

## 왓슨과 크릭의 이중 나선 모형

# 유전자 혁명 이끈 'DNA' 구조 규명

우리가 알고 있는 분자들 중에서 DNA 만큼 관심이 대상이 되어 온 것이 또 있을까.

이 데옥시리보핵산(Deoxyribose Nucleic Acid)이 정확히 어떻게 생겼는지, 생명체에서 어떠한 역할을 담당하는지, 그리고 인간의 질병과 행동을 이해하는데 어떤 단서가 되는지를 규명하는 작업이야말로 20세기 과학자들의 마음을 사로잡은 최고의 화두였다. 이런 의미에서 과학전문지 '네이처'를 통해 DNA의 정체가 인류에게 최초로 공개된 1953년 4월 25일이야말로 과학사에서 매우 중요한 날일 것이다.

이른바 '유전자 혁명'의 신호탄이 된 DNA 구조 해명은 작년(2003년) 이맘때 벌써 50주년을 맞았다.

### DNA 발견의 드라마

흥미롭게도 유전자 혁명은 겨우 128행에 불과한 한 쪽짜리 논문으로 시작됐다. 그리고 이 논문은 "우리는 DNA의 구조를 제안하고자 한다. 이 구조는 새로운 특징들을 가지며 생물학적으로 의미심장하다"며 다소 겸손하게 시작한다. 하지만 한 쪽짜리 딱딱한 논문의 행간에는 그 혁명을 시작한 주역들, 즉, 앞서 '우리'라고 지칭된 왓슨과 크릭의 학문적 열정과 야심이 축축히 배어 있었다. 그들의 DNA 구조 해명 작업은 차라리 한편의 흥미진진한 드라마다. 예컨대 왓슨의 『이중 나선』이나 크릭의 『열광의 탐구』와 같은 책

글\_장대익 KAIST 강사 daeik@chollian.net

을 보면 그 발견의 드라마는 웬만한 시시한 영화를 무색케 한다. 거기에는 구조 해명과 관련된 여러 실험·이론적 근거뿐만 아니라 과학자들간의 복잡한 인간관계, 구조 해명의 우선권을 쥐기 위한 치열한 경쟁 등이 너무도 생생하게 묘사돼 있다.

특히, 왓슨의 『이중 나선』은 그 노골적인 묘사로 인해 비판과 찬사를 동시에 받은 최고의 베스트셀러가 되었다. 자신의 구미대로 인물과 사건을 기술했다고 해서 한동안 크릭의 심기마저 불편하게 만들기도 했지만, 한마디로 '과학자들은 무엇으로 사는가?'라는 질문에 대한, 가장 위대한 과학적 발견을 이끌어낸 당사자의 가장 솔직한 솔회로 큰 반향을 불러일으켰다. 실제로 유럽에서는 80년대에 이 책을 바탕으로 이중 나선 발견을 둘러싼 과학자들의 경주를 그린 드라마를 만들어 시청자들의 큰 호응을 얻기도 했다. 그렇다면 도대체 어느 과학적 발견들과는 무엇이 다르기에 이렇게 큰 흥미를 끄는 것일까?

### 드라마의 주연들

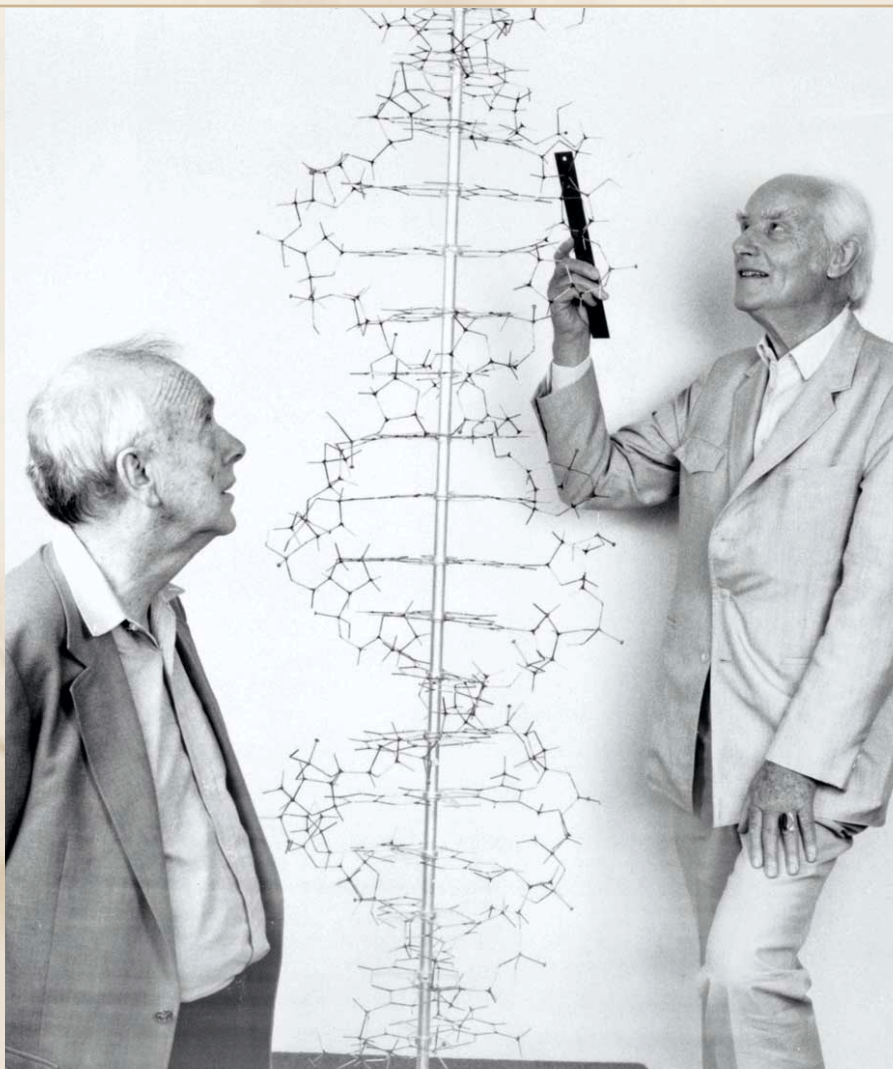
DNA 구조 해명을 둘러싼 과학자들의 치열한 경쟁의 드라마 속으로 한번 들어가 보자. 이 드라마의 주요 등장 인물은

### 기획연재순서

- 1 닐스 보어
- 2 하이젠베르크
- 3 왓슨과 크릭
- 4
- 5

왓슨과 크릭을 포함하여 총 다섯명이었고 이 다섯명은 다시 세 팀 — 왓슨과 크릭, 윌킨스와 프랭클린, 그리고 폴링 —으로 나뉘어질 수 있다. 그런데 왜 왓슨과 크릭 팀이 결국 승자가 되었을까? 어떤 요소들 때문에 그들이 1962년에 수여된 노벨 생·의학상의 주역이 됐을까? 특출한 방법을 사용해서? 상이한 지적 배경 때문 에? 아니면 연구 환경이나 연구 동기의 차이 때문 에? DNA 구조 해명을 둘러싼 과학자들의 경쟁이 어떻게 진행됐는지를 제대로 이해하려면 이 모든 요소들에 대한 검토가 필요하다.

왓슨(J. D. Watson)은 시카고대학에서 생물학으로 학부를 마치고 새에 대한 공부를 하고 싶었으나 뜻대로 되지 않아 인디애나 대학의 루리아 밑으로 옮겨 박테리오파지에 관한 연구로 박사학위를 받는다. 자신의 관심인 유전학에 화학적 지식을 접목시키기 위해서 덴마크로 유학을 떠나긴 했으나 한 학회에서 윌킨스가 보여줬던 DNA의 X선 회절사진에 매료되어 X선 사진 해독법을 배울 곳을 찾아 나선다. 그러던 중 그는 영국 케임브리지 대학의 캐번디시연구소의 페루즈연구소에 가서 공식적으로는 TMV(담배모자이크 바이러스)를 연구하게 되지만, 비공식



왓슨과 크릭

적으로 DNA 연구에 몰두하게 된다. 그때 나이 스물 셋, 그는 DNA의 구조를 해명하면 유전자가 무엇인지를 알 수 있을 것이라고 확신했다.

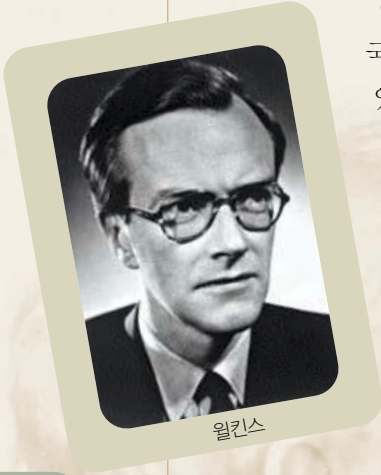
한편 크릭(F. H. C. Crick)은 런던의 유니버시티 칼리지에서 물리학으로 학부를 졸업하고 해군성에서 일하다가, 2차 대전 이후에 생물학으로 전공을 바꾸게 되어 페루즈의 연구실에 박사과정으로 와있었다. 왓슨보다는 12세 위인 늦깎이 대학원생이었다. 그의 연구 주제는 단백질 결정의 X선 회절 양상에 관한 것으로서 단백질의 3차원 구조를 이해하고자 하는 것이었으나 그 역시 DNA의 구조 해명의 우선

성을 아는 몇 안 되는 사람 중의 하나였다. 같은 실험실에 있게 된 왓슨과 크릭은 곧 의기투합하게 된다.

『이중 나선』에서 이상하리 만큼 신경질적인 인물로 묘사된 프랭클린(R. Franklin)은 런던의 킹스 칼리지의 랜들 연구실에서 윌킨스와 함께 X선 회절 사진을 연구하고 있었던 여성 과학자였다. 그녀의 훌륭한 실험기술은 한가지 일에 모든 정열을 기울이는 성실성에서 비롯된 것으로서 자신의 기술로 양질의 DNA의 X선 사진을 찍고 있었다. 윌킨스(M. Wilkins)는 프랭클린과 함께 영국에서 유일하게 공식적으로 DNA의 구조를 연구

하고 있던 생물물리학자였지만 그녀와 사이가 별로 좋지 않았다.

이제는 자리를 옮겨 미국의 캘리포니아 공대에 있었던 폴링(L. Pauling)에게로 가보자. 그는 이미 1950년에 단백질의 구조를 알파 나선 모형으로 해명해냈으며, 1953년 2월 21에는 코리와 함께 '네이처'에 DNA의 삼중



왓슨

나선 모형을 제시하기도 한 이 분야의 석학이었다.

**'유비추론'과 '모형제작'**

DNA 구조 해명을 둘러싼 이들 경쟁자들은 이런 지적 배경뿐 아니라 연구 방법론에 있어서도 흥미로운 차이를 보인다. 왓슨과 크릭은 DNA의 구조를 실제로 모형으로 제작해보는 일에 집중했다. 그래서 이들에게 X선 회절 사진, 유전학 지식, 화학 지식 등은 모두 그런 작업을 위한 중요한 정보들이었다. 한가지 흥미로운 점은 이런 모든 배경 지식들을 바탕으로 DNA가 이중 나선으로 구조화되어 있다고 주장하는 과정에서 그들이 '유비 추론'(analogical reasoning)이라는 특수한 방법론을 사용했다는 점이다. 왓슨이 이중 나선 모형을 진지하게 고려하기 시작했던 결정적인 이유는 '생물계에서는 중요한 분자들이 쌍으로 되어있

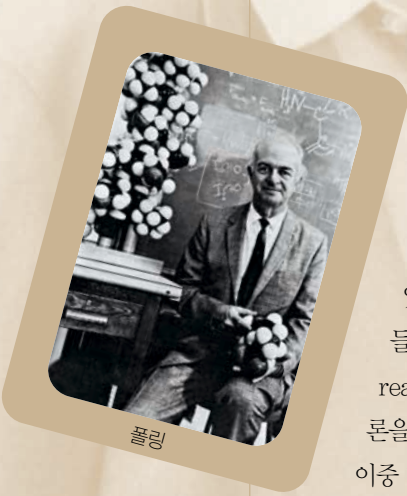
는 경우가 많기 때문에 중요한 분자임에 틀림없는 DNA도 두 가닥의 사슬로 되어 있을 것'이라고 추측했기 때문이다. 하지만 'DNA내에는 두 종류의 염기쌍(A-T와 G-C)만이 존재한다'는 또 다른 중요한 가설은 유비 추론보다는 우연적으로 알게 된다. 이렇게 제시된 가설들을 그들은 모형제작기법을 통해 검증해나갔다.

한편, 프랭클린과 월킨스는 X선 회절 사진을 찍고 그것을 해석하는 일에 주력했다. X선 회절 사진에 관해서는 월킨스를 능가했던 프랭클린은 성격이 매우 꼼꼼하고 신중한 편이어서 이리저리 모형을 만들어 보는 공상을 즐기기보다는 회절 사진의 논리적 해석을 중요하게 여겼다. 그런데 어찌된 일인지 그녀가 찍은 A형/B형 사진 중에서 이중 나선 구조를 시사한다고 기록하기까지 해냈던 B형은 무시하고 좀 더 복잡한 A형에만 집착하는 행동을 보였다.

이런 사실들로부터 혹자는 왓슨 팀이 프랭클린 팀을 이긴 이유가 '유비 추론'과 '모형제작'이라는 참신한 방법론을 사용했기 때문이라고 결론짓고 싶어할지 모르겠다. 하지만 폴링의 방법론을 살펴보면 꼭 그렇지만은 않다. 모형제작에 관해서라면 폴링은 왓슨과 크릭보다 한 수 위였기 때문이다. 실제로 왓슨과 크릭은 모형 만들기 기법을 폴링에게서 배웠다고 인정했다. 하지만 역설적이게도, 채 두달도 못돼 폐기된 폴링의 '삼중 나선 모형'도 동일한 기법에 의해 제시된 가설이었다. 왜 폴링은 결국 똑같은 방법론으로 틀린 가설을 제안하고 만 것일까? 폴링은 부정확한 자료들로 인해 자신의 논문에 증대한 세 가지 결함이 있었음을 인정했



프랭클린



폴링

다. 또한, 그는 ‘중요한 분자들이 쌍으로 되어있기 때문에...’라는 식의 유비 추론은 사용하지 않았다.

### 미시 환경의 중요성

과학자들간의 연구 방법론 차이가 성공과 실패의 전모를 밝혀주지는 못할 것이다. 세 팀이 어떤 미시 환경 속에서 작업하고 있었는지를 살펴보는 일도 중요하다. 여기서 ‘미시 환경’이란 연구에 참여한 과학자들의 면면, 그들간의 상호교류, 협동 연구, 실험 장비 등을 포괄하는 넓은 의미의 연구 환경을 뜻한다.

우선 프랭클린과 윌킨스는 한마디로 썰렁한 미시 환경 속에서 다소 민망한 ‘공동 연구’를 하고 있었다. 프랭클린과 윌킨스의 이런 관계는 하찮은 것처럼 보이거나 실은 과학사에서 대단히 중대한 개인적 불화의 하나로 알려져 있다. 이 썰렁함은, 윌킨스가 프랭클린을 독립 연구자로서가 아니라 자신의 조수로 쓰고 싶어한다고 그녀가 의심하면서 비롯되었으며, 프랭클린의 지나친 신중함과 윌킨스의 소극적 연구자세로 더욱 증폭되었다. 그 결과 그녀는 X선 회절 사진을 찍는 일과 해석하는 일에 그의 도움을 거의 받지 않았다. 게다가 그녀는 여러 남성 과학자들에 대해서 신경질적인 태도를 보인 것으로 묘사되기도 했는데, 이것이 사실이라면 진정한 의미의 공동연구는 진행될 수 없었을 것이다.

그녀의 이런 행동에 대한 몇 가지 흥미로운 분석들이 있다. 어떤 이들은 그녀가 성차별의 희생자였다고 주장하기도 했고, 다른 이는 그녀가 폐소공포증이라는 질병



논문(1953)

에 시달렸다고 주장하기도 했지만, 최근의 연구 결과는 그녀가 그저 일상과 과학을 구분하지 않았던 진지하고 유능한 한 사람의 과학자였을 뿐이었다는데 무게를 실어준다. 킹스 칼리지 근무 기간 중에도 그녀를 가장 어렵게 만든 것은 여성차별이 아니라 오히려 종교와 계급에 대한 분파적인 분위기 때문이었다는 분석이 더 설득력있다. 실제로 그녀는 죽기 전까지도 왓슨·크릭과 상당히 좋은 관계를 유지했으며, 기풍이 다른 버크벡 칼리지로 자리를 옮겨 훨씬 더 행복한 과학자로서의 인생을 살았다.

한편, 왓슨과 크릭은 DNA의 구조 연구를 공식적인 자신들의 연구 과제로서 수행하진 않았지만 그것이야말로 유전학의 핵심 과제라고 공감했기 때문에 거의 매

일 이 문제에 대해 자유롭게 토론했다. 자유로운 비판과 상동 배움의 분위기는 프랭클린과 윌킨스간의 썰렁한 분위기와 대조를 이룬다. 또한 비공식적인 연구였기 때문에 그 과제를 빨리 진척시켜야 할 아무런 외부 압력도 없었다. 그러면서도 그들은 윌킨스와 프랭클린을 통해 양질의 X선 회절 사진들을 접할 수 있었다. 게다가 당시 페루즈연구실 연구원들은 특급 도우미 역할을 해줬다. 예컨대 피터 폴링(라이너스 폴링의 아들)은

자기 아버지의 ‘삼중 나선 모형’을 왓슨과 크릭에게 보여줌으로써 그들에게 희망과 경쟁심을 불어일으켜 주는 역할을 한 것으로 유명하다. 또한, 도너휴(미국 결정학자)는 왓슨에게 교과서에 실려있는 틀린 내용을 지적해줌으로써 그들이 올바른 염기쌍을 만드는데 결정적 도움을 주었다.

미국의 폴링과 코오리는 단백질의 알파 나선 구조를 공동으로 해명했던 베테랑들로서 DNA구조도 공동으로 연구하고 있었다. 코오리는 주로 X선 회절 사진을 찍고 그것을 해석하는 일을 했으며 폴링은 화학적 결합을 염두에 두고 실제로 모형을 만들어 보았다. 그래서 언뜻 보면 환상적인 공동 연구였다. 하지만 폴링은 코오리가 원자간의 거리를 정밀하게 측정하기도 전에 삼중 나선 가설을 서둘러 발표하



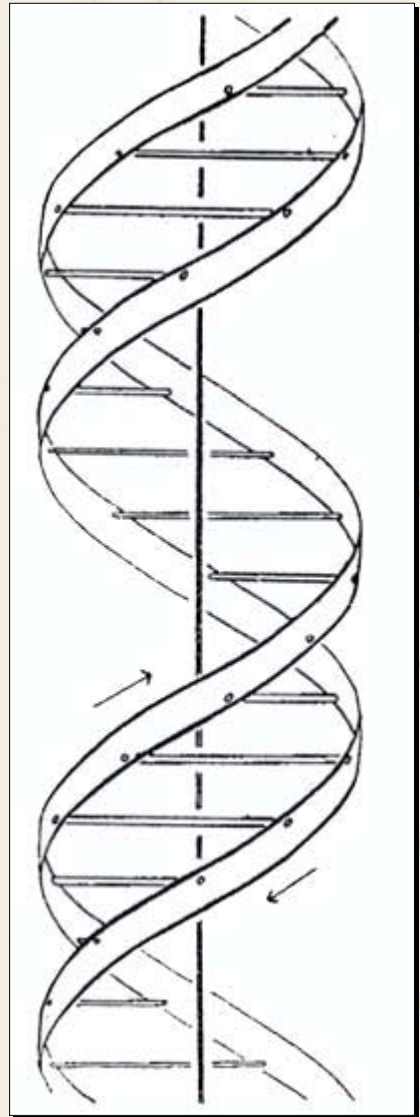
살바도르 달리-나비 풍경

는 조급함과 경솔함을 보였다. 또한 그들 주변에는 프랭클린이 찍은 것과 같은 양질의 X선 회절 사진도 없었다.

### 노벨상을 향한 야망

이러한 미시 환경의 차이도 중요하긴 하지만 연구 동기의 차이도 살펴볼 만하다. 흔히 과학발전의 가장 중요한 동인은 '지식에 대한 갈망'이라고 말한다. 그러나 왓슨의 "『이중 나선』을 주의깊게 읽어본 사람이라면, 그가 노벨상을 거머쥘 목적으로 연구에 매진했던 것은 아닌지 한번쯤 의심해봤을 것이다. "『이중 나선』에서 경쟁을 지나치게 과장한 것이 아니냐"는 누군가의 질문에 왓슨은 "오히려 부족했다. 경쟁이라는 것은 과학에 있어서 가장 큰 동기이다"라고 되받아쳤다. 반면 동료 크릭 자신은 "경쟁에서의 승리보다는 구조의 해명 자체를 무척 갈망했기" 때문에 연구를 진행했다고 술회한다.

그렇다면 왓슨의 경쟁 상대는 누구였을까? 우선 폴링이 금방 떠오른다. 그는 화학 결합의 세계적 대가였을 뿐 아니라 그보다 먼저 DNA구조를 발표했던 사람이 아닌가? 그렇다면, 애송이 왓슨이 사회적 인정을 위한 발판으로서 거물인 그를 경쟁 상대로 삼는 것은 전략적으로 볼 때



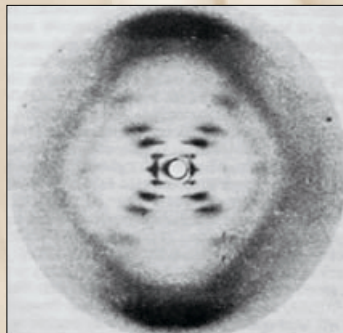
DNA 구조

어쩌면 당연했는지 모른다. "크릭과 나는 밖으로 나가 폴링의 실패를 축하하는 축배를 들었다. ... 물론 우리에게 승산이 있는 것 같지는 않았으나 여하튼 노벨상은 아직 폴링에게 가지는 않고 있었다."(왓슨)

폴링은 어땠을까? 그는 오히려 프랭클린과 윌킨스를 더 잘 알고 있었던 것 같다. 그래서 한때는 윌킨스에게 X선 사진



62년 노벨상 시상식



프랭클린의 B형 회절사진

을 보내달라고 부탁하기도 했었다.

오히려 경쟁 상대에 관해서는 플랭클린의 경우가 더 흥미롭다. 그녀가 누구에게 경쟁심을 느꼈는지는 자료 부족과 그녀의 요절로 인해 추측만 할 수 있을 뿐이다. 최근의 연구에 따르면 그녀는 썰렁한 분위기의 킹스 칼리지를 가능하면 빨리 떠나는 일에 가장 큰 관심을 기울였던 것 같다. ‘누구를 이기고, 노벨상을 거머쥐고...’ 따위의 문제에 신경 쓸 여유가 없었는지도 모른다.

### 유전자혁명의 출발점

그렇다면 왓슨과 크릭의 이중 나선 모형은 ‘네이처’ 발표를 기점으로 과학자 공동체에서 어떻게 수용되었으며 향후 과학계에 어떤 영향을 주었는가? 이 또한

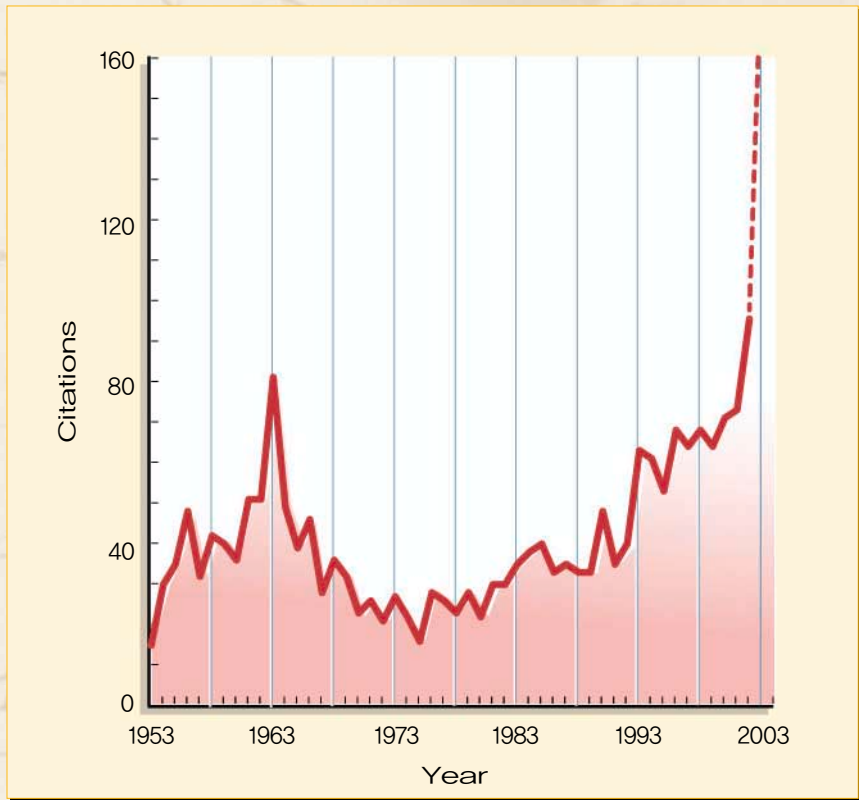
상당히 복잡한 논의가 필요하겠지만 여기서는 몇 가지 사실만을 나열하는 것으로 맺어야 할 것 같다. 우선 그들의 이중 나선 모형은 월킨스와 프랭클린에게 검증받는다. 프랭클린과 고슬링, 월킨스와 스톡스는 1953년 4월 25일자 ‘네이처’에 왓슨과 크릭의 논문에 이어 이중 나선 모형을 지지하는 자신의 논문들을 함께 실었다. 한편 폴링도 자신의 삼중 나선 모형의 오류를 솔직히 시인하며 왓슨과 크릭 모형에 아낌없는 찬사를 보내줬다.

그런데 이런 수용 과정에서 캘리포니아 공대의 물리학자 델브뤽(M. Delbruck)의 배려는 매우 중요한 역할을 했다. 그는 왓슨과 크릭의 논문 세 편을 콜드 스프링스 하버 심포지엄에서 270명의 학자들에게 회람시켰으며 왓슨이 그들

앞에서 강의를 할 수 있도록 주선해주었다. 이런 배려로 인해 왓슨과 크릭 모형은 공개적으로 전문가들 사이에서 급속히 확산될 수 있었다. 하지만 무엇보다도 이 모형의 가장 큰 매력은 그것이 담고 있는 유전자 복제 기제에 대한 함의와 구조적 아름다움 때문이었던 것 같다.

한편 이 모형에 대한 반론도 없진 않았다. 이중 나선만큼이나 X선 회절 자료에 부합한다면서 병렬 구조를 제시하는 이들이 한동안 있었는데 ‘이중 나선의 회전수’에 관한 연구 결과로 모든 병렬 구조 모형이 틀렸다는 사실이 밝혀지면서 결국 사그라들었다. 또한 DNA의 두 사슬이 서로 반대방향으로 달린다는 사실이 실험적으로 입증되면서 이중 나선 모형은 큰 지지를 받게 된다.

이와 같이 이중나선 모형은 결과적으로 한참 후에야 입증된 셈이다. DNA 구조에 대한 인용은 90년대 들어서야 크게 증가할 정도이다. 더욱 흥미로운 사실은 왓슨의 『이중 나선』을 보면 DNA 구조 해명에 대한 경쟁이 매우 치열했고 많은 사람들의 관심을 불러일으켰던 것으로 되어 있으나, 실제로 ‘네이처’ 발표에 대한 다른 매체의 반응들은 일상을 넘어서지 않았다. 하지만 왓슨과 크릭의 DNA 구조 해명은 현대 분자생물학과 유전학을 태동시키고 최근의 유전체학을 가능케 한 놀라운 출발점이었고, 역동적 과학의 원형이며 동시에 사람들로 하여금 ‘유전자 사회’를 걱정하게 만든 화두였다. ㉮



왓슨·크릭 논문 인용 변화



글쓴이는 KAIST 강사, 서울대학교 과학사 및 과학철학 협동과정에서 진화생물학의 개념적 쟁점으로 박사학위 논문을 집필 중이다.