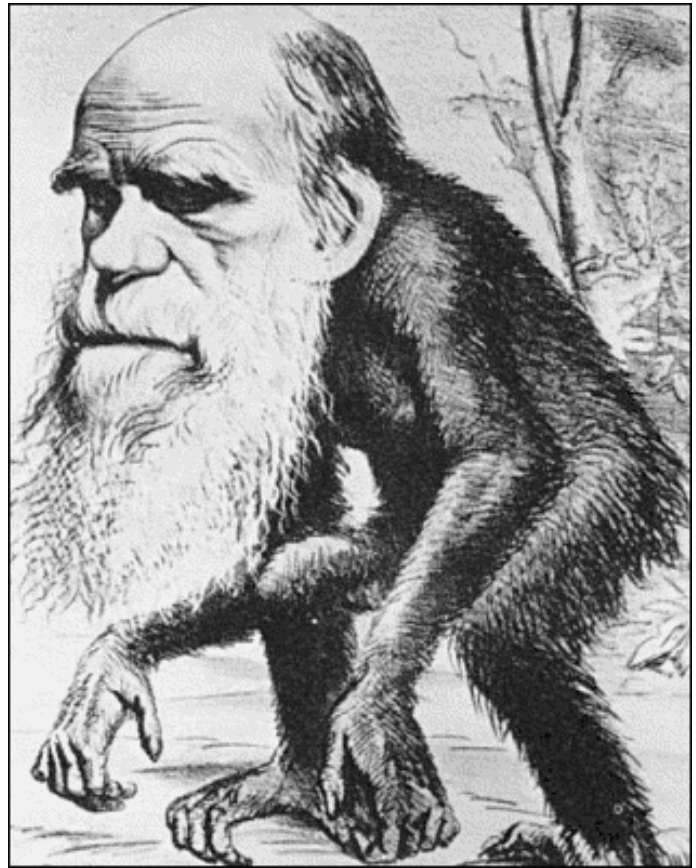
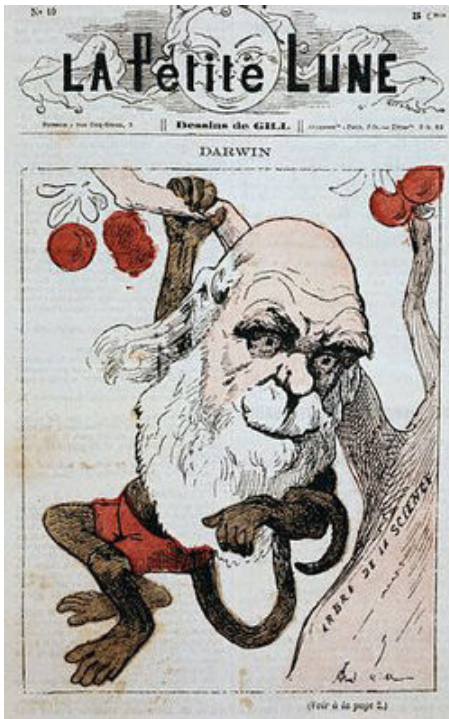


02 생명의 진화

Part02



1. 원시생명체의 진화

1860년 6월 30일 영국의 옥스포드대학의 자연사박물관에서는 수백 명의 청중이 모인 가운데 영국과학진흥협회의 연례회의가 열리고 있었다. 이 회의의 주된 관심사는

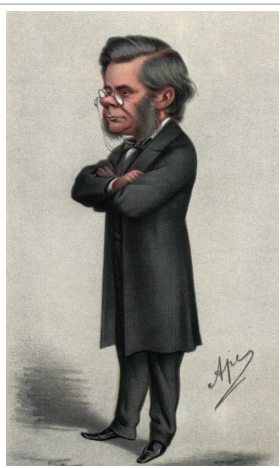
다윈(Charles Robert Darwin, 1809 ~1882)이 쓴 책인 <종의 기원(Origin of Species)>^①에서 주장한 것처럼 <생물이 진화하였는가?>라는 것이었다. 이것을 <옥스포드논쟁(Oxford evolution debate)>이라고 부른다.

이 논쟁에는 당시 유명한 영국의 종교가, 철학자, 과학자들이 참여하였다. 이들 중에서 가장 중심적인 두 인물이 있었다. 한 명은 영국의 동물학자인 헉슬리(Thomas Henry Huxley, 1825~1895)이고, 다른 한 사람은 영국의 성공회 주교인 월버포스(Samuel Wilberforce, 1805~1873)였다.

<다윈의 불독(Darwin's Bulldog)>이라고 불리웠던 헉슬리는 다윈을 지지하는 편에 있었고, 유창한 언변으로 <(비누같이 미끈거리는) 미꾸라지 샘(Soapy Sam)>이라는 별명을 가진 월버포스는 다윈을 반대하는 편에 있었다.



월버포스



헉슬리

월버포스는 헉슬리에게 조롱하듯이 다음과 같이 물었다.

당신이 원숭이의 자손이라고 주장한다면 그 조상은 할아버지 쪽이요 아니면 할머니 쪽이요?

사람들의 폭소가 터지는 가운데 헉슬리는 다음과 같이 대답했다고 전해진다.

나는 내 조상이 원숭이라도 그것이 부끄럽지는 않소.
그러나 자연이 말하고 있는 진실을 덮으려고 자신의 재능을 사용하는 당신과 내가 같은 생물종이라는 것이 부끄럽소.

회의장은 순식간에 야유와 박수가 섞이면서 아수라장이 되고 말았다. 이 와중에 너무 놀라서 기절한 여성도 있었다고 한다.

처음에 다윈의 진화론이 발표되었을 때 진화론은 많은 사람들의 조롱대상이었다. 그래서 다윈을 원숭이로 묘사한 신문, 잡지, 출판물이 쏟아져 나왔다.

우리는 앞에서 20세기 생명과학분야에서 가장 위대한 발견으로 진화론과 DNA를 꼽았었다.

왜 진화론이 20세기의 가장 위대한 과학적 발견일까?

19세기 다윈의 시대에는 <진화(進化, evolution)>라는 말 자체가 생소했던 시기였다. 그러나 21세기 현대사회에서 <진화>라는 말은 아주 보편적인 언어가 되어 버렸다.

컴퓨터의 진화, 휴대폰의 진화, 네티즌의 진화 등등

21세기의 인류는 19세기의 진화론이 담고 있던 진화의 의미를 단지 생물학적인 분야에 국한시키지 않고 사회의 전반적인 현상에 접목하여 재해석하고 있다. 이렇게 자연, 사물, 역사, 기술을 바라보는 인류의 시각을 근본적으로 변화시켰다는 의미에서 다윈의 진화론은 20세기 과학분야에서 가장 위대한 발견 중의 하나로 꼽을 수 있는 것이다.

우리는 이 책을 시작하면서 정적우주론을 다루었다. 정적우주론 즉, 우주는 지금 상태가 처음 상태였고 영원히 지금과 같아야만 한다는 것은 그저 사람들의 희망사항이었을 뿐이었다. 우주는 빅뱅으로부터 시작되었고 현재도 가속팽창한다. 정적우주론을 폐기하고 팽창우주론이 받아들인 것은 불과 몇 십 년 전의 일이다.

다윈의 진화론을 접했을 때 사람들의 당혹함은 지구가 태양계의 중심이 아니고, 우리는하밖에 수많은 은하가 존재하며, 또한 우주가 팽창한다는 사실을 처음 접했을 때의 그것과 같았을 것이다. 사람들에게 생물계는 지금 상태가 처음 상태였고 영원히 지금과 같아야만 했다. 그러나 우주도 빅뱅으로 시작되고 진화되어 현재에 이른 것처럼 생물계도 시작이 있었고 진화되어 현재에 이르게 된 것이다.

우리가 지금부터 다루려고 하는 것은 생명의 시작이다. 그리고 생명이 어떻게 진화되어 현재에 이르게 되었는지에 관한 것이다.

1. 원시생명체의 진화



1 종의 기원에 대하여

<종의 기원(Origin of Species)>은 원제목이 <자연 선택 또는 생존 경쟁에서 선택된 종의 보전에 의한 종의 기원에 관하여(On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life)>라는 긴 제목을 가진 책이다.

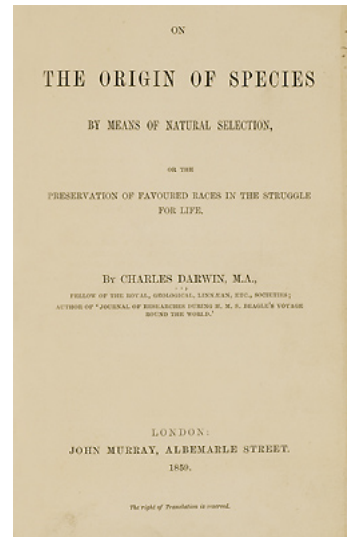
다윈이 1859년 11월 22일에 출판한 것으로 처음 출판된 1,250부는 그날 바로 매진되었다.

이 책의 출판은 당시 영국 사회에 큰 반향을 일으켰다.

당시 영국 사회는 산업혁명이 완성되어 부를 축적한 상류층과 그렇지 못한 사회계층간에 갈등이 심화되고 있던 시기였다.

종교적이고 보수적이었던 상류층 사람들은 다윈을 비난했지만, 다른 부류의 사람들은 다윈의 진화론에 열광하였다.

다윈의 진화론은 당시의 종교적, 사회적 통념을 깨뜨리는 혁명적인 사상이었던 것이다.





원생동물인 섬모충류의 유플로테스 : 이분법을 통해 자기복제를 한다.

1 독립영양생물과 종속영양생물

원시생명체의 기원은 유기물복합체인 코아세르베이트(또는 마이크로스피어)라고 하였다. 그러나 이것은 생물체의 중요한 특성인 자기복제(自己複製, self-reproduction)를 할 수 없었기 때문에 생물체라고 할 수는 없다.

그렇다면 어떻게 자기복제를 할 수 없는 무생물에서 자기복제를 할 수 있는 생물이 탄생할 수 있었을까?

이를 알기 위해서 먼저 독립영양생물과 종속영양생물에 대해 알고 있어야 한다.

독립영양생물과 종속영양생물의 구분

영양(營養, nutrition)이란 생물체가 물질을 섭취하고 노폐물을 방출하는 일련의 작용을 말한다.

이때 섭취되는 물질을 동물의 경우는 <영양소(營養素, nutrient)>, 식물의 경우는 <양분(養分, nutrient)>이라고 부른다.

생물이 생존을 위해 섭취하는 영양소(양분)이 무기물인지 유기물인지에 따라서 독립영양생물(獨立營養生物, autotroph)과 종속영양생물(從屬營養生物, heterotroph)로 구분된다.

- 독립영양생물 : 영양소(양분)를 무기물을 이용하는 생물
- 종속영양생물 : 영양소(양분)를 유기물을 이용하는 생물

독립영양생물의 예

녹색식물은 독립영양생물의 대표적인 예이다.

녹색식물은 광합성(光合成, photosynthesis)을 통해서 무기물인 이산화탄소(CO_2)와 물(H_2O)을 이용하여 유기물인 포도당(葡萄糖, glucose, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)을 합성한다.

이러한 녹색식물의 광합성을 <동화작용(同化作用, anabolism)>이라고 한다.

종속영양생물의 예

동물은 모두 종속영양생물에 속한다. 또 엽록소를 가지고 있지 않은 식물인 균류(菌類, fungi)도 종속영양생물이다.

종속영양생물은 무기물을 유기물로 합성하는 능력이 없는 생물로 외부로부터 유기물을 섭취하는 형태로 영양소(양분)를 흡수한다.

용어 돋보기

* 자기복제(自己複製)

자기복제(自己複製, self-reproduction)란 자기 스스로 자신과 똑같은 개체 또는 물질을 만드는 것을 말한다.
생물과 무생물의 차이는 자기복제를 할 수 있는가 없는가로 구분된다.
무생물은 자기복제를 하지 못한다.

* 동화작용(同化作用, anabolism)

동화작용(同化作用, anabolism)이란 저분자 무기물을 이용해 고분자 유기물을 합성하는 작용이다.
광합성(光合成, photosynthesis)이 동화작용의 대표적인 예이다.
한편 고분자 유기물이 저분자 유기물이나 무기물로 분해되는 과정을 이화작용(異化作用, catabolism)이라고 한다.
호흡이 이화작용의 대표적인 예이다

* 균류(菌類, fungi)

균류(菌類, fungi)는 엽록소·뿌리·줄기·잎이 없고 다른 생물에 기생하는 식물이다. 꽃이 아니라 포자(孢子, spore)로 번식한다. 곰팡이·효모·버섯 등이 균류에 속한다.



TIPS



유기호흡과 무기호흡 >>>

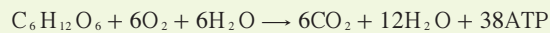
중학교 때 호흡은 산소를 이용해 유기물을 분해함으로써 에너지를 얻는 작용이라고 배웠다. 그러나 산소를 이용하지 않는 호흡도 있다. 따라서 호흡을 다시 정의할 필요가 있다.

호흡(呼吸, respiration)을 다시 정의하자면 호흡은 세포가 에너지를 얻는 작용을 말한다. 한편 호흡은 산소를 이용한 호흡인지 아니면 산소를 이용하지 않는 호흡인지에 따라서 유기호흡(有機呼吸, aerobic respiration)과 무기호흡(無氣呼吸, anaerobic respiration)으로 구분된다.

- 유기호흡 : 산소를 이용한 호흡
- 무기호흡 : 산소를 이용하지 않는 호흡

(1) 유기호흡

유기호흡은 대부분의 생물의 호흡방법이다. 녹색식물은 세포 안의 미토콘드리아에서 산소(O_2)를 이용해 포도당($C_6H_{12}O_6$)을 분해한다. 이 과정에서 물(H_2O), 이산화탄소(CO_2)와 함께 에너지(38ATP)가 발생한다. 다음은 유기호흡과정을 나타낸 것이다.^②



(2) 무기호흡

무기호흡은 산소가 부족한 환경에서 살아가는 생물의 호흡방법이다. 발효(醱酵, fermentation)나 부패가 무기호흡에 해당한다. 빵이나 술을 발효시킬 때 사용되는 균류의 일종인 효모(酵母, yeast)는 자신의 몸에서 효소를 이용하여 무기호흡을 한다. 무기호흡은 유기호흡에 비해서 얻을 수 있는 에너지가 작다.

다음은 효모의 무기호흡과정을 나타낸 것이다. 효모는 산소를 이용하지 않고 효소를 이용하여 포도당을 분해한다. 이 과정에서 에탄올(CH_3CH_2OH), 이산화탄소(CO_2)와 함께 에너지(2ATP)가 발생한다. 이것을 알코올의 발효라고 부른다.

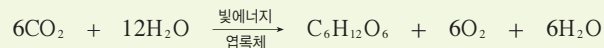


광합성과 호흡 >>>

광합성은 녹색식물이 태양의 빛에너지·이산화탄소·물을 재료로 하여 포도당과 산소를 만들어내는 과정이다. 한편 위의 유기호흡과 무기호흡을 통해서 살펴본 것처럼 호흡은 광합성과는 반대과정으로 포도당을 소비하는 과정이다.

다른 말로 한다면 광합성은 저분자 무기물을 고분자 유기물로 합성하는 과정(동화작용)이고, 호흡이 고분자 유기물을 저분자 유기물이나 무기물로 분해하는 과정(이화작용)이라고 할 수 있다.

호흡은 위에서 다루었으므로 광합성에 관해서 나타내면 다음과 같다



유기호흡과 광합성을 각각의 항목에 따라서 비교하면 아래와 같이 나타낼 수 있다.

	장소	발생시간	작용	재료	생성물	에너지	반응
유기호흡	미토콘드리아	밤·낮	이화작용	포도당	H_2O , CO_2	생성	발열반응
광합성	엽록체	낮	동화작용	H_2O , CO_2	포도당, O_2	흡수	흡열반응

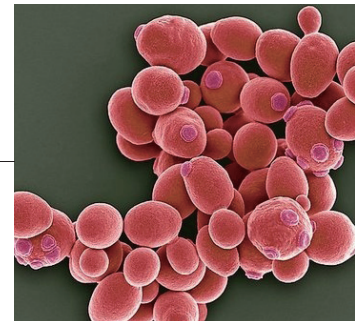
1. 원시생명체의 진화



② 유기호흡과 내호흡

437쪽에서 내호흡을 배운 적이 있다. 내호흡은 세포 안의 미토콘드리아에서 이루어지는 호흡이라고 하였다.

그런데 본문의 유기호흡을 나타내는 화학반응식과 내호흡을 나타냈던 화학반응식이 같다. 따라서 내호흡은 유기호흡과 같다.



효모는 단세포생물 중에서 출아로 생식하는 대표적인 생물이다. 위 사진은 효모 종류중 출아효모(budding yeast: *Saccharomyces cerevisiae*)로, 어머니 세포 끝에 작게 부풀어 오른 딸세포를 볼 수 있다. 딸세포가 커져서 어머니세포의 크기가 되고, 둘 사이에 세포막이 생기면 생식과정이 끝나게 된다.



용어 돋보기

* 발효(醱酵, fermentation)

효소(酵素, enzyme)는 단백질의 일종으로 자신은 변화하지 않고 반응속도를 빠르게 돕는 일종의 촉매이다.

발효(醱酵, fermentation)는 미생물이 자신이 가지고 있는 효소를 이용해 유기물을 분해시키는 과정이다.

발효는 산소를 이용하지 않는다.



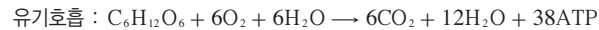
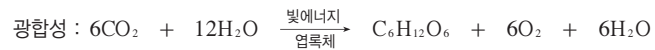
실전예제 01

다음은 광합성과 호흡에 대한 설명이다. 옳지 못한 것을 고르시오.

- ① 광합성은 에너지를 소비하지만 호흡은 생산함으로서 세포가 에너지를 얻게 한다.
- ② 유기호흡은 산소를 이용하는 호흡이고, 무기호흡은 산소를 이용하지 않는 호흡을 말한다.
- ③ 녹색식물은 유기호흡을 하지만 효모는 무기호흡을 한다.
- ④ 광합성은 고분자 유기물을 저분자 무기물로 분해하는 과정이고, 호흡은 저분자 무기물을 고분자 유기물로 합성하는 과정이다.
- ⑤ 광합성은 엽록체에서 일어나지만 유기호흡은 미토콘드리아에서 일어난다.

풀이

광합성은 저분자 무기물을 고분자 유기물로 합성하는 과정이고, 호흡은 고분자 유기물을 저분자 무기물로 분해하는 과정이다. 다음은 광합성과 유기호흡을 나타낸 것이다.



정답

④

실전예제 02

다음은 종속영양생물과 독립영양생물에 대한 설명이다. 옳지 못한 것을 고르시오.

- ① 원시생명체의 기원은 유기물복합체는 자기복제를 할 수 없기 때문에 생물체라고 할 수는 없다.
- ② 영양소(양분)을 무기물을 이용하는 생물을 독립영양생물, 유기물을 이용하는 경우를 종속영양생물이라고 한다.
- ③ 독립영양생물의 대표적인 예로는 녹색식물, 종속영양생물의 대표적인 예로는 균류를 들 수 있다.
- ④ 동화작용이란 저분자 무기물을 이용해 고분자 유기물을 합성하는 작용을 말한다. 독립영양생물은 동화작용을 일으키지만 종속영양생물은 동화작용을 일으키지 못한다.
- ⑤ 이화작용이란 고분자 유기물을 저분자 유기물이나 무기물로 분해시키는 과정을 말한다. 독립영양생물은 이화작용을 일으키지만 종속영양생물은 이화작용을 일으키지 못한다.

풀이

생물은 생존을 위하여 에너지를 필요로 한다. 이화작용은 생물이 에너지를 얻는 작용이다. 만약 생물이 이화작용을 하지 못한다면 에너지를 얻을 수 없기 때문에 죽고 만다. 대표적인 이화작용으로는 호흡을 들 수 있다. 생물은 호흡을 통해서 에너지(ATP)를 얻게 된다.

한편 독립영양생물은 동화작용과 이화작용을 동시에 하게 된다. 즉, 동화작용을 통하여 저분자 무기물을 이용하여 고분자 유기물을 만든다. 그 후 이 유기물을 산소를 이용하여 유기호흡함으로써 에너지를 얻게 되는 것이다. 이것이 독립영양생물의 이화작용인 것이다.

이에 비하여 종속영양생물은 동화작용을 하지 못한다. 따라서 고분자 유기물을 외부로부터 섭취한 후에 자신이 가진 효소와 같은 물질을 이용하여 무기호흡을 함으로써 에너지를 얻게 된다. 이것이 종속영양생물의 이화작용이다.

정답

⑤



TIPS



바이러스와 세균(박테리아) >>>

〈virus〉는 라틴어로 〈poison(독)〉이라는 뜻이다. 14세기 말에 독을 분비하는 물질이란 뜻으로 바이러스라는 말이 처음 사용되었다.

세균(細菌, bacteria)을 뜻하는 영어 〈bacteria〉는 그리스어 〈bakterion(막대기)〉에서 나온 말로 처음 발견된 박테리아가 막대기모양이었기 때문이다.

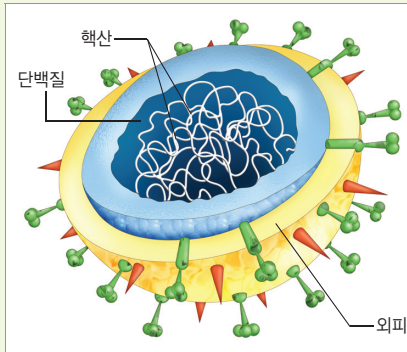


그림1 바이러스

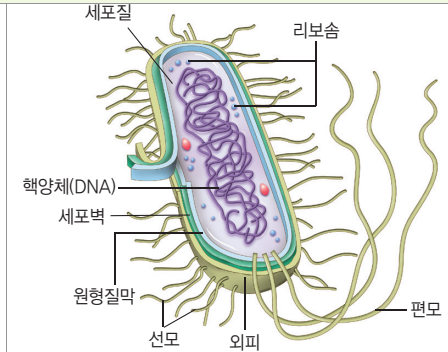


그림2 세균(박테리아)

(1) 바이러스

바이러스는 세균보다 작은 입자로 생물과 무생물의 경계에 존재하는 입자이다.

그러나 생존과 유전에 필요한 핵산(RNA 또는 DNA)과 소수의 단백질을 가지고 있기 때문에 일반적으로 생물로 간주하고 있다.

그림1에 나타난 것처럼 바이러스는 일반적으로 동그란 구형모양이다. 바이러스는 가지고 있는 핵산의 종류에 따라서 〈RNA바이러스〉와 〈DNA바이러스〉로 구분한다.

(2) 세균(박테리아)

그림2는 세균을 나타낸 것이다. 세균은 원핵세포를 갖고 있는 단세포로 이루어진 미생물군(微生物群, microorganisms)을 통털어서 일컫는 말이다.

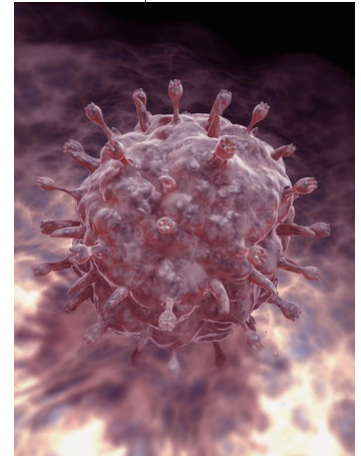
대부분의 세균은 다른 생물에 달라붙어서 기생 또는 공생하면서 종속영양을 하지만 세균 중의 일부는 스스로 무기물에서 유기물을 만들면서 독립영양을 하기도 한다.

또 대부분의 세균은 생존에 산소를 필요로 하는 호기성 세균(好氣性細菌, aerobic bacteria)이다. 하지만 일부 세균은 생존에 산소를 필요로 하지 않는 혐기성 세균(嫌氣性細菌, anaerobic bacteria)이기도 하다.

바이러스와 세균(박테리아)를 구분하여 나타내면 다음과 같다.

	바이러스	세균(박테리아)
본질	화합물질의 혼합체이다.	독립생명체이다.
생존방법	숙주를 이용해서 생존한다.	독자생존을 한다.
세포막의 유·무	없다.	있다.

1. 원시생명체의 진화



바이러스



박테리아



용어 돋보기

* 호기성(好氣性)과 혐기성(嫌氣性)

호기성(好氣性 aerobic, 好氣性)이란 산소를 좋아하는 성질로, 생물의 생존에 산소를 필요로 하는 것을 말한다.

혐기성(嫌氣性, anaerobic)이란 산소를 싫어하는 성질로, 산소가 생물의 생존을 방해하는 것을 말한다.



2 원시생명체의 진화과정

이제 우리는 광합성과 호흡, 무기호흡과 유기호흡, 독립영양생물과 종속영양생물, 바이러스와 세균(박테리아)에 대하여 구분할 수 있게 되었다.

여기에 한 가지 덧붙여서 알아야 할 내용이 있다. 원핵생물과 진핵생물에 관한 것이다. 원핵생물과 진핵생물까지 공부하게 되면 원시생명체가 어떻게 진화되어 현재에 이르게 되었는지를 공부할 준비가 된 것이다.

원핵생물과 진핵생물

생물은 세포 안에 핵이 있는가 없는가에 따라서 원핵생물(原核生物, prokaryote)과 진핵생물(眞核生物, eukaryote)로 구분된다.

- 원핵생물 : 핵을 가지고 있지 않은 생물
- 진핵생물 : 핵을 가지고 있는 생물

생물의 진화는 원핵생물에서 진핵생물로 일어났다.^③

(1) 원핵생물의 특징

원핵생물은 핵이 없기 때문에 원핵생물의 DNA는 세포질 속에 존재한다. 대부분의 원핵생물은 단세포생물이며, 미토콘드리아를 가지고 있지 않다. 원핵생물을 구성하는 세포를 <원핵세포(原核細胞, procaryotic cell)>라고 한다. 467쪽에서 그림2에 나타난 세균은 대표적인 원핵생물이다.

(2) 진핵생물의 특징

진핵생물의 DNA는 핵에 둘러싸여 있다. 그리고 진핵생물은 원핵생물과는 달리 미토콘드리아를 가지고 있고, 세포내의 소기관들이 잘 분화되어 있다. 세균과 남조류를 제외하고 뚜렷한 핵을 가진 생물은 모두 진핵생물에 속한다. 진핵생물을 구성하는 세포를 <진핵세포(眞核細胞, eukaryotic cell)>라고 한다. 그림3과 그림4는 식물과 동물의 진핵세포를 나타낸 것이다.

용어 돋보기

* 원핵생물과 진핵생물의 어원

원핵생물을 뜻하는 영어 <prokaryote>에서 <pro>는 그리스어로 <~이전>이라는 뜻이다. 그리고 <karyote>는 그리스어로 <karyon(kernel, 핵)>이라는 뜻이다. 따라서 원핵생물은 핵이 만들어지기 이전의 생물이라는 뜻이 된다.

진핵생물을 뜻하는 영어 <eukaryote>에서 <eu>는 그리스어로 <true(진짜)>라는 뜻이다. 따라서 진핵생물은 진짜 핵을 가진 생물이라는 뜻이 된다.

③ 원핵생물에서 진핵생물로의 진화

이 과정은 470쪽~471쪽에 설명되어 있다.

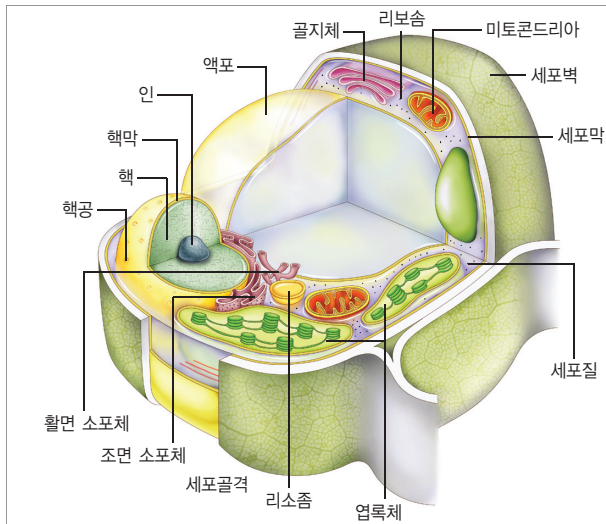


그림3 식물의 진핵세포

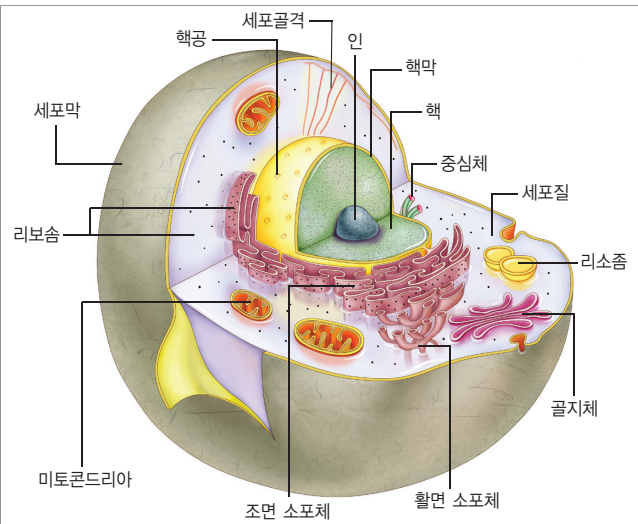


그림4 동물의 진핵세포

❶ 무기호흡을 하는 종속영양생물의 출현

지구상에서 처음 나타난 생물은 독립영양생물일까? 아니면 종속 영양생물일까?

복잡한 과정을 통해서 에너지를 얻는 독립영양생물보다는 단순한 과정을 통해서 에너지를 얻는 종속영양생물이 먼저 출현했을 것이다.

종속영양생물이 탄생하는 과정을 순서대로 설명하면 다음과 같다.

- **아미노산과 뉴클레오티드의 생성** : 40억 년 전 원시생명체가 탄생하기 전의 지구의 원시바다 속은 유기물의 집합장이었다. 원시바다 속에서 단순한 유기물들이 서로 반응하여 복잡한 유기물이 만들어졌다.

한편 뜨거운 원시바다 속에는 물분자로 이루어진 많은 수의 기포가 형성되어 있었다. 이 기포 속에 고분자유기물이 갇혀서 유기물 덩어리인 코아세르베이트(또는 마이크로스피어)가 만들어졌다.

그리고 이 유기물 덩어리가 반응하여 아미노산과 뉴클레오티드를 만들었다.

- **RNA와 생체막의 탄생** : 뉴클레오티드가 여러 개 연결되면서 최초의 유전물질인 RNA가 만들어졌다. 그리고 RNA는 자기복제과정에서 새로운 형태를 가진 RNA를 탄생시켰다. 이 과정에서 모양이 다른 RNA가 무수히 많이 생기게 되었다.

그 결과 <RNA 세계>에서는 서로 다른 유전자를 가진 수많은 바이러스(virus)가 탄생하게 되었다.

한편 기포에 갇혀 있던 코르세르베이트(또는 마이크로스피어)는 지질로 된 생체막(生體膜, biological membrane)을 형성하기 시작한다. 그리고 선택적으로 원시바다 속에서 만들어진 물질을 흡수하였다.

이 과정에서 아미노산, RNA, 단백질이 코르세르베이트(또는 마이크로스피어) 안으로 흡수되었다.

- **DNA와 원핵생물의 탄생** : 한 가닥으로 이루어진 RNA는 두 가닥으로 이루어진 DNA와는 달리 불안정한 구조를 가진 유전자였다. 그리고 시간이 흘러가면서 DNA를 유전물질로 하는 최초의 생명체가 등장하게 된다. 이것이 원핵생물이다. 박테리아(bacteria)로 불리는 세균(細菌)은 대표적인 원핵생물이다.

- **종속영양생물의 출현** : 한편 이 시기의 원시대기 속에는 아직 산소분자(O₂)가 없었고 오존층(ozone layer, O₃)이 아직 형성되어 있지 않았다.^④ 따라서 이 시기에 나타난 원핵생명체는 원시바다 속에 축적된 유기물을 이용하여 발효와 같은 무기호흡을 하는 종속영양생물이었다.

그리고 이들은 모두 생존을 위하여 산소를 필요로 하지 않는 혐기성 미생물(嫌氣性微生物, anaerobes)이었다. 이들의 무기호흡의 결과 지구 대기에는 이산화탄소의 비율이 증가하게 된다.

1. 원시생명체의 진화



용어 돋보기

* 생체막(生體膜)

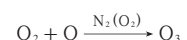
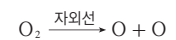
생체막(生體膜, biological membrane)은 세포와 세포소기관(핵·미토콘드리아·소포체)을 둘러싸고 있는 막을 말한다. 주로 단백질·인지질로 된 2중막으로 되어 있으며, 물질을 선택적으로 투과하는 성질을 가지고 있다.

④ 오존의 생성

오존(O₃)은 산소분자(O₂)가 태양의 자외선에 의해 산소원자(O)로 분해되는 과정에서 만들어진다.

산소분자가 태양의 자외선을 쏘이게 되면 산소원자로 분해된다. 질소분자(N₂)나 산소분자(O₂)가 촉매로 작용하게 되면 산소원자가 다른 산소분자와 반응하여 오존이 생성된다.

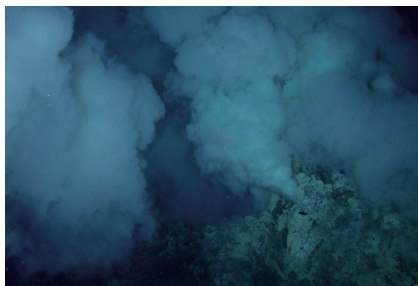
다음은 오존이 생성되는 과정을 나타낸 것이다.



5 원핵생물의 생존환경

약 40억 년 전에는 자외선을 막아줄 오존층이 없었기 때문에 지표면 위에 생명체가 살 수 없었다.

바다 속 해저화산활동에 의해 광물질이 포함된 뜨거운 물이 나오는 곳을 심해 열수분출공이라고 하는데, 이때 황화합물이 해저에 분출된다. 이러한 무기물의 퇴적층 속으로는 자외선이 도달할 수 없었다. 또한 해저화산의 지열은 생명탄생의 에너지원이 되었다. 이렇게 심해 열수분출공 부근의 유기물은 무기물과 반응하기 좋은 조건이었다. 따라서 원시생명체는 바다에서 시작되었던 것이다.



심해 열수분출공

용어 돋보기

* 남조류(藍藻類)

조류(藻類, algae)를 뜻하는 영어(algae)는 라틴어(alga(해초))에서 온 말이다. 파래·미역·김 등이 조류에 속한다. 조류는 엽록소로 광합성하는 포자로 번식하는 식물이다. 뿌리·줄기·잎의 구분이 없고, 주로 물 속 산다.

남조류(藍藻類)는 남색의 단세포조류를 말한다. 세균처럼 핵막이 없고 남색을 띠는 원핵생물이기 때문에 시아노박테리아(cyano bacteria)라고도 부른다. 가장 오래된 시아노박테리아는 35억 년 전의 것이다. <cyano>는 그리스어 <kyanos(남색)>에서 나온 말이다. 시아노박테리아는 472쪽을 보시오.

광합성을 하는 독립영양생물의 출현

종속영양생물로부터 독립영양생물이 탄생하는 과정을 순서대로 설명하면 다음과 같다.

- **유기물의 감소** : 무기호흡을 하는 종속영양생물의 수가 증가해감에 따라서 이들의 양분이 되었던 유기물의 양은 감소되었다.

- **광합성을 하는 독립영양생물의 출현** : 유기물이 감소됨에 따라 원시지구 생명계는 생존을 위해 스스로 양분을 생산해내지 않으면 안되었다. 그 결과 새로운 형태의 생명체로의 진화가 진행되었다. 새로운 형태의 생명체는 종속영양생물의 무기호흡 결과 발생한 이산화탄소와 태양의 빛에너지를 이용해 광합성을 하는 독립영양생물이었다.

최초의 독립영양생물은 약 38억 년 전에 나타난 <홍색황세균(紅色黃細菌)>과 <녹색황세균(綠色黃細菌)>이었다. <황세균(黃細菌, sulfur bacteria)>이란 황(S)이나 황화수소(H_2S)와 같은 황화합물과 이산화탄소를 이용한 광합성을 통해서 에너지를 얻는 세균을 말한다.

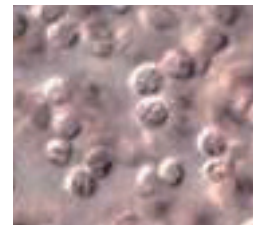


그림5 홍색황세균

- 원시바다의 심해 열수분출공 부근은 해저화산활동으로 인하여 황과 황화합물이 풍부했다. 따라서 원시바다의 심해 열수분출공 부근은 황세균이 탄생할 수 있는 좋은 장소였던 것이다.

홍색황세균이나 녹색황세균은 엽록소와 같이 광합성기능이 있는 붉은색이나 녹색의 세균엽록소(細菌葉綠素, bacteriochlorophyll)를 가지고 있어서 빛에너지를 이용하여 광합성을 할 수 있었다.

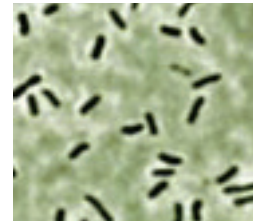


그림6 녹색황세균

- **시아노박테리아에 의한 산소의 생성** : 그러나 이들의 광합성을 통해서 산소가 발생한 것은 아니었다. 시간이 더 흘러서 지금으로부터 35억 년 전쯤에는 이산화탄소와 황화수소가 아니라 이산화탄소와 물을 이용하여 광합성을 하는 생물이 생겨났다. 남조류(藍藻類)라고 불리는 <시아노박테리아(cyanobacteria)>이다. 시아노박테리아의 광합성의 결과로 산소가 발생하였다. 시아노박테리아의 급격한 번식으로 인하여 원시대기에는 산소가 축적되게 된다.

심화학습

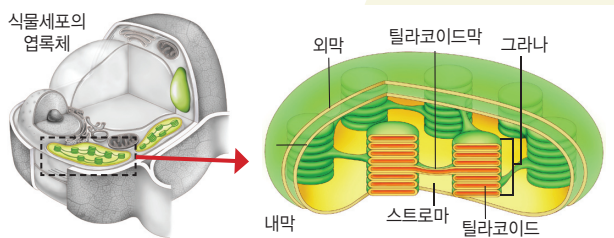


그림7 엽록체

세균 엽록소

광합성은 녹색식물의 잎세포 안에 있는 엽록체에서 일어난다.

그림7은 엽록체를 나타낸 것이다.

엽록체를 구성하는 세포막은 2중막이다. 내막의 안쪽은 <주머니>란 뜻의 틸라코이드(thylakoid)가 층을 이루고 있다. 틸라코이드가 겹쳐있는 것을 그라나(grana)라고 한다. 그라나 안에 엽록소가 있다.

녹색식물이 빛에너지로 광합성을 하는 것은 엽록소 때문이다.

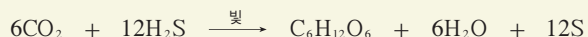
우리가 일반적으로 알고 있는 빛을 이용한 광합성은 엽록체 안의 틸라코이드에서 발생한다.

황세균도 광합성을 하는데, 광합성은 세균엽록소에서 일어난다. 세균엽록소는 녹색식물의 엽록소처럼 엽록체 속에 있는 것이 아니라 그냥 세포질 속에 존재한다. 그림8은 세포질 속에 들어 있는 녹색황세균의 세균엽록소를 나타낸 것이다.

홍색황세균과 녹색황세균의 광합성

황세균은 무기물인 황화합물을 이용해 독립영양을 하는 독립영양생물이다. 특히 홍색황세균·녹색황세균은 광합성을 한다. 그러나 물이 아니라 황화수소를 이용해 광합성하기 때문에 광합성결과 산소가 발생하지는 않는다.

다음은 홍색황세균과 녹색황세균에서의 광합성과정을 나타낸 것이다.



유기호흡을 하는 종속영양생물의 출현

- **유기호흡을 하는 종속영양생물의 등장** : 약 20억 년 전에 되면 독립영양생물의 광합성으로 발생한 산소와 유기물로 인하여 원시지구는 새로운 환경이 되었다. 이러한 환경변화는 원시지구의 생물계에 일대 혼란을 일으켰다. 특히 증가한 산소로 산소를 싫어하는 혐기성 미생물은 생존을 위협받게 되었다.

이 과정에서 일부 혐기성 미생물은 〈멸종〉이라는 길 대신에 〈진화와 공존〉이라는 길을 선택하게 된다. 그 결과 나타난 것이 유기호흡을 하는 종속영양생물의 출현이다.

- **미토콘드리아의 등장** : 산소를 이용한 유기호흡을 하여 에너지를 얻으려면 이를 수행해갈 수 있는 어떤 것이 필요했다. 이때 등장한 것이 미토콘드리아이다. 미토콘드리아는 유기물과 산소를 이용하여 에너지를 생산하는 기능을 가지고 있었다.

- **진핵생물의 탄생** : 미토콘드리아는 호기성 원핵세포이다. 이것이 혐기성 원핵세포 안에 들어가 공존하면서 유기호흡을 통해 혐기성 원핵세포에게 에너지를 공급하려고 하였다. 그러나 호기성 원핵세포와 혐기성 원핵세포가 함께 공존할 수는 없다. 따라서 이들이 서로 공존하기 위해서는 둘 사이를 갈라놓는 어떤 막이 필요했다. 혐기성 원핵세포는 막으로 둘러싸이게 되었다. 이것이 핵막이다. 이렇게 하여 세포 안에 핵을 가지고 있는 생물인 진핵생물이 탄생하게 된다.^⑥

- **다세포생물의 출현** : 초기의 진핵생물은 단세포생물이었다. 단세포생물은 다세포를 이루게 되면 생존에 더 유리하다는 것을 알게 되었다. 그 결과 단세포가 모여 서로의 정보를 교환하게 되고 더 나아가서 다세포생물이 탄생하는 결과가 만들어졌다.^⑦

- **육상생물의 출현** : 한편 독립영양생물의 광합성에 의해 발생한 산소는 태양의 자외선에 의해 반응하여 오존(O₃)을 형성하게 된다. 이렇게 하여 생성된 오존층은 지표면에 도달하는 자외선을 차단하는 역할을 함으로써 원시바다 속에 살던 생물이 육지로 올라올 수 있게 되었다. 이렇게 하여 육상생물이 탄생하게 된 것이다.

1. 원시생명체의 진화

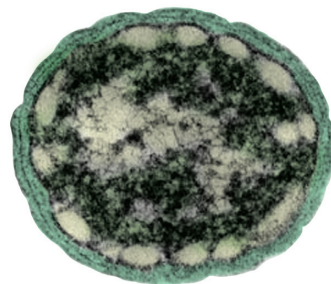


그림8 녹색황세균의 세균엽록소

⑥ 진핵생물의 출현에 대한 이론

원핵생물로부터 어떻게 진핵생물로 진화되었을까?

이에 대한 이론은 크게 두가지가 있다. 본문에 설명한 것을 〈세포내 공생설(細胞內共生說, endosymbiosis)〉이라고 한다. 이 이론은 현재 가장 설득력있게 받아들여지고 있다. 세포내 공생설에서는 혐기성 원핵세포는 미토콘드리아로, 호기성 원핵세포는 엽록체로 분화되었을 것이라고 주장한다.

다른 이론은 〈세포막 확장설(細胞膜擴張, membrane expansion theory)〉 또는 〈막진화설(膜進化說)〉이라고 한다. 세포막 확장설은 원핵생물의 세포막이 안쪽으로 함입되면서 핵막, 소포체와 같은 세포 내 소기관이 만들어졌다는 이론이다.

⑦ 다세포의 분화

지금으로부터 약 10억 년전쯤에 단세포생물이 모여져서 다세포생물로 진화되었다. 다세포를 이루는 각각의 세포들은 밀가루가 뭉치듯이 단순히 뭉친 것이 아니다. 각각의 세포들은 서로가 통일성을 유지하기 위하여 서로 결합하거나 서로 정보를 교환하였다.

이를 통해 다세포를 이루는 각각의 세포는 보다 생존확률을 높이기 위해 분화되었다.

그 결과 번식활동을 위한 생식세포(生殖細胞, gamete)와 생장을 위한 체세포(體細胞, somatic cell)로 분화되게 되었다.

이러한 다세포의 분화를 통해 현재 지구의 다양한 생명체가 존재하게 되었다.



8 스트로마톨라이트

〈stromatolite〉는 〈stromato〉+〈lite〉가 합성된 말이다. 〈stromato〉는 그리스어 〈stroma〉에서 온 것으로 〈매트리스〉라는 뜻이다. 〈lite〉는 그리스어 〈lithos〉에서 온 것으로 〈바위〉라는 뜻이다. 따라서 〈stromatolite〉라는 말은 매트리스처럼 차곡차곡 쌓여 있는 바위를 뜻하는 말이다.



호주에서 발견된 약 35억 년 전의 스트로마톨라이트



약 20억 년 된 암석에서 발견된 시아노박테리아



현재 호주 해안에서 발견되는 스트로마톨라이트

지금까지 유기물 덩어리였던 코아세르베이트(또는 마이크로스피어)에서 육상생물까지의 생물의 진화가 어떻게 일어나게 되었는지 그리고 왜 일어날 수 밖에 없었는지에 대하여 알아보았다.

앞의 설명을 통해서 볼 때 생명의 탄생과 진화는 그들이 접하고 있는 변화되고 있는 환경에 대한 생존투쟁의 결과물임을 알 수 있다.

지금까지 생명의 탄생과 진화에 대해 상당히 긴 내용을 공부하였다. 생명의 탄생과 진화과정을 간단히 정리해 보면 다음과 같다.

유기물 덩어리 → 무기호흡을 하는 종속영양생물 → 광합성을 하는 독립영양생물 → 유기호흡을 하는 종속영양생물 → 육상생물

심화학습

시아노박테리아에 의한 광합성

시아노박테리아(cyanobacteria)는 남조류라고도 불리는 광합성을 하는 단세포 박테리아이다. 시아노박테리아가 출현한 시기의 지구는 아직도 강한 자외선이 내리쬐고 있던 환경이었다. 강한 자외선으로부터 살아남기 위하여 시아노박테리아는 끈끈한 점액을 내뿜어서 자신을 보호하였다. 이 점액에 퇴적물과 세균의 분출물이 달라붙어서 굳어졌다. 이런 과정을 통해 형성된 석회암질 암석을 〈스트로마톨라이트(stromatolite)〉^⑧라고 한다. 현재까지 발견된 제일 오래된 스트로마톨라이트는 오스트레일리아에서 발견된 것으로 약 35억 년 전의 것이다. 시아노박테리아는 스트로마톨라이트 안에서 진주목걸이처럼 서로 연결된 형태로 발견되었다.

시아노박테리아는 원시바다 속의 물을 이용하여 수소를 얻었다. 그리고 수소와 이산화탄소를 반응시켜서 포도당을 얻었다. 이 과정에서 산소는 노폐물로 방출되었다. 지구 최초로 광합성이 일어난 것이다. 아래 표는 시아노박테리아에서 일어나는 광합성반응에서 산화된 것과 환원된 것을 표시한 것이다.^⑨ 이 식을 통해서 볼 때 물은 산소로 산화되고, 이산화탄소는 포도당으로 환원되었음을 알 수 있다.

광합성반응		산화
반쪽반응식	산화반응	$12\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 6\text{H}_2 + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
	환원반응	$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2 \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 3\text{O}_2$

이제 산소가 풍부해진 지구환경으로 인해 발효와 같은 무기호흡을 하였던 종속영양생물에서 산소를 이용하여 유기호흡을 하는 종속영양생물로의 진화가 일어나게 되었다. 그리고 오존층이 형성됨으로써 지표면에도 생명체가 살 수 있는 환경이 조성되었다. 그 결과 고생대 중기인 실루리아기(Silurian Period)^⑩에 들어서면 최초의 육상생물^⑪이 육지에 나타나기 시작한다.

실전예제 03

다음은 바이러스와 박테리아에 대한 설명이다. 옳지 못한 것을 고르시오.

- ① 바이러스는 세균보다 작은 입자로 생물과 무생물의 경계에 존재하는 입자로 무생물이다.
- ② 바이러스는 세포막이 없지만 박테리아는 세포막을 가지고 있다.
- ③ 박테리아는 원핵세포를 갖고 있는 단세포로 이루어진 미생물군을 말하는 것이다.
- ④ 일부 박테리아는 스스로 무기물에서 유기물을 만들면서 독립영양을 하기도 한다.
- ⑤ 대부분의 박테리아는 호기성이지만 일부 박테리아는 혐기성이다.

풀이

바이러스는 핵산과 소수의 단백질을 가지고 있기 때문에 일반적으로 생물로 간주하고 있다.

실전예제 04

다음은 원핵생물과 진핵생물에 대한 설명이다. 옳지 않은 것을 고르시오.

- ① 원핵생물은 핵을 가지고 있지 않은 생물, 진핵생물은 핵을 가지고 있는 생물을 말한다.
- ② 생물의 진화는 원핵생물에서 진핵생물로 일어났다.
- ③ 원핵생물의 DNA는 세포질 속에 존재한다.
- ④ 진핵생물의 DNA는 세포질과 핵 속에 존재한다.
- ⑤ 진핵생물은 미토콘드리아를 가지고 있고, 세포내의 소기관들이 잘 분화되어 있다.

풀이

진핵생물의 DNA는 핵 속에 존재한다.

실전예제 05

다음은 생물의 진화과정을 설명한 것이다. 옳지 않은 것을 고르시오.

- ① 유기물 덩어리는 지질로 된 생체막 속에 갇혀 있으면서 아미노산, RNA, 단백질을 선택적으로 흡수하였다.
- ② 지구 최초의 생명체는 유기물로 무기호흡을 하는 종속영양생물로 호기성 미생물이었다.
- ③ 광합성을 하는 독립영양생물은 원시바다 속의 해저화산 부근에서 태어났다.
- ④ 시아노박테리아의 광합성으로 결과 원시대기에는 산소가 축적되게 된다.
- ⑤ 혐기성 미생물과 미토콘드리아가 공생하는 과정에서 만들어진 것이 핵막이었다. 핵막이 생김으로써 진핵생물이 탄생하게 된다.

풀이

최초의 생명체는 원시바다 속에 축적된 유기물을 이용하여 발효와 같은 무기호흡을 하는 종속영양생물이었다. 무기호흡은 산소를 필요로 하지 않는 호흡이다. 이 시기의 종속영양생물은 혐기성 미생물이었다. 이들의 무기호흡 결과 지구 대기에는 이산화탄소의 비율이 증가하게 된다.

1. 원시생명체의 진화



9 산화환원반응의 반쪽반응식

산화반응과 환원반응은 동시에 일어난다. 산화환원반응을 하나씩 나누어 나타낸 것을 산화환원반응의 반쪽반응식이라고 부른다.

10 실루리아기

실루리아기는 고생대에 속하는 시기로 약 4억 4370만 년~4억 1600만 년 전까지의 기간을 말한다. 실루리아기에 대해서는 481쪽~482쪽, 503쪽을 보시오.

11 최초의 육상생물

최초의 육상생물은 식물이었다. 최초의 육상생물로는 쿡소니아(Cooksonia)·프실로피톤(Psilophyton)·리니아(Rhynia) 등이 있었다.



쿡소니아 화석



리니아 이미지

실전예제 03

정답

①

실전예제 04

정답

④

실전예제 05

정답

②



2. 지질시대와 화석

12 지질시대

지질시대(地質時代, geologic age)란 지각이 형성된 약 38억 년 전부터 인류가 지구상에 나타난 약 1만 년 전까지의 시기를 말한다.

13 누대

누(累)는 하나로 묶는다는 뜻이다. 발견되는 화석의 양에 따라서 은생누대(隱生累代, cryptozoic eon)와 현생누대(現生累代, phanerozoic eon)로 나뉜다. 은(隱)은 숨어있다는 뜻이다. 은생누대는 <선(先)캄브리아대(Precambrian Eon)>라고도 부른다. 선캄브리아대는 고생대의 캄브리아대보다 앞선 시기라는 뜻이다.

1 지질시대의 구분

지질시대¹²는 지층에서 산출되는 화석의 급격한 변화, 또는 중학교 때 배운 조산운동(造山運動, orogeny)이나 부정합(不整合, unconformity)과 같은 지구에서 발생한 급격한 지각변동을 기준으로 하여 구분한다.

지질시대는 큰 단위부터 쓰면 누대(이언)¹³ - 대 - 기 - 세로 나뉜다.

다음은 지질시대를 나타낸 표이다.

누대 (累代, eon)	대 (代, era)	기 (紀, period)	세 (世, epoch)	시기	특징
은생누대 (선캄브리아대)	시생대			38억년전~36억년전	원핵생물의 출현
				36억년전~32억년전	시아노박테리아의 출현
				32억년전~28억년전	스토마톨라이트의 생성
				28억년전~25억년전	대륙지각의 형성
	원생대			25억년전~16억년전	진핵생물의 출현
				16억년전~10억년전	원시초대륙(Proto-Pangaea)의 형성
				10억년전~5억 4000만년전	다세포생물의 출현
현생누대	고생대		캄브리아기	5억 4천만년전~5억 7천만년전	삼엽충·완족류·갑주어(척추동물)의 출현
			오르도비스기	5억 7천만년전~4억 3천만년전	필석류·어류의 출현
			실루리아기	4억 3천만년전~4억 8백만년전	육상식물·엽상지느러미어류의 출현
			데본기	4억 8백만년전~3억 6천만년전	양치식물·페어·상어·산호·양서류의 출현
			석탄기	3억 6천만년전~2억 8천만년전	숲·푸줄리나·곤충·파충류의 출현
			페름기	2억 8천만년전~2억 2천5백만년전	겉씨식물의 출현
	중생대		트라이아스기	2억 2천5백만년전~2억 8백만년전	초대륙·이매패류·암모나이트의 출현
			쥐라기	2억 8백만년전~1억 3천5백만년전	속씨식물·공룡·어룡·시조새·벨렘나이트출현
			백악기	1억 3천5백만년전~6600만년전	속씨식물번성·경골어류출현·공룡멸종
	신생대		팔레오세	6600만년전~5800만년전	포유류·화폐석의 출현
			에오세	5800만년전~3600만년전	삼림번성·속씨식물발달·고래류출현
			제3기		
			올리고세	3600만년전~2300만년전	포유류·속씨식물의 진화
			마이오세	2300만년전~530만년전	유인원의 출현·조류의 발달
			플라이오세	530만년전~160만년전	오스트랄로피테쿠스의 출현
	제4기		플라이스토세	160만년전~1만년전	현생인류의 진화·빙하기와 간빙기
			홀로세	1만년전~현재	인류문명의 시작

2 선캄브리아대(약 38억 년 전~5억 4000만 년 전까지)

대 (代, era)		시기	특징
시생대	초시생대	38억년전~36억년전	원핵생물의 출현
	고시생대	36억년전~32억년전	시아노박테리아의 출현
	중시생대	32억년전~28억년전	스토로마톨라이트의 생성
	신시생대	28억년전~25억년전	대륙지각의 형성
원생대	고원생대	25억년전~16억년전	진핵생물의 출현
	중원생대	16억년전~10억년전	원시초대륙(Proto-Pangaea)의 형성
	신원생대	10억년전~5억 4000만년전	다세포생물의 출현

은생누대는 <선(先)캄브리아대(Precambrian Eon)>라고 부른다고 했다.

선캄브리아대는 지각형성시기로 지질시대의 약 86%를 차지한다.

선캄브리아대는 시대순서에 따라서 크게 시생대(始生代, Archaeozoic Era)와 원생대(原生代, Proterozoic Era)로 나뉜다.

- **시생대** : 지구상에 생물이 생겨나기 시작한 시대
- **원생대** : 시생대보다는 생물이 발달하지만 화석으로는 거의 발견되지 않는 시대

➡ 선캄브리아대의 환경

(1) 시생대의 환경

현재까지 발견된 암석 중에서 가장 오래 된 암석은 캐나다 북서부에 있는 아카스타강(Acasta River) 부근에서 발견된 약 39억 6000만 년 된 암석이다.¹⁴⁾

이를 통해서 볼 때 시생대부터 지각이 형성되기 시작했다고 추정된다.

(2) 원생대의 환경

약 11억 5000만 년 전인 원생대 중기에는 <원시초대륙(原始超大陸, Proto-Pangaea)>이라는 거대한 하나의 대륙이 있었다고 추정된다.

한편 22억 5000만~8억 8000만 년 전의 지층과 암석에서는 빙하의 증거가 나타나지 않고 석회암이 발달되어 있다.

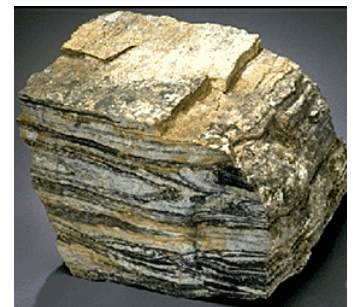
이를 통해서 볼 때 원생대는 매우 온난했던 것으로 추정된다.

선캄브리아대의 환경은 다음과 같이 정리하여 말할 수 있다.

선캄브리아대는 지각이 형성되고 온난한 기후였던 것으로 추정된다.

14 가장 오래된 암석

지금까지 발견된 가장 오래된 암석을 아카스타편마암(Acasta Gneiss)이라고 한다. 1989년에 발견되었다.



아카스타편마암



▶ 선캄브리아대의 생물계

(1) 시생대의 생물계

- **지구최초의 생물의 탄생** : 약 38억 년 전이 되면 지구 최초로 생물이 나타난다.
이때 나타난 생물은 핵막이 없는 단세포의 원핵생물로 메탄(CH_4) · 황(S) · 질소(N_2) 등을 섭취하면서 뜨거운 바다 속에서 살았을 것으로 추정된다. 이 생물이 박테리아(세균)이다.

박테리아는 발효와 같은 무기호흡을 통해서 지구 대기에 이산화탄소(CO_2)를 분출하였다.

- **황세균의 출현** : 약 36억 년 전이 되면 황화수소(H_2S)와 태양빛을 이용하여 광합성을 하는 독립영양생물인 홍색황세균 · 녹색황세균이 나타난다.
- **시아노박테리아의 출현** : 약 35억 년 전이 되면 이산화탄소와 태양빛을 이용하여 광합성을 하는 독립영양생물인 남조류로 불리는 시아노박테리아가 나타난다.

광합성 박테리아인 시아노박테리아의 광합성을 통하여 지구 대기 속으로 산소(O_2)를 분출하였다.¹⁵

(2) 원생대의 생물계

- **녹조류의 출현** : 원생대의 대기 속에 있는 산소 때문에 핵막이 없는 원핵생물에서 핵막이 있는 진핵생물로의 진화가 일어난다.¹⁶

약 14억 년 전부터는 다세포생물이 출현하여 해조류(海藻類, sea algae) 중에서 가장 발달된 형태인 녹조류(綠藻類, green algae)가 나타난다.

녹조류는 광합성 색소가 육상식물과 가장 가까운 종류이다.

- **해면동물 · 강장동물 · 절지동물의 출현** : 약 7억 년 전부터는 운동기관 · 뇌 · 신경이 없는 가장 원시적인 형태의 동물인 해면동물(海綿動物, porifera)이 나타나기 시작한다. 해면동물은 1개의 개체가 1개의 세포만으로 이루어진 원생동물과는 달리 1개의 개체가 많은 수의 세포로 이루어진 후생동물(後生動物, metazoa)로서 후생동물 중에서도 가장 원시적인 형태이다.

이와 함께 원시적인 형태의 강장동물(腔腸動物, coelenterata)과 절지동물(節肢動物, arthropoda)이 출현한다.

¹⁵ 산소의 발생과 오존층의 형성

지구의 대기 속에 산소가 만들어진 것은 시생대 때의 일이다. 그러나 오존층이 형성된 것은 시간이 더 지난 고생대 초기의 일이다. 따라서 고생대 초기 전까지는 모든 생물은 바다 속에서만 살 수 있었다.

¹⁶ 산소가 진화에 끼친 영향

산소(酸素, oxygen)은 그리스어 <oxys(신맛)>와 <genes(생성되다)>의 합성어이다. 따라서 산소는 신맛을 내는 물질이라는 뜻이다.
음식물을 오래두면 산소가 음식물을 산화시킨다. 쉽게 말해서 음식물이 쉰다. 음식물이 쉰다는 것은 썩다는 것이다.
이러한 산소의 독성 때문에 시생대의 원핵생물에게 산소는 생존위협물질이었다. 따라서 산소가 많아진 원생대에 원핵생물은 생존을 위해 진핵생물로 진화할 수 밖에 없었다.



TIPS



해조류 >>>

해조류(海藻類, sea algae)는 바다에 사는 조류이다.

조류 중에서 시아노박테리아와 같은 남조류는 단세포 원핵생물이었다.

그러나 대부분의 해조류는 다세포 진핵생물이다. 해조류는 띠고 있는 색깔에 따라서 녹조류, 갈조류, 홍조류로 구분한다. 녹조류(파래)는 녹색, 갈조류(미역)는 갈색, 홍조류(김)는 적색을 띤다.



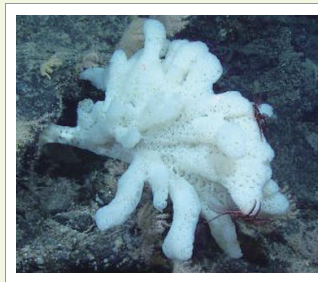
TIPS



해면동물 >>>

해면동물(海綿動物, porifera)에서 〈면(綿)〉은 〈목화에서 따낸 솜〉이라는 뜻이다. 그리고 해면동물을 뜻하는 영어 〈porifera〉는 라틴어 〈porus(구멍)〉와 〈ferre(∼을 지니다)〉의 합성어이다. 따라서 해면동물은 구멍이 뚫린 솜처럼 생긴 동물이라는 뜻이다.

해면동물은 바다에 사는 다세포동물 중 가장 하등한 원시무척추동물이다. 운동기관이 없어서 다른 물체에 부착해서 산다.



해면동물(바다수세미)

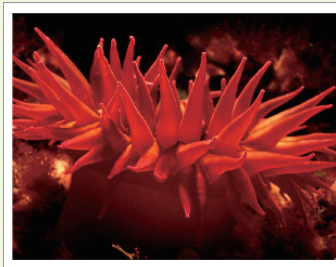
후생동물 >>>

1개 세포가 1개의 개체가 되는 동물이 단세포동물, 즉 원생동물(原生動物, protozoa)이다. 원생동물을 제외한, 다세포로 1개의 개체를 이루는 동물을 후생동물(後生動物, metazoa)이라고 한다.

강장동물 >>>

강장동물(腔腸動物, coelenterata)에서 〈강장(腔腸)〉은 〈빈창자〉라는 뜻이다. 그리고 강장동물을 뜻하는 영어 〈coelenterata〉는 그리스어 〈koilo(비어있는 볼록한 몸)〉에서 온 말이다.

강장동물은 몸 속에 빈 동물이다. 빈 몸을 〈강장〉이라고 한다. 강장은 창자의 역할을 한다. 또 강장의 위쪽에 촉수가 달린 입이 있다. 입은 항문역할도 한다. 강장동물은 무척추동물 중에서도 하등한 것으로 주로 수중에서 살며, 해파리·말미잘·히드라·산호 등이 있다.



강장동물(말미잘)

절지동물 >>>

절지동물(節肢動物, arthropoda)을 뜻하는 영어 〈arthropoda〉는 그리스어 〈arthron(관절, 마디)〉과 〈pous(다리)〉의 합성어이다. 따라서 절지동물은 관절이 있는 다리를 가진 동물을 말한다. 절지동물은 몸이 여러 마디로 되어 있고 각각의 마디에는 관절이 있는 다리가 붙어 있다.

▶ 선캄브리아대에서 생물의 진화

선캄브리아대에는 오존층이 없었으므로 최초의 생명체는 바다 속에서 탄생했다. 이것은 무기호흡을 하여 이산화탄소를 방출하는 박테리아(세균)이었다. 그 후 이산화탄소를 이용해서 광합성을 하는 시아노박테리아가 출현한다. 시아노박테리아의 광합성으로 인해 발생한 산소가 풍부해진 새로운 환경에 적응하기 위하여 원핵생물에서 진핵생물로의 진화가 일어난다. 그 후 효과적인 생존을 위하여 녹조류와 해면동물과 같은 다세포동물로의 진화가 이루어졌다.^⑦

2. 지질시대와 화석



절지동물(전갈)

⑦ 선캄브리아대의 화석

선캄브리아대의 생물은 단단한 부분이 없어서 화석이 되기에 부적합했다. 화석이 생성되어도 반복된 지각변동 때문에 파괴되었다.

그러나 1947년~1950년 사이에 오스트레일리아 남부의 에디아카라라는 지역에서 선캄브리아대 후기인 약 6억 년 전에 살았던 생물의 화석이 대량 발견되었다. 이를 에디아카라 동물군(Ediacara fauna)이라고 한다.

이 화석들은 원시적인 강장동물·환형동물(環形動物, annelida)을 담고 있다. 단, 이들의 몸에는 단단한 구조가 없어서 이들의 시체가 담긴 것은 아니었다. 단지 퇴적암에 몸의 형태가 찍힌 흔적화석이었다.

환형동물은 지렁이처럼 둥근 고리가 여러 개가 연결된 모양의 몸구조를 가진 동물이다.



에디아카라동물군의 화석