Reactive gases		Strate	ospheric ozone
	Greenhouse gases	Aerosols	Ultraviolet radiation
tal Atmospheric Deposition	SF		Atmospheric radiation

기후변화감시 기술노트 2016-04

발	간	ШО	록	번	호
11-	1360	0000	-00′	1262	2-01

🕒 기상청





기후변화감시 기술노트 2016-04

발행일 : 2016년 4월

작성자 : 기후변화감시과 과장 김세원 기후변화감시과 기상연구관 이철규

기후변화감시과 기상주사 박상섭

기후변화감시과 기상주사보 박효진

환경기상연구과 연구원 최은영

발행처 : **기후변화감시과**

서울시 동작구 여의대방로 16길 16 전화 02-2181-0645



에어로졸 관측장비 현황 요약 viii

1.	에어로졸 샘플링 시스템	1
	1.1. 개요 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	1
	1.2 인렛(Inlet) 구조 ···································	3
	1.2.1. 흡입구(Inlet) ······	3
	1.2.2. 흡입관(Stack) ····································	4
	1.2.3. 유로관	6
	1.2.4. 분기구(Splitter) ····································	6
	1.2.5. 입자크기 선별(Size-cut)	7
	1.3. 수분 제거기술과 제습장치	8
	1.3.1. 확산 제습장치	9
	1.3.2. 가열 제습장치	9
	1.3.3. 희석 제습장치	0
	1.4. 온·습도 연속 모니터링 시스템	1
	1.5. 에어로졸 샘플링 시스템 설계방법 및 상세도면	1
	1.6. 에어로졸 관측 장비별 소요 유량	4
	1.7. NOAA 에어로졸 관측망에서 사용 중인 샘플링 시스템 사양	4
2.	부유분진측정기(β-ray PM10)12	7
	2.1. 개요	7
	2.2. 측정 원리	7
	2.3. 장비 사양	9
	2.4. 작동 방법	0
	2.5. 유지·관리 ···································	2
	2.6. 자료 처리	3
3.	광학입자계수기(OPC)	5

	3.1.	개요 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	25
	3.2.	측정 원리	25
	3.3.	장비 사양	26
	3.4.	작동 방법	26
	3.5.	입경별 자료 수집 및 메모리 정리	30
	3.6.	유지·관리	31
4.	자기-	유도입자계수기(SMPS)	33
	4.1.	개요	33
	4.2.	측정 원리	33
	4.3.	장비 사양	36
	4.4.	작동 방법	36
	4.5.	유지·관리	40
	4.6.	자료 처리	44
5.	공기역	역학입자계수기(APS) ······	49
	5.1.	개요	49
	5.2.	측정 원리	49
	5.3.	장비 사양	51
	5.4.	장비 구조 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	52
	5.5.	작동 방법	54
	5.6.	유지·관리	58
	5.7.	자료 처리	61
6.	응결현	핵계수기(CPC)	69
	6.1.	개요 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	69
	6.2.	측정 원리	69
	6.3.	장비 사양	71
	6.4.	장비 구조	71
	6.5.	작동 방법	74
	6.6.	유지·관리	78
	6.7.	자료 처리	86
7.	광산	란계수측정기 (Nephelometer) ······	89
	7.1.	개요 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	89

	7.2. 측정 원리	
	7.2.1. 적분 이론(Theory of Integration)	
	7.2.2. 파장이론	
	7.2.3. 산란계수 산출	
	7.3. 장비사양	
	7.4. 장비 구조	
	7.5. 작동 방법	
	7.5.1. 장비의 가동	
	7.5.2. NephLog 설정	
	7.6. 유지·관리	
	7.6.1. 장비의 분해	
	7.6.2. 교정(Calibration) 방법	
	7.6.3. 램프(Lamp) 교체(3000시간 주기)	
	7.6.4. Filter replacing	
	7.7. 자료 처리	
	7.7.1. 관측자료 정리	
	7.7.2. 분석자료 생성	
	7.7.3. 관측결과 그래프 예	
8.	. 광흡수계수측정기 (Aethalometer) ······	111
8.	. 광흡수계수측정기 (Aethalometer) ······ 8.1. 개 요 ·····	•••••• 111 •••••• 111
8.	. 광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리	
8.	. 광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 ······ 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 ······	111
8.	. 광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환	111 111 112 112 112 112 114
8.	광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환 8.3. 장비 사양	111 111 112 112 112 112 114 116
8.	광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환 8.3. 장비 사양 8.4. 작동방법	111 111 112 112 112 112 114 114 116
8.	광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환 8.3. 장비 사양 8.4. 작동방법 8.4.1. 광흡수계수측정기의 가동	111 111 112 112 112 112 114 116 116 116 116
8.	광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환 8.3. 장비 사양 8.4. 작동방법 8.4.1. 광흡수계수측정기의 가동 8.4.2. 광흡수계수측정기 전면 LED 및 램프	111 111 112 112 112 112 114 116 116 116 117
8.	광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환 8.3. 장비 사양 8.4.1. 광흡수계수측정기의 가동 8.4.2. 광흡수계수측정기 전면 LED 및 램프 8.4.3. 자료수집 PC 작동법	111 111 112 112 112 112 114 116 116 116 117 117
8.	광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환 8.3. 장비 사양 8.4. 작동방법 8.4.1. 광흡수계수측정기의 가동 8.4.2. 광흡수계수측정기 전면 LED 및 램프 8.4.3. 자료수집 PC 작동법 8.4.4. 자료저장 경로 선택	111 111 112 112 112 112 114 116 116 116 117 117 117 118
8.	광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환 8.3. 장비 사양 8.4. 작동방법 8.4.1. 광흡수계수측정기의 가동 8.4.2. 광흡수계수측정기 전면 LED 및 램프 8.4.3. 자료수집 PC 작동법 8.4.4. 자료저장 경로 선택 8.4.5. 통신 프로그램 실행 및 수집 PC 표출상태	111 111 112 112 112 112 112 112 114 116 116 116 117 117 117 118 119
8.	광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환 8.3. 장비 사양 8.4. 작동방법 8.4.1. 광흡수계수측정기의 가동 8.4.2. 광흡수계수측정기 전면 LED 및 램프 8.4.3. 자료수집 PC 작동법 8.4.4. 자료저장 경로 선택 8.4.5. 통신 프로그램 실행 및 수집 PC 표출상태 8.4.6. 장비 OFF	111 111 112 112 112 112 112 112 112 112 112 114 116 116 117 117 117 118
8.	광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환 8.3. 장비 사양 8.4. 작동방법 8.4.1. 광흡수계수측정기의 가동 8.4.2. 광흡수계수측정기 전면 LED 및 램프 8.4.3. 자료수집 PC 작동법 8.4.4. 자료저장 경로 선택 8.4.5. 통신 프로그램 실행 및 수집 PC 표출상태 8.4.6. 장비 OFF	111 111 112 112 112 112 112 112 112 112 112 114 116 116 117 117 117 117 118 119 119 119
8.	광흡수계수측정기 (Aethalometer) 8.1. 개 요 8.2. 측정 원리 8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법 8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환 8.3. 장비 사양 8.4. 작동방법 8.4.1. 광흡수계수측정기의 가동 8.4.2. 광흡수계수측정기 전면 LED 및 램프 8.4.3. 자료수집 PC 작동법 8.4.4. 자료저장 경로 선택 8.4.5. 통신 프로그램 실행 및 수집 PC 표출상태 8.4.6. 장비 OFF 8.5.1. 광흡수계수측정기의 구조 및 관리	111 111 112 112 112 112 112 112 112 112 112 112 112 112 112 112 114 116 116 116 116 117 117 117 117 117 118 119 119 119 119

	8.5.3. 광흡수계수측정기의 기능 설명	
	8.5.4. 장비 점검 사항	122
	8.6. 자료 처리	123
9.	정밀필터복사계(PFR)	127
	9.1. 개요	
	9.2. 측정 원리	127
	9.2.1. 관측 장비	
	9.3. 자료 컨트롤 시스템	
	9.3.1. 데이터로거 설정(DataLogger Net Setup)	129
	9.3.2. 데이터로거 연결(DataLogger Connect) 주요 기능	
	9.3.3. 관측장비 모니터링	
	9.4. 측정 시퀀스(Sequence) 및 데이터 파일 포맷	
	9.4.1. Level 1 파일 포맷	
	9.4.2. Level 1 파일 레코드의 데이터 필드 리스트	
	9.5. 알고리즘 및 프로그램 처리	
	9.5.1. 알고리즘	
	9.5.2. 에어로졸 광학깊이 산정 프로그램	
	9.5.3. GAW-PFR 품질보증을 위한 자료처리	
	9.6. 유지 관리	145
	9.7. GAW-PFR AOD Network 참여	
10	. 태양광도계 (Sunphotometer, Cimel CE-318N) ······	149
	10.1. 개요	
	10.2. 측정원리	
	10.3. 장비 사양	
	10.4. 부대 물품	
	10.5. 시스템 구성	
	10.6. 하드웨어 셋업 및 운영	
	10.6.1. 메인 메뉴	152
	10.6.2. 날짜 및 시간 설정	153
	10.6.3. 파라미터 설정	
	10.6.4. 버퍼 초기화	155
	10.6.5. 모터시스템& 컨트롤박스 케이블 연결	155
	10.6.6. 시스템 방향조정	155

	10.6.7. 센서헤드 연결	156
	10.6.8. 날짜, 시간 및 수평 확인	156
	10.6.9. 시준기 태양조준	157
	10.6.10. Wet 센서 동작 확인	158
	10.6.11. 자동모드로 설정	159
	10.6.12. 시나리오 모드	159
	10.6.13. 자동 모드	160
10.7	. 주간 점검 사항	161
10.8	. 자료 처리	161

11. 에어로졸라이다 (MPoLAR 2020) ······	
11.1. 개요	
11.2. 측정원리	
11.3. 장비사양	
11.4. 작동 방법	
11.5. 작동 시 주의사항	
11.6. 유지 관리	
11.7. 자료 형태	
기후변화감시 기술노트 발간 목록	

에어로졸 관측장비 현황 요약

관측 속성	관측요소	관측 주기	관측장비	모델명	장비 도입	검정 주기
ㅁ키ㅌ서	PM10 질량농도	5분	부유분진측정기 (β-ray PM10)	Thermo FH62C14	'02.11.	1년
물디득성 (질량농도)	PMx 질량농도 (PM10, PM2.5, PM1.0)	5분	광학입자계수기 (OPC)	GRIMM 107	'07.12.	2년
물리특성	미세입자 크기별 수농도 (0.01~0.5µm)	3분	전자기유도입자계수기 (SMPS)	TSI 3034	'04.12.	2년
(입경별 수농도)	크기별 수농도 (0.5~20µm)	3분	공기역학입자계수기 (APS)	TSI 3321	'05.09.	2년
	응결핵 수농도 (0.01~0.3µm)	5분	응결핵계수기 (CPC)	TSI 3772	'10.08.	2년
광학특성	광산란계수	5분	광산란계수측정기 (Nephelometer)	TSI 3563	'09.12.	2년
	광흡수계수	5분	광흡수계수측정기 (Aethalometer)	AE-31	'10.09.	2년
		1분	정밀필터복사계 (PFR)	GAW-PFR	'11.12.	2년
	광학깊이	15분	태양광도계 (Sun Photometer)	Cimel CE-318N EBS9	'13.12.	3년
연직	연직분포	15분	에어로졸 라이다 (Aerosol LIDAR)	MPoLAR-2 020	'10.11.	1년

에어로졸 샘플링 시스템

1.1. 개요

1

에어로졸 샘플링 시스템은 대기 중에서 공기를 흡입하여 관측 장비까지 공급하는 역할을 하 는 필수 장치이다. 공기를 흡입하는 과정에서 에어로졸은 다양한 이유로 흡입관로와 충돌로 달라붙거나 깨져 에어로졸 측정값의 정확도를 떨어뜨리는 원인이 된다.

이상적인 에어로졸 샘플링 시스템은 에어로졸 샘플에서 강수를 배제할 수 있어야 하며, 확 산·관성에 의한 질량손실을 최소화하고 낮은 상대습도(<40%)에서 에어로졸을 샘플링하고 휘발성 에어로졸의 증발을 최소화하여야 한다.

에어로졸 샘플링 시스템은 자료품질에 직접 영향을 주는 주요 에어로졸 전처리 시설이다. 에어로졸 샘플링 시스템은 흡입구(Inlet), 흡입관(Stack), 분기구(Splitter), 제습장치 (Dehumidification), 온·습도 및 유량 모니터링 시스템, 펌프(Pump), 임팩터(Impactor) 또 는 사이클론(Cyclone) 등 다양한 장치로 복잡하게 구성되어 있다.

에어로졸 샘플링 시스템의 성능과 관련하여 필수적으로 적용되어야 하는 기본적인 기술사 항 두 가지는 첫째, 샘플링 과정 중 질량손실(Mass loss)을 최소화하는 기술과 둘째, 포집된 공기의 수분을 제거하는 기술이다. 이 기술을 구현하기 위하여 에어로졸 샘플링 시스템의 설 계시 고려해야 할 사항으로는 다음과 같이 9개로 요약될 수 있다.

- (1) 흡입구높이는 지역적 영향을 최소화하기 위하여 지면에서 충분이 높아야 한다. 주변에 장애물이 없는 경우에 관측소 지붕에서 2 m 이상이어야 한다. 단, 관측소주변 장애물이 있을 경우 이보다 높게 할 수 있다. 흡입구로 들어온 샘플공기는 연직의 흡입관을 통해 관측실로 유입되어야 한다.
- (2) 장비가 있는 관측실 내부온도는 15~30 ℃ 사이를 유지시킨다. 적정 실내 온도범위는 20~25 ℃이다.

- (3) 흡입된 공기는 흡입관을 따라 항상 층류(Laminar flow)가 유지되도록 레이놀즈수(Re) ~2000을 유지시킨다. 이때 흡입관의 직경은 관측에 필요한 유량에 따라 10~20 cm 사이 원통모양으로 설계하여 직경이 달라져 구조적 난류발생의 원인인 원뿔모양을 피 한다.
- (4) 흡입관의 소재는 스테인리스 스틸을 사용하고, 유로관은 전도성관(Conductive tube)을 사용하고 부식되는 관(Corrosive tube)은 절대 사용하지 않는다.
- (5) 사이즈 컷(Size cut)은 임팩터(Impactor)와 사이클론(Cyclone) 장치로 하되 입자직경 이 10 µm, 1 µm 또는 10 µm, 2.5 µm로 필터하여 측정할 것을 권고하지만 관측 또는 연구 목적에 맞추어 결정한다. 10 µm 이상의 에어로졸은 인근 오염원에 의해 발생하는 경향이 있으므로 지역규모 및 기후영향에 대한 대표성이 부족하다. 따라서, WMO/GAW와 같은 관측 네트워크는 사이즈 컷을 10 µm로 하는 것을 권장한다.
- (6) 유로관 설계는 유로관의 수평설계와 휨을 최대한 배제하고 수직화, 최단화하여야 한다.
- (7) 샘플공기 습도는 40% 이하로 유지(기후적으로 온습한 지역은 60% 이하로 유지해도 무관)하고 열대지방과 온습한 지역에서는 효율적인 공기 중 수분제어를 위하여 가열제 습과 희석제습을 채택가능하다. 희석제습 채택시 혼합관(Mixing tube)을 활용하여 건조 공기 혼합시 질량손실을 최소화한다.
- (8) 제습장치는 확산제습(Diffusion dryer), 가열제습(Heating dryer), 삼투압제습
 (Membrane dryer), 희석제습(Dilution dryer)을 채택할 수 있다.
- (9) 가열제습에서 가열온도는 흡입되는 공기온도보다 10℃ 이상 차이나지 않게 가열하되
 40℃가 넘어서도 안 된다. 이를 제한적 가열(Moderate heating)이라고 한다. 또한 흡 입된 공기의 노점온도가 관측실 내부온도를 넘지 않게 한다.

에어로졸 샘플링 시스템의 공기 흡입구는 대부분 관측실 지붕위에 장비에 연직으로 있어 야 하며 장비는 진동이나 흔들림에 영향을 받지 않고 항온항습이 일정하게 유지시킬 수 있는 실내에 설치하여야 한다. 그림 1.1은 안면도 기후변화감시소에 설치된 에어로졸 샘플링 시스 템의 흐름도를 나타낸다. I는 공기를 흡입하는 흡입구(Inlet), S는 에어로졸 측정장비에 공기 를 나누어 보내는 분기구(Splitter 또는 Manifold), D1~D3는 샘플링한 공기에 포함된 수분 을 제거하는 제습장치, SC는 특정 크기의 에어로졸입자를 걸러내는 사이즈컷(size-cut)장치 를 나타내며, mf와 ro는 유량계, V1~V3는 온·습도 센서, p는 펌프, AI는 에어로졸 측정장 비를 나타낸다.



• 그림 1.1 안면도 기후변화감시소의 에어로졸 샘플링 시스템 구성 및 흐름도

외부에서 흡입구 I를 통해서 흡입된 공기는 장비에서 소요되는 유량을 제외하고는 외부 배 출 펌프를 통해서 배출된다. 소요되는 공기는 분기구를 통하여 각 장비별로 필요한 유량이 유입된다. 이때, 내부로 들어온 공기는 단계별로 제습장치를 거치고 관측목적에 맞게 입자크 기만 선별하여 관측장비로 들어간다. 측정이 끝나면 장비 배출구(outlet)를 통하여 배출된다.

1.2 인렛(Inlet) 구조

1.2.1. 흡입구(Inlet)

흡입구(Inlet)의 모든 소재는 부식과 녹에 강한 스테인리스 스틸로, 구조는 레인 햇 구조 (Rain hat type)로 되어 있어야 한다. 레인 햇 구조는 포집효율이 가장 높은 형태이며 직경 은 흡입관(Stack)의 크기와 흡입유량에 따라 결정되고 흡입구의 높이는 관측소 주변 장애물 이나 외부 관측환경에 따라 결정한다. 조립 후 흡입관 상단부와 흡입구 하단부분은 10 cm로 하여 돌풍과 소나기 등의 빗방울이 흡입구에 부딪쳐 깨지면서 발생하는 물방울들이 난류를 타고 흡입구로 흡입되는 것을 막아주어야 한다. 흡입구 하단을 메시 그릴로 막아줌으로써 벌 레나 곤충 또는 이물질이 들어가 장비장애를 일으키는 원인을 제거한다. 그림 1.2는 에어로

1. 에어로졸 샘플링 시스템 3

졸 샘플링 시스템의 흡입구 구조이다. 주 흡입관 상단에 붙여서 물방울과 이물질 유입을 물 리적으로 막아주고 대기 중 에어로졸만 손실 없이 포집하는 역할을 한다.



• 그림 1.2 에어로졸 샘플링 시스템의 흡입구(Inlet)

1.2.2. 흡입관(Stack)

흡입구에 연결된 흡입관(Stack)또한 스테인리스 스틸을 소재로 만들어진 원통형 구조를 취한다. 만약 원뿔형구조와 같이 흡입된 공기가 수직으로 내려오면서 관의 직경이 변하면 물 리적인 난류가 발생하고 흡입관 벽과 충돌 또는 흡착이 발생하여 에어로졸 질량손실의 직접 적인 원인이 된다. 흡입관은 주흡입관과 내부흡입관 이중으로 구성되어 있다. 주흡입관은 상 단 흡입구에서 하단 통풍(Vent) 펌프까지 공기를 층류(Laminar flow)로 흡입공기를 이동시 키는 역할을 하고 내부흡입관은 통풍 펌프 상단에서 시작하여 분기구까지 흡입공기를 이동 시키는 역할을 한다. 흡입관에서 흡입공기가 층류로 이동하는 것은 유체역학적 난류발생에 의한 에어로졸 질량손실(Mass loss)를 최소화하기 위하여 필수적인 기술이다. 유체는 유로 관에서 *Re*(레이놀즈수) = $\frac{4Q}{\pi dv}$ 에 따라, Re<2000일 때 충류(Laminar flow), 2000<Re <4000일 때 천이유동(Transitional flow), Re>4000일 때 난류(Turbulent flow)가 된다. 레이놀즈수에서 Q는 총유량, d는 직경, 공기동점성계수(v)는 v=0.156×10⁻⁴이고, π는 3.14이다.



 그림 1.3 레이놀즈 수(Re)에 따른 유체의 형태를 나타내며 왼쪽부터 오른쪽으로 Re < 2000인 층류(laminar flow), 2000 < Re < 4000인 천이유동 (transitional flow), Re > 4000인 난류(turbulent flow)

안면도 기후변화감시소에 설치된 에어로졸 샘플링 시스템의 주 흡입관 직경은 208.3 mm 으로 하고 내부 흡입관직경은 135.8 mm으로 설정하여 충분한 유량을 확보하고 레이놀즈수 를 일정하게 유지하면서 유속을 가능한 높여 관측값 지연을 최소화하도록 설계하였다. 흡입 관에서 층류(Re<2000)를 유지하기 위해서는 주흡입관(d=208.3 mm)에서는 Q=0.0051 m³/s=306 lpm 이하로 유지해야 한다. 이때, 1 m/s=6.0012×10⁴이고 lpm(liter per minute)은 분당 리터이다. 내부흡입관(d=135.8 mm) 또한 층류(Re<2000)를 유지하기 위 해 Q=0.003 m/s=180 lpm 이하로 유지되어야 한다. 모든 흡입관에서 층류를 유지하기 위 해서는 주 흡입관에서 흡입되는 유량을 Q₀, 내부흡입관에서 유량을 Q₁, 통풍 펌프를 통해 뽑 아내는 유량을 Q₂, 장비에서 요구유량 Q₃, 분기구에서 유량 조절량을 Q₄라고 각각 가정한다 면, Q₀=Q₁+Q₂=(Q₃+Q₄)+Q₂가 항상 유지시켜야 한다. 단, 기후변화감시소에서 운영 중인 에어로졸 샘플링 시스템일 경우, Q₀=306 lpm 이하, Q₁=180 lpm 이하가 되어야 한다.

흡입관 내벽은 마감처리를 하여 마찰계수를 최소화하여 에어로졸이 달라붙거나 난류발생 을 억제하는 것을 원칙으로 하고, 반드시 내부흡입관은 통풍펌프의 위치한 주흡입관 하단보 다 충분히 높이 올라와 있어야 한다.

전체 흡입관은 단열소재로 피복하여 직사광선에 노출되어 급격하게 흡입관 내부 온도가 올라가지 않도록 해야 하며, 습한 공기가 찬 금속성 흡입관에 닿아 결로가 발생하지 않아야 한다. 두 가지 모두 에어로졸의 질량손실의 직접적인 원인이 된다. 그밖에 흡입관은 접지설 계를 하여 건조하고 바람 부는 날 정전기에 따른 에어로졸 내부 착상을 최소화하여 질량손실 을 막도록 설계하여야 한다. 또한 흡입관 높이는 기초기술 사항에 제시된 기준을 따르는 것 을 원칙으로 한다.

1.2.3. 유로관

유로관은 분기구에서 장비까지 샘플된 공기가 이동하는 모든 튜브(Tube)를 말하며 유로관 소재는 부식되지 않는 전도성 튜브를 사용해야 전·자기장에 의해 에어로졸이 달라붙지 않아 야 한다.

모든 유로관은 수직화·직선화·최단화 설계 및 단열 설계가 되어야 한다. 유로관을 수평으 로 설계할 경우 에어로졸이 중력에 의해 튜브바닥에 떨어져 달라붙는 중력손실(Gravity mass loss)이 발생한다. 또 유로관을 휜관(Bent tube)으로 설계를 하면 에어로졸 관성손실 (Inertial mass loss)의 원인이 된다. 장비점검과정에 유로관을 분리하여 관내부를 청소하면 유로관 벽에 쌓인 에어로졸을 직접 눈으로 확인가능한테 특히 수평 및 휜 부분에서 많이 검 출되는 것을 확인할 수 있다. 또한 분기구 이후 관측장비까지 유로관 길이를 최대한 짧게 설 계하여 흡입된 공기속 에어로졸의 질량손실 없이 관측장비까지 이동시켜야 한다. 외부 흡입 관과 마찬가지로 관측실내부의 유로관도 외부와 내부사이 온도차를 최소화하기 위하여 단열 소재로 피복한다. 고온 다습한 여름철과, 차고 건조한 겨울철에 각각 흡입된 공기가 샘플링 시스템을 따라 상온의 관측실내부로 유입되면 큰 온도차가 발생하는데 이를 최소화해야 결 로를 예방할 수 있다. 유로관 또는 장비에서 발생하는 결로는 자료품질 뿐만 아니라 심각한 장비장애 발생의 원인이 된다.

1.2.4. 분기구(Splitter)

분기구(Splitter)는 흡입관 하단에 붙으며 관측실 천정에 위치하여 흡입된 공기를 각 장비 로 배분하는 역할을 한다. 분기구는 흡입관 원통에서 분리가능하며 틈새(Leak)도 없어야한 다. 에어로졸 양이 많은 겨울철과 봄철이 끝나면 정기적으로 분기구를 분리하여 내부 청소를 함으로써 분기구 하단에 침착되어 있던 에어로졸이 비산되어 다시 장비로 유입되지 않도록 관리해야 한다. 분기구의 분기 구멍의 개수는 장비의 수와 유량에 따라 결정하면 된다. 하지 만, 흡입관 내관에서 층류유지를 위하여 유량 조절라인(Suction connector)을 중심에 뚫어 주는 것과 결로에 의한 응축수 배출을 목적으로하는 응축수 배출라인(Water vent connector)을 필수적으로 설계하여야 한다. 그림 1.4는 에어로졸 샘플링 시스템의 분기구 상세도면을 보여주고 있으며 관측장비와 연결되는 4개의 흡입공기 분배구와 유량 조절라인,

응축수 조절라인을 각각 1개씩 포함되어 있다.



■ 그림 1.4 에어로졸 샘플링 시스템의 분기구(Splitter)

1.2.5. 입자크기 선별(Size-cut)

대기 중에서 흡입하여 측정할 입자크기 기준은 관측소 목적에 맞게 설계하면 된다. 안면도 기후변화감시소에서는 현재 10 µm 이하로 입자크기를 선별하여 에어로졸 물리특성 및 광학 특성을 측정하고 있다. 입자크기선별 장치로는 임팩터(Impactor)와 사이클론(Cyclone)이 있 는데 측정장비 입구에 위치한다. 임팩터는 흡입관 상단에 위치하여 펌프로 16.7 lpm의 유량 으로 흡입하게 되며, 직경이 10 µm 이상 에어로졸이 걸러지게 하는 장치이다. 직선으로 이동 하는 에어로졸의 이동경로를 휘게하여 곡률을 주면 에어로졸 질량에 따라 관성이 달라져 큰 입자들은 걸러지고 작은 입자들은 곡면을 따라 이동하게 된다. 이처럼 입자크기에 따른 관성 력의 차이를 이용하여 에어로졸 입자크기를 선별을 할 수 있는 장치이다. 사이클론은 측정장 비 전단에 위치하여 흡입공기를 원운동시켜 크기에 따른 원심력 차이로 에어로졸 크기를 선

1. 에어로졸 샘플링 시스템 7

별하는 장치이다. 에어로졸 샘플링 시스템에서는 16.7 lpm 이상의 충분한 소요유량 확보하 여 다양한 장비에 샘플된 공기를 공급하고자 사이클론을 채택하였다. 그림 1.5는 안면도 기 후변화감시소에서 사용하고 있는 미국 URG사의 28.3 lpm 전용인 URG-2000-30EA모델과 3 lpm 전용인 SCC2.654모델을 보여주고 있다.



 그림 1.5 입자크기선별(size-cut)을 위하여 사용된 사이클론(cyclone)장치, 소요 유량이 28.3 lpm에 사용하는 UGR사 URG-2000-30EA모델(왼쪽), 3 lpm에서 적용할 수 있는 UGR사의 SCC2.654 모델(오른쪽)

1.3. 수분 제거기술과 제습장치

우리나라는 바다로 둘러싸여 있으며 여름에는 고온다습하고 강수가 많을 뿐만 아니라 안 개나 해무가 찾아 에어로졸 샘플링 시스템에 흡입된 공기에 많은 양의 수분이 포함되어 있 다. 수분은 에어로졸 광학특성 및 물리특성을 측정하는 다양한 장비에 장애의 원인이 될 뿐 만 아니라 측정값에 영향을 준다. 제습장치는 흡입된 공기에 포함된 수분을 제거하여 자료품 질을 향상시키고 관측장비를 보호하는 역할을 한다. 수분 제거기술은 원리에 따라 확산제습, 가열제습, 삼투압제습, 희석제습으로 구분되며 관측환경에 따라 조합하여 기술을 채택할 수 있다. 제습장치들은 우리나라처럼 여름에 고온다습하거나 해안이나 도서지역에 위치하여 잦 은 해무 및 안개의 영향을 받는 곳에서 장비를 수분유입으로부터 보호하고 측정값에 수분에 의한 노이즈를 줄여준다. 그림 1.1의 에어로졸 샘플링 시스템 흐름도와 같이 물리적으로 수 분을 제거할 수 있는 확산제습이 1단계 제습장치가 되고, 가열제습이 2단계 제습장치, 희석 제습이 3단계 제습장치로 정한다. 에어로졸 샘플링 시스템에서 나피온(Nafion)막을 활용하 는 삼투압 제습장치를 고려하지 않았지만 필요에 따라서 채택할 수 있다.

1.3.1. 확산 제습장치

확산 제습장치는 흡습제로 활용되는 실리카겔이 수분을 흡수하는 성질을 활용한 제습장치 로 그림 1.1 모식도에서 1단계 제습장치인 D1에 해당된다. 흡입된 공기를 실리카겔(Silica gel) 튜브에 통과시켜 수분 확산으로 실리카겔에 흡착되면서 흡입된 공기 중 수분이 물리적 으로 제거되는 방식이다. 그림 1.6은 이중관 구조로 된 확산 제습장치의 외형과 확산 제습장 치를 분리된 모습을 보여주고 있다. 내관은 스테인리스 스틸소재로 만들어진 그물망이며, 외 관은 투명아크릴로 만들어졌다. 상단과 하단은 나사형태로 되어있어 돌려서 분리가능하다. 실리카겔은 내관과 외관사이 충전시키며 흡입된 공기는 위에서 아래로 이동하면서 수분 확 산에 의해 실리카겔에 흡착되어 흡입된 공기 중의 수분이 제거된다.



그림 1.6 이중구조로 된 실리카겔 제습장치(왼쪽)과 분리된 모습(오른쪽)

1.3.2. 가열 제습장치

가열 제습장치는 흡입된 공기의 온도를 높여서 포화수증기압을 높여 상대습도를 낮추는 방법의 제습장치로 그림 1.1 모식도의 2단계 제습장치로 D2에 해당된다. 열선의 길이를 700 mm를 사용하여 스테인리스 스틸 소재의 유로관을 감싸고 세라크 울 보온재를 사용하여 피복한 형태이다. 컨트롤러를 설치하여 설정 온도(40℃) 이상 올라가면 열선에 공급되는 전

1. 에어로졸 샘플링 시스템 9

원을 자동으로 차단시켜 저온가열이 가능토록 설계하여야 한다. 또한 흡입된 공기의 온도를 10℃ 이상 급격한 온도차이로 가열하거나 승온되지 않도록 해야 휘발성 에어로졸의 질량손 실을 막을 수 있다. 가열 제습장치에서는 그림 1.1의 온・습도 센서(V1~V3)에서 읽어드리 는 온도 차이가 10℃ 이상 나지 않도록 가열 제습장치 온도 컨트롤러를 제어하면 된다. 우리 나라는 기후특성상 겨울과 여름에 흡입되는 공기의 온도차는 아주 큰 관측환경을 가지고 있 다. 그래서 공기를 흡입하여 측정장비가 있는 실내로 가져오는 것만으로 10℃ 이상 승온되 는 경우가 발생할 수 있는데 보다 안정적인 운영을 위해서는 관측실 내부온도를 상온 내에서 조절이 필요하다.

1.3.3. 희석 제습장치

회석제습은 깨끗한 건조공기를 만들어 에어로졸 측정을 위하여 흡입된 공기에 특정 비율 로 혼합하여 상대습도를 낮추는 기술로 혼합된 희석비율에 따라 에어로졸 측정값의 보정이 꼭 필요하다. 그림 1.1 모식도의 3단계 제습장치로 D3에 해당된다. 보통 깨끗한 건조공기를 1 : 1 또는 1 : 2의 비율로 흡입한 공기에 더해주는 장치이다. 우리나라 기후적 특성으로 여 름철 장마가 있으며, 해안가에 위치한 관측소의 특성상 강한 해무가 지속되기도 한다. 이런 다습한 상태가 오래 지속되면 장비내부로 수분이 유입되어 장애의 원인이 되기도 하고 수분 이 에어로졸 측정값에 직접 영향을 미쳐 비정상적인 값이 산출될 수도 있다. 이 방법은 필수 적으로 보정 과정을 거쳐야 하므로 상시 운영하기 보다는 제습장치의 마지막 단계에서 여전

히 과도한 수분 잔존할 때 운영하는 것이 바람직하 다. 안면도 기후변화감시소에서는 Twin Tower Engineering의 MW1500-SA1모델을 사용하고 있 다. 이 희석 제습장치는 필터를 통하여 수분을 1차 로 제거 후, 85~100 psig로 공기를 압축시켜 수분 을 제거하여 건조공기를 만들어 공급한다(1기압 = 14.696 psig). 흡입된 공기가 흐르는 주 유로관에 희석기가 만들어낸 건조공기를 혼합할 때는 꼭 희 석 혼합튜브(Mixing tube)를 활용하여 유체 충돌에 의한 난류형성을 최소화한다. 그림 1.7은 희석 제습 장치에서 만들어진 건조공기를 샘플링 된 공기와 난류 발생 없이 섞기 위한 희석 혼합튜브를 보여주 고 있다. 희석제습기에서 만들어진 건조공기를 특



그림 1.7 희석 혼합튜브(Mixing tube) 의 모습과 내부구조

정 비율로 왼쪽의 좁은 관으로 주입하면 혼합튜브 상단에서 내려온 흡입공기와 내부에서 섞인다.

1.4. 온 · 습도 연속 모니터링 시스템

온·습도 연속 모니터링 시스템은 실시간으로 에어로졸 샘플링 시스템에서 온도, 상대습 도, 유량을 모니터링 하고 제어하기 위한 시스템이다. 실내·외 온도차는 샘플링 시스템내부 결로를 유발할 뿐만아니라 휘발성 유기 에어로졸이 질량손실의 원인이 되기도 한다. 시스템 은 제습장치의 수분제어가 잘 이루어지고 있는지 상태를 모니터링하는 온·습도 센서, 유량 측정 장치(MFM, MFC), 모니터링 운영프로그램으로 구성되어 있다. 그림 1.1 흐름도의 V1, V2, V3는 온·습도 센서이며, 옥외 센서인 V1은 Vaisala에서 나온 HMD42/53 모델을 사용 하였으며 실내에 설치된 센서는 Sensirion에서 만든 SHT1x/SHT7x 모델을 사용하였다. 온 도를 노점온도로 모니터링 하면 샘플링 시스템 내부의 결로 유무를 보다 효율적으로 관리 가 능하다. 그래서 온·습도 연속 모니터링 시스템에서 노점온도 표출되도록 구현하고 모든 자 료가 실시간으로 수집, 표출, 자료저장이 이루어지도록 구축되었다. V1은 흡입관을 따라 흡 입된 공기의 온·습도를 측정하고 V2에서는 확산·제습 장치를 통과한 공기의 온습도를 측 정하고 V3에서는 가열제습 장치를 통과한 공기의 온·습도를 측정할 수 있다.

옥외 흡입관에 설치되는 센서(V1)는 태양에 노출되지 않도록 단열 및 반사도가 뛰어난 재 질(단열재와 알루미늄 호일)로 감싸거나 단열 센서 박스를 따로 제작하여 센서를 박스에 넣 어 설치하는 것을 원칙으로 한다.

온 습도 모니터링 시스템은 에어로졸 샘플링 시스템의 주요 포인터에서 온·습도를 연속적 으로 관측하여 자료를 저장함으로써 제습장치 유지관리와 향후 에어로졸 자료 분석과 이해 에 유용하게 활용될 수 있다.

그림 1.1에 표시된 mf와 ro는 각각 유량 측정 센서를 설치한 위치로 주로 펌프앞단에 위 치하고 있다. 실시간 유량변화를 감시 및 저장하고 있으며 이는 에어로졸 샘플링 시스템의 안정적인 유지관리를 위한 표준 에어로졸 샘플링 시스템에 필수요건이다.

1.5. 에어로졸 샘플링 시스템 설계방법 및 상세도면

관측소마다 환경이 다르기 때문에 한반도 기후에 맞는 에어로졸 샘플링 시스템을 직접 설 계 하다보면 수많은 판단이 필요할 수 있다. 표 1.1에서는 표준 에어로졸 샘플링 시스템 설

1. 에어로졸 샘플링 시스템 11

계와 구현에 있어 주의할 사항을 간략히 요약하였다. 그림 1.8에서는 전체 구조의 설명과 상 세 도면을 그림 1.9에서는 외관의 상세 도면을 제시하였다.

건조 기후에 있는 관측소는 사실상 수분제거장치가 필요 없으며, 공기샘플링 과정 중 인위 적, 자연적 영향인자가 전혀 없으면 흡입관 높이를 굳이 높일 필요도 없다. 그러나 대부분의 관측소들은 나무, 건물, 사람들의 활동에 직·간접적으로 에어로졸 샘플링 과정에 영향을 받 고 있을 뿐만 아니라 정도의 차이는 있으나 강수, 안개, 해무 등 다양한 기상현상으로 대기 중 수분이 측정값과 관측 장비에 영향을 주고 있다. 여기서 소개된 에어로졸 샘플링 시스템 은 한반도의 기후특성에서 배경대기 에어로졸 특성 측정을 목적으로 하는 에어로졸 샘플링 시스템의 설계기준을 제시하였다.

	설계시 주의 사항	효과
흡입구높이 결정	장애물이 없어도 관측소 건물과 주변 지형(산, 절벽)이 난류발생 원인이 될 수 있으므로 풍속을 고려하여 너무 낮게 하지 않도록 함	지형, 관측건물에 의 한 난류영향 최소화
흡입관 구조	도어(door)나 틈새가 없도록 원통 일체형, 2단 조립일 경우 흡입관사이 틈새 고무패킹 설계	틈새(leak)에 의한 누 수, 난류, 방지
흡입관 직경 결정	여러 장비의 통합 샘플링 시스템으로 활용할 경우, 흡입관 직경을 작게 설계하면 분기구에서 흡입공기 분배 라인이 조밀해져 이하 장비설치가 유용치 못함을 고려해야 함	효율적인 장비설치
단열을 통한 결로방지와 대응	모든 흡입관과 유로관에는 단열을 원칙으로 하고 혹시 결노가 발생되더라도 장비로 유입되지 않도록 흡입관에 는 응축수 배출라인을 설계해야 함	샘플링 시스템의 안 정적인 운영
해무나 장마 대비	해무나 장마는 밤낮으로 수일 지속되며 장비장애의 원인 이므로 장비보호를 위해서도 희석 제습장치 필요함	해무나 장마시기 장 비보호 및 자료 품질 유지 가능
정전기 영향 최소화	층류유지와 내벽 그라인딩 및 결로방지를 했다면 전도성 스테인리스 스틸 소재와 접시(earth) 시공을 필수적으로 해야 크리닝(cleaning)시 내벽에 붙은 에어로졸 량을 줄 일 수 있음	전자기장에 의한 질 량손실 최소화
유로관 최단화	유로관을 수직화, 직선화보다 최단화가 먼저 선행되어 야하며 최단화를 위해서는 측정장비 배치부터 고려되어 야 함	관성침착 및 중력침 착 방지로 질량손실 최소화
소요 유랑에 따른 입자선별 (size-cut)	장비에서 소요유량이 16.7 lpm를 초과할 경우 입자선별 을 위해 임팩터를 사용하면 안됨	소요유량이 16.7 mL 초과될 경우 사이클 론 채택
흡입관내 유속 결정	레이놀즈수(Re) 2000을 넘지 않는 범위로 설계하되 송 풍기가 아닌 펌프로 안정적 유량제어 가능한 가장 큰 유 량으로 설계	샘플링과 측정사이 시간지연 최소화

• 표 1.1 에어로졸 샘플링 시스템 설계시 주의 사항 요약



그림 1.8 안면도 기후변화감시소의 에어로졸 샘플링 시스템 전체 구조 상세 도면



1.6. 에어로졸 관측 장비별 소요 유량

WMO GAW에서는 에어로졸 측정요소를 권고하고 있다. 그 중에 다파장 에어로졸 광학깊 이, 질량농도, 화학성분 질량농도, 흡수계수, 산란계수, 크기별 수농도, 응결핵 수농도, 연직 분포 등은 연속측정 요소로 권고하고 있다. 이중에서 에어로졸 샘플링 시스템에 적용 가능한 요소로는 질량농도, 흡수계수, 산란계수, 입경별수농도, 구름응결핵 수농도 등이다. 표 1.2는 안면도 기후변화감시소에서 운영되고 있는 에어로졸 관측장비의 소요유량을 나타내었다.

각 장비를 에어로졸 샘플링 시스템에 적용할 때, 분기구에서 흡입공기를 각 장비로 나누어 주고 장비의 소요유량을 계산하여 내관의 유량조정라인 펌프를 활용하여 내부흡입관에서 층 류가 유지되도록 유속을 맞춰주면 된다. 다양한 에어로졸 요소를 관측하고 통합 에어로졸 샘 플링 시스템을 활용할 경우, 에어로졸 샘플링 시스템에는 여러 장비가 설치된다. 이럴 경우 분기구 아래 많은 관측장비를 설치하기에는 너무 조밀하여 공간상 자유롭지 못할 수 있다. 그래서 분기구에서 내려오는 라인을 어쩔 수 없이 옆으로 뺄 경우가 발생하는데, 가능한 비 스듬히 설계하여 유로관 곡율을 최소화하고 수직화 하도록 설계해야 한다.

GAW 권고 에어로졸 측정요소	대표 장비	소요유량
PM10 질량농도	β -ray PM10	16.7 lpm
크기별 수농도	APS (Aerodynamic Particle Sizer)	1 lpm
미세입자 수농도	SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer)	1 lpm
산란계수	Nephelometer	28.3(20-200) lpm
흡수계수	Aethalometer	3 lpm

표 1.2 안면도 기후변화감시소에서 운영하고 있는 에어로졸 측정장비의 소요유량

1.7. NOAA 에어로졸 관측망에서 사용 중인 샘플링 시스템 사양

NOAA의 장기 에어로졸 관측망은 난류 조건의 대기에서 120 lpm으로 유량을 포집하도록 샘플링 시스템을 설계한다. 이것은 기본적으로 공기역학적 지름인 0.02 ~ 2 µm 범위의 에어 로졸을 정량적으로 측정하고, 10 µm 이하의 에어로졸을 50%를 포집하기 위한 설계방법이다.

흡입구 설계를 요약하면 다음과 같다.

- 흡입관은 지름이 20 cm이고, 일반적으로 삼각형 지상타워에 의해 지지 되며, 주변 건

물보다 10 m 이상 높게 설치한다.

- 흡입구 상단은 스테인레스 스틸 재질의 캡 모양의 뚜껑을 설치한다.
- 주흡입관(Main stack)의 Re = 7500이고, 유량은 1000 lpm이다. 지름 5 cm, Re = 4500의 스테인레스 튜브를 이용하여 주흡입관의 중앙으로부터 150 lpm 유량의 공기 시료를 흡입한다.
- 샘플공기의 습도를 40% 이하로 유지하기 위해 히터(Heater)와 상대습도센서 (Downstream relative humidity sensor)가 설치되어 있고, 히터는 상대습도센서에 의해 조절되며 샘플공기 온도가 40 ℃ 이상일 때는 작동하지 않는다.
- 가열관(Heater tube)을 통과한 공기는 4개의 분석샘플 라인(Analytical sample lines, 지름 1.9 cm, 유량 각각 30 lpm, Re = 2700)과 1개의 우회라인(Bypass line, 30 lpm)으로 나누어진다.
- 샘플라인은 가열관의 축에서 3.75°의 각도에 위치해 있다.
- 지름 1.9 cm의 샘플라인은 관측소의 특성에 따라 다양한 길이의 스테인레스 스틸 또
 는 전도성 실리콘(Conductive silicone) 재질로 되어 있다.
- 위 샘플링 시스템의 장·단점은 다음과 같다.
- 높은 에어로졸 포집 효율
- 샘플링 시스템내에서의 짧은 잔류 시간
- 수평관 내부에서 발생하는 침적 손실 감소
- 증속(增速)확산에 의한 초미세입자(Ultrafine particles)의 질량 손실
- 충돌로 인한 조대입자(Coarse particles)의 질량손실
- 에어로졸 유량에 대한 건조(Dry) 능력의 한계

부유분진측정기(β-ray PM10)

2.1. 개요

2.

부유분진측정기(Thermoandersen사의 FH62C14)는 대기 중에 부유하는 에어로졸 중 직 경이 10 µm 이하인 입자의 질량농도(µg/m³)를 연속 측정한다. 또한 진동에 민감하지 않도록 설계되어 있다. PM10은 쉘터(Shelter)안에 장치되어 실외에 단독으로 설치될 수 있고 실내 에도 설치될 수 있다.

교정 호일(Foil)을 이용하여 설치장소에서 직접 교정이 가능하며, Single filter spot에서 분진의 수집과 측정이 동시에 이루어진다. 베타 게이지는 분진을 측정하는 동안 열을 발생시 키지 않아 측정에 오차가 없도록 설계되었으며, 흡입구(Inlet)을 교체함으로써 TSP, PM10, PM2.5, PM1.0의 에어로졸 크기별로 분리 측정할 수 있도록 되어 있다. PM10은 크게 중앙 장치, 펌프, PM10 Inlet, 내부의 자료기록부와 외부 통신포트의 네 부분으로 이루어져 있으 며, 일 년에 약 1~2번의 교정과 1번의 정도검사를 시행한다.

2.2. 측정 원리

부유분진측정기는 C¹⁴ 소스를 사용한 베타선 감쇠원리를 사용하기 때문에 상당히 높은 측 정 안정도를 갖는다. 또한 온도와 압력을 측정함으로서 분진 용량에서 공기 입자 질량의 변 화가 보정된다. 새로운 필터 테이프가 측정위치로 들어가면 입구와 흡입튜브를 통하여 공기 가 흡입되어 부유하는 입자상 분진은 필터에 모아진다. 여기서 Single filter spot 원리가 사 용된다. 측정실(Chamber) 내에 Single filter spot이 분진으로 가득 찰 때까지(일반적으로 1500 µg 으로 설정) 측정한다. 그 후 가득 채워진 필터는 움직이고 새로운 필터가 측정위치 로 움직인다(자동 필터 교환). 자동 영점 조정으로 새로운 주기가 시작된다. 입자를 모으는 측정실과 필터는 C14 소스와 검출기 사이에 있다. 베타선은 필터와 그 위에 축적된 분진층 을 통과한다. 이때 베타선은 증가된 분진질량에 의하여 감소되어지고 검출기는 감소된 측정 률(Count rate) R을

$$m_{\rm R} = F_{\rm cal} \times \ln\left(\frac{R_0}{R}\right) \tag{1.1}$$

의 식에서 구한다. 여기서 m_R은 필터위에 쌓여진 분진질량이며, R₀는 빈 필터의 순 측정률 (Net Count Rate)[1/s], R은 분진이 쌓인 필터의 순 측정률[1/s], F_{cal}은 질량 교정인자 [µg]로 포일 교정시 기기로부터 측정된다. 순 측정률은 총 측정률(Total count rate)에서 자 연에 분포되어 있는 방사능에 의한 측정률을 보정한 것으로 이 측정률로부터 분진농도가 계 산된다.

이론적 교정인자 F_{cal}은 아래 식에 의하여 주어진다.

$$F_{cal} = \frac{A}{\mu/\rho} = \frac{2}{0.3} \cdot 1000 \approx 6600 \,\mu g$$
 (1.2)

여기서 A는 Filter Spot의 면적[cm]이며, μ/ρ는 C¹⁴의 질량 감쇠 계수[cm/mg]이다. 온도와 압력 변화에 의한 분진질량의 보상은 다음식이 사용된다.

$$m = m_R + K_{T2} \times \Delta T_2 + K_{P2} \Delta P_u + K_{abs} \Delta P_{abs}$$
(1.3)

여기서

$$\Delta T_{2} = T_{2} - T_{2,0}$$

$$\Delta P_{u} = P_{u} - P_{u,0}$$

$$\Delta P_{abs} = P_{abs} - P_{abs,0}$$
(1.4)

이며,

m	보상된 분진질량[µg]
m _R	원시 분진질량[µg]
K _{T2}	온도계수[µg/K]
K_{P2}	필터 아래의 압력 계수[μg/hPa]
K _{abs}	대기 압력 계수[µg/hPa]
T_2	측정부분의 온도[K]
T _{2,0}	마지막 필터 교체 후 측정부분의 온도[K]
Pu	측정실 내의 필터 아래의 압력[hPa]
P _{u,0}	마지막 필터 교체 후 측정실 내의 필터 아래의 압력[hPa]

Pabs	대기압[hPa]
- aus	

P_{abs.0} 마지막 필터 교체 후의 대기압[hpa]

이다. 이 구조는 필터 교체하는 동안 현재의 온도와 압력으로 새로 조정되며, 시간 내의 변화 된 것들은 보정된다.

표 2.1 실제 용량 내 분진질량 변화를 위한 보정인자

T2 온도 계수	K_{T2}	13.8 μg/K
대기 압력 계수	K _{abs}	4.0 μg/hPa
측정실 내의 필터 아래의 압력 계수	K_{P2}	1.05 µg/hPa

검출기는 또한 라돈에 의한 자연적인 베타 활성도에 민감하다. 입자상 질량 측정의 오차에 는 이 부가적인 측정률의 영향을 포함된다. 특히 필터 교환 후 또는 자연적인 활성도(방사선) 농도가 변할 때 실제 분진농도에 높은 오차가 발생할 수 있다. 부유분진측정기는 자연적 활 성도(방사선)를 분리 측정하는 방법을 수행한다. 그리고 이 오차를 보정한다. 그리고 분진질 량의 증가와 측정된 공기유량으로부터 입자상 질량농도를 계산하고 표시한다.

2.3. 장비 사양

구분	사 양
제조사(국가)	Thermo(미국)
모델	FH62C14
측정방법	베타선흡수법
측정범위	0~5,000 μg/m³
정확도	$\pm 2 \mu \text{g/m}^3$
필터사이클	24시간, 유량,농도, 설정시간 등 사용자선택가능
방사선 소스	Carbonium-14(C14), <100 μCi
	$\pm 1 \mu g/m^3$
데이터 평균	5분, 10분, 15분, 30분, 1시간, 3시간, 24시간 측정치 표시
작동온도	-30~60 °C
filter 사용량	1 Roll/연

표 2.2 부유분진측정기(β-ray PM10) 사양

2.4. 작동 방법

- (1) 장비의 전원스위치를 켜면 자동적으로 필터 교환 영점 교정을 한다. 정규(Normal) 운영 방식에서 모니터작동과 펌프 스위치가 켜진다.
- (2) 장비의 뒷부분에 2개의 RS-232 케이블은 각각 PC의 AQMS 자료저장 프로그램
 (COM1)에 전송되는 선과 기상청의 황사감시프로그램(COM2)을 통하여 종합기상정보시
 스템(COMIS)에 보내지는데 이용되는 선으로 올바르게 연결되었는지 점검한다.
- (3) 주 메뉴 표출 상태에서 "NEXT"를 누르면 작동 메뉴가 나타난다.



Yes : 작동 모드의 하부 메뉴를 표출한다. Back : 주 메뉴 표출로 이동한다. NEXT : 관리 메뉴로 이동한다.

- TES DACK NEXT
- (4) 키보드와 직렬접속사이에서 "YES", "NO" 키로 작동 메뉴가 전환되어 진다. 키패드가 유효하지 않으면 변수를 변경할 수 없고, 활동은 실행할 수 없다.



(5) COM2는 접속선택을 위한 실행키이다. 장치 주소와 프린트 주기를 제외하고, COM1과 COM2를 위한 모든 접속 변수들은 분리하여 변경할 수 있다. YES를 누른다.

OPERATION		
SERIAL DAT	A. COM 1	
PRINTER/COMPUTER		
COM2 YES	BACK NEXT	

(6) 프린터 형식은 자료 출력 접속 상황의 여부를 보여준다. "+/-" 키를 누르면 해당 프린터 형식을 변환할 수 있다. 프린터 형식의 자세한 설명은 뒤에 기술되어 있다.

SERIAL DA	TA COM1
PRINT FOR	MAT:
	29
- +	BACK NEXT

(7) "PRINT" 키는 해당되는 프린트 형식 자료를 출력시킨다. "BACK" 키를 누르면 출력이 중단된다. NEXT를 누른다.

SERIAL DAT	FA COM1		
PRINT FORMAT:			
	29		
PRINT	BACK NEXT		

(8) 선택된 출력 주기 시간의 마지막에서는 순간 출력되거나 메모리가 루프(Loop)된다. 만
 약 0분을 선택하였다면, 주기는 메모리로부터의 다운로딩(Downloading)이 끝날 때까지
 계속되며, 순간 출력 형식은 실행되지 않는다. NEXT를 누른다.

SERIAL DA	ATA
PRINT CYC	CLE:
	15 min
- +	BACK NEXT

(9) 두 번째의 프린트 주기는 고분해능 순간 관측에 유용하다. NEXT를 누른다.

SERIAL DA	TA LE:	
	15	sec
- +	BACK	NEXT

(10) bit 전송속도는 300, 600, 1200, 3400, 4800, 9600 baud이다. 9600 Bd를 선택하고 NEXT를 누른 후 빠져나온다.

SERIAI	, DAT	A CO	M1
BAUDF	RATE:		
		960	0 Bd
_	+	BACK	NEYT

- (11) PC에서 대기질관측시스템(AQMS)에 운영되는 Amb1 프로그램이 제대로 작동되는지를 분석하고 그렇지 않은 경우 바탕화면의 Amb1 아이콘을 더블클릭하여 프로그램을 가동 한다. (관측요소의 설정은 이미 저장되어 있으므로 변경하지 않아도 된다.)
- (12) 바탕화면의 PM10(자료수신(포트 1번)전송)이라는 아이콘을 클릭한 후 5분 후에 자료가제대로 전송되는지 메시지를 확인한다.

2.5. 유지·관리

가. 필터테이프 교환

- (1) 필터(Filter, 여과지)의 교체 기간은 약 1년이다.
- (2) 중앙장치의 앞 전면 뚜껑을 연다. 교체될 필터 테이프를 제거한다.
- (3) 왼쪽 릴 축(Spindle)에 새로운 필터 테이프 릴을 걸고 오른쪽 릴 축에 감는 릴을 장착한
 다. 교체된 필터 테이프 릴을 시계 방향으로 돌려 약 30 cm정도 필터를 풀어 놓는다.
- (4) PM10의 전원스위치를 켠다.
- (5) "NEXT"를 두 번 눌러 화면에 "MAINTENANCE"를 나타낸다.
- (6) "YES"를 누른 후, "NO"를 눌러 Maintenance mode의 키보드를 활성화시킨다.
- (7) "NEXT"를 두 번 누른 후 "OPEN HEAD"가 나오면 "YES"를 누른다. 측정기 상단 (Head)이 열린다.
- (8) 상하부분이 벌어진 사이로 필터 테이프를 삽입한다. 이 때 필터 테이프를 필터 운반 센서 릴에 반드시 걸쳐야 한다.
- (9) 필터 테이프 끝을 감는 릴 판지(Cardboard) Sleeve에 접착제로 붙인다. 필터를 최소 한 바퀴 감는다.
- (10) 양쪽 릴의 너트를 조인다.
- (11) 주 메뉴(Main Menu)의 농도값이 나올 때까지 "BACK"을 누른다. "FC+ZP"를 눌러 필 터 교환을 초기화시킨다.
- (12) 중앙장치 전면의 뚜껑을 닫는다. 만약 감는 릴이 돌지 않으면(예: 필터 테이프가 적절히

설치되지 않으면) 펌프가 꺼질 것이다. 필터 테이프를 확인하고 "FC+ZP"를 다시 눌러 필터 교환을 다시 초기화시킨다.

- 나. 매일 점검 항목
 - 장비 상태점검(정시점검 2회 : 09시~10시, 17시~18시)
 ※ 수시점검: 상시 관측장비실 출입하며 관측상태 점검
 - 장비의 이상유무 점검
 - 관측값 생성 및 저장 확인
 - 장애 유무 표출상태 확인 등

2.6. 자료 처리

기상청의 종합기상정보시스템의 황사부분에 PM10이라는 메뉴에서 부유분진 관측결과를 그림 2.2와 같이 실시간으로 확인할 수 있다.



광학입자계수기(OPC)

3.1. 개요

광학입자계수기(Optical Particle Counter; OPC)는 독일 Grimm Dust Monitor Stand-Alone-Model 107 장비로 광산란 측정법을 이용하여 실내 또는 실외에서 공기 중에 떠다니 는 분진을 측정하는 장비로, 각각의 입경별로 분진의 개수를 측정하는 Particle Counter로서 의 기능과 PM1.0, PM2.5, PM10 질량농도를 측정하는 농도 측정장치로서의 기능을 수행한 다. 또한 47 mm PTFE 필터를 사용하여 중량측정법에 의한 분진의 질량농도를 동시에 측정 가능하며 관측주기는 5분이다. 메모리카드를 사용하여 1달 이상의 데이터를 연속적으로 저 장하며, RS-232를 통한 PC와의 연결 및 실시간 측정이 가능하다.



■ 그림 3.1 광학입자계수기(GRIMM 107) 장비

3.2. 측정 원리

광산란 원리를 이용하여, 노즐 부분에서 입자 하나하나에 광이 투사되며, 산란되는 각도에 의해 입자 크기가 결정된다. 0.25 µm에서 32 µm 사이의 31개 입자 수농도를 수/m'로 표출하

3. 광학입자계수기(OPC) 25

고, 직경 10 µm 이하, 2.5 µm 이하, 1.0 µm 이하 입자의 질량농도를 µg/m³ 으로 표출한다.

TSP, PM10, PM2.5, PM1.0 동시측정은 32개의 크기 채널(0.25-0.28-0.3-0.35-0.4-0.45-0.5-0.58-0.65-0.7-0.8-1-1.3-3.5-4-5-6.5-7.5-8.5-10-15-17.5-20-25-30-32 (m)을 통해 실시간 측정한다. 광산란방식 및 중량측정법(47mm PTFE filter) 동시측정 0.001 mg의 측정감도로 0.001~100 mg/m'의 측정범위 탈착이 가능한 Data Storage card 에 자료를 저장한다. 온도, 습도, CO, CO₂ Sensor등을 장착하여 동시 측정이 가능하다. RS-232C Interface를 통해 원격운전 및 Data 전송이 가능하다. 7시간 이상의 전원을 충전 할 수 있는 Battery 사용 자동영점조절 및 자체 진단에 의한 작업수행이 가능하다.

3.3. 장비 사양

구분	사 양	
제조사(국가)	GRIMM(독일)	
모델	EDM 107	
측정원리	광산란 방식	
측정범위(크기)	0.25~32µm	
크기채널수	31	
 측정범위(갯수)	1~2,000,000 Particles/litre	
측정구간	PM10, PM2.5, PM1.0	
	1.2 L /min	

표 3.1 광학입자계수기(Grimm Dust Monitor Stand-Alone-Model 107) 사양

3.4. 작동 방법

- (1) 장비운영 및 Key 설명
 - 2줄의 LCD-Display에는 다음과 같은 메시지가 나타난다.
 - · 2채널의 실시간 측정값
 - · 날짜와 시간
 - · 사용자가 지정한 장비내 데이터 저장 번호
 - ·베터리의 남은 양 %
 - \cdot C-Factor
 - · 필터의 상태

26 에어로졸 관측업무 매뉴얼

- · Analog Inputs (온도, 습도, 압력값 등)
- \cdot Outputs via the function Keys
- ·에러메시지



그림 3.2 PMX 장비 전면

- ON/OFF Key

'ON/OFF' key는 전원을 켜고 끄는데 사용하며, 자체적으로 장비의 안정성 및 기기의 보호를 위해 자동적으로 전원을 단락시킬 수 있다. 전원을 OFF시키기 위해서는 대략 적으로 1초 가량의 시간이 소요된다. 전원을 켜기 위해서는 'ON/OFF' key를 "삐~" 소리가 날 때까지 누르고 있는다. 또한 기기보호를 위해서 전원을 끈 후 최소한 5초 이 내에는 재작동시키지 않는 것이 좋다. 전원을 켜면 기기 자체적으로 일자와 시간, 남은 데이터 저장량등을 체크한 후, 필터의 교체유무를 물어온다. 이때 필터를 교체했으면 '+' 키를 교체하지 않았으면 '-' 키를 누른다. 전원의 파워를 끄기 위해서는 항상 "stand-by mode" 상태에서 'ON/OFF' key를 누른다. 이것을 수행하지 않을 때에는 Memory card에 저장되는 데이터를 잃을 수 있으니 주의하기 바란다.

- Memory-functions

메모리의 환경설정을 위해서는 'STANDBY mode'에서 메모리카드를 꺼냈다가 다시 집어넣으면서 '+' 키와 '-' 키를 이용하여 메모리에 저장할 시간간격(Time interval)을 조정할 수 있다. 이때 시간간격은 6초/30초/1분/5분/10분/30분/1시간 등을 선택할 수 있다. 알람신호는 필터의 무게가 너무 많이 나가서 공기유량을 유지할 수 없을 때 또는 전원이 공급되지 않을 때 발생하게 된다.

Mean/Weight Key(Stand by 상태에서 수행)
'Mean/weight' key는 장비가 작동 중이거나 'STANDBY mode'에서 필터에 잡힌 먼 지의 추정평균농도(TSP)를 µg/m' 값으로 확인 할 수 있다.
'Mean/Weight' 키를 누르고 '+' 키를 5초 동안 누르고 있으면 필터의 TSP 추정값을 볼 수 있다. 'Mean/Weight' 키를 누르고 '-' 키를 5 초동안 누르고 있으면 'mean value' 값을 0으로 'reset' 시킨다. 또한 포집된 공기량도 0으로 'reset'된다. 'Mean/Weight' 키와 'Factor C' 키를 동시에 누를 경우 다음과 같은 메시지가 나타난다.
"clear memorycard, are you sure?;± will show up". 만일 지금까지 저장된 메모리 를 지우고 싶다면 '+' 키를 눌러서 데이터카드에 저장된 메모리를 지울 수 있다.

- Size Mode Key

계속적으로 'Size mode' 키를 누르고 '+' 또는 '-' 키를 누른다면 현재 LCD에 나타나 는 값을 입경에 따라서 바꿀 수 있다. 또한 메모리카드에 저장할 환경으로 먼지농도 값 을 측정하고 싶다면 'Size mode' 키를 누르고 '+' 나 '-' 키를 눌러서 LCD 창에 "µg/ m' 값"으로 나타나게 해야 하며, 이때에는 Particle Counter 형식의 값을 구할 수 없 다. 반대로 Particle Counter 형식의 값을 구하려면 'Size mode' 키를 누르고 '+' 나 '-' 키를 눌러서 LCD 창에 "P/I 값"으로 나타나게 해야 한다. 물론 이때에는 농도값을 함께 구할 수 없다.

(2) 프로그램 설치

- CD안에 들어있는 1177V3폴더 안에 "SETUP"파일을 실행시켜, Software GRIMM 1177V3를 PC에 설치한다. 이때 설치가 완료되면 프로그램을 실행한다.
- 1177V3 파일을 실행시켜 프로그램을 실행하면 드라이버 등록이 안되어있다고 메시지
 가 나오며, 이때 시스템을 눌러서 아래와 같은 창이 나오면 "Load Driver"를 누른다.
 함께 첨부되어있는 3.5" 디스켓에 담긴 '*****.drv' 파일을 찾아서 드라이버로 인식시
 킨다.
- 이후 "Driver List"에 "1108 ???????" 이라는 드라이버를 확인할 수 있으며 "OK"
 를 누르고 프로그램을 재시작 한다.



그림 3.3 온라인 측정 배경 화면

- (3) 온라인 측정-PC와 연결하여 측정
 - 재 시작 후 "OPTION"에서 "DUST MONITOR" 아이콘을 눌러서 환경설정을 한다.
 여기에서 농도로 측정하고 싶다면 "Environmental"을 체크하고, 파티클 카운터로 측 정하고 싶다면 제일 아래의 "Counter distribution"을 선택한다. 우측편의 선택 메뉴 는 시간간격을 말한다.

Diver Modem Parameter Measurement Mode Unit/CFactor Computer 100*-SAE 7607005-v1210 Active Diver and Unit 1/210 Sample Sample Sample Sample Computer Compu	
Deve Lot Active Dover and Dire 1107 - S.Nr. 76070005 - v1210 Vensor: 1210 S.Nr. 76070005 0.06	
Compare Active Driver Control Control Contro Control Cont	
Dust Monitor Parameter Image: Computer interview Channels Image: Computer interview C	

그림 3.4 온라인 측정 설정

- 사용하는 PC와 연결이 RS-232케이블로 되어 있다면 COM1 또는 COM2로 맞추어 PC와 연결하며 우측의 메뉴는 PC와의 연결에서 속도를 조정하는 메뉴이다. Dust Monitor란의 설정이 끝났다면 'option' 메뉴에서 'Graph' 메뉴를 선택하여 아래와 같 이 그래프에 표기되어 나오는 항목을 선택한다.
- 이렇게 간단한 환경설정이 끝났다면 "File" 메뉴의 "New"항목을 선택한다. 이때 아래
 와 같은 창이 나타나며 오른쪽 하단에 4개의 아이콘이 나온다.
- Online : PC와 직접 연결하여 데이터를 실시간으로 보여주고, PC에 그 데이터를 저장
- Memory : PC없이 장비만 가지고 측정한 다음, 메모리카드에 저장된 데이터를 PC로 전송한다.
- Automatic : 시간예약기능을 설정
- Stop : 시스템을 정지
- "온라인" 아이콘을 누르면 새로 데이터를 저장할 파일이름을 만들 수 있다.

3. 광학입자계수기(OPC) 29

파일 이름을 만들고 OK를 누르면 아래와 같이 측정한 데이터를 PC에서 볼 수 있다

5 #1,177/03 - v3,03 (L	icence to	Parkor Korea Indus Co,, Ltd,)	Ele Egtras Options Window He	elp				
File Extras Option:	s <u>₩</u> indo	w <u>H</u> elp				😝 🤤 🗳		
 ▶ New ⊉ Open Delete File ⇒ Create Filter File ▶ ExportFile 	Ctrl+N Ctrl+O Ctrl+C Ctrl+E		Online Masurement [control Fund] Latin [graph] Sensor Start Terrer 2013/04:30 2:81:1.3 Accurate the control of	Environmental (B) An3 23.04 (Pek 10 22.95 (Pek 25 22.66 (Pek 10	Servor Data Teng: 21 Hunday 61 Plessue 1.000	13 7 11 324 03 HPa		
	Ctrl+P		Enz Nove Resilicou/SidAv	Cons.	d Panel	✓ Temp::	₩ PH-10	ā Dire
Exit			Concern Relation Concerned Conc	Bore C 1 Minute Stat C 1 Minute Stat C 1 Day- State C 1 Day- State C 1 Minute - State C 1 Minute - State Mare F guton. Scale	ts at Second "0" a at Himste "0" at Hidsight fis at Monday "0" fis at Day "1" of Month Viewer 10	Pressure Pressure	PH-25 PH-1.0	X 2m

그림 3.5 측정 시작

- 측정이 끝나면 END 키를 누르고 창을 닫는다.
- 측정된 결과를 엑셀로 불러오기 위해서는 File 메뉴의 'Export File' 메뉴를 누른다.
 이때 파일창이 뜨며, 새로 만들어 저장시켰던 "파일이름.dm"을 찾아서 불러온다. 이 과정을 거치면 "파일이름.txt" 파일이 동일 폴더에 생성되며 이를 엑셀(EXCEL)로 불 러온다.
- 별도로 PC없이 메모리카드를 이용한 측정을 하였다면, File New 메뉴를 누른 후 Memory 아이콘을 선택한다. 이때 창이 뜨며, 저장할 새로운 파일이름을 이 창에 기 입하고 OK.를 누르면 장비 내의 메모리카드에 있는 데이터들이 전부 PC상으로 옮겨 지게 된다. 이때 나타난 데이터들을 전부 체크하고 OK.를 누르면 저장할 새로운 파일 이름.dm(ex:20150216.dm)이라는 파일이 생성되며 이를 위와 같은 과정을 반복하면 엑셀로 측정결과를 볼 수 있다.

3.5. 입경별 자료 수집 및 메모리 정리

- (1) 장비 가동을 중지 : Control Panel에서 Stop-End
- (2) File/Open에서 지금까지 측정한 자료를 확인한다.
- (3) Option/Dust Monitor에서 Environmental → Count로 바꾸어 체크한다.
- (4) File/New에서 창이 열리면, Memory를 선택하고 저장할 파일이름 (ex:co101230.dm)
 을 적어서 실행시킨다. 몇분 후에 시간대별 데이터가 나오면 'v'를 체크해서 Save로 저 장한다.
- (5) 이상없으면 File/Open에서 co101230.dm 파일을 열어서 확인한다.

#1 177 - v3 31 (Licence to AS)	Provide the second file			
The Setera Onlines Window	Export data to an ASCII file			
Elle Extras Options Window	Separator	Data		
New Ctrl+N	Separate			
Se Create Filter File Ctrl+C	C Comma 🔽 Meas	urement data		
The state of the state	C Semicolon			Ì
- Start Tutel fest	C Space IV Se <u>n</u> s	or data		
CE Open Ctrl. O	(Tabulator Servi	eteb en		
Open Curto	Tappingon 1 2014			
Delete file	Lint Parameter	Data	1.0	
Search file	Unit Parameter			
P Evenent Bla Citel E	🔽 Headline 🔽 Spa	ice Line 20.4 ?		
S Export me Curte		43.5 %rH		
A Drint Ctrl+D	I Thousand Separator			
Colfr Colfr		and the second sec		
LG PIEview	Export Data	A Print 1.015.1 hPa		
😹 Printer Setup				
	Pa una il		Export data to an ASCIL f	11A 23
Exit	Lag Upen MS-Excel	▲ ñk	and the second second	
Pump: 42			Separator	Data
Etter Name				
None			C Comma 🔽	Measurement data
			C Set Information	X
			C Spa	State of the second sec
			(Tak	
	DATA		File((s) saved
	수정한 날짜	유형		
14-10-06-09-57.dm	2014-10-06 52 2 9:44			
14-10-07-14-59.dm	2014-10-13 오파 3:54	DM 파일	IZ He	
14-10-13-16-06.dm	2014-10-21 오전 9:41	DM 파일	It III	
14-10-21-11-54.dm	2014-10-31 오전 9:34	DM 파일	ГТВ	
14-12-12-10-31.dm	2014-12-16 9 # 1:11			
a 14-12-16-13-32.dm	2014-12-16 오후 1:33	DM IN SI		
a 14-12-16-13-43.dm	2014-12-24 오전 8:48	DM 파일	Export Data	Print
14-12-24-08-58.dm	2014-12-24 오천 8:58	DM III SI		
15-01-05-09-31.dm	2015-02-03 오후 12:56	DM 파일	Pa une i	1 04
15-02-03-13-18.dm	2015-02-12 9.# 2:08	DM 파일	LA Upen MS-Excel	✓ UK
15-02-12-14-16.dm	2015-02-12 오車 4:51	DM 파일		
= 15-02-16-17-12.dm	2015-02-16 9.# 7:17	DM 파일	5KB	
TISI DI	7=12 dm			\$12(O)
파일 혐식(T): Measuren	nent Files (+ dm)		-	ALC:
				Laure (- 000 - James - Sama
Contraction of the second second				
100 101 102 101 102 103	15-02-16-17-12-04	015-02-16 50.00 7:22 1015-02-16 50.00 7:22	유명 역스트 문서 다서 파일	268
비가 하다	15-02-16-17-12.dl 2 15-02-12-17-00.dm 2	1015-02-16 原庫 5:17 1015-02-16 原庫 4:51	CH HE W	223.40
BE2 CLAS	15-02-12-14-16.6d	1015-02-12 2 4 5 5 1015-02-12 2 4 4 5 5 1015-02-12 2 4 4 5 5 1	THE ME ALL CONTRACTORS	268
	15-02-12-14-16.dl	1015-02-12 AL # 221 1015-02-12 AL # 208	DM IB W	7KB 499KB
	15-01-05-00-31.64	1015-02-03 St.# 1:23 1015-02-03 St.# 1:19	104 mir 90 104 mir 90 A4	050KB
	14-12-24-00-11.64 (0) 15-01-05-09-31.di	1015-01-05 & 21 1012 1015-01-05 & 21 9:36	<u>和白馬 使み</u> D1 田留	1.80KB 7KB
	14-12-24-09-11 dm 2	1015-01-02 St. # 216 1014-12-24 St. # 916	CALL HE W	508KB 7KB
	14-12-24-08-58.08	1014-12-24 8.03 8.58 1014-12-24 9.03 8.53	NO IN WA	788
	14-12-16-13-43.dm	014-12-24 22 8 848	Child Barlie	768
	14-12-16-13-32.00 14-12-12-10-31.dm	014-12-16 6.4 132 014-12-16 6.4 111	CH HE SA	22768
	14-12-12-10-31.00	1014-12-12 0 m 10 36 1014-11-10 0 m 9 23	CALLER MAN	7KB 115KB
	14-10-31-09-50.dl	1014-10-31 M T 9.55 1014-10-31 M T 9.34	CH HE W	7KB 547KB
	14-10-21-11-54 (d)	1014-10-21 品庫 5:00 1014-10-21 品庫 5:06 1014-10-21 品幣 11:59	텍스트 문서 텍스트 문서	4KB 123KB 7KB
- Ct	a 14-10-13-16-06.dm	1014-10-21 8 2 9-41	DM REW	42780
31071 104				

그림 3.6 Data 엑셀파일 생성

- (6) Extras/Memory Card에서 메모리를 지운다.
- (7) Option/Dust Monitor에서 Count → Environmental로 바꾼다.

3.6. 유지·관리

- (1) 실외 하우징 사용시 수분을 제거하기 위하여, 수분제어방식 Diffusion Dryer(실리카겔) 을 사용하고, 교체주기는 3~6개월이다.
- (2) 작은 내장 펌프를 사용하는데, 수명은 1~2년이다.
- (3) 필터의 교체주기

Grimm사의 Dust Monitor는 두 가지 형태의 필터를 사용한다.





1113A 47mm PTFE 1113B Zero 필터 **그림 3.7** Filter 종류

- 1113A 47mm PTFE 필터 : 일반적으로 화학적 분석이나 필터 중량측정을 위하여 사용한다. 교체주기는 2주~4주이며 먼지의 양에 따라 달라질 수 있다.
- 1113B 원형 Zero 필터 : 장시간 사용하는 모니터링을 위해 사용한다. 교체주기는 6 개월~1년이며 먼지의 양에 따라 달라질 수 있다.
- (4) 매일 점검 항목
 - 장비 상태점검(정시점검 2회: 09시~10시, 17시~18시)
 ※ 수시점검: 상시 관측장비실 출입하며 관측상태 점검
 - 장비의 이상유무 점검
 - 관측값 생성 및 저장 확인
 - 장애 유무 표출상태 확인 등
- (5) 주간 점검 항목
 - 실외 인렛 사용시 수분을 제거하기 위하여, 수분제어방식 Diffusion Dryer(실리카겔)
 을 사용하고, 교체주기는 3~6개월이다.
 - 작은 내장 펌프를 사용하는데, 수명은 1~2년이다.

※ 펌프율 : 20보다 낮은 경우 - 연결부분이 샐 가능성 높음.

50보다 큰 경우 - 연결부분이 막힘 가능성 높음.

(6) 자료처리 결과 예



자기유도입자계수기(SMPS)

4.1. 개요

4.

전자기유도입자계수기(Scanning Mobility Particle Sizer; SMPS)는 10~487 nm 크기의 미세 에어로졸의 입경분포를 측정하는 장비로서 입자가 가지고 있는 전기적 특성을 이용하 여 입자를 크기별로 분류하고, 응결성이 큰 부탄올을 이용하여 분류된 입자를 성장시켜서 입 자의 크기를 광학적으로 계수하는 방식을 이용한다.



■ 그림 4.1 전자기유도입자계수기(SMPS-Model 3034)(왼쪽)와 관련 장비의 입경 측정범위(오른쪽)

4.2. 측정 원리

전체 입경 채널수는 54개, 공기샘플링 유량은 1 lpm이고, 측정 농도 범위는 1~2,400,000 개/cm³이며 흡입구 Inlet에 0.8 µm size cut의 Cyclone이 장착되어있다. 그림 4.2와 같이 SMPS의 에어로졸 흡입구에 유입되는 에어로졸은 집진장치(Cyclone)에서 800 nm 이상의 입자가 걸러지고, 800 nm 이하의 에어로졸 중화기(Aerosol Neutralizer)의 크립톤 85(Kr-85)가 봉인된 관을 통과하면서 DMA(Differential Mobility Analyzer)내 전기장에 입자가 크기별로 분리 포집될 수 있도록 에어로졸 입자에 전하를 띠도록 해준다.

에어로졸 중화기는 방사성동위원소 Kr-85를 사용하여, 입자의 하전을 중화시키는 역할을 한다. 즉, 베타선에 의한 이온과 에어로졸이 섞이면서 에어로졸의 하전량을 입경에 따라 일 정한 비율의 양전하, 음전하, 중성으로 대전되는 볼쯔만 평형 대전량 분포(Bolzmann equilibrium charge distribution) 수준으로 낮추게 된다. 이때, 상대적으로 +1 또는 -1의 입자의 농도가 높아지게 되어 DMA에서 입자 분리 효율이 높아진다. 에어로졸의 입자중화기 를 지나서 바깥쪽 원통(접지)과 중심 전극봉(고전압인가)으로 이루어진 동심의 원통형 전극 (DMA)의 고리모양의 Ring 바깥쪽으로 유입되고, 안쪽으로는 깨끗한 Sheath air가 DMA를 따라서 흐른다. 반대극성을 띄고 있는 입자가 전극봉쪽으로 끌리는데, 그 궤적은 유량과 입 자의 Electrical mobility(입경에 반비례)가 좌우한다.

에어로졸은 분석기 주변 공기의 주변을 감싼 상태에서 두 흐름이 섞임 없이 흘러 내려간 다. 이때 포집 막대인 내부 실린더는 음으로 대전되어 유지되는 반면 외부 실린더는 전기적 으로 접지되어 두 실린더 사이에 전기장을 생성한다. 전기장은 양으로 대전된 입자들이 실린 더 주변 공기를 통하여 음으로 대전된 포집막대에 부착되어 포집막대를 따라 떨어져 내린다. 떨어져 내리는 입자들의 위치는 입자의 전기적 이동성(Z_p)과 DMA 유량 및 형태에 따라 달 라진다. 높은 전기적 이동성을 가진 입자들은 막대의 상부에 떨어져 내리고, 낮은 전기적 이 동성을 가진 입자는 막대의 아래 부분에 포집된다. 좁은 전기적 이동성 범위 내에 있는 입자 들은 포집막대 바닥에 위치한 작은 틈을 통하여 단산란 기류(q_m)와 함께 빠져 나가서 입자농 도를 결정하기 위하여 입자 센서로 이동하고 나머지 입자들은 고효율 필터에 의해 유도 기류 로부터 제거되고 다시 칼럼의 상부로 이동한다.

응집된 레이저 광원에 DMA를 거친 입자들을 통과시킴으로써 입자의 농도를 결정하기 위 한 입자계수를 한다. 입자에 의해 산란된 빛을 광탐지기(Photo-detector)로 감지하는데 탐 지효율을 높이기 위하여 입자들을 부탄알코올(부탄올)이 증기가 포화상태인 Saturator(포화 기) Block을 에어로졸이 지나간다. 다시 Condenser(응축기) Tube(냉각된)를 지나가면서 과 포화 상태의 부탄올 증기가 작은 입자 주위에 달라붙는 응축현상에 의하여 입자의 크기가 성 장합니다. 이렇게 광학적 감지기로 측정할 수 있는 수 Micron 크기의 액적으로 성장한 입자 가 광학 측정부를 지나가면서, 각각의 입자에서 산란된 빛의 신호를 광감지기로 감지하며 이 렇게 1차적으로 입자들을 쉽게 감지할 수 있는 작은 물방울을 형성하여 응결된 증기로 확대 된 입자를 계수하는 장치를 응결핵계수기(Condensation Particle Counter, CPC)라 한다.

CPC에서 보통의 광학적인 방법으로는 계수가 불가능한 0.01~1 micron 크기의 미세한 입 자를 열역학적 특성을 이용하여 광학적으로 측정할 수 있는 크기로 성장시켜 측정하는 응결 핵 계수기로 감지되는 원시 입자 개수는 내부 컴퓨터 배열에 저장된다. 장비에 내장된 컴퓨 터는 입자 개수 자료를 입자의 이동성 및 각각의 입자가 단일 대전을 한다는 가정 하에 입자 크기 채널(입자 크기의 Decade 당 32 채널)로 저장(map) 한다. 내장된 컴퓨터는 입자 크기 채널 안의 원시 개수, 단일 대전 확률 계산, 복수 대전에 대한 보정, 이동함수 폭, DMA 흐름 비율, CPC 흐름 비율, 크기 채널의 측정 시간(t_c), 기울기 보정, D₅₀ impactor의 절사점, CPC와 DMA 등 사용자가 정의한 다른 효율들을 이용하여 각 크기 채널에 대한 입자 수농도 를 계산한다.



■ 그림 4.2 SMPS의 개요도 및 내외부 구성도 (a) SMPS에서 에어로졸 관측원리 개요도, (b) 내부 구성 요소, (c) 계측기의 전면, (d) 계측기의 후면과 측면



4.3. 장비 사양

구분	사 양
제조사(국가)	TSI(미국)
모델	TSI 3034
측정파장 범위	10~487 nm
측정농도 범위	1~2,400,000 /cm ³
작동모드	중화기, DMA, CPC
유량	인넷 : 1ℓ/min, 장비 : 4ℓ/min
동작환경조건	작동온도 : 5~35 ℃ 저장온도 : 0~40 ℃ 운영압력 : 75~105 kPa 습도범위 : 0~95 % RH
중화기	Kr-85(반감기: 10.4 years)

■ 표 4.1 전자기유도입자계수기(SMPS) 사양

4.4. 작동 방법

 (1) 장비 후면의 전원을 켰을 때 그림 4.5(a)와 같이 전면의 LCD 화면에 비정상인 항목이 깜빡거린다(Warms Up 시간 약 10~12분소요).
 10분 후에 Main Data Display Screen으로 바뀌며, Warm up이 완료되지 않았을 경우에는 화면 하단에 Fault가 표시 된다. warming up을 끝내기 전에 SKIP을 누르면 Main Operation Display로 바뀌면 서, display 화면 하단에 FAULT가 표시된다. 문제점을 자세히 확인하기 위해서는 Fault를 선택하여 누르면 된다.



그림 4.5 SMPS 전면 액정화면 표출 (a) SMPS 전면 액정화면 예시, (b) SMPS의 관측 시작 시 액정화면, (c) 장비의 Pumps OFF, (d) 장비의 종료

- (2) 전면의 원형 스위치를 "Menu" 화면이 나올 때까지 오른쪽으로 돌려 [push]를 한 후 위에서 3번째 "Pumps Off"를 "Pumps On"로 전환하여 "exit"로 빠져나온 후 장비 모니터에서 그림 4.5(b)와 같이 관측 그패프와 "Clear Start Menu"을 확인할 수 있다.
- (3) 장비에서 관측되는 에어로졸의 수농도 분포 및 전체 수농도 값을 실시간으로 관측하기 위하여 RS232 cable로 장비와 직접 연결된 PC에 TSI사에서 제공하는 AIM 소프트웨 어를 설치하고 PC를 재부팅 한다.
- (4) 소프트웨어를 설치한 후 윈도우의 C:\#Program Files\#TSI\#Aerosol Instrument
 Manager6\#Aim.exe의 Aerosol Instrument Manger 프로그램을 실행하면 그림 4.7
 과 같은 화면이 뜬다.
- (5) "File" 메뉴의 "New"를 선택하여 장비에서 관측한 자료의 모든 정보가 각 시간대별로

저장될 파일의 경로를 D/SMPS에 새로운 저장 폴더에 파일을 생성한다.

(6) 파일 이름을 설정하면 "SMPS 3034 Properties_New Sample" 이라는 장비운영 환경 설정에 대한 메뉴가 뜨고 여기서 "scheduler"와 "density" 부분만 아래와 같이 설정하 고 확인을 누른다.



그림 4.6 SMPS 모니터 화면



SMPS 3034 Properties - New Sample	Acrosol Instrument Manager
Scheduler [Density] Tite ^ Manual Single Mode (start button collects one sample) ^ Manual Continuous Mode (start button starts continuous collection) * Scheduled Collection * Scheduled: 006-05-13 * 223 * 33 * 1 * Minimum Time: Every 3 Minutes * Time Between Sample Starts * Minimum Time: Every 3 Minutes * Tate Sample Every: 0 d to h 3 m * 1 Stop * Manual Stop (stop button stops collectio) * Alter This Many Samples * 0 d 0 h 0 m * Scheduled: 2006-05-19 * 223 * 33 * 1 Set Scans Per Sample_ Current Setting: 1 Scan per Sample	Street and a second sec
확인 취소	N2 N2

"그림 4.8 SMPS 3034 Properties_New Sample 설정

- (7) Export Parmeters 설정하기 위하여 Run>Auto Export to File에서 아래 그림에 따라 설정하고, D:\SMPS\textfiles에 파일이름(kgawo_smps_yyyymmdd.txt)을 저장한 다.
- (8) 데이터 수집을 시작(Start Data Collection)하기 위하여 초록색 둥근 버튼("Run" 메뉴 에서 "Connect from the 3034")을 클릭하면 붉은색 사각 버튼이 나타나고 장비에서 START 가 STOP 으로 바뀌고 자료수집이 시작된다.

Ele Dun Format Verv Sample Window Help	Export Parameters
Dut data collection Pio Development Sample Convert Sample ConvertSample ConvertSample ConvertSample ConvertSample	Data Types <u>dW/dlogDp C C C C</u> Concentration (dW) C C C C C % concentration C C C C C cumulative C C C C C cumulative % C C C C C
0.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Delimiter O Tab Orientation O Column O K Cancel
smps_20130819 textiles smps_20131111 ikgawo_smps_20150129.btl smps_20131212 SMPS으및 방문 가기 smps_20140124 smps_20140425 smps_20140425 SMPS으및 방문 가기	backup kgawo_smps_20150129.bt kgawo_smps_20150212.bt kgawo_smps_20150213.bt kgawo_smps_20150213.bt
파일 이름(N): kgawo_smps_2015(213 알기(Q)	9 바일 미를(N): kgawo_smps_20150216 세상(3)
바일 알려(D): [Delimited text file (+,bxt) 의 취소	·····································

"그림 4.9 D:'\SMPS\textfiles 파일이름 설정 kgawo_smps_yyymmdd.txt

- (9) SMPS 관측 시스템 OFF
 - ① QA/QC 서버로의 자료 전송 프로그램 닫는다.
 - ② 프로그램 OFF 하기위하여 붉은 색 사각 버튼(■)을 클릭하면 초록색 둥근 버튼(●)이 나타나면 장비와 연결을 종료하기 위하여 RUN의 Disconnect form the 3034을 선택 하고 실행창을 닫는다.



그림 4.10 자료수집 프로그램 종료

③ 관측장비를 종료하기 위하여 SMPS 장비의 원형 스위치를 "Menu" 화면이 나올 때까 지 오른쪽으로 돌려 "Menu"에서 원형 스위치 push 한 후 위에서 "Pumps On"을 "Pumps Off"로 전환 후 "exit"로 빠져나와 장비 오른쪽 후면의 Power off 스위치로 전원을 차단한다.





그림 4.11 장비의 Pumps OFF 및 종료

4.5. 유지·관리

SMPS 장비는 2004년 12월에 미국 TSI사에서 제조하여 (주)ABC무역을 통해 도입 되었 다. 장비가 이상 없이 작동되는지 여부는 매일 수시로 점검하고 정기적으로 부품 교체 및 청 소를 수행한다. 그러나 이 내용은 제조사의 제안 내용일 뿐 어떤 규정은 사용자 측의 관측 환경에 따라 달라 질 수 있다.

- (1) 관리 시 주의 사항
- ① 기기에 충격이 가지 않게 주의
- ② 기기를 옮길 시에 꼭 drain 하기
- ③ 기기 설치 후 최소 10분 후에 Operation 하기
- ④ Fill bottle에 1/3 정도만 채울 것 권고
- ⑤ 기기 Display 상의 Sampling flow가 1 lpm 보다 낮거나 Sheath flow가 3~5 lpm으로 상하 변화가 심할 때 문제가 있는 것으로 전문업체와 협의
- ⑥ 습한 지역에서 한 달 이상 장기 관측시 Inlet으로 습기가 차서 기기 안에 물이 고일 수 있다
- ⑦ Drain을 자주 시킬 것(일주일에 1회 정도)
- ⑧ 중화기(Neutralizer) 수명 약 10년 정도

(2) 필수 관리 사항

- ① Cleaning the Cyclone
- 작동 시작 전에 Cyclone을 청소하며 Hex net를 풀어서 SS union fitting으로부터 Cyclone을 분리한다.
- 반시계방향으로 돌려서 Cyclone "Removable Base"를 제거한다.
- Interior surface를 부는데 Compressed air를 사용하고 Isopropyl alcohol이나 물 로 씻어낸다.
- 깨끗해졌는지 확인하기 위해 내부 구멍을 시험한다.
- 말린 후 재조립하여 재 설치한다.
- ② Drain : 기기를 이동하기 전에 부탄올을 제거해야만 한다.
- Accessories에서 Butanol drain bottle을 찾는다.
- 기기 후면에 있는 Drain fitting 에 Bottle fitting을 연결한다.
- 통풍을 위해 Bottle cover를 살짝 열고 Bottle은 기기보다 아래쪽에 놓는다.
- Cabinet recess로부터 Butanol supply bottle을 떼어낸다. 또한 Inlet으로부터 Cyclone도 제거한다.
- 기기 전면 Panel로부터 Control Knob을 사용하고 Main Display에 MENU를 선택한 다. Drain option으로 가서 On을 누른다.
- 잠시 후 Butyl alcohol이 Draining bottle로 흐르는 것을 볼 수 있다. 만약 필요하다
 면 앞에서 볼 때 기기의 왼쪽 가장자리 아래 기울여 놓는다.
- 액체 흐름이 멈출 때까지 유지시킨다. 필요하다면 다시 흐르게 하기 위해 다시 기울여 놔야한다.

- · 기기를 수송 전 전날 밤 동안 장비를 건조시켜야 한다.
- · 다시 채워지는 것을 방지하기 위하여 건조과정 동안에는 부탄올을 채운 병을 설치하 지 않는다.
- ③ Filling
- 부탄올을 채우는 것은 관측이 시작되고 센서가 Saturator안에 부탄올 양이 적은 상태
 가 감지될 때 자동으로 일어난다.
- 다시 채우기 위해서는 간단하게 Fill bottle을 연결하지 않고 장비를 켠다. 그리고 완 전히 말라 있을 때에도 자동적으로 수행되는 Filling cycle은 저장소를 완전히 채우는 데 시간이 많이 걸리지 않을 것이다. 이런 상황은 Front panel에서 FAULT display 에서 "Liquid Level Low"가 Highlighted와 Blinking 표시를 동반하면서 알려준다.
- 추가적 Filling을 시작하기 위해서 기기 Front panel로부터 Control Knob를 사용해 서 Main Display의 MENU를 선택하고 Fill option을 On으로 누른다. Liquid level status가 OK로 나타날 때까지 채우도록 둔다. Filing을 마치기 위해서 Fill option에 Highlight를 두고 OFF를 누른다.
- ④ Refreshing the Butanol
- Model 3034는 운영자의 최소한 조작으로 긴 기간을 작동하도록 디자인 되어있다. 이 것을 용이하게 하기 위해 특별히 설치된 장치는 습한 상태 하에서 CPC saturator 안 에서 응축되는 습기를 제거하는 것이다. 만약 수 주 동안 기기가 작동을 안 한다면 Butanol의 대체를 권고한다. Butanol을 대체할 때 앞의 사항들을 참고하여 한다.
- ⑤ 유지 스케줄
- 다음 표 1의 유지 스케줄을 참고하여 기본적으로 입경별 수농도 계측기의 부속품을 바 꿔주며, 자료의 에러를 체크하면서 그 주기를 조절하도록 한다.

유지	기간	비고
Drain butanol	움직이기 전에	
cyclone cover 제거하고 interior surfaces 청소	일반적으로 각 test 작동 전이나 대 기 중 aerosol sampling의 2주 후	
DMA collector rod와 outer electrode 청소	16000 시간	대기중 에어로졸
Manifold filter cartridges 대체	>160000 시간 또는 필요할 때	대기중 에어로졸
Pump filter cartridges 대체	>160000 시간 또는 필요할 때	대기중 에어로졸
Model 3077 Neutralizer 청소	16000 시간	대기중 에어로졸
DMA안의 Dacron screen대체	필요할 때	

표 4.2 입경별 수농도 계측기의 유지 스케줄(TSI사/ABC 무역 제안)







그림 4.12 Size Data Graph 창의 데이터 상태 표시(OK의 예)

														_ = X
BF	BG	BH	BI	BJ		BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS 🚽
							_							-
469.8	Lower Size L	Jpper Size	Density(g/	Title	Stat	us Fla(Me	d <mark>an(n</mark> i	Mean(nm)	Geo. Mea	Mode(nm)	Geo. Std.	Total Con	Comment	
23.33	10	486.97	1.2		OK	4	107802	79.4499	53.2996	171.544	2.43242	1137.65		
25.666	10	486.97	1.2		OK	4	17695	79.9874	54.489	171.544	2.38159	1149.47		
22.783	10	486.97	1.2		OK	4	107713	78.2957	53.2671	30.5053	2.38287	1095.6		
15.78	10	486.97	1.2		OK	3	89 <mark>3878</mark>	68.0165	48.1108	37.8552	2.20429	1460.81		
13.442	10	486.97	1.2		OK	3	888125	74.5122	49.7819	32.7812	2.42548	1209.62		
29.779	10	486.97	1.2		OK	3	89 <mark>4367</mark>	74.2378	50.741	32.7812	2.35327	1200.54		
13.998	10	486.97	1.2		OK	3	89 <mark>9751</mark>	74.2721	51.374	32.7812	2.31761	1243.42		
<i>c</i> : D			01 J 51											
r SizeD	ensity(g/cc)	litle	Status Fla	ig Me	ian(nr	Mean(nm)	Geo. N	learMode(nm, Geo. S		on Comm	ent Elevi Out	- (D	
\$6.97	4.82E+228		Error		02.14	110.345	100.0	054 103. 762 111	003 1./1	844 724.: 640 602.0	Son Sample	Flow Out	of Range.	
50.97	4.82E+228		Error		3.697	117.987	102.	/62 111.	397 1.69 700 1.70	048 082.0 474 701	10 Cample	e Flow Out	of Range.	
6.97	4.82E+228		Error	- 1	2.925	117.04	102	.17 119. 4EE 06.4	709 1.70 62 1.70	4/4 /UI	.12 Sample	Flow Out	of Range.	
6.07	4.02E+220		Error	1	4.402	110 556	102.4	+55 90.41 757 120	002 1.70 027 1.71	004 000.	121 Sample	Elow Out	of Pango	
6.07	4.020+220		Error	1	2001	115 501	102.	700 064	257 1.71	000 710	For Sample	Elow Out	of Pango	
6.97	1.02E + 220		Error		2079	115.501	101	203 50.4	562 1.7 562 1.6	257 711 C	Co Sample	E Flow Out	of Range	
6 97	4.82E+228		Error		9191	113 578	00 5	172 110	709 1.67	705 733	215 Sample	E Flow Out	of Range	
6 97	4.82E+228		Error		0036	112.88	98.6	636 964	662 1.68	758 781	() Sample	P Flow Out	of Range	
,			2			112.00	50.0	500	1.00			Out	e. nanger	

"그림 4.14 Export data 상의 상태 표시 (OK와 Error의 예)

표 4.3 입경별 수농도 계측기의 결함 확인 목록

기기 상태 분야	설명
포화기 온도 (Saturator Temp.)	이는 입자 응결핵계수기(condensation particle counter; CPC)의 포 화 상태의 온도를 뜻한다. 이 온도는 39℃로 조절되어야 한다.
광학기 온도 (Optics Temp.)	응결핵계수기 광학(CPC Optics)은 렌즈 부품 위에 부탄올 기체의 응결을 방기하기 위한 충분한 온도로 유지되어져야한다. 광학기는 40℃로 유지되어져야한다.
냉각기 온도 (Condenser Temp.)	응결핵계수기(CPC)의 냉각 상태는 13℃로 포화기보다 26° 낮은 온도로 유지되어져야 한다. 부탄올 기체는 냉각기에서 샘플 입자들 이 쉽게 광학적으로 검출되기 위해 입자에 응결되어 입경을 증가시 킨다.
시스 흐름 (Sheath Flow)	DMA의 시스 흐름은 4.0 L/min으로 유지되어야한다.
샘플 흐름 (Sample Flow)	입자 샘플의 흐름은 1.0 L/min으로 유지되어야한다.
레이저 파워 (Laser Power)	응결핵계수기(CPC) 내부에서 입자 검출을 위한 레이저 파워가 충분 해야한다.
용액 단계 (Liquid Level)	응결핵계수기(CPC) 포화기 내부 저장소의 단계 센세들은 부탄올 단 계를 일정하게 유지한다. 용액이 부족할 경우 부탄올병에 재공급을 해야 한다.
농도 (Concentration)	입자 수가 1cm ³ 안에 10,000을 넘을 경우 오류가 생긴다. 고농도 오염사례 시 주의해야 한다.

4.6. 자료 처리

- (1) 관측 자료의 결함 여부 결함이 있는지 여부는 Aerosol Instrument manager에서 관측 파일을 열어 Size Data Graph 창의 하단에 아이콘 모양을 통해서 확인할 수 있다. 또한 자료를 export 한 후 파일의 'Status Flag'의 'OK'와 'Error' 사인을 통해 알 수 있다 (그림 4.12, 4.13, 4.14 참조). 자료에 'Error'가 있을 경우, 맨 마지막의 'Comment'에 에러 내용에 관해 나온다. 다음 표 4.3의 결함 확인 목록을 참고하도록 한다. 자료에 대 한 검정은 동일한 기기 또는 유사한 측정항목의 기기(예 : Condensation Particle Counter)와 일정시간 측정하여 자료를 비교 검토하도록 한다.
- (2) 45번 자료처리 서버를 접속하기 위하여 Xmanager를 실행 후 home/date/smps/ 디렉 토리로 이동한다.

💫 Xstart	KGAWC@KGAWC_AEROSOL:/data/SMPS/code	- O ×
세션(S): 🔽 45 🥑 실행(R)	[KGANC] code >1s Default SMPS_KGANC_GAU_HEDDER.org.d N_SMPS_COGAN.pro SMPF1LeHEDDER.txt N_SMPS_KGANC_DAY.pro S.SMPS_COGAN.pro N_SMPS_KGANC_HONTH.pro V.SMPS_COGAN.pro	
호스트(H): 프로토콜(P): SSH 로 설정(E) 사용자 미름(U): KGAWC 인증(I): 로 설정(T) 명령(C): /usr/bin/xterm -ls -display \$DISPLAY 로 고 보 전 도 모 전 도 모 전 도 보 전 도 모 전 T D D D D D D D D D D D D D D D D D D	N_SHPS_KARMAC_TERK.PPG V_SHPS_KARMACE_ARRANGE_exe N_SHPS_KARMANE_Kark_YYS,F SHPS_KARMANE_MOLEXPR_yys,pro SHPS_KARMANE_SARMANE_SARMANE_MOLEXPL_ SHPS_KARMANE_SARMANE_SARMANE_MOLEXPL_ SHPS_KARMANE_SARMANE_SARMANE_SARMANE_MOLEXPL_ SHPS_KARMANE_SARMAN	
☞ 연결 상태 창 표시(₩) 고급(A) 도움말(H)	[KK6HC] code > [K6HC] code > [K6HC] code > [K6HC] code >	

"그림 4.15 Xmanager 창 및 45번 서버 활성화된 창



그림 4.16 처리 프로그램 경로

- (3) 자료처리 프로그램 실행하기
- 한 달치 입경별 수농도 계측기 Input 자료(파일명: SMPS_KGWOyyyymm.txt)를 DATA/TXTdata/ 아래 위치해 놓기
- ② DATA/TXTdata 폴더 아래 list_mon.dat를 새로 만들어서 분석하고자 하는 input 파일
 의 파일명을 쓰기

🔀 jungmi@apsdb:~/SMPS/DATA/TXTdata		
MPS_KGAW0201201.txt		
C		
~		
~		
~		
~		
~		
~		
~		
~		
~		
~		
~		
~		
"list_mon.dat" 1L, 21C	1,1	A11

그림 4.17 Input 자료 입력창

③ CODE 폴더로 가서 SMPS_ARRANGE.f를 실행하기

> f90 SMPS_ARRANGE.f -o SMPS_ARRANGE.exe

> ./SMPS_ARRANGE.exe

④ DATdata 폴더아래 /10MIN, /1HR, /DAILY, /Total 폴더들 아래 자료가 정리되어 생 성 된 것을 확인할 수 있다.

(4) 그래프 프로그램 실행하기

- * 그래프 프로그램 코드: CODE폴더 아래 N_SMPS_KGAWO.pro 파일임
- * 그래프 이용 자료: DATA/DATdata/10MIN 아래 있는 10분 평균 자료들임
- * 그래프 결과: GRAPH 폴더아래 jpg 파일로 저장됨

M IDL # [N_SMPS_KGAWO.pro]					
🗓 <u>F</u> ile <u>E</u> dit <u>S</u> earch <u>R</u> un <u>P</u> roject <u>M</u> acros <u>W</u> inde	w <u>H</u> elp	_ 8 ×			
E 🖀 🚅 🖬 🎒 🗠 🗠 🕉 🗞 🚳 🖨 🛛 🖻	8 B I	u 🖉 🐼 😵 🙀 👘 👘 🕼 🖨 🗗 🕾 💟 🔛 🖉 🖉 🕷 🕷 🕷			
R R R V PRON_SM	PS_KGA₩O				
Folder='	./DATA/D /GRAPH/')ÀTdata/10MIN/'			
 CD, Fold file=File 	er e_search('N_SMPS_KGAW0201002')			
mon=['Ja 'Se	uary','F stember',	'ebruary', 'March', 'April', 'May', 'June', 'July', 'August',\$ 'October', 'November', 'December']			
FOR k=0,	N_Elemen	ts(file)-1 Do Begin			
CD, Fold	er				
Groups Build Order	inac/fil	afk1)_1			
		>			
IDL Version 6.0, Microsoft Windows (Win32 x86 m32). (c) 2003, Re	earch System	is, Inc.			
IDL> .COMPILE ''C:\Documents and Settings\기상청₩바탕 화면∜	*발표자료₩기	후변화_갑시예측_과제₩3_SMPS₩N_SMPS_KGAWO,pro"			
% Compiled module: N_SMPS_KGAWO,					
% CD: Unable to change current directory to C:\RSI\D	TA₩DATda	ta₩10MIN,			
No such file or directory					
% Execution halted at: N_SMPS_KGAWO 6 C:\Docu	ments and S	Settings♥기상정♥바탕 화면♥알표사료♥기후면화_감시배죽_과세♥3_SMPS♥N_SMPS_KGAWO,pro			
<u> </u>					
Name	Туре	Value			
A	UNDEFINED	<undefined></undefined>			
BIN	UNDEFINED	<undefined></undefined>			
C	UNDEFINED	<undefined></undefined>			
CLR	UNDEFINED	<undefined></undefined>			
Locals (Params) Common) System ↓					
🛷 IDL>					
Ready		Line 8, Col 1 INS NUM			

그림 4.18 IDL 프로그램 설정창

- 면저 N_SMPS_KGAWO.pro 파일을 열어 7번째줄의 file=File_search
 ('N_SMPS_KGAWO201001.txt')인 부분에서 ' ' 안의 부분을 그래프 그리기 원하는 파 일명으로 고친 후 저장한다.
- ② IDL 실행 후 위의 코드를 run 한다.
 - > idlde
 - File \rightarrow Open \rightarrow N_SMPS_KGAWO.pro
 - $\operatorname{Run} \rightarrow \operatorname{Compile}$
 - $\operatorname{Run} \rightarrow \operatorname{Run}$)
- ③ 파일의 새창으로 뜨며, GRAPH 폴더에 저장된 것을 확인 할 수 있다.



(5) 최종 그래프(수농도 및 부피농도)



그림 4.20 SMPS 부피농도 그래프

공기역학입자계수기(APS)

5.1. 개요

공기역학입자계수기(Aerodynamic Particle Sizer; APS)는 입자가속 노즐과 광학산란장치 를 조합하여 개별입자의 공기역학적인 거동특성인 입자의 공기역학적 크기와 수농도를 측정 한다. 장비의 공기샘플링 유량은 1 lpm이고 측정 가능한 농도 범위는 0~10,000개/cm³이다. 에어로졸의 관측크기 영역은 0.5~20 µm로 0.5~1 µm 구간에서 10개, 1~2.5 µm에서 13개, 2.5~5 µm에서 9개, 5~10 µm에서 10개, 10~20 µm 구간에서 10개로 총 52개 입경 채널을 가 지고 있다.



그림 5.1 공기역학입자계수기(TSI 3321) 장비

5.2. 측정 원리

공기역학입자계수기는 그림 5.2와 같이 구형(Spherical) · 비구형(Nonspherical) 및 모양이 불균일한(Complexities of Shape) 입자(입자의 밀도 및 외형 등의 물리적 특성이 다른)의 크기 를 공기 역학적 움직임의 크기로 나타내는 방법, 즉 공기중 같은 속도를 가진 입자들은 입자의 외부 모양(물리적인 특징)에 상관없이 같은 크기로 표현되는 공기역학적 입경을 측정한다.



• 그림 5.3 APS에서 에어로졸 관측원리와 장비 개요도

그림 5.2 서로 다른 모양의 입자에 대한 공기역학 입경



따라서 그림 5.3과 같이 개별입자가 내장 펌프에 의해 입자가속 노즐과 광학 산란장치로 구 성되어있는 측정부로 유입이 되는데, 입자를 포함한 공기가 노즐을 통과하면서 가속될 때 작 은 입자일수록 관성력이 작아 큰 입자일 때 보다 빠른 속도로 가속되어 노즐 끝 부분에서의 입자속도가 크므로, 입자가 일정한 간격을 유지하고 있는 2개의 Laser 빔을 통과하면서 산 란시키는 2개의 펄스 간격(TOF = Time of Flight)을 측정하여 입자의 속도를 구하고 공기 역학적 입경으로 변환된다. 이때 측정되는 입자의 속도로부터 입경을 구하고 동시에 광감지 기(APD = Avalanche Photodetector = 광중배검출기)에서 감지하는 산란된 빛의 양에 해 당하는 전기적인 신호로부터 Optical Particle Size(광학적 입경)에 관계된 Scattering Intensity까지 측정한다.

5.3. 장비 사양

구분	사 양
제조사(국가)	TSI(미국)
모델	TSI 3321
측정파장 범위	0.5~20 μm(0.37-20 μm)
측정농도 범위	0.001~10,000 particles/cm ³
채널	전체: 54 채널, 광산란: 16 채널;
최대입자 농도	<5%: 1,000 particles/cm ³ at 0.5 µm <10%: 1,000 particles/cm ³ at 10.0µm
최소입자 농도	± 10 %: 0.001 particle/cm ³
크기조정 최대처리 속도	>200,000 particles/sec
유량	1) 에어로졸 샘플: 1.0 L/min(±0.1) 2) 장비내 유량: 4.0 L/min(±0.1) 3) 총 유량: 5.0 L/min(±0.2)
대기압 보정	700~1,030 mbar
레이저 출력	30-mW, 655-nm laser diode
동작환경조건	1) 작동온도: 10 ~ 40℃ 2) 습도범위: 10 ~ 90% RH

표 5.1 공기역학입자계수기(APS) 사양

5.4. 장비 구조

 (1) 그림 5.4의 기기 전면 및 내부 구성은 샘플공기가 통과하는 Inlet Nozzle과 관측값을 표 출하는 LCD Dispiay와 장비의 운영하기 위한 Control Knob가 위치하며 내부에는 관 측에 필요한 각각의 부품들이 위치하고 있다.



■ 그림 5.4 APS의 전면 모습(왼쪽)과 내부 구성도(오른쪽)

(2) 그림 5.5의 주요 부품은 후면의 전원부(DC Power Input Pin) 및 통신포트(I/O Port Pin)와 시료샘플 배출구 등이 위치하고 있다.



"그림 5.5 APS의 후면 모습(왼쪽)과 DC Power Input Pin 및 I/O Port Pin 모양(오른쪽)

 (3) 작동 원리는 공기역학적 입경별 수농도 계측기는 에어로졸의 크기에 따라 입자의 속도가 다른 원리를 이용하여, 노즐을 통과하는 공기흐름에서의 입자의 속도를 측정하여 입자의 크기 별 수 농도를 측정하는 기기이다. Inlet을 통과하여 들어간 공기는 두 흐름으로 나 눠서 Inner nozzle을 통하는 Sample flow와 Outer nozzle을 통과하는 Sheath flow로 갈라져 측정이 이루어진다.

(4) 장비의 설치방법 및 설정목록

- ① 기기 설치 시 벽면으로부터 장비 측면과 장비 뒷면 모두 5cm 이상 떨어져 있어야 한다.
- ② 기기 후면에 있는 전원코드를 콘센트에 연결한다. (85~260 VAC, 50~60 Hz)
- ③ 케이블(4 m의 cable이 제공됨)을 Model 3321의 뒤에 있는 Serial Port와 연결하고 컴 퓨터에도 연결한다.
- ④ 컴퓨터에는 Aerosol Instrument Magnager를 실행시켜 놓는다.
- ⑤ 기기의 전원을 켠다.
- ⑥ 기기 작동 시 Control Knob를 이용하여 설정상태를 변경하거나 장비 상태를 확인하고 컴퓨터 없이 측정을 시작하도록 하여 측정결과를 LCD에 표시하도록 할 수 있다.
- ⑦ 기기 설정 목록은 아래 표 5.2~표 5.4를 참고한다.

표 5.2 APS 시작화면의 표출내용

측정 결과 항목	내용
Size Distribution	입경 분포 그래프
Concentration	농도
Mean Aerodynamic Particle Size	평균 입경
Total Aerodynamic Particle Size	농도 바 그래프

■ 표 5.3 AIM 프로그램의 주 메뉴 항목 및 내용

주 메뉴 항목	내용
Clear	화면에 표시된 측정결과를 지움
Continue	측정을 재개
Start/Stop	측정 시작/멈춤
Menu	메뉴를 보여줌

표 5.4 AIM의 세부 메뉴 항목 및 내용

주 메뉴 항목	내용
Exit	초기화면으로 가기
Sample Time(sec)	측정시간 설정: 1~64,800(Summed mode), 1~300(average mode)
Sample Mode	Summed(누적 농도), Average(평균 농도), Sum.Corr. (Software 로만 가능)
Sample Type	Continuous(연속 측정), Single(한번만 측정)
Pumps	On/Off
Sound	On(Hi-Conc. 설정값을 넘었을 때 삑소리가 나도록 함)/Off
Screen Saver	Off/5/10/15/30분(Control Knob를 만질 때까지 LCD 화면을 끔)
Baud Rate	38,400(correlated mode)/19,200/9,600 bps: Serial 통신속도 선 택
Inlet Pressure(mbar)	Sample Inlet쪽 압력
Sheath Flowrate(lpm)	Outer Nozzle 유량
Aerosol Flowrate(lpm)	Inner Nozzle 유량
Total Flowrate(lpm)	측정을 끝내고 장비 밖으로 내보내는 유량
Optics Temperature(°C)	Optic components의 온도 표시(APD 감지기의 온도와 동일)
Cabinet Temperature(°C)	장비 내부의 온도 표시
Laser Current(mA)	0~100 : 레이저에 흐르는 전류로 사용시간 경과에 따라 값이 조금 씩 올라감
Laser Power(%)	0~100 : 레이저 전력 설정(75가 기본으로 변경시키지 말 것)
Laser	On/Off
APD Voltage(V)	APD(Avalnche Photodetector)의 전압 표시 및 조정
APD Max Vop(V)	장비 전원을 켰을 때 APD에 인가되는 최대 전압
APD Autocalibration	On(다음 측정결과를 표시하기 전에 이전 결과를 4초간 표시)/Off
Alarm Level(pt/cm ³)	Hi Conc LED에 불이 켜지고, 경고음을 울리는 농도 수준을 설정
End of Sample Pause	On(다음 측정결과를 표시하기 전에 이전 결과를 4초간 표시)/Off
Display Image	Positive(흰색바탕에 검은 글씨)/ Negative(검은 바탕에 흰색 글씨)
Firmware Version	버전 정보 표시

5.5. 작동 방법

(1) 장비 전원을 켰을 때 그림 5.6과 같이 전면의 LCD 화면에 비정상인 항목이 깜빡거린다 (Warms Up 시간 약 10~12분소요). 10분 후에 Main Data Display Screen으로 바뀌 며, Warm up이 완료되지 않았을 경우에는 화면 하단에 Fault가 표시된다. Warming up을 끝내기 전에 SKIP을 누르면 Main Operation Display로 바뀌면서, display 화면 하단에 FAULT가 표시된다. 문제점을 자세히 확인하기 위해서는 Fault를 선택하여 누르면 된다.



그림 5.6 APS의 전면 액정화면

- (2) 장비가 이상 없이 작동 준비상태가 되었을 때 control knop을 start 바에 이동하여 누르면 장비 상에서 관측이 이루어진다.
- ① 장비 오른쪽 후면의 Power ON
- ② 약 5분간 장비 Warming up (화면에 별다른 표시 없음).
- ③ APS 장비의 원형 스위치를 "Menu" 화면이 나올 때까지 오른쪽으로 돌림.
- ④ "Menu"에서 원형 스위치 [push]
- ⑤ 위에서 5번째 "Pumps Off"를 "Pumps On"로 전환: 원형 스위치 [push]
- ⑥ 맨 위의 "exit"에서 원형 스위치 [push]
- ⑦ 장비 모니터에서 "Clear Start Menu" 확인
- (3) 장비에서 관측되는 에어로졸의 수농도 분포 및 전체 수농도 값을 실시간으로 관측하기 위하여 RS232 cable로 장비와 직접 연결된 PC에 TSI사에서 제공하는 APS용 AIM 소 프트웨어를 설치하고 PC를 재부팅 한다.
- (4) 소프트웨어를 설치한 후 윈도우의 프로그램 파일 폴터에 있는 TSI/AIM APS 3321 아이콘을 누르면 아래 그림 5.7과 같은 화면이 뜬다.
- (5) 자료수집 프로그램 실행(Aerosol Instrument Manger 프로그램)
- ① AIM 프로그램 클릭
 - C:\Program Files\TSI\Aerosol Instrument Manager\Aim.exe



그림 5.7 TSI AIM APS 3321 소프트웨어 창

- ② File>New
- ③ 상위 폴더로 이동 후 새폴더 생성 (폴더명 :)
- ④ 생성한 폴더 안에 새로운 파일명 입력 (파일명 :)
- ⑤ 열기

```
⑥ Run>Properties * Software 만 끈 경우 (File>Properties)
```

- ⑦ Data Setting
- Dilution/Efficiency File : 희석장치가 장착되었을 때 선택된 희석율에 해당하는 효율
 곡선 파일 선택(00001to1.e21, 00020to1.e21, 00100to1.e21 중에서 선택)
- Psrticle Density : 입자의 밀도 입력(일반적으로 대기 에어로졸은 1.200000)
- Apply Stokes : 보상 기능 활성화(체크), (density < 0.9, > 1.1일 경우 선택할 것)
- Phantom Count : 해당사항 없음
- 8 Scheduling
- Sample : Sample length를 150, Number of samples를 1, Total Sample 2m 30s
- Scheduled : Repeat Every를 3m(3분)으로 설정
- Start at time : 해당사항 없음

```
    Data Types
```

- Aerodynamic Diameter, Side Scatter : 비활성

Sample Mode : Correlated
 만약 수동 조절로 펌프를 끈 경우

APS 3321 Properties - New Sample	APS 3321 Properties - New Sample X Data Settings Scheduling Data Types Communications	APS 3321 Properties - New Sample	APS 3321 Properties - New Sample
Data Settings Scheduling Data Types Communications	Sample Cample length Number of Total Cample 150 × 1 = 2m 30s	Data Settings Scheduling Data Types Communications	Unarrele length Number of Total Cample
Ditution/Efficiency File (0002bb1,e21) Particle Density (g/cc) (1.20000	Scheduled Conly Once ⊂ Repeat Every 0 h Tm → Start At Time TT : T → T PM NO 4 ▲	Dilution/Efficiency File Dilution/Efficiency File Particle Density (g/cc)	Scheduld
Apply Stokes 🔽	APS 3321 Properties - New Sample	Apply Stokes 😨	APS 3321 Properties - New Sample Data Setting Scheduling Data Types Communications
Phantom Count	Aerodynamic Diameter Charnel data Thew data	Phantom Count	Aerodynamic Diameter Channel data Raw data Raw data
	C Summing Correlated		C Summing C Correlated
<u> </u>	확인 취소	확인 취소	<u>확인</u> 해소

그림 5.8 Manger 프로그램 설정

- Run > Instrument Setup > Pumps 체크 > apply > 확인
- 10 Run > Auto Exports
 - 여러 항목 설정(그림 5.9참조)
 - 상위 폴더로 이동 후 textfiles 폴더로 이동
 - 파일 이름 작성 후 저장



그림 5.9 Run Export 설정

- ① 데이터 수집 시작 (Start Data Collection)
 - Data type / 전부 체크, Raw Counts / Concetration(dw) 체크, Dlimiter / Tab 체 크, Orientation / Raw를 체크하고 OK 선택
 - 자료저장 폴더(textfiles)
 - 초록색 둥근 버튼 클릭(붉은색 사각 버튼이 나타나는지 확인)

(6) APS 관측 시스템 OFF

- ① 데이터전송프로그램 OFF
- 서버로 전송하는 COMIS 표출(FTP) 및 자료저장(GawoDB) 프로그램 닫기
- ② 프로그램 OFF (AEROSOL INSTRUMENT MANAGER 프로그램)
- ③ 데이터 수집 정지 (Abort Data Collection)
- 붉은 색 사각 버튼 클릭 및 초록색 둥근 버튼 ●이 나타나는지 확인
 ④ 장비와의 연결을 끊는다.
- Run > Disconnect from the APS [Click]
 ※ 수동 조절 : Run > Instrument setup > pumps의 체크 해제 > apply > 확인
 펌프 동작이 멈추고, 프로그램 모든 창을 닫는다.
- ⑤ 장비 OFF
 - APS 장비의 원형 스위치를 "Menu" 화면이 나올 때까지 오른쪽으로 돌림.
- 6 "Menu"에서 원형 스위치 [push]
- ⑦ 위에서 4번째 "Pumps On"을 "Pumps Off"로 전환: 원형 스위치 [push]
- ⑧ 맨 위의 "exit"에서 원형 스위치 [push]
- ⑨ 장비 오른쪽 후면의 Power off

5.6. 유지·관리

- (1) 장비 관리 시 주의사항
- ① 펌프가 작동시 유량이 적당하지 않거나 유량변동이 심할 경우 : Pump Exhaust가 막혔 는지 확인 할 것, Inner/Outer Nozzle 오염 확인, 필터가 막혔는지 확인한다.
- ② Hi Conc 경고 LED 가 들어올 경우 : 고농도(보통 1,000 particles/cm³ 농도 이상에 서)에서는 coincidence error가 발생하므로 Aerosol Diluter를 장착한다.

(2) 필수 기기 관리 사항

Inner Nozzle 청소 시 전원을 끈 상태에서 Inner Nozzle을 분리한 후 오염의 정도에 따

라서 다음의 순서로 청소한다.

- 깨끗한 압축공기로 (35 psi 이하) Nozzle 반대 방향으로 불어낸다.
- 비눗물로 씻어내고 물로 세척한 후에 압축공기로 말린다.
- 이소프로판올로 세척한다.
- (3) Outer Nozzle 청소
 - 전원을 끈 상태에서 Inner Nozzle을 분리하고, Outer Nozzle을 분리한다. 그리고 깨 끗한 압축공기로 Nozzle 반대방향으로 불어낸다. 보푸라기가 일지 않는 부드러운 천 과 물로 Nozzle을 닦아낸다. 하지만 Nozzle 내부는 닦지 말로 압축 공기로만 불어내 야 한다.
- (4) Air Filter 교환
 - 필터의 방향에 주의하여 필터를 교환한다. 튜브를 뺄 때는 잡아당기지 말고 튜브를 밀
 어서 분리시키는 것에 주의한다.
- (5) 관측자료에 결함이 있는지 여부
 - Aerosol Instrument manager에서 관측 파일을 열어 View → Instrument Status에 서 확인할 수 있다(그림 5.10). 자료의 에러 메시지는 에러가 두 개 이상 나타날 시에 는 "Errors Detected"라고 메시지가 뜬다. 또한 자료를 export 한 후 파일의 'Status Flag'의 '0'과 '1'의 16개의 숫자 조합을 통해 자료 상태가 표현되어 있다. 각 숫자 조합이 의미하는 에러 메시지를 결함 목록에서 그 원인을 찾아 볼 수 있다. 자료 에 대한 검정은 동일한 기기 또는 유사한 측정항목의 기기와 일정시간 측정하여 자료 를 비교 검토하도록 한다.

📉 Instrument Status	[20101015 A.A21]		*	Instrument	Status [20080112a.A21]		×
Sample Number 2026			Sa	ample Number 34	160			
Sheath Flow 3.97 (4.0 ±0.1 lpm)	Sheath Pump Voltage (0-5 V)	3.47	Sh	neath Flow (4.0 ±0.1 lpm)	3.98	Sheath Pump Voltage (0-5 V)	3.22	
Total Flow 4.98 (5.0 ±0.1 lpm)	Total Pump Voltage (0-5V)	3.08	To l	otal Flow (5.0 ±0.1 lpm)	4.97	Total Pump Voltage (0-5 V)	3.02	
Aerosol Flow 1.01 (1.0 ±0.2 lpm)	Laser Power (0 - 100 %)	75	Ae	erosol Flow (1.0 ±0.2 lpm)	0.99	Laser Power (0 · 100 %)	75	
Inlet Pressure (400 - 1030 mbar) 996.3	Laser Current (0 - 150 mA)	38.4	Ini	let Pressure (400 - 1030 mbar	r) 1013.0	Laser Current (0 - 150 mA)	36.1	
Cabinet Temp 30.8 (10 - 45 C) 30.8	APD Temp (10 - 45 C)	30.0	Ca	abinet Temp (10 - 45 C)	17.5	APD Temp (10 - 45 C)	14.8	
APD Voltage 199.00 (0 - 400V)	Digital Input Level 0 (0 or 1)	0	AF	PD Voltage (0 - 400V)	190.00	Digital Input Level 0 (0 or 1)	0	
Analog Input Voltage 0 (0-5 V)	Digital Input Level 1 (0 or 1)	0	An	halog Input Voltage () (()-5 V)	0.000	Digital Input Level 1	0	
Analog Input Voltage 1 (0-5 V)	Digital Input Level 2 (0 or 1)	0	An	nalog Input Voltage 1 (0-5 V)	0.000	Digital Input Level 2 (0 or 1)	0	
Status Flags	Detected.		Sta	atus Flags	Excessive	concentration this sample	-	
				L				

■그림 5.10 Instrument Status 창의 데이터 상태 표시 (OK(우) 및 Error(좌))

(6) 수집 PC 표출상태 여부



"그림 5.11 자료수집 PC 표출상태 확인

- 정상가동 여부 : 정상(적색), 비정상(녹색)

- 자료수집상태 : 정상(막대그래프 표출), 비정상(막대그래프 없음)
- COMIS-3 전송상태 : 정상(LAST SENT TIME 현재시간)

비정상(LAST SENT TIME 과거시간)

- QA/QC서버 전송상태 : 정상(전송시간 현재), 비정상(에러메세지) (7) 유지 스케줄

다음 같이 유지 스케줄을 참고하여 기본적으로 기기 청소 및 부속품을 바꿔 주며, 자료의 에러를 체크하면서 그 주기를 조절하도록 한다.

■ 표 5.5 APS 기기의 기본 유지 관측 스케줄

유지 보수 내용	장비 점검 주기
Inner Nozzel 청소	750 시간 (약 31일)
Outer Nozzel 청소	2500 시간 (약 104일)
Air Filter 교환	5000 시간 (약 208일)
장비 점검 및 Calibration	5000 시간 (약 208일)

5.7. 자료 처리

관측 장비는 2005년 9월 6일에 도입하여 12월 31일 까지 시험 운영하였으며 2006년 1월 1일부터 상시 관측 장비로 관측되어 관측 자료는 AIM 소프트웨어로 표출되는 입자 크기별 수농도 분포 그림과 데이터 자료 및 이것을 텍스트 형식으로 표출한 자료이다. 관측된 자료 를 프로그램으로 처리하여 에어로졸 수농도 분포와 부피농도 결과를 산출하고 있다.

 (1) 관측 자료에 결함이 있는지 여부는 그림 5.12 raw자료 파일의 'Status Flag'의 '0'과 '1'의 16개의 숫자 조합을 통해 자료 상태가 표현되어 있다. 각 숫자 조합이 의미하는 에러 메시 지는 표 5.6에 정리하였다. 이들은 표 5.7의 결함 목록에서 그 원인을 찾아 볼 수 있다.

BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB
	ch at D	T D	0 T			()		M (EI)	C	
V Laser Curr	Sheath Pu	Total Pum	Box Temp	Avalanch I	Avalanch	Status Flags	Median(닪)	Mean(닪)	Geo. Mear	Mode(닪)
36.4	3.268	3.029	19.1	16.3	191	0000 0000 0000 0000	1.0242	1.2268	1.08841	0.835363
36.4	3.254	3.027	19.2	16.3	191	0000 0000 0000 0000	1.01679	1.2242	1.08464	0.835363
36.4	3.264	3.02	19.1	16.3	191	0000 0000 0000 0000	OK	1.22713	1.08786	0.835363
36.4	3.251	3.028	19.1	16.3	191	0000 0000 0000 0000	1.02202	1.22717	1.08903	0.835363
36.4	3.27	3.022	19	16.3	191	0000 0000 0000 0000	1.02729	1.23235	1.09273	0.835363
36.4	3.249	3.021	19	16.3	191	0000 0000 0000 0000	1.02854	1.23288	1.09414	0.835363
36.4	3.285	3.022	18.7	16.3	191	0000 0000 0000 1000	1.0317	1.23406	1.09576	0.835363
36.4	3.251	3.024	18.9	16.3	191	0000 0000 0000 1000	1 02192	1 2311	1.09437	0.897687
36.4	3.242	3.015	18.9	16.3	191	0000 0000 0000 1000	Eri	159	1.09454	0.897687
36.4	3.247	3.032	18.9	16.3	191	0000 0000 0000 1000	1.02935	1.23002	1.09291	0.835363
36.4	3.247	3.024	18.9	16.3	191	0000 0000 0000 1000	1.03175	1.23006	1.09376	0.835363

[■]그림 5.12 Export data 상의 상태 표시 (OK와 Error의 예)

"표 5.6 에러 메시지와 데이터 상태 표시 문자

Message	Status Flag
No Errors Detected	0000 0000 0000 0000
Laser fault	0000 0000 0000 0001
Total Flow out of range	0000 0000 0000 0010
Sheath Flow out of range	0000 0000 0000 0100
Excessive sample concentration(alarm)	0000 0000 0000 1000
Accumulator clipped (i.e. > 65535)	0000 0000 0001 0000
Autocal failed	0000 0000 0010 0000
Internal temperature < 10 °C	0000 0000 0100 0000
Internal temperature > 40° C	0000 0000 1000 0000
Detector voltage more than \pm 10% Vb	0000 0001 0000 0000
Reserved (unused)	0000 0010 0000 0000

표 5.7 APS의 결함 확인 목록

기기 상태 분야	설명
시스 흐름(Sheath Flow)	4.0(±0.1) L/min
전체 흐름(Total Flow)	5.0(±0.1) L/min
에어로졸 흐름(Aerosol Flow)	1.0(±0.1) L/min
인렛 압력(Inlet Pressure)	400~1030 mbar
캐비넷 온도(Cabinet Temperature)	10~45℃
APD전압(Avalanche Photodetector Voltage)	0~400 volts
아날로그 입력 전압 O(Analog Input Voltage O)	0~5 volts
아날로그 입력 전압 1(Analog Input Voltage 1)	0~5 volts
시스 펌프 전압(Sheath Pump Voltage)	0~5 volts
전체 펌프 전압(Total Pump Voltage)	0~5 volts
레이저 파워(Laser Power)	0~100%(기본은 75%)
레이저 전류(Laser Current)	0~100 mA
APD온도(Avalanche Photodetector Temperature)	10~45℃
디지털 입력 단계 O(Digital Input Level O)	0 또는 1 volt
디지털 입력 단계 1(Digital Input Level 1)	0 또는 1 volt
디지털 입력 단계 2(Digital Input Level 2)	0 또는 1 volt

- (2) 자료처리 프로그램을 실행하기 위하여 RAW자료를 Export하여야 하며, 다음 절차에 따 라 수행한다.
- ① 바탕화면의 Aerosol instrument Manager(APS).ink 프로그램 실행한다.
- ② File / Open하여 해당자료를 연다(화일명 : kgawo_aps_20101203.A21).

anad hanang Manage The Die ● 第日示 ② [[[]]][[] (() ())) ()) () () ()	APS 3321 Properties - Sample 1	X
	Data Settings Scheduling Data Types Dilution/Efficiency File 00020to1.e21 _ Particle Density (g/cc) 1,200000 Apply Stokes]
	Phantom Count 🗖	
212 FB7777 25 25 35 35 36 36 37 37 37 37 38 38 37 37 37 37	확인	취소

"그림 5.13 Aerosol instrument Manager(APS).ink 프로그램 및 Properties 설정

③ 왼쪽창의 Aerosol Instrument Manager_[Samples List [kgawo_aps_20101203.A21]를 전체를 선택하여 File / Export 한다.

- ④ File Properties의 Data Settings 중 Dilution/Efficiency File에서 00020to1.e21(희 석율)과 Particle Density(g/cc)에서 1.200000(입자의 밀도)를 선택한다.
- ⑤ Export Parameters창에서 체크선택
- Data Types = √ Aerodynamic
- Units and Weights = $\sqrt{dw/dlogDp}$
- Delimiter $= \sqrt{Coma}$
- Orientation $= \sqrt{Row}$



"그림 5.14 Export Parameters 설정

⑥ 생성 파일을 저장한다(화일명 : APS_KGAWO201002.txt).



그림 5.15 생성파일 저장
- (3) Export된 자료의 정리는 다음 절차에 따라 수행한다.
- ① 45번 자료처리 서버를 접속하기 위하여 Xmanager를 실행 후 45번 서버로 접속되면 /data/APS 디렉트리로 이동한다.

🔀 Xstart			abool 20A/ atob/± 102	
세션(S): 💌 45 💌	실행(R)	[KGAWC] code >1s APS_ARRANGE_exe	Default	V APS KGAWC YEAR.pro
호스트(H): 프로토콜(P): SSH 로 설정(E) 사용자 미를(U): KGAWC 인증(I): 명령(C): /usr/bin/xterm -Is -display \$DISPLAY 고 (A)	지장(♥)	APS_ARRANCE.f APS_ARRANCE.o APS_CONVERT_TO_GAW.exe APS_CONVERT_TO_GAW.org.f APS_CONVERT_TO_GAW.org.f APS_CONVERT_TO_GAW.yss APS_KGAWC_GAW.HEADER.d APS_KGAWC_GAW.HEADER.org.d APS_ILE_HEADER.txt FVGAWT_Code .	N.APS_COSAN, pro N.APS_KGAWC_DAY, pro N.APS_KGAWC_DAY, pro N.APS_KGAWC_YEAR, pro N.APS_Report, pro S.APS_COSAN, pro V.APS_KGAWC_DAY, pro V.APS_KGAWC_MONTH, pro V.APS_KGAWC_MONTH, pro	a.f aps.pro aps.txt aps_test b.f error make_aps_missing_month_1HR,f yys_convert.py

■ 그림 5.16 Xmanager 창 및 45번 서버 활성화된 창



그림 5.17 자료처리 프로그램 경로

- ② 한달치 input 파일(파일명: APS_KGAWOyyyymm.txt)은 'DATA/TXTdata' 폴더 아래 위치해야 한다.
- ③ DATA/TXTdata 폴더 아래 list_mon.dat를 새로 만들어서 분석하고 하는 input 파일 의 파일명을 쓴다.

	jungmi@apsdb:~/APS/DATA/TXTdata		
Γ	PS_KGAW0201002.txt APS_KGAW0201006.txt		
	~ ~		
	~		
	~		
	~		
	~		
	~		
	~		
	~		
	"list_mon.dat" 2L, 40C	1,1	A11

그림 5.18 Input 파일 입력

- ④ CODE 폴더로 가서 APS_ARRANGE.f를 실행하기
 - \geq f
90 APS_ARRANGE.f $\neg o$ APS_ARRANGE.exe
 - > ./APS_ARRANGE.exe
- ⑤ DATdata 폴더아래 /10MIN, /1HR, /DAILY, /Total 폴더들 아래 자료가 정리되어 생 성 된 것을 확인할 수 있다.
- (4) 그래프 프로그램 실행하기
 - 그래프 프로그램 코드 : CODE폴더 아래 N_APS_KGAWO.pro 파일임
 - 그래프 이용 자료 : DATA/DATdata/10MIN 아래 있는 10분 평균 자료들임
 - 그래프 결과 : GRAPH 폴더아래 jpg 파일로 저장됨

😹 IDL # [N_APS_KGAWO.pr	ם]	
File Edit Search Bun Project	Macros Window Help	_ 8 ×
🗈 📅 🖨 🖬 🖨 🖾 🖄 🗞	🖹 🕼 🖻 🖉 🗮 🗖 🚺 📃 🖃 🥔 🚳 🗑 🐨 📓 🖉 🗎 😫 💭 📰 💱 🛄 🕽	🤗 👁 👬 🐫 🕷
	PRO N_APS_KGAWO	^
	Folder='/data3/yumi/APS/Anmyon/DATA/DATdata/10MIN/' GRAPH='/data3/yumi/APS/Anmyon/GRAPH/'	
	<pre>CD. Folder file=File_search('N_APS_KGAW020*')</pre>	
	<pre>mon=['January', 'February', 'March', 'April', 'May', 'June', 'July', 'August',\$</pre>	
	FOR k=0, N_Elements(file)-1 Do Begin	
	CD, Folder	
	<pre>nl=File_Lines(file[k])-1 bin=filar(51) dat=filar(67,nl)</pre>	
Groups Build Order	Openr, 1, file[k] Readf, 1, bin, format='(49X,51f20.3)'	>
IDL Version 6.0, Microsoft Windows (Win32 x8	3 m32). (c) 2003, Research Systems, Inc.	
Name	Type Value	
Locals (Params) Common) System	×	•
🛷 IDL>		
Ready	Line 9, Col 31 INS	NUM

그림 5.19 IDL 프로그램 실행 창

- N_APS_KGAWO.pro 파일을 열어 7번째줄의 file=File_search ('N_APS_KGAWO201002txt') 인 부분에서 ' ' 안의 부분을 그래프 그리기 원하는 파 일명으로 고친 후 저장한다.
- ② IDL 실행 후 위의 코드를 run 한다.
 - > idlde
 - File \rightarrow Open \rightarrow N_APS_KGAWO.pro
 - $\mathsf{Run} \to \mathsf{Compile}$

Run \rightarrow Run)



그림 5.20 IDL 프로그램 Compile

③ 그림 파일이 새 창으로 뜨며, GRAPH 폴더에 저장된 것을 확인 할 수 있다.

- (5) 자료처리 결과
- ① 입경별 수 농도 분포도









입자크기(D, unit : µm)

그림 5.23 부피농도의 입자 크기별 판별 모식도

그림 5.24 부피농도 분포도 및 입자 크기별 판별도(2012년 12월 10~11일)





비 황사(오염 등)

작은입자(1.5 @미만)의 부피농도가 커질 때

황사

표 5.8 황사 및 비황사 판별법

질 때

400

(**BB**) 300 (**BB**) 300 가 200 가 고 200 가 100

부피농도

변화

③ 종합기상정보시스템(COMIS-3) 황사판별 가이던스

큰입자(1.5 µm이상)의 부피농도가 커

6. 응결핵계수기(CPC)

6.1. 개요

응결핵계수기(Condensation Particle Counter: CPC)는 입자를 열역학적 특성과 광학산 란장치를 조합하여 입자의 공기역학적 수농도를 측정한다. 장비의 입경 측정 범위는 유량은 1 L/min이고 측정 가능한 농도 범위는 0~10⁴개/cm³이다.



그림 6.1 CPC-Model 3772 장비

6.2. 측정 원리

보통의 광학적인 방법으로 측정이 불가능한 10 nm~3 µm 크기의 미세한 입자를 열역 학적 특성을 이용하여 광학적으로 측정할 수 있는 크기로 성장시켜 입자의 수농도를 측정 한다. 부탄올 증기가 포화상태인 Saturator(포화기)의 가열된 Block을 에어로졸이 지나서 Condenser(응결기)의 냉각된 Tube를 지나가면서 과포화상태의 부탄올 증기가 작은 입자 주위에 달라붙는 응결현상에 의하여 입자의 크기가 성장한다. 이렇게 광학적 감지기로 측정 할 수 있는 수 micron 크기의 액적으로 성장한 입자가 광학측정부를 지나가면서, 각각의 입 자에서 산란된 빛의 신호를 광감지기로 감지하여 계수가 된다.

따라서 그림 6.2와 같이 개별입자가 펌프에 의해 부탄올 증기가 포화된 가열부를 통과 하고, 다시 냉각부를 지나면서 부탄올 증기에 의한 응결현상에 의해 입자의 크기가 성장 한 후 부탄올은 배출되고 입자는 레이저 빔을 통과하면서 광증배검출기(Avalanche Photodetector, APD)에서 감지하는 산란된 빛의 양에 해당하는 전기적인 신호로부터 감 지하여 계수가 된다.



그림 6.2 CPC 장비 개요도

6.3. 장비 사양

■ 표 6.1	응결광학계수기(CPC) 사양	
---------	-----------------	--

구분	사 양
제조사(국가)	TSI(미국)
모델	TSI 3772
측정파장 범위	$0.01 \sim 3 \mu m$
측정농도 범위	$0 \sim 1 \times 105 \text{ zH/cm}^3$,
측정농도 정밀도	1×10 ⁵ 개/cm ³ 이하 농도조건에서 ±10% 이내
반응속도	약 3초(0~95% 농도 변화)
유량	1.0(±0.05) ℓ /min
작동온도	1) 포화기 : 39 ± 0.2 ℃ 2) 응축기 : 22 ± 0.2 ℃ 3) 광학부 : 40 ± 0.2 ℃
동작환경조건	1) 대기 온도 : 10~35 ℃ 2) 대기 습도 : 상대습도 0~90 %, condensing 3) 대기 압력 : 75~105 kPa(0.75~1.05 atm)
응축용액	부탄올
진공펌프	1) 유량 : 최대 5ℓ/min 2) 진공 : 45 cmHg, 5ℓ/min
확산건조기	 1) 유량 : 0~4ℓ/min 2) 최대압력 : 415 kPa 3) 배출구의 상대습도 : 상대습도가 60% 유입시 20% 4) 건조종류 : 실리카겔
유량조절기	1) 범위 : 0.01~20 Standard ℓ/min 2) 정확도 : 읽는 수치에 ± 2%

6.4. 장비 구조

 (1) 그림 6.3의 기기 전면 및 내부 구성은 샘플공기가 통과하는 Inler Nozzle과 관측값을 표 출하는 LCD Dispiay와 장비의 운영하기 위한 Control Knob가 위치며 내부에는 관측 에 필요한 각각의 부품들이 위치하고 있다.



"그림 6.3 CPC 전면부(왼쪽) 및 내부(오른쪽) 구성 모습

(2) 그림 6.4의 주요 부품은 후면의 전원부와 각종 통신포트가 위치하고 있으며, 밑면에는 Saturator이 위치해 있다.



■ **그림 6.4** CPC 후면(왼쪽) 및 밑면(오른쪽) 구성

- (3) 응결핵계수기 작동 원리는 에어로졸의 응결현상을 이용하여, 노즐을 통과하는 공기 흐름 에서의 입자의 수를 측정하는 기기이다. Inlet을 통과하여 들어간 공기는 두 흐름으로 나 눠서 Inner nozzle을 통하는 Sample inlet와 Pressure Across nozzle을 통과하면서 측정이 이루어진다.
- (4) 장비의 설치방법 및 설정목록

기기 설치 시 벽면으로부터 장비 측면과 장비 뒷면 모두 5 cm 이상 떨어져 있어야 한다.
 부탄올 통에 1/3이상 부탄올을 채워 넣는다.

③ 기기 후면에 있는 전원코드를 콘센트에 연결한다.(100~240 VAC, 50~60 Hz)

- ④ Cable(4 m의 cable이 제공됨)을 Model 3772의 뒤에 있는 Serial Port와 연결하고 컴 퓨터에도 연결한다.
- ⑤ 컴퓨터에는 Aerosol Instrument Manager를 실행시켜 놓는다.
- ⑥ 기기의 전원을 켠다.
- ⑦ 기기 작동 시 메뉴를 이용하여 설정상태를 변경하거나 장비 상태를 확인하고 측정결과 를 LCD에 표시하도록 할 수 있다.
- ⑧ 기기 설정 목록은 표 6.2를 참고한다.

• 표 6.2 CPC의 운영 메뉴 구성 및 내용

주메뉴	부메뉴	내 용		
Concentra- tion		1초마다 농도(#/cm ³) 표시, 10,000을 넘으면 양쪽에 !가 표시됨		
	Data Logging	On/Off : Flash Memory Card에 Data 저장		
	Water Removal	On/Off : 물 제거펌프 가동		
TT	Totalizer Time	1분/1시간/연속		
User Settings	Auto Fill	On/Off : 부탄올 자동 주입 기능		
Settings	Analog Out	Off/1E+1/1E+2/1E+3/1E+4 : 10V 출력 나오는 농도		
	Data Averaging	1/2/3/4/5/6/10/12/15/20/30/60초 : 자료저장 간격		
	Drain	On/Off : 장비 내부의 부탄올을 제거		
	Saturator Temperature	39.0℃ : 포화기 온도		
	Condenser Temperature	22.0℃ : 응축기 온도		
	Optics Temperature	40.0℃ : 측정기 온도		
	Cabinet Temperature	10~35℃ : 장비 온도		
	Ambient Pressure	75~105 kPa : Inlet 공기의 압력		
Status	Orifice Pressure	Critical Orifice에 걸리는 차압		
	Nozzle Pressure	Nozzle에 걸리는 차압		
	Laser Current	35 mA 이상 : 레이저의 세기		
	Liquid Level	FULL/NOT FULL		
	Analog Input 1	0~10 V 범위에서 외부 Analog 입력전압을 표시		
	Analog Input 2	0~10 V 범위에서 외부 Analog 입력전압을 표시		
	Flash Status	READY/LOGGING/REMOVED:		
	USB Status	CONNECTED/DISCONNECTED : USB 포트 사용여부		
	Firmware Version	Version을 표시		

6.5. 작동 방법

(1) 장비를 가동하기 전에 부탄올 통에 1/3이상 채워 넣은 후에 부탄올 통을 장비에 연결하고, 장비 전원을 켰을 때 그림 6.5(a)와 같이 전면의 LCD 화면이 표출되며, Warm Up (약 10분)이 끝나야만 부탄올이 자동으로 투입된다. 부탄올은 통산 15일에 1ℓ 소모되는데 Water Removal 기능을 켜면 7일간 사용된다. 그러나 Warm Up이 끝나기 전에라도 ESC 버튼을 누르면 그림 6.5(b)와 같이 농도 표시 화면으로 바뀐다.



(a) Warm Up 전



(b) Warm Up 후

그림 6.5 CPC의 전면 액정화면 예시

- (2) 장비가 작동 준비상태가 되었을 때 메뉴를 이용하여 장비 상에서 관측이 이루어진다.
- ① 장비 후면의 Power ON
- ② 약 10분간 장비 Warming up
- ③ User Settings / Water Removal / ON 설정(물 제거 펌프 가동)
- ④ User Settings / Auto Fill / ON 설정(부탄올 자동 주입 기능)
- ⑤ "ESC" 두 번 누르면 농도 표시 화면으로 이동
- (3) 장비가 이상 없이 작동 준비상태가 되었을 때, 장비에서 관측되는 에어로졸의 수농도 값
 을 실시간으로 관측하기 위하여 RS-232 cable로 장비와 직접 연결된 PC(COM1)에
 TSI사에서 제공하는 CPC용 AIM 소프트웨어를 설치하고 PC를 재부팅 한다.
- (4) 소프트웨어를 설치한 후 윈도우의 프로그램 파일 폴터에 있는 TSI/AIM APS 3321 아이콘을 누르면 아래 그림 6.6과 같은 화면이 뜬다.



- 그림 6.6 TSI AIM 소프트웨어 초기 화면

- (5) 자료수집 프로그램 실행(Aerosol Instrument Manger 프로그램)
- ① AIM 프로그램 클릭
- C:\Program Files\TSI\Aerosol Instrument Manager\Aim.exe
- ② "File" 메뉴의 "New"를 선택하면 그림 6.7과 같으며, file 이름을 입력한다. file 확장 자는 C72를 선택한다.
 - (고산 : C:₩CPC-Data₩GOSANGAW_CPC_yyyymmdd.C72)



그림 6.7 file menu 선택 창

③ 통신에 문제가 없으면 그림 6.8과 같은 초기 화면이 나타난다. 통신 연결 상태를 확인 하려면 그림 6.9와 같이 Run 메뉴에서 Properties를 선택하여 연결할 port를 마우스 로 2번 눌러주면 가능하다.

Arrosol Instrument Manager - AM Elle Bun Bayback Figmat Vie	12,C12 w Sample Window Hel				CPC Properties - New	Sample			
	Anary 1	Aning2		Concertition	Scheduling Settings Available Connect ()? available, doub!	Communications lons e-click on one of the p	porta to		
500					Pert CONT	Instrument Model 3772	Serial No. 71014239	Version 212	States Connected
13 05 05 05 05 05 05 05 05 05 05 05 05 05			e] e[COND				
CPC - Savgles List (AAA2CTro) Norme Date Mere Sample +	Sample Lengh 36	800 New Sample (Connected	Sample Lengt Mean (Rich) Max (Rich) State Ore: Otton Sample Lengt	h 105 40 30 New Sample				R 2	0.4
	그림 6.8	AIM 초기	화면			그림 6.9	통신 port	: 확인 칭	ŀ

- ④ Run 메뉴에서 Properties를 선택하고 그림 6.10과 같이 "Scheduling"에서 아래와 같 이 설정한다.
- Sample : Sample length를 170, Number of를 1로, Total Sample를 2 m 50 s(2 분 50초)로 설정
- Averaging Interval를 1.0으로 설정
- Scheduled : Repeat Every를 3 m(3분)으로 설정
- Start at time : 해당사항 없음

CPC Properties - New Sample	×
Scheduling Settings Communications Sample Sample Total Sample 270 × 1 = 4m30s 4m30s	
Scheduled Only Once Repeat Every h 5 m 🛒	
Start At Time	
	확인 취소

그림 6.10 Scheduling의 예시 창

- ⑤ Run 메뉴에서 Auto Export를 선택하고 설정 항목을 결정하면 측정과 동시에 export 기능이 작동한다.
- Select Data To export : export할 data 선택(Concentration과 Analog Input)

- Data Point Time Format : datark 저장되는 시점을 시각으로 표시할 지 선택(Time Stamp)
- Output File Type : 파일 저장 형식 선택(".txt 파일)
- Delimiter : data 구분 기호 선택(Tab)
- Output File Name : 저장될 file 선택
 - (고산 : C:₩CPC_Data₩CPC_TXT₩GOSANGAW_CPC_2011mmdd)

Export Data Options Select Data to Expo Concentration Count	ort Analog Input	Data Point T Time Sta C Elapsed	ime Format amp <hh:mm:ss> Time <sec's from="" start=""></sec's></hh:mm:ss>
Output File Type -			
Extension: O	(*.xls) (*.csv)	Delimiter:	Tab
Ó	(*.txt)		C Semicolon
Output File Name			
4	₩CPC_Data₩CP	C_TXT	Save As
	ОК	Cancel]

그림 6.11 Auto Export의 예시

⑥ Run 메뉴에서 Start Data Collection을 선택하고 측정을 시작한다(또는 메뉴 바에서 초록색 둥근 버튼 클릭). 측정을 중지하려면 Run 메뉴에서 Stop Current Sample을 선택한다(또는 메뉴 바 붉은색 사각 버튼).

Data Graph [AIM2,C72]		-10	🗆 🔀 🚾 Data Table		-101
Concentration	Analog 1	Analog 2	Cate Time	Concentration	Court
			08/25/10 09:06:2	6 77.9	1.30e+
			08/25/10 09:06:2	7 75.1	1.250+
anEl			08/05/10 09:06:2	6 61.0	1.350+
			08/25/10 09:06:2	9 76.2	1.276+
00			08/25/10 09:06:3	0 79.6	1.330+
70			08/25/10 09:06:3	82.7	1.38e+
60			08/25/10 09:06:3	2 79.6	1.330+
50			08/25/10 09:06:3	3 76.3	1.270+
			08/25/10 09:06:3	4 81.2	1.350+
			08/25/10 09:06:3	5 85.8	1.430+
20			08/25/10 09:06:3	6 89.9	1.50e+
20			08/25/10 09:06:3	7 94.4	1.57e+
10			08/25/10 09:06:3	8 91.1	1.520+
JF I			08/25/10 09:06:3	0 06.6	1.460+
2			08/25/10 09:06:4	0 00.7	1.400+
1			08/25/10 09:06:4	1 93.1	1.550+
at i i i i i			08/25/10 09:06:4	2 94.5	1.58e+
0:10 25 Wed Aug 2010	9:15	9:20	-		
	00:32 of 06:40:00 on Sam	sple 1 of 1 Sample #1 Connected	Elapsed: 00	32 on Sample 1	of 1 Sa
CPC - Samples List (AM2,C7)	4	_10	🛯 🖾 Statistics Tr	SHE EAMELCIE	_10
lame Date	File		Mean (#icm	i? 0.1	00
viewing sample #1 08/25/	IU USCUE: IU C:WDoc	uments and Settings W2 8-CW8H	B ARt Min. (Bicm)	2 0.0	00
			Max. (ificm	2 0.0	00
			Std. Dev. (#A	om? 0.0	00

그림 6.12 관측화면

(6) 관측 시스템 OFF

① 프로그램 OFF (Aerosol Instrument Magnager 프로그램)



그림 6.13 수집 프로그램 ON / OFF

- ② 데이터 수집 정지 (Stop Current Sample)
- 붉은 색 사각 버튼 클릭 후 초록색 둥근 버튼 ●이 나타나는지 확인
- ③ 장비와의 연결을 끊는다.
- 펌프 전원 OFF, 프로그램 모든 창을 닫는다.
- ④ 장비 후면의 Power off

6.6. 유지·관리

- (1) 장비 운영 시 점검사항 및 에러 발생 시 조치사항
- Sample 유량 상태 점검 : Sample 유량은 1.0 lpm에서 ±5 %를 만족하여야 한다. 유량 이 낮으면 Orifice 또는 Nozzle의 오염, 외부 진공 펌프 작동상태, 유량을 확인하고 있 는 측정기의 차압을 확인 한다.
- ② 장비 작동시 Error 종류 및 조치 사항

■ 표 6.3 CPC 운영 중 Error 종류 및 조치 사항

7 11		1
승 상	원 인	소 지
Concentration out of range	10 ⁵ #/cm ³ 이상의 농도조건	농도를 낮출 것
Saturator temp out of range	정상값 ± 0.5 ℃를 벗어남	warm up이 끝나지 않
Condenser temp out of range	정상값 ± 0.5 ℃를 벗어남	음 장비는 10~35 ℃
Optics temp out of range	정상값 ± 2 ℃를 벗어남	환경에서 작동
Nozzel or Orifice pressure와 aerosol flow rate에 ?가 표시	정상값을 벗어나지는 않았지만 위험 수준	이브 지고퍼고기
Nozzle 또는 Orifice pressur와 Aerosol flow rate에 !가 표시	비정상적인 상황 Orifice 압력<10, >90 Nozzle 압력<1, >6	의구 선·임크가 약하지 않은지 점검
Flooded instrument	Optic이 부탄올로 오염 농도가 낮거나 불안정 압력이 비정상적	Optic을 말릴 것
Laser Power Low	레이저가 약함	제작사 수리
Liquid Level Low	부탄올이 없음	filter가 막히지 않았는 지 확인

표 6.4 CPC 확인 목록

기기 상태 분야	설명
전체 흐름 (Total Flow)	5.0 (±0.25) L/min
에어로졸 흐름 (Aerosol Flow)	1.0 (±0.05) L/min
장비 운영 온도 (Environmental Operating Ambient Temperature)	10~35 °C
포화기 온도 (Saturator Temperature)	39.0(±0.2) ℃
응결기 온도 (Condenser Temperature)	22.0(±0.2) ℃
측정기 온도 (Optics Temperature)	40.0(±0.2) ℃
아날로그 입력 전압 0 (Analog Input Voltage 0)	0~10 volts
아날로그 입력 전압 1 (Analog Input Voltage 1)	0~10 volts
운영 전압 (Voltage)	100~240 VAC, 200 W
펌프 전압 (Pump Voltage)	100~240 VAC, 190 W
레이저 전류 (Laser Current)	35 mA 이상

6. 응결핵계수기(CPC) 79

(2) 필수 기기 관리 사항

Inner Nozzle 청소 시 전원을 끈 상태에서 Inner Nozzle을 분리한 후 오염의 정도에 따라 서 다음의 순서로 청소한다.

- 깨끗한 압축공기로 (35 psi 이하) Nozzle 반대 방향으로 불어낸다.
- 비눗물로 씻어내고 물로 세척한 후에 압축공기로 말린다.
- 이소프로판올로 세척한다.
- (3) Outer Nozzle 청소
- 전원을 끈 상태에서 Inner Nozzle을 분리하고, Outer Nozzle을 분리한다. 그리고 깨끗
 한 압축공기로 Nozzle 반대방향으로 불어낸다. 보푸라기가 일지 않는 부드러운 천과 물
 로 Nozzle을 닦아낸다. 하지만 Nozzle 내부는 닦지 말로 압축 공기로만 불어내야 한다.
- (4) Filter 교환
- 필터는 3개가 사용되며, Fill용 Filter는 2,000 시간마다 교환 해주고, 나머지는 필요할 때에 교환 한다.



[■]그림 6.14 Fill, Drain, Micro Filter

- ① Fill 필터와 Drain 필터 교환
- 부탄올 fill filter와 drain filter은 73 µm filter(Part Number 1602088)로 방향성이 없다.
- ② Micro Pump Filter 교환
- Water Removal 기능을 ON 시키면 micro 펌프가 1초마다 한번씩 간헐적으로 작동하면 서 소량의 용액이 drain 병으로 빠져나오는데 filter가 막혀서 부탄올이 흐르지 않으면 교환해 주어야 한다.

- 25 µm filter(Part Number 1500192)는 방향성이 없다.

(5) 광학부 오염

Inlet Tube가 2초 이상 막히거나, 장비를 10도 이상 기울이면 부탄올이 Saturator로 부터 Condenser를 통해서 Optic으로 넘쳐흐르게 되면 Optic이 오염된다. 입자 농도가 낮게 측정 되거나 농도 변화가 비정상적이고 유량 변동이 생기고, 외부 진공펌프로 연결되는 관에 부탄 올이 보이고 장비에서 비정상적인 소리가 들리는 증상이 나타난다.

- ① 진공 펌프의 연결을 제거한다.
- ② 부탄올을 Drain 시킨다.
- ③ 장비 내부의 연결관들을 확인하고, 부탄올이 뭍어 있으면 관을 분리해내서 압축공기로 청소한다.
- ④ Fill Bottle을 분리시키고, 외부 진공 펌프가 연결된 상태에서 Optic을 말리기 위해서 48시간 정도 가동시킨다. (Inlet에 HEPA filter 장착)
- ⑤ Fill Bottle을 연결하고, 실내공기를 측정하면서 Oscilloscope로 Analog Pulse의 pulse 높이를 확인한다. 정상적인 pulse의 높이가 아니면 제작사에 수리 받아야 한다.
- (6) 장비 내부 부탄올 제거

장비를 장거리 이동할 시에는 장비 내부에 부탄올을 제거 한 후 이동한다.

- ① Drain Bottle을 장비 뒷편 Drain의 quick connector에 연결한다.
- ② Drain Bottle을 바닥에 놓는다.
- ③ 장비 LCD 화면의 Menu에서 Drain On을 선택한다.
- ④ 부탄올이 흘러내리는 관에 부탄올이 조금 남아있다면 흘러내려오면서 장비 내부의 부 탄올 통에 있는 부탄올이 흘러나오기 시작한다. 그렇지 않다면 장비를 Drain 포트쪽으 로 기울이거나, Drain 통을 눌러서 조금 짜주는 듯 누른 상태에서 뚜껑에 나있는 구멍을 막았다가 통은 누른 손을 놓고 구멍을 개방시켜주면 부탄올이 흐르기 시작할 것이다.
- ⑤ Vacuum Drain Cap을 통에 채우고 진공 펌프를 연결하면 Balston filter 쪽으로 외부 공기가 통 안쪽으로 들어가면서 통 안쪽에는 약한 진공이 걸리므로 Drain 포트에 quick connector가 연결되면 쉽게 부탄올을 빼낼 수도 있다.
- ⑥ 7 ml 미만의 부탄올이 빠져나오게 된다.
- ⑦ 부탄올을 장비로 부터 빼내고 Inlet에 HEPA 필터를 장착하고 20시간정도 장비를 가동 시키면 완전히 장비가 완전히 마른다.



■그림 6.15 Drain Bottle

- (7) Saturator Wick 제거와 교환
- ① Drain하고 나서 장비 전원을 끄고 외부 진공펌프 연결을 해제한다.
- ② Inlet을 잡고 있는 나사를 제거하고, Inlet Tube를 잡아 뽑으면 완전히 뽑히지는 않고 1/2 인치 정도 앞쪽으로 빠져서 나온다.



"그림 6.16 Inlet Tube

- ③ Saturator Base를 바닥으로 부터 빼내기 위해서 책상 바닥에 CPC를 옆으로 뉘우고 Saturator Base가 빠져나오는 바닥에 흐르는 부탄올을 흡수할 천을 깔아놓는다.
- ④ Saturator Base를 고정시키는 볼트 3개를 풀어내고, Handle을 젖힌다.



"그림 6.17 Saturator

- ⑤ Handle을 잡고 Saturator Base를 똑바로 끄집어낸다. Base에 Saturator Wick이 꼭 맞게 장착되어 있으므로 비틀지 않도록 주의한다.
- ⑥ Saturator Wick을 Base에 고정시키는 볼트 1개를 풀어내고, Wick을 조심스럽게 똑바 로 빼낸다. 이때 Wick을 비틀지 않도록 주의한다.



"그림 6.18 Saturator Base

- ⑦ 부탄올로 적셔진 Wick을 제거하는 즉시, Plastic Bag(Part Number 1380024)에 집어 넣어서 봉해야 한다.
- ⑧ O-Ring에 문제가 없는지 확인한다. O-Ring에 Krytox O-Ring Grease를 얇게 바른다.
- ⑨ Wick을 방향을 맞춰서 Base에 집어넣고 고정용 볼트 나사를 조인다.
- ⑩ Saturator Base를 CPC에 장착하고 3 개의 볼트를 조인다.
- ① Inlet Tube를 밀어 넣고 볼트를 조인다.

(8) 자료 수집 여부 확인

 CPC 1초에 한회 관측을 실시하고 있으므로(고산 기후변화감시소 관측 스케줄) 1초에 1회 화면이 바뀌게 된다.



그림 6.19 CPC 전면부 사진

② Aerosol Instrument Magnager 프로그램 작동 화면상에서 Data Graph와 텍스트 부 분에서 자료 표출 및 특이 자료 확인한다.

luta Grapit	ISOSANGA	W,CPC,2011	0201.072]	\bigcirc							Duta Table Con	AND CPC.2	0110201	
			_			-		_			Date Time 10	and a tradition	Analog	-
			Conce	ntration			A	nalog 1			A3404/31 16 00 42	and a	1.00	-
						I R					03/04/11 10:00:03	207.4	2.00	-
	_										03/04/11 10:00:03	2007.0	2.00	-
10 E			_						_	_	03/04/11 10:00:04	244	2.00	
010		1 01 -									03/02/11 16:00 55	315.0	2.00	
E	F	CAM NO	and w	mon	An Mr.						03/04/11 16 00.67	200.0	2.00	-
008-	300-		_		-V-	_			_	_	03/04/31 10:00:00	216.0	2.00	-
E	E F										03/04/11 10 00 00	202.2	3.00	-
006-											03/04/11 10:00:00	246.2	3.60	
E	250-		_							_	03/04/31 16 01 00	244.0	2.00	-
004-	e 1										0300011100101	242.0	2.00	-
E	5 E		_								03/04/11 16 01 02	242.2	2.00	-
002-	3 200 L										03/04/11 16/01/03	313.7	2.00	- 11
E	C -										03/04/11 16/01 04	240.0	2.00	
000-	¥										03/04/11 16:01:05	319.0	2.00	-
E	H										03004/33 16 03 07	214.4	2.00	-
998-	2 100 F										03004/01 16 01 00	207.0	2.00	- 11
E	2 L		1111								03104/11 16 01 00	200.0	2.00	- 11
996-	0 F										03/04/11 10/01/09	200.0	2.00	
	100-			_		_			_		03/04/11 10/01 10	200.1	2.00	-00
994	F										03/04/11 16:01 12	216.0	2.00	-
F											03004/11 16 01 13	204.0	2.00	-
992-	50-					_			_		03/04/31 10:05 14	200.0	2.00	-
F											03/04/31 10 01 10	201.3	1.00	-
990											03/04/11 16:01:16	313.6	2.00	-11
- F	0.5	1 1 1 1									03/04/15 16:05:17	218.6	2.00	-111
	16:00	100	16:00:30	16.01	:00	16:01:30	16:02	00	6 02 30		03/04/11 16:05:10	315.2	2.00	-
Fri Ma	2011											212.4	1.00	-
						01.1	8 of 02 50 or	Sample 1 of	1 Sample # 1	4511 Connected				
PC - Sam	ples List (00	SANGAW, CP	C_20110201	C72)							Statistics Table (00	SANSAN, CP		
4400	#14409	#14490	#14491	#14492	#14493	#14494	#14495	#14496	#14497	#14498	Mean (#icm?		321.0	_
atir .	factor	Same .	factor.	factor	facetor.	factor.	family.	factor.	Tantir.	factor	Min. (#icm?		305.1	
	100		100	100		100			100		Max. (#/cm?		339.3	
mple	Sample	Sample	Sample	Sample	Sample	Sample	Sample	Sample	Sample	Sample	Std. Dev. (#/cm?		6.66	
4499	#14500	#14505	*14502	#14508	#14504	#14505	#14506	#14507	#14508	#14509	Sample Time (hh:mr	n:ss)	02.50	_
mple	Viewing													
4510	Sampl.													
											Minister At 18 cm	and the second sec	the second secon	

그림 6.20 AIM 관측 화면

- 가) 정상가동 여부 : 정상(적색), 비정상(녹색)
- 나) 자료수집상태 : 정상(그래프 표출), 비정상(막대그래프 없음)
- 다) 텍스트 자료 업데이트 여부

- (9) 관측 자료에 결함이 있는지 여부
- ① C:₩CPC-Data에서 해당 시간이 GOSANGAW_CPC_20yymmdd.C72 파일을 열어 Data Graph 화면상에서 특이 자료값 확인한다.



그림 6.21 XX.C72 파일 확인

② 해당 텍스트 파일을 열어 최고, 최저, 평균 자료를 확인한다.
 (고산 : C:\#CPC_Data\#CPC_TXT\#GOSANGAW_CPC_2011mmdd)

D GOSANEAW CEC 2011	0201 - 115	1.57								
과역(근) 환경(은) 서식(?) 님		PI(H)								
Forment for Sample 10735										
Sample File G:WGPG EataWG0SNHGNV GPG 20110136.22.072										
Model 7//2										
Slari Dale 02/61/1	11									
Start Time 00:08:	Start Time AB: 69: 36									
Sample Length 02:50										
Nveraging interval (see	2)	1.6								
Instrument ID 3772	1018230 2	.12								
Instrument Errers	Nume									
19Pan 539_002										
Max 592.7										
St1. Dev. 18.5788										
line Concentration	Court .	6	1	Custon 2						
00:00:01 553.9	1.93	0		Filler of L						
00:00:02 539.1	1.92	U								
RA: 18: RT 561.5	1_93	8								
08-40-05 557.2	1.93	9								
08:00:05 544.2	1.90	8								
00:0D:07 556.1	1.93	0								
UU:UU:UN 551.1	1.93	U								
00:00:07 554.7	1_92	0								
00.00.10 535.9	1.93									
00:00:12 543.2	1.90	8								
68:08:13 547.3	1.90	8								
88:08:14 552.2	1.93	8								
00:00:15 549.0	1-99	8								
00: 00: 17 547.9	1.93	0			-					
					~					
	())	테ㅅ	с п							

(10) 유지 스케줄

다음 표 6.5와 같이 유지 스케줄을 참고하여 기본적으로 기기 청소 및 부속품을 바꿔 주며, 자료의 에러를 체크하면서 그 주기를 조절하도록 한다.

표 6.5 CPC 유지보수 점검 내용 및 주기

내용	점검 주기
Inner Nozzle 청소	750 시간 (약 31일)
Outer Nozzle 청소	2500 시간 (약 104일)
Air Filter 교환	5000 시간 (약 208일)
Fill Filter 교환	2000 시간 (약 83일)
장비 점검 및 Calibration	5000 시간 (약 208일)

6.7. 자료 처리

관측장비는 2010년 8월 25일에 도입하여 12월 31일까지 시험운영 하였으며 2011년 1월 1일부터 상시관측장비로 관측되어 관측자료는 AIM 소프트웨어로 표출되는 입자 수농도 분 포 그림과 이것을 텍스트 형식으로 표출한 자료이다. 관측된 자료는 에어로졸 수농도 분포 결과를 산출하고 있다.

- (1) 바탕화면의 Aerosol instrument Manager(CPC).ink 프로그램 실행한다.
- (2) File / Open하여 해당 자료를 연다(GOSANGAW_CPC_20yymmdd.C72).

(3) 관측 스케줄에 따른 3분간의(고산 : 1일 480회 관측값 생성) 수농도를 확인할 수 있다.



그림 6.23 C72 파일 예

- (4) 해당 자료(C:₩CPC_Data₩CPC_TXT₩GOSANGAW_CPC_yyyymmdd)를 Excel 등의 프로그램을 이용하여 자료를 실행한다.
- (5) 필요한 기간을 설정하여 3분 최대값, 평균값, 최소값을 축출한다.
- (6) 시간값, 일값 등을 원하는 그래프로 분석한다.



그림 6.24 CPC 관측자료

광산란계수측정기 (Nephelometer)

7.1. 개요

7.

광산란계수측정기는 1970년 이래, 가시광선 영역에서 에어로졸 입자에 의한 산란도를 측 정하는 장비로 이용되어 왔다. 빛이 매개체를 통과하면서 감쇄되는 정도를 소산 계수 (Extinction coeffecient, σ_{ext})라고 하는데, 이는 크게 기체 분자에 의한 흡수/산란과 에어 로졸에 의한 흡수/산란 이렇게 4가지로 구성되어 있다. 에어로졸은 대기 중에서 가시영역뿐 만 아니라 적외 영역에서의 복사에 대해서 산란과 흡수를 한다. 대기 중 에어로졸 입자의 크 기, 회절지수 및 분포에 따라 복사수지에 있어 가열 및 냉각을 유발할 수 있다. 이러한 것은 대기 중 에어로졸이 기후에 직접 영향을 미치며, 특별히 지표면에 도달하는 태양단파에 있어 서 에어로졸에 의한 산란은 지표면과 대기층 전체에 있어서 중요한 감쇄의 원인으로 기후복 사장제력을 산정하는데 있어서 매우 중요하다. 또한 에어로졸은 구름응결핵이나 빙정핵으로 써 작용하여 구름생성 과정에 참여하고 구름은 대기 중의 복사과정과 강하게 상호작용하기 때문에 지구의 반사도(Albedo)를 결정하는데 중요하다. 따라서 에어로졸 입자는 간접적으로 도 기후에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 에어로졸의 광학 물리량 측정에는 두 가지 방 법이 있다. 첫째는 에어로졸의 크기 분포, 화학적 조성 및 회절지수를 측정하여 이용하는 방



그림 7.1 광산란계수측정기(TSI 3563)

법이고, 둘째는 광산란계수측정기나 광흡수계수측정기를 이용하여 에어로졸의 산란도 및 흡 수도를 간접적으로 측정하는 방법이다. 적분형 광산란계수측정기는 램버시안 광원과 그에 수 직으로 위치하는 광학 측정 장치를 통해 기체입자나 에어로졸에 의해 산란되는 빛을 기하학 적으로 적분하여 산란계수를 측정할 수 있는 관측 기기이다.

7.2. 측정 원리

7.2.1. 적분 이론(Theory of Integration)

빛의 소산(Light extinction)은 대기 중에 분포하고 있는 에어로졸과 기체 분자에 의한 빛 의 흡수(σ_{abs})와 산란(σ_{scat}) 특성에 의해 발생하며, Beer-Lambert 법칙에 의해 빛의 소산 효과를 기술할 수 있다.

$$I/I_0 = \exp(-\sigma_{ext} x) \tag{7.1}$$

$$\sigma_{ext} = \sigma_{abs} + \sigma_{scat} = \ln\left(I/I_0\right)/x \tag{7.2}$$

여기서 x는 빛의 광학 길이(Pass length, m), I는 통과된 복사 세기이고. I_0 는 입사한 복사 세기이다. 흡수계수(σ_{abs})와 산란계수(σ_{scat})는 다음과 같이 표시된다.

$$\sigma_{scat} = \sigma_{rg} + \sigma_{sp} \tag{7.3}$$

$$\sigma_{abs} = \sigma_{ag} + \sigma_{ap} \tag{7.4}$$

여기서 σ_{rg} 는 레일라이 산란계수, σ_{sp} 는 에어로졸 입자에 의한 산란계수, σ_{ag} 는 기체 분자에 의한 흡수계수, 그리고 σ_{ap} 는 에어로졸 입자에 의한 흡수계수이다. 산란계수 (Nephelometer)에 의해 σ_{scat} 를 측정하여 이미 알려진 레일라이 산란항(σ_{rg})을 σ_{scat} 에 서 산술적으로 빼어 에어로졸 입자에 의한 산란계수(σ_{sp})를 산출한다. 여기서, $\sigma_{sp} > \sigma_{ap}$ 또는 $\sigma_{sp} * \sigma_{ap}$ 이라는 가정 하에서 σ_{ag} 는 무시할 수 있기 때문에 σ_{sp} 의 측정은 σ_{ext} 에 대한 에어로졸의 기여도를 추정하는 장점이 있다.

7.2.2. 파장이론

단순 광산란(Light scattering) 이론은 다음 세 가지로 구분될 수 있다.

- 0.05 µm 보다 작은 입자에 의한 광 산란 : 레일라이 이론 적용

- 10.0 µm 보다 큰 입자에 의한 광 산란 : 기하학적 광학(Geometric optics) 적용
- 0.05~10.0 µm 사이의 입자에 의한 광 산란 : 미(Mie) 이론 적용, 입자크기와 빛의 파장 크기가 비슷하기 때문에 산란은 매우 복잡

대기 에어로졸은 다중분산 에어로졸(Polydisperse aerosol)로 고려하면, 입자의 크기 분 포는 미 영역에서 파장 의존을 완전하게 설명 가능하다. 모든 물질은 다음 관계가 성립한다.

$$m = c / V_p \tag{7.5}$$

여기서, 진공상태에서 빛의 속도 c=3*10¹⁰ cm/s, m은 굴절지수, V_p 는 물질 내에서 빛의 속도이다. 입자 산란은 입자의 크기(d)와 빛의 파장(λ)비로 결정되며, 무차원 변수 a는

$$a = (\pi * d) / \lambda \tag{7.6}$$

이다. $a \ll 1$ 일 때 입자는 레일라이 영역에 속하고, $a \simeq 1$ 일 때 입자는 미 영역에 속한다. 대기 중 에어로졸에 대해 σ_{sn} 는 다음과 같다.

$$\sigma_{sp} = C * \lambda^{-\text{\AA}} \tag{7.7}$$

여기서, *C*는 산란정도를 기술하는 상수, Å는 Angstrom exponent이다. 대기 중 에어로졸 의 수 분포는 다음과 같다.

$$dN/dlogr = c \, \ast \, r^{-\beta} \tag{7.8}$$

여기서 N은 수 농도, r은 입자의 반경, c는 전 농도와 관련된 상수, β는 log-log plot에서 수 분포의 기울기(slope)이다. a ≃ 1일 때 Å = β-2이다. 그러므로 Å는 입자 수 분포의 기울기, 즉 미세 입자와 조대 입자의 상대적인 양에 의해 결정된다.

Å ≅ 4 : 기체
Å ≅ 2 : 도시지역의 에어로졸
Å ≅ 1~2 : 청정지역의 연무
Å ≅ 1 : 거대 에어로졸(coarse aerosol; 해염 또는 먼지)

Å가 큰 값일 때 파장에 따라 산란 차이가 크고, Å가 작은 값일 때 파장에 따라 산란 차이 가 거의 없다. 산란계는 analog output으로써 σ_{sp} 의 logarithm을 계산할 수 있기 때문에 단 순한 수치 계산으로 Å을 산출한다.

$$\sigma_{sp} = C * \lambda^{-\text{ Å}}$$

$$\log \sigma_{sp} = \log C - \text{ Å} \log \lambda$$
(7.9)

위 식에 도함수를 취하면 $d\log C = 0$ 이기 때문에

$$d\log\sigma_{sp} = - \operatorname{\AA} d\log\lambda \tag{7.10}$$

이고, 산란계는 각각의 파장에서 측정하기 때문에 위 식을 유한 차분하여 근사한다.

$$\overset{\text{A}}{=} - d \log \sigma_{sp} / d \log \lambda
\simeq -\Delta \log \sigma_{sp} / \Delta \log \lambda
\overset{\text{A}}{=} \frac{\log \sigma_{sp}(\lambda_1) - \log \sigma_{sp}(\lambda_2)}{\log \lambda_2 - \log \lambda_1}$$
(7.11)

7.2.3. 산란계수 산출

광전증배관(PMT)에서 측정되는 물리량은 광자수인데, 여기에 참조변환기의 구조에 따른 보정을 실시해 배증관 내부의 노이즈를 제거하면, 실제 관측 공간에서 전해져온 광자수를 구 할 수 있다. 이를 통해 광산란계수측정기에서 산란계수를 구하는 과정은 아래의 식 (12)로 표현된다.

$$\sigma_{sp} = K_2 C_m - W - \sigma_{air} \tag{7.12}$$

위의 식에서 K₂는 보정계수, W는 기기 내부 벽면에 의한 산란, σ_{air} 측정당시의 온도와 압력상태에서의 순수공기에 의한 산란계수를 의미한다. 즉, 보정된 광자수에 이를 산란계수 로 바꿔주는 보정계수(Calibration slope, K₂)를 곱하고, 여기서 일정한 온도와 압력상태에 서 알려진 순수공기(σ_{air})에 의한 산란과 제로모드관측을 통해 구한 기기 내부의 산란(W)를 빼면 에어로졸만의 산란계수가 구해지는 것이다. 이 과정에서 보정계수 K₂가 필요하며, 이 를 구하기 위해 일정기간마다 기기보정(Calibration)을 실시해야 한다.

92 에어로졸 관측업무 매뉴얼

7.3. 장비사양

■ 표 7.1	광산란계수측정기 사양	
---------	-------------	--

구 분	사 양					
제조사(국가)	TSI(미국)					
모델	TSI 3563					
측정파장 범위	450 nm(청색), 550 nm(녹색), 700 nm(적색)					
대역폭	40 nm(모든 파장)					
평 <i>구(6</i> 0支) 시가가다	Blue, Green Wavelengths : 1.0×10 ⁻⁷ /min					
·····································	Red Wavelength : 3.0×10 ⁻⁷ /min					
과하 배겨 시ㅎ	450, 550 nm 파장 : <5.0×10 ⁻⁵ /min					
8 위 배상 건포	700 nm 파장 : <1.0×10 ⁻⁵ /min					
각도	전방 : 7~170°, 후방 : 90~170°					
응답 시간	<10초					
유량	권장 유량 : 20~200ℓ/min					
입자 수송 효율	직경 0.05~5 µm : 밀도입자 95 %					
레이저 출력	30 mW, 655 nm laser diode					
센서 습도범위	5~95 %(±5 %)					
동작환경조건	작동온도 : 10~40 ℃, 습도범위 : 0~95 % RH					

7.4. 장비 구조

광산란계수측정기의 관측이 이루어지는 주요부위는 직경 10 cm, 길이 90 cm의 알루미늄 튜브이다. 그림 7.2에서 보듯이 튜브의 좌측 끝은 측정부이고, 우측 끝은 광원에서 나온 빛 이 반사되어 측정부 쪽으로 들어가는 것을 막기 위해 Light trap이 설치되어 있다. 광원은 75 W의 할로겐램프이며, 손실을 최소화하는 광파이프를 통과해 관측공간으로 보내진다. Light pipe에서 나온 빛은 인렛을 통해 들어와 관측공간상에 존재하는 샘플공기에 의해 다 양한 각도로 빛을 산란시키게 되는데, 기기 구조상 7° 이상 170° 이하의 산란각을 가지는 빛 만 측정부로 들어간다.

Shadow plate 맞은편에 존재하는 후방 산란용 셔터가 작동하는 경우에는 관측 공간상에 서 셔터보다 우측에 존재하는 에어로졸에게만 광원을 제공해 산란시킴으로 90 ~ 170° 사이의 각을 가지는 후방산란신호만 관측된다.

이렇게 샘플공기에 의해 산란된 빛은 4개의 Aperture(AP#1,2,3,4)를 지나 광전증배관 (Photo Multiplier Tube, PMT)에 도달해 세 파장에 대해 각각 광자수로 측정측정이 되는 데, 첫 번째 Aperture에 달려서 일정한 속도(23Hz)로 회전하는 참조변환기(Reference chopper)에 의해 세 종류의 신호형태로 측정된다. 그림 7.2 우측 하단에서 보이듯이 참조변 환기의 영역 중 1/2인 180°를 차지하는 신호영역(Signal part)을 통해서는 샘플공기에 의해 산란된 빛이 통과되어 들어오며, 100°를 차지하는 암영역(Dark part)를 통해서는 샘플공기 에 의해서 산란된 빛이 차단되기 때문에 광전증배관의 배경 노이즈만이 측정된다. 80°에 해 당하는 보정영역(Calibrate part)에 의해서는 광원에서 직접적으로 광전증배관으로 오는 일 부의 빛을 측정해 광원의 안정성을 판단한다.

기기 내벽과 기체입자에 의한 산란을 보정해 주기 위해서는 주기적으로 외부 공기를 헤파 (High Efficiency Particulate Air, HEPA)필터에 통과시켜, 에어로졸이 배제된 순수한 공기 만의 산란정도를 측정한다. 이렇게 순수공기와 기기내부에서 발생하는 산란만을 측정하는 것 을 제로모드관측(Zero mode measurement)이라고 하며, 이 결과는 기기 자체적으로 산란 계수를 구하는데 사용된다.



그림 7.2 TSI 3563 광산란계수측정기의 구조

7.5. 작동 방법

7.5.1. 장비의 가동

① 광산란계수측정기 전원박스의 Power On

94 에어로졸 관측업무 매뉴얼



"그림 7.3 Nephelometer의 전원 스위치 ON

- ② NephLog.exe 실행
 - C:/Program Files/TSI Inc/NephLog/NephLog.exe
 - NephLog를 실행하면 다음의 설정화면에서 절차를 따라 실행
 - Setup 설정
 - Model number 설정 \rightarrow 3563
 - $\cdot \ \text{Backscatter} \to \text{Check}$
 - $\cdot \ \text{Mode} \to \text{Normal}$
 - \cdot Log \rightarrow Enable Check, New File Daily Check
 - \cdot Data Records \rightarrow all check
 - · Averaging Time $\rightarrow 300$
 - \cdot Blank Time \rightarrow 30
 - \cdot Zero Time \rightarrow 300
 - · Auto Zero Period \rightarrow 3600
 - Start Data
 - Data 선택
 - 정상 : ●와 Okay가 출력됨.
 - 비정상 : ●와 오류 부분이 출력됨.
- ③ 장비의 종료
 - Nephelometer의 접속 프로그램 종료(Stop Data)
 - Nephelometer 전원박스의 Power Off



그림 7.4 NephLog 설정 및 프로그램 종료

7.5.2. NephLog 설정

① NephLog setup 설정값

😵 On Com1 - Log To C:\Pr	ogram Files\TSI Inc\NephLog\N 🗖 🗖 🗙
Setup Data Communicati	ions
Neph Model	Data Records Apply Data Ohanges Ime Ime Ehoton Set Neph Time Apply From PC Time
Mode C Menuel C Normal	Image: Agenery Image: Zero Timing Ageraging Time Bjank Time
New File Weekly	Zero Time 300 Auto Zero Perjod 3600

[■]그림 7.5 NephLog Setup 설정값

7.6. 유지·관리

7.6.1. 장비의 분해



Bottom Cover Screws (4)

"그림 7.6 Top/Bottom cover screws

Maintenance의 필요로 인해 Top/bottom cover를 제거해야 할 경우 그림 6.6에 보이는 Top cover screws/bottom cover screws들을 풀은 후 제거한다. Bottom cover를 제거해 야 할 경우 먼저 Top cover를 제거해야 한다.

7.6.2. 교정(Calibration) 방법

① Hardware setup

- 보정 시작 전에 gas set up
- Gas가 nephelometer에 이르렀을 때 실내 기온과 거의 비슷해야 함
- 한 방법으로 6~9 m, 6 mm 직경의 튜브를 사용(CO₂ tank와 Nephelometer 연결)
- 튜브의 길이가 CO2 온도에 영향
- 99.9 % 순도 또는 그 이상의 gas와 ambient air 사용

② Nephlog program→run 탭→calibration

- Top section : 현재 Nephelometer에 저장된 보정값과 아직 저장되지 않은 새로운 보정값을 보여줌.
- Middle section : 각각의 파장 (blue, green, red)에서 low span gas (air), high span gas (CO₂)의 photon frequency (Hz) 보여줌, Total and backscatter mode

나타남

 Bottom section : 각 단계별로 실행하고 각각의 단계가 끝나면 <enter>, 각 단계를 체크하면 명령 실행 후 다음 단계로 넘어감

Calibration							- 🗆 ×			
Calibration Data										
	Current (B	New (B) Curre	ent (G)	New(G)	Current(R)) New(R)			
K2 [2 42300F-	3 2 52280	F-3 2.85	100E-3	3 00666E-3	2 12100F-	3 2.07768E-3			
KA		1 5 27212	E 1 E 12	100E 1	5 22500E 1	4 91000E	1 4.074595 1			
	J. 00000L -	J.27213	5.15	500L-1	3.23300E-1	4.310002	4.074302-1			
	Photon Data in Hz									
		TotS-Cal	TotS-Meas	TotS-D	ark BkS-Ca	BkS-M	eas BkS-Dark			
Low Span	Blue	9.61996E+4	1.14217E+	3 3.36498	BE+0 5.70919	E+4 6.01369	9E+2 1.00949E+1			
Gas	Green	2.44878E+5	1.26908E+	3 0.0000	DE+0 1.46669	E+5 6.07138	BE+2 3.36498E+0			
	Red	1.01696E+5	1.09602E+	3 3.86972	2E+2 6.07816	E+4 6.56170	DE+2 3.12943E+2			
11:-h C	D1									
Fign Span	Blue	8.99077E+4	2.54987E4	3 1.0347.	3E+1 5.22642	E+4 1.30370	5E+3 2.06946E+1			
uas	Green	2.28955E+5	2.59422E+	3 0.0000	DE+0 1.34349	E+5 1.26237	7E+3 0.00000E+0			
	Red	9.64730E+4	1.28602E+	3 3.2421	5E+2 5.46544	E+4 7.58309	9E+2 3.58706E+2			
□ M Set Lov	1 🖉 Set Low Span Gas 🗛 Air 🚽 🧧 🖓 Plug inlet and outlet (manual) Graph Meas						Graph Meas			
2 Set Hig	2 Set High Span Gas CO2 9 Feed High Span Gas into line Data									
10 V Start Data Collection-High Gas Pau					Pause					
Switch Valve Filter LZERU J 11 C Clear Buffer										
4 V Start Data Collection-Low Gas 12 V Store High Span Gas Data					New Avy Time					
5 🔽 Clear Buffer			13	🗹 Write Ca	Setup					
6 🔽 Store L	🔓 🖂 Store Low Span Gas Data			🚹 🔽 Save Cal Data to Neph 🛛 🔰			Exit			
7 🔽 Toggle	Blower O	if (ON)	15	Zero w/	Clean Air					

그림 7.7 Calibration data display

- ③ Calibration 단계별 지침 (그림 7.7 참조)
- 🗹 1. Set low span gas : Air선택
- ☑ 2. Set high span gas : CO₂ 선택(공기보다 scattering coefficient큰 기체 중 이 용가능한 한가지 선택)
- 🗹 3. Switch valve filter
 - · Zero position을 위해 filtered air valve switch : valve close (valve light off)
 - · 파란색의 DQ filter를 공기 inlet과 연결
 - · blanking time : zero position + filtered air purge(깨끗해짐) 되는 시간(30초)
- ☑ 4. Start data collection low gas(그래프 보면서 안정화 될 때까지 기다림)
 - · Low span gas 영역의 보정값 업데이트
 - · 만약 filtered air purge를 보길 원한다면 averaging time을 5초로 바꿔줌
 - · 그래프를 통해 증가 또는 감소가 없는 안정화 상태가 되면 다시 averaging time을 300초로 바꿔줌
- □ 5. Clear buffer : (선택 안해도 무방, 체크 안함) 최소한 300초 이상 기다림
- ☑ 6. Store low span gas data : Low span gas data가 더 이상 변하지 않고 고정
- ☑ 7. Toggle blower to off (OFF) : blower를 끔(체크하면 꺼짐)
- ☑ 8. Plug inlet & outlet : 손으로 Inlet과 Outlet을 cap으로 막음
- ☑ 9. Feed CO₂ into line : 손으로

- · 파란색 DQ filter의 Inlet에서 튜브를 제거하고, CO₂를 Inlet tube 또는 Inlet block 에 연결함
- 약 5 lpm의 유량
- · DQ filter를 통해 gas가 빠져 나오는 것을 느낄 것임 (필터에서 화살표 반대 방향)



■ **그림 7.8** Inlet과 Outlet의 플러그, 그리고 DQ 필터와 가스 주입선

- ☑ 10. Start data collection high gas(그래프 보면서 안정화 될 때까지 기다림)
 - High span gas 영역의 보정값 update
 - 4번 과정과 동일
- □ 11. Clear buffer : (체크 안함) 5번 과정과 동일
- 🗹 12. Store high span gas
 - · Calibration constant (K2, K4) 값 계산
 - Top section 값 update
 - 만약 새로운 상수가 맘에 들지 않는다면 Recalibration
- ☑ 13. Write calibration label : Nephelometer의 serial number, 날짜, 사용한 gas, 보정한 사람의 initial 등
- ☑ 14. Save cal data(K2 & K4) to Neph
 - Nephelometer에서 CO2와 cap (inlet, outlet plug) 제거
 - Inlet block에 DQ filter 다시 연결, 화살표 방향은 inlet block에서 밖으로 향하도 록 함
 - Nephelometer의 top cover를 덮어라
 - · "run-terminal" 창을 띄워서 vz(valve close) : 기기 안의 CO2 gas 밖으로 내
보냄

- · 7번 선택, blower on, high span gas가 purge 되도록 함 (zeroing 전에 CO₂ 제거)
- · 최소 600초 이상 blower on
- Blower 작동안하면 메뉴바 "config-nephelometer"에서 blower 100%로 바 꿀 것
- ☑ 15. Zero with clean air : clean air로 깨끗하게 함, Zero background measurement (300초 이상)
- ④ 보정된 화면 저장
- 컴퓨터의 Print screen 키(클립보드에 저장)
- 시작-보조프로그램-그림판
- Ctrl+v(붙여넣기)
- 파일-다른 이름으로 저장(jpg, bmp, gif 등)
- TSI window 닫음 : exit

7.6.3. 램프(Lamp) 교체(3000시간 주기)

- ① Top cover를 제거한다.
- ② 그림 7.9의 Lamp shield screw를 제거한다.
- ③ Lamp lever를 올려 소켓에서 Lamp제거
- ④ 새 Lamp로 교체하고, Lamp lever를 내려 고정시킨다.
- ※ 주의 : Lamp는 뜨거울 수 있으므로, 교체전에 기기 작동을 멈추어 충분히 식힌 상태 여야 한다.

7.6.4. Filter replacing

- ① HEPA filter(HEPA filter : 6개월)
- Filter제거 용이를 위해 end plate를 제거
- 렌치를 이용해 Filter 뒤쪽 연결부위인 Elbow fitting의 Nut를 제거 한 후, Filter를 돌려서 앞쪽의 Brass fitting으로부터 떼어낸다.
- Coat the threads on the brass fitting on the inlet block with RTV silicone sealer.



"그림 7.9 Lamp shield

- 새로운 필터를 Brass fitting에 끼운다.
- 구 필터에서 Nylon fitting을 제거해 RTV silicone으로 Coating 해준 뒤, 뉴 필터를 끝쪽 부분에 연결시킨다.
- Nylone nut를 이용해 새로운 필터를 Elbow fitting에 연결해 준다.



"그림 7.10 HEPA 필터 제거 및 HEPA 필터 위치 조정

- ② DQ filter(DQ filter : 12개월)
- Filter 양쪽 Silicone tube에서 Filter를 분리시킨 후, 새 필터로 교체해 준다.



■ 그림 7.11 파란 DQ 필터

③ Fan filter 청소

- Filter에 먼지가 많으면, Lamp의 수명이 줄어들므로, 압축공기로 Fan cover와 Foam inserts를 잘 청소해 준다.



그림 7.12 Fan cover

- ④ Light pipe lens청소
 - Light pipe는 Lamp에서 Measurement volume사이에서 Lamp의 빛을 전달시켜주 는 통로이다.
 - Top cover제거, Lamp shield screw제거해준다.



그림 7.13 Light pipe lens

- ⑤ Reference chopper 청소
- Top/bottom cover 제거
- 그림 7.14의 Board screw 제거



"그림 7.14 Board screws 및 End plate screws

- Digital circuit board와 PMT box를 연결하는 J25 connector(wide ribbob이 달린 cable)
- End plate screw제거
- 원통안으로 있는 Aperature assembly를 잘 끄집어낸다(벽에 닿지 않게 조심).



그림 7.15 Aperture assembly

- Aperture nuts제거
- J13 connector 제거하고, plate1(circuit board)와 plate2 분리
- 그림 7.16의 Reference chopper의 Reflective 알루미늄 부분을 헝겊으로 닦는다.



그림 7.16 Aperute Plates와 회로판 및 Reference chopper

- ⑥ Lght pipe outlet, backscatter shutter and flocked paper 청소
- Top cover 제거
- Lamp shield 제거
- Bottom cover 제거
- Connector 분리
 - Lamp connector analog board에서 분리
 - Inlet block에서 ribbon cable 분리
 - · 1(lamp T), 2(valve position), 3(valve monitor), 4(heator), 6(fan) connector 분리
 - DQ 필터 분리



= 그림 7.17 Disconnect connectors and tubing



= 그림 7.18 Sections apart



= 그림 7.19 Sections together

- Section screw를 제거하여 두 section을 분리함
- Floced paper를 조심히 끄집어내 압축공기로 청소함
- Lamp base screw를 제거함
- Backscatter shutter가 light pipe바로 아래쪽에 오도록 손으로 회전시킴
- Lamp base assembly를 본체에서 분리시킴.
- 헝겊으로 back scatter shutter와 light pipe outlet을 청소함



그림 7.20 Lamp base 및 Removing the lamp base assembly

• 표 7.2 주요 유지관리 항목 및 수행시기

유지관리 항목	증상 및 수행시기
산란계의 상하단 덮개 닫고 산란계 검정	Reference chopper가 더러워졌거나 긁혀있을 때 주기적 으로 수행
펜 필터 교체 또는 청소	필터가 더러워 내부의 빛을 볼 수 없을 때
산란계의 상단 덮개 열고 EPROM (microprocessor) 교체	As part of a firmware update.
Motor control microprocessor 교체	As part of a firmware update.
램프 교체	소프트웨어의 status mode에 fault가 나타날 때
Aerosol filter 교체	주기적, 또는 기압이 갑자기 떨어질 때
Light pipe lens 교체	산란계가 작동하는 환경이 깨끗한 조건에서 필요에 따라
누수되는 곳 점검	측기가 분해, 또는 기압이 낮은 곳에 설치될 때
산란계의 상하단 덮개 열고 Reference chopper 청소	Calibrate signal이 갑자기 변할 때
Light pipe outlet과 backscatter shutter 청소	산란계가 작동하는 환경이 깨끗한 조건에서 필요에 따라
Flocked paper 청소	Background signal이 전반적으로 상승할 때
PMT 덮개 열고 PMTs 교체	기계적인 파손이 일어났을 때
Bandpass filters 점검, 청소, 교환	주기적, 또는 습도가 높은 환경에서 작동할 때
렌즈 청소	모든 파장에서 전반적으로 신호가 약해질 때

7.7. 자료 처리

광산란계수측정기에서 관측되는 자료는 2003년 1월 부터 상시 관측되었으며, 2009년 12 월 동일기종의 신장비로 교체되어 생산되고 있다. 관측된 자료를 프로그램으로 처리하여 산 란계수를 산출되며 3개의 파장(450 nm, 550 nm, 700 nm)에서 산출되는 후방산란과 총산란 값은 QA/QC를 거쳐 데이터 서버에 자동 저장된다.

7.7.1. 관측자료 정리

- Nephelometer 장비 PC /tsidata/neph의 자료(예; NL150306.dat)를 분석을 하고자하 는 PC로 이동한다.
- ② 자료를 45번 서버 "/data/neph/data/rawdata/2015"에 이동한다.

🕌 neph								_ []	×
🌀 🕞 - 네트워크 + 190, 1, 58, 36 + tsidata + ne	eph					▼ 🛂 neph 검색			2
구성 ▾ 굽기 새 풀더							8= • [1 0	
· 즐겨찾기	<u>▲ 0</u>	≣ ▲	수정한 날짜	유형	371				-
🚺 다운로드		NL150306, dat	2015-03-06 오후	DAT 파일	47KB				
📃 바탕 화면		NL150307, dat	2015-03-07 오후	DAT 파일	91KB				
		NL 150308, dat	2015-03-08 오후	DAT 파일	91KB				
📃 바탕 화면		NL 150309, dat	2015-03-09 오후	DAT 파일	84KB				
ᇘ 라이브러리		NL150310, dat	2015-03-10 오후	DAT 파일	79KB				
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		NL150311, dat	2015-03-11 오후	DAT 파일	80KB				
s ma		NL150312, dat	2015-03-12 오후	DAT 파일	82KB				
SVSTEM (C1)		NL150313, dat	2015-03-13 오후	DAT 파일	89KB				
근뢰 디스크 (Dr)		NL150314,dat	2015-03-14 오후	DAT 파일	89KB				
SBECYCLE BIN		NL150315,dat	2015-03-15 오후	DAT 파일	90KB				
🚺 [지역기후변화과학_교육_교재]지역기후변화		NL150316, dat	2015-03-16 오후	DAT 파일	90KB				
🚡 2014 자외선		NL150317, dat	2015-03-27 오후	DAT 파일	90KB				
👪 2014노희종		NL150318, dat	2015-03-18 오후	DAT 파일	91KB				
🏭 DATA -		NL150319, dat	2015-03-19 오후	DAT 파일	91KB				
🎉 FileZilla-3.9.0.5		NL 150320. dat	2015-03-20 오후	DAT 파일	92KB				
🎍 neph		NL150321.dat	2015-03-21 오후	DAT 파일	91KB				
System Volume Information		NL150322.dat	2015-03-22 오후	DAT IF B	91KB				
i tsi		NL150323.dat	2015-03-23 오후	DAT IF B	91KB				
10 여대여 그 내어		NL150324.dat	2015-03-24 오후	DAT IN B	91KB				
·····································		NL150325.dat	2015-03-25 오후	DAT 파일	91KB				
·····································		NI 150326 dat	2015-03-27 오흐	DAT THE	81KB				
·····································		NI 150327 dat	2015-03-27 9 章	DAT 파일	89KB				
🙀 [지역기후변화과학_교육_교재]지역기후변화		NI 150328 dat	2015-03-28 9章	DAT 파일	92KB				
중 포항브루워.zip		NI 150329 dat	2015-03-29 9 章	DAT 파일	92KB				
🔮 DVD RW 드라이브 (E:)		NI 150330 dat	2015-03-30 오흐	DAT 파일	92KB				
🙀 down(₩₩190,1,58,123) (∀:)		NI 150331 dat	2015-03-31 오흐	DAT 파일	92KB				
— kgawo(₩₩172,20,157,172) (Z:)		NI 150401 dat	2015-04-01 오흐	DAT 파일	92KB				
11 비트워크		NL 150402 dat	2015-04-02 9 =	DAT 파일	91KB				
(행 세명한 이 이미네)	-	NI 150403 dat	2015-04-03 9 =	DAT THE	91KB				-
53개 항목									

"그림 7.21 자료수집 PC에서 관측자료를 이동한다.

 ③ 자료를 45번 서버 "/data/neph/data/rawdata/2015" 의 2015list 파일에 처리하고자 하는 파일명(예; NL150309.dat)을 입력한다.

KGAWC@KGAWC_AEROSOL:/data/neph/data/rawdata/2015	_ 🗆 🗡
NL150309.dat	
NL150310.dat	
NL150311.dat	
NL150312,dat	
NL150313.dat	
NL150314.dat	
NL150315.dat	
NL150316.dat	
NL150317.dat	
NL150318.dat	
NL150319.dat	
NL150320,dat	
NL150321.dat	
NL150322.dat	
NL150323.dat	
NL150324.dat	
NL150325.dat	
NL150326.dat	
NL150327.dat	
NL150328.dat	
NL150329.dat	
NL150550.dat	
<u><u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u></u></u>	
201511st.txt 61L, /95L 61,1	

■그림 7.22 list.txt 파일 생성 및 파일 이름

7.7.2. 분석자료 생성

① 45번 서버를 접속(/data/neph)한다.

KGAWC@KGAWC_AEROSOL:/data/neph	-OX	CODE	Immedia : CSV파일 변수들간의 대시(-), 콤마(.)등을 공백으로 바꾸어 주는 프로그램 Immedia : 음수값의 자료들을 제외하여 1달씩 묶어주는 프로그램
[KGRWC] data >cd [KGRWC] heph >ls DATdata csh csh neph_dg,f30 GRU_neph01.F30 csv neph_dl,F30 csv GRU_neph01.F30 csv GRU_neph01.F30 csv GRU_neph01.F30 csv GRU_neph01.f30 csv non0110601.dat nnn0110607.dat a.out neph_lmon_f30 ave neph_lmon_v1.f90 code neph_ave_dx.f30 [KGRWC] neph > nph_ave_hr.f30		CODE CSV DATA - raw	Fort : 자료설명문 Have : 자료설명 프로그램 NLL08626 CSV(pwdota ; HL년왕입.CSV) ILL08626 CSV(pwdota ; HL년왕입.CSV) ILL8181 : regel_1006.dat(개교처리 왕일명 ; neph_년호.dot) Neph_1006.dat : rawdata 100617.dat인법 자료설설 왕일명 : neph_년호입.dot) Nephtol_1006.dot(1217 고표실 양방명 : nephtot호율.dot) Nephtol_1006.dot(2017 자료실설 양방명 : nephtot호율.dot)

그림 7.23 45번 서버 접속 및 자료생성 프로그램 경로

- ② 다음과 같이 프로그램을 실행한다.
 - > f90 neph_1mon_v1.f90
 - > ./a.out
- ③ 화면에 "Input year in 2-digit form" 이라는 문장이 나오면, 광산란계수측정기의 데이 터 정리를 원하는 기간의 년도를 "yy [Enter]"와 같이 2자리수로 입력한다.
- ④ 화면에 "Input month in 2-digit form" 이라는 문장이 나오면, 광산란계수측정기의 데 이터 정리를 원하는 기간의 월을 "mm [Enter]"와 같이 2자리수로 입력한다.

	KGAWC@KGAWC_AEROSOL:/data/neph	
[KUHWU] neph >1s \ code_old_backup neph_day,f90,yys.summar DATdata csh neph_dy,f90 GAW_neph01.f90 csv neph_hr,f30 GAW_neph_header.txt data neph_mr,f90 GAW_neph_header.txt data nnn0110601.dat NephWin Software.lnk neph_imon.y1.f90 ave neph_ave_dy.f90 code neph_ave_hr,f90 [KGAWC] neph >f0 neph_imon_v1.f90 [KGAWC] neph >f0 neph_imon_v1.f90	150101 150102 150104 150105 150106 150107 150108 150109 150110 150111 150113 150113 150115 150115 150117 150115 150119 150139 150130 150131 150119 150130 150131 150119 150130 150131 150119 150129 150130 150129 150130 150129 150130 150129 150130 150129 150130 15010	

그림 7.24 45번 서버 실행 및 결과

- 5 최종자료 "neph/data/1mon/"에 neph201501.dat를 생성한다.
- ⑥ 다음 작업을 위해 "neph/data/1mon/"의 월자료를 합친 후 list.txt 파일자료 수정 (neph2015.dat)

7.7.3. 관측결과 그래프 예



■**그림 7.25** 산란 계수

광흡수계수측정기 (Aethalometer)

8.1. 개요

8.

대기중에 존재하는 입자상 물질 중 검댕은 Black Carbon(BC)또는 Elemental Catbon (EC)은 탄소 입자의 덩어리로서 태양으로부터 지구에 도달하는 햇빛을 흡수하는 성질을 가 지며, 대기 중에 존재하는 BC의 양을 측정하는 것은 전 지구적인 대기복사수지 산정에 큰 영향을 끼친다. 블랙카본에 의한 빛이 흡수되면 단산란 알베도를 낮추고, 대기의 태양복사 흡수를 증가시킨다(Haywood and Shine, 1997). 화산폭발이나 산불 등과 같은 자연 발생원 을 제외하면, 대부분이 산업활동에 소요되는 화석연료 연소에 의하여 발생되는 물질이다. 따 라서 대기오염 물질의 인위적 발생원 추적 등에 널리 사용되고 있다. 주로 물질의 연소를 통 해 대기 중에 방출되는 대기오염물질로, 인위적인 오염물질의 영향을 받은 공기덩어리의 지 표로 활용된다(Penner, 1995). 최근의 선행연구에 따르면 블랙카본은 구름의 수명 (Ackerman et al., 2000), 강수 패턴 (Menon et al., 2002)및 극지방 얼음의 반사도와 용해 에도 관계(Hansen and Nazarenko, 2003)가 있어서 블랙카본의 정확한 관측은 매우 중요 하다. 여기에서 BC는 광학적으로 빛을 흡수하는 대기 중의 에어로졸 입자로 정의한다. 광흡 수계수측정기는 대기중에 존재하는 이 BC 에어로졸 입자의 실시간 농도정보를 제공하는 관 측기기이다.



■ 그림 8.1 광흡수계수측정기(Magee AE-31)

8.2. 측정 원리

8.2.1. 광흡수계수측정기의 검댕(Black Carbon) 측정법

광흡수계수측정기는 연속적인 Filter 관측을 실시하며, 연속적인 정보 산출을 위해 Inlet을 통해 Filter 위에 포집된 BC에 광학적 방법으로 생성된 빛을 발사해 감쇄되는 빛의 세기를 측정하고, BC의 양을 산정한다.

아래의 (a)와 같이 Quartz filter의 에어로졸이 포집된 부분과 에어로졸이 없는 부분에 각 각 같은 빛을 비춰주면 Filter의 아래쪽에서 측정한 빛의 감쇄도에는 차이가 생기게 된다.





■그림 8.2 광흡수계수측정기 (a) 측정원리, (b) 내부 구조, (c) Quartz filter tape

그때, 빛의 감쇄도 차이는 어떤 물질의 광흡수도가 α, 빛이 통과하는 물질의 직선 길이가 l, I₀와 I는 각각 물질을 통과하기 전과 후의 빛의 세기로 보면, 빛이 매질을 통과할 때 지수 적으로 감쇠됨을 보인 Beer-Lambert Law에 의해 물질에 의한 광흡수 정도 T는 아래 식 (8.1)과 같이 표현된다.

$$T = \frac{I}{I_0} = e^{-\alpha l} \tag{8.1}$$

이는 광흡수계수측정기의 경우에 BC의 질량농도(이하 BC 농도)를 계산해 내는 데에 적용 된다. I₀와 I는 각각 LED에서 방사한 빛의 세기와 Sampling filter의 BC가 포집된 부분을 통과한 빛의 세기로 보면, 빛의 감쇠 정도를 나타내는 감쇠계수 ATN과의 관계는 아래의 식 (8.2)와 같다.

$$A TN = \ln \frac{I_0}{I} \tag{8.2}$$

본 연구에 사용된 Magee Scientific사의 AE-31 광흡수계수측정기는 7개의 파장(370, 470, 520, 590, 660, 880, 950 nm)으로 BC의 증가에 비례하는 빛의 감쇠도 차이와 파장의 Spectrum을 통해 BC 질량농도를 측정한다. 광흡수계수측정기는 에어로졸이 포집된 Quartz filter를 통과하는 빛의 감쇠 정도 ATN을 측정한다. Filter에 포집된 에어로졸이 Δt 의 시간 간격만큼 빛에 노출된다면, 빛의 감쇠계수 σ_{ATN} 은 식 (8.3)과 같게 된다.

$$\sigma_{ATN} = \frac{A}{100Q} \frac{\Delta ATN}{\Delta t}$$
(8.3)

여기서 A는 에어로졸이 포집된 영역의 면적이고, Q는 부피로 측정한 Sample air의 유량이 다. 식 (8.4)에서 결정된 σ_{ATN} 에 따라 BC 농도인 BC_{ATN} 를 식 (8.5)와 같이 산출한다.

$$\alpha_{ATN} = \frac{14625}{wave \ lengths \ [nm]} \tag{8.4}$$

$$BC_{ATN} = \frac{\sigma_{ATN}}{\alpha_{ATN}}$$
(8.5)

위의 그림 8.2(b)는 광흡수계수측정기의 내부 구조를 나타낸 것이다. 그림 8.2(a)에서 나 타낸 관측원리를 나타낸 부분은 그림 8.2(b)의 가운데 Sensor head에 들어있다. 각 1개의 Filter spot에 에어로졸이 일정량 이상 쌓여, Filter의 투과율이 낮아지면 자동으로 다음 Filter spot으로 Advance 되면서 준연속적인 관측을 하게된다.

광흡수계수측정기는 내부의 펌프를 이용해 에어로졸과 혼합된 대기 샘플을 인렛을 통해서 빨아들인다. 대기 샘플의 유량은 광흡수계수측정기 내부에 장착된 Flow meter를 통해서 소 프트웨어로 입력된 유량 값(현재 셋팅값 4.0 lpm)을 유지하도록 감시된다.

대기 샘플은 광흡수계수측정기 내부의 Quartz fiber filter tape을 지나가면서 그 위에 에 어로졸 샘플을 쌓게 되고, 이 에어로졸 샘플에 연속적으로 일정 파장의 빛을 발사하여, 에어 로졸 샘플을 통과할 때 감쇠되는 빛의 세기를 이용하여 에어로졸의 양을 연속적으로 감시할 수 있게 된다. 그림 8.2(c)에서 보는 것처럼 각 Filter spot은 Roll로 말려있고 Tape에는 관 측을 할 수 있는 Spot이 표시되어있어서 이 Filter tape에 에어로졸 Sample이 포집되면서 BC에 대한 관측을 수행하는데, 관측을 수행하는 동안은 Tape이 움직이지 않지만, 에어로졸 Sample이 일정수준 이상 쌓여 빛의 감쇄가 심해지면, 광흡수계수측정기는 Filter roll을 말 아서 자동으로 다음 Spot으로 이동한 후, 다시 관측을 계속 수행하므로 이는 준 연속적인 관 측을 수행하는 것이다. 이런 Filter spot의 이동은 보통 도시에서 하루 3~4회, 청정 지역에 서는 하루 1~2회 이루어지며, 한 Roll의 Filter에는 1500개의 Filter Spot을 포함한다.

이 관측은 각 시간 단위마다 1개의 관측 자료를 생산하며, 사용자는 이 관측의 시간 단위 를 1초~5분으로 설정할 수 있다. 짧은 시간단위는 관측주기를 짧게 해서 더 정확한 값을 얻 을 수 있겠지만, 더 많은 Noise를 포함하게 된다. 따라서 필요에 따른 시간단위의 설정이 중 요한데, 1~5분이 일반적인 사용 범위이다. 현재 관측 중인 광흡수계수측정기는 함께 관측 중인 광산란계수측정기와 동일하게 5분 단위로 자료를 생산한다. 관측된 데이터는 기기내부 에 위치한 CF메모리 디스크에 저장되며, Analog voltage로의 변환을 통해 COM1 port로 PC에 전송/저장될 수도 있다.

8.2.2. BC 질량농도로부터 에어로졸 흡수계수로의 변환

광흡수계수측정기의 관측자료 보정 및 에어로졸 흡수계수로의 변환에 관해 많은 방법 (Weingartner et al., 2003; Arnott et al., 2005; Schmid et al., 2006; Virkkula et al., 2007)이 제시되었지만, 여기에서는 가장 널리 사용되고 있는 Arnott et al. (2005)의 연구에 서 제시한 방법을 자료 보정 및 에어로졸 흡수계수로의 변환에 사용하기로 한다.

아래의 식 (8.6)은 Arnott et al.(2005)의 연구(이하 A2005) 중 식 (27)이다.

$$\sigma_{ap,n} = \frac{\alpha_{ATN} \cdot BC_n - \alpha(\lambda) \cdot \sigma_{sp,n}(\lambda)}{M} \cdot \sqrt{1 + \frac{\left(\frac{Vdt}{A}\right) \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \sigma_{ap,i}}{\tau_{a,fx}}}$$
(8.6)

 BC_n 는 Filter에 Advanced 된 이후 n 번째로 관측된 값이며, $\sigma_{ap,n}$ 은 n 번째로 관측된 BC_n 로부터 변환된 흡수계수(Absorption coefficient)이다. $\sigma_{sp,n}(\lambda)$ 는 $\sigma_{ap,n}$ 과 동시에 n 번째로 관측된 Nephelometer의 산란계수(Scattering coefficient) 값이고, α_{ATN} 은 Absorption cross section 으로 제조사에서 $\sigma_{ATN} = 14625/\lambda, \lambda[nm]$ 라는 값으로 제공하고 있다. $\alpha(\lambda)$ 은 Multi-Scattering이 Absorption에서 차지하는 비율을 알기위해 경험적으로 구한 값이며, $\alpha(\lambda) = 1.472 \times 10^{-5} \lambda^{1.307}$, $\lambda[nm]$ 이다. $\tau_{a,fx}$ 는 파장에 따른 필터 자체의 소산에 의 한 영향인데 이 역시 저자가 경험적으로 구한 값을 제공하고 있다. 아래의 표 8.1에는 이 내 용들이 정리하였다.

하지만, 위의 표 8.1과 같은 값들은 A2005의 저자가 실험실 내에서 인위적으로 발생시킨 에어로졸들에 대한 경험값들로 실제 관측값에 적용하기에는 무리가 있다. 이에 대해 저자 역시 A2005 말미에, 실험실에서 실험한 자신의 결과를 실제 관측결과에 적용하기 검증하 기 위하여 제한적으로나마 다른 값을 제시하였다. 이는 2003년 1월 1일~2월 15일에 비교 적 대기 중 에어로졸이 적은 청정한 지역으로 알려진 미국 네바다 주의 Las Vegas 근교 Clark County에서 관측된 값을 바탕으로 제한적인 520 nm의 값을 M(520 nm) = 3.688, $\tau_{a,fx,520nm} = 0.2338$ 이라고 제시한 것으로, 저자는 배경대기와 같이 청정한 지역에는 이 값 을 적용할 수 있을 것이라고 말하고 있다.

또한, Corrgan et al.(2006)의 연구(이하 C2006)에서는 A2005의 값을 바탕으로 실제 관 측에서 사용 가능한 광흡수계수측정기 7개 파장의 경험 상수 값을 환산하여 표로 밝히고 있 다. 비교적 대기 중의 에어로졸이 적은 청정한 지역이며, 실제 관측이 이루어지고 있는 제주

Wavelength (nm)	$\alpha_{ATN} \ (m^2/g^{-1})$	100α	М	$ au_{a,fx}$
370	39.53	3.35	1.813	0.2736
470	31.12	4.57	2.073	0.2263
520	28.07	5.23	2.076	0.2181
590	24.79	6.16	2.104	0.1951
660	22.16	7.13	2.182	0.1777
880	16.62	10.38	2.226	0.1375
950	15.39	11.48	2.199	0.1390

표 8.1 A2005 방법의 경험적 값들

표 8.2 C2006에서 A2005의 경험값을 재설정한 값

Wavelength (nm)	$\alpha_{AT\!N}~(m^2/g^{-1})$	100α	М	$ au_{a,fx}$
370	39.53	1.14	3.467	0.2874
470	31.12	1.55	3.629	0.2483
520	28.07	1.77	3.695	0.2338
590	24.79	2.09	3.770	0.2097
660	22.16	2.46	3.830	0.1950
880	16.62	3.53	3.875	0.1566
950	15.39	3.83	3.855	0.1550

고산 지역의 특성을 감안하여 이후 에어로졸 흡수 계수의 변환에는 C2006에서 제시한 표 8.2의 경험 상수 값들을 사용하기로 한다.

8.3. 장비 사양

표 8.3 광흡수계수측정기 사양

구 분	사 양
제조사(국가)	Magee Scientific(미국)
모델	AE-31
측정파장	370, 470, 520, 590, 660, 880 and 950 nm
측정감도	0.1 μ g/m ³ (1minute, 3LPM)
시료량	2~6 LPM
에어로졸 사이즈	2.5μm 이하
Sampling Medium 방법	2~3시간마다 1센티미터씩 이동(10m 필터롤: 수개월~1년 이상)
시료포집 면적	High Sensitivity : 0.5 cm²(낮은농도의 극지방) Extended Range : 1.67 cm²(높은농도의 일반적 지역)
데이터 출력	Digital data via COM port. Analog output for 0~5 volt DC signal.

8.4. 작동방법

8.4.1. 광흡수계수측정기의 가동

- ① 장비 전면의 문을 연 후 ON, OFF 스위치로 시스템을 동작
- ② 안정화되고 관측이 시작됨(장비를 켜면 스크린에 불이 들어오고 내장펌프는 30초 후에 동작 한다.)
- 스크린은 자동으로 동작하기 시작하여 30초 경과후 '삐~'소리가 난다
- 그 소리를 무시하고 60초가 경과하면 동작이 시작되면서 녹색 램프가 깜박인다.
- 녹색램프는 30분후에 깜박임이 멈춰야 하며, 이 후에 BC농도 값이 측정된다.



그림 8.3 광흡수계수측정기의 전면 및 전원 스위치

8.4.2. 광흡수계수측정기 전면 LED 및 램프

① 전면 표출창에 시간, 디스크 정보, 시료유입량, BC 농도 등

② 장비 램프 상태

- RUN(녹색) : 정상적인 데이터 측정 중

- PAUSE(녹색이 반짝거림) : 테이프 이동 후 초기화 중

- CHECK(노랑) : 주의가 필요하지만 장비는 작동 중이고 데이터도 양호

- ERROR, STOP(적색) : 장비에 문제가 있어 동작을 멈춤 상태



■ 그림 8.4 광흡수계수측정기의 전면 LED 및 램프

8.4.3. 자료수집 PC 작동법

1) 바탕화면의 BC NEW 아이콘을 클릭
 2) BC NEW - 하이터미널 창이 생성

- ③ 텍스트 캡쳐 실행
- 전송 / 텍스트캡쳐를 선택



- 그림 8.5 자료수집 PC 프로그램 실행

8.4.4. 자료저장 경로 선택

- ① 저장경로 : H:₩DC DATA₩20100914.txt 입력
- ② 시작 버튼을 클릭하여 실행
- ③ 자료저장 확인
 - 저장경로 : H:₩DC DATA에서 해당파일(20100914.txt) 선택
 - 텍스트 문서의 자료값 확인



그림 8.6 광흡수계수측정기의 저장 경로 및 수집자료

8.4.5. 통신 프로그램 실행 및 수집 PC 표출상태

① QA/QC 서버 통신프로그램 실행

- ② 수집PC 점검 상황
- 정상가동 상태 : 정상(愈 아이콘 활성화), 비정상(愈 아이콘 비활성화)

- 자료수집 상태 : 정상(수집시간 현재), 비정상(수집시간 과거)



■ 그림 8.7 QA/QC 서버 통신프로그램 및 수집 PC 표출상태

8.4.6. 장비 OFF

QA/QC 서버 통신프로그램 및 수집 프로그램 중지
 장비의 전면 개폐문을 연 후 전원 스위치 OFF

8.5. 유지·관리

8.5.1. 광흡수계수측정기의 구조 및 관리

전면부에 전원스위치 및 롤테이프, 저장디스크가 위치하고, 후면에 시료흡입 및 배출구가















(c) 카트리지 필터

(d) 헤파필터

(e) 실리카겔

그림 8.8 광흡수계수측정기의 전면, 후면 모습 및 주요 소모품

- ① 분석 파장대
- 에어로졸의 광학적 흡광도나 대기광학, 복사전달 물질을 알기위해 7개의 파장(370, 470, 520, 590, 660, 880 and 950 nm)에서 동시에 흡광도를 측정 한다.
- ② 측정감도
- 유량에 비례하고 시간 time resolution에 반비례하나 0.1 ug/m3@ 1-minute resolution@ 3 lpm
- ③ 시료량(User setting) : 2~6 lpm
- 현재 세팅값 : 4.0 lpm
- ④ 에어로졸 사이즈 분류
- 시료흡인관의 임펙터나 싸이클론으로 분류되지만 대부분은 2.5 마이크론 이하
- ⑤ Sampling Medium 방법
 - 테이프는 유량이나 농도에 따라 2~3시간마다 1센티미터씩 이동한다. 공급되는 10미

120 에어로졸 관측업무 매뉴얼

터 필터 롤은 수개월에서 1년 이상 동안 사용가능)

⑥ 시료포집 면적(옵션)

- 'High Sensitivity' : 0.5 cm² 낮은 농도의 지역에서 사용함(극지방등에서 사용)
- 'Extended Range' : 1.67 cm² 높은 농도의 지역에서 사용함(일반적인으로 사용)
- ※ 현재 설정값 : Extended Range

⑦ 데이터 출력

- Digital data via COM port.
- Analog output for 0~5 volt DC signal.
- ⑧ 소모품
- 필터테이프 : 1~4 롤/년
- 카트리지 필터교체 1회/년 (바이패스 필터)
- ⑨ 주기적인 유지관리
- 유량은 1회/3개월
- 10 인렛 세척은 1회/년

8.5.2. 광흡수계수측정기의 설정값 변경

- ① Stop 키를 두 번 누르고 비밀번호를 '111' 입력하면 기존의 값들을 수정할 수 있다
- ② 유량(Flow Rate) 선택
- Standard' units(해발기준) 또는 'Volumetric' units (온도와 고도 보정) 가능.
- 메인 메뉴에서 'Operate'를 누르고 좌우/상하/방향 화살표를 눌러 'Change Sys.Settings'을 선택하고 ENT키를 누르면 장비의 날짜, 시간, Timebase, 유량을 변경할 수 있다
- ③ Data Tradeoffs: 테이프의 한 지점에 포집되는 총시간을 뜻하며 포집량이 포화상태가 되면 자동으로 테이프가 이동하므로 장애를 안 받는다.
- ④ timebase : 설정치가 짧으면 반응은 빠르나 데이터에 노이즈가 있다. 5분이 최적임
- ⑤ 시료유량(flowrate): 많으면 더 안정적인 데이터를 얻을 수 있으나 테이프 소모량이 많고 테이프가 이동하는 1에서 2분 동안 데이터 손실이 있음
- ⑥ 설정치 변경메뉴에서 벗어나려면?
- 'Esc'키를 누르면 장비는 측정하기 시작 한다
- ⑦ 통상 필터 이송회수 및 포집 수
- 도시지역은 3~4회/일, 농촌지역은 1회 이하/일

- 테이프의 포집 가능 수, 1500포인트/ 1롤

⑧ 테이프 이송은 'Tape Advance' 스위치를 위로 올린상태에서 15초간 잡고 있으면 테이 프가 이동하는데, 이과정은 1분의 시간이 소요되며, 측정 데이터는 그 후 1분후에 안 정이 된다.

8.5.3. 광흡수계수측정기의 기능 설명

- ① Operate : 측정 중
- ② Change Settings : 날짜 등 파라미터 변경할 때 사용
- ③ Signals and Flow: 광학신호와 시료유량 확인 하고자 할때
- ④ Self Test: 장비를 테스트 할때
- ⑤ Calibrate Flow meter :유량 다시 교정하고자 할때
- ⑥ Software Upgrade :프로그램 업그레이드할 때
- ⑦ Optical Test : QC/QA 과정 수행할 때
- ⑧ Install New Tape : 안내된 방법에 따라 실시

8.5.4. 장비 점검 사항

- ① 녹색불이 켜져 있는지 매일 확인 / 디스켓 잔여공간을 매주 확인
- ② 필터테이프 롤 잔여분 매달 확인 / QC/QA 위해, 'Optical Test Strip' 테스트 실시



■ 그림 8.9 광흡수계수측정기의 전면 LED 및 램프

8.6. 자료 처리

광흡수계수측정기(AE-16)는 2003년 1월~2010년 12월까지 사용하였고, 2010년 9월에 도입된 광흡수계수측정기(AE-31)는 2011년 1월부터 사용되어, 본 매뉴얼에서는 광흡수계 수측정기(AE-31)의 자료처리에 대해서 기술하였다.

- ① 데이터 파일의 구조는 다음과 같다.
- 1~10열 : date, time, UV [370 nm] result, Blue [470 nm] result, Green [520 nm] result, Yellow [590 nm] result, Red [660 nm] result, IR1 [880 nm, "standard BC"] result, IR2 [950 nm] result, air flow
- 11~52열(각 7파장에 대한 5열씩 반복) : 11열~16열(370 nm), 17열~22열(470 nm), 23열~28열(520 nm), 29열~34열(590 nm), 35열~40열(660 nm), 41열~46열 (880 nm), 46열~52열(950 nm)
 - Sensing zero signal, Sensing beam signal, Reference zero signal, Reference beam signal, Bypass fraction, Optical attenuation



그림 8.10 광흡수계수측정기의 전면 및 전원 스위치

② 45번 서버에 접속하여 / aeth로 이동한다.



■**그림 8.11** 45번 서버 접속 및 프로그램 경로

- ③ 광흡수계수측정기 및 광산란계수측정기 raw자료 저장
- DATA rawdata에 20?? 디렉토리폴더에 파일을 저장한다(BC010115.CSV; BC월일 년.CSV).

KGAWC@KGAWC_AEROSOL:/data/aeth/data/rawdata BC010915.CSV BC020115.CSV BC022415.CSV BC031915.CSV BC041115.CSV BC011015.CSV BC020115.CSV BC022415.CSV BC032115.CSV BC041115.CSV BC011015.CSV BC020215.CSV BC032015.CSV BC041215.CSV BC041215.CSV BC0111215.CSV BC020415.CSV BC032215.CSV BC041215.CSV BC041315.CSV BC0111215.CSV BC020415.CSV BC032215.CSV BC041215.CSV BC041415.CSV BC0111315.CSV BC020415.CSV BC032215.CSV BC032215.CSV BC041515.CSV BC0114145.CSV BC020515.CSV BC032215.CSV BC041515.CSV BC041515.CSV BC0114145.CSV BC020515.CSV BC032215.CSV BC041515.CSV BC041515.CSV	[KGAWC] raw 1.txt 2011 2.txt 2012 2010 2013 [KGAWC] raw [KGAWC] raw [KGAWC] raw [KGAWC] raw	data >ls . 2014 ? 2014list. } 2015 data > data > data > data > data >	2015 .txt AM_A DATA	list.txt E16 COLS.CSV	aethall.cnv aethall.txt bc_cnv.py	list
BC010915_CSV BC02015_CSV BC02415_CSV BC031915_CSV BC041115_CSV BC011015_CSV BC020215_CSV BC022215_CSV BC032115_CSV BC041215_CSV BC011115_CSV BC020215_CSV BC032115_CSV BC041315_CSV BC041315_CSV BC011215_CSV BC020415_CSV BC032215_CSV BC032115_CSV BC041315_CSV BC011215_CSV BC020415_CSV BC032215_CSV BC032215_CSV BC041415_CSV BC011315_CSV BC020415_CSV BC022315_CSV BC032215_CSV BC041515_CSV BC011414_CSV BC020615_CSV BC032215_CSV BC032215_CSV BC041615_CSV	⊠KGA₩C@K @	SAWC_AEROS	OL:/data/ae	eth/data/raw	rdata	
BC011515,CSV BC020715,CSV BC032515,CSV BC041215,CSV BC011615,CSV BC020315,CSV BC032515,CSV BC041315,CSV BC011715,CSV BC020915,CSV BC032715,CSV BC041315,CSV BC011215,CSV BC030515,CSV BC032715,CSV BC042135,CSV BC011915,CSV BC030515,CSV BC032215,CSV BC042135,CSV BC011915,CSV BC02115,CSV BC032915,CSV BC04215,CSV BC012015,CSV BC02115,CSV BC032915,CSV BC042115,CSV BC012115,CSV BC02115,CSV BC030615,CSV BC032915,CSV BC042115,CSV BC012115,CSV BC030615,CSV BC032915,CSV BC032915,CSV BC042115,CSV BC012115,CSV BC030615,CSV BC033115,CSV BC033115,CSV BC033115,CSV BC012115,CSV BC030915,CSV BC039115,CSV BC040115,CSV BC040115,CSV BC012215,CSV BC021415,CSV BC030915,CSV BC040115,CSV BC040115,CSV	BC010915,CSV BC011015,CSV BC011115,CSV BC011115,CSV BC011215,CSV BC011415,CSV BC011415,CSV BC011415,CSV BC011415,CSV BC011415,CSV BC01215,CSV BC012115,CSV BC012115,CSV	BC020115,CSV BC020215,CSV BC020315,CSV BC020415,CSV BC020615,CSV BC020615,CSV BC020615,CSV BC020615,CSV BC020815,CSV BC020115,CSV BC021115,CSV BC021315,CSV BC021315,CSV	BC022415.CSV BC022515.CSV BC022615.CSV BC022615.CSV BC030115.CSV BC030115.CSV BC030215.CSV BC030215.CSV BC030515.CSV BC030615.CSV BC030615.CSV BC030915.CSV BC030915.CSV	BC031915.CSW BC032015.CSW BC03215.CSW BC032215.CSW BC032215.CSW BC032215.CSW BC032415.CSW BC032615.CSW BC032615.CSW BC032615.CSW BC032915.CSW BC032915.CSW BC033015.CSW BC033015.CSW	BC041115,CSV BC041215,CSV BC041215,CSV BC041315,CSV BC041415,CSV BC041615,CSV BC041615,CSV BC041615,CSV BC041915,CSV BC041915,CSV BC042115,CSV BC042115,CSV BC042215,CSV	

④ aeth / DATA / rawdata 디렉트리의 2011list.txt 파일을 연 후 작업파일을 추가

KGAWC@KGAWC_AEROSOL:/data/aeth/data/rawdata	<u> </u>
BC010115 CSV	
BC010215.CSV	
BC010315.CSV	
BC010415_CSV	
BC010515.CSV	
BC010615.CSV	
BC010715.CSV	
BC010815.CSV	
BC010915.CSV	
BC011015.CSV	
BC011115.CSV	
BC011215.CSV	
BU011315.USV	
BLUII415.LSV	
BC011515.CSV	
BC011615.CSV	
BC011/13,CSV	
BC011615-CSV	
PC013015-CSV	
PC012013.CSV	
BC012213-63V	
BC012315 CSV	
"20151 ist.txt" 901 - 11700	1.1
	-/-

그림 8.13 2015list.txt 파일에 작업파일 추가

⑤ aeth_1mon.f90 파일의 실행(aeth/)

이 프로그램을 실행하기 위해서는 '컴파일'이라는 과정이 필요한데, 이는 포트란으 로 작성된 파일(*.f90 또는 *.f)을 실행가능한 형태로 변형하는 과정을 말한다. f90 명령을 사용하며, 작업 디렉토리에서 아래와 같이 입력한다.

> f90 aeth_1mon.f90

> ./a.out

Input year in 2-digit form (화면에 자동으로 출력됨; 연 두자리)

15 ↓

KGAW	C@KGAWC_AEROSOL:/data/aeth/code	- U ×
150310		
150311		
150312		
150313		
150314		
150315		
150316		
150317		
150318		
150319		
150320		
150321		
150322		
150323		
150324		
150325		
150326		
150327		
150328		
150329		
150330		
150331	·	
FORTRAN	STOP	
[[KGAWC]	code >	

- **그림 8.14** aeth_1mon.f90 파일의 실행
- ⑥ data 1mon 디렉트리에 파일 생성
- aeth201501_1mon.dat 및 aeth2015.dat 생성

Þ	KGAWC@KGAWC_AEROSOL:/data/aeth/data/1mon	
	DATdata csh neph_day,f90,yys,summary GAW_neph01,f90 csv neph_dy,f90 GAW_neph02,f90 csv_old neph_hr,f90 GAW_neph02,f90 csv_old neph_hr,f90 GAW_neph_header,txt data neph_hr,f90.yys,summary MephWin Software,lnk f90 nnn0110601.dat a,out neph_1mon_v1.f90 raw ave neph_nvs.dw f90	
	CKGAWC] neph >cd [KGAWC] data >ls APS CSEOF OPC aeth databakcup neph APS_GOSAN Data_Display PMX air.tar.gz hclim99 CRM LIDAR SMPS aircodedata.tar.gz lost+found [KGAWC] data >cd aeth [KGAWC] data >cd aeth CMU aeth >ls [CMU aeth beader txt code csh data report2011 CMU aeth >ls CMU aeth >ls	
	[KGRWC] aeth >cd data [KGRWC] data >ls 1mon AE16_1mon DATdata abs aene ave rawdata [KGRWC] data >cd 1mon [KGRWC] 1mon >ls 2010 2012 2014 aeth2014_1mon.dat aeth2015_1mon.dat 2011 2013 aeth2014.dat aeth2015.dat list.txt	

그림 8.15 aeth_1mon.f90 파일의 실행 후 파일 생성

- ⑦ 광산란계수측정기와 광흡수계수측정기 합치기 실행
 - > f90 amy_aene_syncro_v2.f90
 - > ./a.out

[[KGAWC] aeth >1s			
GAW_aeth_header.txt	aeth_1mon.f90	arnott_abs.f90	f90
a₊out	aeth_arnott_dy.f90	code	report2011
aene_synchro.exe	aeth_arnott_hr.f90	csh	-
aeth_1mon.exe	amy_aene_synchro_v2,f90	data	
[[KGAWC] aeth >f90 am	y_aene_synchro_v2,f90		
[[KGAWC] aeth >./a.ou	t		

그림 8.16 광흡수계수측정기 amy_aene_syncro_v2.f90 실행

⑧ 두 요소의 합치기 가 끝나면 data/aene/에 결과파일(예; aene2015.dat)이 생성된다.



그림 8.17 두 자료 합치기 결과 및 생성파일



⑨ 관측결과 그래프



9.1. 개요

9.

에어로졸 광학깊이(Aerosol Optical Depth, AOD)는 태양복사가 대기의 상한에서 지표까 지 도달하는 동안 대기 중에 존재하는 여러 성분들에 의해 감쇄되는 효과를 나타내는 척도 다. 이는 적분컬럼 에어로졸과 직접적 복사강제력 평가를 위한 가장 중요한 단일 요소이다. AOD는 선포토미터(Sunphotometer)나 필터 라디오미터(Filter Radiometer) 등의 관측기기 를 이용하여 태양을 직접 향하여 태양복사의 스펙트럼 투과 관측으로부터 결정된다.

기후변화감시소에서는 AOD 산출을 위하여 1999년부터 2010년 하반기까지 Sunphotometer(MS-110, EKO)를 운영하였으며, 이후 노후 장비 교체 및 관측품질보증 및 국제네트 워크 참여를 위하여 스위스 다보스에 있는 세계광학깊이연구-보정센터(WORCC PMOD/ WRC)에서 만든 정밀필터복사계(Precision Filter Radiometer; PFR)을 운영하고 있다.

9.2. 측정 원리

정밀필터복사계는 4개의 좁은 스펙트럼 대역에서 전송되는 직달일사를 다양한 기상조건에 서 실시간으로 정확하게 자동관측을 통해 자료품질을 높이고 신뢰성 있는 관측을 할 수 있도 록 고안되었다. 또한 알고리즘을 통해 대기광학깊이 및 옹스트롬지수를 산출한다.

세계기상기구(WMO)의 지구대기감시(GAW) 프로그램의 일환으로 전 세계 12개 관측소에 서 고품질의 태양방사 스펙트럼 데이터를 얻어 에어로졸 광학깊이를 신뢰할 만한 수준으로 산출하기 위한 목적으로 정밀필터복사계가 처음으로 적용되었다.

정밀필터복사계는 건조하고 어두운 항온환경에서 광 필터의 정교함을 유지하도록 안정성 있게 고안되었으며, 능동형 펠티어 방식의 자동온도 조절시스템은 -20°C~+35°C의 대기 온 도 범위에서 감지기 헤드(head)의 온도를 20°C±0.5°C로 유지하여 민감도에 따른 온도 보정

9. 정밀필터복사계(PFR) 127

할 필요가 없어 고온에서 안정화된 필터의 노후화 가속 현상을 예방한다. 자동 셔터는 실제 관측하는 동안에 잠깐 열리므로 감지기의 기능 저하와 관련된 노출을 최소화한다. 계측기 튜 브는 건성 질소(Dry nitrogen)가 들어 있으며 오링 씰(O-ring seal)을 통해 일반적으로 몇 년 동안 내부 환경을 유지시켜준다. 교정 시 진공 펌프를 이용하여 건성질소를 반복적으로 배출시키고, 그 다음에 건성이며 오일이 함유되지 않은(Oil-free) 질소 가스를 이용하여 대 략 1500 hPa의 압력으로 씻어내려 정화(Purging)한다. 따라서 튜브 뒤 끝부분의 밸브를 통 해 압력을 배출하기 전에 계측기튜브를 열어서는 안 된다.

컨트롤 박스는 전원공급기와 데이터로거를 포함하고 있다. 데이터로거는 데이터 수집 프 로그램을 통해 정밀필터복사계 내부 작동을 제어하고, 4개의 채널을 이용해 태양 방사량과 하우징 온도, 외부기압을 동시 측정하고 상호 보정하여 내부 메모리에 결과를 저장한다. 또 한 프로그램 업로드, 데이터 다운로드, 실시간 모니터링 등을 수행하기 위해 광절연 (Opto-isolated)된 통신인터페이스를 이용하여 RS-232나 TCP/IP을 통해 컴퓨터와 통신할 수 있다. 컴퓨터에 문제가 발생해서 통신이 끊어져도 데이터로거 쪽 전원이 잘 연결되어 있 다면 차후 데이터를 손실 없이 복구 할 수 있으며 통신이 재개된 후 계속 측정할 수 있다.

2008년 7월 이후 제조된 컨트롤 박스에는 더 이상 이용할 수 없는 CR10X를 대신하여 Campbell Scientific사의 CR1000 데이터로거가 사용되고 있다. CR1000은 이전의 CR10X 와 동일하거나 보다 뛰어난 사양을 보유하고 있다.

9.2.1. 관측 장비

관측장비	관측장비 관측범위		관측주기	검정주기
정밀필터복사계	862, 500, 412, 368 nm	GAW-PFR (PMOD, 스위스)	1분 연속관측	2년





그림 9.1 에어로졸 광학깊이 관측장비 구성

9.3. 자료 컨트롤 시스템

정밀필터복사계는 라디오미터, 태양추적장치, 데이터 수집 시스템 및 전원 공급 장치가 내장된 컨트롤 박스와 자료수집용 PC로 구성되어 있다. 관측자료를 수집하 고 모니터하는 프로그램은 Campbell Scientific의 CR1000 Datalogger 시스템을 이 용한다.

9.3.1. 데이터로거 설정(DataLogger Net Setup)

① CR1000 - PMOD 설정 환경 1

- (a) Main 또는 Favorites의 Setup 클릭 후, 통신환경(USB Serial Port(COM3)), 자료수 집경로 등 설정 확인
- (b) 현재 CR1000-PMOD를 관측하고 있는 지점명과 지점번호로 이름 변경(예시: 안면도 -AMY_N58)





그림 9.2 CR1000-PMOD 설정 환경 설치①

- ② CR1000 PMOD 설정 환경 2
 - 하드웨어 관측주기, 자료저장 위치 등 설정 및 확인



(c)



그림 9.3 CR1000-PMOD 설정 환경 설치②

- ③ CR1000-PMOD 설정 환경
- 시간 동기화, 설정프로그램(N58K58.CR1) 설정 및 확인

(a)	(b)
K Setup Screen File View Network Tools Options Help	ID X Setup Screen ID X File View Network Tools Options Help
Addition Data Data Data Mean Mode Product Product	Construction Construction<

그림 9.4 CR1000-PMOD 설정 환경③







그림 9.5 DataLogger 주요 메뉴



그림 9.6 DataLogger 관측 메뉴 설명도

① 연결

- Main 메뉴의 연결(Connect) 클릭 후, Connect를 클릭하고 나면 관측 자료를 PC에서 받을 수 있다.



그림 9.7 DataLogger 연결(Connect)

2 Costom Collection

- 관측 자료 및 메타 정보 수동 다운로드 기능



(C)



그림 9.8 메타 정보 수동 다운로드

- ③ Station Status
- 지점 및 관측 메타 정보



그림 9.9 관측 정보 및 메타 정보

4 File Control

🌠 File Cont	rol: AMY_N58							
Send.	Format	Befresh	Retrieve.	Bun Options.	Delete	Stop Program	(?) Help	
Device	Butes Free		File Name	Bun Ontions		Size	Modified	Attributes
CPU	467456		templateexample.c	r1		0.715 KB	2008-05-06 14:29:52	BW/
			N58K58.CR1	Run Always		22.585 KB	2010-09-06 12:21:14	RW
Set Run Op	ations on Send							

그림 9.10 File Control

⑤ Num Display

- 실시간(Display 1), 1분 관측(Display 2), 사용자지정(Display 3) 자료 문자 모니터링

- 6 Graphs
- 실시간(Display 1) 자료 그래프 모니터링

9.3.3. 관측장비 모니터링

- Logger Net 프로그램 Main의 Status Monitor 클릭 후, 관측장비 운영 상태 모니 터링

💟 Status Monitor								
File Edit View Tools Help								
 N N		8	-					
Toggle On/Off Reset Device Collect N	ow Stop Collection		Comm Test					
🕐 Network Map	Line State	Avg Err %	Coll State	Last Data Coll	Next Data Coll	Vals Last Coll	Vals to Coll	
N ⊡-40003	transparent	0%						
N E-KupakBusPort	on line	0%						
M AMY_N58	on line	0%	normal	2015-02-17 오후 2:24:00	2015-02-17 오후 2:25:00	0	0	

그림 9.11 관측장비 운영 상태 모니터링

- PC 바탕화면의 LoggerNet 실행 후 Connect 실행
- Connect 연결 확인
- Num Display와 그래프 클릭하여 모니터링







- 그림 9.12 관측프로그램 기본 화면

9.4. 측정 시퀀스(Sequence) 및 데이터 파일 포맷

측정 시퀀스의 개요와 및 데이터 파일은 WMO/GAW 시범 네트워크 관측소에서 사용하기 위해 정밀필터복사계와 함께 제공되는 소프트웨어에 적용한다. 정밀필터복사계 기기의 다른 사용자들은 사용자의 특정 적용 환경에 맞는 프로그램이나 데이터 포맷을 적용할 수 있다.

9.4.1. Level 1 파일 포맷

원시 데이터(raw data)는 데이터로거에서 검색되어 level 1으로 지칭된 PC 디스크의 파 일에 쌓인다. Level 1 파일은 콤마(,)로 분리되며, [cr lf]로 종결되는 15 개의 필드를 보유 한 레코드(records)나 라인(lines)으로 구성되어 있다. GAW 네트워크 내의 테스트 단계에서 5개의 추가 필드(필드번호 16~20)가 진단용으로 기록되었다. 이 추가 필드는 향후 버전에서 없어질 수 있다.

Level 1 데이터 파일에 매일 대략 76 kB 용량이 추가된다. 계측기를 운영한지 한 달 후, 이 파일의 크기는 대략 2.5 MB로 커진다. 그 후 이 파일은 월별 아카이브 파일(archive file)과 현재 월을 위한 새로운 누적 파일로 분리하여야 한다.

9.4.2. Level 1 파일 레코드의 데이터 필드 리스트



그림 9.13 Level 1 관측 파일

1)	Station Identification # [nn]	:	관측소 ID	
2)	nstrument serial # [nn]	:	계측기 시리얼 번호	
3)	Year [nnnn]	:	연도	
4)	Julian day [nnn]	:	율리우스일	
5)	Time of measurement [hhmm]	:	측정시간	
6)	Signal 862 nm [mV]	:	862 nm 신호	
7)	Signal 500 nm [mV]	:	500 nm 신호	
8)	Signal 412 nm [mV]	:	412 nm 신호	
9)	Signal 368 nm [mV]	:	368 nm 신호	
10)	Temperature sensor [°C]	:	센서 온도	
11)	Temperature housing [°C]	:	하우징 온도	
12)	Temperature logger [°C]	:	로거 온도	
13)	Pointing pixel 1 [mV]	:	포인팅 픽셀 1	
14)	Pointing pixel 2 [mV]	:	포인팅 픽셀 2	
15) Pointi	ng pixel 3[r	mV] :	포인팅	픽셀 3
------------	--------------	-------	-----	------
------------	--------------	-------	-----	------

- 16) Pointing pixel 4 [mV] : 포인팅 픽셀 4
- 17) Barometric signal [mV] : 기압 신호
- 1열 : '관측소 ID(Station Identification)'는 하나의 네트워크에서 여러 대의 정밀필터복사계 기기를 사용하기 위해 로거 프로그램에 지정된 상수이다. GAW 시범 네트워크에서 사 용하기 위해 관측소 번호는 디폴트 값은 1로 지정되거나 WORCC가 지정한다.
- 2열 : 부동 소수점 수(floating-point number)를 나타내는 것으로 '계측기 시리얼 번호'와 'Level1 버전 수를 10으로 나눈 값을 합쳐서 표시한다.
- 3열~4열 : '년(Year)', '율리우스일(Julian day)', '시간(Time)'은 각 레코드의 타임스탬프 (timestamp)이다. 율리우스일'은 자정에 값이 증가하고, 추가 소프트웨어나 탐색표 (lookup table)를 이용하여 표준날짜로 변경되어야 한다.
- 5열 : '시간(Time)'은 4자리 수로 시와 분으로 지정된다. 자정에 측정된 값은 Time=2400 으로 표시될 것이고 율리우스일은 이제 막 지나간 날짜의 수가 될 것이다.
- 6열~9열 : mV 단위의 4개의 광 신호로 1초 동안 동시에 샘플된다. ±99999 mV의 신호값 은 로거가 감지할 수 있는 범위 조건을 벗어나 있음을 의미한다.
- 10열 : 필터와 감지기를 포함하고 있는 센서 헤드의 온도이다. 이 온도는 20±1℃의 항온으 로 유지되어야 한다.
- 11열 : 계측기 튜브의 뒷면에서 측정된 계측기 튜브 온도로 ℃ 단위로 표시된다.
- 12열 : 데이터로거 온도(°C)로 기압 계산시 사용된다.
- 13열~16열 : 포인팅 센서 신호 P1..4을 말하며 mV 단위이다.
- 17열 : 전자 기압 센서 신호를 말하며 단위는 mV 또는 hPa이다.

16열~20열에 해당하는 추가 진단 측정값은 더 광범위하지만 이 전보다 길어진 주기인 매 30분마다 하우스키핑 측정 데이터(housekeeping data)로 대체된다.

9.5. 알고리즘 및 프로그램 처리

9.5.1. 알고리즘

(가) 에어로졸광학깊이

AOD는 아래와 같은 WMO(1996) 권고사항에 따라 계산된다.

136 에어로졸 관측업무 매뉴얼

$$AOD = \delta_A = \frac{\log(S_0) - \log(S) - 2\log(R) - \delta_R m_R - \delta_0 m_0}{m_A}$$
(9.1)

이 공식에서 S는 측정된 신호이고 S_0 외계신호나 교정 상수이다. R은 천문 단위로 표시되는 태양과 지구간의 거리이다. m_A 는 에어로졸 Air mass이다. 산란 및 흡수 용어 δ_{imi} 는 아래에서 추가적으로 논의된다.

외계 교정 S_0 의 일일 값은 Level 2 키워드로 지정된 계수를 통해 선형근사(linear approximation)로 내삽된다.

$$S_0(da\bar{t}a) - 'CALIBRAT' + 'SLOPE'*('DATE' 'CALDATE')*1000$$
(9.2)

Ångström 계수 α 와 β 는 4개의 정밀필터복사계 채널을 모두 이용하여 $\log(\lambda/1000 \text{ nm})$ 에 대한 $\log(AOD(\lambda))$ 을 통한선형 회귀(linear regression)로 각각의 측정 값에 맞게 결정된다.

(나) Air mass 또는 경로 길이

분자 산란 또는 Rayleigh Air mass를 위해 Kasten과 Young의 1989 근사값이 사용된다.

$$m_R = \frac{1}{\sin(e) + 0.50572(e + 6.07995)^{-1.6364}}$$
(9.3)

e는 각도(degrees of arc) 단위의 식별 가능한 태양 고도를 의미한다.

오존 Air mass는 평균 지구 반지름 R =6370 km, r은 km 단위의 station이 위치한 해발 고도를, h = 22 km로 오존층 추정 높이를, e는 태양 앙각(仰角)을 의미하는 공식을 이용하여 Dobson측정값을 평가하기 위해 Komhyr의 공식 (1989)에 따라 계산된다.

$$m_{o3} = \frac{R+h}{\sqrt{(R+h)^2 - (R+r)^2 \times \cos^2(e)}}$$
(9.4)

실제 수직 에어로졸 분포는 대개 알려지지 않으므로, 대류권에서의 에어로졸이 우세하며 대류권에서의 에어로졸은 수분 함량과 유사한 프로파일을 보유하고 있다고 가정된다. 그리 하여 에어로졸 Air mass는 수분 Air mass에 대한 Kasten의 1966 공식으로 근사치가 계 산된다.

$$m_a \approx m_{H2O} = \frac{1}{\sin(e) + 0.0548 \times (e + 2.65)^{-1.452}}$$
(9.5)

(다) 태양 위치와 굴절

식별 가능한 태양 고도 e는 진(true, 천문), 고도 h에 대한 대기 굴절 r에 맞는 근사치를 추가하여 얻어진다.

PFRLEV2 프로그램은 Montenbruck와 Pfleger(1994)이 제시한 알고리즘에 따라 진고도 h와 태양과 지구간의 거리를 계산한다. 이 알고리즘은 장동(章動, nutatioin, 지축의 미동)은 물론 달을 고려하고 금성에서 토성에 이르는 섭동(攝動, perturbation 어떤 천체의 평형 상 태가 다른 천체의 인력에 의해서 교란되는 현상)을 고려하여 1 arcsec의 추정 각도 정확성 과 5×10⁻⁶ AU 거리에 이른다.

Michalsky (1988)의 공식은 이러한 적용 환경에 잘 맞으며, 다소 실행하기 쉽다. 또한 이 알고리즘은 WMO에서 권장하는 알고리즘이다.

1 분각(minute of arc, 1도의 1/60의 각도)보다 나은 천문 고도 정확성을 원할 경우 측정 시간은 ±10 이상이어야 하며 측정 사이트의 좌표는 위도에서 ±20 각초(second of arc) 이 상, 경도에서 ±2 분(minute of arc) 이상이 되어야 한다.

두 알고리즘에 맞는 Fortran 코드는 Michalsky 코드 또한 Excel 부속프로그램 (add-in) 으로 이용할 수 있는 ftp://ftp.pmodwrc.ch/pub/worcc/에서 찾아볼 수 있다. Meeus (1991)가 제시한 굴절에 대한 근사값 공식은 적용된 온도 및 기압에 맞는 보정 값과 더불어 사용된다.

$$r = \frac{1.02}{\tan\left(h + \frac{10.3}{h + 5.11}\right)} \times \frac{p}{1010} \times \frac{283}{273 + T}$$
(9.6)

이 공식에서 r은 분각(minutes of arc) 단위의 대기 굴절 보정 값이고, h는 각도(degrees of arc) 단위의 태양 고도를 의미한다. P는 hPa 단위의 대기압이고, T는 ℃ 단위의 대기 온도를 의미한다.

(라) 레일리 산란

레일리 산란 광학깊이 $\delta_R = \sigma_R \cdot p/p_0$ 는 키워드 'RAYLSCATT'로 부여된 계수 σ_R 와 Level 2 파일의 순간기압 값 p를 통해 계산된다. 키워드를 분실하거나 모든 값이 0일 경우, 레일리 산란 계수를 계산하기 위해 Bodhaine et al.(1999)의 알고리즘이 사용된다.

레일리 계수(Rayleight coefficient)는 Fröhlich와 Shaw(1980)가 제시한 공식으로 근사값 을 계산할 수 있다.

$$\delta_R = 0.00864 \times \lambda^{-(3.916 + 0.074\lambda + \frac{0.050}{\lambda})} \times \frac{P}{1013.5}$$
(9.7)

138 에어로졸 관측업무 매뉴얼

여기에서 λ는 μ 단위의 파장을, p는 hPa 단위의 대기압을 나타낸다. 첫 번째 인수는 이미 Young이 권장한 편광소멸(Depolarization) 인수를 포함한다.

PFR 채널에 맞는 σ_R 값은 862 nm에서 0.016, 500 nm에서 0.146, 412 nm에서 0.341 그리고 368 nm에서 0.524이다. 그러므로 ±0.001의 OD 불확도를 위해, 기압은 368 nm에서 ±2 hPa이 되어야 한다. Davos에서, '맑은 날' 정오경 평균 기압은 매일 5년에 걸친 평균 정 오 기압보다 높은 2.7±6 hPa이거나, Davos 고도의 표준 대기압 값보다 높은 3.9 hPa이다. 그리하여 최상의 결과를 위해, 동시 측정된 기압 값이나 적어도 정오에 측정한 일일 기압 값 이 권장된다.

(마) 오존 흡수값

오존 광학깊이 $\delta_{O3} = \sigma_{O3} \cdot c$ 는 키워드 'OZONE'과 'O₃ABS'로 지정된 전체 오존 컬럼 (total ozone column) c의 일일 평균값과 흡수 계수 σO_3 를 통해 계산된다. 500 nm에서 계 수는 표로 작성된 값(Gueymard, 1995)을 평균한 값으로 결정되었으며, 대표적인 PFR 계측 기의 필터 통과 주파수 대역(Filter band pass)의 영향을 받았다. 862 nm에서 오존 계수가 훨씬 더 작지만, 레일리 계수와 광학깊이가 작아서 오존 보정 값은 적외선 채널에도 적용된 다. PFR 채널에 맞는 일반적인 값은 862 nm에서 0.002, 500 nm에서 0.031, 412 nm와 368 nm에서 0.000이다. 500 nm에서 OD 불확도가 ±0.001이 되기 위해 전체 오존은 ±30 Dobson 단위가 되어야 한다. 그러므로 일일 오존 컬럼양(Ozone column amounts)은 GAW station에 참여함으로써 별도의 ASCII 파일 형식의 Level 1 데이터와 함께 PMOD/WRC에 제공되거나, Station에서 Level1 파일을 생성하는 동안 각각의 일일에 맞게 지정되어야 한 다. Dobson이나 Brewer 측정값을 Station에서 또는 Station 근접 지역에서 이용할 수 없을 경우 TOMS 위성에서 검색된 데이터는 웹상의 TOMS 오존 제품 홈페이지에서 찾아볼 수 있다.

	том	S lati	tudio	nal, m	onth	ly me	ans 1	989÷	1999	/1994	,1995	5
LAT	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
87.5				411.1	399.2	361.7	327.2	291.2				
82.5				415.5	402.7	364.9	328.0	295.9	284.2			
77.5			404.5	415.9	403.0	363.0	326.2	299.8	287.2			
72.5			411.4	416.2	401.7	358.9	325.3	304.3	294.2	297.9		
67.5		422.2	417.4	413.1	395.4	354.6	327.1	310.9	300.0	301.7		
62.5		401.4	414.9	405.4	389.0	356.8	334.2	318.0	305.4	306.4	318.2	
57.5	374.1	399.1	408.5	397.4	383.1	361.5	340.6	322.2	309.8	307.8	319.4	342.6
52.5	370.7	390.1	397.7	388.7	375.4	360.7	340.2	320.6	309.8	305.1	316.2	342.1
47.5	358.4	374.1	380.7	376.5	365.9	353.0	331.9	314.2	304.9	298.8	307.8	332.0
42.5	338.9	351.6	358.1	359.5	352.5	338.5	319.3	305.3	297.0	290.4	295.4	316.3
37.5	313.0	325.3	333.1	337.9	335.1	320.5	306.8	297.5	289.6	282.3	281.6	295.9
32.5	284.8	295.7	306.9	315.3	318.0	306.4	298.6	292.2	284.5	276.6	270.5	275.1
27.5	263.8	272.4	285.2	297.8	304.2	297.2	293.2	287.5	280.4	272.5	263.2	260.0
22.5	251.0	257.8	270.3	284.0	291.8	289.7	288.3	283.4	277.2	268.9	258.3	251.0
17.5	244.5	248.9	260.6	273.1	280.9	282.3	283.4	280.8	276.3	267.6	255.5	246.9
12.5	243.2	246.3	256.3	266.8	273.8	277.0	280.5	280.3	277.2	268.5	256.3	247.2
7.5	246.4	249.4	257.1	264.9	269.6	273.0	277.3	277.7	276.2	268.9	258.5	250.8
2.5	252.0	254.7	260.9	265.2	265.9	268.0	271.9	272.3	273.4	268.4	260.1	255.1
-2.5	256.0	258.0	262.5	264.6	263.2	263.5	266.7	267.4	271.2	269.3	262.9	258.6
-7.5	259.4	260.1	262.5	262.4	259.5	257.6	260.2	262.0	268.0	269.9	265.9	262.0
-12.5	262.1	261.5	261.8	259.8	256.0	253.6	257.1	260.7	268.0	272.6	269.9	265.5
-17.5	264.1	262.0	261.1	258.3	255.8	255.0	259.8	265.7	274.2	280.0	275.7	269.3
-22.5	266.5	263.3	262.1	260.9	259.6	260.9	267.5	274.9	285.5	290.0	284.2	274.7
-27.5	270.6	267.0	266.4	265.8	265.6	270.4	279.5	288.5	299.4	302.5	293.8	281.7
-32.5	276.8	272.9	272.3	270.7	273.5	283.2	295.6	307.3	317.3	318.0	304.9	289.1
-37.5	284.6	279.2	277.0	275.0	283.4	296.2	310.5	325.7	335.3	333.1	316.9	296.5
-42.5	293.2	285.6	280.9	281.3	293.5	306.9	320.0	338.4	348.1	345.7	328.5	305.3
-47.5	304.2	293.7	285.8	289.3	302.0	313.1	322.7	343.1	354.2	355.4	339.4	315.4
-52.5	314.6	302.5	293.2	297.0	306.5	316.0	322.4	339.9	351.2	358.5	346.3	323.4
-57.5	320.6	308.6	299.2	300.8	306.5	315.6	319.5	323.2	332.5	347.5	345.5	326.0
-62.5	319.8	309.8	300.6	299.9	302.1			292.0	289.6	313.7	332.7	322.9
-67.5	313.0	305.4	298.4	295.6				258.0	238.9	263.8	305.7	316.0
-72.5	304.7	295.5	293.3						202.2	216.7	272.2	306.5
-77.5	298.4	288.0	288.2							183.3	244.4	298.7
-82.5	294.3	284.0	288.5							163.9	228.0	294.0
-87.5	291.0	278.5								153.3	218.4	289.9

표 9.2 TOMS 위성에서 검색된 월별 오존 흡수값

(바) 구름 필터 알고리즘

첫 번째 단계에서 적외선 채널의 광학깊이가 2의 한계 값을 초과할 경우 측정값이 Flagged 된다. 고정필터는 다음의 Differential filter를 빠져나가는 구름이 뒤덮인 상황을 감지한다.

두 번째, Differential filter는 제한된 Air mass 범위에서 Langley 교정하기 위해 Harrison와 Michalsky(1994)가 제안한 알고리즘에 기반을 둔다. Harrison와 Michalsky의 방식은 Air mass $\delta E \approx \Delta E/\Delta m$ 에 대한 1차 태양복사 함수(Derivative of irradiance)는 항 상 Negative 하다는 사실에 의존한다. $\delta_E > 0$ 인 샘플은 정오 이전 관측 경로를 방해하거나 오후에 관측경로에 남아있는 구름의 영향을 받는다. 정오쯤 태양복사 변화를 유발시키는 구 름은 δE 신호로 파악할 수 없으며 시간 대칭적인(Time symmetric) 구름의 작은 변화 (Cloud perturbation)를 가정하여 처리된다. 게다가 H&M은 고계도함수(Higher order derivatives) 통계 분석을 기반으로 하는 필터를 사용한다. 이 방법은 대략 2 이하인 Air mass에는 잘 작용하지 않는다. 측정값 간의 Δm이 매우 작아져 신호 파동 ΔE가 강하게 증 가하기 때문이다. 에어로졸광학깊이의 평균값이 Langly 회귀(Regression) 기울기(Slope)에 서 추론될 경우 이 방법은 큰 제약이 없지만, 순간 AOD를 결정하기 위한 일일 측정값의 중 요한 부분은 제외한다.

AOD가 구름의 작은 변화(Cloud perturbation)보다 더 천천히 변화한다는 가정 외에 외기 권 신호와 파장의 연역적인 정보를 이용하면서, 관측된 변화 신호율이 + (positive)이거나 청 정한 레일리 하늘의 비율보다 두 배 이상 작을 때 PFR 측정값은 Cloud-flagged 된다.

세 번째 구름 필터링 알고리즘은 Aeronet(Smirnov,2000)에서 사용된 삼중 방식을 기본 으로 한다. 이 삼중방식은 PFR 계측기의 다른 샘플링 비율에 맞도록 수정되었다. 3개의 샘 플에 대한 AOD 가변성 한계 값은 station file 키워드 'TRIPLETLIM'.로 지정될 수 있다.

데이터 처리 소프트웨어가 다른 방법끼리 선택할 수 있도록 하여, 각각의 필터는 데이터 품질 플래그의 별도의 비트를 활성화시킨다. 어떠한 측정값도 버려지지 않는다.



- 그림 9.14 Cloud filtering example with broken thin clouds in the morning, haze and thicker clouds in the afternoon.

(사) Langley 교정

지난 25년간 발행된 썬포토메트리(Sunphotometry)(예. Shaw, 1983))와 많은 변화 값에 대해 다룬 많은 논문은 외계신호나 교정 상수 S_0 를 결정하기 위한 고전적인 Langley 방식을 설명하고 있다. Langley 방식은 아래의 Beer 법칙의 도치(inversion)에 기반을 두고 있다.

$$\log(S) = \log(S_0) - \delta m \tag{9.8}$$

이 공식에서 파장에 따라 변하는 양(Wavelength dependent quantities) log(S₀)와 전체 광학깊이 δ는 다른 Air mass m에서 측정한 구름이 끼지 않은 상태에서의 측정값 S의 수 통해 최소 자승법(Least-square methods)으로 결정될 수 있다. 교정 상수 S₀는 대수 계산 자(Logarithmic scale) 대 제로 Air mass에 대한 Air mass를 구상한 측정값 S의 선형 외 삽(Linear extrapolation)으로 발견되도록 사용되었기 때문에, 이러한 방식은 역사적으로 Langley plot 교정이라 불리었다. 근본적인 가정, 즉 광학깊이가 측정하는 기간 동안 일시적 으로 공간상 안정적이라는 가정은 대기 경계층(Atmospheric boundary layer) 아래에서는 거의 충족되지 않는다. 그리하여 Langley 외삽은 종종 3000 m 이상의 고도가 높은 사이트 에서 실행된다.

전체 광학깊이의 모든 구성요소(component)에 적합한 단일하고 보편적인 Air mass m을 이용하는 것은 $\log(S_0)$ 에서 커다란 오류를 유발할 수 있다. Langley 외삽의 더 정확하고 정 제된 변화값(variant)는 구성요소(component)의 광학깊이를 합 $(\delta_R m_R + \delta_{O3} m_{O3} + \delta_A m_{H2})$ 으로 δm 를 대체하여 로그 (S_0) 와 에어로졸광학깊이 δ A를 위한 등식을 푼다.

$$\log(S) + \delta_R m_R + \delta_G m_G + 2\log(R) = \log(S_0) - \delta_A m_A \tag{9.9}$$

적절한 최소 자승 알고리즘은 많은 교과서(예, Press et al., 1986)에서 찾을 수 있으며, 엑셀 또는 Matla/IDL과 같은 많은 프로그래밍 언어와 같은 소프트웨어 패키지에서 제공하고 있다.

여전히 구름의 영향을 받을 만한 측정값을 제거하기 위해 잔류 값을 계속해서 엄격하게 필 터링하여 선형 회귀 과정을 여러 번 반복하는 것이 일반적인 관행이다. 원리상 간단하고 실 행이 용이하지만, Langley 외삽법으로 신뢰할 수 있는 외계 교정 값을 얻는 일은 사실상 다 소 어려운 일이다.

심지어 겉으로 보기에는 완벽한 회귀도 측정이 이루어지는 동안 광학깊이가 체계적으로 변화했을 경우 문제가 있는 결과 값을 내놓을 수 있다(Shaw, 1983).

일일 대기 안정도의 미묘한 변화로 인해, S₀에서 매일매일 발생하는 변화는 종종 특정한 날의 표준 오류값보다 더 클 수 있다. 그러므로 S₀는 상태가 양호한 Langley plot의 평균값 으로 얻어져야 한다는 점이 권장된다. 최소한 2개의 Air mass 범위를 커버하고 외삽된 S₀ 값에 맞는 1% 이하의 표준 오류 값을 산출해내면서, Langley plot이 2와 6 사이의 Air mass에서 10개 이상의 구름이 끼지 않은 상태의 측정값을 포함하고 있을 경우 Langley plot은 양호한 상태로 간주된다. 일반적으로 평균 1%의 상대 표준 편차를 위해 20~30개의 그러한 교정 값은 필요하다. 대기 조건(예: continental summer)에 따라, 필요한 Langleyplot의 수는 Sunphotometer 채널이 기능 저하를 보일 수 있는 시기인 몇 달간에 걸 쳐 이어질 수도 있다. 그러한 상황에서 참조 값 t_0 의 특정한 날을 참고로 하여 $S_0(t) = S_0(t_0) + c(t - t_0)$ 형태의 시간에 따라 값이 변하는 회귀분석(Time dependent regression)을 통해 양호한 Langley plot을 외삽하는 것이 필수적일 수 있다. 주요 Langley plot과 마찬가지로, 가중법 또는 로버스트 방법(Weighted or robust method, Street, 1988)을 포함한 다양한 형태의 최소 자승법이 사용될 수 있으며, $S_0(t_0)$ 를 위한 표준 오류 추정 값과 편차 계수 c를 포함해야 한다.

다 채널 계측기에 있어, Langley 교정 값의 가변성은 계측기의 영향보다는 대기의 영향이 매일 매일의 변화를 좌우한다는 점을 나타내면서 종종 채널 간에 상호 관련성이 있다. 레일 리 산란과 오존 흡수의 일일 변화 값이 정제된 Langley 방법으로 적절하게 설명될 때, 대기 의 가변성은 에어로졸 감쇠(Extinction)에 따라 달라진다. Ångström 지수 α,로 대표되는 지 속적인 에어로졸 사이즈 스펙트럼(constant aerosol size spectrum)과 전체 에어로졸 하중 (Total aerosol load) β가 변경될 수 있다고 가정하면, 광학깊이 스펙트럼은 시간에 따라 변 하는 아래의 Ångström 법의 형태로 나타날 수 있다.

$$\delta_A(\lambda, t) = \beta(t)\lambda^{-\alpha} \tag{9.10}$$

이러한 가정 하에서 다른 파장대의 광학깊이는 선형적으로 상호 연관되어 있으며 이러한 광학깊이의 일일 변화 값은 Sunphotometer의 다른 채널을 위한 Langley 교정 값의 상호 연관된 변화 값을 유도해낸다. Bruce Forgan (1994)이 고안한 일반적인 방식은 Air mass 대신에 에어로졸 소멸에 대한 회귀를 실행함으로써 이러한 장점을 지닌다. 순간 에어로졸 소 광(extinction) δ_Am_A를 결정하기 위해, 교정된 기준 채널이 사용될 수 있다.

9.5.2. 에어로졸 광학깊이 산정 프로그램

- (가) 필요 소프트웨어 : MATLAB 7.5.0 버전 이상
- (나) 소스 프로그램 : 일별, 월별 AOD, 옹스트롬 지수 산출 프로그램



■**그림 9.15** 대기광학깊이 산출프로그램 구조

- MATLAB 실행 프로그램(GUI 환경)

Evaluation			
ndow			
Station	C Monthly V	fears Months Days 2011 2 25 actor input possible (eg M3MM)	Station Preferences Choose
— Generate Level 2 File	(s). View PFR Signal and Diagnostics-		
Generate Leve	2 Daily	Sig & Diagn. Header	J .
Go	Monthly	Signal PFR Diagn.	Pointing Instr. Temp.
— AOD: Generate Leve Vo Calibration from:	I 3 File(s) C Header G Header, extrapolated G Langley calibration	Langley Calibration Range C Whole De Method C Classic	ay C Morning C Afternoon
Plot	Cloud Filter	Plot	Cloud Filter
Save Summary	Pointing Filter Go	Save Su	mmary Go
- AOD: Level 3 Monthl	v Overview	AOD: Export Data, Plot Time	eseries Data Format
			C WORCE C NARSTO Go
	AOD Angstrom		Go
)Go

"그림 9.16 Matlab 7.5.0에서 구현한 자료처리 프로그램



그림 9.17 (a) 소스프로그램 (b) Raw/Level1·2·3 자료 디렉토리

9.5.3. GAW-PFR 품질보증을 위한 자료처리

- 센서 온도 범위를 벗어난 값은 비정상 값으로 처리
- 태양초점 offset outsides 비정상 값으로 처리
- 구름 영향으로 인한 값 유효하지 않은 값으로 처리
- 4개의 관측 채널의 Overflow값 비정상 값으로 처리
- 야간 관측 값 제외

* 참고사항

- WORCC PMOD/WRC에서 연구용으로 사용하고 있는 버전을 안면도 등 GAW-PFR 네트워크 사용자들에게 제공하기 위한 프로그램 수정 중
- 사용자 운영 컴퓨터 OS 및 Matlab 버전에 따라 프로그램 수정 요구
- 사용자 컴퓨터 설정에서 환경설정 변수 필요 등

9.6. 유지 관리

(가) 주기적인 관측 광학창의 청결도 점검 중요

- 청소 및 관리소홀로 인해 잘못된 관측자료가 생성될 수 있다.

- 장비의 발생되는 문제를 발견하기 위해 항상 주의를 기우린다.
- 자동 테스트는 한계가 있으므로 매뉴얼 체크가 필요하다.



그림 9.18 관측 광학창의 청결도 점검

- (나) 태양추적장치의 정확도 점검 필요
 - 태양추적기의 잘못된 얼라인먼트(Aligment)와 이력은 AOD의 정확성을 떨어 뜨리는 원인이 된다.



그림 9.19 태양추적장치 정확도 점검

(다) 해염입자 등으로 인한 센서플러그 점검 필요

- (라) 매일, 매주 운영
 - Detector Window 청소: 매일 점검(하늘이 구름으로 뒤덮여 있을 때는 필수사항 아님)되어야 하며, 필요시 60 % 증류수와 40 % 프로판올(Isopropanol) 혼합하여 청소.

오염이 심할 경우, 비눗물로 닦은 후 위의 혼합물로 청소.

- 포인팅 정확도 점검: 맑은 날 점검. 포인팅 정확도는 핀홀(Pinhole)을 이용하여 시각적
 으로 점검하거나 포인팅 데이터를 온라인으로 모니터링하여 검사하고 필요시 조절. 계
 측기 온도도 검사
- 자료관리: 데이터 저장 수시 점검
- 시간점검: 적어도 매주, 로거 시계를 신뢰할 수 있는 시계와 비교해야 하며 5초 이상 편차가 있을 경우 조정 필요.

(마) 매월 운영

- 자료관리: 과거 데이터를 별도의 파일에 보관하고 안전한 장소에 백업 파일 저장
- WORCC PMOD/WRC에 데이터 세트를 전송

(바) 유의사항

- Level 2 시간은 항상 UTC로 저장된다. UTC는 Level 1 시간에서 Station file 키 워드 'ZONE' 값을 빼서 계산되는데 결국 'CLOCKCORR' 값을 빼서 계산되는 것이 다. PFRLEV2는 Level 1 파일에서 측정 기록을 추출한다. 이 측정 기록은 'LONGITUDE'와 'EQOFTIME'로 계산되는 해당 지역의 정오쯤 ±12 시간 간격으로 저장된다.
- 태양 고도 각도는 정확한 에피메리스 알고리즘(Ephemeris algorithm)을 이용하여 날짜, 위치, 시간으로 계산된다. Air mass 계산 값은 대기의 굴절에 대해 설명해야 한다.

9.7. GAW-PFR AOD Network 참여

GAW-PFR AOD 네트워크(http://www.pmodwrc.ch/worcc/index.html)(가) 참여: GAW 지구급 및 지역급 관측소 등 16소(안면도 기후변화감시소 포함)(나) 주관: 세계광학깊이연구 및 교정센터(WORCC)/PMOD WRC



"그림 9.20 GAW-PFR AOD Network

10.태양광도계
(Sunphotometer, Cimel CE-318N)



"그림 10.1 태양광도계(Sunphotometer Cimel CE-318N) 장비

10.1. 개요

에어로졸 광학깊이(Aerosol Optical Depth, AOD)는 태양복사가 대기 상한에서 지표까지 도달하는 동안 대기 중의 여러 성분에 의해 감쇄되는 효과를 나타내는 척도이다. 태양의 위 치를 자동 추적하며, 9개의 필터를 이용하여 태양의 직달일사와 확산일사를 이용하여 스펙트 럼 투과를 측정하여 에어로졸 광학깊이를 계산한다.

10.2. 측정원리

두 개의 시준기와 태양추적을 위한 두 개의 전동 축과 컨트롤 박스로 구성되며, 두 개의 시준기(Collimator)로 가시관선 영역 근처의 340, 380, 440, 500, 675, 870, 936, 1020,









Wet 센서

10.4. 부대 물품



외부배터리 (6V 2개,직렬연결)

전원 케이블(12V DC 어댑터)

■ 그림 10.2 부대물품







케이블카라 (센서헤드케이블 꼬임 방지용)







PC 전송케이블(30m)



구 분	사 양
제조사(국가)	cimel(미국)
모델	CE 318
측정파장 범위	1) CE318-1(5filters): 440, 670, 870, 936,1020 nm
	2) CE318-2(8filters): 440, 670, 870, 870, 870, 936, 1020 nm
구성요소	시준기, 광학헤드
시야각(FOV)	태양 시준기 : 1.2°, 스카이 시준기 : 1.2°
대역폭	10 nm
작동온도	−30~+60 °C
태양 추적 방법	4분할 방위면 0.1°

표 10.1 태양광도계 사양

10.3. 장비 사양

1640 nm 9개 파장대에 대해 시야각(Field of view) 1도로 직달일사(Direct sun irradiance)와 산란일사(Diffuse sky irradiance) 값을 측정한다. 4개의 4분면 위치감지기로 태양을 정밀 추적하고, 온도와 강우 센서가 부착되어 있다.

10.5. 시스템 구성

- (1) 콘트롤 박스
 주 CPU 카드 제어 및 측정 회로
 보조 CPU 카드 모터시스템 제어
 스크린, 내부배터리, 커넥터 판넬
- (2) 모터시스템수직, 수평축 회전 모터광학헤드 고정부
- (3) 센서헤드

2개의 감지부 4개의 4분면 위치 감지기(정밀 태양 추적용) 필터 8개가 장착된 모터 필터 홀더 휠 온도 센서









(4) 구성도



그림 10.3 태양광도계 시스템 구성 및 구성도

10.6. 하드웨어 셋업 및 운영

10.6.1. 메인 메뉴

■ 표 10.2 메인 메뉴

콘트롤 누르면	:박스에 전원을 인가 1 대기 상태, [적색키	** STANDBY ** awake : red key	
페인 뉴	PW[녹색키]	패스워드 입력 - 시간 설정 - 초기화 - 상수 설정 - 파라미터 설정	31 / 12 / 93 23 : 59 PW MAN SCN VIEW
상태	MAN[흰색키]	수동 시퀸스(manual sequence)접속 - SUN, SKY 시준기	1분이상 입력 없으면
	SCN[황색키]	프로그램된 시나리오 접속	화면표시가 사라짐
	VIEW[적색키]	시각적인 파라미터 접속 - 등록 결과 파라미터	
- 메인 - PW - + [조 PW - 메인	! 메뉴에서 [녹색키] =1 석색키] 누르면 0→1 메뉴 진입 ! 메뉴로 가려면 [백	23 : 59 : 59 PW 0 Pass Word - +	
PW메 - RT - IN - DA - PA	뉴 [N[녹색] : 메인 메누 [[희색] : 메모리 초 AT[황색] : 날짜 및 AR[적색] : 광도계 피	23 : 59 : 59 RTN INI DAT PAR	

10.6.2. 날짜 및 시간 설정

- (1) 광도계 시간은 GMT(Greenwich medium time) 즉, UTC로 입력
- (2) 기준시간과 동기화 하고, 동기화를 위해 실제 시간보다 1분 빠르게 입력하고, 정확한 분에 [녹색 키]를 눌러 "시간 설정" 기능에서 빠져 나온다
- (3) 날짜 시간 설정메뉴 진입 : PW[녹색키] → + [적색키] → Pass[녹색키] → DAT[황색키]

표 10.3 날짜 및 시간 설정

	연도 입력	Year : 93 OK X - +
• +[적색키] : 증가 • _[하새키] : 가스	월 입력	Month : 12 OK X - +
• X[백색키] : 다음 단계	일 입력	Day : 31 OK X - +
• OK[녹색키]: 완료 • 초는 무조건 0부터 시작됨	시간 입력	Hour : 23 OK X - +
	분 입력. 기준 시간과 비교하여 1분 빠르게 입력함.	Minute : 59 OK X - +

10.6.3. 파라미터 설정

(1) 파라미터 설정 요소는 펌웨어 버전에 따라 차이가 있음

(2) 납품 장비의 경우 파라미터 설정 메뉴는 아래와 같음

표 10.4 파라미터 설정 메뉴

Auto	NO
Country	75
District	1
Number	256
BCL Sky	NO
Man=>DCP	NO 수동 모드에서 데이터 전송 허용
DCP max	<625 METEOSAT 또는 GOES 1분간 전송, DCP전송문자수
BCL Sum mn	3.5, BCLSUN 시나리오에서 측정값 간의 시나리오 측정
Org.H	= +0.0, 방위각 축 정지위치 옵셋
Org.V	= +0.0, 천정각 축 정지위치 옵셋
Lat mn	분각 (minute of arc) 단위로 위도 입력 (북쪽으로 갈수록 증가)
Lon.HH, Lon.MM, Lon;SS	시간각(時角, hourly angel, E or W) 단위로 정확하게 경도 입력 (1°⇔60') 1h for 15°, 4min for 1°, 4sec for 1', 1sec for 15'

154 에어로졸 관측업무 매뉴얼

"그림 10.4 소프트웨어인 ASTPWin의 Tools 메뉴의 Conversion tools에 컨버팅 제공

	Conversion tools	×
Degrees conversions Hourly C We C Eas	(latitude and longitude) est (W) 3 HH 25 MM 15 et (E)	ss
Decimal degree	126.32 •	
Degree / minules Minutes	126 DD 19 MM 7578 MM	

(8) 제조사 제공 소프트웨어인 ASTPWin의 Tools 메뉴의 Conversion tools에 컨버팅 제공

(7) 경도 입력 : 시간각 (HH mm SS) 단위로 입력, 동쪽(E) 또는 서쪽(W)의 절대값 1 h ⇔

00

예 : 경도=30°32' ⇒ Lon HH=2 Lon mm=2 Lon SS=8

예) 26°20'=26*60+20'=1580'으로 명기해야 함.

 15° of arc 4 min $\Leftrightarrow 1^{\circ}$ 4 sec $\Leftrightarrow 1'$ 1 sec $\Leftrightarrow 15''$

(6) 위도 입력 : 분각(minute of arc) 단위로 위도 입력 (1°⇔ 60').

• 패러미터 저장 메뉴 상기에서 OK하면 저장여부 설정이 나타 남, YES[적색키]면 저장화면 후 메뉴로 복귀)

YES

↓

EEPROM







14

표 10.5 파라미터 설정

• + [적색키] : 증가

Valid ?

Writing

NO

- (5) 패러미터 메뉴 진입 : PW[녹색키] → + [적색키] → Pass[녹색키] → PAR[적색키)
- (4) Number는 에어로넷에서 지정, 안면도=823 (업데이트 2014.1.14)
- (3) 사용자는 GPS 위치만 정확히 입력

10.6.4. 버퍼 초기화

표 10.6 버퍼 초기화

패스워드 모드로 진입 후 INI[백색키]로 메모리 초기모드 진입 NO[녹색키] : PW메뉴로 복귀 YES[황색키] : 메모리 삭제 SBY[적색키]: 스크린이 검게 변함

10.6.5. 모터시스템& 컨트롤박스 케이블 연결

- (1) 콘트롤 박스 케이블 연결 판넬에 케이블들을 연결한다.
- (2) 연결케이블에는 판넬과 동일한 명칭의 라벨이 붙어 있으니 확인 후 연결



그림 10.5 콘트롤 박스 케이블 연결 판넬

10.6.6. 시스템 방향조정

- (1) 태양광도계 주요 구성 요소를 확인, 평평한 받침대에 모터시스템을 위치한다.
- (2) 센서헤드는 미리 연결하지 않는다.
- (3) 천정각 모터 케이스가 동쪽 금속집게발(Claw)는 서쪽으로 위치시킨 후 받침대에 고정 시킨다.



그림 10.6 시스템 방향 조정

10.6.7. 센서헤드 연결

- (1) 센서헤드와 시준기를 연결한다.
- (2) 헤드센서 케이블을 연결한다.
- (3) 장비집게발(Claw)에 센서헤드 앞면이 반드시 금속 집게발의 끝과 같은 높이가 되게한다.
- (4) 시준기 횡단면 (cross-section)의 장축(노 란색) 이 천정각 모터 케이스 및 집게발 축
 (녹색)에 수직이 되도록 설치한다.



그림 10.7 센서헤드 연결

10.6.8. 날짜, 시간 및 수평 확인

(1) Cimel 컨트롤 박스의 시간(TIME) 및 날짜(DATE)가 정확한지 확인한다. 시간 및 날 짜가 잘못 설정되어 있으면, sun photometer는 GOSUN 명령어로 태양을 추적하지 못한다. (2) 장비 자체가 수평인지 확인한다. 장비의 수평계를 사용하지 말고 그림과 같이 몸통상단 에 수평계를 놓고 남북, 동서축 수평을 모두 확인한다.



그림 10.8 날짜 시간 및 수평 확인

10.6.9. 시준기 태양조준

(1) 시준기가 태양을 조준하도록 조정한다.

- (2) GOSUN 시나리오를 실행하여 시준기가 태양쪽으로 이동하도록 한다. 메인메뉴에서 SCN[황색키]로 시나리오 모드 진입 후 + [적색키]로 NAME이 GOSUN이 될 때까지 이동 후 GO[백색키] 누른다.
- (3) 시준기 상단의 홀이 시준기 맨 아래 부분의 표시 지점 (marker spot, 흰색 원형)에 태 양 빛이 비추도록 해야 한다 장비의 밑부분을 돌려 정렬하고, 장비가 여전히 수평인지 확인한다.
- (4) 광도계를 PARK 상태로 놓고, GOSUN을 다시 실행하여 정렬 상태가 양호한지 확인한
 다. 정렬상태가 좋지 않을 경우, 수동으로 park 위치에 놓았을 때, 장비와 센서 헤드가 수평인지 확인한다.

주의: 센서 헤드의 수평을 맞춘 후 GOSUN 실행 시, 정렬 상태를 확인하기 위해 이 과 정을 여러 차례 반복하여 실행한다. 수평을 맞춘 후 처음 GOSUN은 종종 정확하지 않 다. 수평을 맞추는 동안 센서 헤드의 움직임이 일시적으로 장비의 영점 (zeroing point) 에 변화를 줄 수 있기 때문이다. PARK 절차를 재실행하고 2차 GOSUN을 실행하면 좀 더 정확할 것이다. 반복 실행 결과 정렬 상태가 정확하고 일정하다면, 다음 단계를 시작 한다.



그림 10.9 시준기 태양 조준

10.6.10. Wet 센서 동작 확인

- (1) Wet센서 동작이 정상적인지 확인, 센서가 고장나면 비가 올 때 센서헤드가 지면으로 향하지 않게 되어 센서에 비가 들어가 렌즈손상 또는 관측 값이상으로 정상적인 측정이 안되며, 심한 경우 다시 교정을 받아야 할 수 있다.
- (2) Wet 센서는 기울여서 설치하고, 이슬 증발을 위해 해 뜨는 방향으로 위치시키고, 주기적 으로 표면 상태를 관찰해야 한다.

표 10.7 Wet 센서 동작 확인

- 상태확인 방법
- 1. 메인메뉴에서 VIEW[적색키]→BAT[백색키]로 조 회 메뉴로 진입 [적색키]로 HH 모드로 진행하다.
- 센서에 물을 뿌려 값이 0→1로 변하는지 확인한다.
 약 1분 내에 변함



10.6.11. 자동모드로 설정

(1) 광도계 셋업이 완료되면 자동측정을 위해서 다음과 같이 AUTO 모드 ON으로 설정을 변경한다. 자동모드 설정

표 10.8 자동모드 설정

• 메인메뉴에서 PW[녹색키]→+[적색키]→Pass [녹색키]→PAR[적색키]로 패러미터 설정 진입 우측 화면에서 NO→YES로 변경 [적색키] 후 OK[녹색키] 눌러 빠져나오면 화면에 우측과 같이 표시됨



(2) 자동모드로 설정되면 미리 입력된 시나리오에 의해서 15분 간격으로 측정을 한다.

10.6.12. 시나리오 모드

표 10.9 시나리오 모드

• 광도계는 프로그램 된 시나리오 모드를 지원한다.	31/12/93 23:59 PW MAN SCN VIEW
• 메인메뉴에서 SCN[황색키]로 시나리오 모드 진입	<- hhh -> v vvv ^
한다.	RTN GO - + NAME

표 10.9 시나리오 설정

00	OFF	시나리오 작동 중지
01	PARK	Parking 위치로 이동
02	GOSUN	태양 조준
03	TRACK	추적(tracking) : 4개의 사분면을 이용하여 태양 조준 조정
04	ORIGI	a=z=0인 위치로 복귀
05	ALMUC	등고도권(Almucantar) : 태양천정각(필터 변경)을 따라 방위각 이동
06	PPLAN	주평면(principal plane) : 일정한 방위각으로 이동
07	BLACK	Darkness 신호(noise) 측정
08	SUN	SUN 시준기로 8개 필터의 휘도(luminance) 측정
09	SKY	SKY 시준기로 4개의 에어로졸 필터의 휘도 측정 하이 게인(high gain)에서 SUN 시준기로 동일 필터의 휘도 측정
10	LTRAK	태양 추적, 테스트 및 초점 조정 시나리오
11	BCLSUN	태양을 추적하면서 태양 휘도(luminance) 측정 BCLSUN 파라미터 로 mn 및 1/2 mn 단위의 기간 설정
12	BCLSKY	
13	GO&SUN	
14	LANGL	LANGLEY 자가 교정, 지정된 기단(air mass)에서 태양이 나타나는 순간(instants) 계산 (01:00에 자동 실행됨 날짜, 시간, 위도, 또는 경도가 바뀔 때마다 실행 자동 실행됨)
15	PC	호환 가능한 PC로 전송 시작
16	CALIB	

10.6.13. 자동 모드

- (1) 교정된 계측기로 직달태양복사(Direct solar irradiance) 및 하늘복사(Sky radiance)를 측정한 값은 아래의 내용을 수행하는데 사용할 수 있다.
 - 5개의 파장대에서 대기 광학두께를 추론하고 수증기 및 오존 함유량을 추론함 (Differential gaseous absorption 방식으로 추론)
 - 에어로졸 분포
 - Langley Plot : 자동 측정은 다른 기단(Air mass)에서 직달태양복사(Direct solar irradiance)를 측정할 수 있음
- (2) 광도계는 미리 프로그램 된 몇 가지 작동을 지정된 시간에 수행한다.
- (3) 사용자가 자동 실행하는 몇 가지 작동을 프로그램 할 수 있다.

10.7. 주간 점검 사항

- (1) 시스템 상태 점검
 - 배터리 연결상태, 모터케이블 연결상태, 센서데이터 케이블, 콘트롤박스 누수, wet 센
 - 서 정상 동작 유무
- (2) 배터리 전압 점검
 - 내부 배터리 전압 5V이상인지 확인(판넬에서 확인)
 - 외부 배터리 저압 12.5V이상인지 확인(직접 확인)
- (3) 시스템 시간 점검
 - 시간이 10초 이상 벗어나면 다시 설정함
- (4) 장비와 파크 위치에서의 센서헤드 수평 점검
- 수동모드에 놓은 후 장비 몸통 수평 유무와 센서헤드 수령유무를 점검하고 조정(5) 광도계 트레킹 상태 및 시준기에 이물질이 있는지 점검
 - 태양 추적을 잘하는지 점검한다, 수동모드에서 PARK 후 GOSUN을 수행해 시준기 마
 크가 2 mm를 벗어나면 받침대를 조정함
 - 시준기를 해체한후, 밝은 곳에 비추에 거미줄등 이물질이 있는지 확인한다. 4분위 감
 지기도 이물질이 있는지 확인한다. 제조사가 제공한 크리닝틀을 이용해서 시준기를 청
 소하고, 부드로운 천으로 4분위 감지기를 청소한다. 센서헤드는 특별한 요구가 없다면
 절대 닦아서는 안 됨

10.8. 자료 처리

- 태양광도계로부터 데이터를 다운로드하여 AERONET 서버로 자동전송 처리 함
- 에어로넷 사이트 : http://aeronet.gsfc.nasa.gov
- 에어로넷에서 자체적으로 동일한 Q/C를 적용하여 생산된 자료 Level 1, Level 1.5, Level 2로 구분하여 자료를 생산함.
- 각 요소별 자료는 AOD, water vapor, 440-870-Angstrom, SDA Fine / coarse AOD, SDA Fine Mode Fraction가 표출된다.
- DATA에서 Data Display 클릭후 Anmyon(36N, 126E)를 선택한다.



"그림 10.14 SDA Fine Mode Fraction

11.에어로졸라이다
(MPoLAR 2020)

11.1. 개요

다파장 편광라이다 시스템(Muliti-wavelength Polarization Lidar for Atmospheric Research, MPoLAR)은 지상에서 레이저를 발사하여 대류권의 에어로졸, 특히 황사 및 불규 칙한 형상을 갖고 있는 미세입자의 분포를 측정하기 위해, 편광신호와 파장별 후방산란신호 를 획득하여 비편광도와 후방산란비를 측정함으로서 대기중 비구형 에어로졸 분포와 크기분 포를 관측하는 시스템이다.

11.2. 측정원리

- (1) 다파장 편광라이다 시스템은 1064 nm와 532 nm의 두파장의 레이저 펄스를 대기중으로 조사하여 각각 에어로졸에서 산란되는 신호의 비를 측정함으로서 에어로졸의 크기분포 를 통한 구름 및 황사를 구분하는 정보를 제공한다.
- (2) 532 nm 파장에서 원래의 고유한 편광을 유지하고 있는 신호와 편광이 깨어진 신호를 편 광분석기를 통해 분리 획득하여 비편광도를 계산함으로서 에어로졸 입자의 모양이 불규 칙한 것이 얼마나 많이 분포되어 있는가를 알 수 있는 장비이다.



그림 11.1 다파장 편광라이다(모델:MPoLAR 2000)

11.3. 장비사양

■표 11.1 에어로졸라이다 사양

구분	사 양
제조사(국가)	EN3(한국)
모델	MPoLAR 2020
측정파장 범위	1) 레이저(발진파장(l) : 1064 nm, 최대 펄스에너지: 50 mJ) 2) 조화파 발생장치(파장(l) : 532 nm(사용파장)
최종 빔 퍼짐도	<0.5 mrad), 펄스폭(Pulsewidth)<10 ns
빔 익스팬더	10 배율
카세그레인식망원경	D=200 mm, F=2,000 mm
APD	스펙트럼영역 400~1100 nm, 암전류 100 nA 이하
PMT	스펙트럼영역 185~850 nm, 암전류 3 nA 이하(typical)
8채널 Waveform digitizer	12 bit, 60 MHz(simultaneously 8 ch.)

- 그림 11.4 라이다 파워키 및 센서 버튼







- (5) 센서버튼(SENSOR) 누름(약 10분간 대기)
- (4) 라이다 POWER Key 오른쪽으로 돌림
- **그림 11.2** 라이다 전력 박스





- 레이져공진기 온도가 적정온도에 도달 할 때까지 약 10분간 대기
- (3) 레이져 Key swich on(오른쪽으로 돌림)
- (2) 라이다 장비뒤에 전력박스 ON으로 돌리고 열림버튼 누름

11.4. 작동 방법



그림 11.9 관측중인 정상화면



- (9) 창에 현재시간 나오면 정상 가동
- (8) 관측시작 클릭하기

3ch을 실행



			관측 스케 ố리 (Scheduler)	3		
	1 2015/1	2/16 - Nºal Al	26 94		- 1- 8	3
	만속(E) -		<u>김국도 전도 ··································</u>	3		-
-		act) 🔂 අමාර්ත	간축 시간 / 간폭	KP) [D1 0	0121@(P) 11+1+	
			레이저에워시간 이분 💌			
-			관측 시간 5 분 · ·	2 (arb.)		
		U THP.	권속 간격 H 15 분 🔹		101	
		1.1		1000	- m -	P
		10.00		16.18		
		1.91	E 관측 시작 예약	10.00	10	
		11.2	□ 관측 멈춘 예약	1. 1. 2		
		7.50		1000	10-2	
	Ĩ	(1):10	시작 배약 시간	0.2.2		
	ž	10 C	21 (Year)	1.24	10-210	
	iĝ.	sm 🕴	2 (Month)	1. 1. 1.		
	-	(A) -	월 (Day) 16 · ·	141	10-1	
_		ii da	Al 0-tour)	14 1		
-		200	본 (Mnute) 0 · ·		10:10	E
in the						
			법출 배약 시간	10.01		
			19 (Year)	14	- 10 -	
100		0.00 02/12	圏 (Manth) 2	-		
			월 (Day) 17 · ·			
			Al (Hour)			
	운비		본 (Mnute) 0 · ·		NUM	
				1000		

• 그림 11.7 프로그램 설정 및 관측시작시간 예약

레이져 예열시간 : 0분

관측시간 : 5분

· 관측시작예약 체크하고 시작예약시간에 년, 월, 일, 시, 분 체크

- (7) 프로그램 설정 및 관측시작시간 예약
 - · 스케줄러 → 스케줄러편집 → 관측번호 : 132

관측간견 : 매 15분

(6) Computer 전원 on, MPoLAR 조작 프로그램인 DPL 3ch을 실행.

(10) 관측 종료 후 프로그램 종료

- (11) 센서버튼 누르고 POWER Key 왼쪽으로 돌림
- (12) 레이져 Key 왼쪽으로 돌린 다음 전력박스 닫힘 누른 후 OFF쪽으로 돌림

11.5. 작동 시 주의사항

- (1) 라이다 장비내부에 고압전원이 인가되어 있으므로 임의로 열거나 분해 금지
- (2) 관측을 장기간 하지 않을때도 장비보호를 위해 관측품의 온도를 상온으로 유지해야 하므 로 냉난방기는 상시가동.
- (3) 레이저의 경로 상에 장애물이 없어야 함.
- (4) 상부 유리에서 직접 반사되는 빛이 망원경으로 들어가지 않도록 유의.
- (5) 리모트박스의 버튼을 만지면 PC에서 컨트롤을 할 수 없음(절대 손대지 말 것)
- (6) 레이저 출력 파장에 맞는 보안경 착용.
- (7) 냉각장치의 이온화방지용 카트리지와 냉각수(초순수)는 4개월에 한번씩 교환
- (8) 자동전송을 위한 ftp 설정에 공란을 입력하면 "매개변수 틀립니다"의 메시지창이 관측주 기 마다 하나씩 팝업으로 뜨며, 시간이 갈수록 메모리부족을 일으키게 되어 관측이 중단 될 수 있다. 따라서 "ftp 전송하지 않음"을 선택하거나 ftp전송시에는 설정값을 정확하게 입력해야 한다.

11.6. 유지 관리

- (1) 상부 유리에 먼지나 해염입자가 끼지 않도록 관측 전 청결 유지.
- (2) 플레시램프의 수명은 약 20,000,000회 정도(사용빈도에 따라 효율이 감소하므로 출력 에너지가 한계 값 이하로 떨어졌을 때 교체/약 6~12개월).
- (3) 냉각장치의 이온화방지용 카트리지와 냉각수(초순수)는 4개월에 한번씩 교환

11.7. 자료 형태

(1) MPoLAR 소프트웨어는 시간변화에 따른 에어로졸 소산계수를 크기에 따라 색으로 디스 플레이함.

11. 에어로졸라이다(MPoLAR 2020) 167

(2) MPoLAR 소프트웨어는 실시간으로 측정 및 분석된 자료를 지정된 사이트로 전송 할 수 있음.

🍰 190, 1, 58, 200 - 알FTP v5, 21											- 8 ×
_ 파일(E) 편집(E) 전송(I) 기능(B) 용	옵션(<u>0</u>) 도움말(<u>H</u>)										
사이트법 접속하기 접속끊기 중 지	입로드 다운로드 전	<u>종타입</u> 서버	※ 새로고침	🚰 - 보기				*	알FTP 최신 버전i	v5.21 을 이용해보세요	다운받기
	/home/kgawo/	data1/MPoLAR/	data								- 🖻
E Chome	이름			크기	종류	바뀐날짜		소유자	그룹	사용자	
	i i i i i i i i i i i i i i i i i i i										
🗈 🧰 backup											
E- C MPoLAR											
data											
program											
TEST1	~										
📄 🛅 data	201010										• 🖻
	이름		1	크기	종류		수정한 날짜				^
201002											
- 🛅 201003	Backscatter_	LST_20101001_0 LST_20101002_0	1C DC	17KB			2010-10-14 9	2후 /:19 > 숨 7·19			
201004	Backscatter	LST_20101003_0	20	17KB			2010-10-14 9	2章 7:19			
201006	🛐 Backscatter.	LST_20101004_0	2C	17KB	GIF 010171		2010-10-14 🖻	拿 7:19			
	Backscatter_	LST_20101005_0	20	17KB			2010-10-14 9	2章 7:19 シー 7:10			
201008	Backscatter	LST 20101006_0	20	17KB			2010-10-14 9	2루 7:19 2 출 7:19			
	Backscatter_	LST_20101008_0	ac ac	17KB			2010-10-14 9	拿 7:19			~
이름 호스트디렉토리	로컬디렉토리	= = = = = = = = = = = = = = = = = = =	상태								
	,			Transfer c	omplete 226 Directoru (and OK					
				K	Lo Directory .	ond on,					
					>> PWD						
					<pre><< FTP : 257 "/home/kgawo/data1/MPoLAR/data" <!--</pre--></pre>						
					>> CWD /home/kgawo/data1/MPoLAR/data/						
					<pre>K< FTP : 250 Directory successfully changed,</pre>						
				<<							
				1							~
시작하려며 여기를 흘리하신지요	7									🗌 전송후 원	도우종료
·····································	м 😢 м.н	🙋 CHIIH	🕅 Ad <u>o</u>	. Oss	0 🖉 E	6	그룹 🙎	<u>§</u> 190,	A	000	오후 9:25

" 그림 11.10 자료 처리

기후변화감시 기술노트 발간 목록

2014년도

- 1. 기후변화감시 기술노트 2014-01 : 통합 지구대기화학관측(IGACO)의 오존 및 자외복사 이행 계획
- 2. 기후변화감시 기술노트 2014-02 : GC-μECD를 활용한 대기 농도 수준의 SF₆ 분석 가이드라인
- 3. 기후변화감시 기술노트 2014-03 : 건조 공기 포집 및 안정도 평가를 위한 가이드라인
- 4. 기후변화감시 기술노트 2014-04 : 강수화학 국제비교실험 참가방법 및 결과
- 5. 기후변화감시 기술노트 2014-05 : WMO 지구대기감시(GAW) 전략계획(2012-2015) WMO GAW 전략계획(2008-2015) 보강
- 6. 기후변화감시 기술노트 2014-06 : 표준 에어로졸 샘플링 시스템
- 7. 기후변화감시 기술노트 2014-07 : 총자외선지수 산출방법 및 프로그램
- 8. 기후변화감시 기술노트 2014-08 : 강수화학 측정자료의 분석 절차

2015년도

- 1. 기후변화감시 기술노트 2015-01 : 오존층에 관한 질문과 답변 20가지 : 2014년판
- 2. 기후변화감시 기술노트 2015-02 : WMO 육불화황 세계표준센터의 3차 표준가스 제조 방법
- 3. 기후변화감시 기술노트 2015-03 : Analytical Methods for Atmospheric SF₆ Using GC-µ ECD (WMO/GAW Report NO. 222)
- 4. 기후변화감시 기술노트 2015-04 : 강수화학(대기침적) 측정 및 분석 매뉴얼
- 5. 기후변화감시 기술노트 2015-05 : 대기 조성의 측정

기후변화감시 기술노트 발간 목록 169

2016년도

- 1. 기후변화감시 기술노트 2016-01 : 온실가스 관측업무 매뉴얼
- 2. 기후변화감시 기술노트 2016-02 : 인체 비타민D 생성을 위한 태양자외선복사 노출시간 산정 및 서비스
- 3. 기후변화감시 기술노트 2016-03 : 국가승인 기후변화감시통계 업무 매뉴얼
- 4. 기후변화감시 기술노트 2016-04 : 에어로졸 관측업무 매뉴얼