

## 2011-09-16 강의 요약, RNA World Hypothesis

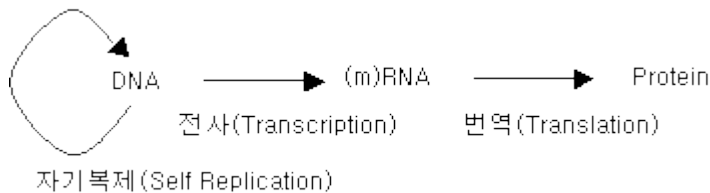
전 주에 간단히 말한 RNA 세상 가설을 다시 말하고자 한다.

1. 먼저 전에 썼던 글을 다시 옮겨 적으며(Transcription) 시작하려 합니다.

Watson 과 Crick 이 1953 년 DNA 이중나선 구조를 밝혀 노벨상을 수상하고 생물학의 혁신을 가져 옵니다. 생물은 이제 황당한 과학에서 정확한 디지털 과학이 되어 갑니다. 영국인 Crick 은 후에 'Central Dogma'란 이론을 정립합니다. 유전정보의 흐름입니다.

전사는 DNA 의 정보(A,T,G,C 순서)의 한 단위(유전자)를 RNA(A,U,G,C)에 복사합니다. 도서관의 책을 복사하여 집으로 가져가는 것과 같습니다. 이는 RNA 중합효소(RNA Polymerase)라는 복잡한 효소단백질에 의해 이루어 집니다.

두 번째 번역(또는 해석, Decoding)은 단백질 합성 과정으로 복사해 온 DNA 정보에 따라 20 개의 아미노산을 연결하여 단백질을 만듭니다. 이는 Ribosome 이라는 오뚜기처럼 생긴 매우 복잡한 세포소기관에서 처리합니다. 이 리보솜은 3 개의 (r)RNA 와 여러 단백질(효소)의 결합된 복합체입니다. 여기서 지정된 아미노산을 가져오는 일은 (t)RNA 가 합니다.



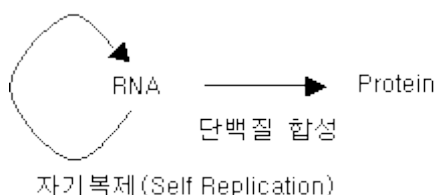
DNA 의 이중나선을 풀어 한 가닥의 유전정보대로 새로운 DNA 가닥을 만드는 자기복제도 매우 어려운 작업이며 DNA 중합효소(DNA Polymerase) 군이 일을 맡고 있습니다. DNA 에는 이러한 단백질효소에 대한 유전정보가 모두 있습니다. 또한 이러한 DNA 유전정보대로 단백질 일꾼을 만드는 단백질 일꾼이 맨 처음부터 존재합니다. 따라서 이 두 종류의 프로그램과 이를 실행하는 일꾼은 서로 맞물려 돌아가게 됩니다.

물론 여기서 지구생명체에서 DNA가 먼저인가? Protein이 먼저인가? 하는 Paradox가 생깁니다.

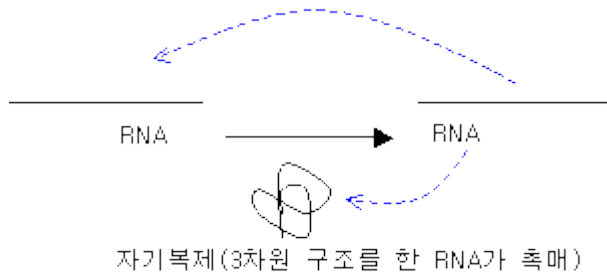
DNA는 DNA대로 힘든 길을 걸어 고분자 물질로 이어져 왔고 Protein은 Protein 대로 복잡하고 다양한 Protein 으로 화학적 진화의 길을 걸어 왔는데 우연히 서로 짝이 맞는 그런 DNA(무리)와 Protein(무리)가 만들어지고 이들은 서로 상승작용을 하여 DNA와 Protein을 선택적으로 효율적으로 생산하게 되어 현재의 지구생명체의 기원이 되었다고 하는 DNA-Protein World Hypothesis 도 있습니다. 그러나 그렇게 될 확률은 너무나 낮아 불가능해 보입니다. 물론 불가능한 생명 탄생이 지구 또는 다른 행성에서 일어난 것이기는 하지만...

### 2. RNA World

RNA 에 DNA 의 유전정보 저장 기능과 자기복제 기능을 원시적으로 가지면 위 유전정보 흐름은 단순하게 됩니다.



일부 RNA 에서 생화학 반응 촉매 기능이 나타나며 이를 ‘Ribozyme’ 이라 합니다. 따라서 단백질(효소)의 역할을 원시적이거나 이 RNA(Ribozyme)이 떠 맡는다면 하나의 RNA 로 자기복제가 가능합니다.

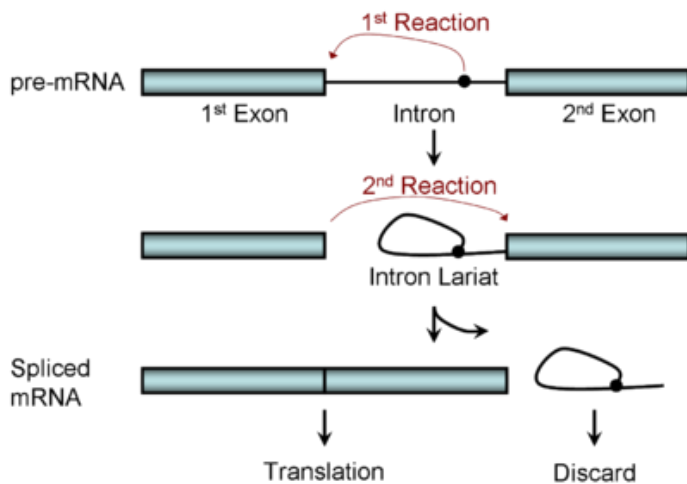


‘RNA World’ 가설은 1986 년 노벨상 수상자인 ‘Walter Gilbert’에 의해 Nature 지에 “The Origin of Life: The RNA World,” 를 기고함으로써 주장되었다.

시간이 흐름에 따라 이 (가상적인) 원시 생명체는 유전정보는 DNA 로, 생화학 반응 촉매 기능은 단백질에 넘겨주고 자신은 중간매개자 자리만 차지하였다는 골격입니다.

3. 이러한 RNA 세상 가설을 지지하게 되는 정황적, 실험적 증거로는 다음과 같이 것이 있습니다.

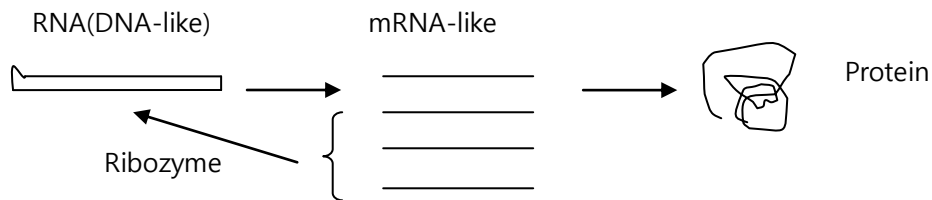
(1)리보자임은 현재의 진핵세포의 mRNA Self-splicing 에 사용되고 있다. mRNA 의 인트론을 잘라내고 엑손끼리 연결하는 과정에서 Protein(효소) 또는 Spliceosome(RNA 와 Protein 이 결합된 복합체)이 촉매하고 있다. 그러나 RNA 자체로만 이 과정을 매개하는 것이 밝혀졌다.



(2)Ribosome 은 DNA 유전정보대로 (중간에 mRNA 의 정보 전달 과정이 있지만) 단백질을 합성하는 매우 복잡한 RNA-Protein 복합체이다. 이 리보솜에서 단백질을 제거하고 남은 rRNA 에서도 미약하나마 단백질 합성 기능이 남아 있는 것으로 밝혀졌다. 이는 RNA 세상의 후반에 RNA 가 Protein 을 만들며 점차 적합한 Protein(즉 이에 맞는 RNA)이 만들어지면서 RNA 의 효소 기능을 Protein 으로 넘기게 된다는 시나리오에 적합한 정황적, 실험적 증거가 된다. 또 RNA 이 효소 기능을 갖는 리보자임의 확장성을 강화시키는 증거도 된다.

### (3)간염 델타 바이러스(HDV, Hepatitis delta virus)

약 1700 염기로 된 아주 짧은 단선의 원형 RNA 를 가진 Virus 로 RNA Splicing 하는 리보자임을 갖고 있으며, RNA 복제를 역전사(reverse-transcription) 과정을 거치지 않고 바로 RNA 에서 RNA 를 복제한다. 복제된 RNA 는 mRNA 처럼 바로 단백질을 만들 수 있다. 이는 RNA 세상의 맨 끝 시기에서 단백질은 RNA-단백질 복합체(Ribosome)가 만들고 RNA 복제도 RNA 가 아닌 단백질이 담당하는 과정을 보여주는 듯하다. 이제 RNA 는 DNA 로 바꾸면 DNA-Protein World(현재 세상)이 되는 것이다.



(4)아주 특별한 염기서열을 가지며 자기복제가 가능한 RNA 를 실험실에서 만드는 연구가 몇 번 시도되었다. 즉 RNA World 가 만들어지는 과정을 보여주는 것이다. 다양한 RNA 를 넣고 배양(?)하면 스스로를 복제하는 RNA 는 증식되어 증가하고 최종적으로는 우수한 효율이 높은 RNA 복제 리보자임을 찾을 수 있게 됩니다. 이는 최초의 RNA 원시 생명체(세포 구조를 하지 않을 수도 있는)가 불가능한 확률에서 탄생하는 어려움을 해결해 준다고 봅니다. 비가역적 복잡성(Irreducible Complexity)으로 말해지는 우연히 수없이 겹쳐 넘어갈 수 있는 확률을 생물 진화와 같이 긴 시간과 여러 과정을 거쳐 스무스(Smooth)하게 지나가도록 합니다. 환경에 맞는 RNA 를 선택함으로써 불가능한 단일 과정을 가능한 여러 과정으로 나누게 됩니다.

실제 실험에선 RNA 복제 기능이 미약하고 RNA 선택, 증폭 과정이 약하기에 단계별로 선택된 RNA 를 역전사하여 DNA 로 만들고 이를 증폭시켜 다시 RNA 로 만들어 이를 다시 실험의 다음 단계에서 사용합니다.

### (5)RNA 의 유전자 발현 조절 기능

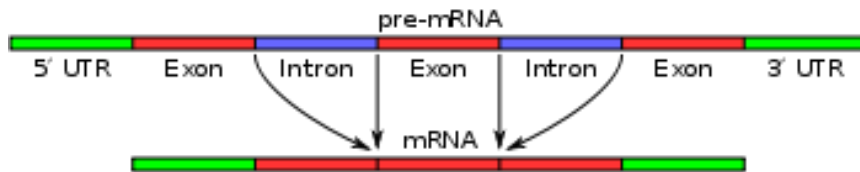
Micro-RNA, si-RNA(Small Interfering RNA)는 약 20 염기 정도의 짧은 RNA 로 유전정보 발현을 조절하는 역할을 한다. 이는 RNA 가 DNA 의 유전정보를 전달하는 데 그치지 않고 생명에서 더 많은 일을 한다는 것이다. mRNA, rRNA, tRNA, Ribozyme, micro-RNA, si-RNA 등으로 DNA 의 유전정보 저장과 자기복제 기능을 RNA 가 맡으면 지구생명을 더욱 단순하고 가능하게 될 수 있다. 따라서 실제로 국가, 단체 등을 만든 사람이 후에 본인은 정보전달, 정보 조정 역할만 하고 전면에는 다른 사람들을 내세운 것 같은 생각을 할 수 있다.

\*\* 다음은 참고 설명입니다.

(1)비로이드(Viroid) : 400 염기 이하의 아주 짧은 단선 원형 RNA 바이러스로 식물에 감염되어 병원성을 나타낸다. 바이러스의 특징인 외부 코팅 단백질이 없다. 리보자임이 있고 숙주의 RNA 복제 효소(DNA-dependant RNA Polymerase)를 이용하여 RNA 복제를 한다. 단백질을 코딩하지는

않는다(단백질을 만드는 유전정보를 갖고 있지 않다). HDV 는 비로이드가 진화한 것으로 보는 시각도 있다.

(2)진핵생물의 엑손과 인트론, RNA splicing



\*\* 다시 RNA World 로부터 현재의 DNA-(RNA)-Protein World 로 진화를 생각해 보면

(1) RNA 가 RNA 를 복제하는 세상에서

(2) 독자적으로 진화한 Protein 과 협력하여 RNA 에서 RNA 를 복제하고 RNA 에서 Protein 을 합성하는 작업에 RNA 와 Protein 이 결합되어 효율이 크게 증가된 RNA-Protein World 로 옮겨가며

(3) 최종적으로는 RNA 의 유전정보 저장과 자기복제 역할을 DNA 로 넘기고 RNA 는 유전정보 전달과 여러 조정, 조절 기능만 남긴 상태인 현재의 DNA-(RNA)-Protein World 로 옮겨 왔다고 생각하는 것이 가장 그럴 듯 할 것이다.

2011-09-17, 광노태