

序 章 「生命」は奇跡か必然か 3

みんなはどこにいるのか？ 4 がらくたからジャンボジェットができる確率 6
「きわめて難しい」ものがなぜ「ある」のか 8 本書の見取り図 10

第 1 章 生命はどこから来たのか 生命は何者か 19

すべてのものに靈魂が宿る——アニミズムの生命観 21 古代ギリシャの生命観 22
中世ヨーロッパの生命観 25 自然発生説と生氣論 27 パストウールの実験 30
ダーウインの『種の起原』 32 パンスペルミア説の登場 35 オパーリンの『生命の起原』 36
ホールデンの「生命の起原」 39 コアセルベートと「化学進化」 40
シュレーディンガーの生命観 42 地球生命の特徴とは？ 45

第2章 「RNAワールド」への道 49

- 主役となった「化学進化」 50 ミラーの歴史的な実験 52
ミラーより先に有機物をつくったカルヴィン 55 アミノ酸は簡単にできる！ 58
ミラーの実験の「功罪」 61 核酸の材料も必要だった！ 63 モノマーからポリマーへ
さまざまな原始細胞モデル 71 ニワトリが先か、タマゴが先か 72
リボザイムの発見とRNAワールド仮説 74 ちゃぶ台返し 77

第3章 「生命の起源」は宇宙にあるのか 79

- 奇跡の1969年 80 南極の隕石発見ラッシュ 82 隕石の中にあったアミノ酸 85
マーチソン隕石のアミノ酸は宇宙起源だった 87 隕石中に核酸の材料はあるか 90
隕石は地球に小惑星の有機物を運んでいた 91 彗星も有機物を運んでいた 95
最大の「運び屋」は宇宙塵だった 98 一部にみられた左手型過剰 101
では隕石中のアミノ酸はどこでできたのか 103 普遍的なテーマとなった「生命の起源」 108

第4章 いつ生まれたのか どこで生まれたのか 113

- 生命誕生の時期はどこまで遡れるか 114 生命は意外に早く誕生した？ 118
生命誕生の場所は高温だった 121 どうしたらRNAのようなものができるのか 127
ヌクレオチド合成の「奥の手」？ 132 RNAはみずから進化していく 135
生命誕生の場所は海か陸か 136 化学進化の王道ではRNAは「神のいたすら」 140

第5章 「がらくたワールド」という考え方 145

- 触媒はどうしてできたのか 146 カルヴィンが考えた「最初の触媒」 147
遺伝は粘土から始まったのかもしれない 150 ダイソンの「ミ袋ワールド仮説」 151
私の「化学進化実験」事始め 154 加速器実験でアミノ酸ができた！ 158
太陽からのおそるべき放射線 162 スーパーフレアが地球生命を生んだのか 164
宇宙のアミノ酸をつくったのも放射線だった 166 放射線によってできる「がらくた分子」 169
「がらくた分子」はタフで多様 174 分子を急激に増やす「不斉自己触媒反応」 176

「不斉」も宇宙線がつくったのかもしれない 179 「ハーでも「生命」と認めよう 184

第6章 地球外生命から考える地球生命 189

生物学者と天文学者 190 火星探査の「ヴァイキング計画」 191
火星の「芋虫」から始まったアストロバイオロジ 194 火星には水も有機物もあった
ヨーロッパの生命探査を遅らせた新型コロナと戦争 200
エウロパの氷の下に「ハビタブルな世界」があった 202
タイタンの大気は原始地球の大気に似ている 205
「カッシーニ・ホイヘンス計画」での重大発見 208
太陽系に広がるオーシャンワールド 212 もしも地球外生命が見つかったら 215

第7章 生物進化から考える化学進化 223

生命の初期進化——光合成の始まり 225 原核生物から真核生物、多細胞生物へ 227
古生代・中生代の大量絶滅 230 ヒトの誕生 233 「進化論」の進化 235

第8章 生命のスペクトラム 257

ダーウイン進化論についての誤解 237 「進化曲面」で考える進化 240
アストロバイオロジからみた生物進化①地球 243
アストロバイオロジからみた生物進化②地球外 246
アストロバイオロジからみた生物進化③系外惑星 248 化学進化も一方向ではなかった 251
虹の色はいくつあるか 258 自閉スペクトラム症 260 性スペクトラム 261
生命と非生命の境界 265 化学進化と生物進化の境界 267
地球外生命検出の「ミシユラン方式」 269
原始スープで二つ星生命までは簡単にできる 273 自己複製より自己触媒 275
生命スペクトラムで生命と非生命の壁を壊す 277
ヒトの「眼」や「知性」もスペクトラムで考える 281
ドレイクの方程式で重要な値 284 生命スペクトラムからドレイクの方程式を考える 288
生命を「奇跡」にしないアナログ生命観 290

コラムⅠ リュウグウのアミノ酸騒動 110

コラムⅡ プレRNAワールド 142

コラムⅢ 天体の音楽 220

コラムⅣ 恐竜絶滅の「本当の理由」 254

あとがき 292

参考文献 295

さくいん 302