

# 태양계 가족의 낯둥이, 달

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

“이 것은 한 개인에게는 하나의 작은 걸음이지만 인류에게는 큰 도약입니다”

1969년 7월 21일 아폴로 우주인 닐 암스트롱이 달 착륙선 이글호의 마지막 계단을 내려와 지구 이외 천체에 최초로 발을 디디면서 한 역사적 발언이었다. 이어진 여섯 차례의 아폴로 달 탐사에서 우주인들은 385kg이나 되는 귀중한 달 시료를 지구로 가지고 돌아와 지구과학자들의 손에 넘겨주었다. 조심스러운 연령측정을 통해 46억 년에 가까운 값을 보이는 많은 시료를 확인하였으며, 이로써 46억년 전 태양계 가족이 다 함께 탄생하였다는 패터슨의 결론이 더욱 확인되었다.

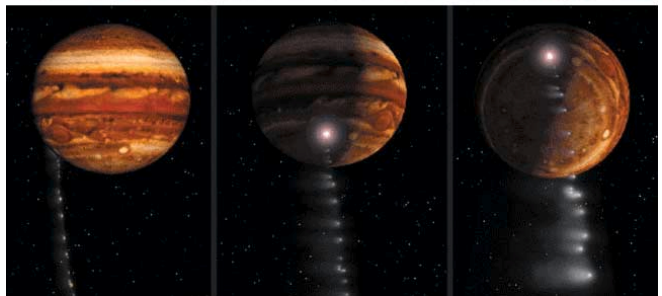
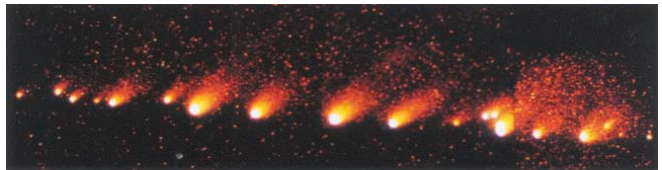
그런데 달 탐사가 알려준 흥미로운, 또 한편으로는 역설적이기도 한 사실은 태양계가 형성될 당시 달은 이에 포함되지 않았다는 것이다. 달은 어떻게 태양계의 한 식구로 등장한 것일까?

## 지구가 겪은 최대의 충돌 사건

달을 처음으로 과학적으로 살핀 사람들은 그리스인이었다. 기원전 3세기경 아리스타르쿠스는 월식 때 달에 비친 지구의 모습을 이용하여 지구에서 달까지의 거리가 지구 반지름의 약 60배 정도가 될 것으로 추정하였는데, 55~63배인 실제 거리와 비교해볼 때 매우 놀라운 추정이었다. 또한 전기 작가 플루타르크는 달에 사람들이 산다고 믿으며 어두운 부분은 바다, 밝은 부분은 육지라고 불렀는데, 오늘날까지 이런 믿음의 흔적이 지명에 그대로 남아 있다.

그러나 1610년 망원경을 하늘로 향해 어두운 부분이 실제로 넓은 평원이며, 밝은 부분은 고저가 심한 산악지대임을 밝힌 갈릴레오의 관찰을 근대적 연구의 효시로 꼽을 수 있다. 신의 창조물인 완벽한 구라 믿었던 달의 표면이 이와는 달리 매우 불규칙한 모양을 하고 있다는 사실은 그가 지동설을 받아들이는 데 중요한 일조를 하였음은 물론이다.

달의 기원에 관한 납득할 만한 이론이 정립된 것은 사람들이 달에 발을 디디면서 달의 관측을 수행하면서의 일이다. 특히 달의 밀도는  $3.34g/cm^3$  으로서 평균 밀도  $5g/cm^3$  이상의 지구에 비하여 가볍



로쉬의 한계를 가장 극적으로 보여준 사건이 1992년 있었다. 목성에 접근하던 슈메이커-레비 9 혜성이 목성의 로쉬의 한계 이내로 들어간 후 바로 21개의 조각으로 깨져 목성에 연속적으로 충돌한 사건이다.

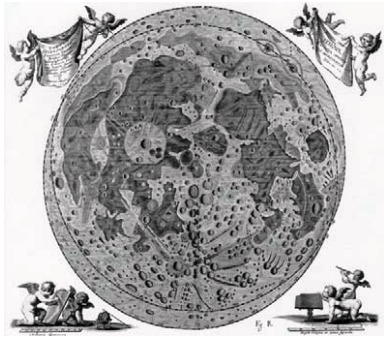
다. 지구처럼 무거운 철로 된 핵을 별로 가지고 있지 않다는 것을 보여준다. 탄생 후 맨틀, 핵 등으로 분화되는 과정을 마친 후 얼마 되지 않은 지구가 화성 정도 크기의 물체와 친지가 개벽할 엄청난 충돌을 했으며, 이때 주로 흐트러진 지구 맨틀 성분을 추슬러가면서 달이 탄생했다는 것이 바로 ‘충돌설’의 요점이다.

1970년대 중반 당시 새로이 얻어진 달의 특성을 설명하기 위한 가능성으로 반신반의 속에 등장한 충돌설은 1984년 달의 기원을 밝히기 위해 열렸던 회의를 계기로 본격적으로 자리를 굳히기 시작한 것이다.

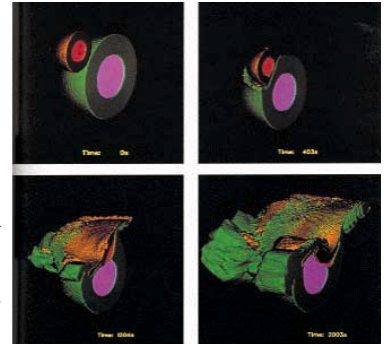
## 달은 지구의 달이 아니다!

‘달은 지구의 위성(달)이 아니다’ 라고 하면 이 말의 의미가 좀 더 분명해질 것이다. 과학자들은 위성이 위성이기 위한 중요한 기준으로 모행성과의 거리를 꼽으며, 안정한 위성이 되기 위해서는 어떤 한계가 있다고 믿고 있다.

그 하나가 1848년 로쉬(Edouard Roche)가 제시한 것으로 흔히 로쉬의 한계(Roche Limit)라 부른다. 로쉬의 한계란 한 물체가 접



1747년 헤벨리우스가 만든 달 지리서 '월면학'에 보면 칭둥을 보여주는 그림이 설명되어 있다.



샌디아 국립연구소(SNL)의 킵과 애리조나대학교의 멜로스는 당시의 충돌을 재현하는 컴퓨터 모의 실험 연구를 통하여 칭둥설의 타당성을 더욱 확인시켜주었다.

근하는 물체의 조석력에 의하여 부서지지 않고 어느 정도까지 접근할 수 있는가를 알려주는 값이다. 행성과 위성이 같은 밀도를 가질 때 로쉬의 한계는 행성 반지름의 2.446배에 해당하는 거리이다. 1992년 목성에 접근하던 슈메이커-레비 9 혜성이 이 한계내로 들어오면서 21개의 조각으로 깨져 연속적으로 목성과 충돌하던 장면은 로쉬의 의미를 극적으로 보여준 예이다.

다른 하나는 아시모프가 제시한 TOW(Tug of War)이다. 위성은 중력에 의해 모행성에 끌리지만 다른 한편으로 태양에도 끌리며, TOW는 바로 이 두 힘이 균형을 이루는 거리이다. TOW는 행성과 태양의 질량을  $m_p$ ,  $m_s$ , 행성 및 태양까지의 거리를  $d_p$ ,  $d_s$ 라고 할 때  $TOW = (m_p/m_s) (d_s/d_p)^2$  식으로 표현된다. 위성이 이 안에 있으면 모행성의 위성이 될 수 있으나, 이보다 멀어지면 태양의 영향권으로 들어가 행성에서 떨어져나갈 수밖에 없다.

즉, 달이 달이기 위한 조건은 모행성과의 거리가 로쉬의 한계보다 크며 TOW보다는 작은 값을 갖는 것이다. 지구의 로쉬의 한계는 15,600km이며 TOW는 46,400km이다. 정지 위성들의 궤도가 3만6천500km 정도의 적도 상공인 것을 이로서 쉽게 이해할 수 있다. 그런데 지구와 달까지의 평균 거리는 무려 38만4천400km, 즉 TOW의 8배 이상이나 된다. 달은 달이 아닌 것이다.

달은 강한 인력으로 인해 지구와 서로 단단히 묶여진 상태로 태양의 주위를 공전하고 있는 천체이다. 이에 수반되어 나타난 중요한 현상의 하나는 우리들이 볼 수 있는 달의 표면이 반쪽뿐이라는 것이다. 엄밀히 말하면 '칭둥'이라 부르는 달의 상하좌우의 진동 때문에 반보다는 조금 더 되는 59% 정도를 볼 수 있다. 인류가 가려진 달의 뒷모습을 처음으로 볼 수 있었던 것은 1959년 구소련의 루나 3호가 달 궤도를 공전하면서 달 뒷면의 70%를 처음으로 촬영하는데 성공한 후의 일이다. 지구에 가장 가까운 천체이면서도 아주 최근에 와서야 전체 모습을 볼 수 있었던 것이다.

### 만약 달이 없었다면?

그런데 만약 이런 충돌사건이 일어나지 않아 달이 태어나지 않았다면 오늘날의 지구는 어떤 모습을 하고 있을까? 밤을 밝혀주는 빛이 없다는 것이 물론 큰 아쉬움일 것이다. 그러나 사람들에게는 이보다 더 심각한 문제가 있어 보인다. 과학자들은 만약 달이 없었다면 아마 지구의 자전 시간이 6~8시간 정도밖에 되지 않았을 것으로 추정하고 있다. 이렇게 빠르게 자전하는 지구에서 과연 '사람'이 생존경쟁에 적합한 생명체로 진화할 수 있었을까? 지구 탄생 후 얼마 되지 않아 우연히(?) 지구에 일어난 거대한 충돌로 달이 탄생한 것이 우리에게 얼마나 고마운 일인가!

요즘 운석의 충돌이 지구에 심각한 문제를 일으키지나 않을까 염려 하면서 과학자들이 운석 감시활동을 하고 있다. 그러나 지구가 지금까지 진화하는 과정에서 달을 탄생시킨 사건 이후에도 충돌이 때로 매우 중요한 역할을 한 것이 분명해 보인다. 아마 또 하나의 중요한 사건이 6,500만 년 전 멕시코의 유카탄 반도에 발생한 충돌일 것이다. 직경 약 10km의 운석이 충돌한 것으로 믿어지는 이 사건으로 지구상에는 파충류가 지배하던 중생대가 막을 내리고 포유류의 시대가 열리게 된 것이다. 우리사람들이 편하게 살고 있는 지구가 만들어지는데 이런 충돌이 결정적인 기여를 하였다는 것은 참 놀라운 일이다. 약 46억 년 전 우리 태양계가 형성되는 과정에서 지구가 탄생하였다. 그리고 얼마 지나지 않아 소중한 지구의 반려자 달이 탄생하였다. 그리고 지구는 태양계 내의 유일한 생명의 행성으로 자리를 잡아가면서, 태양계 내에서 지구만이 가지는 특별한 달력을 탄생시켰다. 다음 글에서 생명의 행성 지구가 만들어낸 지구달력에 대해 살펴보기로 하자. ㉔



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