

目 次

第 1 章 境界領域プラズマとは	1
1.1 核融合反応	1
1.2 炉心プラズマ条件	3
1.3 境界領域プラズマとは	6
[参考文献]	10
第 2 章 単一粒子の運動	11
2.1 一様で定常な電磁場中での運動	11
2.2 不均一磁場中での運動	14
2.3 時間的に変化する電場によるドリフト	16
2.4 磁気鏡磁場配位中での粒子の運動	17
2.5 内部電流トーラス系磁場配位中での粒子の運動	21
[参考文献]	29
第 3 章 プラズマ粒子の速度分布関数の形成	30
3.1 速度分布関数とは	30
3.2 デバイ遮蔽とプラズマの準中性	35
3.3 リウヴィユの定理	38
3.4 運動論的方程式	39
3.5 衝突項	41
3.6 フォッカー・プランク方程式	45
3.7 衝突過程に現れる種々の特性長	50
3.8 電子と原子・分子間の弾性衝突とエネルギー損失	53
3.9 ドリュヴェシユタイン分布	54
第 3 章付録	56
[参考文献]	61
第 4 章 クーロン衝突を特徴づける時間	62
4.1 減速時間	62
4.2 等方化時間	65

4.3	ブラジンスキーの衝突時間	66
4.4	エネルギー緩和時間	67
4.5	電子とイオンの温度緩和	70
4.6	規格化実効衝突周波数	71
	第4章付録	73
	[参考文献]	74
第5章	衝突緩和過程	75
5.1	トロイダル・リップルによる粒子損失	75
5.2	プラズマの電気抵抗	77
5.3	逃走電子	79
5.4	電気二重層	86
5.5	エネルギー損失係数	89
5.6	中性粒子が関与する衝突	90
5.7	モンテカルロ法による粒子の運動の追跡	93
	第5章付録	95
	[参考文献]	97
第6章	流体方程式	99
6.1	速度分布関数のモーメント	99
6.2	モーメント式の導出	102
6.3	粒子保存の式と運動方程式	104
6.4	中性粒子が関与する熱応力	113
6.5	エネルギー平衡の式と熱流束方程式	114
6.6	熱輸送係数	115
6.7	プラズマの一流体方程式	120
6.7.1	連続の式	120
6.7.2	運動の式	121
6.7.3	オームの法則	121
6.7.4	エネルギーと熱を記述する式	122
	第6章付録	124
	[参考文献]	127
第7章	シースの形成	128
7.1	ボームの条件	128
7.2	浮遊電位	130

7.3	2電子温度プラズマにおけるシース形成	133
7.4	電子放出が大きい場合のシース形成	134
7.5	空間電荷制限放出電流	137
7.5.1	理論式	137
7.5.2	変形チャイルド-ラングミュアの式	143
7.6	プリシースの簡単な解析	147
7.7	静電イオン・シース形成のダイナミクス ^{19)~21)}	149
7.7.1	定常解	149
7.7.2	シース・ダイナミクス	150
7.8	磁気プリシース	153
	第7章付録	156
	[参考文献]	158
第8章	シースを介しての熱・粒子輸送	160
8.1	シースを介してのエネルギー伝達	160
8.2	固体表面における粒子の反射	165
8.2.1	反射係数	165
8.2.2	エネルギー伝達係数への影響	166
8.3	固体表面からの電子放出	167
8.3.1	2次電子放出	167
8.3.2	シース形成に及ぼす2次電子放出の効果	169
8.3.3	斜入射磁力線の効果	172
8.3.4	非線形熱分岐現象	176
8.4	高周波シース	179
8.5	高周波動重力の効果	183
8.5.1	プリシースの変形	183
8.5.2	シースの変形	186
8.6	エネルギー伝達係数の評価における問題点	190
8.6.1	非接触プラズマの形成	190
8.6.2	異常エネルギー伝達係数	193
	第8章付録	197
	[参考文献]	205
第9章	開いた磁力線を有するプラズマ中における輸送と制御	207
9.1	熱・粒子制御のための固体リミター・磁気ダイバータ	207

9.1.1	主高温プラズマから真空容器壁を隔離すること	207
9.1.2	固体リミター	208
9.1.3	磁気ダイバータ	210
9.1.4	エルゴディック・ダイバータ	217
9.2	スクレイプ・オフ層におけるプラズマ構造	226
9.3	スクレイプ・オフ層における磁力線方向のエネルギー輸送	229
9.4	スクレイプ・オフ層における不純物遮蔽効果	231
9.5	スクレイプ・オフ層中における不純物輸送	233
9.6	擾乱長	238
9.7	磁気鏡配位	240
9.7.1	両極性電位を考慮した単純磁気鏡	240
9.7.2	タンデム・ミラー	242
	第9章付録	245
	[参考文献]	246
第10章	固体表面からの不純物の発生と放電過程	248
10.1	不純物混入に伴うプラズマからの放射エネルギー	248
10.1.1	コロナ平衡に基く放射エネルギーの評価と炉の成立性	248
10.1.2	衝突輻射モデルによる評価	251
10.1.3	サイクロトロン放射とエネルギー変換	254
10.1.4	放射の輸送方程式	256
10.2	放電現象	258
10.2.1	アーク現象と単極アーク発生条件	258
10.2.2	アーク放電における陰極部の構造とエネルギー平衡	260
10.2.3	ストリーマ放電	265
10.2.4	雷放電とグローバル・サーキット	267
10.3	スパッタリング	270
10.3.1	物理スパッタリング	270
10.3.2	炭素材料における照射促進昇華	276
10.3.3	化学スパッタリング	277
10.3.4	偏析による損耗制御	278
10.4	溶解・蒸発	281
10.5	照射損傷	284
10.5.1	低エネルギー高粒子束ヘリウム照射によるタンゲステン表面の損傷 ⁷⁰⁾	284

10.5.2	低エネルギー高粒子束水素照射によるタンゲステン表面の損傷	292
10.6	堆積	295
	第10章付録	305
	[参考文献]	308
第11章	水素リサイクリング過程	313
11.1	水素イオン・原子の固体表面における反射	313
11.2	固体表面における水素の挙動	313
11.2.1	物理吸着と化学吸着	314
11.2.2	脱離	317
11.2.3	固体中における水素の拡散と吸蔵	319
11.3	フランク-コンドン過程と熱解離	320
11.3.1	フランク-コンドン過程	320
11.3.2	水素分子の熱解離	322
11.4	水素原子・分子の電離過程	324
11.4.1	水素分子のかかわる素過程	324
11.4.2	水素原子のかかわる素過程	325
11.5	プラズマ再結合過程	326
11.6	プラズマ中への水素分子の浸透	328
11.7	水素リサイクリング過程	331
11.8	長時間放電における壁排気の効果	334
	[参考文献]	337
第12章	周辺および境界領域プラズマにおける輸送とその制御	339
12.1	エルゴディック・ダイバータによる周辺プラズマの制御	339
12.1.1	統計的磁場構造の特徴	339
12.1.2	ラミナー層の構造	342
12.1.3	周辺部への影響	344
12.1.4	逃走電子への効果	346
12.1.5	統計的磁気層による不純物の制御	353
12.1.6	H-モードにおけるペDESTALを介してのELMの制御	355
12.2	動的エルゴディック・ダイバータ	357
12.2.1	基本概念	357
12.2.2	小型トカマクCSTN-IIIにおける先駆的研究	359
12.2.3	水素リサイクリングに与えるDEDの効果	361

12.2.4 ティアリング・モードの成長によるプラズマ電流の空間変調 . . .	362
12.2.5 回転トカマク・プラズマと DED の相互作用	367
12.3 温度勾配に基づく熱電流	376
12.4 非接触プラズマの形成と熱パルスに対する動的応答	379
12.4.1 非接触プラズマの形成実験	379
12.4.2 熱パルスに対する非接触プラズマのダイナミクス	392
12.5 SOL におけるバーストの輸送	398
12.5.1 バースト状非局所的熱・粒子輸送	398
12.5.2 時系列データに対する統計的信号解析	399
12.5.3 プロップ理論	403
12.5.4 プラズマ発生装置における間欠的揺動の観測	406
第 12 章付録	407
[参考文献]	410
第 13 章 微粒子の挙動	415
13.1 微粒子の帯電過程	415
13.2 静電シース中における微粒子	417
13.3 微粒子に作用する力	421
13.4 シース中における微粒子のダイナミクス	423
13.5 プラズマ実験装置におけるダストの発生と輸送	430
13.5.1 アモルファス太陽電池製造における例	430
13.5.2 プラズマ・核融合装置におけるダストの輸送過程	431
第 13 章付録	435
[参考文献]	441
第 14 章 境界領域プラズマ計測における探針	443
14.1 複探針法	443
14.2 三探針法	446
14.3 マッハ・プローブ	448
14.4 イオン・センシティブ・プローブ	453
第 14 章付録	457
[参考文献]	459
索引	461