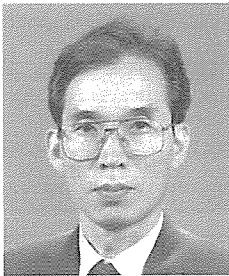


# 대륙이동설의 등장과 쇠퇴

## 베게너학설, 수학적 이론에 밀려나

지구의 대륙형성을 15~16세기 베이컨은 대서양 양쪽 해안선 윤곽이 비슷하다는 점을 들어 하나의 대륙이 천재지변에 의해 변형된 것이라고 주장했다. 19세기 들어 허튼은 지구수축설을 들고 나왔고 20세기 초 대륙이동에 대한 논문이 미국의 테일러와 독일의 베게너에 의하여 발표되었다. 특히 베게너는 「대륙과 해양의 기원」이라는 저서를 통해 대륙이동설을 펼쳤으나 1930년 베게너의 죽음과 함께 많은 과학자들의 반박에 밀려 대륙이동설은 고개를 숙이게 되었다.



崔 德 根

(서울대 자연과학대학 지질학과 교수)

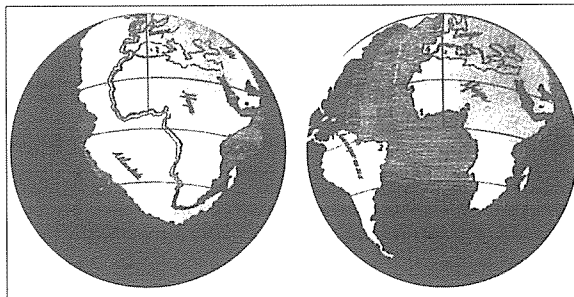
15, 16세기의 지리적 탐험에 의하여 개략적인 세계지도가 만들어졌을 무렵, 베이컨(Francis Bacon)은 대서양 양쪽에 있는 대륙의 해안선 윤곽이 일치하는 점에 주목하였다. 이러한 지형적 특징에 대하여 일부 학자들은 지구상의 모든 대륙이 태초에 하나의 대륙을 이루고 있었으나 그 후 노아의 홍수와 같은 천재지변이 일어났을 때 갈라진 것으로 해석하였다(그림 1).

천재지변에 의하여 지구의 모습이 바뀌어 왔다는 생각은 당시 과학계의 보편적 이론이었지만, 19세기에 들어서 자연과학의 발달과 허튼(James Hutton)에 의하여 제안된 동일과정설

-현재 지구상에서 일어나고 있는 자연 현상은 과거에도 똑같은 상태로 일어났으며 따라서 현재의 자연현상을 이해함으로써 과거에 지구상에 일어났던 일들을 알아낼 수 있다는 생각이 받아들여지면서 천재지변의 이론은 사라지게 되었다.

### 한때 지구수축설 등장

한편, 19세기 후반의 과학계에서 지구의 형성과 관련하여 일반적으로 받아들여졌던 이론은 지구수축설이다. 즉, 원시지구는 용융상태에서 출발하여 서서히 식으면서 굳어지고 수축하여 현재에 이르렀으며 지금도 냉각, 수축과정이 진행되고 있다는 생각이

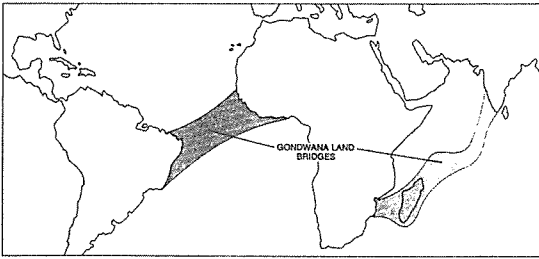


<그림 1> 태초에 모여 있던 대륙(왼쪽)이 천재지변에 의하여 분리된 모습

다. 수축하는 과정에서 지표면은 주름이 지게되었고, 이 때 높은 부분은 대륙과 산맥을 그리고 낮은 부분은 바다를 이루었다는 설명이다. 마치 사과를 말렸을 때, 겉부분에 주름이 잡히는 것에 비유할 수 있다.

그러므로 지각의 수직운동은 가능하지만 수평이동이 일어난다는 것은 생각할 수 없었다. 19세기 후반, 남반구의 대륙을 조사하던 지질학자들이 발견한 흥미로운 사실중 하나는 남아메리카, 아프리카 그리고 인도대륙의 고생대 지층에서 같은 종류의 육상 식물과 파충류가 화석으로 발견된 점이다. 깊은 바다를 사이에 두고 멀리 떨어져 있는 대륙에서 같은 종류의 육상생물이 살았다는 사실을 어떻게 설명할 수 있을까? 당시의 학자들은 이들 대륙이 가늘고 긴 육교(陸橋)에 의하여 연결되었으리라고 생각하고, 이렇게 연결된 대륙을 묶어 곤드와나대륙(Gondwanaland)이라고 불렀다(그림 2). 옛날에는 이 육교를 통하여 생물의 이동이 가능하였지만, 그 후 수축이 진행되면서 육교가 물 속에 잠기게 되었다는 설명이다.

20세기 초, 대륙이동에 대한 논문이 미국의 테일러(Frank B. Taylor)와 독일의 베게너(Alfred Wegener)에 의하여 거의 동시에 발표되었다. 특히 베게너는 고생대 말(약 2억5천만년 전)에 지구상의 모든 대륙이 한 곳에 모여 있었으나, 그 후 대륙이 이동하여 현재에 이르렀다고 하는 대륙이동설을 전개하였다. 그는 이 대륙의 이름을 판게아(Pangaea)라고 불렀는데, 판게



<그림 2> 남아메리카, 아프리카, 인도를 연결하였던 것으로 생각했던 육교의 분포

이는 '모든 대륙'이라는 뜻이다. 당시 지구수축설이 보편적으로 받아들여지던 시대에 살고 있던 베게너가 어떻게 대륙의 수평이동을 생각하였을까? 여기서 베게너의 학문적 배경을 잠시 알아보기로 하자.

### 52시간 기상관측 기록도

베게너(그림 3)는 1880년 베를린에서 태어났으며, 1904년 베를린대학에서 천문학으로 박사학위를 받았다. 그러나 그는 어렸을 적부터 북극 탐험에 대한 꿈을 가지고 있었고, 다른 한편으로는 당시 새로운 자연과학으로 태어난 기상학에 관심을 가지고 있었다. 베게너는 1906년 기구를 타고 52시간 동안 기상관측을 한 적이 있는데 이는 당시 세계기록으로 인정되었다. 그 후, 그는 덴마크 그린랜드탐험대의 기상학자로 선발되어 약 2년동안 그린랜



<그림 3> 베게너

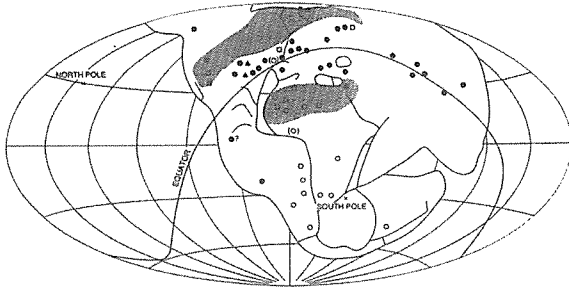
드에 머물면서 연구활동을 하였다. 독일에 돌아온 후, 그는 마르부르크 대학에서 천문학과 기상학을 강의하였는데 명쾌한 설명과 열정적 강의로 학생들 사이에 인기가 많았었다고 전해진

다. 특히, 그는 자연현상에 대한 직관적 이해가 빨랐던 것으로 동료학자들이 증언하고 있는데, 바로 이러한 점에서 자신의 연구 분야와 거의 관련이 없는 내용인 대륙이동설을 생각해 낼 수 있지 않았을까 추정해 본다. 베게너는 1912년 제2차 그린랜드 탐험에서 처음으로 그린랜드대륙 횡단에 성공하였으며, 1930년에는 탐험대장으로 제3차 그린랜드탐험대에 참가하여 선발대에 보급품을 공급하러 가던 도중 사망하였다. 그는 분명 기상학자로서 또한 탐험가로서도 성공적 삶을 살았지만, 그의 과학적 호기심에서 출발한 대륙이동설의 제안으로 20세기 과학계에 엄청난 영향을 미쳤다.

베게너가 처음에 어떻게 대륙이동의 가능성을 생각하게 되었는지는 분명치 않다. 그러나 베게너는 우연히 접한 과학잡지에서 브라질과 아프리카가 예전에는 육교로 연결되었다는 논문을 읽고서 이 문제에 빠져든 듯하다. 앞에서 이미 언급한 것처럼 대서양 양쪽 해안선의 윤곽이 양 대륙을 접근시켰을 때 마치 어린이들이 가지고 노는 조각그림 맞추기처럼 잘 일치한다는 점도 놀랍거니와 바다에 의하여 멀리 떨어져 있는 남아메리카와 아프리카의 고생대 지층에서 같은 종류의 육상생물 화석이 발견된다는 점에서 대륙과 대륙을 육교로 연결하는 것보다 오히려 예전에는 한 덩어리였던 대륙이 분

리된 것은 아니었을까 하고 생각해 볼 수도 있었을 것이다. 아마도 베게너는 이러한 과학적 직관력에 의존하여 대륙이동의 가능성을 탐구하기 시작하였던 듯하다.

베게너가 대륙이동의 증거로 제시한 것 중에서 가장 독창적인 내용은 과거의 기후분포와 대륙이동을 연결시켰다는 점이다. 퇴적물이 쌓일 때는 퇴적 당시의 기후적 요소를 지시하는 흔적을 남기게 되며, 따라서 퇴적암을 자세히 연구하면 그 당시의 기후를 알아낼 수 있다. 예를 들면, 빙하퇴적물은 현재 위도 60° 이상의 고위도 지방에 주로 쌓이므로 옛날의 빙하퇴적물도 극지방에 가까운 곳에서 쌓였다고 할 수 있다. 주로 식물의 유해로 이루어진 석탄층은 옛날의 울창한 수풀을 의미하는데 오늘날 울창한 수풀이 주로 적도지방에 분포하기 때문에, 석탄층은 옛날의 적도지방에서 형성되었음을 의미한다. 그리고, 사막은 현재 위도 20°~30°의 아열대지방에 집중되어 분포하므로 암석 중에 건조한 기후를 지시하는 암엽이나 석고 그리고 바람에 의하여 형성된 사구층이 발견되면 그 암석은 위도 20°~30°의 아열대지방에서 쌓였음을 알 수 있다. 베게너는 고생대의 퇴적암에 남아있는 기후적 요소를 그가 복원한 판게아대륙에 표시한 후, 당시의 적도와 극의 위치를 제안하였다(그림 4). 이 그림에서 현재 북위 30°~50°지역인 북아메리카, 유럽, 아시아의 대규모 석탄분포 지역은 당시의 적도지방으로, 빙하퇴적층이 분포하는 남아메리카, 아프리카, 오스트레일리아지역은 당시의 극지방으로, 그리고 그 사이의 사막환경 퇴적층이 분포하는 곳은 아열대지방이었음을 알 수 있다. 베게너는 대륙이동을 지시하



<그림 4> 베게너에 의하여 작성된 약 3억년 전의 기후 분포를 판게아대륙에 표시한 지도(○ : 빙하퇴적층 ; □ : 암염 ; ● : 석탄층)

는 증거를 묶어 1915년 「대륙과 해양의 기원」이라는 저서를 발간하였다. 이외에도 베게너는 현재 대륙이 서서히 이동하고 있다는 사실을 실제로 측정하여 제시하는 일이 중요하다고 생각하여 그리니치 천문대를 기점으로 그린란드 덴마크 측후소의 위치를 측정한 자료를 분석하여 두 지점이 1년에 약 36m의 속도로 멀어지고 있음을 발표하였다.

### 베게너 사망후 후퇴

베게너의 대륙이동설이 처음 발표되었을 때 과학계는 상반된 반응을 보였다. 어떤 학자들은 이 가설에 대하여 격렬하게 반대하였지만, 또 다른 학자들은 대륙이동이 가능하다는데 동조하기도 하였다. 그의 저서 「대륙과 해양의 기원」은 원래 독일어로 쓰여졌고 또한 제1차 세계대전 중이었기 때문에 다른 나라에서는 별로 읽혀지지 않았었는데, 1924년 영어, 불어, 스페인어, 러시아어 등으로 번역되면서 엄청난 반향을 일으켰다. 베게너가 제시한 여러 가지 증거들이 대륙이동의 가능성을 충분히 설명하고 있음에도 불구하고, 대륙이동설은 당시의 학계에서 매우 파격적인 이론으로 받아들여져 많은 반박을 받게 되었다. 대서양 양쪽 대륙의 해안선이 실제로 정확하게

맞추어지지 않으며, 베게너가 빙하퇴적층이라고 생각한 지층이 빙하의 작용에 의하여 쌓인 것이라고 단정할 수 없다는 점, 그리고 대륙이 일년에 36m 정도 멀어진다는 측정치도 믿기 어렵다는 것이다. 과학적 논쟁

을 넘어서 어떤 사람은 '베게너는 과학적 자질이 의심스러운 사람'이라고 했으며, 또 어떤 사람은 '만약 베게너의 대륙이동설을 받아들인다면 우리가 지난 70여년간 연구했던 내용을 모두 버려버리고 새롭게 출발해야 할 것이다'라고 신랄하게 비판하였다.

그러나 결정적으로 대륙이동설을 사라지게 만든 원인은 대륙이동의 원동력을 설명하는 과정에서 찾아볼 수 있다. 베게너는 대륙이동의 원동력으로 지구 자전에 의한 원심력과 달과 태양의 인력에 의한 조석마찰력을 생각하여 두 힘의 작용으로 지각과 액체상태인 지구내부의 상대적 운동 차이 때문에 대륙이 서쪽으로 이동될 수도 있다고 설명하였다. 그러나 이 제안은 영국의 지구물리학자 제프리(Harold Jeffreys)의 수학적 계산에 의하여 만약 베게너가 제시한 대륙이동의 원동력을 인정한다면 지구는 현재 자전을 멈추어 버린 상태일 것이며, 지표면은 높고 낮은 부분이 없는 완벽한 구형을 이루어야만 할 것이라고 결론지어 대륙이동설의 반대론자들을 기쁘게 하였다.

그 후 많은 학자들에 의하여 대륙이동설을 부정하는 논문의 발표 그리고 1930년 그린란드 탐험 중 베게너의 죽음으로 대륙이동설은 점차 잊혀지게

되었다. 그러나 유럽의 일부 학자들은 알프스산맥의 복잡한 습곡과 단층의 생성원인 그리고 남아메리카와 아프리카의 지질학적, 고생물학적 유사성을 설명하는데 대륙이동설이 적절하다는 주장도 대두되었지만, 전반적으로 대륙이동은 불가능하다는 생각이 지배적이었다. 베게너의 절친한 친구였던 영국의 지질학자 홈즈(Arthur Holmes)는 지구 내부에서 방사성 원소의 붕괴열이 축적되면, 맨틀 내에 대류가 일어나기 때문에 대륙이 이동될 수 있다는 가능성을 제기하였다. 그의 이론에 의하면, 맨틀 내에 분포하는 방사성 원소의 붕괴열에 의하여 데워진 물질은 지구의 겉 부분으로 서서히 올라오게 되며, 지표 부근에 도달하면 옆으로 이동하고 냉각되어 무거워지면 가라앉는다는 것이다. 이 학설은 당시 학계의 주목을 받지 못하였지만 후에 해저확장설이 대두되면서 그 중요성을 인정받게 되었고, 궁극적으로 대륙이동설이 소생하는데 결정적 기여를 하게 된다.

베게너가 대륙이동설을 생각해내고 그 이론을 전개하는 과정에서 보수적인 학계로부터 냉대를 당하고 그가 죽은지 40여년이 지난 후 마침내 다시 그의 이론이 소생하는 과정은 마치 한편의 드라마를 보는 것과 같다. 아마도 지질학에 관하여 전혀 지식이 없었던 점이 그의 사고를 자유롭게 하였던 듯하며 어떤 면에서는 행운이라고 할 수 있을 것이다. 베게너는 그의 직관력에 의존하여 연구를 수행하였고 그 결과 20세기 후반에 들어가 지구에 관한 새로운 이론(판구조론)을 정립하는데 크게 기여하였으며 그밖에 생물학, 해양학, 천문학 등 여러 학문 분야에도 폭넓은 영향을 주게 되었다. ㉞