

目 次

はじめに：地球と惑星の物質科学のめざすものi

第 I 部 太陽系と地球の起源

1. 太陽系のふしぎ.....	3
1.1 太陽系をつくるもの：太陽系の元素存在度	3
1.1.1 宇宙と地球の年齢	3
1.1.2 元素の宇宙存在度	6
1.2 宇宙に広がる生命の起源物質：宇宙は生命の源	9
1.2.1 隕石の有機化学的研究	9
1.2.2 電波望遠鏡による研究	10
1.2.3 宇宙物質を直接研究する方法	13
a. サンプルリターン計画	13
b. 火星探査機	14
1.3 太陽系の惑星	14
1.3.1 地球型惑星と木星型惑星	14
a. 地球型惑星	17
b. 木星型惑星	20
1.3.2 冥王星とプラネトイド“セドナ”	21
1.3.3 木星型惑星の衛星：氷天体のなぞ	21
1.4 隕石から読む初期の太陽系	22
1.4.1 小惑星と隕石	22
1.4.2 南極隕石（やまと隕石）	24
1.4.3 隕石の分類	25
1.4.4 珍しい隕石	26
a. 火星起源隕石, SNC 隕石	26
b. 月起源隕石	30
1.4.5 隕石の主要構成鉱物	32
2. 初期太陽系と初期地球の形成過程.....	35
2.1 原始太陽系で生じたこと：ガスから惑星へ	35
2.1.1 凝縮と蒸発	35
2.1.2 揮発性物質として重要な氷	38

2.2	形成期の地球の諸過程：太陽系形成の2つのモデル	39
2.3	地球の形成過程	41
2.3.1	地球の集積過程・核形成過程とマントルの化学組成	42
2.3.2	地球の集積とマグマオーシャン	47
a.	マグマオーシャンとは？	47
b.	マグマオーシャンの深さ	49
2.4	惑星表面のクレーターと衝突現象	53
2.4.1	ジャイアントインパクト：月の形成	53
2.4.2	惑星表面のクレーターと衝突現象	54
2.4.3	地球における隕石重爆撃の証拠	57
3.	地球物質とその性質	58
3.1	地球の層構造	58
3.2	地球内部構造と地球内部のダイナミクス	61
3.3	地球をつくる物質と相転移	63
3.3.1	地殻をつくる物質と化学組成	63
3.3.2	マントルの化学組成と鉱物組成	67
a.	マントルの化学組成	67
b.	マントルの鉱物組成：カンラン岩をつくる鉱物	69
3.3.3	マントルにおけるマグマの発生	71
3.3.4	マグマの密度：地球内部ではマグマは沈む	71
3.4	地球内部の動きのなぞ：相転移と流れる固体	72
3.4.1	地球内部の相転移	72
a.	マントル物質の相転移	72
b.	沈み込む海洋地殻の相転移	76
3.4.2	地球内部は宝石箱：ダイヤモンドに刻まれた記録	79
3.4.3	氷河の流れとマントルの流れのなぞ：固体も流動する。	80
3.4.4	岩石を柔らかくする水の作用とマントル内部の水	82
3.5	地球中心部のフロンティア：地球中心核を探る	83

- 3.5.1 核マントル境界では何が起
っているのか 83
- 3.5.2 地球中心核 85
- 3.5.3 外核を対流させる熱源 86
- 3.5.4 地球のエネルギー収支の謎：
核からマントルへの熱流、そ
して核の進化史 88
- 3.5.5 地球磁場：ダイナモ 91
- 3.6 地球の進化とダイナミクス：プレートテクトニクスとプルームテクト
ニクス 91

第Ⅱ部 生命の誕生と進化

4. 生命誕生へ向けての準備97
- 4.1 隕石による重爆撃の停止 97
- 4.2 最初の大陸地殻の形成 98
- 4.3 世界最古の大陸：地球が冷えた証拠 98
- 4.4 安定海洋の登場 101
- 4.5 最初の気候に関する問題 106
- 4.5.1 セーガン博士の考え 107
- 4.5.2 キャスティング博士の考え
109
5. 生命の誕生：化学進化111
- 5.1 さまざまな化学進化仮説 111
- 5.1.1 アミノ酸 112
- 5.1.2 ミラーの実験 113
- 5.1.3 ペプチドからタンパク質へ
116
- 5.1.4 核酸とRNAワールド 121
- 5.1.5 機能と構造の伝達：鉱物から
のメッセージ 124
- 5.1.6 細胞へ 125
- 5.1.7 海底熱水場での有機合成
126
- 5.2 現存する生命に残された生命起源へのヒント 134
- 5.2.1 共通の祖先 134
- 5.2.2 独立栄養化学合成 134
- 5.2.3 極限環境に生きる微生物：初
期生命体へのヒント？ 135
- 5.2.4 リボソーム RNA (rRNA) に
よる分類 140
- 5.2.5 酵素：酵素のものは鉱物？
142

5.2.6	タンパク質の中のアミノ酸の種類とキラリティー	144	5.2.8	天然の結晶を用いた右型・左型アミノ酸の分離	146
5.2.7	L型アミノ酸は宇宙から？	145			
6.	主役たちが共存しあう：生命と地球の共進化	149			
6.1	岩石に刻まれた初期生命体の活動	149			
6.1.1	岩石に残された最初の生命体の痕跡	149	6.1.3	最古のストロマトライト	155
6.1.2	世界最古の微化石を巡る論争：オーストラリア・ピルバラ地域	150	6.1.4	バイオミネライゼーションの開始	157
6.2	海洋・大気酸化：生物の多様性へ	158			
6.2.1	生物による海洋・大気酸化の開始：地球らしい大気に	158	6.2.5	酸化的環境下での元素循環の確立	169
6.2.2	海洋の酸化と縞状鉄鉱層	161	a.	現在の地球表層での硫黄循環	169
6.2.3	微生物の多様性：住み分けの開始	166	b.	初期地球における硫黄循環	171
6.2.4	真核生物の本格的活動	168			
7.	生命存亡の危機と動物の発生	173			
7.1	スノーボールアース	173			
7.2	縞状鉄鉱層：ふたたび	178			
7.3	カンブリア紀の生命大爆発：動物支配の開始	180			
第Ⅲ部 太陽系に生命を求める：生命起源説の検証					
8.	宇宙における生命の可能性	185			
8.1	アストロバイオロジーとは？	185			
8.2	火星に生命？	186			

8.3 木星の衛星での有機化学反応	187
8.3.1 エウロパ	187
8.3.2 タイタンに生命?	188

参考文献	191
------	-----

索引	193
----	-----

ブックマーク目次

ブックマーク 1: 放射性同位体	5
ブックマーク 2: 鉱物の骨組み	17
ブックマーク 3: コンドライトの細分	29
ブックマーク 4: マグマの活動で形成される岩石	32
ブックマーク 5: 元素の分配	42
ブックマーク 6: 酸素分圧とバッファ曲線	43
ブックマーク 7: 変成作用	64
ブックマーク 8: DNA, RNA, ATP	123
ブックマーク 9: 海底熱水の化石: 黒鉱鉱床	133
ブックマーク 10: 安定同位体	151

コラム目次

コラム 1: フィッシャー-トロプシュ型反応	12
コラム 2: 惑星の軌道とティティウス-ボーデの法則	18
コラム 3: 惑星内部の温度分布と密度	20
コラム 4: 新鉱物: ザイフェルタイトとアキモトアイト	34
コラム 5: 地球内部を実験室で再現する	51
コラム 6: 原始海洋・大気の起源	56
コラム 7: アダムス-ウイリアムソンの関係式	59
コラム 8: マントル遷移層は地球の貯水池?	60
コラム 9: 新しい分析機器の導入と地質学	67
コラム 10: 地震波速度の不連続面と温度-圧力標準	75
コラム 11: 鉱物に記録された履歴: 成長と溶解	78
コラム 12: ダイヤモンド起源論の新展開: ダイヤモンドのマントル遷移層胚 胎仮説	79
コラム 13: 熱い水	83
コラム 14: ポストペロプスカイト	84
コラム 15: 天然原子炉のなぞ: オクロ鉱山	87
コラム 16: ニュートリノで地球内部を観る	90
コラム 17: セーガン博士の業績	110
コラム 18: ユーリー博士の業績	115
コラム 19: 粘土鉱物の不思議な性質	119
コラム 20: バイオマーカー	164
コラム 21: 縞状鉄鉱層の鉱山	165
コラム 22: 初期地球環境だけで起こった質量非依存性同位体分別	172
コラム 23: 原生代の隕石衝突と巨大マグマ活動	179