目　次

第Ⅰ編　基礎編

1章　破壊力学と寿命予測の基礎 ……3

1.1　はじめに ……3
1.2　損傷とは何か ……4
1.3　損傷量評価法 ……5
1.4　非破壊試験法による損傷量評価 ……6
1.4.1　レプリカ法　6
1.4.2　超音波法　12
1.4.3　硬さ法　14
1.4.4　X線法　14
1.4.5　損傷量評価法の比較　15
1.5　余寿命推定法 ……16
1.6　おわりに ……20

2章　高温腐食損傷と寿命予測 ……23

2.1　はじめに ……23
2.2　高温腐食損傷が発生する環境と腐食現象 ……24
2.3　金属材料の高温酸化および高温腐食とその速度 ……25
2.3.1　金属材料の高温酸化　25
2.3.2　金属材料の高温腐食とその速度因子　27

2.4 高温酸化および高温腐食の寿命予測 ……27
2.4.1 実験室的試験結果からの速度式の設定 27
2.4.2 実プラントの減肉測定値からの速度式の設定 31
2.5 おわりに ……34

3章 クリープ損傷と寿命予測 ……36

3.1 はじめに ……36
3.2 クリープ破壊とクリープ損傷 ……36
3.2.1 クリープキャビティによる低延性粒界破壊 37
3.2.2 クリープ変形支配による延性粒内破壊 41
3.3 クリープキャビティの生成機構 ……42
3.3.1 クリープキャビティの発生 43
3.3.2 クリープキャビティの成長 44
3.4 クリープキャビティの計測 ……46
3.4.1 レプリカ法による計測 46
3.4.2 密度測定法 47
3.5 クリープキャビティ評価による余寿命予測 ……48
3.5.1 実験データに基づく方法 49
3.5.2 計算モデルに基づく方法 51
3.6 クリープ変形支配型の破壊の余寿命予測 ……53
3.7 おわりに ……55

4章 高温熱疲労損傷と寿命予測 ……57

4.1 はじめに ……57
4.2 熱疲労割れの実験例とその原因分析 ……57
4.3 高温熱疲労損傷の機構 ……60
4.4 寿命・余寿命評価の手順 ……62

4.4.1 設計段階での寿命評価手順 64
4.4.2 供用期間中の余寿命推定 65
4.4.3 破壊力学的手法による余寿命推定 68
4.5 寿命・余寿命評価の実際例 ……69
4.5.1 解析によるボイラ厚肉部材の寿命・余寿命評価例 69
4.5.2 非破壊検査結果による損傷計測 72
4.5.3 クリープ疲労寿命解析方法の精度向上法 76
4.6 おわりに ……86

5章 非破壊検査による劣化評価 ……87

5.1 はじめに ……87
5.2 超音波法 ……89
5.2.1 超音波スペクトロスコピー（減衰） 89
5.2.2 超音波後方散乱法 92
5.2.3 超音波顕微鏡 93
5.3 バルクハウゼンノイズ法（磁気的方法） ……94
5.4 デジタル像相互相関法による高温変形測定 ……96

第 II 編 応用編

6章 蒸気タービンの余寿命評価 ……103

6.1 はじめに ……103
6.2 蒸気タービン高温部品の経年劣化事例 ……103
6.2.1 材質劣化 104
6.2.2 損傷蓄積 106
6.3 材質劣化評価法 ……108
6.3.1 非破壊的手法 108

6.3.2 破壊的手法 114
6.4 寿命評価法 ……118
6.4.1 解析法 119
6.4.2 非破壊法 123
6.4.3 破壊法 129
6.5 データベース ……131
6.6 おわりに ……134

7章 舶用機関の寿命評価 ……137

7.1 はじめに ……137
7.2 燃焼室の疲労強度 ……137
7.2.1 燃焼室の応力パターン 137
7.2.2 重畳疲労強度 139
7.2.3 大型機関ピストンのエンジン疲労試験 143
7.2.4 小型機関シリンダ・ヘッドのエンジン疲労試験 145
7.3 シリンダ・ライナの磨耗 ……150
7.4 排気弁シート部の吹き抜け ……154
7.5 おわりに ……157

8章 化学プラントの余寿命評価 ……159

8.1 はじめに ……159
8.2 化学プラントにおける材料の損傷 ……159
8.2.1 化学工業におけるプラントの特徴 159
8.2.2 化学プラントにおける損傷の傾向 160
8.3 高温損傷に対する余寿命評価 ……163
8.3.1 焼戻し脆化 163
8.3.2 熱時効 168

8.3.3 σ相脆化および475°C脆化 170
8.3.4 クリープ損傷およびクリープ脆化 172
8.4 水素損傷に対する余寿命評価 ……175
8.5 腐食損傷に対する余寿命評価 ……178
8.6 疲労損傷に対する余寿命評価 ……181
8.7 おわりに ……183

9章 ボイラの余寿命評価 ……185

9.1 はじめに ……185
9.2 ボイラ部材の経年劣化・損傷 ……186
9.2.1 経年劣化・損傷要因 186
9.2.2 経年劣化・損傷特性 192
9.3 ボイラ高温高圧部の余寿命評価 ……196
9.3.1 破壊的評価 196
9.3.2 非破壊的評価 200
9.3.3 解析的評価 205
9.4 余寿命評価に関する研究開発動向 ……207
9.4.1 わが国の研究開発動向 207
9.4.2 諸外国における研究開発動向 210
9.5 おわりに ……212

10章 軽水炉プラントの余寿命評価 ……216

10.1 はじめに ……216
10.2 軽水炉プラントにおける劣化 ……217
10.2.1 中性子照射脆化 218
10.2.2 応力腐食割れ 221
10.3 劣化の検出 ……230

10.3.1 電子線回折法 231
10.3.2 陽電子消滅法 232
10.3.3 X 線回折法 234
10.3.4 超音波利用法 235