



# 目 次

## I 基礎編 (1章~4章)

### 1 熱力学および物性 (3~106)

1.1 物質の状態定数	6	1.6.3 化学ポテンシャル・ フガシティー・活量	40
1.1.1 液密度・融点・沸点・臨界定数・ 偏心因子	6	1.6.4 臨 界 条 件	41
1.1.2 臨界定数の推算	6	1.7 気 液 平 衡	42
1.2 $p$ - $V$ - $T$ 関 係	10	1.7.1 概 説	42
1.2.1 気体の $p$ - $V$ - $T$ 関係	10	1.7.2 低圧気液平衡	42
1.2.2 液体の $p$ - $V$ - $T$ 関係	15	1.7.3 高圧気液平衡	52
1.3 蒸気圧・蒸発潜熱	18	1.7.4 気液平衡データ	57
1.3.1 水の蒸気圧	18	1.8 溶 解 度	58
1.3.2 純粋物質の蒸気圧	18	1.8.1 ガスの液への溶解度	58
1.3.3 水の蒸発潜熱	27	1.8.2 固体の液への溶解度	63
1.3.4 純粋物質の蒸発潜熱	27	1.8.3 高圧ガスへの溶解度	64
1.3.5 非凝縮性ガスが共存するときの液 体の蒸気圧	28	1.9 液 液 平 衡	65
1.3.6 溶液の蒸気圧	29	1.9.1 概 説	65
1.4 熱 容 量	29	1.9.2 液液平衡の推算	66
1.4.1 気体の熱容量	29	1.9.3 液液平衡データ	69
1.4.2 気体の定圧熱容量の推算	29	1.10 化学平衡・反応熱	69
1.4.3 高圧気体の熱容量	30	1.10.1 化学平衡の基礎	69
1.4.4 液体の熱容量	33	1.10.2 平衡定数に対する温度の影響	71
1.4.5 固体の熱容量	35	1.10.3 平衡定数の求め方	71
1.5 熱力学関数	36	1.10.4 基準状態における熱力学定数	73
1.5.1 重要熱力学公式	36	1.10.5 平衡組成の計算	77
1.5.2 エンタルピー	36	1.10.6 反応熱の計算	78
1.5.3 エントロピー	38	1.10.7 反応熱に対する温度・圧力の効果	79
1.5.4 熱力学線図	38	1.11 表 面 張 力	80
1.6 相平衡の基礎	40	1.11.1 純液体の表面張力	80
1.6.1 相平衡の条件	40	1.11.2 溶液の表面張力	80
1.6.2 相 律	40	1.11.3 表面張力の推算	82
		1.11.4 界面張力	83

1・12 粘 度	83	1・13・5 水溶液の熱伝導率	97
1・12・1 気体の粘度	83	1・13・6 液体熱伝導率の推算	97
1・12・2 混合気体の粘度	85	1・13・7 固体の熱伝導率	98
1・12・3 気体粘度の推算	85	1・14 拡散係数	99
1・12・4 液体の粘度	89	1・14・1 気相における拡散係数	99
1・12・5 水溶液の粘度	91	1・14・2 気相拡散係数の推算	99
1・12・6 液体粘度の推算	91	1・14・3 液相における拡散係数	101
1・13 熱伝導率	92	1・14・4 液相拡散係数の推算	104
1・13・1 気体の熱伝導率	92	1・14・5 固相における拡散係数	104
1・13・2 混合気体の熱伝導率	93	1・15 無次元物性定数	104
1・13・3 気体熱伝導率の推算	95	1・15・1 プラントル数 ( $Pr$ )	104
1・13・4 液体の熱伝導率	96	1・15・2 シュミット数 ( $Sc$ )	105

## 2 移動現象 (107~182)

2・1 基礎的事項	110	2・6 レオロジー	165
2・1・1 保存式	110	2・6・1 物体のレオロジー的性質	165
2・1・2 輸送係数	112	2・6・2 構成方程式	166
2・1・3 基礎式	112	2・6・3 相似法則	169
2・2 乱流に関する基礎的事項	112	2・6・4 レオロジー定数の測定法	169
2・2・1 基礎式	112	2・6・5 各種流体の構成方程式の実例	171
2・2・2 乱流構造	114	2・6・6 層流流動の例	172
2・2・3 乱流拡散	118	2・6・7 円管内乱流摩擦係数	172
2・3 流れに関する基礎的事項	120	2・6・8 レオロジーの応用としての流動の シミュレーション	172
2・3・1 組織的うず流れ	120	2・7 圧縮性流体の流れ	173
2・3・2 流れ場の基礎的取扱い	121	2・7・1 基礎式	173
2・3・3 速度分布と摩擦係数	125	2・7・2 定常準1次元流れ	173
2・3・4 流体混合	134	2・7・3 臨界ノズルと自由噴流	174
2・4 界面を通しての移動現象	137	2・7・4 非定常1次元流れ	175
2・4・1 流れと移動現象	137	2・7・5 衝撃波	176
2・4・2 分散系移動現象の基礎	144	2・8 電磁流体の流れ	177
2・4・3 粒子層の移動現象	153	2・8・1 基礎式	177
2・4・4 相変化を伴う移動現象	155	2・8・2 Hartmann の流れ	178
2・4・5 複合移動現象	156	2・8・3 電導性気体の準1次元流れ	179
2・5 不連続流体の移動現象	158	2・8・4 MPD アークスラスタ	179
2・5・1 希薄気体の流動	158	2・8・5 磁場によるプラズマの閉じ込め	180
2・5・2 粒子層内の気体の流動	160		
2・5・3 減圧下の拡散(細孔内拡散)	161		

## 3 化学反応速度 (183~216)

3・1 化学反応速度の基礎	185	3・1・3 反応速度の相関	189
3・1・1 反応速度	185	3・2 均一系反応速度	189
3・1・2 反応速度の測定と解析	186	3・2・1 均一熱化学反応速度	189

3・2・2 連鎖反応	190	3・3・2 固体触媒反応	191
3・2・3 均相触媒反応	190	3・3・3 固相反応	192
3・3 不均一系反応速度	191	3・4 酵素反応	193
3・3・1 化学反応と物質移動過程	191	3・5 工業反応速度式および速度	193

## 4 粉粒体の特性 (217~256)

4・1 粉粒体の形態的特性	219	4・3 粒子の充てん特性	239
4・1・1 粒子の大きさ	219	4・3・1 粒子充てん層の構造	239
4・1・2 粒度分布とその表し方	220	4・3・2 粒子層内の流体流動	241
4・1・3 粒子の形状とその測定法	222	4・4 固体表面の物性と評価	244
4・1・4 粒度および粒度分布測定	224	4・4・1 表面の特性	244
4・2 流体中の粒子の挙動	231	4・4・2 表面と他物質の相互作用	245
4・2・1 流体抵抗則と粒子の慣性運動	231	4・5 粉体の力学的特性	248
4・2・2 流体中の粒子の拡散と粒子沈着	235	4・5・1 粉体の付着特性とその測定	248
4・2・3 粒子に作用する諸外力と粒子の運動	237	4・5・2 粉体層の摩擦特性	250
4・2・4 粒子分散系における粒子の凝集と分散	238	4・5・3 実用的な粉体の力学的・機械的特性測定法	253

## II 単位操作編 (5章~22章)

### 5 流動 (259~322)

5・1 粘性流体の管路内流動	261	5・3・2 固定層	278
5・1・1 円管内の速度分布	261	5・3・3 流動層および噴流層	278
5・1・2 円管内の流れの摩擦損失	261	5・3・4 かん液充てん塔	283
5・1・3 管路の諸抵抗	262	5・3・5 むれ壁塔	289
5・1・4 円形以外の断面の管路の抵抗	264	5・3・6 段塔	289
5・1・5 曲り管およびコイル内の流動	265	5・3・7 液液接触装置内の流動	289
5・1・6 管路網における流動	266	5・3・8 分散型気液接触装置内の流れ	293
5・1・7 管壁に孔のある管の流動	266	5・3・9 スクリュー押し機内の流動	294
5・1・8 脈流動	267	5・3・10 装置内の旋回流	294
5・2 混相流動	268	5・3・11 噴流	295
5・2・1 気泡の生成、運動および消滅	268	5・3・12 液体の微粒化	296
5・2・2 液滴の生成、運動および消滅	268	5・4 装置内の流体混合	298
5・2・3 固気二相流	268	5・4・1 気泡塔	298
5・2・4 固液混相流	270	5・4・2 流動層	300
5・2・5 気液二相流	272	5・4・3 スプレー塔など	301
5・2・6 気液固三相流	276	5・5 流動に関する測定法	302
5・3 装置内の流動	276	5・5・1 流れの可視化	302
5・3・1 管群と熱交換器	276	5・5・2 粘度の測定	303

5・5・3	流速の測定	304	5・6・2	液体輸送計画	309
5・5・4	圧力の測定	305	5・6・3	真空・排気計画	311
5・5・5	流量の測定	306	5・6・4	気体輸送機	313
5・6	流体輸送機器と計画	308	5・6・5	液体輸送機	316
5・6・1	気体輸送計画	308	5・6・6	真空装置	319

## 6 伝 熱 (323~394)

6・1	熱 伝 導	326	6・3・1	熱放射の基礎	361
6・1・1	定常熱伝導	326	6・3・2	固体面の熱放射	362
6・1・2	非定常熱伝導	328	6・3・3	体放射体の熱放射	364
6・1・3	有効熱伝導率	332	6・3・4	黒体面の放射伝熱	369
6・2	熱 伝 達	333	6・3・5	実在面の放射伝熱の計算	374
6・2・1	熱伝達係数	333	6・4	熱 交 換 器	376
6・2・2	管内強制対流熱伝達	333	6・4・1	総括熱伝達係数および汚れ係数	376
6・2・3	管外および物体まわりの強制対流熱伝達	336	6・4・2	熱交換器の設計理論	379
6・2・4	自然対流熱伝達	340	6・4・3	熱交換器の熱的設計	381
6・2・5	非ニュートン流体の熱伝達	342	6・4・4	熱交換器の種類と構造	384
6・2・6	沸騰伝熱	343	6・4・5	熱交換器の性能	386
6・2・7	凝縮伝熱	347	6・5	伝 熱 媒 体	387
6・2・8	結霜伝熱	350	6・5・1	熱媒体の種類と性質	387
6・2・9	伝熱促進	351	6・5・2	熱媒体の選定	387
6・2・10	充てん層伝熱	354	6・6	保 温 材	389
6・2・11	移動層伝熱	356	6・6・1	保温材とその性質	389
6・2・12	流動層伝熱	357	6・6・2	保温層の設計	390
6・2・13	攪拌槽伝熱	359	6・7	温 度 の 測 定	391
6・3	熱 放 射	361	6・7・1	国際温度目盛	391
			6・7・2	実用温度計の種類	392

## 7 蒸 発 (395~428)

7・1	基 礎 的 事 項	397	7・3・3	フラッシュ蒸発	415
7・1・1	蒸発操作と蒸発現象	397	7・3・4	加熱蒸気の凝縮	416
7・1・2	水蒸気表とモリエ線図	397	7・4	伝熱面の汚れとその制御	417
7・1・3	蒸発操作に関連する諸物性	403	7・4・1	生成, 性状および伝熱係数	417
7・2	蒸 発 装 置	404	7・4・2	スケール生成機構—— スラッジ防止の必要性	418
7・2・1	蒸発装置の各種形式と摘要	404	7・4・3	制 御 法	419
7・2・2	蒸発装置の配列と操作方式	407	7・4・4	除去および洗浄	423
7・2・3	蒸発装置の付属設備	408	7・5	蒸発装置の設計	423
7・2・4	蒸発操作の費用	409	7・5・1	単一蒸発缶の設計	423
7・2・5	蒸発装置の選定	411	7・5・2	多重効用缶の設計	425
7・3	蒸発の諸方式と伝熱	412	7・5・3	フラッシュ蒸発装置の設計	426
7・3・1	管内流の蒸発	412			
7・3・2	下降膜の蒸発	414			

## 8 晶析 (429~460)

8・1 概 論	431	8・2・4 気相からの晶析	439
8・1・1 晶析操作の選定	431	8・2・5 結晶純度	440
8・1・2 過飽和の生成法	431	8・3 晶析装置と操作法	441
8・1・3 晶析現象と製品結晶	432	8・3・1 分類と選定	441
8・1・4 媒晶作用	432	8・3・2 各 論	443
8・2 晶析現象	433	8・4 晶析装置・操作の設計	450
8・2・1 過飽和状態	434	8・4・1 設計のためのデータ実測法	450
8・2・2 結晶核発生	436	8・4・2 回分装置の設計	451
8・2・3 結晶成長	437	8・4・3 連続装置の設計	452

## 9 蒸留 (461~494)

9・1 蒸留の基礎	464	9・9 抽出蒸留	476
9・1・1 気液平衡の概要	464	9・9・1 気液平衡関係と溶剤濃度	477
9・1・2 気液平衡の計算	464	9・9・2 物質収支と溶剤量	477
9・2 単蒸留	464	9・10 反応蒸留	478
9・3 水蒸気蒸留	466	9・11 棚段の性能	479
9・4 平衡フラッシュ蒸留と平衡分縮	466	9・11・1 棚段の構造	479
9・5 連続多段蒸留(連続精留)	467	9・11・2 塔径と段間隔	479
9・5・1 塔全体の物質収支と原料供給状態	467	9・11・3 棚段の圧力損失	481
9・5・2 操作線と逐次段計算	468	9・11・4 飛沫同伴	482
9・5・3 有限段, 有限還流操作の解法 (操作型)	469	9・11・5 棚段の安定操作域	483
9・5・4 全還流操作の解法	470	9・11・6 棚段の効率	484
9・5・5 最小還流操作の解法	470	9・12 蒸留プロセスの制御	485
9・5・6 還流比と理論段数の関係	472	9・12・1 制御の目的と種類	485
9・6 回分多段蒸留(回分精留)	472	9・12・2 蒸留塔の特性の把握	485
9・6・1 各段のホールドアップを考慮した 場合	472	9・12・3 変数の組合せの選択	486
9・6・2 各段のホールドアップを無視した 場合	473	9・13 蒸留プロセスの省エネルギー	487
9・6・3 Rose の関係	473	9・13・1 蒸留プロセスのエクセルギー	487
9・7 充てん塔による連続精留	473	9・13・2 中間加熱と中間冷却領域	489
9・8 共沸蒸留	474	9・13・3 Petlyuk 蒸留プロセス	490
9・8・1 気液平衡関係の特徴	474	9・13・4 多重効用プロセス	491
9・8・2 最小還流比	476	9・14 分子蒸留	492
9・8・3 溶剤選択	476	9・14・1 分子蒸留の概要	492
		9・14・2 分子蒸発速度	492
		9・14・3 平均自由行程と蒸留間げき	493
		9・14・4 各種分子蒸留器	493

## 10 吸 収 (495~536)

10・1 吸収における物質移動	498	10・2・5 多成分系の吸収	516
10・1・1 物理吸収の物質移動	498	10・3 吸収装置の種類と特性	519
10・1・2 化学反応を伴う物質移動	500	10・3・1 吸収装置の種類	519
10・1・3 分散液への物質移動	504	10・3・2 液分散型装置	520
10・2 吸収装置設計の基本	507	10・3・3 ガス分散型装置	527
10・2・1 気液の接触方式	507	10・3・4 吸収装置の設計および経済性	530
10・2・2 微分接触方式の装置の設計	508	10・4 吸収プロセス	532
10・2・3 階段接触方式の装置の設計	513	10・4・1 ガス精製プロセス	532
10・2・4 非等温系の吸収	514	10・4・2 ガス状大気汚染物質の除去プロセス	532

## 11 抽 出 (537~584)

11・1 抽出操作の基礎的事項	540	11・5 液液抽出装置の設計	563
11・2 液液平衡および固液平衡	540	11・5・1 ミキサーセトラー抽出器	563
11・2・1 平衡関係の表現	540	11・5・2 向流微分型抽出塔	566
11・2・2 抽 剤 の 選 定	543	11・5・3 非攪拌式段型抽出塔	567
11・2・3 金属イオンの溶媒抽出平衡	544	11・5・4 攪拌式段型抽出塔	569
11・3 抽 出 速 度	546	11・5・5 遠心式抽出機	574
11・3・1 液液系の物質移動速度	546	11・6 固液抽出装置	575
11・3・2 固液抽出速度	549	11・6・1 浸透貫流型固液抽出装置	575
11・4 抽出操作の設計計算	552	11・6・2 固体分散型固液抽出装置	576
11・4・1 単抽出および多回抽出	552	11・6・3 貫流-浸漬併用型固液抽出装置	576
11・4・2 半回分微分抽出	553	11・7 液膜による分離操作	577
11・4・3 向流多段抽出	555	11・7・1 液膜分離の基礎	577
11・4・4 中間原料のある向流多段抽出	558	11・7・2 液膜分離操作	579
11・4・5 還流を伴う向流多段抽出	558	11・8 超臨界ガス抽出	580
11・4・6 向流多段多成分分別抽出	560	11・8・1 超臨界ガス抽出の基礎	580
11・4・7 段 効 率	561	11・8・2 超臨界ガス抽出の原理とプロセス	582
11・4・8 向流微分抽出	562	11・8・3 応 用 例	583

## 12 吸着・イオン交換 (585~624)

12・1 吸着・イオン交換操作の基礎事項	588	12・4・1 概 説	598
12・2 吸着剤と吸着平衡	589	12・4・2 固定層吸着	599
12・2・1 吸着剤の物性	589	12・4・3 移動層吸着・流動層吸着	605
12・2・2 吸 着 平 衡	589	12・4・4 その他の固定層吸着操作	606
12・3 吸着における物質移動	595	12・4・5 攪拌槽吸着操作	607
12・3・1 概 説	595	12・4・6 再生操作	607
12・3・2 固定層における物質移動係数	598	12・5 工業的吸着操作と装置	608
12・4 吸着操作の設計	598	12・5・1 気相吸着操作と装置	608

12・5・2 液相吸着各論	611	12・7 イオン交換操作および装置設計	618
12・6 イオン交換の基礎事項	613	12・7・1 固定層イオン交換	618
12・6・1 イオン交換の概説	613	12・7・2 移動層・流動層イオン交換	620
12・6・2 イオン交換平衡	614	12・8 イオン交換操作と装置	621
12・6・3 イオン交換における移動速度	614	12・8・1 水処理装置	621
12・6・4 キレート樹脂における交換平衡関係 と拡散速度	618	12・8・2 溶液処理	621

### 13 調湿・水冷却 (625~652)

13・1 湿度図表	627	13・4・1 調湿・冷水操作の基礎	630
13・1・1 湿り空気の諸特性値	627	13・4・2 増湿装置	632
13・1・2 圧力に対する補正	628	13・4・3 減湿装置	634
13・1・3 有機蒸気の湿度図表	628	13・4・4 冷水装置	637
13・2 気液接触面における熱と物質の 同時移動現象	628	13・4・5 諸接触装置の特性	640
13・2・1 熱と物質の同時移動	628	13・5 工業用装置の操作例	644
13・2・2 高流速時の補正	629	13・5・1 空気調和	644
13・3 湿度の測定法	629	13・5・2 冷水製造装置	647
13・4 装置の特性と設計	630	13・5・3 エアワッシャー(空気洗浄器)	649
		13・5・4 冷却塔の実用設計	650

### 14 乾燥 (653~692)

14・1 乾燥特性	655	14・4・1 回分式熱風乾燥器の設計	666
14・1・1 基礎的事項	655	14・4・2 回分式伝導乾燥器の設計	667
14・1・2 材料内水分の状態と移動機構	655	14・4・3 連続式熱風乾燥器の設計	667
14・1・3 各種乾燥法による材料乾燥特性	657	14・4・4 連続式伝導乾燥器の設計	670
14・1・4 限界含水率	660	14・4・5 回分式通気乾燥器の設計	672
14・1・5 平衡含水率	660	14・4・6 乾燥器による試験	673
14・1・6 乾燥収縮	660	14・5 各種乾燥器の特性	673
14・1・7 風化および潮解	661	14・5・1 回分式材料静置型乾燥器	673
14・2 乾燥速度	661	14・5・2 連続式材料移送型熱風乾燥器	674
14・2・1 定率乾燥速度	661	14・5・3 材料攪拌型乾燥器	676
14・2・2 減率乾燥速度	662	14・5・4 連続式熱風搬送型乾燥器	684
14・3 乾燥器の分類と選定	663	14・5・5 真空・凍結乾燥器	689
14・3・1 分類	663	14・5・6 円筒乾燥器	689
14・3・2 選定の基準	663	14・5・7 赤外線乾燥器	690
14・3・3 乾燥器容積の概算	665	14・5・8 マイクロ波乾燥器	691
14・4 乾燥器の設計	666	14・5・9 溶剤含有材料の乾燥法	691

### 15 濾過・圧搾 (693~730)

15・1 基礎的事項	696	15・2 ケーク濾過	696
------------	-----	------------	-----

15・2・1 汙過速度	696	15・4・2 汙過助剤	713
15・2・2 各種汙過法と特性	698	15・5 汙過装置の構造と選定	714
15・2・3 汙過試験	703	15・5・1 ケーク汙過器	714
15・2・4 汙過ケークの洗浄	706	15・5・2 清澄汙過器	720
15・2・5 汙過ケークの通気脱水	707	15・5・3 汙過装置の選定	722
15・3 清澄汙過	708	15・6 圧 搾	723
15・3・1 閉塞汙過	709	15・6・1 圧搾速度	723
15・3・2 深層汙過	709	15・6・2 各種圧搾法と特性	224
15・4 汙材と汙過助剤	711	15・6・3 圧搾試験	726
15・4・1 汙 材	711	15・6・4 圧搾装置	726

## 16 沈降・遠心・浮上分離 (731~766)

16・1 基礎的事項	733	16・3・4 凝集沈殿装置と設計法	748
16・1・1 各分離法とその選択	733	16・4 遠心分離	750
16・1・2 流体中の粒子の運動	734	16・4・1 基礎的事項	750
16・1・3 流体中の粒子群の運動	735	16・4・2 遠心沈降	751
16・1・4 理想的分離	735	16・4・3 遠心汙過	753
16・2 清澄および沈殿濃縮	736	16・4・4 遠心脱水	754
16・2・1 回分沈降過程	736	16・4・5 遠心分離機	757
16・2・2 界面の沈降速度式	737	16・5 浮上分離	759
16・2・3 清澄および清澄装置	739	16・5・1 気泡浮上分離法	759
16・2・4 連続沈殿濃縮	741	16・5・2 油水分離法	762
16・2・5 連続シックナーの設計	742	16・6 泡沫分離法	763
16・3 凝 集	745	16・6・1 気液界面平衡	763
16・3・1 凝集作用と凝集剤	745	16・6・2 分離操作	763
16・3・2 凝集操作	746	16・6・3 泡沫分離に影響を及ぼす因子	764
16・3・3 凝集試験法	747	16・6・4 泡沫分離装置と応用	765

## 17 集じん・分 級 (767~812)

17・1 集 じ ん	769	17・2 空 気 清 浄	790
17・1・1 集じんの原理	769	17・2・1 エアフィルターと空気清浄化技術	790
17・1・2 集 じ ん 率	770	17・2・2 エアフィルターの選定の基準と装置の形式	790
17・1・3 圧 力 損 失	770	17・2・3 集じん性能測定法	791
17・1・4 集じん装置の分類と選定の指針	771	17・2・4 集じん性能の推定と評価法	792
17・1・5 集じん性能測定法	773	17・2・5 静電エアフィルター	794
17・1・6 重力集じん	777	17・3 分 級	795
17・1・7 慣性集じん	778	17・3・1 分級操作の基礎	795
17・1・8 遠心力集じん	779	17・3・2 湿式分級機	797
17・1・9 洗浄集じん	781	17・3・3 乾式分級機	799
17・1・10 汙布集じん	782	17・3・4 微細粒子の分級	805
17・1・11 電気集じん	785	17・4 磁 気 分 離	809
17・1・12 高温高压下の集じん	788		

17・4・1 基礎理論	809	17・4・3 磁気分離機	811
17・4・2 物質の磁氣的性質	810	17・4・4 磁気分離操作	811

## 18 粉 碎 ・ 造 粒 (813~852)

18・1 粉碎の基礎概念	815	18・6 粉碎機の各論と粉碎システムの選択	826
18・1・1 粉碎の定義と目的	815	18・6・1 粉碎機の分類と方法	826
18・1・2 粉碎機構と粉碎方法	815	18・6・2 粗 碎 機	826
18・1・3 粉碎操作と粉碎システム	815	18・6・3 中 碎 機	828
18・2 粉碎に関する固体の基礎的性質	816	18・6・4 粉 碎 機	828
18・2・1 碎料の強さに関する基礎的考え方	816	18・6・5 粉碎プロセスとシステムの選択	837
18・2・2 碎料の強度ならびにヤング率, ポアソン比などの材料力学的性質	816	18・7 造 粒 の 基 礎	838
18・2・3 固体の表面エネルギー	818	18・7・1 目的と分類	838
18・2・4 粉碎抵抗と粉碎能	818	18・7・2 造粒体の形成	841
18・3 粉碎仕事に関する法則と粉碎の効率	821	18・7・3 造粒体の強度	844
18・3・1 粉碎の仕事法則	821	18・8 各種の造粒装置	845
18・4 粒度分布と粉碎速度論	822	18・8・1 自足造粒系	845
18・4・1 粉碎生成物の粒度分布	822	18・8・2 強制造粒系	848
18・4・2 粉 碎 速 度 論	822	18・9 転動造粒の速度理論	849
18・5 閉回路粉碎システム	824	18・9・1 ポピュレーションバランスと 合体確率	849
18・5・1 閉回路粉碎の特徴	824	18・9・2 造粒体の圧密速度と強度	850
18・5・2 閉回路粉碎系の設計	824	18・9・3 特性限界粒度と造粒体の 力学的性質	852
18・5・3 粉碎機の動特性と排出特性	826		

## 19 粉粒体の混合・貯蔵・輸送 (853~886)

19・1 固体混合	855	19・5 機械的輸送法	874
19・1・1 一般的事項	855	19・5・1 ベルトコンベヤー	874
19・1・2 混合状態の指標と混合過程	856	19・5・2 スクリューコンベヤー	876
19・1・3 混合状態の測定, 推定および検定	858	19・5・3 チェーンコンベヤー	878
19・1・4 混合所要動力	860	19・5・4 振動コンベヤー	880
19・1・5 混合機の種類と特徴	864	19・6 空 気 輸 送	880
19・2 貯槽内の圧力	867	19・6・1 低濃度輸送	881
19・2・1 貯槽内粉体圧の概要	867	19・6・2 高濃度輸送	881
19・2・2 静的粉体圧力	868	19・6・3 エアスライド	881
19・2・3 動的粉体圧力	869	19・6・4 所要動力	882
19・3 粉粒体の供給方法	870	19・7 水 力 輸 送	883
19・3・1 特徴と分類	870	19・7・1 濃 度	883
19・3・2 回転運動式	870	19・7・2 スラリーポンプ	884
19・3・3 エンドレス式	872	19・7・3 所要動力	884
19・3・4 推 力 式	872	19・8 カプセル輸送	884
19・3・5 走行回転式	872	19・8・1 水力カプセル	884
19・4 自然発火	873	19・8・2 空気カプセル	885

## 20 攪拌・捏和 (887~920)

20・1 攪拌および混合操作.....889	20・3・3 固液系.....907
20・1・1 攪拌操作の一般的事項.....889	20・4 高粘度液の攪拌.....910
20・1・2 混合作用.....890	20・4・1 高粘度液の取扱い.....910
20・2 低粘性液の攪拌.....891	20・4・2 攪拌機の形式.....911
20・2・1 均相攪拌.....891	20・4・3 高粘性攪拌の特性.....913
20・2・2 均相攪拌操作の性能.....896	20・5 捏和と混練.....916
20・3 異相系の攪拌.....900	20・5・1 一般的事項.....916
20・3・1 気液系.....901	20・5・2 装置とその選定.....917
20・3・2 液液系.....905	

## 21 膜 分 離 (921~954)

21・1 限外滲過.....924	21・4・3 電気透析の処理プロセス.....941
21・1・1 限外滲過膜の種類.....924	21・5 ガス分離膜.....943
21・1・2 限外滲過膜の輸送現象.....924	21・5・1 ガス分離膜の種類.....943
21・1・3 限外滲過のモジュール.....927	21・5・2 ガス分離膜の輸送現象.....943
21・1・4 限外滲過プロセス.....928	21・5・3 ガス分離膜モジュール.....946
21・2 逆浸透.....929	21・5・4 ガス分離膜プロセス.....946
21・2・1 逆浸透膜の種類.....929	21・5・5 パーペーパーレーション法 (浸透気化法).....947
21・2・2 逆浸透膜の輸送現象.....930	21・6 ガス拡散法.....948
21・2・3 逆浸透のモジュール.....932	21・6・1 ガス拡散の輸送現象.....948
21・2・4 逆浸透処理プロセス.....934	21・6・2 ガス拡散モジュール.....950
21・3 透 析.....935	21・6・3 カスケードの段数計算.....950
21・3・1 透析膜の種類.....935	21・7 生 体 膜.....951
21・3・2 透析膜の輸送現象.....936	21・7・1 生体膜における輸送現象の分類.....952
21・3・3 透析のモジュール.....937	21・7・2 受動輸送.....952
21・3・4 透析処理プロセス.....939	21・7・3 キャリヤー輸送の速度.....952
21・4 電 気 透 析.....939	21・7・4 能動輸送.....953
21・4・1 イオン交換膜の種類.....939	21・7・5 生体膜のシミュレーション.....953
21・4・2 電気透析の輸送現象.....940	

## 22 同位体分離 (955~974)

22・1 熱 拡 散.....957	22・2・3 ガス遠心分離機の構造.....960
22・1・1 熱拡散法の概要.....957	22・2・4 向流型ガス遠心分離機の性能.....961
22・1・2 熱拡散分離装置.....957	22・3 ノズル分離.....963
22・1・3 熱拡散係数.....958	22・3・1 はじめに.....963
22・2 ガス遠心分離.....959	22・3・2 分離ノズル装置.....963
22・2・1 ガス遠心分離法の概要.....959	22・3・3 分離ノズル法のカスケード.....964
22・2・2 ガス遠心分離法の基礎.....960	22・3・4 分離ノズル法の原理.....966

22・4 質量拡散	966	22・5・1 化学交換法の基礎	968
22・4・1 質量拡散法の原理	966	22・5・2 装置および設計法	968
22・4・2 質量拡散塔	967	22・6 レーザー分離	971
22・4・3 分離係数	967	22・6・1 レーザー法の基礎	971
22・4・4 質量拡散法の適用例	967	22・6・2 原子法	971
22・5 化学交換法	968	22・6・3 分子法	973

### III 反応操作編 (23章～29章)

#### 23 反応装置設計 (977～1008)

23・1 反応装置の分類	979	23・6・3 反応装置の制御	999
23・2 均一系反応装置の基本設計	982	23・7 不均一系反応装置	999
23・3 等温操作	982	23・7・1 総括反応速度	999
23・3・1 回分および半回分操作	982	23・7・2 不均一系反応装置設計	999
23・3・2 流通操作	982	23・8 反応操作の最適化	1001
23・3・3 各種反応装置の比較と流通系 多段攪拌槽	985	23・8・1 反応操作条件の決定	1001
23・4 反応装置の混合特性	986	23・8・2 反応操作の最適化	1002
23・4・1 流れの状態とそのモデル化	986	23・8・3 反応装置および操作方式の選定	1004
23・4・2 混合特性と反応率	989	23・9 光化学反応および装置	1005
23・5 非等温操作	992	23・9・1 光化学反応の例	1005
23・6 反応装置の安定性	994	23・9・2 光化学反応速度	1007
23・6・1 静的安定性	994	23・9・3 光反応装置	1007
23・6・2 動的安定性	997	23・9・4 光吸収速度	1008
		23・9・5 光反応器の設計基礎式	1008

#### 24 高温反応 (1009～1048)

24・1 高温反応の対象	1011	24・3 熱分解反応および装置	1035
24・2 燃焼および燃焼装置	1011	24・3・1 オレフィン製造装置	1035
24・2・1 燃焼とその特性	1011	24・3・2 EDC 熱分解装置	1041
24・2・2 燃料各論	1018	24・3・3 ビスブレーキング装置	1042
24・2・3 燃料試験法	1022	24・3・4 流動層を利用した分解装置	1043
24・2・4 気体燃料の燃焼速度	1022	24・3・5 固体の熱分解	1044
24・2・5 液体燃料の燃焼速度	1025	24・4 高温反応および装置	1045
24・2・6 固体燃料の燃焼速度	1026	24・4・1 高温反応炉の型式	1045
24・2・7 燃焼装置	1028	24・4・2 気相燃焼型高温炉	1046
		24・4・3 プラズマ反応炉	1046

## 25 気液・液液反応 (1049~1072)

25・1 気液反応操作	1052	25・2・4 気・液・固体触媒反応装置の 型式と設計	1064
25・1・1 気液反応操作の特徴と分類	1052	25・3 液液系反応操作	1066
25・1・2 気液反応装置の型式と設計	1054	25・3・1 液液系反応の特徴と分類	1066
25・2 気・液・固体触媒反応操作	1060	25・3・2 反 応 例	1066
25・2・1 気・液・固体触媒反応例	1060	25・3・3 液液分散系と液滴挙動	1068
25・2・2 気・液・固体触媒反応の速度	1061	25・3・4 液液反応系の速度解析	1069
25・2・3 気・液・固体触媒反応における 物質移動	1063	25・3・5 液液系反応装置の型式と選定	1070

## 26 固体反応 (1073~1100)

26・1 固体反応の定義	1076	26・4・5 有効係数	1087
26・1・1 固体反応の分類	1076	26・4・6 非等温効果	1088
26・1・2 固体反応形式の分類	1076	26・4・7 擬定常仮定	1088
26・2 輸送特性	1076	26・4・8 構造モデル	1089
26・2・1 有効熱伝導度	1076	26・4・9 熱分解反応モデル	1091
26・2・2 有効拡散係数	1079	26・4・10 ガス化反応	1091
26・3 反応速度	1079	26・4・11 固体反応の安定性	1092
26・3・1 Ellingham 線図	1079	26・5 固体反応装置	1093
26・3・2 反応速度式	1080	26・5・1 基本型式	1093
26・4 固気反応モデル	1081	26・5・2 反応装置の分類と特徴	1093
26・4・1 未反応核モデル	1082	26・5・3 固定層反応装置	1093
26・4・2 均一反応モデル	1084	26・5・4 移動層反応装置	1096
26・4・3 反応域モデル	1085	26・5・5 流動層反応装置	1096
26・4・4 グレインモデル	1085	26・5・6 固体反応装置の選定と設計	1098

## 27 固体触媒反応 (1101~1136)

27・1 固体触媒と触媒反応	1104	27・3・2 固定層触媒反応器の設計モデル	1118
27・1・1 固体触媒の分類と特性	1104	27・3・3 断熱式反応器の設計	1119
27・1・2 固体触媒の調製法	1105	27・3・4 自己熱交換式反応器の設計	1120
27・1・3 工業的に重要な固体触媒反応	1106	27・3・5 多管熱交換式反応器の設計	1122
27・2 固体触媒反応の移動過程	1108	27・3・6 多管熱交換式反応器の安定性	1124
27・2・1 粒子外表面での物質・熱移動	1108	27・4 流動層触媒反応器の設計と操作	1126
27・2・2 触媒粒子内の物質・熱移動	1111	27・4・1 流動層触媒反応器の構造	1126
27・2・3 触媒有効係数	1113	27・4・2 気泡の挙動と流動層の諸特性	1127
27・2・4 反応速度に対する物質移動の 影響と評価	1115	27・4・3 流動層触媒反応器の設計	1128
27・3 固定層触媒反応器の設計と操作	1117	27・5 触媒の劣化と再生操作	1130
27・3・1 固定層触媒反応器の分類	1117	27・5・1 触媒の劣化機構	1130
		27・5・2 触媒劣化の速度論	1131

27・5・3 固定層触媒反応器内での触媒劣化…1133	27・5・4 劣化触媒の再生操作…1134
-----------------------------	-----------------------

## 28 重合反応 (1137~1160)

28・1 高分子のキャラクタリゼーション …1139	28・2・2 重合反応速度…1142
28・1・1 高分子化合物の分類…1139	28・3 重合操作の様式と反応装置 …1148
28・1・2 分子量分布と測定法…1140	28・3・1 重合操作と重合速度…1148
28・2 重合反応の種類と反応速度 …1142	28・3・2 重合様式の特徴…1155
28・2・1 重合反応の種類…1142	28・3・3 重合反応装置…1155

## 29 生化学反応 (1161~1184)

29・1 生化学反応操作の特徴 …1163	29・6 固定化生体触媒 …1173
29・2 酵素反応 …1163	29・6・1 固定化法…1173
29・2・1 酵素の種類…1163	29・6・2 固定化生体触媒の特徴…1173
29・2・2 反応特異性と基質特異性…1163	29・6・3 物質移動の影響…1174
29・2・3 酵素の活性と安定性…1164	29・7 バイオリアクター …1175
29・3 酵素反応速度式 …1165	29・7・1 バイオリアクターの種類と特徴…1175
29・3・1 1基質反応速度式…1165	29・7・2 バイオリアクターの設計…1177
29・3・2 2基質反応速度式…1165	29・7・3 バイオセンサー…1178
29・3・3 その他の速度式…1166	29・8 廃水の生物処理 …1178
29・4 微生物の性質 …1166	29・8・1 生物学的廃水処理の特徴…1178
29・4・1 微生物反応…1166	29・8・2 好氣的処理プロセス…1178
29・4・2 微生物の育種…1167	29・8・3 嫌氣的処理プロセス…1179
29・4・3 微生物反応速度論…1169	29・8・4 生物を利用した脱窒・脱リン…1180
29・5 微生物の培養 …1170	29・9 雑菌汚染防止技術 …1181
29・5・1 培養操作…1170	29・9・1 微生物の熱安定性と各種殺菌法…1181
29・5・2 微生物反応における物質移動の影響…1172	29・9・2 熱殺菌操作…1181
	29・9・3 除菌操作…1182
	29・9・4 雑菌汚染操作の実際…1182

## IV プロセス編 (30章~32章)

### 30 プロセスの計画と設計 (1187~1220)

30・1 計画と設計の問題構造 …1189	30・1・3 合成の条件と評価…1191
30・1・1 プロセスシステム工学の 共通の構造…1189	30・1・4 合成問題の意思決定…1192
30・1・2 プロセスの同定…1190	30・2 最適化の方法 …1192
	30・2・1 最適点の数学的性質…1192

30・2・2 数理計画法	1194	30・6 プロセス合成	1207
30・2・3 最適点探索法	1195	30・6・1 プロセス合成問題と解法	1207
30・3 プロセスのモデリング	1197	30・6・2 数理的合成法	1209
30・3・1 数式モデル	1197	30・6・3 経験的合成法	1210
30・3・2 パラメーター推定	1198	30・6・4 進化的合成法	1211
30・3・3 パラメーターの信頼区間	1199	30・6・5 反応システムの合成	1212
30・4 プロセスの特性方程式	1200	30・6・6 蒸留システムの合成	1213
30・4・1 プロセスの線形表現	1200	30・6・7 熱交換システムの合成	1214
30・4・2 線形代数方程式のグラフ表現と解	1202	30・6・8 一般的なシステムの合成	1216
30・4・3 非線形代数方程式系のグラフ 表現と解法	1204	30・6・9 フローシートイング	1217
30・5 不確定性の解析	1205	30・7 単位操作の最適設計例	1218
30・5・1 線形系の感度	1205	30・7・1 簡単な熱交換器の最適設計と 不確定性のバックアップ	1218
30・5・2 単位操作の出力に対する 決定変数の感度	1205	30・7・2 多段操作の最適化	1218
30・5・3 最適化と不確定性および感度	1206	30・7・3 生産計画と線形計画	1219

## 31 プロセスの管理と制御 (1221~1274)

31・1 制御系の設計	1223	31・2 プロセス管理	1256
31・1・1 伝達関数と制御系の設計	1223	31・2・1 スケジューリング	1256
31・1・2 状態方程式と制御系の設計	1236	31・2・2 運転マニュアル	1262
31・1・3 時系列データ解析と制御系の設計	1239	31・2・3 異常診断システム	1264
31・1・4 計 装	1247	31・2・4 設 備 管 理	1268

## 32 境界領域プロセス (1275~1318)

32・1 鉄・金属関連プロセス	1277	32・4・3 医薬品製剤プロセス	1298
32・1・1 鉄鋼業におけるプロセス	1277	32・4・4 農 薬	1299
32・1・2 金属製錬におけるプロセス	1279	32・4・5 動物薬・飼料添加剤	1300
32・2 エネルギー関連プロセス	1280	32・5 食品製造プロセス	1300
32・2・1 エネルギーと社会との関わり	1280	32・5・1 食品製造プロセスの特色	1300
32・2・2 エネルギーシステムとエネルギー の流れ	1281	32・5・2 操作の多目的性と制約条件	1301
32・2・3 エネルギー変換	1282	32・5・3 食品素材の物性値	1301
32・2・4 エネルギー効率	1282	32・5・4 香・味・テクスチャー	1304
32・2・5 新エネルギー開発	1285	32・6 医療関連技術	1304
32・3 原子力プロセス	1289	32・6・1 医 工 学	1304
32・3・1 原子力発電所のシステム構成	1289	32・6・2 ME 診断機器	1306
32・3・2 核燃料サイクル	1291	32・6・3 人 工 臓 器	1306
32・3・3 原子力発電所の安全設計	1293	32・6・4 バイオマテリアル (医用材料)	1308
32・3・4 核燃料サイクルの安全性	1295	32・6・5 バイオレオロジー	1309
32・4 薬品製造プロセス	1295	32・7 半導体製造プロセス	1309
32・4・1 概 説	1295	32・7・1 半導体産業の動向	1309
32・4・2 原料製造プロセス	1296	32・7・2 IC 製 造 技 術	1309
		32・7・3 ウェハープロセスの要素技術	1310

32・8 環境保全関連技術	1312	32・8・3 水質	1315
32・8・1 概説	1312	32・8・4 廃棄物	1316
32・8・2 大気	1312		

## 付録1 数 理 公 式 (1320~1335)

1・1 代 数	1320	1・4・2 逆 $z$ 変換	1327
1・1・1 行列(マトリックス)および行列式	1320	1・4・3 拡張 $z$ 変換	1328
1・1・2 代数方程式	1321	1・5 ベクトル解析	1329
1・1・3 級 数	1322	1・5・1 ベクトル代数	1329
1・2 微分方程式	1322	1・5・2 ベクトルの微分	1330
1・2・1 常微分方程式	1322	1・5・3 ベクトルの積分	1330
1・2・2 偏微分方程式	1324	1・6 数 値 解 析	1331
1・3 ラプラス変換	1326	1・6・1 最適化計算法	1331
1・3・1 ラプラス変換の定義	1326	1・6・2 連立1次代数方程式の数値解法	1333
1・3・2 逆ラプラス変換	1326	1・6・3 常微分方程式の数値解法	1334
1・4 $z$ 変 換	1327	1・6・4 偏微分方程式の数値解法	1334
1・4・1 $z$ 変換の定義	1327	1・6・5 有限要素法	1335

## 付録2 国際単位系(SI)と単位換算表 (1336~1347)

2・1 国際単位系(SI)の生い立ち	1336	2・2・4 SI組立単位	1337
2・2 国際単位系(SI)の内容と使用法	1336	2・2・5 SI単位記号の使用上の注意	1337
2・2・1 SIの構成	1336	2・2・6 SI接頭語とその使い方	1338
2・2・2 SI基本単位	1336	2・3 SI以外の単位の取扱い	1339
2・2・3 SI補助単位	1336	2・4 主な基本物理定数	1339

## 付録3 装置材料表 (1348~1361)

3・1 金 属 材 料	1348	3・2 高 分 子 材 料	1353
3・1・1 金属材料の機械的性質	1348	3・3 複 合 材 料	1357
3・1・2 金属材料の耐食表	1350	3・4 無 機 材 料	1359

## 索 引 (1365~1392)