

컴퓨터·위성 등 첨단장비 동원되나 모든 기상자료 예보관이 최종 판단

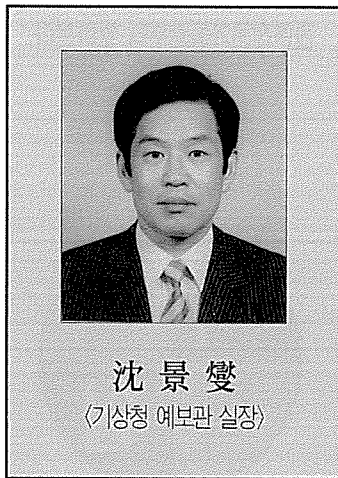
정해진 시각에 일제히 관측

기상예보는 현재의 기상 상태를 근거로 하여 앞으로 나타날 기상을 예상하는 것이다. 그러므로 현재의 기상 상태를 알기 위하여 전 세계의 기상관측소에서 정해진 시각에 일제히 각종의 기상 요소를 관측하여 기상예보의 기본 자료로 사용한다.

각종 기상관측으로 얻어진 기상관측 자료들은 이미 정해진 기상 전보식에 따라 기상 실황 전문이 되어 기상 통신망을 통하여 신속 정확하게 여러 곳으로 전달되어야 하고 기상예보를 위해서는 관측 전문의 송신 뿐만 아니라 이 기상 통신망을 이용하여 필요한 지역의 필요한 전문을 수집할 수 있는 기상 통신 과정이 매우 중요하다.

기상 통신을 통하여 수집된 기상 전문을 해석하여 각종 일기도에 일정한 방법으로 기입한 후 등압선, 등고선, 등온선, 불연속선, 고기압, 저기압 등을 그려서 대기의 구조를 구체적으로 알아볼 수 있도록 하여야 한다.

이와 같은 작업을 기상 분석이라 하고 분석 방법으로 종래의 사람 손으로 분석하는 방법과 컴퓨터를 이용한 분석 방법이 병행되고 있으며, 이렇게 분석된 결과를 기초로 하여 객관



沈景燮
(기상청 예보관 실장)

적이거나 주관적인 여러가지 방법으로 앞으로의 기상 상태를 예상한다. 예보를 생산하는 사람을 예보관이라 한다.

최근에는 이러한 예보 생산에 대기를 지배하는 역학 방정식들을 컴퓨터로 풀어서 앞으로의 기상 상태를 제시하는 객관적인 수치예보의 예상도들이 생산되어 예보관이 최종 예보를 결정하는데 많은 도움을 주고 있다. 예보 기간 및 활용 목적에 따라 기상예보는 여러 종류가 있으며 결정된 여러 종류의 예보는 여러가지 방법으로 이용자인 국민들에게 전달된다.

또한 기상청에서는 예보 기술의 향상을 위하여 사후 분석 및 평가를 하며 예보 평가의 결과로 예보 정확도를 산출하여 자체적으로 활용하고 있

다. 기상 분석과 예보 업무가 원활하게 되기 위해서는 세계 각국의 상호 협력이 없이는 불가능하다.

그러므로 유엔(UN)의 특별기구인 세계기상기구 즉, WMO(World Meteorological Organization)가 조직되어 있다. WMO의 각 회원국은 WMO에서 정한 일정한 기술 규정에 의하여 전 세계가 통일된 방법으로 기상 업무를 수행하고 있으므로 모든 기상정보의 상호 교환이 가능하게 된 것이다.

이상에서 언급한 모든 업무를 총괄하여 넓은 의미의 기상예보 업무라고 볼 수 있으므로 각각을 좀더 자세히 살펴 보기로 한다.

기상관측소 1만7천개

(기상관측) 기상관측은 대기 중에서 일어나고 있는 기상현상의 실체를 과학적인 방법으로 포착하기 위하여 관찰이나 측정하는 것을 말한다.

기상예보와 연관되는 기상 관측의 종류를 살펴보면 지표면(육상과 해상)에서 기압, 기온, 습도, 바람, 강수, 시정, 구름 및 각종 기상 현상 등을 관측하는 지상관측과 대기의 3차원 구조를 알기 위하여 지표면이 아닌 대기 상층의 기압, 기온, 습도, 바람 등을 관측하는 고층관측으로 크게

기상예보 어떻게 이루어지나

나눌 수 있다.

지상관측을 하는 지상관측소(surface station)는 대륙이든 섬이든 그 위치가 변함없는 땅에서 기상관측을 하는 육상관측소(land station)와 해상에 정박중이거나 항해중인 선박 또는 해상의 시설물 상에서 기상관측을 하는 해상관측소(sea station)로 구분되며, 전 세계적으로 관측 자료를 전문화하여 제공하는 육상관측소가 약 9천8백개소가 있고 해상관측소가 7천4백개소가 되어 전체 지상관측소는 1만7천개가 넘는다. 물론 특수목적으로 일부 기상요소만 관측하는 전 지구상의 기상관측소는 이보다 훨씬 많을 것이다.

현재 우리나라에서 관측 자료를 전세계에 제공하는 지상관측소는 북한을 제외하면 25개소가 된다. 지상관측 자료의 전문 보고는 WMO에서 매 3시간 간격을 권장하고 있으나 각국에 따라 최근에는 거의 매시간 관측하고 있는 실정이다.

고층관측은 기구(氣球)에 기상측기를 부착시켜 비양시킨 다음 관측된 값을 지상의 수신기로 수신하여 처리하는데 관측 시각은 6시간 간격으로 하루에 4회 관측하는 곳과 12시간 간격으로 하루에 2회 관측하는 곳이 있다. 전 세계적으로 관측 자료를 송신하는 고층관측소는 약 9백50개소가 되며 북한을 제외한 우리나라의 고층관측소는 4개소이다.

위성구름 사진 매시간 수신

이러한 기본관측 이외에도 기상예보에 중요한 특수관측을 살펴보면 기상위성관측, 기상레이더관측, 낙뢰관측 및 지상자동기상관측 등이 있다.

기상위성은 지구대기 전체를 관측할 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 이와 같은 위성사진은 특히 해상과 지상관측소가 거의 없는 사막지역 및 고산지역에서 매우 귀중한 자료가 된다.

기상위성은 지구를 돌고 있는 극궤도위성과 어느 한지점에 고정시킨 정지위성으로 구별되는데 정지위성은 같은 지역을 1시간 또는 30분 간격으로 관측함으로써 기상시스템의 발달 성쇠를 보여준다. 연속된 위성사진은 잘 판독하면 저기압의 움직임, 뇌운의 성장, 기상시스템의 이동 등을 알 수 있다.

위성사진은 가시광선 사진과 적외선 사진으로 되어 있으며 같은 시간에 촬영된 두 종류의 사진을 비교 분석하면 매우 많은 정보를 얻을 수 있다. 현재 우리나라에서는 기상위성 수신장치로 적도의 동경 140°에 위치한 정지기상위성인 GMS로부터 매시간 구름사진을 연속적으로 받고 있으며, NOAA 등의 극궤도위성으로부터도 우리나라 부근의 구름사진을 계속 받아 분석하여 기상예보 자료로 활용하고 있다.

기상레이더는 전자파를 발사하여 강수 입자에 부딪친 후 반사되어 안테나 방향으로 다시 되돌아오는 파를 수신, 분석하여 예보의 분포를 알려 주는데 현재 우리나라는 전 세계에서 찾아보기 힘든 5대의 도플러 레이더망을 구성하여 이를 합성하는 등 강수 예보에 귀중한 자료로 사용되고 있다.

낙뢰관측망은 전국에 고르게 분포되어 있는 10개의 수감부로부터 내륙 전역은 물론 주변 해역에서 발생하는

구름과 지면사이에 일어나는 방전인 낙뢰만을 관측하여 분석하도록 되어 있으므로 낙뢰예보는 물론 뇌운에 의한 악기상 예측에도 많은 도움을 주고 있다.

지상자동기상관측망은 전국에 4백대의 자동기상 관측장치를 설치하여 기온, 바람, 강수 등을 관측하여 이를 실시간으로 분석하므로써 특히 집중호우 등 악기상 감시 및 기상재해 방지에 도움을 주고 있다.

앞에서 언급한 기본관측과 특별관측 자료는 현재 기상청 예보실로 모두 빠른 시간에 전달되어 기상 감시는 물론 예보 자료로서 활용할 수 있게 되어 있다.

〈기상 통신〉 WMO에서는 전 세계 기상통신 체계(GTS, Global Telecommunication System)를 구성하여 전 세계의 기상정보를 시각을 다투어 송·수신하고 있다.

특히 우리나라에서는 이 GTS 회선을 아시아지역 기상센터인 일본 기상청과 9600bps의 고속회선으로 4800bps는 문·숫자 통신에, 나머지 4800bps는 FAX 통신에 사용하고 있으며, 최근에 다른 지역 기상센터인 북경과도 고속회선을 연결하여 기상 자료를 서로 송·수신 함으로써 전세계 기상 자료 수신에 안전성을 높였다. 또한 국내 통신망을 보강하여 국내 전 기상관서간의 기상 자료 송·수신에 만전을 기하고 있다.

〈기상 분석〉 기상통신으로 수집된 각종 기상관측 자료 특히 전 세계 기상관측 전문들은 이를 해석하고 각 관측점의 자료들을 대기 전체의 장(field)의 값으로 바꾸어야 한다.

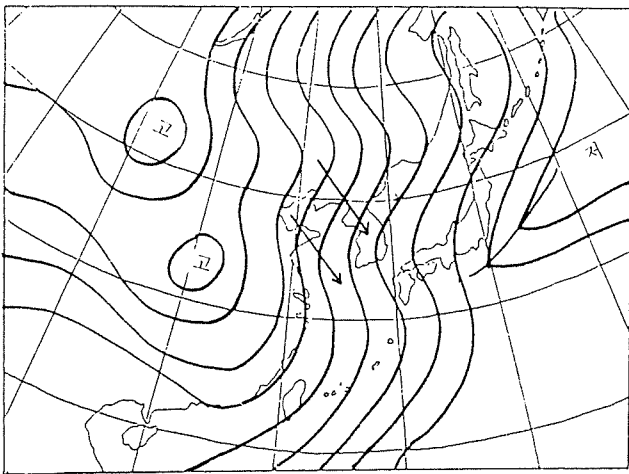
종전에는 이러한 분석방법으로 수

기상예보 어떻게 이루어지나

집된 전문을 기상청 직원이 해독하여 지도 위에 모두 기입하고 등치선을 직접 그려서 지상 및 상층일기도는 물론 기타 다른 보조 일기도들도 모두 수작업으로 작성하였다.

그러나 기상청에 컴퓨터 시스템이 도입되고 계속되는 기술축적으로 현재 다변수최적내삽법으로 160km 격자 거리의 분석 격자 값을 생산하여 각종 기본일기도는 물론 보조일기도까지 모두 자동생산하고 있다.

그러나 객관분석으로 작성된 일기도에는 불연속선이나 특수한 분석들이 필요하기 때문에 종전의 종관분석 방법에 익숙한 직원들이 좀 더 세밀한 분석을 추가로 실시하고 있다.



◀등압선이 남북으로 조밀하게 선 일기도. 주로 겨울철에 많이 볼 수 있으며, 강한 바람이 불고 기온이 내려간다.

이렇게 분석된 기본 일기도에는 지상일기도, 850hPa 일기도, 700hPa면, 500hPa면, 300hPa면, 200hPa면, 100hPa면 일기도 등이 있다.

이러한 기본 일기도 외에 예보관이 기상 상태를 더욱 상세히 파악하기 위하여 각종 보조 일기도들을 분석하는데 그 종류는 다음과 같다.

850hPa면의 습기의 흐름을 분석한 수분속(moisture flux), 유선도, 상당온위도, 850hPa면과 700hPa면의

기온노점차도, 대기의 두께를 분석한 층후도, 대기안정도도, 기온 및 기압의 변화도, 아노말리(anomaly)도, 수직대기분석선도 등 기상청에서 분석하는 기본선도, 보조선도 및 예상도는 약 35종에 1일 1백매 이상의 방대한 각종 일기도를 분석하여 이용하고 있다.

4종의 수치예보 모델 이용

〈수치예보〉 수치예보는 대기운동을 지배하는 유체역학 방정식의 수치해(數値解)에 의하여 기상요소들을 예상하는 것을 말한다. 현재 기상청에서는 크게 4종류의 수치예보 모델을 현업 운영중이다.

첫째로, 극동아시아 모델(FLAM: Far East Limited Area Model)은 극동아시아 지역을 80km 격자 간격으로 연직 15층으로 나누어 수치 분석을 통하여 24, 36, 48시간 후의 각종 예상 일기도 등을 생산하고 있다.

둘째로 한국모델(K-LAM: Korea Limited Area Model)은 한반도 주변을 40km 격자 간격으로 역시 연직 15층으로 나누어 3시간 간격의 출력 자료를 33시간 후까지 생산하여 좀

더 규모가 작은 현상까지 예상하고 있다.

셋째로, 해양모델(OFM, Ocean Forecast Model)을 극동아시아 모델에서 계산한 결과를 이용하여 해상풍 예상과 해상의 파고를 생산하도록 하여 3시간 혹은 6시간 간격으로 출력하여 해상풍과 파고의 변화를 예보관이 분석하고 예측하는데 큰 도움을 주고 있다.

넷째로, 여름철 우리나라 기상재해의 큰 원인 중의 하나인 태풍에 대한 진로 예상과 강도 변화를 객관적으로 예상할 수 있는 태풍모델을 현업 운영하도록 하여 태풍 예보에 참고가 되고 있다.

또한 극동 아시아 모델 결과를 이용한 통계 모델을 구축하여 기상관측을 하는 기상관서 68개 지역의 최고, 최저 기온의 객관 예상값을 산출하여 예보 보조 자료로 제공하고 역시 전국의 17개 유사 강수지역별로 오늘, 내일의 밤과 낮에 대한 강수확률 예상값도 예보관에게 제공하고 있다.

매일 6시간 간격 4회 예보

〈예보의 종류〉 예보관은 앞에서 설명한 모든 자료들을 항상 감시하고 분석하여 예보 기간과 사용 목적에 따른 각종 예보들을 생산하여야 한다. 그 예보 종류를 보면 크게 5가지로 구분된다.

먼저 일일예보는 예보당일부터 3일간의 날짜별 예보를 각 예보구역별 바람, 날씨(하늘 상태와 강수 유·무 등 포함), 최고와 최저 기온, 강수확률 및 해상의 경우 파고 등과 이를 종합하여 기상개황이 포함되며 발표 기준 시각은 05시 30분, 11시 30분, 17

기상예보 어떻게 이루어지나

시 30분, 23시로 매일 4회이고 필요 시에는 수시로 발표한다.

주간예보는 일일예보 기간 다음날부터 5일간의 날짜별 예보로 예보구역별 날씨(해상의 경우 파고 포함)와 기상전망이 포함되며 매일 11시경에 생산한다.

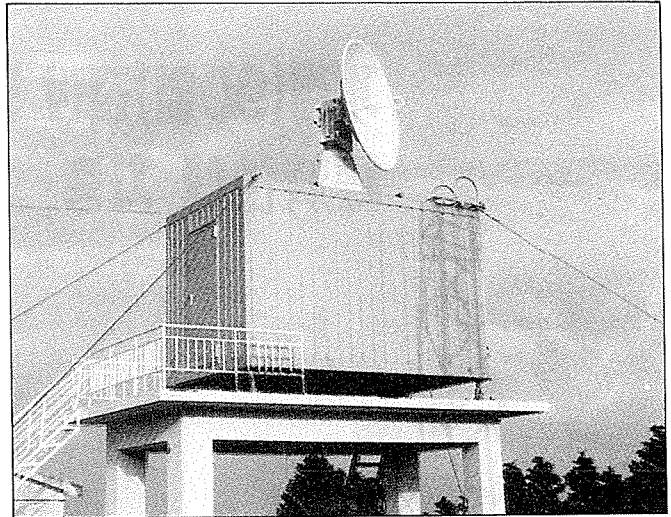
다음, 월간 기상전망은 매월 말에 그 다음달 1개월 간의 기압계의 동향 및 전망, 순(10일간)별 기상 전망 등을 포함하여 발표하며, 계절기상전망은 2월 하순, 5월 하순, 8월 하순 및 11월 하순에 다음 계절(3개월)의 월별 기상전망과 장마 및 태풍 전망(여름철), 한파전망(겨울철) 등을 포함하여 발표한다.

마지막으로 중대한 기상재해가 일어날 우려가 있음을 예상하여 주의를 환기하거나 경고를 하는 예보인 특보(주의보, 경보)는 폭풍(폭풍우, 폭풍설), 대설, 호우, 건조, 해일, 파랑, 한파, 태풍의 8개 종류가 있으며 각각 발표기준에 따라 주의보 혹은 경보를 발표한다.

이외에도 대기오염 기상정보는 6시에 오늘의 정보를, 18시에 내일의 정보를 발표하여 대기오염 관련 부서 등에 통보한다.

「131」번 이용 기상예보 서비스

〈통보〉 현재 발표된 기상예보 또는 특보는 모두 기상업무 관련기관은 물론 방송기관, 신문사, 통신사 등 보도기관에 통보하여 이를 일반 국민에게 알리고 있다. 이와는 별도로 전국의 어느 곳에서나 전화 「131」번을 이용하면 해당지역의 모든 기상예보 및 특보를 매시간 녹음하였기 때문에 항상 이용할 수 있다.



▶구름이나 강수입자의 대기중 움직임을 측정하는 이동용 기상 레이더장치

〈정확도〉 예보 정확도는 각 국가의 기후나 날씨 특성에 따라 주안점이 다르기 때문에 전 세계적으로 통일된 방법이 없다.

예를 들어서 사막기후인 국가에서는 강수에 대한 예보 평가는 무의미하지만 우리나라에서는 강수에 대한 예보 평가가 예보 정확도에서 차지하는 비중은 클 수밖에 없다.

현재 우리나라에서는 하늘 상태(구름), 기온 및 강수 유·무 등을 대상으로 예보평가를 하여 내부적으로 이용하고 있으며, 1981년에는 약 81%의 수준이었으나 1988년과 1989년에 향상되어 최근에는 83~84%의 예보 정확도를 보이고 있는데 이는 기상 선진국 수준에 거의 비교되는 높은 수치일 것으로 생각된다.

기상예보는 인류가 지구상에 생존하기 시작한 이래로 가장 관심을 가지고 꾸준하게 도전하여 온 중요한 문제중의 하나이다. 그러기 때문에 지금도 경험으로 만들어진 일기 속담들이 수없이 존재하고 있으며 현재의 기상학 이론으로 증명되는 것도 많다.

그러나 아직도 예보에는 많은 불확

실성을 내포하고 있음은 잘 알고 있는 사실이다. 그 불확실성의 원인은 우선 기상관측에 많은 오차가 있고 또한 기상역학의 방정식들이 실제 대기의 현상을 완벽하게 기술하고 있다고 볼 수 없기 때문이다.

기상예보는 기상관측된 자료를 통신을 통하여 수신한 후 분석 과정을 거치고 객관적인 예보 자료를 수치예보 등을 통하여 생산한 후 모든 자료들을 종합하여 예보관이 판단하여 여러 종류의 예보를 생산한다. 이렇게 생산된 예보는 여러가지 방법으로 이용자인 국민들에게 전달되고 있는 것이다.

앞으로 기상청에서는 이상의 예보 흐름에 포함된 모든 업무를 현대화하고 선진국 수준으로 향상시키기 위하여 노력하는 한편 특수 목적에 필요한 각종 기상자료를 가공하여 제공할 수 있는 기상정보 상업화 방안도 추진 중에 있다. ㉔