

지구표층에서의 환경관측과 전자계측 전망

이 자료는 재단법인 일본환경협회에서 발간한 40권의 자료중 한부분을 발췌·게재한 것이다. (편집자 註)

서 론

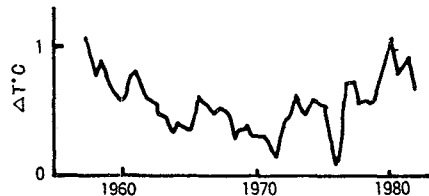
최근 신문, TV, 잡지에서 환경문제가 자주 취급되고 있다. 그러면 지금의 환경은? 지구는 45~46억년의 기간이 경과하여 현재와 같은 상태가 되었다. 그 사이에는 매우 커다란 환경의 변화와 거기에 따른 지구표면의 생태계도 변화하였다. 이것은 지구의 진화과정에서 생긴 자연변화였다. 인류가 지구상에서 활동을 시작한 것은 지구의 오랜 역사에서 살펴보면, 매우 짧은 기간이라고 할 수 있다. 그러나 그 짧은 기간동안 인류의 활동에 의한 물질이동량이 자연의 물질이동량과 비교하여 무시할 수 없을 정도가 되었다. 또한 인류는 지금까지 자연계에 존재하지 않았던 새로운 물질을 합성하여 이용하였는데 이것이 자연계의 자율활동을 해칠 가능성이 있음을 우려하게 되었다.

특히 지구 표층의 기후변동문제는 우리들의 일상생활에 밀접한 관련을 맺고 있기 때문에 많은 사람들의 관심을 모으고 있다. 그러나 현재 자연현상을 이해하기 위해서는 자료가 충분하지 않다. 과거 100년과 비교해서 현재 우리들이 이용할 방법론은 현저하게 발전하였다. 특히 Remote Sensing 기술은 인공위성의 이용에 의해 지구상의 모든 지역을 거의 동시에 Time scale로 계측하는 것이 가능하게 되고 있다. 지구환경의 올바

른 파악을 위해서는 금후의 계측에 기대하는 바가 크다.

1. 지구표면에서 관측할 사항

지구상에서 가장 잘 관측되었던 것은 기온이다. <그림 1>은 약 20년간 남반구의 년평균 지상 기온변화상태를 나타내었다.



<그림 1> 남반구의 평균기온 변동

이것을 보면 1970년대의 후반부터 현저한 온난화를 나타낸다는 것을 알 수 있다. 1970년대에는 지구가 다음 빙하기로 들어왔다고 말할 수 있다. <그림 1>을 보더라도 정확한 계측이 필요하다는 것을 알 수 있다.

1.1 지구환경권의 설정

지구표층이라 하더라도 현재 계측하지 않으면 안되는 지구환경권은 다음과 같다.

- (1) 지구 근접 우주공간

(2) 대기권

(3) 대기-수 상호작용권

(4) 수 권

(5) 암석권

최근과 같이 우주개발이 활발하게 되면 지구 근접 우주공간의 환경도 문제가 된다. 인공위성의 파편처리, 우주공간의 우주먼지, 운석의 분포를 알 수 있는 계측도 필요하다고 생각된다. 그러면 지구에 접근할 가능성이 있는 소혹성의 관측에 의한 비행루트의 계측을 행하여 지구와의 충돌을 피하는 방법의 개발도 필요할 것이다.

대기권을 보면 대류권에는 온실효과를 가진 기체가 문제가 되고 있고 성층권에서는 오존농도가 문제시 되고 있다. 이러한 절대치의 계측이 가능하게 된 것은 극히 최근의 일이다.

지구대기의 변동과 밀접한 관계를 가진 것은 해양이지만 대기, 해양의 상호작용의 지구적인 검토는 현재 충분치 않고, 자료도 부족하다. 수권, 특히 해양의 심층부는 눈으로 볼 수 없고, 전파의 이용이 불가능할 영역에는 아직도 미지의 점이 있다.

지각은 종래 자원으로서 유용물질, 금속, 석유, 석탄 등을 채굴한 장소였지만 금후는 원자력의 방사성폐기물처리, 보존장소로서의 의미를 함축하여 지하 수십 km까지를 환경권으로서 취급하는 것이 필요하다.

1.2 지구환경의 변동을 계측할 필요성

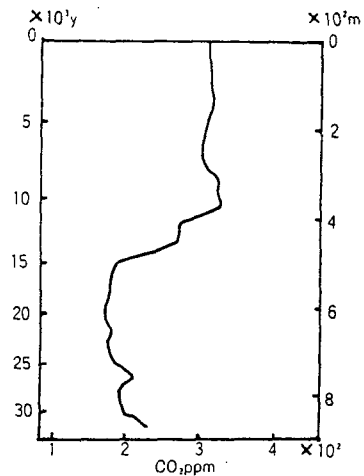
자연환경은 항상 변동하고 있다. 빙하기의 해석에 의한 주기성의 이유는 지구의 자전, 공전의 주기성에 따른 것이라 할 수 있지만, 이 경우에도 지구상의 물과 이산화탄소가 중요한 역할을 담당하고 있다.

지구 표면이 모두 빙하로 덮이지 않았던 것도 태양열의 흡수에 중요한 역할을 담당하였다는 것을 알 수 있다.

지구환경에서 변동이 “요동” 중에 있는 것인가? 요동의 한계를 넘어서 두번다시 원위치할 수 없는 변동으로 향하고 있는가?를 인식할 필요가 있다. 변동이 “요동” 중에 있다면, 어느 정도의 시간이 경과하면 회복될 가능성이 있고, 이

경우에는 지구환경은 시간이 경과하면 회복될 가능성이 있고, 이 경우에는 지구환경은 Cycle 할 가능성을 가진다.

<그림 2>는 남극에서 관측된 빙상층의 이산화탄소량의 변동을 나타낸다. 이 그림에서 나타내는 것은 19세기말의 대기중 이산화탄소 농도 280~290ppm값은 약 15,000년전까지는 거의 같은 상태를 유지하였던 것으로 나타내고 있다. 그러나 그 이전은 160ppm으로 현재의 약 1/2 정도이고, 그리고 약 4만년전은 300ppm이었던 것을 나타내고 있다.



<그림 2>빙층의 대기에 함유된 이산화탄소 함유량(74°39's 124°10' 표고 3240 m)

이 변동이 무엇을 의미하는가가 문제이고, 지구가 온난하였기 때문에 이산화탄소가 증가하였던가? 이산화탄소가 증가하였기 때문에 지구가 온난화 하였던가?는 불분명하다. 160ppm 이라는 값도 지구가 한냉화 하였기 때문에 이산화탄소가 용해한 것은 아닌가? 이산화탄소의 감소가 지구를 한냉화 하였던 것인가? 이러한 것은 아직 상세하게 밝혀지지 못하고 있다. 그러나 수만년을 살펴보면 지구 대기중의 이산화탄소는 순환하고 있을 가능성이 있다.

자연계에서 이러한 커다란 움직임과는 별도로 최근에는 인위적인 문제가 예를 들면 금세기에 들어서면서 대기중의 이산화탄소 증가는 현저하게 되어, 연간 1.3~1.5ppm의 증가경향에 있다고 알려져 있다. 이것은 현재 지구상에서 인류의 에

너지 사용량이 현저하게 증가하고, 그 대부분이 화석연료(석유, 석탄)에 의존하고 있기 때문이라 생각되고 있다.

<표 1>에 최근의 에너지사용량을 살펴보았다. 이것을 지구화학적 입장에서 논한다면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

<표 1> 지구환경권의 탄소 (1980)

존재량	항 목	존 재 량
	대 기	730
	해 수	38,000
	유기물	6,800,000
	탄산염	18,000,000
변동량	년간이동량(10 ¹⁵ g/y)	
	화석연료의 소각	6
	삼림·토양의 파괴	0.7
	해양내의 생물생산	30
	대기-해양간 교환량	100
	대기권내의 증가량	3

화석연료는 생물이 태양에너지를 10⁶~10⁸ 년에 걸쳐 집적하여 광합성에 의해 유기체를 형성하면서 축적하였던 것이다. 그러나 현재 인류는 이것을 10² 년만에 대기중으로 이산화탄소로 방출하고 있다. 이것은 조화되어질 수가 없다. 결국 지구상의 Cycle 년대가 완전히 지켜지지 않는다.

그러므로 대기중의 이산화탄소 감소를 구하려면 Cycle 변환에 하이테크를 적용하여야만 한다.

우리들이 필요로 하는 것은 자연변동, Cycle에 대해 인위적인 것이 어느 정도 영향을 미치는가? 하는 것이며, 이 계측은 대단한 노력과 특별히 고정밀도의 계측을 필요로 하는 것이다.

1.3 자연현상의 계측 필요성

지구표층의 환경변화를 일으키는 자연현상에는 어떤 것이 있는가? 몇가지 예를 들어 보면,

(1) 태양활동의 변화

태양정수는 오차범위가 일정한 것으로 현재 환경문제에서 취급하고 있다. 만약 태양에 커다란 변화가 있다면 문제는 완전히 달라지게 된다. 그러나 태양은 생성되어 약 50억년, 후 50억년은 빛을 발할 것이라고 한다. 약 1억년 정도는 안정하다고 볼 수 있다. 그러나 태양의 흑점상대수

의 변동은 약 11년을 주기로 하며, 극대치의 변동은 80년 정도라고 한다. 이러한 태양의 활동주기와 기후변동과의 관계를 금후의 태양정수의 정밀측정과 더불어 정확하게 파악하여 지구환경의 변동에 의해 농업생산에 미치는 영향을 경감시키는 노력을 필요로 한다.

(2) 화산분화에 의한 환경변화

화산분화시 다량의 mist (미스트)가 대기중에 방출되면 일사량의 감소를 일으킬 우려가 있다. 1883년 크라가타화산의 대분화는 유명하다. 이로 인해 기온이 떨어져서 농작물의 냉해피해를 입혔다. 최근에는 1982년 엘틱선분화에 의해 일본을 비롯하여 많은 나라의 일사량이 평년보다 20% 정도 감소하였다고 한다.

일사를 방해하는 미립자가 어느 정도 성층권에 존재하는가를 계측한다면, 일사량 변화를 알 수가 있다.

(3) 해수면의 온도변화

해수면의 온도변화가 어업에 영향을 미치고, 또한 농업에도 어느 정도 영향을 미친다고 알려져 있다. 이중 가장 유명한 것이 엘리뇨현상이다. 엘리뇨라는 것은 동부 태평양의 적도부근 해면수온의 이상상승되는 현상에 대해 붙여진 명칭인데 아직도 원인은 불명이며 대기운동에도 커다란 영향을 미쳐 세계적으로 커다란 기후운동을 일으키고 있다. 이와는 반대로 동부 태평양의 적도부근 해면의 수온이 이상적으로 낮아지게 되는데 이것은 엘니냐라 부르고 있다. 이 경우에도 대기운동에 이상을 일으킨다.

해수면 온도계측을 행하므로써 이러한 현상을 예측할 수 있다면 피해를 줄일 수 있을 것이다.

(4) 지구상에서 설빙면적의 변화

최근 남극해에서 한면으로 얼어붙은 빙속이 갈라져서 개방면이 생겨 이것이 저층수로부터 방열을 일으켜 남극해 열수지에 커다란 작용을 한다는 보고가 있었다. 이 해빙중의 해면이 열린진 부분은 포리니아라 부르고 있다. 빙의 알베도(광반사율)는 90%이므로 지구상에서의 빙을 폭넓게 조사하는 것은 열수지측면에서 극히 중요한 공헌을 하게 된다. 육상에서도 해양에서도 같이 빙하

의 얼어붙은 비율, 동토층의 변화관측도 중요하다.

2. 전자계측의 기대

이에 1항에서 나타난 바와 같이 지구환경의 계측은 특히 넓은 범위와 정도를 높여서 계측할 필요가 있다.

그것은 자연변동의 요동폭을 계측하여 그것의 인위와의 관계를 구하면 되지 않는다. 이 때문에 다음과 같은 몇가지 계측방법을 발전시킬 필요가 있다고 생각된다.

(1) 연속 모니터링

변동의 원래 의미를 해석하기 위해서는 요동폭의 계측이 중요하고, Back ground의 계측이 중요하다. 변이가 발생하기 전의 계측이 의의를 갖는다.

이러한 계측의 예로서는 프론가스에 의한 오존홀의 생성, 이산화탄소농도의 변동에 대하여 계측하여야 할 것이다.

현재 계측의 고정밀도, 연속관측에 거는 기대는 매우 크다.

(2) Remote Sensing

현재 지구환경은 지역계측에는 해결해야 할 것은 없고, 지구규모의 관측, 계측이 필요하다. 최

근 중국에서의 사막화 상황이 인공위성에 의한 관측으로 파악되었지만 지구표면 관측에는 우주에서의 관측이 가장 유효하다.

NASA, NOAA의 오존관측도, 우주에서의 계측이 유효하게 작용하였다. 지구환경 계측에서 무엇보다 우주에서의 눈을 유효하게 이용할 수 있다. 전술한 바와 같이 빙의 알베드는 98%이지만 삼림지대는 17% 정도이고, 삼림이 소실되면 30%으로 된다.

지구의 알베드의 정확한 측정과 그 변화 등, 지표면의 정보는 특히 많은 위성에서 수집된 것을 이용할 수 있다. Remote Sensing의 가일층 강화가 기대된다.

(3) 해양계획

지구환경을 지배하는 것은 지구표면의 70%면적을 점하고 있는 해양이다. 해양표면의 정보는 물론이고 해양의 내부, 저층부의 정보를 어떻게 해서 계측할 것인가는 금후의 과제이다.

Senser를 해양중에 탐구는 바로 그 장소의 해양요소, 수온, 수압, 염분, 화학성분 등이 신호로 보내져야 하는 것이 해양관측이다. 해양을 금후 인간생존의 가장 중요한 역할을 담당할 것이다. 그것은 과거 수억년이 그렇게 해왔으며, 금후에는 중요한 역할을 담당할 것이다. 해양의 계측이 기대된다. *

UNEP '89年 제17회 世界環境의 날 주제

전 인류에 대한 경고 : 더워지는 지구

Global Warming