

目 次

ガラスへの招待.....[作花 濟夫]... 1

第1編 ガラスとガラス工業..... 7

1. ガラスおよびガラス工業の歴史.....[成瀬 省]... 7

1.1. 中世のガラス..... 7

1.2. 近世のガラス..... 7

1.3. 近代のガラス..... 8

1.4. 日本のガラスとガラス工業の歴史..... 9

2. 現在のガラス工業.....[功刀 雅長]... 11

2.1. ガラスの溶融..... 11

2.2. 板ガラス..... 11

2.3. びんガラス..... 12

2.4. 光学ガラス..... 13

2.5. ガラス繊維..... 14

2.6. その他のガラス製品..... 15

3. 将来のガラスおよびガラス工業.....[田代 仁]... 16

3.1. $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系ガラス..... 16

3.2. 新種ガラス..... 17

3.3. ガラスの基礎科学と技術..... 20

第2編 ガラス工業製品..... 23

1. 板ガラス..... 23

1.1. 板ガラス.....[山田 辰雄]... 23

1.1.1. 各種板ガラス..... 23

1.1.2. 板ガラスの性能..... 32

1.2. 加工ガラス.....[中谷 明男]... 37

1.2.1. 複層ガラス..... 37

1.2.2. 合わせガラス..... 40

1.2.3. 強化ガラス..... 44

1.2.4. 色焼付ガラス..... 46

1.2.5. 熱線反射ガラス..... 47

1.2.6. 電導性ガラス..... 48

1.2.7.	鏡	50
1.2.8.	装飾加工ガラス	51
1.2.9.	ガラスと熱割れ現象	51
1.2.10.	ガラスと空調	52
2.	容器ガラス	54
2.1.	びん	[渡辺 宗男・天野 八郎] 54
2.2.	食卓用ガラス器	[田端 精一] 65
3.	光学ガラス	[大野 正夫] 71
3.1.	光学設計と光学ガラス	71
3.2.	光学ガラスの組成と分類	73
3.3.	光学ガラスの製造法	84
3.4.	光学ガラスの規格	90
3.4.1.	光学的性質の測定方法	90
3.4.2.	化学的耐久性の測定方法	91
3.4.3.	機械的性質の測定方法	91
4.	理化学用・医療用ガラス, 温度計ガラス, ガラス電極	[江口 清久] 94
4.1.	理化学用・医療用ガラス	94
4.2.	温度計ガラス	104
4.3.	ガラス電極	105
5.	電気用ガラス	[大岡 一夫] 114
5.1.	管球用ガラス	114
5.1.1.	照明光源用ガラス	114
5.1.2.	電子管用ガラス	118
5.1.3.	管球用特殊ガラス	119
5.2.	重電機器用ガラス	121
5.3.	電子機器用ガラス	122
5.3.1.	ガラス回路素子	122
5.3.2.	半導体素子および集積回路用ガラス	125
5.3.3.	光電機器用ガラス	129
5.4.	表面処理を施した電気用ガラス	131
6.	封着用ガラス	[岸井 貫・新保 優] 135
6.1.	封着	135
6.2.	封着体に発生する応力	138
6.3.	封着応力への対策	139
6.4.	封着応力計算法の例	140
6.5.	封着応力の測定	141

6.6.	金属の表面処理	142
6.7.	はんだガラスによる封着	143
6.7.1.	非晶質低融点ガラス	143
6.7.2.	結晶性はんだガラス	147
6.7.3.	はんだガラスの性質と使用法	150
7.	着色ガラス [泉谷 徹郎・中川 賢司]	153
7.1.	光の吸収と色相の表示法	153
7.2.	遷移金属, 希土類イオンによる着色ガラス	157
7.3.	コロイド着色ガラス	162
7.4.	着色ガラスの応用	171
7.4.1.	フィルター用ガラス	171
7.4.2.	信号燈用ガラス	181
8.	泡ガラス [吉川 弘]	183
8.1.	製造法	183
8.2.	性質	186
8.3.	施工方法	188
9.	ほうろろ [祖川 理]	190
9.1.	定義	190
9.2.	歴史	190
9.3.	製法	191
9.4.	ほうろろ用生地金属	191
9.5.	ほうろろ用フリット	192
9.6.	うわぐすりと生地金属の界面	193
9.7.	ほうろろの特殊応用例	195
9.7.1.	ガラスライニングパイプ	195
9.7.2.	ガラスセラミックコーティング	195
9.7.3.	連続クリーニングエナメル	195
10.	結晶化ガラス [河村 励]	197
10.1.	製造法	200
10.2.	低膨張結晶化ガラス	202
10.3.	$\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系高膨張結晶化ガラス	207
10.4.	$\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系高絶縁結晶化ガラス	208
10.5.	スラグや玄武岩を主原料とする結晶化ガラス	208
10.6.	封着用結晶性粉末ガラス	210
10.7.	その他	213
10.7.1.	透明結晶化ガラス	213

10.7.2.	建材としての $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系結晶化ガラス	214
10.7.3.	機械加工の容易な $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-K}_2\text{O-F}$ 系結晶化ガラス	215
10.7.4.	強誘電性結晶化ガラス	216
11.	ガラス繊維とその複合体	[谷垣 昭] 218
11.1.	長繊維関係	218
11.2.	短繊維関係	226
11.3.	光学繊維関係	233
11.4.	ガラス繊維の複合材料	236
11.4.1.	ガラス繊維強化熱硬化プラスチック	236
11.4.2.	ガラス繊維強化熱可塑性樹脂	239
11.4.3.	ガラス繊維強化セメント, 石膏	239
11.4.4.	ガラス繊維強化ゴム	241
11.4.5.	その他の複合材	242
12.	工芸ガラス	[浅見 進一] 245
12.1.	ガラス組成と熔融	245
12.2.	工芸ガラスの成形	247
12.3.	工芸ガラスの加工	249
13.	カルコゲナイドガラス製品	[泉谷 徹郎] 252
13.1.	赤外透過用材料	253
13.2.	低融点ガラス	254
13.3.	音響光学素子材料	255
13.4.	光ドーピング	256
13.5.	光メモリー	257
14.	その他の製品	260
14.1.	魔法びん	[吉川 直弘] 260
14.2.	ガラスブロック	[田中 一好] 265
14.3.	眼鏡ガラス	[泉谷 徹郎] 271
14.4.	装飾用ガラス	[赤木 三郎] 273
14.4.1.	色ビーズ	274
14.4.2.	マーブル	274
14.4.3.	模造宝石類	274
14.4.4.	装飾用ガラスの表面処理	275
14.5.	標識用ビーズ	[布留宮 弘] 275
第3編 ガラスの製造		281
1.	原料と調査	281

1.1.	原 料	[鈴木 由郎]	281
1.2.	調合計算, 自動調合, バッチハンドリング	[三島 康弘]	298
2.	溶 融		310
2.1.	ガラス溶解用タンク窯	[川地 伸治]	310
2.2.	燃 焼	[神野 博]	325
2.3.	ガラス化反応と清澄	[岡村 恒夫]	334
2.4.	均質化	[高橋 克明]	348
2.5.	るつぼ窯	[成瀬 省]	355
2.6.	電気溶融	[長岡 欣之介]	357
3.	タンク窯		369
3.1.	耐火物	[澤本 倫生]	369
3.2.	ガラスの流れ	[高橋 克明]	385
3.3.	エレクトリックブースティング, バブリング	[長岡 欣之介]	395
3.4.	熱収支	[神野 博]	398
4.	成 形		404
4.1.	粘度曲線と成形	[和田 正道]	404
4.2.	板ガラスの成形		406
4.2.1.	普通板ガラス	[石川 浩三]	406
4.2.2.	磨き板ガラス	[北 秀夫]	411
4.3.	びんガラス	[五十嵐 才吉]	418
4.4.	食卓用ガラス器	[田端 精一]	426
4.5.	ブラウン管用バルブ, 各種電球バルブ, ガラス管, マーブル	[中山 俊夫]	435
4.6.	金 型	[村上 久敬]	444
5.	徐 冷	[岸井 貫]	448
5.1.	徐冷点と歪点		448
5.2.	熱衝撃応力の防止		448
5.3.	永久歪の除去		450
5.4.	光学的な性質の均一化		451
5.5.	経年変化の防止		452
第4編 ガラスの加工			453
1.	切 断	[中山 俊夫]	453
1.1.	機械的切断		453
1.2.	火炎切断		458
2.	研削と研磨	[泉谷 徹郎]	460

2.1. 研削	460
2.2. 研磨	463
3. 表面処理	[古内 重正] 470
3.1. 表面凹凸のコントロール	470
3.1.1. 酸磨き	470
3.1.2. 化学研磨	471
3.1.3. ノングレアとフロスト加工	471
3.2. ガラスの表面変成	472
3.2.1. イオン交換	472
3.2.2. エレクトロフロート	473
3.3. ガラス表面への薄膜形成	474
4. ガラスの強化	[井上 通] 484
4.1. 物理強化	485
4.1.1. 風冷強化の原理	485
4.1.2. 風冷強化における加熱, 冷却	486
4.1.3. 種々の強化技術	490
4.2. 化学強化	492
4.2.1. 化学強化の分類	492
4.2.2. 高温型イオン交換	492
4.2.3. 低温型イオン交換	492
4.2.4. 組成の影響	494
4.2.5. 化学強化処理方法	495
5. 熱加工	[岸井 貫] 497
5.1. パーナー	497
5.2. 手作業による加工	497
5.3. 機械による加工	500
5.4. パーナー以外の熱源による加工	501
第5編 ガラスの製造欠点と均質度	503
1. 欠点の概観, 分類	[福井 忠興] 503
1.1. ストーン	503
1.2. コード	506
1.3. 泡	507
2. 欠点の検出	[速水 諒三] 510
2.1. 光学顕微鏡による欠点の検出	510
2.2. X線回折によるストーンの同定	512

2.3.	X線マイクロアナリシス	513
2.4.	歪計による欠点の検出	517
3.	ガラスの均質度の測定 [上野 力]	519
3.1.	比重分布	519
3.2.	屈折率分布	521
3.3.	その他の方法	524
4.	ガラスの化学分析 [布施 美智雄]	525
4.1.	組成分析	527
4.2.	微量成分	530
4.3.	原子価別定量法	532
4.4.	ガス分析	533
4.5.	X線分析	535
4.5.1.	蛍光X線分析法	535
4.5.2.	発光X線分析法	537
4.5.3.	X線回折法ほか	537
4.6.	マイクロプローブ分析	538
4.6.1.	エレクトロンマイクロプローブ分析	538
4.6.2.	レーザーマイクロプローブ	539
4.6.3.	イオンマイクロプローブ質量分析	539
5.	各種ガラス製品の欠点	541
5.1.	板ガラス [寺門 孝雄]	541
5.2.	びんガラス [渡辺 宗男・天野 八郎]	543
5.3.	ホウケイ酸ガラス [赤木 三郎]	545
5.4.	光学ガラス [大野 正夫]	548
第6編 環境とガラス		553
1.	ガラス工場と環境との関連 [上野 力]	553
1.1.	大気汚染に関する規制と対策	553
1.1.1.	硫黄酸化物	553
1.1.2.	ばいじん	555
1.1.3.	有害物質	558
1.1.4.	窒素酸化物	559
1.2.	水質汚濁に関する規制と対策	561
1.3.	騒音に関する規制と対策	566
2.	ガラス製品の破壊と汚染 [上野 力]	570
2.1.	使用時のガラスの破壊	570

2.1.1.	びんの破裂	570
2.1.2.	破びん対策	571
2.1.3.	自動車風防ガラスの破損	572
2.1.4.	強化ガラスの破裂とその対策	573
2.2.	ガラス中の有害成分	574
3.	廃棄ガラスの処理と利用	[上野 力] 579
3.1.	ガラス製品の回収, 再利用	579
3.2.	放射性廃棄物のガラス化	584
第7編	ガラスの性質とその測定法	591
1.	密度	[岸井 貫・荻野 直彦] 591
1.1.	密度の定義および測定法	591
1.2.	組成と密度との関係	592
1.3.	熱処理によるガラスの密度変化	606
2.	光の反射, 屈折, 散乱	611
2.1.	光の反射, 屈折, 散乱	[音在 隆夫] 611
2.2.	反射, 屈折, 散乱の測定法	[早川 惇二] 615
3.	光吸収, 着色	[五嶋 康雅] 623
3.1.	光吸収の表示法	623
3.2.	光吸収の測定	624
3.3.	光吸収と着色の関係	625
3.4.	金属イオンによる着色	626
3.5.	コロイドによる着色	630
3.6.	欠陥色中心およびソラリゼーションによる着色	631
3.7.	ガラスの紫外線吸収	631
3.8.	ガラスの赤外線吸収	632
4.	粘性	[高橋 克明・三浦 嘉也] 635
4.1.	測定法	635
4.2.	粘度の温度特性	637
4.3.	組成と粘性との関係	639
5.	粘弾性	[門田 和也] 649
5.1.	粘弾性の原理	649
5.1.1.	クリープ	649
5.1.2.	応力緩和	649
5.1.3.	動的粘弾性	650
5.2.	測定法	650

5.3. 各ガラスの粘弾性	653
6. 弾性的性質	[曾我 直弘] 657
6.1. 弾性係数	657
6.2. 弾性係数測定法	658
6.3. ガラス組成と弾性係数	658
6.4. 弾性係数と内部歪および熱履歴	661
6.5. 弾性係数の温度依存性	661
6.6. 弾性係数の圧力依存性	663
6.7. 弾性係数と他の物理定数との関係	663
6.8. 擬弾性と内部摩擦	664
6.9. 内部摩擦の温度依存性	665
7. 機械的強度, 破壊, 静的疲労	[新開 紀彦] 669
7.1. 機械的強度	669
7.2. ガラスの破壊現象	673
7.3. ガラスの静的疲労	677
8. 硬度	[山根 正之] 683
8.1. ガラスの押込み硬度	683
8.2. 摩耗硬度	687
9. 熱膨張	[成瀬 省] 689
9.1. 熱膨張の表示法	689
9.2. 熱膨張測定法	691
9.2.1. 示差膨張計	691
9.2.2. 干渉膨張計	693
9.3. 熱膨張係数をガラス組成から算出する方法	694
9.4. 各種ガラスの熱膨張係数	696
10. 熱力学的性質	[高橋 克明・吉尾 哲夫] 699
10.1. 溶解熱	699
10.2. エンタルピーおよび比熱	702
10.3. 活性化エネルギー	707
11. 熱伝導率	[田中 雅美] 711
11.1. ガラスの熱伝導	711
11.2. 熱伝導率測定法	711
11.3. ガラスの組成と熱伝導率	713
11.4. 高温域での見かけの熱伝導率	715
12. 電気的性質	[並河 洋] 716
12.1. イオン伝導	716

12.2.	電子伝導	720
12.3.	誘電特性	724
12.4.	カルコゲンガラスの電気的性質	729
13.	拡散	[寺井 良平] 737
13.1.	自己拡散	737
13.2.	イオン交換	743
13.3.	気体	745
14.	磁氣的性質	[五嶋 康雅] 751
14.1.	ガラスの磁化率	751
14.2.	強磁性微結晶析出ガラスの磁性	754
14.3.	ガラスのメスパウワー効果	755
15.	化学的性質	[土橋 正二] 758
15.1.	ガラス表面の性質と化学反応	758
15.2.	ガラスの侵食機構	760
15.2.1.	水の作用	760
15.2.2.	酸およびアルカリの作用	761
15.2.3.	ガラスの風化	764
15.3.	ガラスの化学耐久性	765
16.	表面張力	[泉谷 徹郎] 771
16.1.	表面張力	771
16.2.	ガラスの表面張力	772
16.3.	固体の表面張力	778
17.	高圧変化	[作花 濟夫] 782
17.1.	高密度化	782
17.2.	ガラスの結晶化	785
17.3.	高圧下のガラスおよび加圧ガラスの諸性質	786
18.	分相	[守屋 喜郎] 793
18.1.	二成分系の自由エネルギーと不混和領域	793
18.2.	二成分酸化物系の不混和領域と相平衡図	794
18.3.	分相機構	794
18.3.1.	核生成-成長機構による分相	795
18.3.2.	スピノーダル分解による分相	796
18.4.	不混和の境界線およびスピノーダルの決定	798
18.5.	実際のガラスの分相構造	799
18.6.	二成分系の分相	801
18.7.	三成分系ガラスの分相	801

18.8.	その他の系のガラス	803
18.9.	分相現象の究明方法	803
19.	結晶化	[松下 和正] 807
19.1.	平衡状態図	807
19.2.	結晶生成の理論	807
19.3.	ガラスの結晶化速度の測定法	813
19.4.	結晶化速度と組成の関係	814
19.5.	二液相分離の影響	815
19.6.	準安定結晶相の析出	816
20.	酸化, 還元	[作花 濟夫] 819
20.1.	ガラスの酸化還元	819
20.2.	熔融ガラスにおける酸化還元平衡	820
20.3.	酸化還元速度ならびに機構	822
21.	放射線効果	[横田 良助] 825
21.1.	放射線とガラスの相互作用の概要	825
21.2.	放射線によるガラスの着色	826
21.3.	中性子照射の影響	833
22.	紫外線による変化	[大岡 一夫] 836
22.1.	紫外線とガラスの紫外線吸収	836
22.2.	紫外線によるガラスの着色	838
22.3.	紫外線によるガラス中の応力発生	841
23.	ルミネッセンス	[大野 正夫] 848
23.1.	ルミネッセンスの定義, 種類	848
23.2.	ルミネッセンスの測定法	848
23.3.	ガラスのルミネッセンス	849
23.4.	Mn ²⁺ 含有ガラスの蛍光	849
23.5.	Eu ³⁺ 含有ガラスの蛍光	850
23.6.	UO ₂ ²⁺ 含有ガラスの蛍光	850
23.7.	ガラス中の不純物による蛍光	851
23.8.	光学ガラスの蛍光	851
24.	性質-組成関係の異常性	853
24.1.	ホウ酸異常	[作花 濟夫] 853
24.2.	混合アルカリ効果	[寺井 良平] 855
24.3.	Al ₂ O ₃ 含有ガラス	[作花 濟夫] 859
24.4.	ゲルマネートガラス	[作花 濟夫] 863

第8編 ガラス状態およびガラスの組成	865
1. ガラス状態とガラス転移	[作花 濟夫]… 865
1.1. ガラスの本性	865
1.2. ガラス転移とガラス転移点	867
1.3. ガラスの安定化	869
2. ガラスの形成	[境野 照雄]… 873
2.1. ガラス化する物質	873
2.2. ガラス化傾向	874
2.3. ガラス形成法	878
3. ガラス化範囲	[今岡 稔]… 880
3.1. ガラス化条件	880
3.2. 酸化物系の実例	881
3.3. 非酸化物系の実例	903
第9編 ガラス構造とその研究方法	905
1. ガラス構造論	[境野 照雄]… 905
1.1. 構造論の展望	905
1.2. 最近の成果	910
2. ガラス構造の実験的決定	914
2.1. X線, 電子線, 中性子線の回折	[長谷川 洋]… 914
2.2. 赤外およびラマンスペクトル	[田中 雅美]… 918
2.3. 発光X線の化学シフト	[作花 濟夫]… 922
2.4. 可視紫外分光	[五嶋 康雅]… 925
2.5. ESR	[今川 宏]… 930
2.6. NMR	[今川 宏]… 933
2.7. X線小角散乱	[境野 照雄]… 935
第10編 新種ガラス, 特殊ガラス	941
1. 新種ガラス	[作花 濟夫]… 941
2. 光通信用ガラスファイバー	[北野 一郎]… 944
2.1. 光ファイバーの電磁界特性	944
2.1.1. クラッド型ファイバー	944
2.1.2. 集束性光ファイバー	946
2.2. 光ファイバーの製造法	950
2.3. 光伝搬損失	953

2.4.	遅延特性	956
2.5.	その他	958
3.	エレクトロニクス素子	960
3.1.	スイッチガラス	[田中 雅美] 960
3.2.	遅延線用ガラス	[鈴木 由郎] 965
3.3.	ファラデー回転ガラス	[泉谷 徹郎] 970
3.4.	ガラスレーザー	[北野 一郎] 973
3.5.	二次電子放射用ガラス	[大岡 一夫] 979
4.	感光印刷用ガラス	989
4.1.	感光性ガラス	[八木 幹彦] 989
4.2.	フォトクロミックガラス	[作花 濟夫] 992
4.3.	印刷用ガラス	[八木 幹彦] 1002
5.	石英ガラス	[横田 良助] 1005
5.1.	種類	1005
5.2.	転移現象	1006
5.3.	光学的性質	1008
5.4.	放射線による着色の有無	1010
5.5.	電子線または中性子線照射による収縮	1011
6.	金属アルコレートからのガラスの製造	[神谷 寛一] 1013
6.1.	セラミックス原料としての有機金属化合物	1013
6.2.	金属アルコレートを出発原料とする複酸化物の製造	1014
6.3.	金属アルコレートからのガラスフィルムの製造	1016
6.4.	金属アルコレートを原料とするガラスの製造	1017
7.	放射線用ガラス	[横田 良助] 1020
7.1.	放射線遮蔽ガラス	1020
7.2.	線量計ガラス	1025
7.3.	その他	1033
8.	生化学とガラス・生体とガラス	[作花 濟夫] 1036
8.1.	多孔性ガラス	1036
8.2.	多孔性ガラスの生化学への応用	1037
8.3.	生体とガラス	1041
9.	古代ガラス	[山崎 一雄] 1045
9.1.	西洋のガラス	1045
9.2.	古代ガラスの化学組成	1045
9.3.	中国および日本のガラス	1046
10.	天然ガラス	[曾我 直弘] 1049

10.1. 成因と組成	1049
10.2. 性質	1051
索引	1055
資料編	1073

