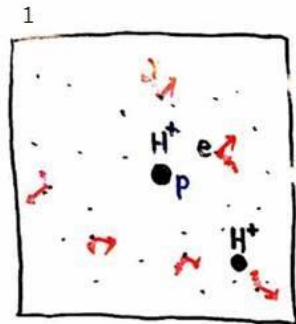


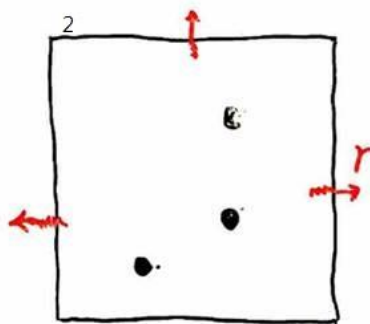
제 10 회 137 억년 우주의 진화 6 강
(박문호 박사님 강의 내용을 초록한 것입니다)

이 137 억년 우주의 진화 시리즈의 총 강의 시간이 500 시간을 넘었다.
지금까지 내용을 다른 각도에서 정리하고자 한다. 플랫폼이 보이기 시작한다.
많은 것을 했다. 그 동안 배운 것을 이제 지구과학과 우주론과 링크할 수 있는 플랫폼이 필요하다.
137 억년 우주론을 들은 분들은 익숙한 내용일 것이다.

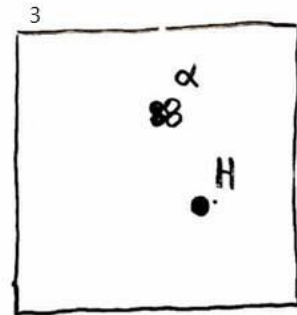
작은 사각형 9 개로 구성했다.



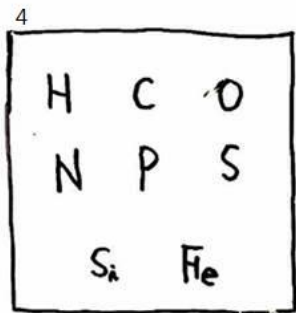
$t = 10^{-6} \text{ sec}$



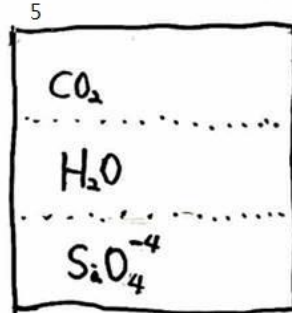
$t = 38 \times 10^4 \text{ y}$



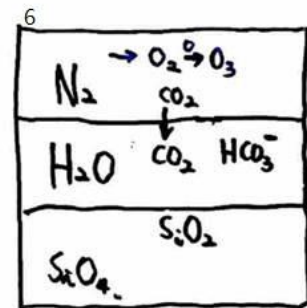
$t = 3 \text{ min}$



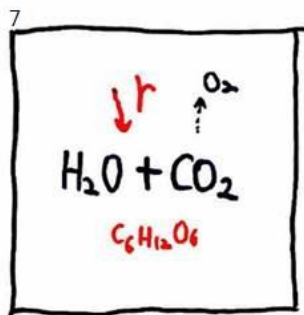
$t = 5 \times 10^8 \text{ y}$
stella nucleosynthesis



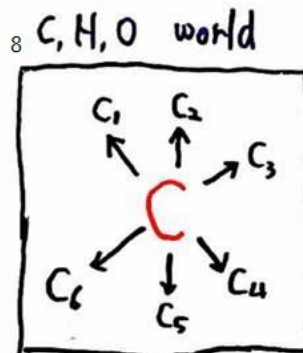
planet



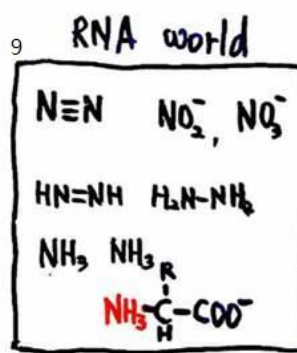
evolution of planet



origin of life



C - backbone



첫번째는 빅뱅이다.
빅뱅 이후 백만분의 1 초후의 우주이다.

세가지가 존재한다.

양자, 전자, 광자이다. 검은 점은 양자이고 작은 점들은 전자이다.

나머지 하나는 포톤 즉 광자이다. 창문은 우주를 나타낸다.

초기 우주에는 3 가지 요소 밖에 없었다.

포톤은 전자에 충돌해 난반사 된다. 천문학적으로 무수하게 많은 충돌이 일어난다.

수증기 탕에 안개가 자욱해서 사람이 보이지 않는 것과 비슷한 이미지이다.

빅뱅 후 백만 분의 1 초 때에는 에너지는 1 기가(10^{12} 승)eV 가 되고, 온도는 10^{15} 승 도가 넘는다.

양성자, 전자, 광자. 우주에 이 세가지 밖에 없다. That's all! 지금도 이 3 가지 밖에 없다. 끝!

까만 점이 P(양성자), 작은 점이 e(전자) 그리고 빨간 선이 r(광자)이다.

자연과학이 어렵다는 사람은 본질을 모르는 사람이다. 아무리 어렵다 해도 이 세가지 밖에 없다.

한가지 빠진 것이 있다.

파인만이 이야기 했다. 중력이다. 중력은 별도로 한다. 일반상대성 이야기다.

우주 전체를 다룰 때는 메인이지만, 생명을 다룰 때는 그렇게 중요하지 않다.

양성자, 전자, 광자 이 세가지면 모든 것을 설명할 수 있다.

가장 중요한 메세지는 빅뱅 당시에도 세가지 이었고, 지금도 그것 밖에 없다는 것이다.

하나도 바뀌지 않았다.

두번 째는 우주에서 가장 중요한 사건이 벌어진다.

빅뱅 후 38 만년 이후 시점이다.

우주의 온도가 10^4 정도에서 3000 도 정도로 떨어진다. 온도가 떨어지면 전자의 속도가 떨어진다.

지금 이 방안의 수소 분자의 속도는 초속 400km 정도이고, 이산화 탄소도 초속 100km 정도 된다.

전자의 질량은 양성자의 $1/1860$ 이다. 전자 질량은 거의 없다고 생각해도 된다.

속도가 빠르면 운동량이 커진다. 비행기에 참새가 부딪혀도 비행기의 피해가 상당히 크다.

전자의 속도가 빠르면 전자가 양성자를 만나도 살짝 휘어지는데,

속도가 늦어지면 음의 전자를 띤 전자가 양성자 주위에 감겨 버린다.

이것이 수소 원자이다. 아톰의 출현이다.

전자가 양성자 주위에 모이면서 전자 때문에 부딪쳐서 산란하던 광자가,

전자가 없어진 공간을 통해서 우주로 빠져 나온다.

이때(137 억년 전에) 나온 광자를 실제로 인공위성이 측정했다.

2002 년도에 WMAP 이 측정하면서 우주론이 정서과학으로 들어왔다..

이때 양성자를 H^+ 로 표시한다. 그래서 지금도 H^+ 가 그렇게 많이 나온다.

포도나 오렌지 같은 산성물질에 양성자가 많다.

137 억년은 gap 이 없다. 양성자는 그때나 지금이나 존재하고 있다.

빅뱅과 지금의 자연 현상을 분리해서 보지 말라. 한번도 움직여 본적이 없고 그대로다.

지난 12 월부터 지금까지의 모든 강의는 전자의 이동과 양성자 이동 밖에 없다.

해당작용, TC A 회로, 5 탄당 인산화로, 켈빈 회로의 그 많은 분자식에서,

양성자와 전자의 이동 외에 무언가 있으면 이야기해 보라

전자의 이동과 양성자의 이동 그것 밖에 없다. 알아야 할 것은 양성자와 전자의 이동뿐이다.

광자는 광합성 때 조금 있다.

전자와 양성자의 이동이 복잡하긴 하지만 근본은 이것 밖에 없다. 이것만 하면 다 풀린다.
다른 설명이 필요 없다. 전자와 양성자 이동만 따라 가면 된다.

별 속에는 지금도 1 번 프레임 형태이다. 별의 온도가 수천 만도에서 1 억도가 넘기 때문이다.
우주의 대부분을 별의 물질이 갖고 있고 99.9%는 1 번과 같은 형태이다.

지구와 생명은 우주에서 극단적 상황이다. 그것 잊어버려도 된다.
지구니 생명이니 하는 것 잊어버리고 나면 우주가 보인다.

그 동안 과학자들이 수많은 노력을 했지만 생명이 있는 곳을 우주에서 한 곳도 발견하지 못했다.
생명이 있을 수는 있지만 적어도 수 광년 안에는 없다는 것이다.

지구와 생명은 우주에서 극단적 상황이다.
지구와 비슷한 행성은 많이(3,000 여 개) 찾았으나,
대기 중에 산소가 있고 H₂O 가 액체로 존재하는 바다가 있는 행성은 현재까지는 없었다.

태양 속에는 양성자, 전자, 광자 이것 밖에 없다.
모든 별이 그렇다. 우리의 인식을 전환해야 한다.

자연과학이 어려운 이유는 지구나 생명이 우주에서 극단적 상황이기 때문이다.
생명은 우주 전체에서 보면 없어도 되는 것이다. 물거품 같은 이야기이다.

세 번 째 프레임은 빅뱅 후 3 분이 경과된 시점이다.

우주론에서 가장 유명한 <최초의 3 분>은 와인버거의 저서이다. 왜 최초의 3 분이라 했을까?
우주에서 2 번 째 원자가 출현한다. 알파 파티클이다. He 원자이다. 양성자 2 개와 중성자 2 개이다.
전자는 없다.
수소와 헬륨은 빅뱅 때 생겼다.

별 속의 25% 정도가 헬륨이다. 지구 상에는 H 원자와 He 원자가 없다.
별은 H 와 He 가 거의 전부이다.

실제로 천문학자들은 원소 주기율표를 H 와 He 두가지만 나타내고 나머지(Metal)는 기타 등등으로 표시한다.

나머지 원소들은 빅뱅 후 5 억년이 지나서 나타난다. stellar nucleosynthesis 를 통해 별 속에서 출현한다.

그래서 나머지는 우주 속에서 의미가 없고, 파생물 즉 찌꺼기에 불과하다. 나머지 지구나 인간 등은 파생물에 불과하다.

이상 세가지 그림으로 우주가 끝났다.

네 번 째 프레임은 5 억년 후 별 속에서, stellar nucleosynthesis 에 의해 만들어진 C, O, N, P, S, Si, Fe 등이 출현한다.

다섯 번 째는 행성(planet)이 출현한다. 이러한 원소들이 지구 초기 대기과 태양과 대륙을 형성한다.

여섯 번째는 행성이 진화한다.

대기는 CO₂ 에서 N₂ 로 바뀌고 CO₂ 는 바닷물로 녹아 들어 대기 중에서 거의 사라진다.
대륙의 90%는 SiO₄ 로 이루어 지고 표면에서는 마그마 작용으로 SiO₂ 가 주를 이룬다.
이때까지 대륙에는 산소가 없다.

4-6 번이 행성 지구의 변천 과정이다.

일곱번 째는 생명의 탄생이다.

H₂O 와 CO₂ 가 태양 광선을 받아 광합성이 이루어 지고 생명을 출현 시킨다. 37 억년 전이다.

여덟번 째는 C, H, O world 이다.

카본 중심으로 일어난 세계이다. 탄소가 생명의 백본을 이룬다.

탄소를 중심으로 탄소가 1 개에서 6 개인 유기물이 탄생한다. 글루코스(C₆H₁₂O₆)가 출현한다.

아홉번 째는 RNA World 이다.

8 번 까지는 질소가 생명체에 들어오지 않았다.

질소는 3 중 결합으로 되어 있어 생명체 안으로 들어오기 어렵다.

삼중 결합 질소에 양성자가 하나씩 붙으면 이중 결합이 되고,

다시 양성자가 하나씩 붙어 단일 결합, 그리고 마지막에는 NH₃ 가 된다.

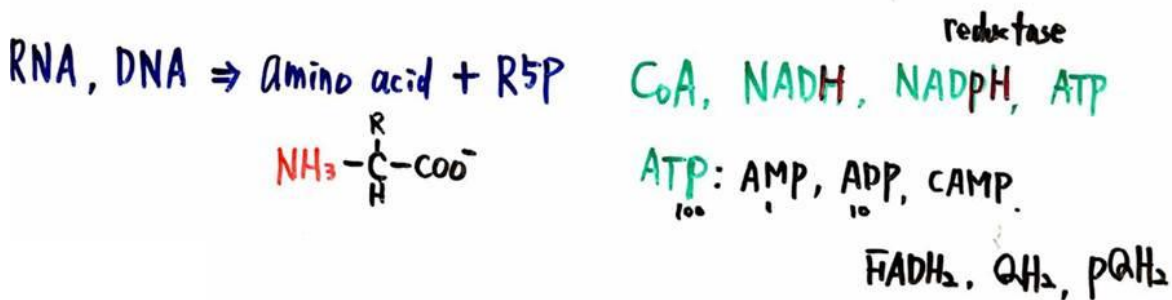
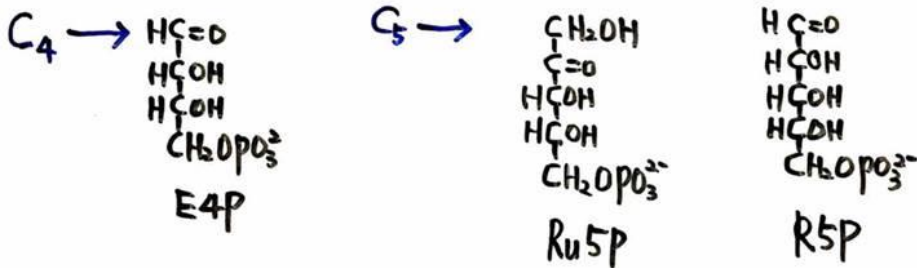
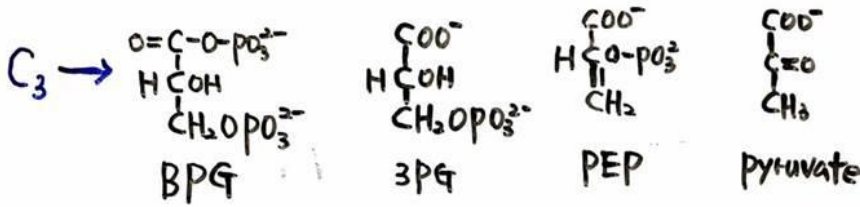
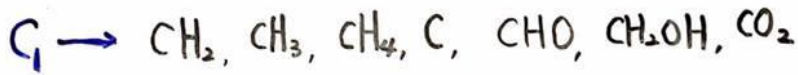
질소고정이 이루어 지면서 NH₃ 가 카본 백 본 구조를 타고 들어가 아미노산을 구성한다.

단백질 구성요소인 아미노산을 DNA 가 지휘하여 단백질을 만든다.

이 9 단계를 이해하면 생명 전체를 알 수 있게 된다.

9 가지만 그리면 된다. 박문호박사의 프레임이고 박자세 학습방법 프레임이다.

이 9 개 프레임에 각 각 9 개의 sub system 이 붙어 100 개의 프레임이면, 자연과학 전체를 아우를 수가 있게 된다.



각 프레임을 구성하는 구체적 분자들을 살펴보자
 먼저 탄소를 기준으로 살펴보자.

C back bone 은 생명의 기본 구조이다.

그 동안 우리는 6 개월 동안 C, H, O world 를 공부해 왔다.

C 가 1 개인 물질:

C 원자 하나 있는 것은 무지하게 많다. 흑연, 다이아몬드 등이 C 이다.

그러나 H 하나인 물질(수소 원자)은 지구에는 없다.
수소 원자는 온도가 극단적으로 낮은(영하 200 도 이하) 성간 물질에는 존재한다.
지구 때문에 모른다. 태양이 너무 가까이 있어 별을 모르듯이....

CH₂: 수소가 탄소에 16 개가 붙으면 palmit 산, 18 개 면 올레오산이다. 올레오산은 올리브에서 유래했다.

20 개가 넘는 것에는 DHA 가 있다. 또한 석유나 플라스틱도 모두 CH₂ 이다.

CH₃

CH₄: 지구 초기에 중요했던 메탄

CHO, CH₂OH, CO₂
모두 탄소 하나이다.

C 가 2 개인 물질

아세틸 코엔자임, 생물학에서는 이것 밖에 없다.
H₂, O₂, N₂ 는 지구 상에 수없이 많다. 그러나 C₂ 는 없다.

C 가 3 개인 물질

생명에 대단히 중요한 물질들이다.
BPG, 3PG, PEP, Pyruvate 가 C 가 3 개인 물질이다.

C 가 4 개인 물질

E4P
E4P 와 Pyruvate 가 결합하여 아미노산 Tyr, Phe, Trp 을 만든다.

결국 카본이다.
현재까지 질소는 나오지 않았다.
C, H, O 밖에 없다. CO₂ 와 H₂O 만 있으면 생명이 된다. 다른 것은 필요 없다.
이것으로 박테리아 세계가 형성된다.

C 가 5 개인 물질

Ru5P, R5P
생명에 중요한 2 분자 DNA 와 RNA 는 C5 세계이다.
리보스 당, 디옥시 리보스 당에서 나온다.
질소가 들어와야 한다.
DNA, RNA 는 아미노산과 R5P 의 결합이다. NH₃ 가 카본 백본 시스템을 타고 아미노산을 만든다.

탄소 유기물과 동시에 출현했던 몇 가지 시스템을 알아보자

CoA, NADH, NADPH

ATP: ATP 계통에는 AMP, ADP, cAMP 가 있다.
ATP 가 100 이라면 ADP 가 10, AMP 가 1 의 비율로 존재한다.

그리고 FADH_2 , QH_2 , PQH_2 도 있다.
이 모두 전자와 양성자를 이동하는 분자들이다.

초기 지구환경에서 간과한 것이 황(S)과 철(Fe)이다.

이 두 가지가 지구 전체에서 중요하다.
지구에서 산소가 중요하지 태양계 전체에는 산소가 없다. 암석을 제외하고는
황은 태초에, 산소가 출현하기 전에 산소와 같은 역할을 했다.

S: H_2S , FeS_2 , H_2SO_4
금성의대기 중에는 황산이 대단히 많다.
각 나라의 공업 수준을 황산 생산량으로 파악하기도 한다.

철은 우리 몸에 많다. 없으면 호흡할 수 없다

Fe: Fe_2O_3
 Fe-S , 2Fe-2S , 4Fe-4S

황과 철을 제외하면 생명은 모두 탄소시스템이다.

생명에는 실리콘(Si)은 없다.

지구 표면에 많은 알루미늄도 생명 시스템에 들어오면 안 된다.

식물에는 뿌리에 알루미늄을 막는 벽이 존재한다. 알루미늄이 들어오면 광합성이 중지된다.
동물 시스템에 실리콘이 없다. 완전히 분화되어 있다.

수퍼노바가 터질 때 실리콘과 황이 많이 나온다.
실리콘은 지구를 만드는 물질이다.
그것이 맨틀이다. 지구에 가장 많은 물질이다.
그러나 맨틀은 SiO_2 가 아니고 SiO_4 이다.

SiO_4 는 맨틀을 구성하고 SiO_2 는 대륙을 만든다.
 SiO_4 가 마이너스이기 때문에 이것을 중화 시키는 과정에 플러스 이온들이 다 동원된다.
칼슘, 마그네슘, 칼륨 등이 다 붙어져 암석의 세계가 출현한다.

마이너스 없이 중성인 물질이 SiO_2 이다.
이게 바로 화강암이다. 이것이 대륙을 만든다.

각 단계를 9 개씩 분화시킬 수 있다.

1-3 이 우주론
4-6 이 지구과학
7-9 가 생명과학이다.

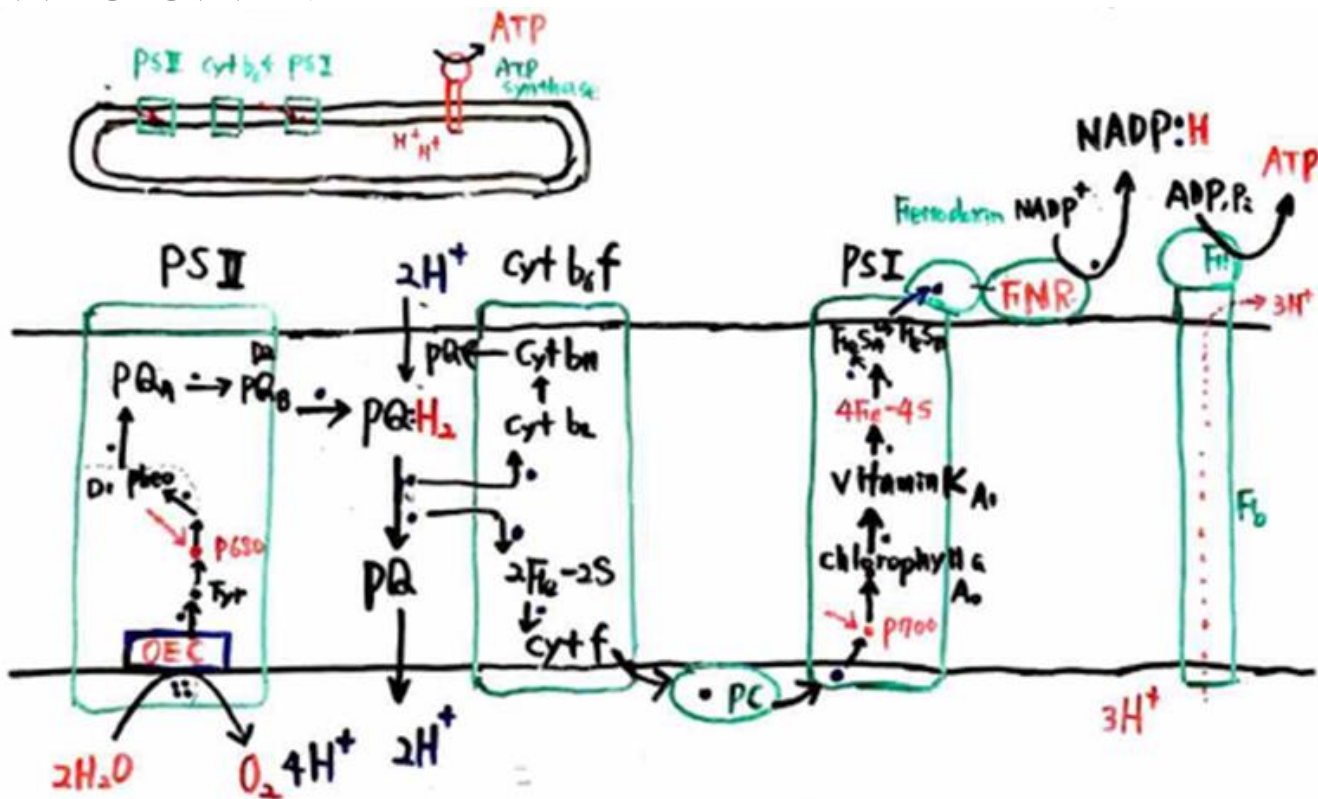
각 단계를 9 개씩 분화시킬 수 있다.
A4 용지 100 장으로 자연과학 전체를 설명할 수 있다.

내년 과학 리딩은 1-3 번 프레임을 30 개의 프레임으로 정리하려고 한다.

Photosynthesis

아홉 개 프레임 전체를 한꺼번에 보여 주는 것이 세포이다.

세포 속에는 광합성을 하는 엽록체, 그리고 호흡을 하는 미토콘드리아가 있다.
시작은 광합성부터 한다.

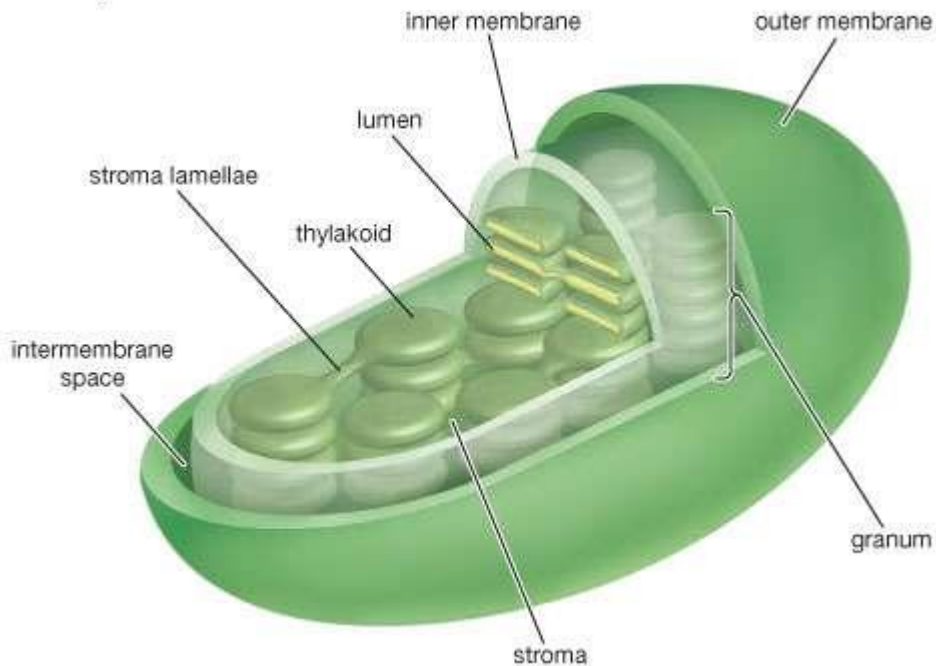


엽록체는 틸라코이드 구조로 되어 있다.
엽록소는 엽록체의 틸라코이드 막에 박혀 있다.
엽록체는 미토콘드리아보다 크다.
미토콘드리아는 난자의 경우 10 만개나 있지만 엽록체는 세포당 1 개에서 수십 개 있다.

엽록체 크기는 5 마이크로 미터 정도이다. 미토콘드리아는 1 마이크로이다.
유전자도 미토콘드리아보다 더 많다.
엽록소는 분자이다. 빛을 흡수하는 색소(pigment) 분자이다.

30 억년 전 시아노박테리아 때부터 만들어 졌다.
엽록체의 구조를 참고하기 바란다.

Chloroplast



© 2008 Encyclopædia Britannica, Inc.

엽록소와 엽록체를 구분해야 한다.

POS2, POS1 속에 있는 하나의 분자가 엽록소이다. 전체는 엽록체이다.

광합성을 하면 식물 앞에 녹말이 들어 있다.

글루코스 상태로는 빠져 나가지 못하기 때문에 카본 3 개 상태로 만들어 빠져나간다.

광합성을 하지 않을 때 녹말을 분해하고 그것들이 뿌리로 내려가서 고구마 감자가 된다.

엽록소는 클로로필(Chlorophyll)인데 a, b, c, d 등이 있다.

클로로필 a, b, c, d 의 용량에 따라 갈조류, 홍조류, 녹조류로 구분된다.

육상식물에는 클로로필 a 가 많다.

중학교 수준에서 배우는 내용이다.

중학교, 고등학교 교육 내용이 그렇게 알찬데 그것조차도 싫어하고, 성인이 되면 과학공부를 거의 하지 않는다.

그래서 대부분이 단백질과 아미노산도 구분하지 못한다.

틸라코이드 막에 4 개의 단백질이 박혀 있다.

첫 번째가 POS2, 두 번째가 Cyt b6f, 세 번째가 POS 1 그리고 마지막이 ATPsynthase 이다.

이 막을 확대해 보자

블랙박스 OEC(oxygen evolving complex)는 카탈라제 2 단위가 결합한 것이다.

Pigment 680 은 빛을 흡수하는 분자이다. 이것을 엽록소라 한다. 여기에 680nm 의 빛이 흡수된다.

빛을 흡수하면 전자가 흥분하여 튕겨져 나온다.

광자와 전자의 충돌이다. 빅뱅에서 움직이지 않았다.

137 억년전 빅뱅에서 일어난 사건이 지금도 일어나고 있다.

1 번 프레임과 완전히 동일하다.

1 번 프레임이 전부이다. 나머지는 기타 등등이다. 모두가 전자와 양성자 이동이다.

브레인은 전적으로 전자의 동작이다.
대기 중에서 전자의 방전은 번개이고
브레인에서 번개(전자의 방전)는 간질이다.

뭐가 다른가?
다르지 않다. 한번도 바뀐 적이 없다.
왜 착각하는가
지구라는 행성이 진화했기 때문에 우리는 자연의 본질을 보지 못한다.
지구라는 행성은 우주에서 일어날 수 없는 극단적 상황이다.

튀어나온 전자를 pheophytine 이 전자를 받는다.
P680 에 전자를 채워주는 것이 티로신(Tyr)이다.
Tyr 에 전자를 채워 주는 것이 OEC(oxygen evolution complex)이다. Mn 과 관계가 깊다
OEC 는 카탈라제 2 개가 결합된 것이다.
카탈라제는 활성산소를 처리하기 위한 시스템 이었다.
카탈라제는 과산화수소를 물로 변환시킨다. 활성산소 문제이며 자외선 문제이다.
자외선 문제를 해결하던 메커니즘이 광합성으로 전환되었다.

OEC 는 물을 사용한다. H₂O 를 분해해서 전자를 빼낸다. 그리고 O₂ 를 내 놓는다.
지구상 모든 대기 중 산소는 여기서 출현하였다.
시아노박테리아가 H₂O 를 분해하여 O₂ 를 방출하였다.

의식이 어떻게 생성되었는지는 모르지만 의식이 사라지는 것은 보여 줄 수 있다.
코 막고 입 막으면 수분 내로 의식이 사라진다.

1 번 프레임 하나로 다 끝난다.
생명은 가속된 전자의 이동이다.
빅뱅 당시나 지금이나 변하지 않았다.
그것 밖에 없다. 우주론과 같다. 생물학도 양성자, 전자, 광자 밖에 없다.
생물학은 전자와 양성자가 이동하는 학문이다.

물 2 분자에서 전자 4 개가 나오고 양성자도 4 개가 나온다.
전자는 QA, QB 를 거쳐 스트로마에 있던 양성자 2 개와 만나 PQH₂ 가 된다.
PQH₂ 에 있던 전자 하나는 Cyt bL, Cyt bH 를 거쳐 다시 PQ(plastoquinone)시스템으로 돌아가고,
하나는 철황 복합체(2Fe-2S)와 Cyt f 를 거쳐 플라스토 시아닌(PC:plastocyanin))이라는 구리가
들어있는 단백질로 간다.
Cyt 는 철을 함유한 단백질이다.
단백질이 전자의 흐름을 제어하고 있다.
물에서 나온 전자가 계속 이동하여 POS1 시스템의 P700 에 전달 된다.
태양에 의해 흥분한 P700 의 전자는 chlorophyll a(A0)와 Vitamin K(A1),
그리고 철황 복합체 4Fe-4S, FA, FB 를 차례로 거쳐 Ferredoxin 으로 간다.

광합성과 호흡의 센타에 철황 복합체가 있다.
비타민은 생화학에 중요한 조효소이다

POS 1 과 POS2 는 황색 황 세균, 자색 황 세균, 녹색 황 세균 들이 각각 진화 시켰던 것을
시아노박테리아가 두 시스템을 결합시켰다.

양성자, 전자, 광자의 이야기다. 이것 밖에 없다.

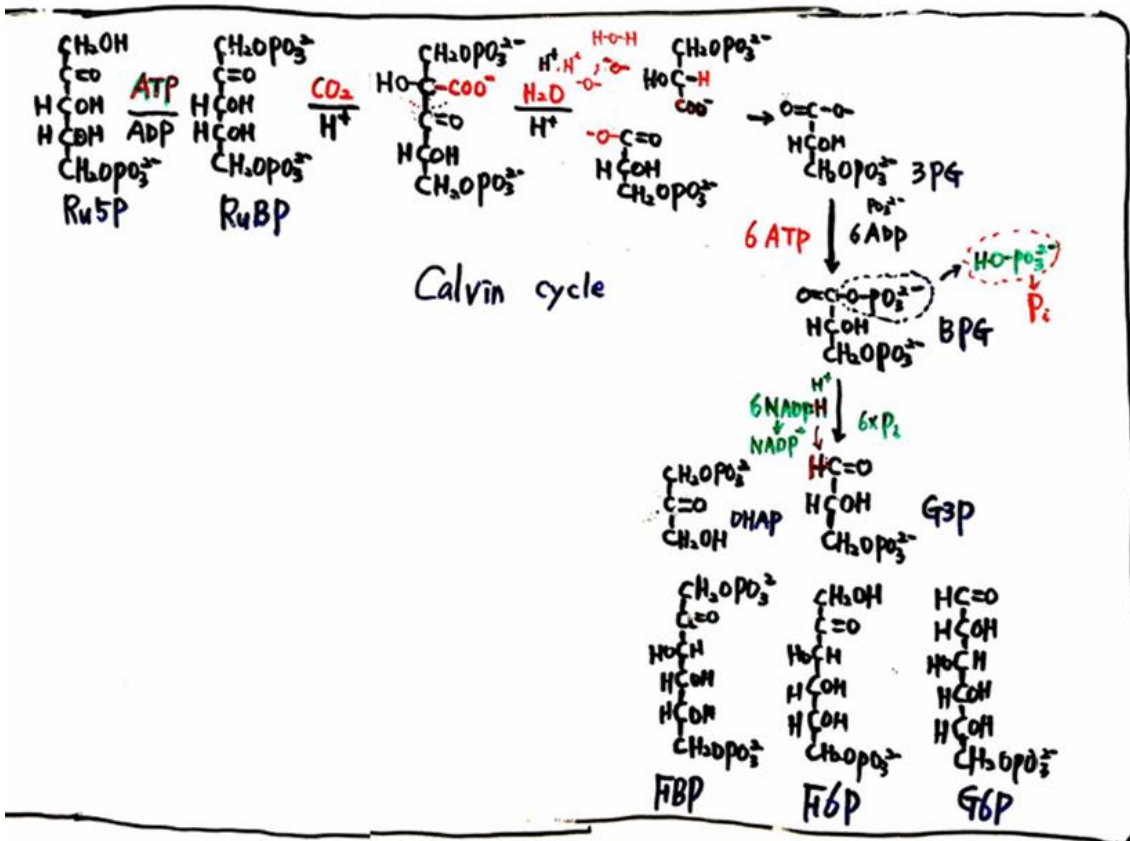
페레독신도 철-황 복합체이다.

이 전자를 마지막으로 받는 곳이 있다.

전자를 획득하는 것을 환원이라고 한다. 이 단백질이 FNR(ferredoxin NADP+ reductase)이다. FNR 이 NADP+를 NADPH 로 만든다.

그리고 ATP 합성 효소가 Lumen 에 높아진 양성자 농도를 이용하여 ATP 를 만든다.

Glucose 의 합성



광합성에서 만들어진 NADPH 와 ATP 를 이용하여, 캘빈 회로에서 RU5P 와 RUBP 를 통하여 글루코스를 만든다.

캘빈 회로에서 CO₂ 가 처음으로 들어온다.

RUBP 에 CO₂ 가 들어가고 양성자가 하나가 나온다.

CO₂ 가 처음으로 생명체에 들어오는 과정이다. 암 반응에서 CO₂ 가 고정된다.

이 과정이 쉽지 않다. 여러 번 훈련해야 한다.

다음은 H₂O 가 들어오고 다시 양성자 하나가 나온 후 3 탄당으로 쪼개진다.

H₂O 가 H⁺, -O-, H⁺로 쪼개지는 것에 유의해야 한다. 여기서 나오는 3 탄당이 3PG 이다.

이 과정이 광합성에서 가장 핵심이다.

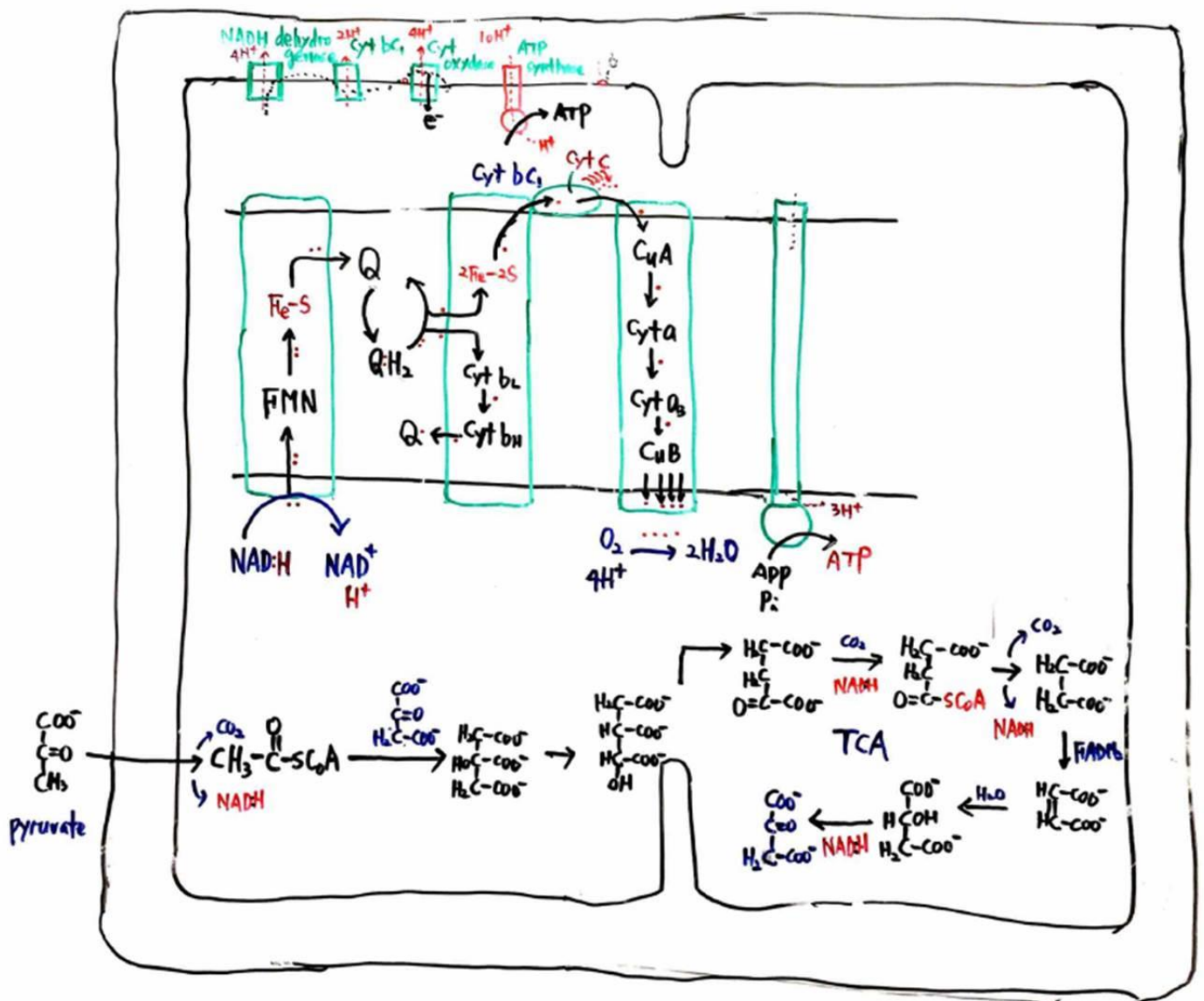
이 모든 과정이 양성자와 전자의 이동이다. 이것 밖에 없다는 것을 100 번 이상 이야기해 줄 수 있다.

3PG 가 BPG 를 거쳐 G3P 가 된다. 이 과정에 6 분자의 ATP 와 6 분자의 NADPH 가 사용된다.

탄수화물은 이산화탄소 덩어리다. 전자를 처리한다.
 광합성 명반응은 NADPH 와 ATP 를 합성한다. 태양에너지를 사용한다.
 태양에너지로 물을 분해하여 전자를 탈취한다.
 그 전자는 NADPH 에 들어 있다. 모든 에너지의 근원이다.
 광자가 엽록소의 전자를 튕겨 나오게 하면 물을 분해한 전자가 그 곳을 메운다.
 궁극적으로 물에서 온 전자이다. 물에서 전자를 빼면 물은 쪼개지고 그때 나온 산소를 우리가 호흡에 쓴다.
 이 과정을 따라오지 못하고 평생 질문한다.

글루코스에도 12 개 수소가 붙어 있다. 붙이는데 필요한 전자는 NADPH 에서 온다.
 그 전자는 물의 전자이다. 그것은 태양에너지이다.
 G3P 가 NADPH 로 바뀌었기 때문에 NADPH 에는 전자 2 개가 들어 있다.

미토콘드리아



미토콘드리아에도 4 개의 단백질이 박혀 있다.

마지막 ATP 합성효소의 방향이 광합성과 반대이다.
이름은 NADH dehydrogenase, Cytbc1, Cyt Oxydase, ATP synthase 이다.

NADH 가 분해되어 NAD⁺와 H⁺가 된다. 이때 나온 두 개의 전자가 위로 올라간다.
전자가 올라가서 FMN(flavin mononucleotide)를 만난다.

FMN 은 FADH 와 같은 계열이다.

그리고 철 황 복합체 Fe-S 를 만난다. 철 황 복합체가 10 개도 넘는다.

이어서 Q 가 전자 두 개를 받아 QH₂ 가 된다. QH₂ 는 다시 Q 로 간다.

두 번째 블록은 Cyt bc1 이다. 여기서 전자가 위와 아래로 이동한다.

아랫 쪽은 Cyt bL 와 Cyt bH 를 거쳐 Q 로 가고

위로 가는 전자는 2Fe-2S 를 거쳐 Cyt C 로 간다. Cyt bc1 과 Cyt C 는 다르다. 헛갈리면 안된다.

Q 는 전자를 하나씩 운반한다. 운반된 전자가 Cyt C 에 실린다.

여기서 나온 전자들은 시토크롬 산화효소로 간다.

시토크롬 산화효소에서 전자들은 Cu A, Cyt a, Cyt a₃ 를 거쳐 Cu B 로 간다.

중요한 것은 전자들이 하나씩 이동한다는 것이다. Cyt C 에서 전자를 4 번 실어 날라야 한다.

혈액 속의 Fe³⁺ 이 O₂ 를 만나 Fe₂O₃ 가 되면 피가 붉게 된다.

피 속의 산소 1 분자와 세포질 속의 양성자 4 개 그리고 Cu B 에 모인 전자 4 개가 만나 물 2 분자가 된다.

광합성은 물을 쪼개어 산소가 생기고

호흡은 산소가 물이 되는 것이다.

이 전자는 어디서 왔는가?.

해당작용의 결과물인 Pyruvate 가 미토콘드리아 안에서 TCA 회로를 돈다.

TCA 회로는 NADH 를 만드는 공장이다. NADH 4 개가 생긴다.

NADH 에는 2 개의 전자가 들어 있다.

NADH 가 산화 되면서 전자가 나오고 전자가 흐르니까 양성자가 따라 움직였다.

양성자 농도가 바뀌는 것은 전자의 흐름 때문 이다.

양성자가 미토콘드리아 막간 공간에 모인다. 그 양성자 농도 차이로 ATP 를 만든다.

ATP 는 전자의 흐름에 동반한 양성자에서 생겼다.

대 서사시이다. 한번도 끊어진 적이 없다.

붙여 놓고 보면 흐름이 보인다.다. 태양이 물을 쪼개어 산소를 내 뿜고 전자를 탈취하여 보낸다.

전자의 흐름에 동반하여 양성자가 흐르고 최종적으로 ATP 를 만든다.

광합성과 호흡은 근본적으로 다른 것이다.

광합성은 NADPH 를 합성하고 ATP 를 만든다.

호흡은 NADH 를 분해하고 ATP 를 만든다. 분해 과정이 호흡이다.

분해되는 전자는 음식물에서 온 태양의 에너지를 머금은 전자이다.

이 전자는 회수해야 한다. 전자를 회수하기 위해 산소가 들어 왔다. 산소는 굉장히 유독하다.

산소는 Cu B 에 갇혀 있다.

Cyt C 는 전자를 한 개씩 이동한다.

산소는 전자 4 개가 나올 때까지 빠져 나가면 안된다.

전자 4 개가 양성자 4 개와 결합하면 2 분자의 물이 된다.

광합성은 물에서 산소가 나오는데 호흡은 산소가 들어가서 물이 된다.

전자 4 개가 오기 전에 산소가 빠져 나오는 것이 활성산소이다.

전자가 오지 않아 Cyt C 가 막을 빠져나가면 카스파제를 트리거하여 DNA 를 난도질하여 세포사가 일어난다.

스트레스를 많이 받으면 미토콘드리아 외막의 뚜껑을 여는 단백질이 활성화되어 Cyt C 가 잘 빠져 나간다.

미토콘드리아를 확실히 알고 나면 치매 등이 쉬워진다.

전자와 양성자의 흐름만 끝까지 추적하면 다 보인다.

광합성은 NADPH 에 전자를 담는다. 그 전자를 포도당 만드는데 쓴다

포도당 속에 태양의 뜨거운 전자가 담겨 있다.

반면 호흡은 포도당에 들어 있던 전자를 끄집어 낸다.

NADH 에 있던 전자를 끄집어 내면 전자의 흐름에 의해 양성자 농도가 높아지고 그 높은 양성자 농도로 ATP 를 만든다.

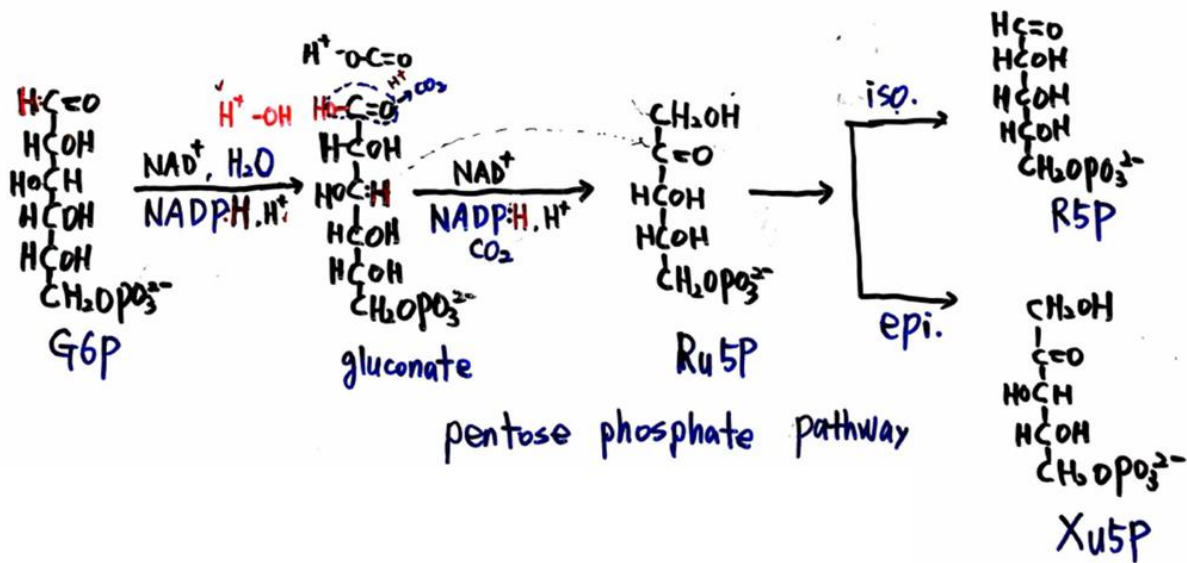
ATP 는 미토콘드리아를 빠져나가 세포질 속에서 많은 역할을 수행한다.

ATP 는 세포질 속에서 NT 가 되고, DNA 와 RNA 가 된다.

NT, DNA, RNA 모두 글루코스에서 나온다.

이제 5 탄당 인산화로를 다시 해야 한다.

Pentose phosphate pathway



5 탄당 인산화로는 글루코스에서 시작한다.

5 탄당 인산화로는 대 규모의 NADPH 를 만드는 회로이다.

NADPH 는 모든 생화학 분자를 만드는 물질이다.

G6P 에서 gluconate 로 그리고 RUBP 로 바뀌는 과정이 쉽지 않다

30 번 연습해야 한다. 전체로는 20 과정이 넘지만 실제로 중요한 것은 3 스텝 밖에 안 된다.

그리고 실제 내용은 전자와 양성자 이동 밖에 없다.

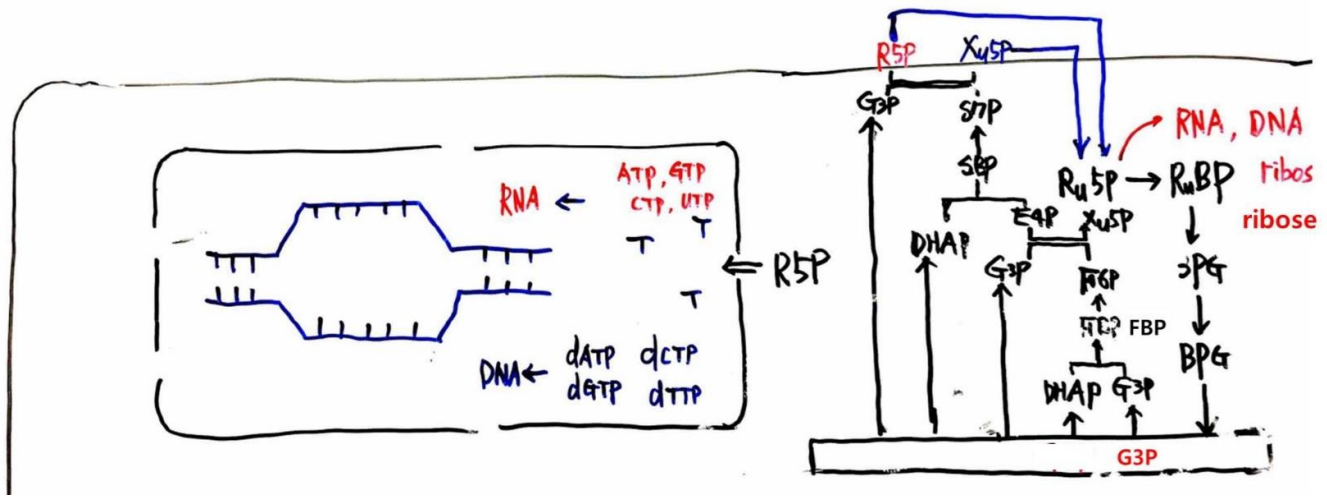
오늘 4 시간 강의에 양성자와 전자 이동 외에 무슨 이야기가 있나.

아직도 이것 밖에 없다는 것을 믿지 못하는가

알도스와 케토스 구조 변환도 양성자와 전자 이동일 뿐이다.

생화학 전체가 1 번 프레임뿐이다.

캘빈 회로가 완성되는 것을 보여 주어야 한다.



RU5P 에서 RUBP 그리고 3PG, BPG, G3P 가 된다. G3P 6 분자가 만들어 진다.
 G3P 5 분자가 합성 과정을 거쳐 모두 RU5P 가 되어 재사용 된다.
 그리고 RU5P 에서 R5P 가 생기고 R5P 에서 NT 와 RNA, DNA 가 나온다.

광합성은 NADPH 를 합성하고 NADPH 는 전자를 포도당 속에 넣어 준다.
 포도당이 세포질에서 해당작용을 거쳐 피루브산이 되고,
 피루브산은 TCA 회로에서 태양을 머금은 전자를 호흡체인으로 넘겨 준다.
 넘겨주는 물질이 NADH 이다. NADH 는 분해된다. 그래서 끊임 없이 만들어 주어야 한다.
 TCA 회로는 NADH 를 만드는 회로이다.
 광합성 과정에서 만들어지는 NADPH 는 캘빈회로에서 곧장 사용되고,
 TCA 에서 만드는 NADH 는 엄청난 양의 ATP 를 만든다.

그 ATP 가 강물처럼 미토콘드리아를 빠져 나가 세포질 속에서 모든 생화학의 화살표에 ATP 가 쓰인다.

교과서에서도 연결하지 않는다. 그러나 하나로 그려 놓으면 확 들어난다.

광합성은 합성하고 호흡은 분해한다.

광합성은 NADPH 를 합성하고 ATP 를 만든다.

호흡은 NADH 를 분해하여 양성자를 빼내고 전자 2 개를 빼낸다. 그 뜨거운 전자를 ETC 를 통해 전달하면 전자가 에너지를 다 잃어버린다.

그 잃어 버린 전자의 에너지가 양성자 농도를 바꾸어 놓는다. 그 농도가 확산되어 들어와 ATP 를 만든다.

그 ATP 가 모든 생화학의 화살표에 쓰인다.

생명은 카본이라는 백 본 구조 속에 조효소인 NADH, NADPH, ATP 를 갖고 쓴다.

오늘 들어가지 못한 것이 아세틸 코엔자임 A 이다. 이것은 오늘 한 것만큼 큰 세계이다.
 카본 2 개의 세계이다. 완전히 다른 세계이다. 그것은 다음 시간에 하겠다.