

目 次

【序 編 技術開発の現状と将来展望】

第 1 章 基礎研究の現状と将来動向 和田雄二, 中村考志

1	マイクロ波加熱を用いた学術研究	3	3	マイクロ波化学研究の国別の統計データ	
2	マイクロ波加熱を用いた有機合成およびナノ粒子合成の研究動向	5	4	これからの研究へ	7

第 2 章 応用研究の現状と将来動向 竹内和彦

1	マイクロ波加熱とその特徴	10	4	マイクロ波化学プロセス技術の将来展望	
2	マイクロ波加熱の工業利用の現状	11			17
3	マイクロ波化学プロセスの実用化への課題	14	5	おわりに	19

【第 1 編 基礎技術】

第 1 章 マイクロ波と物質の相互作用 天羽優子

1	相互作用の相手	23	4	非熱効果はあるか	31
2	緩和現象を測る	25	5	分極を記述する確率微分方程式	32
3	何と相互作用するのか	28			

第 2 章 マイクロ波の計測・電磁界分布 二川佳央

1	マイクロ波計測の基礎	36	4	SAR 分布	40
2	伝送系における計測技術	37	5	温度計測技術	41
3	マイクロ波電磁界の分布	39			

第3章 誘電率・誘電損失の測定 川瀬雅也, 森本正太郎

1 はじめに	43	3.2 測定における注意点	47
2 誘電率と誘電損失	44	4 測定データの解析	48
3 誘電率の測定	45	5 TDR 測定の具体例	50
3.1 測定プローブ	46		

第4章 マイクロ波合成実験法 塚原保徳

1 反応系の構築	53	1.5 留意点	56
1.1 照射タイプの選択	53	2 実験実施例	57
1.2 装置の選択	54	2.1 実験	58
1.3 系の選択	55	2.2 結果と考察	59
1.4 熱媒体の選択	56	2.3 結論	61

第2章 マイクロ波反応装置 (アプリケーション) 岡本 正

1 マイクロ波化学反応装置とアプリケーション	80	4 応用例	86
2 電磁波の性質	81	5 マイクロ波源と周波数	87
3 化学実験装置	83	6 プラントへの応用	88

第3章 マイクロ波化学合成プロセス 久保和重

1 はじめに	92	3.2 内部加熱	97
2 電磁波の危険性	92	3.3 選択加熱	98
2.1 電波漏洩	92	4 マイクロ波効果	99
2.2 放電	94	5 工業用装置	100
3 マイクロ波の加熱特性	95	6 まとめ	101
3.1 急速加熱	95		

【第2編 機器・装置】

第1章 発生装置ならびに関連する測定・制御系 小黒友勝, 小倉利夫

1 マイクロ波発振管	65	ビーダグスの調整) 方法	73
1.1 マグネトロン	66	5 マグネトロンを使用したマイクロ波発振装置と出力制御	74
1.2 クライストロン	67	5.1 マグネトロンの動作特性	74
1.3 進行波管	68	5.2 マグネトロンの駆動電源	75
1.4 ジャイロトロン	69	5.3 マグネトロンの出力制御	76
2 マイクロ波発生装置の基本構成	69	6 関連する測定技術	77
3 マイクロ波電力伝送部を構成する主要デバイス	71	6.1 マイクロ波インピーダグスの測定方法	77
3.1 導波管回路	71	6.2 マイクロ波照射中の温度測定方法	78
3.2 アイソレータ	72	6.3 マイクロ波照射中の電磁界測定方法	78
3.3 チューナ(インピーダグス調整器)	72		
3.4 パワーモニタ	73		
4 マイクロ波反射の抑制 (マイクロ波イン			

第4章 電波法令ならびに安全 窪田哲男

1 ISM 周波数帯	102	3.3 基本波および不要放射 (スプリアス放射) と漏洩電力密度の測定	107
2 電波法	103	4 基本波漏洩および不要放射の対策方法	108
3 基本波漏洩と不要放射	104	4.1 基本波漏洩と対策	108
3.1 電波防護指針	104	4.2 基本波以外の不要放射の対策	113
3.2 電力密度と電界強度, 磁界強度の関係	107		

【第3編 有機合成】

第1章 有機合成反応 徳田昌生

1 はじめに	119	4 高効率・高選択的な合成反応	124
2 環境に優しい合成法	119	5 おわりに	127
3 マイクロ波の効果	121		

第2章 マイクロ波無溶媒有機合成 小島秀子

1 はじめに	130	3 固相担体を用いる無溶媒合成	
2 基質をニートで反応させる無溶媒合成	130		134

第3章 金属触媒を用いるマイクロ波合成 牧岡良和, 田中正人

1 はじめに	139	4 菌頭反応	143
2 アリール基のカップリング	139	5 アリル求電子剤の不斉置換反応	144
2.1 鈴木-宮浦カップリング	139	6 カルボニル化	145
2.2 根岸, 熊田-玉尾-Corriu カップリ ング	142	7 オレフィンメタセシス	146
2.3 小杉-右田-Stille カップリング	142	8 Buchwald-Hartwig 反応	146
3 溝呂木-Heck 反応	143	9 その他の反応	146
		10 おわりに	148

第4章 重水を同位体源とする標識化合物の合成 宮沢 哲

1 はじめに	151		153
2 同位体とは	151	3.2 重水素化アミン類の合成	154
3 マイクロ波を利用した重水素標識	152	4 マイクロ波を利用した重酸素標識	155
3.1 炭化水素系化合物の重水素化反応	152	5 おわりに	157

第5章 金属錯体合成 角田剛久

1 はじめに	159	3 配位子の置換不活性金属を有する金属 錯体のマイクロ波合成	163
2 ポルフィリンおよびフタロシアニンを配 位子とする金属錯体のマイクロ波合成	159	4 おわりに	169

【第4編 無機合成】

第1章 無機材料合成 滝沢博胤

1 はじめに	173	4.1 導電性酸化物	177
2 マイクロ波と物質の相互作用	174	4.2 非酸化物の合成: 金属窒化物	180
3 無機物質のマイクロ波吸収特性	175	5 おわりに	181
4 無機材料プロセッシング	176		

第2章 ナノ粒子合成 和田雄二

1 はじめに	182	4.1 ニッケルナノ粒子	188
2 ナノ粒子合成になぜマイクロ波化学を 用いるのか	182	4.2 銀ナノ結晶の合成	189
3 最近の研究紹介	184	4.3 金属酸化物(酸化チタン)ナノ結晶	191
3.1 金属ナノ粒子	184	4.4 金属カルコゲナイド(硫化カドミウム) ナノ結晶	191
3.2 金属酸化物および金属カルコゲニド 微粒子	186	5 展望	192
4 実際の合成例	188		

第3章 ゼオライト合成 小平哲也, 清住嘉道

1 はじめに	194	4 マイクロ波加熱法における特異な合成 条件の実現	199
2 マイクロ波加熱法と通常加熱法の差違	194	5 マイクロ波加熱法によるゼオライト合 成の機能化	201
3 ゼオライト合成における出発水溶液加 熱方法の影響	195	6 まとめ	202

第4章 マイクロ波による物質の変性機構

—原理的考察と低炭素社会への応用— 佐藤元泰, 永田和宏

1	はじめに	204	2.6	コヒーレントな運動の緩和	212
2	最新のマイクロ波による物性研究の 成果	204	3	マイクロ波による高炉(製鉄)技術の 開発研究	212
2.1	マイクロ波による物質の高次構造 破壊	204	3.1	炭酸ガス排出抑制のための工業ブ ロセスの抜本的変革	212
2.2	定性的理論	206	3.2	現在の製鉄における炭酸ガス排出	213
2.3	コヒーレント(単色・同位相)電 磁波と熱振動という概念	206	3.3	マイクロ波製鉄の発案	214
2.4	コヒーレントなマイクロ波の逆過 程	208	3.4	鉄鉱石と石炭粉末による製鉄実験	215
2.5	コヒーレントな電子の集団運動の 成長	210	4	まとめ	216

第5章 マイクロ波を利用した炭素材料の製造 陳再華, 加藤俊作

1	はじめに	218		物ナノ粒子担持炭素材料の製造	226
2	マイクロ波による活性炭の再生と製造	218	3.1	金属ナノ粒子担持炭素材料	226
2.1	活性炭の再生	218	3.2	金属酸化物ナノ粒子担持炭素材料	228
2.2	活性炭の製造	220	4	カーボンナノチューブの合成と精製	229
2.3	活性炭の改質	222	4.1	カーボンナノチューブのマイクロ 波合成	229
2.4	マイクロ波・外部加熱ハイブリッド 型反応炉による高品位活性炭の製造	223	4.2	カーボンナノチューブの精製と改 質	230
3	マイクロ波を利用した金属・金属酸化	231	5	まとめ	231

【第5編 高分子合成】

第1章 マイクロ波を用いた縮合・開環重合 長畑律子, 竹内和彦

1	はじめに	237	4	樹脂の架橋	244
2	逐次重合	237	5	おわりに	245
3	開環重合	242			

第2章 マイクロ波を用いた付加重合 竹内和彦

1	はじめに	248	4	リビングラジカル重合	253
2	ラジカル付加重合	249	5	メタセシス重合	255
3	乳化重合	252	6	おわりに	256

【第6編 応用編】

第1章 マイクロ波のゴム加硫 滝沢カ

1	ゴムの歴史	261	6.2	マイクロ波加硫方式	266
2	ゴムの種類	261	7	ゴムの誘電定数	268
3	ゴム製品の加工プロセス	262	8	マイクロ波連続加硫装置の実施例	269
4	ゴム加硫	263	9	マイクロ波加硫装置で加硫するゴムの 種類	272
5	加硫速度とスコーチタイム	264	10	今後	273
6	加硫方式	265			
6.1	外部加熱加硫方式	265			

第2章 バイオマス 加我晴生

1	マイクロ波加熱によるバイオマスの加 水分解	276	3	外部加熱とマイクロ波加熱の比較	281
2	マイクロ波加熱によるバイオマスの熱 科学的変換	278	4	バイオマスのマイクロ波溶媒解重合	284

第3章 製銅プロセス 平 初雄

1 熱風マイクロ波乾燥……………	288	波乾燥とその効果……………	291
1.1 取鍋熱風マイクロ波乾燥……………	288	2 熱風マイクロ波乾燥設備の実態……………	293
1.2 RH熱風マイクロ波乾燥技術……………	291	3 まとめ……………	294
1.3 プレキャストブロックのマイクロ			

第4章 有害物質無害化

1 大気汚染物質の除去……………	菊川信行…	296	2.6 マイクロ波無電極ランプによる水	質汚染物質の光触媒分解……………	306
1.1 はじめに……………		296	2.7 Double Quartz Cylindrical Plasma	Photoreactor (DQCPP)……………	306
1.2 燃焼排ガス浄化への応用			2.8 DQCPPを用いたローダミンB色素	の分解……………	308
—自動車排ガスを中心に—……………		296	2.9 DQCPPを用いた内分泌かく乱物質	ビスフェノールAの分解……………	308
1.2.1 窒素酸化物 (NO _x) の除去……………		296	2.10 DQCPPを用いた除草剤2,4-ジクロ	ロフェノキシ酢酸の分解……………	310
1.2.2 自動車排ガスへのその他の応用			2.11 電子レンジを用いた除草剤の分解	……………	312
……………		299	2.12 おわりに……………		314
1.3 揮発性有機化合物 (VOC) 排出削			3 飛灰処理……………	木嶋敬昌…	317
減への応用……………		300	3.1 はじめに……………		317
1.3.1 マイクロ波触媒酸化……………		300	3.2 飛灰処理施設の現状……………		317
1.3.2 吸着回収への応用……………		301	3.3 マイクロ波による有機塩素化合物	処理……………	317
1.4 おわりに……………		301	3.3.1 有機塩素化合物の無害化……………		317
2 マイクロ波無電極ランプを用いた水処理			3.3.2 マイクロ波飛灰無害化装置の	開発……………	318
技術……………	堀越 智, 日高久夫…	303			
2.1 はじめに……………		303			
2.2 水処理へのマイクロ波の適用……………		303			
2.3 マイクロ波無電極ランプ……………		304			
2.4 マイクロ波無電極ランプを用いた					
化学反応……………		305			
2.5 環境保全技術へのマイクロ波無電					
極ランプの利用……………		305			