

슈뢰딩거의 ‘유전자(gene)’, 세몬의 ‘기억(mneme)*

홍성욱

서울대학교 생명과학부, 과학사 및 과학철학 협동과정

Schrödinger's Gene and Semon's Mneme

HONG Sungook

Department of Biological Science / Program in History and Philosophy of Science

Seoul National University

ABSTRACT

Erwin Schrödinger's highly influential booklet, *What is Life?* (1944), discussed the mystery of life and heredity in terms of molecular structure, atomic bonds, and the concept of "negative entropy." The most important and influential part of this book was, however, his informational theory of genetic heredity. In his view, a gene's action essentially consisted in storing and passing information. Schrödinger compared the role of

* 이 논문의 초고는 2005년 10월 22일에 열린 한국과학사학회 추계발표회에서 "Mneme, Gene, 그리고 다시 Meme: 세몬, 슈뢰딩거, 도킨스"라는 제목으로, 2007년 11월 4일에 열린 History of Science Society에서 "Semon's Meme, Schrödinger's Gene"이라는 제목으로 발표되었다. 이 연구는 서울대학교 신입교수 연구지원비(2003)의 지원을 받았다. 이 자리를 빌어서 유익한 논평을 해 주신 두 분의 심사위원들께 감사드린다.

chromosomes with that of code-script, and described chromosome structures as “law-code and executive power” or as “architect’s plan and builder’s craft” combined together. He also used a metaphor of the Morse code in telegraphy to explain how aperiodic crystals that consist in genes could store and then pass a great deal of information.

Historians, as well as biologists, have discussed the influence of Schrödinger’s concept of genetic information upon the next generation of molecular biologists. However, it has scarcely been explored how he came up with this idea. His previous works on quantum physics, as well as his life and works in Ireland in the 1940s, was not apparently linked to the idea of “information” of any kind. In this paper, I will propose that Schrödinger was immensely influenced by the nineteenth-century German biologist Richard Semon’s works and ideas. In particular, Semon’s theory of “mneme”, with which Schrödinger had become acquainted in his youth, directly influenced him to devise the informational theory of gene. Today, the concept of a “meme” is usually considered to be born out of that of a gene. By showing Semon’s influence on Schrödinger, I will maintain that the concept of gene was made out of that of a meme (mneme), in effect reversing their relationship.

Key Words: Erwin Schrödinger, *What is Life?*, Richard Semon, Gene, Mneme, Meme, Information, Inheritance of Memory, *Die Mneme*

이 책[슈뢰딩거의 『생명이란 무엇인가?』]이 왜 그렇게 큰 영향을 미쳤는가는 결코 분명하지 않았다. (군터 스텐트, 1966)¹⁾

1. 서 론

1944년에 출판된 에르빈 슈뢰딩거(Erwin Schrödinger, 1887-1961)의 『생명이란 무엇인가?(*What is Life?*)』는 분자생물학의 발전에 지대한 영향을 미친 저서로 간주된

1) Gunther S. Stent, “Introduction: Waiting for the Paradox,” in J. Cairns, G. Stent and J. D. Watson eds., *Phage and the Origins of Molecular Biology* (Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory of Quantitative Biology, 1966), pp. 3-8, on p. 3.

다. 분자생물학자들은 이 책의 모태가 된 슈뢰딩거의 강연이 청중을 “감전시켰으며,” 강연이 책으로 출판되면서 첫 세대 분자생물학자들에게 거대한 영향을 미쳤다고 회고한다.²⁾ 이 책에서 물리학자였던 슈뢰딩거는 생명의 본질에 대해서 과감한 물리학적 해석을 감행했다. 그는 유전자의 구조와 기능에 대한 새로운 추측을 제시하고, 생명체라는 계(system)를 열역학(통계역학)적으로 해석한 뒤에, 물리계의 무질서와 생물계의 질서를 비교했다.³⁾ 분자생물학의 새 장을 개척했던 젊은 과학자들이 이 책을 읽고 영감을 얻거나 물리학에서 생물학으로 전공을 바꾼 예가 많았는데, 특히 슈뢰딩거가 유전자를 논하면서 이를 ‘유전적 코드(hereditary code)’, ‘코드 스크립트(code-script)’와 결부시킴으로써 유전 정보의 개념을 제시한 부분이 이들에게 큰 영향을 미쳤다. 이러한 이유에서 슈뢰딩거는 유전자의 작동과 기능을 ‘정보’로 해석한 첫 번째 과학자로 평가된다.⁴⁾

이 논문은 슈뢰딩거의 ‘정보 유전자(gene as information)’의 개념의 사상적 뿌리를 추적하는 것을 목적으로 씌어졌다. 필자는 슈뢰딩거의 정보 유전자가 19세기 말-20세기 초엽에 활동한 독일의 생물학자 리하르트 제몬(Richard Semon, 1859-1918)의 ‘기억(mneme)’이라는 개념의 영향을 받았음을 주장할 것이다. 헤켈(Ernst Haeckel)의 제자였던 제몬은 1904년에 출판한 저서 『‘기억’(Die Mneme)』에서 일종의 기억흔적(memory trace)이라고 부를 수 있는 엔그램(engram)이 부모 세대에서 자식 세대로 전수될 수 있다고 주장했다. 제몬은 ‘기억(mneme)’이나 ‘기억의 원리(mnematic principle)’가 기억과 그 유전만이 아니라 일반 형질의 유전, 습관의 유전, 그리고 재생(regeneration)을 모두 관장한다고 주장했다.⁵⁾

2) Erwin Schrödinger, *What is Life? The Physical Aspects of the Living Cell* (Cambridge: Cambridge University Press, 1944); Luke O'Neill, Michael Murphy and Richard G. Gallagher, “What Are We? Where Did We Come from? Where Are We Going?” *Science* 263 (1994), pp. 181-183.

3) 물리학자가 물리적인 방법론과 직관을 사용해서 생물학의 문제를 다루었다는 의미에서 슈뢰딩거의 저작은 하이젠베르크가 지적했던 “두 가지 서로 다른 사상적 경향이 만난” 사례, 즉 “지적인 잡종화”의 사례로 지적되었다. Werner Heisenberg, *Physics and Philosophy* (Penguin, 1962), p. 175; Krishna R. Dronamraju, “Erwin Schrödinger and the Origins of Molecular Biology,” *Genetics* 153 (1999), pp. 1071-1076.

4) 이러한 평가에 대해서는 주 28 참조.

5) mneme는 기억을 나타내는 그리스어를 제몬이 빌어 사용하기 시작한 개념이다. 제몬의 mneme는 무엇을 기억하는 것만이 아니라 이것을 시간이 경과한 뒤에 다시 생각해 내는 능력까지를 의미한다. 여기에서는 일반적인 기억(memory, remembering)과 구별하기 위해서 제몬의 mneme은 ‘기억’으로 표기했다. Semon의 *Die Mneme als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens* (1904)는 영문판 Richard Semon, *The Mneme* tr. by Louis Simon

슈뢰딩거는 청년 시절부터 스피노자, 쇼펜하우어, 인도의 베단타(Vedanta)철학, 마흐, 제논, 아베나리우스의 사상에 심취했으며, 이러한 철학적인 탐구는 그의 일생을 관통했다. 이들의 철학을 빌어 그가 고민했던 문제는 주체와 객체의 문제, 인간과 신의 관계, 나와 타인의 관계, 의식의 단일성에 대한 문제였다.⁶⁾ 슈뢰딩거는 1943-44년에 『생명이란 무엇인가?』를 저술할 때에도 이와 같은 철학적 문제를 깊이 고민하고 있었고, 이러한 사고는 결정론과 자유의지에 대한 책의 에필로그만이 아니라 정보로서의 유전자 개념에서도 드러난다. 그는 1920년대부터 유전에 대해 관심을 가지고 있었는데, 유전에 대한 그의 관심은 다윈의 진화론이나 유전학에 대한 관심에서가 아니라 우리 인간들이 공유한 공통적인 의식의 기원에 대한 철학적인 관심에서 출발했던 것이다. 여기서 제논의 기억 이론은 슈뢰딩거가 유전에 대해 관심을 갖게 하고, 유전을 기억과 경험의 전달로 이해하게 하는 데 결정적인 역할을 했다. 경험으로 이루어진 기억이 세대를 통해 전수된다는 제논의 생각은, 우리들 모두가 조상의 경험을 공유하고 있고 이러한 공유가 단일한 의식의 기반이 된다는 슈뢰딩거의 철학적 토대와 부합했으며, 이에 대한 일종의 ‘과학적’인 정당화를 제공했다. 기억과 경험은 일종의 정보였으며, 슈뢰딩거는 이러한 정보가 세대를 통해서 전달되는 방식에 대한 고민을 그의 『생명이란 무엇인가?』에서 해결하려고 했던 것이다.

본 논문은 우선 슈뢰딩거의 생애와 그의 『생명이란 무엇인가?』의 내용을 간략하게 고찰한 뒤에, 이 책의 가장 중요한 영향이 ‘정보 유전자’ 개념에 있었음을 보일 것이다. 그 다음에 『생명이란 무엇인가?』의 에필로그에 나타난 슈뢰딩거의 철학과 그가 1925년에 저술한 『길을 찾아서(Seek for the Road)』를 비교할 것이다. 이러한 비교를 통해 우리는 그의 철학적 입장에 연속성이 존재할 뿐만 아니라 1920년대에도 그가 유전과 유전자에 관심이 있었음을 이해할 수 있다. 필자는 유전에 대한 그의 초기 관심이 다윈의 진화론이나 현대 유전학에 대한 관심에서가 아니라, 그의 독특한 철학적 입장을 지지하는 제논의 ‘기억’에 대한 논의에 기인함을, 제

(London: George Allen and Unwin, 1921)을 사용했다.

6) ‘철학자’로서의 슈뢰딩거에 대해서는 Ludvik Bass, “Schrödinger: A Philosopher in Planck’s Chair,” *British Journal for the Philosophy of Science* 43 (1992), pp. 111-127을, 힌두 철학에 대한 그의 깊은 천착은 Ernst Peter Fischer, “We Are All Aspects of One Single Being: An Introduction to Erwin Schrödinger,” *Social Research* 51 (1984), pp. 809-835; Miguel F. Melgar, “The Philosophy of Erwin Schrödinger: A Diachronic View of Schrödinger’s Thoughts,” *Foundations of Physics* 18 (1988), pp. 357-371을 참조.

문과 슈뢰딩거의 이론적이고 개념적인 유사성을 드러냄으로써 주장할 것이다. 결론에서는 슈뢰딩거가 제논의 영향을 받았다는 사실이 가지는 과학사적인 의미를 살펴보고, 리처드 도킨스(Richard Dawkins)의 문화적 자기복제자인 ‘밈(meme)’ 개념과 제논의 ‘기억’을 비교해 보려 한다.

2. 슈뢰딩거와 『생명이란 무엇인가?』(1944)

에르빈 슈뢰딩거는 1887년 비엔나의 사업가 아버지와 영국 출신의 어머니 밑에서 출생했다. 그는 어린 시절을 유복하게 보냈으며 어려서부터 수학에 뛰어난 재능을 보였다. 1906년, 슈뢰딩거는 물리학을 전공하기 위해 유명한 물리학자 볼츠만이 재직하던 비엔나 대학교에 입학했지만, 볼츠만이 그 해에 사망해서 그의 교수직을 계승한 한제닐(Fritz Hasenöhl)과 엑스너(F. Exner)로부터 물리학을 배웠다. 1910년에 비엔나 대학교를 졸업한 후에 그는 같은 대학에서 조교생활을 했고, 1차 세계대전에 참전해서 이탈리아 전선에 투입되기도 했다. 1921년 슈뢰딩거는 쾰리히 대학의 물리학 교수에 임용되었다. 그는 닐스 보어와 하이젠베르크가 해석한 양자물리학에 만족하지 않았고, 이를 대체할 수 있는 체계를 고민하다가 파동-입자의 운동을 포텐셜의 장(field) 속에서 풀어내는 슈뢰딩거의 방정식을 1925년 크리스마스 무렵에 창안했고 이에 대한 논문을 1926년 초엽에 발표했다. 이 업적으로 그는 1933년에 노벨상을 수상했다.⁷⁾

슈뢰딩거는 막스 플랑크(Max Planck)의 후임으로 1927년에 독일에서 가장 높은 명성을 지녔던 베를린 대학교의 이론물리학 교수좌에 임용되었다. 그렇지만 점점 더 세력을 키워가는 나찌즘에 염증을 느끼던 슈뢰딩거는 1938년에 영국으로 망명을 신청했고, 옥스퍼드 대학교와 벨기에의 겐트 대학교를 전전하다가 1940년에 더블린의 고등연구소(Institute for Advanced Studies)에 있는 이론물리학연구소 소장에 임명되었다. 그는 1955년에 은퇴할 때까지 이 소장직을 유지했다. 『생명이란 무엇인가?』는 그가 1943년에 더블린에 있는 트리니티 대학에서 한 강연을 모아서, 1944년에 케임브리지대학교 출판부에서 출간되었다. 이 책을 출판하는 과정에서

7) 슈뢰딩거의 생애와 업적에 대해서는 Walter Moore, *Schrödinger: Life and Thought* (Cambridge: Cambridge University Press, 1989)를 참조.

슈뢰딩거는 독일 출신으로 영국 런던대학교에서 물리화학 교수를 하던 도넨(Frederick Donnan)의 도움을 많이 받았다. 슈뢰딩거는 도넨에게서 출판에 관련된 편의만을 제공받은 것이 아니었는데, 생명체가 물리법칙을 위배하는 것은 아니지만 그래도 생명체에서는 독특한 다른 법칙이 발견될 가능성이 있다는 도넨의 철학이 슈뢰딩거에게 영향을 주었기 때문이다.⁸⁾

『생명이란 무엇인가?』는 일곱 개의 챕터에 “결정론과 자유의지”에 대한 에필로그로 구성되어 있다.⁹⁾ 그는 첫 챕터의 서두에서 자신의 책이 “생명체에 대한 순진한 물리학자의 생각”과 방법을 담고 있는 것이라고 그 한계를 설정하면서도, 이러한 자신의 물리학적 방법이 생명 현상을 이해하는 데 도움이 될 것이라는 점을 분명히 했다. 슈뢰딩거 이전에 물리학에서 생물학으로 관심을 바꾼 델브뤽(Max Delbrück)은 양자역학의 모델을 사용해서 돌연변이를 설명했는데, 슈뢰딩거는 3-5장에서 그의 논문을 상세하게 소개했다. 제 2장에서는 유전을 담당하는 인자의 불변성과 복제 가능성을 물리학자의 통찰력을 사용해서 서술했다. 그는 염색체 속의 유전자가 비주기적인 결정체(aperiodic crystal)와 같은 구조를 가지고 있다고 주장했으며, 이 구조의 특성상 엄청난 양의 정보가 여기에 담길 수 있다고 강조했다.¹⁰⁾

8) 슈뢰딩거와 도넨의 관계를 포함한 『생명이란 무엇인가?』의 출간 과정에 대해서는 Skúli Sigurdsson, “Physics, Life and Contingency: Born, Schrödinger, and Weyl in Exile,” in Mitchell G. Ash and Alfons Söllner eds., *Forced Migration and Scientific Change: Emigre German-Speaking Scientists and Scholars after 1933* (Washington, D.C.: Cambridge University Press, 1996), pp. 48-70, on p. 62를 볼 것.

9) 각 장의 제목은 다음과 같다. 1. The classical physicist’s approach to the subject; 2. The hereditary mechanism; 3. Mutations; 4. The quantum-mechanical evidence; 5. Delbruck’s model discussed and tested; 6. Order, disorder and entropy; 7. Is life based on the laws of physics?

10) 인용은 Schrödinger, *What is Life?*, on p. 4. 그는 생명체에도 물리 법칙이 작동한다고 생각했지만, 생명체에 적용되는 물리법칙이 모두 발견된 것은 아니라고 생각했다. 또한 그는 지금의 물리 법칙이 생명체를 모두 설명할 수 없다는 이유에서 이에 양자물리학의 비결정론을 도입하는 것에도 반대했다. 이러한 입장 때문에 슈뢰딩거는 종종 환원론자로도 또 때로는 반환원론자로도 간주되었다. 슈뢰딩거를 환원론자, 비환원론자로 보는 각각의 입장은 Donald Fleming, “Emigré Physicists and the Biological Revolution,” in D. Fleming and B. Bailyn eds., *The Intellectual Migration: Europe and America, 1930-1960* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1969), pp. 152-189와 Garland Allen, *Life Science in the Twentieth Century* (Cambridge: Cambridge University Press, 1978), pp. 224-227에 잘 나타나 있다. 슈뢰딩거의 ‘모호함’에 내포된 수사학적인 전술에 대한 분석은 Leah Ceccarelli, *Shaping Science with Rhetoric: The Cases of Dobzhansky, Schrödinger and Wilson* (Chicago: University of Chicago

또 슈뢰딩거는 유기체가 스스로 붕괴하려는 경향에 맞설 수 있는 이유를 설명하기 위해서, 유기체가 음의 엔트로피로 특징 지워지는 개체라고 주장했다. 이러한 주장은 『생명이란 무엇인가?』의 제 6장에 담겨 있었다. 그렇지만 그는 무질서한 상태를 서술하는 기존의 물리학의 방법으로 질서정연한 생명현상을 설명하는 방식의 한계도 인식하고 있었다. 그는 생명체가 지금까지 알려진 물리 법칙을 위배하지는 않지만, 우리가 아직 모르는 ‘다른 물리 법칙(other laws of physics)’을 내포할 가능성이 있음을 시사했다. 마지막 장인 7장은 생명체의 법칙과 물리 법칙을 ‘시계(clock)’의 예를 들어 설명하고 있으며, 이 뒤에 결정론과 자유의지에 대한 에필로그가 덧붙여져 있었다.

자유의지와 결정론의 문제는 물리법칙을 따르는 원자로 구성된 내 육체와 이를 조정할 수 있는 듯 보이는 나의 정신(혹은 의지) 사이의 패러독스의 문제였다. 우선 슈뢰딩거는 생명현상에 양자 물리학의 비결정론이나 상보성이론을 도입한 보어(Niels Bohr)를 비판했다. 그는 독특하게도 이 문제가 “나는 자연의 법칙에 입각해서 ‘원자의 운동’을 통제하는 사람”이라는 인식에 도달함으로써 해결된다고 보았다. 내가 원자의 운동을 통제하기 때문에 내가 곧 신이 하는 일을 하는 사람, 즉 “내가 전능한 신이다”라는 사실을 인식하는 것이 이 패러독스를 해결하는 첫 걸음이라는 것이었다. 이렇게 나와 물리법칙의 단일성, 더 나아가서 나와 신의 동일성을 강조하는 것은 기독교에서는 불경하게 생각될 수 있는 것이었는데, 슈뢰딩거는 이러한 생각이 “아트만=브라만”(내 자신이 전지전능한 존재와 같다는 것)을 강조하는 힌두의 베단타(Vedanta) 철학에서는 당연하게 받아들여진다는 점을 강조했다. 그는 또 인간이 무엇을 의식할 때 그 의식이 복수가 될 수 없고 하나임을 강조했다. 하나의 나무를 볼 때 모든 사람은 그것을 같은 나무로 의식하며, 여기서 인간의 의식은 하나라는 결론이 도출된다는 것이었다. 마지막으로 슈뢰딩거는 자아를 논의했는데, 여기서 그는 “당신이 이것[나라는 자아]을 세밀하게 분석하면, 당신은 그것이 경험과 기억의 집합체 조금 이상임을 알게 될 것이다”라고 하면서, 젊었을 적의 나와 지금의 나 사이에 균열이 존재하지 않고 이 모든 내가 하나의 연속적인 나라는 사실을 강조했다.¹¹⁾

이 책에 대한 초기의 반응은 다양했다. *Scientific Monthly*에 서평을 쓴 생리학자 칼

Press, 2001) 참조. 필자는 이러한 모호함이 슈뢰딩거의 철학을 잘못 이해한 데에 기인함을 보일 것이다.

11) “Epilogue: On Determinism and Free Will” in Schrödinger, *What is Life?*, pp. 88-92.

슨(A.J. Carlson)은 이 책이 지난 한 세대동안 훈련을 받은 전문 생물학자들에게는 별로 새로운 것이 없음을 강조했다. 슈뢰딩거가 자연에서 발견되는 주기적인 결정체와 염색체에서 발견되는 비주기적인 결정체를 기준으로 물리와 생명의 영역을 나누었다고 가정한 한 이름의 평가는, 이러한 구별이 염색체가 존재하지 않는 원시 생물의 경우에도 그대로 적용될 수 있는가에 대해서 회의적인 태도를 취했다. 슈뢰딩거의 『생명이란 무엇인가?』에 큰 영향을 준 텔브뤽의 서평도 그다지 호의적이지 않았다. 텔브뤽은 생명체를 통계적 법칙이 적용되는 계(system)로 간주한 슈뢰딩거의 기본 철학에 회의적이었고, 유전자에 대해서 당시 일반적으로 사용하던 ‘복잡한 분자(complicated molecule)’ 대신에 비주기적인 결정체라는 말을 사용하는데 대해서도 불만을 표시했다. 보어의 영향을 크게 받은 텔브뤽은 생명체를 음의 엔트로피 체계로 보는 것도 부분적으로만 들어맞는다고 하면서, 양자물리학의 비결정론이 생명체를 기술하는 데 아무런 영향을 미치지 못한다는 슈뢰딩거의 비판에 대해서도 유보적인 입장을 표시했다.¹²⁾

자유의지와 결정론을 다룬 슈뢰딩거의 에필로그에 대해서는 긍정적인 평가가 거의 없었다. 칼슨은 자유의지와 결정론에 대한 슈뢰딩거의 결론이 생물학자들에게 받아들여지기 힘든 것임을 강조했으며, 텔브뤽 역시 ‘내가 자연법칙이며’ ‘내가 신이다’는 결론에 대해서는 자신이 입장을 표명할 위치가 아님을 분명히 했다. X 선을 이용한 유전자조작 실험으로 유명했던 멀러(H. J. Muller)는 슈뢰딩거의 책 전반에 대해서는 호의적인 평가를 내렸지만 그의 에필로그에 대해서는 “만일 생물학의 문제를 다루는 물리학자의 협력이 ‘내가 전능한 신이며’ 고대 힌두교들이 옳았다는 결론에 도달했다면, 그의 도움이 의심스러워진다”고 강하게 비판했다.¹³⁾

슈뢰딩거의 책이 출판되었을 무렵에 물리학의 방법론과 개념을 생물학에 적용하는 분자생물학의 전통이 이미 시작된 단계였다. 분자생물학은 멀러, 위버(Warren Weaver), 폴링(Linus Pauling), 텔브뤽과 같은 과학자들에 의해서 이미 1920-

12) A. J. Carlson, “What Is Life?” (review of Schrödinger’s *What is Life?*) *Scientific Monthly* 61 (1945), pp. 495-496; [anonymous], “What Is Life?” (review of Schrödinger’s *What is Life?*) *American Naturalist* 79 (1945), pp. 554-555; Max Delbrück, “What Is Life? and What Is Truth?” (review of Schrödinger’s *What is Life?*) *Quarterly Review of Biology* 20 (1945), pp. 370-372.

13) 주 12참조. H. J. Muller, “A Physicist Stands Amazed at Genetics,” *Journal of Heredity* 37 (1946), pp. 90-92. James F. Crow, “Erwin Schrödinger and the Hornless Cattle Problem,” *Genetics* 130 (1992), pp. 237-239.

1930년대에 그 전통의 출범했으며,¹⁴⁾ 1940년대 초엽부터는 미국에서 파지 그룹(phage group)이 파지 바이러스를 가지고 중요한 연구 성과를 내기 시작했다. 파지 그룹은 물리학에서 생물학으로 전향한 델브뤼크와 루리아(Salvador Luria)가 1941년에 결성한 비공식적인 모임으로, 1943년 허쉬(Al Hershey)가 이에 가세했다. 델브뤼크는 슈뢰딩거가 『생명이란 무엇인가?』를 쓰기 오래 전에 이미 생물학으로 전공을 바꾸었고, 그가 생물학으로 돌아선 이유는 1933년에 *Nature*에 출판된 물리학자 닐스 보어의 “빛과 생명”이라는 논문과 멀리의 실험에 자극을 받았기 때문이었다.¹⁵⁾

파지 그룹은 1945년과 1946년 여름에 콜드스프링 하버(Cold Spring Harbor)에서 워크숍을 개최했으며, 여기에 독일 출신의 생물학자들을 여럿 초청했다. 이 모임에 참석했던 생화학자 코언(Seymour Cohen)은 자신들의 모임에 참가했던 외국의 학자들 중 어느 누구도 슈뢰딩거의 영향을 언급하지 않았음을 분명하게 회고했다.¹⁶⁾ 슈뢰딩거의 『생명이란 무엇인가?』가 (자신을 포함해서) 당시 젊은 과학자들로 하여금 생물학과 생명현상으로 그들의 관심을 돌리게 하는 데 기여했다는 점을 긍정적으로 평가한 DNA 구조의 공동 발견자 크릭(Francis Crick)도, 슈뢰딩거의 책이 자신과 왓슨의 DNA 구조에 대한 구체적인 연구에는 거의 아무런 영향을 미치지 못했으며, 오히려 자신들은 미국의 라이너스 폴링의 영향을 크게 받았음을 강조했다.¹⁷⁾

1987년, 슈뢰딩거의 탄생 100년을 기념해서 나온 기념집에서 라이너스 폴링(Linus Pauling)은 자신이 슈뢰딩거의 책을 처음 읽었을 때 그 책이 생명의 이해에 새롭게 기여한 것이 아무것도 없다고 생각했고, 이러한 생각은 당시에든 변하지 않았다고 평가했다. 같은 해, *Nature*에 출판된 “논평”에서 노벨 화학상 수상자인 페루츠(Max F. Perutz)는 슈뢰딩거가 당시 “1유전자-1효소 가설(one gene-one enzyme

14) Evelyn F. Keller, “Physics and the Emergence of Molecular Biology: A History of Cognitive and Political Synergy,” *Journal of the History of Biology* 23 (1990), pp. 389-409; Lily E. Kay, “Life as Technology: Representing, Intervening, and Molecularizing,” *Rivista di Storia della Scienza* Ser. 2., 1 (1993), pp. 85-103.

15) Lily E. Kay, “The Secret of Life: Niels Bohr’s Influence on the Biology Program of Max Delbruck,” *Revista de Storia della Scienza* 2 (1985), pp. 487-510; Horace F. Judson, “Reflections on the Historiography of Molecular Biology,” *Minerva* 18 (1980), pp. 369-421.

16) 코언의 회고는 E. J. Yoxen, “Where does Schrödinger’s “What Is Life?” Belong in the History of Molecular Biology?” *History of Science* 17 (1979), pp. 17-52, on p. 18에서 재인용.

17) Robert Olby, “Schrödinger’s Problem: What Is Life?” *Journal of the History of Biology* 4 (1971), pp. 119-148, on p. 146에서 인용.

hypothesis)”을 몰랐기 때문에 염색체의 역할을 그릇되게 설명했으며, 이온화 작용을 유도하는 방사선의 역할에 대해서도 그릇된 결론을 내렸음을 지적했다. 페루츠는 생명현상에 대한 물리적인 분석과 기술에서 슈뢰딩거보다는 텔브뤽이 훨씬 더 정확했다는 점도 강조했다. 이러한 분석을 바탕으로 그는 슈뢰딩거의 『생명이란 무엇인가?』의 진정 중요한 기여가 1935년에 출판되었지만 거의 아무도 주목하지 않았던 텔브뤽의 유전자의 변이에 대한 논문을 세상에 소개한 데에 있다고 그 의미를 한정했다. 심지어 그는 슈뢰딩거의 책의 내용 중에 올바른 것은 이미 다 알려져 있었으며, 새로운 것은 모두 잘못됐다는 혹평을 하기도 했다. 2002년에 생물학자 포르틴은 유전자의 개념을 형성하는 데 중요한 역할을 한 192개의 참고문헌을 정리해서 리뷰논문을 출판했는데, 이 192개의 참고문헌 중에 슈뢰딩거의 책은 빠져있었다.¹⁸⁾

3. 슈뢰딩거와 유전정보(genetic information)의 개념

슈뢰딩거의 『생명이란 무엇인가?』에 대한 평가는 분자생물학의 역사를 어떻게 보는가에 따라서 달라진다. 분자생물학의 기원을 ‘보어-텔브뤽-파지그룹의 결성-DNA 구조의 발견-파지 DNA의 기능 규명’의 연쇄적 과정으로 보면, 여기서 슈뢰딩거의 기여는 거의 찾기 힘들다. 텔브뤽 본인도 강연이나 에세이 등에서 슈뢰딩거의 저작을 언급한 적이 거의 없다.¹⁹⁾ 그렇지만 스텐트(Gunther Stent)가 지적했듯이 그의 영향은 2차 대전까지 물리학을 전공했거나 전통적인 방식으로 생명현상을 바라보기를 거부했던 젊은 세대의 생물학자들에게서 찾아진다. 일례로 왓슨(James Watson), 크릭과 함께 DNA의 이중나선 구조를 밝힘으로써 노벨상을 수상한 모리스 윌킨스(Maurice Wilkins)는 전쟁 연구에 신물이 나 있던 시절에 슈뢰딩거

18) Linus Pauling, “Schrödinger’s Contribution to Chemistry and Biology,” in C.W. Kilmister ed., *Schrödinger: Centenary Celebration of a Polymath* (Cambridge: Cambridge University Press, 1987), on p. 229; Max F. Perutz, “Physics and the Riddle of Life,” *Nature* 326 (1987), pp. 555-558; Petter Portin, “Historical Development of the Concept of Gene,” *Journal of Medicine and Philosophy* 27 (2002), pp. 257-286.

19) Robin Holliday, “Physics and the Origins of Molecular Biology,” *Journal of Genetics* 85 (2006), pp. 93-97.

의 『생명이란 무엇인가?』를 읽고 “이러한 주제의 연구가 고체물리학보다는 훨씬 더 야심적인 분야라고” 느꼈다고 회고했다. 윌킨스와 흡사한 평가는 프랑스의 분자생물학자이자 노벨상을 수상한 프랑소아 자콥(François Jacob)의 『생명계의 논리』(1970)에서도 볼 수 있는데, 그도 “양자역학의 선구자가 ‘생명이란 무엇인가’를 질문한 뒤에 유전을 분자구조, 화학 결합, 열역학적 안정으로 설명했다는 것은 젊은 물리학자를 생물학의 영역으로 유인하고 이들에게 정당성을 제공하는 데 충분했다”고 회고했다. 물리화학을 전공했던 스텐트도 슈뢰딩거를 읽고 분자생물학으로 전공 영역을 바꾸었다.²⁰⁾

자콥이 언급한 ‘정당성’은 무엇이었을까? 물리학자들에게 가장 깊은 인상을 남긴 부분은 유전자의 구조와 역할에 대한 슈뢰딩거의 간결한 설명이었다. 윌킨스는 슈뢰딩거가 생물학에서 매우 중요한 아이디어인 유전자를 비주기적인 결정 속에서 전자가 움직이는 것과 결부시킨 데에 큰 영향을 받았다고 회고했다. 특히 비주기성에서 유도되는 비규칙성은 유전자가 정보를 저장하는 방식을 규명하는 데 실마리를 제공했다는 것이다.²¹⁾ 이는 스텐트도 매료되었던 부분이었다. DNA구조가 밝혀진 지 40년이 지난 뒤에 이루어진 왓슨의 회고는 이러한 해석을 뒷받침한다.

과학에서 성공하기 위해서 당신은 약간의 행운을 필요로 한다. 그것 없이는 나는 유전학에 관심을 두지 않았을 것이다. 내가 대학 3학년 시절인 17세에 노쓰 우드(North Wood)에서 여름을 보내고 시카고 대학에 돌아온 뒤에 나는 에르빈 슈뢰딩거의 작은 책자 『생명이란 무엇인가?』가 눈에 띄었다. 이 작은 보석에서 슈뢰딩거는 생명의 본질이 유전자라고 얘기하고 있었다. 이때까지만 해도 나는 새에 관심이 있었다. 그러나 그 이후 나는, ‘유전자가 생명의 본질이라면 내가 그것에 대해서 좀 더 많이 알아도 되겠지’라고 생각했다. 이것은 운명과도 같은 것이었는데, 왜냐하면 그 책이 없었다면 나는 계속 새에 대해서 연구를 했을 것이고, 아마도 여러분들은 내 이름을 전혀 들어보지 못했을 것이기 때문이다.²²⁾

20) Guhther S. Stent, “Looking for Other Laws of Physics,” *Journal of Contemporary History* 33 (1998), 371-397, on p. 371; Maurice H. F. Wilkins, “The Molecular Configuration of Nucleic Acids.” *Les prix Nobel en 1962* (Stockholm, 1963); F. Jacob, *The Logic of Life* (New York: Vintage Press, 1973), pp. 259-260.

21) Maurice Wilkins, *The Third Man of the Double Helix: The Autobiography of Maurice Wilkins* (Oxford: Oxford University Pr, 2003), on p. 84.

22) James D. Watson, “Succeeding in Science: Some Rules of Thumb,” *Science* 261 (1993), p. 1812. 왓슨은 1966년에도 슈뢰딩거의 책을 읽은 뒤로 유전자의 신비를 규명하려고 달려들었

앞서 언급했지만 슈뢰딩거는 유전자를 비주기적인 결정과 비슷한 것으로 생각했다. 유전자는 결정으로서 안정성을 가지지만, 슈뢰딩거가 규명하려 했던 것은 그것의 안정성 보다 그것이 어떻게 유전 정보를 저장할 수 있는가의 문제였다. 유전자가 비주기적인 결정의 모양을 하고 있기 때문에, 그 결정을 구성하는 몇 가지 서로 다른 원소들이 반복적으로 엮갈려서 나타나면서 정보를 저장하는 ‘암호(code)’를 만든다는 것이 그의 설명이었다. 지금까지도 널리 쓰이는 ‘유전 정보’ ‘유전 암호’ ‘유전 프로그램’ ‘유전 암호 해독’과 같은 개념들은 슈뢰딩거의 『생명이란 무엇인가?』로부터 시작했다. 슈뢰딩거의 가장 심원한 영향은 생명에 대한 구체적인 물리화학적 해석에 있었던 것이 아니라, 유전자의 본질을 정보의 저장과 전달로 보고 그 메커니즘을 대담하게 추측한 데에 있었다.²³⁾

슈뢰딩거는 『생명이란 무엇인가?』의 제 2장에서 염색체의 유전자를 ‘암호’, ‘암호 스크립트(code script)’와 비교했다.

모든 염색체는 완전한 암호를 포함하고 있다. ... 염색체의 조직을 암호 스크립트라고 할 때 그것은 라플라스가 생각했듯이 모든 것을 관통하고 모든 인과관계를 아는 정신이 그것들의 조직으로부터 난자가 적절한 환경에서 검은 수탉으로 발생하는가 아니면 얼룩무늬 암탉으로 자라는가 아니면 파리나 옥수수로 자라는가 ... 를 얘기할 수 있다는 바로 그 것을 의미한다. 그렇지만 암호 스크립트는 너무 좁은 의미이다. 염색체의 구조 그 자체는 동시에 그것이 바라보는 발생을 가져오는 데 결정적인 역할을 한다. 이들은 법전이자 그 법을 수행하는 권력이다. 혹은 다른 유비를 들자면 이것들은 건축가의 계획이자 그것을 짓는 건설자의 숙련을 하나로 담고 있는 것이다.²⁴⁾

여기서 볼 수 있듯이 슈뢰딩거는 유전자에 일종의 암호가 각인되어 있고, 그것이 나중에 서로 다른 형질로 발현된다고 생각했다. 유전자는 암호를 저장하고 이를 형질로 발현시키는 것을 통제하는 분자였다. 그에 따르면 유전을 연구하는 생물학은 유전자에 각인된 암호를 해독하는 학문이 되어야 했다.

더 흥미로운 사실은 슈뢰딩거가 암호가 각인되는 메커니즘에 대해서 한 가지

다고 회고했다. James D. Watson, “Growing Up in the Phage Group,” in *Phage and the Origins of Molecular Biology*, on p. 239.

23) Gunther S. Stent, “That Was the Molecular Biology That Was,” *Science* 160 (1966), pp. 390-395.

24) Schrödinger, *What is Life?*, pp. 20-21.

설명을 제시했다는 것이다. 슈뢰딩거는 비주기적인 결정으로 이루어진 유전자가 어떻게 엄청나게 많은 형질을 구현할 수 있는지를 전신메시지, 즉 텔레그램(telegram)을 이루는 모스코드(Morse code)의 예를 들어 설명했다. 모스코드는 도트(dot)와 대시(dash)로 이루어져 있는데, 도트와 대시를 사용해서 4개의 조합이 허용될 경우에 30개의 문자를 만들어 내듯이, 세 개의 부호로 10개의 조합이 허용되면 이로부터 얻을 수 있는 문자의 개수가 88,582개이고, 세 개의 부호와 25개의 조합의 경우에는 무려 372,529,029,846,191,405개의 서로 다른 문자가 만들어 졌다.²⁵⁾ 몇 가지 부호의 간단한 조합으로 거의 무한대의 표현을 만들어 내듯이, 단순한 몇 가지 비주기적인 분자구조만을 가지고도 거의 무한대의 표현의 조합을 만들 수 있었다. 이러한 조합이 바로 유기체가 가진 다양한 형질의 정보를 나타낸다는 것이 슈뢰딩거의 주장이었다.

전신과의 유비는 여기서 끝나지 않았다. 유전자가 우리의 몸을 조절하는 것은, 서로 다른 전신소(所)가 표준화된 모스 코드를 가지고 소통을 하는 것과 비슷했다. 국가는 표준적인 전신 시스템을 사용해서 자신의 권력을 지방 곳곳에 행사하듯이, 우리의 몸에서도 유전자는 몸을 통제하는 통제 사무소와 비슷한 역할을 하는 것이었다. “우리가 작은 세포에 고립된 이 통제사무소(control office)가 가진 힘을 고려해본다면, 이들은 몸에 흠어져있는 표준화된 코드를 이용해서 서로 쉽게 소통하는 지방정부의 전신소와 흡사하다고 할 수 있다”는 것이다.²⁶⁾ 유전자에 저장된 유전 정보는 세대를 통해 전달되는 것만이 아니라, 우리의 몸을 통제하는 권력과 같은 것이었고, 이러한 의미에서 유전자는 “법전이자 법을 수행하는 권력”이었다.

비록 슈뢰딩거가 ‘정보’라는 단어를 사용하지는 않았지만, 암호나 모스코드의 유비를 빌어 그가 서술한 유전자 작용은 1940년대 이후 발전된 정보과학(information science)과 연관될 수 있는 것이었다. 실제로 왓슨과 크릭은 DNA구조를 밝힌 1953년의 논문에서 처음으로 명백하게 유전자의 작용을 정보와 결합시켰다.²⁷⁾ 1960년대 말엽에는 ‘유전암호(genetic code)’라는 개념을 만든 슈뢰딩거가 이러한 ‘정보학과(Informational School)’의 ‘원조’로 꼽히기 시작했으며, 1970년대 초엽

25) *Ibid.*, pp. 61-62.

26) *Ibid.*, on p. 84.

27) Sahotra Sarkar, *The Philosophy and History of Molecular Biology: New Perspectives* (Dordrecht: Kluwer, 1996), on pp. 189-191.

의 한 철학자는 슈뢰딩거의 ‘암호 스크립트’가 유기체가 재생산을 할 때 정보가 자식 세대로 전수되는 방식을 처음으로 설득력 있게 설명했다고 지적했다. 또 다른 과학철학자는 슈뢰딩거의 유전암호라는 개념이 이후에 유전자 프로그램(genetic program)이라는 개념을 형성하는 데 결정적으로 기여했음을 강조했다.²⁸⁾ 1995년, 『생명이란 무엇인가?』의 출간 50년을 기념한 모임에서 굴드(Stephen Jay Gould)는 슈뢰딩거의 『생명이란 무엇인가?』가 20세기에 가장 영향력 있었던 생물학 저술이라고 평가했으며, 생물학자 르윈틴(Richard Lewontin)은 20세기 분자생물학이라는 흐름에서 슈뢰딩거를 계몽사상가 루소와 비유했다.²⁹⁾ 반면에 유전자 결정론을 비판했던 사람들은 유전자 결정론의 단초가 슈뢰딩거의 유전 암호라는 개념에서 시작되었다고 비판했다. 이들은 문자와 의미가 임의적으로 대응되는 암호(code) 개념 대신에 이 대응이 수학적 규칙성에 의해서 이루어지는 또 다른 암호(cipher) 개념이 유전자에 훨씬 더 적합한 비유라고 주장하기도 했다.³⁰⁾

4. 슈뢰딩거의 철학적 세계관과 제논의 영향

슈뢰딩거의 『생명이란 무엇인가?』에 관심을 가졌던 과학자나 역사학자 대부분은 이 책의 영향력을 분석하는 데 초점을 맞추었다. 반대로 슈뢰딩거의 유전적 암호 개념, 혹은 ‘정보로서의 유전자’ 개념이 어디에서 연유했는가에 관심을 둔 사람은 거의 없었다. 한때 슈뢰딩거의 학생이었던 시몬즈(Neville Symonds)는 슈뢰딩거가 시대를 너무 앞서서 유전정보의 개념을 제시한 것으로 보았다. 분자생물학의 역사를 연구한 올비(Robert Olby)와 포스너(Erich Posner)는 1890년대 초반에 무명의 독일 생물학자 미처(J. F. Miescher)가 그의 삼촌에게 보낸 편지에서 유전정보

28) Stent, “That Was the Molecular Biology That Was”; David Berlinski, “Philosophical Aspects of Molecular Biology,” *Journal of Philosophy* 69 (1972), pp. 319-335; Lenny Moss, “A Kernel of Truth? On the Reality of the Genetic Program.” *PSA* 1992 vol. 1 (1992), pp. 335-348, esp. pp. 339-340.

29) Steven Jay Gould, “‘What is Life?’ as a Problem in History,” in Michael P. Murphy and Luke A. J. O’Neill eds., *What is Life? The Next Fifty Years* (Cambridge: Cambridge University Press, 1995), pp. 25-39, on p. 25; R. Lewontin, *It Ain’t Necessarily So* (London: Granta, 2000), on p. 136.

30) Evelyn Fox Keller, *The Century of the Gene* (Cambridge MA: Harvard University Press, 2000); Lenny Moss, *What Genes Can’t Do* (Cambridge: MIT Press, 2003); Judith Roof, *The Poetics of DNA* (University of Minnesota Press, 2007).

와 유사한 개념이 발견됨을 밝혔다. 미처는 이 편지에서 세포핵을 구성하는 탄소 원자의 비대칭성이, 마치 24개의 알파벳이 모든 언어로 된 단어와 개념을 표현하듯, 다양한 유전적 특성을 표현할 수 있을 것이라고 언급했다. 그렇지만 미처는 후세의 학자들에게 아무런 영향을 미치지 못했을 뿐만 아니라, 유전자 구조의 서열(sequence)을 생각하지 못했었다. 반면에 1920년대와 1930년대에 단백질처럼 생명체를 구성하는 물질의 분자적 연쇄를 연구했던 학자들은 이를 유전정보와 결부시키지 못했다. 이러한 분석은 슈뢰딩거의 정보 유전자 개념의 독창성을 드러내긴 하지만, 이것이 어떠한 맥락에서 만들어졌는가를 보여주지는 못한다.³¹⁾

몇몇 연구자들은 슈뢰딩거의 『생명이란 무엇인가?』를 1930-40년대 생물학의 맥락 속에서 이해하려고 시도했다. 역사학자 욱센(E.J. Yoxen)과 릴리 케이(Lily Kay)는 그의 『생명이란 무엇인가?』가 1930년대의 생물 ‘조직화(organization)’에 대한 개념틀 또는 패러다임이 자기유지적인 것으로 크게 변화하는 맥락 속에서 씌어졌고, 이러한 변화를 반영한다고 주장했다. 이들의 주장은 1930년대 후반과 1940년대 초반에 슈뢰딩거가 유전자보다는 생물적인 ‘조직화(organization)’과 질서(order) 개념에 더 관심이 많았다는 판단에 착안한 것인데, 이러한 해석의 문제는 조직이나 질서에 대한 그의 관심이 당시의 국지적인(local) 맥락을 반영한 것이라 해도 이것이 『생명이란 무엇인가?』에 드러난 그의 관심 모두가 아니라는 데에 있다. 다시 말해서, 이러한 설명은 정보 유전자 개념의 원천에 대해서는 중요한 시사점을 제공하지 못한다는 것이다. 또 한편으로 슈뢰딩거가 ‘암호’라는 개념을 사용했다는 사실에서 착안해서 그의 이론을 2차 대전 시기의 암호와 컴퓨터에 대한 군사연구의 맥락 속에 위치시키려는 시도도 있었는데, 이러한 시도는 슈뢰딩거가 더블린에서 망명생활을 하면서 정보공학이나 군사연구와는 무척 무관한 삶을 살았다는 사실 앞에서 무력해진다.³²⁾

31) Neville Symonds, “What is Life? Schrödinger’s Influence on Biology,” *Quarterly Review of Biology* 61 (1986), pp. 221-226; Robert Olby and Erich Posner, “An Early Reference to Genetic Coding,” *Nature* 215 (1967), p. 556; Sahotra Sarkar, “What is Life? Revisited,” *BioScience* 41 (1991), pp. 631-634.

32) Lily E. Kay, *Who Wrote the Book of Life? A History of Genetic Code* (Stanford: Stanford University Press, 2000), pp. 59-66; Yoxen, “Where Does Schrödinger’s “What Is Life?” Belong”. 슈뢰딩거를 정보이론과 연결시키려는 시도에 대해서는 Peter Wellstead, “Schrödinger’s Legacy: Systems and Life,” (An E.T.S. Walton Lecture at Royal Irish Academy, 21 April 2005)를 참조 (available at <http://www.hamilton.ie/systemsbiology/files/2005/schroedinger.pdf>)

필자는 슈뢰딩거의 정보 유전자 개념이 독일의 생물학자 리하르트 제몬의 영향을 받았음을 주장할 것이다. 이를 위해서 우선 19세기 말에서 20세기 초엽에 활동한 제몬의 생애와 업적에 대해 간단히 알아볼 필요가 있다. 제몬은 1859년에 베를린에서 태어났으며, 1879년에 다윈과 헤켈을 읽고 생물학에 매료된 후 헤켈이 있는 예나 대학으로 가서 수학했고, 1883년에 예나대학에서 그의 지도하에 “해삼의 신경체계”라는 동물학 논문을 써서 박사학위를 받았다. 하이델베르크 대학에서 의학을 수학해서 의사 국가자격시험을 통과한 뒤에 제몬은 아프리카 여행팀에 합류해서 잠시 의사로 일을 하기도 했다. 생물학과 의학을 동시에 공부하는 것은 헤켈의 제자들에게서 공통적으로 나타나던 특징이었다. 제몬은 1886년에 예나대학교의 조교가 되었고, 1887년에는 예나대학교에서 강의를 할 수 있는 사강사(Privadozent)로 임명되었다. 헤켈의 권유에 따라 제몬은 1891년에서 1893년 사이에 오스트레일리아와 말레이 군도에서 필드 연구를 했으며, 이 때 주로 폐어(肺魚, lungfish)에 대해서 자세한 연구를 수행했다. 그는 1891년에 예나대학교의 교수로 임용되었지만 동료 교수와의 불화로 1897년에 교수직을 사임했고, 그 뒤에 저술활동에 전념했다. 20세기 초엽부터 제몬은 기억(memory)에 대한 연구를 수행했고 이를 정리해서 1904년에 『기억』(*Die Mneme*)이라는 제목의 책을 저술했다.³³⁾

제몬의 스승이었던 헤켈은 독일에 다윈을 소개한 열성 진화론자였다. 그렇지만 헤켈은 다윈이 진화의 메커니즘으로 제시한 자연선택(natural selection)은 받아들이지 않았다. 그는 라마르크의 영향을 받아서 획득형질이 플라스티들(plastidule)이라는 입자에 각인되어 부모 세대에서 자식 세대로 유전된다고 간주했다. 또 그는 ‘개체발생은 계통발생을 반복한다(ontogeny recapitulates phylogeny)’는 유명한 ‘생물발생의 법칙(biogenetic law)’을 제창했다. 19세기 후반기에 획득형질의 유전은 다윈 자신을 비롯해서 많은 생물학자들에게 널리 받아들여지고 있었다. 그렇지만 1883년 이후 바이즈만이 체세포에 각인된 획득형질은 생식세포의 변형으로 이어지지 못하며 따라서 획득형질이 유전될 수 없다는 것을 다양한 논증을 통해 보인 이후에 헤켈의 신라마르크주의는 바이즈만의 신다윈주의와 격렬하게 대립했다. 헤켈의 라마르크주의에 입각한 제몬의 저술은 바이즈만의 신다윈주의가 득세하던 시

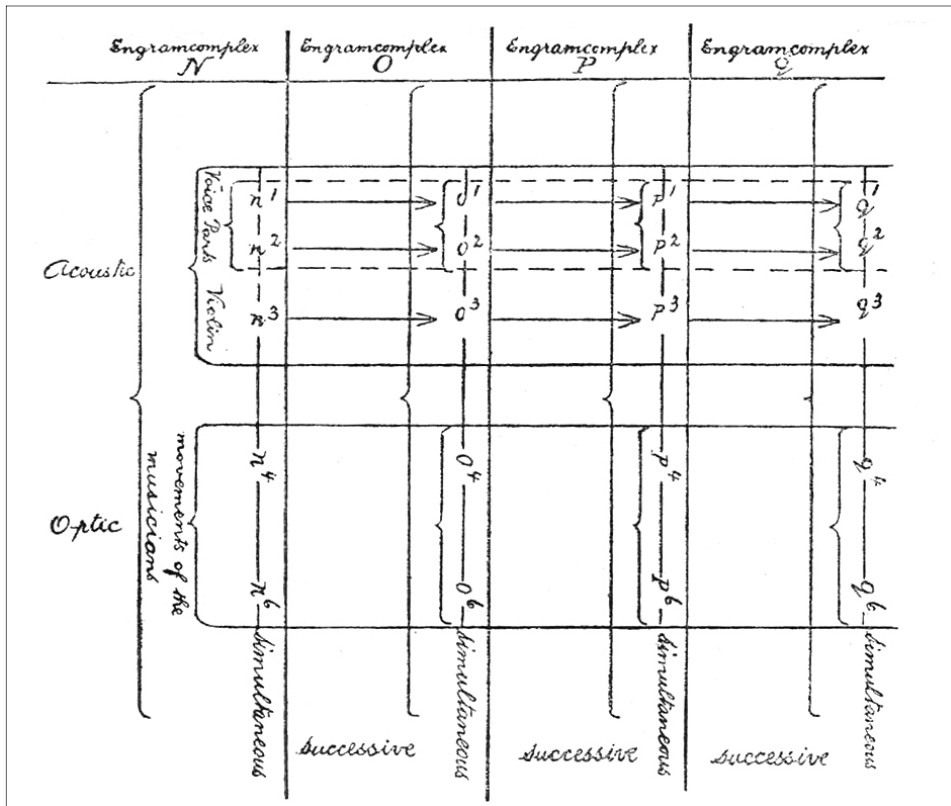
33) 제몬의 생애와 사상에 대해서는 Daniel L. Schacter, *Forgotten Ideas, Neglected Pioneers: Richard Semon and the Story of Memory* (Philadelphia: Psychology Press, 2001)가 가장 자세하다. 제몬의 필드워크는 Uwe Hossfeld, “The Travels of Jena Zoologists in the Indo-Malayan Region.” *Proceedings of the California Academy of Sciences* 55 supp II (2004), pp. 77-105에 서술되어 있다.

점에서 씌어졌다. 프랜시스 다윈(Francis Darwin)과 같은 생물학자는 1908년 영국과 학진흥협회의 연설에서 제몬의 업적을 높게 평가하기도 했지만, 신다윈주의자들은 제몬의 업적을 사이비로 몰아붙였다. 1920년대 이후 제몬은 점차 사람들 사이에서 잊혀졌으며, 1970년대 중엽 이후에야 기억을 연구하는 학자들이 제몬의 엔그램(engram) 개념을 복원하면서 다시 알려지기 시작했다.³⁴⁾

제몬 이전에 이미 버틀러(Samuel Butler)나 헤링(K.E.K. Hering)은 부모와 자식이 외모만 닮는 것이 아니라 습관도 닮는다는 점에 착안해서 학습된 행동이나 기억이 부모에게서 자식으로 전수된다고 주장했는데, 제몬은 『‘기억’』에서 이러한 주장을 체계적으로 발전시켰다. 제몬은 이 책에서 외부의 자극이 기억을 만들고 이 기억이 다시 상기되는 메커니즘에 대한 세밀한 이론을 전개했다. 외부의 연속적인 자극은 엔그램(engram)이라는 기억 흔적(memory trace)을 만들어내고 이 엔그램 복합체(engram complex)는 뇌세포에 각인되고 저장되었다. 그렇지만 제몬은 여기서 한 걸음 더 나아가서 외부의 자극이 지속적으로 강할 때 엔그램이 생식세포에도 각인되어 유전을 통해서 자식 세대로 전수될 수 있다고 주장했다. 이 과정을 모두 관장하는 것이 ‘기억의 원리(mnemetic principle)’였다. 한 번 각인된 기억이 잊혀졌다가 나중에 자극을 받으면 상기되듯이, 부모 세대에서 생식세포에 각인된 기억흔적은 자식세대에서 다시 발생되었다. 따라서 기억의 원리는 기억만이 아니라 유전, 재생(regeneration), 습관을 관통하는 것이었다. 이 원리는 환경이 바뀌어도 변하지 않고 보존되는 것으로, 제몬은 자신의 ‘보존원리’가 다윈의 자연선택설이나 멘델의 유전학과 모순적인 관계가 아니라 상보적인 관계에 있다고 믿었다.³⁵⁾

34) Schacter, *Forgotten Ideas, Neglected Pioneers*, 제7장. 예나의 헤켈 학파에 대해서는 Lynn Nyhart, “The Disciplinary Breakdown of German Morphology, 1870-1900,” *Isis* 78 (1987), pp. 365-389, 특히 pp. 373-379를 참조.

35) Semon, *The Mneme*, pp. 9-14, 66-67, 273-280. 다윈과의 비교는 *Ibid.*, pp. 288-293. 버틀러와 헤링에 대한 최근의 좋은 논의로는 Donald R. Forsdyke, “Heredity as Transmission of Information: Butlerian ‘Intelligent Design’,” *Centaurus* 48 (2006), pp. 133-148를 참조.



<그림 1> 제문의 엔그램. n1, o1, p1, q1이 같은 자극의 연속적인 시퀀스로 이루어진 엔그램이고, n1, n2, n3, n4, n5가 동시에 주어지는 다른 자극에서 구성된 엔그램 집합체(engram complex)이다. *Semon, The Mneme*, on p. 97.

여기서 기억이라는 것이 일종의 정보임을 주목할 필요가 있다. 사실 기억의 자극, 엔그램의 생성과 복구는 뇌세포에 정보를 엔그램의 형태로 각인하고 이를 복구하는 것과 동일한 과정이었다. 제문은 외부의 자극이 수용되고, 그것이 기억의 흔적을 만들고, 이것이 나중에 복구되는 각각의 단계를 엔그라피(engraphy), 엔그램, 에크포리(ecphory)라고 불렀다. 기억의 유전이란 이렇게 각인된 정보가 부모로부터 자식 세대로 전수되는 것이었다. 게다가 엔그램은 슈뢰딩거가 예로 들었던 텔레그램과 같이 정보가 연속적이고 단선적으로(unilinear) 조합되어 이루어진 것이었다(그림 1 참조).³⁶⁾ 제문은 동일한 알(egg)에 영양분을 다르게 제공함으로써

36) 슈뢰딩거가 제문의 엔그램이라는 개념을 자신의 *What Is Life?*에서 사용하고 있지는 않다. 그렇지만 많은 정보를 저장할 수 있는 “비주기적 결정”의 개념은 제문이 제시하지 못했던 엔그램의 구체적인 형태로 볼 수 있다.

이것이 각각 일벌과 여왕벌로 발달하는 것을 ‘기억의 원리’로 설명했는데, 앞에서 보았듯이 정보로서의 유전자의 개념을 설명하면서 슈뢰딩거도 비슷한 예를 들고 있음을 주목할 필요가 있다.³⁷⁾

슈뢰딩거는 비엔나 대학교를 다니던 시절에 친구 프림멜(Franz Frimmel)과 함께 1904년에 출판된 제몬의 『기억』을 읽고 이에 큰 영향을 받았다. 슈뢰딩거의 전기를 쓴 무어는 이 책이 그가 유일하게 다른 사람과 토론을 하면서 읽은 책이라고 서술하고 있다.³⁸⁾ 그런데 대학시절에 읽은 책의 영향이 30년을 뛰어 넘어서 1940년대에 그가 생명의 문제에 대해 고민을 할 때 다시 나타날 수 있을까? 이 질문에 대한 한 가지 답은 그가 물리학자로서 가장 창의적이었던 시점에 쓴 철학 저술 『길을 찾아서』에서 찾아볼 수 있다. 슈뢰딩거는 1960년에 35년이란 간격을 두고 자신이 쓴 두 편의 짧은 철학 소고를 『나의 세계관(My View of the World)』이란 제목의 책으로 엮었는데, 이 글들은 그가 1925년에 쓴 『길을 찾아서』와 1960년에 쓴 『무엇이 실재인가?』였다. 『나의 세계관』의 서문에서 그는 치레노비츠(Czernowicz)의 조교수직을 기다리던 1918년 무렵에 이론물리학 강의 준비에 몰입했던 시간 이외에 나머지 시간을 철학책을 읽고 철학적 사고를 하는 데 보냈다고 하면서, 당시에 그에게 영향을 미쳤던 사람으로 “스피노자, 쇼펜하우어, 마하, 리하르트 제몬, 그리고 리하르트 아베나리우스”를 꼽고 있다.³⁹⁾ 사실 그의 철학적 관심은 아마추어의 수준을 훨씬 넘는 것으로, 그를 잘 알던 한 물리학자는 전쟁이론가 클라우세비츠의 말을 인용해서 “[슈뢰딩거에게] 과학은 다른 수단을 이용한 철학의 연장이었다(science was the continuation of philosophy by other means)”고 했을 정도였다.⁴⁰⁾

『길을 찾아서』는 자아와 세계 사이에 구별이 없다는 논의부터 시작해서, 우리

37) 여왕벌과 일벌의 차이는 Semon, *The Mneme*, on p. 226. 제몬은 엔그램이 형이상학적인 것이 아니라 실체의 물질적 변형임을 강조했다. *Ibid.*, on p. 275. 제몬이 큰 영향을 받았던 버틀러도 유전을 정보의 저장과 전달로 파악했으며, 유전을 논하는 과정에서 ‘정보(information)’라는 개념을 사용하기도 했다. Forsdyke, “Heredity as Transmission of Information” on p. 137.

38) Moore, *Schrödinger: Life and Thought*, pp. 46-49.

39) Erwin Schrödinger, *My View of the World (Seek for the Road, 1925 and What is Real? 1960)* (Cambridge: Cambridge University Press, 1964), on viii. 이 책의 독일어판은 1961년에 출판되었다. 여기에서 *My View of the World*에 대한 참조는 *Seek for the Road*에 국한된다.

40) Walter Elasser, *Memoirs of a Physicist in the Atomic Age* (New York: Science History Publications, 1978), on p. 134.

인간이 같은 나무를 볼 때 이것을 모두 동일하게 의식한다는 사실을 지적한다. 이는 그에게 우리가 지각의 공통적인 요소, 즉 인간 모두에게 공통적인 의식의 요소를 가지고 있음을 의미하는 것이었으며, 이러한 “공유된 생각”이 의식의 복수성이 아닌 의식의 단일성을 보증하는 것이었다. 이 지점에서 그는 내 자신과 다른 사람의 구별이 없고, “내가 살고 있는 너의 삶이 곧 전체”라고 보는 힌두 베단타 철학을 소개한다. 이러한 논의는 “과학적 사고(scientific thoughts)”에 대한 7장으로 이어진다. 그는 7장을 동물의 본능에 대한 논의에서 시작하는데, 그에 따르면 동물의 본능은 일종의 개체의 기억을 뛰어 넘는 종의 기억이었고, 이는 인간에게서도 마찬가지였다. 지금의 우리는 우리의 수천 세대의 선조들이 했던 방식으로 반응하기 때문이다. 슈뢰딩거는 여기서 ‘자아’에 대한 논의로 넘어간다. 나의 고상한 자아는 유전자와 환경의 산물인데, 유전자라는 것은 이전의 환경의 영향에서 발달한 것이며, 이러한 환경의 영향은 살아있거나 죽은 사람들의 정신적인 인격체의 결과로서 만들어 진 것이다. 결국 그는 내 자아가 가장 엄격한 의미에서 내 조상에게 발생했던 모든 것과 연결되어 있다고 보는데, 내가 조상과 연결되어 있는 것은 50세의 내가 40세의 나의 연속이라는 의미처럼 분명하고 직접적이라는 것이다.⁴¹⁾

『길을 찾아서』와 『생명이란 무엇인가?』의 “결정론과 자유의지”에 대한 에필로그 사이의 연관성은 분명하다. 여기서 슈뢰딩거는 나와 너, 주체와 객체, 너의 의식과 나의 의식, 나와 절대자, 인간과 자연 사이의 경계를 허무는 철학적인 작업을 하고 있다. 슈뢰딩거는 자신의 철학적 저술이 이것들 사이에 사실 아무런 경계가 없고, 이 모든 것이 하나라는 것을 보이려는 목적을 띠었다고 여러 번 강조했다. 우리는 1925년부터 그가 이미 유전에 대해 관심을 가지고 있었음을 알 수 있는데, 그가 유전에 관심을 가진 이유는 다윈의 진화론에 대한 관심에서가 아니라 어떻게 나와 타인이 조상의 경험과 기억을 공유하고 있으며, 이러한 의미에서 공유된 생각을 가지고 있음을 보이려는 것이었다. 제문의 ‘기억’과 ‘기억의 원리’는 그의 철학적 세계관에 ‘과학적’ 증거를 제공했다.

슈뢰딩거는 『길을 찾아서』에서 제문을 여러 차례 언급하고 그의 ‘기억’을 상세히 논의하고 있다. 우선 앞에서 인용한 서문에서 그는 제문을 자신의 사상에 영향을 준 철학자 중 한명으로 거론하고 있다. 그리고는 나와 타인, 나와 세계, 나와

41) Schrödinger, *My View of the World* (Seek for the Road), passim.

신의 경계를 인정하지 않는 힌두 철학을 설명하는 부분에서도 제논의 사상이 소개된다.⁴²⁾ 슈뢰딩거는 나와 네가 우리 선조의 총합이며, 나의 의식은 우리 모두의 의식, 우리 이전에 살았던 사람들의 의식과 같은 것이 된다는 설명이 결국은 기억, 의식, 습관이 유전된다는 얘기와 다를 것이 없다고 하면서 이러한 생각의 주창자로서의 제논을 소개하는 것이다. 이어서 슈뢰딩거는 의식이 나누어지거나 복수(plural) 형태가 아니라 하나로 존재함을 보이기 위해서 플라나리아 재생(regeneration)의 사례를 드는데, 이 때 다시 제논을 인용한다. 마지막으로 슈뢰딩거는 유기체와 비유기체의 차이에 대해서 고찰하면서 제논의 ‘기억의 원리’가 유기체를 비유기체와 구별해 주는 한 가지 기준이 될 수 있다고 설명하고 있다.⁴³⁾

슈뢰딩거의 철학적 세계관은 그가 1930년대 말엽에서 1940년대 초엽에 생물학에 관심을 가졌던 시기에도 계속 남아 있었다. 슈뢰딩거는 『생명이란 무엇인가?』의 서문에서 “모든 것을 끌어안는 지식”의 갈망이 조상으로부터 우리에게 유전되었다고 적고 있으며, 정보 유전자의 개념을 통해서 조상이 저장한 정보가 어떻게 후손으로 이어지는가를 물리적으로 설명하기를 시도했다. 에필로그에서 주장한 “내가 곧 자연법칙”이며 따라서 “내가 곧 신이다”는 생각은, 그가 젊었을 때부터 강조했던 “우리는 모두 하나”라는 철학의 연장이었다. 이러한 철학적인 관심의 지속 속에서 제논의 ‘기억’은 슈뢰딩거의 정보 유전자 개념으로 자연스럽게 녹아들어왔다. 제논이 고민했던 문제는 형질이 유전된 뒤에 무엇이 그 형질의 발현을 관장하는가라는 것이었으며, 그는 이를 설명하기 위해서 기억과 정보의 유전을 함께 제시했다. 슈뢰딩거는 기억을 포함한 우리의 의식이 하나라는 것을 보이기 위해서 정보로 표현되는 기억의 유전을 받아들였고, 이는 그의 유전자 개념 속에 포함되었던 것이다.

42) 슈뢰딩거는 1950년대에 씌어진 한 메모에서 자신의 세계관을 형성하는 데 스피노자와 쇼펜하우어의 영향이 강했지만, 그가 30살에 접하게 된 우파니샤드의 영향이 다른 어느 사상에 비해서도 더 강력했음을 기록하고 있다. 이에 대해서는 Bruno Bertotti, “The Later Work of E. Schrödinger,” *Studies in History and Philosophy of Science* 16 (1985), pp. 83-100, on pp. 91-92를 볼 것.

43) Schrödinger, *My View of the World*, viii, pp. 24-31, p. 44.

5. 결론: 유전자와 “밈”의 관계에 대한 재고찰

과학사에서 사상적인 영향을 중요하게 다루는 전통은 물질적 요소를 포함한 국소적(local) 맥락에 주목하는 연구 방법론에 비해서 그 역사가 더 오래되었지만, 최근에는 조금 빛바랜 연구 방법론으로까지 여겨진다. 그 이유 중 하나는 과학의 실행(scientific practice)의 구체적 과정에 관심을 가지는 최근 과학사학자들은 과학자들이 연구에 사용하는 다양한 ‘밈천(resources)’을 그가 연구를 수행하는 그 당시, 바로 그 주변에서 이용 가능한 이론적, 실험적, 물질적 요소들로부터 가져온다고 생각하기 때문이다. 이러한 접근방법은 과학자들의 연구를 그가 존재하는 물질적 세상과 더 긴밀하게 연결시키고, 그의 새로운 개념이나 이론이 마치 하늘에서 떨어진 것처럼 서술하지 않는다는 이점이 있지만, 슈뢰딩거에서 볼 수 있는 것처럼 과학자가 가지고 있는 철학적, 사상적 신념의 장기적인 영향을 무시할 수 있는 문제를 낳는다. 1980년대 이후에 슈뢰딩거가 제논의 영향을 여러 차례에 걸쳐서 강조하고 있다는 사실을 놓치지 않은 과학사학자들도 이것보다 그의 국소적 환경에 더 주의를 기울였다.⁴⁴⁾

과학자나 역사학자가 훨씬 더 흥미를 가진 것은 정보 유전자의 개념이 ‘밈(meme)’ 개념으로 이어졌다는 것이다. 밈은 1976년 도킨스(Richard Dawkins)가 『이기적 유전자』에서 이것을 “문화적 전수 혹은 모방의 단위”로 제안한 뒤에 널리 알려졌다.⁴⁵⁾ 도킨스의 밈은 문화적 전수나 인간의 행동을 설명하는 데 사용되는 “자기복제자의 단위”인데, 그는 모방하다는 뜻을 가지는 그리스어의 mimeme을 유전자 진(gene)의 소리와 흡사하도록 철자를 바꾸어서 이 신조어를 만들었다고 기

44) Kay, *Who Wrote the Book of Life?* p. 62; Michel Morange, *A History of Molecular Biology* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1998), pp. 77-78. 이것 이외에도 제논이 ‘잘못된’ 라마르크주의에 근거했으며, 슈뢰딩거가 제논을 힌두 철학과 결부시켜서 논의했다는 사실도 슈뢰딩거의 연구를 그의 사상적 맥락에서 분리시켜서 파악하게 한 이유가 될 수 있다. 20세기 다윈주의 진화론과 멘델주의 유전학의 주류에서 중요한 역할을 한 정보 유전자 같은 개념에 라마르크주의나 힌두 철학이 영향을 미쳤을 것이라고 생각하기 힘들었다는 것이다. 특히 힌두 철학을 신비주의의 한 지류로 밖에 간주하지 않는 서양의 학계에서 그의 시도는 더더욱 받아들여지기 힘들었다. Crow, “Erwin Schrödinger and the Hornless Cattle Problem,” on p. 239.

45) Richard Dawkins, *The Selfish Gene* (Oxford: Oxford University Press, 1976) ch. 11.

록하고 있다. 도킨스의 책이 출판된 이후에 밈을 연구하는 메메틱스(memetics)라는 분야도 등장했고, 이에 종사하는 밈 연구자들은 유전자(gene)를 본따서 밈 풀(meme pool), 미모타이프(memotype)와 같은 조어도 만들었다.

최근에 메메틱스를 연구하는 한 학자는 도킨스 이전에 이미 제몬이 ‘기억(mneme)’이라는 개념과 단어를 제시했음을 발견했다.⁴⁶⁾ 그런데 이들이 미처 깨닫지 못한 흥미로운 사실은 제몬과 슈뢰딩거를 함께 고려할 경우에 이 영향관계가 역전된다는 것이다. 이제 우리는 도킨스의 meme이 gene의 영향을 받았다고 보기 보다는, (제몬의) mneme의 영향을 받은 (슈뢰딩거의) gene이 (도킨스의) meme을 낳았다고 볼 수 있기 때문이다. 슈뢰딩거의 gene이 제몬의 mneme의 영향을 받았고 도킨스의 meme이 슈뢰딩거의 gene의 영향을 받았다면, 결국은 meme과 gene의 관계는 물리고 물린 것이 된다. 그렇지만 조금 자세히 들여다보면 이 관계가 아주 기묘한 것은 아닌데, 그 이유는 제몬이 해결하려고 노력했던 ‘기억’의 유전은 사실 ‘정보’의 전달이라는 문제였고, 이것이 바로 정보 유전자의 개념을 제창한 슈뢰딩거나 문화적 정보의 진화를 고민한 도킨스를 관통하는 주제였기 때문이다.⁴⁷⁾

46) J. Laurent, “A Note on the Origin of Memes/Mnemes.” *Journal of Memetics: Evolutionary Models of Information Transmission* 3 (1999) (available online at http://jom-emit.cfpm.org/1999/vol3/laurent_j.html). Laurent은 도킨스가 제몬의 mneme 개념을 널리 사용한 벨기에 곤충학자 Maurice Maeterlinck의 저작을 알고 있었을 것이라는 판단 하에, 도킨스가 제몬의 mneme 개념에 접했을 것이라고 추측하고 있다.

47) 이 논문에서는 다루지 못했지만 또 다른 흥미로운 연구 주제는 제몬의 mneme 개념이 20세기 역사학의 “집합적 기억(collective memory)” 개념에 미친 영향이다. 집합적 기억의 주창자 중 한 명인 Aby Warburg는 제몬의 *Die Mneme*에서 영향을 받았음을 분명히 하고 있다. 이에 대해서는 Jan Assmann, “Collective Memory and Cultural Identity,” *New German Critique* 65 (1995), pp. 125-133 참조.