

目 次

“測定法シリーズ”刊行にあたって	i
まえがき	iii
1章 序 論	1
1.1 プラズマ	1
1.2 種々のプラズマ	2
1.3 プラズマの特性とその計測	3
1.4 プラズマ分光学	4
2章 分光計測の基礎	7
2.1 放射とスペクトル	7
1) 放射 7	
2) 原子・分子のスペクトル 9	
3) エネルギーの単位 12	
2.2 放射量の定義	13
2.3 放射量に関する法則	17
2.4 電磁波の性質	18
1) 電磁波の表示 18	
2) 電磁波のエネルギー 20	
3) 吸収と複素屈折率 20	
4) 偏光の表示 22	
5) 光学異方性 24	
2.5 分光器	25
1) 平面回折格子分光器 25	
2) 凹面回折格子分光器 27	

3) プリズム分光器	28
4) ファブリー・ペロー干渉計	29
2.6 光検出器	31
1) 写真乾板・フィルム	32
2) 光電子増倍管	33
3) ホトダイオード	33
4) ホトトランジスタ	34
2.7 標準光源	35
1) 放射量の標準	35
2) 波長標準	36
3章 プラズマ中の放射過程および衝突過程	39
3.1 原子のエネルギー準位と線スペクトル	39
1) 水素様原子	39
2) 多電子原子	42
3) 許容遷移と禁制遷移	44
4) 分子のエネルギー準位とバンドスペクトル	44
5) 連続スペクトル	47
3.2 分光記号	48
1) 原子の分光記号	48
2) 分子の分光記号	51
3.3 光の吸収と放出	53
1) 光の吸収	53
2) 光の放出	56
3.4 原子の遷移確率	58
1) 原子の A 係数と B 係数	58
2) 縮退準位に対する A 係数と B 係数	60
3) 振動子強度	62
3.5 選択則と偏光	64
1) 選択則	64
2) 偏光	65
3.6 分子の遷移確率	66
1) 分子の波動関数	66
2) 分子の双極子モーメント	67

3) 分子の線遷移強度	67
4) 分子遷移の選択則	68
3.7 スペクトル線のプロフィール	69
1) 自然幅	70
2) 衝突広がり	71
3) ドップラー広がり	74
4) ゼーマン効果	76
5) シュタルク効果	79
6) コンポリューション	81
3.8 プラズマ中の衝突過程	83
1) 弾性衝突	83
2) 平均自由行程	85
3) 非弾性衝突	85
4) サイクロトロン運動	86
4章 熱平衡プラズマ	89
4.1 熱力学的平衡状態のプラズマ	89
1) 熱力学的平衡の成立条件	89
2) 放射の閉じ込め	90
4.2 空洞放射	91
4.3 詳細釣り合いの原理	93
1) 放射過程の平衡	93
2) 衝突過程の平衡	94
4.4 励起状態へのボルツマン分布則	95
4.5 マクスウェル・ボルツマンの速度分布則	96
4.6 状態方程式	97
4.7 理想気体の条件	98
4.8 サハの熱電離式	100
4.9 光学的に厚いプラズマの放射と放射輸送	102
1) 光学的厚さ	102
2) プラズマの放出係数と吸収係数	103
3) プラズマの分光放射輝度	104
4) 共鳴放射の閉じ込めの定量的取り扱い	107

4.10	局所熱平衡プラズマ	110
1)	衝突優勢プラズマ	110
2)	電子と気体原子の運動エネルギーの平衡条件	111
5	章 熱平衡プラズマの分光計測	115
5.1	温度測定法	115
1)	スペクトル線放出係数の絶対値	115
2)	複数の原子スペクトル線放出係数の相対値	117
3)	異なる電離段階のイオン線の放出係数	119
4)	異種原子スペクトル線放出係数の相対値	120
5)	連続スペクトル放射の放出係数	120
6)	ドップラー効果によるスペクトル線の広がり	123
5.2	電子密度の測定	123
1)	シュタルク効果による電子密度測定	123
	準静的理論 124 / インパクト理論 125 / 水素原子のシュタルク効果	126
2)	バルマー系列端の偏移	128
3)	連続スペクトルの放出係数	128
5.3	原子密度の測定	129
5.4	金属蒸気アーク放電の分光計測	130
	高圧ナトリウムランプ 130 / 混合金属蒸気放電 132	
5.5	希ガス・アーク放電の分光計測	132
5.6	プラズマジェットの分光計測	137
5.7	その他の熱平衡プラズマ	146
5.8	分子スペクトルによる温度測定	146
6	章 非平衡プラズマの概要	147
6.1	非平衡プラズマ	147
1)	非平衡プラズマの意味	147
2)	種々の非平衡状態	148
6.2	部分的熱平衡状態	149
1)	熱平衡分布の成立条件	150

	電子の速度分布がマクスウェル分布となる条件	150	/	原子の内部励起状態への分布がボルツマン分布であるための条件	152	/	電子の温度と気体原子の温度が等しくなる条件	153
2)	「温度」についての種々の概念	153						
	電子温度	154	/	励起温度	154	/	電離温度	154
	振動温度	155	/	回転温度	155	/	イオン温度, 気体温度	155
6.3	非平衡プラズマの基本式	155						
1)	ボルツマンの輸送方程式	155						
2)	レート方程式	156						
	連続の式(粒子密度に関する平衡式)	157	/	運動方程式(運動量に関する平衡式)	157	/	エネルギーの平衡式	158
6.4	非平衡プラズマのモデル	159						
1)	部分的局所熱平衡モデル	159						
2)	コロナモデル	160						
3)	C-R モデル	162						
7	章 非平衡プラズマの分光計測	163						
7.1	グロー放電プラズマの分光計測：プラズマ化学プロセスへの応用	163						
1)	プラズマ化学プロセス	163						
2)	グロー放電装置	165						
3)	プラズマ中の発光種の絶対数密度	168						
4)	プラズマ中の電子エネルギー分布	170						
5)	グロー放電プラズマ中の非発光種の絶対数密度	174						
	蛍光放出過程のレート方程式	174	/	蛍光の偏光	176	/	パルス励起	177
	測定法	178	/	測定例	180			
6)	グロー放電プラズマの測定に関する他の問題	182						
	H _β 線のプロフィール	182	/	グロー放電中の電場の測定	184			
7.2	高周波単極放電	184						
1)	高周波単極放電発生装置と測光系	185						
2)	発光スペクトルの空間分布	186						
3)	励起原子密度分布の測定	188						
4)	電子温度の推定	190						
5)	電子密度の測定	191						
6)	電子の速度分布	193						
7)	質量分離	196						
7.3	蛍光ランプの陽光柱	200						

参考文献	203
付録 1. 双極子放射	237
A 1.1 古典振動双極子の放射 237	
A 1.2 量子力学的表示 239	
A 1.3 選択則と偏光 240	
A 1.4 ウィグナー・エッカルトの定理 242	
A 1.5 吸収と発光の偏光特性 245	
付録 2. 磁場中の気体の複素屈折率	247
A 2.1 磁気異方性 247	
A 2.2 プラズマ分散関数 249	
A 2.3 磁気光学効果 252	
付録 3. 共鳴線の吸収に対する平均自由行程	255
付録 4. 自由-自由遷移の放出係数, 吸収係数, 緩和時間	256
付録 5. 衝突-放射モデル(C-R モデル)	257
A 5.1 一般式 257	
A 5.2 水素原子および水素様イオン 258	
A 5.3 準定常解 260	
A 5.4 電離過程プラズマと再結合プラズマ 261	
A 5.5 部分的熱平衡状態の成立条件 262	
A 5.6 水素様イオン以外の場合 265	
付録 参考文献	266
索引	269