目　　次

序　言
記号一覧表
第1章　連続体力学的取扱いの基本概念 …… 1
1.1　塑性変形開始条件 …… 1
1.2　塑性曲線 …… 4
1.3　連続体の塑性力学的取扱いの基本概念 …… 6
1.3.1　はじめに …… 6
1.3.2　歪増分理論 (flow theories) …… 7
1.3.3　全歪理論 (deformation theories) …… 10
1.3.4　数理塑性学的解析にあたっての諸条件 …… 11
1.4　多結晶体のすべりの理論 …… 12
1.5　引張りとねじり塑性流動の比較 …… 13
1.6　脆性破壊における平衡クラックの数学的理論 …… 14
1.7　高歪速度変形と応力波 …… 15
1.8　連続体力学と転位 …… 17
1.9　粘弾性体の力学 …… 18
第2章　熱力学的取扱いの基礎
——主として速度過程論の基本概念 …… 19
第3章　確率統計論的取扱いの基礎
——主として確率過程論 …… 24
第4章　結晶学的基礎 …… 29
4.1　結晶格子の種類とすべり …… 29
4.2　立体投影法 …… 32

4.3 単結晶の単純引張り試験…… 33
4.4 双 晶…… 34
4.5 積層欠陥…… 36

第5章 原子論的取扱いの基礎
——主として転位論…… 37

5.1 転位とは…… 37
5.2 転位の二成分…… 38
5.3 バーガース・ベクトル(Burgers vector) …… 40
5.4 転位を移動させるに要する応力…… 41
5.5 転位にはたらく力…… 42
5.6 転位の移動と歪および歪速度…… 43
5.7 転位のまわりの応力場…… 44
5.8 転位の歪エネルギ…… 45
5.9 平行な転位間の相互力…… 45
5.10 転位の交叉と空孔の発生 …… 47
5.11 点欠陥 …… 49
5.12 転位と不純物溶質原子との相互作用 …… 49
5.13 結晶格子と転位 …… 51
5.13.1 面心立方格子と転位 …… 51
5.13.2 体心立方格子と転位 …… 53
5.14 交叉すべり(cross slip)…… 53
5.15 転位の増殖とフランク・リード源(Frank-Read sources) …… 54
5.16 結晶粒境界の転位構造 …… 57
5.17 ポリゴニゼーション …… 58
5.18 転位の集積による応力集中 …… 59
5.19 転位の運動に対する抵抗力 …… 61

第6章　非弾性と内部摩擦…… 62
6.1　粘弾性体の単純模型と内部摩擦…… 62
6.2　Boltzmann の重合せの原理 …… 64
6.3　内部摩擦の種類…… 65
第7章　降　伏 …… 66
7.1　鉄鋼の降伏点の特性と踊り場の出現する理由…… 66
7.2　歪時効…… 67
7.3　降伏点の温度依存性…… 68
7.4　降伏点の歪速度および時間依存性…… 68
7.5　降伏点と結晶粒度および顕微鏡組織との関係…… 69
7.6　降伏と化学成分…… 71
7.7　降伏開始以前の微小非弾性歪…… 72
7.8　降伏の速度過程論的取扱いとその意義…… 72
7.9　降伏の機構…… 74
7.9.1　Cottrell の考え方…… 74
7.9.2　横堀の考え方…… 75
7.9.3　Russell たちおよび Campbell たちの考え方…… 78
7.9.4　Petch の考え方…… 79
7.9.5　Conrad の考え方 …… 79
7.10　降伏現象の多様相について …… 80
7.11　応力分布の影響 …… 84
7.12　ねじりと引張り降伏 …… 87
7.13　寸法効果 …… 87
7.14　降伏の応力条件 …… 88
第8章　塑性変形 …… 89
8.1　金属単結晶および純金属の歪硬化と転位論 …… 89

8.2 固溶体合金の塑性強度…… 92
8.2.1 面心立方格子合金…… 92
8.2.2 固溶体としての鉄…… 93
8.3 多結晶材料の塑性変形応力と歪の関係…… 93
8.4 二相ないし多相合金の強さと変形の共通的考え方…… 96
8.4.1 一般論…… 96
8.4.2 析出硬化型合金…… 98
8.4.3 分散強化型合金…… 99
8.4.4 非金属介在物の影響……101
8.4.5 球状炭化物組織鋼の強度……102
8.5 塑性加工による変形組織……102
第9章 破 壊 ……103
9.1 破壊とは……103
9.2 破壊の型式……103
9.3 完全脆性体の破壊の理論(Griffith の理論) ……106
9.4 低炭素鋼のような延性材料の脆性破壊の理論……113
9.5 破壊の転位論的模型……115
9.5.1 すべりによるくさび型クラック……115
9.5.2 双晶によるくさび型クラック……118
9.5.3 すべりと内部切欠き効果とによるくさび型クラック ……119
9.5.4 すべりとクラックとによるクラック……119
9.5.5 転位論的模型にもとづく破壊強度計算の共通原理……119
9.6 鉄鋼の脆性破壊の一般的特徴……120
9.7 室温以下の温度に対する破壊特性(主としてすべりとの関連) ……121
9.8 室温以下の温度に対する破壊特性(主として双晶などすべり以外の因子との関連) ……125

9.9　遷移温度と歪速度，結晶粒度などとの関係…… 127
9.10　劈開破壊の結晶粒度依存性 …… 128
9.11　劈開破面の顕微鏡的形態学 ……132
9.12　劈開微視および巨視クラックの発生および進行方向 ……133
9.13　有効表面エネルギ ……134
9.13.1　クラック表面の塑性変形層の厚さとクラック速度 ……134
9.13.2　表面塑性仕事の解析 ……136
9.14　劈開破壊の応力条件 ……137
9.15　劈開微視クラックと Lüders 帯との関係 ……138
9.16　劈開破壊応力と歪履歴 …… ……139
9.17　鋼材の脆性破壊と化学成分および顕微鏡組織 ……139
9.18　脆性破壊の異方性 ……141
9.19　脆さと延性 ……141
9.20　切欠き脆性破壊の機構 ……143
9.21　鋼材の脆性破壊機構 ……144
9.22　鉄鋼以外の結晶体の劈開破壊の転位論と実験 ……149
9.22.1　MgO 結晶 ……149
9.22.2　Zn 結晶 ……151
9.23　構造物の脆性破壊 ……151
9.24　粒界脆性破壊 ……152
9.25　延性破壊の形態学 …… 153
9.26　延性破壊の応力条件と cup-and-cone 型破壊 …… ……155
9.27　二軸応力による延性破壊 ……157
9.28　静水的圧力(高圧)の影響と延性破壊の応力条件 ……159
9.29　破壊のクリテリヤ ……160
9.29.1　一軸応力による破壊 …… 160

9.29.2 二軸および三軸応力による破壊 ……162
9.30 回転円板の破壊 ……164
9.30.1 はじめに ……164
9.30.2 回転円板の塑性変形の不安定条件 ……164
9.30.3 統一的一般論的考え方 ……165
9.31 応力腐食破壊 ……166
第10章 疲 労……169
10.1 一 般 ……169
10.2 疲労におけるすべりと歪硬化 ……170
10.3 疲労微視クラック発生の微視組織学的様相 ……173
10.4 疲労による被害(damage)の意義 ……174
10.5 疲労と組織 ……174
10.6 組合せ応力による疲労破壊 ……178
10.6.1 繰返し応力と静的応力の組合せによる疲労破壊 ……178
10.6.2 組合せ繰返し応力による疲労破壊 ……180
10.7 繰返し引張り圧縮，繰返し曲げ，繰返しねじり等各種耐久限度間の関係 ……181
10.8 応力集中と切欠き効果 ……182
10.8.1 切欠きに関する諸術語 ……182
10.8.2 切欠き効果の一般的特性 ……183
10.8.3 切欠き感度の寸法効果 ……183
10.8.4 切欠き端部におけるクラック ……185
10.8.5 有限寿命における切欠き効果 ……186
10.9 疲労強度の寸法効果 ……187
10.10 耐久限度と鉄鋼材の疲労……189
10.10.1 振動減衰率……190
10.10.2 金属組織の変化……190

10.10.3　過小応力とコーキシング(coaxing)効果……190
10.10.4　X線的研究……191
10.10.5　脱炭の影響……191
10.10.6　歪時効……192
10.10.7　繰返し速度効果……195
10.10.8　温度依存性……197
10.10.9　耐久限の結晶粒度依存性……198
10.10.10　耐久限と鉄鋼の降伏点の関連性……199
10.11　疲労クラックの伝播……200
10.11.1　疲労クラック伝播の微視的機構……200
10.11.2　疲労クラック伝播の巨視的機構……201
10.11.3　疲労クラック先端の塑性領域……203
10.11.4　疲労クラックの進行速度……204
10.11.5　停留き裂……208
10.11.6　停留き裂の巨視的機構……210
10.11.7　疲労クラックによる応力集中……211
10.12　疲労クラック発生および伝播の微視的機構と巨視的機構との関連性……212
10.13　高温疲労……213
10.13.1　高温における強度を支配する機構……213
10.13.2　疲労中の塑性変形と温度……215
10.14　熱疲労……216
10.14.1　一　般……216
10.14.2　平均温度一定の場合の温度振幅の影響……219
10.14.3　平均温度の影響……220
10.14.4　塑性歪振幅と破壊寿命との関係……220
10.15　非金属介在物と疲労……220
10.15.1　一　般……220
10.15.2　介在物による応力集中に関する一般的事項……221

10.15.3 MnS 介在物の影響 ……224
10.15.4 珪酸塩介在物の影響……225
10.15.5 介在物の大きさの影響と介在物の切欠き係数……226
10.15.6 介在物としての鉛……226
10.15.7 鋼中の炭化物による応力集中……226
10.15.8 軸受鋼の疲労強度と介在物および組織……227
10.15.9 鋼材の疲労強度の異方性……227
10.16 疲労の統計的様相……228
10.16.1 疲労問題におけるばらつき……228
10.16.2 疲労破壊の統計的性質……228
10.17 重複被害(cumulative damage) ……231
10.17.1 Miner の法則 ……231
10.17.2 確率過程としての Miner の法則の導出 ……232
10.18 腐食疲労……234
10.19 突出し，入り込みの転位論……234
10.20 疲労による微視クラック発生の原子的理論……235
10.21 疲労の機構と理論……236
10.22 疲労の統一理論……236
10.23 雰囲気の影響……241
第11章 クリープおよび高温力学挙動 ……242
11.1 はじめに ……242
11.2 弾性クリープ ……242
11.3 塑性クリープにおけるクリープ曲線 ……243
11.4 金属の塑性流動における活性化エネルギ ……245
11.5 遷移クリープの分子現象論的機構 ……248
11.6 対数クリープ ……249
11.7 恢復クリープ ……251

11.7.1　恢復クリープの現象論的機構 …… 251
11.7.2　恢復クリープの微視組織学的様相 …… 252
11.7.3　組織の変化および結晶粒界との関係 ……254
11.7.4　恢復クリープの原子論的解釈 ……255
11.7.5　耐クリープ材として必要な材料組織学的因子 ……255
11.8　応力弛緩 ……257
11.9　原子または空孔拡散によるクリープ ……258
11.10　加速クリープ……259
11.11　組合せ応力によるクリープ……259
11.12　クリープ破壊の微視的機構……260
11.12.1　くさび型破壊(wedge-type fracture) ……260
11.12.2　空泡型破壊(cavity-type fracture) …… 260
11.13　クリープ破壊の連続体の力学的様相……264
11.14　応力および歪速度の変動する場合の挙動……267
11.15　繰返し応力とクリープの組合せによる挙動……268
参考文献 ……271
索　　引 ……287