

실기 시험: 서유럽 내의 오염 기간

과거 10년 동안, 공기 질(air quality)과 연관된 공중보건 문제(만성질환, 알레르기)들이 증대되고 있다. 세계보건기구(WHO)는 미세입자(fine particles)들을 공중보건문제에서 가장 중요한 요인으로 명백하게 지정하고 있기 때문에, 우리들은 인간 활동(수송, 화석연료 연소 등)들에 의해 발생하는 미세입자들에 대해서 관심을 가질 필요가 있다.

칼리투(CALITOO)?

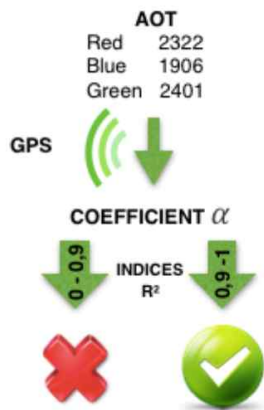
이것은 무엇인가?

이것은 어떻게 작동하는가?

이것은 무엇을 측정하는가?

“칼리투”란 기기는 대기 중에 떠다니고 있는 입자들의 크기를 실시간으로 측정할 수 있는 광도계(photometer)이다.

이 기기는 대기광학두께(Atmospheric Optical Thickness; AOT)를 계산하고, 계수 α 를 유도한다. 이 계수의 값은 대기 중에 부유하고 있는 입자들의 크기에 반비례한다.



- AOT의 결정: 가시광선 스펙트럼 내에서 선택된 푸른색에 해당하는 465 nm(나노미터) 파장, 초록색에 해당하는 540 nm 파장, 붉은 색에 해당하는 650 nm 파장에서의 대기 투명도(transparency)의 측정
- 계수의 결정: AOT의 값과 측정 장소에서의 자료(GPS 좌표, 시간, 기압)들에 의해서 유도된다.
- 측정의 정확도: R^2 지수(index)의 계산. 이 값의 신뢰도는 0.9에서 1 사이에 나타나는 R^2 지수 값에 따라 결정된다.

Part I: 직접 대기광학두께(AOT)를 측정하기

날씨가 맑은 경우의 안내 사항:

- 기기와 친숙하도록 하여 잘 작동하도록 하시오(빠른 시작을 위한 가이드)
- R^2 지수가 0.9 이상의 3개의 값을 선택하여 각각에 해당하는 측정을 수행하십시오.
- 답지에 측정 결과를 기입하고 3개의 측정 결과 값들을 평균하십시오.

날씨가 흐려서 어떠한 측정도 할 수 없는 경우, α 값들이 주어 질 것입니다.

3개의 측정값들의 타당성(validity)을 추정하기 위해서, 미세입자들을 배출한 2번의 사건들에 대한 값들을 제시 한다:

첫째, 아이슬란드에서 2010년 발생한 에이야프얄라요쿨 화산(Eyjafjallajokull volcano) 분화 당시 프랑스 상공에 0.4에 가까운 값이 측정됨

둘째, 2010년 겨울 동안 프랑스 앙티브 고속도로(Antibes Highway) 부근에서 1.6에 가까운 값이 측정됨.

문항 1. 날씨가 맑은 경우, 오늘 소피아 앙티폴리스(Sophia Antipolis)에서 여러분이 직접 측정한 미세입자 크기들의 평균값과 비교하여 잘 설명한 것은?(단일 정답)

1. 자동차 연소에 의해서 만들어지는 것보다 더 클 것이다.
2. 자동차 연소에 의해서 만들어지는 것보다 더 작을 것이다.
3. 화산재(volcanic ash) 보다 더 클 것이다
4. 측정 시간에 측정된 대기입자크기는 어떠한 경우에도 허용되지 않는다.

Part II: 측정값과 잘 알려진 입자들의 크기 비교

안내 사항:

- 시험관에서 혼합물에 대한 계수 측정 원리를 알 수 있도록 준비하시오(지침서 “대기권의 전 세계 AOT 측정”을 참조하시오.)
- 각 샘플에 대해서 3번에 걸쳐 계수를 측정하시오: 시험관 1(test tube 1)은 우유와 물의 혼합물이고, 시험관 2(test tube 2)는 점토와 물의 혼합물이다.
- 답지에 측정 결과를 기입하고 측정 결과 값들을 평균하시오.

문항 2. 측정된 결과로 볼 때, 소피아 앙띠폴리스 대기 중 미세 입자의 크기는?(단일 정답)

1. 우유 입자의 크기보다 작다.
2. 점토 입자의 크기보다 크다.
3. 점토와 우유 입자 크기의 중간이다.
4. 오늘 측정된 결과로는 입자 크기를 결정할 수 없다.

Part III : 2016년 봄에 발생한 특별한 상황

4월 어느 아침, 공기 중에서 맨눈으로도 볼 수 있는 미세입자들을 볼 수 있었다. 자동차 창 유리(windscreen)에는 미세한 황색입자들이 가라앉아 쌓여있었다. 여러분들이 수행할 과제는 이들 입자들의 특징을 알아내는 것이다.

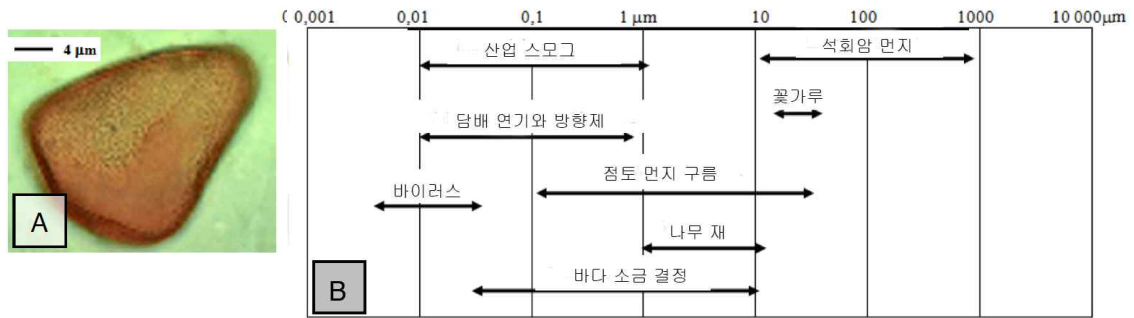


그림 1 : (A) 자동차 바람막이로부터 채취된 한 입자의 사진. (B) 미세먼지들의 크기별 분류. 4월 이 날에서, 미세먼지의 α 값은 부유하고 있는 칼슘 염(calcium salt)이 풍부한 나무 재에서 얻어진 α 값보다는 더 작았다.

테스트된 입자	시약, 반응에 사용된 양과 반응 결과			
	염산 (한 방울)	과산화수소 (한 방울)	질산은 (한 방울)	옥살산암모늄 (한 방울)
석회암	쉬- 소리가 남	반응 없음	반응 없음	흰색 침전
생물 분자	반응 없음	쉬- 소리가 남	반응 없음	반응 없음
점토	반응 없음	반응 없음	반응 없음	반응 없음
염화나트륨	반응 없음	반응 없음	흰색 침전	반응 없음
칼슘염	반응 없음	반응 없음	반응 없음	흰색 침전

표 1. 입자들의 특징을 알아내기 위해 사용된 화학 시료.

안내 내용 :

- 시험장(work station)에서 유용한 장비들이 작동되는지 점검하십시오.
- 기기를 작동시키기 전에 보안경(safety glasses)을 착용하십시오.
- 확인되지 않은 입자들의 특성을 결정하기 위해서 오직 두 번의 테스트만을 실행하십시오.

문항 3. 그림 1과 표 1을 이용하여, 황사(Yellow dust)의 화학적인 특성을 알아내기 위해서 필요한 2개의 시약(reagent)을 지적하십시오. (2개 정답)

1. 염산(HCl)
2. 과산화수소(H₂O₂)
3. 질산은(AgNO₃)
4. 옥살산암모늄(Ammonium oxalate)

문항 4. 알아낸 결과로부터, 이들 미세먼지들의 특징을 지적하시오.(단일 정답)

1. 산업 스모그
2. 담배 연기와 방향제
3. 점토
4. 소금 결정
5. 바이러스
6. 화재에 기원한 재
7. 꽃가루
8. 채석장 부근에서 발원한 석회암 먼지

Part IV : 2017년 겨울 동안 서유럽에서 나타난 오염 기간

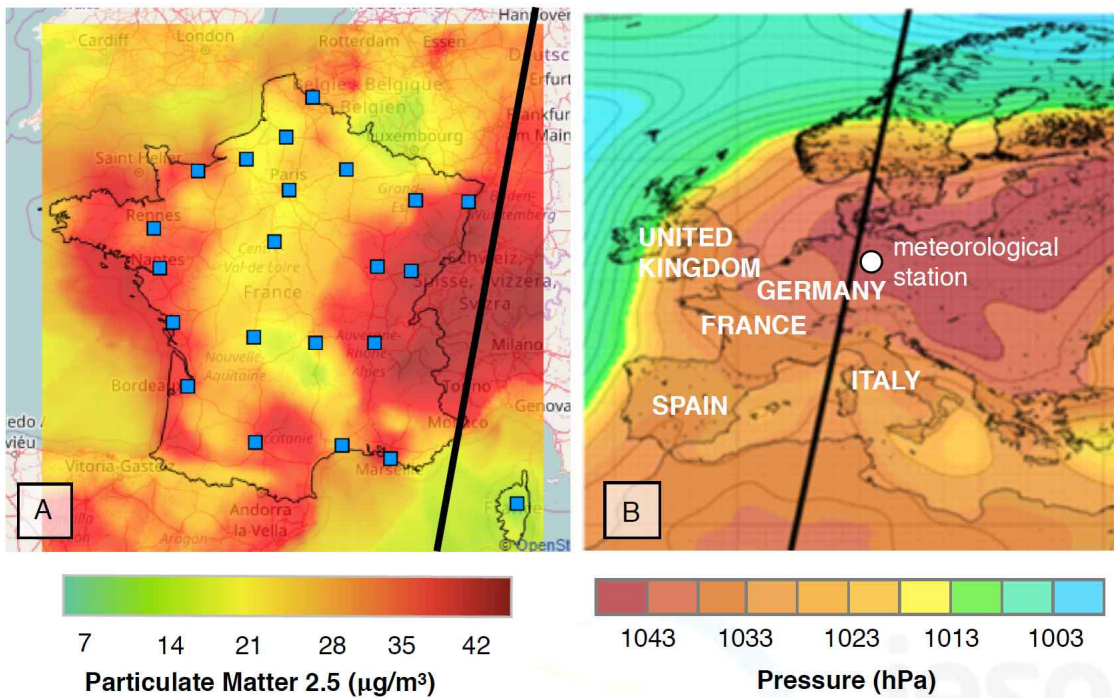


그림 2: (A) 2017년 1월 25일 측정된 지름 $2.5 \mu\text{m}$ 미만의 초미세먼지(PM2.5)의 농도. 지도에 표시된 농도는 측정값(PREV'AIR network)과 모델 값을 적용하여 만들어졌다. (B) 2017년 1월 25일 서유럽에서 등압선으로 그려진 기상도. 굵은 검은 선은 그림 3에서 나타낸 위성의 경로를 표시한다.

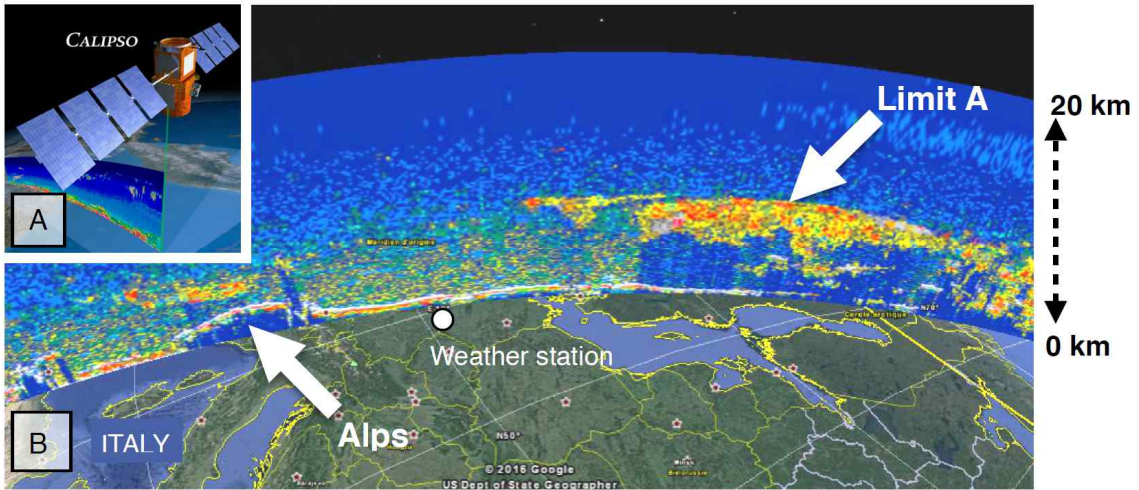


그림 3: (A) LIDAR 영상에서 채택되는 썸네일(thumbnail) 영상 방법(이미지의 일부를 표현해서 전체 이미지를 암시하는 방법). 관심 지역 상공을 통과하는 동안, CALIPSO 위성은 레이저 빔을 발사하여, 레이저 빔의 분산 프로파일을 수집하여 대기 입자들의 성분들을 알아 낸다. 그러므로 영상은 대기권의 구역(cross-section)을 나타낸다. (B) 2017년 1월 25일 서유럽 상공을 통과한 위성에서 얻어진 영상. 노란색과 붉은색들이 초미세먼지(PM2.5)의 존재를 나타낸다. 지면과 근접해서 나타나는 흐릿한 자국(grey trace)은 구름에 의한 것이다.

고도(m)	376	748	998	1,249	1,408	4,013	6,001	10,007	12,008	14,004
기온 (°C)	-4.7	-8.3	-10.1	2.1	3.3	-11.0	-25.3	-58.2	-69.2	-65.2

표 2: 높이에 따른 기온 측정의 결과. 기상관측용 풍선(weather ballon)은 그림 3B에 흰 점으로 표시된 독일 기상관측소(German Weather Station)에서 띄워졌다.

문항 5. 답지에 고도에 따른 기온의 곡선을 그려 넣으시오.

문항 6. 그림 3B에 표시된 “Limit A” 의 이름은 무엇인가?(단일 정답)

1. 성층권계면
2. 대류권계면
3. 중간권계면
4. 외기권의 가장 낮은 경계면

문항 7. 문항 5을 참조하여, 독일 기상관측소 상공에서 미세먼지(fine particulate)의 층을 발견할 수 있는 높이는 얼마인가?(단일 정답)

1. 약 500 m
2. 약 1,000 m
3. 약 2,000 m
4. 약 12,000 m

문항 8. 낮은 고도에서 미세먼지 구름을 형성하는데 필요한 조건들은 무엇인가?(복수 정답)

1. 저기압 지대
2. 고기압 지대
3. 자연 또는 인공 활동에 의한 미세먼지들의 배출
4. 기온 역전에 의해서 지상에 차단되는 차가운 공기의 층
5. 기온 역전에 의해서 지상에 차단되는 따뜻한 공기의 층