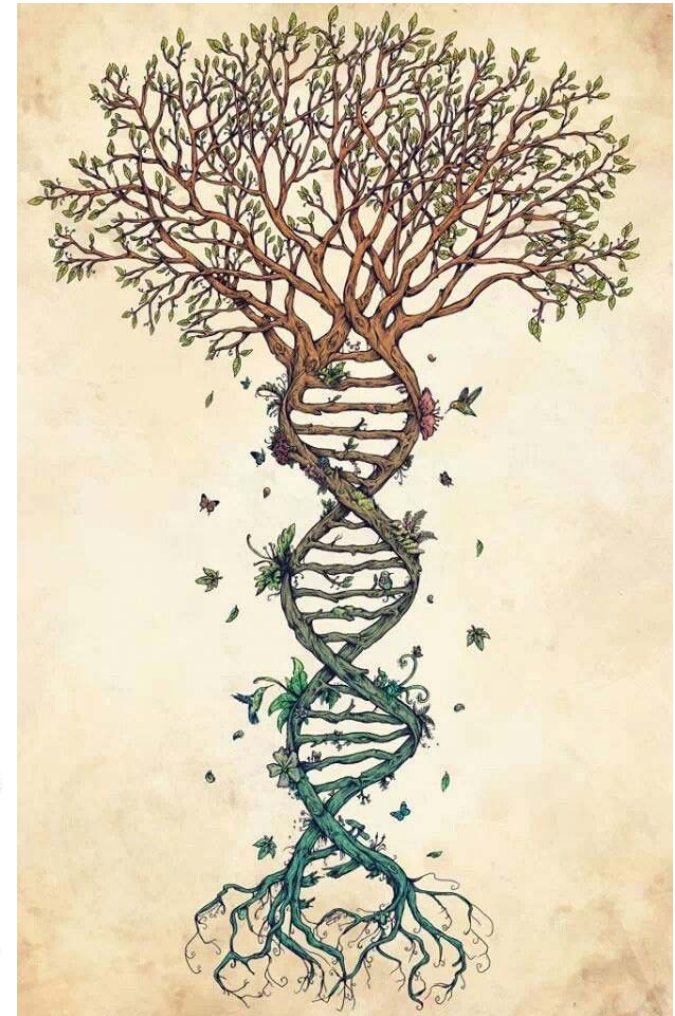
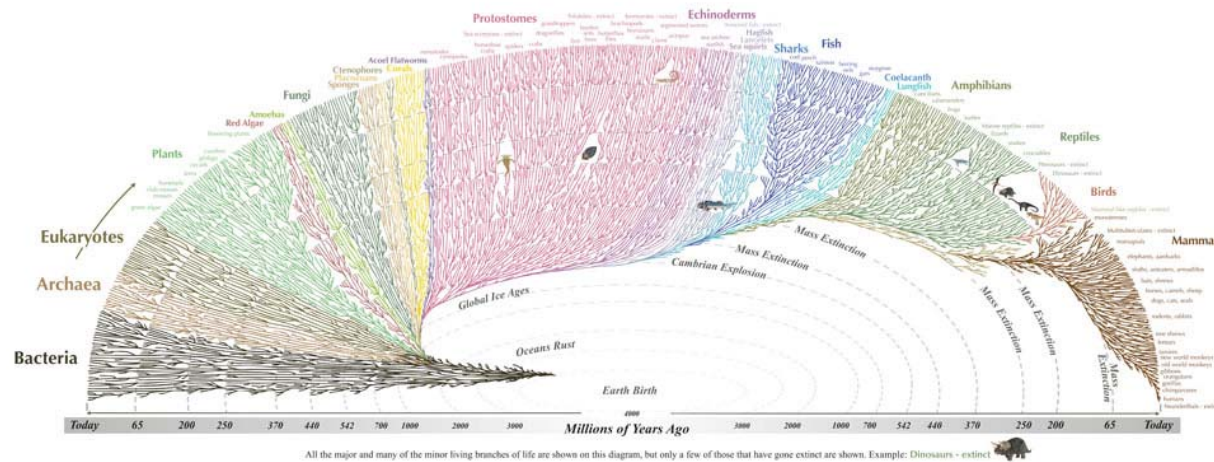
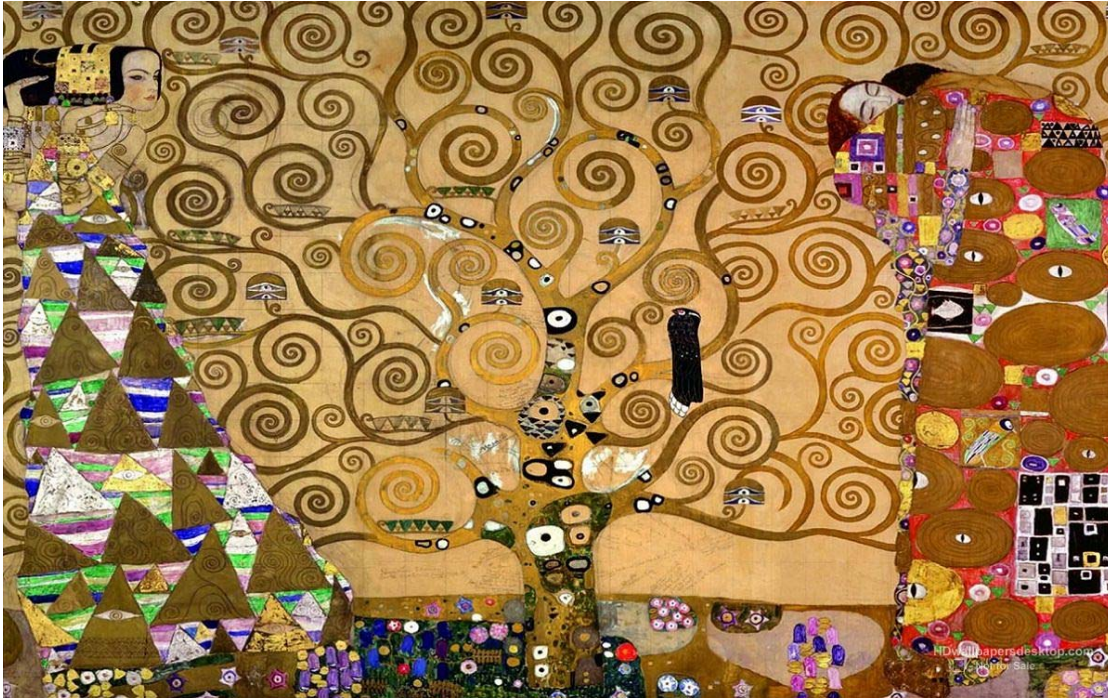


Origin and Tree of Life



I. Big Questions 과학 Chap 2.

생명체는 어떻게 시작되었을까?

- 생명체가 무기물들의 soup에서 시작되었다??? 라는 생각은 최초로 다아윈에 의함.

- **오파린의 가설**

러시아의 생화학자 알렉산드르 이바노비치 오파린(1894-1980)은 1922년 봄 모스크바에서 열린 식물학회에서 오파린은 처음으로 **원시지구에서 자연발생적으로 생명체가 탄생**할 수 있다고 소개함. 지구의 원시대기는 수소, 메탄, 암모니아와 같은 환원성 기체(수소 또는 수소와 결합한 기체분자)로 충만해 있었다. 이 기체들은 지구 내부에서 분출되는 고온의 니켈, 크롬과 같은 금속들의 촉매작용으로 인해 단순한 유기분자들로 변한 다음, 암모니아와 다시 결합해 점차 복잡한 질소화합물로 변해갔다. 이러한 화합물은 바다에 농축되기 시작했고, **콜로이드 형태의 코아세르베이트(coacervate)**로 변했다. 코아세르베이트는 막을 가진 액상의 유기물 덩어리로 외부환경과 구별되는 독립된 내부를 지녔다. 조잡하나마 세포의 형태를 갖춘 것이다. 이들이 점차 스스로 분열하고, 외부와 물질을 주고 받는 기능을 갖추면서 원시생명체로 진화했다는 가설.

- **스탠리 밀러**에 의해 오파린의 가설이 입증됨.

밀러는 지구의 원시대기가 목성이나 토성의 대기처럼 환원성 대기(메탄, 암모니아, 수소, 수증기)로 이뤄졌다고 가정하고, 플라스크 안에 원시바다와 같은 상태를 만들어놓고 이를 끓인 다음, 여기서 발생한 수증기가 수소, 메탄, 암모니아와 같은 환원성 대기와 섞이도록 했다. 그리고 마치 벼락이 떨어지는 것처럼 그곳에 전기방전을 일으켰다. 그랬더니 오파린의 예언처럼 그곳에서 **아미노산이 만들어졌다.** 테슬라 코일을 이용하여 전기 불꽃을 일으킴.

※ 테슬라 코일

고주파 전기신호를 변압기를 통해 고전압으로 끌어올리는 장치. 결과적으로 고주파 고전압을 발생시키는 장치 = 번개!!!

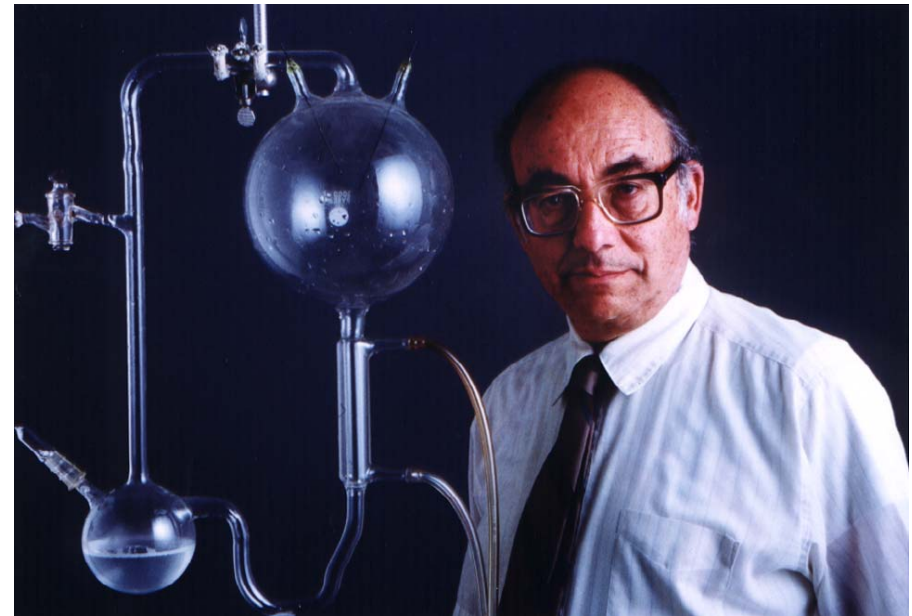
Oparin's Hypothesis

Early life on Earth formed through a series of reactions that made simple compounds gradually more complex

A. I. Oparin

Education Portal

알렉산드르 이바노비치 오파린: 원시지구의 무기물들로부터 생명이 진화하였다는 화학적 진화를 제시



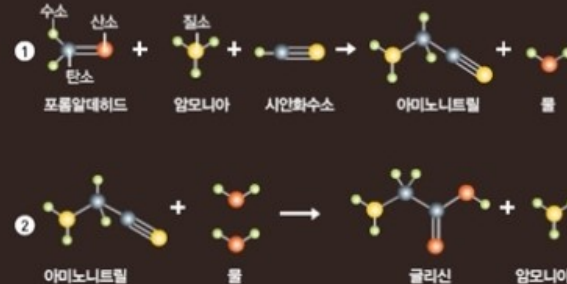
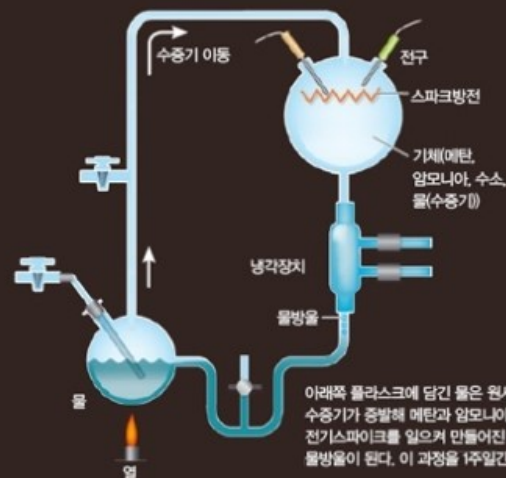
스탠리 밀러: 실험을 통해 오파린의 화학적 진화를 증명

밀러의 초기 지구 재현 실험장치

1951년 말 대학원생이던 스탠리 밀러는 몇 가지 유리기구와 전기스파크장치, 메탄과 암모니아 같은 가체를 이용해 초기 지구 조건을 재현했다. 반응물을 분석한 결과 생체분자인 아미노산이 다수 만들어졌다는 사실이 확인돼 세상을 깜짝 놀라게 했다.

글리신이 만들어지는 메커니즘

밀러의 실험장치에서 아미노산인 글리신이 만들어지는 메커니즘이 규명됐다. 먼저 포름알데히드와 시안화수소 같은 간단한 화합물이 만들어진 뒤 이들이 암모니아와 반응해 아미노노트릴이 만들어진다(①). 그 뒤 아미노노트릴이 물과 반응해 글리신과 암모니아로 바뀐다(②).



아래쪽 플라스크에 담긴 물은 원시 해양(또는 연못)을 재현한 것이다. 수증기가 증발해 메탄과 암모니아, 수소가 들어있는 플라스크로 이동한다. 전기스파크를 일으켜 만들어진 화합물은 수증기와 함께 냉각장치에서 물방울이 된다. 이 과정을 1주일간 계속해 얻은 유기물질을 분석했다.

- 밀러의 실험에도 불구하고 여전히 남은 생명탄생에 대한 이어지지 않은 연결고리:
→ 세포 형태를 지닌 스스로를 복제할 수 있는 능력을 지녀야 생명으로서의 특성을 지님.

- **생물의 정의? 생물의 특성?**

- 1) **Highly ordered (복잡한 구성)**

생물(organism)의 문자적 정의에서도 볼 수 있듯이 특별한 기능을 하는 고도로 복잡한 구성 (highly ordered)의 몸을 구성함.

- 2) **Homeostasis (항상성)**

자체의 항상성 기능으로 외부환경 변화로부터 자신을 유지시켜나간다. 열역학적인 면에서 아무런 에너지의 투입이 없이 이렇게 낮은 엔트로피 수준으로 유지될 수 없어서 생명체도 이러한 우주적 원리에 어긋나는 것은 아니다.

- 3) **Metabolism (대사)**

생명체 체제를 질서를 유지하기 위하여 생명체는 외부로 부터 고분자 화합물을 섭취하여 분해시켜 그 에너지를 이용하던지 아니면 태양광과 같은 에너지를 직접 이용함으로써, 주위의 엔트로피를 고도로 증가 시킴으로서 자기 자신이 유질될 수 있게 한다.

- 4) **Reproduction (복제)**

자신과 비슷한 유전적 구성을 하는 자손을 남겨 자신이 죽더라도 유전물질은 계속 이어진다.

- 5) **Evolution (진화)**

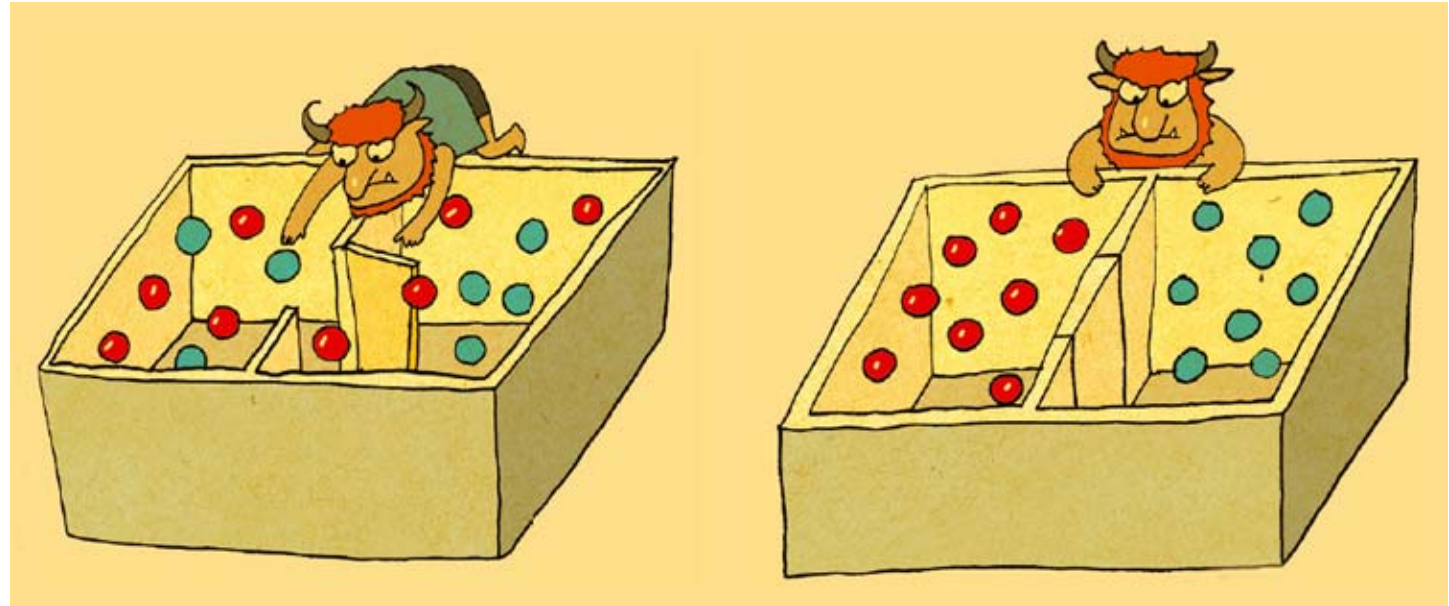
복제에 의해 자손이 남겨 지지만 자손들은 항상 일정하지 않고 변이가 존재하여 이들 변이를 바탕으로 진화가 일어난다.

※ 엔트로피?

물질계의 열적 상태를 나타내는 물리량의 하나. 간단히 말해서 무질서의 정도. 자연 현상은 언제나 물질계의 엔트로피가 증가하는 방향으로 일어나는데, 이를 **엔트로피 증가의 법칙** 또는 **열역학 제 2법칙**이라고 함.

열역학 제 1법칙: 에너지 보존의 법칙. 모든 물질반응의 전과 후의 에너지 총량은 같다.

- 맥스웰의 도깨비



열역학 제2법칙은 같은 온도를 갖는 두 물체가 자발적으로 서로 온도가 달라지는 것(하나는 온도가 높아지고, 하나는 온도가 낮아지는 것)은 불가능하다고 한다. 통계학적으로 불가능하기 때문이다. 다시 말해서, 열역학 제2법칙은 고립계의 엔트로피는 결코 감소하지 않는다는 것이다. 맥스웰은 같은 온도의 기체로 차 있고 서로 옆에 있는 A와 B 두 방을 상상했다. 작은 '도깨비'가 두 방의 분자들을 보면서 그 문을 지키고 있다. 기체 분자들의 평균 속도보다 빠른 큰 분자가 A방에서 문 쪽으로 오면 도깨비는 문을 열어 B방으로 넘어가게 한다. 같은 방식으로 B방에서는 느린 분자를 A방으로 이동시킨다. 이런 식으로 충분한 시간이 지나면, B방의 기체 분자들의 평균속력은 증가하고 A방보다 커진다. 평균분자속력은 온도와 일치하므로 A방은 온도가 낮아지고 B방은 높아진다. 이는 열역학 제 2법칙에 위배된다. 맥스웰의 도깨비는 존재하지 않는다. 그러나 생물에는 이런 맥스웰의 도깨비가 사는 것 같이 보인다. 즉 **생물은 발생과정을 통해 스스로 엔트로피를 감소시켜 나가 highly ordered 되어있는 체제를 만들어 나간다.** 하지만 실제로 생물이 이러한 체제를 만들어 나가거나 유지시키는데는 물질대사를 통해 주변의 엔트로피를 증가시킴으로서 이를 가능하게 하는 것으로 맥스웰의 열역학 법칙에 위배되지 않는 것이다.



섞은 팥빙수보다 안섞은 팥빙수가 더 엔트로피가 낮은 상태임.

우리는 엔트로피가 낮은 highly ordered된 상태의 세상을 추구한다. 왜?

우리가 원하면 언제든지 높은 엔트로피 수준으로 진행하는 것(확 섞어 버리는 것)은 쉽지만 역방향은 매우 어렵다. 맥스웰의 도깨비는 존재하지 않으니까...

언젠가는 우리가 사는 우주는 높은 엔트로피의 상태의 열적 평형으로 죽어가지 않을까?

- 생명은 스스로 복제를 할 수 있어야 한다는데...

부모에서 자손으로 이어지는 유전물질은 무엇일까? RNA? DNA? 단백질?

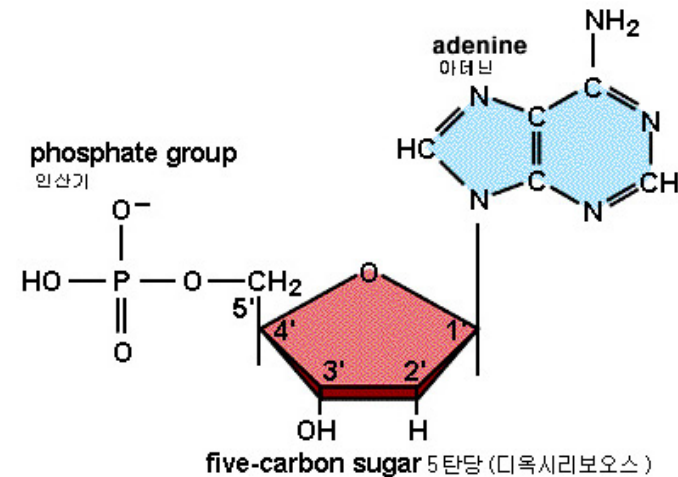
→ **Watson과 Crick**에 의해 DNA의 분자구조가 밝혀지고 DNA가 유전물질임이 밝혀진 후 DNA는 생물학계의 슈퍼스타로 떠오름.

※ 간단히 DNA에 대하여 알아 봅시다.

- DNA와 RNA는 뉴클레오티드라는 기본 단위로 이루어져 있음.

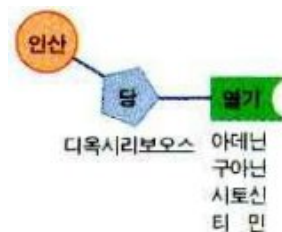
뉴클레오티드 = 인산 + 당 + 염기

- DNA는 당과 인산이 연결되어 사다리의 손잡이에 해당하는 구조가 만들어지며 여기에 유전정보를 포함하고 있는 **4가지 종류의 염기쌍**이 사다리의 가로대에 해당하는 구조를 이루며 **이중나선모양**을 만들게 됨.

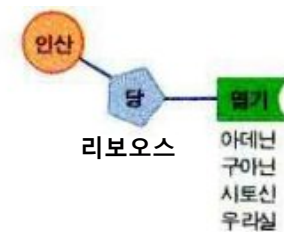


RNA는 DNA와는 달리

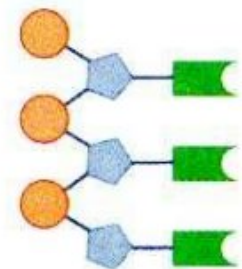
- 1) 당이 디옥시리보오스 대신 리보오스를 갖고,
- 2) 염기는 티민 대신 우라실 (U)를 갖고,
- 3) 이중나선이 아닌 뉴클레오티드의 단일사슬을 갖는다.



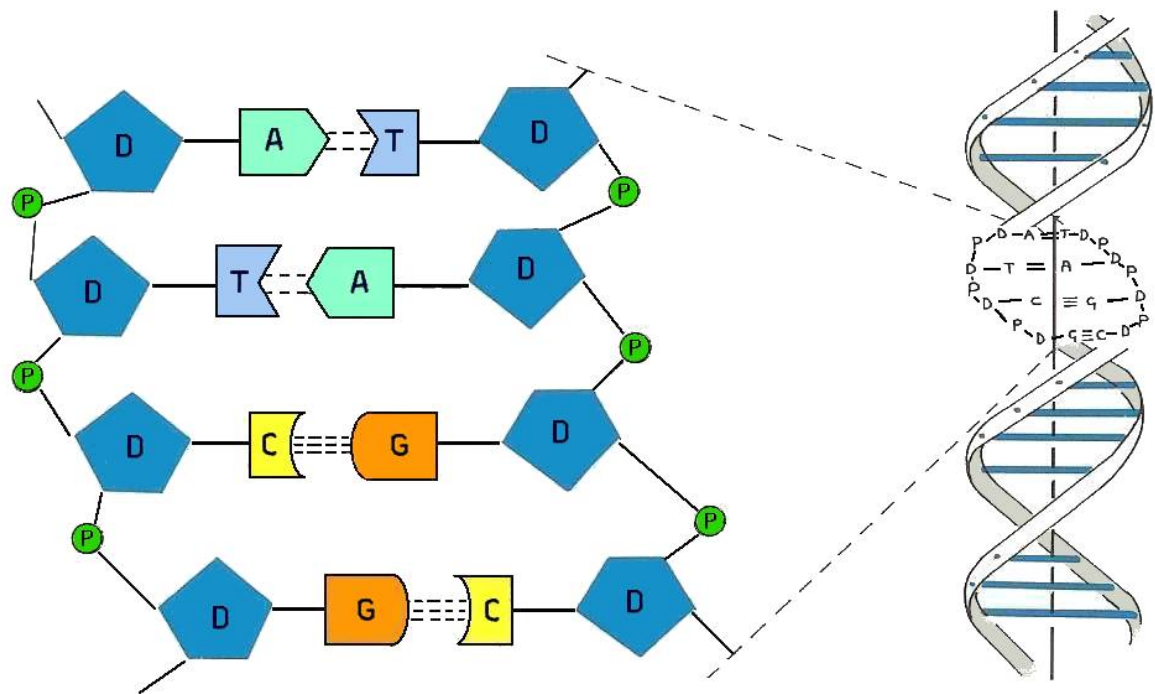
DNA의 뉴클레오티드



RNA의 뉴클레오티드

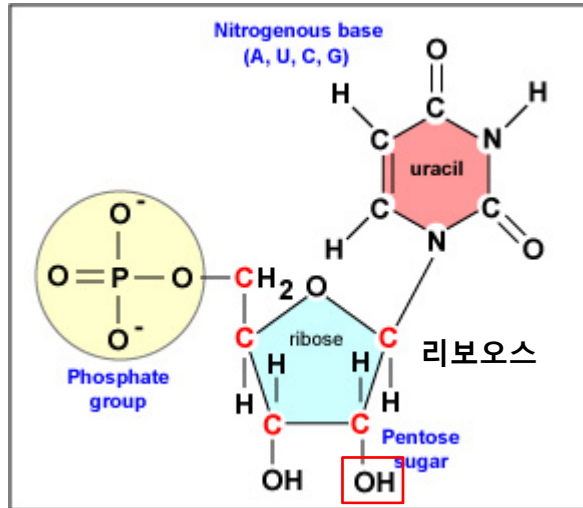


뉴클레오티드의 사슬

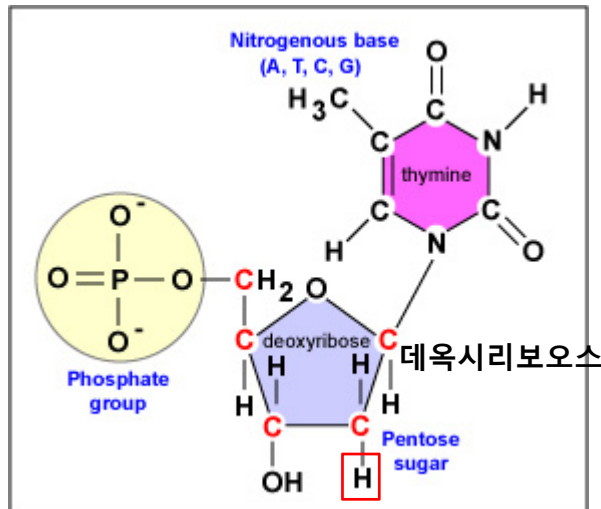


뉴클레오타이드들은 탈수축합반응으로 서로 연결된다.

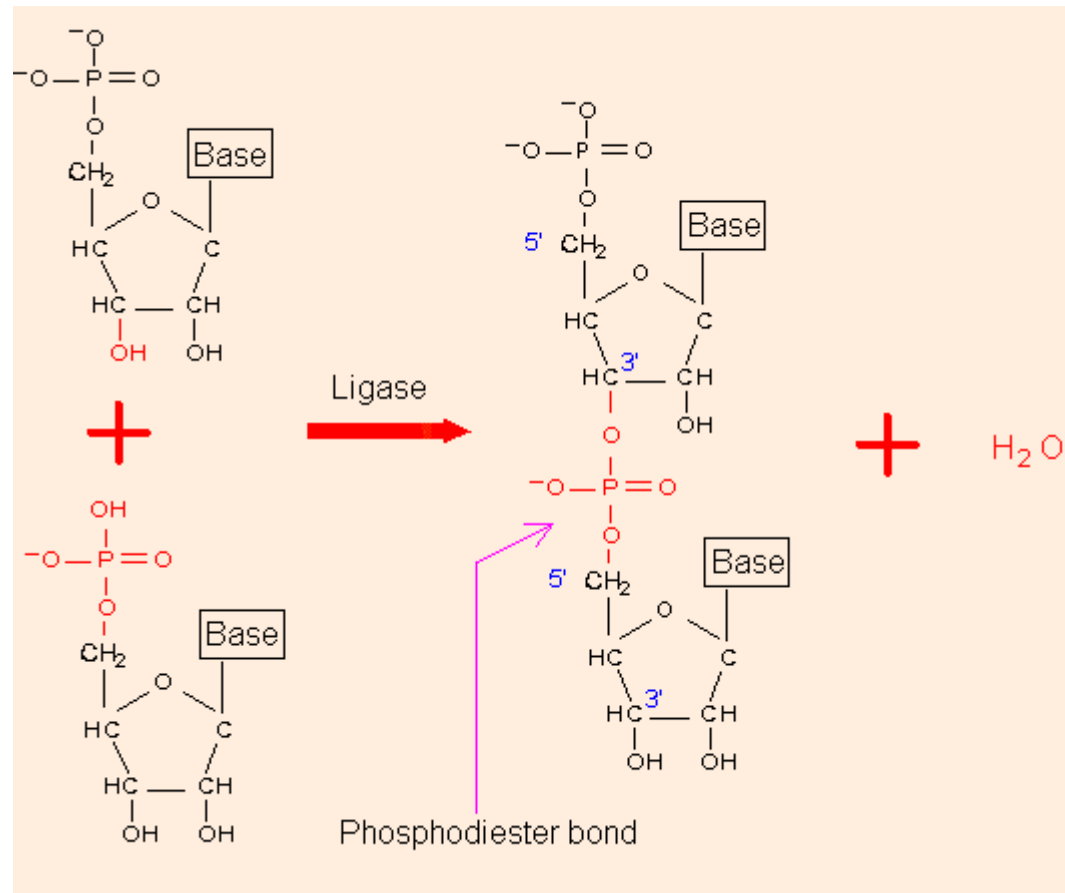
→ 계속 연결되어 염기에 유전정보를 담고 있는 긴 사슬을 형성하게 된다.



RNA뉴클레오타이드

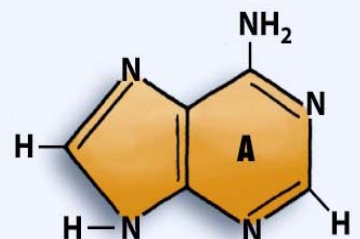
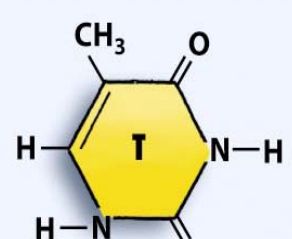
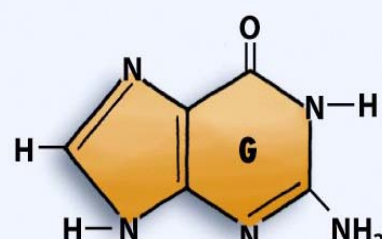


DNA뉴클레오타이드



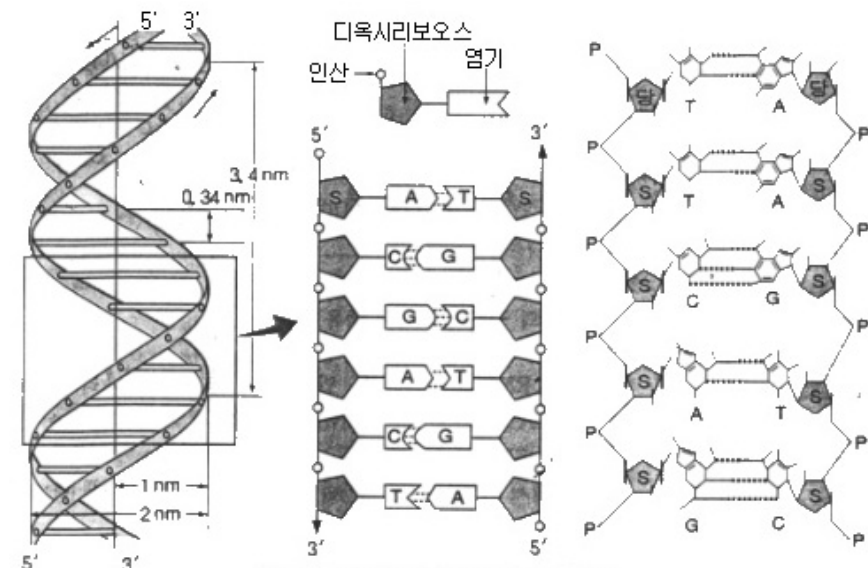
DNA 사슬에는 염기서열에 유전 “정보”를 포함하고 있는데, 이를 읽는 순서는 당에 있는 탄소의 번호들 중 5번 탄소에서 3번 탄소 방향이다. 5' → 3'

DNA를 이루는 4가지 종류의 염기들

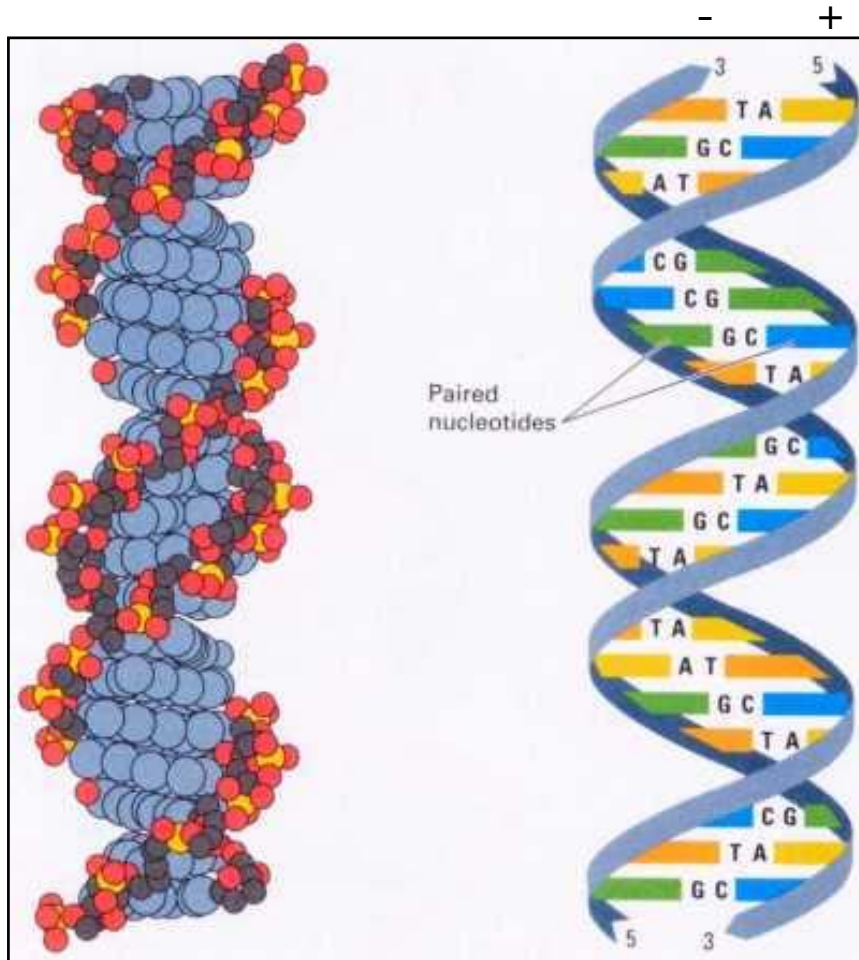
Purines 퓨린계	Pyrimidines 피리미딘계
 Adenine (A) 아데닌	 Thymine (T) 티민
 Guanine (G) 구아닌	 Cytosine (C) 시토신

- 퓨린계는 링이 2개, 피리미딘계는 링이 3개
- 반드시 A는 T와, G는 C와 결합한다.
- A와 T의 결합은 2중수소결합, G와 C의 결합은 3중수소결합으로 GC의 결합이 더 강력하다.

- 각각의 염기쌍으로 결합되어 길게 연결된 nucleotide들은 antiparallel한 사다리모양을 이루게 되고 이 사다리가 꼬여 이중나선의 구조를 이룬다.
- 이중나선의 지름은 약 2 nm, 한 바퀴 꼬이는데 3.4 nm, 한 바퀴에 열 개의 염기쌍이 붙어있어 염기쌍과 염기쌍의 거리는 0.34 nm가 된다.



[DNA의 2중 나선 구조의 모형도]



DNA의 염기서열 중 하나를 + 서열이라고 하고 대응하는 서열을 - 서열이라고 한다. DNA염기서열을 나타낼 때는 +서열만을 표시하고, 그렇게 하면 자동으로 -서열도 알 수 있다.

좌측과 같이 보이는 DNA의 염기서열을 읽는 방법은?

- 1) ACTCCGTCACATAGTGAC
- 2) CAGTGATACTGCCTCA
- 3) TGAGGCAGTGTATCACTG
- 4) GTCACTATGTGACGGAGT

- DNA 염기서열의 정보는 mRNA로 **전사(transcription)**되고, mRNA는 단백질로 **번역(translation)**되고, 만들어진 단백질은 생명체의 몸을 구성하는 구조 단백질 및 각종 효소들을 만들어내어 생물이 살아갈 수 있게 한다.
- 즉 생명체의 가장 중요한 구성요소인 단백질을 만들어내는 "정보"는 DNA에 저장되어 있다. 이 정보를 복사본인 mRNA형태로 만들어 세포의 핵 밖으로 가지고 나와서 이를 바탕으로 필요한 단백질을 만들어 낸다.

이 서열은 목련의 엽록체 유전체의 DNA 염기서열로서 두 이중나선 중 + 사슬을 5' 방향에서 3' 방향으로 읽은 것이다.

>M_kobus

```
ATTCATCCTATTGGCTCTACTCATCCGAAATAGATATCTTCCAAATTGGGGAATATCAATGAAGCCCCTTTCTTTTATTAGCCCATTCAATAACGAATGAGAGTCCGGTT
ACTCTGTTTCATCTAGAACAGAACGTGAAAAGACTCCTTGAATATCTGGAGTTGTAGAAGTGAAGATGAGTTTCTTATCATTCAATAAGCATCTTGTATTTTCATAGAAATT
GGGGGCAATATAATCCTTACGTAGGGGCCAGCCTATCCAACCTTTCAGGCATCAAGATACGTTTCAGGCGTGATGATTTTCATAGGAAATTTCCCAACATATCATAAGAT
TCCCGTTCTTGAAAATCAGCACTTTTCCAAATCCAGAAAACAGACGGGATTCTAGGATTCCTCCTTGGGGCAAATACTTTTATGCATACCTCTTCGGGTTGATCCACACC
ATACTCTATTTTTCGTAAGATGATACACACTAGCTAACAAATCCGCCCGGCGCTACATCATAGGCACACTGGGAACGTAGATAATTGTAACCATATACATATGAAATGAGC
AATGGAATACCAATCCTCGGGCTTTATTTGTAAAGTCTCTATTCTTGTAATCGAAGCCCAAAGATCTATGAACTAGCTCATGCTTGAAGTACCAAGCAGATGAACGAC
CCTGCATCTTCTTGATCTCTCCACATTTTTATGAGTATTTACATTTACGATGAAATTTATGAAGATTGAACCGCTGTTTGTATTCTACACAAACACACCCTGCCTAATTC
ACTAATTCGTGGGAAGATACTGAACTTTTGTATTTGAAAAATGTTTCAGAAGATATCTCTGAAGTAGAGGGGGATTGATAGAGCAATCCTTGATCGTAATTTCCAGTATG
AGTACTGCGTCCAACATGAACTTGTGATTGGTAGTAAAAACATCGATTTTCTGTTGAGACCCAATTCTATCTTCAGAGATTTCTCGAGATACTTTCTTACGAAGTTTTGTT
ATAGCATCTATAACTGCCTCTGGTTTAGGTGGGCAACCCGGCAAATAGACATCCACAGGAATTAGCTTATCGACTCCCCGAACGGTACTATAAGAATCGGTACTGAACA
TCCCTCCTGTAATAGTACAAGCTCCCATAGCAATGACATATTTTGGTTCAGGCATTTGCTCATATAATCTCACTAAAGAAGGGGCCATTTTCATTGTTACTGTGCCGGCTG
TTAAATTAGGTCTGCTTGCCTAGGGCTCGATCTTGGGACCAGTCCATAACGATCAAAGTCGAATCGCGAGCCTATTAATGAAGCAAATTCAATGAAGCAACAACCTGGT
ACCATAGAGAAGCGGCCATAAACTGGAGAGTCTTGACCAATTCGAAAGATCGTTGATGTAGTTGAAATAACTGAATTTTGGGTTGTTCCGGTCAAGTAACGGAAACTCA
ATAGAATTCATAACTGTCTCAATGGAATCTTTTCTTCTTTTGTATTTGATTGTCTGAATATTCAGGAGCTAAGACCATTCCAATGCTCCTTTTCGCCATGCATAAACTGA
ACCAACAATTGGGATAAGCACGAAAAATTAAGCTTCTATAAATACAGATACACCCAATACATCGAACTCATTGCCCATGGATAAAGAAAGACCGTTTCAACATCAAAA
ACAACAAAACTAGAGCAAACATATAATAACGGATTTCGGAATTGTAACCAAGCATCCCCCATGGGTTCTATACCCGATTCACTAAGAGAGCTTCTCTGGTCTTCTCAC
TAATCGGGGCTAAAACTCCGGAATTAGAAATGCCAAATAGGAATAACACTTGATATTATTAGAAATGCCCAGAAGATATCATATTCGTGAAGCAGAAACATAGATGT
ACTCCTATGAATGTGGAATATACCGAATTAGTCGATTGCAATCGGAATTGTCAATTCATCCATAACTGCTTAGTCGAAACAAACATTTTGATCGAACCACATAGTTTCGTT
TGTTTGCTGTGGGTCATGTCTCGTTTCAAGATTTATCCAACGTAATCTCACTTACTTCGATTCTATTTTCGATATAGTGTAGACATATCATGCTCTTATACAAATAAAATTCTC
TCAATTTCACTTTGCCTCGGATTCTCTCTAAAAAGGGAATGAAAGAATATATTCAATTAATAATATGAATTGAAATAATATTCAATTCATAAATAAAATGAATAAAAGA
AAGATTCAATTAATAATTAACATAAATGTTATGTTAAAAATTGAAATATTCAATTAATATAATCAAAGAAGAGGTCTGGCTCATTTTTTCTCTTTTTTTTTTCTTGTAGTGATT
TAGAATATAGTCAGTAGTCAGATGTAGTAGAATGTCTAGGGATTTCATCTCGTTATGGTATATTCTACTCGGTTGGCGTTCGTGTATTCTTTTCATTAAGATCTGGATAGA
GGATCATTGTTTCTATTGATTGATACGGATACAGAAACAGAATGCATCGACCAATTAGATTCTCTCTCCTTGCCCCAGATTATATACTTAATTGATTTTATTCAATCCGTTG
AATTCTGAGGAACCCCTTATATATAAGTTTCTATACCCAAATTAGAGACTTTGGACCTGTACTACCCCGACCTTACCCCCCAGAAACAATCGAATTATTTAATTTCGAGTTG
AAGTCTTGAAAGAGCATTCCATTTTCGGACCAATTTCTAGGACTAAAGGTCTTGATTGGAATGACTCGAAATACTTGTTAATGTAATAATATCTAGTAAGACCAACGGTT
AGGCTTCGTGACAATAAAAAAGGATTCTTTTGAACAAACCTACACAATGGAGCATAGTGCAGTGGTAGAGTCGGATGAATTGTAAATGATCTACAGAAGATACTTCTAA
TGGAATGGAATCACGCGTTGTGCAACGGTTCGACAGACCCACTCATAAAAAATTAATAACAAGAGGGCGCAAACATTGATTAGGACCAAGTCATTATCTCTGAAACTG
GGGTTGTTGTTCCACCAAAAAAGTGATGAGTTGGGGGATTCTAACTCATCCAAGTTCAAATGGCCCCTAATCTTCTTGATAAAGTCTGCATCGGTAGAATTGGAATGAT
GAGCAATTGGATTGGAGTAAATTGGAATACAAAAAATAAGTATTGTACAGAAACAGAAAAAATAACTACTTGTTTTGCCAGGCCGGTTATACGAAGAAAAGCCTATTTT
ACAATGAAACTTACCAACTTCGTTTTTGAACCTCCGGCTTACAAATACAAGAACAAGAATAGGTACTAGATCCATGTGACTTACTATTTCGATTTGATTTGGTTGGGTCAG
GTTGGAGTTTTTAGCCAGGCTCATGTTATGATTTTGACTTCATAAATTGACTTGGGTATACCAAAGCAAAGGTGTATCACTAAATCTTTGATCATGGACAAGAAAAGAGG
AAAAAGTCGTATGTCATTACACACGAAGATTAATGAAGAAGAATGGCTTTGTTTATCCGAGATTGAAAATAACTCTGTGCCAGCAGCCGCGGTAAGACAGAGGATG
```

...

“BIG Questions 과학”의 Chap 2의 나머지 부분들은 “가정”에 의한 생명의 기원에 대한 것으로 “RNA”가 원시지구환경에서 생긴 최초의 생명체의 유전물질이었을 가능성에 대한 논쟁임.
→ 나머지는 각자 읽어보시오.

II. Cosmos 2편 생명의 강물

- **인위선택 artificial selection** (=육종) 인간이 생물의 우량한 형질만을 선발하여 교배하고 품종을 개량하는 것.
예) 인간이 늑대를 인위선택하여 인간이 사육하는 개로 개량함.
- **자연선택 natural selection** 생존경쟁에서 환경에 적응한 개체만이 생존하여 자손을 남기게 되는 것.
예) 갈색곰의 북극곰으로의 진화
- 눈의 진화는 바다에서 육상으로 올라와 다시 시작한 것이 아니라 있는 것을 바탕으로 조금씩 수정해 나가는 과정을 겪은 것임!
- 타이탄: 질소대기, 지구보다 매우 춥지만 생명의 존재가능성이 있음. 타이탄은 메탄과 에탄의 바다로 이루어짐.

[지질연대표]

(연대 단위 : 백만 년)

이 연	대	기	세	절대 연령		생물계의 역사
				시작 시기	지속 기간	
현 생 대	신 생 대	제4기	현 세	0.01	0.01	현대인의 출현 mammoth
			플라이스토세		2.49	
		제3기	플라이오세	2.5	4.5	
			마요세	7	19	초식성 포유류의 번성과 발전
			올리고세	26	12	화폐식 코끼리의 출현
			에오세	38	16	말, 무소, 낙타의 선조 출현
			팔레오세	54	11	영장류 출현
				65	71	속씨식물 등장
	중 생 대	백악기	중백악기	136	54	공룡 시조새, 익룡 출현 암모나이트
			쥐라기	190	35	원시 포유류 출현
		트라이아스기	트라이아스기	230	55	포유류와 유사한 파충류 및 겉씨식물 등장
			페름기	280	65	원시 파충류 출현, 대형 곤충류 방추충
		고생대	석탄기	345	50	양서류 출현 삼엽충
			데본기	395	35	육상 식물 및 폐어류 출현
			실루리아기	430	70	필석류 번성, 갑주어 등장 필석
	이 연	원생대	오르도비스기	500	70	삼엽충 출현
			캠브리아기	570	1930	연질 무척추동물 및 해조류 출현
근 생 대	시 생 대	제2기	실루리아기	2500	2100	단세포 생물 등장
			오르도비스기	3800	4600	가장 오래된 암석

현재 종이 사라지는 속도는 과거 다섯 번의 대멸종 보다 빠른 속도이며 현대는 여섯번째 대멸종의 기간으로 생각됨!

백악기 대멸종 (운석 때문???)

페름기 대멸종 (시베리아 화산분출 때문?) 지구생물의 90% 가 사라짐.

지금까지 지구의 역사상 다섯번의 대멸종 (mass extinction)이 일어남

※ **완보동물(Tardigrada; 緩步動物)**은 **물곰**이라고도 불리는 동물의 한 문으로, 절지동물과 계통적으로 연관이 있다. 성체의 최대 크기가 1.5mm이고, 작은 것은 0.1 mm가 채 되지 않는다. 8개의 발이 있어 곰처럼 걷는 모습으로 인해 물곰이라고 지었다고 한다. 현재까지 약 750 종이 발견되었고, 히말라야 산맥 정상에서 깊은 심해까지, 극 지방에서 적도까지 지구 전체에 걸쳐 퍼져 있다. 수분 공급 없이 10년을 살 수 있고, 진공상태에서도 살 수 있고, 섭씨 151도로 끓여도 살고 -273도에서도 견딘다고 알려져 있다. 평균 수명은 150년이며, 신진대사를 멈추고 휴면 상태로 120년간 지낸 것이 보고되기도 하였고, 강력한 X선에서도 생존할 만큼 강한 생물이다.



"Tree of life" in the
Animal Kingdom, Florida

