

**Kenji Ikehara**

# **Towards Revealing the Origin of Life**

**Presenting the GADV Hypothesis**

**Springer 2021**

生命の起源は、グリシン(G)・アラニン(A)・アスパラギン酸(D)・バリン(V)の4アミノ酸で構成されたタンパク質に由来するという池原健二氏の「GADV 仮説」が、この度(2021年)上記表題で Springer 社から出版された(240頁, 縦240mm, 横160mm)。この仮説の基本部分は『GADV 仮説』と題して2006年に京都大学学術出版会から刊行されていたが、残念ながら日本では殆ど話題にならなかった。池原氏はその後も、論文執筆や国際会議を通じて自説の紹介に努め、少しずつ外国の生命起源研究者の関心を引くようになり、この度 Springer からの依頼を受け、英語版の出版に至った。この本では、[GADV]-アミノ酸から始まって、タンパク質・細胞構造・代謝・tRNA・遺伝暗号・遺伝子の形成を経て生命誕生に至るプロセス全体が描かれている。

GADV 仮説は、日本(奈良女子大学)で生まれた世界に誇りうる大成果である。池原さんの同僚として、その仮説の独創性・斬新性・説得力等々に感服した我々(大石・高木)は、この仮説をより多くの日本人に知ってもらうことを念願してきた。

幸い池原さんご自身が、日本語で分かり易い本を書こうとしておられることを知ったので、それまでの間我々は、目次と、10章から成る本書の各章冒頭の Abstract の部分のみを日本語に翻訳し、簡単なパンフレットとして多くの方々に配布したいと思いついた次第である。本パンフレットにお目通し頂いた皆様方から、コピーまたは添付ファイルの転送等により、友人・知人の方々に広めて頂ければと思います。

高木由臣・大石正訳 (池原健二 監訳)

# 目次

## 1. 序論

1. なぜこれまで生命の起源が未解決のままなのか？
  - 1.1 研究の方法論の観点からの理由
  - 1.2 どのようにして、生命の基本システムの3つのメンバーをランダム過程を通じて創生できたのか？
  - 1.3 生命起源の謎解きは不可能なのか？
2. 生命起源についての私の考え
  - 2.1 私の独自の観点から生命起源の謎が解けたのかもしれない
  - 2.2 私が生命起源の謎を解けたかもしれない新たな考えに到達できた理由
3. 本書の概観  
文献

## 2. 現生命の基本システム

1. 生命起源の謎解きに向かって
  - 1.1 生命が生命であるメカニズム
  - 1.2 生命起源の謎解きに必要な事柄
  - 1.3 理論的（研究）手法の重要性
2. [GADV]-タンパク質ワールド仮説（GADV 仮説）の概要
  - 2.1 基本的生命システムの確立過程（概要）
  - 2.2 化学進化から生命誕生までのステップ
- 文献

## 3. タンパク質の起源

1. 序：タンパク質の起源の謎の解明に向けて
  - 1.1 タンパク質起源の謎解きに必要な事柄
  - 1.2 現在のタンパク質（酵素）の一般的構造特性
  - 1.3 現在のタンパク質（酵素）の一般的機能特性
2. 現在の遺伝システム下でのタンパク質の構造形成
3. 私以外の研究者が提唱するタンパク質の起源
  - 3.1 アミノ酸配列仮説
  - 3.2 タンパク質構造仮説
  - 3.3 短鎖ペプチド（モチーフ）説
  - 3.4 「タンパク質の起源-II」が未だに解明されない理由
4. タンパク質起源についての私の考え
  - 4.1 化学進化
  - 4.2 [GADV]-アミノ酸が非生物的に大量につくられた
  - 4.3 未熟[GADV]-タンパク質がランダム過程でつくられた
  - 4.4 [GADV]-アミノ酸組成はタンパク質の0次構造
  - 4.5 未熟タンパク質の産生から二重鎖(GNC)<sub>n</sub> 遺伝子の形成へ

- 4.6 最初の二重鎖(GNC)n RNA の形成から最初の成熟[GADV]-タンパク質の創生へ
- 4.7 未熟タンパク質は多能性
- 4.8 最初の二重鎖(GNC)n RNA から全く新しい成熟タンパク質の創生

#### 5. 論議

#### 6. 結論

#### 文献

### 4. 細胞構造の起源

#### 1. 細胞構造の起源の謎の解明に向けて

- 1.1 細胞構造の起源の探求に必要な事柄
- 1.2 現細胞（細胞構造）の一般的構造特性
- 1.3 現細胞（細胞構造）の一般的機能特性

#### 2. 私以外の研究者による細胞構造の起源についての考え

- 2.1 両親媒性膜説
- 2.2 タンパク質性ミクロスフェア説

#### 3. 現細胞の起源についての私の考え

- 3.1 最初の細胞構造が出現した背景は？
- 3.2 [GADV]-ミクロスフェア仮説

#### 4. 論議

#### 5. 結論

#### 文献

### 5. 代謝の起源

#### 1. 序：代謝の起源の謎の解明に向けて

- 1.1 代謝の起源の解明に必要な事柄
- 1.2 現在の代謝に見られる一般的特性
- 1.3 現在の代謝に見られる基本的特性
- 1.4 生命の出現にとっての原始代謝系確立の重要性

#### 2. 私以外の研究者の主張する代謝起源の考え方

- 2.1 表面代謝説
- 2.2 粘土ワールド説
- 2.3 熱水噴出孔説
- 2.4 私以外の研究者による上記3仮説と代謝の起源

#### 3. 代謝の起源についての私の考え

- 3.1 最初の代謝が生まれた目的は？
- 3.2 最初の代謝は生命の誕生以前に形成されていなければならない
- 3.3 代謝の起源における [GADV]-アミノ酸またはタンパク質の0次構造の役割
- 3.4 初期代謝で使われたのはどんな種類の触媒反応か？
- 3.5 代謝の起源に関する GoGaPyr 仮説の提唱
- 3.6 遺伝子不在下でつくられた未熟タンパク質は初期代謝の全代謝反応を触媒できた
- 3.7 最も原始的な代謝系から進化した代謝経路

#### 4. 論議

## 5. 結論

文献

## 6. tRNA の起源

### 1. 序：tRNA の起源の謎の解明に向けて

- 1.1 tRNA の起源の探求にとって必要な事柄
- 1.2 tRNA の一般的構造特性
- 1.3 tRNA の一般的機能特性

### 2. 私以外の研究者による tRNA の起源の考え方

- 2.1 ミニヘリックス説
- 2.2 二重ヘアピンと tRNA 分断遺伝子仮説
- 2.3 小ヘアピン・ループ RNA 仮説

### 3. tRNA の起源についての私の考え

- 3.1 最初の tRNA が生まれたのは何故なのか
- 3.2 tRNA の起源解明に向けて
- 3.3 最初の原初アンチコドン・ステム・ループ (AntiC-SL) tRNA の解明
- 3.4 現在の tRNA は一つの非特異的アンチコドン・ステム・ループ RNA に由来した
- 3.5 最初の AntiC-SL tRNA の特徴

### 4. アンチコドン・ステム・ループ仮説から推定される進化経路

- 4.1 5' アンチコドンステム配列の相互関連ネットワークから推定される tRNA の進化経路
- 4.2 原始 AntiC-SL tRNA から L-字状 tRNA への進化経路

## 5. 論議

## 6. 結論

文献

## 7. 遺伝暗号の起源

### 1. 序：遺伝暗号の起源の謎の解明に向けて

- 1.1 遺伝暗号の起源解明に必要な事柄
- 1.2 遺伝暗号の一般的構造の特性
- 1.3 遺伝暗号の一般的機能の特性
- 1.4 遺伝暗号の起源解明に向けての2つの局面

### 2. 私以外の研究者による遺伝暗号の起源の考え方

- 2.1 RNY 仮説
- 2.2 GC 仮説
- 2.3 4カラム説
- 2.4 GCU コード仮説
- 2.5 立体化学説
- 2.6 クリックの偶然凍結説

### 3. 遺伝暗号の起源についての私の考え

- 3.1 最初の遺伝暗号が生まれた目的は？
- 3.2 GNC-SNS 原始遺伝暗号仮説

3.3. GNC コード偶然凍結説

4. 論議

5. 結論

文献

## 8. 遺伝子の起源

### 1. 序：遺伝子起源の謎の解明に向けて

- 1.1 遺伝子起源の探求にとって必要な事柄
- 1.2 遺伝子の一般的構造特性（遺伝子の基礎的特徴）
- 1.3 遺伝子の一般的機能特性
- 1.4 遺伝子起源の解明に向けた2つの側面

### 2. 私以外の研究者による遺伝子起源の考え

- 2.1 遺伝子重複説
- 2.2 エキソン・シャフリング説
- 2.3 自己複製 RNA 仮説（RNA ワールド仮説）

### 3. 私の遺伝子起源についての考え

- 3.1 最初の遺伝情報（遺伝子）はどのようにして出来たのか？
- 3.2 アンチコドン結合仮説
- 3.3 最初の二重鎖(GNC)<sub>n</sub> RNA 遺伝子が形成された後での全く新しい遺伝子の生成
- 3.4 全く新しいタンパク質が、今でもランダムな過程を通じて作り続けられていることを示す証拠

### 4. 論議

- 4.1 アンチコドン結合仮説
- 4.2 汎 GC-NSF(a) 仮説の基盤

### 5. 結論

文献

## 9. 生命の起源

### 1. 序：生命起源の謎解明に向けて

- 1.1 生命起源の探求に必要な事柄
- 1.2 現生命の一般的構造特性
- 1.3 現生命の一般的機能特性

### 2. 私以外の研究者による生命起源の考え

- 2.1 RNA ワールド仮説
- 2.2 熱水噴出孔仮説
- 2.3 タンパク質ワールド仮説
- 2.4 補酵素ワールド仮説
- 2.5 tRNA 中軸仮説
- 2.6 宇宙起源仮説
- 2.7 上述の生命起源仮説に共通する弱点

### 3. 私の生命起源についての考え

3.1 [GADV]タンパク質ワールド仮説 (GADV 仮説)

3.2 基本的生命システムの確立プロセス

#### 4. 生命起源の謎解きに必要な3つの鍵

4.1 決まった配列をもつ生体高分子をランダム過程を通じて作りうるか？

4.2 どのようにして生命起源の謎解きに必要な3つの鍵をランダム過程で形成できたのか？

5. 論議

6. 結論

文献

### 10. 総合討論

1. 生命起源研究の意義は何か？

2. 基本的生命システムの確立過程

3. 基本的生命システム確立過程の他の可能性について

4. 生命起源研究に向けた2つの手法：ボトムアップとトップダウン

5. GADV 仮説によって推定される事態が原始地球で本当に起こったか？

6. 生物の進化

7. 現地球にかくも見事な生物群がなぜ栄えているのか？

文献

索引

# 各章の概要

## 第1章 序 (まとめ)

今の地球には多種多様な生物が棲息している。このことは、生命が遙か昔に原始地球に誕生したことを示している。従って、多くの研究者が、生命起源の謎の解明に挑んできた。しかし残念ながら、多くの研究者の必死の努力にも拘わらず、謎は、謎のまま残されている。そこでまず、その理由—なぜ生命の起源の謎が今なお解明されていないのか—について、研究の方法論等の観点から考えてみる。他方で、謎の解明には、基本的生命システムをつくっている3つの主なメンバー、つまり遺伝子、tRNA (遺伝暗号)、タンパク質が、原始地球でどうやって確立されたのかを、明確にする必要がある。更に、その3つのメンバーが、前もってデザインされているということはありませんので、それぞれのランダム過程を通じて創出されたことについての合理的説明が求められる。それに対して、化学進化の段階から生命誕生への各ステップが、私の提唱している生命起源についての [GADV]-タンパク質ワールド仮説 (GADV 仮説) によれば合理的に説明できることがわかった。それ故、私は今では、独創的観点から導かれた単一の概念—タンパク質の0次構造の一つ、即ち、[GADV]-アミノ酸—に基づいて、基本的生命システムの確立過程を包括的に説明することができると考えている。そこで、本書の各章でとりあげる主題に言及する前に、まずはGADV 仮説について、読者が私の研究成果を把握できるよう、その概要を簡単に紹介させて頂く。さらには、なぜ私が新しい考え方に到達しえたのかという理由や、本書の全体像についても、この第1章でとりあげる。

## 第2章 現生命の基本システム

生命起源研究の目的は、6つのメンバー—遺伝子、遺伝暗号、tRNA、代謝、細胞構造、タンパク質—からなる生命の基本システムが、いかにして確立されたかを明確にすることにある。生命の起源を研究するに際し、私が最初に考慮すべしと思うことがある。それは、生物は生命のコアシステム、即ち遺伝子 (DNA-mRNA ; 遺伝情報)、tRNA (遺伝暗号) 及びタンパク質の下で生きているのであって、いわゆる「セントラルドグマ (DNA, mRNA, タンパク質)」の下で生きているのではない、ということである。なぜなら、tRNA は第8章 Sect. 3.1 で説明しているように、生命の基本システムを確立する上で重要な役割を果たしているからである。他方、最初 (生命のコアシステム) の3つのメンバーが、原始地球でのみ生じるランダムプロセスの中で形成できたのか、できなかったかを、はっきりさせることが重要となる。そのために、6つの現在のメンバーの一般的特徴について、タンパク質、原始細胞、代謝、tRNA、遺伝暗号、遺伝子、の順番に、即ち最初の生命が出現するまでに形成された順に、章ごとに記載した。なぜなら、各メンバーの特徴を十分に理解することが、想定した最も原始的な姿が、現在の姿につながるものとして適当かどうかを確かめるのに必要だからである。さらに、ランダムプロセスで形成された最も原始的な各メンバーが、それぞれの今日のものへと進化しうるかどうかも確かめることも重要である。それ故、生命起源の謎解きに必要な事柄を、本章でとりあげることにする。生命の基本システムの確立過程についての概要、即ち化学進化から生命の誕生に至る経過についても触れる。

### 第3章 タンパク質の起源

現存するタンパク質、即ち、成熟タンパク質は、どれも見事な構造と機能を有し、現在の遺伝システム下で、遺伝子発現という形で造られる。一方、アミノ酸配列仮説、タンパク質構造仮説、短鎖ペプチド（モチーフ）仮説等々が、タンパク質の起源を説明するために提案されている。しかしながら、どの仮説も最初の原始タンパク質の生成過程をうまく説明できていない。その理由は、上記3仮説はどれも、現在のタンパク質の形成過程や構造にあまりにも強く影響を受け過ぎているからだろう。そこで問う。現存タンパク質はどのような構造の原始タンパク質に由来するのか、と。当然のこととして、最も原始的なタンパク質は、ランダム過程で創られたのでなければならない。他方、どんな成熟タンパク質も、遺伝子不在下、即ち、ランダム過程下では作りえない。なぜなら、100 アミノ酸から成るアミノ酸配列の  $20^{100} \approx 10^{130}$  というとてつもなく巨大な多様度の壁が立ち塞がっているからである。しかし、成熟タンパク質ではなく、ある程度の柔軟性を持つ未成熟タンパク質なら、私が提唱しているように特異な（特別な）アミノ酸組成、即ち、タンパク質の0次構造内の [GADV]-アミノ酸のランダムな結合によってつくりうる。つまり、成熟タンパク質は、未熟タンパク質から、それまでよりもより高度な機能を持つ成熟タンパク質へと、二重鎖RNAのアミノ酸置換の記憶能力を使って、未熟タンパク質の機能を高めながら、一段ずつステップアップした成熟化の結果として創出されてきたのである。二重鎖RNAは成熟化の過程で、決して成熟タンパク質の創生という役割の主演を演じるのではないことに御注意されたい。なぜなら、二重鎖RNAのランダムな塩基置換は、未熟なタンパク質の進化過程を決定づけることはできないからである。そうではなく、タンパク質の進化の道筋は、実際には進化するタンパク質の機能それ自体の改善によって決定づけられるのである。それ故、二重鎖RNAは、タンパク質の未熟から成熟へのプロセスで補助的な役割しか果たさなかったのだ。本章では、そのような見事な成熟タンパク質が、いかにして未熟タンパク質から生まれたのかについて最初の二重鎖(GNC)<sub>n</sub> RNA 遺伝子が形成される前と形成された後の2部に分けて議論する。

### 第4章 細胞構造の起源

現時点で多くの研究者が考えている細胞の起源はと言えば、脂肪酸、モノグリセリド、燐脂質といった両親媒性化合物からできた小胞、即ちミセルということになる。Deamerの発表した実験結果によると、小胞はマーチソン隕石から抽出することのできる両親媒性脂質から作りうるという。しかしながら、原始細胞と言えども、単純な袋などではなく、様々な小さな有機化合物を通過させることのできる機能的な袋でなければならない。もし小さな有機化合物が周辺にたまってきても、膜を通過できなかつたら、原始細胞は永くは生存しえなかつたらう。逆に本章で提唱する私の考えは、最初の原始細胞は [GADV]-タンパク質性のミクロスフェアに違いないとするもので、水やグリオキシル酸、グリセルアルデヒド、ピルビン酸等々のような小さな化学物質を取り込むことができる。さらに、その原始細胞は、原始細胞の個別性と [GADV]-タンパク質によって発揮される触媒能力によって、遺伝子などの存在無しに増殖でき、進化できたと見ている。この考え、即ち、[GADV]-タンパク質性ミクロスフェア仮説は、[GADV]-タンパク質性ミクロスフェアが原始細胞であり、もちろん、オパーリンのコアセルバート説や、特にFoxのタンパク質性ミクロスフェア説と類似したものである。最初の正真正銘の生命が誕生したと言えるのは、アンチコドンシステム・ループ tRNA がランダムプロセスによって形成されることがきっかけとなり、[GADV]-ミクロスフェアが二重鎖の (GNC)<sub>n</sub> 遺伝子を獲得したときだと考えている。



## 第5章 代謝の起源

今日言うところの代謝とは、化学反応のネットワークであり、それぞれの反応を担っているのは酵素による触媒であり、各酵素は遺伝子によって暗号化されている。代謝の起源を説明するためのいくつかの考えが提唱されてきた。たとえば、ある仮説では、原型となった代謝は、鉱物、たとえば、硫化鉱 (pyrite)、粘土、深海熱水噴出孔の岩などの表面での化学反応系であったはず、とみている。その場合、鉱物表面上での諸活性は、いつかタンパク質酵素に移されなければならない。しかし、三次元構造をもつ鉱物表面上の触媒活性を、同じく三次元構造をもつタンパク質酵素に移すのは不可能だ。一方、どんなに原始的な代謝といえども、以下の5つの条件を充たさねばならない。(1) 最初の代謝は、ランダムプロセスによりつくられねばならない。(2) 初期代謝としての化学反応は、それがどんなに幼稚で不完全なものであっても、遺伝子不在のランダムプロセスでつくられたタンパク質によって触媒されねばならない。(3) 無生物的に容易に合成され、初期地球上に大量に蓄積された有機化合物が、初期代謝の反応物として使用されたはずである。(4) 加えて、初期代謝でつくられた有機化合物は、最初の生命体の出現に有益なものでなければならない。(5) できるだけ少ない反応段階で進行する触媒反応が初期代謝にとって好都合であったらうこと。上記5つの条件下で、現在の代謝反応を分析することにより、3つの有機分子群、即ち グリオキシル酸 (Go), グリセルアルデヒド (Ga), 及び ピルビン酸 (Pyr) が、[GADV]-アミノ酸のランダム結合によって形成された [GADV]-タンパク質の反応物として選び出された。その根拠として、以下の事が挙げられる。2~3 個の炭素原子でできている3つの GoGaPyr 化合物は、前生物的やり方で簡単につくりうるので、原始地球上に大量に蓄積したはずだろうこと。また、グリオキシル酸とピルビン酸の2つの有機化合物は、4つの [GADV]-アミノ酸 (Gly [G], Ala [A], Asp [D] 及び Val [V]) の合成につながる。さらにグリセルアルデヒドは、ヌクレオチドと RNA をつくるのに必要なリボース 5-リン酸合成のための前駆体であることである。本章での代謝の起源は、生命の誕生は、生命の起源に関する“遺伝子/複製体”先行説によってではなく、“タンパク質/代謝”先行説によるものである、との考えに合うものである。

## 第6章 tRNA の起源

tRNA の起源、即ち現行の L字型 tRNA がいかにして形成されたかの説明については、他の研究者によって、ミニヘリックス説、ダブルヘアピン説等として提唱されている。筆者には、これらの仮説は現行の tRNA 構造に強くとらわれすぎていて、その影響が tRNA の起源の解明を難しくしていると思われる。それに対して、筆者は *Pseudomonas aeruginosa* の tRNA の、アンチコドンステム・ループ (anticodon stem-loop) の 5' ステム (5' stem) の塩基配列の解析により、tRNA 起源仮説として“アンチコドンステム・ループ (AntiC-SL) 仮説”という新規の仮説にたどりついた。本仮説は、現行の tRNA は、ランダムプロセスからつくられた 17 ヌクレオチドからなる小さな、しかし安定なヘアピンループ RNA に由来すると想定する。本仮説からすると、現行の tRNA は、1個の非特異的な AntiC-SL — それは、ランダムに選択された [GADV]-アミノ酸の一つを運ぶ — に由来したとの合理的想定が可能である。さらに、これという大きな問題無しに、次のような想定もできる。1つの非特異的な AntiC-SL tRNA に始まり、4つの非特異的な AntiC-SL tRNA を経て、4つの特異的な [GADV]-AntiC-SL tRNA が形成された。1つの AntiC-SL tRNA から 現行の L字型 tRNA への進化経路についても、特に大きな問題無しに導き出すことができる。

## 第7章 遺伝暗号の起源

遺伝子のコドン配列と、タンパク質のアミノ酸配列とを関連づける遺伝暗号は、遺伝子やタンパク質と共に現行の遺伝システムの中心的メンバーの一つである。それ故、多くの研究者が遺伝暗号の起源の解明にとりくんできた。遺伝暗号の起源は、2つの側面に分けて考えねばならない。第一には、最初に登場したのは、どんな種類の遺伝暗号であったかという問題、第二には、コドンとアミノ酸の対応関係がどのようにして決まったのかという問題である。第一の問題については、これまでいくつかの仮説— RNY 仮説、GC コード仮説、GCU 仮説等々— が、私以外の研究者から提唱されてきた。しかし、これらの3つの仮説は、専ら現代遺伝子のコドンの使用頻度に基づくものである。もう一つの仮説である4カラム説は、前生物的手段で造られるアミノ酸の量に基づいている。それ故、上記4仮説は、遺伝暗号の起源と当然不可分の関係にあるはずのタンパク質の構造形成との関連性が欠けている。それ故、これら他の研究者が提唱している仮説は、遺伝暗号の起源と進化を合理的に説明できない。他方、GNC-SNS 原始遺伝暗号仮説は、専らタンパク質の構造形成に基づいたもので、遺伝暗号の起源と進化をうまく説明できる。遺伝暗号の確立過程を説明する、即ち、コドンとアミノ酸の対応関係を説明する第二の問題については、これまで2つの説が提唱されている。一つは立体化学説、もう一つは偶然凍結説である。しかし、両説のいずれにも決定的弱点があり、それでは対応関係全体を合理的に説明できない。それに対して、筆者は、現代の tRNA は、一つの非特異的アンチコドンステムループ (Anticodon stem-loop (AntiC-SL)) tRNA から、4つの [GADV]-AntiC-SL tRNA を通じて由来したと見る AntiC-SL tRNA 仮説を最近提唱した。私が4つの GNC コドンと4つの [GADV]-アミノ酸との対応関係がどうやって確立したのかと、その経緯について考えていたとき、新しいアイデアが突然脳裏に浮かんだのである。それは”GNC コード偶然凍結説”とでも言うべき考えで、GNC コドンと [GADV]-アミノ酸はたまたま関連し、それが凍結した、というものである。その後、それまでの遺伝暗号にコードされたアミノ酸から成るタンパク質では不足している能力を補うように新たなアミノ酸が最初の GNC 遺伝暗号に、おそらく Glu, Leu, Pro, His 等々の順に捕獲されたのだ。“GNC コード偶然凍結説”から導かれる遺伝暗号の起源と進化過程は、GNC-SNS 原始遺伝暗号説と整合性があり、遺伝暗号の起源と進化に関する共進化説および適合説や生命の起源に関する GADV 仮説とも整合性がある。GNC コード偶然凍結説は本章で紹介する。遺伝暗号の起源と全体的進化の経緯については、GNC コード偶然凍結説と GNC-SNS 原始遺伝暗号仮説によって合理的に説明しよう。

## 第8章 遺伝子の起源

遺伝子の起源には2つの側面がある。一つ目の「遺伝子の起源-I」は、最初の遺伝子が、初期地球のランダム事象の中でどうやって創出されたのかの道筋を理解することである。二つ目の「遺伝子の起源-II」は、遺伝子ファミリーの中に新規の (EntNew) 遺伝子が、過去から現在に亘ってどうやって創出されたのかを明示することである。遺伝子の起源とその進化過程を説明した、遺伝子重複説や、エキソン・シャッフリング説は、「遺伝子の起源-II」についての説で、最初の遺伝子の起源とその進化過程についての説ではない。それに対し、アンチコドン結合仮説 (anticodon joining hypothesis) なら、最初の遺伝子の起源-I がランダム・プロセスを経てどのように創出されたかを、以下のように合理的に説明できそうだ。タンパク質合成のための遺伝子配列は、単なる塩基配列ではなく、コドン配列として書かれている。他方、最初の遺伝子は初期地球でのランダムプロセスを経て創出されたにちがいないこと、そして、初期地球のどこを探してもコドンの存在などありえないのだから、最初の遺伝子が生まれる唯一の方式は、遺伝子の起源-I に関するアンチコドン結合仮説にしたがって、4つの非特異的 AntiC-SL tRNA によ

って配ばれてきたアンチコドンのランダムな結合によって生まれたことを意味する。次に EntNew 遺伝子の創出に関する遺伝子の起源-II について考える。いかにして EntNew 遺伝子/タンパク質、即ち、あるファミリーの最初の遺伝子/タンパク質が創出されたかを理解することは生物科学の最重要課題の一つと言えよう。しかし、そのメカニズムについても、今日に到るも、なお、不明のままである。他方、現行の完成した“Ent New 遺伝子/タンパク質”の創出は、当然のことながらランダムプロセスによる。そんなものが前以ってデザインされるなどはないからだ。とは言え、EntNew 遺伝子も EntNew タンパク質も、 $\sim 10^{180}$  と  $\sim 10^{130}$  通りというそれぞれの超巨大な配列多様度のため、ヌクレオチドやアミノ酸のランダム重合ではつくりえない。タンパク質の 0 次元構造、即ち特異的アミノ酸組成は、未熟ではあるが水溶性の球状タンパク質をランダムにつくることができ、それが EntNew 遺伝子/タンパク質の創成という難問を解く鍵となる。筆者は本章で、3 つの遺伝暗号下、即ち普遍（標準）遺伝暗号、SNS 原始遺伝暗号、GNC 原初遺伝暗号下で、EntNew 遺伝子をつくり出す 3 つの過程について述べ、成熟タンパク質をコードする新規遺伝子がそれぞれのランダムプロセスの中で創成できた理由を説明する。

## 第 9 章 生命の起源

生命起源の謎は、多くの研究者の精力的努力にも拘わらず、今なお未解決のままである。生命起源の謎解きを妨げている主たる障碍は何なのか？それは次のようなことではなかろうか？地球上の現存生物はすべて、3 つの生体高分子からなる生命のコアシステムの下で生きている。即ち遺伝情報を担う DNA/RNA と、遺伝暗号を具体的現実には換える tRNA と、触媒作用を担うタンパク質である。決まった配列をもつ生体高分子すべては、遺伝システム下で合成される。DNA は自己複製によって合成され、tRNA とタンパク質は、それぞれの遺伝子発現という形でつくられる。しかし、上記 3 つの最初の生体高分子は、当然のことながら、元はランダムプロセスでつくられたはずである。なぜなら、決まった配列をもつ生体高分子の配列も、前以ってデザインできないからだ。従って、生命起源の謎解きを難しくしている最大の障碍は、ランダムな配列をもつ高分子の生成が、繰り返されるランダム過程の中で決まった配列をもつ生体高分子にどうやって変身したのかを説明することである。その目的で、RNA ワールド仮説を含むいくつかの仮説が、他の研究者によって提唱されてきた。しかし残念乍ら、生命の起源は今なお解明されないままである。そこで最初に、これまで提唱されてきた仮説を本章の冒頭でとりあげ、仮説の中に含まれる問題点を明らかにする議論を行った。その後で、決まった配列をもつ生体高分子-タンパク質、tRNA、遺伝子-が、原始地球でランダムプロセスを経ながら作られうるという私の考えを紹介する。最近私は、tRNA の起源に関して”アンチコドンシステムループ仮説”を提唱していて、最初の tRNA は、アンチコドンを含むたった 17 ヌクレオチドからなる小さな、安定な、ヘアピンループ状の RNA として、ランダムなプロセスを経て造られたことを示唆している。この考えは、*Pseudomonas aeruginosa* PA01 tRNA の 5' アンチコドンシステム配列の分析に基づいている。以上のことに加え、[GADV]-アミノ酸のランダム結合によって未熟な水溶性球状タンパク質を生成するための、タンパク質の 0 次元構造、および、最も原始的な tRNA によって運ばれる GNC アンチコドンのランダムな連結によって創出される最初の一本鎖 RNA を考慮することで、決まった配列をもつ 3 種の生体高分子のそれぞれを形成するための”3 つの鍵”が得られることが分った。別の表現をすると、3 つの鍵によって初めて生命誕生への主要段階を説明できるようになった、ということである。6 つのメンバー、即ち、3 つの鍵メンバーであるタンパク質、tRNA、遺伝子に加えて、他の 3 つのメンバーである細胞構造、代謝、遺伝暗号を合わせた生命の基本システムの確立過程を明示することで、生命起源の難問解決につながるだろう。

## 第 10 章 総論

ここまで個別に記述された事柄を、この最後の 10 章では、3 つの視点から包括的に論じる。①第一に、生命の基本システムを構成する 6 つのメンバーが確立されたプロセスを、それぞれの章で示した議論に基づき、要約する。②つづいて、生命の基本システムを構成する 6 つのメンバータンパク質、細胞構造、代謝、tRNA、遺伝暗号、遺伝子-の起源を解明するための二つの研究手法について述べる。一つ目の研究手法は、まず、上記のうちの 1 つのメンバーの起源を解明し、次に、その最初のメンバーの起源を開始点として、残りの 5 つの要因の起源を一つずつ明らかにしてゆくことである。この場合、もし最初にとりあげたメンバーの起源が正しく、もし 6 つ全てのメンバーが一直線状に並ぶ形で相互に関連していたとすると、全メンバーの起源が一挙に解明されることが期待される。幸いなことに、GADV 仮説は、この最初の戦略にしたがう形で手にすることができた。第二の研究方法は、複数のメンバーの起源研究を行ったあとで、個々に明らかにされた全メンバーの起源を統合するものである。しかしながら、後者の場合、6 つのメンバーを矛盾なく統合するというのは容易ではない。というのは、個々に異なる要素が、6 つのメンバーの起源研究のために仮定されるはずであり、それらの起源間で高い確率で矛盾を生じるだろうからである。③最後に、6 つのそれぞれの起源から現地球上の現存生物群の繁栄へと導かれる進化的経緯について論じる。