

우주생물학

우주에 큰 관심을 가지고 계신 여러분들 앞에서 우주생물학에 대해 강연할 기회를 갖게 되어 무척 영광스럽습니다. 제가 우주생물학을 전공하는 것은 아니라 자격이 되는지 의문입니다. 천문학을 전공하거나 교양으로 관심을 가진 대학생들을 대상으로 우주생물학이라는 주제로 강의를 하여온 것이 이런 과분한 영광으로 연결되었다고 생각합니다.

서구사회에서 생명으로 충만한 우주라는 관점은 지금 우리가 우주에 대해 생각하는 것보다도 더 자유로웠다고 합니다. 지난 세기 중반까지만 해도 화성에 어쩌면 우리보다도 발전한 문명을 구축한 고등생명이 살고 있다는 추측이 당연하게 받아들여지고 있었다고 합니다. 도리어 우주탐사가 시작되며 달 뿐만 아니라 화성조차 생명이 살수 없는 가혹한 환경을 가졌다는 생각이 지배적이게 되었습니다. 종종 그러하듯이 작은 증거라고 하더라도 기대가 실망으로 변하게 되자 이번에는 아예 우주에 생명이 있는 곳이 우리혼자 뿐이 아닐까하는 생각마저 흔히 받아들여지는 상황으로 바뀌게 됩니다. 지난 세기 말부터 지구의 가혹한 환경에서 살고 있는 미생물들이 발견되고, 생명의 기원에 대한 이해가 깊어졌습니다. 또한 우리 주변의 다른 별들에서 행성들이 발견됨에 따라 외계에 생명이 존재할 가능성에 대한 기대가 다시 커져가고 있습니다.

인류학자 레비-스트로스Claude Lévi-Strauss가 1955년 발표한 『슬픈열대』의 마지막 문단은 다음과 같이 시작합니다. “개인이 모임에서 혼자가 아니듯, 사회에 속한 어떤 사람도 다른 이들로부터 혼자가 아니듯이, 인간은 우주에서 혼자가 아니다.” 저도 물론 그렇게 생각합니다만, 지금 우리가 외계 생명에 대한 어떤 증거를 가지고 있는 것은 아닙니다. 그들이 우리 앞에 불쑥 나타난다면 모르겠지만, 이제까지 천문관측에서 인공적인 기원을 가진다고 동의할만한 관측사실이 없는 것을 보면 앞으로도 상황이 쉽지만은 않을 가능성이 있습니다. 또한 지금까지의 경험을 살펴보면, 앞으로 우리가 외계생명의 존재에 대한 증거를 얻는 경우에도 그 해석여부가 단순하지만은 않을 가능성이 있습니다.

1996년 화성에서 날아온 운석에서 발견된 미생물을 닮은 모양들에 대한 화성생명 주장이 미국 대통령까지 동원되어 발표되었습니다. 그 후 무생물적인 과정을 통해서도 비슷한 모양들이 만들어질 수 있다는 주장들이 제기되며, 이것을 화성생명에 대한 명백한 증거로 받아들이기에는 어려운 상황이 되었으며 지금은 미해결문제로 남게 되었습니다. 여기에 대해 칼 세이건Carl Sagan은 “충격적인 주장에는 충격적인 증거가 필요하다.”라고 하였고, 이는 앞으로 외계생명의 발견에 대한 합의가 그리 단순하지 않은 것임을 암시하고 있습니다. 이러한 불확실한 결론은 앞으로 수행될 외계행성에서 대기성분을 관측하여 생명의 존재가능성 여부를 판단하는데도 반복될 수 있으며, 전파나 광학관측을 통한 외계 인공신호

를 감정한 결과에서도 비슷한 상황이 재현될 가능성이 큼니다. 즉, 우리가 가진 외계생명에 대한 증거가 다른 방식으로, 즉 무생물적인 과정으로도 생길 수 있는지 비판적으로 검토해야 합니다.

아직 외계생명에 대한 명백한 증거가 없는 상태에서 우주생물학이라는 학술분야는 “연구할 대상부터 찾아야 하는 분야”라는 지적을 받을 수도 있지만, 발견되지 않은 대상을 발견하려는 것이 연구의 가장 큰 목적인 경우가 물리학이나 천문학에서는 흔합니다. 예를 들면, 힉스Higgs입자를 발견하는 것이라거나, 중력과, 암흑물질, 암흑에너지와 같이 이론적으로 예측되었지만 아직 발견된 적이 없는 것을 발견하는 것은 현재 물리학과 천문학에서 풀어야 할 가장 중요한 연구주제들입니다. 이러한 주제들이 고도의 이론이 동원된 예측들이라면 외계생명은 항상 그 존재가 상상되어왔던 존재로, 여기에서도 발견 그자체가 충분히 중요한 주제로 볼 수 있습니다. 외계생명의 발견은 천문학적 발견을 넘어 의심할 여지없이 과학사상 가장 중요한 혹은 인류의 역사상 가장 중요한 발견이 될 것입니다. 최근 외계생명에 대해 탐구하는 우주생물학이 천문학 뿐 아니라 과학 더 나아가서 인류의 지적 탐구에서 중요한 주제로 떠오르고 있습니다.

외계에서 생명을 발견하는 것은 실제로는 어려울지 몰라도 원리상으로는 간단합니다. 아직 발견되지는 않았지만 쉽게 발견될 수도 있다는 것입니다. 외계생명이나 그들이 존재했던 흔적을 발견하기 위해서는 다음과 같은 시도들을 생각해 볼 수 있습니다. 먼저 지구에서 찾아볼 수 있는 증거로 외계에서 날아온 운석을 분석해보는 것입니다. 앞서 말씀드린 1996년 발표된 화성생명 에피소드가 운석을 통한 외계생명의 증거를 주장하는 보고로 처음 있었던 것은 아닙니다.

다음으로 인공위성 원격탐사를 이용해서 태양계안의 행성들을 탐사해보는 것이지요. 대상으로는 화성, 유로파, 타이탄, 엔셀라두스 따위가 있는데 화성과 타이탄에는 착륙선을 이용한 원격탐사가 이루어졌습니다. 물론 단지 몇 번의 탐사로 생명이 존재하는지 여부를 결론지을 수는 없습니다. 특히 지구에서조차 지금도 예상치 못하게 가혹한 지역에서 생명들이 발견되는 실정이고, 우리 태양계 안에서 우리가 기대하는 것은 미생물 정도이기에 화성에서조차 생명에 대한 본격적인 탐사는 아직 시작단계인 것으로 보입니다.

최근 화성에서 물이 흘렀던 흔적이나, 대기 중에 일시적으로 노출된 메탄 검출, 온화한 기온과 표면아래에 대량의 물이 얼어있을 가능성들을 종합해 보면 화성표면아래에 현생 생명의 생태계가 있을 가능성이 있습니다. 결국은 원격탐사 보다는 샘플을 채취하여 지구실험실에서 직접 분석해 보아야 좀 더 결정적인 분석이 가능하겠지만, 앞에서 말씀드린 대로 명확한 결론이 나올지 여부는 물론 경우에 따라 다르고 결과가 계속 불확실 할 수도 있습니다.

다음으로는 과거 10여년 동안 수백 개 이상 발견된 외계행성들 중 지구급 행성들에 대한 대기를 분광 탐사하여 대기 중 산소의 존재여부나 광합성의 흔적을 찾아보는 것입니다. 이것은 가까운 미래에 거대한 우주망원경을 통해 실현될 수 있습니다. 아직 지구질량 정도의 외계행성은 발견되지 않았지만, 지금까지 발견된 외계행성들의 질량과 관측기술의 발전 정도를 고려한다면 올해 안에 발견되었다는 보고를 듣는다고 하더라도 놀랍지 않습니다. 발견 후에 어떻게 할지는 미래의 기술과 지속탐사에 대한 의지에 달린 일이지만, 외계에서 지구와 비슷한 대기를 가진 행성을 발견한다면 우주생물학과 천문학의 엄청난 발견이 될 것임은 확실합니다. 어쩌면 과학이 발견한 가장 충격적인 사실이 될 수도 있을 것입니다. 과학에서 그에 버금가는 발견이라면 태양계 안에서 지구생명과 전혀 다른 외계 미생물의 현생 혹은 화석증거를 찾는 정도가 될 것입니다. 이러한 발견들은 거대 위성망원경과 태양계 방문 원격탐사에 얼마나 많은 투자가 이루어질 것인지에 달려 있습니다.

한편, 태양계 안에서 앞으로 발견될 외계생명이 지구생명과 비슷하다면 발견은 쉬울지 모르지만 흥미는 좀 떨어질 것입니다. 결국 그 생명이 지구생명에서 유래했거나, 공통의 조상을 가진 것으로 밝혀질 수도 있고 혹은 오염가능성이 제기될 수도 있습니다. 하여튼 이 경우 발견을 쉬울 것이고, 지금까지 모든 원격탐사는 지구생명과 비슷한 것을 찾겠다는 가정을 하고 있습니다. 반대로 지구생명과 많이 다르다면 발견은 어렵겠지만 매우 흥미로울 것입니다. 뒤에 말씀 드리겠지만 지구생명은 거의 단일한 종류의 생명인데 우리가 아는 것이 이것뿐이다 보니 다른 생명의 모습, 습성, 생태, 그리고 그 흔적에 대해서는 상상조차하기 힘든 형편입니다. 물론 그렇기에 지구생명과 다른 외계생명의 발견은 그만큼 충격적이고 또한 생명에 대한 우리의 이해를 넓혀줄 것입니다. 아는 만큼 볼 수 있다 보니, 우리가 기대하지 않던 미지의 것과 조우했을 때 보고도 지나칠 가능성은 충분히 있습니다. 이점을 반영하여 미국 우주탐사와 관련한 한 위원회 보고서는 “미국의 우주탐사에서 외계생명과 조우하고도 알아보지 못하는 것보다 더 최악의 상황을 없다.”라고 주의를 환기하고 있습니다.

태양계 안에서 외계생명을 직접 방문하여 찾거나 외계행성을 망원경으로 조사하여 생명의 존재 가능성을 찾는 것의 결과는 어느 정도 운에 달려있기는 하지만 그 밖의 다음 가능성들은 좀 더 운에 달려있습니다. 운에 달려있다고 말씀드리는 것은, 만약 외계생명이 없다면 아무리 열심히 찾아도 발견할 수 없을 테니 운이 작용한다는 것이지만, 찾아보지 않는다면 증거가 존재하더라도 알 수 없으니 꼭 운에만 달린 것은 아닙니다. 화학자 파스퇴르Louis Pasteur의 “행운은 준비된 자만이 잡을 수 있다”라는 말이 적절한 상황이군요. 그 밖의 방법은 다음에 말씀드리는 것들이지만 여러분이 더 추가하실 수도 있습니다.

먼저 외계 고등문명이 보낸 신호를 탐지하는 것입니다. 이러한 인공적인 신호를

포착하려는 시도는 근대 천문학의 역사 내내 있어왔다고도 볼 수 있지만, 전파망원경의 등장 이후에 본격화되어 왔습니다. 아마도 인류가 전파를 발견하며 곧 인공적으로 활용하다 보니 이러한 연결이 자연스러웠을 것입니다. 전파의 선구자들은 외계에서 인공전파 신호가 있을 가능성을 당연하게 생각했는데, 이것은 100년쯤 전의 서구사회에서 태양계 안에 있는 행성들에서조차 외계 고등생명이 존재하는 것을 당연시해 온 사회상황과도 관련이 있을 것입니다. 앞에서 말씀 드렸듯이 태양계 탐색으로 기대했던 외계생명에 대한 증거가 없으므로 밝혀지자 외계생명에 대한 사람들의 기대가 차갑게 돌변하였는데 이것 또한 별 근거가 있는 것이 아니라고 말씀드립니다.

하여튼 지금 전파를 이용한 외계 인공신호 탐색시도는 세티SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence, 외계지적 생명체 탐사)라고 알려져 있습니다. 하지만 우리가 전파를 알게 된 것도 100여년에 지나지 않고 꼭 전파를 쓴다고 지적인 것도 아닌 만큼 이름도 SERT (Search for Extraterrestrial Radio Technology, 외계 전파기술 탐사) 정도로 하는 것이 더 적절할 듯합니다. 특히, 우리와 비슷한 생명을 찾는다면 왜 하필 지적인 Intelligent 생명을 찾는다는 지적도 있습니다. 사실, 지적인 것이 무엇인지는 불확실합니다. 인류가 지구생명 중 지적인 유일한 종인지도 불확실하고, 더욱이 현생인류가 스스로 자신의 학명에 부여하듯이 현명Sapiens한지도 불확실합니다. 자신의 등지를 파괴하고 스스로의 멸종을 재촉하는 종을 지적이라거나 현명하다고 할 수 있을까요? 단기적으로는 피가 있을지 몰라도 결국 자기 피에 넘어가 몰락한다면 말입니다. 이점 또한 우주생물학의 관심 영역이기에 뒤에 좀 더 말씀드리겠습니다.

하여튼 이러한 시도에서 원하는 것을 발견할 가능성은 극히 적은 운에 달려있는데, 찾아보지 않는다면 발견할 가능성은 훨씬 더 적어지는 것은 확실합니다. 세티는 상대방도 우리정도의 기술력을 가지고 마침 지금 우리에게 신호가 도달하도록 인내심을 가지고 신호를 보내야 한다는 거의 믿기 어려운 가정위에 서있습니다. 사실 우리가 전파를 사용한지 100년쯤 되었지만 현재 기술의 가속적인 발전을 보면 미래의 기술이 계속 전파에 의존할지조차 우리는 알 수 없습니다. 또한 우리는 인공적인 전파를 의도적으로 보내고 있지 않으면서 (구조신호가 아닌 이상, 어리석지 않다면 그럴 이유가 없지요) 상대방은 우리에게 신호를 보낼 것으로 기대하기도 힘듭니다. 줄 생각은 하지 않으면서 받으려고 하는 것과 비슷하군요. 그렇다고 해도 이러한 청취를 통해 의도치 않던 발견을 하게 될 가능성은 많습니다. 문제는 도리어 청취해야할 천체의 위치와 전파의 영역과 채널이 너무 많은 것이 기술적인 문제입니다. 외계생명과 관련해서는 이러한 청취과정에서 의도적인 신호 보다는 우주문명에서 의도치 않고 새나온 신호나 우연히 외계고등문명간의 통신을 감청하게 될 가능성이 있을 것으로 보입니다.

우주생물학이 외계생명과 조우를 주요 과제로 고려한다면 다음 가능성을 그냥 지

나칠 수는 없습니다. 외계고등문명이 지구에 남긴 흔적, 방문한 외계인들과의 조우에 대한 많은 주장이나 보고 따위인데, 이점에서도 앞서 칼 세이건의 조언 “충격적인 주장에는 충격적인 증거가 필요하다.”라는 관점에서 주장들을 비판적으로 검토하는 것이 필요합니다. 이런 좀 보수적인 관점은 과학에서는 피하기 어려워 보입니다.

저는 발표의 제목을 “우주생물학”이라고 했는데 영어로는 Astrobiology라는 말이 차츰 정착되어가고 있습니다. 그대로 번역한다면 천문생물학쯤 될 것 같습니다. 이러한 용어 선택에는 약간의 이유가 있습니다. 국제천문연맹에는 51번째 위원회에 Bioastronomy 분과가 있습니다. 생물천문학쯤 되겠군요. 20세기 중반 외계생명에 대한 탐색이 시작되며 이 밖에도 외계생물학Exobiology과 같이 외계를 강조하는 이름들이 있었는데 그러한 시도는 별로 성공적이지 못했습니다. 이유는 단순하게도, 아직 외계에서 발견된 생명이 없으므로 이러한 순수외계생명에 대한 연구는 그 대상부터 먼저 찾아야 성립할 수 있다는 뼈아픈 지적을 피할 수 없었던 것이지요.

외계생명이 발견되지 않은 상황은 뭐 지금도 비슷합니다만, 다른 여건들은 앞에서 말씀드렸듯이 좀 변했습니다. 외계행성의 계속되는 발견, 지구 극한환경에 사는 미생물들의 발견, 그리고 생물학의 발전 따위입니다. 이에 따라 20세기 후반에 외계생명에 대한 관심이 다시 커지기 시작했는데 이번에는 대상을 외계생명으로 국한시키지 않고 생명에 관한 우리가 아는 유일한 증거인 지구생명을 포함시키는 방법을 택했습니다. 분명 현명한 방침이며 전략적으로도 탁월한 선택 같군요. 국제적으로는 미국항공우주국NASA(National Aeronautics and Space Administration)이 1995년 Astrobiology라는 용어를 자신들의 우주탐사 프로젝트의 중요한 포장으로 사용하며 이 용어가 정착되고 있습니다. 따라서 직역하자면 천문생물학이 되겠지만, 지구생명을 포함한 우주에서 생명의 분포, 성질, 기원, 운명에 대한 연구를 나타내는 용어라면 “우주생물학”이 더 적합하다는 것이 제 생각입니다.

실제로 지금 우주생물학은 천문학과 행성과학 뿐 아니라 극한환경 생물학, 생명의 기원을 포함한 다학문적인 성격을 지니며 그 영역을 넓혀가고 있습니다. 여기에는 외계문명의 가능성에 대한 추측과 그와 연관하여 인류문명의 미래 가능성에 대한 예상이 포함됩니다. 물론, 이러한 시도에도 큰 성과가 없다면 외계생명에 대한 관심이 다시 적어질지도 모릅니다. 모든 일이 그렇듯이 미래를 예측하기는 어렵지요. 만약 우주생물학이 하나의 융합학문분야로 성장한다면 지금은 그 태동기라고 볼 수 있을 것입니다.

이러한 새로운 연구 분야로서 우주생물학은 지구생명의 특성과 기원 탐구, 그리고 극한환경생물에 대한 연구를 포함하게 됩니다. 여기에서 왜 지구생명의 특성에 대해 연구하는 것과 극한환경에 살고 있는 미생물들을 발견하는 것이 외계생명에 대한 기대를 높여주는지 알아보겠습니다.

극한환경에 살고 있는 생명을 발견하는 것이 왜 외계생명의 존재 가능성을 높여 주는지는 이해하기 쉽습니다. 지난세기 말에 생명이 살기 어려운 환경으로 보이던 지역에서 생명들이 발견되기 시작했습니다. 높은 온도나 낮은 온도, 강한압력, 강한 산도나 알칼리도, 매우 건조한 지역, 진공, 강한 복사나 방사선, 따위에서 생존하는 미생물들입니다. 높은 온도에서 사는 미생물은 그 좋아하는 온도가 상상을 초월합니다. 지금까지는 섭씨 113도에서 사는 미생물이 알려져 있는데 이것은 대기압에서 물이 끓는 온도를 넘는 것입니다. 이런 미생물들은 단지 높은 온도에서 견디기만 하는 고통을 즐기는 괴짜들이 아니라, 도리어 온도를 낮추면 살수 없는 생물들입니다. 그들이 보기에는 어쩌면 우리가 괴짜들로 보일 것입니다. 뒤에 우리는 이러한 극한 환경에 사는 미생물들이 현생지구생명의 최초 조상에 가깝다는 것을 알게 될 것입니다. 그것도 생명의 기원과 관련하여 필연적이 아닌 극히 우연적인 태양계의 당시 환경 때문에 그렇다는 것입니다. 태양계 직접탐사가 시작된 이후 달이나 다른 행성들의 환경이 우리관점에서는 기대보다 가혹하다는 것이 알려졌습니다. 이제 지구에서 더 가혹한 환경에 사는 생명들이 발견되면서 생명의 서식환경의 범위가 생각보다 넓다는 것이 밝혀진 셈이고, 결국 이것은 태양계 안에서조차 현생생명이 존재할 가능성이 아직 있다는 희망을 주게 됩니다.

지구생명의 특징 중 하나는 그 형태적인 다양성에도 그 구성과 기능을 보면 거의 하나의 종류로 보아도 될 정도로 일관됩니다. 예를 들면 정보는 모두 같은 종류의 코드(DNA, RNA 5종류)를 쓰며, 구성은 단백질 (단 20여 종류의 아미노산), 에너지는 거의 ATP라는 동일한 화폐를 쓰고 있습니다. 즉 박테리아에서 동식물 사람에 이르기까지 모두 동일한 생화학 작용을 합니다. 자연에서 가능한 수많은 아미노산에 비하면 생명에서 쓰는 아미노산은 매우 한정된 종류로 특히 그 3차원적 입체구성이 동일한 왼손형 만으로 되어 있습니다. 이러한 놀라운 통일성은 현생 지구생명은 모두 공통조상의 후손임을 암시 합니다.

외계에서도 이러할지, 즉 지구생명의 단일한 특성이 우주적인 보편적 특성인지 혹은 지구라는 특수한 상황에서 특수한 역사를 거치며 형성된 특징인지는 아직 알 수 없습니다. 물리학과 화학은 우주적 보편성이 있다고 받아들여지지만 우리가 아는 생물학만은 지구생물학입니다. 생명이란 무엇인지에 대해 우리가 명백하게 정의하지 못하는 이유 중 하나는 바로 지구생명이 지구환경에서만 적용되는 특수한 생명일 가능성이 있기 때문입니다. 외계생명에 대한 단 하나의 증거만 발견되어도 생명에 대한 우리 이해를 크게 높여줄 것입니다. 우주생물학의 관점은 생명의 보편적 관점에서 지구생명을 조망하는 새로운 전망을 제공할 수 있습니다.

지구생명의 또 다른 특징은 액체상태의 물을 용매로 활용하고 탄소중심의 생화학을 하고 있다는 것입니다. 특히 액체상태 물이 매우 중요한데, 이제까지 알려진 바로는 액체

상태의 물이 없이 살아가는 어떠한 생명도 발견되지 않았습니다. 포자상태로 오랜 기간 견딜 수는 있지만, 다시 성장하기 위해서는 결국 액체상태의 물이 있어야 합니다. 가장 건조한 환경인 남극에서조차 미생물들은 얼음사이에 녹은 물을 아껴서 이용하며 살아가고 있습니다. 물이 우주에서 가장 흔한 원소들로 만들어 졌다는 사실은, 지구생명이 물에 의존한다는 사실이 어쩌면 생명의 더 보편적인 특성일지도 모른다는 암시를 합니다. 문제는 액체 상태여야 한다는 것인데 이를 위해서는 적당한 열원이 필요합니다. 지구에서는 해 에너지와 지열입니다. 지구생명이 액체상태의 물과 밀접한 관계에 있다는 것은 태양계 안에서 생명을 찾을 작업이 현실적으로는 액체상태의 물을 찾는 것과 거의 동일한 이유입니다. 태양계 생명탐사에서 “물을 찾아서 Follow the Water”는 아예 구호가 되었습니다.

연구자들은 물만이 가진 다른 액체와는 다른 독특한 특성들을 수십 가지 나열하고 있습니다. 예를 들면, 물의 경우에는 특이하게도 고체상태가 되면 액체일 때 보다 부피가 커집니다. 이점은 지구에서 생명이 지속적으로 존재하는데 매우 중요한 역할을 합니다. 과거 지구에는 여러 차례 빙하기가 있어왔는데 특히 생명의 폭발적인 증가가 있었던 5억4천만 년 전인 캄브리아기 시작 이전에는 지구전체가 얼음으로 뒤덮였다고 합니다. 얼음이 물보다 부피가 크니 가볍고 따라서 얼음은 물에 뜹니다. 만약 반대로 얼음이 부피가 더 작았다면 기온은 표면이 더 차가우므로, 한번 추위가 오면 표면에 노출되어 언 얼음이 가라앉으며 바다전체가 밑바닥까지 꽂꽂 얼어붙게 되었겠지요. 다행히 얼음이 더 가볍다는 물의 특이한 특성 때문에 추위가 오더라도 표면만 얼고 바다 속은 액체상태로 보호해 줍니다. 이런 식으로 물의 특성은 바다 속 생명이 완전히 얼어버리는 것로부터 보호합니다.

탄소는 다양한 분자구성을 가능하게 하여, 탄소를 포함한 화학을 유기화학이라고 할 정도입니다. 멘델레프 Dmitri Mandeleev의 주기율표에서 탄소 바로 아래에 있는 규소 또한 탄소와 비슷하게 다양한 분자합성능력이 있지만 지구의 온도에서는 거의 전부 산소와 결합하여 흠이 되어 꼼짝할 수 없게 되어 있습니다. 규소중심의 생화학을 하는 외계생명에 대한 추측이 많이 있지만 규소가 활약하는 환경에서는 도리어 탄소가 별 능력 없는 상태에 놓여 있을 것입니다.

지구생명을 구성하는 원소들을 보면 우주를 구성하는 원소들 중 가장 흔한 원소들을 주로 이용해서 이루어져 있음을 알 수 있습니다. 지구생명이 지구에는 흔하지만 우주에서는 구하기 어려운 특수한 원소들을 사용해서 구성된 것이 아니라 우주 규모에서 가장 흔한 원소들을 중심으로 구성되어 있다는 점은 우주생물학의 관점에서 중요한 사실입니다. 즉, 생명이 우주에서 흔한 원소들로 구성되어 있다면 적어도 원소 구성의 면에서는 우주 다른 곳에서도 생명이 쉽게 출현할 가능성이 있습니다. 특히 지구생명에게 중요한 물을 구성하는 수소와 산소는 우주에 첫 번째와 세 번째로 흔한 원소입니다. 두 번째는 헬륨인데 이 건 어차피 불활성 기체로군요. 또한 지구생명에게 중요한 탄소는 바로 그다음인 네 번째로

흔한 원소입니다. 우주에 존재하는 산소를 수소 이외의 모든 원소들과 반응시킨 후에도 엄청난 양의 산소가 남게 되는데 이것이 수소와 결합한다면 바로 물이 됩니다. 즉, 우주에서 물은 거의 가장 흔한 분자에 속한다는 것이지요. 이렇게 보면 지구생명이 구성원소면에서는 우주에서 보편적일 가능성이 있어 보입니다.

지구생명에게는 액체상태의 물이 중요하다고 하였고 우주에서 물은 아주 흔한 분자라고 하였는데, 여기에서 강조할 점은 “액체상태”라는 것입니다. 액체상태를 유지하기 위해서는 너무 차가워서도 안되고 너무 뜨거워서도 안됩니다. 액체상태를 유지하기 위해서는 적당한 에너지 공급원이 있어야 합니다. 지구에서는 주된 에너지 공급원이 해와 지열이라고 하였는데, 행성들에서는 그밖에 중력도 에너지원으로서의 역할을 할 수 있습니다. 중력수축이 열원으로 될 수 있고 또한 차등중력에 의한 조석효과도 열원이 됩니다. 수력발전과 조석간만만 각각 예입니다.

예를 들면, 목성의 위성 이오Io는 조석효과로 뜨거워져서 태양계에서 화산활동이 가장 활발한 천체이고, 유로파Europa는 몇 킬로미터가 넘는 두꺼운 얼음 밑에 태양계에서 상대적으로 가장 거대한 바다를 가지고 있을 것으로 기대됩니다. 여기에서 열원은 모두 목성과 네 개의 위성들 사이에서 발생한 조석 효과입니다. 유로파의 바다에 어떠한 생명이 살 것인지는 우주생물학의 중대한 관심사인데, 유로파 표면은 자주 깨진 얼음바다의 평원과 다량의 유기물 흔적을 보여줍니다. 우리의 문제는 얼음 층이 얼마나 두꺼운지 이겠지만, 이 점이 그 안에 살고 있는 생명들에게 문제가 되지는 않을 것입니다.

조석력이나 지열로도 액체상태의 물이 가능하고 여기에서 생명이 출현하고 지속될 수 있다면 외계생명의 서식지를 구태여 별에서 적당한 거리 떨어진 천체로 제한할 필요는 없습니다. 외계 생명에 관한 우리의 지구적 관점에서 벗어나려 노력할 필요가 있습니다.

지구생명의 기원에 대한 연구 또한 외계생명의 존재 가능성을 더 높여주고 있습니다. 지구가 태양계를 형성하는 부스러기들의 충돌을 통해 만들어진 시기는 약 45억 년 전입니다. 달에서 가져온 암석들을 분석하여 보면 약 38억 년 전까지 상당한 수준의 충돌이 진행되었다는 증거를 보여줍니다. 이런 상황에서 동위원소 분석에 따른 고생물학적 증거를 보면 38억 년 전에 이미 광합성을 하는 생명이 있었을 가능성을 보여주며, 35억 년 전 지층에서는 현재 광합성을 하는 남조류와 비슷한 모습을 한 미고생물화석이 발견되었습니다. 지금 지구생명이 쓰는 에너지의 1차 생산원인 광합성은 매우 복잡한 기작을 가지고 있습니다. 이 증거들이 모두 확실한 것은 아니지만, 생명의 기원이 지구에서 상당히 이른 시기에 실현되었음을 알려줍니다.

어쩌면, 중요한 충돌이 있기 전에 이미 생명들이 나타났다가 잦은 충돌에 의한 지

표 가열로 사라지는 상황이 반복되고 있었을지도 모릅니다. 예를 들면, 지름 400km 정도인 천체와의 충돌은 지구를 2000도 정도로 가열하기에 충분한 에너지를 발생시킵니다. 이 정도면 땅속 깊은 곳까지 구워버려 지구상 모든 생명을 종결시킬 수 있습니다. 약 200km 정도의 천체라면 바다 상층 200m정도를 끓여서 증발시킬 것으로 예상됩니다. 현생생명의 거의 대부분은 햇빛이 드는 이 이상의 지역에 살고 있습니다. 따라서 생명탄생시기에 마침 충돌이 왕성하여 일단 충돌에서 살아남는 것이 중요했다면 바다 속 깊은 곳이 그나마 충돌로부터 가장 안전한 지역이었을 가능성이 있습니다. 지금도 바다밑바닥 열수공 근처에는 열수공에서 나오는 에너지와 유기물에 기반을 둔 태양에너지와 단절된 독립된 생태계들이 발견되고 있습니다. 유로파의 바다에서 기대되는 생명들도 이러한 생태계에 기반을 둔 미생물들입니다.

생명의 일부 유전자를 비교하여 얻은 계통분석에서도 마침 아주 뜨거운 곳을 좋아하는 극한환경에 사는 괴짜들이 최초의 생명에 가깝다는 보고들이 있습니다. 결국 현생 지구생명은 마지막으로 강력한 충돌이 당시 생명들을 전멸시키는 상황에서 단지 바다 속 깊은 곳에 살았다는 이유만으로 역세계 좋은 행운을 맞은 생명이 그 최초의 조상일지도 모릅니다. 하여튼 지구 최초의 생명이 매우 이른 시기에 발생했다는 것은 우주에서 생명이 상당히 쉽게 시작된다는 생각을 지지해줍니다. 근대과학의 유물론적 관점만으로는 우리에게 보이지 않지만 어쩌면 생명은 물질에 잠재적으로 내재된 성질이 아닐까하는 생각도 듭니다.

이쯤 되면, 극한환경에 사는 미생물들이 괴짜인지 아니면 도리어 산소가 있는 환경에서 생존하는 우리가 괴짜인 것은 아닌지 생각해 볼 문제로군요. 사실 산소는 맹독성을 가진 기체로 광합성의 발명 이후 노폐물로 발생한 산소의 농축은 당시 산소의 독성에 무방비 상태이던 생명들에게는 매우 치명적이었을 것입니다. 그래서 20억 년쯤 전에 발생한 산소의 출현을 지구최대의 환경오염사태라고도 합니다. 물론 산소가 위험하기는 하지만 이를 활용할 수 있는 수단이 발명되자 이번에는 산소호흡을 하는 생명들이 일대 도약을 이루게 됩니다. 진핵세포, 두 가지 성, 다세포생명의 출현이 산소의 출현과 비슷한 시기에 이루어 집니다. 한편 충돌은 그 후 진행된 지구생명의 진화에서 계속 중대한 역할을 합니다. 즉 지구의 탄생자체가 충돌을 통해 이루어졌고, 생명의 기원과정에서 누가 살아남을지를 결정했던 충돌은 그 후 지구생명의 진화과정에서도 진화의 주요 원동력으로 작용했을 가능성이 있습니다.

한편 충돌은 분명 우연적인 요소를 가지고 있습니다. 기존 생태계에서 생존에 우수한 능력을 획득한 종이라고 하더라도 충돌로 짧은 시간동안에 발생한 급격한 변화에서 살아남을 수 없으면 멸종하고 마는 것입니다. 예를 들면, 1억5천만년에 걸친 중생대를 풍미한 공룡이 6천5백만 년 전에 일어난 지름 10km인 천체와의 충돌로 모두 사라진 경우가 그러합니다. 공룡들에게는 참 안된 이야기지만 덕분에 우리의 계통인 포유류, 그리고 조류가

제 세상을 만나는 기쁨을 갖게 됩니다. 물론 충돌 당시 살던 생명들은 너나 할 것 없이 모두 괴로웠을 것입니다.

이렇게 지구에서 일어난 우연으로 점철된 생명의 탄생과 진화과정이 외계에서도 비슷할 것인지는 아직은 알 길이 없습니다. 단지 지구생명은 우주생명에 대해 우리가 알고 있는 유일한 증거이니 이를 통해 외계에서 생명의 기원과 진화, 특성과 분포, 그리고 그 운명에 대해 추측해 보고자 하는 것입니다.

우주생물학은 여러 학문 분야에 걸쳐 있으며 그 범위가 매우 넓습니다. 지금까지 우주생물학의 현실적인 주제들을 몇 가지 소개드렸다면 앞으로는, 외계생명에 대해 우리가 지금 가지고 있는 유일한 한 가지 증거로부터 우리가 무엇을 기대할 수 있을지에 대한 추측을 몇 가지 소개드리려 합니다.

외계에서 온 인공적인 전파신호를 수신하겠다는 세티 계획은 외계에 발전된 문명이 있다는 것을 가정하고 있습니다. 우주의 나이가 137억 년쯤 되고 우리태양계가 속한 수천억 개의 별로 이루어진 우리은하의 나이도 그쯤 된다는 것과 비교한다면 해를 포함한 우리태양계는 우리은하의 다른 별들에 비해 아주 늦게 나타난 후발주자임에 틀림없습니다. 별들은 지금도 만들어지고 있지만 우리은하안의 많은 별들은 태양계보다 훨씬 오래전에 만들어 졌습니다. 우리인류의 미래가 꼭 어두워야만 할 이유가 없다면 우리보다 수십억 년 (단지 수만 년 정도가 아닙니다!) 정도까지도 앞선 외계 문명에서 무슨 일이 일어나고 있는지는 흥미진진한 기대거리입니다. 그들의 선례는 어쩌면 우주에서 허용된 우리의 밝은 미래를 미리 보여주는 셈이 될 수도 있습니다. 도대체 우주의 초 고등문명에서는 무슨 일이 일어난 것일까요?

우주생물학에서 외계생명에 대해 가지고 있는 유일한 증거는 우리는 아직 외계생명에 대한 어떠한 증거도 가지고 있지 않다는 사실입니다. 여기에는 외계 고등문명의 전령이 우리를 방문한 증거도 포함됩니다. 즉, 우리를 방문한 외계의 전령에 대한 어떠한 충격적인 증거도 없다는 것인데, 이것은 우리가 우리은하에서 후발 주자임을 생각해보면 정말 이상한 일입니다. 바로 이러한 딜레마를 우주생물학에서는 거대한 침묵The Great Silence의 문제, 혹은 페르미의 패러독스라고 합니다. 페르미Enrico Fermi라는 물리학자가 수소폭탄을 만들겠다고 연구하는 과정에서 점심 후 잡담 중 이러한 지적을 처음 한 것으로 알려져 있는데, 상황이 아이러니 합니다. 실은 핵폭탄의 출현과 로켓기술의 출현은 시기적으로도 일치하지만 사실상 동일한 기술임은 우리에게 시사하는 바가 큽니다. 우주문명으로 도약하는 기술을 갖추는 것이 마침 스스로 자멸할 수 있는 능력을 갖추는 것과 같은 것이라는 지적입니다. 그렇다면 바로 이러한 일치가 거대한 침묵의 원인인 것은 아닐까요?

이렇게 하여, 지구생명의 기원이 우주생물학의 중요한 관심사항 이듯이 지구생명의 미래 또한 우주생물학의 중요 주제가 됩니다. 외계문명의 가능성을 논의하기 위해서는 역시 우리가 가진 하나뿐인 증거인 지구생명, 특히 인류의 미래 발전 가능성에 대한 추측이 중요해질 수밖에 없습니다. 미래는 누구도 알 수 없습니다. 단지 지금의 추세를 기반으로 추측해 보는 것일 뿐입니다.

우리를 방문할 가능성이 있는 외계인의 형태는 우리처럼 피와 살로 이루어진 생명체라기보다는 기계일 가능성이 높습니다. 기계가 내구성이 더 좋고 오랜 여행기간 동안 동면상태로 유지되기 쉬울 것입니다. 그것은 이미 인류기술력의 추세가 그쪽 방향을 향하고 있는 것에서 짐작할 수 있습니다. 이런 상태로 라면 별사이를 여행하는데 걸리는 오랜 시간은 큰 문제가 되지 않을 수도 있습니다. 시간은 얼마든지 있습니다. 빛으로 4년쯤 거리는 별사이 거리를 이동하는데 만년씩 거린다고 하여도 지름이 10만광년 정도 되는 우리는 하를 가로지르는 데는 단지 몇 억 년이면 됩니다. 그럼에도 우리를 방문한 외계문명의 진령기계에 대한 증거가 없기에 거대한 침묵의 문제가 성립하는 것입니다. 우리 기술문명의 미래에 대한 반영일 수도 있는 우리보다 훨씬 발전한 외계문명은 어떤 운명을 맞은 것일까요? 여기에 대해서는 우리 모두 각자의 견해를 가질 수 있습니다. 거대한 침묵에 대한 답 중 하나는 문제에 걸맞게 “거대한 문명제거장치 The Great Filter”라고 합니다. 문명은 발전 단계에서 더 이상 넘지 못하는 벽을 만나게 된다는 생각입니다. 넘을 수 없는 벽을 만나서 우리를 방문할 수는 없더라도 그들이 존재하면 좋겠습니다. 우리가 아직 외계문명이 존재하지 않는다는 어떠한 증거를 가진 것은 아닙니다. 우리가 가진 증거는 단지 우리를 방문한 외계 사절단에 대한 증거가 없다는 것일 뿐입니다.

외계생명과의 조우상황 그리고 그 사태가 우리 사회에 미칠 영향 따위도 우주생물학의 중요한 관심사입니다. 미리 준비해 두는 것은 언제나 좋지요. SF에는 이러한 조우에 대한 많은 상상이 전개 되어 있습니다. 제가 좋아하는 설정은 우리는 그들을 이해할 수 없다는 것인데 작가 램Stanisław Lem의 1961년 소설 『솔라리스』와 영화감독 타르코프스키 Andrei Tarkovsky의 같은 작품에 대한 1972년 영화가 이를 잘 보여 줍니다. 우리는 그들을 이해할 수 없다는 것이지요. 철학자 비트겐슈타인Ludwig Wittgenstein은 다음과 같이 말합니다. “한 마리 사자가 말을 하게 된다면 우리는 그를 이해할 수 없을 것이다.” 물론 우리가 그들의 관점에서 보려고 노력한다면 애완동물과도 소통이 가능하다는 많은 개인적 경험들을 접할 수 있습니다. 한편 상대동물의 관점은 우리가 들을 수 없으니 다소 일방적인 결론이기는 하군요. 적어도 인간사이의 소통에서는 어찌면 바로 여기에 핵심이 있는데, 상대방의 관점에서 보려고 노력하여야 소통이 가능하다는 것입니다. 이점에서는 서구인(좀 더 자세하게는 서구, 백인, 남성)의 관점에서 본 원주민들과의 조우에서 인류학자들조차 자신들의 관점(예를 들면, 황금은 어디에 있는지와 같은 관심)에서 보려하니 이해에 많은 왜곡이 있었다는 지적이 있습니다.

조우에 대한 비슷한 관점은 영화감독 큐브릭Stanley Kubrick의 1968년 영화 『2001년 스페이스 오딧세이2001: A Space Odyssey』에서도 나타납니다. 스페셜 효과가 1960년대에 만들어졌다는 것이 믿기지 않는 이 영화는 요즘 세상에서는 어쩌면 관람하는데 약간의 인내심이 필요할 수도 있지만, 결국 결말이 무엇을 이야기하는지 이해할 수 없을 가능성이 큽니다. 만약 영화를 본 후 무슨 이야기인지 이해가 되지 않는다면, 바로 제대로 본 것이라고 합니다. 감독 자신이 외계인과 조우에서 우리는 그들을 이해할 수 없다는 것을 우리가 몸소 체험할 수 있도록 의도적으로 기획한 것으로 보면 된다는군요.

외계인과의 조우에 앞서 우리는 인류문명 사이에서도 조우에 해당하는 여러 사례를 찾아볼 수 있습니다. 특히 근대 서구인들과 아메리카, 오세아니아, 아프리카 원주민들과의 조우는 일방적이며 매우 비극적으로 전개되었습니다. 작가 웰스H. G. Wells의 1898년 작품 『우주전쟁』은 고등한 문명을 이룩한 화성인이 지구를 침공하는 내용이지만 사실은 당시 빅토리아시기 대영제국의 제국주의적 침략이 극성을 부릴 때 일어난 가공할 근대기술로 무장한 서구인들과 아프리카 원시부족의 비극적인 조우를 비판하는 문명비판의 내용을 담고 있습니다. 이러한 근대에 일어난 문명 간 조우의 기억이 아직도 생생한 지금, 국가기관은 외계생명과의 어떠한 조우에 대해서도 상당히 보수적인 접근을 하게 될 가능성이 있습니다.

외계생명에 대해 우리가 가진 유일한 증거로 꼽은 거대한 침묵의 문제는 어쩌면 지구는 우리에게 주어진 유일한 고립된 공간일 가능성이 있음을 알려줍니다. 마음껏 쓰다가 더럽혀지면 다른 곳으로 떠나버릴 수 있는 그런 곳이 절대로 아니라는 것이지요. 우주의 거대한 침묵은 과학의 발전으로 우주로 뻗어나가는 인류의 미래라는 전망이 실현될 수 없는 꿈일 가능성일 수 있음을 우리에게 말해주고 있는지도 모릅니다. 바로 그 과학의 발전이 한편으로는 자연의 제어와 통제를 통한 우주로 도약하는 무한한 발전이라는 희망을 주며 또 다른 쪽에서는 자연에 대한 체계적이며 광범위한 미증유의 착취를 가능하게 하였고, 스스로 자멸할 수 있는 가능성을 열었으며, 최근 우리는 이미 더럽혀진 우리의 동지(지구)를 발견하고 경악하고 있는 것은 알맞은 일입니다.

저는 최근 과학과 결합된 기술의 발전이 지구생명의 진화역사에 거대한 이정표를 제시할 만한 단계에 접어들고 있다는 사실을 깨닫고 놀라고 있습니다. 그 중요성이 지구생명의 기원에 버금가는 않겠지만 비교하자면 지구상 산소의 축적에 버금가는 사태가 될 수 있다고 생각합니다. 산소의 발생이 한 면으로는 당시 거의 모든 생명에게 가혹한 죽음을 요구했지만 다른 한 면에서는 이를 제어하고 이용할 수 있는 생명이 출현하며 그들은 진핵세포와 다세포 생명으로 도약하였고 결국 우리에게까지 이르고 있습니다. 저는 이미 우리의 현실 앞에 차츰 그 모습이 드러나고 있는 생명공학, 정보기술, 로봇공학, 나노기술 따위가 바로 산소출현에 버금갈 위기와 기회를 동시에 제공할 가능성이 있다고 주목합니다. 위기

는 지금 기득권을 가지고 있는 현생인류가 치러야 할 대가이며, 기회는 이를 극복하고 출현한 새로운 생명의 몫이 될 가능성이 큼니다. 생명공학은 이제까지 우연적인 것으로 이해되는 지구생명 진화의 경로를 의도를 가지고 인위적으로 가속시킬 수 있는 가능성을 여는 것입니다. 물론 생명의 진행은 제어되지 않을 것이므로 이러한 기술적 발전은 단지 현생인류가 저지르는 마지막 불장난으로 막을 내릴 가능성이 있습니다. 정보기술과 로봇공학의 발전도 현생인류의 생물학적 상태로는 감당할 수 없는 사태를 초래할 수 있습니다. 도리어 성공적인 경우에 그렇다는 것이지요.

이러한 실험적이며 무모한 과학의 진행에서 문제는, 그것이 제공하는 위기는 일단 접어둔다고 하더라도, 그 기회의 면에서도 이미 한계가 있어 보인다는 것입니다. 바로 우리가 경험하고 있는 거대한 침묵이 이점을 암시하고 있습니다. 미국의 대통령이었던 케네디 John F. Kennedy는 “저는 죄송스럽게도 그들의 과학자들이 우리보다 더 뛰어났기 때문에 다른 행성들에서 생명이 멸종했다는 재치 있는 말에는 조금 과장된 면이 있다고 말씀드리야겠습니다.”라는 재담을 하였습니다. 하지만 실제 그러했을 가능성이 거대한 침묵의 문제에 대한 하나의 답이 될 수 있다는 것이 지금 더 현실감 있게 느껴지는 것은 근대 과학기술을 신봉하는 시대를 살아가는 우리가 안고 갈 수밖에 없는 딜레마인 것처럼 보입니다.

한편, 앞에서 소개드린 큐브릭의 『스페이스 오딧세이』에서는 또 다른 상황이 저의 관심을 끌고 있습니다. 여기에는 「할Hal 9000」이라는 미래의 수퍼컴퓨터가 나옵니다. 스스로를 인식하고 있는 것으로 보이는 이 컴퓨터가 일으키는 정체성 혼란이 중요한 플롯인데, 인간의 창조물임에도 미래의 기계가 인식을 시작하였을 때 외계인과의 조우에서 중요할 수도 있다고 앞에서 지적한 바로 그 상황이 재현됩니다. 즉, 우리는 그들을 이해할 수 없다는 것입니다. 이점이 매우 중요합니다. 우리는 영화나 글에서 미래의 컴퓨터나 로봇이 인간과 비슷할 것이라는 설정에 익숙합니다. 그러나 현실에서는 우리는 그들을 그리고 그들은 우리를 이해할 수 없을 것이라는 점을 깨달아야 합니다. 인간이기 위해서는 인간의 신체를 가지고 있어야 하며 또한 인간으로 길러져야만 한다는 것이지요. 본성과 양육 모두를 말하는 것입니다. 둘 다 중요합니다.

레비-스트로스는 『슬픈열대』의 마지막 장에서 다음과 같이 말합니다. “세상은 인간 없이 시작되었고, 마지막에도 분명 그러할 것이다.” 과학의 발전방향을 우리의 미래에 대한 신중한 고려에 따라 설정하여야 함은 우리 시대에 이루어야 할 가장 중요한 과제입니다.

근대의 서구천문학이 우주의 물리적인 특성에 매달려 온 데에는 시대를 반영한 그만한 이유가 있었습니다. 21세기의 초입에 이번 세기 천문학의 향방을 예측하기는 어렵습니다. 어쩌면 생명의 관점이 점점 더 중요해지지 않을까 기대해 봅니다. 우주생물학에 대

한 우리의 고찰은 과학의 발전이 외계생명의 발견 가능성을 실현시킬 수도 있지만 우리는 과학과 기술 그 자체의 발전 과정을 예의 주시하고 통제하여야 할 필요가 있다는 점 또한 알려줍니다. 이러한 지적이 조금 영똥하게 보일지도 모르지만, 실은 아직 대상이 되는 외계생명이 발견되지 않은 시점인 지금 우주생물학에 대한 우리의 관심은 당연히 우리를 되돌아보게 합니다. 이러한 과정 속에서 우리를 재발견하는 것 자체가 우주생물학의 중요한 성취가 될 것입니다. 모든 탐구가 우리를 되돌아보고 우리를 다시 발견하는 과정이라면, 우주생물학 또한 우주의 시간과 공간에 놓여있는 우주생명의 하나로서 우리를 다시 돌아보게 하는 탐구과정인 것입니다.

우주생물학에 대한 저의 강연은 건축학자 풀러Buckminster Fuller의 다음 말로 마감하려 합니다. “나는 종종 우리가 혼자일 것으로 생각하고, 종종 그렇지 않을 것으로 생각한다. 두 가지 생각 모두 충격적이다.” 여러분도 은하수와 별들로 수놓아진 밤하늘을 바라보며 풀러가 느꼈던 충격을 다시 느껴볼 기회를 많이 가지시기 바랍니다.

작성: 황재찬

20110226 아마추어 천문학 워크샵 강연자료