

한국의 기상관측 기술사

기상관측은 지상기상관측, 고층기상관측, 위성기상관측, 레이더기상관측 등 여러 부문으로 나누어진다. 이 글에서는 가장 기본적인 지상기상관측 기술을 중심으로 조선시대부터 현재까지의 발전과정을 소개하고자 한다.

글·박 광 준 / 기상청, 관측관리관
e-mail·kjpark@kma.go.kr

조선시대 기상관측

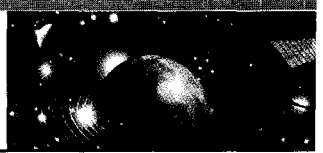
고려시대에는 태사국과 사천대를 거쳐 서운관(書雲觀)에서 기상 및 천문 관측을 담당하였고, 조선시대에 들어서는 서운관이 기상관측뿐만 아니라 역법계산과 시보 및 지리학까지 관장하였다. 이후 서운관은 세조 때 관상감(觀象監)으로 개칭되었다가 영조 이후에 실학의 융성과 함께 다시 서운관으로 바뀌었다.

조선시대의 기상관측은 현재의 기온, 습도 등 기상요소에 대한 관측이 아니라 대부분 대기의 물현상, 먼지현상, 빛 현상 등 기상현상에 대한 관측이었다. 그러나 이 당시의 관측은 현상 그림을 일지에 기재하는 등 상당히 상세하게 기록하여 오늘날의 관측에 비하여 크게 손색이 없다.

관측기록은 증보문헌비고(增補文獻備考) 등에 잘 나타나 있으며, 이 기록에 나타난 기상현상만도 바람, 비, 서리, 눈, 수빙, 무지개, 우박, 안개, 뇌전, 이상고온, 이상저온 등 11개 종류가 넘는다. 오늘날 업무 편람에 해당하는 서운관지(총 4권 2책으로 되어 있으며, 원본은 서울대학교 규장각에 소장되어 있다)에 의하면, 한성 내에 4소의 관측소를 갖고 있었으며 모두 '관천대'를 갖고 있었다. 본감을 경북궁 영추문 안에

두고 경북궁 광화방 북쪽, 창덕궁 금호문 밖, 경희궁 개양문 밖 등에서 관측업무를 실시하였다. 당시의 근무는 엄격하여 업무가 부실하거나 관측을 놓쳤을 때는 곤장을 쳤고, 심한 자는 의금부로 넘겨 논죄를 받기도 하였다. 또한 관측자는 정해진 양식에 관측한 결과를 글과 도해로써 기록하고 반드시 서명을 필하여 기록을 보존하였다. 관측자료는 원본으로 '관상감일기'와 '천변등록(天變謄錄)'에 기록하고 부분으로 4통을 작성하여 승정원, 시강원, 당후, 내각에 각각 보고하였다.

조선시대 기상관측의 핵심은 측우기였다. 1441년 5월 28일에 세종대왕이 강우량 관측을 위한 측우기를 발명하여 서운관에 설치하였다. 대부분 측우기는 원통형 주석과 구리의 합금으로 만들었으며 높이가 305.5mm(1척 5촌)이며, 직경이 146.7mm(7촌)이었으며, 정확한 우량 관측을 위하여 측우기 하단에 측우대(높이 1척, 너비 8척)를 설치하였다. 강우량은 주척(周尺)이라는 자를 사용하여 관측하였으며, 이자는 건축, 옷감, 동전을 재는 자와는 달리 길이·깊이를 관측하는 자(尺)로서 한 번에 200mm 강수량까지 관측할 수 있었다. 측우기에 의한 우량 관측은 강우량을 높이의 단위로 관측한 것이 특징이었으며, 전국적인 우량관



측망을 갖고 있었고, 서울(한성)의 경우에 150년간 우량관측이 지속되었다. 물론, 중국 등에서도 우량을 관측한 측기가 있었으나 양적인 관측이나 원추형 등의 모양인 반면, 측우기는 원통형이고 높이의 단위로 관측하여 현대적인 우량관측법의 효시가 되었다.

바람 관측도 상당히 과학적이었다. 오늘날 공항에 설치된 바람자루(wind sack)처럼 풍기대를 설치하고 그 위에 깃발을 꽂아 바람을 관측하였다. 풍향은 8방위 관측을 하였으며, 바람의 방향과 세기 그리고 특성에 따라 대풍(大風), 태풍(颱風), 대풍우(大風雨), 항풍(恒風 : 계속 부는 바람), 간풍(癘風 : 북동풍), 구풍(颶風 : 남풍 계열의 세찬 회오리 바람), 선풍(旋風 : 빠른 회오리 바람), 한풍(寒風 : 찬 한기를 동반한 바람), 처풍(淒風 : 서늘한 바람), 광풍(狂風 : 미친 듯이 부는 바람) 등으로 분류하였다.

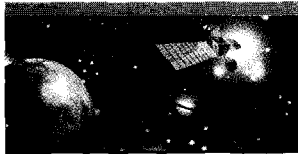
근대 기상관측

우리나라의 근대 기상관측은 1904년에 조선통감부 관측소가 설치되면서 시작되었으며, 기압, 기온, 습도 등을 관측하였다. 기압은 현재에도 수동 관측기기로 사용하는 포틴형(fortin) 수은기압계를 사용하여 관측하였으며, 당시에는 이 기압계를 청우계(晴雨計)라고 하였다. 1912년 인천에서는 1주일에 1회전하는 프랑스제 아네로이드기압계를 사용하였는데 1918년 7월부터는 1일 1회전용으로 관측하였으며 이름도 자기기압계로 개칭하였다.

기온은 1904년에 유리제 건습구 한난계와 최고·최저한난계를 백엽상에 걸어두고 섭씨 단위로 관측하였다. 습도는 백엽상에 설치된 건습구한난계로부터 건구와 습구 온도차를 읽고 이 차를 습도계산표에 대입하여 관측하였으며, 1916년부터 1959년까지 습구가 0°C 이하가 되어도 빙결하지 않는 경우의 Regnault-Broch의 포화증기압식과 국제상용표를 채용한 Angot 공식에 따른 습도계산표를 이용하였다.

풍향은 1904년 복엽풍신기를 설치하고 16방위로 관측하였고 8방위로 고쳐 전보를 작성하여 송신하였다. 풍속은 로빈슨 4배 풍력계에 자기지를 장치하여 관측하였으며 1916년부터 풍속관측방법을 관측 시각 전 20분간의 평균풍속으로 통일하고 대구, 평양, 강릉, 성진, 용기, 중강진의 여섯 개 측후소에서 관측하였다. 1933년경부터 풍속 관측에 전접식 계수기인 자기전접회수기와 전기반이라는 지시기가 사용되었다. 1940년부터 풍속관측방법을 10분간의 평균으로 변경하고 최대풍속도 자기지기록값에서 구하고 1일 3회 관측하는 것으로 정하였으며 관측경계시간(일계)을 24시로, 정온(calm)을 풍속이 0.6m/s 미만일 때로 정하였다.

강우량은 1884년 저수형우량계가 대한제국 정부에 고용되었던 목인덕(독일인 뮌헨 돌프)에 의해 원산과 인천세관에 설치되어 관측에 활용되었으나 이때 사용된 우량계의 제원과 설치요령에 대해서는 알 수 없다. 그 후 1904년에 일본의 임시관측소가 한반도에 설치되면서 수수구 구경이 20cm이고 우량계 아랫부분을 땅속에 묻은 저수형우량



계를 표준으로 사용하였으며 유리제 우량승으로 mm 단위의 1/10까지 측정하였다. 1930년 1월 1일부터 우량승을 사용하여 1/100mm까지 실측하고 야장에 기록하거나 일보/월보에는 1/10mm로 기입하였다.

광복후 수동 기상관측

1948년 대한민국정부가 수립되면서 문교부 소속의 국립중앙관상대가 발족되었고, 본대와 14개 측후소(서울, 강릉, 추풍령, 전주, 군산, 목포, 광주, 여수, 청주, 대구, 울릉도, 포항, 부산, 울산), 두 개의 출장소(대전, 서귀포)에서 기상관측을 실시하였다. '50년대 이후 기상관측이 점차 증가하여 자동기상관측이 수행되기 시작한 '80년 말까지 유인 지상기상관측소가 78개소(항공기상관측 포함)에 이르렀다. 이들 기상관측소에서 관측자들이 자동기상관측이 실시되기 전까지 정해진 규정과 절차에 따라 지상기상관측을 지속적으로 수행하였다.

기압은 1946년 1월에 국제지상기상 전보식이 변경되면서 세 시간 동안의 기압변화 경향을 아홉 종의 부호로 보고되었다. '60년대에 들어서면서 수은기압계에 비해 취급이 간단한 아네로이드 지시기압계가 도입되어 기압관측에 이용되었으나 정확도가 다소 낮아 정기적으로 수은기압계와 비교하면서 이용하였다. 기온은 유리제 건구온도계 및 최고·최저온도계, 자기온도계를 백엽상 내에 설치하여 관측되었다. 습도관측에는 백엽상 내에 설치된 건·습구온도계와 태엽식 자기습도계를 사용하다가 '60년 이후에는 아스망형 전동식 통풍건습계가 도입되고 모

발의 신축성을 이용하여 습도를 관측하는 모발자기습도계가 함께 사용되었으며, 전동식 건습구온도계에 의한 습도의 계산식도 세계기상기구(World Meteorological Organization)가 권장하는 Sprung의 식을 채택한 상용표로 관측하였다. 1956년부터 바람관측에서 정온(calm)이 0.2m/s 이하인 풍속의 경우로 개정되었고, 풍속은 세 배(杯) 로빈슨풍속계를, 풍향은 프로펠라형 발전식 풍향계를 사용하여 관측하였다. 우량관측에는 수수구 직경이 200mm 강우량계가 사용되었고, 또한 강우량의 시간적 변화를 측정하기 위해 사이펀식 저수형 자기우량계가 사용되었다. 1971년부터는 0.5mm 전도되(tipping bucket)를 채택한 격측자기우량계가 도입되어 '80년대 자동관측 이전까지 사용되었고, 빗방울을 기름통에 떨어뜨려 0.0083mm의 물방울을 만들고 이를 투사된 빛으로 세는 광전식 강우강도계를 사용하였다. 적설은 가로, 세로 50cm인 백색페인트 적설판에 cm 눈금이 새겨진 나무 막대기를 수직으로 세워 측정하였으며, 신적설을 관측하기 위해 별도의 적설판을 사용하였다. 구름관측에서 운형은 구름의 모양이나 특징에 따라 열 가지 기본운형(genera)과 그것을 다시 세분한 종(species)으로 관측하였으며, 운고는 주위지형과 비교하여 목측으로 관측하였다. 일부 항공기상관측에서는 '60년대 후반부터 구름의 높이를 측정하는 운고계 등을 활주로 옆에 설치하여 사용하였다. 일사관측은 1957년 1월 1일부터 은반일사계를 설치하여 직달일사관측을 하였고, '60년대부터는 에프리수평면일사계를 사용하였다. 1981년

1월부터는 세계복사 기준(WRR)을 채택하여 우리나라도 종래 일사량측정단위인 cal/cm²·min을 누적량은 Joule, 순간값은 Watt로 변경해 사용하였다. 최저 초상온도는 1960년대부터 측정하기 시작하였고, 지중온도는 1983년부터 열 개 기후관 축소와 종관기상대

등 33개소에서 땅속에 철관을 묻고 깊이 (5·10·20·30·50cm)에 따라 매일 지중온도를 일 회(09:00)씩 관측하였다. 일조시간은 위도눈금이 표시되어 있는 황동제 원통내경에 감광지를 넣어 감광된 흔적의 길이로 측정하였으며, 유리구의 광학작용에 의해 자가지에 탄 흔적의 길이를 재는 캄벨 스톡크스일조계도 동시에 사용되었다.

자동 기상관측

1980년대에 기상관측은 아날로그 관측에서 디지털 관측으로 변화하는 기상청 기상관측 역사상 일대 전환점을 맞게 되는 10년 간이라고 볼 수 있다. 기존의 유인 기상관측서로 쉽게 극복할 수 없었던 작은 규모의 악기상 감시를 자동기상관측장비를 설치·운영함으로써 좀더 효과적으로 감시할 수 있는 계기가 되었다. 우리나라 자동기상관측은 1986년 4월에 수립된 기상장비 도입 계

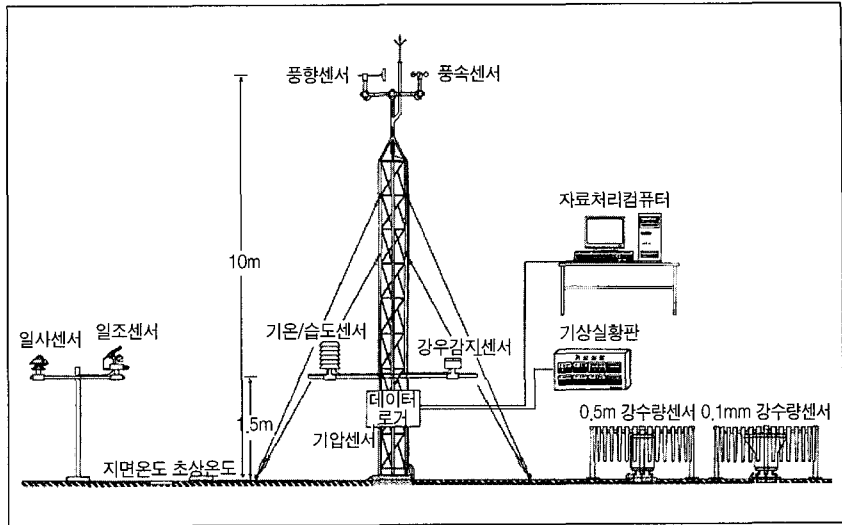
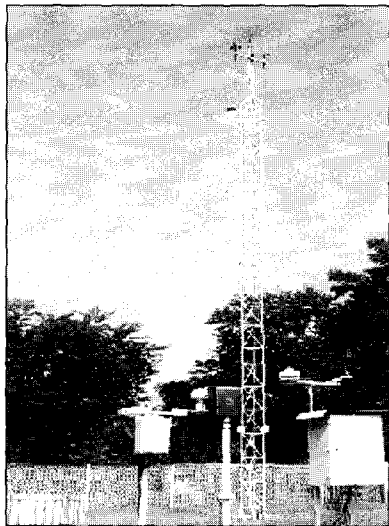
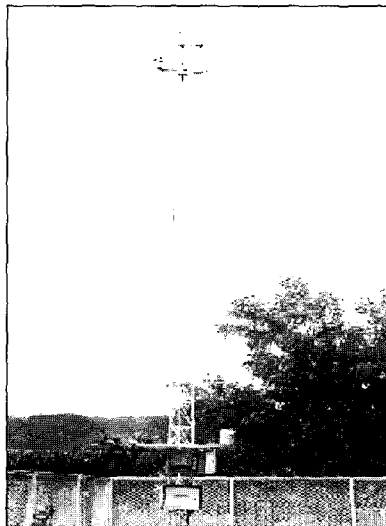


그림 1 자동기상관측장비의 구성

획에 의해 본청, 지방청, 기상대에 1986년부터 1991년까지 6년간 매년 5대씩 총 30대의 자동기상관측장비(AWS : Automatic Weather System) 설치 계획을 수립하면서 시작되었다. 이때의 관측요소로는 풍향, 풍속, 기온, 강수량 등 네 개의 기상요소만 관측하였고, 1987년에는 70대의 AWS를 계획에 추가로 반영하여 총 100대의 AWS를 OECF 차관으로 도입하는 것을 확정하게 되었다. 먼저 1987년 12월에 자동기상관측장비 15대를 구매·추진하였으며, 1차분으로 '88서울올림픽 기상지원을 위하여 15대를 각 경기장에 설치하였다. 이때 자동기상관측장비의 관측요소는 풍향, 풍속, 기온, 습도, 강수량이며, 자료 전송방법은 각 센서에서 관측한 자료를 신호처리기에서 수집하여 1,200 bps의 데이터회선을 통하여 주 배전반인 MDF(Main Distributing Frame)를 거쳐 현지 컴퓨터에 수집되었다. 이를 다시 모뎀과 전용회선을 통하여



ASOS



AWS

그림 2 자동기상관측장비의 외형

중앙기상대 컴퓨터(TANDEM)로 전송되어 기상예·특보의 발표를 위한 자료로 활용되었다. 그리고 나머지 OECF 도입분 85대에 대한 구매가 본격화되어 1991년 3월, 기상대 14소, 관측소 48소, 도시기상용 8소, 유관기관용 15소에 AWS의 설치를 완료하게 되었다.

자동기상관측장비 도입사업은 1990년에 들어서면서 초기단계를 벗어나 발전단계로 진입하였다. 1990년 6월에 '전국 자동기상관측망 연차별 구축 계획'을 수립하고 당시까지 추진해 온 100대(30km의 격자 자동기상관측망)의 AWS에 300대를 추가로 설치하여 18km 격자 간격의 AWS 관측망 구축을 추진하였다. 1991년에는 AWS 68대, '92년에는 95대가 설치되었는데 이 AWS는 센서부, 신호접속처리부, 디지털표시부, 전원부로 크게 구분이 되었으며, 센서부는 풍향, 풍속, 기온, 강수량, 강수감지로 구성

되었고 신호접속처리부는 신호조절부, 접속부, 중앙처리부, 통신부, 전원변환부로 되어 있었다. PC286으로 고안된 자료수집처리장치(DAPU)와 자동다이얼(전화선)을 이용하여 상호 송·수신을 하는 기능이 있었다. 전원변환부는 전원공급장치로부터 공급되는 DC 12V를 적절한 전압의 DC로 변환하여 수감부와 신호접속처리장치의

각 구성 모듈로 분배하는 기능을 가졌으며, 히터를 제외하고는 10시간 정도 이상없이 가동될 수 있도록 축전지를 내장하였다. 또한 낙뢰로부터 피해를 방지하기 위하여 보호장치(surge protector와 lighting protector)를 설치하였고, 이때 접지는 1층 접지를 기준으로 접지봉 두 개와 접지판 두 개를 기본으로 사용하였다.

이어서 1993년에는 80대, 1994년에는 방재용으로 31대, 도시기후용으로 29대, 산업지원용으로 여섯 대, 관광레저용으로 총 72대가 도입되었다. 이때의 장비는 기상현상 감지자료를 수집·검색하고, 이를 그래픽 처리하여 실시간으로 영상출력 워크스테이션에 자료를 전송하며, 자료의 길이, 고정숫자 비교검색 및 각 요소별 최대·최소치 한계 등 수집된 자료의 QC 기준을 설정하는 기능도 있었다. 이로서 1988년부터 추진한 전국 자동기상관측망 구성사업이 총



400대를 설치 완료함으로써 1단계 사업은 종료하게 되었다.

1994년 12월에 2단계 자동기상관측망 구축사업을 기상관서 관측자동화, 노후 AWS의 연차적인 교체, 특정업무용 AWS 신설 등을 목표로 설정하게 되었다. 이 계획에 따라 '95년과 '98년 사이에 노후 자동기상관측장비 145대를 교체, 15대를 추가로 설치하였으며, 이 기간 중 모든 AWS의 관측 자료를 수집하기 위해 전용회선을 구축하였다. 1998년 10월에는 예보능력 향상을 위한 '기상업무발전 종합대책'이 수립되었고 이 계획에 따라 산악·도서지역에 매년 20대씩 5년간 AWS를 추가로 설치하기로 하고 1999년부터 사업을 개시하였다. 이때의 관측요소도 풍향, 풍속, 기온, 강수량, 강수감지이며 전기가 들어오지 않는 지점은 태양전지판을 이용하였다. 특히 상용전원과 전용통신망을 사용할 수 없는 산악지역의 AWS는 태양전원공급 및 오브컴 위성통신을 이용하여 10분 간격으로 자료를 수집하는 체계를 이루었으며, 측기탑의 높이는 4m로 하고, 우량계는 지상 2m에 설치하였으며, 초음파풍향풍속센서를 채택하였다.

한편, 1995년 4월에 '기상관서 관측자동화 추진방안'이 수립되면서 종관기상관측시스템(ASOS : Automated Surface Observing System)이 도입되기 시작하였다. 이 자동화시스템은 미국의 자동화시스템을 기본 모델로 하여 목적요소의 계측화, 계산·처리과정의 전산화, 전문보고체계의 단일화 및 정형화, 신전산시스템의 활용 극대화를 목적으로 12개 관측요소(풍향, 풍속, 기온, 이슬점온도, 기압, 강수량, 일

기 식별, 시정, 일사, 일조, 지면온도, 초상온도)에 대한 관측의 자동화를 추진하였으며, 시스템의 구성은 수감부와 신호접속처리장치(SIPU), 전원공급장치, 디지털표시기, 관측자용 워크스테이션, 설치자재 등으로 크게 나누어져 있다. 1995년에 4조, 1996년에 6조, 1997년 13조, 1998년 5조, 1999년 10조, 2000년 3조, 2001년 1조, 2002년 4조의 ASOS를 설치하였다.

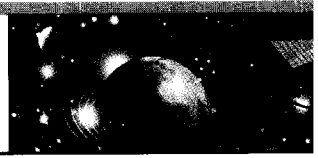
1990년 초에 설계된 AWS는 크게 센서부와 컨트롤러부로 구분이 되며, 데이터들은 LED(Light-Emitting Diode)에 표시되고 또한 MODEM을 이용한 공중전화회선망(P.S.T.N)을 통하여 어디에서나 데이터를 받아볼 수 있도록 설계가 되었다. 센서부는 풍향, 풍속, 기온, 강수량, 강수유무로 구성이 되었고, 이때의 풍속센서는 삼배 형태의 풍속계로서 풍속기내의 샤프트축과 여기에 연결된 디스크판으로 구성되어 있다. 이 디스크는 포토 인터럽트 사이를 회전하면서, 한 바퀴 회전할 때 14펄스를 출력하고, 이 펄스수를 주파수로 변환하여 풍속으로 환산하였다. 동작원리는 풍속계 내부축이 회전하면 적외선 LED로부터 나오는 빛은 내부판의 틈니에 의해 차단되며, 통과된 부분은 phototransistor에 의해 펄스로 출력되게 된다. 적외선 LED를 사용하는 이유는 물이나 얼음 등을 통과하는 투과율이 뛰어나기 때문이고, phototransistor를 사용하는 이유는 적외선에 가장 민감하기 때문이다. 측정범위는 0~75m/s, 변환주파수는 0~750Hz이다.

풍향계는 회전축에 그레이코드가 새겨진 디스크판이 부착되어 있으며, 적외선 LED와

phototransistor가 디스크의 양쪽 편으로 장착되어 있다. 축이 회전하면 여기에 붙어 있는 디스크판이 적외 LED와 phototransistor 사이에서 생성된 6비트의 그레이코드를 출력하게 된다. 그레이코드는 한 번에 1비트의 변화만 일어나게 되며, 1비트가 변하면 5.63°의 풍향변화가 이루어지도록 설계되어 있다. 동작원리는 디스크의 한 쪽면에 붙어 있는 phototransistor가 디스크의 다른 쪽 면에 붙어 있는 LED로부터 방사되는 빛을 받게 된다. 이때 축이 5.63° 회전할 때마다 새로운 gray code화된 값이 발생되고, 각도가 gray code로 변환되는 것은 table에 의해 풍향으로 표현되며, 디스크의 슬릿 부분은 0으로 인식되고, 슬릿 사이의 금속판은 1로 인식된다. 온도 센서는 0°C에서 100Ω저항을 가지는 백금이며, 온도와 저항의 관계는 평균 0.385ohm/°C, DIN(독일공업규격), 3선식을 사용하였다. 강수량계는 tipping-bucket 형태로, 빗물은 강수량계 내부의 가벼운 무게의 tipping bucket에 저장되며, 전도되어 0.5mm의 빗방울이 모이면 한 쪽으로 기울어지게 되고, 이때 강수량계 내부에 있는 magnet가 reed switch에 연결되어 펄스가 출력된다. 우량계 내부에 +4°C(±3°C) 이하에서 작동하고, 11°C(±3°C) 이상에서 작동하지 않는 heater가 부착되어 눈을 녹일 수 있으며, heater의 파워는 55W, 전압은 AC 48V, 이때 사용한 우량계의 수수구 직경은 225mm이다. 강수유무 센서는 임피던스 검출방식으로 원리는 발진부분과 정류다이오드 사이에 연결된 센서가 비를 감지하게 되면 센서 사이의 임피던스가 감소하

게 되어 발진부분은 정류다이오드를 거쳐 DC 출력을 발생하게 된다. 이 출력은 리드 릴레이를 구동시켜 디지털인터페이스 보드로 강수유무를 알리게 되는 원리이며, 일반적으로 작동 임피던스는 500kΩ이다. 강수유무 센서의 헤드부분은 빗물을 말리기 위해 히터가 내장되어 있고, 강수빈도와 주위의 환경에 따라 비가 그친 뒤 강수상태가 아닌 상태로 변하는데 약 1분에서 5분 정도 소요되며, 빗물을 흐르게 하기 위해 약 30도 기울어져 있다.

컨트롤러 부는 control processing unit, communication control unit, modem card, digital interface, analog interface, DC-DC converter, temperature convert unit, power, hand terminal, LED display 등으로 구성되어 있다. control processing Unit는 마이크로프로세스 80C31을 장착하였으며, 32KB의 프로그램 메모리와 16KB의 데이터 메모리, 2KB의 백업 메모리, 2시리얼 RS-232C 포트와 I/O 버스로 PICO BUS를 가졌으며, CPU 보드의 예기치 못한 폭주를 위하여 자체 감시 기능인 WDT(Watch-Dog Time)가 내장되어 있다. Digital interface는 풍향, 풍속, 강수량, 강수감지센서로부터 데이터를 수집한 다음 PICO BUS를 통해 일정시간마다 control processing unit에 의해 각 펄스는 샘플링되고 센서들에게 파워를 공급한다. analog interface는 온도 프리콘디셔너(preconditioner) 보드로부터 입력된 전압을 A/D 컨버터를 통해 디지털 값으로 변환하고, 변환된 값들을 일정한 시간마다



control processing unit에서 PICO BUS를 통해 읽혀지게 된다. 아날로그 보드의 핵심 부품인 A/D 컨버터는 12비트로 4개의 멀티플렉싱이 가능한 입력 채널을 가지고 있다. 이 보드는 각 프리컨디셔너의 전원을 제어한다. 즉 센서로부터 데이터를 입력받을 때만 전원을 공급하여 불필요한 소비전력을 줄이게 된다.

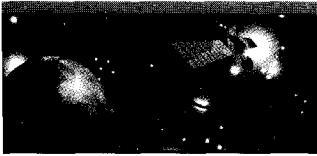
Power board는 110/220V 겸용 파워 서플라이로서 DC 13.7V와 +5V, 2A 전압을 출력하며, 우량계 히터 공급용 전원연결 단자가 있으며, DC-DC 컨버터는 파워 서플라이로부터 약 DC 13.7V를 공급받아 데이터로그에서 필요로 하는 +5V, +15V, -15V, +12V, -12V의 전압을 만들어주며, +5V를 제외한 나머지 전압들은 control processing unit 보드에 의해 제어를 받게 된다.

Communication control unit는 control processing unit에서 출력되는 데이터를 RS-232C 포트를 통해 입력받아 배터리 백업 메모리에 저장하며, 모뎀을 통해 데이터를 전송하는 역할을 한다. CPU는 8088 호환인 칩을 쓰고 있으며 OS는 MS-DOS 3.3이 탑재되어 있다. 또한 프로그램은 세 개의 EPROM에 저장되어 실행되며, 네 개의 배터리 백업기능을 가진 메모리 칩은 정전 시(배터리도 나갔을 경우)에도 데이터를 저장하게 된다. 이 보드 역시 시스템의 안전성을 가지기 위하여 WDT 기능이 있다.

온도변환기는 Pt-100 센서에서 출력되는 저항을 전압으로 바꾸어 주는 역할을 하며, 이때 Pt-100의 비선형성을 전류제한방

식을 사용하여 선형화한다. LED는 AWS에서 측정된 기상데이터들을 RS-422 라인을 통해 전송받아 디스플레이를 하게 된다. CPU는 80C31이 장착되어 있으며, 소비전력을 줄이기 위해 다이내믹 방식으로 디스플레이 한다.

2000년대의 AWS는 1990년대의 AWS와 거의 같은 형식으로 설계가 되어 있으며 크게 센서부, 자료수집기(data logger), Power부로 구성되어 있다. 먼저 센서부는 1990년대와 같이 풍향, 풍속, 기온, 강수량, 강수유무로 구성되어 있고 풍향센서는 그레이코드 방식에서 풍향깃(wind barb)의 방향에 따른 전압을 감지하여 측정하는 전위차계(potentiometer) 방식의 풍향계로 변경하여 사용하고 있다. 이 센서는 풍향 변화에 따라 풍향깃이 회전하면서 풍향에 해당하는 저항을 발생시킨다. 저항은 변환기를 거쳐 직류 전압으로 출력되고, 이 전압(DC 0~10V)으로 풍향(0~360° C)을 측정한다. 풍속센서는 1990년대와 같이 풍속에 따라 주파수가 변하는 삼배풍속계를 사용한다. 삼배풍속계는 풍속의 세기에 따라 세 개의 컵이 회전하고 회전체의 베어링 하단부에 있는 30개 구멍의 광 단속기가 회전하면서 회전수에 따른 해당 주파수를 발생시키며, 이 주파수를 감지하여 풍속을 측정한다. 온도센서는 1990년대와 같이 온도의 변화에 따라 금속의 전기저항이 변하는 원리를 이용한 백금저항온도계가 사용되며, 백금저항온도계는 JIS(일본표준규격) 규격에 순도 높은 백금 센서(직경 0.1mm 정도)를 운모, 세라믹, 유리 등 전기 절연체로 만든 얇은 판 위에 감아놓고 스테인리스 강



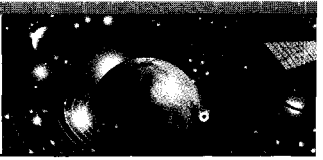
판의 보호관으로 밀봉한 것이다. 회로의 특성을 높이기 위하여 브릿지 형태의 4선의 도선이 연결되어 있다. 보호관을 뚫으면 응답속도가 늦어지므로 응답속도를 높이기 위하여 산화마그네슘이나 실리콘 등을 채워서 열전도율을 높인다. 강수량센서 역시 1990년대와 같이 전도(轉倒)형 강수량계를 사용하며, 강수가 수수구 내로 들어가면 삼각형 물받이로 흘러 들어가 물이 차면 기울어져 리드 스위치를 작동시켜 강수량을 측정하며, 0.5mm 버킷에 수수구 직경이 200mm인 강수량계를 사용한다. 강우감지센서 역시 접촉회로 임피던스 검출 방식으로서, 금박 격자를 가진 접촉면에 이슬과 비가 떨어지면 격자 간격이 연결되면서 일정한 전압을 발생시키는 원리이다. 센서 주위에는 히터가 항상 작동하여 안개와 같은 매우 작은 강수입자에 의한 오류를 방지한다.

자료수집기는 SAM1(Signal Acquisition Module 1), SAM2(Signal Acquisition Module 2), RCM(Remote Control Module), MPM(Main Processing Module), MEM(Buffer Memory Board), CPM(Communication Processing Module)로 구성이 되어 있으며, signal acquisition module 1는 풍향 및 풍속값을 관측하여 MPM으로 전송하는 보드로 마이크로프로세스 89C52를 장착하였으며, 32KB의 프로그램 메모리, 8KB의 데이터 메모리, 12Bit A/D 컨버터, 하나의 RS-232C 시리얼 포트, 3 channel의 카운터를 가졌으며, signal acquisition module 2는 온도, 강수량, 강수유무를 관측하여 MPM으로 전송하는 보드로 마이크로프로세스

89C51를 장착하였으며, 32KB의 프로그램 메모리, 8KB의 데이터 메모리, 12Bit A/D 컨버터, 하나의 RS-232C 시리얼 포트, 3Channel의 카운터를 가졌다.

Remote control module은 자료수집기와 AWS의 통신상태를 감시하여 Down Load 또는 제어 명령이 입력되었을 때나 AWS의 상태가 비정상일 때 날짜, 시간, 상태를 저장하며 마이크로프로세스 89C51를 장착하였고, 32KB의 프로그램 메모리, 32KB의 데이터 메모리, 8Bit 16channel A/D 컨버터, 2channel의 카운터를 가졌다. Main processing module은 자료수집기의 핵심부분으로 각종 관측자료의 저장 및 요구 명령어를 처리하는 부분으로 마이크로프로세스 89C51를 장착하였으며, 32KB의 프로그램 메모리, 1MB의 데이터 메모리, real time clock, 세 개의 RS-232C 시리얼 포트, 2channel의 카운터를 가졌다. Buffer memory board는 자료를 저장하는 보드로 장기간 전원공급 차단시에 자료 유실을 방지하기 위하여 자체 backup 배터리를 삽입하였으며, communication processing module은 호스트에서 수행하는 각종 명령어들을 MPM으로 전송하고, MPM에서 송신되는 자료를 호스트로 전송하며, keypad로부터 입력되는 key값을 검색하여 code화한 후 MPM으로 전송하는 부분으로 마이크로프로세스 89C51를 장착하였으며, 32KB의 프로그램 메모리, 32KB의 데이터 메모리, 2channel의 카운터를 가졌다.

전원부는 backup 배터리를 내장하여 UPS 기능을 가지며, AC 입력전압은



110/220V 모두 가능하다. 배터리는 밀폐형으로 증류수 충전 등의 잔손질이 필요치 않으나 정상적인 작동을 위하여 매 2년마다 교체하여야 하고, 배터리 충전 시간은 최소 20시간 이상 필요하며, 장시간 정전으로 인하여 배터리 충전이 중단되었을 경우 배터리 전력만으로 약 6~7시간 동안 작동이 가능하다.

앞으로는 관측공백지역과 산업·레저 활동을 지원할 수 있는 곳을 중심으로 AWS를 지속적으로 확충하여 2007년까지 지상

기상관측의 수평 분해능을 13km로 조밀화하고 관측센서를 개선하며 산악·도서지방의 혹독한 환경과 악기상에도 견딜 수 있도록 내구성을 강화할 계획이다. 또한 기상청 이외의 기관에서도 자체 목적을 위해 AWS 설치가 확대되고 있는 점을 감안하여 범국가적으로 AWS 중복 설치의 방지와 AWS 관측자료의 공유, AWS 관측자료 정확도 개선 등을 목적으로 기상관측 표준화법의 입법을 추진하고 있다.

러쉬톤 터빈(Rushton Turbine)

탱크 속에 교반하기 위해 넣는 장치이다. 러쉬톤에 의해서 처음 개발된 날개의 형상으로서 여섯 개의 수직한 날개가 60도의 일정한 간격을 가지고 원판에 고정되어 있다. 원심력을 이용하고 반경 방향으로 강한 유동을 유도하여 상당한 혼합효율을 준다.

이중추력기 모듈(DTM : Dual Thruster Module)

단일추진제 로켓 엔진 어셈블리(MRE assembly : Monopropellant Rocket Engine assembly)로서 주 및 잉여의 MRE-1 하이드라진 추력기(hydrazine thruster)의 조합으로 구성된다. 저궤도 지구관측 위성인 다목적실용위성의 추진시스템에 사용된다.