

# 공전이 만들어낸 기후의 맥박 ‘밀란코비치 순환’

글 | 김경렬 \_ 서울대학교 지구환경과학부 교수 krkim@snu.ac.kr

**올** 해 노벨평화상 수상자로 앨 고어와 IPCC가 선정되었다. IPCC는 1988년 유엔환경계획(UNEP)과 국제기상기구(WMO)가 결성한 기후관련 지구과학자들의 모임이다. 지구온난화로 대표되는 최근의 기후변동을 걱정하는 노벨위원회의 마음이 느껴진다. 그런데 실은 지난 300여만 년 동안 지구는 특이한 기후변동을 겪어왔다. 약 10만 년 주기로 추운 빙하기와 따뜻한 간빙기를 반복해온 것이다. 오늘날 당연하게 받아들이는 이런 주기적 기후변동도 지구과학에 자리를 잡기까지에는 많은 어려움이 있었다. 이번 글에서는 밀란코비치의 순환이라 불리는 지구의 자연적 기후맥박이 받아들여지기까지 과학자들이 걸어야 했던 힘든 여정을 살펴보기로 하자.

## 빙하기의 증거 ‘표석’

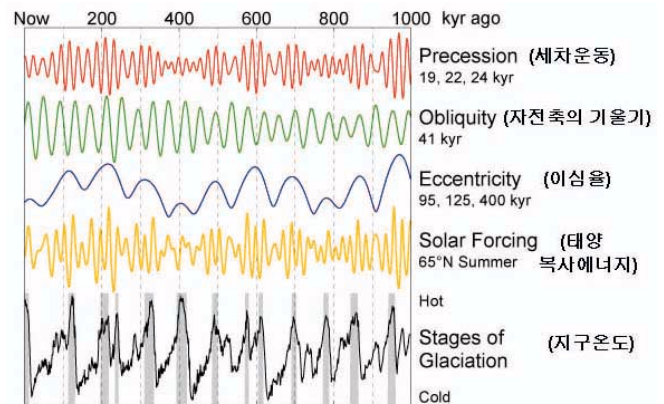
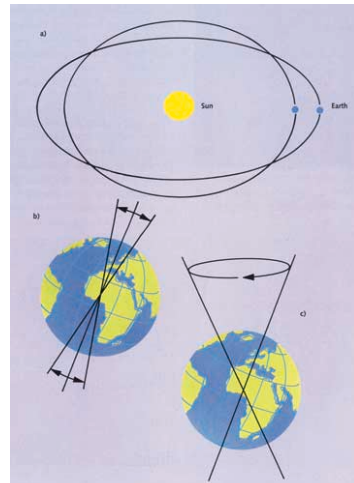
1837년 7월 24일 스위스의 작은 도시 뇌샤텔에서 ‘스위스 자연사학회’가 열렸다. 개회사를 마친 학회장 애거시(1807~73)는 어류 화석의 강의를 기대하며 모인 청중들에게 느닷없이 ‘빙하기’에 관한 강연을 시작하였다.

‘표석(거대한 자갈)’이란 원래의 암석층에서 멀리 떨어진 장소에 놓여있는 큰 바윗덩어리를 가리킨다. 그런데 표석이 어떤 방법으로 그 곳까지 운반되어왔는가 하는 문제로 17~18세기 유럽 과학자들은 애를 먹고 있었다. 성경에서 문제의 답을 찾던 당대의 지배적인 생각은 ‘노아의 홍수 때 물과 함께 떠내려왔다’는 것이었다. 이에 부담을 느낀 여러 과학자들은 ‘홍수 때 암석들이 박혀있던 빙산이 떠 내려와 녹으면서 암석들이 가라앉아 표석이 되었다’는 얼음뭉텨목을 생각하기도 하였다. 표석이라는 용어 자체도 이런 생각을 은연중 반영하고 있다. 그런데 이날 애거시가 과거 빙하기에 빙하가 훨씬 넓게 분포하였고, 팽창하는 빙하에 큰 돌덩어리들이 떼밀려 왔으며, 간빙기가 되어 빙하가 후퇴하면서 그 자리에 돌들만 표석으로 남아있다는 엄청난 생각을 발표한 것이다. 청중들이 이를 흔쾌

히 받아들인 것은 물론 아니다. 실은 애거시 자신도 1832년 약관 25세의 나이로 신설 뇌샤텔 대학의 자연사 교수로 부임할 때는 이를 강력히 반대하던 사람 중의 하나였다.

## 유럽 전역을 뒤덮었던 빙하기

1836년 여름 알프스 론계곡 벡스마을 소금광산을 감독하던 드



세 천문변수의 변동을 보여주는 모식도 : a) 이심율, b) 자전축의 기울기 c) 세차운동

샤르팡티에의 초청으로 애거시는 가족들과 함께 그를 방문하였다. 터무니없는 생각을 포기하고 얼음뱀목이론을 수용하도록 설득하겠다는 애거시는 막상 증거를 직접 보고 나서 드 샤르팡티에가 옳았음을 인정하지 않을 수 없었다. 이후 애거시는 자신의 전공이던 화석 어류 연구를 덮어두고 북극에서 시작하여 지중해에 이르기까지 광대한 빙상이 전 유럽을 뒤덮었다고 엄청난 생각을 뒷받침하는 증거를 수집하는데 그의 온 힘을 쏟게 된다.

하루 전 준비한 빙하기 논문을 발표하였던 1836년의 뇌샤텔 회의에서 애거시는 우선 드 샤르팡티에와 같은 선구과학자들이 그간 이룬 업적을 소개한 후 빙하, 빙퇴석 및 표석을 설명하는 자신의 빙하기 이론을 펼쳐나갔다. 이어 1840년 자신의 생각을 담은 저서 '빙하에 관한 연구' 발표하며, 또한 영국을 방문하여 당대 지질학의 거장 버클랜드, 라이엘 등을 설득하여 마침내 빙하기의 증거가 논쟁의 여지가 없음을 의견 일치치를 보았다. 그러나 한편으로 그의 빙하기에 대한 열정은 친구 드 샤르팡티에에게 심한 상처를 주며, 결국 애거시 자신은 1846년 미국으로 건너가 이듬해 하버드 대학의 교수가 되어 미국에 머물면서 과학 발전에 공헌을 하였다.

애거시는 '노아의 홍수'를 믿던 과학자들이 사고의 틀을 넘어 발전할 수 있게 하는 큰 기여를 하였으나, 자신은 독실한 기독교인이었던 퀴비에의 영향을 받아 당시 다윈이 발전시키던 진화론을 끝까지 받아들이지 않고 1873년 세상을 떠났다. 그러나 이 때쯤이 되면 빙하기의 존재유무는 더 이상 문제의 대상이 될 수 없었다. 빙하기가 왜 지구상에 도래하는가 하는 문제가 대상이었음은 물론이다.

### 지구 공전이 만들어내는 지구기후

과학자들은 케플러가 확인한 타원형 궤도를 따라 태양주위를 도는 지구의 공전에서 원인을 찾을 수 있다고 믿는다. 문제는 공전과 관련된 천문변수들의 작은 요동이다. 지구의 자전축은 약 2만2천 년을 주기로 세차운동을 하며, 공전궤도의 이심률도 약 10만 년의 주기로 변화한다. 또한 공전 면에서 약 23.5도 기울어진 지구 자전축의 기울기도 약 4만1천 년의 주기로 커졌다 작아지는 요동을 한다.

1904년 독일의 수학자 필그림은 지난 수백만 년 간의 세 변수들의 변화모습을 계산한 결과를 발표하였는데, 밀란코비치는 이런 변화가 어느 정해진 위도에서 지표면 단위면적에 도달하는 열량을 계절적으로 어떻게 변화시키는지 계산했다. 밀란코비치 순환이라 부르는 이 연구가 1차 세계대전이 일어났던 1910년대에 펜과 종이만으로 이루어졌다는 것은 실로 놀라운 일이다. 초창기 결과가 정

리되어 1920년 책으로 발간되며, 제2차 세계대전이 진행되던 1941년 그의 나이 62세 때 그의 일생의 업적을 정리한 책이 벨그라드에서 인쇄된다. 과거기후에 관한 자료들이 불충분했던 시절 과학자들이 밀란코비치의 예측을 쉽게 받아들일 수 없었던 것이 사실이다. 그러나 1950년대에 이르러 바다 밑 퇴적물에 갇힌 생물의 유해의 탄소동위원소비나 고위도 지역의 빙하를 이루는 물들의 수소동위원소비 등을 조사하여 밝힌 연구 결과들은 지구가 지난 300여만년 동안에 밀란코비치의 순환을 따라 약 10만 년을 주기로 추운 빙하기와 따뜻한 간빙기를 왕복하는 기후변동을 해왔음을 보여준다. 오늘의 인류 문명도 약 2만 년 전 마지막 빙하기의 절정을 거친 지구가 따뜻한 간빙기로 돌입하면서 꽃이 핀 것이다.

그런데 밀란코비치의 순환과정에 따르면 앞으로 약 5만~6만년 후에 지구는 서서히 다시 빙하기로 들어갈 수밖에 없다. 지상의 모든 생물들은 이전과 같이 빙하기에 다시 적응하면서 생활을 유지하지 않으면 안 된다. 지구만이 유일한 삶의 터전인 지상의 모든 생물체가 감수할 수밖에 없는 어쩔 수 없는 운명이다. 그런데 후에 다시 다룰 예정이지만 지금 지구상에서 일어나고 있는 여러 모습들을 보면 지구가 이런 자연의 섭리를 그대로 따라갈 것 같지가 않다.

### IPCC와 노벨평화상, 그리고 '지구의 해'

지구과학자들이 노벨상을 수상한 것이 이번이 처음은 아니다. 오존층 화학을 규명한 세 명의 지구과학자가 이미 1995년 노벨화학상을 수상하였다. 노벨위원회는 올해 지구기후관련 과학자들에게 노벨상을 수여하면서 전지구인에게 지구환경문제에 대한 경각심을 다시 한 번 호소하고 있다. 더구나 내년은 유엔이 정한 '지구의 해(IYPE, 2007~2009)'가 우리 나라에서도 본격 가동되는 해다. 표어도 '사회를 위한 지구과학'이다. 수년 전 교육인적자원부가 미래를 짚어질 우수한 고급인력을 양성한다는 목표를 가지고 BK21 사업을 처음 시작할 때의 일이다. 돈이 되지 않는 학문(~T를 붙일 수 없는)이라는 이유로 수학과 지구과학을 사업에서 제외하려던 정책입안자들을 설득하느라 땀을 꽤 흘렸었다. 그러나 이제는 우리들의 유일한 삶의 터전인 지구를 사랑하고 아끼는 마음이 사람들 마음속에 깊이 자리 잡으며 왜곡된 지구과학의 학문적인 위상이 제 자리를 찾아가도록 배려해주는 국가적 노력이 정말로 필요한 때로 여겨진다. ㉔



글쓴이는 서울대학교 화학과 졸업 후 동대학원에서 석사학위를, 캘리포니아대학 샌디에이고 캠퍼스에서 해양학으로 박사학위를 받았다. 현재 지구환경과학부 학부장 겸 BK21사업단장으로 있으며, 해양연구소장을 겸임하고 있다.