



# 目 次

## 第 I 分 冊

### I 編 総 説

#### 1 章 化学と化学技術

はじめに——I編の構成について	7
1.1 科学, 技術, 工学	7
1.1.1 科学と技術	7
1.1.2 工 学	8
1.2 化学と応用化学	9
1.2.1 工学・技術における日本の特異性と先駆性	9
1.2.2 工学・技術における化学の一般性と特異性	10
1.2.3 化学・化学技術と社会	10
1.2.4 倫 理	10
1.2.5 化学技術史年表	11
1.3 工学教育とその歴史	11
1.3.1 ヨーロッパの工学教育	11
1.3.2 米国の工学教育	14
1.3.3 日本の工学教育	14
1.4 日本における応用化学教育	15
1.5 化学産業統計	16
1.5.1 化学産業の規模	16
1.5.2 業種分類と生産・設備投資	18
1.5.3 化学品の貿易と海外投資	20
1.5.4 化学工業の研究開発	21
1.5.5 世界における地位	22

#### 2 章 化学産業の基盤

2.1 エネルギー	25
2.1.1 エネルギー需給の現状と展望	25

2.1.2 エネルギー資源	29
2.2 資 源	44
2.2.1 鉱物資源	44
2.2.2 農林・水産資源	52
2.2.3 水資源	57
2.3 環 境	63
2.3.1 過去から現在へ——日本の環境の状況	63
2.3.2 21世紀型の環境問題	65
2.3.3 問題解決の方向	67
2.4 安 全	69
2.4.1 安全問題とその背景	69
2.4.2 化学物質の総合安全管理と国際化	70
2.4.3 21世紀の化学安全	71
2.4.4 ま と め	71
2.5 食 糧	72
2.6 健 康	74
2.7 廃 棄 物	76
2.7.1 わが国における物資収支	76
2.7.2 廃棄物の種類	76
2.7.3 廃棄物の排出状況	77
2.7.4 廃棄物の減量化への取組み	77
2.7.5 廃棄物の循環的利用の現状	78
2.7.6 廃棄物の処理	79
2.7.7 最 終 処 分	81
2.7.8 ま と め	81
2.8 知 的 所 有 権	81
2.8.1 知的財産の保護の体系	81
2.8.2 工業所有権制度	82
2.8.3 工業所有権の利用	83

## II編 基盤的化学技術

## 3章 エネルギー利用技術

3.1 概 論	91
3.2 化学エネルギー製造技術	91
3.2.1 石 油	91
3.2.2 石 炭	100
3.2.3 天 然 ガ ス	104
3.3 新化学エネルギー開発	106
3.3.1 石 油	106
3.3.2 石 炭	108
3.3.3 天 然 ガ ス	111
3.3.4 その他の化石資源	113
3.3.5 合成燃料油	115
3.3.6 新エネルギー資源	119
3.4 燃 焼	122
3.4.1 燃 焼 現 象	122
3.4.2 燃 焼 技 術	125
3.4.3 環境汚染防止技術	131
3.4.4 燃焼解析技術	135
3.5 高エネルギー物質	138
3.5.1 概 論	138
3.5.2 爆発と爆ごう	139
3.5.3 火薬・爆薬・火工品・煙火	141
3.5.4 推 進 薬	144
3.5.5 利 用 技 術	146
3.6 超伝導エネルギー技術	147
3.6.1 概 論	147
3.6.2 電力機器への応用	149
3.6.3 システム応用	151
3.7 エネルギー変換	157
3.7.1 概 論	157
3.7.2 化学エネルギー・電気エネルギーの相互 変換	159
3.7.3 熱エネルギーの化学エネルギーへの変換	159
3.7.4 熱エネルギーの力学的エネルギーへの変換	160
3.7.5 光エネルギーの電気エネルギーへの変換	162
3.7.6 光エネルギーの化学エネルギーへの変換	162
3.7.7 電気エネルギーの光エネルギーへの変換	163
3.7.8 力学的エネルギーの相互変換	163
3.7.9 力学的エネルギーと電気エネルギーの 相互変換	163
3.7.10 熱エネルギーの電気エネルギーへの変換	163

## 4章 化学合成技術

4.1 概 論	167
4.2 反 応 工 学	168
4.2.1 反応器設計の基礎	168
4.2.2 反 応 器 形 式	169
4.2.3 反応相による分類	171
4.2.4 重 合 反 応 器	173
4.2.5 バイオリアクター	174
4.2.6 マイクロリアクター	175
4.3 分 離 と 精 製	176
4.3.1 分離と精製の基礎	176
4.3.2 蒸 留	177
4.3.3 晶 析	178
4.3.4 吸 収 ・ 抽 出	179
4.3.5 吸着・イオン交換	180
4.3.6 固-液・固-気分離	181
4.3.7 膜 分 離	182
4.4 基礎反応技術	183
4.4.1 有機合成基礎技術	183
4.4.2 同位体標識化合物の合成と利用	189
4.4.3 電気化学反応	189
4.4.4 光 化 学 反 応	190
4.4.5 特殊反応場反応技術	191
4.4.6 コンビナトリアルケミストリー	194
4.5 グリーンケミストリー	194

## 5章 高分子合成・加工技術

5.1 概 論	199
5.1.1 高分子合成と高分子加工	199
5.1.2 高分子合成・加工技術の変遷と現状	199
5.1.3 高分子加工の現状	200
5.2 高 分 子 原 料	200
5.3 高 分 子 合 成 の 基 本 プ ロ セ ス	205
5.3.1 基本プロセスの概要	205
5.3.2 高 分 子 反 応	217
5.3.3 グラフト・ブロック重合	220
5.3.4 架 橋 反 応	222
5.3.5 ポリマーアロイ	224
5.3.6 キャラクタリゼーション	225

5.4	プラスチック材料の成形加工	227
5.4.1	概 説	227
5.4.2	射出成形	227
5.4.3	押出成形	229
5.4.4	フィルム成形	230
5.4.5	ブロー成形	231
5.4.6	モノフィラメント成形	232
5.4.7	発泡成形	232
5.4.8	真空・圧空成形	233
5.4.9	トランスファー成形	233
5.4.10	ガラス繊維強化プラスチック成形	234
5.4.11	反応射出成形	234
5.5	化学繊維の製造・加工	235
5.5.1	概 説	235
5.5.2	化学繊維	235
5.5.3	紡 糸	236
5.5.4	合成繊維の複合加工技術	238
5.5.5	染色仕上加工	238
5.6	合成ゴム・皮革の製造・加工	239
5.6.1	合 成 ゴ ム	239
5.6.2	熱可塑性ゴム	242
5.6.3	ラテックス	243
5.6.4	粉 末 ゴ ム	243
5.6.5	ゴ ム 製 品	243
5.6.6	皮 革	243
5.7	パルプの製造・加工	248
5.7.1	パルプの製造	248
5.7.2	紙・板紙の製造	250
5.7.3	環境へのかかわり	252

## 6章 触媒・吸着技術

6.1	概 論	257
6.1.1	触 媒 と は	257
6.1.2	触 媒 の 機 能	257
6.1.3	触媒の構成と種類	258
6.2	触媒の設計、調製および解析	258
6.2.1	触 媒 の 設 計	258
6.2.2	触 媒 の 調 製	259
6.2.3	触 媒 の 解 析	261
6.3	化学合成用触媒技術	264
6.3.1	酸化, 脱水素, 水素化	264
6.3.2	酸塩基触媒反応技術	265
6.3.3	重合反応技術	266
6.3.4	不斉反応技術	268
6.4	エネルギー変換用触媒技術	269

6.4.1	触 媒 燃 焼	269
6.4.2	燃 料 電 池	270
6.4.3	燃料改質と触媒	271
6.4.4	光 触 媒	272
6.5	環境触媒技術	273
6.5.1	排ガス浄化-粒子状物質 (PM) の酸化	274
6.5.2	排ガス浄化-窒素酸化物 (NO <sub>x</sub> ) の除去	274
6.5.3	脱 硫 触 媒	276
6.5.4	有害物光分解	277
6.6	触 媒 材 料	278
6.6.1	ゼオライト	278
6.6.2	ヘテロポリ酸	281
6.6.3	錯 体 触 媒	283
6.6.4	バイオ触媒	285
6.7	触媒反応速度と活性評価	286
6.7.1	触媒反応速度の測定法	286
6.7.2	触媒反応速度の測定と解析法	287
6.7.3	触媒反応速度への拡散の影響の評価	289
6.8	吸 着	289
6.8.1	吸着技術の工業的利用	289
6.8.2	NOの吸着濃縮	290

## 7章 電子・光材料プロセス技術

7.1	概 論	295
7.2	バルク単結晶製造技術	295
7.2.1	チョクラルスキー (Czochralski, CZ) 法	296
7.2.2	ブリッジマン法	298
7.2.3	FZ 法	299
7.2.4	EFG 法	300
7.2.5	フラックス法	301
7.2.6	水熱合成法	301
7.3	薄膜形成技術	303
7.3.1	PVD 技 術	303
7.3.2	CVD 技 術	310
7.4	不純物導入技術	315
7.4.1	イオン注入法	315
7.4.2	プラズマドーピング	317
7.4.3	レーザードーピング	318
7.4.4	固相拡散法	318
7.4.5	気相拡散法	318
7.4.6	ア ニ ー ル	318
7.5	エッチング	319
7.5.1	ウェットエッチング	320
7.5.2	ドライエッチング	322
7.6	リソグラフィ技術	327

7.6.1	光リソグラフィー技術	327
7.6.2	電子線リソグラフィー技術	330
7.6.3	X線等倍転写型リソグラフィー技術	331
7.6.4	X線縮小投影型リソグラフィー技術 (EUVリソグラフィー技術)	331

## 8章 分析・計測・管理

8.1	概 論	335
8.1.1	物理的分析法	335
8.1.2	化学的分析法	335
8.1.3	分析機器の将来	336
8.2	生体成分の分析	336
8.2.1	無機成分分析	336
8.2.2	有機成分分析	340
8.2.3	生体高分子の分析	346
8.3	環境の分析	350
8.3.1	気 圏 分 析	350
8.3.2	地 圏 分 析	352
8.3.3	水 圏 分 析	354
8.3.4	生活関連物質分析	358
8.4	材料の分析	360
8.4.1	組成・形態分析	360
8.4.2	無機構造解析	364
8.4.3	有機構造解析	368
8.4.4	表面・微小部の分析	375
8.5	プロセス制御	378
8.5.1	プロセス計測	378
8.5.2	プロセス計測における精度管理	379
8.5.3	プロセス制御	379
8.5.4	プロセス制御におけるリスク軽減	380
8.6	分析・測定のための質の管理	382
8.6.1	分析・測定のための質	382
8.6.2	分析・測定に伴う誤差	384
8.6.3	分析・測定データの統計的扱い	385

## 9章 環 境

9.1	概 論	389
9.2	環境問題の現状	389
9.2.1	地域環境問題	389
9.2.2	地球環境問題	393
9.3	化学が関与する地域環境問題	396
9.3.1	大 気 汚 染	396
9.3.2	水 質 汚 濁	403

9.3.3	水資源とリサイクル	405
9.3.4	土 壌 汚 染	408
9.3.5	有害化学物質	411
9.3.6	廃棄物と資源リサイクル	415
9.4	化学が関与する地球環境問題	420
9.4.1	地 球 温 暖 化	420
9.4.2	成層圏オゾン層破壊	426
9.4.3	酸 性 雨	431
9.4.4	その他の地球環境問題	436
9.5	環境計測と環境アセスメント	441
9.5.1	大気環境分析とモニタリング	441
9.5.2	大気環境アセスメント	444
9.5.3	水質環境分析とモニタリング	446
9.5.4	水質環境アセスメント	451
9.6	リスク評価と環境マネジメント	455
9.6.1	化学物質のリスク評価	455
9.6.2	環境マネジメント	457
9.6.3	ライフサイクルアセスメント	461
9.7	環境法体系と環境プログラム	464
9.7.1	環 境 法 体 系	464
9.7.2	国内の環境プログラム	468
9.7.3	国際的な環境プログラム	472

## 10章 安 全

10.1	化学物質の安全	479
10.2	危険有害性物質関連法規	480
10.2.1	代表的な法規	480
10.2.2	インターネットによる法律閲覧	482
10.3	危険有害性化学物質の分類と概要	486
10.3.1	危険有害性化学物質の分類	486
10.3.2	危険有害性化学物質の概要	486
10.3.3	放射線の安全	490
10.3.4	バイオハザード	494
10.4	MSDS	495
10.4.1	JIS Z 7250 : 2000 による MSDS	496
10.4.2	ICSC(国際化学物質安全性カード)	499
10.4.3	化学物質安全性(ハザード)評価シート	499
10.4.4	環境省の化学物質データベース	500
10.4.5	神奈川県環境科学センターのMSDS	501
10.4.6	オンラインデータベース	502
10.5	化学物質の管理システム	503
10.5.1	独立行政法人産業技術総合研究所の 化学物質管理システム	503
10.6	化学物質の安全情報一覧	506
10.6.1	関 連 URL	506

10.6.2	オンラインデータベース	506
10.6.3	CD-ROM など	508
10.6.4	書 籍	508

## 11章 次世代基盤化学技術

11.1	計 算 化 学	513
11.1.1	量子化学計算	513
11.1.2	シミュレーション化学	515
11.1.3	分子設計	517
11.1.4	反応設計	519
11.2	ナノ・マイクロテクノロジー	520
11.2.1	DNA チップ	520
11.2.2	プロテインチップ	522
11.2.3	電気泳動チップ	523

11.2.4	マイクロ化学チップ	525
11.3	ゲノム・ポストゲノム	527
11.3.1	ヒトゲノムプロジェクト	527
11.3.2	ゲノム解析技術	528
11.3.3	ポストゲノムシーケンズの課題	530
11.3.4	ゲノム医療への展望	532
11.4	そ の 他	534
11.4.1	ナノアセンブリング	534
11.4.2	分子エレクトロニクス	535
11.4.3	マイクロ・ナノマニピュレーション	537
11.4.4	単一分子分光	538
11.5	バイオインスパイアード・ケミストリー	539
11.5.1	人工レセプター	540
11.5.2	人工酵素・人工タンパク質	541
11.5.3	人工生体膜・人工細胞	544

## III編 基礎化学品

### 12章 無機基礎化学薬品

12.1	概 論	555
12.2	無機薬品工業	555
12.2.1	水素化物	555
12.2.2	水酸化物	557
12.2.3	ハロゲン化物	557
12.2.4	ホウ化物・ケイ化物	561
12.2.5	希土類化合物	563
12.2.6	塩素・オキソ酸	566
12.2.7	炭酸塩・硫酸塩・硝酸塩	567
12.2.8	マンガン酸・クロム酸	571
12.2.9	ケイ酸塩・ホウ酸塩	572
12.2.10	シアン化物	575
12.2.11	高純度薬品	576
12.3	窒素化合物工業	578
12.3.1	アンモニア	578
12.3.2	尿 素	582
12.3.3	硝 酸	584
12.3.4	窒 素 肥 料	586
12.3.5	排 煙 脱 硝	588
12.4	硫黄化合物工業	590
12.4.1	硫 黄	590
12.4.2	硫 酸	591
12.4.3	その他の硫黄化合物	594

12.4.4	排 煙 脱 硫	595
12.5	リン化合物工業	597
12.5.1	リ ン	597
12.5.2	リ ン 酸	599
12.5.3	リン含有肥料	601
12.6	塩素・アルカリ工業	603
12.6.1	資 源	604
12.6.2	塩素および塩素化合物	604
12.6.3	炭酸ソーダ(炭酸ナトリウム, ソーダ灰)	605
12.6.4	炭酸水素ナトリウム(重炭酸ナトリウム, 重炭酸ソーダ, 重曹)	607
12.6.5	カセイソーダ(水酸化ナトリウム)	607
12.6.6	カセイカリ(水酸化カリウム)	610
12.7	造 水 工 業	610
12.7.1	工 業 用 水	611
12.7.2	淡 水 化	613

### 13章 セラミックス・炭素材料

13.1	概 論	617
13.2	高温構造材料	617
13.2.1	モノリシックセラミックス	617
13.2.2	セラミックス複合材料	622
13.3	超 硬 材 料	630
13.3.1	概 説	630

13.3.2	超硬材料の硬度とその測定法	630
13.3.3	超硬材料とその原料および製造法	631
13.3.4	超硬材料の用途と硬度	632
13.3.5	技術動向	633
13.4	耐火物	633
13.4.1	耐火物の構成成分	634
13.4.2	耐火物の分類	634
13.4.3	耐火物の製造方法	635
13.4.4	耐火物の特徴と用途	637
13.4.5	耐火物の今後	638
13.5	汎用ガラス・ほうろう	638
13.5.1	汎用ガラス	638
13.5.2	ほうろう(珪瑯)	643
13.6	陶磁器	645
13.6.1	陶磁器の分類	645
13.6.2	陶磁器用原料	646
13.6.3	陶磁器の製造法	647
13.6.4	陶磁器製品	650
13.6.5	陶磁器の今日的課題	650
13.7	セメント・建材	650
13.7.1	セメント	650
13.7.2	建材	655
13.8	炭素材料	659
13.8.1	炭素材料の科学	659
13.8.2	炭素材料各論	662
13.9	その他の材料	667
13.9.1	ガラス繊維	667
13.9.2	ナノコンポジット材料	668
13.9.3	その他の機能性フィラー	668

## 14章 金属材料

14.1	概 論	673
14.2	金属の製錬と高純度化	674
14.2.1	金属の製錬法	674
14.2.2	金属材料の高純度化	680
14.3	金属材料の製造と加工	683
14.3.1	合金製造法	683
14.3.2	金属材料の製造・加工法	686
14.3.3	表面改質法	693
14.4	金属材料の性質	698
14.4.1	金属材料の組織	698
14.4.2	電気化学的性質	701
14.4.3	金属材料の表面現象	704
14.5	化学用金属材料	706
14.5.1	腐食現象	706

14.5.2	各種金属材料	711
--------	--------	-----

## 15章 有機基礎化学品

15.1	概 論	725
15.2	基幹工業原料	725
15.2.1	石油からの一次化学製品	725
15.2.2	天然ガスの一次化学製品	732
15.2.3	石炭からの一次化学製品	733
15.2.4	バイオマスの利用	734
15.3	有機窒素化合物	734
15.3.1	アルコール類	734
15.3.2	フェノール類	738
15.3.3	オキシラン類	739
15.3.4	エーテル類	740
15.3.5	アルデヒドおよびケトン	742
15.3.6	カルボン酸および誘導体	745
15.3.7	カーボネート	749
15.4	有機窒素化合物	750
15.4.1	ニトロおよびニトロソ化合物	750
15.4.2	脂肪族アミン	751
15.4.3	芳香族アミン	753
15.4.4	アミド, ニトリル類	754
15.4.5	その他の有機窒素化合物	755
15.5	有機ハロゲン化合物	757
15.5.1	フッ素化合物	757
15.5.2	塩素化合物	759
15.5.3	臭素化合物	761
15.5.4	ヨウ素化合物	762
15.6	有機ヘテロ元素化合物	763
15.6.1	有機硫黄およびセレン・テルル化合物	763
15.6.2	有機リン化合物	767
15.7	有機金属化合物	771
15.7.1	アルカリ金属化合物および アルカリ土類金属化合物	771
15.7.2	有機ホウ素化合物	773
15.7.3	有機アルミニウム化合物	775
15.7.4	有機ケイ素化合物	776
15.7.5	第11, 12族金属化合物	781
15.7.6	有機遷移金属化合物	782
15.7.7	その他の有機金属化合物	785
15.8	有機溶剤・熱媒体	788
15.8.1	有機溶剤	788
15.8.2	有機熱媒体	789
15.9	潤滑剤	790

## 16章 基礎高分子

16.1 概 論	797	16.5.2 再生繊維	824
16.1.1 高分子物質	797	16.5.3 半合成繊維	825
16.1.2 高分子材料と科学の歴史	797	16.5.4 合成繊維	825
16.1.3 高分子工業の発展	798	16.5.5 無機繊維	831
16.1.4 高分子の物性と用途	799	16.5.6 不織布	831
16.2 高分子の性質	800	16.5.7 最近の合成繊維と今後の動向	832
16.2.1 力学的性質	800	16.6 ゴムの性質	834
16.2.2 熱的性質	801	16.6.1 ゴムの概念	834
16.2.3 電氣的性質	802	16.6.2 ゴム状態	834
16.2.4 光学的性質	802	16.6.3 ゴム弾性	834
16.2.5 その他の性質	802	16.6.4 ゴムの化学	835
16.3 プラスチックの性質	803	16.6.5 ゴムの種類	836
16.3.1 プラスチックの分類	803	16.6.6 ゴムの特性化と材料物性	838
16.3.2 力学的性質	805	16.6.7 ソフトマテリアルとしての今後の展開	839
16.3.3 熱的性質	808	16.7 天然高分子の性質	839
16.3.4 電氣的性質	810	16.7.1 天然繊維	839
16.3.5 光学的性質	812	16.7.2 天然ゴム	843
16.3.6 化学的性質	813	16.7.3 天然樹脂	844
16.3.7 今後の展望	815	16.7.4 天然多糖類	844
16.4 熱硬化性樹脂の性質	818	16.7.5 天然タンパク質	851
16.4.1 概 要	818	16.8 紙, 木材の性質	853
16.4.2 各種の熱硬化性樹脂	818	16.8.1 木材の分類	853
16.5 繊維の性質	823	16.8.2 木材の性質	853
16.5.1 繊維の分類	823	16.8.3 紙の分類	855
		16.8.4 紙の性質	855
		索引	857