



# 目 次

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 序 章 プラズマとは何か？                   | 1  |
| 第 1 章 気体論の基礎                    | 7  |
| 1.1 速度の分布                       | 7  |
| 1.2 衝突の断面積と平均自由行程               | 17 |
| 1.3 弾性衝突                        | 22 |
| 付録 1 A.1 2 種類の気体分子の相対速度の大きさの平均値 | 24 |
| 1 A.2 弾性衝突する粒子の平均的エネルギー損失係数     | 25 |
| 第 2 章 荷電粒子の基礎過程                 | 28 |
| 2.1 電 離                         | 28 |
| 2.2 励 起                         | 33 |
| 2.3 解 離                         | 37 |
| 2.4 非弾性衝突における損失エネルギー            | 38 |
| 2.5 負イオンの生成                     | 40 |
| 2.6 イオンと原子・分子との衝突               | 42 |
| 2.7 再結合                         | 45 |
| 2.8 熱電離                         | 51 |
| 2.9 低気圧直流放電における電子温度とイオン温度       | 53 |
| 2.10 ボルツマンの式                    | 56 |
| 付録 2 A.1 電離層生成の簡単なモデル           | 57 |
| 2 A.2 水素原子のエネルギー準位              | 60 |
| 2 A.3 再結合プラズマからの発光スペクトル         | 61 |
| 2 A.4 電子ガスに対するボルツマンの関係式         | 63 |
| 第 3 章 荷電粒子の輸送過程                 | 65 |
| 3.1 拡 散                         | 65 |

|          |              |    |
|----------|--------------|----|
| 3.2      | その他の輸送係数     | 70 |
| 3.3      | アインシュタインの関係式 | 71 |
| 3.4      | 両極性拡散        | 72 |
| 3.5      | 円筒放電管内のプラズマ  | 73 |
| 付録 3 A.1 | 輸送係数         | 78 |
| 3 A.2    | 拡散方程式の解      | 79 |

## 第 4 章 プラズマ生成の基礎過程 82

|          |                             |     |
|----------|-----------------------------|-----|
| 4.1      | 持続放電の条件                     | 82  |
| 4.2      | 高周波放電                       | 91  |
| 4.3      | トーラス放電                      | 104 |
| 4.4      | 逃走電子                        | 110 |
| 4.5      | 接触熱電離                       | 111 |
| 付録 4 A.1 | 単極マルチパクター放電                 | 115 |
| 4 A.2    | トーラス放電の立ち上がり                | 115 |
| 4 A.3    | 熱電子放出電流に関するリチャードソン・ダッシュマンの式 | 117 |

## 第 5 章 放電の形態 120

|          |                    |     |
|----------|--------------------|-----|
| 5.1      | コロナ放電とグロー放電        | 120 |
| 5.2      | アーク放電              | 136 |
| 付録 5 A.1 | 陰極に衝突するイオンのエネルギー分布 | 144 |
| 5 A.2    | チャイルド・ラングミュアの式     | 145 |
| 5 A.3    | 移動度制限電流            | 147 |
| 5 A.4    | 物理スパッタリング          | 149 |
| 5 A.5    | 固体表面における粒子の反射      | 150 |

## 第 6 章 プラズマの基礎量 154

|          |           |     |
|----------|-----------|-----|
| 6.1      | デバイ遮蔽     | 154 |
| 6.2      | クーロン衝突    | 159 |
| 6.3      | プラズマの電気抵抗 | 166 |
| 6.4      | シース       | 168 |
| 付録 6 A.1 | 遮蔽電位の導出   | 179 |

|            |     |
|------------|-----|
| 6 A.2 衝突時間 | 180 |
|------------|-----|

## 第7章 プラズマの挙動 182

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 7.1 プラズマの3つの顔              | 182 |
| 7.2 磁気モーメントと反磁性            | 185 |
| 7.3 磁力線を横切るドリフト            | 187 |
| 7.4 プラズマ中の波動               | 190 |
| 7.5 磁力線の凍結とつなぎ換え           | 200 |
| 7.6 電磁流体プラズマの平衡と安定性        | 206 |
| 付録7 A.1 $E \times B$ ドリフト  | 212 |
| 7 A.2 $\nabla B$ ドリフト      | 214 |
| 7 A.3 イオン波の分散式および波と粒子の相互作用 | 215 |
| 7 A.4 プラズマの1流体方程式の導出       | 217 |
| 7 A.5 円柱状の理想電磁流体プラズマの安定性   | 220 |

## 第8章 核融合プラズマ 225

|                |     |
|----------------|-----|
| 8.1 核融合反応      | 225 |
| 8.2 炉心プラズマ条件   | 228 |
| 8.3 プラズマの閉じ込め  | 232 |
| 8.4 燃えるプラズマの実現 | 241 |

|    |     |
|----|-----|
| 索引 | 243 |
|----|-----|