

目 次

序

1. 原子力熱工学の概要	1
1.1 エネルギーシステムにおける原子力	2
1.2 原子力における熱工学の役割	4
1.3 原子力熱工学の構造	6
2. 熱力学	9
2.1 温度と熱	10
2.2 熱力学変数と状態関数	12
2.3 状態関数の変化	14
2.4 単純物質の熱力学的性質	16
2.5 可逆と不可逆	18
2.6 熱力学過程とサイクル	20
2.7 流れに関する熱力学	22
2.8 不可逆過程の熱力学	24
2.9 エネルギー変換	26
3. 流 動	29
3.1 静止流体	30
3.2 流れの分類	32
3.3 流れの基礎式と境界条件	34
3.4 流速(流量)と圧力(力)の関係	36
3.5 相似則	38

3.6	非圧縮性理想流体の流れ	40
3.7	粘性流体の流れの特徴	42
3.8	抵抗と圧力損失	44
3.9	流体の流出	46
3.10	流体の振動	48
3.11	気液二相流の基礎概念	50
3.12	気液二相流の解析モデルと流動特性	52
4.	伝 熱	55
4.1	伝熱のメカニズム	56
4.2	伝熱無次元数	58
4.3	熱伝導の式とその解き方	60
4.4	熱伝導問題の解の例	62
4.5	自然対流伝熱	64
4.6	強制対流伝熱	66
4.7	沸騰伝熱	68
4.8	限界熱流束と極小熱流束	70
4.9	凝縮伝熱	72
4.10	輻射伝熱	74
4.11	熱交換器	76
4.12	伝熱促進と断熱	78
5.	原子力発電プラントのサイクルと機器	81
5.1	原子力発電プラントの概要	82
5.2	熱エネルギー変換サイクル	84
5.2.1	蒸気タービンサイクル	84
5.2.2	ガスタービンサイクルと複合サイクル	86
5.3	原子力発電プラントの動力システムの構成例	88
5.3.1	LWR プラント	88
5.3.2	LMFBR プラントと PTR プラント	90
5.3.3	AGR と HTGR	92
5.3.4	核融合炉プラントの概念	94
5.4	主要機器の構造と機能	96

5.4.1	発電機	96
5.4.2	タービン	98
5.4.3	伝熱機器	100
5.4.4	循環機・配管・弁	102
6.	原子炉の熱解析 (I)	105
6.1	原子炉の熱工学的構造および核熱の発生	106
6.2	発熱分布	108
6.2.1	炉心発熱分布	108
6.2.2	燃料・構造物・減速材中の発熱分布	110
6.3	冷却材とその流れ	112
6.3.1	冷却材の選定	112
6.3.2	炉内流動	114
6.3.3	燃料集合体における流れ	116
6.4	伝熱と温度分布	118
6.4.1	燃料要素と流路の断面温度分布	118
6.4.2	燃料要素と流路の軸方向温度分布	120
6.4.3	構造物の温度分布と熱応力	122
6.5	ホットチャンネル係数	124
6.6	核熱水力相互作用	126
6.7	時間依存の出力と温度	128
6.7.1	過渡変化時の燃料の熱計算	128
6.7.2	炉心動特性とプラント動特性	130
6.7.3	炉停止後の出力変化	132
6.7.4	燃焼の進行に伴う熱的变化	134
6.8	原子炉熱設計	136
6.8.1	熱設計における制限値	136
6.8.2	炉心熱設計の手順	138
6.8.3	燃料要素・集合体の熱設計	140
6.9	原子炉熱水力特性のモックアップ試験	142
6.10	炉心熱解析の例	144
6.10.1	PWR 炉心の熱解析	144
6.10.2	PWR 燃料集合体の DNB 熱流束	146
6.10.3	BWR 炉心の熱解析	148
6.10.4	BWR 燃料集合体の CHF と CPR	150
6.10.5	LMFBR 炉心の熱解析	152

6.10.6	PTR 沸騰炉心の熱解析	154
6.10.7	HTGR 炉心の熱解析	156
6.10.8	CTR (Tokamak) の熱解析	158
7.	原子炉の熱解析 (II)	161
7.1	原子炉想定事故時の熱工学的事象	162
7.2	WR ECCS の構成・機能ならびに熱工学的要件	164
7.3	LWR 格納容器内における LOCA 時の熱吸収	166
7.4	LWR LOCA の熱解析	168
7.5	LWR RIA の熱解析	170
7.6	LMFBR HCDA の熱解析	172
8.	核熱の利用	175
8.1	核熱の多目的利用	176
8.2	エネルギーの有効利用	178
8.3	熱エネルギーの貯蔵・輸送・再変換	180
8.4	環境熱影響	182
8.5	熱工学の極限的分野	184
	おもな記号	187
	引用文献	189
	付録——数式・単位・熱工学データ・原子力プラントデータ・エネルギーデータ	191
	索引	209
	略号索引	213