

# 目 次

## 第 1 章 熱エネルギーシステム序論 (加 藤)

1.1 エネルギーとその形態	1
1.2 エネルギー需給の傾向と課題	5
1.2.1 エネルギー需給の推移と特徴	5
1.2.2 エネルギー需給の課題と熱エネルギーシステム	9
1.3 熱エネルギーシステムの必要性	12
1.4 SI 単位と次元, 不確かさ	15
演習問題	21

## 第 2 章 燃料と燃焼のシステム (義 家)

2.1 燃 料	23
2.1.1 気体燃料	24
2.1.2 液体燃料	25
2.1.3 固体燃料	26
2.2 燃焼現象	27
2.2.1 気体燃料	27
2.2.2 液体燃料	27
2.2.3 固体燃料	28
2.3 燃焼反応と燃焼計算	29
2.3.1 燃焼反応	29
2.3.2 燃料の発熱量	30
2.3.3 所要空気量	31
2.3.4 燃焼ガス量	32
2.4 環境にやさしい燃焼対策	34
2.4.1 NO <sub>x</sub> (窒素酸化物)	35
2.4.2 SO <sub>x</sub> (硫黄酸化物)	35
2.4.3 浮遊粒子状物質	36
2.4.4 自動車の排ガス対策	37

2.4.5 微量元素 .....	38
2.4.6 CO <sub>2</sub> (二酸化炭素) .....	39
演習問題 .....	40

### 第3章 熱エネルギーのマイクロシステム (加藤)

3.1 ミクロにみた気体の性質 .....	41
3.1.1 気体の圧力と温度, 理想気体 .....	41
3.1.2 エネルギーの等分配則と内部エネルギー .....	45
3.2 物質と状態変化 .....	47
3.2.1 物質の3形態と相変化 .....	47
3.2.2 状態変化と状態量 .....	48
3.3 状態方程式と理想気体 .....	52
3.4 状態変化の方向性とエントロピー .....	54
3.4.1 可逆と非可逆 .....	54
3.4.2 エントロピーとその統計的概念 .....	56
演習問題 .....	59

### 第4章 熱エネルギーのマクロシステム (丸山)

4.1 マクロシステムを扱うための基本的概念 .....	61
4.1.1 系, 境界, 外界 .....	61
4.1.2 系の状態とエネルギーの記述法 .....	62
4.1.3 系の熱エネルギーを変化させる因子 .....	62
4.2 仕事あるいは熱としてのエネルギー輸送 .....	63
4.2.1 仕事としてのエネルギー輸送 .....	63
4.2.2 熱としてのエネルギー輸送 .....	66
4.3 熱力学第1法則 .....	67
4.3.1 熱力学第1法則 .....	67
4.3.2 孤立系への適用 .....	69
4.3.3 閉じた系への適用と内部エネルギー .....	69
4.3.4 開いた系への適用とエンタルピー .....	70
4.4 理想気体の性質 .....	73
4.4.1 理想気体の性質 .....	73
4.4.2 定容比熱と定圧比熱 .....	73

4.4.3	内部エネルギーとエンタルピー	74
4.5	理想気体の基本プロセス	75
4.5.1	定容プロセス	76
4.5.2	定圧プロセス	77
4.5.3	等温プロセス	78
4.5.4	断熱プロセス	78
4.5.5	ポリトローププロセス	79
4.6	システムのエネルギー解析	80
4.6.1	工業仕事を伴うピストン・シリンダ系	81
4.6.2	エンジンとヒートポンプの熱サイクル	82
4.6.3	ノズルの流れ	83
	演習問題	85

## 第5章 熱エネルギーの有効利用 (松 田)

5.1	熱エネルギーの量	89
5.1.1	熱と仕事の等価性	89
5.1.2	熱エネルギーの変換と利用	90
5.2	熱エネルギーの変換の方向性	94
5.2.1	熱力学第2法則	94
5.2.2	熱サイクル	96
5.2.3	カルノーサイクル	99
5.2.4	エントロピー	102
5.3	有効仕事とエクセルギー	106
5.3.1	有効仕事	106
5.3.2	エクセルギー	108
	演習問題	111

## 第6章 混合気体と蒸気のシステム (吉 田)

6.1	理想気体の混合と混合気体の性質	113
6.2	湿り空気	118
6.3	蒸 気	120
6.3.1	蒸気の性質	120
6.3.2	水蒸気の性質	125

6.3.3 冷媒の性質 .....	138
6.4 化学反応を伴う混合 .....	141
演習問題 .....	143

## 第7章 熱エネルギー変換システム (廣 田)

7.1 熱機関システム .....	145
7.1.1 熱サイクルの概要 .....	145
7.1.2 内燃機関の熱サイクル .....	147
a. オットーサイクル .....	147
b. ディーゼルサイクル .....	149
c. サバテサイクル .....	151
d. ガスタービンサイクル .....	153
7.1.3 再生ガスサイクル .....	159
a. エリクソンサイクル .....	159
b. スターリングサイクル .....	160
7.1.4 外燃機関の熱サイクル (蒸気動力サイクル) .....	162
a. ランキンサイクル .....	162
b. 再熱サイクル .....	165
c. 再生サイクル .....	166
d. 超臨界圧サイクル .....	169
e. コンバインドサイクル .....	169
f. 原子力プラントサイクル .....	171
7.2 冷凍サイクルとヒートポンプ .....	172
7.2.1 冷凍サイクルとヒートポンプの概要 .....	172
7.2.2 逆カルノーサイクル .....	173
7.2.3 蒸気圧縮式冷凍サイクル .....	174
a. 標準冷凍サイクル .....	174
b. カスケード式圧縮冷凍サイクル .....	176
c. CO <sub>2</sub> サイクル .....	177
d. ガス冷凍サイクル .....	178
7.2.4 吸収式冷凍サイクル .....	179
7.3 空気調和 .....	180
演習問題 .....	182

## 第 8 章 熱エネルギーシステムの新展開

8.1	燃料電池のエネルギー変換 (義 家) .....	185
8.1.1	燃料電池の構成 .....	186
8.1.2	燃料電池の理論効率 .....	187
8.1.3	燃料電池の起電力 .....	189
8.2	ノズルを利用したエネルギー変換 (松 田) .....	191
8.2.1	超音速風洞 .....	191
8.2.2	ロケットエンジン .....	192
8.3	脱フルオロカーボンへ (吉 田) .....	193
8.4	ヒートポンプシステムの省エネ性と性能評価指標 (廣 田) .....	195
8.5	エネルギーシステムと環境影響評価 (丸 山) .....	200
8.5.1	環境の国際規格化 .....	201
8.5.2	エネルギーマネジメントシステム：ISO 50001 .....	201
8.5.3	エコデザインとエコプロダクツ .....	202
8.6	熱エネルギーシステム有用性の総合評価手法 (加 藤) .....	203
8.6.1	エクセルギー効率 .....	203
8.6.2	ライフサイクルアセスメント (LCA) .....	205
8.6.3	エネルギー収支比 (EPR) .....	208
8.6.4	社会受容性 (DBA 意思決定法) .....	209
	演習問題 .....	210
	演習問題略解 .....	213
	参考文献 .....	225
	索 引 .....	231