

대중 과학에서 은유와 유비의 역할: 가모프의 우주론 3부작을 중심으로

오철우†

1. 머리말

러시아 출생의 물리학자인 조지 가모프(George Gamow, 1904-1968)는 미국 망명 이후 35년을 핵 물리학과 우주론 연구, 냉전 시기의 군사 자문과 더불어 왕성한 대중적 저술 활동을 하며 보냈다.¹ 그는 저명한 핵 물리학자로서 미국 땅을 밟았으나 미국에서 살면서 핵 물리학에서 점차 우주론으로 연구의 중심을 옮겨 나중에는 천문학자, 우주론자로도 불렸다.² 그는 또한 여러 과학 도서를 저술해 대중적 과학 저술가, 과학 대중화 인사로서 호평을 받았다. 러시아에서 적색군 포병대 대령(포병학교 강사)으로 복무했던 전력 때문에 냉전 시대에 주요 연구 프로젝트에서 배제되었던 가모프에게 대중 과학도서 저술은 “돈

이 글은 필자의 석사학위 논문 “과학 대중화와 수사학: 1940-1950년대 가모프의 우주론 삼부작에 대한 사례 연구” (서울대학교, 2006)의 일부를 개작한 것임을 밝혀둡니다. 원고를 읽고 논평해 주신 홍성욱 교수, 그리고 심사위원들께 감사드립니다.

† 서울대학교 과학사 및 과학철학 협동과정, chwoo.oh@gmail.com

¹ George Gamow, *My World Line: An Informal Autobiography* (New York: The Viking Press, 1970), p. 134. 이 자서전은 미완성인 채로 가모프의 사후에 출간됐다.

² 1968년 8월 가모프가 숨졌을 때 *New York Times*의 부음 기사는 그를 “지도적 이론 물리학자이며 천문학자이자 일반인 독자를 위한 과학 도서의 저자”, “대폭발 우주론의 주요 지지자”로 묘사했다. “George Gamow, a Physicist, Dies,” *New York Times* (22 Aug. 1968).

과 명예를 안겨준' 새로운 활동이었다.³ 1968년 숨지기 전까지 그는 원자핵에 관한 이론서 3종 외에 지구, 태양, 우주, 양자이론, 생물학을 비롯해 여러 과학 주제에 관한 대중 도서 20종을 저술했으며, 이 중 여러 권이 유럽과 여러 나라에서 번역, 출간되었다. 그는 당대에 과학 대중화를 이끈 과학자로서 자주 거명되었고 1956년에는 유네스코(UNESCO)가 뛰어난 대중적 과학 저술가한테 주는 칼링거 상(Kalinger Prize)을 받았다.⁴

가모프는 1940년부터 태양, 지구, 우주의 기원과 역사에 관한 대중 도서 3종, 즉 1940년 『태양의 탄생과 죽음(*The Birth and Death of the Sun*)』(『태양』[*The Sun*]으로 약칭), 1941년 『지구의 전기(*The Biography of the Earth*)』(『지구』[*The Earth*]), 그리고 1952년 『우주 창조(*The Creation of the Universe*)』(『우주』[*The Universe*])를 출판했다. 그는 『우주』의 서문에서, 이 책과 『태양』, 『지구』를 묶어 “나의 우주론 3부작(my cosmological trilogy)”이라 불렀다.⁵ 3부작은 호평을 받으며⁶ 1960년대까지 몇 차례에 걸쳐 개정판으로 출간됐다.⁷

이 글에서는 핵 물리학의 성과에 기반을 둔 대폭발 우주론(big bang cos-

³ A. D. Chemin, “Gamow in America: 1934-1968,” *Physics-Uspeski* 37 (1994), p. 800.

⁴ 가모프는 물리학에서 아인슈타인(Albert Einstein), 천문학에서 새플리(Harlow Shapley)와 에딩턴(Arthur Eddington), 생물학과 의학에서 코너(George Corner)와 빙어(Carl Binger)와 함께 과학 대중화에 성공적으로 기여한 인물로 꼽혔으며 그레이(George W. Gray), 스버스키(Leon Svirsky)와 함께 “전문적 과학 대중화 인사”로 소개되기도 했다. Herbert S. Bailey, “The University Presses and the Popularization of Science,” *The Scientific Monthly* 64 (1947), pp. 416-420; Henry Gueric, “Some Scientific Plain Talk,” *New York Times* (27 Dec. 1953), p. BR11.

⁵ Gamow, *The Creation of the Universe* (New York: The Viking Press, 1952), p. vii.

⁶ Waldemar Kaempffert, “A Scientific Study of the History of the Sun,” *New York Times* (23 Jun. 1940), p. BR3; Kirtley F. Mather, “The Earth,” *Science* 95 (1942), pp. 71-72.; Waldemar Kaempffert, “At First It Was Ylem,” *New York Times* (6 Jul. 1952), p. BR7. 책에 실린 일부 문제를 지적하는 경우도 있었으나, 대중 도서라는 점에서 엄밀히 다루지는 않았다.

⁷ *The Birth and Death of the Sun: Stellar Evolution and Subatomic Energy* (New York: The Viking Press, 1940/1952); *The Biography of the Earth: Its Past, Present, and Future* (New York: The Viking Press, 1941/1947/1959); *The Creation of the Universe* (New York: The Viking Press, 1952/1961). 또한 *The Earth*의 전면 개정판으로 *A Planet Called Earth* (New York: The Viking Press, 1963)이 나왔고, *The Sun*의 사실상 전면 개정판인 *A Star Called the Sun* (New York: The Viking Press, 1964)은 초판의 형식으로 출간됐다.

mology)이 낯설게 등장해 정상 우주론(steady-state cosmology)과 경쟁하던 시대에 출판된 가모프의 우주론 3부작을 수사학적 관점에서, 특히 거기에 쓰인 은유(metaphor)와 유비(analogy)를 중심으로 분석함으로써 당시 우주론 지식의 대중화가 어떠한 모습을 띠었는지 그 일면을 살펴볼 것이다.⁸ 이에 앞서 먼저 과학 수사학(rhetoric of science) 분야의 연구 흐름을 간략히 정리하고 이 글이 다루려는 대중적 과학 도서의 수사학적 분석이 어떤 의미를 지닐 수 있을지 짚어보고자 한다.

과학 수사학은 설득의 기술과 전략을 탐구하는 수사학의 관점에서 과학 지식의 언어 측면을 분석함으로써 과학에 대한 이해의 폭을 확장하려는 분야로 자리를 잡아 왔다.⁹ 그 과정에서 과학 수사학의 연구자들은 과학이 얼마나 수사학적인가라는 물음에 대해 급진적인 또는 온건한 여러 수준과 갈래의 해석을 내놓았다.¹⁰ 정도의 차이는 있지만, 대체로 이들은 과학 지식도 특정한 시간-공간 의 맥락에서 이뤄지는 화자(speaker)와 청자(audience) 사이의 설득과 상호 소통 같은 수사학적 과정의 영향을 받아 구성되는 것으로 바라보았다.¹¹ 당연히

8 ‘가모프와 대폭발 우주론’에 관한 과학사 연구는 주로 크래그(Helge Kragh)와 체어닌(Artur D. Chernin)에 의해 이뤄졌다. Helge Kragh, “Gamow’s Game: the Road to the Hot Big Bang,” *Centaurus* 38 (1996), pp. 335-361; Helge Kragh, “The Beginning of the World: Georges Lemaitre and the Expanding Universe,” *Centaurus* 32 (1987), pp. 114-139; Artur D. Chernin, “George Gamow and the Big Bang,” *Space Science Reviews* 74 (1995), pp. 447-461; Stephen G. Brush, “How Cosmology Became a Science,” *Scientific American* (Aug. 1992), pp. 34-40.

9 과학 수사학의 흐름과 방법에 대한 개관으로는, Randy Allen Harris, “Introduction,” in R. A. Harris ed., *Landmark Essays on Rhetoric of Science: Case Studies* (New Jersey: Hermagoras Press, 1997), pp. xi-xlv; John Angus Campbell and Keith R. Benson, “The Rhetorical Turn in Science Studies,” *Quarterly Journal of Speech* 82:1 (1996), pp. 74-91; Leah Ceccarelli, *Shaping Science with Rhetoric: The Cases of Dobzhansky, Schrödinger, and Wilson* (Chicago: University of Chicago Press, 2001), pp. 1-9, 168-182; Dwight Atkinson, “Language and Science,” *Annual Review of Applied Linguistics* 19 (1999), pp. 193-214를 참조.

10 캠벨(J. A. Campbell)과 벤슨(K. R. Benson)은 과학 수사학 연구의 갈래를 나누면서, 과학은 모두 설득을 통해 구성된다는 점에서 근본적으로 수사학적이라고 주장하는 급진적 프로그램(radical program), 이보다 신중하고 다원적인 태도를 지닌 온건한 프로그램(moderate program), 인식론보다는 수사학과 문학적 요소를 분석하는 문학적 온건주의(literary moderate), 그리고 과학 수사학의 등장을 과학의 정치학에 나타난 민주주의 정치학의 새로운 시작으로 바라보는 인식 정치학(epistemic politics) 등을 구분했다. Campbell and Benson, “The Rhetorical Turn in Science Studies.”

초기에 과학 수사학의 관심은 주로 뉴턴, 다윈, 아인슈타인 같은 대표적 과학자들의 저서, 논문, 서신, 연구 노트 같은 텍스트, 또는 과학의 엄격한 규율과 형식을 갖춘 실험 보고서 같은 “가장 견고한 사례들(the hardest cases)”, 즉 전형적 과학 텍스트를 분석하는 데 쏠렸다. 이런 흐름에서 수사학적 분석의 주된 초점은 아리스토텔레스 수사학의 영향에 의해 오랜 동안 수사학과 대립되는 영역으로 인식된 과학 지식의 객관성과 확실성이 수사학의 분석 대상에서 예외가 아님을 밝히는 데 맞춰졌다.¹²

1990년대에 들어 과학 수사학의 관심을 견고한 사례들에서 다른 영역으로 확장하려는 흐름도 나타났다. 과학 수사학은 과학을 단순히 실험실의 실천(practices)이나 거기에서 직접 산출되는 당연한 지식이라기보다는 문화적 실천의 복합 연결망으로서 이해하려는 문화 연구의 접근법으로 주목받았다.¹³ 과학 대중화의 수사학, 공상 과학의 수사학, 학제 간 협력 연구의 수사학과 같이 다양한 텍스트의 장르와 담론에 대한 분석은 이런 흐름의 영향을 받은 것들이었다.

과학자가 저술한 대중적 과학 도서를 분석하려는 이 논문은 후자의 확장된 흐름에 놓인 사례 연구의 하나로 볼 수 있다. 이 논문에서는 가모프의 우주론 3부작에 대한 수사학적 분석을 통해 대폭발 우주론이 등장하던 1940-1960년대에 낯설고 경험할 수 없는 우주론적 가설과 그 물질 세계를 익숙한 것으로 설명하고 설득하는 데 은유와 유비가 어떻게 쓰였으며 그 특징이 무엇인지를 살피고자 한다. 여기에서는 과학 대중화가 과학자의 완성된 지식을 대중에 풀

¹¹ 예컨대, 그로스(Alan Gross)는 다양한 과학 텍스트에 담긴 문체, 유비, 논거 배열 같은 수사학적 요소를 분석하여 과학 지식이 “설득의 산물”임을 논증하고 과학 지식도 본질에서 다른 지식이나 담론과 마찬가지로 수사학적이라고 주장했으며, 페라(Marcello Pera)와 시어(William Shea)는 수사학이 과학자 개인들과 그들이 속한 더 큰 집단 사이의 지속적 상호 교류를 심화하는, 과학 지식과 실천에서 중요한 도구임을 강조했다. Alan G. Gross, *The Rhetoric of Science* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1990), p. 20; Marcello Pera and William R. Shea, “Preface,” in Marcello Pera and William R. Shea eds., *Persuading Science: The Art of Scientific Rhetoric* (Canton: Science History Publications, 1991), p. x.

¹² Gross, *Rhetoric of Science* (1990); Harris ed., *Landmark Essays* (1997); Pera and Shea eds., *Persuading Science* (1991) 등에서 그런 연구 흐름을 볼 수 있다.

¹³ Charles Alan Taylor, “Science as Cultural Practice: a Rhetorical Perspective,” *Technical Communication Quarterly* 3:1 (1994), pp. 67-81; Leah Ceccarelli, *Shaping Science with Rhetoric*, pp. 1-9, 168-182.

어 전파하는 과학 외적 활동으로 보는 관점과 달리 이론 경쟁을 벌이는 과학자가 대중 과학 도서라는 다소 자유로운 장에서 가설 단계의 과학 지식을 전파하는 모습도 볼 수 있을 것이다.¹⁴

이 글의 수사학적 분석에서는 은유와 유비를 각기 다른 절에서 다루겠지만 사실 둘을 명확히 구분하기는 쉽지 않다. 수사학에서 은유는 유비의 일종으로 이해되지만 둘은 개념적으로 분명하게 구분되지 않기 때문이다.¹⁵ 이 글에서는 쌍을 이뤄 비유되는 두 요소의 특징이 명시적이며 직접적으로 조응하는 관계를 묘사적인 성격의 은유로서, 두 요소의 개념 구조가 이루는 비례적 닮은꼴의 관계를 추론적인 성격의 유비로서 다룰 것이다.

14 순수 과학 활동과 과학 대중화 활동이 명확하게 분리되지 않는다는 것은 여러 연구에서 다뤄진 바 있다. 과학 대중화에 관한 기존의 지배적 관점(dominant view)에서는 전문적 과학 지식을 지닌 과학자가 과학 소양을 지니지 못한 일반 청중한테 과학 지식을 쉽게 풀어 제공하는 번역(translation) 행위로 대중화를 이해했으나, 이를 이분법과 일방향의 관점이라고 비판하는 시각들도 제기된다. 이런 비판적 시각은, 예컨대 Stephen Hilgartner, “The Dominant View of Popularization: Conceptual Problems, Political Uses,” *Social Studies of Science* 20:3 (1990), pp. 519-539; Danette Paul, “Spreading Chaos: the Role of Popularizations in the Diffusion of Scientific Ideas,” *Written Communication* 21:1 (2004), pp. 32-68 등에서 볼 수 있다. 힐가르트너는 대중화가 과학과 명확히 구분되는 별개 장르가 아니라 “대중화는 정도의 문제(a matter of degree)”라고 주장했다(p. 528). 풀은 혼돈 이론의 확산과 대중화를 다루면서 “대중화는 학제적 경계 내부에, 그리고 학제적 경계를 넘나들며 혼돈 이론을 확산하는 데 중요한 구실을 했다”며 대중화가 과학 지식의 대중적 전파라는 단순 기능 이상으로 학계에도 영향을 끼친다고 주장했다(p. 33).

15 Chaim Perelman, and L. Olbrechts-Tyteca, *The New Rhetoric: A Treatise on Argumentation* (Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1969)에서 페렐만은 theme 즉 ‘결론과 관련된 말’과 phoros 즉 ‘논증을 뒷받침하는 데 기여하는 말’ 사이에 존재하는 “구조의 닮은꼴(a resemblance of structures)”, “관계의 닮은꼴(a resemblance of relationship)”로 유비를 정의했다. “유비를 구조의 닮은꼴로 바라볼 때에 유비의 논증적 가치는 가장 분명하게 이해될 수 있을 듯하다. 그것의 가장 일반적인 공식은 이렇다: A와 B의 관계는 C와 D의 관계와 같다”(p. 372). 은유는 유비 중에서도 “응축된 유비(a condensed analogy)”로, “theme의 요소 하나와 phoros의 요소 하나의 융합(fusion)”으로 이해된다(p. 399). 서사 이론 사전인 David Herman, Manfred Jahn, and Marie-Laure Ryan eds., *Routledge Encyclopedia of Narrative Theory* (New York: Routledge, 2008)의 경우는 유비의 항목을 따로 다루지 않은 채 은유의 항목(pp. 305-306)에서 “은유의 본성은 서로 다른 사유의 영역이 지닌 측면들을 말 그대로가 아닌 방식으로 비유하는 것(non-literal comparison)에 있다”고 설명했다.

2. 배경: 두 우주론의 등장과 경쟁

가모프는 1934년 소비에트의 레닌그라드 대학 교수 생활(1931-1933)을 접고 미국으로 망명해 조지 워싱턴 대학의 이론 물리학 교수로 자리를 잡았다. 망명 이후 1949년까지 10차례에 걸쳐 그가 주도해 연 ‘이론 물리 워싱턴 회의(Washington Conference on Theoretical Physics)’에는 닐스 보어를 비롯해 디랙(Paul Dirac), 란데(Alfred Lande), 베테(Hans A. Bethe), 페르미(Enrico Fermi) 같이 당대에 내로라하는 물리학자들이 참석해 핵 물리학, 천체 물리학, 생물 물리학을 아우르는 최신 주제를 다루었는데,¹⁶ 워싱턴 회의는 그가 새로운 주제의 연구로 나아가는 데 중요한 기반이 되었다. 그는 이전에는 주로 “원자핵의 양자이론”(1928), “베타 붕괴의 선택 규칙들”(1936) 같은 순수 핵 물리학 이론에 매달렸으나, 1938년 이후에는 “선택적 열핵 원천의 항성 모형” 논문을 낸 것을 시작으로 항성 에너지의 생성과 항성의 진화에 나타나는 열핵 반응의 핵 물리학적 규명에 집중했다.¹⁷ 1946년 이후 그는 화학 원소들의 기원과 우주의 진화를 규명하려는 여러 논문을 발표했다. 제자 앨퍼(Ralph A. Alpher, 1921-2007)와 함께 이전까지는 주로 수학적으로 제안된 팽창 우주 이론을 핵 변환과 핵 에너지 같은 물리학적 개념으로 재해석하려는 연구를 진행하여, 1948년에는 ‘뜨거운 대폭발 우주론’으로 불린 중요한 가설을 발표했다.¹⁸ 그는 “우주 초기에 존재했으며 수십억 년에 걸쳐 우주가 팽창함에 따라 [지금 은] 불과 몇 도 수준으로 냉각된, 수십억 도의 원시 열이 남긴 유물”로서 우주 배경 복사를 예측함으로써 대폭발 우주론의 초기 연구에 기초를 제공했다.¹⁹

이런 가모프의 우주론과 대립했던 정상 우주론은 1948년 영국 천문학술지를 통해 발표된 케임브리지 대학의 물리학자 본디(Hermann Bondi, 1919-2005)와 골드(Tomas Gold, 1920-2004)의 공저 논문, 그리고 호일(Fred

¹⁶ Chernin, “Gamow in America,” pp. 791-792; E. Haper, W. C. Parke, and G. D. Anderson eds., *The George Gamow Symposium* (San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 1997).

¹⁷ 가모프의 논문 목록은 Haper, Parke, and Anderson eds., *The George Gamow Symposium*에 실려 있다.

¹⁸ Ralph A. Alpher, H. Bethe, and G. Gamow, “The Origin of Chemical Elements,” *Physical Review* 73:7 (1948), pp. 803-904.

¹⁹ Gamow, *My World Line*, pp. 142-143. 우주 배경 복사의 예측은 1964년 펜지아스(Arno A. Penzias)와 윌슨(Robert W. Wilson)의 관측으로 입증됐다.

Hoyle, 1915-2001)의 논문에 의해 제시됐다.²⁰ 정상 우주론은 팽창하는 우주의 구조와 기원에 관한 상대론적 우주론에 맞서 새로운 우주론으로 제시됐는데, 그에 의하면 우주는 시간과 공간에서 모두 균일하기에 언제나, 그리고 어느 곳에서 바라보든지 동일하다. 이런 우주론의 원리를 본디와 골드는 “완전 우주론 원리(perfect cosmological principle)”, 호일은 “광폭 우주론 원리(wide cosmological principle)”라고 불렀다.²¹ 그들은 우주 나이가 유한함을 부정했으며 경험 과학의 물리 법칙을 초기 우주의 상태에 적용하려는 추론, 즉 외삽법(extrapolation)을 강하게 반대했다. 우주는 계속 팽창해 공간은 늘어나지만 우주 물질의 밀도에는 변화가 일어나지 않는데, 이것은 우주 공간에서 지속적으로 물질이 창조되기 때문이라고 이들은 설명했다. 이런 “지속적 창조” 이론은 정상 우주론에서 중심을 이루는 부분이자 자주 비판의 대상이 된 부분이었다.

반면에 대폭발 우주론은 1940년대에 알려진 우주의 팽창률(은하의 후퇴 속도)과 평균 밀도 값으로 추론한 우주 나이가 지구 나이보다도 훨씬 더 적게 나타난다는 점,²² 그리고 우주 물질의 원소 비율이 우주 초기의 대폭발 시기에 완성됐다고 설명하면서도 질량수 5와 8의 원소 생성 문제를 충분히 설명하지 못한다는 점에서 비판받았다.²³ 가모프의 제자이자 대폭발 우주론의 공동 연구

²⁰ 1948년 *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 108:3 에 실린 두 편의 논문은 다음과 같다. H. Bondi and T. Gold, “The Steady-State Theory of the Expanding Universe,” pp. 252-270; F. Hoyle, “A New Model for the Expanding Universe,” pp. 372-382.

²¹ 대폭발 우주론과 정상 우주론의 주요 개념과 쟁점에 대해서는 Helge Kragh, *Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe* (Princeton: Princeton University Press, 1999); Yuri Balashov, “Two Theories of the Universe,” *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 29:1 (1998), pp. 141-149, 그리고 Norriss S. Hetherington ed., *Encyclopedia of Cosmology: Historical, Philosophical, and Scientific Foundation of Modern Cosmology* (New York: Garland Publishing, 1993)에 실린 Kragh의 두 글, “Big Bang Cosmology”(pp. 31-41)와 “Steady State Theory”(pp. 629-636)를 참조. 우주론 전반의 역사와 이론에 관해서는 이론서의 성격을 지닌 Edward Harrison, *Cosmology: The Science of the Universe* (Cambridge: Cambridge University Press, 2000)를 참조.

²² 1950년대 초에 은하의 후퇴 속도에 대한 새로운 관측 값이 발표됨으로써 우주 나이의 문제는 상당 부분 해결됐다. George Gamow, “History of Cosmological Theories,” *The Scientific Monthly* 75 (1952), p. 65.

²³ 핵 합성 이론에 따르면, 우주 대폭발 직후 일어난 핵 합성에서 양성자와 중성자가 달라붙

자였던 알퍼와 허먼(Robert Herman, 1914-1997)은 “1950년대와 1960년대 초에 한 동안 그것[정상 우주 모형]은 대폭발 모형보다 훌륭한 패러다임으로 폭넓게 수용됐다”고 회고할 정도로 정상 우주론의 위세는 당시에 상당한 것이었다.²⁴

우주의 기원과 진화에 대한 설명을 둘러싸고 맞선 두 우주론의 경쟁 관계는 언론 매체를 통해 증폭되어 일반인의 관심 대상으로 대중화했다. 정상 우주론 연구자들은 종종 영국의 라디오 방송에 출연했으며, 신문은 두 우주론과 관련한 기사를 이론 경쟁 구도의 관점에서 다뤘다.²⁵ 논쟁의 중심 인물인 가모프와 호일은 대중 과학 잡지에 대폭발 우주론과 정상 우주론을 옹호하는 논쟁적 원고들을 기고했다.²⁶ “대폭발(big bang) 우주론”이라는 명칭도 이런 논쟁 과정에서 생겨났다.²⁷

두 우주론의 논쟁은 또한 우주의 기원과 진화에 담길 만한 종교적, 정치적인 의미가 덧씌워지면서 전개되었다. 가톨릭 교황 피우스 12세(Pope Pius XII)는 1950년 회람 서신을 통해 “창세기”의 설명과 다윈의 진화론이 반드시 화해할 수 없는 것은 아니라며 진화론을 인정하는 공식 견해를 밝힌 데 이어, 1951년 11월 22일에는 비유기물인 우주 물질의 창조와 진화와 관련해 현대 과학과 중

어 질량수 2인 수소와 중수소가 만들어지고, 이어 중성자가 중수소에, 또는 양성자가 중수소에 달라붙어 질량수 3인 삼중수소가 만들어진다. 또 삼중수소와 헬륨-3이 부딪히거나 중수소 2개가 달라붙어 질량수 4인 헬륨-4가 생성된다. 이런 식으로 핵반응은 무한히 일어날 것처럼 보이지만 핵 합성 과정은, 불안정해 존재하지 않는 질량수 5와 8의 원소에서 막혀버린다. 중성자 하나가 헬륨-4와 충돌해도 질량수 5가 생성되지 않으며 2개의 헬륨-4가 충돌해도 질량수 8을 생성하지 않는다. 질량수 5와 8의 원소 생성 문제는 1950년대에 정상 우주론의 주된 비판 대상이 됐다. Kragh, “Big Bang Cosmology,” p. 37.

²⁴ Ralph A. Alpher and Robert Herman, *Genesis of the Big Bang* (New York: Oxford University Press, 2001), p. 97.

²⁵ 예컨대 *New York Times* 1952년 5월 24일자에는 “영국 왕립 천문학자, 지속적 창조 이론을 지지하다”라는 제목의 런던 발 기사를 1면에 실었다. John Hillaby, “British Astronomer Royal Supports Theory That Creation Is Continuing,” *New York Times* (24 May 1940), pp. 1-2.

²⁶ 가모프와 호일의 글은 대부분 다른 매체에 따로 발표됐으나, 대중적 월간 과학 잡지 *Scientific American*의 1956년 9월호에는 두 과학자의 글이 각각 “The Evolutionary Universe”(pp. 136-154), “The Steady-State Universe”(pp. 157-170)라는 제목으로 나란히 실렸다. 제목에 나타난 대로 두 우주론의 쟁점은 ‘진화’와 ‘정상 상태’였다.

²⁷ Kragh, “Big Bang Cosmology,” p. 31; Alpher and Herman, *Genesis of the Big Bang*, p. 20.

교가 서로 모순되지 않는다면 대폭발 우주론을 두둔하는 연설을 발표했다. 그는 현대의 과학적 발견들에 기초해 우주는 50억 내지 100억 년 전에 창조됐으며 창조의 순간 이래 오늘날의 우주와 세계에 귀착한 점진적 진화가 존재했다고 말했다.²⁸ 또한 두 우주론은 정치적으로 해석되기도 했는데, 1948년 소비에트 천문학자들은 결의안을 내어 “이른바 상대론적 우주론”, “우주의 유한한 확장이라는 반동적, 관념적 이론”에 맞서 가차 없는 투쟁을 벌여야 하며, 행성의 형성과 운행에 관한 소비에트 과학자 오토 슈미트(Otto Schmidt)의 유물론적 가설과 그 이론을 발전시키는 연구에 특별히 관심을 기울여야 한다고 주장했다.²⁹ 당시에 소비에트의 대표적 천문학자였던 보로초프-벨리아미노프는 가모프의 대폭발 이론에 대해 “미국화한 변질자 가모프는 … 오로지 선정성(sensation)을 위해 [그리고] 놀랄 만큼 손쉽게 새로운 이론들을 개진했으며 때때로 불과 몇 달 만에 그것들을 폐기하고 새롭고, 마찬가지로 선정적인 이론을 제안했다”며 맹렬히 비난했다.³⁰ 소비에트 천문학자들의 상대론적 우주론 비판, 특히 대폭발 우주론 비판은 정상 우주론의 지지로 해석되기도 했으나, 당시의 유물론적 천문학자들은 정상 우주론에 대해서도 “반동적 이론”이자 “부르주아지 이론”이라는 비판을 가했다.³¹

가모프는 이런 이론 경쟁의 상황을 어떻게 받아들였을까? 그는 경쟁의 현실을 의식했으며 정상 우주론을 분명한 경쟁자로서 인식했다. 그는 과학 학술 논문과 대중적 저술에서 자주 정상 우주론을 거명하여 비판했다. 비판의 논거에는 과학 내용뿐 아니라 우주론의 종교적, 정치적 의미도 활용됐다. 종교적 언급은 피하는 과학 논문의 통념을 깨고 그는 물리 학술지 『피지컬 리뷰(Physical Review)』에 실은 글의 서두에서 대폭발 우주론에 대해 지지를 표명한 교황 피우스 12세의 1951년 연설을 인용해 대폭발 우주론의 핵심이 이제 “의문의 여지가 없는 진리”라는 자신의 주장에 힘을 실어주는 근거로 사용했다.³²

²⁸ Kragh, *Cosmology and Controversy*, pp. 256–259. 다음 날인 11월 23일자 *New York Times*는 교황의 연설 내용을 1면의 주요 기사로 다루었다. Arnaldo Cortesi, “Pope Says Universe Was Created by God 5 to 10 Billion Years Ago,” *New York Times* (23 Nov. 1951), pp. 1, 6.

²⁹ Harrison E. Salisbury, “Russian Astronomers Hold Theory of Cosmos Origin Surpasses West,” *New York Times* (14 Jul. 1949), p. 1.

³⁰ Kragh, *Cosmology and Controversy*, p. 262에서 재인용.

³¹ Kragh, *Cosmology and Controversy*, p. 263.

³² George Gamow, “The Role of Turbulence in the Evolution of the Universe,” *Physical*

냉전의 정치 상황도 이론 경쟁에서 활용됐다. 가모프는 『우주』 서문에서 대 폭발 우주론의 비판자이자 유물론자인 보론초프-벨리야노프가 정상 우주론 가설의 지지자 가운데 한 명이라고 언급함으로써 정상 우주론과 유물론의 연관성을 암시하며 비판했는데, 이는 그가 정상 우주론을 정치적인 이론으로 바라보고 있음을 보여주는 것이었다. 가모프는 보론초프-벨리야노프가 “분명하게 변증법적 유물론의 철학 때문에 이런 가설(정상 우주론)을 받아들이 수밖에 없었다”고 말하고는, 바로 뒤이어 “형식은 다소 다르고 이유는 확실히 다르지만, 은하들 사이의 공간에서 물질이 지속적으로 창조된다는 가설을 도입함으로써 우주의 정상 상태를 설명하는 영국 천문학자 프레드 호일이 그와 비슷한 견해를 지지하고 있다”라고 덧붙여 두 이론의 유사함을 주장하기도 했다.³³ 두 우주론의 경쟁은 영국과 미국 과학자들 사이의 경쟁으로 여겨지기도 했다.³⁴ 그는 정상 우주론이 “영국에서 인기가 매우 높은” 이유와 관련해 그것이 “세 명의 영국의 아들 본디, 골드, 그리고 호일에 의해 제안됐으며 유럽에서의 현상(status quo)을 유지하려는 대영제국의 지속된 정책 때문”이라는 해석을 내놓기도 했다.³⁵

우주론 3부작 가운데 1940년 『태양』과 1941년 『지구』와 달리, 두 우주론의 중요한 가설이 잇따라 발표된 1948년 이후에 출간된 1952년 『우주』는 이처럼 두 우주론의 경쟁 분위기에서 정상 우주론에 대한 이론적 공격과 방어를 담은 도서라는 성격을 강하게 띠었다. 이제 다음 절들에서는 우주론 3부작에서 낯설게 등장한 우주론 가설을 설명하고 설득하는 데 사용된 여러 은유와 유비의 요소를 살펴보고자 한다.

3. “3부작”의 은유에 대한 분석

은유는 좀 더 직접적인 물리적, 사회적 경험(전거 영역, source domain)을 동원해 좀 더 추상적인 것(목표 영역, target domain)에 대한 이해를 구성하는 수사학적 문체의 한 양식이다. 은유에서는 목표 영역과 비교되는 전거 영역의

Review 86:2 (1952), p. 251.

³³ Gamow, *The Universe* (1952), p. 5.

³⁴ Kragh, *Cosmology and Controversy*, pp. 96-97.

³⁵ Gamow, *My World Line*, p. 126.

특정한 특징이 부각되는데, 이 때 부각되는 특징은 은유 사용자의 의도에 따라 달라진다.³⁶ 은유는 과학에서도 중요한 구실을 하는데, 특히 자연의 새로운 현상, 새로운 데이터, 새로운 메커니즘, 새로운 이론을 과학자가 이해하고 또한 남들한테 이해시키는 데에는, 낯선 경험을 이미 익숙한 경험으로 설명하는 은유가 종종 요구되기 때문이다.³⁷

가모프가 3부작에서 사용한 다양한 은유 표현은 일반 독자들이 난해한 과학을 쉽게 이해하는 데 도움을 주는 적절한 단순화의 수단으로 사용되었다. 그가 즐겨 쓴 고문서, 화석, 생식, 가족, 사회, 서열, 독점 같은 은유는 일상 세계에서 도저히 상상할 수 없는 우주의 시작과 진화, 핵종의 변환 따위를 경험할 수 있는 자연 현상처럼 이해시키는 데 중요한 구실을 했다. 또한 여러 은유들은 한 데 어울려 시작의 기원을 지닌 우주, 진화하는 물질 우주라는 그림을 그리는 데 재료로 쓰였다. 그러나 가모프는 은유를 성급하게 확장하기도 했는데, ‘생물 개체’라는 은유로 표현된 항성들의 진화 모형을 만들고자 했던 초기 저술의 시도는 나중에 상당 부분 후퇴하며 다듬어졌다.

1) 고문서와 화석

먼 과거의 역사를 복원하는 데 필요한 고문서와 화석의 은유는 우리가 경험할 수 없는 우주의 기원과 진화를 이해하는 데 출발점이었다. 고문서나 화석을 합리적인 방법으로 분석하고 추론한다면 “먼 과거에 속한 고고학적 기록”을 통해서 지금은 직접 알 수 없는 과거를 복원하여 설명할 수 있다는 믿음이 이런 은유에 담겨 있었다. 우주의 과거를 복원하는 과학자는 고고학자의 사유 방식을 좇아야 했다. 우주론 과학자는 고고학자가 고문서를 발굴해 해독함으로써 먼 과거를 복원하는 것처럼 현재 관측된 우주의 팽창 속도와 밀도, 그리고 현존하는 화학 원소의 상대적 존재량을 통해서 우주의 원시 상태라는 수수께끼를 풀 수 있었다. 특히 우주의 원소 비율은 가모프가 보기에 수수께끼 풀이의 결정적 단서가 되었다. 우주에 현존하는 화학 원소들의 상대적인 존재량은 항

³⁶ Theodore L. Brown, *Making Truth: Metaphor in Science* (Urbana: University of Illinois Press, 2003), pp. 14-30.

³⁷ Peter Machamer, “The Nature of Metaphor and Scientific Description,” in F. Hallyn ed., *Metaphor and Analogy in the Sciences* (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000), pp. 35-52.

성 내부의 핵융합 반응으로는 이루어질 수 없으며 항성들이 생기기 이전의 우주 초기에 형성됐을 수밖에 없다는 추론이 우주론의 중요한 관심사로 떠오르기 시작했던 것이 이 즈음이었다.³⁸ 물질 우주에 현존하는 화학 원소의 구성비는 우주 초기에 일어났을 사건의 그림을 간직한 “우주 역사에 관한 가장 오래된 문서”였다.

“우주 [핵종] 조리 시대(the universal cooking era)”에³⁹ 생성된 서로 다른 원자 종의 상대적인 양은 당시에 지배적이었던 물리적 조건에 의해 결정되었을 게 틀림없으므로, 자연에 존재하는 화학 원소와 그 동위 원소의 상대적 존재량을 알고 있는 우리는 팽창의 초기 단계들에 관한 그림을 구성할 수 있다. 그래서 원자 종들의 상대적 존재량을 보여주는 표(table)는 우리 우주의 역사에 속한 가장 오래된 문서라고 생각할 수 있다.⁴⁰

자연의 역사를 고문서나 책에 견주는 은유는 3부작의 초기 저작들에 일찌감치 나타났다. 1941년 『지구』에서 지구 역사의 시기들은 책의 목차에 비유됐다. 지질학적 시간의 머나먼 과거부터 지구 역사를 기록해온 퇴적물을 일러 그는 “퇴적물의 책(Book of Sediments)”이라고 불렀다. 그에 따르면 퇴적물의 책을 구성하는 장과 페이지는 지구가 거쳐 온 혁명적 격변기와 무수한 사건으로 이루어진 역사서의 목차에 해당했다. 지질학의 지구 역사 연구는 퇴적물의 책의 흩어진 낱장을 찾아 모아 “여러 장소에서 발견된 것들을 비교함으로써 완전한 책의 모습을 재구성하는 것”이었다.⁴¹ 그리하여 지구가 언제 태어났는지를 밝히고, 또 그때부터 이어진 연대기를 완성하는 것, 즉 “지구의 책(Earth Book)”에서 사라진 페이지를 재구성하는 일은 과학과 과학자의 몫이 되었다. 갈릴레오를 비롯해 근대 자연철학자들이 수학의 언어로 쓰인 ‘자연의 책(Book of Nature)’이라는 은유를 즐겨 썼는데, 가모프에게도 자연의 책은 물질의 과거를 간직한 역사학과 고고학의 기록물로 이해되었다.

³⁸ Gamow, *My World Line*, pp. 140-141.

³⁹ 핵 조리는 초고온-초고밀의 우주 초기 상태에서 핵융합 반응으로 새로운 핵종이 만들어지는 과정을 뜻하는 은유적 표현이었다. “핵 조리”라는 표현은 초고온, 초고밀 상태인 태양 내부의 열핵 반응을 처음으로 규명하고자 했던 애트킨슨(Robert Atkinson)과 후터만스(Fritz Houtermans)를 비롯해 1920년대 일부 천체 물리학자들에 의해 사용됐다.

⁴⁰ Gamow, *The Universe* (1952), p. 44.

⁴¹ Gamow, *The Earth* (1941), p. 138.

사실 이런 고문서의 은유는 찰스 다윈(Charles Darwin)의 생물 진화론에서도 주요하게 나타났다. 고문서는 연속된 진화의 증거를 다 담지 못하는 ‘끊어진 연속’으로서 나타나지만, 본래 있었을 완성된 원본의 존재를 암시하는 것이었다.

라이엘(Charles Lyell)의 은유를 좇아서, 나는 자연 지질 기록을 바라볼 때 불완전하게 전수된, 변화하는 방언으로 쓰인 세계 역사서를 떠올린다. 이 역사서 중에서 우리는 마지막 권만을, 그것도 단지 두세 나라만을 다룬 책을 갖고 있다. 이 책에는 여기저기에 장이 짧게 보존돼 있으며 각 페이지에는 여기저기 몇 줄만이 있다. 장들이 끊어진 연속(interrupted succession)으로 이뤄지다 보니 역사서의 언어는 장마다 크게 작게 달라지고, 그래서 서서히 변화하는 그 언어의 단어는 연속적이지만 멀리 분절된 지층들에 매장된 생명태의 변화를 갑작스런 것으로 보여주기도 한다.⁴²

‘끊어진 연속’의 개념은 가모프의 고문서 은유에서도 비슷하게 나타났다.

여기저기에서 지구 역사서의 파편적인 페이지들을 수집하고 그것들을 한데 묶어 일관된 한 권으로 만드는 작업은, 당연히 우리가 과거의 시대로 거슬러 올라갈수록 점점 더 어려워진다. 그래서 ‘퇴적물의 책’의 뒷부분은 이제 매우 완전한 데 비해 초기의 기록은 여전히 매우 불완전하다. ... 완성된 ‘퇴적물의 책’은 여전히 본질적인 결함 하나를 지니고 있었다. 즉 거기에는 연대기가 전혀 없었으며, 우리는 어떤 퇴적층이 다른 퇴적층의 이전 또는 이후에 형성됐다고는 말할 수 있어도 그 두 층을 나누는 시간의 길이(period of time)는 알지 못했다.⁴³

퇴적층과 퇴적층 사이에 놓인 시간을 가늠하기 어렵다는 난관을 언급한 직후에 그는 “방사성(radioactivity)의 발견으로 우리는 지질학적 시간 규모를 확정하는 더 단순하고도 정확한 방법을 갖추게 되었다”며 자연의 고문서를 복원하는 데 핵 물리학이 기여할 가능성에 자신감을 보였다.

화석은 현재 우주의 구조를 이해하는 데 유용한 또 다른 은유였다. 과거의

⁴² Charles Darwin, *On the Origin of Species* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1859; facsimile reprint, 1964), pp. 310-311.

⁴³ Gamow, *The Earth* (1941), p. 141.

물리적 조건들은 현재의 물리적 상태를 결정하므로 현재 상태는 과거의 조건을 보여주는 증거가 된다. 이런 의미에서 보면 현재 상태는 과거를 간직한 일종의 화석이다. 고생물의 형상과 구조를 간직한 석화 목재 같은 지질학적 화석처럼, 현재 은하에도 원시 은하의 흔적을 간직한 우주론적 화석을 발굴할 수 있다는 것이다. 그에 따르면, 현재 은하가 지닌 고유한 구조의 형상은 우주 공간에 균일하게 분포한 고온 가스가 뉴턴 중력의 작용에 의해 쪼개져 원시 은하들을 형성하던 시기의 물리적 상태를 간직한 “화석화된 은하 형상(fossilized galactic shapes)”이었다.⁴⁴ 천체의 속도도 화석으로 이해되었다. 그는 은하의 가장 먼 궤도에 나타나는 항성 속도를 관측해 계산한다면 원시 은하의 회전 속도를 추론해 구할 수 있다는 뜻에서 이를 “화석화된 속도(fossilized velocity)”라고 표현했다.⁴⁵

핵 물리학자에게 방사성 원소는 무엇보다 중요한 화석이자 고문서였다. 현재 알려진 방사성 원소들은 우주 역사의 초기에 형성되었을 것이기에, 그것은 “창조의 가장 초기 문서”였으며,⁴⁶ 우주 화석의 수수께끼를 풀 고고학자는 다름 아니라 “우주의 역사를 재구성하는 핵 고고학 프로그램”을 완수하려는 핵 물리학자였다.⁴⁷

2) 생식, 가족, 개체군

가모프는 우주론을 물리적으로 설명하면서도 물리학 바깥의 생물학적 은유를 자주, 그리고 적극 활용했다. 우주는 유기체처럼, 그리고 그것이 노는 공간처럼 은유되었다. 3부작의 제목은 “태양의 탄생과 죽음”, “지구의 전기”처럼 다분히 생물학적인 것이었다. 핵종 변환은 “원소의 돌연변이”로 불리었고 원자 구조의 분석은 “원자의 해부”라는 말로 표현되어, 『태양』에서 주요한 소절 제목이 되었다. 가모프는 항성의 일생을 유년기, 청년기, 노년기로 나누어 설명했으며, 생물학 용어를 빌어 항성을 개체(individual), 가족(family), 개체군(population)처럼 분류하거나, 생물 개체와도 같은 항성을 물리적 우주론에서 “우리 우주의

⁴⁴ Gamow, *The Universe* (1952), pp. 88-89.

⁴⁵ Gamow, *The Universe* (1952), p. 91.

⁴⁶ Gamow, *The Sun* (1940), p. 63.

⁴⁷ Helge Kragh, *Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century* (Princeton: Princeton University Press, 1999), p. 350.

가장 중요한 단일 단위”로 인식했고,⁴⁸ 항성의 진화는 인간 사회의 개체가 그러하듯이 서로 다르게 태어나 자라고 늙어 사멸하는 것처럼 묘사했다.⁴⁹

핵과 행성의 탄생은 생물학적 생식에 비유됐다. 중성자가 원자핵에 충돌할 때 일어나는 핵 증식 과정은 생물의 수정, 증식과 비슷하게 묘사됐다. “가족 당 아기의 평균수가 둘 이상일 때 인구가 증가하는 것처럼, 핵 증식 과정은 이전 세대의 입사 중성자들 중 하나와 충돌해 ‘수정된’ 핵이 중성자를 둘 이상 방출해야만 가능해진다.”⁵⁰ 생식의 은유는 지구의 기원에 관한 설명에도 사용되었다. 그는 1941년 『지구』에서 태양과 다른 항성 하나가 조우할 때 생긴 상호 인력 때문에 두 항성의 껍질 부분을 이룬 무거운 원소들이 떨어져 나와 지구를 비롯해 태양계 행성들을 형성했다는 뷔퐁(Georges-Louis Leclerc de Buffon, 1707-1788)의 조우설(encounter theory)을 지지했다. 더 큰 항성은 아버지예, 그보다 작은 항성인 태양은 어머니에 비유됐다.

이런 조우에 의해 우리 태양이 쪼개졌다는 것을 알고 있으므로 우리 행성계의 “아버지”가 태양보다 더 컸다는 결론을 피할 수 없을 것이다. 더욱이 침입자는 조우 과정에서 두 항성의 상대적 속도가 공중 납치를 행하기에 너무 커서 자신이 생산한 “아이들”을 하나도 챙기지는 못했을 것이다.

그러므로 우리는 어머니 태양이 (아마도 큰 속도를 지녀서 행성계 바깥으로 날아간 몇몇을 제외하면) 모든 “아이들”을 챙긴 반면에 아버지 항성은 그 기념비적 조우의 전리품을 챙기지 못한 채 사라져야 했다고 결론을 내려야 한다.⁵¹

지구의 기원을 설명하는 조우설은 이후 개정판에서 버려지고 이른바 “단성 생식설(parthenogenetic theory)”로 대체되었다. 당시 천문학계에서는 지구의 기원과 관련해 여러 이론이 제시되고 있었고 이런 상황에서 가모프는 다른 두 종의 3부작 도서에 비해 『지구』의 개정판에서 관련 부분을 더 많이 손질해야 했다. 그는 1959년 개정판에서 뷔퐁의 조우설을 버리고 칸트-라플라스의 성운 가설을 지지했다. 개정판의 서문에서 그는 “행성계의 기원에 관한 지금의 ‘단

⁴⁸ Gamow, *The Universe* (1952), p. 100.

⁴⁹ Gamow, *The Sun* (1940), p. 137.

⁵⁰ Gamow, *The Sun* (1940), pp. 91-92.

⁵¹ Gamow, *The Earth* (1941), pp. 19-20.

성 생식' 이론은 생명체가 살 수 있는 세계가 여럿 존재한다는 확신을 갖게 한다"며,⁵² 어머니 별과 아버지 별의 조우에 의해 행성 가족의 탄생을 설명하는 이전의 방식을 버리고 행성계는 외부 요인의 영향 없이 초기 태양의 성운에서 탄생했다고 설명했다.⁵³ 이로써 1941년 초판에서 어머니 별과 침입자인 아버지 별이라는 부모 항성의 조우에 의해 '아이들' 행성이 생겨나고 다시 "태양 가족의 성장은 1세대에 그치지 않았다"라며 태양의 손자인 행성의 위성들까지 담았던 족보 따지기의 설명은 1959년 개정판에서 대부분 사라졌다.⁵⁴

우주론의 생물학적 은유는 거대한 우주의 구조와 역사를 일반 독자들이 좀 더 낮은 생물학적 지식과 경험을 통해 이해하게 돕는 설명의 도구로서 역할을 했다. 그러나 이런 단순한 설명 도구의 역할 외에 생물학적 은유는 생물 진화론에 등장하는 생물처럼 우주 진화론의 우주, 항성, 지구도 역시 진화하는 자연의 존재라는 새로운 그림을 제공하는 역할도 했다. 이런 생물학적 은유는 진화 생물학에 대한 가모프의 의식적이고 각별한 관심의 결과물이었다. 그는 『지구』의 서문에서 "지구에서 일어난 가장 독특한 현상인 생명의 기원과 발달"에 관해 이야기하기 위해 생물학의 비전문가인 자신이 한 해 동안 고생물학을 따로 공부했다고 말했다.⁵⁵ 생물 진화의 개념이 진화 우주론에 접목하는 친연성은 이런 의식적 노력으로 만든 은유적 장치 덕분에 가능했다.

그러나 생물학적 은유는 『지구』의 전면 개정판으로 1963년 출간된 『지구라는 행성』에서는 대부분 사라졌다. 두 부모의 가설이나 단성 생식 가설처럼 행성들의 기원을 생물학적 번식에 직접 비유하는 설명 방식은 후퇴했다. 천체 물리학의 이론적 발전이 그 자리를 대신했다. 태양의 일부인 무거운 원소들이 행성을 생성시킨 물질임이 밝혀지고, 태양 둘레 궤도 안에 있는 성간 물질의 응집에 의해 '선택적으로' 여러 행성이 생성됐다는 바이츠제커(Carl Friedrich Freiherr von Weizsäcker, 1912-2007)의 가설이 지지되면서 행성들의 생성은 생물 번식의 은유보다는 주로 물리학의 운동 법칙을 좇아 서술했다.⁵⁶

⁵² Gamow, *The Earth* (1959), p. vii.

⁵³ Gamow, *The Earth* (1959), p. 11.

⁵⁴ Gamow, *The Earth* (1941), p. 25.

⁵⁵ Gamow, *The Earth* (1941), p. viii.

⁵⁶ Gamow, *A Planet Called the Earth* (1963), pp. 12-22.

3) 사회, 독점, 정치

가모프의 우주론 3부작에서 항성은 종종 생물 개체군을 이루는 생물 개체와 같은 존재로 여겨졌다. 항성 개체군이 이루는 “항성 사회(stellar society)”는 종종 인간 사회에 비유됐다. 무엇보다 태어나고 자라고 늙어 사멸하는 항성 개체들이 지니는 다양한 나이는 인간 사회의 은유에서 자주 비교되는 특징으로서 부각되었다. “다양한 항성들이 서로 다른 진화적 생애의 단계를 지나고 있다고 생각할 수 있다. 마치 도시의 인구를 연구하면서 품 안의 갓난아이, 학교 다니는 어린이, 10대 아이들, 어른들, 그리고 100번 째 생일을 막 기념한 사람들을 이곳저곳에서 보는 것과 같다.”⁵⁷

항성 개체들은 빛과 크기에 따라 당시 천문학에서는 적색 거성(red giant), 청색 거성(blue giant), 적색 왜성(red dwarf), 백색 왜성(white dwarf)이라는 네 가지로 분류되었는데, 가모프는 이를 생물 사회의 구성원처럼 묘사했다. 인간 사회 개체들의 생로병사처럼 항성들은 과거와 미래가 연속하는 생애에서 진화의 경로를 걸었다. 신생 항성의 생성률, 즉 “항성 출생률”은 인간 사회의 출생률이 그런 것처럼 그 사회의 세대 구성비를 변화시켜 사회 전체의 분위기에 영향을 끼칠 만한 우주 사회의 변화 요인으로도 설명되었다.

인간 사회의 경우에 출생률 하락 같은 요인에 의해 오랜 기간에 걸친 인구 변화가 생길 수 있듯이, 항성 사회도 신생 항성의 생성을 관리하는 요인에 의해 큰 영향을 받는다. … “항성 출생률”이 떨어진다면, 우주가 늘어갈수록 하늘의 전반적 그림도 변할 가능성에 직면할 게 틀림없다.⁵⁸

항성 사회, 우주 사회는 인간 사회의 정치적 은유로도 이해됐다. 가모프는 『우주』의 결론부에서 우주의 역사를 “일렘(Ylem)”⁵⁹의 급속 팽창과 “핵 조리(nuclear cooking)”, 뒤이은 은하와 항성, 행성의 형성, 그리고 유기체와 인간의

⁵⁷ Gamow, *A Star Called the Sun* (1964), pp. 144-145.

⁵⁸ Gamow, *The Sun* (1940), p. 137.

⁵⁹ 일렘(Ylem)은 가모프의 제자 앨퍼가 웹스터 사전에서 찾아 쓰기 시작한 말로, 사전적 의미는 “원소들로 이루어진 시원 물질”이다. Gamow, *My World Line*, p. 141. 가모프는 다른 글에서 이 용어가 아리스토텔레스가 최초 물질(primordial matter)에 부여한 이름이라고 설명했다. Gamow, “Modern Cosmology,” *Scientific American* (Mar., 1954), pp. 55-63.

탄생과 진화로 요약했는데, “핵 조리” 시기 이후에 복사 에너지의 밀도가 보통 물질의 밀도보다 낮아져 지금의 우주처럼 이제 중력이 역할을 하기 시작한 시기를 “물질이 지배하는 시대”로 묘사했다.⁶⁰ 팽창하여 냉각하는 우주 진화의 시간은 물질의 편이었고, 결국 우주의 “주도권”은 복사 에너지에서 무게를 지닌 물질로 넘어왔다.

본질적으로 복사는 우주를 균일하게 채우며 분포했을 것이기에 보통 물질도 또한 균일했을 것임이 틀림없다. 그러나 우리가 이미 보았듯이 우주 팽창은 점차 물질에 유리하게 패를 돌리기 시작했다. 그리고 보통 물질의 밀도 밑으로 복사 에너지의 질량 밀도가 떨어지는 순간이 왔을 것임이 틀림없다. 그때부터 물질은 진화 과정에서 주도권을 넘겨받았다. 그러므로 논리적으로 현재의 매우 분화된 물질 우주의 상태가 이런 주도권의 변화가 낳은 결과라고 가정할 수 있다.⁶¹

우주 초기에는 복사의 질량 밀도가 보통 물질의 밀도를 엄청난 배수로 초과했기에, 복사 에너지가 우주 진화의 “지배적 행위자(the ruling agent)”가 되어 원자들은 강력한 광자들에 이리저리 차이는 신세일 뿐이었으나, 이제 뉴턴 중력이 작용해 물질 원자들이 새로운 변화의 역사를 주도하는 시대가 비로소 열렸다. 우주 물질 사이에 불안정이 일어났으며 우연한 원인에 의해 우주 안에서 씨앗처럼 생겨난 국지적 응집들은 중력 덕분에 흩어지지 않고 유지되었다.⁶²

물질과 중력이 지배하는 시대가 열리자 물질의 분화(differentiation)가 시작됐다. 가모프는 우주 물질이 균일 상태에서 분화 상태로, 단순한 것에서 복잡한 것으로 진화하며, 순차적으로 나타난 은하, 항성, 행성의 형성 과정을 “응집의 서열(the hierarchy of condensations)”이라는 개념으로 설명했다. 가모프는 『태양』 개정판과 『우주』에서 유체 역학의 난류 이론(turbulence theory)에 기초해 행성의 기원을 규명하려 했던 바이츠제커의 가설을 지지하여 은하와 항성의 형성 과정을 크고 작은 불규칙 난류 운동이 응집 과정을 거치면서 일정한 방향으로 나아가는 것으로 바라보았다.⁶³ 본래 바이츠제커 가설은, 물의 흐름에는 작은

⁶⁰ Gamow, *The Universe* (1952), pp. 137-139.

⁶¹ Gamow, *The Universe* (1952), p. 75.

⁶² Gamow, *The Universe* (1952), p. 75.

⁶³ Gamow, *The Universe* (1952), p. 74.

불규칙 운동이 무수히 존재하며 다시 작은 흐름 안에는 더 작은 불규칙 운동이 무수히 존재한다는 유체의 특성을 통해 행성들의 기원을 설명하려는 시도였다. 예측 불가능한 운동의 집합인 유체의 운동 에너지는 무수한 작은 소용돌이에 나누어 분포하는데, 불규칙한 소용돌이들은 마찰력을 일으켜 응집의 서열화에 기여하는 것으로 이해됐다. 마찬가지로 원시 은하의 난류 운동도 흐르는 물의 불규칙 소용돌이처럼 갖가지 크기의 소용돌이로 쪼개졌으며 회전하는 은하 안에서 비슷한 궤도의 범위 안에 놓인 크고 작은 소용돌이들이 응집해 여러 궤도의 행성을 형성한 것으로 추론됐다. 무질서 속에서 일어나는 응집의 서열화 과정은 인간 사회의 시장 경제에서 일어나는 기업의 흡수 합병과 독점화 현상에 비유됐다.

이런 상황은 더 작은 모든 기업들을 집어삼키는 거대한 산업 독점의 성장과도 비슷하다. 그러나 우주에는 반독점법이 없기 때문에 서로 간섭하기에는 너무 멀리 떨어진 단지 몇 개의 ‘큰 놈들’만이 남을 때까지 그 과정은 지속된다.⁶⁴

인간 사회에 비유된 항성 사회, 우주 사회의 형성 과정, 그리고 그 사회의 질서에 작동하는 기본 원리는 우주론 3부작에서 물리학의 시선으로 이해됐다. 그 가운데에서 핵 물리학은 우주론 연구의 추론이 과학에 바탕을 두어 전개된 것임을 보여주는 가장 중요한 기반이었다. 직접 검증할 수 없는 우주의 기원과 진화는 확률(probability)과 우연(chance)에 따라, 그리고 특정한 온도와 밀도의 조건에 따라 ‘선택적으로’ 일어나는 열핵 반응이라는 사건들의 역사로 복원될 수 있었다. 낮은 온도와 밀도에서는 가벼운 입자들이, 높은 온도와 밀도에서는 무거운 입자들이 핵반응(핵융합)에 의해 생성되는 것은 선택적 사건이기에,⁶⁵ 우주의 기원과 진화를 탐구하는 우주론은 핵 물리학적 추론에 의해 합리적으로 만족스럽게 구성될 수 있었다.

4) 항성의 진화 경로

가모프에게 우주의 진화는 전체 우주와 은하, 항성, 행성이 물리학적 조건과 법칙에 따라 일정한 방향으로 나아가는 변화로 해석됐다. 그것은 항성들의 개체, 생로병사, 사회 같은 은유에서 더 나아가는 확장된 추론의 성격도 보여주

⁶⁴ Gamow, *The Universe* (1952), p. 105.

⁶⁵ Gamow, *The Sun* (1940), p. 151.

었다. 1940년 『태양』에 실린 항성 진화의 경로에 관한 설명은 그런 의욕적 시도 중 하나였다. 그는 우주론 3부작 첫 도서인 이 책에서 천문학자 러셀

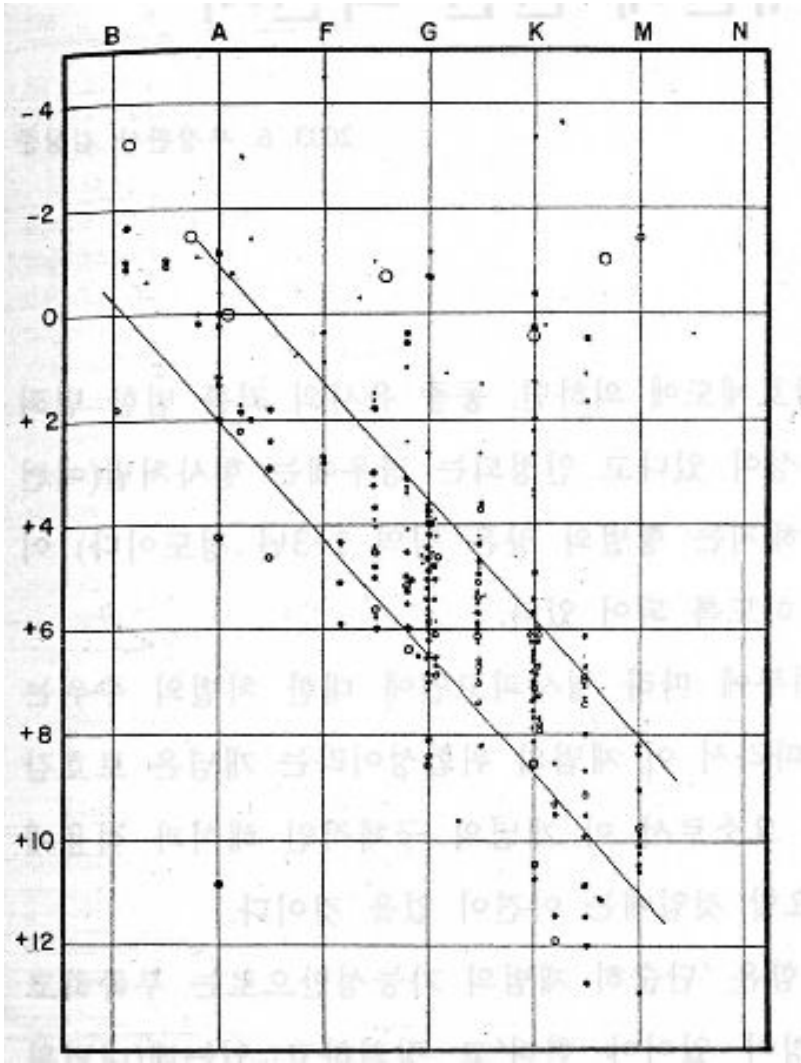


그림1. 러셀이 항성의 절대 광도(세로축)와 표면 온도(가로축)에 따라 항성을 분류한 도표. 평행 사선의 띠 모양인 주계열에 대부분 항성이 분포돼 있다. (출처: Henry Norris Russell, "Relations between the Spectra and Other Characteristics of Stars," *Popular Astronomy* 22 (1914), pp. 275-294, in Kenneth R. Røed and Owen Gingerich eds., *A Source Book in Astronomy and Astrophysics, 1900-1975* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1979), p. 215)

(Henry Norris Russell, 1877-1957)이 항성들을 표면 온도와 절대 광도의 상관 관계에 따라 분류해 제시한 ‘러셀 도표’⁶⁶(그림 1)를 바탕으로 자신의 핵 물리학적 항성 진화 가설을 전개했다.⁶⁷ 그는 러셀 도표를 “항성의 속성과 진화 이론을 위한 가장 중요한 토대”라고 평하면서 당대의 핵 물리학에 근거해 항성개체의 과거, 현재, 미래를 보여주는 “진화의 경로”를 설명했다.⁶⁸

물론 항성의 진화에 관한 관심과 연구는 가모프 이전 오래 전부터 축적되어 왔다. 분광학과 천문학 관측 기술의 발전으로 19세기 중엽 이래 항성의 색깔과 밝기에 따른 분류는 체계를 잡아갔으며, 이런 분류에 나타나는 항성 분포의 패턴에서 진화의 경로를 찾으려는 노력은 다양한 가설을 통해 20세기에 들어도 지속되었다. 청백색 항성이 붉어지면서 적색 거성이나 적색 왜성으로 변한다거나, 적색 거성이 청백색 항성을 거쳐 결국에는 적색 왜성이 된다가나, 적색 거성이 점차 뜨거워지며 러셀 도표에서 띠 모양으로 분포하는 주계열(main sequence)의 항성들로 나아간다는 여러 가설이 당대의 항성 연구와 더불어 제시되고 수정되는 변화를 거쳐 왔다.⁶⁹ 가모프가 『태양』에서 보여준 항성 진화 경로는 19세기 중엽 이래 지속된 기성 천문학의 항성 분류와 진화 연구에 바탕을 두면서 당대에 새로이 등장하던 핵 물리학적 항성 에너지원 연구를 보탠 것이었다.

항성 진화 경로를 해석하면서, 특히 가모프가 주목한 것은 주계열에서 벗어나 도표의 오른쪽 윗부분에 놓인 적색 거성이었다. 다른 천문학자들과한테도 특이한 존재로 비친 적색 거성은 주계열 항성에 비해 질량과 크기는 크면서도 물질 밀도와 표면 온도는 낮은 독특한 존재였다. 가모프는 적색 거성을 젊은 항성으로 보아 항성이 나이가 들수록 점차 주계열에 진입한다는 해석을 지켰다. 그는 더 나아가 적색 거성을 비롯해 항성의 변화를 설명하는 러셀 도표에 시간의 화살표를 그려 넣었다(그림 2). 색과 밝기에 따라 분류된 항성들에는 “과거(Past)”, “미래(Future)”라는 말이 기입되고 진화 경로를 의미하는 선과

66 항성을 표면의 온도와 광도에 따라 분류한 작업은 러셀뿐 아니라 헤르츠스프룽(Ejnar Hertzsprung)도 부분적으로 이미 행했던 것으로 밝혀져, 훗날 이 도표는 헤르츠스프룽-러셀 도표(Hertzsprung - Russell diagram, H-R diagram)로 명명됐다.

67 가모프는 이 책에서 “항성 진화의 이론”으로 나아가는 토대를 제공한 러셀의 업적을 평가해, “H. R. 러셀에 [이 책을] 헌정한다”는 헌사를 실었다. Gamow, *The Sun* (1940), p. v.

68 Gamow, *The Sun* (1940), p. 127.

69 David Leverington, *A History of Astronomy: from 1890 to the Present* (London: Springer-Verlag, 1995), pp. 120-133, 148-152.

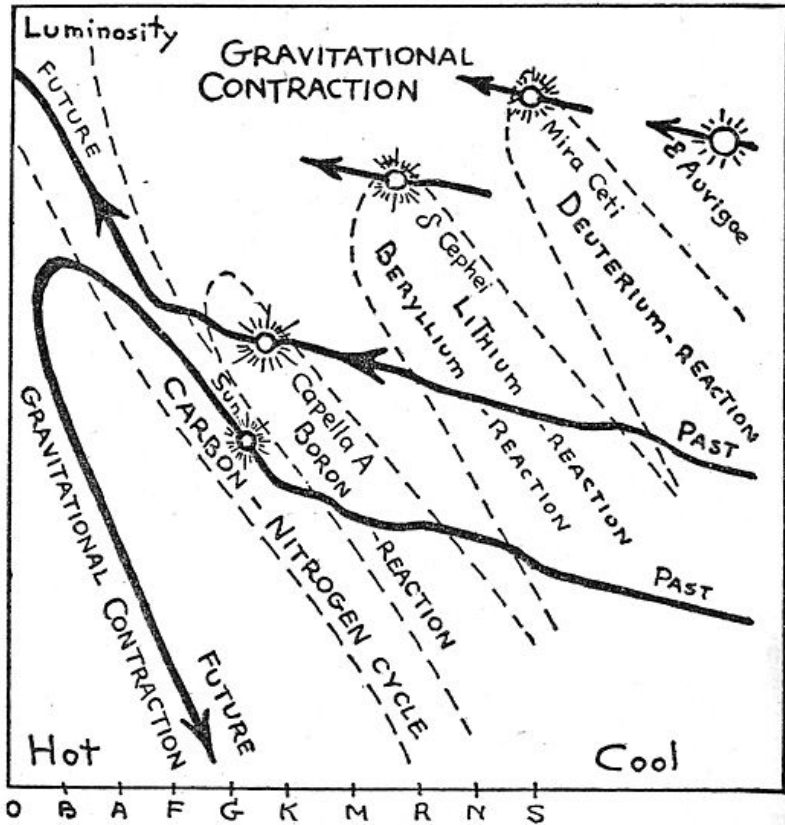


그림 2. 러셀 도표를 바탕으로 가모프가 그려 1940년 『태양』에 실은 항성 진화의 경로. (출처: Gamow, *The Sun*, p. 150)

화살표가 그려졌다. 그는 “러셀 도표에 나타나는 항성의 이동(migration)은 늙고 사멸하는 이들의 자리를 성장하는 젊은 세대가 대신하는 인간 사회의 연령 변동과 유사한 것”이라며, 항성들의 생로병사를 보여주고자 했다.⁷⁰

그것은 항성 내부의 에너지 원천을 규명하려는 당대의 핵 물리학 지식에 기반을 둔 추론에서 나온 것이었다. 가모프는 주계열 항성들(normal stars)과 주계열의 바깥에 분포하는 항성들(abnormal stars)이 다른 진화 경로를 걷는 것이 그 항성 내부에서 일어나는 다른 열핵 반응 때문이라고 보았다. 항성 내부가 대략 섭씨 2,000만 도나 되어 몹시 뜨거운 주계열 항성들의 에너지 생산은 탄소

⁷⁰ Gamow, *The Sun* (1940), p. 137.

촉매 작용에 의해 수소가 헬륨으로 변환하는 탄소 순환(carbon cycle)의 열핵 반응, 또는 촉매 없는 수소-헬륨 과정(H-H process)의 열핵 반응에 의한 것임이 밝혀지고 있었으며, 1939년 가모프와 텔러(Edward Teller, 1908-2003)가 규명한 바에 따르면 상대적으로 차가운 적색 거성 내부에서는 그만한 온도에서 일어나는 다른 핵반응, 즉 중수소, 리튬, 베릴륨 같은 가벼운 원소와 양성자가 충돌해 헬륨, 리튬, 탄소를 생성하는 열핵 반응이 항성 에너지의 원천일 것으로 추론되고 있었다.

“용광로 안의 다른 연료”가 그러하듯이 다른 연료를 탑재한 우주 공간의 핵 반응로인 항성의 내부에서 일어나는 열핵 반응의 차이가 항성 개체가 다른 진

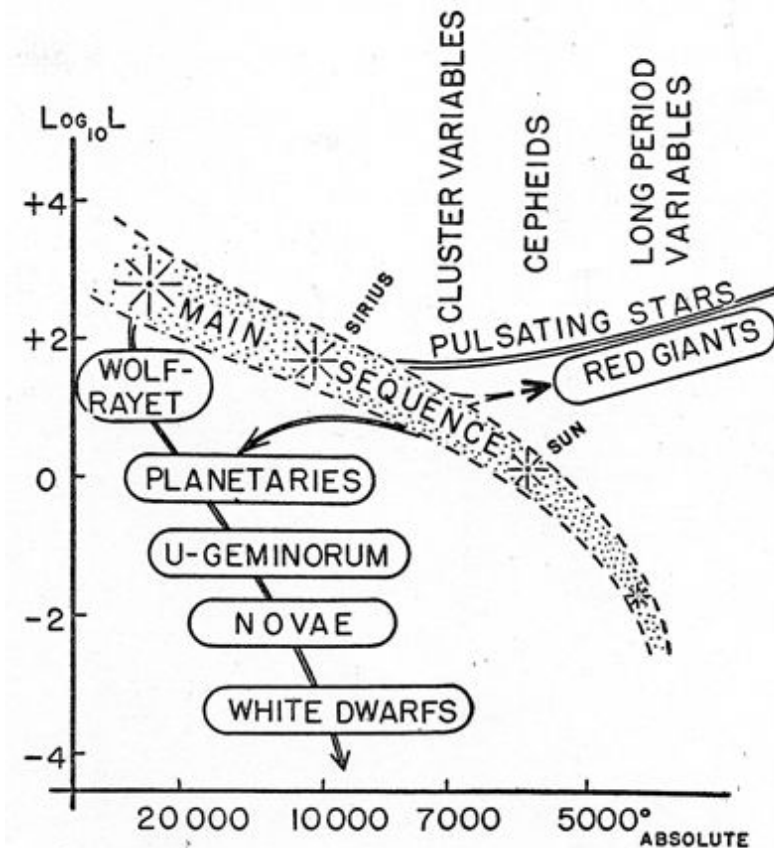


그림 3. 1952년 『우주』에 실린 항성 진화 경로 (출처: Gamow, *The Universe*, p. 125)

화의 경로를 걷는 원인이라는 것이었다.⁷¹ 이런 도식에 따르면 적색 거성은 주계열 항성의 “과거”이며 주계열 항성은 적색 거성의 “미래”였다. 이런 점에서 가모프의 러셀 도표에 등장한 시간의 화살표는 기성 천문학의 지식을 당대 최신의 핵 물리학 지식으로 해석해 시각적으로 보여주는 항성 진화의 경로였다.

그러나 항성 진화에 관한 가모프의 그림과 설명은 당대의 과학적 논의를 지나치게 단순화한 것이었다. 주계열 항성이 왼쪽 위에서 오른쪽 아래의 방향으로 진화한다는 가설은 이미 폐기되고 있었으며 오히려 진화 경로를 반대의 방향으로 이해하는 가설이 수용되면서 그의 그림과 설명도 수정됐다. 그가 1952년 『우주』에서 제시한 <그림 3>은 적색 거성이 나이가 들수록 주계열에 진입하는 게 아니라 주계열에서 벗어나는 방향을 보여주었다.⁷² 그는 헤르츠스프룽-러셀 도표에서 나이든 항성 지대는 도표 상 시리우스 위치의 조금 위쪽 부분에서 주계열을 가로지른다고 수정했다.⁷³ 항성 내부의 용광로와 연료의 열핵 반응반응 차이, 그리고 그에 따른 진화 경로의 차이에 대한 자세하고 과감한 설명은 이전 책에 비해 대폭 줄어들었다.

전면 개정판으로 출간한 1964년 『태양이라는 항성』에서 그는 러셀 도표의 해석과 관련한 항성 진화 경로를 단순화하는 데에서 한 발짝 더 물러났다. 그는 이 책에서 적색 거성이 단일한 길이 아니라 항성의 질량 크기에 따라 여러 길로 진화하는 그림(그림 4)을 소개했으며 주계열의 땀에는 화살표가 사라졌다. 이 책에서 그는 헤르츠스프룽-러셀 도표의 의미를 이전에 비해 담담하게 전했다. “핵 에너지의 소비율은 항성의 질량에 따라 다르므로 ‘어른’ 항성들은 헤르츠스프룽-러셀 도표의 틀 안에서 다양한 자리를 차지할 것이다. 질량이 클수록 더욱 뜨겁고 더욱 밝게 빛나며, 질량이 작을수록 더 차갑고 더 흐릿할 것이다. 그러므로 헤르츠스프룽-러셀 도표의 주계열은 서로 다른 질량을 지닌 항성들의 스펙트럼이다.”⁷⁴

러셀 도표를 바탕으로 핵 물리학적 해석을 전개해 항성 진화의 모형을 과감하게 제시했던 시도, 그리고 뒤이은 후퇴와 수정은 새로운 우주론이 체계를 갖추어간 초기에 그가 학술적 검증 과정에 앞서 대중 과학 도서라는 틀에서 우주

⁷¹ Gamow, *The Sun* (1940), p. 149. 가모프는 이 책의 116-117쪽에서 항성 내부 열핵 반응을 용광로와 연료에 직접 비유해 자세히 설명했다.

⁷² Gamow, *The Universe* (1952), pp. 118-119.

⁷³ Gamow, *The Universe* (1952), p. 125.

⁷⁴ Gamow, *A Star Called the Sun* (1964), p. 154.

진화 가설을 의욕적으로 제시하고자 했음을 보여주는 사례로 풀이될 만하다.

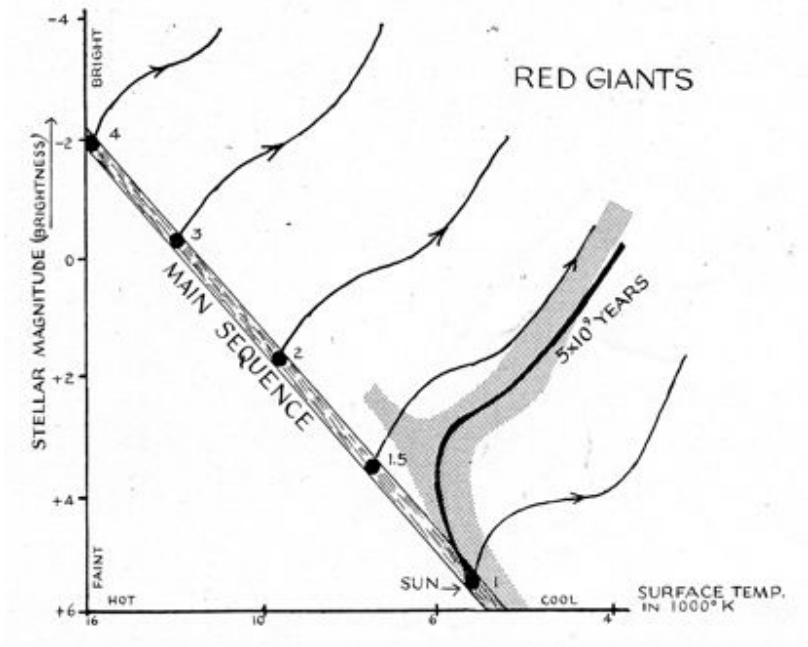


그림 4. 1964년 『태양이라는 항성』에 실린 항성 진화 경로. (출처: Gamow, *A Star Called the Sun*, p. 157)

4. 추론의 정당화와 다양한 유비의 사용

물리학자 리처드 톨먼(Richard C. Tolman, 1881-1948)은 1937년 과학 잡지에 기고한 글에서 당시의 진화 우주론 연구자들이 받아들인 유비와 외삽(extrapolation)의 추론에 대해 심각한 우려를 나타냈다. 그는 과학자들이 북극 탐험을 추진한다면 근처의 일부 지역만을 조사하고서 북극까지 가는 길에 숙소가 몇 백 미터마다 하나씩 있을 것이라는 어처구니없는 결론을 주장한다는 풍자의 이야기를 들려주면서, 아주 다른 우주론 모형들이 다양하게 존재하는 상황에서 국지적 경험을 바탕으로 우주 전체의 속성을 이해하려는 외삽의 접근법은 위험하다고 경고했다.⁷⁵ 다른 물리학자는 핵 물리학 실험실에서

⁷⁵ R. C. Tolman, "The Present Status of Cosmology II," *Scientific Monthly* 44 (1937),

얻은 결과를 우주 전체로 실어 나르는 것이 비판자들한테는 “머리카락을 곤두서게 하는 끔찍한 외삽”으로 비칠 수 있다는 우려를 전했다.⁷⁶

가모프는 우주론 3부작에서 유비와 외삽의 추론을 적극 활용하는 쪽에 서 있었다. 1950년대 천체 물리학의 우주론 연구자들 사이에서는 유비와 외삽이 추론을 통한 발견의 방법으로 점차 체계화되고 있었으며, 추론을 통해 얻은 과학 가설을 정당화하여 설득하는 설명의 도구로도 활용됐다. 3부작에서도 우주의 진화론은 이미 수용된 생물의 진화론과 마찬가지로 과학임을 설득하는 데 중요한 유비로 사용됐으며, 입자 충돌 실험과 핵폭탄 폭발의 경험은 우주 진화의 역사에 나타났을 원자핵의 생성과 변환을 이해하는 데 도움이 되는 외삽 추론의 근거로 사용됐다.

1) 생물 진화와 물질 진화

진화 생물학자 에른스트 마이어(Ernst Mayr, 1904-2005)는 다윈의 진화론과 그 해석들에서 진화의 개념을 이루는 다섯 가지의 핵심 요소를 1980년대 중반에 다음과 같이 꼽았다. (1) 진화 자체의 이론, 즉 세계는 항상 같거나 영속적으로 순환하는 게 아니라 끊임없이 그리고 방향성을 지니며 변화한다는 이론, (2) 동일 조상의 후손 이론, 즉 모든 유기체 집단은 하나의 조상 종으로부터 유래했다는 이론, (3) 점진 주의의 이론, 즉 변형은 도약에 의한 것이 아니라 점진적으로 진행되는 과정이라는 이론, (4) 종의 증가 이론, 즉 엄청난 유기체 다양성의 기원과 종 분화의 메커니즘을 설명하려는 이론, (5) 자연 선택 이론, 즉 다양한 변이는 우연히 발생하지만 후손의 재생산을 통해 적자만이 생존한다는 이론이다.⁷⁷ 진화론의 이런 요소들은 적절히 변형된 진화의 유비와 추론을 통해 지질학, 생태학, 심리학 심지어 사회학 같은 다른 여러 학문에도 영향을 끼쳤다.

가모프의 물리적 우주론에서도 생물 진화론의 영향을 뚜렷이 볼 수 있다. 지구와 생물의 기원과 진화를 다룬 『지구』에서 그는 다윈의 진화론을 책 후반부

p. 37.

⁷⁶ G. J. Whitrow, “The Age of the Universe,” *The British Journal for the Philosophy of Science* 5:19 (Nov., 1954), p. 223.

⁷⁷ Ernst Mayr, “Darwin’s Five Theories of Evolution,” in David Kohn ed., *The Darwinian Heritage* (Princeton: Princeton University Press, 1985), pp. 755-772.

에 비교적 상세하게 다뤘다.⁷⁸ “죽은 물질”에서 “산 물질”이 생겨나는 생명 탄생의 기원에 대한 설명은 생물 진화론의 개념을 차용한 것이었다. 그는 러시아 생화학자 오파린(Aleksandr Ivanovich Oparin, 1893-1980)의 생명 기원 이론을 소개한 뒤에 죽은 물질에서 산 물질이 생성되는 과정에 존재했을 탄소 화합물의 아교질 입자를 “잃어버린 고리(missing link)”로 표현하면서 산 물질의 생성 과정을 생존 투쟁과 적자 생존과 같은 생물 진화의 개념으로 묘사했다. “시간이 흐르면서 먹을 것을 동화하는 더 나은 방법을 개발한 친수성의 아교질 입자들의 ‘자연 선택’ 과정은 지속적으로 새로 형성된 유기 물질과 통상적 비유기 물질 사이의 거리를 더욱 벌려 놓았다.”⁷⁹

생물 진화의 유비는 우주 역사의 해석에서 잘 나타났다. 그는 우주의 탄생 이후에 은하와 항성이 생성되는 과정을 분화와 조직화(organization)의 개념으로 이해했다. 그에게 우주의 역사는 크게 두 단계로 구분됐다. 먼저 양성자, 중성자, 전자가 해체된 초고온-초고밀의 ‘일립’ 상태가 급속한 우주 팽창에 의해 냉각하면서 현재 우주의 원소 비율을 보여주는 화학 원소 대부분이 생성됐고, 이후 단계에서 팽창하는 우주에 은하와 항성이 점차 생성됐다는 것이다. 분화와 조직화는 두 번째 단계의 역사를 이해하는 중심 개념이었다. 물질 밀도보다 복사 밀도가 더 높아 광자에 의해 원자가 이리저리 차이는 초기 우주의 상태에서, 우주가 팽창함에 따라 복사 밀도가 물질 밀도보다 더 낮아지는 순간부터 우주 물질은 “고도의 분화” 상태로 나아가며 현재 모습의 우주로 진화하기 시작했다.⁸⁰ 그는 시간이 흐르면서 우주 물질의 분화와 조직화가 고도화된다는 이론이야말로 이론 경쟁을 벌인 정상 우주론과 가장 뚜렷이 대비되는 자신의 이론이라고 인식했다.⁸¹ 그것은 우주가 균일한 원시 단계에서 연속적 분화 단계를 거쳐 오늘의 복잡한 구조에 이르렀다는 그림이었다.⁸²

생물 진화는 우주론을 쉽게 풀어주는 은유적 설명의 도구라는 의미 외에, 당시 물리적 진화 우주론이 행했던 과학적 유비 추론을 보여주는 것이기도 했다. 가모프는 돌연 변이, 발생 반복(recapitulation), 자연 선택과 같은 생물학과 진화론의 개념을 우주의 변화와 운동을 설명하는 데 일관하여 사용했다. 생물 진

⁷⁸ Gamow, *The Earth* (1941), pp. 188-222.

⁷⁹ Gamow, *The Earth* (1941), pp. 195-196.

⁸⁰ Gamow, *The Universe* (1952), pp. 96-97.

⁸¹ Gamow, *The Universe* (1952), p. 34.

⁸² Gamow, *The Universe* (1952), p. 4.

화론이 단순한 설명 도구 이상의 의미였을 가능성은 3부작의 전면 개정판에서 좀 더 분명히 나타났다. 1963년 『태양이라는 항성』과 1964년 『지구라는 행성』에서 생물학적 은유는 눈에 띄게 줄어든 반면에 물질의 역사를 설명하는 진화의 유비는 강화됐다. 『지구라는 행성』은 다윈 진화론에 대해 더욱 깊고 다듬어진 이해를 보여주었다. 생존 투쟁, 적자 생존 같은 개념은 직접 강조되지 않았으나 물질계의 변화는 물리 법칙이라는 자연의 선택에 의해 이루어진다는, 훨씬 강화된 의미로 설명됐다.

사실 누구나 다윈의 진화 원리를 끝까지 따라가면 단순한 비유기적 반응으로도 거슬러 갈 수 있다. 만일 철과 은 금속 분말의 혼합물을 산소와 반응하도록 노출한다면 은 산화물보다는 철산화물이 더 많이 생산될 것이다. 이것은 철의 산화가 은의 산화에 비해 더 빠른 속도로 진행되기 때문이다. 원시 바다의 물에 용해된 단백질 분자들에서도 마찬가지로 더욱 복잡한 갖가지 화학적 과정이 일어났을 것이 틀림없다. 그 결과 그 반응이 고유하게 더 빠른 분자들은 다른 더 느린 것들보다 더 위쪽의 가장자리를 차지할 것이다.⁸³

시행착오와 자연 선택, 우연과 확률에 기반을 두어 우주 역사의 사건을 이해하려 했던 것은 당시 과학 철학의 흐름과도 조응하는 것이었다. 진화의 개념을 확률과 우연에 기초해 생물뿐 아니라 물질을 포함하는 우주의 변화 원리로 해석했던 19세기 말 미국 철학자 찰스 퍼스(Charles S. Peirce, 1839-1914)의 사상이 1930-40년대 미국 철학계에서 재조명됐다.⁸⁴ 또 기계론적 진화론의 해석에 대한 비판, 진화론을 둘러싸고 벌어진 생기론(vitalism)과 기계론(mechanism)의 논쟁을 비롯해 진화에 관한 새로운 해석들이 이 시기에 자라났다. 가모프가 단편적인 우주 이론들, 곧 달, 지구, 항성의 기원과 진화 이론, 항성의 열핵 반응과 에너지 원천에 관한 이론, 우주의 시작과 화학 원소 생성 이론을 끌어들이 하나의 일관된 이야기인 우주론을 전개하는 데에는 이런 진화적 사고의 틀이 중요하게 작용했을 것이다. 3부작에서 생물 진화론은 우주의 역사를 이해하는 사유 방식으로 받아들여졌다.

⁸³ Gamow, *A Planet Called the Earth* (1963), p. 209.

⁸⁴ Sidney Ratner, "Evolution and the Rise of the Scientific Spirit in America," *Philosophy of Science* 3:1 (1936), pp. 104-122; P. P. Wiener, "The Evolutionism and Pragmatism of Peirce," *Journal of the History of Ideas* 7:3 (1946), pp. 321-350.

2) 화석의 나이와 우주의 나이

지구와 달, 항성, 은하의 나이는 당시 천문학과 천체 물리학의 주요한 연구 주제였다. 방사성 연대 측정법과 같은 방법을 이용해 자연물의 역사를 밝히려는 과학자들의 관심에서는, 자연물도 역사를 지닌다는 관점이 자연스럽게 받아들여졌다. 그러나 나이는 종종 논쟁의 대상이었다. 1940년대와 1950년대 초 여러 과학자들에 의해 지구의 나이는 “기껏해야 35억 년”부터 “60억 년 이상”, “80억 년 미만”까지 다르게 측정됐으며 달의 나이도 역시 “40억 년”, “31억 년”처럼 다르게 계산됐다. 정상 우주론의 주창자인 본디와 골드는 1948년 은하 나이를 50-60억 년으로 추산했으며, 호일은 1949년 우리 은하와 이웃한 은하들의 나이를 30억 년에서 70억 년으로 추정했다.⁸⁵ 직접 측정할 수 없는 자연물의 나이는 추론에 의해 이루어졌기에 큰 편차를 지닌 채 제시됐다.

가모프 우주론의 종합판인 『우주』가 출간된 1950년대 초에는 우주의 나이에 관한 과학 논쟁이 활발하게 벌어졌다. 1954년 영국의 과학 철학 학술지에는 ‘우주의 나이’에 관한 여러 과학자와 과학 철학자의 논문들이 함께 실렸다. 그 가운데 한 명인 데이비스(J. T. Davies)는 ‘실험실의 물리학’을 우주 전체에 그대로 확장해 해석하는 선형적 외삽법(linear extrapolation)의 문제를 거론하면서 과연 이에 바탕을 두는 우주론이 유효한 것인지 근본적으로 의심했다.

우리가 실험실에서 하는 내삽(interpolation)과 외삽은 매우 작은 시간, 그리고 (천문학의 기준으로는) 사실상 항상적 물질의 분포와 관련한 것이다. 그렇기에 어떤 단순하고 성공적인 가설들이 실험실에서 반복적으로 검증된다고 해서, 단순한 동일 법칙들이 물질 분포와 시간 거리의 측면에서 엄청나게 더 넓게 나타나는 변이에 어울린다고 생각할 만한 논리적 근거가 존재하는 것은 아니다.⁸⁶

그는 더 나아가 “우주 나이의 유효성은 실험실 물리학의 시간 척도를 우주에 어떻게 응용하느냐에 따라 달라지는 그런 개념”이라며 시간 척도(time scale)라는 것도 실험실과 우주에서 다른 의미로 쓰일 수 있다고 주장했다.⁸⁷ 다른 기

⁸⁵ B. Abramenko, “The Age of the Universe,” *The British Journal for the Philosophy of Science* 5:19 (1954), pp. 237-252.

⁸⁶ J. T. Davies, “The Age of the Universe,” *The British Journal for the Philosophy of Science* 5:19 (1954), p. 193.

고자인 스크리븐(Michael Scriven)은 우주 나이의 문제는 결국 우주에 ‘시간적 기원(a temporal origin)’이 존재한다고 가정하는 문제라고 지적하면서, 이것이 우주론에 관한 “철학적 현기증을 예방하는 유용한 방법이기도 하다”며 의미를 담은 진술과 증명할 수 있는 진술을 동일화하는 것은 완전히 만족스럽지 않다”며 우주의 기원에 관한 연구 방법을 비판적으로 평가했다.⁸⁷ 그러나 그는 이런 우주론이 반증되지 못하고 있으며 과학 분야에서 여러 연구를 자극한다는 실용적 측면에서 그런 연구 방법도 가능하다는 태도를 보였다. 우주의 역사를 외삽과 유비의 추론에 의해 복원할 수 있다고 바라본 진화 우주론의 방법은 1950년대 여러 과학자들 사이에서 쉽게 비판과 논란의 대상이 됐다.

이런 비판과 논란에도, 가모프는 우주의 나이가 과학적 연구 대상이 될 수 있다고 주장한 인물이었다. 『우주』의 제1장 “진화 대 영속 불변(Evolution and Permanence)”은 거의 대부분 나이 문제에 할애됐다. 우주 나이는 대폭발 우주론과 정상 우주론의 논쟁에서 우주의 시작과 기원을 받아들일지 말지를 보여주는 중대한 문제이기 때문이었다.

우주의 기원이라는 근본 문제를 논하기 전에 우리는 그런 논의가 필요한 것인지 스스로 물어야 한다. 우주가 영원히 존재해왔으며 작은 특징들이 이런저런 방향으로 약간 변하기는 했지만 근본적으로는 오늘날 우리가 알고 있는 우주와 같은 모습으로 언제나 존속해온 것이 사실이 아닐 수 있을까? 이런 문제에 답하는 가장 좋은 방법은 우주의 현 상태를 이루는 여러 근본적 부분과 특징의 확률적 나이에 관한 정보를 수집하는 것이다.⁸⁸

이어 그는 자연이 영속 불변으로 여겨질 만큼 아주 오래되었더라도 그 유한한 나이는 과학으로 측정될 수 있다는 점을 여러 자연물의 나이 분석 사례를 들어 강조했다. 예컨대 방사능 연대 측정법에 의해 측정된 암석과 지구의 나이, 그리고 현재 바다의 염분 총량과 해마다 바다로 흘러들어오는 염분량을 계산해 얻은 바다의 나이, 지구에서 조금씩 멀어지는 달의 현재 후퇴 속도를 이용해 계산된 달의 나이, 항성 에너지의 원천인 수소-헬륨 핵 변환 과정을 계산해

⁸⁷ Davies, “The Age of the Universe,” pp. 197-198.

⁸⁸ Michael Scriven, “The Age of the Universe,” *The British Journal for the Philosophy of Science* 5:19 (1954), p. 183.

⁸⁹ Gamow, *The Universe* (1952), p. 6.

얼은 태양과 다른 항성의 나이, 항성들의 운동 속도 분포에서 추론된 은하수의 나이는 그런 논증의 근거였다. 가모프의 논증에서 이런 사례들은 여러 자연물의 나이가 화학 원소의 상대적 존재량에 의해 계산된 우주의 나이와 비슷하게 ‘수십억 년’에 수렴되고 있음을 보여주기 위한 것이었다. 그는 “그리하여 우주의 어떤 특정한 일부 또는 속성에 관해 탐구할 때마다 우리는 언제나 동일한 근사치의 답에 도달함을 알 수 있다”고 자신 있게 결론을 제시했다. 그러므로 “우리는 영구불변하는 우주라는 개념을 거부하고, 오늘날 우리가 알고 있는 그런 우주를 만든 기본 특징들이 어떤 진화적 전개의 직접적 산물이며 그것이 수십억 년 전에 시작된 것이 틀림없다고 가정해야 할 듯하다.”⁹⁰

나이 문제를 우주론의 맨 앞쪽에 배치하는 수사학적 논거 배열(arrangement)의 방식은 지구와 태양에 관한 다른 3부작 도서에서도 마찬가지였다. 가모프는 인간의 역사가 기록하지 못할 정도로 아주 오랜 시간에 걸쳐 일어난 자연물의 시작과 진화를 설득하는 데에는 언제나 자연의 나이에 관한 이야기를 출발점으로 삼았다. 『태양』에서 태양의 나이는 제1장 “태양과 그 에너지”에서 다뤄졌으며, 『지구의 나이』는 『지구』의 제1장에서 다루어졌다.

그러나 우주 나이에 관한 관심과 논증은 후속 도서들에서는 줄어들었다. 『지구』와 『태양』의 전면 개정판으로 출간된 1963년 『지구라는 행성』과 1964년 『태양이라는 항성』의 색인에서는 ‘나이(age)’의 항목이 아예 사라졌다. 『지구라는 행성』에서 나이 문제는 제1장 “지구의 탄생”에서 바다와 암석의 나이에 관한 간략한 언급으로 다뤄졌으며, 『태양이라는 항성』에서는 나이 문제를 다루는 별도의 목차가 실리지 않았다. 이런 변화는 나이 논쟁이 놓인 배경에서 비롯한 것이었다. 1940년대에는 당시에 관측된 은하 후퇴 속도에 의거해 계산한 우주 나이가 지구 나이보다 적게 나타나는 모순 탓에 대폭발 우주론이 정상 우주론의 공격을 자주 받았으나, 1950년대에 들어서 새롭게 관측된 은하 후퇴 속도 값에 따라 나이 문제와 관련한 논쟁이 사실상 종결됨으로써, 나이 문제에 대한 관심은 줄어들었다. 1961년 무렵에 다시 계산된 우주의 나이는 지구 나이보다 많은 50억 년으로 늘어나 두 우주론의 주요 쟁점에서 벗어나고 있었다.⁹¹

⁹⁰ Gamow, *The Universe* (1952), p. 20.

⁹¹ 우주 나이는 *The Universe*의 1952년 판에서 30억 년, 1961년 판에서 50억 년으로 제시됐다.

3) 실험실, 핵폭탄, 그리고 우주 대폭발

실험실의 입자 충돌과 핵폭탄의 폭발이라는 실제 경험은 우주 대폭발, 즉 초고온-초고밀 상태인 ‘일림’에서 시작된 급속 팽창을 이해시키는 데 도움을 주었다. 허블이 우주의 팽창을 관측한 이후에, ‘팽창’만큼은 경쟁 이론이었던 정상 우주론과 대폭발 우주론이 모두 인정하는 우주론의 대전제이자 중심 개념이었다. 그러나 “폭발”은 대폭발 우주론의 초기 주창자인 르메트르(Georges Henri Joseph Édouard Lemaître, 1894 - 1966)의 저술에서도 나타나지 않았던 표현이었다. 르메트르는 우주 물질의 기원으로서 단일한 원시 원자가 붕괴해 파편들로 쪼개지는 과정을 엄청난 속도로 진행되는 “급속한 팽창(rapid expansion)”으로 설명했다.⁹² 이와 비교하면 가모프의 저술에서 우주 초기의 팽창은 “급속한 폭발적 팽창(rapid explosive expansion)”이라는 표현으로 나타났다. 가모프는 1947년에 쓴 『우주와 인간 생활 속의 원자 에너지(Atomic Energy in Cosmic & Human Life)』에서 현재 우주 원소들의 속성이 일정 속도로 팽창하는 물질 안에서 서서히 진행되는 평형 과정에서 기인한 것일 수 없다면 “남은 유일한 가능성은 거의 즉각적인 팽창, 곧 폭발의 성격을 지닌 팽창을 가정하는 것뿐”이라며 그 팽창의 성격을 “폭발”로 묘사했다. “다양한 원자핵들은 폭발하는 폭탄의 파편들과 비슷한 방식으로 형성됐다.”⁹³

제2차 세계대전에서 핵폭탄의 엄청난 위력을 실제로 경험한 이후에 출간한 1952년 『우주』에서 ‘즉각적 팽창’을 뜻하는 폭발은 급속한 우주 창조 과정의 물리적 특징을 가장 두드러지게 보여주는 표현이 됐다. 실제 일어났던 사건인 핵폭탄의 폭발은, 상상할 수조차 없는 초기 우주의 엄청난 초고온, 초고밀 상태가 상상할 수도 있는 것임을 보여주는 증거와도 같은 것이었다. “일림이 팽창 과정에서 급속히 냉각하면서 기본 입자들이 서로 달라붙기 시작해 오늘날

⁹² Canon Georges Lemaître, *The Primeval Atom: An Essay on Cosmogony*, trans. Betty H. and Serge A. Korff (New York: D. Van Nostrand Company, 1950). 이 책에서 르메트르는 경험 세계에서 나온 은유와 유비의 사용을 절제했다. 원시 원자와 인력, 중력이라는 우주 창생 모형은 순수 이론으로 다루졌으며, 경험할 수 있는 것처럼 펼쳐지는 우주 진화의 물리적 그림은 제시되지 않았다. 그는 제3장 “진화”에서 “천체 물리학의 발전에 중요한 구실을 해온” 진화의 개념을 대체로 생물 진화의 은유와 유비 없이 천문학과 물리학 용어로 서술했다(p. 87).

⁹³ George Gamow, *Atomic Energy in Cosmic & Human Life* (Cambridge: Cambridge University Press, 1947), p. 85.

원자핵의 원형인 상이한 복합체들의 군집을 형성했다. 이런 ‘핵 조리(nuclear cooking)’의 초기는 한 시간 이상 지속되지 않았는데, 이 시기에 우주 전반의 조건들은 폭발하는 핵폭탄의 한 가운데에 존재하는 조건에 비슷하게 접근했다.”⁹⁴ 이처럼 짧은 시간에 현재 우주의 원자핵 형성이 마무리됐으리라는 추론이 가능하고 ‘놀랄 일도 아닌’ 것은 짧은 폭발에 엄청난 위력을 발휘한 핵 폭발의 경험에서 비롯한 것이었다.

수십억 년 전에 일어났고 단지 한 시간 가량 지속됐을 뿐인 어떤 일에 대해 말한다는 게 사실 어리석은 일 아닌가! 그렇지만 핵 현상에서 상대적인 시간 규모는 다소 신축적이라는 점을 기억해야 한다. 예를 들어 원자 폭탄의 폭발 때 일어나는 핵 연쇄 반응은 겨우 100만 분의 몇 초 만에 끝나지만 핵폭발로 생긴 방사성 핵 분열 산물들은 몇 년이 지난 뒤에도 폭발 지점에서 검출될 수 있다. … 원자 폭탄의 폭발 같은 짧은 과정이 몇 년 동안 지속되는 방사성 물질을 만들어낸다는 사실에 놀라지 않는다면, 우라늄, 토륨 원자들이 최초의 핵 과정에서 만들어져 수십 억 년이 지난 오늘날에도 존재한다는 것에 놀랄 이유는 어디 있는가.⁹⁵

『태양』의 1952년 개정판에서 가모프는 핵폭탄의 원리와 개발 과정을 항성 에너지의 생성 과정에 견주어 설명한 “원자 폭탄”이라는 제목의 글을 뒷부분에 부록으로 실었다. 여기에서 핵폭탄의 핵반응은 지상에서 인간의 조작에 의해 일어나는 실제의 경험이며, 이런 경험으로 비취볼 때에 우주 진화 과정의 핵반응은 초고온과 초고밀의 조건에서 일어났다고 보는 것이 합리적이고 논리적이라는 추론이 제시됐다.⁹⁶ 우주 진화의 다른 단계를 설명하는 대목에서도

⁹⁴ Gamow, *The Universe* (1952), p. 137.

⁹⁵ Gamow, *The Universe* (1952), p. 60.

⁹⁶ Gamow, *The Sun* (1952), pp. 207–213. 한편 가모프의 우주론에서 태양 내부의 열핵 반응은 우주 차원의 열핵 반응을 축소한 유비의 모형으로 이해된다는 분석도 있다. Gustaaf C. Cornelis, “Analogical Reasoning in Modern Cosmological Thinking,” in Fernand Hallyn ed., *Metaphor and Analogy in the Science* (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000), pp. 165–180. 코넬리스는 가모프가 우주 전체를 항성으로 유비하여 바라보았다고 분석했다. 가모프의 대폭발 우주론에는 ‘우주에는 헬륨이 다량으로 존재한다/ 항성은 소량의 헬륨을 생산한다/ 항성은 뜨겁다/ 우주는 뜨거울 수 있다/ 그러므로 우주는 항성의 특징을 지닐 수 있다/ 그러므로 우주는 헬륨을 생산할 수 있다/ 그리하여 우주는 뜨겁다’라는 유비의 구조가 존재한다는 것이다.

폭발은 급속한 팽창을 뜻하는 경험적 비유로서 나타났다. 은하의 형성 과정에 대한 묘사는 연속된 물질 덩어리가 격렬하게 파편들로 쪼개질 때 그 조각들이 “공중 폭발한 포탄의 파편처럼 급속히 회전하며 산산이 흩어져 날아갔다”라는 비유를 통해 나타났다.⁹⁷

실험실의 데이터는 우주의 기원에 대한 추론을 지지하는 경험 과학의 산물로서 강조됐다. 가모프는 『태양』에서 태초 우주에 관한 형이상학적 추론에 대해 가상의 독자들이 던지는 질문에 스스로 답하는 형식으로 자신의 추론을 정당화했다.

“그만!” 독자는 이쯤 되면 확실히 소리칠 것이다. “결국 이 책은 특정한 물리적 실재들에 바탕을 둔 것으로 생각됩니다. 하지만 우주가 초밀도와 초고온 가스에서 형성됐다는 이런 말들은 모두가 형이상학적 추론과 아주 비슷한 것이잖아요!”⁹⁸

그는 우라늄과 토륨 같이 불안정한 방사성 원소들이 현재 상대적인 양으로 존재한다는 사실만으로도 “진리를 사실상 입증하지는 못해도 우리 우주의 초기 단계에 대한 형이상학적 추론을 강하게 지지하는 훌륭한 물리적 실재”가 존재하는 것이라고 스스로 답했다. 그에게 방사성 원소의 반감기와 상대적 존재량은 그것들이 20억 년 전 이후에 생성됐음을 뒷받침하는 근거였으며, 이렇게 추론된 나이는 우주 창조의 추정 시기와 일치한다는 것이었다.⁹⁹

독자가 제기할 의문을 의식하는 저자 가모프의 자문자답은 다른 곳에서도 나타났다. 그는 일림 가설을 설명하는 대목에서 “초기 우주의 비범한 환경에서 일어난 과정에다 오늘날 핵 물리학의 경험적 데이터를 적용할 권리가 우리에게 있는가라고 누군가가 물을 수 있다”고 말하고는 “[둘 사이에] 대응하는 바가 없는 것은 아니다(not without parallels)”라고 자답했다.¹⁰⁰ 책에서 물음을 일부러 제기하고 답하는 형식은, 한편에서는 경험 과학의 실험 데이터를 근거로 경험할 수 없는 어떤 상태를 추론하는 것이 과학적인지에 대한 의문이 당시에 일고 있었음을 보여주며, 다른 한편에서 가모프는 그것이 과학의 방법론이

⁹⁷ Gamow, *The Universe* (1952), p. 80.

⁹⁸ Gamow, *The Sun* (1940), p. 227.

⁹⁹ Gamow, *The Sun* (1940), p. 228.

¹⁰⁰ Gamow, *The Universe* (1952), p. 60.

라고 확신하고 있었음을 보여주는 것이다. 그는 이 대목에서 핵 반응과 고에너지가 ‘일상적으로’ 다뤄지는 핵 실험실과 그곳에서 나온 실험 데이터의 의미를 강조했다.

이런 온도에서 핵 입자들의 열에너지는 100만 전자볼트에 가깝다. 이는 핵 실험실에서 핵 반응 연구를 위해 일상적으로 쓰는 에너지이다. 충돌하는 핵입자들이 열 운동의 결과로 이처럼 높은 에너지를 얻게 됐는지 또는 특수한 고압 기계에서 가속됐는지는 중요하지 않다. ... 누구나 계산의 바탕이 되는 가정들에는 사실상 선택의 여지가 없음을 안다. 우리가 할 수 있는 것은 오로지 우주 팽창에 대한 상대론의 공식과 여러 핵 반응의 경험 데이터를 받아들이고 그 계산이 이미 알려진 원자 종들의 관측된 존재량과 비슷한 결과를 이끌어냈는지를 보는 것뿐이다.¹⁰¹

실험실은 경험할 수 없는 우주 창조의 초기 역사를 이해하는 데 가장 객관적이며 경험적인, 다시 말해 과학적인 추론의 근거였다. 핵 물리학 실험에 쓰이는 다양한 유형의 입자 가속 충돌기에서 이런 입자들의 충돌은 높은 전압의 장에서 입자를 가속함으로써 현실에서 구현됐다. 그리하여 항성 내부에서 일어나는 같은 종류의 입자 충돌을 일으키는 에너지 방출의 규모도 역시 계산할 수 있었다.¹⁰² 이처럼 실험실의 경험이 과학 추론의 근거가 될 수 있는 것은, 과학 수사학자 앨런 그로스가 말했듯이 실험실의 사건과 자연의 과정 사이에 과학 이론을 포기하지 않고 유지할 만한 긍정적 유비가 존재하기 때문이다.

예컨대 『종의 기원』에서 중심적 논증은 인공 사육과 자연 선택 사이의 유비이다. 이런 유비는 이론이 성숙됨에 따라 포기되지 않았다. 대신에 유비는 그 이론을 유지하고 확장해온 수단이었다. 유비는 또한 실험 과학의 전체 작업에 중심적이다. 즉 실험실의 실험은, 실험실의 사건과 자연의 과정 사이에 긍정적 유비(positive analogy)가 존재할 때에만 과학적으로 신뢰할 만한 것이 된다.¹⁰³

이렇게 보면, 가모프는 입자 충돌 실험의 사건과 우주 진화의 사건 사이에 유비의 다리를 놓아 과학적 우주론을 정당화하고자 했던 것이다.

¹⁰¹ Gamow, *The Universe* (1952), pp. 60–61.

¹⁰² Gamow, *The Sun* (1940), p. 121.

¹⁰³ Gross, *Rhetoric of Science*, p. 18.

지금까지 살펴본 바와 같이, 우주론 3부작에서 경험 세계의 여러 은유와 유비는 경험할 수 없는 우주의 기원과 역사도 경험 과학을 통해 합리적으로 설명할 수 있는 대상이 되며, 과학적 우주론이 이를 체계적으로 설명할 수 있음을 정당화하는 요소로서 적절히 활용됐다. 은유와 유비는 우주론 연구에 새로운 발견의 아이디어를 던져주는 발견적 도구이기도 했지만, 대중적 설득의 차원에서는 당시에 낯선 우주론 가설을 낯익은 것으로 설명하고 설득하는 설명의 도구이기도 했다.

이와 관련해 가모프의 후기 저술에 나타난 변화는 주목할 만하다. 핵 물리학과 관측 천문학의 진전에 따라 물리적 우주론이 과학의 지위를 굳히고 대폭발 우주론이 정상 우주론과 벌인 이론 경쟁에서 점차 우위를 점하기 시작한 1960년대에 들어서, 그는 이론서의 성격을 강화한 새로운 우주론 도서를 집필했다. 『지구』를 전면 개정한 『지구라는 행성』이 1963년 출간됐으며, 이듬해 『태양』을 전면 개정한 『태양이라는 항성』이 출간됐다.¹⁰⁴ 그는 『태양이라는 항성』의 서문에서 지난 20년 동안 핵폭탄, 핵잠수함, 핵발전소가 등장할 정도로 핵 물리학 분야에서 중요한 진전이 일어났고, 항성 내부의 열핵 반응과 항성의 진화에 관여하는 핵변환을 이론적으로 이해하는 데 큰 진전이 있었음을 상기하면서 “남아 있는 옛 도서들이 모두 사형선고(auto-da-fé)를 받는 상황에서” 완전히 새로운 책을 쓰게 됐다고 밝혔다. 새로운 저술들에서는 3부작에 그가 직접 그려 실었던 단순하고 비유적인 여러 삽화들이 사라지고 실험 장치 그림들, 물리학 공식과 데이터, 천문 관측 사진과 도표들이 그 자리를 대신했다. 『태양』의 주요 목차를 이론 “원자의 해부”, “원소의 돌연변이”, “적색 거성과 젊은 태양”, “태양의 연금술”, “우주의 탄생”과 같은 비유적 표현들은, 『태양이라는 항성』의 목차에서 “원자와 스펙트럼”, “뜨거운 태양 내부”, “핵과 에너지”와 같은 직설적 표현들로 바뀌었다. 3부작에서 자연의 역사를 이야기처럼 전하던 가모프는 새로운 저술들에서 현대 물리학 이론을 꼼꼼하게 강의하는 대학 교수와 같은 모습으로 나타났다.

104 주 7 참조.

4. 맺음말

지금까지 핵 물리학자였던 가모프가 학문적 관심의 영역을 물리적 우주론으로 확장하면서 저술했던 지구, 태양, 우주의 기원과 진화에 관한 우주론 3부작에서 그가 보여준 물리적 우주론의 수사학적 특징을 살펴보았다. 3부작에 나타난 수사학적 특징은 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 저명한 과학자로서는 드물게 과학 대중화에 적극 나섰던 가모프가 우주론의 대중적 확산을 꾀할 수 있었던 요인은 무엇보다 물리학, 생물학, 지질학, 고생물학을 비롯해 여러 학문 영역을 아우르는 과학적 상상력, 그리고 적절한 단순화를 통해 일상 세계에서 경험할 수 없는 우주의 역사를 경험할 수 있을 법하게 보여주었다는 점이었다. 여러 학문의 경계를 넘나드는 풍부한 은유와 유비는 당시에 다른 우주론 대중 도서에서는 찾아보기 힘든 그만의 수사학적 재능이었다. 둘째, 생물학과 고고학의 여러 은유들은 조화를 이루어 우주도 시작과 역사를 지니는 존재로서, 아무리 먼 과거의 상태라도 현재의 단서를 통해 충분히 추론할 수 있는 존재로 이해하게 하는 구실을 했다. 이런 은유들은 그가 낳은 우주론의 가설을 설득해야 했던 시기에 더욱 풍부하게 사용됐으며, 가설이 낮은 것으로 안정화하는 후기에 이르러 뚜렷이 줄어든 점은 은유의 구실과 관련해 흥미로운 점이다. 1940-1950년대 3부작의 은유들은 과학 이론서의 성격을 강화한 1960년대의 후속 저술에서 대폭 줄어들었다. 셋째, 3부작의 여러 유비들은 대폭발 우주론에서 이뤄진 여러 과학적 추론을 정당화하는 구실을 했다. 이전까지 주로 수학적이고 철학적으로 이뤄진 우주론을 물리학, 특히 핵 물리학의 지식으로 구성할 수 있다는 가능성을 설득하는 데에는 생물 진화론의 권위, 실험실 데이터와 핵폭탄의 경험 같은 다양한 근거가 동원됐다.

과학 대중화와 대중 도서는 과학자 가모프의 과학 활동에서 어떤 의미였을까? 우주론 3부작은 과학자 사회에서 인정된 과학 지식도 담고 있었지만 또한 대폭발 우주론과 정상 우주론이 경쟁하는 상황에서 그와 동료들이 지지하는 대폭발 가설과 이론을 설득하는 내용을 주로 담은 대중 과학 도서였다. 이런 책의 성격은, 그가 두 우주론의 주요 가설이 발표된 1948년 이후 출간된 1952년 『우주』에서 자신의 과업을 바이츠체커, 아인슈타인, 허블의 진보에 이어 “균일했던 원시 물질이 팽창하며 생겨난 우주의 매우 복잡한 구조를 설명하려는 야심적 프로그램”인 르메트르의 우주 창생론을 완결하는 것으로 설정한 데에서

도 읽을 수 있다.¹⁰⁵ 1935년과 1949년 사이에 가모프가 주도해 연 “이론 물리 워싱턴 회의”는 태양 에너지, 지구 내부, 우주 진화 등을 의제로 다루었는데, 그것은 태양, 지구, 우주를 다룬 3부작의 순서, 시기와 조응하는 것이었다. 과학 대중화 도서인 3부작을 통해 가모프가 대중화하고자 한 것은 과학 이론으로서 검증되어 수용된 교과서의 우주론이 아니라, 이론 경쟁의 구도에서 체계화하며 변화하는 중이었던 우주론의 가설이었다. 대중 도서 저술가이자 우주론 연구자인 핵 물리학자 가모프한테 우주론 대중 도서는 동료 과학자를 독자로 삼는 엄격한 학술 논문과 비교할 때 아직 완결되지는 않았지만 유력하게 등장하고 있는 가설을 좀 더 과감하고 자유롭게 추론하고 설명하며 설득하는 그런 공간이 되었다.

(투고: 2014년 11월 7일, 심사 및 게재 확정: 2015년 4월 3일)

¹⁰⁵ Gamow, *The Universe* (1952), pp. 3-4.

The Roles of Metaphors and Analogies in Popular Scientific Books:

A Case of George Gamow's Cosmological Trilogy

OH Cheol-Woo (Seoul National University)

Abstract. This article examines popular scientific books from the perspective of the rhetoric of science, to look into the strategy and techniques of persuasion in science. It focuses on the rhetorical characteristics of the “Cosmological Trilogy,” authored in the 1940-50s by a Russian-American nuclear physicist George Gamow (1904-1968). Gamow’s Cosmological Trilogy, which dealt with the origin and history of the earth, the sun, and the universe, consisted mainly of expositions of physical laws and scientific hypotheses with easy-to-follow explanations of his own physical cosmology. It also used many biological, archaeological, and historical metaphors that had rarely been used in previous publications on physics-based cosmology. Analogies in the Cosmological Trilogy were also important in understanding Gamow’s strategy of persuading his cosmological theory. “Evolution,” “age,” and the “big bang” of the physical universe were described as analogical counterparts to biological evolution, biological age, and the big bang of atomic bombs, respectively. These analogies played an important role in persuading his readers that the large-scale big-bang creation and the evolutionary process of the universe can be speculated and understood by reasoning based on credible experiential sciences, although the beginning and evolution of the universe as a whole can never be directly experienced. Such analysis shows that to Gamow scientific research and popular writing were not clearly separable.

Keywords. rhetoric of science, popularization of science, big bang cosmology, George Gamow, metaphor, analogy