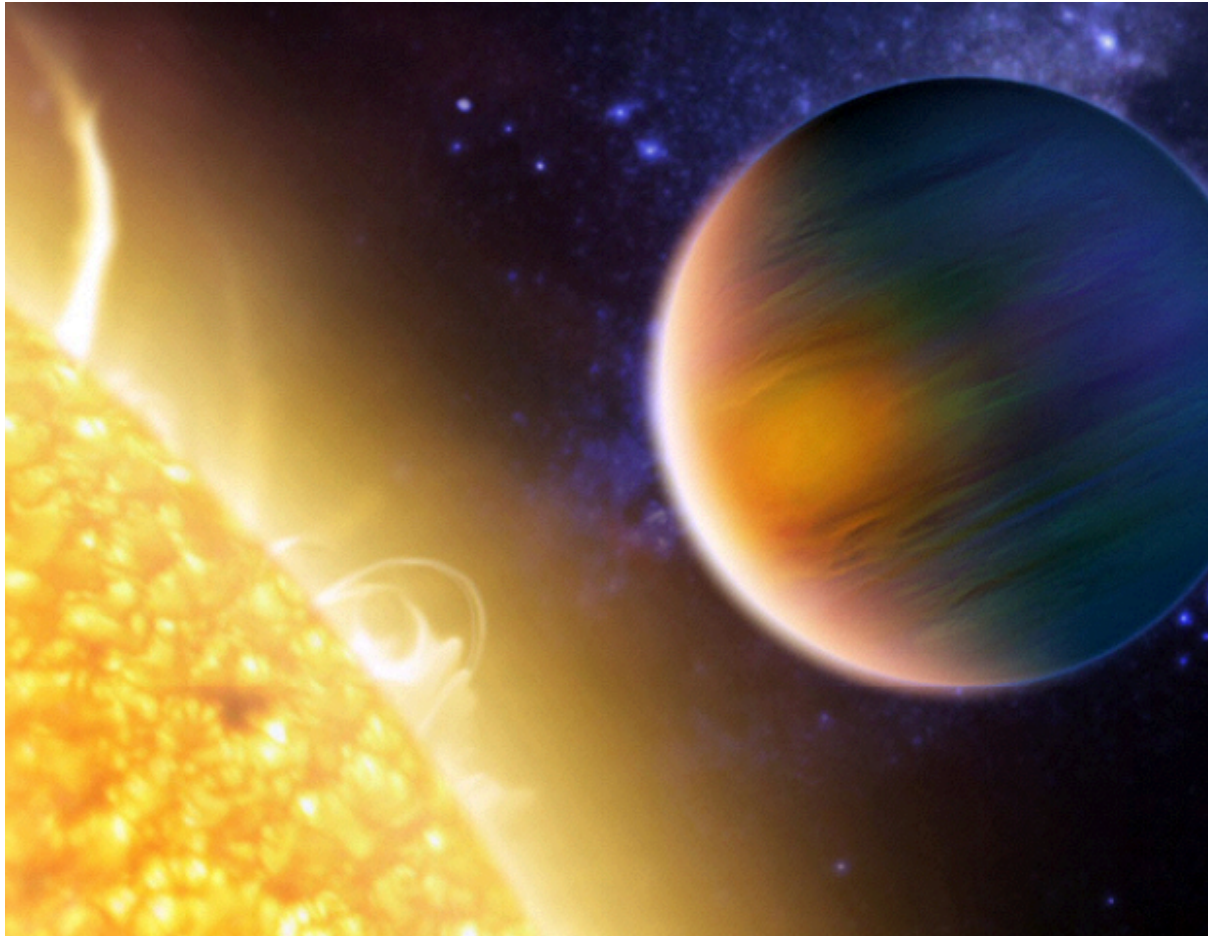


외계 행성 (extra-solar planets) 으로의 여행

Minjae Kim (김민재)

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

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



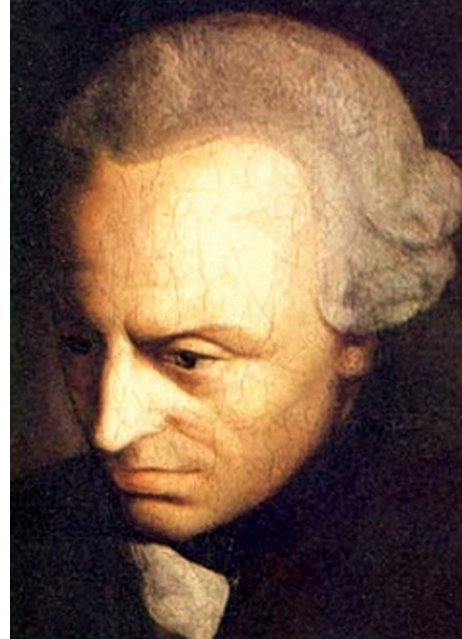
Credit: NASA

칸트도 예측했다!

'순수이성비판'을 쓴 철학자 임마누엘 칸트 (Immanuel Kant)¹를 모르시는 분은 없겠지만, 그의 박사학위 논문이 철학분야가 아니라 천문학 이론에 관한 것이 었다는걸 아시나요? 물론 칸트가 살던 시기만해도 철학과 천문학 사이에 명확한 구분선이 없던 때

¹ 놀라운 직관과 예지로 누구보다 우주의 진면목에 다가갔던 칸트 (Immanuel Kant) 의 묘비명은 “생각하면 할수록 내 마음을 늘 새로운 놀라움과 경외심으로 가득 채우는 것이 두 가지 있다. 하나는 내 위에 있는 별이 빛나는 하늘이요, 다른 하나는 내 속에 있는 도덕률이다.” 이었다고 합니다.

그림1. 칸트의 초상화 (작자 미상)



“ 나는 어떤 꾸밈도 없이, 운동 법칙대로 잘 정돈된 세계가 생겨나는 것을 보면서 만족한다. 그것은 우리 눈앞에 펼쳐져 있는 우주와 아주 비슷해 보이므로, 나는 그것을 진실로 간주하지 않을 수 없다.”

- 임마누엘 칸트 (Immanuel Kant)

였지만, 칸트의 논문은 분명히 천문학에 관한 내용이었습니다. 우리 태양계의 생성에 관한 학설로, 흔히 요즘은 ‘성운설’ 이라고 불리는 그 이론입니다. 일찍이 뉴턴 역학의 광팬이었던 칸트는 철학과 함께 물리학/수학을 공부하면서 망원경으로 우주를 관측한 천문학자이기도 했습니다. 뉴턴은 우리의 태양계가 특별한 것이 아니며, 우주의 모든 물체들은 중력의 법칙에서 벗어날 수 없다고 주장했습니다. 이로 인해서 아리스토텔레스의 세계관이 붕괴되는 것을 본 칸트는 새로운 시대의 우주론에 깊이 빠져들었다고 합니다. 칸트가 제창한 후 라플라스가 전개한 ‘칸트-라플라스 성운설’² 로 알려진 우주 발생 이론에 따르면, 원시 태양계의 기원은 지름이 몇 광년이나 되는 거대한 원시 구름인 가스 성운입니다. 천천히 자전하던 이 원시 구름은 점점 식어가고 중력에 의해 중심 쪽으로 낙하하는 현상이 일어남으로써 수축이 이루어집니다. 이에 따라서 회전이 빨라지고 마침내 그 중심부에 어린 태양이 탄생되며, 주변부에는 여러 행성들이 만들집니다. 또한 행성들이 자전하면서 떨어져나온 것들이 바로 위성 (달) 및 미행성들입니다. 원시 태양계 형성의 기본틀을 만든 칸트는 태양 및 다른 별들에 대해서도 이전의 이론들과는 사뭇 다른 주장을 펼쳤습니다. 하늘의 별들 역시 태양과 다를 바 없는 존재라 여겼고 한 걸음 더 나아가 이러한 원리를 은하계까지 확대시켰습니다. 우리 태양계나 은하계가 특별하지 않다는 이 주장은 우주론 (Cosmology) 의 기본 토대가 되었습니다. 그는 또한 은하계가 거대한 렌즈 모양을 하고 있다고 예측을 했으며, 별들이 은하 적도 부근에 밀집해 있다고 주장했습니다. 훗날 현대 과학의 성공적인 관측이 칸트의 이론을 완벽하게 뒷 받침 해주었습니다.

외계 생명체에 대한 칸트의 추론 역시 주목할 만한 것이었습니다. 생명은 신의 창조 행위로 생겨 난 것이 아니라 천체들이 진화한 결과로 생겨난 것이라고 여겼던 칸트는 19세기의 다른 진화론자들처럼 ‘생명체는 특정한 외적인 조건들과 연계되어 있다’라고 인식했습니다. 칸트는 모든 행성들에 다 생명체가 살고 있다고 주장할 필요는 없다고 보았으며 또한 이것을 굳이 부정하는 것도 불합리하다고 생각했습니다. “물론 태양의 티끌에 불과할 정도로 황량하며, 생명체가 없는 지역들도 있을 것입니다. 어쩌면 모든 천체들이 미처 완전한 형태를 다 갖추지 못했을지도 모르죠. 어떤 거대한 천체가 확실한 물질상태에 도달하기까지는 수만 년의 시간이 더 걸릴지도 모르겠습니다.” 라고 말한 칸트의 주장은 요컨대 외계 생명체가 있을 수도 있다는 말이었습니

² 성운설은 우주기원론 분야에서 태양계의 형성과 진화를 설명하는 데 있어 가장 널리 인정받는 가설입니다. 태양계는 성운 물질에서 생겨났다는 가정 아래 행성의 탄생을 설명하는 내용입니다. 현재 전 우주에 걸친 보편적 현상으로 인정받고 있는 성운설은 그의 박사논문에 최초로 실렸습니다.

“ 2014년 기준으로 1135개의 태양계에
서 1821개의 외계 행성이 발견되었고 이
중 다중행성계도 467개나 됩니다.“

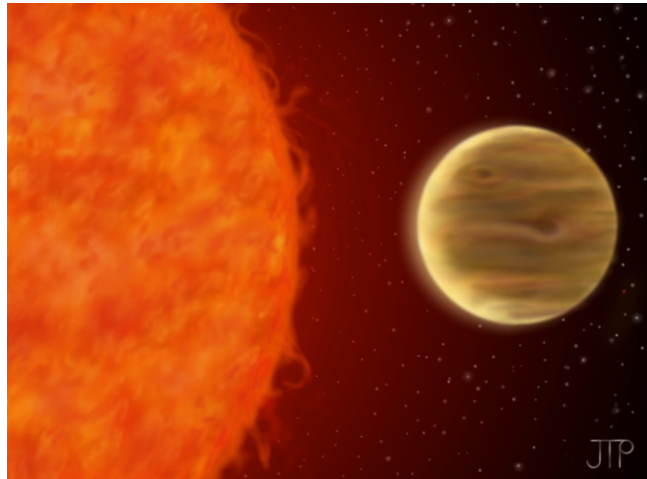


그림 2.

천체 삽화가의 상상도 (Pinfield et al. 2014)
오른쪽에 그려진 행성이 WTS-2b입니다. 이 행
성의 발견은 Birkby et al., 2014 에 보고되었
습니다.

천문학계에서는 비록 칸트보다는 느렸지만 19세기경부터 외계 행성을 찾았다는 발표가 여러 번 있었습니
다. 하지만 천문학자들의 검증 결과 모든 주장들은 기각되었죠. 그러던 1992년 펄서 PSR B1257+12 주
위를 도는 암석 행성들의 존재가 최초로 검증, 발표되었습니다. 그 이후 과학 기술의 놀라운 발전 덕분에
새로운 외계 행성들은 빠른 속도로 발견되었고 2014년 현재 1800개가 넘는 외계 행성들이 정식으로 등록
되었습니다. 최근 영국의 에든버러 대학교 천문학 연구팀에 따르면, 외계 지적문명의 수가 최소 361개, 최
대 37964개정도에 이른다는 연구 발표를 내놓았습니다. 현재까지 발견된 외계 행성들 중 지구에서 가장
가까운 것은 프록시마 b 입니다.

외계 행성이란?

국제천문연맹 (IAU) 이 제정한 행성의 정의는 우리 태양계 내에
만 적용될 뿐 외계 행성들까지 고려한 것은 아니었습니다. 하지만
실효성이 있는 외계 행성의 정의를 보자면 이렇습니다. 첫째로 외
계 태양이 태양과 비슷한 내부구조를 지녔을 경우에, 행성의 질량
은 대략 목성의 13배 정도보다는 작아야 하며³, 두번째로 항성 또는 항성의 잔해 주위를 돌아야 합니다. 여
기서 재밌는건, 항성이 어떻게 형성되었는지는 중요하지 않습니다. 행성들 중에서는 자유롭게 떠돌아다니
는 (free floating) 떠돌이 행성이 있습니다. 이런 천체들은 외계 행성의 범주에 해당하지 않습니다. 이들은
대부분 당연히 항성 주위에서 태어났겠지만 (즉 '외계 행성'으로 부를 수 있었죠), 이후 어떠한 이유 때문에
항성의 중력으로부터 벗어나게 되었을 것이라고 추측하고 있습니다. 결과적으로 외계 행성 정의에서 가장
중요한 사항은 그들의 질량과 별을 돌고 있는지의 여부입니다.

외계 행성 명명법

행성 명명법은 천체들의 이름을 짓고, 이들을 관리하는 기구인
국제천문연맹 (IAU) 이 제정한 법칙을 따릅니다. 생텍쥐페리의 소
설 속 어린왕자가 살던 'B612'는 이제 실존하는 소행성이라는것
을 아시나요?⁴ 별의 명명법은 다소 복잡하지만, 대체적으로 외계
행성의 경우 항성의 이름 뒤에 항성과의 거리나 발견된 시간에 따른 영어 소문자를 표기하면 됩니다. 외계

³ 이는 갈색왜성의 정의 와도 관계 있습니다. 갈색왜성은 목성 질량의 13배 정도 이상의 질량을 지녔습니다.

⁴ 소설이 쓰여진후 한참뒤에 발견된 이 행성은 천문학자들이 위 이름을 붙여주므로서, 실존하는 행성이 되었습니다. 소행성의 실제
이름은 '46610 베시두즈(Besixdouze, 프랑스어로 B612를 순서대로 읽은 것입니다)' 입니다. 소행성의 실제 이름 B46610을 16
진법으로 바꾸면 B612가 됩니다.

행성 'HD179821b'를 예로 들면 HD179821 항성의 주위를 돌고 있는 행성 중 두번째로 발견된 행성을 말합니다. 모든 별들이나 행성은 한가지 이상의 이름을 가질 수 있습니다.

생명체 거주 가능 영역과 Habitability

외계 행성이 왜 중요한지는 인간의 목적을 파악하면 알 수 있습니다. 지구와 비슷한 행성을 찾아서 정착하는것은 인류의 오랜 꿈입니다. 하지만 아무 행성에서나 살 순 없겠죠. 예를 들면 목성이나 토성과 같은 가스형 행성에서 인간이 존재하는 것은 불가능하며, 온도도 너무 차갑습니다. 대기도 존재해야하며, 물도

있어야 합니다. 하지만 가장 중요한건 온도입니다. 태양으로부터 어느정도 적당한 거리에서 공전을 해야 생명체가 버틸 수 있는 온도가 되겠죠. 이 적당한 거리의 공간을 우리는 생명체 거주 가능 영역 (Habitable Zone; HZ) 이라고 부릅니다 (그림 3에서 파란 부분). 즉, 이 영역은 한 항성 주위에서 지구와 비슷한 생명체가 발생할 수 있는 행성의 공전 영역을 말합니다. 생명체 거주 가능 영역에 관여하는 가장 대표적인 변수로는 태양의 크기 (온도나 태양과의 거리)⁵가 있습니다. 그림3에서 태양의 생명체 거주가능영역보다 글리제581의 거주가능영역이 훨씬 더 별로 부터 가까운것을 볼 수 있습니다. 이는 적색 왜성인 글리제581의 표면 온도가 훨씬 더 낮다는것을 의미합니다. 태양의 경우 우리 지구와 화성이 완벽하게 생명체 거주 가능 영역에 들어와 있는것을 볼 수 있습니다. 이는 화성도 인간이 물과 대기문제만 해결한다면, 온도상으로는 충분히 정착할 수 있는 행성이라는 것을 의미합니다.

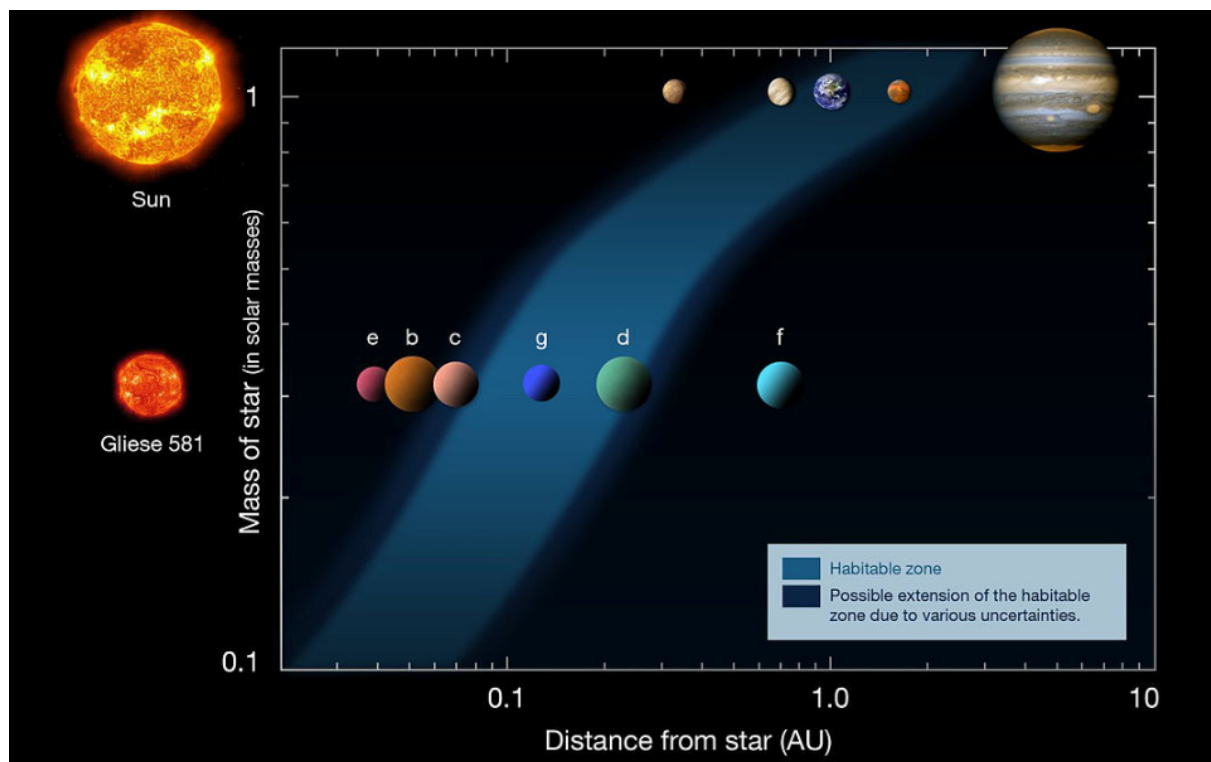


그림 3. 생명체 거주가능 영역을 나타내는 도표

Credit : NASA

⁵ 태양의 크기가 클수록 대체적으로 온도가 높고, 태양과의 거리가 가까울수록 온도가 높으므로 위 세가지 변수는 모두 상관관계가 있습니다.

생명체 거주가능영역을 우리는 ‘Goldilocks Zone⁶’ 라고도 부르는데, 우리 태양계의 이 골디락스존 (Goldilocks Zone)은 0.95 천문단위에서 1.15 천문단위⁷ 범위입니다.

글리제 581 주위를 돌고 있는 글리제 581c는 이론상으로 생명체 거주가능 영역이내에 자리잡고 있는 외계 행성입니다. 581c는 지금까지 발견된 외계 행성들 중, 액체 물이 존재 가능한 궤도를 돌고 있는 생명체 가능성을 가진 최초의 행성이었습니다. 그러나 이후 추가연구에 따르면 글리제 581c보다는, 바깥쪽을 돌고 있는 글리제 581d가 생명체의 삶에 더 적합한 온도라고 추측되고 있습니다. 글리제 581g는 생명체 거주영역에 완벽히 들어와 있는것을 보실 수 있을 겁니다. 연구 결과 글리제 581g는 항성으로부터 너무 멀지도, 너무 가깝지도 않으므로, 만약 이 행성 표면이 딱딱한 돌로 이루어져 있다면 액체 상태의 물이 표면에 존재할 가능성이 높다고 예측 됩니다. NASA의 제트 추진 연구소가 이 골디락스 행성을 찾는 케플러 계획을 전담하고 있습니다. 하지만 이 골디락스 존에 있다고 해서 생명체가 꼭 살 수 있는 것은 아닙니다. 먼저 분광기를 통한 정밀한 대기관측으로 어떤 기체가 있는지의 검사가 필요합니다. 온실 효과가 없다고 가정했을 시 우리 지구의 표면 온도는 평균 영하 18도정도 됩니다. 따라서 지구와 마찬가지로 글리제 581d가 온실 효과를 일으킬 수 있다면 생명체가 살 수 있을 정도의 온도가 형성될 것으로 보입니다. 온화한 온도 아래에 물이 있다면 더 없이 생명체가 살기 좋은 조건 일것입니다.

외계 행성의 관측

외계 행성들이 내뿜는 빛은 그들의 모항성 (별) 에 비해서 너무 어둡기에 (대략 ~1/100수준), 이런 흐릿한 빛을 잡아내는 것은 매우 어려운 일입니다. 태양으로부터 나오는 빛이 이를 가려버리게 되기 때문입니다. 현재 최첨단 과학 기술 망원경을 이용하더라도 행성의 질량이 매우 크고 (목성보다 훨씬 더 커야 함), 태양에서 제법 떨어져 있으며, 적외선 영역에서의 많은 빛을 낼 정도로 태양으로부터 흡수한 내부열을 갖고 있는 경우가 아닌 이상, 외계 행성의 모습을 찍는 것은 불가능 합니다. 같은 이유로 먼지원반은 종종 관측이 가능 합니다. 태양으로부터 제법 떨어져 있으며, 적외선 영역에서 많은 빛을 낼 수 있는 먼지들이 많기 때문이죠. 지금까지 발견된 외계 행성들 중 대부분은 간접적인 방법을 통해 발견했습니다. 가장 대표적인 몇가지의 관측법을 알아 보자면 1. 시선 속도법, 2. 횡단법, 3. 별들의 위치변화를 통한 관측, 4. 미세 중력렌즈를 이용한 관측, 5. 펄서 (Pulsar) 타이밍을 이용한 관측, 그리고 6. 먼지원반을 이용한 관측법 등 이용한 관측을 들 수 있습니다.

먼저 외계행성을 찾는데에 가장 많이 쓰인 관측법으로는 시선 속도법을 들 수있는데 이는 시선 속도의 변화 (line of sight) 를 통해 항성이 지구에서 가까워지거나 멀어지는 것을 알 수 있다는 점을 이용합니다. 시선속도란 어떤 물체를 볼때, 우리 눈으로부터 시선방향으로의 속도를 말합니다. 즉, 관측자 쪽으로 일직선 방향으로 다가오거나 멀어지는 속도를 뜻합니다. 상당한 시선 속도를 가진 물체에서 나오는 빛은 도플러

⁶ 골디락스와 곰 세마리이야기 : 금발소녀 '골디락스'가 숲에서 곰의 집을 찾았는데, 아무도 없어서 들어가니 탁자 위에 죽 3그릇이 있었습니다. 첫번째 스푼은 너무 뜨겁고, 두번째 스푼은 너무 식었고, 세번째 스푼이 적당한기에 그것을 먹었습니다. 그 후, 피곤해서 앉으려고 하는데 의자 3개가 있었고, 이역시 첫번째 것은 너무 크고, 두번째 것은 너무 작고, 세번째 것이 적당하여 앉았으나 부서지게 됩니다. 이소녀는 졸려서 자려고 침실로 가보니 침대 3개가 있었습니다. 첫번째 것은 너무 딱딱하고, 두번째 것은 너무 폭신하고, 세번째 것이 적당하여 거기서 잠을 잤습니다. 이 후 곰 3마리가 복귀했고 누군가 죽을 먹은 것, 의자가 부서진 것, 침대에 누군가 자고 있는 것을 발견하여, 화가 난 곰들이 소리를 지르자, 잠이 깬 골디락스는 곰을 보고 놀라 도망친다는 내용입니다. 과하지도 않고 모자라지도 않아 꼭 맞는 것을 찾는다는 점에 빗대어, 생명체가 생존 가능한 항성 주위 생명체 거주가능 영역을 두고 일명 골디락스 존이라고 부릅니다.

⁷ 1천문단위는 지구에서 태양까지의 거리를 뜻합니다.

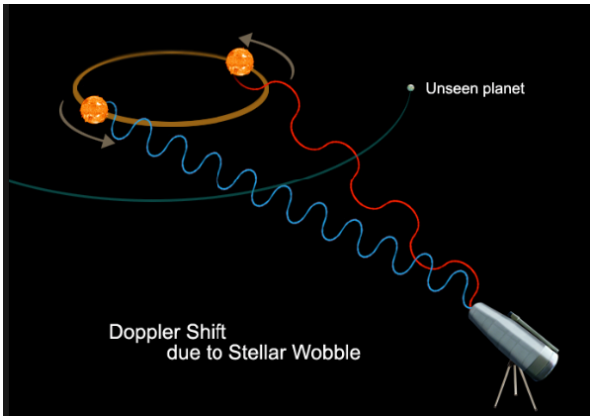


그림 4 : 시선속도법을 이용한 관측

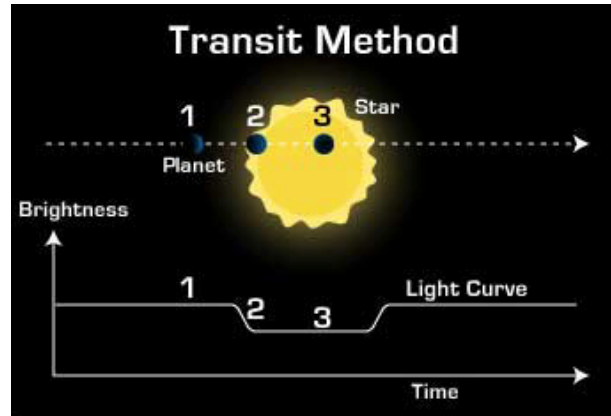


그림 5 : 횡단법을 이용한 관측

효과를 일으키는데, 멀어지는 물체에 대해서는 빛의 진동수가 감소하고, 다가오는 물체에 대해서는 빛의 진동수가 증가하게 됩니다. 진동수는 파장에 반비례하므로, 멀어지는 물체는 파장의 증가, 그리고 다가오는 물체는 파장의 감소를 보여줍니다. 멀어지느라 파장이 증가하는 현상을 우리는 적색 편이 (Red shift : 조금 더 빨간색에 가까운 파장을 내뿜게 됩니다 - 그림4에서 빨간곡선) 라 부르고, 다가오느라 파장이 감소하는 현상을 우리는 청색 편이 (Blue shift : 조금 더 파란색에 가까운 파장을 내뿜게 됩니다 - 그림4에서 파란곡선) 라 부릅니다. 별과 행성이 그리는 원은 마치 피겨 스케이팅처럼 서로 손을 잡고 도는 것과 같습니다. 만약 한 명의 스케이터가 아주 작고 가볍다면 다른 한 명은 아주 조금만 움직이게 할 수 있습니다. 따라서 행성의 질량은 별에 비해 너무나도 작기 때문에 별을 아주 약간만 움직이게 할 수 있습니다. 이 움직임을 우리는 스펙트럼선의 변화로 포착합니다. 이 변화주기를 통해 행성의 공전주기를 알 수 있고, 행성의 질량 (최소질량) 을 계산해 낼 수도 있습니다. 따라서 스펙트럼의 작은 변화가 일어난다면, 행성이 있을 확률이 아주 높다는 말이고, 이 주기를 통해서 행성이 어느 곳에 위치해 있는지 가늠하게 됩니다.

두번째로 횡단법 (Transit) 을 알아 보자면, 어떤 행성이 항성 앞을 지나갈 경우 항성 표면에 검은 원반이 지나가는 것처럼 보이는 순간을 이용합니다 (그림 5). 항성의 밝기는 원반이 항성을 가리는만큼 어두워질 것이기에 감소된 밝기를 통해서 행성의 크기를 예측 할 수 있게 됩니다. 또한 항성의 밝기가 낮아지는 주기 (공전 주기와 같습니다) 를 통해서 행성의 위치를 가늠 할 수 있습니다.

세번째로 항성의 위치를 정확하게 측정하고 시간의 흐름에 따라 항성이 원래 있던 위치에서 어떻게 이동하는지 포착하는 방법이 있습니다. 만약 항성이 행성을 거느리고 있다면 행성이 항성에 미치는 중력으로 인해 결국 항성의 위치는 조금 변하게 되고, 변하게 되는 위치는 행성과의 질량 중심⁸을 기준으로 작은 원 또는 타원 궤도를 그리게 되기 때문입니다.

또 미세중력렌즈 효과를 이용한 관측이 있습니다. 어떤 별의 중력장을 렌즈처럼 이용할 경우 배경 별의 빛을 증폭시킬 수 있기에, 앞쪽에 있는 별에 행성이 있다면 뒷쪽 별에서 오는 빛의 광도곡선에 불규칙성이 발생하게 됩니다. 우리는 이를 포착하여 행성의 유무를 판단합니다.

⁸ 질량 중심은 물체 전체 질량의 중심점을 말합니다. 무게중심과 질량중심을 혼동하기 쉬운데 무게중심의 경우에는 물체를 구성하는 입자 하나하나에 작용하는 중력을 고려하여 구한 중심이고, 질량중심은 물체를 구성하는 입자들의 질량의 중심입니다. 일반적인 상황에서는 질량중심과 무게중심과 동일하지만 아닌 경우도 있을 수 있습니다.

다음으로 맥동전파원 -펄서-⁹ (Pulsar) 타이밍을 통한 관측입니다. 자전하면서 규칙적인 전파를 뿜는 펄서는 놀랄 만큼 발산주기가 정확합니다. 만약 이 전파의 발산 주기에 약간의 변화가 있다면, 이는 펄서가 흔들리고 있다는 뜻이 되기에 주위에 행성을 거느리고 있다는 증거가 됩니다.

별 주위의 먼지원반을 통한 관측도 있습니다. 실제로 많은 주계열성 주위를 먼지원반이 둘러싸고 있으며 먼지원반을 구성하는 먼지 들은 항성의 빛을 흡수하여 적외선 형태로 재발산 하곤 합니다. 적외선 과잉 발산이 관측된 별 주위에는 이 먼지 원반이 반드시 있으며, 먼지 원반이 있는 태양계에는 행성이 존재할 가능성이 큼니다.

왜 M등급의 별에 집중해야 하는가?

알려진 대부분의 외계 행성들은 우리 태양과 비슷한 별(분광형으로는 F, G, K형 주계열성)을 돌고 있습니다. 태양과 비슷한 별들 주위에서 행성들이 많이 발견된 이유는 다름이 아닌, 행성 탐사 계획들이 이러한 별들을 집중적으로 관측하도록 설계되었기 때문이었습니다. 질량이 작은 별들은 질량이 큰 별보다 행성을 가질 확률이 작지만, 행성을 거느리게 된다면 질량이 큰 별보다는 훨씬 안전한 상태에서 행성을 거느리고 있을 수 있습니다. 별들을 밝기별로 나타낸 H-R 도표 (Hertzsprung–Russell diagram, 그림 6) 에 따르면 별은 온도에 따라서 등급별로 나눌 수 있습니다. 천문학에서는 이를 간단히 외우기 위해서 “**Oh Be A Fine Girl/Guy Kiss Me**”라고 부르는데 O등급의 별일 수록 뜨거운 별이고 M등급의 별일 수록 차가운 별입니다. 차가울 수록 빨간별이기에, 작고 차가운 M등급의 별을 우리는 ‘적색 왜성’이라고 부릅니다.

우리가 M등급의 별에 집중해야하는 이유는 질량이 작은 별일 수록 좀 더 높은 시선속도의 변화를 나타내 주기 때문에 관측이 상대적으로 용이합니다. 또한 우주의 별 대부분은 (통계에 따르면, 적게는 75%에서 많게는 90%정도의 별) 적색 왜성인만큼¹⁰ 일단 높은 생명체 거주 가능성을 내포하고 있습니다. 작고 온도가 낮은 별인 관계로 적색 왜성은 아주 느리게 진화하며 거의 일정한 광도를 가지고 있습니다. 이론에 따르면 몇조년의 시간이 흐르기전까지 그들의 연료는 고갈되지 않습니다. 이를 우주의 나이와 비교를 해본다면, 적색 왜성의 나이가 오히려 우주의 나이보다 길기 때문에 적색 왜성의 추후 진화과정이 진행 (청색왜성이라 일컫는 별) 되고 있는 항성은 존재하지 않습니다. (아직까지 발견된 바도 없습니다.)

적색 왜성 주변을 도는 행성이 있고, 이 행성이 액체 물의 증발이 일어나지 않는 온도를 지닌 공전궤도에 있다고 가정하더라도, 생명체가 살 수 있는지의 여부에는 논란이 있습니다. 모항성이 무한에 가까운 수명을 지니고 있지만 여러 가지 이유로 인해 인류가 살 수 있는 가능성을 방해하기 때문입니다. 일단 적색 왜성은 매우 어둡기 때문에, 행성이 태양에 매우 가까이 붙어서 돌아야 합니다. 그러나 가까운 거리로 말미암아 조석 고정 (tidal locking)¹¹ 현상이 발생하면 기조력 때문에 행성의 한 면만 모항성을 바라보며 돌게 됩니다. 즉 행성의 한쪽면은 영원한 낮, 반대쪽은 영원한 밤이 계속 된다는 뜻입니다. 이런 환경에서는 생명체가 안정적으로 진화하기가 힘들어지지만, 최근 연구에 따르면, 행성의 대기가 충분히 두꺼울 경우 한 쪽의 열을 반대쪽으로 이동시켜서 행성 전체의 온도가 고르게 유지될 수 있다고 주장하기에 이 악조건을 피

⁹ 펄서 (Pulsar: 한글번역은 맥동전파원 혹은 펄서) 는 초신성이 폭발하고 남은, 어마어마한 밀도를 지닌 작은 천체를 말합니다. 펄서는 1.5밀리초에서 8.5초 사이의 주기로 광선을 방출합니다.

¹⁰ 태양으로 부터 가장 가까운 별인 프록시마 센타우리도 적색 왜성입니다.

¹¹ 우리가 달의 한면만 볼 수 있는 이유입니다.

해 갈 수 있습니다. 태양은 대부분의 빛을 가시광선형태로 분출하지만, 차가운 별인 적색 왜성은 대부분 적외선을 방출합니다. 이는 식물의 광합성 작용에 부적합한 파장이기에 생명체 거주에 문제가 될 가능성이 있습니다. 또 적색 왜성 자외선을 거의 분출하지 않기에, 이 역시 생명체에 좋은 조건은 아닙니다. 가장 큰 문제점으로, 적색 왜성 표면에 많은 흑점이 존재할 것으로 예상되는데 이는 왜성이 방출하는 빛의 양을 불규칙하게 만들 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 우주에서 너무 풍부한 적색 왜성이 거느리고 있는 생명체 거주행성을 찾기 위한 연구와 탐험이 계속 되고 있습니다. 적색 왜성과 생명체 거주행성을 찾는 연구는 천문학에서 가장 큰 비율을 차지하고 있는 프로젝트 분야기도 합니다.

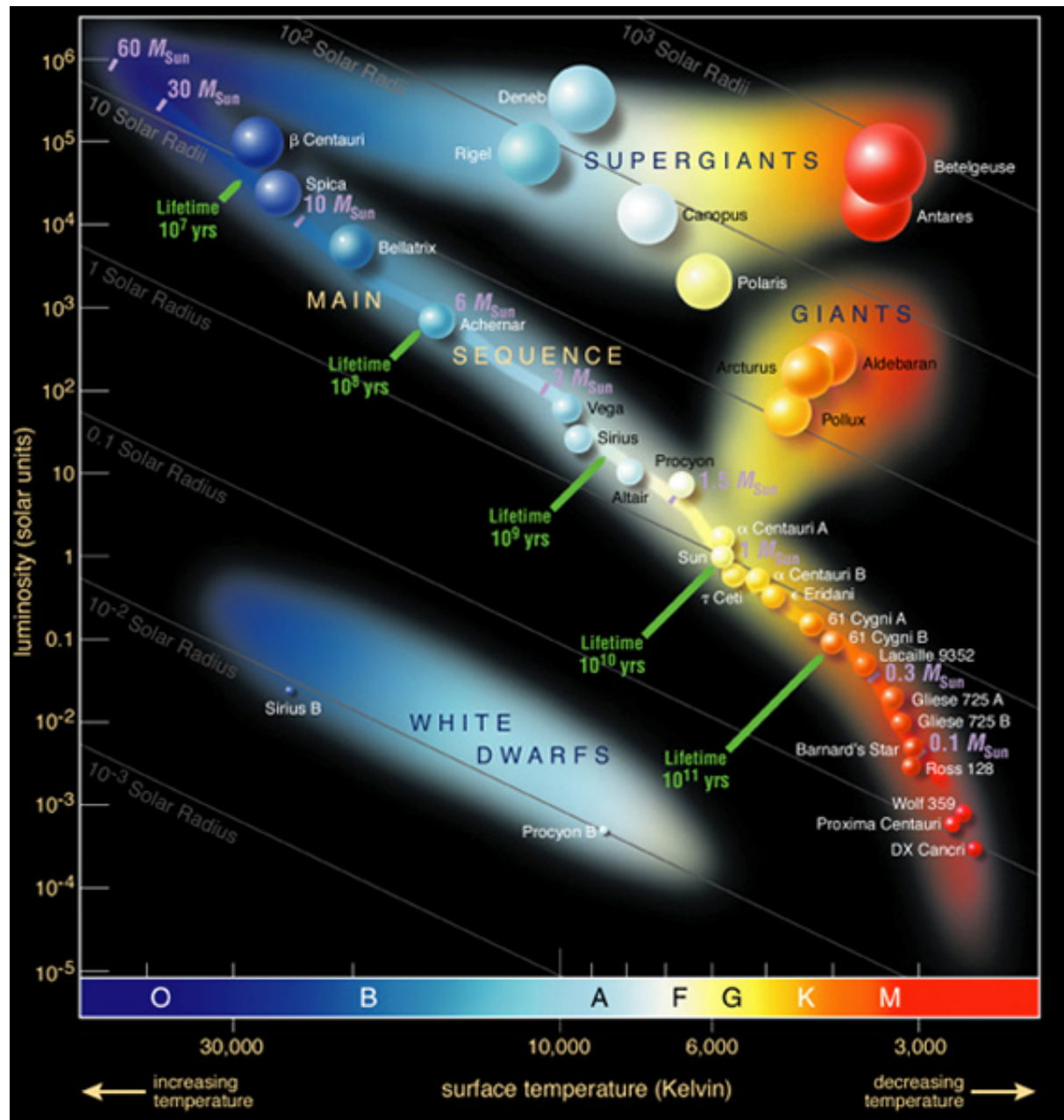


그림 6 : Hertzsprung-Russell diagram

Credit : <https://www.eso.org>

CARMENES

지구와 비슷한 외계 행성을 찾기 위해 시작된 CARMENES 프로젝트 (Calar Alto high-Resolution search for M dwarfs with Exoearths with Near-infrared and optical Échelle Spectrographs) 는 이전까지 볼 수 없었던 새로운 천문학 프로젝트

입니다. 스페인과 독일의 11개 연구소 소속 과학자들과 공학자들이 프로젝트의 고안과 장비설계에 직접 참여하고 있는 CARMENES 팀은 5년간의 준비기간을 거쳐 최첨단의 천체관측장비들을 개발하였습니다. CARMENES 프로젝트는 독일 막스 플랑크 협회 (Max Planck Society, MPG) 와 스페인 국립 연구회 (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC) 에서 공동으로 운영하고 있는 Calar Alto 천문대 (Almería, Spain) 에 설치된 3.5미터 망원경을 통해 관측을 수행합니다. 2016년 1월 1일, 성공적인 첫 관측을 통해 두번째 지구를 찾기 위한 중대한 첫 발자국을 내딛게 된 CARMENES 프로젝트는 외계 행성 발견에 최적화 되어있는 두 개의 분광기 (가시광선영역 분광기와 적외선영역 분광기) 를 가지고 있습니다. 이는 우주탐사의 최대 화두인 두번째 지구를 찾는 데에 있어서 중요한 이정표가 될 것입니다.

지금까지 발견된 외계 행성들 대부분은 생명체가 살 수 있는 좋은 환경이 아닙니다. 따라서 CARMENES 는 M왜성 (적색 왜성) 이라 불리우는 별들을 공전하고 있는 외계 행성을 찾고 있습니다. 그들은 매우 작은 별들이며, CARMENES 프로젝트가 관측할 수 있는 가까운 궤도 안의 외계 행성들에 적당한 온도 조건을 제공하고 있습니다. 적색 왜성들은 태양보다 차갑고 더 긴 파장을 방출하기 때문에, 대부분의 빛을 근적외선 근처에서 방출합니다. 따라서 CARMENES는 적외선에 민감한 독자적이고 특수한 분광기를 개발하였습니다. 이것이 바로 다른 어떤 프로젝트도 하지 못했던 CARMENES 만의 혁신입니다.

Calar Alto 천문대가 CARMENES 프로젝트에 할당된 관측시간 (최소 600일밤)을 보면 이 프로젝트가 얼마나 중요한지를 알 수 있습니다. 이 프로젝트의 집중 관측 시간은 요즘 천문학에서도 흔하지 않은 매우 많은 시간입니다. 적색왜성과 그들의 행성이 궤도안에서 춤을 출 동안, 우리 지구로부터 가까워지거나 멀어지는 별들의 아주 작은 운동마저도 잡아 낼 수 있는 안정적이고 정교한 CARMENES 프로젝트의 기계들은 우리에게 많은 기대를 하게 해줍니다. 이전의 비슷한 프로젝트 장비에서 얻을 수 있었던 정보들과 비교했을때, CARMENES¹² 프로젝트의 2종류 분광기에서 나오는 데이터의 조합은 우리에게 훨씬 더 많은 정보를 제공해주기 때문입니다. 실로 CARMENES의 장비들은 행성들의 궤도 운동이 야기시키는 별 표면의 작은 점들까지도 구별해 낼 수 있습니다. 우리는 수년 내로, CARMENES가 최소 수십 개의 생명체 거주 가능 외계 행성들을 찾아낼 것이라고 기대해도 좋을 것 같습니다. 많은 수의 또 다른 지구를 찾는다면, 여러분은 어느 행성에서 거주하시겠습니까?

¹² 현재도 활발히 진행되고 있는 CARMENES (까르메네스)에 대한 더 자세한 정보는 <http://carmenes.caha.es> 에서 확인 할 수 있습니다. 한국어로 번역된 영상은 <https://www.youtube.com/watch?v=KBWKCr4xqlk> 에서 확인 할 수 있습니다.

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 :

- Pictures

표지 그림 : NASA

그림 1 : 작자 미상, https://en.wikipedia.org/wiki/Immanuel_Kant#/media/

그림 2 : Pinfield et al. 2014

그림 3 : NASA

그림 4 : <http://earthsky.org/space/how-do-astronomers-discover-exoplanets>

그림 5 : <http://www.australianscience.com.au/science-2/discovery-of-exoplanets-tbc/>

그림 6 : <https://www.eso.org>

- Papers

Quirrenbach et al 2016 : **CARMENES: an overview six months after first light**

Birkby et al., 2014 : **WTS-2 b: a hot Jupiter orbiting near its tidal destruction radius around a K dwarf**

- Websites

[http://blog.daum.net/_blog/BlogTypeView.do?](http://blog.daum.net/_blog/BlogTypeView.do?blogid=0dutz&articleno=2327&categoryId=19®dt=20151113153311)

[blogid=0dutz&articleno=2327&categoryId=19®dt=20151113153311](http://blog.daum.net/_blog/BlogTypeView.do?blogid=0dutz&articleno=2327&categoryId=19®dt=20151113153311)

<http://mag.scientist.town/content/view/81336>

<http://carmenes.caha.es>

<http://carmenes.caha.es/ext/pressreleases/CARMENES-PR2015-1st-kr.pdf> (본인 작성)