

오래된 지구를 보는 새로운 눈

‘판구조론’ IV

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

1949년 8월 미국을 당혹스럽게 하는 사건이 발생했다. 핵무기 독점을 위해 개발에 열을 올리던 미국의 예상을 깨고 소련이 원자폭탄 실험에 성공한 것이다. 1950년 2월 미국 원폭 개발에 관계했던 영국 핵물리학자 호스가 원폭기밀제공 혐의로 영국에서 체포되고, 미국의 첩보요원 골드와 로스알라모스에서 근무하던 육군 중사 그린글래스가 체포되었으며, 그린글래스의 진술에 따라 그의 매형 로젠버그와 부인이 연행되었다. 이들 부부를 통해 핵 기밀이 뉴욕 주재의 소련 부영사에게 전달되었다는 혐의였다.

1951년 3월 재판이 시작되고 4월 5일 그린글래스의 증언만을 거의 유일한 근거로 혐의를 부인하는 이들 부부에게 사형 선고가 내려졌다. 교황을 비롯해 아이슈타인, 러셀, 사르트르 등 세계의 지성들이 아이젠하워 미국 대통령에게 항의 서한을 보내고 구명을 위한

탄원 활동을 벌였지만 1953년 6월 19일에 이들은 뉴욕의 한 형무소에서 전기의자에 앉아 세상을 떠났다.

냉전이 고조되고 미국 내에서 일어나고 있었던 마녀사냥식 공산주의자 색출이라는 매카시즘 선풍의 영향을 받은 탓이었기도 하지만, 당시 FBI의 후버 국장은 이 사건을 ‘세기의 범죄’라고 규정했으며 담당 판사는 “이들의

배반으로 인류의 역사가 바뀌었다”고 주장했다. 드레퓌스 사건 이후 서방 세계를 들끓게 한 사건이었지만 아직까지도 그 실체가 정확히 밝혀지지 않고 있다. 이를 시작으로 하여 미·소가 경쟁적으로 핵무기 개발에 열을 올린 것은 말할 것도 없다.

‘전지구표준지진관측망’ 설치돼 지진대 확인

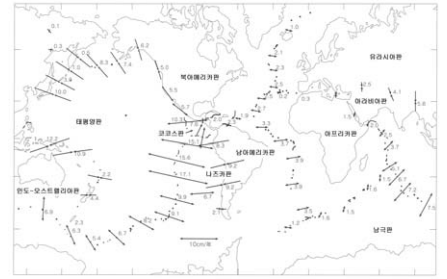
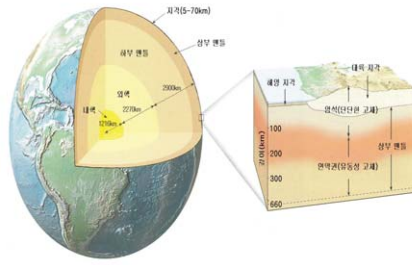
미국과 소련이 핵무기 개발을 어느 정도 마무리할 수 있게 된 1963년에 이르러 116 국가가 대기권, 수중 및 우주공간에서의 핵실험을 금지하는 LTBT에 서명하면서, 대기권 핵실험은 지하 핵실험으로 전환되고, 1974년에는 TTBT를 통해 150kt 이상 되는 핵폭탄의 실험이 금지됐다. 물론 1970년대, 80년대에도 중국, 프랑스가 일부 대기권 실험을 진행하기는 했다.

이제 미국과 소련은 서로 상대방이 지하에서 하는 핵실험을 감지할 필요가 분명해진 것이다. 이렇게 지하핵실험이 진행되는 것을 감시하기 위하여 전지구표준지진관측망(WWSSN)이라 불린 대규모의 지진관측망이 전지구적으로 설치되었다. 아마 과학자들의 순수한 과학적 목적으로 관측망 설치를 위한 재정적 지원을 정부에 신청했다면 그 시간이 얼마나 걸렸을는지 모를 일이 순식간에 이루어진 것이다. 그리고 다행스럽게도 이를 통해서 부수적으로 얻어진 자연 지진에 관한 정보는 지구과학자들에게는 너무나도 값진 귀한 선물이었다.

이런 관측망 덕분에 지진학자들은 1960년대에 이르러 세계적으로 어느 곳에서 지진이 일어나고 있는지를 알 수 있게 되었고 이를



1945년 7월 16일 미국 뉴멕시코 앨러모고도에서 세계 최초로 수행된 대기권 핵폭탄실험



지진이 일어나는 진앙지를 보여주는 지도. 지진이 일정한 선을 따라 발생하고 있는 것이 분명하며 이들 선이 바다의 산맥 해구 등이 위치하는 지역과 일치하는 것을 알 수 있다.

지구내부의 구조. 약 100km 깊이에 유동성의 연약권이 있다.

지구 표면을 나누는 대표적인 판들. 숫자는 판의 경계에서 판들이 움직이는 속도(cm/y)다.

정확한 지도로 작성할 수 있게 되었다. 이런 지도가 보여주는 분명한 것은 지진이 아무 곳에서나 일어나는 것이 아니라 하나의 선을 따라 분포돼 있다는 것이었으며, 더욱이 바로 이 선들이 서서히 밝혀지기 시작한 바다 밑 해저산맥이나 깊은 해구에 해당하는 지역임을 알게 된 것이다. 바로 1960년대 초에 헤스가 예측하였던 새로운 해양지각이 만들어지는 해저산맥의 정상부와 해양지각이 다시 맨틀로 가라앉는 해구 지역을 분명히 집어줄 수 있었으며, 이로써 판구조론의 확립에 필요한 종지부를 찍을 수 있는 중요한 전기가 마련되게 된 것이다.

유레카, 움직이는 것은 판이다!

지진이 만들어내는 지진파가 지각·맨틀 및 핵 등의 층 구조를 가지고 있는 지구 내부에서 이동되는 모습을 자세히 관찰하던 지구 물리학자들은 지각과 최상부 맨틀을 포함하는 약 100km 두께의 암석권은 매우 단단한 구조를 가지고 있으나, 그 밑에는 연약권이라 불리는 힘을 받으면 ‘움직일 수 있는’ 층이 있음을 알게 되었다. 지구내부가 ‘단단한 고체’로 되어 있다고 믿으며 베게너의 생각에 그렇게 강한 반대를 하던 지구물리학자들이 새로운 자료를 가지고 이번에는 지구내부에 ‘움직일 수 있는’ 연약권이 있다는 새로운 결론을 내리면서 50여 년 전 베게너를 괴롭혔던 대륙 이동의 문제를 해결하는 결정적 계기를 마련해 준 것이다.

유레카! 베게너가 주장했던 대륙의 이동이나 매튜스와 바인이 생각한 해저의 움직임 정도가 아니었다. 이보다 훨씬 두껍게 지각과 상부 맨틀의 일부를 포함하는 100km 두께의 판이 실제로 움직이고 있으며, 대륙이나 바다(해양지각)는 단지 이렇게 움직이는 ‘암석권’이라는 이름의 거대한 껍질(판)에 얹혀 함께 움직이는 껍질의 손님일 뿐이었다.

이런 사실들이 종합되면서 1960년대 후반에 이르러 지구의 약 100km 두께의 표층(암석권)은 해저산맥, 해구 등을 경계로 하는 10여 개의 조각(판)으로 나뉘어져 있으며, 이들은 서로 상대적인 운동

을 하고, 판들의 경계는 지질학적으로 불안정하며, 이 지역에서 지진이 발생한다는 등을 골자로 하는 판구조론이 나이가 46억년이나 되는 늙은 지구를 보는 새로운 눈으로 등장하게 된다.

1960년대 후반 판구조론 확립

판구조론에 의하면 해저산맥은 지구 내부에서 올라온 물질이 새로운 해양지각을 만드는 곳이며, 해구는 밀려간 판이 다른 판의 경계에서 지구내부로 들어가며(섭입) 파괴되는 곳에 해당한다. 실은 이미 1920년대가 되면서 지진학자들은 수평에서 40~60도 정도 기울어져 해구에 평행하게 지구내부로 수백 km 정도까지 지진지역이 연장되는 것을 발견하였다. 이들 지역은 이러한 연구에 크게 기여 하였던 일본의 와다티와 미국의 베니오프를 기념하여 와다티-베니오프대, 혹은 줄여서 베니오프대라고 부르는데, 바로 이 베니오프대가 섭입과정의 결과로 나타나는 것임을 이해하게 된 것이다.

이후 이어진 해양연구를 통해서 해양지각 연대가 해저산맥에서는 거의 제로이며 이에서 멀어질수록 점점 증가하기는 하지만 아무리 오래되었어도 1억 년을 크게 넘지 않아 지구의 나이에 비해 매우 어리며, 따라서 해구와 같은 지역에서 지구내부로 물질이 다시 섭입하면서 파괴되는 과정이 진행되고 있음을 더욱 확인시켜 주었다.

우리는 이미 앞서 ‘지중해는 한때 사막이었다’, ‘지금의 지구 모습을 갖춘 건 불과 300만 년 전’ 이란 제목을 가진 글들에서 이렇게 탄생한 판구조론을 받아들인 과학자들이 그 동안 이해하기 힘들었던 거대한 지구의 많은 것을 이해하는 놀라운 해안을 갖게 되었는지를 살펴보았다. 다음 글에서는 지구의 연구에 혁명적 변화를 일으킨 판구조론으로 새로이 본 늙은 지구의 모습을 한 번 살펴보기로 하자. ㉓



글쓰는 서울대학교 화학과 졸업 후 동 대학원에서 석사학위를 받았으며, 미국 캘리포니아대학 샌디에이고 캠퍼스에서 해양학으로 박사학위를 받았다. 현재 지구환경과학부 학부장 겸 BK21사업단장으로 있으며, 해양연구소장을 겸임하고 있다.