

目 次

まえがき	原田 馨	i
1 序 論	原田 馨	1
2 物質進化のタイムスケール	大島泰郎, 長野 敬, 原田 馨, 森本雅樹	5
1 「物質の」はじまりから有機分子 まで		6
1.1 進化のタイムスケール		6
1.2 宇宙創成期における「物質」の合成		6
1.3 原子の生成と宇宙の晴れ上り		7
1.4 銀河の誕生と初代の「天体」		7
1.5 星と重元素と分子		8
2 地球の形成と進化		8
2.1 原始地球		8
2.2 分子状酸素の出現		9
3 生命の誕生と生物進化		10
3.1 原始地球上の化学進化		10
3.2 原始の海		11
3.3 光学活性の起原		11
3.4 先カンブリア代における生物進化		11
3.5 高等生物の出現		12
3.6 知性の出現		12
4 生命活動のスケール		13
4.1 物質のスケール		13
4.2 時間のスケール		13
a) 酵素反応		14
b) 生理的素機能		14
c) 細胞～個体的機能		14
d) 生活的機能		14
e) 生態的時間		14
f) 進化的時間		15
3 元素の生成	中沢 清	17
1 元素の“宇宙存在度”		17
2 宇宙の創成と物質の起原		24
2.1 現代的宇宙観の確立		24
2.2 宇宙の進化の物理的描像		25
2.3 宇宙の温度変化と物質の創成		28
2.4 宇宙初期における元素合成		29
3 恒星の形成・進化と元素の起原		32
3.1 銀 河		32
3.2 星の形成		33
3.3 重力平衡にある星の構造		35
3.4 星の進化を規定する素過程		37
3.4.1 原子核融合反応		37
3.4.2 状態方程式		39
3.4.3 ニュートリノによるエネルギー 損失		40
3.5 恒星の観測		40
3.6 星の進化——定性的議論		41
3.7 星の一生		43
3.8 星による元素合成		46
参考文献		47
4 宇宙における分子	森本 雅樹	49
1 分子と宇宙		49
2 星間分子の発見と星間空間		50
2.1 光の観測		50
2.2 星間ガスの温度——2相モデル		50
2.3 電波の観測(I)——水素 21 cm 電波		51
2.4 電波の観測(II)——分子のスペクトル		53

5.4 糖	128	文献	128
9 化学進化(2)——高分子生物有機化合物の生成		沢井 宏明	133
1 モノマーの濃縮過程	134	3 生成したポリペプチドの規則性および現在の蛋白質との関連	140
2 ポリペプチドの生成	135	4 蛋白質様物質の触媒作用	140
2.1 ポリグリシン説(アミノアセトニトリル重合体からのポリペプチド生成)	135	5 核酸様物質の生成	140
2.2 青酸の重合	135	5.1 固相での加熱重縮合	141
2.3 加熱重縮合(熱プロテノイド)	135	5.2 縮合剤を用いた水溶液中での重縮合	141
2.4 水溶液中で縮合剤を用いたペプチド合成	136	5.3 活性化ヌクレオチドの縮合	141
2.5 修飾海水中での加熱重縮合	136	5.4 鑄型依存縮合反応(核酸の複製の非酵素的モデル反応)	142
2.6 活性化アミノ酸の縮合	137	文献	143
10 化学進化(3)——光学活性の起原と進化		原田 馨	145
1 生体はなぜ片手構造の分子から構成されているか	145	2.2 選択的結晶化による光学分割	146
2 光学活性の起原についての考察と実験	146	2.3 不斉吸着による光学分割	148
2.1 統計的起原論	146	2.4 円偏光による不斉分解と不斉合成	149
		2.5 パリティ-非保存に基づく分子の不斉	150
		文献	152
11 化学進化と生物進化のはざま(1)——細胞の起原		湯浅 精二	155
1 相分離多分子系	156	3 コアセルベート液滴とその機能	158
2 原始細胞のシミュレーションモデルとしてのコアセルベート液滴	156	4 原始細胞のための条件	160
		文献	161
12 化学進化と生物進化のはざま(2)——先カンブリア時代の微化石		猪郷 久義	163
1 先カンブリア代の化石	163	8 モンタナ州の Belt 超層群中の化石	170
2 南アフリカの Fig Tree 層の化石	164	9 カリフォルニア東部の Beck Spring 苦灰岩中の化石	171
3 ロードシアの Bulawayan 層群中の最古のストロマトライテス	164	10 オーストラリアの Bitter Spring 層の藻類化石	174
4 南アフリカ連邦の Transvaal Sequence 中の微化石	165	11 先カンブリア代のその他の藻類化石	175
5 カナダの Gunflint チャート層の微化石	167	12 オーストラリアの Ediacara 動物群	175
6 カナダの Belcher 諸島の Belcher 超層群中の微化石	169	13 その他の先カンブリア界最上部の動物化石	176
7 カナダの Waterton 層中の珪化した藻類化石	170	14 先カンブリア代の自然環境	178
		文献	180
13 化学進化と生物進化のはざま(3)——化学化石		原田 馨, 野本信也	181
1 化学化石研究上の諸問題	181	化合物	183
2 化石や堆積岩より見出される有機		2.1 炭化水素・脂肪酸・アルコール	183

2.2	ポルフィリンおよび有機色素	187	2.5	ケロジェン	194
2.3	アミノ酸・ペプチド・蛋白質	188	文 献		194
2.4	炭水化物	193			
14	生物進化(1)——生命進化の分子的基础			長野 敬	197
1	環境の適応性	197	3.4	他の共有結合元素	204
2	生命と元素分布	198	3.5	海と生体のイオン組成	206
2.1	元素分布の資料	198	3.6	微量生元素	206
2.2	各圏での元素分布	199	4	分子から生命へ	208
3	物質の適合性	200	4.1	生命の起原の3段階	208
3.1	適合性と必然性	200	4.2	環境の幅と生命活動	209
3.2	炭素の適合性	200	4.3	生命進化の“戦略”	209
3.3	水の特異性	202	文 献		210
15	生物進化(2)——遺伝機構への起原			石神 正浩	211
1	Fox の説	212	4.1	アミノ酸の識別機構の発達	217
1.1	プロテインノイドとミクロスフェア	212	4.2	リボソームを必要としない原始翻訳機構	218
1.2	アミノ酸とコドンの対応	212	5	Crick の説	220
1.3	原始リボソーム	212	5.1	リボソームを必要としない翻訳機構	220
2	Weber と Lacey の説(アミノ酸とアンチコドンの対応)	213	5.2	遺伝コードの起原	221
3	Eigen と Schuster の説	213	6	筆者の説	222
3.1	原始 tRNA とコードの起原	213	6.1	原始 tRNA 選択説	222
3.2	ハイパーサイクル説	215	6.2	原始リボソーム	224
4	Woese の説	217	文 献		225
16	生物進化(3)——生命進化の道筋			長野 敬	227
1	“生命”と“生物”	227	3.5	核型と類縁関係	239
2	“偶然”観と“必然”観	227	3.6	生理・生化学的形質と進化	239
3	進化の証拠	229	3.7	生物の分布と進化的背景	240
3.1	化石の証拠	229	3.8	分子進化学	241
3.2	分類系統学と進化	233	4	“心”の進化	242
3.3	個体発生と反覆説	235	文 献		243
3.4	比較形態学と進化	237			
17	生物進化(4)——生きている状態とは何か			清水 博	245
1	生命と分子	245	4	生命現象の分子的仕組み	248
2	生体におけるハードとソフト	246	5	進化のソフト理論	250
3	生きている系の特徴	247			
18	宇宙における生命			大島泰郎, 森本雅樹	253
1	はじめに	253	4	銀河系における文明社会	257
2	生物進化の終焉	253	5	地球外文明探査	259
3	生命探査実験	254	文 献		262

3 分子スペクトル	53	塵表面反応	59
3.1 遷移の周波数とスペクトル線の同定	53	5.2 イオン分子反応の体系	60
3.2 回転準位の励起	54	5.3 観測的根拠	60
3.3 主なスペクトルの例	55	5.4 非平衡反応	61
4 銀河における星の形成	55	6 宇宙の同位体組成	61
4.1 電波観測と星の形成	55	6.1 同位体組成と分子	61
4.2 星の形成のトリガーとガスから星への物質移動	58	6.2 同位体スペクトルの観測	61
5 星間分子の化学	59	6.3 同位元素と物質進化	62
5.1 素過程の分類——気相反応と		7 物質進化と電波観測	63
5 惑星系の生成	65	小沼 直樹	65
1 原始太陽系星雲	65	2 惑星の形成	77
1.1 星間雲の収縮	65	2.1 微惑星の形成	77
1.2 原始太陽の進化	67	2.2 微惑星から原始惑星へ	78
1.3 原始太陽系星雲の形成	69	2.3 原始惑星から惑星へ	79
1.4 星間塵の進化	71	2.4 木星型惑星の形成	80
1.4.1 星間塵	71	2.5 地球型惑星の形成	80
1.4.2 星間塵の蒸発過程	72	2.6 原始太陽系星雲の散逸	81
1.4.3 塵の凝縮過程	74	文献	82
6 原始地球の生成(1)——地球大気の生成と進化	83	松尾 禎士	83
1 地球ができた頃の大気	84	に存在する条件	89
2 初期の大気-地球相互作用	87	5 地球大気におけるO ₂ の消長	91
3 冷却しつつある原始地球の大気	88	文献	94
4 海洋形成後の大気——有機物が安定		7 原始地球の生成(2)——海洋の生成と進化	95
北野 康	95	1 海水の化学成分の起原と進化への2通りのアプローチ	97
2 現在から原始へのアプローチ	98	2.1 貝殻中のストロンチウム含有量	98
2.1 貝殻中のストロンチウム含有量	98	2.2 海水の溶存化学種への熱力学的手法の導入	98
2.2 海水の溶存化学種への熱力学的手法の導入	98	2.3 硫黄の安定同位体	100
2.3 硫黄の安定同位体	100	2.4 化学元素の地球化学的収支	102
2.4 化学元素の地球化学的収支	102	2.4.1 主要成分	102
2.4.1 主要成分	102	2.4.2 微量元素	103
2.4.2 微量元素	103	2.5 SiO ₂ -Fe ₂ O ₃ 縞状堆積物	103
2.5 SiO ₂ -Fe ₂ O ₃ 縞状堆積物	103	3 原始から現代へのアプローチ	105
3 原始から現代へのアプローチ	105	文献	107
文献	107	8 化学進化(1)——低分子生物有機化合物の生成	109
8 化学進化(1)——低分子生物有機化合物の生成	109	原田 馨	109
1 宇宙的背景	110	4 隕石中の有機化合物	116
2 原始地球大気	112	4.1 炭素質コンドライト	117
3 化学進化のためのエネルギー源	113	4.2 新しい炭素質コンドライトの分析	119
3.1 太陽からの輻射線	114	4.3 月試料からのアミノ酸の分析	120
3.2 放電エネルギー	114	5 生物有機化合物の生成	122
3.3 熱エネルギー	115	5.1 アミノ酸	122
3.4 放射線および宇宙線	115	5.2 プリンおよびピリミジンの生成	125
3.5 力学的エネルギー(衝撃波)	115	5.3 スクレオシドおよびスクレオチド	127