

우리 태양계로의 여행

Minjae Kim (김민재)

ITAP, Kiel Univ., Germany (이론물리 및 천체물리학 연구소, 킬 대학교, 독일)

LSW, Heidelberg Univ., Germany (주립 천문대, 하이델베르크 대학교, 독일)



천체 삽화가의 상상도: 우리 태양계와 그너머로 보이는 은하와 천체들

Credit: NASA

**“eppur si muove”
(그래도 지구는 돈다)**

갈릴레오 갈릴레이는 우리 태양계의 중심이 지구가 아니라 태양임을 믿었기에 당시 사회는 그의 연구 성과에 대하여 많은 반대가 있었습니다. 따라서 그는 자진하여 로마 교황청을 방문하였고 그의 이론을 설명하였으나 결국 종교재판에 회부되어 지동설의 포기 및 철회를 명령 받았습니다. 종교재판소에서 풀려나자마자 갈릴레이는 하늘을 올려다보고 땅을 내려다보면서 발자국을 찍었습니다.

니다. 그리고 동시에 “그래도 지구는 돈다” 라고 혼잣말을 했습니다.¹

“eppur si muove (그래도 지구는 돈다)”

- 갈릴레오 갈릴레이

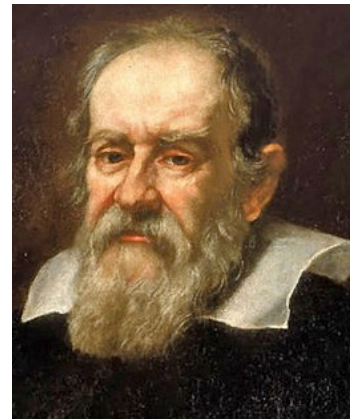


그림 1. Justus Sustermans의 갈릴레이 초상화

옛날 사람들이 생각했던 우리 태양계는 어떠했을까요? 옛날 사람들은 지구중심설 혹은 천동설²로 알려진 ‘지구가 우주의 중심이며 모든 천체가 지구 주위를 돈다’는 학설을 믿었습니다. 물론, 물리학이 없었다면, 지금 우리도 여전히 지구가 우리 태양계의 중심이라고 믿고 있을 겁니다. 그만큼 천동설은 우리가 느끼기에 직관적이고 당연해 보입니다. 밤하늘을 바라보고 수많은 별들 사이에서 행성들을 찾기는 쉽지 않지만 이들이 이동하는 길은 태양이 지나가는 길과 비슷합니다. 이러한 현상은 행성들의 공전 궤도면이 지구 공전 궤도면과 거의 일치하기 때문에 일어납니다. 고대 그리스 시대에 지구를 중심으로 행성들을 비롯한 태양계 천체가 돌고 있다는 천동설이 확립되었습니다. 하지만 천동설은 화성의 역행같은 특이한 현상을 설명할 수 없었습니다. 불과 300여년전야 폴란드의 천문학자 코페르니쿠스(Copernicus)의 태양 중심설이 나왔습니다. 하지만 이때만 해도 망원경이 없었던 시절이라 육안으로의 관측이 상당히 힘들었고, 당연스럽게도 천동설에게 밀렸습니다. 이에 갈릴레이는 망원경을 직접 제작했으며 목성의 위성과 금성의 위상 관측으로 지동설에 뼈대를 박았습니다. 갈릴레이는 목성의 위성을 관측하면서 4개의 천체가 목성으로부터 일정한 거리 내에서 좌우의 개수만 달리하며 운동한다는 것을 관측하여 이 천체들이 목성을 중심으로 공전하는 목성의 위성임을 확인했습니다. 이는 모든 천체가 지구를 돌고 있다는 천동설의 첫번째 반박을 뜻합니다. 또한 그는 금성의 위상을 관측하여 보름달 모양에 가까운 위상이 나타나는 것을 확인했습니다. 금성이 보름달로 관측된다는 것 역시 금성이 태양 주위를 돌고 있다는 것을 뜻합니다. 이들은 지구가 중심이라는 천동설 이론에 직격탄을 날리게 됩니다. 또한 화성의 역행같은 특이한 사항도 지동설로는 설명이 가능합니다. 하지만 갈릴레이 당시에는 타원의 개념이 없었기 때문에 갈릴레이가 주장한 지동설이 실제의 모습과 비교해서 100% 똑같은 것은 아니었습니다. 이 타원의 개념은 독일의 천문학자 케플러(Johannes Kepler)가 해결합니다. 재미있는 것은 이 케플러의 위대한 연구는 천동설의 신봉자이자 그의 스승이었던 덴마크의 천문학자 튀코 브라헤 (Tycho Brahe)로부터 시작되었다는 점입니다. 17세기의 어느날 케플러는 두 달 정도 튀코의 집에 손님으로 머문일이 있었는데, 이때 케플러는 튀코의 화성 관측 일부를 분석했습니다. 튀코는 처음부터 자신의 자료를 철저히 극비에 부쳤습니다. 하지만 곧 케플러의 이론 지식에 감동을 받았고 자료를 허락했습니다. 케플러와 튀코는 가깝지만 호의적인 관계는 아니었습니다. 자료에 의하면 둘은 첫 만남부터 죽을 때까지 싸우고 화해하기를 밥 먹듯이 반복했다고 합니다. 화려한 튀코는 시골에서 온 촌뜨기 학자인 케플러를 잠재적 경쟁자로 생각하였고, 둘의 관계는 불 보듯 뻔했습니다. 하지만 둘은 운명의 파트너

¹ 이는 실제로 갈릴레이가 이런 말을 했다는 뚜렷한 근거나 신빙성 있는 증거가 있는 이야기가 아닙니다. 구전되는 일화일 뿐입니다. 역사학자 스틸만 드레이크에 의하면 갈릴레오에 대한 이 일화는 18세기 이탈리아 작가 주세페 바레티의 창작이라고 합니다.

² 천동설은 '지구를 중심으로 하는 모델(Geocentric model)'의 번역어로 부적절하다는 지적도 있습니다.

이기도 했습니다. 그 시절의 복잡한 종교적, 그리고 사회적 변화 탓에 그들의 다른 동료들은 모두 그들의 길을 떠나 결국 둘만 남게 되는 상황이 왔기 때문입니다. 천동설의 신봉자였던 튀코는 마블 시네마틱 유니버스의 호크아이만큼이나 시력이 좋았습니다. (튀코의 시력은 5.0이었다고 알려져 있습니다.) 자신의 눈을 전적으로 믿었던 튀코는 보이지 않는 현상에 대해서는 규명하려 하지 않았다고 합니다. 하지만 케플러는 달랐습니다. 케플러는 우주를 종교적인 관점으로, 태양이 태양계 기동력의 원천이라고 생각했다고 합니다. 실제로 우리는 케플러의 저서인 “자석에 관하여 (1600년)”를 주목할 필요가 있습니다. 윌리엄 길버트의 이론과 광학에 유추하여 케플러는 자신의 연구를 이끌어 내었는데, 이 연구에서 위대한 “케플러의 제2 법칙”, 즉 “면적 속도 일정의 법칙³⁾”을 이끌어 내게 됩니다. 케플러의 모든 연구는 지동설을 바탕으로 해석할 수 있었습니다. 이로써 점점 완벽한 지동설이 완성되기 시작합니다. 처음에는 말도 안된다고 믿었던 지동설이 나오면서 그동안의 여러가지 궁금증이 풀리기 시작했습니다. 지동설은 태양을 중심으로 지구를 비롯한 행성들이 원 궤도로 공전하는 태양계 모형입니다. 지구는 하루를 주기로 자전하며, 달은 지구의 둘레를 공전합니다. 바로 우리가 알고 있는 지금 현재의 지구가 돌고있는 태양계를 묘사하는 이론입니다. 천동설 당시 지구는 정말 특별한 존재였습니다. 지동설이 확립된 직후에도 최소한 태양만은 정말 특별한 존재였습니다. 하지만 18세기와 19세기가 지나면서, 태양의 지위가 단지 많은 별들 중 아주 평범한 별들중 하나에 불과하다는 점이 명백해 졌습니다. 실제로 우리 태양은 전혀 특별하지 않습니다. 아주 평범한 그리고 물리학적 법칙을 따르는 수 많은 별들 중 하나일 뿐입니다. 또한 우리 은하계도 전혀 특별하지 않습니다. 아주 흔한 은하계중 하나이며, 특별한 점도 없는 은하일 뿐입니다. 우리 은하와 안드로메다 은하를 포함하고 있는 처녀자리 초은하단 (Virgo Supercluster) 역시 전혀 특별할 것 없는 초은하단입니다. 이처럼 지동설로부터 시작한 작은 가설들이 결국 우주론 (Cosmology) 이라는 큰 스케일의 천문학 연구를 지탱하는 시발점이 되었습니다. 우주론은 “큰 스케일로 보았을때 우주는 방향성이 없고(등방성) 균일하다”라는 가정에서 시작되었기 때문입니다.

**“자연현상의 다양성은 너무 대단하고,
하늘에 숨겨진 보물들이 너무 많습니다”**

- 요하네스 케플러



그림2. 요하네스 케플러의 초상화 (1610)

출처 : 작자미상

천문학의 작은 분야중 하나인 태양계에 관한 연구는 태양계의 탄생에서 죽음에 이르는 일련의 과정을 연구하는 과정으로 지동설을 중심으로 시작되었습니다. 이 이론은 천동설부터 현재까지 시대의 흐름에 따라 발전하여 왔으며, 여러 학문 영역을 연결시켜 주는 학문입니다. 현재의 엄청나게 빠른 기술 발전 속도에 의해서 그동안 연구 되었던 태양계 연구는 하나씩 검증받게 되지만, 지동설로부터 시작한 논리적이고 과학적인 연구덕에 큰 반박 없이 점차 다듬어지는 이론적인 학문이 되어가고 있습니다. 그럼 이제 현재까지 성공적으로 검증을 받고 증명된 태양계에 관한 연구를 하나 하나 살펴볼 시간입니다.

³ 태양과 행성을 연결하는 선분이 같은 시간 동안 그리는 면적은 항상 일정하다는 법칙입니다.

우리 태양 (항성)

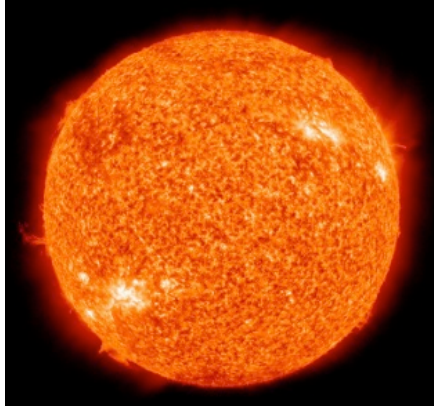


그림 3. 우리 태양
출처 : NASA

먼저 태양계에서 가장 눈에 띄는 천체는 우리 태양계 유일한 별인 태양입니다. 태양의 이름이 로마신화 태양의 신인 솔 (Sol, 그리스 신화에서 헬리오스) 의 이름에서 유래되었기에 태양 관련 용어 대부분에는 모두 Solar라는 명칭이 붙습니다. 예를 들면 태양의 질량을 “Sun’s Mass” 라고도 표현 하지만 주로 “Solar Mass” 라고 표현 합니다. 예로 부터 서양권에서는 달력을 해의 움직임을 중심으로 날짜를 계산하여 제작하였기에, 이를 양력 (Solar calendar) 이라고 합니다. 반면에 동양권에서는 달의 움직임을 중심으로 날짜를 계산하고 달력을 만들었기에, 이를 음력 (Lunar calendar) 이라고 불렀습니다.

태양은 우리 태양계의 중심에 존재하는 항성입니다. 행성이 없는 태양계는 존재 할 수 있지만, 태양이 없는 태양계는 존재할 수 없습니다. 따라서 태양이 있기에 나머지 모든 천체가 존재한다고 말할 수 있습니다. 태양은 지구 전체의 다양한 날씨와 기후를 만듭니다. 또한 지구에 도착하는 태양의 에너지는 식물의 광합성에 필수적이기에, 태양은 지구상 모든 생명체의 생존을 가능하게 해

주는 고마운 존재입니다. 태양은 우리 태양계 전체 질량중 99%가까운 질량을 홀로 독식하고 있기 때문에, 우리 태양계 안 모든 에너지의 근원입니다.⁴

태양이 내는 빛은 우리가 상상할 수 없을 만큼 강한 에너지를 품고 있기에, 맨눈으로 이를 직접 보는것은 절대 불가능 합니다. 우리 태양의 광구 (표면) 온도는 대략 5800K (~섭씨 5596정도) 입니다. 태양의 온도를 한세기전 독일의 물리학자 막스플랑크와 오스트리아의 물리학자 빌헬름 빈이 유도하고 발견한 흑체 복사 법칙과 변위 법칙⁵에 적용시켜 보겠습니다. 5800K 정도의 온도에서 가장 많이 나오는 전자기파의 파장대역은 대략 500nm정도가 됩니다. 이 파장영역은 청록색부분에 가까운 파장입니다. 그럼에도 불구하고 태양이 초록색으로 보이지 않는 이유는 태양이 붉은색, 녹색, 푸른색의 파장들을 방출하고, 우리 눈의 원추세포에서 이를 적절히 섞어서 감지하기 때문입니다. 따라서 태양은 실제 흰색 혹은 아주 옅은 청색을 띠고 있는 흰색 비슷하게 보입니다. 우주 공간에서는 지구 대기 효과에 의한 방해받지 않기에 오로지 별이 내는 정확한 색을 관찰 할 수 있는데, 이를 통해서 태양은 옅은 청백색에 가깝다는걸 알 수 있습니다.

우리 태양은 현재 약 45억 6700만 살입니다. 태양의 현재 등급과 초기 질량을 예측하여 볼때 우리 태양은 앞으로 78억년 정도 더 살 수 있습니다. 63억년 정도 후까지는 여전히 현재의 주계열 단계 (G형 별)에 머물지만 지금보다 훨씬 진화된 별이기에 (G5 V 형 별) 온도는 훨씬 더 높아지게 될 것 입니다. 이때 즈음이면 아쉽지만 이미 지구는 없겠죠. 이후 8억 년정도 더 지나면 우리 태양은 드디어 적색 거성이 될 것 입니다. 별이 팽창함으로써, 핵융합으로 방출되는 에너지는 이전보다 훨씬 커진 표면으로 분산 됩니다. 그 결과 태양의 표면온도는 낮아지고 별에서 방출되는 가시광선은 점점 붉은색 쪽으로 치우치게 되는데, 이 때문에 이 별을 ‘적색’거성이라고 부릅니다. 이후 또 7-8억년정도가 지나면 중심부만 남게되며 결국 10만 K가 넘는 온도의 백색왜성으로 진화하게 됩니다.

⁴ 태양계 모든 천체중 가장 큰 크기는 아닙니다. 먼지원반이 가장큰 규모를 자랑하고 있습니다.

⁵ 흑체에서 빠져나온 파장 가운데 에너지 밀도가 가장 큰 파장과 흑체의 온도가 반비례한다는 법칙을 말합니다. 즉 별이 내뿜는 온도와 파장은 반비례합니다.

현재 우리 태양에서 일어나는 현상을 간단히 살펴 보자면, 코로나, 홍염, 흑점, 플레어, 태양풍, 필라멘트 등등이 있습니다.

코로나(Corona)는 단언컨대, 태양에서 일어나는 현상 중 가장 신기하고 경이로운 현상입니다. 코로나는 라틴어로 왕관이란 뜻입니다. 별에서 내뿜는 플라스마 대기가 우주공간으로 끝없이 뿜어 나가는 현상을 코로나라고 하는데, 우리는 이를 개기일식때 관측할 수 있습니다. 보통 별 내부는 너무나도 복잡하므로 온도를 쉽게 예측할 수 없습니다. 이러한 이유로 인해서 우리가 별의 온도라고 할때에는 별의 표면온도를 지칭하곤 합니다. 물리학에서는 이를 유효온도 (Effective Temperature) 라고 표현합니다. 태양의 온도는 5778K 정도이지만 코로나의 온도는 100만K를 넘어 섭니다. 심지어 일부 영역에서는 1,000만 K에 이릅니다. 최소 200배가 넘는 온도입니다. 이는 물리학의 모든 근간을 흔들 수 있는 위험한 사실입니다. 5778 K 정도의 태양 표면으로부터, 훨씬 더 뜨거운 즉 수백만K의 코로나로 직접적으로 열이 전달 되는 것은 열역학 제 2법칙⁶의 위배를 말하기 때문입니다. 천문학에서는 이를 코로나 가열 문제라고 합니다. 현재 가장 논리적인 설명은 태양 표면에서 제트처럼 분출되는 기체가 코로나 속에서 초음속이 되면 저항을 받게 되므로, 이로 인해 운동에너지가 열에너지로 변하기 때문이라고 예측하고 있습니다.

홍염(Solar Prominence)은 태양의 가장 자리에 보이는 크고 밝은 불기둥과 같은 현상입니다. 태양 표면에 분출되는 현상이기는 하나, 분출 물질이 태양의 중력을 이기지 못하고 다시 태양 표면으로 돌아오는 것을 말합니다. 코로나가 극도로 뜨거운 플라스마로 구성 되어 있는 반면, 홍염은 상대적으로 훨씬 차가운 플라스마로 이루어져 있습니다. 따라서 이는 흑점(상대적으로 낮은 온도에 나타나는 현상)이 출현하는 영역에 집중적으로 나타나는 경향이 있습니다. 코로나 내부에서 수 주간 지속되는 것으로 알려져 있으며, 수십 년 간의 연구에도 불구하고 어떠한 방식으로 태양 홍염이 형성되는지는 정확하게 알려져 있지 않습니다.

태양플레어(Solar Flare)는 태양 대기에서 발생하는, 격렬한 폭발 반응을 말합니다. 코로나와 태양의 채층⁷에서 발생하며, 이는 플라스마를 수천만K의 온도까지 가열하며, 전자, 양성자 및 무거운 이온을 광속에 가깝게 가속시키곤 합니다. 라디오 주파수(긴파장)로부터 감마선(짧은파장)에 이르기까지, 모든 파장의 전자기 스펙트럼을 넘나드는 전자기복사를 만들어 내기에, 우리는 태양으로부터 모든 파장의 빛을 받을 수 있습니다.

흑점(Sunspot)은 태양의 광구에 존재하는 영역입니다. 말그대로 검은 점으로 보이는 흑점은 주변보다 상대적으로 훨씬 낮은 온도를 지니면서 강한 자기 활동을 보이는 영역을 말합니다. 대류가 이루어지지 않기 때문에 상대적으로 낮은 표면 온도를 지니고 어둡게 보이는것으로 예측하고 있습니다. 흑점은 말만 흑점이 지 실제로는 보름달보다 10배이상 밝습니다. 따라서 지구의 기온이 이 태양 흑점 변화 주기를 따라가는데 자명한 사실입니다. 또한 흑점의 갯수가 많아짐은 태양의 활동이 활발해짐을 의미합니다. 흑점의 갯수가 많아질때에는 태양풍도 강해지는경향을 보이기 때문입니다. 덕분에 대기의 교란을 야기시키게 되고 이때문에 태양의 활동이 활발해질 때에는 지구상의 통신기기가 오작동할 위험이 있습니다.

태양풍(Solar wind)은 말그대로 태양에서 불어오는 바람을 뜻하지만 이 바람은 우리가 아는 바람처럼 시

6 열역학 제2법칙은 열적으로 고립된 계의 총 엔트로피가 감소하지 않는다는 법칙입니다. 즉 엔트로피(무질서도)는 항상 증가해야 하며, 따라서 뜨거운 온도에서 차가운 온도로 열전달은 가능하지만 이 반대과정은 불가능 하다는 말입니다.

7 채층(Chromosphere)은 태양 광구 바로 위의 얇은 층의 대기이며, 대략 2,000 km정도의 깊이를 지니고 있습니다.

원하지 않습니다. 태양풍은 항성이 뿜어내는 플라스마들의 아주 강력한 흐름을 말합니다. 이는 주로 양성자와 전자로 이루어지며, 지구 가까이 이르렀을 때에 무려 450Km/s의 속도를 낼 수 있습니다. 태양풍의 세기는 뜨거운 별일수록 기하급수적으로 강해집니다. 예를 들어 우리 태양이 O형 초거성이었다면, 태양풍 하나로도 지구대기 정도는 가볍게 박살낼 수 있습니다. 따라서 태양과 가까운 지구형 행성은 가볍게 증발이 될것 입니다. 오로라는 당연히 볼 수 없고, 우리는 태어나지도 못했을것 입니다. 태양풍은 엄청난 자기장과 방사능을 수반하므로 지구의 자기권에 영향을 주게 됩니다. 누구나 한번쯤 보고싶은 극지방의 오로라는 태양풍이 지구 자기장에 의해 잡혀서 극 쪽으로 끌려가는 현상입니다. 태양풍을 만난 지구 대기권 상층부 기체 입자들은 반응을 하면서 멋진 빛을 발생시킵니다. 따라서 우리가 오로라를 볼 수있는건, 지구가 열심히 일을 하고 있다는 뜻이기도 합니다. 오로라는 지구의 자극과 가까운 극지방에 가까울수록 관측이 쉽습니다. 최근 연구 결과에 따르면, 핵실험은 지구의 자기장에 영향을 미친다고 합니다. 지구의 자기장이 제대로 작동하지 않는다면 지구는 태양풍의 위협에 무방비로 노출되어 있는 인공위성과 다를바 없게 됩니다. 인간들의 욕심때문에 지구를 파괴하고 있는것이 아닌지, 또 그 욕심이 결국 인류를 파괴하는건 아닌지 반성해야 할 때 입니다.

태양은 우리에게 가장 가까운 별이지만, 너무 높은 온도덕에 모든 연구에 상당한 어려움을 주고 있습니다. 천문학자들은 태양의 가상 모델을 수없이 만들어내고 예측하며, 관측 자료와 비교하고 있습니다. 우리가 태양에 대해서 한 걸음 더 다가간다는건, 외계 태양계로의 두걸음 진전을 뜻합니다. 수십년 동안의 태양에 관한 연구는 이제껏 어느시대의 천문학 연구보다 빠르고 정확해지고 있지만, 불규칙적인 태양의 운동에 대해서는 거의 모든것이 불투명합니다. 많은 어려움에도 불구하고, 태양을 연구하는 천문학자와 물리학자분들께 깊은 경의를 표합니다.

지구의 형제들 (암석형 행성들)



그림 4. 지구
출처 : NASA

두번째로 태양으로부터 상대적으로 가까운곳에서 태양을 돌고 있는 지구의 형제들을 알아볼 차례입니다. 약 45억년전도 지금과 같이 태양에서는 태양풍을 뿜어 내보냈습니다. 대전(electrification) 되어 에너지 가득한 태양풍이 막 행성을 만들려고 충돌 중이던 물질들을 덮쳤고, 가벼운 헬륨과 수소를 더 멀리 날려버렸습니다. 덕분에 태양에서 가까운 궤도 근처에는 조금 더 무거운 암석, 얼음과 먼지들만이 남게 되었습니다. 이들은 서로 부딪치면서 조금씩 크기를 키워갔습니다. 서로 간의 정전기력 때문에 충돌 후 점점 더 큰 크기로 성장해 갔습니다.⁸ 이렇게 조금씩 크기를 키워갈 수록 점점 중력이 커지고, 이젠 정전기적 인력뿐만 아니라 중력에 의해 주변 물질의 흡수 속도가 더욱 빨라지게 됩니다. 이로써 태양계 곳곳에서 작은 미행성(Planetesimals)들이 생겨나게 됩니다. 이 미행성들끼리 끊임없는 충돌과 상호작용을 하면서 이들은 점점 크기가 더 커지게 됩니다. 마침내 태양계의 각 구역별로 독점적인 자리를 차지하는 행성들이 생겨난 것입니다. 이 중에서 먼저 우리는 소행성띠 안쪽으로 태양을 돌고 있으며 상대적으

⁸ 오랫동안 청소되지 않은 방이나 창고에 들어가보신적이 있으신가요? 이러한 공간안의 먼지들의 크기는 평소에 보던 먼지들과는 차원이 다르게 커져있는것을 볼 수 있습니다. 같은 원리입니다.

로 무거운 암석, 금속 등으로 이루어져있는 암석형 행성 (혹은 지구형 행성) 들을 알아보겠습니다. 지구의 형제들이라고도 불리우는 수성, 금성, 화성의 구성 성분을 보면 지구와 비슷합니다. 소행성띠 바깥쪽에서 태양을 공전하고 있는 목성, 토성, 천왕성, 해왕성이 지구형 행성과 완전히 다른 물질들로 구성 되어 있는 것을 보면 이 차이점을 만든 태양풍의 세기가 얼마나 강한지 알 수 있습니다.

태양을 돌고 있는 8개의 행성중, 그리스 신화나 로마신화의 신의 이름으로 명명되지 않은 유일한 행성은 바로 우리 지구 (Earth, 그림4) 입니다.⁹ 지구는 지금 여러분들이 숨쉬고 있는 바로 이곳 입니다. 사랑하는 가족들, 애인, 애완동물, 수많은 생물 등이 다 같이 살고 있는 곳이며, 인류의 영원한 고향이자, 말 그대로 기적과도 가까운 현상들이 엄청나게 모여서 생명체가 살기에 적합한 생활 환경을 유지하고 있는 행성입니다. 지구가 왜 생명체가 살기 적합한 환경인지, 얼마나 많은 기적들이 모여있는지 살펴보겠습니다.

첫번째, 지구에는 물과 대기층이 있습니다. 현재까지 발견된 생물체는 (거의) 모두 탄소 유기 화합물인데 이 유기화합물 들은 물과 대기층이 없으면 만들어 질 수 없기 때문입니다. 두번째, 지구는 우리 태양과 같은 적절한 크기와 온도의 항성을 모항성으로 가지고 있습니다. 따라서 생명체 존재에 상당히 안정된 환경입니다. 우주의 대부분 별들은 쌍성계 안에서 두개의 별이 서로 공전하는 데에 반해 우리 태양은 홀별로 알려져 있기에 이 또한 생명체의 거주 가능성을 높여줍니다. 세번째, 모항성인 태양 역시 우리 은하의 중심부가 아닌 멀리 떨어진 곳에 위치해 있기에, 블랙홀등의 영향에서 벗어나 있고 근처에 초신성이나 감마선 폭발등을 유발할 천체가 없다는것도 하나의 기적이라고 할 수 있습니다. 네번째, 지구는 골디락스 존(생명체 거주 가능 영역) 에 위치해 있습니다. 다섯번째, 지구의 온화한 기후입니다. 약 만년전 오락가락하던 기후와 해수면의 오르락내리락한 변동이 멈추고 보다 온화한 기후가 시작되었습니다. 45억년 가까이 지속되어 온 판구조 운동에 의해서 다양하고 역동적인 환경이 일어났지만, 지금은 생명체의 탄생 및 진화에 더 없이 좋은 환경입니다. 참고로 현재의 간빙기는 오만년 이상 지속될 예정입니다. 여섯번째, 지구의 자전축은 우리 지구의 위성인 달로 인해 안정 되었고, 달 뿐 아니라 목성이나 토성과 같은 큰 행성들 덕분에, 소행성 또는 혜성의 위협으로부터 안전한 상황입니다. 마지막으로 지구는 금성처럼 과다한 온실효과가 없고, 화성처럼 대기가 열어 숨쉬기 힘든 것도 아닙니다. 하나씩 열거 하기에는 기적과도 가까운 상황이 너무나 많은 모여있는 행성이 바로 우리 지구입니다.

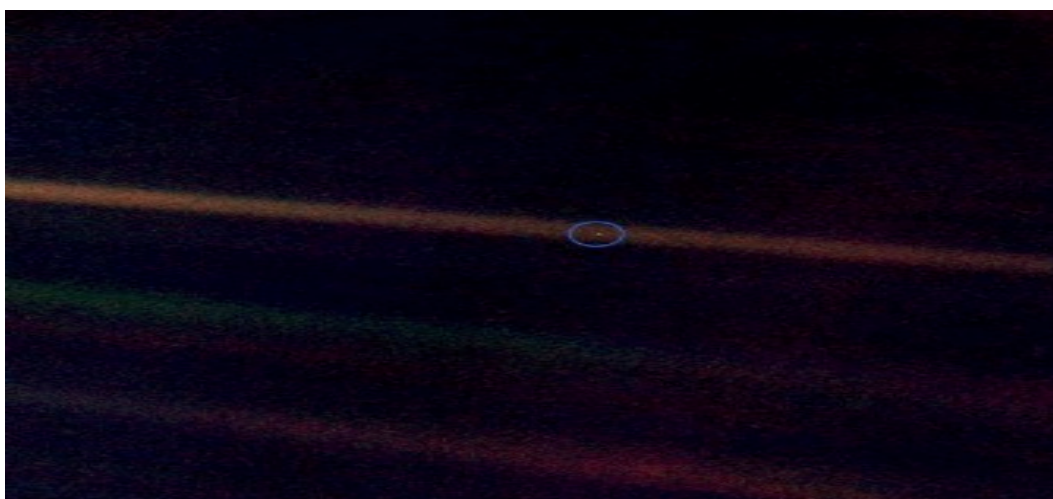


그림 5. 창백한 푸른 점(Pale Blue Dot)은 보이저 1호가 찍은 지구의 사진을 부르는 명칭입니다.

출처 : <http://www.astro.cornell.edu>

⁹ 하지만 지구는 그리스 신화에서 대지의 여신인 가이아 (로마 신화의 텔루스)의 상징적 의미를 포함하고 있습니다.

반세기전부터 수많은 영감과 감동을 주었던 구소련 출신 미국인 천문학자 칼세이건은 지구를 두고 이런말을 했습니다. “태양으로 부터 빛을 받는 아주 작고 창백한 푸른점, 바로 여기에 우리가 살고 있습니다. 우리의 고향입니다. 우리 인간은 이 행성에 한 종 (Species) 일 뿐입니다. 이것이 바로 우리가 지구를 소중히 생각해야 할 이유입니다. 이 작은점은 우리 태양계에서, 생명의 은총을 받은 유일한 행성입니다.”

그림 5는 아주 의미 심장한 그의 역사를 다루고 있는 사진입니다. 1990년 어느날, 우주 탐사선 보이저 1호가 태양계를 벗어나기 시작했습니다. 이때 칼세이건은 보이저 1호의 카메라를 지구 쪽으로 돌릴 것을 지시했습니다. 사실 많은 반대가 있었으나, 결국 보이저 1호의 카메라는 지구를 포함한 6개 행성들을 찍을 수 있었고 이 사진들을 인류에게 전송했습니다. 이 사진들은 '가족 사진'이란 이름으로 대중에 공개 되었습니다. 다만 수성은 너무 밝은 태양빛에 묻혀 버렸고, 화성은 카메라에 반사된 태양광 때문에 촬영할 수 없었습니다. 그림 5의 지구 사진은 이들 중 하나 입니다.

로마 신화 교역의 신 메르큐리우스(그리스 신화에서 헤르메스)의 이름을 따서 명명된 수성(Mercury, 그림 6)은 우리 태양계에서 태양과 가장 가까이 위치해 있는 가장 작은 행성입니다. 태양과 가까운 궤도를 돌고 있기에 공전주기는 고작 지구의 1/3 수준 (88 일) 입니다. 수성에는 약한 자기장도 존재하는 것으로 확인되었습니다. 우리 태양계 내 행성 중에서 태양에 가장 가깝기 때문에 태양의 강력한 중력의 영향을 많이 받아 매년 조금씩 궤도가 바뀌는 행성입니다.

로마 신화 미의 여신 베누스(그리스 신화의 아프로디테)의 이름을 본따 명명된 금성(Venus, 그림 7)은 태양계의 두 번째 행성입니다. 순 한국말로로는 셋별이라고도 불리우는 금성은 태양 주위를 224일 주기로 돌고 있습니다. 금성은 달에 이어서 우리 지구의 밤하늘에서 두 번째로 밝은 천체입니다. 금성은 크기와 화학 조성이 지구와 매우 비슷하여 지구의 '자매 행성'으로 불리기도 합니다. 금성의 표면은 반사도가 불투명한 구름으로 덮여있기 때문에 우리가 흔히 볼 수 있는 가시광선을 통해서는 표면을 관찰할 수는 없습니다. 가뜰이나 두꺼운 금성 대기엔 이산화탄소가 풍부하기에 대기에 의한 온실효과가 발생합니다. 따라서 금성 표면의 온도는 400도까지 올라간다고 생각되어 집니다. 수성으로부터 태양까지의 거리는 금성의 절반밖에 되지 않기에 태양으로부터 받는 에너지는 단위 면적당 4배나 높습니다.¹⁰ 하지만 온실효과로 인한 금성의 대기는 수성의 표면 온도보다도 더 높게 올라갑니다.

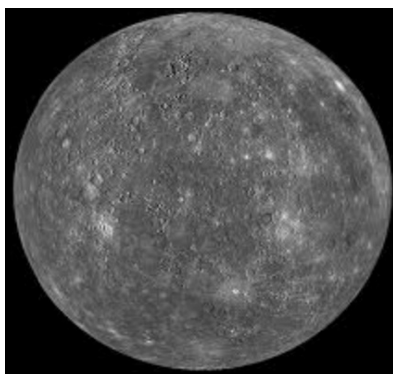


그림 6. 수성
출처 : NASA



그림 7. 금성
출처 : NASA



그림 8. 화성
출처 : NASA

¹⁰ 거리가 2배인데 에너지가 4배라는것은 역제곱 법칙을 의미합니다. 이 역제곱 법칙은 물리학의 여러 힘의 법칙에서, 어떤 힘의 크기가 거리의 제곱에 반비례하는 것을 가리키는 말입니다. 이 규칙에 해당하는 것은 중력, 쿨롱의 법칙, 빛의 세기 등이 있습니다.

로마 신화 전쟁의 신 마르스(그리스 신화의 아레스)의 이름을 본따 명명된 화성 (Mars, 그림 8) 역시 지구형 행성입니다. 겉보기에 붉은색을 띠기에 동양에서는 불을 뜻하는 화(火)를 써서 화성이라고 불렀습니다. 화성의 공전 시간은 지구보다 약 두 배 정도 길니다. 달, 금성, 목성, 토성 다음으로 밤하늘에서 눈에 잘 띄는 화성은 아주 작은 두개의 위성을 거느리고 있습니다. 포보스(Phobos)와 데이모스(Deimos)는 아주 작은 크기 탓에 화성의 인력에 끌려온 소행성으로 여겨집니다. 둘의 이름은 그리스 신화 아레스의 자식들로, 전쟁에 항상 데리고 다녔다는 두 신의 이름에서 따왔습니다. 태양계를 통틀어 가장 많은 탐사가 시도되고 있는 화성은 생명체 여부 판단의 열띤 토론이 진행되고 있는 행성입니다.

목성의 형제들 (가스형 행성들)



그림 9. 목성
출처 : NASA

이제 화성밖으로 나가 보겠습니다. 화성 바깥쪽에는 태양계 안쪽 먼지원반인 소행성 띠가 위치해 있습니다. 소행성띠부터 바깥쪽 먼지원반인 카이퍼띠사이에 4개의 행성이 더 있습니다. 지구형 행성보다 훨씬 더 넓은 궤도를 돌고 있는 목성의 형제들이 바로 그 주인공들 입니다. 목성형 행성들에는 목성, 토성, 천왕성, 해왕성이 있는데 이들은 주로 수소와 헬륨등 가스로 이루어진 가스형 행성입니다. 가스형 행성들은 공통적으로 모두 고리를 지니고 있고 자기장을 지니고 있습니다. 또한 수많은 자연 위성도 지니고 있습니다.

로마 신화 최고 신인 유피터 (그리스 신화의 제우스)의 이름을 본따 명명된 우리 태양계의 가장 거대한 행성인 목성(Jupiter, 그림 9)은 반지름만 해도 지구의 10배가 넘고 부피는 지구의 1000배가 넘습니다. 질량은 300배 이상인데 이는 부피에 비해서 질량이 작은 가스형 행성이기 때문입니다. 그럼에도 이 엄청난 목성의 질량은 수성 + 금성 + 지구 + 화성 + 토성 + 천왕성 + 해왕성 + 안쪽 먼지원반인 소행성대의 모든 천체 + 바깥쪽 먼지원반인 카이퍼벨트대의 모든 천체 + 오르트 구름의 모든 천체 질량을 모두 합친것 보다도 2배 이상 무겁습니다.

무거운 질량으로 인해서 목성은 태양도 크게 움직이게 할 수 있는 중력을 가지고 있습니다. 목성은 태양계내의 천체들 중에서 유일하게 태양과의 공통무게중심이 태양의 표면 바깥에 있는 행성이기 때문입니다. 거대한 질량에서 비롯되는 중력도 무시 무시해서 웬만한 탐사위성 따위는 바로 망가뜨리는 목성덕분에, 인류는 컴퓨터와 촬영장비를 보호하기 위해 상당한 두께의 방사선 차폐물과 함께 탐사를 시도 하고 있습니다. 너무 먼거리에서 태양을 공전하는 탓에 공전주기는 12년이나되고 먼 거리임에도 불구하고 지구에서는 금성 다음으로 밝게 보이는 행성입니다. 재미있는 사실은 목성도 토성처럼 고리를 가지고 있습니다. 고리를 구성하는 성분은 대부분이 먼지이며 워낙 희미하기 때문에 지상에서는 볼 수 없습니다. 현재는 추가로 발견된 고리까지 총 4개의 고리를 가지고 있다고 생각 되어 집니다. 앞에서 언급했듯이 사실 모든 목성형 행성은 고리를 가지고 있습니다. 토성의 고리가 워낙 크고 아름다운 탓에 토성의 고리만 강하게 기억되는 탓일 뿐입니다.

로마 신화 농업의 신인 사투르누스(그리스 신화의 크로노스)의 이름을 따서 명명된 토성(Saturn, 그림 10)은 태양계에서 2번째로 거대한 행성입니다. 모두가 사랑하는 크고 아름다운 고리를 가지고 있는 토성입니다. 실제로 토성의 고리는 저가 망원경으로도 얼마든지 볼 수 있습니다. 토성은 지구와 비교하면 약 100배 정도나 무겁지만 중력이 겨우 지구 수준입니다. 물론 행성의 구조적 부분이므로 비교 자체는 무의미합니다. 지구같은 암석형 행성이라면 물리학을 통째로 흔들 대발견이 있었겠지만, 토성은 아쉽게도 가스형 행성입니다. 토성은 모든 면에서 목성과 아주 비슷합니다. 토성도 목성과 마찬가지로 태양풍으로 부터 밀려난 수소와 헬륨이 대기의 대부분을 이루고 있습니다. 또한 토성도 목성과 마찬가지로 대기에 자기장이 있기에, 목성과 토성의 지상에서도 오로라를 관측할 수 있을 것으로 보입니다.

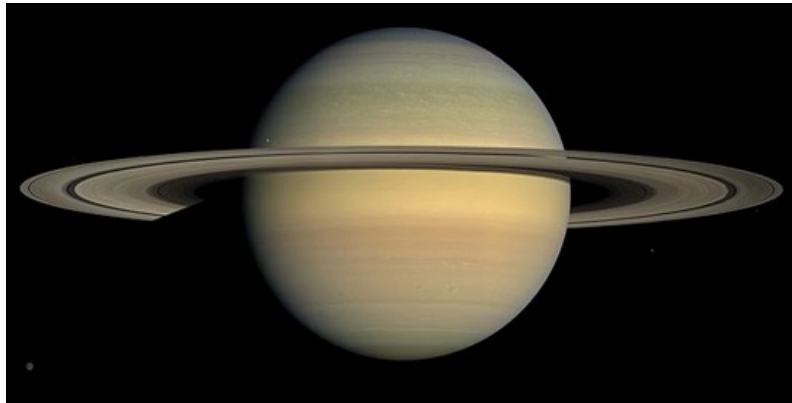


그림 10. 토성
출처 : NASA

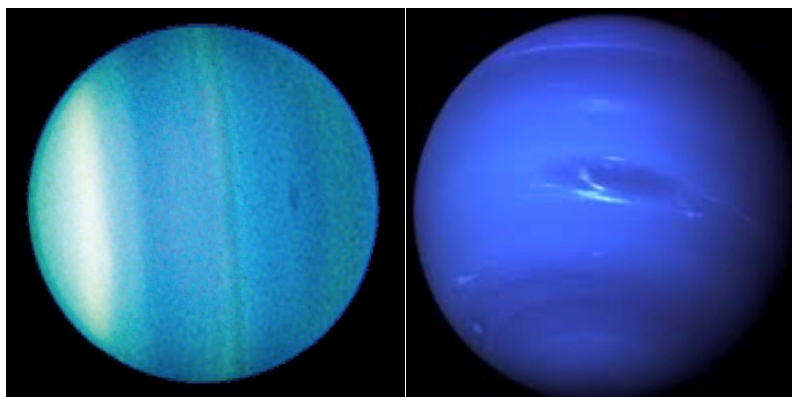


그림 11. 천왕성과 해왕성
출처 : NASA

그리스 신화 하늘의 신인 우라노스(로마 신화에서 세러스)의 이름을 따서 명명된 천왕성(Uranus, 그림 11)은, 로마신화의 신 이름을 따르지 않고 그리스 신화의 신 이름을 따른 유일한 행성입니다. 우라노스는 최초로 우주를 지배했던 신이었지만, 자식들을 팽개친 바람에 아들인 크로노스(토성)에 의해 왕좌에서 쫓겨났습니다. 비슷하게 새로 발견된 천왕성이 토성보다 멀리 있기 때문에 마치 크로노스(토성)에게 쫓겨난 우라노스가 연상되었던 모양입니다. 천왕성은 맨눈으로 볼 수 있음에도 불구하고 하늘에서 매우 느리게 움직이고 또한 너무나도 어둡기 때문에 그 존재가 오랫동안 인류에게 밝혀지지 않았습니다. 결국 처음 발견한 윌리엄 허셜조차도 혜성으로 착각할 정도였습니다. 재미있는 점은 망원경으로 발견한 최초의 천체가 바로 천왕성이라는 사실입니다. 다른 가스 행성들과 마찬가지로 천왕성은 고리를 지니고 있고 자기장과 수많은 자연 위성을 지니고 있습니다. 지구의 자전축은 공전축에 대해 약 23.5° 기울어져 있습니다. 하지만 천왕성은 약 97.77° 나 기울어져 있기에 거의 공전면과 맞닿을 정도입니다. 따라서 신기하게도 태양계의 행성들 중 유일하게 옆으로 누워서 자전을 합니다. 천왕성의 북극 및 남극이 가리키는 방향은 지구에서의 적도가 가리키는 방향과 비슷합니다. 금성의 자전 방향이 다른 행성들과는 완전히 반대인 것과 함께, 천왕성 역시 특이한 자전을 하는 행성입니다.

로마 신화 바다의 신인 넵투누스(그리스 신화의 포세이돈)의 이름을 따서 명명된 해왕성(Neptune, 그림 11)은 지구보다 약 17배 정도 무거운 질량을 지녔습니다. 해왕성은 1846년에 발견되었는데, 수학적 계산을 통해 먼저 존재가 예측된 최초의 행성이었습니다. 천왕성의 궤도에 예기치 않은 변화가 있자 프랑스의 천문학자 알레시 부바르는 천왕성의 궤도가 발견되지 않은 행성의 중력 섭동에 영향을 받고 있다고 추론했습니다. 바로 해왕성의 존재가 예측되는 주장이었습니다. 해왕성의 구성 성분은 천왕성과 비슷하며, 목성이나 토성 같은 거대 가스 행성들과는 성분상의 차이가 존재합니다. 해왕성의 대기는 물, 암모니아, 메테인 등이 얼어붙은 얼음질이 높은 비율을 차지합니다. 해왕성의 내부 구조는 천왕성과 마찬가지로 얼음과 암석으로 이루어져 있는 것으로 추정됩니다. 따라서 천왕성과 해왕성을 거대 얼음 행성으로 따로 분류하기도 합니다. 또한 질량이 지구의 15배인 해왕성은 천왕성과 매우 비슷한 질량을 가졌습니다. 이러한 여러가지 이유들 때문에, 우리는 천왕성과 해왕성을 쌍둥이 행성이라고 부릅니다.

슬픈 명왕성 (왜소행성들)

우리 태양계 모든 천체들에 대해서 인기 투표를 부친다면, 아마 명왕성이 단연코 1등을 하리라고 확신을 합니다. 달보다도 작은 크기 이면서 소외 되어있는 특유의 막내 이미지를 가지고 있는 명왕성(Pluto)은 오랫동안 베일에 쌓여왔던 존재였기에 사람들의 관심을 끌기엔 충분했습니다. 또한 억울하게도 (?) 행성의 지위를 잃었기에 동정 여론까지 조성이 되었습니다. 2016년 뉴 호라이즌스 호가 보내온 명왕성의 모습에는 사랑한다는 메시지가 담겨있었습니다. (그림 12) 따라서 지구인들에게는 그저 감동스러운 명왕성입니다.



그림 12. 명왕성과 명왕성의 하트
출처 : NASA

로마 신화 지옥의 신인 플루토(그리스 신화의 하데스)의 이름을 따서 명명된 명왕성은 태양계의 막내동생이었습니다. 1930년 처음 발견된 명왕성은 이후 70여 년 동안 수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성에 이은 태양계 아홉 번째 행성으로 분류되어 왔습니다. 명왕성의 첫 발견 후부터 60여 년이 지난 1992년부터 해왕성 궤도 바깥에서 작은 천체들이 발견되기 시작하여 1,000개가 넘는 천체들이 발견되었습니다. 이들은 대부분 작은 천체였지만 2003년에 심지어 명왕성보다 더 큰 천체 에리스 (Eris) 가 발견됨으로써 명왕성의 행성논란이 일어나기 시작했습니다.

이에 따라서 국제천문연맹(IAU)은 2006년 8월 24일에 행성(planet)을 다음과 같이 정의하였습니다. 첫째, 태양 주위를 공전하는 궤도를 가져야 합니다. 둘째, 천체의 모양을 구형으로 유지하는 질량을 가지며, 세번째, 다른 행성의 위성이 아니어야 합니다. 마지막으로 가장 중요한 요건인 궤도 주변의 다른 천체를 배제하여야 한다는 조건이 있습니다. 그리고 1~3번째 조건은 만족하나 4번째 조건을 만족하지 못하는 천체를 왜행성(왜소행성, dwarf planet)으로 정의하였습니다. 명왕성이 4번째 조건을 만족하지 못하는 가장 큰 이유는 명왕성이 해왕성과 부분적으로 겹치는 타원형 공전궤도를 가지고 있기 때문이었습니다. 따라서 해왕성보다 질량이 훨씬 작은 명왕성은 공전 구역 내에서 지배적인 역할을 하지 못하고 있습니다. 이에 따라 명왕성과 에리스는 소행성 세레스 (Ceres) 와 함께 왜행성으로 분류되었습니다.

미국 항공우주국 (NASA) 에 따르면 일부 학자들이 '행성'의 정의를 새로 정립해 명왕성을 다시 행성으로 복귀시키는 방안을 추진 중이라고 합니다. NASA의 명왕성 탐사선 뉴호라이즌 임무를 주도했던 앨런 스톤은 "과학적 분류와 사람들의 직관"에 맞는 행성의 새로운 정의를 최근 국제천문연맹 (IAU) 에 제안했습니다. 이들은 기존 행성 정의가 태양 주위를 공전하는 것만을 행성으로 분류해 다른 항성 주위를 돌거나 은하계를 자유롭게 공전하는 것들을 포함시키지 못하고 있다고 주장합니다. 또 '공전 구역 내에서 지배적인 역할'이라는 조건 역시 새로 발견된 작은 물체들이 끊임없이 행성 공전궤도에 끼어드는 상황에서는 태양계 어떤 행성도 충족시킬 수 없다는 주장입니다. 이들이 제시한 새로운 행성 정의는 "핵융합을 겪은 적이 없고, 충분한 자체중력을 지녀 궤도 매개변수와 무관하게 3축 타원체로 묘사될만한 회전타원형을 띤 항성 하위개념의 질량체"입니다. 하지만 자명하게도 힘들어 보입니다. 국제천문연맹 (IAU) 이 이 제안을 수용하여 새로운 정의가 적용된다면 지구의 달이나 토성의 위성 타이탄 등도 행성에 추가되어야 하기 때문입니다.

토성엔 달(위성)이 63개나 있습니다



그림 13. 달
출처 : NASA

로마 신화 달의 여신인 루나 (그리스 신화의 셀레네) 의 이름을 따서 명명된 달 (Moon, 그리스어로 Luna, 라틴어로 Selena, 그림 13)은 지구에서 두번째로 밝은 천체입니다. 달이 두번째로 밝은데에는 별다른 이유가 없습니다. 단지 지구에서 너무 가깝기 때문입니다. 지구로부터의 거리는 평균 40만km정도이며, 이는 지구에서 태양까지 거리의 400분의 1정도입니다. 또한 개기일식이나 개기월식이 일어나는 이유도 바로 우연의 일치입니다. 태양은 지구에서 너무 멀리있지만 달은 상대적으로 가까이 있기에, 지구에서 본 달의 직경과 태양의 직경이 비슷한 크기이기 때문입니다.

달의 자전주기는 약 27일, 공전주기도 비슷하게 약 27 - 29.5 일입니다. 달은 위성 치고는 상당히 큰 크기를 자랑합니다. 또한 달은 지구에 조석 고정 (Tidally locked) 되어 있기에, 우리는 달의 한쪽면밖에 볼 수 없습니다.

달에 관한 재미있는 사실 하나는 동서양의 의미가 전혀 달랐다는 것입니다. 정확히 중세때부터 달라지기 시작하는데 동양에서는 음력을 (Lunar calendar) 쓰는 경우가 대부분이 있기에, 달이 하나의 신이었습니다. 특히나 한국의 경우엔 정월대보름, 한가위 등에 보름달을 보면서 한해 소원을 빌곤 했습니다. 하지만 서양에서는 정반대

의 의미이자 부정적인 의미였습니다. 보름달 아래에서 각종 마귀들이 축제를 벌인다고 생각을 했고, 보름달을 보면 미친다고 생각했습니다. 역시나 타로카드에서도 달 (The Moon) 카드를 정방향으로 뽑으면 불안과 동요, 거짓 등 부정적인것을 의미하고 역방향은 부정적인것들이 풀리는것을 의미합니다. 서양 영화나 드라마 같은곳에서 달을 오래 비추는 복선들이 종종 등장하는데, 이는 부정적인 사건이나 결말을 암시한다고 합니다.

달과 같이 행성 따위의 둘레를 도는 천체를 인공위성과 구분짓기 위해서 자연위성이라고도 부릅니다. 태양계에는 약 240개의 위성이 있는 것으로 알려져 있으며, 이 가운데 행성을 도는 것이 166개, 왜행성을 도는 것이 6개, 그밖의 태양계 소천체를 도는 것이 수십 개 있다고 알려져 있습니다. 목성형 행성들은 많은수의 위성들을 거느리고 있으며, 그 가운데는 명왕성 보다도 크고 심지어 행성인 수성 과도 비슷한 크기의 천체도 있습니다. 반면 지구형 행성들은 위성을 상대적으로 조금 가지고 있는데, 심지어 위성을 갖지 않는 행성도 있습니다.

토성은 2008년 기준으로 벌써 약 63개 정도의 위성이 발견되었습니다. 그 중에서 이름 붙여진 것만해도 60개 정도이고 나머지 3개는 아직 토성의 위성으로 승인되지 않은 탓에 이름이 붙여지지 않았습니니다. 토성의 달중에는 심지어 지름이 수백미터정도밖에 되지 않는 위성 들도 있습니다. 하지만 큰 달 들은 왜소행성으로 정의할 수 있을 정도의 큰 위성 들도 있습니다. 가장 크고 유명한 토성의 위성은 타이탄이며 이 위성은 지구보다도 짙은 대기를 지니고 있어 질량이 큰 (심지어 수성보다도 큰) 천체로 알려져 있습니다.

혜성, 소행성 그리고 먼지원반들

혜성은 순우리말로 “꼬리별(꼬리가 있어서)” 혹은 “살별(화살에 빗대어서)”이라고 부릅니다. 혜성은 우리 태양계뿐만 아니라 다른 태양계에서도 중요한 천체 입니다. 혜성은 항상 태양 복사의 영향을 받아서 핵으로부터 발생한 코마 (핵을 둘러싼 구름층)와 꼬리를 갖기 때문입니다. 영국의 천문학자 에드먼드 핼리가 최초로 핼리 혜성의 주기를 계산하고 다음 출현을 예견함 으로서 이 역시 태양계의 천체임을 입증하였습니니다. 핼리 혜성과 같이 혜성의 이름은 보통 발견자의 성을 붙입니다.

혜성은 영어로 Comet이라고 하는데 이는 그리스어로 *kome*, *kometes*는 머리털을 뜻하는 단어에서 유래된 이름입니다. 혜성 핵 주위의 가스층 코마 (Coma) 또한 머리털을 뜻하는 라틴어 단어에서 유래되었습니다. 혜성의 핵은 대부분 얼음과 먼지로 구성되어 있으며 크기는 수 km ~ 수십 km 정도입니다. 혜성의 기원은 태양계 외곽의 오르트 구름이라는 혜성의 밀집소로 여겨집니다. 혜성이 어떠한 이유로 인해 긴 타원의 궤도로 태양 근처로 떨어져 내려오면 태양의 뜨거운 온도와 태양풍의 영향으로 표면의 얼음과 먼지가 증발하며 꼬리가 생기게 됩니다.

혜성이 만약 지구에 가깝게 접근하여 지구 근처를 통과 한다면 멋진 장관을 연출합니다. 혜성이 지나가며 남긴 먼지 찌꺼기는 혜성의 궤도를 따라 이동하다가 태양풍에 의해 서서히 밀려나게 됩니다. 그 궤도 사이를 지구가 통과하게되면 태양풍에 반응하는 지구 대기와 같이, 혜성의 먼지들이 지구 대기와의 마찰을 일으키면서 지구로 낙하하게 됩니다. 이것이 바로 별뚥별이라 불리우는 유성우입니다. 흔히들 Shooting star 라고 부르는 이 별뚥별앞에서 우리는 소원을 빌곤 합니다. 혜성사진가로 유명한 박승철씨의 혜일-밤 혜성

(그림 14) 는 우리에게 정말 깊은 감동을 준 사진이었습니다. 여러분도 이사진을 보면서 소원을 빌어보시는 건 어떨까요?



그림 14. 헤일-밥 혜성

헤일-밥 혜성의 천체사진. 박승철씨 (1964~2000, 한국 천체 사진작가) 가 1997년 찍은 작품. 천재로 평가 받으며 수천여 장 천체 사진을 찍으며 이름을 날렸습니다.

출처 : 박승철씨 천체사진

소행성 (Asteroid) 은 목성 궤도 및 그 안쪽에서 태양 주위를 공전하고 있는 행성보다 작은 천체들을 말합니다. 일부 소행성은 그 자신의 위성을 거느리고 있기에, 가스로 된 코마나 꼬리를 가지고 있는 혜성과는 다릅니다. 하지만 일부 소행성은 과거에 혜성이었다고 여겨집니다.

먼지원반은 별과는 약간 먼 거리에 형성되어 있는 고리 모양의 별을 둘러싸고 있는 원반입니다. 별을 둘러싸고 있는 띠도 시간이 흘러감에 따라서 진화를 하게됩니다. 초기에는 원시 행성계 원반의 형태로, 후기에는 먼지 원반의 형태로 진화하게 됩니다. 이 먼지 원반은 대부분 시간이 적당히 지난 (~ 10만년) 주계열성 (Main Sequence star) 의 태양계에 나타납니다¹¹. 이 때의 태양계는 행성들의 형성 및 진화가 모두 끝난 평화로운 태양계입니다. 먼지원반은 끊임없이 충돌하는 무수한 먼지나 파편으로 이루어진 원반입니다. 먼지원반은 심지어 행성을 포함 할 수도 있습니다. 2010년 현재 1000개 이상의 먼지 원반이 주계열성 주위에 존재하는 것으로 확인되었습니다.

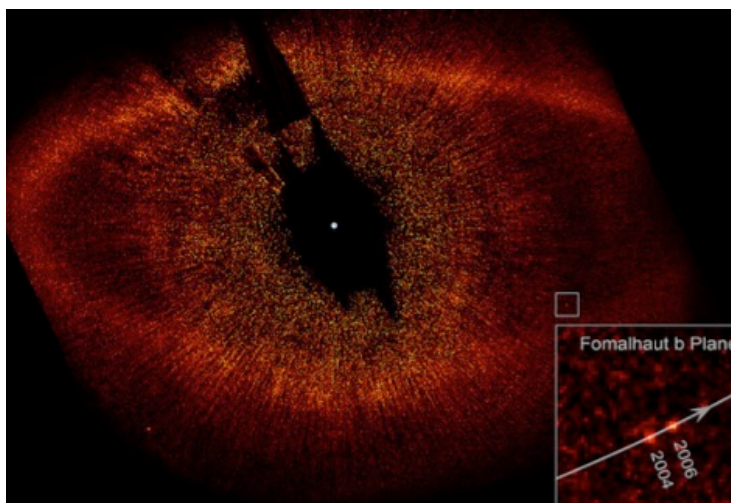


그림 15.
Fomalhaut 별의 먼지 원반

출처 : Kalas et al. 2008

¹¹ 우리 태양도 적당히 시간이 지난 주계열성의 태양입니다. 따라서 우리 태양계에서도 소행성띠와 카이퍼벨트 두가지 종류 먼지 원반을 볼 수 있습니다.

먼지원반의 관측은 상당히 재밌습니다. 먼지가 별 주위에서 공전할 경우, 먼지 들은 태양 광선으로 부터 열적인 평형 상태에 놓이게 됩니다. 따라서 먼지는 우리눈에 잘보이는 가시광선을 흡수하고 그 후에 파장이 더 긴 (온도가 더 차가운) 적외선파장을 내뿜게 됩니다. 결과적으로 먼지원반을 관측 하려면 비정상적으로 적외선 파장이 많은 별을 골라 내면 됩니다. 적외선파장으로 보면 먼지원반이 내뿜는 빛은 심지어 별에서 내뿜는 빛 보다도 많습니다. “베가별 현상” 으로 알려진 이 적외선 과잉현상이 처음 관측 되었던건 불과 30년 전입니다.

오르트 구름 (Oort clouds)

오르트 구름은 우리 태양계를 껍질처럼 둘러싸고 있다고 여겨지는 가상의 천체집단을 말합니다. 네덜란드의 천문학자 얀 오르트(Jan Hendrik Oort, 1900~1992)의 이름을 본따 붙여진 이름입니다.

오르트 구름(Oort cloud, 그림 16)은 태양으로부터 50,000AU 정도 떨어진 곳에 아주 자유롭게 놓여있을 것이라는 가설이 세워진 구상모형 혜성의 구름입니다. 50,000AU는 지구와 태양으로부터의 거리보다 50,000배나 먼 거리입니다. 간단히 말해서 태양계 밖의 가장 가까운 별인 프록시마 센타우리별까지 거리의 1/4에 해당하는 거리입니다. 아직 인류가 유인우주선을 달까지 밖에 보내지 못했다는걸 생각하면, 얼마나 아득한 거리에 이 가상구름이 존재하는지는 상상도 못할정도 입니다. 오르트 구름의 중심권 외부 범위는 태양계 중력의 영향에 따라서 구분하기도 합니다. 쉽게 말해서 오르트 구름의 존재를 고려한다면, 태양계의 범위는 흔히 생각하는 명왕성의 궤도 정도 범위보다도 훨씬 넓어집니다. 오르트 구름은 대부분 먼지나 얼음조각으로 이루어져있고 질량을 모두 합해도 겨우 지구의 5배 정도밖에 안 된다고 추정됩니다. 이처럼 거리도 멀고 구성하고 있는 천체의 크기도 작아서 실제로 존재하는지의 여부를 확인하기는 힘들지만, 혜성의 궤도 장반경과 궤도 경사각의 통계에 의존하여 오르트 구름의 존재를 추정하였습니다.

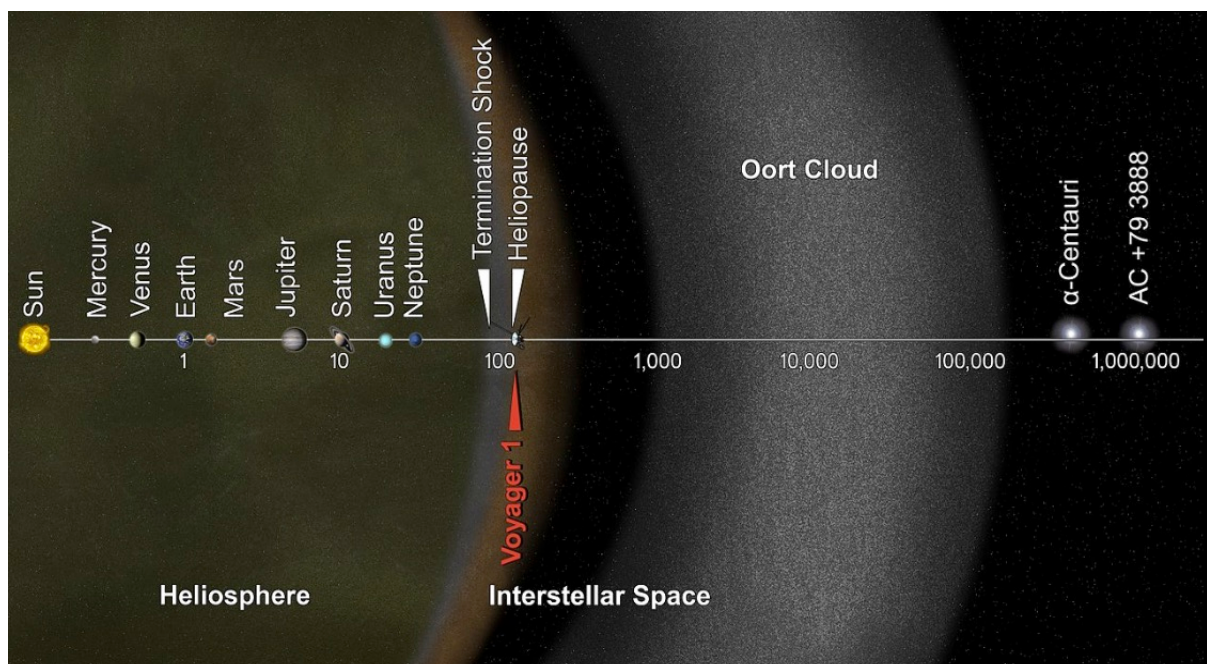


그림 16. 오르트 구름의 가상도 입니다. 출처: NASA

오르트 가설은 혜성의 성질을 설명하기 위한 것이었습니다. 현 태양계 궤도 안에서 불안정한 혜성의 안정적인 형성은 힘들것이기 때문에 태양계 외곽의 어딘가에 작은 천체들이 모여 있는 장소가 있을것이라고 추측을 한 가설입니다. 혜성의 궤도는 근본적으로 불안정한 편입니다. 이 때문에 결국 태양과 충돌해서 없어지거나 태양계 밖으로 완전히 튕겨나가게 됩니다. 태양계 외곽의 어느 부분에서 안정적으로 형성이 되던 도중, 태양계 행성들의 인력이나 가까이 존재하는 항성의 영향을 받아서 “저장고”에서의 위치를 벗어나 혜성이 된다고 믿고 있습니다.

오르트 구름이 중요한 이유는 생명의 기원과 멸종 두 가지 모두에 관계되어 있을 수 있기 때문입니다. 혜성의 유기물질이 행성으로 날아들어서 지구상에 생명이 탄생 되었을 수 도 있고, 또한 공룡의 멸종에 혜성이 연결되어 있다는 수많은 가설들이 있기 때문입니다. 오르트 구름을 통해서 지구상의 수많은 궁금증들이 해결 될 수 있다는 사실, 놀랍고 무섭지 않으신가요?

Planet 9?

최근 가장 성공적인 관측 프로젝트중 하나라 평가받는 적외선 관측 프로젝트 *WISE*는 해왕성 만한 크기의 행성이 해왕성 궤도 바깥에 존재할 가능성이 있다는 것을 알렸습니다. 이를 바탕으로 ‘제 9 행성’¹² (Planet 9)의 존재를 주장한 브라운 교수¹³와 콘스탄틴 바티긴 교수는 명왕성 너머에 아홉 번째 행성이 존재한다는 증거를 찾아냈다고 발표했습니다. 그들은 관측된 여섯 개 작은 천체가 같은 각도로 타원 궤도를 그리며 태양을 돌고 있었으며 이는 행성 규모 천체가 이들에게 동시에 영향을 끼치고 있는 증거라고 주장했습니다.



그림 17. 제 9 행성 상상도

출처: <http://earthsky.org>

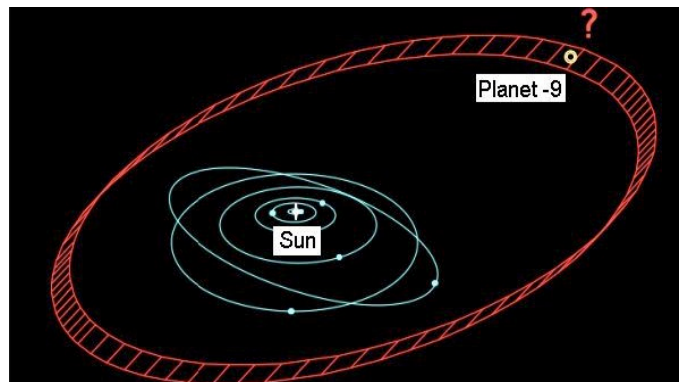


그림 18. 제 9 행성 궤도 상상도

출처: NASA

‘제 9 행성’의 공전궤도는 타원형이며 그 주기는 1만 ~ 2만 년입니다. 궤도가 크게 찌그러져 있는 탓에 태양에 가장 가까이 접근할 때에는 200AU, 가장 멀 때에는 1200AU까지 멀어지게 됩니다. 마이클 브라운 교수는 제 9 행성이 천왕성 및 해왕성과 비슷한 얼음 가스행성일 것으로 추정했습니다. ‘제 9 행성’은 최대 지구의 10배 규모의 크기를 지니고 있을것으로 추정되며, 따라서 태양계 행성중에서는 5번째로 큰 크기일 것이라고 예측됩니다. 태양계 행성들이 태양을 공전하는 면은 약 6도 정도 기울어져있습니다. 이 이유가

¹² 비공식적으로는 '퐁보'(Fatty)로도 불렸습니다.

¹³ 이 가설을 제시한 마이클 브라운은 2005년 명왕성이 행성의 지위를 잃는 데 주도적 역할을 했습니다.

바로 '제 9 행성' 일 수도 있다는 예측도 나왔습니다. 이 거대한 '제 9 행성'은 다른 행성들보다 30도 가량 흰 공전궤도를 가지고 있고, 더군다나 태양으로부터의 거리가 상당히 먼 탓에 이 거대한 '제 9 행성'의 각운동량은 태양계를 충분히 기울일 수 있다고 설명합니다. 다만 '제 9 행성'이 왜 30도나 흰 공전 궤도를 가지고 있는지는 미지수입니다. 목성의 영향일 수도 있고 아니면 우리 태양계나 외부 태양계의 다른 천체의 영향을 받았을 수도 있습니다.

당연히 '제 9 행성'은 임시로 붙인 이름으로, '제 9 행성'이 실제 행성으로 인정 받게 되고 구체적인 관측이 뒷받침 된다면 어느 행성처럼 로마 신화(혹은 그리스 신화)에 나오는 신들의 이름 중 하나를 부여 받게 될 것이라고 합니다.

수개월 내로 질문의 답이 풀릴 것입니다. 이 글의 'Planet 9?' 섹션도 사라지길 기대해봅니다.

우주 탐사

우주의 탐사는 유인 우주 비행 (Human spaceflight) 과 무인 우주선 (Robotic spacecraft) 두가지로 나눌 수 있습니다. 우주 탐사는 한때 전쟁과 같이 치열한 경쟁으로 추진되고 발전 되었습니다. 지구의 궤도에 쏘아 올려진 최초의 인공위성인 스푸트니크 1호는 1957년 소련이 발사하였습니다. 이에 질세라 1969년 미국의 아폴로 11호가 최초로 유인 달착륙에 성공하였습니다. 우주 탐사를 시작한 지 약 50년이 지난 2003년에는 중국이 유인 우주 비행을 시작하여 현재까지도 미국, 러시아, 중국 단 3개국만이 유인 우주 비행을 경험한 나라입니다. 물론 일본, 인도 그리고 우리나라도 유인 우주 비행 계획을 세우고 있습니다.

1960년대 달 탐험에 주력하던 미국과 소련의 우주 개발 계획은 1970년부터는 더 심도있는 달 탐험은 잠시 보류하고 통신·기상·자원탐사 등의 인공위성과 천체와 태양 관측용의 과학위성등 실생활에의 이용과 태양계 행성의 무인 우주선 탐사에 집중하고 있습니다. 무인 우주선은 훨씬 다양합니다. 가장 유명하고 잘 알려진 무인 우주선 탐사계획은 보이저 계획 (Voyager program) 입니다. 이는 목성형 행성을 탐사하기 위한 계획이었습니다. 반대로 지구형 행성을 탐사하기 위한 무인 우주선 탐사계획은 매리너 계획 (Mariner program) 입니다. 이는 NASA에 의해 실행된 무인 행성 탐사 계획으로 수성, 금성, 화성을 탐사하였습니다. 최초로 스윙 바이를 성공시킨 계획이라는점에서 아주 인상 깊습니다. 이제 인류가 성공시킨 여러가지 유명한 우주탐사를 알아보겠습니다.



그림 19. 쌍둥이 화성 탐사로봇 : 스피릿과 오퍼튜니티

출처: NASA

먼저 화성탐사는 가장 활발한 분야중 하나입니다. 1976년 바이킹 2호가 화성에 도착한 이후, 21년만에 다시 무인 화성탐사선 패스파인더가 화성에 도착하였습니다. 패스파인더는 착륙 후 표면 탐사 로봇자동차인 '소저너'를 발진시켜 정밀 탐사활동을 벌였습니다. 소저너는 예상 수명이 불과 1주일 정도였으나 알수 없는 이유로 1개월 이상 화성에서 활동하면서 화성 표면의 기온변

화를 관측하고 토양을 분석해주었습니다. 그 결과 우리는 아주 소중한 새로운 정보를 접할 수 있었는데, 화성 표면 토양에 의외로 많은 규소가 함유된 것으로 알려졌습니다. 이는 생각했던 것보다 훨씬 더 큰 지각 변동을 겪었다는 말과도 같았습니다. 또 오래전 화성에도 물이 있었음을 보여주는 흥미로운 단서도 포착되었지만 생명체의 흔적은 찾을 수 없었습니다.

패스파인더에 실린 소저너 탐사선이후 2004년 두번째로 화성에 간 이동식 탐사 로봇은 우리에게도 상당히 친숙한 스피릿과 오퍼튜니티 바로 쌍둥이 로봇입니다. 이 둘은 서로 비슷한 임무를 맡았지만, 반대편에 착륙을 했습니다. 스피릿과 오퍼튜니티는 태양에너지로 움직이는 자가 구동형 탐사 로봇입니다. 스피릿의 눈물겨운 사투를 기억하시나요? 물론 이 두 로봇은 인간이 입력한 프로그램 대로만 움직이는 로봇이지만, 거친 지형에서 구르거나 넘어지면 스스로 리부팅을 반복하는 등 마치 결코 포기를 모르는 인간의 의지를 연상시키는 로봇들입니다. 무한한 감동을 준 이유도 바로 이것입니다. 도착한 후 몇 주 되지 않아 바로 메모리 에러부터 며칠간의 통신 두절등 각종 어려움을 겪은 로봇들은 생존을 위한 수많은 재부팅끝에 생존에 성공했습니다. 중간에 오른쪽바퀴의 고장으로 인해서 후진으로 임무를 완수해 내었습니다. 스피릿의 계획된 생존기간은 겨우 90일이었지만, 통신이 두절되기 까지 2210일동안 활동했습니다. 반면, 오퍼튜니티는 아직도 살아있습니다. 화성의 모래폭풍이 태양전지판에 쌓인 모래와 먼지등을 계속 청소해주고 있기 때문입니다. 2011년에는 물의 확실한 단서인 아연과 브롬을 발견해 내기도 했습니다. 벌써 13년이나 되었습니다. 여전히 오퍼튜니티는 우리에게 감동을 주고 있습니다. 매년 오퍼튜니티의 생일때마다 생일 축하 노래가 울리는데, 그 광활한 사막의 화성에서 혼자 노래 부를 생각을 하니 가슴이 찡해집니다. 스피릿과 오퍼튜니티는 과학에 생소한 이들이라도 활짝 웃게 만드는 마법의 단어라고 합니다.

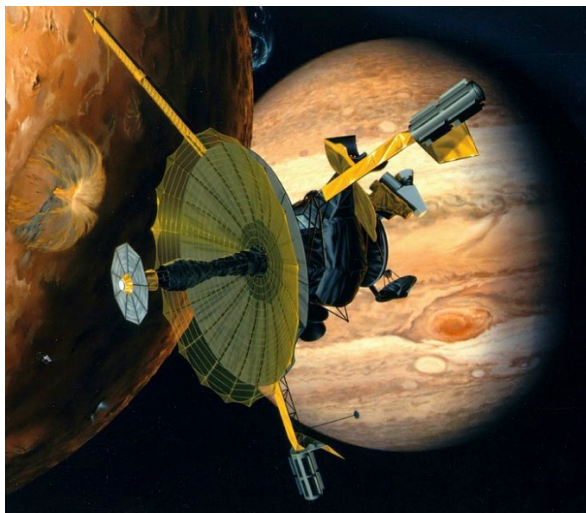


그림 28. 목성 탐사 무인 우주선 : 갈릴레오

출처: NASA

목성 탐사는 1972년 발사된 파이어니어 10호에 의해 시작됩니다. 그 이후로는 보이저에 의한 탐사가 이어지고 다시 탐사기 갈릴레오 호가 발사되었습니다. 정밀하고 과학적인 센서로 목성의 대기와 목성의 위성을 자세히 조사한 갈릴레오 우주선의 가장 큰 업적은, 목성의 위성중 하나인 유로파의 얼음 밑에 소금을 함유한 바다가 존재할 가능성이 높다는 사실을 알아낸 것이었습니다. 1973년 발사된 최초의 토성탐사선 파이어니어 11호는 6년만에 토성의 띠에 3,500 km 까지 접근하여 통과하였습니다. 한편 1997년 발사된 토성탐사선 카시니-하위헌스는 35억km를 날아 2004년 토성에 도착했습니다. 토성 최대의 위성인 타이탄에서 4년 동안 생명체 기원 연구 등의 탐사임무를 수행했습니다.

또한 두꺼운 구름 때문에 수수께끼에 둘러싸인 채 알려지지 않았던 금성의 모습을 파헤치기 위해서 미국의 금성 탐사는 1962년 매리너 2호로 시작되었습니다. 1978년의 파이어니어 비너스 1호, 2호가 표면의 대략적인 데이터로 얻었습니다. 1989년 쏘아올린 마젤란(Magellan), 또는 금성 레이더 탐사기(Venus Radar Mapper) 역시 무인 우주 탐사선이었습니다. 합성 개구 레이더로 금성의 표면을 조사하고, 중력장을 조사하였습니다. 처음으로 행성 간 이동 임무를 위해 발사된 우주 ‘왕복선’이라는 점이 큰 의미를 가집니다.

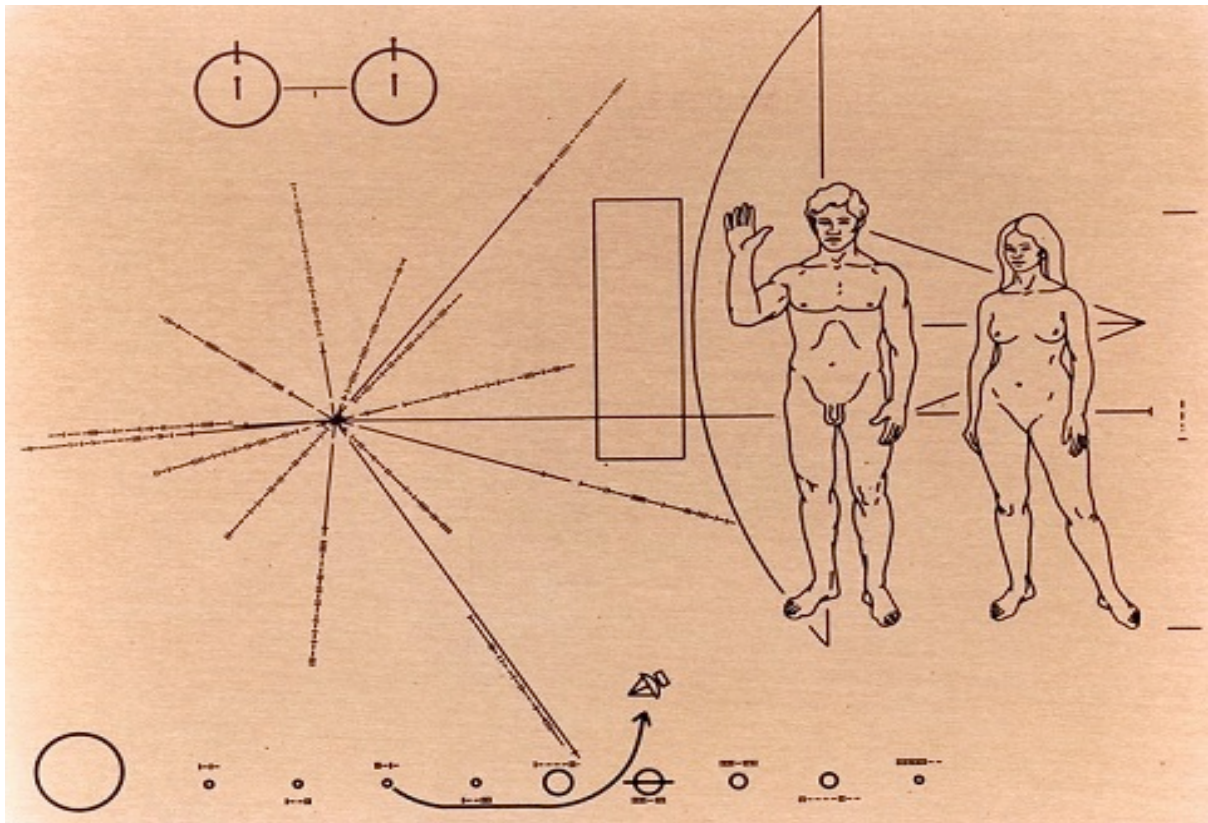


그림 20. 천문학자 칼 세이건의 제안으로 파이오니어에 실린 파이오니어의 명함. 명왕성의 모습도 볼 수 있습니다.
출처: NASA

엄청난 가격의 인공탐사선들은 태양으로부터 멀어질수록 태양광판에 닿는 광량이 떨어져서 효율이 기하급수적으로 떨어지게 됩니다. 때문에 바깥우주로 나가는 탐사선들은 원자력 전지를 쓰곤 합니다. 현재까지의 탐사선들중 가장 멀리 여행을 떠난 보이저호, 파이오니어호들은 현재까지도 전파를 보내고 있다고 합니다. 파이오니어호에는 아주 특별한 정보가 담겨 있습니다. 24K의 작은 금판에 태양계의 위치, 태양계내의 모습, 파이오니어 호의 진행방향과 출발위치, 수소의 원자모형, 여러 펄서의 위치들, 남성과 여성의 모습, 그리고 인간의 체격을 가늠할 수 있도록 뒤에는 탐사선을 그려넣었습니다. (그림 20) 언젠가는 외계생명체들이 우리의 메시지를 발견하고 다시 송신해오는 기적이 일어날까요? 외계 생명체들이 이에 반응해 송신을 해온다면 여러분은 어떤 질문을 던지고 싶나요? 또한 그들이 가질 우리 인류 그리고 지구에 관한 수많은 궁금증에 물리학자, 천문학자, 공학자들, 그리고 여러분들이 대답을 준비 할 차례입니다.

Minjae Kim (김민재)

mkim@astrophysik.uni-kiel.de

Institute of Theoretical physics and Astrophysics,
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Germany

- **CARMENES** scientific member
- FOR 2285 Research Unit "**Debris Disks in Planetary Systems**" member

References :

- books

천문학 콘서트 - 이광석 저

- Pictures

표지 그림 : NASA

그림 1 : Justus Sustermans

그림 2 : 출처 미상

그림 3, 4, 6 -14, 16, 18 - 20 : NASA

그림 5 : <http://www.astro.cornell.edu>

그림 14 : 박승철씨 천체사진

그림 15 : Kalas et al. 2008

그림 17 : <http://earthsky.org>

- Papers

Krivov, A. 2010 : **Debris disk : seeing dust, thinking of planetesimals and planet**

Wyatt, M. 2008 : **Evolution of debris disk**

Kalas et al. 2008 : **Formalhaut**