

遺傳子에 관한 50가지 기초지식

= 세포의 기능과 단백질 =

가와까미 마사야 지음
박 경 숙 옮김

◇ 자기 복제 공장

요즘 근대화된 자동차 공장에서는 거의 완전한 자동화가 실행되고 있다. 공장 로봇라는 자동 작업기계가 줄지어 서서 일체의 공정을 이 로봇이 척척 처리하는 광경은 참으로 볼 만한 것이다. 이 로봇들은 각각 작업분담이 정해져 있어서 어떤 로봇은 운반된 부품을 조립하고, 다른 로봇은 못을 박거나 용접을 하고 있다. 즉 한 대의 로봇이 여러 가지 일을 하는 것이 아니고 각각의 로봇이 한 가지 일만을 반복하고 있을 뿐이지만, 전체로서는 자동차라는 제품을 만들어 내고 있는 것이다.

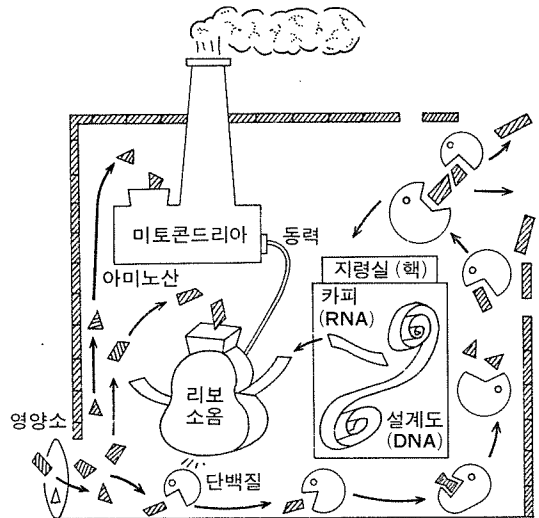
생물의 세포도 이와 같은 자동화 공장과 비슷하다. 다르다면 세포가 생산하는 제품은 곧 공장 그 자체이며, 자신과 똑 같은 자동화 공장을 만들어 내는 것이 그 작업의 최종 목표라는 점이다.

지금 어떤 생물의 세포공장의 내부를 이런 관점에서 살펴본다면, 거기에는 「효소」라는 이름의 헤아릴 수 없이 많은 공장 로봇들이 바쁘게 일하고 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 로봇에는 수천 종류가 있는데, 그 크기와 형태가 각각 다르고 저마다 하는 역할도 또한 각각 다르다.

우리가 매일 식사를 하는 것은 말할 필요도

없이 영양 섭취를 위해서이다. 이렇게 섭취된 영양소는腸에서 흡수되어 혈액에 의해 몸의 여러 세포로 운반된다. 세포공장의 외부로부터 제품의 재료와 에너지원에 해당되는 영양소가 들어오면, 어떤 로봇은 그것을 분해하여 제품의 소재(구성원)를 만들고, 다른 로봇은 2개의 소재를 결합하여 부품을 만들며 다시 부품을 조립하여 로봇 자신 즉, 효소를 만들기도 한다(그림1-1).

〈그림 1-1〉세포라는 이름의 자동화 공장



또 어떤 로봇들은, 전력에 해당하는 에너지를 만들기 위해, 미토콘드리아라고 하는 곳에 모여, 협동하여 영양소를 연소시켜 제품의 조립에 필요한 동력을 공급하고 있다. 또 다른 로봇은 代謝産物(代謝産物)중에서 불필요한 것을 공장 폐기물(노폐물)로서 세포밖으로 버리는 역할을 한다.

이와 같은 방법으로 작업이 계속되면, 제품인 로봇의 수가 증가하고 공장의 규모도 커지게 된다. 이윽고 이 공장이 일정한 크기에 도달하면, 그것은 분할되어 2개의 똑같은 공장이 완성된다. 이와 같은 방식으로 1개의 세포는 그 세포와 형태, 성질이 완전히 같은 세포를 2개씩 만들어 가는 것이다.

우리 몸에는 표피세포, 근육세포, 간장세포 등 여러 형태의 세포가 있고 각각 다른 작용을 하

고 있다. 이와 같이 성질이 다른 세포공장에서도 마찬가지로 수많은 로봇들이 바쁘게 일하고 있다는 점에서는 다를 바가 없으나, 자세히 살펴보면 재료(영양소)를 선택하는 성향이나 폐기물(대사산물)의 모양이 서로 다른데, 그 원인은 공장에서 일하는 로봇(효소)의 종류가 다르기 때문이다.

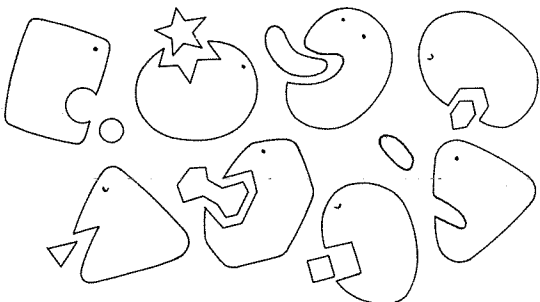
바꾸어 말하면, 세포의 성질이나 형태가 다른 것은 그 속에 포함된 효소의 종류가 다르기 때문이다.

이 세포도 분열을 하게 되면, 원래의 세포와 꼭 같은 효소군을 가진 세포가 2개 만들어지게 된다. 2개의 세포 속에 있는 일꾼인 효소의 종류가 꼭 같기 때문에, 그들은 꼭 같은 성질을 나타내게 된다.

◇ 효소단백질의 형태

그런데 「효소」라는 이름의 공장 로봇은 자동차공장의 금속제 로봇과는 달리 단백질이라는 유기물로 되어 있다. 단백질은 20 여종의 아미노산이 연결된 긴 사슬이다. 더우기 이 사슬이 꼬이고 구부러져 실밥을 문쳐 놓은 실뭉치와 같은 모양을 한 하나의 결합체를 형성하게 된다.

아미노산이 연결된 사슬을 「폴리펩티드」라 하고, 한개 내지 수 개의 폴리펩티드가 연결된 것



<그림 2-1> 효소 세포 속에는 여러 가지의 효소가 있다. 효소에는 여러 가지 종류가 있어 효소에 따라 결합하는 물질이 다르다. 각각의 효소는 반응한 물질을 분해하기도 하고 변형시키기도 한다. 효소는 단백질로 되어 있다.

을 「단백질」이라 하는데, 각각의 효소들의 공장 능력이 다른 것은 단백질의 형태, 즉 폴리펩티드 연결체의 입체적인 형태가 다르기 때문이다.

말하자면 각각의 공장 로봇은 저마다 독특한 모양의 입을 가지고 있어, 특정한 재료(영양소나 대사산물)만을 취할 수 있게 되어 있다.

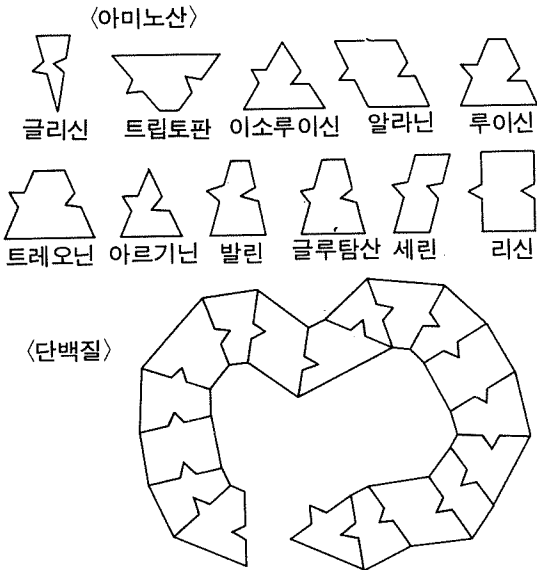
이 입을 가리켜 효소분자의 「활성중심」 또는 「활성부위」라 하며, 이것이 효소라는 이름의 공장 로봇이 일을 하기 위해 필요로 하는 제일 중요한 부분이다(그림 2-1).

어떤 효소는 어떤 물질밖에 취할 수 없고, 결합할 수 있는 재료도 한정되어 있다. 어떤 효소가 특이하게 결합할 수 있는 물질을 그 「효소의 기질」이라 하며, 특정한 종류의 基質에만 반응하는 것을 효소의 「기질 특이성」이라 한다.

우리들의 세포 1개 속에는 수천 종류가 넘는 효소가 있는데, 이들은 앞에서 말한 것과 같이 각각 다른 영양소와 반응하여 형태를 바꾸거나 분해하거나 또는 그것들을 연결하여 우리 몸의 새로운 세포를 만들어 내고 있다. 세포의 생명 유지, 분열·증식에 필요한 효소는 우리 몸의 여러 세포 속에 공통으로 포함되어 있다. 그러나 어떤 종류의 효소나 단백질은 특정세포에만 함유되어 있어 그 세포의 특수한 작용을 돕고 있다. 예를 들면, 세균을 잡아먹는 백혈구에는 세균을 죽이기 위한 여러 가지 효소단백질이 들어 있다. 또 근육세포는 「악틴」과 「미오신」이라는 가늘고 긴 단백질을 가지고 있어, 이 단백질 다발의 수축과 이완으로 말미암아 근육으로서의 기능을 다하게 된다. 그 밖에도 장장세포, 골세포 등도 각각 독특한 효소와 단백질을 함유하기 때문에, 각각의 세포가 특징있는 기능을 할 수 있게 되는 것이다.

단백질은 「아미노산」이 단순히 연결된 사슬인데도 「왜, 특정하게 꼬이고 구부러져」 입체 구조를 유지하고 있을까? 지금 삼각형, 사각형, 마름모꼴, 사다리꼴의 판자의 특별한 배열을 생각해 볼 수 있다. 각각의 판자에는 <그림 2-2>에 보인 것과 같이 불룩한 돌기와 오목한 홈이 있어서, 이것들을 서로 끼워맞춰 연결시킬 수가 있다.

〈그림 2-2〉 아미노산을 연결하면 단백질이 된다. 연결 순서를 여러 가지로 변화시키면, 완성된 단백질의 형태 변화된다.



이와 같은 20가지의 판자를 특별히 아미노산이라고 보고 단백질 모형을 만들어 보자. 한쪽 끝에서부터 배열해 나가는 아미노산의 종류와 그 순서에 따라 완성된 단백질은 참으로 여러 가지 형태의 것이 될 수 있다. 그런데 여기서 주의해야 할 것은 연결하는 순서만 일정하다면 완성된 형태는 늘 일정하다는 점이다.

여기에서 보인 단백질의 모형은 한 평면에 아미노산을 배열한 평면적인 구조이지만, 실제의 단백질은 사슬이 꼬이고 구부러져 입체적인 구조를 하고 있다. 그리고 이 입체적인 구조의 차이나 근육단백질 등의 기능의 차이를 결정하게 되는데, 이것은 앞에서 설명한 것과 같다. 즉 하나하나의 단백질의 성질의 차이는 아미노산의 배열 순서의 차이로 말미암아 나타나는 것이다. 각각의 세포는 이와 같이 여러 가지 배열 방식을 취한 아미노산으로 이루어진 여러 종류의 단백질을 많이 가지고 있어 그것들에 의해 다양한 세포의 기능이 발휘되는 것이다.

단백질을 구성하고 있는 폴리펩티드는 20종류의 아미노산이 수십 내지 수백 개가 연결된 사슬이다.

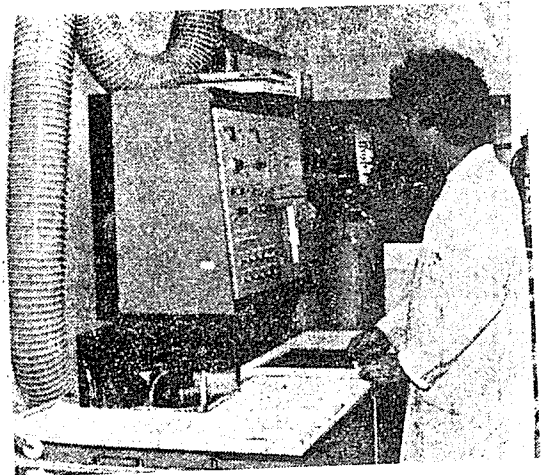
아미노산의 배열 순서를 바꾸면, 실로 다양한 폴리펩티드를 만들 수 있고 따라서 구성되는 단백질도 가지가지이다.

지금, 100개의 아미노산으로 합성될 수 있는 폴리펩티드는 몇 종류나 가능한가를 생각해 보자. 그것은 $20^{100} = 1.27 \times 10^{130}$ 이니까 10조를 10번 곱해 합친 수보다 더 큰 수를 얻을 수 있다.

강이나 바닷가의 모래알이 다 없어질지라도 세상에서 도둑의 씨는 없어지지 않으리라는 말도 있지만은 지구 위의 육지가 1m의 깊이의 모래로 덮여있다 해도, 모든알갱이의 수는 기껏해야 $10^{25} \sim 10^{26}$ 개이다. 앞의 1.27×10^{130} 이라는 수는 은하계의 별의 수의 1000억 배 또는 1000억 배에 상당한 것이니 얼마나 큰 수인가는 가히 짐작이 된다.

생물의 세포는 막대한 단백질의 리스트 중에서 각자의 생각대로 수천 종류의 단백질을 선택하여 저마다 특수한 세포공장의 기능을 유지하고 있는 것이다.

〈그림 3-1〉 아미노산 배열 자동측정기



전에는 1개의 아미노산 배열을 밝혀내는데 몇 년 씩이나 필요로 하였다. 그러나 현재는 기초준비만 되어 있으면, 아미노산 배열 자동측정기를 사용하여 수주일이면 결정할 수 있게 되었다〈그림 3-1〉.

◇ 단백질의 종류

[시토크롬 C(Cytochrome C)]는 세포의 호흡에 빼놓을 수 없는 효소로 동·식물 전반의 미토콘드리아 안에 포함되어 있다. 이것은 수백개의 아미노산으로 구성된 단백질이다.

첫 번의 것에서부터 22개까지의 아미노산 배열을 보면, <그림 3-2>에서와 같이 사람 이외의 포유동물에서의 그 배열은 사람의 것과 큰 차이가 없지만, 그 밖의 동물의 것과는 다소의 차이를 보이고 효모와는 크게 다르다는 것을 알 수 있다.

<그림 3-2> 생물종에 따라 아미노산 배열이 다르다. 여러 생물의 2종류의 단백질에 관하여 22번째 까지의 아미노산 배열을 비교했다. 제일 상단은 인간의 단백질이고 이것과 다른 아미노산은 검게 표시했다. 효모의 시토크롬C는 왼쪽에 여분의 아미노산을 가지고 있다.

시토크롬 C

	5	10	15	20
사람				
참뱀지				
말				
소				
토끼				
캥거루				
닭				
거북				
뱀				
개구리				
다랑어				
효모				

헤모글로빈 α사슬

	5	10	15	20
사람				
원숭이				
말				
소				
토끼				
잉어				

헤모글로빈의 α사슬은 <그림 3-2>와 같이 種에 의한 차이가 훨씬 더 크게 나타난다. α사슬 전체의 아미노산은 142개이지만, 사람과 원숭이 사이는 3.5%, 사람과 말과는 13%의 아미노산의 차이가 있다. 그리고, 사람과 잉어는 전체 아미노산의 56%나 서로 다르게 되어 있다.

이 밖의 여러 효소나 항체단백질에 대해서도 아미노산 배열을 비교해 보면, 일반적으로 계통

발생상 近緣의 생물일수록 아주 비슷하며, 종이 멀어짐에 따라 차가 커진다는 것을 알 수 있다.

어떤 단백질의 아미노산이 다른 아미노산으로 대체되면, 설사 그것이 단 1개의 대체일 경우라도 단백질의 모양이 달라지고 그럼으로써 본래의 기능(효소작용 등)도 잃어버리게 된다는 것은 앞에서 설명한 바와 같다.

이와 같이 같은 기능을 영위하는 단백질은 생물의 종의 차이에 따라 아미노산의 대체가 일어나고 있지만, 그것은 결코 근거없는 무질서한 대체는 아니다. 그 대개의 경우에는 루이신과 발린, 혹은 아르기닌과 히스티딘처럼 화학구조가 비슷한 아미노산들끼리의 대체인데, 이들 단백질 전체의 분자 입체구조는 거의 같다. 특히 그것이 효소인 경우에는 활성중심, 즉 기질 결합 부위의 구조는 변하지 않게 대체되고 있다. 동일한 생물 사이의 동일한 효소 사이에서 나타나는 개체차에 관해서도 마찬가지이며, 단백질 분자의 입체구조는 거의 같은 구조로 되어 있다. 좀 다른 이야기이지만 단백질이나 이제부터 설명할 핵산(DNA와 RNA) 등의 생체 물질은 세포의 중요한 기능을 담당하고 있는데, 이것들은 모두 분자량이 5,000이상의 고분자 물질이다. 이같은 생체 고분자물질은 서로 영향을 끼쳐 그 형태를 변화시키면서 세포의 기능을 유지하게 되는데, 생체 고분자끼리의 반응은 분자량이 58.5인 식염이나, 분자량이 180인 포도당과 같은 저분자끼리의 반응과는 다른 점이 있다. 큰 분자끼리가 마치 자물쇠와 열쇠같이 들어맞아 결합하거나 또는 역지로 끼어듦으로써 상대방의 분자를 찌그러뜨리는 따위의 반응이 일어난다.

또, 고분자인 효소단백질이 저분자의 기질과 결합하여 기질을 분해할 때도, 기질이라고 하는 열쇠가 효소 분자에 있는 열쇠 구멍으로 끼워 넣어진 후 효소단백질의 구조가 변하고 이어서 기질의 분해가 일어난다는 것이 단백질의 X선 구조해석 등의 결과로써 확실해졌다.

이 뒤의 章에서도 단백질이나 핵산의 기능을 거대분자의 구조와 연결지어 이해해야 할 사항이 많이 나오게 된다.