

原子力エネルギー変換

目 次

第1章 原子動力システム

1. 1	はじめに	1
1. 2	原子核エネルギー変換	1
1. 3	核融合からのエネルギー	4
1. 4	核融合炉	5
1. 5	核分裂からのエネルギー	6
1. 6	連鎖反応	8
1. 7	中性子のエネルギーと減速	9
1. 8	転換と増殖	10
1. 9	核分裂原子炉動力プラント	11
1.10	原子核エネルギーの直接変換	17

第2章 原子動力の熱力学

2. 1	はじめに	21
2. 2	カルノー・サイクルと効率	21
2. 3	実際のサイクルと可逆性の概念	25
2. 4	ランキン・サイクル	27
2. 5	非可逆サイクルで運転している原子力プラントの効率と仕事	29
2. 6	再生過程	33
2. 7	熱源温度が一定でない場合の加熱	36
2. 8	過熱サイクルと再熱サイクル	40
2. 9	作動流体の選択	42
2.10	多流体併用蒸気サイクル	43
	演習問題	51

第3章 沸騰原子炉

3. 1	はじめに	55
3. 2	沸騰原子炉の質量収支と熱収支	58
3. 3	沸騰流路の駆動圧力	60
3. 4	沸騰流路の平均密度	63
3. 5	上昇管の効果	67
3. 6	多重流路沸騰炉心	69

2 目 次

3. 7	水型原子炉におけるボイド係数	74
3. 8	高濃縮燃料を用いた軽水炉の場合	76
3. 9	低濃縮燃料を用いた軽水炉の場合	79
3.10	重水炉の場合	81
3.11	沸騰原子炉における圧力係数	81
3.12	沸騰水型原子炉の安定性	84
	演習問題	86

第4章 沸騰水型原子炉動力プラント

4. 1	はじめに	89
4. 2	蒸気系の放射能	89
4. 3	直接サイクル動力プラント	90
4. 4	E B W R	93
4. 5	二重サイクル動力プラント	98
4. 6	Dresden I 原子力発電所	100
4. 7	再循環流によるプラントの制御	105
4. 8	Browns Ferry 原子力発電所	106
4. 9	Pathfinder 原子力発電所	116
4.10	黒鉛-水沸騰過熱原子炉	121
4.11	V M R	123
4.12	沸騰水型原子炉用のタービン	128
	演習問題	132

第5章 加圧水型原子炉

5. 1	はじめに	135
5. 2	軽水炉の材料	136
5. 3	蒸気発生器	138
5. 4	原子炉系の加圧器	140
5. 5	化学シムによる制御	144
5. 6	加圧重水型原子炉	150
	演習問題	153

第6章 加圧水型原子炉動力プラント

6. 1	はじめに	155
6. 2	Shippingport 原子力発電所	156
6. 3	Indian Point I 原子力発電所	159
6. 4	Point Beach 原子力発電所	160

6. 5	Pickering 原子力発電所	169
6. 6	流動層の概念	173
6. 7	流動層型原子炉	177
	演習問題	180

第7章 ガス冷却型原子炉

7. 1	はじめに	181
7. 2	熱力学サイクル	181
7. 3	ガス冷却材の放射能	185
7. 4	熱伝達とポンプ動力に関する種々のガス冷却材の比較	187
7. 5	直接サイクルに用いる場合のガス冷却材の熱力学的比較	191
7. 6	実際のサイクル	196
7. 7	ガス冷却材のそのほかの比較	200
7. 8	ガス冷却型原子炉の設計に対する燃料要素の形式の影響	203
	演習問題	206

第8章 ガス冷却型原子炉動力プラント

8. 1	はじめに	209
8. 2	ガス-水蒸気系の解析——単純サイクル	209
8. 3	ガス-水蒸気系の解析——二重圧力サイクル	216
8. 4	イギリスにおけるガス冷却炉計画	219
8. 5	Hinkley Point A 原子力発電所	220
8. 6	Hinkley Point B 原子力発電所	224
8. 7	高温ガス冷却型原子炉 (HTGR)	229
8. 8	Peach Bottom HTGR 原子力発電所	230
8. 9	Fort Saint Vrain HTGR 原子力発電所	234
8.10	ペブル・ベッド型原子炉	239
8.11	A V R	244
8.12	ペブル・ベッド型原子炉動力プラント	246
8.13	M L-1	248
8.14	その他のガス冷却型原子炉プラント	249
	演習問題	252

第9章 高速増殖炉

9. 1	はじめに	255
9. 2	高速増殖炉の核反応	256
9. 3	転換と増殖	258

4 目 次

9. 4	転換(増殖)比	261
9. 5	倍增時間	263
9. 6	高速炉の安全性	265
9. 7	高速炉の動特性	267
9. 8	ナトリウムのボイド係数	269
9. 9	高速炉のドップラー効果	271
9.10	高速炉の中性子分布	272
9.11	高速炉の冷却材——液体金属	276
9.12	高速炉の冷却材——ガスおよび水蒸気	280
9.13	高速炉材料のスエリング	281
	演習問題	283

第10章 高速増殖炉動力プラント

10. 1	はじめに	285
10. 2	液体金属冷却高速増殖炉プラント	286
10. 3	Enrico Fermi 原子力発電所	289
10. 4	SEFOR 原子力発電所	295
10. 5	ナトリウム冷却大型高速炉	303
10. 6	ガス冷却高速炉	307
10. 7	蒸気冷却高速炉	312
10. 8	E S C R	314

第11章 流動燃料原子炉と動力プラント

11. 1	はじめに	319
11. 2	長所と短所	320
11. 3	流動燃料原子炉の種類	321
11. 4	水質燃料溶液	323
11. 5	水質性スラリー	326
11. 6	液体金属燃料	330
11. 7	熔融塩燃料	333
11. 8	ガス懸濁燃料	336
11. 9	流動燃料の腐食性と浸食性	337
11.10	原子炉容器の設計	339
11.11	水質燃料原子炉	341
11.12	液体金属燃料炉	345
11.13	熔融塩炉	348

第 12 章 有機冷却減速型原子炉

12. 1	はじめに	359
12. 2	原子炉用有機液体	360
12. 3	有機冷却材に対する放射線および高温による損傷	363
12. 4	有機冷却材中の誘導放射能	368
12. 5	有機冷却材のそのほかの特性	369
12. 6	ポリフェニル冷却材の熱伝達	369
12. 7	ポリフェニルの浄化と運転コスト	372
12. 8	有機冷却炉のそのほかの特性	375
12. 9	OMRE	377
12.10	Piqua OMR 発電所	380

第 13 章 熱電子エネルギー変換

13. 1	はじめに	385
13. 2	熱電子変換器の構成	386
13. 3	固体现象	387
13. 4	表面現象	389
13. 5	空間現象	392
13. 6	真空ダイオード	393
13. 7	真空ダイオードの効率	396
13. 8	プラズマ・ダイオード	400
13. 9	プラズマ・ダイオードの特性	403
13.10	熱電子変換器の熱源	406
13.11	炉内型熱電子変換器	409
13.12	熱電子発電の研究	413
13.13	小型熱電子ダイオード	415
	演習問題	418

第 14 章 熱電気エネルギー変換

14. 1	はじめに	421
14. 2	固体のバンド理論	422
14. 3	半 導 体	424
14. 4	熱電気効果	425
14. 5	熱電気変換器の原理	429
14. 6	変換器の性能を示すパラメータ	432
14. 7	変換器効率の最適化	434

6 目 次

14. 8	変換器出力の最適化	441
14. 9	熱電気変換器の材料	443
14.10	熱電堆, カスケード型変換器, および分割型変換器	446
14.11	SNAP 10 A システム	449
14.12	第2世代のシステム	454
14.13	同位元素動力装置	456
14.14	SNAP 27 システム	458
	演習問題	460
第15章 核放射線エネルギーの直接変換		
15. 1	はじめに	463
15. 2	核放射線変換器の種類	463
15. 3	ベータ起電力電池	465
15. 4	ベータ起電力電池の例	468
15. 5	核分裂電池	471
15. 6	FEC の性能	473
15. 7	実用的な FEC の例	476
	演習問題	478
第16章 核融合		
16. 1	はじめに	481
16. 2	核融合燃料と反応	482
16. 3	プラズマ	483
16. 4	プラズマの温度	484
16. 5	プラズマの加熱と注入	488
16. 6	プラズマの閉じこめ	490
16. 7	ピンチ効果を用いた閉じこめ	493
16. 8	開放端方式, すなわち磁気ミラー・マシンによる閉じこめ	497
16. 9	閉じた幾何学的形状をもつ, すなわちステラレータ・マシンによる閉じこめ	498
16.10	その他の閉じこめ方法	501
16.11	プラズマ密度と閉じこめ時間	504
16.12	D-T 核融合炉動力プラント	506
16.13	トリチウム増殖と中性子の増倍	509
16.14	技術上の諸問題	512
16.15	直接変換核融合炉動力プラント	515
16.16	核融合トーチ	515
	演習問題	517

第 17 章 原子力発電の経済

17. 1	はじめに	521
17. 2	原子力発電コスト	521
17. 3	直接資本費	525
17. 4	間接資本費	527
17. 5	固定費	530
17. 6	燃料サイクル	534
17. 7	燃料サイクル・コスト	539
17. 8	燃料サイクル・コストの算定法	542
17. 9	運転維持費	543
17.10	基本的定義	544
17.11	発電コストの計算	547
	演習問題	550
	付録A 元素表	553
	付録B 熱力学的物性値	555
	付録C 物性値表	583
	付録D ムーディ線図	587
	付録E 物理定数表	589
	付録F 換算表	591
	参考文献	597
	索引	609