

## 온실가스 줄이기는 선택 아닌 필수<sup>1)</sup>

강 상 준<sup>2)</sup>

충북대학교 명예교수·협회 충북지부장

지금 전세계는 지구온난화(Global warming)로 몸살을 앓고 있다. 남극과 북극의 빙하가 녹아내리고 그로 인한 해수면 상승으로 남태평양의 작은 섬들이 바닷물 속에 잠기면서 그곳을 생활 터전으로 삼아 수백년을 살아오던 사람들의 생명을 위협하고 있고(그림 1), 해양 생태계는 물론 육상 생태계의 동식물들도 그들의 보금자리를 떠나 조금씩 조금씩 극지방으로 이동하고 있다.

2011년 8월 19일 세계적인 과학 학술지 Science 333(6045)에 실린 내용에 따르면, 최근 10년 동안 육상 동물의 분포 변화를 위도(緯度)와 고도(高度)에서 분석해본 결과, 고도는 11 m나 높은 곳으로, 위도는 16.9 km

나 북쪽으로 이동(Shift)했다는 사실을 밝혀낸 바 있다. 이러한 동식물의 이동은 10년 전보다 2~3배 빨라지고 있음을 의미한다. 하루 2,000여종의 동식물이 하루 평균 5 m, 연간 약 1.6 km의 속도로 이동한다는 것을 확인한 내용으로 동식물은 더위를 피하기 위하여 1년에 약 1.2 m 씩 고도를 높이고 있다니 한 마디로 ‘동물들은 더워서 못 살겠다’인 셈이다.

지구온난화를 다음과 같이 비유하기도 한다. “개구리를 뜨거운 물이 담긴 냄비에 넣으면 깜짝 놀라 바로 뛰쳐나오지만, 찬물에 넣고 서서히 밑에서 열을 가하게 되면 수온 변화를 알아채지 못한 개구리는 냄비 속에



그림 1. 예상되는 해수면의 변동.

1) Decreasing Greenhouse Gases is not Option but Obligation

2) KANG, Sang-Joon, Prof. Emeritus, Chungbuk National University and Director of Chungbuk Chapter, The Korean Association for Conservation of Nature. E-mail: kangsj@chungbuk.ac.kr

서 유유히 헤엄치다 서서히 죽고 마는” 이치와 같다.

지구온난화가 이런 경우와 같다. 북극과 남극의 빙하가 녹아내리고 있어도 당장 내 삶에는 커다란 변화가 오지 않는다고 해서, 더욱이 지구가 점점 더워지고 있다는 사실을 알고 있으면서도 냄비 속의 개구리처럼 크게 신경을 쓰지 않는 것이 우리들의 딜레마인 것이다. 그러나 어느 한계점을 넘게 되면 예상하지 못한 급격한 지구생태계의 변화를 겪을 수밖에 없을 것이다. 그래서 지구온난화를 “고요한 위기(Silent crisis)”라고도 하는 것이다.

### 지구온난화의 원인

지구온난화는 왜 일어나는 것일까? 크게 자연적인 원인과 인위적인 원인으로 나누어 생각할 수 있겠다. 자연적인 원인으로는 빙하기 이론을 확립한 러시아의 지구물리학자 밀란코비치 교수(Milutin Milankovitch, 그림 2)가 제시한 10만년 주기설(Periodicities of 100,000 years problem)이다.

지구 공전궤도의 변화(Eccentricity), 4만년 주기로 일어나는 지구 자전축(22.1~24.5°)의 변화(Tilt) 및 세차운동(歲差運動, Precession)

에 따른 태양 에너지의 변화가 자연적인 원인으로서 지구온난화는 오늘날에만 일어나는 것은 아니라고 하는 이론이다.

과거 지질시대에도 빙하기(Glacial period)와 간빙기(Interglacial period)가 반복되었던 것은 바로 이런 주기(Periodicity) 때문이며, 현재는 간빙기(間氷期)로 온난한 기후가 1만년 정도 계속되고 있다. 그러나 자연적인 요인만으로는 설명이 되지 않는 것이 현재의 기온상승인 것이다.

지난 100여 년간 인류가 배출한 온실가스(Greenhouse gases, GHG), 특히 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)양의 지속적인 증가로 대기층에 두꺼운 온실을 형성, 지표면에서 방출되는 장파



그림 2. 밀란코비치 교수(1879~1958).

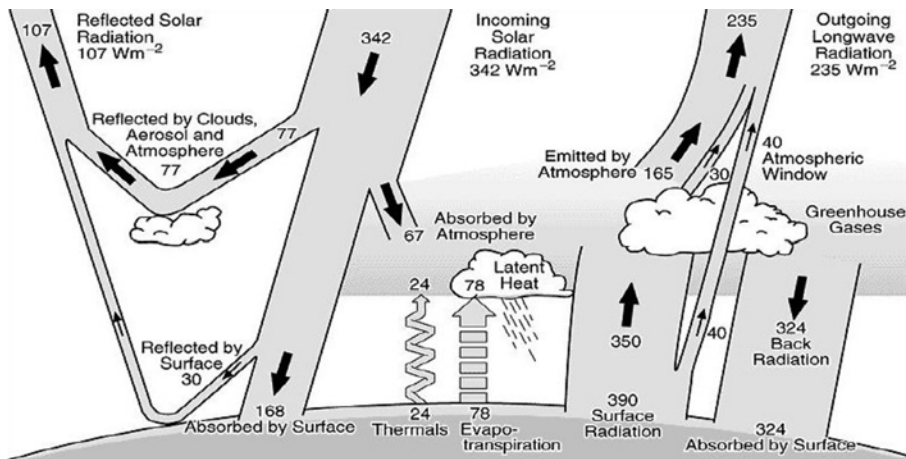


그림 3. 태양 복사와 지구 복사에 의한 복사에너지의 수지(IPCC 2001).

장의 적외선을 흡수, 재방사함으로써 지구가 더워지고 있다는 인위적인 원인에 많은 전문가들이 동의한다(그림 3).

AR4(Fourth Assessment Report, 2007)는 ‘20세기 중반 이후 관측된 세계의 평균 기온 상승의 대부분은 인류기원의 온실가스 증가에 의한 것일 가능성이 66~90%로 매우 높다’고 지적하고 있다.

1958년부터 킬링(Charles D. Keeling, 1928 ~2005) 교수(그림 4)가 하와이 마우나 로아 관측소(Hawaii Mauna Loa Observatory)에서 이산화탄소 농도 변화의 관측을 시작한 이

래, 그 농도가 계속 증가됨을 관측한 킬링 곡선(Keeling curve)이 이를 뒷받침하고 있으며(그림 5), 기타 삼림 벌채, 특히 열대림과 아열대림의 감소 그리고 화산의 폭발이나 산불 등 환경변화도 지구온난화의 인위적인 원인으로 거론된다.

### 지구 대재앙 시나리오

2009년 4월 14일 영국 일간지 가디언(The Guardian) 인터넷 판에 지구온난화 대재앙 시나리오(Scenario)를 소개한 바 있다(그림 6). 현재의 평균 기온인 14°C보다 2°C 이하

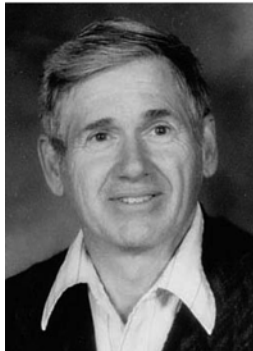


그림 4. 킬링 박사.

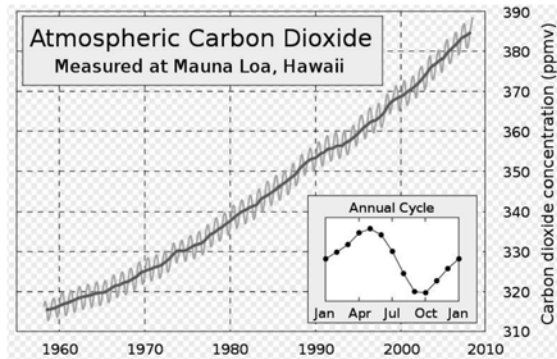


그림 5. 대기 중 이산화탄소 농도 증가를 보여주는 킬링 곡선.

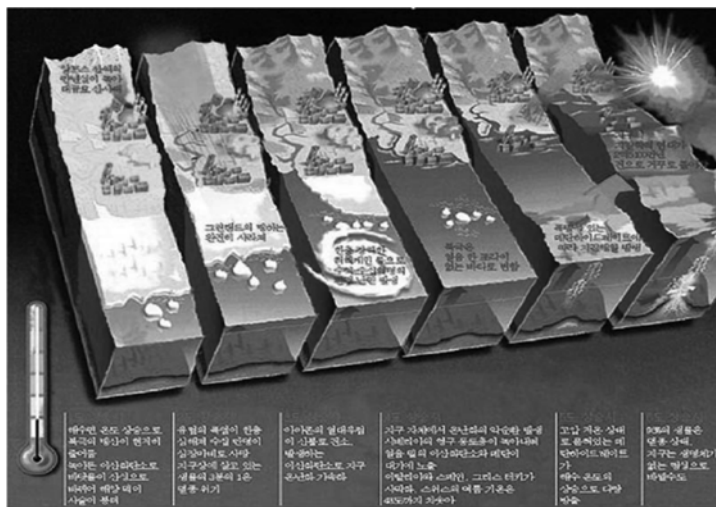


그림 6. 영국 가디언(The Guardian)의 지구 대재앙 시나리오.

상승하게 되면 북극해의 만년설이 사라지게 되고 북극곰의 서식지가 없어져, “온두라스의 소년 엔리케가 ‘엄마 찾아 50,000리’를 떠났다는 눈물겨운 감동 스토리”가 아니라, 미래판 “빙하 찾아 50,000리”란 먼 길을 북극곰은 떠나게 될 것이고 지금 상태가 계속 되면 미래에는 멸종할지도 모른다.

시나리오는 지금보다 기온이 2~3°C 상승하게 되면 여름철 무더위가 매년 반복되어 영국 남부의 수은주는 40°C 초반까지 올라갈 것으로 예상하고 있다. 극렬한 태양열과 강수량 감소에 견디지 못한 아마존 열대림 (Amazon tropical forest)은 대부분이 태양열 때문에 타 죽어 원시림이 없는 대초원(大草原)이나 사바나(Savanna)로 변하게 된다는 것이다.

더욱이 물에 녹아든 이산화탄소는 해양을 산성화시킴으로서 생산력이 가장 높은 산호초(珊瑚礁, Coral reef)를 파괴시킬 것이고, 해양의 1차 생산자인 플랑크톤 증식이 되지 않아 먹이사슬에 따른 인류의 먹이자원인 어류의 감소 또는 멸종이 시작되고, 온대지역 연안의 바다는 반복적인 갯녹음(白化現狀)을 일으켜 연안 생태계의 생물 다양성에 심각한 타격을 주게 될 것으로 예상하고 있다. 갯녹음 현상은 이미 우리나라에서도 진행되고 있어 바다를 생명줄로 살아가는 어민들의 생존이 걱정이다.

아열대 지역에는 가뭄이 확대되어 무더위와 대형 산불이 발생하며, 특히 지중해와 미국 남서부, 남아프리카, 호주 등의 가뭄이 악화되고 있음은 주지의 사실이다. 그 뿐 아니다. 그린란드(Greenland)의 빙하가 녹아내리면서 수 미터의 해수면 상승이 불가피하다.

3~4°C 상승하게 되면, 지구의 지붕이라는 에베레스트산(Everest)을 비롯하여 전세계의 고산을 덮고 있는 빙하나 눈이 사라지게 되고, 산 아래에 자리 잡은 도시와 농촌 그리

고 농경지에서 이용되던 수원(水源)마저 고갈되어 가뭄과 무더위는 작물성장의 한계선을 넘게 됨으로 식량 안보의 위협까지 닥치게 될 것으로 예상하고 있다.

4~5°C 상승하게 되면, 시베리아 동토층(凍土層 Permafrost)이 녹으면서 잠재적인 온실가스인 메탄(CH<sub>4</sub>) 가스가 대기 중으로 방출됨으로서 이산화탄소보다 100배 이상 온실효과의 기여율(寄與率)이 높은 메탄은 지구온난화의 속도를 더욱 빨라지게 할 것이다.

뜨거운 태양열과 계속되는 가뭄으로 남부 유럽, 북아프리카, 중동, 아열대 지역의 인류는 이들 지역을 떠나서 구석기시대의 원시인(原始人)이나 Mammoth, Mastodon, Saber-Toothed Cat, Giant Sloth 같은 대형 척추동물이 이동했듯 서늘한 북극지방(北極地方)으로 향하는 인류와 대형 동물의 대이동이 시작될 것이라고 했다.

우리는 서양역사시간에 게르만 민족의 대이동(民族大移動, Barbarian invasion, Völkerwanderung)을 배웠다. 인구의 증가, 농경지의 부족, 타 민족의 압박 등으로 좋은 기후와 비옥한 땅을 찾아 이동했던 서유럽과 남유럽의 민족대이동 말이다.

지구온난화가 계속된다면 지난 4~6세기에 있었던 대이동을 방불케 할 인류(민족)의 대이동이 일어나게 될 것이고, 그렇게 되면 국가 간의 충돌 혹은 국제적인 문제로 비화될 것이 명약관화(明若觀火)하다.

해수면 상승으로 인한 섬 사람들의 대이동은 이미 현실이 되고 있다. 지금 남태평양의 적도 부근에 위치한 9개의 산호섬으로 구성되어 있는 투발루(Tuvalu)는 이미 2개 섬이 물에 잠기었고 2040년이면 모든 섬이 침수된다고 한다. 투발루의 초대 총리인 토아리피 라우티(Toaripi Lauti)는 “저는 제 아이들에게 이곳을 떠나라고 합니다. 받아줄 나라가 없습니다. 하지만 저는 이 섬에 계속

남고 싶습니다. 투발루와 함께 물속에 가라앉고 싶습니다.”고 절규를 했다고 한다. 2만 명도 되지 않은 국민들은 이제 갈 곳이 없다. 가까운 호주와 뉴질랜드에서조차 수용을 제한하고 있으니 말이다. 인도양의 폴디브도 이런 상태로 알려지고 있다.

5~6°C 상승하게 되면, 남극과 북극지방 기온이 20°C까지 올라감으로 지구 어느 곳에서도 얼음이란 찾아볼 수가 없게 되고 열대 지역과 아열대 지역은 물론 저위도의 모든 지역까지 인류가 살아남기에는 너무나 더운 땅으로 바뀔 뿐이다. 지금은 남태평양 작은 섬들만이 물속에 잠기고 있으나 이때 쯤 되면 해안의 도시들은 대부분 바닷물 속에 잠기고 말 것이다(그림 1).

6°C 이상 기온이 상승하게 되면, 깊은 심해에 묻혀있는 메탄 하이드레이트(Methane hydrate)로부터 메탄이 대량 방출됨으로서 거의 모든 해양 생물은 죽게 될 것이다. 뿐만 아니라 육상 생물의 90%가 멸종되어 지구 생태계는 45억년 전의 태초의 상태로 다시 돌아갈 것으로 이 시나리오는 예상하였다.

대부분의 기상학자와 환경학자들은 이산화탄소 배출량이 지금과 같은 수준과 추세로 지속적으로 방출이 된다면 2,100년에는 평균 기온이 4°C까지 상승할 것으로 예측하고 있다. 지구 생태계의 유지를 위해서, 우리들 자신 그리고 후손들이 살아남도록 하기 위해서는 당장 이산화탄소를 비롯한 온실가스 줄이기에 발 벗고 나서야 할 것이다. 온실가스(GHG's) 줄이기는 선택이 아닌 우리 세대의 필수적인 의무라 하겠다.

### 생물의 서식지 이동

지구에 생명이 출현한 이래 지구의 환경 변화와 함께 종(Species)이 진화하였으며 식생 변화는 물론 이들을 생활 터전으로 살아온 동물군집의 변화도 일어났다. 문제는 그

속도가 빨라진다는 것이다. 과거 지질시대의 변화는 수천~수만년의 장기간에 걸쳐 서서히 일어난 변화인 반면, 지금의 변화는 급속히 짧은 시간에 변한다는 것이다. 한 마디로 동식물이 적응할 시간이 없다는데 문제가 있는 것이다.

우리나라도 예외가 아니다. 지난 100년간 세계 평균기온은 0.74°C 상승한데 비하여 한반도는 2배인 1.7°C나 상승했고 겨울은 22~49일 짧아진 대신 여름은 13~17일 길어지고 집중호우가 내리는 것이 최근 우리나라의 기후 특성으로 굳어져 가는 모양이다.

동해안 연안에서 한대성 어류가 잡히지 않는 것은 이미 오래 전 이야기이고 아열대성 어류가 나타나 고유 어종의 생활 터전을 점령해 버렸다는 뉴스를 들은 지도 꽤나 오래 되었다. 제주도 서귀포시 용머리 해안에서 보듯 1970년대보다 지금은 무려 22cm나 해수면이 상승했음이 보고되고 있다(그림 7).

우리나라는 산악지형이 많아서 삼림은 주로 산악지대에 분포하고 있는 관계로 식생대(Vegetational zone)의 이동은 수평적인 것 뿐 아니라 수직적 이동도 일어나게 될 것이다. 특히 아고산대 지역에 분포하고 있는 침엽수림, 특히 구상나무는 지형적으로 숲 섬(Forest island)으로 격리되어 있고 기후 변화에 따라 그 분포역이 훨씬 좁아지고 있음이 지리산에서 확인되었다(그림 8). 다시 말하면, 아한대 고산지역에 분포하고 있는 구상나무, 전나무, 가문비나무, 분비나무 등이 지대한 영향을 받을 것은 불문가지인 것이다.

공우석 교수는 “한라산 정상 부근의 고산 식물인 눈향나무, 돌매화(암매), 시로미, 들쭉나무, 구름송이풀, 구름제꽃, 구름떡쭉, 솜다리 등 8종의 수평적, 수직적 분포도와 생태적 특성을 분석하여 지금의 추세로 기온 상승이 계속된다면 이들과 같은 희귀성 고산식물은 생존이 어려운 상태에 이를 것”이



그림 7. 제주도 용머리 해안.

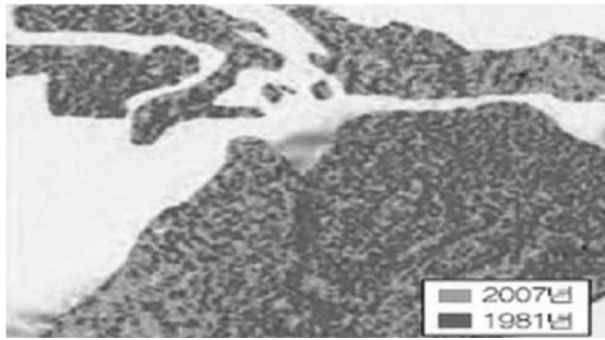


그림 8. 지리산 반야봉 지역의 구상나무 분포.

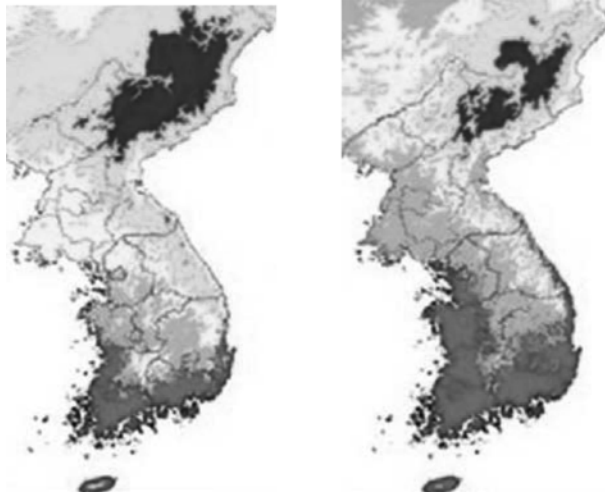


그림 9. 한반도 현재의 식생분포(좌)와 2°C상승했을 때의 식생분포 예상도(우).

라고 경고한 바 있다.

지구온난화로 한반도에서 온도 상승이 계속되어 2°C만 상승하더라도 2020~2030년경에는 제주도와 남해안 지역은 아열대 지역의 식생으로, 중부 지방은 난온대의 상록활엽수림으로, 북부 지방은 온대 남부지역의 낙엽 활엽수림으로 그리고 아한대 침엽수림은 백두산을 중심으로 한 함경도 일부 지역에서만 분포가 가능할 것으로 예상된다(그림 9).

기후 변화는 정확히 예측할 수 없다. 예측할 수만 있다면 생태계에 미치는 영향을 최소화 할 수 있겠으나 그러하지 못함이 인류의 한계인 것이다. 지구온난화로 야기되는

기후 변화에 적응하지 못하는 생물종은 멸종 위기에 처할 것이고 적응력이 뛰어난 종은 살아남을 수 있을 것이다.

기후 변화는 육상 생태계에서 삼림의 구조와 기능의 변화를 가져오게 된다. 구조적 측면에서는 식생의 분포와 생육 범위가 이동하게 되어 이들 식생을 서식처, 섭식처, 은신처 등으로 이용하는 동물과 곤충의 분포와 조성이 연쇄적으로 변하게 되는 것이다.

기온 상승에 따라 특히 삼림 생태계는 수분과 열 수지가 변화하게 됨으로 임상에 낙하, 퇴적되는 유기물의 분해 속도가 달라져서 염류의 순환체계와 생산력에도 영향을 미

치게 된다.

다시 말하면, 식물의 잎 표면에서의 물, 열 및 이산화탄소의 순환에 따른 생리적 반응에서부터 성장 및 번식 과정의 변화, 미생물 등을 포함한 생물군집의 종 조성 변화, 나아가 식생대의 이동이 예상된다. 또한 먹이사슬, 물 수지, 염류의 순환, 교란체제 등도 변하게 될 것임으로 궁극적으로는 육상 생태계의 종합적 반응으로 나타나게 되는 것이다. 생태계란 복잡한 계(System)로서 서로 상호연관되어 있으므로 개별적 특성을 분리해서 파악하기가 어려운 실체(Entity)인 것이다.

고생태학적 연구결과도 기온 상승에 따라 식생 분포뿐 아니라 동물의 분포 역시 높은 곳으로 이동하였으며 그 즈음에 많은 종이 사라졌음을 뒷받침해주고 있다. 분포 범위가 제한적인 종들은 사라지게 되거나 새로운 서식지로의 이동이 어려워 위협에 처하게 된다는 사실을 고생물학적 기록은 우리에게 가르쳐주고 있다.

## 마무리

1988년 컬럼비아대학교 교수이며 NASA의 고다드(Goddard) 항공연구소장인 제임스 한센(James Hansen) 박사는 미국 의회에서 다음과 같이 말했다. “티핑 포인트(Tipping point)가 멀지 않았다. 시간이 없다. CO<sub>2</sub>를 350 ppm 이하로 되돌려야 한다. 인간이 배출한 CO<sub>2</sub>가 대기에 가득 채워진다면 생태계는 무너진다. 인류의 생존마저 위태롭게 된다. 지금이 마지막 기회이다(This is the last chance)”라고.

온실가스 줄이기는 인류의 생존 뿐 아니라 생태계의 보존을 위하여 반드시 실천해야 할 선택이 아닌 필수적 의무인 것이다. 온실가스 감축은 정부와 지자체의 정책과 기술 개발만으로 달성하기 어렵고, 상대적으로 감축 여력이 있는 국민들의 녹색생활, 녹색습관이 정착되어야 가능한 일인 것이다.