



기후, 인류의 생존을 약속할 것인가

생명탄생 이후 이별 속출 … 수차례 생태계 파괴

지난 100년간 지구온도 1°C 상승, 미래예측불허

붕괴되는 남극대륙 라센(Larsen) 빙하 (2002년 3월 7일 위성사진). 불과 두달만에 서울 전체 면적보다 더 넓은 빙하가 붕괴되고 있다.

현재 우리 주변에서 일어나고 있는 기후학적 사건들은 46억 년 전에 지구와 대기가 처음으로 형성되면서 계속된 지구 역사 대단원의 가장 마지막 부분에 해당된다. 지구가 탄생한 시점에서 대략 10억 년이 지나면서 지구상에는 생명체들이 등장했고, 이 생명체들의 생존의 결과로 대기의 조성성분도 변해 왔다. 즉, 생명체가 대기의 조성성분을 조절해 왔다는 것을 말한다.

글_오재호 부경대 교수 jhoh@pknu.ac.kr

기획연재순서

- ① 지구의 역사
- ② 우주의 역사
- ③ 기후의 역사
- ④ 유물의 역사
- ⑤ 화석의 역사

지구상에 인간이 존재하기 전에도 지구의 환경 변화는 수십억 년 동안 계속 돼 왔다. 많은 세월이 흐른 후, 기후변화는 인류 진화의 원동력이 되었고, 오늘날 우리가 이런 모습을 하게 된 바로 그 배경이 되었다. 다른 생명체와 마찬 가지로 인류도 이 세상에 등장하면서 바로 날씨와 기후에 종속되어 살아 왔다. 이제 인류는 처음으로 그들 자신의 운명을 결정할지도 모를 기후시스템을 전 지구적으로 교란시키고 있다.

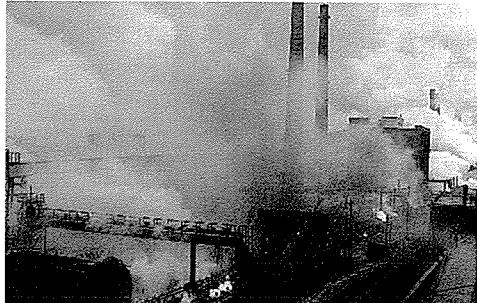
과학자들은 불과 격동에 의해 탄생된 지구와 지구대기에서는 오늘날에도 여전히 진화가 진행되고 있으며, 앞으로도 영원토록 계속될 것이라고 믿고 있다. 38억 년 또는 39억 년 전, 적어도 35억 년 전에 (지구 역사를 100년으로 축소하여볼 때 대략 15년 경) 등장한 작은 공 또는 막대, 필라멘트의 모양을 하고 있는 작은 생명체는 깊은 바닷속에 살면서 신진대사를 통해 산소를 만들기 시작했다. 이것을 발단으로 하여 생명체는 지구의 기후를 바꾸게 된다.

기후변천사는 생태계 변천사와 연관고리

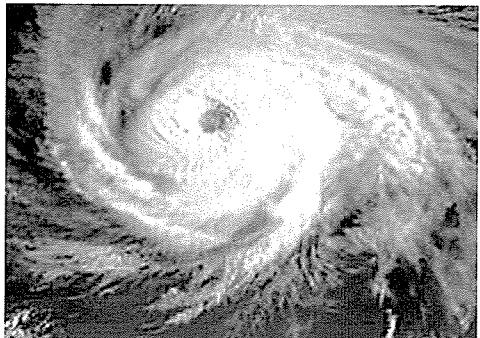
22억 년 전, 탄소순환이 본격적으로 정착되면서 지구의 기후는 다시 추워지기 시작했는데, 이 추위는 너무 깊고도 광범위하여 대부분의 열대 지방도 얼어 붙었다. 지구의 대부분은 얼음덩어리로 변했고, 생명체들은 바다의 깊은 곳에서 일어나는 화산분화에 의존해서 생존하거나, 여기저기 채 얼지 않은 바다에서만 살아남았다. 어떻게 지구는 이 초기 빙하기의 혹독한 추위로부터 탈출할 수 있었는가. 그 해답은 많은 대륙의 지각이 형성되면서 엄청난 이산화탄소를 대기로 방출하였기 때문에 강화되는 온실효과로 도저히 빙하기로 남아 있을 수 없었다. 이렇게 해서 첫 번째 거대한 빙하기가 끝이 났다. 그 후, 지구에는 10억 년 이상 얼음이 없는 상태가 지속되었다. 생명체는 변창하였고, 보다 많은 종류와 여러 색깔의 광합성 조류가 등장했다.

우리가 육안으로 보기에도 충분한 크기를 갖는 생물 군집이 처음으로 나타난 것은 캄브리아기가 시작되던 지구 역사를 100년으로 압축한다면, 이 때가 87년에 해당되는 5억4천만 년 전이다. 이 때부터 대부분 현존하는 해양 동물의 군집이 나타났고, 4억 년 전에는 처음으로 육지에 작은 식물이 자라기 시작했다. 3억 5천만 년 전에는 처음으로 땅에 기어 다니는 전갈과 같은 절족동물이 나타났고, 뒤따라 곤충과 네 발을 가진 양서동물이 바로 나타났다.

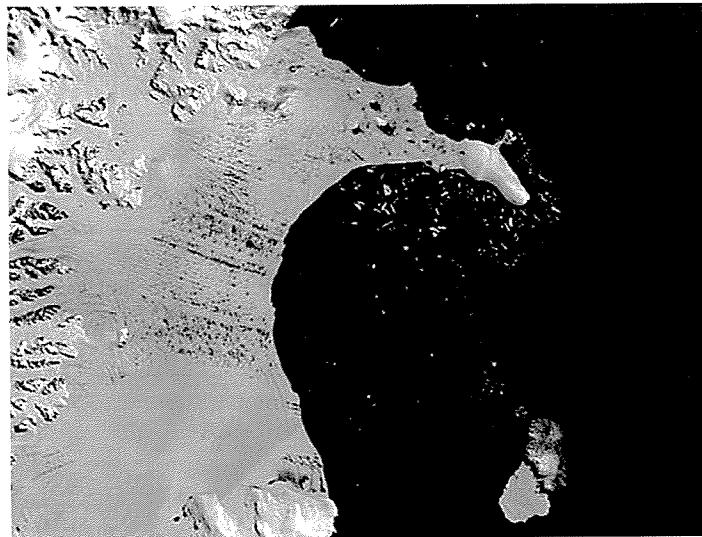
100년으로 압축하면 94년에 해당되는 2억5천 년 전, 생태계에 가장 큰 파괴와 복원이 되는 사건이 발생했는데, 이 때가 바로 세계 모든 대륙의 판들이 모여 있어 오늘날 과학자들이 판계이라고 부르는 하나의 초대륙 형태로 존재하던 시기이다. 이 대륙은 양극지방까지 확장되어 있어 얼음이 축적될 수 있었다. 극지



눈에 보이는 대기 오염은 작은 지역적 환경 문제에 불과하다. 오히려 심각한 것은 눈에 보이지 않는 엄청난 양의 온실기체의 방출로 인한 지구온난화 문제이다. 지속적인 발전을 위해서는 지구환경 파괴를 막을 수 있는 기술의 개발이 요구된다.



지구온난화에 따라 출현한 슈퍼 태풍



지구온난화에 따라 서울의 2배 면적이 봉괴된 라센 빙하지대

방에서 계속되는 얼음의 축적으로 해수면 높이는 급격하게 내려가게 되었고, 많은 해저부분이 노출되어 해양 생물종이 사라지게 되었다. 해저의 노출은 또한 지구의 화학반응에도 영향을 미쳐 대기에서 산소가 줄어들고 이산화탄소의 양이 증가되었다. 이산화탄소는 다시 지구를 가열함으로써 해수면은 다시 상승하게 되었고, 이번에는 대륙의 육지생물이 대량으로 희생되었다. 이 폐름기시대 말에 모든 해양생물 종의 90%, 모든 파충류와 양서류의 3분의 2 이상, 그리고 곤충의 30%가 사라졌는데, 단시간에 곤충들이 이렇게 많이 사라진 것은 바로 이 때문이다. 이런 과정에서 죽은 식물이 계속 퇴적되었으며, 그것이 변해서 이탄이 되고, 그 다음 갈탄이 되고, 그리고 석탄이 되었다.

현재의 따뜻한 기후도 간빙기의 하나

지구의 역사를 100년으로 압축할 때 97년에서 98.5년에 해당되는 1억4천만 년 전에서 6천5백만 년 전 사이는 백악기라 부르는 폐름기의 멸종시대 아래로 가장 따뜻한 시기 (기후 최적기) 였다. 이 시기에는 악어와 공룡의 전성기였으며, 알래스카의 경사진 북쪽인 북극권 안에서도 서식했

다. 오늘날에는 툰드라지대인 곳에도 나무가 자랐다. 이 시기 동안 지구의 평균 온도는 지금보다 5~10도 더 높았다.

6천5백만 년 전, 폐름기 멸종만큼 엄청나지는 않았지만 공룡의 멸망으로 잘 알려진 갑작스런 멸종과 함께 백악기는 종말을 맞이하게 되었다. 이 멸종에 관해 가장 보편적인 해석은 유카탄반도에 떨어진 혜성이나 소행성의 충돌로 생긴 구름이 수개월 동안 태양을 가리고 광합성을 차단하여 동물들이 굶어 죽었다는 것이다. 대규모 멸종 이후 5천만 년 전까지

지구의 추운 시기는 오랫동안 유지되었다. 현재까지 전반적인 경향은 빙하기를 나타내는 반면에 종종 간빙기의 돌출이 있었는데, 현재의 따뜻한 기후도 전반적인 경향에서 돌출된 간빙기의 하나이다.

지구환경은 생태계가 항상 적응하려 노력하지만 언제나 혹독하게 생태계를 통제하여 왔다. 이런 과거를 고려할 때, 우리가 직면하고 있는 전 지구적인 환경 변화는 새로운 현상이 아니라고도 할 수 있다. 다만 염려스러운 사실은 현재 진행되고 있는 지구 환경의 변화 속도는 과거 공룡이 갑자기 사라진 것과 같은 대규모 멸종 사태가 몇 번 있었던 것을 제외하면 인간이 태어난 이후에 지구 역사상 그 어느 때보다도 빠르게 진행되고 있다는 점이다¹⁾. 지구 온도는 앞으로 수십 년간 계속 상승해서 과거 수백만 년 동안 볼 수 없었던 수준까지 상승할 것인가. 해수면이 상승하고, 기후 대가 변하고, 새로운 농업지역이 형성되고, 사막이 또 생길 것인가. 2003년 인도에서와 같은 살인적인 더위가 잦아질 것인가. 2002년 태풍 루사와 같은 숨막히는 듯한 폭풍이 더 자주 일어나 홍수 피해를 증가시키고 수인성 질병이 만연될 것인가. 더 심각한 가뭄을 겪게 될까. 아프리카와 아시아의 농업 경제가 황폐해질 것인가. 강력한 엘니뇨가 더 자주 발생할 것인가. 대기대순환 모델이 발전하여 새로운 강우와 기후 모형을 가져올 것인가. 지구온난화는 어느 정도까지 진행되어 자연적인 기후 변화와 상호작용 할 것인가. 그리고 일상생활에 어떤 영향을 미칠 것인가. 이 모든 실험은 현재 진행중이며, 시간만이 해답을 줄 수 있을 것이다.

¹⁾ 약 2만 년 전 마지막 빙하기 때의 지구 평균기온은 현재보다 대략 2~2.6°C 정도 낮았다. 한편 지난 100여 년 동안 지구 평균기온은 대략 0.5°C 이상 상승한 것으로 조사되었다. 이것은 지난 2만 년 동안의 변화 폭과 비교할 때, 지구의 기후가 수십 배 빠른 속도로 변화하고 있다고 해석할 수 있다.

기후는 種의 출현과 멸망에 영향을 미친다

기후가 어떤 종의 출현과 멸망에 영향을 미친다는 아이디어는 찰스 다윈의 이론에 비춰보면 새로운 것이 아니다. 이 개념은 인류사회에도 적용될 수 있다. 1995년 플로리다 대학 연구팀이 유카탄반도의 호수 침전물 속에서 마야 봉고와 일치하는 오랜 가뭄의 흔적을 발견하면서 그 실마리를 찾았다. 또 다른 시례로, 중세의 기후 최적기에 그린란드는 산림은

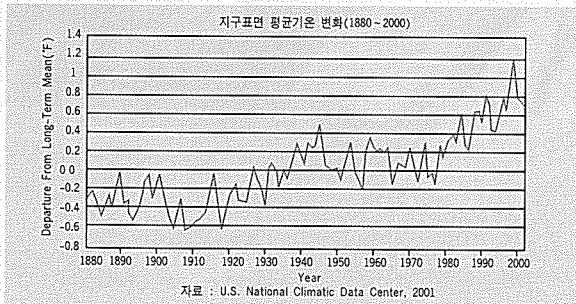


그림 1. 1880년부터 2000년까지 지표 평균기온의 변화.
지난 100년 동안 거의 1°C 가까이 상승하였다.

없었지만 바이킹의 활동 근거가 될 정도로 충분히 따뜻했다. 그러나 14세기 소빙하기가 시작되면서 그린란드는 스스로 살기가 부적합한 곳으로 변했고, 1500년에 이르자 사람의 흔적은 완전히 사라졌다. 이러한 사실로부터 우리는 지금까지 한번도 기후변동으로부터 자유로운 적이 없었다는 것을 알 수 있다.

산업혁명 이후 폭발적으로 증가하고 있는 인류의 수는 더 많은 에너지와 자원의 소비를 필요로 하고 있다. 산업혁명 이후 대기 구성성분 중에 이산화탄소의 양이 처음에는 0.7 ppm/연으로, 그리고 나중에는 1.5 ppm/연의 속도로 지속적으로 증가되었다. 물론 대기 구성성분의 1백만 분의 1.5는 매우 적은 양이다. 그러나 극지방의 얼음 속에 갇혀있는 과거의 공기 방울을 조사하여 보면 이 숫자는 약 2만 년 전의

마지막 빙하시대 이후 가장 높은 수치이다.

인위적인 온실가스의 증가가 정말로 기후를 변하게 하고 있는가. 만약 그렇다고 하면, 얼마나 심각하다는 말인가. 그렇다면, 결국에는 어떤 결과를 초래할 것인가. 이 문제에 대해서 어떤 조치를 취해야만 하는가. 이러한 질문들은 우리 인간 사회에 매우 중요한 사안이기 때문에 이 질문에 답하려는 노력은 바로 흥미진진하고 많은 다른 의견을 가질 수 있는 과학적 논쟁으로 발전되어 왔다. 이러한 기후학적 논쟁은 과학적 견해차를 넘어 많은 부분이 정치적인 소용돌이 속에서 시련을 겪어 왔다. 비록, 시간이 흘러 과학자들간에 인간의 활동이 지표 기온이 상승한데 대해 적어도 부분적인 책임이 있다는 사실에 대해 어느 정도 공감대가 조성되기는 하였어도 기후변화에 대한 다양한 의견차와 혼란은 여전히 의문을 불러일으키고 있다. 이런 상황이 지속되는 이유 가운데 하나는 기후변화 문제에 대해 다양한 기득권층의 이해득실이 과학적인 증거를 아전인수격으로 해석하려 하기 때문이다. ST



글쓴이는 연세대학교 천문대기과학과 초빙교수.
기상연구소 예보 연구실장을 지냈다.

〈표 1〉 세계 인구변화 추이 (환경부, 1998)

구 분	'97	'98	'99	2000	2010	2020
세 계	5,892,480 (100.0)	5,981,200 (100.0)	6,069,820 (100.0)	6,158,051 (100.0)	7,032,294 (100.0)	7,887,856 (100.0)
선진국	1,174,633 (19.9)	1,178,455 (19.7)	1,182,099 (19.5)	1,185,536 (19.3)	1,212,865 (17.2)	1,231,987 (15.6)
개도국	4,717,848 (80.1)	4,802,744 (80.3)	4,887,731 (80.5)	4,972,515 (80.7)	5,819,430 (82.7)	6,655,869 (84.4)
한 국	45,991 (0.78)	46,430 (0.77)	46,858 (0.77)	47,275 (0.77)	50,618 (0.72)	52,358 (0.66)