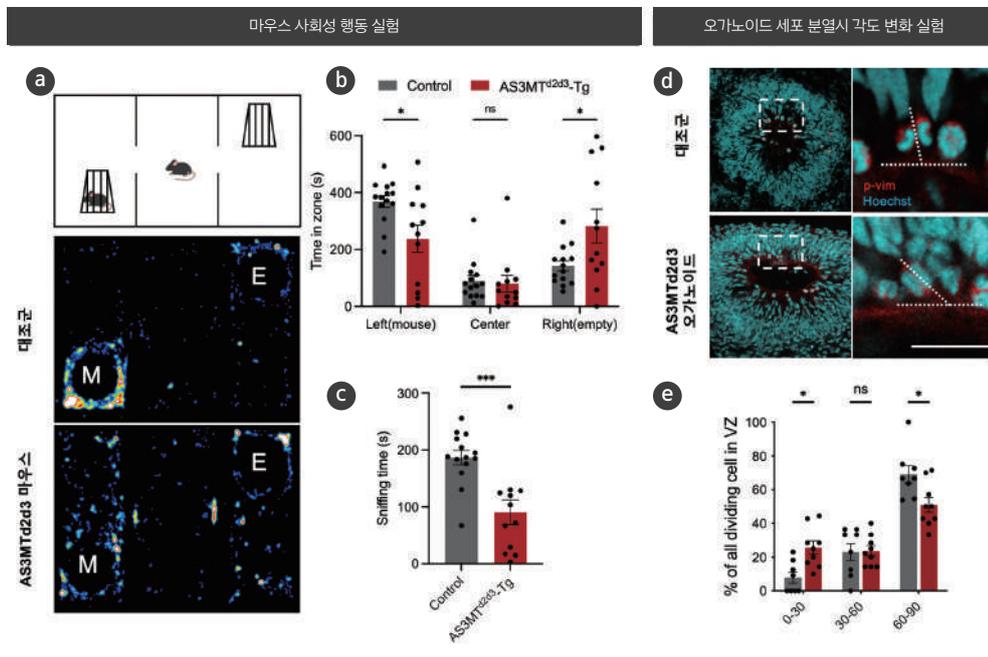


그림 3. 조현병 병인인자를 과발현하는 유전자 변형 마우스의 사회성 행동 변화 및 형질변환 오가노이드의 신경세포 분화 이상

세포 내 소기관 네트워크 연구

정신질환 발병에 있어서 세포 내 소기관의 기능 이상은 중요한 병인 요소 중 하나입니다. 우리 연구실은 특히 미토콘드리아, 소포체, 골지체 같은 세포 소기관과 이들이 서로 어떻게 상호작용을 하는지 연구합니다. 그 중에서도 미토콘드리아와 소포체 사이의 물리적 연결(MAM)이 세포 기능에 어떻게 영향을 미치는지를 중점적으로 다룹니다. 특히 미토콘드리아가 정신질환의 발병에 중요한 인자로 여겨지는 스트레스 호르몬의 작용 경로로서 작동할 가능성을 살펴보고 있습니다.

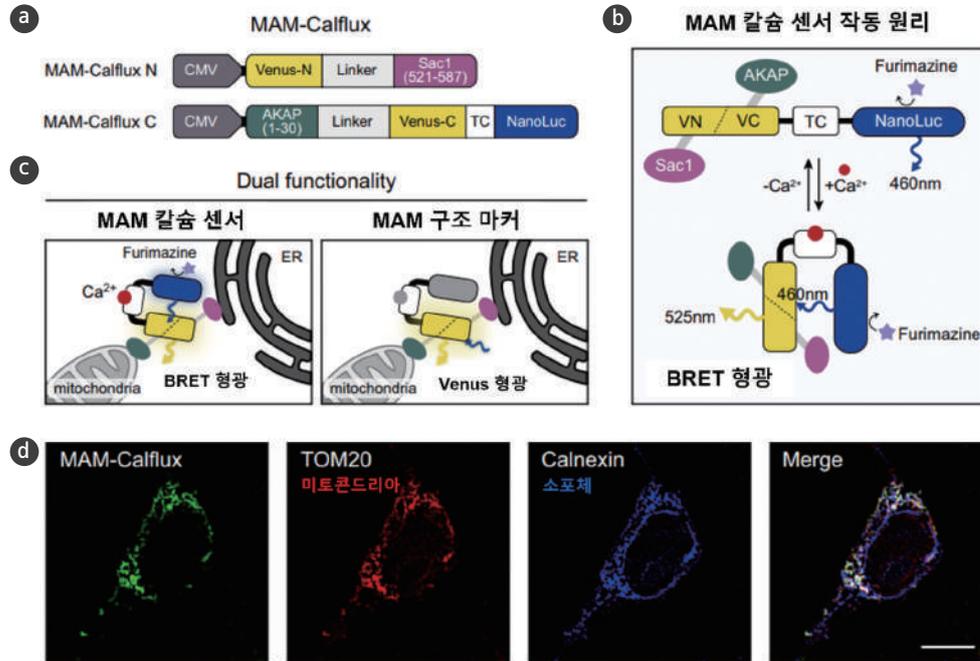


그림 4.
미토콘드리아-소포체 연결(MERCs, MAM) 특이적 칼슘 센서

우리 연구실은 형광 단백질 기반의 여러 기법을 개발하여 소기관 간의 물리적, 기능적 상호작용을 직접 관찰할 수 있게 되었습니다. 예를 들어, 미토콘드리아-소포체 연결을 관찰할 수 있는 형광 센서(MAM-BiFC)와 칼슘 센서(MAM-Calflux, MAM-GCaMP)를 개발해 사용하고 있습니다. 이를 통해 MAM 관련 칼슘 항상성, 지질 생합성 등이 정신질환 및 스트레스 반응과 어떻게 관련이 있는지를 밝혀내고 있습니다. 이러한 연구는 정신질환 발병을 이해하고 새로운 치료 전략을 개발하는 데 중요한 정보와 연구의 기반을 제공해 줍니다.

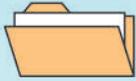
보다 자세한 내용은 연구실 홈페이지에서 확인할 수 있습니다. 관심 있는 학생과 연구자는 언제든지 연구실의 문을 두드려 주시길 바랍니다.☺



COMPUTER



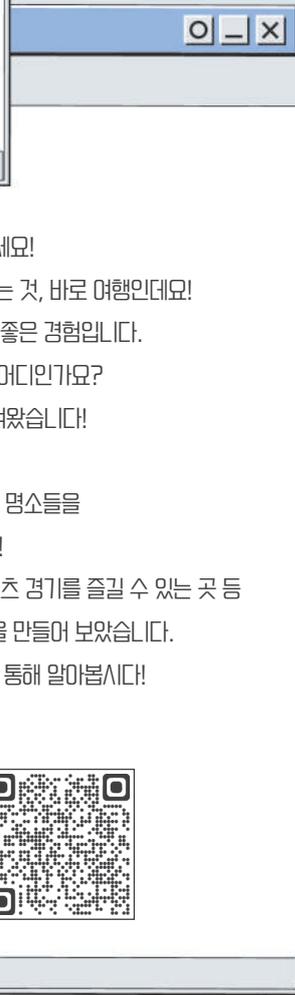
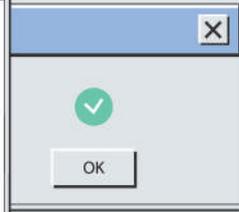
POSTECH



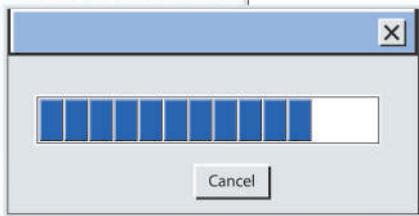
ALIMI ON-AIR

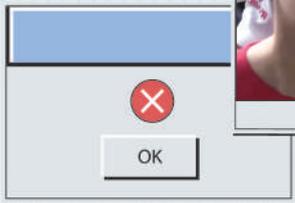
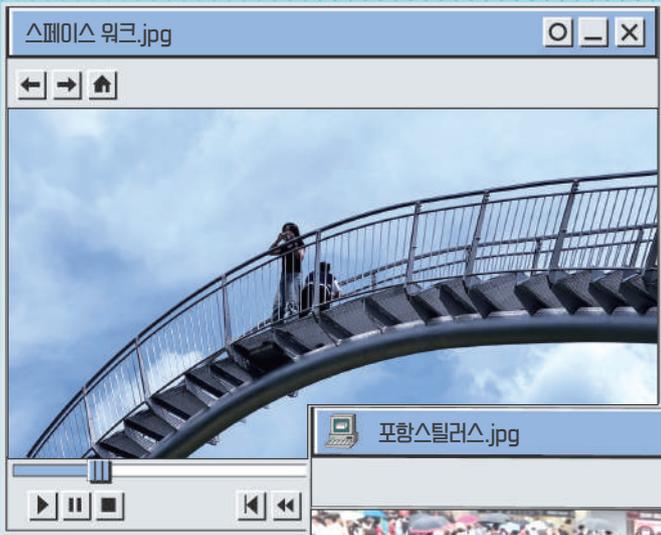


DISK

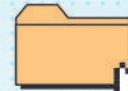


알리미들의 포항 여행기는
9월 20일 공개됩니다!





2971



3071



안녕하세요, 포스텍 컴퓨터공학과 심민섭입니다. 고등학생 시절 포스텍 입학은 꿈꾸며 즐겨 보던 포스테 키안에, 이제는 제가 직접 글을 남길 수 있게 되어 정말 기쁩니다. 지금부터 제가 이공계열에 관심을 갖게 된 계기부터 컴퓨터공학도가 되기까지의 과정을 이야기해 드리고자 합니다. 제가 학창 시절 그랬던 것처럼 진로에 대한 고민의 시기를 겪고 계실 독자분들께 조금이나마 도움이 되었으면 좋겠습니다.

이공계가 세상을 바꾸는 방식은 크게 두 가지로 나뉩니다. 하나는 연구를 통해 새로운 개념을 밝히고 세상에 변화를 일으키는 자연과학적 접근이며, 다른 하나는 이러한 자연과학의 개념을 응용해 문제의 기술적 해결책을 만들어내는 공학적 접근입니다. 저는 어릴 때부터 과학적 개념을 배우는 것에 그치지 않고, 이를 활용해 실생활의 문제를 해결하는 제품을 개발하는 데 큰 관심이 있었습니다. 그래서 연구원보다는 공학자가 되어 전자기기와 같은 실질적인 도움을 주는 제품을 만들고 싶었죠. 포스텍은 이런 제 목표를 이루기에 최적의 장소였습니다. 새내기 시절에는 학과에 얽매이지 않고 이공계열 기초 과목들을 수강하면서 다양한 분야를 아우르는 탄탄한 기반을 다질 수 있었고, 전공 선택의 자유 덕분에 여러 분야를 경험하며 천천히 전공을 결정할 수 있었습니다. 전공을 선택한 이후에도 STC 제도 등을 통해 다른 학과의 수업을 자유롭게 들으며 꿈을 점차 구체화해 나갔습니다.

2학년 때에는 본격적으로 지금까지 배운 이론적 지식을 일상 속 문제 해결에 활용하기 시작했습니다. 교내 UGRP(Undergraduate Group Research Program)에 참가해 실생활에 필요한 제품을 직접 설계하고 제작해 보기도 했는데요. 저희 팀은 혼술 문화에 익숙한 청년들의 안전한 음주 생활을 돕기 위해 음주자의 알코올 농도를 실시간으로 측정해 적정량의 맥주를 따라주는 '음주 측정 맥주 디스펜서'를 개발했습니다. 이 과정에서 최적화된 하드웨어 설계, 제어 시스템과 화면 입출력을 담당하는 소프트웨어 구성, 사용자 데이터를 관리하는 웹 개발 등 제품 개발의 전 과정을 경험했습니다. 실생활에 도움을 줄 수 있는 제품을 만드는 일은 제가 공학을 배우는 이유이자 인생의 목표였습니다. 그러나 실제 개발 과정을 경험한 이후로 스스로의 한계에 직면하게 되었습니다. 제품 개발이라는 것이 생각보다 더 다양한 분야의 지식과 깊은 이해도를 요구했기 때문입니다. 예를 들어, 하드웨어를 제작할 수 있어도 그에 맞는 소프트웨어를 개발하지 못하면 혼자서 제품을 완성할 수 없었죠. 또한, 많은 시간과 비용이 필요하다는 점도 적극적인 도전을 망설이게 만들었습니다. 제가 원하는 대로 처음부터 끝까지 혼자 힘으로 제품을 완성하려면, 구체적인 실질적인 방법을 더 깊이 고민해야 했습니다.

그러던 중 '기업가 정신'이라는 과목을 수강하면서 MVP(Minimum Viable Product)라는 개념을 접하게 되었습니다. 초기 자본과 인적 자원이 부족한 스타트업들은 핵심 기능만을 갖춘 간단한 제품을 만들어, 적은 리스크로 그 제품의 효용성을 확인합니다. 그런 다음, 사용자들에게 높은 효용을 제공하는 제품을 선별해 집중적으로 발전시켜 나가죠. 저는 스타트업의 이러한 실험적 접근 방식에 큰 매력을 느꼈습니다. 특히, 적은 인력과 자본으로도 빠르게 제품을 개발해 사용자들의 문제를 해결할 수 있는 소프트웨어 창업에 매료되었습니다. 코딩을 통해 혼자서도 효율적으로 문제를 해결할 수 있었고, 시공간의 제약 없이 사람들에게 서비스를 제공할 수 있었습니다. 코딩은 말 그대로 제가 손끝으로 세상을 바꿀 수 있게 하는, 제 목표를 이루기 위한 최적의 수단이었습니다. 그렇게 저는 컴퓨터공학과를 선택했고, 소프트웨어 개발에 뛰어들었습니다.

당시 만들었던 맥주 디스펜서



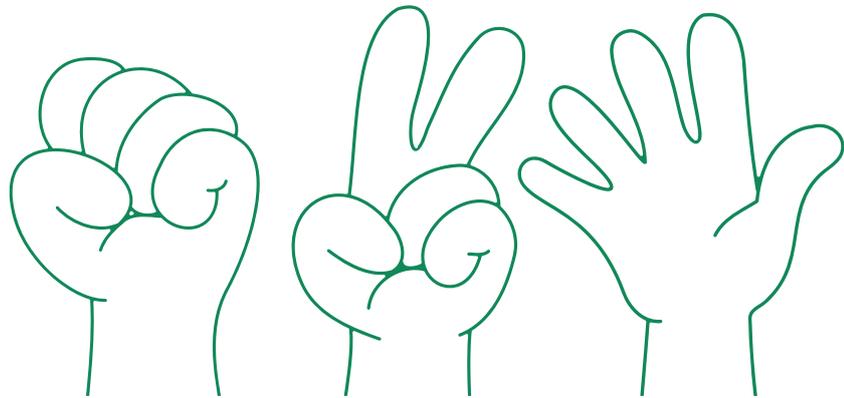
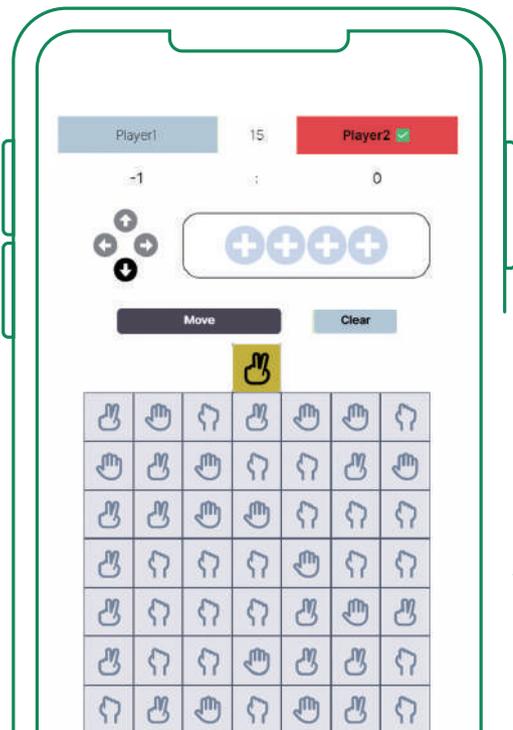
3학년이 되던 해에는 한 걸음 더 나아가 회사 차원에서의 제품 개발, 즉 창업을 시도했습니다. 창업에 뜻이 있는 친구들과 함께 혼자가 아닌 팀으로 제품을 만들었고, 덕분에 이전보다 더 높은 수준의 서비스를 개발할 수 있었습니다. 그러나 그만큼 더 큰 어려움도 생겼습니다. 개인 개발이 자신의 불편함에서 출발하는 것과 달리, 회사의 제품 개발은 타인의 불편함에 공감하는 것에서부터 시작되어야 했기 때문입니다. 이를 위해 사용자 인터뷰를 진행했지만, 대부분의 사용자는 자신이 무엇이 불편한지 잘 인식하지 못하거나 명확히 표현하지 못했습니다. 저희가 필요하다고 생각했던 기능들이 시장에서 외면받기도 했고, 팀의 역량을 넘어서는 요구들도 있었습니다. 이로 인해 창업 아이템을 확정하는 데에만 6개월 이상의 시간이 걸렸습니다. 이렇게 만들어진 것이 블루칼라(blue-collar, 육체노동 종사자)분들을 위한 버티컬 채용 플랫폼, '고초대졸닷컴'입니다. 서비스가 확정된 후 며칠 만에 간단한 MVP 사이트를 만들어 출시했고, 최소한의 기능만 선보였음에도 수만 명의 사용자가 몰렸습니다. 그 결과, 저희는 법인을 설립하고 투자를 유치하는 데 성공했습니다.



창업할 당시의 사진

본격적으로 서비스를 시작하면서, 성공적인 창업을 위해서는 개발 외에도 많은 요소들이 필요하다는 것을 깨달았습니다. MVP를 통해 제품의 필요성은 검증했지만, 경쟁력 있는 서비스로 자리 잡기 위해서는 적절한 수익 구조와 마케팅 전략이 필수적이었죠. 단순히 기능을 제공하는 것을 넘어서, 사용자 경험을 끊임없이 측정하고 빠르게 개선하는 것도 중요했습니다. 경영진의 입장에서는 회사 운영과 직원 관리도 큰 과제였고, 때로는 기능의 필요성을 검증하기 위해 수십 명의 인사담당자들에게 콜드메일을 보내는 무모한 도전도 마다하지 않았습니다. 비록 즉각적인 성과는 없었지만, 실패를 거듭하고 다시 도전하는 과정을 통해 폭발적인 성장을 이뤄낼 수 있었습니다. 이 경험을 통해, 더 넓은 시각으로 제품을 바라볼 수 있는 창업가로 성장할 수 있었습니다. 이제 저는 단순히 나만의 문제를 해결하는 개발자가 아닌, 타인의 불편함을 이해하고 이를 서비스로 해결하는 개발자로 거듭났음을 느낍니다.

웹 상으로 '대학전쟁' 프로그램 게임 구현



최근 이를 가장 절실히 체감한 계기가 바로 '대학전쟁'이었습니다. 작년에 저는 '대학전쟁'이라는 OTT 프로그램에 출연했는데, 많은 시청자분들이 해당 방송에 나온 문제들을 직접 풀어본다는 사실을 알게 되었습니다. 그분들은 수백 개의 문제를 일일이 손으로 풀고 채점해야 했으며, 여러 번 문제를 푸는 데에도 어려움을 겪고 있었습니다. 이를 해결하고자, 저는 방송에 나왔던 여섯 종류의 게임을 플레이할 수 있는 웹 사이트를 개발했습니다. 자동 채점 기능, 실시간 문제 생성 기능, PDF 출력 기능 등을 포함해, 국내외 시청자들이 보다 편리하게 문제를 풀 수 있도록 만든 사이트였습니다. 또한, 창업 경험을 살려 사용자들의 사용 패턴을 분석하고 간단한 마케팅도 진행하면서, 개발자로서 더욱 성장했음을 느꼈습니다. 저는 공학이란 일상의 문제를 해결하는 제품으로 구현될 때 비로소 빛을 발한다고 믿습니다. 앞으로도 제 손끝을 통해 공학으로 세상에 긍정적인 변화를 만들어가고 싶습니다.🍎



세계적인 로봇 회사를 만들겠다는 꿈

글 IT융합공학과 20학번 엄기영

포스테키안 구독자 여러분 안녕하세요, 포스텍에 2020년 IT융합공학과 신입생으로 입학하여 어느새 졸업 학번을 앞둔 엄기영입니다. 모두 학교생활은 잘하고 있나요? 아마 지금도 여러분이 목표로 하는 대학을 위해 열심히 공부하고 있을 것으로 생각해요. 그렇다면 대학교 그 이후에 대해서는 생각해 보았나요? 아마도 그 이후의 계획에 대해서는 생각할 시간, 이유가 없었을 것 같습니다. 저도 중, 고등학생 때는 대학교 그 이후에 대해 크게 생각하지 못하였거든요. 그렇기에 이번 글을 통해 여러분이 미래 자신의 모습, 또 어떠한 길을 걸어갈 수 있을지를 상상해 보는 기회가 되었으면 합니다.

저는 어릴 때부터 로봇을 굉장히 좋아했습니다. 제가 만든 로봇이 제 생각대로 움직이는 것이 너무 즐거웠거든요. 유치원 때는 레고, 초등학교 때는 과학상자, 중학교 때는 과학 키트 등 끊임없이 무언가를 만들어왔기에, 제 꿈은 항

상 로봇 과학자였습니다. 그런 와중 제가 좋아하는 이러한 활동을 적극적으로 지원해 주는 고등학교가 있다고 듣게 되어 그 학교에 들어가기 위해 열심히 공부했습니다. 그렇게 저는 부산에 있는 한국과학영재학교에 입학할 수 있었습니다. 덕분에 저는 고등학교에서 당시 관심 있었던 드론, 로켓, 자동차 등 정말 다양한 범위의 프로젝트를 진행하며 귀중한 경험을 쌓을 수 있었습니다.

고등학교 졸업 이후 저는 포스텍 IT융합공학과에 입학하게 되었습니다. 지원 당시 IT융합공학과는 이름이 생소했지만 찾아보니 제게 굉장히 매력적인 학과였습니다. 제가 필요로 하는 다른 과의 과목을 전공과목으로 인정받을 수 있었으며 3학기 동안 진행하는 연구 프로젝트 과목은 프로젝트의 지속력과 퀄리티를 높일 수 있었습니다. 또한 포스텍은 학생 창업지원을 많이 해주는 학교이기 때문에 제 꿈을 위해서 포스텍을 선택하였습니다.

1학년 때의 저는 겁도 없이 교내에서 가장 큰 창업 대회인 '과하게 매력적인 기술창업 경진



학생시절 진행했던 다양한 프로젝트



서빙로봇(좌), 딜리버리로봇(우)의 사진

대회'에 나가게 됩니다. 당시 스마트 팜과 게임 애플리케이션을 연동한다는 주제로 대회에 출전했고, 결과는 당연히 실패했습니다. 비즈니스 모델, 아이디어의 참신성, 구체적인 실현 계획 모두 부족했기 때문에 결과적으로 실패했지만, 부족함을 느낄 수 있는 좋은 기회였습니다. 이후 저는 내실을 다져야 한다는 생각으로 교내에서 로봇 프로젝트를 진행하고자 하였습니다. 다만 공간과 비용의 문제가 있었기에, 저는 제가 지금까지 만들었던 결과물을 가지고 교수님을 찾아보여 제가 진행하고 싶은 프로젝트와 어떤 기자재들이 필요한지 말씀드렸습니다. 그 결과 부품을 구매할 수 있는 비용, 학과의 비품과 공간에 대한 사용 허가를 받을 수 있었습니다. 그렇게 저는 부품들을 모아 로봇을 만들고 여러 프로젝트를 진행할 수 있었습니다.

그러다 저의 이러한 활동을 좋게 봐주신 교수님께서 학과 선배님의 창업기업과 함께 일해보면 어떻겠느냐고 제안을 주셔서 기업과 컨택하게 됩니다. 포스텍 IT융합공학과와의 창업기업은 상당히 많은데 그중 로보틱스 관련 기업은 HYBO와 POLARIS3D라는 회사가 있습니다. 그렇게 두 회사와 함께 여러 로봇을 만들고 많은 프로젝트를 수행할 수 있었습니다. 그러던 중 POLARIS3D에서 본격적인 로봇 사업을 시작하기 위해 저에게 입사 제안을 해주셨고, 많은 고민 끝에 결국 한번 회사에서 일해보고자 마음 먹고 그 제안을 수락하게 됩니다. POLARIS3D는 원래 자율주행 전문 기업이었습니다. 그러나

저와 함께 여러 프로젝트를 진행하며 로봇 하드웨어 사업으로 방향을 전환하기 시작했습니다. 저는 입사 후 회사에서 직면한 여러 하드웨어적 문제점을 풀어가기 시작했습니다. 서스펜션 개선, 추가 시제품 제작, 신기능 추가 등 다양한 문제에 부딪혔으며 제품 양산 과정에서도 모두가 처음이다

보니 많이 방향하였습니다. 그러나 모두의 노력으로 서빙 로봇 제품화 및 제품 양산을 수행할 수 있었습니다. 저는 서빙로봇 외에도 딜리버리 로봇, 로봇팔 등 다양한 업무를 수행할 수 있었고, 이 모든 경험은 저의 양분이 되어주었습니다.

1년의 휴학을 마친 후 저는 직장인인 채로 복학했습니다. 하지만 방향 없는 학부생, 연차 없는 직장인의 삶은 가혹했습니다. 그렇게 한동안 고생하다 정신을 차리고 다시 한번 창업에 도전하고자 마음먹었습니다. 이번에 풀고자 하는 문제는 바로 라스트 마일 딜리버리 문제였습니다. 당시 택배 배달 노동자 인권 문제와 코로나로 인한 물류 대폭증 등 다양한 이슈가 있었기에, 이러한 문제를 해결하기 위한 로봇 시스템을 만들어보고자 하였습니다. 저는 이제 준비되었다고 생각했습니다. 제가 생각하는 로봇을 만들 수 있고 사업을 그릴 수 있었습니다. 그러나 딱 하나가 부족했습니다. 바로 돈이었습니다.

이를 위해 저는 포스텍 기술사업화팀에서 최대 5,000만 원의 시제품 제작지원비를 지원해 주는 사업에 신청하게 됩니다. 일주일 가까이 밤을 새워 제안서를 작성하고 발표심사까지 진행한 후 저는 본 사업의 지원을 받을 수 있게 되었습니다. 제안서를 작성하기 위해 제 사비를 털어 시제품을 만들었고 이를 보여줌으로써 더욱 당위성을 높일 수 있었던 것 같습니다. 이렇게 금전적 문제를 해소한 후 저는 또 한번 '과하게 매력적인 기술창업 경진대회'에 지원하기 위해 비즈니스와 로봇을 완성하기 시작하였습니다. 직면한 문제는 거의 동일했습니다. 사업성을 확

보할 방법과 어떤 부분에서 차별점을 가져갈 수 있을지에 관한 문제입니다. 제가 제작한 로봇은 바퀴 4개가 모두 독립적으로 조향, 구동이 되는 방식으로 제자리 회전, 좁은 폭 주행 등에 강점을 가집니다. 따라서 저는 도심 환경에서 운행하기 적합한 형태라는 장점을 갖고 차별점을 만들어 나갔으며 이를 기반으로 사업에서 우위를 가져갈 것이라고 주장하였습니다. 솔직히 이 사업 모델에는 허점이 많아 지금은 아이템을 변형하여 사업을 진행하고 있습니다. 그러나 대회에서의 저는 그 당시만큼은 그 아이템을 믿고 열심히 밀고 나갔습니다. 그 결과 로봇 하드웨어의 완성도와 아이টে을 좋게 봐주신 심사위원분들 덕분에 제13회 과하게 매력적인 기술창업 경진대회에서 대상을 수상할 수 있었습니다.



김태민(좌), 엄기영(중앙, 본인), 김찬영(우)

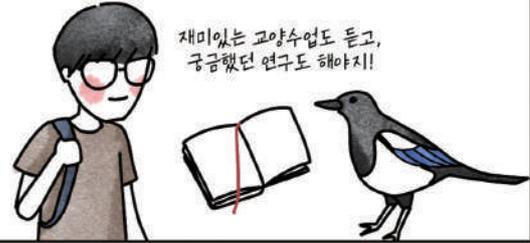
이제 저는 모토마인드 팀의 예비 스타트업 대표입니다. 창업은 제 꿈을 이루기 위한 거의 유일한 선택지였으며, 제 꿈은 세계적인 로봇 기업을 일궈 제가 만든 로봇으로 사람들을 편리하게 해주는 것입니다. 스타트업 창업이 쉬운 길이라고는 말하지 못할 것 같습니다. 지금의 저는 제 팀원들을 이끌며 책임감을 느끼고, 새로운 비즈니스 아이템에 대해 항상 고민하고, 프로젝트 진행을 위해 제 사비를 털어 사용하고 있습니다. 그러나 저는 이로 말미암아 성장하고 있다고 느끼고 있으며 이 과정이 행복합니다. 여러분들은 어떤가요? 무언가를 목표로 하여 달려갈 때 힘들고 지치지만, 그 과정에서 행복하다고 느낄 수 있다면 그것이야말로 여러분이 앞으로 가야 할 길이라고 생각합니다. 직업, 연봉에 얽매이지 않고 목표로 하는 것이 있다면 그것을 이룰 수 있기를 기원합니다.☺

우당탕탕

포스테키안의 하루

여름방학

학점교류 제도를 통해 가보고 싶었던 다른 대학교의 수업을 들으러 가기도 하고



고등학교와 다르게, 대학교는 6월~8월, 총 세 달 동안 여름 방학입니다.

1	2	3	4	5	6
겨울 방학					
7	8	9	10	11	12
여름 방학					

다른 대학교 연구실, 국가 연구소, 여러 기업의 인턴으로 경험을 쌓기도 합니다.



특히 POSTECH의 여름방학은 다른 대학보다 긴 편이기 때문에 다양한 경험을 해볼 수 있습니다!



물론 학기 중에 열심히 공부했으니 여행다니면서 쉬어가는 친구들도 많아요!



방학 동안 POSTECH에 남아 계절학과 연구실 인턴을 경험하는 친구들도 있지만



여러분은 앞으로 대학생이 되면 여름방학을 어떻게 즐기고 싶으신가요?



우당탕탕

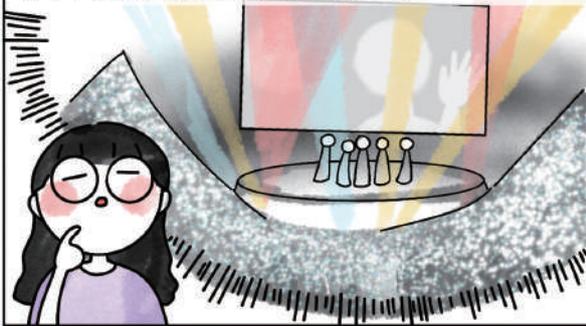
포스테키안의 하루

축제

다양한 포토존과 동아리 공연, 그리고 모두가 기대하는 연예인 공연도 한답니다!



대학 축제하면 어떤 모습이 떠오르시나요?



포카전은 POSTECH과 KAIST가 함께 하는 축제로, 매년 돌아가면서 POSTECH 또는 KAIST에서 진행을 하는데요.

작년에는
실수했지만,
올해는 무조건
이긴다...!



POSTECH에서는 5월에 해맞이한마당, 9월에는 포카전 (포스텍 카이스트 학생대제전)이 있는데요.



각종 운동 경기뿐만 아니라 해킹, AI 대결 그리고 과학퀴즈도 진행합니다.



해맞이한마당 동안에는 여러 동아리와 단체에서 재미있는 부스와 맛있는 주점을 열고



1년에 두 번의 축제가 있어서 더욱 활기차고 재미있는 대학 생활을 할 수 있는 것 같아요!





숨겨진 과학자 :

최초의 과학자들

글 무은재학부 24학번 30기 알리미 신동현

달에 착륙한 최초의 우주비행사 '닐 암스트롱', 지구 궤도를 비행한 최초의 동물 '라이카', 지구를 일주한 최초의 탐험가 '마젤란', 세균을 죽이는 최초의 항생제 '페니실린'. 이처럼 최초라는 수식어는 사람들의 기억 속에 더 오래 남고, 그 업적의 위상을 높입니다. 그런데, 최초로 전화기를 발명한 사람이 '그레이엄 벨'이 아닌 '안토니오 메우치'인 것처럼 만약 우리가 알고 있는 최초의 과학자들이 사실 최초가 아니라면 어떨까요? 이번 사이언스 블랙박스 코너에서 진짜 '최초'의 과학자들에 대해 알아보시다.

최초의 전구 발명가

이제는 지구 곳곳에서 쉽게 찾아볼 수 있는 전구! 인류의 위대한 발명품인 전구를 최초로 개발한 사람은 에디슨이라고 알려져 있는데요! 과연 사실일까요?

전구의 첫 시작은 에디슨이 전구를 발명한 1879년보다 77년이나 빠른 1802년으로 거슬러 올라갑니다. 당해 영국의 화학자 '험프리 데이비(Humphry Davy)'는 왕립연구소에서 최초의 백열등인 아크등을 만드는 데에 성공하는데요. 아크등의 밝기는 촛불 밝기의 4,000배로 매우 밝지만, 그 수명이 짧아 상용화에는 실패했습니다. 대신 이는 전구의 시대를 여는 첫 단추가 되었습니다. 아크등은 아크방전을 이용하여 빛을 내는데요. 아크방전은 기체의 방전이 최대에 달해 전극 재료의 일부가 기체가 된 상태를 말합니다. 전류가 연결된 두 탄소봉을 가까이하면 전극 사이에서 아크방전이 일어나 공기에서 이온과 전자가 분리되고, 생성된 플라스마'에서는 큰 전류가 흐릅니다. 이렇게 전극 사이에 낮은 전압으로 큰 전류를 내보내면 전극이 가열되어 전자가 방출되고 밝은 빛을 내는 것이죠!

하지만, 데이비의 아크등은 우리가 현재 알고 있는 전구와는 거리가 멉니다. 현재 우리가 흔히 알고 있는 전구의 원형은 1835년 '제임스 보먼 린지(James Bowman Lindsay)'가 발명했습니다. 그러나 수명이 짧고 발열이 심해 상용화로 이어지지 못했습니다. 이후, 1860년에 '조지프 윌슨 스완(Joseph Wilson Swan)'이 데이비의 아크등을 개량하고, 1875년에 특허를 등록하였습니다. 우리가 잘 알고 있는 에디슨은 전구를 최초로 발명한 사람이 아니라, 전구를 개량하여 사업에 성공한 사업가입니다.

험프리 데이비의 램프



왼쪽부터 제임스 보먼 린지의 전구, 조지프 윌슨 스완의 전구, 에디슨의 전구

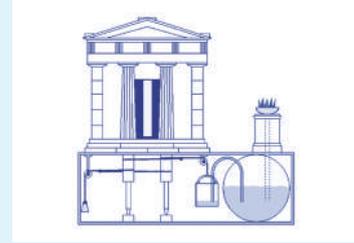


최초의 증기기관을 발명한 과학자

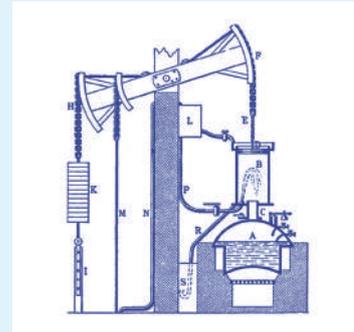
제1차 산업혁명의 핵심 기술이었던 ‘증기기관’. 여러분들은 증기기관 하면 누가 떠오르시나요? 증기기관의 발명가 ‘제임스 와트’, 증기선의 발명가 ‘로버트 폴턴’, 증기기관차의 발명가 ‘조지 스티븐슨’ 등을 대표적으로 생각해 볼 수 있는데요. 이들 모두 증기기관의 상용화에 크게 기여했지만, 증기기관의 창시자는 따로 있다는 사실을 아시나요?

먼저, 증기기관을 최초로 고안해 낸 사람은 기원전 1세기 알렉산드리아의 발명가 ‘헤론(Heron)’입니다. 헤론은 아에올리스의 공(Aeolipile)이라고 하는 증기기관을 고안해 냈습니다. 이는 물을 끓여서 증기가 공을 돌리게 하는 장치로, 증기의 열에너지를 운동에너지로 전환한 최초의 장치였습니다. 헤론은 이 원리를 적용하여 자동문을 만들었습니다. 성전 앞에 불을 붙이면 지하 공기탱크의 공기가 팽창하여 도르래를 움직이도록 하는 원리를 적용한 것입니다. 헤론이 고안한 증기기관은 증기로부터 발생한 압력을 실제 동력으로 사용하지 않았고 일정 부분 사람의 개입이 필요하다는 한계가 있었습니다. 하지만 헤론은 증기기관의 가능성을 열었고 후대 증기기관의 발명에 기반이 되었습니다.

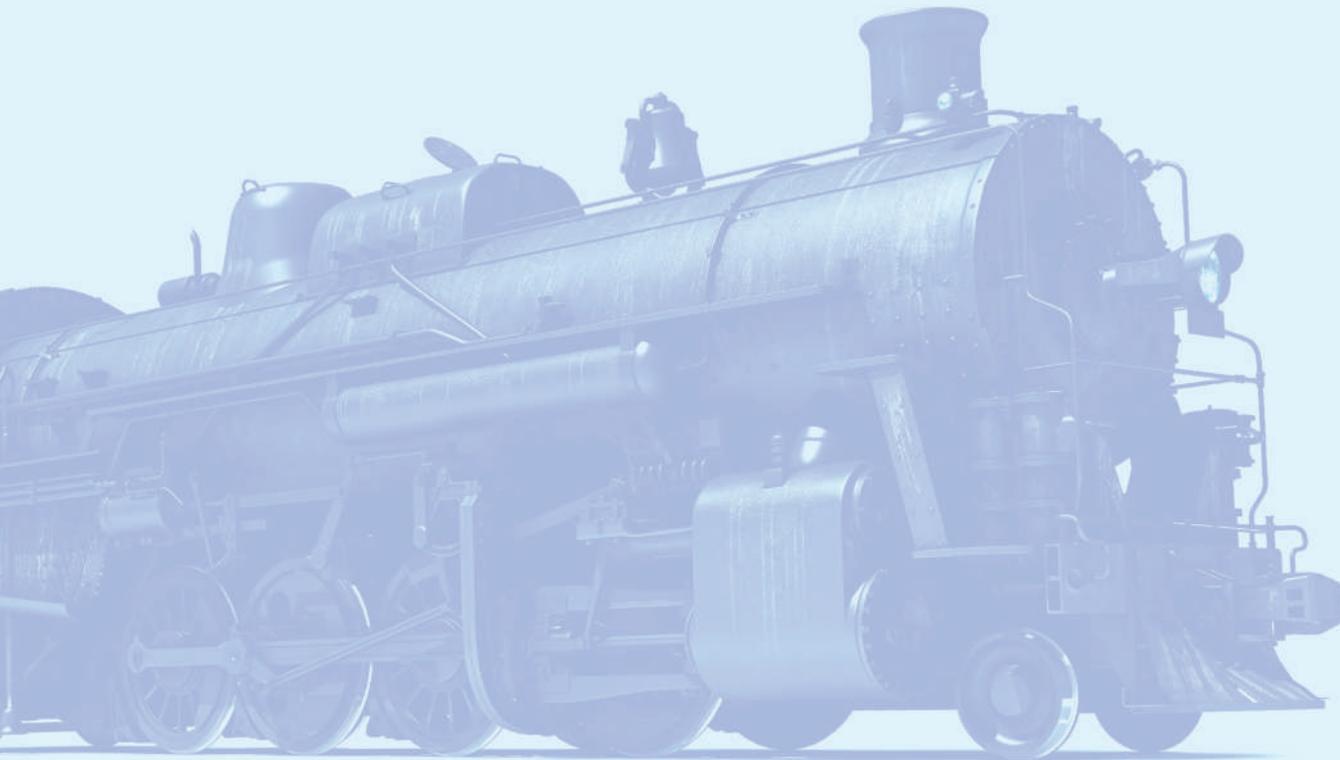
그렇다면, 현재 우리가 알고 있는 증기기관은 누가 만들었을까요? 바로 ‘토마스 뉴커먼(Thomas Newcomen)’입니다. 18세기 초 영국에서는 증기로부터 발생한 압력을 실제 동력으로 사용하려는 시도가 시작되었고, 1712년에 토마스 뉴커먼이 최초의 실용적인 증기기관을 발명했습니다. 뉴커먼의 증기기관은 광산에서 물을 끌어 올리는 데 사용되었는데요. 물을 끓여 증기를 만들고, 증기가 실린더 안의 피스톤을 밀어 올렸습니다. 이후 찬물로 증기를 응축시키고, 피스톤이 내려오는 과정을 반복하며 동력을 제공했습니다. 증기기관의 발명가라고 알려진 제임스 와트는 뉴커먼의 증기기관을 개량하고 효율성 향상에 크게 기여하였습니다.



(위)아에올리스의 공, (아래)자동문



뉴커먼의 증기기관 도식



질량 보존의 법칙 최초 발견자

누구나 한 번쯤은 들어봤을 '질량 보존의 법칙'. 이 법칙은 앙투안 라부아지에가 발견하였다고 알려져 있습니다. 하지만, 질량 보존의 법칙은 러시아의 과학자 '미하일 로모노소프(Mikhail Lomonosov)'가 최초로 발견하였답니다! 질량 보존의 법칙이란, 화학반응에서 반응물의 질량 총합이 생성물의 질량 총합과 같다는 것입니다. 라부아지에는 1774년에 이 법칙을 체계적으로 정리하고 증명하여 현대 화학의 아버지로 불리게 되었습니다. 그러나 이보다 약 20년 전인 1756년, 미하일 로모노소프는 이미 질량 보존의 법칙을 알고 있었습니다. 로모노소프는 금속을 가열하는 실험에서 금속이 산화하며 질량이 증가하는 것을 관찰했고, 물질이 반응할 때 질량은 변하지 않는다는 것을 알게 됩니다.

그런데 로모노소프는 라부아지에보다 먼저 질량 보존의 법칙을 발견했음에도 왜 대중들에게 잘 알려지지 않았을까요? 첫 번째 이유는 국적에 있습니다. 당시 러시아 과학계는 영국, 프랑스 등 서유럽에 비해 덜 발전되어 주목을 받기 힘들었습니다. 또한 로모노소프의 논문은 러시아어로 쓰였기에 다른 국가의 과학자들이 읽기에 어려움이 있었습니다. 두 번째 이유는 실험 방법에 있습니다. 로모노소프와 라부아지에 모두 반응물과 생성물의 질량을 측정하는 방식을 사용했지만, 라부아지에의 실험이 더 체계적이었기 때문이죠.

비록 로모노소프는 질량 보존의 법칙의 주인공이 되지 못했지만, 그의 업적을 간과해서는 안 됩니다. 그의 연구는 러시아 과학의 기초를 다지는 데 기여했으며 러시아 최초의 화학 실험실 설립이나 러시아어로 쓰인 화학 교과서의 편찬 등 후대 과학의 발전에 큰 영향을 끼쳤습니다. 또한 그의 연구에서는 개인의 명성을 높이기보다는 진정으로 과학의 발전을 기대하는 마음을 엿볼 수 있고, 그는 여전히 많은 연구자들의 귀감이 되고 있습니다!

과학 발전의 진정한 주역들

에디슨, 제임스 와트, 라부아지에와 같은 유명한 과학자들뿐만 아니라, 잘 알려지지 않은 '최초'의 과학자들 역시 과학의 발전에 크게 기여했습니다. 세상에 보이는 것은 최종적인 결과물이지만, 이는 최초의 발견에 실용적 응용, 그리고 혁신적인 아이디어들이 어우러져 탄생한 것입니다. 수많은 과학자, 연구자들의 노력 덕분에 우리는 과학 기술을 누리며 편리한 삶을 살고 있습니다. 여러분도 자신의 연구로 세상에 크게 기여하는 이공학도가 되기를 기대하겠습니다! 🍌

각주

1. 원자핵과 자유전자가 따로따로 떠돌아다니는 상태로, 높은 전기전도도를 가진다.

참고 자료

1. 국가핵융합연구소, 「핵융합의 세계: 인류가 원하는 미래 에너지」, 국가핵융합연구소, 2015.3.13
2. "러시아 과학의 시조 미하일 로모노소프", 2024.07.10 <https://kr.rbth.com/arts/2014/04/04/44243>
3. "자동차의 심장은 기원전 발명됐다?", 2024.07.10 <https://blog.naver.com/mocienews/222922629792>
4. "질량 보존: 불변의 진리", 2024.07.10, <https://blog.naver.com/koolingdown/223476067344>
5. "Joseph Swan", 2024.7.10 <https://www.britannica.com/biography/Joseph-Wilson-Swan>

그림 출처

1. 박진희, "물리산책", 과학창의재단, 2011.08.10.
2. "자동차의 심장은 기원전 발명됐다?", 2024.07.10. <https://blog.naver.com/mocienews/222922629792>
3. "탄광을 밝혀 생명을 구한 최초의 전구 발명가", 2024.07.10. <https://blog.naver.com/nfripr/221970464324>
4. "Evolution of a light bulb", 2024.07.10. <https://www.timetoast.com/timelines/evolution-of-a-light-bulb>



으악, 오늘따라 왜 이렇게 햇빛이 강한 거야? 이러다가 내 피부가 다 타버리겠어! 이럴 줄 알고 선크림을 준비했지! 그런데 선크림은 자외선을 어떻게 막아내는 것일까?

우선, 선크림이 자외선을 막아내는 원리를 알아보기 전에 선크림의 종류와 자외선에 대해 한번 살펴보자. 선크림은 크게 두 가지로 나누어지는데 무기화합물¹ 계열로 이루어진 물리적 선크림인 무기자차 선크림, 유기화합물² 계열로 이루어진 화학적 선크림인 유기자차 선크림이 있어. 그리고 자외선의 종류도 파장에 따라 나눌 수 있는데 파장이 큰 순서대로 자외선A, 자외선B, 자외선C가 존재해. 자외선A는 피부의 노화를 촉진하고, 자외선B는 피부 표피에서 흡수 및 산란하여 화상을 입힐 수 있어. 마지막으로 자외선C는 암을 유발하기도 하는데 다행히 오존층에서 대부분 흡수되기 때문에 우리에게는 큰 영향을 끼치지 않아.

이제 선크림이 자외선을 막아내는 원리에 대해 알아보자. 물리적 자외선 차단제는 주로 이산화티탄이나 산화아연 분말을 이용하여 자외선A를 차단해. 나노 크기의 분말을 피부에 발라 그림1과 같이 자외선A를 물리적으로 반사함으로써 피부를 보호해 줘. 높은 굴절률의 성분으로 구성되어 있기 때문에 자외선 전 영역 내에서 빛을 반사하고 산란시키는 특징이 있어. 더불어 농도가 커지면 흡수율이 높아지는 비어-람베르트 법칙³에 따라 차단제의 농도가 클수록 빛의 흡수율이 높아져.

화학적 자외선 차단제는 옥시벤존, 메테인과 같은 여러 유기화합물 중에서 5가지를 조합하여 만들어져. 피부에 스며든 자외선 차단제가 자외선B를 받으면 이중결합이 끊어져 불안정한 상태가 되었다가 기존의 안정한 상태로 돌아오게 돼. 이 과정에서 자외선B의 에너지를 열에너지로 변환시킴으로써 피부를 보호하게 되는 거지. 유기화합물들이 각각 다른 영역대의 파장을 흡수하기 때문에 다양한 유기화합물을 조합하여 쓰면 더 넓은 범위의 자외선을 차단할 수 있어. 선크림에 이런 원리가 있었다니 정말 신기하지 않아? 이제 피부 탈 걱정이 없이 놀러 가야겠어! 그럼, 안녕~!

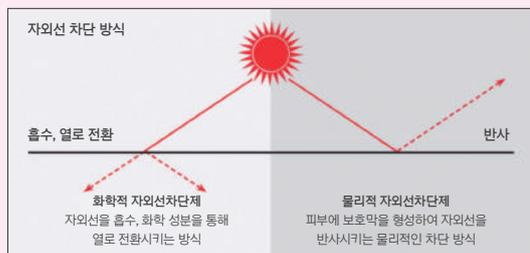


그림 1. 자외선 차단 방식

공대생이 보는 세상. I

화학공학과가 본 해변

글 신소재공학과 23학번 29기 알리미 이현민

각주

1. 탄소 이외의 원소만으로 이루어지는 화합물
2. 구조의 기본골격으로 탄소 원자를 가지는 화합물
3. 물질들이 빛을 흡수하는 과정에서 입사광과 투과광의 강도 비율은 그 물질의 성질에 비례함을 알려주는 식, $A = abc / c$ (흡광계수), b(조작된 빛의 진행길이), c(농도), A(흡광도)

그림 출처

그림 1. 김수진, 「물리적 자외선차단제 vs 화학적 자외선차단제」, 「헬스조선」, 2017.06.21, https://m.health.chosun.com/svc/news_view.html?contid=2017062101205#google_vignette.

참고 자료

1. 성수광 외 1인, 「자외선이 건강에 미치는 영향」, 한국생활환경학회지, 1997, p.1-5.
2. 이영혜, 「자외선차단제 고르는 법 3가지」, 「동아사이언스」, 2017.08.12, <https://m.dongascience.com/news.php?idx=19146>

산업경영공학과가 본 해변

글 무은재학부 24학번 30기 알리미 권영빈



해변으로 놀러 가면 물놀이만큼 중요한 게 바로 오션뷰가 보이는 호텔이지! 호텔을 예약할 때 앱에서 자동으로 추천도 해 주네? 우리에게 호텔을 추천해 주는 추천 알고리즘인 협업 필터링이 무엇인지 알아보자! 협업 필터링은 크게 두 가지 종류로 나눌 수 있는데 바로 메모리 기반 협업 필터링과 모델 기반 협업 필터링이야. 메모리 기반 협업 필터링은 유사한 아이템이나 사용자의 정보를 활용하여 추천하는 원리로 구성되어 있어. 유사한 아이템을 활용할지, 아니면 유사한 사용자를 활용할지에 따라 아이템 기반 협업 필터링과 사용자 기반 협업 필터링으로 나눌 수 있지.

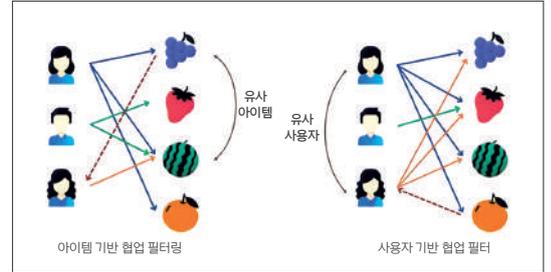


그림 1. 메모리 기반 협업 필터링의 종류

아이템 기반 협업 필터링은 사용자가 선택한 아이템과 함께 선택된 빈도가 높은 아이템을 추천해 줘. 예를 들어, 책상과 의자가 함께 구매되는 경우가 많다면 책상을 구매한 사용자에게 의자도 추천해 주는 거지.

사용자 기반 협업 필터링은 사용자와 비슷한 성향을 지닌 다른 사용자들이 선택한 아이템을 추천해 줘. 예를 들어, 사용자 A와 B가 비슷한 성향을 보이고, B가 판타지 소설을 좋아한다면 A에게도 판타지 소설을 추천해 주는 거야. 우리가 사용하는 SNS의 친구 추천 방식도 사용자 기반 협업 필터링이 활용되었어. 그런데, 사용자들이 비슷한 성향을 지녔다는 것을 어떻게 구별할 수 있을까? 우선, 사용자가 선택한 상품에 따라서 사용자의 벡터¹를 정의하고, 두 벡터의 코사인 유사도를 통해 계산할 수 있어. 코사인 각도를 계산하여 두 벡터가 가리키는 방향이 얼마나 유사한지 알아내면 두 사용자가 비슷한 성향인지 알 수 있는 것이지.

하지만, 데이터가 많을 때는 계산 시간이 길어지기 때문에 모델 기반 협업 필터링을 사용해. 모델 기반 협업 필터링은 사용자의 '좋아요'나 '싫어요' 버튼의 클릭 여부, 찜하기 등의 피드백을 활용해. 기계학습 알고리즘을 이용해 사용자가 아직 평가하지 않았던 아이템의 평점을 예측하고, 평점이 높은 순서대로 사용자에게 추천해 주는 원리지.

우리가 사용하는 앱들에 이런 원리가 있단니! 추천 알고리즘의 원리, 정말 신기하지 않아? 그럼 나도 어서 추천받은 호텔로 가봐야겠어!

각주

1. 벡터 공간(vector space)을 구성하는 원소. 참고로 데이터 과학에서는 데이터의 배열을 의미함.

그림 출처

그림 1. 그루비. "협업 필터링." Groobee. 2024년 6월 27일. <https://groobee.net/blog/%ED%98%91%EC%97%85-%ED%95%84%ED%84%B0%EB%A7%81/>

참고 자료

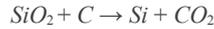
1. Charu C Aggarwal. 2016. Recommender Systems. Springer.
2. Naver D2. "거기 말고 이 호텔 어때? - 호텔 서비스 추천 시스템 도입기." 네이버. 2023년 12월 1일. <https://d2.naver.com/helloworld/2184045>
3. Naver 지식백과. "AI 용어사전-벡터." 네이버. 2024년 6월 28일. <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=6653636&cid=69974&categoryId=69974>
4. Naver 국어사전. "표준국어대사전." 네이버. 2024년 7월 4일

반도체공학자가 본 해변

글 무은재학부 24학번 30기 알리미 김채운



우와~! 해변이라 그렇지 모래가 정말 많네. 저 많은 모래로 무엇을 할 수 있을까? 모래성도 만들고, 가열해서 유리도 만들고... 아! 반도체도 모래로부터 만들어진다는 사실, 알고 있었어? 모래가 반도체가 되는 과정을 알아보자! 우선 모래는 대부분 실리카(Silica)라고 불리는 이산화규소(SiO_2)로 이루어져 있어. 모래로부터 반도체 제작에 사용할 순수한 규소(Si)를 추출하기 위해서는 다양한 과정을 거쳐야 해. 화학식으로 설명해 줄게.



먼저 이 과정은 이산화 규소를 탄소와 반응시켜 규소를 추출하는 단계야. 이때 생물에서 순수한 규소가 얻어질 것 같지만 사실 그렇지 않아. 생성된 규소는 MGS(Metallurgical Grade Si)라고 불리고 철, 알루미늄 등 불순물이 섞인 약 98 %의 순수한 규소야.



그다음으로 575K의 온도에서 기체 상태의 염화수소와 반응을 시켜. 이 반응은 약 90%의 트리클로로실란($SiHCl_3$)과 약 10%의 테트라클로로실란($SiHCl_4$), 그리고 일부 디클로로실란(SiH_2Cl_2)을

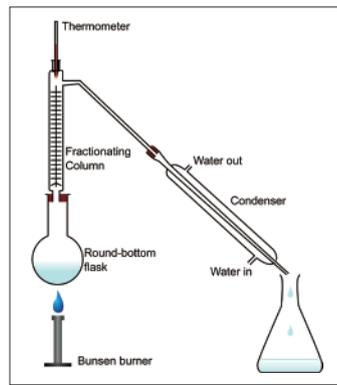
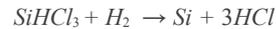


그림 1. 분별 증류

생성하고 H_2 는 가스로 빠져나가. 이러한 기체 혼합물은 분별 증류를 거쳐 정제할 수 있어.

분별 증류는 끓는점의 차이를 이용하여 혼합물을 분리하는 방법이야. 불순물이 포함된 염화물을 끓인 뒤 끓는점이 낮은 물질부터 분리해 내는 거지. 분별 증류를 통해 순수한 트리클로로실란을 얻은 뒤, 지멘스(Siemens) 공정을 사용하면 규소를 정제할 수 있어.



이 규소는 EGS(Electronic Grade Si)로 불리고 반도체 제작에 사용될 수 있어. 생성된 규소는 초크랄스키(Czochralski) 공정을 사용하여 잉곳(Ingot)¹으로 성장시켜. 1421°C 이상

의 온도에서 규소를 Seed Crystal에 붙여 천천히 회전시키며 끌어올리면 결정질²의 잉곳(Ingot)이 만들어져. 그리고 잉곳(Ingot)을 얇게 자른 것이 웨이퍼야. 이제 웨이퍼 위에 다수의 회로를 부착하여 반도체 집적 회로를 만드는 거야. 이것이 반도체의 기반인 셈이지! 어때, 우리 주위에서 흔히 볼 수 있는 재료로 반도체가 만들어진다는 것이 신기하지 않아? 반도체 공정에 대해 궁금증이 생겼다면 웨이퍼 위에서 진행되는 공정한 전공정을 공부해 보는 것을 추천할게!

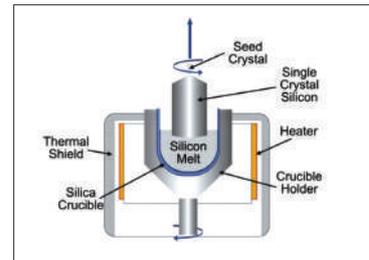


그림 2. 초크랄스키 공정의 도식

각주

1. 고온에서 녹인 실리콘으로 만든 실리콘 기둥
2. 원자나 분자가 규칙적으로 배열되어 일정하고 특이한 내부 구조를 가지는 물질

그림 출처

- 그림 1. 위키피디아, <Fractional distillation>, 2024.06.05, https://en.wikipedia.org/wiki/Fractional_distillation
 그림 2. MKS Instruments, Inc., Silicon Wafer Production, 2024.06.28, <https://www.mks.com/n/silicon-wafer-production>

참고 자료

1. MKS Instruments, Inc., Silicon Wafer Production, 2024.06.28, <https://www.mks.com/n/silicon-wafer-production>



와~ 여름이다! 당장 시원한 바다로 뛰어들고 싶지 않아? 앓 그런데 파도의 흐름이 이상해... 이안류가 발생한 것 같아! 매년 이안류로 인해 많은 인명피해가 발생한다는데 이안류에 대해 알아볼까?

이안류는 반대 방향으로 흐르는 파도야. 일반적인 파도는 바다에서 해안으로 밀려 들어오지만, 이안류는 반대로 해안에서 바다 쪽으로 밀려 나가. 해안가로 밀려든 바닷물이 좁은 공간을 통해 빠르게 빠져나가는 흐름이 바로 이안류야. 바다의 파고¹, 주기, 지형에 따라 이안류의 강도가 달라져. 이안류는 매우 빠르기 때문에 일반인의 헤엄 속도로는 빠져나갈 수 없어. '죽음의 물살'이라는 별명도 있을 정도지. 그럼, 이제 이안류가 왜 발생하는지 알아보자.

우선, 파도는 해수 표면에서 바람 등에 의해 에너지가 파동의 형태로 퍼져나가며 물 입자가 주기적으로 상하 운동을 하는 현상이야. 파도가 해안선에 가까워지면 바닥 부분은 마찰로 속도가 느려져. 이때 상대적으로 수면 부분은 속도가 빨라 불안정한 상태가 되어 파도의 높이가 높아져. 이러한 현상을 쇄파라고 해. 파도로 인해 해안선 부근 평균 수위에 차이가 생기면 쇄파대²에서 외해³로 향하는 흐름이 생기는데, 이 흐름을 해빈류라고 해. 쇄파로 인해 높아진 평균 수위를 완화하기 위해 해빈류가 해안선과 평행하게 흐르는 순간이 있는데, 그 흐름이 연안류야. 연안류가 외해로 급속하게 빠져나가면 이안류가 발생하는 거지.

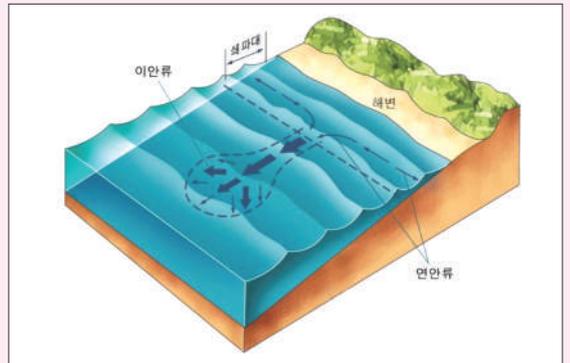


그림 1. 이안류의 발생 방식

이제 이안류의 무서움을 알겠지? 이안류에 휩쓸렸다가 바다 멀리 떠내려갈지도 몰라! 다행히 기상청에서 이안류에 대한 예보를 실시간으로 제공하고 있어. 사전에 이를 확인하여 안전한 물놀이가 되길 바라~! 🍷

공대생이 보는 세상. IV

물리학과가 본 해변

글 무은재학부 24학번 30기 알리미 한예림

각주

1. 물결이나 파도의 높이
2. 쇄파 발생 지역, 쇄파 시작 지점부터 해안가까지 거리
3. 육지에서 멀리 떨어진 바다

그림 출처

그림 1. 한국해양과학기술원 KIOST, 연안류와 이안류,

<https://iphoto.kiost.ac.kr/www/selectPhotoInfoWebView.do?key=162&ctgryNo=1&photoInfoNo=107906&pageUnit=24>

참고 자료

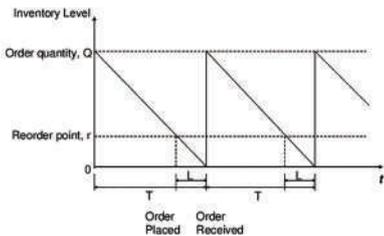
1. 김인철 외 2인, 「해운대 해수욕장의 이안류 발생기구 및 수치모의」, 『한국해양해양공학회는논문집』 제 23권 제 1호(2010년), 70~78쪽.

경제적 주문량(EOQ) 모델

글 무은재학부 24학번 30기 알리미 윤채리

어떠한 기업이나 조직에서 물품을 생산해 판매할 때, 미래에 대비하기 위해 '재고'를 마련합니다. 재고는 기대되는 수요를 충족시켜 생산공정이 원만하게 진행되도록 하는 기능을 가지고 있습니다. 이러한 재고를 관리하는 데 드는 비용인 재고비용은 크게 세 가지로 나뉘는데, 재고 유지 비용, 주문 비용, 재고 부족 비용입니다. 제조 활동에 있어 최상의 재고 관리 방법은 재고비용을 극소화할 수 있는 적절한 재고 수준을 결정하는 것입니다. 이번 지식더하기에서는 재고 수준을 적절하게 결정하기 위해 사용되는 대표적인 방법 중 하나인 포드 휘트먼 해리스(Ford Whitman Harris)의 경제적 주문량(EOQ) 모형에 대해 알아보겠습니다!

경제적 주문량 모형의 목적은 재고 유지 비용과 주문 비용을 합한 비용을 최소화하는 1회 주문량(경제적 주문량)을 구하는 것입니다. 먼저, 총재고 유지 비용과 총주문 비용을 각각 구해보겠습니다!



총재고 유지비용은 '평균 재고'와 '재고 단위당 재고유지비용(H , Holding Cost per Inventory Units)'을 곱해 구합니다. 위 그래프를 보면 주문량이 한번 입고될 때마다 Q (Quantity)에서 0까지 일정하게 감소하기 때문에 평균 재고는 $(Q + 0) / 2$ 이겠지요?

$$\frac{Q}{2} \times H$$

총주문 비용은 '총주문 횟수'와 '1회 주문비용(S , Set-up Cost per Order)'을 곱해 구합니다. 이때 '총수요량(D , Demand)'을 '1회 주문량(Q , Quantity)'으로 나누면 '총주문 횟수'를 구할 수 있습니다.

$$\frac{D}{Q} \times S$$

이렇게 구한 '총재고 유지비용'과 '총주문 비용'을 더하면 총비용(TC , Total Cost)이 나옵니다.

$$TC = \frac{Q}{2} \times H + \frac{D}{Q} \times S$$

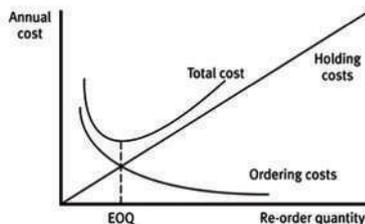
그렇다면 이 식을 통해 어떻게 경제적 주문량을 구할 수 있을까요? 모형의 창시자 해리스(Harris)의 가정에 의하면 1회 주문량(Q) 외에 요소들은 전부 고정되어 있어서 변하지 않기 때문에 위 식은 주문량(Q)에 대한 방정식이자 총비용에 대한 함수입니다. 먼저, 총비용에 대한 함수의 관점에서 위 식을 주문량(Q)에 대해 미분해 보면 다음과 같습니다.

$$\frac{H}{2} - \frac{DS}{Q^2}$$

미분한 식이 0이 되도록 하는 주문량(Q)이 의미하는 바는 무엇일까요?

$$\frac{H}{2} = \frac{DS}{Q^2}, Q^2 = \frac{2DS}{H}, Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

찾은 주문량을 기준으로 미분된 식의 부호가 음에서 양으로 바뀌는 걸 보니 함수는 $Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$ 에서 극소인 거 같네요! 이 식을 그래프로 나타내면 아래와 같습니다.



이번에는 방정식으로 접근하여, 총재고 유지비용 합수와 총주문 비용 함수의 교점을 구해보겠습니다.

$$\frac{Q}{2} \times H = \frac{D}{Q} \times S, Q^2 = \frac{2DS}{H}, Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

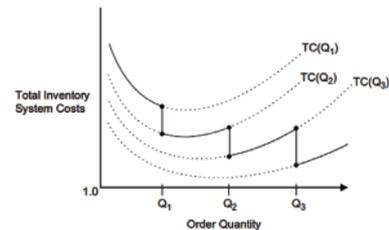
이전과 동일한 주문량(Q)이 도출된 것을 볼 수 있습니다. 경제적 주문량은 총비용 곡선이 최소인 지점에서 발생하며, 이는 총재고 유지비용 곡선이 총주문 비용과 정확히 일치하는 지점입니다.

더 나아가 소비자의 대량 구입을 유도하기 위해 대량 구입에 대한 가격을 낮추는 수량할인 모형도

있습니다. 해당 모형에서는 총비용을 구하는 기준식에 '구매비용'까지 더해줘야 합니다. 구매비용은 '단위당 구매가격(P , Price)'과 '총수요량(D)'을 곱한 것입니다.

$$TC = \frac{Q}{2} \times H + \frac{D}{Q} \times S + PD$$

이를 그래프로 표현해 보면 아래와 같습니다.



지금까지 경제적 주문량(EOQ) 모형을 통해 어떻게 가장 경제적인 주문량을 결정할 수 있는지 알아보았습니다. 이번 지식더하기가 흥미로우셨다면 대표적인 재고 보충 방침인 '고정주문량 시스템'과 '고정주문간격 시스템'에 대해서도 알아보시는 것을 추천해 드립니다! 📌

각주

1. 미래에 사용하기 위하여 비축하고 있는 재화

그림 출처

그림 1. Mauricio Cabrera-Rios. "Behavior of Inventory level with Time in EOQ Model". "Research", https://www.researchgate.net/figure/Behavior-of-Inventory-level-with-Time-in-EOQ-Model_fig1_228355464

그림 2. "Economic Order Quantity (EOQ)". "Kaplan Financial Knowledge Bank", <https://kfnknowledgebank.kaplan.co.uk/economic-order-quantity-%28eoq%29->

그림 3. Prem Vrat. Dynamic Inventory Models with Quantity Discounts. Springer, Jan 1, 2014

참고 자료

- 이승이. "재고의 최적 주문량을 미적분으로 구할 수 있나고?". 「공상」 Vol.39/공대생의 논문 읽기. <https://snu-eng.kr/html/2203/s0101.html>
- 강소제조인. "자재/재고관리(28) - 경제적 주문량(EOQ, Economic Ordering Quantity)". 「강소기업 제조인」, 2020. 8. 12. <https://m.blog.naver.com/sigma1/222042187764>
- Bernard W. Taylor. Introduction to Management Science (10th Edition). Pearson College Div, Jan 1, 2009
- Focus on SCM. "구매 수량 결정(feat. EOQ, 가격 할인)". 「지아이씨에스」, <https://m.blog.naver.com/gics17/221962441754>

푸아송 분포

글 신소재공학과 23학번 29기 알리미 박다현

1시간 동안 1,000명의 사람들이 'P' 브랜드의 매장 앞을 지나갈 때, 10초마다 0.1%의 확률로 'P' 브랜드의 상품이 팔린다고 가정해 봅시다. 이때 1시간 동안 몇 개의 상품이 팔리는지에 대한 확률 분포는 어떻게 계산할 수 있을까요? 한 가지 방법은 이항분포를 이용하는 것입니다.

$$B(n, p; k) = B(360, 0.001; k) = \frac{360!}{k!(360 - k)!} (0.001)^k (0.999)^{360-k}$$

여기서 이항분포를 통해 구한 확률 분포를 알기 위해서는 360!의 값을 계산해야 합니다. 그런데 360!은 1에서부터 360까지의 자연수를 모두 곱하여 계산해야 하는 매우 큰 수이기 때문에 실제로 계산하기 매우 어렵습니다. 이처럼 이항분포에서 n 이 너무 크고, p 가 너무 작은 경우 이항 분포를 이용하기에는 한계가 존재하는데요. 따라서 큰 수를 계산하기 위해서는 극한을 이용하는 푸아송 분포를 사용합니다.

푸아송 분포는 단위 시간, 단위 공간에 어떤 사건이 몇 번 발생할 것인지를 나타내는 이산 확률 분포입니다. 한 시간 동안 은행에 다녀간 고객의 수, 책 한 페이지에 존재하는 오타의 수 등을 푸아송 분포로 구할 수 있습니다.

푸아송 분포를 적용하기 위해선 세 가지 전제조건이 필요합니다. 먼저, 어떤 단위 시간 또는 단위공간에서 발생한 결과는 중복되지 않은 다른 시간이나 공간에서 발생한 결과와 서로 독립적이어야 합니다. 가령 9~10시 사이에 'P' 브랜드의 매장 앞을 지나간 사람의 수는 10~11시에 지나간 사람의 수와 독립이며, 'K' 브랜드 매장 앞을 지나간 사람의 수와도 독립이어야 합니다. 두 번째는 일정성입니다. 어떤 단위 시간 또는 단위공간에서 발생한 확률은 그 시간의 크기나 공간의 크기에 비례해야 하며, 외부의 영향을 받지 않습니다. 만약 'P' 브랜드 상품이 10초에 1개 팔린다면, 30초 동안은 상품 3개가 팔려야 합니다. 마지막은 비집락성입니다. 매우 짧은 시간이나 매우 작은 공간에서 두 개 이상의 결과가 동시에 발생할 확률은 0으로 간주합니다. 예를 들어 두 개 이상의 'P' 브랜드 상품이 동시에 팔릴 확률은 희박하므로 무시해도 된다는 것을 의미합니다.

이러한 전제조건을 가지는 푸아송 분포는 이항분포로부터 유도할 수 있는데요. $\lambda = np$ 라고 두면, $p = \frac{\lambda}{n}$ 이므로, 이항분포 식을 아래와 같이 변형할 수 있습니다.

$$\begin{aligned} P(K = k) &= \frac{n(n-1) \cdots (n-k+1)}{k!} \left(\frac{\lambda}{n}\right)^k \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^{-k} \\ &= \binom{n}{k} \frac{n(n-1) \cdots (n-k+1)}{n^k} \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^{-k} \end{aligned}$$

이때 $n \rightarrow \infty$ 로 극한을 취하면 $\frac{n(n-1) \cdots (n-k+1)}{n^k} = 1, \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^n = e^{-\lambda}, \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^{-k} = 1$ 이 되므로 푸아송 분포 식이 유도됩니다.

$$f(n; \lambda) = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!}$$

위 식에서 λ 가 푸아송 분포의 모수²에 해당하며, 확률 변수 X 가 모수 λ 인 푸아송 분포를 따르면 아래와 같이 나타내고, X 를 모수가 λ 인 푸아송 확률변수라고 부릅니다.

$$X \sim Pois(\lambda)$$

즉, 푸아송 분포 모수는 모두 λ 인데요. 이를 계산하는 과정은 아래와 같습니다. 확률변수 X 가 푸아송 확률변수이면,

$$\begin{aligned} E(X) &= \sum_{x=0}^{\infty} x f(x) = \sum_{x=0}^{\infty} x \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = \sum_{x=1}^{\infty} \lambda \frac{e^{-\lambda} \lambda^{x-1}}{(x-1)!} = \sum_{y=0}^{\infty} \lambda \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!} = \lambda (x-1 = y) \\ &\therefore E(X) = \lambda \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E(X(X-1)) &= \sum_{x=0}^{\infty} x(x-1) f(x) = \sum_{x=0}^{\infty} x(x-1) \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = \sum_{x=2}^{\infty} \lambda^2 \frac{e^{-\lambda} \lambda^{x-2}}{(x-2)!} = \sum_{y=0}^{\infty} \lambda^2 \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!} \\ &= \lambda^2 (x-2 = y) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E(X(X-1)) &= E(x^2) - E(X) = \lambda^2, E(x^2) = \lambda^2 + \lambda \\ \text{Var}(X) &= E(X^2) - \{E(X)\}^2 = \lambda \end{aligned}$$

$$\therefore \text{Var}(X) = \lambda$$

이처럼 푸아송 분포의 모수, 즉 평균과 분산은 모두 λ 임을 확인할 수 있습니다.

지금까지 푸아송 분포의 전제조건과 유도 과정, 평균과 분산을 계산하는 방법에 대해 알아보았습니다. 푸아송 분포에 대해 더 알아보고 싶은 분들은 푸아송 분포가 적용되는 일상 속 사례들을 더 찾아보시길 바랍니다! 📖

각주

- 연속된 n번의 독립적 시행에서 각 시행이 확률 p를 가질 때의 이산 확률 분포
- 모집단의 특성을 나타내는 값으로 모평균과 모분산을 통틀어 이르는 말

참고 자료

- 네이버 지식백과, 「푸아송 분포」, 2015.05, <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=4125499&cid=60207&categoryId=60207>
- injae Kim, 「푸아송 분포의 아이디어와 유도 과정에 대한 구체적인 원리」, 2020.07.17, <https://injae-kim.github.io/dev/2020/07/17/easy-to-understand-poisson-distribution.html>



정수 계수를 가지는 다항식 $f(x)$ 를 생각해 보자. 만약 소수 p 와 자연수 n 에 대해 $f(x) = 0 \pmod{p^n}$ 이 a 를 해로 갖는다면, n 보다 작은 모든 자연수 k 에 대해 $f(a) = 0 \pmod{p^k}$ 가 성립한다. 다시 말해, 만약 우리가 $f(x) = 0$ 을 $\text{mod } p^n$ 체계에서 풀 수 있다면, $\text{mod } p^k$ 에서의 해는 자연스럽게 따라온다는 것이다. 반대로 우리가 $\text{mod } p^k$ 에서 $f(x) = 0$ 의 해를 알고 있을 때, 이것을 $\text{mod } p^{k+1}$ 로 '확장'하는 것도 생각해 볼 수 있다. 구체적으로 다음과 같은 정리가 있다.

Hensel lifting.

$f(x)$ 가 정수 계수를 갖는 다항식이고, 정수 a 에 대하여 $f(a) = 0 \pmod{p^k}$ 가 성립한다고 하자. 만약 $f'(a) \not\equiv 0 \pmod{p}$ 라면, 적절한 정수 b 에 대해 $a = b \pmod{p^k}$, $f(b) = 0 \pmod{p^{k+1}}$ 이 성립한다. 이러한 성질을 만족하는 b 는 $\text{mod } p^{k+1}$ 이 유일하다.

증명.

그러한 꼴을 만족하는 b 는 반드시 $\text{mod } p^{k+1}$ 에서 $a + y \times p^k$ ($y = 0 \sim p-1$) 꼴일 것이다. 따라서 $a + y \times p^k$ 가 그러한 성질을 만족한다고 가정하고, 이에 해당하는 유일한 y 값을 찾을 수 있다는 것을 보이자.

임의의 n 차 다항식 $g(x)$ 에 대해

$$g(x + y) = \sum_{k=0}^n y^k \times \frac{g^{(k)}(x)}{k!}$$

이 성립하므로¹,

$$f(a + y \times p^k) = \sum_{l=0}^n (y \times p^k)^l \times \frac{f^{(l)}(a)}{l!} = f(a) + y \times p^k \times f'(a) + p^{k+1} \times (\dots)$$

로 쓸 수 있다. 따라서

$$f(b) = f(a + y \times p^k) = f(a) + y \times p^k \times f'(a) + p^{k+1} \times (\dots) \equiv f(a) + y \times p^k \times f'(a) \pmod{p^{k+1}}$$

이 되어야 하며, $f(a) \equiv 0 \pmod{p^k}$ 이므로 이를 $\frac{f(a)}{p^k} + y \times f'(a) \equiv 0 \pmod{p}$ 이라 쓸 수 있다. 또한 $f'(a) \not\equiv 0 \pmod{p}$ 라고 가정했으므로 $f'(a)$ 는 $\text{mod } p$ 에서 역원을 가지며², 따라서 $y \equiv -\frac{f(a)}{p^k} \times \frac{1}{f'(a)} \pmod{p}$ 이다. 이러한 과정을 통해 위 조건을 만족하는 y 가 유일하게 존재함이 증명된다.

이러한 방식으로 찾은 b 에 대해서도 $f(b) = 0 \pmod{p^{k+1}}$, $f'(b) \not\equiv 0 \pmod{p}$ 가 성립하므로 위 정리를 다시 적용할 수 있다. 다시 말해 위 정리의 전제가 성립하는 a 와 p^k 를 하나 찾지만 한다면, a 를 임의의 p^n 으로 확장할 수 있다.

특히, 만약 우리가 위 정리의 조건을 만족하는 x_0 를 $\text{mod } p$ 에서 찾을 수 있다면, 우리는 $f(x) = 0 \pmod{p^{n+1}}$ 을 만족하는 $a_0 + a_1 p^1 + \dots + a_n p^n$ 꼴의 해를 유일하게 찾을 수 있다. 이러한 맥락에서 n 을 무한대까지 확장하여 $a = a_0 + a_1 p^1 + \dots$ 라 놓는다면, a 가 $f(x) = 0 \pmod{p^n}$ 의 유일한 해라고 주장할 수 있지 않을까? 약간의 수학적 형식화를 거친다면 놀랄게도 이는 잘 정의된다.

이제 p-adic integers를 정의할 준비가 되었다. 소수 p 에 대해, Set of p-adic integers, 또는 Z_p 는 다음과 같은 수열들의 집합으로 정의된다.

$$x = \{x_n \pmod{p^{n+1}}\}_{n=0}^{\infty}, x_n = x_{n+1} \pmod{p^{n+1}}$$

이 수열의 덧셈과 곱셈은 항별로, 즉 다음과 같이 정의된다.

$$x = \{x_n \pmod{p^{n+1}}\}_{n=0}^{\infty}, y = \{y_n \pmod{p^{n+1}}\}_{n=0}^{\infty} \text{ 일 때,}$$

$$x + y := \{x_n + y_n \pmod{p^{n+1}}\}_{n=0}^{\infty},$$

$$x \times y := \{x_n \times y_n \pmod{p^{n+1}}\}_{n=0}^{\infty}$$

각각의 항 $x_n \pmod{p^{n+1}}$ 을 $a_0 + a_1 p^1 + \dots + a_n p^n$ 으로도 나타낼 수 있으며, 따라서 p-adic integer x 를 형식적 무한합 $a_0 + a_1 p^1 + \dots$ 으로 나타내기도 한다.

정수의 뒤으로 유리수를 정의한 것처럼, Z_p 의 원소들의 뒤으로 Q_p 를 정의할 수 있다. 구체적인 정의는 다음과 같다.

$$Q_p := \left\{ \frac{x}{y} \mid x, y \in Z_p, y \neq 0 \right\}$$

이렇게 정의된 p-adic number를 어디에 쓸 수 있을까? 정수론에서 다항식의 근을 정수 또는 유리수 범위에서 찾는 것은 일반적으로 어려운 문제이다. (페르마의 마지막 정리도 다항식의 정수근과 관련된 문제였음을 떠올려 보자.) 그러나 이 다항식이 특정한 조건을 만족하는 경우, 우리는 이 다항식을 Q_p 로 쪼개어 분석한 뒤 다시 합칠 수 있다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

Hasse-Minkowski theorem.

$A(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 이 모든 항의 차수가 2고, 모든 계수가 유리수인 다변수 다항함수라고 하자. A 가 유리수근(각각의 성분 x_i 가 유리수이면서 A 에 대입했을 때 0이 되는 순서쌍)을 가진다는 것은, A 가 R 과 (모든 소수 p 에 대해) Q_p 에서 근을 가진다는 것과 동치다.

예시를 들어 보자.

문제. $A(x, y, z) = 3x^2 - 2y^2 + z^2$ 가 유리수 근을 가지는지 판별하시오.

풀이. Z_3 에서 A 를 생각해 보면, $A(x, y, z) \equiv y^2 + z^2 \pmod{3}$ 이 성립하며, $3 \times 3 = 9$ 가지 경우의 수를 대입해 보면 A 가 $\pmod{3}$ 에서 근을 갖지 않는다는 것을 알 수 있다. 만약 A 가 Z_3 에서 근을 가진다면 당연히 $\pmod{3}$ 에서도 근을 가져야 하므로, A 는 Z_3 에서(따라서 Q_3 에서) 근을 갖지 않는다. Hasse-Minkowski theorem에 의해, A 는 유리수 근을 갖지 않는다.

이 정리는 정수론의 'local-global principle'이라 불리는 원리의 일부 분으로, 워처럼 유리수를 '여러 방면에서 확장'하여 얻은 체계에서 문제를 분석한 뒤, 이 결과들을 합쳐서 유리수에서의 문제를 푸는 방식을 일컫는다. P-adic number system은 이것 말고도 다양한 사용처를 가지며, 정수론을 비롯한 여러 이론의 주 무대로 쓰이고 있다. ㉠

[각주]

1. 단항식 $gx = xn$ 에 대해서 이항전개를 사용하여 이 식이 성립함을 보인 뒤에 합치면 다항식에 대해서 이 사실을 증명할 수 있다. 또한 테일러 전개를 알고 있다면, 이 식이 사실 다항식의 테일러 전개라는 사실을 알 수 있을 것이다.
2. 주어진 수 a 에 대해 $ab = ba = 1$ 을 만족시키는 수 b 를 a 의 역원이라고 한다. \pmod{p} 에서도 이러한 역원의 정의를 그대로 사용할 수 있으며, a 가 \pmod{p} 에서 0이 아니라면 a 는 반드시 \pmod{p} 에서의 역원을 가진다.

182호 문제

- Q1 p 가 소수일 때, $a \not\equiv 0 \pmod{p}$ 이면 반드시 a 의 역원, 즉 $ab \equiv 1 \pmod{p}$ 인 정수 b 가 존재함을 보여라.
- Q2 문제1을 p-adic integer로 확장하여, p 가 소수고 $x \in Z_p$ 일 때, $x \not\equiv 0 \pmod{p}$ {다시 말해, $x = a_0 + a_1p^1 + \dots$ 에서 $a_0 \not\equiv 0 \pmod{p}$ } 일 때 $ab = 1$ 인 a 의 역원 $b \in Z_p$ 가 존재함을 보여라.

(Hint : a 와 b 를 무한함으로 전개하고 $ab = 1$ 이라 놓은 뒤, b 의 계수를 하나씩 구해 보자.)

[정답자] 181호 정답자는 경남과학고 2학년 임지환 학생입니다.

- * MARCUS에는 포스텍 수학동아리 MARCUS가 제공하는 수학 문제를 실습니다. 정답과 해설은 다음 호에 나옵니다.
- * 이번 호 문제는 2024년 11월 5일(화)까지 알리미 E-MAIL (postech-alimi@postech.ac.kr)로 풀이와 함께 답안을 보내주세요.
- * 정답자가 많을 경우, 간결하고 훌륭한 답안을 보내주시신 분들 중 중점을 통하여 포스텍의 기념품을 보내 드립니다. (학교/학년을 꼭 적어 주세요.)

181호 문제 풀이

Q1 놀이공원에 있는 대관람차의 한 전차를 볼 때, 위의 이상적인 조건 근사가 적용된다면, 전차의 위치 r 에 대하여 해당 홀로노믹 구속 조건 방정식 $f(r) = 0$ 을 직접 찾아보자.

A1 홀로노믹 구속 조건방정식의 형태를 다시 한번 상기해 보자.

$$f(r_1, r_2, r_3, \dots, r_N, t) = 0, \text{ holonomic constraints}$$

우리는 전차 1개의 위치에 대해서만 홀로노믹 구속을 부여할 것이므로 방정식의 형태는 문제에서 주어졌듯 다음의 형태, 즉 변수 1개의 방정식에 대해서만 작성할 것임을 확인할 가능하다.

$$f(r) = 0$$

질점으로 근사한 전차가 반지름 d 의 이상적인 원을 돈다고 가정했으므로, 전차의 위치는 Fig1.에서와 같이 대관람차의 중심을 원점으로 설정한 이상, 항상 크기가 일정할 것이다. 원의 중심으로부터의 거리는 항상 일정하기 때문이다. 따라서 이를 방정식으로 가장 간단하게 나타내면 다음과 같다.

$$r^2 - d^2 = 0, f(r) = r^2 - d^2$$

Q2 대관람차의 반지름이 $\frac{1}{2}d$ 로 변한다면 라그랑지안 L 이 어떻게 변할지, 그리고 그 이유를 써보고, 이때 라그랑주 역학 전개 과정을 통해 전차의 EOM을 구하는 과정을 적어보라.

A2 반지름만 $\frac{1}{2}d$ 가 되었으므로, 라그랑지안 역시 이를 반영하면 다음과 같다.

$$L = \frac{1}{8} m (wd)^2 - \frac{1}{2} mg (d \sin \theta)$$

반지름이 1/2배가 되었으므로 속도 역시 1/2배가 되었고, 이에 따라 운동에너지 항은 1/4배, 퍼텐셜 에너지 항은 1/2배가 된 것을 확인할 수 있다. 따라서 이 계를 나타내는 라그랑지안은 길이 변화에 따른 속도 감소에 의해 1/4배, 위치 변위의 감소에 의해 1/2배로 각각 항에 따라 영향을 받았다고 할 수 있다.

라그랑주 방정식은 모든 항이 편미분 연산자와 상미분 연산자로 이루어져 있는데, 이 연산자들은 모두 선형 연산자이므로 기존의 결과에서 d 만 $d/2$ 로 바꾸어도 문제가 없다. 실제로 계산해 봐도 이 결과를 확인할 수 있으며,

이를 라그랑주 방정식에 직접 계산하면 결과는 다음과 같다.

$$\frac{\partial L}{\partial q_1} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_1} = \frac{\partial L}{\partial \theta} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} = -\frac{1}{2} mgd \cos \theta - \frac{1}{4} md^2 \ddot{\theta} = 0$$

($i = 1, 2, 3, \dots, N$)

$$\text{EOM } 2mgd \cos \theta + md^2 \ddot{\theta} = 0$$

능동적인 삶을 살기 위해서

글 무은재학부 24학번 30기 알리미 김가경

여러분은 학창 시절의 소중한 나날을 어떻게 보내고 있나요? 저의 학창 시절을 되돌아보면 시간 가는 줄 모르고 정말 정신없이 하루하루를 보낸 것 같아요. 내가 무엇을 했는지 모를 정도로 바쁜 날도 있었고, 성적이 가장 중요한 시기인 만큼 학업에만 몰두하느라 하루를 온전히 경험할 마음의 여유가 많이 부족했어요. 아마 지금 이 글을 읽고 있는 여러분도 저와 비슷할 것이라 생각합니다. 매 순간에 집중한다기보다는, 힘들고 지치지만 하루, 이틀 아무 생각 없이 지내다 보면 언젠가는 입시로 스트레스 받는 이 시간도 다 지나있을 거라며 고등학교 생활이 끝나기를 막연히 기다리고 있을 거예요. 저 또한 그랬고요. 그렇게 대학 입시라는 하나의 커다란 도전 상황에서 살아남기 위해 하루하루를 버티고 있는 것이죠. 이렇게 무의식적으로 공부하고, 반사적으로 과제를 해결하며 학교생활을 하다 보면 자연스럽게 목표 의식이 흐려지고 그저 주어진 무언가만 하게 되는데, 이런 생활 습관을 조심해야 합니다.

아마 여러분 대부분이 다양한 과목의 학원에 다니거나 다른 여러 방법으로 학교 공부를 보충하고 있을 텐데요. 보통 학원의 역할은 대략적인 공부의 가이드라인을 제시해 주는 것에 그칩니다. 그러니 학원의 지시로 하는 공부를 스스로 하는 공부라고 생각하지 않는 것이 좋습니다. 학교 수업을 듣고 나서 이해하기 어려웠던 내용은 무엇인지 스스로 파악하는 과정이 꼭 필요합니다. 또 학원에서 제시하는 공부법으로 무조건 공부하는 것이 아니라 이것이 나에게 맞는 공부법인지, 만약 아니라면 어떻게 수정하여 나에게 적용할지 아는 것이 매우 중요합니다. 결국 공부를 하고 내용을 학습하는 주인공은 나 자신이기 때문이죠. 학원 숙제가 나와야만 책을 펴 공부하거나, 공부하는 방법의 시시비비를 가리지 못하는 수동적인 공부 방법은 우리를 제자리에 머무르게 할 뿐, 우리의 성장을 방해하는 요소가 될 가능성이 큽니다. 수동적인 사람이 되지 않고, 자기주도적이며 능동적인 공부를 하는 것이 성공적인 학창 시절을 채워 나갈 방법이라고 할 수 있죠. 저는 고등학교 진학 후 1학년 1학기 동안 학교생활에 적응하느라 성적을 제대로 챙기지 못했습니다. 그래서 뒤지지 않기 위해 부랴부랴 학교 친구들이 다니는 학원을 알아본 뒤 등록하고 한발 늦게 친구들을 따라가기 시작했습니다. 학원에서 내어주는 숙제량이 워낙 많았기에 어떤 부분이 부족하고 어떤 부분을 채워 넣어야 하는지 파악하기보다, 그저 학원 숙제를 따라가기에 바빴습니다. 그 결과는 너무 뻔하게도 밑 빠진 독에 물 부은 것과 다름없었죠. 부족한 빈틈을 메우지 않고 잘못된 공부 방법을 반복했기 때문에 저의 낮은 성적이 나아지는 일은 일어나지 않았습니다. 하지만 이것과 반대되는 공부 방법으로 성적이 올랐던 경험은 수동적인 공부와 능동적인 공부의 결과물이 확실히 다르다는 것을 알려주었습니다.

여러분은 지금 당장 눈앞에 놓인 입시와 같은 상황이 많이 답답하고, 빨리 지나갔으면 하는 생각이 들 것 같습니다. 하지만 지금의 좁은 시야를 벗어나 능동적으로 생각하고 행동한다면 나중에 학창 시절을 되돌아보았을 때 후회 없고 본인이 만족할 만한 결과를 만들어낼 수 있을 것입니다. 여러분의 꽃봉오리는 오롯이 여러분만이 피울 수 있습니다. 그 어떤 꽃보다도 빛나는 한 송이의 꽃이 될 여러분의 미래를 응원합니다! 🌻

혼자 떠나는 여행

글 무은재학부 24학번 30기 알리미 박정우

여러분 안녕하세요. 저는 어느샌가 끝나버린 1학기를 뒤로 하고 방학을 맞이했습니다. 여러분에게 방학이란 무엇인가요? 자신의 목표를 향해 달려가는 시간일지도, 열심히 달려온 자신에게 잠시 휴식을 주는 시간일지도 모르겠습니다. 저는 이번 방학에 혼자 배낭을 메고 이탈리아와 아랍에미리트를 다녀왔습니다. 여러분은 이렇게 홀로 떠나는 여행을 한 번쯤 해보고 싶다는 생각이 드나요? 아니면 조금 두려울까요? 저는 진심으로 꼭 떠나보길 추천합니다.

여행을 떠나기 전, 저는 지난 학기를 생각하며 참으로 많은 생각을 했습니다. 좋지 않은 성적에 대한 고민, 스스로에 대한 후회와 비판, 부모님에 대한 죄송함 등 여러 감정이 마음속에 가득했습니다. 다음 학기를 잘 보낼 수 있을지에 대한 걱정도 많이 앞섰던 것 같습니다. 한편으론 여행 계획부터 준비, 떠나는 과정까지 모두 혼자였기에 잘 다녀올 수 있을지에 대한 걱정들도 제 마음 한쪽에 자리 잡고 있었습니다. 그런데 그렇게 제 마음 가득 들어차 저 자신을 쪼먹고 있었던 생각들이, 신기하게도 비행기가 하늘로 떠오르는 순간 사라졌습니다. 창문 너머로 보이는 머나먼 지상의 모습을 보니, '하늘에서 보니 이렇게나 작아지는 것들에 나는 왜 그렇게도 마음을 휘둘리고 상처 입었는가.' 하는 생각이 들었습니다. 물론 언젠가는 생각해 보고 해결해야 할 문제이지만, 제가 그것들에 사로잡혀 있는 상황이 부질없음을 배웠습니다. 이런 마음을 품고 새로운 땅에 도착하고 나니, 새로운 자신을 찾을 수 있었습니다. 저는 스스로를 가둔 껍질에 한결감을 느끼고 있었고, 가식 없는 모습을 바랐습니다. 이런 상황 속에서 여행은 제가 껍질을 벗고 나올 수 있게 도와주었고, 진정한 제 모습을 발견할 수 있게 해주었습니다.

여행을 다녀오면 다들 기념품 하나씩 사 오실 텐데요, 기념품을 통해 여행을 추억하며 그 순간을 되새길 수 있습니다. 저에게 있어 기념품이란 여행에서 맺어 온 인연들도 포함하는 개념입니다. 여행지에서 우연찮게 만난 한국인일 수도 있고, 현지 사람들일 수도 있습니다. 어쩌면 제3국의 사람일 수도 있죠. 이 '우연찮게'라는 표현은 왜 있는 걸까요? 우연이라 생각했지만, 시간이 지나고 보니 인연의 관계이기에 사용하는 것이 아닐까 하는 생각이 듭니다. 저는 여행을 홀로 떠났기에 이런 인연을 더 많이 만들 수 있었다고 생각합니다. 이렇게 맺은 연은 순간의 우연일 수도 있지만, 저는 평생의 인연으로 남길 바라고 있습니다. 언젠가 이들을 다시 만날 수 있길 기대하는 건 다시금 여행에 설렘을 더합니다. 여행을 통해 다양한 사람들의 시선에서 다양한 이야기를 들을 수 있었고, 많은 생각을 할 수 있었습니다. 이런 생각들은 제가 다시 앞으로 나아가게 하는 원동력이 되기도 할 것입니다.

혼자 떠났던 이번 여행은 정말 낭만이 넘치는 여행이었습니다. 제가 하고 싶은 모든 것을 할 수 있었고, 제가 가고 싶은 모든 길을 갈 수 있었기 때문입니다. 잘못 들어선 길에서 아름다운 지중해의 수평선을 발견하기도 했고, 길거리에서 이탈리아 사람들과 하나 되어 축구를 관람한 적도 있었습니다. 혼자 여행을 떠나지 않았다면 경험할 수 없었을 것입니다. 여행은 소중한 추억과 인연을 만들어 주기에 저는 다시 한번 혼자 떠나는 여행을 추천하고 싶습니다. 사실 이 글은 두바이에서 한국으로 돌아오는 비행기에서 쓰고 있는데, 글을 쓰면서도 다음에는 어디로 여행을 떠날지 생각하는 제가 바보 같으면서도 자랑스럽습니다. 여러분도 언젠가 한 번쯤 혼자 여행을 떠나 소중한 추억을 쌓아 오길 기도하겠습니다. 앞길에 안개가 낀 듯 보이지 않을 때, 여러분도 발걸음을 옮겨 다양한 인연을 쌓고, 그 끝에 안개가 갠 맑은 하늘이 보이길 기원하겠습니다. ●

포스테키안 182호를 만든 알리미를 소개합니다!



297기 화학공학과 23학번 김세민



297기 반도체공학과 23학번 김세현



297기 컴퓨터공학과 23학번 김정연



297기 신소재공학과 23학번 박다현



297기 컴퓨터공학과 23학번 박대준



297기 컴퓨터공학과 23학번 윤현서



297기 전자전기공학과 23학번 이용현



297기 신소재공학과 23학번 이현민



297기 컴퓨터공학과 23학번 조민서



297기 화학공학과 23학번 황현준



30기 무은재학부 24학번 권영빈



30기 무은재학부 24학번 김가경



30기 무은재학부 24학번 김서민



30기 무은재학부 24학번 김채운



30기 무은재학부 24학번 박정우



30기 무은재학부 24학번 신동현



30기 무은재학부 24학번 윤채리



30기 무은재학부 24학번 정찬우



30기 무은재학부 24학번 한예림



30기 무은재학부 24학번 황석훈



독자 여러분의 의견을 기다립니다.

<POSTECHIAN>을 만드는 알리미에게 여러분의 이야기는 큰 힘이 됩니다.

앞으로도 꾸준히 알리미를 응원해 주세요. 채택된 주인공에게는 소정의 기념품을 보내 드립니다.



지산고등학교 3학년 임영진

CES라는 박람회나 'NOBEL WEEK'라는 포스텍의 프로그램을 포스테키안을 통해 처음 알게 되어서 흥미로웠습니다. 앞으로도 포스텍 학생들이 가는 다양한 대외활동들을 많이 소개해 주시면 좋을 것 같습니다!

한성과학고등학교 3학년 조희민

이번 호뿐만 아니라 POSTECHIAN에서 언제나 다뤘던 '공대생이 보는 세상' 코너는 공감을 불러일으키거나, 실생활 속에서 쉽게 접할 수 있는 것들에 대한 과학적인 생각들과 지식을 내포하고 있어 상당히 흥미롭게 읽을 수 있었던 것 같습니다! 또한 생각지 못한 다양한 학과의 시점에서 본 세상을 담는 것이 학과 소개 및 해당 학과의 특성을 알 수 있는 데에 큰 도움이 될 것이라고 생각합니다.



구독자 참여 이벤트 일정

- ① 알리미가 쓴다: 2024년 11월 24일까지 구글 폼에 정답을 등록해 주세요.
- ② 마르쿠스: 2024년 11월 5일까지 정답을 보내주세요.
- ③ 고등학생 기자단 포커스: 8월 16일 - 9월 1일까지 아래의 URL을 통해 신청해 주세요.

① <https://forms.gle/kFEsYHoJBQfEwbMS7>

② postech-alimi@postech.ac.kr

③ <https://forms.gle/a4vdquudNvednxV27>

알리미가 쓴다 QR



고등학생 기자단 포커스 신청 QR



영상 공개 일정

포스텍 에세이(POPO): 8월 30일
 마르쿠스: 11월 8일
 포커스: 10월 18일

ALIMI ON-AIR: 9월 20일
 기획특집: 11월 22일
 알턴십: 10월 4일



포스텍 입학팀 유튜브 채널

안녕하세요, 여러분!
이번 182호부터 포스테키안 편집장을 맡게 된 화학공학과 23학번 29기 알리미 김세민입니다. 중학생 때 포스테키안을 읽으며 이공계열 진로를 꿈꾸게 되었던 저의 모습이 옛그제 같은데요. 어느덧 편집장이 되어 여러분께 인사드리게 되니, 꿈을 이룬 것만 같아 뿌듯합니다. 최신 과학 기술의 동향을 접하고, 현대 사회에서 화제가 되는 과학적 주제에 대해서 깊은 내용까지 이해하기는 쉽지 않습니다. 따라서 여러분이 보다 흥미를 느끼는 동시에 깊이 있는 내용에 겹먹지 않고 차근차근 접근해 갈 수 있도록 글을 편집하는 것이 제가 가진 편집장으로서의 목표입니다. 어릴 적부터 포스테키안을 읽으며 과학에 흥미를 느껴왔던 저이기에, 포스테키안 작성과 편집은 더더욱 의미 있는 경험이 되는 것 같습니다. 이러한 경험을 선물해 주신 구독자 여러분께 진심으로 감사합니다.
다음 호도 기대해 주세요!



신소재공학과 23학번 29기 알리미 박다현

포스테키안 구독자 여러분, 안녕하세요!
이번 182호부터 포스테키안 편집장을 맡게 된 29기 알리미 박다현입니다. 포스테키안을 읽으며 포스텍에 대한 꿈을 키워온 고등학생 시절이 옛그제 같은데요. 2년이 흐른 지금, 편집장으로서 여러분께 인사드리게 되었습니다.
앞으로 공대생이 보는 세상, 마르쿠스, 지식 더하기 등의 PLUS 코너를 통해 흥미로운 수학과 과학 이야기를 전해드릴 테니 많은 기대 부탁드립니다! 제가 포스테키안을 읽으며 포스텍에서의 행복한 학교생활을 꿈꿨던 것처럼, 여러분도 포스테키안을 통해 꿈과 기대를 키워나갈 수 있도록 최선을 다하겠습니다.
감사합니다!



컴퓨터공학과 23학번 29기 알리미 윤현서



컴퓨터공학과 23학번 29기 알리미 박태준

포스테키안 독자 여러분 모두 안녕하세요!
약 1년의 수습 기간을 끝내고, 이번 호부터 포스테키안 편집장을 맡게 된 29기 알리미 박태준입니다!
저는 '알스토리'라는 코너를 참 좋아합니다. 세상엔 다양한 이야기들이 있고, 각자의 경험이 전달하는 새로운 시각이 제게 울림을 주기 때문입니다.
예비 포스테키안으로서 포스테키안을 읽을 때도 많은 이공학적 개념을 접하다 심을 찾을 수 있는 코너가 바로 알스토리였습니다. 그런 제가 포스테키안에 처음 글을 작성해 본 코너 또한 알스토리였는데, 이젠 그 코너를 담당하는 위치가 된 후 여러분을 마주하니 더욱 감회가 남다른 것 같습니다.
저는 알스토리 외에도 크리에이티브 포스테키안, 포라이프, 알리미 ON AIR 등 재미있는 온라인 및 오프라인 코너로 여러분들을 찾아볼 예정이니, 앞으로도 많은 기대 부탁드립니다! (앗 알리미가 쓴다 이벤트도 많이 많이 참여해 주세요! ㅎㅎ)

안녕하세요, 포스테키안 구독자 여러분!
이번 호부터 포스테키안 편집장을 맡게 된 29기 알리미 윤현서입니다. 저는 고등학생 때 입시를 앞두고 긴장해서 아무것도 손에 잡히지 않을 때, 포스테키안을 읽으며 공부에 대한 동기부여도 얻고, 포스텍에 입학한 뒤의 저의 모습을 상상하며 다시 공부에 열중할 수 있는 힘을 얻곤 했는데요.
야간 자율학습 시간 내내 포스테키안을 읽던 고등학생에서 어느덧 포스테키안 PEOPLE 코너 팀장이 되어 집필한 이번 182호는 저에게 남다른 의미로 기억될 것 같아요.
앞으로도 포스텍 에세이, 알리미가 만난 사람, 알틴십 코너에서 멋진 포스텍 동문 선배님들의 이야기와 흥미로운 기업 탐방 소식으로 찾아뵙겠습니다.
또한, 제가 포스테키안을 읽으며 포스텍을 향한 꿈을 펼쳤던 것처럼 여러분의 예비 포스테키안 생활에 언제나 저희가 함께하겠습니다! 그럼, 이제 다들 모여줄 준비되셨나요?



BYE BYE(:

POSTECHIAN IS PUBLISHED BY POSTECH

POSTECHIAN은 포스텍 학생홍보봉사단체 <알리미>가 직접 기획, 제작하는 과학 잡지입니다. 이공계 분야 진로를 꿈꾸는 고교생들에게 최신 과학 동향과 연구 관련 정보를 제공하고 있으며 182호에 달하는 전통을 자랑하고 있습니다. 과학에 관심있는 분이라면 누구라도 POSTECHIAN의 독자가 되실 수 있습니다.

구독을 원하시면 포스텍 입학팀 카카오톡채널에서 신청해 주세요.



포스텍이 궁금해? 링크 모음

POSTECH