

지구온난화 - Mechanism과 영향



최갑석

(KIMM 열유체환경연구부)

- '64 - '72 한양대학교 기계공학과 (학사)
- '81 - '87 충남대학교 기계공학과 (박사)
- '72 - '74 인천제철(주) 사원
- '74 - '76 한국과학기술연구소 연구원
- '76 - 현재 한국기계연구원 책임연구원



길상인

(KIMM 열유체환경연구부)

- '80 - '84 한양대학교 공과대학 기계공학과 (학사)
- '84 - '86 한국과학기술원 기계공학과 (석사)
- '86 - '91 한국과학기술원 기계공학과 (박사)
- '91 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



김석준

(KIMM 열유체환경연구부)

- '72 - '76 서울대학교 공과대학 기계공학과 (학사)
- '82 - '85 한국과학기술원 기계공학과 (석사)
- '88 - '93 한국과학기술원 기계공학과 (박사)
- '80 - 현재 한국기계연구원 책임연구원

1. 서론

지구 기온을 과학적 근거하에서 구체적으로 추정할 수 있는 지질연대(약 16만년전)이후, 지구의 평균온도는 변화를 반복하여 최대 12도 가까이 변화하고 있다. 지구평균기온의 변동을 결정하는 요인으로는 지구공전궤도요소나 태양 활동변화인 외적요인에 의한 것과, 화산활동등 지구의 지질학적 변화에 의한 것, 엘리뇨등의 기후시스템변동에 의한 것을 들 수 있다. 그러나 근년 <지구온난화>라고 하는 경우는 이들 자연 요인에 의한 지구평균기온의 변동(상승)이 아니고, 인위적 활동에 따른 잠재적 기온상승에 대한 우려를 뜻한다. 인위적 활동중대가 가져오는 기후 변동에는, 도시화의 확대, 삼림감소, 사막화의 확대 등 토지이용형태의 변화에 따른 것과, 대기 중의 미량기체, 그 중에도 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), CFC(Chlorofluoro Carbons)등의 농도중가가 지구온난화를 가져오는 것이 우려의 대상이 된다.

대기의 주된 성분은 질소와 산소이고, 그 외의 기체는 극히 미량이다. 이들 미량기체중 수증기, 이산화탄소, 메탄, CFC, 일산화질소등은 태양의 가시광선을 잘 통과시키지만, 지구로부터 방출되는 적외선을 흡수하여 대기의 평균온도를 상승시키는 성질이 있다. 이와 같은 작용을 온실효과라 부르며, 온실효과를 가져오는 가스를 온실효과기체라 한다. 인간활동이 활발해짐에 따라 이들 온실효과기체의 대기중 농도가 증가하고 지구의 평균기온이 상승하는 현상을 지구온난화라 부르고 있다. 몇 가지 사실로부터 지구에 온실효

과가 나타나고 있음을 알 수 있는데, 첫째로 지구표면부근의 온도는 자연적인 원인에 의한 온실효과기체 (주로 수증기와 이산화탄소)가 아니라 가정하여 태양방사와 평균적인 지표면 반사율로부터 계산되는 온도간에는 약 33°C의 차이가 난다. 둘째로 금성, 지구 및 화성의 대기 성분이 매우 다른 것으로 알려져 있는데, 지구표면온도는 온실효과의 이론에 근거하여 계산한 결과와 일치하고 있다. 셋째로 남극의 빙상 코아를 이용한 해석결과로부터 과거 16만년간의 지구온도는 대기중 온실효과기체의 량에 밀접하게 관계 있는 것이 규명되었다. 지구 온난화가 발생하면, 기온의 상승, 설빙의 용해, 해수의 열팽창 등에 의한 해면수위의 상승, 증발량이나 대기순환의 변화에 의한 강수량이나 강수량의 지역분포 변화 등, 기후와 기후계에 과거 1만년의 예에서 볼 수 없었을 정도의 급격한 변화를 가져올 것으로 예상되고 있으며, 인류에게 매우 큰 영향을 미칠 중대한 문제로 대두되었다.

본 투고에서는 지구온난화의 원인과 Mechanism과 온실효과기체, 지구온난화에 의한 영향을 소개한다.

2. 지구에너지 수지와 평균온도

최초에 지구온도변화는 어떠한 변수로 결정되어 있는 것일까를 지구에너지 수지면에서 고려해본다. 지구와 우주공간간의 에너지 교환은 태양으로부터의 일사와 지구로부터의 적외선 방사의 형태로 이루어진다. 태양으로부터 오는 평행광에 대하여 지구의 수직단면을 상정하여, 단위면적, 단위시간당 조사되는 태양으로부터의 전일사 에너지의 평균치를 <태양정수>라 하며, 1M²당, 1,368Watt(1,368W/m²)이다. 이 태양정수에 지구의 단면적을 곱하면 지구 전체에 공급되어지는 단위시간당 일사에너지를 계산할 수 있다. 태양정수를 F, 지구의 반경을 R, 일사에 대한 지구 전체로서의 반사율을 A(Albedo)로 하면 그

량은,

$$\pi R^2(1-A)F \dots\dots\dots(1)$$

로 나타내어지고

한편, 지구로부터 우주공간에 방사되는 단위시간당 전 에너지는 지구를 평균온도 Te의 흑체로 가정하여 Stefan-Boltzman의 법칙으로부터

$$4\pi R^2 \epsilon \sigma Te^4 \dots\dots\dots(2)$$

여기서 ε은 지표면에서 우주공간에로의 적외선의 방출율, σ는 Stefan-Boltzman정수(5.67*10⁻⁸ W/m² K⁴)이다.

지구가 일정온도를 유지하기 위해서는 (1)식의 공급되어지는 에너지와 (2)식의 지구로부터 방사 에너지가 균형을 이루어야 하기 때문에

$$\pi R^2(1-A)F=4\pi R^2\epsilon\sigma Te^4 \dots\dots\dots(3)$$

이 되고,

여기서 지구 평균표면온도를 구하면

$$Te=(1-A)F/4\epsilon\sigma^{1/4} \dots\dots\dots(4)$$

로 나타난다.

F, σ의 값, 지구의 Albedo의 실측 값 A=0.3을 사용하면 실제로 지구표면의 평균온도가 계산될 수 있다.

ε=1.0 즉 지표면으로 부터의 적외선이 100% 우주에 방출되는 경우에 대하여 계산하면 지표면 온도는 Te=255K(-18°C)를 얻는다.

이 값은 실제 지구의 평균표면온도 288K(12°C)보다 33°C가 낮은 값이다.

식 (3)으로 나타낸 에너지 수지로 계산하면 실제지구표면의 평균온도보다 낮은 표면온도를 얻는다. 그 원인의 하나로써 지구가 형성되었을 때 지구내부에 축적된 열이 서서히 방출되어 가는 과정 즉 지열에 의한 지표면으로 에너지 공급의 과정을 고려하지 않았기 때문이다. 이 과정에 의한 단위시간당 연평균 에너지 공급량은 3.2*

$10^{13}W$ 에 해당된다. 이 값은 식 (1)로부터 계산되는 태양의 일사에 의한 에너지 공급량 $2 \cdot 10^{17}W$ 에 비교하면 약 4000분에 1에 지나지 않고 그 기여도는 무시할 수 있을 정도로 작은 값이다.

3. 지구대기의 온실효과와 온실효과기체

3.1 온실효과

에너지 수지식으로부터 구해지는 지구표면온도와 실제지구표면 평균온도와는 $30^{\circ}C$ 이상의 차이가 나는데 그 원인은, 지구표면으로부터 방사되는 에너지(주로 적외선)의 100%전부가 우주공간으로 빠져나가 버리는 즉 $\epsilon=1$ 로 한데 있으며, 이것은 지구표면에 대기가 존재하지 않는 경우를 가정한 것에 해당된다. 물리화학에서 질소(N_2), 산소(O_2)와 같은 등핵 2원자 분자나 알곤(Ar)과 같은 1원자로 구성된 회가스분자를 제외한 전 화합물은 꼭 적외선을 흡수하는 성질(적외활성)이라함을 가지고 있다. 이것은 대기구성 성분중, 질소, 산소, 알곤이외의 대부분의 미량기체는 지구표면으로부터 방사되는 적외선을 흡수한다는 것을 의미한다. 즉 이와같은 성질을 갖는 대기의 존재로 현실적으로 적외방사의 방출률 ϵ 의 값은 1보다 작게된다. 그 결과 (4)식의 분모항은 ϵ 은 1의 경우보다 작게되고 T_e 의 값은 필연코 255K보다 크게 된다.

태양으로부터의 일사로 지구표면에 도달하는 에너지의 대부분은 가시광(파장 약 400~800나노메타의 빛)으로서 공급된다. 대기에 색이 없는 것에서 알 수 있는 바와같이 대기의 구성성분은 이 가시광에 대해서는 투명하다. 한편 지구로부터 방사되는 적외선에 대해서 대기는 투명하지 않고 그 적외선 일부를 흡수하며, 다음에 흡수한 것의 일부를 지표면에 재 방사하여 지구표면온도를 상승시킨다. 이 대기의 움직임은 온실의 유리 또는 비닐의 역할과 같고 그와 같은 효과가 <온실효과(Green Effect)>이며 대기중에서 그와

같은 역할의 기체를 <온실효과기체(Greenhouse Gas, GHG)>라 부른다.

식(4)에서 $T_e=288K$ 가 되기 위해서는 ϵ 은 0.61이 되어야 한다. 즉 지표로부터 적외선방사중 약 40%가 대기로 잡히는 상태에 해당된다. 대기중 미량성분의 농도가 증가해서 지표로부터 적외선 방사를 지금까지의 것 이상으로 흡수하게되면 ϵ 은 0.61이하로 되고 T_e 의 값은 288K보다 오히려 크게 된다. 현재 지구환경문제로서의 <지구온난화>란 이 과정에 의한 지구표면기온의 상승을 가르킨다.

이상 기술한 방사수지에 대하여 개개의 과정을 보다 정량적으로 본 관점을 소개한다. 태양으로부터 일사에너지량을 100%(절대치로써는 $342W/m^2$ 에 상당, 이 값은 지구에 대한 태양의 전 일사에너지량을 지구의 전표면적에 배분하여, 단위면적당의 에너지 공급량으로써 계산한 것)로 하여 각 변화과정상의 에너지흐름을 상대치로 나타내보면, 태양으로부터 일사에너지 중 약 24%는 대기중의 수증기, 오존, 에어로졸, 구름등에 흡수된다. 약 30%는 공기분자, 구름, 지표면에 산란·반사되어 본래 파장대로 우주로 돌아가고(우주로부터 지구를 볼 때, 이 주된 가시광으로 이루어진 성분의 방사를 <단파방사>라 한다), 나머지 46%가 지표에 도달한다. 지표에 도달한 에너지는 물이 증발할 때 잠열로써 소비되기도 하고, 대기에 열로 전달되어 대류 에너지등으로 사용되어지는데, 최종적으로는 대기, 구름에서 적외선으로 우주공간에 방사된다. 한편, 지표로부터의 적외선 방사의 실제 강도는 현재 지표평균기온 288K를 사용하고, 그 온도에서의 흑체복사를 가정하면, Stefan-Boltzman의 법칙으로부터 $390W/m^2$ 로 계산되는데, 이것은 태양으로부터 일사강도에 대하여 114%에 해당한다. 이 중 지표로부터 재 방사강도 98%를 제외한 나머지 16%가 지표면으로부터 정미의 FLUX강도가 된다. 이 16%중 겨우 6%만이 직접 우주로 방사된다. 나머지 10%는 도중에 대기에 흡수되고,

여타과정까지 포함시켜 대기구성성분으로부터 우주공간으로의 방사 38%중에 포함된다. 구름으로부터 방사 26%까지 포함하면 전체로써 70%(=6+38+26)가 적외선으로써 우주공간으로 방사되고 있다. 이것을 <장파방사>라 하는데, 지구표면으로부터의 장파방사량 114%중 약 61%(=70/114%)가 우주공간으로 방사되고 나머지 39%(절대치로는 약 151W/m²)가 온실효과로써 대기에 포착되는 것이다.

우주로 방사되고 있는 70%의 장파방사에 단파방사비율 30%를 더하면, 태양으로부터의 일사에너지와 같게되고, 에너지 평형이 이루어지게 된다.

여기서 얻어진 대기의 온실효과의 크기, 151W/m²로부터 계산되는 지표에로의 에너지 공급량 7.7*10¹⁶W와, 인간이 화석연료의 연소로 지표에서 자유롭게 쓸 수 있는 에너지량 1*10¹³W (1980년 화석연료 에너지공급량)을 비교할 때 화석연료에 의한 대기온실효과정도를 알 수 있다.

3.2 대상이 되는 온실효과기체의 종류

지구온난화의 원인이 되는 기체를 온실효과기체(GHG)라 부르는데, 온실효과기체에는 직접 온실효과를 가져오는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, CFC류 외에, 오존생성등을 통해서 간접적인 영향을 가져오는 질소산화물, 휘발성유기탄

소, 일산화탄소가 있다. 어느 기체에 대해서도 그 인위적 발생량의 저감이 목표가 되는데, 기체에 따라서 주된 발생원과 적용 가능한 대책의 내용은 많이 다르다. 온난화 대책으로 논의가 많이 되어지고 있는 것은 이산화탄소, 메탄, 아산화질소이다. CFC중 그 일부는 오존층 파괴 물질로서 이미 제조중지가 결정되어 있으나 소위 말하는 대체 CFC 중에는 강한 온실효과를 가져오는 것도 있다. 간접적인 온실효과기체는 어느것도 종래부터 도시 대기오염의 오염물질로써 잘 알려져 있다.

대기중의 온실효과 기체로서의 수증기(H₂O)와 이산화탄소는 지구표면으로부터 적외선을 가장 강하게 흡수하고 있다. 이외에 메탄, 오존, 아산화질소(N₂O), CFC류(CFC-12, CFC-11등)에 의한 적외선 흡수가 중요하다. 수증기는 가장 강력한 온실효과기체이기는 하나, 대기중 농도는 자연의 조건으로 결정되어지고 인위적 활동에 따라서 직접 좌우되는 것은 아니다. 따라서 인위적 활동에 의해 수반되는 지구환경문제으로써의 온실효과를 논의할 때는 <온실효과기체>에 수증기를 포함시키지 않는 경우가 많다. 이미 기술한바와 같이 현안 문제로 되어 있는 <지구온난화>는 수증기를 제외한 이들 온실효과기체의 대기중 농도가 매년 증가하고 있고, 그 결과 대기의 온실효과가 증대하여 평형지표온도의 상승이 우려의

표 1. 온실효과기체의 농도, 지구로부터 적외선방사흡수량과 흡수량의 증가

온실효과 기체	산업혁명 이전농도	1985년 농도 (농도증가율)	2050년 농도	Q 1985 (a) [Wm ⁻²]	ΔQ prind (b) [Wm ⁻²]	ΔQ 2050 (c) [Wm ⁻²]
CO ₂	275ppm	345ppm(0.4%)	400~600ppm	~50	1.3	0.9~3.2
CH ₄	0.7ppm	1.7ppm(0.9%)	2.1~4.0ppm	1.7	0.6	0.2~0.9
O ₃	0~25%	10~100ppb(~1%)	15~50%	1.3	0.0~0.2	0.2~0.6
N ₂ O	285ppb	304ppb(0.25%)	350~450ppb	1.3	0.05	0.1~0.3
CFC-12	0.0ppb	0.38ppb(5%)	0.7~3.0ppb	0.12	0.12	0.6~1.4
CFC-11	0.0ppb	0.22ppb(5%)	2.0~4.8ppb	0.06	0.06	0.23~0.7
합 계	-	-	-	-	~2.2	2.2~7.2

주) a.각온실효과 기체를 제외할때 권계면에서 정미 방사량의 변화
c.1985년부터 2050년까지의 변화량

b.산업혁명이전부터 1985년까지의 변화량

대상이다.

표 1은, 이들 온실효과기체의 1985년까지의 적외선흡수량의 증분치, 1985년부터 2050년까지의 예상되는 적외선흡수량의 증분치를 종합 소개한 것이다. 이산화탄소 이외의 온실효과기체의 1985년 시점에서의 농도는 메탄이 1.7ppm, 이산화질소 340ppm, 오존 10-100ppb, CFC가 전체합계로 1ppb정도이며, 이산화탄소의 345ppm에 비교하면 200분의 1에서 30만분의 1로 작은 량에 지나지 않았다. 그러나 이산화탄소 이외의 이들 온실효과 기체에 의한 적외선 흡수량은 적외선 포착량(151W/m²)의 3%가까이 점유하고 있다. 또 산업혁명이후의 메탄의 증가로 적외선 흡수량의 증가분은 이산화탄소의 증가에 의한 증가분의 50% 가까이 되고 있다. 또 2050년 까지의 온난화의 기여도의 크기를 보면, 이산화 탄소이외의 온실효과기체에 의한 기여는 이산화탄소에 의한 기여와 동등한 정도가 될 것으로 예상되고 있다.

표 1의 CFC (CFC-12, CFC-11)는 오존층 보호조약에 의해 이미 사용과 생산이 규제되어 대기중 농도의 상승률이 저하되고 있으며 기여도는 이 표에서 보는 바와 같이 작다. (이들 온실효과 기체는 적외선흡수능이 높고, 대기중 농도가 이산화탄소와 같이 높지않기 때문에 적외선 흡수가 포화상태에 근접되어 있지 않았으며, 적외선 흡수선의 대부분이 수증기나 이산화탄소의 흡수대와 중첩되지 않은 <대기의 창>으로 불리어지는 파장영역에 있기 때문에, 낮은 농도임에도 불구하고 적외선의 흡수에 효과적으로 작용한다.)

현재의 농도와 같은 농도만큼 증가시킬 온실효과기체 영향의 비율은 이산화탄소와 비교하여, 메탄, 아산화질소, 오존이 20, 100, 2000배, CFC류는 10,000배에 달하고 있다.

온실효과기체는 일반적으로 대기중 수명이 길고, 한번 대기중에 방출되면 그 영향이 오래 계속되기 때문에 커다란 문제가 된다. 이점을 고려한 온실효과기체의 영향평가지표가 온난화 포텐셜 (Global Warming Potential, GWP)로 어느

온실효과 기체의 일정량(1kg)을 대기중에 순간적으로 방출하였을 때 그후에 계속되는 온실효과의 크기를 시간 적분한 것을 상대값으로 표시한 것이다. 기준으로서 이산화탄소의 적분온실효과를 1로 하는 것이 통례이다.

표2에는 각종 온실효과 기체에 대하여 금후 20년, 100년, 500년까지를 구분하여 GWP값을 소개하였다. 이 표로부터 대기중 수명이 짧은 메탄(수명 약 10년)이나 HCFC-22 (CFC 대체품의 일종, 수명 약 40년)와 같은 기체는 초기의 20년에 비해 100년, 500년의 긴 기간으로 평가할수록 그 효과가 작게 되는 것을 알 수 있다. 이것과 비교하여 아산화질소나 CFC-11,22와 같이 대기중 수명이 200년 또는 그 이상의 기간에서는 온실효과가 길게 계속되는 것을 제시하고 있다.

표 2. GWP(global warming potential)값

온실효과기체	기 간		
	20년	100년	500년
이산화탄소(CO ₂)	1	1	1
아산화질소(N ₂ O)	63	21	9
(CH ₄)	270	290	190
CFC-12	4500	3500	1500
CFC-11	7100	7300	4500
HCFC-22	4100	1500	510

4. 지표온도상승예측

1997년 현재 지표면의 평균온도는 약 15℃로 유지되고 있다. 태양광선(태양광선은 여러 가지 파장의 전자파를 포함하고 있고 오존층 파괴등으로 관계있는 자외선도 포함하고 있다. 전기난로가 따뜻한 것은 적외선에 의한 것이다.)은 공기를 통과해서 지표면을 데워주고 데워진 지표면은 대기중에 적외선을 방출하면서 냉각되고 있다. 열수지가 이것만이라면, 태양광선이 갑자기 끊어지면 기온은 급속하게 떨어지게 되지만, 그러나 지구를 둘러싸고 있는 대기중에는 빛을 잘 통과하면서, 적외선(열)을 흡수하는 기체(가

스)가, 마치 지구를 온실의 유리나 비닐처럼 덮고 있다. 이 온실가스가 지표면으로부터 적외선을 흡수하여 지표면과 대기를 데워줌으로써 생물 성장에 적당한 현재의 지구기온을 유지시키고 있는 것이다.

여기서, 온실효과가스가 없다고하면 지구의 기온은 -18°C 정도가 될 것이다. 그러나, 근년 지구의 표면기온이 과거 100년사이에 $0.3\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 상승한 것이 확실해지고 있다. 그림 1에는 IPCC(기후변동에 관한 정부간 Panel)의 제2차 평가보고서상의 지구의 기온 상승도를 나타낸 것이며, 그림 2에는 일본 기상청이 일본의 최근 100년간의 주요지점의 평균기온 변화를 나타낸 것인데 두가지 공히 장기적으로 보면 상승경향을 나타내고 있다. 이 상승은 인간활동에 의해서 생긴 인위적인 온실효과기체의 증가에 의한 것이 아니겠는가라고 세계의 과학자들은 믿고 있다. 예를 들면, 대기중의 이산화탄소의 농도는 산업혁명전에는 280ppm이던 것이 1994년에는

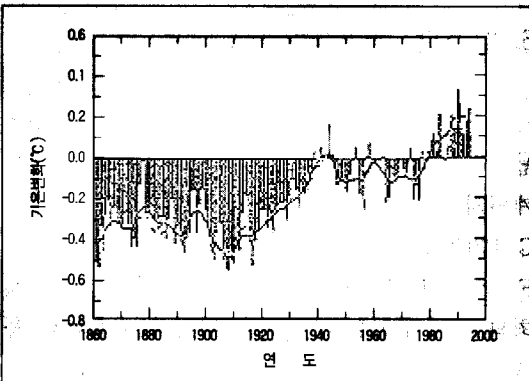


그림 1. 전지구의 표면기온의 추이(제2차 평가보고서)

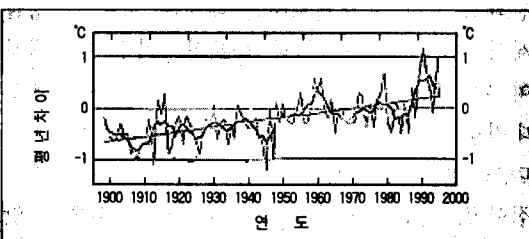


그림 2. 일본의 평균기온 추이
(일본 금일의 기상 업무-1996년판)

358ppm으로 상승하였던 것도 증거가 된다.

그림 3에는 유명한 하와이의 마우나로와 기상대의 이산화탄소농도변화를 나타낸 것이다.

최근에는 탄소순환의 Handling이나 컴퓨터의 진보로 기후 모델이 정밀화 되고 있다. 또 온실효과가스의 영향만이 아니고 유산 에어로졸에 의한 효과를 예상한 결과, 지금까지의 기온상승 모양을 정확하게 Simulation할 수 있게 되고, 금후 기온 상승예측도 종래보다 훨씬 정도가 상승해 왔다. <금일의 기상업무-자연과 지구를 응시하여-1996년도판>에 의한 기온상승예측도를 그림 4에 제시하였다.

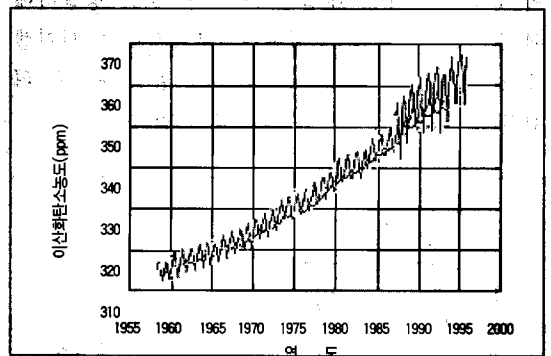


그림 3. 이산화탄소농도의 추이
(지구온난화 감시레포트 1995)

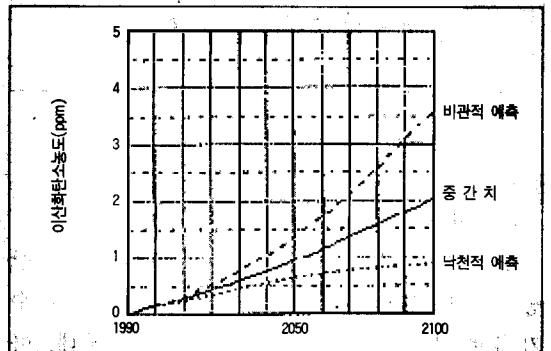


그림 4. 지구기온의 상승예상범위
(일본 금일의 기상 업무-1996년판)

2100년에는 비관적 예측치로써 $+3.5^{\circ}\text{C}$, 중간예측치로써 $+2.0^{\circ}\text{C}$, 낙천적 예측치로도 $+1.0^{\circ}\text{C}$ 상승하는 것이 예측하고 있다.

5. 지구의 온난화는 왜 나쁜가?

1) 빙하가 녹아서, 해면상승으로 낮은 땅이 수몰한다.

기온이 상승하면 해수의 팽창이나 빙하의 용해로 해면이 상승한다. 어느 정도 상승할까는, 일본 기상청의 예측을 그림 5에 소개한다. 가장 높게는 2100년에는 +100cm, 중간예측은 +50cm, 가장 낮은 예상이 +10cm를 예상하고 있다. 해면이 50cm 상승하면 고조(밀물)의 영향을 받는 사람은 세계의 약 9200만인이 증가한다. 일본의 아름다운 모래사장도 70%가 수몰 될 것이다. 해면이 1m 상승하면 네덜란드에서는 6%, 방글라데쉬 18%의 국토가 소실된다. 모로지프나 세이셸 제도 등의 도서국에서는 나라의 존속까지도 위협한 상태가 될 것으로 예측되고 있다.

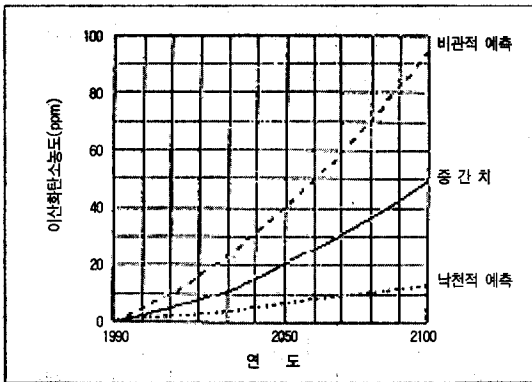


그림 5. 지구해수면 상승예상범위 (일본 금일의 기상업무-1996년판)

2) 마라리아 등 열대병이 증가한다.

IPPC에 의하면 마라리아는 기온의 3~5°C 상승으로 마라리아를 매개로하는 하마다라카의 수가 10배이상 증가할 것으로 예상되고, 열대, 아열대만이 아니고 온대를 포함하여 5000~8000만 인 정도의 환자가 증가한다. 마라리아 이외에도 다른 열대성 감염증, 황열병, 코레라, 랏싸열, 뎅기열, 살모넬라감염병 등이 증가할 우려가 지적되고 있다.

3) 이상기상이 다발한다.

기상에 대해서는 비가 내리는 장소가 바뀌고, 비가 내리는 방법이나 증발이 극단으로 되고, 큰 비로 홍수가 늘어나는 지역이나, 반대로 건조하여 사막화가 진행되는 지역이 나온다.

4) 식생이 변화한다.

IPPC에 의하면, 세계전체의 평균기온이 2°C 상승할 경우 지구 전 삼림의 1/3에서 현재 살고 있는 식물종의 구성이 변화하고, 온난화의 빨라짐에 삼림이 적응하지 못하고 파괴된다. 이로 인해 다량의 이산화탄소가 방출되고 점점 더 온난화에 박차가 가해진다. 세계의 겨울 소맥의 10% 정도 감산이 예상된다든지, 자포니카쌀등이 성장속도를 맞추지 못하고 길게만 자라서 부수수한 인디카 쌀의 하이브리드종이 필요케 된다.

그림 6, 7에는 지구온난화의 인체영향시나리오와 지구온난화의 연안대해로의 영향전파해석 예를 소개한다.

6. 맺는말

지구온난화 Mechanism, 온실효과기체, 지구온난화에 의한 영향에 대하여 기술하였는데, 전세계인의 관심속에 1998년 12월 일본 Kyoto에서 COP3(The 3rd Conference to the United Nations Framework Convention on Climate Change)가 개최되고 여기서 2000년 이후 각국의 배출억제 목표수치와 정책초치에 대한 회의가 열렸고, 선진국에서는 이와 관련하여 이행을 위한 계획이 추진되고 있다. 현단계로서는 대책의 실행가능성을 제시하여 기후변동 협약 목표인 <기후계에 대하여 위협한 인위적 간섭을 미치지 않는 수준에서 대기중의 온실효과기체의 농도를 안정화 시킨다.>를 위하여 어떻게 하면 좋을까 의론의 출발점이고, 전인류가 공동으로 대처하지 않으면 안되는 명백한 사실이기 때문에 우리나라의 적극적인 대응이 불가피한 실정이라 할 수 있다.

Mediating Process	Health Outcomes
DIRECT	
Exposure to thermal extremes (especially heatwaves)	Altered rates of heat-and cold-related illness and death (especially cardiovascular and respiratory diseases)
Altered frequency and/or intensity of other extreme weather events (floods, storms,etc.)	Deaths, injuries, and psydhological disorders: damage to public health infrastructure
INDIRECT	
DISTURBANCES OF ECOLOGICAL SYSTEMS	
Effects on range and activity of vectors and infective parasites	Changes in geographic ranges and incidence of vector-borne diseases
Altered local ecology of water-borne and food-borne infective agents	Changed incidence of diarrheal and certain other infectious diseases
Altered food (especially crop) productivity due to changes in climate, weather events and associated pests and diseases.	Regional malnutrition and hunger, and consquent impairment of child growth and development
Sea-level rise, with population displacement and damage to infrastructure (e.g.sanitation)	injuries, increased risks of various infections disease (due to migration, crowding,contamination of drinking water),psychological disorders
Levels and biological impacts of air pollution, including pollens and spores	Asthma and allergic diorders:other acute and chronic respiratory disorders and deaths
Social, economic, and demographic dislocations due to adverse climate change impacts on economy, infrastructure, and resource supply	Wide range of public health cinsequences (e.g.mental health, nutritional impairment, infectious diseases, civil strife)
Note: Populations with diffrent levels of natural, technical, and social resources would differ in their vulnerability to climate-induced health impacts.	

그림 6. 기후변동의 인간건강에 미치는 영향 시나리오(IPCC보고, 1995)

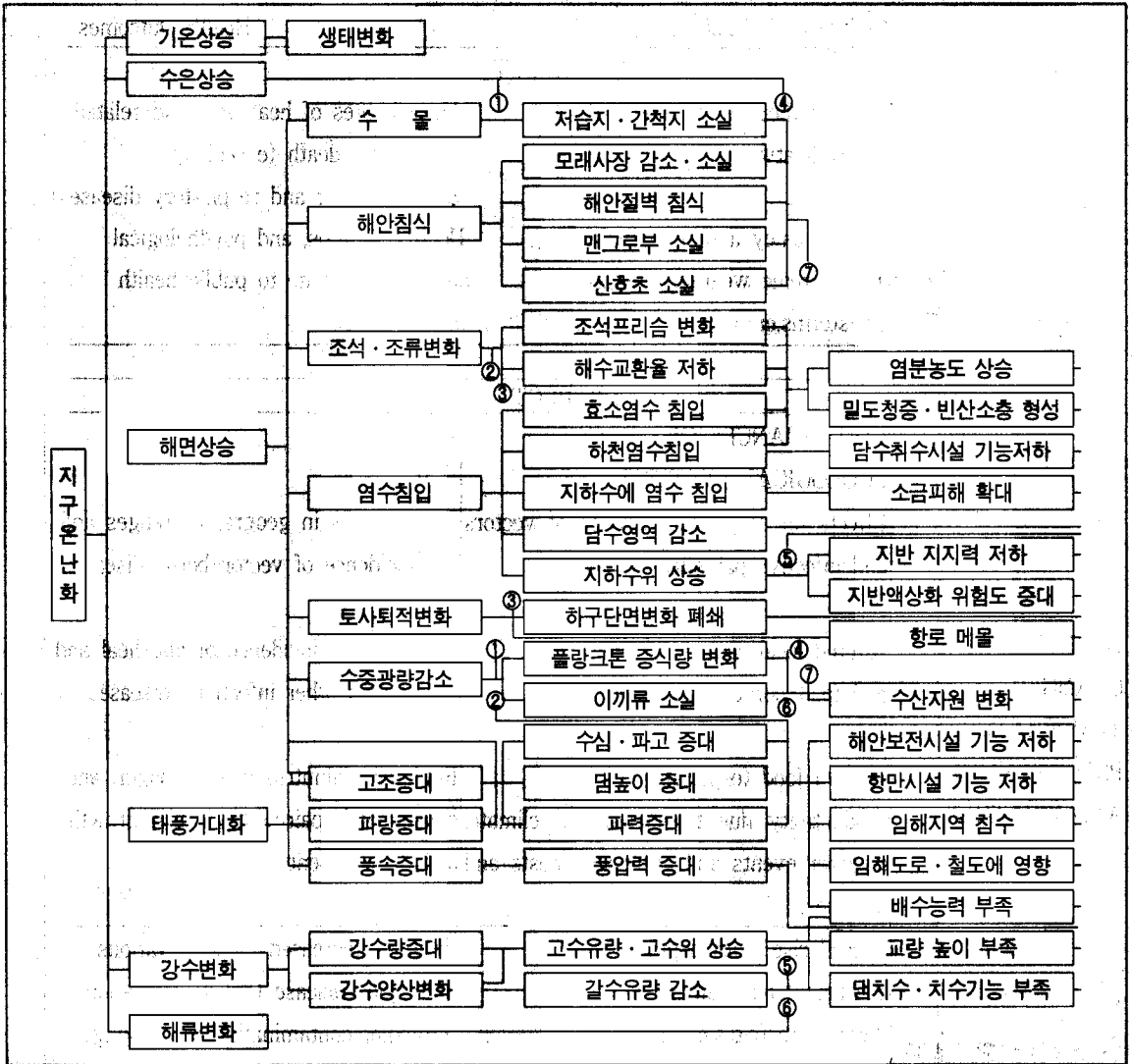


그림 7. 지구온난화로부터 연안재해에 이르는 영향전파 해석에

참 고 문 헌

- [1] 일본공해자원연구소, "지구온난화의 대책", 1990, 음사.
- [2] M. Hirata, "지구온난화대책기술과 시스템 에너지", 일본박용기관학회지, 제33권 제10호, 1998, 9, 10, 12.
- [3] M. Hirata, "지구온난화대책과 자동차 기술", 자동차기술, Vol.52 No.10, 1998.
- [4] 원장목, "기후변화협약에 대응한 에너지기술 개발 추진전략", 에너지관리공단 R&D본부
- [5] 에너지관리공단, "에너지기술-에너지절약, 청정에너지"
- [6] 坂東博, "지구온난화의 원인과 Mechanism", 일본 환경기술, Vol.25 No.5, 1996.
- [7] 板倉 豊, "COP 3가 무엇인가?", 일본환경기술, Vol.26 No.5, 1997.