

# 目 次

<b>第 1 章</b>	<b>熱力学が誕生する背景</b>	
1-1	熱とは何か	1
1-2	蒸気機関の出現と熱力学の誕生	4
1-3	熱を示す物理量の変遷	6
1-3-1	温 度	6
1-3-2	熱 量	8
	章末問題	10
<b>第 2 章</b>	<b>物質とエネルギー</b>	
2-1	物 質	11
2-2	エネルギー	12
2-2-1	エネルギーとは	12
2-2-2	エネルギーの形態と変換 一さまざまなエネルギー利用	14
2-3	物質の内部エネルギーと状態	17
2-4	物質量およびエネルギー単位	19
2-4-1	物 質 量	19
2-4-2	仕事とエネルギー	21
	章末問題	26
<b>第 3 章</b>	<b>熱力学の基礎事項</b>	
3-1	用語とその解説	27
3-1-1	系と外界	27
3-1-2	状態と状態量	28
3-2	状態関数と数学的表示	33
3-2-1	状態方程式	33
3-2-2	状態関数の微分表示	33
3-3	熱力学的平衡	36
3-3-1	熱 平 衡	36
3-3-2	熱力学第 0 法則	37

3-3-3 熱力学的温度 .....	37
章末問題 .....	40

## 第 4 章 気体の状態方程式

4-1 理想気体の導入とその状態方程式 .....	41
4-1-1 理想気体導入の背景 .....	41
4-1-2 気体定数と理想気体の状態方程式 .....	45
4-1-3 理想気体の内部エネルギー .....	48
4-2 実在気体 .....	50
4-2-1 圧縮因子 .....	50
4-2-2 ビリアル状態方程式 .....	51
4-2-3 ファンデルワールスの状態式 .....	53
4-3 気体の凝縮 .....	55
4-3-1 臨界現象 .....	55
4-3-2 ファンデルワールス状態式と臨界現象 .....	56
4-3-3 臨界定数とファンデルワールス定数 .....	57
4-3-4 実在気体の状態方程式の一般化と対応状態 .....	58
補遺 4.1 式 (4.20) の誘導 .....	60
4.2 補式 (4.2) の誘導 .....	61
章末問題 .....	62

## 第 5 章 熱力学第 1 法則

5-1 熱と仕事 .....	63
5-1-1 火力発電 .....	63
5-1-2 仕事と熱 .....	65
5-2 熱力学第 1 法則 (エネルギー保存則) .....	68
5-3 気体の膨張・収縮における仕事と熱 .....	70
5-3-1 準静的過程の導入 .....	70
5-3-2 可逆過程と不可逆過程 .....	70
5-3-3 可逆過程における熱の出入り .....	72
5-4 エンタルピー .....	73
5-5 熱容量 .....	74
5-5-1 比熱容量とモル熱容量 .....	74
5-5-2 $C_p$ と $C_v$ の関係 .....	77
5-5-3 気体の熱容量 .....	79
5-5-4 固体および液体の熱容量 .....	83

5-6 熱容量の温度依存性 .....	85
補遺 5.1 熱容量の測定 .....	87
5.2 エネルギーの量子化とモル熱容量の温度依存性 .....	89
章末問題 .....	91

## 第 6 章 熱力学第 1 法則と気体の状態変化

6-1 理想気体の膨張, 圧縮 .....	93
6-1-1 定温過程 .....	93
6-1-2 定圧過程 .....	94
6-1-3 定容 (定積) 過程 .....	95
6-1-4 断熱過程 .....	96
6-2 カルノーサイクラー準静的循環過程 .....	101
6-2-1 熱機関の熱効率 .....	101
6-2-2 カルノーサイクルとその熱効率 .....	102
6-3 実在気体の断熱変化—ジュールトムソン効果 .....	105
6-4 ジュールトムソン係数 $\mu_{JT}$ と分子間相互作用 .....	108
補遺 6.1 等温過程における理想気体の内部エネルギー変化 .....	110
6.2 冷房と暖房につながるヒートポンプ .....	110
6.3 ジュールトムソン効果の応用 .....	111
章末問題 .....	112

## 第 7 章 熱力学第 1 法則と状態変化

7-1 標準状態 .....	113
7-2 状態変化とエンタルピー .....	114
7-3 固相-液相間の相転移 .....	116
7-4 液相-気相間の相転移 .....	118
7-5 固相-気相間の相転移 .....	119
7-6 固相-固相間の相転移 .....	122
章末問題 .....	124

## 第 8 章 化学反応と熱力学第 1 法則 (熱化学)

8-1 化学反応とエンタルピー変化 .....	125
8-2 熱量測定 .....	127
8-3 熱化学方程式 .....	129
8-4 総熱量不滅の法則—ヘスの法則 .....	130
8-5 反応エンタルピー (反応熱) .....	133

8-5-1 燃焼エンタルピー (燃焼熱) .....	133
8-5-2 生成エンタルピー .....	134
8-5-3 反応エンタルピーの計算 .....	136
8-6 反応エンタルピーの温度依存性 .....	137
8-7 原子化エンタルピーと結合エンタルピー .....	140
8-7-1 原子化エンタルピー .....	140
8-7-2 結合エンタルピー .....	141
補遺 8.1 式 (8.42) の誘導 .....	145
8.2 結合エンタルピーと結合エネルギーの違い .....	146
章末問題 .....	147

## 第 9 章 熱力学第 2 法則

9-1 自発的に起こる自然現象—熱力学第 1 法則の限界 .....	149
9-2 内部エネルギー変化を伴う不可逆過程 .....	150
9-3 熱力学第 2 法則—エントロピーの導入 .....	152
9-3-1 カルノーサイクルの再検討 .....	152
9-3-2 エントロピーという状態量の導入 .....	154
9-3-3 エントロピーの状態量としての一般化 .....	158
9-4 熱力学第 1 法則と熱力学第 2 法則の統合 .....	161
9-4-1 熱力学恒等式 (熱力学の基本式) .....	161
9-4-2 温度と体積の関数としてのエントロピー .....	162
9-4-3 温度と圧力の関数としてのエントロピー .....	164
9-4-4 理想気体のエントロピー .....	166
9-5 不可逆的变化とエントロピー .....	168
9-5-1 カルノーの定理 .....	168
9-5-2 クラウジウスの不等式 .....	169
9-5-3 孤立系におけるエントロピー変化 .....	171
9-6 エントロピー増大の原理と平衡 .....	172
9-7 エントロピー変化と損出仕事 .....	173
補遺 9.1 式 (9.33) の誘導 .....	175
9.2 式 (9.45) の誘導の応用 .....	175
9.3 熱力学的温度 .....	176
章末問題 .....	177

## 第 10 章 自然現象とエントロピー変化

10-1 自発現象とエントロピー変化 .....	179
--------------------------	-----

10-1-1	熱の移動	179
10-1-2	気体の拡散および膨張	180
10-1-3	気体の混合	182
10-2	相転移のエントロピー	183
10-3	エントロピーの本質	185
10-3-1	エネルギーの分散とエントロピー	186
10-3-2	気体運動論からのアプローチ	186
	章末問題	189

## 第 11 章 物質のエントロピーと熱力学第 3 法則

11-1	物質のエントロピー	191
11-2	熱力学第 3 法則	195
11-2-1	熱力学第 3 法則とは	195
11-2-2	残留エントロピー	196
11-3	標準生成エントロピー	197
11-4	化学反応とエントロピー	198
11-4-1	反応エントロピー	198
11-4-2	反応の方向性を決めるエントロピー	199
11-4-3	反応エントロピーの温度変化	202
11-5	エントロピー変化の活用	
	—断熱消磁法による低温の実現	203
	補遺 エントロピーの測定	205
	章末問題	206

## 第 12 章 ヘルムホルツエネルギーとギブズエネルギー

12-1	新たなエネルギー関数の導入とその意義	207
12-1-1	ヘルムホルツエネルギー	207
12-1-2	ギブズエネルギー	209
12-1-3	自発変化の方向	212
12-1-4	ギブズエネルギーとヘルムホルツエネルギー との関係	216
12-2	標準生成ギブズエネルギー	216
12-2-1	標準生成ギブズエネルギーの算出	216
12-2-2	標準生成ギブズエネルギーと物質の安定性	218
12-3	化学反応とギブズエネルギー	220
12-3-1	反応ギブズエネルギー	220

12-3-2 化学反応の推進力 .....	222
12-4 熱力学関数間の関係 .....	224
12-4-1 マクスウェルの関係式 .....	224
12-4-2 熱力学的状態方程式とその活用例 .....	226
12-5 ギブズエネルギーの温度および圧力依存性 .....	230
12-5-1 ギブズエネルギーの温度依存性 .....	231
12-5-2 ギブズエネルギーの圧力依存性 .....	233
12-6 ギブズエネルギーと他の熱力学関数の関係 .....	235
補遺 12.1 式 (12.91) の誘導 .....	236
12.2 液体や固体における圧力と体積の関係 .....	237
章末問題 .....	237

章末問題解答

第 1 章 241 / 第 2 章 242 / 第 3 章 243 / 第 4 章 245 /
第 5 章 247 / 第 6 章 248 / 第 7 章 251 / 第 8 章 252 /
第 9 章 258 / 第 10 章 259 / 第 11 章 261 / 第 12 章 262

付 録

1 SI 単位 .....	269
2 熱力学の理解のための数学的手法の解説 .....	271
参考図書 .....	276
索 引 .....	278

『基本化学熱力学—展開編』 目 次

第 13 章 純物質の相形成と相平衡
第 14 章 多成分系 (1) —混合物の熱力学
第 15 章 多成分系 (2) —溶液
第 16 章 実在溶液
第 17 章 多成分系の相図
第 18 章 電解質溶液
第 19 章 化学平衡
第 20 章 電気化学平衡と電池
第 21 章 ゴム弾性の熱力学