



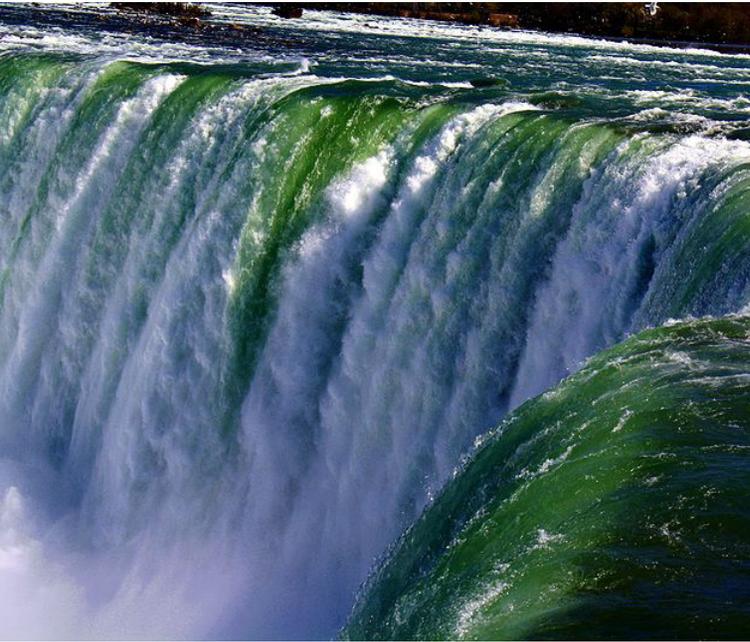
하와이 과학

2011년 신교육과정 융합형 과학

1권 . 우주와 생활

# 01 생명의 탄생

Part03



## 1. 생명의 기원에 관한 논쟁

세계에서 가장 높은 산은?

누구나 알다시피, 위 질문에 대한 답은 네팔과 중국의 국경에 있는 에베레스트산(Mount Everest)이다. 관심있는 학생들이라면 그 높이가 8,848m라는 것도 알고 있을 수 있다.

두번째로 높은 산은 파키스탄과 인도, 중국의 국경에 있는 K2이다. K2는 지형이 험준하고 빙하가 많은 <카라코람산맥(Karakoram Range)의 두번째 봉우리>라는 의미로 붙여졌는데, 실제로 <세계에서 두번째로 높은 봉우리(8,611m)>이다.

자, 이제 산을 넘어 강으로 가보자.

세계에서 가장 긴 강은? 다음 보기에서 고르시오.

- ① 압록강 ② 나일강 ③ 양자강 ④ 미시시피강 ⑤ 아마존강



인도 북쪽에서 본 카라코람산맥의  
빙하 위성 사진

정답은?

물론 압록강은 아니다. 아마존강이 답이다.

아마존강의 총길이는 약 7,062km로 세계에서 가장 긴 강이다.

질문 하나 더! 압록강의 발원지 즉, 시작지점은 어디일까? 다 알고 있다시피 백두산의 천지이다.

그렇다면 아마존강의 발원지는???

아마존강은 페루의 안데스산맥에 있는 <네바도 미스미(Nevado Mismi)>라는 고원으로부터 시작된다. 고원의 눈이 녹아서 아푸리막강(Apurimac River)을 흘러서 거대한 아마존강을 이루게 된다. 물론 아마존 강은 그 크기가 거대한 것만큼 아푸리막강 말고도 많은 지류(支流, branch)를 가지고 있다. 그 중 큰 지류만 해도 200여개나 된다.

각 지류들은 대부분 작은 샘물에서 시작된다. 이 샘물들이 흘러가면서 작은 냇물이 되고, 폭포도 되기도 한다.

이 과정에서 장애물을 만나면 방향을 틀기도 하고 넘기도 하면서 흘러 간다.

흐르다 더 이상 흐르지 못하고 한 곳에 고여 썩어간 물도 있었겠지만, 아주 활기차게 아마존강의 본류를 향해 맹렬히 달려간 물도 있었다. 그리고 다른 지류에서 온 물과 합쳐져서 거대한 아마존강을 형성하게 된 것이다.

이 단원의 제목은 <생명의 탄생>인데 왜 갑자기 <아마존강 이야기>?

<생명의 탄생>을 시작하면서 아마존강을 이야기하는 것은 생명의 탄생과 진화, 그리고 현재의 생물계의 모습이 작은 샘물에서 시작되어 거대한 아마존강을 이룬 과정과 비슷하기 때문이다.

아마존강이 발원지가 있듯이 지구상의 생물도 그 시작점이 있었다.

아마존강의 지류들이 장애물을 만났을 때 방향을 틀거나 극복한 것처럼 생물들도 이러한 과정을 겪었다. 이 과정에서 장애물을 극복하지 못한 생물은 한 곳에 고여서 썩어버린 물처럼 그렇게 죽어갔다.

그러나 장애물을 극복하고 새로운 환경에 적응한 물이 모여 거대한 아마존강을 형성하였듯이, 생태계 내에서 자신들에게 주어진 환경을 극복, 적응하여 살아남은 생물들은 현재의 생물계를 이루게 된 것이다.

앞 단원에서는 우주의 탄생과 물질의 탄생, 태양계와 지구의 탄생에 대하여 알아보았다. 지금부터 우리가 알아보려고 하는 것은 지구에서 생명의 탄생을 어떻게 시작되었는가 하는 것이다.





<생명의 탄생>파트를 공부하는 데에는 많은 어려움이 따를 것으로 예상된다.

왜냐하면 여러분이 아직 배우지 않은 화학적 지식을 필요로 하기 때문이다.

<생명의 탄생>을 공부하는데 필요한 화학적 지식을 나열해 보면 다음과 같다.

- 유기물과 무기물
- 산과 염기 및 산성과 염기성
- 산화반응과 환원반응 및 산화성 기체와 환원성 기체
- 탄소화합물
- 중합반응과 펩타이드결합, 폴리펩타이드결합
- 아미노산, 단백질, 요소, 아데노신, 인산기, 리보오스, 디옥시리보오스 등의 화합물

물론 위에 나열한 것에 대한 과학적 지식을 모른다고 해서 <생명의 탄생>을 공부할 수 없는 것은 아니다. 공부할 수는 있다. 그냥 모든 것을 외우면 된다. 하지만 불행하게도 모든 것을 외우고 넘어가기에는 너무나 힘들 것이다. 그것은 스스로를 고문하는 일이나 마찬가지이다.

과학은 암기과목이 아니다. 그러므로 무작정 외우려고만 하지 말고, 아래 설명을 차근차근 이해하면서 개념을 짚아가도록 하자. 그리고 무엇보다도 이제 고등학생이 되었으니까, 조금 어렵기는 해도 위의 내용 정도는 알고 있어야만 할 것이다.

이제 <생명의 탄생>을 공부하기에 앞서서 이 파트를 공부하는데 필요한 화학적 지식을 함께 정복해 보자. 도전~~!!!

### 1 유기물과 무기물

유기물과 무기물을 처음으로 구분한 것은 1806년의 일로 스웨덴의 화학자인 베르셀리우스(Jons Jacob Berzelius, 1779~1848)에 의해서였다.

그는 유기물은 동·식물에 의해 생성·배출되는 화합물이고, 무기물은 광물에 의해 얻어지는 물질이라고 정의되었다.

그는 유기물은 인공적으로는 만들 수 없고 생물의 기관(器官, organ)을 통한 생명활동을 통해서만 만들어진다고 생각하여 유기(organic)라는 이름을 사용하였다.

그러나 1828년에 독일의 화학자인 뵐러(Friedrich Wohler, 1800~1882)가 무기물로 알려진 사이안산암모늄( $\text{NH}_4\text{CNO}$ )을 만들다가 우연하게 유기물의 일종인 요소(요소,  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ )를 합성하게 되었다. 이렇게 됨으로써 유기물과 무기물의 구분이 모호해진 것이다.

그 결과 현재는 본문에 나타난 것처럼 유기물과 무기물의 정의가 새롭게 사용되고 있다.

## 1 생명의 탄생을 공부하는데 필요한 화학적 지식

### 1 유기물과 무기물

물질은 크게 탄소-수소(C-H)결합을 가지고 있는지 아닌지에 따라서 유기물(有機物, organic compound)과 무기물(無機物, inorganic compound)로 구분할 수 있다.<sup>1)</sup>

- **유기물** : 탄소-수소결합(C-H)을 포함하고 있는 물질  
예) 메테인( $\text{CH}_4$ ) · 에테인( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) · 메테인올( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) · 에테인올( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) 등
- **무기물** : 탄소-수소결합(C-H)을 포함하고 있지 않은 물질  
예) 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) · 암모니아( $\text{NH}_3$ ) · 염화나트륨( $\text{NaCl}$ ) · 수산화나트륨( $\text{NaOH}$ ) 등

### 2 산과 염기

옛날 사람에게 산(酸, acid)은 그냥 신맛이 나는 물질, 염기(鹽基, base)는 물에 잘 녹는 식물의 재료만 알고 있었다.

그러나 화학적 현상에 대한 인간의 지식이 넓혀져 감에 따라서 산과 염기에 대한 정의는 조금씩 확장되었다.<sup>2</sup> 다음은 근대에 들어오면서 산과 염기의 개념이 어떻게 확장되어 갔는지를 나타낸 것이다.

(1) 아레니우스의 산과 염기의 정의

스웨덴의 화학자인 아레니우스(Svante August Arrhenius, 1859~1927)<sup>3</sup>는 산과 염기를 다음과 같이 정의 하였다.

- **산** : 수용액에서 이온화하여 수소이온(H<sup>+</sup>)을 내놓는 물질
- **염기** : 수용액에서 이온화하여 수산화이온(OH<sup>-</sup>)을 내놓는 물질

아래 표는 아레니우스의 정의에 따라 나타낸 산과 염기의 예이다.

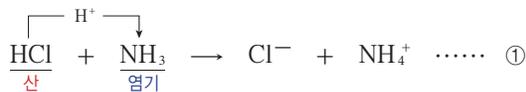
산		염기	
염산	HCl → H <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup>	수산화나트륨	NaOH → Na <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup>
황산	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> → 2H <sup>+</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	수산화바륨	Ba(OH) <sub>2</sub> → Ba <sup>2+</sup> + 2OH <sup>-</sup>
아세트산	CH <sub>3</sub> COOH → H <sup>+</sup> + CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	수산화칼슘	Ca(OH) <sub>2</sub> → Ca <sup>2+</sup> + 2OH <sup>-</sup>

(2) 브뢴스테드-로우리의 산과 염기의 정의

1923년에 덴마크의 화학자인 브뢴스테드(Johannes Nicolaus Bronsted, 1879~1947)와 영국의 물리학자인 로우리(Thomas Martin Lowry, 1874~1936)는 아레니우스의 이론을 보완한 새로운 산·염기의 정의를 만들었다.

- **산** : 양성자(H<sup>+</sup>)를 내놓는 물질
- **염기** : 양성자(H<sup>+</sup>)를 받아들이는 물질

염산(HCl)과 암모니아(NH<sub>3</sub>)의 반응을 통하여 브뢴스테드-로우리의 정의에 따라서 산과 염기를 나타내면 다음과 같다.

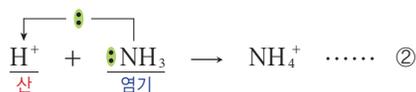


(3) 루이스의 산과 염기의 정의

1923년에 미국의 물리화학자인 루이스(Gilbert Newton Lewis, 1875~1946)는 비공유전자쌍을 이용하여 산과 염기를 다음과 같이 정의하였다.

- **산** : 다른 물질의 비공유전자쌍을 받아들이는 물질
- **염기** : 다른 물질에게 비공유전자쌍을 잃어버리는 물질

암모니아(NH<sub>3</sub>)는 수소이온(H<sup>+</sup>)과 반응하여 암모늄이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)는 된다. 이 과정에서 루이스의 정의에 따라서 산과 염기를 나타내면 다음과 같다.



1. 생명의 기원에 관한 논쟁



2 산과 염기에 대한 이해의 변화

중세시대에는 산은 식물 뿐 아니라 광물에도 있다는 사실이 알려졌다. 식물에서 유래된 산을 유기산(有機酸, organic acid), 광물에서 유래된 것을 무기산(無機酸, inorganic acid)이라고 불렀다. 유기산은 탄소(C)를 가지고 있다. 아래 표는 몇가지 유기산과 무기산을 나타낸 것이다. 단, 탄산은 탄소가 있지만 무기산으로 분류한다.

유기산		무기산	
폼산	HCOOH	염산	HCl
아세트산	CH <sub>3</sub> COOH	질산	HNO <sub>3</sub>
옥살산	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	황산	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
타타르산	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	탄산	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>

17세기에 들어오면 이끼류의 일종인 리트머스(litmus)에서 추출된 색소가 스며든 종이를 이용하여 산과 염기를 구분했다. 18세기에는 질산·황산·아세트산 등의 산에 산소가 공통적으로 있다는 것에 착안하여 산에 붙어 있는 산소 때문에 산성이 나타난다고 생각하기도 했다. 그 결과 18세기 말 프랑스의 라부아지에(Antoine Laurent Lavoisier, 1743~1794)는 산소를 <oxygene>(물질을 시게 만드는 원소)이라고 이름지었다.

3 아레니우스

아레니우스(Svante August Arrhenius, 1859~1927)는 스웨덴의 화학자로서 전해질과 이온화의 관계를 규명하여 1903년 노벨화학상을 받았다. 그는 화학분야 이외에도 우주물리학에서는 탁월한 업적을 나타내 북극에 나타나는 오로라의 원인을 밝혀내기도 하였다.



스반테 아레니우스(Svante August Arrhenius, 1859~1927)



#### 4 산화철(II)

철이 산화반응하여 만들어진 산화철은 세 가지 종류가 있다. 산화철(II)(FeO), 산화철(III)(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 산화철(IV)(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)가 그것이다.

산화철(II)는 검은색으로 철이 산소와 빠르게 반응할 때 만들어진다.

산화철(III)는 철이 공기 중의 산소와 천천히 반응하여 만들어진다. 붉은색의 녹슨 철이 산화철(III)이다.

산화철(IV)는 산화철(II)와 산화철(III)의 혼합물이다. 따라서 검은색과 붉은색이 혼합되어 보라색을 띤다.



Fe



Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

#### 용어 돋보기

##### \* 코크스(cokes)

공기를 차단하고 유기물을 가열하게 되면 휘발성 성분이 날아간 후 탄소성분만 남게 된다. 이것을 코크스(cokes)라고 부른다. 일반적으로 공기를 차단하고 석탄·석유를 가열하면 얻을 수 있다. 코크스는 용광로의 연료로 사용된다.

##### \* 산화물(酸化物, oxide)

어떤 물질에 산소가 달라붙어서 만들어진 것을 산화물(酸化物, oxide)이라고 한다. 금속에 산소가 달라붙은 것을 금속산화물(金屬酸化物, metal oxide), 비금속에 산소가 달라붙은 것을 비금속산화물(非金屬酸化物, nonmetal oxide)이라고 한다.

금속산화물로는 산화철(II)(FeO)·산화마그네슘(MgO)·산화구리(II)(CuO) 등이 있다.

비금속산화물로는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)·이산화황(SO<sub>2</sub>)·일산화질소(NO) 등이 있다.

#### 산성과 염기성

산과 염기는 각각 고유한 특성을 가지고 있다. 이들이 갖는 각각의 고유한 특성을 산성(酸性, acidic)과 염기성(鹽基性, basic)이라고 한다.

- 산성 : 산이 나타내는 성질
- 염기성 : 염기가 나타내는 성질

산이 산성을 나타내는 이유는 산은 모두 수소이온(H<sup>+</sup>)을 가지고 있기 때문이다. 또 염기가 염기성을 나타내는 이유는 염기는 모두 수산화이온(OH<sup>-</sup>)을 가지고 있기 때문이다. 다음은 대표적인 산성과 염기성을 나타낸 것이다.

	산성	염기성
맛	신맛	쓴맛
반응	금속과 반응하면 수소 기체를 발생한다.	단백질을 녹이는 성질이 있다.
전기분해	(-)극에서 수소 기체가 발생한다.	(+)극에서 산소 기체가 발생한다.

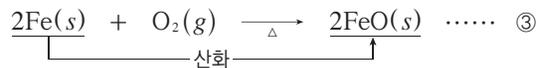
#### 산화반응과 환원반응

화학반응에서 출입하는 산소와 수소를 이용하여 산화반응(酸化反應, oxidation reaction)과 환원반응(還元反應, reduction reaction)을 나타내면 다음과 같다.

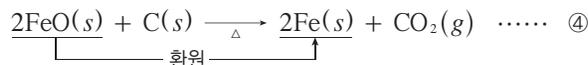
##### (1) 산소를 이용하여 나타낸 산화반응과 환원반응

- 산화반응 : 어떤 물질에 산소가 달라붙는 반응
- 환원반응 : 어떤 물질에서 산소가 떨어져나가는 반응

은백색의 철(Fe(s))에 열을 가하면 검은색의 산화철(II)(FeO(s))<sup>4</sup>이 된다. 아래의 ③식에서 볼 수 있는 것처럼 이 반응은 철에 산소가 달라붙는 반응이므로 산화반응이다. 여기서 산화철(II)처럼 산화반응의 결과 만들어지는 물질을 산화물(酸化物, oxide)이라고 한다.



반면에 산화철(II)에 탄소가 주성분인 코크스(cokes)를 넣고 고온으로 가열하면 순수한 철이 된다. 아래의 ④식에 나타낸 것처럼 이 반응은 산화철(II)에서 산소가 떨어져 나가므로 환원반응이다.

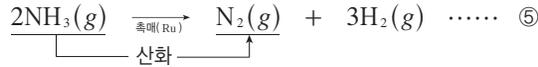


##### (2) 수소를 이용하여 나타낸 산화반응과 환원반응

- 산화반응 : 어떤 물질에서 수소가 떨어져나가는 반응
- 환원반응 : 어떤 물질에 수소가 달라붙는 반응



암모니아(NH<sub>3</sub>(g))에 <sup>44</sup>Ru(루테늄)를 촉매로 하여 열을 가하면 질소(N<sub>2</sub>(g))와 수소(H<sub>2</sub>(g))로 분해된다. 아래의 ⑤식에서 볼 수 있는 것처럼, 이 반응은 암모니아에서 수소가 떨어져나가므로 산화반응이다.



반면에 고온·고압상태에서 질소와 수소가 반응하면 암모니아가 된다. 아래의 ⑥에서 볼 수 있는 것처럼, 이 반응은 질소에 수소가 달라붙는 반응이므로 환원반응이다.



🔍 산화성 기체와 환원성 기체

산화성(酸化性, oxidating)과 환원성(還元性, reducing)에 대한 정의는 다음과 같다.

- 산화성 : 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 성질
- 환원성 : 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 성질

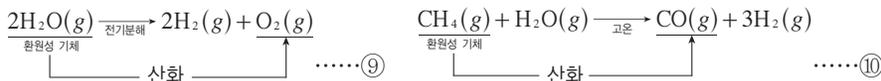
위의 ⑤식을 보면 암모니아(NH<sub>3</sub>(g))는 산화되고, ⑥식을 보면 질소(N<sub>2</sub>(g))는 환원된다. 따라서 산화성과 환원성에 대한 정의에 따르면 암모니아는 환원성, 질소는 산화성을 나타낸다.<sup>5</sup>

한편 기체는 다시 산화성 기체(酸化性 氣體, oxidizing gas)와 환원성 기체(還元性 氣體, reducing gas)로 구분할 수 있다.

- 산화성 기체 : 자신이 환원되는 산화성을 나타내는 기체
- 환원성 기체 : 자신이 산화되는 환원성을 나타내는 기체

지구의 2차 원시대기를 구성하고 있던 기체(수소(H<sub>2</sub>(g))·수증기(H<sub>2</sub>O(g))·암모니아(NH<sub>3</sub>(g))·메테인(CH<sub>4</sub>(g)))는 환원성 기체였다. 이에 비하여 현재 지구 대기 중에 가장 많은 성분인 질소(N<sub>2</sub>(g))는 수소와 결합하여(환원되어) 암모니아를 생성함으로써 산화성 기체이다.

아래는 2차 원시대기를 구성하는 환원성 기체를 나타낸 것이다.<sup>6</sup>



5 소화제와 산화성, 환원성

소화제는 소화성이 좋은 물질이다. 소화성이 좋다는 것은 자신(소화제)이 소화가 잘 되는 것이 아니라 남(음식물)이 잘 소화되도록 돕는 성질을 말한다. 산화성과 환원성을 헷갈리기 쉽다. 그래서 소화제의 소화성과 연결하여 생각하면 이해하기 좀 쉬울 것 같다. 산화성은 남을 산화시키는 성질을 말한다. 산화성도 남을 산화시키는 성질이다. 환원성은 남을 환원시키는 성질이다. 따라서 산화성은 자신은 환원되고 남을 산화시키는 성질이 되는 것이다. 그리고 환원성은 자신은 산화되고 남을 환원시키는 성질이 된다.

6 ⑦, ⑧, ⑨, ⑩식의 이해

⑦식에서 수소 기체는 산소를 받아들임으로 스스로 산화된다. ⑧식에서 암모니아 기체는 수소를 잃어버리므로 스스로 산화된다. ⑨식에서 수증기는 수소를 잃어버리므로 스스로 산화된다. ⑩식에서 메테인은 수소를 잃어버리고 산소를 받아들임으로 스스로 산화된다. 따라서 수소 기체, 암모니아 기체, 수증기, 메테인은 모두 자신은 산화되고 남을 환원시키므로 환원성 기체가 되는 것이다.



### ⑦ 포화탄화수소와 불포화탄화수소

그림2와 같이 탄소-탄소결합이 단일결합으로만 되어 있는 경우의 탄화수소를 포화탄화수소라고 한다.

한편 그림3~그림5처럼 탄소-탄소결합이 이중결합이나 삼중결합을 포함하고 있는 경우의 탄화수소를 불포화탄화수소라고 한다.

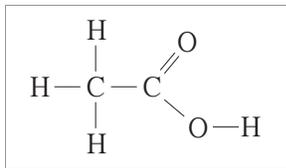
### 용어 돋보기

#### \* 원자단(原子團, atomic group)

원자단(原子團, atomic group)이란 말 그대로 원자의 집단을 말한다.

예를 들어 보자.

아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )은 다음과 같은 구조를 가지고 있다.



아세트산

위의 식에서 볼 때 (-COOH)는 원자단으로 카복실기(carboxyl group)라고 부른다.

이렇게 원자집단이 모여서 하나의 원자처럼 행동하는 것을 원자단이라고 한다.

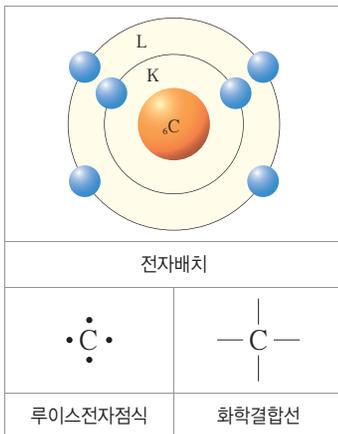


그림1 탄소원자

### 탄소화합물

지금까지 우리에게 알려진 원소는 100여종이 있다. 그리고 지금까지 알려진 분자는 약 5,000만종 쯤 되며 현재에도 자연 속에서 새로운 분자들이 발견되거나 인공적으로 합성되고 있다.

이러한 분자들 중에서 가장 많은 양을 차지하는 것이 탄소(C)로 이루어진 분자이다.

탄소와 수소로 이루어진 분자를 탄소화합물(炭素化合物, carbon compounds)이라고 한다.

탄소화합물은 크게 탄화수소(炭化水素, hydrocarbon)와 탄화수소유도체(炭化水素誘導體, derivatives of hydrocarbon)로 구분한다.

#### ● 탄화수소 : 탄소(C)와 수소(H)만으로 이루어진 탄소화합물

예) 메테인( $\text{CH}_4$ ) · 에테인( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) · 프로판( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) · 에텐( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) · 에타인( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) · 벤젠( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) 등<sup>①</sup>

#### ● 탄화수소유도체 : 탄소(C)와 수소(H) 이외에 다른 원자나 원자단(原子團, atom group)으로 이루어진 탄소화합물

예) 에테인올( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) · 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) · 리보오스( $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ ) · 아데닌( $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5$ ) · 글리신( $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ) 등

위에서 예로 들은 탄소화합물은 탄소화합물 중에서 극히 일부분에 해당한다. 3대 영양소인 탄수화물, 지방, 단백질, 그리고 유전정보를 다음 세대로 전달해주는 역할을 하는 DNA와 RNA, 또한 각종 도구의 재료가 되는 플라스틱과 합성섬유 등도 모두 탄소화합물에 속한다.

그렇다면 이렇게 다양한 탄소화합물은 어떻게 만들어질 수 있었을까? 이 비밀은 탄소화합물의 뼈대를 이루는 탄소원자(C)가 가지고 있다.

따라서 생체분자(生體分子, organic molecule)의 중요한 부분을 차지하는 탄소화합물의 특성을 알려면 먼저 탄소원자의 특성을 알아야만 한다.

#### (1) 탄소원자의 특성

탄소원자의 특성은 다음과 같이 정리할 수 있다.

#### ● 4개의 원자가전자가 최대 4개의 공유결합을 할 수 있다.

그림1에 나타난 것처럼 탄소원자( ${}_6\text{C}$ )는 4개의 원자가전자를 가지고 있다.

이를 통해서 4개의 공유결합을 형성할 수 있기 때문에 굉장히 다양한 탄소화합물을 만들어낸다.

그림2~그림5는 탄소원자의 4개의 원자가전자가 만들어내는 공유결합을 나타낸 것이다.

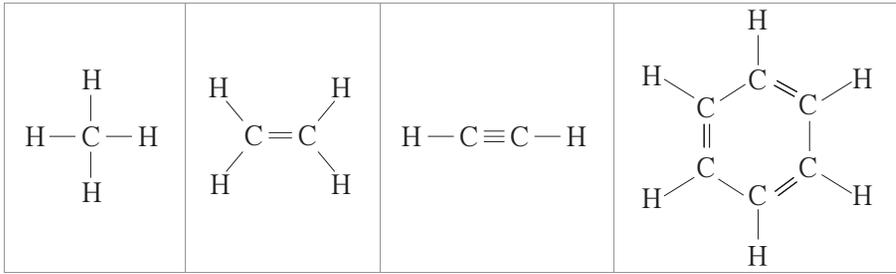


그림2 메테인(CH<sub>4</sub>)

그림3 에텐(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)

그림4 에타인(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)

그림5 벤젠(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

● **적당한 크기의 전기음성도를 갖고 있다.**

오른쪽 표는 주기율표상에서 2주기에 속하는 원소들의 전기음성도를 나타낸 것이다. 전기음성도가 매우 작은 리튬(<sub>3</sub>Li, 1.0)은 전자를 잘 주게 되지만 플루오린(<sub>9</sub>F, 4.0)은 전기음성도가 매우 크기 때문에 전자를 잘 받게 된다.

		족							
주기	1	2	13	14	15	16	17	18	
2	<sub>3</sub> Li 리튬 1.0	<sub>4</sub> Be 베릴륨 1.5	<sub>5</sub> B 붕소 2.0	<sub>6</sub> C 탄소 2.5	<sub>7</sub> N 질소 3.0	<sub>8</sub> O 산소 3.5	<sub>9</sub> F 플루오린 4.0	<sub>10</sub> Ne 네온	

이에 비하여 탄소원자(<sub>6</sub>C, 2.5)는 전기음성도가 중간 정도이기 때문에 전자를 주기도 하고 받기도 하는 양면적 성질을 갖고 있다.

그 결과 탄소원자는 전기음성도가 작은 원자와는 전자를 받고 전기음성도가 큰 원자와는 전자를 주어 다양한 공유결합을 이루게 된다.

(2) 탄소화합물의 특성

탄소화합물은 다음과 같은 특성을 가지고 있기 때문에 탄수화물, 단백질, 지방, DNA, RNA와 같은 생체분자가 될 수 있었다.

● **강한 공유결합을 하고 있다.**

공유결합은 화학결합 중에서 가장 강한 결합이다. 따라서 공유결합을 끊고 원자가 재배열되려면 많은 에너지가 필요하다.

그러므로 탄소화합물을 구성하는 원자들끼리는 공유결합을 이루고 있다. 따라서 탄소화합물은 화학적으로 안정하다. 그 결과 탄소화합물은 반응성이 약하고 반응속도가 느린 특성이 있다.

● **탄소화합물은 무극성분자이다.**

탄소화합물을 구성하는 기본 입자인 탄소원자(C, 2.5)와 수소원자(H, 2.1)의 전기음성도가 거의 비슷하다. 따라서 대부분의 탄소화합물은 극성이 매우 작은 분자들이다.

한편 물(H<sub>2</sub>O(l))과 같은 극성용매는 염화나트륨(NaCl(s))과 같은 극성용질을 잘 녹인다. 그러나 무극성용질은 녹이지 못한다.

탄소화합물은 무극성이다. 따라서 물에 잘 녹지 않는다. 만약 탄소화합물이 물에 잘 녹았다면 생체분자는 존재할 수 없었을 것이다.

**용어 돋보기**

✦ **생체분자(生體分子)**

생체(生體)란 살아있는 생명체를 말한다. 생체분자(生體分子, organic molecule)는 생명체를 구성하거나 생명체가 생명활동을 하는데 필수적으로 요구되는 분자를 뜻한다.

3대 영양소(탄수화물·단백질·지방)와 핵산(DNA, RNA)·물 등이 생체분자에 속한다. 이러한 생체분자끼리는 모두 수소결합으로 연결되어 있다.

생체분자와 생체분자 사이에 형성되어 있는 수소결합은 다른 화학결합보다는 약한 결합이다.

따라서 생체분자들은 수소결합을 끊고 서로 반응하여 새로운 분자들을 형성하기 쉽다.

만약 생체분자 사이의 결합이 생체분자 안의 원자와 원자 사이에 결합인 공유결합처럼 강한 결합이었다면 생체분자들은 서로 반응하지 못했을 것이다. 그 결과 생명체가 필요로 하는 물질을 재생산하는 일은 일어나지 못했을 것이다.



### 8 아미노산과 필수아미노산

자연 속에는 20가지의 아미노산이 존재하고 있다. 다음의 12가지는 음식을 먹으면 몸 안에서 합성된다.

- 글리신(glycine)
- 알라닌(alanine)
- 아르지닌(arginine)
- 아스파라진(asparagine)
- 아스파르트산(aspartic acid)
- 시스테인(cysteine)
- 글루탐산(glutamic acid)
- 프롤린(proline)
- 글루타민(glutamine)
- 히스티딘(histidine)
- 세린(serine)
- 타이로신(tyrosine)

하지만 다음 8가지는 몸 안에 합성되지 않으므로 이 아미노산이 들어간 음식을 섭취하여야만 한다.

- 이소루신(isoleucine)
- 루신(leucine)
- 라이신(lysine)
- 트립토판(tryptophan)
- 발린(valine)
- 메싸이오닌(methionine)
- 페닐알라닌(phenylalanine)
- 트레오닌(threonine)

그래서 위의 8가지 아미노산을 필수아미노산이라고 부른다.

### 용어 돋보기

#### \* 단백질(蛋白質, protein)

단백질(蛋白質, protein)은 모든 생물의 몸을 구성하는 고분자유기물로 수많은 아미노산의 연결체이다.

단백질은 머리카락이나 근육 등 사람의 몸을 구성하는 세포를 이루는 원형질의 주성분이며, 동시에 효소나 호르몬, 항체 등의 주성분이다.

현재까지 알려진 단백질의 종류는 약 8만여 가지나 된다. 이 8만여 가지의 단백질은 각각 그 기능이 다르다.

주름을 제거하는데 사용되는 보톡스(botox)과 당뇨병을 치료하는데 사용되는 인슐린(insulin)도 단백질의 일종이다.

### 탈수축합중합반응, 펩타이드결합과 폴리펩타이드결합

탄소화합물은 치환반응·첨가반응·중합반응 등에 의하여 또 다른 형태의 탄소화합물을 만들 수 있다.

이들 반응의 자세한 것은 화학 I 에서 자세히 배울 것이다. 여기서는 중합반응(重合反應, polymerization)과 중합반응 중에서도 축합중합반응(縮合重合反應, condensation polymerization)에 대해 간략히 알아보려고 한다. 또 축합중합반응의 하나인 펩타이드결합과 폴리펩타이드결합에 대해서도 살펴볼 것이다.

#### (1) 중합반응이란?

분자량이 작은 분자를 여러 개 결합시키면 분자량이 큰 화합물이 된다. 이러한 과정을 <중합> 또는 <중합반응>이라고 한다.

중합반응의 과정에서 중합반응의 재료가 되는 분자량이 작은 분자를 단위체(單位體, monomer), 중합반응 결과 생성된 분자량이 큰 화합물을 중합체(重合體, polymer)라고 부른다.

중합반응은 단위체가 연결되는 방식에 따라서 여러 가지 형태가 있을 수 있다. 여기서는 그 중에서 축합중합반응에 대해서만 알아볼 것이다.

#### (2) 축합중합반응이란?

축합중합반응이란 두 분자가 결합하면서 물이 떨어져 나가거나 또는 간단한 구조의 저분자물질이 떨어져 나가는 반응을 말한다. 여기서 특히 물이 떨어져나가는 경우를 탈수축합(脫水縮合, dehydration condensation)이라고 한다.

#### (3) 펩타이드결합과 폴리펩타이드결합

##### ① 아미노산

아미노산(amino acid)이라는 말을 흔히 들어보았을 것이다.

아미노산은 우리 몸에서 단백질의 재료가 되는 물질로 아미노산이 들어간 음료는 피로회복제로 많이 팔리고 있다.

아미노산의 모양은 그림6과 같다. 원자단인 아미노기(amino group, -NH<sub>2</sub>)와 카복실기(carboxyl group, -COOH)로 되어 있다.

그림6에서 -R에 무엇이 붙는가에 따라서 아미노산의 종류가 달라진다.

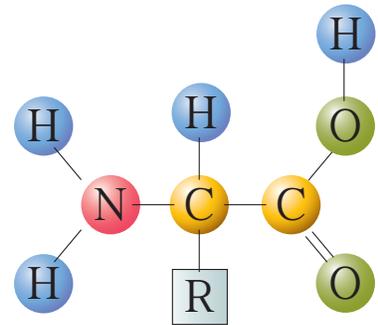


그림6 아미노산의 구조

현재까지 알려진 아미노산의 종류는 약 80여가지가 있다. 이 중에서 자연에 존재하는 아미노산은 20개이다.<sup>①</sup> 단백질은 아미노산이 수십~수천 개 결합하여 생긴다.

② 다이펩타이드와 폴리펩타이드결합

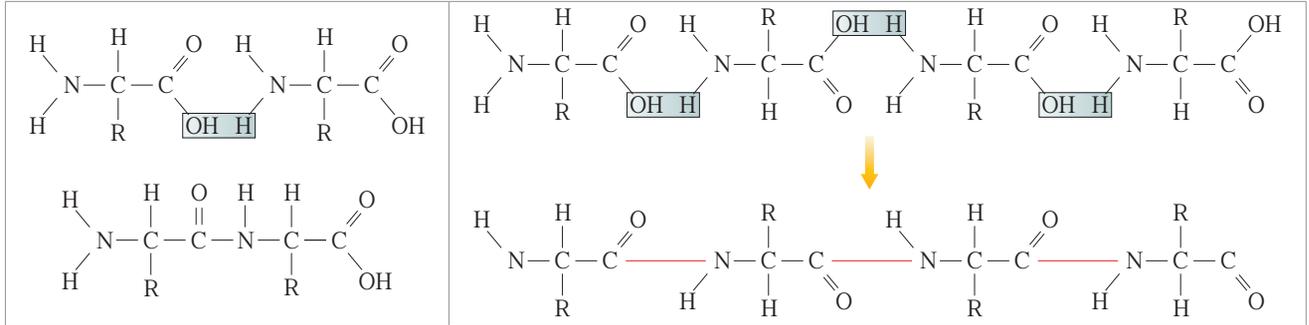


그림7 다이펩타이드

그림8 폴리펩타이드

아미노산 몇 개가 결합하여 중합체를 만드는지에 따라 다이펩타이드(dipeptide)와 폴리펩타이드(polypeptide)<sup>②</sup>로 구분한다.

● 다이펩타이드와 펩타이드결합(peptide bond)

- 다이펩타이드 : 그림7처럼 2개의 아미노산이 결합하여 만들어진 아미노산중합체를 말한다.
- 펩타이드결합 : 아미노산이 탈수축합중합반응을 하며 만들어지는 -CONH의 결합을 말한다.

● 폴리펩타이드와 폴리펩타이드결합(polypeptide bond)

- 폴리펩타이드 : 그림8처럼 수많은 아미노산이 결합하여 만들어진 아미노산 중합체
- 폴리펩타이드결합 : 폴리펩타이드에 의한 형성된 결합을 말한다. 단백질은 아미노산의 폴리펩타이드결합에 의해 만들어진다.

③ 폴리펩타이드

폴리펩타이드(polypeptide)에서 폴리(poly)는 <많다>는 뜻이고, 펩타이드(peptide)는 소수의 아미노산이 결합한 것을 뜻한다. 따라서 폴리펩타이드는 수많은 아미노산이 사슬모양으로 결합한 것을 말한다.

그림9는 폴리펩타이드결합을 하고 있는 단백질을 나타낸 것이다.

자, 이제 <생명의 탄생>을 공부하기 위해 먼저 알아두어야 할 화학적 지식은 이 정도에서 마무리하자. 좀 더 알아둘 필요가 있는 내용은 그때 그때 추가적으로 설명하도록 할 것이다.

이제 <생명의 탄생>은 어떻게 이루어졌는지 알아보도록 하자.

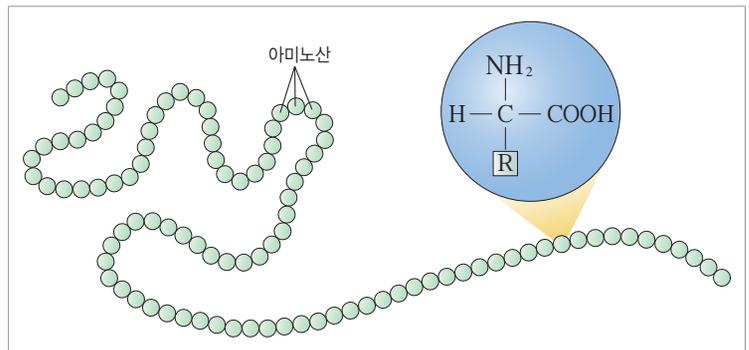


그림9 단백질



### 실전예제 01

다음의 설명 중 옳지 못한 것을 고르시오.

- ① 메테인(CH<sub>4</sub>)·에테인올(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)은 유기물에 속하지만 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)·암모니아(NH<sub>3</sub>)·염화나트륨(NaCl)·수산화나트륨(NaOH)은 무기물에 속한다.
- ② 아레니우스의 산과 염기의 정의에 따르면 수용액에서 수소이온(H<sup>+</sup>)을 내놓는 물질은 산이고, 수용액에서 수산화이온(OH<sup>-</sup>)을 내놓는 물질은 염기이다.
- ③ HCl + NH<sub>3</sub> → Cl<sup>-</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>에서 염산(HCl)은 산, 암모니아(NH<sub>3</sub>)는 염기이다.
- ④ H<sup>+</sup> + NH<sub>3</sub> → NH<sub>4</sub><sup>+</sup>에서 암모니아(NH<sub>3</sub>)는 염기, 수소이온(H<sup>+</sup>)은 산이다.
- ⑤ 산은 신맛이 나며 금속과 반응하면 수소 기체를 발생한다. 이에 비해 염기는 쓴맛이 나며 금속과 반응하면 산소 기체가 발생한다.

### 풀이

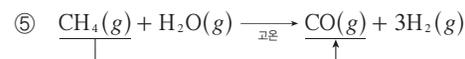
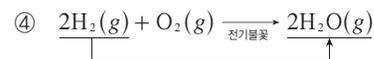
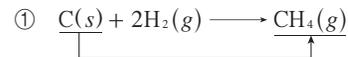
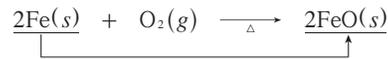
산의 공통적인 성질을 산성, 염기의 공통적인 성질을 염기성이라고 한다. 산성의 대표적인 예는 신맛이 난다는 것이며, 금속과 반응하여 수소 기체를 발생한다는 것이다. 한편 염기성의 대표적인 예는 쓴맛이 난다는 것이며, 단백질을 녹이는 성질이 있다는 것이다.

정답

⑤

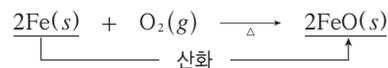
### 실전예제 02

다음은 화학반응식에서 산화반응과 환원반응에 대해 알아보려고 한다. 아래의 화학반응에서 밑줄친 것과 같은 반응이 아닌 것을 고르시오.

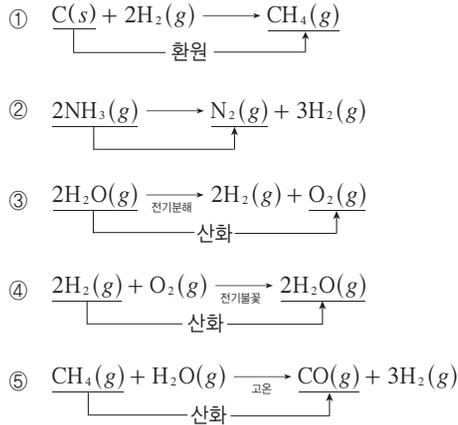


### 풀이

문제에서 주어진 화학반응식에서 철은 산소를 받아들이므로 산화되었다.



문제에서 밑줄 친 물질의 산화, 환원의 여부를 나타내면 다음과 같다.



실전예제 03

다음은 탄소화합물과 탄소화합물의 반응에 대한 설명이다. 옳지 않은 것을 고르시오.

- ① 탄소화합물 중에서 메테인(CH<sub>4</sub>)은 탄화수소, 리보오스(C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)는 탄화수소유도체이다.
- ② 분자량이 작은 분자 여러 개로 분자량이 큰 물질을 만드는 것을 중합반응이라고 한다.
- ③ 중합반응의 재료가 되는 분자를 단위체, 중합반응 결과 생성된 분자를 중합체라고 한다.
- ④ 축합중합반응이란 두 분자가 결합하면서 물이 떨어져 나가거나 또는 간단한 구조의 저분자물질이 떨어져 나가는 반응을 말한다.
- ⑤ 아미노산이 아주 많이 결합하여 중합체를 만드는 결합을 펩타이드결합이라고 한다.

풀이

아미노산 2개가 결합한 중합체를 다이펩타이드, 이때 탈수중합하여 형성되는 -CONH-의 결합을 펩타이드결합이라고 한다. 한편 수많은 아미노산이 결합한 중합체를 폴리펩타이드라고 하며, 이 폴리펩타이드에 의해 형성된 결합을 폴리펩타이드결합이라고 한다.

2 자연발생설

지구는 다른 행성과는 아주 중요한 다른 특징을 가지고 있다. 생명체가 존재한다는 것이다. 지구 안에 생명체는 어떻게 존재할 수 있었을까?

지구에서 무생물체로부터 생물체가 발생하는 과정을 설명하는 것을 <생명의 기원(origin of life)>이라고 한다.

생명의 기원에 대한 논쟁은 크게 다음과 같은 두 갈래로 나뉜다.

- 자연발생설(自然發生說, spontaneous generation)
- 생명속생설(生物續生說, biogenesis)

정답  
①

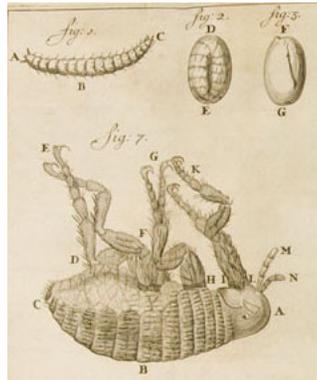
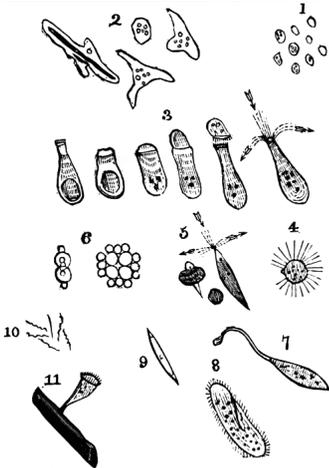
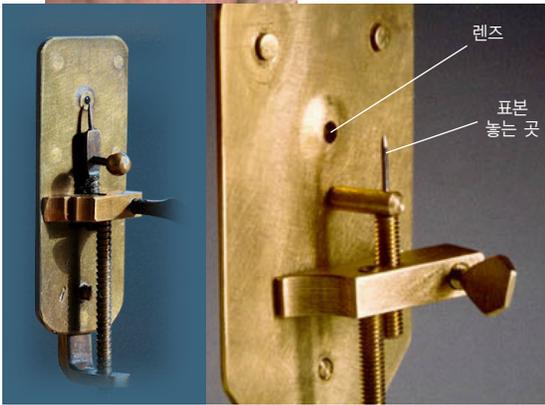
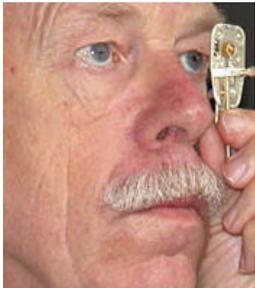
정답  
⑤



### 10 헬몬트

헬몬트(Jan Baptista van Helmont, 1579~1644)는 벨기에의 의사이자 화학자이다. 그는 아리스토텔레스의 4원소설을 부정하고, 기(氣)와 물을 원소로 생각하였다. 그리고 술이 발효되는 과정과 숲이 타는 과정에서 발생하는 기체는 공기와는 다른 것으로 이 기체가 이산화탄소임을 처음으로 발견하였다.

레벤후크가 제작한 현미경과 실제 크기를 알 수 있는 사진, 그리고 레벤후크가 그린 극미동물과 벼룩의 그림



## 자연발생설이란?

거의 모든 동서양의 신화에서 모든 생명체는 신의 창조에 의해 계획된 산물로 묘사되었다. 그러나 이런 신화적인 믿음에서 벗어나 경험주의에 입각하여 생명의 기원을 해석하려는 경향이 있었다. 이것이 자연발생설이다.

자연발생설은 생물이 무기물로부터 자연적으로 우연히 발생한다는 이론이다.

자연발생설을 주장한 대표적인 사람으로는 아리스토텔레스(Aristoteles, BC 384~322)를 들 수 있다. 그는 다음과 같이 <생명의 탄생>을 설명한다.

- 가뭄 때문에 연못이 마르면 연못에 살던 생물들이 모두 사라진다.
- 그러나 비가 와서 연못에서 물이 차면 다시 연못에 달팽이 같은 생물이 나타난다.
- 또한 고기가 부패하여 썩으면 구더기가 꿈틀거리며 나타난다.

그는 이러한 자연현상을 근거로 하여 생물은 흙이나 썩은 고기와 같은 비생명 물질에서 우연히 생겨날 수 있다고 주장하였다.

자연발생설은 18세기 중반까지 생명의 기원을 해석하는 중요한 이론이었다. 벨기에의 헬몬트(Jan Baptista van Helmont, 1579~1644), 네덜란드의 레벤후크(Antonie van Leeuwenhoek, 1632~1723), 영국의 니담(John Turberville Needham, 1713~1781) 등은 실험을 통하여 자연발생설이 옳은 것임을 증명하려고 하였다.

## 자연발생설을 지지하는 실험

### (1) 헬몬트의 실험

헬몬트<sup>10</sup>는 1642년에 밀이삭과 땀으로 더러워진 셔츠에 기름과 우유를 적셔서 밀이삭과 함께 상자에 넣어서 방치해 놓았다. 그리고 21일이 지난 후에 상자를 열어보았더니 그 안에는 자연발생한 쥐가 있었다.

이를 통하여 그는 생명체는 땀에서 자연발생된다고 주장하였다.

### (2) 레벤후크의 실험

레벤후크<sup>11</sup>는 1674~1723년까지 자신이 개량한 현미경을 통하여 사람의 피·눈물·침·각질·치석, 우유와 빵, 동물의 뼈·뇌·내장, 흙, 빗물·연못물, 후추를 담은 액체 등 많은 사물을 관찰했다.

레벤후크는 이를 통하여 아주 작지만 매우 빠르게 움직이는 극미동물(animalcules)을 찾아내고 이를 그림으로 자세히 묘사했다.

그가 찾아낸 극미동물로는 쥘신벌레·아메바·유글레나와 같은 원생동물과 여러 종류의 박테리아(bacteria)가 있었다.

그는 자신이 현미경으로 관찰한 것을 그림으로 그리고 관찰내용을 편지로 써서 영국의 왕립학회와 다른 과학 학회에 보냈다. 이는 미생물의 존재를 알지 못했던 당시의 사람들에게 커다란 충격을 주게 되었다.

레벤훅크가 발견한 극미동물의 존재는 당시의 사람들이 절대적으로 신봉하던 자연발생설을 지지하는 중요한 증거로 인식되었다. 레벤훅크 자신도 이러한 놀라운 발견이 결국 위대한 신의 창조를 증명하는 것에 불과하다고 생각했다.

왜냐하면 당시에는 암수의 교배에 의하지 않고 한 개체가 스스로 분열하여 새로운 생명체를 만들어내는 무성생식(無性生殖, asexual reproduction)은 알려져 있지 않았고, 또한 극미동물은 너무나 간단한 구조를 가지고 있어서 암수의 교배에 의하여 생명체가 탄생되는 유성생식(有性生殖, sexual reproduction)을 하지 않을 것으로 생각되었기 때문이다.

### (3) 니담의 실험

고대인들도 열을 가하면 생물체는 생존할 수 없다는 것을 이미 알고 있었다. 그래서 고대로부터 고온살균법은 실생활에서 광범위하게 이용되고 있었다.

1745년에 니담<sup>12</sup>은 다음과 같은 실험을 하였다.

- 고온살균된 플라스크 안에 양고기국물을 넣고 끓인 후 그 입구를 코르크마개를 이용하여 단단히 막았다.
- 그리고 이 플라스크를 다시 뜨거운 재로 덮어서 혹시 플라스크 안의 공기 속에 있을지도 모르는 미생물을 살균하였다.
- 며칠 후 플라스크 안에 있던 양고기국물을 조금 꺼내어 현미경으로 관찰하였다.
- 그 결과 양고기국물 속에서는 많은 수의 미생물을 관찰할 수 있었다.



그림10 니담의 실험

이를 통해 그는 생물이 죽은 물질에서 자연발생한다고 주장하였다.

## 1. 생명의 기원에 관한 논쟁



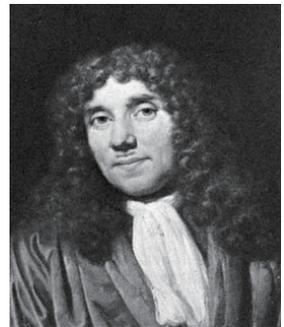
### 11 레벤훅크

레벤훅크(Antonie van Leeuwenhoek, 1632~1723)는 현미경을 개량한 네델란드의 기술자였다. 후에는 미생물학자가 되었다.

그는 배율이 약 270배 정도나 되는 자신이 제작한 현미경을 통하여 1674년부터 원생동물·미생물 등을 관찰함으로써, 눈에는 보이지 않지만 매우 작은 생물들이 있음을 밝혀내었다.

이러한 그의 관찰결과는 생물학에서 미생물학(微生物學, microbiology)이라는 새로운 영역을 여는 계기가 되었다.

한편 1677년에는 현미경을 통해서 곤충·개·사람의 정자(精子, sperm)를 발견하였는데, 이 발견은 생명체의 모든 기관이 정자 속에 이미 형성되어 있었다고 하는 이론인 정원설(精原說, spermism 또는 정자론(精子論))을 확립하는 계기가 되었다.



안토니 레벤훅크(Antonie van Leeuwenhoek, 1632~1723)

### 12 니담

니담(John Turberville Needham, 1713~1781)은 영국의 카톨릭 성직자이자 박물관학자이다. 니담은 일생 자연과학에 헌신한 사람으로, 1750년에는 자연발생론과 이를 뒷받침할 과학적 실험 결과를 발표하였다.

### 영어 돋보기

#### \* 생명속생설(生物續生說)

속생(續生, genesis)은 계속 생겨난다는 뜻이다. 따라서 생명속생설(生物續生說, biogenesis)이란 생물(bio)은 생물로부터 계속 생겨난다는 이론이다. 생물은 무기물로부터 태어나는 것이 아니라는 것을 말한다.



### 3 생명속생설

#### ▶ 생명속생설이란?

생명속생설은 모든 생물은 이미 존재하고 있던 생물로부터 생겨난다는 이론이다. 따라서 무기물로부터 생물이 탄생한다는 자연발생설과 반대되는 생명기원론이다.

생명속생설은 이탈리아의 레디(Francesco Redi, 1626~1697), 이탈리아의 스팔란차니(Lazzaro Spallanzani, 1729~1799), 프랑스의 파스퇴르(Louis Pasteur, 1822~1895) 등에 의하여 주장되었다. 특히 파스퇴르의 실험은 그동안 생명기원론의 주류로 인정되어 왔던 자연발생설을 부정하는 중요한 근거가 되었다.

#### ▶ 생명속생설을 지지하는 실험

레디·스팔란차니·파스퇴르는 다음과 같은 실험을 통해서 생명속생설이 옳음을 주장하였다.

##### (1) 레디의 실험

1642년의 헬몬트의 실험에 대해 의문을 가졌던 레디<sup>13</sup>는 1668년에 생선을 이용하여 생명속생설에 대한 최초의 실험을 시도하였다.

- 그림11·그림12와 같이 두 병(A·B)에 생선을 각각 넣은 후, 병 A는 헝겊으로 덮고 병 B는 헝겊으로 막지 않아서 파리가 자유롭게 드나들 수 있게 하였다.
- 시간이 흐른 후 보니 병 A 속의 생선은 부패하기는 했지만 변화가 없었다. 그러나 파리가 드나들었던 병 B 속의 생선에는 구더기가 꿈틀댔다.

#### 13 레디

레디(Francesco Redi, 1626~1697)는 이탈리아의 의사이자 박물학자이다. 1668년에 출판된 <곤충에 관한 실험>에서 파리가 생선과 접촉하지 않으면 구더기가 생기지 않는다는 사실에 착안하여 자연발생설을 부정하였다. 그러나 이 책에서 사람의 내장 안에 있는 기생충은 자연발생한다고 주장하였다.



프란체스코 레디(Francesco Redi, 1626~1697)

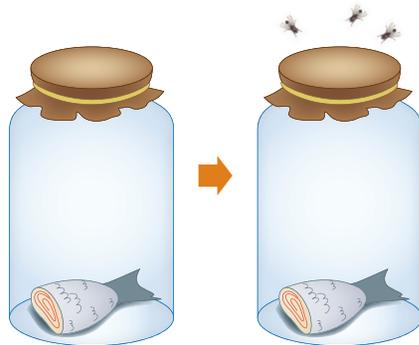


그림11 입구를 헝겊으로 덮은 병 A



그림12 입구가 열려 있는 병 B

이를 통해서 레디는 구더기는 자연발생된 것이 아니라 파리의 알에 의해서 태어난다고 주장하였다.

처음에 사람들은 레디의 실험결과(1668년)를 받아들일 수 밖에 없었다. 하지만 곧이어 1674년부터 이루어진 레벤후크의 현미경에 의한 극미동물의



관찰은 레디의 주장을 부정하기 위한 재료로 이용되었다. 레디의 이론에 반대하는 사람들은 생쥐나 구더기는 자연발생하지 않지만 극미동물은 자연발생한다고 주장하였던 것이다.

(2) 스팔란차니의 실험

스팔란차니<sup>14</sup> 시대에는 레벤후크에 의한 극미동물 관찰과 니담의 실험을 통해 미생물에 의한 자연발생설이 지지를 받고 있었다.

그러나 스팔란차니는 니담의 실험에 대해 다음과 같은 의문을 제기하였다.

- **의문1** : 플라스크에 넣은 양고기 국물이 살균되지 않았을 수도 있다.
- **의문2** : 플라스크의 마개를 느슨하게 닫았을 수도 있다.
- **의문3** : 멸균된 플라스크를 사용하지 않았을 수도 있다.

스팔란차니는 이러한 의문을 품고 1765년에 니담의 실험을 되짚어가면서 다음과 같은 실험을 하였다.

- 그림13·그림14처럼 두 플라스크(A: 흠이 없는 플라스크, B: 금이 간 플라스크)에 양고기국물을 넣은 후 가열하였다.
- 두 플라스크는 코르크마개로 봉하는 대신 유리로 용접하여 밀폐시켰다.
- 그 후 두 플라스크를 다시 뜨거운 재로 덮어서 혹시 플라스크 안의 공기 속에 있을지도 모르는 미생물을 살균하였다.
- 며칠 후 두 플라스크를 관찰한 결과 플라스크 A 안에 있던 양고기국물은 변화가 없었다. 하지만 플라스크 B 안에 있던 양고기국물에서는 미생물이 발견되었다.

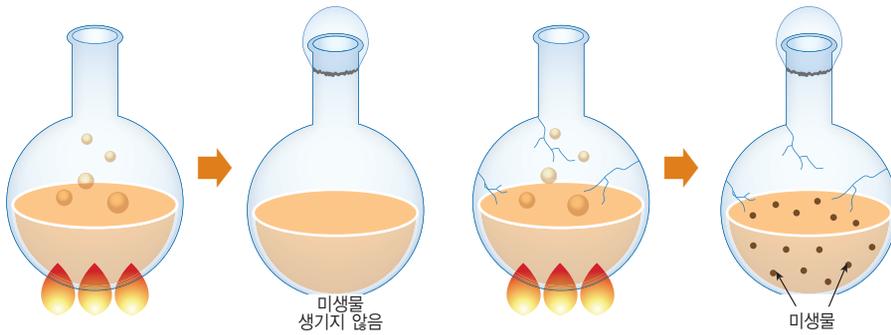


그림13 흠이 없는 플라스크 A

그림14 금이 간 플라스크 B

이를 통해서 스팔란차니는 완전밀폐된 플라스크 A에는 미생물이 없기 때문에 미생물이 발생하지 않았다 즉, 플라스크 A에는 생물이 없기 때문에 생물이 탄생할 수 없었다는 말이다.

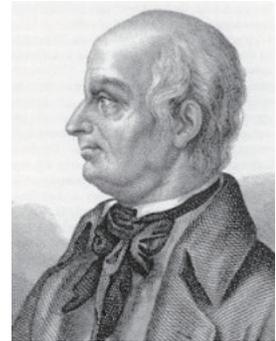
스팔란차니의 실험은 당시에 많은 논란을 일으켰다. 당시에 생명체가 살기 위해서는 산소가 필수적이라는 것이 알려져 있었다. 스팔란차니의 실험결과에 대해 부정적이었던 사람들은 플라스크 안에 미생물이 없는 것은 스팔란차니가

14 스팔란차니

스팔란차니(Lazzaro Spallanzani, 1729~1799)는 이탈리아의 박물학자·실험동물학자이다.

양서류를 이용하여 동물은 정자와 난자의 결합에 의하여 발생한다는 사실을 밝혀내었다. 그리고 1786년에 개를 이용한 최초의 인공수정에 성공하였다.

라부아지에(Antoine Laurent de Lavoisier, 1743~1794)가 호흡과정에 대해 동물의 폐에서 산소가 연소되어 이산화탄소가 발생한다고 한 것에 대해, 스팔란차니는 동물의 호흡은 폐가 아니라 동물의 조직에서 일어나는 현상이라고 주장하였다.



라차로 스팔란차니(Lazzaro Spallanzani, 1729~1799)



### 15 파스퇴르

파스퇴르(Louis Pasteur, 1822~1895)는 프랑스의 화학자이자 미생물학자이다.

발효와 부패에 관하여 주로 연구하였다. 부패는 공기 중의 미생물로 인한 현상임을 밝혀내고 포도주의 부패를 방지하는 저온살균법을 개발하였다.

식물의 잎·과실이 검게 변하여 죽게 되는 것을 탄저병(炭疽病, anthracnose)이라고 한다. 탄저병에 걸린 식물을 초식동물이 먹게 되면 내장이 부풀어 올라 죽게 된다. 또한 사람이 탄저병균을 호흡기를 통해서 흡수하면 거의 95%의 치사율을 보일 정도로 매우 위험하게 된다. 따라서 1차세계대전에서는 무기로도 사용되었다.

파스퇴르는 1881년에 최초로 탄저병 백신을 개발하였다. 그리고 1885년에는 광견병 백신을 만들었다.



파스퇴르(Louis Pasteur, 1822~1895)

너무 많이 가열해서 산소가 없어졌기 때문에 미생물의 생육이 억제된 것이라고 주장하였다.

또한 프랑스의 과학자인 푸세(Felix Archimede Pouchet, 1800~1872)는 1859년에 스팔란차니와 같은 실험을 하였더니 미생물이 생겨났다고 주장하며 자연발생설을 지지하는 실험결과를 발표했다.

이에 대하여 파스퇴르는 푸세가 플라스크를 밀봉하는데 사용된 수은을 가지고 양고기국물을 고의로 오염시켰기 때문에 잘못된 결과를 얻은 것이라고 비판했다. 그리고 파스퇴르는 1862년에 자신이 고안한 장치를 이용, 스팔란차니의 실험을 재현하여 푸세에 대항하기 위해 나섰다.

### (3) 파스퇴르의 실험

파스퇴르<sup>15</sup>는 1862년에 자연발생설이 잘못된 것임을 증명하는 다음과 같은 결정적인 실험을 하였다.

- 그림15와 같이 먼지가 통과하지 못하도록 S자로 구부린 플라스크에 설탕물에 효모액을 넣은 유기물을 끓인 후 며칠 동안 그대로 놓아두었다. 그 후 플라스크 안의 액체를 보았더니 처음과 변함이 없었다.
- 다음에 플라스크의 S자 부분을 자른 후 플라스크 안으로 공기나 먼지가 들어갈 수 있도록 하였다. 그리고 하루가 지난 후 플라스크 안의 액체를 보았더니 미생물이 많이 발견되었다.

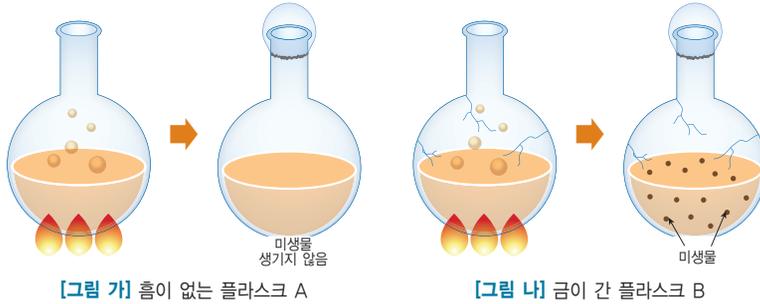


그림15 파스퇴르의 실험

파스퇴르는 이 실험을 통해서 산소가 공급되었는데도 생명이 생기지 않았다는 것과 또한 공기 속의 미생물이나 포자가 유기물용액에 들어가게 되면 미생물이 발생한다는 것을 보여주었다. 이 실험을 통해서 생명의 기원에 관한 논쟁은 생명속생설의 승리로 끝나게 되었다.

실전예제 04

다음은 생명의 기원에 대한 역사적인 논쟁과정을 설명한 것이다. 옳지 않은 것을 고르시오.



- ① 생명속생설은 모든 생물은 이미 존재하고 있던 생물로부터 생겨난다는 이론이다.
- ② 자연발생설을 주장한 사람으로는 헬몬트, 레벤훅크, 영국의 니담이 있다.
- ③ [그림 가], [그림 나]는 레디의 실험을 나타낸 것이다.
- ④ 레벤훅크가 발견한 극미동물은 자연발생설을 지지하는 중요한 증거로 인식되었다.
- ⑤ 파스퇴르의 실험은 자연발생설을 부정하는 중요한 근거가 되었다.

풀이

[그림 가], [그림 나]는 스팔란차니의 실험을 나타낸 것이다. 스팔란차니는 완전밀폐된 플라스크 A에서 생명체가 발견되지 않는 것은 미생물이 없기 때문이라고 주장하였다.

정답

③

4 현대의 생명기원론

파스퇴르의 실험에 나타난 것처럼 생명이 탄생하려면 유기물이 있어야만 한다.

생명의 기원에 관한 현대의 학설에 따르면, 원시지구가 식으면서 화산활동 등에 의해 발생한 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 같은 무기물과 메테인(CH<sub>4</sub>)과 같은 간단한 형태의 유기물이 탄생하게 되었다고 한다.

그리고 이것들이 원시바다에 녹아들어가면 바다에서 농축된다. 농축된 유기물은 서로 합성되어 복잡한 형태의 고분자유기물(高分子有機物, organic polymer)을 만들게 된다. 그리고 오랜 시간이 흐른 후 고분자유기물로부터 초보적인 형태의 원시생명체가 탄생하였다.

이렇게 간단한 형태의 유기물이 복잡한 형태의 고분자유기물로 변화되어가는 과정을 <화학적 진화(化學的 進化, chemical evolution)><sup>16</sup>라고 한다. 지구 최초의 생명체는 원시바다 속의 유기물의 화학적 진화를 통하여 탄생하였다.

이와 관련하여 제기되었던 이론과 실험 그리고 무기물로부터 원시생명의 탄생까지의 과정을 순서대로 나타내면 다음과 같다.

16 화학적 진화와 생물학적 진화

생물체와 관계된 진화(進化, evolution)는 크게 화학적 진화와 생물학적 진화(生物學的 進化, biological evolution)로 구분된다. 생물학적 진화는 영국의 생물학자인 다윈(Charles Robert Darwin, 1809~1882)의 진화론에 기초를 두고 있다.



### 17 오파린

오파린(Aleksandr Ivanovich Oparin, 1894~1980)은 러시아의 생화학자이다. 생명의 기원에 관한 화학적 진화설을 처음으로 주장하였다. 그가 1936년에 펴낸 책인 <지구상의 생명의 기원>은 이러한 주장을 담고 있다.



알렉산드르 오파린(Aleksandr Ivanovich Oparin, 1894~1980)

## 오파린의 화학적 진화론

1922년 러시아에서 열린 식물학회에서, 오파린(Aleksandr Ivanovich Oparin)<sup>17</sup>은 원시지구에서 무기물로부터 유기물이 합성되고 유기물이 화학반응을 일으킨 결과 원시생명체가 탄생하였다고 하는 화학적 진화론을 처음으로 주장하였다.

그는 화학적 진화과정을 다음과 같이 설명하였다(그림16).

- **가정** : 지구의 원시대기는 수소(H<sub>2</sub>)·수증기(H<sub>2</sub>O(g))·메테인(CH<sub>4</sub>)·암모니아(NH<sub>3</sub>) 등과 같은 환원성 기체로 이루어졌다.
- **과정1** : 이 기체는 지구 내부에서 분출되는 고온의 니켈·크롬과 같은 금속의 촉매작용과 태양의 자외선, 번개 등으로 인하여 단순한 구조의 유기물로 변한다.
- **과정2** : 단순한 구조의 유기물은 암모니아와 반응하여 아미노산·지방산과 같은 좀더 복잡한 구조의 유기물로 변한다. 그리고 다시 복잡한 구조의 유기물이 결합하여 다양한 종류의 단백질이 생긴다.
- **과정3** : 과정2에서 생긴 화합물이 비에 녹아 바다로 흘러가 농축되면서, 다른 유기물과 결합하여 콜로이드형태의 <코아세르베이트(coacervate)>로 변한다.
- **과정4** : 오랜 시간이 흘러 코아세르베이트가 변화를 거듭한 결과 원시생명체가 탄생된다.

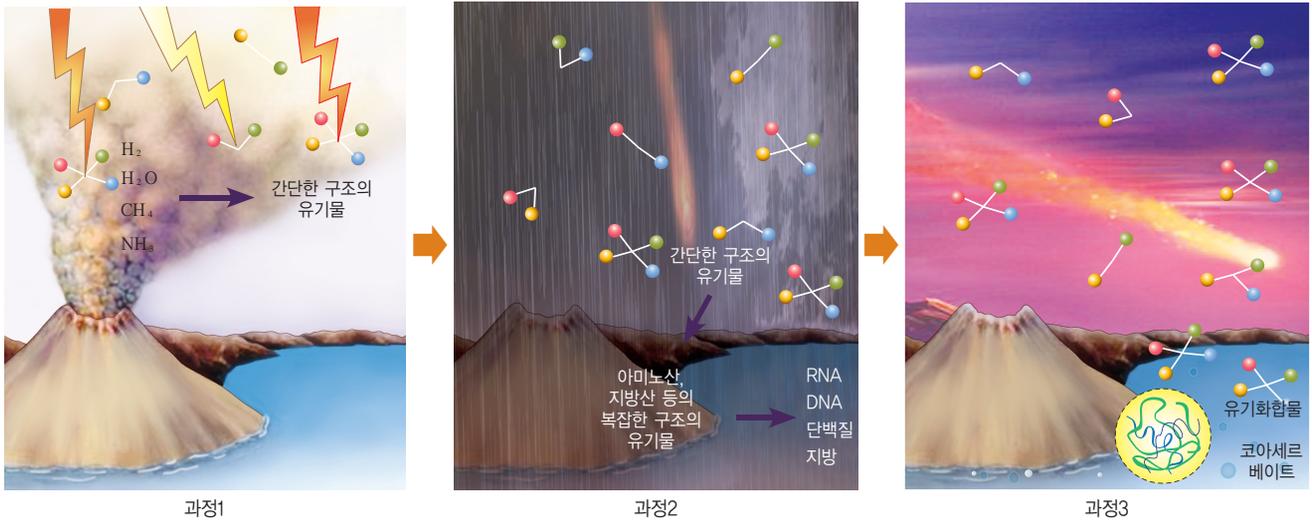


그림16 오파린의 화학적 진화론



## TIPS



### 지방산 >>>

지방산(脂肪酸, fatty acid)이란 긴 탄화수소의 사슬 끝에 1개의 카복실기(-COOH)를 가진 유기물을 통털어서 일컫는 말이다.



## TIPS



지방산은 크게 포화지방산(飽和脂肪酸, saturated fatty acids)과 불포화지방산(不飽和脂肪酸, unsaturated fatty acid)으로 나뉜다. 그림17은 포화지방산, 그림18은 불포화지방산을 나타낸 것이다.

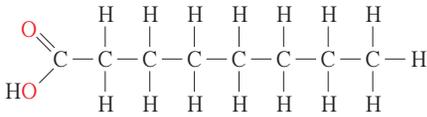


그림17 포화지방산

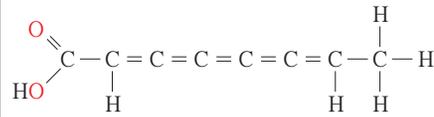


그림18 불포화지방산

포화지방산은 그림17에 나타난 것처럼 탄소사슬에 이중결합이나 삼중결합을 포함하지 않는 지방산을 말한다.

불포화지방산은 그림18에 나타난 것처럼 탄소사슬에 이중결합이나 삼중결합을 포함하고 있는 지방산을 말한다.

### 콜로이드 >>>

콜로이드(colloid)라는 말은 그리스어 (kolla(아교))에서 유래된 것이다.

콜로이드는 분자나 이온보다는 크고 지름이  $10^{-5} \sim 10^{-7}$ cm 정도인 미립자가 기체·액체 안에 분산(分散, dispersion)된 것을 말한다. 생물체를 구성하고 있는 물질의 대부분은 콜로이드 상태로 존재한다.

우유·비눗물·페인트·마요네즈·연기·먼지·구름·안개 등은 콜로이드이다.

### 코아세르베이트 >>>

코아세르베이트(coacervate)란 러시아의 생화학자인 오파린(Aleksandr Ivanovich Oparin, 1894~1980)이 가정한 콜로이드상태의 고분자유기물이다.

그림19에 나타난 것처럼 이것은 공모양의 막으로 둘러싸여 있는 작은 액체방울모양을 하고 있다. 코아세르베이트는 생물체는 아니지만 생물체처럼 막을 통해서 외부에서 물질이 들어오거나 외부로 물질을 내보낸다. 그리고 크기가 커지면 둘로 나뉘어지고, 농축되면 화학반응이 일어난다.

오파린은 코아세르베이트로부터 최초의 원시생명체가 탄생했다고 주장하였다.

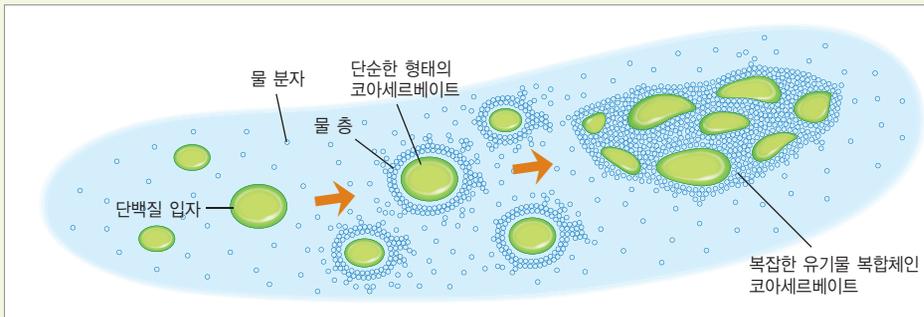
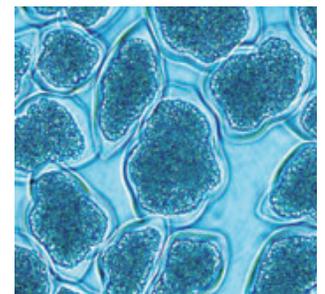


그림19 코아세르베이트의 형성과정



## 1. 생명의 기원에 관한 논쟁



### 용어 돋보기

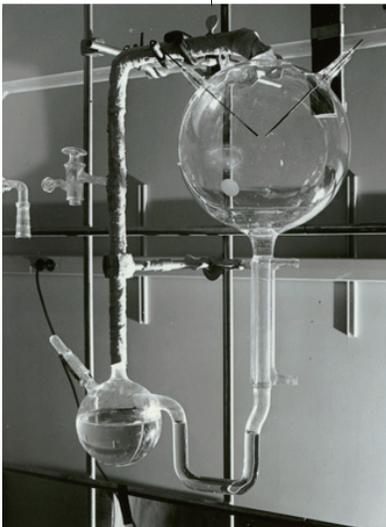
#### \* 분산(分散, dispersion)

분산(分散, dispersion)이란 말은 <갈라져서 흩어져 있다>는 뜻이다.

물리에서 분산은 주로 빛에 대하여 사용한다. 태양빛이 프리즘을 통과하면 무지개 색으로 흩어지는데, 이를 빛의 분산이라고 부른다.

화학에서 분산이라는 말은 주로 한 물질이 다른 물질에 녹아드는 용해현상에서 사용된다.

콜로이드상태의 입자는 크기가 용매에 녹기에는 크기 때문에 용매 속에서 균일하게 용해되기 힘들다. 따라서 콜로이드상태의 입자는 용매 속에 불균일하게 퍼져 있게 된다. 이러한 현상을 분산이라고 한다.

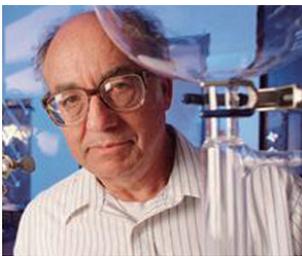


밀러의 실험장치

### 18 밀러

밀러(Stanley Lloyd Miller, 1930~ 2007)는 미국의 생화학자이다.

그는 1953년에 자신의 스승인 유리(Harold Clayton Urey, 1893~1981)의 제안에 의하여, 원시지구의 대기가 환원성기체로 이루어졌다는 가정 아래에서 무기물에서 생명체가 탄생할 수 있는지에 대한 실험을 하였다.



스탠리 밀러(Stanley Lloyd Miller, 1930~ 2007)

## ▶ 밀러의 실험

미국의 생화학자인 밀러(Stanley Lloyd Miller, 1930~2007)<sup>18</sup>는 1953년에 오파린의 화학적 진화를 검증하기 위해 그림20처럼 플라스크 안을 원시지구와 같은 조건을 만든 후 다음과 같은 실험을 하였다.

- **과정1** : 플라스크 A에서 공기를 빼낸 후 물을 넣는다. 그리고 플라스크 B에는 수소·메테인·암모니아와 같은 환원성 기체를 넣는다.
- **과정2** : 플라스크 A에 열을 가하여 원시지구의 뜨거운 상태를 재현하고 원시대기의 수증기를 공급한다.
- **과정3** : 과정2에서 발생한 수증기는 플라스크 B(원시대기)로 이동하여 환원성 기체와 섞인다.
- **과정4** : 플라스크 B 안에 전기불꽃을 튀겨준다. 이렇게 함으로써, 원시대기에 고에너지 공급해준다.
- **과정5** : 과정4를 일주일 정도 계속하면서 플라스크 B에서 발생한 기체를 냉각시키면 U자관에 액체가 고이게 된다. U자관은 원시바다이다.
- **과정6** : 액체를 크로마토그래피로 분석한 결과 아미노산(알라닌·글리신·글루탐산 등)·유기산(젖산( $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ ), 폼산)·포알데하이드( $\text{HCHO}$ )·사이안화수소( $\text{HCN}$ )·요소( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ )가 포함된 것으로 밝혀졌다.

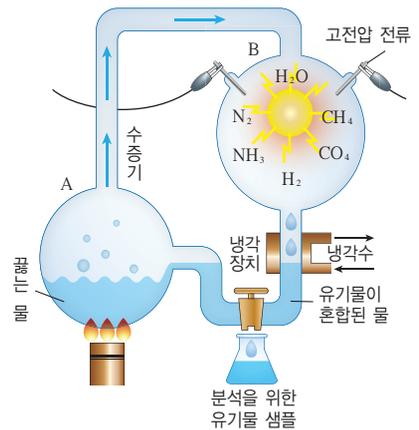


그림20 밀러의 실험

밀러는 이 실험을 통해서 원시지구의 대기로부터 간단한 유기물이 만들어졌음을 증명하였다.



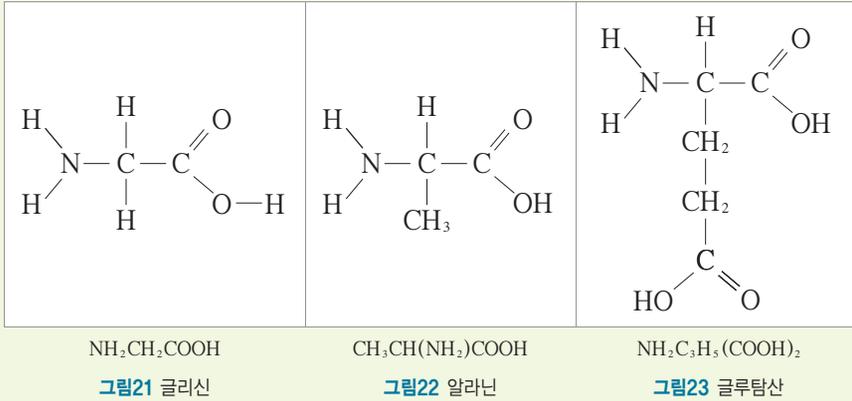
## TIPS

### 글리신·알라닌·글루탐산 >>>

420쪽에서 아미노산을 공부하면서 자연 속에 존재하는 20가지의 아미노산에 대해 언급한 적이 있다. 20가지의 아미노산 중에서 8가지의 아미노산은 몸 안에서 합성되지 않기 때문에 음식을 통해서 반드시 섭취해야만 하는 필수아미노산이었다. 그러나 나머지 12가지 아미노산은 몸 안에서 합성되는 아미노산이다. 이 12가지 아미노산 중에 글리신(glycine), 알라닌(alanine), 글루탐산(glutamic acid)이 있었다.

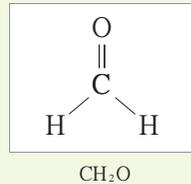
밀러는 실험을 통해서 이 아미노산을 만들어낸 것이다.

밀러가 실험을 통해서 만들어낸 글리신, 알라닌, 글루탐산의 화학식으로 나타내면 다음과 같다.



**폼알데하이드 >>>**

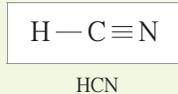
폼알데하이드(formaldehyde)<sup>19</sup>에는 자극적인 냄새가 나는 독성이 있는 무색기체이다. 새로 지은 집에서 나는 냄새가 폼알데하이드 냄새이다. 농도가 37%인 것을 특별히 폼알린(formalin)이라 하여 살균제나 방부제로 많이 사용된다. 그림24는 폼알데하이드의 구조를 나타낸 것이다. 메테인올을 철을 촉매로 하여 약 250~400°C로 가열하여 산화시키면 폼알데하이드를 얻을 수 있다. 아래는 이 과정을 나타낸 것이다.



**그림24** 폼알데하이드

**사이안화수소 >>>**

사이안화수소(hydrogen cyanide)는 독성과 인화성이 매우 강한 무색기체이다. 사이안화수소는 제2차 세계대전에서 유대인들을 죽인 살인가스이기도 하다. 그림25은 사이안화수소의 구조를 나타낸 것이다.



**그림25** 사이안화수소

사이안화수소는 철, 구리, 망간과 같은 금속과 결합하면 푸른색을 띠기 때문에 청산(靑酸, hydrocyanic acid)이라고도 불린다. 우리가 잘 알고 있는 독극물인 청산가리(靑酸加里)는 사이안화칼륨(KCN)을 말하는 것이다.<sup>20</sup>

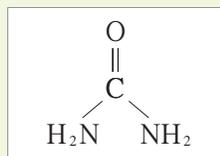
사이안화수소나 사이안화칼륨 모두 강한 독성을 나타내는데, 이것은 사이안화이온(CN<sup>-</sup>) 때문이다. 사이안화이온이 우리 몸 속에 들어가서 효소와 결합하여 효소가 제 기능을 발휘하지 못함으로써 생명이 위험해 지는 것이다.

사이안화수소는 메테인과 암모니아가 반응하면 만들어진다. 아래는 이 과정을 나타낸 것이다.



**요소(유레아) >>>**

요소(尿素, urea)는 오줌 속에 존재하는 질소노폐물이다. 암모니아와 이산화탄소가 결합하여 만들어진다. 독성이 거의 없으며 물에 잘 녹는 성질을 가지고 있다. 그림26는 요소의 구조를 나타낸 것이다.



**그림26** 요소

**19 폼알데하이드의 뜻**

〈formaldehyde〉에서 〈form-〉은 라틴어 〈formica(개미)〉에서 온 말이다. 개미의 항문을 입에 대면 신맛이 난다. 이것은 개미의 항문에서 분비되는 물질이 산성이기 때문이다.

그리고 〈aldehyde〉에서 〈al-〉은 〈alcohol(알코올)〉, 〈de-〉는 〈away from(없앤)〉, 〈hyde〉는 〈hydrogen(수소)〉를 뜻한다. 따라서 〈aldehyde〉는 수소가 빠진 알코올이라는 뜻이다.

메테인올에서 수소원자를 제거하면 폼알데하이드를 얻을 수 있기 때문에 이름이 그렇게 지어진 것이다.

**20 청산가리**

청산가리(靑酸加里)에서 〈加里(加里)〉는 일본사람들이 칼륨(K) 발음이 잘 안되서 〈加里〉라고 부른 데에서 기인한다.



## 🔍 무기물로부터 원시생명체가 탄생하기까지

앞의 오파린과 밀러의 실험을 통해서 무기물에서 유기물이 합성되고 유기물에서 원시생명체가 탄생하게 되었음을 알게 되었다.

이제 무기물에서 원시생명체가 탄생되기까지의 과정을 순서대로 나타내면 다음과 같다.

### (1) 간단한 형태의 유기물의 생성

간단한 형태의 유기물은 다음과 같은 과정을 통해서 만들어졌다.

- **원시지구의 상태** : 수증기·일산화 탄소·암모니아가 주성분이었던 2차 원시대기는 지구 내부의 방사능물질의 붕괴에 따른 열 때문에 아직도 뜨거운 상태였다. 그리고 원시지구에서는 활발한 화산활동과 태양의 자외선 등으로 인하여 번개가 빈번하게 발생하는 상태였다.
- **이산화탄소의 생성** : 이러한 환경에 의해 수증기( $H_2O(g)$ ) 중 일부는 수소분자( $H_2$ )와 산소원자(O)로 분해되었고<sup>41</sup>, 산소원자는 일산화탄소(CO)와 결합하여 이산화탄소( $CO_2$ )를 형성하였다.
- **메테인의 생성** : 암모니아( $NH_3$ )가 분해( $2NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$ )되면서 만들어진 수소분자( $H_2$ )와 질소분자( $N_2$ ) 중에서 일부분의 수소분자는 탄소(C)와 반응하여 메테인( $CH_4$ )을 형성하였다.
- **간단한 유기물의 생성** : 원시지구에서 발생한 번개와 태양의 강한 자외선 등에 의하여 아미노산·유기산·요소와 같은 간단한 구조의 유기물이 만들어지게 된다. 이렇게 만들어진 간단한 구조의 유기물들은 빗물과 함께 원시바다 속에 녹아들어가게 된다.

### (2) 복잡한 유기물의 생성

단순한 유기물에서 복잡한 유기물이 만들지는 과정은 다음과 같다.

- **아미노산의 농축** : 수천만 년 동안 아미노산이 원시바다로 녹아들어가 감에 따라서 많은 양의 아미노산이 원시바다 속에 존재하게 된다. 이때의 원시바다 상태를 <원시수프(primordial soup)>라고 부른다. 원시바다 전체로 볼 때 고분자유기물이 만들어지기에는 아미노산의 농도가 낮았다. 그러나 원시바다의 운동에 따라서 부분적으로 아미노산의 농도가 진하거나 묽게 된다. 이러한 과정을 통해서 아미노산이 농축된다.
- **단백질의 생성** : 농축된 아미노산은 탈수축합중합반응을 하여 폴리펩타이드를 형성하게 된다. 그 결과 고분자유기물인 단백질이 만들어지게 된다.
- **핵산의 생성** : 핵산(核酸, nucleic acid)은 핵 안에서 산성을 띠는 물질이다. 핵산은 크게 DNA와 RNA로 구분된다. 핵산은 생물체에서 분자량이 가장 큰 고분자유기물로 생물체의 유전정보를 담고 있는 그릇의 역할을 한다. 원시바다 속의 유기물의 결합에 의하여 핵산이 생성된다.
- **ATP의 생성** : ATP는 세포 안에 에너지를 저장하는 역할을 하는 물질이다. 생물

#### 41 수증기의 분해

2차 원시대기에서 수증기가 분해되면서 발생한 산소는 원자상태의 산소(O)이다. 분자상태의 산소( $O_2$ )를 유리산소(遊離酸素, free oxygen)라고 한다. 유리산소는 선캄브리아기의 후기인 약 36억 년 전에 생기기 시작했다. 엽록체를 가지고 있어서 광합성을 할 수 있는 남조류가 광합성의 산물로 유리산소를 만들어내었다. 유리산소는 반응성이 강하다. 만약 광합성의 산물로서가 아니라 원래부터 2차 원시대기 속에 유리산소가 있었다면 간단한 형태의 유기물도 존재할 수 없었을 것이다. 왜냐하면 2차 원시대기 속에 있던 물질들은 유리산소와 반응하여 다른 물질로 변했을 것이기 때문이다.

체는 유기물이 산화하면서 발생하는 에너지를 ATP 속에 저장한다. 그리고 필요에 따라 ATP를 가수분해(加水分解, hydrolysis)할 때 발생하는 에너지를 이용하여 생명활동을 하게 된다. 즉, ATP는 에너지의 저장소인 것이다. ATP도 원시바다 속의 유기물들의 결합에 의하여 만들어진다.

## TIPS

### 핵산의 발견 >>>

핵산(核酸, nucleic acid)은 1869년 스위스 생물학자 미셔(Johann Friedrich Miescher, 1844~1895)가 처음으로 발견하였다.

그는 외과 수술용 봉대에 묻어있던, 백혈구가 파괴되어 만들어진 고름에서 핵성분을 추출하였다. 그리고 추출된 핵성분을 분석한 결과 인을 포함한 강한 산성을 띤 고분자유기물임을 밝혀내었다. 이런 의미에서 그는 이 물질을 핵 안에 있는 산성물질이라는 뜻으로 <nucleic acid>이라고 이름 지었다. 한편 그는 핵산을 이루고 있는 DNA와 RNA를 분리해내는데 성공하였다.

이후 20세기에 들어서면서 핵산이 유전물질을 담고 있다는 것과 더불어 DNA와 RNA의 구조도 밝혀졌다.

DNA와 RNA에 대해서는 뒤에서 자세히 배울 것이다.

## 심화학습

### ATP

ATP에 대한 자세한 내용을 여기서 다루지는 않을 것이다.

고학년이 되면 생명과학Ⅱ에서 자세히 배우게 된다.

여기서는 그냥 ATP는 에너지를 저장했다가 쓰고, 저장했다가 쓰고 하는 <에너지 저금통>이라는 정도만 알고 있어도 된다.

ATP에 대한 좀더 자세한 내용을 공부하고 싶어하는 학생들은 이 ATP에 대한 심화학습의 내용을 읽어보기 바란다.

### ▣ ATP의 모양

일단 ATP는 <adenosine triphosphate, 아데노신 3인산>의 줄임말이다.

즉, ATP는 아데노신(adenosine)이라는 물질에 3개(tri)의 인산기(phosphate,  $-H_2PO_4$ )가 붙은 물질이라는 뜻이다.

아데노신? 인산기? 아직은 잘 모를 것이다. 그래서 다음 페이지에 있는 간단한 설명을 참고하기 바란다. 아래 설명한 물질들 중에서 몇 가지는 뒤에서 자세히 배우게 될 중요한 것이다. 이 물질들에 대한 기본 개념을 이해한다는 생각으로 다음지는 내용을 읽도록 하자.

## 1. 생명의 기원에 관한 논쟁



### 용어 돋보기

#### \* 가수분해(加水分解, hydrolysis)

가수분해(加水分解, hydrolysis)란 물분자를 이용하여 화합물이 분해되는 화학반응을 말한다.

중학교 때 배운 소화효소인 아밀라아제(amyase)에 의한 녹말의 분해작용도 가수분해에 의한 것이다.



요한 미셔(Johann Friedrich Miescher, 1844~1895)



### 22 펜토오스

그리스어 1~10까지 숫자는 다음과 같다.

숫자	그리스어	숫자	그리스어
1	mono	6	hexa
2	di	7	hepta
3	tri	8	octa
4	tetra	9	nona
5	penta	10	deca

오탄당을 뜻하는 영어는 <pentose>인데, 여기서 <pent>은 <penta>에서 온 말로 <5>를 뜻한다. <-ose>는 당, 탄수화물, 단백질로부터 파생된 물질인 단백질유도체(蛋白質誘導體, protein derivative)를 뜻하는 말이다.

### ● 리보오스

탄소 5개로 이루어진 단당류를 오탄당(五炭糖, pentose)이라고 한다.<sup>22</sup> 오탄당 중에서 리보오스(ribose)라는 것이 있다. 그림27는 리보오스를 나타낸 것이다.

### ● 아데닌

아데닌(adenine)은 DNA와 RNA같은 핵산을 구성하는 염기 중의 하나이다. 위에서 자세히 배울 것이다. 그림28은 아데닌을 나타낸 것이다.

### ● 아데노신

그림29는 아데노신(adenosine)을 나타낸 것이다. 그림29에서 알 수 있는 것처럼, 아데노신은 아데닌에 리보오스가 결합된 물질을 말한다.

### ● 인산기

인산기(phosphate,  $PO_4^{3-}$ )는 원자단의 하나이다. 그림30은 인산기를 나타낸 것이다.

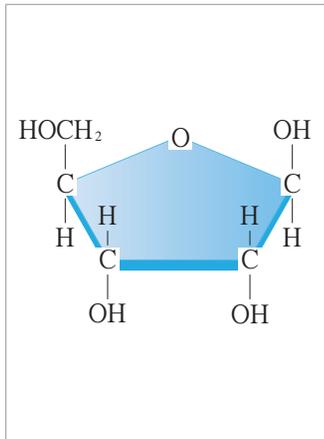


그림27 리보오스

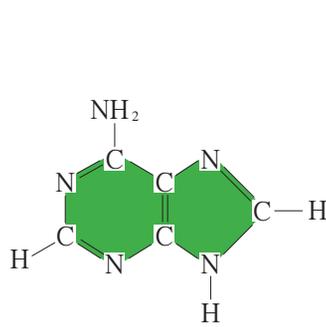


그림28 아데닌

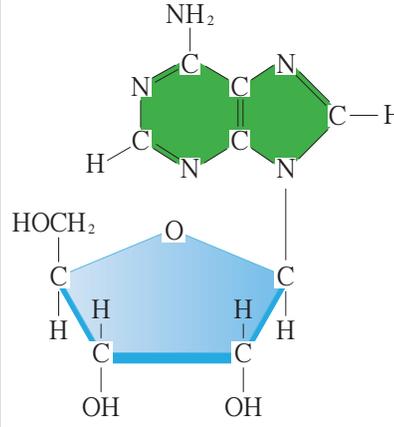


그림29 아데노신

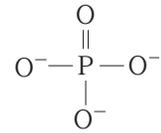


그림30 인산기

앞에서 ATP는 아데노신에 3개의 인산기가 붙은 물질이라고 하였다. 그림31는 ATP를 나타낸 것이다.

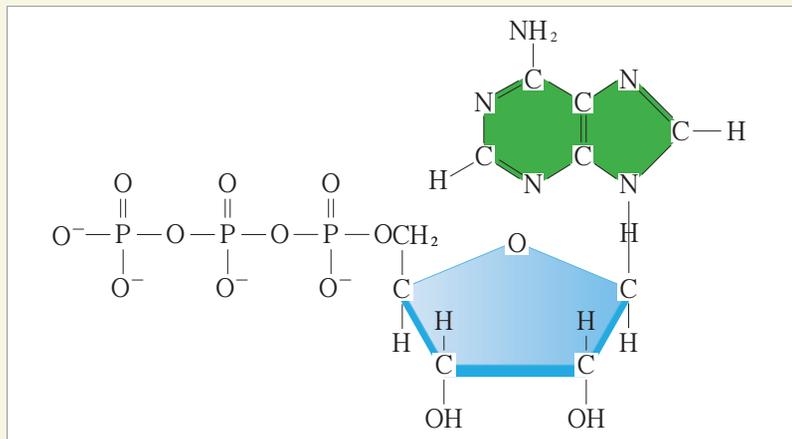


그림31 ATP



▣ ATP에서 에너지의 발생

● ATP는 생체에너지원이다.

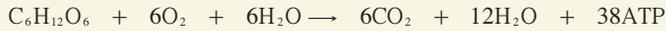
ATP는 모든 생물의 세포 속에 존재하는 물질로 가수분해를 통해서 에너지를 방출한다. 이때 방출된 에너지를 생물체가 이용함으로써 생명활동이 가능해진다. 1몰(mole)의 ATP 분자가 가수분해되면서 방출하는 에너지는 약 7.3kcal나 된다. ATP의 이러한 작용으로 인해 생물체의 ATP를 <생체에너지원(bioenergy source)>이라고 한다.

● ATP는 어디서 만들어질까?

ATP는 세포 속에 있는 미토콘드리아(mitochondria)<sup>23</sup>에서 만들어진다. 그래서 중학교 때 미토콘드리아를 <에너지공장(energy factory)>이라고 배웠던 것이다.

● ATP는 무엇을 재료로 하여 만들어질까?

ATP는 포도당이 미토콘드리아에서 산소를 소비하는 세포호흡(細胞呼吸, cellular respiration)<sup>24</sup>을 통해서 만들어진다. 다음은 이 과정을 나타낸 것이다.

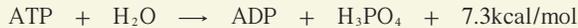


포도당이 가지고 있는 에너지 중에서 약 40%정도가 ATP에 저장된다.

● ATP는 어떻게 에너지를 발생할까?

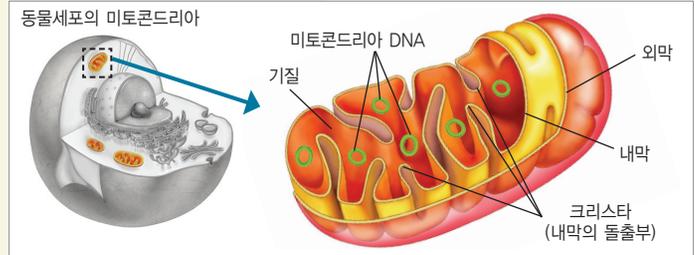
ATP분자 1개에 물분자 1개가 들어가서 가수분해를 일으키면 ATP를 구성하고 있던 3개의 인산기 중에서 1개가 떨어져 나가게 된다. 이렇게 해서 만들어진 물질을 ADP(adenosine diphosphate, 아데노신 2인산)이라고 한다. 이 과정에서 방출되는 에너지가 바로 7.3kcal인 것이다.

다음은 ATP가 가수분해되는 과정을 나타낸 것이다.



23 미토콘드리아

미토콘드리아(mitochondria)는 산소·포도당·물을 이용하여 에너지·물·이산화탄소를 만드는 세포호흡에 관여하는 세포내 소기관이다. 세포와는 독립적으로 자신만의 고유한 DNA를 가지고 있다. 이러한 사실 때문에 미토콘드리아는 생물체가 형성될 때 외부로부터 세포 안으로 들어와서 기생하였을 것이라고 추정하고 있다.



미토콘드리아의 구조

24 세포호흡

호흡(呼吸, respiration)이란 에너지생산을 위해 산소를 받아들이고 이산화탄소를 내보내는 작용을 말한다. 이 과정에서 유기물이 분해되고 에너지가 생산된다. 폐와 같은 호흡기관을 통해서 이루어지는 호흡을 외호흡(外呼吸, external respiration)이라고 한다. 이에 대하여 세포에서 이루어지는 세포호흡을 내호흡(內呼吸, internal respiration)이라고 한다. 내호흡은 세포 안의 미토콘드리아에서 이루어진다. 미토콘드리아는 적혈구로부터 공급되는 산소를 소비하여 포도당을 분해함으로써 ATP를 생산하게 된다. 이때 생산된 ATP 속에는 포도당 분해과정에서 발생한 에너지가 저장되게 된다.

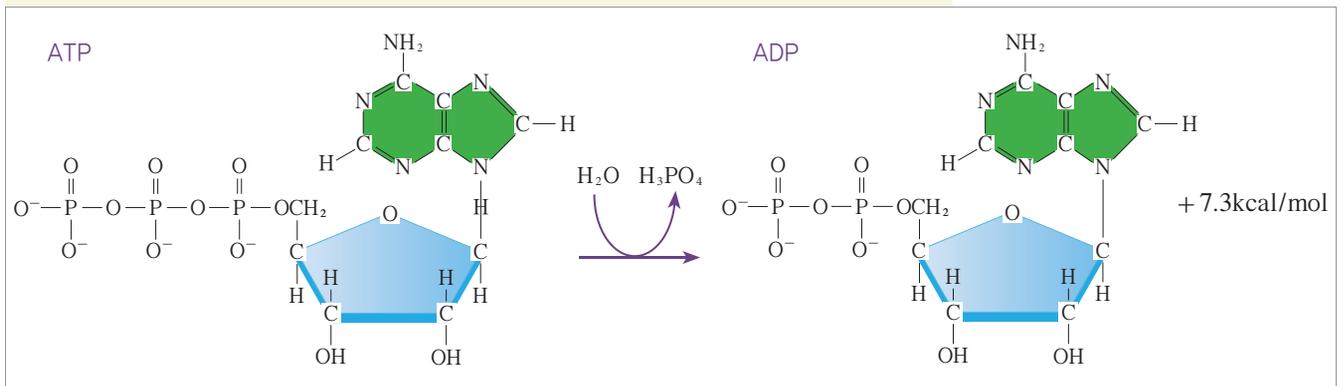


그림32 ATP에서 에너지가 생산되는 과정



### 실전예제 05

다음은 현대의 생명기원론에 대한 설명이다. 옳지 못한 것을 고르시오.

- ① 현대의 생명기원론이란 간단한 유기물이 복잡한 유기물로 변화되어 가는 화학적 진화과정을 설명한 것이다.
- ② 오파린과 밀러는 지구의 원시대기는 수소·수증기·메테인·암모니아 등과 같은 산화성 기체로 이루어졌다고 가정하였다.
- ③ 오파린과 밀러는 원시지구에서는 자외선, 번개 등에 의하여 원시대기를 구성하고 있던 기체들이 서로 반응하여 단순한 형태의 유기물을 만들었을 것이라고 주장하였다.
- ④ 오파린은 단순한 형태의 유기물이 암모니아와 반응하여 복잡한 유기물을 만들었고, 이것이 농축되면서 코아세르베이트가 형성되었다고 주장하였다.
- ⑤ 밀러는 실험을 통해서 원시대기의 구성물질을 이용하여 간단한 형태의 유기물을 만들어냄으로써 생명체의 기원은 지구의 원시대기였음을 증명하였다.

#### 풀이

지구의 원시대기를 구성하고 있던 수소( $H_2$ )·수증기( $H_2O(g)$ )·메테인( $CH_4$ )·암모니아( $NH_3$ ) 등은 환원성 기체이다. 환원성 기체에 대한 설명은 363쪽을 보시오.

정답

②

### 실전예제 06

다음은 지구에서 무기물로부터 원시생명체가 탄생하는 과정을 설명한 것이다. 옳지 못한 것을 고르시오.

- ① 지구는 내부로부터 발생하는 열로 인하여 뜨거운 상태였고, 활발한 화산활동과 태양의 자외선으로 인해 화학반응이 일어날 수 있는 환경에 놓여 있었다.
- ② 1차 원시대기를 구성하고 있던 분자들이 화학반응을 일으켜서 아미노산·유기산·요소와 같은 간단한 형태의 유기물이 만들어졌다. 이렇게 만들어진 간단한 형태의 유기물들은 빗물과 함께 원시바다 속에 녹아들어 가게 된다.
- ③ 수 천년동안 아미노산이 원시바다로 흘러들어감에 따라 원시바다 속에는 많은 양의 아미노산이 있었다. 이때의 원시바다 상태를 <원시수프>라고 부른다.
- ④ 원시바다의 운동에 따라서 부분적으로 아미노산의 농도가 진하거나 묽게 된다. 이러한 과정을 통해서 아미노산이 농축된다.
- ⑤ 농축된 아미노산은 탈수축합중합반응을 하여 폴리펩타이드를 형성하게 된다. 그 결과 고분자유기물인 단백질이 만들어지게 된다. 그리고 유기물의 결합에 의하여 핵산과 ATP도 만들어진다.

#### 풀이

원시지구의 대기는 <1차 원시대기>와 <2차 원시대기>로 구분할 수 있다.

1차 원시대기는 주로 수소( $H_2$ )와 헬륨( $He$ )을 그 성분으로 하는 것으로 지구탄생과 함께 존재했지만 뜨거운 지구와 강한 태양풍에 의하여 태양계의 바깥쪽으로 밀려나게 된다.

원시생명체를 탄생시킨 것은 2차 원시대기에 의해서였다. 2차 원시대기는 주로 미행성의 충돌로 인해 발생한 대기이다. 이 과정에서 화산활동 등으로부터 발생하는 기체들도 2차 원시대기를 구성하는 요소가 되었다. 1차 원시대기와 2차 원시대기에 대해서는 363쪽을 보시오.

정답

②

## (3) 원시생명체의 탄생

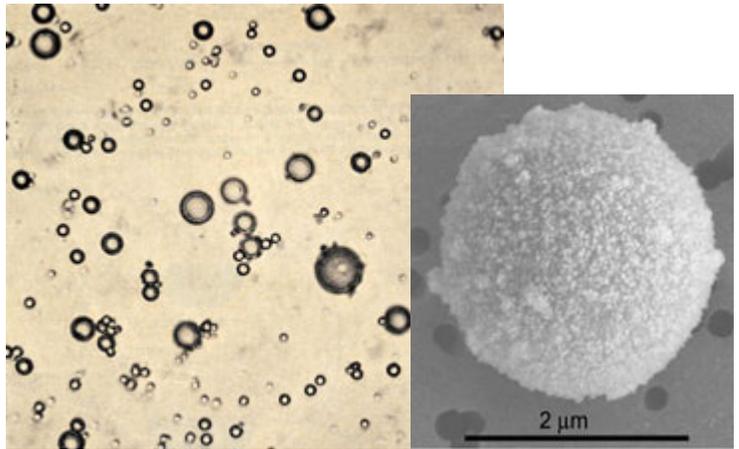
오파린이 주장하였던 코아세르베이트는 다음과 같은 특성을 가지고 있었다.

- 주변의 다른 유기물과는 독립적으로 존재하는 유기물 집합체로 세포막같은 막을 가지고 있었다.
- 크기가 커지면 둘로 갈라지는 등 원시적인 세포와 같은 행태를 나타냈다.

오파린은 이러한 특성을 가지고 있는 코아세르베이트가 원시생명체의 기원이라고 주장하였다.

한편 미국의 생화학자인 폭스(Sidney Walter Fox, 1912~1998)는 1959년에 아미노산을 가열하여 아미노산중합체를 만들었다. 이것을 <프로테노이드(proteinoid)>라고 불렀다. 폭스는 프로테노이드를 찬 물에 식히면 마치 코아세르베이트와 같은 행태를 나타내는 것을 발견하였다. 그는 냉각된 프로테노이드를 <마이크로스피어(microsphere)>라고 불렀다.

폭스는 마이크로스피어가 원시생명체의 기원이라고 주장하였다.



마이크로스피어(microsphere)

위의 두 사람의 주장을 통해서 볼 때 그들이 원시생명체를 탄생시킨 것을 무엇이라고 불렀든지 간에 원시생명체는 무기물에서 탄생하였음을 알 수 있다.

광합성을 하는 생물체는 지구의 모든 생물체를 지탱하는 가장 기초적인 생물체이다. 대부분의 녹색식물은 광합성을 통해서 유해한 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 흡수하고 산소(O<sub>2</sub>)를 내뿜으로써 산소로 호흡하는 동물들이 지구에서 살아갈 수 있는 환경을 만들어준다. 그리고 또한 먹이사슬의 가장 밑바닥을 이룸으로써 지구생물체의 농장과 같은 역할을 하고 있다.

그렇다면 광합성을 하는 최초의 생물체는 어떤 과정을 통해서 탄생했을까?

원시생명체는 광합성을 하는 것은 아니었다. 그리고 무엇보다도 광합성의 도구가 되는 이산화탄소가 아직 원시바다 속에는 존재하지 않았다.

지구가 식으면서 이산화탄소와 산소의 결합에 의해 생성되었던 이산화탄소가 원시바다 속에 녹아들어갔다. 그리고 원시생명체는 원시바다 속에서 진화를 거듭하고 있었다. 그 결과 원시생명체는 엽록소를 가지게 되어 광합성을 할 수 있는 단세포생물인 남조류로 발전하게 된다.

이 과정에 대해서는 470쪽에서 자세히 배우게 된다.

## 2. 생명의 기본요소

생물체가 만들어지기 위해서 그리고 생물체가 생존하고 자신의 생물학적 특성을 후세에까지 보존하기 위해서는 몇가지 요소가 반드시 필요하다. 이러한 생물체의 기본요소로는 단백질, 물, 세포벽, DNA, RNA 등이 있다. 이들이 생물체 속에 존재하고 있어야만 생물의 생존이 가능해진다.

이제 이러한 요소들이 왜 생명의 기본요소인지를 살펴해보도록 하자.

DNA와 RNA는 조금 어려울지도 모르지만, 현대를 살아가는데 있어서 반드시 필요한 기본지식이므로 잘 이해해두길 바란다.

### 25 단백질의 1·2·3·4차 구조

자연계에는 20종의 아미노산이 있다고 배웠다. 이 아미노산의 결합순서와 결합수에 따라서 만들어질 수 있는 단백질의 종류는 무수히 많다.

단백질을 구성하는 아미노산의 배열순서를 <단백질의 1차 구조>라고 한다.

한편 아미노산의 종류에 따라서 단백질의 1차 구조는 일정한 각도로 굽어지거나(베타병풍구조) 꼬인(알파나선) 모양이 된다. 이것을 <단백질의 2차 구조>라고 한다.

2차 구조의 단백질은 다시 공간 속에서 특정한 모양의 입체구조를 갖는다. 이것을 <단백질의 3차 구조>라고 한다.

3차 구조를 가지고 있는 단백질은 서로 모여서 하나의 집합체를 이루어 특정한 생물학적 기능을 나타내는 경우가 있다. 이것을 <단백질의 4차 구조>라고 한다. 혈액 속의 헤모글로빈(hemoglobin)은 4차 구조를 이루는 대표적인 단백질이다.

### 1 단백질

#### ▶ 단백질

단백질(蛋白質, protein)은 자연에 존재하는 20종의 아미노산 수십~수천 개가 폴리펩타이드를 이루고 있는 고분자 질소화합물을 통털어서 일컫는 말이다.

그림33은 아미노산이 폴리펩타이드결합을하면서 복잡하게 꼬여있는 단백질의 입체적 구조를 나타낸 것이다.

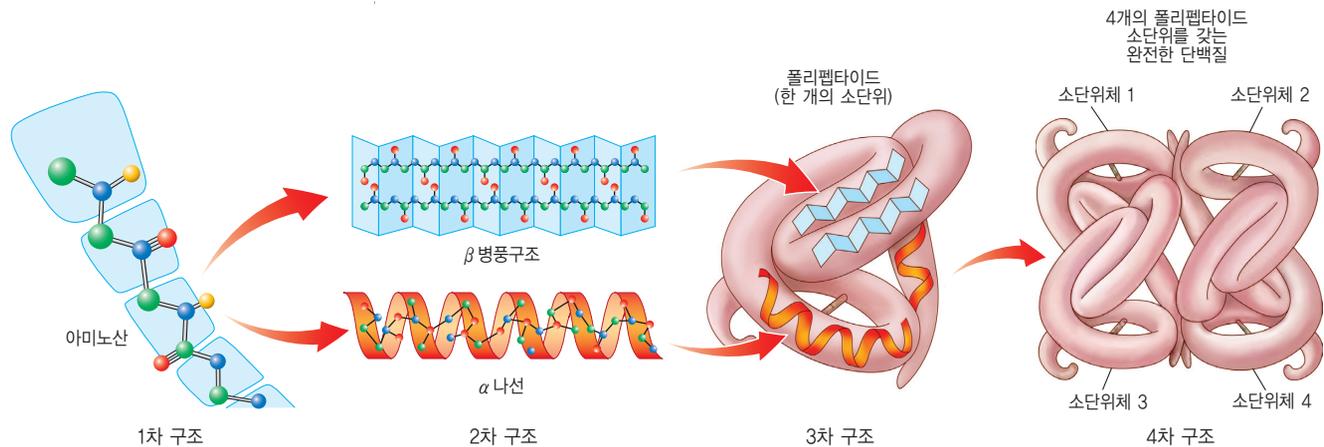


그림33 단백질의 1·2·3·4차 구조<sup>25)</sup>

### 용어 돋보기

#### \* 단백질(蛋白質, protein)의 뜻

단백질(蛋白質, protein)의 단(蛋)은 <날아다니는 새의 알>이라는 뜻이고, 백(白)은 <하얗다>는 뜻이다. 따라서 단백질은 <새알의 흰자위>라는 뜻이 된다.

위의 그림을 통해서 짐작할 수 있는 것처럼 단백질을 구성하는 아미노산의 수, 연결순서 등에 따라서 만들어지는 단백질의 종류는 셀 수 없을 정도로 많다. 사람의 경우 몸을 구성하는 단백질은 약 100만여종이나 된다.

아미노산은 432쪽의 밀러의 실험을 통해서 알 수 있듯이 비교적 간단한 실험을 통해서 얻을 수 있었다. 그러나 단백질의 생성은 위의 그림의 복잡성이 나타내는 것처럼 어떤 기적이 작용하지 않으면 불가능한 것처럼 보인다.

특정한 단백질은 특정한 아미노산들이 특정한 순서에 따라서 결합하고, 특정한 입체구조를 가져야만 한다. 아미노산의 종류나 결합순서가 달라지면 원하는 단백질은 만들어지지 않는다.

아직 인간들은 특정한 단백질을 만드는 기술을 가지고 있지 않다. 특정한 단백질 형성을 위한 아미노산의 합성은 우주의 탄생과 같이 신비로운 작용에 의해서 일어난 것이다.

### ▶ 단백질의 역할

중학교나 일반적인 고등학교 참고서에 보면 단백질에 대한 어원을 다음과 같이 설명하고 있다.

〈protein〉은 독일어 〈Eiweiß (아이바이스)〉를 번역한 것으로서, 흰자위를 뜻한다.

그런데 단백질은 그리스어 어원도 가지고 있다. 이에 대해 설명하면 다음과 같다.

단백질을 뜻하는 영어 〈protein〉은 〈primary〉(가장 중요한)를 뜻하는 그리스어 〈proteios(프로테이오스)〉에서 온 말이기도 하다. 그리스어 〈proteios〉는 〈first, foremost(맨 처음의, 으뜸가는)〉이라는 뜻의 그리스어 〈protos(프로토스)〉에서 파생된 말이다.

이를 통해서 볼 때 사람들은 단백질이 그냥 달걀 흰자위가 아니라 생명체를 유지하고 보존하는데 가장 중요한 물질임을 인식했음을 짐작할 수 있다.

사람의 경우 단백질은 몸을 구성하는 물질 중에서 물 다음으로 많다. 물을 제외한 나머지 구성성분 중에서 50% 이상이 단백질이다.

사람들은 처음에 단백질을 생물체 내에서 촉매처럼 화학반응의 속도를 조절하는 효소(酵素, enzyme)의 일종이라고 생각하였다. 그러나 거듭된 연구를 통하여, 단백질이 다음과 같은 중요한 역할을 하고 있음을 밝혀내었다.

- **효소로서의 단백질** : 단백질은 효소의 주성분이다. 단백질로만 된 효소도 있고, 단백질을 주성분으로 하고 비단백질이 보조물질인 효소도 있다. 우리가 중학교 때 배운 녹말분해효소인 아밀라아제, 위에서 분비되는 소화효소인 펩신, 지방분해효소인 리파아제는 단백질로만 된 효소이다.
- **항체로서의 단백질** : 단백질은 면역을 담당하는 항체(抗體, antibody)의 주성분이 밝혀졌다.
- **생물체의 구조물로서의 단백질** : 단백질은 지질(脂質, lipid)과 함께 세포막과 원형질, 핵과 미토콘드리아와 같은 세포를 구성하는 다양한 물질의 성분이기도 하다.

이러한 단백질의 기능을 통해서 볼 때, 단백질이 없으면 생물체는 자신의 몸을 구성하지 못할 뿐만 아니라 생명활동을 할 수 없게 됨을 알 수 있다. 따라서 단백질은 생명의 기본요소가 된다.

## 2. 생명의 기본요소



### 용어 돋보기

#### \* 효소(酵素, enzyme)

효소(酵素, enzyme)는 세포에서 합성되어 생체반응속도를 조절하는 단백질을 뜻한다.

#### \* 항체(抗體, antibody)

항체(抗體, antibody)는 면역체계를 자극하여 침입체에 저항하는 단백질을 말한다.

#### \* 지질(脂質, lipid)

지질(脂質, lipid)이란 생물체의 몸을 구성하는 물질 중에서 물에 녹지 않고 에테르와 같은 유기용매에 녹는 물질을 뜻한다.

#### \* 원형질(原形質)과 후형질(後形質)

세포구성물질은 원형질(原形質, protoplasm)과 후형질(後形質, metaplasm)로 구분된다.

원형질은 생명활동을 일으키는 역할을 한다.

후형질은 세포 속에 있지만 생명활동에 관여하지 않고, 원형질의 활동 결과 만들어진다.

	핵	핵막·염색사·인
원형질	세포질	미토콘드리아·엽록체 ·골지체·소포체 ·리보솜·리소솜
후형질		액포·세포벽·노폐물

#### \* 핵(核, nucleus)

핵(核, nucleus)에는 DNA가 들어있고, 세포의 모든 활동을 조절하는 역할을 한다. 핵은 2중막으로 된 핵막에 의하여 세포질과 구분된다.



### 용어 돋보기

#### \* 대사작용(代謝作用)

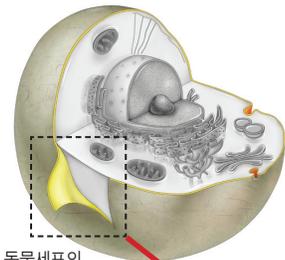
대사작용(代謝作用, metabolism)이란 생물이 섭취한 영양분이 에너지로 사용되고 저장되는 과정을 말한다.

#### \* 생리작용(生理作用)

생리작용(生理作用, physiological function)이란 생물체 안에서 일어나는 혈액의 순환·소화와 배설·호흡 등의 여러 가지 작용을 말한다. 땀을 흘리는 것도 생리작용의 하나이다.

#### \* 항상성(恒常性)

항상성(恒常性, homeostasis)이란 외부 환경과 생물체 내의 변화에 대응하여 생물이 자신을 최적인 상태로 계속 유지하려는 성질을 말한다. 항상성은 자율신경계와 내분비계의 호르몬의 상호협조로 이루어진다. 항상성의 한 예로 더우면 땀을 흘리는 것이다.



동물세포의 세포막

세포 밖

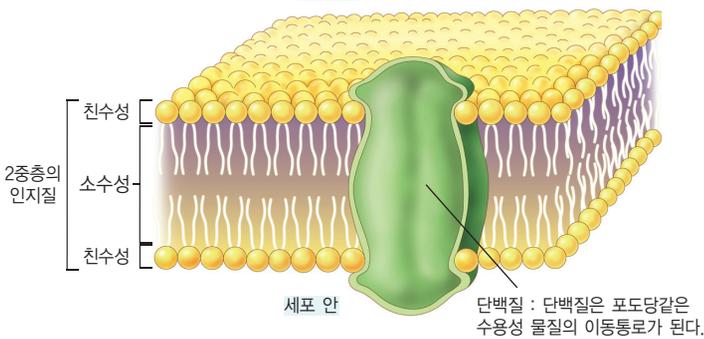


그림34 인지질 2중층으로 된 세포막의 구조

## 2 물

외계의 생명체를 찾기 위한 노력은 외계에서 물을 찾기 위한 노력이라 해도 무방하다. 왜냐하면 생명체가 존재하기 위해서 물은 필수적인 요소이기 때문이다.

물이 왜 생물체 존재의 필수적인 요소일까?  
물이 없으면, 목이 말라 죽게 되기 때문일까?  
도대체 물은 생물체 안에서 무슨 역할을 하는 것일까?

사람을 예로 들어보자.

사람의 몸은 몸무게의 약 70%, 혈액의 92%, 내장 분비물의 98%가 물이다.

그런데 만약에 이러한 물이 사람의 몸 안에 없다면 어떻게 될까?

물이 없는 사람의 몸은 온통 모래 뿐인 사막과 같을 것이다. 몸 안에 물이 없으면 생체분자는 모두 말라 비틀어져 사막에 모래가 쌓이듯이 몸 안에 차곡차곡 쌓이게 된다.

그 결과 생체분자들은 서로 접촉할 수 없기 때문에 상호작용을 통한 대사작용·생리작용·항상성유지 등 생물체의 생명활동은 일어날 수 없게 된다.

따라서 생체분자들을 가지고 있어도 사람의 몸 안에 물이 없다면 생존이 불가능해지는 것이다. 단순히 목이 말라 죽게 되는 것만이 아닌 것이다.

물은 생물체 내에서 생체분자들이 서로 접촉, 반응할 수 있게 하는 생명체 내의 운동장과 같은 역할을 한다. 따라서 물은 생명체의 기본요소가 되는 것이다.

## 3 세포막

아파트는 벽을 사이에 두고 서로 다른 생활방식을 가진 집들이 모여 있는 곳이다. 생물체도 아파트와 비슷하다. 단세포생물을 제외하면 다양한 모양과 기능을 하는 세포(細胞, cell)가 모여서 생명체를 구성한다.

아파트에서 콘크리트로 둘러싸인 집 하나가 기본단위인 듯이 생물체도 세포막(細胞膜, cell membrane)으로 둘러싸인 세포가 기본단위가 된다.

지금으로부터 약 36억 년 전에 만들어진 것으로 생각되는 고분자유기물인 <코아세르베이트> 또는 <마이크로스피어>는 현대적 의미의 세포막은 아니지만 세포막과 유사한 막(膜, membrane)을 가지고 있었다.

이 막이 진화되어 인지질(磷脂質, phospholipid)로 된 2중막으로 발전하였다. 이것이 현재의 세포막이다.

그림34는 세포막을 나타낸 것이다.



그림34에서 다른 세포를 마주 접하는 세포막의 바깥 부분과 세포질을 감싸서 보호하는 세포막의 안쪽 부분은 모두 노랗게 나타내었다.

노랗게 나타낸 세포막의 바깥부분과 안쪽부분은 모두 물분자와 쉽게 결합하여 녹는 성질인 친수성(親水性, hydrophile property)을 가지고 있다.

한편 세포의 바깥부분과 안쪽부분은 모두 물로 둘러싸여져 있다.

그렇다면 친수성인 세포막은 물에 녹아 없어지고 말 것이다. 세포막이 없어지면 당연히 세포도 존재할 수 없게 된다.

그러나 세포막은 2중막이다. 그냥 2중막이 아니라 물을 싫어하는 성질인 소수성(疏水性, hydrophobic property)을 가진 막을 하나씩 더 가지고 있다.

그림32에서 노란색의 안쪽에 있는 2개의 또 다른 막이 소수성인 막이다.

이 소수성 막 때문에 물분자 속에서 세포막의 구조가 유지되고 있는 것이다.

이렇게 인지질 2중막으로 된 세포막은 세포를 보호하고 세포의 안과 밖으로 이동하는 물질을 조절하는 역할을 한다.

이렇게 물과 다른 환경으로부터 세포질을 보호하는 세포막이 없었다면 생명체는 존재할 수 없었을 것이다. 이런 의미에서 세포막은 생명체의 기본요소가 된다.

여기서 이상한 상상을 한번 해보자.

사람은 수많은 세포로 이루어진 다세포생물이다. 그런데 만약 사람이 하나의 세포로만 되어 있다면 어떤 일이 일어날까?

그냥 죽는다. 바로 죽는다. 세포막이 강철로 만들어지지 않은 이상 조금만 상처를 입어도, 가려워서 조금 긁어도 바로 죽는다.

그러나 사람을 구성하는 세포의 수는 수십조~수백조 개에 달한다. 따라서 세포가 1개가 죽어도 별 문제가 없다.

사람과 같은 다세포생물에게 이것은 매우 중요한 일이다.

아파트 속에 들어 있는 집들처럼 다세포생물에서 세포 하나 하나는 세포막으로 인하여 독립적인 생존공간이 되었다.

가령 아파트내 한 집이 이사를 가서 빈 집이 되어도, 또 한 집에서 불이 나도 아파트 전체가 무너지진 않는 것처럼, 다세포생물에서 세포 하나에 이상이 생긴다고 해서 생물 자체가 죽지는 않는 것이다.

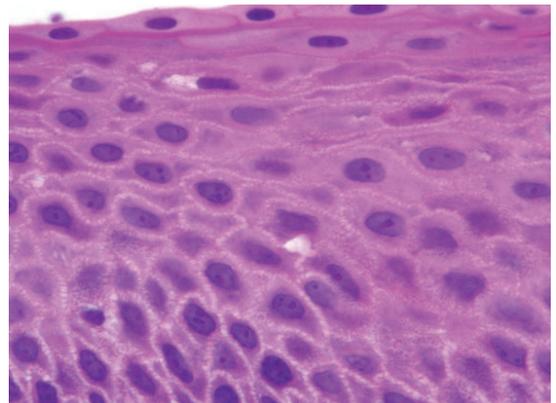
이것을 가능하게 하는 것이 바로 세포막이다.

또한 세포막으로 인해 세포 하나하나가 독립적인 생존공간이 됨으로서 다세포생물의 생존기간은 단세포생물의 생존기간보다 훨씬 더 길어지게 되었다.

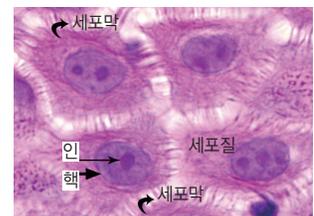
따라서 이런 의미에서도 세포막은 생명체의 기본요소가 되고 있다.

**용어 돋보기**

**\* 인지질(磷脂質)**  
 인지질(磷脂質, phospholipid)이란 인(磷, phosphorous, P)을 포함한 지질의 한 종류이다.  
 인지질은 세포막과 같은 생체막의 주성분이고 신경전달에 있어서 중요한 역할을 한다. 인지질로 된 생체막은 2중막을 구성한다.



주로 피부, 구강, 식도, 점막 등을 덮고 있는, 여러 층의 얇고 평탄한 형태를 한 중층평상피세포의 사진.  
 아래 사진은 각각의 세포들이 세포막에 의해 분리되어 있는 모습을 보여준다.





## 실전예제 07

다음은 생명체를 이루기 위한 필수요소에 대한 설명이다. 옳지 않은 것을 고르시오.

- ① 단백질은 아미노산이 폴리펩타이드결합을 하면서 복잡하게 꼬여있는 모양을 하고 있다.
- ② 물은 생체분자들이 서로 접촉, 반응할 수 있는 운동장과 같은 역할을 한다.
- ③ 코아세르베이트나 마이크로스피어의 막이 진화되어 현재의 세포막이 되었다.
- ④ 세포막은 인지질로 된 2중막으로 친수성과 소수성을 동시에 가지고 있다.
- ⑤ 세포막 중에서도 친수성을 나타내는 막 때문에 세포의 형태가 유지된다.

정답

⑤

풀이

세포가 세포를 둘러싸고 있는 물에 녹지 않고 형태를 유지할 수 있게 하는 것은 세포막 중에서 소수성을 나타내는 부분 때문이다.

## 4 DNA와 RNA의 구조

생물체를 구성하기 위해 필요한 기본요소 중에서 가장 공부하기 어려운 부분이 남았다. DNA와 RNA이다.

혹시 과학에 관심이 있는 학생이라면 알겠지만 DNA는 2가닥의 줄이 서로 꼬인 모양을 하고 있고, RNA는 한가닥의 줄로 되어 있다. 그리고 RNA에 대해서는 잘 모르지만 DNA가 유전정보를 담고 있는 물질이라는 것 정도는 쉽게 알고 있으리라 생각된다.

그렇다면 DNA와 RNA 중에서 어떤 것이 먼저 만들어졌을까?

생물학자들은 원시지구에서는 RNA가 만들어진 후 나중에 DNA가 만들어졌다고 한다. 즉, 원시지구에서는 RNA가 DNA의 재료였던 것이다.

여기서는 DNA와 RNA의 구조를 먼저 알아본 후 각각이 왜 생명의 기본요소인지를 살펴보도록 하겠다. 이를 위해 우선 몇가지 새로운 화학적 지식이 필요하다.

### ▶ 리보오스와 디옥시리보오스

리보오스(ribose)는 436쪽에서 ATP에 대해 설명할 때 나온 물질이다. 그림35은 리보오스를 나타낸 그림이다.

그렇다면 디옥시리보오스(deoxyribose)는 어떤 물질일까?

<deoxyribose>에서 <-ribose>는 그림35의 리보오스(ribose)와 글자가 같으므로 <deoxy->가 나타내는 뜻을 알 수 있다면 디옥시리보오스가 어떤 물질인지 알 수 있을 것 같다.

<deoxy->에서 <de>는 <-이 없는>, <oxy>는 <oxygen>(산소)에서 나온 말이다.

따라서 <deoxy->는 산소가 없어졌다는 뜻이 된다.

어디서 산소가 없어졌나?

리보오스에서 산소가 없어졌다는 말이다.



디옥시리보오스를 나타낸 그림35와 리보오스를 나타낸 그림36을 비교해보자.

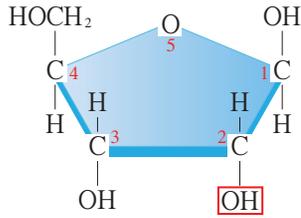


그림35 리보오스

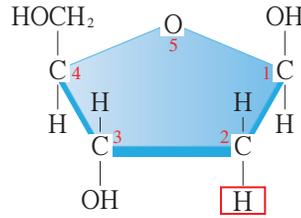


그림36 디옥시리보오스

리보오스에서 2번 탄소에 붙은 -OH(수산화기)에서 O(산소)가 떨어진 모양이 디옥시리보오스이다.

앞에서 잠깐 언급하였듯이 핵산(核酸, nucleic acid)은 DNA와 RNA로 구분된다. DNA는 <deoxyribonucleic acid>의 줄임말로 디옥시리보오스를 함유하고 있는 핵산이라는 뜻이다. 한편 RNA는 <ribonucleic acid>의 줄임말이다. 즉, 리보오스를 함유하고 있는 핵산이라는 뜻이다.

리보오스와 디옥시리보오스는 각각 RNA와 DNA를 구성하는 당(糖, sugar)으로 사용된다.

- 리보오스 : RNA를 구성하는 당
- 디옥시리보오스 : DNA를 구성하는 당

### RNA와 DNA를 구성하는 염기

위에서 살펴본 것처럼 DNA와 RNA를 구성하는 당의 종류는 다르다. 한편 핵산은 질소(N)를 가진 염기를 포함하고 있는데, DNA와 RNA를 구성하는 염기에 있어서 차이가 있다.

다음은 DNA와 RNA를 구성하는 염기를 나타낸 것이다.

- DNA를 구성하는 염기 : 아데닌(A) 구아닌(G) 시토신(C) 티민(T)  
(adenine) (guanine) (cytosine) (thymine)
- RNA를 구성하는 염기 : 아데닌(A) 구아닌(G) 시토신(C) 우라실(U)  
(adenine) (guanine) (cytosine) (uracil)

위를 비교하면 알 수 있듯이 DNA와 RNA를 구성하는 염기 중에서 티민(T)과 우라실(U)만 서로 다를 뿐 다른 염기들은 모두 같다.

그림37은 DNA와 RNA를 구성하는 염기를 나타낸 그림이다.

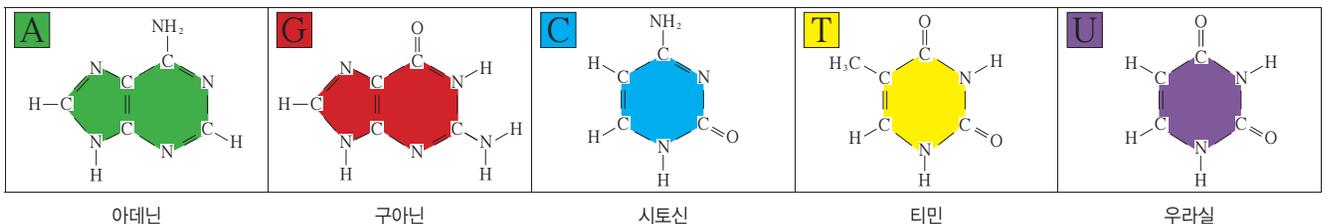


그림37 DNA와 RNA를 구성하는 염기

### 용어 돋보기

#### \* 리보오스(ribose)

<ribose>는 그리스어 <ribon+saure>에서 온 말이다.

여기서 <ribon>은 <arabino>를 짧게 쓴 것이고, <saure>는 <acid>(산)을 뜻한다.

<arabino>는 <arabic+in>으로 만들어진 말이다. <arabic>은 아라비아 고무(gum arabic), <-ose>는 <당(糖, sugar)>을 뜻한다.

따라서 리보오스는 아라비아 고무의 당이라는 뜻이다.

왜 리보오스를 표현하는데 아라비아 고무라는 단어를 사용했을까?

이것은 리보오스가 <아라비아 고무>에서 처음으로 추출되었기 때문이다.



아라비아 고무나무는 아프리카가 원산지인 아카시아(Acacia)속에 속하는 수목으로, 아라비아 고무는 이 나무에서 분비되는 황색의 투명한 유액을 말려서 만든 고무이다. (위 사진 참조)



## 뉴클레오티드와 폴리뉴클레오티드

자, 이제 점점 DNA와 RNA에게 가까이 가고 있다.  
그렇다면 DNA와 RNA는 어떤 물질로 만들어진 것일까?

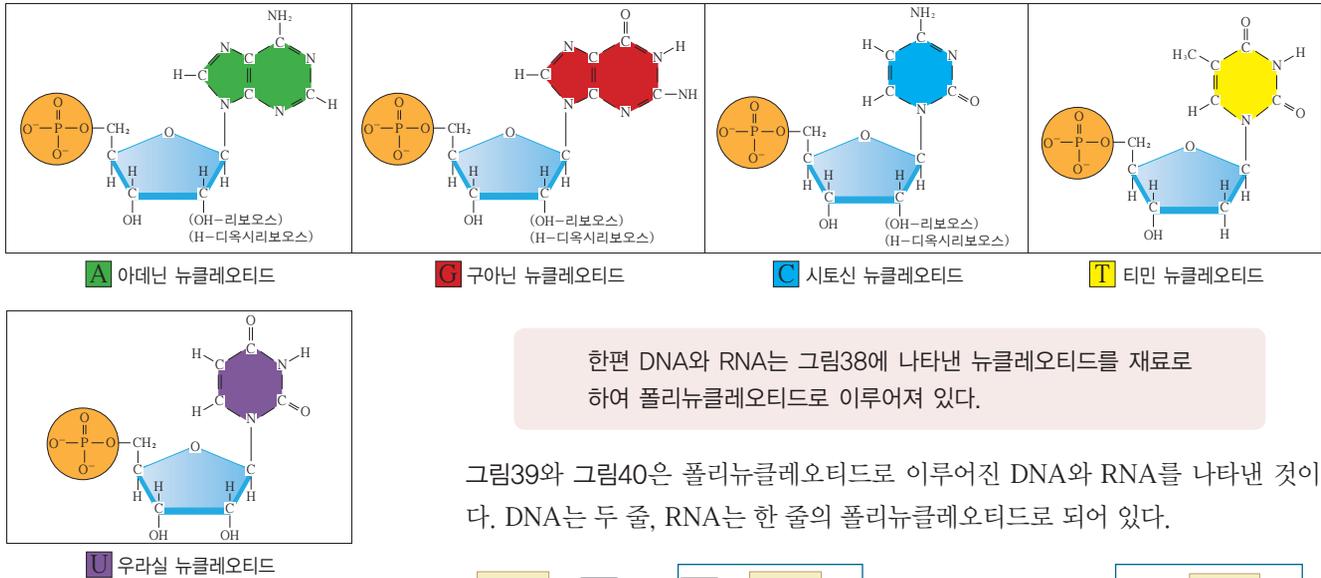
DNA와 RNA같은 핵산은 <리보오스나 디옥시리보오스와 같은 오탄당> + <인산기> + <질소를 가진 염기>로 이루어져 있다.

이 3가지 물질을 하나의 그룹으로 할 때, 그룹의 개수에 따라서 뉴클레오티드(nucleotide)와 폴리뉴클레오티드(polynucleotide)로 구분한다.

- 뉴클레오티드 : 1개의 그룹으로만 되어 있는 경우
- 폴리뉴클레오티드 : 수많은 그룹으로 되어 있는 경우

그림38는 DNA와 RNA를 구성하는 뉴클레오티드를 나타낸 것이다.

그림38 DNA와 RNA를 뉴클레오티드



한편 DNA와 RNA는 그림38에 나타낸 뉴클레오티드를 재료로 하여 폴리뉴클레오티드로 이루어져 있다.

그림39와 그림40은 폴리뉴클레오티드로 이루어진 DNA와 RNA를 나타낸 것이다. DNA는 두 줄, RNA는 한 줄의 폴리뉴클레오티드로 되어 있다.

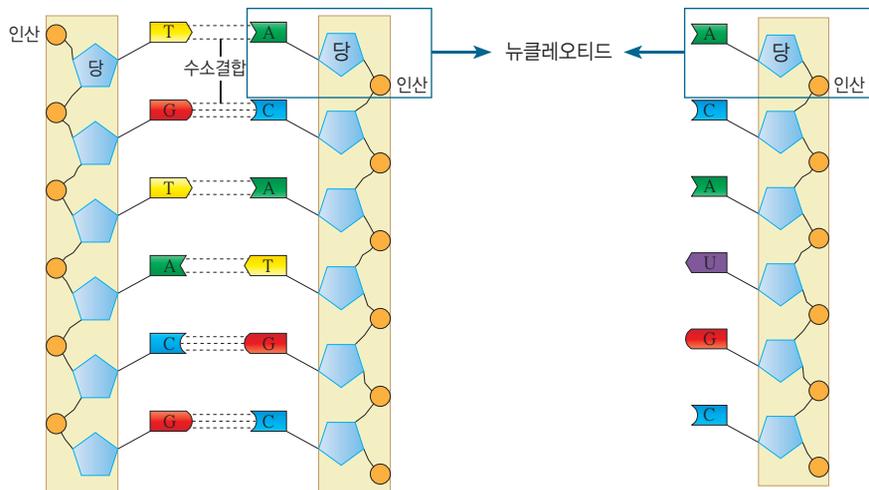


그림39 폴리뉴클레오티드로 이루어진 DNA

그림40 폴리뉴클레오티드로 이루어진 RNA

### 용어 돋보기

#### \* 상보적 결합(相補的結合)

상보(相補, complement)란 보완이라는 뜻이다. 따라서 상보적 결합(相補的結合, complementary bond)이란 서로 보완 되도록 특정한 물질끼리 짝을 이룬다는 것이다.

DNA의 염기가 결합할 때 아데닌-티민(A-T) · 구아닌-시토신(G-C) 결합할 때에만 상보보완된다.

🔍 DNA와 RNA에서 염기결합의 특성

그림39에 나타낸 DNA를 보면 당(디옥시리보오스)과 인산이 번갈아 연결되어 있다. 그리고 당에 연결된 염기와 염기 사이에는 수소결합이 형성되어 있다. 수소결합의 수도 2개, 3개로 다르다.

이렇게 하여 2가닥의 긴 폴리뉴클레오티드를 형성한 DNA는 그림41에 나타낸 것처럼 새끼줄처럼 꼬여 있는 모양을 하고 있다. 이것을 <중나선구조(二重螺旋構造, double helix)>라고 부른다.

그림39와 그림41을 보면 염기와 염기가 서로 결합하여 짝을 이룰 때 일정한 규칙이 있다는 것을 발견할 수 있다.

아데닌(A)은 티민(T)과만 짝을 이루고, 구아닌(G)은 시토신(C)과만 짝을 이룬다. 아데닌(A)이나 티민(T)이 구아닌(G)이나 시토신(C)과 짝을 이루는 경우는 결코 없다.

이렇게 서로 다른 물질이 결합할 때 특별한 물질끼리만 결합하는 경우를 <상보적 결합(相補的結合, complementary bond)>이라고 한다.

DNA의 염기들은 수소결합을 통하여 상보적 결합을 한다. 이것은 RNA도 마찬가지이다.

뒤에서 배우겠지만 RNA는 단백질의 합성에 있어서 중요한 역할을 담당하고 있다. 그런데 RNA 맘대로 단백질을 합성하는 것이 아니다. DNA의 지시에 따라서 한다.

RNA는 DNA에 달라붙어서 DNA가 만들라고 하는 단백질의 종류에 대한 정보를 받는다. 이때 단백질에 대한 정보는 DNA의 염기배열순서에 의해 제공된다.

이 과정에서 DNA의 염기에 RNA의 염기가 상보적 결합을 하게 된다. 이렇게 함으로써 DNA가 원하는 특정한 단백질에 대한 정보를 얻게 되는 것이다.

만약 RNA의 염기가 DNA의 염기에 상보적 결합을 하지 않고 DNA의 염기와 제멋대로 결합한다고 생각해 보자. 생물체가 원하는 단백질이 합성되지 않기 때문에 생물체는 죽고 말 것이다.

이렇게 DNA의 염기와 RNA의 염기 사이의 상보적 결합은 자연의 또 하나의 신비인 것이다.

그림42은 DNA의 이중나선구조가 풀린 후 RNA가 DNA의 염기와 상보적 결합을 통해서 만들어야 할 단백질에 대한 정보를 얻는 과정을 그림으로 나타낸 것이다.

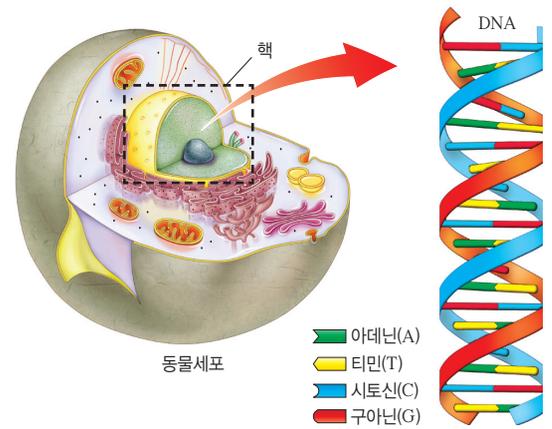
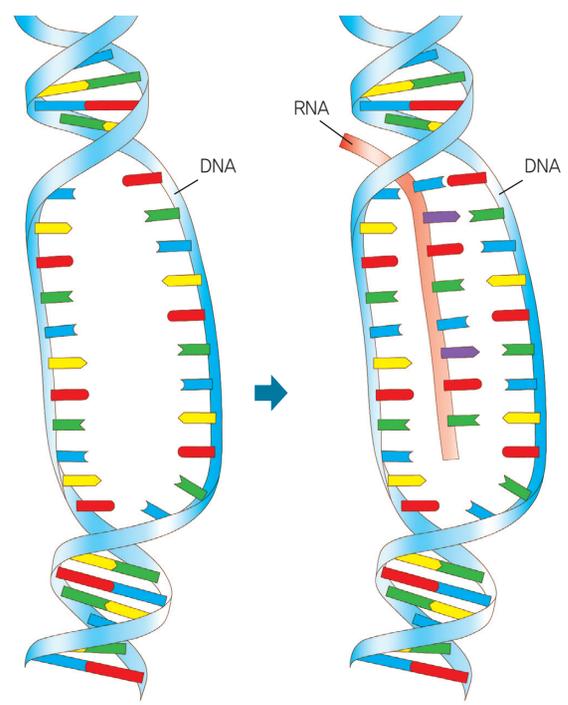


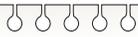
그림41 DNA 이중나선구조



DNA 사슬이 부분적으로 풀려 RNA 합성을 위한 주형 사슬이 된다. DNA에 있는 염기쌍의 서열에 암호화된 정보는 RNA의 분자로 전달된다.

DNA의 이중나선구조의 풀림 RNA 염기의 상보적 결합

그림42 DNA의 염기와 RNA의 염기의 상보적 결합



## TIPS



### DNA의 이중나선구조 >>>

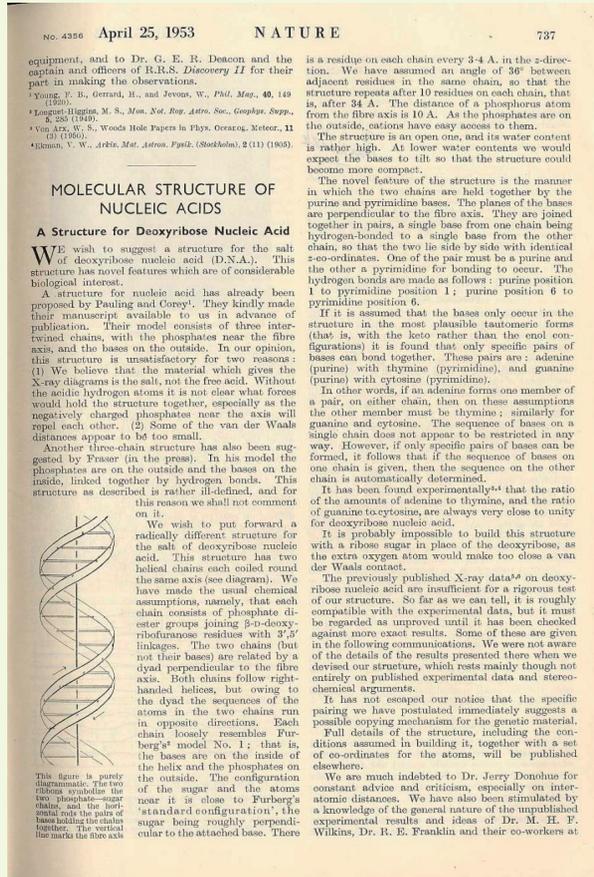
20세기 과학분야에서 가장 위대한 발견을 꼽는다면, 물리에서는 양자역학과 상대성이론, 화학에서는 고분자물질, 생물학에서는 진화론과 DNA, 천문학분야에서는 우주라고 할 수 있다.

앞서서 우리는 1869년에 스위스의 생물학자 미셔(Johann Friedrich Miescher, 1844~1895)에 의해 처음으로 핵산이 발견되었다고 하였다. 그리고 미셔는 DNA와 RNA를 분리해냄으로써 DNA와 RNA는 서로 다른 구조를 가지고 있음을 암시해주었다.

DNA가 유전물질인 것을 처음으로 알아낸 사람은 누구일까?

캐나다출신의 미국의 세균학자인 에이버리(Oswald Theodore Avery, 1877~1955)였다. 20세기 초에는 폐렴은 사람들에게 심각한 질병이었다. 에이버리는 1913년부터 미국의 록펠러연구소에서 폐렴을 발병시키는 박테리아를 연구하고 있었다. 이 과정에서 형태가 변형된 박테리아는 계속 변형된 박테리아를 만들어가는 것에 의문을 품고 그 원인에 대하여 연구하였다. 그 결과 변형된 박테리아의 DNA가 이러한 결과를 만들어낸다는 것을 알아내고 DNA가 유전물질임을 확신하게 되었다. 그리고 그의 연구 결과를 1944년에 의학전문지인 <Journal of Experimental Medicine>이라는 잡지에 발표하게 된다.

그렇다면 DNA가 이중나선구조를 이루고 있다는 것은 언제 처음 알았을까?





에이버리에 의해 DNA가 유전물질임이 밝혀진 후 생화학자들은 DNA의 구조를 밝혀내는데 엄청난 경쟁을 벌이고 있었다. 왜냐하면 DNA의 구조를 알면 사람들을 괴롭히는 유전적 질병을 정복할 수 있기 때문이다.

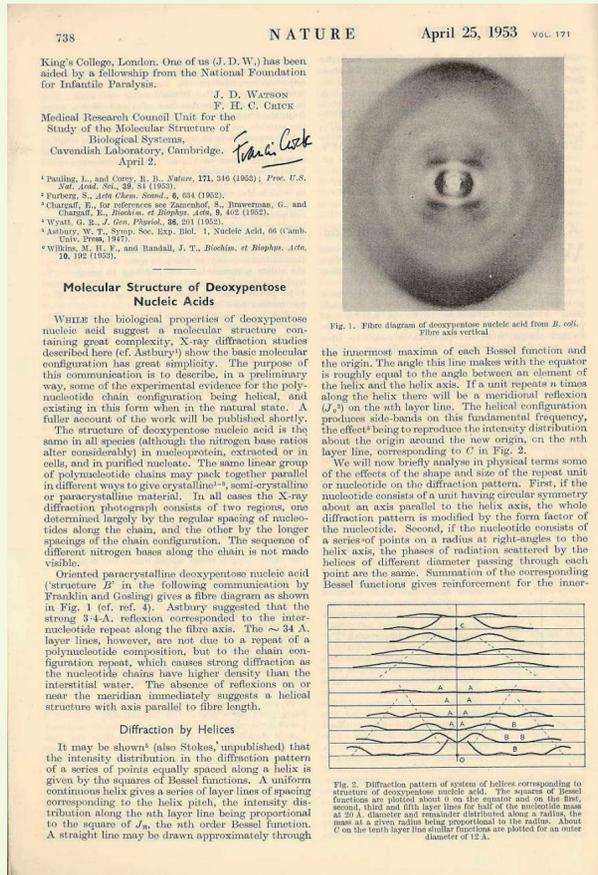
DNA의 염기가 상보적 결합을 하고 있다는 것은 1949년에 오스트리아출신의 미국 화학자인 사가프(Erwin Chargaff, 1905~2002)에 의하여 밝혀졌다.

DNA가 이중나선구조를 이루고 있다는 것을 처음으로 밝혀낸 사람은 미국의 생화학자인 왓슨(James Dewey Watson, 1928~)과 영국의 물리학자인 크릭(Francis Harry Compton Crick, 1916~2004)이었다.

1952년부터 영국의 캠브리지 대학의 캐번디시연구소에서 함께 연구하였던 두 사람은 DNA에 X선을 쬐었을 때 X선이 회절되는 것을 이용하여 DNA가 이중나선구조를 이루고 있음을 알아내었다.<sup>26)</sup> 그리고 이를 1953년 4월 25일에 과학전문잡지인 <Nature>에 <Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid(핵산의 분자구조: 디옥시리보핵산의 구조)>라는 제목의 2쪽짜리 논문을 발표하였다. 이 논문에는 자신들이 찍은 DNA의 X선회절사진이 함께 들어 있었다.<sup>27)</sup>



왓슨과 크릭의 1953년도 DNA 모델로  
기반으로 제작된 DNA 모델



Francis Crick

Fig. 1. Fibre diagram of deoxyribose nucleic acid from *B. coli*. The axis vertical.

the innermost maxima of each Bessel function and the origin. The angle this line makes with the equator is roughly equal to the angle between an element of the helix and the helix axis. If a unit repeats  $n$  times along the helix there will be a meridional reflexion ( $J_n^2$ ) on the  $n$ th layer line. The helical configuration produces side-bands on this fundamental frequency, the effect<sup>28</sup> being to reproduce the intensity distribution about the origin around the new origin, on the  $n$ th layer line, corresponding to  $C$  in Fig. 2.

We will now briefly analyse in physical terms some of the effects of the shape and size of the repeat unit or nucleotide on the diffraction pattern. First, if the nucleotide consists of a unit having circular symmetry about an axis parallel to the helix axis, the whole diffraction pattern is modified by the form factor of the nucleotide. Second, if the nucleotide consists of a series of points on a radius at right-angles to the helix axis, the phases of radiation scattered by the helices of different diameter passing through each point are the same. Summation of the corresponding Bessel functions gives reinforcement for the inner-

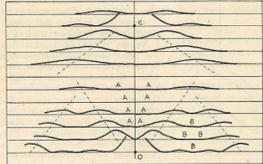


Fig. 2. Diffraction pattern of system of helices corresponding to structure of deoxyribose nucleic acid. The squares of Bessel functions are plotted about 0 on the equator and on the first, second, third and fifth layer lines for half of the nucleotide mass. All 20 Å diameter and remainder distributed along a radius. About mass at a given radius being proportional to the radius. About  $C$  on the tenth layer line similar functions are plotted for an outer diameter of 12 Å.

26 X선회절

회절(回折, diffraction)은 진행하던 파동이 장애물을 만났을 때 장애물의 뒤편까지 파동이 전달되는 현상을 말하는 것이다. X선도 파동이다. 따라서 X선도 장애물을 만나면 회절현상을 일으킨다. X선회절은 보통 원자와 같은 미세한 물질의 구조를 알아내는데 많이 이용된다. X선의 세기와 진행방향을 달리하면서 원자에게 X선을 쬐어 나가면 다양한 X선회절현상이 발생한다. 이를 분석하면 원자의 구조를 알 수 있게 되는 것이다. X선회절을 이용하여 원자나 분자의 구조를 알아낸 예로는 다이아몬드와 흑연을 들 수 있다. 다이아몬드와 흑연은 모두 탄소(C)로만 되어 있다. 그러나 X선을 쬐어 X선을 회절시킨 결과 다이아몬드는 그물모양의 구조, 흑연은 판모양의 구조를 이루고 있음이 밝혀졌다.

27 2중나선구조발견과 노벨상

DNA의 2중나선구조의 발견으로 왓슨과 크릭은 1962년에 노벨 생리의학상을 받는다.



### 실전예제 08

다음은 핵산에 대한 설명이다. 옳지 않은 것을 고르시오.

- ① 핵산이란 DNA와 RNA를 말하는 것이다.
- ② 리보오스와 디옥시리보오스는 오탄당의 일종으로 리보오스의 2번 탄소에 붙은 수산화기 (-OH)에서 산소가 떨어져 나간 것이 디옥시리보오스이다.
- ③ 리보오스는 DNA의 재료가 되고 디옥시리보오스는 RNA의 재료가 된다.
- ④ 뉴클레오티드란 <리보오스나 디옥시리보오스와 같은 오탄당> + <인산기> + <질소를 가진 염기>의 묶음을 말한다.
- ⑤ DNA와 RNA는 폴리뉴클레오티드로 이루어져 있다.

정답

③

풀이

리보오스는 RNA의 재료가 되는 오탄당이고, 디옥시리보오스는 DNA의 재료가 되는 5탄당이다.

### 실전예제 09

다음 중에서 DNA를 구성하는 염기가 아닌 것은?

- ① 구아닌(G)                      ② 티민(T)                      ③ 아데닌(A)
- ④ 우라실(U)                      ⑤ 시토신(C)

정답

④

풀이

DNA를 구성하는 염기로는 아데닌(A), 구아닌(G), 시토신(C), 티민(T)이 있다.  
RNA를 구성하는 염기로는 아데닌(A), 구아닌(G), 시토신(C), 우라실(U)이 있다.

### 실전예제 10

DNA의 염기는 서로 상보적 결합을 한다. 다음 중에서 DNA의 상보적 결합이 잘못된 것은?

- ① 시토신(C) - 구아닌(G)                      ② 티민(T) - 시토신(C)
- ③ 아데닌(A) - 시토신(C)                      ④ 우라실(C) - 티민(T)
- ⑤ 구아닌(G) - 우라실(U)

정답

①

풀이

DNA의 염기가 상보적 결합을 통해서 짝을 이루는 경우는 다음과 같다.

아데닌(A) - 티민(T)                      구아닌(G) - 시토신(C)

한편 나중에 배우지만 RNA의 염기가 DNA의 염기와 상보적 결합을 하는 경우는 다음과 같다.

아데닌(A) - 우라실(U)                      구아닌(G) - 시토신(C)

## 5 DNA와 RNA는 왜 생명의 기본요소가 되는가?

### ④ DNA는 왜 생명의 기본요소인가?

DNA는 유전물질(遺傳物質, hereditary substance)이라고 하였다. 유전물질이란 함은 유전정보를 담고 있는 물질이라는 뜻이다.

유전정보를 담고 있다?  
그렇다면 DNA는 우리가 일반적으로 알고 있는 유전(遺傳, heredity)과만 관계가 있는 것일까?

사람을 예로 들어 보자.

사람은 정자와 난자의 결합에 의해서 새 생명이 탄생한다.

이렇게 태어난 새생명은 아버지의 유전적 특성을 가지고 있다. 즉, 아버지의 DNA가 자손에게 전달된 것이다.

아버지의 DNA를 가지고 있는 정자와 난자의 성분은 무엇일까?

정자와 난자는 고단백질이다. 따라서 좀 이상하게 들리겠지만 새 생명은 단백질에 의해 탄생되는 것이다.

그런데 우리는 앞에서 RNA는 특정단백질을 합성하기 위하여 RNA의 염기가 DNA의 염기에 달라붙어서 단백질에 대한 정보를 얻는다고 배웠다.

여기서 특정단백질은 정자·난자가 될 수도 있고 아밀라아제·펩신과 같은 효소가 될 수도 있고, 항체가 될 수도 있고, 세포막이나 원형질·핵·미토콘드리아<sup>28)</sup>와 같은 세포를 구성하는 물질이 될 수도 있다.

자! 그렇다면 이제 DNA가 왜 생명의 기본요소가 되는지에 대해 생각해보자.

앞의 설명을 통해서 볼 때 DNA는 단순히 우리가 일반적으로 생각하는 유전과만 관계 있는 것이 아니다. 생명체가 생명을 유지, 보존하는데 필요한 단백질에 대한 정보도 DNA로부터 나오고 있는 것이다.

DNA는 정자와 난자를 비롯하여 생물체 내에서 만들어지는 특정단백질에 관한 정보가 저장되어 있는 컴퓨터의 데이터 베이스인 것이다.

따라서 DNA가 없다면 생물체가 필요로 하는 단백질이 합성될 수 없다. 아버지의 유전적 특성이 어찌어찌하여 자손에게 전달되어도 DNA가 없다면 생명활동을 위한 특정단백질을 합성할 수 없기 때문에 생물체는 죽고마는 것이다.

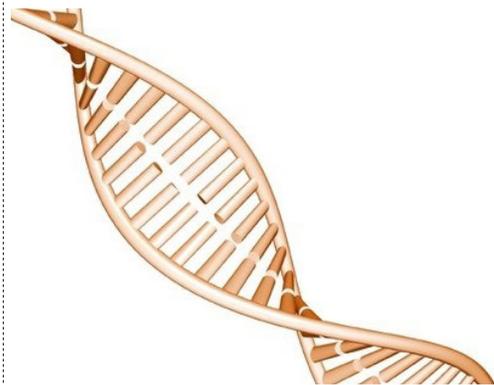
따라서 단백질, 물, 세포막처럼 DNA는 생물체가 생명을 유지하기 위한 기본요소가 되는 것이다.

### 28 핵과 미토콘드리아 속의 DNA

DNA는 핵 속에만 있는 것이 아니라 세포 안의 미토콘드리아에도 존재한다.

미토콘드리아 안에 들어 있는 DNA는 핵 속의 DNA와는 독립적인 DNA이다.

이런 의미에서 볼 때 앞서도 설명하였지만, 미토콘드리아는 생물체가 형성될 때 외부로부터 세포 안으로 들어와서 기생하였을 것이라고 추정하고 있다.





### 29 RNA 세계

현재의 연구결과에 따르면 RNA는 단백질과 같은 효소기능, DNA처럼 자기 스스로 복제하는 능력을 가지고 있음이 알려졌다. 따라서 RNA는 단백질과 DNA가 나타나기 전에 이미 유전물질로서 작용하던 시기가 있었다고 생각되고 있다. 이 시기를 <RNA 세계(RNA World)>라고 한다.

### 30 DNA 세계

생물계에서 유전물질로 RNA 대신에 DNA가 사용되는 시기를 DNA세계(DNA world)라고 한다. DNA세계는 RNA세계를 거친 후에 나타났다. 그러나 바이러스와 같은 미생물은 아직도 DNA 대신에 RNA가 유전물질로서 역할을 하고 있다.

### 31 유전물질로서의 RNA

생물은 세포핵의 형태에 따라서 원핵생물(原核生物, prokaryote)과 진핵생물(眞核生物, eukaryote)로 구분된다. 진핵생물은 세포 안에 핵막이라는 막으로 핵이 구분되어 있는 생물을 말한다. 이에 비하여 원핵생물의 핵은 핵막을 가지고 있지 않고 세포 안에 존재하는 원시적인 형태의 핵을 가지고 있다. 대부분의 생물은 진핵생물에 속하지만 단세포생물의 대부분은 원핵생물에 속한다. 진핵생물에서 RNA는 단백질합성 과정에 관여하지만 원핵생물에서 RNA는 DNA와 같이 유전자로서의 기능을 담당하고 있다.

## RNA는 왜 생명의 기본요소인가?

생물학자들은 처음에는 DNA가 최초의 생체분자라고 생각하였다. 그러나 현재는 DNA가 생기기 전에 RNA가 먼저 있었다고 생각되고 있다.

DNA는 없고 RNA만 존재하던 시기를 <RNA 세계(RNA World)>라고 부른다.<sup>29</sup>

<RNA 세계>는 생명탄생 초기로 유전물질이 RNA로 구성되어 있을 시기이다.

그러나 RNA는 한 가닥이어서 쉽게 잘려지고 분해될 수 있어 불안정한 분자였다. 따라서 오랜 시간이 흐르면서 RNA 두 가닥이 서로 꼬이면서 보다 안정된 분자형태의 핵산인 DNA를 만들게 되었다. 이렇게 해서 DNA가 유전물질로서 기능을 담당하게 된 것이다.

이렇게 유전물질로서의 기능을 RNA 대신 DNA가 담당하는 시기를 <DNA 세계(DNA World)>라고 한다.<sup>30</sup>

<DNA 세계>는 지금으로부터 약 35억년 이후부터 지금까지 이어지고 있다.

만약 DNA도 유전물질로서 기능하기에 불안정한 물질이었다면 RNA가 세 가닥, 네가닥 꼬인 새로운 형태의 핵산이 나타났을 것이다.

<DNA 세계>가 되면서 유전물질로서의 RNA는 더 이상 필요하지 않게 되었다. 따라서 RNA는 새로운 기능을 갖는 물질로 진화되어갔다.

그 결과 이제 RNA는 생물학적 기능이 서로 다른 다음과 같은 3가지 형태의 RNA로 분화되었다.

- rRNA(ribosomal RNA, 리보솜 RNA)
- mRNA(messenger RNA, 전령 RNA)
- tRNA(transport RNA, 운반 RNA)

각각의 RNA가 담당하는 기능에 대해서는 543쪽에서 자세히 배울 것이다.

이제 RNA가 왜 생명의 기본요소인지 설명하지 않아도 될 것 같다.

DNA가 만들어지기 전에 불안정하기는 했지만 RNA가 DNA의 기능을 담당하고 있었다.<sup>31</sup> 따라서 RNA는 당연히 생물체가 생명을 유지하는데 필수적인 요소였던 것이다.



## 개념확인문제

01 다음의 보기 중에서 유기물만을 고르시오.

보기

- ㉠ 암모니아( $\text{NH}_3$ )      ㉡ 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )  
 ㉢ 아데닌( $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5$ )    ㉣ 리보오스( $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ )  
 ㉤ 질소( $\text{N}_2$ )            ㉦ 염화나트륨( $\text{NaCl}$ )  
 ㉧ 이산화황( $\text{SO}_2$ )      ㉨ 에테인올( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )  
 ㉩ 메테인( $\text{CH}_4$ )  
 ㉪ 글리신( $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ )

02 다음은 탄소화합물에 대한 설명이다.

탄소화합물이란 탄소와 수소로 이루어진 화합물을 말한다. 탄소화합물 중에서 탄소와 수소만으로 이루어진 탄소화합물을 ( ① )라고 하고, 탄소와 수소 외에 다른 원자나 원자단으로 이루어진 것을 ( ② )라고 한다.

①, ②에 알맞는 말을 써 넣으시오.

03 다음은 탄화수소에 대한 설명이다.

①(㉠포화, ㉡불포화)탄화수소란 탄소-탄소 결합이 단일결합으로만 이루어진 것을 말한다. ②(㉢포화 ㉣불포화)탄화수소란 탄소-탄소 결합이 이중결합이나 삼중결합으로 이루어진 것을 말한다.

①, ②에 알맞는 말을 ㉠, ㉡ 중에서 고르시오.

04 지구의 원시대기 속에서 생성된 아미노산은 원시바다 속에 녹아들어갔다. 이렇게 아미노산이 녹아들어간 원시바다의 상태를 무엇이라고 하는가?

05 다음은 어떤 원소에 관한 설명이다.

- 원자가전자를 4개 가지고 있다.
- 최대 4개의 공유결합을 형성할 수 있다.
- 전기음성도가 2.5로 다른 원자에게 전자를 주기도 하고 받기도 하는 양면적 성질을 가지고 있다.
- 탄소화합물에서 뼈대와 같은 역할을 한다.

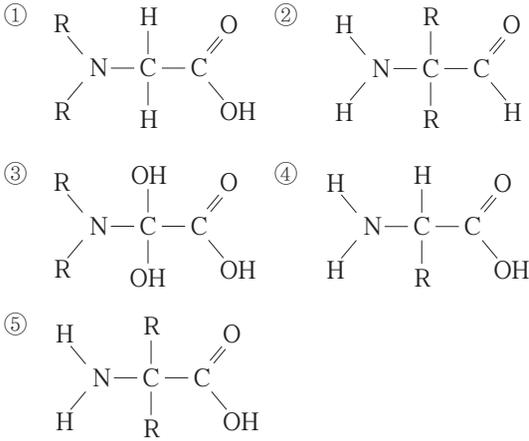
06 다음은 탄소화합물이 일으키는 반응 중에 어떤 것에 대한 설명이다.

분자량이 작은 분자를 여러 개 결합시키면 분자량이 큰 화합물이 된다. 이러한 반응을 ( ① )반응이라고 한다. 한편 ( ① )의 재료가 되는 분자량이 작은 분자를 ( ② )라고 하고, ( ① )반응의 결과 생성된 분자량이 큰 화합물을 ( ③ )이라고 한다. ( ① )반응과정에서 분자량이 작은 물질이 떨어져 나가는 반응을 ( ④ )반응이라고 한다. ( ④ )반응에서 빠져나가는 물질이 물인 경우에 특별히 ( ⑤ )반응이라고 부른다.

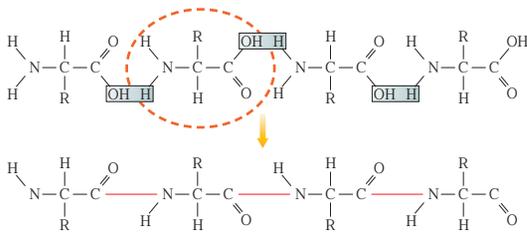
①~⑤에 알맞는 말을 써넣으시오.

07 현대의 생명기원론에 따르면 간단한 형태의 유기물이 복잡한 형태의 고분자유기물로 변화되는 과정에서 지구 최초의 생명체가 탄생하였다고 한다. 이렇게 저분자 유기물이 고분자 유기물로 변화되는 과정을 무엇이라고 하는가?

08 다음 중에서 아미노산의 구조를 바르게 나타낸 것은?



09 다음 그림은 아미노산 여러 개가 중합반응을 통하여 단백질을 형성하는 과정 중에서 일부분을 나타낸 것이다.



(1) 위의 반응식에 점선으로 표시된 아미노산 1개를 무엇이라고 부르는가?

- ① 첨가체      ② 독립체      ③ 단위체  
④ 중합체      ⑤ 분리체

(2) 위의 반응식처럼 중합반응의 과정에서 물이 빠져나오는 중합반응을 무엇이라고 부르는가?

(3) 위의 그림에서 -CONH의 결합을 무엇이라고 부르는가?

10 다음 중에서 DNA를 구성하는 염기가 아닌 것은?

- ① 티민(T)      ② 우라실(U)      ③ 시토신(C)  
④ 아데닌(A)      ⑤ 구아닌(G)

11 다음은 생명의 기원에 대한 논쟁을 설명한 것이다. 옳지 않은 것을 고르면?

- ① 자연발생설은 생물은 유기물로부터 우연하게 발생하였다는 이론이다.  
② 생명속생설은 생물은 이미 존재하고 있는 생물로부터 태어난다는 이론이다.  
③ 자연발생설을 주장한 사람으로는 헬몬트, 레벤훅크, 니담 등이 있다.  
④ 생명속생설을 주장한 사람으로는 레디, 스팔란차니, 파스퇴르 등이 있다.  
⑤ 현재는 생명은 유기물이 화학적 진화과정을 통하여 생겨났다고 주장되고 있다.

12 다음은 무엇에 대한 설명인가?

- 콜로이드 상태의 고분자유기물이다.
- 공모양의 막으로 둘러싸여 있는 작은 물방울모양을 하고 있다.
- 막을 통해서 외부에 있는 물질이 들어오거나 또는 외부로 물질을 내보낼 수 있다.
- 크기가 커지면 나뉘고 농축되면 화학반응을 일으킨다.
- 이 물질로부터 원시생명체가 탄생하였다.

13 다음은 단백질에 대해서 설명한 것이다. 옳지 않은 것을 고르면?

- ① 단백질을 아미노산이 폴리펩타이드결합을 이루고 있는 고분자 질소화합물이다.  
② 단백질은 항체의 주성분이다.  
③ 단백질은 세포막을 구성하는 물질이다.  
④ 단백질은 효소의 주성분이다.  
⑤ 사람의 경우 몸을 구성하는 물질 중에서 단백질이 가장 많다.

**14** 다음은 세포막에 대해서 설명한 것이다. 옳지 않은 것을 고르면?

- ① 고분자유기물인 코아세르베이트는 세포막은 아니지만 세포막과 유사한 막을 가지고 있었다.
- ② 세포막은 인지질로 된 2중막이다.
- ③ 세포막의 안쪽은 친수성, 바깥쪽은 소수성을 나타낸다.
- ④ 세포막은 세포를 보호하는 역할도 하고 있다.
- ⑤ 다세포생물은 세포막에 의해 세포 하나하나가 독립적인 생존공간이 되었다.

**15** 다음은 DNA와 RNA에 대한 설명이다. 옳지 않은 것을 고르면?

- ① DNA는 두 줄의 폴리뉴클레오티드, RNA는 한 줄의 폴리뉴클레오티드로 이루어져 있다.
- ② DNA는 이중나선구조로 이루어져 있다.
- ③ DNA를 구성하는 염기들은 서로 상보적인 결합을 하고 있다.
- ④ RNA를 구성하는 염기는 DNA에 결합할 수 없다.
- ⑤ DNA와 RNA를 구성하는 기본단위는 뉴클레오티드이다. 뉴클레오티드에서 당과 염기와 인산의 비는 1 : 1 : 1이다.

**16** 다음 중에서 RNA를 구성하는 염기가 아닌 것은?

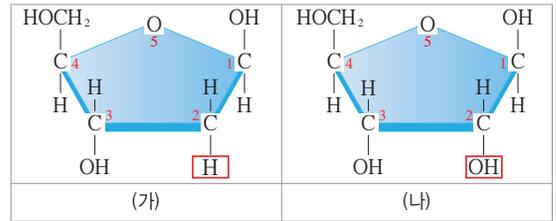
- ① 티민(T)      ② 우라실(U)      ③ 시토신(C)
- ④ 아데닌(A)    ⑤ 구아닌(G)

**17** 다음 중에서 생명의 기본요소에 속하지 않은 것을 고르면?

- ① 물              ② 단백질          ③ 세포막
- ④ 탄수화물      ⑤ DNA

**18** 다음은 아래 그림을 설명한 것이다.

(가)는 ①(㉠리보오스, ㉡디옥시리보오스)를 나타낸 것이고, (나)는 ②(㉠리보오스, ㉡디옥시리보오스)를 나타낸 것이다.  
(가)는 ③(㉢DNA, ㉣RNA)를 구성하는 당이고, (나)는 ④(㉢DNA, ㉣RNA)를 구성하는 당이다.



①~④에 알맞은 말을 ㉠~㉣ 중에서 고르시오.

**19** 다음은 아미노산에 대한 설명이다. 옳지 않은 것을 고르면?

- ① 현재까지 알려진 아미노산은 약 80종이지만 자연 속에 존재하는 아미노산은 20종이 있다.
- ② 아미노산 중에서 몸 안에 합성되지 않아서 반드시 음식을 통해서 섭취해야만 하는 아미노산을 필수아미노산이라고 한다.
- ③ 단백질은 아미노산이 수십~수천 개 결합하여 만들어진다.
- ④ 아미노산 2개가 결합하여 만들어진 중합체를 다이펩타이드, 수많은 아미노산이 결합하여 만들어진 중합체를 폴리펩타이드라고 한다.
- ⑤ 다이펩타이드에 의해 만들어진 결합을 다이 펩타이드결합, 폴리펩타이드에 의해 만들어진 결합을 폴리펩타이드결합이라고 한다.

## 실전문제

**01** 다음 보기는 탄소화합물에 대한 설명이다. 바르게 설명한 것을 모두 고르시오.

보기

- ㉠ 탄소화합물은 공유결합을 하고 있다.
- ㉡ 탄소화합물은 대부분 무극성분자이다.
- ㉢ 탄소화합물은 반응속도가 느리다.
- ㉣ 탄소화합물은 물에 잘 녹지 않는다.

**02** 다음 보기는 생명의 기원론과 관계된 사람들이다. 아래 설명에 맞는 사람을 보기에서 고르시오.

보기

- ㉠ 레디                      ㉡ 헬몬트                      ㉢ 파스퇴르
- ㉣ 니담                      ㉤ 레벤후크                      ㉥ 스팔란차니

- (1) 생명체는 땀에서 발생한다.
- (2) 극미동물이 유성생식이 아니라 무성생식을 통해 생명체를 만들어내는 것을 관찰하였다.
- (3) 양고기국물을 고온살균해도 그 안에 미생물이 있으므로 생물은 죽은 물질에서 자연발생한다.
- (4) 구더기는 자연발생된 것이 아니라 파리의 알에서 태어난다.
- (5) 밀폐된 플라스크에 양고기국물을 넣고 가열하면 미생물이 생기지 않는 것을 관찰하였다.
- (6) S자로 구부러진 플라스크를 이용한 실험을 통하여 자연발생설을 부정하는 실험을 하였다.

**03** 다음은 현대의 생명기원론에 대한 설명이다. 옳지 않은 것을 고르면?

- ① 현대의 생명기원론은 화학적 진화의 결과가 생명을 만들어냈다고 주장한다.
- ② 오파린은 원시대기 속에 있던 산화성 기체로부터 간단한 형태의 유기물이 만들어졌다고 주장한다.

- ③ 오파린은 복잡한 유기물이 바다로 들어가 농축되면서 코아세르베이트를 만들었다고 주장한다.
- ④ 밀러는 플라스크 안에 원시대기를 구성하는 기체를 넣고 전기불꽃을 튀겨서 원시지구와 같은 조건을 만들어 실험하였다.
- ⑤ 밀러는 실험에서 만들어진 물질을 분석한 결과 아미노산, 유기산, 요소 등이 있음을 발견하고 원시대기로부터 유기물이 만들어질 수 있음을 증명해내었다.

**04** 다음은 현대의 생명기원론에 따라 지구에 생명체가 탄생하는 과정을 순서없이 나열한 것이다. 보기를 오래된 순으로 나열하시오.

보기

- ㉠ 무기물이 들어 있는 원시대기
- ㉡ 아미노산과 유기산, 요소와 같은 간단한 유기물 생성
- ㉢ 막을 가진 유기물 복합체의 탄생
- ㉣ 수증기와 암모니아의 분해
- ㉤ 단백질, 핵산, ATP와 같은 복잡한 유기물 생성
- ㉥ 원시바다 속에서 아미노산의 농축
- ㉦ 원시생명체의 탄생
- ㉧ 메테인의 형성
- ㉨ 광합성을 하는 단세포생물인 남조류의 탄생

**05** 다음 보기는 원시생명체의 모태인 유기물 복합체에 관한 설명이다. 옳지 않은 것을 모두 고르시오.

보기

- ㉠ 유기물 복합체는 막을 가지고 있었다.
- ㉡ 유기물 복합체는 크기가 커지면 둘로 갈라지는 원시적인 세포와 같은 행태를 나타내었다.
- ㉢ 오파린은 유기물 복합체를 코아세르베이트라고 불렀다.
- ㉣ 폭스는 유기물 복합체를 프로테노이드라고 불렀다.
- ㉤ 무기물이 유기물 복합체를 만들고, 유기물 복합체로부터 지구의 원시생명체가 탄생 하였다.

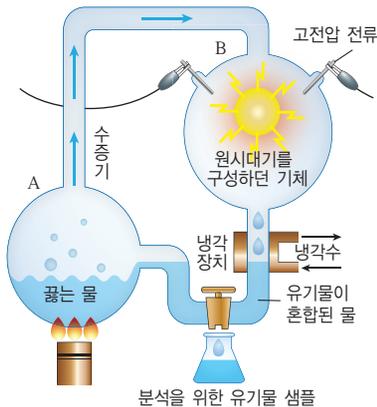
**06** 다음 보기는 생명의 기본요소에 대한 설명이다. 각각의 기능을 바르게 설명한 것으로 짝지은 것은?

**보기**

- ㉠ 단백질은 생물체의 몸을 구성하고 생명활동을 할 수 있는 여러 가지 효소와 항체를 만들어낸다.
- ㉡ 세포막은 세포를 보호하고 세포 안과 밖으로 이동하는 물질을 조절해준다.
- ㉢ 물은 생물체 안에서 생체분자들이 서로 접촉, 반응할 수 있는 운동장과 같은 역할을 한다.
- ㉣ DNA는 특정단백질을 합성하기 위한 정보가 저장되어 있다.
- ㉤ RNA에는 유전정보가 저장되어 있다.

- ① ㉠, ㉡, ㉢, ㉣                      ② ㉠, ㉡, ㉢, ㉤
- ③ ㉠, ㉡, ㉣, ㉤                      ④ ㉠, ㉢, ㉣, ㉤
- ⑤ ㉠, ㉡, ㉢, ㉣, ㉤

**07** 다음은 현대의 생명기원론을 확립하는 계기가 되었던 어떤 실험을 나타낸 것이다.



- (1) 위와 같은 실험을 한 사람은 누구인가?
  - (2) 위의 실험에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
- ① 플라스크 A에 열을 가하는 것은 원시지구의 고온 상태를 유지하고 플라스크 B에 수증기를 공급하기 위해서이다.
  - ② 플라스크 B는 원시지구의 대기를 나타낸 것이다. 플라스크 B에 들어가는 물질은 무기물이다.

- ③ 플라스크 B에서 고전압전류를 연결한 것은 원시 지구에서 발생한 고에너지를 공급하기 위함이다.
  - ④ 아래에 있는 U자관은 원시바다를 나타낸다.
  - ⑤ U자관에 모인 유기물 분석을 통래여 원시지구의 대기로부터 생명체를 구성하는 유기물이 만들어졌음을 확인할 수 있다.
- (3) 아래의 보기에서 플라스크 B에 들어가는 기체를 모두 고르시오.

**보기**

- ㉠ 수소(H<sub>2</sub>)                              ㉡ 산소(O<sub>2</sub>)
- ㉢ 질소(N<sub>2</sub>)                              ㉣ 암모니아(NH<sub>3</sub>)
- ㉤ 수증기(H<sub>2</sub>O)                        ㉥ 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)
- ㉦ 메테인(CH<sub>4</sub>)                        ㉧ 이산화황(SO<sub>2</sub>)

(4) 아래의 보기에서 이 실험의 결과 얻을 수 있는 유기물 샘플을 모두 고르시오.

**보기**

- ㉠ 아미노산                              ㉡ 유기산                              ㉢ 무기산
- ㉣ 폼산                                      ㉤ 젖산                                      ㉥ 사이안화수소
- ㉦ 요소                                        ㉧ 타타르산                              ㉨ 탄산

**08** 다음은 DNA와 RNA에 대한 설명이다. 옳지 않은 것을 고르면?

- ① DNA는 유전물질이다.
- ② DNA는 특정 단백질에 대한 정보를 담고 있다.
- ③ 세포 안에는 핵 속에만 DNA가 들어 있다.
- ④ RNA는 DNA로부터 특정 단백질에 대한 정보를 얻는다.
- ⑤ 생명탄생 초기에는 RNA가 유전물질이었다.



## 서술형문제

**01** 유전물질이 RNA에서 DNA로 바뀐 이유에 대하여 30자 이내로 서술하시오.

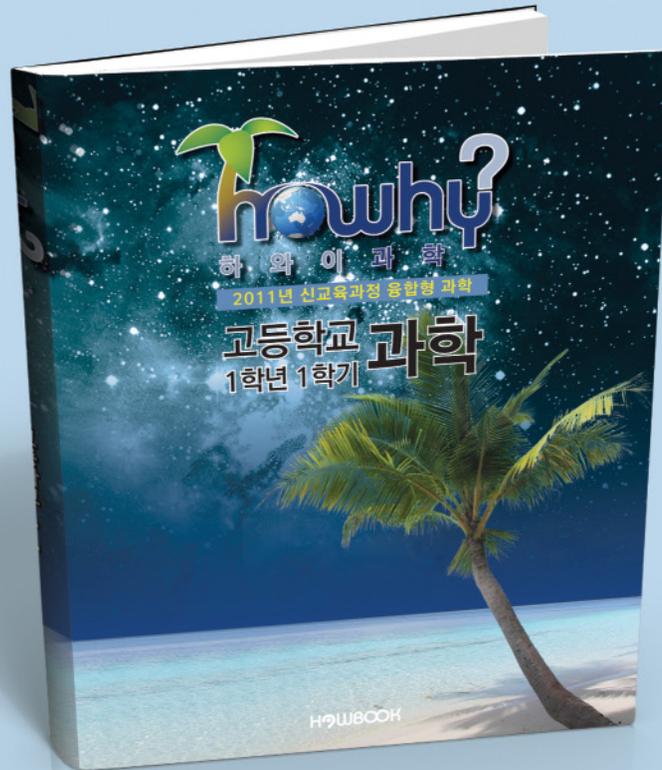
**02** 생명활동을 하기 위한 물질의 대부분은 탄소를 기본골격으로 하는 탄소화합물이다. 이것은 탄소의 화학적 성질과 관계있다. 탄소의 화학적 성질에 대하여 30자 이내로 서술하시오.

**03** DNA가 생명의 중요한 기본요소가 되는 이유를 30자 이내로 서술하시오.

**04** RNA세계와 DNA세계의 차이점에 대하여 30자 이내로 서술하시오.

# howhy?

하와이 과학



## 최고인지는 보고 결정하십시오!

**기본서** 고등학교 1학년 하와이 과학Ⅰ / 하와이 과학Ⅱ  
고등학교 2,3학년 하와이 과학 물리 / 하와이 과학 물리Ⅱ / 하와이 과학 화학 / 하와이 과학 화학Ⅱ / 하와이 과학 생명과학  
하와이 과학 생명과학Ⅱ / 하와이 과학 지구과학 / 하와이 과학 지구과학Ⅱ

**문제집** 고등학교 1학년 하와이 과학Ⅰ 문제집 / 하와이 과학Ⅱ 문제집  
고등학교 2,3학년 하와이 과학 물리 문제집 / 하와이 과학 물리Ⅱ 문제집 / 하와이 과학 화학 문제집 / 하와이 과학 화학Ⅱ 문제집  
하와이 과학 생명과학 문제집 / 하와이 과학 생명과학Ⅱ 문제집 / 하와이 과학 지구과학 문제집 / 하와이 과학 지구과학Ⅱ 문제집

HOWBOOK

문의전화 | 02-2689-2072 홈페이지 | [www.howbook.co.kr](http://www.howbook.co.kr) E-mail | [howbookkorea@gmail.com](mailto:howbookkorea@gmail.com)