

# 공무국외여행 활동보고서

1. 출장기간 : 9월 3일(금) ~ 9일(토)+1일(항공일정으로 익일 도착) / 6박 8일
  - 1) 참석목적 : EAC 2023 참석 및 연구결과 발표
  - 2) 필요성 :
    - 충청남도는 타 시·도보다 높은 대기오염물질 농도를 유지하고 있으며, 나날이 증가하는 고농도 미세먼지 발생에 국가 차원의 대기질 개선 연구가 수행되고 있으나 다양한 배출원과 복잡한 생성요인에 대한 이해가 필요
    - 복잡한 미세먼지 생성원인 분석을 위해 유럽과 미국을 중심으로 측정분석 및 데이터 해석기법이 개발되어 연구 추진되고 있으나 국내 인프라와 정보 부족으로 연구동향 파악이 어려운 실정임
    - 유럽에서 개최되는 국제 학술대회에 참석하여 현재 추진 중인 국내 연구수준 및 국제 연구동향 파악을 하여 과제 수행에 있어 선도적인 연구결과를 도출하고자 함
  - 3) Homepage : <https://www.dfmf.uned.es/EAC2023/index.php?page=home>
  - 4) 학술대회 일정 : 9월 3일(일) ~ 8일(금) / 5박 6일
  - 5) 국내에서 학회 출장지인 말라가까지 직항이 없어 파리(프랑스)을 경유
2. 출장자 : 김종범, 박세찬 (기후변화대응연구센터, 책임연구원)
3. 출장지 : 스페인 말라가 (“나” 등급 지역)
4. 방문기관 : Trade Fairs and Congress Center of Malaga



그림 1. 말라가 EAC 2023 행사장 모습

## 5. 주요여행 활동내역

날짜	이동	활동	내용	비고
9/3(일)	홍성→인천→파리 12:20~18:30 파리→말라가 21:00~23:35	이동 및 숙박	대한항공 이동 에어프랑스 이동	말라가 숙박
9/4(월)	말라가	학회참석		말라가 숙박
9/5(화)	말라가	학회참석	에어로졸 연구자 모임 참석	말라가 숙박
9/6(수)	말라가	학회참석		말라가 숙박
9/7(목)	말라가	학회참석		말라가 숙박
9/8(금)	말라가→파리 18:50~21:30	학회참석 이동 및 숙박	에어프랑스 이동	파리 숙박
9/9(토)	파리→인천 21:00~15:00(+1)	이동	대한항공 이동	기내 숙박
9/10(일)	인천→홍성 15:00~	이동		

## 6. 지출금액

### 1) 과제명(발주처) :

- 김종범 : 지역별 PM<sub>1.0</sub>, PM<sub>2.5</sub> 상세분석 결과를 활용한 미세먼지 특성 및 생성원인 규명(Ⅱ) / 환경부(국립환경과학원)
- 박세찬 : 중부권 초미세먼지의 물리화학적 특성 및 지역 발생원 조사 / 동북아 지역연계 초미세먼지사업단(연구재단)

### 2) 방문지 등급 : “나”등급

### 3) 직급 : 2호 (책임연구원 이상)

### 4) 총소요금액 : 6,710,142원/인

항목	세부내역	단위 : 원
운임 및 부채비	인천↔파리↔말라가 왕복항공료 여행사 수수료, 보험료 등	3,893,290
체재비	숙박, 일비, 식비 등 포함	1,959,490
등록비	EAC 학회 등록비	857,362
포스터 출력	포스터 발표자료 출력비	22,000
합계		6,710,142

※ 학회등록비는 선등록비 기준('23.06.30 이전)

※ 선등록기간 이후 금액 : 670 유로

※ 인천 ⇄ 파리 : 대한항공

※ 파리 ⇄ 말라가 : 에어프랑스

## 7. 기타사항

### 1) 항공마일리지 적립 : 12,166 마일리지/인

- 인천 → 프랑스 : 5,626
- 프랑스 → 말라가 : 457
- 말라가 → 프랑스 : 457
- 프랑스 → 인천 : 5,626

### 2) 숙박비 85% 수령으로 미정산 (박세찬, 김종범)

### 3) 포스터 출력비는 각 과제별로 개별 지출

## 8. 활동내역

### 1) 학회 개요

- 본 학회는 매년 유럽지역에 에어로졸 관련 진행 연구가 공유되고 있으며, 우리나라보다 앞선 기술력과 연구 커뮤니티를 구성하고 있는 많은 국가 연구진들의 연구동향을 파악할 수 있는 학술대회임.
- 본 학회(European Aerosol Conference 2023, EAC2023)는 스페인 말라가에 위치한 Palacio de Ferias y Congresos de Malaga, FYCMA(Trade Fairs and Congress Center of Malaga)에서 개최되었으며, 2023년 9월 3일부터 2023년 9월 10일까지 진행되었음.
- 연구분야는 Aerosol Technology, Atmospheric Aerosol Studies, Aerosol Measurement Techniques, Aerosols and Health, Basic Aerosol Processes로, 5개 분야 49개 세부 주제로 구성,
- 본 학회에서는 Plenary Lecture와 Keynote Speaker를 포함하여 총 1,116개 발표가 진행되었음
- 본 학회를 통해 충청남도 대기질과 관련하여 현재 국외 기술력을 파악하고, 연구 방향에 아이디어를 도출하여 충청남도 대기질 개선 및 정책 도출에 활용하고자 함.



그림 2 EAC 학회장 참석 모습(김종범, 박세찬 책임연구원 참석)



## 2) 연구내용 발표

### ① 김종범 책임연구원

- EAC 2023에서 김종범 책임연구원은 “Chemical Characteristics of PM<sub>2.5</sub> at Urban, Industrial and Suburban Areas in Korea”의 주제로 발표하였음
- PM<sub>2.5</sub>는 인체는 환경 중 다양한 건강 및 사회적 피해를 야기시키기 때문에 관련 연구가 추진 되고 있으며, 배출원 또한 다양해 지역별 배출특성 파악이 매우 중요함
- 이에 본 연구에서는 서울(불광동), 경기(안산시), 충청(서산시)에 위치한 대기환경연구소 자료를 기반으로 지역별 배출특성과 고농도 사례 발생시 이에 대한 지역별 영향을 검토하였음
- 그림 3은 분석 전 대상지역의 대기오염물질 배출특성을 분석한 결과임. 서울의 경우 도로 배출원과 유기용제 사용, 비산업부문에서 NO<sub>x</sub>, VOCs, CO의 배출이 높게 나타났고, 안산의 경우 유기용제 사용, 도로 배출원, 산업공정, 제조산업 부문에서 VOCs, NO<sub>x</sub>의 배출이 크게 나타났음. 서산의 경우 산업공정이 가장 높았으며, VOCs, SO<sub>x</sub> 배출이 크게 나타남.

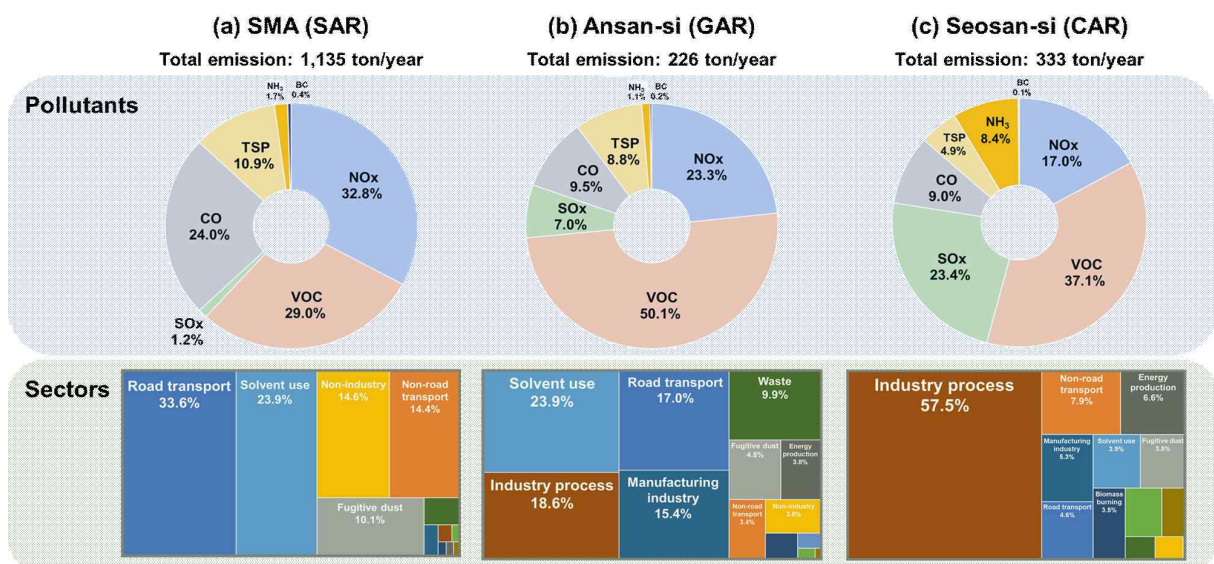


그림 3. 대상지역에 대한 대기오염물질 배출특성 분석 결과

- 그림 4는 2021년 기준 3개 지점에서 측정된 PM<sub>2.5</sub>의 계절별 농도와 화학조성을 나타낸 것임. 연평균 농도는 안산이  $26.4 \pm 22.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났고, 충남  $23.4 \pm 22.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 서울  $21.8 \pm 17.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타남. 화학조성은 Unknown을 제외하고, 대부분 질산염이 가장 높고, OM, 황산염, 염화물질 순서로 확인되었음.
- 그림 5는 PM<sub>2.5</sub> 기준  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 고농도 사례를 대상으로 4개 이벤트와 그때 역궤적 분석결과를 나타낸 것임. 분석결과 국외영향 2건, 국내영향 1건, 국내외영향 혼합 1건으로 나타났고, 국내외 영향에 따라 화학조성이 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었음.
- 향후 좀 더 다양한 데이터를 기반으로 지역별 상세분석을 추진할 예정이며, PMF 결과와 종합분석을 통해 지역별 맞춤형 정책을 제안할 예정임.

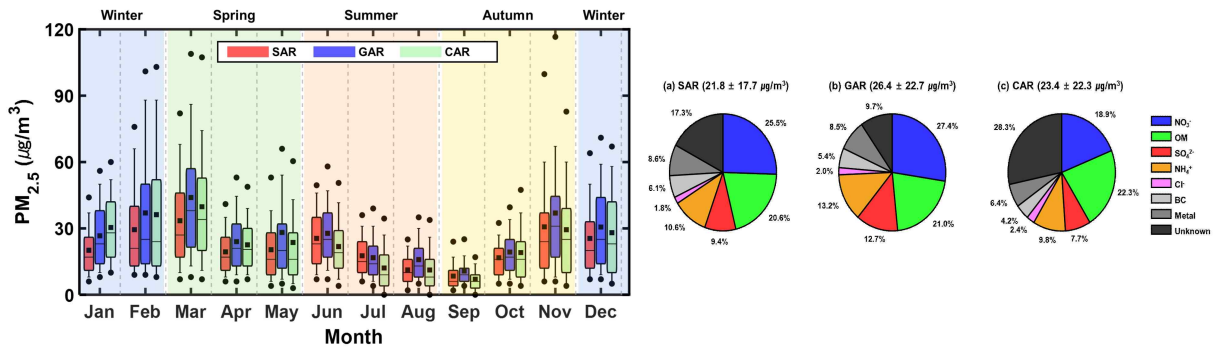


그림 4. 지역별 연평균 농도와 화학조성

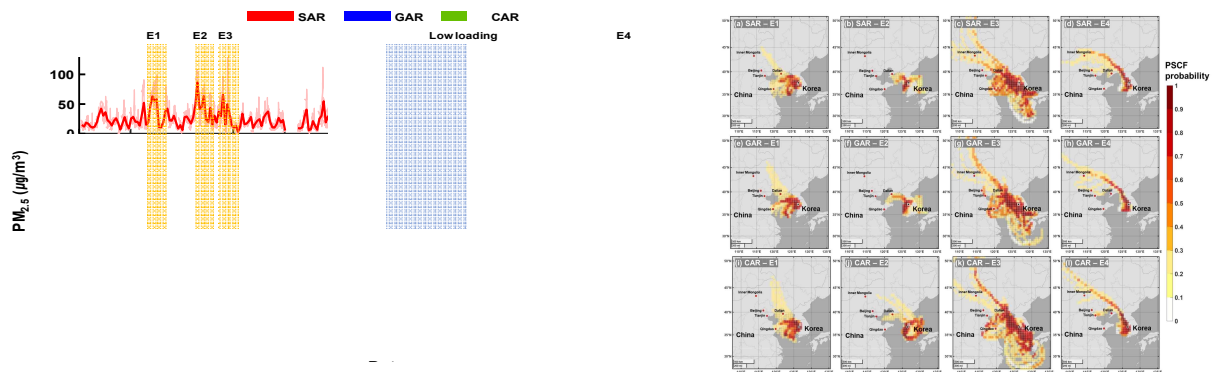


그림 5. 고농도 에피소드와 그 때 역궤적분석 결과

## ② 박세찬 책임연구원

- EAC 2023에서 박세찬 책임연구원은 “A Study on the Prediction of Future PM<sub>2.5</sub> Concentration Using Contributing Material Data”의 주제로 발표하였음
- 충청남도 서산에 위치한 충청권대기환경연구소 데이터를 활용하여 PM<sub>2.5</sub> 예측 성능을 확인하는 연구를 수행하였으며, 포스터를 통해 연구내용을 그 내용을 발표.
- 충청권 대기환경연구소에서는 1시간 간격으로 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>을 측정하고 있으며, 입자상 오염물질의 성분 및 기상자료 등을 측정하여 충청권의 대기질 특성을 파악하고 있음. 이에 본 연구에서는 실시간으로 측정되는 데이터를 활용하여 미래 PM<sub>2.5</sub> 농도 예측 연구를 수행하였음.
- 2022년 1월 1일부터 2022년 12월 31일까지 데이터를 활용하였으며, 총 44개 항목의 데이터를 활용함.
- 방대한 양의 데이터 중 PM<sub>2.5</sub> 예측에 유의미한 영향을 주는 인자를 도출하기 위하여 SHAP(SHapley Additive exPlanations) Value Analysis를 활용하였으며, 분석결과, PM<sub>2.5</sub> 농도에 가장 큰 영향을 주는 인자는 PM<sub>10</sub>으로 그 외 Br, S, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, WS 순으로 확인되었음.
- 도출된 주요인자는 인공지능 기법인 RandomForest(RF)와 Long-Short Term Memory(LSTM)에 입력변수로 활용되었으며, 두가지 기법별 예측 성능을 확인함
- 예측에 활용된 입력변수 개수는 전체 데이터를 사용했을 경우(All), 상위 10개(Upper 10)와 상위 5개(Upper 5)를 사용하여 3가지 예측성능을 비교하였음.
- 예측성능은 상관계수( $r^2$ )와 RMSE를 사용하였음.  $r^2$ 는 실제값과 예측값의 분산 상황의 직선성을 나타내는 지표이며, RMSE는 실제값과 예측값의 차이의 지표로 사용되는 척도임.
- 변수별 예측성능은 RF보다 LSTM에서 좀 더 높은  $r^2$ 와 낮은 RMSE를 확인하였음. 이는 두가지 모델 중 시계열 데이터의 예측으로 LSTM이 좀 더 실제값과 유사하게 예측한다는 것의 의미함.
- LSTM 결과 중 변수 개수간 예측성능 차이를 살펴보면, 예측대상 시간이 커질수록  $r^2$ 는 작아지고 RMSE는 커지는 것을 확인하였음. 이는 가까운 미래 예측에는 정확성을 나타내지만, 예측대상 시간이 커질수록 예측성

- 능이 현저하게 낮아지는 것을 의미함.
- 향후 변수간 특성에 대한 상세분석을 통해 예측성능을 높이기 위한 후속 연구를 진행예정 임.

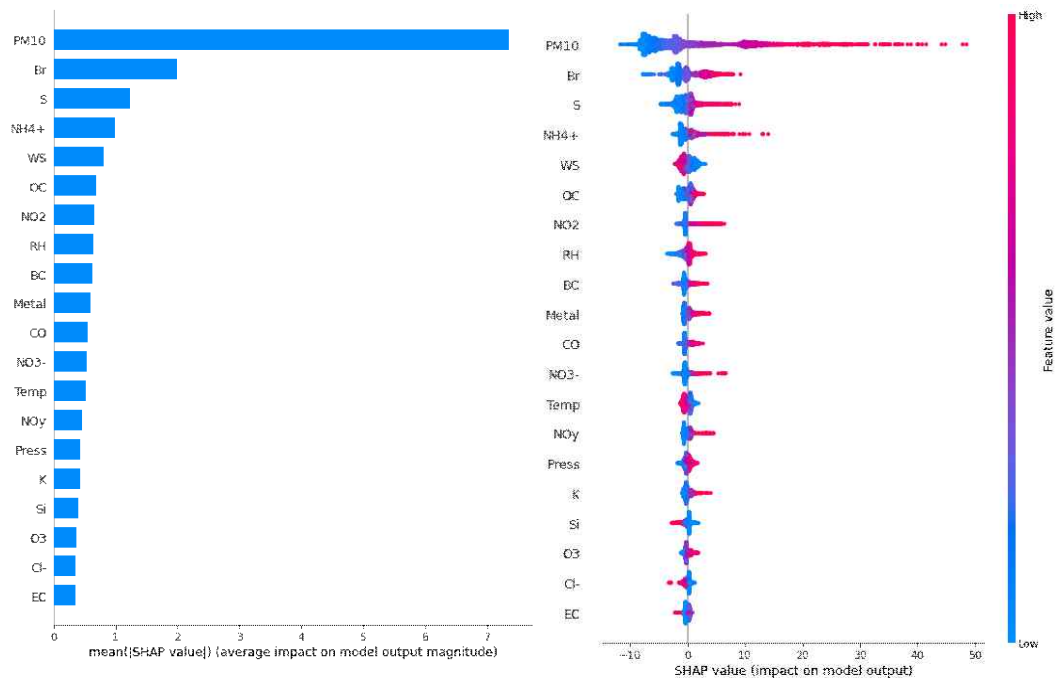


그림 6. SHAP value 분석 결과에 따른 변수 중요도 도식화

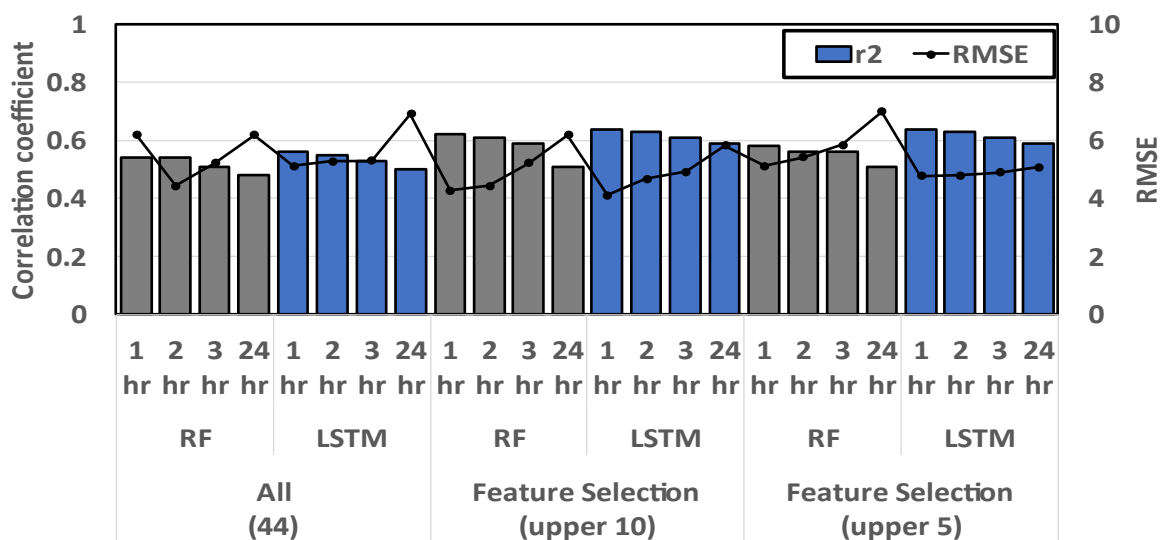


그림 7. RF와 LSTM을 활용한 예측성능 결과

### 3) 국외 에어로졸 관련 연구동향 조사

#### ① 저가형 센서를 활용한 측정분석

- 저가용 센서는 전통적으로 사용되어온 고정측정장비들의 이용의 어려움과 유지관리에 소요되는 고가의 장비를 대신하여 정확하진 않지만 지역적 공간분포 확인을 목적으로 사용되어 왔음.
- 국내에서도 SKT, KT, K-weather 등을 중심으로 저가센서망을 구축하여 운영하고 있으며, 서울, 시흥, 안산이 시범지역으로 운영되고 있음.
- 저가형 센서에 대한 개발과 현장적용이 지속적으로 추진되고 있으나 아직까지 우리나라처럼 국가차원에서 관리규제 등급을 부여하여 관리하는 곳은 없는 것으로 확인됨.
- 다만 우리나라의 경우 단일 팀이 개발과 현장평가를 독단적으로 추진하여 분야별 전문성이 결여된 상태에서 진행되는 반면 유럽의 경우 센서 개발, 전자통신, 현장조사, 데이터 분석 등이 전문기관들이 그룹을 이루어 추진하여 좀 더 체계적인 결과를 도출하고 있는 것으로 확인됨.
- Voigtlander 등은 저가용 PM모니터링 센서를 이용하여 도심지역 내 PM<sub>2.5</sub>농도 수준을 비교하였고, 비교결과 중장기적인 측정에서 데이터 안정도가 유지되는 것을 확인하였음. 다만 우리나라의 경우 도심지역 외 산업현장, 근로자 보호 등 다양한 분야에서 활용되고 있는것에 반해 대부분의 연구가 도심지역 공간분포 확인이 주를 이루고 있었음

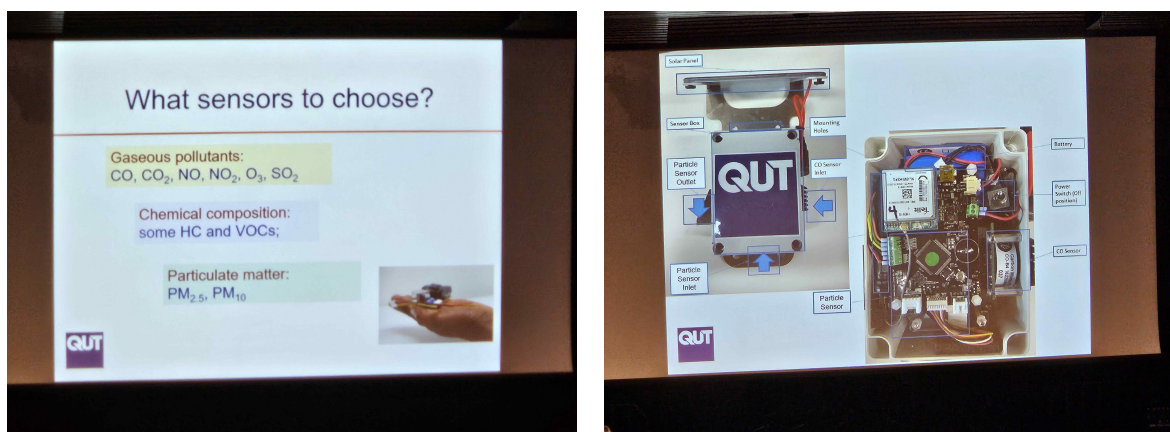


그림 8. 저가형 센서를 이용한 연구사례 발표자료



## ② Biomass burning 및 Forest Fire 관련 Black Carbon 연구

- 유럽은 장기적인 대기질 관리정책으로 실외 대기질 관리에 성공적인 결과를 도출하기 시작하였음. WHO나 EU에서는 실내외 오염도 기준을 통합하기 위한 연구와 기준설정을 추진하기 시작하였고, 현실적으로도 이들 수준에 도달하고 있음
- 이렇게 되자 생활환경에 대한관심이 증가하기 시작하였고, 가장 큰 예가 산불을 포함한 생물성연소와 BC에 대한 연구임.
- Stracquadanio 등은 이탈리아에서 나무연소 오븐을이용한 피자 조리 과정에서 발생하는 입자상 오염물질의 특성을 분석하여 제시하였고, 조리과정에서 비조리과정 대비 3배 높은  $PM_{2.5}$  농도수준을 보고하였음.
- Coulson 등은 구텐버그에 있는 도시에서 화목난로 연소에 따른  $PM_{2.5}$  농도수준을 조사하여 보고하였는데, 측정결과 겨울철  $PM_{2.5}$ 농도가 순간적으로  $90 \mu g/m^3$ 을 초과하는 사례를 보였는데 이때 구간별로 나타나는 생물성 연소의 영향을 확인하였음.

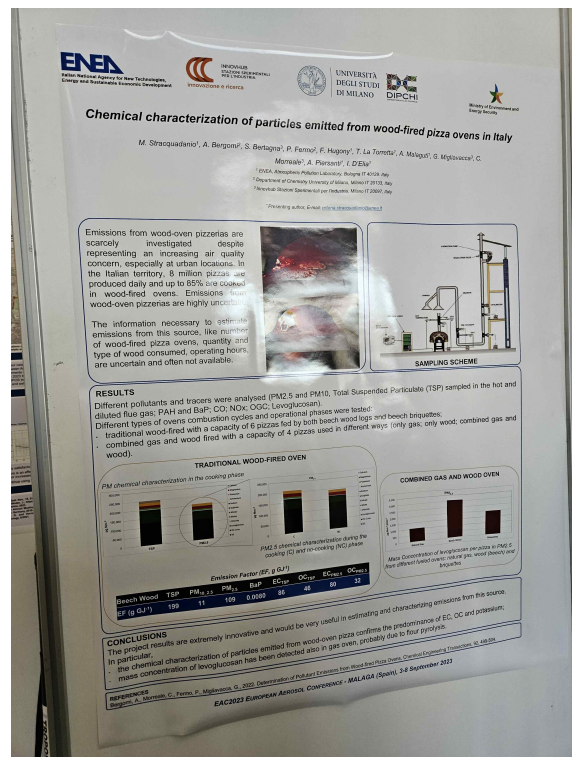
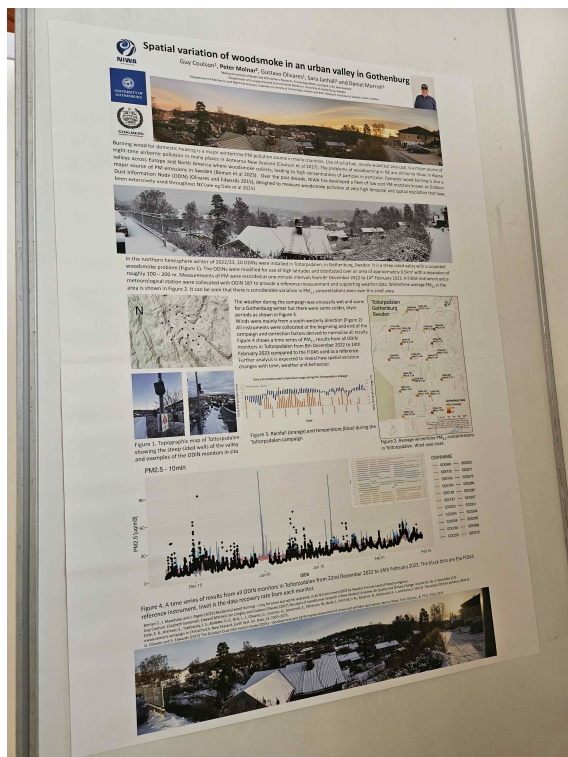


그림 9. 생물성 연소관련 연구 Poster 발표 자료



- 유럽은 여러 나라에 걸쳐 우거져있는 산림에 대한 산불 영향에 대한 관심이 매우 높음. 산불 발생시 다수 국가에 걸쳐 광범위한 영향을 미칠 수 있음. Salma 등은 2014년부터 2022년까지 발생한 산불을 대상으로 산불 발생시 나타난 입자상 오염물질 증가사례를 보고하였음.
- 산불관련 연구는 산불 발생시 나타나는 입자상 오염물질의 발생크기와 농도수준, 시간경과에 따른 농도변화를 검토하고, 오염물질로는 BC(또는 EC)와 CO, VOCs 등을 조사하였음. 또한 발생규모와 풍향 풍속에 따른 영향도 같이 분석하였음.
- BC와 CO 등은 불완전연소에 대한 지표물질로 활용되기도 하였으며, 최근에는 AMS나 ACMS, PTR-ToF-MS 등과 접목시켜 종합분석 결과를 도출해 낸 사례도 보고되고 있음

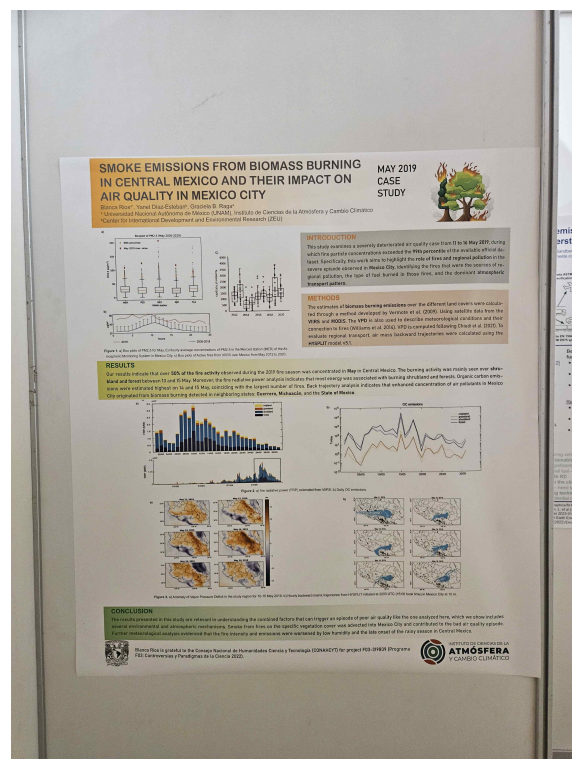
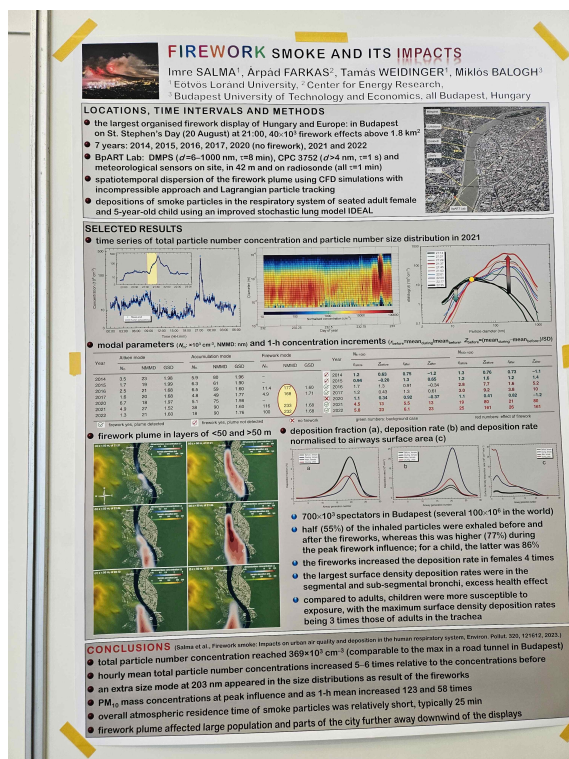


그림 10. 산불관련 연구 Poster 발표 자료

### ③ 도로변 오염물질 발생

- 자동차 브레이크와 디스크 마찰로 인한 입자 발생 관련 연구가 활발하게 이루어지고 있음. H. Hagino(일본자동차연구원)은 “Laboratory testing of brake wear particle emissions from modern passengere vehicles:particle mass, number, particle size, conposisions” 주제로 저자는 주요 국가의 주행패턴을 5가지로 분류하였으며, 각 분류별로 배출특성을 규명하고자 하였음.
- 제동 중 고온의 마찰열이 발생하고, 마찰로 인한 브레이크 패드의 증발 현상(Evaporation)으로 브레이크 패드 표면에서 입자가 발생하게 됨. 입자들은 초기에 10 nm 사이즈로 대기중에 배출되며, Kwon et al (2017)의 연구결과에서 보고하였듯이, wear로 생성된 입자(100nm 이상)와 10 nm대의 입자들이 서로 결합하여 입자를 생성한다고 보고함.
- 발생한 입자의 성분으로는 Fe와 Cu의 비율이 지배적으로 높았으며, 이는 브레이크 패드와 디스크로의 성분이라고 보고하였음.
- M. Mathissen(Ford, 독일)은 최근 GTR24가 채택되어 2025년부터 EURO7(Emission limit)가 강화될 예정이라고 보고하였음. 브레이크 패드와 타이어로 해양으로 유입되는 미세플라스틱 중 약 35%는 자동차 및 도로 각종 기구물 및 도로 페인트 등에서 기인될 만큼 많은 부분에서 미세플라스틱 발생원으로서 규제 대상 필요성이 논의되었고, 이에 EU에서는 Euro7 표준에 관련 규제를 2025년 출시 자동차에 적용.
- M.J. Haugen et al(University of Cambridge, UK)은 “Characterisation of metal tracers in tyres for environmental monitoring applications” 주제로 발표를 진행하였음.
- 해당 발표에서는 타이어 마모에 대한 비배기배출 특성에 대한 측정분석을 수행하였음. 본 연구팀에서는 측정된 입자들의 화학적 조성은 브레이크 패드의 성분과 유사하다는 것을 확인하였으며, 브레이크 감속과 코너링 과정에서 많은 입자가 발생된다고 보고함.

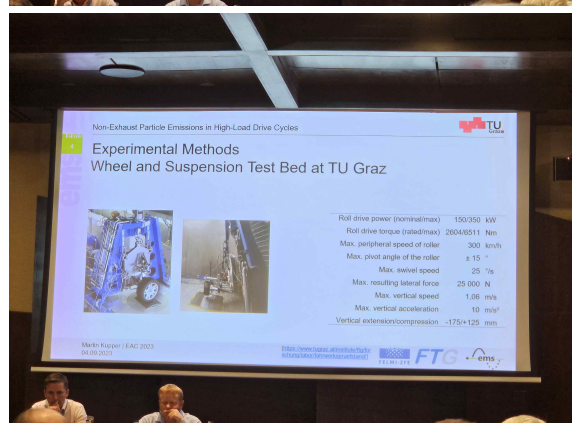
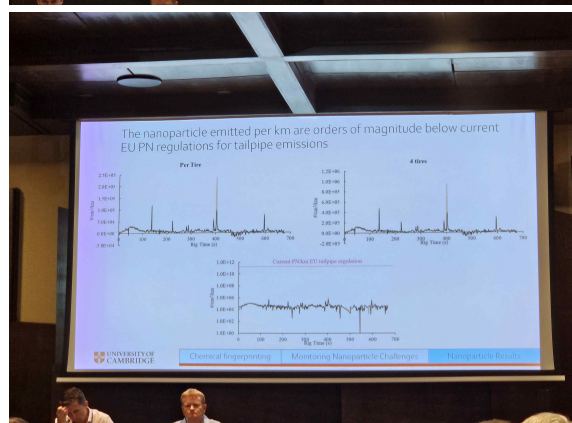
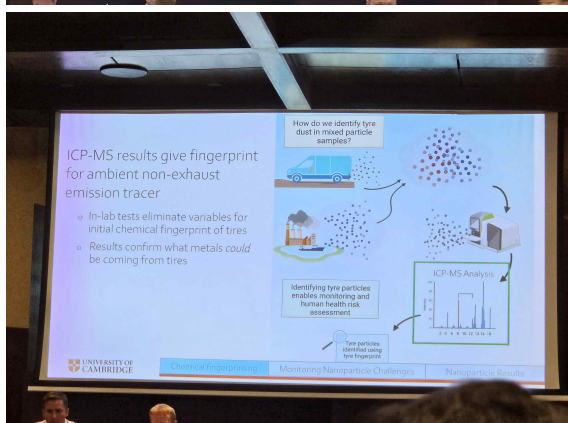
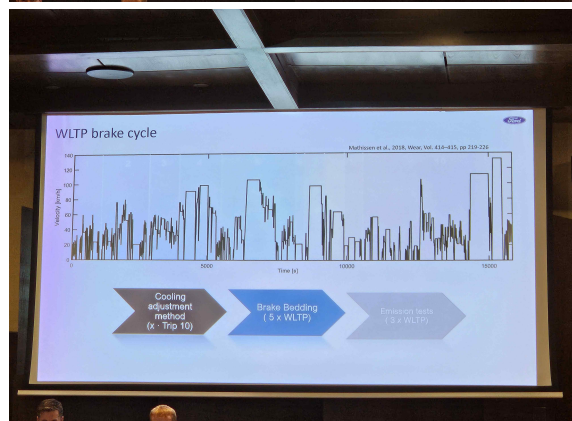
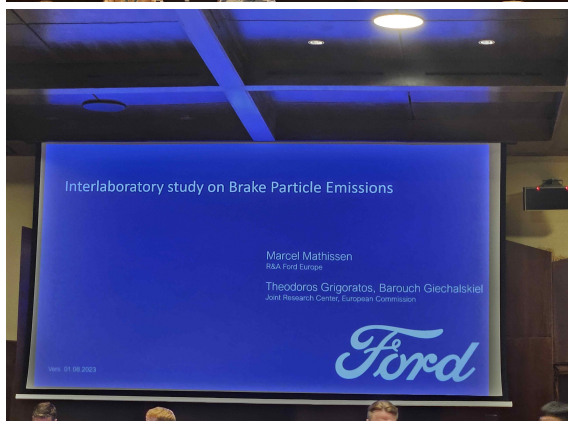
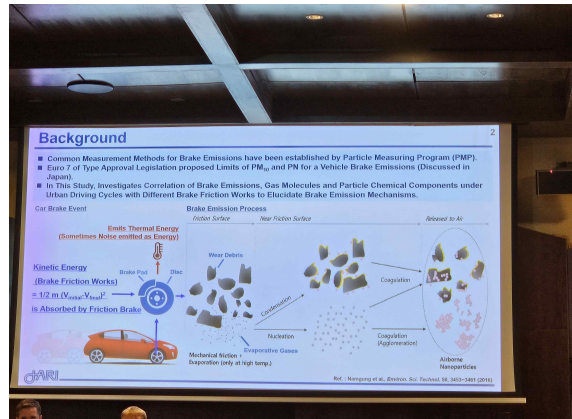


그림 11. 도로변 오염물질 배출 및 마모관련 연구발표 사례



#### ④ 실내외 공기질관련 연구

- EAC 2023 역시 실내외관련 연구는 편수부터 많지 않았고, 발표도니 사례 역시 최근 트렌드에서 벗어난 논문은 확인되지 못하였음.
- 실내외 주요오염물질을 대상으로 측정분석을 수행하고, 관련 농도를 기준으로 취약계층별 노출량을 산정한다던가, 아님 외부 물지대비 ratio를 제시한다던가의 추세였음. 과거 추운 지역이었던 유럽지역은 실내 난방을 위해 화목난로를 주로 사용하였고, 여기서 발생하는 오염물질에 의한 실내공기질 연구가 다수 추진되었으나, 기술개발과 생활패턴 변화에 따라 벽난로가 점차 사라지면서 이들에 관련 연구는 많이 축소된 상황임.
- 다만 지난 3년간 발생한 코로나19에 따라 환기량이 매우 부족해지면서 실내오염물질에 의한 환경설질환(아토피, 천식, 피부질환) 등이 재 증가하는 추세로 이들에 대한 관리를 위한 방안이 제시되기도 하였음
- 또한 어린이집, 학교, 노인보육시설 등 취약계층에 대한 농도관리가 필요한 것으로 제시되었음. 공간에 따라 취약계층들이 받아들이는 오염도 수준이 다르지 않음을 파악한 상태에서 공간별 관리를 수용체 입장이 아니 관리자 측면에서 편리성을 추구한 결과로 향후 수용체 입장에서 관리를 위해서는 모든 공간에 대한 동일 노출기준 설정과 관리 필요할 것으로 판단됨.

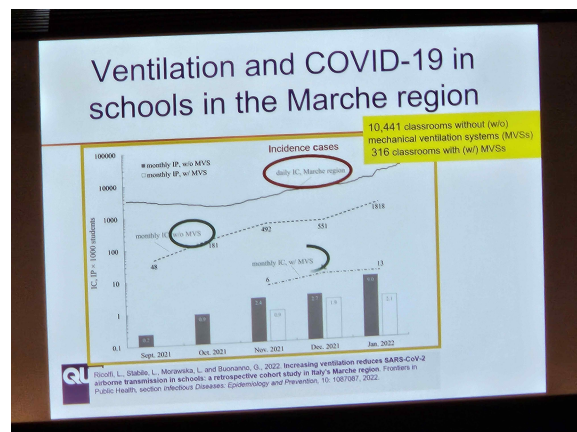
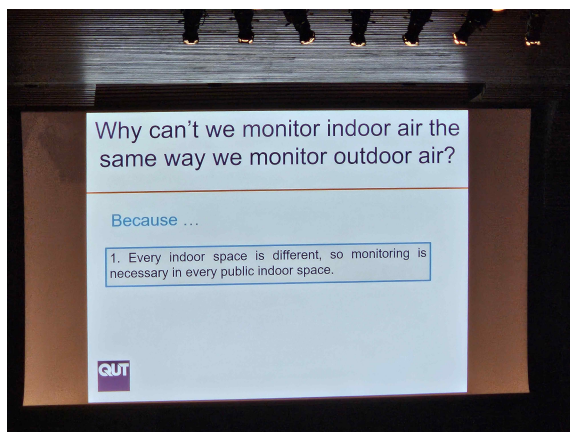


그림 12. 실내외 연구관련 연구발표 사례

## ⑤ 2차 생성 에어로졸 관련 연구

- 2차 생성에 대한 연구는 최근 가장 이슈인 분야이다보니 다양한 기관에서 많은 연구사례가 보고되었음
- 국내에서는 원수란 등이 수도권 대기환경연구솔데이터를 기반으로 2020~2022년까지 측정된 VOCs 데이터를 기반으로 계절별 농도 변화와 개별 VOC에 대한 특징을 분석하였고, 이를 활용하여 PMF 모델링을 수행, 기여도를 제시하였음
- Ebtini 등은 2021년을 대상으로 모스크바 내에서 PAH를 분석하여, OC, BC, SOC, POC의 분율을 제시하였음
- Zeng 등은 상하이 시내에서 고농도 오염도 발생시 화학적 조성과 배출출원, 기상조건에 따른 영향을 분석하였고, 지역 소스와 장거리 이동에 따라, 그리고 지역 내에서는 바람의 방향에 따라 다양한 화학조성을 가지며, VOCs 농도를 이용하여 각 이벤트별 SOA를 추정하여 제시하였음
- 장거리 이동 및 지역 내 발생 여부를 검토하기 위해 역궤적 분석과 CPF 모델이 주로 활용되고 있었으며, 소프트웨어는 주로 R을 활용하여 데이터 처리를 하는 것으로 판단됨
- Li 등은 독일을 배경으로 여름철 열풍 발생시 SOA와 VOCs의 배출원에 대한 조사 연구를 수행하였음. VOCs는 PTR-MS를 사용하였고, AMS, LIDAR 등 최첨단 장비가 활용되었음
- AMS로 분석된 PM<sub>1.0</sub> 농도를 고농도와 저농도 사례로 구분하였고, 저고농도시에는 남서풍이, 저농도시에는 서풍이 주풍인 것을 확인하였음. 또한 고농도일 경우 온도가 높고, 습도와 풍속이 낮으며, 광량은 큰 차이점이 없는 것으로 확인되었음.
- Manousakas 등은 중국 내 6개 도시를 대상으로 유기 및 무기물질에 대한 실시간 분석결과를 제시하였음. 측정장비는 XRF와 ACMS, Aethalometer를 사용하였고, 측정결과는 수용모델을 통해 기여도를 산출하였음
- PAUL SCHERRER INSTITUTE (PSI) 그룹에서 첨단장비를 활용하여 전 세계적인 SOA 연구를 수행하고 있으며, 다양한 연구팀이 포함되어 있어 데이터 분석이 좀 더 다양한 시각으로 제시되고 있음

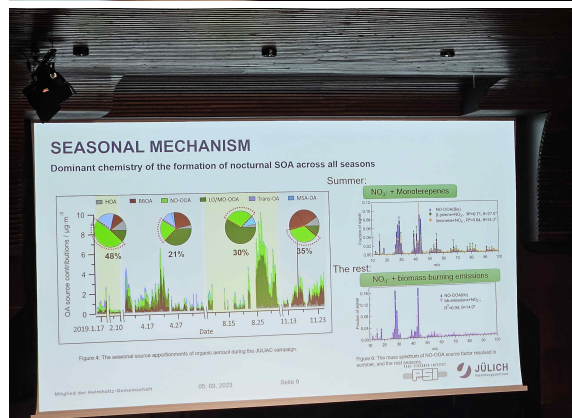
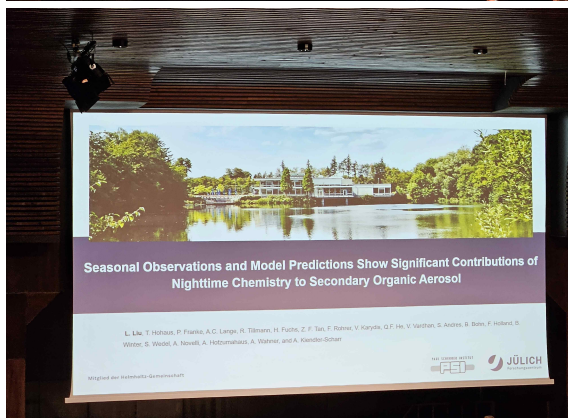
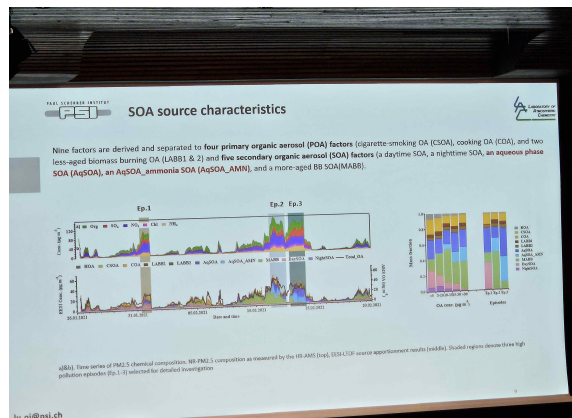
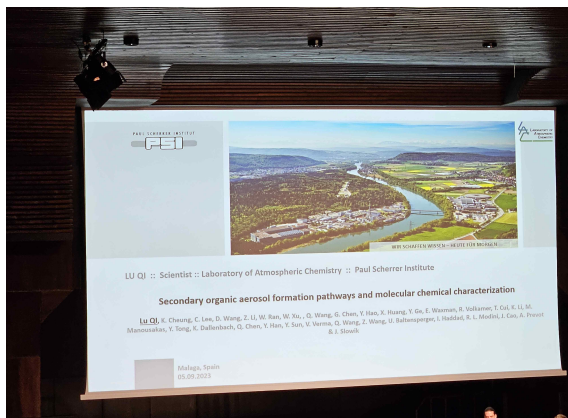
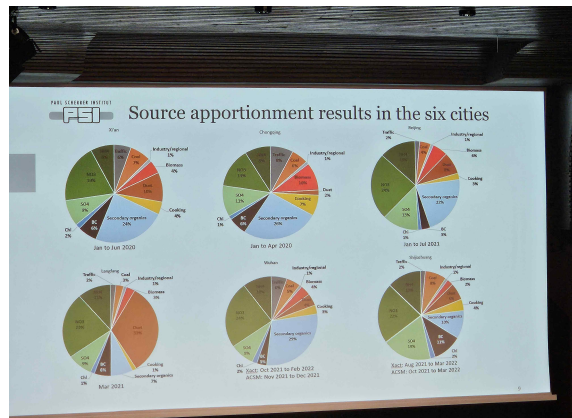
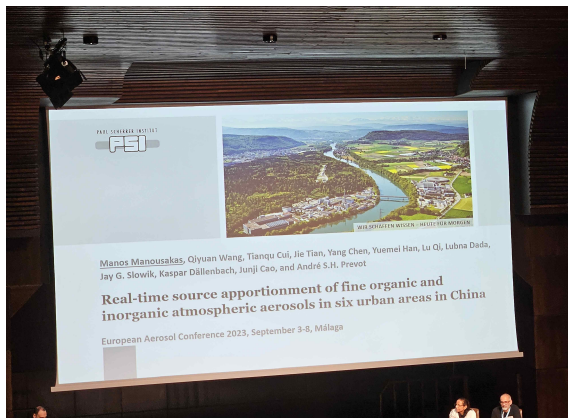
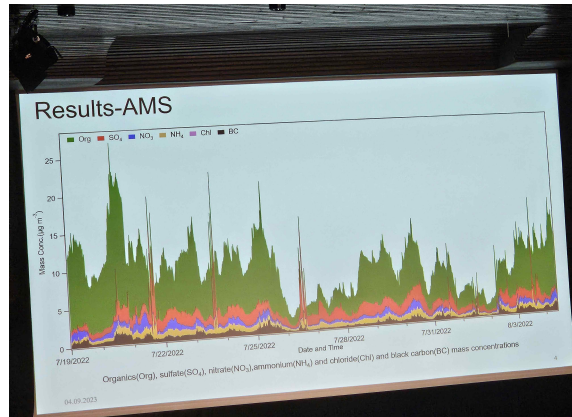
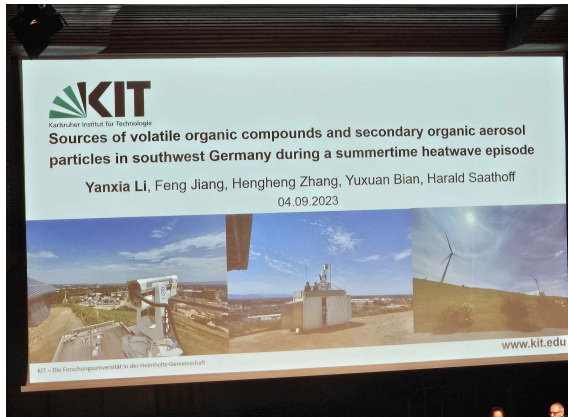


그림 13. 2차생성관련 연구동향 보고 사례



## ⑥ 장거리 이동관련 연구

- 지중해 연안 국가들은 아프리카 대륙과 인접해 있어 사하라 사막에서 기원되는 먼지 입자들에 대한 연구가 지속적으로 진행되어 왔기 때문에 많은 국가들은 황사의 영향에 대해 실시간으로 모니터링 하고 있음
- 특히, 스페인 남부지역은 아프리카 대륙과 지리적으로 매우 가깝기 때문에 아프리카 대륙에서 넘어오는 먼지들을 모니터링하고 있었으며, Castillo et al(University of Granada)은 이러한 황사현상에 대한 모니터링 결과를 발표하였음
- 그라나다 지역은 스페인 남부지방을 대표하는 도시로서 에어로졸 측정 스테이션을 활용하여 2021년 11월부터 2023년 6월까지 대기질 모니터링이 수행하였음.
- 측정기간 중 발생한 PM<sub>10</sub> 고농도 사례는 아프리카 대륙에서 넘어온 기단으로부터 발생되었으며, 고농도 사례시 탄산염 농도가 80배나 높게 측정되었으며, 알루미늄규산염 또한 약 50배 이상 높게 측정되는 것을 확인할 수 있었음

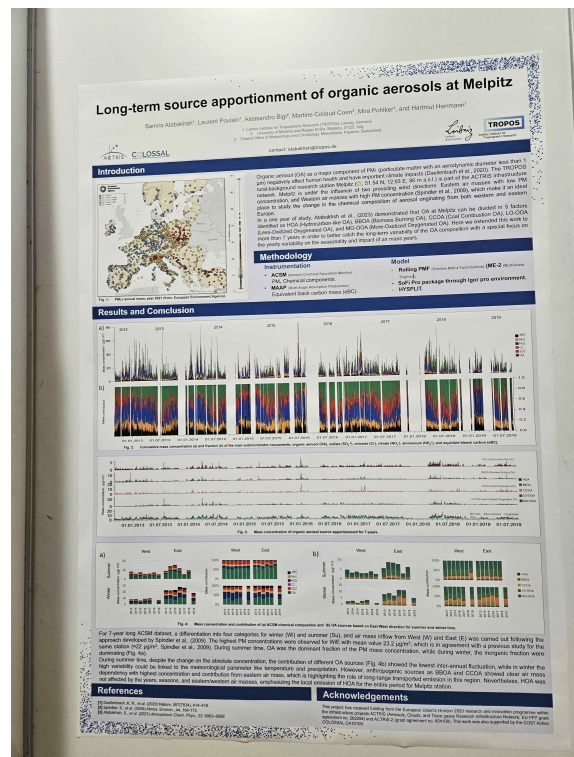
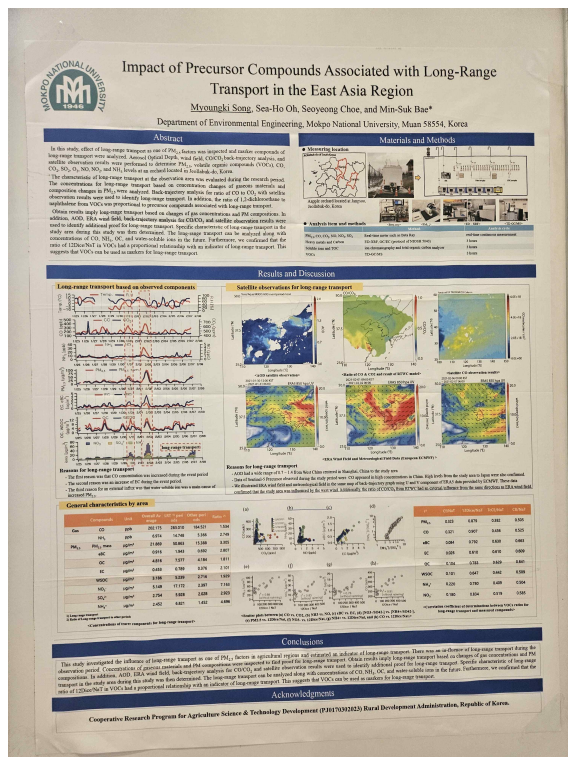


그림 14. 장거리 이동관련 연구 발표 Poster 자료

#### 4) 에어로졸관련 측정분석 장비 현황

##### ① BC측정장비

- BC는 검댕이라고도 하며, 측정방법에 따라 열투과적인 방법으로는 무기탄소(EC), 광학적 분석방법으로는 BC라고 명명하고 있음.
- EC의 경우 Sunset사의 IMPROVE 방법에 따른 TOT 장비가 활용되고 있으며, 필터 측정방법 및 분석주기에 따라 Lab-scale과 반자동방법으로 구분되어 활용되고 있음. 현재 국내에서 운영 중인 대기환경연구소의 경우 대부분 30분단위로 EC 값을 얻을수 있는 반자동방법을 활용하고 있으며, BC는 Magee사의 Aethalometer 장비를 활용하고 있음.
- EAC 2023에서는 AE43장비를 선보임. Aethalometer 장비는 배경여지에 임팩터를 거친 오염물질을 필터링 후 다양한 파장의 레이저를 조사하여 흡수도를 오염농도로 환산하여 나타내고 있는데, 그 동안 문제시되었던 필터 로딩이 줄어들수록 ATN 값이 떨어지는 현상과 유량에 대한 문제를 대폭 보완한 장비임.



그림 15. EAC 2023에 전시된 AE43  
모습

## ② 중금속 분석장비

- 중금속은 전통적으로 입자상 오염물질에 포함되어 있는 물질에 대해 전처리를 통해 분석장비를 통해 분석하여 데이터를 확보하였음
- ICP를 이용한 방법은 신뢰도 높은 정보를 확인할 수 있으나 과정이 복잡하고, 처리 후 필터를 재사용할 수 없다는 단점이 있었음. 이를 보완하기 위해 필터에 레이저를 조사해 중금속 농도를 확인 할 수 있는 XRF 방법이 제안되어 최근 활용되고 있음
- EAC 2023에서는 COOPER Environmental이란 업체에서 Xact 625i란 장비를 선보였음. 본 장비는 40여개 이상의 중금속을 포집과 동시에 실시간으로 분석하여 정보를 제공할 수 있으며, 별다른 전처리 없이 필터 샘플링에 바로 적용하기 때문에 별다른 전처리가 필요하지 않고, 분석 후 필터는 재사용하여 다른 분석이 가능하다는 장점이 있음.
- 또한 업체에서 제공하는 소프트웨어를 사용하여 데이터 분석결과를 레포트 형태로 제공받을 수 있고, 분석 또한 자동으로 이루어져 동시에 다른 업무와 공동 추진이 가능해 분석활용도가 높을 것으로 판단됨.



그림 16. EAC 2023에 전시된 XRF 모습



### ③ 입자특성 분석 장비

- 입자측정장비들에 대한 신뢰성 향상을 위한 노력을 측정분석장빅계에 꾸준한 이슈로 부각되어 왔음. 왼쪽의 장비는 Swisens에서 전시한 바이오 에어로졸 측정장비익곡, 오른쪽은 Digitel에서 전시한 시퀀스 타입의 멀티 측정장비이다. 두 장비 모두 기존의 전통적인 모니터링 방법을 통해 데이터를 확보하는 방법으로 국제적인 공정시험 방법안에서 제시된 방법을 활용하고 있음.
- 최근 실내공간에서 곰팡이, 바이러스 등 바이오 에어로졸의 기준 초과 사례가 다수 보고되고 있는데, 특히 그 중 어린이집이나 유치원 등 환경취약계층 활동공간에 대한 사례가 다수 포함되어 있어 이들에 대한 정확한 현황파악이 중요할 것으로 판단된다. 바이오 에어로졸의 경우 잘 관리된 배지에 입자상 오염물질을 포집한 후 배양하여 개수농도를 측정하는 방법이 활용되고 있는데, 이 방법은 계수자의 역량에 따라 큰 편차를 야기할 수 있음. 하나 본 측정장비는 이들의 개인오차를 최소화할 수 있는 편의사항을 제공하고 있어 연구의 신뢰성 확보에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 기대됨



그림 17. EAC 2023에 전시된 입자개수측정장비 모습

#### ④ 온실가스 멀티 분석장비

- 가스상 오염물질은 입자상 오염물질 대비 등속흡인 등 고려사항이 적어 측정분석이 쉬운 것으로 알려져 있음. 하지만 대기 노출시 물리화학적 반응성이 커 측정이 쉽지 않은 물질들이 많음
- CO<sub>2</sub>의 경우 온실가스 지표물질로 GWP가 1로 지정되었을만큼 중요도가 높은 가스상 오염물질이나 간선물질들과의 반응과 정량화가 어려워 기존 NO<sub>x</sub>, 및 SO<sub>x</sub> 등의 장비들에 비해 고가로 판매되고 있음.
- GRIMM 사에서는 기존에 입자상 오염물질 측정장비 외에 최신 연구 트렌드를 반영하여 온실가스 멀티 가스분석장비를 선보임. 측정항목은 앞서 언급한 CO<sub>2</sub> 외에 H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> 등 총 5개 항목을 측정분석할 수 있음. 충청남도는 CO<sub>2</sub> 대기오염물질과 더불어 온실가스 다 배출 지역으로 이들에 대한 모니터링 및 현황파악이 중요하며, 특히 PM<sub>2.5</sub> 생성에 가장 큰 영향물질로 알려져 있는 CH<sub>4</sub>에 대해서는 농축산 집약 지역으로 관리가 요구되나 현재까지 측정분석 자료조차 존재하지 않아 이들 장비에 대한 도입이 필요할 것으로 판단됨



그림 18. EAC 2023에 전시된  
가스분석장비 모습

#### 5) 한국인 에어로졸 연구자의 밤 참석

- EAC 2023에는 총 61명의 한국인 연구자들이 참석하였으며, 그 들 중 에어로졸관련 박사 26명이 모여 “에어로졸 연구자의 모임”을 개최함
- 김창수(서울대), 배귀남(한국과학기술연구원), 한방우(한국기계연구원), 이 동근(부산대), 이지이(이화여대), 황정호(연세대), 노광철(에어랩) 등 기존 연구자 외에 우상희(한국기계연), 조희주, 조윤행(한국에너지기술연구원), 이영혜(한국과학기술연구원), 허기준(전남대) 등 신진과학자들 참석하여 각자 본인 연구관심분야와 향후 계획에 대해 공유하였음
- 과거 대비 신진연구자들의 유입이 빠르게 진행되면서, 신규연구자간 교체가 빠르게 진행되고 있는 것을 확인할 수 있었음
- 특히 최근 정부에서 발표한 차년도 예산안에 따라 내년도 R&D 비용의 감축이 확실시됨에 따라 학교 및 출연기관 전체에 대한 파급효가가 있을 것으로 판단되며, 각 기관별 대응방안이 가장 큰 이슈로 부각됨
- 현재 김종범 책임연구원이 과제책임으로 수행하고 있는 환경부(국립환경과학원)과 동북아 지역연계 초미세먼지사업단 역시 이 상황을 피해가지 못할 것으로 예측되며, 추후 변화를 유심히 검토할 필요가 있음
- 이와 더불어 최근 연구결과에 대한 지자체 확산 및 공동 대응이 이슈로 떠오르면서 지자체 연구원과의 협업을 요청하는 기관들이 다수 있었으며, 특히 한국에너지기술연구원이나 이화여대의 경우 공동연구 발굴에 대해 적극적인 모습을 보임. 향후 이들기관들과의 연구협력과 공동사업 발굴을 위한 지속적인 교류가 필요할 것으로 판단됨



그림 19. 에어로졸 연구자의 밤 참석 모습



## 6) 충청남도 정책 제언

- 충청남도는 국내 타 지역 대비 석탄화력발전소, 제철소, 석유화학단지 등 대형배출시설들이 다수 위치해 있어 타 지역 대비 이들 대형사업장들에 대한 관심과 관리에 많은 노력을 기울이고 있음
- 하지만 연구 부문에서는 지역 내 인프라 부족으로 세계적인 연구 트렌드나 국가의 연구방향을 따라가지 못하고 있는 실정임
- 지역 현안이슈 대응을 중심으로 연구가 추진되다 보니 진보적이고, 과학적인 데이터 생산이나 자료조사가 이루어지지 못하고 있으며, 생산된 대부분의 데이터가 공정시험법 위주의 기준치 초과여부를 판단하는 수준임
- 하지만 EAC 2023에서 나타났듯이 선진국들은 이미 기존의 공정시험법 위주의 자료 조사 및 대응 수준을 벗어나 첨단장비들을 활용한 데이터 확보와 원인규명, 미래 대응방안 마련을 위한 접근을 추진 중에 있음
- 충청남도의 경우 2018년 종료된 “대산공단지역 대기환경영향 조사”과제의 결과를 기반으로 SIFT-MS가 도입되어 활용되고 있을뿐, AMS나 ACMS, PTR-ToF-MS 등 최첨단장비에 대한 도입이나 데이터활용에 대해서는 논의조차 진행되지 못하고 있음
- 2017년부터 추진된 동북아 지역연계 초미세먼지 사업단 연구에 따라 수도권권을 포함한 중부권, 동부권, 동남권에 대한 집중측정 및 데이터 해석이 진행되었으나, 충청남도는 중부권에 포함되어 있음에도 불구하고 단 1건의 데이터 생산이 이루어지지 못하였음
- PM<sub>2.5</sub>에 대한 데이터 정보 확보 및 기여도 분석은 지역 내 대기질 개선을 위한 첫 번째 단추임에도 불구하고 아직까지 이러한 데이터를 확보하지 못하고 있다는 것은 원인을 모른채 화재를 진압하겠다는 것과 같음
- 이에 본 EAC 2023 참석을 계기로 충청남도 대기질 개선을 위해 필요한 몇가지 사항은 정책개선 방안으로 제시하고자 함

### 1) 최첨단장비에 대한 도입 필요

- 과거부터 현재까지 공정시험방법으로 활용되고 있는 시험법들은 대부분 그 부문에서 가장 정확한 농도값을 생산할 수 있는 방법이지만 대부분

현장 시료채취 후 분석기기를 통한 농도확인이 필요한 과정으로 연속적으로 변화하는 오염물질에 대한 배출원 특성을 반영할 수 없음

- EAC 2023에서 발표된 많은 연구들은 기존의 공정시험법에서 탈피하여 다양한 첨단장비를 활용한 데이터 생산이 주를 이루었으며, 이를 기반으로 한 원인 분석은 향후 지역 대기질 개선을 위한 정책 수립에 중요한 정보로 활용될 수 있음

## 2) 지역 전문가 육성 및 연구환경 개선

- 첨단장비만을 구축해 놓는다고 그 장비가 잘 돌아가는 것은 아님. 그 장비가 잘 돌아갈 수 있게 설치하고 관리할 수 있는 전문인력이 양성, 현장에 투입되어야 하지만 아직까지 충남지역 내 환경분야를 이끌어 나갈 수 있는 거점 연구소나 학교가 부족한 실정임.
- 충남 지역 내 한서대, 호서대, 순천향대 등 환경관련 학과들이 운영 중에 있으나, 지역 인구소멸과 권역 내 일자리 부족으로 학생 정원 맞추기에 버거운 실정임
- 환경조사 및 데이터 생산을 위해 충남연구원 서해안기후환경연구소가 운영 중에 있지만 이 또한 지역 연구원의 한계(측정분석 인프라 부족)로 대부분 국가 연구과제에 소속되어 연구자료를 구축하는 등 자체적인 데이터 생산연구나 원인 규명 연구는 매우 부족한 실정임
- 지역 역시 국가와 마찬가지로 중장기적인 관점으로 계획을 수립하여 기초정보 수집 및 인력양성을 위한 추진해야 하며, 이들의 연구를 지원할 수 있는 사업을 추진해야 할 것임

## 3) 세계적인 연구 트렌드를 반영한 지역 내 맞춤형 연구 과업 발굴

- EAC 2023에서 나타난 유럽의 대기분야 연구특성을 크게 광역적인 산불 관련 관리 및 영향 분석, 기후변화에 영향이 큰 BC에 대한 지역별 농도 변화 트렌드 분석, 마지막으로 PMF나 SOA 등 그 동안 불확실성이 큰 분야 대한 고도화였음
- 충남의 경우 대형배출시설이 많기 때문에 이들에 대한 영향분석이 요구

됨. 수년간 이들 지역에 대한 개별적인 영향조사 과제는 추진되어 왔으나 대기오염물질의 경우 어느 특정지역에 대한 조사와 분석으로는 광역적으로 이루어지는 영향특성 분석이 어려울 수 있음.

- 하지만 여태까지의 연구는 대부분 발주처의 관심사에 의한 연구가 주를 이루어 왔음. 발전소관련 비용으로 나온 과제는 발전소에 대한 연구만, 석유화학단지에 기인한 과제는 발전소에 의한 주변 영향만을 검토하였을 뿐 이들의 종합적인 분석은 이루어지지 않았으며, 국가역시 이들 결과를 반영한 한반도 차원의 모델링 등이 이뤄어졌으나 종합 측정을 통한 영향 분석은 수행되지 못하고 있음.
- 발전소나 석유화학단지 등에서 지급되는 지역자원시설세나 상생자금에 연연한 과제가 아니라 도 차원에서 계획하고, 수립한 중장기적인 과업을 설계하여 종합적인 분석과 영향 파악이 필요함

#### 4) 국가 및 출연기관들과의 지속적인 연계와 관심

- 앞서 언급한것처럼 지역 내 인프라 부족으로 수행되지 못하는 부분에 해서 지금 당장 계획을 수립하고, 추진하기에는 많은 어려움이 있음. 하지만 이러한 부분에 대해 간헐적이지만 국가차원의 연구에서 우리 지역 내 다양한 연구결과를 가지고 있는 기관들이 다수 있음
- 장기적으로는 우리 만의 계획을 수립하여 추진하는 것이 바람직하나, 단기적으로는 이러한 계획이 수립되어 추진되기 전까지는 국가차원에서 추진 중인 국가 R&D 사업에 대해 지속적인 모니터링을 통해 이들 과업에서 생산된 정보를 확보하고 이를 활용할 수 있는 방안을 모색하는 것이 필요해 보임
- 특히 최근에는 환경부(국립환경과학원)이나 동북아 지역연계 초미세먼지 사업단에서 충남지역에 대한 관심과 사업이 다수 추진되고 있으므로 이들에 대한 모니터링과 데이터 확보가 필요하며, 장기적으로 권역 내 위치하고 있는 대기환경연구소(충청권, 중부권 등)에 대해서도 MOU 등을 통한 지속적인 데이터 확보가 필요할 것임

## 첨부자료

1. EAC 프로그램 집
2. 초록
3. 발표자료
4. 기타 수집 자료

## 첨부 1. EAC 프로그램집



**PROGRAM BOOK**

**EAC 2023 MALAGA SPAIN**  
3-8 SEPTEMBER

**European Aerosol Conference**  
**EAC2023**

[www.dfmf.uned.es/EAC2023](http://www.dfmf.uned.es/EAC2023)







Universidad de Malaga [www.uma.es](http://www.uma.es)

Universidad Nacional de Educación a Distancia [www.uned.es](http://www.uned.es)

© UNED, 2023

Program Overview

### Monday, September 4, 2023

Time	Auditorium 1	Auditorium 2	Room 1	Room 2.1	Room 2.2
9:00 – 9:30	Auditorium 1. Opening Ceremony Tomas Cordero Alcantara, Vice-Rector of Teaching and Research Staff, Univ. Malaga J. Carlos Antoranz, Dean of Sciences, UNED Evelyn Gehin, President, European Aerosol Assembly Ignacio G. Loscertales, Universidad de Malaga Jose L. Castillo, UNED				
9:30-10:30	Auditorium 1. Plenary Lecture 1 Jose L Jimenez. Airborne disease transmission: how it works, why it was misunderstood, and how to fight it				
10:30-11:00	Coffee Break				
11:00-12:30	Session 1-A1 WG2	Session 1-A2 WG2	Session 1-R1 S0	Session 1-R2 S4	Session 1-R3 WG3
12:30-13:20	Lunch Break				
13:20-13:50	Keynote 1-A1 Roberta Vecchi	Keynote 1-A2 Martin Jarrold			
14:00-15:30	Session 2-A1 WG2	Session 2-A2 WG2	Session 2-R1 S0	Session 2-R2 WG1	Session 2-R3 S2
15:30-16:00	Coffee Break				
16:00-17:15	Session 3-A1 WG2	Session 3-A2 WG2	Session 3-R1 S1	Session 3-R2 WG1	Session 3-R3 S2
17:15-19:15	Poster Session 1				

### Tuesday, September 5, 2023

Time	Auditorium 1	Auditorium 2	Room 1	Room 2.1	Room 2.2
9:00-10:00	Auditorium 1. Plenary Lecture 2 Silvia Hennings. Drivers of Cloud Condensation Nuclei (CCN) Concentrations and Properties				
10:00-10:30	Coffee Break				
10:30-12:00	Session 4-A1 WG2	Session 4-A2 WG2	Session 4-R1 WG4	Session 4-R2 S4	Session 4-R3 S4
12:05-12:35	Keynote 2-A1 Lidia Morawska	Keynote 2-A2 Robert McGraw			
12:35-13:30	Lunch Break				
13:30-15:00	Session 5-A1 WG2	Session 5-A2 WG2	Session 5-R1 WG4	Session 5-R2 WG1	Session 5-R3 S5
15:00-15:30	Coffee Break				
15:30-17:00	Session 6-A1 WG2	Session 6-A2 WG2	Session 6-R1 WG4	Session 6-R2 WG1	Session 6-R3 S5
17:00-17:15	Group photo				

EAC2023, 3-8 Sept. 2023, Malaga (Spain)

9

### Conference Program

#### 2.08 - Chemical characterization of carbonaceous aerosols

- 2.08-1. Time variations of Black Carbon and air particulate matter in Sofia, Bulgaria. E. Hristova, B. Veleva, E. Georgieva (National Institute of Meteorology and Hydrology - Bulgaria)
- 2.08-2. Real-world emission rate of ammonia based on the tunnel study – comparison of chassis dynamometer test. M.-K. Song, S. Choe, G.-H. Yu, M.-S. Bae (Mokpo National University - Korea)
- 2.08-3. Long-range transport impacts from secondary pollutant sources in Seoul, Republic of Korea. G.-H. Yu, S.-H. Oh, S. Choe, M.-K. Song, M.-S. Bae (Mokpo National University - Korea)
- 2.08-4. Black Carbon source apportionment from fossil fuel and biomass burning in a suburban area near Lisbon during the COVID-19 pandemic. C.A. Gamelas, N. Canha, A. Vicente, A. Silva, S. Borges, C. Alves, Z. Kertesz, S.M. Almeida (Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares - Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa - Portugal)
- 2.08-5. Urban concentrations of BC and PAHs bounded to PM2.5 air particulate in Bulgaria. B. Veleva, E. Hristova, S. Naydenova, A. Veli, Z. Mustafa, L. Gonsalvesh (National Institute of Meteorology and Hydrology - Bulgaria)
- 2.08-6. Observation of stable carbon isotopic composition of dicarboxylic acids and related compounds in fine aerosols at European rural background site. P. Vodička, K. Kawamura, J. Schwarz, V. Ždímal (Czech Academy of Sciences - Czech Republic)
- 2.08-7. Chemical profile and toxicity of PM10 from road dust resuspension on a motorway. I. Casotti Renda, T. Nunes, F. Lucarelli, S. Nava, G. Calzolari, F. Amato, N. Kovats, C.A. Alves (University of Aveiro - Portugal)
- 2.08-8. Particulate matter monitoring in a home improvement and gardener retailer. L. Furst, Y. Cipoli, E. Yubero, N. Galindo, G. Igrejas, M. Feliciano, C. Alves (University of Aveiro - Portugal)
- 2.08-9. Impact from Ryazan wildfires exceeded traffic in Moscow megacity in August 2022. G. Popovichcheva, M. Chichava, R. Kovach, A.V. Semenova, N. Kasimov (Moscow State University - Russian Federation)
- 2.08-10. Chemical Characteristics of PM2.5 at Urban, Industrial and Suburban Areas in Korea. J.B. Kim, K. Hwang, S. Park, G. Lee, I.C. Shin, J.S. Park, K. Lee, S.M. Park, J. Kim (Chungnam Institute - Korea)
- 2.08-11. Impact of dust on change of PM2.5 chemical composition in Ulaanbaatar, Mongolia. S.Y. Lee, J.H. Kwon, J.Y. Lee, Y.P. Kim, A. Natsagdorj (Ewha womans university - Korea)
- 2.08-12. Towards a better understanding of atmospheric carbon in the free troposphere. N. Nowak, S.J. Andrews, D.M. Bell, B.T. Brem, Z.C.J. Decker, J.R. Hopkins, M. Ivančić, A. Keller, G. Lavrić, T. Léonardis, R. Modini, S. Reimann, M. Rigler, T. Salameh, M. Vollmer, M. Gysel-Beer (Paul Scherrer Institute - Switzerland)

74

European Aerosol Conference

### Conference Program

#### 3.10 - Interpretation of data

- 3.10-1. The detection algorithm for real-time fluorescence bio-aerosol detector. K.B. Chai, Y.J. Go, H.S. Seo, H.W. Nam (Agency for Defense Development - Korea)
- 3.10-2. Influence of energetic crisis on Air quality at Czech ACTRIS stations in 2022. A. Holubová, J. Pacner, M. Hejriková, O. Vlček, J. Ondráček, V. Ždímal (CHMI - Czech Republic)
- 3.10-3. Aerosolomics strategy to discover specific PM source molecular markers. A. Albinet, C. Noblet, F. Lestremau, J.-L. Besombes (INERIS - France)
- 3.10-4. Experimental study of local deposition in a real scale T-junction of a ventilation network. B. Plaza, J. Malet, E. Gehin (French Institute for Radioprotection and Nuclear security (IRSN) - Université Paris Est Créteil (UPEC) - France)
- 3.10-5. An algorithm for automated peak identification in atmospheric mass spectra. V.A. Mickwitz, O. Perakyla, D.R. Worsnop, M. Ehn (University of Helsinki - Finland)
- 3.10-6. A study on the prediction of future PM2.5 concentration using contributing material data. S. Park, K. Hwang, J.B. Kim, G. Lee, I.C. Shin, J.S. Park, K. Lee, S.M. Park, J. Seo, K. Kim (Chungnam Institute - Korea)
- 3.10-7. Development of learning models to identify and classify the morphology of ambient PM2.5 particles from scanning electron microscope data. M. Yeo, J.-I. Park, M. S. Kim, M. Song, C. Kim, K. Lee, Z. Wu, A. Matsuki, A. Natsagdorj, J. Y. Lee and K.-S. Jang (Korea Basic Science Institute - Korea)
- 3.10-8. Building a machine learning model to predict sample pesticide content utilising thermal desorption MION-CIMS analysis. F. Bortolussi, H. Sandström, F. Partovi, J. Mikkilä, P. Rinke, M. Rissanen (University of Helsinki - Finland)
- 3.10-9. Long-Term Measurements of Ultrafine Particles at the German Ultrafine Aerosol Network. M. Elsassser, F. Bachmeier, J. Rudiger, M. Schütze, O. Bath, C. Couret, B. Hellack (German Environment Agency - Deutschland)

#### 4. Aerosols & Health

##### 4.04 - Bioaerosols and allergens

- 4.04-1. Comparative study of the airborne pollen registered in three different areas of the city of Malaga (southern Spain). A. Picornell, C. Borgognone, R. Ruiz-Mata, E. de Gálvez-Montañez, M. Muñoz-García, M. Recio, M.M. Trigo (University of Malaga - Spain)
- 4.04-2. Airborne pollen concentrations in Sierra de las Nieves National Park (southern Spain) and its allergenic potential. E. de Gálvez-Montañez, A. Picornell, R. Ruiz-Mata, M. Muñoz-García, C. Borgognone, M. Recio, M.M. Trigo (University of Malaga - Spain)
- 4.04-3. Is Cannabis pollen transported to southern Spain during African dust intrusions? A. Picornell, R. Ruiz-Mata, E. de Gálvez-Montañez, M. Muñoz-García, C. Borgognone, M. Recio, M.M. Trigo (University of Malaga - Spain)

80

European Aerosol Conference

## 2. 초록자료 : 김종범 외

### Chemical Characteristics of PM<sub>2.5</sub> at Urban, Industrial and Suburban Areas in Korea

J.B. Kim<sup>1</sup>, K. Hwang<sup>1</sup>, S. Park<sup>1</sup>, G. Lee<sup>1</sup>, I.C. Shin<sup>2</sup>, J.S. Park<sup>3</sup>, K. Lee<sup>3</sup>, S.M. Park<sup>3</sup> and J. Kim<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Seohae Research Institute, ChungNam Institute, Hongseong, 32258, Republic of Korea

<sup>2</sup>Institute of Health & Environmental Research, Chungcheongnam-do, Hongseong, 32254, Republic of Korea

<sup>3</sup>Climate & Air Quality Research Department, National Institute of Environmental Research, Incheon, 22689, Republic of Korea

<sup>4</sup>R&D Center, Korea Environment Science Institute, Wonju, 26493, Republic of Korea

Keywords: PM<sub>2.5</sub>, Chemical composition, Air quality research center, Region

Associated conference topics: 2.5, 2.9, 2.11

Presenting author email: kjb0810@cni.re.kr

#### Introduction

PM<sub>2.5</sub> causes health damage when it enters the human body because it has various shapes and chemical compositions(Xing et al, 2016). Air quality monitoring station (AQMS) was installed to monitoring of Air pollutants such as PM<sub>2.5</sub>, NOx, SOx, CO. Among them, air quality research center is operated to analyze the physical and chemical characteristics of PM<sub>2.5</sub>. However, each AQRC has limitations in representing the region because regional characteristics, topography, and emission sources are different. Accordingly, there are operating 10 AQRC in Korea as of 2022. In this study, we will compare about the physicochemical characteristics of PM<sub>2.5</sub> measured at AQRC in metropolitan area, Gyeonggi and Chungcheong regions.

#### Materials and methods

Seoul air quality research center (SAR) is located in Seoul, the center of Korea, and road transport are main emission sources. Gyeonggi air quality research center (GAR) is located near the Banwol and Shiwa industrial complex, so GAR is affected from it. Chungcheong air quality research center (CAR) is located in an agricultural area.



Figure 1. Location of each air quality research center

#### Results and discussion

The target period was selected in 2021. The average annual concentration of PM<sub>2.5</sub> was highest in the GAR at 26.4 µg/m<sup>3</sup>, followed by the CAR at 23.4 µg/m<sup>3</sup>, and SAR at 21.8 µg/m<sup>3</sup>. By month, all sites showed the highest concentration in March and the lowest concentration in September. As a result of analysis the chemical composition ratio of PM<sub>2.5</sub>, in the case of SAR, nitrate showed the highest ratio at 30.9%, organic carbon (OC)

18.4%, sulfate 16.6%, ammonium 15.0%, and metal components 12.3%. and, in the case of GAR, nitrate showed the highest ratio with 33.7%, followed by ammonium 16.3%, organic carbon 16.1%, sulfate 15.6%, and metal component 10.9%. Nitrate and ammonium components increased compared to the SAR, but the ratio of heavy metals, organic carbon, and sulfate decreased. Finally, in the case of CAR, the ratio of metal components (13.5%) was the highest among the other sites. Conversely, the ratio of nitrate was the lowest at 25.8%, and the ratio of OC was the highest at 22.0%.

#### Conclusions

In the future, it is expected that this data can be used as basic data for establishing regional air quality improvement policies.

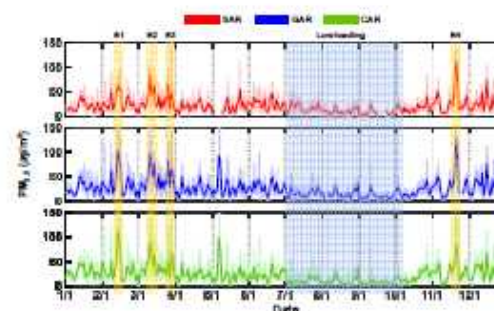


Figure 2. Annual variation of PM<sub>2.5</sub> measured at each site

#### Acknowledgments

This work was supported by a grant the National Institute of Environmental Research (NIER), funded by the Ministry of Environment (ME) of the Republic of Korea (NIER-2022-04-02-087).

Xing, Yu-Fei. Xu, Yue-Hua. Shia, Min-Hua, and Lian, Yi-Xin. (2016) *J. Thorac Dis.* 8(1), 69-74.



## 2. 초록자료 : 박세찬 외

### A Study on the Prediction of Future PM<sub>2.5</sub> Concentration Using Contributing Material Data

S. Park<sup>1</sup>, K. Hwang<sup>1</sup>, J.B. Kim<sup>1\*</sup>, G. Lee<sup>1</sup>, I.C. Shin<sup>2</sup>, J.S. Park<sup>3</sup>, K. Lee<sup>3</sup>, S.M. Park<sup>3</sup>, J. Seo<sup>4</sup>, K. Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Seohaean Research Institute, ChungNam Institute, Hongseong, 32258, Republic of Korea

<sup>2</sup>Institute of Health & Environmental Research, Chungcheongnam-do, Hongseong, 32254, Republic of Korea

<sup>3</sup>Climate & Air Quality Research Department, National Institute of Environmental Research, Incheon, 22689, Republic of Korea

<sup>4</sup>Korea Institute of Science and Technology, Seoul 02792, Republic of Korea

Keywords: PM<sub>2.5</sub>, Prediction, SHAP, Region

Associated conference topics: 3.10

Presenting author email: kjb0810@cni.re.kr

A high concentrations of PM<sub>2.5</sub> (particulate matter less than 2.5  $\mu\text{m}$ ) are observed due to air currents blowing from China and the Gobi Desert in winter and spring, and the concentration of air pollutants is high depending on domestic sources. In Korea, particulate matter is distributed differently by region. The National Institute of Environmental Research (NIER) operates the Air Quality Monitoring System(AQMS) to investigate PM<sub>2.5</sub> characteristics by region. AQMS measures fine dust pollutants(mass concentration, size distribution from 1 nm to 1,000 nm), gaseous pollutants(NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, etc), Ion(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>), black carbon, metal, heavy metal and weather information in real time to identify the characteristics of regional air pollutants. In this study, we intend to predict future PM<sub>2.5</sub> concentrations by utilizing PM<sub>2.5</sub> contributing substance data.

Each measurement parameter is used as a variable, and the contribution with PM<sub>2.5</sub> was analyzed through SHapley Additive exPlanations(SHAP) value analysis. For each variable, the future PM<sub>2.5</sub> concentration was predicted using RandomForest and Long-Short term merory(LSTM) techniques. Prediction targets were selected as 1 hour, 2 hours, 3 hours, and 24 hours, and prediction performance was compared using correlation coefficient( $r^2$ ) and root mean square error (RMSE).

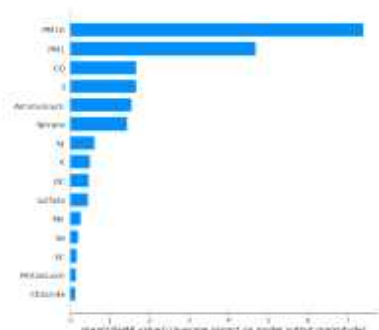


Figure 1. Result of contribution for PM<sub>2.5</sub> concentration using SHAP value Analysis

Figure 1 shows the results of SHAP value analysis. PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> are related to the increase or decrease of PM<sub>2.5</sub>, a high predictive correlation was confirmed. Park et al(2021), Baker, K. and Scheff, P.(2008) reported the particle growth of ammonium sulfate and ammonium nitrate. The predicted contribution through SHAP value analysis also showed similar results. Based on the analysis results, the prediction results are shown in Table 1. The result of prediction of PM<sub>2.5</sub> concentration. We confirmed  $r^2$  and RMSE decreased as the prediction time increased, and LSTM showed higher performance than RandomForest.

Table 1. Result of PM<sub>2.5</sub> Prediction Accuracy depending on prediction time and tool

Tool	Prediction Time	$r^2$	RMSE
Random Forest	1 hour	0.62	4.28
	2 hour	0.61	4.44
	3 hour	0.59	5.22
	24 hour	0.51	6.18
LSTM	1 hour	0.64	4.12
	2 hour	0.63	4.68
	3 hour	0.61	4.92
	24 hour	0.59	5.82

#### Acknowledgments

This work was supported by the FRIEND (Fine Particle Research Initiative in East Asia Considering National Differences) Project through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT, Korea.

#### Reference

Park, E, Kim, E, Oh, S, Kim, H, Kim, S, Kim, Y.P, Song, M. (2021) *Atmosphere*. 12(12), 1676  
Baker, K. and Scheff, P. (2008) *J. Applied Meteorology and Climatology*, 47(9), 2395–2404

### 3. 발표자료 : 김종범 외

## Chemical Characteristics of PM<sub>2.5</sub> at Urban, Industrial and Suburban Areas in Korea

J.B. Kim<sup>1</sup>, K. Hwang<sup>1</sup>, S. Park<sup>1</sup>, G. Lee<sup>1</sup>, I.C. Shin<sup>2</sup>, J.S. Park<sup>3</sup>, K. Lee<sup>3</sup>, S.M. Park<sup>3</sup>, and J. Kim<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Seahae Research Institute, ChungNam Institute, Hongseong, 32258, Republic of Korea

<sup>2</sup>Institute of Health & Environmental Research, ChungNam, Hongseong, 32254, Republic of Korea

<sup>3</sup>Climate & Air Quality Research Department, National Institute of Environmental Research, Incheon, 22689, Republic of Korea

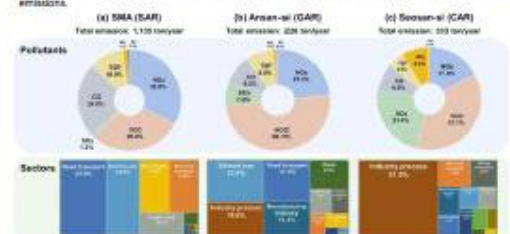
<sup>4</sup>R&D Center, Korea Environment Science Institute, Wonju, 26493, Republic of Korea

### INTRODUCTION

- PM<sub>2.5</sub> causes health damage when it enters the human body because it has various shapes and chemical compositions.
- Air quality monitoring station (AQMS) was installed to monitor of Air pollutants such as PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO. Among them, air quality research center (AQRC) is operated to analyze the physical and chemical characteristics of PM<sub>2.5</sub>.
- However, each AQRC has limitations in representing the region because regional characteristics, topography, and emission sources are different. Accordingly, there are operating 30 AQRC in Korea as of 2022.
- In this study, we will compare about the physicochemical characteristics of PM<sub>2.5</sub> measured at AQRC in Seoul metropolitan area (SMA), Gyeonggi and Chungcheong regions.

### MATERIALS AND METHODS

- Prior to the data analysis of the study area, we analyzed the emission characteristics of the study site using national emission inventory clean air policy support system (CAPSS).
- In the SMA, NO<sub>x</sub> and volatile organic compounds (VOCs) had the highest contributions to the emission derived from road transport and solvent use (57.5%).
- In Ansan-si, NO<sub>x</sub> and VOCs had the highest contributions to the emission derived from solvent use, industry processes, and the road transport sector.
- The emission characteristic of Seosan-si is a high SO<sub>x</sub> emission ratio, about 3–22 times higher than SMA and Ansan-si. This is due to the 57.5% share of industrial processes compared to other sources of emissions.



- Seoul air quality research center (SAR) is located in Seoul, the center of Korea, and road transport are main emission sources.
- Gyeonggi air quality research center (GAR) is located near the Baneul and Shinsu Industrial complex, so GAGR is affected from it.
- Chungcheong air quality research center (CAR) is located in an agricultural area.



### RESULTS AND DISCUSSION

- The annual average concentration of PM<sub>2.5</sub> at the SAR was 21.8 ± 17.7 μg/m<sup>3</sup> and those at the GAR and CAR were 26.44 ± 22.70 μg/m<sup>3</sup> and 23.37 ± 22.29 μg/m<sup>3</sup>, respectively.
- The seasonal PM<sub>2.5</sub> concentrations at the SAR and GAR were the highest in spring (March–May) [24.88 ± 19.25 μg/m<sup>3</sup> and 32.34 ± 27.33 μg/m<sup>3</sup>, respectively], and that at the CAR was the highest in winter (November–January) [29.21 ± 18.86 μg/m<sup>3</sup>].

### CONCLUSION

- The annual particle number concentrations for the three areas were 21.8–26.44 μg/m<sup>3</sup>; the maximum values were evident in March. And All the three areas portrayed high ratios of NO<sub>x</sub> with different components in all seasons.
- The particle number concentrations in the three sites were 1.3–1.5 × 10<sup>7</sup>, and the peak points of the concentrations were different in every site: city center (40 nm), industrial complexes (60 nm), and suburban areas (80 nm).
- We also conducted potential source contribution function (PSCF) and conditional bivariate probability function (CBPF) analyses, to determine the inflow direction of the pollution sources, for high PM<sub>2.5</sub> episodes.
- For the episodes that occurred in spring and winter, there were no differences in the PM<sub>2.5</sub> concentrations between the three sites. This study can serve as a framework for developing air-quality management policies in South Korea.

This work was supported by a grant the National Institute of Environmental Research (NIER), funded by the Ministry of Environment (ME) of the Republic of Korea (NIER-2022-04-02-087)



### 3. 발표자료 : 박세찬 외

## Chemical Characteristics of PM<sub>2.5</sub> at Urban, Industrial and Suburban Areas in Korea

J.B. Kim<sup>1</sup>, K. Hwang<sup>1</sup>, S. Park<sup>1</sup>, G. Lee<sup>1</sup>, I.C. Shin<sup>2</sup>, J.S. Park<sup>3</sup>, K. Lee<sup>3</sup>, S.M. Park<sup>3</sup>, and J. Kim<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Seahae Research Institute, ChungNam Institute, Hongseong, 32258, Republic of Korea

<sup>2</sup>Institute of Health & Environmental Research, ChungNam, Hongseong, 32254, Republic of Korea

<sup>3</sup>Climate & Air Quality Research Department, National Institute of Environmental Research, Incheon, 22689, Republic of Korea

<sup>4</sup>R&D Center, Korea Environment Science Institute, Wonju, 26493, Republic of Korea

### INTRODUCTION

- PM<sub>2.5</sub> causes health damage when it enters the human body because it has various shapes and chemical compositions.
- Air quality monitoring station (AQMS) was installed to monitor of Air pollutants such as PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO. Among them, air quality research center (AQRC) is operated to analyze the physical and chemical characteristics of PM<sub>2.5</sub>.
- However, each AQRC has limitations in representing the region because regional characteristics, topography, and emission sources are different. Accordingly, there are operating 30 AQRC in Korea as of 2022.
- In this study, we will compare about the physicochemical characteristics of PM<sub>2.5</sub> measured at AQRC in Seoul metropolitan area (SMA), Gyeonggi and Chungcheong regions.

### MATERIALS AND METHODS

- Prior to the data analysis of the study area, we analyzed the emission characteristics of the study site using national emission inventory clean air policy support system (CAPSS).
- In the SMA, NO<sub>x</sub> and volatile organic compounds (VOCs) had the highest contributions to the emission derived from road transport and solvent use (57.5%).
- In Ansan-si, NO<sub>x</sub> and VOCs had the highest contributions to the emission derived from solvent use, industry processes, and the road transport sector.
- The emission characteristic of Seosan-si is a high SO<sub>x</sub> emission ratio, about 3–22 times higher than SMA and Ansan-si. This is due to the 57.5% share of industrial processes compared to other sources of emissions.



- Seoul air quality research center (SAR) is located in Seoul, the center of Korea, and road transport are main emission sources.
- Gyeonggi air quality research center (GAR) is located near the Baneul and Shinsu Industrial complex, so GAGR is affected from it.
- Chungcheong air quality research center (CAR) is located in an agricultural area.



### RESULTS AND DISCUSSION

- The annual average concentration of PM<sub>2.5</sub> at the SAR was 21.8 ± 17.7 μg/m<sup>3</sup> and those at the GAR and CAR were 26.44 ± 22.70 μg/m<sup>3</sup> and 23.37 ± 22.29 μg/m<sup>3</sup>, respectively.
- The seasonal PM<sub>2.5</sub> concentrations at the SAR and GAR were the highest in spring (March–May) [24.88 ± 19.25 μg/m<sup>3</sup> and 32.24 ± 27.33 μg/m<sup>3</sup>, respectively], and that at the CAR was the highest in winter (November–January) [29.21 ± 18.86 μg/m<sup>3</sup>].

### CONCLUSION

- The annual particle number concentrations for the three areas were 21.8–26.44 μg/m<sup>3</sup>; the maximum values were evident in March. And All the three areas portrayed high ratios of NO<sub>x</sub> with different components in all seasons.
- The particle number concentrations in the three sites were 1.3–1.5 × 10<sup>7</sup>, and the peak points of the concentrations were different in every site: city center (40 nm), industrial complexes (60 nm), and suburban areas (80 nm).
- We also conducted potential source contribution function (PSCF) and conditional bivariate probability function (CBPF) analyses, to determine the inflow direction of the pollution sources, for high PM<sub>2.5</sub> episodes.
- For the episodes that occurred in spring and winter, there were no differences in the PM<sub>2.5</sub> concentrations between the three sites. This study can serve as a framework for developing air-quality management policies in South Korea.

This work was supported by a grant the National Institute of Environmental Research (NIER), funded by the Ministry of Environment (ME) of the Republic of Korea (NIER-2022-04-02-087)

#### 4. 기타 수집자료 : 과학기술 전시부스 방문

