目　次

はじめに

I　力学的性質――――――――――――――――――――――――― 1

1.1　力学的性質が必要な理由 ・・・・・・・・・・・・・ 1

1.2　固体の変形と破壊 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

(a)　弾性変形 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

弾性的性質(3)／各種材料の特徴，類似性，差(4)／弾性論による応力－ひずみの表現(5)

(b)　塑性変形 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8

各種材料の塑性変形挙動の違い(8)／結晶材料の転位による塑性変形，降伏，加工硬化(9)／クリープ(10)／超塑性(12)

(c)　強度と破壊 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13

理論強度と実際の強度(13)／破壊形態(14)／き裂による破壊の条件(15)

(d)　くり返し応力がかかる場合の挙動 ・・・・・・・・ 17

(e)　環境の影響 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20

(f)　信頼性評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 21

1.3　微細構造制御と力学特性 ・・・・・・・・・・・・・ 23

1.4　強度・じん性にもとづく材料選択 ・・・・・・・・ 25

(a)　材料選択の基本条件 ・・・・・・・・・・・・・・・ 25

(b)　一般構造物――強度とじん性を考慮した選択 ・・ 27

(c)　航空機構造――重量を考慮に入れた選択 ・・・・ 32

(d)　エネルギー機器――高温特性を考慮した選択 ・・ 36

(e)　電子機器——原子拡散を考慮した選択 ・・・・・ 36

2　熱的性質 —— 39

2.1　熱的性質が必要な理由 ・・・・・・・・・・・・・ 39

2.2　物質の熱的応答により現れる性質 ・・・・・・・・ 39

(a)　融点，ガラス転移点 ・・・・・・・・・・・・・・ 39

(b)　比熱 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41

(c)　伝熱 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41

熱伝導(41)／ふく射伝熱(42)

(d)　熱膨張 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 42

2.3　熱的性質にもとづく材料選択 ・・・・・・・・・・ 44

(a)　熱伝導が支配的となる場合 ・・・・・・・・・・・ 44

(b)　熱容量が支配的となる場合 ・・・・・・・・・・・ 45

(c)　熱膨張による応力の発生が支配的となる場合 ・・ 46

3　電磁気的性質 —— 49

3.1　電磁気的性質の利用分野 ・・・・・・・・・・・・ 49

3.2　基礎的な電磁気的性質 ・・・・・・・・・・・・・ 51

(a)　電気伝導現象の基礎 ・・・・・・・・・・・・・・ 51

(b)　量子統計とエネルギーバンド構造 ・・・・・・・・ 54

(c)　金属における電気伝導現象 ・・・・・・・・・・・ 58

(d)　半導体における電気伝導現象 ・・・・・・・・・・ 60

半導体とは(60)／半導体における自由電子，自由正孔密度(63)／半導体の pn 接合とトランジスタ(67)

(e)　金属，半導体の電気伝導に及ぼす諸効果 ・・・・ 71

(f)　絶縁体における電気伝導現象 ・・・・・・・・・・ 75

(g)　誘電現象 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 76

(h)　磁性現象 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 83
(i)　超伝導現象 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 88
3.3　電磁気的性質を活かす材料選択 ・・・・・・・・・ 90
(a)　トランジスタ材料 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 90
(b)　集積回路材料 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 91
(c)　接点材料 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 92
(d)　絶縁材料 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 92
(e)　磁気記録材料 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 93
(f)　電気エネルギー有効利用のための材料 ・・・・・ 93

4　光学的性質——— 95

4.1　光学的性質の利用分野 ・・・・・・・・・・・・・ 95
4.2　基礎的な光学的性質 ・・・・・・・・・・・・・・ 98
(a)　光の偏光 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 98
(b)　光の反射，屈折 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 99
(c)　光の干渉 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・100
(d)　光の吸収，放出 ・・・・・・・・・・・・・・・・・102
(e)　非線形光学効果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・104
(f)　電気光学効果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・105
(g)　磁気光学効果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・106
4.3　光学的性質を活かす材料選択 ・・・・・・・・・・106
(a)　光学部品とその材料 ・・・・・・・・・・・・・・106
(b)　光ファイバとその材料 ・・・・・・・・・・・・・107
(c)　表示，光源とその材料 ・・・・・・・・・・・・・109
(d)　光記録・演算とその材料 ・・・・・・・・・・・・112

5　化学的性質———113

5.1　化学的アプローチの考え方 ・・・・・・・・・・・113

5.2　材料特性と材料選択の実例 ・・・・・・・・・・・116
(a)　化学電池と材料 ・・・・・・・・・・・・・・・・・116
1次電池と2次電池(116)／燃料電池(123)
(b)　水素エネルギーシステムと材料 ・・・・・・・・・132
(c)　電気二重層キャパシタと材料 ・・・・・・・・・・135
(d)　光 触 媒 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・137
(e)　化学センサと材料 ・・・・・・・・・・・・・・・140
ガスセンサ(140)／イオンセンサ(141)／バイオセンサ(143)
5.3　材料創製のための反応媒体 ・・・・・・・・・・・145
(a)　水 溶 液 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・145
(b)　溶 融 塩 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・146
(c)　非水溶液 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・147
(d)　超臨界流体 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・148
(e)　機能性ガス ・・・・・・・・・・・・・・・・・・149

さらに勉強するために ・・・・・・・・・・・・・・・・153
索　引 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・157