

같은 14족 규소는 안될까?

이쯤 되면 한 가지 의문이 생길 수 있습니다. ‘주기율표상 탄소 바로 밑에 있으면서 비금속인 규소(Si)도 생명의 원소가 될 수 있지 않을까?’하는 질문이죠. 물질의 다양성 조건만 놓고 보면, 탄소처럼 최외각 전자가 4개인 규소도 생명체를 이루는 원소가 되지 말라는 법은 없으니까요.

하지만 규소는 탄소보다 훨씬 크기 때문에 탄소와 아주 다른 특성을 보입니다. 우선 강인함의 측면에서 봤을 때, 규소간의 단일결합(-Si-Si-) 힘은 탄소간의 단일결합의 힘의 60%에 불과합니다. 대신 규소-산소간의 결합(-Si-O-)은 탄소간의 결합보다 훨씬 강합니다. 따라서 규소는 자기들끼리만 길게 결합하는 대신, 산소를 중간중간에 연결시켜 거대한 네트워크를 형성합니다. 대표적인 예가 생명체가 생명을 영위할 수 있는 기반인 지각입니다.

이 대목에서 ‘규소가 그렇게 산소와 결합하길 좋아한다면, 이산화탄소(CO_2 , $\text{O}=\text{C}=\text{O}$)처럼 단일 기체 분자를 만들어 식물의 생명과정 중 가장 중요한 광합성에 참여할 수 있지 않을까?’하는 좀 더 고차원적인 질문을 하는 분들도 있을 겁니다. 답은 ‘그럴 수 없다’입니다. 규소는 산소와 이중결합해 이산화탄소 구조와 같은 화합물($\text{O}=\text{Si}=\text{O}$)을 이루지 못합니다. 2주기 원소인 산소와 3주기 원소인 규소의 크기 차이가 커서 이중결합을 이루려면 너무 많은 에너지가 필요하기 때문입니다. 이에 반해 탄소는 산소와 크기가 비슷해 전자의 겹침이 용이합니다. 이중결합을 쉽게 이룰 수 있고, 단일 기체분자인 이산화탄소를 쉽게 만들 수도 있는 거죠. 결국 생명체에게 ‘팔방미인’ 같은 원소가 바로 탄소라 할 수 있겠습니다.

Q

외계생명체를 찾으려면
어떤 원소에 주목해야
할까요?

05



차상원 교수가 답하다

미국항공우주국(NASA)은 2018년 4월 태양계 밖을 탐사하려는 목적으로 ‘TESS(Transiting Exoplanet Survey Satellite)’ 우주망원경을 발사했습니다. 그리고 2019년 7월, NASA 연구팀은 31광년 떨어진 위치에서 왜성(dwarf star) 주위를 공전하고 있는 세 개의 행성을 발견했습니다. 이 중 ‘GJ 357 d’로 명명된 행성은 ‘거주할 수 있는 지역(habitable zone)’에 위치하고 있는, 이른바 잠재적인 ‘슈퍼지구(super-Earth)’로 화제를 모았습니다.

GJ 357 d는 지구보다 약 6배 크고, 화성이 태양으로부터 받는 에너지와 비슷한 양의 에너지를 받고 있어, 밀도 높은 대기가 존재할 경우 표면에 액체 상태의 물이 존재할 수 있습니다. 인류는 1990년대 초부터 이와 같이 생명체가 존재할 수 있는 행성을 탐색해 왔는데요. 1995년 태양계 밖 행성을 처음으로 발견한 미셸 마요르(Michel Mayor)와 디디에 켈로즈(Didier Queloz)는 이러한 공로로 2019년 노벨물리학상을 수상하기도 했습니다.

외계생명체의 제1 조건, 탄소를 찾아라

슈퍼지구의 자격 조건은 지구 생명체가 생명을 유지하기에 필요한 조건에 기반을 두고 있습니다. 이는 외계생명체를 찾을 때의 요건과도 일맥상통합니다. 물론 무한히 드넓은 우주에서, 우리와 매우 유사한 조건에서만 생명체가 존재할 수 있다고 가정하는 것은 편협한 생각일 수 있습니다. 하지만 현재까지 인류가 축적해 온 생명에 대한 지식이 외계생명체 탐사에 좋은 출발점인 것은 확실합니다.

그런 의미에서 외계생명체를 찾을 때 단서가 되는 첫 번째 원소가 탄소(C)입니다. 탄소는 생명활동에 필요한 물질의 골격입니다. 탄소 원자 한 개는 최대 4개의 원자와 결합할 수 있어 매우 다양한 화합물을 만들어낼 수 있고, 탄소간의 단일결합(C-C)은 분자량이 매우 큰 고분자를 만들 수 있을 정도로 튼튼합니다. 또한 탄소는 여러 가지 다양한 원소들과 결합했다가 분해될 수 있는 유연성도 갖추고 있습니다(자세한 내용은 25쪽 4번 질문 참조).

일각에서는 탄소와 많은 성질을 공유하고 있는 규소(Si)를 빼대로 한 생명체가 우주에 존재할 수 있다는 주장도 나옵니다. 하지만 규소는 지구와 유사한 환경에서 탄소 순환의 핵심 물질인 이산화탄소(CO₂)와 같은 대기 성분을 만들지 못하기 때문에 현재로선 가능성이 매우 낮습니다.

그렇다면 외계생명체의 단서인 탄소는 어떻게 찾을 수 있을까요? 과학자들은 외계행성의 대기 성분에 주목하고 있습니다. 우주에 존재하는 복잡한 탄소화합물, 즉 유기물을 직접 관측할 수 있다면 좋겠지만 아쉽게도 현재 기술로는 불가능하니까요. 대기 중에 광합성의 재료이자 동물의 호흡으로부터 배출되는 이산화탄소(CO₂)나 원시 대기 성분인 메테인(CH₄)이 존재하는지를 조사해 간접적으로 연구하고 있습니다.

산소와 물이 함께 발견되면 존재 가능성 높아

외계생명체를 찾기 위해 주목해야 할 두 번째 원소는 산소(O)입니다. 좀 더 정확히 말하면, 행성 대기에 산소기체(O_2)가 존재하는지 여부가 중요한 단서가 될 수 있습니다. 산소기체는 동물의 호흡에 필수적일 뿐만 아니라, 식물의 광합성을 통해 다량 배출됩니다. 따라서 어떤 행성에 지구의 동식물과 같은 고등 생물이 존재한다면 산소기체가 존재할 가능성이 매우 높습니다. 산소기체는 지구 대기의 20%정도를 차지할 정도로 안정적이지만, 산화와 에너지 생성으로 대표되는 수많은 화학적 변화의 중심이 될 정도로 반응성이 높기도 합니다. 즉 산소기체의 존재는 한 행성에서 생명체 출현을 위한 화학적 진화가 일어나고 있음을 확인하는 중요한 지표가 될 수 있습니다.

산소 원소는 우주에서 세 번째로 풍부한 원소이지만 분자인 산소기체는 우주에 훨씬 희박하게 존재할 것으로 예상됩니다. 실제로 우주먼지(stardust)나 얼음에 잡혀있는 산소 원자는 예상보다 훨씬 강하게 결합되어 있어, 산소가 단일 기체분자로 우주에 존재하기는 어려울 수 있다는 연구 결과가 있습니다. ^{doi: 10.1088/0004-637X/801/2/120} 게다가 산소기체는 생명현상 이외에 물질의 광분해 등을 통해서도 생성될 수 있기 때문에 외계생명체 탐사에서 산소기체만을 추적하면 오류의 소지가 있습니다.

반면 액체 상태의 물(H_2O)과 산소기체가 외계행성에서 함께 발견된다면 외계생명체의 존재 가능성은 매우 높아집니다. 무언가에 의해 산소기체가 지속적으로 생성되지 않으면, 물과 광물이 존재하는 행성에서 대기 중 산소기체의 농도가 유지될 수 없기 때문입니다. 액체 상태의 물은 그 자체만으로도 생명체의 강력한 증거가 될 수 있습니다. 2018년 유럽과 미

비소(As)

산소와 결합하면 강한 독성을 가지는 원소. 약간 단맛이 날 뿐 무색무취해 과거 독약으로 많이 쓰였다. DNA의 핵심 원소인 인(P)과 같은 15족 원소로 화학적 성질이 유사하다. 때문에 최근에는 새로운 외계생명체의 존재 가능성을 밝힐 단서로 주목받았다. 산업적으로는 13족 원소들과 혼합해 반도체, 발광다이오드(LED) 등을 제조하는 데 쓰인다.



국의 화성 탐사팀은 ‘화성 심층부 및 전리층 음향탐사 레이더(MARSIS·Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding)’를 이용해 화성 표면으로부터 약 1.5 km 깊이에 액체 상태의 물이 호수처럼 존재함을 간접적으로 확인했습니다.^{doi: 10.1126/science.aar7268} 2019년 9월에는 외계행성 ‘K2-18 b’의 대기에서 수증기가 처음 관측되기도 했습니다. 하지만 이 행성이 슈퍼지구의 자격을 갖추고 있는지에 대해서는 여전히 논쟁 중입니다.^{doi: 10.1038/s41550-019-0878-9}

비소를 이용해 살아가는 박테리아 발견?

인(P)의 기원과 우주에서의 분포를 탐구하는 것도 중요한 단서가 될 수 있습니다. 인은 에너지를 저장하고 운반하는 데 필수적인 ATP와, 유전정보를 담고 있는 DNA의 핵심 구성 원소이기 때문입니다. 세포막과 신경조직을 구성하는 인지질의 주요 구성 원소이기도 하고요.

최근에는 일부 과학자들이 인과 화학적 성질이 유사한 비소(As)도 외계 생명체의 단서로 보고 있습니다. 사실 과거에는 비소가 크게 주목받지 못했습니다. 비소가 세포 소기관 작동에 장애를 일으키고 질병을 유발하는 생명체에 해로운 원소로만 알려져 있었기 때문입니다.

그런데 2010년 NASA 연구팀이 DNA 같은 생체분자에 인 대신 비소를 쓰는 박테리아인 ‘GFAJ-1’을 발견했다고 주장하면서 비소 기반 생명체의 가능성이 새롭게 조명됐습니다. 비록 19개월만에 반박 연구가 나와 비소 박테리아 발견은 해프닝으로 끝났지만, 이는 단순히 탄소 기반 생명체에만 초점을 맞춰 외계생명체를 찾는 것이 매우 좁은 시야일 수 있음을 일깨워줬습니다.



수은은 왜
우리 몸에
위험한가요?

06