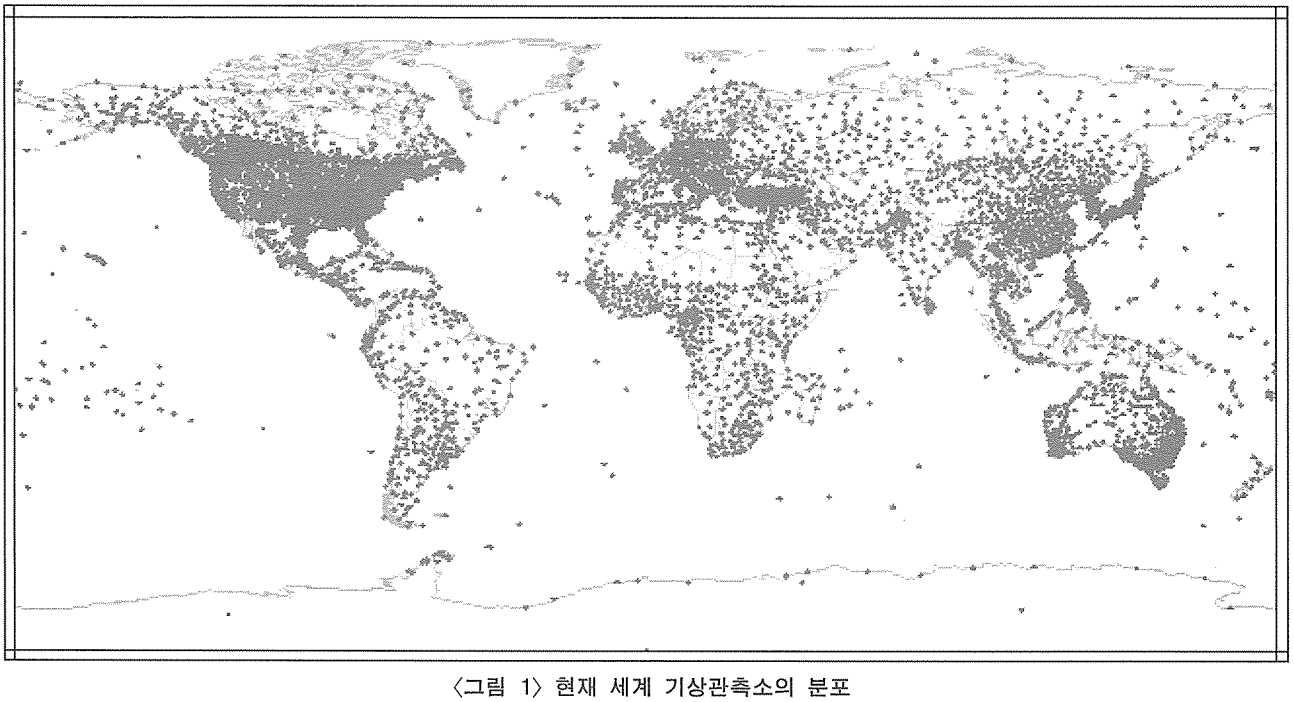
# 세종때 측우기 기상관측시대 열어

새 천년을 맞은 이즈음, 과학자, 특히 상당수의 대기과학자들은 지구 미래의 기후에 대해 대단한 관심을 가지고 있다.

지구 미래의 기후와 관계되는 문제는 두가지 측면에서 검토되고 있다. 대기과학자들의 상당수는 지구 대기의 온난화가 이미 시작되어 상당한 진행을 이루고 있다고 생각하고 있다. 또한, 현재 많지는 않지만 다른 한편의 대기과학자들은 반대로 기온이 하강하여 또 다른 빙하기가 오고 있다고 생각하고 있다. 어느 쪽이 더 신빙성이 높은지 확실하게는 알 수 없는 상황이지만 현재 지지하는 과학자의 수로 본다면 기온 상승쪽에 무게가 훨씬 더 실려있는 듯이 보인다.

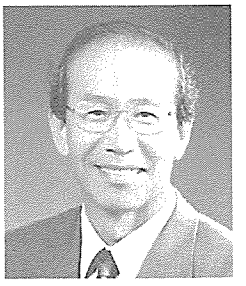
## 지구의 온난화 이미 진행중

기상관측의 시대는 한국으로부터 열렸다고 해도 좋겠다. 1441년 세계 최초로 세종시대에 측우기(測雨器)로 강수량을 측정할 수 있었다. 당시로 보면 놀라운 사고의 전환이었다. 왜냐하면 강수량이란 하늘로부터 내린 빗물이 지면을 흘러 이동하지 않고 떨어진 자리에 그대로 쌓여 있다고 볼 때 그 두께를 말하기 때문에 원통 모양의 그릇이 필요한데 측우기가 바로 그 올바른 원리를 적용하고 있다. 지금도 모



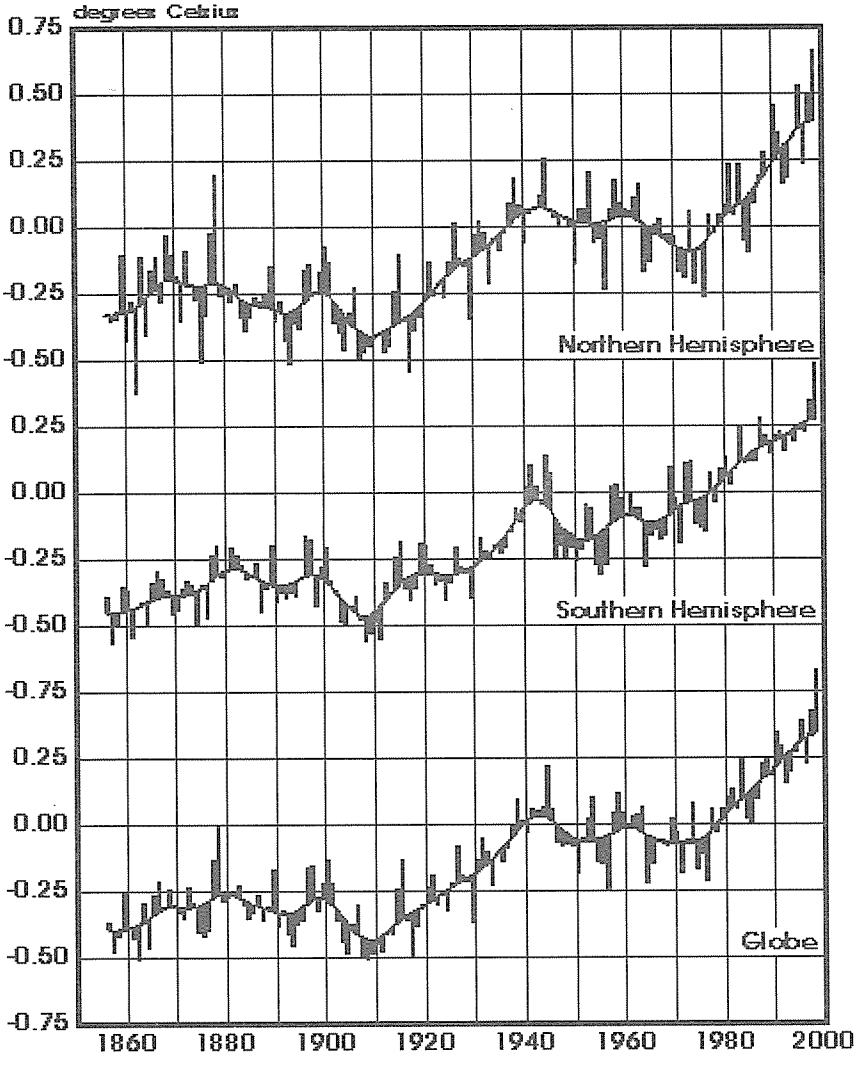
〈그림 1〉 현재 세계 기상관측소의 분포

**세계의 기상관측시대는 한국으로부터 열렸다고 볼 수 있다. 1441년 세계 최초로 세종때 측우기를 개발하였기 때문이다. 새 천년을 맞아 상당수 과학자들은 대기온난화 등 미래의 지구기후에 관심을 기울이고 있다. 실제로 기온이 3℃상승하면 해수면이 1m 이상 높아지고 바닷물이 지하로 흘러들어 우물이 짠물이 된다. 또 기온이 3℃ 강하하면 지상에 얼음과 눈이 누적되어 해수면이 3~6m 낮아지고 지하수면도 낮아져 하천과 호수가 바닥을 드러내게 되어 과학자들은 크게 우려하고 있다.**



洪 性 吉
〈전 한국기상학회장〉

든 우량계의 원리는 측우기의 것과 똑 같다. 너무나 당연하지만 컬럼버스의 달걀이라고나 할까? 누구나 처음부터 쉽게 생각할 수 있었던 것은 아니었다.

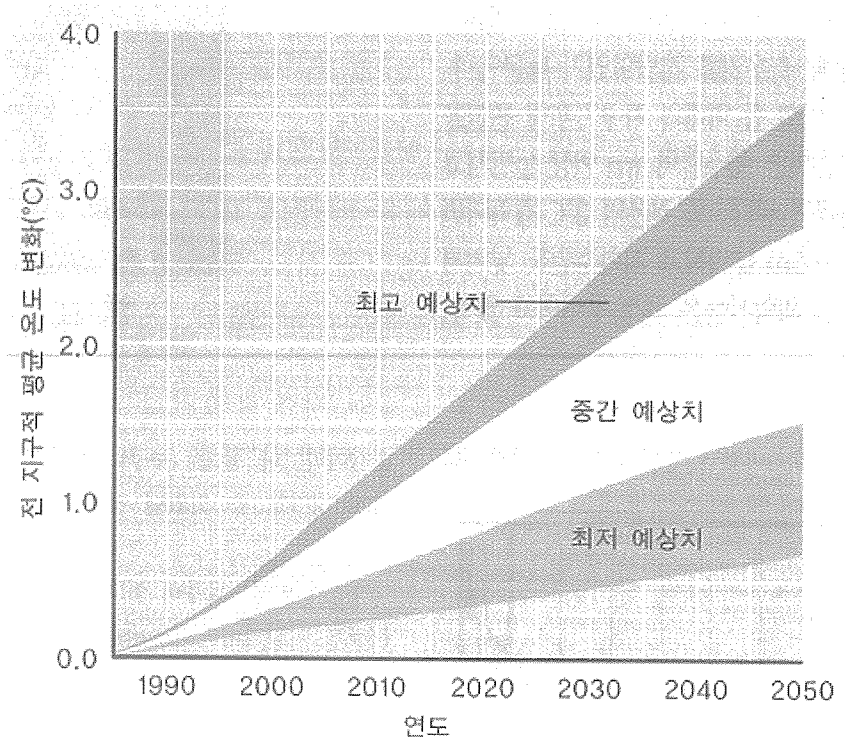



〈그림 2〉 1850년 이후 현재까지의 지구의 기온변화
(상)북반구의 기온변화, (중)남반구의 기온변화, (하)전지구의 기온변화

측우기 발명으로부터 약 2백년 후인 1646년 이탈리아의 Torricelli가 그 유명한 진공실험을 거쳐 수은 기압계를 발명하였고, 다시 그로부터 70년쯤 뒤인 1714년에 독일의 Fahrenheit가 수은 온도계를 실현시킨 것이 계기가 되어 기상학에서 비로소 본격적인 관측시대가 열리게 되었고 기상학의 근대화가 이루어지게 되었다.

이렇게 기상관측이 시작된 이후 관측 자료가 오랫동안 축적되고, 또 관측소의 숫자가 크게 증가〈그림 1〉하면서 20세기의 시작까지는 어느 지방이나 매년 기온이 거의 일정했다는 사실을 알게 되었다. 열대지방에서는 강한 태양에 의해 열을 많이 받지만 이렇게 더워진 공기가 태양열을 적게 받는 극지방으로 계속 이동함으로써 지역마다 매년 열적인 평형이 이루어지기 때문이다.

그러나 1900년경부터 1940년까지 약 40~50년에 걸쳐 지구상의 기온이 0.5℃이상 상승했고 특히 극지방에서는 상승폭이 커서 4℃ 이상이나 상승하여




〈그림 3〉 2050년까지의 지구의 기온변화 예측

그즈음까지는 1940년경이 가장 고온기였던 것으로 확인되었다.

그 후 1960년대까지는 기온의 큰 상승이 없었다. 그러나 다시 1970년부터는 고온화 현상을 보였고 더욱이 1990년 이후 최근까지 기온이 급상승 경향을 보이고 있다. 〈그림 2〉는 18세기 후반부터 시작된 산업혁명이 한창 진행되고 있던 1850년 이후 북반구의 기온 변화를 보이고 있다. 기상학자들은 이러한 기온의 급상승(50년에 약1℃)이 충분한 이유가 있다고 보고 있으며 이러한 상승의 원인이 지속된다면 장차 〈그림 3〉에서 보이는 것처럼 기온의 급상승으로 전 지구적인 대규모 재앙에 휩싸일 것으로 예측하고 심각한 우려를 나타내는 한편 신속한 대책을 요구하고 있는 중이다.

그러면 과연 지구의 기온 변화란 것이 실제 어떤 의미를 나타내게 되는 것일까?

만일 지구의 평균기온이 지금보다 3℃ 정도까지 상승한다든가 또는 하강한다면 지구상에 어떤 현상이 일어날 것인가를 살펴보자.

(먼저 3℃ 기온 변화란 것은, 서울의 경우 1990년까지 30년간 연 평균 기온이 11.6℃, 부산은 14.1℃, 제주는 15.3℃이니 서울의 기온이 부산과 제주 기온의 중간쯤의 기온으로 변한다는 뜻으로 볼 수 있겠다.)

## 기온이 3℃ 상승하면…

우선 기온이 3℃ 정도 상승하는 경우를 보자. 간단히 요약하면,

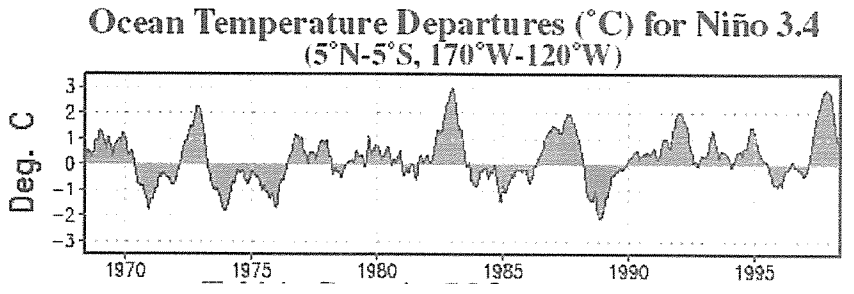
1) 해수면이 평균 1m 이상까지 상승된다. 이유는 남극, 북극, 또한 높은 산의 눈과 얼음이 녹아 내리는 한편 바닷물 자체도 온도가 높아지면서 팽창하기 때문이다. 그 결과로 전 세계적으로 해안의 저지대가 물에 잠기게 된다. 나일강의 삼각주, 방글라데시의 대부분이 침수된다. 수많은 작은 섬들이 바닷물 속으로 들어간다. 그 결과 많은 사람들이 바닷가로부터 내륙으로 이동하게 되고, 국경을 넘어야 하기 때문에 정치적 혼란이 일어난다. 해안의 인구 밀집지역인 대도시들은 마치 현재의 네덜란드처럼 대규모 제방을 쌓아야 도시를 지킬 수 있게 된다.

2) 해수면이 넓어지면서 바닷물이 지하로 흘러들어 전 세계적으로 수백만개의 우물이 짠물이 되어 사용할 수 없게 된다. 예를 들어 미국 마이애미시에 공급되는 상수가 소금물에 오염된다.

3) 대기 기온이 상승하면서 폭풍의 수나 강도가 크게 늘어난다. 파괴력이 커진다. 태풍은 해수면 온도가 27~28℃ 이상의 해면에서 에너지를 얻어 발생하기 때문에 태풍이 생기는 면적도 열대해상에 한정되지 않고 대부분의 해면으로 넓어짐으로 그 수가 많아질 뿐만 아니라 태풍에 대한 에너지의 공급이 커지면서 태풍이 대형화된다. 현재도 태풍이나 허리케인은 남대서양을 제외한 모든 적도부근의 열대 바다에서 생기고 있다.

4) 전 세계 60억 인구의 절반의 생계를 유지하고 영양을 공급하는 어업이 심한 타격을 입을 것임이 틀림없다.

5) 세계 여러 곳에서 구름이 증가하고 따라서 강수가 증가하고 식물의 성




〈그림 4〉 동태평양 적도지방 해상 해수면 온도의 평년차(양의 평년차 부분이 엘니뇨 기간이고 부의 편차 기간이 라니냐 기간임)

장이 증진된다.

시베리아나 캐나다 북부에서 농업생산이 활기를 띠게 되며 식량증산이 가능해진다. 즉 지역에 따라서는 강수가 증가되어 건조지가 습지가 된다. 반대로 습지가 건조지로 바뀔 가능성도 커진다. 숲의 화재 가능성도 증가한다.

6) 기온상승으로 냉방의 필요성 때문에 지금보다 훨씬 더 많은 양의 전력이 필요하다. 전력 생산의 증가 필요성 때문에 심각한 에너지 위기가 발생한다.

## 기온이 3℃ 하강하면…

반대로 지구의 기온이 지금보다 약 3℃까지 하강한다면 어떤 현상이 일어날 것인가?

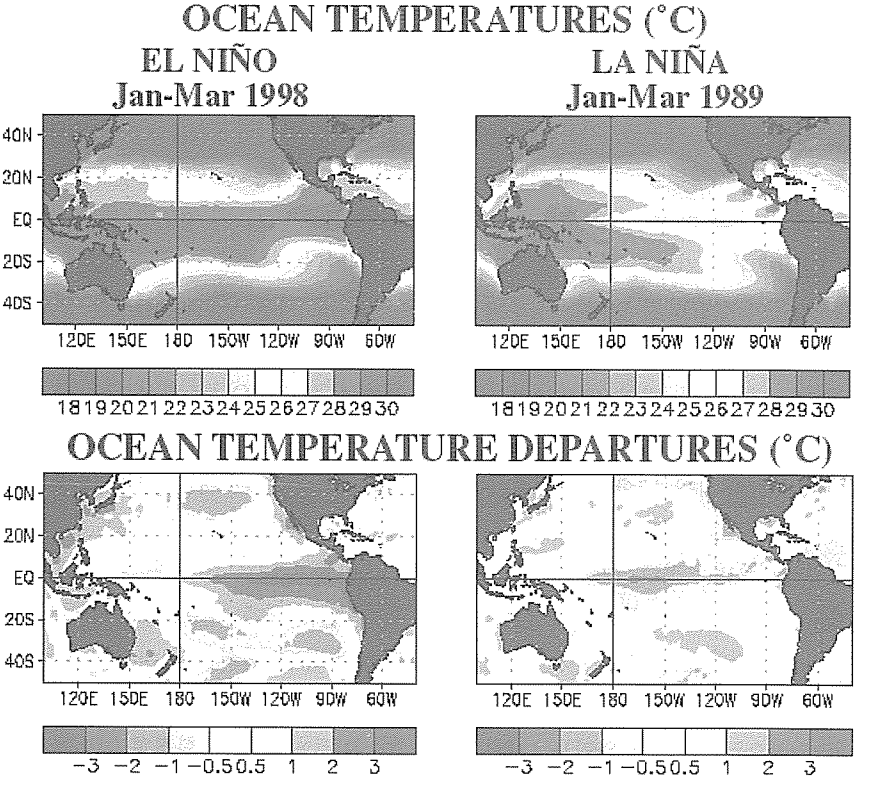
1) 눈과 얼음이 누적되면서 해수 수면이 3~6m 또는 그 이상도 낮아진다. 근해의 대륙붕이 드러나고, 대륙들이 연결된다. 항구들에서 물이 빠져 항구들이 뭍으로 올라가는 결과가 빚어지면서 해상운송에 막대한 지장을 끼친다. 결과로 석유수송에 지장을 받고, 연안에 있는 수많은 발전소들과 환경처리 설비들이 무용화 되어 버린다. 따라서 모두 새로 건설하지 않으면 안되는 결과를 낳게 된다.

2) 해수면이 낮아지면서 지하수면도 급격히 낮아지고 호수와 하천은 바닥을 드러낸다. 그리고 수백만개의 우물들이 말라붙게 된다.

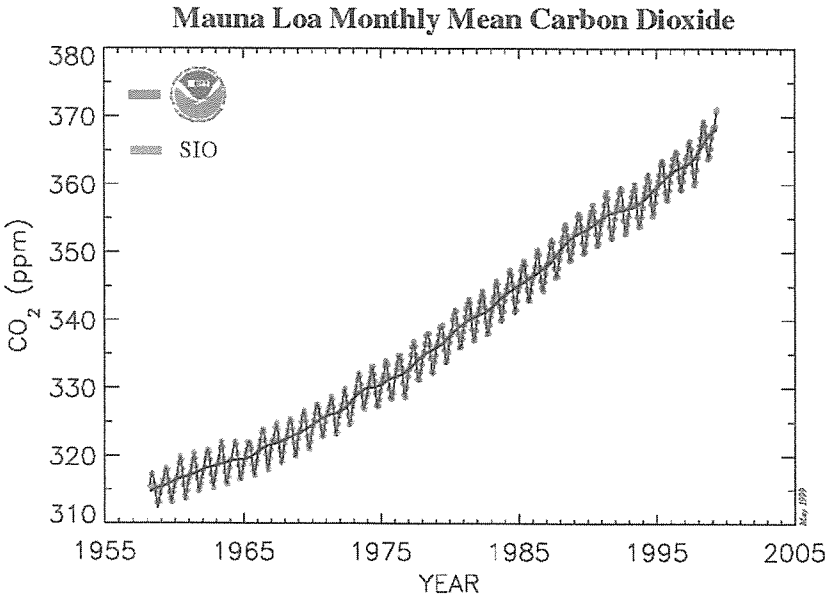
3) 지구가 새로운 빙하기에 들어감으로써 유라시아 대륙의 북부지역, 북미의 북부지역은 수백미터의 얼음빙하로 뒤덮히게 되어 북반구 중위도 북부의 나라들과 남반구 중위도 남부의 나라들은 적도 쪽으로 이주해야만 한다. 야생동물들도 역시 변화하는 기후에 밀려서 이동하게 된다.

4) 지구상의 사막중의 일부는 그 범위가 더 확대되며 건조지역이 더 넓어지기도 하여 세계적으로 심각한 식량난을 겪게 된다. 한편 사막과 건조지역 중 일부는 강수가 증가되면서 농업이 가능해질 수도 있다. 그러나 그 곳이 어떤 곳일는지 현재로서는 예측할 수 없다.

5) 냉방을 위한 에너지 소비는 줄어들겠지만 추위의 강화로 난방에 필요한 연료가 대폭 증가하면서 연료 공급에 막대한 차질을 빚게 된다.




〈그림 5〉 대표적인 엘니뇨 기간('98. 1~3월)의 해수온도 분포(좌상) 평년차(좌하) 및 라니냐 기간('89. 1~3월)의 해수온도 분포(우상) 평년차(우하)




〈그림 6〉 청정지역의 이산화탄소의 증가(하와이 Mauna Loa)

## 기온변화는 인류에 큰 영향

결국 지구의 기온은 상승하든 하강하든 약간만의 변화도 지구상의 모든 인간에게 심각한 결과를 가져다 주게 된다. 사실상 지구의 기온은 현재와 같은 일정한 상황을 계속 유지하는 것이 제일 바람직하다고 할 수 있다.

1970년대의 기온관측 분석까지만 해도 기온이 상승하고 있다는 징후에 대해서는 그것이 단기간의 변동(fluctuation)의 범위 내에서의 변화에 지나지 않는 것으로 파악했다. 그러나 지구대기에 대한 기상관측 자료가 많아지고 기상관측 자료의 내용이 풍부해졌으며, 적도 해상에서 엘리뇨(El Nino)현상이 더욱 잦아지고〈그림 4〉 또한 강화〈그림 5〉되면서 그에 따른 것으로 보이는 악기상의 전 세계적인 확산으로 그 변화 원인을 다각도로 찾는 계기가 되었다. 마침내 그 원인이 18세기 후반부터 전개된 산업혁명을 계기로 화석연료 사용 증가에 따른 온실가스 증가〈그림6〉에 초점이 맞추어지게 되었다. 온실가스는 이산화탄소($CO_2$), 메탄가스($CH_4$), 프레온가스($CFC_s$), 아산화질소($N_2O$) 등인데 이들 중 이산화탄소가 지구 온난화의 주원인(61% 정도 차지)임을 밝힐 수 있게 되었다.

이러한 기후 변화의 진행을 인식하기 시작하면서 1979년에 비로소 세계기상기구(WMO)를 중심으로 세계기후 연구계획을 구체화하였고 1985년에 $CO_2$ 등 온실가스에 의한 기후변동의 영향을 국제적으로 평가하도록 하였다. 이를 토대로 1988년에는 기후변화에 관한 국제패널(IPCC)을 설립했다. 수차의 IPCC회의를 거쳐 1992년에는 세계 각국의 수뇌들이 브라질 리우데자네이로에서 세계 환경회의를 개최하고 『기후변화에 관한 UN 기본 협약』을 체결하기에 이르렀다. 인위적인 기후변화에 따른 인류공멸(人類共滅)을 면해야 할 것이기 때문이었다.

아직은 기후변화의 방향과 그 강도, 그리고 지역적으로 나타날 기후변화의 결과를 정확하고 상세하게 예측할 수는 없지만, 기후변화가 이제 상당한 수준으로 진행되고 있는 현 상황을 감안하여 일단은 그 속도가 가속되지 않게 묶어둘 필요성을 절감했기 때문이다. 잠정적인 목표는 2000년에 각국의 화석연료 사용량을 1990년도 수준으로 축소시키자는 것이었다. 이 협약은 1994년에 발효되었다. 금년에 각국은 이 협약을 어떻게 수행할 수 있을 것인지 세부 수행계획을 제출토록 의무화 되어 있다. 물론 달성하기 힘든 목표이면서도 화급한 목표임이 틀림없다.

이제는 지구 온난화의 원인이 되는 온실기체의 대기내 축적 정도에 따라 지구의 기후변화가 어떻게 진행될 것이며, 이것이 지역에 따라 어떤 분포로 나타날 것인가를 예측하는 기술을 계속 증진시켜야 하는 것이 기상학의 몫으로 남아 있다.

미래의 인류 생존 위협 상황을 피하기 위해 온실가스의 대기 내 축적을 둔화시키고 감소시킬 산업적인 기술의 개발과 함께 산업의 재편성 노력을 각 국가가 어떻게 분담할 것인가? 국제적인 정치 역량을 기대하게 된다.

이상으로 우리의 삶의 터가 급속하게 변화되고 있다는 사실을 인식하고 그 실체(?)에 대해 함께 생각해보는 계기를 삼고자 했다. 다음에는 대기의 측정기술과 예측기술 발전에 대해 다루고자 한다. ST