

SNS原始遺伝暗号仮説と生命の起源

池原 健二*

The SNS hypothesis for a primeval genetic code and the origin of life

Kenji Ikehara

Abstract

We have previously provided the SNS hypothesis (S indicates either guanine or cytosine, and N is either of the four bases) as a primeval genetic code. We have further speculated the GNC primitive genetic code, which is composed of only 4 kinds of amino acids (Gly [G], Ala [A], Asp [D] and Val [V]) but competent enough to encoding water-soluble globular proteins, as a more primitive one than the SNS code. Based on consideration of an evolutionary pathway of the genetic code, we provide a novel hypothesis that life was originated from "[GADV]-protein world" but not from the "RNA world".

遺伝子の起源、SNS原始遺伝暗号および新規な蛋白質の形成などの考察に基づいて生命の起源を考察する過程で、我々は、生命はいわゆる「RNAワールド」から生み出されたのではなく、現在の遺伝暗号表の中ではGNCによってコードされている4種のアミノ酸（グリシン (G)、アラニン (A)、アスパラギン酸 (D) およびバリン (V)）からなる「[GADV]-蛋白質ワールド」から生み出されたとの考えに到達した。ここでは、このような我々のSNS原始遺伝暗号仮説に基づく生命の起源の考えについて順を追って説明する。

1. 新規遺伝子形成場としてのGC-NSF(a)の意義

まず最初に、我々は細菌の中で今でも新規に遺伝子が生まれているのか、もしも実際に新規な遺伝子が現在の地球上で生まれているとしたらそれは何処なのかを追求した。その結果分かった

- (i) 停止コドンの出にくいノンストップフレーム出現確率が高いこと。
- (ii) コドンの使用に関してセンス鎖とアンチセンス鎖との類似性が高いこと。
- (iii) 現存の活性な蛋白質よりも発現蛋白質の主鎖の柔軟性が高いこと。

などを根拠に、我々はGC含量の高い細菌遺伝子のアンチセンス鎖上に高い確率で現れるノンストップフレーム (GC-NSF(a)) が新規遺伝子を生み出す場であるという考えを提案した (Ikehara *et al.*, 1996)。

次に、GC-NSF(a)のGC含量の高い側への極限形がSNSの繰り返し配列であること。

また、このような比較的単純な配列であっても現存の蛋白質と同様の三次構造形成能力を持ち得ること、即ち、SNSが原始遺伝暗号であった可能性が高いこと（以下で詳しく説明する）などから、生命が誕生した頃の遺伝子は (SNS)_nであったと考えている (Ikehara and Yoshida, 1998, Ikehara, 1998; 池原, 1998)。

2. SNS 原始遺伝暗号仮説提案の根拠

遺伝暗号の起源についての従来の考え方には、遺伝子でのコドン使用頻度の多さに基づいたRNY説 (RはAまたはGを、YはU(T)またはCを示す)、普遍遺伝暗号よりも単純な形態であることを根拠としたミトコンドリア型原始遺伝暗号仮説、ポリミジンスクレオチドの合成経路より推定されているWWW仮説 (WはAまたはU(T)を示す) がある。しかし、いずれにしても多くの支持を得ている考えとはなっていない。それに対して、我々は遺伝暗号が遺伝子と蛋白質の仲立ちをするものであることから、原始遺伝暗号によってコードされ、単純なアミノ酸組成からなる蛋白質であっても現存の蛋白質と同様の構造を持っていなければならないことに着目し、現存の蛋白質の持つ一般的な性質（疎水性/親水性度、 α -ヘリックス、 β -シート、 β -ターン形成能、酸性アミノ酸含量や塩基性アミノ酸含量、及びその比率としての中性度) を満足し、かつ、現在の遺伝暗号表よりも単純なものを探した。その結果、現在の遺伝暗号表の中ではSNSからなる16種のコドンと10種のアミノ酸から構成されるSNS遺伝暗号が原始遺伝暗号として最も相応しいことを見出し

た (Ikehara and Yoshida, 1998; 池原, 1998)。また, SNS原始遺伝暗号仮説にしたがって, 非普遍遺伝暗号出現の経路やアミノアシルtRNA合成酵素の進化経路などについても矛盾無く説明できることを確認している (Ikehara, 1998)。

3. GNC原始遺伝暗号仮説提案の根拠

SNS原始遺伝暗号が正しいと考えても, それは16種のコドンと10種のアミノ酸からなるかなり複雑な構成となっている。このような複雑なものが用意されるまで生命活動が全く開始できないというのでは, 生命の誕生を想定することも困難であろう。

そこで, 我々は, SNSよりも単純な遺伝暗号で現存の蛋白質と少なくとも類似の構造をとれるものを模索した。その際, SNS原始遺伝暗号を見出す際に使用した条件から酸性アミノ酸含量, 塩基性アミノ酸含量および中性度の3つの条件をはずし, 残った4つの条件 (疎水性/親水性度, α -ヘリックス, β -シート, β -ターン形成能) を満足できるものを探した。その結果, 4つのコドンがコードする4つのアミノ酸 (G, A, D, V) からなるGNC原始遺伝暗号こそが最も初期に現れた遺伝暗号であり, それよりも単純なものはあり得ないとの結論に達した。

4. 我々の原始遺伝暗号仮説に基づく生命の起源に関する考え方

上で述べたような道筋にしたがって遺伝暗号が進化したと考えると, 前生命体やその後の生命体によって使用されたアミノ酸の順序も自動的に決定されることとなる。即ち, 最も初期に現れ, 現在の生命につながる原始蛋白質は, 現在の遺伝暗号表の中ではGNCによってコードされる4種のアミノ酸のみから構成されていたこととなる。このことを認め, 以下に示すように「RNAワールド仮説」には克服困難な欠陥が存在することおよび単純な蛋白質こそが生命の誕生へとつながるのだという我々の主張に基づいて考えると, 生命は現在多くの研究者が推定している起源, 即ち, RNAワールドから生み出されたのではなく, [GADV]の4種のアミノ酸からなる蛋白質ワールドから生命が生まれたという考えの方が合理的であることに気づくであろう。

このことについて以下で説明する。

(1) 「RNAワールド仮説」の持つ克服困難な欠陥

- ・RNAの構成成分であるヌクレオチドは, GNCによってコードされる4種のアミノ酸に比べてはるかに複雑であり, 生命活動無しにはその合成が困難であること。
- ・「RNAワールド仮説」は, RNAが情報機能と自

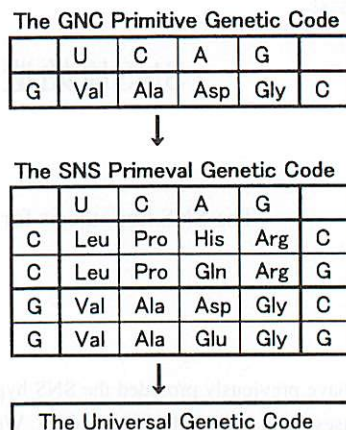


図1. 普遍遺伝暗号の進化経路

己複製機能を併せ持つことに主張の根拠を置いている。しかし, これまでの多くの研究にもかかわらず, ポリCのような単純な配列からなるものを除いて, 重合伸長したRNAは報告されていない。このことは, RNAにはRNAを切断したり, 連結したりする能力はあっても, 遺伝情報を持ち得るほど複雑な配列を持つRNAが同時に自己複製能力を持つことは不可能であることを示していると考えべきであろう。

上で記述した2つの困難にもかかわらず, 原始地球上でヌクレオチドが生命活動の維持にとって十分なほど蓄積され, 自己複製されたRNAが存在したと仮定しよう。しかし, そのようなほとんど不可能な中で自己複製できたRNAが自己複製能と全く関係がないと思われる遺伝暗号をコードできたのであろうか? 言い換えれば, 「RNAワールド仮説」では遺伝暗号の起源を説明することが出来ないと思われる。

以上で述べた「RNAワールド仮説」が持つ3つの重大な欠点はRNAが生命の起源を説明する化学物質だったとは考え難いことを示している。

(2) 我々の「蛋白質ワールド」仮説に基づく生命誕生のシナリオ (池原, 1999)

- 1) 我々の原始遺伝暗号仮説によれば, 現在の生命へとつながり, かつ, 最も初期に地球上に現れた蛋白質は現在の遺伝暗号表でGNCによってコードされる4つのアミノ酸から構成されていたはずである。一方, これら4つのアミノ酸は現存の蛋白質の持つ4つの条件を満足するものの中で最も構造の簡単なアミノ酸の組み合わせであることも確認している。これらのことは [GADV]-蛋白質が一切の生命活動の無い中で最も初期に

形成された蛋白質でもあることを暗示している。

- 2)「蛋白質ワールド」仮説の持つ最も大きな弱点は、蛋白質が自己複製できないことであるが、4種のアミノ酸からなる蛋白質がペプチド結合の形成を触媒できたとする組成が単純であるため、元の蛋白質とは異なるアミノ酸配列ではあってもほぼ同様の構造と性質を示す蛋白質が形成される。即ち、4種のアミノ酸しか含まない単純な組成の蛋白質であるからこそ擬似自己複製が可能であると考えることができる。
- 3)逆に、4種のアミノ酸からなる蛋白質であっても小さいながら持ち得た触媒活性を利用することによって、自身を構成するアミノ酸の合成、ペプチド結合の形成（擬似自己複製）および他のアミノ酸やヌクレオチドの合成が促進された（このような状況がもしもなかった時と比較して、格段に多様な化合物の形成が進められた）と推定することができる。
- 4)上のような状況が生まれることによって、多様なアミノ酸の蓄積やヌクレオチド合成の進展が加速され、原始tRNAの形成、原始mRNAの形成、SNS原始遺伝暗号の形成、そして生命の誕生へと進んだと我々は考えている。

以上これまで述べてきたように、我々はGNC原初遺伝暗号やSNS原始遺伝暗号の成立と並行して、生命

の誕生がこの地球上で行われたと考える方がより合理的な生命の起源論であると主張したい。即ち、我々は、現在多くの研究者によって支持されている「RNAワールド」から生命が誕生したのではなく、遺伝情報の流れを遡るように、「蛋白質ワールド」から「蛋白質・RNAワールド」、そして、「蛋白質・RNA・DNAワールド」を経て、現在の多様な生命が派生したと考えているのである（池原，1999）。

文 献

- 池原健二（1998）遺伝暗号の起源と進化（新説SNS仮説に基づいて）。生物科学，**50**，44-54。
- Ikehara, K. (1998) A possible evolutionary pathway of the genetic code deduced from the SNS hypothesis. *Viva Origino*, **26**, 311-320.
- 池原健二（1999）生命の起源についてのRNAワールド仮説は正しいか？（生命は蛋白質ワールドから生まれた！）。生物科学，**51**，43-53。
- Ikehara, K., Amada, F., Yoshida, S., Mikata, Y. and Tanaka, A. (1996) A possible origin of bacterial genes: significance of GC-rich nonstop frame on antisense strand. *Nucl. Acids Res.*, **21**, 4249-4255.
- Ikehara, K. and Yoshida, S. (1998) SNS hypothesis on the origin of the genetic code. *Viva Origino*, **26**, 301-310.