

目 次

序

1	マイクロ波化学とは	2
2	電磁波化学	4
3	マイクロ波効果	6
4	マイクロ波化学と化学工学	8
	コラム1 電波としてのマイクロ波利用の未来	10

1

マイクロ波加熱と物理

1-1	熱とは何か	12
1-2	熱のふるまい	14
1-3	熱の移動(伝熱)	16
1-4	電磁気学におけるマイクロ波 1	18
	電磁気学におけるマイクロ波 2	20
1-5	電磁波の中のマイクロ波の位置づけ 1	22
	電磁波の中のマイクロ波の位置づけ 2	24
1-6	マイクロ波と物質の相互作用	26
1-7	マイクロ波加熱の種類	28
1-8	誘電率・透磁率・導電率	30
	コラム2 マックスウェル方程式と熱力学の法則	31
1-9	誘電率および透磁率の測定法	32
1-10	インピーダンスの重要性 1	34
	インピーダンスの重要性 2	36
1-11	インピーダンス整合とスミスチャート	38
1-12	コールコールプロット	40

1-13	浸透深さ・電力半減深度・表皮効果	42
	コラム3 電波からみたマイクロ波化学	44
	コラム4 マイクロ波の発展には日本人が貢献	44

2 マイクロ波加熱と工学

2-1	マイクロ波加熱装置の歴史 1	46
	マイクロ波加熱装置の歴史 2	48
2-2	マイクロ波加熱装置基本構成	50
2-3	アイソレータ・パワーモニタ・整合器	52
2-4	共振器型シングルモードアプリーケータ	54
2-5	マルチモードアプリーケータ	56
2-6	試料の均一加熱に必要な装置的工夫	58
2-7	2.45 GHz マイクロ波管発振器/増幅器	60
2-8	半導体発振器/増幅器	62
2-9	伝送モード	64
2-10	導波管 1	66
	導波管 2	68
2-11	同軸ケーブル	70
2-12	共振器の Q 値の算出法	72
2-13	マイクロ波電場強度の可視化・数値化法	74
2-14	電磁場シミュレーション 1	76
	電磁場シミュレーション 2	78
2-15	開閉部でのマイクロ波漏洩防止法	80
2-16	試料観察窓のマイクロ波漏洩防止法	82
2-17	電力の損失と省エネ化への工夫	84
	コラム5 マイクロ波工学	86

3 マイクロ波加熱の特徴

3-1	マイクロ波加熱の特徴 1	88
	マイクロ波加熱の特徴 2	90
3-2	内部加熱	92
3-3	内部加熱の利点と問題点の改善法	94
3-4	選択加熱	96
3-5	外部加熱と内部加熱の省エネ比較	98
3-6	マイクロ波加熱と化学合成収率	100
3-7	液体試料におけるマイクロ波加熱の特徴	102
	3-7-1 スーパーヒーティング	102
	3-7-2 PID 制御による加熱の注意点	104
	3-7-3 溶液の攪拌	106
	3-7-4 誘電加熱とジュール加熱	108
	3-7-5 液体加熱における誘電損失 1	110
	液体加熱における誘電損失 2	112
	コラム6 食品の中から熱々	113
	3-7-6 極性および無極性混合系におけるマイクロ波加熱	114
	3-7-7 周波数効果 1	116
	周波数効果 2	118
	3-7-8 冷却によるマイクロ波加熱の温度制御	120
3-8	固体試料におけるマイクロ波加熱の特徴	122
	3-8-1 固体試料の特徴と誘電加熱	122
	3-8-2 磁性加熱	124
	3-8-3 金属の加熱	126
	コラム7 マイクロ波化学と工学の訳本	127
	3-8-4 格子欠陥と加熱効率	128
	コラム8 実は、マイクロ波反射波は役に立つ?	129
	コラム9 スペクトラムアナライザとネットワークアナライザ	130

4 マイクロ波加熱と化学

4-1	有機化学 1	132
	有機化学 2	134
	有機化学 3	136
4-2	触媒 1	138
	触媒 2	140
4-3	抽出化学	142
4-4	高分子	144
4-5	酵素反応	146
4-6	焼結	148
4-7	無機反応	150
4-8	精錬	152
4-9	金属窒化反応	154
4-10	ナノ粒子合成	156
4-11	透明導電膜の作製	158
4-12	マイクロ波励起無電極ランプ 1	160
	マイクロ波励起無電極ランプ 2	162
4-13	マイクロ波プラズマ	164
4-14	<i>in-situ</i> 観察装置 1	166
	<i>in-situ</i> 観察装置 2	168
	コラム10 金属酸化物のマイクロ波還元と熱還元の違い	170

5 マイクロ波加熱と化学実験

5-1	液体試料におけるマイクロ波加熱プロセス	172
5-1-1	液体試料用マイクロ波反応容器の材質	172
5-1-2	マイクロ波加熱に利用する液体試料用断熱材	174
5-1-3	液体試料における温度測定と温度分布	176
5-1-4	液体試料における浸透深さと攪拌の重要性	178

5-2	固体試料におけるマイクロ波加熱プロセス	180
5-2-1	固体試料用マイクロ波反応容器の材質	180
5-2-2	マイクロ波加熱に利用する固体試料用断熱材	182
5-2-3	浸透深さと固体試料のサイズ	184
5-2-4	マイクロ波加熱と固体熱伝導	186
5-2-5	固体試料の均一加熱の工夫	188
5-2-6	固体試料における温度測定法	190
	コラム11 マイクロ波は飛んでくるもの?	192

6 マイクロ波化学の大型化

6-1	マイクロ波大型化学反応装置と電力計算法	194
6-2	試料スケールアップへの注意点	196
6-3	液相反応装置 1	198
	液相反応装置 2	200
	液相反応装置 3	202
6-4	固相加熱装置 1	204
	固相加熱装置 2	206
	固相加熱装置 3	208
6-5	高温加熱装置	210
6-6	加圧または減圧を用いるマイクロ波加熱装置	212
6-7	防護と安全対策 1	214
	防護と安全対策 2	216
	コラム12 マイクロ波プロセッシングの未来	217
	コラム13 マイクロ波周波数と加熱試料の大きさ	218

付 録

1 電磁波の中のマイクロ波化学の位置づけ	219
2 電磁波における物理現象	219
3 波長, 周波数, 周期	221
4 電波の種類と特徴	222
5 金属, 金属酸化物, 金属酸化物原料のマイクロ波加熱	223
6 金属の基本物性とマイクロ波浸透深さ	225
7 物質の熱物性	225
8 各種物質の放射率	231
索 引	235