

# At The Moment

# 연세대학교 대기과학과

# 뉴스레터

2025학년도 2학기 제9호



<https://atmos.yonsei.ac.kr/>

03722  
서울특별시 서대문구 연세로 50  
연세대학교 이과대학(과학관) 528A

+82-2-2123-8150

발행일 2025.09.01

발행인 박상훈

발행처 연세대학교 대기과학과

편집자 김건하(22) 조장희(20) 이주은(21)  
이준경(22) 현소은(24)

기사 제보 및 문의 tskibae1713@yonsei.ac.kr  
010-9206-7730

# Contents

---

## □1

---

대기과학과	· See You Again: 졸업생과의 인터뷰	3
사람들을 만나다	대한항공 임용석 차장님, 이진학 대리님	
	· 교수님과의 티타임: 유영희 교수님과 인터뷰	9

## □2

---

함께하는	· 대기과학과 행정 담당 - 김혜지 선생님과 인터뷰	11
대기과학과		

## □3

---

대기과학과	· ‘미기상 연구실(홍진규 교수님)’ 소개 - 유다은 연구원님과 인터뷰	15
연구실 소개		

## □4

---

알쏭달쏭	· 위성이 밝힌 2025년 3월 경북 산불	21
대기과학	· 지구의 온도를 사람의 힘으로 낮출 수 있을까? - 지구공학	28

## □5

---

연구 소식	· 연세대학교 대기과학과 박준성·서민경 연구원, 2025학년도 1학기 연세대학교 대학원 혁신 우수논문 발표회에서 수상	36
	· 연세대학교 대기과학과 채유진·나성균 연구원, 한국대기환경학회 2025년 학생콜로키움에서 수상	
	· 연세대학교 대기과학과 김유진 연구원, KGU 연례학술대회에서 수상	
	· 김준 교수, NASA ‘특별 공로훈장’ 수상	37

## □6

---

학과 소식	· 졸업을 축하합니다!	38
	· 연세대학교 대기과학과 2025 공동야외관측 및 MT	
	· 서울대-연세대 대기과학 공동세미나 개최	
	· 대기과학과 밴드 동아리 <247> 2025-1학기 정기공연	39
	· 대기과학과 학술 소모임 <기상천외> 2025-1학기 활동 살펴보기	

# 대기과학과 사람들을 만나다

See You Again: 졸업생과의 인터뷰  
대한항공 임용석 차장님, 이진학 대리님

항공업계는 수많은 분야의 전문가들이 협력해 비행의 안전과 효율을 지키고 있다. 그중에서도 운항관리사는 지상에서 하늘길을 설계하고, 돌발 상황에 신속하게 대처하는 핵심 역할을 맡는다. 연세대학교 대기과학과 졸업생으로 대한항공 종합통제센터(Operations & Customer Center, OCC)에서 활약 중인 임용석 차장님과 이진학 대리님은 각자의 자리에서 수많은 항공편을 책임지고 있다. 이번 〈대기과학과 사람들을 만나다〉에서는 두 선배님의 진로 선택 과정, 업무 현장 이야기, 그리고 후배들에게 전하는 조언을 들어본다.

## 1. 간단한 자기소개 부탁드립니다.

**임 차장님**) 반갑습니다. 저는 연세대학교 대기과학과 00학번이고, 2005년에 대한항공에 입사했습니다. 올해로 입사 20년 차입니다. 현재 대한항공 종합통제센터의 항공기 스케줄과 오퍼레이션 담당에서 매니저로 근무하고 있는 임용석 차장입니다.

**이 대리님**) 안녕하세요. 저는 연세대학교 대기과학과 12학번이었고, 2019년도에 대한항공에 입사해 현재 통제운영팀에서 운항관리사 업무를 맡고 있는 7년 차 이진학 대리입니다.

## 2. 현재 계시는 부서는 어떤 업무를 수행하고 있는지 궁금합니다.

**임 차장님**) 저는 현재 종합통제센터 내의 통제운영팀 네트워크운영센터(Network Operations Center, NOC)에서 근무하고 있습니다. 항공기 정시운항을 위해서는 비행기 기재, 운항 승무원, 객실 승무원 등이 있어야 되는데, 예기치 못하게 그들이 계획대로 근무를 수행하지 못하는 경우가 있습니다. 정비 문제, 날씨 문제, 상층풍의 영향 등으로 비행 시간이 늘어나는 경우도 있어요. 그래서 그런 비정상적인 상황에 직면을 했을 때 항공기를 교체하든지, 아니면 다른 항공기 스케줄을 조정해 지연시간을 최소화하고, 승객의 불편을 최소화하는 업무를 맡고 있습니다. 요새 전쟁, 화산, 지진 등으로 비정상적인 상황이 자주 발생하는데, 이러한 비정상 상황이 발생했을 때 최대한 빨리 정상적인 스케줄로 복구할 수 있는 계획을 세우는 것이 현재 제가 맡고 있는 주 업무입니다.



**이 대리님**) 저는 운항관리센터(Flight Control Center, FCC)에서 전형적인 운항관리사 업무를 하고 있습니다. 제가 하고 있는 업무는 크게 두 가지로 나눠서 말씀을 드릴 수 있을 것 같아요. 일단 첫 번째는 비행 계획서를 생산하는 것입니다. 연료, 항로, 무게 등을 고려해서 비행 계획서를 만들어 승무원과 관제사에게 전달하고, 이를 토대로 비행 계획을 세웁니다. 두 번째로 생산한 비행 계획서를 바탕으로 운항 시 계획서대로 잘 운항되고 있는지에 대한 감시 업무를 하고 있습니다. 그리고 임용석 차장님이 아까 언급하셨던 비정상적인 상황에서 비행기가 운항할 수 있을지의 여부인 운항 결정 등의 업무를 수행하고 있습니다. 이때 운항 결정은 비행기가 몇 시부터 운행 가능한지, 몇 시까지는 운행이 불가능한지를 결정하는 것을 의미합니다.

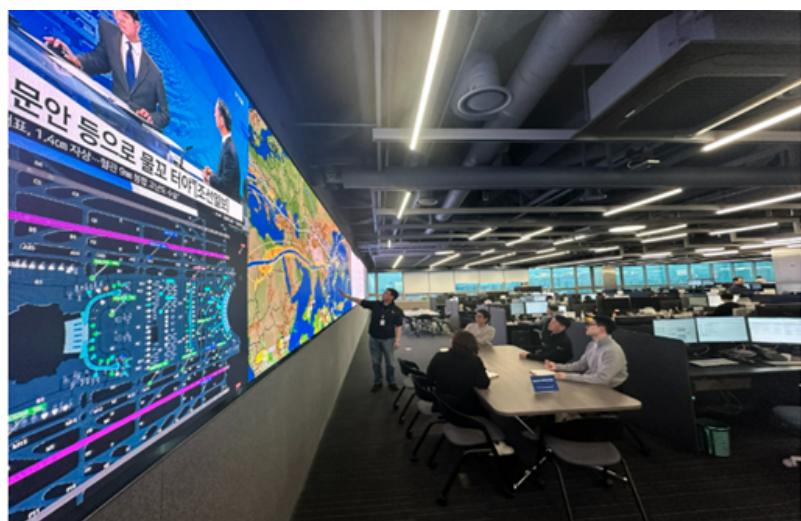


사진 1 대한항공 종합통제센터 내부

### 3. 어떤 계기로 운항관리사라는 진로를 선택하게 되셨는지 궁금합니다.

**임 차장님**) 제가 졸업했을 적에는 대기과학을 전공하고 나서의 진로가 거의 정해져 있는 상황이었어요. 기상청으로 가서 공직에 임하든지, 계속 공부를 하든지, 아니면 일반 기업에 취직을 하든지. 세 가지의 경우가 있었는데, 기상청에 공무원으로 들어가고, 대학원에 가는 것은 제 길이 아니라고 생각했습니다. 그래서 취업 준비를 하던 중, 제가 흥미를 느끼는 곳에 취업하고 싶다는 생각을 했습니다. 알아보니 선배들 중 항공사에 취직한 선배가 많더군요. 항공사 취업에 흥미를 느껴 지원하게 되었고, 합격해서 아직까지 다니고 있습니다. 다행히도 운항관리사라는 직업이 적성에 잘 맞는 것 같아요.

**이 대리님**) 특별한 계기가 있지는 않았어요. 그저 ‘대기과학’이라는 전공을 좋아했기에 대기과학과 관련된 직업을 갖고 싶다는 막연한 생각을 가지고 있었어요. 그러던 중 선배 한 분이 아시아나 항공사에 취업했다고 하는 거예요. 그래서 그때 항공사에도 취업할 수 있다는 걸 알았어요. 또한, 박상훈 교수님께 진로 상담을 받았는데, 대한항공에 지원해보라는 권유를 받았어요. 대한항공에 지원하고 준비를 하는 과정에서 운항관리라는 업무에 애착이 생겼던 것 같아요. 저 역시도 운항관리사가 적성에 잘 맞는다는 생각이 들어요.

#### 4. 운항관리는 교대근무 형식으로 돌아간다고 알고 있습니다. 운항관리사의 구체적인 근무체제가 궁금합니다!

**이 대리님**) 업무는 3교대로 진행됩니다. 오전 근무는 오전 6시부터 15시까지, 오후 근무는 14시에서 22시까지, 야간 근무는 21시에서 오전 7시까지 근무합니다. 이때 근무 시간은 1시간씩 오버랩됩니다. 오후 근무자가 22시까지 근무하면 야간 근무자가 22시보다 1시간 더 빨리 와서 1시간이 오버랩되는 식입니다. 그리고 근무 패턴은 정해져 있지 않습니다. 오전, 오후, 야간 근무를 자유롭게 조정하며 돌아가고 있습니다. 24시간 돌아가는 오퍼레이션 그룹은 다 3교대 교대근무 형식으로 돌아가고 있습니다.

#### 5. 교대 근무의 장단점이 있을까요?

**이 대리님**) 잔무가 없는 게 교대근무의 장점이라고 생각해요. 근무 시간에 하고 남은 일은 다음 근무자에게 맡기면 됩니다. 단점으로는 컨디션이 안 좋거나 개인적인 사정으로 근무를 하지 못하게 되면 누군가가 제 근무를 대신해야 합니다. 갑자기 아프다거나 하는 개인적인 일이 있을 수 있는데, 그러면 나의 사적인 일이 다른 사람의 스케줄이나 업무 패턴에도 영향을 주게 돼요. 누군가가 항상 뒤에 있기에 잔무를 맡길 수 있는 부분은 좋지만 나의 개인적인 사정이 다른 사람들에게 영향을 미치는 부분은 조금 불편합니다. 장단점이 있는 것 같아요.



사진 2 종합통제센터에서 근무 중인 직원들의 모습 (출처: 대한항공 뉴스룸)

#### 6. 이전에 담당했던 항공편들 중 기억에 남는 비정상 운항 항공편이 있으셨나요? 당시 어떤 상황이었고 어떻게 대처하셨는지 궁금합니다.

**임 차장님**) 미주에 정말 큰 뇌전이 발생했던 경우가 있었습니다. 우리나라의 경우 뇌전이 와도 그렇게 강력하게 오지는 않는데, 미국 같은 곳은 한반도만 한 뇌전이 지상을 부실 듯이 떨어집니다. 그 안으로 항공기가 들어가면 항공기와 승객 안전에 영향을 미치기 때문에 뇌전대를 피해서 항공기를 돌려야 해요. 해당 뇌전대가 공항에 영향을 주게 되면 출도착 자체가 멈추는 경우도 많아서 목적 공항 근처에서 홀딩(holding)<sup>1</sup>하는 경우도 있고, 연료가 부족하거나 출도착하는 항공기가 많다 보면 인근 공항으로 회항(divert)<sup>2</sup>하기도 하죠. 제가 근무할 때도 이런 경우가 있었는데 뇌전대를 피하도록 회피항로를 구성하고, 관제와 승무원과 협조를 해서 회피 항로를 사용해서 항공기가 목적 공항에 정상적으로 잘 내린 적이 있었어요. 아무도 알아주지 않아도 ‘내가 안전한 운항과 승객들의 편안한 여행에 도움을 주었구나’라는 생각에 엄청난 보람을 느꼈습니다.

1) 착륙 허가를 기다리거나 공항 사정, 기상 상황 등으로 인해 정해진 공중 대기 패턴을 따라 하늘에서 원을 그리며 기다리는 것  
2) 원래 목적지 공항에 착륙하지 못하고 대체 공항으로 경로를 변경해 착륙하는 것

**이 대리님**) 사실 비정상 상황이 생기면 정말 긴장돼요. 기억에 남는 사건이 몇 가지 있는데, 일단 입사하고 얼마 안 되었을 때, 코로나 시국이었고 인천에서 방콕으로 가는 항공기였어요. 기내에서 응급 환자가 생겼는데, 응급 환자가 생기면 근처에 있는 공항으로 빠르게 회항을 해야 됩니다. 그런데 이때가 코로나 시국이었어서 공항에서 승객들을 받아주지 않았어요. 인천에서 방콕으로 가다 보면 홍콩도 지나고 중국, 대만도 지나는데 위급 환자를 위한 긴급 회항을 요청했지만, 다 거절을 당했어요. 결론적으로 항공기가 회항하지는 않았지만 코로나라는 특수한 상황에 발생했던 일이라 기억에 남는 일입니다.

## 7. 선배님들께서 생각하시는 운항관리사라는 직업의 장단점이 궁금합니다.

**임장님**) 운항관리사라는 직업에는 정답이 없어요. 장점이고 단점입니다. 기본적으로 운항 관리라는 업무가 불확실성을 기반으로 해요. 날씨가 언제 좋아질지 100% 아는 사람도 없고요. 미주발 비행기에서 환자 승객이 발생했는데 긴급회항을 위해 샷포로로 가는 게 좋을지 아니면 동경으로 가는 게 좋을지 장담할 수 있는 사람도 없습니다. 그렇기 때문에 저희가 고심해서 결정을 하면 그 결정이 거의 받아들여져요. 저의 선택으로 환자가 빨리 건강을 회복하게 되거나, 비정상 상황으로 목적 공항이 아닌 다른 공항으로 회항을 해야 하는 항공기가 무사히 목적공항으로 도착하게 되면 거기서 느끼는 보람과 성취감이 큽니다. 결과가 바로 보이기 때문에 보람을 느끼기 좋아요. 하지만 반대로 선택에 대한 후회와 책임도 많이 느끼게 되는 것 같아요. 급박한 상황 속에서 짧은 시간 안에 결정을 내려야 하기 때문에 ‘이게 과연 최선의 선택이 맞았을까?’하는 고민과 내가 내린 결정에 대한 아쉬움이 남는 경우가 많습니다.

**이 대리님**) 제가 느끼는 장점도 비슷해요. 다른 직업의 경우, 입사 초기에는 저의 결정과 의견이 회사에 영향을 미치기가 쉽지 않잖아요. 하지만 운항 관리사의 경우 스스로 결정해야 하는 상황들이 많기 때문에 되게 보람차고 뿐듯 한 느낌을 입사 1년 안에 느낄 수 있어요. 단점은 그것 때문에 오는 부담감이 매우 커요. 꿈에도 나와요. ‘이렇게 해 볼걸’, ‘내가 그때 왜 이렇게 생각했을까’, ‘다음에는 이렇게 해야지’ 생각을 많이 하게 되더라고요. 그런 부담감이 단점이고, 장점이라면 내가 할 수 있는 게 되게 많다는 점 같아요.

## 8. 실제 운항관리 현장에서는 안전을 위해 기상을 중요시할 것 같습니다. 대기과학 지식이 업무 수행에 얼마나, 어떻게 도움이 되는지 궁금합니다!

**이 대리님**) 학부 시절 배우는 모델링, 역학, 미기상학 등의 기상 지식은 사실 항공기상과 괴리가 커요. 솔직하게 말하자면, 대기과학 지식이 비전공자보다 용어를 쉽게 알아듣고 관련 지식을 빠르게 이해하는데 도움이 되겠지만 실제 업무 수행에 큰 도움이 되지는 않는 것 같습니다. 아무래도 대기과학은 학문이고 항공사 업무에 활용하는 항공기상은 조금 달라요. 또 업무가 본인의 전공과 관련이 있다고 해서 그 전공만 가지고는 업무를 할 수 없어요. 들어와서 많은 걸 배워야 합니다. 대기과학이 실제 업무에 도움을 주기보다는 운항관리사에 지원할 자격을 충족할 수 있고, 조금 생소할 수 있는 ‘운항관리사’라는 직업을 비교적 쉽게 접할 수 있다는 점에서 유리한 것 같아요.



9. 대한항공 종합통제센터에서는 4개의 팀(FCC, MCC, LCC, NOC)이 협업하며 운항 계획을 수립하고 비행을 모니터링한다고 알고 있습니다. 대기과학과 졸업생들이 대한항공 종합통제센터에 신입으로 입사하게 될 경우, 기상 전공자임을 고려하여 FCC(Flight Control Center)팀에서 근무하게 되는지, 혹은 전공에 상관없이 근무하게 되는지 궁금합니다!

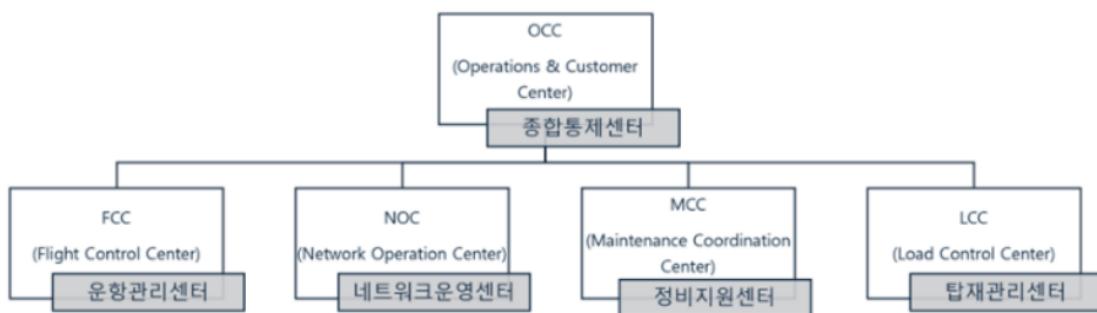


그림 1 대한항공 종합통제센터 조직도

**임 차장님 )** 저때만 해도 기상 전공자는 바로 기상담당 업무에 배치되곤 했었는데, 요즘에는 대기과학을 전공했다고 해서 바로 기상 담당에 배치되는 일은 거의 없는 것 같아요. 특히 현재 대한항공과 아시아나 항공이 통합을 앞두고 있기 때문에 조직 개편이 굉장히 자주 이루어지고 있어요. 과거에는 대기과학을 전공한 학부생이 기상 담당을 맡기도 했었어요. 하지만 지금은 기상 장교를 한 경험이 있거나, 기상 회사에서 근무를 한 경험이 있는 분들이 기상 담당을 주로 맡는 것 같습니다.

10. 다양한 상황과 관점을 고려하는 운항관리사가 되기 위해 기상 외에 더 공부하면 좋은 것들이 있을까요?

**이 대리님 )** 입사하고 나서 ‘입사 전에 더 공부하고 들어왔으면 좋았을 텐데’하고 생각했던 게 몇 가지 있는데, 그中最 큰 것이 영어예요. 항공사 특성상 영어를 잘하면 분명 유리한 부분들이 존재해요. 한국 승무원들도 많고, 또 한국 직원들이 해외에도 있다 보니 영어를 많이 쓰지 않아도 되긴 해요. 하지만 해외에 살다 오신 분들처럼 엄청 유창하게까지는 아니더라도 나에게 문제가 생겼을 때 걱정 없이 영어를 할 수 있는 정도가 되면 기회가 진짜 많이 찾아올 것 같아요. 막상 입사하고 나면 공부를 잘 안 하게 되니까, 절실히 때 영어 공부를 많이 해놓는 것을 추천합니다.

## 11. 대한항공이 추구하는 인재상은 무엇인가요?

**임 차장님**) 항공 업무 중 그 무엇도 혼자 할 수 있는 일은 없습니다. 만약에 비행기에 문제가 있어 항공기를 바꿔야 한다고 생각해 볼까요? 누군가가 바뀐 항공기에 연료를 주유해야 하고, 누군가는 이것을 기장한테 통보하고, 운항 관리사는 교체한 비행기에 맞추어 비행 계획서를 작성해야 합니다. 비행기 기종이 바뀌었다면, 비행기의 좌석을 시스템적으로 바꿔주는 여객 담당 부서 사람들의 도움과 승무원을 재배치해 줄 승무원 편조 담당이 있어야 합니다. 이렇듯 항공 업무는 작은 일 하나도 혼자서 할 수 없어요. 비행기 한 편을 띄우기 위해서도 많은 사람들의 협력이 필요합니다. 그러니까 하나의 결정을 하기 위해서 나만 잘한다고 되는 게 아니에요. 그래서 무엇보다도 상호에 대한 이해와 협력, 소통하는 능력이 중요하다고 생각합니다.

**이 대리님**) 저도 비슷하게 생각해요. 사람들과의 소통이 중요하다 보니 다른 사람의 말을 경청하는 능력이 중요하다고 생각합니다. 함께 일하는 동료들을 떠올려 봤을 때, 착하고 모범적이고 말을 둑글게 하는 이미지가 떠올라요. 외향적이고 내향적이고 떠나 대화를 할 때 공격적이지 않고 서글서글한 사람들이 많은 것 같아요. 그런 부분을 준비하려면 대학생활을 하면서 여러 가지 많은 경험을 해보는 게 좋은 것 같아요. 동아리도 해보고 학회도 해보고, 사람들과의 갈등도 겪어보고 또 그 과정에서 배우고. 회사에서 원하는 사람들은 사실 그런 사람들인 것 같아요.

## 12. 마지막으로 항공 분야로 진출을 원하는 후배들을 위해 조언 한 마디 부탁드립니다.

**임 차장님**) 저한테 면접 상담을 요청하는 친구들에게 늘 하는 말이 있어요. 저는 늘 ‘이거 아니면 안 된다는’ 생각은 하지 말라고 이야기 합니다. 그 당시에 최선을 다해 준비해도 시기가 안 맞을 수도 있고 간절히 원하는 일이지만 고배를 마실 때도 있습니다. 이런 경험을 하면 좌절할 수도 있겠지만, 노력은 사라지지 않는다는 것을 기억해주면 좋겠어요. 내가 그동안 공부했던 지식이나 그 바탕을 가지고 다른 쪽에서 분명히 또 활용될 수 있는 방법이 있어요. 저는 한 쪽 문이 닫히면 다른 문이 열린다는 말을 믿어요. 열심히 공부를 하고 준비를 하다 보면 결국 다 통하게 돼요. 결국 다 통하게 되기 때문에 ‘나는 될 놈이야’라는 마인드로 기세 있게 살아가셨으면 합니다.

**이 대리님**) 마지막으로 후배님들께 해 주고 싶은 말은, 대한항공이라는 회사의 운항관리사라는 직업이 충분히 목표로 잡을 만한 직장이고 직업이라고 생각해요. 저한테는 매우 만족스럽기에 이 직장과 직업을 원하시는 후배님들이 열심히 준비해서 들어와 줬으면 좋겠습니다. 하지만 이 길만이 정답이라고 생각하지는 않아요. 또한 준비할 수 있는 것에도 한계가 있다고 생각합니다. 최선을 다하되, 마음을 여유롭게 가지면서 다양한 시도를 하셨으면 좋겠습니다.

인터뷰를 하며, 운항관리사라는 직업은 폭넓은 시야와 유연한 사고가 필요한 직업임을 실감할 수 있었다. 이번 기사가 항공 분야를 꿈꾸는 학생들에게 실질적인 정보와 동기부여가 되길 바라며, 하늘과 지상을 잇는 숨은 주역인 운항관리사의 세계에 더 많은 관심이 이어지기를 기대한다.

현소은 기자(24, gyul0519@yonsei.ac.kr)



# 대기과학과 사람들을 만나다

## 교수님과의 티타임: 유영희 교수님과 인터뷰

교수님은 어떤 이야기를 간직하며 살아오셨을까? 평소 수업에서는 접하기 어려운 이야기를 듣고자 <교수님과의 티타임>을 마련했다. 이번 티타임에서는 유영희 교수님과 대화하며 교수님의 일상적인 모습은 물론, 생각과 가치관 까지도 들을 수 있었다. 바쁘신 와중에도 시간을 내주시고 좋은 말씀을 들려주신 교수님께 감사드린다.

유영희 교수님은 서울대학교 물리학부를 주전공으로, 지구환경과학부(대기과학)를 복수전공으로 졸업하셨다. 이후 동 대학 지구환경과학부 대기과학 전공으로 박사학위를 취득하고, 미국 프린스턴대학교(Princeton University)와 국립대기연구센터(National Center for Atmospheric Research, NCAR)에서 박사후연구원으로 일하시다가 2023년에 연세대학교 대기과학과 교수로 부임하셨다. 현재는 경계층기상/환경 연구실을 운영하시며 여러 수치 모형을 이용하여 대기경계층 내 도시기상, 난류, 대기오염 등을 연구하고 계신다.

### 1. MBTI 검사를 해보신 적 있나요? 결과가 어떻게 나왔나요?

고등학교 때 검사를 받았었는데 그때는 INTJ가 나왔어요. 최근에 다시 해보진 않았지만, 엄청 오래전이어서 바뀌었을 수도 있겠네요.

### 2. 하루 일과를 간략히 말해주실 수 있나요?

바쁘면 못 할 때도 있는데, 아침에는 웬만하면 운동을 하려고 해요. 출근하면 수업을 준비하기도 하고, 연구할 때도 있고 기타 등등 여러 가지 일들을 합니다.

### 3. 하고 싶었던 일이나 이루고 싶은 목표가 있었나요?

저는 ‘어떤 사람이 되어야겠다’, ‘이걸 하고 싶다’라는 뚜렷한 목표가 있지는 않았어요. 과학이 재밌다고 느껴

자연과학 계열로 입학하고, 공부를 해보니 적성에도 잘 맞는 듯해서 물리를 선택했어요. 하지만 막상 물리를 접하니 제가 생각했던 것과 달랐어요. 그래서 대학생 때 뭘 하면 좋을지 많이 고민했었죠. 실제 현실에서 일어나는 것을 보고 싶단 생각이 들었고, 현상을 이해할 수 있는 분야를 찾고자 했어요. 그러다 보니 날씨를 보는 것과 대기환경 분야에 관심이 생겨 대기과학으로 복수전공을하게 되었죠. 대기과학은 저희가 매일 보고, 느끼는 것들을 연구하는 학문이어서 더 재밌었어요. 그렇게 지금까지 대기과학 연구를 하게 되었네요.

### 4. 그러면 앞으로 이루고 싶으신 목표가 있나요?

예전부터 ‘사회나 환경, 지구에 도움을 줄 수 있는 사람이 되었으면 좋겠다’라는 생각을 막연하게 한 것 같아요. 제가 할 수 있는 것들을 최대한 ‘잘’, ‘열심히’ 하면 사회에 도움이 될 만한 일을 하며 살아가지 않을까요? 계속해서 제 일에 최선을 다하고 싶어요.



## 5. 수업을 하시다 보람을 느낄 때가 있나요?

아무래도 교육을 하다 보니 학생들이 성장한 모습을 보면 굉장히 뿌듯해요. 학기가 끝날 때쯤 학생들로부터 예전에 못 했던 것들을 해낼 수 있게 되었다던가, 몰랐던 내용들을 알게 되었다던가, 혹은 분야에 흥미를 더 갖게 되었다던가, 이런 이야기들을 들으면 기분이 좋아요.

## 6. 그러면 혹시 수업이 아쉬울 때도 있나요?

학생들의 생각을 전부 알 수는 없지만, 겉보기에 의욕이 없거나 무관심해 보이면 좀 슬픕니다. 수업이 재미없는 건지, 강의 내용을 불필요하다고 생각하는 건지 걱정되더라고요. 혹은 결과를 봤을 때 공부하거나 고민한 흔적이 부족하다는 느낌을 받으면 아쉬움이 들어요.

## 7. 인생에서 중요한 가치나 가치관이 무엇인가요? 혹은 선택에 있어 교수님만의 기준이 있나요?

대부분의 사람이 그렇겠지만, 후회를 적게 하는 쪽으로 선택해요. 그렇지만 모든 것을 다 가질 수는 없다고 생각해요. 일부 포기할 줄도 알아야 하고, 타협할 줄도 알아야 합니다.

성격상 가만히 안주하는 것을 별로 안 좋아하는 것 같아요. 현재에 만족하기보다는 ‘조금 더 해봐야겠다’, ‘더 나은 방향으로 개선하고 싶다’ 이런 생각들을 갖고 사는 편입니다.

## 8. 진로를 결정할 때 ‘잘하는 것’과 ‘좋아하는 것’ 중에 하나를 선택해야 한다면, 어떤 것을 추천하시나요?

잘하면서 좋아하는 것을 선택하는 게 최선이겠지만, 보통 둘 다 만족하기는 어렵죠. 하나를 선택하자면 아무래도 잘하는 일이 나을 것 같아요. 잘하면 성취감도 느끼고, 인정받으면 뿌듯함도 느끼고, 긍정적인 감정이 들 때가 많아요. 그러면 일에 대한 애착과 원동력이 생길 수 있겠죠.

좋아하는 일은 취미로 남기라고 주변에서 권하더라고요. 잘하지 못하면 원동력이 부족하니까, 우선은 잘하는 것으로 본업을 정하는 것을 추천해요. 그리고 여유가 생겼을 때 좋아하는 일을 취미로 즐기는 게 좋아 보여요.

## 9. 마지막으로 학부생과 대학원생들한테 남기고 싶으신 말이 있나요?

어렵고 막막할 수도 있지만, 본인이 하고 싶은 일을 잘 찾아봤으면 좋겠어요. 가만히 있기보다는 다양한 수업을 듣거나 여러 활동을 하며 적극적으로 찾아보고, 여러 가능성을 두고 다양한 길을 생각해 보길 바라요.

그리고 쉽게 포기하지 않았으면 좋겠어요. 저도 그랬고, 지금 여러분 나이 또래에서 구체적인 목표가 있는 사람은 별로 없을 거예요. 그러니까 자신의 진로와 미래에 관련된 일이라면, 혹은 그런 생각이 조금이라도 드는 일이라면, 끈기를 갖고 계속해 보면 좋겠어요. 물론 결과가 아쉬울 수도 있어요. 하지만 모든 사람은 실패를 겪어요. 도전하다가 나중에 포기해도 괜찮으니, 일이 잘 안 풀렸다고 해서 바로 내려놓지 않았으면 해요.

본인의 능력이 충분하더라도, 물두해서 열심히 하는 사람을 이기는 건 힘들어요. 전 세계에서 손꼽히는 능력자가 아니라면 꾸준히 노력하는 사람을 절대 이기지 못할 겁니다. 그러니까 포기하기 전에 고민을 잘해보고, 선택한 길에 열정을 가지고 정진해 나가면 좋겠어요.

김건하 기자(22, tskibae1713@yonsei.ac.kr)



# 함께하는 대기과학과

대기과학과 행정 담당 – 김혜지 선생님과의 인터뷰

대기과학과 구성원의 이야기를 담는 <함께하는 대기과학과> 코너에서는 그동안 학생들의 이야기를 위주로 담아왔다. 그러나 이번에는 학생이 아닌 특별한 구성원의 이야기를 담아보고자 한다. 학과 사무실에는 행정 일을 담당해 주시는 선생님이 계신다. 하지만 5층에 위치하던 사무실이 올해부터 1층으로 옮겨지며 자연스레 교류가 어려워졌다. 학과 구성원이지만 교류할 기회가 줄어든 것이 아쉬워, 간접적으로 교류하는 자리를 마련하고자 행정 선생님과의 인터뷰를 준비했다. 올해 새롭게 부임해 학과의 행정 업무를 담당하고 계시는 김혜지 선생님을 소개한다.

## 1. 안녕하세요! 간단한 자기소개와, 하는 업무를 소개해 주실 수 있을까요?

안녕하세요, 저는 이번 3월부터 연세대학교에 입사하게 된 김혜지입니다. 현재 대기과학과 학부, 대학원 행정의 전반적인 부분과 지구환경연구소 운영 관련 업무를 담당하고 있어요. 학과 운영에 필요한 예산을 관리하거나, 공간이나 시설 관련 업무, 학생분들의 학교생활, 입학이나 입시, 졸업, 수업 관련 업무들도 하고 있습니다.



사진 1 김혜지 선생님

## 2. 이곳에 오기 전 하시던 일이 있나요?

네, 유통회사인 백화점 영업전략팀에서 고객 데이터를 분석하고 프로모션을 기획하는 업무를 담당했었어요. 프로모션은 고객을 방문하게 하고, 매출로 연결시키는 것이 핵심이기 때문에 고객 데이터를 분석하는 일이 중요해요. 예를 들어 고객들이 전년 대비 덜 구매하는 상품군이 무엇인지, 8월이 되면 어떤 상품군에 관심을 가지는지 등의 소비 패턴이나 구매 동향을 분석하고, 그에 맞춰 프로모션을 기획해서 실행하는 일을 했었습니다.

## 3. 기존에 하신 업무가 색다른데, 어떤 이유로 대학교에서 일을 시작하게 된 건가요?

유통회사 같은 경우에는 365일이 정말 바쁘게 돌아가요. 특히 백화점은 경쟁사가 많지 않다 보니 경쟁이 엄청 심해요. 결국 매출을 내는 게 목표이다 보니 이윤을 추구하고, 이런 부분들이 제 성격이랑 안 맞다는 생각이 들었어요. 대학교는 목표가 이윤을 내는 것이 아니잖아요. 학생들의 교육이나 교수님들의 연구가 원활히 이루어지는 게 목

표이기 때문에, 어떤 선택을 할 때 조금 더 선한 결정을 할 수 있는 곳이라는 생각이 들었어요. 그래서 이전에 다니던 회사를 그만두고 대학교에 입사하게 되었습니다.

#### 4. 그러면 현재 직장에서의 업무가 이전에 비해 잘 맞다고 생각하시나요?

교수님들의 연구와 관련된 부분이나, 학생들의 졸업 등 제가 처리하는 업무 각각의 중요도는 훨씬 높기 때문에 오히려 마음가짐의 측면에서 긴장도는 더 높은 것 같아요. 그래도 제가 이전 직장에서 맞지 않다고 생각했던 부분은 어느 정도 해소되어서 만족하며 다니고 있습니다.

#### 5. ‘연세대학교 대기과학과’ 하면 떠오르는 인상이나 키워드 같은 게 있나요?

처음에 ‘대기과학과’를 들었을 때는 굉장히 전문적인 분야라는 생각이 들었어요. 학과의 이름을 들었을 때 대체로 어떤 분야의 전문가로 양성이 될지 느껴지잖아요? 그래서 대기과학 전문가를 양성하겠구나 싶었죠. 그리고 교수님들께 업무적으로 연락드리거나 학생분들, 특히 대학원생분들과 연구과제에 대한 이야기를 나눌 때 학문에 자부심이 있는 것 같다는 인상을 많이 받았어요.

#### 6. 대기과학과 행사에 참여할 의향이 있으신가요? 학생들과의 많은 교류를 원하시나요?

제가 입사한 지 얼마 안 되어서 아직 1년을 지내보지 못했어요. 그래서 학과에 어떤 행사가 있는지 세세하게 알지는 못하지만, 학생분들이나 교수님들을 도와드리는 방식으로는 참여할 수 있을 것 같아요. 제가 5층에 있었으면 오며 가며 얼굴을 많이 봤을 텐데 기회가 많이 줄어 아쉬워요. 그래도 문의 사항이 있거나 도움이 필요할 때 편하게 찾아오시면 좋을 것 같아요. 이과대학 1층 행정실에 저 말고도 다른 직원분들이 많이 계셔서 찾아오기 부담스러울 수도 있다는 생각이 들어요. 메일이나 전화로 연락을 주시면 제가 공간을 마련해서 만날 수 있으니, 이런 방법의 교류도 이루어졌으면 좋겠어요.

#### 7. 업무를 하면서 좋은 점이나 어려운 점이 있었나요?

좋은 점이라면, 업무 범위가 다양하다 보니 많은 분들의 이야기를 들어야 해요. 이 과정에서 학생분들, 교수님들, 다른 직원분들 등 다양한 분들이랑 소통하며 얻는 게 많은 것 같아요.

저는 나름대로 업무의 우선순위를 생각하며 일하는 편이에요. 처음이라 낯설다 보니, 이전에는 다양한 요청이 동시에 들어왔을 때 우선순위를 배치하는 것에 어려움을 겪었던 것 같아요. 어떠한 요청이 들어왔을 때 무엇을 우선하여 처리해야 되는지 기준을 세우며 업무에 적응해 나가고 있어요.

## 8. 업무를 처리할 때 전공 지식이 필요할 때가 있었나요?

기본적인 행정 업무에서는 전공 지식이 크게 필요하지는 않지만, 가끔 대학원이나 연구소 업무를 하다 보면 제가 모르는 용어를 써서 공문을 보내거나 하는 일들이 종종 있어요. 그러면 대학원생분들께 제가 찾아본 뜻이 맞는지 여쭤보기도 해요. 기초 지식을 가져야 한다는 건 아니고, 확인이 필요한 사항이 있을 때 재차 확인 요청하는 정도예요.

## 9. 특별히 바쁜 시기나, 바쁜 업무가 있나요?

어떤 시기라고 특정 짓기보다는, 업무 범위가 학부/대학원/연구소 등으로 넓다 보니 다양한 업무들이 한 번에 겹치면 바빠지는 것 같아요. 그리고 아무래도 학부, 대학원 학생분들 모두 졸업이 중요하기 때문에 졸업이 다가오는 시기에 더 꼼꼼하게 일을 하는 것 같아요.

## 10. 학부생과 대학원생들이 자주 문의하는 질문은 무엇인가요?

학부생분들은 아무래도 졸업 문의가 제일 많은 것 같아요. 졸업은 워낙 중요한 사안이다 보니, 정확히 안내해야 한다고 생각해요. 그래서 저도 학사지원팀이나 관련 업무를하시는 분들께 재차 확인하고 안내를 드리는 편이에요. 졸업과 관련해서는, 졸업이 한 학기 정도 남았을 때 요건을 찾아보시고 문의해 주시면 다음 학기 계획을 세우고 졸업하는 데 유용할 것 같아요.

대학원생분들은 학위 논문을 진행할 때 절차가 워낙 많다 보니 그 절차에 대해 소통을 가장 많이 했던 것 같아요. 그리고 연구실을 통해서 조사해야 할 사항도 꽤 있어서 오히려 제가 대학원생분들께 요청을 드리기도 하고, 그걸 진행하는 데 있어 확인이 필요한 사항이 있다면 안내해 드리고 있어요.

## 11. 선생님께서도 예전에 학생으로서 대학교를 다니셨겠죠? 직장으로서 대학교를 다니면, 학생일 때와 느낌이 많이 다른지 궁금합니다!

저는 학생으로서 학교생활을 너무 재밌게 했었어요. 시험 기간에 친구들이랑 도서관에서 밤새 공부도 해보고, 동아리 활동도 엄청 열심히 했었어요. 특히 제가했던 동아리가 연세대학교랑 교류도 많았기에 연세대학교 캠퍼스도 자주 방문하고, 아카라카나 연고전 행사 때에도 자주 왔었죠. 하지만 지금은 학생 신분이 아니라 수업이든, 동아리 활동이든, 다양한 학생 활동을 잘할 수 있도록 도와주는 역할을 맡고 있잖아요? 이것들이 원활히 이루어지도록 해야 하니까 학생일 때에 비해 책임감이 많이 생긴 것 같아요. 제가 무언가를 하나 놓쳤을 때 학생분들의 생활이나 교수님들의 연구에 차질이 생길 수 있잖아요. 그래서 그런 부분들을 놓치지 않으려고 더 사무적으로 임하게 돼요. 한발짝 뒤에 떨어져서 지원하는 역할이 되었다 보니, 확실히 학생일 때와는 마음가짐을 달리하는 것 같아요.

## 12. 마지막으로 남기고 싶은 말이나, 학생들에게 해주고 싶은 말이 있나요?

학과 사무실이 5층에서 1층으로 옮겨지면서 심리적으로도, 물리적으로도 멀어졌잖아요. 그래서 학과 사무실에 와서 간단히 물어볼 수 있을 법한 질문들을 망설일 수도 있겠다는 생각을 해요. 그리고 저도 학생일 때 학과 사무실에 가는 생각을 많이 못 해봤어요. 궁금한 게 있으면 선배들이나 친구들한테 물어봐서 해결했었는데, 학과 사무실에 물어보시면 훨씬 정확하게 정보를 얻을 수 있어요. 그러니까 도움이 필요할 때 편하게 방문해 주시거나, 전화나 메일로 연락해 주시면 좋겠어요.



사진 2 대기과학과 사무실이 위치한 이과대학 행정실(과학관 101A호)

인터뷰에 응해주신 김혜지 선생님께 감사드리며, 앞으로도 학과 업무를 잘 부탁드린다. 보다 정확한 정보를 얻거나, 조언이 필요한 학생들은 대기과학과 사무실 이메일(atmos@yonsei.ac.kr)을 통해 선생님께 연락하길 바란다. 혹은 과학관 1층에 위치한 이과대학 행정실을 찾아가도 좋다. 소통의 길은 항상 열려있으며 선생님께서는 언제나 선뜻 도와주실 것이다.

김건하 기자(22, tskibae1713@yonsei.ac.kr)

# 대기과학과 연구실 소개

‘미기상 연구실(홍진규 교수님)’ 소개 – 유다은 연구원님과 인터뷰



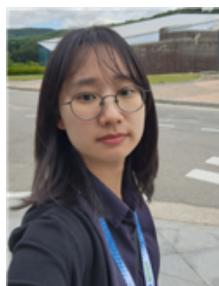
## Research Mission:

Theoretical Understanding of the Low Atmosphere and Its Application to Our Social Problems

- Urban Climate and Environment
- Greenhouse Gas Budget
- Atmospheric Environment and Pollution
- Atmospheric Turbulence in the Low Atmosphere
- Agricultural and Forest Meteorology
- Climate Adaptation and Risk Analysis
- Renewable Energy Transition Support under Changing Weather and Climate

그림 1 미기상 연구실 홈페이지(<https://eapl.yonsei.ac.kr/>)

뉴스레터의 정기 코너인 <대기과학과 연구실 소개>에서는 매 호마다 대기과학과의 여러 연구실 중에서 한 곳을 선정해 소개한다. 이번 호에서는 홍진규 교수님께서 지도하시는 ‘미기상 연구실’을 선정하였다. 인터뷰는 기상천외 초대 회장으로서 학부생 때부터 대기과학과에 애정을 갖고 계신 유다은 연구원님께서 흔쾌히 응해주셨다. 미기상 연구실의 연구 주제 및 연구실 분위기, 대학원 생활, 그리고 대학원 진학을 앞둔 학생들을 위한 조언까지 다채로운 이야기를 나눠주셨다. 이번 인터뷰가 해당 연구실에 대한 궁금증이 해소되는 좋은 계기가 되길 바란다.



## 1. 자기소개 부탁드립니다. 그리고 미기상 연구실을 선택한 계기는 무엇이었나요?

안녕하세요! 미기상 연구실 석사 3학기에 재학 중인 대학원생 유다은입니다. 저는 대기과학 이란 학문을 좋아했기에 학부 졸업 이후에도 전공과 관련된 일을 하고 싶어서 대학원에 진학하게 되었습니다.

사진 1 유다은 연구원님

대기과학과의 여러 연구실 중에서도 미기상 연구실을 선택한 이유는 응용분야로써 기상학을 제일 잘 다룰 수 있는 연구실이라는 생각이 들었기 때문입니다. 대기과학과의 필수 수업에는 ‘대기물리’, ‘대기역학’ 등 이론적인 과목이 많아서 대기과학을 학문적으로 접근하는 느낌이 강하게 느껴졌어요. 그러던 중 학부 4학년 때 ‘도시기상학’ 수업을 들었는데, 이전 수업들과 다르게 이 수업에서는 대기과학이 응용분야로서 어떻게 활용될 수 있는지에 대해 짧게나마 공부할 수 있었습니다. 이때의 경험이 이 연구실에 관심을 갖게 된 계기가 되었던 것 같습니다.

## 2. 연구원님이 현재 진행하고 있는 연구는 무엇인가요?

저는 주로 대기관측 연구를 하고 있는데, 그중에서도 대기 하부의 바람을 관측하고 있습니다. 도플러 라이다(Doppler Lidar)<sup>1)</sup> 장비를 이용해서 대기경계층 내의 바람과 난류 특성을 관측 및 분석하는 중입니다. 현재 관측 지점은 서해안과 맞닿은 인천광역시 정서진에 위치해 있으며 이곳의 지리적 특성을 반영하여 연구를 진행합니다. 예를 들어 중국에서 오는 오염물질이 국내에서 어떻게 확산되는지를 살펴보기도 합니다. 국내 미세먼지가 심한 경우, 어떻게 시간에 따라 확산하는지를 보고 해륙풍을 관측합니다.



사진 2 도플러 라이다

이 장비의 관측 범위에는 도심항공교통(Urban Air Mobility, UAM)과 같은 소형·경량 비행체의 주 이착륙 고도도 포함되기 때문에 해당 관측 정보는 앞으로 도심항공 분야에도 중요한 정보를 제공할 수 있다고 생각합니다. 또한, 관측 자료는 일반적으로 기상 모델의 검증 자료로 활용됩니다. 원격 탐사 장비들은 대부분 2km 이상부터 정확한 정보를 제공하는데, 도플러 라이다는 이와 반대로 2km 이내의 지면과 가까운 대기층의 고해상도 정보를 전달합니다. 그래서 앞으로 고해상도 모델링이 진행됨에 따라 도플러 라이다의 관측 자료가 모델의 검증 자료로 쓰일 수 있다는 연구 의의가 있습니다.

## 3. 연구실의 연구 주제에는 어떤 것들이 있나요?

‘미기상’이란 수 시간에서 수 킬로미터 이내에서 일어나는 미규모 기상현상을 뜻합니다. 따라서 미기상 연구실에는 주로 지면에서 가까운 대기경계층 내의 현상과 관련된 연구 주제가 많습니다. 온실가스 배출량 모델링, WRF(Weather Research and Forecasting Model) 중규모 기상 모델링, 생물-대기 상호작용, 그리고 최근에는 기후 적응 및 리스크 평가에도 연구 분야를 넓혀가고 있습니다. 대기 관측 분야에는 대기 중 난류에 의한 CO<sub>2</sub>, 수증기, 열 등의 물질·에너지 플럭스를 측정하는 에디 공분산(Eddy Covariance, EC)을 연구하는 분도 계십니다.

1) 도플러 라이다: 레이저를 대기 중으로 발사한 후, 대기 입자에서 산란되어 돌아오는 빛의 도플러 주파수 변화를 분석하여 관측 방향의 방사속도(radial velocity)를 측정하는 원격 관측장비. 3차원 공간 내의 바람과 난류를 정밀하게 파악할 수 있다.  
(출처: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/doppler-lidar>)

#### 4. 연구원님의 하루 일과 및 연구실 내 출퇴근 시간은 어떻게 되나요?

주로 관측 연구를 진행하기 때문에 장비로부터 가져온 데이터를 정리하고 분석하곤 합니다. 한 달에 한 번 관측지에 직접 가서 관측 기기의 데이터를 수거하고, 기기의 상태를 점검하고, 보정이 필요한 장비를 손보기도 합니다.

저는 평균적으로 오전 10시에서 11시 사이에 출근해서 오후 6시에서 8시 사이에 퇴근합니다. 기본적으로 저희 연구실은 자율 출퇴근제이기 때문에 각자 집중이 잘 되는 시간이 달라 출퇴근 시간도 조금씩 다릅니다. 대부분의 경우 오전 9시에서 11시 사이에 출근하셔서 오후 6시에서 7시 사이에 퇴근하십니다.

#### 5. 평소 연구실 내 미팅은 어떤 형식으로 진행되나요?

한 달에 한 번 정도 교수님과 학생들이 함께 모여 랩미팅을 하고, 방학이 시작될 즈음에는 교수님과 개인 미팅을 합니다. 개인적으로 연구와 관련해서 드릴 말씀이 있으면 개인 미팅을 따로 잡아도 됩니다.

학생들끼리는 매주 목요일에 논문 미팅을 합니다. 한 명씩 돌아가면서 각자 관심 있는 분야의 최신 논문을 소개하는 시간입니다. 연구실에서 개개인이 진행하는 연구 분야가 폭넓어서 관심 분야가 굉장히 다채로워요. 그래서 미팅을 하면 제가 연구하는 주제가 아니더라도 그 분야에 대한 최신 동향 및 배경지식을 알 수 있습니다.

논문 미팅이 끝나면 이어서 연구 미팅도 진행합니다. 연구 미팅은 한 명씩 돌아가며 자신이 연구하면서 궁금했거나 다른 사람의 의견을 듣고 싶은 사항이 있으면 이에 대해 같이 토의하는 자리입니다. 그리고 자신의 연구 근황을 공유하기도 합니다.

#### 6. 평소 교수님의 지도 방식은 어떠한가요?

교수님께서는 학생의 관심사와 의사를 존중해 주셔서 연구 주제를 정할 때 학생과 소통하며 조율하시는 편입니다. 그리고 연구실 공용 채널에 자신의 연구 내용을 업데이트하면 교수님께서 글을 남겨 주시는 형식으로 주로 소통하고 있습니다. 이때 제가 혼자 연구할 때는 보이지 않던 논리적 허점을 잘 짚어주시는 편입니다. 이때 교수님만의, 학문에 대한 예리한 시선을 배울 수 있다고 생각합니다.

## 7. 연구실 내 단체 분위기 및 구성원은 어떤가요?

연구실에는 현재 박사 과정 5명, 석사 과정 4명의 대학원생이 있습니다. 일과 시간에는 보통 각자 자신의 할 일에 집중하는 분위기입니다. 다만 연구하다가 선배님과 함께 의논하거나 도움을 요청드릴 일이 생기면 선배님께서 일과 중에 따로 시간을 내어 봐주시기도 합니다. 식사 시간에는 다같이 밥을 먹으러 가고, 퇴근 후에는 가끔 방탈출이나 보드게임을 하러 갈 정도로 사적으로 친밀한 관계를 유지하고 있습니다.

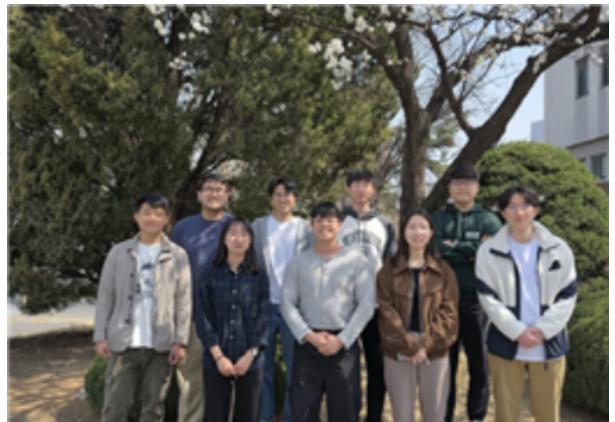


사진 3 미기상 연구실 단체사진

## 8. 해당 연구실 졸업생분들의 진로는 어떻게 되나요?

아무래도 연구 주제가 응용 분야나 일상생활이랑 밀접하게 연관된 주제가 많아서 연구소 말고도 다양한 기관에 진출하시는 것 같습니다. 박사 학위를 마치신 선배님들 중에는 한국환경연구원(Korea Environment Institute, KEI), GS풍력발전, 독일 막스플랑크 연구소(Max Planck Institutes, MPI), 기상과학원(National Institute of Meteorological Sciences, NIMS) 등에서 근무하고 계십니다. 석사 학위를 마치신 분들 중에는 GS풍력발전, 신재생에너지 및 기상 위성 자료와 관련된 스타트업 등에서 활동하고 계십니다. 그리고 국제기구인 유엔 아시아·태평양 경제사회위원회(United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, UN ESCAP)에 인턴으로 경험을 쌓고 계신 분도 있습니다.

## 9. 대학원 생활을 하면서 어떤 부분이 보람 있거나 힘든가요?

주로 연구하면서 많은 시간과 공을 들여서 어떤 결과물을 만들었을 때 보람을 느낍니다. 평소에는 그날그날 한 연구의 성과가 잘 보이지 않지만, 학회 발표를 위해 준비하는 과정에서는 지금까지 연구한 내용을 쭉 정리하곤 해요. 이때 한 편의 이야기가 완성되는 듯한 성취감이 느껴집니다. 그리고 학회에서 제 연구와 관련된 다른 연구자의 발표를 듣고 난 후 그분과 소통할 때 과학자로서 스스로 성장하고 있는 듯한 느낌이 듭니다. 제가 연구하는 분야에 대한 이해도가 예전에 비해 높아진 느낌이 들기 때문입니다.

개인적으로 힘들었던 점은 연구할 때 뜻대로 안 되는 일이 너무 많다는 점입니다. 처음 연구를 시작할 때의 계획이, 보기에는 그럴듯해 보이지만 안타깝게도 시작부터 막힐 때가 종종 있습니다. 학부 때는 아무리 학과 공부가

어려워도 결국 시험을 보면 공부가 끝나곤 하잖아요. 하지만 연구의 마침점은 스스로 정하는 것이기 때문에 이에 대한 끈기나 열정이 없으면 힘들 수도 있습니다. 연구 주제에 관심이 있어야 끝까지 집요하게 파고들어 어떤 과정에서 왜 막혔는지, 앞으로 어떻게 해야 할지를 계속 찾아보면서 연구를 이어갈 수 있으니까요. 그리고 해당 연구에 대한 명확한 답을 아는 사람은 아무도 없기에 연구자 본인이 지속적으로 정밀한 연구 방법과 논리적 입증 절차를 거쳐 답을 알아내야 합니다. 자신의 연구 내용을 끊임없이 의심하고, 논리적으로 입증하는 과정의 연속인 셈이죠. 이러한 과정들이 합쳐져야 아까 말씀드린 한 편의 이야기가 완성되는 것 같습니다. 다만 그 과정이 오래 지속되면 힘들긴 하죠.

## 10. 연구원님만의 스트레스 해소 방법에는 무엇이 있나요?

주변 사람들을 보면 대부분 체력 관리나 스트레스 해소를 위해서 운동을 하시는 것 같습니다. 저는 예전에 요가를 했고, 지금은 헬스를 하고 있습니다. 연구가 잘 안 될 때는 학교 도서관 카페나 과학관 내의 퍼스널컴퓨터실로 자리를 옮겨서 연구를 이어가기도 합니다. 카페에서 맛있는 걸 먹으면서 스트레스를 풀기도 하고요. 연구실 밖에서는 분위기 자체가 바뀌니까 기준에는 생각이 나지 않았던 아이디어도 새롭게 떠오르는 것 같습니다.

## 11. 대학원과 잘 맞는 인재 유형에는 무엇이 있을까요? 그리고 해당 연구실에 오기 전에 학부생 때 들어두면 좋은 과목이 있다면 추천해주세요!

수동적인 사람보다는 능동적인 자세로, 열정적으로 자신의 연구 주제를 파고드는 사람이 대학원과 잘 맞을 것 같습니다. 주어진 것에 만족하려 하지 않고 항상 무엇이든 확장하려는 사고방식을 가지면 좋습니다. 이러한 능동적인 태도를 가지면 연구 주제를 찾거나 다른 연구자들과 소통할 때 여리모로 도움이 많이 됩니다. 그리고 만약 미기상학 연구실에 관심이 있다면 ‘미기상학’ 수업을 수강해 보시기를 권장합니다. 더불어 ‘도시 기상학’이나 ‘생물대기상호 작용’ 등 매년 교수님께서 여시는 다른 수업들도 들어보시길 추천드립니다.

## 12. 다시 학부생으로 돌아갔을 때 해보고 싶은 것이 있나요? 혹은 학부생인 후배들에게 추천하고 싶은 활동이 있나요?

학부생 때 최대한 다양한 경험을 해보시기를 추천드립니다. 저는 학부생으로 입학할 때부터 대학원 진학을 목표로 했기 때문에 학부생 때 대학원과 관련 있는 경험 위주로 선택했습니다. 그렇지만 너무 일찍 가능성을 한계 짓지

말고, 최대한 많은 경험을 해보면 좋을 것 같습니다. 경험이 하나둘 쌓이면 인생에서 결정을 내리는 순간들에서 큰 도움이 될 거라 생각합니다. 만약 제가 학부생으로 돌아간다면 기업 인턴이나 공모전, 여행 등 다양한 활동을 더욱 시도해보았을 것 같습니다.

### 13. 대학원 진학과 관련하여 학우분들에게 하고 싶은 말씀이 따로 있나요?

우선 ‘왜’ 대학원에 하려고 하는지에 대해 깊이 생각해 봤으면 좋겠다는 생각이 듭니다. 대학원 진학 후에도 흔들리는 순간이 많을 텐데, 그럼에도 버틸 수 있을 만큼 충분히 의미 있는 이유를 스스로 가지고 있는지 꼭 고민해 보았으면 좋겠습니다. 감사합니다.

이번 인터뷰를 통해 미기상 연구실 및 대학원 진학에 도움이 될 만한 조언과 정보를 들을 수 있었다. 인터뷰에 응해주셔서 유익한 이야기를 전해주신 유다은 연구원님께 감사의 인사를 전한다. 미기상 연구실에 대한 추가적인 궁금증이나 문의 사항이 있다면 유다은 연구원님(yoode04@yonsei.ac.kr)께 연락 바란다. 앞으로도 〈대기과학과 연구실 소개〉 코너를 통해 아직 소개하지 않은 대기과학과 내의 연구실들이 차례로 소개될 예정이다. 이 코너에 대한 많은 관심과 성원을 부탁드린다.

이주은 기자 (21, happygrace@yonsei.ac.kr)



# 알쏭달쏭 대기과학

위성이 밝힌 2025년 3월 경북 산불



사진 1 2025년 3월 경북 의성 산불 자료 화면 사진 (출처: YTN 뉴스)

2025년 3월 22일 발화하여 경북 지역을 휩쓸어버린 이른바 “경북 산불”은 대한민국 역대 최대 규모의 피해를 남겼다. 행정안전부 중앙재난안전대책본부 집계에 따르면, 경북·경남·울산 지역에서 발생한 산불 피해액은 총 1조 818억 원에 달했으며, 사망 27명과 부상 156명 등 총 183명의 인명피해가 발생하였다. 또한 10만 4천 헥타르 (ha)의 산림이 소실되어, 1987년 산불 피해 통계를 작성하기 시작한 이래로 가장 큰 피해 규모를 기록했다.

이처럼 대규모 피해를 남긴 경북 산불은 사회·경제적 측면에서 주로 조명되지만, 연소 과정에서 방출된 각종 기체와 에어로졸이 대기의 조성과 광학적 특성을 변화시키기에 대기과학 관점에서도 주목할 필요가 있다. 그러나 문제는 대기의 변화를 지상 관측만으로는 온전히 알아내기 어렵다는 점이다. 지상 관측망은 주로 인구가 밀집한 지역에 설치되어 있어, 산불 연기가 바람을 타고 해상이나 산악지형과 같은 인적이 드문 지역으로 이동하면 지상 관측으로는 포착하지 못하는 경우가 발생한다. 또한 연기는 대기 하층뿐 아니라 대기 경계층을 넘어 상층까지 확산될 수 있는데, 이러한 상황에서도 지상 관측만으로는 파악하기 어렵다. 그렇다면 눈에 보이지 않는 대기의 변화를 어떻게 관측할 수 있을까? 그 해답은 ‘위성 관측’에 있다. 따라서 이번 호 <알쏭달쏭 대기과학>에서는 위성 관측을 활용해 2025년 경북 산불이 남긴 대기 환경의 변화를 함께 파헤쳐보자 한다.

## 정지궤도 위성에서 바라본 대기

위성이라고 하면 흔히 우주를 연구하는 도구로만 생각하기 쉽지만, 실제로 위성은 지구 대기 환경을 관측하는 데에도 핵심적인 역할을 한다. 그중에서도 대기 환경 데이터는 위성이 제공하는 가장 중요한 정보 중 하나다. 위성 관측이 다소 낯설게 느껴질 수 있지만, 사실 우리의 일상과 매우 가까운 곳에 있다. 매일 저녁 뉴스에서 확인하는 날씨 예보 속 위성 영상이 대표적인 예다. 그림 1처럼, 우리가 가장 자주 접하는 위성 영상은 주로 천리안 위성에서 촬영한 자료다. 천리안 위성은 우리나라가 운용하는 정지궤

도 기상위성으로, 적도 상공 약 36,000km 궤도에 자리하며 지구 자전 속도와 동일한 속도로 공전한다. 이 때문에 지구에서 보면 마치 한 지점에 고정되어 있는 것처럼 보인다. 이러한 궤도 특성 덕분에 위성은 항상 동일한 지역을 지속적으로 관측할 수 있고, 지상 수신 안테나도 한 방향에 고정해 운용할 수 있다. 정지궤도 기상위성의 장점은 시시각각 변하는 구름의 이동, 강수 발생, 기온 분포 등 기상 상태를 연속적으로 모니터링하고, 변화 추이를 분석하거나 예측하는 데 매우 효과적이다.

이와 같은 특징을 가진 천리안 위성은 1호와 2호 시리즈로 구분된다. 2010년 발사된 천리안위성 1호는 우리나라 최초의 정지궤도 위성으로, 한반도 주변의 기상과 해양을 관측하고 위성 통신 서비스를 수행해왔다. 이 위성의 발사로 우리나라에는 미국, 유럽, 일본, 중국, 인도, 러시아에 이어 세계 7번째 기상관측 위성 보유국이 되었으며, 이전까지 해외 위성에 의존하던 기상정보를 독자적으로 확보할 수 있게 되었다.

이후, 보다 정밀하고 신속한 기상 관측과 정지궤도 위성의 독자 개발 능력 확보를 목표로 2018년 천리안위성 2A호가 발사되었다. 2A호는 천리안 1호의 개발 경험과 아리랑 위성 제작 기술을 바탕으로 전 과정이 국내 기술로 설계·조립·시험된 정지궤도 위성이다. 성능 면에서도 1호에 비해 대폭 향상되어, 공간 해상도는 4배 높아졌고, 전구 관측 주기는 10분, 한반도 관측 주기는 2분으로 줄어 18배 빠른 자료 제공이 가능해졌다. 또한 흑백 영상만 제공하던 1호와 달리, 2A호는 컬러 영상 촬영이 가능하며, 관측 채널 수도 3배 이상 늘어 동일 영역을 훨씬 빠르고 세밀하게 모니터링할 수 있는 세계 최고 수준의 기상관측 위성으로 자리매김했다.

그리고 2020년, 환경 탑재체와 해양 탑재체를 장착한 천리안위성 2B호가 발사되었다. 특히나 주목할만한 점은 세계 최초로 환경 탑재체 GEMS(Geostationary Environment Monitoring Spectrometer)를 탑재하여 한반도 주변의 대기오염물질의 이동경로를 관측할 수 있게 되었다는 점이다. GEMS는 대기 중 미량 기체를 정밀 측정할 수 있는 초분광기로, 빛의 파장 정보를 세분화해 물체의 성분과 특성을 판별하여 대기 조성을 분석한다. 이를 통해 에어로졸, 이산화질소, 이산화황, 오존 등 약 20종의 산출물을  $3.5\text{km} \times 7.7\text{km}$ 의 공간 해상도로 정밀 관측이 가능하



그림 1 위성 영상이 활용된 날씨 예보 화면 (출처: KBS 뉴스 유튜브 채널)

다. 관측 범위도 넓어, 한반도를 중심으로 동서로는 일본 동쪽 해역부터 인도차이나반도, 남북으로는 인도네시아 북부부터 몽골 남부까지를 포함한다. 정지궤도에서 환경관측 탑재체를 운영하는 것은 세계 최초 사례로, 이는 고도 약 36,000km에서 동일 지역을 지속적으로 관측할 수 있다는 장점을 제공한다. 이 장점을 지닌 천리안위성 2B호는 한반도 상공에 계속 머물며 대기오염 상황을 상시 모니터링 한다.



그림 2 GEMS 위성의 궤도와 관측 특징 (출처: 국립환경과학원 환경위성센터)

이러한 특성 덕분에, 2025년 3월 경북 산불 당시에도 GEMS 자료를 활용해 연기 기둥의 시·공간적 확산과 농도 변화를 효과적으로 추적할 수 있었다. 따라서 이 글에서는 GEMS가 기록한 관측 자료를 바탕으로, 경북 산불이 주변 대기 환경에 남긴 변화를 살펴볼 것이다.

### 분석 지표 소개: AOD와 UVAI

그렇다면 본격적으로 2025년 3월 경북 산불의 위성 자료 분석에 앞서, 이번 관측에서 핵심적인 역할을 한 두 가지 지표를 먼저 살펴볼 필요가 있다. 바로 에어로졸 광학적 깊이(Aerosol Optical Depth, 이하 AOD)와 자외선 에어로졸 지수(Ultraviolet Aerosol Index, 이하 UVAI)다. 두 지표 모두 대기 중 에어로졸과 관련이 있지만, 바라보는 관점이 다르다. AOD는 얼마나 많은 에어로졸이 존재하는지를, UVAI는 그 에어로졸이 어떤 광학적 성질을 가졌는지를 보여준다.

먼저 AOD는 대기 중 에어로졸이 복사에너지를 얼마나 감쇠시키는지를 나타내는 무차원 지표다. 여기서 ‘감쇠’란 빛이 에어로졸에 의해 불규칙하게 산란되거나 흡수되는 현상을 의미한다. AOD의 값이 높을수록 대기 중 입자 농도가 높으며, 일반적으로 청정 지역에서는 0.3 미만, 대기오염이 심한 지역에서는 0.7 이상을 보인다. 황사, 대규모 산불, 심각한 스모그가 발생하면 1 이상의 값이 관측되기도 하며, 이는 육안으로도 시정이 매우 나빠진 상태를 의미한다. 그러나 AOD는 관측 영역 내에 구름이 포함되면 구름의 반사 신호로 인해 제대로 산출되지 않는다. 이로 인해

보정 과정에서 구름이 포함된 영역의 AOD 값은 산출에서 제외될 수 있다. 또한 AOD의 값이 약 0.4 미만 정도로 낮은 경우에는 에어로졸 신호가 약해 세부 광학 특성 해석의 불확실성이 커진다. 뿐만 아니라 AOD는 지표부터 대기 상한까지 전체 공기 기둥(column)에 포함된 에어로졸 양을 나타내므로, 지상에서 측정한 PM10이나 PM2.5와 직접적으로 일치하지 않는다. 이 때문에 산불 해석 시에는 에어로졸 광학두께의 높은 수치만 확인하는 것 이 아니라, 관측 시점의 풍향·풍속, 기압 배치 등 기상 조건을 반드시 함께 고려해야 한다는 특징이 있다.

반면, UVAI는 위성이 자외선 영역에서 측정한 복사 신호를 기반으로, 대기 중 자외선 흡수성 에어로졸의 존재 여부와 강도를 진단하는 지표다. 이는 354nm와 388nm 파장 쌍을 활용해 산출되며, 에어로졸 농도가 높은 영역을 효과적으로 식별할 수 있다는 특징이 있다. UVAI 값이 양수이면 블랙카본(black carbon), 먼지(dust), 화산재 등 자외선 흡수성이 강한 에어로졸이 존재함을 의미한다. 반대로 0에 가까운 값은 에어로졸이 거의 없거나 크기가 큰 산란성 입자가 주를 이루는 상태를 뜻하며, 음수 값은 자외선을 거의 흡수하지 않는 작은 입자 에어로졸이 많은 경우에 나타난다. 이 지표가 산불 분석에서 중요한 이유는 바로 탄소성 에어로졸 때문이다. 블랙 카본과 유기 탄소성 입자를 포함하는 탄소성 에어로졸은 바이오매스 연소 과정에서 대량으로 방출되며, 자외선 흡수 성질이 뚜렷하다. 그 결과 산불 연기가 발생하면 UVAI 값이 크게 상승하며, 이를 통해 연기 발생 지역을 명확하게 식별한다.

결국 AOD와 UVAI를 함께 해석하면, 산불로 인해 대기 중 입자가 얼마나 증가했는지와 그 입자가 어떤 광학적 특성을 지니는지를 한 번에 파악할 수 있다. 단순히 ‘연기가 있다/없다’를 구분하는 수준을 넘어 오염물질의 성질과 이동 양상의 정밀 추적이 가능하다. 2025년 3월 경북 산불 사례에서도 이 두 지표는 연기 기둥의 발생지와 확산 경로, 그리고 그 광학적 특성을 규명하는 데 핵심적인 역할을 했다. 다음으로는 실제 GEMS 관측 자료를 통해 산불 발생 당일과 그 전후 시기의 AOD와 UVAI 변화를 살펴보며, 이러한 지표가 어떻게 대기과학적 분석의 토대가 되는지 확인해 보자.

### 3월 26일 경북 산불: GEMS로 본 대기

다음 자료는 국립환경과학원 환경위성센터에서 제공하는 정지궤도 환경위성 GEMS의 Level 2<sup>1)</sup> 산출물 중 AOD(443nm)와 UVAI 데이터<sup>2)</sup>를 활용해 나타낸 것이다. 기상청에 따르면, 3월 25일에는 중부지방을 지나는 저기압의 영향으로 밤에도 강한 바람이 불어 산불이 빠르게 확산되었다. 이러한 확산 이후의 대기 변화를 확인하기 위해, 해당 글에서는 3월 26일 중 두 특정 시간대의 GEMS 관측 자료를 이용하여 경북 산불로 인한 연기 기둥의 분포와 특성을 살펴보았다.

1) 복사보정, 기하보정 및 대기보정을 완료한 위성자료

2) GEMS Level 2 자료 다운로드 경로:

국립환경과학원 환경위성센터 자료서비스 페이지(<https://nesc.nier.go.kr/ko/html/datasvc/index.do>)  
포맷 – ‘데이터’, 산출물 – ‘에어로졸 광학두께(443nm)’, ‘자외선에어로졸지수’ 선택 후 다운로드

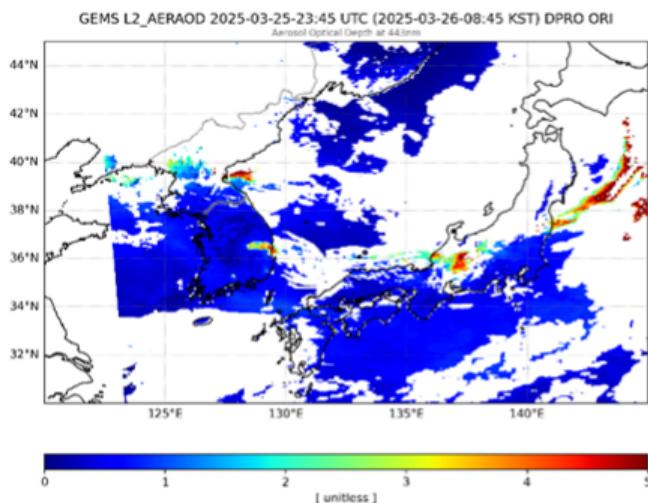


그림 4(a) 2025년 3월 26일 08:45(KST) AOD 분포

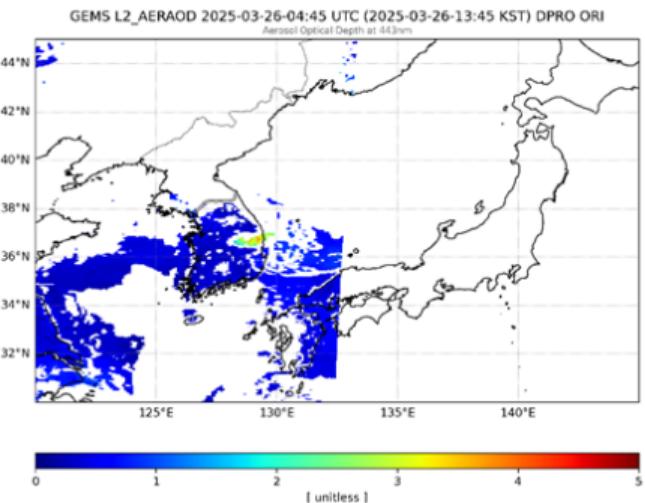


그림 4(b) 2025년 3월 26일 13:45(KST) AOD 분포

AOD 분포를 나타낸 그림 4(a)와 그림 4(b)에서는 경북 북부 내륙 지역에서 AOD 값이 3에 달하거나 이를 넘어서는 높은 농도의 에어로졸 영역이 나타났다. 이는 산불에서 발생한 연기가 대기 기둥 전층에 걸쳐 상당히 높은 농도의 입자를 함유하고 있음을 보여준다.

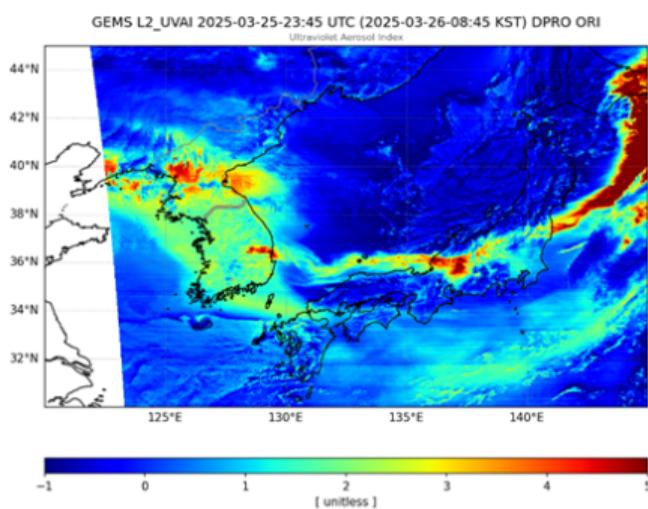


그림 5(a) 2025년 3월 26일 08:45(KST) UVAI 분포

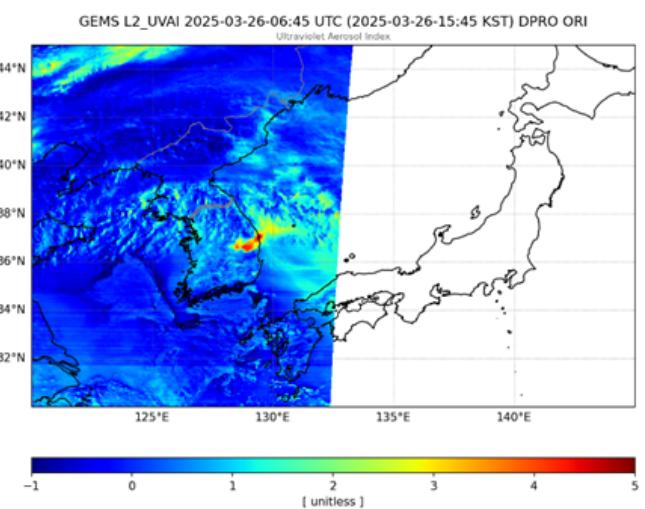


그림 5(b) 2025년 3월 26일 13:45(KST) UVAI 분포

UVAI 분석에서는 이와 같은 공간 분포가 더욱 뚜렷하게 확인된다. 그림 5(a)와 그림 5(b) 모두 경북 북부 산불 발생지 인근은 UVAI 값이 3 이상으로, 블랙카본과 유기탄소 등의 흡수성 에어로졸 농도가 매우 높음을 나타냈다.

흥미로운 점은 AOD와 UVAI 모두에서 동일한 확산 경로와 연기 기둥이 관측되었다는 것이다. 경북 북부 부근의 연기 기둥을 살펴보면, 동해 방향으로 길게 형성되었다가 미세하게 북쪽으로 연기 기둥이 이동한 양상이 공통적으로 나타났다. 이는 연기가 단순히 에어로졸 입자량이 많은 것에 그치지 않고, 흡수성이 강한 연소 부산물로 구성되어 있음을 의미한다. 종합적으로 AOD와 UVAI를 함께 분석함으로써 연기 기둥이 차지한 범위뿐 아니라 자외선 흡수 특성을 포함한 광학적 성질까지 한눈에 파악할 수 있었다. 이러한 분석은 산불 영향 평가에 그치는 것이 아니라, 장거리 대기오염물질 수송 연구나 인공위성을 활용한 재난 모니터링의 가능성을 보여주는 좋은 예시이다.

이번 경북 산불 사례는 위성 관측이 대기 환경 분석과 재난 대응에 얼마나 중요한 역할을 할 수 있는지를 잘 보여주었다. AOD와 UVAI 지표를 이용하면 산불 연기의 규모와 성질을 실시간으로 추적하고, 이를 기반으로 영향 범위와 성질까지 평가가 가능하다. 이는 지상 관측이 제한적인 상황에서도 위성만으로도 충분한 과학적 근거를 마련할 수 있다는 것이다.

이러한 가능성에 힘입어, 국내에서는 위성 관측 활용 체계를 한층 강화하려는 움직임이 활발하다. 산림청, 기상청, 국립환경과학원 등은 ‘위성정보활용협의체’를 중심으로 기관 간 협력 네트워크를 구축하고 있으며, 환경·기상·농림위성 간의 연계 관측과 데이터 공유를 추진하고 있다. 특히 산불, 황사, 미세먼지와 같은 대기오염 사건을 신속히 감시·예측하기 위해 AI 기반 예측모델과 위성자료 융합 기술 개발이 병행되고 있다. 기상청은 이미 원격탐사 자료를 활용한 산불 예측·대응 체계를 개발 중이며, 환경위성을 활용하여 장기적인 대기질 변화를 모니터링하려는 계획도 진행 중이다.

앞으로 위성 관측은 단순히 대기를 감시하는 도구를 넘어, 국가 재난 대응과 환경 관리의 핵심 인프라로 자리잡게 될 것이다. 이번 산불 사례처럼 위성이 제공하는 정보는 현장의 눈으로 볼 수 없는 대기의 변화를 드러내고 이를 기반으로 과학적이고 신속한 대응을 가능하게 한다. 결국 위성 관측은 대기과학과 재난관리의 경계를 잇는 다리로서, 앞으로도 그 역할과 중요성은 더욱 커질 것으로 전망한다.

#### 참고문헌

- 국립환경과학원 환경위성센터. (연도미상). 에어로졸. <https://nesc.nier.go.kr/ko/html/cntnts/26/outputs/aerosol.do>
- 손대성. “기후변화가 산불 대형화 가속”…강풍·건조·고온 겹쳐”. 연합뉴스. 2025.03.25. <https://www.yna.co.kr/view/AKR20250324072400053>
- 허윤희. “중대본 영남권 산불 피해액 1조818억…역대 최대 복구비 1조8809억”. 한겨레. 2025.05.02. [https://www.hani.co.kr/arti/area/area\\_general/1195597.html](https://www.hani.co.kr/arti/area/area_general/1195597.html)
- 국가기상위성센터. (연도미상). 기상위성분류. <https://nmsc.kma.go.kr/homepage/html/base/cmm/selectPage.do?page=static.edu.satelliteClst>

- KARI 한국 항공우주연구원. 정지궤도복합위성(천리안위성 2B호). <https://www.kari.re.kr/kor/contents/41>
- KARI 한국 항공우주연구원. 정지궤도복합위성(천리안위성 2A호). <https://www.kari.re.kr/kor/contents/42>
- KARI 한국 항공우주연구원. 통신해양기상위성(천리안위성 1호). <https://www.kari.re.kr/kor/contents/43>
- Jeong, Y., Yoo, J., Sung, K., Kim, S., Lee, Y., & Kim, D(2023). 정지궤도 환경위성과 인공지능을 이용한 산불 연기 탐지. *기후연구*, 18(4), 245 – 262.
- Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). Time series analysis: Forecasting and control. John Wiley & Sons.
- 이재영. “‘최악 산불’ 3월 말, 기록적으로 덥고 건조하고 바람 거셌다”. 연합뉴스. 2025.04.02. <https://www.yna.co.kr/view/AKR20250402044200530>
- 산림청 보도자료. “위성정보 기반의 산림재난 대응, 실무중심 위성정보 실용화를 위해 손을 맞잡다”. 2025.04.10. [https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156683607&call\\_from=seoul\\_paper](https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156683607&call_from=seoul_paper)
- 김현아. [속보] 경북 의성 진화율 55%...강풍 영향으로 진화 난항. YTN. 2025.03.25. [https://www.ytn.co.kr/\\_ln/0115\\_202503250616452761](https://www.ytn.co.kr/_ln/0115_202503250616452761)
- 국립해양조사원 국가해양위성센터, “위성자료 파일명 규칙 Level 2”. <https://nosc.go.kr/boardContents/actionBoardContentsCons0017.do>

이준경 기자(22, june030602@yonsei.ac.kr)

---

# 알쏭달쏭 대기과학

지구의 온도를 사람의 힘으로 낮출 수 있을까? – 지구공학

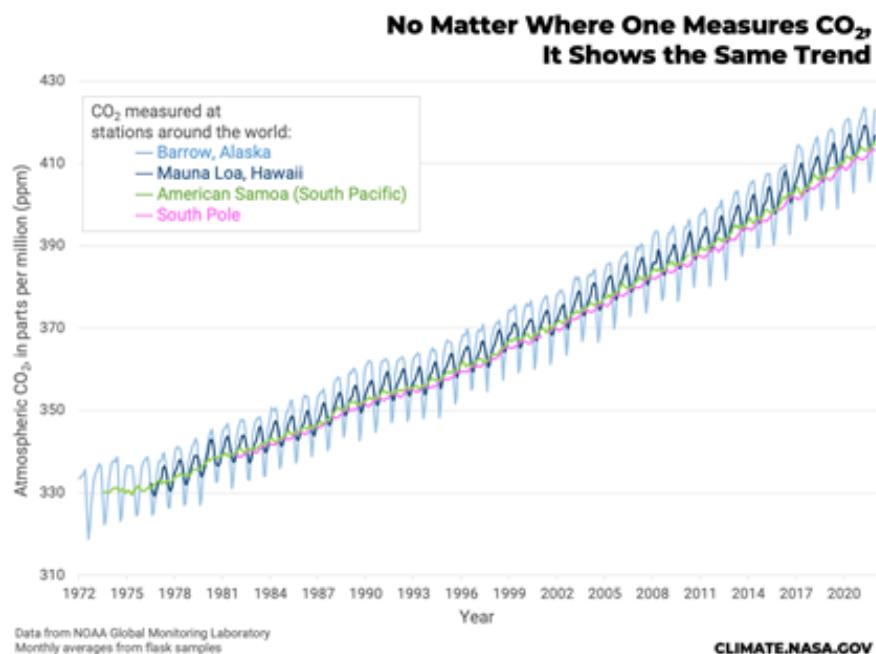


그림 1 알래스카, 하와이, 사모아, 남극의 장기 관측 기록은 이산화탄소의 증가 추세를 보여준다. (출처: NASA)

오늘날 인류는 산업혁명 이후 배출된 온실가스로 의해 전례 없는 속도의 지구 평균 온도 상승을 겪고 있다. 과학자들은 이러한 변화를 억제하기 위해 지구 기후 시스템에 인위적으로 개입하여 온난화를 완화하려는 지구공학 (Geoengineering)이라는 새로운 접근을 시도했다. 이 글에서는 다양한 자연현상에서 영감을 얻은 지구공학 아이디어를 탐구하고 관련된 연구를 소개하고자 한다.

지구 기후 체계에 인위적으로 개입하여 지구 온난화 같은 문제를 완화하려는 시도를 지구공학이라고 한다. 지구공학에는 대기 중에 존재하는 이산화탄소를 포집하는 방법, 바다의 알베도를 낮추는 방법 등 여러 방법이 있다(그림 2). 이 중 지표면으로 들어오는 태양복사 에너지를 직접적으로 줄이는 방법을 SRM(Solar Radiation Management)이라고 한다. SRM의 한 방법으로, 화산 폭발의 영향을 응용해 성층권에 의도적으로 이산화황 등의 물질을 주입하는 방법인 SAI(Stratospheric Aerosol Injection)가 있다.

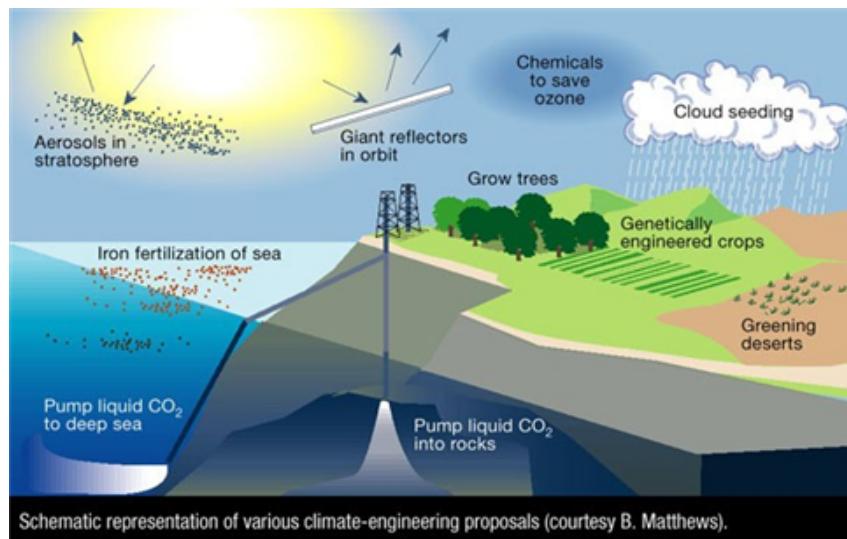


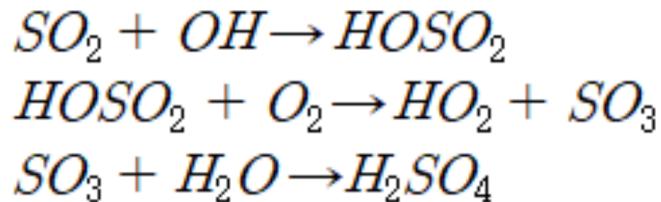
그림 2 다양한 지구공학 제안의 개략도(도식화, 자료제공 B. Matthews) (출처: Nature)

### 성층권에 물질을 집어넣으면 온도가 떨어질까



그림 3 필리핀 클라크 미 공군 기지 동쪽에서 촬영된 1991년 6월 12일 피나투보 화산폭발 사진  
(출처: USGS Volcanic Ashfall Impacts)

SAI는 가장 활발히 연구되고 있는 지구공학 분야로, 화산 폭발로 성층권에 투입된 에어로졸이 지구 평균 온도를 떨어트린다는 사실로부터 출발했다. 화산에서 배출된 물질은 화산재와 같은 입자상 물질과 수증기 및 이산화황 같은 가스상 물질로 나뉜다. 이중, 지구 대기에 오래 머물며 지표 온도를 낮추는 역할을 하는 물질은 가스상 물질이다.



위 수식은 이산화황(SO<sub>2</sub>)이 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)으로 변화하는 과정을 나타낸다. 화산 폭발로 배출되는 가스 중 이산화황은 태양의 단파 복사에너지를 산란시켜 지표로 들어오는 태양복사를 줄이는 대표적인 물질이다. 강한 폭발로

성층권에 도달한 이산화황은 OH 라디칼<sup>1)</sup> 및 산소와 반응하여 삼산화황(SO<sub>3</sub>)으로 변하고, 수증기와 빠르게 반응하여 황산이 된다. 황산은 성층권에서 응결되는 수증기와 응결되며 황산 에어로졸을 생성한다. 이 에어로졸은 태양의 단파 복사를 산란시켜 지표에 흡수되는 태양복사 에너지를 줄어들게 한다. 즉 대기를 ‘덜 투명하게’ 만들어, 지표 온도를 하강시키는 원리이다(그림 4). 실제로 그림 3에서 보여주고 있는 피나투보 화산의 폭발로 인해, 전 지구 평균 온도가 0.2도 하락하였다.

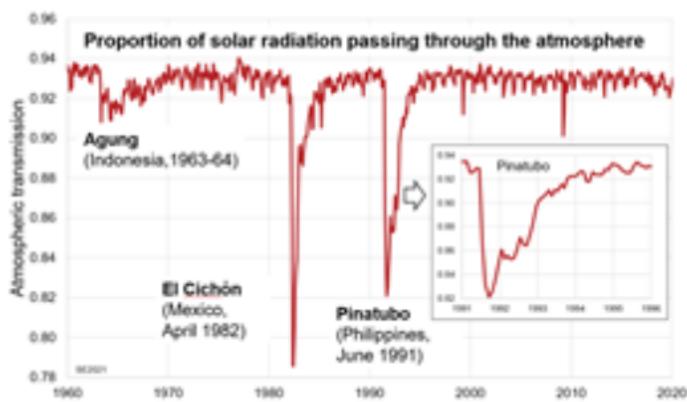


그림 4 그림 태양 복사 감소량을 이용하여 계산된, 1960년부터 2020년 까지 주요 화산 폭발과 관련된 대기 중 황산염 에어로졸 수치  
(출처: Thompson Rivers University)

SAI는 태양복사를 직접 차단하여 지표면 온도를 낮추는 장점이 있지만, 성층권 온도가 상승하는 단점도 있다. 또한 성층권에 머무르는 황산염 에어로졸은 1~2년이 지나면 지구 중력에 의해 하강하기 때문에, 주기적으로 다시 에어로졸을 분사해 주어야 한다. 이런 장단점을 분석하고자 기후과학자들은 지구시스템모델을 사용하여 지구공학 아이디어를 모의(simulation)한다.

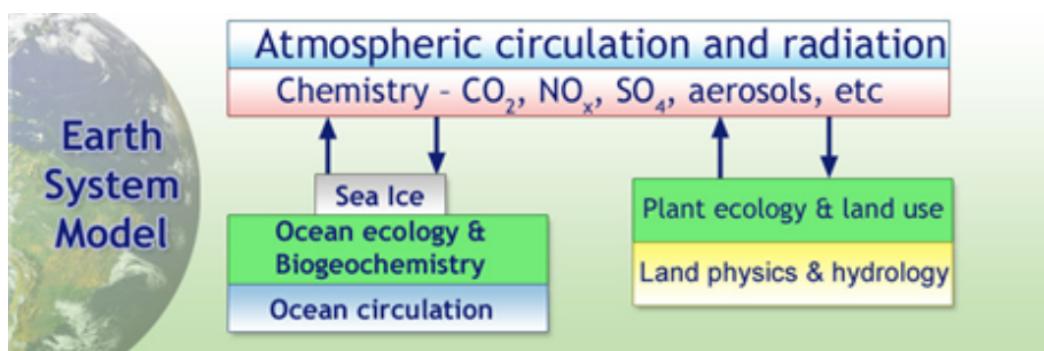


그림 5 GFDL에서 개발된 지구시스템모델의 기본적인 구조 (출처: NOAA GFDL)

1) 라디칼: 홀전자를 가진 원자나 분자다. OH 라디칼은 산소 원자 1개와 수소 원자 1개가 결합하여 만들어진 음이온이다.

지구시스템모델(Earth System Model, ESM)은 지구 대기 변화를 예측하는 대기 모델과 지권, 수권, 생물권, 빙권 등의 변화를 예측하는 모델들이 상호작용하여 먼 미래의 지구를 모의하는 모델이다. 예를 들어, 대기 모델이 계산한 결과를 다른 모델에 전파하여 지권 및 수권 등의 변화를 계산한다. 이를 다시 대기 모델에 전달하여 다음 시간의 대기 모델을 계산한다. 이러한 과정을 반복하는 방식으로 실제 지구의 변화를 모의하게 된다. 지구시스템모델에는 여러 종류가 있으며, 지구에서 일어나는 변화를 수식으로 나타내는 방법도 다양하다. 과학자들은 다양한 지구시스템모델에 지구공학적 아이디어를 적용하여 지구의 반응을 실험하고 그 자료를 하나로 모았는데, 이를 GeoMIP(Geoengineering Model Intercomparison Project)라고 한다. GeoMIP은 어떤 지구공학적 아이디어를 실험했는지에 따라 G1, G2ext, G4cdnc 등으로 나뉜다. SAI를 연구할 때도 GeoMIP이 사용된다. 일례로, Henry et al. (2024)는 서로 다른 위도에 에어로졸을 투사했을 때 대기의 반응이 어떻게 나타나는지에 대해 연구하였다.

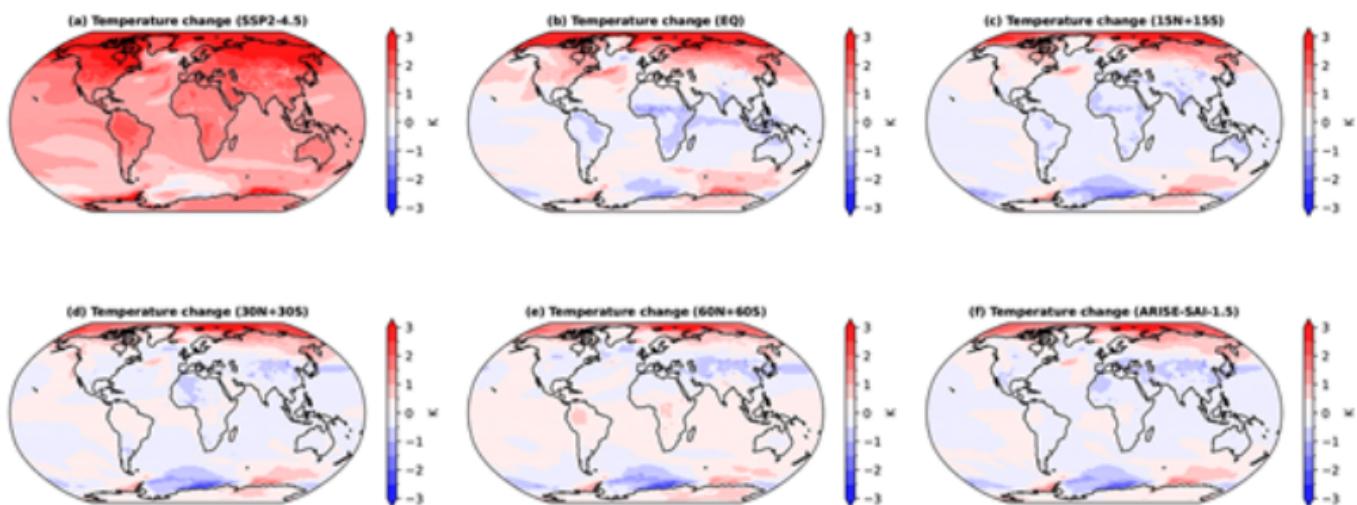


그림 6 SSP2-4.5 시나리오에서 2014–2033년을 기준으로 한 양상을 평균 기온 변화 지도. 윗줄 왼쪽에서 오른쪽 순으로 SAI를 (a) 진행하지 않은 결과, (b) 적도, (c) 북위 및 남위 15도, 아랫줄 왼쪽에서 오른쪽 순으로 SAI를 (d) 북위 및 남위 30도, (e) 북위 및 남위 60도에 진행한 결과이다. (f)는 (a~e)에서 사용한 방식과 다른 방식으로 SAI의 영향을 모의한 결과이다. (출처: Henry et al. (2024))

Henry et al. (2024)는 GeoMIP에서 사용되는 여러 지구시스템모델 중 하나인 UKESM1을 활용해, 이산화황을 적도에 투사했을 때와 북위(남위) 15도, 30도, 60도에 투사했을 때의 차이를 비교하는 연구를 진행했다. 아무것도 투입하지 않은 실험에서는 지구 평균 기온이 2050년에 2.7도 상승하였지만, SAI를 진행한 모든 실험에서는 1.5도 상승으로 억제되었다. 하지만 적도에서 SAI를 진행한 경우, 적용하지 않은 실험에 비해 북극의 온도상승이 크게 줄어들지 않았으며(그림 6(b), (e)) 적도 지역의 강수량은 감소했다. 또한 성층권 하부가 가열되어 성층권 순환에 변동이 일어났다. 적도가 아닌 위도대에 SAI를 진행한 실험에서도 비슷한 결과가 나타났다. 고위도에 에어로졸을 투사할수록 성층권 하부의 온도 상승은 더 적었지만, 북극의 온도 상승을 억제하는 효과엔 차이가 없었다. 해당 논문은 북위 및 남위 30도에 에어로졸을 투사하는 것이 지구공학적으로 제일 좋은 전략이라는 점을 강조하며 마무리한다.

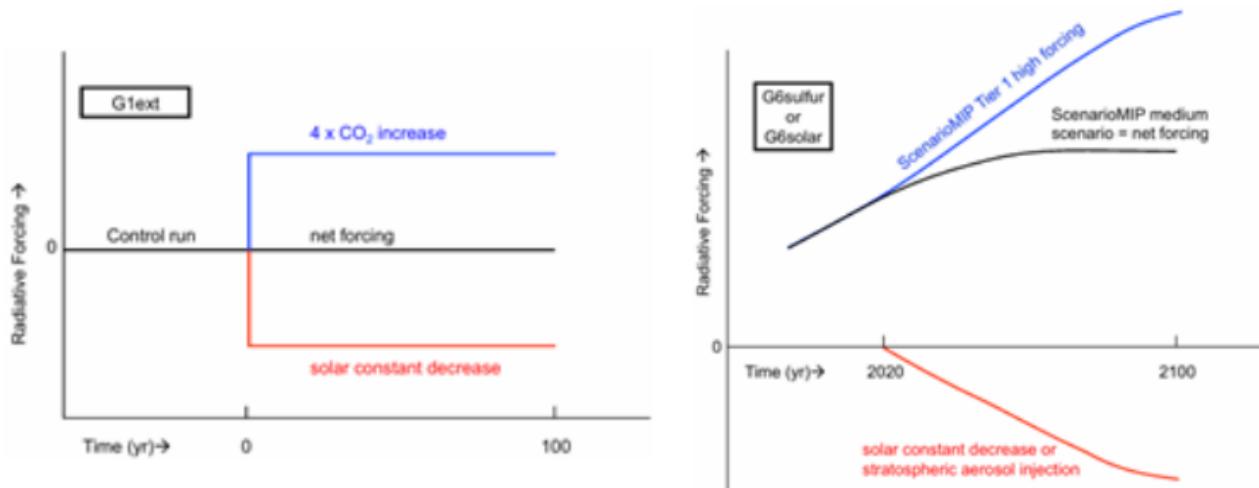


그림 7 (좌) G1ext 실험, (우) G6sulfur와 G6solar 실험의 개략도 (출처: B. Kravitz et al.(2015))

소개한 논문에서 사용한 UKESM1이라는 지구시스템모델은 대기화학 모델이 포함되어 있어, 이산화황 농도를 변화시키면 나타나는 대기의 변화를 모의할 수 있다. 하지만 이를 모의하지 못하는 지구시스템모델도 많아, 특정 지역의 태양복사 에너지를 감소시키는 방법을 이용해 실험을 진행하기도 한다. B. Kravitz et al. (2015)는 GeoMIP에서 사용된 여러 실험 시나리오를 소개하였다. 그중 하나인 G1ext 실험은 대기 최상단에서 태양복사 에너지를 인위적으로 감소시켜서 이산화탄소 증가로 인한 복사강제력<sup>2)</sup>을 상쇄하고, 지구가 받는 복사에너지의 양을 이산화탄소 증가 이전과 같도록 설계했다(그림 7(좌)). 한편, 또 다른 실험인 G6sulfur는 복사강제력이 시간에 따라 계속 증가한다고 설정한 뒤, G1ext와 같은 방식으로 태양복사 에너지를 감소시켜 복사강제력이 특정 수준 이상 증가하지 않도록 하였다(그림 7(우)). 이처럼 기후과학자들은 여러 실험을 통해 SAI를 연구하며 가장 효과적인 방법을 제시하고 있다.

### 다른 지구공학 아이디어는 무엇이 있을까

지구공학 방법에 SAI만 있는 것은 아니다. 지구가 흡수하는 태양복사 에너지를 조절해, 바다의 반사율을 높이는 아이디어도 있다. 바다에 미세한 해염 입자를 뿌려 바다에 있는 운무의 구름 응결핵 수를 늘리는 방법을 MCB(Marine Cloud Brightening)라고 한다. 또한, 바닷물 표면에 공기를 직접 주입하거나 특수 물질을 뿌려 바다의 반사율을 높이기도 한다. 그 결과 태양광 반사가 증가하며, 이를 Ocean Surface Albedo Enhancement라고 한다.

2) 복사강제력: 기후시스템에 영향을 미쳐 기후변화를 일으키는 모든 요인을 W/m<sup>2</sup> 단위로 환산하여 나타난 것.

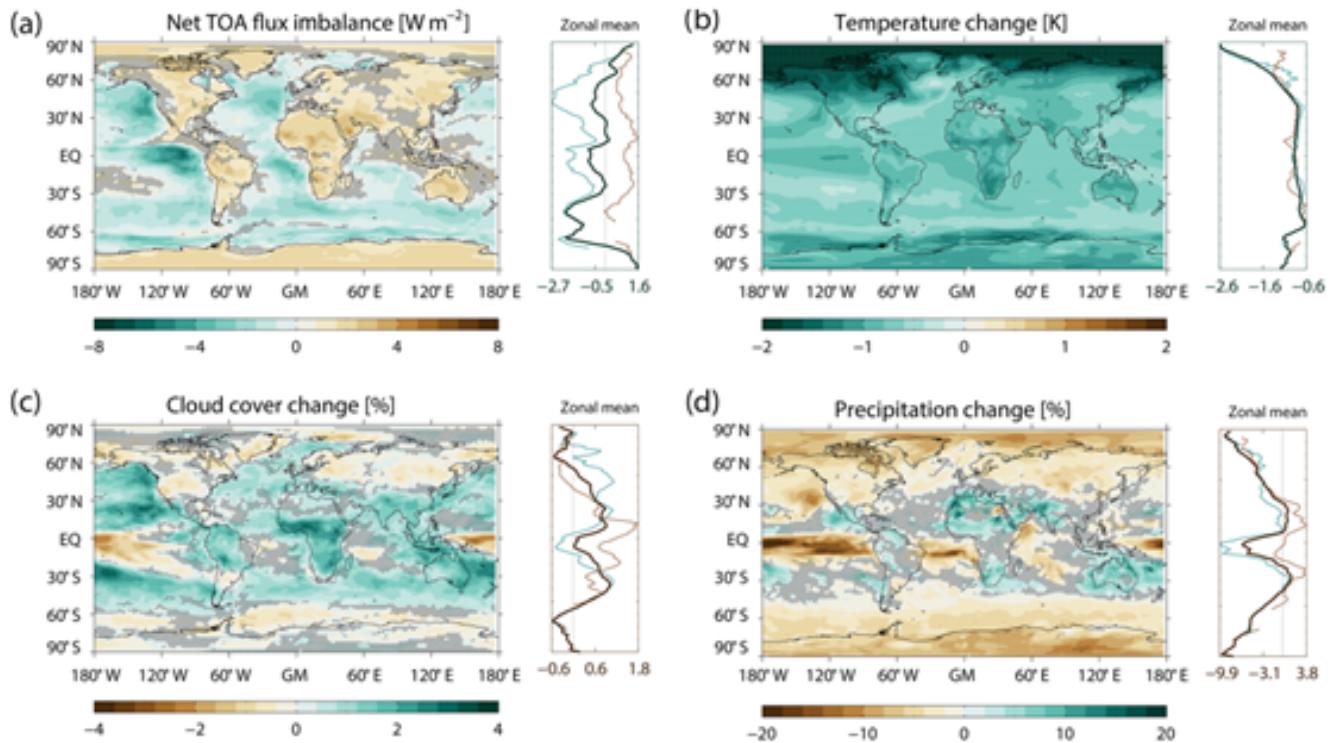


그림 8 2020–2069년 G4cdnc–RCP4.5 실험에서의 양상을 중앙값 (a) 대기 최상단(TOA) 순 복사 에너지 불균형( $\text{W m}^{-2}$ ), (b) 지표 근처 기온 변화(K), (c) 총 구름량(%), (d) 강수량(%). (출처: C. W. Stjern et al.(2017))

구름 응결핵의 수를 늘리면 구름 내 물방울의 수는 증가하지만, 개별 방울의 크기는 작아져 구름 자체가 더 밝아지고 반사율이 강해진다. MCB가 지구 온도에 어떤 영향을 미치는지 분석하기 위해, W. Stjern et al.(2017)은 해당 기법을 지구 온난화 시나리오에 적용하여 지구의 반응을 연구하였다. 연구팀은 GeoMIP에 있는 실험 시나리오 중, RCP4.5<sup>3)</sup>에서 바다 운무의 응결핵 수를 50% 증가시킨 G4cdnc 실험의 결과를 분석하였다. 그 결과, MCB로 인해 생성된 음의 복사강제력은 약  $-1.9 \text{ W/m}^2$ 였으며 지구 표면 온도는 약 0.96도 낮아지는 것으로 나타났다. 특히 온도 감소 효과는 저위도보다 고위도에서, 그리고 북반구에서 더 강했다. 한편, 전 세계 강수량은 약 2.35% 감소하였지만, 열대 내륙에서는 1.19% 증가하기도 했다.

마지막으로 소개할 방법은 권운의 광학 깊이 광학적 깊이(Optical Depth)<sup>4)</sup>를 줄이는 CCT(Cirrus Cloud Thinning)이다. 지구가 흡수하는 태양 에너지를 줄이는 방식이었던 SAI나 MCB와 달리, CCT는 지표에서 방출되는 장파 복사가 우주로 더 많이 빠져나가도록 유도하는 방법이다. 이를 통해 지구가 재흡수하는 장파 복사에너지양을 줄여 지표 평균 온도를 낮춘다. 권운은 지구에서 방출된 복사 에너지를 지표로 다시 반사하는 특징을 가지고 있다. 따

3) 대표농도경로(Representative Concentration Pathways): 인간 활동이 대기에 미치는 복사량으로 IPCC 5차 보고서에서 제시된 기후변화 시나리오이며, 뒤의 숫자는 복사강제력을 나타낸다.

4) 광학적 깊이(Optical Depth): 빛이 어떤 물체를 통과할 때 흡수, 산란 등 여러 요인에 의해 빛의 세기가 줄어들게 된다. 이 빛이 줄어드는 정도를 수치화한 것을 광학 깊이라고 한다. 광학 깊이가 얕아지면 빛이 더욱 많이 투과하게 된다.

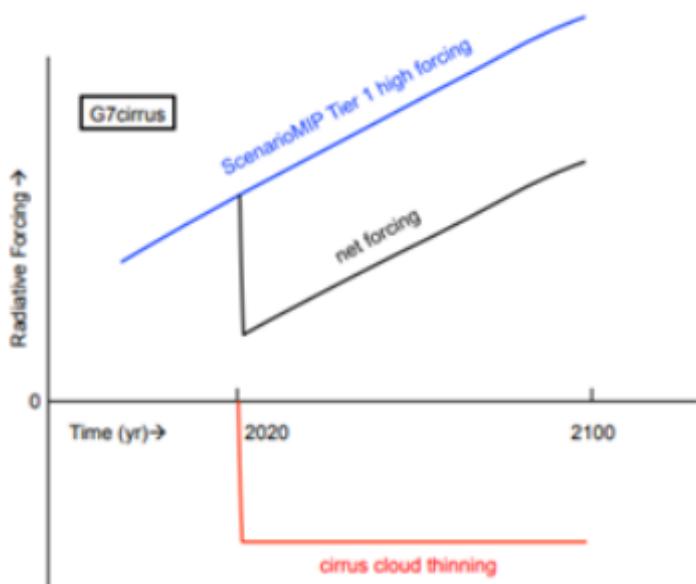


그림 10 권운의 광학 깊이를 줄이는 실험 모의 (출처: B. Kravitz et al.(2015))

라서 권운을 얇게 만들면 지표에서 방출되는 에너지가 대기를 더 많이 통과하여 우주로 방출된다. 이를 지구시스템 모델에서 모의하기 위해, 권운 입자의 낙하 속도를 인위적으로 높이는 방식이 제안되었다. 결과적으로 이 방법은 GeoMIP의 다른 실험 시나리오와 마찬가지로 총 복사강제력을 감소시킨다(그림 10). 어렵게도 권운의 물리적 과정은 활발히 연구되지 않았고, 지구시스템모델에서 구현도 어렵다. 실제로 다양한 종류의 기후시스템모델을 이용해 해당 시나리오를 실험해 보았을 때, 모델 간 편차가 매우 심해 실험의 결과를 신뢰하기 어려웠다. 앞으로 더 좋은 지구시스템모델이 개발된다면 이 분야에 관한 연구도 더욱 활발해질 것이다.

지구공학은 지구 기후 체계에 인위적인 개입을 시도한다는 점에서 논쟁적이면서도 흥미로운 분야이다. 자연현상에서 영감을 얻은 SAI부터 MCB, CCT까지 그 종류는 다양하다. 그러나 지구시스템모델을 이용해 지구공학 아이디어를 모의 한 결과 지표 평균 온도를 낮추는 것 말고도 다른 변화가 있었으며, 이는 인간이 원하는 결과가 아닐 수도 있다. 과연 우리는 지구공학을 통해 기후 위기를 해결할 수 있을까, 아니면 또 다른 문제를 초래하게 될까?

#### 참고문헌

- Henry, M., Bednarz, E. M., and Haywood, J.(2024), How does the latitude of stratospheric aerosol injection affect the climate in UKESM1?, *Atmos. Chem. Phys.*, 24, 13253–13268

- Kravitz, B., Robock, A., Tilmes, S., Boucher, O., English, J. M., Irvine, P. J., Jones, A., Lawrence, M. G., MacCracken, M., Muri, H., Moore, J. C., Niemeier, U., Phipps, S. J., Sillmann, J., Storelvmo, T., Wang, H., & Watanabe, S.(2015), The Geoengineering Model Intercomparison Project Phase 6 (GeoMIP6): simulation design and preliminary results, *Geosci. Model Dev.*, 8, 3379–3392
- Stjern, C. W., Muri, H., Ahlm, L., Boucher, O., Cole, J. N. S., Ji, D., Jones, A., Haywood, J., Kravitz, B., Lenton, A., Moore, J. C., Niemeier, U., Phipps, S. J., Schmidt, H., Watanabe, S., & Kristjánsson, J. E.(2018). Response to marine cloud brightening in a multi-model ensemble, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 621–634
- Kravitz, B., A. Robock, P. M. Forster, J. M. Haywood, M. G. Lawrence, & H. Schmidt (2013), An overview of theGeoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP), *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 13,103–13,107
- 기상청. 기후변화 시나리오. 기상청 기후정보포털. [http://www.climate.go.kr/home/10\\_wiki/index.php/](http://www.climate.go.kr/home/10_wiki/index.php/)
- Newhall, C. G., Hendley, J. W., II, & Stauffer, P. H. (1997). The cataclysmic 1991 eruption of Mount Pinatubo, Philippines (U.S. Geological Survey Fact Sheet 113-97). U.S. Geological Survey. <https://pubs.usgs.gov/fs/1997/fs113-97/>
- NASA Science. (2023, November 1). Ask NASA climate change: Could the rising carbon dioxide be caused by the volcano?. NASA Climate Change. <https://climate.nasa.gov/faq/10/could-the-rising-carbon-dioxide-be-caused-by-the-volcano/>
- Geophysical Fluid Dynamics Laboratory. (n.d.). Earth system model. National Oceanic and Atmospheric Administration. Retrieved August 15, 2025, from <https://www.gfdl.noaa.gov/earth-system-model/>

조장희 기자(20, 2020136032@yonsei.ac.kr)

---

# 연구 소식

## 연세대학교 대기과학과 박준성·서민경 연구원, 2025학년도 1학기 연세대학교 대학원혁신 우수논 문 발표회에서 수상

연세대학교 대기과학과 소속의 박준성, 서민경 연구원이 지난 7월 25일 개최된 '2025년도 1학기 연세대학교 대학원 혁신우수논문발표회'에서 수상하였다.

연세대학교 대학원은 대학원생의 연구의욕 고취와 내실 있는 대학원 학문 풍토 조성을 위해 1993년 이래 매년 우수논문을 선정 및 시상하고 있다.

박준성 연구원은 '역학 코어들에서 성층권 돌연승온 이상 실험 시 생성되는 행성파 분석'이라는 연구의 우수성을 인정받아 '학과 우수논문상'을 수상하였다.

서민경 연구원은 'WRF-Chem 모델을 이용한 10 (2009–2018) 년 기간의 동아시아의 고해상도 이산화탄소 농도 모의 및 분석' 연구를 통해 우수성을 인정받아 '장려상'을 수상하였다.

출처: 연세대학교 대학원 News

## 연세대학교 대기과학과 채유진·나성균 연구원, 한국대기환경학회 2025년 학생콜로키움에서 수상

연세대학교 대기과학과 소속의 채유진, 나성균 연구원이 지난 5월 23일 개최된 한국대기환경학회 2025년 공동심포지움 및 학생콜로키움 발표에서 수상했다.

채유진 연구원은 '딥러닝 기반 후처리를 통한 GEMS AOD 정확도 개선' 연구로 '우수발표상'을 수상하였다.

나성균 연구원은 '서울특별시의 PM2.5 일별 변동성과 2차 생성' 연구를 통해 '장려상'을 수상하였다.

출처: 한국대기환경학회 학회소식

## 연세대학교 대기과학과 김유진 연구원, KGU 연례학술대회에서 수상

연세대학교 대기과학과 소속의 김유진 연구원이 지난 7월 7일~8일 개최된 '제 5회 KGU(Korea Geoscience Union) 연례학술대회'에서 수상하였다.

KGU는 지구과학의 다양한 분야를 각각 다루는 학회들이 모인 연합회로 매년 학술대회를 개최한다.

김유진 연구원은 '동해에서의 잔차 연직 순환과 수괴변환 분석'이라는 주제로 구두 발표 부문에서 '우수 논문발표자상'을 수상하였다.

출처: KGU 홈페이지

## 김준 교수, NASA ‘특별 공로훈장’ 수상

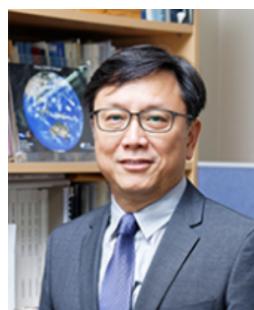


사진 1 김준 교수

대기과학과 김준 교수(연세 이윤재 펠로우 교원)가 미국 항공우주국(NASA)으로부터 ‘특별 공로훈장(Exceptional Public Service Medal, EPSM)’을 수상했다. 이 상은 NASA가 외부 인사에게 수여하는 최고 등급의 훈장으로, NASA 임무와 목표 달성을 장기간 걸쳐 탁월한 기여를 한 비(非) NASA 인사에게만 주어진다. 시상식은 8월 27일 미국 워싱턴 D.C.에서 열렸다.

NASA는 “김준 교수가 마련한 GEMS-TEMPO 협력은 두 위성의 알고리즘 개발 협력과 데이터 공유로 조기 검증할 수 있게 했으며, 이는 NASA가 연구와 Earth Action 프로그램을 신속히 지원하는 데 있어 핵심적 역할을 했다”고 평가했다.

NASA Exceptional Public Service Medal은 한국 연구자에게는 매우 드문 사례로, NASA 내부 직원이 받는 Exceptional Achievement Medal이나 Exceptional Service Medal에 대응하는 외부인 대상 최고의 영예로 꼽힌다.

출처: 연세소식 여기연세인 동정

편집: 김건하 기자(22, tskibae1713@yonsei.ac.kr)

# 학과 소식

## 졸업을 축하합니다!

### 학부

김호연(19) 이경배(19) 문현식(19) 조장희(20)  
전아리(21)

### 석사

김예리(23) 권혁도(23)

### 박사

김동철(17) 이주엽(20) 김정원(20)

### 통합

서승환(19)

## 연세대학교 대기과학과 2025 공동야외관측 및 MT



사진 1 2025 공동야외관측 및 MT 단체사진

지난 5월 9일-10일, 경기도 양평에서 공동야외관측 및 MT가 진행되었다.

행사에는 학부생과 대학원생이 함께 참여했다. 우천에도 불구하고 라디오존데 실험 및 조별 PM 관측을 수행하며, 공동체의 친목을 다졌다.

## 서울대-연세대 대기과학 공동세미나 개최



그림 1 서울대-연세대 대기과학 공동세미나 포스터

지난 5월 20일 서울대학교에서 서울대-연세대 대기과학 공동세미나가 개최되었다.

해당 공동세미나는 서울대학교와 연세대학교가 격년으로 주최하며 대기과학 연구를 공유하는 자리다.

1부에서는 연세대학교 대기과학과 송인선 교수가 'Finite-amplitude Rossby waves and summertime heavy rainfall events' 주제로 강연했다.

2부에서는 서울대학교 지구환경과학부 국종성 교수가 '티핑포인트 기후 현상의 이해: AMOC를 출발점으로' 주제로 강연했다.

행사가 끝난 후 서울대학교, 연세대학교 연구원들은 저녁식사를 함께하며 화합을 다졌다.

## 대기과학과 밴드 동아리 <247> 2025-1학기 정기공연



그림 2 <247> 정기공연 포스터

25년 5월 23일, 신촌 몽향에서 대기과학과 밴드 동아리 <247>의 2025-1학기 정기공연이 열렸다.

이번 정기공연에서는 25학번 새내기 팀인 'Song: Do'를 비롯해 21학번부터 24학번들로 구성된 '다우니', '버거킹' 팀, 그리고 대학원생 팀인 '얕은 물'까지 총 네 팀이 공연을 했다.

공연은 관객들의 열띤 호응 속에서 앵콜 무대까지 이어졌다. <247>은 음악을 사랑하는 대기과학과 학우 누구에나 열려있으며, 돌아오는 2학기에도 즐거운 무대를 선사할 예정이다.

## 대기과학과 학술 소모임 <기상천외> 2025-1학기 활동 살펴보기



사진 2 <기상천외> 활동사진

대기과학과 학술 소모임 <기상천외>는 2021년 창설되어, 매 학기 꾸준한 활동을 통해 부원들과의 학술 및 교류의 장을 마련해 왔다.

2025년 1학기에는 유희동 교수님과 함께하는 '이야기 class' & '집필 class', 일기도를 바탕으로 실제

사례를 분석하는 '일기도 스터디', 코딩을 배우는 '코딩 스터디'가 진행되었다. 부원들은 한 달에 한 번 다같이 모여 '일기도 스터디'와 '코딩 스터디'에서 배운 내용을 공유하는 시간을 가졌다.

〈기상천외〉는 2학기에도 부원을 모집하며, 다양한 스터디를 통해 계속해서 학술 교류의 장을 만들어 갈 예정이다.

---

편집: 김건하 기자(22, tskibae1713@yonsei.ac.kr)

# 2025학년도 2학기

<b>08 AUG</b>	01(목) 11(월)~18(월) 15(금) 22(금)~28(목) 25(월) 29(금)	휴학 접수시작 2025-2학기 수강신청 광복절 2025-2학기 등록 복학 접수 마감 학위수여식
<b>09 SEP</b>	01(월) 03(수)~05(금) 04(목) 09(화)~11(목) 15(일) 15(월)~19(금)	개강 수강신청 확인 및 변경 교무위원회 2025-2학기 추가등록 미등록자 일반 휴학 접수 마감 조기졸업 신청
<b>10 OCT</b>	02(목) 03(금) 05(일)~07(화) 08(수) 09(목) 13(월)~15(수) 20(월)~25(토) 27(월)~31(금) 27(월)~29(수)	교무위원회 개천절 추석연휴 학기 1/3선, 대체휴일 한글날 수강철회 중간시험 2026-1학기 캠퍼스내 소속변경 신청 S/U평가 신청
<b>11 NOV</b>	06(목) 13(목) 14(금) 16(일) 24(월)~28(금)	교무위원회 학기 2/3선, 일반휴학 접수 마감 질병휴학 접수 시작 추수감사절 캠퍼스간 소속변경
<b>12 DEC</b>	01(월) 04(목) 08(월)~13(토) 15(월)~20(토) 16(화) 22(월) 22(월)~29(월)  25(목) 28(일) 29(월) 1.01(화)	질병휴학 접수 마감 성탄절예배 자율학습 및 보충수업 기간 학기말 시험 교무위원회 겨울방학 시작 2026-1학기 캠퍼스내 복수전공 · 연계전공 · 융합심화전공 신청 성탄절 성적제출 마감 겨울계절제 수업 시작 겨울계절제 수업 종료