

인류세

인류세의 지평과 우주론 : 인류세와 기후변화가 지구에만 국한된 이야기가 아닌 이유

김동주

KAIST 인문사회과학부
인문학 담당 부교수,
카이스트 인류세 연구센터
핵심연구원, 유관연합의
기후 변화 인식에 대한
연구, 그리고 세기말의
문서화와 문서 유통의
기호학에 대한 연구를
진행하고 있다.

훗날 2021년을 기억하게 될 수많은 사건 중에는 민간 우주 여행의 시작을 알리는, 그래서 이제는 대중적으로 잘 알려진 기업들의 비행을 꼽을 수 있을 것이다. 5월에는 일런 머스크의 스페이스엑스가 여러 번의 시행착오 끝에 처음으로 로켓의 수직 착륙에 성공했고, 7월에는 리처드 브랜슨의 버진갤럭틱, 그리고 제프 베이조스의 블루오리진이 차례로 첫 우주 여행 시도를 성공적으로 마쳤다. 전 세계적으로 이미 이름을 날렸던 억만장자들이 우주 사업을 위해 만든 이 세 기업들도 덩달아 유명해지면서 투자할 방법을 찾아보는 사람들도 많아졌다. 또한 이들이 어느 정도의 고도에 도달해야 우주여행으로 볼 수 있느냐를 두고 경쟁을 벌이면서, 일반인들에게는 지구의 대기를 벗어나는 과정에 대해서 새롭게 배울 수 있는 계기가 되었다. 스페이스엑스는 로켓으로 585킬로미터 고도에 도달하여 선두를 달리고 있고, 블루오리진이 107킬로미터에, 그리고 버진갤럭틱이 86킬로미터 고도에 도달하였다. 일반적으로 지구의 대기권과 우주를 100킬로미터 정도의 카르만 라인(Kármán Line)을 기준으로 구분한다는 점을 감

인류세의 지평과
우주론 :
인류세와 기후변화가
지구에만 국한된
이야기가 아닌 이유

안하면, 버진갤럭틱이 우주에 도달하지 못했다고 평한 블루 오리진의 입장에 수긍할 수도 있을 것이다. 다만 미국 우주 항공국 나사(NASA)에서는, 미국 국방부가 80 킬로미터 이상의 고도로 비행한 사람을 우주인으로 규정하는 전통에 따라 유연성 있는 기준을 적용한다. 미국 기준을 적용해 본다면, 버진갤럭틱은 세 기업 중 유일하게 로켓을 사용하지 않고서 우주 비행을 수행한 셈이다.

우주여행 분야에서 국가 주도가 아니라 민간 기업이 거둔 성과는 분명 기술 진보와 경제 제도의 성공을 입증하고 있다. 그러나 다른 한편으로는 이런 성과가 앞으로 장기적인 측면에서 지구와 인류 전체에 어떤 함의를 가질지는 미지수이다. 유럽에서는 지구가 직면하고 있는 기후변화의 심각성을 외면하면서 우주여행을 낭만화하고 새로운 투자의 장으로만 그려내는 것을 경계하는 목소리가 활발하게 나오고 있다. 당장 100킬로미터의 로켓 여행이 1,238킬로그램의 이산화탄소를 발생시키는데, 이를 일반 여객기와 비교하면 11,000킬로미터를 비행했을 때 배출되는 양과 같다.¹ 이 연구를 발표한 마레이스 교수 연구팀은 대기의 질에 영향을 주는 암모니아, 미세먼지, 질소산화물 등의 요소들을 분석하는데, 그중에 매년 발사되는 로켓들을 연료별로 분석하여 지구의 대기환경에 어떤 영향을 주는지 측정하기도 한다.² 로켓

의 연료가 케로신이든, 액체수소이든, 고체연료이든, 메탄이든, 지금은 시험적인 단계에 있는 로켓 발사 빈도가 산업적 규모로 확대된다고 가정한다면 그다지 좋은 전망이 나오지는 않는다. 연료를 정제하는 과정뿐만 아니라 로켓을 제조하는 과정, 그리고 발사 중 발생하는 열 때문에 대기 중에 생성되는 질소산화물까지 감안한다면 말이다. 바로 이러한 상황 때문에 바이오프로판 연료를 사용하여 탄소 발생 및 비용을 최소화하면서 인공위성을 궤도에 올리는 기업이 유럽에서 관심을 받고 있기도 하다.

장기적으로 염려되는 것 중 다른 하나는 이른바 우주 쓰레기 문제이다. 지구의 대기권 밖, 그러나 여전히 지구의 중력으로 인해 떠돌고 있는 수명을 다한 인공위성, 부속, 혹은 다른 인공 부유물들이 그것이다. 유럽 우주국(ESA)에서는 이들을 크기에 따라 분류하여 추적, 관리하고 있는데, 이들을 모두 합하면 총질량 약 9,800톤에 달한다고 한다. 1957년 이후로 현재까지 쏘아 올린 인공위성이 모두 12,500여 개이고, 여전히 궤도를 돌고 있는 위성이 7,840개, 그리고 이 중에서 기능하고 있는 위성이 5,000개 정도이며, 이에 더해 앞으로 민간 기업을 중심으로 발사 비용이 낮은 군집위성이나 저궤도 통신위성이 본격적으로 보급될 것이라는 점까지 감안한다면 우주쓰레기는 더욱 급격하게 늘어날 것으로 예상

할 수 있다.³ 내가 자문을 구하기 위해 대화를 나누었던 한 천문학자는 민간 기업들이 현재 계획 중인 소형 위성의 숫자가 현재 기능하는 위성의 수만큼 된다면, 궤도의 포화 문제가 먼저 발생할 것이라고 조심스럽게 경고하였다.

탄소배출이 좀 더 직접적으로 대기권에 영향을 주는 문제라면, 지구 주변 궤도를 떠도는 쓰레기를 지구 환경 시스템의 문제로 볼 수 있는지에는 모호한 측면이 있다. 우주 비행의 성공을 규정하는 것이 우주의 시작점을 어디로 잡는지와 연관되었던 것처럼, 지구 중력의 영향은 받지만 지구 대기권 밖에 존재하는 부유물들이 지구 환경의 지속가능성과 어떤 관계를 맺는지가 명확하게 규명되지 않았기 때문이다. 이러한 상황에서는 지구를 하나의 환경 시스템으로 보는 시각과 더불어 지구가 수많은 행성 중 하나라는 인식이 동반되어야 한다. 아래에서 자세하게 살펴보겠지만, 지난 세기 전반에 걸쳐 서서히 등장한 일련의 인류세 개념들은 이미 지구를 행성으로 인식하고 있었던 것 같다.

자연과학 분야와는 별개로 탈식민주의 조류에서는 스피박(Spivak)이나 길로이(Gilroy) 같은 사람들이 이미 십수 년 전에 행성적인 주체(스피박), 행성 의식(길로이) 같은 개념들을 제안하였다. 그리고 이제는 행성적인 인식이 실제로 우리가 지구를 사고하는 과정에 반드시 필요한 시점이 온 것이

다. 스피박은 자연환경과 맺는 자본주의적인 관계를 넘어서 자연을 통제하거나 대상화할 수 없는 새로운 타자성(alterity)을 위한 인식론적 탐색으로 행성성(planetary) 개념을 제안했고, 길로이는 국민국가의 틀에 기반한 세계와 인종 범주를 뛰어넘어 인식할 수 있는 가능성을 추구하기 위한 시각으로서 행성 의식(planetary consciousness)을 제안하였다.⁴ 두 사람이 제안한 행성 차원의 시각이 방향은 다르지만, 이들이 시도하는 대안적 행성성을 향한 취지를 살리려면 행성으로서의 지구를 다시 단순하게 자연환경으로 환원시키지 않는 시각과 방법을 새롭게 찾아야 하는 셈이다. 이와 함께 지금까지 우주를 활용과 개발의 대상으로 바라보고 인식하던 시각도 함께 전환되어야 한다.

인류세의 스케일, 우주라는 스케일

작년 10월에 한국형 발사체 누리호가 발사되었던 일, NASA의 로버 퍼시비어런스가 화성의 바람소리를 전해준 일 등 실

로 우주 탐사는 우리에게 더욱 가까운 화제가 되었다. 한 기업, 한 나라의 수준에서 로켓 발사가 가지는 의미는 다각도로 이미 여러 곳에서 따져 보았으니, 여기에서는 인류의 미래에서 우주가 가지는 더 크고 장기적인 의미를 밝혀 보려고 한다. 미지의 세계에 대한 호기심과 동경 이상으로 우주가 인류에게 매력적인 이유는 무엇일까? 냉전 시대의 우주 탐사와 현재의 우주 탐사는 어떻게 다를까? 현재 시점에서 우주 여행 혹은 우주를 향한 모든 인간 활동에 인류세 개념이나 시각을 적용해 보면 어떻게 볼 수 있을까? 무엇보다, 인류세라는 시각을 통해 보았을 때 우주는 과연 기존의 방식과 다르게 보일까?

새로운 지질시대의 이름으로 제안된 인류세 개념은 인간의 활동으로 인해 지구의 환경이 변화하고 있음에 초점을 두면서, 우리가 살고 있는 시대를 인류의 진화 과정, 그리고 지구라는 행성의 역사라는 거대한 시간 차원 안에서 볼 수 있게 한다. 또한 공간적으로도 기후변화를 인식하기 위하여 지역이나 대륙, 대양을 넘어서서 대기권까지 포함하여 순환하는 지구 시스템 전체를 조망하도록 독려하는 효과를 가져오기도 하였다. 그러나 우주에는 인류가 터를 잡고 정착한 곳도 아직 없고, 우주에서 이루어지는 일들이 지구상의 일과 어떤 연관을 가지는지 명확하게 드러나 보이지도 않는다. 위

에서 살펴보았듯이, 로켓 발사와 우주 여행은 앞으로 일상화 될 것으로 보이지만 이것이 지구의 대기권과 기후변화에 미치는 영향 이외에 주목할 점이 있을까?

인류세와 우주는 경험하거나 규정하기 어려운 실체 들이기는 하지만, 뚜렷한 실체가 규명되기 이전에 우선 인간에게 시공간을 특정한 방식으로 색인(index), 혹은 지목하는 관념, 그리고 개념으로 분명하게 작용한다. 즉 지구상에서 인류가 경험하거나 기록해온 경험 바깥의 영역으로 상상의 시공간을 확대하는 역할을 한다는 뜻이다. 눈앞에 두고 분석할 수 있는 대상이 아니기에 오랫동안 축적된 관찰과 성찰, 가설과 검증의 결과로 파악하고 있지만, 여전히 모르는 것이 많이 남아 있다. 현재 우리가 지구에서 경험할 수 있는 극단적인 지형이나 기후를 통해서 과거의 빙하기나 화성의 지표면을 파악하는 이유도 바로 여기에 있을 것이다.

그렇지만 인류세와 우주는 각각 지목하는 시공간적인 방향이 다를 수밖에 없다. 인류세는 과거와 현재 확보 가능한 데이터를 가지고 모델로 예측하는 시간적인 축을 중심으로 색인이 이루어진다. 우주를 향한 시선은 이와 달리 더욱 큰 스케일의 시간을 거슬러 올라가며 더 먼 미래를 내다 보며, 그 거대한 단위로 공간적 거리를 환산하는데, 그 결과로 지구는 수많은 태양계 중 하나의 태양계 안에서 생성된

보잘것없는 행성으로 보이게 된다. 인류세와 우주는 시간적으로나 공간적으로 서로 너무도 다른 스케일의 개념들이기 때문에 우리에게 익숙한 언어로, 일상적인 경험에 최대한 가깝게 매개하여 인식하려는 노력이 부지불식간에 이루어지며, 과학적 연구도 이와 같은 방식으로 수행된다.

대화를 나누었던 한 천문학자는 이러한 매개 과정을 “낮익게 보기”라는 말로 표현하면서, 이 표현이 우주를 연구하는 사람들 사이에서 많은 공감을 얻고 있다는 설명을 덧붙였다. 즉 우주를 연구할 때에 너무도 다른 조건과 환경을 관찰하거나 상상하기 때문에, 최대한 그런 것에 가까운 조건을 지구에서 찾거나 경험하면서 연구를 수행하면 많은 도움이 된다는 의미였다. 현재까지 알려진 것을 토대로 상상력을 동원하더라도 그것이 구체성을 가지기 위해서는 어떤 주어진 환경을 상정하는 것이 필요하다는 의미이기도 하다. 이와 같은 인식은 우리나라에서만 아니라 외국 사례에서도 찾아볼 수 있다. 리사 메세리(Lisa Messeri)는 미국의 화성 연구자들 사이에서, 그리고 칠레의 천문대에서 수행한 현장 연구를 바탕으로 기술한 에스노그래피에서 우주 연구자들이 우주 공간을 친숙하게 하는 “장소만들기(placemaking)” 과정을 중점적으로 분석하였다. 인류학자들이 현장 연구를 통해 낯선 곳에서 친숙한 타자를 발견해 가는 것처럼, 우주 연구자들은

낯선 공간, 우주를 낯익은 장소로 만들어 새롭게 발견한다는 것이다.⁵

우주 탐사를 위한 준비 단계에서 이러한 장소만들기가 이루어지는 것을 흔히 찾아볼 수 있다. NASA가 아르테미스 계획의 일환으로 2020년에 화성으로 보낸 로버 퍼시버어런스(Perseverance)에는 총 일곱 가지의 주요 관측장비가 실려 있는데, 담당 연구팀은 이 장비들을 화성과 비슷한 환경인 네바다 사막에서 시험하며 조정하였다. 이 팀에는 심해 탐사장비를 다루었던 연구자들이 합류하였으며, 다양한 전문성을 가진 팀원들이 탐사 및 통신의 우선순위에 대하여 함께 의사결정을 내리는 상황도 훈련하였다. NASA의 우주비행사들도 빛을 차단한 실험 수조 안에서 우주 탐사 상황에서 접하게 될 일광 조건과 중력, 그리고 우주복 착용감을 경험하는 훈련을 한다. 이 두 사례 모두 우주에서 처음 대하게 될 조건과 상황을 지구상에서 찾고 재현하여 익숙하게 만드는 장소만들기 노력으로 볼 수 있다.

이와 같은 장소만들기 작업은 우주 공간이나 행성에서 일어나는 미시적인 현상들을 거대한 시간 스케일 속에서 진행되는 과정 속에 위치시켜 파악하는 노력과 병행하여 이루어진다. 천문학 분야 중에서 행성학이 지질학, 특히 지형학과 밀접하게 연결되어 있는 이유도 바로 여기에 있을 것



그림1 --- NASA 존슨 센터의 중성부력실험실에서 우주비행사들이 달의 빛, 표면, 그리고 중력 조건을 경험하고 있다.
(2022년 2월, NASA Instagram, <https://www.instagram.com/p/CZngblBpqMj/>)

이다. 지구를 형성하고 있는 물질들의 관계는 태양계 안에서 다른 행성들에서도 비슷한 변수들의 영향을 받기 때문이다. 인류의 진화와는 매우 다른 규모의 태양계 시간 스케일이 공통적으로 적용된다는 점도 중요하다. 태양계에서는 태양의 성쇠와 수명에 따라 행성들이 직접적인 영향을 받으며 성쇠를 함께 겪을 운명이다. 이와 같은 시간 스케일에서는 인류가 살기에 최적인 온도를 현재에는 지구에서 찾아볼 수 있지만, 몇 세기 후에는 지구보다 먼 화성에서만 찾을 수도 있다. 이러한 “행성간 이주”가 단순한 호기심이나 탐험, 혹은 식민 지배를 위한 것이 아니라 생존을 건 절박한 이주가 될 가능성이 없지 않다는 의견을 제시한 천문학자도 있었다. 결국 행성의 형성과 쇠퇴에 대한 이해는 지구의 형성과 쇠퇴에 대한 이해에 기반하며, 태양계의 차원에서 보면 그 역도 성립한다고 말할 수 있다.

인류세의 지평과
우주론 :
인류세의 기후변화가
지구에만 국한된
이야기가 아닌 이유

인류세 개념은 사실상 지질학 분야에서 대두되었기 때문에 지구와 다른 행성에 대한 학문적인 탐구와 떼어낼 수 없으며, 심층적인 수준에서 태양계의 시간 스케일을 공유할 수밖에 없다. 그리고 보면 지구를 특별할 것이 없는 하나의 행성으로 바라보는 시각은 19세기 중반 이후 현대 지질학의 기반이었던 것으로 보인다. 현대 지질학과 대륙이동설 및 판구조론의 선구자였던 에두아르트 쥐스(Eduard Suess, 1831-1914)는 단적으로 지질학의 시간 스케일을 다음과 같이 표현하였다 - “우리가 목격하고 있는 것은 바로 지구의 붕괴이다. 물론 이 붕괴는 아주 오래 전부터 시작되었지만, 인간의 수명이 짧은 덕분에 절망하지 않고 지낼 수 있었던 것이다.”⁷ 오스트리아의 지질학자였던 그는 1883년에 자신의 역작인 『지구의 얼굴』에서 암석권(Lithosphäre)과 수권(Hydrosphäre), 그리고 생물권(Biosphäre)을 각각 구분하여 명명하고, 시공간적으로 경계가 명확한 이 생물권을 다시 태양의 직접적인 영향을 받는 생물들과 받지 않는 생물들로 구분하였다.⁸ 지구의 수명이 40억 년 정도 남았다고 추정되는 것을 감안하

면 ‘붕괴’라는 표현은 과장된 면이 없지 않지만, 지구를 철저히 행성으로 바라보는 그의 시각은 인류 중심적인 편향에 빠질 수 있는 인류세 개념에 대하여 시사하는 바가 크다. 쥐스의 생물권 개념은 훗날 블라디미르 베르나츠키(Vernadsky, 1863-1945)에 의해 대중화되며, 베르나츠키가 정신권(noosphere) 개념을 추가하는 배경이 된다.

비슷한 시기에 러시아에서 토양학의 기반을 마련한 지질학자 바실리 도쿠차예프(Dokuchaev, 1846-1903)는 암석권이나 광물의 연구만으로는 토양에 대한 이해가 불가능하다고 판단하여 토양 형성의 모델을 구상하였다. 즉 기후, 생물, 지형, 광물, 그리고 시간이라는 다섯 가지 변수를 가지고 토양의 조성과 특성 분류 모델을 완성하였는데, 생물의 기여와 시간 차원이 독립된 변수로 취급된 것이 특이하다. 도쿠차예프의 모델은 쥐스의 생물권 개념보다 생물의 능동적인 역할을 실질적으로 반영하고 강조한다는 점에서 중요한 의미를 가진다.

쥐스와 도쿠차예프가 행성으로서의 지구가 형성되는 과정에서 주요하게 관계를 맺는 영역들을 구분하였다면, 우크라이나 출신의 러시아 광물학자이자 지구화학자인 베르나츠키는 생명체가 지구의 형성에서 수행하는 역할을 더욱 강조하였다. 1911년에 쥐스를 만나 영향을 받았던 베르

나츠키는 생물권이 대기권을 구성하는 산소, 질소, 그리고 이산화탄소의 생성과 순환에서 필수적인 역할을 수행한다는 점에 주목하였다. 그래서 1920년대에 이러한 취지로 여러 저작을 발표했고, 생물권 중에서도 인간의 인지 활동과 이성의 작용이 지구의 형성과 변화에 영향을 준다는 점을 강조하는 정신권 개념을 제안했다. 베르나츠키의 정신권 개념이 종교적인 색채가 없이 과학적이고 세속적인 개념이라면, 피에르 테야르 드 샤르댕(Pierre Teilhard de Chardin, 1881-1955) 신부가 동일한 낱말로 제안한 정신권 개념은 인간의 의식 혹은 성령이 성취하는 상태로서 신학적인 개념이었다.

인류세 개념은 지난 세기 내내 발달하고 있었던, 행성으로서의 지구를 개념화하려는 노력의 연장선상에서 등장하였다. 그렇기에 우주를 바라보는 시각, 지구를 수명이 다할 수 있는 하나의 행성으로 인식하는 차원이 인류세라는 개념 안에 전제되어 있다고 보아야 할 것이다. 생물권의 역할이 점차적으로 커지는 지질학적 시간 스케일 안에서 인류의 진화가 시작되어 인간의 활동이 지구 환경에 영향을 주고 있으며, 바로 그 상대적으로 짧은 기간에 인간 활동으로 인한 기후변화가 일어나고 있는 것이다. 지구를 구성하는 각 권역(sphere)이 서로 어떻게 영향을 주고받는지는 아직도 만족스럽게 규명되지 못하고 있다. 권역의 경계, 그리고 각 권

역을 분석하는 방식의 경계가 보통은 학문 분야의 경계와 일치하기 때문이다. 가이아 가설을 이러한 권역 개념들의 계보 안에서 파악하자면, 새로운 것을 주장하는 가설이라기보다는 어쩌면 이 경계들을 극복하자는 지구 시스템적 접근에 대한 요구일지도 모르겠다. 인류세 개념이 행성으로서의 지구에 대한 새로운 거대 담론으로 등장한다면, 권역들을 아우르고 그들 사이의 경계 넘나들기를 가능하게 하는 든든한 배경이 되었으면 한다.

우주를 바라보며 시각을 넓힌 인류세 개념은 지구가 행성이라는 시간 스케일 안에서 여전히 형성되며 노쇠하고 있다는 사실, 그리고 인간의 활동이 행성에 가지는 영향력을 과장할 필요는 없으나 그 의미를 축소시켜 이해하는 것은 더더욱 경계해야 함을 시사한다. 지구의 상태가 현재진행형이라는 인식은 현재 모든 연구 분야가 상태보다는 과정을 설명하고 이해하기 위해 노력하는 경향, 잘게 쪼개는 분석적인 접근보다는 영역 또는 권역들 사이의 연관을 찾아내어 종합하려는 시스템적 접근과 맞물려 있다. 우주에 대한 시선이 지구에 함의를 가지는 것처럼, 지구에 대한 인류세의 시각을 우주 공간과 다른 행성에 반영하는 노력도 필요하다. 자본주의 체제에서 이윤을 목적으로 하는 탐험과 개발의 대상으로서 우주가 가지는 의미는 이미 충분히 대중적으로 알려졌다.



그림2 --- 1959년 NASA의 머큐리 프로젝트에 참여했던 히말라야원숭이 샘(Sam).
 (사진 : NASA, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sam_prior_to_Little_Joe_2_-_C-1959-52201.jpg)



그림3 --- 1961년 머큐리 프로젝트의 일환으로 시험비행을 수행한 침팬지 햄(Ham).
 (사진 : NASA, <https://www.nasa.gov/image-feature/chimpanzee-ham-with-trainers>)

이제는 행성들 사이의 연결을 만들어내는 인류세가 태양계 차원에서 가지는 함의를 진지하게 이야기할 때가 되었다.

인류세와 우주에 대한 이 짧은 글을 맺으면서 지구의 생물권 내 이종(multispecies) 관계 측면에서 상기하고 싶은 것이 있다. 1947년에 로켓에 실린 초파리들이 우주가 시작되는 고도에 도달하고 피폭 없이 무사히 돌아오면서부터 본격적으로 시작된 동물 실험은 최근까지도 지속되고 있다. 냉전이 한창이던 우주 탐사의 초기에는 주로 쥐와 영장류, 그리고 개가 사용되었는데, 1957년에 스푸트니크 2호를 탔지만 지구로 돌아오지 못한 소련의 유기견 라이카(Laika)가 가장 널리 알려진 사례이다. 로켓의 연료와 산소가 소진되기 전 7일 만에 안락사되었다는 소련의 공식 발표와는 달리, 발사 후 수 시간 이내에 열중증으로 사망했다는 것이 2002년에서야 뒤늦게 밝혀졌다. 한편 프랑스는 1960년대에 신경계 데이터가 풍부하다는 이유로 고양이를 실험동물로 선호하였다. 우주에 보내는 동물은 점차적으로 다양해지는 경향이 있었다. 자라와 개구리, 거미, 선형동물인 네마토드도 우주에 다녀왔고, 최근에는 물고기를 우주정거장에 보내기도 했으며 곰벌레가 지구 궤도에서 열흘간 생존하기도 했다.⁹ 우주 탐험이 경쟁적으로 이루어지던 냉전시대와는 달리 최근에는 동물

을 사용하는 실험의 윤리 기준이 강화되었다. 하지만, 이종 관계의 측면에서 우주 탐사를 위해 동물을 이용하는 것, 그리고 동물과 함께 우주를 탐사하는 것을 구분할 수 있는지는 인류세라는 과정의 시각에서 더욱 심층적으로 검토되어야 할 것이다.

1

Marais, Eloise, "Space tourism: rockets emit 100 times more CO2 per passenger than flights – imagine a whole industry." 19 July, 2021, *The Conversation*. (Link: <https://theconversation.com/space-tourism-rockets-emit-100-times-more-co-per-passenger-than-flights-imagine-a-whole-industry-164601>); Gammon, Katherine, "How the billionaire space race could be one giant leap for pollution." 19 July, 2021, *The Guardian*. (Link: <https://www.theguardian.com/science/2021/jul/19/billionaires-space-tourism-environment-emissions>)

2

Marais 교수 연구팀 홈페이지 참조 (<https://maraisresearchgroup.co.uk/>).

3

https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers

4

Gilroy, Paul, "‘Where Ignorant Armies Clash by Night’: Homogeneous Community and the Planetary Aspect." *International Journal of Cultural Studies*. 6(3):261-276, 2003. doi:10.1177/13678779030063002; Spivak, G., *Death of a Discipline*. Columbia University Press, 2003.

5

Messeri, Lisa, *Placing Outer Space: An Earthly Ethnography of Other Worlds*, Duke University Press, 2016.

6

<https://www.nasa.gov/feature/jpl/nasa-perseverance-mars-rover-scientists-train-in-the-nevada-desert>

7

Suess, Eduard, *Das Antlitz der Erde*. Erster Band. Wien: F. Tempsky, 1883. 778쪽. 엄밀한 의미에서 곤드와나 대륙 가설을 제기한 쾰스를 판구조론자로 구분할 수는 없다. 20세기 들어서 제기되는 판구조론은 암석권 아래의 연약권(asthenosphere) 개념이 전제되어야 하기 때문이다.

8

Suess, Eduard, 위의 책, 2권, 269쪽.

9

Burgess, Colin, and Chris Dubbs, *Animals in Space: From Research Rockets to the Space Shuttle*. Springer, 2007.

인류세의 지평과
우주론 :
인류세의 기후변화가
지구에만 국한된
이야기가 아닌 이유