目　　次

第XIV編　原子炉計装　［1～142］

1　高性能·安全運転と炉計装　3

1·1　はじめに · · · · · 3
1·2　原子炉プラントの諸原則 · · · · · 4
1·3　冷却系·緊急冷却系をめぐる配慮 · · · · · 7
1·4　反応度の調節 · · · · · 12
1·5　信頼性 · · · · · 18
1·6　スクラム系 · · · · · 22
1·7　保護安全系 · · · · · 26
1·8　炉運転と計装 · · · · · 27
1·9　HFIR における計装実例 · · · · · 39

2　核計装　41

2·1　核計装の目的 · · · · · 41
2·2　原子炉出力と出力変化率の計測 · · · · · 41
2·3　核計装各系の概要と計測範囲 · · · · · 42
2·4　起動領域用パルス系およびその構成機器 · · · · · 42
2·5　中間領域用計測系とその構成機器 · · · · · 53
2·6　出力系·安全系 · · · · · 67
2·7　原子炉中性子束の自動制御 · · · · · 67
2·8　炉心核計装 · · · · · 69
2·9　その他の計測法および計測機器 · · · · · 73
2·10　雑音対策 · · · · · 77
2·11　核計装の高信頼化について · · · · · 79

3　燃料破損検出　82

3·1　燃料破損検出の意味 · · · · · 82
3·2　FP 放射能の検出とバックグランド放射能 · · · · · 83

3·3 DN 法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 86
3·4 チェレンコフ計数管法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 90
3·5 低エネルギーγモニター法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 90
3·6 水冷却炉におけるイオン交換樹脂法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 90
3·7 ガス状 FP の抽出 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 91
3·8 半導体検出器による FP 検出例 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 92
3·9 カバーガスおよびストリップガスの単純モニタリング ・・・・・・ 93
3·10 オフガスのγ線モニタリング ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 93
3·11 差動検出方式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 94
3·12 プレシピテーター法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 95
3·13 ガス・クロマトグラフィーを利用する法 ・・・・・・・・・・・・・ 96
3·14 FP 放射能によらない燃料破損検出 ・・・・・・・・・・・・・・・ 97
3·15 その他の技法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 98

4 原子炉プラントのプロセス計装 99

4·1 プロセス計装 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 99
4·2 信号の種類 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 100
4·3 電気圧式の基礎 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 100
4·4 温度測定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 106
4·5 圧力測定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 119
4·6 流量測定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 122
4·7 液面測定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 128
4·8 不純物測定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 130
4·9 炉心内計装 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 132
4·10 原子炉まわりプロセス計装の特徴 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 141

第 XV 編 原子炉制御 [143～224]

1 原子炉の動特性と安全性 145

1·1 動特性と制御の基礎 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 145
1·2 ラプラス変換 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 145
1·3 伝達関数 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 147
1·4 過渡応答と周波数応答 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 148
1·5 ボード線図およびナイキスト線図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 149

1·6 制御系の安定性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 150
1·7 原子炉のゼロ出力伝達関数 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 156
1·8 原子炉内部の反応度フィードバック現象 ・・・・・・・・・・・・・ 157
1·9 フィードバックがある場合の伝達関数 ・・・・・・・・・・・・・・・ 158
1·10 高出力時の原子炉伝達関数モデルの一例 ・・・・・・・・・・・・・ 159
1·11 二つのフィードバックをもつ原子炉の安定性 ・・・・・・・・・・・ 161
1·12 安定性のその他の問題 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 164
1·13 非線型動特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 165

2 原子炉動特性の測定 170

2·1 周波数応答法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 170
2·2 過渡応答法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 173
2·3 雑音解析法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 174

3 動力炉の制御方式 181

3·1 基本的考え方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 181
3·2 動力炉の動特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 186
3·3 原子炉プラント制御 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 191
3·4 大型動力炉の制御における諸問題 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 200

4 原子炉の計算機制御 203

4·1 計算機制御一般 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 203
4·2 原子炉の計算機制御の実例 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 208
4·3 技術的な問題点と将来 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 213
付 記 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 219