

생명의 짜임과 풀림

이 승 종

(연세대학교 교수)

◆ 국문초록

우리는 이 글에서 도킨스가 지난 한 세기의 생물학을 이끌어 온 유전자라는 개념을 빌어 구성한 생명의 자연사를 검토하면서, 그것이 여러 논리적 비약과 오류를 범하고 있음을 지적한다. 이들 비약과 오류는 유전자를 자신을 복제하는 동일성의 담지자로 이해하고, 그것을 차이성의 역사인 진화에 접맥시키는 과정에서 생겨났다. 생명의 언어는 여타의 언어가 그러하듯이 유한개의 알파벳, 혹은 유한개의 음소로 이루어져 있다. 유한개의 알파벳에서 무한한 문자 텍스트가 씌어지고 유한개의 음소에서 무한한 소리 텍스트가 발생되는 것처럼, 세상에 존재하는 모든 다양한 구조와 성능의 생명 현상도 이 생명의 알파벳 혹은 생명의 음소로 기록될 수 있는 것이다.

우리는 유전자에게 생명의 생사여탈권을 부여하는 것보다는 DNA, RNA, 단백질, 세포, 기관 등 유기체의 모든 층위에 생명의 노동 분업적 지위를 인정하고, 생명을 이러한 다양한 수준에 분산 배분하는 것이 합당함을 보일 것이다. 이로 부터 우리는 생명이 유전자에서 비롯되는 선형적이고 단선적인 직렬 프로세서가 아니라, 비선형적인 병렬 분산 프로세서라는 새로운 그림을 얻는다. 생명 현상은 바로 이 프로세싱으로 해석할 수 있다. 아울러 생명의 프로세서들은 복잡한 네트워크로 서로 연결되고 소통하고 이합집산하고 진화한다. 유전자도 우리 자신도 우리의 삶도 이 생명의 텍스트와 네트워크의 짜임과 풀림의 프로세싱에서 비롯된다.

주제어 : 유전자, 생명, 결정론, 도킨스, 르윈틴

1. 위대한 유산

삶이란 무엇인가? 한 마디로 답하기 어려운 풀리지 않는 의문이다. 그러나 한 마디로 답할 수 있는, 풀어낼 수 있는 문제라는 과감한 주장이 있다. 삶이란 DNA의 **한 마디**에서 비롯되어 그것으로부터 **풀리는** 생명 현상이라는 것이다. 이러한 대답을 들었을 때 우리는 비록 그것이 기대했던 답은 아닐지라도 부인할 수 없는 사실이기는 할 것이라고 생각한다. 그 답에 새겨진 DNA라는 한 마디가 표상하는 현대 과학의 위력 때문이다. 과거 성역이었던 생명 현상은 조금씩 그 베일을 벗고 있지만, 거꾸로 베일을 벗기는 과학이 그 막강한 위력을 발판으로 성역화되고 있다. 우리는 이 글에서 삶이라는 생명 현상이 무엇인지에 대한 현대 과학의 진단을 사유하려 한다. 사유는 만남이다. 사유라는 만남의 양식은 성역의 성스러움을 훼손하지 않으면서 그것을 소통으로 서로 나누고 깨치고 복돋으려는 선의지의 발현이다.

삶은 살아있는 자의 몫이다. 살아있는 자, 혹은 죽을 자는 삶의 전과 후를 기억하거나 예견하지 못 한다. 매일 새로운 삶이 탄생하고 많은 삶이 사멸하지만, 그것이 자신의 삶의 전과 후가 어떠한지를 가르쳐주지는 않는다. 우리에게 주어진 짧은 삶의 한계를 뛰어넘어 그것의 의미를 헤아리기 위해서도 우리는 사유해야 한다. 이 글에서 수행될 사유의 출발은 현대 과학이 발굴해낸 하나의 낱말과 연관된다. 태초에 낱말이 있었다. 그 낱말에 의지하여 우리는 우선 우리가 살아보지 못했던, 혹은 우리의 기억에 없는 지난 수십억 년의 생명의 자연사(自然史)를 거슬러 올라가볼 것이다. 물론 그 역사는 그 낱말로 사람(들)이 자아낸 이야기의 역사이다.

다음에 우리는 그 낱말이 구체적으로 무엇을 의미하고 지칭하는지를 살펴볼 것이다. 우리는 그 낱말이 삶이라는 생명 현상을 결정하는 마법의 주문이거나 혹은 생명 현상에 드리워진 불확정성과 불투명성을 말끔히 일소할 명석 판명한 개념이 아니라, 오히려 그러한 불확정성과 불투

명성을 고스란히 간직한 채 생명 현상의 실타래의 일부로 기능하고 있으며, 그것이 놓여있는 환경을 포함한 생명 현상의 전체 문맥 속에서 비로소 온전히 이해될 수 있음을 보게 될 것이다. 이를 바탕으로 우리는 생명이라는 위대한 유산에 대한 새로운 이해를 모색할 것이다.

II. 생명의 자연사

생명 현상은 그 자체 수십억 년의 진화의 역사를 간직하고 있다. 물리 현상과는 달리 생명 현상, 특히 진화는 반복적이지도 예측 가능하지도 않다. 진화는 말린 것을 풀어나간다는 의미의 라틴어 *evolvere*로부터 비롯된 낱말이다. 진화의 두루마리의 시초에는 무엇이 말려 있었을까? 그것은 어떠한 경로로 어떻게 풀려 현재에 이르게 되었을까? 70여 년의 시간 밖에 허여 받지 못한 인간이라는 유한한 생명 현상이 이에 대한 대답을 찾아낼 수 있을까? 아니 대답은 차치하고 이러한 물음을 던질 수 있다는 것 자체가 여타의 존재자와 인간을 뚜렷이 구별할 수 있는 특징일 수 있지 않을까? 인간은 비록 아직 대체적 윤곽의 스케치 수준이긴 하지만 이미 150억 년 전까지 소급해 우주의 탄생을 대폭발 이론으로 설명하려는 단계에 이르렀다. 인간의 지식 역시 축적되고 진화하기 때문이다.

현대 생물학계의 탁월한 이야기꾼 리처드 도킨스(Richard Dawkins)는 특유의 재기 발랄한 상상력으로 생명의 기원에 대한 다음과 같은 이야기를 전개한다. 태초에 단순함이 있었다. 단순함이란 안정적인 것이다. 안정된 존재자만이 생존할 수 있다. 그는 생명 현상에 국한해 적용되어 온 다윈의 적자생존과 자연 선택을 모든 존재 현상에 무차별적으로 적용한다.

‘적자생존’은 사실 **안정자 생존**이라는 더 일반적인 법칙의 특수한 경우이다.¹⁾

자연 선택의 가장 초기 형태는 단순히 안정된 원자 형태의 생존과 불안정한 원자 형태의 몰락이었다.²⁾

생물학의 이론과 법칙이 여타의 자연 현상과 존재자에 그대로 적용될 수 있는지에 대한 논의나 정당화가 생략된 상황에서³⁾ 전개되는 그의 이야기는 일방적인 것이다. 안정적이기로는 무기물이 유기물보다 더 안정적이데 어떻게 해서 무기물로부터 유기물이 나오게 되었는지에 대해서 도킨스는 종래의 통설을 되풀이하고 있을 뿐 이렇다 할 이유를 제시하지 않는다. 지구에 존재하던 물, 이산화탄소, 메탄, 암모니아 등의 화합물에 태양으로부터 날아온 자외선이나 대기 중의 전기 방전이 가해져 단백질의 구성단위인 아미노산이나 DNA의 구성단위인 피리미딘과 퓨린이 생성되었다는 것이다. 그러나 이는 그도 인정하고 있듯이 실험실에서 발생하는 현상을 수십억 년 전 지구의 원시 상태에서 발생했다는 생명의 기원으로 투사한 것에 불과하다. 우리가 알고 싶은 것은 자외선이나 전기 방전이 가해진 화합물이 아미노산이나 피리미딘, 퓨린을 인과적으로 야기하는지, 만일 그렇다면 그 이유는 무엇인지에 대한 경험적 근거와 아울러 이것이 정말 원시 지구에서 일어난 생명의 기원인지에 대한 역사적 근거이다. 이러한 근거 제시가 없다면 우리는 도킨스의

1) Richard Dawkins, *The Selfish Gene*, 2nd edition, Oxford: Oxford University Press, 1989, p.12.

2) *Ibid.*, p.13.

3) 안정성에 관한 볼츠만(Ludwig Boltzmann)의 열역학적 관점과 도킨스가 의존하고 있는 다윈(Charles Darwin)의 진화론적 관점을 서로 어긋나지 않도록 통합적으로 해명하는 과제는 이 글의 범위를 벗어난다. 안정성을 포섭하는 지속성(persistence)의 개념과 원리로 물질계와 생명계를 한데 묶는 다음의 시도를 참조. Robert Pascal and Addy Pross, “Stability and its Manifestation in the Chemical and Biological Worlds,” *Chemical Communications* 51, 2015.

이야기를 사실로서 받아들이는데 주저할 수밖에 없다.

도킨스는 30~40억 년 전 지구의 바다를 채우고 있던 원시 수프에서 이와 비슷한 과정이 일어났을 것이라는 통설을 그대로 밀고 나간다. 그의 이야기는 다음과 같이 계속된다.

어떤 시점에서 우리가 특별히 주목해야 할 분자가 우연히 생겨났다. 우리는 이것을 **복제자**라 부를 것이다.⁴⁾

유기물의 출현이 그러하듯 복제자의 출현도 우연에 기인한다. 맥스 델브뤽(Max Delbrück)⁵⁾과 이블린 폭스 켈러(Evelyn Fox Keller)⁶⁾의 말처럼 우연은 생명 현상과 진화의 중요한 특성일지 모른다. 그러나 복제자의 출현에 대한 도킨스의 다음과 같은 설명에서 우연은 오용되고 있다.

[복제자의 출현은] 거의 일어나기 힘든 사건들 중의 하나로 간주된다. 실제로 그렇다. 이 사건은 일어날 가능성이 극히 적다. 사람이 살아가는 동안 일어나기 힘든 사건들은 실용적인 목적에서는 거의 불가능한 것으로 취급될 수 있다. 축구시합에 돈을 걸어 결코 재미를 못 보는 이유가 바로 이것이다. 그러나 무엇이 가능하고 무엇이 가능하지 않은지를 판단할 때 우리 인간들은 수억 년의 기간을 고려하지는 않는다. 만약 일억 년간 매주 축구에 돈을 걸면 몇 번이고 큰 현상금을 탈 수도 있을 것이다.⁷⁾

4) Richard Dawkins, *op.cit.*, p.15.

5) Max Delbrück, "A Physicist Looks at Biology," *Phage and the Origins of Molecular Biology*, expanded edition, ed. by John Cairns, Gunter Stent, and James Watson, Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1992, p.9.

6) Evelyn Fox Keller, *The Century of the Gene*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2000, p.104.

7) Richard Dawkins, *op.cit.*, p.15.

이런 논법대로라면 세상에 일어나지 못할 일이 또 무엇이 있겠는가? 중요한 사실은 어떤 일이 일어났다는 것보다 일어난 그 일이 일회적 해프닝으로 그치지 않고 그 이후 지속되었다는 점일 것이다. 아울러 생명 현상의 진화와 복권 당첨 사이에는 적지 않은 차이가 놓여있음을 주지할 필요가 있다. 전자는 아마도 그럴 만한 여건이 성숙해졌을 때 일어나는 현상일 것이다. 반면 후자는 늘 극히 낮은 엇비슷한 확률 여건 하에서 그야말로 지독히도 운이 좋을 때만 일어날 수 있을 뿐이다.⁸⁾ 전자는 시간적이고 역사적인 사건인 반면 후자는 그렇지 않다. 도킨스도 복권 당첨 확률이 진화한다고는 믿지 않을 것이다.

복제자의 출현에 우연적 요소가 있음을 인정한다 해도 이 우연이 복제자의 출현에 대한 설명을 면제하는 구실이 되어서는 안 될 것이다. 도킨스는 복제자가 출현하게 되는 배경이나 이유를 제시했어야 했다. 그를 대신해 우리는 복제자의 출현과 지속의 사건을 이렇게 정당화해볼 수 있을 것이다. 생명체를 안정성을 추구하는 생존의 단위로 보았을 때, 그것은 안정과 생존을 지속시키기 위한 가장 단순하면서도 유용한 방법으로 자신을 복제하는 전략을 택했을 것이다. 현대 생물학계에서도 유전적 중복과 중첩은 생명체의 생존에 필수적인 전략으로 간주되고 있다.⁹⁾ 복제가 보증하고 강화하는 생존과 안정성이 복제자의 출현을 일회적 해프닝을 넘어 계속 지속되게 한 중요한 이유였을 것이다.

8) 강신주 박사는 필자에게 복권 구매자들과 복권 회사 사이의 승부가 우연적인 것이 아니라는 점을 지적하였다. 복권 당첨자(들)의 존재 여부와 상관없이 복권 회사는 복권 구매자들 전체에 대해 필연적으로 승리하게끔, 그래서 복권 판매로 돈을 벌게끔 미리 관세가 짜여져 있다. 그리고 이 사실은 다른 조건이 같다면 일억 년간이라도, 아니 영원히 라도 되풀이될 수 있다. 인간들이 만들어낸 인위적 우연과 자연적 우연 사이에는 이처럼 커다란 차이가 있음을 도킨스는 간과하고 있다. 양자는 전혀 다른 범주에 속한다고 말할 수 있다. 생명과 우연의 문제에 관한 강신주 박사의 다음의 글을 참조할 것. 강신주, 『생명의 책임-생명의 탄생과 살아감에 대한 철학적 성찰』, 『생명에 관한 아홉 가지 에세이』, 박재현 외, 서울: 민음사, 2002.

9) Natallie Angier, "When a Vital Gene Is Missing, Understudies Fill in," *New York Times*, September 7, 1993, p.C3.

도킨스는 원시 수프 속의 복제자들 사이에 수명과 복제 속도와 정확도의 차이가 있었다고 주장한다. 이 차이는 복제 과정중의 실수에서 비롯되었다. 그 중에서 수명이 길거나 복제 속도가 빠르거나 정확도가 높은 복제자들이 그렇지 못한 복제자들보다 상대적으로 더 많은 수를 차지하게 되는데, 도킨스는 전자가 후자보다 더 안정적이라고 말한다.¹⁰⁾ 그러나 수명이 길거나 복제 속도가 빠르거나 정확도가 높은 복제자들은 그렇지 못한 복제자들보다 더 안정적이어서가 아니라, 당연한 이유에서 상대적으로 더 많은 수를 차지할 수밖에 없다. 즉 다른 조건이 모두 같다면 수명이 길거나 복제 속도가 빠르거나 정확도가 높은 복제자들이 그렇지 못한 복제자들보다 상대적으로 더 많은 수를 차지할 수밖에 없다는 것은 논리적으로 자명한 이치이다. 결국 도킨스의 주장과는 달리 안정자 생존은 적자생존보다 더 일반적인 법칙이 아니라 적자생존의 동의어에 불과하다. 안정성은 진화가 추구하는 목표가 아니라 자연 선택 메커니즘의 생존자에게 부여되는 속성일 뿐이다.

도킨스에 의하면 원시 수프는 복제자들을 무한히 수용할 수 없었다. 복제자들의 수가 증가하면서 그들을 만드는 원시 수프 내의 구성단위들도 소모되어 버렸고, 이로 말미암아 복제자들 사이에 생존 경쟁이 생겨났다. 그래서 어떤 것은 경쟁자를 화학적으로 분해시켜 자신의 복제품을 만드는 데 사용했고, 다른 것은 자기 둘레를 단백질의 벽으로 둘러싸거나 화학적으로 자신을 방어하는 방법을 발견했다는 것이다. 도킨스는 이를 살아 있는 세포가 최초로 탄생한 과정일 것으로 추정한다.

복제자들은 단순히 존재하는 것만 아니라 그들의 생명을 보존할 수 있는 기구나 용기를 만들기 시작했다. 살아남은 복제자들은 자기들이 들어가 살 **생존 기계**를 만든 것들이었다.¹¹⁾

10) Richard Dawkins, *op.cit.*, p.18.

11) *Ibid.*, p.19.

생존 기제는 수십억 년의 세월을 거쳐 더욱 커지고 정교해졌고, 복제자들은 이제는 이 육중한 기제 속에서 거대한 집단을 이루어 살면서 외부와 차단된 상태로 안전하게 기거하고 있다. 도킨스에 의하면 복제자가 바로 유전자이며 우리는 그들의 생존 기제이다.¹²⁾

III. 유전자의 의미와 지시체

복제자가 유전자와 동치라면 유전이 곧 복제라는 말인가? 변화 혹은 진화가 가능하려면 복제자는 자신과 다른 것을 복제할 수 있어야 한다. 혹은 복제자는 실수를 저지를 수 있어야 한다. 진화는 자기 복제의 부정이나 붕괴에 의존하는 현상이다. 그러면서도 진화의 자연 선택 메커니즘은 복제의 정확도가 높은 복제자를 선호한다. 복제자라는 표현을 선택한 이상, 그리고 그것을 유전자와 동치 시킨 이상 도킨스는 이러한 역설적 상황을 타개해야 한다. 그의 답변은 아래와 같다.

그 대답은 이렇다. 우리에게서 특히 우리 자신이 진화의 산물이기 때문에 진화가 막연하게 ‘좋은 것’처럼 보일지 모르나 실제로는 아무도 진화를 ‘바라지’ 않는다. 진화는 복제자(오늘날의 용어로는 유전자)들이 아무리 애를 써서 막으려 해도 좋든 싫든 일어나는 것이다.¹³⁾

이것이 대답인가? 경우에 따라서는 사실의 제시도 하나의 대답일 수 있다. 그러나 도킨스가 여기서 제시하는 사실은 우리가 다 알고 있는 바이다. 진화는 일어나게 마련이라는 사실 말이다. 우리는 그것이 왜 그런지, 즉 앞서의 역설적 상황에도 불구하고 어떻게 진화가 일어나는지

12) *Ibid.*, p.20.

13) *Ibid.*, pp.17-18.

에 대한 대답을 원한다. 아쉽게도 우리는 도킨스에게서 더 이상의 답변을 찾지 못했다.

도킨스에 의하면 개체라는 생존 기계는 일정 시간을 살다 사멸하지만, 유전자는 사멸하지 않는다. 유전자는 복제품의 형태로 거의 영원불변의 잠재력을 지닌다.

그것은 여러 세대를 거치는 동안 스스로의 방법과 목적에 맞게 신체를 만들어가며 이 몸에서 저 몸으로, 유한한 신체가 늙어 죽기 전에 그것을 버리고 다른 신체로 옮겨간다.¹⁴⁾

그러나 유전자는 자신을 보존하는 용기인 개체와 운명을 같이할 수 밖에 없다. 유전자가 이 몸에서 저 몸으로 옮겨가는 일은 물리적으로 불가능하다. 사멸하는 개체가 남긴 후손은 그의 부모와는 분명 다른 독립적인 개체이며, 거기에 탑재된 유전자 역시 마찬가지이다. 따라서 유전자가 불멸한다거나 과거와 현재의 유전자가 동일한 유전자라는 도킨스의 주장은 성립할 수 없다.

이즈음에서 우리는 유전자가 무엇인지에 대한 연구의 역사와 현황을 잠시 살펴볼 필요가 있다. 1900년 휴고 드 브리스(Hugo de Vries), 칼 코렌스(Carl Correns), 에리히 폰 체르마크(Erich von Tschermak) 등에 의해 이루어진 멘델의 재발견의 연장선상에서 1909년 유전자라는 용어를 처음 도입한 빌헬름 요한센(Wilhelm Johannsen)¹⁵⁾은 유전자에 물질적 실체성을 부여하지 않았다. 그러나 요한센의 이러한 입장은 별 영향을 행사하지 못했으며, 1953년 제임스 왓슨(James Watson)과 프랜시스 크릭(Francis Crick)¹⁶⁾의 DNA 이중나선의 발견 이후 유전자의 물질

14) *Ibid.*, p.34.

15) Wilhelm Johannsen, *Elemente der Exakten Erblchkeitslehre*, Jena: Gustav Fischer, 1909.

16) James Watson and Francis Crick, "A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid," *Nature* 171, 1953; "Genetical implications of the Structure for Deoxyribonucleic

적 실체성은 의심의 여지가 없는 사실로 받아들여지기에 이르렀다. 왓슨과 크릭 이후 유전자에 대한 논의는 멘델의 유전학에서 분자유전학으로 옮겨간다. 그러나 멘델의 유전학에서 유전형질을 규정하는 인자를 의미하는 유전자가 분자유전학의 레벨에서 정확히 무엇을 지칭하는지는 불투명하다. 이 문제는 생물학자들에 의해서뿐만 아니라 멘델의 유전학이 분자유전학으로 환원 가능한지의 여부를 천착해온 생물철학자들에 의해서도 활발히 논의된 바 있다.

예컨대 세이모어 벤저(Seymour Benzer)¹⁷⁾ 이후의 대부분의 생물학자들을 쫓아 케넷 샤프너(Kenneth Schaffner)¹⁸⁾는 멘델의 유전자를 시스-트랜스(cis-trans) 테스트에 의해 설명되는 기능 단위인 시스트론(cistron)을 의미한다고 주장했다. 그러나 시스-트랜스 테스트가 DNA 분자 내에서 여러 수준으로 조직화되어 있는 유전자 집단들을 식별해내지 못하고, 또 유전 물질 내의 기능 단위를 조사하는 다른 테스트들의 결과와 항상 일치하는 것도 아니기 때문에 이러한 주장을 받아들이기에는 미흡한 데가 있다. 다음 후보로는 유전자를 한 분자의 RNA를 생산해내는 DNA의 조각으로 보는 것이다. 요컨대 하나의 유전자에 하나의 분자 구조물이 대응하는 1대 1의 가설 말이다. 그러나 여기에도 문제는 있다. 어떤 DNA 조각은 아무 아미노산도 암호화하고 있지는 않지만, 전체적인 유전 체제에서는 하나의 중요한 기능을 담당하기도 한다. 어떤 때는 하나 혹은 여러 개의 시스트론의 기능이 조절 유전자나 작동 유전자와 같은 특별한 DNA 조각에 의해 조절된다. 유전자에 대한 분자유전학적 정의는 이처럼 아미노산을 암호화하지 않으면서도 다른 DNA 조각의

Acid," *Nature* 171, 1953.

17) Seymour Benzer, "The Structure of a Genetic Region in Bacteriophage," *Classic Papers in Genetics*, ed. by James Peters, Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1959.

18) Kenneth Schaffner, "Approaches to Reduction," *Philosophy of Science* 34, 1967; "The Watson-Crick Model and Reductionism," *British Journal for the Philosophy of Science* 20, 1969.

기능에 관여하고 있는 작동 유전자를 포함할 수 있어야 한다. 유전 작용이 갖는 이러한 특징들 때문에 하나의 유전자는 하나가 아닌 여러 개의 서로 다른 분자 구조와 연관될 수 있다.¹⁹⁾

20세기의 끝에서 유전자 연구 100년을 회고하면서 켈러는 “유전자가 무엇인지에 관해 단 하나의 사실만이 있는 것이 아니라”는 리처드 뷔리언(Richard Burian)²⁰⁾의 말에 “그런 상황이 꼭 문제인 것만도 아니라”고 부언한다.²¹⁾ 비록 유전자가 다양한 의미를 지닐 수는 있지만, 특정한 실험의 문맥에 직접적으로 분명하게 결부된 표지의 사용에 의해 오해를 피할 수 있는 것도 사실이다. 이러한 문맥 하에서 그 표지는 명확한 지시체를 지시한다. 물론 문맥이 바뀌면 다른 표지가 사용될 것이며, 당연히 이 다른 표지는 또 다른 물리적 실체를 지칭할 것이다. 예컨대 어떤 문맥에서 유전자는 “길이 x의 ORF”라는 DNA의 특정 영역만을 지칭하고, 어떤 문맥에서는 RNA 분자의 주형으로 쓰이는 DNA의 암호화하지 않는 영역을 포함하며, 또 어떤 문맥에서는 실제 번역과정에서 사용되는 성숙한 RNA 분자를 지칭하기도 한다.²²⁾ 하지만 주어진 특정한 실험의 문맥 안에서 유전자라는 용어는 직접적인 실험적 의미를 지닌 표지를 지칭하는 조작적 속기의 역할을 여전히 안전하게 수행할 수 있다.

유전자의 의미와 지시체가 이처럼 문맥에 따라 다르다면, 차라리 각 문맥마다 상이한 용어를 사용하는 방안이 어떨 지에 대해서도 생각해볼 직 하다. 그러나 이 방안은 그로 말미암아 불필요한 혼란을 줄일 수 있을지는 몰라도, 그 용어들 각각의 특수성 때문에 여러 문맥 사이에 의사소통은 더욱 어려워질 수 있다. 루트비히 비트겐슈타인(Ludwig

19) David Hull, *Philosophy of Biological Science*, Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1974. pp.35-37.

20) Richard Burian, “On the Conceptual Change in Biology: The Case of the Gene,” *Evolution at a Crossroads: The New Biology and the New Philosophy of Science*, ed. by David Depew and Bruce Weber, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1985, p.37.

21) Evelyn Fox Keller, *op.cit.*, p.139.

22) *Ibid.*, p.167.

Wittgenstein)²³⁾의 표현을 빌자면 한 낱말의 의미는 그것이 사용되는 다양하고도 가족 유사적인 문맥들에 의해 비로소 구축된다. 요컨대 한 낱말의 의미는 그 낱말이 상호 가족 유사적인 문맥마다 완전히 같지도 그렇다고 완전히 다르지도 않은 방식으로 사용될 수 있는 탄력적 가능성에 의존한다. 어느 정도의 부정확성과 불확정성, 불투명성은 낱말의 의미 형성에 장애이기는커녕 그 의미망을 더욱 풍부하게 할 수 있다.²⁴⁾ 켈러는 유전자라는 낱말이 바로 그러한 경우에 해당한다고 본다.²⁵⁾

그렇다면 유전자에 대한 도킨스의 정의는 어떠한가? 그의 정의도 불투명하기는 마찬가지이다. 그의 다양한 정의들을 아래에 모아보았다.

유전자는 복제의 정확도가 높은 복제자를 의미한다.²⁶⁾

유전자는 자연 선택의 단위로 기능하기 위해 여러 세대를 거치는 동안 지속될 잠재력이 있는 염색체의 일부로 정의된다.²⁷⁾

23) Ludwig Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, revised 4th edition, ed. by G. E. M. Anscombe, Rush Rhees, P. M. S. Hacker and Joachim Schulte, trans. by G. E. M. Anscombe, P. M. S. Hacker and Joachim Schulte, Oxford: Wiley-Blackwell, 2009; 루트비히 비트겐슈타인, 『철학적 탐구』, 이승종 옮김, 파주: 아카넷, 2016.

24) 이승종, 『비트겐슈타인이 살아 있다면: 논리철학적 탐구』, 서울: 문학과지성사, 2002.

25) Evelyn Fox Keller, *op.cit.*, pp.140-141. 이런 점에서 유전자는 자연종(自然種) 명사를 고정지시어로 보는 솔 크립키(Saul Kripke)*와 힐러리 퍼트남(Hilary Putnam)**의 본질주의에 대한 반례라고 할 수 있다. 유전자는 자연종 명사이면서도 고정지시어로 보기 어렵기 때문이다. 의미의 불확정성과 지시체의 불가투시성(inscrutability)을 역설하는 윌러드 밴 콰인(Willard van Quine)***의 언어철학이 유전자의 의미와 지시체에 대한 지금까지의 논의에 더 부합한다.

* Saul Kripke, *Naming and Necessity*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1980.

** Hilary Putnam, *Mind, Language and Reality*, Cambridge: Cambridge University Press, 1975.

*** Willard van Quine, *Word and Object*, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1960.

26) Richard Dawkins, *op.cit.*, p.28.

27) *Ibid.*, p.28.

나는 유전자라는 낱말을 많은 세대를 거치는 동안에도 온전하게 지속되며 다량으로 복제되어 널리 퍼질 만큼 충분히 작은 유전 단위라는 의미로 사용한다.²⁸⁾

유전자는 오랫동안 지속될 만큼 충분히 짧고, 자연 선택의 주요 단위로 기능할 만큼 충분히 긴 염색체의 일부로 정의된다. (...) 실제 자연 선택의 가장 큰 단위로서의 유전자는 시스트론과 염색체 사이의 중간 어디쯤에 해당되는 크기일 것이다.²⁹⁾

충분히 짧고 충분히 길다는 유전자의 길이는 대체 어느 정도의 길이를 말하는가? 시스트론과 염색체 사이의 중간 어디쯤에 해당된다는 유전자의 크기는 정확히 어느 정도의 크기를 말하는가? 도킨스는 다음과 같이 말한다.

엄밀한 답은 없다. 그것은 자연 선택의 ‘압력’이 얼마나 혹독한가에 달려 있다. 즉 ‘열세’ 유전 단위가 ‘우세’ 대립 유전자에 비해 얼마나 빨리 도태되는가에 달려 있다. 이것은 양적인 문제이며 개개의 경우에 따라 다르다.³⁰⁾

여기서 눈여겨보아야 할 점은 유전자의 길이나 크기의 불확정성만이 아니다. 더 중요한 것은 열광적 유전자주의자인 도킨스마저도 유전자가 무엇인지와 같은 본질적인 문제를 유전자 외부의 정황에 연결 지어 논의할 수밖에 없다는 점이다. 그런데 이처럼 유전자를 규정하는 외부의 정황이란 구체적으로 무엇인가? 그것으로부터 유전자는 얼마나 자유로운가, 혹은 얼마나 부자유한가? 그것으로부터 유전자는 얼마나 독립적인가, 혹은 그것에 얼마나 의존되어 있는가?

28) *Ibid.*, p.32.

29) *Ibid.*, pp.35-36.

30) *Ibid.*, p.36.

IV. 유전자 결정론

2002년에 노벨상을 수상한 저명한 분자생물학자 시드니 브레너(Sidney Brenner)는 자신에게 생명체의 완전한 DNA 염기서열과 충분히 거대한 컴퓨터만 있다면 생명체를 계산해낼 수 있다고 호언한 바 있다.³¹⁾ 분자생물학계의 또 다른 거장 월터 길버트(Walter Gilbert)³²⁾ 역시 인간 게놈의 완전한 염기 서열을 가지면 “우리는 인간이 어떻게 생겼는지 알게 될 것이다”라고 주장한다. 이는 생명체가 유전자에 의해 내부적으로 사전에 결정된다는 유전자 결정론(genetic determinism)을 암시하고 있다.³³⁾ 도킨스는 유전자 결정론에 대해 1) 유전자 결정론의 결정성을 완벽한 결정성으로서가 아니라 확률이 높다는 의미로 이해해야 하며, 2) 유전자 결정론이 하나의 유전자가 단독으로 자유롭게 어떤 하나의 형질을 야기한다는 유전자 원자론(genetic atomism)을 함축해서는 안 된다고 첨언한다.³⁴⁾ 유전자들은 “극도로 복잡한 방식으로 서로서로 그리고

31) Richard Lewontin, *The Triple Helix: Gene, Organism, and Environment*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2000, p.10에서 재인용. 문맥이 이와 좀 다르기는 하지만 지난 반세기 동안의 인간 (혹은 인공) 지능 연구를 이끌어온 인지과학의 사조 역시 지능의 본질을 계산으로 간주하는 계산주의(computationalism)였다.

32) Walter Gilbert, “A Vision of Grail,” *The Code of Codes: Scientific and Social Issues in the Human Genome Project*, ed. by Daniel Kevles and Leroy Hood, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1992, p.83.

33) 암시라는 온건한 용어를 사용하는 까닭은 이들 누구도 자신의 입장을 유전자 결정론이라고 부르고 있지는 않기 때문이다. 심지어 길버트는 우리가 유전자의 산물에 불과하다는 “천박한 유전자 결정론은 지혜롭지 못할 뿐 아니라 거짓”이라고 말한다.

* *Ibid.*, p.96.

34) Richard Dawkins, *op.cit.*, pp.267, 271-272. 도킨스에 대한 유전자 원자론의 혐의는 그의 라이벌인 스티븐 제이 굴드(Stephen Jay Gould)*에 의해서 제기되었는데, 이는 아마 도킨스의 책제목이기도 한 유전자의 이기성을 염두에 둔 비판인 것 같다. 그러나 도킨스의 사유에서 유전자의 이기성과 협동성은 상호 양립 불가능한 것이 아니다. 그는 양자가 양립 가능함을 탁월한 비유를 사용해 명쾌하게 해명하고 있다.**

* Stephen Jay Gould, *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History*,

외부 환경과 협력하고 상호 작용한다.” 도킨스의 말은 다음과 같이 계속된다.

‘긴 다리를 만드는 유전자’나 ‘이타적 행동을 유발하는 유전자’ 따위의 표현은 말을 알기 쉽게 하기 위한 비유일 뿐이지만, 그러한 표현들이 무엇을 의미하는지를 이해하는 것은 중요하다. 길든 짧은 다리를 혼자 힘으로 만드는 유전자는 없다. 다리를 만드는 일은 많은 유전자들의 협동 사업이다. 외부 환경의 영향도 불가결하다. 즉 다리는 실은 먹이로부터 만들어진다! 그러나 **다른 조건이 같다면** 다른 대립 유전자의 영향 하에 있는 것보다는 다리를 길게 하는 경향을 갖는 단일 유전자가 있을 수 있다.³⁵⁾

유전자 결정론은 발생 현상 뿐 아니라 테이 색스(Tay-Sachs) 돌연변이와 같은 병리학상의 변이, 심지어는 성적 선호도, 학습 능력, 사회적 지위에서의 차이를 설명하는 데에까지 광범위하게 적용되고 있다. 개체의 발생이 수정란에 내재하고 있는 유전적 프로그램에 의해 결정된다면, 발생 결과의 변이 역시 그 프로그램에서의 변이의 결과여야 한다는 것이다. 물론 초파리와 같은 곤충과 싱고니움(syngonium)과 같은 식물의 차이는 그들이 각기 다른 유전자를 가지고 있기 때문인 것이고, 바로 이 사실이 이들 간의 종적인 차이를 설명하는데 있어 필요충분 조건이라고 할 수 있다. 그러나 두 마리의 초파리 사이의 차이에 대한 설명에 있어서도 그러할까? 리처드 르윈틴(Richard Lewontin)은 이를 강력히 부인한다.³⁶⁾ 생명체의 개체 발생은 그 개체가 가지고 있는 유전자, 그 개체가 일생 동안 겪는 외부 환경의 시간적 경과, 그리고 개별 세포 내에서 일어나는 분자 간 상호 작용의 불규칙한 사건들 사이의 독

New York: W. W. Norton & Co, 1980.

** Richard Dawkins, *op.cit.*, pp.38-39.

35) *Ibid.*, p.37.

36) Richard Lewontin, *op.cit.*, p.17.

특한 상호 작용의 결과라는 것이다.

르원틴은 비록 내부적으로 고정된 연속적 발생 단계가 발생의 공통적인 모습이라 해도 그것이 보편적인 것은 아니라고 주장한다. 이에 대한 증거로 그는 싱고니움의 굴지성(屈地性, geotropism)과 굴광성(屈光性, phototropism)에 관한 타머스 레이(Thomas Ray)³⁷⁾의 연구를 소개한다. 숲의 바닥에서 싹이 튼 싱고니움의 새 가지는 땅바닥을 따라 나무의 줄기와 같은 어두운 대상을 향해 성장하는데, 이 단계에서 싱고니움의 상태는 양성 굴지성에 음성 굴광성을 띠게 된다. 그러던 싱고니움이 드디어 나무줄기에 이르게 되면, 이제는 음성 굴지성에 양성 굴광성으로 전환하여 땅을 떠나 빛을 향해 나무줄기를 기어오르기 시작한다. 빛을 향해 오르던 싱고니움은 더 이상 빛을 확보하기 어려운 높이까지 자라면, 양성 굴지성에 음성 굴광성으로 바뀌면서 아래로 하강하게 된다. 이렇게 해서 지면에 닿으면 싱고니움은 다시 다른 나무를 향해 성장한다.

르원틴은 이를 바탕으로 싱고니움의 굴광성과 굴지성은 우연적인 입사광(入射光)의 조건에 좌우되는 것이지, 내적으로 고정된 단계의 순서가 있는 것은 아니라고 결론짓는다.³⁸⁾ 그러나 싱고니움의 예가 유전자 결정론을 반박하는 결정적인 증거가 되기는 어렵다. 빛을 향해 오를 곳이 없을 때는 바닥을 기고(굴지성), 있을 때는 오르고(굴광성), 다 오른 뒤에는 하강하는(굴지성) 싱고니움의 성장 패턴은 단계의 순서대로는 아니더라도 일련의 조건문의 형태로 유전적 프로그램에 입력되어 있을 수도 있기 때문이다. 그래서 $(a_1 \supset c_1)$ 의 형식을 갖는 어떤 조건문 C_1 의 전건 a_1 에 해당하는 경우가 발생하면 그 조건문의 후건 c_1 이 실행되며, 이어서 $(a_2 \supset c_2)$ 의 형식을 갖는 어떤 조건문 C_2 의 전건 a_2 에 해당하는 경우가 발생하면 그 조건문의 후건 c_2 가 실행되는 방식으로 성장이 계속 진행되는 것으로 해석할 수 있다. 각 조건문에

37) Thomas Ray, "Growth and Heterophylly in an Herbaceous Tropical Vine, Syngonium (Araceae)," Ph.D. thesis, Harvard University, 1981.

38) Richard Lewontin, *op.cit.*, p.18.

서 전건은 입사광의 조건을 지칭하고, 후건은 싱고니움의 굴지성이나 굴광성을 지칭한다.

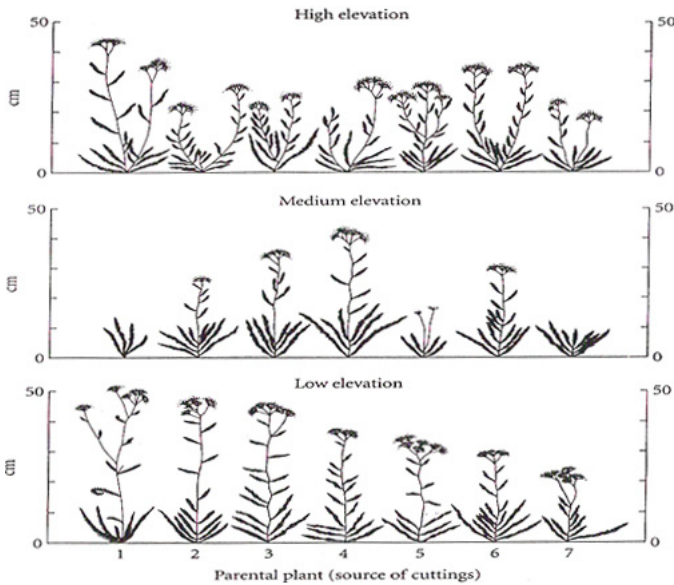
르윈틴은 생명체가 유전자에 의해 규정되는 것이 아니라 환경의 경과에 의존하는 개체 발생 과정의 고유한 결과임을 입증하는 실험으로 서양 톱풀(*Achillea millefolium*)에 대한 젠스 클라우센(Jens Clausen), 데이빗 켈(David Keck), 윌리엄 헤이시(William Heisey)의 공동 연구를 들고 있다.³⁹⁾ 그들은 서양 톱풀을 각각 세 조각으로 잘라 하나는 해수면에서 30m 위치에 해당하는 낮은 고도에, 다른 하나는 시에라네바다 산기슭 해발 1400m의 중간 고도에, 그리고 남은 하나는 산의 해발 3050m 지점인 높은 고도에 각각 심었다. 원래의 모체 식물을 세 조각낸 데서 성장한 세 식물은 세 가지 다른 환경에 놓여 있긴 했지만, 애초에는 동일한 유전자들을 공유했다.

다음의 그림은 7주(株)의 다른 개체를 놓고 행해진 실험 결과를 보여주고 있다.⁴⁰⁾ 이 그림은 재료가 된 유전적으로 서로 다른 7개의 개체를 수평으로 보여주고 있으며, 낮은 고도에서 잘 자란 순서대로 배열되었다. 수직선상에 놓인 세 식물은 서로 다른 세 가지 환경에서 단일 식물을 자른 3개의 복제된 조각으로부터 자란 것들이다. 이 그림을 보고 어떤 환경에서 다른 환경까지의 성장 순서를 예측할 방법은 없다. 예컨대 낮은 고도에서 가장 잘 자란 식물은 높은 고도에서도 마찬가지였지만, 중간 고도에서는 제일 자라지 않았고 꽃도 피우지 못했다. 결국 성장 환경을 규정하지 않고서는 어떤 유전형이 최고의 성장을 가져올 것인가에 답하는 것은 불가능하다. 심지어 환경을 무시하고 평균값을 내는 것도 전혀 유익하지 못한 것이, 유전형 5와 7을 제외하고는 나머지 유전

39) Jens Clausen, David Keck, and William Heisey, *Experimental Studies on the Nature of Species 3: Environmental Responses of Climatic Races of Achillea*, Carnegie Institution of Washington Publication 581, Washington: Carnegie Institution of Washington, 1958.

40) Anthony Griffiths, et al., *Introduction to Genetic Analysis*, 8th edition, San Francisco: W. H. Freeman and Company, 2005, p.20.

형들은 각각의 환경에서 아주 다양한 성장을 보임에도 불구하고 평균값으로는 구별이 힘들다(평균 32~33cm).



이와 같은 결과는 서양 톱풀에서만 나타나는 특이한 것도 아니다. 르윈턴은 유전형이 동일한 초파리 알들이 성체가 되기까지의 생존율과 온도의 증감 사이의 관계에 대한 실험을 소개한다.⁴¹⁾ 세 다른 온도에서 실험한 10 가지 초파리 유전형의 생존율을 조사한 결과, 조건에 상관없이 최고의 생존을 보이는 유전형은 없었다. 비록 일반적으로 온도가 높아지면 생존이 감소하는 경향이었지만, 온도 변화에 따른 유전형 사이의 생존 순위에는 특별한 패턴이 없었다. 이를 바탕으로 그는 어떤 유전형이 최고의 생존을 보였기 때문에 자연 선택에 의해 선호될 것이라고 예측하는 것이나, 특정 유전형이 종을 대표하게 된 사실을 사후에 설명

41) Richard Lewontin, *op.cit.*, pp.24-25.

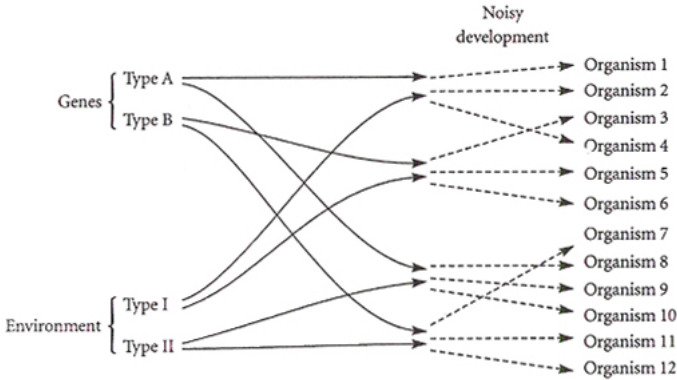
하는 것은 그 종이 진화 과정에서 겪은 온도 변화의 역사를 서술하지 않고는 불가능하다고 결론짓는다.

V. 유전자 이후

르윈틴은 여러 학자들과 같이 쓴 한 저서에서 결정론자들과 자신의 입장을 다음의 모델을 통해 명확히 구분하고 있다.⁴²⁾ 우선 유전자 결정론자들은 형태, 생리, 세포 생물학적 구조, 타고난 습성 등 생명체의 기본적인 측면을 유전자의 직접적인 “산물”로 묘사한다. 예컨대 아프리카의 피그미족이 키가 아주 작고 덩카족이 키가 아주 큰 이유는 전적으로 유전적 차이에 의해 규정된다는 것이다. 이 경우는 다음의 모델에서 유전형 A, B에 각각 피그미족과 덩카족의 유전형을 대입하고 생명체 1과 12에 각각 피그미인과 덩카인을 대입한 뒤, 나머지 요소와 관계를 배제한 채 이들 사이의 직접적 인과 관계만을 인정하는 것에 해당한다.

피그미인과 덩카인의 신장 차이는 유전자 수준에서의 차이일 수 있다. 그러나 그들이 동일한 해부학적 구조와 신경 조직을 갖고 있음에도 불구하고 서로 다른 말을 하는 것은 그들이 성장한 (문화적) 환경의 차이에 기인한다. 이 경우는 다음의 모델에서 환경형 I, II에 각각 피그미족과 덩카족의 환경형을 대입하고 생명체 1과 12에 각각 피그미인과 덩카인을 대입한 뒤, 나머지 요소와 관계를 배제한 채 이들 사이의 직접적 인과 관계만을 인정하는 것에 해당한다.

42) Anthony Griffiths, et al., *op.cit.*, p.22.



생명체의 유전적 결정성과 환경적 결정성을 각각 강조하는 예들은 이처럼 르윈틴의 모델에 대한 부분적인 해석에 그치고 있다. 르윈틴은 여기서 한 걸음 더 나아가 유전자와 환경 사이의 발생적 상호작용에 대한 보다 입체적인 관계를 해명하려 한다.⁴³⁾ 이를 위해 그는 초파리의 좌우에 난 감각강모(sensory bristle)의 수가 다르다는 점에 주목한다. 이러한 불규칙한 비대칭의 원인은 유전자나 외적 환경의 차이로 보기 어렵다. 파리의 오른쪽과 왼쪽에 있는 세포들은 동일한 유전자를 갖고 있으며, 길이 2mm 폭 1mm에 불과한 곤충의 왼쪽과 오른쪽의 외적 환경이 다르다고도 할 수 없다. 르윈틴에 의하면 비대칭의 원인은 세포 안의 분자들의 상호 작용 수준에서 일어나는 무질서한 사건의 결과인 발생 잡음(developmental noise)이다. 파리에서 감각강모로 되는 세 개의 세포는 최초 전구 세포(precursor cell)가 두 번 분열한 결과로 생긴 것이다. 다 자란 강모를 생성하기 위해 강모 형성 세포들은 발생중인 파리의 표면으로 이동하는데, 이 표면은 점차 단단해진다. 만약 최초 전구 세포의 세포 분열이 세 번 일어나는 중에 분열이 약간 늦어지고 강모 형성 세포군의 이동이 지체되면, 단단해진 표면에 도달하지 못하게 되어 강

43) Richard Lewontin, *op.cit.*, pp.37-38.

모를 갖지 못하게 되는 것이다. 분열의 시간이 동일하지 않은 원인은 세포 분열에 필요한 여러 종류의 세포 내 분자들의 무질서하고 불규칙한 분포 때문이다.⁴⁴⁾

무질서한 발생 과정 속의 발생 잡음을 점선으로 표시하고 있는 르윈틴의 모델은 유전자와 환경의 상호 작용을 보여주면서 생명체 발생에 대한 보다 완벽한 설명을 제시하고 있다. 그의 모델에서 “생명체는 유전자에 의해서도, 환경에 의해서도, 심지어는 그것들의 상호 작용에 의해서도 결정되지 않지만, 무질서한 과정의 의미 있는 흔적을 담아내고 있다”.⁴⁵⁾ 르윈틴의 모델에 내재하고 있는 발생 잡음이라는 원초적 불투명성을 감안할 때, 자신에게 생명체의 완전한 DNA 염기서열과 충분히 거대한 컴퓨터만 있다면 생명체를 계산해낼 수 있다는 브레너의 호언은 이루어질 수 없는 허언임이 드러난다. 생명체는 자신의 유전자 정보로부터도, 또는 환경의 결과와 유전자 내부의 정보로부터도 스스로를 계산해낼 수 없다.

여기서 우리는 르윈틴이 생명체의 발생 과정에 발생 잡음이라는 우연성을 도입하는 방식과 도킨스가 생명의 역사 서술에 우연성을 도입하는 방식 사이에 중요한 차이가 있음을 주목할 필요가 있다. 도킨스는 우연성을 진화의 출발점으로 잡고 그 대전제 하에서 후속적으로 나타나는 설명 가능한 진화의 현상들을 다루어나가는데 반해, 르윈틴은 생명체의 발생 과정을 해명하는 큰 틀을 짰 뒤 그 틀 하에서 국소적으로 발생 잡음이라는 우연성을 허용하고 있다. 요컨대 도킨스에 있어서 우연성은 진화의 원초적 바탕인데 반해, 르윈틴에 있어서 우연성은 발생 과정상의 내적 잉여이다. 도킨스에 있어서 원초적으로 우연성은 주어진 것이고, 르윈틴에 있어서 우연성은 어느 정도까지는 설명 가능한 현상

44) 여기서 자세히 논의할 수는 없지만 발생 잡음과 관련된 세포 내 분자들의 무질서는 자연과학의 새로운 패러다임으로 부상하고 있는 카오스 이론이나 복잡계 이론의 좋은 연구 주제가 될 수 있다고 생각한다.

45) *Ibid.*, p.38.

이다. (실제로 우리는 르윈틴이 발생 잡음이라는 우연성을 설명하고 있음을 보았다.) 우연성이 발생하거나 적용되는 주제와 문맥에 대한 고려 없이 우연성에 대한 상이한 접근법 자체만을 놓고 우열을 가리기는 어렵다. 그러나 주제와 문맥이 동일하고 우연성에 대한 두 접근법이 모두 가능하다면, 르윈틴식의 접근이 더욱 바람직하다고 생각한다. 어차피 과학은 불가해한 우연성을 설명 가능한 우연성으로 길들이거나 완화하려는 노력 아니겠는가.

지금까지의 논의를 바탕으로 유전자의 입지와 위상을 정리해보자. 유전자는 생명 현상을 설명하는 유일하고도 결정적인 열쇠가 아니다. 생명 현상은 복잡한 층위와 네트워크로 이루어져 있으며 유전자는 그 중요한 일부이다. 이 층위와 네트워크를 부연하면 다음과 같다.

층위: 생명 현상의 내적 열개에서 유전자는 가장 낮은 층위에 자리 잡고 있으며 단백질의 형성에 직접 관여한다. 그 위의 층위에 놓여 있는 단백질 사이의 상호 작용으로 세포 내 소기관이 형성된다. 그 다음 층위에 놓여 있는 세포간의 상호 작용에 의해 조직 및 기관이 구성된다. 이처럼 하위 계층의 상호 작용에 의해 상위 계층의 생명 단위가 차례로 형성되며, 보다 고차적인 질서를 가지고 있는 구조와 새로운 기능이 나타난다. 이것은 선행하는 단계에서 만들어진 생성물과 생성물 사이의 자발적인 상호 작용의 결과로서 생기게 된 것이며, 앞 단계에서는 나타나지 않았던 잠재력이 다음 단계로 나가면서 점차적으로 발현하게 되는 것이다. 그러면서 생명 현상은 더욱 복잡성을 띠어간다. 여기에 생명 현상의 외부에서 작용하는 환경과 주고받는 영향 및 그 역사(진화)가 고려되어야 한다.

네트워크: 하나의 유전자는 수많은 단백질을 만들 수 있다. 그러나 어떤 단백질을 만들어야 하는지 선택하는 것은 유전자가 아니라 세포 전체의 복잡한 조절 역학이다. DNA의 98.5 퍼센트를 공유하는 인간과 침팬지의 차이 역시 유전자 네트워크의 구조, 즉 상호 작용 속에서 특정한 유전자가 언제 어디서 발현될 것인지를 결정하는 복잡한 조절 메커니즘을 통해 유전자들이 서로 연결되는 방식에서 찾을 수 있을 것이다. 이

조절 회로 자체도 고정되지 않은 동적 구조이다. 이 회로와 네트워크는 다시 생명 현상 외부의 환경과 새로이 네트워킹 되며, 이 네트워크 역시 고정되지 않은 채 변화(진화)하는 동적 구조이다.

이들 층위와 네트워크는 다음과 같이 접촉한다. 첫째, 하나의 층위에서 일어나는 생명 현상내의 횡적 네트워크가 그 층위에 하나의 전체론적 단원성(holistic module)을 부여한다. 물론 하나의 단원은 그 자체로 완결된 것이 아니라 상 하위 층위의 단원들과 차원을 달리하며 서로 연결되어 있다. 둘째, 각 층위마다 형성되는 이러한 단원들 간의 종적 연결 네트워크에 의해 하나의 생명체가 설명된다. 셋째, 생명체와 외부 환경이 또 다른 차원에서 네트워킹 된다. 따라서 생명 현상은 한편으로는 각 단원 내부에서, 그리고 다른 한편으로는 각 단원들 사이에서 서로 상이한 양상의 전체론적 성격을 띠게 된다.

유전자 결정론은 이처럼 층위를 달리하며 발현하는 다층적 생명 현상들과 그 전체론적 네트워크를 온전히 설명할 수 없는 이념적 태도임이 드러난다. 아울러 이상의 논의를 감안할 때 이제는 각 유전자의 독자적 기능보다는 유전자가 놓여 있는 층위와 네트워크의 문맥을 고려해 유전체 전체의 기능에 초점을 맞추어야 할 때가 왔다고 보인다. 릴런드 하트웰(Leland Hartwell)과 그의 동료들은 세포 생물학의 추세에 대해 다음과 같이 말한다.

세포 생물학은 각각의 단백질이나 유전자의 기능을 할당하는데 치중했던 과학에서, 지금은 기능적 모듈을 형성하는 상호 작용하는 복잡한 분자 집합에 대응한 과학으로 이행하고 있다.⁴⁶⁾

비록 유전자라는 용어를 처음 도입한 요한센 자신은 부정했지만, 유전자의 물질적 실체성에 대한 확신이 대세로 굳어지면서 그것이 실에

46) Leland Hartwell, et al., "From Molecular Biology to Modular Cell Biology," *Nature* 402, supp, 1999, p.C52.

펜 구슬 모양이건 DNA 조각이건 항상 구조, 물질 조성, 기능이 모두 동일한 대상의 속성이라는 가정이 만연했다. 그러나 오늘날 이러한 유전자의 독립적 자기 동일성은 해체되고 있다. 아울러 DNA 자체는 자신이 한 세대에서 다음 세대로 확실하게 전달된다는 것을 보증할 수 없다. 그것은 여기서 상세히 논의하기 어려운 매우 복잡한 편집, 교정, 수선 기구의 도움을 받는다.⁴⁷⁾ 피터 포틴(Peter Portin)은 다음과 같이 말한다.

유전 물질의 구조와 기능에 관한 우리의 지식은 전통적으로 그것을 묘사하는 데 사용되어 온 용어를 넘어섰다. 분석의 초기 단계에서 핵심이 됐던 유전자라는 용어가 더 이상 유용하지 않다는 주장이 나올 정도이다.⁴⁸⁾

그렇다면 유전자를 대체할 새로운 용어, 혹은 생명에 대해 유전자가 열어 밝힌 시각을 대체할 새로운 시각은 어떤 것일까?

VI. Life in Monod

우리는 이 글의 2절에서 도킨스가 지난 한 세기의 생물학을 이끌어 온 유전자라는 개념을 빌어 구성한 생명의 자연사를 검토하면서, 그것이 여러 논리적 비약과 오류를 범하고 있음을 지적하였다. 이들 비약과 오류는 유전자를 자신을 복제하는 동일성의 담지자로 이해하고, 그것을 차이성의 역사인 진화에 접맥시키는 과정에서 생겨났다. 그러나 동일성과 차이성의 이러한 이분법적 구도는 더 이상 지탱하기 어렵다. 유전자를 포함한 생명 현상의 모든 국면과 역사는 동일성과 차이성이 씨줄과

47) Evelyn Fox Keller, *op.cit.*, chapter 1.

48) Peter Portin, "The Concept of the Gene: Short History and Present Status," *Quarterly Review of Biology* 68, 1993, p.208.

날줄로 함께 짜여진 차연(差延, *différance*)의 그물망으로 새로이 해석되어야 한다. 자끄 데리다(Jacques Derrida)⁴⁹⁾의 해체적 텍스트 철학에서 기인하는 차연은 유전자와 생명 현상을 해석하는 데 다음과 같은 방식으로 연관될 수 있다.⁵⁰⁾

주지하다시피 문자 언어는 유한개의 알파벳으로 이루어져 있으며, 음성 언어는 유한개의 음소로 이루어져 있다. 자끄 모노(Jacques Monod)⁵¹⁾를 좇아 생명 현상을 넓은 의미의 언어적 현상으로 보도록 하자. 그에 의하면 생명의 언어는 여타의 언어가 그러하듯이 유한개의 알파벳, 혹은 유한개의 음소로 이루어져 있다. 유전자에서 비롯되어 단백질 을 이루는 뉴클레오티드와 아미노산이 바로 생명의 알파벳 혹은 음소에 해당된다. 모든 생명체는 예외 없이 20종의 아미노산으로 구성된 단백질과 4종의 뉴클레오티드로 구성된 핵산으로 이루어져 있다. 유한개의 알파벳에서 무한한 문자 텍스트가 쓰여지고 유한개의 음소에서 무한한 소리 텍스트가 발생되는 것처럼, 세상에 존재하는 모든 다양한 구조와 성능의 생명 현상도 이 생명의 알파벳 혹은 생명의 음소로 기록될 수 있는 것이다.

유전자가 독점했던 생명에 대한 결정권은 생명 현상의 텍스트 전체로 층차를 이루며 산종(散種)되고, 유전자가 지시하는 것과의 명석 판명한 조우는 다시금 연기된다. 이것이 생명의 텍스트에서 차연이 빚어내는 차이와 연기의 이중적 기능이다. 유전자에게 생명의 생사여탈권을 부여하는 것보다는 DNA, RNA, 단백질, 세포, 기관 등 유기체의 모든 층위에 생명의 노

49) Jacques Derrida, *Of Grammatology*, trans. by Gayatri Spivak, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1976; "Différance," *Margins of Philosophy*, trans. by Alan Bass, Chicago: University of Chicago Press, 1982.

50) Newton Garver and Seung-Chong Lee, *Derrida and Wittgenstein*, Philadelphia: Temple University Press, 1994; 뉴턴 가버 · 이승중, 『데리다와 비트겐슈타인』, 서울: 민음사, 1998; 수정증보판, 서울: 동연, 2010.

51) Jacques Monod, *Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology*, trans. by Austryn Wainhouse, New York: Vintage, 1972, p.104.

동 분업적 지위를 인정하고, 생명을 이러한 다양한 수준에 분산 배분하는 것이 합당할 것이다. 이로부터 우리는 생명이 유전자에서 비롯되는 선형적이고 단선적인 직렬 프로세서가 아니라, 비선형적인 병렬 분산 프로세서라는 새로운 그림을 얻는다. 생명 현상은 바로 이 프로세싱으로 해석할 수 있다. 아울러 생명의 프로세서들은 복잡한 네트워크로 서로 연결되고 소통하고 이합집산하고 진화한다. 유전자도 우리 자신도 우리의 삶도 이 생명의 텍스트와 네트워크의 짜임과 플립의 프로세싱에서 비롯된다.

생명의 자연사라는 텍스트에 내던져져 살아 숨 쉬는 축복을 잠시 허여 받은 우리들이 생명의 위대한 유산을 감사의 마음으로 증언한다. 삶이 그러하듯 죽음 또한 생명의 프로세싱의 일부이다. 회자정리(會者定離). 모여진 무리는 흩어지는 것이 정해진 역운(歷運)이기 때문이다. 우리의 생명도 머지않아 그 프로세싱 속으로 역사라는 흔적을 남기며 흩어질 것이다.⁵²⁾

52) 이 글에 대해 귀중한 논평을 해주신 익명의 심사위원분들께 깊은 감사의 마음을 전한다.

■ 참고문헌

- 강신주, 「생명의 책임-생명의 탄생과 살아감에 대한 철학적 성찰」, 『생명에 관한 아홉 가지 에세이』, 박재현 외, 서울: 민음사, 2002.
- 이승중, 『비트겐슈타인이 살아 있다면: 논리철학적 탐구』, 서울: 문학과 지성사, 2002.
- Angier, Natalie, “When a Vital Gene Is Missing, Understudies Fill in,” *New York Times*, September 7, 1993.
- Benzer, Seymour, “The Structure of a Genetic Region in Bacteriophage,” *Classic Papers in Genetics*, ed. by James Peters, Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1959.
- Burian, Richard, “On the Conceptual Change in Biology: The Case of the Gene,” *Evolution at a Crossroads: The New Biology and the New Philosophy of Science*, ed. by David Depew and Bruce Weber, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1985.
- Clausen, Jens, Keck, David, and Heisey, William, *Experimental Studies on the Nature of Species 3: Environmental Responses of Climatic Races of Achillea*, Carnegie Institution of Washington Publication 581, Washington: Carnegie Institution of Washington, 1958.
- Dawkins, Richard, *The Selfish Gene*, 2nd edition, Oxford: Oxford University Press, 1989.
- Delbrück, Max, “A Physicist Looks at Biology,” *Phage and the Origins of Molecular Biology*, expanded edition, ed. by John Cairns, Gunter Stent, and James Watson, Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1992.
- Derrida, Jacques, *Of Grammatology*, trans. by Gayatri Spivak, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1976.
- _____, “Différance,” *Margins of Philosophy*, trans. by Alan

- Bass, Chicago: University of Chicago Press, 1982.
- Garver, Newton, and Lee, Seung-Chong, *Derrida and Wittgenstein*, Philadelphia: Temple University Press, 1994: 뉴턴 가버 · 이승중, 『데리다와 비트겐슈타인』, 서울: 민음사, 1998; 수정증보판, 서울: 동연, 2010.
- Gilbert, Walter, “A Vision of Grail,” *The Code of Codes: Scientific and Social Issues in the Human Genome Project*, ed. by Daniel Kevles and Leroy Hood, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1992.
- Gould, Stephen Jay, *The Panda’s Thumb: More Reflections in Natural History*, New York: W. W. Norton & Co, 1980.
- Griffiths, Anthony, et al., *Introduction to Genetic Analysis*, 8th edition, San Francisco: W. H. Freeman and Company, 2005.
- Hartwell, Leland, et al., “From Molecular Biology to Modular Cell Biology,” *Nature* 402, supp, 1999.
- Hull, David, *Philosophy of Biological Science*, Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1974.
- Johannsen, Wilhelm, *Elemente der Exakten Erblchkeitslehre*, Jena: Gustav Fischer, 1909.
- Keller, Evelyn Fox, *The Century of the Gene*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2000.
- Kripke, Saul, *Naming and Necessity*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1980.
- Lewontin, Richard, *The Triple Helix: Gene, Organism, and Environment*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2000.
- Monod, Jacques, *Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology*, trans. Austryn Wainhouse, New York: Vintage, 1972.

- Pascal, Robert, and Pross, Addy, “Stability and its Manifestation in the Chemical and Biological Worlds,” *Chemical Communications* 51, 2015.
- Portin, Peter, “The Concept of the Gene: Short History and Present Status,” *Quarterly Review of Biology* 68, 1993.
- Putnam, Hilary, *Mind, Language and Reality*, Cambridge: Cambridge University Press, 1975.
- Quine, Willard van, *Word and Object*, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1960.
- Ray, Thomas, “Growth and Heterophylly in an Herbaceous Tropical Vine, Syngonium (Araceae),” Ph.D. thesis, Harvard University, 1981.
- Schaffner, Kenneth, “Approaches to Reduction,” *Philosophy of Science* 34, 1967.
- _____, “The Watson-Crick Model and Reductionism,” *British Journal for the Philosophy of Science* 20, 1969.
- Watson, James, and Crick, Francis, “A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid,” *Nature* 171, 1953.
- _____, “Genetical implications of the Structure for Deoxyribonucleic Acid,” *Nature* 171, 1953.
- Wittgenstein, Ludwig, *Philosophical Investigations*, revised 4th edition, ed. by G. E. M. Anscombe, Rush Rhees, P. M. S. Hacker and Joachim Schulte, trans. by G. E. M. Anscombe, P. M. S. Hacker and Joachim Schulte, Oxford: Wiley-Blackwell, 2009; 비트겐슈타인, 루트비히, 『철학적 탐구』, 이승종 옮김, 파주: 아카넷, 2016.

❖ ABSTRACT

The Weaving and Unravelling Life

Lee, Seung-Chong

Yonsei University

We examine the natural history of life which Dawkins has constructed based on the concept of the gene. We argue that Dawkins has committed various fallacies and errors in the making of this history. These errors occurred when he regarded the gene as the bearer of the identity which replicates itself, and when he grafted it to the idea of evolution, which documents the history of difference. Like all other languages, the language of life consists of a finite alphabet. As we obtain an infinite number of written texts out of a finite alphabet, the various structures and functions of the phenomena of life can be recorded by this alphabet of life.

The monopoly of the gene over life has been disseminated and stratified through the whole text of the phenomena of life. The clear and distinct encounter of the notion of the gene with what it refers to is deferred again. These are the dual functions of difference and deferral which *différance* produces in the text of life. Rather than bestowing the monopoly of life to the gene, it would be more reasonable to acknowledge the division of labor among DNA, RNA, proteins, cells, organs, and other levels of organisms, and therefor distribute life more equally among these various levels. Out of this approach, we obtain a new picture that life is not a lineal and serial processor with a single-track origin that only stems from genes, but is rather a non-lineal parallel-distributed

processor. The phenomena of life can be interpreted as the work of this processing. In terms of complicated networks, the processors of life are interconnected, communicated, scattered, merged, and evolved in conjunction with and in opposition to one another. Both the genes and we, ourselves, stem from this processing that comes about due to the weaving and unravelling of these texts and networks of life.

Key Words : Gene, Life, Determinism, Dawkins, Lewontin

■ 논문접수일 : 2021. 02. 10

■ 심사완료일 : 2021. 03. 14

■ 게재확정일 : 2021. 03. 15

