

Chapter 1.

생명과학의 이해

생명이란 무엇이고 어떻게 연구하는가?

1.1 생물의 특성

1.2 기초화학

1.3 생물의 구성 1

1.4 생물의 구성 2

1.5 생명과학과 연구방법





1.1 생물의 특징

참고한 문제
(대학수학능력시험)

년도	번호
2005	1
2006	1
2007	1
2008	4
2009	
2010	1
2011	1
2012	1
2013	1
2014	11
2015	19
2016	4
2017	13

Chapter Guide

무엇을 연구할 것인가?

생명의 정의

생물학을 공부하기 위해서는 먼저 '생물' 혹은 '살아있다'라는 용어를 정의해놓아야 할 것입니다. 직관적으로 접근하면 어린아이도 살아있는 것과 그렇지 않은 것을 구분할 수 있습니다. 그러나 얼핏 간단해 보이는 이 작업은 생각보다 까다로운 면이 있습니다.

국어사전을 찾아보자

간단하게 표준국어 대사전에서 생물, 생명, 삶에 관한 정의를 검색해 봅시다.

생물: 생명을 가지고 스스로 생활현상을 유지해 나가는 물체

생명: 생물로서 살아있게 하는 힘

삶: 목숨 또는 생명

이 정의들을 계속해서 보고 있으면 왜인지 모르게 어지럽습니다. 생물의 정의에 생명이라는 단어가 들어가 있고, 생명의 정의에 생물이라는 단어가 들어있으면 이들을 어떻게 해석해야 할까요? 과학적으로 무엇인가를 정의하는 일에 국어사전은 큰 도움이 되지 않습니다.

이것은 살아있는 것인가?

국어사전의 도움 없이도 우리는 직관적으로 생물과 무생물을 구분할 수 있습니다. 적어도 그렇다고 믿고 있습니다. 그런데 가끔씩 정말 이상한 것들이 발견될 때가 있습니다. 대표적인 예가 바이러스입니다. 바이러스는 다른 생물에 기생하여 살아가는 기생생물과 닮아있습니다. 그런데 특이하게도 바이러스는 절대로 굶어죽지 않습니다. 아니면 애초에 살아있지 않다고 해야 할지도 모릅니다. 특정 상황이 주어졌을 때만 살아있는 것처럼 움직이는 생체 기계와 같은 바이러스는 살아있는 것일까요? 아니면 죽은 것일까요?

핑대신 닭

생명의 정의는 파고들수록 애매합니다. 그래서 생물학자들은 생명의 사전적 정의를 내리지 않습니다. 다만 생물의 특성들을 나열할 뿐입니다. 과학자들이 나열해 놓은 6가지 생명현상의 특징들은 다음과 같습니다.

1. 세포로 이루어져 있다 \ **2. 물질대사** \ **3. 자극에 대한 반응**

4. 항상성유지 \ **5. 발생과 성장** \ **6. 유전과 생식** \ **7. 진화와 적응**

만약 어떠한 사물이 위에 나열해 놓은 특징들을 모두 가지고 있다면, 과학적으로 그 사물은 생물이라고 말할 수 있을 것입니다.

생물의 7가지 특징 둘러보기

세포로 이루어져있다 | 물질대사를 한다 | 자극에 반응한다 | 항상성을 유지한다 | 발생과 생장을 한다 | 생식과 유전을 한다 | 진화와 적응을 한다

1. 생물은 세포로 이루어져있다.

생물에 기준이 되는 가장 작은 덩어리를 **세포**라고 합니다. 세포는 생명의 밑바탕이 되는 구조물입니다. 지구 안에 살고 있는 모든 생물은 세포로 이루어져 있습니다.

생물이 가지고 있는 세포의 개수는 다양할 수 있습니다. 아메바는 세포 하나로 이루어져있고 인간은 약 37조개의 세포로 이루어져있습니다.

개체란 독자적으로 생존하는 하나의 생물체를 말합니다. 그리고 세포하나가 개체인 생물을 **단세포 생물**이라고 합니다. 반면에 수많은 세포가 모여 하나의 개체를 이루는 생물을 **다세포 생물**이라고 합니다.

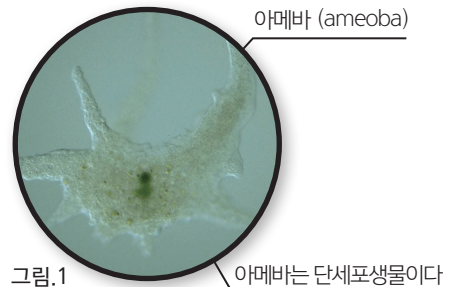


그림.2 식물세포와 동물세포

2. 물질대사를 한다.

엔진이 연료를 태워서 움직이듯이, 생물은 분자들의 화학작용을 통해서 살아가는데 필요한 에너지를 얻습니다. 이때 **생물체 내에서 일어나는 모든 화학작용을 물질대사**라고 합니다.

물질대사는 **동화작용**과 **이화작용**으로 구분할 수 있습니다. **동화작용**은 생물이 에너지를 이용하여 작은 분자들을 거대분자로 **합성, 저장**하는 현상을 말합니다. (저장한 물질은 몸의 일부분이 됩니다.) 한편, **이화작용**은 생물이 거대분자를 **분해**해서 저장되어 있는 에너지를 사용하는 현상을 말합니다. 생물은 에너지를 저장하기위해 동화작용을 하고 에너지를 사용하기위해 이화작용을 합니다.

동화작용의 예로 **광합성**과 **단백질 합성** 등이 있고 이화작용의 예로 **세포호흡**과 **소화** 등이 있습니다.



그림.3 기관사가 엔진에 연료를 보충하듯(위), 동물은 먹이로 에너지를 보충하고(중간), 식물을 광합성으로 에너지를 보충한다(아래).

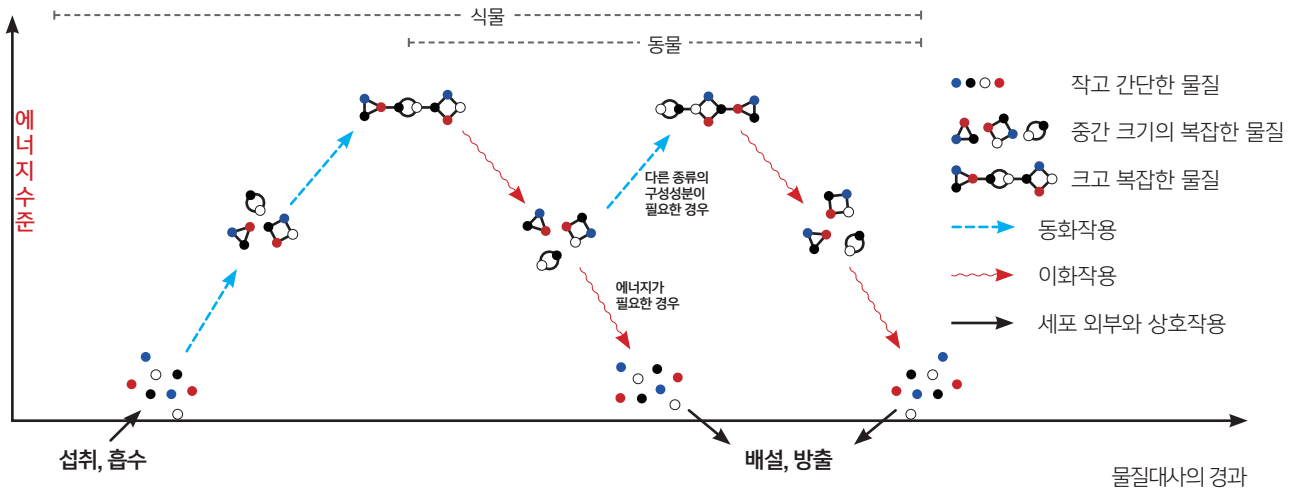


그림.4 물질대사의 경과에 따른 생체 내 물질의 에너지수준의 변화

3. 자극에 반응한다.

생물은 소리, 빛, 충격과 같은 외부자극에 반응합니다. 생물은 이러한 자극들에 적절하게 반응함으로써 생존할 수 있습니다. 일반적으로 동물의 반응은 빠르고 식물의 반응은 느립니다. 식물은 빛이나 중력방향등을 감지하여 굽어 자람으로써 자극에 반응합니다.



그림.5 식물이 빛의 방향으로 굽어 자란다



그림.6
개들은 체온을 유지하기 위해 혀를 내밀어 수분을 증발시킨다

4. 항상성을 유지한다.

생물은 몸의 내부 환경을 일정하게 유지하려는 경향이 있습니다. 생물이 체내환경을 일정하게 유지하려는 경향을 **항상성**이라고 합니다. 동물은 체온이 올라가면 땀을 흘려서 식히고 체온이 떨어지면 근육을 떨어서 따뜻하게 합니다. 인간의 경우에는 신체 내부의 **혈당량, 체온, 삼투압** 등을 일정하게 유지하려는 경향이 있습니다.

5. 발생과 성장을 한다.

생물이 성장하여 몸이 커지는 현상을 **성장**이라고 합니다. 반면, 생물이 하나의 세포로부터 완전한 성체가 되기까지의 과정을 **발생**이라고 합니다. 생물은 세포의 수를 늘려 성장합니다. 발생의 경우, 세포의 수가 늘어날 뿐만 아니라 세포의 종류도 다양해집니다.



그림.7
개구리의 발생과정

6. 생식과 유전을 한다.

생물은 자신과 닮은 자식을 낳습니다. 이렇게 생물이 자신과 닮은 새로운 개체를 생산하는 활동을 **생식**이라고 합니다. 생식을 하는데 암컷과 수컷 두 개체가 필요하다면, 이러한 생식방법을 **유성생식**이라고 합니다. 만약, 암수 구분 없이 혼자서 독립적으로 생식하면 이것을 **무성생식**이라고 합니다.

자손은 부모와 닮았습니다. 생식과정에서 부모의 특징은 자손에게로 전달됩니다. 이렇게 부모가 자손에게 생물학적 특징을 물려주는 것을 **유전**이라고 합니다. 만약에 어떤 질병이 부모에게서 자식으로 대물림된다면 이러한 질병을 **유전병**이라고 합니다.



그림.8 유전의 예
자손은 부모를 닮았다

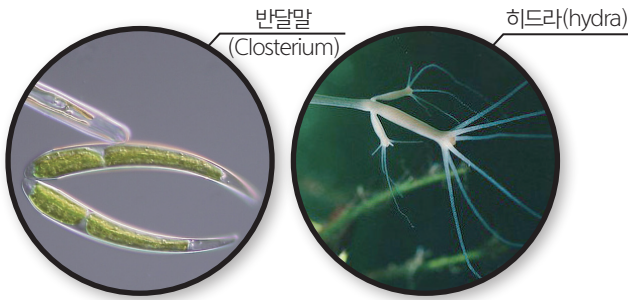


그림.9 무성생식의 예
무성생식하는 생물들은 몸의 일부를
생장시킴으로써 새로운 개체를 생산한다



그림.10 유성생식의 예
유성생식을 위해서는 정자와 난자가 만나야한다

7. 진화와 적응을 한다.

부모로부터 물려받은 특징들은 생물이 살아남는데 도움이 됩니다. 선인장은 가시모양의 잎을 물려받아 사막에서 생존할 수 있습니다. 이렇게 부모로부터 물려받은 특징이 생존에 유리하게 작용하는 것을 **적응**이라고 합니다.

생물은 세대를 거듭해가면서 종족이 처한 환경에 적응해 갑니다. 이때, 환경에 대한점차적인 적응 과정을 **진화**라고 합니다. 어떠한이유에서든 생물이 살아가는 환경은 계속해서 변합니다. 예를 들어 어떤 생물이 포식자를 피하거나 먹이를 찾으러 물속으로 잠수해야 하는 경우가 있을 수 있습니다. 이런 생활방식으로 수백만 혹은 수천만 세대가 지나가면 자손들은 물속에서 잠수하는 것에 능한 생물로 변해갑니다. 세대를 거듭해서 진화하여 잠수해야 하는 환경에 적응하는 것입니다. 이때 **적응은 진화의 결과물이고 진화는 적응의 과정입니다.**



그림.11 선인장
선인장은 가시모양의잎을 가지고있다
건조하고 더운지역에 적응한 것이다

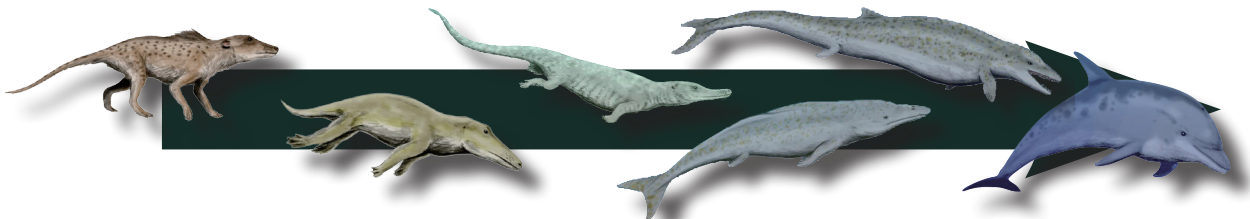


그림.12 고래류의 진화
고래의 조상들은 수많은 세대를 거쳐 해안가에서 바다로 이동해 가면서
계속해서 새로운 환경에 적응해갔다 (화살표는 시간의 흐름을 나타냄)

여기까지가 일반적인 참고서 등의 내용입니다. **저자는 이렇게 단순한 설명을 거부합니다. 마저 읽어보시길 바랍니다.**

세포 : 생물은 세포로 이루어져 있다.

나는 하나라고 할 수 있을까요?

세포의 구조

살아있는 양파를 얇게 잘라서 현미경으로 관찰하면 벌집모양의 구조가 보입니다. 이때 그 구조 안에 네모난 모양의 덩어리 하나하나를 각각 한 개의 세포라고 합니다. 세포는 영어로 cell(셀) 이라고 부릅니다. 왜냐하면 세포의 최초발견자가 현미경으로 생물체를 관찰하다가 벌집모양의 구조를 발견하고는 그것들 하나하나가 수도원의 방(아파트와 비슷한 모양)과 비슷하다고 하여 cell(방 또는 감옥)이라고 이름 붙이게 되었기 때문입니다. 우리말로는 ‘세포’가 미세한 주머니라고 해석 됩니다.

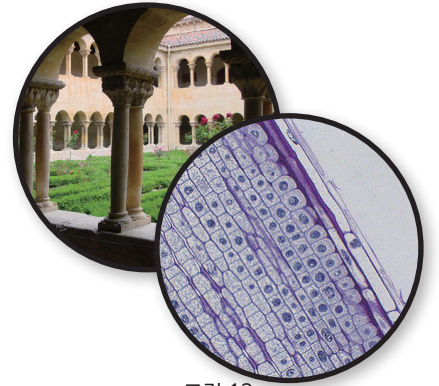


그림.13
수도원(왼쪽)과 양파세포(오른쪽)의 사진

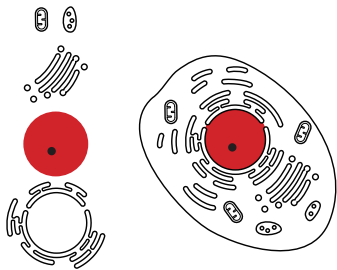


그림.14 세포의 구성요소(왼쪽)는 죽어있다. 반면에 완전한 세포(오른쪽)는 살아있다.

생명의 최소단위

세포는 살아있습니다. 살아있다고 말하는 이유는 **세포를 더 작은 단위로 쪼개면 더 이상 살아있는 것이 아니기** 때문입니다. 생물에서 세포 한 개를 떼내어 적절한 환경에서 키우면 일정수준까지 자라납니다. ‘살아있다’의 기준이 “세포로 이루어져있는가?”인 이유도 여기 있습니다.

티끌모아 개구리

세포는 모양이나 기능이 다양합니다. **식물세포**의 모양은 주로 벽이 사방으로 둘러싸인 방모양입니다. 하지만 **동물세포**의 모양은 좀 더 다양합니다. 동물세포는 기능에 따라서 크기와 모양이 제각각입니다. 예를 들어 피에서 산소를 운반하는 적혈구라는 세포는 생김새가 바람 빠진 공 모양입니다. 그리고 몸을 움직이는 근육세포는 럭비공을 잡아늘린 모양입니다. 또한 지방을 저장하는 지방세포는 동그란 공모양입니다.

서로 다른 종류의 세포들은 한 대 어우러져 하나의 개체를 이룹니다. 여기서 **개체란 독자적으로 생존하는 하나의 생물체**를 말합니다. 예를 들어 개구리 한 마리는 하나의 개체입니다. 반면에 세포하나로 이루어진 개체도 있습니다. 눈에 보이지는 않지만 **효모나 짚신벌레** 그리고 **아메바** 같은 것들은 세포하나로 살아갑니다. 이때 여러 개의 세포로 이루어진 생물을 **다세포 생물**이라고 하고 하나의 세포로 이루어진 생물을 **단세포 생물**이라고 합니다.

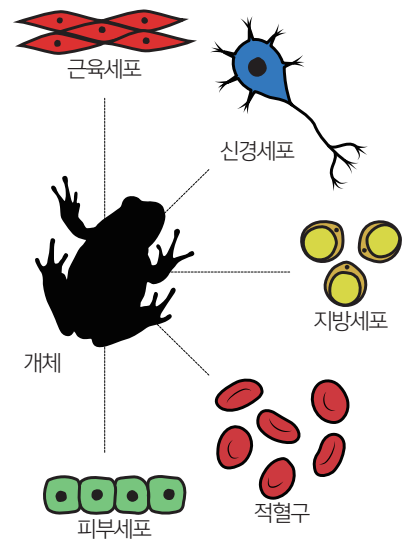


그림.15 다세포생물은 다양한 세포가 모여 하나의 개체를 이룬다.

다세포생물 = 세포공동체

다세포 생물의 크기가 크다고 해서 그것을 구성하는 세포역시 크지는 않습니다. 단지 얼마나 많은 세포를 가지고 있느냐에 따라서 다세포생물의 크기가 결정됩니다.

인간의 몸안에 있는 세포의 총 개수는 약 37조개 정도라고 합니다. 단세포생물을 37조개 정도 모아 놓으면 사람만한 크기가 된다는 이야기입니다. 단세포생물 무더기와 인간을 비교해보면 약 37조개의 인간세포가 얼마나 일사분란하게 협업하고 있는지 감이 오실 것 입니다. 우리 몸은 하나가 아니라 수많은 세포가 만들어내는 완벽한 하모니이자 수많은 세포의 공동체입니다.

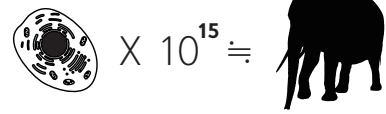
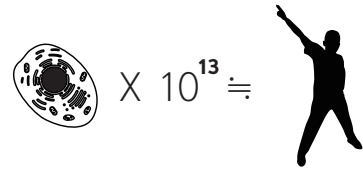


그림.16 사람과 코끼리의 세포 수 비교

물질대사 : 생물은 물질대사를 한다.

살은 어디로 빠지나요?

물질대사의 어원

‘물질대사’의 사전적 정의는 ‘**생명체 내에서 일어나는 모든 화학작용**’입니다. 그런데 물질대사에서 ‘대사’의 한자어는 ‘대신할 대’ 그리고 ‘사례할 사’입니다. 즉, 물질을 대신해서 사례한다는 의미입니다. 언뜻 들어서는 무슨 의미인지 알 수가 없습니다. 한자대신 영어표현을 살펴봅시다. 물질대사의 영어 표현인 ‘metabolism’(메타볼리즘)의 어원은 ‘metabole’이고 ‘**바꾸다.**’ ‘**변화하다.**’ ‘**교환하다.**’라는 의미가 있습니다. 분명 물질대사의 사전적 정의는 ‘생명체 내에서 일어나는 모든 화학작용’인데 무엇을 바꾸고 무엇을 교환한다는 이야기일까요?



그림.17 물질대사는 원래의 부품이 하나도 남아있지 않을 때까지 계속하는 부품교체와 같다

비유로 이해하기



그림.18 물질대사는 원래의 부품이 하나도 남아있지 않을 때까지 계속하는 부품교체와 같다

쉬지 않고 달리면서 주변의 고철들을 모으는 고철로 만들어진 자동차를 상상해 봅시다. 이 자동차는 수집한 고철들을 연료로 사용해서 달립니다. 동시에 오래된 부품들을 버리고, 수집한 고철들로 스스로를 수리하기도 합니다. 이따금씩 주변에 고철이 없으면 부속의 일부를 연료로 사용하기도 합니다.

생물은 위에서 언급한 자동차와 같이 행동합니다. 다른 생물의 세포를 먹이로 섭취하고, 섭취한 먹이를 에너지로 사용합니다. 동시에 오래된 세포들을 노폐물로 배출하고 빈자리는 섭취한 것들로 교체합니다. 이따금씩 먹을 것이 없으면 몸에 저장해 놓은 세포들을 희생시켜 에너지로 사용하기도 합니다. 이러한 생물의 전체적인 화학반응을 통틀어 물질대사라고 합니다.

물질대사는 '에너지'와 '물질'의 두 가지 측면에서 해석해야 하기 때문에 헷갈리기 쉽습니다. 동시에 식물과 동물을 구별해야 하기도 합니다. 우선 '물질'의 관점에서 물질대사를 해석해 보겠습니다.

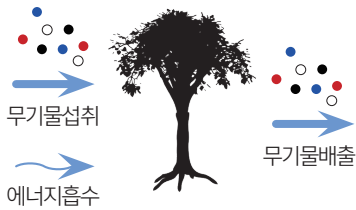
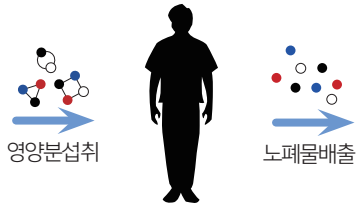


그림.19 물질은 생물에 들어가고 나간다

물질대사 ≙ 교환, 교체한다

우리 몸을 구성하는 원자 중 약 98%는 1년 안에 새로운 원자로 교체된다는 오래된 연구결과가 있습니다. 1년 전의 몸과 1년 후의 몸을 비교하면 그것들의 98% 정도는 서로 다른 원자라는 주장입니다. 하지만 실제로는 몸의 부위에 따라 구성원자의 교체속도가 다릅니다. 피부는 평균적으로 1~2달 안에 전부 교체됩니다. 반면에 눈, 심장, 이빨 등은 평생 동안 반절 이상 교체되지 않습니다. 그리고 뇌의 일부분은 평생 동안 거의 교체되지 않습니다. 그러나 중요한 점은 **부위마다 속도만 다를 뿐 몸속 대부분의 원자는 계속해서 교체가 되고 있다는 사실입니다.**

우리는 우리의 몸을 고정된 실체라고 생각하곤 합니다. 하지만 우리가 먹고 마시는 원자들은 우리의 몸을 조금씩 대체해 가고 있습니다. 물질이 계속해서 새로운 것으로 교체되기 때문에 어제와 오늘의 나는 똑같아 보이지만 우리는 매일 매순간 조금씩 다른 사물이고 계속해서 새것입니다.

물질대사의 원래 의미

중세 시대의 과학자들은 자신의 체중을 재다가 물질대사의 개념을 발견했습니다. 생물의 체중은 시시각각 변하고 체중이 변하는 것은 무엇인가 몸에 들어오거나 몸에서 빠져나가기 때문이라는 사실을 알게 된 것입니다.

이제 물질대사를 내부물질(체내)과 외부물질(체외)의 교환 혹은 교체라고 생각해봅시다. 그러면 물질대사는 자연스럽게 생물이 '외부물질을 받아들이는 작용'과 '내부물질을 내보내는 작용', 두 가지 형태로 구분할 수 있을 것입니다. 실제로 물질대사는 크게 동화작용과 이화작용으로 구분됩니다. 이때, **동화작용**은 작은 분자를 큰 분자로 합성하는 작용이고 **이화작용**은 큰 분자를 작은 분자로 분해하는 작용으로 정의 합니다. 그런데 얼핏 보면 분자의 '합성'과 '분해'가 '받아들임'이나 '내보냄'과는 관련이 없어 보이기도 합니다.

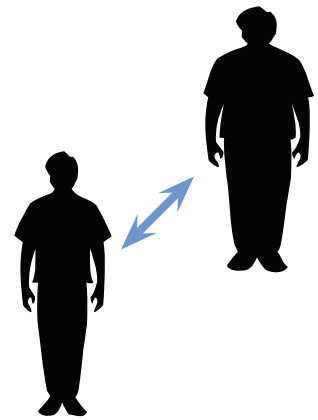


그림.20 신체의 변화

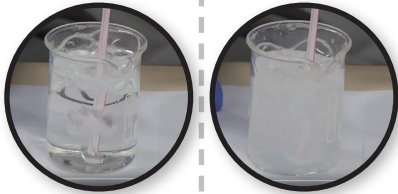
분자가 단순히 생물의 몸 안에 들어왔다고 해서 생물의 일부가 된 것은 아닙니다. 생물 안에 들어온 분자는 화학작용을 통해서 완전히 생물의 일부로 '동화'될 필요가 있습니다. 예를 들어 우리가 우유를 섭취했는데 우리의 몸속에서도 우유가 우유인 상태 그대로 유지된다면 심각한 문제가 발생합니다. 우리가 섭취한 우유는 우리의 근육, 뼈, 혈액 등으로 재구성 될 필요가 있습니다. 이처럼 섭취한 분자가 우리 몸의 일부로 완전히 '동화'된 후에야 비로소 생물의 일부로서 받아들여졌다고 할 수 있는 것입니다.

반대로 분자를 몸 밖으로 내보내는 경우를 생각해 봅시다. 이번에는 논리의 흐름이 조금 어려워집니다. '내보냄'과 '분해' 그리고 '이화작용'을 연결시켜야 하는데 초보자가 이렇다 할 연결고리를 발견하는 일이 쉽지 않기 때문입니다. 사실 생물은 스스로를 눈에 보이지 않을 정도로 작게 분해하여 외부로 배출합니다. 우리는 여기서 이해를 돕기 위해 한 가지 질문을 해볼 필요가 있습니다. **"뱃살은 과연 어디로 어떻게 빠질까요?"**

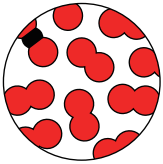
들숨

날숨

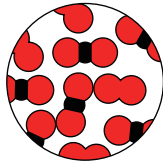
살은 코로 빠진다



석회수에 날숨을 불어넣으면 이산화탄소가 인하여 뿌옇게 흐려진다



들숨에는 산소 분자가 많다



날숨에는 이산화탄소 분자가 많다



산소분자는 산소원자 두개로 이루어짐



이산화탄소분자는 산소원자 두개와 탄소원자 한개로 이루어짐

그림.21 들숨과 날숨의 비교

우리가 들이쉬고 내쉬는 숨에는 특별한 분자가 숨어 있습니다. 만약 석회수에 숨을 내쉬게 되면 잠깐동안 석회수가 뿌옇게 흐려집니다. 우리가 내쉬는 숨에 무엇인가 들어있는 것입니다.

동물의 날숨(내쉬는 숨)은 들숨(들이쉬는 숨)에 비해 산소가 적고 이산화탄소가 많습니다. 다른표현으로, 생물에 산소가 들어가면 이산화탄소로 변해서 나옵니다. 이때, 산소와 이산화탄소를 비교해보면 이산화탄소에는 산소에 없던 탄소원자 하나가 더 들어가 있다는 것을 알 수 있습니다. 우리는 이 탄소 원자 하나가 어디에서 나왔는지 알아볼 필요가 있습니다.

생물은 스스로의 몸을 태우는 아궁이와 같습니다. 말 그대로 생물은 스스로를 불태웁니다. 단지, 그것이 느껴지지 않는 이유는 진행 과정이 매우 느리기 때문입니다. 그리고 이 과정에서 생물은 산소를 필요로 하고, 산소분자는 생물의 몸에서 탄소원자 하나를 빼앗아 이산화탄소 기체로 빠져나갑니다. 즉, **날숨의 이산화탄소는 생물의 몸에서 빠져나온 것입니다.** 지금 독자가 내쉬고 있는 숨에는 몇 분전까지 독자의 몸에 동화되어있던 탄소원자가 포함되어있습니다. 따라서 자연스럽게 이화작용은 분해 작용이고 내보내는 작용으로 이해할 수 있습니다

구체적 사례

물질대사에 관한 좀 더 구체적인 사례를 살펴봅시다. 플라스틱 병에 담긴 음료를 조금 마시고 뚜껑을 닫은 후, 따뜻한 곳에 오래 놓아두면 음료수 병이 폭발하게 됩니다. 이것은 음료에 우연히 들어간 미생물들(0.1mm 이하의 개체, 주로 단세포생물)이 물질대사를 통해 음료를 끊임없이 이산화탄소로 바꾸어 놓기 때문입니다. 우선 음료는 동화작용을 통해 미생물이 되고 미생물은 이화작용을 통해서 이산화탄소기체가 됩니다. 결국 음료병은 이산화탄소로 가득차게 되고, 액체인 음료보다 기체인 이산화탄소의 부피가 훨씬 크므로 음료수병은 압력을 이기지 못하고 터지게 되는 것입니다.

그런데 여기서 짚고 넘어가야 할 질문이 하나 더 있습니다. **생물은 동화와 이화작용을 통해 무엇을 얻고자 하는 것일까요?**

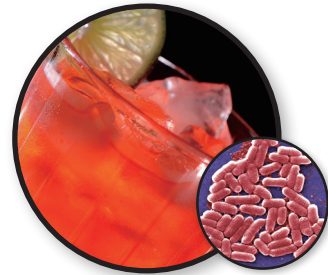


그림.22 미생물들은 눈에 보이지는 않지만 다양한 곳에서 물질대사를 수행한다



그림.23 새로운 것을 생산하는 데에는 에너지가 필요하다

왜 이려고 있는거지?

생물의 궁극적인 목표는 자신과 닮은 형태의 생물을 계속해서 생산해 내는 것입니다. 생물은 원자로 구성됩니다. 그런데 원자는 새롭게 생겨나지 않습니다. 따라서 생물은 외부의 원자 혹은 분자들을 흡수하고 동화해서 자신과 닮은 것으로 만들어야 합니다. 이때, **생물은 상당량의 에너지를 필요로 합니다.**

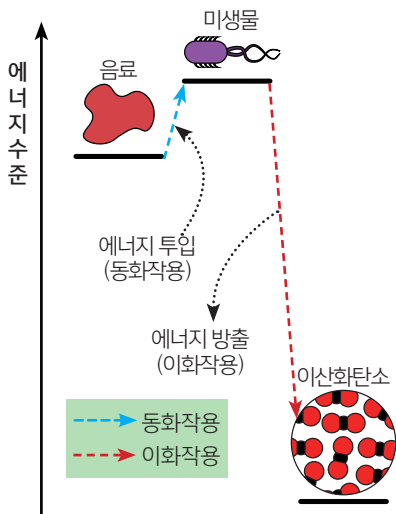


그림.24 미생물의 동화작용과 이화작용

음료수로 미생물을 하나 만드는 상황을 생각해 봅시다. 음료수를 미생물로 동화시키기 위해서는 그만큼의 에너지가 필요합니다. 미생물은 필요한 에너지를 보충하기 위해서 흡수한 음료수의 일부와 자신의 일부를 희생시킬 필요가 있습니다. 이때, 미생물은 이화작용을 통해 이미 동화되어있는 분자들을 이산화탄소로 완전히 산화시킵니다. 이를 통해 미생물은 자신을 하나 더 만들고 남은 만큼 엄청난 에너지를 얻을 수 있습니다. (그림 24 에서 음료수로 미생물을 만들 때 비교적 적은양의 에너지가 사용되는 것에 주목합니다.) 이렇게 미생물은 스스로를 복제하고 유지, 보수할 수 있습니다. (반면 식물은 빛에너지를 사용한다.)

이처럼 생물은 복제, 유지, 보수 등의 동화작용에 필요한 에너지를 보충하기 위해 이화작용을 합니다. 은유적으로 표현하면 큰 돈을 벌기 위해 작은 돈을 투자하는 상황으로 해석할 수도 있을 것입니다. 투자와 수익이 연결되어있는 것처럼 동화작용과 이화작용은 서로 연관되어 있습니다.

분자 수준에서 물질대사 이해하기

생물이 가지고 있는 분자들은 거대 합니다. 예컨대 세포를 구성하는 각각의 분자들은 일반적인 분자들에 비해 훨씬 큼니다. 생체분자들은 일정수준 이상으로 거대해져야만 생물체 내에서 고유한 기능들을 수행 할 수 있습니다.

이제 이화작용과 동화작용을 분자수준에서 해석해 봅시다. 생체 분자가 세포 내에서 알맞은 기능을 수행하기 위해서는 크고 복잡하게 조립되어야 합니다. 이렇게 작고 간단한 분자를 크고 복잡한 분자로 합성하는 화학반응을 동화작용이라고 합니다. 반대로 생체 내 거대 분자는 작고 간단한 분자로 쪼개어 에너지원 혹은 다른 분자의 재료로 사용할 수 있습니다. 이렇게 크고 복잡한 분자를 작고 간단한 분자로 분해하는 화학반응을 이화작용이라고 합니다.

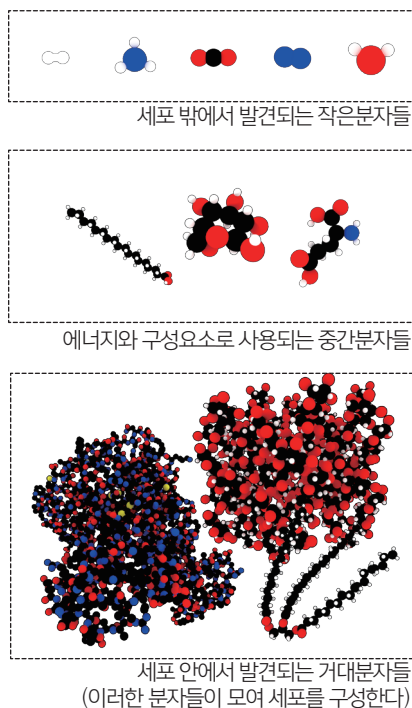


그림.25 세포 안과 밖에서 발견되는 분자들

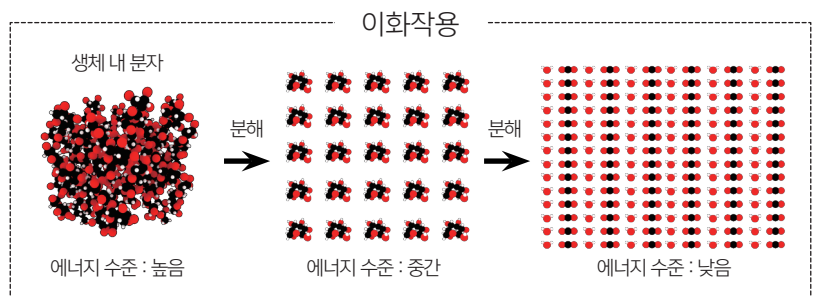
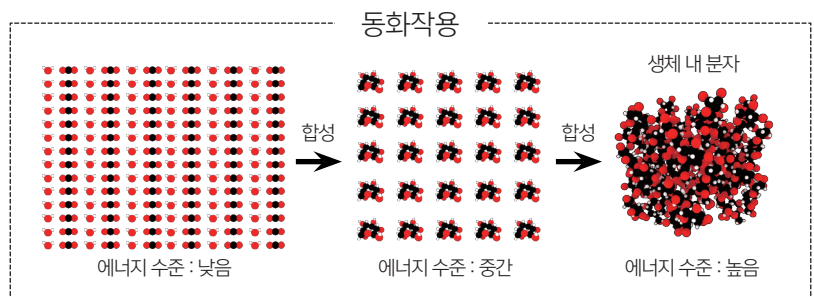


그림.26 동화작용과 이화작용의 예

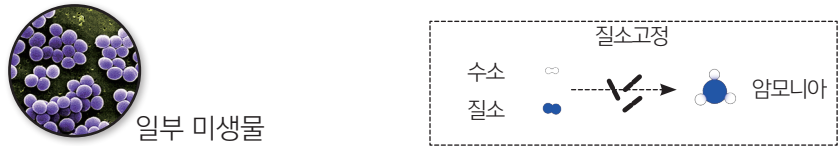
동화작용과 이화작용의 대표적인 예

동화작용의 예

광합성: 식물세포가 물과 이산화탄소를 태양에너지로 결합하여 포도당의 형태로 저장하는 화학작용



질소고정: 땅속에서는 여러 종류의 미생물들이 공기 중에 질소와 수소를 결합하여 암모니아를 만드는 작용



단백질 등의 합성: 동물, 식물, 미생물등이 거대분자를 합성하는 화학작용 (다음 단원에서 자세히 다룸)

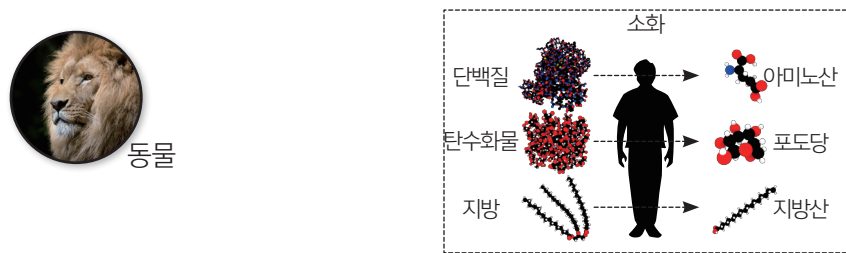


이화작용의 예

세포호흡: 동물과 식물의 세포가 포도당을 산소와 반응시켜 물과 이산화탄소로 분해하는 화학반응



소화: 동물이 섭취한 먹이를 흡수할 수 있는 형태로 분해하는 과정



생명현상은 화학작용이다

물질대사를 설명할 때 설명을 편하게 하기위해서 자주하는 말이 있습니다. 생명은 에너지를 필요로 한다는 것입니다. 하지만 정확하게 이야기하면 생명현상은 세포를 구성하는 분자들 간에 에너지 교환 그 자체입니다. 즉, 생명이라는 것은 고정된 물질(원자와 분자)의 조합이 아니고 이들 간에 끊임없는 화학작용이라는 의미 입니다. 야구선수와 야구 장비를 가져다 놓았다고 야구가 되지는 않습니다. 선수들 간에 상호작용이 일어나야 합니다. 마찬가지로 생명현상은 적당한 물질들을 적절한 구조로 모아놓았다고 이루어지지 않습니다. 생명현상은 이들 간에 화학작용인 물질대사가 반드시 수반되어야 합니다.



그림.27 야구선수들이 사진을 찍고있다 (왼쪽) 야구선수들이 야구를 하고있다 (오른쪽)

물질대사의 또 다른 이름

생물학에는 물질대사를 지칭하는 말이 많이 있습니다. 물질대사는 신진대사라고도 합니다. **신진대사**는 물질대사를 하나의 개체관점에서 포괄적으로 바라보는 것입니다. **에너지대사**는 물질대사라는 현상을 에너지의 관점으로 바라본 것입니다. 물질대사는 간단히 **대사**라고 부르기도 합니다. **기초대사량**은 생물이 살아있기 위한 최소한의 대사량을 이야기 합니다. **대사장애**는 신체내의 물질대사에 문제가 생겨 걸리는 병입니다.

물질대사는 절대로 쉬운 개념이 아닙니다. 단지 외우려고 하면 동화작용은 에너지 흡수, 이화작용은 에너지 방출, 동화와 이화작용의 예들 정도만 외워버리면 쉽게 끝나지만 궁극적으로 “물질대사는 왜 그리고 어떻게 일어나는가?”에 대하여 질문 한다면 문제는 복잡해집니다. 혹시나 물질대사에 대하여 더 알고 싶은 것이 있다면 '생화학'을 공부해보시길 추천합니다.

물질대사 = 대사

|| ||

신진대사 = 에너지대사

그림.27 물질대사의 여러가지 표현방법



그림.28 구루병은 대사장애의 일종이다

반응 : 생물은 자극에 반응한다.

생존의 자동화

반응은 필수적이다

우리는 항상 외부의 자극에 반응합니다. 사실 이것은 너무나 당연한 일이어서 굳이 진부하게 설명할 필요가 없어 보이기까지 합니다. 자극에 대한 반응은 생물의 생존에 필수적입니다. 예를 들어 통증을 느끼지 못하는 사람은 심각한 질병에 걸려도 반응을 하지 않기 때문에 죽을 확률이 더 높습니다.



그림.29 동물들의 생존반응

반응은 다양하다

자극에 대한 반응은 생물에 따라 다양할 수 있습니다. 사자들은 코끼리 똥을 보면 좋아서 똥 위에서 뒹굴니다. 반면에 코끼리는 사자 똥을 피해 다닙니다. 이러한 예는 같은 자극이라도 생물의 종류에 따라서 얼마나 다른 반응이 나올 수 있는지를 잘 보여줍니다.

식물들 역시 자극에 반응합니다. 다만 자극을 주어도 반응하는 것처럼 보이지 않는 이유는 반응이 매우 느리기 때문입니다. 그래서 우리는 식물들의 반응을 무시하고 지나가는 경향이 있습니다. 식물들은 빛의 자극방향에 따라 자극 방향으로 몸을 돌립니다. 또한 성장하는 동안 우연히 몸이 기울면 그에 따라서 중력방향을 찾아내어 뿌리는 중력방향으로, 줄기는 반대방향으로 비틀어 자라납니다.

아주 빠른 반응을 보이는 식물들도 있습니다. 예를 들어 '미모사'라는 식물은 곤충이나 동물로부터 스스로를 보호하기 위해서 무엇인가에 잎이 닿으면 빠르게



그림.30 식물의 뿌리는 땅을 찾는다



그림.31 미모사를 건드리면 잎이 빠르게접힌다

잎을 접어 시들어 보이게끔 만듭니다. 파리지옥의 경우에는 곤충으로부터 영양분을 섭취합니다. 파리지옥은 먹이를 섭취하기위해서 파리가 앞에 앉으면 즉각적으로 잎을 오므려 파리를 잡는 능력이 있습니다.

미생물역시 자극에 반응합니다. 높은 농도의 양분이 있는 쪽으로 이동하거나 독성물질을 피하는 반응을 하기도 합니다. 섭취하는 양분의 종류가 달라지면 상황에 따라 다른 종류의 소화액을 분비하는 능력도 있습니다.



그림.32 파리지옥은 잎을 빠르게 움직여 먹이를 잡는다

항상성 : 생물은 항상성을 갖는다.

물질대사의 최적화

항상성은 물질대사를 위한 몸의 반응이다

항상성이란 생물이 체내의 환경을 일정하게 유지하려는 성질입니다. 물질대사는 본질적으로 화학반응이므로 여타 화학반응과 마찬가지로 필요한 조건들이 있습니다.(예를 들어 온도가 부적절하면 불이 붙지 않는다.) 이때, 항상성은 '생물이 체내의 환경을 물질대사의 최적조건으로 유지시키려고 하는 성질'이라고 생각할 수 있습니다. 예를 들어 인체의 물질대사는 37.5°C, pH 7 정도에서 최적조건을 갖습니다. 때문에 인체는 항상 체온을 37.5°C, 체내의 pH 를 7로 유지하려는 성질이 있습니다. 찬물에서 수영을 하거나 뜨거운 사우나를 들어가도 우리의 체온은 37.5°C 근처를 벗어나지 않습니다.



그림.33 열을 식히기 위해 몸에 땀이 난다

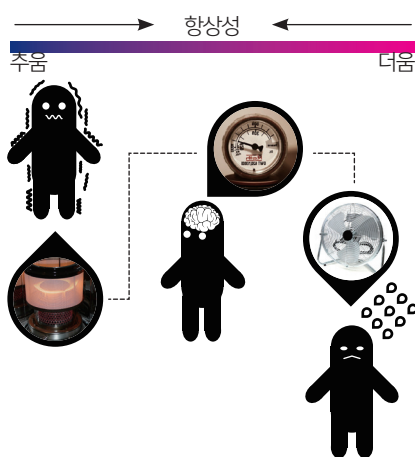


그림.34 항상성의 작동방식

항상성의 작동방식

항상성은 독특한 방식으로 작동합니다. 다음과 같은 상황을 생각해 봅시다. 방안에 에어컨과 보일러가 '하나의 온도센서'로 작동하는 것입니다. 만약 온도설정을 37.5°C로 해 놓았다면 온도가 37.5°C 위로 올라가면 에어컨이 작동하고 아래로 떨어지면 보일러가 작동하는 방식입니다. 이때, 에어컨과 보일러가 동시에 작동해버리면 곤란해질 수 있습니다. 그래서 온도센서는 한쪽이 켜지면 한쪽이 꺼지는 규칙으로 곤란한 상황을 극복합니다. 여기서 보일러를 근육의 떨림, 에어컨을 땀의 배출, 그리고 온도센서를 우리 뇌의 일부인 시상하부라고 한다면 항상성이 작동하는 방식과 동일해집니다. 우리는 굳이 신경 쓸 필요 없이 자동으로 조절되는 온도센서를 머릿속에 가지고 있습니다.

항상성의 예

- 혈압 조절
- 혈당량 조절
- 삼투압 조절 (혈액의 짜고 싱거움 조절)
- 체온 조절
- 산소, 이산화탄소 포화도 조절
- 혈장(혈액)의 pH 조절
- 콜레스테롤 조절



그림.35 부에노스 아이리스의 황열을 묘사한 그림

항상성의 설정값은 변한다

항상성의 설정 값은 완전히 고정된 것이 아닙니다. 때에 따라서 설정 값은 변할 수 있습니다. ‘인간의 체온은 37.5°C로 고정불변 한다.’라는 고정관념이 있습니다. 그러나 우리가 아프면 체온이 40°C까지 올라가기도 합니다. 이것은 병원균이 열을 내서 올라가는 것이 아니라 항상성의 설정 값이 올라간 것입니다. 이것은 열에 약한 병원균을 죽이기 위한 인체의 방어기작이라는 가설이 있습니다.

항상성이 없을 수도 있다

항상성이 모든 생물에게 동일하게 적용되지는 않습니다. 대표적인 예로 항온동물과 변온동물이 있습니다. 개나 고양이 같은 포유류는 항온동물인 반면 뱀이나 도마뱀 같은 파충류는 변온동물입니다. 변온동물은 온도에 대한 항상성이 작동하지 않습니다. 때문에 날씨가 추워지면 뱀의 체내도 차가워지고 반대로 더워지면 뱀의 체내도 뜨거워집니다. 이런 생물들은 어떻게 살아야 할까요? 이들에겐 자극에 대한 반응이라는 구세주가 있습니다. 즉, 단순하게 뱀은 추우면 따뜻한 곳을 찾아가고 더우면 서늘한 곳을 찾아갑니다.



그림.36 변온동물들은 계속해서 음지와 양지를 오가야 한다 (우측은 손에 뱀이 감긴 열사진)



그림.37 열사병에 걸려 쓰러진 운동선수

항상성과 질병

항상성은 인간의 질병과 밀접한 관련을 맺고 있습니다. 항상성 조절에 실패하면 물질대사에 직접적인 타격이 가해지기 때문입니다. 혈당량 조절에 실패하면 당뇨병이라는 병에 걸리게 되고 혈압조절에 실패하면 고혈압이나 저혈압증상이 나타납니다. 온도조절이 안되면 열사병이나 저체온 증에 걸리고 산소조절이 안되면 즉사합니다. 항상성은 ‘생리학’을 통해 자세히 공부할 수 있습니다.

생장과 발생 : 생물은 발생하고 성장한다.

소우주에서 대우주로

생장 (성장)

생장이란 생물체가 세포의 수를 늘려 부피와 무게를 늘리는 현상입니다. 즉, **생장이란 생물의 세포수가 증가하는 것입니다.**

세포는 부피를 늘릴 때 세포분열을 합니다. 세포분열이란 한 개의 세포가 2개로 갈라져 세포의 개수가 늘어나는 과정입니다. 세포는 무작정 부피를 늘리는 것이 아니라 어느 정도 커지면 스스로를 2개로 쪼개어버립니다. 따라서 생물이 성장하면서 부피가 늘어날 때, 우리는 생물의 세포가 커지는 것이 아니라 세포의 수가 증가하고 있다고 추론할 수 있습니다. 그런데 생물은 왜 부피를 늘릴 때 세포 하나의 부피를 늘리는 대신 개수를 늘릴까요?



그림.38 나무는 여름과 겨울에 성장속도가 달라서 나이테가 생긴다

세포분열과 물질대사

세포는 살아있기 위해서 세포외부와 끊임없이 물질교환을 해야 합니다. 세포의 물질교환은 **세포의 표면**에서 일어나기 때문에 **단위부피 당 세포의 표면적**이 매우 중요합니다. 달리 표현하면 똑같은 부피라도 같은 공간 안에 큰 세포가 한 개 있을 때보다 작은 세포가 두 개 있을 때, 전체표면적이 넓어져서 대사가 원활해진다는 의미입니다.

예를 들어 커피안에 각설탕을 통째로 넣을 때보다, 각설탕을 가루 내어 넣을 때 훨씬 빨리 녹습니다. 설탕가루가 각설탕에 비해서 훨씬 넓은 표면적을 가지게 되고 설탕은 표면에서 녹기 시작하므로 표면적이 넓은 설탕가루가 더 빨리 녹게 되는 것입니다. 커피안에 설탕과 비슷하게, 다세포 생물의 세포들은 체액안에 떠있습니다. 세포들 사이에는 미세한 틈이 있어서 틈사이로 체액이 흘러 다니는 것입니다. 이때 각각의 세포들은 체액과 물질을 교환합니다. 결국, 설탕가루와 마찬가지로 똑같은 부피라면 세포의 크기가 작을수록 넓은 표면적의 이점을 누릴 수 있습니다.

세포는 할 수 있는 범위에서 최대한 작아져야 하고 생물체는 성장하면서 스스로의 부피를 늘려야 합니다. 이 모순점을 해결하는 것이 세포분열입니다. 생물은 세포분열을 통하여 **세포의 수를 늘림으로써 성장(성장)**을 합니다.

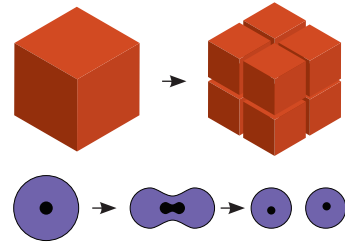


그림.39 세포는 표면적을 늘리기 위해 세포분열을 한다

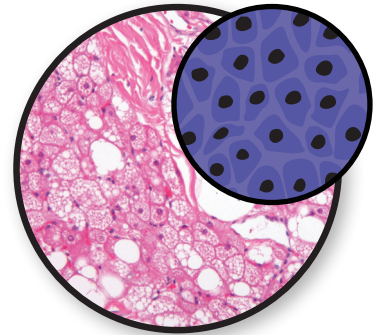


그림.40 세포 사이에는 미세한 간격이 있어서 체액과 물질교환을 한다

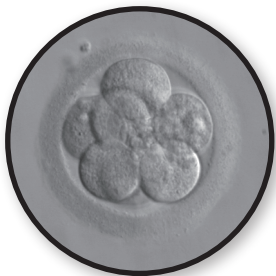


그림.41 인간 수정란의 8세포기 (수정후 시간이 조금 흘렀다)

발생의 시작점

개체는 하나의 세포로부터 시작합니다. 일반적으로 다세포생물의 경우 정자와 난자가 만나 수정란이라는 하나의 완전한 세포가 만들어지는데 이것이 독립적인 개체의 시작입니다. 독자와 저자는 하나의 세포였던 적이 있습니다. 우리가 첫 번째 생일을 맞이하기 한참전의 이야기입니다. 그 당시 우리는 지름이 0.1mm 정도인 동그란 구 모양의 수정란이었습니다. A4용지의 두께가 0.1mm정도인 것을 감안하면 우리가 눈에 보이는 먼지보다 작았다는 사실을 알 수 있을 것입니다.

생장과 분화 그리고 발생

하나의 세포는 발생이라는 과정을 통하여 성체로 자라납니다. 제가 '생장' 혹은 '성장'이라는 단어를 사용하지 않고 '발생'이라는 단어를 사용하는 데는 이유가 있습니다. **생장은 단순히 개체의 세포수가 늘어나는 것을 의미하지만 발생은 세포의 수가 늘어남과 동시에 세포의 모양과 종류와 기능이 다양해지기** 때문입니다. 만약 우리가 현미경으로 세포를 관찰할 때 어떤 세포가 크기, 모양, 기능을 유지한 채로 세포의 개수만 늘어난다면 이것은 '생장'이라고 합니다. 반면에 세포가 모양과 기능이 다른 종류의 세포로 변화한다면 이것을 '분화'라고 합니다. (이때 분화가 가능한 세포를 '줄기세포'라고 합니다.) 그리고 **완전한**

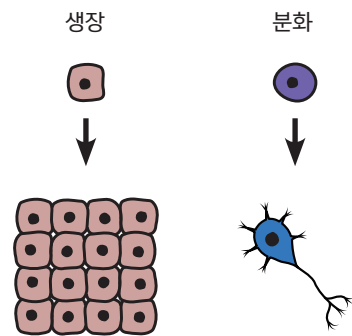


그림.42 생장과 분화

성체가 되는 것을 목적으로 ‘분화’와 ‘생장’이 동시에 일어나서 하나의 세포로부터 완전한 성체(번식이 가능한 개체)가 되는 과정을 ‘발생’이라고 합니다.

발생이 마무리되고 성체가 되면 분열하는 세포의 비율이 급격히 줄어들게 됩니다. 일반적으로 분화과정에 있는 세포는 세포분열을 하고, 분화를 완전히 끝마친 세포는 더 이상 세포분열을 하지 않습니다. 발생하는 동안 분화를 마친 세포의 비율이 늘어나므로 분열하는 세포의 비율은 그만큼 줄어들게 됩니다. (일부 세포는 끝까지 줄기세포로 남아 세포분열을 계속합니다.)

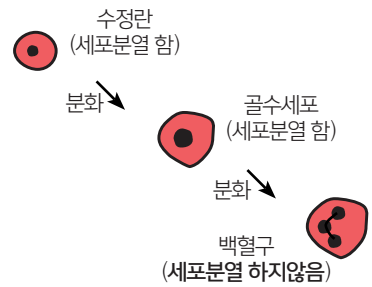


그림.43 분화와 세포분열

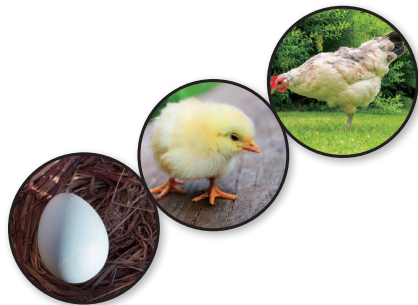


그림.44 병아리는 발생 과정에 있다

발생은 태어난 이후에도 계속된다

태어난 직후에 발생이 끝나는 것은 아닙니다. 인간의 아기는 태어날 때부터 완전한 뇌와 생식기관을 가지고 태어나는 것이 아닙니다. 태어난 이후에도 발생은 당분간 지속됩니다. 발생의 극단적인 예는 개구리의 발생입니다. 개구리는 알부터 올챙이를 거쳐 개구리가 될 때까지 계속해서 발생이 진행됩니다. 그리고 완전한 개구리가 되면 생장과 분화가 분리됩니다. 병아리 역시 완전한 성체가 되지 않았기 때문에 발생의 과정에 있다고 생각해야 합니다.

발생과 생장의 경계

발생과 생장은 명확하게 구분되지 않습니다. 발생하려면 생장이 동반되어야 하기 때문입니다. 다시 한 번 더 강조하자면 **발생은 생장과 분화가 협력하여 완전한 성체를 만드는 과정**입니다.

$$\text{발생} = \text{생장} + \text{분화}$$

그림.45 발생의 간략한 표현법

생식과 유전 : 생물은 생식하고 유전한다.

불멸의 존재

생식 (번식)

생식은 생물이 자신과 닮은 새로운 개체를 생산하는 활동입니다. 영어로는 reproduction (‘재생산’의 의미가 있음)이고 한국어로는 ‘생식’ 또는 ‘번식’이라고 합니다. ‘생식’이라는 단어가 개체의 첫 번째 세포가 생성되는 과정을 말한다면, ‘번식’이라는 단어는 짝짓기, 출산, 육아 등의 전반적인 과정을 말합니다. 두 단어의 의미는 조금 다를 수 있지만 **굳이 구분하지는 않습니다**. 영어로는 둘 다 reproduction입니다. 생식이라는 단어가 조금 생소하게 느껴질 수도 있지만 개념은 쉽습니다. 인간의 경우 정자와 난자가 만나 새로운 개체가 생성되면 이것을 생식이라고 합니다.



그림.46 생식활동의 예

유성생식과 무성생식

생식은 무성생식과 유성생식으로 나누어 볼 수 있습니다. 암컷과 수컷이 난자와 정자를 만들어 합체시키면 자손이 생성됩니다. 이렇게 성(sex)을 이용하는 생식을 **유성생식**이라고 합니다. 반면에 단세포생물은 무성생식을 합니다. 하나의 단세포생물이 세포분열을 통하여 2개로 쪼개지면 새로운 개체가 하나 더 생겨나므로 이것을 생식으로 인정합니다. 이것을 성이 없는 생식이라고 하여 **무성생식**이라고 합니다. 히드라나 잔디와 같은 다세포 생물들은 몸의 일부에서 자신과 동일하게 생긴 자손들을 성장시키는데, 이러한 경우도 무성생식이라고 합니다. ‘무성생식’은 ‘생장과 구분하기 힘들다는 특성이 있습니다.



그림.47 무성생식의 예
짚신벌레의 무성생식(위)
식물의 무성생식(아래)

앞에서 뿌리가
자란다



그림.48 자손은 부모를 닮는다

유전

자손은 부모와 닮았습니다. 인간의 부모는 손가락이 5개이고 자손역시 손가락이 5개입니다. 식물은 뿌리가 있고 자손역시 동일한 뿌리가 있습니다. 자손의 특징들은 부모와 닮아있습니다. 이렇게 **자손이 부모를 닮는 현상을 유전**이라고 합니다.

유전자는 생물의 특징을 결정한다

생물의 특징은 물질대사에 의해 결정됩니다. ‘머리가 검다.’, ‘코가 크다.’, ‘다리가 길다.’같은 특징들도 물질대사에 의해 결정됩니다. 예를 들어 물질대사 중에 멜라닌(검은 색소)의 합성이 포함되어 있다면 머리가 검은색이 되고 그렇지 않다면 백발이 됩니다.

유전자는 특정 정보가 담겨져 있는 분자이며 세포 중앙에 존재합니다. 유전자는 물질대사의 설명서이자 경전입니다. 마치 사람들이 성경이나 코란을 읽고 말씀대로 살아가려고 노력하는 것처럼 세포는 유전자에 담겨진 정보에 따라 물질대사를 합니다. 만약 유전자안에 멜라닌 색소(검은 색소)에 관한 정보가 있다면 세포는 멜라닌 색소를 합성하는 물질대사를 일으키고 유전자안에 멜라닌색소의 정보가 없다면 멜라닌은 만들어지지 않습니다.

... A T G C A T G C A A C ...

...CA T G A C T G A C T G A C A C A C
A G T C T A G A C T G A C A G A G T G
A C T G T C A G A G G T C T T G A A ...



그림.49 유전자(DNA의 연결 순서)는
생물의 특성을 결정짓는다



그림.50 얼룩말의 얼룩무늬 유전자는
자손에게 전달된다

부모에게서 자손으로 유전자가 전달된다

유전자는 부모에서 자식으로 전달됩니다. 부모에서 자식으로 전달된 유전자는 부모의 유전자와 동일합니다. 그러므로 자식은 부모와 동일한 물질대사를 하게 되고 결국 부모와 자식은 동일한 특징을 가지게 됩니다. 만약에 양부모의 유전자가 고장이 나서 특수한 대사 장애를 일으킨다면 자식역시 동일한 대사 장애를 겪을 확률이 높습니다.

유전자는 팀을 이룬다

유전자들은 세포 안에서 팀을 이루고 있습니다. 마치 문장 하나하나가 모여 하나의 책을 만들어내는 것과 유사합니다.

멜라닌 색소를 만드는 유전자는 멜라닌 색소만을 만들고 칼슘을 흡수하는 유전자는 칼슘만 흡수합니다. 때문에 머리색을 담당하는 유전자가 따로 있고 다리길이를 담당하는 유전자가 따로 있습니다. 이렇게 한 가지 일만 하는 수많은 종류의 유전자들이 모여서 거대하고 복잡한 물질대사를 가능하게 합니다.



그림.51 여러 종류의 유전자가 팀을 이루어 한 개체의 특성을 결정한다



그림.52 생식은 유전자가 몸을 갈아타는 행위이다.

생식과 유전

생물은 생식을 통해서 자손에게 유전자를 전달합니다. 그런데 여기서 사람들이 쉽게 놓치는 부분이 있습니다. 개체의 입장에서 생식이란 유전자를 전달하거나 전달받는 행위이지만, 유전자의 입장에서 생식이란 몸을 바꾸어 갈아타는 행위입니다. 유전자는 이러한 방식으로 끊임없이 몸을 바꾸어가며 자신의 형태를 유지합니다. 유전자가 몸을 바꾸어 갈아타는 의미에서, 우리는 왜 생식(reproduction)이 단순히 '생산'으로 해석되는 것이 아니라 '재생산'으로 해석되는지 이해 할 수 있을 것입니다.

불멸의 존재

흔히 생물학자들은 유전자를 불멸의 존재라고 부릅니다. 예를 들어 머리색을 결정하는 유전자들의 기원을 찾아 계속해서 조상을 타고 위로 올라가다보면, 실제로 그 유전자가 형태를 유지해온 기간이 어마어마하다는 것을 알게 되기 때문입니다. 사람은 죽어도 유전자는 그 자손에게 그대로 남습니다. 한 사람의 수명은 백년을 넘기기 힘들지만 어떤 유전자는 몇 십 억년을 살아남습니다. 이 유전자들이 어떻게 그리 오랜 기간을 버텨올 수 있었는지는 다음주제인 '진화와 적응'에서 설명해보도록 하겠습니다.



그림.53 가상 DNA의 그림

진화와 적응 : 생물은 진화하고 적응한다.

유전자의 역사

진화의 어원

진화란 생물집단이 여러 세대를 경과하는 동안 생물집단의 특성이 변화하는 것을 의미합니다. 진화의 영어표현인 'evolution'(에볼루션)의 어원을 살펴보면 'evolver'로 “**감추어진 잠재력을 펼치다.**”라는 의미가 있습니다. 그런데 생물집단의 특성이 변화하는데 무슨 잠재력이 감추어져있고 그것을 어떻게 펼친다는 이야기일까요?



그림.54 선인장의 잎은 극도의 가뭄에 적응하기 위해 바늘과 같이 변하였지만 의도치 않게 방어 기능을 수행하게 되었다.

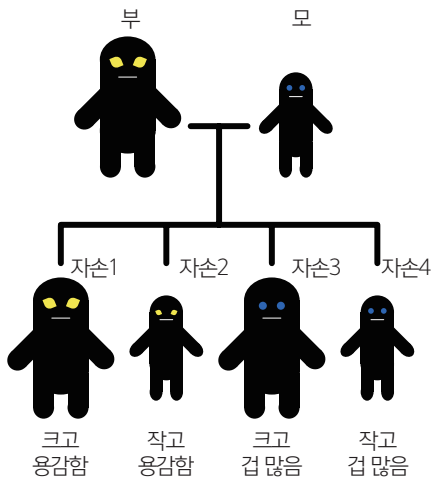


그림.55 다양한 자손들은 각자 장단점이 있다

자손의 다양성

생물이 자손을 낳을 때 유전자들의 조합에 따라 그 자손들은 형태와 특징은 조금씩 다를 수 있습니다. 커다란 개체가 생산이 될 수도 있고 작은 개체가 생산될 수도 있습니다. 용감한 개체가 생산될 수도 있고 겁 많은 개체가 생산될 수도 있습니다. 어떤 형태와 특징을 가지는 자손이 태어나든 상관없이 각각의 자손들은 조금씩 다르고 다양합니다.

다양한 자손들의 모양과 특징은 각자 장단점이 있습니다. 커다란 개체는 먹이가 풍부한 곳에서는 유리하지만 먹이가 부족한 곳에서는 불리합니다. 작은 개체는 그 반대의 상황이 됩니다. 용감한 개체는 방어에 능할 수 있는 반면 겁 많은 개체는 회피에 능할 수 있습니다. 이때, 각각의 자손들은 서로 다른 환경에서 자신의 생물학적 특징을 최대로 발휘할 수 있는 잠재력이 있다고 할 수 있습니다.

환경변화와 자연선택

생물을 둘러싼 환경은 계속해서 변합니다. 환경은 시간, 장소, 상황에 따라 변할 수 있습니다. 생물은 계속해서 다양한 환경 변화에 적응해갈 필요가 있습니다.

1. 시간: 지구에 빙하기가 찾아오듯 지구환경은 시간에 따라 변화합니다.
2. 장소: 생물이 거주지를 옮겨도 생물이 처한 환경이 바뀝니다.
3. 상황: 자원이 풍부하였던 천국 같은 장소가 생물들에 의해 고갈되어서 한정된 자원을 두고 치열한 생존경쟁의 각축전이 벌어지는 장소가 될 수도 있습니다.

변화한 환경에서 유리한 특징을 가지는 개체들은 불리한 특징을 가지는 개체들보다 자손을 번식할 확률이 높습니다. 만약 지구의 날씨가 점점 추워지면 날씬한 개체들 보다 뚱뚱한 개체들이 생존하여 번식할 확률이 높아질 것입니다. 반대로 날씨가 점점 더워지면 뚱뚱한 개체들보다 날씬한 개체가 생존하여 번식할 확률이 높아질 것입니다. 이렇게 환경변화에 따라 개체들 간에 생존확률과 번식확률이 달라지는 현상을 ‘자연선택’이라고 합니다.

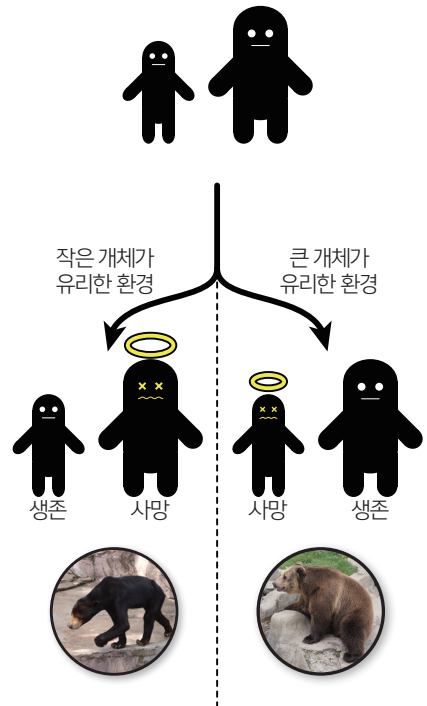


그림.56 다양한 자손들은 장단점은 서로 다른 환경에서 확연히 두드러진다

선택권은 자연에게 있다

생물은 먼 미래를 예측할 수 없습니다. 때문에 종족을 유지하기 위해서는 계속해서 다양한 특징들을 가지는 자손들을 남기는 수밖에 없습니다. 즉, 생물이 예측하지 못하고 상상하지도 못했던 특징들이 자연 선택될 수 있다는 의미입니다. 예를 들어 나무늘보는 이동 속도가 매우 느리기 때문에 자연 선택되었습니다. 재빠른 천적들이 넘쳐나는 곳에서는 매우 느린 속도가 오히려 위장의 효과를 낼 수 있기 때문입니다. (나무늘보의 털은 이끼가 자라서 군복처럼 얼룩덜룩합니다.)



그림.57 나무늘보는 느리기 때문에 자연선택되었다

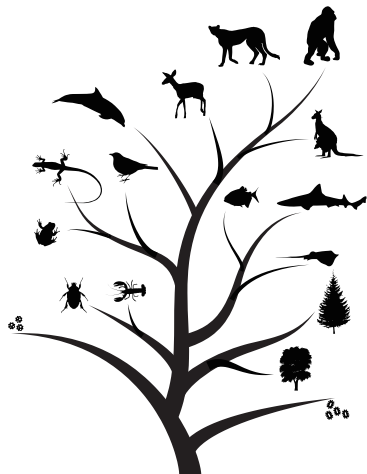


그림.58 생명의 나무
모든 생명은 공통 조상을 갖는다
(즉, 친척 관계이다)

종분화 (생명의 나무)

똑같은 종의 두 생물집단이 서로 다른 환경에 고립되어 매우 오랜 세대가 지나면 두 생물집단의 특징은 완전히 달라져서 나중에는 다른 종이 됩니다. 이렇게 환경적 고립으로 인해 생물의 종이 여러 갈래로 갈라지는 현상을 '종 분화'라고 합니다. 이런 현상은 지구의 역사에서 무수히 반복되어왔습니다.

화석기록이나 유전자 검사를 통한 연구들은 인간과 침팬지가 공통조상을 갖는다는 결론에 도달하게 되었습니다. 즉, 인간과 침팬지는 친척관계라는 의미입니다. (침팬지나 원숭이는 인간의 조상이 아니라 친척입니다) 동일한 맥락에서 원숭이와 개 그리고 쥐는 모두 친척 관계입니다. 사실 진화라는 개념은 모든 생물이 친척관계라는 것을 암시합니다. 극단적인 예로 인간과 바나나의 유전자는 50%가 동일합니다.

적응

생물들을 자세히 살펴보고 있으면 그들이 살고 있는 환경에서 생존할 수 있도록 완벽하게 설계되어 있는 것처럼 보입니다. 종종 생물체의 디자인은 인간의 지식으로는 절대로 도달 할 수 없는 수준에 도달한 것으로 보이기도 합니다. 물고기의 유선형 몸은 물속을 해엄 치는데 흠이 없고 기린의 목은 높은 나무의 잎을 먹기에 딱 맞춘 길이입니다. 북극여우는 몸이 공 모양에 가까워서 열 출입이 적고 추위에 잘 견딜 수 있습니다. 사막여우는 몸이 나뭇가지와 같이 얇아서 열 출입이 크고 더위에 잘 견딜 수 있습니다. 생물은 각자의 환경에 잘 적응해 있습니다.



그림.59 북극여우는 코와 귀가 뭉툭하다
반면 사막 여우는 코와 귀가 길쭉하다
이들은 서로 다른 환경에 적응하였다



그림.60 야구선수는 한쪽팔이 더 길지만
이 특성은 유전되지 않는다

적응과 진화

적응은 진화의 결과입니다. 진화에 관한 잘못된 개념 중 가장 다수를 차지하는 것이 이 부분입니다. 생물이 환경에 적응하려고 노력하다보면 진화를 할 수 있다고 오해하기 때문입니다. 하지만 사실은 그와 반대입니다.

생물은 스스로 노력하여 진화한 것이 아니라 생물 자손의 다양성이 자연선택된 것입니다. 여기서 선택의 주체는 생물이 아니라 자연(생물을 둘러싼 환경)입니다. 만약 뚱뚱한 개체와 날씬한 개체가 공존한다면 자연은 기온을 변화시킴으로써 이들 중 하나를 선택합니다. 때문에 진화가 적응보다 먼저일 수밖에 없습니다.



그림.61 거미원숭이: 거미원숭이처럼 팔이 길어지려면 팔이 짧은 개체들이 죽거나 번식하지 못해서 긴팔 유전자만이 유전되어 야한다

여름

겨울



그림.62 눈뿔싹토끼는 계절에 따라 털색이 변한다.(순응, 하나의 개체 비교) 반면 북극여우는 사막으로 이동한다고 해서 사막여우처럼 변하지 않는다.(적응, 두 개의 개체 비교)

적응과 순응의 차이

진화와 적응에 대한 이러한 잘못된 개념이 생기는 근본적인 이유는 우리가 ‘적응’이라는 단어를 원래 의미와 다르게 사용하기 때문입니다. 생물학에서의 적응은 일상 언어의 적응과 의미가 다릅니다. 생물학에서 말하는 적응은 “조상에 비해 현재 살아있는 생물을 더 유리하게 해주는 신체적 특징”이라고 말할 수 있습니다. 반면에 일상 언어에서의 적응은 “환경변화에 대한 개체의 느린 반응 혹은 익숙해짐”정도로 해석하는 것이 옳습니다. 이때 일상 언어에서 사용하는 적응을 생물학적 전문용어로 ‘순응’이라고 합니다. 순응의 예로 털갈이가 있는데 동물들은 온도에 따라서 털의 모양과 색깔을 다르게 합니다. **적응이 세대가 지나면서 생길 수 있는 변화라면, 순응은 한 개체의 일생 안에서 생길 수 있는 변화입니다.** 적응이 서식환경이 다른 두 개체를 비교할 때 사용하는 개념이라면 순응은 하나의 개체가 서로 다른 환경에서 변화함을 비교하는 개념입니다.



그림.63 눈뿔싹토끼의 털색 변화는 빛의 양에 따라 동공이 커지거나 작아지는 현상과 동일한 상에서 생각해야 한다

진화의 대표적인 예

수명이 짧아서 세대가 자주 바뀌는 생물일수록 진화의 속도가 빠를 수 있습니다. 예를 들어 인간은 대략 25년에 한 번씩 유성생식을 통해 새로운 개체가 발생하므로, 소규모의 진화가 25년마다 한 번씩 일어난다고 가정해봅시다. 그렇다면 박테리아(미생물의 일종, 세균이라고 부르기도 함)은 대략 20분에 한 번씩 무성생식을 하므로 소규모의 진화가 20분에 한번 꼴로 일어나는 셈입니다. 따라서 수명이 짧은 생물일수록 환경변화에 빠르게 적응할 수 있습니다. (유성생식의 장점에 대해서는 ??단원에서 살펴보겠습니다.)

인간은 박테리아와 함께 살아갑니다. 그런데 박테리아 중에는 감염성 질병을 일으키는 종들이 있어서 박테리아가 인체에 들어가면 세포를 공격하기도 합니다.

인간은 박테리아에 감염되면 항생제를 주사하여 박테리아를 쉽게 전멸시킬 수 있습니다. 그런데 인간은 편리함을 추구하여 항생제를 남용하기 시작했습니다. 박테리아의 입장에서는 환경에 변화가 생긴 것입니다. 따라서 박테리아는 급격히 진화를 거듭하였고 모든 항생제에 저항성이 있는 슈퍼박테리아가 탄생하였습니다. (슈퍼박테리아에 감염되면 약물을 사용할 수 없습니다.) 만약에 항생제가 없다면, 저항성이 없는 박테리아가 생존에 더 유리하므로 의학계에서는 항생제 사용을 최소화하기를 권장합니다.

또 다른 예로 모든 살충제에 저항성이 있는 살충제 저항성 곤충들이 있습니다. 슈퍼박테리아의 사례와 유사하게 인간의 살충제 남용으로 인해서 곤충들에게 살충제 저항성이 생긴 것입니다. 이러한 곤충들은 일반적인 살충제로는 죽지 않습니다.

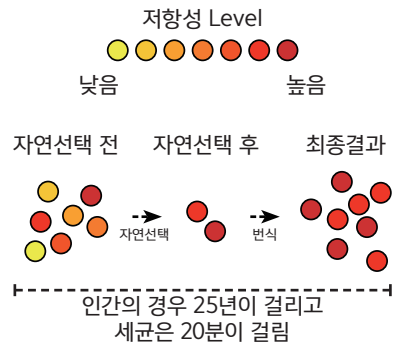


그림.64 진화의 원리 (동그라미 하나 당 하나의 개체)

특별 주제 - 바이러스와 세균

바이러스란 무엇인가?

바이러스는 숙주(기생의 대상이 되는 생물) 세포에 자신의 유전물질을 침투시켜 자신과 닮은 물질들을 생산하는 생화학적 기계입니다. 바이러스는 스스로 분열하여 증식하지 못하고 숙주의 물질대사를 이용합니다. 바이러스는 성장하고 유전하며 진화하지만 세포 형태가 아니고 스스로 물질대사를 하지 못한다는 점에서 생물로 분류되지 않습니다. 바이러스는 사람이 감기 등의 질병에 걸리는 원인물질이며 종종 세균과 혼동되곤 합니다. 세균과 바이러스는 서로 다릅니다. 세균은 생물이고 바이러스는 생물이 아닙니다. 바이러스 중에는 세균(박테리아)을 감염시키는 것들도 있는데 이러한 바이러스를 박테리오파지라고 합니다.



그림.65 박테리오파지가 세균에 침투하고 있다.

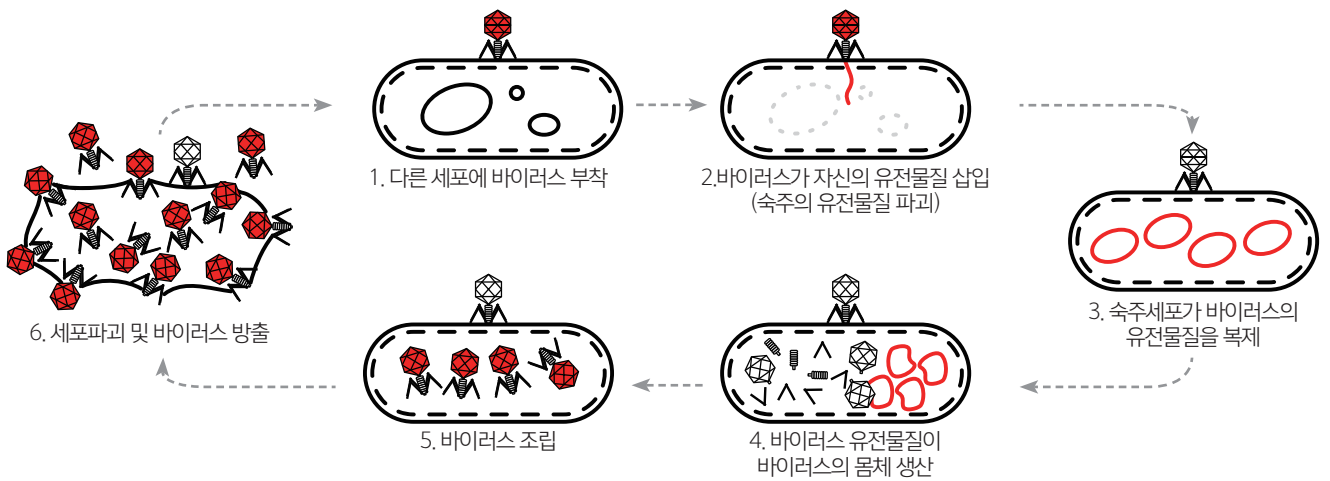


그림.66 바이러스의 생활사

대표적인 바이러스 종류

<p>박테리오파지</p> <p>박테리아(세균)을 감염시킴</p>	<p>아데노 바이러스</p> <p>척추동물을 감염시킴</p>	<p>인플루엔자 (독감바이러스)</p> <p>척추동물을 감염시킴</p>	<p>담배 모자이크 바이러스</p> <p>담배(식물)를 감염시킴</p>
-------------------------------------	-----------------------------------	---	---

그림.67 바이러스는 숙주의 종류 만큼 다양하다.

바이러스와 세균의 특징

바이러스는 생물과 무생물의 중간형태입니다. 바이러스는 생물과 무생물의 특성을 모두 보입니다. (인간과 원숭이의 중간형태인 침팬지가 있는 것과 유사하게 생각하셔도 좋습니다.) 반면에 세균(박테리아)은 완벽하게 생물입니다. 박테리아는 생물의 모든 특성을 보입니다.



세균

단세포 생물

스스로 물질대사

2분법으로 성장

유전 함
(유전물질 있음)

진화 함

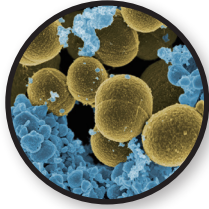


그림.68 세균의 예
결핵균(위),
황색포도상구균(아래)

구조

물질대사

성장

유전

진화

바이러스

세포구조 아님
(껍질+ 유전물질)

스스로 물질대사 하지 못함
(숙주의 물질대사 이용)

숙주세포 안에서
공장에서 찍어내듯 성장

유전 함
(유전물질 있음)

진화 함

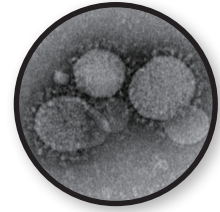


그림.69 바이러스의 예
메르스 바이러스(위),
에볼라 바이러스(아래)

바이러스와 세균의 크기 (세균 >> 바이러스)

세균(세포)과 바이러스는 크기 차이가 엄청납니다. 바이러스는 세균에 비해 10~100배 정도 작습니다. 그래서 바이러스 중에는 세균을 감염시키는 종류도 있습니다. 인간에 빗대어 표현한다면 세균과 바이러스의 크기 차이는 인간과 파리의 크기 차이 정도가 됩니다.

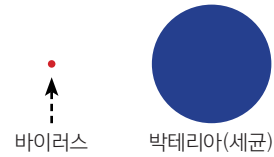


그림.70 바이러스와 박테리아의 크기 비교

저자의 가설 - 바이러스는 생물인가?

엄밀하게 진화적 측면에서 보면, 우리는 생물 종들을 완벽히 구분할 수 없습니다. 항상 두 개의 종간에 중간형태가 있기 때문입니다. 예를 들어 동물과 식물의 중간형태, 어류와 파충류의 중간형태, 파충류와 조류의 중간형태, 파충류와 포유류의 중간형태 등이 화석이나 살아있는 생물로 발견됩니다. 마찬가지로 바이러스는 무생물과 생물의 중간형태일 가능성이 있습니다.

진화는 살아있는 생물에게만 적용되는 것이 아닙니다. 진화는 자기복제를 하는 모든 존재에 적용됩니다. 따라서 무생물로부터 생물이 진화하는 과정에서 중간형태가 바이러스로 남아있다면 생물과 무생물을 구분하는 것은 무의미 할 수 있습니다.



그림.71 왼쪽부터 유글레나(식물/동물), 폐어(어류/파충류), 시조새(파충류/조류), 디메트로돈(파충류/조류/포유류), 오리너구리(조류/포유류)

참고문헌

단행본

- 리처드 도킨스, 『애덴의 강』, 이용철, 사이언스북스(2005)
 에빈 슈뢰딩거, 『생명이란 무엇인가』, 서인석 외, 한울과학문고(1992)
 Douglas J. Fuuyma, 『진화학』, 김상태 외, 라이프 사이언스(2008)
 Lubert Stryer et al, 『Biochemistry』, W.H. Freeman and Company(1975)

논문

1. Bergmann O et al, "Evidence for cardiomyocyte renewal in humans", *Science*, 2009, 324(5923), pp.98-102
2. Bhardwaj RD et al, "Neocortical neurogenesis in humans is restricted to development.", *Proc Natl Acad Sci U S A.*, 2006, 103(33), pp.12564-83.
- Eknoyan G, "Santorio Sanctorius (1561-1636) - founding father of metabolic balance studies", *American journal of nephrology*, 1999, 19(2), pp.226-33
4. Lynnerup N et al, "Radiocarbon dating of the human eye lens crystallines reveal proteins without carbon turnover throughout life", *PLoS One*, 2008, 3(1), e.1529
5. Spalding KL et al, "Retrospective birth dating of cells in humans.", *Cell*, 2005, 122(1), pp.133-43

사진판권

- | | | | | | |
|-------|--|---|-------------|--|---------------------------|
| 그림.1 | | dr.Tsukii Yuuji | 그림.47 | | CrazyD |
| 그림.2 | | Jagiellonian University Medical College | 그림.47 | | Deuterostome |
| 그림.3 | | Muskskiprozz | (세포분열) | | |
| 그림.5 | | Joe Le Merou | 그림.49 | | Alex Neman |
| 그림.9 | | Lifetrance | 그림.56 | | OpenCage's Photo Library |
| (히드라) | | | 그림.59 | | Eric Kilby |
| 그림.9 | | ja>User:NEON / User:NEON_ja | (북극여우) | | |
| (반달말) | | | 그림.59 | | Sumeet Moghe |
| 그림.12 | | Nobu Tamura | (사막여우) | | |
| 그림.13 | | UAF Center for Distance Education | 그림.61 | | http://www.birdphotos.com |
| 그림.13 | | Lourdes Cardenal | 그림.62 | | D. Gordon E. Robertson |
| 그림.17 | | Jorge Royan | (흰토끼) | | |
| 그림.28 | | Wellcome Library, London | 그림.62 | | Walter Siegmund |
| 그림.30 | | JJ Harrison (jjharrison89@facebook.com) | (갈색토끼) | | |
| 그림.31 | | Sten Porse | 그림.65 | | Dr Graham Beards |
| 그림.32 | | Beatrice Murch | 그림.67 | | Adenosine |
| (히터) | | | (파지) | | |
| 그림.34 | | Erikhoorn | 그림.67 | | Thomas Spletstoesser |
| 그림.35 | | Wellcome Library, London | (모자이크, 아테노) | | |
| | | http://wellcomeimages.org/indexplus/image/L0051291.html | 그림.68 | | NIAID |
| 그림.36 | | Arno / Coen | (결핵균) | | |
| 그림.40 | | Nephron | 그림.69 | | CDC Global |
| | | | (에볼라) | | |
| | | | 그림.71 | | Klaus |
| | | | (오리너구리) | | |
| | | | 그림.71 | | Gótehal.jpg: Mathae / bff |
| | | | (페어) | | |
| | | | 그림.71 | | H. Zell |
| | | | (디메트로돈) | | |

몇몇 독자는 물을 것입니다. ‘그래서 어디서부터 어디까지 암기해야 하는 건데?’라고 말합니다. 독자 중에는 본능적으로 암기하려고 하고 스스로 정리해 놓지 않으면 불안한 분들이 계실 것이라고 예상합니다. 그래서 ‘요약정리’ 부분을 따로 만들어 놓았습니다. 다음에 나올 ‘요약정리’ 파트에서 저자는 ‘본문’에서 중요한 부분만을 추려 놓았습니다. 즉, 암기하실 것이라면 ‘요약정리’ 부분만 암기하시면 됩니다. 빨간색글씨로 암기가 필요한 용어나 문장을 표시해 두었고 파란색글씨로 개념 간 맥락 파악에 필요한 부분들을 표시해두었습니다.

1.2 생물의 특성

(1. 생명과학의 이해 단위)

세포 : 생물의 구조적, 기능적 최소단위

개체 : 독자적으로 생존가능한 생물단위

물질대사의 구분

동화작용 : 작고 단순한 분자를 크고 복잡한분자로 합성, 저장하는 반응
(에너지 흡수, 흡열반응)

이화작용 : 크고 복잡한분자를 작고 단순한 분자로 분해하는 반응
(에너지를 방출, 발열반응)

광합성 : 생존에 필요한 에너지를 얻기위해 물과 이산화탄소를 빛에너지로 결합하여 포도당을 만드는 식물의 대표적 동화작용

<생물이란?>

- 생명의 특성 7가지를 모두 만족하는 물체

<생명의 특성>

- 1. 세포로 이루어져있다.
- 2. 물질대사를 한다.
- 3. 자극에 반응한다.
- 4. 항상성을 유지한다.
- 5. 발생과 생장을 한다.
- 6. 유전과 생식을 한다.
- 7. 진화와 적응을 한다.

<구체적 사례>

<1. 세포로 이루어져있다.>

- 현미경으로 벌집모양 구조를 확인함
- 세포의 복잡한 구조를 확인함

<2. 물질대사를 한다.>

(동화작용의 예)

- 식물의 광합성
- 미생물의 질소고정
- 단백질 등의 합성

식물은 세포호흡을 할까?

- 식물도 동물과 마찬가지로 세포호흡을 한다.
- 따라서 빛이 없는 경우 식물도 이산화탄소를 배출한다.

세포호흡 : 생존에 필요한 에너지를 얻기 위해 포도당을 산화하여 물과 이산화탄소로 만드는 대표적 이화작용

세포호흡을 하면 이산화탄소가 생성된다. 이때, 이산화탄소는 석회수를 검출할 수 있다.

(이화작용의 예)

- 세포호흡
- 동물의 소화
- 단백질 등의 분해

<3. 자극에 반응한다.>

- 미모사와 파리지옥의 반응
- 식물이 굽어자라남
- 지렁이와 같은 생물이 빛을 피해 도망감
- 어떤 생물이 위험으로부터 달아나거나 먹이를 향해 접근함

<4. 항상성을 유지한다.>

- 생물의 체온, 압력, 특정 물질의 농도 등이 일정하게 유지됨
- 체온유지를 위해 땀이 나거나 근육이 떨림
- 산소농도를 유지하기 위해 호흡이 빨라짐
- 운동을 하면 심장의 박동수가 변함
- 짙신벌레 수축포의 수축횟수가 변함
- 물을 많이 마시면 소변이 마려움

<5. 발생과 생장을 한다.>

- 수정란이 세포분열과 분화를 통해 성체가 됨
- 짙신벌레와 같은 미생물이 세포분열함
- 올챙이와 병아리가 개구리와 닭으로 발생함

정자와 난자는 세포분열(생장)을 하지 않는다. 그렇다면 이들은 생물이 아닌가?

- 생물이다. 생물의 특징만으로 생물과 무생물을 구분하는데는 한계가있다.

적응 : 세대를 거듭해가며 환경에 적합한 조건을 갖춤
(서식환경이 서로 다른 두 개체를 비교할 때 사용하는 개념)

순응 : 한 개체의 일생동안 환경에 적절하게 반응함 (하나의 개체가 두 개의 서로 다른 서식환경에서 변화함을 비교할 때 사용하는 개념)

바이러스 : 독감, 에이즈(AIDS), B형간염, 홍역, 소아마비 등을 일으키는 생체기체

세균(박테리아) : 결핵, 식중독, 말라리아, 파상풍등을 일으키는 미생물

<6. 유전과 생식을 한다.>

- 대머리 혹은 색맹이 자손에게 나타남
- 부모의 특징이 자손에게도 똑같이 나타남

<7. 진화와 적응을 한다.>

- 생물은 모양과 특징이 다양함
- 북극여우는 동글동글하고 사막여우는 길쭉길쭉함
- 선인장의 가시는 잎이 변형된 것임
- 화학물질에 저항성을 가진 개체들이 나타남

<바이러스와 세균>

<차이점>

- 바이러스는 생물이 아니다.
- 바이러스는 세포구조가 아니다.
- 바이러스는 세포분열을 하지 않는다.
- 바이러스는 독립적으로 물질대사를 하지 않는다.
- 바이러스는 항상성이 없다.

<공통점>

- 진화를 한다.
- 유전을 한다.

적응과 순응을 구별하는 조건은?

- 동일한 생물을 다양한 환경에서 발생시켜보았을때 서로 다른 결과가 나온다면 순응, 항상 똑같은 결과가 나온다면 적응이다.