
지상기상관측지침

2026. 3.



기상청

본 지침은 소속기관의 관측업무 효율성 향상을 위해 MQC 결과 보고 의무 폐지, 소속기관 지도점검 주기 완화에 관한 사항을 반영하여 개정되었습니다.

차 례

제 1 편 총 설

제 1 장 개요	1
1.1 일반사항	1
1.2 지상기상관측의 정의	1
1.3 지상기상관측의 목적	2
제 2 장 지상기상관측의 절차	3
2.1 관측자의 태도	3
2.2 관측의 횟수와 시각	3
2.3 관측순서	5
2.4 관측결과의 입력 및 DB관리	6
제 3 장 지상기상관측의 환경과 시설	7
3.1 지상기상관측의 특징	7
3.2 관측환경	7
3.3 기상측기	12
제 4 장 기상관측망의 관리 운영	14
4.1 용어 정의	14
4.2 기상관측망의 운영	15
4.3 관측시설 이전·신설 시 고려사항	18
4.4 기상관측지점 관리	18
4.5 관측시설의 운영·관리	21

제 2 편 지상기상관측

제 1 장 기압 관측	22
1.1 기압관측의 목적	22
1.2 기압의 정의	22
1.3 기압의 단위	22
1.4 관측방식	23

1.5	관측소기압과 해면기압	23
1.6	기압경향 특성	23
제 2 장	기온 관측	25
2.1	기온관측의 목적	25
2.2	기온의 정의	25
2.3	기온의 단위	25
2.4	관측방식	26
제 3 장	습도 관측	27
3.1	습도관측의 목적	27
3.2	습도의 정의	27
3.3	습도의 표현방법	27
3.4	관측방식	31
제 4 장	바람 관측	32
4.1	바람관측의 목적	32
4.2	바람의 정의	32
4.3	바람관측의 단위	33
4.4	풍향 및 풍속 관측	33
4.5	관측방식	34
제 5 장	강수량 및 적설 관측	35
5.1	강수량 및 적설 관측의 목적	35
5.2	강수량 및 적설의 정의	35
5.3	설치환경 및 조건	36
5.4	관측방식	37
제 6 장	일사 관측	38
6.1	일사관측의 목적	38
6.2	일사의 정의	38
6.3	관측방식	42

제 7 장 일조시간 관측	43
7.1 일조시간 관측의 목적	43
7.2 일조시간의 정의	43
7.3 일조계 설치	44
7.4 관측방식	44
제 8 장 증발량 관측	45
8.1 증발량 관측의 목적	45
8.2 증발량의 정의	45
8.3 Penman-Monteith 증발량 계산식	45
제 9 장 구름 관측	50
9.1 구름 관측의 목적	50
9.2 구름의 정의	50
9.3 구름의 관측	50
9.4 관측방식	53
9.5 구름의 분류	54
9.6 서로 닮은 구름들의 주요한 차이	70
9.7 C_L , C_M , C_H 부호에 의한 구름관측 개요	75
9.8 C_L , C_M , C_H 부호 숫자의 결정 방법	77
9.9 구름사진(상·중·하층운의 전형적인 형태)	79
제 10 장 기상현상과 일기	94
10.1 기상현상과 일기관측의 목적	94
10.2 기상현상과 일기의 정의	94
10.3 기상현상의 종류	94
10.4 기상현상의 관측	106
10.5 현상기사의 기록	107
10.6 일기	115
제 11 장 시정 관측	124
11.1 시정관측의 목적	124
11.2 시정의 정의 및 개요	124
11.3 시정관측 방법(목측)	125
11.4 시정관측 방법(계기(시정·현천계))	130

제 12 장 지면온도와 지중온도 관측	131
12.1 개요	131
12.2 지면온도의 관측	131
12.3 지중온도의 관측	132
제 13 장 토양수분 관측	133
13.1 토양수분 관측의 목적	133
13.2 토양수분의 정의	133
13.3 토양의 적합성	133

제 3 편 자동기상관측

제 1 장 자동기상관측장비	134
1.1 개요	134
1.2 점검 및 보수	134
제 2 장 종관기상관측장비 (ASOS)	136
2.1 구성	136
2.2 센서의 설치 및 유지관리 기준	138
2.3 자료처리부의 기능	149
2.4 종합기상정보시스템에서의 요소별 자료처리	160
2.5 농업기상관측	163
제 3 장 방재기상관측장비 (AWS)	166
3.1 구성	166
3.2 센서의 설치 및 유지관리 기준	167
3.3 자료처리부의 기능	168
3.4 종합기상정보시스템에서의 요소별 자료처리	169
3.5 부대장비 및 부대설비	170
제 4 장 방재기상관측장비 (AWS)의 관리	171
4.1 개요	171

제 5 장 도로기상관측장비 (RWS)	172
5.1 도로기상 관측소 구분	172
5.2 관측요소 및 구성	172
5.3 도로기상관측	174
5.4 지점선정 및 센서 설치기준	178
5.5 장비규격	182
5.6 점검 및 보수	183

< 부 록 >

1. 기압 측정	185
1.1 수은기압계	185
1.2 아네로이드기압계	194
1.3 자기기압계	196
1.4 미기압계	199
1.5 반도체기압계	199
2. 온도 측정	201
2.1 기온관측	201
2.2 유리제온도계	202
2.3 수은온도계	206
2.4 최고온도계	206
2.5 최저온도계	207
2.6 자기온도계	209
2.7 열전접전온도계	211
2.8 금속제온도계 및 전기저항온도계	212
2.9 백금저항온도계	213
3. 습도 측정	216
3.1 모발자기습도계	216
3.2 자기온·습도계	218
3.3 통풍건습계	218
3.4 냉각경이슬점계	221
3.5 염화리튬이슬점계	222
3.6 전기저항고분자막습도계	223
3.7 정전용량고분자막습도계	224
4. 바람 측정	225
4.1 풍배형풍속계	225
4.2 바람자루	226
4.3 자기전접계수기	226
4.4 풍향·풍속계	228

4.5	풍배형풍속계	229
4.6	풍차형풍향·풍속계(에어로벤)	229
4.7	초음파식풍향·풍속계	230
5.	강수량 측정	231
5.1	저수식강수량계	231
5.2	원통식강수량계	232
5.3	사이펀(Syphon)식수량계	234
5.4	전도형자기강수량계	235
5.5	강수강도계	236
5.6	평형우설량계	238
5.7	전도형강수량계	239
5.8	무게식강수량계	240
5.9	원통(Cylinder)식설량계	240
5.10	적설판 및 설척	241
5.11	적설의 비중(설밀도)과 온도관측	244
5.12	레이저식적설계	244
5.13	초음파식적설계	249
5.14	광학식적설계	257
5.15	영상식적설계	259
6.	일사 측정	260
6.1	수평면일사계	260
6.2	에프리일사계	261
6.3	산란일사계	262
6.4	반사일사계	262
6.5	스펙트럼일사계	263
6.6	기타	263
6.7	일사계기준기	263
6.8	직달일사계	264
6.9	전천일사계	264
7.	일조 측정	265
7.1	줄단일조계	265

7.2	캠벨일조계	267
7.3	바이메탈일조계	269
7.4	회전식일조계	270
7.5	포토소자일조계	270
8.	증발량 측정	271
8.1	소형증발계	271
8.2	대형증발계	272
8.3	시간별 증발량 계산식	275
9.	운고 측정	279
9.1	개요	279
9.2	시스템 구성	280
10.	경위의	280
10.1	개요	280
10.2	취급 및 점검	281
11.	지면상태 관측	282
11.1	개요	282
11.2	관측	282
12.	수동관측 순서	283
12.1	개요	283
13.	백엽상	284
13.1	개요	284
13.2	취급 및 점검	285
14.	부유분진측정기	286
14.1	개요	286
14.2	부유분진측정기 측정의 이해	287
14.3	부유분진측정기 운영	289

※ 참고 자료 1 (Beaufort 풍력 계급표)	292
※ 참고 자료 2 (관측기록부 및 기입·사용 요령)	293
※ 별지 1 (기상관측시설 (이전·신설·폐쇄) 요청서)	296
※ 별지 2 (기상관측시설 환경조사서)	297
※ 별지 3 (기상관측시설 후보지 관측환경 조사서)	298
※ 별지 4 (기상관측시설 이전(신설) 완료보고서)	300
※ 별지 5 (자동기상관측소 기상관측시설 점검표)	302
※ 별지 6 (지점명/지점번호(신규·해지·변경) 신청서)	303
※ 별지 7 (비교관측 양식)	304
※ 별지 8 (특이기상현상 분석 양식)	307
※ 별지 9 (종관기상관측장비 점검표)	308
※ 별지 10 (방재기상관측장비 점검표)	309
※ 별지 11 (안개관측장비(시정·현천계) 점검표)	310
※ 별지 12 (레이저식적설계 점검표)	311
※ 별지 13 (AWS다목적영상관측장비 점검표)	312
※ 별지 14 (황사관측장비 점검표)	313
※ 별지 15 (긴급보수 확인서)	314
※ 별지 16 (방재기상관측장비관리자 월간처리 실적)	315
※ 별지 17 (일 농업기상통계표)	316

약어표

구 분	영 문	국 문
AAOS	Automated Agricultural Observing System	농업기상관측장비
AQC	Automatic Quality Control	자동품질관리
ASOS	Automated Synoptic Observing System	종관기상관측장비
AWS	Automatic Weather System	방재기상관측장비
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	세계농업기구
KST	Korea Standard Time	한국표준시
LINET	Lightning Detection NETwork	낙뢰관측장비
MOR	Meteorological Optical Range	기상학적 광학거리
MQC	Manual Quality Control	수동품질관리
UTC	Coordinated Universal Time	협정세계시
WMO	World Meteorological Organization	세계기상기구
RWS	Road Weather System	도로기상관측장비

제 1 편 총 설

제 1 장 개 요

1.1 일반사항

대기는 인간생활에 있어 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 개인의 일상생활이 기상현상에 의해 영향을 받으며, 각종 산업도 기상과는 분리할 수 없는 관계에 있다. 이와 같이 인간과 기상의 관계를 배경으로 기상업무는 기상재해의 예방과 경감 및 대기와 해양의 적극적인 이용에 기여하기 위하여 대기과학과 과학기술의 진보를 통하여 발전해 왔다.

기상관측은 기상업무 중에서 가장 기본적인 역할을 한다. 실시간으로 생산된 기상관측 자료는 현재의 기온, 풍속 등 기상상태를 파악하는데 이용될 뿐만 아니라 통신망을 통하여 수집·분석된 자료는 일기예보의 기초 자료가 되며 보고서와 기상월보 등의 간행물로 발간된다. 또한 조사·연구과정을 거쳐, 광범위하게 사회·경제활동의 자료로 이용되며, 대기상태의 장기적 변화를 감시하기 위한 연구에 있어서도 매우 중요한 자료로 쓰이고 있다.

기상업무의 기초를 이루고 있는 기상관측의 역할은 매우 크다. 기상현상을 이해하기 위해서는 대기의 성질을 다각적으로 정확하게 파악해 둘 필요가 있다. 기상관측은 각 기상 요소를 정밀하게 입체적으로 관측하기 위해 각종 관측 기기를 사용하고 있으며 그 목적에 맞는 관측방법의 개선과 장비의 개발이 계속되고 있다.

1.2 지상기상관측의 정의

지상기상관측이란 지면 부근 및 지상에서의 기상요소와 기상현상에 대한 관측을 말한다.(관측업무규정 제3조) 자연과학적인 측정의 한 부분으로 지상에 있어서 시시각각 변하는 기상요소와 현상에 대해 눈(目)으로 관측 또는 기상관측 장비 등의 측기를 사용한 자동 또는 수동으로 지상기상상용표, 대수표, 기타 계산표 등을 바탕으로 소정의 계산과정을 거쳐 생산되는 수치 혹은 부호로 기록 표출되는 모든 것을 말한다.

1.3 지상기상관측의 목적

일반 관측관서에서 수행하고 있는 기상관측의 목적은 관측값을 서로 비교 분석하기 위하여 일정한 시각에 해당지역의 기상요소를 관측하고, 「국제기상 전보식」에 따라 국제적으로 자료를 교환하여 현재의 기상실황을 파악하고 분석하여 예보와 특보자료로 이용하고, 각종 기상재해 방지에 기여하며 기후조사를 위한 통계자료나 대기과학을 연구하는 데 필요한 자료를 얻기 위한 것이다.

제 2 장 지상기상관측의 절차

2.1 관측자의 태도

- (1) 관측자는 기상관측지침을 충분히 숙지해야 한다. 그러나 관측지침에만 의존하지 말고 자신의 기술적인 발전이나 향상에 노력해야 한다.
- (2) 구름이나 강수현상을 비롯한 모든 기상요소는 시간의 흐름에 따라 어떤 원인에 의하여 변화 과정을 거쳐 현재의 상태로 나타난 것이며, 결코 우연한 것이 아니다. 따라서 관측에 있어서는 넓은 구역에 걸친 전반적인 기상상태를 고려하여 정확히 현상을 파악하는 동시에 그 원인을 규명할 수 있어야만 좋은 결과를 얻을 수 있다는 것을 명심해야 한다.
- (3) 관측자는 각 기상요소가 무엇을 목적으로 하여 관측하고 있는가를 충분히 인식하고 끊임없는 연구를 통해 관측 기술의 향상을 도모해야 한다.
- (4) 기상관측에 사용하는 측기는 언제나 최고의 성능을 발휘할 수 있도록 보수해야 하며, 그러기 위하여 관측자는 사용하는 측기의 구조, 취급방법 등에 능숙해야 한다.
- (5) 관측자는 특히 관측시각을 엄수해야 한다. 기상현상은 두 번 반복되는 일이 없기 때문에 시시각각으로 변화하는 기상현상을 지속적으로 감시하여 관측이 누락되지 않도록 해야 한다.

2.2 관측의 횟수와 시각

2.2.1 관측횟수

일반적으로 기상관측의 횟수와 관측시각은 정해져 있으나 이용 목적에 따라 변경될 수 있다. 기상관측은 한 지역의 기후 조사만을 위한 것이 아니며, 각 지방 또는 국제적인 비교를 위해 같은 시각에 같은 방법에 의해서 관측되어야 한다. 정시관측 시각은 국제적으로 통일되어 있으며 [표 1]과 같다.

[표 1] 정시관측 횟수 및 시각

관 측 시 각 (협정세계시: UTC)									
1일	4회	18	-	00	-	06	-	12	-
1일	8회	18	21	00	03	06	09	12	15
1일	24회	정시							

지상기상관측 및 지상기후관측은 [표 2]와 같다.

[표 2] 관측의 종류·기준시각 및 관측요소

관측 구분	관측 종류	관측기준시각(KST)	관 측 요 소
지상 기상 관측	정시 관측	매 정시*	기온, 기압, 습도, 풍향, 풍속, 강수량, 적설, 구름, 시정, 기타 일기현상 등
	자동 기상 관측	매 1분	기온, 기압, 습도 또는 이슬점온도, 풍향, 풍속, 강수량, 일조, 초상온도, 지면온도
지상 기후관측		3·6·9·12·15 ·18·21·24	기온, 기압, 습도, 풍향, 풍속, 강수량, 적설, 구름, 시정, 기타 일기현상, 일조, 이슬점온도
		3·9·15·21	지중온도(5cm, 10cm, 20cm, 30cm)
		9	대형증발량(4월부터 10월까지), 소형증발량, 지중온도(0.5m, 1m, 1.5m, 3m, 5m)

※ 1·2·19·20·22·23시에 수행하는 정시관측은 제1편 2.3.절의 기상요소별 관측방법 중에서 눈(目)으로 관측하는 기상요소를 수행하지 않을 수 있음

2.2.2 관측시각

관측시각은 UTC(협정세계시)를 따르지만 일조 및 일사관측에 한해서는 그 지방의 진태양시를 쓴다. 기상전보에서도 UTC를 사용한다. 진태양시의 정오에 해당하는 한국표준시는 역서에서 구할 수 있다. 역서에 기재되어 있는 일남중 시각은 기상청(서울기상관측소) 진태양시의 정오에 해당하는 한국표준시각을 표시하는 것이다. 따라서 어떤 한 곳의 진태양시의 정오에 해당하는 한국표준시를 구하려면 그곳과 기상청 경도의 차를 시간으로 환산하여 역서에 기재되어 있는 일남중 시각을 가감하면 된다.

예를 들면, 어떤 한 곳이 서울보다 서쪽에 있으면 경도시차를 더하고 동쪽에 있으면 빼다. 경도 15°는 1시간으로 환산한다.

예) 2002년 1월 1일의 울릉도 지점 진태양시의 정오는 한국표준시의 몇 시에 해당하는가?

울릉도 지점의 경도와 진태양시 : 130°54' = 8시 43분 36초
 기상청의 경도와 진태양시 : 126°58' = 8시 27분 52초
 시간차 : 15분 44초

역서에서 2002년 1월 1일의

기상청 일남중시각

12시 35분 27초

-15분 44초

12시 19분 43초

즉, 예시에서의 울릉도 지점 진태양시 정오(일남중시)는 한국표준시로 12시 19분 43초이다.

2.2.3 일계

일계는 15 UTC를 원칙으로 한다. 일계를 15 UTC로 하지 않을 때는 그 일계를 명시해야 한다.

2.3 관측순서

기상현상은 시시각각으로 변화하는 것이므로 모든 기상요소의 관측은 정확히 정시에 하는 것이 이상적이다. 그러나 실제에 있어서는 많은 기상요소를 정각에 모두 관측할 수 없으므로 기상요소의 지속성을 고려하여 앞뒤로 일정한 시간 안에 관측을 실시하여 정시에 관측한 것으로 한다.

이와 같이 관측시간에는 일정한 폭이 있으므로 각 관측관서가 서로 다른 순서로 관측을 수행한다면 관측 결과를 상호 비교 하는데 시간적 차이가 발생할 수 있어 일정한 순서에 따라 관측을 수행한다.

기상관측은 다음 순서로 한다.

- (1) 시정
- (2) 구름
- (3) 일기현상(일기종류, 현상상태 등)
- (4) 적설

그러나 관측관서의 사정에 따라 순서의 일부를 바꾸더라도 그 영향이 작고 문제가 되지 않는다면 무방하다.

기상요소별 관측방법은 다음과 같다.(기상청고시 제2025-12호, 2025.6.9., 일부개정)

- (1) 자동관측: 기온, 풍향, 풍속, 강수량, 강수유무, 기압, 습도, 지면온도, 지중온도, 초상온도(지표에 접해 있는 풀 위의 온도), 일사, 일조, 시정
- (2) 계산: 증발량
- (3) 자동관측 또는 눈(目)으로 관측: 적설, 운고(구름의 높이), 운량(구름의 양)
- (4) 눈(目)으로 관측: (1)~(3)을 제외한 운형(구름의 형태) 등의 기상요소

[표 3] 기상요소별 관측방법

— [기상요소별 관측방법(기상청 고시, '25. 6. 9.)] —

1. 기온, 풍향, 풍속, 강수량, 강수유무, 기압, 습도, 지면온도, 지중온도, 초상온도(지표에 접해 있는 풀 위의 온도), 일사, 일조, 시정은 자동관측하고, 증발량은 자동관측한 기상요소를 이용하여 계산
2. 적설, 운고(구름의 높이), 운량(구름의 양)은 자동관측 또는 눈(目)으로 관측
3. 제1호 및 제2호를 제외한 운형(구름의 형태) 등의 기상요소는 눈으로 관측

2.4 관측결과의 입력 및 DB관리

기상요소별 관측자의 목적으로 관측된 관측값은 즉시 종합기상정보시스템에 입력을 해야 하며, 지상기상관측장비에 의해 관측되어 시스템 전송 및 DB에 저장되는 관측요소는 품질검사를 확인해야 한다.

품질검사는 유효성, 정확성 등에 대하여 정해진 기준 및 절차에 따라 기상현상을 과학적 방법으로 관찰·측정한 자료의 이상 여부를 판단하는 일련의 활동을 말하며, 품질검사 방법에는 자동 품질검사(AQC)와 수동 품질검사(MQC)가 있다. 자동 품질검사는 알고리즘을 이용하여 정해진 조건에 따라 값의 이상 여부를 판단하는 방법을 말하며, 수동 품질검사는 업무 담당자가 품질검사 결과를 수정 또는 변경하는 방법을 말한다.

제 3 장 지상기상관측의 환경과 시설

3.1 지상기상관측의 특징

기상관측은 자연과학적인 측정의 하나로, 관측대상인 대기의 특성이나 관측 자료를 다양한 형태로 이용하고자 하는 목적이 포함되어 있으며, 이러한 지상 기상관측의 특성은 다음과 같다.

하나의 국가에서 관측된 자료만으로 기상, 기후 및 대기 메커니즘을 분석하고 예측하기에는 한계가 있다. 따라서 전 세계적으로 통일된 관측방법, 관측장소 및 관측시각에 따라 관측을 실시하며, 그 관측결과는 공통의 기호나 숫자로 기록되고 통보된다. 이와 같이 전 지구적으로 동시성을 가지면서 장기간 연속으로 관측되는 기상관측 결과는 그 가치가 매우 크다.

기상관측은 자연현상 그 자체뿐만 아니라 변동성이 큰 자연현상도 대상으로 하므로 가혹한 조건과 다양한 환경에 모두 적합하면서 전 세계적으로 통일된 하나의 측기와 관측방법을 유지·관리하는 것은 매우 어려운 일이다.

기상현상은 미세규모, 중규모, 대규모 등 다양한 기상현상이 포함되어 있다. 그 변동의 주거나 수명도 5~6차수까지의 차이를 보이고 있어, 다양한 규모의 기상현상에 대해 일정한 관측망을 구축하고 관측자료를 수집한 후에 각각의 목적에 맞추어 이용하는 것이 일반적이다.

이와 같이 기상관측에는 다른 자연과학 분야에서 접할 수 없는 측정제약이라는 어려움이 있어, 이러한 점을 감안하면서 그 사회의 다양한 목적에 부합되는 관측을 수행하는 것이 중요한 과제이다.

3.2 관측환경

기상요소는 관측소 부근의 일반적인 기상상태를 대표할 수 있어야 하므로 관측소 위치는 관측에 영향을 줄 수 있는 높은 건물 등이 많은 곳이나 산악, 산림, 호수, 기타 장애물의 영향을 받는 곳은 피해야 하며, 평탄하고 바람의 유통이 잘되고 시야가 넓은 곳에 위치해야 한다. 또한 관측소는 업무의 수행상 교통과 통신 등 최적의 관측환경 요건을 구비해야 한다.

기상요소별 관측환경에 관한 기준은 [표 4]에 따른다.

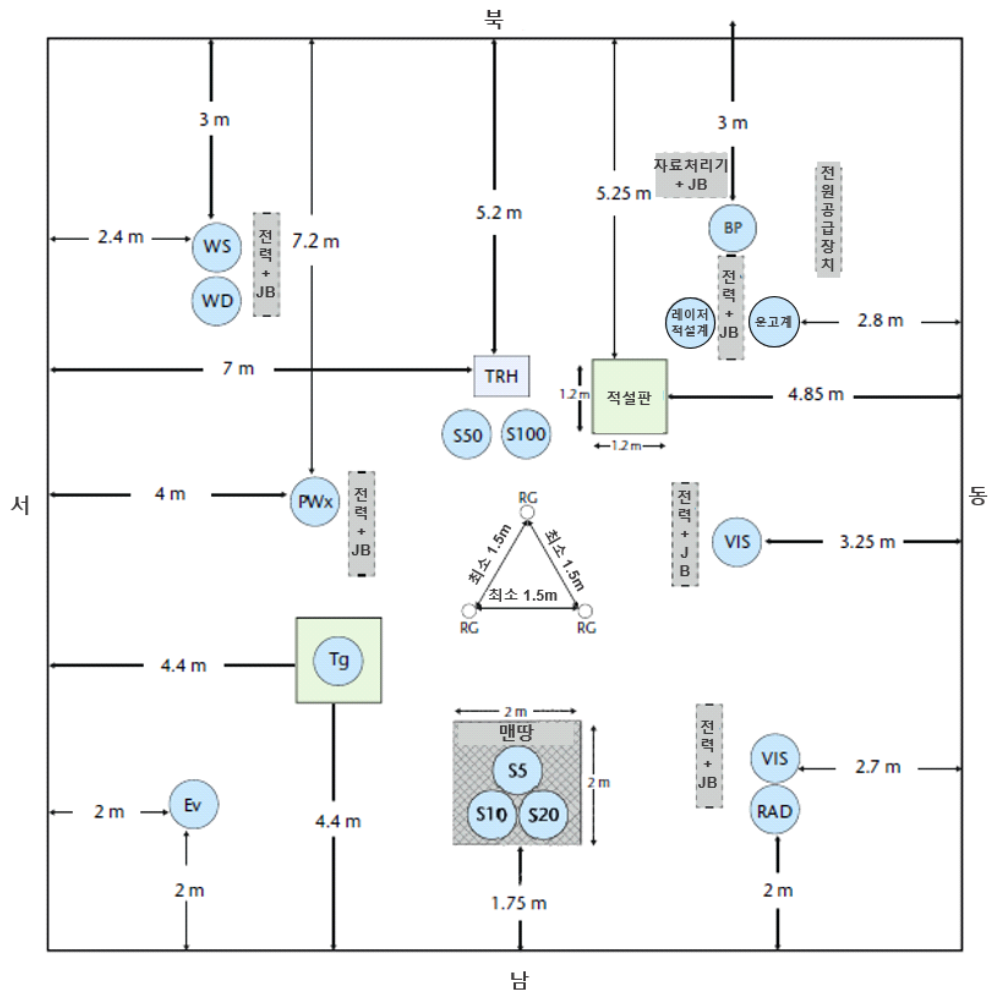
[표 4] 기상요소별 기상관측환경에 관한 기준

[기상관측표준화법 시행규칙 별표1('21. 4. 16.)]	
구분	기준
1. 관측장소의 요건	가. 관측장소는 지상에 설치하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 장애물 등의 영향이나 토지의 사용이 어려운 경우에는 건물의 옥상 등 적절한 장소에 설치할 수 있다. 나. 관측장소의 면적은 35제곱미터 이상이어야 한다. 다. 관측장소의 형태는 원형 또는 정사각형을 원칙으로 한다. 라. 관측장소가 지상인 경우에는 지면에 자연잔디를 조성하고, 그 길이를 짧게 유지하여야 한다. 마. 관측장소에는 기상측기 외의 다른 시설물의 설치를 최소화하여야 한다. 바. 관측장소에는 기상측기의 보호를 위하여 통풍에 지장이 없는 울타리를 설치하는 것을 원칙으로 한다. 사. 건물 옥상에 온도계를 설치할 경우에는 건물의 복사열을 최소화할 수 있는 조치를 해야 한다.
2. 관측소의 위치	가. 그 지역의 기상을 대표할 수 있는 곳이어야 한다. 나. 건물·나무·숲 등 장애물의 영향이 적은 곳이어야 한다. 다. 아스팔트·콘크리트 등 인공물의 영향이 적은 곳이어야 한다. 라. 기상관측장비의 유지·관리를 위한 접근성이 용이한 곳이어야 한다. 마. 관측시설의 보호 등 안정성이 보장될 수 있는 곳이어야 한다.
3. 관측소의 주변 환경	가. 기상관측에 영향을 미칠 수 있는 장애물의 영향이 적은 곳이어야 한다. 나. 주변지형이 평탄한 곳이어야 한다. 다만, 산악지역 등 특수목적에 위한 관측소의 경우에는 그러하지 아니하다.

※ 비고: 다음 각 호에 해당하는 기상관측에 대하여는 위의 기준을 적용하지 아니한다.

1. 「대기환경보전법」 제3조제1항에 따라 대기오염의 실태를 파악하기 위하여 행하는 기상관측
2. 「교통안전법」 제25조에 따라 교통안전을 위하여 행하는 기상관측 중 교량 및 터널의 출입구에서 행하는 기상관측
3. 그 밖에 기상청장이 정하여 고시하는 기상관측

관측장소는 가능한 정방형이나 원형으로 시설되는 것이 좋으며, 기상관측을 위하여 관측장소의 넓이는 관측기기가 많은 경우 가급적 625 m²(25 m×25 m), 적을 경우에는 그보다 더 좁아도 무방하다. 관측장소 주위에는 통풍이나 일사에 지장이 없을 정도의 울타리를 가설한다. 관측장소내 관측기기는 주변환경 등을 고려하여 가능한 [그림 1]에 따라 설치하여야 한다.



[그림 1] 관측장비별 배치위치 및 최소거리(북반구관측소)

BP 기압계
Ev 증발계
JB 통신분배함체
PWx 현천계
RG 우량계
RAD 태양복사(전천일사계)
S5 토양온도 5cm
S10 토양온도 10cm

S20 토양온도 20cm
S50 토양온도 50cm
SUN 일조계
Tg 초상온도계
TRH 백엽상 내부의 기온과 상대습도
VIS 기상학적 광학거리(화상분석기)
WS 풍속계
WD 풍향계

관측장소 안의 지면에는 잔디를 심고 잔디는 때때로 잘라서 적당한 길이로 가꾸어야 한다. 관측장소 내의 인도 조성은 억제해야 한다. 관측장소 올라리는 지역 여건에 따라 실용성 있게 미관을 고려하여 조성·관리해야 한다.

관측관서의 해발고도와 위도·경도는 관측장소의 중앙 부근을 기준으로 하며 이 기점에 견고한 표석을 세워야 하며, 해발고도는 0.01 m, 위도·경도는 도, 분, 초 단위까지 표시한다(WGS84 기준).

관측장소 내 기상측기별 설치기준은 [표 5]를 따른다.

[표 5] 기상측기별 설치기준

[기상측기별 설치기준(기상청 고시, '22. 8. 12.)]

1. 풍향·풍속계

- 가. 장애물의 영향이 없는 경우 지면에서 10 m 높이에 설치하여야 하며, 건물 옥상에 설치할 경우 장애물과의 이격거리와 장애물의 높이에 따라 지면을 기준으로 건물 높이의 1.3 배 이상 또는 옥상 바닥면에서 건물의 폭(width) 만큼의 높이에 설치하여야 한다.
- 나. 풍향·풍속계는 주변 장애물로부터 그 장애물 높이의 10 배 이상을 이격하여 설치하는 것을 원칙으로 하고, 최소 2.5 배 이상 이격하여야 한다.

2. 온·습도계

- 가. 지면이 잔디로 조성된 백엽상 또는 차광통 내부에 설치하여야 하며, 건물 옥상인 경우 차광통 내부에 설치하여야 한다.
- 나. 백엽상의 밑면은 지면에서 1.0 m ~ 1.2 m 높이에 위치되도록 설치되어야 하며, 온·습도계는 백엽상 내부에서 지면으로부터 1.2 m ~ 1.5 m 높이 되는 곳에 설치하여야 한다.
- 다. 차광통은 지면 또는 옥상 바닥면에서 1.2 m ~ 2.0 m 높이에 설치되어야 하며, 2.5 m/s ~ 10 m/s의 통풍 속도를 유지하여야 한다. 단, 옥상 설치시 주변의 환경을 고려하여 조절할 수 있다.
- 라. 지면온도계와 초상온도계는 지상에 설치하여야 하며, 온도계 주위 30 cm 이상의 공간을 확보하여 지면과 잔디에 설치하여야 한다.
- 마. 온·습도계는 주변 장애물로부터 그 장애물 높이의 최소 3 배 이상 이격하여 설치하여야 한다.
- 바. 습도센서는 습도센서에 묻을 수 있는 오염물의 영향과 외부 충격을 최소화하기 위해 얇은 금속보호막으로 보호해야 한다.

3. 강수량계

- 가. 강수량계 수수구의 높이는 지면 또는 옥상 바닥면에서 30 cm 이상이어야 한다.
- 나. 강수량계는 주변 장애물로부터 수수구와 장애물 높이 차이의 최소 0.5 배 이상 이격하여 설치하여야 한다.
- 다. 강수량계 주위에 바람 보호막을 설치하는 것을 권장한다.

4. 기압계
 - 가. 대기와 완전히 밀폐되지 않은 곳에 설치하며 견고한 설치대, 보호 장비 등을 갖추어 악기상, 심한 온도변화 및 바람으로부터 보호되어야 한다.
 - 나. 자동기상관측장비의 경우 자료처리기함체 내부에 설치하여야 하며, 자료처리기함체의 설치 위치는 측기탑의 가로대 바로 밑에 부착하는 것을 원칙으로 한다.
5. 강수유무계

차광통이 위치한 곳의 반대편 가로대의 끝에 부착하는 것을 원칙으로 한다.
6. 일사·일조계
 - 가. 태양고도각 5° 이상일 때 그늘지지 않는 곳에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
 - 나. 장애물이 있는 경우 낮시간의 30% 이상 그늘지는 날이 없는 곳에 설치하여야 한다.
 - 다. 주변에 일사·일조 관측에 영향을 주는 흰색이나 반사가 강한 물체가 없는 곳에 설치하여야 한다.
 - 라. 정기적으로 장비의 표면 청소와 정상가동 체크 등 관리가 용이한 곳에 설치하여야 한다.
 - 마. 자동기상관측장비의 경우 일사·일조계로부터 10 m 이상의 이격거리에 자료처리기가 설치되어 있으면 관측 신호의 손실 최소화를 위해 별도의 신호변환기를 일사·일조계 부근에 설치하여야 한다.
7. 적설계
 - 가. 설치장소는 평평하여야 하며 기류가 수평으로 흐르는 곳이어야 한다.
 - 나. 적설판은 주변 장애물과 측기탑 등으로 인한 눈 쌓임 장애가 없는 지면에 수평하게 설치하여야 하고, 지면의 복사열이 적설에 영향을 주지 않도록 해야 한다. 적설판 표면은 흰색이어야 하고 바람에 눈이 날리지 않게 거칠기를 두어야 한다.
 - 다. 적설계 센서 설치 높이는 적설관측에 장애가 없어야 하며, 과거 관측자료가 있는 경우 최심적설을 고려하여야 한다.

또한 관측장소의 부대설비의 표준규격은 [표 6]를 따른다.

[표 6] 부대설비의 설치위치 및 표준규격

[자동기상관측장비의 표준규격(기상청고시, '23 3. 6.)]	
부대설비	내 용
측기탑	○ 설치위치: 관측장소 ○ 설치높이: 지면에서부터 10 m 이상 ※ 건물 옥상의 경우는 장애물과의 이격거리와 장애물의 높이에 따라 최소 7 m 이상의 높이에 설치 ○ 구조물 - 재질: 알루미늄·강도 높은 강철 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 것 - 표면처리: 백색 불소 도장 또는 아연도금 ○ 측기탑 지지선 설치 ○ 콘크리트 기초공사 - 측기탑용: 콘크리트 타설, 케이블 인입관 매설 - 지선용: 콘크리트 타설, 앵커볼트형 ※ 특수목적용을 위한 관측 및 고정식 장대형은 제외한다.
자료처리기함	○ 지상은 측기탑과 별도로 구성하고, 옥상은 측기탑에 부착

배터리함	○ 자료처리기함 반대쪽에 지면에서 약 0.5 m 높이에 지지대를 설치하고, 그 위에 배터리함을 설치
차광통	○ 강제순환형 - 용도: 온도센서, 습도센서 차광용 - 구조 및 재질: 이중통풍식, 흰색, 섬유유리·플라스틱·금속 - 통풍속도: 4 ~ 6 ㎥/s - 모양: 상단은 눈 쌓임 적게 함 ※ 자연통풍식의 경우에는 비늘모양의 구조
강수량계 바람막이	○ 지면에 바람막이의 지지봉 설치를 원칙 ※ 전도형 강수량계의 경우, 강수량계 몸통에 설치할 수 있음
가로대	○ 용도: 강수유무센서, 차광통 부착용 ○ 길이: 3 m ○ 설치높이: 지면으로부터 1.5 m ○ 설치방법 - 지상은 측기탑과 별도로 구성 - 옥상은 측기탑에 부착하여 설치 가능
피뢰침	○ 측기탑 최상단에 설치
접지함	○ 지선 지지대를 벗어나지 않는 범위 내에 설치

3.3 기상측기

기상관측 결과는 여러 곳(지역)의 기상요소를 서로 비교할 수 있어야 하며 같은 지점의 관측자료는 오랜 기간에 걸쳐서 서로 비교할 수 있어야 한다. 또한 사용하는 기상측기는 기상청의 검정을 거친 측기여야 한다. 검정에 합격하지 아니하거나 검정유효기간이 지난 기상측기는 사용하지 않도록 조치해야 한다.

형식승인을 받은 측기는 형식승인 내용의 표시가 부착되어 있어야 하고, 검정을 거친 측기는 검정필증이 표시되어 있어야 한다. 검정증명서의 보정값은 기준기와 비교한 값으로 시일이 경과하면 측기의 성능이 저하되어 보정값이 변할 수 있다. 검정 유효기간은 [표 7]에 따른다.

관측관서의 장은 기상측기 검정대행기관으로부터 기상측기의 검정 불합격 통보를 받은 즉시 기상측기를 사용하지 않도록 조치하고 불합격 기상측기의 재검정을 위한 조치를 시작하여야 한다. 통보를 받은 날로부터 14일 이내에 관련 조치를 완료하여야 한다. 관측관서의 장은 해외 수리, 도서 지역 등 인정할 만한 사유가 있는 경우에는 조치 기한을 연장할 수 있다. 단, 조치 기한이 당초 검정 불합격 통보를 받은 날로부터 30일 이상이 소요될 것으로 예상될 경우에는 관리

부서에 해당 내용을 즉시 통보하여야 한다.

[표 7] 기상측기의 검정유효기간

[기상관측표준화법 시행규칙 별표4 ('21. 4. 16.)]

측기의 종류	검정유효기간(년)
온도계	3
기압계	3
습도계	3
풍향계	3
풍속계	3
일조계	5
일사계	5
강수량계	3
증발계	5
적설계	5
위의 기상측기 중 2종 이상의 기상측기가 구조상 하나로 되어 있는 기상측기	각 기상측기의 검정유효기간

비고: 위 표에도 불구하고 해당 기상측기를 6개월 이내에 교체하거나 폐쇄할 예정인 경우, 관련 계획을 제출한 때에는 6개월 이내의 범위에서 검정유효기간을 연장할 수 있다.

관측관서에는 기압, 기온, 풍향, 풍속, 강수 등을 관측할 수 있는 장비와 이 밖에 필요에 따라 습도계, 일조계, 일사계, 운고계(운고·운량계), 시정계(시정·현천계), 적설계, 기상레이더, 낙뢰관측장비, 고층관측장비, 오존측정장비, 부유분진측정기, 지진계 등의 관측장비를 설치할 수 있다.

제 4 장 기상관측망의 관리 운영

4.1 용어 정의

4.1.1 기상관측망

기상관측 업무를 수행할 목적으로 기상관측장비를 설치하여 운영하는 관측 시설을 말한다.

4.1.2 기후관측소

기후관측요소를 관측하고 세계기상기구(WMO)에 기후자료를 제공하는 관측지점을 말한다. 관측요소에 따라 지상, 고층, 자동 기후관측소로 구분한다.

4.1.3 관련부서

기상관측망 관리와 관련하여 정책, 장비운영, 정보통신망 구축 운영, 관측자료 관리, 예보정책, 기후정책, 수치모델 등을 담당하는 부서를 말한다.

4.1.4 관리부서

각종 기상관측을 목적으로 기상관측망을 구성하고 운영·관리하는 부서를 말한다.

4.1.5 기상관측망 분류

- (1) 관측관서는 지방기상청, 기상지청, 기상대와 자동기상관측소(공동협력기상 관측소 포함)를 말한다.
- (2) 자동기상관측장비는 사용목적에 따라 종관기상관측장비(ASOS)와 방재기상관측장비(AWS)로 구분한다.
- (3) 종관기상관측장비(ASOS)는 관측관서에 설치된 자동기상관측장비를 말한다.
- (4) 방재기상관측장비(AWS)는 기상 예·특보 등 방재 목적으로 설치·운영하고 있는 관측시스템을 말한다.

4.1.6 관측시설

기상관측업무를 수행하는 데에 필요한 기상시설을 말한다.

4.1.7 관측장소

기상관측을 위한 각종 기상측기가 설치된 공간을 말한다.

4.1.8 이전·신설·폐쇄

- (1) 이전은 관측시설을 현재의 장소에서 다른 장소로 옮기는 것을 말한다.
- (2) 신설은 관측시설이 새로운 지점명과 지점번호를 부여받아 기상관측망에 새로이 추가되는 것을 말한다.
- (3) 폐쇄는 관측시설이 현재 장소에서 기상관측을 중단함으로써 그 기능이 정지되는 것을 말한다.

4.1.9 기상관측환경

기상관측장비의 설치위치, 설치조건과 그 밖에 기상관측을 할 때 기상관측 장비에 영향을 주는 주위 환경을 말한다.

4.2 기상관측망의 운영

4.2.1 관측관서 관측시설의 이전·신설·폐쇄

기상관측표준화법 제8조(기상관측망 구축 및 관리계획의 수립 등), 제17조(기상관측환경의 최적화)에 따라 다음과 같이 관측관서의 관측시설의 이전·신설·폐쇄를 정한다.

- (1) 관측관서 관측시설의 이전사유가 발생할 때는 다음 각 호의 사항을 따른다.
 - (가) 관측관서의 장은 관할하는 지역의 관측시설의 이전 사유가 발생하거나 필요성이 인정되면 [별지 1, 2, 3]의 서식에 따라 관측시설의 이전이 시작되는 시점으로부터 1년 전에 관리부서에 이전 승인을 요청하여야 한다.
 - (나) 이전 승인을 받은 관측관서의 장은 ‘기상관측시설 이전 계획’을 수립하여야 한다.

- (다) 관측업무규정에 따라 관측관서의 장은 관측환경의 변화 등으로 인해 관측관서의 관측장소를 직선거리 500 m 이상이거나 해발고도의 차이가 5 m 이상인 다른 장소로 이전하고자 할 때에는 기상청장에게 보고 후 이전하고자 하는 예정지에서 1년 이상 비교관측을 수행하여야 하며 비교관측을 수행하는 경우 관측된 자료가 종합기상정보시스템에 전송되도록 사전에 조치하여야 한다.
- ※ 비교관측 수행시 비교관측 요소는 측정 가능한 전체 관측요소로 하며, 지상기상관측 요소별 통계의 종류는 「기후자료 통계의 종류 및 방법」(기상청고시 제2023-13호, 2023. 9. 18., 일부개정)을 따른다.
- (라) 신규 지점과 기존 지점의 직선거리가 500 m 미만이고 해발고도차 5 m 미만의 위치로 기본 기상관측망을 이전하고자 할 경우에는 이전이 완료되기 전에 1개월 이상 비교관측을 수행하여야 하며 비교관측을 수행하는 경우 관측된 자료가 종합기상정보시스템에 전송되도록 사전에 조치하여야 한다.
- (마) 기존 관측시설을 유지하는 경우, 방재기상관측장비로 대체할 수 있다.
- (바) 지상기후관측소로 등록된 지점을 이전하고자 할 경우, 기존의 관측장소를 자동기후관측소로 대체하여 운영하는 방안을 강구해야 한다.
- (사) 지상기후관측소의 기후관측업무를 유지하고자 할 경우 기존 지점명과 지점번호를 그대로 사용하며, 지상기후관측소를 신설하는 경우 ASOS급에 상당하는 지점명과 지점번호를 부여하여 운영할 수 있다.
- (아) 자동기후관측소의 관측요소는 관측업무규정의 지상기상 관측에 따라 관측요소의 일부를 관측할 수 있다.
- (자) 관측관서의 장은 종관기상관측장비의 이전 완료 후 30일 이내에 그 결과를 [별지 4] 서식에 따라 관련부서에 통보하여야 한다.
- (2) 관측시설의 신설 또는 폐쇄 사유가 발생하면 다음 각호의 사항을 따른다.
- (가) 관측관서의 장은 관할하는 관측시설의 신설 또는 폐쇄 사유가 발생하거나 필요성이 인정되면 [별지 1, 2, 3]의 서식에 따라 관리부서에 승인을 요청하여야 한다.
- (나) 승인을 받은 관측관서의 장은 ‘기상관측시설 신설(폐쇄) 계획’을 수립하여야 하며, 관리부서 및 관련부서와 협조하여 신설(폐쇄)을 추진해야 한다.
- (다) 관측관서의 장은 관측시설 신설(폐쇄) 완료 후 30일 이내에 그 결과를 [별지 4] 서식에 따라 관련부서에 통보하여야 한다.
- (라) 관측관서의 장은 관측시설을 신설하는 경우에는 신설이 완료되기 전에 1년 이상의 예비관측을 행하여야 하며, 종합기상정보시스템에 예비관측자료가 전송될 수 있도록 사전 조치를 해야 한다.

4.2.2 비교 관측자료의 활용

- (1) 관측자료의 연속성 보존 및 관측장소의 이질성 파악을 위해 기상관측시설을 운영하는 기관(부서)에서는 종합기상정보시스템에 수집·저장된 관측자료를 이용하여 두 지점의 관측자료를 비교 분석하여 관측표준기술과에 보고해야 한다.
- (2) 관측표준기술과에서는 분석 자료를 검토하여 적용시기 또는 추가 비교 관측 기간 등을 결정하여 운영부서에 통보해야 한다.

4.2.3 방재기상관측장비의 이전·신설·폐쇄

- (1) 방재기상관측장비의 이전 사유가 발생하면 다음 각호의 사항을 따른다.
 - (가) 관측관서의 장은 관할하는 지역의 방재기상관측장비 이전 사유가 발생하거나 필요성이 인정되면 [별지 1, 2, 3]의 서식에 따라 관리부서에 이전 승인을 요청하여야 한다.
 - (나) 관측관서의 장은 직선거리 2.5 km 이상 또는 해발고도차 10 m 이상인 지역으로 관측장소를 이전하고자 할 경우에는 자체계획을 수립하여 [별지 1, 2, 3]에 따라 관리부서에 승인을 요청하고, 이전 후 결과를 [별지 4]에 따라 관련부서에 통보해야 한다.
 - (다) 단, 관측관서의 장은 직선거리 2.5 km 미만 이고 해발고도차 10 m 미만인 지역으로 관측장소를 이전하고자 할 경우에는 자체계획을 수립·시행 후 결과를 [별지 4]에 따라 관련부서에 통보해야 한다.
 - (라) 관측관서의 장은 관측시설 이전 완료 후 30일 이내에 그 결과를 [별지 4] 서식에 따라 관련부서에 통보하여야 한다.
 - (마) 관측기반국장은 필요한 경우 관측관서의 장에게 비교관측을 요구할 수 있다. 비교관측 결과는 [별지 7]을 따라 작성한다.
- (2) 방재기상관측장비의 신설 또는 폐쇄 사유가 발생하면 다음 각호의 사항을 따른다.
 - (가) 방재기상관측장비의 신설·폐쇄 등과 관련하여 보고받은 관측관서의 장은 필요성이 인정되면 [별지 1, 2, 3]의 서식에 따라 관리부서에 승인을 요청하여야 한다.
 - (나) 관측관서의 장은 자체 추진계획을 수립하여 시행해야 하며, 관측시설 신설·폐쇄가 완료되면 30일 이내에 그 결과를 [별지 4] 서식에 따라 관련부서에 통보하여야 한다.

4.2.4 관측시설의 이전·신설·폐쇄 승인

- (1) 관측시설의 신설·폐쇄·이전에 관한 승인요청을 받은 관리부서에서는 타당성을 검토하여 결정사항을 30일 이내에 요청기관(부서)에 통보한다. 그러나 검토에 시일이 초과될 것으로 예상될 경우에는 기간과 사유를 명시하여 요청기관에 통보한다.
- (2) 기상청 차원에서 기상관측망 조정이 필요한 경우 관리부서에서 주관하여 계획을 수립하고 관련부서에 통보한다.

4.3 관측시설 이전·신설 시 고려사항

관측환경의 변화 등으로 인해 관측시설을 이전·신설할 경우에는 다음 각호의 사항을 충분히 고려하여 추진한다.

- (1) 관측시설의 운영 목적과 지역의 대표성을 갖는 장소를 선정한다.
- (2) 관측장비의 효율적 설치 및 운영을 위해 가능한 충분한 공간(면적) 확보가 된 관측장소를 선정한다.
 - (가) 관측관서(ASOS): 35m×35m / 관측장소 25m×25m
 - (나) 방재기상관측장비(AWS): 20m×20m / 관측장소 10m×10m
- (3) 기존 관측자료와 연속성 확보를 위해 기존 장소로부터 가능한 2 km 이내의 관측장소를 선정한다.
- (4) 기존 관측장소 관측환경 시설등급 보다 가능한 동일하거나 높은 장소를 선정한다.
- (5) 택지, 산업단지 등 개발이 없는 곳으로 이전 후 오랫동안 관측 및 관측환경 유지가 가능하고 국유지 등 관측부지의 무상임대가 가능한 장소를 선정한다.
- (6) 관측장비의 설치, 유지관리 및 장애 발생 시 신속한 대처가 가능한 장소를 선정한다.
- (7) 관측관서의 장은 이전·신설을 위해 부지·건물소유주 등 관계자와 협의를 실시하고 관련 자료를 보관·관리하여야 한다.

4.4 기상관측지점 관리

4.4.1 지점명 및 지점번호 관리 일반사항

- (1) 관측시설의 이전·신설·폐쇄에 관한 지점명 및 지점번호 부여·조정·회수·변경 등 관측시설 관리에 관한 권한은 관측기반국장에게 있다

- (2) 관측시설의 이전·신설·폐쇄에 대하여 관측관서의 장은 지점명 또는 지점번호 신규·해지·변경 등이 필요한 경우 [별지 6] 서식에 따라 관측기반국장에게 신청하여야 한다
- (3) 관측시설의 이전·신설·폐쇄가 필요한 관측관서의 장은 다음 사항을 준수하여 지점명 또는 지점번호를 신청하여야 한다
 - (가) 신규의 경우 정식 관측일(개소식 기준)로부터 1개월 이전
 - (나) 해지의 경우 폐쇄일로부터 1개월 이내
 - (다) 변경의 경우 사유가 발생한 날 또는 이전이 완료되는 날로부터 1개월 이내
 - (라) 조직개편 등으로 지점명 또는 지점번호가 신규·해지·변경이 필요한 경우 사유가 발생한 날로부터 1개월 이내

4.4.2 지점명 관리

- (1) 관측시설의 지점명 관리는 설치 위치의 일반행정구역명 적용을 원칙으로 하며, 그 적용 순위는 다음과 같다.
 - (가) 지방기상청·지청: 특별시－광역시－도
 - (나) 기상대(자동기상관측소 및 공동협력기상관측소 포함): 광역시－시－군
 - (다) AWS: 구－읍－면－동－리
 - (라) 일반행정구역명의 최소단위인 읍-면-동-리도 일치할 경우, 인근 도로명을 제한적 사용한다.
 - (마) AWS의 경우 일반행정구역명의 최소단위로도 표현이 불가능하거나, 지점명을 명확히 구분하고자 할 때는 인근의 대표적 시설, 자연명칭 등을 제한적으로 사용하며, 이때 지점명의 최종 결정권은 관측기반국장에게 있다.
- ※ 예시: 현충원, 기상청, 원효봉, 계룡산, 간절곶, 피아골 등
- (2) 관측관서 지점명에는 국·영문혼용, 아라비아숫자 또는 특수문자인 ※, !, (,), #, ?, /, -, ·, <, >, [,] 등을 사용할 수 없으며, AWS는 제한적으로 괄호 사용 가능하다.
- (3) 관측시설 이전·신설의 경우 동일한 행정구역 내에 설치·운영 중인 기상관측망의 지점명을 고려하여 정한다.

4.4.3 지점번호 관리

- (1) 관측시설의 지점번호 부여기준은 다음과 같다.
 - (가) 동일한 경도상은 북에서 남으로

- (나) 동일한 위도상은 서에서 동으로
- (2) 적절한 유희 지점번호가 없는 경우에는 가장 근접한 지점번호를 사용
- (3) 관측시설의 지점번호에는 아라비아숫자 외에 국·영문자 또는 특수문자인 ※, !, (,), #, ?, /, -, ·, <, >, [,] 등을 사용할 수 없다.

4.4.4 관측관서 및 AWS 이외의 관측시설 지점명/번호 관리

- (1) 기상관측표준화법에 의해 기상관측자료를 공동활용하는 유관기관의 지점번호 및 지점명 관리 방법은 별도로 정한다.
- (2) 현장의 기상관측자료를 기상관측망을 통해 제공하고자 하는 경우 다음 사항에 한하며, 관측관서의 장은 지점명 및 지점번호를 관측기반국장에게 요청해야 한다.
 - (가) 국제행사로서 관측시설 유지가 1년 이내
 - (나) 국내행사로서 관측시설 유지가 60일 이내
 - (다) 단순 연구목적으로 관측시설 유지가 6개월 이내
 - (라) 일반적인 비교관측을 목적으로 관측시설 유지
- (3) 관측기반국장은 요청사항에 대해 면밀히 검토한 후 목적에 부합된 관측시설이라고 인정되는 경우 운영기간을 적시하여 임시지점명과 임시지점번호를 통보하여야 한다.

4.4.5 WMO 지점등록

- (1) 관측정책과장은 국제적인 기상관측자료 교환 및 정보 이용을 위하여 WMO에 등록된 관측지점의 지점번호 및 지점명의 관리를 하여야 한다.
- (2) 관측정책과장은 관련부서에서 다음 각 호에 해당하는 기상관측망을 WMO에 등록을 요청하는 경우 WMO에 등록하고, 등록정보를 관리 하여야 한다. 등록 변경된 사항은 관련부서와 소속기관에 신속히 통보하여야 한다.
 - (가) 지상기상관측소
 - (나) 기후관측소(지상, 고층)
 - (다) 해양기상관측장비

4.5 관측시설의 운영·관리

4.5.1 관측시설의 운영

- (1) 관측관서의 장은 관할지역의 관측시설에 대해 기상관측표준화법을 준수하여 운영 및 유지·관리에 만전을 기해야 한다.
- (2) 「기상관측표준화법」 제17조(기상관측환경의 최적화)에 따라 관측환경 유지에 최선의 노력을 다하여야 하며, 관측환경이 변할 경우 즉시 관측메타데이터시스템에 반영시켜야 한다.
- (3) 기상관측환경 개선을 위해 부지·건물소유주 등 관계자와 실시한 협의·합의 관련 자료를 보관·관리하여야 한다.

4.5.2 관측시설의 관리

- (1) 기상관측망을 구성하고 있는 관측시설에 대하여 관측기반국장은 기상관측요소를 효율적으로 구성·조정·관리하여야 한다.
- (2) 관측기반국장은 기상관측망 관리의 효율성을 높이기 위해 다양한 방법으로 통합 또는 세분화하여 유지·관리할 수 있다.
- (3) 관측기반국장은 기상관측망의 구성·운영·관리에 관한 사항에 대하여 정책을 수립하고, 소속기관에 대한 기상관측업무 지도점검을 연 1회 이상 실시하여야 한다.
- (4) 관측관서의 장은 관측시설을 방문 점검할 경우 [별지 5]의 서식에 따라 수행하고 그 점검표를 보관하여야 한다.

4.5.3 현업업무일지 작성

관측관서의 장은 관할지역의 기상현상의 기록과 관측장비의 안정적인 유지·관리를 위하여 관측현업 중 발생·처리한 기상관측, 관측장비 유지관리(점검, 장애 및 조치사항 등), 관측시설 관리 등에 관한 사항을 기상관측 종합관리시스템에 기록하여야 한다.

제 2 편 지상기상관측

제 1 장 기압 관측

1.1 기압관측의 목적

기압은 옛날부터 일기의 중요한 지표가 되어 왔다. 일기도에서 기압배치에 의해 날씨를 알 수 있는 것과 같이 기압은 바람과 일기현상 등과 관계가 깊다. 또한 기압은 대표성 범위도 넓어서 수치예보나 중관예보에서 가장 기본적인 요소로 이용되는 매우 중요한 관측자료이다.

1.2 기압의 정의

대기의 압력(기압)은 기체 또는 액체상태의 성분을 포함한 공기분자들이 표면 위에 수직으로 부딪히면서 단위면적당 가해지는 힘이다. 즉 기압은 밑면이 단위 면적이고 높이가 대기의 끝에 달하는 공기기둥이 갖는 무게에 해당된다.

1.3 기압의 단위

기압의 단위로 mb가 오랫동안 사용되어 왔으나 1992년부터 hPa을 사용하고 있다. 1 mb는 1 hPa과 같은 값이다. 국제단위계(SI Units)에서는 1 kg의 물체에 1 m/s²의 가속도를 주는 힘이 1 뉴톤(N)이며, 1 m²의 표면에 1 N의 힘이 작용할 때의 압력을 1파스칼(Pa)로 표시한다. 기압단위로 사용하는 hPa은 파스칼(Pa)의 100배를 뜻하는 hecto를 붙인 것이다.

표준 중력(980.665 cm/sec²) 밑에서 밀도가 13.5951 g/cm³인 수은주 1 mm의 밑면이 받는 압력을 1 mmHg로 표시하며 mmHg와 hPa의 관계식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} 1 \text{ mmHg} &= 0.1 \text{ cm} \times 13.5951 \text{ g/cm}^3 \times 980.665 \text{ cm/s}^2 \times \frac{1}{1,000} \\ &= 1.333224 \text{ hPa} = 0.03937008 \text{ in. Hg} \end{aligned}$$

1.4 관측방식

기압 관측방식은 기계식에서 전기식으로 전기식에서 반도체식으로 발전하여 현재 주로 반도체기압계를 이용하고 있다.

반도체기압계는 기본적으로 외부 압력을 응력(stress)으로 변환하는 다이어프램(diaphragm)과 다이어프램에서 발생하는 동력을 전기신호로 변환하는 부분으로 구성되어 있다. 다이어프램은 단결정 실리콘을 화학적으로 에칭(etching)하여 만들었기 때문에 흔히 실리콘(silicone)기압계라고도 한다. 반도체기압계는 크리프(creep)현상이 없고 직선성이 탁월하다. 또한 소형화, 경량화가 되고 있으며 진동에 매우 강한 특징을 지니고 있다.

반도체기압계는 압력에 의해 진동자의 고유진동수 변화와 표면의 탄성파를 이용하는 것도 있지만 최근에는 주로 전기저항과 정전용량을 이용하여 압력을 측정하는 방식이 가장 많이 이용하고 있다.

기압계의 자세한 관측방식과 측정원리는 부록을 참고하기 바란다.

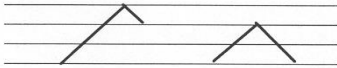
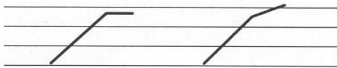
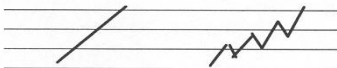
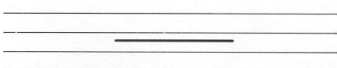
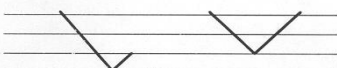
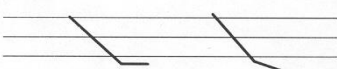
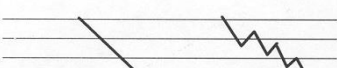
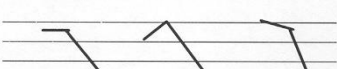
1.5 관측소기압과 해면기압

관측소기압은 관측소 고도를 기준으로 계산된 기압이며, 해면기압은 실제고도가 아닌 평균해면에서 기압으로 환산한 것으로 관측소기압으로부터 경험적으로 추정한다. 즉, 관측소와 평균해면 사이의 가상적인 층에서 고도에 따른 온도감률을 가정하여 관측소기압을 평균해면에서의 기압으로 변환시킨다.

세계기상기구(WMO)에서는 지상일기도의 등압선을 그리기 위해 모든 관측소의 기압을 해면기압으로 환산하여 통보하도록 규정하고 있다.

1.6 기압경향 특성

기압경향이란 일반적으로 관측시각 전 3시간 동안의 기압이 변화한 모양을 나타내는 것으로 다음 [그림 2]에 제시한 바와 같이 9종류로 분류된다.

숫자 부호	기 호	해 설	
0		상승후 하강 현재의 기압은 3시간 전의 기압보다 높거나 같다.	
1		상승후 일정 상승후 완상승	현재의 기압은 3시간 전의 기압보다 높다.
2		일정상승 변동상승	
3		하강후 상승 일정후 상승 상승후 급상승	
4		일 정 현재의 기압은 3시간 전의 기압과 같다.	
5		하강후 상승 현재의 기압은 3시간 전의 기압과 같거나 낮다.	
6		하강후 일정 하강후 완하강	현재의 기압은 3시간 전의 기압보다 낮다.
7		일정하강 변동하강	
8		일정후 하강 상승후 하강 하강후 급하강	

[그림 2] 기압 변화경향 부호표

제 2 장 기온 관측

2.1 기온관측의 목적

대기 열수지의 지역적인 차이로 인해 기온차가 발생하고, 그 결과로 인한 대기 밀도차에 의해 여러 가지 일기현상이 발생한다. 따라서 기온의 관측은 종관기상의 기본요소 중 하나이다. 또한 기온의 변화는 인간생활에 깊게 연관되어 있으며, 동식물의 생육 및 각종 산업의 환경 지표로 중요한 역할을 한다. 또한, 농업분야에서 기온은 생물의 생육을 지배하는 가장 큰 기상요소 중의 하나이다. 식물은 동물에 비하여 열의 발생이 적고, 체온을 효과적으로 제어할 수 없어 기온이나 수온 및 지중온도 등에 의해 큰 영향을 받는다.

2.2 기온의 정의

기온은 대기의 온도를 말하지만 같은 장소에서 같은 시각에도 높이에 따라서 기온이 다르기 때문에 일반적으로 관측관서에서 발표하는 기온은 지면 위(또는 설면 위) 1.2 ~ 1.5 m 정도 높이의 온도를 말한다.

2.3 기온의 단위

기온의 단위는 섭씨(°C)를 사용하지만 국가에 따라 화씨(°F)도 사용한다. 섭씨와 화씨의 환산 공식은 다음과 같다.

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32, \quad ^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$$

기온을 측정하는 측기로는 주로 수은온도계, 최고온도계, 최저온도계, 백금저항 온도계(Pt-100) 등을 사용하며, 한대 지방에서는 수은의 어는점이 -38.9 °C인 관계로 알코올온도계를 사용한다. 에틸알코올의 어는점은 -117 °C이다.

일반적으로 알코올을 사용한 온도계는 수은을 사용한 온도계에 비해서 그 정밀도가 떨어짐에 따라 기온의 연속적인 변화를 관측하기 위하여 자기온도계를 겸용한다.

2.4 관측방식

기온 관측방식은 유리제 온도계, 백금저항 온도계, 서미스터 온도계 등이 있으나, 열전도가 높고 부식이 잘 안되는 백금선을 활용한 백금저항온도계를 주로 사용한다. 백금저항온도계로는 금속시스형 백금저항온도계(Metal sheath type of platinum resistance thermometer)와 박막형 백금저항온도계(Thin film type of platinum resistance thermometer)가 있다.

금속시스형 백금저항온도계는 부품 및 계측기술이 발달함에 따라 정밀한 각종 감지기가 개발되면서 수동관측으로 수행해 오던 기상관측이 자동관측뿐만 아니라 원격관측으로 급속히 발전하게 되었다. 이러한 가운데 기상 요소의 대표적인 요소라 할 수 있는 온도 관측에 널리 사용되고 있는 금속시스형 백금저항온도계(Metal sheath type of platinum resistance thermometer)는 온도 변화에 따라 가느다란 백금선의 전기저항이 변하는 성질을 이용한 것이다.

박막형 백금저항온도계는 금속시스형 백금저항온도계 내부에 채워지는 틈 메움제(산화마그네슘, 산화알루미늄 등)와 보호관의 두께 등으로부터 일어날 수 있는 응답시간의 지연을 최소화하고, 백금의 우수한 특성을 최대한 활용하여 소형화한 온도감지기이다.

온도계의 자세한 관측방식과 측정원리는 부록을 참고하기 바란다.

제 3 장 습도 관측

3.1 습도관측의 목적

대기 중의 수증기는 구름을 만들어 강수현상의 원인이 되는 것 외에 증발 응결하므로 잠열의 형태로 열 수송에 관여하며, 또 적외선의 흡수 또는 복사작용을 하여 대기의 복사량 변동을 지배하고 있다.

또한 농업에서의 습도는 식물의 수분 대사, 증발산량, 이슬, 벼의 도열병, 감자의 역병발생 예찰 등 기온과 함께 농업 분야에서는 중요한 관측요소이다.

따라서 수증기는 대기 중에서 일어나는 일기현상 및 그 변화에 관하여 중요한 기본 요소이다.

3.2 습도의 정의

습도란 공기 중 수증기 함량의 척도로 정의된다. 일반적으로 습도라 하면 상대 습도를 뜻하며, 공기 중의 수증기량을 나타내는 것으로는 절대습도, 비습, 혼합비, 이슬점 등이 있다. 기상학에서는 대기를 건조공기와 수증기로 나누어 고려하는 경우가 많으며, 수증기는 대기를 조성하고 있는 다른 기체들과는 달리 함유량의 변화가 심하다.

대기 1 kg 당 수증기의 함유량이 거의 0 g에 가까울 수도 있고 35 g까지 포함하고 있는 경우도 있다. 이러한 수증기는 온도 변화에 따라 응결 또는 승화하여 수적이나 빙정이 되며, 이때 발생한 다량의 잠열은 복잡한 기상변화의 원인이 된다.

3.3 습도의 표현방법

3.3.1 포화수증기압 (Saturation vapor pressure)

물과 얼음이 주위의 수증기와 평형을 이루는 경우의 수증기압을 말한다. 온도에 따라 변하며 물과 얼음에 따라 그 값이 다르다. 국제적으로 고프-그래취 (Goff-Gratch, 1945)의 실험식을 이용하고 있다.

(1) 물의 포화수증기압 식

$$e_s = 6.1078 [\exp 19.8 t / (273 + t)] \approx 6.1 \exp 0.073 t$$

e_s : 물의 포화수증기압(hPa), 온도가 0 ℃이하일 때는 과냉각한 물에 대한 포화수증기압

t : 온도(℃)

(2) 얼음의 포화수증기압 식

$$e_{si} = 6.1078 \exp [22.5 t / (273 + t)] \approx 6.1 \exp 0.082 t$$

e_{si} : 얼음의 포화수증기압(hPa)

t : 온도(℃)

3.3.2 수증기압 (Vapor pressure)

대기 중에 포함되어 있는 수증기만의 압력을 수증기압 또는 수증기장력이라고 하며 단위는 hPa이다.

대기가 수증기를 함유할 수 있는 양은 기온에 따라서 결정된다. 즉, 기온이 높으면 많은 수증기를 함유할 수 있고 기온이 낮으면 적은 양밖에 함유할 수 없게 된다. 이와 같이 기온에 따라서 대기가 함유할 수 있는 수증기의 한계량을 포화수증기압 또는 최대수증기장력이라고 한다.

WMO의 권고에 따르면, 통풍건습계에 의한 수증기압 e 의 계산은 다음 식에 의한다.

$$e = e_w - A \cdot P (T - T_w)$$

여기서 e_w 는 습구온도 T_w 에서 물 또는 얼음 표면에 대한 포화수증기압을 말하며, P 는 기압, T 는 건구온도를 뜻한다. A 는 건습계수(Psychrometer coefficient)로 건습계의 형태, 통풍속도, 기온 및 습도에 좌우된다. 그러나 통풍속도가 3~5 m/s 이상이면 A 값은 통풍속도에 거의 영향을 받지 않는다. 또한 온도와 습도의 영향도 크지 않다.

수증기압 계산식에 기압 P 가 포함되어 있으나 해발고도 1,000 m 이하의 관측소에서는 고정된 값을 사용해도 그 오차가 관측오차 범위 내에 들어 있어 문제가 되지 않는다.

3.3.3 상대습도 (Relative humidity)

관측 시 대기 중에 실제로 포함되어 있는 수증기의 양(수증기압)과 그때의 기온으로 포함시킬 수 있는 최대 수증기량(포화수증기압)과의 비를 상대습도라고 하며 백분율(%)로 표현한다.

$$\begin{aligned}\text{상대습도(RH)} &= \frac{\text{수증기압}(e)}{\text{포화수증기압}(E)} \times 100 \\ &= \frac{\text{이슬점온도의 포화수증기압}}{\text{건구의 포화수증기압}} \times 100\end{aligned}$$

3.3.4 절대습도 (Absolute humidity)

절대습도란 상대습도에 대응되는 말로 대기 중에 실제로 포함되어 있는 수증기의 절대량을 말하며 통상 대기 1 m³ 중에 포함되어 있는 수증기의 질량(g)으로 단위는 g/m³이다. 이후에 설명되는 비습, 혼합비 등도 모두 절대습도의 다른 표현방법이다.

$$\text{절대습도}(A) = 217 \frac{e}{T} (\text{g/m}^3)$$

여기서 e는 증기압, T는 절대온도를 나타낸다.

3.3.5 비습 (Specific humidity)

비습은 습윤공기에서 수증기 질량을 전체 공기 질량으로 나눈 값으로 다음의 식으로 정의된다.

$$\text{비습}(q) = \frac{\text{수증기의 질량}}{\text{수증기의 질량} + \text{건조공기의 질량}}$$

현업에서는 이 값을 다음 식으로 쉽게 구할 수 있으며, 단위는 g/kg이다.

$$\text{비습}(q) = \frac{622e}{P - 0.378e}$$

여기서 P는 기압, e는 수증기압을 나타낸다.

3.3.6 혼합비 (Mixing ratio)

대기를 건조공기와 수증기의 혼합물이라고 볼 때 단위질량(1 kg)의 건조공기에 대한 수증기 질량의 비를 혼합비라고 한다. 다음의 식으로 정의되며, 단위는 g/kg이다.

$$\text{혼합비}(r) = \frac{\text{수증기의 질량}}{\text{건조공기의 질량}}$$

현업에서는 이 값을 다음의 식으로 쉽게 구할 수 있다.

$$\text{혼합비}(r) = \frac{622e}{p - e} (\text{g/kg})$$

3.3.7 이슬점온도 (Dew-point temperature)

포화수증기압이 관측 시 수증기압과 같아지는 온도를 이슬점온도라고 하며, 관계식은 다음과 같다.

$$e = f(T_d)$$

여기서 e 는 수증기압, f 는 T_d 에 대한 포화수증기압 산출식, 그리고 T_d 는 이슬점온도를 나타낸다.

3.3.8 실효습도 (Effective humidity)

실효습도는 현재의 상대습도뿐만 아니라 과거의 습도값도 고려하여 산출된 값으로 흡습성 물질의 실제 건조도로 이용된다. 실효습도를 산출할 때 다음 식을 많이 사용하며, 통상 당일로부터 이전 5일간의 일평균습도를 사용한다. 실효습도의 단위는 정수 백분율로 표현한다.

$$\text{실효습도}(EH) = (1 - r) (H_0 + rH_1 + r^2H_2 + \dots)$$

r : 0.7을 취한다.

H_1 : 전일 평균습도

H_0 : 당일 평균습도

H_2 : 전전일 평균습도

3.4 관측방식

습도 관측방식은 일반적으로 백엽상 속에 설치한 습도계, 건습계, 모발습도계가 있으며, 특수한 목적에는 노점계, 정전용량 습도계, 자외선 습도계 등이 이용되며, 주로 정전용량형 고분자막 습도계를 주로 사용한다.

정전용량형 고분자막 습도계는 고분자 물질의 전기적 특성이 물 분자의 흡·탈착에 의해서 변하도록 제작된 감지기로 고분자막을 유전체로 하는 일종의 콘덴서로, 정전용량을 전기신호로 끌어냄으로써 상대습도가 측정된다.

습도계의 자세한 관측방식과 측정원리는 부록을 참고하기 바란다.

제 4 장 바람 관측

4.1 바람관측의 목적

바람은 기압분포와 밀접하게 관련되고, 대규모적인 대기운동의 지표로 중요한 기상요소이다. 지상의 풍향과 등압선은 일반적으로 육상에서 약 30°, 해상에서는 10°의 각도를 가지며 풍속은 기압경도에 비례한다.

바람관측은 일기예보는 물론, 선박과 항공기 운항이나 재해방지에 이용하며 그 관측자료는 건축물 설계와 토지이용 계획 등의 각종 산업분야에 이용한다.

또한, 식물군락의 분포고도에 따라서 난류수송, 병해충의 발생과 관련된 군락의 미기후, 오염물질의 확산, 온실기체의 방출, 증발산, 물질 및 에너지 수송 등 농림업분야에 많이 이용된다.

4.2 바람의 정의

지표면에 대한 공기의 상대운동으로 정의되는 바람은 방향과 크기를 갖는 벡터(vector)량으로 표시된다. 풍속의 수평성분이 수직성분보다 매우 크므로 일반적인 기상관측에서는 수평성분만을 대상으로 한다.

풍향은 바람이 불어오는 방향을 말하며, 풍속은 대기가 흘러간 거리(이것을 풍정이라고 한다)와 여기에 소요된 시간의 비, 즉 단위시간에 대기가 이동한 거리이다. 풍향이나 풍속은 끊임없이 변동하고 있기 때문에 순간과 평균값을 관측한다.

바람의 기본성질은 첫째, 지표면의 굴곡에 따라 빈틈없이 흐르는 것 즉, 장애물을 넘거나 돌아서 빈 공간을 채운다. 둘째, 지표면 근처의 공기흐름은 풍속이 증가할수록 요란이 일어나는 특성을 갖는다. 요란에 의한 공기의 혼합은 대기 중의 오염물질을 확산시켜 농도를 약하게 하는 효과를 갖는다. 또한 안개를 소산시키고 지면근처의 서리피해를 줄이며 물의 증발을 촉진시키는 역할을 한다.

지상풍 관측에서 고려해야 할 사항은 지표면 성질이 공기의 수평운동에 미치는 영향이다. 지면마찰에 의한 주요 영향으로는 대기하층의 풍속감소를 들 수 있다. 이 마찰층의 두께는 지면의 거친 정도, 공기의 밀도, 기온의 수직분포 및 풍속에 따라 다르게 나타난다.

대기하층의 바람은 장애물이 없는 경우에도 높이에 따라 풍향이 바뀌는 특성을 갖는다. 관측장소 주위의 건물이나 나무 등 장애물이 있는 경우 바람관측할 때 다양한 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 풍향계, 풍속계를 옥상에 설치할 경우에는 적어도 3 m 이상의 높이가 되도록 설치하고, 지상에서는 기준높이를 10 m(1947년부터 국제적 기준으로 개정됨)로 하며, 측기주변은 넓은 평지로 주위 장애물의 10배 이상 거리를 확보하는 것이 이상적이다.

4.3 바람관측의 단위

풍향은 진북을 기준으로 360°에서 10°간격(01~36 부호)으로 10분 평균값을 관측한다.

풍속의 단위는 m/s를 사용하는 것이 원칙이나 노트(knot)도 사용한다. 풍속의 단위 중 m/s는 소수점 1위까지의 값을 표시한다. 노트는 m/s를 2배하여 개략값을 얻을 수 있으며, 'm/s - knot'를 사용한다.

$$1(\text{m/s}) = 1.943844(\text{knot})$$

4.4 풍향 및 풍속 관측

4.4.1 풍향 관측

바람은 풍향과 풍속을 관측한다. WMO 권고에 따르면 풍향은 진북을 기준으로 360°의 10°간격(01~36 부호)으로 10분 평균값을 자동관측 한다. 종합기상정보시스템은 16방위의 영문표기(예 : N, NNE, NE, ENE 등)로 입력된다. 단, 10분 이내에 풍향 및 풍속의 급격한 변화가 발생할 경우 그 변화시각 이후의 값만 평균한다. 급격한 변화란 풍속이 1.5 m/s이상이며 풍향이 180° 이상 다양하게 변화하여 단일 풍향을 결정하기 불가능할 때를 말한다.

풍향계는 풍속계와 함께 독립된 측기탑 위에 설치하는 것이 원칙이지만 편의상 관측소 청사의 옥상에 측풍대를 설치하는 경우가 많다. 바람의 관측은 지상의 장애물 높이의 10배 이상 떨어진 평탄한 곳에서 지상 10 m 높이의 풍향, 풍속을 관측하는 것을 표준으로 한다.

4.4.2 풍속 관측

대기의 수평적인 흐름의 속도를 풍속이라고 한다. 풍속은 지면으로부터 높이에 따라 다르게 나타나기 때문에 지상 10 m 높이의 풍속을 표준으로 한다. 풍속 역시 풍향과 같이 시시각각으로 변동하므로 일반적으로 풍속은 관측시각 전 10분간의 평균풍속을 말한다.

순간풍향, 풍속은 특정 시각에 대한 풍향, 풍속이며, 일계 내의 순간풍속의 최대값을 일최대순간풍속이라 한다.

평균풍향, 풍속은 일정시간 동안의 풍향, 풍속으로, 지상기상관측에 있어서는 관측시각 전 10분간의 평균값을 그 시각의 값으로 한다. 통상 단순히 풍향, 풍속이라고 할 때는 10분간의 평균풍향, 풍속을 의미한다. 일계 내의 10분간 평균 풍속의 최대값을 일최대풍속이라 한다. 또한 당일의 0시부터 24시까지의, 1일간의 풍정을 24시간으로 나눈 값이 일평균풍속이다. 풍속이 0.5 m/s (1 knot) 미만의 경우를 정온(calm)이라고 하고, 풍향은 없는 것으로 한다.

풍속계가 고장인 경우에는 ‘Beaufort 풍력계급표’를 참고하여 관측자에 의한 목측을 수행한다. 풍속이 1 m/s 이하로 아주 약한 경우에는 풍향계에서 산출된 값이 부정확 할 수 있다. 이러한 경우 관측소 주변의 굴뚝 연기 및 깃발의 날림 등의 목측을 통해 측정된 풍향의 정확성을 점검한다. 풍향계가 고장인 경우에도 때에도 목측을 통해 관측한다. 목측으로 관측한 풍향은 풍향값에 괄호()를 한다.

4.5 관측방식

바람관측을 위한 장비에는 풍차형, 3배형 풍속계, 초음파 풍속계, 방향타형 풍향계, 로빈슨 풍속계, 에어로벤 등이 있으며, 주로 풍배형풍속계를 사용한다.

풍향계 및 풍속계의 자세한 관측방식과 측정원리는 부록을 참고하기 바란다.

제 5 장 강수량 및 적설 관측

5.1 강수량 및 적설 관측의 목적

강수현상은 해양이나 육지로부터 증발한 수분이 구름을 형성하고, 형성된 구름의 발달에 따라 비나 눈이 내리는 현상이다. 지면에 떨어진 강수는 침투 및 유출 과정을 거쳐 해양으로 되돌아가는 순환으로 지구전체로는 증발량과 강수량이 균형을 유지하게 된다.

강수량과 적설 깊이의 관측값은 일기예보뿐만 아니라 기상특보, 정보발표 등에 즉각적으로 이용하고 있다. 집중호우와 폭설 등의 기상현상은 국민의 생명과 재산에 막대한 피해를 유발함에 따라 정확한 관측이 요구된다. 특히, 강수현상은 다른 기상요소에 비해 국지성과 변동성이 크기 때문에 조밀한 관측이 필요하며, 관측된 강수관련 자료는 토목·건축, 댐 관리, 농업분야 등에서 유용하게 활용되고 있다.

5.2 강수량 및 적설의 정의

5.2.1 강수량

강수량 구름이나 공기 중으로부터 지면에 떨어진 액체 또는 고체의 수증기 응결체이다. 강수현상에는 비, 이슬비, 얼음싸라기, 눈, 싸락눈, 진눈깨비, 싸락우박, 우박, 눈보라 등이 포함된다.

강수량은 어떤 시간 내에 내린 강수가 지형의 방해가 없는 해당 지역 표면에 균일하게 퍼졌을 때의 깊이를 말한다. 비, 이슬비 등 액체성 강수는 물론 눈, 싸락눈, 우박 등 고체성 강수도 용해시킨 물의 깊이로 측정하여 강수량에 포함시킨다.

단, 이슬, 안개, 무빙, 서리도 그 양이 측정 가능할 때에는 강수량에 포함하나 강수일수에서는 제외한다. 강수량의 관측은 관측소를 중심으로 관측 대상 지역에 내린 실제량을 대표할 수 있는 표준값을 얻기 위한 것이다.

따라서 측정 장소의 선택, 강수계의 설치방법은 좋은 표준값을 얻을 수 있도록 충분히 고려되어야 한다.

5.2.2 적설

적설이란 고체상의 강수(눈, 싸락눈 등)가 지면에 내려 쌓여 있는 수직 깊이를 말한다. 눈이 관측장소 또는 관측장소 주위의 지면에 반 이상을 덮었을 때를 적설이 있는 것으로 한다. 강설량이란 눈으로 내린 강수량을 말하는 것으로 적설과는 그 뜻이 다르다. 아무리 많은 눈이 내리더라도 지면에 쌓이기 전에 녹아 지면(관측장소 또는 관측장소 주위)의 반 이상을 덮지 못하면 적설은 없는 것이다.

적설의 단위는 cm이며 소수 1위까지 관측한다.

적설은 관측 편의에 따라 적설과 신적설로 구분하여 관측한다. 적설이란 내려 쌓인 기간에 관계없이 관측 시에 실제 지면에 쌓여 있는 눈의 깊이를 뜻한다. 신적설이란 어떤 특정한 기간 동안에 새로 내려 쌓인 눈의 깊이를 말한다. 따라서 신적설은 반드시 특정 기간을 전제로 한 개념이다.

적설의 비중(설밀도)은 적설의 용적에 대한 강수량의 비율이다.

눈이 적은 지방에서는 신적설과 적설만 관측해도 무방하나, 눈이 많은 지방이나 농업, 수문기상학 등 분야별 필요에 따라 눈의 분류, 설밀도, 눈의 온도, 적설의 단면 등을 관측한다.

5.3 설치환경 및 조건

대표성이 좋은 관측치를 얻기 위해서는 다음 사항에 유의하여 설치해야 한다. 강수량계나 적설관측장비의 설치장소는 가능한 기류가 수평으로 흐르는 곳을 택해야 하며, 지면이 우묵한 곳이나 높은 곳, 경사진 곳은 피해야 한다. 또한, 바람이 위로 불어 올라가는 낭떠러지나 산 능선에서 가능한 멀리 떨어진 곳이 바람직하고, 바람골이나 바람의 흐름이 막히는 곳은 피해야 한다. 주위에 나무, 건물 등이 있을 경우는 이를 고려하여 설치해야 한다.

일반적으로 지표부근의 바람은 높을수록 강해지기 때문에 강수량계나 설량계의 강수포착률은 수수구가 높을수록 나빠진다. 따라서 수수구는 되도록 낮게 설치하는 것이 바람직하다. 그러나 지나치게 낮을 경우 빗물이 지면에서 튀어 올라

수수구로 유입되는 경우가 있으므로 각별히 주의해야 한다.

설척이나 적설판 설치에 있어서도 그늘진 곳을 피해 건물에서 충분히 떨어진 곳을 택한다. 봄에 눈 녹음이 주위보다 늦거나 빠른 곳은 피해야 한다. 적설 깊이가 불규칙하게 나타나는 곳에서는 필요에 따라 설척을 2~3개를 설치하여 활용하는 것이 좋다.

5.4 관측방식

강수량계는 무게식강수량계, 전도형강수량계 등이 있으며, 주로 무게식강수량계를 사용한다.

무게식강수량계는 비, 눈 등 액상과 고체상의 강수를 관측하는 센서이며, 무게식강수량계 본체에는 저수통이 있어 비, 눈 등을 저수통에 모아 무게를 측정하는 원리를 사용하여 강수량을 산출한다.

강수량계 및 적설계의 자세한 관측방식과 측정원리는 부록을 참고하기 바란다.

제 6 장 일사 관측

6.1 일사관측의 목적

일사 에너지는 기상현상의 에너지원으로 기상관측의 기본요소이며, 관측값은 아래와 같이 각기 다른 기상요소와의 관계를 설명하기 위한 목적으로 활용한다.

- (1) 지구-대기계에서의 에너지 변환과 그 시·공간적 변화에 대한 연구
- (2) 에어로졸, 수증기, 오존 등의 성분 분포와 관련된 대기의 성질
- (3) 복사에너지의 유·출입 및 순복사량의 변화와 분포에 대한 연구
- (4) 동식물의 생육과 인간 생활에 영향을 주는 농업, 의학, 건축, 공업 및 태양에너지 이용계획 등 폭 넓은 분야에서 요구되는 사항

6.2 일사의 정의

6.2.1 일사의 종류

(1) 일사

자연계의 모든 물체는 그 절대온도의 4제곱에 비례한 전자파 에너지를 방사하고 있다. 그 최대의 것은 태양(표면온도 약 6,000 K)으로 태양으로부터의 복사를 태양복사라 한다. 지구에 도달하는 태양복사 에너지는 0.25 μm 이하의 자외선으로부터 25 μm 이상의 적외선에 이르기까지 광범위하게 연속한 스펙트럼을 이루고 있는데, 이 중 총 에너지의 약 97 %를 점유하는 파장 0.29~3.0 μm 의 태양복사를 단파복사 또는 일사라고 한다.

(2) 대기외일사

지구대기 상단에서 태양광선에 수직으로 입사하는 태양복사를 대기외일사라고 한다. 그 강도는 지구 - 태양 간의 거리 변화에 의하며, 연간 약 ± 3.5 %의 변화가 있다. 지구와 태양간의 평균거리의 대기외일사 강도를 태양상수라고 하며, 그 값은 $1.382 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ 이다.

현재의 태양상수는 국제지구관측년(IGY)에 정해진 것으로 1964년 이래 사용하고 있다. 또한 최근 인공위성이나 절대복사계에 의한 관측에 기초하여 태양상수의 재검토를 하고 있다. 세계기상기구(WMO)의 기술위원회(인프라)는 $1.36 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ 라는 값을 제시하고 있으나 현재까지 정식으로 권고하지 않고 있다.

(3) 직달일사

일사는 대기층을 통과하는 동안에 공기분자, 에어로졸, 운모 등에 의해 부분적으로 흡수, 산란 및 반사된다. 대기층에서 산란, 반사되지 않고 태양 면에서부터 직접 지상에 도달하는 일사를 직달일사라고 한다. 직달전기식일사계는 구조상의 이유로 실제로는 태양주변 산란광의 일부도 관측한다. 직달일사량은 태양광선에서 수직인 면에서 받은 직달일사 에너지의 양으로 정의되며, 직달일사량이 관측되는 시간은 일출에서 일몰까지이다.

(4) 수평면 일사

천공의 전 방향에서 입사하는 산란일사와 직달일사를 합하여 수평면 일사라고 한다. 수평일사량은 수평면에서 받은 일사량으로 정의한다. 태양이 지평선 아래에 있을 때에도 상층대기 중에서 산란된 일사가 지상에 도달하기 때문에 수평면 일사량은 일출 전 및 일몰 후의 상용박명 때에도 약간은 관측된다.

6.2.2 일사량 단위

일사량은 단위면적이 단위시간에 받는 일사에너지의 양으로 정의되며, 순간복사량(irradiance)과 정해진 시간(1시간 또는 1일)동안 단위면적이 받는 총열량인 복사량(radiant exposure)으로 표현한다.

[표 8] 순간복사량 단위와 환산관계

순간복사량	W·m ⁻² 로 환산할 때 곱하는 수
mW · cm ⁻²	10.0
kW · m ⁻²	1000.0
cal · cm ⁻² · min ⁻¹	697.8
mcal · cm ⁻² · s ⁻¹	41.868

[표 9] 누적복사량 단위와 환산관계

복사량	J·m ⁻² 로 환산할 때 곱하는 수
J · cm ⁻²	10,000.0
cal · cm ⁻²	41,868.0
kcal · m ⁻¹	4,186.8

6.2.3 투과율과 혼탁계수의 계산

투과율과 혼탁계수는 태양시각 t 와 천정거리 Z 를 계산하여 구한다.

T : 관측시각 (한국표준시)

T_o : 한국표준시로 표시한 관측당일의 역서 기준지점(예 : 서울)의 일남중시

T_i : 경도 i 의 관측지점에 있어서의 당일의 일남중시

ΔT : 시차로 인한 보정

여기서, 태양시각 t 는

$$t = T - T_i + \Delta T, \quad T_i = T_o - (i - i_o)$$

여기서 i, i_o 는 각각 관측지점과 역서 기준지점의 경도를 뜻하지만, T_i 계산에서는 경도차를 1 시간 = 15° 인 관계를 이용하여 시간으로 표현한다.

T_o 는 역서에서 구하며, ΔT 는 최대 ± 5 초 정도이므로 생략할 수 있다. 태양 시각 t 의 부호는 일남중시 전에는 '-', 후에는 '+'가 됨을 유의해야 한다. 이 t 에 12시간을 더하면 그 지방의 진태양시가 된다.

다음은 태양의 천정거리 Z 의 $\cos$ 과 $\sec$ 를 계산한다. 관측지점의 위도를 ϕ , 관측시각의 태양 적위를 σ , 태양 시각을 t 라 한다.

$$\cos Z = \sin \phi \sin \sigma + \cos \phi \cos \sigma \cos t = M + Nn$$

$$\text{단, } M = \sin \phi \sin \sigma, \quad N = \cos \phi \cos \sigma, \quad n = \cos t$$

특히 주의해야 할 것은 σ 의 정, 부에 따라 M 의 부호도 바뀌는 점이다. 적위 σ 는 역서에서 구한다. σ 의 부호는 춘분에서 추분까지는 '+', 추분에서 춘분까지는 '-'가 된다. 대기노정 $\sec Z$ 은 $\cos Z$ 의 역수이다.

(1) 투과율 A 의 계산

I 는 직달일사량의 관측치, I_o 는 대기권 밖의 일사량이라 할 때,

$$I = I_o A \sec Z \text{의 관계가 있고, 투과율 } A \text{는 } \log A = \cos Z \log \frac{I}{I_o}$$

로 계산된다.

I_0 는 계절에 따라 지구와 태양 간의 거리가 달라지므로 변화한다. 평균거리에 있어서의 I_0 즉, 태양상수는 $1.98 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ 이다.

I / I_0 와 $\cos Z$ 에 따른 A값은 식에 의하여 바로 계산한다.

(2) 혼탁계수 τ_0 의 계산

혼탁계수 τ_0 는 Linke의 혼탁인자(turbidity factor) τ_G 에 기압변화에 따른 순수대기의 감쇄계수 변화정도를 보정한 것이다. 즉,

$$\tau_0 = 1 + (\tau_G - 1)U, \quad U = \frac{b}{b_0} \frac{E_a}{E_u}$$

여기서, U는 기압에 따른 순수대기의 감쇄계수 변화량을 반영하는 상수로 다음 요소로부터 결정된다.

b_0 : 표준기압(1013.3 hPa)

b : 관측 시의 현지기압

E_u : 해면기압이 표준기압을 나타낼 때 순수대기 감쇄계수

E_a : 기압 b 에서의 순수대기 감쇄계수

실제로 U값은 b / b_0 와 $\sec Z$ 을 변수로 하여 계산한다.

Linke 혼탁인자 τ_G 는 건조대기의 소산계수에 대한 실제 대기의 평균 소산계수의 비율로 대기혼탁도를 대표하는 지수이다. 대기권 밖의 일사량 I_0 와 지표에서 측정된 직달일사량 I 의 비는 다음 식으로 τ_G 에 연관된다.

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\frac{b}{b_0} \sec Z \cdot E_a \cdot \tau_G}$$

따라서

$$\tau_G = -P \log \frac{I}{I_0} \quad P = \frac{1}{\frac{b}{b_0} \sec Z \cdot E_a}$$

상용표에서 P 를 구하려면 $b/b_0 \cdot \sec Z$ 값만 이용하면 된다. 또한 τ_G 는 계산하거나 상용표에서 $b/b_0 \cdot \sec Z$ 와 I/I_0 를 변수로 직접 구할 수 있다.

6.3 관측방식

일사계는 직달일사계와 은반일사계 및 전기 보상식 직달일사계 등이 있으며, 주로 전천일사계를 사용한다.

수평면일사로도 불리는 전천 일사의 관측은 수평하게 놓인 수광면이 받는 직달일사와 대기 중의 산란일사를 측정한다. 전천일사계로 측정된 자료는 일사량으로 가장 많이 이용되고 있다.

일사계의 자세한 관측방식과 측정원리는 부록을 참고하기 바란다.

제 7 장 일조시간 관측

7.1 일조시간 관측의 목적

일조시간은 기후변동을 감시하고, 동물의 활동과 식물 생육에도 많은 영향을 주는 중요한 관측요소이다. 또한, 농업에서는 일조시간이 길면 작물의 발육이 양호하나 일조시간이 짧으면 작물이 연약하게 자라서 해충이나 병해가 크게 발생하는 일이 많으며, 식물의 개화나 결실기가 일조시간에 지배되므로 일조관측은 농업분야에서 매우 중요하다.

7.2 일조시간의 정의

일조시간이란 직달일사가 구름이나 안개 등에 차단되지 않고 경계값($120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$)이상 지표면에 도달한 시간을 말한다. 만약 지평선까지 장애물이 없는 지방에서 종일 구름이나 안개 등으로 인한 장애가 없다면 이 지방의 일조시간은 태양이 동쪽 지평선에 나타난 시각부터 서쪽 지평선으로 사라진 시각까지, 즉 가조시수와 일치하게 된다.

그러나 대부분의 경우 지형의 영향으로 가조시수와 일조시간은 일치하지 않는다. 이것은 가조시수는 지형에 관계없이 위도에 따라 지평선을 기선으로 하여 일출, 일몰시각을 결정하기 때문이다.

가조시수의 산출 공식은 다음과 같다.

$$\sin \frac{1}{2}t = \sqrt{\frac{\sin(45^\circ + \frac{\phi - \sigma + \gamma}{2}) \sin(45^\circ - \frac{\phi - \sigma - \gamma}{2})}{\cos \phi \cos \sigma}}$$

여기서 t 는 일출로부터 일남중시각까지 또는 일남중시각으로부터 일몰시각까지의 시간을 각도로 표시한 것이고, ϕ 는 위도, σ 는 태양의 적위(赤緯), γ 는 지평굴절도로 34분이다. 따라서 이 식에서 구한 값을 2배하고 15로 나눈 것이 가조시수가 된다. t 를 2배 하면 주간의 시간 수를 표시하는 각도가 되고 이것을 15로 나누는 것은 15° 가 1시간에 해당하기 때문이다.

일조시간은 소수 1위까지의 시간으로 표현한다. 일조시간을 가조시수로 나눈 것을 일조율이라고 한다. 일조율은 백분율로 표시하고, 소수 1위까지 산출한다. 1개월간의 일조시간의 총계를 그달의 월가조시수로 나누어 백분율로 표시한 것이 월중의 일조율이다.

7.3 일조계 설치

일조계 설치장소는 관측장소 내에 설치하는 것을 원칙으로 하나, 일출 중 일광의 장애물이 없는 주변 옥상에 설치해도 무방하다. 설치 시 주의할 점은 설치장소의 위도를 고려하여 일조계의 센서 기울기를 조절한 후 설치해야 한다. 또한 견고한 받침대 위에 고정시켜야 하고, 일조계에 표시되어 있는 기선을 그 지방의 진남북선에 일치하도록 설치하는 것이다. 특히 동, 서의 방향이 수평이 되어야 한다.

관측소의 남북을 결정하는 방법은 여러 가지가 있으나, 가장 쉽고 정확한 방법은 일남중시각에 물체의 음영을 이용하여 태양 방향으로 직선을 연장하는 것이다. 나침반을 사용할 때는 N에서 그 지방의 위도만큼 방위값을 보정하여 남북의 방향을 찾아 결정한다.

7.4 관측방식

일조계는 캄벨·스토크스 일조계, 조르단 일조계, 태양전지식 일조계, 기타 일조계가 있으며, 주로 회전식 일조계를 사용한다.

회전식 일조계는 일정한 속도로 회전하는 회전반사경에 의해 직달일사량이 $120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 이상의 에너지를 경계값으로 하여 펄스를 생성하고 출력하여 누적값으로 일조값을 계산한다.

일조계의 자세한 관측방식과 측정원리는 부록을 참고하기 바란다.

제 8 장 증발량 관측

8.1 증발량 관측의 목적

증발량은 강수량과 함께 대기 중의 물 순환의 기본적 요소이므로 증발량의 증감과 변화추세 등은 기후변화감시, 농업기상, 댐 관리, 생태계의 변화 등 여러 방면에 중요한 자료로 활용된다.

8.2 증발량의 정의

증발이란 수면, 지면, 초지, 산림 등 광범위한 지역에서 액체 또는 고체 상태의 물이 기체 상태의 물로 변화하는 과정을 말하며, 그때 증발되는 양을 증발량이라고 한다. 현재 이와 같은 대규모적인 증발량 관측은 불가능하다.

따라서 과거에는 대기상태에 의한 증발량의 경향을 파악할 수 있는 호수 면에서의 증발과 유사한 일정한 용기내의 수면에서 증발하는 양을 직접 측정하였으나, 현재는 증발량을 직접 관측하는 대신 증발산량 계산식을 통해 간접 측정하는 방식을 따르고 있다.

증발량은 임의의 시간 내에 단위 면적의 지표면이나 수면으로부터 증발에 의해 감소된 수분의 양을 의미하며, 증발량의 단위는 강수량과 같이 mm로 측정한다. 일 증발량은 전일 00 UTC부터 당일 00 UTC까지의 증발량을 말하며, 증발량은 용기의 형태에 따라 소형증발량과 대형증발량으로 분류한다.

계산식을 통한 간접 측정에서는 대형증발량은 소형증발량에서 0.7배한 값으로 대신한다.

8.3 Penman-Monteith 증발량 계산식

Penman-Monteith 증발산량 계산식(PM 식)을 활용하여 증발량을 산출한다. PM 식으로 계산된 증발산량과 과거자료를 통한 지점별 특성 값으로 팬 계수를 도출하여 소형증발량을 산출한다. 세계농업기구(FAO), 미국 Mesonet, 일본기상청 등에서 사용된다.

일별 증발량 산출식은 다음과 같다.

$$EV = ET_o / K_p$$

EV : 증발량(mm/day)

ET_o : 증발산량(mm/day)

K_p : 팬 계수

잔디에서의 팬 계수 K_p 는

$$K_p = 0.108 - 0.0286u_2 + 0.0422 \ln(FET) + 0.1434 \ln(RH_{mean}) - 0.000631 [\ln(FET)]^2 \ln(RH_{mean})$$

이고, FET는 지점별 특성 값으로 100으로 한다.

8.3.1 일별 증발산량 계산

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + C_d u_2)}$$

ET_o : 증발산량(mm/day)

R_n : 순복사량(MJ/m²/day)

G : 토양열속밀도(MJ/m²/day)

γ : 건습계 상수(kPa/°C)

Δ : 기온에 따른 포화수증기압의 기울기(kPa/°C)

e_s : 일평균 포화수증기압(kPa)

e_a : 일평균 수증기압(kPa)

T : 일평균 기온(°C)

u_2 : 2m 높이에 해당하는 일평균 풍속(m/s)

C_n, C_d : 작물의 종류에 따른 계수

하루 동안의 토양열속밀도(G)는 0에 수렴한다. 작물의 종류에 따른 계수는 잔디인 경우 C_n 은 900, C_d 는 0.34로 한다.

8.3.2 2m 풍속 계산

$$u_2 = u \times \frac{4.87}{\ln(67.8Ht - 5.42)}$$

u : 풍속계 높이에서의 일평균 풍속(m/s)

Ht : 풍속계의 지상 높이(m)

8.3.3 건습계 상수 계산

$$\gamma = \frac{c_p P}{\epsilon \lambda} = 0.000665P$$

c_p : 정압비열(1.013×10^{-3} MJ/kg/°C)

λ : 수증기 잠열(2.45 MJ/kg)

ϵ : 기체상수의 비($\epsilon = R_d/R_v = 0.622$)

P : 현지 기압(kPa)

8.3.4 일평균 포화수증기압 계산(kPa)

$$e_s = \frac{e^o(T_{\max}) + e^o(T_{\min})}{2}$$

$e^o(T) = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27 T}{T + 237.3}\right)$: 포화수증기압 계산 공식

T : 기온(°C)

$T_{\max}$: 최고기온(°C)

$T_{\min}$: 최저기온(°C)

8.3.5 일평균 수증기압 계산(kPa)

$$e_a = \frac{e^o(T_{\min}) \frac{RH_{\max}}{100} + e^o(T_{\max}) \frac{RH_{\min}}{100}}{2}$$

$RH_{\max}$: 최대상대습도(%)

$RH_{\min}$: 최소상대습도(%)

8.3.6 기온에 따른 포화수증기압의 기온기 계산

$$\Delta = \frac{4098 \left[0.6108 \exp \left(\frac{17.27 T}{T + 237.3} \right) \right]}{(T + 237.3)^2}$$

$$T : \text{일평균 기온}(^{\circ}\text{C}) = (T_{\max} + T_{\min})/2$$

8.3.7 순복사량 계산

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

R_{ns} : 입사하는 태양복사

R_{nl} : 방출되는 장파복사

(1) 하루 동안의 순복사량

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s$$

α : 알베도

R_s : 일사 관측값(MJ/m²/day)

여기서 알베도는 풀 위의 값인 0.23을 사용한다.

(2) 하루 동안의 장파복사량

$$R_{nl} = \sigma T^4 (0.34 - 0.14 \sqrt{e_a}) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right)$$

σ : 스테판-볼츠만 상수 ($4.903 \times 10^{-9} \text{ MJ/K}^4/\text{m}^2/\text{day}$)

T : 일평균 기온의 켈빈온도 ($\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.16$)

e_a : 해당 공기의 일평균 수증기압(kPa)

R_{so} : 맑은 날 태양복사(MJ/m²/day)

(3) 맑은 날 하루 동안의 태양복사

$$R_{so} = (0.75 + 2 \times 10^{-5} z) R_a$$

z : 해당 지점의 해발 고도(m)

R_a : 외기복사(MJ/m²/day)

(4) 하루 동안의 외기복사

$$R_a = \frac{24 \times 60}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)]$$

G_{sc} : 태양상수(0.0820 MJ/m²/min)

d_r : 지구와 태양 간의 역 상대거리

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right)$$

J : 연간 일 수

ϕ : 위도(radian)

δ : 태양 적위(radian)

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right)$$

ω_s : 일몰 시간각(radian)

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\phi) \tan(\delta)]$$

제 9 장 구름 관측

9.1 구름 관측의 목적

구름은 강수, 뇌전, 안개 등 일기와 밀접하게 관련되어 있으며 특징적인 구름 분포는 일기현상을 대표하여 기상관측의 중요한 자료로 활용된다.

구름의 생성과 이동 및 소멸 과정을 통해 나타나는 일사의 차단, 흡수, 반사 과정은 우리가 생활하는 대류권의 열수지와 밀접한 관련이 있다. 따라서 구름의 종류, 양 및 구름높이 등은 현재의 기상상태는 물론 예보에 중요한 자료로 사용되고 있다. 특히, 대기의 열과 수분의 재분배와 관련하여 구름형이 변화함에 따라 구름관측은 대기의 운동과정을 파악하기 위한 중요한 요소이다.

9.2 구름의 정의

구름이란 대기 중에 떠다니는 미세한 수적(水滴)이나 빙정(氷晶) 입자가 여러 응결핵과 집결하여 육안으로 볼 수 있는 것을 말한다. 이 입자들 중에는 물이나 얼음 입자 이외의 매연이나 먼지와 같은 고체 입자들도 포함되어 있다. 이때에 구름이 지면과 접하여 있을 때에는 안개라고 한다.

9.3 구름의 관측

9.3.1 목측 관측

구름은 운량, 운형, 운고 등을 관측하며 먼저 전운량을 관측한 다음, 낮은 구름에서 높은 구름의 순서로 관측한다. 또한 높이가 같은 구름이 두 종 이상 있을 경우에는 운량이 많은 것부터 [표 10]에 나타난 10종 기본운형에 따라 운형을 결정한 후 구름의 양과 높이 등을 관측한다.

구름을 육안으로 정확히 관측하기 위해서는 꾸준한 관심과 노력이 필요하다. 관측시각은 물론 그 이외의 시간에도 구름의 상태변화와 기압장의 변화 추이를 미리 파악해 둘 필요가 있다.

야간관측 시에는 눈을 어두움에 익힌 뒤에 구름관측을 하도록 하며, 야간에 구름이 확실히 보이지 않을 때에는 별빛이 보이지 않는 부분을 구름이 덮여 있는 것으로 주간의 구름에 준하여 추정한다.

(1) 운형

운형은 10가지의 기본운형으로 나눌 수 있다. 그러나 전형적인 운영은 비교적 드물고 끊임없이 변화하여 나타나고 있다. 따라서 다년간의 경험이 있는 관측자라 할지라도 정확한 구름관별에 어려움을 느낄 때가 많다. 운형을 정확히 관측하기 위해서는 구름의 발생, 발달, 쇠약, 소멸의 과정을 주의 깊게 관찰하여 가장 가까운 운형으로 결정해야 한다.

모든 운형은 국제식 기호로 나타낸다. 야간에 운형을 확실히 알 수 없을 때에는 추정한 운형의 기호에 괄호를 붙여 기입한다. 추정도 어려울 때에는 ‘불명’으로 기입한다. 안개, 연무, 황사, 강회(降灰), 연기 등을 투시하여 운형을 추정하였을 때에도 같은 방법으로 기입한다. 관측 시 나타난 일기현상으로 하늘의 일부 또는 전부가 안 보일 경우에, 운형결정은 그 현상을 나타낼 수 있는 구름으로 정한다.

(2) 운량

전천을 10으로 하고 구름으로 덮여 있는 부분을 전천에 대한 10분수로 표시한 것을 운량이라 한다. 특히, 특정 운형의 구름이 단독으로 하늘을 덮은 부분을 그 구름의 부분 운량이라 한다. 전운량은 부분 운량의 합계가 아니며, 모든 구름이 덮고 있는 부분의 천공에 대한 10분수이다.

천공에 전혀 구름이 없거나 있더라도 5 % 미만일 때의 운량은 0이다. 천공이 구름으로 전부 덮여 있거나 95 % 이상 덮여 있을 때의 운량은 10이다. 운량은 0에서 10사이의 정수로 나타낸다. 만약 운량이 10이라 할지라도 구름 사이로 푸른 하늘을 볼 수 있을 때에는 10에 괄호를 붙인다.

운량을 결정할 때에는 구름의 농담은 고려하지 않는다. 어느 구름의 부분 운량을 결정함에 있어서 구름이 중첩되어 있을 때에는 특히 주의해야 한다. 이런 경우 일반적으로 낮은 구름의 겉보기 움직임은 높은 것에 비해서 빠른 것같이 보이므로 구름 이동의 세밀한 관찰을 통해 각 구름의 부분 운량을 파악 할 수 있다.

각 구름의 층별 부분운량을 결정하기 위해서는 다소의 추측이 필요하지만 지나치게 추측해서는 안 된다. 짙은 안개로 인해 하늘이 전혀 보이지 않을 때에는 운량을 10으로 한다.

만약 안개가 천공에 덮여 있더라도 구름을 확인할 수 있거나 천공이 보이는 부분이 있을 때에는 그 정도에 따라 운량을 9 혹은 8이라 하고 운형은 안개와 확인된 구름의 운형으로 한다.

연무, 황사, 강회, 연기 등이 천공의 전체 또는 일부를 덮고 있어 운형을 판정할 수 없을 때에는 짙은 안개의 경우와 같이 취급한다. 이런 현상이 희박하여 구름의 전부를 판정할 수 있을 때에는 운량, 운형은 보통 때와 같이 관측하고 연무, 황사, 강회, 연기 등의 현상은 기사로 기입한다. 천공의 일부가 강수 또는 안개로 가려져 있을 때에는 강수현상이 있는 구름이 그 부분을 덮고 있다고 가정하여 운량을 결정한다.

(3) 운고

운고는 통상 관측장소의 지면에서부터 구름 밑면까지의 높이를 말하며, 100 m 단위로 표현한다. 낮은 구름의 경우 10 m 단위로 관측할 수 있을 때에는 소수점 이하 1위의 숫자로써 표시한다.

구름의 외관에 의해서 추정된 운고는 신용할 수 없는 경우가 많으므로 높이가 알려진 산이나 기구 또는 평소에 주위의 지형을 이용하여 알 수 있는 고도, 기타 측정 장치를 이용하도록 해야 한다. 구름의 높이를 추정하기 위하여 다음 [표 10]을 참고한다.

[표 10] 10가지 기본운형과 출현고도

층	명 칭	영 문 명	약 어	잘 나타나는 높이와 설명	
상 층	권운	Cirrus	Ci	극지방	3 ~ 8 km
	권적운	Cirrocumulus	Cc	온대지방	5 ~ 13 km
	권층운	Cirrostratus	Cs	열대지방	6 ~ 18 km
중 층	고적운	Alto cumulus	Ac	극지방	2 ~ 4 km
	고층운	Altostratus	As	온대지방	2 ~ 7 km
	난층운	Nimbostratus	Ns	열대지방	2 ~ 8 km
하 층				As: 보통 중층에서 보여지나 상층까지 넓게 있는 경우도 많다.	
				Ns: 보통 중층에서 보여지나 상층 및 하층에서 넓게 있는 경우도 많다.	
	층적운	Stratocumulus	Sc	극지방	지면부근 ~ 2 km
	층운	Stratus	St	온대지방	지면부근 ~ 2 km
	적운	Cumulus	Cu	열대지방	지면부근 ~ 2 km
	적란운	Cumulonimbus	Cb	Cu, Cb: 운저는 보통 하층에 있으나 운정은 중·상층까지 달하고 있는 것이 많다.	

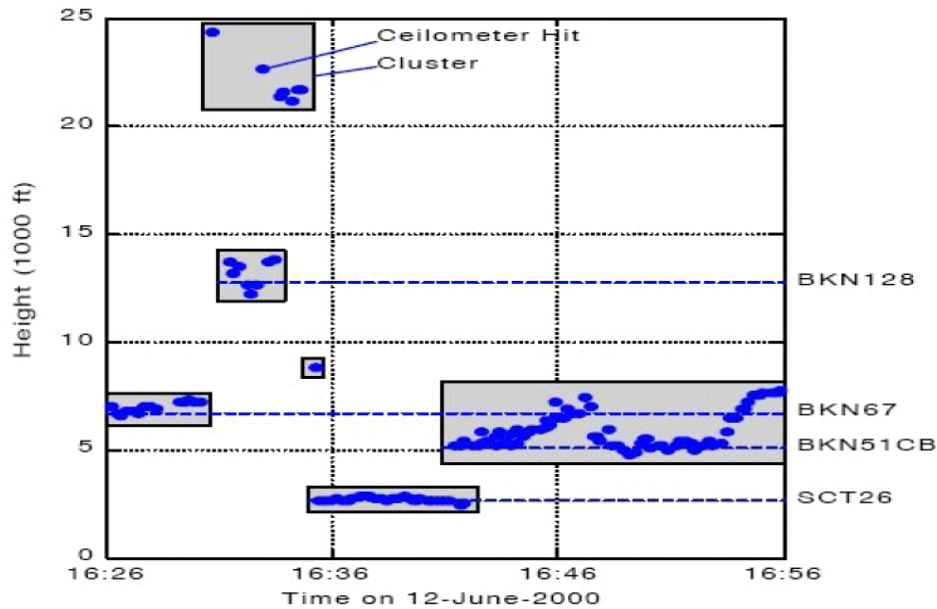
9.4 관측방식

운고·운량계는 연직으로 레이저 빔을 쏘아 3개 층의 운고와 운량을 관측하는 센서로 송신부에서 30초 간격으로 레이저 빔을 발사하며, 구름하부에 도달한 레이저 빔이 수신기로 돌아오는 데 걸리는 시간을 측정해 3개 층의 운고와 운량을 측정한다.

운고·운량계는 매분마다 지난 30분간 매 30초마다 구름에 부딪혀 돌아온 신호를 이동평균하여 1분 자료를 생산한다. [그림 3]는 운고·운량계에서 고도별 운고, 운량자료를 산출하는 알고리즘으로 회색음영은 운고·운량을 수집하는 관측 시간 동안 운고·운량계 상공을 지나간 시간-고도별 운고, 운량을 뜻하며, 관측된 자료는 내부 알고리즘을 통해 하층에서부터 상층까지의 운고, 운량 자료를 산출한다.

운고, 운량자료를 산출하기 위해 먼저 관측 시간동안 운고·운량계를 지나간 고도별 구름의 높이를 3개의 구름층으로 구분하여, 운고1, 운고2, 운고3 고도 자료를 산출한다. 다음으로 운량자료를 산출하기 위해 3개 층에서 관측된 운고자료의 관측 횟수를 합산하여 층별 운량을 산출하고, 이를 통하여 전체 운량을 산출한다.

관측된 운고자료는 하·중·상층 운고, 운량을 뜻하지 않으며, 최하층에서부터 가장 많은 양의 구름이 관측된 높이를 뜻하는 자료이므로, 관측자료를 활용함에 있어서 주의를 기울여야 한다. 운고·운량계에서 최대 측정 가능한 높이는 약 7.5 km 이며, 구름의 양은 8분위, 10분위 두 가지 형태로 출력 가능하다.



[그림 3] 연직 고도별 운고·운량 산출 알고리즘(출처: Vaisala Manual)

9.5 구름의 분류

구름은 그 모양의 특징에 따라서 10가지의 기본운형(genera)으로 대별되며, 기본 운형은 그 형태나 내부구조에 따라서 다시 종(species)으로 세분된다. 한편, 구름 조각들의 배열 상태나 투명도에 따라서 변종(varieties)으로도 나누어진다. 관측된 하나의 구름은 반드시 어떤 하나의 기본 운형에 속하여 단 하나의 종의 명칭만을 가질 수 있다.

종은 서로 배타적이어서 하나의 구름에 대하여 둘 이상의 종 명칭은 가질 수 없다. 그러나 변종은 여러 가지 기본운형에 공통적으로 나타날 수 있으므로 한 가지 구름에도 몇 가지 변종의 명칭을 붙여서 사용할 수 있다.(반투명(tr)과 불투명(op)은 예외)

하나의 기본운형은 몇 개의 종이나 변종으로 분류되기는 하나 반드시 종의 명칭이나 변종의 명칭을 가져야 한다는 것은 아니다. 즉 어떤 구름이 종이나 변종의 정의에도 합당하지 못할 때에는 종이나 변종은 표시하지 않아도 된다.

구름은 때때로 그 구름에 붙어 있는 일부분이 특색 있는 구름, 즉 보충형(補充形 supplementary features)으로 나타나는 경우도 있고 그 구름과는 별도로 통상 작은 구름이 뒤따라 나타나는 구름인 부속운(付屬雲 accessory clouds)을 동반하는 경우도 있다. 부속운은 원래의 구름에 붙어 있거나 떨어져 나타나는 경우도 있다.

구름의 분류에 관한 상세한 설명은 국제구름해설도(INTERNATIONAL CLOUD ATLAS, <https://cloudatlas.wmo.int/en/home.html>)를 참고하기 바란다.

9.5.1 기본 유형

(1) 권운(卷雲): Cirrus(Ci)

(가) 정의

흰색의 가느다란 선이나 흰색의 반점 또는 좁은 띠 모양의 흩어져 있는 구름으로, 그 외관은 섬유와 같으며 명주와 같은 광택을 갖고 있다.

(나) 구름의 구성과 외관

통상 가장 높은 곳에 출현하는 구름인 권운은 빙정으로 되어 있다. 권운 중에는 가느다란 실 모양을 하고 있는 것이 있다. 그 선은 거의 직선으로 되어 있는 경우도 있고 불규칙하게 굽어져 있는 경우도 있으며 때로는 엉켜 있는 경우도 있다(섬유 권운 Ci-fib). 또한 실 모양이라도 끝이 낚시와 같이 굽었거나 콤마(,)와 같은 모양을 했거나 꽃의 수술과 같은 모양을 하고 있는 것도 있다(낚시 권운 Ci-unc).

권운이 태양이 위치한 쪽에 형성된 경우 회색으로 보일 정도로 짙은 것도 있다. 이 짙은 권운이 태양을 덮으면 태양의 윤곽이 흐려지고 아주 두꺼운 것은 태양을 거의 가리는 수도 있다(농밀 권운 Ci-spi).

드물게 나타나기는 하지만 권운이 둥글고 수술과 같은 모양으로 고립되어 나타나는 경우가 있다. 이 경우 꼬리 쪽을 늘이는 경우가 많다(수술 권운 Ci-flo). 또 권운이 같은 운저에서 탑상으로 솟아나 있거나 톱날과 같이 작고 둥글 둥글한 운괴가 솟아 있는 것도 있다(탑상 권운 Ci-cas). 낮 동안 지평선(수평선)에 가까이 붙어있는 것을 제외하고는 거의 흰색이며, 같은 방향에 있는 다른 구름에 비하여 더 흰색을 띤다. 태양이 지평선에 가까워짐에 따라 다른 낮은 구름은 황색이나 오렌지색을 띠지만 권운은 흰빛이 좀 옅어질 정도이다. 그러나 태양이 지평선 밑으로 내려가면 권운은 황색, 분홍색, 붉은색으로 변하여 나중에는 흰색이 되고 밝을 녘에는 색깔의 변화가 이와 반대로 된다.

지평선 부근의 권운은 낮 동안에도 황색이나 오렌지색을 띠는 경우가 많다. 햇무리 현상이 나타나는 때도 있으나 권운은 폭이 좁으므로 햇무리가 완전한 동그라미가 되는 경우는 없다.

(다) 발생

권운은 권적운, 고적운이 꼬리(미류운 : vir)를 늘여서 되거나 적란운의 정상부에서 생기는 경우가 많다. 또 권운은 권층운의 얇은 부분이 증발하여 없어지고 짙은 부분만이 남아서 형성되는 경우도 있다. 수층 권운(Ci-flo)은 구름이 없는 곳에 새로 발생하는 경우가 많다.

(2) 권적운(卷積雲): Cirrocumulus(Cc)

(가) 정의

조약돌을 배열한 것 같은 운편들의 모임, 또는 잔물결과 같은 모양의 얇고 흰 구름으로 그늘이 없다. 덮은 범위는 아주 적을 때가 많으나 한 끝이 지평선에 닿아 있는 경우도 있고, 전천에 덮여 있는 경우도 있다. 개개의 운편들은 보통 떨어져 있으나 서로 붙어 있기도 하나 일반적으로 규칙적인 배열을 하고 있다.

각 운편의 대부분은 외관상 시각이 1°(팔을 쭉 펴고 손을 보았을 때 새끼 손가락의 폭만한 넓이) 미만이다. 권적운은 구름이 끼어 있는 부분과 구름이 없는 부분의 구별이 확실하게 드러나는 경우가 대부분이다.

(나) 구름의 구성과 외관

권적운은 거의 예외 없이 빙정으로 되어 있다. 현저히 과냉각된 수적이 존재하는 경우도 있으나, 대부분 급속히 빙정으로 변화한다.

권적운은 수평선(지평선)에 닿을 정도로 넓은 범위에 걸쳐 나타날 때가 많다(층상 권적운 Cc-str). 이와 같은 운층은 매우 작고 둥근 덩어리가 규칙적으로 모여 때로는 잔물결 모양을 나타내는 경우가 있다(파상 권적운 Cc-un). 이 구름의 연변은 섬유상을 하고 있는 경우도 있다. 아주 드문 경우지만 권적운 중에 다소 규칙적으로 분포된 작고 둥근 구멍이 배열되어 마치 벌집과 같은 외관을 나타내는 경우가 있다(벌집 권적운 Cc-la).

권적운은 렌즈와 같은 모양으로 나타나는 수가 있다. 이 모양의 구름은 확실한 윤곽을 하고 있는 것이 보통이며 때로는 길게 늘어나 있는 경우도 있다(렌즈 권적운 Cc-len). 드물게 나타나는 것으로 공통된 수평의 운저에서 아주 작은 탑과 같은 운괴들이 솟아나 있는 경우도 있다(탑상 권적운 Cc-cas). 또한 권적운의 각 운편이 아주 작은 수층 모양을 하고 있는 경우가 있다(수층 권적운 Cc-flo).

권적운은 구름을 통해서 그 후면의 해나 달의 위치를 확인할 수 있을 정도로 엷어서 광환 혹은 채운 현상이 관측되는 수가 있다.

(다) 발생

권적운은 권운이나 권층운이 변화하여 형성되기도 하고, 고적운의 각 운편이 적어져서 형성되는 경우도 있으며, 새롭게 발생하는 경우도 있다. 렌즈 권적운(Cc-len)은 습윤한 기층이 산악 등의 영향으로 강제 상승할 때에 흔히 발생한다.

(3) 권층운(券層雲) : Cirrostratus(Cs)

(가) 정의

베일 모양의 허여스름한 엷은 구름으로 섬유상을 하거나, 엷은 천과 같은 외관을 하고 있다. 이 구름은 하늘의 일부 또는 전체를 덮고 있는 경우가 있으며, 햇무리(달무리) 현상이 일어나는 것이 이 구름의 특징이다. 권층운은 하늘에 구름이 끼어 있는 부분과 끼어 있지 않은 부분의 구별이 명확하게 드러나지 않는 경우가 대부분이다.

(나) 구름의 구성과 외관

권층운은 빙정으로 되어 있다. 권층운은 털 모양이 뚜렷한 경우(섬유 권층운 Cs-fib)도 있으며, 섬유 모양은 보이지 않고 유백색의 베일처럼 되어 있는 경우도 있다(안개 권층운 Cs-neb).

권층운은 그 연변이 확실할 때도 있으나, 가장자리가 권운으로 되어 있어 확실하지 않을 때도 있다. 권층운은 엷은 구름이므로 태양의 고도가 아주 낮을 때 이외에는 지상 물체의 그림자가 나타난다. 권운 항목에서 설명한 색에 대한 설명은 대부분 권층운에도 해당된다. 엷은 권층운은 무리 현상을 나타내는 경우가 많고, 권층운이 아주 엷은 때에는 무리현상을 보고 비로소 권층운이 있는 것을 확인하는 경우도 있다.

(다) 발생

권층운은 고공에서 광범위한 기층이 천천히 상승할 때 발생하며, 권층운은 권운이나 권적운의 운편이 서로 합쳐서 형성되기도 하고, 권적운에서 내려온 빙정들로 형성되는 경우도 있다. 또한, 고층운이 엷어져서 형성되는 경우도 있고, 적란운의 쇄모루형의 윗부분이 퍼져서 형성되기도 한다.

(4) 고적운(高積雲) : Altocumulus(Ac)

(가) 정의

얇은 판자나 둥그스름한 덩어리 또는 물라형의 운편이 모여서 된 백색이나 회색의 구름으로 보통 음영을 가지고 있다. 구름이 덮은 범위는 아주 작을 경우도 있지만 한쪽 끝이 지평선(수평선)에 닿아 있을 때도 있고, 전천에 퍼져 있는 경우도 있다. 구름 조각은 부분적으로는 섬유상을 하고 있는 것도 있으며, 또한 구름 조각들이 서로 붙어 있거나 띄엄띄엄 떨어져 있는 경우도 있다.

규칙적으로 배열된 구름 조각의 폭은 시각 1°에서 5° 사이에 있는 것이 일반적이다(팔을 쭉 뻗을 때 엄지를 뺀 네 개의 손가락의 폭은 약 5°가 된다).

(나) 구름의 구성과 외관

고적운은 대부분 수적으로 되어 있다. 그러나 아주 저온인 때에는 일부가 빙정으로 되어 있는 경우도 있다. 고적운은 한쪽 끝이 지평선(수평선)에 닿고 넓은 범위에 퍼져 있는 경우가 많다(층상 고적운 Ac-str). 구름 조각들이 길게 늘어져서 밭고랑 같은 모양을 하고 있는 경우도 있다. 아주 드문 경우이지만 층상 고적운(Ac-str)에는 대략 규칙적으로 배열된 작고 둥근 구멍이 나 있는 경우가 있으며, 이 구멍의 가장자리는 윤곽이 뚜렷하다(별집 고적운 Ac-1a). 또한 층상 고적운은 두 층 이상으로 나타나는 경우도 있다(이중 고적운 Ac-du).

고적운은 렌즈형(Lens)으로 나타나는 경우가 있다(렌즈 고적운 Ac-len). 이 구름은 작고 가느다란 운편들이 밀집하여 이루어져 있을 때도 있고, 겹이 미끈하게 하나의 운편으로 되어 있는 때도 있다. 드물게 고적운이 같은 운저에서 작은 탑들이 열을 지어 솟아 있는 것 같은 모양을 하는 경우가 있다(탑상 고적운 Ac-cas). 아주 드물게 고적운의 운편이 고립된 작은 수술 모양을 하고 있고, 구름 밑 부분은 흩어져 있는 경우가 있다(수술 고적운 Ac-flo).

고적운에는 여러 가지 두께의 것이 있으며, 해의 위치를 알 수 있을 정도로 얇은 것도 있고(반투명 고적운 Ac-tr), 구름이 해를 완전히 가려버릴 정도로 두꺼운 것도 있다(불투명 고적운 Ac-op). 불투명 고적운의 운저는 울퉁불퉁하고 각 운편은 밑으로 솟아나게 보인다. 고적운은 하늘색과의 구별이 확실하게 나타나는 경우가 대부분이다. 고적운의 얇은 부분에는 코로나(光環) 또는 채운 현상이 잘 나타난다.

(다) 발생

고적운은 넓은 범위를 덮고 있는 상승하는 기층의 연변에서 발생하기도 하지만 대기권 중층에 있는 요란이나 대류에 의해 발생하는 경우가 많다. 권적운의 운편이 커지거나 두꺼워져서 고적운이 되는 경우도 있다. 또한 층적운의 운층이 갈라져서 형성될 때도 있고, 고층운이나 난층운이 변하여 형성되는 경우도 있다. 고적운은 적운이나 적란운이 퍼져서 되는 경우도 있다.

렌즈 고적운은 습윤한 기층이 지형의 국지적인 영향으로 강제 상승할 때에 발생하는 것이 일반적이다.

(5) 고층운(高層雲) Altostratus(As)

(가) 정의

무늬가 있거나 줄무늬로 된 회색 또는 옅은 검정색의 구름으로 때로는 무늬가 없이 일정한 회색으로 보일 때도 있다.

고층운은 전천을 덮고 있는 경우도 있고, 한 끝만이 지평선(수평선)에 닿아 있는 경우도 있다. 이 구름의 옅은 부분에서는 마치 불투명 유리를 통해서 보는 것과 같이 해의 위치가 어렴풋이 드러날 정도이다. 햇무리(달무리)현상은 나타나지 않는다.

(나) 구름의 구성과 외관

고층운은 수적과 빙정으로 되어 있으며, 우적이나 설편을 포함하는 경우도 있다. 고층운은 극히 광범위(수 100 km까지)하게 퍼져 있는 경우가 많고, 수직 방향의 두께도 아주 두꺼운(수 1,000 m) 것이 일반적이다.

이 구름은 거의 같은 높이에 두 개 이상의 층이 중복되어 있거나, 서로 붙어 있는 경우도 있다(이중 고층운 As-du). 또한, 물결이나 밧고랑과 같은 모양을 하고 있는 경우도 있다(파상 고층운 As-un).

고층운의 두꺼운 부분은 해를 완전히 가릴 정도이고, 옅은 부분은 불투명 유리를 통해서 보는 것처럼 해의 존재를 어렴풋이 알 수 있을 정도이다.

고층운은 강수 현상을 동반하는 경우가 있다. 강수 현상은 운저에서 꼬리를 늘어뜨린 것처럼 보인다(미류운 vir). 강수 현상은 지상까지 도달하지 못하고 중간에서 증발하는 경우가 많으며, 이 경우 고층운의 운저는 유방 모양으로 되는 경우가 있다(유방운 mam). 고층운에서는 보통 지속적인 비, 눈 또는 얼음싸라기로 내린다.

고층운에서 내리는 비가 하층의 불안정한 기층 내에서 증발하여 습도가 증가하면, 불안정한 형의 구름이 생기는 경우가 있다(조각구름 pan). 이 조각구름은 처음에는 양도 적고, 고층운의 운저에서 떨어져서 생기는 것이 일반적이지만 점차 고층운이 두꺼워지고 운저가 낮아지면, 고층운과 편운의 수직 간격은 매우 좁아지며, 조각구름의 크기와 개수도 증가하여 상호 연결되는 경우가 많다.

(다) 발생

고층운은 넓은 범위의 기층이 천천히 상승하여 되는 경우가 많다.

고층운은 권층운이 두꺼워져서 형성되거나, 넓은 범위에 걸쳐 빙정의 미류운을 가진 고적운에서 발생하는 경우도 있다.

(6) 난층운(亂層雲) : Nimbostratus(Ns)

(가) 정의

짙은 회색의 운층으로 형성되어 통상 연속적인 비 또는 눈을 내리게 하며 이 눈이나 비로 인해서 흐려져 보인다. 이 구름은 어떤 부분도 해를 완전히 가려 버릴 만큼 두껍다. 낮은 조각구름(pan)이 난층운 아래에서 발생하는 경우가 많으며, 이 편운은 상층의 난층운과 연결되는 경우도 있다.

(나) 구름의 구성과 외관

난층운은 수적과 우적, 빙정과 설편 또는 이들이 서로 혼합되어 형성된다. 난층운은 보통 천천을 덮고 있는 낮고 짙은 회색의 구름으로, 지속적인 비나 눈 또는 얼음싸라기 때문에 흐려 보인다.

난층운의 운저는 그 일부 또는 전부가 낮은 조각구름으로 가려져 있는 경우가 많다(조각구름 pan). 이 조각구름은 난층운 아래에서 형성되며, 처음에는 띄엄띄엄 나타나나 점차 연속된 넓은 층을 이룬다. 이 구름이 난층운 밑의 넓은 범위를 덮고 있을 때에는 난층운의 운저로 혼동하지 않도록 주의해야 한다.

(다) 발생

난층운은 보통 넓은 기층이 서서히 상승할 때 발생한다. 또한 난층운은 고층운이 두꺼워지거나 그 운저가 낮아져 형성되는 경우도 있으며, 드물게는 층적운이나 고적운이 두꺼워져 형성되는 경우도 있다. 또한 난층운은 적란운이 퍼져서 형성되는 경우도 있고, 아주 드문 경우로 발달한 적운이 퍼져 발생하는 경우도 있다.

(7) 층적운(層積雲) : Stratocumulus(Sc)

(가) 정의

얇은 판의 둥글둥글한 덩어리 또는 물러 모양의 운편들이 모여서 된 구름이며, 색깔은 회색이고 얇은 검정색을 띤 부분도 있다.

이 구름은 하늘의 일부분만을 점유할 정도의 소규모인 때도 있으나, 한 쪽 끝이 수평선(지평선)에 닿아 있는 경우도 있고, 또 전천에 퍼져있는 경우도 있다. 이 구름은 점유상으로 보이지는 않는다(단 미류운은 제외). 운편은 서로 연결되어 있는 경우도 있고, 띄엄띄엄 떨어져 있는 경우도 있다. 규칙적으로 배열된 운편의 대부분은 시각 5° 이상의 폭을 갖는다.

(나) 구름의 구성과 외관

층적운은 수적으로 되어 있는 것이 보통이나 우적이나 싸락눈을 동반하는 경우도 있고, 드물게는 빙정이나 설편을 동반하고 있는 경우도 있다. 층적운은 고층운처럼 전천에 퍼져 있는 경우가 많다. 층상 층적운(Sc-str)은 때로는 다소 규칙적으로 배열된 둥근 구멍이 나 있는 경우가 있고 이 구멍은 벌집 같이 보인다(벌집 층적운 Sc-la).

층상 층적운은 거의 같은 높이에 두개 이상의 층이 동시에 발생하는 경우가 있다(이중 층적운 Sc-du). 층적운은 길게 늘어지고, 윤곽이 확실한 렌즈 모양으로 나타나는 경우도 있다(렌즈 층적운 Sc-len). 또한 층적운은 공통된 운저에서 솟아있는 탑과 같은 모양을 하고 있는 경우가 있다(탑상 층적운 Sc-cas).

층적운의 두께는 여러 가지여서 때로는 구름의 대부분이 해의 위치를 알 수 있을 정도로 얇은 층일 경우도 있고(반투명 층적운 Sc-tr), 때로는 구름이 해를 완전히 가려버릴 정도로 두꺼울 때도 있다(불투명 층적운 Sc-op). 불투명 층적운은 운저가 일정하지 않고, 울퉁불퉁 솟아난 것이 뚜렷하게 보이기도 한다. 층적운은 약한 비, 눈, 싸락눈을 동반하는 경우가 있다. 층적운에는 코로나 또는 채운 현상이 나타나는 경우가 있다.

(다) 발생

층적운은 고적운의 운편이 커져서 형성되기도 하며, 고층운이나 난층운의 아래에서 형성되는 경우도 있고 난층운이 층적운으로 변하는 경우도 있다. 층운이 상승하여 형성되는 경우가 있으며, 층운의 높이는 변하지 않더라도 대류가 강해지거나 파동성 기류에 의하여 층적운으로 변하는 경우도 있다.

층적운은 적운 또는 적란운의 윗부분이나 중간 부분이 퍼져서 형성되는 경우가 많으며, 오후 늦게 혹은 저녁 무렵에 적운의 윗부분이 평탄하게 되어 발생하는 경우도 있다.

(8) 층운(層雲) : Stratus(St)

(가) 정의

비교적 일정한 운저를 가진 회색의 운층으로 이슬비, 얼음침, 가루눈이 내리는 경우가 있다. 이 구름을 통해서 해가 보일 때에는 그 윤곽이 뚜렷이 나타난다. 아주 기온이 낮은 때를 제외하고는 햇무리(달무리) 현상은 나타나지 않는다.

층운은 불안정한 형의 조각구름으로 나타나는 경우가 있다(단편 층운 St-fra). 특히 악천후 때에 난층운이나 적란운 밑에 이 구름이 나타나는 경우가 많다.

(나) 구름의 구성과 외관

층운은 일반적으로 수적으로 되어 있으며 아주 저온인 때에는 빙정으로 형성되어 있는 경우도 있다. 두껍고 짙은 층운은 이슬비, 얼음침, 가루눈 등을 내리게 하는 경우가 있다. 층운은 안개와 같이 겹보기가 일정한 구름의 층으로 나타나는 경우가 많다(안개상 층운 St-neb). 이 구름은 높은 건물이나 낮은 산정을 가려버릴 정도로 낮게 나타나는 경우가 흔히 있다.

얇은 층운은 해나 달의 윤곽이 뚜렷이 보이지만(반투명 층운 St-tr), 때로는 해나 달을 완전히 가릴 정도로 두꺼운 때도 있다(불투명 층운 St-op). 또한 층운은 밑면이 확실히 나타나고, 물결 모양을 하고 있는 경우가 있다(파상 층운 St-un). 때로는 조각 모양의 운편으로 되어 그 형태가 끊임없이 변화하고 있는 것이 있다(단편 층운 St-fra). 이 구름은 다른 구름에 부수적으로 나타나는 조각구름(pan)으로 난층운이나 고층운 아래에서 잘 나타난다.

층운이 얇은 때에는 해 코로나나 달 코로나가 나타나며, 아주 저온인 때에는 햇무리(달무리) 현상이 나타나는 경우도 있다. 층운에서의 강수는 이슬비, 얼음침, 가루눈으로 나타난다.

(다) 발생

층운은 보통 지면이 가열되거나 풍속이 증가하여 안개의 층이 서서히 상승하면서 나타난다. 또 해상에서 발생한 안개가 해안으로 유입되면서 육지에 상륙하여 층운으로 나타나는 경우도 있다.

단편층운은 안개상 층운이 생성될 때나 소멸될 때에 짧은 과도기에 나타나는 경우가 있다. 또 단편층운(조각구름 pan)은 고층운, 난층운, 적란운, 적운의 운저에서 공기가 강수로 인하여 다습해지고, 난류의 영향을 받아서 나타나기도 한다.

층운은 강수 이외의 원인으로 층적운의 운저가 낮아지고, 기복이 없어져 구름 조각들이 서로 달라붙어 형성되는 경우도 있다.

(9) 적운(積雲) : Cumulus(Cu)

(가) 정의

적운은 윤곽이 뚜렷한 서로 떨어져 있는 농밀한 구름으로 수직으로 솟아올라 둥근 산봉우리나 탑 또는 지붕 모양을 하고 있다.

이 구름의 상부는 솟아올라 양배추와 같은 모양으로 나타나는 경우가 있다. 해에 비치는 부분은 매우 희고 밝게 빛나 보이며, 운저는 비교적 검은색이고 거의 수평을 이루고 있다. 적운은 조각조각으로 흩어진 운편으로 되어 있을 때가 있다(단편 적운 Cu-fra).

(나) 구름의 구성과 외관

적운은 주로 수직(물방울)으로 이루어져 있고, 기온이 현저하게 낮은 부분에서는 빙정이 섞여있는 때도 있다. 빙정이 성장하게 되면 적운은 적란운으로 변화한다.

적운은 발달의 정도에 따라 여러 단계의 구름으로 나타나게 된다. 수직 방향으로 거의 발달하지 않아 편평한 구름(편평 적운 Cu-hum : 두께가 대략 수십 m에서 수백 m의 범위 이내)도 있고, 수직 방향으로 다소 발달하여 정상이 작은 혹같이 부풀어 오른 구름(중간 적운 Cu-med : 두께가 대략 수백 m에서 2,000 m의 범위 이내)도 있으며, 또한 크게 수직으로 발달하여 정상이 양배추와 같은 모양을 이루고 있는 구름(웅대 적운 Cu-con : 두께가 약 2,000 m 이상으로 5,000 m를 넘는 수도 있음)도 있다.

적운의 연변이 매우 흩어져 그 윤곽이 쉴 새 없이 변화하는 것도 있다(단편 적운 : Cu-fra). 중간적운은 대부분이 풍향에 거의 평행하게 줄을 이루고, 웅대 적운에서는 다량의 소낙성 비가 내리기도 한다.

(다) 발생

적운은 대기하층의 기온감률이 격심할 때 공기의 대류 현상으로 발생한다. 이와 같이 큰 기온감률을 발생하게 하는 원인은 여러 가지가 있으나 가장 일반적인 원인으로서는 지면이 태양 복사를 받아 가열되는 경우와 비교적 온난한 지면이나 수면 위를 한기가 통과할 때 그 밑의 접촉면이 냉각되는 경우 등이다.

적운은 처음에 연무와 같은 것으로부터 발생하는 경우가 많다. 적운은 고적운 또는 층적운에서 형성되기도 하고, 층적운, 층운이 변화하여 형성되는 경우도 있다. 층운이 변화하여 형성되는 적운은 육지에서 아침에 발생하는 경우가 많다. 악천후 때의 흩어진 조각구름(단편 적운 Cu-fra)은 고층운, 난층운, 적란운, 적운 등 비를 내리게 하는 구름 밑에서 발생하는 경우도 있다.

(10) 적란운(積亂雲) : Cumulonimbus(Cb)

(가) 정의

수직방향으로 크게 발달한 짙은 구름으로 거대한 탑이나 산과 같은 모양을 하고 있다. 구름의 정상부는 적어도 그 일부가 흩어져 있든지 섬유상의 구조를 보이며, 일반적으로 편평하게 되어 있는 경우가 많다.

이 부분은 쇄모루 모양이나 큰 새의 날개와 같이 퍼져 있는 경우가 많다. 이 구름의 밑면은 대단히 어둡고 그 밑에 흩어져 있는 낮은 구름(조각 구름)을 동반하는 경우가 많다.

(나) 구름의 구성과 외관

적란운은 수적과 빙정으로 되어 있는데 특히 정상부는 빙정으로 되어 있다. 그 밖에 큰 빗방울, 설편, 싹락우박, 싹락눈 등을 포함하고 있다. 높은 부분의 우적이나 수적은 과냉각되어 있다.

적란운은 수평이나 수직 방향으로 퍼진 범위가 상당히 넓기 때문에 가까운 위치에서 구름 전체의 특징을 관측하기는 어렵다.

적운이 발달해서 형성된 초기의 적란운은 그 정상부에 확실한 윤곽이 약간 흐려지는 중에도 둥글둥글한 혹 모양이 남아 있는 경우가 있다(무모 적란운 Cb-cal). 그러나 시간이 흐름에 따라 구름의 정상부는 섬유상 또는 줄무늬를 띠게 된다(다모 적란운 Cb-cap). 아주 저온에서는 구름 전체가 털과 같은 구조로 형성되는 경우도 있다.

적란운은 단독의 운괴로 나타나는 경우도 있고, 또한 일렬로 줄을 지어 있어서 마치 큰 벽과 같이 보일 때도 있다. 이 구름이 바로 머리위에 있을 때에는 그 구름의 밑면이나 그 밑에 있는 조각구름만이 관측된다.

때로는 적란운의 윗부분이 고층운 또는 난층운과 합쳐지는 경우가 있고, 또한 적란운이 고층운이나 난층운의 운괴 중에서 발달할 때도 있다.

일반적으로, 적란운은 뇌전과 강한 소나기, 소낙눈, 우박 및 돌풍을 동반하는 경우가 많다. 또한 유방운(mam)이나 강한 상승기류의 영향으로 깔때기구름(tub)을 동반하는 경우가 있다. 적란운은 국지적인 가열에 의해 발생하는 경우, 그 지속시간이 수십 분에서 수 시간에 걸쳐 일어나는 것이 일반적이다.

(다) 발생

적란운은 적운이 발달해서 형성된다. 적란운은 탑상 고적운 또는 탑상 층적운에서 발생되는 경우가 있다. 탑상 고적운에서 발생한 적란운의 운저는 일반적으로 적란운의 운저보다 높다.

또 적란운은 고층운이나 난층운의 일부가 발달해서 형성되기도 한다.

9.5.2 종(種)의 정의

(1) 섬유구름(纖維雲) : Fibratus(fib)

띠엄띠엄 흩어져 있는 구름 또는 얇은 베일상의 구름으로 그 구조가 거의 똑바르거나 다소 불규칙하게 굽어진 섬유모양으로 되어 있으며, 그 형태가 낚시모양으로 굽거나 수술 모양을 하고 있지 않다.

이 명칭은 주로 권운(Ci) 이나 권층운(Cs)에 적용된다.

(2) 낚시구름 : Uncinus(unc)

구름의 끝이 낚시같이 굽어서 콤마(,)와 같은 모양이나, 그 끝이 수술 모양으로 형성된 권운(Ci)이다. 여기서 수술 모양으로 된 것 중에서 수술의 윗부분이 둥근 혹 모양을 하고 있는 것은 포함하지 않는다.

(3) 농밀운(濃密雲) : Spissatus(spi)

질은 권운으로 해가 있는 방향에서 이 구름을 보면 엷은 회색으로 보인다.

(4) 탑상운(塔狀雲) : Castellanus(cas)

구름의 윗부분이 마치 옆으로 줄지어 서 있는 작은 탑과 같은 적운상의 혹 모양 구름이다. 작은 하나하나의 탑은 폭보다는 높이가 더 크고, 운저는 일정한 선상에 줄지어 선 것같이 보인다. 이 명칭은 주로 권운, 권적운, 고적운, 층적운에 적용된다.

(5) 수술 구름 : Floccus(flo)

구름의 조각들이 적운상의 적은 수술 같은 모양이고, 그 밑 부분은 다소 흩어져 있으며 미류운을 동반하는 경우도 있다. 이 명칭은 주로 권운, 권적운, 고적운에 적용된다.

(6) 층상운(層狀雲) : Stratiformis(str)

전천을 덮고 있거나, 전천을 덮고 있지 않더라도 한 쪽 끝이 수평선(지평선)까지 퍼져있는 넓은 범위를 덮고 있는 구름이며 주로 고적운, 층적운에 적용되고 권적운에 사용되는 경우도 있다.

(7) 안개구름 : Nebulosus(neb)

베일이나 층상 또는 안개와 같이 뿌연 구름으로 세부는 확실하게 보이지 않는다. 주로 권층운과 층운에 적용된다.

(8) 렌즈구름 : Lenticularis(len)

렌즈 모양을 한 구름으로 매우 길게 늘어나 있는 경우가 많고 윤곽이 뚜렷하다. 채운 현상이 나타나는 경우도 있다.

이 구름은 통상 지형적 영향으로 발생하며 때로는 뚜렷한 지형적 영향 없이 발생하는 경우도 있다. 이 명칭은 주로 권적운, 고적운, 층적운에 적용된다.

(9) 단편운(斷片雲) : Fractus(fra)

찢기고 흩어진 것 같은 조각조각이 떠다니는 구름으로 층운과 적운에 적용된다.

(10) 편평운(片平雲) : Humilis(hum)

수직 방향으로 거의 발달하지 않은 적운의 일종으로(두께가 대략 수십 m에서 수백 m의 범위 이내) 대체로 편평하게 보인다.

(11) 중간운(中間雲) : Mediocris(med)

수직 방향으로 중간 정도 발달한 적운의 일종으로(두께가 대략 수백 m에서 2,000 m 범위 이내) 정상부에는 혹같이 부풀어 오른 부분이 있다.

(12) 웅대운(雄大雲) : Congestus(con)

수직으로 현저하게 발달한 적운의 일종으로(두께가 약 2,000 m 이상) 정상부는 중첩된 봉우리로 되어 있다.

(13) 무모운(無毛雲) : Calvus(cal)

적란운의 일종으로 정상부의 일부분이 적운상의 윤곽이 흐려지나 아직 권운 모양 부분은 확실히 나타나지 않으며, 혹 모양 부분은 다소 수직으로 줄무늬가 있는 백색의 운피로 변화하는 중이다.

(14) 다모운(多毛雲) : Capillatus(cap)

적란운의 일종으로 정상부에 있는 부분은 확실히 섬유상 또는 선상의 구조를 한 권운 모양이며, 권운 모양의 구름은 쇠모루, 나팔꽃 또는 새의 날개와 같이 형성된 경우가 있다.

9.5.3 변종(變種)의 정의

(1) 늑골운(肋骨雲) : Vertebratus(ve)

구름 조각들이 갈비뼈 모양으로 줄지어 있는 구름으로 주로 권운에 적용된다.

(2) 엉킨 구름 : Intortus(in)

권운의 변종으로 구름의 곁이 대단히 불규칙하게 곁어지거나 엉켜 있는 것 같이 보이는 구름이다.

(3) 파상운(波狀雲) : Undulatus(un)

물결 모양을 한 구름으로 일반적으로 일정한 구름의 층으로 형성되어 나타나는 경우도 있고 여러 개의 작은 구름조각으로 형성되어 나타나는 경우도 있다. 때로는 두 개의 파상운이 교차되어 있는 경우도 있다. 주로 권적운, 권층운, 고적운, 고층운, 층적운, 층운에 적용된다.

(4) 방사상운(放射狀雲) : Radiatus(ra)

띠 모양의 구름들이 평행하게 줄을 지어 있어 투시효과 인해 수평선(지평선)상의 어느 한 지점에서 방출되고 있는 것같이 보이는 구름이다. 때로는 수평선(지평선)상의 상반되는 다른 지점에서 방출된 것같이 보이는 경우도 있다. 주로 권운, 고적운, 고층운, 층적운, 적운에 적용된다.

(5) 벌집구름 : Lacunosus(la)

비교적 얇은 구름에 다소 규칙적으로 배열된 둥근 구멍이 뚫려 있으며 구멍의 언저리가 뚜렷이 나타나 마치 벌집과 같은 모양으로 배열된 구름이다. 주로 권적운, 고적운에서 나타나고 드물게 층적운에서 나타나는 경우도 있다.

(6) 이중운(二重雲) : Duplicatus(du)

약간 다른 고도에 구름층이 중복되어 있는 것으로, 이들 구름층은 서로 붙어 있는 경우도 있다. 주로 권운, 권층운, 고적운, 고층운, 층적운에서 나타난다.

(7) 반투명운(半透明雲) : Translucidus(tr)

구름 전체를 볼 때 대부분 해나 달의 위치를 알 수 있을 정도로 얇은 것으로, 고적운, 고층운, 층적운, 층운에서 나타난다.

(8) 틈새 구름 : Perlucidus(pe)

구름 조각들 사이에 확실한 간격이 있는 구름으로, 이 틈새로 해, 달, 별, 푸른 하늘 또는 그 위에 있는 다른 구름을 볼 수 있다. 고적운과 층적운에 적용되며, 이 틈새 구름은 반투명운이나 불투명운과 함께 나타나는 경우도 있다.

(9) 불투명운(不透明雲) : Opacus(op)

구름 전체를 볼 때 대부분 해나 달을 완전히 가릴 정도로 짙으며, 고적운, 고층운, 층적운, 층운에서 나타난다.

9.5.4 보충형과 부속운

(1) 보충형 : Supplementary features

(가) 쇄모루 구름 : Incus(inc)

적란운에 나타나는 구름으로, 정상부가 섬유상으로 나타나며, 쇄모루 모양으로 퍼져 있다.

(나) 유방운(乳房雲) : Mamma(mam)

젖가슴이나 여러 개의 혹 모양의 것이 구름의 밑면에서 늘어져 있는 것으로, 주로 권운, 권적운, 고적운, 고층운, 층적운, 적란운에서 나타난다.

(다) 미류운(尾流雲) : Virga(vir)

구름 밑면에서 내리는 강수로 인해 발생한 구름이며, 선상의 무늬를 가진 꼬리가 늘어져 있으나 지면까지는 도달하지 않는 것으로, 주로 권적운, 고적운, 고층운, 난층운, 층적운, 적운, 적란운에서 나타난다.

(라) 강수운(降水雲) : Precipitation(pra)

구름에서 내리는 강수(비, 이슬비, 눈, 얼음싸라기, 우박 등)로 인하여 발생한 구름으로 지면까지 도달하고 있으며, 주로 고층운, 난층운, 층적운, 층운, 적운, 적란운에서 나타난다.

(마) 아치구름 : Arcus(arc)

수평으로 된 롤러 모양의 농밀한 구름으로 양쪽 가장자리는 다소 흐트러져 있다. 적란운 등의 전면 낮은 곳에 나타나 길게 뻗어 있을 때에는 시커멓고 위압감을 준다. 적란운에서 흔히 나타나지만 적운에서 나타나는 경우도 있다.

(바) 깔때기구름 : Tuba(tub)

구름 밑면에서 늘어진 기둥 모양이나 위로 퍼진 원추형의 구름으로, 강한 와도가 있는 것을 나타낸다. 일반적으로 적란운에서 나타나지만, 적운에서 나타나는 경우도 있다.

(2) 부속운(付屬雲) : Accessary clouds

(가) 모자구름 : Pileus(pil)

적운 형태의 구름 위에 나타나는 모자와 같은 모양의 작은 구름으로 적운 형태의 구름과 붙어 있는 경우도 있고, 떨어져 있는 경우도 있다. 또한 적운 형태의 구름이 이 구름을 꿰뚫고 있는 경우도 있다. 주로 적운 또는 적란운에 부수적으로 나타나며, 기본 운형 중에 층적운, 고적운 또는 권운에 속한다.

(나) 베일구름 : Velum(vel)

적운 형태의 구름 위에 나타나는 넓게 퍼진 베일 모양의 구름으로, 이 구름 아래에 있는 적운상 구름에 붙어 있는 경우도 있고, 떨어져 있는 경우도 있다.

모자구름보다 넓게 퍼져 있으며, 한 개의 베일 구름이 몇 개의 적운 형태의 구름에 덮여 있는 경우도 있다.

적운 형태의 구름이 이 베일 구름을 꿰뚫고 솟아있는 경우도 있다. 주로 적운이나 적란운에 부수적으로 나타나며, 기본 운형 중 층적운, 고적운 또는 권운에 속한다.

(다) 조각구름 : Pannus(pan)

조각조각 찢어진 것과 같은 모양의 구름으로, 때로는 조각들이 연결되어 넓은 층을 이루는 경우도 있다. 다른 구름의 하층에 나타나며, 어떤 때는 위에 있는 구름에 붙어 있는 경우도 있다. 주로 고층운, 난층운, 적운, 적란운에 부수적으로 나타나지만, 기본 운형으로서는 단편 적운(Cu-fra) 또는 단편 층운(St-fra)에 속한다.

9.6 서로 닮은 구름들의 주요한 차이

9.6.1 탑상 또는 수술상의 권운과 권적운

탑상 권운과 탑상 권적운 또는 수술 권운과 수술 권적운은 혼동하기 쉽다. 판별 기준은 탑 모양의 구름 부분이 수평선상 30° 이상의 고도에서 관측한 경우 시각이 1° 이상이면 권운, 1° 미만이면 권적운으로 한다. 수술권운과 수술 권적운의 판별도 같다.

9.6.2 권운과 권층운

구름이 서로 흩어져 있으면 권운, 서로 연결되어 있으면 권층운으로 한다.

또한 구름이 뭉쳐져 있거나 띠 모양을 하고 있을 때, 수평으로 흩어진 범위가 작거나 폭이 좁으면 권운, 크거나 넓으면 권층운으로 한다.

9.6.3 권적운과 고적운

권적운에는 그늘이 없다. 만일 그늘이 있으면 고적운이다. 또한 구름 조각의 대부분이 수평선상 30° 이상의 고도에서 관측했을 때 외관상의 폭이 1° 미만이면 권적운으로 한다.

권적운은 권운 또는 권층운과 공존하거나 이로부터 변화하여 발생하는 경우가 많으므로 권층운이나 권운과 관련되어 있을 때는 권적운으로 하고, 그렇지 않을 경우에는 고적운으로 한다.

9.6.4 권층운과 고층운

권층운은 엷기 때문에 해의 윤곽을 알 수 있고, 낮 동안 물체의 그림자가 나타나지만 고층운은 두껍기 때문에 불투명 유리를 통해서 해를 보는 것처럼 어렴풋이 해의 존재를 알 수 있을 정도이며, 한낮에도 물체의 그림자가 생기지 않는다. 권층운에는 햇무리(달무리)가 발생하지만 고층운에서는 발생하지 않는다.

9.6.5 권층운과 층운

해가 있는 방향에 위치한 엷은 층운은 아주 희게 보이기 때문에 권층운과 혼동되는 경우가 있다. 그러나 층운은 그 방향이 달라지면 회색으로 보이나 권층운은 구름 전체가 흰색을 띠고 있으며, 섬유나 줄무늬 모양을 하고 있으므로 층운과는 구별된다.

또한 권층운은 햇무리(달무리)를 나타내는 경우가 많으나, 층운은 아주 저온인 경우를 제외하고 햇무리(달무리)를 나타내는 경우는 없다.

9.6.6 권층운과 연무의 층

권층운과 연무는 때때로 혼동하기 쉽다. 권층운은 흰색이며, 연무의 층은 황색 또는 엷은 갈색을 띠고 있는 것으로 구별된다.

9.6.7 고적운과 고층운

층상 고적운이 전천을 덮고 있을 때 고층운과 혼동되는 경우가 있다. 구름에 덩어리가 있다거나 물라 등의 모양이 관측될 경우에는 고적운으로 본다.

9.6.8 고적운과 층적운

어두운 부분을 가진 고적운은 층적운과 혼동되는 경우가 있다. 이때에 규칙

적으로 줄지어 있는 구름 조각이 수평선상 30° 이상의 고도에서 관측될 때, 외관상 폭이 1° 에서 5° 사이에 있을 때에는 고적운으로 하고, 5° 이상일 때에는 층적운으로 한다.

9.6.9 고적운과 적운

수술고적운은 작은 적운과 혼동되는 경우가 있다. 주요한 차이는 수술고적운은 미류운을 동반하는 경우가 많고, 고적운의 구름 조각들의 크기는 일반적으로 적운보다는 작다.

9.6.10 고층운과 난층운

전천에 퍼져있는 낮고 두꺼운 고층운은 난층운과 혼동되기 쉽다. 이때에 해가 어렴풋이 보이거나 엷은 부분이 있으면 고층운으로 한다. 또한 고층운은 난층운에 비하여 밝은 회색을 띠고 있는 것과 고층운의 밑면이 난층운보다 평탄하지 않은 것으로 구별할 수 있다. 달이 없는 밤에 고층운과 난층운의 구별이 어려울 때에는 편의상 비나 눈이 내리고 있지 않으면 고층운으로 하는 것이 일반적이다.

9.6.11 고층운과 층운

구름이 두꺼울 때에는 고층운이나 층운도 해를 완전히 가리지만 구름이 엷을 때에는 고층운은 불투명 유리를 통해서 보는 것처럼 해가 어렴풋이 보인다. 그리고 엷은 층운에서는 해의 윤곽이 뚜렷하게 보인다. 층운은 해가 있는 방향에 관측하면 희게 보이지만, 고층운은 희게 보이지 않는다.

9.6.12 난층운과 층운

난층운은 구름 전체가 해를 완전히 가릴 정도로 두껍지만 적어도 층운의 가장 엷은 부분에서는 해나 달의 윤곽을 확실히 볼 수 있다. 난층운은 통상 비, 눈, 얼음싸라기 등을 내리게 하는 것으로 두꺼운 층운과 구별된다. 층운에서 내리는 강수는 이슬비, 얼음침, 가루눈이 된다. 그러나 위에 있는 구름에서 내리는 강수가 층운을 통해서 내릴 때도 있으므로 이런 경우에는 특히 주의가 필요하다.

9.6.13 난층운과 적운

구름이 관측자의 머리 위를 덮고 있고 강수 현상을 동반할 때 난층운인지 적운인지 구별하기 어려울 때가 있다. 이때에 강수 현상이 소낙성이면 적운으로 판단한다.

9.6.14 난층운과 적란운

구름이 관측자의 머리 위를 덮고 있을 때 난층운인지 적란운인지 구별하기 어려울 때가 있다. 이때에는 뇌전이나 번개 또는 소낙성 강수 현상이 있으면 적란운으로 판단한다.

9.6.15 층적운과 적운

층적운은 각 구름 조각이 서로 붙어 모여 있으며, 일반적으로 편평하므로 적운과 구별된다. 층적운도 적운처럼 각 구름조각의 정상이 둥근 지붕과 같은 모양을 하는 수가 있다(탑상 층적운). 이때에 운저가 서로 연결되어 있으면 층적운으로 취급한다.

9.6.16 층운과 적운

단편층운과 단편적운은 혼동하기 쉽다. 일반적으로 단편층운은 단편적운보다 희거나 질지 않다. 또한 단편적운은 운정이 다소 둥근 모양을 하고 있는 것으로도 구별된다. 단편층운이나 단편적운은 고층운, 난층운, 적란운의 아래에서 발생하는 경우가 많다.

9.6.17 적운과 적란운

적란운은 적운이 발달하거나 변화하여 형성되는 것이 일반적이기 때문에 수직으로 크게 발달한 적운과 적란운을 구별하기 어려운 경우가 많다. 이 경우 정상부 어디에서나 둥글둥글한 윤곽이 나타나고, 섬유상이나 줄무늬 모양이 나타나지 않으면 적운으로 한다.

구름이 관측자의 머리 위 부근에 위치하여 두 구름의 판별이 어려울 때, 번개나 뇌전 또는 우박을 동반하고 있을 때에는 적란운으로 하고 이러한 현상을 동반하지 않을 때에는 적운으로 한다.

[표 11] 구름의 분류와 국제 부호

기 본 운 형	종 (種)	변 종 (變種)	보충형 (補充形)과 부속운 (付屬雲)
권운 卷雲(絹雲) Cirrus(Ci)	섬유구름 (fib) 낙시구름 (unc) 농 밀 운 (spi) 탑 상 운 (cas) 수술구름 (flo)	엇킨구름 (in) 방 사 운 (ra) 늑 골 운 (ve) 이 중 운 (du)	유 방 운 (mam)
권적운 卷積雲 Cirrocumulus (Cc)	층 상 운 (str) 렌즈구름 (len) 탑 상 운 (cas) 수술구름 (flo)	과 상 운 (un) 벌집구름 (la)	미 류 운 (vir) 유 방 운 (mam)
권층운 卷層雲 Cirrostratus(Cs)	섬유구름 (fib) 안개구름 (neb)	이 중 운 (du) 과 상 운 (un)	
고적운 高積雲 Alto cumulus (Ac)	층 상 운 (str) 렌즈구름 (len) 탑 상 운 (cas) 수술구름 (flo)	반투명운 (tr) 틈새구름 (pe) 불투명운 (op) 이 중 운 (du) 과 상 운 (un) 방 사 운 (ra) 벌집구름 (la)	미 류 운 (vir) 유 방 운 (mam)
고층운 高層雲 Altostratus(As)		반투명운 (tr) 불투명운 (op) 이 중 운 (du) 과 상 운 (un) 방 사 운 (ra)	미 류 운 (vir) 강 수 운 (pra) 조각구름 (pan) 유 방 운 (mam)
난층운 亂層雲 Nimbostratus(Ns)			강 수 운 (pra) 미 류 운 (vir) 조각구름 (pan)
층적운 層積雲 Stratocumulus (Sc)	층 상 운 (str) 렌즈구름 (len) 탑 상 운 (cas)	반투명운 (tr) 틈새구름 (pe) 불투명운 (op) 이 중 운 (du) 과 상 운 (un) 방 사 운 (ra) 벌집구름 (la)	유 방 운 (mam) 미 류 운 (vir) 강 수 운 (pra)
층 운 層 雲 Stratus(St)	안개구름 (neb) 단 편 운 (fra)	불투명운 (op) 반투명운 (tr) 과 상 운 (un)	강 수 운 (pra)
적 운 積 雲 Cumulus(Cu)	편 평 운 (hum) 중 간 운 (med) 웅 대 운 (con) 단 편 운 (fra)	방 사 운 (ra)	모자구름 (pil) 베일구름 (vel) 미 류 운 (vir) 강 수 운 (pra) 아치구름 (arc) 조각구름 (pan) 갈때기구름 (tub)
적란운 積亂雲 Cumulonimbus(Cb)	무 모 운 (cal) 다 모 운 (cap)		강 수 운 (pra) 미 류 운 (vir) 조각구름 (pan) 최모루구름 (inc) 유 방 운 (mam) 모자구름 (pil) 베일구름 (vel) 아치구름 (arc) 갈때기구름 (tub)

9.7 C_L, C_M, C_H 부호에 의한 구름관측 개요

기상전문에 의해서 운형을 통보할 때에는 주로 숫자부호 C_L, C_M, C_H를 사용한다. C_L은 층적운(Sc), 층운(St), 적운(Cu), 적란운(Cb)에, C_M은 고적운(Ac), 고층운(As), 난층운(Ns)에, C_H는 권운(Ci), 권적운(Cc), 권층운(Cs)에 대하여 각각 10종으로 구분되는 숫자 부호이다.

운형을 C_L, C_M, C_H의 숫자 부호로 표시하는 일은 구름의 기본운형이나 종, 변종을 판별하는 것보다 더욱 어렵다. C_L, C_M, C_H의 숫자 부호를 정하기 위해서는 다음 사항을 유의해야 한다.

첫째, 하늘 전체를 총괄하여 보는 관측이 필요하다. 왜냐하면 숫자 부호가 개개 구름의 기본 운형이나 종, 변종에 의해서만 결정되는 것이 아니라 구름들 전체를 종합한 것에 의해 결정되기 때문이다.

둘째, 지속적으로 구름을 관측하는 것이 필요하다. 그 이유는 지속적으로 구름을 관측함으로써 운형의 변화 과정을 파악할 수 있으며, 그 변화 과정을 통해 숫자 부호를 결정하기 용이하기 때문이다.

9.7.1 C_L : 층적운(Sc), 층운(St), 적운(Cu), 적란운(Cb)

- C_L = 0 : C_L에 해당되는 구름이 없음.
- C_L = 1 : 편평적운(cu-hum) 또는 악천후가 아닌 때의 단편적운(cu-fra), 또는 이들이 공존하는 상태.
- C_L = 2 : 중간적운(Cu-med), 또는 웅대적운(Cu-con)으로 운저가 같은 고도에 있는 것. 단편적운(Cu-fra), 편평적운(Cu-hum), 층적운(Sc)이 있어도 무방함.
- C_L = 3 : 무모적란운(Cb-cal). 적운(Cu), 층적운(Sc), 층운(St)이 있어도 무방함.
- C_L = 4 : 적운(Cu)이 퍼져서 된 층적운(Sc). 적운이 있어도 좋음.
- C_L = 5 : 층적운(Sc). 단 적운(Cu)이 퍼져서 된 층적운은 제외.
- C_L = 6 : 안개상 층운(St-neb) 또는 악천후가 아닌 때의 단편층운(St-fra).
- C_L = 7 : 악천후에 있어서의 단편층운(St-fra) 또는 단편적운(Cu-fra). 통상 고층운(As), 또는 난층운(Ns)의 아래에서 나타남.
- C_L = 8 : 적운(Cu)과 층적운(Sc)이 공존. 단 층적운은 적운이 퍼져서 된 것이 아니며 적운과 층적운의 운저 고도는 서로 다름.

- $C_L = 9$: 다모적란운(Cb-cap). 충분히 발달한 적란운으로 쇠모루구름(inc)으로 나타나는 수가 많음. 무모적란운(Cb-cal), 적운(Cu), 층적운(Sc), 층운(St), 조각구름(pan)이 있어도 무방함.
- $C_L = x$: C_L 에 해당되는 구름이 어두워서 보이지 않거나 안개, 날린 먼지 등의 현상 때문에 보이지 않을 때 사용함.

9.7.2 C_M : 고적운(Ac), 고층운(As), 난층운(Ns)

- $C_M = 0$: C_M 에 해당되는 구름이 없음.
- $C_M = 1$: 반투명고층운(As-tr).
- $C_M = 2$: 불투명고층운(As-op) 또는 난층운(Ns).
- $C_M = 3$: 반투명고적운(Ac-tr). 단층으로 되어 있고, 전천을 덮고 있지 않으며 발달하고 있지 않음.
- $C_M = 4$: 렌즈상 반투명고적운(Ac-len-tr). 모양의 변화가 심하고 전천을 덮고 있지 않으며 발달하고 있지 않음.
- $C_M = 5$: 점차 발달하고 있는 고적운(Ac). 띠 모양이나 두 층 이상으로 된 반투명고적운(Ac-tr) 또는 불투명고적운(Ac-op).
- $C_M = 6$: 적운(Cu) 또는 적란운(Cb)이 퍼져서 된 고적운(Ac).
- $C_M = 7$: 고층운(As)이나 난층운(Ns)을 동반하는 고적운(Ac), 또는 두 층 이상으로 된 불투명고적운(Ac)이나 반투명고적운(Ac-tr)으로 발달하고 있지 않음.
- $C_M = 8$: 탑상고적운(Ac-cas) 또는 수술고적운(Ac-flo).
- $C_M = 9$: 여러 층의 혼돈한 천공을 이루는 고적운(Ac).
- $C_M = x$: C_M 에 해당되는 구름이 어두워서 보이지 않음. 또는 밑의 운층에 가려지거나 안개, 날린 먼지 등의 현상 때문에 C_M 의 구름이 보이지 않음.

9.7.3 C_H : 권운(Ci), 권적운(Cc), 권층운(Cs)

- $C_H = 0$: C_H 에 해당되는 구름이 없음.
- $C_H = 1$: 섬유상권운(Ci-fib), 또는 낚시권운(Ci-unc)으로 발달하는 경향은 없음.
- $C_H = 2$: 농밀권운(Ci-spi), 탑상권운(Ci-cas), 또는 수술권운(Ci-flo)으로 적란운에서 된 것은 제외됨. 발달하는 경향은 없음.
- $C_H = 3$: 적란운에서 된 농밀권운(Ci-spi).
- $C_H = 4$: 발달하고 있는 권운. 낚시권운(Ci-unc), 섬유상권운(Ci-fib), 또는 이들의 공존.
- $C_H = 5$: 점차 발달하고 있는 권층운(Cs), 또는 권운(Ci)과 권층운의 공존. 연속된 베일 모양의 운층은 수평선상 45°까지는 달하고 있지 않음.

- $C_H = 6$: 점차 발달하고 있는 권층운(Cs), 또는 권운(Ci)과 권층운의 공존. 연속된 베일 모양의 운층은 수평선상 45° 이상까지 달하고 있으나 전천을 덮고 있지는 않음.
- $C_H = 7$: 전천을 덮고 있는 권층운(Cs).
- $C_H = 8$: 전천을 덮지 않으며 발달하고 있지 않는 권층운(Cs).
- $C_H = 9$: 권적운(Cc)이나 권운(Ci), 또는 권층운(Cs)이 공존하고 있지만 권적운이 탁월함.
- $C_H = x$: C_H 에 해당되는 구름이 어두워서 보이지 않거나 안개, 날린먼지 등의 현상 때문에 C_H 에 해당되는 구름이 보이지 않음. 또한 낮은 운층에 가려져서 C_H 의 구름이 보이지 않음.

9.8 C_L , C_M , C_H 부호 숫자의 결정 방법

9.8.1 $C_L = 1, 5, 6, 7$ 에 대한 주의

$C_L = 7$ 로 표시되는 단평층운(St-fra) 또는 단편적운(Cu-fra)은 통상 악천후 시 고층운(As)이나 난층운(Ns)의 아래에서 나타난다. 한편 $C_L = 6$ 으로 표시되는 단편층운(St-fra) 또는 $C_L = 1$ 로 표시되는 단편적운(Cu-fra)은 각각 단독으로 나타나며, 강수를 동반하는 일은 없다.

$C_L = 7$ 로 표시되는 구름이 전천을 덮어 버리는 경우가 있으나 운저가 흐트러진 정도를 통해 $C_L = 5$ 와 6 을 구별할 수 있다.

9.8.2 $C_L = 2, 3, 9$ 에 대한 주의

적란운(Cb)의 운곽이 부분적으로 희미하게 보이다가 이후 발달한 대류성 구름이 많아져 그것에 가려 보이지 않는 경우가 있다. 이러한 경우는 $C_L = 3$ 으로 한다.

또한 웅대적운(Cu-con)과 무모적란운(Cb-cal)간의 구별하기 어려울 때는 뇌전, 번개 또는 우박현상이 있으면 $C_L = 3$ 으로 한다.

적란운의 정상부에 섬유모양의 부분이 보이다가 그 구름이 이동함에 따라 다른 구름이 접근하여 가리기 때문에 보이지 않게 되는 경우가 있다. 이러한 경우에는 그 경과 과정을 고려하여 $C_L = 9$ 로 한다.

때때로 구름이 전천을 덮고 있을 때 번개, 뇌전 또는 우박현상이 발생한 다음에 비로소 적란운(C_b)이 확인되는 경우가 있다.

이러한 경우에 $C_L = 3$ 과 $C_L = 9$ 간의 결정하기 어려운 경우 $C_L = 9$ 로 하는 것이 일반적이다.

9.8.3 $C_L = 3, 4, 8, 9$ 에 대한 주의

적운(C_u)의 정상부가 그 위에 있는 층적운(S_c)까지 달하고 있을 때, 또는 층적운을 꿰뚫고 있을 때, 적운이 층적운에 가까워짐에 따라 퍼지며 층적운에 연속되어 있을 때에는 $C_L = 4$ 로 하고, 그렇지 않고 적운과 층적운의 사이에 구름이 엮어진 부분이나 또는 구름이 없는 부분이 있을 때에는 $C_L = 8$ 로 한다.

적란운(C_b)이 퍼져서 된 층적운은 적란운이 있는 한 $C_L = 3$ 또는 $C_L = 9$ 로 해야 하고, 적란운이 없어졌을 때에는 $C_L = 4$ 로 한다.

9.8.4 동시에 두개 부호 숫자에 상당할 때의 주의

동시에 두개 이상의 숫자부호에 상당하는 구름이 관측될 때에는 다음 순위에 따라서 앞에 있는 숫자부호를 택한다.

$$C_L : 9, 3, 4, 8, 2 \quad \left[\begin{array}{l} 1 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \end{array} \right.$$

단, 1, 5, 6, 7의 우선순위는 운량이 많은 것의 순으로 정한다.

$C_M : 9, 8, 7a, 6, 5, 4, 7b, 7c, 3, 2, 1$

$C_M = 7$ 에 대하여서는 다음 3경우에 따라서 우선순위가 달라진다.

7a = 난층운 또는 고층운과 공존하는 고적운.

7b = 2층 이상으로 된 고적운.

7c = 단층의 불투명 고적운.

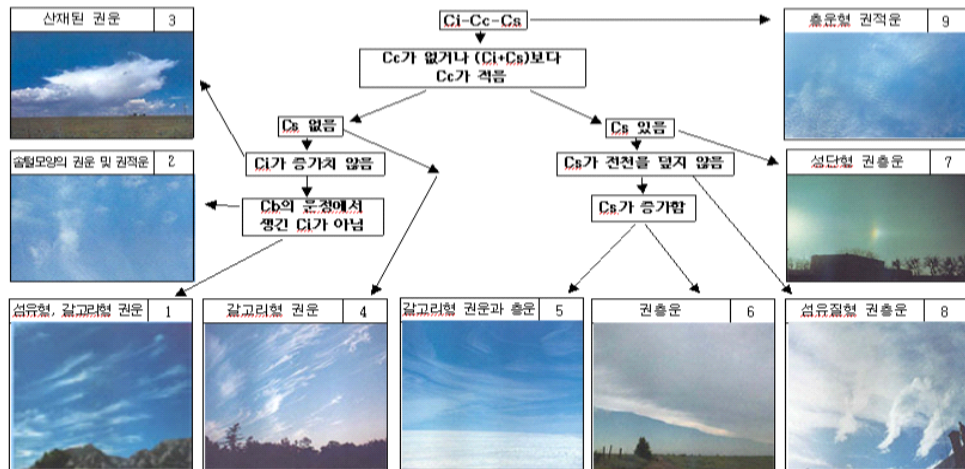
$$C_H : 9, 7, 8, 6, 5, 4, 3 \quad \left[\begin{array}{l} 1 \\ 2 \end{array} \right]$$

단, 1, 2 의 우선순위는 운량이 많은 것의 순으로 정한다.

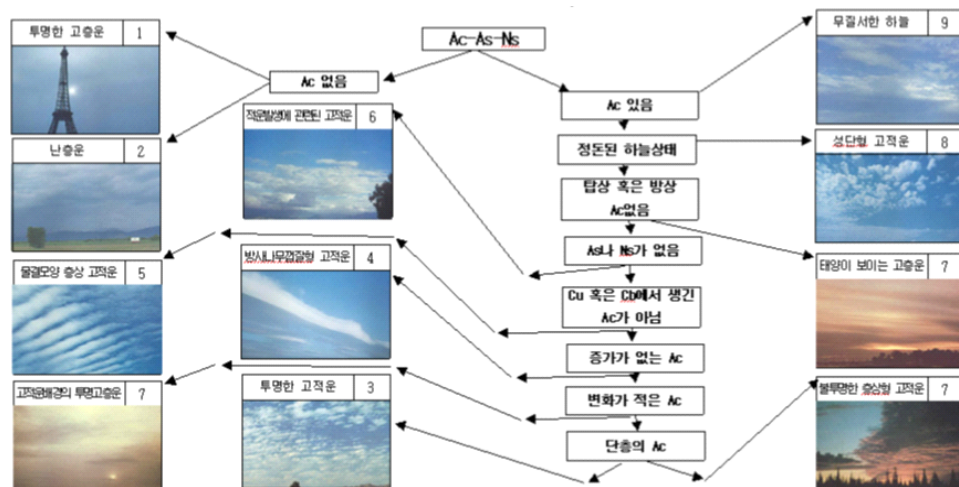
9.9 구름사진(상 · 중 · 하층운의 전형적인 형태)

운형의 숫자부호를 결정하는 경우 [그림 4, 5, 6]을 이용하면 편리하다.

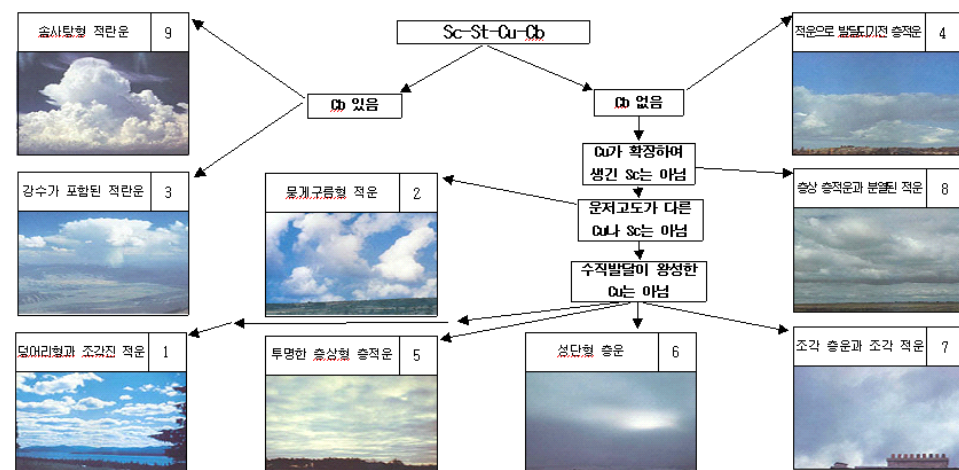
[그림 7]에서부터 [그림 32]까지의 구름사진은 WMO에서 1987년에 발행한 INTERNATIONAL CLOUD ATLAS VOLUME II에서 상층운과 중층운 및 하층운 중 대표적인 구름을 발췌하여 수록한 것으로 전형적인 구름의 형태를 제시하였다. 우리나라에서 발생한 구름이 아니라 다소 구름 표현에 생소한 부분이 있으나 다양한 구름에 대한 자세한 설명이 있어 관측효과를 증대할 수 있을 것으로 생각된다. 이 구름 사진을 사용할 때는 반드시 세계지도의 자세한 부분을 참고하고 예보를 생각하면서 관측하면 미처 살피지 못한 구름도 관측할 수 있을 것이다.



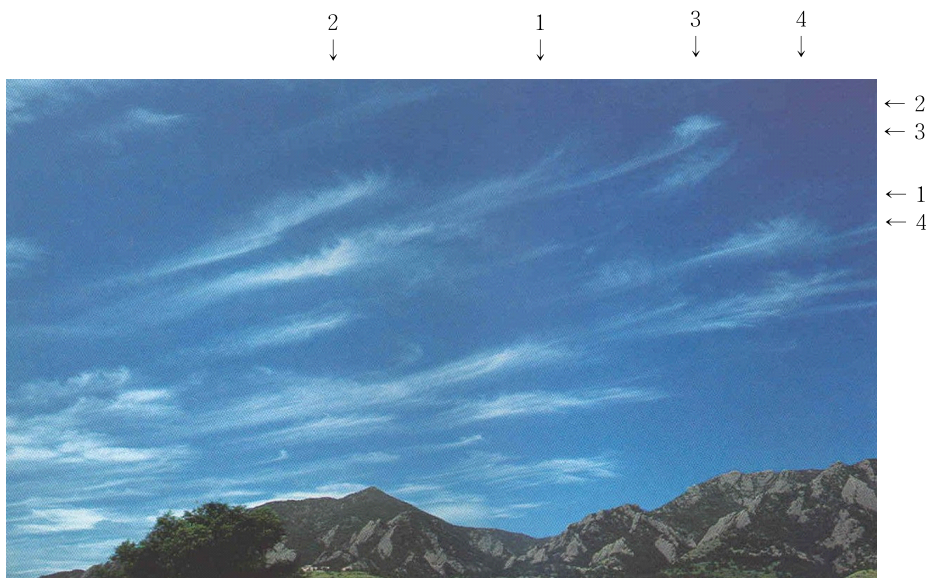
[그림 4] 상층운 해석도



[그림 5] 중층운 해석도



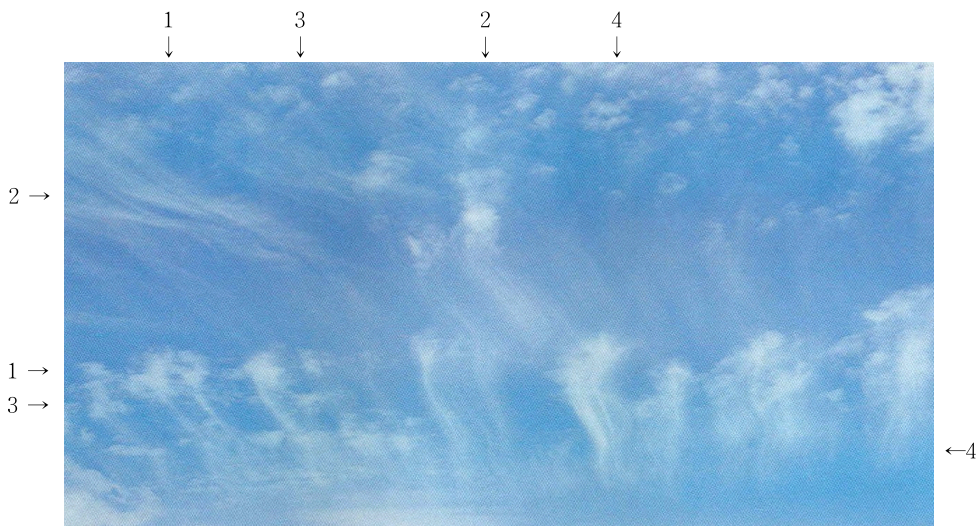
[그림 6] 하층운 해석도



[그림 7] 섬유모양 및 갈고리모양 권운(Cirrus fibratus and Cirrus uncinus)

1과 2지점에 직선형 섬유모양 권운이 있다. 그러나 실오라기 같은 권운 3과 4는 콩나물같이 작은 술이 달린 구조로 갈고리형이라 불린다. 한랭전선이 지나갔고, 지상풍은 약한 편이다. 바람은 250 hPa에서 20 m/s로 불고 동시에 600 km 서쪽에는 정체하고 있는 기압골과 연관된 약한 남서제트기류가 있다.

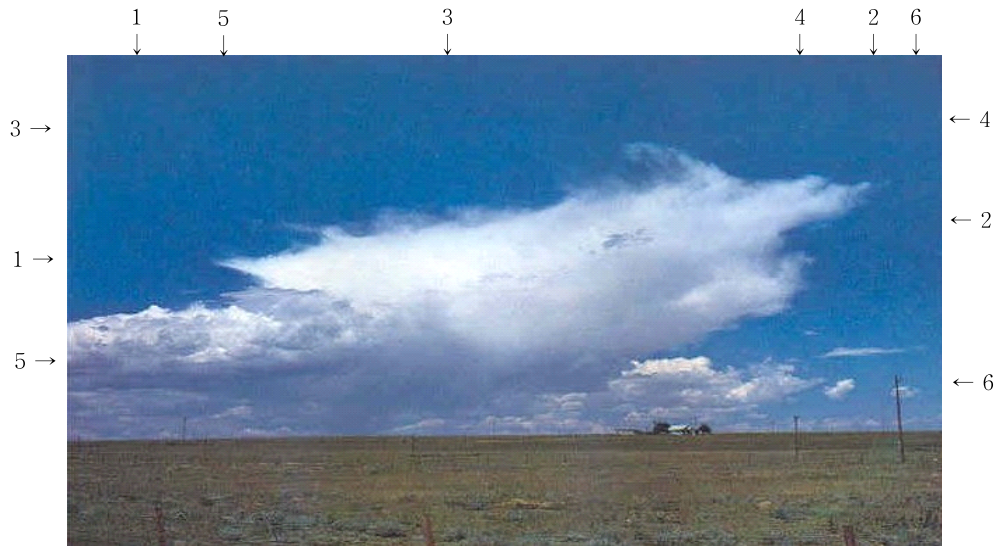
$$C_L=0, C_M=0, C_H=1$$



[그림 8] 미류운(尾流雲)이 포함된 솜털모양 권운 및 권적운
(Cirrus floccus with virga and Cirrocumulus floccus)

그늘 없는 원형의 콩나물대가리 같은 술과 흰 색깔(1, 2위치)은 3과 4의 빙정구조에서 발생하는 소나기 형성과 관련된다. 바람은 불규칙한 실 형태로 변형시켜 주는 역할을 한다. 여러 요소들이 약간의 폭을 가지므로 솜털모양 권적운이라 부르기보다는 솜털모양 권운이다. 사진은 비스케이만의 작은 저압부의 북쪽해양극기단에서 포착된 것이다.

$$C_L=0, C_M=0, C_H=2$$

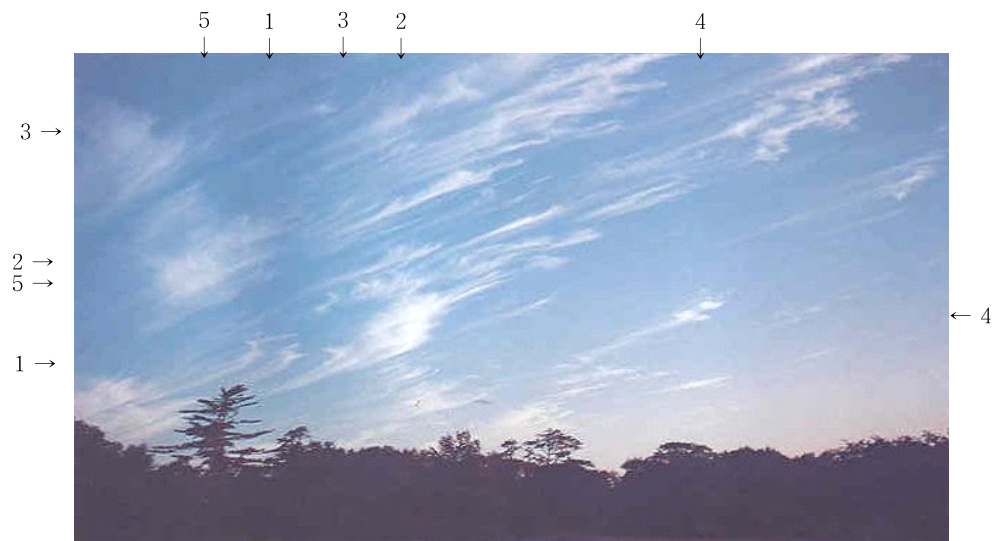


[그림 9] 미류운이 포함되어 적운이 형성되면서 산재된 형태의 권운

(Cirrus spissatus cumulogenitus with virga)

적란운은 초기 물방울 형태에서 얼음구름 형태로 거의 변환된 것이다. 위치 1에서 섬유모양의 상층운이 눈에 보이는 구름의 운저로 확장되고 있으며, 또한 위치 2에서는 상층기류 영역이 있다. 미류운은 거의 건조대기에 있는 3에서 지면에 도달되어 있다. 영역은 건조한 하층과 오후에 강한 일사에 의한 가열이 있는 지역이다.

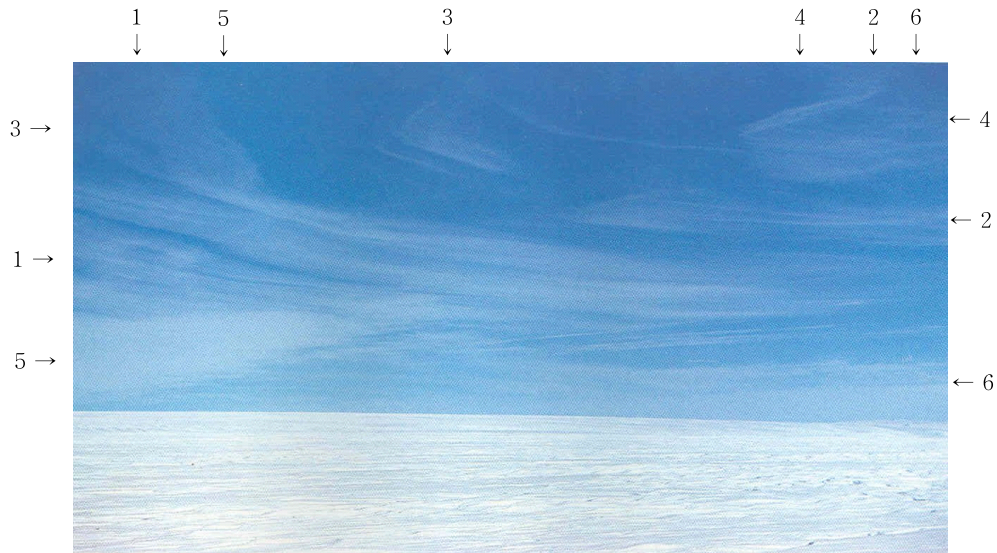
$$C_L=9, C_M=0, C_H=3$$



[그림 10] 갈고리형 권운(Cirrus uncinus)

갈고리 형태이다. 1과 2위치에 갈고리 형태가 잘 관측된다. 밀도 짙은 실 모양, 다소 섬유질 흔적이(3, 4위치) 길게 늘어져 있다. 와동이 서쪽으로부터 이동하여, 버뮤다고기압의 북쪽 경계를 따라 움직인다. 저압부의 새로운 접근이 있는 온난전선은 500 km 떨어져 있다.

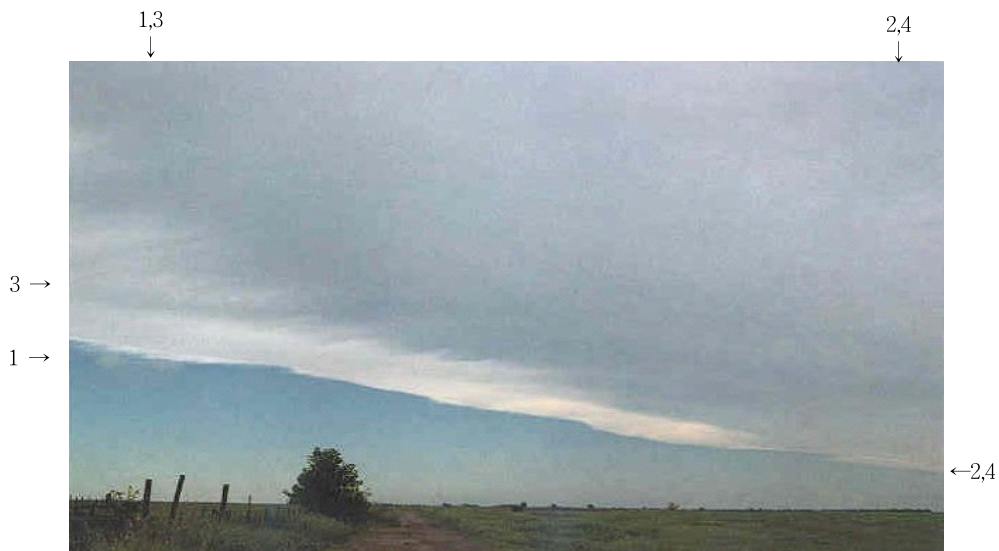
$$C_L=0, C_M=0, C_H=4$$



[그림 11] 갈고리형 권운과 권층운(Cirrus uncinus and Cirrostratus)

두 개의 층으로 나누어져 있다. 높은 고도에는 권운이 갈고리(3, 4위치)를 가진 얇은 섬유형(1, 2위치)이고, 종류는 섬유질보다는 갈고리형이 대부분이다. 위치 4의 구름은 다양한 형태가 내부로 스며들어 있는 모양이다. 하층은 권층운(5, 6위치)의 형질조각 형태로 보인다. 구름시스템은 발달단계에 있다. 위치는 저압부의 경계로 남극해상의 북서부에서 활성화되었다.

$$C_L=0, C_M=0, C_H=5$$



[그림 12] 권층운(Cirrostratus)

1에서 2로 확장되는 단계에서 권층운의 가장자리가 날카롭고, 3에서 4로 광학적 두께가 확장되는 때이기도 하다. 권층운은 통과하고 맑은 공기가 다가온다. 전체의 하늘이 덮이지 않고 수평으로 45° 이상 권층운의 연속된 베일이 보인다. 강한 단파골이 오크라호마 서쪽으로부터 다가오고 있다.

$$C_L=0, C_M=0, C_H=6$$



[그림 13] 성단형 권층운(Cirrostratus nebulosus)

얇은 권층운으로 하늘이 덮여있다. 얇지만 넓은 구름영역이 위치 2에 보이고, 왼쪽에 태양이 위치하고 이로부터 비추어지는 태양에 의해 만들어진 위치 1의 주변으로 잘 나타나 있다. 위치는 록키산맥 풍하측으로 비교적 잔잔하고 약한 북서풍이 불고 있다.

$$C_L=0, C_M=0, C_H=7$$

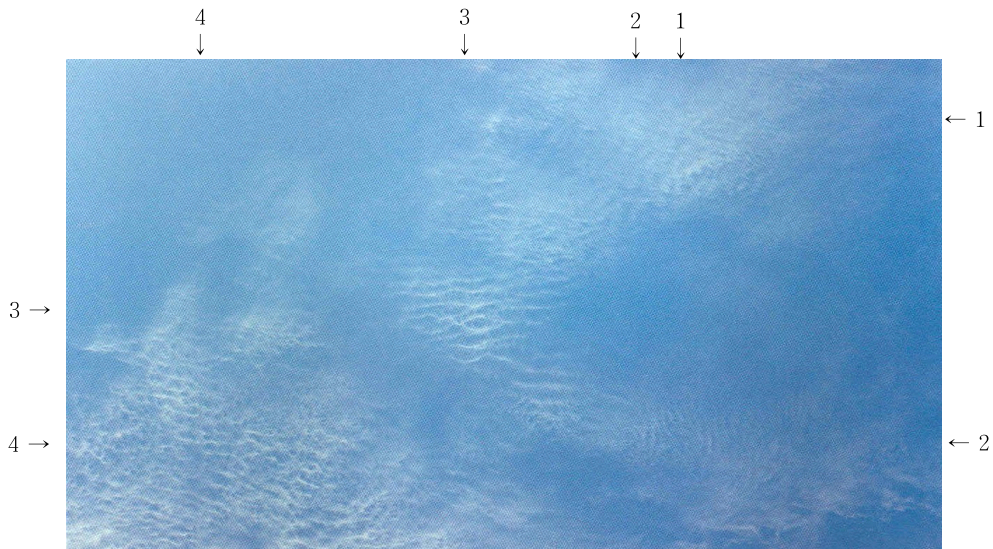


[그림 14] 파상 성단형 고적운이 포함된 섬유질형 권층운

(Cirrostratus fibratus with Altocumulus castellanus undulatus)

섬유형 권층운이 포함된 정체전선 통과 후 하늘에는 많은 부분이 구름으로 덮이게 된다. 상층운은 8이다. 주 구름층상구조에서 1, 2, 3, 4위치에 연장된 형태가 다른 구름과 넓게 평행구조를 이룬다. 5와 6의 부풀려진 모양은 대류의 성격을 나타내고, 약간 누더기 형질 같은 운저 형태를 보인다. 성곽형태로 보는 것이 적절하다. 정체상태는 관측의 동쪽에 위치한다. 이 사진의 1시간 전쯤에는 강한 뇌우가 있었다.

$$C_L=0, C_M=0, C_H=8$$



[그림 15] 파상름새 층운형 권적운(Cirrocumulus stratiformis undulatus lacunosus)

권적운의 주된 부분이 1, 2, 3위치에 물결보양으로 관측된다. 물결흔적을 보이는 다소 원형의 구멍과 같이 4에서 관측된다. 구름요소들과 맑은 부분은 그물구조나 벌집모양의 형태를 보인다. 동서방향으로 온난전선이 통과하는 200 km 북쪽에 위치한 부분이다.

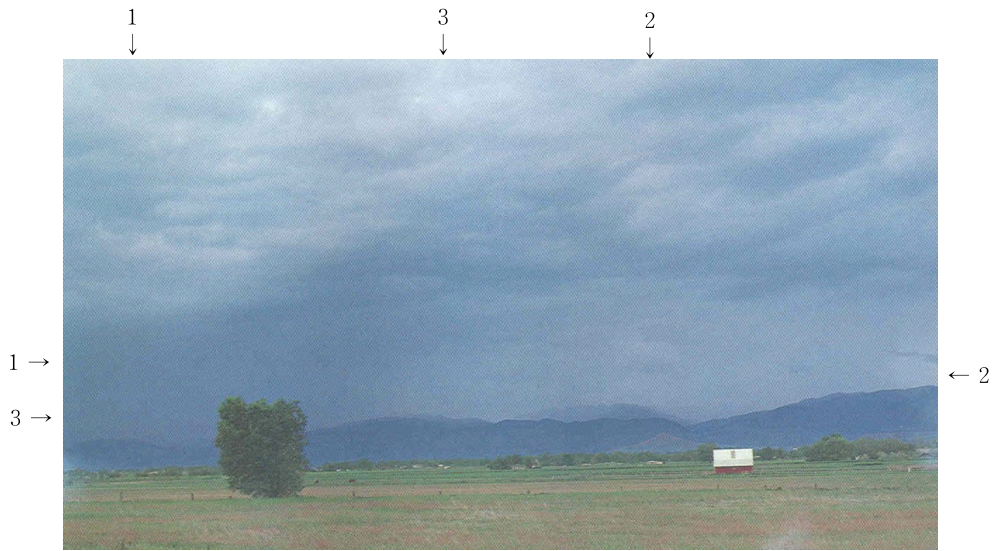
$$C_L=0, C_M=0, C_H=9$$



[그림 16] 투명형 고층운(Altostratus translucidus)

고층운의 주된 부분이 태양을 충분히 덮고 있지만, 얇게 드러나는 형태이다. 폐색전선이 서쪽 150 km에 있고, 편서류로 동진하고 있다.

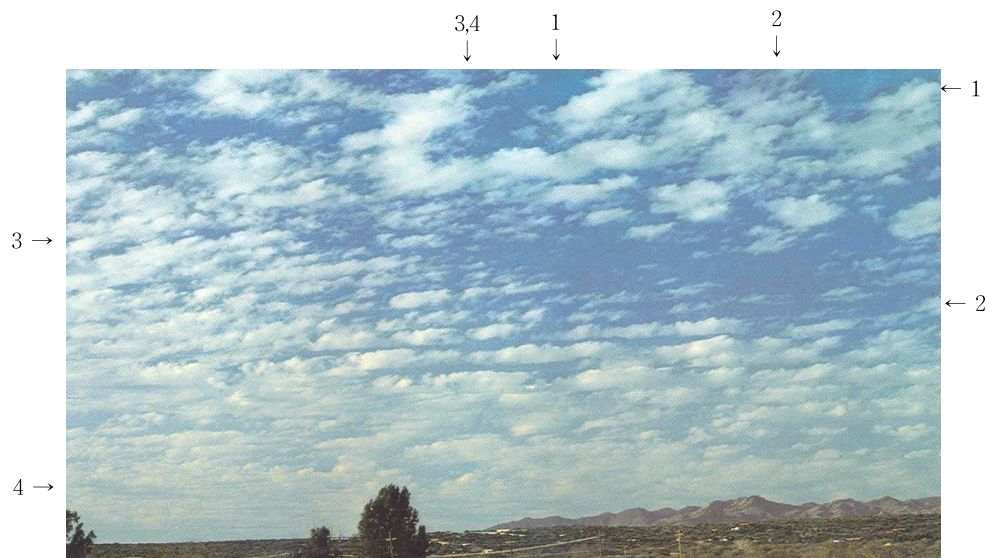
$$C_L=0, C_M=1, C_H=/$$



[그림 17] 난층운(Nimbostratus)

밀도가 짙고, 어두운 층운은 1위치 왼쪽의 강수와 관련되어 2위치까지 이어진다. 난층운은 태양을 가릴 만큼 구름의 밀도가 높다. 상층 대류가 콜로라도의 고원과 3위치에서 록키산맥의 풍상측에서 발생한다.

$$C_L=0, C_M=2, C_H=/$$



[그림 18] 투명형 고적운(Altocumulus translucidus)

고적운의 단일층이 관측된다. 운형이 하늘을 덮고 있는데, 고적운들 간에 1과 2위치에 뚫린 부분이 나타나고 있다. 얇은 3에서 두꺼운 4의 영역이 관측된다. 구름은 발달하는 단계는 아니다. 낮에 고적운은 남부 아리조나까지 퍼져 있고, 약한 단파기압골이 북쪽으로 옮겨가고 있다.

$$C_L=0, C_M=3, C_H=0$$



[그림 19] 방사 나무껍질형 고적운(Alto cumulus lenticularis radiatus)

사진의 하층은 담배형태의 고적운으로 섬유질로 구성되어 있으나 명주실 같지는 않다. 1-2위치의 파동형태의 띠는 여러 개가 중첩되어 있고, 3위치에 확실하게 잘 나타나고 있다. 대체로 판 형태의 수평한 회색빛이다. 비슷한 구름들이 Tours와 Rennes에서 동시에 관측되고 있다. 200~300 km에 걸쳐 보이는 것이다. 약한 대서양 저압부가 케이프 피니스틀레에서 콘웰까지 확장되어 있다. 남동으로부터 강한 상층흐름이 피레네를 횡단한다. 강한 불안정이 보이고, 남부와 서부 프랑스에서 뇌우가 발생했다.

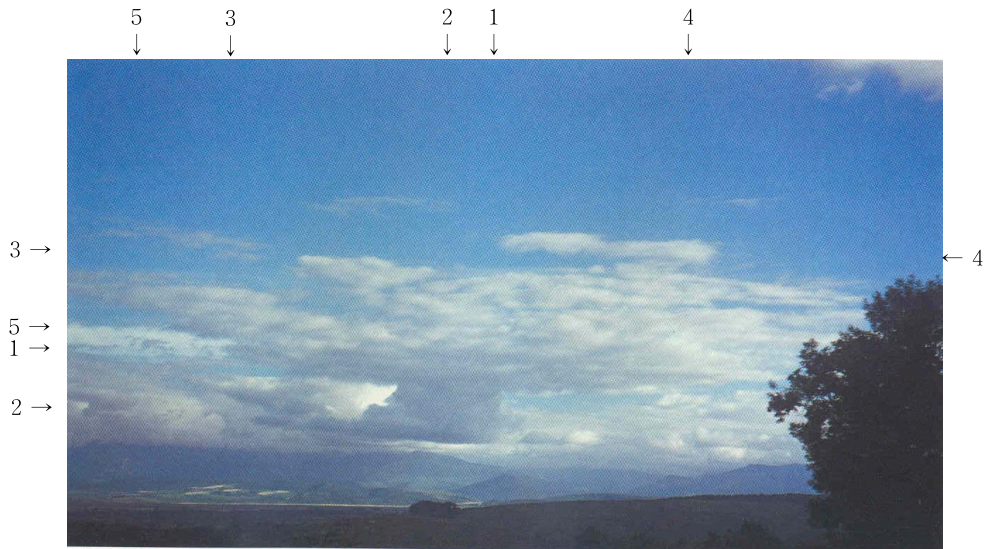
$$C_L=0, C_M=4, C_H=0$$



[그림 20] 연결된 물결형 층상구조의 고적운
(Alto cumulus stratiformis perlucidus undulatus)

1-2와 3-4위치에 명확히 큰 두루마리가 질서 있게 가로로 놓인 구름 형태이다. 다소 직사각형이고 평행 형태이다. 맑은 하늘이 두루마리의 사이사이에 보이고 있다. 사진은 한랭전선과 정체전선 사이의 해양 극기단에서 포착되었다

$$C_L=0, C_M=5, C_H=0$$



[그림 21] 적운발생형 고적운(Alto cumulus cumulogenitus)

고적운의 주된 형태(1위치)가 평범하게 발달한 적운(2 위치)의 운고로 발산하는 형태를 보인다. 주 덩어리의 마진에 위치한 고적운 구조(3, 4위치)는 붕괴된 모양을 보인다. 위치 5에서 흰색 종이와 같이, 적란운의 꼭대기에 연결되어 있는 것같이 보인다. 여기에는 비스케이만 고기압 동쪽의 극공기의 북풍이 존재한다.

$$C_L=9, C_M=6, C_H=0$$



[그림 22] 연결된 물결형 층상구조에서 고적운상의 투명형 고층운
(Altostratus translucidus above Altocumulus stratiformis perlucidus)

높은 구름층이 고층운의 형태 없는 회색 베일로 이루어지고, 불투명 유리를 통해 태양을 보는 듯하게 얇게 보인다. 베일의 모든 부분은 태양광선을 차단할 만큼 두껍지는 않다. 하층 고적운 막의 중간규모 영역이 대부분 보여 지고 있다. 상층 고적운은 끊어진 형태로 변화를 보이고 있다. 고적운 부분은 다소 나무껍질 모양을 보이기도 한다. 빠르게 강화되는 저압부가 아일랜드의 중심부에 위치하고 있다. 남남동풍이 네덜란드로 흘러들어가는 상황이다. 한랭형 정체전선이 동 잉글랜드에 위치하고, 네덜란드로 향하고 있다. 밤이 되면서 다소 강수현상이 일어났다.

$$C_L=0, C_M=7, C_H=0$$



[그림 23] 성단형[城壇形] 고적운(Altocumulus castellanus)

성단형태의 폭넓은 고적운이 1위치에 소규모로 관측되고 있다. 좀 작은 형태로 2위치에서 상당히 떨어져서 형꺾 모양으로 관측된다. 구름은 발달하는 온대성 대류의 난역에 속한다. 이 그림은 정오가 바로 지난 오후이다. 이날의 늦은 시각에는 서쪽으로 뇌우가 발달했고, 이 지역을 통과하여 지나갔다.

$$C_L=0, C_M=8, C_H=0$$

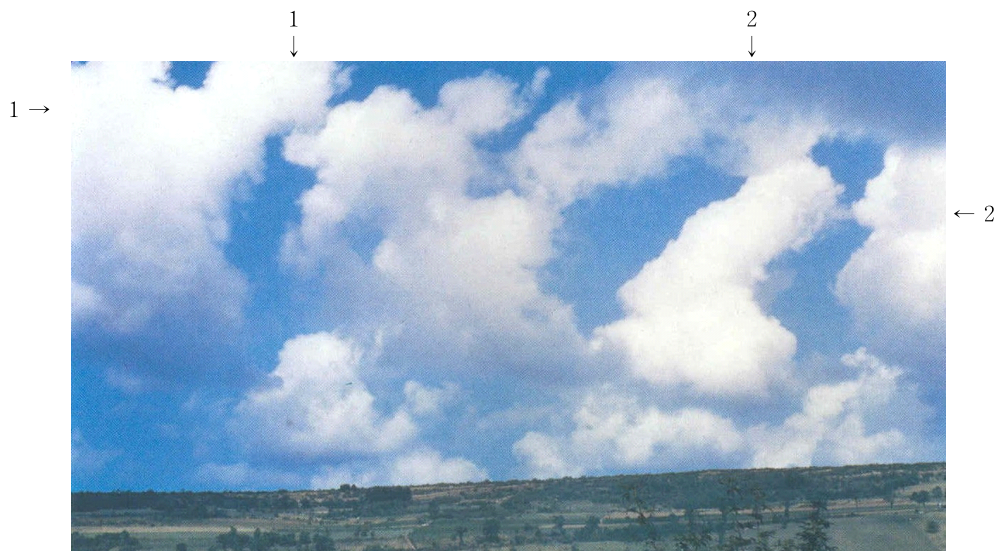


[그림 24] 덩어리 형태의 적운과 조각진 적운

(Cumulus humilis and Cumulus fractus)

대부분의 구름은 전형적인 작은 덩어리 형태를 보인다. 뚜렷한 수평운저가 관측된다. 일반적으로 구름 그림자가 드리워져 있다. 구름의 윤곽은 쳐지지 않고, 운고는 다소 원형이지만 평평한 편이다. 조각 적운(위치 1과 2)이 관측된다. 파란 하늘은 핀란드와 스웨덴에 있는 약한 고기압의 서쪽에서 볼 수 있다.

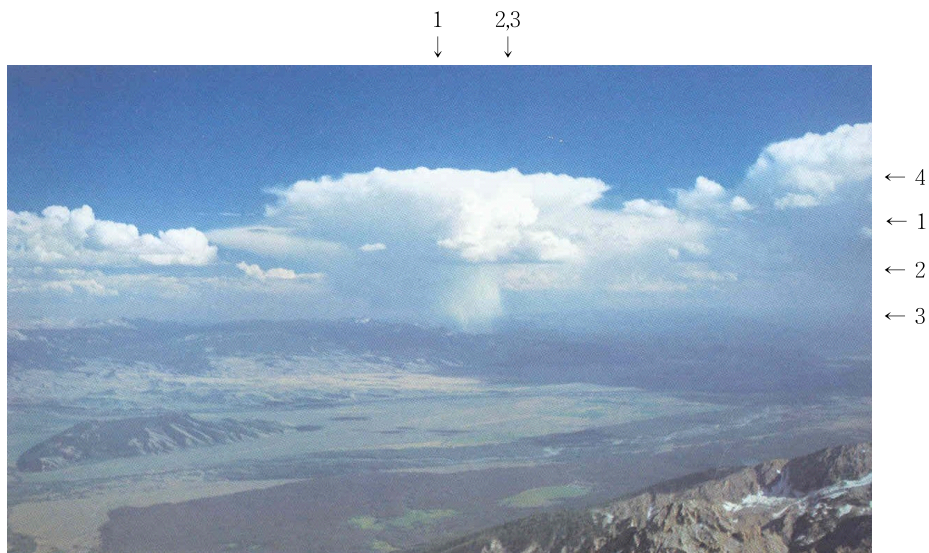
$$C_L=1, C_M=0, C_H=0$$



[그림 25] 뭉게구름형 적운(Cumulus congestus)

적운형 뭉게구름이 아침 일찍 연직으로 발달했지만, 수평규모는 작은 편이다. 일부는 농도가 짙고 늘어진 형태인데 오른쪽에 잘 나타나 있다(위치 1과 2). 여기에 연직 바람쉬어가 나타나고 있다. 사진은 강한 대서양 고기압에 둘러싸인 불안정한 극공기로 새롭게 전환된 형태이다.

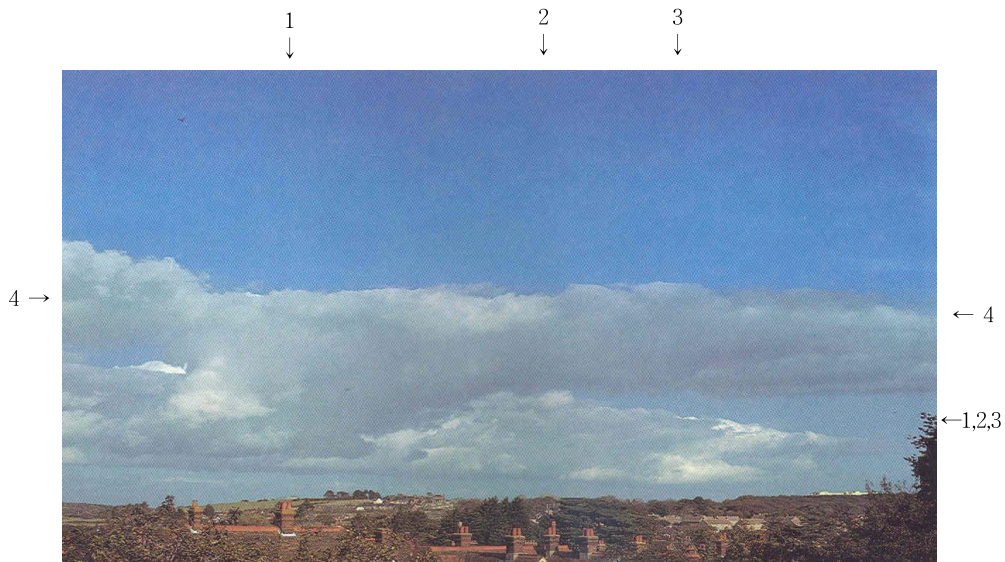
$$C_L=2, C_M=0, C_H=0$$



[그림 26] 털복숭이 형태로 강수가 포함된 적란운
(Cumulonimbus capillatus praecipitatio)

와이오밍주 아건조대의 털복숭이 적운(위치 1)이다. 위치 2는 칼로 자른 듯한 연직기둥형태의 강수현상이 보인다. 이 칼로 자른 듯한 모양은 강수의 증발에 의해 나타나는 현상으로 적은 양만이 지상에 도달한다. 강수는 위치 3에서 가시 윙해고도에서의 싹락는 형태로 나타난다. 위치 4의 체계적 형태와 강수량은 연직 봉 형태인데 바람은 약하고 하층과 중층대류권에서 나타난다. 난기, 고압부의 영향구역은 중부 대류권에 나타난다.

$$C_L=3, C_M=0, C_H=0$$



[그림 27] 분열형 적운을 포함한 적운발생형 층적운
(Stratocumulus cumulogenitus with Cumulus mediocris)

위치 1, 2, 3에서의 분열형 적운의 정상이 역전층에 도달했다. 여기에 서풍이 증가하고 상승류가 구름정상으로 향한다. 위치 4의 층적운으로 퍼져나간다. 한랭전선은 12시간 전에 통과했고, 동쪽으로 200 km까지 늘어져 있다.

$$C_L=4, C_M=0, C_H=0$$



[그림 28] 투명한 층상형 층적운(Stratocumulus stratiformis translucidus)

다소 얇은 층적운은 크고, 편평하고, 불규칙하게 합쳐진 구름들로 구성되어 있어 층운으로 분류된다. 층의 많은 부분이 태양의 위치를 보여줄 만큼 투명한 편이다. 이 형태는 극 대륙공기의 겨울형 층적운이다. 발트해상에 고기압이 위치하고, 바람은 동북동이다. 역전층이 1,300 m에서 관측되었다.

$$C_L=5, C_M=/, C_H=/$$



[그림 29] 성단형 층운(Stratus nebulosus)

층운은 위치 1-2에서 비교적 균일한 운저로 작은 언덕을 가로지르고 있다. 이 그림에서 돋보이는 것은 구름의 구조는 약하고, 위치 3에서 반투명하다. 태양은 보일 듯 말 듯하다. 한랭전선은 밤에 눈이 훑날리면서 통과했다. 한기 층은 오후에 흩어지기 시작했다.

$C_L=6$, $C_M=/$, $C_H=/$



[그림 30] 조각 층운과 조각 적운(Stratus fractus and Cumulus fractus (pannus))

하늘상태는 낮고 누더기형이 고적운 밑으로 드리워 있다. 구름의 형태가 다소 위협적이기는 하지만 하층은 7할 수준이다. 동쪽으로 빠르게 이동하는 폐색전선 전면에 해양성 극 공기가 놓여있다.

$C_L=7$, $C_M=/$, $C_H=/$



[그림 31] 층상으로 연결된 층적운과 분열형 적운
(Stratocumulus stratiformis perlucidus and Cumulus meidcris)

긴 열을 한 평범한 적운(위치 1과 2). 이 영역 위의 확장된 층적운 밑에서 발달한다. 위치 3을 중심으로 두 층으로 분리된다. 한랭전선은 밤 동안에 통과했다. 습한 하층 북서류가 지배적이고, 적운형은 오후 가열 효과로 발달된 것이다.

$$C_L=8, C_M=0, C_H=0$$



[그림 32] 솜사탕형 적란운(Cumulonimbus capillatus)

이 그림은 적운에서 적란운으로 시간에 따른 발달 상태를 나타낸다. 위치 1에서 탑 형태로 발달하면서 적란운으로 특성을 갖추어 간다. 위치 2에서 발달한 구름은 계속 상승운동을 지속한다. 위치 3, 4, 5는 현격한 변화가 없다. 위치 6의 엔빌도 유지되고 있다. 적란운은 두 번째 그림에 잘 나타나 있지만, 위치 6의 엔빌은 하층운이 9할이다. 이 영역은 요란이 심하지 않은 고기압성 남서류가 하층에서 발생했다. 상층에서는 바람이 약하게 남에서 동으로 분다. 위치 1에서의 새로운 탑상형은 충분히 휘지 않았는데 이는 상층의 바람이 강하지 않기 때문이다.

$$C_L=9, C_M=0, C_H=3$$

제 10 장 기상현상과 일기

10.1 기상현상과 일기관측의 목적

대기에서 나타나는 기상현상에는 여러 가지가 있다. 이와 같은 현상은 계기로 관측되는 것이 있고, 목적으로 관측하는 것이 있다. 기상현상은 순간적으로 나타났다가 없어지는 현상들이 많으므로 관측자들은 현상들을 빠짐없이 관측할 수 있도록 항상 기상 변화에 관심을 가져야 한다.

관측된 자료들은 차후에 기상원인의 분석과 연구는 물론 여러 분야에서 활용된다.

10.2 기상현상과 일기의 정의

기상현상이란 대기 중, 지상 또는 지상의 물체 위에 여러 가지 형태로 나타나는 것으로 육안으로 볼 수 있거나 귀로 들을 수 있는 현상들을 말한다.

기상현상은 전리층을 제외한 대기의 여러 가지 현상을 말하며, 보통 기상학의 대상이 되는 것은 지표로부터 100 km 높이까지에서 나타나는 현상이다. 기상현상은 대기 중의 물 현상, 먼지 현상, 빛 현상, 전기 현상으로 구분한다.

10.3 기상현상의 종류

10.3.1 대기 중의 물 현상 (hydrometeors)

대기 중의 물 현상이란 물 또는 얼음 입자들이 대기 중에서 부유 또는 낙하 하거나, 바람에 의해서 불려 오르거나 또는 지면이나 지상의 물체에 붙어 있는 현상들을 말한다.

(1) ● 비 (rain)

물방울의 크기가 대부분 직경 0.5 mm 이상 되는 강수를 비라 한다. 빗방울의 크기는 보통 이슬비의 입자보다 크다. 그러나 강수역의 연변에서는 빗방울이 떨어지는 도중에 증발하기 때문에 이슬비의 입자와 같은 정도의 작은 입자로 되는 경우가 있다. 그런 경우에는 빗방울의 입자가 분산해서 내리게 되므로 이슬비와 구별된다.

(2) ● 이슬비 (drizzle)

직경이 0.5 mm 미만의 아주 작은 물방울들이 내리는 강수로, 얼핏 보면 공중에 떠있는 것 같이 보이며, 대기가 약간만 움직이더라도 따라 움직이는 것을 볼 수 있다.

이슬비는 보통 연속된 두꺼운 층운(St)에서 내린다. 이 층운의 운고는 대단히 낮으며, 지면까지 도달하여 안개로 되는 경우가 많다. 특히 해안이나 산악지대에서는 이슬비로 내리는 경우가 많다.

이슬비로 인해 강수량이 1시간에 1 mm 이상이 되는 일은 드물다. 시정은 비가 내릴 때보다 더욱 나쁜 것이 특징이다. 그러나 고층운이나 난층운에서 내리는 가는 비를 이슬비로 취급해서는 안 된다.

(3) ☁ 착빙성 비(어는비, freezing rain, supercooled rain)

액체상태로 내리던 강수(비)가 지표면에 닿거나 물체에 부딪혔을 때 유리면과 같이 코팅된 모습으로 얼어붙는 현상으로, 대기중에서는 비로 내리지만 곧 얼어붙는 비이다. 어는 비는 중·상층대기에서 내리던 눈이 0℃ 이상의 하층대기에서 녹아 비로 내리다가 영하의 지표나 물체에 부딪히면서 일어난다. 또한 대기 중의 기온이 0℃ 이하라 하더라도 얼지 않은 과냉각수적이라면 가능하다.

한편, 지면이나 지물의 표면에 생기는 균질·투명한 얼음층을 우빙(雨氷) 또는 착빙(着氷, icing)이라고 하며, 비행중인 항공기가 과냉각 수적층을 통과할 경우 맑은 착빙이 발생하는 것도 어는 비의 한 종류이다.

(4) ✖ 눈 (snow)

얼음의 결정들로 된 강수로, 결정의 형태는 침상(針狀), 각주상(角柱狀), 판상(板狀 : 樹板狀을 포함) 등이 있고, 이러한 결정들이 규칙적으로 결합한 것도 있으며, 불규칙하게 결합한 덩어리를 이룬 것도 있다. 눈은 대기 중에서 수증기가 승화된 것이 모체가 되며 여기에 과냉각된 물방울이 부착하여 빙결된 것과 다소 물기를 포함하고 있는 것도 있다.

이와 같은 것들이 불규칙하게 흩어져 내리기도 하며 어떤 때는 여러 개가 결합되어 눈송이를 이루어 내릴 때도 있다.

습기를 많이 포함하고 있어 잘 뭉쳐지는 눈을 습성눈 또는 습설이라고 하며, 습기를 적게 포함하고 있어 잘 뭉쳐지지 않는 눈을 건성눈 또는 건설이라고 한다. 강수량으로 환산할 경우 보통 습성눈의 경우에는 강수량의 1/10로 나타나며, 건성눈의 경우에는 3~4/100으로 관측된다.

(5) ❄️ 진눈깨비 (sleet)

비와 눈이 동시에 섞여 내리는 강수현상을 말한다.

(6) ❄️ ❄️ 싹락눈 (snow pellets)

불투명하고 백색으로 된 얼음 입자의 강수 현상으로 구형이나 원추형을 하고 있으며, 직경은 약 2~5 mm 정도이다. 입자들은 연약하며 굳은 땅에 떨어지면 튀어 오르고 쉽게 부서진다. 지상 기온이 0 ℃ 전후일 때에 싹락눈은 소낙성 강수로 눈에 선행하여 내리는 경우가 많다. 또 눈이나 빗방울과 섞여서 내리는 경우도 있다.

(7) ❄️ 가루눈 (snow grains)

아주 작은 백색의 불투명한 얼음 입자의 강수 현상으로, 싹락눈과 닮았지만 다소 편평한 모양이나 가늘고 긴 모양을 하고 있고, 직경은 대체로 1 mm보다 작다.

굳은 지면에 떨어져도 튀어 오르지 않으며 부서지지도 않는다. 소낙성 강수 형태로 내리지 않으며 과냉각된 층운(St)이나 안개에서 내린다.

(8) ❄️ 얼음싹라기 (ice pellets)

빗방울이 얼거나 또는 눈방울이 거의 녹았다가 다시 얼어서 내리는 것으로 빙결과정은 지면 부근에서 일어난다. 직경은 5 mm 가량이며, 고층운 혹은 난층운에서 내린다. 소낙성 강수 형태로 내리는 일은 없다. 입자는 지면에 부딪치면 소리를 내고 튀어 오른다.

(9) ❄️ 싹락우박 (small hail)

싹락눈을 중심으로 하여 물방울들이 그 주위에 얼어붙은 것 또는 싹락눈이 부분적으로 녹았다가 얼어서 얇은 얼음 층을 이룬 것이다. 싹락우박은 보통 지상 기온이 0 ℃ 이상인 때에 내리므로 그 일부분이 녹아 있는 경우도 있으며, 소낙성 강수 현상으로 적란운(Cb)에서 내린다. 얼음싹라기와 싹락우박을 합하여 ice pellets라 하고, ❄️(얼음싹라기)의 기호로 표시한다. 직경 5 mm 미만이고, 굳은 땅에 부딪치면 소리를 내고 튀어 오른다.

(10) ❄️ 우박 (hail)

얼음의 입자나 덩어리로 된 강수로, 직경이 5 mm에서 50 mm 또는 그 이상이 되는 것도 있다. 단독으로 내릴 때도 있고, 몇 개가 불규칙하게 붙어서

덩어리로 내릴 때도 있다.

우박은 얼음덩어리만으로 형성된 경우도 있고, 투명한 층(보통 1 mm 이상)과 반투명한 층이 서로 겹쳐져 형성된 경우도 있다. 우박은 강한 뇌전에 동반되어 비에 섞여 내리는 경우가 많다.

(11) ↔ 얼음침 (ice prisms)

극히 작은 얼음 입자들이 서서히 내리는 현상으로, 침상, 각주상 또는 판상 등의 결정으로 되며, 대기 중에 떠다니는 것같이 보인다.

구름에서 내리는 경우도 있으나, 구름이 없는 하늘에서도 발생하는 경우도 있다. 수평시정이 1 km 미만인 때에는 얼음안개(☁)로 취급한다. 햇빛이 비칠 때에는 얼음 입자들을 눈으로 볼 수 있으며, 햇무리나 달무리 또는 광주(光柱) 현상이 일어난다. 얼음침은 기온이 아주 낮은 때에 안정한 기단에서 발생하며, 특히 극지방에서 자주 발생한다.

(12) ≡ 안개 (fog)

극히 작은 물방울들이 대기 중에 떠있어서 수평시정이 1 km 미만인 때를 말한다. 충분히 햇빛이 비칠 때에는 안개방울 하나하나를 눈으로 볼 수 있으며, 그때에 안개방울들은 움직이고 있는 것처럼 보인다. 안개 속에서의 대기는 습하고 차갑게 느껴지며, 상대습도는 100 %에 가깝다. 대체적으로 백색이지만 공업지대에서는 연기와 먼지로 인해 회색이나 황색을 띠기도 한다.

안개와 연기가 혼합되어 있거나 또는 오염된 안개를 스모그(smog)라고 한다. 낮은 안개(≡)는 눈높이의 수평 시정이 1 km 미만이지만 천공의 일부 또는 전체가 보이는 것이고, 땅안개(=)는 눈높이의 수평시정이 1 km 이상이고 지면에 접하여 있는 아주 낮은 안개이다.

(13) ☁ 얼음 안개 (ice fog)

극히 작은 얼음의 결정들이 무수히 많이 대기 중에 떠다니는 현상으로, 수평시정이 1 km 미만인 때를 말한다. 이 결정체들은 햇빛이 비치면 반짝반짝 빛나 보인다. 얼음 안개에서도 햇무리나 달무리 또는 광주(光柱) 현상이 나타나기도 한다. 수평시정이 1 km 이상인 때는 얼음침으로 취급한다.

(14) = 박무 (mist)

극히 작은 물방울이나 흡수성의 수용액 입자가 공기 중에 떠있는 현상으로, 수평시정이 1 km 이상인 때를 말한다. 박무가 낀 때의 대기는 안개처럼

습하고 차갑게 느껴지지는 않는다. 상대습도도 안개 때보다 낮으며 100 %가 되는 일은 없다.

(15) 날린 눈 (blowing snow)

지면에 내려 쌓인 눈이 바람에 날려서 시정장애를 일으키는 현상을 말한다.

(가) ⇄ 땅 날린 눈 (drifting snow)

지면에서 극히 낮은 고도로 날려 오른 상태로, 눈높이의 수평시정은 감소되지 않는다. 날린 눈들은 지면을 쓸고 있는 것같이 움직이며, 이로 인해서 낮은 지물들은 어렴풋이 보이거나 아주 가려져 보이지 않는다.

(나) ⇄ 높은 날린 눈 (blowing snow)

지면에 내려 쌓인 눈이 높게 날려 올라간 현상으로, 눈높이의 수평시정은 대단히 악화된다. 하늘을 덮고, 해를 가리는 경우도 있다. 이렇게 날려 올라간 눈은 바람에 심하게 휘날린다.

(16) ⇄ 눈보라 (snow storm)

높은 날린 눈과 강설(降雪)이 동시에 일어나는 현상을 말한다.

(17) ☾ 이슬 (dew)

대기 중의 수증기가 응결하여 물방울이 되어서 지면이나 지상의 물체 등에 붙어 있는 현상을 말한다. 다른 지상의 물체나 지면에는 나타나지 않고, 초목의 잎사귀에만 생기는 물방울은 이슬로 취급하지 않는다.

(18) ☾ 언 이슬 (white dew)

이슬이 얼어서 생긴 얼음알갱이를 말한다.

(19) ☾ 서리 (hoar frost)

대기 중의 수증기가 승화 작용에 의해서 지면이나 지상의 물체에 얼음 결정체가 붙어 있는 현상으로, 결정체 모양에는 비늘모양, 바늘모양, 새털모양, 부채모양 등이 있다.

(20) ☾ 서릿발 (ice columns)

지면에 가늘고 수직으로 생기는 섬유 상태의 얼음기둥을 말하며, 이것은 땅 속의 수분이 모세관 작용으로 스며 나와 지표면에서 언 현상으로 그 길

이는 수 mm에서 수십 cm에 이르기도 한다.

(21) ㄴ 무빙 (霧氷, rime)

한대지방이나 겨울철 산악지방에서 주로 안개로 인하여 나무나 노출된 지
상물체에 백색 또는 반투명한 얼음의 층이 부착되는 현상으로 다음 3종류로
구분된다.

(가) ㄴ 수상 (樹霜, air hoar)

주로 수증기의 승화작용으로 인한 얼음 결정체로 이루어져 있으며, 바늘모양,
판자모양, 컵 모양을 하고 있다. 얼어버린 안개방울이 혼합되어 있는 경우도 있다.
대체로 평지에서 안개가 끼었을 때 발생하고, 물체의 풍상측에 쉽게 발생한다.

(나) ㄴ 수빙 (樹氷, soft rime)

과냉각된 안개방울이 지상 물체에 부착된 흰 불투명한 얼음으로, 지느러
미 모양의 얼음덩이들로 이루어져 있다. 측면에는 승화작용에 의한 서리가
발생하기도 한다. 바람에 노출된 풍상측에 현저히 발달한다.

(다) ㄴ 조빙 (粗氷, hard rime)

반투명 또는 투명에 가까운 얼음덩어리로 형성되어 있으며, 수빙과 같은
원인으로 발생한다. 안개입자가 크고 0 ℃에 가까울 때 많이 발생한다.

(22) ㄴ 우빙 (雨氷, glaze)

투명하고 균질한 얼음층으로 형성되어 있으며, 과냉각된 이슬비 또는 비
(착빙성의 이슬비 또는 비)가 0 ℃ 또는 그 이하 온도의 지면이나 지물에
떨어져 언 상태를 말한다.

(23) ㄴ 적설 (snow coverage)

관측지점 주변의 지면 또는 관측장소의 반 이상이 눈, 진눈깨비, 싸락눈,
또는 싸락우박으로 덮여 있는 상태를 말한다.

(24) ㄴ 결빙 (freezing)

육외에 있는 물이 동결하는 현상을 말한다. 편의상 관측장소 내에 설치한
소형증발계의 물을 기준으로 한다.

(25) ㄹ 용오름 (spout)

격심한 회오리바람을 동반하여 기둥모양 또는 깔때기 모양의 구름이 적란운(Cb) 밑에서 지면 또는 해면까지 닿아 물방울, 먼지, 모래 등이 섞여져 불려 올려진 현상을 말한다.

깔때기 모양을 한 구름의 축은 똑바로 서 있는 경우도 있고 기울어져 있는 경우도 있으며, 용 허리처럼 구불구불 굽어져 있는 경우도 있다. 용오름에서의 바람은 저기압성으로 급속히 회전하고 있는 경우가 많다. 깔때기 모양의 구름이 형성되지 않는 회오리바람(whirlwind)과 구별되며, 규모도 다르다. 미국에서는 육지에서 생기는 용오름(landspout)을 토네이도(tornado), 해상에서 생기는 용오름을 워터스파우트(waterspout)라고 부른다.

※ 토네이도는 난후기(暖後期)에 빈번히 발생하는 대기의 심한 소용돌이로, 적란운의 하층으로부터 깔때기 모양의 구름이 아래로 늘어진다. 매우 강한 소용돌이로 지름은 약 250 m이며, 평균 수 m로부터 수백 m의 변화가 있다. 바람은 바깥쪽에서도 강하고 경로의 넓이는 1 km를 넘기도 한다. 추정에 의하면 풍속은 100 m/s의 단위이며, 200 m/s 정도가 되는 경우도 있다. 평균 경로의 길이는 5~10 km이나 때로는 300 km를 넘을 때도 있어 수명의 차이가 크다. 오후에 많이 발생한다.

※ 회오리바람은 육상에 생기는 심한 공기의 소용돌이로, 용오름보다 규모가 작다. 보통 지름이 50 m 이하이며, 수명도 수 분 정도로 아주 짧다.

(26) ㄱ 해빙 (sea ice)

해수면이 빙결된 상태 또는 얼음덩어리들이 해안에 널려 있거나 쌓여있는 상태이며, 해빙은 주로 해수가 빙결되어 형성된 것이다.

(27) ㄱ 유빙 (drift ice)

얼음이 해면에 떠있는 상태를 말한다. 얼음 생성의 원인에는 해수가 빙결된 것, 하천이나 호수의 얼음이 흘러온 것, 해면에 접한 빙하나 육지 얼음의 부분이 붕괴된 것 등 3가지가 있다.

(28) ㄹ 해명 (oceanic noise)

너울 또는 파도가 해안으로 밀려왔다가 다시 밀려갈 때에 생기는 소리를 말한다. 해명은 해안 근처보다 다소 떨어진 곳에서 잘 들린다. 해명은 일기

가 불순한 때에만 들리는 것이 아니고 바람 없이 평온한 일기에서도 들린다. 이 소리는 멀리서 나는 천둥과 흡사하다.

10.3.2 대기 중의 먼지현상 (lithometeors)

대기 중의 먼지현상이란 물이나 얼음입자는 거의 포함되어 있지 않고, 주로 고체 입자들이 대기 중에 떠다니거나 바람에 의해서 불려 오르는 현상들을 말한다.

(1) ∞ 연무 (haze)

육안으로는 보이지 않는 극히 작고 건조한 고체 입자가 대기 중에 떠다니는 현상으로, 그 수가 많으므로 대기가 우윳빛으로 흐려 보이고 시정을 악화시킨다.

연무를 통해서 밝은 배경을 볼 때에는 황색이나 적갈색을 띠고, 어두운 배경을 볼 때에는 청색을 띤다. 연무는 그 구성 입자들에 의한 빛의 산란 효과 때문이다. 입자들이 색을 갖고 있을 때에는 그 색깔이 배경의 색채를 띤다. 연무와 박무는 색으로 구별할 수 있다.

(2) § 먼지연무 (dust haze)

바람에 의해 지면으로부터 불려 올라간 먼지나 모래의 작은 입자가 대기 중에 떠있는 현상이며, 날린 먼지에 의해서 생긴 것이 확실하게 추정될 때만 먼지연무로 한다.

(3) 田 황사 (yellow sand)

먼지연무의 일종으로, 주로 대륙의 황토지대에서 불려 올라간 다량의 황토 먼지가 온 하늘을 덮고 떠다니며 서서히 하강하는 현상이다. 심할 때는 하늘이 황갈색으로 보이고 햇빛이 흐려지며, 노출된 지면이나 지물에 흙먼지가 쌓이는 경우도 있다.

전문전송 시에 황사현상은 시정에 관계없이 현재일기코드 06으로 보고하며, 30계열은 먼지 또는 모래보라(dust storm, sand storm)에 관한 사항이므로 황사에 적용하면 안 된다.

(4) ㅍ 연기 (smoke)

연소에 의해서 생긴 작은 입자가 대기 중에 떠다니고 있는 현상을 말한다. 연기는 지면 부근에 낮게 떠있으면서 시정장애를 일으키는 경우도 있고, 높게 떠있으면서 전 하늘을 덮는 경우도 있다. 연기를 통해서 보이는 태양은

일출과 일몰 시에는 대단히 빨갛게 보이고, 낮에는 오렌지색으로 보인다.

도시나 도시 부근에서의 연기는 갈색이나 어두운 회색 또는 검은색이다. 근처에 있는 산림의 화재로 인해 확산되는 연기는 태양광선을 산란하기 때문에 하늘을 황록색으로 보이게 한다. 아주 원거리에서 발생하여 퍼져온 연기는 옅은 회색이나 푸른빛을 띤다. 연기가 다량으로 있을 때에는 그 냄새로 식별되기도 한다. 연기의 발생 원인이 확실히 추정될 때에 한해서 연기로 판단하고, 발생 원인이 명확치 않을 때에는 연무로 취급한다.

(5) ㄱ 강회(화산재) (ash fall)

화산 폭발로 인하여 다량으로 공중에 불려 올라간 화산재가 서서히 지면으로 낙하되는 현상을 말한다.

(6) ㄴ 날린먼지 (drifting or blowing dust or sand)

먼지 또는 작은 모래알이 바람에 불려 올라가는 현상을 말한다.

(가) ㄷ 땅날린먼지 (drifting dust or drifting sand)

낮게 불려 올려진 날린 먼지로 눈높이의 수평시정은 감소하지 않는다.

(나) ㄹ 높은날린먼지 (blowing dust or blowing sand)

높이 불려 올려진 날린 먼지로 눈높이의 수평시정이 대단히 나빠진다.

(7) ㄴ 먼지보라 (dust storm or sand storm)

먼지 또는 모래알이 강풍에 의하여 아주 높이 그리고 격렬하게 불려 올려진 현상을 말한다. 먼지보라의 전면은 넓고 큰 벽이 급속히 밀려오는 것처럼 보이기도 한다. 이 벽 뒤에는 적란운(Cb)을 동반하는 경우가 많으며, 때로는 한랭기단 전면에서 구름을 동반하지 않는 경우도 있다.

(8) ㄹ 회오리바람 (whirlwind, dustwhirl, sandwhirl)

회오리바람은 지면에서 불려 올려진 먼지나 모래알들이 기둥 모양을 하고 선회하는 현상으로, 기둥의 크기는 작고 대체로 수직이며, 그 높이는 수시로 변동한다. 현상은 지면 부근의 대기가 대단히 불안정할 때에 생기며, 저기압성 회전에 의하여 불려 올려지는 경우가 많다.

10.3.3 대기 중의 빛 현상 (photometeors)

대기 중의 빛 현상이란 해나 달빛의 반사, 굴절, 회절, 간섭, 산란, 흡수 등에 의해서 생기는 광학적인 현상을 말한다.

(1) ☉, ☾ 무리 (halo phenomena)

대기 중에 떠 있는 얼음입자들이 빛을 반사 또는 굴절하여 생기는 광륜(光輪), 호(弧), 기둥(柱), 점(點) 등의 광학적 현상을 말한다.

해를 둘러싸고 있는 광륜을 햇무리(solar halo : ☉), 달을 둘러싸고 있는 광륜을 달무리(lunar halo : ☾) 라고 하며, 그 밖에 환일(幻日 parhelia), 환월(幻月 paraselanae), 광주(光柱 lamincus piller) 등 여러 가지 현상이 나타난다.

가장 흔하게 나타나는 것은 해나 달을 중심으로 시각 반경 22°에 생기는 내측 햇(달)무리(small halo)로 색깔은 거의 흰빛의 광륜이고 때로는 무지개 색을 나타내는 수도 있으며, 내측 햇(달)무리의 색깔은 안쪽이 적색, 바깥쪽이 남색이나 자색을 띠게 된다. 그리고 이 광륜의 안쪽 하늘은 바깥쪽보다 검게 보인다.

내측 햇(달)무리의 바깥쪽에 시각 46°의 반경을 갖는 광륜이 관측되기도 하는데, 이것을 외측 햇(달)무리(large halo)라고 한다. 햇(달)무리는 권층운에서 생기는 경우가 가장 많다.

(2) ☉, ☾ 코로나 (光環 corona)

해나 달을 중심으로 비교적 작은 직경(보통 시각 반경이 5° 미만)의 색채를 띤 광륜(光輪)으로, 안쪽은 남색 또는 청색이고 바깥쪽은 적색에 가깝다. 해에 걸리는 것을 일광환(solar corona : ☉), 달에 걸리는 것을 월광환(lunar corona : ☾)이라고 한다. 코로나는 햇빛이나 달빛이 안개 속이나 작은 수적, 또는 얼음입자로 된 얇은 구름층을 통과할 때 회절현상에 의해서 생긴다. 코로나는 고적운에서 생기는 경우가 가장 많다.

(3) ☁ 채운 (彩雲 irisation)

구름에 색채가 나타나는 현상으로, 불규칙하게 나열되나 때로는 구름의 연변에 평행한 줄무늬로 나타나며, 녹색이나 복숭아색이 탁월하다. 태양에서 시각 10° 범위 이내에는 회절이 주로 원인이지만 10°를 넘으면 간섭이 탁월해진다. 채운은 태양에서 40°나 떨어진 곳에서도 나타난다. 채운은 고적운 특히 렌즈상 고적운(Ac-Len)의 연변에서 흔히 볼 수 있다.

(4) ㄱ 무지개 (rainbow)

대기 중에 떠 있는 많은 물방울들이 빛의 굴절, 반사, 또는 간섭에 의하여 생기는 현상으로, 태양(또는 달)과 대칭되는 점을 중심으로 시각 반경 42°의 무지개 색을 띠는 동심호를 주 무지개(primary rainbow)라 한다. 주 무지개는 안쪽이 보라색, 바깥쪽이 빨간색이며, 하늘의 색은 무지개의 바깥쪽이 안쪽보다 어둡게 보인다. 주 무지개의 바깥쪽 시각 반경 51~54°에 부 무지개(secondary rainbow)가 나타나는 경우가 있다. 주 무지개에 비하면 빛이 희미하고 폭은 주 무지개의 두 배가 되며, 안쪽이 빨간색, 바깥쪽이 보라색이 된다. 또한 주 무지개의 안쪽이나 부 무지개의 바깥쪽에 과잉 무지개(supernumerary rainbow)가 생기는 때도 있다.

(5) ㉠ 어광 (御光 glory)

관측자의 그림자 주위에 색채를 띤 둥근 형의 광채로, 무수히 많은 구름이나 안개의 작은 물방울들이 빛의 회절에 의하여 생기는 현상이며, 이슬에 의하여 어광 현상이 생기는 경우도 있다. 항공 중인 비행기의 탑승자가 비행기 그림자 주위에서 어광을 발견하기도 한다.

(6) ㉡ 비숍환 (bishop's ring)

해나 달을 중심으로 시각 반경 약 22° 둘레의 허여스름한 고리로, 안쪽은 청색이고 바깥쪽은 붉은 갈색을 띤다. 비숍환은 화산 폭발 등에 의해서 날려오른 미세한 먼지를 포함한 높은 구름층에 빛이 통과할 때에 회절현상에 의해서 생긴다.

(7) ㉢ 신기루 (mirage)

빛이 밀도가 현저하게 다른 대기층을 통과할 때 굴절에 의해서 생기는 현상으로, 먼 곳에 있는 물체의 상(像)이 정지하거나 흔들리고 있는 것처럼 보이기도 하고, 하나 또는 여러 개로 보이기도 하며, 거꾸로 보이기도 하고 바로 보이기도 한다. 수직으로 길게 확대되어 보이기도 하고 축소되어 보이기도 한다.

신기루에 의해서 보이는 대상물은 실제보다 약 10°까지 높게 보이는 경우가 있다. 수평선 아래에 위치한 물체나 산에 가려진 물체가 보이기도 하며, 반대로 정상적인 환경에서 보이는 대상물이 사라지고 보이지 않기도 한다.

(8) ✨ 아지랑이 (shimmer)

수평으로 지상의 물체를 바라볼 때 아른아른 흔들려 보이는 현상을 말한다. 아지랑이는 일사가 강한 때에 지표면에 접한 대기층이 가열되어 짧은 주기의 파동을 함으로써 발생한다.

(9) 🌄 놀 (twilight colours)

일출 또는 일몰 시 하늘이나 산봉우리가 여러 가지 색채로 물드는 현상으로, 태양광선이 대기층을 통과할 때 선택흡수, 산란, 혹은 굴절하여 생긴다.

10.3.4 대기 중의 전기현상 (electrometeors)

대기 중의 전기현상이란 대기 중에서 일어나는 전기적인 현상을 말한다.

(1) ⚡ 뇌전 (thunderstorm)

번개와 천둥을 동반하는 급격한 방전현상으로 뇌전은 발달한 적란운에서 구름과 구름 사이 또는 구름과 지면 사이의 방전으로 나타나며, 소낙성 비를 동반하는 경우가 많다.

(2) ⚡, 🔊 천둥, 번개 (thunder lightning)

천둥이란 뇌전에 수반되어 일어나는 예리한 소리 또는 ‘우르릉 우르릉’ 울리는 소리를 말한다. 번개는 구름과 구름 사이 또는 구름과 지면 사이의 급격한 방전에 의한 발광현상을 말한다.

(3) 🔥 세인트엘모의 불 (saint elmo's fire)

지면에서 높이 솟아 있는 물체(피뢰침, 풍향계, 풍속계, 선박의 돛대), 또는 날아가는 비행기(날개 끝, 프로펠러)에서 다소 연속적으로 일어나는 약한 발광성의 방전현상이다. 이 현상은 지상 물체 가까이에 있는 전기장(電氣場)이 강해질 때 관측되며, 보라색이나 녹색의 깃털처럼 보이며 밤에는 더 선명하게 보인다.

(4) 🌌 극광 (polar aurora)

북녘 높은 하늘에 나타나는 아치, 띠, 장막의 주름살, 커튼 모양의 발광현상이다. 극광은 태양에서 방출되는 대전된 입자가 고층 대기의 희박가스에 작용하여 발생한다. 이 입자들은 지구 자장에 의해서 운반되기 때문에 자극

(磁極) 부근에서 흔히 관측된다.

극광의 고도는 낮은 한계가 약 100 km(때로는 60 km), 높은 한계가 대략 100~400 km(때로는 1,000 km)이며, 극광의 밝기는 매우 다양하여 만월의 달빛을 받는 구름의 밝기 정도일 때도 있고, 그보다 훨씬 더 밝을 때도 있다. 극광의 색깔은 대체로 초록색을 띤 흰색 또는 초록과 노란색을 띤 흰색이다.

10.4 기상현상의 관측

기상현상의 관측은 보통 다음의 4가지 사항에 대하여 실시한다.

- (1) 시작 시각
- (2) 현상의 종류
- (3) 현상의 상태
- (4) 끝난 시각

모든 기상현상은 관측장소 또는 관측지점에서 목측으로 식별할 수 있는 범위 내에 존재하는 것에 대해서 관측하는 것이 원칙으로 한다. 다만 언론에 보도된 명백한 특이 기상 현상(용오름, 회오리바람, 우박 등)으로 사진이나 동영상으로 현상이 확인되고, 육하원칙에 의거한 확실한 근거가 있는 경우 예외로 할 수 있다. 기록방법은 특이 기상 발생일로부터 5일 이내에 [별지 8]에 의거하여 분석하여 관서장 결재를 득하고, 일기상통계표 기사란에 등재한다.

10.4.1 시작 시각

현상이 시작된 시각을 기록한다. 시작 시각을 확인할 수 없을 때에는 처음 발견한 시각을 기입한다. 강수현상 등과 같이 시작 시각을 추정할 수 있을 때에는 그 시각을 기입한다.

10.4.2 현상의 종류

현상의 종류는 기상현상의 정의에 의해 구별하고 부호로써 표시한다.

10.4.3 현상의 상태

관측시각에 있어서의 현상의 강도와 그 변화 및 위치(방향과 거리)를 관측

기록한다. 현상의 강도는 [표 14]의 ‘기상현상 강도표’에 의거하여 표시한다.

지정관측시각에는 반드시 그때에 있는 현상들에 대하여 강도를 관측해야 한다. 부근의 현상에 대해서는 강도 관측을 하지 않아도 된다.

10.4.3.1 기상현상 보조기호표

WMO 발행의 국제구름해설도(INTERNATIONAL CLOUD ATLAS)에 근거하여 강수의 소낙성에 관한 정보제공과 대기현상의 시간변화에 관한 정보제공 그리고 관측소에서 떨어진 대기현상 발생지역에 관한 정보제공을 목적으로 기본 현상기호와 결합함으로써 대기현상에 관한 유용한 정보로 활용할 수 있다.

- ▽ : 소낙성 약
- ▽ : 소낙성 중 또는 강
- |× : 관측시각 전 1시간 내 증가 또는 생성
- ×| : 관측시간 전 1시간 내에서 감소
- ×] : 관측시간 전 1시간 동안 있었으나, 관측시각 현재는 종료된 현상
- (×) : 관측소에는 없지만 시계 내(추정거리 5 km 미만)에 존재
-)×(: 관측소에는 없지만 시계 내(추정거리 5 km 이상)에 존재
- [×] : 관측소에는 없지만 시계 외(추정거리 5 km 미만)에 존재
-]×[: 관측소에는 없지만 시계 외(추정거리 5 km 이상)에 존재

10.4.4 끝난 시각

기상현상이 끝난 시각을 관측 기록한다. 끝난 시각은 어떤 현상이 완전히 끝났거나 현저하게 중단될 때를 말한다. 현상이 끝난 시각을 정확히 관측하지 못한 때에는 끝난 것이 확인된 시각을 기록한다.

강수현상 등과 같이 끝난 시각을 추정할 수 있을 때에는 그 시각을 기입한다.

10.5 현상기사의 기록

기상현상의 기사는 다음 사항들에 대하여 기록해야 한다.

- (1) 부호 : 기상현상의 종류는 기상현상 기호 일람표에 의해서 부호로 표시한다.
- (2) 방향 : 현상의 방향은 8방위로 영문자 N, NE, E, SE, S, SW, W, NW와 같이 표시하고, 천정은 Z로 표시한다. 뇌전, 용오름, 회오리바람 등은 반드시 그 현상과 방향을 관측·기록한다.
- (3) 관측시각 : 시작 및 끝난 시각과 기타 관측시각은 시, 분을 각각 2자씩 4개 숫자로 표시한다.
- (4) 강도 : 현상의 강도는 기상현상 강도표에 의하여 0(약), 1(중), 2(강)로 표시하고 현상기호에 오른쪽 상단에 작은 글씨로 부기한다.

10.5.1 강수현상

강수현상에 속하는 것은 비, 이슬비, 눈, 진눈깨비, 싸락눈, 가루눈, 얼음싸라기, 싸락우박, 우박, 눈보라 등이다.

이들 현상의 시작 시각에는 현상부호와 시각을, 지정관측 시각에는 현상부호와 그 강도 및 시각을, 끝난 시각에는 그 시각을 기록한다.

강수현상으로 인하여 시정이 1 km 미만인 때에는 시정장애 현상에 준하여 기사로 기록한다. 비, 눈, 진눈깨비에 대해서는 지속성 강수인지, 소낙성 강수인지를 구별 관측해야 한다.

소낙성 강수란 강수현상이 갑자기 시작되고 갑자기 끝나는 것, 또는 강수강도가 급격히 변화하는 것으로 판단한다. 소낙성 강수는 개개의 입자(비 또는 눈)가 지속성 강수 때보다 일반적으로 크며, 대류성의 구름(적운형 구름)에서 내리고, 지속성 강수는 층상운(주로 난층운이나 고층운)에서 내린다. 소낙성 강수는 ▽기호를 현상부호 밑에 덧붙여 기록한다.(예 : ●, ●, ●)

우박에 대해서는 그 직경을 관측하여 1/10 cm 단위로 기록한다.

강수가 관측지점에는 없으나, 시계 내에 있을 때는 부분강수로 하고, 그 시각과 방향을 기록한다.

강수현상 기사 기록의 ‘예’

- (1) ●1010-●¹1200-●⁰1500-1730.

『10시 10분에 비가 시작하여 12시 지정 관측시각에는 강도가 1(중)이고,

15시 지정 관측시각에는 강도가 0(약)이고, 17시 30분에 비 끝남.』

(2) ☼0610-☼0720-▲0745-0755.

『6시 10분에 눈이 시작하여 7시 20분에는 진눈깨비로 되고, 7시 45분에는 얼음싸라기로 변해서 7시 55분에 끝남.』

(3) ☼1530-☼, ▲1535-☼, ▲, ▲(d 0.5)1540-1605.

『15시 30분에 소낙비가 시작되어 15시 35분에 싹박우박을 동반하였으며, 15시 40분에 여기에 또 우박이 섞여 내렸는데 우박의 직경은 0.5 cm임. 그리고 16시 05분에는 세 현상이 모두 끝남.』

(4) ☼1350-☼, ▲(d 1.0)1430-☼¹, ▲¹(d 1.0)1500-☼1505-1520.

『13시 50분에 소낙비가 시작되어 14시 30분에 우박이 섞여 내렸는데 우박의 직경은 1.0 cm 임. 15시 지정관측 시각에는 소낙비 강도가 1(중)이었었고 우박 강도도 1(중)이었으며, 우박의 직경은 1.0 cm임. 15시 05분에 우박은 끝났고, 15시 20분에 소낙비도 끝남.』

(5) ☼1510-VS₁☼1625- $\overline{VS_1}$ ☼1705-☼⁰1800-1850.

『15시 10분에는 눈보라가 시작되어 16시 25분에 시정이 1 km 미만이 되고, 17시 05분에는 시정이 1 km 이상으로 되었으며, 18시 지정 관측시각에는 눈보라 강도 0(약)이었었고, 18시 50분에 눈보라가 그침.』

(6))•((SW)1450-1515.

『14시 50분부터 15시 15분까지 남서쪽에 시계 내의 강수현상이 5 km 이상에서 강수(부분강수)가 있었음.』

(7) (•) (SW)1350-1425.

『13시 50분부터 14시 25분까지 남서쪽에 시계 내의 강수현상이 5 km 미만의 거리에서 강수(부분강수)가 있었음.』

10.5.2 시정장애 현상

시정장애현상으로는 안개, 얼음안개, 얼음침, 박무, 날린눈, 연무, 먼지연무, 연기, 날린먼지, 황사, 먼지보라, 회오리바람 등이 있다. 이 밖에 강수현상이 시정장애 현상과 공존하거나 또는 단독으로 시정장애현상이 있는 경우도 있

으며, 여러 시정장애현상이 공존할 때에는 이러한 현상을 모두 따로 작성한다.

시정장애현상에 대해서는 시작 시각에는 부호와 시각을, 끝난 시각에는 끝난 시각을, 지정 관측시각에는 부호와 강도 그리고 시각을 기록한다. 특히 수평시정이 1 km 미만으로 악화되었을 때에는 1 km, 0.5 km, 0.2 km, 0.1 km 미만으로 되는 시각과 그 이상으로 되는 시각을 각각 VS_1 , $VS_{0.5}$, $VS_{0.2}$, $VS_{0.1}$ 과 $\overline{VS}_1$, $\overline{VS}_{0.5}$, $\overline{VS}_{0.2}$, $\overline{VS}_{0.1}$ 기호로 기록한다.

한편 두 가지 이상의 현상으로 시정장애현상이 나타날 때는 탁월한 쪽으로 VS를 결정한다.

부분적으로 시정장애현상이 존재할 때에는 그 방향을 8방위로 구분하여 기록한다.

시정장애현상이 존재하더라도 극히 미약하여 수평시정이 10 km 이상인 때에는 현상 기사를 기록하지 않아도 무방하다(단 황사, 얼음침 현상일 경우는 예외).

박무·연무에 대한 관측기준은 [표 12]의 “박무·연무 판정기준”을 참조한다.

시정장애현상 기사 기록의 ‘예’

(1) =0535-¹0600-⁰0900-1010.

『05시 35분에 박무가 시작되어 06시 지정관측 시각에는 박무 강도 1(중)이며, 09시 지정관측 시각에는 박무 강도 0(약)이고 10시 10분에 박무 끝남.』

(2) =(SW)0330- $VS_1=0415-^00600-VS_{0.5}=0632-\overline{VS}_{0.5}=0715-\overline{VS}_1=0745-^10900-1120$.

『03시 30분에 남서쪽에 땅안개가 시작되어 04시 15분에 안개로 되고 시정은 1 km 미만으로 됨. 06시 지정관측 시각에는 안개 강도 0(약)이고 시정이 점차 악화되어 6시 32분에 시정이 500 m 미만이 되었고 07시 15분에 시정은 500 m 이상으로 나아지기 시작하여 07시 45분에는 시정이 1 km 이상으로 되면서 안개는 박무현상으로 됨. 09시 지정 관측시각에는 박무 강도 1(중)이고 11시 20분에 박무 끝남.』

(3) =0420- $VS_1=0445-VS_{0.5}=0455-VS_{0.2}=0510-VS_{0.1}=0525-^20600-\overline{VS}_{0.1}=0710$

$$-\overline{VS}_{0.2} \equiv 0725 - \overline{VS}_{0.5} \equiv 0750 - \overline{VS}_1 = 0845 - {}^20900 - 1010.$$

『04시 20분에 박무가 시작되어 04시 45분에 안개로 바뀌었고 시정은 1 km 미만으로 됨. 04시 55분에 시정은 500 m 미만으로 되었고 05시 10분에 시정은 200 m 미만으로 떨어 졌으며 05시 25분에 시정은 100 m 미만으로 나 빠짐. 06시 지정관측 시각에는 안개 강도가 2(강)이고 07시 10분에는 시정이 100 m 이상으로 되었고, 07시 25분에는 시정이 200 m 이상으로 되었으며, 07시 50분에는 시정이 500 m 이상으로 옹어졌고, 08시 45분에는 시정이 1 km 이상으로 되어 박무로 변화였으며, 09시 지정관측 시각에는 박무 강도 2(강)이었으며 10시 10분에 박무 끝남.』

$$(4) --- = {}^10300 - VS_1 \equiv 0423 - {}^00600 - \overline{VS}_1 = 0745 - {}^00900 - 1140.$$

$$\infty 1115 - \infty {}^01200 - \infty {}^01500 - 1530. = 1840 - {}^02100 - {}^12400 -$$

『전날부터 박무 현상이 지속되면서 03시 지정관측 시각에 박무강도 1 (중)이고 04시 23분에 안개로 되며 시정은 1 km 미만임. 06시 지정관측 시각에는 안개 강도 0(약) 이고, 07시 45분에 안개에서 박무로 변화였고, 시정은 1 km 이상으로 됨. 09시 지정관측 시각에는 박무 강도 0(약)이고 11시 40 분에 박무 끝남.

11시 15분에 연무가 시작되어, 12시 지정관측 시각에는 연무 강도 0(약)이 고, 15시 지정관측 시각에는 연무강도 0(약)이며 15시 30분에 연무 끝남. 18 시 40분에 박무가 시작되어 21시 지정관측 시각에는 박무 강도 0(약)이고, 24시 지정관측 시각에는 박무 강도 1(중)이고 다음날로 계속됨.』

※ 11시 15분-11시 40분 동안에 박무 강도 0(약)과 연무 강도 0(약)이 공존

$$(5) \infty 1130 - \infty {}^01200 - VS_1 \infty 1350 - \infty {}^21500 - \overline{VS}_1 \infty 1625 - 1750.$$

『11시 30분에 연무 시작, 12시 지정 관측시각에 연무 강도 0(약)이고, 13 시 50분에 연무로 인해서 시정이 1 km 미만으로 되고, 15시 지정 관측시각 에는 연무 강도 2(강)이며 16시 25분에는 시정이 1 km 이상으로 되고 17시 50분에 연무 끝남.』

$$(6) = 0730 - {}^00900 - 0940. \infty 1020 - \infty {}^11200 - 1230.$$

『07시 30분에 박무가 시작되어 09시 지정 관측시각에는 박무 강도 0(약) 이고 09시 40분에 박무 끝남.

10시 20분에 연무가 시작되어 12시 지정 관측시각에는 연무 강도 1(중)이 고 12시 30분에 연무 끝남.』

(7) 0740-0900-1010-VS₁1100-01200- $\overline{VS_1}$
 1450-1500-1710.

『07시 40분에 연기가 끼기 시작, 9시 지정 관측시각에 연기 강도 0(약), 10시 10분에는 연기와 연무 공존, 11시에는 연기와 연무로 인해서 시정이 1 km 미만으로 되고, 12시 지정 관측시각에는 연기는 강도 0(약)이고 연무는 강도 2(강)임. 14시 50분에는 시정이 1 km 이상으로 좋아졌으며, 연기는 없어지고, 연무만 남아 있으며, 15시 지정관측 시각에는 연무 강도 1(중)이고 17시 10분에 연무도 끝남.』

(8) 0315-VS₁0430-VS_{0.5}0520-VS_{0.2}0530-0600-VS_{0.2}0620- $\overline{VS_{0.5}}$ 0650- $\overline{VS_1}$ 0725-0900-1012.

『03시 15분에 비가 시작, 04시 30분에 비로 인해 시정이 1 km 미만으로 악화됨. 05시 20분에 소나기로 바뀌면서 시정이 500 m 미만으로 악화됨. 05시 30분에 소나기가 지속되면서 시정이 200 m 미만으로 악화됨. 06시 지정 관측시간에 소나기 강도 2임. 06시 20분에 비로 바뀌면서 시정 200 m 이상으로 호전됨. 06시 50분에 비가 계속되며 시정이 500 m 이상으로 호전됨. 07시 25분에 비가 계속되면서 시정이 1 km 이상으로 호전됨. 09시 지정관측 시각에 비의 강도가 0이고, 10시 12분에 비가 끝남.』

(9) 0135-0300-VS₁0445-0600-VS_{0.5}0730-VS_{0.2}0750-0845-0900-1200- $\overline{VS_{0.2}}$ 1440-1500- $\overline{VS_{0.5}}$ 1520- $\overline{VS_1}$ 1620-1715.

『01시 35분에 눈 시작, 03시 지정관측시간에 눈 강도 0임. 04시 45분에 눈으로 인해 시정 1 km 미만으로 악화, 06시 지정관측시간에 눈 강도 1임. 07시 30분에 소낙눈으로 바뀌면서 시정 500 m 미만으로 악화됨. 07시 50분에 소낙눈으로 시정 200 m 미만으로 악화됨. 08시 45분에 눈으로 바뀜. 09시 지정관측시간에 눈 강도 2임. 12시 지정관측시간에 눈 강도 2임. 14시 40분에 눈이 지속되며 시정 200 m 이상으로 호전됨. 15시 지정관측시간에 눈 강도 1임. 15시 20분에 눈이 지속되며 시정 500 m 이상으로 호전됨. 16시 20분에 눈이 지속되며, 시정 1 km 이상으로 호전 됨. 17시 15분에 눈이 끝남.』

(10) 0830-0900-1020-VS₁1115-1200- $\overline{VS_1}$ 1235-1320.

『08시 30분에 눈이 내리기 시작, 09시 지정 관측시각에는 눈 강도 0(약)임. 10시 20분에 눈보라로 변함. 11시 15분에 눈보라로 인해서 시정이 1 km 미만으로 됨. 12시 지정 관측시각에는 눈보라 강도 1(중)이고, 12시 35분에

시정 1 km 이상으로 되었고, 13시 20분에 눈보라 끝남.』

(11) ㉠(W)1410-㉠⁰1500-1620.

『14시 10분에 먼지보라가 서쪽에서 시작되어, 15시 지정관측 시각에 먼지보라 강도 0(약)이었으며, 16시 20분에 먼지보라 끝남.』

(12) ㉠0930-㉠⁰1200-VS₁-㉠1230-㉠₁1500- $\overline{VS_1}$ ㉠1615-1740.

『09시 30분에 강회가 시작되어 12시 강회 강도가 0이고, 12시 30분에 강회로 인해 시정이 1km 이하로 나빠졌으며 15시에 강회 강도 1(중)이고, 16시 15분에 시정이 1km 이상으로 되고 17시 40분에 강회 끝남.』

(13) ㉠1410-㉠⁰1500-1720.

『14시 10분에 황사를 처음 관측. 15시 지정관측시각에 황사 강도 0(약) 시정이 다소 혼탁함을 보이고, 17시20분에 황사 끝남.』

황사의 초기 대응은 황사의 초기 대응은 “[별첨 1] 황사판별을 위한 초기대응 기준”을 참조한다.

10.5.3 뇌전 현상

뇌전현상 관측은 기상관측 자동화 계획에 따라 낙뢰관측장비*에 의한 자동계기관측으로 전환되어 관측한다.

※ LINET 시스템(2017.3.1.~)

10.5.4 기타 현상

우빙, 무빙(수상, 수빙, 조빙) 현상은 그 시작 시각과 성장이 끝난 시각을 비나 안개기사와 함께 기록한다.

무리, 코로나, 채운, 무지개, 폭풍현상 등은 그 시작 시각과 끝난 시각을 기록한다.

용오름, 회오리바람 등은 시작 시각과 끝난 시각, 방향과 거리를 관측 기록한다.

서리, 얼음, 이슬, 언이슬, 서릿발 등과 기타 현상은 그 유무를 관측하고, 오

전과 오후를 구별하여 기록한다.

이상 예시한 현상들과 기타 기상현상으로 특이한 것은 기사란에 괄호를 사용하여 간결한 문장으로 기록한다.

기타 현상 기사 기록의 ‘예’

(1) $- \equiv^0 1500 - VS_{0.5} \equiv 1520 - \equiv$, ▼(관측장소 철책)1540- $\overline{VS}_{0.5} \equiv 1655 -$

『안개가 지속되면서 15시 지정 관측 시각에 안개 강도 0이고, 15시 20분 시정은 500 m 이하로 안개 짙어짐. 15시 40분에 안개로 인하여 관측장소 철책에 조빙이 생기기 시작함. 16시 55분에 조빙은 끝나고 안개로 인한 시정은 500 m 이상으로 됨. 그리고 안개는 계속됨.』

(2) ☼(SW 2)1530-☼(S 1)1536-1541.

『15시 30분에 회오리바람이 남서쪽 2 km에서 발생하여, 15시 36분에 남쪽 1 km 지점으로 이동하였고, 15시 41분에 회오리바람 끝남.』

(3) ☼(E 10)1320-☼(SE 13)1335-1350.

『13시 20분에 동쪽 10 km 해상에서 용오름 현상이 시작되어, 13시 35분에 남동쪽 13 km 해상으로 이동, 13시 50분에 용오름 현상 끝남.』

(4) ✎1020-1130.

『10시 20분에 폭풍이 시작되어 11시 30분에 폭풍이 끝남.』

기사란의 폭풍기사는 풍속이 13.9 m/s 이상으로 10분간 계속될 경우에 기록한다. 예를 들어, 계속되는 폭풍 중 임의의 시간 10:10~10:20까지의 평균 풍속이 13.9 m/s 이상일 경우 10:20부터 폭풍기사를 기록한다.

언론보도 특이기상 기록의 ‘예’

(1) ☼[(E 10)1320-]☼[(SE 13)1335-1350. /고양시 일산동구 구산동 부근 /SBS9시뉴스

『관측소에는 없고, 시계 외(추정거리 5km 이상)에 존재하는 용오름으로 13시 20분에 기상관서로부터 동쪽 10km 거리에서 시작되어 13시 35분에 남동쪽 13km 거리로 이동 후 13시50분에 용오름 끝남/발생지역/보도 언론기

관』

(2) [☼](SW 2)1530-[☼](S 1)1536-1541./동작구 신대방동 부근/중앙일보

『관측소에는 없고, 시계 외(추정거리 5km 미만)에 존재하는 회오리바람으로 15시30분에 기상관서로부터 남서쪽 2km 거리에서 시작되어 15시36분에 남쪽 1km거리로 이동 후 15시41분에 회오리바람 끝남/발생지역/보도 언론기관』

(3) [▲](NE 4, d 2.0)1420-1445./유성구 구성동 부근/대전일보

『관측소에는 없고, 시계외(추정거리 5km 미만)에 존재하는 우박으로 14시20분에 기상관서로부터 북동쪽 4km 거리에서 내렸고, 직경 2cm임. 14시35에 우박 그침/발생지역/보도 언론기관』

10.6 일기

일기란 어떤 시각에 각 기상요소들이 종합되어 나타나는 대기의 상태를 말한다. 그러나 여기서 말하는 일기란 기압, 기온, 습도 등 수량적으로 관측되는 요소에는 관계없이 기상현상과 구름의 상태에 의해서 결정되는 것이다.

일기는 국제기상전보식에 의해서 기호 또는 숫자 부호로 표시하는 동시에 다음 표에 의하여 분류, 관측하고, 기호를 써서 기록한다. 이 분류표를 사용할 때에는 다음 요령에 의한다.

- (1) 해당되는 현상이 있으면 그 현상을 취하고, 해당되는 현상이 없으면 운량에 의해 결정한다.
- (2) 해당되는 현상이 동시에 여러 개 있을 때에는 그들 현상 기호를 전부 기록한다.
- (3) 비, 눈, 진눈깨비에 대해 지속성인지 소낙성인지를 구별하여 관측 기록한다.
- (4) 안개는 낮은안개(≡)와 안개(≡)로 구별하여 관측 기록한다.
- (5) 뇌전은 관측시각 전 10분 이내에 뇌전 또는 천둥이 있었을 때에 취하고, 번개만 있었을 때는 제외된다.

[표 12] 박무·연무 판정기준

기 준	판 정
상대습도 80 % 이상	박 무
상대습도 70 % 미만	연 무
상대습도 70 % 이상 ~ 80 % 미만	▪ 선행 기상현상(물현상) ⇒ 박무 ▪ 선행 기상현상(먼지현상) ⇒ 연무 ▪ 선행 기상현상 없을 때 상대습도 75 %를 기준으로 75 % 이상 ⇒ 박무 75 % 미만 ⇒ 연무

※ 자동 습도계의 고장 등으로 습도 정보가 없을 때는 시정 5 km를 기준으로 하여 5 km 미만 ⇒ 박무, 5 km 이상 ⇒ 연무로 식별할 수 있으나, 극히 불가피한 경우에 한하여 이 기준을 적용

[표 13] 기상현상 기호표[일련번호는 국내식 기상현상 코드번호임]

분류	기호	기상현상	기호	기상현상	기호	기상현상
물 현 상	01)	비	02)	이슬비	03)	착빙성 비(어느비)
	04)	소낙비	05)	눈	06)	진눈깨비
	07)	착빙성 이슬비	08)	소낙눈	09)	소낙성 진눈깨비
	10)	싸락눈	11)	가루눈	12)	얼음싸라기
	13)	싸락우박	14)	우 박	15)	얼 음 침
	16)	안개, 낮은안개	17)	땅 안 개	18)	얼음안개
	19)	박 무	20)	땅 날린눈	21)	높은 날린눈
	22)	눈 보 라	23)	이 슬	24)	언 이슬
	25)	서 리	26)	서 릿 발	27)	무 빙
	28)	수 상	29)	수 빙	30)	조 빙
	31)	우 빙	32)	결 빙	33)	용 오 림
	34)	해 빙	35)	유 빙	36)	해 명
먼지 현상	40)	연 무	41)	먼지연무	42)	황 사
	43)	연 기	44)	강 회	45)	땅날린 먼지
	46)	높은날린먼지	47)	먼지보라	48)	회오리 바람
빛 현 상	50)	햇 무 리	51)	달 무 리	52)	해 코로나
	53)	달 코로나	54)	채 운	55)	무 지 개
	56)	어 광	57)	비 습 환	58)	신 기 루
	59)	아지랑이	60)	놀		
전기 현상	70)	뇌 전	71)	천 동	72)	번 개
	73)	세인트엘모의 불	74)	극 광	75)	지 진
기 타	80)	신 적 설	81)	적 설	82)	일조없음
	83)	일조 < 20%	84)	일조 ≥ 80%	85)	폭 풍
	86)	부분강수				
	90)	맑음	91)	구름조금	92)	흐림
	101)		102)		103)	
	105)		106)	우측화살표	107)	
	108)		109)		110)	
	111)		112)		113)	
	114)		115)		116)	
	117)		118)		119)	
	120)		121)		122)	
	123)		124)		125)	
	126)		127)	구 황 사	128)	구먼지보라
	129)	구황사2	130)	구 눈	131)	구신적설
	132)	구이슬비	133)	구얼음싸라기	134)	구용오름
	135)	구 이 슬	136)	구 채 운	137)	구황도강
	138)	파 상 운	139)	유 방 운	140)	렌즈운
	141)	이상투명	142)	구 결 빙	143)	쌍무지개
	A0)	시정1km	A1)	시정0.5km	A2)	시정0.2km
	A3)	시정0.1km	A4)	강도 0	A5)	강도 1
	A6)	강도 2	A7)	강도 3	A8)	강도 4
	A9)	강도 5	A10)	강도 6		

[표 14] 기상현상 강도표

현상	판정기준	강도 0	강도 1	강도 2
비 소낙비	강수강도	3 mm/hr 미만	3~15 mm/hr <	15 mm/hr 이상
이슬비	시정	1 km 이상	> 1~0.5 km	0.5 km 미만
눈 소낙눈	강수강도	1 mm/hr미만 (3~4분 동안 얇게 깔리는 정도)	1~3 mm/hr < (3~4분 동안 지면이 안보일 정도)	3 mm/hr이상 (3~4분 만에 충분히 쌓이는 정도)
	시정	1 km 이상	> 1~0.2 km	0.2 km 미만
진눈깨비	강수강도	1 mm/hr 미만	1~3 mm/hr <	3 mm/hr 이상
싸락눈	소리	약	중	강
가루눈 얼음싸라기 싸락우박 우박	강수강도 (목측 추정)	매우 약하여 거의 쌓이지 않음	보통으로 내려 약간 쌓이는 정도	보고 있는 동안 쌓이는 것을 알 수 있는 정도
눈보라 높은 날린눈 높은 날린먼지 먼지보라	시정	1 km 이상	> 1~0.5 km	0.5 km 미만
안개 얼음안개 낮은안개	시정	1~0.5 km	> 0.5~0.2 km	0.2 km 미만
박무 땅안개 연무 먼지연무 연기	시정	10~4 km	> 4~2 km	2 km 미만
황사	시정 및 하늘상태 등의 현상	시정이 다소 혼탁	하늘이 혼탁하고 황색먼지가 물체 표면에 약간 쌓이는 정도	하늘이 황갈색으로 되어 빛을 약화시키며 황색먼지가 쌓임
강회(화산재)	시정 및 하늘상태 등의 현상	시정이 다소 혼탁	하늘이 혼탁하고 잿빛 먼지가 물체 표면에 약간 쌓이는 정도	하늘이 잿빛으로 되어 빛을 약화시키며 황색먼지가 쌓임
천둥	소리	겨우 들을 수 있는 정도	0과 2의 중간	굉음으로 놀랄 정도
번개	빛	낮 겨우 보이는 정도 밤 충분히 보이는 정도	0과 2의 중간 0과 2의 중간	주위가 환히 밝아짐 강한 빛을 쬌는 느낌
뇌전	소리, 빛	천둥강도 0, 번개	천둥강도 1, 번개	천둥강도 2, 강한 번개

[별첨 1] 황사판별을 위한 초기대응 기준

1. 배경

- (1) PM₁₀ 농도만으로는 옅은 황사와 연무의 구분이 어려웠다.
- (2) 황사 목측 시 관측자간 오차를 줄이기 위한 객관적 PM₁₀ 기준 농도가 필요하다.

2. 황사 초기 대응 PM₁₀ 참조 농도

- (1) 황사가 발생하지 않은 날의 최대 PM₁₀ 관측 통계값이며, 황사 관측을 위한 절대 기준이 아니다.
- (2) 황사는 목측을 최우선으로 하되, 아래 통계자료 [표 15]을 참고하여 황사/연무 판별 한다.

[표 15] 관측소별 황사관별 초기 대응을 위한 부유분진측정기 참조농도표 (단위, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

목측지점	부유분진측정기(PM10) 참고지점	참조 농도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
		봄	여름	가을	겨울
백령도(102)	백령도	102	60	76	103
	연평도	113	65	94	95
서울(108)	서울	134	92	99	138
	관악산	139	102	120	137
인천(112)	강화	147	92	127	156
수원(119)	수원	139	90	117	151
북춘천(93)	북춘천	122	77	95	124
	광덕산	124	88	95	104
	영월	112	66	82	113
북강릉(104)	대관령	116	71	77	97
	속초	114	71	87	98
울릉도(115)	울릉도독도(감)	96	76	70	72
청주(131)	서청주	126	80	96	116
	추풍령	123	90	98	114
대전(133)	천안	151	100	130	155
홍성(177)	안면도(감)	118	76	101	115
	북격렬비도	132	94	110	130
전주(146)	전주	117	82	94	123
	군산	128	81	94	123
광주(156)	광주	130	90	115	128
목포(165)	진도군	115	78	85	115
흑산도(169)	흑산도	123	85	92	122
여수(168)	광주	131	82	108	124
	진주	105	66	78	92
제주(184)	고산	115	95	103	106
서귀포(189)	고산	118	95	104	106
안동(136)	안동	93	53	62	88
	문경	95	55	68	81
대구(143)	대구	105	61	78	99
포항(138)	울진	92	58	59	75
부산(159)	구덕산	128	96	101	105
울산(152)	울산	99	82	71	94
창원(155)	진주	104	66	78	92

※ 참조농도표는 황사가 발행하지 않은 날의 최대 PM10 통계 값으로서 황사 관측을 위한 기준이 아님

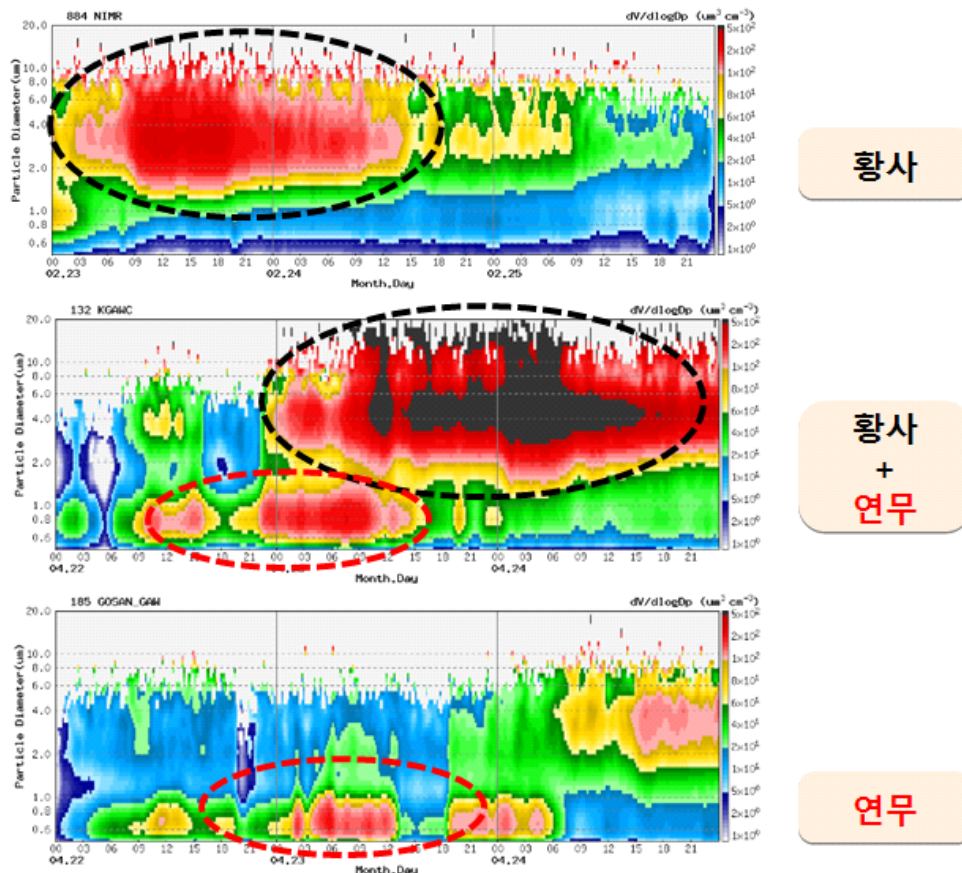
※ 황사는 육안관측(目測)을 최우선으로 하며 참조농도표는 참고용으로 사용하기 바람

※ (출처) 황사관측을 위한 부유분진측정기(PM10) 참조농도표 개선 알림(관측정책과-2221, 2025.6.23.)

3. 입자계수기 자료를 활용한 황사/연무 판별

- (1) 적용사례: 시정이 혼탁하여 황사와 연무의 구분이 어렵고, 부유분진측정기 농도가 [표 15] 기준 농도 이상일 때
- (2) 입자계수기(APS¹⁾, OPC²⁾) 관측자료를 활용하여 황사/연무 판별
 - (가) APS 및 OPC 부피농도 확인

구분	황사	비 황사(연무등)
부피농도 변화	조대입자($2\ \mu\text{m}$ 이상) 증가	미세입자($2\ \mu\text{m}$ 미만) 증가
부피농도 분포특징	$2\sim 10\ \mu\text{m}$ 입경에서 $100\ \mu\text{m}^3/\text{cm}^3$ 의 고농도가 나타남	$1\ \mu\text{m}$ 이하에서 $100\ \mu\text{m}^3/\text{cm}^3$ 이상의 고농도가 나타남 (오염물질 수송/해무)



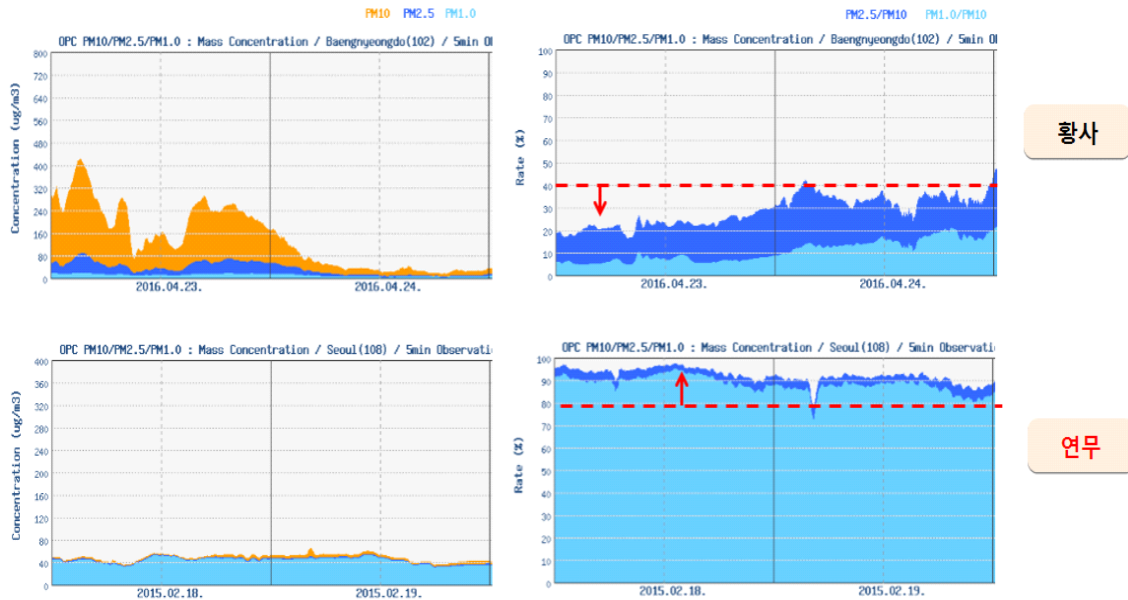
[그림 33] APS로 황사, 연무 판별 예시

※ 표출사이트 : 종합기상정보시스템(COMIS) > 황사 > 다채널 > APS 또는 OPC

- 1) Aerodynamic particle sizer(공기역학입자계수기): 공기역학적 방법으로 입자 크기별 수농도를 측정
- 2) Optical particle counter(광학입자계수기): 광학적인 방법으로 입자 크기별 수농도를 측정

(나) OPC 질량비율활용 방법

- 황사 : $PM_{2.5}/PM_{10} \leq 40 \%$
- 연무 : $PM_{2.5}/PM_{10} \geq 80 \%$



[그림 34] OPC PM 질량농도(좌) 및 질량비율(우)을 이용한 황사, 연무 판별(예시)

※ 표출사이트 : 종합기상정보시스템(COMIS) > 황사 > 다채널 > OPC > PM질량비율

4. 참고 사항

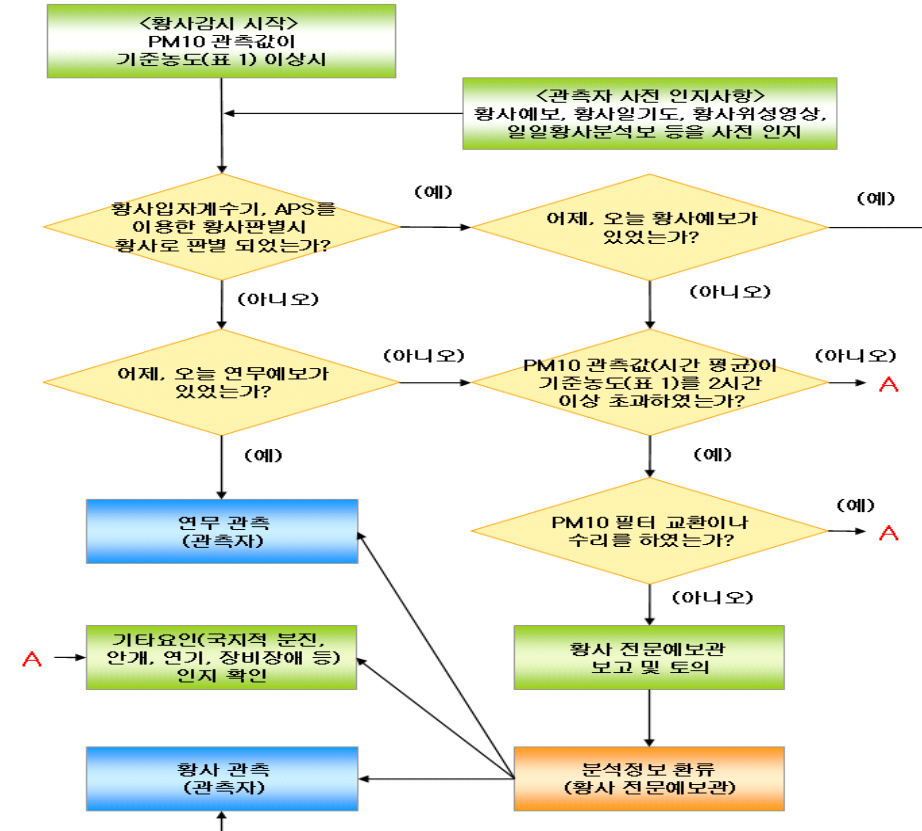
- (1) [표 15]의 기준 농도값 참고 시 부유분진측정기를 직접 보유하지 않은 관서(인천, 서산 등)에서는 해당 부유분진측정기가 설치되어 있는 지점(강화, 안면도 등)과의 거리 및 고도차를 고려해야 한다.
- (2) OPC는 현재 백령도, 서울, 군산, 광주, 흑산도, 대구, 철원, 고산, 덕적북리, 안마도 등 10개소에서 운영 중에 있다.
- (3) APS는 안면도, 서울, 고산 및 기상과학원 등 4개소에서 운영 중에 있다.

5. 유의 사항

- (1) 다음 3가지 상황에 해당될 때 황사전문예보관 또는 총괄예보관과 토의해야 한다.
 - (가) 어제, 오늘의 예보에서 황사 및 연무에 대한 언급이 없었고,
 - (나) 시간 평균 부유분진측정기 농도가 [표 15]의 기준 농도를 2시간 이상 초과하며,
 - (다) 부유분진측정기 장비의 필터 교환이나 수리 전후가 아닐 경우

6. 기타 참고자료

(1) 객관적 황사판별 모식도



[그림 35] 객관적 황사판별 모식도

(2) OPC 특성

- (가) OPC(Grimm #365/#180/#164, 독일)는 공기 중 입자를 계수(count)하는 기능과 PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{1.0} 농도를 계산하는 기능을 모두 가진다.
- (나) 0.25~32 μm 사이를 31개 세부구간으로 나누어 입자를 계수하며, 부피 농도를 계산하여 입자의 물리적 특성을 파악하는 데 사용한다.
- (다) 입자 크기별 수 농도 자료로부터 PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{1.0}의 질량농도를 산출한다.

(3) APS 특성

- (가) APS(TSI3321, 미국)는 0.5~20 μm 사이를 52개 구간으로 구분하여 입자의 수 농도를 측정한다.
- (나) 측정된 수 농도로부터 부피농도를 계산하여 입자의 물리적 특성을 파악하는데 사용한다.

제 11 장 시정 관측

11.1 시정관측의 목적

시정은 관측위치에서 볼 수 있는 거리의 정도를 측정하는 것으로 일기분석 외에 교통기관의 시정장애 또는 대기오염관리 등의 자료로 이용되며, 특히 항공기 이착륙에 매우 중요하며 대기의 안정도를 나타내는 하나의 기준이 된다.

11.2 시정의 정의 및 개요

시정은 사람의 시각적 요소와 직결된 심리적·물리적 복합현상이다.

시정관측은 개인의 감지와 해석능력, 광원의 특성 및 투과율 등에 좌우되는 주관적인 것이다. 주간시정은 목적에 의하여 비교적 정확히 관측되지만, 야간시정의 경우 시정목표의 밝기에 따라 크게 좌우되기 때문에 시정거리를 정하는 것이 매우 어렵다.

시정을 결정하는 요소는 다음과 같다.

- (1) 목표물의 광도와 외관상 특징
- (2) 시각적 감지조건
- (3) 목표물과 관측자 사이의 대기의 광학적 상태

이들 중 기상조건에 직접적으로 연관된 요소는 대기의 광학적 상태뿐이다. 따라서 시정의 개념과 관련된 변수는 대기의 광학적 상태를 객관적으로 표현해야 한다.

일반적인 시정관측이란 목적에 의하여 기상학적 광학거리(MOR)를 추정하는 것이다. 이는 1957년 WMO가 대기의 광학적 상태를 MOR의 측정으로 나타내도록 채택한 데에 근거를 둔다.

기상학적 광학거리의 정의는 ‘색온도(colour temperature) 2,700 K의 백열등에서 나오는 평행광선이 대기 중을 지나 원래 광속의 0.05(5 %)로 감소되는 투과거리’이다. 여기서 광속은 국제조명위원회의 주간 시(photopic, 주간의 주위 명도 조건에 대한 눈의 적응상태) 광도함수에 의해 평가된 것이다.

기상학적 광학거리(MOR)는 계기로 측정할 수 있으나, 계기관측이 모든 측정범위에 걸쳐 적합하지는 않다. 또한 계기가 설치되지 않은 경우가 있으므로 목적에 의한 MOR측정이 필요하다.

어떤 방향의 시정이라 함은 주간에 있어서 그 방향의 천공을 배경으로 하고 어떤 목표물을 확인할 수 있는 최대 거리를 말한다.

여기서 목표물로는 뚜렷이 빛나는 밝은 물체가 아닌 검은 물체를 택해야 하며, 확인한다는 것은 목표물의 존재만을 확인하는 것이 아니라 목표물의 형태나 윤곽을 식별하는 것, 즉 건물이면 건물로, 수목이면 수목으로 식별할 수 있는 것을 말한다.

야간에 있어서는 주간과 같은 밝기로 했다고 가정하여 목표물을 확인할 수 있는 최대 거리를 그 방향의 시정이라고 한다. 따라서 야간의 시정은 야간의 암흑에는 관계없이 주간의 시정과 같이 대기의 혼탁 정도를 표시하며, 대기의 혼탁 정도가 주간과 야간이 같다고 하면 시정은 동일한 값이 된다.

시정이 방향에 따라 다를 경우에는 최소시정을 취한다. 관측소 부근의 특정한 현상에 의해서 시정이 부분적으로 악화되었을 때에는 그 요지를 기사란에 기입한다.

11.3 시정관측 방법(목측)

11.3.1 주간의 시정관측

주간 관측에서 목측에 의한 시정은 실제의 MOR에 매우 가까운 값을 갖는다. 주간 시정이란 안개 및 하늘 등을 산란 배경으로 하여 관측할 때 지면 근처에 위치한 적당한 크기의 검은 물체를 보고 식별할 수 있는 최대거리로 정의된다. 여기서 사용되는 식별의 기준은 물체가 단순히 보이는 상태가 아니라 는 것이 중요하다.

(1) 관측 위치

시정은 사방의 목표가 잘 바라보이는 장소에서 관측해야 한다.

안개나 연무 등으로 인하여 관측하는 위치에 따라서 시정값에 차이가 있을 때에는 관측장소를 기점으로 해서 추정한 시정을 취한다. 실제에 있어서 관측 장소 주변의 건물 등 장애물로 인하여 관측장소를 기점으로 하는 시정을 추정해야만 하는 경우가 많다. 이때에는 높은 위치에서 바라보이는 목표물의 선명도나 색조 그리고 안개, 연무 등의 농도 또는 분포 상태 등을 고려하여 관측장소를 기점으로 한 시정을 추정해야 한다.

(2) 추정 방법

두 개의 목표물 사이에 거리가 멀고 그 중간에 목표물이 없을 때에 가까운 목표물은 확인되나 먼 곳의 목표물은 확인할 수 없을 때가 있다. 이때에는 가까운 목표물의 윤곽의 선명도와 색조 또는 중간에 있는 지면이나 해면의 선명도 등을 참작하여 중간의 시정을 추정한다. 가장 멀리 있는 목표물이 뚜렷이 보이고, MOR의 정도가 그보다 더 먼 거리에 있는 목표물을 볼 수 있다고 생각될 때는 역시 추정되는 더 먼 거리를 시정으로 잡는다.

시정을 추정할 때는 목표물 윤곽의 선명도나 색조를 참작하는 것이 가장 좋은 방법이다. 일반적으로 목표물의 윤곽이 뚜렷하고, 색조가 선명하면 시정은 그 목표물까지의 거리보다 더 먼 것을 나타내고, 목표물의 윤곽이 흐려 보이거나 회색을 띠는 시정은 목표물까지의 거리에서 그렇게 멀지 않다는 것을 나타내는 것이다.

이러한 방법으로 시정을 추정하기 위해서는 평소부터 각 목표물의 윤곽의 선명도나 색조와 시정과의 관계를 주의 깊게 관찰하여 경험을 쌓아두어야 한다.

(3) 관측의 단위

시정은 km 단위로 관측한다. 시정이 아주 나쁜 경우에는 100 m 또는 10 m 단위로 관측하며, 소수점 이하 2위까지 표시한다.

(4) 관측상의 주의

시정관측에 있어서 부근의 굴뚝에서 나오는 연기나 작은 규모의 먼지 등, 그것이 인위적 현상이든 자연적 현상이든 관측자의 위치를 다소 변경함으로써 그 배후에 있는 목표물을 볼 수 있을 정도의 시정 장애 현상은 무시하고 관측한다.

시정이 수직 방향으로 차이가 심하거나, 관측 지점과 목표물 사이에 안개나 구름 등이 있을 때에는 목표물의 윗부분은 보이나 밑 부분은 안보이며, 반대로 밑 부분은 보이나 윗부분은 안 보이는 때가 있다. 이러한 때에는 관측 지점으로부터 눈높이의 수평 방향으로 가장 가까운 부분의 시정을 취한다.

시정관측에 있어서 쌍안경, 망원경, 경위의(經緯儀)와 같은 광학기구 등을 사용해서는 안 되며, 야간관측 시 창문을 통한 관측은 최대한 지양한다. 관측자의 눈높이는 지면에서 1.5 m 정도의 높이가 적당하다. 그러므로 관제탑 또는 다른 높은 건물의 꼭대기에 위치한 곳에서 관측을 해서는 안 된다. 관측자의 시력이 보통 이하인 때에는 안경을 써서 시력을 교정해야 한다.

11.3.2 야간의 시정관측

야간의 시정관측은 주간에 비해 대단히 어렵다. 야간관측을 수행하는 경우에는 미리 눈을 어둠에 익숙하게 한 후에 관측을 실시해야 한다. 조명이 밝은 방에서 밖으로 나온 경우에는 약 5분쯤 눈을 어둠에 적응시킨 후에 관측하도록 해야 한다. 야간의 시정 목표물로서는 집광되지 않은 백색의 전등 빛을 이용하는 방법이 있다.

야간의 시정 목표도에 여러 가지 광원들을 목표물로 하여 명칭, 거리(km), 방위(도), 밝기(축광) 등을 기입해 둔다. 100축광의 백열전구의 빛이 보이지 않게 되는 거리와 시정과의 관계는 [표 16]과 같다. 단, 시정이 20 km 이상이 되면 100축광의 광원은 적당하지 않다.

축광별로 광원이 보이지 않게 되는 거리와 시정과의 관계는 [표 17]과 같다. 야간에 있어서 눈, 안개, 연무, 박무, 눈보라, 먼지보라, 날린 눈, 날린먼지 등의 현상 강도는 시정을 추정하는데 참고가 된다.

[표 16] 100축광의 백열전구 빛이 보이지 않게 되는 거리와 시정(단위, m)

시정	박명 또는 밝은 조명이 있을 때	달빛 또는 그다지 어둡지 않을 때	별만이 떠 있는 어두운 밤
100	200	250	300
200	340	440	540
500	680	910	1,140
1,000	1,120	1,540	2,000
2,000	1,750	2,600	3,400
5,000	3,100	4,800	6,800
10,000	4,300	7,500	11,400
20,000	5,700	10,900	17,500
50,000	7,500	16,500	30,000

[표 17] 측광별 광원이 보이지 않게 되는 거리와 시정의 관계

시정(m)	박명 또는 밝은 조명이 있을 때	달빛 또는 그다지 어둡지 않을 때	별만이 떠 있는 어두운 밤
100	0.5	0.05	0.005
200	2.0	0.20	0.020
500	12.5	1.25	0.125
1,000	50	5	0.5
2,000	200	20	2
5,000	1,250	125	12.5
10,000	5,000	500	50
20,000	20,000	2,000	200
50,000	125,000	12,500	1,250

11.3.3 시정 목표물

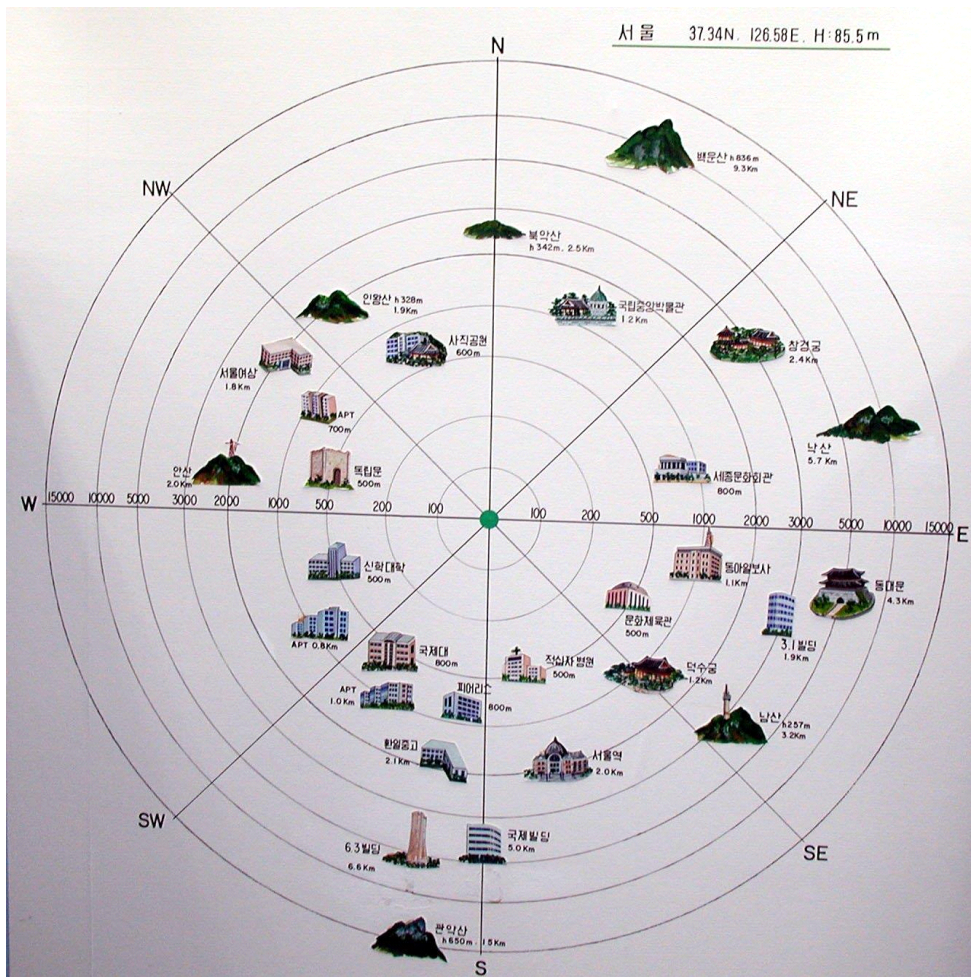
시정 목표물은 한 방향이나 특정거리에 편중되지 않게 많은 목표물을 미리 선정한 다음, 그 방위와 거리를 측정하여 시정 목표도를 작성하여 둔다. 시정 목표도는 관측장소를 중심으로 한 동심원으로 작성하며, 반경(半經)의 길이는 관측소를 기점으로 한 거리의 대수치를 취한다. 시정 목표도에는 목표물의 형태, 명칭, 관측 지점으로부터 목표물까지의 거리(km), 방위각(북을 기준으로 한 도수단위), 목표물의 지상높이(m), 목표물의 해발고도(m) 등을 표시하여 둔다.

목표물까지 거리나 방위각은 지도에 의해 산출해도 된다. 시정 목표도의 예를 [그림 36]에 제시하였다. 시정 관측에 사용되는 목표물은 하늘을 배경으로 하는 검정색 또는 검정색에 가까운 색깔로, 가능한 수평(지평)면에 가까운 물체를 선택한다. 지물을 배경으로 하는 목표나 밝은 색깔의 물체는 적당하지 못하다. 부득이하게 지물을 배경으로 하는 목표물을 선정할 때에는 지평선 부근의 하늘과 같은 밝기의 배경이 되는 것을 선정하도록 한다.

검정색의 지물을 배경으로 할 때에는 목표와 배경과의 거리는 관측 지점으로부터 목표물까지 거리의 반 이상이 떨어져 있어야 한다. 목표물 크기는 가급적 수직 방향의 시각이 0.5° 이상이고, 수평방향의 시각이 0.5° 이상 5° 이하의 것으로 선택한다. 팔을 쭉 폈을 때의 새끼손가락의 폭이 대략 시각 1° 에 해당된다.

큰 나무, 건물, 연돌, 탑, 송전선의 철탑 등은 근거리의 목표로 적당하고, 원거리의 목표물로는 섬, 언덕, 산 등이 적당하다. 일출, 일몰 시 태양 부근의 밝은 하늘을 배경으로 목표물을 투시하게 되면 시정 거리가 멀어지게 되므로 이러한 목표물은 가급적 피해야 한다.

해상에 있어서 시정이 극히 나쁠 때에는 선체 안의 목표를 정하는 경우도 있다. 시정이 그다지 나쁘지 않을 때에는 항해 중의 다른 선박, 섬, 산, 수평선 등을 이용한다. 관측자의 위치가 해면 위의 h/m 에 있을 때, 볼 수 있는 수평선의 거리는 대략 $3.6\sqrt{h}/\text{km}$ 이다.



[그림 36] 시정 목표도의 예(서울)

11.4 시정관측 방법(목측)(계기(시정·현천계))

11.4.1 관측방법

시정·현천계는 송신부와 수신부에서 레이저 빔을 발사, 수신하여 공기 중에 있는 입자에 의해 빛이 산란, 흡수되는 빛의 산란 강도를 통해 시정값을 산출한다. 시정 자료를 생산하기 위하여 1분 동안 10~15초 간격으로 시정자료를 수집하여 매분자료를 생산하며, 10분 이동평균 한 시정자료를 현재 시정값으로 사용한다.

11.4.2 설치방법

시정·현천계가 설치되는 장소는 연기, 산업오염 등과 같은 국지적 대기오염원이 없어야 하며, 레이저 빔을 통해 변화하는 미세한 양의 빛의 산란, 흡수를 계산하기 위하여 주변에 광원이 없는 장소를 선택해야 한다. 또한, 태양 빛의 영향을 최소화하기 위해 수신부가 북쪽 방향으로 바라보게 설치한다. 시정·현천계의 설치 높이는 관측자의 눈높이를 대표하기 위하여 지상에서 약 1.5 m 높이로 설치하여 운영한다.

정확한 관측자료 생산을 위해 시정·현천계에 먼지, 거미줄, 새둥지, 상고대 등의 장애물이 생성되지 않도록 주기적으로 제거하고, 시정·현천계 레이저 빔이 발사되는 유리창을 깨끗이 청소한다.

현재일기는 시정·현천계에 탑재된 온도센서, 습도센서, 수감부와 송신부 사이에서 관측된 빔방울 입자들의 강수율을 종합한 자체 알고리즘을 통해 WMO 4680 자동현천 관측 코드로 현재일기 코드를 산출한다. 매분 현재일기 자료를 생산하기 위하여 10~15초 간격으로 관측자료를 수집하여 가장 많은 빈도를 나타낸 현재일기 코드를 매분 자료로 사용한다.

제 12 장 지면온도와 지중온도 관측

12.1 개요

지표면 부근에서의 온도는 시각과 계절에 따른 차이뿐만 아니라 기상이나 지표면의 상태에 따라 일사의 흡수, 장파복사, 대기와의 열교환 등이 현저히 다르므로 시공간적인 차이가 크게 나타날 수 있다.

지면온도계와 지중온도계로 관측된 값들은 주로 농업기상관련 자료로 활용하고 있으며, 지중온도는 토질이나 토질에 함유된 수분의 상태에 따라 차이가 있을 수 있다. 또한, 지면에 가까울수록 기상의 영향을 많이 받아 일변화도 심하다.

일반적으로 일변화는 지중 1 m 정도 이하의 깊이에서는 거의 나타나지 않으며, 지중 6~7 m 정도에서는 계절에 따른 연변화도 거의 없다.

12.2 지면온도의 관측

지면 온도센서 부위의 이물질을 제거하여 청결하게 유지하고, 온도계의 주위 30 cm 정도는 잔디를 제거하여 맨땅이 노출되도록 한다. 직사광선에 의한 오차를 줄이기 위하여 감지부가 노출되지 않도록 금속부분을 흙으로 얇게 덮어 주어야 하며, 수시로 감지부가 노출되는지 여부를 확인하여 조치해야 한다.

적설 시 지면온도를 측정하기 위해 지면온도계의 위치를 알 수 있도록 표시해 두는 것이 좋으며, 적설을 제거하지 않고 자연 상태로의 지면온도를 측정하도록 해야 한다.

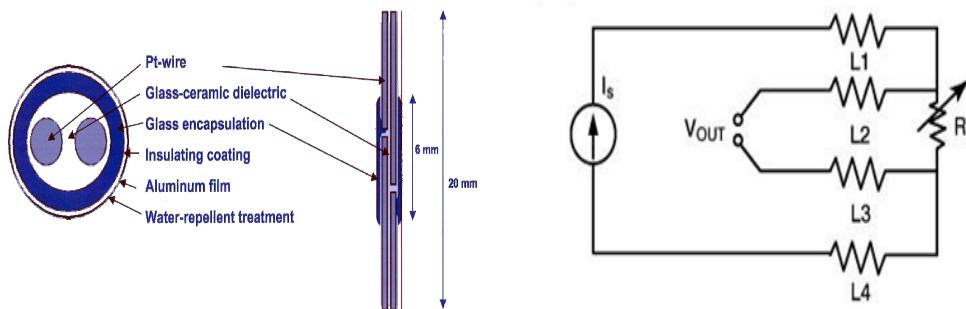
최저초상온도를 측정하기 위해 온도계는 지면으로부터 약 2 cm 떼어서 잔디 위에 약간 낮게 지주를 세워서 설치한다. 적설 시 최저초상온도를 측정하기 위해 최저초상온도의 위치를 알 수 있도록 표시해 두는 것이 좋으며, 적설을 제거하지 않고 자연 상태로의 최저초상온도를 측정하도록 해야 한다.

잔디 및 잡초가 온도계를 덮지 않도록 온도계가 설치된 주변 환경을 주기적으로 관리해야 한다.

12.3 지중온도의 관측

12.3.1 얇은 층 지중온도(곡관 지중온도)의 관측

얇은 층 지중온도(곡관 지중온도)는 지중 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm 깊이의 온도를 측정한다. 온도계 감지부를 해당 깊이에 위치하도록 묻는다.

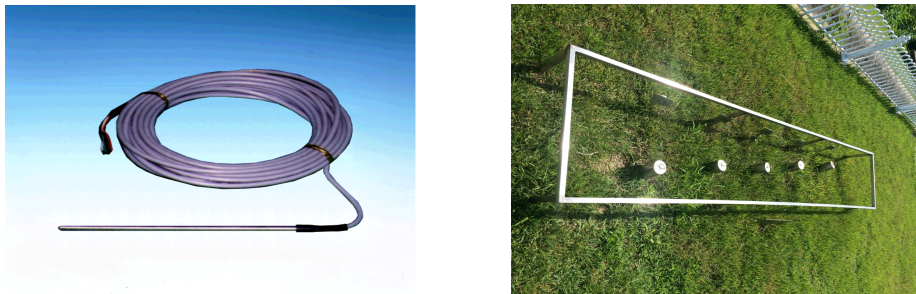


[그림 37] 백금저항온도센서의 구조

12.3.2 깊은 층 지중온도(철관 지중온도)의 관측

깊은 층 지중온도(철관 지중온도)는 지중 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m, 3.0 m, 5.0 m 깊이의 온도를 측정한다.

철관의 내부에는 물이 고이지 않도록 유의해야 하며, 때때로 긴 대나무와 같은 것에 형질을 싸매어 댕가내야 한다. 철관이 외부의 충격으로 손상되지 않도록 하고, 철관 속에 돌맹이 등 이물질이 들어가지 않도록 주의한다.



[그림 38] 백금저항 온도센서(좌) 및 지중온도계(우)

제 13 장 토양수분 관측

13.1 토양수분 관측의 목적

토양수분이 적으면 농작물은 물을 흡수하지 못하여 농작물의 생육에 나쁜 영향을 준다. 또 토양수분이 적을 때에는 비료가 분해되지 않기 때문에 농작물이 영양분을 흡수하지 못 하게 된다. 토양수분은 강수량, 증발산량과 함께 관개(灌溉)에 매우 중요한 요소이다.

13.2 토양수분의 정의

토양수분이라 함은 토양입자나 공극사이에 양적으로 내포되어 중력에 역행 하여 스며들어 있는 물을 말한다. 이것은 토양의 건습정도를 나타내고 %, pF(응력) 또는 cmHg, 전기저항(Ω) 단위로 표시된다.

관측방법은 토양을 채취하여 관측하는 경우와 자연 상태의 토양을 그대로 관측하는 경우 두 가지가 있으며, 기상청에서는 지중 10 cm, 20 cm, 30 cm, 50 cm 깊이의 토양수분을 관측하고 있다.

13.3 토양의 적합성

가벼운 모래에서부터 무거운 점토 종류까지 설치되며, 평균 돌 크기가 10 mm 보다 더 큰 돌땅은 부적합하다. 더 큰 돌은 프로브의 플라스틱 커팅 팁에 손상을 입히거나, 삽입의 방향을 바뀌게 할 수가 있다.

설치할 때는 1 m 깊이까지 토양이 축축해야 한다. 단단한 토양에서는 캡 정상의 액세스 튜브의 꼭대기에 경미한 손상을 입힐 수 있으며, 손상 발생 시 완전히 삽입될 때 거칠어진 가장자리를 날카로운 작은칼 또는 줄(file)로 제거해야 한다.

제 3 편 자동기상관측

제 1 장 자동기상관측장비

1.1 개요

1.1.1 정의

자동기상관측은 기상요소와 일기현상을 자동기상관측장비로 수행하는 관측 과정을 말한다.

자동기상관측시스템은 기상요소별 관측센서로부터 측정된 값을 일정한 기상학적 물리량으로 변환·처리, 표출하는 과정을 자동으로 수행하는 시스템을 말하며, 사용 가능한 통신방식을 통하여 자료를 전송하는 기능이 있어야 한다.

1.1.2 구분

자동기상관측장비는 사용목적에 따라 종관기상관측장비(ASOS)과 방재기상관측장비(AWS)로 구분된다. 종관기상관측장비(ASOS)는 관측관서에서 목적요소를 제외한 기상요소에 대한 관측업무를 자동화한 것이며, 방재기상관측장비(AWS)는 기상관측 사각지역에 관측 공백 해소 및 국지적인 위험기상을 연속 자동 관측하여 방재기상업무를 지원하는 자동기상관측장비를 말한다. 또한 농업기상관측장비(AAOS)를 종관기상관측장비(ASOS) 또는 방재기상관측장비(AWS)에 통합하여 운영함(2017. 8. 3.)에 따라 자동기상관측장비의 기준을 적용한다.

1.1.3 설치환경

종관기상관측장비의 설치 환경은 관측관서 관측환경에 준하며, 방재기상관측장비의 설치환경은 방재업무 등 특수목적 수행을 고려하여 관측환경 기준을 완화할 수 있다.

1.2 점검 및 보수

1.2.1 용어의 정의

- (1) “용역점검 및 보수”라 함은 한국기상산업기술원과 구매·유지보수 대행 업무계약을 체결하여 수행하는 점검 및 보수를 말한다.

- (가) “정기점검”이라 함은 자동기상관측장비 및 관련 시스템의 고장에 대비하여 일정한 주기로 소프트웨어 및 하드웨어 등을 점검하는 것을 말한다.
- (나) “수시점검”이라 함은 위험기상 현상이나 기상재해를 대비하여 불시에 행하는 임시점검을 말하며, 이때의 수시점검은 정기점검을 실시한 것으로 대체할 수 있다.
- (다) “긴급보수”라 함은 자동기상관측장비가 명백한 고장 또는 장애가 발생하여 현장에서 긴급히 행하는 고장수리 또는 장애조치를 말한다.

1.2.2 점검 및 보수 업무의 범위

- (1) 기상관측장비의 점검 및 보수 업무는 유지보수 대행역무 계약기관 또는 유지보수업체에서 수행한다.
- (2) 구매계약에 의한 하자보증기간 중인 관측장비는 제작·납품회사가 점검 및 보수의 책임을 지며, 하자보증 관리업무는 대행역무 계약기관에서 수행한다.

1.2.3 점검·검정 및 보수방법

- (1) 용역점검 및 보수는 정기·수시점검 및 긴급보수로 구분한다. 정기·수시점검 그 중 1회는 기상측기의 검정절차 및 세부 검정기준」(기상청고시 제2023-9호, 2023. 5. 4., 전부개정)에 의한 현장검정과 병행할 수 있다.
- (2) 관측관서 담당자는 자동기상관측장비 장애 등 긴급사항이 발생한 경우 필요시 하자보증·유지보수업체의 조치 현장에 입회할 수 있다.
- (3) 정기·수시점검 및 보수는 [별지 9, 10, 11, 12, 13, 14]에 따라 실시하고, 그 결과를 기록 유지해야 한다.
- (4) 용역점검, 검정, 보수방법은 기상관측장비 유지보수 대행역무 계약의 수행방법에 따른다.
- (5) 점검 및 보수를 수행하는 경우 안전사고 예방을 위해 안전장비와 보호장비를 의무적으로 갖추고 작업을 실시하여야 한다. 다만, 고소작업 등 재해위험이 있는 작업 및 위험기상(특보의 발령 등)으로 인한 안전사고가 우려될 때 작업을 수행하는 경우에는 2인 1조를 준수해야 한다.

제 2 장 종관기상관측장비 (ASOS)

2.1 구성

종관기상관측장비(ASOS, Automated Synoptic Observing System)는 다음과 같이 센서부, 자료처리부, 부대장비 및 부대설비로 구성되어 있다.

2.1.1 센서부 (Sensor)

기온, 지면온도, 초상온도, 지중온도, 풍향, 풍속, 기압, 습도, 강수량(0.1 mm, 0.5 mm), 강수유무, 시정·현천, 일사, 일조센서 등으로 구성하며, 농업기상관측 지점에서는 토양수분을 추가 구성한다. 관측목적(농업, 기후 등)에 따라 관측요소 일부를 관측할 수 있다.

2.1.2 자료처리부

센서로부터 수신한 아날로그 신호를 정해진 처리방법에 따라 디지털 값으로 변환한 다음 자동기상관측장비 표준규격에 따른 자료구조로 편집한 후, 기상실황판 매 1분 간격으로 종합기상정보시스템으로 동시에 전송한다. 또한 매 1분 자료는 일정기간 자체 저장장치에 보관한다.

2.1.4 부대장비 및 부대설비

(1) 전원공급장치

입력전압은 AC Free Volt이며, 출력전압은 DC 12 V이다. 전원의 안정된 공급과 장비를 72시간 이상 가동할 수 있는 충전기 및 배터리를 설치해야 한다.

(2) 기상실황판

관측지점의 기상실황을 실시간 감시를 목적으로 설치되며, 액정표시장치(liquid crystal display)와 셋톱박스(set top box) 또는 표출제어장치(display control unit) 등으로 구성된다. 주로 표출되는 관측요소는 풍향, 풍속, 기온, 습도, 현지기압, 강수유무, 오늘 강수량, 어제 강수량 등 이다.

(3) 국지수집장치

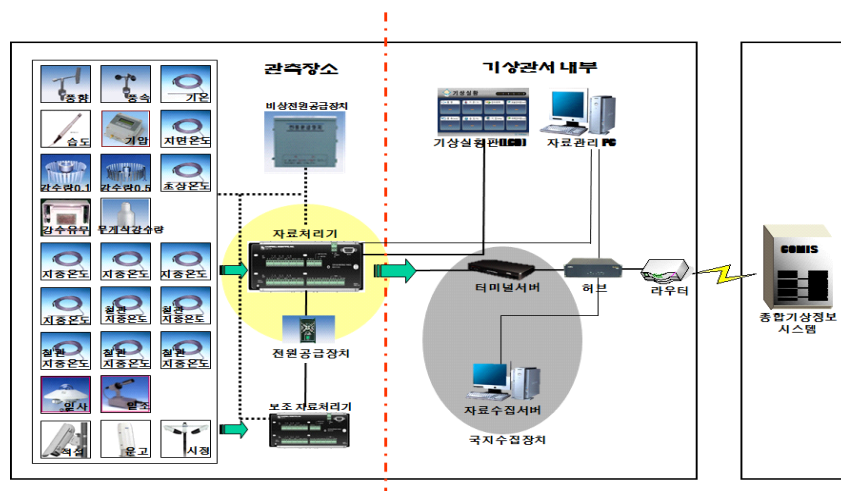
국지수집장치는 연결된 종관기상관측장비의 자료를 매분마다 수집하여 종합기상정보시스템으로 전송하는 역할을 한다. 또한 기상청 표준시각시스템(Network Time Protocol)으로부터 표준시각을 받아 해당 종관기상관측장비의 시각을 동기화하고, 원격지 종관기상관측장비의 전압 및 센서 상태 감시, 자료수집상태, 원격제어 등을 수행한다.

(4) 모뎀

종관기상관측장비와 국지수집장치 간의 자료를 교환할 수 있도록 연결하는 기능을 한다. 종관기상관측장비에 장착되어 있는 모뎀은 전용회선 4선식 전이 중방식의 모뎀으로 ITU-T V.29 및 정보통신부 모뎀 표준규격서에 의해 설계된 국제규격의 모뎀이다.



[그림 39] 종관기상관측장비 설치도



[그림 40] 종관기상관측장비 구성도

2.2 센서의 설치 및 유지관리 기준

2.2.1 기압

기압센서는 광범위한 기압과 기온범위에서 사용가능한 디지털 기압계로 자체 기차보정, 온도보정이 된 값으로 출력된다.

설치방법은 주변 환경으로부터 보호를 받을 수 있도록 자료처리기(Data Logger)함 내부에 설치하거나 보호구 속에 설치하되, 밀폐되지 않도록 조치를 해야 한다. 센서는 연결부위에 물이 닿으면 기압측정에 오차가 발생하므로 주의해 설치해야 한다.

기압센서의 점검 및 고장진단 방법은 센서의 특성에 따라 제조사마다 다르므로, 센서의 이상 유무를 단독으로 판단할 수 없다. 따라서 기압센서의 점검 및 고장진단 방법은 각 제작사의 운영 매뉴얼에 의한다.

일반적으로 사용되는 정전용량식 반도체 기압계 센서의 표준규격은 [표 18]를 따른다.

[표 18] 기압센서 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 센서	형식	내용
기압 센서	정전 용량식	○ 측정범위: 500 hPa ~ 1080 hPa ○ 정 확 도: ± 0.5 hPa(750 hPa ~ 1080 hPa) ○ 운용환경: $-40^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ ○ 분 해 능: 0.1 hPa ○ 반응시간 : 1초 이내

2.2.2 기온

전기저항(100 Ω 의 백금저항)온도센서 부위의 이물질들을 제거하여 청결하게 유지하고, 통풍이 원활하게 이루어지는 차광통 내에 설치하되 수감부가 차광통의 금속에 접촉하지 않도록 해야 한다.

일반적으로 사용되는 금속형, 박막형 온도센서의 표준규격은 [표 19]를 따른다.

[표 19] 온도센서의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 센서	형식	내용
온도 센서	금속형	○ 측정범위: $-40^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ (초상, 지면, 지중온도 : $-40^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$) ○ 정 확 도: $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 이내 ○ 운용환경: $-40^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ ○ 분 해 능: 0.1°C ○ 기 타: 100 Ω 의 백금 4선식
	박막형	○ 측정범위: $-40^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ ○ 정 확 도: $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 이내 ○ 운용환경: $-40^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ ○ 분 해 능: 0.1°C ○ 기 타: 100 Ω 의 백금(유리코팅 또는 보호통)

2.2.3 지면온도

전기저항(100 Ω 의 백금저항)온도센서 부위의 이물질 제거하여 청결하게 유지하고, 설치 시 센서 주위 30 cm 이상의 공간을 확보하도록 격벽을 설치하되, 그 높이는 5 cm 이하로 하여 그림자의 영향을 받지 않도록 한다. 또한, 직사광선에 의한 오차를 줄이기 위하여 감지부가 노출되지 않도록 금속부분을 흙으로 얇게 덮어주어야 한다.

2.2.4 초상온도

전기저항(100 Ω 의 백금저항)온도센서 부위의 이물질 제거하여 청결하게 유지하고, 설치 시 센서 주위 30 cm 이상의 공간을 확보해야 한다. 또한, 지면에서 약 2.5~5.0 cm 정도 높이의 열전도율이 적은 지지대에 설치하여 잔디 끝에 감지부위가 접촉되도록 설치하여 관측한다.

2.2.5 얇은 층 지중온도(곡관 지중온도)

전기저항(100 Ω 의 백금저항)온도센서를 지면 아래 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm 깊이에 설치하여 관측한다.

2.2.6 깊은 층 지중온도(철관 지중온도)

전기저항(100 Ω의 백금저항)온도센서 부위의 이물질 제거하여 청결하게 유지해야 하며, 수감부가 설치관(철관 또는 스테인레스관)의 내벽에 접촉하지 않도록 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m, 3.0 m, 5.0 m 깊이에 설치하여 관측한다.

2.2.7 습도

습도센서는 고분자막으로 물 분자가 흡착 또는 탈습량에 따라 비유전율이 변화하고, 이와 함께 정전용량이 변화하게 된다. 이러한 정전용량(Capacitance)을 전기신호(DC 0~1 V)로 바꾸어 측정하는 것으로, 수감부 보호 캡을 3개월 주기로 교체한다. 예비 보호 캡이 없을 경우에는 부드러운 솔로 필터의 이물질을 제거하여 청결하게 유지하고, 통풍이 원활하게 이루어지는 차광통 내에 설치하되 가능한 차광통의 중앙부에 위치하도록 해야 한다.

일반적으로 사용되는 정전용량식 습도센서의 표준규격은 [표 20]를 따른다.

[표 20] 습도센서의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 센서	형식	내용
습도 센서	정전 용량식	○ 측정범위: 0 % R.H ~ 100 % R.H ○ 정 확 도: ±3 % R.H 이내(0 % R.H ~ 90 % R.H) ±5 % R.H 이내(91 % R.H ~ 100 % R.H) ○ 운용환경: -40 ℃ ~ +60 ℃ ○ 방진필터 부착

2.2.8 풍향

풍향센서는 전위차계 또는 그레이 코드식 등을 사용하며, 장애물의 영향이 없는 경우 지면에서 10 m 높이에, 건물 옥상에 설치할 경우에는 장애물의 이격 거리와 높이에 따라 옥상바닥면에서 최소 7 m이상의 높이에 설치해야 한다.

아울러 주변 장애물로부터 그 장애물 높이의 최소 3배 이상 떨어져 설치해야 하며, 10배 이상을 원칙으로 한다.

방위를 올바르게 설치해야 하며, 나침반을 사용할 때 설치용 지지대 등에 의한 자기적인 영향을 받아서는 안 된다. 일반적으로 장비 설치 시 남북방향을 구하는 데에는 태양의 위치, 나침반 또는 지도를 이용하는 등의 방법을 이용하고 있다. 주의할 점은 설치 시 자북(磁北)과 진북(眞北)을 정확히 알고 있어야 하며, 나침반의 자북을 기준으로 북반구에서 오른쪽(시계방향)으로 약 6~7°(위·경도에 따라 약간씩 값이 다름) 돌려서 진북에 맞추고, 축은 연직으로 세워 센서의 남북방향을 정확히 맞춘다.

일반적으로 사용되는 그레이코드식, 전위차계식과 초음파식 풍향센서의 표준규격은 [표 21]를 따른다.

[표 21] 풍향센서의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】

관측 센서	형식	내용
풍향 센서	그레이 코드식	○ 측정범위: 0° ~ 360° ○ 정 확 도: 5° 이내 ○ 기동풍속: 0.5 m/s 이하 ○ 운용환경: -40 ℃ ~ +60 ℃, 순간풍속 75 m/s 이내 ○ 분 해 능: 3°
	전위 차계식	○ 측정범위: 0° ~ 360° ○ 정 확 도: 5° 이내 ○ 기동풍속: 1.1 m/s 이하 ○ 운용환경: -50 ℃ ~ +50 ℃ 순간풍속 75 m/s 이내 ○ 분 해 능: 1°
	초음파식	○ 측정범위: 0° ~ 360° ○ 정 확 도: 2° 이내 ○ 운용환경: -40 ℃ ~ +60 ℃, 순간풍속 75 m/s 이내 ○ 분 해 능: 1°

2.2.9 풍속

풍속센서는 광초퍼식 또는 초음파식 등을 사용하며, 설치높이는 2.2.8의 풍향 센서의 설치방법과 동일하다.

일반적으로 사용되는 광초퍼식, 자기유도식, 초음파식 풍속센서의 표준규격은 [표 22]를 따른다.

[표 22] 풍속센서의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 센서	형식	내용
풍속 센서	광초퍼식	○ 측정범위: 0 ~ 75 m/s ○ 정 확 도: 0.5 m/s 이내(10 m/s 미만), 5 % 이내(10 m/s 이상) ○ 기동풍속: 0.5 m/s 이하 ○ 운용환경: -40 ℃ ~ +60 ℃, 순간풍속 75 m/s 이내 ○ 분 해 능: 0.1 m/s
	자기 유도식	○ 측정범위: 0 ~ 75 m/s ○ 정 확 도: 0.5 m/s 이내(10 m/s 미만), 5 % 이내(10 m/s 이상) ○ 기동풍속: 1.1 m/s 이하 ○ 운용환경: -50 ℃ ~ +50 ℃, 순간풍속 75 m/s 이내 ○ 분 해 능: 0.1 m/s
	초음파식	○ 측정범위: 0 ~ 70 m/s ○ 정 확 도: 0.5 m/s 이내(10 m/s 미만), 5 % 이내(10 m/s 이상) ○ 운용환경: -40 ℃ ~ +60 ℃, 순간풍속 75 m/s 이내 ○ 분 해 능: 0.1 m/s ○ 히터내장(히터작동 범위는 강수량 온도조절용 히터에 준함)

2.2.10 강수량

강수량은 수평면상의 지면 위에 액체 형태로 있다는 가정에서 갖게 되는 높이로, 비, 이슬비 등 액체성 강수는 물론 눈, 싸락눈, 우박 등 고체성 강수도 용해시킨 물의 깊이로 측정하여 강수량에 포함시킨다.

현재 주로 사용하는 강수량센서는 전도형과 무게식으로, 전도형의 경우 1회 전도량이 0.1 mm 및 0.5 mm 두 종류로 구성되어 있고, 강수량 측정단위는 0.5 mm까지는 0.1 mm단위로, 0.5 mm 이상은 0.5 mm단위로 측정한 값을 전기적인 신호로 출력해야 한다. 무게식은 강수량계 내부에 있는 저수통에 비, 눈 등을 모아 무게측정 원리를 이용하여 강수량을 측정한다. 동절기의 강수량 측정은 수수기 내부에 히터(heater)를 설치하여 눈을 녹여 관측하고, 무게식은 저수통 내 부동액을 넣어 물이 얼지 않게 관리하고 동절기 강수량을 관측한다.

일반적으로 사용되는 전도형, 무게식 강수량센서의 표준규격은 [표 23]을 따른다.

[표 23] 강수량 센서의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 센서	형식	내용
강수량 센서	전도형	○ 수 수 구: 지름 200 mm ○ 측정범위: 1전도(Bucket)당 0.5 mm(또는 1.0 mm) ○ 정 확 도: 3 % 이내(20~50 mm/h 강우강도) ○ 재 질: 스테인리스 ○ 운용환경: -40 ℃ ~ +60 ℃ ○ 히 터 - 온도조절: 강설 녹임을 위한 서모스탯(Thermostat) 부착 (4 ℃ ± 2 ℃ 이내에서 ON, 15 ℃ ± 2 ℃ 이내에서 OFF) ○ 수수구 그물망: 봉 또는 수평형태의 그물망 ○ 분 해 능: 0.5 mm 또는 1.0 mm ○ 바람막이 부착
	무계식	○ 측정범위: 1000 mm 이상 ○ 정 확 도: ±0.1 mm(10 mm 미만), ±1 %(10 mm 이상) ○ 운용환경: -40 ℃ ~ +60 ℃ ○ 분 해 능: 0.1 mm ○ 바람막이 부착, 수수구부 히팅 기능

2.2.11 강수유무

강수유무센서(Precipitation Detect Sensor)는 현재의 강수유무를 전기적 신호로 출력시켜 준다.

설치방법은 수평설치대에 남쪽으로 15~30° 경사지게 설치해야 하며, 경사면 각도는 설치장소 여건에 따라 조정할 수 있다.

설치위치는 차광통이 위치한 곳의 반대편 가로대의 끝에 부착하는 것을 원칙으로 한다.

일반적으로 사용되는 임피던스 검출형, 정전용량 검출형 강수유무센서의 표준규격은 [표 24]을 따른다.

[표 24] 강수유무 센서의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 센서	형식	내용
강수 유무 센서	임피던스 검출형, 정전용량 검출형	○ 측정범위: 비, 눈 등 강수현상 ○ 반응시간: 1분 이내 ○ 운용환경: -40 ℃ ~ +60 ℃ ○ 감지면 규격: 5 mm 간격 이내 금박격자, 15° ~ 30° 경사지게 설치 ○ 감지면 항온유지 - 서리 및 이슬현상으로 인한 오류 방지 - 강우 및 강설현상 종료 시 반응시간 2 분 이내에 감지면의 물기 제거

2.2.12 일조

일조센서는 감지된 직달일사량이 $120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 이상일 때 전기적인 신호를 출력해야 한다. 이때 최고 출력값이 경계값 $120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 을 초과하게 되면, 그 때 일조가 있는 것으로 처리하게 된다.

설치 시 계절적인 태양 고도각을 고려하여 최대한 장애물이 없어야 하며, 수평과 남북방향을 정확히 맞추어야 한다.

일반적으로 사용되는 회전 거울식, 광다이오드식 일조센서의 표준규격은 [표 25]을 따른다.

[표 25] 일조센서의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 센서	형식	내용
일조 센서	회전 거울식, 광다이오 드식	○ 측정범위: 0 ~ 24시 ○ 입사각 특성: $\pm 5 \%$ ○ 시 초 값: 120 W/m^2 ○ 정 확 도: $\pm 5 \%$(120 W/m^2), 10 분(일) 이내 ○ 운용환경: -40 ℃ ~ +45 ℃ ○ 분 해 능: 0.1시

2.2.13 일사

일사센서는 전천일사량을 측정한 값을 전기적으로 출력해야 한다.

바람, 비 등에 의해 쉽게 영향을 받지 않도록 센서는 두 개의 투명돔으로 차폐되어 외부 온도변화의 영향을 최소화할 수 있어야 하며, 투명돔은 직사광선을 같은 고도에 있는 태양의 모든 위치에 대해서 동일하게 받아들여야 한다.

본체 내부에는 바람이 없는 야간에 온도가 내려감에 따라 발생하는 돔 내부의 이슬 맺힘 현상을 방지하는 기능이 있어야 한다.

설치환경은 일사를 감지하는 데 있어 어떠한 방해요소도 없는 곳이 이상적이나 만약 이것이 불가능하다면, 태양이 최초로 쏘는 방위각과 최후로 지는 방위각 사이에 5°를 초과하는 방해물이 없어야 한다. 아울러 투명돔 청소와 건조제의 관찰이 용이한 곳에 설치해야 한다.

또한, 일사센서는 광택이 있는 벽이나 태양광선을 일사센서로 반사시킬 수 있는 물체와는 거리를 멀리 두어야 하며, 일사계가 건물 등의 영향으로 그늘이 지는 경우를 피해야 하고, 기둥이나 배기파이프 등의 그림자도 유의해야 한다. 고온(200 ℃ 이상)의 가스가 분출되는 환경도 일사에 영향을 미치므로 피해야 한다.

일사센서의 설치는 센서에 있는 수평계이치를 보면서 수평을 맞추어야 하며, 고정 지지대로부터 직접적인 어떠한 열전달도 받지 않게 해야 한다.

일반적으로 사용되는 열전대식 일사센서의 표준규격은 [표 26]을 따른다.

[표 26] 일사센서의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 센서	형식	내용
일사 센서	열전대식	○ 민 감 도(Sensitivity): 7 ~ 17 $\mu\text{W}/(\text{W}/\text{m}^2)$ ○ 온도특성: $\pm 2\%$ / $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ○ 비선형성(Non-linearity): $\pm 0.5\%$ ○ 안 정 도: $\pm 0.8\%$ /년 ○ 정 확 도: 2 %(일 변화), 3 %(시 변화) ○ 운용환경: $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ○ 시 야 각: $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ○ 측정범위: 0 ~ 1500 W/m^2 ○ 분 해 능: 1 W/m^2

2.2.14 차광통

차광통은 태양으로부터의 직사광선과 지표나 다른 물체로부터의 복사열을 차단하고 비나 눈으로부터 센서를 보호하며, 공기의 순환을 위해 강제 통풍장치가 내장되어 주위 대기환경상태로 만들어 주고, 기온센서와 습도센서를 내부에 설치할 수 있어야 한다.

또한 지표면에서 반사한 일사가 직접 센서에 닿는 것을 방지하는 기능이 있어야 한다. 차광통의 설치는 가로대를 동서방향으로 설치하고 동쪽 방향에 설치한다.

2.2.15 시정·현천

시정·현천계는 WMO 권고사항에 따라 수신부는 주간 어느 시간에도 태양광이 직접 영향을 주지 않도록, 북쪽을 바라보게 한 후 지상에서 약 1.5 m 높이에 설치한다.

정확한 시정·현천값을 측정하기 위해 눈, 비, 이슬, 먼지 등의 이물질이 광학면에 영향을 미치지 않게 정기적(1회/3개월)으로 청소를 해줘야 하며, 관측자료 이상이 발생하였을 때 즉시 유지보수를 수행한다. 시정·현천계의 교정방법은 제조사별 전용 교정기를 사용하여 교정을 수행한다. 일반적으로 송신부와 수신부를 청소한 후 전용 교정기를 설치한다.

시정·현천계와 PC를 시리얼 케이블로 연결하여 영점 교정(Zero Calibration Procedure), 스패 교정(Span Calibration Procedure) 등을 통해 관측장비를 교정해야 한다. 광학장비의 특성상 운용 기간이 길어질수록 레이저 출력이 감소하기 때문에 교정주기는 제조사별로 상이 하지만 연 1회 수행하는 것을 권장한다. 그 밖의 추가적인 유지보수 방법 및 상세한 교정방법은 센서별 제작사 매뉴얼을 준수하여 점검 및 교정을 수행한다.

일반적으로 사용되는 산란식 시정센서의 표준규격은 [표 27]을 따른다.

[표 27] 시정센서의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 센서	형식	내용
시정 센서	산란식	○ 측정범위: 10 m ~ 25000 m 이상 ○ 정 확 도: $\pm 10\%$ 이내(10 m ~ 10000 m 미만), $\pm 20\%$ 이내(10000 m 이상) ○ 운용환경: $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ○ 샘플링: 매 10~15초 ○ 분 해 능: 10 m

2.2.16 운고·운량

운고·운량계는 WMO 권고사항에 따라 정확한 관측을 위해 견고하고 수평한 받침대 위에 연직방향으로 약 $0\sim 30^{\circ}$ 이내의 기울기로 설치한다. 기울기 조정 시 운고·운량계 내부 운영 프로그램도 같이 각도의 기울기를 입력하여 정확한 운고값이 산출될 수 있도록 하며, 송신부와 수신부는 직사광선을 피하기 위해 북쪽으로 기울여 설치한다.

정확한 운고, 운량값을 측정하기 위해 유리창 부분이 이물질 오염되지 않도록 정기적으로 청소를 해야 하며, 관측자료 이상이 발생하였을 때 유지보수를 수행한다. 일반적인 유지보수는 레이저 송신부의 유리창 부분에 한정되나 추가적인 알람이 표시될 때에는 운고·운량계와 PC를 시리얼 케이블로 연결하여 검사를 수행한다. 운고·운량계 상태 검사에서 표출되는 메시지를 제조사별 매뉴얼에 따라 분석 후 점검을 수행한다.

일반적으로 사용되는 레이저식 운고센서의 표준규격은 [표 28]을 따른다.

[표 28] 운고센서의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 센서	형식	내용
운고 센서	레이저식	○ 측정범위: 10 m ~ 7500 m 이상 ○ 정 확 도: ± 10 m(1000 m 미만), ± 30 m(1000 m 이상) ○ 운용환경: $-40^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ ○ 샘플링: 매 15~60초 ○ 분 해 능: 10 m

2.2.17 적설

적설계는 적설계 내부의 레이저 거리측정기가 일정한 각도를 두고 회전하여 지면 또는 눈 표면에 원형 궤적을 그리면서 궤적상의 지점들을 측정한다.

각 측정 지점에 레이저 광을 송출하여, 반사되는 레이저 거리측정 모듈까지의 귀환시간으로부터 둘 사이의 거리를 측정한다. 이렇게 측정된 각 지점의 거리 자료로부터 각 지점에 대한 지면으로부터의 높이를 계산하고, 각 지점의 적설 값을 평균하여 측정면의 대표값을 계산한다.

일반적으로 사용되는 레이저식 적설센서의 표준규격은 [표 29]을 따른다.

[표 29] 적설센서의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 센서	형식	내용
적설 센서	레이저식	○ 측정범위: 0 ~ 300 cm ○ 측정방식: 3지점 이상의 관측 포인트 산술평균 ○ 정 확 도: ± 0.5 cm ○ 운용환경: $-40^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ ○ 샘플링: 매 15~60초 ○ 분 해 능: 0.1cm

2.2.18 토양수분

고주파 정전용량식 토양수분센서의 출력방법은 시리얼 데이터이며, 고주파를 발생시켜 반사되어 들어오는 주파수를 분석하여 토양 내의 수분을 파악할 수 있다. 10 cm, 20 cm, 30 cm, 50 cm 깊이마다 총 4개의 센서가 1조를 이루고 있으며, 토양 속으로 들어간 액세스 튜브(access tube)를 통해, 각 센서 주위에 형성된 고주파 전기장(electrical field)이 점점 확장되어 토양 내의 수분을 정밀하게 측정하게 된다.

센서 출력은 부피측정 토양수분 함량으로 표준화 방정식 그리고 초기값 또는 사용자 정의 교정 방정식을 통해 변환되는 크기가 없는 주파수(원시 계산)이다. 측량 단위는 부피측정의 수분함량 (vol %) 또는 토양의 100 mm 당 물의 밀리미터이다. 눈금이 있는 주파수의 수신 가능한 데이터 범위는 0에서 1.0까지다. 수분함량 측정은 0~70 %까지 초기교정 범위를 사용한다.

설치 후 토양의 공극률과 전기전도도에 따른 수분함량 보정식을 작성하여 관측지점의 메타데이터로 활용해야 한다.



[그림 41] 고주파 정전용량식 토양수분센서(좌) 및 측기설치(우)

2.3 자료처리부의 기능

자료처리기의 세부 기능 및 규격은 아래 [표 30], [표 31] 및 [표 32]을 따른다.

- 자료처리기의 기능, 조건 및 규격: [표 30]
- 관측요소별 신호 및 자료처리 표준규격: [표 31]
- 기상관측자료구조, 내용, 요소별 구조, 자료처리기 명령어 구분 등: [표 32]

[표 30] 자료처리기의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】	
구분	내 용
기능	○ 신호의 변환(아날로그에서 디지털)·처리 - 기상요소별 관측센서로부터 측정된 신호를 기상학적 물리량으로 변환하여 수치화한다. ○ 관측센서의 추가 또는 변경 시 하드웨어의 변경 없이 소프트웨어로 제어(센서 추가·변경, 센서별 보정값 수정)가 가능하도록 설계되어야 한다. ○ 시각동기화, 자료의 저장, 자료의 송·수신이 가능해야 한다.
조건	○ 일체형이고 범용성과 안정성이 있어야 한다. ○ 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어의 확장성이 있어야 한다. ○ 전원중단, 통신장애 대비, 관측자료 산출 적합성 확인을 위해 충분한 자료 저장성이 있어야 한다.
규격	○ 프로세서: 마이크로프로세서 ○ 저장용량: 1분 자료와 관측요소별 샘플링 주기 자료 30일 이상 저장 ※ 단, 샘플링 주기자료는 [별표 4]에 명시된 관측요소에 한함(시정, 운고, 적설 제외) ○ 통신인터페이스: LAN(TCP/IP), RS232, RS422, RS485 등 가능 ○ 키패드장치: 디스플레이가 부착된 키패드 또는 작동상태를 확인할 수 있는 출력장치 포함 ○ 운용환경: -40 ℃ ~ +60 ℃ ○ 채널(기상관측목적, 관측센서 종류 및 수량 등에 따라 선택 가능) - 아날로그 채널: Single 15개 이상, Differential 7개 이상 - 디지털 채널: 8개 이상(SDI-12, RS232, RS422, RS485 등) - 주파수 채널: 2개 이상 - 여기 채널: 2개 이상 ○ A/D 비트(bit): 15 비트(bit) 이상 ○ 입력전원: 안정된 전원으로 동작하여야 한다. ○ 외 장 품: 자료처리기함 - 내구성이 보장되어야 하며, 함체 재질에 의한 직접적인 내부온도 상승이 없도록 제작된 것으로 잠금장치와 환기구(이물질 방지망 설치)가 설치되어야 한다. ○ 자료처리기의 내부보드는 접지가 되어야 한다.

[표 31] 신호 및 자료처리의 표준규격

【 자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.) 】		
관측 요소	내용	
온도 습도 기압	- 자료 단위: 0.1 ℃(기온, 초상, 지면, 지중온도), 0.1 %(습도), 0.1 hPa(기압) - 샘플링 시간: 10초 - 자료처리 시간간격: 1분 10초마다 전기적 신호를 수신하여 디지털 값으로 변환한다. 10초 간격의 6개 자료를 평균하여 1분 자료를 산출한다.	
풍향 풍속	- 자료 단위: 0.1°(풍향), 0.1 m/s(풍속) - 샘플링 시간: 0.25초 - 자료처리 시간간격: 1분 - 풍향·풍속센서로부터 0.25초마다 전기적 신호를 수신하여 디지털 값으로 변환 후 벡터 환산한다. - 순간풍향·풍속(gust) - 매 0.25초 간격으로 3초 동안 12개의 샘플링 된 자료를 평균하고 1초 간격으로 이동 평균하여 순간풍향·풍속을 산출한다. 1분 동안 수집된 지난 240개의 자료 중 최댓값을 1분 최대순간풍향·풍속으로 산출한다. - 매 1분마다 지난 10개의 1분값 중에서 최댓값을 10분 최대순간풍향·풍속으로 산출한다. - 하루 동안 수집된 1분 최대순간풍향·풍속 1440개 중에서 최댓값을 일 최대순간풍향·풍속으로 산출한다. 1분 평균 풍향·풍속 0.25초 간격의 바람벡터 자료를 10초 동안 평균을 구한 후 1분 동안 6개의 자료를 다시 평균하여 매분자료를 산출한다.2400	
강수량	전도형	- 자료 단위: 0.5 mm 또는 1.0 mm 1분 강수량: 센서에서 1초마다 보내온 펄스 신호의 횟수를 1분 동안 누적하여 산출한다.
	무게식	- 자료 단위: 0.1 mm 1분 강수량: 센서에서 보내온 1분 값 또는 각 센서의 자체 알고리즘에 따른다.
강수 유무	- 자료 단위: ON 신호 시 10, OFF 신호 시 00 - 샘플링 시간: 1분 - 강수현상이 있을 때 10, 없을 때 00	
시정	- 자료 단위 : 10 m 1분 시정 : 센서에서 보내온 1분 자료 또는 각 센서의 자체 알고리즘에 따른다.	
운고	- 자료 단위 : 10 m 1분 운고 : 센서에서 보내온 1분 자료 또는 각 센서의 자체 알고리즘에 따른다.	
일사	- 자료 단위 : 0.01 MJ/m² - 샘플링 시간 : 1초 - 자료처리 시간간격 : 1분 1초 간격의 60개 자료를 누적하여 1분 자료를 산출한다.	
적설	- 자료 단위 : 0.1 cm 1분 적설 : 센서에서 보내온 1분 자료 또는 각 센서의 자체 알고리즘에 따른다.	

[표 32] 자료 구조의 표준규격

【자동기상관측장비의 표준규격 (기상청 고시, '23. 3. 6.)】								
1. 기상관측자료								
가. 자료구조 : 153 BYTE								
I (2)	II (3)	III (5)	IV (1)	V (1)	VI (2)	VII (135)	VIII (2)	IX (2)
구분 기 호	내 용	바이트 수	내 용 설 명					
I	시작 표시	2	'FAFB' (Hex)					
II	프로토콜버전	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)					
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12					
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31					
III	날짜/시간	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)					
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12					
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31					
		1	4) 시 : 표현범위 → 0 ~ 23					
		1	5) 분 : 표현범위 → 0 ~ 59					
IV	자료구분	1	'I' : 순간 'B' : 1분					
V	자료형식 번호	1	0, 1, 2 : 미사용(하위호환성) 3 : 일반용 4 : 농관용 c : 관측요소에 따라 부여(5~255) ※ 이진 코드					
VI	지점번호	2	AWS 지점번호 : 사용비트 → 15 ~ 0번 비트 유효범위 → 1 ~ 65535 자료형태 → 이진 코드					
VII	자료내용	135	관측값 및 상태값					
VIII	CRC CHECK	2	II, III, IV, V, VI, VII 항의 CRC16-CCITT					
IX	끝 표시	2	'FFFE' (Hex)					

나. 자료내용 구조

구분	참조 번호	내용	바이트 수	내 용 설 명
관측 요소 그룹 A	1	기온	2	1분 평균 기온 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 1500 [(관측값 + 100) × 10]
	2	풍향	2	1분 평균 풍향 사용비트 → 11 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 4095 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 3599 (관측값 × 10)
	3	풍속	2	1분 평균 풍속 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 1000 (관측값 × 10)
	4	순간 풍향	2	1분 순간 풍향 0.25초 샘플링, 3초 이동 벡터평균 사용비트 → 11 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 4095 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 3599 (관측값 × 10)
	5	순간 풍속	2	1분 순간 풍속 0.25초 샘플링, 3초 이동평균 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)
	6	강수량 (0.5/ 1.0 mm)	2	00시부터 현재까지(일계) 누적강수량 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 (관측값 × 10)
	7	기압	2	1분 평균 현지기압 사용비트 → 13 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 16383 (이진 코드) 표현범위 → 5000 ~ 11000 (관측값 × 10)
	8	강수 유무	2	1분 강수유무 사용비트 → 3 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 15 (이진 코드) 표 현 → 강수 무 : 00, 강수 유 : 10
	9	적설	2	적설량 사용비트 → 11 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 4095 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 4095 (관측값×10)
	10	상대습도	2	1분 평균 상대습도 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)
	11	강수량 (0.1 mm)	2	00시부터 현재까지(일계) 누적강수량 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 (관측값 × 10)

구분	참조 번호	내용	바이트 수	내 용 설 명
관측 요소 그룹 B	1	일사	2	1분 누적 일사량 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 [누적 값(MJ/m2) × 100]
	2	일조	2	00시부터 현재까지(일계) 누적 일조시간 사용비트 → 15 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 65535 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 65535 [누적시간(초 단위)]
	3	지면온도	2	1분 평균 지면온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 [(관측값 + 100) × 10]
	4	초상온도	2	1분 평균 초상온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 [(관측값 + 100) × 10]
	5	지중온도 (5 cm)	2	1분 평균 지중온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 [(관측값 + 100) × 10]
	6	지중온도 (10 cm)	2	1분 평균 지중온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 [(관측값 + 100) × 10]
	7	지중온도 (20 cm)	2	1분 평균 지중온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 [(관측값 + 100) × 10]
	8	지중온도 (30 cm)	2	1분 평균 지중온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 [(관측값 + 100) × 10]
	9	지중온도 (50 cm)	2	1분 평균 지중온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 [(관측값 + 100) × 10]
	10	지중온도 (1.0 m)	2	1분 평균 지중온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 [(관측값 + 100) × 10]
	11	지중온도 (1.5 m)	2	1분 평균 지중온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 [(관측값 + 100) × 10]
	12	지중온도 (3.0 m)	2	1분 평균 지중온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 [(관측값 + 100) × 10]
	13	지중온도 (5.0 m)	2	1분 평균 지중온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 [(관측값 + 100) × 10]

구분	참조 번호	내용	바이트 수	내 용 설 명
관측 요소 그룹 C	1	1층 운고	2	1분 평균 운고 사용비트 → 12 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 8191 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 8000 [관측값(m)]
	2	2층 운고	2	1분 평균 운고 사용비트 → 12 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 8191 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 8000 [관측값(m)]
	3	3층 운고	2	1분 평균 운고 사용비트 → 12 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 8191 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 8000 [관측값(m)]
	4	운량	2	운량 사용비트 → 3 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 15 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 10 (관측값)
	5	시정	2	1분 평균 시정 사용비트 → 15 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 65535 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 50000 [관측값(m)]
	6	PM10	2	분진농도 사용비트 → 11 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 4095 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 3599 [관측값($\mu\text{g}/\text{m}^3$) × 10]
	7	PM2.5	2	분진농도 사용비트 → 11 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 4095 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 3599 [관측값($\mu\text{g}/\text{m}^3$) × 10]
	8	순복사	2	1분 평균 순복사 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 {[관측값(W/m ²) + 1000] × 10}
	9	전천 복사	2	1분 평균 전천복사 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 {[관측값(W/m ²) + 1000] × 10}
	10	반사 복사	2	1분 평균 반사복사 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 {[관측값(W/m ²) + 1000] × 10}
	11	직달 일사	2	1분 평균 직달일사 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 {[관측값(W/m ²) + 1000] × 10}
	12	현재 일기	2	현재 일기 사용비트 → 6 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 127 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 99 (관측값)

구분	참조 번호	내용	바이트 수	내 용 설 명
관측 요소 그룹 N	1	토양수분 (10 cm)	2	1분 평균 토양 수분 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)
	2	토양수분 (20 cm)	2	1분 평균 토양 수분 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)
	3	토양수분 (30 cm)	2	1분 평균 토양 수분 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)
	4	토양수분 (50 cm)	2	1분 평균 토양 수분 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)
	5	조도량	2	1분 평균 조도량 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 (관측값(klux) × 100)
	6	풍속 (1.5 m)	2	1분 평균 풍속 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 1000 (관측값 × 10)
	7	풍속 (4.0 m)	2	1분 평균 풍속 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 1000 (관측값 × 10)
	8	순간 풍속 (1.5 m)	2	1분 순간 풍속 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 1000 (관측값 × 10)
	9	순간 풍속 (4.0 m)	2	1분 순간 풍속 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 1000 (관측값 × 10)
	10	기온 (0.5 m)	2	1분 평균 기온 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 1500 [(관측값 + 100) × 10]
	11	기온 (4.0 m)	2	1분 평균 기온 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 1500 [(관측값 + 100) × 10]
	12	습도 (0.5 m)	2	1분 평균 상대습도 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)
	13	습도 (4.0 m)	2	1분 평균 상대습도 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)

구분	참조 번호	내용	바이트 수	내 용 설 명
장비 상태 그룹 I	1	타코미터	2	1분 FAN 속도 사용비트 → 12 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 8291 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 8000 (관측값)
예비 관측 그룹 L	1	예비	2	예비
상태 자료 그룹 X	1	자료처리기 센서상태	8	BIT x : 센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 - x는 8 BYTE(64 bit) 중 하위에서의 순서 비트 - 센서의 순서와 비트의 순서를 일치 예) 다. 요소별 구조 (2)의 A-1이 최하위비트 BIT 63 : FAN의 동작상태 → 0 : 정상, 1 : 비정상
상태 자료 그룹 Y	1	자료처리기 전압상태	1	BIT 0 : DC 입력 전압 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 1 : 배터리 전압 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 2, 3 : AC 전압 → 00 : 110 V, 01 : 220 V, 11 : AC OFF BIT 4 : 자료처리기함 잠금상태 → 0 : 닫힘, 1 : 열림 BIT 5 : 예비 1 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 6 : 예비 2 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 7 : 예비 3 → 0 : 정상, 1 : 비정상

다. 요소별 구조

(1) 공통사항

센서(A,B,C,D,N,I)	자료처리기 센서상태(X)	자료처리기 전압상태(Y)	예비용(L)
2 BYTE	8 BYTE	1 BYTE	2 BYTE

(2) 일반 AWS : [V항 자료형식 번호 = 3]

구분	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10	B-11
바이트	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

B-12	B-13	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	C-12	L	L	L	L	N-1	N-2	N-3	N-4
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

N-5	N-6	N-7	N-8	N-9	N-10	N-11	N-12	N-13	L	L	L	L	L	L	L	L	L	I-1	X	Y
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8	1

(4) 장비시험용 : [V항 자료형식 번호 = 255]

구분	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
바이트	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	X	Y
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8	1

2. 자료처리기 명령어 구분 : 29 BYTE

A	B	C	D	E	F	G	H
순 서	내 용	바이트 수	내 용 설 명				
A	HEADER	2	FAFB (Hex)				
B	프로토콜 버전	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)				
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12				
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31				
C	년월일 시분초	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)				
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12				
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31				
		1	4) 시 : 표현범위 → 0 ~ 23				
		1	5) 분 : 표현범위 → 0 ~ 59				
		1	6) 초 : 표현범위 → 0 ~ 59				
D	비밀번호	2	PASSWD				
E	지점번호	2	ID				
F	명령어	10	※ 명령어 참조				
G	CRC CHECK	2	CRC16-CCITT				
H	END	2	FFFE (Hex)				

※ 명령어

구분	명령어	내용 설명
자료요구 명령	AI?	순간자료
	AB?	1분 자료 (최근 1분 자료 요구)
	AQ?	1분 과거 자료 (C항에 과거시간을 입력하여 과거자료요구)
상태 정보	AV?	자료처리기 버전
원격 제어	AR?	자료처리기 리셋
	AO?	전원리셋 또는 모뎀리셋 또는 적설센서 리셋
	AD?	지점번호 설정
	AT?	날짜, 시간 설정
	AW?	암호 설정
	AC?	저장데이터 삭제
(예) AI? : ?포함 3바이트 나머지 공간은 0x00을 채운다.		

3. 자료처리기 버전(Version) 명령응답 : 29 BYTE

A	B	C	D	E	F
순서	내용	바이트 수	내 용 설 명		
A	HEADER	2	FAFB (Hex)		
B	프로토콜 버전	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)		
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12		
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31		
C	지점번호	2	ID		
D	내 용	18	자료처리기 버전(예 "JD V01.01")		
E	CRC CHECK	2	CRC16-CCITT		
F	END	2	FFFE (Hex)		

4. 자료처리기 리셋, 지점번호 설정, 날짜시간 설정, 암호 설정 등에 대한 명령응답 : 16 BYTE

A	B	C	D	E	F	G
---	---	---	---	---	---	---

순서	내용	바이트 수	내 용 설 명
A	HEADER	2	FAFB (Hex)
B	프로토콜 버전	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31
C	지점번호	2	ID
D	명령어	1	R : 자료처리기 리셋
			O : 전원리셋 또는 모뎀리셋 또는 적설센서 리셋
			D : 지점번호 설정
			T : 날짜, 시간 설정
			W : 암호 설정
			C : 버퍼클리어
E		4	"OKAY" 또는 "FAIL"
F	CRC CHECK	2	CRC16-CCITT
G	END	2	FFFE (Hex)

5. 자료처리기에서 기상실황판으로 전송하는 자료구조

가. 자료형태

기상실황판으로 전송하는 기상관측자료는 “1. 기상관측”의 “가. 자료구조”, “나. 자료내용 구조”, “다. 요소별 구조”에 따라 기상실황판으로 전송한다.

나. 기상실황판 표출 방법

기상실황판은 “1. 기상관측”의 “나. 자료내용 구조”에 명기된 모든 관측요소를 표출할 수 있어야 하며, 필요 시 관측소의 관측 요소를 고려하여 표출한다.

2.4 종합기상정보시스템에서의 요소별 자료처리

2.4.1 기압

아래의 방법으로 처리한다.

- (1) 매 1분, 매 10분, 매시간 현지기압은 해당시각의 현재기압이다.
- (2) 현지기압값에 각 관측지점의 기압계 해발고도, 위도 등을 사용한 계산식에 의해 해면기압을 산출한다.
- (3) 기압변화량은 현재값과 1시간, 3시간, 6시간 전 해면기압의 변화량으로 산출한다.
- (4) 기압변화경향은 「WMO의 국제기상전보식」에서 정한 기압변화경향표를 코드화하여 산출한다.
- (5) 기압값의 최소단위는 0.1 hPa이다.
- (6) 일 최고, 최저해면기압은 하루 동안 수집된 1,440개의 1분 해면기압 값 중에서 최고·최저값으로 하며, 그 때의 시간을 나타난 시간으로 한다.

2.4.2 기온(초상·지면온도 포함)

- (1) 현재기온은 1분 기온자료를 의미하며, 정시 기온은 해당 시간의 00분 기온을 의미한다. 만일 00분 자료가 없거나, 품질에 문제가 있으면 정시 전후 5분 이내의 자료 중 00분에 가까운 1분 자료를 사용하며, 전후가 동일한 자료가 있을 경우는 전 자료를 우선한다.
- (2) 기온(초상·지면온도 포함)값의 최소단위는 0.1 °C이다.
- (3) 일 최고, 최저기온은 하루 동안 수집된 1,440개의 1분 자료 중에서 최고·최저값으로 하며, 그 때의 시간을 나타난 시간으로 한다.
- (4) 일 최저초상온도는 하루 동안 수집된 1,440개의 1분 자료 중에서 최저값으로 한다.

2.4.3 습도

- (1) 현재습도는 1분 습도자료를 의미하며, 정시 습도는 해당 시간의 00분 습도를 의미한다. 만일 00분 자료가 없거나 품질에 문제가 있으면 정시 전후 5분 이내의 자료 중 00분에 가까운 1분 자료를 사용하며, 전후가 동일한 자료가 있을 경우는 전 자료를 우선한다.
- (2) 습도자료의 최소단위는 1 %이다.
- (3) 일 최소습도는 하루 동안 수집된 1,440개의 1분 자료 중에서 최소값으로

하며, 그 때의 시간을 나타난 시간으로 한다.

2.4.4 지중온도

- (1) 지중온도값의 최소단위는 0.1°C 이다.
- (2) 0.5, 1.0, 1.5, 3.0, 5.0 m 깊이의 지중온도는 1일 1회(09 KST) 정시에 관측한 1분 자료로 한다.

2.4.5 풍향·풍속

아래의 방법으로 처리한다.

- (1) 10분 평균풍속은 과거 10분간의 1분 평균풍속을 산술 평균한 값으로 구하고, 10분 평균풍향은 과거 10분간의 1분 평균풍향을 벡터 평균한 값으로 구한다.
- (2) 정시 풍향·풍속은 해당 시각의 10분 전부터 정시까지의 10개의 1분 평균 풍향·풍속의 평균값으로 구한다.
- (3) 일 최대풍향·풍속은 1분마다 산출된 10분 평균 풍향·풍속자료 1,440개 중에서 최대풍속값이 나타난 때의 풍향·풍속값을 사용하며, 그때의 시간을 나타난 시간으로 한다.
- (4) 일 최대순간풍향·풍속은 1,440개의 1분 최대순간풍향·풍속자료 중에서 최대순간풍속이 나타난 때의 최대순간풍향·풍속값을 사용하며, 그때의 시간을 나타난 시간으로 한다.
- (5) 일평균풍속은 1,440개의 매분풍속을 평균한 값이고, 풍정합은 일평균풍속에 86,400을 곱한 값으로 정한다.
- (6) 풍향·풍속자료의 최소단위는 풍향 0.1° , 풍속 0.1 m/s 이다.

2.4.6 강수량

- (1) 0.5 mm 강수량센서를 기본으로 사용한다. 단, 0.1 mm 강수량센서가 있을 경우에는 누적강수량이 0.5 mm 미만일 때 0.1 mm 강수량값을 사용한다.
- (2) 10분간 최다강수량은 1분 강수량을 이용하여 전일 23:56~익일 00:05까지 10분간 이동 누적값을 계산하고, 이 이동 누적값 중 최다값과 그 시각을 구한다.
- (3) 1시간 최다강수량은 1분 강수량을 이용하여 전일 23:31~익일 00:30까지

1시간 이동 누적값을 계산하고 이 이동 누적값 중 최다값과 그 때의 시각을 구한다.

- (4) 강수계속시간은 강수유무센서가 ON된 시간을 참고하여 구한다.
- (5) 09~09강수량은 전일 09시 이후부터 오늘 09시까지의 누적강수량으로 한다.

2.4.7 일조시간

- (1) 1시간 일조시간은 1분마다 수신된 일 누적 일조시간자료에서 산출한다.
- (2) 일조시간 단위는 0.1시간이다.
- (3) 일 일조시간은 매일 00시 00분부터 24시 00분까지의 매분마다 누적된 일조시간의 합으로 한다.

2.4.8 일사량

- (1) 1시간 일사량은 1분마다 수신된 일누적 일사량자료에서 산출한다.
- (2) 단위는 일기상통계표에서는 누적값인 $0.01 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 를 사용하고 그 외는 순간값인 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 로 사용한다.
- (3) 일 일사량은 매일 00시 00분부터 24시 00분까지 매분마다 누적된 일사량의 합으로 한다.

2.4.9 시정·현천

- (1) 시정·현천계에서 관측된 시정의 단위는 1 m 이다.
- (2) 1분 시정은 과거 10분간의 1분 평균 시정을 산술 평균한 값을 사용한다.
- (3) 현천은 WMO4680 코드번호 분류에 따라서 시정·현천계 자체 알고리즘을 통해 산출된 현천코드를 사용한다.

2.4.10 운고·운량

- (1) 운고·운량계에서 관측된 운고의 단위는 1 m 이다.
- (2) 3개 층의 1분 운고 관측자료는 과거 30분간의 30초 간격으로 관측된 3개 층의 운고자료를 산술 평균한 값을 사용한다.
- (3) 운량은 과거 30분간의 30초 간격으로 관측된 최하층의 운량 자료를 산술 평균한 값을 사용한다.

2.4.11 가조시수

가조시수는 종합기상정보시스템에서 천문연구원의 일출일몰자료를 받아 “가조시수=일몰시각-일출시각”의 식에 대입하여 자동으로 계산한다.

2.5. 농업기상관측

2.5.1 개요

농업기상관측이란 자연환경에서 시시각각으로 변하는 기상요소 중 농업에 필요한 요소와 기상현상에 관하여 기상관측장비 등의 측기를 사용하여 자동으로 관측한다. 농작물과 기상과의 관련성을 연구하고, 농업기상 재해의 예방 등을 위해서 필요한 자료를 얻고, 나아가서는 그 지역의 기후에 알맞은 작물을 선택하고, 알맞은 영농방법으로 농사계획에 필요한 기후자료를 생산·제공하는 것이다.

2.5.2 농업기상관측지점

세계기상기구(WMO) 기술규정에 따라 농업기상관측관서는 기본 농업기상관측소 보조 농업기상관소로 구분한다. 기본 농업기상관측관서는 농업기상관측관서에서 관측된 자료를 이용하여 농업기상정보를 생산하여 제공한다. 기상청에서는 보조 농업기상관측지점으로 철원장흥, 춘천신북, 수원, 서산, 오창가곡, 안동옥동, 익산, 화순능주, 강정, 대곡, 보성군으로 총 11개소이다.

2.5.3 관측요소

농업기상관측지점에서 관측하는 관측요소는 초상온도, 지면온도, 강수량, 일조, 일사, 얇은 층 지중온도(5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm), 깊은 층 지중온도(0.5 m, 1.0 m, 1.5 m, 3.0 m, 5.0 m), 토양수분(10 cm, 20 cm, 30 cm, 50 cm), 기온, 습도, 풍속, 증발량(계산)이다.

[표 33] 농업기상관측관서별 관측요소

관측관서 관측요소		철원 장흥 (970)	대곡 (974)	익산 (702)	오창 가곡 (977)	춘천 신북 (978)	서산 (129)	강정 (980)	안동 옥동 (972)	화순 능주 (973)	수원 (119)	보성군 (258)
초상온도		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
지면온도		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
강수량		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
일조		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
일사		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
얇은 층 지중 온도 (곡관 지중 온도)	5cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	10cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	20cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	30cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
깊은 층 지중 온도 (철관 지중 온도)	0.5m	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1.0m	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1.5m	X	X	X	X	X	○	X	X	X	○	X
	3.0m	X	X	X	X	X	○	X	X	X	○	X
	5.0m	X	X	X	X	X	○	X	X	X	○	X
토양 수분	10cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	20cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	30cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	50cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
기온	1.5m	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
습도	1.5m	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
풍속	10m	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
증발량(계산)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

2.5.4 센서의 설치 및 유지관리 기준

종관기상관측장비(ASOS) 또는 방재기상관측장비(AWS)와 같다.

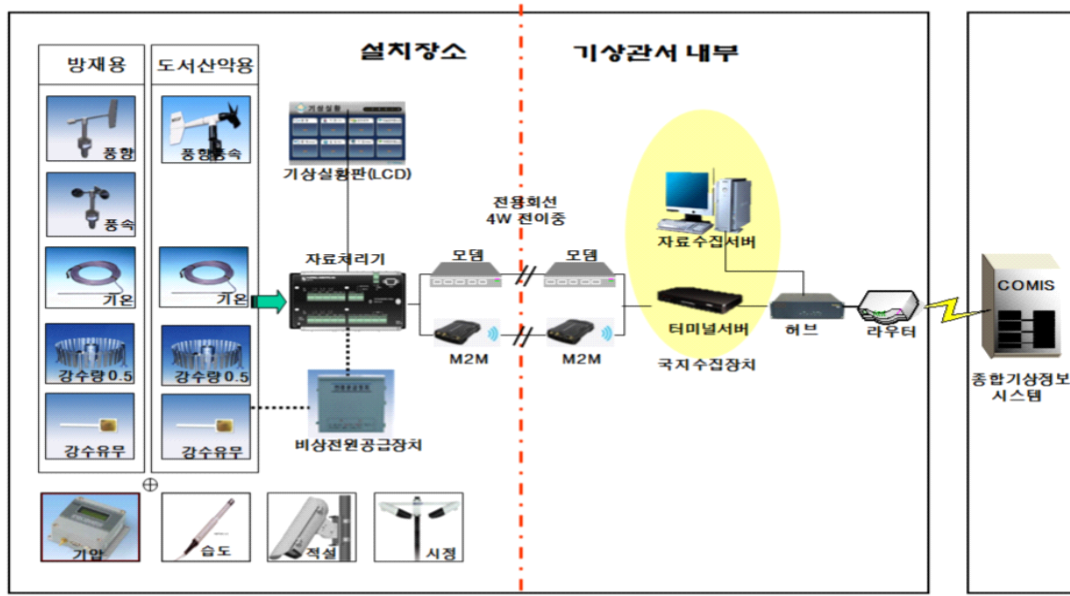
2.5.5 종합기상정보시스템에서의 요소별 자료처리

종관기상관측장비(ASOS) 또는 방재기상관측장비(AWS)와 같다.

제 3 장 방재기상관측장비 (AWS)

3.1 구성

방재기상관측장비(AWS)는 다음과 같이 센서부, 자료처리부, 부대장비 및 부대설비 구성되어 있고, 기상관측요소로는 기온, 풍향, 풍속, 강수량, 기압, 습도, 강수유무, 시정, 현천 등으로 구성되어 있다.



[그림 42] 방재기상관측장비 구성도

3.1.1 센서부

기온, 풍향, 풍속, 강수량(0.5 mm), 기압, 습도, 강수유무, 시정·현천계 등이 있다.

3.1.2 자료처리부

센서로부터 수신한 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하고, 정해진 처리 방법에 따라 수집한 다음 자동기상관측장비 표준규격에 따른 자료구조로 편집한 후 기상상황판으로 전송하고, 또한 매 1분 간격으로 국지수집장치를 통하여 종합기상정보시스템으로 전송한다. 또한 매 1분 자료는 일정기간 자체 저장장치에 보관한다.

3.2 센서의 설치 및 유지관리 기준

3.2.1 기온

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.2.2 풍향

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.2.3 풍속

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.2.4 강수량

종관기상관측장비(ASOS)의 전도형강수량계와 같다.

3.2.5 기압

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.2.6 습도

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.2.7 강수유무

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.2.8 시정·현천

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.2.9 차광통

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.3 자료처리부의 기능

3.3.1 기온자료 처리

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.3.2 풍향자료 처리

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.3.3 풍속자료 처리

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.3.4 강수량자료 처리

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.3.5 기압자료 처리

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.3.6 습도자료 처리

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.3.7 강수유무자료 처리

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.3.8 시정·현천자료 처리

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.4 종합기상정보시스템에서의 요소별 자료처리

3.4.1 기압

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.4.2 기온

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.4.3 습도

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.4.4 풍향

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.4.5 풍속

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.4.6 강수량

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.4.7 강수유무

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.4.8 시정·현천

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.5 부대장비 및 부대설비

3.5.1 전원공급 장치

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.5.2 모뎀

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

3.5.3 국지수집장치

종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

제 4 장 방재기상관측장비 (AWS)의 관리

4.1 개요

관측관서에서 직접관리를 할 수 없는 지역에 설치되어 있는 관측장비는 효율적인 관리를 위하여 방재기상관측장비관리자를 추천받아 정하여 관리하고, 「관측업무규정」의 보칙에 따라 관리비를 지급할 수 있다. 또한 이들의 업무범위는 다음과 같다.

4.1.1. 방재기상관측장비관리자의 업무범위

[표 34] 장비관리자의 업무범위

구분	장비관리자의 업무범위
보고 업무	○ 장비의 도난 또는 훼손 예방 및 보고 ○ 장비 주변 증축, 신축, 철거 또는 수목의 성장 보고 ○ 장비 주변에 타 시설물 등 설치 (예 : 에어컨 실외기 등) 보고 ○ 공급전원, 통신선로 등 공사 시 보고 ○ 장비관리자의 변동 보고 ○ 기타 기상관측에 장애요소 발생 보고
주간 점검	○ 센서 점검 : 강수량계 수수구 오물제거, 강수유무센서 청소, 풍향·풍속센서 작동 여부, 통풍통 FAN 작동 여부 등 ○ 기타 점검 : 기상실황관 작동 여부, 전원 공급여부, 통신모뎀 작동 여부, 측기탑 등 ※ 주간점검은 매주 실시하고, 월간처리실적(첨부)은 익월 초까지 해당 관측관서(또는 한국기상산업기술원)에 제출
기타 업무	○ 유지보수용역사 점검 시 입회 ○ 해당 관측관서 또는 유지보수용역사, 통신사(KT 등) 등으로부터 전원 또는 자료처리기·통신모뎀의 스위치 조작 등의 요청 시 협조 ○ 장비관리자 변경 시 후임자에게 인계 철저

제 5 장 도로기상관측장비(RWS)

[일러두기]

도로기상관측망은 현재 구축·시범운영 중으로, 도로관측에 관한 행정규칙 등을 정비 한 후 별도지침으로 분리예정이며, 그때까지 한시적으로 아래사항을 기준으로 운영·관리한다.

- (지점선정 및 센서 설치기준) 도로기상 적정 관측망 설계 및 활용방안 연구('23년 출연R&D)
- (장비규격) 도로기상관측장비 표준 기술규격(계측표준협력과-2851(2023.6.20.))
- (운영·관리) 도로기상관측장비 유지관리 실무매뉴얼(2024. 4. 25.)

5.1 도로기상 관측소 구분

도로기상관측소는 관측업무규정에 따라 다음과 같이 구분한다.

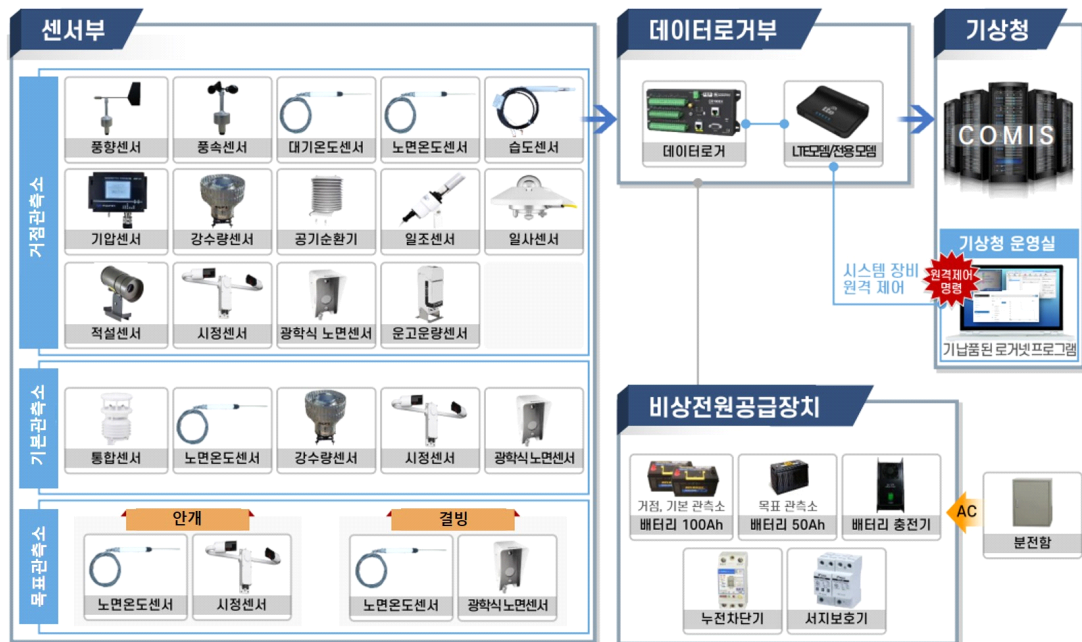
- (1) 거점관측소: 도로기상과 지상기상 관측을 같이 수행하는 거점이 되는 관측소
- (2) 기본관측소: 도로 상의 기상현상 파악을 위해 대기상태와 도로 노면상태를 관측하는 도로기상 관측의 기준이 되는 관측소
- (3) 목표관측소: 도로 상의 특정 기상현상(안개 또는 결빙)을 관측하는 관측소

5.2 관측요소 및 구성

도로기상관측은 [도로-표 1]과 같이 관측소에 따라 설치하되 필요에 따라 운영을 달리 할 수 있으며, 다음과 같이 센서부, 자료처리부, 부대장비 및 부대설비로 구성한다.

[도로-표 1] 도로기상 관측소별 관측요소

구분	관측요소	풍향 · 풍속	온도		습도	기압	강수량	적설	운고 운량	일사	일조	시정	노면 상태
			대기	노면									
	거점관측소	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	기본관측소	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	○	○
목표 관측소	결빙	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○
	안개	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-



[도로-그림 1] 도로기상관측장비 구성도

5.3 도로기상관측

5.3.1 노면상태와 노면온도

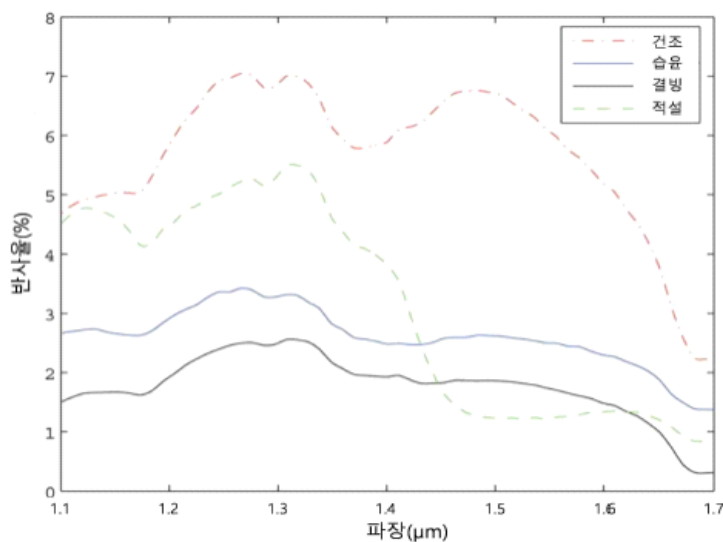
노면상태와 노면온도는 겨울철 도로살얼음(Black Ice) 예측정보에 필수적인 요소로 운전자에게 전방의 위험도로에 대한 정보를 제공하고, 도로의 해빙·제설 등 효율적인 도로관리를 수행하기 위한 기초자료로 활용된다.

(1) 노면상태 관측

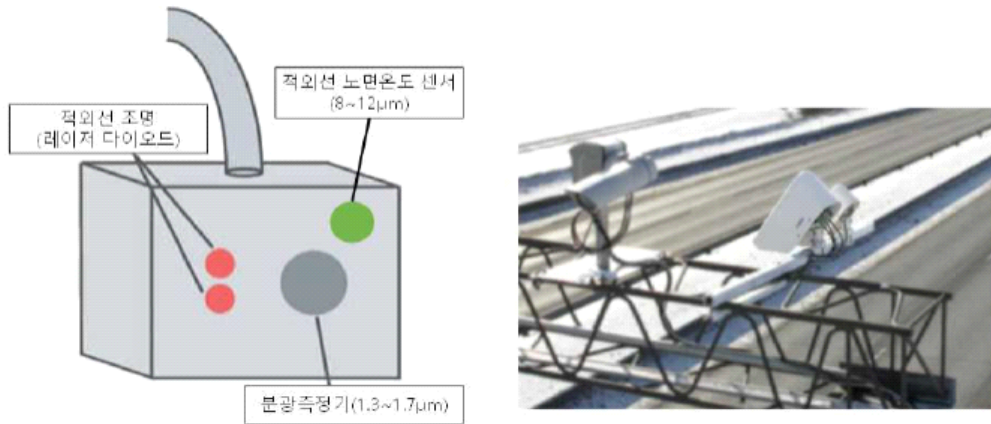
노면상태란 도로 표면의 상태(건조, 습윤, 서리, 결빙, 적설 등)로, 노면센서를 통해 실시간 관측한다. 노면센서는 노면에 남아있는 물기가 어는 현상을 관측하기 위해 어는 점 측정이 가능해야 하며 적외선 센서의 경우 차량통행에 의한 물튀김(splash)으로 인해 센서가 오염되지 않는 위치에 설치하는 것이 중요하다. 최근 도로 상에 CCTV 카메라 설치가 증가하고 있어 비전센서의 영상처리를 통해 도로상태를 감지하는 기술이 도입되는 등 노면상태 측정기술이 발달하고 있다.

(가) 적외선 센서기반 노면상태 측정기술

노면상태에 따라 광학적으로 근적외선 영역대의 분광분포가 다르게 나타나는 현상에 착안하여 특정 파장대(1.3, 1.5, 1.7 μm) 적외선 반사율 값의 비율을 활용한 것으로, 노면센서는 분광측정기, 적외선 조명, 열적외선 노면온도 센서, 대기 온·습도 센서로 구성된다.



[도로-그림 2] 노면상태에 따른 적외선 분광분포 특성



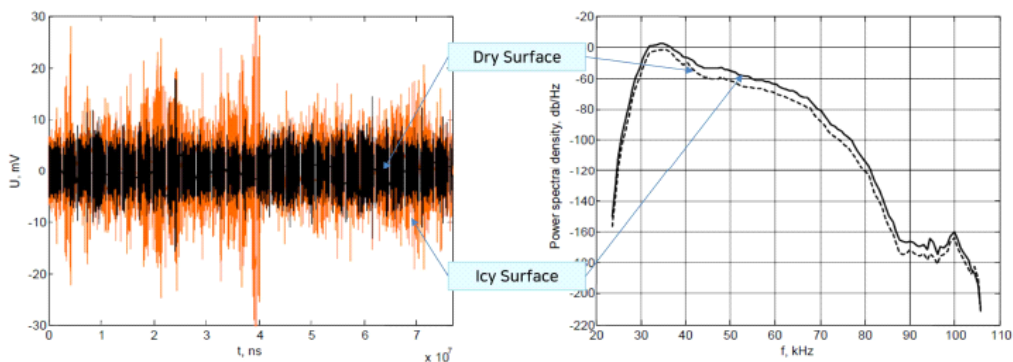
[도로-그림 3] 적외선 센서기반 노면센서 하드웨어 구성

노면센서는 도로포장, 중차량에 의한 파손 등의 문제로 인해 광학식 센서를 이용한 비매설식 노면센서를 주로 사용한다.

노면센서(광학식)를 설치할 때는, 인근 지역 도로 중 음영지역 등 노면의 온도가 가장 낮을 것으로 예상되는 지역에 설치하고, 다차로의 경우 최우측 차로로 오전 출근시간 통행량이 상대적으로 적은 차로방향에 설치하여 차량 통행의 영향을 최소화 하며, 검지위치는 차량바퀴에 의해 도로가 침하된 곳, 갓길이나 중앙분리대로부터 습기가 흘러나오는 곳은 피해야 한다. 한편, 관측차량 등에 부착하는 이동식으로 제작·활용이 가능하다.

(나) 초음파(Ultrasonic) 센서 기반 노면상태 측정기술

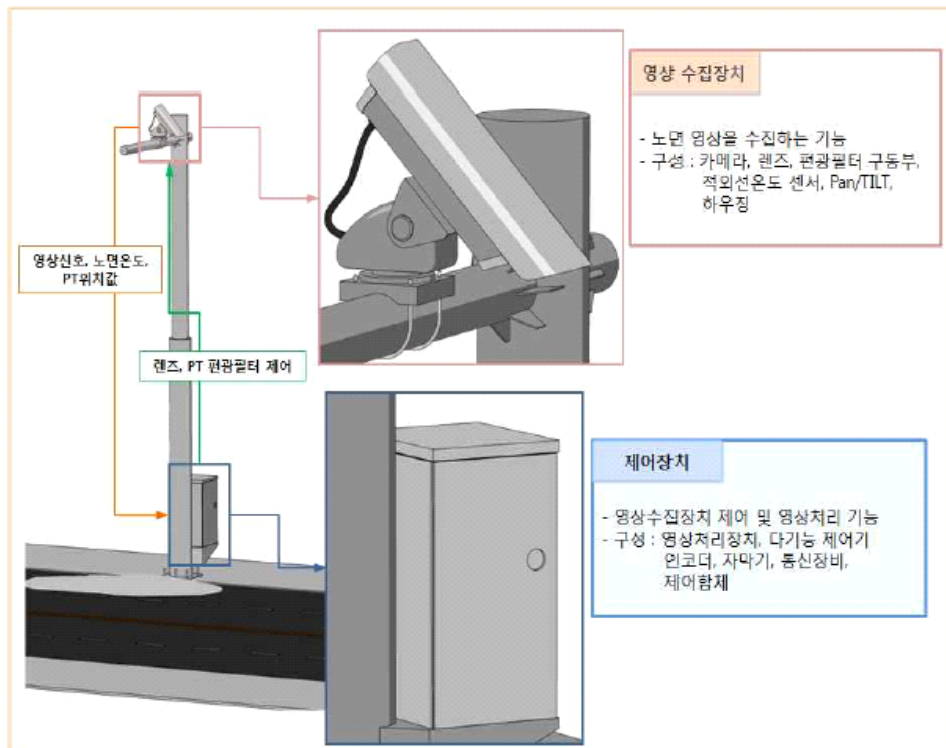
노면상태에 따라 상이한 초음파 패턴을 활용한 것으로, 차량 또는 도로변에 초음파 센서를 설치하여 노면으로부터 반사되는 초음파 센서 파형 데이터를 인공기술을 이용해 노면상태를 검지한다. 음향식 노면검지기술과 유사하게 다양한 노면상태에 대한 많은 인공지능 학습데이터를 수집하는 것이 중요하다.



[도로-그림 4] 노면상태별 초음파 파형 차이

(다) 비전 센서기반 노면상태 측정기술

영상 이미지를 이용하여 노면상태를 판별하는 것으로 영상수집장치와 제어장치로 구성되며 웨이블릿 패킷 영상처리 알고리즘이 전통적으로 사용되었으나, 최근에는 인공지능(AI) 기술 발달로 딥러닝(DL) 알고리즘 적용기술도 개발되고 있다.



[도로-그림 5] 영상기반 노면상태 측정시스템 구성도

(라) 음향(Acoustic) 센서 기반 노면상태 측정기술

주행중 차량을 통해 취득된 노면 소음을 인공지능(AI) 및 딥러닝(DL) 기술을 통해 분석·데이터화하여 노면상태를 판별하는 것으로 정확도 확보를 위해 각 노면 상태별로 주행중 발생하는 타이어 주행소리 데이터를 최대한 많이 확보하여 인공지능 학습하는 것이 중요하다.

(2) 노면온도 관측

노면온도는 겨울철 도로의 노면상태에 영향을 준다. 특히 비, 눈, 얼음싸라기, 안개 등이 0℃ 이하의 온도에서 차가운 노면과 접촉할 때 도로살얼음이 발생하고 이때 노면온도는 도로살얼음 발생 여부를 결정하는 중요한 요소이다.

노면온도는 접촉식, 비접촉식으로 관측할 수 있다.

접촉식의 경우, 도로와 같은 재질의 시편(試片)에 백금저항온도계를 부착하여 관측하는 것으로, 센서에 물이 고여 측정에 영향을 주지 않는 곳에 설치되어야 하고, 온도센서 수감부는 도로분진으로 인한 흡착, 부식, 마모 등 장비센서 및 외관상태를 확인하고 청결하게 유지하여야 한다.

비접촉식 노면온도는 물체에서 방출되는 적외선을 이용하는 것으로 주로 0.7~14μm의 파장대를 사용한다. 물질마다 고유의 방사율(Emissivity)이 다르므로, 노면 구성물에 따른 방사율을 조정해주어야 한다.

[도로-표 2] 물질별 방사율

금속 종류	0.9μm	1.6μm	비금속 종류	8~14μm
알루미늄	0.05 ~ 0.25	0.05 ~ 0.25	아스팔트	0.95
알루미늄(아노다이징)	0.2 ~ 0.4	0.1 ~ 0.4	콘크리트	1.95
크롬	0.28 ~ 0.32	0.25 ~ 0.3	석고	0.85 ~ 0.95
산화철	0.4 ~ 0.8	0.5 ~ 0.9	그라파이트	0.75 ~ 0.92
철	0.35	0.1 ~ 0.3	유리	0.8
금	0.02	0.02	고무	0.85 ~ 0.95
구리	0.06 ~ 0.2	0.06 ~ 0.2	나무	0.8 ~ 0.95
산화구리	0.5 ~ 0.8	0.7 ~ 0.85	분필	0.98
마그네슘	0.3 ~ 0.8	0.05 ~ 0.3	세라믹	0.85 ~ 0.95
황동	0.8 ~ 0.95	0.01 ~ 0.05	플라스틱	0.85 ~ 0.95
산화황동	0.65 ~ 0.75	0.65 ~ 0.75	대리석	0.85 ~ 0.95
산화니켈	0.8 ~ 0.9	0.4 ~ 0.7	피부	0.98
백금(black)		0.95	유성페인트	0.85 0.95
은	0.02	0.02	종이	0.85 0.95
용융철	0.3 ~ 0.3	0.2 ~ 0.25	도자기	0.85 ~ 0.95
산화강철	0.8 ~ 0.9	0.8 ~ 0.9	유리	0.8
강철	0.4 ~ 0.45	0.3 ~ 0.4	카본블랙	0.95
티타늄	0.5 ~ 0.75	0.3 ~ 0.5	내화벽돌	0.85 ~ 0.95
산화 티타늄		0.6 ~ 0.8	섬유	0.85 ~ 0.95
아연	0.6	0.4 ~ 0.6	Tone	0.95
산화아연	0.5	0.05	물	0.95
주석	0.25	0.1 ~ 0.3	시멘트	0.9

5.3.2 그 밖의 관측요소

제2편 지상기상관측의 관측방법과 같다.

5.4 지점선정 및 센서 설치기준

도로기상 관측은 일반적인 지상기상 관측환경과 달리 도로 상에서 발생하는 도로살얼음, 안개 등 국지적인 기상현상을 실시간 관측하기 위해 터널, 교량 등 도로위험기상이 많이 발생하는 취약구간에 설치하여야 한다. 또한, 도로에 근접하거나 도로 위에 센서가 설치되므로 관측장비의 안정적 운영과 작업자의 안전 확보 등을 위해 교통사고 위험성, 장비 보완성, 주변경관 저해성 등을 고려하여 관측지점을 선정한다.

- (1) 관측소별 설치간격은 거점 관측소 100km, 기본 관측소 20km로 원칙으로 하되, 관측소 설치를 위한 현장여건 등을 감안하여 조정할 수 있다.
- (2) 목표 관측소는 취약구간(결빙, 안개)에 설치하는 것을 원칙으로 하되, 교통안전에 필요하다고 판단될 경우 위 이외의 구간에도 설치할 수 있다.
- (3) 도로기상 관측소는 수전 및 통신망 확보가 가능해야 하고 [도로-표 3]에서 제시한 관측소별 최소 부지면적 확보를 원칙으로 한다. 다만, 타 구조물 지주를 공동으로 활용하는 경우에는 그러하지 아니한다.

[도로-표 3] 도로기상 관측소별 센서구성, 수집정보, 관측부지 최소면적

유형		센서 구성	수집정보	관측부지 최소면적
거점 관측소		11종(풍향·풍속계, 온도계, 강수량계, 적설계, 습도계, 기압계, 시정계, 운고운량계, 일사일조계, 노면센서)	대기상태, 노면상태	70m ²
기본 관측소		3종(통합센서, 시정계, 노면센서)	대기상태, 노면상태	35m ²
목표 관측소	결빙	1종(노면센서)	노면상태 (결빙여부 등)	10m ²
	안개	1종(시정계)	대기상태(시정)	10m ²

※ 관측소별 설치 센서 및 관측부지 최소면적은 주변 상황 및 여건에 따라 변경 가능

- (4) 거점 및 기본 관측소는 바닥면이 초지로 구성된 평지이어야 하고, 반경 15m 이내에 풍향, 풍속 등 기상요소에 영향을 미치는 장애물이 없는 곳에 설치함을 원칙으로 하되, 산악지역이 많은 국내 도로 여건, 관측소 운용 안전성 등을 감안하여 설치지점을 조정할 수 있다.
- (5) 관측소 설치지점 선정 시 지점별 복수의 후보지점을 조사하여 설치 용

이성, 데이터 신뢰성, 유지관리 용이성 등 평가요소를 활용하여 우선순위를 정할 수 있다.

- (6) 설치지점 선정 시 도로열지도를 활용하여 겨울철 도로살얼음 발생 가능성이 높다고 판단되는 구간에 관측소를 추가하거나 조정할 수 있다. 이 경우 도로열지도 작성을 위한 노면온도 측정은 국토교통부 제설대책기간(11월 15일~3월 15일) 중 야간 시간대(23~07시)에 수행함을 원칙으로 한다.
- (7) 현장조사자는 현장조사업무 수행 시 도로관리기관으로부터 사전신고 및 작업계획에 대한 허가를 득한 후 작업을 수행하고 도로법, 도로교통법 등에서 정한 안전수칙을 준수하여 안전사고가 발생하지 않도록 만전을 기해야 한다.
- (8) 관측소 설치지점 선정 시 주변 경관 저해성, 교통사고 위험성, 장비 보안성 등을 추가 고려할 수 있고, 관측소가 설치된 이후에도 식생 등 주변 환경 변화, 도로시설물 이설 등 변동성을 주기적으로 조사하여 필요 시 관측소를 이설하는 방안을 강구하여야 한다.
- (9) 현장 조사자는 관측소 설치지점 선정을 위해 [도로-표 4]에 따라 조사한다.

[도로-표 4] 관측소 지점선정을 위한 현장조사표

항목	세목	설명	내용
관측소 구분	관측소 구분	거점/기본/목표	
	목표 관측소 구분	결빙/안개	
지점 정보	호선명-색인번호	-	
	지점명/방향	지점명(양평향/창원향)	
	관리청	도로관리청 기입	
	주소	지번 주소	
	GPS 좌표	위도, 경도 37.76284435/	
	주변 시설물(거리)	자동염수분사장치/VMS 등 시설물	
	이정(km)	고속도로 이정	
	이격거리(m)	도로로부터 이격된 거리	
	도로면 고도(m)	해발고도	
	설치높이	도로~Base간 높이 차이	
	장애물	기상 데이터측정에 영향을 미치는 장애물	
	주변지역	산지/평지/해안/하천	
	ASOS 이격거리(km)	-	
	AWS이격 거리(km)	-	
	도로공사 전기시설물	CCTV/VMS/조명탑 등	
	전기시설물 관리번호	-	
	전기인입 가능한 전신주 거리(m)	북향 12시 기준 약 50m	
사진			

기상측기별 설치기준은 [도로-표 5]를 따른다. 다만, 장비 제조사가 정한 기준이 있는 경우 제조사가 제시한 기준을 따를 수 있다.

[도로-표 5] 도로기상 센서별 설치기준

센서	설치기준
기온	- 직사광선을 피해서 보호덮개 설치 - 지면으로부터 1.5~2m 높이 설치 - 설치지주로부터 암(Arm) 길이를 주 바람방향으로 1m 이상 확보
풍향·풍속	- 10m이상 높이 설치 - 바람의 흐름에 영향을 주는 장애물이 없는 곳에 설치(일반적으로 바람의 흐름에 영향을 주는 지장물 높이로부터 10배 이상떨어진 지점 설치) - 풍향센서는 진북 방향에 맞게 설정
강수량 (전도형)	- 차량통행에 의한 도로 상 오염물질에 의한 영향을 받지 않도록 설치 - 차량의 이동에 의한 진동이 없는 곳에 설치
시정·현천	- 운전자 눈높이를 고려하여 도로면에서 2~3m 높이에 설치 - 광학센서특성을 고려하여 태양광이나 주변의 빛이 수광부에 들어가지 않도록 설치
적설	- 지면에서 수직으로 약 1m 높이에 설치 - 초음파 또는 적외선 센서 방식 주로 사용
일사	- 도로에 반사된 빛의 영향을 최소화 하기 위해 노면에서 최소 3m 높이에 설치
노면온도, 노면상태	- 노면센서는 인근지역 도로 중 노면의 온도가 가장 낮을 것으로 예상되는 음영지역에 설치 - 다차로의 경우 모든차로에 설치하는 것이 최적이나, 1개 차로에만 설치해야 한다면 최우측 차로에 설치하고 설치방향은 오전 첨두시 통행량이 상대적으로 적은 방향에 설치하여 차량 통행에 노면상태 영향 최소화 - 차로 내 위치는 안쪽 차량바퀴가 통행하는 위치를 검지하도록 설치 관측자료의 신뢰성 확보를 위해 검지위치가 차량바퀴에 의해 침하된(소성변형) 곳은 피해서 설치 - 갓길이나 중앙분리대로부터 습기가 흘러나오는 곳은 피해서 설치 - 차로의 중간은 가장자리에 비해 온도가 1℃가량 높으므로 차로 중앙을 측정하는 것은 지양 - 노면홈파기(Grooving)가 시공된 지점의 경우 노면 상단부(Tope of Groove)에 관측점이 위치하도록 설치

5.5 장비규격

노면센서와 통합기상센서의 표준 기술규격은 [도로-표 6] 및 [도로-표 7]와 같이 한다.

[도로-표 6] 노면센서 및 통합기상센서의 표준 기술규격

【 도로기상관측장비의 표준 기술규격 ('23. 6. 20.) 】

관측센서	내용
노면센서	○ 도로상 표면(이하 노면)의 노면온도, 노면상태(마름, 젖음, 눈, 결빙 등)를 측정하는 센서 ○ 측정방식: 비접촉 광학식(고정형) ○ 노면온도 - 측정범위: - 40 ℃ ~ + 60 ℃ - 정 확 도: ± 0.8 ℃ 이내 - 분 해 능: 0.1 ℃ ○ 노면상태 - 운용환경: -40 ℃ ~ +60 ℃ - 측정주기: 1분 이내(조정 가능) - 방진방수등급: IP65 이상
통합 기상센서	○ 2개 이상의 기상요소를 하나의 구조물에 통합하여 기상관측을 하는 센서 ○ 기상청 고시 「자동기상관측장비의 표준규격」의 제7조(관측센서의 표준규격)을 준수하여야 함.

[도로-표 7] 신호 및 자료처리의 표준 기술규격

【 도로기상관측장비의 표준 기술규격 ('23. 6. 20.) 】

관측요소	내용
노면상태	○ 구분: 마름, 젖음, 눈, 결빙 등 노면상태 ○ 자료처리 시간간격: 1분
통합 기상센서	○ 기상청 고시 「자동기상관측장비의 표준규격」의 제9조(신호 및 자료처리의 표준규격)에 따라 통합 기상센서 자체에 자료처리 기능이 있거나 별도의 자료처리기로 전송할 수 있는 기능이 있어야 함

그 외 관측요소는 종관기상관측장비(ASOS)와 같다.

5.6 점검 및 보수

5.6.1 용어의 정의

- (1) “정기점검”이라 함은 자동기상관측장비 및 관련 시스템의 고장에 대비하여 일정한 주기로 소프트웨어 및 하드웨어 등을 점검하는 것을 말한다.
- (2) “수시점검”이라 함은 위험기상 현상이나 기상재해를 대비하여 불시에 행하는 임시점검을 말하며, 이때의 수시점검은 정기점검을 실시한 것으로 대체할 수 있다.
- (3) “긴급보수”라 함은 자동기상관측장비가 명백한 고장 또는 장애가 발생하여 현장에서 긴급히 행하는 고장수리 또는 장애조치를 말한다.

5.6.2 업무의 범위

- (1) 도로기상관측장비의 점검 및 보수 업무는 구매·유지보수 대행역무 계약기관 또는 유지보수업체에서 수행한다
- (2) 구매계약에 의한 하자보증기간 중인 관측장비는 제작·납품회사가 점검 및 보수의 책임을 지며, 하자보증 관리업무는 대행역무 계약기관에서 수행한다.

5.6.3 점검 및 보수방법

- (1) 점검 및 보수는 정기·수시점검 및 긴급보수로 구분한다. 정기·수시점검 그 중 1회는 기상측기검정규정에 의한 현장검정과 병행할 수 있다.
- (2) 정기·수시점검 및 보수는 [도로-표 8]에 따라 실시하고, 그 결과를 기상관측 종합관리시스템(MTMS) 등을 통해 기록 유지해야 한다.
- (3) 점검 및 보수방법은 도로기상관측장비 유지보수 대행역무 계약의 수행방법에 따른다.
- (4) 도로기상 관측장비의 점검 및 정비는 장비관리자의 안전을 위하여 2인 1조로 하는 것을 원칙으로 하며, 낙상, 화재, 차량, 감전·끼임 및 야외사고 등을 예방하기 위한 안전수칙과 매뉴얼 안전수칙을 준수하여 점검을 실시하여야 한다.

[도로-표 8] 도로기상관측장비(RWS) 점검표

도로기상관측장비(RWS) 점검표					
☐ 거점 / 기본 / 목표(안개, 결빙) ☐ 지점명(ID): () 자료수집기 S/N : 점검종류: 정기 · 수시					
점검부	점검 요소	점검사항	점검결과 (양호○, 불량×)	비고 (S/N 등)	
센서부	풍향센서	외관상태, 베어링 구동상태 점검 및 풍향 값 변화상태 확인			
	풍속센서	외관상태, 베어링 구동상태 점검 및 풍속 값 변화상태 확인			
	대기온도센서	센서 청결 및 온도 값 변화상태 점검, 센서 저항값 측정	C / Ω		
	노면온도센서	센서 청결 및 온도 값 변화상태 점검, 센서 저항값 측정	C / Ω		
	습도센서	센서 출력전압 측정(0~1 V, 0~100 %) 및 청결상태	V / %		
	공기순환기	공기순환기 청소 도장 및 고정상태 점검		RPM	
		공기순환기 FAN 작동상태 및 작동여부 점검			
	기압센서	수감부 이물질 부착상태 점검, 데이터 변화상태 점검			
	강수량센서 (전도형)	강수량계 수평 유지상태 점검			
		내 · 외부 청결상태 점검			
		리드 스위치 점접 작동상태 점검			
		바이메탈 상태 점검			
		구조물 상태점검			
	시정센서	렌즈 청결상태(거미줄 제거 등), 정상 자료값 확인			
	광학식 노면센서	렌즈 청결상태(거미줄 제거 등), 정상 자료값 확인(노면상태 온도)			센서위치 이동
전용 툴을 이용한 커미닝 작업 유무 확인					
도로측정지점 변화상태 유무 확인 ex) 포트홀, 균열, 도로포장 등					
통합센서	풍향·풍속, 온도, 습도, 기압 등 자료 값 표출상태 확인				
자료 처리부	자료처리기 (CR1000X)	자료표출 상태 점검			
		전원, 통신라인 등 결선여부 확인			
전원부	배터리, 전원공급기 등	상전입력 전압측정(AC 220V)	DCV	배터리 생산일자 · · ·	
		입력전압 및 AC전원차단후 전압측정(배터리)	DCV		
		DC전압 측정, 상전 차단 후 작동여부 파악(전원공급기)	V /		
통신부	모뎀(LTE) 등	전원 유입(DC), 송·수신 확인(모뎀), 포트 정상유무 확인			
낙뢰 보호부	피뢰접지	접지저항 측정(년 1회)	Ω		
	서지보호기	도통 상태 점검			
	인하도선	접지 연결상태			
부대장비 및 설비	첼답, 지선, 펜스 등 부대시설 및 설비	고정 및 부식상태 확인(관측센서 등 결합 포함)			
		각종 선로(테이더, 전원, 통신)정리 상태			
특이 사항	※ 사전보고일시 : 20 년 0월 0일 0시 0분 통화자 : 주요통화내용 : ※ 검정요청일시 : 20년 0월 0일 0시 0분 통화자 : 최근 검정 일자 : ※ 주변 관측환경 변화 요소(8방위 사진 첨부):				

위와 같이 점검을 실시하였음을 확인함.

20 년 월 일, 시 분 ~ 시 분

점 검 자 : 용역사명	직위·급	성명	(인)
확 인 자 : 기관명(설치장소)	직위·급	성명	(인)
확 인 자 : 수요기관(한국기상산업기술원)	직위·급	성명	(인)

〈 부 록 〉

1. 기압 측정

1.1 수은기압계

1.1.1 개요

- (1) 수은기압계(Fortin형)는 토리첼리(Torricelli)실험의 원리를 이용한 기압계로 프랑스 기계기사 Fortin에 의해 고안된 측기이다.
- (2) 주요부분은 수은조(水銀槽), 부착온도계, 기압눈금 및 부척(副尺)으로 이루어져 있으며, 기압 눈금은 mmHg 또는 hPa 단위로 새겨져 있다.
- (3) 수은기압계에 의한 관측값은 온도와 중력의 영향을 받으므로 이에 대한 보정이 필요(기차보정도 필요)하므로 3가지 보정을 한 값이 관측지점의 ‘현지기압’ 값이며, 현지기압을 해면 경정한 것이 ‘해면기압’ 값이다.
- (4) 수은기압계의 오차는 기압계실 내부의 급격한 기압변화, 부착온도계의 불확도, 진공상태의 불량, 수직성 결여 등에 의해 발생할 수 있다.
- (5) 수은을 사용하면 밀도가 크기 때문에 관을 짧게 할 수 있고, 포화증기압이 작고 표면장력은 크기 때문에 유리면을 적시지 않는다.
- (6) 관내의 액체표면은 모세관현상에 의하여 담긴 액체의 종류에 따라 관벽이 중앙에 비해 올라가기도 하고 내려가기도 하여 일종의 곡면을 만드는데 이 곡면을 ‘메니스카스’ 라고 하고, 수은주는 중앙부의 볼록면이 튀어 올라 한눈에 보이기 때문에 읽기가 쉽다.
- (7) Fortin형 수은기압계에 의해 기압을 관측할 경우 기압 P와 높이 h의 관계는 다음 식과 같이 표시된다.

$$P = \rho gh = \rho_o g_o h_o$$

(ρ : 수은의 밀도, g : 중력가속도, ρ_o , g_o , h_o : 표준조건 하에서 수은의 밀도, 중력가속도 및 수은주의 높이)
표준온도는 0 ℃로 한다. 수은은 비압축 유체로, 0 ℃의 밀도 ρ 를 13.5951 g/cm³로 한다.
표준중력가속도 g 는 980.665 cm/s²로 한다.

- (8) 수은의 밀도는 온도에 따라 변하며 중력가속도도 장소에 따라 변하기 때문에, 수은주의 높이 h는 기압뿐만이 아니라 수은밀도와 중력가속도에 따라서도 변한다. 원리적으로는 수은주의 높이 h를 측정하여 위의 식에

따라 P를 산출하는 것인데, 관측의 편의상 높이 대신에 직접, 표준 상태의 기압 눈금(hPa)을 새겨 놓은 기압계를 사용한다. 그리고 이 밀도 값을 보편적인 관측값으로 만들기 위해서는 수은의 온도, 온도에 의한 신축, 중력가속도에 관한 보정을 할 필요가 있다.

1.1.2 설치방법

- (1) 기압계실은 온도의 변화가 적은 곳을 택해야 하고 바람의 영향을 적게 받는 곳을 택하는 것이 좋다. 가급적 직사광선을 피하는 건물 북쪽에 설치하고, 기압계실을 설치하기 어려울 경우 사람의 왕래가 드문 사무실 벽에 설치한다.
- (2) 기압계실에는 창이 없는 것이 이상적이지만, 창이 있을 경우 밖으로 햇빛을 가리는 커튼을 다는 것이 좋다.
- (3) 기압계실은 외기(外氣)의 유동(流動)을 줄이도록 이중창으로 하며, 출입문은 미닫이로 하여 실내 공기운동을 최소화해야 한다.
- (4) 주변에서 화기를 사용하는 곳은 피한다.
- (5) 소음 또는 진동에 영향을 받지 않도록 수은기압계의 설치대는 사방 약 25 cm의 나무나 철근 콘크리트의 네모난 기둥에 연직으로 설치한다. 철근 콘크리트 건물이면 그 기둥이나 벽에 걸어도 무방하다.
- (6) 설치대와 마루바닥과는 약간 사이를 띄우고 그 사이에는 솜이나 석면 등을 끼워서 마루바닥의 진동과 습기 또는 바람의 유통을 방지한다.
- (7) 기압계의 높이는 수은주의 두부가 대략 키가 작은 관측자의 눈높이에 맞도록 한다.
- (8) 수은기압계는 먼저 걸이판의 위아래 두 부분을 설치대에 견고하게 고정시킨 다음, 기압계의 윗고리를 걸고 걸이판 밑고리에 붙어 있는 3개의 나사못으로 수직이 되도록 조정한다.
- (9) 기압계는 하단에 붙어 있는 3개의 고정나사를 조정해서 수은주가 연직이 되도록 건다. 연직에서 1° 기울어지면 실제보다도 약 0.05 hPa 높은 기압이 나타난다.
- (10) 기압계의 해발 고도는 평균해면으로부터 상아침 선단까지의 높이이며, 미터의 10분수까지 측정해야 한다.
- (11) 부착한 직후는 수은 용기의 수은이 안정되지 않으므로 하루정도 방치해 두었다가 관측을 시작한다.

1.1.3 관측방법 및 주의사항

- (1) 먼저 부착온도계의 눈금을 읽는다. 관측자가 측기에 접근하게 되면 부착온도계는 체온 영향을 먼저 받기 때문에 관측 시 제일 먼저 부착온도계의 눈금을 읽는다.
- (2) 기압계 하단에 붙어 있는 조정나사로 수은면을 서서히 올려 상아침 선단과 수은면이 대략 일치하도록 한다.
- (3) 수은조 또는 수은주 상단에 해당되는 구리쇠관을 손가락 끝으로 가볍게 두드리 수은조의 수은면이나 수은주 상단의 메니스커스(Meniscus)의 형태를 정상화시킨다.
- (4) 기압계 하단의 나사를 주의 깊게 회전시켜 상아침 선단이 수은면에 겨우 접촉되도록 한다. 그 방법은 다음과 같다.
 - (가) 기압계 결이판에 붙어 있는 백색 유리판에서 충분한 반사광이 비치도록 한다.
 - (나) 수은조 내부는 어느 정도 그늘이 지도록 한다.
 - (다) 눈의 위치는 상아침 선단보다 약간 높게 한다.
 - (라) 기압계 하단에 붙어 있는 나사못을 돌려서 수은면을 올려 상아침 선단과 수은면 사이에서 약간의 빛이 보일 정도로 한다.
 - (마) 다음엔 주의 깊게 나사못을 돌려서 그 이상 더 돌리면 상아침과 수은면 사이에서 빛이 보이지 않게 되는 곳에서 정지한다. 이때에 수은면을 너무 올리지 않도록 주의해야 하며 수은면에 굴곡이 생기게 해서는 안 된다.
 - (바) 일반적으로 수은면을 지나치게 올려서 생기는 오차가 수은면에서 약간의 빛이 남았을 때에 생기는 오차보다 크다. 이외의 조정 방법으로는 수은면이 깨끗이 빛나고 있을 때 눈의 위치를 조금 높게 하고 상아침과 수은면에 비친 바늘 그림자의 끝이 꼭 일치되도록 수은면을 서서히 올리는 방법과 또 수은면을 일단 올려서 상아침과 닿는 수은면에 적은 굴곡을 만들고 이 굴곡이 해소될 때까지 수은면을 서서히 내리는 방법 등이 있다.
 - (사) 오래되어 수은면에 산화된 찌꺼기가 끼게 되면 상아침과 수은면의 접촉 정도를 판별하기가 어렵게 되므로 수은면이 몹시 더럽혀진 때에는 수은을 걸러서 수은면을 깨끗하게 해 두어야 한다.
- (5) 눈을 수은주의 상단과 같은 높이에 두고 손잡이를 돌려 부척의 하단(기점선)과 수은주의 상단 메니스커스의 가장 높은 부분이 같은 시선 상에

수평으로 일치되도록 한다. 이때 수은주의 메니스커스 정상과 부척의 하단 기점선이 동일 수평면상에서 일치되고 그 사이에서 빛이 보일 듯 말 듯 하는 곳에서 조정해야 한다. 일단 조정이 되었으면 눈의 높이를 상하로 움직여서 확인한다.

- (6) 부척의 하단 기점선과 수은주의 메니스커스 정점이 정확히 일치하면 주척과 부척을 써서 시도를 읽는다.
- (7) 기압계 시도의 관측이 끝나면 수은조의 수은면을 내려서 상아침과 약간 틈이 생기게 한다. 수은면을 너무 많이 내려도 안 되지만 상아침과 수은면을 오랫동안 접촉시킨 대로 방치해 두면 수은조 유리면이 흐려져서 관측에 지장을 줄 뿐만 아니라 수은면의 산화를 더욱 촉진하는 결과가 된다.
- (8) 부착온도계의 눈금을 읽기 시작해서 기압계의 시도를 읽는 데까지의 시간은 가능한 한 빠르게 하여 1분 이내에 끝내야 한다. 수은기압계에 백열전구를 가까이 대고 관측하는 것은 전구로부터 열을 받게 되므로 주의를 요한다.

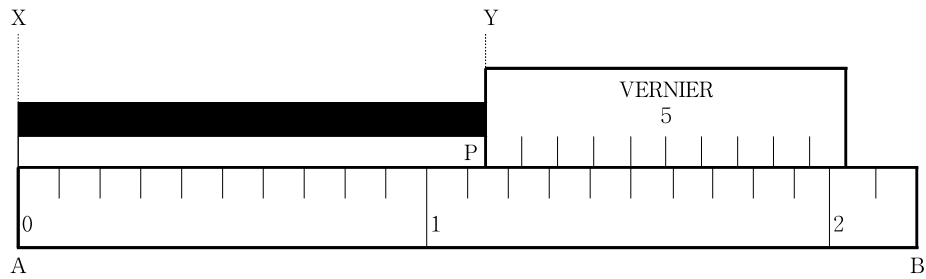
1.1.4 부척을 읽는 요령

- (1) 기압계와 같은 몇몇 기상측기에는 부척(副尺)이라 부르는, 움직이는 작은 자(尺)가 부착되어 있다. 이것은 고정된 주척(主尺)의 두 눈금 사이를 세분하여 관측하는 데 이용된다.
- (2) 부척의 눈금은 주척의 9눈금에 해당하는 길이를 10등분하여 나누어져 있다. 주척 1눈금의 길이를 S라 하고 부척 1눈금의 길이를 V라고 하면 S와 V의 관계는 다음과 같다.

$$V = \frac{9}{10} S \quad S - V = S - \frac{9}{10} S = \frac{1}{10} S$$

이 식에 의하여 양 눈금의 차는 1/10, 즉 0.1인 것을 알 수 있다. mm 눈금의 수은기압계라면 양 눈금의 차는 0.1 mm인 것이다.

- (3) [그림 43]의 예에서 측정대상인 XY의 길이는 1.14 cm가 된다. 주척인 AB만으로는 XY의 길이가 1.1 cm와 1.2 cm 사이에 있음을 알 수 있으나 1.14 cm로 확정하기는 힘들다. 그러나 부척(vernier)을 움직여 그 끝을 Y에 맞춘 다음 부척과 주척의 눈금이 일치하는 곳의 부척눈금을 보면 Y로부터 4번째임을 알 수 있다. 따라서 XY의 길이는 1.14 cm인 것이다.



[그림 43] 부척 읽는 방법

- (4) 여기서 부척의 원리를 살펴보면, 주척의 한 눈금이 1 mm인 반면 부척의 한 눈금은 0.9 mm가 되어 두 눈금의 차이가 0.1 mm 되게 만들어져 있다. [그림 43]에서 1.1 cm 눈금과 부척의 끝(Y점)의 간격인 P는 결국 4 눈금에 해당하는 주 · 부척 차이이므로 0.4 mm가 되는 것이다.

1.1.5 기압값의 보정

수은기압계의 시도에서 현지기압(관측지점의 기압)을 해면기압으로 변환하려면 다음의 순서로 (1)기차보정, (2)온도보정, (3)중력보정, (4)해면경정을 실시해야 한다.

(1) 기차보정

수은기압계의 유리관 내의 수은주 상단은 모세관 작용으로 가운데가 볼록하게 되어 있기 때문에 실제 높이보다 어느 정도 높게 나타난다. 이 영향은 관의 내경의 대소와 메니스커스의 높이에 따라서 변화하며 보통 Fortin형 수은기압계는 0.2~0.3 mm 정도가 된다. 그러므로 기차를 될 수 있는 대로 작게 하기 위하여 상아침 선단이 척도의 0선보다 다소 높게 제작되어 있다. 이와 같이 하여도 약간의 오차는 있게 되는데 이것을 기차라 하며 기계마다 다르다. 기차는 측기 검정증명서에 기재되어 있다.

(2) 온도보정

일반적으로 온도보정은 기차보정에 비하면 큰 비중을 차지한다. 기압계의 척도는 그 온도가 빙점(0 ℃)일 때에 정확한 길이를 나타낸다. 온도가 높으면 수은주의 높이는 높게 나타나고 온도가 낮으면 낮게 나타난다. 따라서 수은의 온도가 빙점이 아니기 때문에 생기는 오차를 보정해야 한다. 온도보정은 이 두 가지 보정을 일괄해서 한다.

기차보정을 한 기압시도를 H mm로 하고 부착 온도계의 시도에 기차보정을 한 온도를 t °C, 수은의 체적 팽창계수를 μ , 척도의 선팽창계수를 λ 로 하면 온도보정치(Ct)는 다음 식으로 산출할 수 있다.

$$Ct = - H \frac{(\mu - \lambda)t}{1 + \mu t}$$

$$(\mu = 18.18 \times 10^{-5} (^\circ\text{C})^{-1}, \lambda = 1.84 \times 10^{-5} (^\circ\text{C})^{-1})$$

따라서 위 식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$Ct = - H \times \frac{0.0001634t}{1 + 0.0001818t}$$

이 Ct의 값을 여러 가지 온도에 대하여 계산한 것이다. 지상기상상용표의 온도보정표이다. 온도보정치는 빙점 이상에서는 음수 (-)가 되고 빙점 이하에서는 양수 (+)가 된다.

온도보정에 사용하는 온도는 부착온도계의 보정된 관측값을 사용해야 한다.

(3) 중력보정

기압계의 시도에 기차보정과 온도보정이 끝나면 중력보정을 해야 한다. 중력보정은 표준중력(980.665 dyne)이 작용하는 때의 수은주의 높이로 보정하는 것을 말한다. 중력보정값은 관측소의 중력값에 따라서 달라지며 한 관측소에서는 기차 및 온도보정을 한 기압계의 시도에 의해서 변하는 값이 된다.

중력보정값을 계산하기 위하여서는 관측소의 중력에 대한 실측값이 필요하다.

표준중력을 g_o , 관측소의 중력을 g, 기차 및 온도 보정을 한 기압계의 시도를 H, 표준 중력으로 보정된 기압을 H_o 라 하면 중력 보정치 C_g 는 다음과 같다.

$$C_g = H_o - H = H \frac{g - g_o}{g_o}$$

관측소의 중력이 표준중력보다 클 때에는 보정치는 양수 (+)가 되고 작을 때에는 음수 (-)가 된다.

중력의 실측치가 없는 관측소에서는 부근의 실측치를 가지고 내삽법에 의해서 계산하든가 Helmholtz의 식에 의해서 계산한다.

위도 ϕ 에 있어서의 해면의 중력 $g_{\phi_0} (cm \text{ sec}^{-2})$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$g_{\phi_0} = 980.616(1 - 0.00263\cos 2\phi + 0.0000059\cos^2 2\phi)$$

평균 해수면(M.S.L)으로 부터 높이 $\bar{H}$ 의 중력 g 는 다음과 같다.

$$g = g_{\phi_0} - 0.0003086\bar{H} + 0.0001118(\bar{H} - \bar{H}')$$

이 식에서 $\bar{H}'$ 는 관측소(H)를 중심으로 반경 150 km 이내의 평균 해수면고도를 표시하는 것이다. $\bar{H}'$ 를 정확히 계산하기는 어려우며 지형도를 이용하여 계산하든가 $\bar{H} - \bar{H}' = 0$ 으로 하여도 결과에는 그다지 큰 영향이 없다.

(4) 해면경정

일기도를 그리기 위하여서는 기압을 평균해수면에서의 기압값으로 고쳐야 한다. 기압은 해발고도가 높을수록 감소되기 때문에 여러 관측지점의 기압을 서로 비교하기 위하여서는 평균 해수면의 값으로 고쳐야만 된다. 이것을 기압의 해면경정이라고 한다.

해면경정을 하려면 공기기둥의 가온도를 T_v , 건조공기 1 g의 기체상수를 R, 기압계의 해발고도를 h라 할 때 h에 있어서의 기압 P와 해면기압 P_o 와의 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

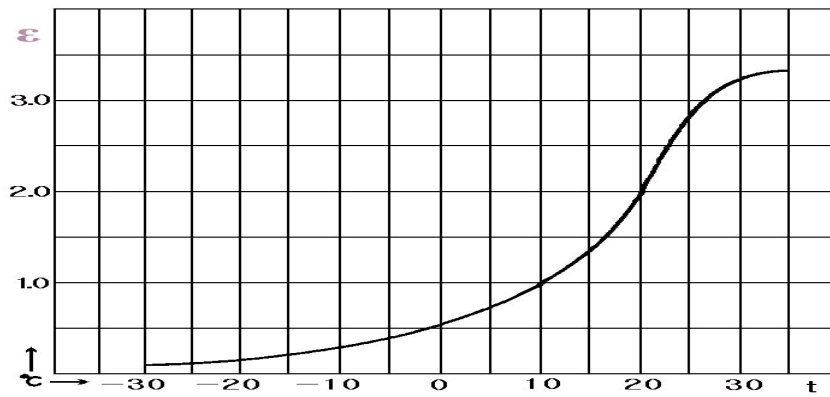
$$\ln \frac{P_o}{P} = \frac{1}{R} \int_0^h \frac{g dz}{T_v}$$

g 는 관측소의 중력치를 MKS 단위로 표시하고 평균 가온도 $\bar{T}_v = \frac{h}{\int_0^h \frac{dz}{T_v}}$ 를 고려하면 $P_o = P \exp[gh/R\bar{T}_v]$ 가 된다.

따라서 해면경정값 ΔP 는 다음과 같다.

$$\Delta P = P_o - P = P (\exp[gh/R\bar{T}_v]-1)$$

여기에서 $\bar{T}_v = 273.16 + \bar{t} + \bar{\varepsilon}$ 이고 $\bar{t}$ 는 공기기둥의 평균기온, $\bar{\varepsilon}$ 는 대기가 습기를 포함하고 있기 때문에 생기는 영향으로 평균기온에 의해서 정해지는 함수이며 통계적으로 구한다. $\bar{\varepsilon}$ 와 $\bar{t}$ 의 관계를 표시하면 [그림 44]과 같다.



[그림 44] $\bar{\varepsilon}$ 과 $\bar{t}$ 의 관계

$\bar{t}$ 은 기온체감률을 0.5 °C/100 m로 하여 구한다. R의 값을 287.04로 취하면 해면경정값은 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$\Delta P = P\{\exp[gh / 287.04(273.16 + \bar{t} + \bar{\varepsilon})] - 1\}$$

이 식을 이용하여 ΔP 의 값을 기온 t 와 기압 P 의 함수로써 계산하여 표로 만든 것이 해면경정표이다.

1.1.6 취급 및 점검

(1) 진공 상태 점검

- (가) 기압계의 유리관 머리 부분은 진공이 잘 유지되어야 한다.
- (나) 조절나사를 돌려 수은주의 상부가 절창 상면을 약간 가릴 정도로 되게 한다.
- (다) 황동관을 2~3회 손가락으로 가볍게 친 후 수은을 안정시킨다.

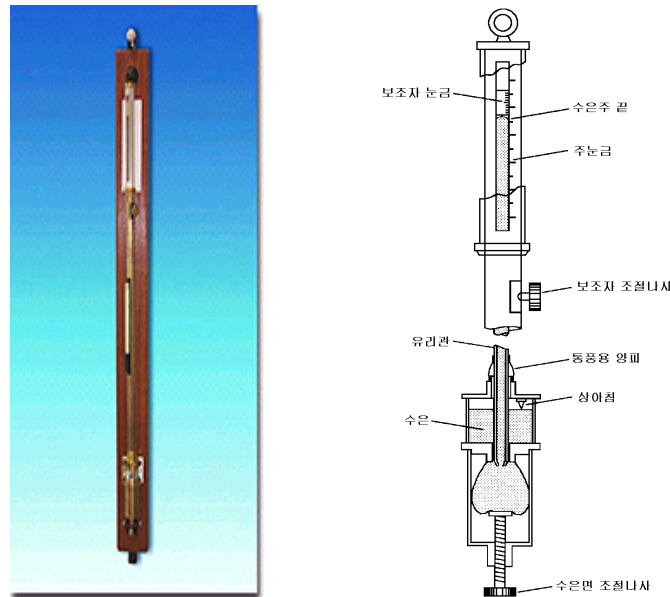
(라) 몸체를 양손으로 꼭 잡고 30° 정도 서서히 기울이면서 수은주가 유리관 머리 부분에 부딪히는 금속음이 들리는가를 확인한다(소리가 없으면 진공도가 불량한 것임).

(마) 수은주에 기포발생 여부를 확인한다(기포가 없어야 함).

1.1.7 운반 요령

- (1) 수은기압계는 예민한 기계이므로 취급과 운반에 특히 주의를 요한다. 가장 안전한 방법은 기압계를 멜빵이 달린 가죽이나 나무 케이스에 넣어 거꾸로 세워 운반하는 것이다. 운반책임자가 없이 운반할 때에는 수은조를 위로 세운 채 상자 속에 넣어 운반해야만 한다.
- (2) 먼저 기압계 하단에 있는 나사를 우측으로 돌려서 유리관과 수은조 안이 수은으로 꽉 차도록 해야 한다. 유리관 안에 수은이 꽉 차면 유리관 꼭대기에 수은이 닿아 금속성의 소리가 나거나 가볍게 돌아가는 나사가 갑자기 무거워진다. 이때에 무리하게 나사를 돌리면 수은조의 피대나 기타 틈새에서 수은이 새어 나오게 되므로 특히 조심해야 한다.
- (3) 수은이 유리관과 수은조에 꽉 채운 다음에는 기압계를 천천히 거꾸로 세워서 수은조가 위로 가게 한다(거꾸로 세워서 운반하는 것은 공기가 유리관 안에 들어가는 것을 방지하기 위함).
- (4) 수은조의 나사를 2~3회 풀어서 양피 부분과 나사의 앞부분과의 사이에 적은 틈을 만들어 둔다(운반 도중에 온도상승으로 인하여 수은이 팽창되어 유리관이 파손되거나, 양피주머니에서 수은이 누출되는 것을 방지하기 위함).
- (5) 거꾸로 세워 케이스에 넣은 상태로 운반한다.
- (6) 가급적 사람이 직접 운반하며 연직운반을 원칙으로 하되 30° 이상 뉘어서는 안 된다.
- (7) 원거리에 운반할 때에는 수은조 밑의 나사를 2~3회 더 늦추어서 가죽 케이스에 넣어 가지고 운반한다.
- (8) 운반이 끝난 기압계를 걸이판에 걸 때에는 기압계를 거꾸로 세운 채로 가죽 케이스에서 꺼내기 전에 나사를 조여 양피 밑창과 나사의 윗부분이 완전히 닿게 한 다음에 가죽 케이스에서 끄집어내어 서서히 바로 세운다.
- (9) 양피 밑창과 수은과의 사이에 간격이 있는 채로 급격히 바로 세우면 기계의 일부분에 수은이 움직이면서 급격한 압력이 가해져 관내에 공기가 들어갈 염려가 있으니 조심해야 한다.

- (10) 바로 세웠으면 앞에 설명한 요령에 의해 설치하고 수은조의 나사를 풀어 수은면을 낮추어 상아침 선단과 수은면을 적당한 간격으로 띄어 놓는다. 새로 설치한 수은기압계는 약 24시간 경과한 후 수은이 안정된 다음에 관측해야 한다.
- (11) 사용하지 않는 수은기압계를 걸어 둘 때에는 수은조의 수은면을 천정까지 올려서 둔다. 그렇지 않으면 수은조의 유리면이 흐려져서 못 쓰게 된다.



[그림 45] 수은기압계와 모식도

1.2 아네로이드기압계 (Aneroid barometer)

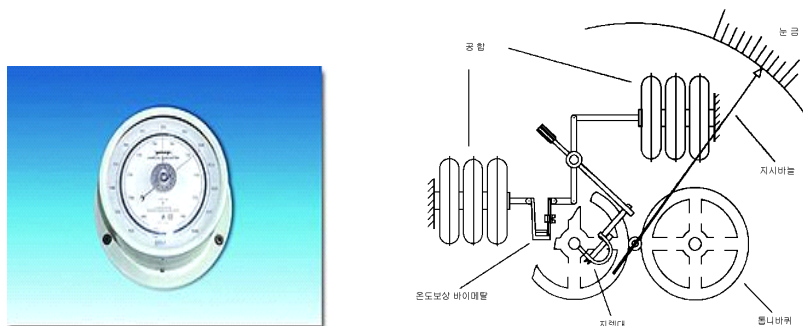
1.2.1 개요

- (1) 아네로이드기압계 또는 공합(空盒, 금속용기)을 이용하기 때문에 공합기압계라고도 한다.
- (2) 접시모양의 얇은 금속동판(공합) 2장을 대칭으로 회전축에 평행 연결시켜 놓고 주변을 밀봉한 다음 공합(空盒) 내부의 공기를 빼내어 진공상태로 하면, 공합은 찌그러지는 것과 같이 변형되어 금속의 탄성과 기압이 평형을 이루게 된다. 이러한 원리를 이용하여 기압이 변화함에 따라 수축과 팽창으로 공합의 두께가 변하는데, 이 공합의 움직임을 지렛대를 이용해 확대시켜 지침을 움직이게 하여 기압눈금이 표시된 눈금판으로부터 기압을 읽을 수 있도록 한 기기이다.
- (3) 아네로이드기압계의 성능은 대기 온도가 20 ℃일 때 정확성이 높다.

- (4) 이 기압계는 비교적 소형이며 가볍기 때문에 운반할 때 편리하고 취급이 간단한 반면, 수은기압계보다 정밀도가 낮은 단점이 있다.
- (5) 공합이나 보조용수철의 탄성이 온도에 따라 변하므로 그 영향을 제거하기 위해 종전에는 공합 안에 약간의 공기를 남겨 두는 방법을 사용했으나 최근에는 공합 안은 진공에 가까운 상태로 하고 지렛대의 일부에 바이메탈을 이용하는 방법이 주로 사용되고 있어 온도보정이 필요하지 않다.
- (6) 이동이 간편하고 사용하기에 편리하여 주로 선박 등에 많이 이용된다.

1.2.2 취급 및 점검요령

- (1) 시도를 표준기와 비교하여 오차를 확인한다.
- (2) 시도가 맞지 않을 때는 시도 조절나사 또는 시도조절판으로 조절한다.
- (3) 내부의 고정나사 부분을 확인한다.
- (4) 직사광선이 없고 진동 및 먼지, 온도변화가 적은 곳에 설치한다.
- (5) U자형의 배울 조정부는 배울 조정대에 연결되어 있으며, 함부로 손을 대지 않도록 주의한다.
- (6) 진동 및 충격 때문에 나사 및 피벗(pivot) 등이 느슨해질 수가 있으므로 심한 진동이나 충격이 가지 않도록 주의해야 한다.
- (7) 시간이 경과하면 공합의 재질에 따라 탄성이 약해지기도 하고 공합 내부의 스프링의 탄성도 변화하여 시도에 영향을 미치는 것이 결점이므로 주기적인 비교 검정을 하여 사용한다.
- (8) 아네로이드기압계는 벽에 거는 형과 수평으로 놓는 형이 있어 서로 시도가 다르므로 거는 형은 걸어서, 놓는 형은 놓아서 사용한다.



[그림 46] 아네로이드기압계와 모식도

1.3 자기기압계

1.3.1 개요

- (1) 현재 널리 사용되고 있는 자기기압계(Barograph)는 아네로이드기압계의 공합을 7~8개 겹쳐서 그 내부를 연결한 것을 센서로 만든 것이다.
- (2) 기압의 변화에 따라 팽창 혹은 수축하는 것을 확대하여 펜에 전달하고 시계장치로 회전하는 원통에 기압을 기록하는 형식으로 되어 있다.
- (3) 자기기압계의 공합 사이사이에 쌍금속(bimetal)을 장치하고 있는 관계로 온도에 의한 영향을 제거하도록 되어 있기 때문에 기록되는 시도는 현지기압이다.

1.3.2 설치방법

- (1) 자기기압계는 기압계실 내에 견고한 설치대를 장치하고 출입문의 개폐 시나 지면의 진동에 영향을 받지 않도록 주의해야 한다. 진동하기 쉬운 목조의 마루는 설치대 위에 적당한 크기의 고무판을 깔아 그 위에 설치한다.
- (2) 자기기압계는 수은기압계의 시도에 기차, 온도, 중력보정을 한 값, 즉, 현지기압값에 일치시켜야 한다.
- (3) 빈번히 시도 조정을 하면 오히려 기계의 성능을 저하시키게 되므로 관측시각마다 두 기압계의 시도 차만 기록하였다가 차가 1 hPa 이상이 되면 조정해야 한다.
- (4) 시도를 맞추려면 시침의 기점부근에서 조절하며, 기계에 따라서는 상자의 밑면에 있는 작은 구멍에 열쇠를 꽂아 서서히 돌려 공합을 상, 하로 이동시켜 행하는 것과 공합과 시침과의 사이에 축반이를 상, 하로 이동시키는 것 등이 있다. 이것들은 각 기계의 구조와 작용을 숙지한 후에 조절할 것이며, 온도보정 부분을 요동시키지 않도록 주의한다. 평균기압이 낮은 지역에서는 펜을 올려두는 것이 좋다.

1.3.3 취급 및 점검

- (1) 측정값을 읽기 전에는 시도를 안정시키기 위해서 눈금판의 유리판을 가볍게 손끝으로 두들긴다.

- (2) 기압계의 보정표에 기재되어 있는 기차보정을 읽은 값에 더하면 보정된 기압이 얻어지며, 아네로이드자기기압계(Aneroid barograph)는 중력보정을 할 필요가 없다.
- (3) 시도조절은 표준기에 맞추어 2~3일간 반복 조절한다.
- (4) 회전부분(수직 연결대, pivot)의 마찰 상태를 점검한다.
- (5) 회전부분은 강철로 되어 있으므로 수시로 이물질을 닦아내고 윤활유 등을 주입하여 녹을 방지한다.
- (6) 배율에 관계되는 부분은 가급적 손을 대어서는 안 되며, 부득이 한 경우 위치를 표시해 놓고 작업한다.
- (7) 고정부분의 나사를 확인한다.
- (8) 검정범위는 950~1040 hPa 이며, 검정오차는 ± 1.3 hPa 이내, 기록되는 시도는 현지기압을 의미한다.
- (9) 진동에 의한 지시바늘의 위치변동이 없고 회전축과 축받이와의 사이에 마찰이 적어야 한다.
- (10) 자기 펜의 축이 굽어져 있거나 부러져 있으면 배율이 변하므로 일정한 길이로 된 새 것으로 교환해야 한다.

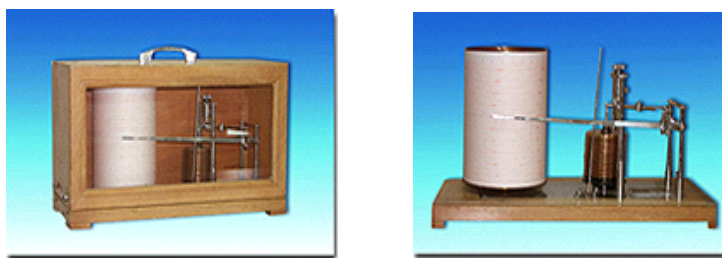
1.3.4 자기지 교환·정리 취급요령

- (1) 모든 자기지는 사용하기 전에 반드시 일자를 해당란에 기입해야 한다. 일자란의 인쇄가 없는 자기지에서는 그 오른쪽 상단 또는 오른쪽 하단에 기입하면 된다. 연초부터 자기지에 일련번호를 붙여 두면 편리하다.
- (2) 자기지는 교환 시 반드시 시작과 끝난 시각을 기입한다.
- (3) 기록이 끝난 자기지는 기계로부터 빼어낸 후 24시간용일 때에는 곧 실측치를 기입하고 필요한 자기지 정리를 한다.
- (4) 자기지의 정리는 표준시계와 자기시계의 시간차가 있거나 또는 자기지 상의 시각선과 관측시각에 차이가 있으면 24시간에 걸친 시간차를 매 시간으로 배분하여 기입하고, 임의 시각의 기압값을 구하려면 먼저 써놓은 시간차를 가감하여 시각선을 구하고 이 시각에서 구한 기압값에 수은기압계에 의한 계산값을 가감한다.
- (5) 자기지에는 매 시간마다 현지기압 밑에 해면기압값도 기입한다. 그리고 최고, 최저기압값과 그 시각을 명기해야 한다.
- (6) 시각의 지속적인 보정은 불편하므로 시계의 완급계를 조정하여 될 수 있는 한 시각 오차를 적게 하는 것이 편리하며, 1일에 5분 이상 오차가 생기는 시계는 교체 수리해야 한다.

- (7) 모든 자기기계에서 정확한 값을 읽으려면 일일용 시계를 사용하는 것이 좋다.
- (8) 자기지상의 눈금에 나타난 값을 자기기압계의 검정증명서에 기재되어 있는 값으로 보정하여 실측값과 비교했을 때, 그의 차가 대체로 일치되어야 하나 실제로는 꼭 그렇게 되지 않는다. 이 차의 변화가 너무 크게 되면 그 원인을 규명하여 기계 고장이라고 단정될 때에는 다시 수리하여 검정해야 한다.
- (9) 자기지를 원통에 끼울 때에는 자기지의 재단이 불완전한 것이 있으므로 그런 경우에는 자기지 양단의 눈금선이 일치되도록 맞춘다.

1.3.5 주의 사항

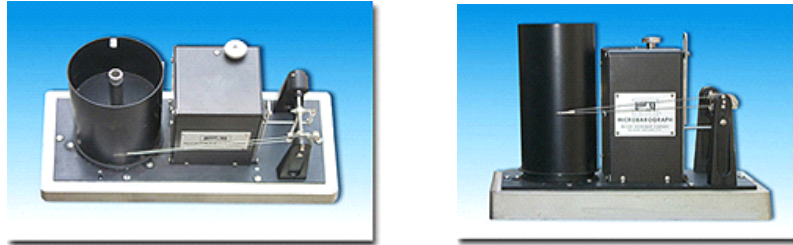
- (1) 시침은 알루미늄 제품이므로 자기용 잉크로 더럽히면 그 부분이 부식됨으로 잉크를 펜에 주입할 때에는 넘치지 않게 해야 한다.
- (2) 펜을 청소할 때에는 펜촉을 빼서 조심스럽게 알코올 속에 넣어 씻으며 잉크의 찌꺼기를 없애야 한다. 펜의 소제는 3개월에 한 번 정도 해주면 된다. 기타 방법으로는 펜 끝의 균열에 얇은 종이로 각을 통하는 방법도 있다.
- (3) 자기기계의 펜 끝이 자기지를 세게 누르게 되면 마찰이 크게 되어 기록에 단계가 생기므로 시도가 부정확하게 된다. 자기기계의 펜 끝이 자기지면에 접촉하는 정도는 자기지 전체를 10° 정도 기울였을 때에 펜이 자기지 면에서 떨어질 정도가 적당하다.
- (4) 태풍이 있을 경우 기압이 하강하여 펜이 자기지로 부터 벗어나갈 우려가 있으면 펜의 위치를 10 눈금 또는 20 눈금 위로 올려 두는 것이 좋다.



[그림 47] 자기기압계

1.4 미기압계 (Micro-barometer)

1.4.1 개요



[그림 48] 미기압계

- (1) 수은기압계(Mercury barometer)나 아네로이드기압계 등으로 관측할 수 없는 기압의 미소한 변동을 측정하는 기기로 감도가 아주 높은 기압계이다.
- (2) 기압의 미소한 변동은 수초로부터 수분의 주기를 가진 것이 많기 때문에 빨리 감지되므로 이 경우 사용된다.

1.5 반도체기압계

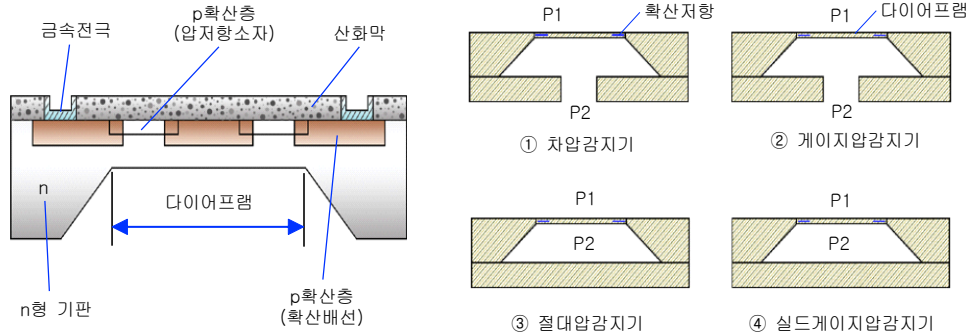
1.5.1 개요

압력 검출방식은 기계식에서 전기식으로 전기식에서 반도체식으로, 최근에는 집적회로 기술과 미세 기계가공 기술을 접목시킨 다기능 스마트 감지기 개발로 발전하고 있다.

반도체기압계는 기본적으로 외부 압력을 응력(stress)으로 변환하는 다이어프램(diaphragm)과 다이어프램에서 발생하는 동력을 전기신호로 변환하는 부분으로 구성되어 있다. 다이어프램은 단결정 실리콘을 화학적으로 에칭(etching)하여 만들었기 때문에 흔히 실리콘(silicone)기압계라고도 한다. 반도체기압계는 크리프(creep)현상이 없고 직선성이 탁월하다. 또한 소형화, 경량화가 되고 있으며 진동에 매우 강한 특징을 지니고 있다.

반도체기압계는 압력에 의해 진동자의 고유진동수 변화와 표면의 탄성파를 이용하는 것도 있지만 최근에는 주로 전기저항과 정전용량을 이용하여 압력을 측정하는 방식이 가장 많이 이용하고 있다.

1.5.2 전기저항반도체기압계



[그림 49] 전지저항반도체 기압감지기 및 감지기 종류($P1 > P2$)

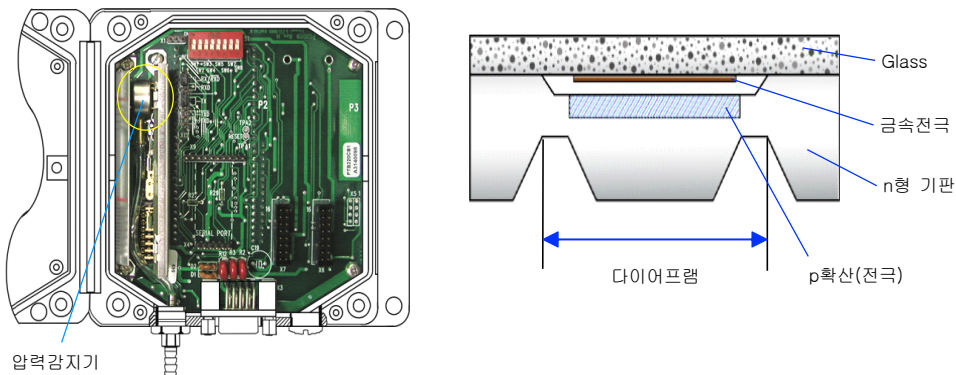
전기저항반도체기압계로 측정하는 압력감지기는 차압(differential pressure), 게이지압(gauge pressure), 절대압(absolute pressure), 실드게이지압(sealed gauge pressure) 등 4가지 방법이 이용하고 있다.

차압감지기는 P2를 기준압으로 P1의 변화 압력을 측정하며, P1과 P2 모두 변하고 있을지라도 그 둘 사이의 압력 차만을 측정한다. 게이지압 감지기는 P2가 대기압에 노출되어 있어 대기압을 기준으로 P1의 변화 압력을 측정한다. 실드게이지압 감지기는 1기압의 압력을 P2에 밀봉하고 이를 기준으로 P1의 압력을 측정한다.

기상관측용으로도 사용되는 절대압 감지기는 체로(0) 압력 즉, 진공 압력인 P2를 기준으로 P1의 변화 압력을 측정한다.

1.5.3 정전용량반도체기압계

정전용량반도체기압계는 서로 마주보고 있는 전극 판의 전극이 외부로부터의 응력에 의해 변화되어 전극 간의 정전용량이 변한다. 이 정전용량 변화를 전기신호로 변환시켜 응력이 검출되는 원리를 이용한 것이다. 정전용량반도체기압계는 구조가 복잡하고 응답성이 다소 떨어지지만 전기저항반도체기압계보다 감도가 좋고 온도 특성이 우수하며 미세한 기압 영역에서 정확도가 높은 감지기이다.



[그림 50] 정전용량반도체기압계와 감지기

압력감지기는 두 장의 얇은 실리콘 웨이퍼로 구성되어 있으며, 단결정 실리콘을 화학적으로 에칭하여 형성하고 있는 다이어프램이 압력을 감지한다. 주변의 기압이 변하면 탄성체인 실리콘 다이어프램이 굽으면서 서로 마주보고 있는 전극 판의 간격이 변하는데, 이 변화는 전극 간의 정전용량을 변화시키고 변화된 양은 전기신호로 변환되어 압력이 측정된다.

2. 온도 측정

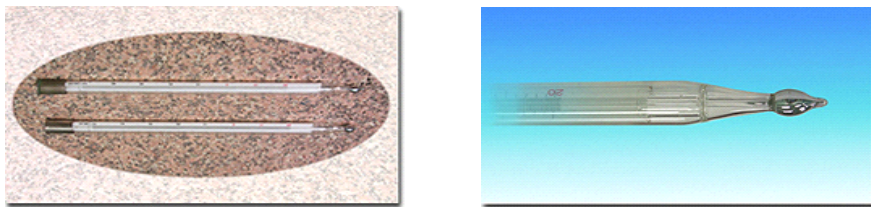
2.1 기온관측

- (1) 수은 또는 알코올온도계의 눈금을 읽으려면 첫째 관측자의 눈높이와 수은 꼭대기의 높이가 수평선상에 있어야 한다. 만약 관측자의 눈높이가 수은 꼭대기보다 높으면 이중관 온도계의 눈금은 낮게 보이고 낮으면 높게 보인다. 이것은 눈금판이 수은사의 후면에 있기 때문이다. 봉상온도계는 눈금선이 전면에 있기 때문에 위와 반대로 보이게 된다.
- (2) 온도계의 감도는 예민하므로 눈금을 신속하게 읽도록 숙련되어야 한다. 또한 관측자가 온도계에 너무 가까이 가면 호흡 또는 체온으로 인하여 수은사가 급상승하기 때문에 관측자와 온도계와의 거리가 적어도 30 cm 이상은 떨어져야 한다.
- (3) 추운 날씨일 경우 난로를 켜다가 관측자가 급히 뛰어가서 관측하면 인체의 열복사에 의하여 눈금이 급격히 변화하며, 또 야간관측을 할 때에도 전등을 너무 온도계에 가까이 대면 온도가 상승하므로 주의하지 않으면 안 된다.

- (4) 온도계의 눈금은 1 °C의 1/10까지 읽어야 한다. 보통 온도계의 눈금은 1/2 °C 또는 1/5 °C마다 새겨져 있으므로 도의 10분위수는 관측자의 판단으로 읽는다.
- (5) 눈금을 읽는 순서는 첫째 10분위 수를 읽은 다음 도수를 읽어야 한다. 10분위 수는 개개인의 습성에 따라 어떤 수에 편향하는 경향이 있으므로 관측자는 이런 습성을 가지지 않도록 노력해야 한다.
- (6) 온도계의 시도에 기차 보정을 한 것이 정확한 온도가 된다. 온도계의 구부 및 기타 부분은 항상 청결히 하여 두어야 한다. 만일 먼지, 매연, 수분 등이 부착하였을 때에는 모필로 털든가 가제로 제거해서 깨끗이 한다. 특히 비, 눈, 안개 등의 경우에는 수분이 부착하기 쉬우므로 주의하지 않으면 안 된다.
- (7) 15 UTC에는 최고·최저·최저초상온도계는 반드시 복도해야 한다.

2.2 유리제온도계

2.2.1 건구온도계 (Dry-bulb thermometer)



[그림 51] 건구온도계

2.2.2 습구온도계 (Wet-bulb thermometer)

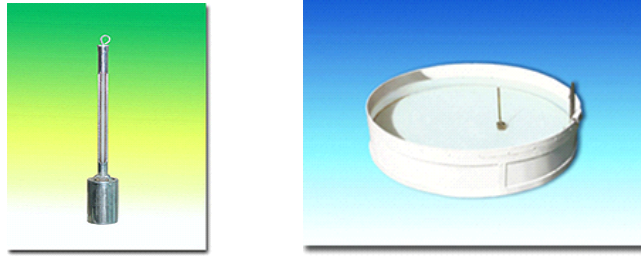


[그림 52] 습구온도계

(1) 취급 및 점검

- (가) 안개나 강수에 의해 건구온도계의 센서에 수적 등이 부착되었을 경우는 관측하기 전에 마른 천 등으로 닦아내고 측정한다.
- (나) 습구온도계 구부에 싸여있는 가제에 이물질이 잘 붙기 때문에 월 2회 정도 새것으로 교환하며, 지역적인 특성을 고려하여 수시로 교체하여 관리하도록 한다.
- (다) 겨울철에는 습구온도계의 구부가 얼어 파손되기 쉬우므로 조심스럽게 취급하도록 한다.

2.2.3 수온계 (Water thermometer)

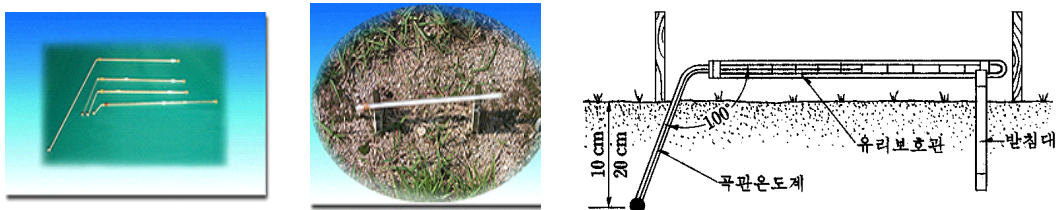


[그림 53] 수온계

(1) 개요

막대온도계의 일종으로 물의 온도를 측정하는 유리제온도계이다. 주로 대형증발계에 설치되어 온도에 의한 수심을 보정하는 데 사용된다. 물의 온도를 측정하기 위해 원통형의 받침대가 있으며, 관측오차가 발생하므로 관측할 때 센서가 수면위로 나오지 않도록 주의하여 온도를 측정한다.

2.2.4 얇은 층 지중온도계(곡관 지중온도계) (Bentstem earthsoil thermometer)



[그림 54] 얇은 층 지중온도계(곡관 지중온도계)와 모식도

(1) 개요

(가) 지면온도는 얇은 층 지중온도계를 사용하여 측정한다. 지면온도를 측정하기 위해서는 온도계 구부가 지면에 노출되지 않을 정도로 낮게 묻고 모세관의 윗부분은 약간 위로 치켜지도록 지주를 세워 둔다.

(나) 얇은 층 지중온도는 지중 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm 깊이의 온도를 각각 이에 해당하는 얇은 층 지중온도계로 측정한다. 온도계 구부의 중심이 각각 깊이에 위치하도록 묻고 모세관 상단 부분을 약간 높게 하여 지주를 받쳐 둔다. 얇은 층 지중온도계를 설치하고 관측할 때에는 특히 구부러진 곳이 부러지는 수가 많으므로 취급에 주의해야 한다.

- (다) 겨울철 적설이 많을 때는 얇은 층 지중온도계의 위치를 알 수 있도록 표시를 하여 두는 것이 좋으며, 적설을 제거하지 않고 자연상태로의 지중온도를 측정하도록 해야 한다. 적설이 깊어서 관측이 불가능할 때는 격층 지중온도계를 사용하는 것이 원칙이나 지면이 노출되지 않을 정도의 제설은 불가피하다.

(2) 취급 및 점검

- (가) 얇은 층 지중온도계의 설치는 온도계의 모세관 끝부분에 받침대를 사용하여 지면과 수평을 유지토록 한다.
- (나) 야간 관측 시는 관측자, 동물 등으로부터 온도계를 보호하기 위해 얇은 층 지중온도계가 있는 곳을 철봉으로 막음장치를 해 두는 것이 좋다.
- (다) 온도계의 모세관에 수은사가 끊어졌는지, 수은 찌꺼기가 있는지, 혹은 유리관이 파손되었는가를 종종 확인한다.

2.2.5 깊은 층 지중온도계(철관 지중온도계) (Simon's earthsoil thermometer)



[그림 55] 깊은 층 지중온도계(철관 지중온도계)

(1) 개요

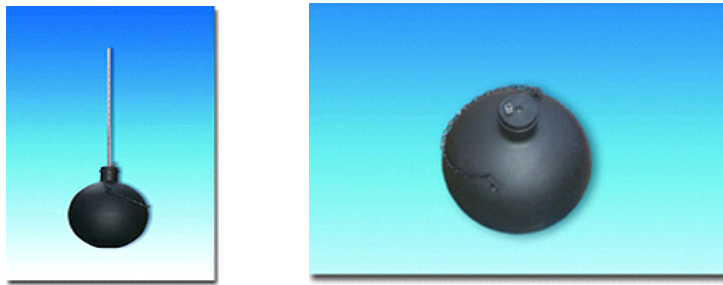
- (가) 0.5 m 이상의 깊은 층 지중온도는 깊은 층 지중온도계를 사용하여 관측한다.
- (나) 깊은 층 지중온도계는 고정된 길이의 철관을 지중에 박고 철관 속에 구부가 지정된 깊이에 위치하도록 단단한 끈이나 쇠사슬로 조절한다.

(2) 취급 및 점검

- (가) 철관의 머리부분은 지면에서 약 10 cm 높이에 두고 쇠사슬이 달린 뚜껑이 걸리게 하며, 전체를 다시 백색 페인트를 칠한 뚜껑을 씌워 둔다.
- (나) 깊은 층 지중온도계를 새로 설치할 경우 지반이 안정될 시간이 필요하기 때문에 관측 개시 약 1개월 전에 철관을 설치 완료해야 한다.

- (다) 지중온도를 읽을 때에는 온도변화가 있으므로 신속하게 온도계를 끌어 올려서 관측값을 읽도록 한다.
- (라) 쇠사슬에 녹이 슬지 않도록, 온도계 보호관이 손상되지 않도록, 철관 안에 돌멩이 등 이물질이 들어가지 않도록 주의한다.

2.2.6 흑구온도계 (Black bulb thermometer)



[그림 56] 흑구온도계

(1) 개요

- (가) 태양의 직달일사량과 대기의 산란에 의한 일사량(전천일사량)을 측정하기 위해 영국에서 고안된 온도계이다.
- (나) 황동 재질로 된 유연(油煙) 등을 칠한 둥근 모양의 구부 위에 유리제 온도계를 꽂아 놓은 모양을 하고 있다.
- (다) 구의 내부에는 약 2/3 정도의 물이 채워져 있으며, 코르크 마개에 주사기 바늘이 꽂아 있어 온도 상승으로 인한 팽창열을 밖으로 배출하도록 되어 있다.
- (라) 현재 기상청에서는 기상측기로 사용하고 있지 않으며, 군부대에서 훈련을 위한 일사량 관측에 이용하고 있다.

(2) 설치방법

- (가) 흑구온도계는 통풍이 잘 되고, 직사광선을 받는 장소에 설치하며, 온도계 하부가 지면으로부터 약 1.2~1.5 m 높이에 위치하도록 한다.
- (나) 흑구온도계는 백엽상 등의 그늘에 놓으면 대기의 온도를 나타내고, 이것을 태양에 쬌이면 태양의 직사와 대기의 산란에 의한 복사를 흡수하여 대기의 온도보다 높은 온도를 나타낸다.

(3) 흑구온도계에서 얻을 수 있는 열량

(가) 단위시간당 직달 및 산란에 의한 복사를 흡수해서 얻을 수 있는 열량

$$Q=k(\theta^1 - \theta)$$

(Q: 열량, k: 상수, θ^1 : 흑구온도, θ : 대기온도)

2.3 수은온도계 (Mercury thermometer)

2.3.1 개요

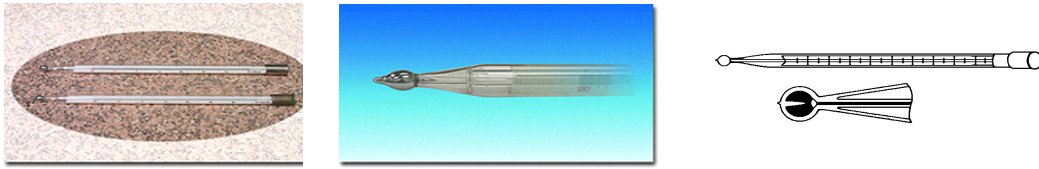
- (1) 유리 모세관의 하단은 구형 또는 원통형으로 되어 있고 관의 상단은 밀폐하여 관 또는 구부에서 공기를 빼고 그 일부에 수은을 넣은 것이 수은온도계다.
- (2) 온도계 구부에 있는 수은은 온도의 상승 하강에 따라 신축하여 모세관 안을 오르내리므로 수은사의 꼭대기를 읽으면 당시의 온도가 된다.
- (3) 온도계 눈금은 구부를 얼음이 용해되려는 그릇 속에 넣었을 때 수은사가 정지되는 점을 0 °C로 하고 또 끓는 물속에서 수은사가 정지되는 점을 100 °C(기압 760 mmHg)로 하여 이 사이를 100등분 한 것이 1 °C가 된다. 영하의 눈금도 영상의 눈금과 같은 간격으로 등분되어 있다.
- (4) 최소 눈금은 온도계에 따라 다르며, 이중관온도계는 1 °C를 5등분 한 0.2 °C까지 표시되어 있다.

2.4 최고온도계 (Maximum thermometer)

2.4.1 개요

- (1) 관측기간 중 최고기온을 구하는 수은유리제 온도계이다.
- (2) 수은온도계의 구부 안에서 유침을 돌출시켜 그 선단을 모세관의 입구까지 미치게 하거나 또는 구부에서 모세관에 이르는 부분을 특별히 협소하게 하고 L형으로 구부려 수은의 상하 이동을 어느 정도 제지하는 구조로 되어 있다.
- (3) 최고온도계 구부의 온도가 상승되면 내부의 수은이 팽창되므로 협소한 모세관 입구를 뚫고 상승할 수 있으나 온도가 하강하면 모세관까지 상승한 수은은 꼭대기에서 미는 힘이 없으므로 모세관 입구의 협소한 부분에서 절단되고 구부의 수은만 수축하게 된다. 그러므로 최고온도계의 수은사 끝은 관측 시각까지의 최고온도를 가리키게 된다.

- (4) 관측 시작 시 반드시 복도를 해야 한다.
- (5) 흔히 볼 수 있는 최고온도계로는 체온계가 있다.



[그림 57] 최고온도계와 모식도

2.4.2 설치방법

- (1) 최고온도계의 설치는 센서를 왼쪽을 향하게 하고, 수평보다 구부를 약간 (약 2°) 낮게 하여 수은사가 수축할 때 중력에 의해 수축부분을 통과하지 않고 제자리에 머물도록 한다.

2.4.3 복도

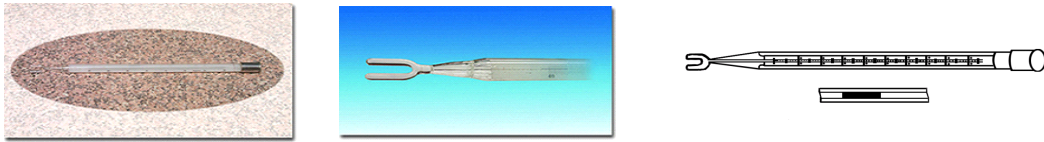
- (1) 최고온도계의 복도라고 하는 것은 모세관 속에 최고온도로 멈추어 있는 수은사를 관측시각(일계) 기온으로 낮추어 주는 것을 말한다.
- (2) 복도를 하게 되면 최고온도계의 눈금은 그 시각의 기온과 같은 눈금을 가리키게 된다.
- (3) 복도하는 방법은 온도계의 윗부분을 잡고 팔을 펴서 전후로 2~3회 힘껏 뿌려 모세관내에 있는 수은사를 구부의 수은에 접촉시킨다.
- (4) 이때 시도가 건구온도계의 눈금과 일치되어야 한다.
- (5) 복도하여도 건구 눈금보다 약간 높은 경우에는 알코올 또는 물을 한두 방울 구부에 떨어뜨리면 그 증발에 의하여 구부의 온도가 낮아져 쉽게 목적을 달성할 수 있다.
- (6) 최고온도계를 수직으로 세웠을 때와 수평으로 하였을 때에 다소 차이가 있는 것은 수은 절단 부분에 공기가 들어 있는 것이므로 기포를 제거해야 한다.
- (7) 기포를 제거하여도 0.1 ℃ 이상의 차가 있으면 관측용으로는 적합하지 않으므로 즉시 예비품으로 교환해야 한다.

2.5 최저온도계 (Minimum thermometer)

2.5.1 개요

- (1) 관측기간 중 최저기온을 구하는 알코올 유리제 온도계이다.

- (2) 알코올은 빙점(-117 ℃)이 극히 낮기 때문에 저온 관측을 위하여 특히 한대지방에서는 알코올온도계를 사용하고 있으며 알코올온도계의 세관 내에 지표를 넣은 온도계를 최저온도계라고 한다.
- (3) 지표는 보통 초자봉으로 되어 있으며 온도가 하강하여 알코올사가 구부 쪽으로 수축하게 되면 알코올사의 표면 장력에 의하여 지표도 같이 구부 쪽으로 이동한다. 반대로 온도가 상승하면 지표는 자체의 무게에 의하여 그대로 남게 되고 알코올사만 늘어나게 된다. 따라서 지표 끝이 최저기온의 시도가 된다.
- (4) 최저온도계의 설치시 센서 쪽이 왼쪽을 향하게 하여 수평을 유지하도록 하며, 최저초상온도를 측정하는 데에도 사용된다.
- (5) 최저기온의 관측은 관측시각에 지표의 오른쪽을 읽으면 된다.



[그림 58] 최저온도계와 모식도

2.5.2 복도

- (1) 복도하는 방법은 구부를 서서히 높이면 지표가 알코올사 끝부분과 접촉하게 된다.
- (2) 복도한 눈금은 건구온도계의 눈금과 일치되어야 한다.
- (3) 최저온도계는 내부 알코올이 증발하여 세관의 상부에 응결되어 관 벽에 부착하기 때문에 온도계의 눈금에 오차가 생길 때가 많으므로 관측자는 항상 주의하여 알코올사 끝의 눈금이 건구의 눈금과 일치되도록 해야 하며, 그 오차가 크면 예비품과 교환해야 한다.
- (4) 운반할 때 빈번히 일어나는 알코올사의 증발이나 절단으로 온도계 윗부분에 알코올 방울이 생기면, 팔을 펴서 1/4원으로 온도계를 흔들거나 온도계를 가볍게 두들겨서 알코올 방울이 구부로 내려가도록 반복하면 고칠 수 있다.
- (5) 온도계 상부를 주의하여 가열시키면 유리관 벽으로부터 응축된 알코올을 충분히 움직일 수 있으며 이 조작을 여러 번 반복해야 한다.

2.6 자기온도계 (Thermograph)

2.6.1 개요

- (1) 자기온도계는 연속적인 기온변동을 기록하기 위하여 사용하는 것으로 센서는 부르동(bourdon)관을 사용하는 것과 바이메탈(bimetal, 쌍금속판으로 구성)을 사용하는 것이 있는데 감도가 예민한 바이메탈을 사용한 자기온도계가 많이 쓰이고 있다.
- (2) 바이메탈은 인바(철과 니켈의 합금)와 황동 혹은 철과 같은 것으로 팽창계수가 다른 두 종류의 금속판을 밀착시킨 다음 이것을 활모양으로 하여 그 한 끝을 고정시키고, 다른 끝을 지렛대에 연결하여 펜 축에 작용하도록 하여 자기지에 확대 기록시키는 장치로 되어 있다.

2.6.2 설치방법

- (1) 자기온도계는 백엽상 내의 동쪽에 설치하는데 센서는 될 수 있는 대로 각 온도계의 구부에 가까이 설치한다.
- (2) 이 온도계는 백엽상 내의 판 위에 놓는 것이 보통이나 센서를 다른 온도계의 센서 높이와 일치시키기 위하여 적당한대를 이용할 수도 있다.
- (3) 센서에 보호용 철망이 붙어 있는 것을 백엽상 내에 둘 때에는 망을 벗겨 두는 것이 좋다.

2.6.3 취급 및 점검

- (1) 자기온도계는 먼지가 자주 쌓이므로 항상 청결한 상태로 유지해야 하며, 주유하는 것을 잊어서는 안 된다.
- (2) 부르동관이나 바이메탈에 흙, 먼지, 매연 등이 붙어 있을 때에는 붓 같은 것으로 털다.
- (3) 쌍금속은 강철 사용이 많으므로 때때로 모필에 휘발유를 칠하여 녹을 닦아내고 마른 후에 구리스 등을 아주 얇게 칠하여 두는 것이 좋다.
- (4) 자기온도계의 눈금은 건구온도와 일치되어야 하므로 매 관측 시마다 점검해야 한다.
- (5) 반드시 그 눈금을 꼭 맞출 필요는 없지만 그 차가 0.5 ℃ 이상이 되면 건구온도계의 시도와 같게 조절해야 한다.
- (6) 아주 낮은 기온이나 고온인 장소에서 사용할 때에는 펜의 높이를 10 ℃ 가량 상하로 적당히 조절하면 된다.

- (7) 시도를 조절하려면 쌍금속판 또는 부르동판을 부착시킨 부분의 중앙 조절나사를 조금씩 회전시켜 펜촉을 상하로 이동시킨다.
- (8) 자기지기록과 건구온도계 눈금과의 차는 대체로 일정한 값을 나타낼 것이다. 둘 사이에 현저한 차이가 있을 때에는 그 원인을 규명하여 기계고장이라고 인정되면 다시 수리 검정한다.
- (9) 자기온도계뿐만 아니라 그 외 일반적인 자기기계도 때때로 점검하여 기록이 완전히 되고 있는가를 확인한다.

2.6.4 자기지에서 임의 시각의 기온을 구하는 요령

- (1) 자기지에서 임의시각의 기온을 구하려면 실측치에 의해서 시각보정과 시도보정을 해야 한다. 그리고 그날의 최고기온과 최저기온은 최고온도계 또는 최저온도계의 눈금으로 취하며 나타난 시각은 자기지상에서 구한다.
- (2) 다음에 00 UTC와 06 UTC의 실측치가 있을 경우 02 UTC의 기온을 비례배분법을 사용하여 자기기록으로부터 구하는 예를 든다.

시각	수은온도계의 시도에 기차보정한 값	자기온도계의 시도
00 UTC	15.8 ℃	14.0 ℃
02 UTC		16.1 ℃
06 UTC	19.5 ℃	18.0 ℃

00 UTC의 보정치는 $15.8 - 14.0 = +1.8(℃)$

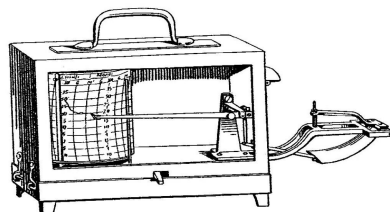
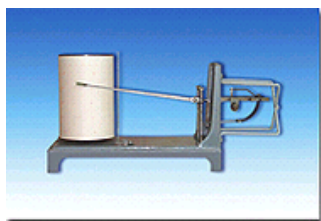
06 UTC의 보정치는 $19.5 - 18.0 = +1.5(℃)$

비례배분법에 의한 02 UTC의 보정값은

$$1.8 + \left\{ (1.5 - 1.8) \times \frac{02UTC - 00UTC}{06UTC - 00UTC} \right\} = +1.7(℃)$$

따라서 02 UTC의 기온은 $16.1 + 1.7 = 17.8(℃)$

시계의 늦고 빠름이 있을 때에는 시도의 보정과 같이 비례배분법에 의하여 시간 보정을 해야 한다.



[그림 59] 자기온도계와 모식도

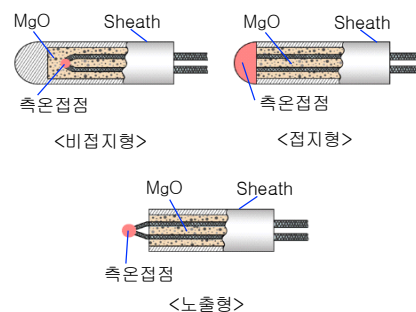
2.7 열전접전온도계 (Thermo-junction thermometer, Thermocouple)

2.7.1 개요

- (1) 열전접전온도계는 열전대(熱電對)를 이용하여 온도를 검출하는 온도계로 온도 변화를 전기신호로 변환하는 검출부, 신호를 전달하는 전달부 그리고 수신기록부로 구성되어 있다.
- (2) 열전대를 이용한 온도 측정은 1821년 독일 물리학자 T.J. Seebeck에 의해서 발견된 제벡효과의 원리를 기초로 하고 있다.
- (3) 이 원리는 종류가 다른 두 개의 금속선을 가지고 폐회로를 만들어 금속의 양 끝단 접점에 온도를 가하면 자유전자의 이동으로 온도 차에 대응하는 열기전력(熱起電力)이 발생하여 폐회로에 전류가 흐르게 된다.
- (4) 따라서 이 온도계는 접촉면의 전위차를 측정하여 온도를 측정하는 것으로 열전쌍온도계라고도 한다.
- (5) 서로 다른 두 개의 금속을 고리 모양으로 붙여 놓은 것으로 두 개의 접합점이 같은 온도일 때는 전류가 흐르지 않지만, 온도가 다르면 열전기 현상에 의해 회로에 전류가 흐른다. 따라서 한쪽 접점을 일정한 온도로 유지하고 다른 접점을 측정하려는 물체에 연결해 전위차를 구하는 것이다.
- (6) 열전대는 상당히 다양한 종류가 있으나 국제적으로 규격화된 것은 7가지이며, 기상 관측에는 T형인 구리(Cu)와 콘스탄탄(constantan)이 많이 사용되고 있다.
- (7) 온도 측정에 필요한 열기전력의 크기와 극성은 양단에 걸리는 온도와 두 개의 금속선 조합에 의해 결정되며, 금속선의 굵기 또는 길이에 영향을 받지 않을 뿐 아니라 매우 좁은 장소나 고체 표면의 온도 측정을 쉽게 할 수 있다.
- (8) 열전대의 기준 접점은 보통 0 °C로 보정을 하며, 상온을 정밀하게 측정하기 위해서는 고감도 지시계나 증폭기가 필요하다.

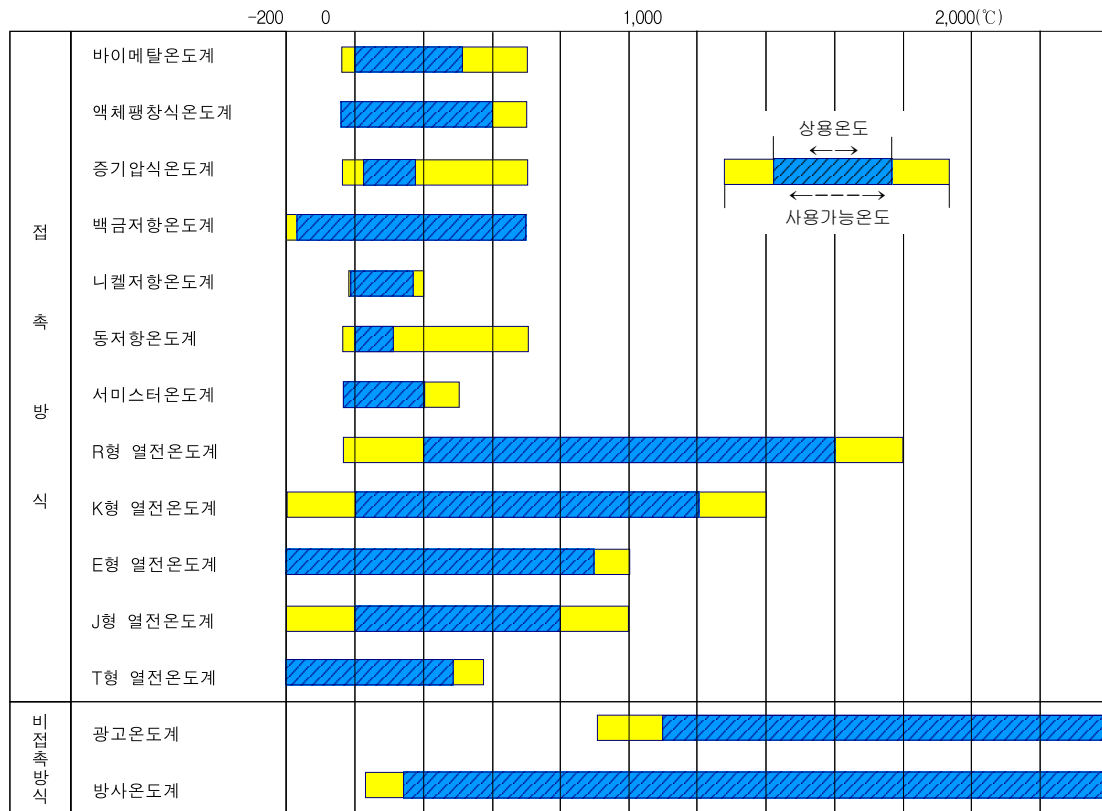


열전접전온도계



접점에 따른 열전접전온도계 종류

[그림 60] 열전대온도계와 모식도



[그림 61] 각종 온도계의 상용온도 및 사용 가능 온도

2.8 금속제온도계 및 전기저항온도계

2.8.1 바이메탈온도계 (Bimetal thermograph)



[그림 62] 자기온도계

(1) 취급 및 점검

(가) 자기온도계는 백엽상 내부의 동쪽에 설치하는데 센서는 백엽상 안에 각종 온도계의 구부와 가깝도록 설치한다(이는 각각의 온도계에서 관측된 값의 오차를 최소화하기 위한 것임).

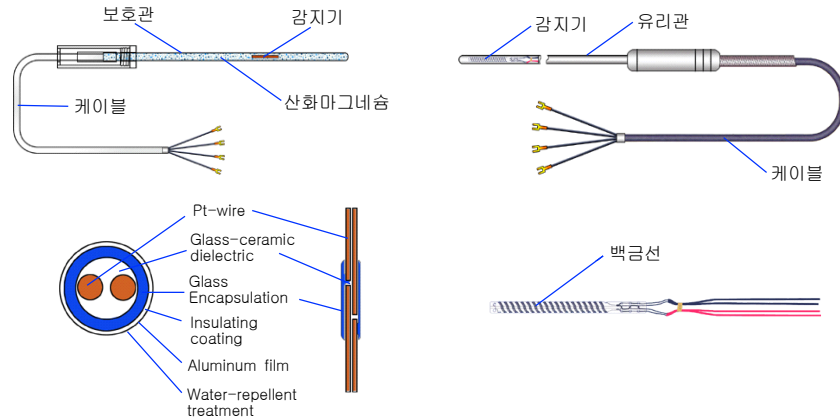
- (나) 기록펜의 원활한 작동을 위해 펜압(Pen壓)은 측기 전체를 약 20° 기울였을 때 펜이 기록지면에서 떨어질 정도로 조절한다.
- (다) 자기온도계는 먼지, 물방울 등 이물질이 묻을 기회가 많으므로 가끔 측기의 주요부분(바이메탈, 원통내부)을 붓 등으로 깨끗이 닦고 윤활유를 묻혀주어야 한다.
- (라) 시도 조절은 바이메탈 부분에 부착되어 있는 시도조정나사를 조금씩 회전시켜 기록펜을 상하로 조정한다(오른쪽으로 돌리면 펜이 상향, 왼쪽으로 돌리면 하향된다).
- (마) 바이메탈자기온도계는 가격이 저렴하고 견고하며 간단하여 취급이 용이하나, 열용량이 크기 때문에 주의하여 취급해야 한다.

2.9 백금저항온도계 (Platinum resistance thermometer)

2.9.1 금속시스형 백금저항온도계

부품 및 계측기술이 발달함에 따라 정밀한 각종 감지기가 개발되면서 수동 관측으로 수행해 오던 기상관측이 자동관측뿐만 아니라 원격관측으로 급속히 발전하게 되었다. 이러한 가운데 기상 요소의 대표적인 요소라 할 수 있는 온도 관측에 널리 사용되고 있는 금속시스형 백금저항온도계(Metal sheath type of platinum resistance thermometer)는 온도 변화에 따라 가느다란 백금선의 전기저항이 변하는 성질을 이용한 것이다.

자동기상관측시스템에 널리 사용되는 금속시스형 백금저항온도계는 온도 변화에 따라 가느다란 백금선의 전기저항이 변하는 성질을 이용하며, 스테인리스 재질로 보호관의 길이 160 mm, 바깥지름 6.5 mm, 안지름 4.7 mm로 구성되어 있다. 백금 감지기는 통상 기상관측에 사용하는 금속시스의 하단으로부터 약 120 mm 정도에 위치해 있으며, 우수한 내열성과 내식성을 지닌 지름 0.1 mm 정도의 백금선(99.999%)이 길이 26 mm, 지름 2.5 mm 정도의 전기절연체로 된 세라믹의 0.2 mm 구멍 속을 통하게 되어 있다. 백금 감지기는 스테인리스 보호관 속에 밀봉되어 있고, 공간은 응답속도를 높이기 위해 열전도율이 높은 산화마그네슘(MgO) 또는 산화알루미늄(Al_2O_3)으로 채워져 있다. 금속시스형백금저항온도계를 보통 Pt-100 센서라고 부르는데, 이것은 온도 0℃에서 100 Ω의 저항을 가지는 백금소자를 이용하였기 때문이다.



자동기상관측시스템에 이용되는 백금저항감지기 정밀형 측정에 사용되는 이중코일형(SPRT)

[그림 63] 시스형 백금저항온도계와 모식도

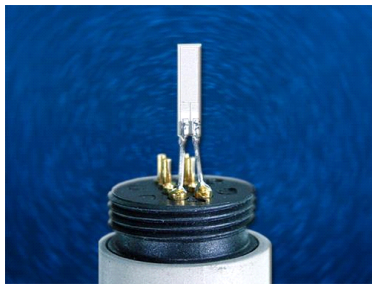
높은 정밀도를 요구하는 온도 측정 기준기로는 주로 룡스템(long-stem)형의 표준백금저항온도계(SPRT)를 이용하며, 종류에는 이중코일형, MICA스프링형, Glass bobbin형, 세라믹형 등이 있다. 이 온도계는 고순도의 백금선이 열개에 감겨 있는 구조체로 석영 또는 파이렉스유리관으로 보호되어 있다.

백금저항온도감지기의 내부도선 형식에는 2선식, 3선식, 4선식이 있다. 기상관측용으로 사용되는 4선식은 두 리드 선(lead wire)에 전류를 흘려주고 다른 두 리드 선 양단에 걸린 전압 변화량을 읽어 저항으로 환산하는 방법이며, 리드 선의 저항에 관계없이 감지기의 저항만을 읽을 수 있어 2선식, 3선식보다 높은 정확도로 저항을 측정할 수 있는 도선 형식이다.

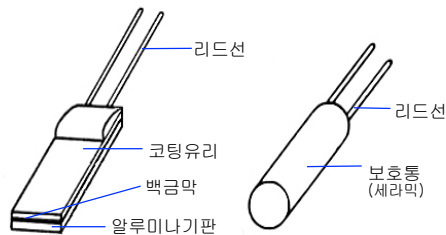
금속시스형 백금저항온도계는 감지기에서 감지된 신호를 처리하는 자료처리기(Data Logger)가 구비되어야 하므로 소요되는 가격이 저렴하지는 않다. 그러나 직선성(linearity)이 가장 좋은 금속제온도계이고 간편하게 휴대할 수 있는 정밀도가 높은 온도계로 다양한 분야에 널리 사용되고 있다. 기상 관측 분야에서는 원격 측정이 필요한 장비(AWS, ASOS, AMOS, BUOY 등)에 부착하여 사용하고 있다.

2.9.2 박막형 백금저항온도계

박막형 백금저항온도계(thin film type of platinum resistance thermometer)는 금속시스형백금저항온도계 내부에 채워지는 틈 메움제(산화마그네슘, 산화알루미늄 등)와 보호관의 두께 등으로부터 일어날 수 있는 응답시간의 지연을 최소화하고, 백금의 우수한 특성을 최대한 활용하여 소형화한 온도감지기이다.



박막형백금저항온도계



박막형백금저항온도계감지기

[그림 64] 박막형 백금저항온도계와 모식도

박막형 백금저항온도계 감지기는 내열성이 강한 알루미나(산화알루미늄) 기판 위에 약 $1\ \mu\text{m}$ 두께의 얇은 백금박막을 입히고 코팅유리로 덮은 형태의 감지기와 백금박막이 세라믹으로 된 보호통에 덮여 있는 형태의 것이 있으나 온도를 감지하는 성능은 모두 같다. 이 감지기는 상온에서 안정도가 높아 정밀한 측정값을 얻을 수 있고 응답률이 높으며 초소형인 장점이 있으나, 기계적인 충격이나 진동에 약한 단점이 있다. 이 온도감지기는 주로 소형화된 장비인 휴대용 온습도계, 산업용 기계 등에 많이 이용하고 있다.

2.9.3 취급 및 점검

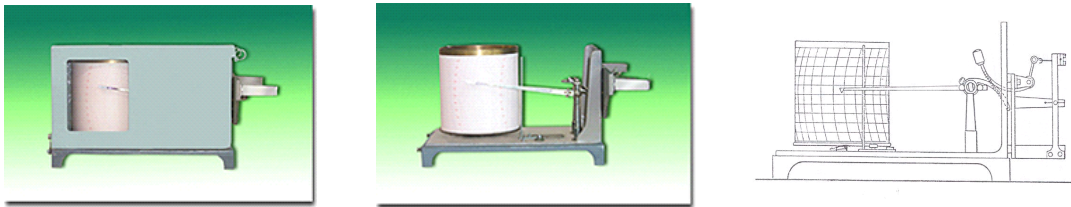
- (1) 센서의 반응이 예민하므로 직사광선이 없고 진동이 적은 곳에 설치해야 한다.
- (2) 이물질이 묻는 경우가 많으므로 좀 더 정확한 측정값을 얻기 위해 센서 부위를 수시로 닦아주어야 한다.
- (3) 해안가에 설치된 센서는 부식될 확률이 높기 때문에 자주 닦아주어야 하며, 측정값을 일정한 기간으로 나누어 비교해 보아야 한다.

3. 습도 측정

3.1 모발자기습도계

3.1.1 개요

- (1) 습도의 증감에 따라 모발이 수축 또는 팽창하며, 이러한 모발의 신축성을 이용한 것이 모발자기습도계다.
- (2) 원래 이 측기는 미묘한 조정에 의하여 정확한 시도를 나타내게 되어 있으므로 거칠게 다루면 조정이 왜곡되어 오차가 생긴다.
- (3) 모발자기습도계는 백엽상 내에 설치한다.
- (4) 백엽상 내에 설치할 때 보호 철망을 떼어놓고 설치하는 것이 원칙이다.



[그림 65] 모발자기습도계와 모식도

3.1.2 구성 및 역할

- (1) 모발은 배율조정대의 고리에 연결되어 습도변화에 따라 모발이 신축되면서 배율조정대가 변화된다.
- (2) 주동 cam의 한 쪽 끝은 배율조정대의 회전축에, 부동 cam은 펜대의 회전축에 각각 고정되어 있다.
- (3) 주동 cam과 부동 cam은 서로 등을 맞대고 있으며, 펜대의 하중에 의한 회전력과 주동 cam 끝의 추와 힘의 균형으로 모발에 힘을 가하지 않아도 펜이 자유로이 동작하게 된다.
- (4) 두 cam의 접촉점의 위치에 따라 펜대가 상하로 움직이면서 기록하게 된다.

3.1.3 모발의 기능

- (1) 습도에 대한 모발의 신장률

- (2) 모발의 신축을 일으키는 감도는 온도에 크게 영향을 받는다(5~20 ℃에서 비교적 감도가 적다).
- (3) 이력현상(履歷現象): 모발은 흡습(吸濕)과정과 탈습(脫濕)과정에서 변화하는 경로가 각각 다르며, 오차는 크게 10 %까지 나타난다.

3.1.4 취급 및 점검

- (1) 시도조절은 습도변화가 심하지 않은 날 반복하여 실시한다.
- (2) 시도가 불안정할 경우 기계적인 장애가 많으므로 각 부위 고정나사, 두 cam의 접촉상태, 스프링의 강도 등을 점검하도록 한다.
- (3) 모발자기습도계의 시도는 통풍건습계에 의한 실측치에 의해서 항상 비교되어야 하고 차가 클 때에는 조정되어야 한다(펜이 붙은 시침을 상하로 조정하려면 모발의 한 끝에 붙어 있는 조정나사를 약간 회전시켜 행한다).
- (4) 큰 차이의 원인이 측기의 고장이라고 인정될 때에는 수리 검정을 의뢰해야 한다.
- (5) 모발의 오물은 유연한 붓으로 털어 내거나, 깨끗한 물(증류수)을 묻혀 씻어 낸다.
- (6) 손으로 모발을 만지지 않도록 하며, 암모니아에 매우 치명적이므로 마구간이나 암모니아를 사용하는 산업지역에서는 직접적인 노출에 주의해야 한다.
- (7) 모발에 이물질이 묻지 않도록 하고, 센바람이 직접 모발에 닿지 않도록 바람막이가 필요하다. 10 m/s 풍속의 바람이 모발에 닿으면 지시값은 21 % RH 낮은 값을 나타내는 것으로 알려져 있다.
- (8) 경년변화가 있으므로 매 5년마다 측기 검·교정을 받아야 한다.

습도(%)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
신장률(%)	100	95.4	90.5	85.2	79.2	72.8	63.7	52.8	38.8	20.9	0

3.1.5 기록불량 원인

- (1) 고습(高濕)에서 배율이 커지도록 조절되어 있으므로 고습 시 완전조절은 불가능하다.
- (2) 주 부동 cam의 접촉면에 오물이 묻어 있는 경우 접촉면이 마모되지 않도록 닦아낸다.
- (3) 주 부동 cam의 이탈방지용 스프링이 지나치게 강한 경우 기록이 불량할 수 있다.
- (4) 펜압이 지나치게 자기기록지와 접해 있는 경우에도 기록이 불량할 수 있다.

3.2 자기온 · 습도계 (Thermo-hygrograph)



[그림 66] 자기 온 · 습도계

3.2.1 취급 및 점검

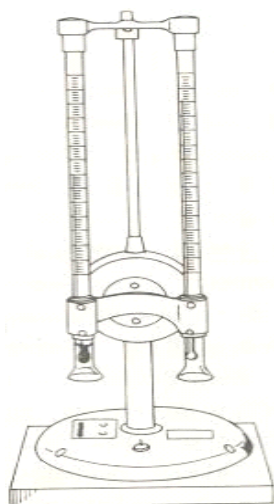
- (1) 자기온 · 습도계는 먼지, 물방울 등 이물질이 문을 기뢰가 많으므로 가끔 측기의 주요부분(바이메탈, 원통내부)을 붓 등으로 깨끗이 닦고 윤활유를 묻혀주어야 한다.
- (2) 시도조절은 바이메탈부분에 부착되어 있는 시도조정 나사를 조금씩 회전시켜 기록펜을 상하로 조정한다(오른쪽으로 돌리면 펜이 상향, 왼쪽으로 돌리면 하향된다).
- (3) 자기온·습도계는 가격이 저렴하고 견고하며 간단하여 취급이 용이하나, 열용량이 크기 때문에 주의하여 취급해야 한다.
- (4) 시도 조절은 습도변화가 심하지 않은 날 반복하여 실시한다.
- (5) 시도가 불안정할 경우 기계적인 장애가 많으므로 각 부의 고정나사, 두 cam의 접촉상태, 스프링의 강도 등을 점검하도록 한다.
- (6) 모발 취급 시 주의사항과 검 · 교정을 받는 주기는 모발자기습도계와 동일하다.

3.3 통풍건습계 (Ventilated psychrometer)

3.3.1 관측 준비

- (1) 통풍건습계는 백엽상 내에 설치하여, 좌측(동쪽)에 습구, 우측(서쪽)에 건구가 위치하도록 하고, 습구는 탈지된 얇은 백색가제로 싸맨다.
- (2) 구부를 감싼 가제는 중첩되는 곳이 없고 구부에 밀착되도록 해야 한다.
- (3) 가제는 월 2회 정도 새것으로 갈아주어야 하며, 특히 먼지나 매연이 많은 지방이나 해풍이 부는 해안 지방에서는 자주 갈아주어야 하고 가제 교환 일자와 시각은 관측기록부에 기록해 둔다.

- (4) 습구를 오랫동안 사용하면 구부 유리면에 때가 끼게 되므로 이런 때에는 묽은 염산 등으로 구부를 닦고 다시 맑은 물로 염산을 완전히 제거한 후에 가제를 교환한다.
- (5) 온도계는 온도계 걸이가 있는 위에서 내려 끼우고 구부가 통풍 유리관 원통의 중앙에 위치하도록 온도계 걸이의 높이를 조절한다.
- (6) 온도계가 들어가는 통풍관의 윗부분은 밀폐하여 공기가 통풍유리관 밑에서 빨려 들어가도록 한다.



[그림 67] 전동식 통풍건습구습도계

3.3.2 시도 관측

- (1) 통풍건습계는 관측시작 약 3분 전에 스포이드를 사용하여 증류수 또는 청결한 물로 습구를 적신다. 이때에 외측의 유리관까지 적시지 않도록 주의해야 한다.
- (2) 통풍을 시키고 백엽상 문을 닫은 후 약 3분 이상 기다렸다가 온도계의 시도가 안정된 다음에 관측을 실시해야 한다.

3.3.3 주의사항

- (1) 기온이 0 ℃ 가까이 내려가게 되면 습구는 빙결하는 수가 많으므로 빙결여부를 자세히 살펴야 한다. 습구가 0 ℃ 이하이면서도 빙결치 않을 때에는 그대로 관측하고 관측기록부의 습구관 시도숫자 우측에 ‘불’ 또는 ‘不’자를 부기한다.

- (2) 습구가 빙결하였을 때에는 물로 습구를 녹인 다음 통풍을 시키면 습구 시도는 차차 내려가서 0 ℃에 가까워지고 드디어 얇은 빙막이 형성되고 다시 빙막 표면에서의 증발 때문에 영하로 내려간다. 이렇게 하여 습구 시도가 안정된 다음에 관측을 실시해야 한다.
- (3) 습구를 적실 때 물을 너무 많이 적시면 안 된다. 물이 너무 많이 묻었을 때에는 가는 털로 된 붓끝을 습구 밑에 대어 여분의 묻은 물을 제거해야 한다.
- (4) 습구의 시도가 빙결되기 위하여 0 ℃ 부근에서 잠시 정지되는 수도 있으나 이것은 습구의 진정한 시도가 아니므로 관측자는 특히 주의해야 한다.
- (5) 기온이 높고 건조한 때에는 증발이 빠르므로 반복해서 습구를 적셔야만 할 때도 있다.
- (6) 짙은 안개가 낀 때에는 습구의 시도가 건구보다 높게 나타나는 때가 있다. 이러한 때에는 건구시도를 정확한 것으로 하고 습구는 건구와 같은 시도인 것으로 본다.
- (7) 짙은 안개나 심한 강수가 있을 때 건구에 수적들이 부착하는 경우가 많으므로 이런 때에는 습구에 물칠을 할 때 마른 헝겊(가제)으로 건구를 닦아주어야 한다.

3.3.4 취급 및 점검

- (1) 온도계의 구부 중심이 통풍관의 중심에 오도록 온도계를 설치한 후 고무패킹 등으로 밀폐한다.
- (2) 직류전원을 사용하는 기기는 극성이 바뀌지 않도록 주의하고, 건전지를 사용하는 기기는 건전지액이 누출되지 않도록 주의한다.
- (3) 적어도 월 1회 정기적으로 팬의 동작상태와 통풍속도를 점검한다.
- (4) 습구온도계용 가제가 다른 물질에 오염되었을 경우에는 오차가 커지므로 청결상태를 수시로 점검하고 월 2회 정도로 교환하여 주는 것이 좋다.

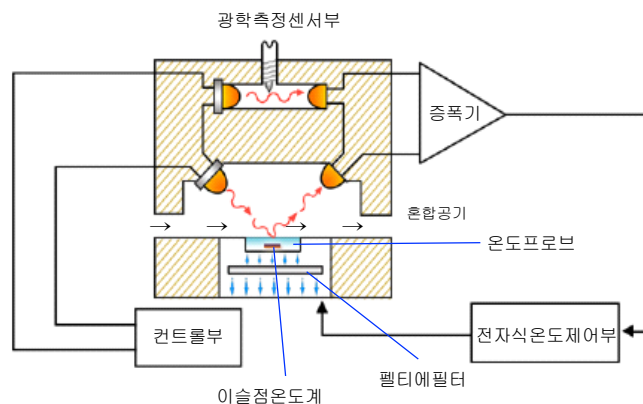


[그림 68] 통풍건습계

3.3.4 고장 시 점검사항

- (1) 팬(fan)이 회전하지 않을 경우
 - (가) 전원선, 스위치 또는 태엽 확인
 - (나) 모터의 코일 단선여부 확인
 - (다) 팬의 날개 및 전동축에 이물질 확인
- (2) 모터의 회전상태가 불량할 경우
 - (가) 전원의 접속 불량 확인
 - (나) 팬 날개의 찌그러짐 또는 접속불량 확인
 - (다) 모터 또는 팬의 고정나사 불량 확인

3.4 냉각경이슬점계 (chilled mirror dew-point thermometer)



[그림 69] 냉각경이슬점계 모식도

3.4.1 개요

- (1) 공기와 접해 있는 금속 거울 표면을 서서히 냉각시키면 수분이 포함된 공기는 어떤 순간에 거울의 표면을 벗어나는 물 분자와 달라붙는 물 분자의 수가 같아지는 시점이 나타나는데, 이 시점의 온도를 측정하는 방식이다.
- (2) 전기적인 빛을 이용하기 때문에 광전식(光電式)이슬점계라고도 한다.
- (3) 측정원리는 감지 방법의 기술과 감지기 구성에 따라 감지 방법이 약간씩 차이가 나지만 기본적인 원리는 냉각경(冷却鏡) 표면에 맺힌 이슬을 전기적인 빛을 이용하여 감지하는 방법이다.
- (4) 최근에는 [그림 69]과 같이 산란에 의한 포토다이오드의 광도 차를 이용하여 냉각경을 감시하는 감지기가 있으며, 냉각경에 축적된 오염 물질의

농도를 냉각이 시작되기 전 항상 새로운 균형점(기준점)을 찾아 바로잡아 주는 기능까지 갖추고 있어 정확도를 높여 주고 있다.

- (5) 냉각점이슬점계에 사용되는 광전 감지기는 대부분 포토다이오드로 오차는 $\pm 1\%$ 이며, 오염된 공기에서도 측정할 수 있는 장점이 있다.
- (6) 구조가 복잡하고 가격이 비싸기 때문에 기상 관측용으로는 널리 사용되지 못하고 있다.

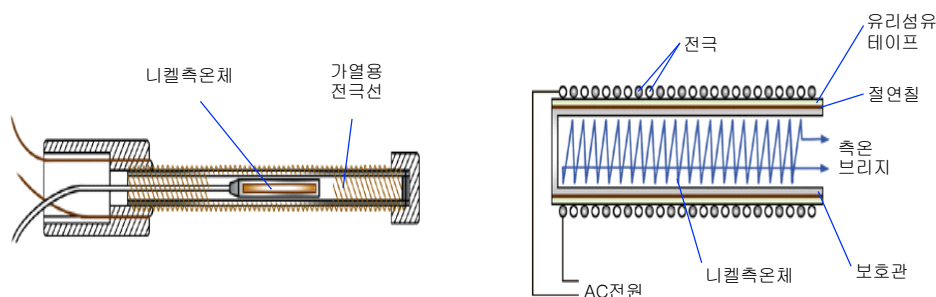
3.4.2 취급방법

- (1) 냉각점이슬점계의 측정 정확도는 냉각경 표면의 오염 물질에 밀접한 영향을 받는다.
- (2) 오염 물질은 의료용 면봉에 깨끗한 물을 묻혀 닦고 물에 용해되지 않는 불순물은 아세톤 또는 알코올로 제거시킨 후 완전히 건조해 물로 닦는다.

3.5 염화리튬이슬점계 (lithium chloride dew-point thermometer)

3.5.1 개요

- (1) 전해질에 염화리튬(LiCl)을 이용한 것으로 염화리튬의 결정체와 용액, 수증기가 등온 평형상태에서 공존할 때, 온도만의 함수인 포화수용액의 표면 온도를 이용하여 습도를 산출하는 원리이다.
- (2) 염화리튬이슬점계는 유리섬유로 둘러싸인 금속관 위에 서로 연결되지 않은 2개의 금속선으로 된 한 쌍의 가열용 전극(gold wire)이 1 mm 간격의 나선형으로 감긴 원통의 봉 모양이다.
- (3) 감지기 부분은 증류수로 깨끗이 닦아 불순물이 없는 염화리튬 3.8 % 용액을 일정하게 도포하여 60~80 °C에서 완전히 건조한 것으로 감지기 보호용 덮개(shield)로 싸여있다.



[그림 70] 염화리튬이슬점계 모식도

- (4) 공기 중의 수증기가 섬유 유리심지에 흡수되면 염화리튬 결정(結晶)은 액체용액으로 바뀌는데, 이것은 유리심지의 전기전도율을 증가시켜 가열용 전극 사이로 AC 25 V 전류를 흐르게 한다.
- (5) 이때 발생한 열은 유리심지로부터 수분을 증발시켜 염화리튬을 결정 상태로 돌아가게 하며, 염화리튬이 결정화될수록 유리심지의 전기전도율과 저항가열이 많이 줄어든다.
- (6) 이러한 반복적 과정을 통해 염화리튬용액의 수증기압과 주변공기의 수증기압이 동적 평형상태(염화리튬의 결정체, 용액, 수증기가 공존하는 등 온 평형상태)에 이르게 될 때의 온도를 측정한다.
- (7) 이때의 온도가 이슬점온도이며 금속관 내부에 내장되어 있는 니켈 저항온도계(측온저항체)로 측정한다.

3.5.2 취급 및 점검

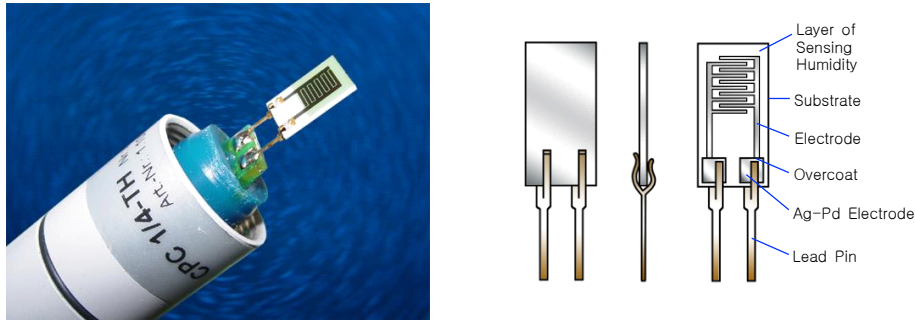
- (1) 염화리튬이슬점계는 반응속도가 느리고 섬유 유리심지의 오염 정도에 따라 값의 불안정성과 풍속에 매우 민감하여 정확도가 떨어지는 점이 있다.
- (2) 일반적으로 감지기는 3개월에 1회 정도 염화리튬 수용액을 새로 도포하는 것이 좀 더 정확한 측정값을 얻는데 이상적이며, 도포 작업을 할 때는 가열 전극에 염분과 오염된 손이 직접 닿지 않도록 주의해야 한다.

3.6 전기저항고분자 막습도계

3.6.1 개요

- (1) 고분자 물질의 흡수성에 의해 전기적 특성 즉, 저항이 변하도록 제작된 감지기로 스티렌이나 아크릴계 특수화합물에 암모늄계열의 중합체가 감습박막(active material)으로 주로 이용된다.
- (2) 이 감지기는 절연성 얇은 판에 귀금속 재료의 불활성 전극을 빗살 형태로 성형한 후, 암모늄염($N^+(CH_3)_3Cl^-$)을 도포한 것이다. 이 물질에서 $N^+(CH_3)_3$ 는 결합이 강하여 자유롭게 움직일 수 없지만, Cl^- 은 자유 상태로 전리되어 이동성을 갖게 된다.
- (3) 이렇게 감지기 표면에서 수증기 분자의 흡·탈착량에 따라 이온 전도성이 달라지는데, 상대습도 변화에 따라 전기 저항이 변하는 특성을 이용하여 상대습도를 산출한다.

- (4) 이 방식의 감지기는 오염에 강하고 가격이 저렴하여 대량 생산이 가능하지만, 고분자 물질의 특성으로 말미암아 온도계수가 크고 60 ℃ 이상의 고온 또는 30 % 이하의 저습 환경, 그리고 90 % 이상의 고습 환경 등에서 감지기의 직선성이 떨어지는 점이 있다.



[그림 71] 전기저항고분자막습도계와 모식도

3.7 정전용량고분자 막습도계

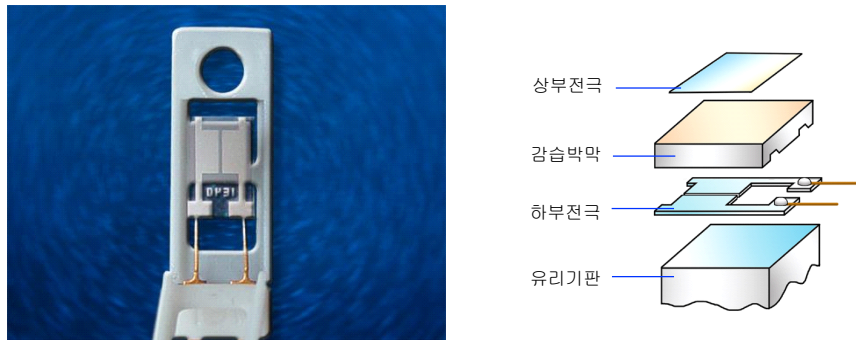
정전용량고분자막습도계는 고분자 물질의 전기적 특성이 물 분자의 흡·탈착에 의해서 변하도록 제작된 감지기로 고분자막을 유전체로 하는 일종의 콘덴서이다.

상대습도가 증가하여 고분자 표면에 물 분자가 흡착되면 유전율에 의해 고분자의 정전용량이 변화한다. 정전용량이 변화함에 따라 발생하는 전류의 양도 변하고 이것을 전기신호로 변환한다. 이때 전기신호의 형태는 0~1 V까지의 전압 값으로 나타내며 0 V는 0 %로, 1 V는 100 %의 값으로 대응시켜 상대습도를 산출한다.

HMP-45D 감지기의 측면 구조는 유리기판 위에 금속박막의 하부 전극이 있고, 그 위에 고분자 셀룰로스(cellulose)의 감습박막이 2~3 μm 두께로 균일하게 도포되어 있으며, 도포막 위에 금속박막의 상부 전극이 구성되어 있다. 상부 전극은 고분자 감습박막에 물 분자가 자유롭게 출입할 수 있도록 다공질로 되어 있다.

감지기 부분은 두께 0.25 mm, 크기는 4(W)×6(H) mm이며, 감지기를 보호하기 위해 6(W)×18(H)×3(L) mm의 플라스틱 보호막이 감지기 둘레를 감싸고 있다. 운용환경은 -40~80 ℃ 온도 범위를 가지며, 실험 결과 상대습도 10~95 %의 넓은 범위에서 1 % 이내의 직선성(linearity) 성능을 가지고 있다.

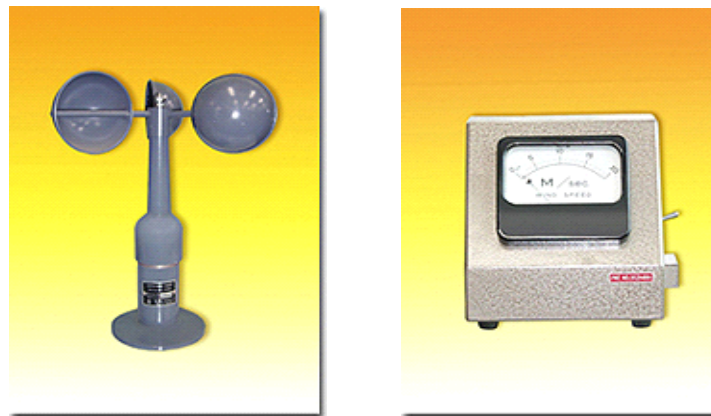
정전용량고분자막이슬점계 감지기는 오염에 강할 뿐만 아니라, 응답속도와 내구성이 뛰어나고 원격 측정이 가능하여 상대습도 측정의 검출 소자로 널리 이용하고 있다. 그러나 알코올, 시너 등 유기 용액제 및 산, 알칼리 등 부식성 가스에 약하고 고온 고습에서 감지기의 직선성이 약간 흐트러지는 단점이 있다.



[그림 72] 정전용량고분자막습도계와 모식도

4. 바람 측정

4.1 풍배형풍속계 (3-Cup anemometer)



[그림 73] 풍배형풍속계

4.1.1 취급 및 점검

- (1) 센서와 케이블은 악기상 조건에서 장기간 견딜 수 있도록 견고하게 설치한다.
- (2) 베어링 및 톱니바퀴는 6개월에 1회 정도 분해하여 깨끗이 닦고 윤활유를 공급해 주어야 한다.
- (3) 접점부는 휘발유 또는 알코올 등으로 잘 닦아내고, 장기간 사용한 경우 접점부위에 흙이 파여 접점불량이 일어나므로 접점위치를 약간 옮겨준다.

- (4) 전접판의 상하간격은 풍배축을 4~5 회전할 때까지 접촉되어 있도록 전접판의 각도를 조절한다.
- (5) 풍배축의 상하간격은 0.3~0.5 mm 정도가 되도록 볼 베어링의 받침나사로 조절한다.
- (6) 변동하는 풍속에 잘 따라가도록 관성모멘트를 될 수 있는 한 작게 한다.
- (7) 기동풍속은 1.5 m/s 이하여야 한다.
- (8) 풍속계의 풍배가 회전축에 견고하게 부착되어 있는지 점검한다.

4.2 바람자루 (Wind sleeve, Wind sock)

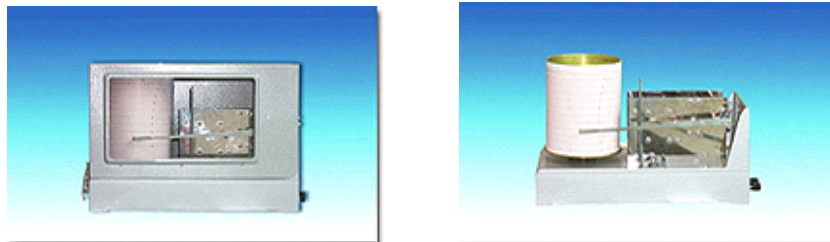
4.2.1 개요

- (1) 바람자루는 비행장이나 고속도로 등에서 풍향을 표시하기 위해 설치하는 것으로 원추형 자루와 같은 모양을 하고 있다.
- (2) 이것은 대체로 지름 30~50 cm, 길이 1~2 m의 무명천(muslin) 등 얇은 양모의 직물을 사용하며, 한 쪽에는 금속제 테를 달고 다른 쪽은 절단하여 바람이 자유롭게 통하도록 되어 있다.
- (3) 바람방향에 따라 자유롭게 방향이 변하도록 기둥에 설치되어 있다.
- (4) 풍향 관측은 시차(視差)가 생기기 쉬우므로 바람자루의 바로 밑에서 관측하는 것이 좋다.



[그림 74] 바람자루

4.3 자기전접계수기 (Recording electronic counter)



[그림 75] 자기전접계수기

4.3.1 취급 및 점검

(1) 펜대 조절

- (가) 펜대의 영점 조절은 영점조절나사로 한다(가동 철판을 한 손으로 누르고 복귀용 cam을 돌려 조절).
- (나) 곡률은 평균풍속 산출에 큰 오차를 유발시키므로 자기지 교환 시 반드시 점검이 필요하며 원인은 다음과 같다.
 - 1) 펜대의 길이와 수평
 - 2) 원통시계의 중심축이 좌우로 편향
 - 3) 자기지의 곡률과 재단불량
- (2) 배율은 복귀용 cam과 펜대 동작 lever날에 관계된다.
- (3) 조절은 펜 끝을 자기지의 영(0)선에 일치하도록 조절한다.
- (4) 가동 철판을 눌렀다 놓으면 자기지 눈금의 1/2씩 이동하고, 100 회를 반복하여 펜대가 자기지의 최상단 눈금에서 자동낙하되어 0점 복귀가 되도록 한다.
- (5) 펜대가 수평일 때 기록펜이 자기지의 중앙선(50)에 일치해야 한다.
- (6) 위의 방법으로 복귀점이 맞지 않을 경우 펜대 동작 lever날의 각을 조절하고 반복해서 영(0)점을 확인한다.

4.3.2 고장발생 원인

(1) 전자석 동작불량 원인

- (가) 센서의 전접부 접점불량
- (나) lead선 및 전자 코일의 단선
- (다) 전지의 전압강하

(2) 기록 불량의 원인

- (가) 전자(電磁) lever의 스프링이 강하거나 약할 때
- (나) 전자 lever의 작동 간격조절이 불량할 때
- (다) ratchet 보냄날의 간격조절이 불량할 때
- (라) 전자 lever의 상하 간격 및 ratchet 보냄날 고정나사의 간격이 불량할 때
- (마) 센서의 접점이 장기사용으로 마모된 경우
- (바) 센서의 두 전접판의 간격
- (사) 불량 또는 오물이 끼었을 때

4.4 풍향·풍속계



[그림 76] 풍차형풍향·풍속계

4.4.1 구조 및 원리

- (1) 기록계의 풍향은 synchromoter를 사용하며, 에어로벤 내부의 풍향은 전위차계(potentiometer)를 사용한다.
- (2) synchro motor는 한 개의 1차 코일과 120°간격으로 3개의 2차 코일로 되어 있으며, 교류변압기의 원리와 같다.
- (3) 풍차의 회전은 풍배의 회전에 비해 풍속과의 직선성이 양호하나, 풍향계의 추미특성(追尾特性)이 풍속에 영향을 끼치기 때문에 풍향계의 움직임이 가벼워야 한다.
- (4) 풍배식과 프로펠러식 회전자는 축성분에 정비례하는 가속도에 따라 회전하기 때문에 다양한 신호발생기 운용에 유용하다.
- (5) 재질은 내구성이 있고 가벼워야 한다.

4.4.2 취급 및 점검

- (1) 발신기는 N, S표시에 맞추어 진북으로 설치한다.
- (2) 케이블은 연결부분에 물이 침투하지 않도록 방수처리를 하고 바람에 날려 절연피복이 손상되지 않도록 고정시킨다.
- (3) 지시계와 기록계는 직사광선을 받지 않는 곳에 수평으로 설치한다.
- (4) 발신부와 수신부의 연결케이블이 바뀌지 않도록 한다.
- (5) 설치 시 실제 풍향과 기록이 일치 하는가 확인한다.
- (6) 풍향 발신기의 방위와 지시계 및 기록계 지침의 일치여부, 풍속기록계와 지시계의 일치여부, 자기지의 기록상태 등을 점검한다.
- (7) 일정기간(몇개월~1년)마다 프로펠러를 떼어서 스프링의 점검과 청소를 하며, 브러쉬의 마모에 특히 유의한다.

- (8) 분전상자의 스위치를 점멸시켜도 펜이 영(0)선에 돌아오지 않을 때는 lever를 돌려 맞춘다.
- (9) 순간풍속의 최대값을 구할 경우 풍속 눈금범위가 저속용(30 m/s)인가 고속용(60 m/s)인가를 확인한 후, 기록되어 있는 최대(peak)의 수치를 읽으면 되지만, 최대풍속을 나타낸 정확한 시각은 풍속기록계의 시차 보정된 시각이어야 한다.

4.5 풍배형풍속계

자기전접계수는 점점할 때마다 전자코일의 작용으로 톱니바퀴가 1눈금씩 회전하며 여기에 고정된 반달형 편심륜에 의하여 펜대를 한 단씩 올려서 전접의 점점 흔적을 기록하게 되어 있다.

점점신호에 의해 자기전접계수기가 작동되어 자기기록지에 기록되며, 1회 점점은 풍정(風程) 100 m에 해당되고 풍배축의 회전수 54회에 상당한다. 펜 끝이 자기지 상단에 도달하면 편심륜의 작용으로 자기지 0(zero)선에 복귀한다.

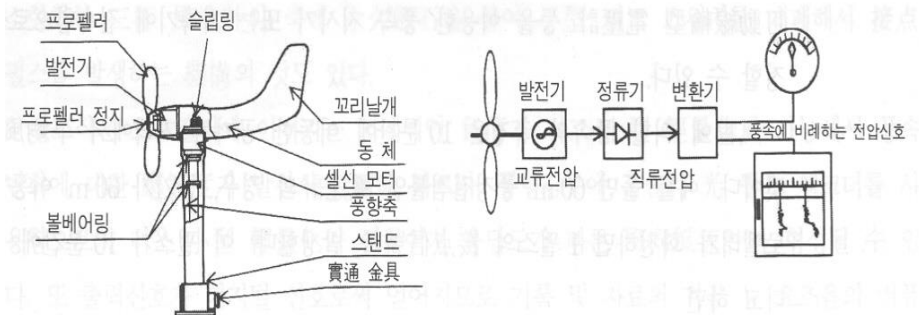
낙하할 때의 충격을 방지하기 위하여 뒤쪽 유리 원통에 글리세린을 섞은 물을 넣어두고 펜대와 연결된 조정판이 원통 안에서 상하로 작용하게 되어 있다.

자기지 교환시, 자기지의 시간선과 기록펜의 곡률이 정확히 일치하도록 특히 유의해야 한다.

4.6 풍차형풍향 · 풍속계(에어로 벤)

풍차형풍향풍속계는 풍향과 순간풍속을 관측하기 위해 사용된다. 이 풍속계는 제작회사에 따라 운영을 위한 세부내용이 다르므로 취급 전에 충분히 취급 설명서를 통해 동작 원리와 보수방법을 익혀두어야 한다. 풍차형풍향·풍속계 역시 지상 10 m에서의 대표적인 풍향, 풍속을 측정할 수 있도록 설치해야 하며, 하나 측기탑에 서로 다른 풍향계나 풍속계를 함께 설치할 경우에는 상호간의 영향을 받지 않도록 유의해야 한다.

풍향풍속기록계 및 지시계는 관측실 내의 편리한 장소에 설치한다. 특히, 풍향풍속지시계는 관측자의 확인이 용이한 장소에 설치하는 것이 풍향풍속의 변동 상황과 측기의 동작 상황 파악 및 예보 참고 자료제공에 유리하다.



[그림 77] 풍차형풍향·풍속계 개요

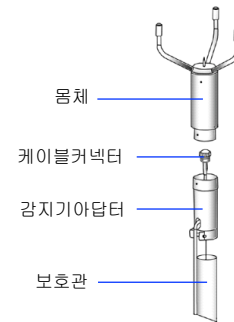
풍속지시계나 기록계는 풍속의 강약에 따라 두개의 모드로 사용하게 되어 있으므로 강풍인 때는 전환 스위치를 강풍쪽으로 돌려서 강풍 눈금($0 \sim 60$ m/s)으로 관측해야 하며, 평상시에는 $0 \sim 30$ m/s 눈금을 사용한다. 모드 변환 시에는 반드시 전환시각을 자기기록지와 관측기록부에 동시에 기록한다. 풍향 기록계도 이중 눈금으로 되어 있으므로 반드시 판별 마크가 어느 쪽인지를 확인한 후 풍향을 관측해야 한다.

4.7 초음파식풍향·풍속계

초음파의 성질은 물질 내의 진동으로부터 얻어지는 탄성파이며, 음파보다 주파수가 높고 파장이 짧다. 그리고 어느 한 방향으로 집중적으로 전파되는 지향성이 강하다. 초음파는 주로 진동자를 이용하는데, 진동자가 진동하면서 초음파를 발생하고 물체에 부딪혀 반사되어 되돌아오는 초음파를 다시 이 진동자에 의해 감지한다.

초음파식풍향·풍속계는 전달 매개체인 공기의 이동에 의해 초음파의 전파속도가 변하는 것을 이용한 것으로 구동 부위가 없어 0 m/s에서부터 강풍에 이르기까지 정확한 측정이 가능할 뿐만 아니라, 다른 풍향·풍속계에서 발생하는 베어링 마모, 풍향의 추종성 불량 등을 고려할 필요가 없으며 응답속도가 매우 빠르다.

이 측기는 한 축에 3개의 초음파 감지기가 고정 축을 중심으로 120° 방사성을 이루고 있다. 감지기가 3개인 경우 수평풍향과 풍속을 측정하고 감지기가 6개인 경우 수평과 연직풍향·풍속을 측정할 수 있다.



[그림 78] 초음파식풍향·풍속계

이 측기의 원리는 3개의 송·수신을 동시에 수행하는 감지기로부터 발사된 초음파를 통해 작동이 되며, 감지기와 감지기 사이를 지나는 풍속에 따라 감지기 상호 간에 초음파의 이동속도가 다르게 나타나고, 세 방향의 측정값을 벡터 합성함으로써 실제 풍향과 풍속을 산출한다.

5. 강수량 측정

5.1 저수식강수량계

5.1.1 개요

- (1) 강수량계의 규격은 나라마다 다르다. 우리나라에서 사용하는 저수식강수량계는 수수기 구경 20 cm, 높이 20 cm, 저수기의 길이는 40 cm의 원통형이며, 수수기, 저수기, 저수병으로 구성되어 있다.
- (2) 강수량은 위의 규격에 맞추어서 제작된 유리제 우량승으로 측정하도록 되어 있다.
- (3) 우량승은 길이 36 cm, 내경 4 cm 정도의 원통으로 강수량 0.1 mm 마다 눈금이 그어져 있으며, 눈금의 오차는 ± 0.02 mm 이하가 되어야 한다.

5.2 원통식강수량계 (Cylindrical rain gauge)

5.2.1 개요

- (1) 원통식우설량계라고도 한다.
- (2) 강수량계의 규격은 각국마다 다르며, 면적 200~500 cm²의 범위가 적합하다.
- (3) 기상청에서 사용되는 강수량계는 수수기 구경 20 cm, 면적 314 cm², 저수기의 길이는 40 cm의 원통식이다. 강수량은 길이 36 cm, 내경 4 cm 정도의 원통으로 강수량 0.1 mm 마다 눈금이 그어져 있는 유리제 우량승을 이용하여 측정한다.
- (4) 눈, 우박, 싸락눈 등은 원통식강수량계 용기를 강수저울에 달아서 강수량을 측정한다.
- (5) 강수량수수기와 저수병 및 우량승으로 구성된 관측방법으로 관측 시마다 필드에 나가 관측해야 하는 번거로움과 강수시작과 종료시각이 불분명하고, 무인관측이나 원격기록이 불가능한 단점이 있으나, 적은 비용으로 정확한 강수량을 관측할 수 있는 장점이 있다.



[그림 79] 원통식강수량계

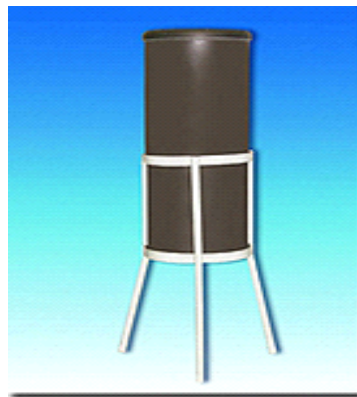
5.2.2 관측방법

- (1) 우량승의 상부를 왼손의 엄지와 중지, 그리고 약지로 가볍게 잡으며 메니스커스(수면의 이중선) 위치가 관측자의 눈의 높이와 수평이 되도록 한 다음, 하단선을 1/10 mm까지 읽는다.
- (2) 강수량이 10 mm가 넘을 때에는 먼저 10 mm의 눈금보다 조금 적게 물을 넣어서 그 눈금을 읽고 이것을 기록한 후 물을 버리고 나머지 물을 우량승에 부어서 그 양을 읽고 합계한다.
- (3) 강수량이 많은 장소에서는 20 mm까지 채는 우량승이 편리하다.
- (4) 큰 비가 계속될 때에는 저수병의 물이 넘치기 전에 수시로 관측하여 그 양을 합산해야 하며, 이런 경우에도 정시 관측은 반드시 해야 한다.

- (5) 눈, 우박, 싸락눈 등이 수수기에 쌓였을 때에는 일정량의 온수로 용해시켜서 측정한 다음 첨가한 온수량만 빼면 된다.
- (6) 강수량이 10 mm 이상일 때에는 우량승으로 측정하는 것보다 평형우설량계로 측정하는 것이 더욱 편리하고 정확하다. 이것을 사용하려면 미리 저수병의 중량을 mm눈금으로 측정하여 페인트 등으로 저수병에 기재하여 두면 좋다. 강수량계로부터 가져온 저수병을 그대로 평형우설량계에 놓아 중량을 mm로 읽고 병의 중량을 빼면 강수량을 구할 수 있다.

5.2.3 설치 및 점검

- (1) 강수량계를 설치하려면 지면을 파서 외벽의 부분을 흙으로 채운다.
- (2) 수수구는 지면으로부터 20 cm 정도의 높이가 되어야 하고 수평이 되도록 설치해야 한다.
- (3) 수수기 주위에는 잔디를 심어 빗방울이 튀어 드는 것을 방지하고, 잔디가 너무 크게 자라면 관측오차의 원인이 되므로 때때로 적당한 길이로 잘라 주어야 한다.
- (4) 강수량계의 수수구는 강수가 없을 때에는 수시로 청소해야 하며, 특히 수수기의 원통이 변형되었을 때는 즉시 예비 측기로 교체해야 한다.



[그림 80] 원통식강수량계

5.2.4 오차요인

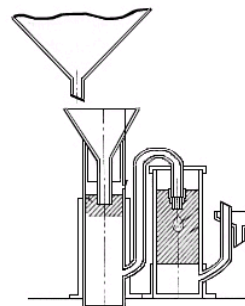
- (1) 정확한 강수량을 관측하려면 관측시각을 엄수하고 우량승의 사용법에 능숙해야 한다.
- (2) 몇 개의 강수량계를 비치하여 측정하는 곳에서 각 강수량계 하나하나의 강수량계가 반드시 일치하지 않는 예가 있다. 관측에 소요되는 시간에 내린 강수량이 오차로 가산되기 때문에 관측시각에 호우가 있으면 더 커진다. 그러므로 각 강수량계에 반드시 예비 저수병을 비치하고, 관측시각에 저수병을 교환한 후 실내에서 강수량을 측정하면 오차를 줄일 수 있다.

- (3) 계통오차: 수수기 위에 나타나는 바람장의 변형, 강수량계 내부 벽에 물이 묻는 현상, 저수병에 담긴 물의 증발, 물방울이 튀어나오거나 들어가는 현상, 눈의 경우 바람에 날려 들어가거나 나오는 현상.
- (4) 우연오차: 척도가 갖는 부정확성, 측정 시 흘려버리는 현상, 강수량계가 새는 경우, 관측자의 과실, 수수기의 형태변형 및 수평상의 결여.

5.3 사이펀(Syphon)식자기강수량계

5.3.1 개요

- (1) 자기강수량계는 강수량의 시간적 변화 상태를 측정하기 위해 사용한다.
- (2) 사이펀식자기강수량계는 구경 20 cm의 원통형 수수기에서 흘러내리는 물의 양을 자기지에 기록시키는 장치로 되어 있다.
- (3) 비가 내리면 수수기에 연결된 호스를 통하여 자기우량계의 조절관을 통해서 저수통에 흘러 들어가게 된다.
- (4) 저수통 내에는 부표가 있어서 물이 증가됨에 따라 떠올라서 부표의 축에 달린 펜촉을 상승시킨다.
- (5) 이 상승하는 높이가 강수량으로 기록되며 자기지는 원통시계의 회전에 따라 등속으로 회전한다. 따라서 시간에 대한 강수량은 부표의 상승 속도에 비례한다.
- (6) 저수통에 대략 20 mm의 강수가 저수되면 사이펀 작용으로 내부의 물은 자동 배수된다.
- (7) 배수가 되면 부표는 다시 내려가고 펜은 자기지상의 영(0)선에 위치된다.
- (8) 강수가 계속되면 위에서 기록한 작용이 되풀이 된다.



[그림 81] 사이펀식자기강수량계와 모식도

5.3.2 취급 및 점검

- (1) 사이펀 시 배수에 지장이 없도록 충분한 높이에 수평으로 설치한다.
- (2) 펜 끝의 영점 조절은 물을 부어 인위적으로 사이펀 시킨 후 펜대의 경사각으로 조절한다.
- (3) 평형추는 사이펀 후 영점 위치로 복귀가 잘 되도록 조절한다.
- (4) 부표축(浮標軸)과 지주는 마찰이 적도록 잘 닦아주어야 하며, 이때 부표축이 휘어지지 않도록 해야 한다.
- (5) 겨울철에는 저수탱크의 물이 얼지 않도록 해야 한다.
- (6) 관측 전에는 반드시 물을 부어 사이펀 상태를 점검해야 한다.
- (7) 측기의 검정공차는 강우강도 20 mm/h에 대하여 기차 5% 이내이다.
- (8) 사이펀식강수량계의 배수시간은 13초 이내여야 한다.
- (9) 강수량 20 mm에서 사이펀이 정확하게 작용하지 못할 때에는 조절 관내에 있는 유리봉으로 조정한다.
- (10) 자기우량계는 강수 현상이 없을 때에도 수시로 깨끗한 물로 소제하고 부표를 조정하여 펜을 자기지의 영(zero)선에 둔다.
- (11) 또한 강수가 있기 직전에 점검하는 것을 잊어서는 안 된다.

5.3.3 고장발생원인

- (1) 저수기 또는 고무호스 등의 파손
- (2) 사이펀관의 곡부에 오물이 끼었을 때
- (3) 저수탱크의 배수구가 막혔을 때
- (4) 사이펀관의 누수 또는 평형추의 조절불량
- (5) 부표의 파손 또는 부표축의 마찰이 클 때

5.4 전도형자기강수량계 (Tipping-bucket rain gauge)



[그림 82] 전도형강수량계

5.4.1 개요

- (1) 수수기에 들어간 빗물은 수수구관을 통하여 삼각형의 전도되에 담긴다.
- (2) 컵은 두개가 붙어 있어서 시소처럼 교대로 전도하게 된다. 컵이 전도될 때마다 리드스위치가 작동되어 값이 기록된다.
- (3) 전도형자기강수량계 수수구의 직경은 일반적으로 20 cm이며, 한 컵에 담기는 빗물의 양은 주로 0.1 mm와 0.5 mm에 해당한다.
- (4) 0.5 mm용은 0.5 mm 보다 적은 강수량은 측정할 수 없으므로 약한 비가 내리기 시작하는 시각, 비가 그치는 시각 등을 정확히 관측하기는 곤란하다.
- (5) 결빙을 방지하고 강설량 등을 관측하기 위해 히터를 사용한다.

5.4.2 취급 및 점검

- (1) 감도조절은 감도조절추(感度調節錘) 또는 전도각조절(轉倒角調節)용 stopper로 한다.
- (2) 감도실험은 우량승으로 10 mm의 물을 최대한 낙하속도를 천천히 하여 10 mm당 20~30분 정도로 수수기에 주입하여 기록값과 일치하는가를 점검한다(주입 시 링거주사기용 주수장치를 이용하면 편리하다).
- (3) 수수기 및 누수기에 먼지, 낙엽 등 이물질이 쌓이지 않도록 자주 점검한다.
- (4) 바람에 흔들리지 않도록 수평으로 견고하게 설치한다.
- (5) 히터 부착형 우설량계는 접점($4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$)과 분점($15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$)상태를 점검한다.
- (6) 전도되가 전도할 때 다른 부분에 접촉되는지 점검한다.
- (7) 전도부분의 회전축에 마찰이 없는지 검사한다.
- (8) 전도형강수량계의 검정공차는 강우강도 20 mm/h 범위에서 5 % 이내이다.

5.5 강수강도계 (Rainfall intensity meter)

5.5.1 개요

- (1) 이 측기는 강수강도를 측정, 기록하는 것으로 수수기의 구경은 강수량계와 같이 20 cm이며, 측정범위는 0~100 mm/h이다.
- (2) 관측 원리는 강수의 일정량을 물방울로 만들어 기름통에 떨어뜨리며 이것을 펄스 형태의 전기신호로 변환시켜 기록하게 되어 있다.
- (3) 이 물방울 하나의 강수량은 0.0083 mm이다. 그러므로 센서로부터 1펄스/분은 0.5 mm/h의 강수강도에 해당한다.

- (4) 출력모드는 ADD와 P-HOLD 두 가지가 있다. 출력모드를 ADD로 하면, 센서의 펄스신호는 변환부에서 적산되며, 아날로그로 변환된 신호가 기록계로 보내져 펄스가 올 때마다 계단적으로 상승되고, 타이머에 의해 1분마다 리셋 되어 강수가 있는 한 이 동작을 반복한다.



[그림 83] 강수강도계

5.5.2 취급 및 점검

- (1) 비가 수수기통으로 들어올 때 방진망이 이중으로 되어 있어 티끌, 먼지 등은 속으로 들어가지 못하나, 극히 미세한 모래먼지는 수수기통 밑으로 침전되는 일이 있으며, 수수기통과 투명한 수지재료를 사용한 기름통의 기름(등유)과 물과의 경계선이 더러워지므로 1~2개월에 한번은 청소해야 한다.
- (2) 노즐 교환 시는 수수기통을 빼내어 내부의 등유와 물을 전부 쏟아내고 노즐 부분을 알코올램프 등으로 따뜻하게 접촉부를 부드럽게 해서 빼낸다.
- (3) 노즐정착은 접착제를 얇게 파이프에 바르고 삽입해야 한다. 이때 접착제가 노즐 내부에 들어가지 않도록 바르는 데 주의해 한다.
- (4) 기록계 설치는 다음과 같은 장소에서의 사용은 피해야 한다.
 - (가) 먼지, 티끌, 부식성 가스 등이 많은 장소
 - (나) 주위 온도가 50 ℃ 이상 또는 -10 ℃ 이하의 장소
 - (다) 강전회로 근처 또는 유도장애가 큰 장소
 - (라) 기계적 진동과 충격이 있는 장소
 - (마) 강풍이 잦은 장소

5.5.3 설치방법

- (1) 강수강도계의 기록계는 탁상 위에 놓고 사용 가능하나 받침대에 설치하는 경우에는 다음의 순서로 설치한다.

- (가) 받침대에 가로와 세로 각각 281 ± 1 mm 정사각형 구멍을 뚫는다.
- (나) 두 대 이상 연이어 설치하려고 하는 경우 기록계 상호간의 설치간격은 360 mm 이상이어야 한다.
- (다) 패널 카드 부분에 이 기록계를 넣는다.
- (라) 케이스 양측 면의 쇠장식 설치구멍(상하 각 2개소)에 각각 부속설치나사를 느슨하게 잠근다.
- (마) 부속 설치판을 둥근 구멍 부분부터 설치나사 머리에 넣어 홈을 따라 밀어 넣는다.
- (바) 양측 면의 설치판을 아래로 강하게 눌러 계기판에 밀착시킨 상태로 설치나사를 조이고 부속판을 고정한다.
- (사) 양 측면 4개소의 설치판을 각각 고정하면 된다.
- (2) 기록계는 수송 시에 몸체가 밖으로 나오는 것을 방지하기 위하여 몸체를 받침대에 잠금 나사로 고정하고 있다. 나사를 풀어 손잡이를 당기면 몸체를 끌어낼 수 있다.
- (3) 몸체를 케이스로부터 떼어내고자 할 때에는 먼저, 몸체를 멈추는 위치까지 끌어내고, 케이스, 몸체 접촉 커넥터 잠금 나사를 플러스 드라이버로 풀어내어 커넥터를 벗긴 다음, 몸체 좌측 하단에 있는 스톱퍼를 손가락으로 눌러 올려 몸체를 가만히 떼어내면 된다.
- (4) 기록계는 다음과 같은 장소에서의 사용은 피해야 한다.
 - (가) 먼지, 티끌, 부식성 가스 등이 많은 장소
 - (나) 주위 온도가 50°C 이상이라든가 -10°C 이하의 장소
 - (다) 강전회로 근처 또는 유도장애가 큰 장소
 - (라) 기계적 진동과 충격이 있는 장소
 - (마) 강풍이 있는 장소

5.6 평형우설량계 (Balance for measuring amount of precipitation)



[그림 84] 평형우설량계

5.6.1 개요

- (1) 강수량의 질량을 높이로 환산하기 위한 저울로 측기의 구조는 일반적인 접시형 저울과 같다.
- (2) 눈, 싸락눈, 우박 등을 액체 상태로 녹이지 않고 곧바로 무게를 강수량으로 측정 가능하도록 되어 있다.
- (3) 고체성 강수 및 많은 양의 강수현상이 있을 경우 강수저울을 사용하면 빠르고 정확한 값을 측정할 수 있는 매우 편리한 기기이다.
- (4) 저울의 추와 눈금이 길이의 단위(mm)로 표시되어 있다.
- (5) 평형우설량계를 이용하여 우(설)량을 측정할 경우에는 강수량계의 외벽에 부착된 눈 또는 수분을 잘 제거한 후 측정한다.
- (6) 평형우설량계가 없을 경우 설량계 안에 있는 눈을 알고 있는 일정한 양의 온수로 녹인 후 우량승으로 측정하고, 측정값에서 온수의 양을 빼면 관측값이 구해진다.
- (7) 측기의 영점이 때때로 변하는 경우가 있으므로 접시 밑에 있는 보정추를 이동시켜 조정한다.

5.6.2 강수량계 고장 시 비상대처 요령

- (1) 많은 비가 예상될 때 강수량계가 고장이거나 강수량계가 없는 상황에서도 양동이 등으로 다음과 같은 방법을 이용하면 강수량 관측이 가능하다.
- (2) 예를 들어, 수수구 직경이 40 cm인 양동으로 물을 받아 저울로 무게를 측정했다면 2,912 g (버킷 무게 제외)이었을 경우

$$\text{부피계산식 : } r^2 \times \pi \times h = Q$$

$$h = Q / (r^2 \cdot \pi) = 2,912 / (20^2 \times 3.14)$$

$$= 2.31847 \text{ cm}$$

$$= 23.2 \text{ mm}$$

(단, 4 °C 물 1 cc는 1 g(1 cm³)이므로 비중에 의한 오차는 무시)

5.7 전도형강수량계

전도형강수량계는 내부에 설치된 전도용기에 적정량의 물이 채워지면 전도용기가 기울어지면서 배수가 이루어지고, 리드스위치를 작동시켜 전기적 신호를 출력한다. 1전도(Bucket)당 0.5 mm(또는 1.0mm) 형식으로 강수량을 측정하며, 0.1 mm 또는 0.5 mm 단위에 따라 수수구의 직경은 각각 200 mm 이다.

동절기의 강수량 관측을 위해 수수구 내부에 히터(Heater)를 설치하여 전도형강수량계에 쌓인 눈을 녹여 관측 할 수 있어야 하며, 수수구는 녹에 강하고 낙엽 등의 이물질이 들어가지 않도록 방지하는 차폐막이 있어야 한다.

전도형강수량계는 20~50 mm/h 강우강도의 3% 이내의 정확도를 가져야 하며, 바람에 의한 관측오차를 줄이기 위하여 강수량계 주변에 바람막이를 설치한다. 전도형강수량계는 관측장소 내 장애물들의 영향을 받지 않는 곳에 설치하며, 지면에서 수수구의 높이는 50~70 cm 로 설치한다.

5.8 무게식강수량계

무게식강수량계는 비, 눈 등 액상과 고체상의 강수를 관측하는 센서이며, 무게식강수량계 본체에는 저수통이 있어 비, 눈 등을 저수통에 모아 무게를 측정하는 원리를 사용하여 강수량을 산출한다.

무게식강수량계의 수수구는 직경 20 cm의 원통 형태이며, 저수통의 용량은 1,000 mm 이상이다. 저수통에 쌓인 강수량은 저수통 용량을 초과할 경우 쌓인 수동으로 배수 작업을 수행하거나 자동으로 배수된다. 또한, 수동 배수형의 경우 겨울철 저수통 내부의 물이 얼지 않도록 부동액을 주입해야 하며, 자동 배수형의 경우 부동액을 사용하지 않고 운용한다.

무게식강수량계는 mm 단위로 측정하며, 전도형강수량계와 동일하게 바람막이를 설치하여 바람에 의한 오차를 최소화 한다. 또한, 수수구의 높이는 1 m 내외로 설치한다.

5.9 원통(Cylinder)식설량계

수수기의 직경은 20 cm의 원통이며 저수통을 사용하지 않고 수수기와 저수기를 하나로 구성 하였으며, 통의 높이는 30 cm 혹은 50 cm의 원통식설량계를 많이 사용한다. 검정공차의 기차는 수수기 테두리 내경의 3% 이내이다.

강설량은 강설(눈, 싸락눈, 진눈깨비 등)이 융해된 강수량으로 설량계나 강수량계를 관측장소 내의 적당한 장소에 설치하고, 그 속에 내린 양을 평형우설량계를 사용하여 강수량과 같이 mm 단위로 측정한다.

평형우설량계의 구조는 일반적인 접시형 저울과 같으며, 눈금은 강수량이 mm 단위로 표시되어 있다. 이 장비의 영점은 때때로 달라질 경우가 있으므로 접시 밑에 있는 보정추를 이동시켜서 조정한다.

용기의 중량이 너무 크면 장비 내의 분동만으로는 부족할 때가 있다. 이럴 때에는 분동을 놓은 접시의 밑에 적당한 무게의 납(鉛) 등을 매달아 두고 용기만 있을 때와 눈이 들어 있을 때에 보통의 방법으로 측정하여 그 차를 구하면 된다. 이 납의 양을 적당히 가감하여 눈이 담겨지지 않은 용기의 경우에 평형이 되도록 해 두면 더욱 편리하다.

평형우설량계를 사용하여 우설을 측정할 때에는 강수량계의 외벽에 부착된 눈 또는 수분을 잘 제거해야 한다. 평형우설량계가 없을 때에는 설량계내의 눈을 알고 있는 양의 온수에 용해시켜 우량승으로 측정하며 온수의 양은 나중에 뺀다.

5.10 적설판 및 설척

5.10.1 관측 방법

적설관측은 적설판과 설척을 사용하며, 설척은 주로 적설이 많은 지방에서 cm 눈금을 새긴 기둥을 대표적인 적설이 나타날 것으로 예상되는 지면에 미리 세워두고 적설이 있을 때에 설면에 상당하는 설척의 눈금으로 적설의 깊이를 측정한다.

설척은 국가표준대표기관 또는 국가교정기관에서 주기적으로 교정을 받아 사용해야 한다.

적설판은 약 50 cm의 백색 페인트를 칠한 정방형 나무나 플라스틱판을 수평으로 지면의 높이와 일치하게 설치하여 적설이 있을 때에 눈의 깊이를 cm 자로 측정하는 것이다. 적설판은 적설판과 설척의 수직상태와 눈금관리에 유의해야 한다.

보통 적설판은 cm 눈금을 새긴 나무 막대기를 수직으로 세워 적설판이 눈으로 덮인 경우 그 위치를 쉽게 찾고 적설의 깊이를 측정하기 위해 설치한다.

적설판은 여러 개를 적당한 장소에 놓아두고 적설면이 장소에 따라 균일하지 않을 경우 참고해야 한다.

적설판은 관측 시 실제로 지면에 쌓여 있는 눈의 깊이이므로 눈을 쓸어 버려서는 안 된다.

적설은 자체의 무게로 다져지기도 하고 녹아내리기도 하므로 새로 눈이 내리지 않았을 때나, 눈이 내리더라도 적설이 전 관측시보다 낮아지는 경우가 있다. 또한, 적설판 위의 눈은 표면이 균일하지 않아 깊이가 일정하지 않으므로 관측자는 그 평균값을 관측해야 한다.

일별 최심적설은 적설을 측정하는 적설판상에서 측정이 가능하며 정확한 최심적설의 깊이와 시간을 재기 위해서는 세심한 주의를 요한다.

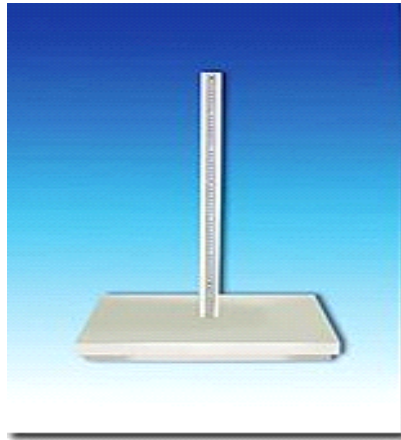
신적설 관측을 위하여서는 별개의 적설판을 사용해야 하며, 관측 시마다 측정이 끝나면 적설판 위의 눈을 쓸어버리고 다음 관측을 위한 준비를 해야 한다.

일최대적설과 일최대신적설은 24시간 중 눈이 가장 많이 쌓였을 때의 적설값(단위 : 0.1 cm)과 시각을 기록한다. 한편 최대적설은 일계와 무관하게 계속해서 누적된 눈을 관측대상으로 하며 임의 시각의 최심과 시각을 기록한다.

일별 최심신적설은 15 UTC를 일계로 하여 24시간 동안에 새로 내려 쌓인 눈의 깊이가 가장 깊었을 때의 깊이와 그 시각을 측정하는 것이다.

따라서 이 최심신적설을 측정하기 위하여 별도의 적설판이 필요하며, 이 적설판은 24시(자정)에 눈을 쓸어내야 한다.

3시간 최심적설과 최심신적설은 정시관측 3시간 중 눈이 가장 많이 쌓인 임의 시각의 적설값(단위 : 0.1 cm)과 시각을 기록하며 적설과 신적설의 구분은 앞서 설명한 것과 원리가 같으나 일별최심적설, 최심신적설은 일계를 기준으로 하고 3시간 최심적설과 최심신적설은 3시간을 기준으로 삼는 것이 다른 점이다.



[그림 85] 적설판

5.10.2 구조 및 점검

- (1) 적설판은 적설깊이를 측정하기 위해 사용되는 측정판으로 가로, 세로 각각 50 cm 크기로 허용오차는 ± 10 mm 이하여야 하며, 복사열의 흡수를 방지하기 위해 백색의 페인트가 칠해져 있다.
- (2) 적설판의 두께는 10 mm 이상 30 mm 이하여야 한다.
- (3) 단단하고 편평한 나무판에 cm 눈금의 자를 부착한 길이 50 cm 이상의 수직자(각목)를 연직으로 세워 적설의 깊이를 측정하는데 사용하는 것으로 설판(雪板)이라고도 한다.
- (4) 적설판은 눈이 바람에 날리거나 또는 날려 쌓이지 않는 넓은 지면을 택한다.
- (5) 적설판은 지면에 수평하게 설치하며, 눈금자(눈자)가 직각으로 되어 있는지 점검한다.
- (6) 적설판은 관측장소에 3개를 설치하는데, 하나는 관측시 마다 측정이 끝나면 적설판 위의 눈을 털어버리고, 또 하나는 일계(日計)를 기준으로 관측 후 털어버린다. 나머지 하나는 구적설을 관측하는 데 이용된다.
- (7) 적설의 표면온도는 낮 동안 일사 등에 의해 올라가는 일이 적지 않지만, 눈 자체는 0 °C이다.
- (8) 가장 깊은 적설은 강설이 멈추었을 때 나오는 일이 많으므로, 눈이 멈춘 직후에 적설의 깊이를 측정한다.
- (9) 일별 최심(신)적설은 적설을 측정하는 적설판상에서 측정이 가능하며 정확한 최심 적설의 깊이와 시간을 관측하기 위해서 세심한 주의를 요한다.

5.11. 적설의 비중(설밀도)과 온도관측

- (1) 적설의 비중을 측정하기 위해서는 구경 10 cm, 깊이 약 5 cm 정도의 금속제의 원통(Snow sampler)을 사용한다. 이것을 적설 중에 약간 돌리면서 꽂고 원통의 양단을 눈칼로 잘라내고 마른 형겔으로 원통 외부를 닦아낸 다음 천평으로 그 중량을 측정한다. 여기서 원통 자체의 무게를 빼고 용적으로 나누면 눈의 비중을 구할 수 있다.
- (2) 건성 눈이 날릴 때는 원통에 알루미늄 제품의 뚜껑을 씌우고 이것을 거꾸로 하여 운반하면 흘리지 않고 운반할 수가 있다. 이때에는 그대로 무게를 측정한 후 뚜껑의 무게를 빼면 된다.
- (3) 적설의 비중(설밀도)은 소수 제2위까지 구한다.
- (4) 적설의 온도는 봉상 수온온도계를 사용하여 측정한다.
- (5) 적설 표면의 온도를 측정하기 위해서는 태양의 직사광선을 피하여 온도계의 구부를 설면에 완전히 묻은 후 관측한다.
- (6) 적설 내부의 온도를 측정하려면 적설면 위에서 적당한 깊이로 온도계를 삽입한 후 관측한다.
- (7) 적설 내부 깊은 층에 대한 온도를 측정하려면 적설에 단면을 만들고 온도계를 수평으로 약 20 cm 정도 삽입한 후 관측한다. 이때 온도계를 측정하고자 하는 깊이 부근에 2~3분가량 놓아 둔 후 측정하고자 하는 정확한 측정 깊이에 위치시킨 후 3~4분을 기다려 온도계 시도를 읽는다.
- (8) 시도를 읽을 때에는 온도계가 움직이지 않도록 하며, 그것이 불가능할 경우에는 온도계를 빼는 즉시 빨리 읽어야 한다. 기온과 설온의 차가 심할 경우에는 특히 주의해야 한다.

5.12 레이저식적설계

5.17.1 구성

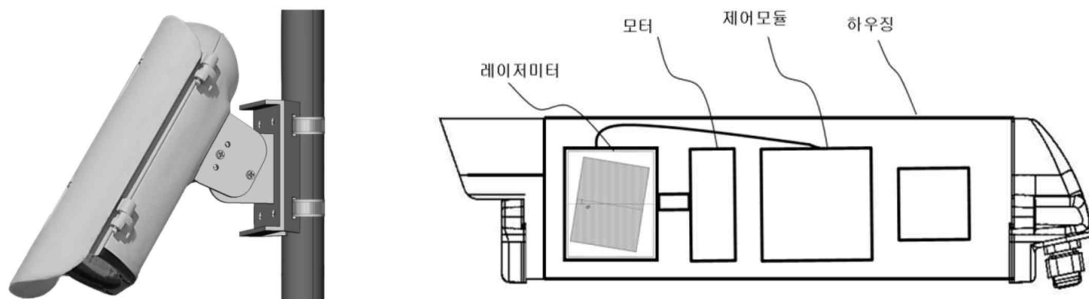
레이저식적설계 시스템은 [그림 86]과 같이 레이저 센서와 자료처리부를 포함하는 적설계 센서, 전원 및 신호선 접속을 위한 단자함으로 구성되며, 그 외에 부대시설을 포함한다.



[그림 86] 적설계 시스템 구성

5.12.2 센서부

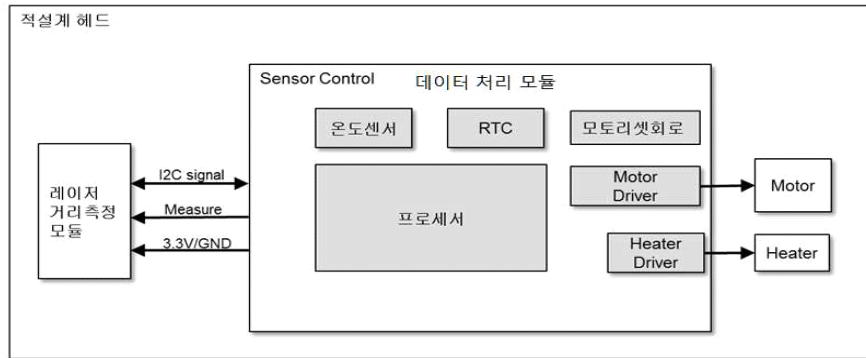
적설계 센서는 레이저측정모듈과 자료처리부가 방수 방진 하우징 안에 일체형으로 구성되어 있으며, 눈 표면을 스캔하여 데이터를 수집하고 대표값을 계산·송신하는 적설계의 핵심 모듈이다.



[그림 87] 적설계 센서 외관(좌) 및 센서 내부 구조(우)

- (1) 적설계 센서는 데이터처리부의 제어에 따라 레이저 측정모듈이 지면 또는 눈 표면에 원형의 궤적을 따라 36 지점을 측정한 후, 측정된 값을 평균하고, 이물질 등으로 인한 오류 값을 알고리즘을 통해 제거한 후 측정면을 대표하는 평균값을 계산한다.
- (2) 적설계 센서에서 측정된 데이터는 외부 자료처리기(Data Logger)로(예: AWS 자료처리기) 전송된다.
- (3) 레이저 거리측정모듈은 함체 내부에서 일정한 각도를 두고 지면 또는 눈 표면에 원형 궤적을 그리면서 센서로부터 적설면상의 각 지점에 대한 거리를 측정한다.
- (4) 제어모듈에 내장된 자료처리부는 레이저 거리측정 모듈을 통해 수집된 자료데이터에서 이물질이나 노이즈 기타 사유로 발생하는 오류 자료를 걸러내고 삼각 측량에 의해 각 지점의 높이를 계산한다.

- (5) 이렇게 계산된 각 지점별 높이의 평균을 계산하여 최종 적설로 표출하게 된다.
- (6) 산출된 적설 자료를 로컬 저장장치에 저장하고 통신선로를 따라 전원/접속단자함을 통하여 외부의 자료처리기(Data Logger)로 전송한다.

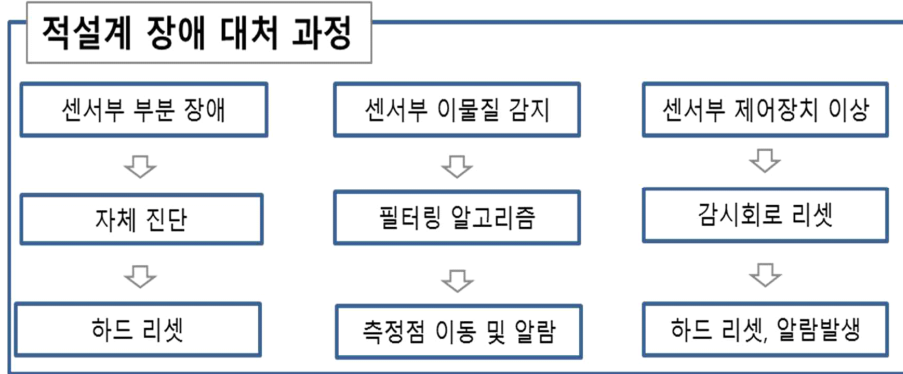


[그림 88] 적설계 센서의 기능블록도

5.12.3 자료처리부

- (1) 적설계의 자료처리부는 센서와 일체형으로 센서에 내장되어 있다. 기본적으로 자료처리부는 모터와 센서를 제어하여 36 지점의 적설 값을 수집한다. 수집된 적설 값을 처리하고 최종 대표 적설 값을 계산하여 통신선로를 통해 연결된 외부 자료처리기(Data Logger)로 송신한다.
- (2) 자료처리부는 1분 적설 값과 5분·10분·1시간 신적설, 일신적설, 일최심적설, 일최심신적설 등을 계산하여 산출한다.
- (3) 자료처리부는 현장에서 수집되는 자료의 품질을 모니터링 하여 일정한 패턴에 해당하는 문제가 발생할 경우 정해진 알고리즘에 따라 후처리 알고리즘 및 최적화 프로그램을 적용하여 관측 자료의 품질을 유지한다.
- (4) 자료처리부는 자체 배터리로 작동하는 실시간 클락(RTC, real-time clock)을 운용하고 있으며, 시리얼 통신 포트를 따라 주어지는 명령에 따라 시각을 변경할 수 있다.
- (5) 자료처리부는 센서부의 가동 및 상태 모니터링 등의 시스템 제어를 수행한다. 장애 발생시 [그림 89]와 같이 자체적으로 정해진 순서에 따라 복구 또는 수정을 시도하고, 일정한 수(예 3회)의 시도 후에도 복구가 되지 않을 경우, 알람을 발생하여 외부 자료처리기(Data Logger)로 통보하는 기능을 수행한다.
- (6) 최종 관측자료 및 센서부로부터 관측된 자료(raw data)를 외부로 전송함과 동시에 전송된 자료의 복사본을 내장된 SD 카드에 저장하고, 필요에 따라 시리얼 통신 선로를 통해 명령에 따라 자료를 송신할 수 있다.

- (7) 현장에서 수집되는 자료를 분석하여 필요한 전처리 및 후처리 과정을 거쳐 최적의 대표성을 갖는 평균 적설을 제공하고 상황에 따라 시스템 변수를 최적화하여 최적의 품질을 유지한다.

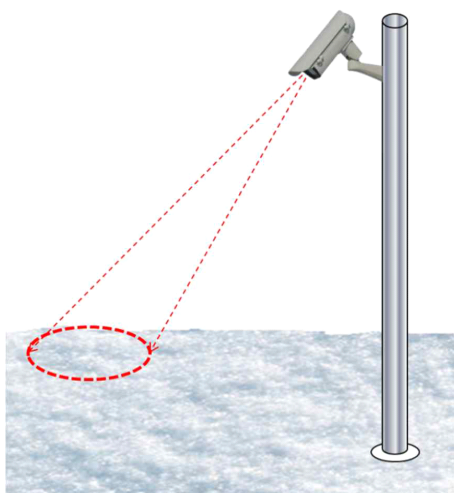


[그림 89] 장애 감지 및 대처 요소 및 흐름도

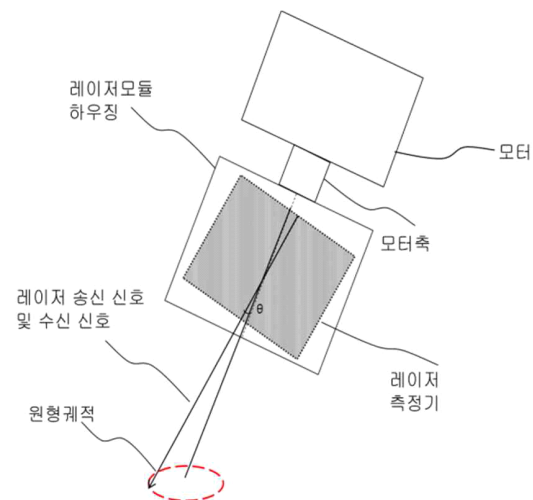
5.12.4 레이저식적설계 동작 원리

적설계는 [그림 90]과 [그림 91]와 같이 적설계 내부의 레이저 거리측정기가 일정한 각도를 두고 회전하여 지면 또는 눈 표면에 원형 궤적을 그리면서 궤적상의 지점들을 측정한다.

각 측정 지점에 레이저 광을 송출하여, 반사되는 레이저 거리측정 모듈까지의 귀환시간으로부터 둘 사이의 거리를 측정한다. 이렇게 측정된 각 지점의 거리 자료로부터 각 지점에 대한 지면으로부터의 높이를 계산하고, 각 지점의 적설 값을 평균하여 측정면의 대표값을 계산한다.



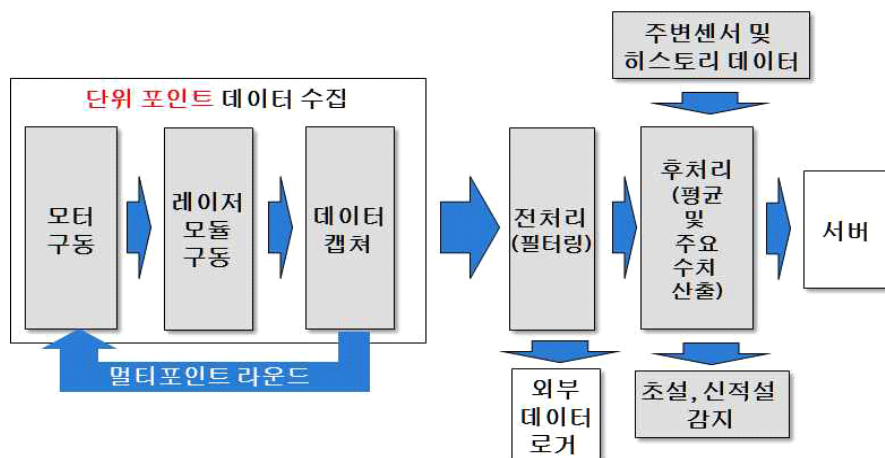
[그림 90] 적설계 개념도



[그림 91] 적설계의 스캐닝 동작 원리

5.12.5 적설 자료 수집 및 분석

- (1) 스캐닝을 통해 수집된 자료는 이물질 및 노이즈에 의한 오류 자료를 걸러내고, 지난 자료의 추세 등을 종합하여 평균값으로부터 최종 적설 값을 계산하여 제공한다.
- (2) [그림 92]와 같이 자료 처리를 위한 전반적인 처리 시스템 구조, 이물질 및 노이즈 데이터 필터링(전/후처리 알고리즘), 원형계적상의 적설 자료 수집 및 평균 적설 계산 알고리즘 실행 과정을 거쳐 최종 결과를 계산한다.
- (3) 전처리 과정에서는 적설계가 레이저 모듈을 구동하면서 수집된 각 지점의 적설 자료에서 노이즈 자료를 걸러내는 작업을 수행한다.
- (4) 이러한 필터링의 예는 아래와 같다.
 - (가) 특정 지점의 측정값이 1분 전의 측정값과 비교 하였을 때 특정 값(1.0 cm)보다 큰 차이를 보이는 경우
 - (나) 1분 또는 측정 주기에 해당하는 시간 동안 특정 지점의 변화 값이 주변 포인트의 변화 값보다 특정 값(0.5 cm) 이상으로 클 경우



[그림 92] 측정된 적설 데이터 처리 과정

5.12.6 레이저식적설계 설치 기준

- (1) 기존 측기탑에 부착을 원칙으로 한다(레이저식적설계용 별도 측기탑 지양).
- (2) 과거 최심적설 대비 2배 이상 높이에 설치한다.
- (3) 높이에 따른 효율적 관측범위와 관측 안정성을 고려하여 설치높이는 최소 1.5m 이상으로 하되, 최대 3m를 초과하지 않는다.

※ 설치높이: 지면으로부터 센서까지의 높이

(4) 적설계의 설치높이에 따라 적설판의 크기를 선택하여 설치한다.

설치높이	적설판 크기
1.5 ~ 2.5 m (이하)	75 cm × 75 cm
2.5 m (초과)	1 m × 1 m

(5) 가능한 측기탑은 북쪽계열, 적설판은 남쪽계열로 배치하되, 겨울철 주풍향을 고려하여 측기탑 등이 눈 쌓임에 장애가 되지 않도록 배치해야 한다.

(6) 기존 측기탑 활용 등 불가피한 경우, 기준보다 낮거나 높게 적설계를 설치할 수 있다.

5.12.7 자동적설판측 휴지기간

(1) 매년 5월 1일부터 10월 31일까지(예보업무규정 [별표 3] 육상에 대한 특보의 세부 대상구역에 따른 강원북부산지와 강원중부산지, 강원남부산지는 매년 6월 1일부터 9월 30일까지)로 하되, 적설기간 변동 시에는 이를 변경할 수 있다.

(2) 동 기간 내에 정기점검은 아래 점검사항을 3개월에 1회 이상 실시하고, 기록 유지해야 한다.

(가) 수집서버와 터미널서버의 작동상태

(나) 자료처리기(Data Logger)와 적설센서 작동상태

(다) 자료처리기(Data Logger) 내부 축전지의 방전상태 및 방전 시 충전 조치

(라) 기타 음속보정센서와 측기탑, 적설판 점검 및 이물질 제거

(3) 휴지기간 조치 사항

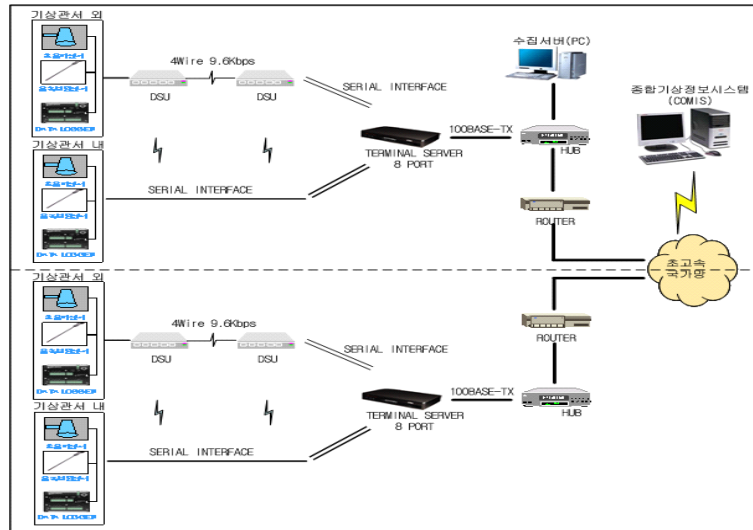
(1) 수집서버와 터미널서버는 시스템 종료 후 전원을 분리하여 유지한다.

(2) 자료처리기(Data Logger)는 전원을 차단하고 내부 축전지는 완전방전을 예방하기 위하여 부하와 축전지간 전원 케이블을 분리하고, 보호함 내에 제습제를 설치하고 잠금 조치한다.

5.13 초음파식적설계

5.13.1 구성

본 장비는 적설을 측정하는 센서부, 수집된 자료를 처리 및 가공하는 자료처리부, 전원공급부, 국지수집장치 등으로 구성되어 있다.



[그림 93] 자동적설관측망 구성도

(1) 센서부

적설관측에 필요한 초음파 적설센서와 음속보정을 위한 기온센서, 강수유무센서로 구성되어 있다.

(2) 자료처리부

센서부로부터 자동기상관측자료 표준규격에 따라 데이터를 수집한 후, 기상학적인 물리량(평균, 최대, 최소 등)으로 변환하고, 기타 자료를 처리한 후 10분 간격으로 자료를 표출 또는 저장하며, 원격지의 호스트의 요청에 따라 자료를 전송한다.

- (가) 자동적설관측장비는 크게 센서부, 자료처리부, 적설국지수집장치(운영 프로그램 포함)로 구성되어 있다.
- (나) 센서부는 초음파 적설계를 적용하였으며, 음속보정을 위한 온도센서와 차광통으로 이루어져 있다.
- (다) 자료처리부는 아날로그 채널 12개, 디지털채널 8개 기타 시리얼 채널을 보유한 단독형 자료처리기(Data Logger)를 적용하고, 통신은 시리얼 통신을 기본으로 이더넷을 지원한다.
- (라) 적설국지수집장치로 전송된 관측값은 종합기상정보시스템으로 기상청 내부망을 통해 매 10분 단위로 전송된다.
- (마) 적설국지수집장치 운영프로그램은 적설 자료의 표출, 검색, 상태감시, 원격제어 등의 역할을 수행한다.

(3) 전원공급부

상용전원 교류 220 V를 직류 15 V로 변환하여 자료처리기(Data Logger) 및 센서부에 필요 전원을 공급한다.

(4) 적설국지수집장치

현재 사용되고 있는 국지수집장치는 연결된 초음파식적설계의 자료를 매 10분마다 수집하여 종합기상정보시스템으로 전송하는 역할을 한다. 또한 기상청 표준시각시스템(Network Time Protocol)으로부터 표준시각을 받아 해당 초음파식적설계의 시각을 동기화하고, 원격지 자동적설관측장비의 전압 및 센서상태 감시, 자료수집상태, 원격제어 등을 수행한다.

(5) 적설관측면

초음파식적설계 바로 아래에 최소 1.5 m×1.5 m 이상의 면적에 천연잔디를 사용하여 균일한 면으로 조성·유지하고, 눈이 녹거나 비가 올 때 배수가 잘 되도록 하여 오차발생을 최소화하도록 관리한다.

(6) 초음파식적설계 설치도



[그림 94] 초음파식적설계

5.13.2 센서부의 기능

(1) 초음파센서

공중초음파 펄스 반사방식으로 설면에 최적의 반사율을 보이는 40 kHz의 주파수의 신호를 이용한다. 10초 순간값과 순간값의 오류를 제거한 10분 평균값을 산출한다.

센서 불확도가 ± 1 cm 로 최대 6 m 높이까지 설치하여 측정이 가능하다.

센서 부근에 장애물 등의 고정물이 존재하는 경우, 반사된 신호도 수신하기 때문에 장애물이 없는 상태에서 설치해야 한다. 설치방법은 바람 등에 흔들리지 않도록 설치해야 하며, 수평조정을 바르게 하여 측정오차가 커지거나 측정에 지장을 미치지 않도록 주의해야 한다.

(2) 음속보정센서

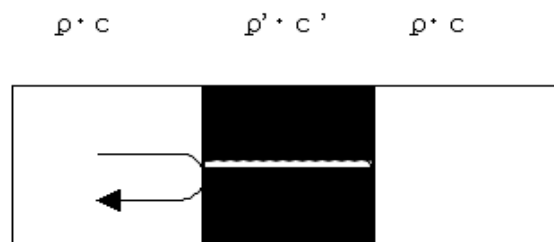
음속보정센서는 기온이 증감함에 따라 저항 값이 변하는 원리를 이용한 것이며, 온도변화에 따른 적설관측 초음파센서의 오차를 보정한다.

(3) 강수유무 센서

초음파센서의 오차범위가 ± 1 cm이고, 여러 운영 환경 및 변수에 따른 오차가 더 발생할 수 있으며, 또한 비가 올 경우에 일시적으로 형성된 수막이 적설로 관측되어 오류가 발생하는 것을 보완하기 위하여 사용한다.

5.13.3 적설깊이 측정의 이해

(1) 초음파의 정의



[그림 95] 음파의 특성

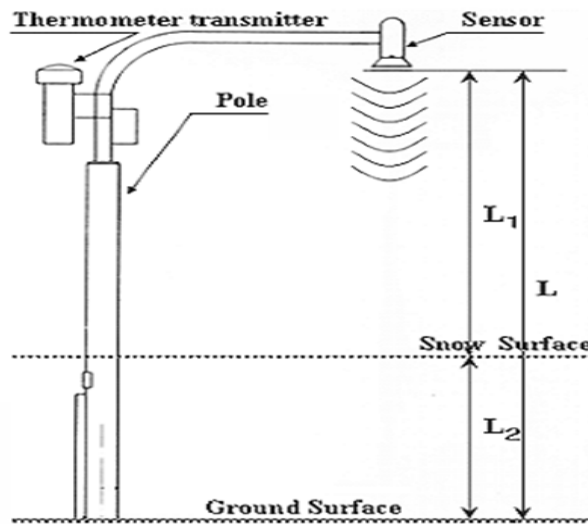
초음파란 사람의 귀로는 소리로 느낄 수 없는 주파수 약 2만 Hz 이상의 음파를 말하며, 측정기 분야에서 일반적으로 이용되고 있는 초음파는 귀로 들리지 않는 높은 주파수의 초음파를 이용하고 있다.

음파는 전달되는 매질의 밀도에 따라 전달속도가 달라지며, 다른 매질에서 반사되어 되돌아오는 성질이 있다. 정확히 말하면 밀도(ρ)와 음속(c)를 곱한 값, 즉 고유음향 임피던스가 다른 점에서 반사한다.

위와 같은 방식에 의해 센서로부터 송신된 초음파는, 공중음속 c 에서 거의 일정하게 진행되고, 밀도가 다른 설면에서 반사한다. 이 반사한 초음파를 센서에서 수신함에 따라, [송신~반사~수신]까지의 시간을 측정할 수 있다. 이러한 초음파가 설면에서 반사되는 왕복 시간을 측정하여, 설면까지의 거리를 측정하게 되고, 이러한 측정 거리를 이용하여 적설의 높이를 계산한다.

(2) 적설깊이 측정의 원리

적설깊이는 센서에 초음파를 송신하고 설면에서 반사되는 시간을 측정해 계산한다. 이때 음속은 전파 경로의 온도에 의해 변화하기 때문에 온도센서는 음속 보정에 있어서 필수적이다. 다음과 같이 초음파식적설계에서 측정된 거리로부터 적설심도를 계산한다.



[그림 96] 초음파식 적설깊이 측정 원리

(가) 초음파센서로부터 적설면까지의 거리 계산

$$L_1 = CT/2 \dots\dots ①$$

L_1 : 설면에서 센서까지 거리, C : 음속, T : 초음파전파시간

(나) 실제 적설높이 계산

$$L_2 = L - L_1$$

① 식에서, $L_2 = L - CT/2$

L_2 : 적설높이, L : 지표면에서 초음파센서까지 거리

(3) 음속보정

공중에서의 음속 C 는 전달경로의 온도에 따라 다음과 같이 변화하기 때문에 온도계에서 측정한 온도를 사용하여 보정할 필요가 있다.

(가) 보정완료거리 계산

보정완료거리(실제거리) = 실음속/기준음속×센서 측정거리

예) 센서의 측정거리=5 m, 5 °C의 경우 : 보정거리=334.49/331.45×5=5.458 m

(나) 보정 음속 : $C = C_0 + 0.607T$

T : 음파가 전달되는 경로의 대표온도

C_0 : 기준음속(331.45 m/s : 0 °C기준)

(다) 실음속 계산 : 측정시의 온도로부터 계산

예) 5 °C의 경우 : $331.45 + (0.6071 \times 5 \text{ °C}) = 334.4855 \text{ m/s}$

(라) 음속보정을 위한 대표 온도의 측정

음속보정을 위한 온도는 특정 지점에서의 온도이다. 실제로는 초음파는 공간을 이동함으로 공간의 온도를 모두 더해서 평균 온도를 사용해야 하나 이는 현실적으로 어려움이 많아서 실제 관측에 있어서는 초음파가 지나가는 공간상의 한 지점을 대표할 수 있는 지점을 정하여 온도를 측정하여 사용한다.

5.13.4 초음파식적설계 운영

(1) 초음파식적설계에 영향을 미치는 요소

초음파를 이용한 자동적설관측은 다음과 같은 다양한 원인에 의해서 실제 적설과 차이를 보일 수 있으므로 이를 참고하여 적절한 장비운영으로 실제 적설을 가장 잘 나타내는 대표값을 얻을 수 있도록 해야 한다.

(2) 음속 보정

초음파는 통과하는 매질의 온도에 따라 음속이 변함으로, 통과하는 공간에서의 최대한 세분화된 온도를 측정하여 보정해야 하나, 현실적으로는 설치위치가 한 곳으로 고정되어 대표온도를 사용함으로써 차이가 유발될 수 있다.

(3) 설면의 불규칙성

초음파의 적설높이 관측은 설면의 일정 영역을 평균하여 처리하지만, 눈의 특성, 무게에 의한 눌림 현상, 설면의 녹는 현상이 균일하지 못하는 등의 원인으로 실제 설면은 매우 불규칙하다.

(4) 적설센서의 높이

적설센서의 높이는 일반적으로 0~5 m를 측정할 수 있도록 최대 6 m까지 설치 가능 하나, 센서의 높이가 높을수록 센서와 지면과의 음파 전달속도 및 온도의 차이로 인해 음속보정 차이가 더 커질 수 있다. 따라서 예상 가능한 최대 적설보다 약 1 m 정도 높은 지점에 설치하는 것이 바람직하다.

5.13.5 사전점검 및 응급조치 방법

(1) 관측환경 점검

- (가) 눈이 내릴 때, 지형상 또는 다른 구조물(수목 등의 장애물)의 영향을 받지 않도록 환경상태를 점검한다.
- (나) 자동적설관측장비 주변에 기계적 진동으로 인해 측정에 방해가 되지 않도록 점검한다.
- (다) 초음파센서 아래의 적설 관측면은 주변의 높이 차이가 없도록 고르게 조성하여 유지한다.

(2) 초음파센서 점검

- (가) 수평조정이 바르게 되지 않을 경우 측정오차가 커지거나 측정에 지장을 미칠 가능성이 있으므로, 센서의 수평조정을 바르게 한다.
- (나) 센서가 바람에 심하게 흔들려도 측정에 지장을 줄 수 있으므로 단단히 고정이 되었는지를 점검한다.
- (다) 센서 부근에 장애물 등의 고정물이 존재하는 경우, 그곳에서 반사된 신호도 수신해서 잘못된 값이 나올 수 있다. 따라서 센서 주변에 장애물 유무를 점검한다.
- (라) 센서 등이 더러워질 경우, 물을 가볍게 묻혀 부드러운 천으로 닦는다.

(3) 케이블 점검

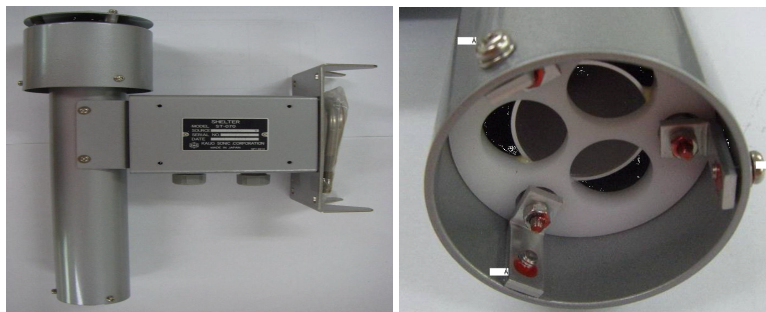
- (가) 커넥터 연결이 올바른지 확인한다.
- (나) 센서의 커넥터는 케이블을 센서에 완전히 연결되어야 한다. 접속하기 전에는, 센서 및 케이블 모두 물(비, 눈)에 주의해야 한다.
- (다) 커넥터 나사를 돌리는 것만으로 완전히 조여지지 않는 경우가 있기 때문에, 커넥터의 후드부분을 잡고 밀어 넣으면서 나사를 조이도록 한다.

(4) 음속보정센서 점검

- (가) 음속보정센서 값이 -999 나올 경우 적설 값을 보정하지 못해 적설값이 정상적으로 산출되지 않는다.
- (나) 음속보정센서 및 신호 케이블에 외부적인 손상이 없는지 확인한다.
- (다) 자료처리기(Data Logger)의 전원공급 여부를 확인한다(누전차단기 등에 의해 전원공급이 차단됐는지 확인).

(5) 차광통에서 온도센서 분리 점검

- (가) 차광통의 정면에 4개의 볼트를 연다.
- (나) 정면 커버를 열고 음속보정센서 신호선을 분리한다(적색, 흑색, 엷은 녹색, 백색, 녹색).
- (다) 차광통 아래 부분에 3개의 볼트를 제거한다.
- (라) 먼저 음속보정센서 보호용 필터를 조심해서 꺼낸다.
- (마) 음속보정센서를 차광통에서 분리한다.
- (바) 조립할 때에는 음속보정센서를 먼저 삽입하고 터미널구멍으로 케이블을 끼낸 후에 위의 역순으로 조립한다.



[그림 97] 차광통(강제통풍식)

(6) 자료처리기 (Data Logger) 점검

- (가) 자료처리기(Data Logger)는 정상적으로 동작하지만 적설센서가 동작하지 않는 경우에는 [무접점 릴레이]의 LED가 켜져 있는지 확인하고 꺼져 있으면, 인위적으로 실험하기 위해 자료처리기(Data Logger) [SW1] 채널에 체결된 선을 [5 V]로 연결하고, 적설계가 동작하는지 확인한다.
- (나) [무접점릴레이]의 LED가 켜져 있는 경우엔 앞서의 자료처리기(Data Logger)에 전원이 공급되지 않는 경우와 동일한 방식으로 [무접점릴레이]와 연결되는 채널을 점검한다.

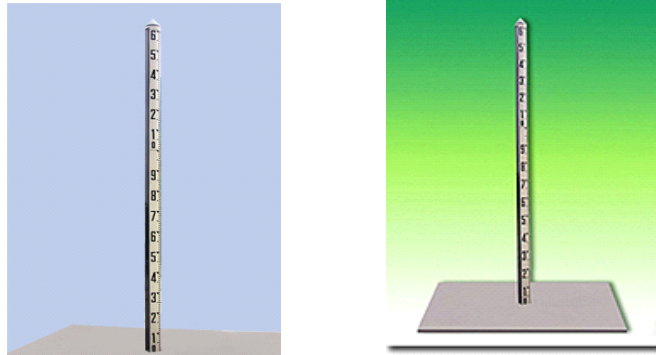
(7) 키패드 (KEYPAD) 점검

- (가) POWER LED에 불이 꺼져 있으면, 전원부에 이상이 있다고 판단하여 자료처리기(Data Logger)에 12 V 전원을 공급되는 테스터기로 확인한다.
- (나) POWER LED에 불이 켜져 있으나, 이외의 LED들이 점멸되지 않고, KEYPAD를 눌러도 LCD가 표출되지 않는 경우에는 500 mA 이상 12 V전원이 정확히 공급되는지 확인하고 전원 이상이 아니면, 스위치를 끈 후 다시 켜본다. 그래도 해결되지 않으면, LCD의 4번 메뉴 RECOVERY를 이용한다.

5.14 광학식적설계

5.14.1 개요

- (1) 측정 장소에 광학측정봉을 설치하고, 관측관서에서 적설을 임의 시각에 모니터할 수 있도록 원격기능을 갖고 있는 적설관측장비이다.
- (2) 원리는 검출봉안에 일정한 간격으로 발광부와 수광부가 여러 쌍이 배열되어 있으며, 적외선 발광부로부터 검출봉이 외부로 향하여 발사한다.
- (3) 센서와 자료처리기 사이의 통신은 현재 dial-up방식을 이용하고 있으며, 설치장소에서도 자료를 모니터할 수 있다.
- (4) 수광부는 발광부에서 발사한 적외선에 의해 반응하는 특성을 가지고 있으며, 적설층에서 반사된 적외선의 위치를 검출하여 적설심도를 측정한다.
- (5) 눈 입자가 검출봉에 부착되었을 경우 오차요인이 발생하는 단점이 있다.



[그림 98] 광학식적설계

5.14.2 구성요소

- (1) 감지기
 - (가) 형식 : 광학적 측정봉 형식
 - (나) 감지방식 : 광반사(눈이 쌓인 부분에서만 반사광이 검출되는 원리를 이용)
 - (다) 측정범위 : 0~150 cm
 - (라) 분해능 : 2 cm
 - (마) 출력 : 변환기 기능에 따르면 변환기와의 거리는 100 m까지 가능
 - (바) 변환기 : 감지기와의 전원 및 신호 연결기능을 가지고 다양한 출력을 생산한다.
 - (사) 출력 : Digital RS-232C(Analog 0~1 VDC)
 - (아) 자료저장 : RAM drive(1 MB)
- (2) 모뎀 : 변환기의 RS-232C 출력을 원거리 자료처리기로 전송하는 기능을 수행한다.
 - (가) 방식 : dial-up(외장형)
 - (나) 통신속도 : 2,400/4,800 bps
 - (다) 디지털표시기, 응용S/W, 감지기 보호용 펜스
- (3) 자료처리기(Data Logger)

5.14.3 원리

- (1) 검출봉안에 2 cm마다 투광부와 수광부가 75쌍이 배열되어 있으며, 적외선 투광부로부터 검출봉이 외부로 향하여 발사된다.
- (2) 수광부는 투광부에서 발사한 적외선에 의해 반응하는 특성을 가지고 있으며, 적설층 내에서는 반사된 적외선의 위치를 검출하여 적설심도를 측정한다.

- (3) 눈 입자가 검출봉에 부착되었을 경우 오차요인이 발생하는 단점이 있다.

5.15 영상식적설계

5.15.1 개요

- (1) 원격영상 시스템은 대기과학에서 정의된 원칙에 입각한 관측자의 목측 적설관측방법을 그대로 구현할 수 있는 측정방법을 사용하고 있다.
- (2) 측정방법은 동기식으로 구동되는 발광부 빛이 중앙 제어장치에 의해 제어되는 CCD 카메라를 통하여 영상으로 얻어지고 이를 목측 인식방법으로 알고리즘화하여 영상을 인식한다.
- (3) 획득된 영상을 가공하여 적설이 측정되며, 보조측정장치(광학식, 초음파식)에서 관측된 값은 주변환경 상황에 의해 발생할 수 있는 오차값을 보정한다.
- (4) 주변 환경감시용 CCD카메라를 통하여 적설강도 및 주변 환경을 감시할 수 있다.



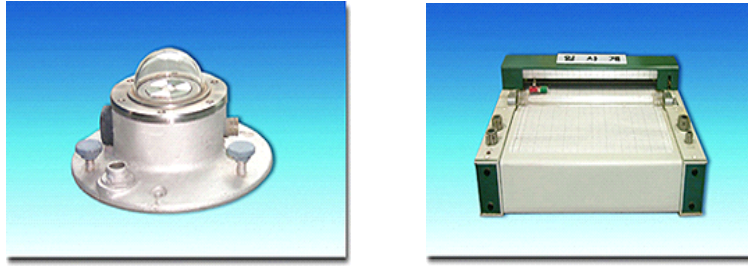
[그림 99] 영상식적설계

6. 일사 측정

6.1 수평면일사계 (Global solar radiation)

6.1.1 취급 및 점검

- (1) 측기의 설치높이는 지상 1~2 m여야 한다.
- (2) 센서는 반구모양의 둥근 유리 안에 넣고 밀폐하여 바람의 영향을 막고, 내부에는 습기가 없어야 한다.
- (3) 빛의 흡수도를 일정하게 유지하기 위해 도료를 칠할 때에는 골고루 칠해야 한다.
- (4) 눈이 얼어붙거나 우빙, 서리 또는 무빙이 있으면 소량의 제빙액(de-icing fluid)으로 매우 부드럽게 제거한 후 유리면을 깨끗이 닦아야 한다.
- (5) 측기의 수평성과 내부의 응결상태 및 수광면의 검정색을 항상 확인 점검한다.
- (6) 센서는 일사량에 비례하는 기전력을 발생시키는 기능이 있어, 각 센서에는 감도정수라 부르는 기전력상수가 표시되어 있다.
- (7) 예를 들면, $9.65 \times 10^{-6} \text{ V/Wm}^{-2}$ 는 1평방미터의 면적에 입사되는 일사량이 1 W일 때 센서는 $9.65 \times 10^{-6} \text{ V}$ 의 기전력을 발생한다는 뜻이다.
- (8) 기록계는 전위(電位)를 기록하는 아날로그형 기록계이며, 어느 형태나 사용 가능하다. 단, 기록지의 눈금이 시간과 전위를 읽을 수 있도록 되어 있어야 한다.
- (9) 일반적으로 기록계의 조정은 최대 기록전위가 50 mV, 회전속도가 20 mm/hr로 되게 한다.
- (10) 일사관측 기록지에 표시되는 시각은 태양의 이동과 기록선이 일치하도록 관측 지점의 진태양시를 적용한다.
- (11) 일사의 강도가 같아도 온도나 입사각이 변하면 열전대의 기전력이 다소 달라진다. 즉, 입사각이 60° 정도까지는 기전력은 대체로 삼각함수(cosine법칙)에 비례해서 감소하지만, 70°가 되면 수 %, 80°에서는 20 % 정도로 삼각함수 법칙에 의해 작아진다.
- (12) 때문에 여름과 겨울에는 온도에 의해 약 2 %의 오차가 발생하고, 입사각의 영향에 의해 1일 총량으로 1~2 %의 오차가 발생하지만 이용상 문제가 없기에 무시한다.



[그림 100] 수평면일사계

6.2 에프리일사계

6.2.1 개요

- (1) 수평면일사관측에 주로 사용되는 에프리(Eppley)일사계는 센서와 전위기록계로 구성된다.
- (2) 센서는 일사량에 비례하는 기전력을 발생시키는 기능을 갖는다. 따라서 각 센서에는 감도정수라 부르는 기전력상수가 표시되어 있다. 예를 들면, $9.65 \times 10^{-6} \text{ V/Wm}^{-2}$ 이다. 이것은 1 m^2 의 면적에 입사되는 일사량이 1 W 일 때 센서는 $9.65 \times 10^{-6} \text{ V}$ 의 기전력을 발생한다는 뜻이다.

6.2.2 기록지 및 일사량 계산

- (1) 기록계는 전위를 기록하는 아날로그 기록계이면 어느 형태나 사용 가능하다. 단, 기록지의 눈금이 시간과 전위를 읽을 수 있도록 되어 있어야 한다.
- (2) 기록계는 최대전위와 기록지 이동을 임의로 조정하게 되어 있다. 일반적으로 기록계의 조정은 최대 기록전위가 50 mV , 회전속도가 20 mm/hr 로 되게 한다.
- (3) 일사관측기록지에 표시되는 시각은 태양의 이동과 기록선이 일치하도록 그 지점의 진태양시를 적용해야 하나 1991년 1월 1일부터 한국표준시를 사용하도록 하였다(전산처리를 위하여 프로그램을 자주 수정해야 하는 불편을 해소하기 위함).
- (4) 기록지는 일사량의 시간적 변화가 곡선으로 나타나게 된다. 이 기록으로부터 시간당 일사량과 일 총계 및 최대치를 구하는 것이 일사량 계산이다.
- (5) 일사량 계산을 위하여 기본적으로 알아야 하는 것은 기록지의 가로·세로 눈금의 최소단위로 둘러싸인 단위면적당 일사량이다.

- (6) 단위면적당 일사량을 면적상수 k 라 할 때 다음의 조건에서 k 를 구하는 예를 들어 설명한다.

전위축 : 최대 50 mV (1눈금 0.5 mV)

시간축 : 시간당 20 mm (1눈금 900초)

센서감도정수 : $9.65 \times 10^{-6} \text{ V/Wm}^{-2}$

- (가) 먼저 전위축 1눈금에 해당하는 순간일사량(x)는 다음과 같다.

$$0.5(\text{mV}) : 9.65 \times 10^{-3}(\text{mV}) = x : 1(\text{Wm}^{-2})$$

$$x = \frac{0.5(\text{mV}) \times 1(\text{Wm}^{-2})}{9.65 \times 10^{-3}(\text{mV})} = 0.0518 \times 10^3(\text{Wm}^{-2})$$

- (나) 다음에는 시간을 고려한 일사량 계산으로 시간축 1눈금이 900초이므로 위의 순간일사량에 이 시간을 곱한다. 즉,

$$\begin{aligned} k &= 0.0518 \times 10^3(\text{Wm}^{-2}) \times 900(\text{sec}) \\ &= 46.62 \times 10^3(\text{Wsecm}^{-2}) \\ &= 46.62 \times 10^3(\text{Jm}^{-2}) = 0.04662(\text{MJm}^{-2}) \end{aligned}$$

- (다) 따라서 원하는 시간 동안(예 : 1 시간)의 일사량은 그 시간 사이에 기록선으로 둘러싸인 면적에 해당하는 단위면적의 수를 세어 k 값을 곱함으로써 일사량이 계산된다.

- (라) k 는 센서의 감도정수와 기록계의 성질에 따라 경우마다 다른 값을 가지게 되므로 측기가 바뀔 때마다 새로 결정해야 하는 점을 유의해야 한다.

6.3 산란일사계

- (1) 전천일사 중에서 산란복사의 관측은 수평하게 놓인 수광면에 비치는 직사광선을 차단하여 측정한다. 수평면일사량과 산란복사량의 차이로 수평면에 도달하는 직달일사량을 측정한다.
- (2) 측기로는 Eppley일사계, Moll-Gorczynski일사계 등 수평면일사계에 직사광선 차단장치(shading ball 또는 shading ring)를 부착하여 사용한다.

6.4 반사일사계

- (1) 반사일사량은 태양의 직달일사 및 대기 중의 산란일사가 지표면에 의해 반사되어 윗쪽으로 향하는 일사량으로, 수평하게 놓인 수광면으로 측정한다.

- (2) 반사일사량은 수평면일사량과 달리 지면의 알베도(albedo)를 구하는 데 이용된다. 측기는 지면에서 1~2 m 높이에 센서를 아래 방향으로 향하게 설치한다.

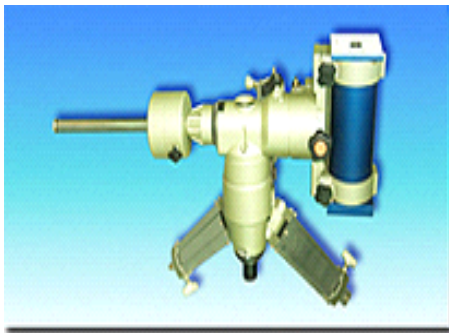
6.5 스펙트럼 (Spectrum)일사계

- (1) 스펙트럼 일사측정은 몇 개의 필터 혹은 분광장치를 통하여 파장별 일사량을 측정하는 것이다.
- (2) 파장별 일사량은 대기의 수직성분에 대한 연구, 특히 가강수량 추정에 이용되며 식물의 성장과 관련된 광화학반응 연구에도 활용된다. 주요 측기로는 파장별 복사에너지 기록장치와 태양광도계(Sunphoto-meter)가 있다.

6.6 기타

수평면 이외의 고정평면에 대한 일사량의 측정으로, 건물의 각 벽면이 받는 일사량의 측정 등이 있다.

6.7 일사계기준기



[그림 101] 직달일사계

- (1) 1996년 8월 2일 스위스 CIR사로부터 도입한 장비로 직달일사계를 검정하기 위한 세계적인 기준기로 절대직달일사계이다.
- (2) 스위스의 다워스 물리기상관측소에서 설계된 것이다.
- (3) 자동보상적인 측정원리이며, 정확도가 $\pm 0.25\%$ 미만이다.

6.8 직달일사계

직달일사계는 자동 태양추적장치가 부착되어 있어 직달일사센서의 수광통이 항상 진태양시와 일치한다.

직달일사량은 수광면(受光面)이 항상 태양광선에 수직하도록 설치한 직달일사계로 측정한다. 직달일사량은 대기의 하층까지 투과되는 일사량과 태양광선 뿐만 아니라 태양 주위의 대기투과율 및 혼탁계수 계산에 이용되며 다른 일사 측정의 기준이 된다.

측기가 갖는 특징은 움직이는 태양을 따라 신속하고 부드럽게 방위와 고도 각을 조정하는 장치가 필요한 점이다.

직달일사계로는 Ångström 보상식(補償式) 일사계, 은반일사계, Michelson 바이메탈일사계, Linke - Feussner 일사계, Eppley 직달일사계 등이 있다.

6.9 전천일사계

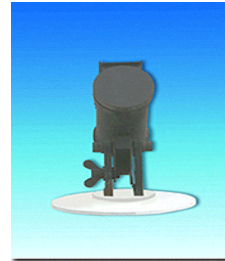
수평면일사로도 불리는 전천 일사의 관측은 수평하게 놓인 수광면이 받는 직달일사와 대기 중의 산란일사를 측정한다. 전천일사계로 측정된 자료는 일사량으로 가장 많이 이용되고 있다.

직달일사량과 대기 중에 산란된 산란일사량을 측정하며, 탄소로 검게 코팅되어 있는 원반은 복사에너지를 흡수하고, 열 흡수 장치의 온도 저항체를 통하면서 열로 변환되는 반면에 전혀 코팅이 되지 않은 원반(일사가 반사된 영역)은 복사에너지에 의한 열이 거의 발생하지 않아 두 원반 사이의 온도차를 전압으로 변환하여 일사를 관측한다.

측기는 지속적으로 외부에 노출되어 자기 기록되므로 그 센서(受感部)는 반구형 유리로 밀폐되어 있다. 대표적인 수평면일사계(pyranometer)로는 Moll-Gorczynski 일사계, Eppley 일사계(또는 New Eppley), Robitzsch 바이메탈일사계, Yanishevsky 일사계 등이 있다.

7. 일조 측정

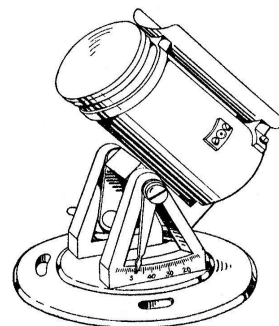
7.1 졸단일조계 (Jordan sunshine recorder)



[그림 102] 졸단일조계

7.1.1 구조 및 관리

- (1) 돛쇠 또는 황동제의 원통을 위도 눈금이 표시되어 있는 설치대 위에 장치한 기계로 원통 상면에는 태양광선이 진태양시의 12시에 동서로 분리될 수 있도록 차광판을 고정하고 원통에 2개의 작은 채광구가 있다.
- (2) 원통은 고정축을 중심으로 수평에서 60°까지 회전시킬 수 있고 그 지방의 위도와 일치하게 맞추어 고정해야 한다.
- (3) 원통의 내경은 64 mm, 깊이 140 mm, 채광구의 직경 0.5 mm이다.
- (4) 원통축을 자오선상, 즉 진남북선과 일치시키고 원통의 뚜껑이 있는 곳을 북쪽으로 향하도록 설치한다. 진남북은 그 지방 남중시각 그림자로 맞추면 된다.
- (5) 이 일조계는 일광의 청사진 작용을 이용한 것으로 감광지에 나타나는 감광된 흔적의 길이로 일조시간을 측정한다.



[그림 103] 졸단일조계와 모식도

7.1.2 자기지의 교환

- (1) 자기지 교환은 일몰 후에 하며 기록된 자기지는 교환 즉시 계산을 하고, 맑은 물에 약 30분간 담가 두어 감광액이 탈색된 다음에 건조한다.
- (2) 감광액 탈색과정에서 청사진 흔적이 약해지는 경우도 있으므로 탈색 전에 청사진 흔적을 필기구로 표시 할 수도 있다.
- (3) 일조계산은 일광의 청사진 흔적의 농담에는 관계없이 시간의 100분위까지 산출한다.
- (4) 자기지에 칠하는 감광액을 조제하는 방법은 다음과 같다.
 - (가) A액 : 적혈염 8 g을 50 cc의 맑은 물로 용해시킨다.
 - (나) B액 : 구연산철암모니아 10 g를 50 cc의 맑은 물로 용해시킨다.
- (5) 감광지의 강도를 일정하게 유지하는 것이 중요하기 때문에 감광액은 순도가 높은 약품을 사용한다. 이 두 가지 액을 자기지에 칠할 때에 같은 분량을 혼합하여 사용한다.
- (6) 도료는 빛이 들어오지 않는 어두운 곳에서 붓으로 빈틈없이 칠하여 건조시켜 사용하며, 감광자기지를 일조계의 원통에 넣으려면 원통 내에 표시된 기점에 10시와 14시선을 맞추는데 14시(오후시간)쪽을 내부로 10시(오전시간)쪽을 밖으로 향하도록 하고 채광구를 통하여 빛의 통과 여부를 확인해야 한다.

7.1.3 취급 및 점검

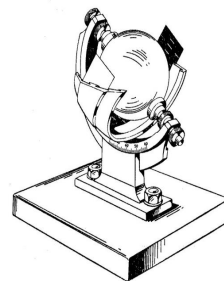
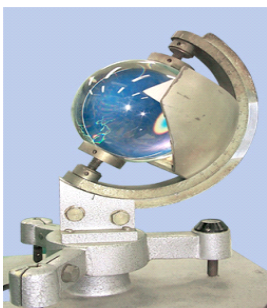
- (1) 원통의 지름 64 mm, 깊이 140 mm의 원통을 지축과 평행하게 설치한다.
- (2) 원통축을 자오선상(진남북선)과 일치시키고 원통의 뚜껑이 있는 곳을 북쪽으로 향하도록 설치한다.
- (3) 감광액을 일조자기지에 칠하거나 건조 시에는 암실이나 일광이 비치지 않는 장소에서 하며, 보관은 되도록 건조한 냉암소(冷暗所)에 한다.
- (4) 또한, 감광지의 감도를 일정하게 유지하는 것이 중요하기 때문에 순도가 높은 약품을 사용한다.
- (5) 감광자기지를 일조계의 원통에 넣으려면 원통 내에 표시(I)된 점에 자기지의 10시와 14시선을 맞추는데 14시 쪽을 안으로 10시 쪽을 밖으로 향하도록 하며, 자기지의 누름쇠가 일광을 차단하지 않도록 쥘 부분을 위로 하여 넣는다.
- (6) 졸단일조계의 기록지에는 진태양시에 의한 시각이 인쇄되어 있다.

- (7) 자기지 교환은 일몰 후 적당한 시각에 하며, 기록된 자기지는 교환 즉시 일조시간을 계산한 후 맑은 물에 약 30분간 담가 두었다 씻은 다음 잘 말려서 보관한다.
- (8) 일조계산은 감광강도에 따라 다소 주관성을 띠고 있으나, 일광의 청사진 흔적의 농담(濃淡)에 관계없이 시간의 10분위까지 산출해야 한다.

7.2 캄벨일조계 (Cambell-Stokes sunshine recorder)

7.2.1 구조 및 관리

- (1) 캄벨일조계는 유리구를 통과하는 빛의 광학작용에 의해 자기지상에 탄 흔적의 길이를 재서 일조시간을 관측하게 되어 있다.
- (2) 유리구는 항상 깨끗이 해야 하고 조금이라도 더럽혀져서는 안 된다.
- (3) 먼지나 모래가 묻었을 때에는 새털로 된 먼지떨이 같은 것으로 털어야 하고 모래 등이 묻은 채로 걸레질을 해서 유리에 흠을 내서는 안 된다.
- (4) 겨울철에 눈, 서리, 얼음 등이 부착했을 때에는 젖지 않도록 씻어내고 물기를 없애야 한다. 자기지는 밖에 노출되어 있으므로 강수가 있을 때에는 젖지 않도록 덮개를 씌워 주어야 한다.



[그림 104] 캄벨일조계와 모식도

7.2.2 자기지 교환

- (1) 유리구의 초점 위치는 계절(태양고도)에 따라서 이동하게 되므로 3종류의 자기지를 사용할 수 있도록 동절기, 춘추, 하절기용 자기지 홈이 있다.
- (2) 위 홈에 맞는 자기지는 11~2월까지 사용하고, 아래 홈에 맞는 자기지는 5~8월까지 사용하며, 중간 홈에 맞는 것은 3~4월과 9~10월에 사용한다.
- (3) 자기지를 끼울 때에는 오전 쪽이 서쪽으로 가게 끼워야 하고 정오선이 홈에 새겨진 시각선과 정확히 일치되도록 한다.

- (4) 또한 자기지의 양끝은 밖으로 굽혀서 햇빛을 가리지 않도록 하고 자기지의 교환은 일몰 후 약 1시간 지난 후에 행한다.
- (5) 탄 흔적의 길이는 시간단위를 100분위까지 읽는다. 이때에 투명자를 자기지 위에 대고 측정하면 편리하다.
- (6) 탄 흔적은 자기지의 지질에 따라서 영향이 많으므로 기상청에서 권고하는 자기지를 사용해야 한다.

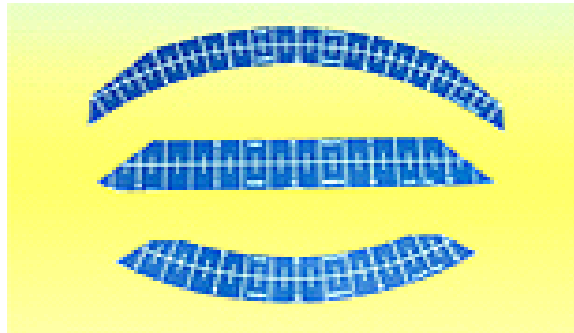
7.2.3 취급 및 점검

- (1) 자기지를 끼울 때는 오전 쪽이 서쪽으로 가도록 끼워야 하고, 자오선이 홈에 새겨진 시선(I)과 정확히 일치되도록 한다.
- (2) 또한 자기지의 양끝은 밖으로 굽혀서 일출과 일몰시에 햇빛을 가리지 않도록 한다.
- (3) 자기지의 교환은 일몰 후 적당한 시각에 실시한다.
- (4) 유리구는 항상 깨끗한 상태를 유지하며, 특히 일출 전 유리구에 성에 또는 이슬이 남아있는 경우가 있으므로 부드러운 천을 이용하여 닦아주는 것이 좋다.
- (5) 먼지나 모래 등이 묻었을 경우 새털로 된 먼지털이로 털 다음 부드러운 천으로 유리구에 흠이 생기지 않도록 조심해서 닦는다.
- (6) 자기지는 밖에 노출되어 있으므로 강수가 있을 때에는 덮개를 씌워서 보호한다(여름철 소낙비가 내렸을 경우 자기지가 젖음으로 해서 일조시간의 오차가 생긴).
- (7) 탄 흔적은 자기지의 지질 또는 색상에 따라 영향이 많으므로 규격에 맞는 자기지 이외에는 사용하면 안 된다.

7.2.4 자기지 읽는 법

- (1) 유리구 초점의 위치는 계절(태양고도)에 따라 다르므로 자기지를 끼울 수 있는 구면반에는 3단의 반원형 홈이 준비되어 있다.
- (2) [그림 105]을 참고로 여름용(5~8월, 윗쪽), 봄가을용(3~4월, 9~10월, 가운데), 겨울용(11~2월, 아래쪽)의 3종류로 구분해서 사용한다.
- (3) 얇은 구름 등으로 인해 탄 흔적이 가늘게 되어 있어도, 또 약간 두꺼운 구름 때문에 종이의 색이 다소 변색된 곳도 모두 일조가 있었던 것으로 읽지만, 확실히 두껍게 탄 흔적 속에 변색 정도가 약한 흔적이 있을 때는 약한 부분 한 장소마다 0.1시간을 뺀다(뺀 최대치는 전체 탄 부분의 1/2을 넘지 않도록 함).

- (4) 태양이 갑자기 구름에 가려져 탄 흔적이 없어졌을 때는 그 흔적이 둥글게 된다. 이때는 원의 반경의 1/2에 해당하는 길이만을 뺀다.
- (5) 탄 흔적이 단속적일 때는 각각 탄 흔적의 끝마다 반경의 1/2을 뺀다.
- (6) 원형의 탄 흔적만이 띄엄띄엄 있을 때는 2~3개가 0.1시간에 해당하는 것으로 간주한다.



[그림 105] 계절별 자기지

7.3 바이메탈일조계 (Bimetal sunshine recorder)



[그림 106] 바이메탈 일조계

7.3.1 개요

- (1) 바이메탈일사계의 원리를 이용한 장비이다.
- (2) 흰색과 검은색의 바이메탈을 같은 받침대에 고정시키고, 맨 끝에 전기접점을 설치하여 일정량 이상의 일사가 되면 접점이 닫히게 된다.
- (3) 바이메탈을 태양과 직접 맞닿게(面)하기 위하여 지축에 평행하게 동, 남, 서쪽으로 3조의 바이메탈을 가지며, 각각의 접점은 병렬로 되어 있다.

비바람 등으로부터 보호하기 위해 바이메탈을 유리관으로 덮고 내부에 실리카겔(silica gel)을 넣어 건조한 상태를 유지하도록 한다.

7.3.2 설치 시 주의사항

- (1) 일출 중 일조에 장애물이 없는 위치를 선정한다.
- (2) 장소는 관측장소 내에 설치하는 것이 원칙이나, 일광의 장애를 받기 쉬우므로 옥상이나 측기탑상에 설치하는 것이 좋다.
- (3) 설치대는 견고한 콘크리트 기둥이나 석주를 사방 30 cm 정도의 적당한 높이로 구축한다.
- (4) 일조계에 표시되어 있는 기선을 그 지방의 진남북선에 일치하도록 설치하며, 특히 주의할 점은 동, 서가 절대 수평이 되어야 한다.

7.4 회전식일조계

계절에 따른 고도변화를 고려하여 반사경면에 입사되는 직달일사 에너지를 초전센서로 전달하고, 일사량 $120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 이상의 에너지를 경계값으로 하여 펄스를 생성하고 출력한다.

위의 반사경면은 36초에 1회씩 측정하도록 회전하는 구조로 구성되어 있다. 일조시간은 하루 동안의 일사 경계값($120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$) 이상에서 생기는 펄스의 누적 시간으로 계산한다.

$$\text{일조시간} = (\text{펄스개수의 합} \times 36\text{초}) / 3,600\text{초}$$

7.5 포토소자일조계

태양의 일변화에 따른 일사량을 측정하기 위해 포토소자 세 개를 다른 방향으로 구성된 각 센서에서 감지되는 일사량을 계산하고, 직달일사 경계값($120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$) 이상에 대한 시간을 누적하여 일조시간으로 계산한다.

8. 증발량 측정

8.1 소형증발계 (Small evaporimeter)



[그림 107] 소형증발계

8.1.1 개요

- (1) 증발량을 측정하기 위해 지름 20 cm, 깊이 10 cm 원통형 용기에 일정한 물(20 mm)을 채우고 관측기간 동안 물의 양이 변화한 정도를 우량승 또는 평형우설량계를 이용해 증발량을 구한다.
- (2) 현재 기상청에서는 00 UTC를 기준으로 증발량을 관측하고 있다.
- (3) 비가 내렸을 경우에는 비의 양을 감하여 증발량을 구한다.
- (4) 소형증발계는 온도변화 등 여러 가지 요인에 의한 신뢰도가 낮은 결점이 있어, 세계적으로 점차 사용이 줄어들고 있는 실정이다.

8.1.2 설치 및 취급

- (1) 소형증발계 위에 씌워진 땅은 조류 등의 접근을 막기 위한 것이므로 강수 시와 이슬이 들어갈 경우가 있으므로 야간 또는 강수현상이 있을 때에는 반드시 제거해야 하며 낮에는 강수종료 시 다시 씌워야 한다.
- (2) 소형증발계는 강수량계 부근에 강수량계의 수수기 높이와 같게 설치하며, 증발계 설치방향은 배수구를 북쪽으로 향하도록 한다.
- (3) 증발계 주변에는 잔디를 심어 빗물이 튀어 들어가지 않도록 주의한다.
- (4) 증발계의 재질은 청동이나 그 이상의 재질이며, 테두리는 청동의 주물이나 두꺼운 판으로 감아있어야 하고, 배수구가 하향으로 되어 있어야 한다.
- (5) 배수구는 밑 부분에서 6 cm 정도에 있어야 하며 각도는 하향이어야 한다.

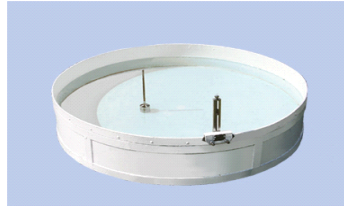
8.1.3 관측

- (1) 증발량 관측은 00 UTC에 우량승이나 평형우설량계를 사용하며 증발계 내에 맑은 물 20 mm를 넣고, 다음 날 관측시각에 측정한 값과의 차를 전일의 증발량으로 간주한다.
- (2) 강수가 있었을 때에는 전일 00 UTC부터 당일 00 UTC까지의 강수량을 빼고 계산한다.
- (3) 소형증발계가 결빙되었을 때의 증발량 관측은 평형우설량계를 사용하며 증발계의 무게를 mm로 환산하여 증발계에 기록하여 두면 관측에 편리하다.
- (4) 강수 시에는 증발계에서 물이 넘치지 않도록 적당히 제거하고 그 양을 기록하였다가 계산하면 된다.
- (5) 증발계 내의 물이 빙결하면 매일 관측기록부에 기사로 기록하고 특히 빙결이 시작된 날과 끝난 날은 계절관측에 이용한다.

8.2 대형증발계 (Large evaporimeter)

8.2.1 개요

- (1) 증발량을 측정하기 위해 지름 120 cm, 깊이 25 cm의 흰색 페인트를 칠한 원통형 용기에 일정한 물을 채우고 수위측정기에 의해 관측기간 동안 물의 양이 변화한 정도를 측정한다.
- (2) 증발계 내의 수량은 mm 단위로 측정하며, 수온, 수심, 온도보정, 강수량 등의 요인을 환산하여 증발량을 산출한다.
- (3) 세계기상기구가 표준증발계로 하고 있는 것은 미국의 증발계(U.S.A., class A pan)이다. 이 증발계는 지름 120.7 cm, 깊이 25 cm의 규격이다.
- (4) 수위측정기(scale)에는 주척의 9 mm를 10등분한 부척 또는 주척 19 mm를 20등분한 부척을 달았으며, 원통 내·외부는 백색으로 도장하여 일사에 의한 가열을 방지한다.
- (5) 측심기(hook gauge)를 사용하여 hook의 끝이 수면에 정확히 닿을 때를 기준으로 수위를 측정하고, 수심 중간위치에 놓여 있는 수온계의 온도로 수온보정을 한 다음, 전날의 관측값과 차를 구해서 관측기간값으로 이용한다.
- (6) 증발계 내에 일어나는 잔물결로 인해 정확한 수위측정이 곤란한 경우를 대비해 hook 주변을 정수정이 감싸고 있다.
- (7) 비가 내렸을 경우에는 비의 양을 감하여 증발량을 구한다.



[그림 108] 대형증발계

8.2.2 설치 및 취급

- (1) 대형증발계는 강수량계의 부근 즉 건물이나 기타 지상물체의 영향을 받지 않는 곳에 나무 또는 플라스틱으로 짠 설치대를 수평으로 하고 그 밑바닥이 지면으로부터 3~5 cm 떨어지게 하여 그 위에 놓는다.
- (2) 증발계의 북측에 수위측정기와 유리원통(靜水井)을 고정시키고, 그 중심이 증발계의 원형 연변에서 약 5 cm의 거리에 수직으로 부착시킨다.
- (3) 유리원통의 상단은 증발계의 원형 연변보다 약 1 cm 낮게 부착한다. 수위측정기는 부착침의 선단이 유리원통의 중앙이 되도록 조정하여 조정나사를 증발계의 측면에 고정시킨다.
- (4) 수위는 약 20 cm 정도로 유지하고 맑은 물을 사용한다.
- (5) 대형증발계의 재질은 아연도금 철판이나 스테인레스-강 등이어야 하며, 측기의 내·외부가 백색으로 도장되어 있어야 한다.
- (6) 수위측정기에 이물질이 끼는 경우가 많으므로 수시로 확인한 후 세척을 하여 부착이 원활히 움직이도록 한다.
- (7) 수위가 2.5 cm 이상 떨어질 때마다 물을 보충하고, 대형증발계는 필드에 설치되어 있는 관계로 흙먼지, 낙엽, 곤충 등이 수면에 잠겨 있는 경우가 잦으므로 관측 후 제거하거나, 깨끗한 물로 교환해야 한다.
- (8) 많은 비로 인해 수위가 높아져 관측이 곤란한 경우가 예상될 때는 관측 전날 증발계의 물을 적당히 조절하여 두며, 증발량은 수심에도 영향이 있으므로 수위는 20 cm 내외를 유지하는 것이 좋다.
- (9) 증발계의 수면은 먼지나 기름 등이 떠다니게 되는데 심할 때에는 수면 전체에 먼지가 낄 때도 있어 정확한 증발량을 측정할 수 없으므로, 증발계의 물밑에 먼지 등이 가라앉아 있을 때 증발계의 물을 교환해야 한다. 또한 유리원통에 먼지가 부착하였을 경우에도 유리원통을 제거하여 청소한다.
- (10) 대형 증발계는 겨울철에 수면이 빙결되면 증발량 측정이 불가능할 뿐만 아니라 증발계 자체가 파손되므로 동계(11~3월)에는 철거하여 옥내에 보존하되, 관측이 가능한 지역은 계속 관측을 한다.

8.2.3 관측

- (1) 증발량 관측은 먼저 수위측정기 시도를 읽으며 수위측정기 시침 선단을 수면에 맞추는 요령은 수면에 동요를 주지 않도록 주의하여 시침이 수면과 접촉되도록 해야 한다.
- (2) 시도의 mm까지는 주척으로, 10분위 수는 부척으로 읽는다. 시도를 읽고 나면 시침을 수면에서 분리시켜 시침에 녹이 생기는 것을 방지해야 한다.
- (3) 수위측정기를 설치하기 전에 다음 조작을 해두면 전체의 수심은 매일 측정하지 않아도 된다.
 - (가) 수위측정기의 조정나사를 회전시켜서 부척의 영점을 주척의 10.0에 일치시킨다.
 - (나) 다음은 30 cm자나 적은 추를 단 끈을 수직으로 세워서 증발계 밑면에서부터 수위측정기의 시침의 선단까지의 길이를 측정한다. 이 길이의 측정은 mm 단위까지 구하면 충분하다.
 - (다) 이 측정치에서 100 mm를 감한 값이 수위측정기의 원점의 높이가 된다.
 - (라) 그 높이에다 읽은 값 d'를 가하면 그때의 수심을 얻게 된다.
 - (마) 이와 같이 하면 매일 수위측정기의 측정치만 알면 수심은 쉽게 구할 수 있다.

8.2.4 온도보정

- (1) 온도보정은 증발계 내의 수온이 4 ℃일 때의 시도로 보정해야 한다. 보정치는 수심과 수온의 함수가 된다.
- (2) 온도보정치의 계산에 있어서는 증발계 및 수온측정기의 온도에 의한 팽창을 무시하고, 또한 수위측정기의 원점의 높이도 온도에 관계없이 일정한 것으로 가정한다. 이것은 물의 팽창보다 대단히 작기 때문이다.
- (3) 수위측정기에 의하여 읽은 값 d'에서 온도보정값 Ct 을 빼면 보정된 값 d 를 얻게 된다.

$$d = d' - Ct$$

- (4) 수온관측은 수온계가 항상 증발계 중앙에 위치토록 하고, 관측 시에는 몸으로 일사를 막아 시도의 변화를 막고 온도계의 눈금과 관측자의 눈 높이에 맞추어 정확히 측정한다.

8.2.5 기입법

- (1) 관측값은 관측기록부에 [표 35]와 같은 요령으로 기입한다.
- (2) 전일 난에는 수위측정기의 위치를 조작하지 않는 한 변하지 않으므로 전일의 관측값 d' 와 온도 보정된 값 d 를 기입한다.
- (3) 강수량 난에는 전일 00 UTC부터 당일 00 UTC까지의 24시간 강수량을 기입한다. 전일의 온도 보정된 d 에다 24시간 강수량을 더한 값에서 당일의 온도 보정된 d 를 뺀 것이 증발량이다.
- (4) 강수량이 있는 경우 괄호()를 붙여 증발량을 기입한다.
- (5) 호우나 청소 등으로 증발계 내의 물을 인위적으로 조정하거나 물을 갈아 넣게 되면 반드시 그 전후의 수위 d' 와 수온 및 수심을 측정하여 기록해 두어야 한다.

[표 35] 증발량 기록표(d' : 관측값)

증발량(0.1 mm)					
소 형	전일		대 형	전일 d' (수온보정값)	
	금일			금일 d' (수온보정값)	
	00~00 UTC 강수량			00~00 UTC 강수량	
	증발량			증발량	
	수온(0.1 ℃)				

8.3 시간별 증발량 계산식

8.3.1 Penman-Monteith 시간별 증발량 계산식

$$EV = ET_o / K_p$$

EV : 증발량(mm/hr)

ET_o : 증발산량(mm/hr)

$K_p A$: 팬 계수

잔디에서의 팬 계수는

$$K_p = 0.108 - 0.0286u_2 + 0.0422 \ln(FET) + 0.1434 \ln(RH_{mean}) - 0.000631 [\ln(FET)]^2 \ln(RH_{mean})$$

이고, FET는 지점별 특성 값으로 100으로 한다.

(1) 시간별 증발산량 계산

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G_{hr}) + \gamma \frac{C_n}{T_{hr} + 273} u_2 (e^o(T_{hr}) - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + C_d u_2)}$$

ET_o : 증발산량(m/hr)

R_n : 순복사량(MJ/m²/hr)

G_{hr} : 토양열속밀도(MJ/m²/hr)

γ : 건습계 상수(kPa/°C)

Δ : 기온에 따른 포화수증기압의 기울기(kPa/°C)

$e^o(T_{hr})$: T_{hr} 기온의 포화수증기압(kPa)

e_a : 1시간 평균 수증기압(kPa)

T_{hr} : 1시간 평균 기온(°C)

u_2 : 2m 높이에 해당하는 1시간 평균 풍속(m/s)

C_n, C_d : 작물의 종류에 따른 계수

작물의 종류에 따른 계수는 잔디인 경우 C_n 은 37, C_d 는 0.34로 한다.

(2) 2m 풍속 계산

$$u_2 = u \times \frac{4.87}{\ln(67.8Ht - 5.42)}$$

u : 풍속계 높이에서의 1시간 평균 풍속(m/s)

Ht : 풍속계의 지상 높이(m)

(3) 건습계 상수 계산

$$\gamma = \frac{c_p P}{\epsilon \lambda} = 0.000665 P$$

c_p : 정압비열(1.013×10^{-3} MJ/kg/°C)

λ : 수증기 잠열(2.45 MJ/kg)

ϵ : 기체상수의 비($\epsilon = R_d/R_v = 0.622$)

P : 현지 기압(kPa)

(4) 포화수증기압 계산(kPa)

$$e^o(T) = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27 T}{T+237.3}\right)$$

T : 기온(°C)

(5) 기온에 따른 포화수증기압의 기울기 계산

$$\Delta = \frac{4098 \left[0.6108 \exp\left(\frac{17.27 T}{T+237.3}\right) \right]}{(T+237.3)^2}$$

T : 기온(°C)

(6) 1시간 총 복사량 계산

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

R_{ns} : 입사하는 태양복사

R_{nl} : 방출되는 장파복사

(가) 1시간 동안의 순복사량

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s$$

α : 알베도

R_s : 일사 관측값(MJ/m²/hr)

여기서 알베도는 풀 위의 값인 0.23을 사용한다.

(나) 1시간 동안의 장파복사량

$$R_{nl} = \sigma T^4 (0.34 - 0.14 \sqrt{e_a}) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right)$$

σ : 스테판-볼츠만 상수 ($2.0413 \times 10^{-10} \text{ MJ/K}^4/\text{m}^2/\text{day}$)

T : 일평균 기온의 켈빈온도 (K=℃+273.16)

e_a : 해당 공기의 수증기압(kPa)

R_{so} : 맑은 날 태양복사(MJ/m²/hr)

$\left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35\right)$ 는 구름 효과를 반영한 것으로 밤의 경우는 해가 지기 2~

3시간 전의 값을 사용한다. 여기서는 17시로 사용한다.

(다) 맑은 날 1시간 동안의 태양복사

$$R_{so} = (0.75 + 2 \times 10^{-5} z) R_a$$

z : 해당 지점의 해발 고도(m)

R_a : 외기복사(MJ/m²/day)

(라) 1시간 동안의 외기복사

$$R_a = \frac{12 \times 60}{\pi} G_{sc} d_r [(\omega_2 - \omega_1) \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) (\sin(\omega_2) - \sin(\omega_1))]$$

G_{sc} : 태양상수(0.0820 MJ/m²/min)

d_r : 지구와 태양 간의 역 상대거리

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right)$$

ϕ : 위도(radian)

δ : 태양 적위(radian)

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right)$$

ω_1, ω_2 : 태양 시간각

$$\omega_1 = \omega - \frac{\pi t_1}{24}, \quad \omega_2 = \omega + \frac{\pi t_1}{24}$$

t_1 : 계산할 기간(1시간이면 1.0, 30분이면 0.5)

ω : 기간의 중앙에서의 태양 시간각

$$\omega = \frac{\pi}{12} [(t + 0.06667(L_z - L_m) + S_c) - 12]$$

t : 해당 기간의 중앙에서의 시간값 (14:00~15:00이면 14.5)

L_z : 지역 시간대의 중앙 정도 (degree)

L_m : 관측지점의 경도 (degree)

S_c : 계절에 따른 태양 시간 보정값 (hr)

$$S_c = 0.1645\sin(2b) - 0.1255\cos(b) - 0.025\sin(b)$$

$$b = \frac{2\pi(J-81)}{364}$$

J : 연간 일 수

일몰 시간각(ω_s)은 $\omega_s = \arccos[-\tan(\phi)\tan(\delta)]$ 로 구할 수 있고, $\omega < -\omega_s$ 또는 $\omega > \omega_s$ 이면 태양이 지평선 아래에 있으므로 $R_a=0$ 이다.

(7) 토양열속밀도 계산

낮의 경우, $G_{hr} = 0.1 R_n$

밤의 경우, $G_{hr} = 0.5 R_n$

9. 운고 측정 (Ceilometer)



[그림 109] 운고계

9.1 개요

- (1) 운고계는 구름 밑면의 높이를 측정하는 기기로 주로 단시간에 발생하는 악기상은 낮은 구름에서 발생하므로 이러한 구름을 운고계를 통해 정확히 관측함으로써 양질의 예보를 생산하기 위한 관측기기이다.
- (2) 운고계에서 연직 위쪽으로 발사한 레이저펄스(laser pulse)가 구름으로부터 반사되어 되돌아오는 시간으로부터 구름의 높이를 구하는 방법으로, 레이저 빛의 속도에다 되돌아온 신호의 시간을 곱하여 구름높이를 계산한다. 즉,

$$h = \frac{c \times t}{2}$$

(h:운고, c:빛의 속도, t:시간)

- (3) 현재 김포공항기상대에서는 1분에 4회 운고를 관측하며, 관측된 자료는 자료수집처리장치로 송신되어 공항예보에 활용되고 있다.
- (4) 측정 가능한 구름층은 3개 층까지 가능하다.
- (5) 1분에 4회 송신하고 주처리장치에서는 10초 간격으로 자료를 수집하며, 분 평균값을 계산하여 단말기에 표출시킨다.

9.2 시스템 구성

- (1) 레이저펄스를 투사하는 transmitter와 구름으로부터 반사되어 되돌아오는 값을 측정하기 위한 receiver로 구성되어 있다.
- (2) 측정범위 : 25~12,600 ft
- (3) 정 확 도 : 3,300 ft 이하에서 ± 25 ft, 3,300 ft 이상에서 ± 100 ft
- (4) 해 상 도 : 50 ft

10. 경위의 (Theodolite, 經緯儀)



[그림 110] 경위의

10.1 개요

- (1) 수평축과 연직축의 둘레를 자유롭게 회전할 수 있는 망원경과 그 회전각을 정밀하게 읽을 수 있는 눈금장치로 이루어져 있는 광학기계로, 기상관측에서는 상공으로 날아 오른 기구의 방위각 및 고도각을 측정하는 소형망원경으로 주로 파이발(pibal)관측 등에 사용한다.

- (2) 전자관측경위의는 접안렌즈 바로 아래 각도를 나타내는 LCD화면이 위치해 있어 측정된 수평, 수직각도가 나타나게 되어 있으며, RS-232C 출력단자를 가지고 있어 PC에 연결하여 자료수집 및 저장 등을 할 수 있다.

10.2 취급 및 점검

- (1) 지나치게 높고 낮은 온도에서의 사용을 피하고 갑작스런 온도변화를 가하지 않도록 한다.
- (2) $-20 \sim +50^{\circ}\text{C}$ 온도범위에서 잘 작동하며, 진동이 있거나 습하고 더러운 곳에서의 보관을 피한다.
- (3) 수직변환기 조정값은 매우 예민하므로 이동 시에는 측기의 손잡이를 잡도록 하며, 절대로 망원경 쪽을 잡고 측기를 들어 올리는 일이 없도록 주의한다.
- (4) 기계를 장시간 사용하지 않을 경우 기계로부터 전지를 제거한 후, 기계를 보관한다.
- (5) 측기 몸체의 얼룩은 물기 있는 티슈로 닦아낸 후 부드럽고 마른 천으로 얼룩을 닦는다. 또한, 심한 얼룩은 물로 희석시킨 중성세제를 묻힌 부드러운 천으로 지운다.
- (6) 렌즈표면의 얼룩은 렌즈용 액체를 이용하여 천이나 실리콘 헝겊으로 조심스럽게 얼룩을 닦아내며, 벤젠, 신나 또는 가솔린과 같은 화학약품을 사용하지 않도록 주의한다.
- (7) 용량(capacity), 표준(standard), 충전타입이 다른 배터리는 사용하지 않도록 주의한다.



[그림 111] 아날로그 경위의

11. 지면상태 관측

11.1 개요

- (1) 지면은 습하거나 건조한 정도에 따라 태양열을 받아들이는 정도가 다르므로 지면온도의 상승 등에 영향을 주어 상층대기 구조에도 영향을 미치게 된다.
- (2) 지면상태는 다음과 같이 WMO Code 0901과 0975에 의해 관측한다.

1.2 관측

- (1) 지면이 눈 또는 측정 가능한 얼음으로 덮여 있지 않을 때
 0. 지표면이 건조(지면에 균열이 없으며, 모래 먼지는 일어나지 않음)
 1. 지표면이 습윤함
 2. 지표면에 물이 고여 있음(지표면에 크고 작은 물웅덩이가 생김)
 3. 지표면에 유수가 있음
 4. 지표면이 얼어있음
 5. 지표면이 빙막으로 덮여 있음
 6. 지표면은 건조된 먼지 또는 모래로 덮여 있으나 완전히 덮여 있지는 않음
 7. 지표면은 건조된 먼지 또는 모래로 얇게 완전히 덮여 있음
 8. 지표면은 건조된 먼지 또는 모래로 보통 또는 두껍게 덮여 있음
 9. 지표면이 대단히 건조하여 균열이 있음

※ 숫자부호 0~2와 4는 대표적인 맨땅에 적용하고 3 또는 5~9는 광범위한 지역에 적용한다.
- (2) 지면이 눈 또는 측정 가능한 얼음으로 덮여 있을 때
 10. 지표면이 얼음으로 거의 덮여 있음
 11. 지표면의 1/2 미만이 다져진 눈 또는 습성눈(얼음의 유무에 관계없이)으로 덮여 있음
 12. 지표면의 1/2 이상이 다져진 눈 또는 습성눈(얼음의 유무에 관계없이)으로 덮여 있으나 완전히 덮인 상태는 아님
 13. 지표면은 다져진 눈 또는 습성눈으로 균일하게 완전히 덮인 상태
 14. 지표면은 다져진 눈 또는 습성눈으로 불균일하게 완전히 덮인 상태
 15. 지표면의 1/2 미만이 푸석푸석한 건성눈으로 덮인 상태

16. 지표면의 1/2 이상이 푸석푸석한 건성눈으로 불균일하게 덮인 상태(완전히 덮인 상태는 아님)
 17. 지표면이 푸석푸석한 건성눈으로 균일하게 완전히 덮인 상태
 18. 지표면이 푸석푸석한 건성눈으로 불균일하게 완전히 덮인 상태
 19. 지표면이 눈으로 두껍게 완전히 덮인 상태
- ※ 광범위한 지역에 적용한다.
- ※ 눈 이외의 고체상 강수를 포함한다.

12. 수동관측 순서

12.1 개요

- (1) 기상관측은 다음 순서로 한다. 그러나 관측관서의 사정에 따라 그 순서의 일부를 바꾸더라도 그 영향이 작아 문제가 되지 않는다면 무방하다.
 - (가) 시정
 - (나) 구름
 - (다) 일기현상
 - (라) 지면상태
 - (마) 적설
 - (바) 지중온도
 - (사) 강수량 및 증발량
 - (아) 건습계 시도 (정각 약 1분 전)
 - (자) 최고 및 최저기온
 - (차) 자기온도계 및 자기습도계
 - (카) 수은기압계 (정각)
 - (타) 자기기압계
 - (파) 자기풍향계 및 풍속계
- (2) 자기시계의 빠르고 늦음은 분 단위로 표시하고 자기시계가 빠를 때에는 ‘-’, 늦을 때에는 ‘+’ 기호를 숫자 앞에 덧붙인다. 계산에는 4사 5입법을 적용한다.
- (3) 예를 들면 (1) 3.236 (2) 3.249 (3) 3.250 (4) 3.254 (5) 3.268의 수들을 4사 5입하여 소수 제 1위로 구하면 (1)과 (2)는 3.2가 되고 (3), (4), (5)는 3.3이 된다. 음수(-)를 반올림할 때에는 특히 주의해야 한다. 예를 들면 -0.05는 4사 5입하면 0.0이 된다.

13. 백엽상 (Instrument Shelter, Stevenson Screen, Louvred Screens)

13.1 개요

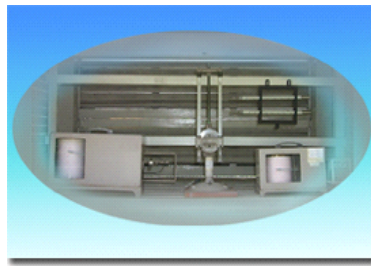
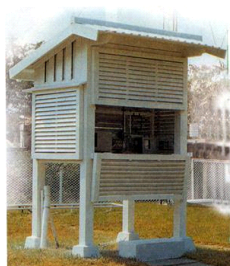
- (1) 백엽상은 크기와 구조는 되도록 낮은 열용량을 유지시키고 측기들과 벽 사이에 충분한 공간을 갖도록 해야 한다. 온도계 센서와 벽이 직접 접촉되지 않는 크기로 된 것을 사용한다.
- (2) 관측장소 내의 적당한 위치에 정면을 진북으로 하며 밑면의 높이가 지상 1 m 정도 되도록 설치한다. 또한 눈이 많은 곳에서는 밑면의 높이가 설면 위 1 m 이상 되게 고려해야 한다.
- (3) 백엽상의 네 벽은 주위로부터 일광과 열복사를 막기 위하여 이중 창살로 하고 마루 판자는 엇갈리게 만들어 그 틈새로 공기유통이 잘 되도록 해야 한다.
- (4) 지붕은 이중으로 하고 문을 열었을 경우 일광이 온도계에 직접 쏘이지 않도록 북쪽에 관측용 문이 위치해야 한다.
- (5) 백엽상 내의 야간관리를 위하여 백열등을 설치해서는 안 되며 부득이 설치해야 할 경우에는 발열을 극소화한 소형 형광등으로 한다.
- (6) 백엽상의 재료는 내구성과 강도가 좋은 나무로 택하여 제작하며 경우에 따라서 적당한 플라스틱 등을 이용해도 된다.
- (7) 백엽상은 기상청 표준형으로 대형과 소형으로 구별하고 있다.
- (8) 백엽상 내에는 통풍건습계(혹은 건습계), 최고온도계, 최저온도계, 자기온도계, 자기습도계를 설치한다.
- (9) 측기 등을 규칙대로 설치하였다 하더라도 백엽상 자체에 결함이 있으면 정확한 관측값을 기대할 수 없다. 따라서 백엽상은 다음과 같은 조건을 만족시킬 수 있어야 한다.
 - (가) 상내의 온도분포는 일정해야 한다. 상내에서 북측, 남측 또는 중앙과 각 주변의 온도가 서로 다르면 안 된다.
 - (나) 상내와 상외의 온도는 동일해야 한다. 기온은 자연 상태로서 대기의 온도를 말하며 백엽상은 제 3자의 열적 간섭을 제거하기 위하여 사용하는 것이므로 백엽상으로 인하여 외부 기온과 차이가 생겨서는 안 된다.
 - (다) 백엽상은 복사열을 완전히 방지해야 한다. 지열 또는 태양의 직사 및 반사광선의 복사를 방지할 수 있어야 한다.
 - (라) 백엽상은 통풍이 잘 되어야 한다.

13.2 취급 및 점검

- (1) 백엽상의 내·외부는 태양의 직사 및 반사광선의 복사를 방지할 수 있도록 백색 페인트를 칠하며 더럽혀졌을 때에는 씻든가 또는 페인트를 다시 칠해야 한다. 보통의 장소에서는 2년에 한 번씩 칠하면 충분하나 대기가 불결한 지역에서는 적어도 매년 1회 페인트를 칠해야 한다.
- (2) 설치방법은 중앙에 통풍건습계를 수직으로 습구가 건구의 좌편(동쪽)에 위치하도록 설치하며 양 온도계 구부는 지면에서 1.2~1.5 m 높이에 있어야 한다.
- (3) 겨울동안 백엽상 지붕 위나 안에 눈이 쌓이거나 창살문에 눈이나 얼음이 부착되어 통풍을 악화시키는 경우에는 반드시 제거해야 한다.
- (4) 최고온도계와 최저온도계는 구부를 동쪽으로 하고 대략 수평으로 설치하되 구부를 약간 아래로 하는 것이 좋다.
- (5) 자기온도계나 습도계는 백엽상 바닥에 설치하되 자기온도계를 동쪽에 놓고 자기습도계를 서쪽에 설치한다. 온도차를 줄이기 위해 자기온도계 센서와 통풍건습계의 센서가 가능한 한 가까이 있도록 위치한다.
- (6) 각 측기의 센서는 서쪽으로 향하게 하고 특히 비나 눈이 심할 때에는 백엽상 내의 온도계의 센서는 때때로 마른 헝겊으로 닦아야 한다.
- (7) 자기습도계 모발은 비나 눈이 직접 닿지 않도록 주의해야 한다.



[그림 112] 백엽상 전면과 후면(대형)



[그림 113] 백엽상 전경, 내부(Instrument shelter)

14. 부유분진측정기(PM₁₀)

14.1 구성

부유분진측정기(PM₁₀)는 대기 중에 떠다니는 입자상의 물질을 포집하기 위하여 시간당 약 1,000 L 공기를 채취한다. 채취기를 통해 포집된 입자상의 물질은 부유분진측정기 내부에 설치된 필터에 모아지며, 베타선 흡수법(β -Ray Absorption Method)을 사용하여 필터에 쌓인 먼지 농도를 측정하게 된다. 본 장비는 황사를 측정하는 시료채취부, 분석부, 지시기록부 등으로 구성되어 있다.

14.1.1 시료채취부

시료채취관 벽과의 반응, 흡수, 흡착 등에 의한 간섭이 없는 재질로 구성되며 수분을 제거한다.

14.1.2 분석부

측정 범위의 에어로졸을 포집하여 농도에 비례하는 전기 신호로 변환한다.

14.1.3 지시기록부

측정된 에어로졸의 농도를 출력한다.



[그림 114] 부유분진측정기

14.1.4 국지수집장치

현재 사용되고 있는 국지수집장치는 연결된 부유분진측정기의 자료를 매 5분마다 수집하여 종합기상정보시스템으로 전송하는 역할을 한다. 또한 기상청 표준시각시스템(Network Time Protocol)으로부터 표준시각을 받아 해당 부유분진측정기의 시각을 동기화하고, 자료수집 상태를 감시한다.

14.1.5 관측장소

흡입구 1 m 이내에 기류 및 유량에 영향을 주는 장애물이나 장치가 없어야 한다. 운전조건은 $-20 \sim +40^{\circ}\text{C}$ 범위이며, 기기 주변의 응축수 생성을 방지하기 위하여 온도변화가 작아야 한다. 습한 기후나 더운 장소에서 에어컨을 사용한다면, 시료관(Sampling Tube) 히터를 설치해야 한다.

셸터(Shelter)를 설치할 때 빗물에 대하여 적절한 보호 장치 설치가 필요하다. 시료관과 지붕 연결부위에 빗물이 새지 않도록 고정시킨다.

14.1.6 장비 설치도



[그림 115] 부유분진측정기 관측환경 전경

14.2 부유분진측정기 측정의 이해

14.2.1 베타선 흡수법 측정원리

^{14}C (carbon-14)의 방사능이 감쇠될 때 방출되는 고 에너지의 광자는 주변물질과 작용하여 그 에너지를 잃게 되거나 그 물질에 흡수된다. 이 방사능 감쇠

에서 방출되는 고 에너지의 광자를 베타선이라고 하며, 이러한 현상을 베타선 흡수현상이라고 한다. ^{14}C 소스와 베타선검출기 사이에 채취된 시료가 위치하게 되면, 베타선은 흡수되거나 감쇠된다. 이 결과로 줄어든 베타입자가 검출된다. 줄어든 베타입자의 양이 ^{14}C 베타소스와 검출기 사이에 흡수된 물질의 무게이다. 필터테이프 위에 쌓인 먼지와 같은 흡수물질을 통과하는 베타입자의 수는 흡수 물질의 양만큼 감소된다.

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (\text{수식1})$$

$$-\frac{1}{\mu} \ln \left[\frac{I}{I_0} \right] = \frac{1}{\mu} \ln \left[\frac{I_0}{I} \right] = x \quad (\text{수식2})$$

I : 시료 채취된 필터테이프를 통과하여 측정된 베타선 강도(단위시간당 계수)

I_0 : 깨끗한 필터테이프를 통과하여 측정된 베타선 강도

μ : 베타선을 흡수하는 물질의 흡수교차부분(absorption cross section)(cm^2/mg)

흡수교차부분은 실측으로 측정되며, I와 I_0 가 측정되면, [수식1]을 [수식2]로 변환하여 흡수물질의 중량밀도(x)값을 산출한다.

$$c \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right) = \frac{10^6 A (\text{cm}^2)}{Q \left(\frac{\ell}{\text{min}} \right) \Delta t (\text{min})} \times x \left(\frac{\text{mg}}{\text{cm}^2} \right) \quad (\text{수식3})$$

c : 채취된 미세먼지의 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

A : 먼지가 쌓이는 필터테이프의 교차부분 면적(cm^2)

Q : 필터테이프에 채취되는 유량(L/min)

Δt : 시료채취 시간(min)

시료는 정해진 시간(Δt)동안 일정한 유량(Q)으로 채취되며, 필터표면(A)를 통과하며 쌓이게 된다. 채취된 먼지의 밀도(x)가 결정되면, [수식3]과 같이 채취된 먼지농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)를 산출한다.

14.3 부유분진측정기 운영

14.3.1 측정기 교정방법

(1) Mass Foil 교정

Foil 교정 진행은 사용자의 Interactive mode 이고, 1년에 한번 또는 측정 chamber service 후 실행한다. 사용자에게 의한 수동 및 자동으로 수행되며, 자동과정은 약 20~30분 걸린다. “ABORT” key 로 진행을 정지시킬 수 있다.

(2) 공기유량(Air Flow Rate) 교정

유량(flow rate) 교정은 NIST-Traceable Volumetric flow calibration device 사용을 추천한다. 부가적으로 유량교정 전에 압력센서와 온도센서를 먼저 교정해야 한다. 표준유량계의 영점을 확인(전원 On 후 안정화) 후 장비의 흡입구(inlet)와 바꾸어 끼운다. 표준 유량계에 표시되는 유량을 확인하여 장비에서 유량을 교정한다. 유량 조정에는 약 30초가 걸린다. 표준유량에 일치할 때까지 반복한다.(허용 유량 값은 2 %이내) 농도 계산을 위하여 유량 상태(condition)를 사용하고 사용자가 설정할 수 있다.

(3) 온도와 압력 센서의 교정

온도와 압력 센서의 교정은 참고 유닛(reference unit)에 의하여 지시된 값으로 교정을 착수한다. 기기는 자동적으로 교정을 수행한다. 그 값은 배터리 완충 RAM(Battery buffered RAM)에 저장되어 체크되고 합해진다.

14.3.2 장비의 유지관리

(1) 흡입구(Inlet) 청소

(가) PM₁₀ 튜브에서 분리한다.

(나) 한손은 넓은 부분을 한손은 좁은 부분을 잡고 비틀어 돌려서 위아래를 분리한다(필요시 둘이서 맞잡고 돌려 분리한다).

(다) 먼지를 쏟아내고 부드러운 솔이나 천으로 청소해 준다.

(라) 평행을 맞추어 밀어 넣으면서 돌려 결합한다.

(마) 물 수집병에 물이 있을 경우 병을 분리하여 물을 버리고 닦아낸다.

※ 청소주기는 정해져 있지 않으나 보통 한, 두 달에 한번 정도 한다.

(2) 펌프 날개(Pump Vane) 교체

- (가) 펌프 날개를 준비하고 장비의 전원을 끈다.
- (나) 볼트를 순서대로 분리하고, 분리된 각 부품들과 플랫(Felt)에 붙어있는 먼지 및 이물질을 제거한다.
- (다) 세 개의 홈 사이에 있는 닳은 날개를 빼내고 날개가 들어있던 곳의 이물질을 제거한 후 새로운 날개를 방향을 잘 맞추어 끼운다(사선으로 깎인 부분이 펌프의 둥근면에 평행하게).
- (라) 분해했던 역순으로 방향을 잘 맞추어 조립한다.
- (마) 장비를 켜고 정상 가동을 확인한다.

※ 펌프 날개의 교체는 약 1년에 한번 이루어져야 한다.

(3) 필터(Filter) 교체

- (가) 헤드를 열고 동작이 멈추면 잠금 와셔를 풀고 원형 너트를 푼 후 링 와셔를 뺀 다음 기존 필터를 뺀다.
- (나) 새로운 필터를 끼우고 좌측 롤러에 필터를 올려서 뺀다.
- (다) 헤드에 필터를 삽입하고 통과해서 필터를 당긴다.
- (라) 필터를 우측 릴(reel, 두꺼운 종이)에 평행하게 하여 테이프로 붙인다.
- (마) 필터가 늘어지지 않게 당겨서 팽팽하게 한다.
- (바) 좌측 필터 릴을 조립한다(와셔와 원형 너트 결합).
- (사) 다음(NEXT) 버튼을 누르고, 이 때 필터 판, 필터, 필터 지지대가 동시에 돌아가야 정상이며, 그렇지 않을 경우 원형 너트를 좀 더 조인다.
- (아) 잠금 와셔를 결합한다.

※ 필터는 완전히 소모되기 전에 교체해 주어야 한다(측정 환경에 따라 달라지나 보통 1년~1년 6개월 정도 사용할 수 있음).

※ 필터 교체 동기

항목	해당 조건
1	미리 설정된 Dust mass Value 초과(예: 2,000 μg)
2	흡인 chamber의 filter에 450 hPa의 낮은 압력이 걸릴 때
3	공기 flow rate 최소 허용치가 너무 낮을 때 (예: 950 ℓ/h)
4	미리 설정한 시간이 경과되었을 때 (예: 360 min)
5	미리 설정한 하루의 시간에 도달했을 때 0~24 시 중 지정 (0 = conditions switched off)
6	digital-input 경유 조절신호에 의하여 filter change 동기가 부여 될 때
7	Serial interface 상 contral command가 "F" 일 때
8	Power를 on하거나 또는 processor reset일 때 자동적으로 filter change가 항상 일어난다.

14.3.3 응급조치 방법

구분	장애유형	대처방안 및 절차
Parameter가 바뀌지 않음	Keyboard 작동 제한	1. Menu에서 Keyboard 작동이 잠겨있는지 확인 2. 서비스 요청
No mass value	ADC 결함	1. Main circuit board 교체
	Main 고장	1. 수리 요청
	No high voltage value	1. 수리 요청
	Detector 결함	1. Detector 교체
Filter change 불량	Thermistor 결함	1. Change thermistor 또는 main board 교체
	기계적 결함	1. Filter transport motor와 mechanics 점검 2. Filter tape를 take-up reel에 단단히 부착 시킴
	펌프 이상	1. Pump의 전원 연결이 제대로 되었는지 확인 2. Pump의 전원선의 단선이 아닌지 확인
	Filter changer parameter 설정 잘못	1. Filter change parameter 조정
LCD가 어두워지거나 꺼짐	Contrast 조절 잘못	1. Contrast 조정
	LCD 결함	1. LCD 교체
	메인보드로부터의 cable 연결 고장	1. Display ribbon cable 교체
유량이 불안정하거나 너무 낮음	유량 parameter 잘못	1. 유량 parameter 점검
	전원공급 불량	1. 플러그가 맞게 꽂혔는지 확인
	Pump 작동 불량	1. Pump 내부 청소 2. Carbon vane 교체
	오염농도가 높거나 air통로가 막힘	1. Inlet 청소 2. Air 통로 청소

[참고 자료 1] BEAUFORT 풍력 계급표

Beaufort 풍력 계급표

풍력 계급	명 칭	지상 10 m에서의 상당풍속				육 상 상 태	해 면 상 태
		m/s	knot	km/h	mile/h		
0	고 요 (calm)	0~0.2	< 1	< 1	< 1	연기가 수직으로 올라감	거울 같음
1	실 바 람 (light air)	0.3~1.5	1~3	1~5	1~3	풍향은 연기가 날리는 것으로 알 수 있으나 풍향계는 동작되 지 않음	물결이 생선비늘 같이 작고(0.1 m), 물거품이 없음
2	남실바람 (light breeze)	1.6~3.3	4~6	6~11	4~7	바람이 안면에 감촉됨. 나뭇잎이 흔들리며 풍향계도 제대로 동작됨	물결이 작게 일고(0.2 m), 파의 마루가 부서지지 않고 모양이 뚜렷함
3	산들바람 (gentle breeze)	3.4~5.4	7~10	12~19	8~12	나뭇잎과 가는 가지가 흔들리 고 깃발이 가볍게 날란다	물결이 커지고(0.6 m), 마루가 부서 져서 물거품이 생겨 백파가 군데군 데 보임
4	건들바람 (moderate breeze)	5.5~7.9	11~16	20~28	13~18	먼지가 일고 종이조각이 날리 며, 작은 가지가 흔들림	파도가 일고(1 m), 파장이 길어지며 백파가 많이 보임
5	흔들바람 (fresh breeze)	8.0~10.7	17~21	29~38	19~24	잎이 무성한 작은나무 전체가 흔들리고 호수에 물결이 인다.	파도가 조금 높아지고(2 m), 백파가 많고 물거품이 생기기 시작 함
6	된 바 람 (strong breeze)	10.8~13.8	22~27	39~49	25~31	큰 나뭇가지가 흔들리고 전선 이 울리며, 우산받기가 곤란함	파도가 커지고(3 m), 물거품이 광범위 해지며 물보라가 생김
7	센 바 람 (near gale)	13.9~17.1	28~33	50~61	32~38	나무 전체가 흔들린다 바람을 안고서 걷기가 어렵다	파도가 높아지고(4 m), 파가 부서져 서 물거품이 생겨 줄을 이루며 바람 에 의해 날림
8	큰 바 람 (gale)	17.2~20.7	34~40	62~74	39~46	작은 나뭇가지가 꺾인다. 바람을 안고서는 걸을 수가 없 다	파도가 제법 높고(5.5 m), 파장이 더 길고 마루의 끝이 거꾸로 뒀. 물거 품이 강풍에 날림
9	큰센바람 (strong gale)	20.8~24.4	41~47	75~88	47~54	가옥에 다소 손해가 있음(굴뚝 이 넘어지고 기와가 벗겨짐).	파도가 높고(7 m), 물거품이 바람 (풍향)에 따라 길은 줄무늬를 나타 냄. 마루가 흩어져 말리고 물보라 때문에 시정이 나빠짐
10	노대바람 (storm)	24.5~28.4	48~55	89~102	55~63	내륙 지방에서는 보기도문 현 상이다. 수목이 뿌리채 뽑히고 가옥에 큰 손해가 일어남..	파도가 옆으로 긴 마루로 되어 몹시 높고(9 m), 물거품이 큰덩어리로 되 어 강풍에 날림, 파도가 심하게 부 서지고 시정이 나쁨.
11	왕 바 람 (violent storm)	28.5~32.6	56~63	103~117	64~72	이런 현상이 생기는 일은 거의 없다. 광범위한 파괴가 생김	파도는 대단히 높고(12 m), 주위의 배는 파도에 가려 볼 수 없으며, 길 게 줄 지은 물거품들이 바다를 덮 음. 시정은 극히 나쁨
12	싸늘바람 (typhoon)	32.7~	64~	118~	73~	-	바다는 물거품과 물보라로 가득 차 지척을 분간 못함

[참고 자료 2] 관측기록부 및 기입·사용 요령

1. 시정

- ① km 단위로 관측한다. 시정장애현상이 있을 때는 100 m 또는 10 m 단위로 관측하고 소수 2위까지 기록한다.
- ② 방향에 따라 시정이 다를 때는 최소시정을 취한다. 부분적인 시정장애 현상이 있을 때는 그 사유를 기사란에 기록한다.

2. 상·중·하층운

- ① 운량 : 전 하늘을 10으로 하여 구름이 덮은 부분을 10분수의 2자리로 관측한다. 이때 구름의 농담은 고려하지 않는다.
- ② 운형 : 10가지 기본 운형을 높이에 따라 상·중·하로 구분하여 관측하고 층별로 하나, 또는 2가지 운형을 관측할 수 있다.
- ③ 운고 : 구름의 높이를 100 m 단위 두 자리 수로 관측하고 기록한다
(예: 4,000 m → 40으로 기록).
- ④ 전운량 : 부분운량의 합계가 아니고 모든 구름이 덮고 있는 부분의 전체에 대한 10분수다.
- ⑤ 중·하층 운량이 전천을 덮어 상층 운량과 운형을 구분할 수 없을 때는 상층운을 ‘××’로 기록한다.
- ⑥ 안개 등으로 구름의 높이나 종류를 알 수 없을 때는 운형은 ‘×’, 운고는 수직시정, 운량은 10으로 관측한다.
- ⑦ 하늘에 구름이 없거나 5 % 미만 일때는 ‘00’이며, 전부 덮여 있거나 95 % 이상 덮여 있을 때는 전운량 10이다.
- ⑧ 구름의 관측은 먼저 전운량을 관측하고, 낮은 구름에서 높은 구름, 운고가 같으면 운량이 많은 운형의 순서로 관측한다.

3. 파고 : 바다가 보이는 해안기상대에서 목측으로 관측한 파고를 0.1 m 단위로 기록한다.

4. 적설

- ① 3시간최심 : 3시간 동안의 최심을 기록한다. 매시 관측한 최심신적설, 최심적설과 같거나 많다.
- ② 매 정시 신적설 : 매 정시에 신적설을 관측 기록한다.
- ③ 매 정시 적설 : 매 정시에 적설을 관측 기록한다.

- ④ 최심적설 : 일중의 신적설최심, 적설최심과 나타난 시각을 기록한다. 1일을 기준으로 하면 신적설최심은 적설최심과 같거나 크다.

5. 기후관측소

- ① 백엽상 기온 : 백엽상 내의 기온을 3시간 간격으로 관측한다. 최고·최저 기온의 나타난 시각은 ASOS를 기준으로 한다.
- ② ASOS 기온 : 3시간 간격으로 ASOS 관측값을 기록한다. 최고·최저기온과 나타난 시각을 기록한다.
- ③ 강수량계 강수량 : 매 3시간 간격으로 관측하여 기록한다. 10분·1시간 최대강수량을 관측한다.
- ④ ASOS 강수량 : 매 3시간 간격으로 ASOS로 관측된 값을 기록한다. 10분·1시간 최대강수량을 기록한다.

6. 지중온도 : 03, 09, 15, 21시에 지면상태와 깊이별 지중온도를 관측 기록한다.

7. 일기현상부호 : 오전과 오후로 나누어 해당 일기현상 부호를 기록한다.

8. 증발량(소형·대형) : 해당기간 동안 09-09시 강수량이 있을 경우 감한다.

9. 불쾌지수·실효습도 : 6월부터 9월까지 15시에 불쾌지수, 10월부터 이듬해 5월까지 24시에 실효습도 기록한다.

10. 계절관측 : 동·식물, 강하천 결빙, 관설, 초-종설, 초성, 첫얼음-마지막얼음 등 기후계절값을 기록한다.

11. 기사란 : 각종 기상현상의 시종, 강약, 방향 등과 백엽상 청소, 대형 증발계의 물갈이, 측기고장 등 관측 관련 내용을 기록한다.

관 측 기 록

지점명:

관측자:

점검자:

년 월 일

관측 시각	시정 (0.01 km)	상층운(1/10)				중층운(1/10)				하층운(1/10)				전운량 (1/10)	파고 (m)	적설(0.1 cm)		
		상층 운량	운량	운형	운고	중층 운량	운량	운형	운고	하층 운량	운량	운형	운고			3시간 최심	산악설	적설
01																		
02																		
03																		
04																		
05																		
06																		
07																		
08																		
09																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
기 사 란																최심 적설(0.1 cm)		
																구분 최심 시간		
																산악설		
																적설		

기후관측			
기온(℃)		강수량(mm)	
백엽상	ASOS	강수량계	ASOS
최고(℃)			:
최저(℃)			:
일강수량	mm		
10분최다	mm	:	
1시간최다	mm	:	

지중온도관측(0.1 ℃)						
관측 시각	지면 상태	0 cm	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm
		0.5 m	1.0 m	1.5 m	3.0 m	5.0 m
03시						
09시						
15시						
21시						
ASOS일강수량			mm			
불쾌지수			실효습도(%)			
ASOS 최고·최저기온, 나타난 시간						
최고기온			℃	시간	:	
최저기온			℃	시간	:	
일기현 상부호	오전					
	오후					
계 절 관 측						
증 발 량 (0.1 mm)						
소 형	전일			전일		
	금일			금일		
	강수량			강수량		
	증발량			증발량		
99시 강수량				수온(0.1 ℃)		

[별지 1]

기상관측시설 (이전·신설·폐쇄) 요청서

관측관서명: ○○지방기상청

지점명 (지점번호)	관측관서명 (지방청, 지청 또는 기상대 기재)		
위치정보 (주소)	(기상관측시설의 이전·신설·폐쇄지점의 행정구역상의 도로명 주소 기재. 단, 도로명 주소가 부여되지 않은 경우 구주소 기재)		
위도/경도	00°00′00.00″(00.000000°) (신좌표체계 WGS84로 기재/ 좌표 측정일 기재)	해발고도(m)	(소수 둘째자리)
필요성 (원인)	(기상관측시설의 이전·신설·폐쇄에 따른 상황 발생의 원인, 요청의 필요성 등 기재) ※특히, 예보 정확도에 미치는 영향, 폐쇄 시 유관기관의 만족도 및 주민 만족도 내용 추가		
그 간의 추진경과	(기상관측시설의 이전·신설·폐쇄에 따른 발생 시점부터 현재까지의 추진 경과 등 모든 내역을 년.월.일까지 포함하여 세부추진 내용 기재) ※동네예보 시계열 편집지점인 경우 예보관련부서와 협의내용 추가 ※특히, 지자체를 포함한 유관기관의 이해 목적에 의해 이설을 요구한 경우, 이설에 따른 이전 부지 제공 또는 비용 부담 등 수혜자 부담원칙에 입각한 협의 내용 추가		
예상되는 문제점	(기상관측시설의 이전·신설·폐쇄에 따른 민원, 예산, 부지 및 시설 등에 대한 발생할 수 있는 문제점 기재)		
대책방안	(기상관측시설의 이전·신설·폐쇄에 따른 예상시기, 대책 또는 해결책을 기재)		
부지 확보방안	(기상관측시설의 이전·신설 시, 부지 확보 방안 등 기재)		
관측값의 연속성 확보방안	(기상관측시설의 이전 시 기존 관측지점의 관측값 연속성을 어떻게 확보할 것인가에 대한 방안 기재)		
비교/예비 관측계획	(기상관측시설의 이전·신설의 경우 비교(예비)관측계획 기재) - 비교(예비)관측장소 기간 요소, 비교(예비)관측장비 확보여부, 비교(예비)관측담당자 등 기재)		
기 타	(참고가 되는 사진, 문서 등 첨부)		

[별지 2]

기상관측시설 환경 조사서

관측관서명: ○○지방기상청

구 분	변 경 전		변 경 후	
지점명(지점번호)			(관리부서에 승인이 필요한 경우 공란)	
관측시종일시	(관측종료일시 기재)		(관측시작일시 기재)	
위치정보(주소)	(행정구역상의 도로명 주소 기재. 단 도로명 주소가 부여되지 않은 경우 구주소 기재)		(행정구역상의 도로명 주소 기재. 단 도로명 주소가 부여되지 않은 경우 구주소 기재)	
관측장소(면적 m)				
해발고도(m)				
위도/경도	00°00′00.00″(00.000000°) (신좌표체계 WGS84로 기재/ 좌표 측정일 기재)		(신좌표체계 WGS84로 기재/ 좌표 측정일 기재)	
관측환경	동	(관측장애 유·무 내역 등 특이사항 기재)	동	(관측장애 유·무 내역 등 특이사항 기재)
	서	(관측장애 유·무 내역 등 특이사항 기재)	서	(관측장애 유·무 내역 등 특이사항 기재)
	남	(관측장애 유·무 내역 등 특이사항 기재)	남	(관측장애 유·무 내역 등 특이사항 기재)
	북	(관측장애 유·무 내역 등 특이사항 기재)	북	(관측장애 유·무 내역 등 특이사항 기재)
예보구역			관리관서	(기상대 또는 부서명까지 기재)
후보지 주변관측망 (최대 4개소까지 기재)	지점명(번호)			
	장 비 명			
	방향(거리 km)			
	관리기관	(유관기관인 경우 최소단위 기관명 까지 기재)		
	비 고			
후보지 전경사진	(필요한 경우 내·외 8방위까지 포함)			

※자제 추진계획 수립 문서 첨부

[별지 3]

기상관측시설 후보지 관측환경 조사서^[전면]

지점명: ○○○○○(이전·시설) 조사일: . . . 조사자: (서명)

위치정보: (행정구역상의 도로명 주소 기재. 단, 도로명 주소가 부여되지 않은 경우 구주소 기재)

위도/경도: (신좌표체계 WGS84로 기재/좌표 측정일 기재) 해발고도(m):

항 목	환경조사내용	상태정보	
		상태	원인
주변 환경	○주변공간이 최소한 10,000 m ² (약 3,000 평) 이상이 되는가		
	○주변건축물과 10배 이상, 나무높이의 20배 이상이 되는가		
	○관측장소의 면적은 70 m ² 이상 확보 가능한가		
	○국지예보 구역 또는 지역을 대표할 수 있는 장소인가?		
	○관측장소 조성 및 관측장비 설치에 필요한 지형의 대표성은 있는가		
	○관측장소 주변에 울타리 설치에 따른 장애가 되는 것은 없는가		
	○관측장소 주변에 진동, 소음이 심하지 않은가		
	○환경문제 유발 및 풍수해 등 재해 가능성은 없는가		
	○기상관측시설 부지 사용에 제약은 없는가 - 토지대장, 도시이용계획확인원, 등기부등본 등 - 비행안전구역 고도제한, 농지전용(농지법)·자연녹지 및 공원구역, 경계측량의 문제점 등		
기온	○주위로부터 빛이 반사되거나 온도에 영향을 주는 복사체가 있는가		
	○주위의 높은 건물이나 구조물에 의해 그늘이지지 않는가		
	○온도에 위치가 건물의 북쪽면에 위치하여 있지 않는가		
	○주변에 냉난방기나 항온항습기의 실외 송풍기가 있는가		
바람/강수	○주변의 가장 높은 건물로부터 관측지점(풍속계 기준)까지 그 건물 높이의 3배 이상 거리가 떨어져 있는가		
	○풍향/풍속/강수량 센서 주변이 평탄하고 기류가 수평으로 흐르는가		
	○센서 주변의 지면이 움푹 또는 경사지거나 낭떠러지, 산 능선 부분은 아닌가		
	○풍향/풍속/강수량 센서 주변이 바람골이거나 바람의 흐름이 막히는 지역인가		
일사/일조	○5° 이상의 (일출일몰)태양고도가 유지로 그림자가 드리워지지 않은가		
	○수평면 위로 하늘의 3 % 이상 장애가 일어나는가		
부유분진 (황사)	○주위로부터 먼지 또는 비산입자 발생이 일어나고 있는가		
	○최소 100 m 이내에 대형소각장 또는 장기간 분진발생원이 있는가		
통신/전원	○전화통신 단자가 설치되어 이용 가능한가		
	○상용전원이 안정적으로 공급 가능한 전원단자가 있는가		
	○통신 및 전원선로의 침수 우려가 있는가		
접근성	○장비 설치 및 유지관리에 편리한 도로가 있는가		
	○옥상에 설치할 경우 옥상까지 접근이 편리한가		
	○장비 설치 및 유지보수할 수 있는 공간 확보가 가능한가		
접지	○장비의 피뢰접지와 장비접지를 연결할 수 있는 건물접지가 있는가		
	○주변에 장비의 피뢰침보다 높은 피뢰침이 있는가		
기타	○관련기관 협의가 필요한 경우 협의 완료가 되었는가(허가사항 문서처리 포함)		
	○현 위치 부지가 유관기관 소유인 경우 폐쇄 안내(공문서)를 했는가		
	○기타 공작물 등 시설에 대한 처리 절차는 완료되었는가 또는 계획은		
	○토목공사를 포함하여 중장비 접근이 용이한가		
	○출입이 용이하며 기상실험관 설치 여부 및 설치장소까지의 거리는 적정한가		

기상관측시설 후보지 관측환경 조사서_[후면]

철탐위치에서 기상관측시설 밖으로 8방위 이미지			
N	NE	E	SE
S	SW	W	NW
기상관측시설 밖에서 철탐을 중심으로 8방위 이미지			
N	NE	E	SE
S	SW	W	NW
※특이사항			

[별지 4]

기상관측시설 이전(신설) 완료 보고서_[전면]

관측관서명: ○○지방기상청

구 분	변 경 전		변 경 후	
지점명(지점번호)	11포인트로 작성		(관리부서에 승인 결과 기재)	
관측시종일시	(관측종료일시 기재)		(관측시작일시 기재)	
위치정보(주소)	(행정구역상의 도로명 주소 기재 단 도로명 주소가 부여되지 않은 경우 구주소 기재)		(행정구역상의 도로명 주소 기재 단 도로명 주소가 부여되지 않은 경우 구주소 기재)	
관측장소(면적 m)	지상/육상여부(면적m ²)		지상/육상여부(면적m ²)	
해발고도(m)	000.00 m		000.00 m	
위도/경도	00°00′00.00″(00.000000°) (신좌표체계 WGS84로 기재/좌표 측정일 기재)		00°00′00.00″(00.000000°) (신좌표체계 WGS84로 기재/좌표 측정일 기재)	
관측요소	(풍향 풍속, 기온, 강수량, 강우감지, 습도 등)		(풍향 풍속, 기온, 강수량, 강우감지, 습도 등)	
위탁관리기관	(위탁관리기관 및 유·무상임대 여부)		(위탁관리기관 및 유·무상임대 여부) (임대 시 임대기간기입)	
예보구역			관리관서	(기상대 또는 부서명까지 기재)
이전거리	(NE쪽 0.0km)		통신방식	전용회선/M2M 등
센서사진	전경사진(관측장소)	기온·습도	풍향·풍속	강수량
	강수유무	기압	초상온도	지면온도
	일사	일조	자료처리기 (Data Logger)	기타

※ 자체 추진계획 수립 문서 첨부 / ※ 신설 시 변경 전 자료만 작성(폐쇄시 별도 서식 없음)

기상관측시설 관측환경 조사서_[후면]

철탐위치에서 기상관측시설 밖으로 8방위 이미지			
N	NE	E	SE
S	SW	W	NW
기상관측시설 밖에서 철탐을 중심으로 8방위 이미지			
N	NE	E	SE
S	SW	W	NW
※특이사항			

[별지 5]

자동기상관측소 기상관측시설 점검표

지점명: ○○○○○○ 점검일: 점검자: (서명)
 위치 정보: (행정구역상의 도로명 주소 기재. 단, 도로명 주소가 부여되지 않은 경우 구조소 기재)
 위도/경도: (신좌표체계 WGS84로 기재/ 좌표 측정일 기재) 해발고도(m):

구분	점 검 항 목	상태 정보	
		상태	원인
사전대비 체계 구축	○ 비상연락망(내부 및 유관기관, 보안경비업체)은 구축되어 있는가 ○ 장비별 유지보수업체 비상연락체계는 구축되어 있는가 ○ 비상사태 발생시 이에 대한 대책은 수립되어 있는가		
건축물 및 기반시설	○ 기상관측시설 주변에 토사유출 또는 산사태 위험은 없는가 ○ 바다 및 벽면의 파손 및 손상, 균열 등이 발생하였는가 ○ 건물 기둥, 보 등 주요 구조부의 손상, 균열은 없는가 ○ 지반침하 등에 따른 구조물의 위험은 없는가 ○ 석축·옹벽 등의 균열 및 변형 발생은 있는가 ○ 콘크리트 보도, 보도블록의 침하, 균열 및 파손상태 여부는 있는가 ○ 울타리(담장, 펜스) 주변의 기초 침하 또는 균열, 기울어짐 등은 없는가 ○ 기상관측시설의 배수로 막힘 및 청소 상태는 양호한가 ○ 건물 옥상 또는 벽면에 부착시설의 고정상태 및 안전상태는 양호한가		
기계설비	○ 각종 기계설비의 외관상태는 이상이 없는가 ○ 보일러, 공조시설 및 각종 설비배관의 파손·누수 및 유지 관리상태는 양호한가 ○ 각 계기 작동상태 및 밸브상태는 이상이 없는가 ○ 기계설비 자동제어시스템(항온항습기 등 포함)의 작동상태는 정상인가 ○ 항온항습기, 냉난방기, 팬코일에 누수되는 곳은 없는가		
전기설비	○ 누전차단기 등 전기시설의 작동상태는 양호한가 ○ 비상발전기 및 UPS의 작동상태는 양호한가 ○ 전기접지 및 피뢰침의 접지상태는 양호한가 ○ 전선배선불량 및 문어발식 콘센트 사용하고 있는가 ○ 전기실의 각종 계전기 및 차단기, 조작스위치의 작동 상태는 양호한가 ○ 변압기 외관상태, 접지선 취부상태, 내부온도상태는 양호한가 ○ 차단기 등 접속부분의 변색, 부식 변형, 열거움은 없는가		
소방설비 보안	○ 화재경보장치의 외관 및 작동상태는 양호한가 ○ 소화기의 충압상태 및 정위치에 비치되어 있는가 ○ 기상관측시설 보안경보장치의 작동상태는 정상인가 ○ 기상관측시설 울타리 시건장치의 상태는 양호한가 ○ 스틸하우스 내부에 방화요소는 없는가 ○ 스틸하우스의 외관상태는 이상이 없는가		
관측환경	○ 자동기상관측장비의 유지보수 상태는 양호한가 ○ 기상관측시설 주변에 비산먼지 또는 오염물질 발생원이 있는가 ○ 관측환경 변화 가능성은 없는가(최소 1년간) ○ 주위로부터 빛이 반사되거나 온도에 영향을 주는 복사체가 있는가 ○ 주위의 높은 건물이나 구조물에 의해 그늘이 지지 않는가 ○ 주변에 냉난방기나 항온항습기의 실외 송풍기가 있는가 ○ 주변의 가장 높은 건물로부터 관측지점까지 그 건물 높이의 3배 이상 거리가 떨어져 있는가 ○ 풍향/풍속/강수량 센서 주변이 평탄하고 기류가 수평으로 흐르는가 ○ 풍향/풍속/강수량 센서 위로 고압선이 통과하거나 강한 전파 발생원이 있는가 ○ 주위로부터 먼지 또는 비산입자 발생이 일어나고 있는가 ○ 통신 및 전원선로의 침수 우려가 있는가		

※ 해당사항이 없는 항목은 “해당없음”으로 표기

[별지 6]

지점명/지점번호(신규·해지·변경) 신청서

관측관서명: ○○지방기상청 ○○기상대

신청사유		(기상관측시설 신규, 해지, 변경의 신청 사유 기재)					
신 규 시	위치정보	(행정구역상의 도로명 주소 기재. 단, 도로명 주소가 부여되지 않은 경우 구주소 기재)					
	위/경도	(신좌표체계 WGS84로 기재/좌표 측정일 기재)			해발고도(m)		
	희망지점명	①		②		설치예정일	
해 지 시	지점명	(해지하는 지점명 기재)	지점번호		(해지하는 지점번호 기재)	철거예정일	
	위치정보	(행정구역상의 도로명 주소 기재. 단, 도로명 주소가 부여되지 않은 경우 구주소 기재)					
	위/경도	(신좌표체계 WGS84로 기재/좌표 측정일 기재)			해발고도(m)		
변 경 시	지점명	(변경하고자 하는 지점명 기재)		지점번호	(변경하고자 하는 지점번호 기재)		
	위치정보	(행정구역상의 도로명 주소 기재. 단, 도로명 주소가 부여되지 않은 경우 구주소 기재)					
	위/경도	(신좌표체계 WGS84로 기재/좌표 측정일 기재)			해발고도(m)		
	희망지점명	①		②		설치예정일	
위치지도_1		(소재 시,군을 포함하여 인근 시,군 최소 3개 이상 포함되는 지도 삽입)			(소재 시,군의 전체가 나타나는 지도 삽입)		
위치지도_2		(소재되는 장소를 포함하여 인근 읍,면,동 최소 3개 이상 포함되는 지도 삽입)			(소재되는 장소가 세밀하게 나타나는 지도 삽입)		
기타사항							

[별지 7]

비교관측 양식1(신 장비)

일 별	일 기	풍향 (16방위)			풍속 (0.1%)			기온 (0.1℃)			지면 온도 (0.1℃)			얕은 층 지중온도 (곡관 지중온도) (0.1℃)				깊은 층 지중온도 (철관 지중온도) (0.1℃)				최저 초상 온도 (0.1℃)	해면 기압 (0.1hPa)			습도 (1%)		강수량 (0.1mm, 0.5mm)		일사량 (0.1MJ/㎡)	일조 시간 (0.1h)
		평 균	최 대	최대 순간	평 균	최 대	최대 순간	평 균	최 고	최 저	평 균	최 고	최 저	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	0.5 m	1.0 m	1.5 m	3.0 m		5.0 m	평 균	최 고	최 저	평 균	최 저	0.1 mm		

비교관측 양식2(구 장비)

일 별	일 기	풍향 (16방위)			풍속 (0.1%)			기온 (0.1℃)			지면 온도 (0.1℃)			얕은 층 지중온도 (곡관 지중온도) (0.1℃)					깊은 층 지중온도 (철관 지중온도) (0.1℃)					최저 초상 온도 (0.1℃)	해면 기압 (0.1hPa)			습도 (1%)		강수량 (0.1mm, 0.5mm)		일사량 (0.1MJ/m)	일조 시간 (0.1h)
		평 균	최 대	최대 순간	평 균	최 대	최대 순간	평 균	최 고	최 저	평 균	최 고	최 저	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	0.5 m	1.0 m	1.5 m	3.0 m	5.0 m	평 균		최 고	최 저	평 균	최 저	0.1 mm	0.5 mm			

비교관측 양식3(신 장비 - 구 장비)

일 별	일 기	풍향 (16방위)			풍속 (0.1㎞s)			기온 (0.1℃)			지면 온도 (0.1℃)			얕은 층 지중온도 (곡관 지중온도) (0.1℃)				깊은 층 지중온도 (철관 지중온도) (0.1℃)				최저 초상 온도 (0.1℃)	해면 기압 (0.1hPa)			습도 (1%)		강수량 (0.1mm, 0.5mm)		일사량 (0.1MJ/㎡)	일조 시간 (0.1h)	
		평 균	최 대	최대 순간	평 균	최 대	최대 순간	평 균	최 고	최 저	평 균	최 고	최 저	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	0.5 m	1.0 m	1.5 m	3.0 m		5.0 m	평 균	최 고	최 저	평 균	최 저	0.1 mm			0.5 mm

비교관측양식(제출용)

○○기상대 비교관측 결과 분석

【 보고연월일 / 기관명 직급 성명 】

☐ 비교관측 개요

구 분		이전 전 (구청사)	이전 후 (신청사)
비교관측기간			
관측 장소 위치 정보	지점번호		
	주 소		
	위 도		
	경 도		
	해발고도		
이동거리(고도차)			
장비 설치 정보	기압계 해발고도		
	기온계 지상높이		
	풍속계 지상높이		
	강수량계 지상높이		
센서 정보	기온계(모델명/제조사)		
	풍속계(모델명/제조사)		
	풍향계(모델명/제조사)		
	기압계(모델명/제조사)		
	습도계(모델명/제조사)		
	강수량계(모델명/제조사)		
	일조계(모델명/제조사)		
	지면온도계(모델명/제조사)		
	초상온도계(모델명/제조사)		
	...		
	...		
	...		

※ 관측장비 설치 현황 사진은 별첨 참조

☐ 비교관측 분석 결과(요약)

☐ 요소별 분석 결과

별첨	관측장비 설치 현황 사진
-----------	----------------------

☐ **이전 전 관측환경 사진(구청사)**

- 내부 8방향

- 외부 8방향

☐ **이전 후 관측환경 사진(신청사)**

- 내부 8방향

- 외부 8방향

☐ **관측센서별 설치 사진**

센서종류	이전 전(구청사)	이전 후(신청사)
기온계		
풍속계		
풍향계		
기압계		
습도계		
강수량계		
일조계		
지면온도계		
초상온도계		
...	...	...
...	...	...

[용오름, 우박] 특이기상현상 분석

- 특이기상 현상명 : 용오름 or 회오리바람 or 우박 등
- 나타난 일시 : ○○월 ○○일 ○○시 ○○분 ~ ○○시 ○○분
- 나타난 장소 : ○○시·군 ○○동·리 부근
- 피해상황 :
- 기상실황 :
- 발생규모 :
- 관련자료
 - 언론에 보도된 자료 및 영상자료 추가
 - 전화민원 내용
 - 현장조사 사진 및 자료
 - 기타 상세한 기상현상 분석자료(별도첨부)

[별지 9]

중관기상관측장비(ASOS) 점검표

□ 지점명(ID): () 자료수집기 S/N : 점검종류: 정기 · 수시

점검부	점검 요소	점검사항	점검결과 (양호○, 불량×)	비고 (조치사항 등)
센서부	풍향센서 (S/N:)	외관상태, 베어링 구동상태 점검(2년마다 교체)		
	풍속센서 (S/N:)	외관상태, 베어링 구동상태 점검(2년마다 교체)		
	온도센서 (S/N:)	센서(대기, 지면, 지중) 청결 및 온도 값 변화상태 점검		
		센서 저항값 측정	저항값 : Ω 표출값 : C °	
	습도센서 (S/N:)	센서 출력전압 측정(0~1 V, 0~100 %) 및 청결상태	V, %	
	차광통 (S/N:)	차광통 청소 도장 및 고정상태 점검		
		차광통 FAN 작동상태 및 작동여부 점검(1년마다 교체)	RPM	
	기압센서 (S/N:)	수감부 이물질 부착상태 점검		
		데이터 변화상태 점검		
	일사·일조센서 (S/N:)	청결, 결로 여부 및 수평상태 점검		
		실리카겔 변화상태 점검		
		일조센서 회전상태(1회/36초) 점검		
	강수량센서 (0.1, 0.5mm) (S/N:)	강수량계 수평 유지상태 점검		
		내·외부 청결상태 점검		
		리드 스위치 접점 작동상태 점검(2년마다 교체)		
		바이메탈 상태 점검(1년마다 교체)		
로거부	무계식 강수량 센서 (S/N:)	구조물상태 점검		
		외관, 청결, 수평상태 확인		
		저수상태 확인		
	시정현천계 (S/N:)	외관, 청결, 수평, 렌즈 청결상태 점검		
	운고운량계 (S/N:)	외관, 렌즈 청결상태, 렌즈 보호용 FAN 동작상태 점검		
	강수유무센서 (S/N:)	작동상태 점검		
		수감부 부식 및 청결상태 점검		
	토양수분센서 (S/N:)	외관, 청결, 수평상태 확인		농업관측 지점 경우
	자료처리기 (Data Logger)	Keypad 작동상태 점검		
		자료 표출상태 점검		
	수집부	자료수집 PC	자료수집 및 동작상태 점검	
	전원부	배터리 (생산일자:)	입력전압 측정(13~15 V)	DCV
			AC전원 차단 후 전압 측정(12.5~14 V)	DCV
		상용전원	상전 입력 전압 측정(AC 220 V 내외)	ACV
			누전차단기 작동상태 점검	
	전원공급기		DC전압 측정 및 기록(5 V, 12 V)	V/ V/
			발열 상태 점검	
			상전차단 후 시스템 작동상태 점검	
낙뢰 보호부	피뢰접지	접지저항측정값	Ω	
	인하도선	접지동선 부식상태		
	서지보호기	도통 상태 점검		
부대장비 및 설비	기상 실험관	데이터 표출상태		
		데이터 주기적 변화상태 점검		
	철탑, 지선, 접지 등 부대시설	부대설비 설치, 고정 및 부식상태		
		각종 선로(데이터, 전원, 통신) 정리 상태		
특이사항	※ 사전보고일시 : 20 년 00월 00일 00시 00분 통화자 : 통화내용 : ※ 검정요청일시 : 20 년 00월 00일 00시 00분 통화자 : 취선검정일자 :			

위와 같이 점검을 실시하였음을 확인함.

20 년 월 일, 시 분 ~ 시 분

점검자 : 용역사명 직위·급 성명 (인)
 확인자 : 기관명(관할관측관서) 직위·급 성명 (인)
 확인자 : 수요기관(한국기상산업기술원)직위·급 성명 (인)

[별지 10]

방재기상관측장비(AWS) 점검표

□ 지점명(ID): () 자료수집기 S/N : 점검종류: 정기 · 수시

점검부	점검 요소	점검사항	점검결과 (양호○, 불량×)	비고 (조치사항 등)
센서부 로거부	풍향센서 (S/N:)	외관상태, 베어링 구동상태 점검(2년마다 교체)		
	풍속센서 (S/N:)	외관상태, 베어링 구동상태 점검(2년마다 교체)		
	온도센서 (S/N:)	센서 청결 및 온도 값 변화상태 점검		저항값: Ω 표출값: C°
		센서 저항값 측정		
	습도센서 (S/N:)	센서 출력전압 측정(0~1 V, 0~100 %) 및 청결상태	V, %	
	차광통 (S/N:)	차광통 청소 도장 및 고정상태 점검		RPM
		차광통 FAN 작동상태 및 작동여부 점검(1년 마다 교체)		
	기압센서 (S/N:)	수감부 이물질 부착상태 점검		
		데이터 변화상태 점검		
	강수량센서 (0.5mm) (S/N:)	강수량계 수평 유지상태 점검		
		내 · 외부 청결상태 점검		
		리드 스위치 점검 작동상태 점검(2년마다 교체)		
		바이메탈 상태 점검(1년마다 교체)		
구조물상태 점검				
무케식 강수량 센서 (S/N:)	외관, 청결, 수평상태 확인			
	저수상태 확인			
시정현천계 (S/N:)	외관, 청결, 수평, 렌즈 청결상태 점검			
강수유무 센서 (S/N:)	작동상태 점검			
	수감부 부식 및 청결상태 점검			
토양수분 센서 (S/N:)	외관, 청결, 수평상태 확인		농업관측 지점 경우	
로거부	자료처리기 (Data Logger)	Keypad 작동상태 점검		
		자료 표출상태 점검		
전원부	배터리 (생산일자:)	입력전압 측정(13~15 V)	DCV	
		AC전원 차단 후 전압 측정(12.5~14 V)	DCV	
	상용전원	상전 입력 전압 측정(AC 220 V 내외)	ACV	
		누전차단기 작동상태 점검		
	전원공급기	DC전압 측정 및 기록(5 V, 12 V)	V/ V/	
발열 상태 점검				
상전차단 후 시스템 작동상태 점검				
낙뢰 보호부	피뢰접지	접지저항측정값	Ω	
	인하도선	접지동선 부식상태		
	서지보호기	도통 상태 점검		
부대장비 및 설비	기상 실험판	데이터 표출상태		
		데이터 주기적 변화상태 점검		
	철탑, 지선, 접지 등 부대시설	부대설비 설치, 고정 및 부식상태		
		각종 선로(데이터, 전원, 통신) 정리 상태		
현지 관측자료		풍향 °, 풍속 m/s, 기온 ℃, 기압 hPa, 습도 %		
특이사항	※ 사전보고일시 : 20 년 00월 00일 00시 00분 통화자 : 통화내용 :			
	※ 검정요청일시 : 20 년 00월 00일 00시 00분 통화자 : 최신클점일자 :			

위와 같이 점검을 실시하였음을 확인함.

20 년 월 일, 시 분 ~ 시 분

점 검 자 : 용역사명 직위·급 성명 (인)		
확 인 자 : 기관명(설치장소) 직위·급 성명 (인)		
확 인 자 : 수요기관(한국기상산업기술원) 직위·급 성명 (인)		

[별지 11]

안개관측장비(시정·현천계) 점검표

□ 지점명(ID): () 자료수집기 S/N : 점검종류: 정기 · 수시

안개관측장비(시정현천계)				
점검부	점검요소	점검사항	점검결과 (양호○, 불량×)	비고 (조치사항 등)
센서부	시정·현천계 (S/N :)	결로 여부 및 수평상태 점검		
		적외선 송·수신부 및 렌즈 청결상태		
로거부	자료처리기 (Data Logger)	Keypad 작동상태 점검		
		자료표출 상태 점검		
수집부	자료수집PC	자료수집 및 동작상태 점검		
전원부	배터리 (생산일자 :)	입력전압 측정(13~14 V 내외)	DCV	
		AC전원 차단 후 전압 측정(12~14 V)	DCV	
	상용전원	상전 입력 전압 측정(AC 220 V 내외)	ACV	
		누전차단기 작동상태 점검		
	전원공급기	DC전압 측정 및 기록(5 V, 12 V, -12 V)	V/ V/	
		발열 상태 점검		
		상전차단 후 시스템 작동상태 점검		
	Heater Power	상전 입력 전압 측정(AC 220V 내외)	ACV	
히터 입력 전압 측정		DCV		
부대장비 및 설비	기상실험관	데이터 표출상태		
		데이터 주기적 변화상태 점검(1분 주기)		
	첼탑,지선,접지 등 부대시설	부대설비 설치, 고정 및 부식 상태		
		각종선로(데이터, 전원, 통신) 정리 상태		
통신부	전용모뎀	통신품질 SQ=6-10 유지여부 및 기록	/SQ=	
		DCD 작동 상태 및 수신레벨(Rx) 기록	/ dB	
	터미널서버	자료 송수신 상태 및 여유 포트	()	
낙뢰 보호부	낙뢰보호기	전원용 보호기 접지상태 및 이상유무 점검		
		데이터용 보호기 접지상태 및 이상유무 점검		
안개관측장비(CCTV)				
CCTV	카메라 (S/N :)	카메라 고정상태 점검		
		렌즈 청결상태 점검		
	적외선라이트	정상작동 유무 점검		
	Rotating Unit	정상 회전 작동 유무 점검		
	Power Controller	정상작동 유무 점검		
	Server	실시간 영상 감시 상태 점검		
	모니터	데이터 표출상태		
	Rack	고정 및 부식상태 점검		
특이사항	※ 사전보고일시 : 20 년 00월 00일 00시 00분 통화자 : 통화내용 :			

위와 같이 점검을 실시하였음을 확인함.

20 년 월 일, 시 분 ~ 시 분

점 검 자 : 용역사명	직위·급	성명	(인)
확 인 자 : 기관명(관할권축관서, 설치장소)	직위·급	성명	(인)
확 인 자 : 수요기관(한국기상산업기술원)	직위·급	성명	(인)

[별지 12]

레이저식적설계 점검표

□ 지점명(ID): () Sensor S/N : 점검종류: 정기 · 수시

점검부	점검사항	점검결과 (양호: ○, 불량: X)	비고 (조치사항 등)
센서외부	전면 유리 청결 상태 확인		
	설치대 및 브라켓 고정나사 체결상태 확인		
	센서 고정나사 체결상태 확인		
	설치대 나사 체결상태 확인		
	레이저 관측 점 이상 유무		
	배선 연결 상태 확인		
센서내부	레이저 모듈 작동상태 확인		
	스텝모터 작동 상태 확인		
	배선 연결 상태 확인		
적설면(판)	적설면 수평여부		
	적설판 손상상태 확인		
센서종합	자료처리기 연동상태 확인		
	센서종합상태 확인(PC연결)		
특이사항	※ 사전 보고일시 : 20 년 00월 00일 00시 00분 통화자 : 통화내용 :		

위와 같이 점검을 실시하였음을 확인함.

	20 년	월	일,	시 분 ~	시 분
점 검 자 : 용역사명				성명	(인)
확 인 자 : 기관명(관할관측관서, 설치장소)				성명	(인)
확 인 자 : 수요기관(한국기상산업기술원)				성명	(인)

[별지 13]

AWS다목적영상관측장비 점검표

□ 지점명(ID): () 카메라 S/N : 점검종류: 정기 · 수시

AWS다목적영상관측장비(CCTV)				
점검부	점검요소	점검사항	점검결과 (양호○, 불량×)	비고 (조치사항 등)
CCTV	카메라	카메라 고정상태 점검		
		렌즈 청결상태 점검		
	적외선라이트	정상작동 유무 점검		
	Rotating Unit	정상 회전 작동 유무 점검		
	Power Controller	정상작동 유무 점검		
	Server	실시간 영상 감시 상태 점검		
	모니터	데이터 표출상태		
	Rack	고정 및 부식상태 점검		
특이사항	※ 사전보고일시 : 20 년 00월 00일 00시 00분 통화자 : 통화내용 :			

위와 같이 점검을 실시하였음을 확인함.

20 년 월 일, 시 분 ~ 시 분

점 검 자 : 용역사명	직위·급	성명	(인)
확 인 자 : 기관명(관할관측관서, 설치장소)	직위·급	성명	(인)
확 인 자 : 수요기관(한국기상산업기술원)	직위·급	성명	(인)

[별지 14]

황사관측장비(PM10) 점검표

☐ 지점명(ID): () S/N : 점검종류: 정기 · 수시

점 검 일 시		. . . : ~ :		운영관서	
구 분		점검사항		점검결과 (양호O, 불량X)	비고 (조치사항)
PM10 (S/N :)	Inlet	외관 상태 (찌그러짐)			
		내부 상태 (먼지제거)			
	유량점검 (16.5~16.8 ℓ)			ℓ	
	Filter 소모량(%)			%	
	Air Pump 상태	외관상태·베어링 구동상태			
		vane 상태			
	온도 센서 값(40 °C)			°C	
	프로그램 작동 상태 (LED 및 소프트키 상태 포함)				
	통신 포트 확인	COM1			
		COM2			
	컨테이너	하절기 온도 (냉방 26 °C)		°C	
		동절기 온도 (난방 20 °C)		°C	
	장비전원 상태(UPS 220 V)			V	
	외함, 접지 상태				
	PM10 가동 상태				
자료수집용 PC	자료 수집 상태				
	자료 표출, 송신 상태				
	PC 가동 상태				
비고	※ 장애원인 및 조치내용을 육하원칙에 의거 기록 ※ 사전보고일시 : 20 년 00월 00일 00시 00분 통화자 : 통화내용 :				

점 검 자 : 용역사명	직위:급	성명	(인)
확 인 자 : 기관명(관할권측관서, 설치장소)	직위:급	성명	(인)
확 인 자 : 수요기관(한국기상산업기술원)	직위:급	성명	(인)

[별지 15]

[20 년 월] 긴급보수 확인서

장비명	지점명 (ID)	장애통보			현장 도착 시각	장애내용	조치내용	장애 복구 시각	복구 결과 판정
		접수 시각	접수자	통보자					
특이 사항	※ 사전보고일시 : 20 년 00월 00일 00시 00분 통화자 : 통화내용 : ※ 검정요청일시 : 20 년 00월 00일 00시 00분 통화자 : 최신검정일자 :								

위와 같이 점검을 실시하였음을 확인함.

20 년 월 일

점 검 자 : 용역사명	직위·급	성명	(인)
확 인 자 : 기관명(관할관측관서, 설치장소)	직위·급	성명	(인)
확 인 자 : 수요기관(한국기상산업기술원)	직위·급	성명	(인)

[별지 16]

방재기상관측장비관리자 월간처리 실적

년 월

① 관측장비 지점명	② 관측장비 관리기관명	③ 관측장비관리자 직·성명
		(서명)

④ 주간 점검	구분	강수량계 수수구 청소여부	강수유무 센서 청소여부	풍향· 풍속 센서 작동 여부	통풍통 FAN 작동 여부	기상실태관 작동 여부	상용전 원공급 여부	통신모뎀 작동 여부	측기탑 고정 여부	기타
	1주									
	2주									
	3주									
	4주									
⑤특이사항										
⑥ 관측장비관리자는 다음 사항 발생 시 해당 관측관서에 즉시 보고 ○ 관측장비의 도난 또는 훼손 시 ○ 관측장비 주변 증축, 신축, 철거 시 ○ 관측장비 주변에 타 시설물 등 설치 시(예 : 에어컨 실외기 등) ○ 관측장비 주변에 수목의 성장 시 ○ 공급전원, 통신선로 등 공사 시 ○ 기타 기상관측에 장애를 초래할 우려가 있거나 있을 때										

[별지 17] 일 농업기상통계표

20 년 월

지점 번호	지점 명	일 자	평균 기온 (°C)	평균 습도 (%)	평균 풍속 (m/s)	평균 지면 온도 (°C)	평균 최저 초상 온도 (°C)	평균지중온도 (°C) Mean Soil Temperature										평균토양수분 (%) Mean soil moisture					일사 (MJ·m ⁻²)	일조 (MJ·m ⁻²)	증발량합 (mm)		강 수 량 (mm)
			1.5 m	1.5 m	10 m			5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	0.4 m	1.0 m	1.5 m	3.0 m	5.0 m	10 cm	20 cm	30 cm	50 cm	소 형	대 형					



기상청

Korea Meteorological
Administration