

공학소양교육 사례로서의 DNA 구조 발견

남영

한양대학교 창의융합교육원

Discovery of the DNA double helix structure as a model of Liberal Education for Engineers

Nam, Young

Center for Creative Convergence Education, Hanyang University

ABSTRACT

This study is an analysis of the process of the discovery of the DNA double helix structure from an engineering literacy education perspective. The explanation of the DNA double helix structure by James Watson and Francis Crick in 1952 is a well-known scientific episode. The process is also a combination of various incidents that can frequently happen in competitive engineering research and development situations. Therefore, the process of the discovery of the DNA structure is a remarkable event that can cover all subjects, such as engineering and ethics, research ethics, communication between researchers, engineering and leadership, engineering and teamwork, and engineering and women. This paper focuses on analyzing the research ethics issues associated with Rosalind Franklin and comparing and analyzing the three teams that were very close to the discovery of the DNA structure. By looking at why the Watson and Crick team got the final answer instead of the Linus Pauling's team or the Maurice Wilkins and Rosalind Franklin's team, the virtues of the technology development process that should be taught in engineering literacy education will be naturally presented.

Keywords: DNA structure discovery, Research ethics, Engineering and leadership, Engineering and teamwork, Engineering and woman

I. 서 론

팀 단위로 연구개발이 이루어지고, 유사한 주제에 대해 여러 연구팀이 동시에 연구개발을 진행하는 것이 일반화한 오늘날, 연구경쟁과정에 대해 이해하고 연구 업적 배분에 관련된 연구 윤리를 이해시키는 것은 공학소양교육과정에서 중요한 문제로 부각되고 있다. 짧은 기간 내에 발견이 예상되는 과학적 업적이 여러 학자들에 의해 동시발견 되는 경우 연구업적을 둘러싼 논쟁을 해결하는 것은 쉽지 않은 문제로 대두된다. 특히 '실험적 발견'과 '상황 해석'이라는 두 가지 다른 맥락의 연구를 단일 연구팀이 해내지 못했을 때 연구 윤리적 맥락은 더욱 복잡해지기 마련이다. 이런 측면에서 과학기술의 신생 분야에서의 개발경쟁이 어떤 형태로 발생하게 되는지에 대해 다양한 맥락이 혼합된 구체적 사례를 통해 접근해 보는 것은 공학소양교육의 훌륭한 모델이 되어 줄 수 있을 것이다. DNA 구조발견이라는 과학사적 사건은 이런 측면에서 적절한 사례라 할 수 있다.

1953년 제임스 왓슨(James Dewey Watson, 1928-)과 프랜시스 크릭(Francis Harry Compton Crick, 1916-2004)의 DNA 이중나선구조의 발견은 과학기술의 역사에서 기념비적 사건이다. 생명현상에 대한 기계적 모델제시의 완성형이었고, 이후 유전자 검사와 유전자 재조합이라는 최신기술의 모태가 된 사건이었다. 그래서 60년 이상의 시간이 지난 지금도 DNA 이중나선 구조 모형은 과학기술의 대표적 상징물이며, 단순화된 측면은 있지만 대중적으로도 비교적 널리 알려진 사건이기도 하다. 하지만 무엇보다 이 이야기는 공학기술과 윤리, 연구 윤리, 연구자간 의사소통, 공학기술과 리더십, 공학기술과 팀워크, 공학기술과 여성 등의 주제가 종합된 사례로서 공학소양교육에 활용할 중요한 소재이기도 하다. 이 연구는 DNA 구조발견 과정에서 전술한 다양한 주제들을 여러 각도에서 분석해 보면서 바람직한 공학연구 활동의 모습을 제시해 보고자 한다.

이 논문은 역사적 사실묘사와 해석에 기초한 기술적(Descriptive) 연구에 해당한다. 복잡한 DNA 구조 규명 과정은 여러 주체들에 의해 다각도로 분석되었기에 연구과정의 세부사실에 객관적으로 접근하기 비교적 용이하다. 일차 자료로 왓슨 스스로 쓴 『이중나선(The Double Helix, 1968)』과 『

Received October 10, 2018, Revised November 15, 2018

Accepted November 30, 2018

† Corresponding Author: guderian@hanyang.ac.kr

DNA: 생명의 비밀(DNA : The Secret of Life, 2003)』와 왓슨에 의해 평가절하 된 로잘린드 프랭클린(Rosalind Elsie Franklin, 1920-1958)을 재평가한 전기로 『로잘린드 프랭클린과 DNA(The Dark Lady of DNA, 2002)』가 있고, 기타 DNA 구조 규명과정의 논쟁점들에 대한 분석서와 여러 자료들이 있다(Watson, 1968; Watson & Berry, 2003; Watson, 2007; Maddox, 2002; White, 2001; Leby, 2010). 이 연구에서는 이런 자료들을 재검토하여 전술한 공학 교육적 맥락에 따라 재구성해 볼 것이다. 논문은 먼저 DNA 구조발견과정에 대한 자료들을 토대로 경쟁 팀들의 주요한 국면을 메타적으로 비교하며 정리한 뒤, 연구 윤리적 측면에서의 논쟁점을 분석하고, 공학소양교육에서 주목해 보아야 할 교훈들을 종합해 보는 순서로 구성되었다.

II. DNA 구조 발견 과정

1. 역사적 배경

1953년 4월 25일 <네이처(Nature)>지에 왓슨과 크릭이 단 두 쪽의 논문을 실으면서 인류는 DNA가 이중 나선구조로 되어있다는 사실을 알게 되었다. 이 발견 이후 유전자 조작기술이나 유전자 검사 기술 등 생명과학의 발전은 눈부시게 이루어졌고, 생명과학 분야 전체의 연구방법론을 바꾸는 수준에 이르렀다. 그러기에 왓슨과 크릭의 발견은 과학사 전체에서 손꼽힐 중요한 업적이 되었다. 1950년대에 이루어진 이 기념비적 사건은 이전 시기 축적된 분자구조 해석에 대한 화학적 연구와 생리학적 연구들이 기반이 되었다. 제2차 세계대전 직후 생물학계의 상황은 DNA가 유전물질임이 거의 분명해진 상황이었다(Watson & Berry, 2003: 49-54; White, 2001: 121-123). 따라서 DNA는 생명의 본질에 대한 비밀을 내포하고 있는 물리적 근원이며, 아마도 그 물리적 구조가 생명체의 개별특성을 발현시키는 역할을 하고 있을 것으로 기대되었다. 즉, DNA 구조를 규명하는 작업은 생명현상의 본질에 대한 이해의 초석이라는 생각에 도달하게 되었고, 좀 더 단순화한다면 여러 주요 연구팀들에게 이 작업은 결국 ‘노벨상 경쟁’에 해당하는 작업이라는 암묵적 공감대가 형성된 시점이기도 했다. 왓슨과 크릭 같은 연구자들은 이런 시대분위기 속에서 ‘DNA 구조 규명을 통한 노벨상 사냥’이라는 분명한 목표를 설정할 수 있었다.

그리고 왓슨과 크릭이 활용할 수 있는 DNA 구조에 대한 선도연구도 충분히 축적되어 있었다. 1930년대에 세포핵 속의 DNA가 아데닌(adenine), 구아닌(guanine), 티민(thymine), 시토신(cytosine)의 네 종류의 염기로 이루어져 있음이 밝혀졌고 그 형태는 상당히 긴 끈 모양의 분자임이 추측되었다. 미국 화

학자 어윈 샤가프(Erwin Chargaff)는 1949년에 DNA 염기의 정량분석을 통해 아데닌과 티민, 구아닌과 시토신이 각각 1:1의 비로 들어 있다는 사실도 발견했다(Watson & Berry, 2003: 51-53; White, 2001: 123-124; Maddox, 2002: 156-157). 즉 DNA는 네 개의 부품으로 이루어져 있고, 그 부품 간 비율도 알려졌으며, 전체 구조는 긴 끈 모양이라는 사실까지 충분히 추정된 시점이었다. 그리고 이런 고분자 화합물들은 X선 회절 사진을 찍어서 그 패턴으로부터 본래의 3차원적인 구조를 역추적 한다는 표준적 방법론도 제시되어 있었다.¹⁾ 한 마디로 이 연구는 몇 년 내외의 단기간에 결과가 나올 것으로 기대되는 작업이었고 구조규명을 위한 구체적 방법론에 대해서도 어느 정도 합의가 이루어진 상황이었다. 따라서 DNA 구조 규명작업은 끝이 보이지 않는 연구라기보다는 명확한 구체목표가 정해진 단기간의 ‘제품개발 경쟁’에 가까웠다. 이런 상황 진행 속에 1950-1953년의 기간 크게 세 개의 팀이 이 경쟁에서 중요한 역할을 수행하게 된다. 각각 미국의 라이너스 폴링(Linus Carl Pauling, 1901-1994), 런던 킹스칼리지(King's College)의 모리스 윌킨스(Maurice Hugh Frederick Wilkins, 1916-2004)와 로잘린드 프랭클린 팀, 그리고 케임브리지 대학(Cambridge University) 캐번디시 연구소(The Old Cavendish Laboratory)의 왓슨과 크릭 팀이 바로 그들이었다.

2. 폴링의 연구

가장 유명했고 누가 보아도 DNA 구조를 규명할 가능성이 높은 연구자는 미국의 폴링이었다. 1925년 캘리포니아 공대(Caltech)에서 최우등으로 물리화학 박사가 된 폴링은 1954년 노벨화학상, 1962년 노벨평화상 수상자이기도 하다. 지금까지 단독으로 노벨상을 두 번 수상한 사람은 폴링이 유일하다.²⁾ 특히 양자역학을 화학에 적용한 포괄적 공로로 노벨 과학상을 받았을 뿐만 아니라, 지표핵실험에 반대하는 적극적인 반전반핵 운동을 펼쳐 노벨평화상이라는 전혀 다른 분야의 상을 받은 독특한 이력을 가진 학자다. 그는 왓슨과 크릭의 역할 모델이자 경쟁자 역할을 했으며 분자생물학 분야 전체에 큰 영향을 끼쳤다. 먼저 폴링은 생명을 이루는 대표적 고분자화합물인 단백질의 분자 구조를 규명하는 작업부터 시작했다. 그리고 이 과정에서 마치 프라모델 조립 같은 분자모형 만들기 작업을 통해 분자구조를 추정해냈고, 그 결과 극적인 성공을 이끌었다(Watson & Berry, 2003: 57-58; White, 2001: 106-108).

1) 그림자 사진의 모양을 보고 본래의 3차원적 형태를 추정해보는 것과 유사한 작업이다.

2) 공동수상을 합치면 마리 퀴리(Marie Curie), 존 바딘(John Bardeen), 프레데릭 생어(Frederick Sanger)가 있다.

왓슨과 크릭은 바로 이 방법을 DNA 구조 규명 연구에 그대로 적용한다. 이후 자신감을 얻은 폴링은 DNA 구조 규명작업에 착수했는데, 이 과정에는 몇 가지 불운이 중첩되며 기회를 놓치고 DNA 구조 발견의 공로는 왓슨과 크릭에게 돌아가게 된다.

폴링이 실패한 한 가지 이유는 그의 사회적 활동의 결과 미국정부가 폴링에게 적대적이었다는 것이다. 2차 대전 이후 매카시즘(McCarthyism)의 광풍이 몰아치던 무렵, 폴링은 아인슈타인(Albert Einstein), 버트란트 러셀(Bertrand Russell) 등과 함께 반핵운동에 뛰어 들었다. 그러자 FBI는 폴링을 감시하기 시작했고, 매카시(Joseph McCarthy) 상원의원도 그를 위협인물로 낙인찍었다. 폴링은 1952년 5월 1일 영국 왕립학회 DNA 심포지엄에 강연자로 초대 받았지만, 미 국무부가 여권을 압수해 참석하지 못했다. 당시 미국 정부는 미국의 정책에 비판적인 발언을 할 소지가 있는 지식인들이 미국 밖으로 여행하는 것을 엄격히 금지했다.³⁾ 폴링이 참석하지 못했던 이 학회에서 폴링에게 결정적 힌트를 줄 수도 있는 X선 회절 사진이 발표되었다(Maddox, 2002: 221-222). 당시 미국 연구자들이 사용하던 X선 회절 장비는 영국의 장비보다 성능이 떨어졌다. 그래서 폴링은 그때까지 영국의 연구자들이 얻을 수 있는 X선 회절 사진의 패턴보다 훨씬 흐릿한 패턴만 관찰할 수 있었다(White, 2001: 109). 폴링의 반핵운동은 폴링이 노벨평화상을 수상하게 만들었지만 동시에 노벨생리의학상을 빼앗은 셈이기도 했다.

두 번째 문제는 그가 너무 유명인이었고 자신의 성공 방법에 취해있었다는 점을 들 수 있다. 폴링이 성공시켰던 단백질 알파나선 구조의 규명이 결국 그가 DNA 구조 규명에 실패하는데 영향을 미쳤다. 1952년 12월에 폴링은 성급하게 DNA 구조에 대한 논문을 발표했다. 분명하게 틀렸으면서도 왓슨-크릭 팀에게 동기부여와 힌트를 준 이 논문은 ‘폴링의 가장 큰 실수’로 평해졌다(Hager, 1998: 150). 이 논문에서 폴링은 단백질 분석 때와 똑같은 방법을 적용해서 DNA를 분석했는데, 죽어서 말라붙은 DNA에서 얻은 시료로 분석을 시도했다. 수분을 빼앗겨 말라붙은 DNA는 서로 엉켜서 두꺼워졌고, 이를 X선 회절 사진으로 찍어 본 폴링은 3중 나선구조로 파악해 버렸다. 더구나 폴링의 결과물은 놀랍게도 산(acid)이 아니었다. DNA의 ‘A’가 산임에도 그는 중성의 결과물을 내놓는 초보적 실수를 저질렀다(Watson & Berry, 2003: 64-65). 거기다 폴링의 아들 피터 폴링(Peter Pauling)은 이 시기 캐번디시에 와 있어서 아버지의 이 ‘틀린’ 최신논문을 왓슨-크릭 팀에게 보여주지 않았다(White, 2001: 136-137). 왓슨과 크릭은 폴링 같은 대

가도 이전에 자신들이 했던 실수를 똑같이 되풀이했다는 것에 놀랐고 큰 방향성에서 틀리지 않았다는 자신감을 가지게 되었다. 더구나 폴링의 삼중나선구조 논문을 통해 DNA가 나선임에는 분명하다는 암시를 충분히 얻을 수 있었다. 피터 폴링은 아버지에게 이런 분위기를 알렸지만 폴링은 이름 없는 캐번디시의 연구자들을 대수롭지 않게 보았다. 한 마디로 폴링은 왓슨-크릭 팀이 볼 수 있었던 X선 회절사진을 보지 못했고, 폴링의 연구결과물들은 모두 왓슨-크릭 팀에게 노출되었다. 폴링의 경우는 스스로의 학문적 업적의 유명세, 이전 성공방법론에 대한 과신, 사회적 책임을 다하기 위한 자신의 사회적 선택들이 DNA 연구의 결과에 부정적 영향을 미친 셈이다.

3. 월킨스-프랭클린 팀의 연구

또 한 팀은 런던 킹스칼리지의 모리스 월킨스와 로잘린드 프랭클린 팀이었다. 모리스 월킨스는 뉴질랜드에서 출생했고 케임브리지에서 공부한 영국 생물물리학자로 제2차 세계대전 중 미국에서 맨하탄 계획 참여하는 등 물리학자로서의 이력을 가지고 있었다. 1946년 런던대학 킹스칼리지로 와서 의학연구부 생물물리실에서 프랭클린과 DNA의 구조 결정과 RNA 결정을 연구했다. 월킨스는 1962년에 왓슨, 크릭과 함께 노벨생리의학상을 공동 수상했다.

로잘린드 프랭클린은 영국 유대인 상류층 출신으로 킹스칼리지에서 월킨스와 팀을 이루지만 둘은 상당한 불화를 겪었다. DNA 구조 규명 연구에서 케임브리지 캐번디시 연구소의 왓슨-크릭 팀과 경쟁관계였으며 동시에 폴링과의 경쟁을 놓고서는 어느 정도의 협력 관계였다. 1952년에 프랭클린은 결정적인 X선 회절 사진을 찍었고 왓슨과 크릭은 이 사진에서 상당한 아이디어를 얻었음을 여러 번 밝혔다. 이 부분은 프랭클린과 관련된 가장 논쟁적인 이야기가 되었다. 이후 프랭클린은 두 번의 난소암 수술을 받았고 자궁적출 후에도 연구를 계속했으나 1958년에 결국 38세의 나이로 사망했다.

월킨스-프랭클린 팀이 결정적 결과물들을 만들어내고도 최종적 DNA 구조규명 경쟁에서 뒤쳐진 이유로 가장 먼저 언급되어야 할 것은 연구원간 협력이 원활하지 못했다는 점을 들 수 있다. 막역한 우정을 나눈 왓슨-크릭 팀과는 달리 프랭클린과 월킨스는 끝끝내 가까워지지 못했고 적절한 팀워크를 만들지 못했다. 이 부분은 그들이 DNA 구조규명의 기회를 놓친 중요한 이유로 종종 회자된다. 여기에는 여러 가지 요소가 개입했다. 우선 1950년대의 사회 분위기는 아직 여성의 사회활동에 부정적인 분위기였기에, 남성 연구원들은 여성연구원과의 협업에 익숙하지 못한 상황이었던 점은 고려되어야 한다. 성별이 다른 연구원 사이에 우정을 나누기에는 한계가 있었던 시절

3) 심지어 놀랍게도 폴링은 1954년 노벨 화학상 수상 때에도 국무부의 허락을 받아 간신히 출국할 수 있었다.

이었다. 이런 측면들은 월킨스나 프랭클린 개인의 문제로 보기 힘든 시대적 한계로 보아야 한다. 하지만 프랭클린과 월킨스는 성격 면에서도 너무 달랐다. 여러 업무에서 감정적 충돌이 생겨나자 월킨스는 프랭클린과 관계개선을 위해 나름의 노력을 기울였지만 끝끝내 둘의 관계를 호전시키지 못했다. 일에 빈틈 없고 상대방에게 여유롭게 대하는 편은 아니었던 프랭클린은 월킨스로서는 대화하기 힘든 상대였다.⁴⁾ 그 결과 혼성팀인 월킨스-프랭클린 팀은 적절한 동료로서 우정을 나눌 기회를 만들지 못했다. 거기다 킹스칼리지 생물물리학 과장이었던 존 랜들(John Randall)의 미숙한 리더십은 이들의 불화를 확대시킨 측면이 있다. 한 예로 랜들은 프랭클린이 일을 시작할 때 월킨스가 DNA 연구에서 물러났다는 것을 암시하는 표현들을 했는데, 월킨스에게는 그런 업무조정에 관한 이야기를 전혀 언급하지 않았다.⁵⁾ 그래서 월킨스는 DNA 연구가 여전히 자신의 연구이며 프랭클린이 보조연구자라고 인식했고, 프랭클린은 자신이 DNA 연구의 주체라고 생각했다(White, 2001: 113). 랜들의 운영미숙은 서로의 업무범위에 대한 오해를 만들고 결정적으로 둘을 반목하게 했다. 시간이 지나면서 프랭클린은 월킨스가 무능력하다고 생각했고 그가 자신의 데이터를 ‘주제넘게’ 마음대로 해석한다고 보았다. 둘의 사이가 크게 나빠지자 결국 랜들은 두 사람이 서로 다른 형태의 DNA를 연구하도록 상황을 정리한다. 이런 팀의 모호한 분리운영은 결국 월킨스와 프랭클린이 DNA 구조발견 경쟁에서 뒤쳐지는 원인이 된다. 연구

기관의 팀원 간 불화와 이에 대한 행정적 대응의 미숙이 큰 기회를 잃게 만든 셈이다.

덧붙여 그들의 연구 방법론적 한계도 생각해 볼 수 있다. 프랭클린과 월킨스는 화학자로서 강한 자부심을 가지고 있었고 이는 그들이 화학실험이나 X선 회절 사진 분석 등의 전문분야의 방법론에만 집중하는 결과로 이어졌다. 왓슨과 크릭이 폴링의 책을 보고 그의 모형제작기법을 열심히 따라하고 있을 때, 프랭클린은 폴링의 모형제작기법을 과학이라 부를 가치조차 없다고 생각했다(Goertzel, 1995: 221). 이런 전문가적 오만으로 그들은 자신의 방법론을 고집했고 폴링의 방법론을 끝끝내 시험해보지 않았던 것은 연구에 큰 한계로 작용했다. 또한 연구스타일 면에서 월킨스와 프랭클린은 꼼꼼하게 확인하며 사실만을 명확히 묘사하는 유형이었다. 검증에 집중하는 이 연구스타일은 과학연구에 반드시 필요한 유형이지만 상상력을 갖춘 연구자를 조력자로 가졌을 때 제대로 빛을 발할 수 있다. DNA의 구조를 추측하는 과정은 과감한 상상력이 필요한 작업임에도 그들은 X선 회절 사진의 분석에만 집착하는 매우 보수적인 접근을 반복했다. 이런 방법론과 스타일은 때에 따라 반드시 필요한 덕목들이지만 목표가 명확하고 단기간에 결과가 나올 확률이 높았던 DNA 구조 규명 연구에서는 경쟁에서 뒤쳐지는 결과로 이어지고 말았다.

4. 왓슨-크릭 팀의 연구

또 하나의 팀이 DNA 구조발견자로 이름이 남게 된 케임브리지 캐번디시 연구소의 왓슨과 크릭 팀이었다. 크릭은 월킨스처럼 물리학자의 이력을 가지고 있었다. 크릭은 제2차 세계대전 시기 자기기뢰를 개발하는 작업을 수행했던 물리학자였으나 전후 생물학으로 방향을 바꿨다. 생체 내 거대분자들의 3차원적 구조규명 연구에 흥미를 느껴 1949년에 캐번디시 연구소로 자리를 옮겼고, 1951년에 이 실험실에 온 왓슨과 한 팀을 만들게 된다.

왓슨은 주요 인물들 중 가장 어린 경우로 1951년 이 연구에 깊숙이 개입할 당시 불과 23세의 나이였다. 시카고 출생으로 시카고대학교에서 동물학 학사를 받고 인디애나대학교에서 박사학위를 받았다. 인상적인 이력을 가지고 있을 나이도 아니었고 객관적 경쟁력은 주요 인물들 중 가장 낮았다고 할 수 있다. 그럼에도 가장 중요한 아이디어는 그에게서 나오게 된다. 1951년 케임브리지 대학교 캐번디시연구소 연구원으로 오게 된 그는 1953년까지 불과 1년 반의 기간 동안에 크릭과 공동 연구로 DNA 이중나선 구조를 규명하는데 성공했다. 이후 하버드대학교 생물학 교수를 역임하고 1962년 노벨 생리의학상 수상자가 되는 성공가도를 달렸다. 그리고 후일 캐번디시 연구소

4) 프랭클린은 단호하게 상대의 눈을 바라보고 빨리 말했고, 월킨스는 다른 곳을 바라보고 천천히 말하면서 불만이 있을 때는 침묵하는 유형이었다. 프랭클린의 성격에 대한 평가는 다양하다. 왓슨은 부정적인 언급을 남겼지만 프랭클린에게 배치되었던 레이먼드 고즐링(Raymond Gosling)은 프랭클린이 함께 일하기 좋은 상사라고 평가했다(Maddox, 2002: 183). 고즐링은 킹스칼리지에서 유일하게 X선 결정법을 사용하던 박사과정생으로 양질의 사진을 찍어 프랭클린을 도운 조수였다. 하지만 그런 고즐링도 프랭클린이 ‘강렬하면서도 대화에서는 어색한 만’이 있다고 표현했다(Maddox, 2002: 166). 1951년의 여름 몇 달간을 프랭클린과 함께 보낸 노마 서덜랜드(Norma Sutherland)는 이렇게 말했다. “그녀의 태도는 무뎠고 때로 호전적이었다. 말할 때 상대방에게 대단한 적의를 불러 일으켰고 그 점에 대해 전혀 무심경했다. 하지만 그녀는 내게 친절함 그 자체였고 함께한 그 일주일에 대해 따스한 기억을 가지고 있다. 내 생각으로 그녀에게는 직장동료가 아닌 친구가 필요했다(Maddox, 2002: 191-192).” 여러 증언들을 종합해볼 때 프랭클린은 공과 사의 영역을 명확히 구분하는 사람이었다. 이런 부분이 특히 ‘여성’이라는 이미지로 ‘여성연구원’을 바라보고 있는 당시 시대분위기 속에서는 차갑고 독선적이라는 부정적 이미지로만 비쳐질 여지가 훨씬 더 컸을 듯하다.

5) 일을 시작할 때 랜들에게 ‘X선 실험에 관한 한 지금은 당신과 고즐링만 담당 한다’는 내용이 담긴 편지를 받았던 프랭클린은 월킨스가 DNA 연구에서 물러났다고 생각하고 있었다. 월킨스는 이 편지를 끝끝내 보지 못했다. 그래서 자연스럽게 프랭클린과 고즐링이 찍은 사진을 자신이 분석하는 것으로 생각했다. 수십 년 후 월킨스는 랜들이 일부러 자신을 몰아내려는 속셈으로 두 사람 사이의 오해를 조장했던 것이라고 추측했다(Maddox, 2002: 190).

에서의 DNA 구조 발견 과정을 다룬 자서전인 『이중나선』을 써서 더욱 유명해지게 되었다. 유전자 결정론적이고 인종차별, 성차별적인 돌출발언으로 많은 비난을 받았던 그는, 1988~1992년 사이에는 HGP(Human Genome Project)의 총책임자로 노익장을 과시하기도 하는 등 공과 과를 논하기 쉽지 않은 파란만장한 삶을 살았다.

왓슨-크릭 팀의 성공에 주효했던 결정적 순간을 정리해 본다면 다음의 몇 가지 상황을 들 수 있다.

먼저 왓슨-크릭 팀은 폴링이 제시한 선구적 연구방법론들을 손쉽게 학습할 수 있었다는 큰 행운이 따랐다. 폴링이 단백질 구조 연구에서 사용한 모형조립이라는 방법론을 왓슨-크릭 팀은 빠르게 받아들였고, 폴링의 DNA 삼중나선구조 논문은 나선 구조에 대한 확신을 심어주었다. 폴링이라는 거인의 어깨 위에서 일정기간 동안 따라하기 전략을 되풀이한 결과 왓슨-크릭 팀은 정답에 가깝게 접근할 수 있었다. 유명한인 폴링의 모든 카드를 왓슨-크릭 팀은 볼 수 있었고, 폴링은 왓슨-크릭 팀의 존재감을 전혀 느끼지 못했다는 점이 이 경쟁에서는 아주 유리하게 작용했다.

그리고 결정적 순간 왓슨-크릭 팀은 폴링을 추월했다. 이 ‘가속’은 어느 정도 그들의 연구에 또 다른 연구팀, 바로 월킨스-프랭클린 팀의 자료를 창조적으로 재해석하는 과정이 추가되었기에 가능했다. 사실 월킨스-프랭클린 팀의 존재는 처음부터 왓슨-크릭 팀의 시행착오들을 교정해 주는 순기능이 있었다. 대표적인 것이 처음 왓슨-크릭 팀이 만들었던 삼중나선 모형의 문제점을 프랭클린이 날카롭게 지적해 준 것을 들 수 있다. 이후 폴링의 삼중나선 논문을 본 며칠 뒤 왓슨은 킹스 칼리지로 월킨스를 찾아갔다. 그런데 대화 중 월킨스는 자기 서랍을 열어 프랭클린이 반 년 전에 찍은 B형 DNA의 X선 회절 사진을 보여주었다. “그 사진을 본 순간 입이 떡 벌어지고 맥박이 마구 뛰기 시작했다.....더구나 사진에 뚜렷이 드러난 검은 X 모양은 나선형 구조에서만 나올 수 있는 것이었다.” 왓슨은 이때 인상을 이렇게 표현했다(White, 2001: 139). 이중나선 구조 모형에 대한 생각은 이미 가지고 있었지만 프랭클린의 사진은 DNA는 반드시 나선형이라는 확신을 심어줄 수 있는 결과물이었다.

확신을 가진 왓슨과 크릭은 모형조립을 계속했고 마침내 1953년 2월 28일 저녁에 모든 상황을 만족할만한 모델을 얻어냈다. 네 가지 염기 ‘부품’의 비율을 모두 만족시키고, 프랭클린의 사진과도 조화를 이루며, 어떻게 DNA가 동작하면서 똑같은 쌍을 복제해 낼 수 있는지 까지를 모두 설명하는 모델이었다. 그리고 3월 7일까지 높이 180센티미터가 넘는 세계 최초의 DNA 이중나선 분자 모형을 완성시켰다. 이 몇 주간의 상

황이 왓슨과 크릭의 인생을 결정했다. 왓슨과 크릭은 4월 2일에 논문을 <네이처>에 보냈다. 그리고 1953년 4월 25일 <네이처> 통권 171의 737~738쪽에 실린 1,000 단어도 안 되는 128줄짜리 논문 “핵산의 분자구조: 디옥시리보핵산의 구조(Molecular structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid)”는 전 세계에 DNA의 구조를 확인시켰다. 그들의 성공은 특별한 방법론에 의한 것이 아니라 한 마디로 다른 팀들의 강점을 융합한 체계적 재해석의 결과물로 해석해 볼 수 있다.

5. 이후의 과정

월킨스와 프랭클린은 1953년 <네이처> 같은 호에 크릭과 왓슨 동의하에 각각 논문을 실었다. 프랭클린은 자신의 논문 “핵산의 분자구조. 나트륨 티모뉴클레이트의 분자 구조(Molecular Structure of Nucleic Acids. Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate)” 실었고, 자신이 찍은 X선 회절사진을 통해 왓슨-크릭의 모형을 정당화 해주었다. 월킨스는 “핵산의 분자구조: 디옥시리펜토스 핵산의 분자구조(Molecular Structure of Nucleic Acids. Molecular Structure of Deoxyribose Nucleic Acids)” 논문을 실어 지난 3년 동안의 실험데이터를 제시하고 DNA와 유사한 디옥시리펜토스 핵산 역시 나선형 구조임을 보였다(White, 2001: 145). 즉, 1953년 DNA 구조 발견과 관련된 논문은 세 편이며 저자는 네 명이었고, 모두 <네이처> 같은 호에 실렸던 것이다. 이후 시간이 흘러 프랭클린은 1958년에 사망했고, 1962년도 노벨생리의학상은 왓슨, 크릭, 월킨스 3인이 공동수상했다. 상황은 그렇게 정리될 확률이 높았으나, 새로운 논쟁은 1968년에 왓슨이 『이중나선』을 출판하면서 시작되었다. 왓슨의 책은 쉽고 재미있어서 추천도서로 많이 읽혔지만 많은 여성독자들을 자극했고 역설적으로 프랭클린에 대한 주의를 환기시키게 되었다. 프랭클린의 이야기에서 가장 논쟁적인 부분은 바로 월킨스가 프랭클린이 찍은 X선 회절사진을 보여주는 부분이다. 동료인 월킨스는 사전 허락 없이 그녀의 사진들을 분석했고, 그것들을 왓슨과 크릭에게 보여주었다. 여러 정황에서 프랭클린은 죽을 때까지 자신의 연구기록이 유출되었다는 것을 인지하지 못했던 것으로 추정된다. 그런 이유로 프랭클린과 관련된 이야기는 연구 윤리적 측면에서 여러 가지 시사점을 제공하는 이야기가 되었다.

III. 로잘린드 프랭클린과 관련된 연구 윤리 문제

DNA 구조발견 과정에서 로잘린드 프랭클린의 역할은 다양한 서적들에서 논의된 유명한 이야기이다(Watson, 1968; Watson

& Berry, 2003; Maddox, 2002; White, 2001). 먼저 프랭클린 사례는 여성과학자의 발굴이라는 측면에서 성 평등적 연구관행의 정착을 위한 인상적인 시사점을 제공해 줄 수 있다. 과학기술과 여성이라는 주제는 1960년대 이후 중요한 과학기술학(science and technology studies)적 연구주제이며 국내외에서 지속적인 연구결과들이 제시되어 왔다(Harding, 1986; Wajcman, 1991; Stille, 1995; Barton, 1998; 오조영란·홍성욱, 1999). 이런 선도적 연구들이 주목한 것은 역사 속에 숨겨진 여성과학자의 발굴, 가치중립성으로 포장된 남성 중심적 과학관 고발, 과학기술활동에서 여성의 배제와 주변화 문제 등이었다. 이런 연구들의 연장선상에서 특히 프랭클린이 『이중나선』에서 당해야 했던 노골적인 여성혐오 표현들은 과학의 여성배제가 어떤 식으로 발생하는지에 대해 많은 생각할 여지를 준다.

동시에 이 사례는 냉정한 연구 연구윤리 측면에서 공과 과를 따져보고 분석해보는 훈련에 도움을 줄 수 있다. 또한 현대과학기술연구에서는 일반화된 팀 단위의 연구에서 경쟁과 협력 과정에 필요한 덕목은 무엇인지 생각해볼 때 적절한 주제이기도 하다. 1968년 왓슨이 『이중나선』을 출간하면서 프랭클린을 경박하게 언급한 덕택에 역설적으로 그녀의 이름은 널리 알려지게 되었다. 매독스의 표현처럼 ‘왓슨의 글 쓰는 방식은 대중의 흥미를 불러일으켰지만 지혜로움은 상당히 결여되어 있었다.’(Maddox, 2002: 9). 베스트셀러가 된 이 1968년의 책에서 왓슨은 이미 고인이 된 프랭클린을 못된 성격, 학자인 체하는 여자, 연구 자료를 독점하고 타인에게 보여주지 않는 여자, ‘안경을 벗고 머리를 조금만 손본다면’ 미인 소리를 들을 수도 있는 여자로 묘사했다. 그리고 그들끼리 사석에서 사용하던 ‘다크 레이디(dark lady)’란 표현도 책에서 거침없이 재사용했다.⁶⁾ 이 책에서 왓슨은 자신에게 중요한 영감을 준 X선 회절 사진을 찍은 여성을 ‘사진은 잘 찍었지만 해석할 줄 몰랐고, 옷차림이 촌스러웠고, 남자들을 못된 소년처럼 대하는 히스테리결한 여성’ 정도로만 묘사했다. 한 마디로 현재 여성혐오(misogyny)로 불릴만한 시각의 종합판을 보여주었기에 왓슨의 책은 많은 여성 독자들의 공분을 샀고, 이후 왓슨은 유명세와 함께 비난과 구설도 언제나 함께 했다.⁷⁾ 왓슨의 책 이후 프랭

클린은 페미니스트 진영의 우상이 되었다. 그러나 우상화는 해당 인물의 박제화로 이어지기 쉽다. 실제 프랭클린은 노벨상에 가깝게 갔었다는 이유로 과학계의 성차별 사례로 빠짐없이 언급되며 단순하게 유형화되고 과소비되는 주제가 되었다. 하지만 단순화의 맥락을 극복하고 실제 프랭클린의 사례를 면밀히 분석해 본다면 우리는 훨씬 복잡하고 풍성한 연구 윤리적 시사점들을 생생하게 살펴볼 수 있다.

연구 업적의 배분 문제는 현대 과학기술에서 많이 발생할 수 있는 전형적 딜레마다. 그래서 이 프랭클린의 사례는 더더욱 냉정한 분석이 필요해지는 부분이다. 오늘날의 연구윤리 기준으로 판단해본다면 프랭클린의 사례는 어떤 결론이 내려지게 될까? 왓슨과 크릭의 ‘발견’이 인정되는 과정에 직접적으로 관여한 주체들의 윤리적 문제를 하나씩 생각해볼 필요가 있다.

먼저 노벨상 위원회의 대응에 대해 생각해 볼 수 있을 것이다. 앞서 살펴 본대로 DNA 구조발견과 관련된 업적은 3개의 논문, 4명의 학자였다. 노벨과학상은 전통적으로 동일 주제에 대해 3인 이상에게 수여되지 않는다. 그리고 생존자에게만 수여된다는 원칙이 정확히 지켜져 오고 있다. 1958년 프랭클린이 난소암으로 사망하고 얼마 뒤인, 1962년 노벨 생리의학상은 기다렸다는 듯이 나머지 ‘남자’ 3인에게 공동 수여되었다. 보기에 따라 노벨상 위원회가 마치 누군가 한 명이 죽기를 기다린 듯한 형국일 수 있다. 그래서 프랭클린은 노벨상을 놓친 불운한 여성, 성차별로 인해 연구업적을 빼앗긴 희생양으로 그려지곤 한다.⁸⁾ 하지만 DNA 구조발견 이후 9년 만에 해당 업적에 노벨상이 수여되었는데 이는 업적을 이루고 노벨상을 받을 때까지의 시간차로는 짧은 편에 속한다는 것을 염두에 둘 필요가 있다. 노벨상은 업적이 문제가 없는지에 대해 충분한 검증이 이루어졌다고 판단될 만큼 긴 시간이 지난 뒤에 수여되는 것이 일반적이다.⁹⁾ 노벨상은 생존자에게만 수여되고 그것이 프랭클린이 노벨상을 받지 못한 명백한 이유다. ‘그녀에게 잃어버린 상은 바로 생명’이라는 표현대로 프랭클린의 비극은 요절했다는 점에 있다(Maddox, 2002: 410).

다음으로 가장 논쟁적인 왓슨의 경우를 생각해 볼 수 있다.

6) ‘dark lady’는 ‘fair lady’의 반대 개념으로 머리와 피부 빛이 검은 여자, 예쁘지 않은 여자, 무식한 여자를 표현하는 은어다.

7) 왓슨의 기행과 돌출발언은 많이 알려져 있다. 그는 유전자 결정론에 기반한 계급, 인종, 성 차별 발언을 잊을만하면 반복하는 기행을 주기적으로 일삼았다. 이중나선의 발견자이자 노벨상 수상자, 하버드 교수라는 직함이 함께하지 않았다면 여러 번 사회적으로 매장 당했을 것이다. 그의 문제는 간결하고 책들은 재미있게 잘 읽힌다. 그리고 그 재미의 상당부분은 타인에 대해 경박한 희화화를 통해 이루어지는 것도 사실이다. 최대한 호의적으로 표현할 때 왓슨은 매우 조심스러워야 할 주제들에 대해 눈치 없이 ‘솔직했다.’

8) 미국에서 『이중나선』은 매우 성공적인 베스트셀러가 되었다. 이 유명세로 인해 이 책은 1960년대 여성운동가들의 주 표적이 되었고 이후 프랭클린의 이름은 과학계에서 여성이 당하는 차별의 상징어로 고착되었다. 한 예로 1997년 미국 신경과학자 캔디스 퍼트(Candace Pert)는 래스커 상을 받지 못하게 되었을 때, 여성에 대한 편견으로 ‘로잘린드 프랭클린에게 일어났던 일’을 자신도 당했다고 주장했다(Maddox, 2002: 393).

9) 사례를 들어본다면, 아인슈타인은 1905년의 업적에 대해 1922년도 노벨상을 수상해 17년이 걸렸고, 피터 힉스(Peter Ware Higgs, 1929-)는 1964년에 자신이 예측했던 힉스 입자의 발견으로 2013년에 노벨상을 수상해서 49년이 걸렸다. 힉스의 경우 장수의 결과 노벨상을 수상할 수 있었다.

먼저 왓슨이 분명하게 비판받아야 할 점은 고인이 된 존중받아야 할 여성과학자를 비하하는 표현을 자신의 책에서 사용했다는 것이다. 하지만 이는 도덕적으로 비난받을 일이지 연구윤리상의 문제는 아니다. 왓슨의 DNA 연구과정에서 프랭클린과 관련된 부분은 그녀의 허락 없이 그녀가 찍은 사진을 봤다는 점 뿐이다. 하지만 왓슨과 크릭이 영감을 받은 프랭클린의 사진은 그들이 고의로 훔친 것이 아니다. 그 사진은 킹스칼리지의 연구원인 월킨스가 자발적으로 보여준 것이다. 그리고 그들은 그 사진을 논문에 도용한 것이 아니라 자신들의 심중에 강한 확신을 얻었을 뿐이다. 또한 왓슨과 크릭은 구조발견 이후 이 연구 결과를 공동연구로 하자는 제안까지 했었으며, 그 이후 따로 논문을 신게 되었을 때 이 논문은 킹스칼리지 연구원들의 성과에서 자극과 도움을 받았다는 감사 표시도 분명하게 했다. 왓슨은 프랭클린의 연구업적을 숨기지 않았고 자신들이 무엇을 보았는지도 노벨상을 수상하기 전에 여러 번 분명하게 밝혔다. 현재의 관점에서 판단할 때 DNA 구조발견 과정 자체에서 왓슨이 연구윤리 위반이라고 판단될 부분은 사실상 없다. 왓슨이 윤리적으로 비판받아야 할 부분은 1950년대 연구과정에 관한 것이 아니라 1968년 책의 내용이다.

오히려 가장 문제가 될 수 있는 쪽은 월킨스의 경우라고 볼 수 있다. 월킨스는 프랭클린의 동의 없이 그녀가 찍은 사진을 분석하고 왓슨에게 보여주었다. 월킨스는 분명히 경솔하게 행동했다. 하지만 이 경우도 명확한 연구 윤리 위반 사례로 분류하기는 쉽지 않다. 연구 윤리적으로 볼 때 연구팀 내에서 만들어진 연구결과물들은 일반적으로 연구팀의 소유물로 간주된다. 프랭클린의 사진은 킹스칼리지의 연구시설에서 소속 연구원의 작업과정에서 생산된 킹스칼리지 연구팀의 자산이며 프랭클린 개인의 소유물은 아니다.¹⁰⁾ 그래서 월킨스의 행동이 연구 윤리적으로 어느 정도 문제가 있었는지에 대해서는 다양한 논쟁이 가능하다. 만약 월킨스가 명백한 연구책임자였다면 그가 프랭클린의 사진을 보거나 조연을 구하기 위해 다른 연구자들에게 보여주는 행동은 어느 정도 정당화 될 수 있다. 이 경우 월킨스는 소속 연구원이 찍은 사진의 분석과정은 본인 업무의 자연스

러운 일부분으로 이해하고 있었다는 변명이 가능하다. 하지만 프랭클린이 독립된 팀으로서 월킨스와 대등한 연구자의 입장이었다면 월킨스의 행동은 프랭클린의 지적자산을 훔친 행위로 판단될 여지가 있다. 문제는 월킨스가 상당 기간 자신을 연구책임자로, 프랭클린은 '제대로 협조하지 않는 보조 연구자'로 인식하고 있었고, 프랭클린은 월킨스를 다른 연구를 하고 있는 자신과 대등한 연구자라고 인식하고 있었다는 데 있다. 사실 이 부분은 그들의 업무범위를 명확히 하지 않은 랜들에게 상당한 책임이 있다. 월킨스의 연구윤리 위반여부의 정도는 월킨스의 업무범위와 정확한 지위를 규정하는 것과 상당부분 관련된다. 하지만 두 사람이 거의 대화도 나누지 않을 정도로 사이가 나빠진 것이 분명했던 시점에서 프랭클린에게 사전고지 없이 사진을 분석했다는 점에서 월킨스를 옹호하는 입장은 설득력이 떨어지는 것이 사실이다. 명백한 것은 월킨스는 킹스칼리지 주도권을 잡을 수도 있었을 상황에서 연구과정상의 결과물을 경솔히 다른 연구팀에게 보여주었다는 비판을 받을 수 있다는 점일 것이다.

다음으로 주로 피해자로 그려지고 있는 프랭클린의 경우를 생각해 볼 수 있다. 그녀가 찍은 51번 사진은 나선형 구조가 결정적으로 나타나 있는 것이었는데 프랭클린은 이에 대해 누구에게도 발설하지 않았다. 신중함의 결과라고 추정해 볼 수도 있다. 하지만 동료인 월킨스에게 이 사실을 알리지 않았을 뿐만 아니라 심지어 이후에도 DNA가 나선구조가 아니라고 공개적으로 발표하기까지 했다는 점에서 신빙성을 잃는다(White, 2001: 132-133; Maddox, 2002: 231). 자신이 속한 연구팀 - 정확히는 월킨스 - 이 정답을 알게 되는 것을 싫어해서 다분히 고의적인 행동을 했다고 추정해 볼 수 있는 부분이다.¹¹⁾ 프랭클린은 킹스칼리지 연구원으로서 킹스칼리지의 실험도구들을 사용해서 자신의 사진을 찍었다. 그녀가 찍은 사진은 그녀의 것이 아니라 킹스칼리지의 자산이었다. 소속 연구팀의 이익을 위해 행동하지 않고 고의적인 정보의 누락 혹은 왜곡을 동료들에게 전파한 것이라면 프랭클린의 행동도 어느 정도 비윤리적으로 해석될 여지가 있다.¹²⁾ 이처럼 DNA 구조 발견과정의 연구윤리 문제는 단정적 결론을 내리기 보다는 다양한 상황을 파악하고 여러 측면의 견해들을 이해해야 할 필요가 있다. 이런 사례교육에서는 구체화의 맥락이 얼마나 중요한지 명확

10) 일반적으로 연구결과물 뿐만 아니라 개인적으로 작성한 연구노트도 해당 연구실의 자산으로 간주된다. 그래서 작업을 수행한 연구원이 연구실을 떠날 때는 이를 남기고 충분한 인수인계과정을 거쳐야 한다. 연구실은 결과물과 노트를 이를 만든 이전 연구자에게 어떤 사전고지 없이 자유롭게 사용할 권리가 있다. 또한 후속연구자는 이전 연구자의 연구노트에서 연구를 시작하는 것이 당연하다. 하지만 실험이 진행되는 동안 실험노트는 실험자가 개인적으로 기록, 관리하는 것이며 다른 연구원이 이를 참조하려면 사전양해를 받는 것이 옳다. 단 이는 엄격히 규정된 것은 아니며 각 실험실의 관례를 따르는 것이 일반적이다(조은희 외, 2007: 81-82; 이상욱·조은희, 2011: 190-194).

11) 고글링은 프랭클린이 일부러 틀린 정보를 제시하며 월킨스와 벌이는 이런 싸움이 DNA 구조 연구를 할 수 있도록 자신을 내버려두게 하려는 방법이었다고 생각했다(Maddox, 2002: 230). 전기작가 화이트는 월킨스에 대한 프랭클린의 뿌리 깊은 미움이 그 이유라고 해석했다.

12) 그리고 만약 실제로 프랭클린이 자신의 사진이 나선구조를 의미함을 제대로 파악 못했다면 왓슨의 표현처럼 해석을 제대로 할 줄 몰랐다는 것이 된다.

히 일깨워주는 부분이다.

종합해 봤을 때, 로잘린드 프랭클린의 중요성 자체가 왓슨과 크릭의 논문으로부터 유래한다. 그리고 사실 그들 각각의 업적은 <네이처>에 실린 개별 논문들에 의해 잘 인정되어졌다. 그렇지 않았다면 그녀는 과학사에 이름을 남기지 못했을 것이다. 왓슨과 크릭이 이중나선구조를 발견하지 않았다면 프랭클린이 결국 발견했을 것이라는 주장들은 말 그대로 추측에 불과하다.¹³⁾ 그리고 그녀가 살아있어도 결국 노벨상은 남자인 월킨스에게 주어졌을 것이라는 말들도 마찬가지다. 프랭클린의 경우는 성차별의 사례지만 ‘성차별로 인한 연구업적의 불공정 배분 사례’는 아니다. 그럼에도 ‘프랭클린이 노벨상을 빼앗겼다’라는 단순한 이해는 구체적 맥락에 대한 무지에서 기인한다. 과학기술 연구과정에 대한 이러한 수많은 단순화한 오해들은 공학교육에서 해결해야 하는 과제들이기도 하다. 프랭클린이 전혀 언급되지 않는 극도로 단순화한 ‘왓슨과 크릭의 이중나선 발견’ 신화도 심각한 문제를 내포하고 있지만, 이에 대한 반작용으로 페미니즘적 시각만 부각한 ‘차별의 희생양이 된 여성과학자 프랭클린’이라는 이미지 또한 오해를 불러일으킬 수 있다. 프랭클린의 사례는 연구윤리는 도덕적으로 행동하자는 것이 아니라 지켜야 할 구체적 준범체계임을 교육하는 데 있어 적절한 장면을 보여주고 있다.

IV. 맺음말

DNA 구조발견 과정은 경쟁상황에서 연구개발팀들의 대응이 어떠해야 하는지에 대해 아주 유용한 교훈들을 제공하고 있다. 왓슨과 크릭은 23세의 생물학도와 35세의 물리학자의 만남이었다. 생소한 분야에 대한 긴장감과 함께 두 분야의 경험이 합쳐지며 융합적 결과물이 나오기 쉬운 조건이 형성되어 있었다. 이는 신생분야에서 종종 강력한 경쟁력으로 작용한다. 그리고 그들은 스스로 해당분야의 신출내기임을 인정하고, 다른 팀의 연구방향을 예의주시하며 그들의 말을 귀담아 들었다. 대가인 폴링이 ‘모형 조립’ 방법만으로 폴리펩티드 단백질의 ‘나선구조’를 실험이 아닌 기발한 착상과 추론만으로 밝혀낸 것에 자극받고 그 방법을 그대로 흉내 내기 시작했고, 월킨스가 대수롭지 않게 DNA가 ‘3중’이거나 ‘2중’의 나선구조 중 하나일 것을 언급할 때 왓슨은 연구방향에 대한 중요한 지향점을 얻었다. 이는 다른 팀들이 같은 경우 어떻게 대응했는지를 생각해 보면 더욱 극명한 차이가 드러난다.

프랭클린은 월킨스와 대립 중이었고 DNA가 나선이 아니라고 믿고 있었다. 여기까지는 흔히 있을 수 있는 의견 상의 불일치였다. 하지만 더 큰 문제는 월킨스-프랭클린 팀은 자신들이 실험가임에 강한 자부심을 가지고 있었다는 점일 수 있다. 그래서 그들은 실험이 아닌 모형제작 방법에 반감을 가졌고 폴링의 방법론을 끝끝내 시험해보지 않았다(Watson & Berry, 2003: 70). 프랭클린은 왓슨-크릭 팀이 폴링의 방법을 흉내 내서 만든 초기의 3중 나선 구조 모형을 보았고 그 형태가 잘못된 것임을 분명히 지적했었다. 그런데도 그녀는 다른 두 팀이 모두 시도해보고 있는 이런 방법론에 아무런 관심을 가지지 않았다. 왓슨이 프랭클린의 사진에 강한 호기심을 보인 것과는 결정적인 차이이기도 하다.

폴링의 경우 3중 나선에 기초한 DNA 구조분석논문 발표하는 실수를 했다. DNA가 산임에도 그는 중성의 결과물을 내놨다. 화학의 초보자가 일으킬만한 실수를 했는데 그의 유명세 때문에 논문의 문제점을 빠르게 지적해 줄 사람이 아무도 없었다. 거기다 폴링은 DNA에 대한 기초문헌 연구를 소홀히 했다. DNA 네 가지 염기 간의 비율을 밝힌 샤가프의 중요한 논문을 읽지 않았다(Watson & Berry, 2003: 70). 그가 이 논문을 읽었다면 3중 나선구조 논문을 쓰는 실수는 범하지 않았을 것이다. 왓슨-크릭 팀이 집요하게 DNA와 관련된 논문들을 읽었던 것과 대조되는 부분이다. 폴링은 이미 과학계의 거두였기에 비판 받기 힘들다는 단점이 있었고, 스스로 이를 인식하지 못했다. 왓슨-크릭 팀은 폴링의 이 결정적 실수에 고무 받았고, 연구소의 지원을 얻어내는데 성공했을 뿐만 아니라, 당연히 이중나선 쪽에 무게를 두고 밀어 붙이게 되었다. 그리고 불과 몇 주 만에 정답에 도달했다. 연구의 기본규칙을 지키는 것이 얼마나 중요한지를 보여주는 장면이다.

왓슨-크릭 팀의 경우는 물리학-생물학 커플로서 화학지식이 학부생 수준도 되지 못했음이 역설적이게도 큰 장점으로 작용했다. 대부분의 화학자들은 DNA가 너무 큰 분자라 화학분석으로 구조를 알기 힘들다고 생각했고, 실제로 ‘우연히’ 구조가 단순했다는 행운이 없었다면 화학자들의 판단이 옳은 것이기도 했다. 그리고 오히려 비전문가이기 때문에 목표를 이루기 위해 특정 기술에 집착하지 않았다. 유명인인 폴링의 정보는 자연스럽게 얻어냈고, 프랭클린의 실험결과로부터도 직접적으로 도움을 얻었다. 결과적으로 자존심을 버린 언어 타기 전략의 극적인 성공으로 이어졌다. 따라하기 전략은 과학기술 개발의 중요한 방법론이다.

프랭클린에 대해서는 ‘성차별의 피해자’보다는 ‘모범적이고 신중했던 여성과학자’의 이미지를 교육하는 것이 더 중요할 수 있다. 프랭클린은 유년기부터 계속해서 ‘확실한 증거 이상으로

13) 매독스는 프랭클린의 전기에서 “프랭클린의 노트에 적혀있는 기록을 보면 그녀도 혼자서 머지않은 장래에 고지에 이르게 되었을 것임을 분명히 알 수 있다.”고 주장했다(Maddox, 2002: 8).

현상을 과장하지 말라고 교육받았다.”(Maddox, 2002: 252) 그녀는 도약적인 상상을 해내는 유형이 아니었고, 신중한 검증 을 하는 유형이었다. 이는 과학자의 중요한 덕목 중 하나다. 신 중하고 정확하게 원했던 프랭클린은 단기간의 속도경쟁에서 는 질 수 밖에 없었다. 하지만 그녀의 지속적인 검증과 반론이 있었기에 왓슨-크릭 팀은 스트레스를 받으며 정답에 접근해 갈 수 있었다. 아마도 ‘재기발랄하면서도 무책임한’ 상상의 나 래를 펼치는 왓슨과 같은 유형과 적절한 팀플레이가 이루어졌 다면 프랭클린 스스로 빠르게 정답에 도달했을지도 모른다. 프 랭클린과 왓슨은 사실 매우 보완적인 관계였으며 그것이 그들 의 상호존중과 우정으로 이어지지 못했던 것이 안타까운 일일 뿐이다.

또 하나 추가되어야 하는 것은 그림에도 이 이야기는 두 팀 의 실패와 한 팀의 성공이라는 구도만으로 분석되어서는 안 될 것이라는 점이다. 폴링, 윌킨스-프랭클린 팀, 왓슨-크릭 팀은 중요한 신념을 공유하고 있었다. “DNA구조를 분자수준에서 이해하는 것은 생명과 유전의 본질을 이해하는 것이다”는 생각 을 분명히 공유했기에 그들은 서로에게 자극을 주었고 천천히 정답에 접근해 갈 수 있었다. 각 팀이 수행했던 역할을 큰 그림 에서 볼 때 그들은 DNA 구조발견에 모두 공이 있는 팀 간 집 단연구의 모범을 보여준 셈이다.

DNA 구조발견 과정에 대한 이 논문의 분석은 공학교육에서 과학기술과 여성, 연구윤리, 경쟁상황에서 대처, 연구방법론의 다양화 등 다양한 맥락에서 많은 시사점을 줄 수 있다. 폴링의 불운, 윌킨스-프랭클린 팀의 불화, 왓슨-크릭 팀의 융합적 방 법론, 끝없이 상대에게 교훈을 배우는 추격 전략의 유용성 등 에 대한 상당히 풍성한 교육적 메시지가 잘 망라되어 있어서 교육 현장에서 유용한 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

이 논문은 한양대학교 교내연구지원사업으로 연구되었음
(HY-2016년도)

참고문헌

- Watson, J. D.(1968). *The Double Helix, Great Britain*: Weidenfeld & Nicolson [국역: 최돈찬 옮김, 이종나선, 공리, 2006].
- Watson, J. D. & Berry, A.(2003). *DNA : The Secret of Life, New York*: Arrow Books [국역: 이한음 옮김, DNA : 생명의 비밀, 까치, 2003].
- Watson, J. D.(2007). *Avoid Boring People: Lessons from a Life in Science, Oxford*: Oxford University Press [국역: 김명남 옮김, 지루한 사람과 어울리지 마라, 반니, 2016].
- Maddox, B.(2002). *Rosalind Franklin: The Dark Lady of DNA, New York*: HarperCollins [국역: 나도선·진우기 옮김, 로잘린드 프랭클린과 DNA, 양문, 2004].
- Hager, T.(1998). *Linus Pauling: And the Chemistry of Life, New York*: Oxford University Press [국역: 고문주 옮김, 화학혁명과 폴링, 바다출판사, 2003].
- Goertzel, T. & Goertzel, B.(1995). *Linus Pauling: A Life in Science and Politics, New York*: Basic Books [국역: 박경서 옮김, 라이너스 폴링 평전, 실천문화사, 2011].
- White, M.(2001). *Acid Tongues and Tranquil Dreamers: Eight Scientific Rivalries That Changed the World, Great Britain*: William Morrow & Company [국역: 이상원 옮김, 천재과학자들의 경쟁과 성패 2: 과학자 빌 게이츠 부자가 되다, 사이언스북스, 2003].
- Levy, J.(2010). *Scientific Feuds: From Galileo to the Human Genome Project, UK*: New Holland Publishers Ltd [국역: 최가영 옮김, 과학자들의 대결, 지식나이트, 2012].
- Harding, S.(1986). *The Science Question in Feminism, Ithaca*: Cornell University Press [국역: 이재경·박혜정 옮 김, 페미니즘과 과학, 이화여자대학교출판부, 2002].
- Wajcman, J.(1991). *Feminism Confronts Technology, Cambridge*: Polity Press [국역: 조주현 옮김, 페미니즘과 기술, 당대, 2001].
- Stille, D. R.(1995). *Extraordinary Women Scientists, Chicago*: Childrens Press [국역: 김형근 옮김, 시대를 뛰어넘은 여성 과학자들, 양문, 2008].
- Barton, A. G.(1998). *Feminist Science Education, Columbia University*: Teachers College Press [국역: 신동희·최경희 옮김, 페미니즘 과학교육이란 무엇인가, 동녘, 2004].
- 오조영란·홍성욱 역(1999). *남성의 과학을 넘어서: 페미니즘 의 시각으로 본 과학·기술·의료*, 창작과 비평사.
- 조은희 외(2007). *실험실 생활 길잡이*, 라이프사이언스.
- 이상욱·조은희(2011). *과학윤리특강*, (주)사이언스북스.



남 영(Nam, Young)

2009년: 중앙대학교 대학원 과학문화학과 박사
2006년~2010년: 한양대학교 인문과학대학 수행인문학 연구교수
2010년~현재: 한양대학교 창의융합교육원 부교수
관심분야: 과학기술사, IT 산업사, 공학윤리
E-mail: guderian@hanyang.ac.kr