

모델생물의, 모델생물에 의한, 모델생물을 위한

대부분의 생물학자들은 모델생물의 선택이 생물학의 이론에 어떤 영향을 미치는지 어렵듯이 알고 있다. 그런 생각을 해보지 못한 생물학자라 해도 멘델이 모델생물로 완두콩을 선택하지 않았다면 어떤 일이 일어났을지 잘 알고 있을 것이다. 역사에 만약은 없지만 멘델의 유전법칙은 완두콩이라는 모델생물, 그 중에서도 그가 선택했던 몇몇 표현형이 아니었다면 발견되지 않았을 것이다. 이후 멘델이 조팝나물에서 동일한 법칙을 발견하지 못하고 연구를 포기했음을 생각해보면 멘델의 완두콩이야말로 과학사의 가장 기이한 우연이다.

과학사 방향 바꾸는 모델생물 선택

멘델을 재발견해서 유전학의 시대를 열었던 위고 드 브리스도 모델생물 때문에 운명이 바뀐 생물학자이다. 자신의 정원에서 달맞이꽃을 연구하던 드 브리스는 돌연변이로 보이는 다양한 개체들을 발견하고, 이러한 사실을 근거로 '돌연변이설'을 주장하게 된다. 그는 새로운 종은 돌연변이로부터 기원하며, 이러한 과정은 다윈이 '종의 기원'에서 주장했던 것보다 훨씬 빠른 속도로 일어난다고 주장했다. 하지만 20세기 초반, 드 브리스가 발견한 달맞이꽃의 돌연변이들은 실은 다배체였음이 드러났다. 생물학에서 돌연변이란 염기서열의 이상을 뜻하며, 다배체는 돌연변이로도 신중으로도 취급되지 않는다.

모델생물과의 불화는 멘델의 계보를 타고 내려오는 유전학 분야의 초기에 집중되어 있는 것 같다. 염색체설을 제안한 위대한 과학자 보베리도 모델생물이 지닌 특수성 때문에 곤란한 상황에 처했다. 그는 회충의 일종으로 염색체와 유전의 상관관계를 연구하려고 했다. 회충의 알은 투명하고 초기 발생과정에서 체세포와 생식세포로 분열하는데, 이 때 핵 속에 들어있는 염색체를 쉽게 관찰할 수 있었기 때문이다. 보베리는 회충알의 초기 분열과정에서 생식세포의 염색체는 계속 남아 있고, 체세포의 염색체는 사

라지는 현상을 발견했다. 그가 '염색체 소실'이라 명명하고 생물종 전반에 일반화하려던 이 현상은 사실 바로 그 회충의 일종에서만 일어나는 예외적인 사례였다. 왜 보베리는 그가 처음 염색체설을 주장하기 위해 선택했던 성게알을 사용하지 않았을까? 운명은 알 수 없는 일이다.

생물학자들에게 모델생물을 고르는 일은 까다로운 작업이다. 게다가 위에서 본 사례들처럼, 과학사에 이름을 남긴 위대한 과학자들조차 자신의 선택이 가져올 결과를 전혀 예측하지 못한다. 더군다나 한 종의 모델생물을 선택하고 기준화하는 것 자체가 어렵기 때문에 생물학자들은 한 종을 선택하면 좀처럼 움직이려 하지 않는다.

일반적으로 모델생물을 결정하는 기준은 단순하다. 첫째, "연구하고 싶은 생물학적 현상이 무엇인가"이다. 이 기준에서 어떤 모델생물이 다른 종보다 더 적합한지 쉽게 판단할 수 있다. 예를 들어, 면역세포의 작용을 연구하고 싶은 생물학자는 대장균이나 효모를 모델생물로 결정하지 않을 것이다. 왜냐하면 대장균과 효모는 단세포생물이며 당연히 면역세포를 가지고 있지 않기 때문이다.

둘째, "해당 모델생물을 통한 연구가 얼마나 수월한가"이다. 연구하고자 하는 현상을 조사할 기술이나 누적된 지식이 존재하지 않는 모델생물의 선택은 무모한 일이다. 모델생물을 실험실에 맞게 정착시키고, 다양한 기술들을 개발하는데에는 짧게는 10여 년에서 길게는 수십 년의 노고가 필요하기 때문이다. 일반적으로 생물학자들은 학계에서 공인된 모델생물들을 선택하며, 그것이 안전한 투자라는 것을 잘 알고 있다. 이처럼 안전한 투자가 선호되는 까닭은 연구결과가 학계에서 인정받기 위해서는 결과의 재현성이 필수적이기 때문이다. 지구 상의 한 실험실에서만 연구되고 있는 모델생물의 실험결과가 전 세계 생물학자들이 인정하는 일반원칙으로 인정받기란 어려운 일이다.



글_ 김우재 미국 UCSF 박사후연구원
heterosis.kim@gmail.com
글쓴이는 연세대학교 생물학과 졸업 후 포항공대에서 석사·박사학위를 받았다. 현재 미국 UCSF에서 초파리 행동유전학을 연구하고 있다.



이처럼 탐구하고자 하는 주제와 해당 모델생물에 누적된 기술 및 지식이 선택기준의 주요한 두 축이다. 하지만 이 두 기준은 매우 복잡하게 얽혀 있어서, 어느 한 기준이 다른 기준을 완전히 제압하기도 하고 때로는 적절한 수준에서의 타협이 이루어지기도 한다. 발생학의 역사가 이러한 복잡한 상호작용을 잘 보여준다.

성계의 몰락과 초파리의 부상

초창기 발생학의 역사에서 가장 중요한 모델생물은 성계였다. 성계알은 투명하고 발생과정에서 일어나는 세포분열을 아주 손쉽게 관찰할 수 있기 때문이다. 대부분의 발생학 교과서 첫머리가 성계로 도배되어 있는 것은 우연이 아닌 셈이다. 하지만 DNA 이중나선의 구조가 밝혀지고 생물공학적인 기법들이 개발되기 시작하면서, 성계의 치명적인 약점이 드러났다. 성계알은 알 수 없는 이유로 외부 DNA의 주입을 거부하기 때문이다. 이러한 약점이 분자생물학이 발전하면서 성계가 점차 덜 선호된 이유를 설명해준다. 외부 유전자의 도입이 불가능하다면 성계를 통해서 발생하는 중 유전자의 기능을 연구할 수 없기 때문이다.

성계의 불행이 초파리에겐 기회가 되었다. 초파리의 알은 크기도 작고 다루기도 쉽지 않기 때문에 당시까지도 발생학자들의 흥미를 끌지 못했다. 하지만 모건과 그의 제자들의 공헌으로 초파리에서 밝혀진 엄청난 유전학적 지식들이 DNA 재조합 및 생물공학적인 기법들과 합쳐져서 엄청난 시너지효과를 만들어냈다. 초파리의 알에 외부에서 유래된 DNA를 주사하고 알의 발생과정을 지켜보는 일이 가능해지면서 - 이러한 기술은 성계에서는 불가능했다 - 초파리 배아의 발생과정이 유전자 수준에서 연구될 수 있었다. 발생학 교과서는 이러한 역사적 전개과정을 따라 기술되고 있다. 성계알에서 기본적인 난할을 배운 학생들은 초파리를 통해 여러 유전자가 발생 과정에 관여하는 기작을 배우게 된다.

그 외에도 다양한 선택기준들이 작용한다. 인간의 질병치료가 생물학 연구의 중심원리가 된 이후론, 인간과 진화적으로 얼마나 가까운지 여부도 모델생물 선택에 중요한 기준이 되고 있다. 예를 들어, 생물학의 응용에 관심이 많은 생물학자들일수록 초파리보다는 생쥐를 모델생물로 선택하게 될 것이다. 이러한 경제학적 선택기준은 더욱 노골적으로 나타날 수도 있다. 예를 들어, 경제적으로 매력적인, 즉 돈이 되는 모델생물이 존재한다. 거대종자회사들은 애기장대처럼 기초연

구에 도움이 되는 모델생물보다는 쌀이나 옥수수, 콩처럼 인간의 식량이 되는 모델생물의 연구에 주로 투자한다. 거대제약회사들은 부작용이 적은 약을 개발하기 위해 지구 상의 오지를 모두 뒤지며 아주 특이한 동식물을 수집하고 있다.

모델생물의 철학, 생물학의 특수성

사실 철학적으로 흥미로운 지점은, 위에서 기술한 사례들이 생물학이라는 학문의 특수성을 단적으로 드러내 준다는 것이다. 그것은 같은 자연과학이지만 생물학이 물리학과 갈리는 지점이기도 하다. 과학은 보편적인 이론의 건설을 목표로 하지만, 생물학에서의 이론은 모델생물이라는 특수한 예 때문에 제한받는다. 이는 생물학이 철학자들이 '귀납의 오류'라고 명명한 특수한 조건으로 구속되어 있음을 뜻한다. 즉, '모든 백조는 하얗다'라는 이론은, 까만 백조 한 마리가 나타나는 순간 거짓이 되거나 보편성을 잃어버리게 된다는 뜻이다. 결국 생물학적 지식이란 결코 동일하게 취급될 수 없는 여러 특수한 시스템에서 얻어진 지식들, 그 지식들의 그물망인 것이다. 모델생물들은 그 복잡한 그물망 속에서 생물학자들이 헤엄칠 수 있도록 돕는 고마운 존재이다.

생물학적 지식의 인식론적 특징이 물리학의 그것과 다르고 해서, 자연과학으로서의 생물학의 위치가 폄하되는 안 된다. 그 둘은 모두 과학이며, 서로 다른 과학일 뿐이다. 또한 생물학이 지닌 귀납의 오류는 진화라는 기본적인 원리로 인해 물리학의 거대이론들처럼 하나로 묶여 잘 설명되고 있으며, 그것이 생물학과 물리학이 다르면서도 같은 자연과학으로 분류될 수 있는 이유이다.

물리학에서 생물학으로 이동한 막스 델브뤼크는 물리학의 원자처럼 생물학을 하나의 원리로 묶어 줄 모델생물을 평생 찾아다녔다. 하지만 그는 그런 모델생물을 결코 찾지 못했다. 생물종의 다양성과 특수성은 생물학자들의 제한이며, 또한 자유이기도 하다. 지구 상의 모든 생물종이 모델생물이 되는 그 날까지, 생물학은 멈출 수도 멈추지도 않을 것이기 때문이다.

이와 비슷한 일이 현대에 들어와 개구리와 제브라피시를 둘러싸고 발생하고 있다. 후자는 몸이 투명하고 성장이 빠르며 유전학 연구가 가능한 반면, 전자는 그것이 불가능하기 때문이다. 물론 발생학 연구에서 우연히 다시 조명을 받게 된 초파리처럼, 개구리도 언젠가 다시금 알 수 없는 이유로 주목을 받게 될지 모를 일이다. **ST**