발간등록번호
11-1360620-100096-01

기상관측장비사전

요 약 본 (2026.10.)



기상청 국립기상과학원

CONTENTS

기상관측장비사전 요약본

※「기상관측장비사전」의 원문(2026.6.)을 기반으로 작성되었습니다.

제1장 온도관측

1.1 전자식 12

1.1.1 열전접전온도계(Thermo-junction thermometer, thermocouple) 12

1.1.2 금속시스형백금저항온도계(Metal sheath type of platinum resistance thermometer) 12

1.1.3 박막형백금저항온도계(Thin film type of platinum resistance thermometer) 12

1.2 기계식 13

1.2.1 바이메탈온도계(Bimetal thermometer) 13

1.2.2 부르동관온도계(Bourdon tube thermometer) 13

1.3 유리제 13

1.3.1 수은온도계(Mercury thermometer)/알코올온도계(Alcohol thermometer) 13

1.3.2 건구온도계(Dry bulb thermometer)/습구온도계(Wet bulb thermometer) 14

1.3.3 봉상온도계(Stem tube thermometer)/이중관온도계(Double tube thermometer) 14

1.3.4 곡관지중온도계(Bent-stem soil thermometer) 14

1.3.5 철관지중온도계(Simon's soil thermometer) 15

1.3.6 최고온도계(Maximum thermometer) 15

1.3.7 최저온도계(Minimum thermometer) 15

1.3.8 식스온도계(Six's thermometer) 15

1.4 기타 16

1.4.1 표면온도계(Surface-mount thermistor) 16

1.4.2 잎싹표면온도계(Radiation frost detector) 16

1.4.3 적외선표면온도계(Infrared radiometer) 16

1.4.4 지중열플럭스센서(Heat flux sensor) 16

제2장 습도관측

2.1 전자식 17

2.1.1 전기저항고분자막습도계(Electrical resistance polymer film hygrometer) 17

2.1.2 정전용량고분자막습도계(Capacitive polymer film hygrometer) 17

2.1.3 냉각거울이슬점습도계(Chilled mirror dew-point thermometer) 17

2.1.4 염화리튬이슬점습도계(Lithium chloride dew-point thermometer) 17

2.2 기계식 18

2.2.1 건습계(Psychrometer) 18

2.2.2 통풍건습계(Ventilated psychrometer) 18

2.2.3 아스만통풍건습계(Assmann ventilated psychrometer) 18

2.2.4 모발습도계(Hair hygrograph) 18

2.3 기타 19

2.3.1 산림연료수분센서(Forest fuel moisture sensor) 19

2.3.2 엽면습윤센서(Leaf wetness sensor) 19

2.3.3 토양수분센서(Soil moisture sensor) 19

2.3.4 매립식노면상태센서(In-pavement road surface condition sensor) 19

2.3.5 광학식노면상태센서(Optical road surface condition sensor) 19

제3장 기압관측

3.1 전자식 20

3.1.1 전기저항반도체기압계(Piezoresistive barometer) 20

3.1.2 정전용량반도체기압계(Capacitive semiconductor barometer) 20

3.2 기계식 21

3.2.1 아네로이드기압계(Aneroid barometer) 21

3.2.2 아네로이드자기기압계(Aneroid barograph) 21

제4장 바람관측

4.1 기계식 22

4.1.1 로빈슨컵풍속계(Robinson's cup anemometer) 22

4.1.2 풍배형풍속계(3-cup anemometer) 22

4.1.3 두방향풍향계(Bi-vane, Bi-directional wind vane) 22

4.1.4 화살형풍향계(Arrow-type wind vane) 22

4.1.5 풍차형풍향풍속계(에어로벤) (Combined recording wind vane and fan-anemograph, Aerovane) 23

4.2 초음파식 23

4.2.1 초음파식풍향풍속계(Ultrasonic anemometer) 23

4.3 기타 23

4.3.1 다인스풍압풍속계(Dines pressure anemometer) 23

4.3.2 열선풍속계(Hot wire anemometer) 23

제5장 강수관측

5.1 강수량 24

5.1.1 전도형강수량계(Tipping-bucket rain gauge) 24

5.1.2 무게식강수량계(Weighting rain gauge) 24

5.1.3 광학강우강도계(ORG: Optical Rain Gauge) 24

5.1.4 사이펀식우량계(Siphon rain gauge) 24

5.1.5 원통형강수량계(Cylindrical rain gauge) 25

5.1.6 저수병/우량승(Rain measuring glass) 25

5.2 강우감지 25

5.2.1 임피던스식강우감지기(Impedance-type rain detector) 25

5.2.2 정전용량식강우감지기(Capacitive-type rain detector) 25

5.2.3 레이더식강우감지기(Radar-type rain detector) 26

5.2.4 영상식강우감지기(Optical rain rain detector) 26

5.3 적설 26
5.3.1 적설판(Snow measuring plate) 26
5.3.2 적외선적설계(Infrared snow cover meter) 26
5.3.3 영상식적설계(Image snow cover meter) 27
5.3.4 초음파식적설계(Ultrasonic snow cover meter) 27
5.3.5 레이저식적설계(Laser snow cover meter) 27
5.3.6 원통식설량계(Cylindrical snow gauge) 27

5.4 강수성분 28
5.4.1 산성도측정기(pH meter) 28
5.4.2 산성우측정기(Acid rain analyzer) 28
5.4.3 수함량측정기(Water content system) 28
5.4.4 이온크로마토그래프(IC: ION Chromatograph) 28
5.4.5 전기전도도측정기(Conductivity meter) 28

제6장 시정 및 통합기상관측

6.1 시정 29
6.1.1 전방산란식시정계(Forward scattering visibility meter) 29
6.1.2 투과율식시정계(Transmissometer) 29
6.1.3 영상식시정계(Imaging visibility sensor) 29

6.2 통합기상요소 29
6.2.1 통합기상관측장비(Integrated meteorological instrument) 29
6.2.2 기본기상요소측정장비(Aircraft integrated meteorological measurement system) 30

6.3 자료수집·처리 30
6.3.1 데이터로거(Data logger) 30
6.3.2 자기전접계수기(Recording electronic counter) 30
6.3.3 지시형전접계수기(Indicating electric contact counter) 30

제7장 연직기상관측

7.1 존데관측 31

7.1.1 라디오존데(Radiosonde) 31

7.1.2 드롭존데(Dropsonde) 31

7.2 능동형 원격관측 32

7.2.1 연직바람관측장비(Wind profiler) 32

7.2.2 윈드라이다(Wind lidar) 32

7.2.3 소다(SODAR: SOund Detection And Ranging) 32

7.2.4 기상레이더(Weather radar) 32

7.2.5 연직강우레이더(MRR: Micro Rain Radar, Vertical rain radar) 32

7.3 수동형 원격관측 33

7.3.1 온습도라디오미터(Temperature and humidity microwave radiometer) 33

7.3.2 GNSS위성측위시스템(GNSS NAVAID System) 33

7.4 기타 33

7.4.1 측풍기구(Pibal: Pilot ballon) 33

제8장 구름물리관측

8.1 운고·운량 34

8.1.1 레이저식운고계(Laser ceilometer) 34

8.1.2 하늘영상관측기(ACOS: Automatic Cloud Observation System) 34

8.1.3 회전빔운고계(Rotating beam ceilometer) 34

8.2 구름입자 35

8.2.1 결빙탐지기(Icing detector) 35

8.2.2 구름입자모양측정기(CPI: Cloud Particle Imager) 35

8.2.3 구름입자측정기(CCP: Cloud Combination Probe) 35

8.2.4 구름입자계수기(CCNC: Cloud Condensation Nuclei Counter) 36

8.2.5 구름·에어로졸입자분석기(Cloud aerosol spectrometer depolarization option, CAS-DPOL) 36

8.2.6 나노입자계수기(SMPS: Scanning Mobility Particle Sizer) 36

8.2.7 빙정핵계수기(PINE: Portable Ice Nucleation Experiment instrument) 37

8.3 강수입자 37

8.3.1 강수입자측정기(PIP: Precipitation Imaging Probe) 37

8.3.2 광학식강수입자계수기(Optical disdrometer) 37

8.3.3 레이더식강수입자계수기(Radar-type disdrometer) 37

8.3.4 영상식강수입자계수기(Two-dimensional video disdrometer) 38

8.3.5 눈결정이미지측정기(Snow crystal image probe) 38

8.4 안개입자 38

8.4.1 안개입자측정기(Fog monitor) 38

8.4.2 기상입자분광기(MPS: Meteorological Particle Spectrometer) 38

제9장 대기복사관측

9.1 전천일사 39

9.1.1 로빗치전천일사계(Robitzsch pyranometer) 39

9.1.2 수평면전천일사계(Global solar radiation pyranometer) 39

9.1.3 열전퇴전천일사계(Thermopile pyranometer) 39

9.2 직달일사 40

9.2.1 열전퇴직달일사계(Thermopile pyrheliometer) 40

9.2.2 옹스트롬직달일사계(Ångstrom pyrheliometer) 40

9.2.3 은반직달일사계(Silver-disk pyrheliometer) 40

9.2.4 절대직달일사계(Absolute pyrheliometer) 40

9.3 일조 41

9.3.1 졸단일조계(Jordan sunshine recorder) 41

9.3.2 캄벨일조계(Campbell-Stokes' sunshine recorder) 41

9.3.3 바이메탈일조계(Bimetal sunshine recorder) 41

9.3.4 회전식일조계(Rotating mirror sunshine recorder) 41

9.4 복사 42

9.4.1 순복사계(Net radiometer) 42

9.4.2 지구복사계(Pyrgeometer) 42

9.5 자외선 42

9.5.1 자외선측정기(UV-A) (UV-A radiometer) 42

9.5.2 자외선측정기(UV-B) (UV-B radiometer) 42

제10장 온실·반응가스관측

10.1 온실가스 43

10.1.1 가스크로마토그래프(GC: Gas Chromatograph) 43

10.1.2 공동감쇠분광기(CRDS: Cavity Ring-Down Spectrometer) 43

10.1.3 공진출력분광기(ICOS: Integrated Cavity Output Spectrometer) 43

10.1.4 이산화탄소/수증기 가스분석기(CO_2/H_2O gas analyzer) 44

10.1.5 비분산적외선가스분석기(NDIR: Non Dispersive Infra Red) 44

10.1.6 태양흡수분광간섭계(FT-IR spectrometer) 44

10.2 반응가스 45

10.2.1 이산화황분석기(SO_2 analyzer) 45

10.2.2 일산화탄소분석기(CO analyzer) 45

10.2.3 질소산화물분석기(NO_X analyzer) 45

10.2.4 공중방사능측정기(Airborne radiation detector) 45

10.3 오존 46

10.3.1 브루어분광광도계(Brewer spectrophotometer) 46

10.3.2 오존분석기(Ozone analyzer) 46

10.3.3 오존존데(Ozonesonde) 46

제11장 에어로졸관측

11.1 질량농도 47

11.1.1 미세입자측정기(SNPS: Suspended Nano Particle Sizer) 47

11.1.2 부유분진측정기(Continuous particulate monitor) 47

11.1.3 고용량미세먼지채취기(High volume particulate sampler) 47

11.1.4 저용량미세먼지채취기(Low volume particulate sampler) 48

11.1.5 탄소입자측정기(Single particle soot photometer (SP2)) 48

11.2 수농도 48

11.2.1 공기역학입자계수기(APS: Aerodynamic Particle Sizer) 48

11.2.2 응결핵계수기(CPC: Condensation Particle Counter) 48

11.2.3 전자기유도입자계수기(SMPS: Scanning Mobility Particle Sizer) 49

11.2.4 전방산란스펙트로미터(FSSP: Forward Scattering Spectrometer Probe) 49

11.3 광흡수·산란·두께 49

11.3.1 광산란계수측정기(Nephelometer) 49

11.3.2 광흡수계수측정기(Aethalometer) 49

11.3.3 스카이라디오미터(Sky-radiometer) 50

11.3.4 에어로졸라이다(Aerosol lidar) 50

11.3.5 정밀필터복사계(PFR: Precision Filter Radiometer) 50

11.3.6 태양광도계(Sun-photometer) 50

11.4 화학성분 51

11.4.1 가스·에어로졸분석기(Gas and aerosol analyzer) 51

11.4.2 에어로졸성분분석기(MARGA: Monitor for Aerosols and Gases in Ambient air) 51

11.5 꽃가루 51

11.5.1 꽃가루자동관측기(Pollen measurement system) 51

11.5.2 꽃가루수동관측기(Manual pollen monitoring system) 51

제12장 해양기상관측

12.1 기상요소 52

12.1.1 해양기상부이(Ocean data buoy) 52

12.1.2 표류부이(Drifting buoy) 52

12.1.3 등표기상관측장비(Light house automatic weather station) 52

12.1.4 해상풍라디오미터(SFMR: Stepped Frequency Microwave Radiometer) 52

12.2 해양요소 53

12.2.1 파고부이(Coastal wave buoy) 53

12.2.2 압력파고계(Pressure-type wave gauge) 53

12.2.3 수중발사형초음파파고계(Upward-looking ultrasonic wave gauge) 53

12.2.4 공중발사형초음파파고계(Downward-looking ultrasonic wave gauge) 53

12.2.5 마이크로파레이더파고계(Microwave radar wave gauge) 54

12.2.6 영상레이더파고계(Imaging radar wave gauge) 54

12.2.7 해일파고계(Tsunami wave gauge) 54

12.2.8 초음파해류측정기(ADCP: Acoustic Doppler Current Profiler) 54

12.2.9 수온염분측정기(CTD: Conductivity-temperature-depth sensor) 55

12.2.10 아르고플로트(ARGO float) 55

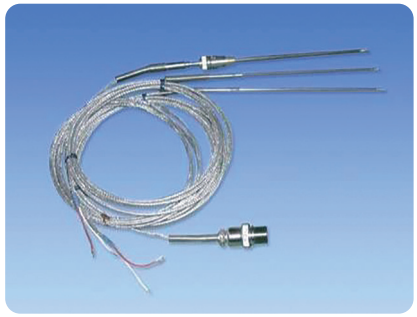
12.2.11 해양글라이더(Ocean glider) 55

제1장 온도관측

1.1 전자식

1.1.1 열전접전온도계
(Thermo-junction thermometer, thermocouple)

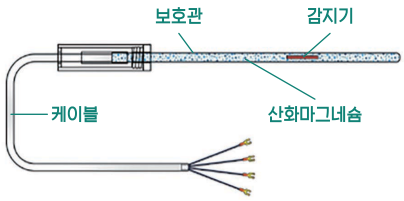
열전접전온도계는 두 종류의 금속 접합부에서 온도 차이에 의해 기전력(EMF)이 발생하는 제백효과(Seebeck Effect)를 이용하여 온도를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후연구, 산업 현장, 농업·보건·수문기상, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



열전접전온도계

1.1.2 금속시스형백금저항온도계
(Metal sheath type of platinum resistance thermometer)

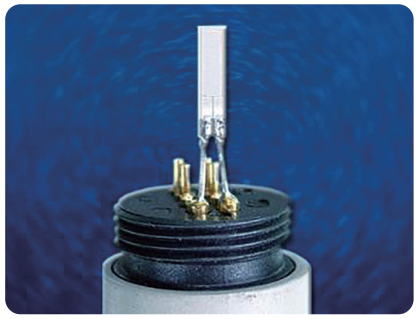
금속시스형백금저항온도계는 백금(Pt)의 전기저항이 온도에 따라 변화하는 특성을 이용하여 보호용 금속 시스(Sheath)로 감싼 기상관측용 표준 온도계이다. 기상 분야에서는 0℃ 기준 100Ω을 나타내는 PT100 센서가 가장 많이 활용된다. 해당 온도계는 가장 신뢰성 높은 지상 기온 표준 센서로 소형백엽상 또는 차광통과 함께 운영하는 것이 WMO 표준이다. 측정된 변수는 기상관측, 기후연구, 산업 현장, 농업·보건·수문기상, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



백금저항온도계감지기

1.1.3 박막형백금저항온도계
(Thin film type of platinum resistance thermometer)

박막형백금저항온도계는 세라믹 기판 위에 매우 얇은 두께의 박막을 증착하여, 백금 박막의 전기저항 변화를 이용해 온도를 측정한다. 박막형은 가격 대비 성능이 뛰어나 기상관측망 확대에 크게 기여하고 있으며, 지상기상관측, 미기상·대기경계층 연구, 휴대용기기 탑재, 산업, 기후변화 모니터링 등에 활용된다.

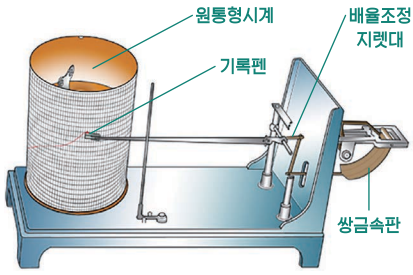


박막형백금저항온도계

1.2 기계식

1.2.1 바이메탈온도계(Bimetal thermometer)

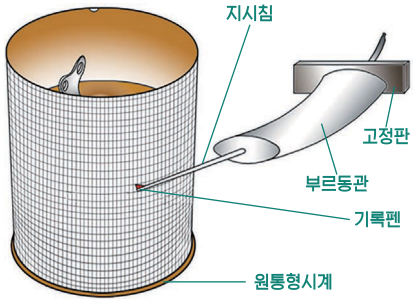
바이메탈온도계는 열팽창률이 다른 두 금속판을 맞붙여 온도에 따른 수축·팽창 변위를 기계적으로 기록 펜에 전달하여 온도를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후연구, 산업 현장, 농업·보건·수문기상, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



바이메탈온도계

1.2.2 부르동관온도계 (Bourdon tube thermometer)

부르동관온도계는 밀폐관 속 액체가 온도에 따른 팽창·수축으로 압력이 변하게 되고, 이때 생기는 관의 곡률 변화를 기록 펜에 전달하여 온도를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후연구, 산업현장, 농업·보건·수문기상, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.

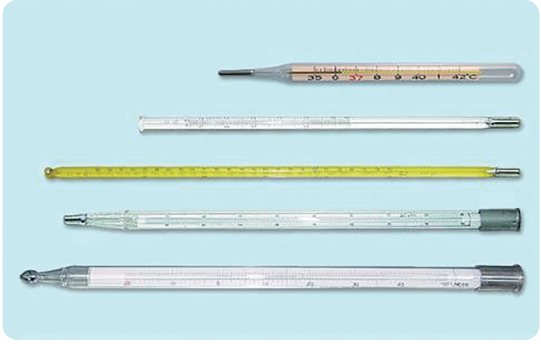


부르동관온도계

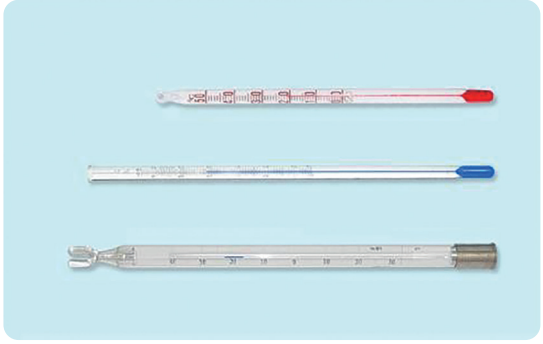
1.3 유리제

1.3.1 수은온도계(Mercury thermometer)/알코올온도계(Alcohol thermometer)

수은온도계/알코올온도계는 유리 모세관 속 감온액(수은 또는 알코올)이 온도에 따라 팽창·수축하는 부피 변화를 눈금으로 읽어 온도를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후연구, 산업 현장, 농업·보건·수문기상, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



수은온도계



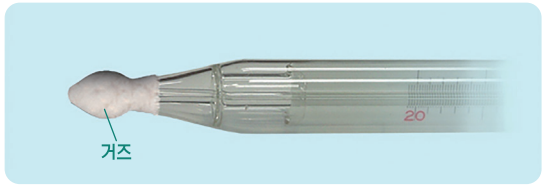
알코올온도계

1.3.2 건구온도계(Dry bulb thermometer)/습구온도계(Wet bulb thermometer)

건구온도계/습구온도계는 수감부에 거즈를 씌워 물을 적신 습구와 아무것도 씌우지 않은 건구에서 물의 증발에 따른 잠열 현상으로 발생하는 온도차를 이용해 습도를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후연구, 산업 현장, 농업·보건·수문기상, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



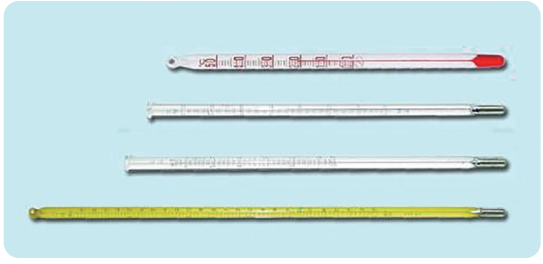
건구온도계



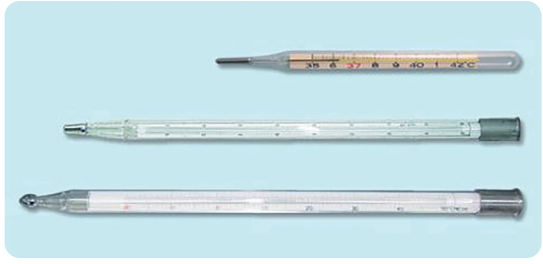
습구온도계

1.3.3 봉상온도계(Stem tube thermometer)/이중관온도계(Double tube thermometer)

봉상(이중관)온도계는 모세관 속 감온액의 부피 변화를 두꺼운 유리 표면에 새겨진 눈금(봉상형)이나 별도의 유리 눈금판에 밀착시킨 모세관(이중관형)으로 읽어 온도를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후연구, 산업 현장, 농업·보건·수문기상, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



봉상온도계



이중관온도계

1.3.4 곡관지중온도계 (Bent-stem soil thermometer)

곡관지중온도계는 수감부와 눈금부 사이를 L자형으로 구부린 봉상 온도계를 지중에 묻어 감온액의 부피 변화로 지중온도를 측정한다. 측정된 변수는 지중온도 관측, 농업기상(작물·해충), 수문·지구물리 연구, 기후변화, 영구동토모니터링 등에 활용된다.



곡관지중온도계

1.3.5 철관지중온도계(Simon's soil thermometer)

철관지중온도계는 지중에 매설한 철관 속에 쇠사슬로 유리제 봉상 온도계를 매달아 넣어, 감온액의 부피 변화로 깊이별(0.5~5m) 지중 온도를 측정한다. 측정된 변수는 지중온도 관측, 농업기상(작물·해충), 수문·지구물리 연구, 기후변화·영구동토 모니터링 등에 활용된다.



철관지중온도계

1.3.6 최고온도계(Maximum thermometer)

최고온도계는 수은이 온도 상승 시 좁은 유리침과 모세관 사이를 밀고 올라가지만, 온도가 내려가면 유리침이 막아 수은이 되돌아오지 못하게 하여 일정 기간의 최고기온을 측정한다. 측정된 변수는 최고기온 측정, 기후·극한기상 연구, 농업·보건·도시기상 등에 활용된다.


최고온도계

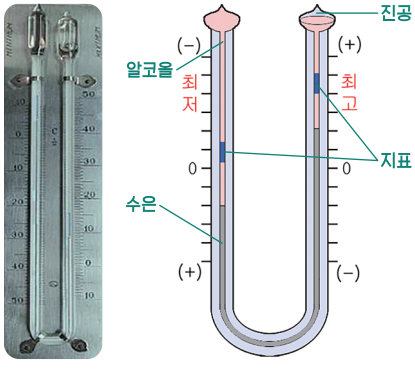
1.3.7 최저온도계(Minimum thermometer)

최저온도계는 알코올이 온도 하강 시 유리 모세관 속 지표를 끌어내리고 온도가 오르면 지표는 그 자리에 남게 되어, 남은 지표 위치로 일정기간의 최저기온을 측정한다. 측정된 변수는 한파·냉해 연구, 기후변화 추세 분석, 농업·보건·도시기상 등에 활용된다.


최저온도계

1.3.8 식스온도계(Six's thermometer)

식스온도계는 U자형 유리관 양쪽에 수은과 알코올을 채워 넣어, 기온 변화에 따라 좌우 모세관의 지표가 각각 밀리거나 제자리에 남는 원리로 최고기온과 최저기온을 하나의 온도계로 동시에 측정한다. 측정된 변수는 최고·최저 기온 관측, 기후연구, 농업·보건·도시기상, 교육 등에 활용된다.



식스온도계

1.4 기타

1.4.1 표면온도계(Surface-mount thermistor)

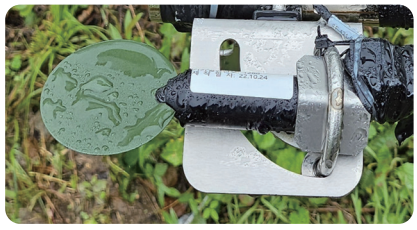
표면온도계는 감지부를 알루미늄 디스크에 내장해 표면 열을 전달받아 저항값 변화를 감지하고, 이를 전압으로 변환하여 온도를 측정한다. 측정된 변수는 태양광발전 효율분석, 표면열환경평가, 농업작물 잎표면온도, 기상관측보조 등에 활용된다.



표면온도계

1.4.2 잎싹표면온도계(Radiation frost detector)

잎싹표면온도계는 잎 표면에서 방출되는 적외선 복사 에너지를 검출기로 감지해 전기신호로 변환하고, 발산율과 기온 보정값을 적용해 비접촉 방식으로 온도를 산출한다. 산출된 변수는 작물수분스트레스 진단, 관개관리, 병해조기탐지, 식물생리연구, 생태·기후 모델링 등에 활용된다.



잎싹표면온도계

1.4.3 적외선표면온도계(Infrared radiometer)

적외선표면온도계는 지표면이 방출하는 8~14μm 대역의 적외선을 검출기로 감지하고, 스테판–볼츠만 법칙을 적용해 검출기와 측정 대상 간 복사 에너지 차이로 온도를 산출한다. 산출된 변수는 증발산 추정, 도로·활주로 결빙 탐지, 토양·수면 에너지 수지, 기상·기후 관측 등에 활용된다.



적외선표면온도계

1.4.4 지중열플럭스센서(Heat flux sensor)

지중열플럭스센서는 얇은 원판형 센서를 토양에 밀착시켜, 열이 토양을 통과할 때 생기는 온도 변화량을 전압으로 변환하고 이를 교정 상수로 환산해 열플럭스를 측정한다. 측정된 변수는 토양 열수지 연구, 에너지 밸런스 관측, 농업·생태계 연구, 기상학·수문학 실험 등에 활용된다.



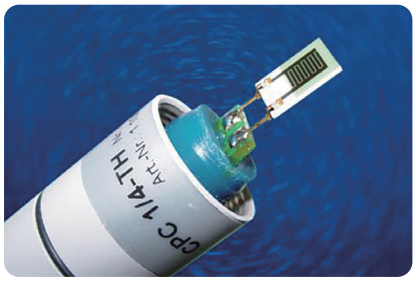
지중열플럭스센서

제2장 습도관측

2.1 전자식

2.1.1 전기저항고분자막습도계
(Electrical resistance polymer film hygrometer)

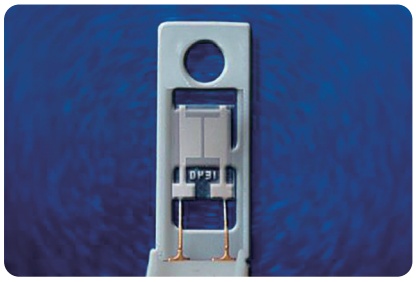
전기저항고분자막습도계는 암모늄염을 도포한 박막에서 수증기 분자의 흡·탈착에 따라 이온 전도성이 달라져 이를 전기저항으로 변환 후, 저항 변화로 상대습도를 측정한다. 측정된 변수는 기상기후 관측, 농업·보건·수문 기상, 산업 환경 모니터링, 가전제품 등에 활용된다.



전기저항고분자막습도계

2.1.2 정전용량고분자막습도계
(Capacitive polymer film hygrometer)

정전용량고분자막습도계는 고분자막에서 수증기 분자의 흡·탈착에 따라 유전율 변화로 인한 정전용량이 달라져 이를 전압으로 변환해 상대습도를 측정한다. 측정된 변수는 기상기후 관측, 산업 분야, 환경 모니터링, 가전제품, 농업·보건·수문 기상 등에 활용된다.



정전용량고분자막습도계

2.1.3 냉각거울이슬점습도계
(Chilled mirror dew-point thermometer)

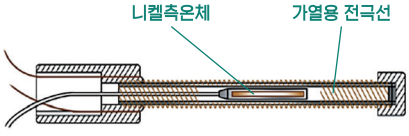
냉각거울이슬점습도계는 금속 거울을 서서히 냉각시켜 수증기의 응결과 증발이 평형을 이루는 순간 거울 표면에 이슬이 맺히며, 이를 광학적으로 검출하여 이슬점 온도를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 습도 기준기, 교정, 정밀 제조업 산업 공정, 환경시험, 국제 표준 비교 등에 활용된다.



냉각거울이슬점습도계

2.1.4 염화리튬이슬점습도계
(Lithium chloride dew-point thermometer)

염화리튬이슬점습도계는 염화리튬 결정이 수증기를 흡수해 용액으로 변하면 전기전도율이 증가해 전류가 흐르고, 발생한 열로 다시 결정화되는 과정을 반복하며 도달하는 평형온도(이슬점)를 니켈저항온도계로 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 교정 기준, 연구용, 산업 분야, 교육용 등에 활용된다.

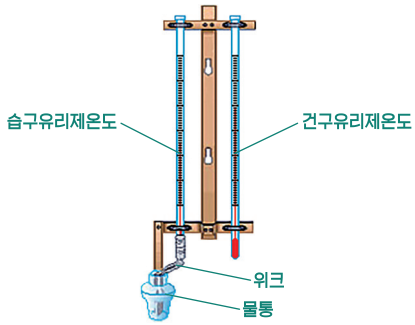


염화리튬이슬점습도계 센서

2.2 기계식

2.2.1 건습계(Psychrometer)

건습계는 건구온도계와 거즈로 감싸 물에 적신 습구온도계의 온도 차를 이용하여 그래프나 표에 대입해 상대습도를 산출한다. 산출된 변수는 기상관측, 습도계 교정, 기후연구, 농업·보건·수문 기상, 교육 및 실습 등에 활용된다.



건습계

2.2.2 통풍건습계(Ventilated psychrometer)

통풍건습계는 유리제 온도계 수감부 근처에서 통풍 팬으로 바람을 흡입시켜 습구 온도계의 수분 증발을 일정하게 만들고, 건구·습구 온도차로 상대습도를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 습도계 교정, 기후연구, 농업·보건·수문기상, 교육 및 실습 등에 활용된다.


백엽상 내의 통풍건습계

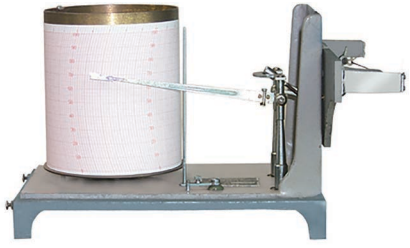
2.2.3 아스만통풍건습계(Assmann ventilated psychrometer)

아스만통풍건습계는 일정한 속도로 강제 흡입된 공기를 건구·습구 온도계 수감부에 통과시켜 두 온도 차이로 습도를 측정한다. 측정된 변수는 기상기후 관측, 산업 환경 위생, 실내 온열 환경 측정, 갱도 작업 환경 조사, 교육 등에 활용된다.


아스만통풍건습계

2.2.4 모발습도계(Hair hygrograph)

모발습도계는 흡습성 물질인 머리카락 여러 가닥의 길이가 습도에 따라 신축하는 효과를 활용하여 원통 기록지에 습도 곡선으로 기록하여 측정한다. 측정된 변수는 기상 기후, 산업 현장, 농업·보건·수문기상, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.


모발습도계

2.3 기타

2.3.1 산림연료수분센서(Forest fuel moisture sensor)

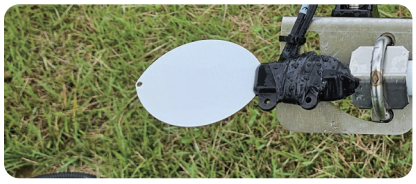
산림연료수분센서는 목재 막대 내부에 온도 센서와 정전용량식 습도 센서를 내장해 연료의 온도와 습도를 측정한다. 측정된 변수는 산불 예측, 화재 행동 분석, 기상관측 보조, 연료 수분 모니터링, 산림 관리 등에 활용된다.



산림연료수분센서

2.3.2 엽면습윤센서(Leaf wetness sensor)

엽면습윤센서는 정전용량식 습도 센서로 잎 표면의 유전율 변화를 측정하여 물의 양에 비례한 신호(mV)를 얻고, 습윤 지속시간과 건조시간의 비율로 잎 표면의 습윤 상태를 측정한다. 측정된 변수는 농업기상(병해충 예측), 증발산·수문 연구, 미기상 및 농업서리 관측망 등에 활용된다.



엽면습윤센서

2.3.3 토양수분센서(Soil moisture sensor)

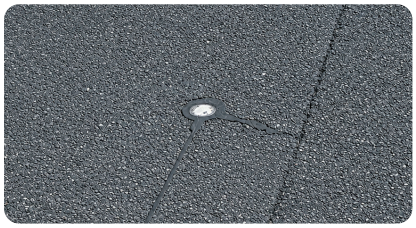
토양수분센서는 고주파수 전자파로 토양의 유전율 변화를 체적수분 함량으로 환산하여 전기전도도를 측정한다. 온도 센서가 있는 경우 온도를 함께 측정할 수 있다. 측정된 변수는 토양수분 모니터링, 농업기상 연구, 수문학 실험, 생태계 연구, 관개 관리 등에 활용된다.



토양수분센서

2.3.4 매립식노면상태센서 (In-pavement road surface condition sensor)

매립식노면상태센서는 도로에 매립하는 형태로 온도 센서로 도로 표면 온도, 레이더를 활용하여 수막 두께, 전기전도도 측정으로 염분 농도를 감지하여 결빙 온도와 마찰계수를 측정한다. 측정된 변수는 도로기상관측, 겨울철 도로 관리, 공항 활주로 안전, 교통 기상 모니터링 등에 활용된다.



매립식노면상태센서

2.3.5 광학식노면상태센서 (Optical road surface condition sensor)

광학식노면상태센서는 적외선을 쏘아 반사되는 신호를 분석해 노면 상태를 판별하고, 적외선표면온도계와 습도 센서를 활용 노면온도·이슬점·수막 두께·마찰계수 등을 측정한다. 측정된 변수는 도로 기상관측, 겨울철 도로 관리, 공항 활주로 안전, 교통안전 모니터링 등에 활용된다.



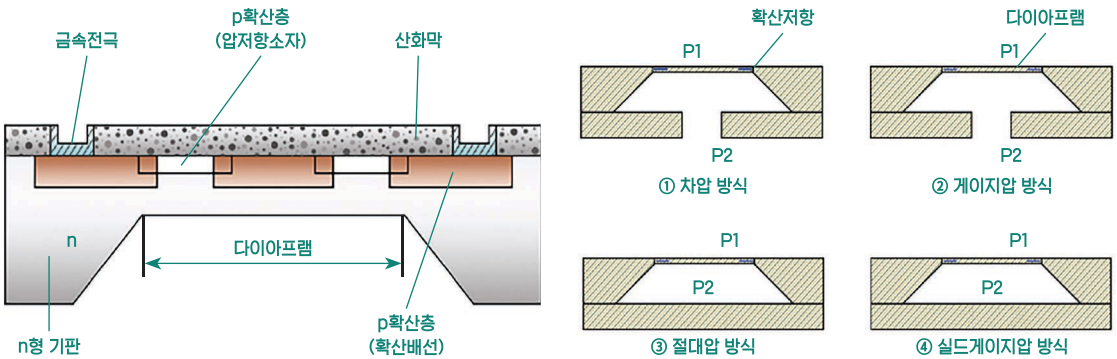
광학식노면상태센서

제3장 기압관측

3.1 전자식

3.1.1 전기저항반도체기압계(Piezoresistive barometer)

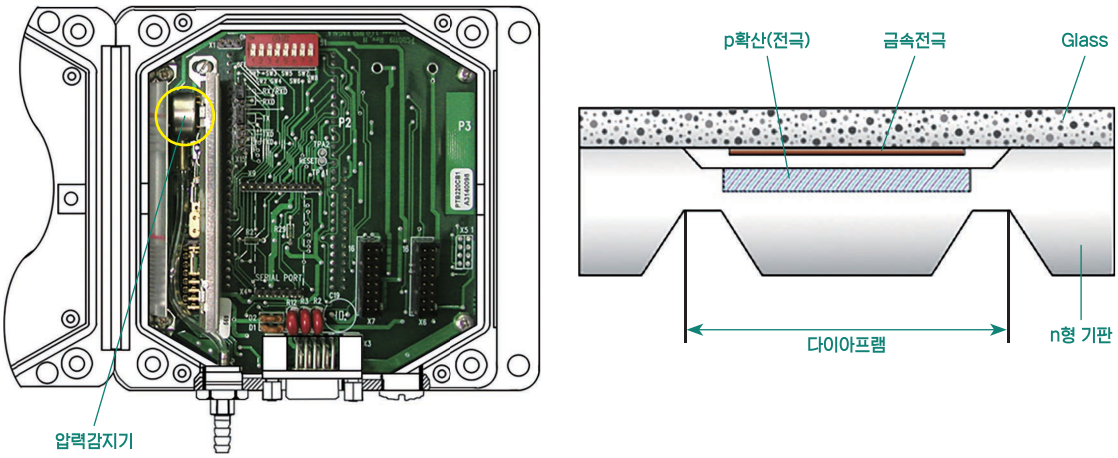
전기저항반도체기압계는 기압에 의해 다이어프램이 변형되면 반도체의 전기저항이 변하는 원리를 이용하여, 진공을 기준 압력으로 하는 방식으로 기압을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 항공·우주, 스마트 기기, 산업· 환경 모니터링, 교육 및 연구 등에 활용된다.



전기저항반도체 기압감지기 및 압력 감지 방식(P1 > P2)

3.1.2 정전용량반도체기압계(Capacitive semiconductor barometer)

정전용량반도체기압계는 실리콘 다이어프램이 기압에 의해 변형되면 두 전극 간 간격이 변해 정전용량이 달라지고, 이 변화를 전기신호로 변환해 기압을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 항공·우주, 스마트 기기, 산업·환경 모니터링, 교육 및 연구 등에 활용된다.



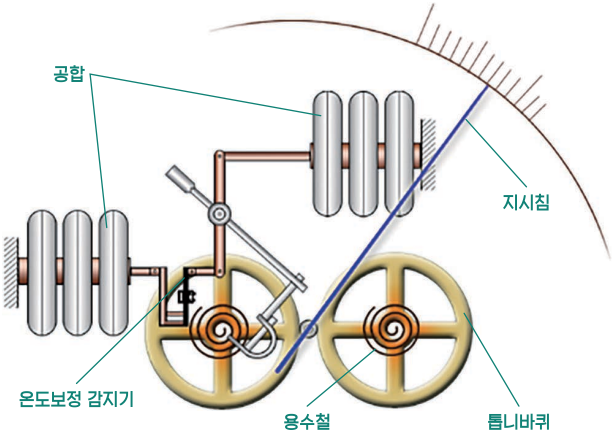
정전용량반도체기압계와 감지기

3.2 기계식

3.2.1 아네로이드기압계(Aneroid barometer)

아네로이드기압계는 진공으로 밀봉한 금속제 공합(벨로스)이 기압 변화에 따라 수축·팽창하며 변형되고, 이 변위를 활용하여 기압을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 항공관측, 해양관측, 휴대형 기상장비, 산업 및 환경 모니터링 등에 활용된다.

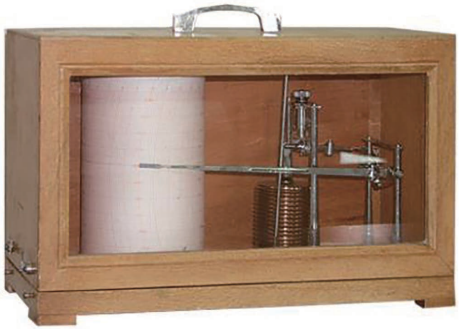


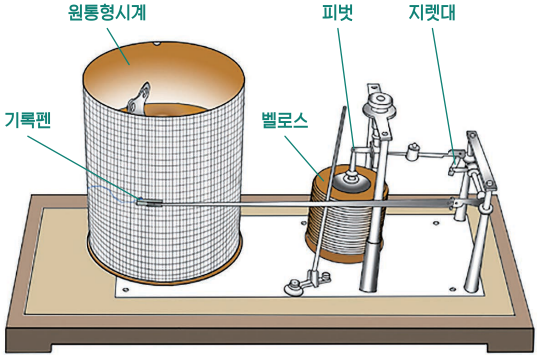


아네로이드기압계

3.2.2 아네로이드자기기압계(Aneroid barograph)

아네로이드자기기압계는 주름진 황동 벨로스가 기압 변화에 따라 길이가 변하고, 이 변위를 회전 원통형 기록지에 연속 기록하여 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 교정용, 항공 및 해양, 산업 및 환경시험, 교육 및 전시 등에 활용된다.





아네로이드자기기압계

제4장 바람관측

4.1 기계식

4.1.1 로빈슨컵풍속계(Robinson's cup anemometer)

로빈슨컵풍속계는 4개의 반구형 컵이 바람에 의해 회전하는 원리를 이용한다. 컵의 회전과 회전축과 연결된 톱니바퀴의 회전 비율에 따라 풍속을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후연구, 산업 현장, 농업·보건·수문기상, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



로빈슨컵풍속계

4.1.2 풍배형풍속계(3-cup anemometer)

풍배형풍속계는 3개의 반구형 컵이 바람에 의해 회전하는 원리를 이용한다. 접점식의 경우 회전축 또는 기어의 회전에 따른 접점 신호를, 발전식은 회전속도에 비례하여 발생한 전압 또는 전기신호를 이용하여 풍속을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후연구, 산업 현장, 농업·보건·수문기상, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



풍배형풍속계

4.1.3 두방향풍향계(Bi-vane, Bi-directional wind vane)

두방향풍향계는 수평 및 연직 방향의 풍향을 동시에 측정하는 장비이다. 수평풍향은 축의 회전 톱니바퀴에 연결된 저항체로, 연직풍향은 도르래와 체인으로 몸체의 상하운동을 저항체로 전달해 각각 풍향을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 풍력발전, 연구·실험, 산업·안전 관리, 해양·항공, 교육용 등에 활용된다.



두방향풍향계 및 감지기 내부

4.1.4 화살형풍향계(Arrow-type wind vane)

화살형풍향계는 삼각 철판 날개깃과 앞부분 추로 무게 평형을 이룬 화살형 몸체가 바람에 따라 회전하면서 회전축에 연결된 지시침이 가리키는 방위각으로 풍향을 산출한다. 측정된 변수는 기상관측, 산업·안전 관리, 농업·원예, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



화살형풍향계

4.1.5 풍차형풍향풍속계(에어로벤)
(Combined recording wind vane and fan-anemograph, Aerovane)

풍차형풍향풍속계는 프로펠러의 회전속도가 풍속에 비례하는 원리로 풍속을 측정하고, 동체가 바람의 방향에 따라 회전하면서 발생하는 전위차계의 저항값 변화를 이용하여 풍향을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 산업·안전 관리, 농업·원예, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



풍차형풍향풍속계(에어로벤)

4.2 초음파식

4.2.1 초음파식풍향풍속계(Ultrasonic anemometer)

초음파식풍향풍속계는 초음파가 바람 방향에 따라 도달 시간이 지연되는 효과를 활용하여, 송수신부 사이를 오가는 전파의 시간 차이로 각 방향의 속도를 계산하고 이를 결합해 풍향과 풍속을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 풍력발전, 난류 연구·실험, 산업·안전 관리, 해양·항공, 대기 경계층 연구 등에 활용된다.

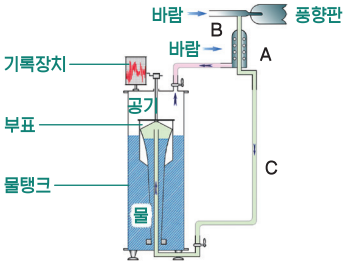


초음파식풍향풍속계

4.3 기타

4.3.1 다인스풍압풍속계(Dines pressure anemometer)

다인스풍압풍속계는 바람이 흡입구멍으로 들어오는 압력과 원통 주위 작은 구멍에서 나오는 바람의 압력 차를 이용한다. 압력 차로 부표를 밀어 올려 발생하는 위치 변화를 회전하는 원통 기록지에 연속적으로 기록하여 풍속 및 순간풍속을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 풍력발전, 연구·실험, 산업·안전 관리, 해양·항공, 교육용 등에 활용된다.



다인스풍압풍속계

4.3.2 열선풍속계(Hot wire anemometer)

열선풍속계는 전기적으로 가열된 미세 금속선이 바람에 의해 냉각되는 효과를 활용하여 가열된 열선이 바람에 의해 온도 내려가면서 저항이 감소하게 되고, 다시 열선에 전류를 공급하는 과정에서 발생하는 전위차로 풍속을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 산업·안전 관리, 가전·환경 모니터링, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



열선풍속계

제5장 강수관측

5.1 강수량

5.1.1 전도형강수량계(Tipping-bucket rain gauge)

전도형강수량계는 한 쌍의 삼각형 용기에 빗물이 모이다가 일정량이 차면 무게에 의해 시소처럼 반대 방향으로 넘어가며 빗물을 비우고, 이때 접전 봉이 리드스위치를 작동시켜 발생한 전기신호(펄스)를 누적해 강수량으로 환산하여 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 농업·수문기상, 수자원관리, 기후변화 감시, 교육 및 연구 등에 활용된다.



전도형강수량계 내부

5.1.2 무게식강수량계(Weighting rain gauge)

무게식강수량계는 수수구로 들어온 강수의 무게에 따라 금속 탄성물체가 변형되면서 스트레인게이지가 이를 전기저항 변화로 감지하고, 브리지 회로를 통해 검출된 저항값을 강수량으로 환산하여 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 농업·수문기상, 수자원관리, 기후변화 감시, 교육 및 연구, 재난·방재 등에 활용된다.



무게식강수량계

5.1.3 광학강우강도계(ORG: Optical Rain Gauge)

광학강우강도계는 적외선이 빗방울에 의해 광학적으로 떨리는 현상(신틸레이션)을 감지하고 이 신호를 증폭·분석해 강우강도로 환산하여 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 교통안전, 농업·수문기상, 산업 현장, 재난·방재, 교육 및 연구 등에 활용된다.



광학강우강도계

5.1.4 사이펀식우량계(Siphon rain gauge)

사이펀식우량계는 저수통에 유입된 빗물의 수위상승에 따라 부표가 함께 올라가면서 부표 축에 연결된 원통형 기록지에 그래프를 그리고, 저수량이 한계에 도달하면 사이펀 작용으로 자동 배수되어 0선으로 되돌아가는 과정을 반복함으로써 누적강우량을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 농업·수문기상, 수자원관리, 기후변화 감시, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



사이펀식우량계

5.1.5 원통형강수량계(Cylindrical rain gauge)

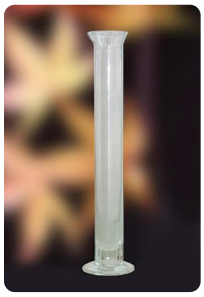
원통형강수량계는 물받이로 받은 빗물을 저수통 안 양동이의 저수병에 모으고, 빗물의 양을 계량함으로써 강우량을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 농업·수문기상, 수자원관리, 기후변화 감시, 교육 및 연구 등에 활용된다.



원통형강수량계

5.1.6 저수병/우량승(Rain measuring glass)

저수병/우량승은 원통형강수량계 물받이를 통해 들어온 빗물이 깔때기를 거쳐 저수병에 저장되면, 이를 계량 용기에 옮겨 담아 그 높이를 읽음으로써 강우량을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 농업·수문기상, 수자원관리, 기후변화 감시, 교육 및 연구 등에 활용된다.



우량승



저수병

5.2 강우감지

5.2.1 임피던스식강우감지기 (Impedance-type rain detector)

임피던스식강우감지기는 센서 표면 전극 사이에 빗물이 형성되면 전기적 임피던스가 감소하는 원리를 이용해, 이 변화량을 신호로 변환·분석하여 강우의 시작과 종료를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 교통안전, 농업·수문기상, 산업 현장, 재난·방재, 교육 및 연구 등에 활용된다.



임피던스식강우감지기

5.2.2 정전용량식강우감지기 (Capacitive-type rain detector)

정전용량식강우감지기는 센서 표면에 빗물이 부착되면 전극 간 정전용량이 변화하는 원리를 이용해 강우의 시작과 종료를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 교통안전, 농업·수문기상, 산업 현장, 재난·방재, 교육 및 연구 등에 활용된다.



정전용량식강우감지기

5.2.3 레이더식강우감지기(Radar-type rain detector)

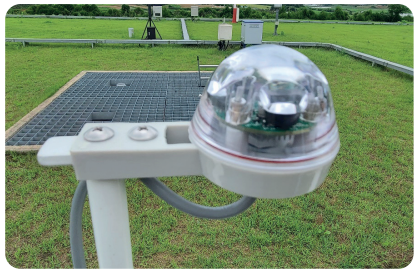
레이더식강우감지기는 마이크로파(또는 밀리미터파)를 방사해 강수입자에 의해 산란·반사되는 신호를 분석하여 강수 유무와 강도 변화를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 교통안전, 농업·수문기상, 산업 현장, 재난·방재, 교육 및 연구 등에 활용된다.



레이더식강우감지기

5.2.4 영상식강우감지기(Optical-type rain detector)

영상식강우감지기는 카메라 또는 광학센서로 강수입자의 영상 정보를 획득 후 이를 영상처리·알고리즘으로 분석하여 강수 유무와 특성을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 교통안전, 농업·수문기상, 산업 현장, 재난·방재, 교육 및 연구 등에 활용된다.



영상식강우감지기

5.3 적설

5.3.1 적설판(Snow measuring plate)

적설판은 백색 페인트가 칠해진 평평한 나무판 위에 눈이 쌓이면 중앙의 수직 눈금자로 쌓인 눈의 깊이를 직접 읽어 적설을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후변화 연구, 수문·농업, 재난·방재, 교통안전 등에 활용된다.



적설판 및 관측노장 설치 모습

5.3.2 적외선적설계(Infrared snow cover meter)

적외선적설계는 적외선 빔이 눈에 반사되어 되돌아오는지 여부로 적설의 높이를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후변화 연구, 수문·농업, 재난·방재, 교통안전 등에 활용된다.



적외선적설계

5.3.3 영상식적설계(Image snow cover meter)

영상식 적설계는 적설 기준자를 촬영한 카메라 영상에서 적설 기준자와 눈의 경계선을 인식해 적설량을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후변화 연구, 수문·농업, 재난·방재, 교통안전 등에 활용된다.



영상식적설계

5.3.4 초음파식적설계(Ultrasonic snow cover meter)

초음파식 적설계는 지지대 끝의 초음파감지기가 지면을 향해 초음파를 발사해 눈 표면에 반사되어 돌아오는 왕복시간을 측정하고, 기온에 따른 음속 보정을 거쳐 적설의 높이를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후변화 연구, 수문·농업, 재난·방재, 교통안전, 극지·산악 연구, 산업 응용 등에 활용된다.



초음파식적설계

5.3.5 레이저식적설계(Laser snow cover meter)

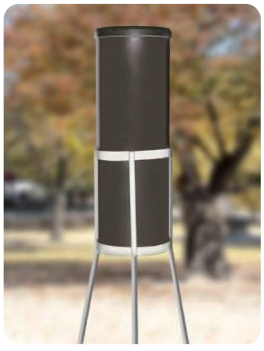
레이저식적설계는 레이저를 지면으로 발사해 눈 표면에서 반사되어 돌아오는 시간을 계산하여 적설 깊이를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 기후변화 연구, 수문·농업, 재난·방재, 교통안전, 산업 응용 등에 활용된다.



레이저식적설계

5.3.6 원통식설량계(Cylindrical snow gauge)

원통식설량계는 용기에 쌓인 눈에 일정량의 뜨거운 물을 부어 녹인 뒤 계량 용기로 측정하고, 여기서 눈 담긴 용기 전체 무게에서 넣었던 물의 양과 용기 무게를 빼서 강설량을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 농업·수문기상, 수자원관리, 기후변화 감시, 교육 및 연구 등에 활용된다.



원통식설량계

5.4 강수성분

5.4.1 산성도측정기(pH meter)

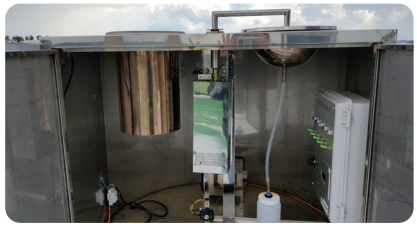
산성도측정기는 수소 이온 농도에 따라 발생하는 전위차를 이용하여 산성도를 측정한다. 온도에 따라 민감하게 변화하므로 자동 온도 보정 기능을 내장하고 있으며, pH 값이 정확히 알려진 표준 용액을 이용하여 2점 또는 3점 보정이 필요하다. 측정된 변수는 환경 모니터링, 수질 분석, 산업 공정 관리 등에 활용된다.



산성도측정기

5.4.2 산성우측정기(Acid rain analyzer)

산성우측정기는 강수 시 빗물을 채취해 수소 이온 농도에 따른 전위차로 pH 값을 계산하고, 전기전도도 센서로 전체 용존 이온 농도를 함께 측정한다. 측정된 변수는 산성우 장기변동 감시, 대기오염 영향평가, 황·질소 산화물 배출 감시 등에 활용된다.


산성우측정기

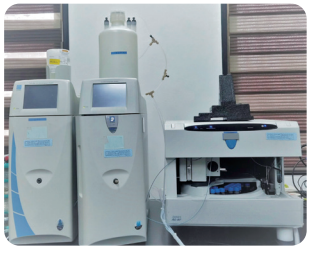
5.4.3 수함량측정기(Water content system)

수함량측정기는 일정 온도로 유지되는 센서에서 증발(또는 융해 후 증발)할 때 소모되는 열량을 보상하는데 필요한 전력을 측정해 총수함량을 산출하고, 이 값으로부터 얼음물함량을 계산하여 측정한다. 측정된 변수는 구름 미세물리학, 항공기 착빙 연구, 수치예보 검증, 기후변화 연구 등에 활용된다.


수함량측정기

5.4.4 이온크로마토그래프(IC: ION Chromatograph)

이온크로마토그래프는 이온 교환 수지를 이용해 혼합 이온을 분리한 후, 각 이온의 농도를 전기전도도 등으로 검출한다. 측정된 변수는 대기복사관측시스템, 산성비 연구, 대기오염 모니터링, 기후변화 연구, 수문·환경 기상 등에 활용된다.


이온크로마토그래프

5.4.5 전기전도도측정기(Conductivity meter)

전기전도도측정기는 전해 물질의 양에 따라 달라지는 전기전도도 값을 측정한다. 측정된 변수는 강수 화학분석, 산성비·대기오염, 기후변화 모니터링, 수문·재해, 농업·해양 기상 등에 활용된다.


전기전도도측정기

제6장 시정 및 통합기상관측

6.1 시정

6.1.1 전방산란식시정계(Forward scattering visibility meter)

전방산란식시정계는 투광부에서 방출된 펄스 형태의 근적외선이 공기 중 에어로졸 등 산란체에 의해 산란될 때, 산란된 빛의 일부를 수광부에서 검출하여 시정거리를 계산한다. 계산된 변수는 기상관측, 항공·항만 안전, 교통안전 관리, 황사·에어로졸 연구, 기후변화 감시 등에 활용된다.



다양한 모양의 전방산란식시정계

6.1.2 투과율식시정계(Transmissometer)

투과율식시정계는 광원에서 나온 빛이 대기를 통과하면서 에어로졸에 의해 흡수 및 산란에 의해 감쇠하는 정도를 검출하여 시정을 계산한다. 계산된 변수는 기상관측, 항공기상, 기후·대기질 연구, 교정, 도로·환경 기상, 황사·에어로졸 연구 등에 활용된다.

6.1.3 영상식시정계(Imaging visibility sensor)

영상식시정계는 스테레오 카메라로 얻은 두 영상 간 양안시차의 원리를 이용하여 3차원 거리 정보를 계산하고, 색채학적·광학적 요소를 분석하여 시정거리를 산출한다. 산출된 변수는 기상관측, 도로교량 안전 모니터링, 공항 활주로 시정 감시, 선박 운항 안전 등에 활용된다.

6.2 통합기상요소

6.2.1 통합기상관측장비 (Integrated meteorological instrument)

통합기상관측장비는 초음파식풍향풍속계, 정전용량식습도계, 백금저항온도계가 복합적으로 설치되어 있는 장비로, 강수량의 경우 압전식 센서를 이용하여 빗방울이나 우박이 충돌할 때 발생하는 신호로 강수량을 산출한다. 측정된 변수는 기상관측망, 공항기상, 대기과학 연구, 재해기상 감시 등에 활용된다.



통합기상관측장비

6.2.2 기본기상요소측정장비 (Aircraft integrated meteorological measurement system)

기본기상요소측정장비는 초음파 센서 간 전파 시간차로 풍향·풍속을 산출하고, 낙하 입자 충돌 시 발생하는 전기 신호로 강수량·강우·강도·우박 여부를 계산한다. 그리고 정전용량식 습도센서와 백금저항온도센서로 온도·습도를 측정하고, 실리콘 압력센서로 기압을 측정한다. 측정된 변수는 공항 기상관측, 기상청 관측망, 재해기상 감시, 대기과학 연구 등에 활용된다.



기본기상요소측정장비

6.3 자료수집·처리

6.3.1 데이터로거(Data logger)

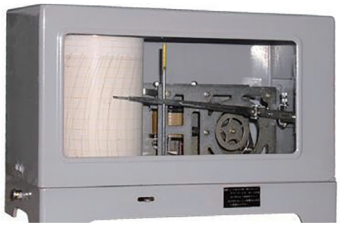
데이터로거는 온도·습도·풍향·풍속 등 기상관측 센서에서 발생한 아날로그 및 디지털 신호를 수집하고 아날로그 신호는 디지털 형태로 변환하여 저장 및 전송하는 장비이다. 해당 장비는 기상관측, 환경 모니터링, 수문학, 농업기상, 대기과학연구, 자동기상관측망 등에 활용된다.



데이터로거

6.3.2 자기전접계수기(Recording electronic counter)

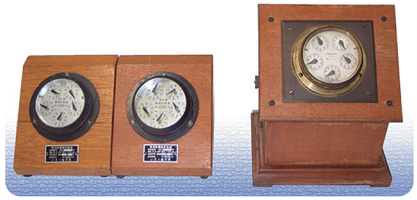
자기전접계수기는 기상관측장비에서 발생하는 전기적 접점 신호를 계수하여 기록하는 장비이다. 전기적 접점 신호가 발생할 때마다 원통형 기록지에 이를 기록하여 풍향·풍속·강수량 등의 관측값 변화를 측정할 수 있다. 이 장비는 기상관측, 교통안전, 농업·수문기상, 산업현장, 재난·방재, 교육 및 연구 등에 활용된다.



자기전접계수기

6.3.3 지시형전접계수기(Indicating electric contact counter)

지시형전접계수기는 풍속계에서 전달된 접점 신호가 전자석과 가동철편을 통해 접점을 형성할 때마다 톱니바퀴를 회전시키고 이를 지시침에 전달하여 관측값을 표시한다. 이 장비는 기상관측, 항공기상, 농업·수문기상, 산업 현장, 재난·방재, 교육 및 연구 등에 활용된다.



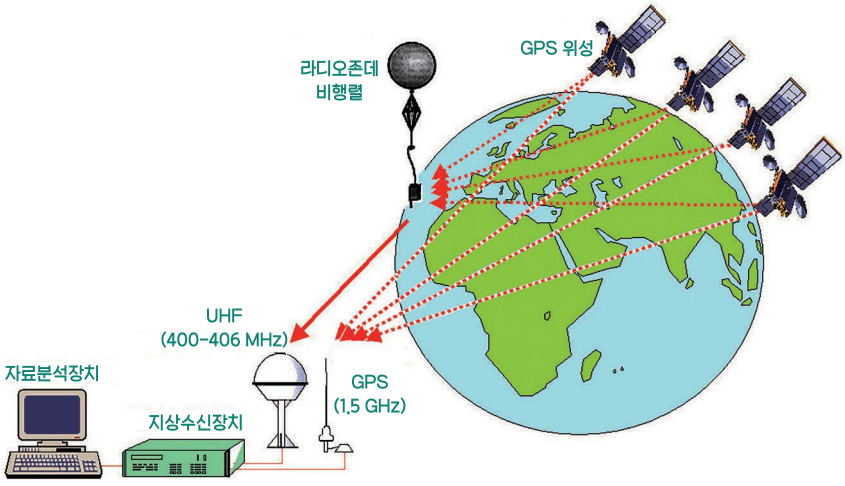
지시형전접계수기

제7장 연직기상관측

7.1 존데관측

7.1.1 라디오존데(Radiosonde)

라디오존데는 온도 및 습도 센서, GPS 수신기, 신호 송출기 등이 포함된 장비를 기구(풍선)에 매달아 하늘로 비양시켜 연직 기온, 습도와 GPS 정보를 활용하여 산출된 기압, 풍향 및 풍속을 측정한다. 풍선의 무게에 따라 비양시킬 수 있는 장비의 무게와 최종 종말고도가 결정되게 되고 적정 상승속도는 5~8ms^{-1}이다. 측정된 변수는 기상관측, 일기예보, 수치예보, 항공기상, 재해기상, 기후변화 연구 등에 활용된다.



GPS 항행보조시스템의 바람 관측

7.1.2 드롭존데(Dropsonde)

드롭존데는 항공기에서 낙하산과 함께 온도 및 습도 센서, GPS 수신기, 신호 송출기 등이 포함된 장비를 낙하시켜, 연직 기온, 습도와 GPS 정보를 활용하여 산출된 기압, 풍향 및 풍속을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 일기예보, 수치예보, 항공기상, 재해 기상, 기후변화 연구 등에 활용된다.



드롭존데

7.2 능동형 원격관측

7.2.1 연직바람관측장비(Wind profiler)

연직바람관측장비는 전파를 상층으로 방사한 뒤 난류에 의해 후방 산란되어 되돌아오는 전파신호를 수신·분석함으로써 고도별 수평 및 연직 바람을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 일기예보, 대기과학 연구, 항공기상, 기후연구, 군사 응용, 교육·훈련 등에 활용된다.



연직바람관측장비

7.2.2 윈드라이다(Wind lidar)

윈드라이다는 근적외선 영역 파장대의 고출력 레이저를 발사한 후 후방 산란되어 되돌아오는 파장의 도플러 편이를 분석함으로써 시선 속도를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 풍력발전 및 난류 탐지, 대기경계층 연구, 도심항공교통, 군사 응용 등에 활용된다.



윈드라이다

7.2.3 소다(SODAR: SOund Detection And Ranging)

소다는 음파를 대기 중으로 발사해 난류에 의해 후방 산란되어 돌아오는 에코의 주파수 편이를 분석함으로써 수평 및 연직 바람을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 풍력발전 및 난류 탐지, 대기경계층 연구, 도심항공교통, 군사 응용 등에 활용된다.



소다(SODAR)

7.2.4 기상레이더(Weather radar)

기상레이더는 전파를 방사한 뒤 강수입자에 의해 반사되어 돌아오는 신호를 분석하여, 강수의 세기와 분포를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측 및 위험기상 감지, 강수량 추정, 홍수 예측, 구름물리 및 기후연구 등에 활용된다.



관악산 기상레이더

7.2.5 연직강우레이더 (MRR: Micro Rain Radar, Vertical rain radar)

연직강우레이더는 연직 방향으로 24GHz (K-band) 대역의 전파를 FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) 방식으로 송신하여 강수입자에서 되돌아 오는 후방산란 신호를 통해 강수입자크기분포(DSD, Drop Size Distribution)와 낙하속도(Fall velocity)를 산출한다. 측정된 변수는 기상관측, 강수 미세물리 연구, 수치예보 개선, 레이더·위성 검정 등에 활용된다.



연직강우레이더(MRR)

7.3 수동형 원격관측

7.3.1 온습도라디오미터 (Temperature and humidity microwave radiometer)

온습도라디오미터는 여러 고도에서 방출되는 마이크로파 복사에너지를 측정해 밝기온도를 계산하고, 복원 알고리즘을 거쳐 연직 기온·습도·액체수함량 정보를 산출한다. 측정된 변수는 기상관측, 수치예보 개선, 위험기상 실시간 감시 등에 활용된다.



온습도라디오미터

7.3.2 GNSS위성측위시스템(GNSS NAVAID System)

GNSS 위성에서 지상 수신국까지 대기를 통과하면서 수증기에 의해 발생하는 굴절로 인해 시간이 지연되는데, 기상 분야에서는 신호 지연 효과를 역으로 분석하여 연직 대기의 가강수량을 산출하는데 활용되고 있다. 산출된 변수는 기상관측, 수치예보 입력자료 및 연직 관측자료 비교 검증에 활용된다.



GNSS위성측위시스템

7.4 기타

7.4.1 측풍기구(Pibal: Pilot balloon)

측풍기구는 일정한 상승률로 비양된 기구를 측풍경위의로 시각적 또는 광학적으로 추적하여 바람을 산출한다. 측정된 변수는 기상관측, 대기과학 연구, 항공기상, 군사 응용, 교육·훈련 등에 활용된다.



측풍기구 비양

제8장 구름물리관측

8.1 운고·운량

8.1.1 레이저식운고계(Laser ceilometer)

레이저식운고계는 레이저 펄스를 연직으로 발사하여 구름 내 물방울에 의해 후방 산란된 신호가 지상으로 도달하는 시간을 계산하고 이를 통해 구름 하부 고도를 산출한다. 산출된 변수는 기상관측, 항공기상, 기후연구, 위성 검증, 대기경계층 연구 등에 활용된다.



레이저식운고계

8.1.2 하늘영상관측기 (ACOS: Automatic Cloud Observation System)

하늘영상관측기는 어안렌즈로 하늘 전체 영상을 자동으로 촬영해 운량을 산출한다. 산출된 변수는 운량 관측, 하늘 상태 기록, 기상예보, 기후연구, 항공·해상 안전 등에 활용된다.기후연구, 위성 검증, 대기경계층 연구 등에 활용된다.



하늘영상관측기(ACOS)

8.1.3 회전빔운고계(Rotating beam ceilometer)

회전빔운고계는 백열등 빛을 점멸시켜 투광기로 상공에 투사하고, 구름에 반사되어 수광기로 돌아온 광점의 위치를 광전소자로 검출해 증폭된 신호를 기록장치에 전달함으로써 구름 하부 고도를 산출한다. 산출된 변수는 기상관측, 기후연구, 수치예보 보정, 항공기상 등에 활용된다.

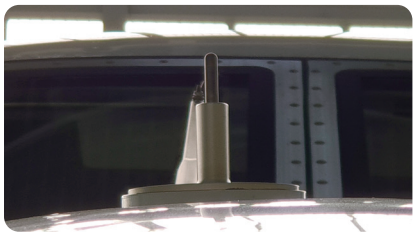


회전빔운고계

8.2 구름입자

8.2.1 결빙탐지기(Icing detector)

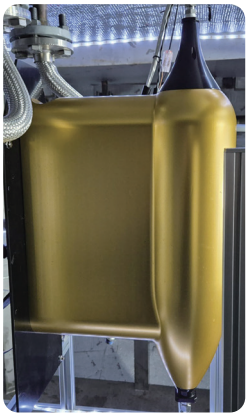
결빙탐지기는 센서 표면에 얼음이 부착·성장하면 공명진동수가 변하는 자기 신축력의 원리를 이용해 이 변화로 결빙 여부와 결빙률을 측정한다. 측정된 변수는 항공기상, 풍력·도로 안전, 기상 연구 등에 활용된다.



결빙탐지기

8.2.2 구름입자모양측정기(CPI: Cloud Particle Imager)

구름입자모양측정기는 항공기에 탑재하여 구름 속을 비행하면서 구름 입자(빙정, 물방울, 혼합상 입자 등)의 고해상도 2차원 이미지를 실시간으로 획득하여 구름 입자의 윤곽과 형상을 산출한다. 산출된 변수는 구름미세물리, 항공기상관측, 기후변화연구, 구름입자형상분석, 강수형태연구 등에 활용된다.



구름입자모양측정기(CPI)

8.2.3 구름입자측정기(CCP: Cloud Combination Probe)

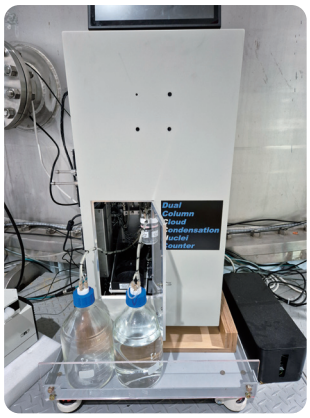
구름입자측정기는 CDP (Cloud Droplet Probe)와 CIP (Cloud Imaging Probe) 측정 센서를 하나의 프로브에 통합한 항공기 탑재용 복합 구름입자 관측장비이다. CDP는 입자가 레이저 빔을 통과할 때 발생하는 전방 산란광의 세기가 입자 크기에 비례함을 이용하여 구름 속 물방울에 대한 입자 수 농도(N) 및 크기 분포(PSD)를 산출한다. CIP는 입자가 통과할 시 차광되는 패턴을 시간 순서로 쌓아 이차원 그림자 이미지를 생성하고, 이를 통해 입자 수 농도 및 크기 분포를 산출한다. CIP는 CDP 보다 큰 입자를 탐지하는데 유리하고, 산출된 정보는 안개·구름 미세물리 연구, 항공기상 안전, 시정예보 개선, 기후·대기과학 연구 등에 활용된다.



구름입자측정기(CCP)

8.2.4 구름입자계수기
(CCNC: Cloud Condensation Nuclei Counter)

구름입자계수기는 두 개의 수직 컬럼 내부에 과포화 수증기 환경을 만들고 에어로졸 입자를 응결핵으로 활성화시켜 물방울로 성장시킨 후 레이저 산란 신호를 통해 실시간 크기를 분류하여 측정한다. 측정된 변수는 기후변화 연구, 구름 형성과 에어로졸–구름 상호작용 평가, 항공 및 지상 관측 등에 활용된다.



구름입자계수기(CCNC)

8.2.5 구름·에어로졸입자분석기
(Cloud aerosol spectrometer depolarization option, CAS-DPOL)

구름·에어로졸입자분석기는 입자가 레이저 빔을 통과할 때 발생하는 전방 산란 신호를 통해 입자 크기 분포를 측정하고, 편광된 후방 산란 신호를 통해 입자의 모양과 상태를 판별한다. 측정된 변수는 구름물리, 에어로졸연구, 대기화학, 기후변화, 오염물질분석, 시정·안개연구 등에 활용된다.


구름·에어로졸입자분석기

8.2.6 나노입자계수기
(SMPS: Scanning Mobility Particle Sizer)

나노입자계수기는 전기장 내에서 에어로졸 입자 크기에 따른 이동 속도 차이를 이용하여 크기별 입자를 분리(DMA, Differential Mobility Analyzer)하고 응결핵계수기(CPC, Condensation Particle Counter)가 이를 계수하여 전기 이동도와 입자 크기의 관계로 나노 입자의 크기와 농도를 산출한다. 산출된 변수는 대기 에어로졸 연구, 나노입자 형성과 성장 과정 분석, 실내외 공기질 평가 등에 활용된다.


나노입자계수기

8.2.7 빙정핵계수기
(PINE: Portable Ice Nucleation Experiment instrument)

빙정핵계수기는 대기 입자를 챔버에 주입한 뒤 압력을 낮춰 과냉각 구름을 형성하고, 얼음으로 전환된 입자를 광학입자계수기(OPC)로 검출해 입자 유입·팽창·압력·복원 단계를 반복하며 빙정핵에 대한 수농도를 산출한다. 산출된 변수는 대기 중 입자 특성 규명, 구름·빙정 미세물리 연구, 기후변화 및 복사 영향 연구 등에 활용된다.



빙정핵계수기

8.3 강수입자

8.3.1 강수입자측정기(PIP: Precipitation Imaging Probe)

강수입자측정기는 레이저 방사 시 강수 입자가 빔을 통과하면 그림자가 형성되고, 조도 변화로 입자 유무를 감지해 연속된 슬라이스들을 모아 입자의 크기와 형태를 산출한다. 측정된 변수는 강수 미세물리학, 레이더 검증, 재해기상, 기후연구 등에 활용된다.



강수입자측정기(PIP)

8.3.2 광학식강수입자계수기(Optical disdrometer)

광학식강수입자계수기는 송신부에서 수신부로 레이저 빔을 방사 시, 강수입자에 의해 수신광 세기가 감소하는 정도로 입자 크기와 낙하 속도를 산출한다. 측정된 변수는 강수 미세물리 연구, 레이더 보정, 기후변화 감시, 항공·수문도로 기상 등에 활용된다.



광학식강수입자계수기

8.3.3 레이더식강수입자계수기(Radar-type disdrometer)

레이더식강수입자계수기는 전파가 빗방울에서 산란되어 나타나는 도플러 신호를 분석하여 빗방울의 입자크기분포를 산출한다. 산출된 변수는 기상관측, 해양·항공기상, 기후연구, 산업 응용, 재난·방재 등에 활용된다.



레이더식강수입자계수기

8.3.4 영상식강수입자계수기 (Two-dimensional video disdrometer)

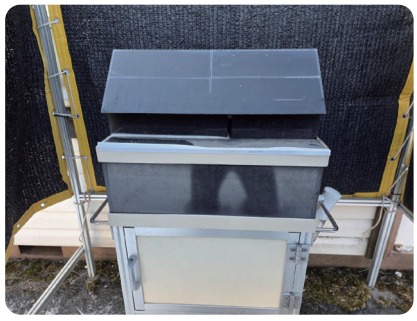
영상식강수입자계수기는 서로 직교하는 두 방향에 설치된 카메라 사이를 강수 입자가 통과할 때 나타나는 그림자를 포착하여 입자 모양과 수량, 두 카메라 간 높이차로 낙하 속도를 산출한다. 측정된 변수는 대기과학 연구, 강수 미세물리 분석, 레이더 보정 연구, 기상기후연구, 수문학 응용 등에 활용된다.



영상식강수입자계수기

8.3.5 눈결정이미지측정기(Snow crystal image probe)

눈결정이미지측정기는 낙하하는 눈 입자가 고속 카메라를 통과할 때 형성되는 이미지를 포착하여 눈 결정의 모양·크기·낙하속도를 산출한다. 측정된 변수는 눈 미세물리 연구, 레이더/위성 보정 연구, 기후 및 수문학, 공항 및 도로 안전 관리 등에 활용된다.



눈결정이미지측정기

8.4 안개입자

8.4.1 안개입자측정기(Fog monitor)

안개입자측정기는 안개 입자가 레이저 빔을 통과할 때 특정 전방 산란각에서 빛을 수집하여 크기와 농도를 판정하고, 액체수함량(LWC)를 산출한다. 산출된 변수는 안개·구름 미세물리 연구, 항공기상 안전, 시정예보 개선, 기후·대기과학 연구 등에 활용된다.



안개입자측정기

8.4.2 기상입자분광기 (MPS: Meteorological Particle Spectrometer)

기상입자분광기는 입자가 레이저 빔을 통과시 형성되는 전방 산란 신호를 통해 에어로졸 및 안개(구름) 입자의 크기, 모양 및 낙하속도를 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 강수 미세물리 연구, 수문학적 분석, 레이더/위성 강수 산출 보정 등에 활용된다.



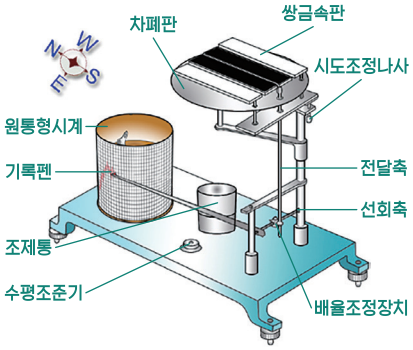
기상입자분광기(MPS)

제9장 대기복사관측

9.1 전천일사

9.1.1 로빗치전천일사계(Robitzsch pyranometer)

로빗치전천일사계는 오스트리아 기상학자 M. Robitzsch가 개발한 바이메탈(Bimetallic) 방식의 기계식 자기일사계이다. 열전퇴(Thermopile) 방식과 달리 열에 의한 금속 팽창 차이로 휘어지는 현상이 발생하여 회전 원통형 기록지에 일사량이 기록된다. 기록된 값은 일사연구, 기후연구, 교육용 등에 활용된다.



로빗치전천일사계

9.1.2 수평면전천일사계(Global solar radiation pyranometer)

수평면전천일사계는 수평면에 입사하는 태양 직달복사와 산란복사를 합산한 전천일사(Global Solar Irradiance)를 측정하는 장비이다. 측정방식은 고정밀 관측에 주로 사용되는 열전퇴(Thermopile) 방식과 실용적으로 활용되는 광전형(Photodiode) 방식이 있다. 측정된 변수는 기상관측, 기후연구, 태양광 발전, 농업기상, 복사 모형 검증 등에 활용된다.



수평면전천일사계

9.1.3 열전퇴전천일사계(Thermopile pyranometer)

열전퇴전천일사계는 태양복사에너지를 열전퇴(Thermopile)로 변환하여 전기 신호로 출력하는 방식으로, 세계기상기구(WMO)에서 정의한 일사 관측의 표준 방식이다. 열전퇴란 열전쌍을 여러 겹으로 쌓아 올린 소자로서, 흑백의 흡열면(Blackened receiver)과 기준면 간의 온도 차이를 전압으로 변환(제백 효과) 후 감도계수를 곱하여 일사량을 산출한다. 감도계수는 기준 장비와 비교를 통해 교정값으로 결정되고, 제백 계수는 내장된 온도 서미스터(NTC)를 통해 자동으로 보정된다. 측정된 변수는 기상관측, 기후연구, 태양광 발전, 농업기상, 복사 모형 검증 등에 활용된다.



차온식전천일사계

9.2 직달일사

9.2.1 열전퇴직달일사계(Thermopile pyrheliometer)

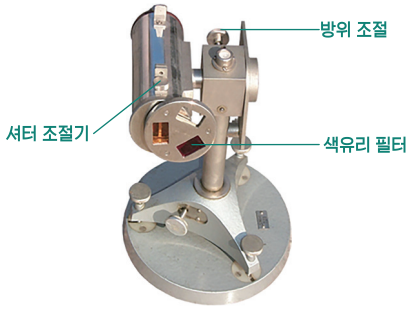
열전퇴직달일사계는 원통으로 입사된 직달 태양광을 수집 후, 통과한 복사에너지로 인해 흑백의 흡열면의 온도가 상승되면서 기준면과의 온도 차이가 발생하고 이를 전압으로 변환(제백 효과) 후 감도계수를 곱하여 직달일사량을 산출한다. 직달 태양광 만을 수집해야 하므로 주로 태양과 동일하게 바라볼 수 있는 썬트래커(Sun tracker)가 같이 운용된다. 측정된 변수는 국제 표준 복사 관측, 기상청 관측망, 기후변화 연구, 태양에너지 등에 활용된다.



열전퇴직달일사계

9.2.2 옹스트롬직달일사계(Ångstrom pyrheliometer)

옹스트롬직달일사계는 스웨덴의 K. Ångstrom이 개발한 기기로, 열전퇴(Thermopile) 방식이 아닌 전기 보상법(Null-Balance Method)를 사용하여 일사량을 측정한다. 이는 직달 태양광을 받은 수감부와 일사를 차단한 수감부의 온도 차를 없애기 위해 전기 에너지를 가하게 되고, 해당 에너지를 일사량으로 환산하여 계산하는 방식을 뜻한다. 전류와 저항은 정밀 측정이 가능하므로 해당 일사계는 소급성을 확보할 수 있기 때문에 다른 일사계 교정 시 기준으로 활용된다.



옹스트롬직달일사계

9.2.3 은반직달일사계(Silver-disk pyrheliometer)

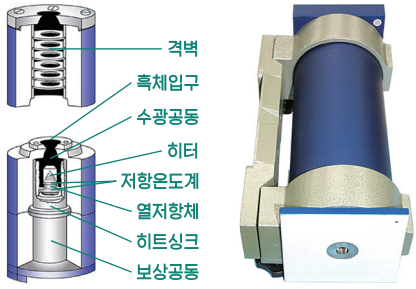
은반직달일사계는 흑색 도금된 은 원판에 직달 태양광을 쏘이거나 차단하면서, 은반의 온도 상승률과 냉각률의 차이로부터 직달일사량을 산출한다. 옹스트롬 직달일사계와 같이 은의 비열과 질량, 수광면적이라는 물리적 특성에 기반한 절대 측정 방식으로 초기에 WMO 기준기로 많이 활용되었다.



은반직달일사계

9.2.4 절대직달일사계(Absolute pyrheliometer)

절대직달일사계는 직달일사를 차단한 상태에서 원뿔 형태의 흑체 공동 수광체에 히터를 틀어 특정 기준온도를 유지시킨 채, 차폐판을 열어 태양 복사 에너지가 전달되게 되면 수광체의 온도가 상승하게 되고, 기준 온도를 맞추고자 히터의 온도를 감소시키게 되는데 이때 줄어든 전기 에너지를 직달일사로 환산하여 산출한다. 현재 전 세계 모든 일사계 교정의 최상위 기준으로 활용된다.



절대직달일사계

9.3 일조

9.3.1 졸단일조계(Jordan sunshine recorder)

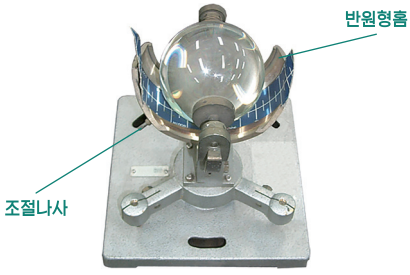
졸단일조계는 영국의 W.E. Jordan (1885년)이 고안한 기기로 두 개의 반원형 금속판(청동)에 있는 감광지에 감광 흔적의 길이를 측정해 일조시간을 구한다. 측정된 변수는 기상청 표준 장비(역사), 기후연구, 농업기상, 보존·전시 등에 활용된다.



졸단일조계

9.3.2 캄벨일조계(Campbell-Stokes' sunshine recorder)

캄벨일조계는 영국의 J.F. Campbell (1853년)이 고안하고 G.G. Stokes (1879년)가 개량한 기기로 유리구를 통과하는 태양광을 집광하여 반원형 홈에 끼워진 기록지 표면을 태운 후, 해당 흔적의 길이를 측정해 일조시간을 구한다. 측정된 변수는 기상청 표준 장비(역사), 기후연구, 농업기상, 보존·전시 등에 활용된다.



캄벨일조계

9.3.3 바이메탈일조계(Bimetal sunshine recorder)

바이메탈일조계는 흑색(수광부)과 백색(기준)으로 칠해진 두 금속 막대에서 태양광에 의한 일사 흡수량의 차이로 발생하는 열팽창 변위 차를 이용하여, 일사에 의해 접점이 닫히고 열리면서 발생하는 신호를 기록 회로가 받아 일조시간을 측정한다. 측정된 변수는 기상관측, 자동 일조 기록, 농업기상, 기후연구, 교육 및 연구, 보존·전시 등에 활용된다.



바이메탈일조계

9.3.4 회전식일조계(Rotating mirror sunshine recorder)

회전식일조계는 모터로 회전하는 소형 거울이 태양 직달광을 광검출기 방향으로 주기적으로 반사시켜, 검출기에 도달하는 반사 펄스 신호의 유무와 강도로 일조를 산출한다. 측정된 변수는 에너지수지, 기후변화연구, 지표복사, 농업기상, 태양에너지, 수문학, 대기복사 등에 활용된다.



회전식일조계

9.4 복사

9.4.1 순복사계(Net radiometer)

순복사계는 지표면 위아래에서 오가는 단파와 장파 복사를 동시에 측정하여 순복사량을 산출하는 장비이다. 상향 센서가 대기에서 내려오는 단파와 장파를 하향 센서가 지표에서 반사·방출되는 단파와 장파를 각각 측정하고 이 네 값의 차이를 통해 순복사를 산출한다. 측정된 변수는 에너지수지, 기후변화연구, 지표복사, 농업기상, 태양에너지, 수문학, 대기복사 등에 활용된다.



순복사계

9.4.2 지구복사계(Pyrgeometer)

지구복사계는 센서가 대상(하늘·지표)으로부터 복사를 흡수하는 동시에 센서 자체 온도에 따라 방출하는 복사 평형에 기초하여, 이 차이를 전압으로 출력하고 보정식을 통해 실제 장파 복사량을 산출한다. 측정된 변수는 지상복사 관측, 에너지수지 연구, 기후변화 감시, 대기복사 전달 모델 검증 등에 활용된다.



지구복사계

9.5 자외선

9.5.1 자외선측정기(UV-A)(UV-A radiometer)

자외선측정기(UV-A)는 자외선(320~400nm)을 선택적으로 투과시키는 필터와 검출 소자를 이용하여 자외선 복사강도를 전기신호로 변환해 측정한다. 측정된 변수는 대기복사, 기후학적 오존 연구, 생물학적 영향 연구, 장기간 현장 관측 등에 활용된다.



자외선측정기(UV-A)

9.5.2 자외선측정기(UV-B)(UV-B radiometer)

자외선측정기(UV-B)는 자외선 B영역(280~320nm)의 일사량 중에서 맥킨리-디피 작용 스펙트럼에 의해 가중된 유해 자외선만을 선택적으로 검출해 일정 시간 간격으로 측정한다. 측정된 변수는 온실기체관측, 지상 도달 자외선 양과 성층권의 오존량 감시 등에 활용된다.



자외선측정기(UV-B)

제10장 온실·반응가스관측

10.1 온실가스

10.1.1 가스크로마토그래프(GC: Gas Chromatograph)

가스크로마토그래프는 시료를 분리관 내로 유입시켜 각 성분이 흡착성·용해성 차이에 따라 이동속도 차이를 보이며 분리되고, 분리관 출구의 검출기를 통과할 때의 신호로 각 성분의 농도를 검출한다. 검출기는 두 가지 형태로 나뉠 수 있는데, 유기화합물이 수소-공기 불꽃 속에서 탈 때 생기는 이온·전자를 측정하는 불꽃이온화검출기(FID)와 방사성 동위원소 붕괴로 발생한 β선이 시료를 이온화시킬 때 감소하는 전자량을 측정하는 전자포획검출기(ECD)가 있다. 측정된 변수는 대기환경 관측, 대기과학 연구, 산업·보건, 기상기후 분석, 교육 및 연구 등에 활용된다.



가스크로마토그래프

10.1.2 공동감쇠분광기 (CRDS: Cavity Ring-Down Spectrometer)

공동감쇠분광기는 두 개의 고반사율 거울이 설치된 광학 공동 안에서 레이저 빛이 수천~수만 번 반사되는 동안 기체 분자에 의해 흡수·감쇠되는 시간(Ring-down time)을 측정하여 기체 농도를 산출한다. 측정된 변수는 온실가스 모니터링 연구, 기후변화 감시, 위성 검증, 장기 기상관측망 운영 등에 활용된다.



공동감쇠분광기

10.1.3 공진출력분광기 (ICOS: Integrated Cavity Output Spectrometer)

공진출력분광기는 공동감쇠분광기와 같이 광학 공동 안에서 반복되는 레이저 반사 신호를 사용하는 방식으로 CRDS와 동일하지만 기울여 레이저 빛을 입사시켜 레이저 가도를 직접 측정하는 방식이다. 측정된 변수는 온실가스 감시, 대기화학 연구, 기후변화 모니터링, 원격 감시 네트워크 등에 활용된다.



공진출력분광기

10.1.4 이산화탄소/수증기 가스분석기 (CO_2/H_2O gas analyzer)

이산화탄소/수증기 가스분석기는 적외선 흡수 분광법(NDIR, Non-Dispersive Infrared)을 기반으로 이산화탄소와 수증기 분자의 선택적 적외선 흡수 특성을 이용 Beer-Lambert 법칙으로 투과 강도 감소량에서 농도를 산출한다. 에디 공분산 플럭스 측정에 본 장비가 많이 활용되나, 고정밀 온실가스 농도 측정에는 CRDS 또는 ICOS가 주로 사용된다. 측정 방식은 개방형(Open-Path)과 밀폐형(Closed-Path)으로 나뉘는데 개방형의 경우 응답속도는 매우 빠르나 강수 및 결로의 영향을 매우 크게 받는다. 밀폐형의 경우 튜브로 기체를 흡입하는 방식이어서 날씨 영향은 적으나 응답속도는 개방형보다 느리다. 측정된 변수는 플럭스 측정, 탄소순환 연구, 온실가스 모니터링, 대기-생태계 상호작용 등에 활용된다.



이산화탄소/수증기 가스분석기

10.1.5 비분산적외선가스분석기 (NDIR: Non Dispersive Infra Red)

비분산적외선가스분석기는 특정 기체가 고유 파장의 적외선을 흡수하는 성질을 이용해 CO_2, CO, CH_4, N_2O, SO_2, NO 등의 농도를 측정하는 장비로, 적외선 광원과 기준셀/시료셀 그리고 검출기 등으로 구성된다. 광원에서 나온 빛이 기준셀과 시료셀을 각각 통과할 때 생기는 신호 차이를 전기 신호로 변환하며, 흡수량은 비어-램버트(Beer-Lambert) 법칙에 따라 농도로 환산된다. 측정된 변수는 대기오염감시, 기후변화모니터링, 실내공기질측정, 배출가스분석 등에 활용된다.



비분산적외선가스분석기

10.1.6 태양흡수분광간섭계(FT-IR spectrometer)

태양흡수분광간섭계는 마이켈슨 간섭계(Michelson Interferometer)를 이용하여 모든 파장의 적외선을 동시에 측정한 후, 푸리에 변환으로 파장별 스펙트럼을 복원하여 대기 총량을 산출한다. 해당 기기는 TCCON (Total Carbon Column Observing Network)에서 핵심 기기로 활용된다.



태양흡수분광간섭계

10.2 반응가스

10.2.1 이산화황분석기(SO_2 analyzer)

이산화황분석기는 이산화황 분자가 자외선을 흡수하면 들뜬 상태(excited state)로 전이되었다가 기저 상태로 돌아오면서 형광(fluorescence)을 방출하는데, 이를 검출하여 형광의 강도로 농도를 측정한다. 측정된 변수는 화산 관측, 산성비 모니터링, 대기질 관측망, 에어로졸 연구 등에 활용된다.



이산화황분석기

10.2.2 일산화탄소분석기(CO analyzer)

일산화탄소분석기는 일산화탄소가 4.67μm 부근에서 적외선을 흡수하는 특성을 이용하여, 고농도 일산화탄소(CO) 충전 셀(필터 셀)과 질소(N_2) 충전 셀(기준 셀)에 레이저 빔을 교대로 투과시켜 빔의 신호 차이로 농도를 산출한다. 측정된 변수는 대기질 모니터링, 배출가스 감시, 도시 오염 연구, 교통·산업지역 일산화탄소 추적 등에 활용된다.



일산화탄소분석기

10.2.3 질소산화물분석기(NOx analyzer)

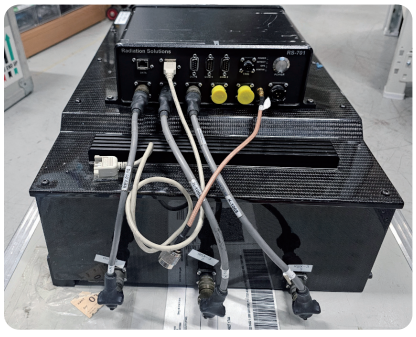
질소산화물분석기는 주로 화학발광법을 사용하는데 이는 일산화질소(NO) 분자가 오존(O_3)과 반응하면 들뜬 상태의 이산화질소(NO_2)가 생성된다. 이후 기저 상태로 돌아가면서 적외선을 방출하는데 해당 빛의 강도가 농도와 비례하므로 질소 농도를 산출한다. 측정된 변수는 대기질관측, 배출원 감시, 교통오염평가, 대기화학연구 등에 활용된다.



질소산화물분석기

10.2.4 공중방사능측정기(Airborne radiation detector)

공중방사능측정기는 탈륨 처리된 요오드화나트륨 단결정 섬광검출기가 감마선과 물질의 상호작용 시 발생하는 형광을 PMT (광전자증배관)가 전자 신호로 변환·증폭하여, 에너지별로 분류해 스펙트럼을 산출한다. 측정된 변수는 공중방사능 탐사, 지표 핵종 분포 추정, 지질·광물 탐사·환경 방사능 감시 등에 활용된다.

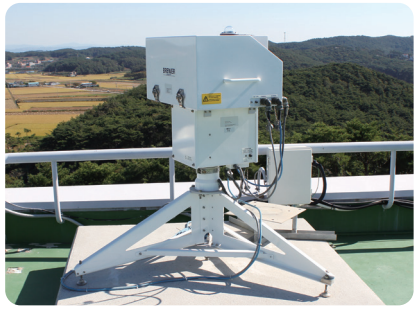


공중방사능측정기

10.3 오존

10.3.1 브루어분광광도계(Brewer spectrophotometer)

브루어분광광도계는 캐나다 기상청의 Alan Brewer가 개발한 자외선 분광기로 오존전량(Total Column Ozone)과 자외선(UV)측정의 세계 표준 장비이다. 태양광에서 오는 자외선이 오존층을 통과할 때 특정 파장에서 선택적으로 흡수되는 특성을 이용하여 306~320nm 파장대의 5개 파장 강도를 측정하고 이를 PMT (광전자증배관)을 통해 광자 개수를 검출 후 Beer-Lambert 법칙을 적용하여 오존전량을 계산한다. 산출된 변수는 지상관측, 오존 원격탐사, 자외선 감시 등에 활용된다.



브루어분광광도계

10.3.2 오존분석기(Ozone analyzer)

오존분석기는 오존 분자가 254nm 파장에서 자외선을 흡광하는 원리를 이용하며, 오존이 포함되지 않은 기준 가스와 포함된 샘플 가스 간 자외선 강도 차이를 Beer-Lambert 법칙을 적용하여 농도로 환산한다. 측정된 변수는 대기과학, 기후변화, 대기오염 연구, 기상기후 연구, 환경 모니터링 등에 활용된다.



오존분석기

10.3.3 오존존데(Ozonesonde)

오존존데는 전기화학 농도형(ECC) 센서의 음극 셀에서 오존이 요오드화 칼륨과 반응해 요오드를 생성하고 이것이 환원되며 발생하는 전류 세기가 오존 농도에 비례하는 원리를 이용해, 기구에 부착되어 성층권까지 상승하며 연직 분포를 측정한다. 측정된 변수는 성층권 오존 관측, 대기화학 연구, 기후변화 감시, 대기질 장기 모니터링 등에 활용된다.



오존존데

제11장 에어로졸관측

11.1 질량농도

11.1.1 미세입자측정기 (SNPS: Suspended Nano Particle Sizer)

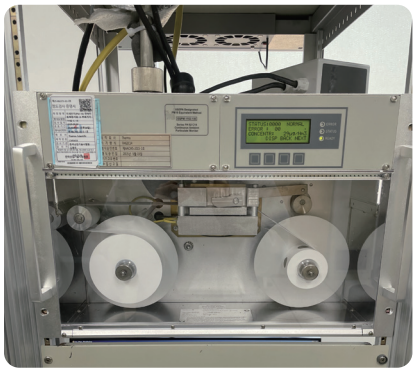
미세입자측정기는 유입된 공기에서 특정 입경 이하만 선별한 뒤, 레이저 빔이 입자에 부딪혀 발생하는 산란광의 세기와 패턴을 광센서로 검출해 입자 크기와 농도로 환산한다. 측정된 변수는 대기질 모니터링, 환경영향평가, 도시대기오염 관측, 기상청/환경부 관측망, 연구실험 등에 활용된다.



미세입자측정기

11.1.2 부유분진측정기(Continuous particulate monitor)

부유분진측정기는 직경 10μm이하 입자를 필터에 포집하고, β선의 흡수량 변화를 이용해 단위 체적당 농도로 환산하여 출력한다. 측정된 변수는 대기복사관측시스템, 종합기상정보시스템 황사 자료 표출, 기상청/환경부 예보시스템, 대기환경기준 충족 여부 검증, 규제 효과 분석 등에 활용된다.



부유분진측정기

11.1.3 고용량미세먼지채취기 (High volume particulate sampler)

고용량미세먼지채취기는 필터가 장착된 흡입 모터로 대기 중 입자상 물질 중 TSP, PM10, PM2.5 등 크기별 입자만 여과지에 포집하고 중량법으로 질량 농도를 산출한다. 측정된 변수는 대기환경 감시, 산업 보전, 환경연구, 대기환경기준 충족 여부 평가 등에 활용된다.



고용량미세먼지채취기

11.1.4 저용량미세먼지채취기
(Low volume particulate sampler)

저용량미세먼지채취기는 낮은 유속으로 대기 중 입자를 필터에 선택된 입경의 입자만 걸러내고 이를 중량법 또는 화학 분석으로 농도를 산출한다. 측정된 변수는 대기오염 모니터링, 장기환경감시, 미세먼지 성분분석, 기후변화 연구, 도시대기질조사 등에 활용된다.



저용량미세먼지채취기

11.1.5 탄소입자측정기
(Single particle soot photometer, SP2)

탄소입자측정기는 고출력 레이저를 대기 중 블랙카본 입자에 흡수시켜 가열한 뒤 방출되는 에너지를 정량적으로 관측해 단일 입자 단위로 질량농도를 산출한다. 측정된 변수는 대기복사관측시스템, 대기오염 연구, 기후변화 연구, 극지 및 눈/얼음 연구 등에 활용된다.

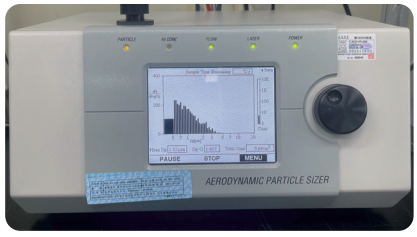


탄소입자측정기

11.2 수농도

11.2.1 공기역학입자계수기
(APS: Aerodynamic Particle Sizer)

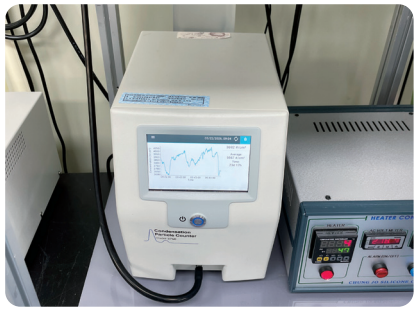
공기역학입자계수기는 노즐을 통과하는 입자가 대 개의 레이저빔을 통과하는 신호 시간차를 분석해 입자크기를 산출하고, 동시에 입자가 산란시키는 빛의 세기로 산란강도를 계산한다. 계산된 변수는 흡입독성 연구, 대기오염 및 기상학 연구, 실내공기질 모니터링 등에 활용된다.



공기역학입자계수기

11.2.2 응결핵계수기
(CPC: Condensation Particle Counter)

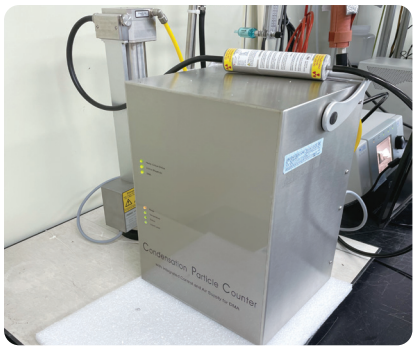
응결핵계수기는 냉각 응축부에서 과포화 환경을 만들어 미세입자를 응결핵으로 성장시키고, 이를 레이저-광다이오드 검출기로 계수해 수농도를 산출한다. 산출된 변수는 대기과학 연구, 에어로졸 물리특성 연구, 입자 발생 및 누출 검증, 이동식 대기조사 등에 활용된다.



응결핵계수기

11.2.3 전자기유도입자계수기 (SMPS: Scanning Mobility Particle Sizer)

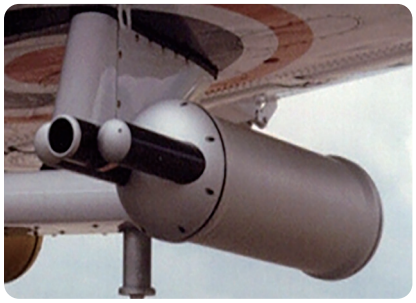
전자기유도입자계수기는 미세입자에 액체를 입혀 크게 만든 뒤, 빛으로 검출하는 방식을 기반으로 전기이동도분류기를 통해 크기별 입자 수를 산출한다. 산출된 변수는 에어로졸 연구, 대기환경 모니터링, 나노기술 공정 모니터링, 대기 핵생성 연구 등에 활용된다.



전자기유도입자계수기

11.2.4 전방산란스펙트로미터 (FSSP: Forward Scattering Spectrometer Probe)

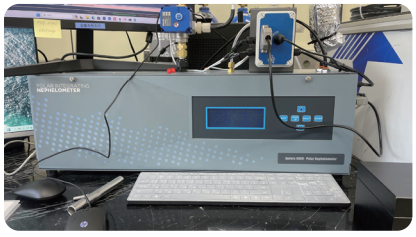
전방산란스펙트로미터는 단일 입자가 레이저 빔을 통과할 때 전방으로 산란되는 빛의 강도를 측정하고, 이를 입자 지름으로 환산해 채널별 수농도를 산출한다. 측정된 변수는 구름미세물리 연구, 기상조절 실험, 항공 관측 연구, 에어로졸 연구 등에 활용된다.


전방산란스펙트로미터

11.3 광흡수·산란·두께

11.3.1 광산란계수측정기(Nephelometer)

광산란계수측정기는 대기 중 에어로졸 및 기체 분자에 의한 빛의 산란계수(Scattering Coefficient)를 직접 측정하는 장비이다. 빛을 통과하며 줄어드는 정도를 이용해 빛의 산란강도를 구하고 공기 자체에 의해 산란되는 값을 빼서 에어로졸 산란계수를 산출한다. 측정된 변수는 대기오염 모니터링, 기후변화 연구, 에어로졸 특성 분석, 장기 대기질 관측망 등에 활용된다.


광산란계수측정기

11.3.2 광흡수계수측정기(Aethalometer)

광흡수계수측정기는 에어로졸이 필터에 포집될 때 특정 파장의 빛이 투과하는 정도를 측정하여 광학적 감쇄를 흡수에 의한 신호로 환산한다. 측정된 변수는 대기오염 모니터링, 기후변화 연구, 광학적 에어로졸 특성 분석, 장기 대기질 관측망 등에 활용된다.


광흡수계수측정기

11.3.3 스카이라디오미터(Sky-radiometer)

스카이라디오미터는 파장별로 관측된 직달 및 산란일자 자료를 복원 알고리즘으로 계산하여 에어로졸의 광학적 특성을 산출한다. 측정된 변수는 대기오염 모니터링, 기후변화 연구, 에어로졸 특성 분석, 장기 대기질 관측망 등에 활용된다.



스카이라디오미터

11.3.4 에어로졸라이다(Aerosol lidar)

에어로졸라이다는 일정한 파장의 레이저를 대기 중으로 발사해 에어로졸에 의해 후방산란되는 빛을 수신·분석함으로써 에어로졸의 연직 분포와 두께를 측정한다. 측정된 변수는 황사 관측, PM10관측, 농도 및 분포 특성 분석, 예보체제 구축 등에 활용된다.



에어로졸라이다

11.3.5 정밀필터복사계(PFR: Precision Filter Radiometer)

정밀필터복사계는 태양직달복사를 분광학적으로 측정하여, 랭리 플롯 방법(Langley Plot Method)으로 절대 교정해 에어로졸 광학두께와 수증기량을 산출한다. 측정된 변수는 에어로졸 장기모니터링, 오존 관측, 기후변화 연구, 위성 보정, 복사전달모델 검증 등에 활용된다.





정밀필터복사계

11.3.6 태양광도계(Sun-photometer)

태양광도계는 태양 및 산란광을 여러 파장에서 측정해 비어-램버트 법칙을 적용하고, 대기 산란·흡수 특성을 역산해 에어로졸 광학두께 등을 산출한다. 측정된 변수는 에어로졸 광학두께 측정, 대기질 모니터링, 위성 보정, 기후변화 연구, 화산재 탐지 등에 활용된다.





태양광도계

11.4 화학성분

11.4.1 가스·에어로졸분석기(Gas and aerosol analyzer)

가스·에어로졸분석기는 가스성분과 에어로졸 성분을 액화하여 용액 상태로 만든 뒤 이온 크로마토그래피로 성분 농도를 정량한다. 측정된 변수는 대기질 모니터링, 대기오염 연구, 장기관측망 구축, 전구체가스·2차에어로졸 형성 연구 등에 활용된다.



가스·에어로졸분석기

11.4.2 에어로졸성분분석기 (MARGA: Monitor for Aerosols and Gases in Ambient air)

에어로졸성분분석기는 채취한 공기 시료에서 입자 크기 분류 장치로 걸러낸 에어로졸을 광학 센서에 노출시켜 기준 스펙트럼과 비교해 구성 성분을 추정한다. 측정된 변수는 대기오염 감시, 기후연구, 에어로졸 화학 분석, 환경 모니터링, 미세먼지 연구 등에 활용된다. 전구체가스·2차 에어로졸 형성 연구 등에 활용된다.



에어로졸성분분석기

11.5 꽃가루

11.5.1 꽃가루자동관측기(Pollen measurement system)

꽃가루자동관측기는 레이저·카메라로 연속 유입된 입자의 산란광 패턴과 홀로그래피 영상을 동시에 기록하고 UV형광 반응까지 활용해 크기·형태·표면 특성을 분석함으로써 생물학적 입자(꽃가루·곰팡이 포자)를 비생물학적 입자와 실시간으로 구분·분류한다. 측정된 변수는 꽃가루 예보, 알레르기 연구, 생물 에어로졸 감시, 대기질 모니터링, 기후변화 연구 등에 활용된다.



꽃가루자동관측기

11.5.2 꽃가루수동관측기(Manual pollen monitoring system)

꽃가루수동관측기는 포집기에 접착테이프를 설치한 뒤 흡입된 공기 중 꽃가루와 곰팡이 포자를 7일간 테이프에 부착시켜 시간대별로 연속 포집한 뒤, 이를 현미경으로 분석한다. 측정된 변수는 대기 중 꽃가루 모니터링, 곰팡이 포자 연구, 알레르기 예측, 환경위생, 기상관측 등에 활용된다.



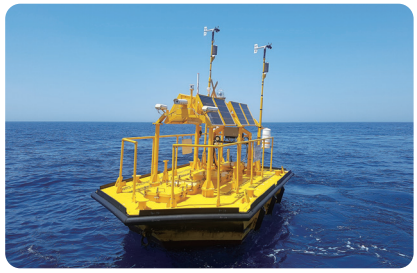
꽃가루수동관측기

제12장 해양기상관측

12.1 기상요소

12.1.1 해양기상부이(Ocean data buoy)

해양기상부이의 기상요소는 일반 기상관측과 동일한 방식으로 측정하고, 해양요소는 부이의 움직임을 가속도계로 측정한 변위를 스펙트럼 분석하여 파고와 파주기를 산출한다. 측정된 변수는 태풍·해일 감시, 수치예보 지원·개선, 해양기상특보 운영, 수치모델 입력·검증, 기후변화 연구, 해상 교통 안전 등에 활용된다.



해양기상부이

12.1.2 표류부이(Drifting buoy)

표류부이는 원해에서 표류하며 파고, 파주기, 수온, 기압 등의 관측자료를 위성통신으로 전송한다. 측정된 변수는 해양환경관측, 위험기상(태풍) 모니터링, 해양열용량분석, 해양중규모변동성 연구 등에 활용된다.



표류부이

12.1.3 등표기상관측장비 (Light house automatic weather station)

등표기상관측장비는 등표나 관측탑 등 해양 구조물에 설치되어 풍향, 풍속, 기압, 기온, 습도를 관측하고 관측자료는 위성 및 부호 분할 다중 접속(CDMA) 등을 통해 전송된다. 측정된 변수는 연안 기상 및 해상상태 감시, 항만 안전, 수치예보 지원, 기후변화 연구 등에 활용된다.



등표기상관측장비

12.1.4 해상풍라디오미터 (SFMR: Stepped Frequency Microwave Radiometer)

해상풍라디오미터는 항공기에 탑재되어 여러 주파수의 마이크로파를 이용하여 해면의 밝기온도를 측정해 해상 풍속과 강수를 산출하는 장비이다. 측정된 변수는 허리케인·태풍 감시, 해상풍 산출, 강도 추정, 수치모델 입력 등에 활용된다.



해상풍라디오미터(SFMR)

12.2 해양요소

12.2.1 파고부이(Coastal wave buoy)

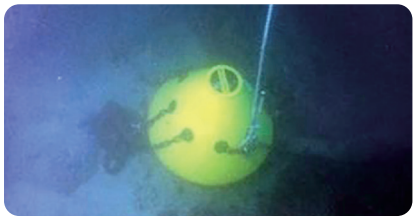
파고부이는 근해에 설치되어 파고부이 몸체의 운동 가속도를 측정·분석하여 파고·파주기를 측정한다. 관측된 자료를 부호 분할 다중 접속(CDMA)으로 전송한다. 측정된 변수는 태풍·해일 감시, 수치예보 지원·개선, 해양기상특보 운영, 수치모델 입력·검증, 기후변화 연구, 해상 교통 안전 등에 활용된다.



파고부이

12.2.2 압력파고계(Pressure-type wave gauge)

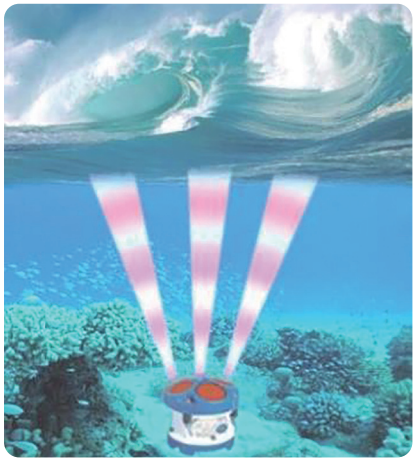
압력파고계는 해수면 아래에 설치하여 수온과 해수 운동에 의한 압력 변화를 측정하는 장비이다. 관측 자료에 파동이론을 적용해 표면파로 변환시켜 파고를 산출한다. 측정된 변수는 지진해일 및 해일 감시, 해양 재해 예방·연구, 항만 설계, 해상 안전, 기후변화 감시 등에 활용된다.



해저에 설치된 압력파고계

12.2.3 수중발사형초음파파고계 (Upward-looking ultrasonic wave gauge)

수중발사형초음파파고계는 해저에 설치된 송·수신기에서 초음파를 연직 상방으로 발사하고, 해수면에서 반사되어 돌아오는 시간을 측정해 해면까지의 거리를 산출한다. 측정된 변수는 지진해일 및 해일 감시, 해양 재해 예방·연구, 항만 설계, 해상 안전, 기후변화 감시 등에 활용된다.



수중발사형초음파파고계

12.2.4 공중발사형초음파파고계 (Downward-looking ultrasonic wave gauge)

공중발사형초음파파고계는 공중에 설치된 송·수신기에서 초음파를 연직 하향으로 발사하고, 해면에서 반사되는 시간을 측정해 파고를 산출한다. 측정된 변수는 지진해일 및 해일 감시, 해양 재해 예방·연구, 항만 설계, 해상 안전, 기후변화 감시 등에 활용된다.



공중발사형초음파파고계 설치 모습

12.2.5 마이크로파레이더파고계 (Microwave radar wave gauge)

마이크로파레이더파고계는 마이크로파를 이용해 해면에서 반사·산란되는 신호를 스펙트럼 분석하여 유의파고, 최대파고, 주기, 파향 등을 산출한다. 측정된 변수는 지진해일 및 해일 감시, 해양 재해 예방·연구, 항만 설계, 해상안전, 기후변화 감시 등에 활용된다.



마이크로파레이더파고계

12.2.6 영상레이더파고계(Imaging radar wave gauge)

영상레이더파고계는 X밴드 레이더로 해면 후방산란 영상을 획득해 파면 이미지를 스펙트럼 분석하여 유의파고, 최대파고, 파주기를 산출한다. 측정된 변수는 지진해일 및 해일감시, 해양재해 예방·연구, 항만 설계, 해상 안전, 기후변화 감시 등에 활용된다.



영상레이더파고계(제주 고산)

12.2.7 해일파고계(Tsunami wave gauge)

해일파고계는 초음파를 연직 하향으로 발사해 해면에서 반사되어 돌아오는 시간을 거리로 환산하여 수면 높이를 측정한다. 측정된 변수는 지진해일 및 해일 감시, 해양 재해 예방·연구, 항만 설계, 해상 안전, 기후변화 감시 등에 활용된다.



해일파고계

12.2.8 초음파해류측정기 (ADCP: Acoustic Doppler Current Profiler)

초음파해류측정기는 송신된 초음파가 수중 부유 입자에 산란되어 되돌아오는 신호의 주파수 이동(도플러 효과)을 분석해 수층별 유속 벡터를 산출한다. 측정된 변수는 해양학 연구, 연안 및 항만 유속 모니터링, 항로 안전관리, 기후변화 연구 등에 활용된다.



초음파해류측정기

12.2.9 수온염분측정기
(CTD: Conductivity-temperature-depth sensor)

수온염분측정기는 해수의 전기전도도와 온도를 측정해 염분을 계산하고, 압력으로 수심을 산출한다. 측정된 변수는 해양 연구, 수직 수온·염분 밀도 프로파일 관측, 연안 및 심해 환경 모니터링 등에 활용된다.



수온염분측정기

12.2.10 아르고플로트(ARGO float)

아르고플로트는 바다에 투하되어 해수의 전기전도도를 감지해 설정된 깊이까지 잠수한 뒤 부력을 조절해 상승하면서 수온·염분·수심을 연속적으로 관측한다. 측정된 변수는 라그랑지안관측, 수치예보 초기장, 해양·기후변화 연구, 해류 연구, 해양생지화학 감시 등에 활용된다.



아르고플로트

12.2.11 해양글라이더(Ocean glider)

해양글라이더는 오일펌프와 피스톤으로 부력을 조절해 잠수와 상승을 반복하면서 수평방향으로 이동하며 탑재된 CTD센서로 수온·염분·압력의 수직 분포를 관측한다. 측정된 변수는 해양환경관측, 위험기상(태풍) 모니터링, 해양열용량 분석, 해양중규모변동성 연구 등에 활용된다.



해양글라이더

기상관측장비사전 요약본

발 행 일	2026년 10월
발 행 처	국립기상과학원
편 집	김동진, 김기훈, 인소라, 정운선, 강덕두, 현채은, 이철규
주 소	제주특별자치도 서귀포시 서호북로 33
홈 페 이 지	www.nims.go.kr

PDF 파일은 국립기상과학원 홈페이지에서 다운로드하실 수 있습니다.

* 이 책은 저작권법에 따라 보호받는 저작물이므로 무단전재와 무단복제를 금합니다. 이 책의 전부 또는 일부를 이용하려면 반드시 국립기상과학원의 동의를 받아야 합니다.

OPEN
출처표시 상업용금지 변경금지
공공누리 공공저작물 자유이용허락

본 요약본은 참고용으로만 활용하십시오.

보다 자세한 내용은 「기상관측장비사전」 원본을 참조하시기 바랍니다.






기상청 국립기상과학원

63568. 제주특별자치도 서귀포시 서호북로 33
www.nims.go.kr 대표전화 (064)780-6500

ISBN 979-11-93905-90-6