

目 次

第1部 生命と水

第1章 地球環境と水	3
1.1 酸と塩基	3
1.2 化学平衡と平衡定数	5
1.3 水に溶けるガス量	6
1.4 pHによる化学種の変化	8
1.5 雨水の pH の計算	12
1.6 風化に伴う鉱物の変化	13
1.7 粘土鉱物の形成	15
1.8 土壌の形成	18
1.9 土壌中での鉱物溶解と沈殿：シリカ鉱物の例	19
1.10 河川水の化学組成と pH	22
1.11 海水の性質	23
1.11.1 海水の大循環	23
1.11.2 有光層	26
1.12 熱水の性質	27
1.12.1 陸上の温泉	27
1.12.2 地熱発電の原理	33
1.12.3 海底熱水活動	34
1.12.4 黒鉱鉱床：海底熱水の化石	38
第2章 酸化還元状態	42
2.1 酸素を指標にした酸化還元状態	42

目 次

2.2	pe (Eh) を指標にした酸化還元状態	44
2.3	pe-pH 図	46
2.3.1	水の安定領域	46
2.3.2	イオンや鉱物が入った系での pe-pH 図	48
2.4	天然における酸化還元反応	51
2.4.1	縞状鉄鉱層	51
2.4.2	ウラン鉱床	53
第 3 章 碎屑性海洋堆積物の化学組成と続成作用		56
3.1	碎屑性堆積物	56
3.2	碎屑性堆積物の化学組成	57
3.3	生体必須微量元素	59
3.4	海水の酸化還元状態に敏感な金属元素	60
3.5	初期続成作用	62
3.6	続成作用時の微生物活動と自生鉱物	63
3.7	堆積物内部での微生物の棲み分け：熱力学的視点	68
3.8	還元的堆積物内部での鉱物相のリセット	70
3.9	有機分子の変化，石油や天然ガスの生成	71
第 4 章 生物活動と安定同位体		77
4.1	ガス質量分析計	77
4.2	炭素安定同位体	81
4.2.1	同位体平衡と同位体分別効果	81
4.2.2	生物による動的同位体分別効果	84
4.2.3	続成作用から変成作用にかけての有機物の同位体変化	88
4.2.4	ダイヤモンド	89
4.3	硫黄安定同位体	91
4.3.1	存在比率	91
4.3.2	同位体平衡	91
4.3.3	同位体非平衡	93
4.3.4	硫黄同位体からみた硫黄循環	99

4.3.5	非質量依存性同位体分別効果	101
4.4	窒素安定同位体	102
4.4.1	窒素循環	102
4.4.2	岩石中の窒素と同位体分別効果	103
4.4.3	生物による窒素の利用	104
4.5	方解石の酸素同位体組成	107

第2部 地球の歴史と生物圏進化

第5章	生命環境誌を研究するための基礎知識	111
5.1	時間的位置	111
5.2	空間的位置	114
5.3	現在の海洋の物質循環と堆積物	118
5.3.1	現在の海洋堆積物	118
5.3.2	生物制限元素の分布	121
5.3.3	溶存酸素と pH	121
5.4	炭素の物質循環	123
5.5	バイオマス	125
5.6	生命環境誌の研究の方法	125
5.6.1	試料と岩相柱状図	125
5.6.2	分析法と解釈	126
5.6.3	モデリング	128
第6章	地球環境変動と生物進化におけるトレンド、リズム、 カタストロフ	130
6.1	地球史におけるトレンド	130
6.2	環境変動のリズム	130
6.3	カタストロフ	133
6.3.1	大量絶滅	135

目 次

6.3.2	多様化事変	137
6.3.3	小天体衝突	137
6.3.4	極端温暖化	138
6.4	まとめ	138

第7章 地球環境と生物のイベント 139

7.1	生命の誕生 (>4,000 Ma; 3,800 Ma) と原核生物の進化	139
7.2	マントル対流, 磁場強度変化と光合成細菌の繁栄 (2,700 Ma)	141
7.3	大気海洋中酸素の増加と真核生物の出現 (2,100 Ma)	142
7.4	全球凍結とエディアカラ生物群の出現 (600~545 Ma)	145
7.5	エディアカラ生物群の絶滅とカンブリア動物群の爆発的進化 (545~528 Ma)	149
7.6	オルドビス紀の生物の多様化 (500~450 Ma)	152
7.7	オルドビス紀末の大量絶滅 (444 Ma)	152
7.8	生物の陸上進出 (植物: ~460 Ma オルドビス紀中期, 節足動物: ~ 410 Ma シルル紀~デボン紀, 脊椎動物: 360~350 Ma デボン紀 末~石炭紀初期)	155
7.9	デボン紀後期フラズニアン/ファメニアン期境界の大量絶滅 (375 Ma)	157
7.10	森林, 有機物堆積, 大気中酸素極大, 巨大昆虫の出現 (320~260 Ma) 石炭紀後期~ペルム紀中期	159
7.11	ペルム紀後期の大量絶滅 (260 Ma)	160
7.12	ペルム紀末の大量絶滅 (251 Ma)	161
7.12.1	生物の激変	161
7.12.2	大量絶滅の原因	163
7.12.3	還元的海洋の出現と硫化水素の放出	166
7.12.4	まとめ	168
7.13	絶滅後の生物相の大変革 (240 Ma)	169
7.14	恐竜の多様化 (240~150 Ma) と鳥類の出現と多様化 (150 Ma) 三畳紀後期~ジュラ紀	169
7.15	三畳紀末の大量絶滅 (200 Ma)	170

7.16	白亜紀アプチアン初期の海洋貧酸素-温暖化事変 (120 Ma)	172
7.17	白亜紀セノマニアン期末の海洋貧酸素-温暖化事変 (93 Ma)	173
7.18	白亜紀/第三紀境界の大量絶滅 (65 Ma)	174
7.18.1	生物の絶滅と生き残り	174
7.18.2	小天体衝突	177
7.18.3	小天体衝突は K/P 大量絶滅の原因か?	181
7.18.4	衝突による環境変動の証明	183
7.18.5	まとめ	184
7.19	哺乳類と第三紀型浮遊性有孔虫の多様化事変 (60~50 Ma)	185
7.20	暁新世/始新世境界の温暖化事変 (55 Ma)	187
7.21	始新世後期~漸新世最初期の寒冷化と絶滅事変 (37~34 Ma)	188
7.22	中期中新世の寒冷化と南極大陸氷床発達 (17~13 Ma)	189
7.23	乾燥化によるヒトの進化と北半球氷床発達 (5~2.5 Ma)	191
7.24	人間圏の形成 (0 Ma)	192
7.25	まとめ	193
参考文献		195
索引		221
欧文索引		223

コラム目次

コラム 1	イオンの強度	7
コラム 2	古い時代の土壌：昔の地球環境を記録？	19
コラム 3	最初の光合成は海底熱水場で？	38
コラム 4	反射顕微鏡と鉱石観察	40
コラム 5	酸素発生型光合成とマンガン	60
コラム 6	地下生物圏	75
コラム 7	放射性同位体としての ^{14}C	81
コラム 8	酸素非発生型光合成	85
コラム 9	メタン生成菌がつくる「軽くない」メタン	88
コラム 10	大本-ホランド論争： 地球の大気はいつから酸素を含むようになったか？	145
コラム 11	底生有孔虫の生物事変	178
コラム 12	炭素同位体比に見る絶滅事変	185
コラム 13	水深による絶滅率の絶滅事変による相違	186
コラム 14	表層生物と深海生物の多様化事変の相違	186