

# 目 次

緒 言	1
-----	---

## 第 1 章 超電導体の性質

1.1 超電導現象	3
1.2 完全導電性と完全反磁性	5
1.3 熱的性質	10
1.4 量子効果	14
1.5 第一種超電導体と第二種超電導体	17
1.6 中間状態と混合状態	19
1.7 摘 要	21
1.8 問 題	22

## 第 2 章 超電導の理論

2.1 金属の常電導状態と電気抵抗の原因	23
2.2 BCS 理論による超電導状態の説明	26
2.3 ギンズブルグ-ランダウ方程式とその応用	30
2.4 超電導体でのトンネル効果	35
2.5 磁束量子線の運動とピン止め効果	40
2.6 摘 要	47
2.7 問 題	47

## 第 3 章 超 電 導 線

3.1 超電導材料	49
3.2 超電導電磁石の不安定現象	51

3.3 常電導部の発生の抑制	59
3.3.1 動的安定化	60
3.3.2 断熱的安定化	64
3.4 常電導部の拡大の抑制	69
3.4.1 常電導部の伝搬	69
3.4.2 多量の銅を付加した複合導体の安定性	73
3.5 実用超電導線	86
3.5.1 合金系超電導線	86
単線—ストリップ導体—ストランドケーブル—多フィ ラメント超電導線—中空超電導導体	
3.5.2 化合物系超電導線	89
3.6 交流用超電導線	90
3.6.1 低磁界の場合	90
3.6.2 高磁界の場合	93
3.6.3 多フィラメント形超電導線の交流特性	97
3.7 摘要	100
3.8 問題	101

## 第4章 超電導電磁石

4.1 電磁気の基本	103
4.1.1 磁界と磁束密度との関係	103
4.1.2 ビオ-サバールの法則	104
4.1.3 磁界が電流に及ぼす力	105
4.2 コイルのインダクタンス	106
4.3 円筒形コイルの磁界	107
4.3.1 中心軸上の磁界	107
4.3.2 コイル内の軸から離れた点の磁界	109
4.4 その他のコイルの磁界	111
4.4.1 ヘルムホルツコイル	112
4.4.2 環状コイル	113
4.5 超電導電磁石の実例	120
4.5.1 小形超電導電磁石	120

4.5.2 大形超電導電磁石	122
4.5.3 超電導電磁石の保護	126
4.6 電流供給法	127
4.6.1 リード線	127
4.6.2 磁束ポンプ	129
4.7 磁界の測定	133
4.7.1 ホール効果	133
4.7.2 磁気抵抗効果	136
4.7.3 核磁気共鳴 (NMR) と電子スピン共鳴 (ESR)	137
4.8 摘要	138
4.9 問題	138

## 第5章 冷凍技術

5.1 冷媒としてのヘリウム	139
5.2 液体ヘリウム	144
5.3 熱力学の基礎	146
5.3.1 温度	146
5.3.2 内部エネルギー, エンタルピー, エントロピー	147
5.3.3 比熱, 比熱比	150
5.3.4 気体の状態変化	151
5.4 低温の発生	154
5.4.1 膨脹機による冷凍	154
レシプロ形膨脹機—タービン形膨脹機	
5.4.2 ジュール-トムソン効果による冷凍	157
5.5 ヘリウム液化機	160
5.5.1 カスケード式ヘリウムの液化機	160
5.5.2 膨脹機付ヘリウム液化機	161
レシプロ膨脹機付液化機—タービン式膨脹機付液化機	
5.6 低温容器	162
5.6.1 貯液デュワ容器	163
5.6.2 クライオスタット	165
5.7 冷却法	166

5.7.1 小形超電導電磁石の場合	166
5.7.2 大形超電導電磁石の場合	166
5.8 超臨界ヘリウムによる強制冷却	168
5.9 低温度の測定	170
気体温度計——蒸気圧温度計——抵抗温度計——熱電対温度計	
5.10 摘 要	172
5.11 問 題	173

## 第 6 章 超電導の応用

6.1 電力分野への応用	174
6.1.1 直 流 機	174
6.1.2 タービン発電機	175
6.1.3 超電導電力ケーブル	176
6.1.4 未来機器 (プラズマ機器)	180
6.1.5 そ の 他	181
6.2 エレクトロニクスおよび通信分野への応用	182
6.2.1 量子位相干渉計	182
6.2.2 超電導記憶素子	184
6.2.3 超電導増幅器	185
6.2.4 超電導通信ケーブル	188
6.2.5 超電導空洞共振器	189
6.3 輸送機関への応用	190
6.3.1 列車の超電導磁気浮上	190
誘導反発形磁気浮上の原理——超電導磁気浮上方式のコイル配列	
6.3.2 海上輸送機関への応用	196
6.4 摘 要	197
6.5 問 題	198
問題解答	199
索 引	200