

核融合実験装置の超伝導工学

目 次

1 序論	-----	1
1.1 核融合特別研究開始以前の超伝導工学	-----	1
1.2 研究態勢と研究成果の概要及び今後の課題	-----	2
2 超伝導線材・導体工学	-----	4
2.1 超伝導材料の電磁特性	-----	4
2.1.1 磁束ピンニング現象概説	-----	4
2.1.2 超伝導材料における磁束のピンニング	-----	10
2.1.3 実用線材における磁束のピンニング	-----	16
2.1.4 磁束ピンニングに関する最近の問題	-----	19
2.2 超伝導線材の電磁現象と交流損失	-----	24
2.2.1 超伝導線材・導体の設計基準	-----	24
2.2.2 超伝導フィラメントの電磁現象	-----	27
2.2.3 バルス用多芯線及びケーブルの電磁現象	-----	29
2.2.4 商用周波数交流用多芯線の電磁現象	-----	34
2.3 実用超伝導線材の特性改善	-----	40
2.3.1 NbTi系線材・導体	-----	40
2.3.2 Nb ₃ Sn線材・導体	-----	45
2.3.3 超伝導線材特性の評価技術	-----	50
2.4 先進超伝導線材の開発	-----	56
2.4.1 Nb ₃ Al系線材の開発	-----	56
2.4.2 NbN線材の開発	-----	57
2.4.3 シェブレル相線材の開発	-----	59
2.4.4 交流用超伝導線材の開発	-----	61
2.5 超伝導線材の機械的性質と歪効果	-----	65
2.5.1 超伝導線材の機械的性質	-----	65
2.5.2 超伝導線材における歪効果	-----	67
2.6 放射線による照射効果	-----	70
2.7 酸化物超伝導材料	-----	72

3	超伝導マグネット構成材料工学	75
3.1	マグネット構成材料の基礎	75
3.2	非金属有機複合材料	75
3.2.1	有機樹脂材料の発展と現状	75
3.2.2	無機／有機強化繊維材料	78
3.2.3	複合材料の形態と製造方法	78
3.2.4	複合材料の評価	80
3.2.5	複合材料の照射効果	82
3.2.6	核融合超伝導磁石用材料としての問題点	91
3.3	極低温用構造材料の開発と特性評価	94
3.3.1	序論	94
3.3.2	材料開発と極低温材料試験法の標準化	94
3.3.3	コイル支持構造材料及び溶接継手の強度特性	96
3.3.4	材料の変形・破壊にともなう発熱評価	99
3.3.5	材料のすべりと摩擦係数ならびに発熱評価	101
3.4	超伝導マグネットの応力解析ならびに構造健全性評価	105
3.4.1	序論	105
3.4.2	コイルの剛性評価と設計	105
3.4.3	クライオメカニクスと構造健全性評価	109
4	超伝導マグネット工学	113
4.1	マグネットに生じる擾乱と安定化	113
4.1.1	クエンチの原因とマグネットの安定化	113
4.1.2	擾乱の種類	113
4.1.3	導体の動きによる擾乱	114
4.2	浸漬冷却導体の安定性	116
4.2.1	液体ヘリウムの熱伝達特性	116
4.2.2	浸漬冷却導体の定常安定性	120
4.2.3	浸漬冷却導体の過渡安定性	122
4.3	強制冷却導体の安定性	124
4.3.1	超臨界圧ヘリウムの強制冷却特性	124
4.3.2	強制冷却導体の安定性	126
4.4	交流用導体の安定性	129
4.4.1	はじめに	129
4.4.2	不安定性の要因	129

4.4.3	交流用導体の現状	-----	129
4.4.4	kA級導体の安定性	-----	130
4.5	導体の動的冷却安定化	-----	131
4.6	クエンチ時に生ずる障害と保護方法	-----	134
4.7	ヘリウムの電気絶縁特性	-----	135
4.8	常伝導部の伝播特性	-----	139
4.8.1	浸漬冷却導体における常伝導部伝播	-----	139
4.8.2	含浸コイルにおける常伝導部伝播	-----	141
4.8.3	強制冷却導体における常伝導部伝播	-----	142
4.9	クエンチ検出法	-----	146
4.9.1	電圧検出法	-----	146
4.9.2	新しいクエンチ検出法	-----	147
4.9.3	総合的クエンチ判定	-----	149
4.10	マグネットの磁界計算	-----	151
4.10.1	計算法	-----	151
4.10.2	種々のコイルの磁界計算	-----	155
4.11	マグネットの監視・診断	-----	160
4.11.1	AEの発生源	-----	160
4.11.2	マグネットの監視・診断	-----	161