

目 次

まえがき.....	5
環境の基礎理論——この本のねらい.....	16
§ 1. 問題提起：「生きる」とはどんなことか.....	17
§ 2. 生命と環境.....	19
2-1. 生命理解の鍵	19
2-2. エントロピーと、エントロピー増大の法則	19
2-2-1. 自然界の大法則：「変わらぬもの」と「変わるもの」	19
2-2-2. エネルギーの拡散と物質の拡散	21
2-2-3. 物質の拡散の実例	25
(1) 水に落した一滴のインクの拡散	25
(2) 気体の拡散	25
(3) 水の蒸発	25
(4) 都合の悪い(?) 実例：「朝露」	26
(5) 飽和蒸気圧と露点	28
(6) トルートの規則 (Trouton's rule)	29
(7) 溶液からの結晶の成長	29
2-2-4. エネルギーの拡散の実例	30
(1) 高温の物体から低温の物体への熱の伝播	30
(2) 熱の発生	30
(3) 都合の悪い(?) 実例：「水は冷たい」, 「湖畔は涼しい」	31
(4) 熱の伝播の3形態	34
2-2-5. 熱量, エネルギー, エントロピーの単位; その他, 基礎事項	35
(1) 熱量の単位	35
(2) エネルギーの単位	35
(3) エントロピーの単位	36
(4) 気体定数	36
(5) 気圧	37

(6) 熱容量と比熱	37
(7) 潜熱	38
2-3. 自然界の大法則のまとめ	39
2-4. 生命の特長	39
2-5. 環境の階層的多重構造	42
2-6. 2つの問題	45
§ 3. 環境としての地球	46
3-1. 地球と太陽	47
3-1-1. 上空の温度	47
3-2. 大気役割	48
3-2-1. 大気の浮力	48
3-2-2. 酸素と窒素	49
3-2-3. 温室効果	49
(1) 1枚天井模型	50
(2) 多重(N枚)天井模型	51
3-3. 地球と水	52
3-3-1. 水循環	52
3-3-2. 水循環と地球の重さ	54
3-4. 水の特性	57
3-4-1. 気化の潜熱が大きい	57
3-4-2. 氷の方が水より軽い	58
3-4-3. 特異な電気的性質をもつ	59
3-4-4. いろいろの物をよく溶かす	60
3-4-5. 水の特異性の原因	60
3-5. 地球の諸条件と水の特異性との奇蹟的な和合	62
3補-1. 気団	64
3補-2. 高度にともなう気温の低下	66
(1) マクスウェルの関係式に基づく計算	67
(2) もっと簡単な導出法	68
(3) マクスウェルの関係式の導出	70
3補-3. 地球と月からの水の脱出	71
§ 4. 生物にとっての2種類の低エントロピー物質	74
4-1. 生命活動の一例：アミノ酸からの蛋白質の合成	74

4-2. 2種類の、対照的な、低エントロピー源：水と炭水化物	75
4-3. 放熱の重要性	78
4-3-1. 鶏と卵	80
4-3-2. 太陽と人（太陽と人体の発熱量の比較）	81
4-3-3. 放射による放熱と、水の蒸発による放熱	83
4-3-4. マッチ売りの少女	86
4-3-5. その他いろいろ	88
(1) ミツバチとスズメバチ	89
(2) 低温火傷と床ずれ	89
(3) 癌の温熱療法	90
(4) 流行性感冒ウイルス	90
(5) 動脈血と静脈血の温度	90
(6) 『ケイの凄春』	91
4-4. 低エントロピー物質の再生過程	91
§ 5. 光合成	95
5-1. 光合成のエントロピー的解析	95
5-1-1. 大雑把な考察	96
5-1-2. エントロピー変化の定量的な計算	96
5-2. エントロピー低下を補償するのに必要な水の量	99
5-2-1. 水の気化熱	100
5-2-2. 水の蒸発による補償	101
5-3. もっと大量の水の蒸発の必要性	102
5-3-1. 生成エンタルピーと固定される光のエネルギー	102
5-3-2. 量子収量	103
5-3-3. 光合成にともなう水の蒸散の必然性	105
5-3-4. 光合成に有効な波長範囲	106
5-3-5. 太陽光のうち、光合成の役に立たない部分	107
5-4. 光合成と葉っぱ	108
5-4-1. 葉っぱの表と裏	108
5-4-2. もし、水が足りないと……	110
5-5. 光合成の車の両輪：太陽と水	111
5補-1. 補足2つ	112
(1) 低エントロピー性と高エントロピー性	112
(2) 金星改造計画批判	112

5-補-2. 太陽光のエントロピー（可視光線の温度）	113
5-補-3. 太陽光のスペクトル強度	115
§ 6. 土壌と消化管，生態系	118
6-1. 土壌と消化管	118
6-1-1. 養分の吸収	118
6-1-2. 分解・消化	120
6-2. 生態系	122
6-2-1. 高エネルギー・低エントロピー物質の利用の連鎖	122
6-2-2. 生態系とは	123
6-2-3. 汚物と汚染	124
6-3. 動物と植物	127
6-3-1. 動物の特長	127
6-3-2. 食物連鎖と物質循環，動物の役割	129
§ 7. 水の重要性	132
7-1. 重要性の実感	132
7-1-1. 酸素の重要性の実感	132
7-1-2. 食べ物の重要性の実感	132
7-1-3. 水の重要性の実感	133
7-2. 低エントロピー性の認識の欠落	134
7-2-1. 低エントロピー性の，高エネルギー性への解消	134
7-2-2. 水と冷却	137
(1) 種子の発芽	137
(2) 水中植物	138
7-3. カルノーの言葉	139
§ 8. エントロピー排棄の多重構造とその階層性	140
8-1. エントロピー排棄の多重構造	140
8-2. 多重構造の階層性	142
§ 9. 宇宙と人間	145
9-1. 地球外生命	145
9-1-1. “生きている天体”であるための必要条件	145
9-1-2. 文明星の数の見積り	146
(1) ドレイクの式	146

(2) セーガンの見積り	147
(3) 松井の見積り	148
9-1-3. 隣接文明星	149
9-1-4. 地球外生命：2つの立場	150
9-2. 人間と宇宙	150
9-2-1. 人類発生の宇宙史的意義：宇宙の哲学的発展段階の画期	150
9-2-2. セーガンへの違和感とそれの解消	153
9-2-3. ある天文学者の予感	154
9-2-4. 人類発生の宇宙史的意義：宇宙の物質の潜在的可能性の現実化	155
§ 10. 生きていくことにともなう物質循環と エントロピー排棄	157
10-1. 勝木の図式	157
10-2. 土壌中の生の営み	159
10-2-1. 「日蔭の動植物」	159
10-2-2. 土壌内微生物	161
§ 11. イデオロギー的・社会的諸事象批判	166
11-1. 科学の思想的役割：科学万能主義的現代的「亜永久機関」批判	166
11-2. 科学技術の偏った発展と壮大な浪費	167
11-3. 抽象的思考の現実的有効性：社会事象批判	169
11-3-1. 砂漠でたわわに稔る穀物	169
11-3-2. 尿尿の処理と農産物の輸入	170
11-3-3. 宇宙植民島（スペース・コロニー）	171
11-3-4. 地下大都市建設	174
11-3-5. 海岸線浸食防止	177
11-3-6. 半導体工場と産業廃棄物の化学処理	177
11-3-7. 過剰包装，塩化ビニール，ダイオキシン	181
11-3-8. ナンセンスな広告	183
11-3-9. 自己増殖機械	184
11-3-10. 科学技術創造立国	185
11-4. 経済と社会	187
11-4-1. 物を捨象しない経済学を	187
11-4-2. 交換価値とエントロピー	188

11-4-3. 生産力と生産関係の矛盾	189
11-4-4. 物質循環における人間の社会的営みの意義	190
§ 12. これまでのまとめ	193
12-1. 問題の構造	193
12-2. これまでの概念の混乱	193
12-3. 認識の深化のために必要なこと	195
12-4. かけがえのない地球；生命の尊さ	197
§ 13. さらに論ずべきこと・論じうること	200
13-1. 環境破壊の顕在的・潜在的諸様相	200
13-2. 問題としうる課題	201
13-3. 環境科学を！	202
§ 14. 試験問題・レポート問題	207
14-1. 試験問題の例（その1）：セメスターないし通年にわたる場合	207
14-2. 試験問題の例（その2）：集中講義の場合	210
14-3. 宿題問題の例	211

【付録】

§ 15. 熱力学とエントロピー	219
15-1. 熱力学の第1法則	219
15-1-1. 内部エネルギーとその変化	219
15-1-2. 熱機関	221
(1) 熱源(熱溜)と作業物質	221
(2) 作業物質と準静的循環過程	222
(3) 理想気体	223
(4) カルノー・サイクルとカルノー機関の効率	226
15-2. 熱力学の第2法則と不可逆現象	228
15-2-1. 熱力学の第2法則，そのいろいろな表現	228
15-2-2. 不可逆現象	228
15-2-3. 不可逆機関の効率	229
15-3. エントロピー	230
15-3-1. クラウジウスの定理（クラウジウスの不等式）	230
15-3-2. エントロピー概念の導出	231

15-3-3. 不可逆変化とエントロピー	232
15-3-4. エントロピーの目で見たカルノー・サイクル	234
(1) “エントロピー車”	234
(2) T - S ダイアグラム	234
15-3-5. 理想気体のエントロピー	236
15-3-6. 不可逆過程とエントロピーの増大	238
(1) 理想気体の断熱自由膨張	238
(2) 混合のエントロピー	238
(3) 熱の拡散	242
15-4. 熱力学補遺	243
15-4-1. ミクロな状態とエントロピー	243
(1) マクロな状態とそれに属するミクロな状態の数	243
(2) $S = k \log W$	244
(3) 理想気体の拡散（自由膨張）とエントロピーの変化	244
(4) 熱量 ΔQ の授受とエントロピー変化 ΔS	249
(5) 秩序・無秩序	251
15-4-2. 自由エネルギーとエントロピー	252
15-4-3. 時間の矢	254
15-4-4. 生体の熱機関模型	255
15-4-5. ネゲントロピー	256
§ 16. 環境問題と物理学	262
16-1. 環境問題への物理学からの寄与	262
16-2. 物理学への環境問題からの寄与	263
16-3. 環境問題と学問の状況の概観	265
16-4. 結語	267
あとがき	269
参考図書	271
謝 辞	274
第2刷にあたってのコメントと追加	277
索 引	285