

セラミックス材料技術集成

目次

0. 総論

1. 無機物質, セラミックスを通じた物質観	[1] 熱防護とセラミックス……………21
1.1 宇宙における物質の創成……………1	[2] セラミックスのその他の応用 ——エレクトロニクスへの応用——……………21
1.2 太陽系と物質……………3	3.2.3 セラミックス材料開発展望……………22
1.3 地球の構成物質とセラミックス……………6	3.3 原子力とセラミックス……………23
1.4 生命体とセラミックス……………9	3.4 ライフサイエンスとセラミックス……………26
2. 文明を支えてきたセラミックス	3.4.1 概 説……………26
2.1 人類の文明とセラミックス……………11	3.4.2 医用セラミックス……………26
2.2 火の発見と土器の創製, 陶器への移行……………11	3.4.3 アパタイトとライフサイエンス……………27
2.3 ニューセラミックスへの展開……………12	3.5 期待されるセラミックスの探索……………29
2.4 セラミックスの資源……………14	3.5.1 機能別技術開発の焦点……………29
3. 現代社会とセラミックス	[1] 機械的機能に関する主組成……………29
3.1 日常生活とセラミックス……………16	[2] 熱的機能に関する主組成……………29
3.2 スペーステクノロジーとセラミックス……………20	[3] 化学的機能に関する主組成……………29
3.2.1 概 説……………20	[4] 光機能に関する主組成……………30
3.2.2 セラミックス材料のスペーステクノロジーへの応用……………20	[5] 電気的機能に関する主組成……………31
	[6] 生体機能に関する主組成……………31
	3.5.2 今後のセラミックス技術への要請……………31
	3.5.3 技術出現の可能性のアセスメント……………33

I. セラミックスに関する基礎理論の進歩

—— 構造と反応 ——

1. 結晶, ガラスおよび非晶質を含む構造とその解析法	1.2 結 晶……………39
1.1 概 説……………39	1.2.1 結晶構造解析の基礎理論……………39
	[1] 結晶の対称性……………39
	[2] 結晶構造の解析法……………40

(A) X線回折法による結晶構造解析	41	[1] 粘性流動による焼結	69
(B) 電子線回折法による結晶構造解析	43	[2] 塑性流動による焼結	69
1.2.2 セラミックス構成結晶の結晶構造	44	[3] 粒界拡散機構による初期焼結	69
[1] 組成の簡単なセラミックス構成結晶 の結晶構造	44	[4] 体積拡散による初期焼結速度	69
(A) 食塩 (NaCl) 型構造	44	[5] 表面拡散による焼結	69
(B) 閃亜鉛鉱型構造およびダイヤモンド 型構造	45	[6] 蒸発-凝縮機構	70
(C) ウルツ鉱型構造	46	[7] その他	70
(D) ルチル型構造	46	[8] 一般式による実験結果の整理と物質 移動機構の判定	70
(E) ホタル石型構造	46	[9] 各種機構の重畳による複合焼結	72
(F) α -アルミナ型構造	47	2.4 中期および末期焼結のモデルと粒子の合 体・成長	72
(G) ペロプスカイト型構造	47	2.4.1 中期焼結モデル	72
(H) スピネル型構造	48	2.4.2 末期焼結 (Final Stage Sintering)	73
[2] ケイ酸塩の結晶構造	48	2.5 結晶粒子の成長と粒界の移動	74
(A) オリビン (カンラン石, $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$)	49	2.5.1 1次再結晶	74
(B) メリライト ($\text{Ca}_2(\text{Mg, Al, Si})_3\text{O}_7$)	50	2.5.2 一般の粒成長 (normal grain growth)	75
(C) コーディエライト ($\text{Mg, Fe, }_2\text{Al}_3(\text{Si}_5\text{AlO}_{18})$)	50	2.5.3 第2相粒子の粒成長への影響	76
(D) エンスタタイト (Mg_2SiO_5)	51	[1] 動きにくい不純物粒子の場合	76
(E) カオリナイト ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$)	52	[2] 不純物粒子や気孔がかなり動きやす い場合	77
(F) 石 英 (SiO_2)	53	2.5.4 異常粒成長あるいは2次再結晶	77
1.3 ガラス	53	2.5.5 まとめと今後の問題点	78
1.3.1 ガラス構造の特徴	53	2.6 焼結体組織の形成と制御	79
1.3.2 ガラス構造解析の基礎理論	54	2.6.1 初期充填密度の影響	79
[1] 動径分布法	54	2.6.2 有害な粒成長の抑制	79
[2] X線発光スペクトルのケミカルシフト	55	2.6.3 速度制御焼結 (Pate Controlled Sintering)	80
1.3.3 ガラス構造	55	2.7 その他の焼結モデル	80
1.4 非晶質物質	57	2.7.1 液相を伴う焼結	81
1.4.1 非晶質固体の構造	57	[1] 濡れ性の改良	82
2. 焼結理論		2.7.2 ホットプレス (Hot press) など	82
2.1 概 説	63	[1] ホットプレスの機構	83
2.2 焼結の駆動力	64	[2] 実効応力	83
2.2.1 曲面に働く力	64	[3] ホットプレスによる焼結速度	83
2.2.2 曲面上の蒸気圧と溶解度	65	[4] Reaction Sintering	84
2.2.3 曲面下の空孔濃度	65	3. 微粒子の焼結と物性	
2.2.4 粒界エネルギーとその影響	65	3.1 概 説	87
2.2.5 その他の駆動力	66	3.2 微粒子の焼結	87
2.3 物質移動の機構と焼結のモデル	67	3.2.1 微粒子の初期焼結過程	87
2.3.1 物質移動機構の種類	67	3.2.2 中期, 終期焼結	88
2.3.2 焼結のモデルとステージ	67	3.2.3 焼結性と化学結合	89
2.3.3 初期焼結モデルと物質移動機構別の 速度式	68	3.3 機械的性質	89
		3.4 電気的性質	90

3.5	磁気的性質	91	5.2.5	固相からの不均一核生成	127
3.6	あとがき	94	5.2.6	トポタクシーと核生成	127
4. 相平衡			5.2.7	粒子の成長	128
4.1	気相-固相間平衡	97	[1]	気相, 液相からの粒成長	128
4.1.1	雰囲気	97	[2]	樹枝状結晶の成長	129
4.1.2	分解平衡	97	[3]	固相の熱分解と粒成長	129
4.1.3	蒸発平衡	99	[4]	結晶粒の成長と異常成長	130
4.2	高温高圧水の状態について	103	5.3	相転移	132
4.2.1	高温高圧水の状態と性質	103	5.3.1	変移型相転移	133
4.2.2	セラミック材料の合成への利用	106	[1]	マルテンサイト変態	133
4.2.3	将来の展望	107	[2]	強誘電体	133
4.3	熱力学	109	[3]	磁性体	134
4.3.1	熱力学の諸関数	109	[4]	SiO ₂	134
4.3.2	第2法則と平衡の条件	110	5.3.2	拡散型相転移	134
4.3.3	多成分系と活量	111	[1]	合金の規則-不規則転移	135
4.3.4	熱力学データと Tempered Gibbs Energy	113	[2]	化合物の規則-不規則転移	136
5. 相転移, 化学反応速度論			(A)	陽イオンの規則-不規則転移	136
5.1	スピノダル分解・分相	115	(B)	空格子点の規則-不規則転移	136
5.1.1	分相の2つの機構	115	(C)	格子間原子の規則-不規則転移	138
5.1.2	イミッシビリティ・ドームとコヒーレントな歪み	115	5.3.3	高圧下の相転移	138
5.1.3	スピノダル分解の古典論, Cahn-Cook 理論	116	5.3.4	微粒子の相転移	138
5.1.4	原子間相互作用距離 R が最隣接原子間距離 r_0 より大きいとき ($R \gg r_0$) のスピノダル分解	117	[1]	変移型転移	138
5.1.5	ガラスのスピノダル分解の特徴と解析	118	[2]	拡散型転移	138
5.1.6	形態学 (morphology)	119	5.4	固体の反応	140
5.1.7	スピノダル分解のまとめ	121	5.4.1	固体-気体反応	140
5.1.8	核生成についてのコメント	121	[1]	気体圧の影響	141
5.2	核生成と成長	123	[2]	不純物の影響	141
5.2.1	核生成	123	[3]	界面反応が律速の場合	141
5.2.2	過冷却と過飽和	123	5.4.2	固体-固体反応	141
5.2.3	均一核生成速度	123	[1]	反応速度および反応機構	142
[1]	気相, 液相からの核生成	123	[2]	粉末反応	143
[2]	誘導期間と核生成	124	[3]	不純物の影響	144
[3]	結晶界面	124	[4]	結晶学的関連-トポタクシー	145
5.2.4	不均一核生成とエピタクシー	125	5.5	結晶成長	147
[1]	古典的核生成理論	125	5.5.1	成長様式の分類	147
[2]	原子論的核生成理論	126	5.5.2	溶液からの単結晶育成法の原理	147
			[1]	凝似2成分系の相平衡	147
			(A)	固溶がない場合	147
			(B)	固溶がある場合	148
			[2]	異組成媒体を用いた帯域溶融法による分解溶融化合物, 均質組成固溶体単結晶の育成	148
			5.5.3	結晶成長の過程と界面	148
			[1]	界面への物質移動	148
			[2]	成長界面の原子スケールでの形状	149

[3] 成長界面上での活性種の安定サイトへの組み込み	150	[1] 相互拡散	172
5.5.4 育成結晶中の組成変動の成因とセル構造	150	[2] 化学拡散	172
[1] セル構造の特徴	151	5.8.6 重要な拡散関連過程とその解析例	173
[2] セル構造の発生機構	151	[1] 酸化物を通しての酸素ガスの透過率および金属の高温酸化反応	173
[3] セル構造の防止法	152	[2] 高温でのファイバーや円筒状空隙の形状不安定性	174
5.6 熱分解	153	[3] 温度勾配下での拡散と組成の不均一性の出現	175
5.6.1 反応の過程	153	[4] セラミックス中の水素の拡散と透過率	176
[1] 昇温時の反応	153	5.9 転位と塑性変形	179
[2] 定温における反応の進行	153	5.9.1 転位の概念	179
[3] 反応機構	155	5.9.2 セラミックスと金属での転位挙動の差	179
(A) 転位の役割	155	5.9.3 転位すべりに必要な臨界応力	180
(B) 均一機構と不均一機構 (アクセプター・ドナー説)	155	[1] パイエルス力	180
5.6.2 生成物の状態	155	[2] 熱活性化による転位の移動	182
[1] 分解のトポタクシー	155	5.9.4 すべり系 (slip system)	182
[2] 生成物の粒径と格子の歪み	156	5.9.5 多結晶の変形と独立なすべり系の数	183
[3] 分解過程における生成物の焼結	156	5.9.6 バーガース・ベクトル (Burgers vector) \mathbf{b} の長さ	183
[4] 原料母塩の化学種, 調整法による生成物の差違	157	5.9.7 転位の運動を妨げる 2 次的要因	185
5.6.3 熱分解法による化合物の合成	158	[1] 静電荷の問題	185
[1] 混合物の分解	158	[2] 不定比性 (ノンストイキオメトリー) の影響	185
[2] 共沈させた塩の分解	158	[3] 不純物の効果	186
(A) 混晶または混合沈澱	158	[4] 微構造の効果	186
(B) 均密な共沈澱物を得るための工夫	159	5.9.8 セラミックスの塑性変形は可能か	186
5.7 メカノケミストリー	163	5.9.9 さらにセラミックスを硬くするには	187
5.7.1 メカノケミカル反応	163	[1] 加工による影響	187
5.7.2 微粉碎過程における構造変化	163	[2] 不純物硬化 (固溶硬化)	187
5.7.3 微粉碎過程における新しい表面の発生と内部エネルギーの増加	165	[3] 析出硬化	188
5.7.4 メカノケミカル効果による活性化	166	5.10 高温クリープ	190
5.7.5 むすび	167	5.10.1 転位上昇によるクリープ	190
5.8 格子欠陥と拡散	168	5.10.2 拡散クリープ	190
5.8.1 欠陥の種類とその濃度	168	5.10.3 支配的なクリープ機構の領域	191
[1] ショトキー型およびフレンケル型の欠陥生成	168	5.10.4 クリープの実例	191
[2] 点欠陥の濃度	168	5.11 ガラスの形成	193
(A) 真性 (intrinsic) 領域	168	5.11.1 ガラスの位置づけ	193
(B) 不純物領域	169	5.11.2 熱力学的考察	193
(C) 不定比性の効果	169	5.11.3 速度論的考察	194
5.8.2 点欠陥の拡散係数	169	5.11.4 ガラスを形成する方法	196
5.8.3 イオンの拡散係数	170		
5.8.4 促進拡散	171		
5.8.5 化学拡散と相互拡散	172		

6. セラミックスの組織と微細構造	[2] 結晶の微細構造	215
	[3] 粒界の微細構造	215
	[4] 表面の微細構造	216
6.1 解析技術の進歩	6.2.3 エレクトロセラミックスの組織と微細構造	216
6.1.1 はじめに	[1] 結晶粒の特性利用	216
6.1.2 解析手法の分類	[2] 粒界の特性利用	218
[1] 組成分離方法	[3] 表面の特性利用	219
(A) 化学的分離方法	6.3 結晶化ガラス	220
(B) 物理的分離方法	6.3.1 結晶化ガラスとは	220
[2] 組成分析, 同定方法	6.3.2 製造工程	220
(A) マクロキヤラクター	6.3.3 結晶化過程	221
(B) ミクロキヤラクター	6.4 多孔体	224
6.1.3 特徴ある 2, 3 の手法における進歩	6.4.1 細孔容積	224
[1] 蛍光 X 線分析	6.4.2 細孔の形態と細孔径	224
[2] 誘導高周波プラズマ発光分光分析	6.4.3 比表面積	226
[3] レーザーマイクロ発光分光分析	6.5 複合セラミックス	228
[4] 固体質量分析	6.5.1 (粒子-粒子) 複合セラミックス	228
[5] 分析電子顕微鏡	[1] チタン酸塩コンデンサ材料	228
[6] 電子分光分析	[2] 高温導電性材料	228
(A) X線光電子スペクトル分析 (XPS)	6.5.2 (粒子-粒界) 複合セラミックス	229
(B) オージェ電子分光分析 (AES)	[1] 透光セラミックス	229
[7] 高分解能電子顕微鏡	[2] 粒界絶縁形コンデンサ	229
[8] カソードルミネッセンス分析 (CL)	[3] 正特性サーミスタ	231
6.1.4 まとめ	[4] 酸化亜鉛バリスタ	231
6.2 多結晶体	[5] 超硬工具材料	231
6.2.1 Characterization の重要性	6.5.3 その他の複合セラミックス	232
6.2.2 組織と微細構造の基礎		
[1] 組織		

II. セラミックスに関する物性論の進歩と開発された材料

1. 材料の熱的性質	1.2.4 熱膨張率測定法	244
1.1 熱伝導度	2. 材料の機械的性質	
1.1.1 熱伝導度の定義	2.1 かたさ	247
1.1.2 熱伝導度のメカニズム	2.1.1 各種かたさ試験法	247
[1] 電子	[1] ビッカースかたさ	247
[2] 格子振動	[2] ヌープかたさ	247
[3] 放射	[3] ロックウェルかたさ	248
1.1.3 複合材の熱伝導	[4] ブリネルかたさ	248
1.1.4 熱伝導度の測定法	[5] 引っ掻きかたさ	248
1.2 熱膨張	(A) モースかたさ	248
1.2.1 熱膨張率の定義	(B) マルテンスのかたさ	248
1.2.2 結晶構造, 比熱と熱膨張	[6] ショアかたさ	248
1.2.3 複合体の熱膨張		

2.1.2	かたさの物理的意義	249	2.4.5	むすび	278
[1]	マイヤーの法則	249			
[2]	球圧子による材料の変形	249	3.	材料の化学的性質	
[3]	角錐および円錐圧子による材料の変形	250	3.1	吸着性	279
[4]	動的かたさ測定の物理的意義	250	3.1.1	吸着の概念	279
[5]	かたさと他の機械的性質との関係	251	[1]	物理吸着	279
(A)	かたさとヤング率	251	[2]	化学吸着	279
(B)	かたさと強さ	251	3.1.2	吸着量の測定法	279
(C)	かたさと表面エネルギー	253	3.1.3	吸着理論	280
(D)	かたさの温度依存性とクリープ速度	253	[1]	単分子膜吸着説	280
[6]	各種かたさ値の間関係	254	[2]	多分子層吸着説	280
[7]	かたさと塑性、脆性との関係	255	3.1.4	吸着等温線	280
(A)	かたさ圧痕周囲の塑性	255	3.1.5	吸着熱と湿潤熱	281
(B)	かたさと脆性との関係	255	3.1.6	酸化物の水の吸着構造	281
2.2	セラミックスの強度と破壊	258	3.1.7	酸化物の水に対する吸着性	281
2.2.1	完全結晶と実在結晶の強度	258	3.1.8	化学吸着熱および物理吸着熱	282
2.2.2	破壊力学	259	3.1.9	吸着エントロピー	284
2.2.3	破壊予測	261	3.1.10	表面の不均一性と吸着性	284
2.2.4	破面解析(フラクトグラフィ)	263	3.1.11	有機溶媒の吸着性	284
[1]	粒内と粒界破壊	264	3.1.12	吸着剤	285
[2]	破壊発生源	264	[1]	活性炭	285
[3]	遅い亀裂の成長	264	[2]	シリカゲル	285
2.2.5	組織と強度	265	[3]	活性アルミナ	285
2.2.6	高温強度	266	[4]	合成ゼオライト	285
2.3	強化理論	268	3.1.13	粒界への偏析	286
2.3.1	材料の選択	268	3.1.14	おわりに	286
2.3.2	共存副成分	269	3.2	触媒作用	288
2.3.3	組織のコントロール	269	3.2.1	金属酸化物と酸・塩基性質	288
2.3.4	表面応力状態のコントロール	270	3.2.2	酸・塩基触媒作用	289
2.3.5	表面きずのコントロール	271	3.2.3	混合酸化物の酸点の発現	291
2.3.6	ガラスの結晶化	271	3.2.4	酸点、塩基点生成に影響する因子	291
2.3.7	複合化	271	[1]	熱処理による影響	291
2.4	耐熱衝撃性	273	[2]	調製法の影響	293
2.4.1	熱衝撃抵抗	273	3.2.5	混合酸化物の触媒としての応用	294
2.4.2	種々の理論抵抗係数	273	3.2.6	アルカリ土類酸化物の触媒作用	295
[1]	破壊抵抗係数	273	3.2.7	ゼオライト、粘土系の触媒作用	296
[2]	損傷抵抗係数	274	3.2.8	むすび	297
[3]	クラック安定係数	275	3.3	耐食性	302
2.4.3	熱衝撃破壊統一理論	275	3.3.1	耐火物の損傷	302
2.4.4	統一理論と実験との対比	276	3.3.2	溶解	305
[1]	初期クラックが小さい場合	276	3.3.3	濡れと浸透	305
[2]	初期クラックが大きい場合	277	3.3.4	雰囲気	308
[3]	強度変化におよぼす急熱と急冷の効果の比較	277	[1]	酸化雰囲気	308
			[2]	還元雰囲気	310

[3] 真 空	310	[1] 熱電子放射	335
3.3.5 おわりに	310	[2] 電界放射	337
4. 電氣的, 磁氣的性質とセラミック電子材料		[3] 2次電子放射	337
4.1 電子物性とその材料	313	[4] 光電子放射	338
4.1.1 電気伝導理論 (金属)	313	4.1.9 超伝導	339
[1] 電子-電子散乱	313	4.1.10 熱電効果	340
[2] 格子振動-電子の散乱	313	4.2 誘電特性とその材料	342
[3] 磁気モーメントによる散乱	314	4.2.1 セラミックスの誘電性	342
[4] random 系での散乱	314	[1] 誘電定数と誘電特性	342
[5] パーコレーションの理論	315	[2] 微細構造と誘電特性	342
[6] 金属-絶縁体転移	315	(A) 結晶粒径と誘電特性	343
4.1.2 電気伝導理論 (半導体)	316	(B) 空孔と誘電特性	343
[1] 格子振動による伝導電子の散乱	316	4.2.2 高周波絶縁材料	344
[2] 磁性体での易動度	316	[1] 高周波絶縁材料の現状	344
[3] ポーラロン	316	[2] IC基板・パッケージ用材料	345
[4] トンネル効果	317	[3] マイクロ波用誘電体	346
4.1.3 格子欠陥と原子価制御	318	4.2.3 コンデンサ材料	347
[1] 内因性・非化学量論的格子欠陥	319	[1] セラミックコンデンサの現状	347
[2] 外因性・非化学量論的結晶	320	[2] 半導体コンデンサ	348
[3] 外因性化学量論的格子欠陥	320	[3] 積層コンデンサ	350
4.1.4 微細構造伝導体	321	4.2.4 圧電セラミックス材料	352
[1] 微細構造と電気伝導	321	[1] 圧電セラミックス材料の現状	352
[2] ZnO-Bi ₂ O ₃ バリスタ	322	[2] PZT, 3成分系圧電セラミックス	353
[3] 半導性チタン酸バリウム焼結体にお ける PTC 効果	322	[3] その他の圧電セラミックス	354
[4] 太陽電池用 CdS 焼結体	323	(A) Bi 層状化合物	355
4.1.5 吸着の影響	323	(B) ANbO ₃ セラミックス	355
[1] 吸着機構	324	4.2.5 焦電セラミックス	356
[2] 半導体ガスセンサー	325	4.3 磁氣的性質と磁性材料	360
4.1.6 イオン導電体, 固体電解質	327	4.3.1 磁気の由来	360
[1] アルカリイオン導電体	327	[1] 磁気モーメント	360
[2] Ag ⁺ , Cu ⁺ 導電体	329	[2] 磁気の担い手	361
[3] プロトン導電体	329	[3] 自由原子, イオンの磁気モーメント	361
[4] 酸素イオン導電体	330	[4] イオン結晶内の磁性イオンが担う 磁気モーメント	363
[5] ハロゲンイオン導電体	331	4.3.2 フェリ磁性	366
4.1.7 混合導電体	331	[1] 分子磁界	366
[1] 酸素イオン導電体の混合伝導	331	[2] Néel の理論	366
[2] 各種の混合導電体と応用	332	[3] 超交換相互作用	367
(A) ZrO ₂ -Y ₂ O ₃ -CeO ₂ (Cr ₂ O ₃)	332	4.3.3 酸化物磁性材料とその用途	368
(B) Nd _{1-x} Sr _x CoO ₃	332	4.3.4 軟磁性材料	369
(C) H _x WO ₃ , Na _x WO ₃ , Na _x VO _{2.5}	332	[1] スピネル型フェライトの構造	369
(D) Li _x TiS ₂	332	[2] スピネル型酸化物の陽イオン分布	370
4.1.8 電子放射	335	[3] 陽イオン位置の選択	370
		[4] スピネル型フェライトの磁性	371
		[5] Zn-フェライトの置換固溶による	

磁性の改良	371
[6] 微量添加物の効果	372
[7] スピネル型フェライトの高周波特性	373
[8] マイクロ波用フェライト	373
[9] その他の材料	373
(A) メモリー用フェライト	373
(B) 磁気ヘッド用材料	373
[10] フェライト焼結体の製造工程	374
4.3.5 硬磁性材料	374
[1] マグネットプランバイト型フェライト の構造	375
[2] 結晶磁気異方性	375
[3] フェライト磁石製造上の特徴	376
4.3.6 磁気バブル材料	377
[1] 磁 区	377
[2] 磁気バブル	378
[3] 要求される材料特性	379
[4] 希土類-鉄ガーネットの特徴	380
[5] LPE法による磁気バブル用単結晶 膜の製造	381

5. 光学的性質と光学材料

5.1 光学的各種機能と材料	385	[5] 非線型光学効果(NLO効果)	402
5.1.1 概 説	385	(A) 非線型分極	402
5.1.2 結晶の光学的性質	385	(B) 第2高調波発生(SHG)	402
[1] 直線複屈折	385	(C) NLO材料	403
[2] 直線複吸収(直線2色性)	386	5.2 透光性セラミックス	406
[3] 円複屈折と円複吸収	386	5.2.1 概 説	406
5.1.3 外力による効果	389	5.2.2 セラミックス透明化の条件	406
[1] 電場効果	389	5.2.3 透光性セラミックスの焼結プロセス	408
(A) 電気光学効果	389	5.2.4 原料粉末の影響	408
(B) 電気吸光効果	393	5.2.5 添加物の影響	409
(C) 電気旋光効果と分極旋光効果	394	5.2.6 焼結条件の影響	409
[2] 応力効果	395	5.2.7 透光性セラミックスの光透過率	410
(A) 光弾性効果	395	5.2.8 透光性セラミックスの応用	412
(B) 圧旋光効果	398	5.3 光学ガラス	416
[3] 磁場効果	398	5.3.1 光学ガラスの組成	416
(A) 磁気直線複屈折と磁気直線複吸収	398	[1] 古典的ガラス	416
(B) 磁気円複屈折と磁気円複吸収	398	[2] ランタン系ガラス	419
(C) 磁気Kerr効果	399	[3] 特殊ガラス	419
[4] 光照射効果	400	5.3.2 光学ガラスの諸性質	419
(A) 光屈折率効果	400	[1] 屈折率・分散	419
(B) 光クロミズム	401	[2] 透 過 率	420
(C) 光2色性	401	[3] 化学的耐久性(ヤケ)	420
		5.3.3 光学ガラスの製造法	421
		[1] 粘土ルツボ法	421
		[2] 白金ルツボ法	421
		[3] 連続溶融法	421
		5.4 フォトクロミックガラス	423
		5.4.1 フォトクロミックガラスの種類と 組成	423
		5.4.2 フォトクロミズム機構	423
		5.4.3 フォトクロミック特性	425
		[1] ハロゲン化銀の大きさと数	425
		[2] ガラス厚さの影響	426
		[3] 照射光エネルギーおよび波長	426
		[4] 温度の影響	426
		5.5 着色ガラス	430
		5.5.1 イオンによる着色	440
		5.5.2 コロイドによる着色	430
		5.6 赤外線領域用光学材料	433
		5.6.1 ガ ラ ス	433
		5.6.2 結 晶	435
		5.6.3 透光性セラミックス	437
		5.6.4 プラスチックス	437
		5.7 選択反射性ガラス	439
		5.7.1 金属材料	439

5.7.2	半導体材料	441	6.3.1	高速中性子によるはじき出し原子 (KA) とそれによる多段はじき出し (カスケード)	479
5.7.3	誘電体材料	443	6.3.2	放射線の種類とはじき出し過程	481
5.8	電導性ガラス	447	6.3.3	照射欠陥の種類	481
5.8.1	SnO ₂	447	[1]	点欠陥とフレンケル対	481
5.8.2	In ₂ O ₃	450	[2]	熱スパイクと変位スパイク	481
5.9	レーザー材料	455	[3]	稀薄領域	482
5.9.1	概 説	455	[4]	ポイド	483
5.9.2	利得係数と蛍光強度	455	[5]	スエリング(ふくれ)と照射焼結 (やきしまり)	483
5.9.3	むすび	464	[6]	照射成長	484
5.10	螢 光 体	465	6.4	金属材料の放射線損傷	484
5.10.1	最近の進歩	465	6.4.1	荷電粒子の作用	484
[1]	X線用蒸着螢光面	465	6.4.2	γ線および電子線の作用	485
[2]	カラーブラウン管用大粒子螢光体	466	6.4.3	損傷の回復	485
[3]	高コントラストカラーブラウン管用 顔料使用螢光面	466	6.4.4	照射による機械的性質の変化	486
[4]	高演色性螢光ランプ用螢光体	466	6.5	セラミックスの放射線損傷	486
5.11	顔 料	468	6.5.1	黒鉛あるいは炭素の放射線損傷	486
5.12	レンズコーティング	472	[1]	欠陥の種類と挙動および影響	487
5.12.1	概 説	472	[2]	常温付近での変化	487
5.12.2	反射防止膜の一般解説	472	[3]	400℃以上の変化	488
5.12.3	単層反射防止膜	473	6.5.2	UO ₂	489
5.12.4	2層反射防止膜	473	6.5.3	BeO, MgO, Al ₂ O ₃ , Eu ₂ O ₃ , ZrO ₂ , SiC, B ₄ C など	490
5.12.5	3層反射防止膜	473	[1]	BeO	491
5.12.6	ダイクロイックミラー	474	[2]	Al ₂ O ₃	491
5.12.7	カメラへの利用	475	[3]	MgO, Eu ₂ O ₃ , ZrO ₃	491
5.12.8	むすび	475	[4]	SiC	493
			[5]	B ₄ C	493
6.	放射線損傷と材料		6.5.4	ガラスの放射線損傷	494
6.1	放射線の種類と特徴, および表示	477	[1]	シリカ・ガラス	495
6.1.1	種類と効果の特徴	477	[2]	ホウケイ酸ガラス	495
6.1.2	粒子性放射線の束(フラックス)と 全照射線量(フルエンス)	478	[3]	鉛ガラス	495
6.1.3	γ線の表示方法	478	[4]	CeO ₂ を含む Non-browning ガラス	495
6.1.4	中性子のエネルギーと呼称	479	[5]	その他のガラス	495
6.2	放射線損傷の分類	479			
6.3	はじき出し機構と生成する各種照射欠陥	479			

III. 原料とその組成

1. 天然原料

1.1	概 説	497	(A)	主成分鉱物	497
1.1.1	原料の性質	497	(B)	副成分鉱物および不純鉱物	497
			(C)	組 織	497
			(D)	化学組成	497

1.1.2	生成の過程	497	[2]	天草陶石	510
[1]	火成鉱床	498	1.5.2	長石質原料	510
(A)	ペグマタイト鉱床	498	[1]	ペグマタイト	511
(B)	熱水鉱床	498	[2]	アプライト	511
[2]	堆積鉱床	498	[3]	その他の長石質原料	511
(A)	風化残留鉱床	498	(A)	ケイ砂中の長石	511
(B)	漂砂鉱床	498	(B)	サバ	512
(C)	化学的沈澱鉱床	499	1.6	石灰質およびマグネシア質原料	512
(D)	生物起源の堆積岩	499	1.6.1	石灰石	512
1.2	ケイ酸質原料	500	1.6.2	ドロマイト	513
1.2.1	産状	500	1.6.3	マグネサイト	513
[1]	ペグマタイト	500	1.7	その他の原料	514
[2]	ケイ砂	500	1.7.1	石棉	514
[3]	ケイ石	500	1.7.2	クロム原料	514
(A)	赤白ケイ石	500	1.7.3	石膏	514
(B)	熱水性ケイ石	500	1.7.4	ホタル石	515
(C)	ケイ酸白土	501	1.8	原料の精製	515
(D)	ケイ藻土	501	1.8.1	原料精製の概要	515
1.2.2	性質	501	1.8.2	物理的精製法	516
1.3	粘土質原料	502	[1]	液体サイクロンによる分級	516
1.3.1	粘土の性質	502	[2]	水簸	516
[1]	非粘土鉱物成分	503	[3]	遠心分離機による分級	517
[2]	組織	503	[4]	磁力選鉱	517
[3]	交換性陽イオン	503	[5]	重液分離	517
1.3.2	粘土鉱物の分類	503	[6]	泡沫浮遊選鉱	517
[1]	層状構造	503	1.8.3	化学処理	518
(A)	2:1構造(3層構造)	503	[1]	還元溶出法	518
(B)	1:1構造(2層構造)	504	[2]	酸化溶出法	518
(C)	2:1:1構造	504	[3]	酸処理	518
(D)	混合層構造	504	[4]	昇華法	518
[2]	複鎖状構造	504	1.9	化学組成	519
1.3.3	カオリン質原料	504	1.9.1	シリカ質原料	519
[1]	木節粘土および蛙目粘土	504	[1]	ケイ石・ケイ砂	519
[2]	頁岩粘土	506	[2]	ケイ藻土	519
[3]	カオリン	506	1.9.2	アルミナ質原料	519
1.3.4	ろう石(パイロフィライト質原料)	506	[1]	ボーキサイト	519
1.3.5	モンモリロナイト質原料	506	[2]	シリマナイト族鉱物	520
1.4	高アルミナ質原料	508	1.9.3	アルミナ-シリカ質原料	520
1.4.1	コランダム	508	[1]	耐火粘土	520
1.4.2	ダイアスポア	508	[2]	陶石	520
1.4.3	ボーキサイト	508	[3]	ろう石	520
1.4.4	ケイ線石族鉱物およびムライト	509	[4]	カオリン	520
1.5	陶石および長石質原料	509	[5]	長石	520
1.5.1	陶石	509	1.9.4	石灰質原料	520
[1]	服部・河合陶石	510	[1]	石灰石	520

[2]	ホタル石	521		
[3]	石 膏	521		
1.9.5	マグネシア質原料	521		
[1]	ドロマイト	521		
[2]	マグネサイト	521		
1.9.6	セラミックス原料中の微量成分	521		
1.9.7	セラミックス原料の分析方法と分析			
	用標準試料	522		
	付表 セラミックス原料の化学組成	524		
2.	合成原料			
2.1	酸化物およびスピネル	531		
2.1.1	アルミナ	531		
2.1.2	マグネシア	532		
2.1.3	ジルコニア	532		
2.1.4	スピネル	533		
2.2	炭化物および窒化物	534		
2.2.1	製造方法	534		
[1]	炭化物粉末の製造方法	534		
(A)	酸化物と炭素との反応	534		
(B)	液相介在による反応	534		
(C)	気相合成法	534		
[2]	窒化物粉末の製造方法	534		
(A)	金属粉末と窒素あるいはアンモニア			
の反応	534			
(B)	金属酸化物と炭素と窒素またはアン			
モニアの反応	534			
(C)	気相合成法	534		
2.2.2	炭化物および窒化物の性質	534		
2.2.3	炭化物および窒化物の用途	535		
2.3	炭素および黒鉛	537		
2.3.1	構造と性質	537		
2.3.2	製 法	537		
[1]	一般炭素材料	537		
[2]	ガラス状炭素	538		
(A)	グラッシーカーボン	538		
(B)	ビトロカーボン	538		
[3]	熱分解黒鉛	538		
[4]	活 性 炭	538		
[5]	コロイド状黒鉛	539		
[6]	シート状黒鉛	539		
2.3.3	用 途	539		
3.	電子材料			
3.1	セラミックスコンデンサ用誘電材料	541		
3.1.1	セラミックコンデンサの種類と誘電			
材料	541			
3.1.2	セラミックコンデンサの製造法と誘			
電材料	544			
3.1.3	セラミック誘電材料の製造上の問題	545		
[1]	原料の選定	546		
[2]	秤 量	547		
[3]	混 合	547		
[4]	仮 焼	548		
[5]	そ の 他	548		
3.1.4	チタン酸バリウム	548		
3.1.5	む す び	550		
3.2	磁性材料	552		
3.2.1	フェライト粉体の製造方式	552		
3.2.2	フェライトに使用される主要な素原			
料と添加物	552			
3.2.3	個々の主原料の製造方式と代表的品			
質	553			
[1]	酸化第二鉄	553		
(A)	酸化第二鉄の製造方式	553		
(B)	酸化第二鉄の品質	555		
[2]	酸化亜鉛	556		
(A)	酸化亜鉛の製造法	556		
(B)	酸化亜鉛の品質	556		
[3]	酸化ニッケル	557		
(A)	酸化ニッケルの製造法	557		
(B)	酸化ニッケルの品質	557		
[4]	炭酸マンガン	557		
[5]	二酸化マンガン	558		
[6]	四三酸化マンガン	558		
[7]	マグネシウム原料	560		
(A)	製 造 法	560		
(B)	マグネシウム原料の品質	561		
[8]	酸化第二銅	561		
[9]	酸化コバルト	561		
[10]	炭酸バリウム	562		
(A)	製 造 法	562		
(B)	品 質	562		
[11]	炭酸ストロンチウム	562		
(A)	製 造 法	563		
(B)	品 質	563		
[12]	そ の 他	564		

3.2.4 添加物	564	[8] V a 族金属化合物	567
[1] アルカリ金属化合物	564	[9] V b 族金属化合物	569
[2] アルカリ土類金属化合物	565	[10] IV a 族金属化合物	569
[3] Ib 族金属化合物	565	[11] VI b 族金属化合物	571
[4] III a 族金属化合物	566	[12] 酸化コバルト	571
[5] III b 族金属化合物	566	[13] その他	571
[6] IV a 族金属化合物	566	3.2.5 むすび	572
[7] IV b 族元素および化合物	567		

IV. セラミックスの合成, 焼結, 加工に関する技術の進歩

1. 単結晶育成技術の進歩

1.1 概 説	575
1.2 溶 液 法	575
1.2.1 水溶液法	575
[1] 冷却法	575
[2] 蒸発法	576
[3] 拡散法	576
1.2.2 水熱法	578
[1] 水熱育成法	579
[2] 水熱反応法	580
[3] 水熱脱水法	580
1.2.3 融 剤 法	580
[1] 単純析出法	581
[2] 種結晶使用法	581
[3] 変形引き上げ法	582
1.3 溶 融 法	583
1.3.1 容器を用いる方法	583
[1] Bridgman 法と関連法	583
(A) 縦型 Bridgman 法	584
(B) 横型 Bridgman 法	584
[2] Czochralski 法と関連法	585
(A) Czochralski 法の特徴	586
(B) Czochralski 法の直径自動制御	587
(C) 形状制御と EFG 法	587
[3] コングルエント溶融と非化学量論性	590
[4] TSSG 法	591
[5] 融液電解法と ETC 法	594
[6] 高圧溶融法と融液カプセル (LE) 法	595
(A) 高周波誘導加熱方式	595
(B) 黒鉛抵抗加熱方式	596
1.3.2 容器を用いない方法	597
[1] 帯溶融法	597

(A) 帯均質化法	597
(B) 浮遊帯溶融法	598
(C) アークイメージ方式	599
[2] 火炎溶融法	599
1.4 気 相 法	602
1.4.1 昇 華 法	602
1.4.2 気相反応法	602
1.4.3 気相分解法	602
1.5 むすび	603

2. 薄膜育成技術の進歩

2.1 概 説	605
2.1.1 セラミック薄膜の有用性	605
2.1.2 セラミック薄膜作成法の概略	605
2.1.3 エピタキシー	606
2.2 気相からの薄膜製造法	607
2.2.1 化学反応法	607
[1] CVD 法	607
[2] 化学輸送法	609
[3] 基板反応法	609
[4] スプレー法	610
2.2.2 物理的方法	610
[1] 蒸 着 法	610
[2] イオンプレーティング法	611
[3] スパッタ法	612
[4] プラズマ法	614
2.3 液相からのセラミック膜作成	614
2.3.1 液相からのエピタキシー	614
[1] LPE 法	614
[2] EGM 法	615
[3] 化学反応を伴う液相からの薄膜作成	615
2.4 固相反応を用いたセラミックス膜の作成	616
2.4.1 固相反応による膜作成	616

2.4.2	基板と固相反応による薄膜	617	[5]	ペレットの乾燥	644
			[6]	ペレットサイズのふるい分け	644
			[7]	貯蔵および出荷	644
3. ガラス製造技術の進歩			3.5.3	ペレットの特性	645
3.1	概 説	621	[1]	溶解特性	645
3.2	フロートプロセス	623	[2]	清澄特性	645
3.2.1	フロートプロセスの意義	623	[3]	カレットと混用の問題	645
3.2.2	フロートプロセスの原理	623	[4]	タンク窯への投入法	645
3.2.3	フロートプロセスの設備	624	[5]	その他, 着色ガラス	645
3.2.4	薄板の成型法	625	3.5.4	おわりに	645
3.2.5	厚板の成型法	625	3.6	バブリング	647
3.2.6	フロートプロセス開発初期の問題	626	3.6.1	目 的	647
3.2.7	フロートの化学	627	3.6.2	構 造	647
3.2.8	まとめ	628	3.6.3	考 察	647
3.3	光学ガラスの連続溶融	629	4. 成形技術の進歩		
3.3.1	はじめに	629	4.1	概 説	649
3.3.2	連続溶融用の装置	629	4.2	スリップキャスト法	653
3.3.3	連続溶融の工程と特徴	630	4.2.1	排泥鑄込み	654
[1]	プレス成形法	631	4.2.2	固形鑄込み	655
[2]	ストリップ成形法	632	(A)	解 膠 剤	658
[3]	ルツボ溶融法	632	(B)	保護コロイド	658
3.3.4	連続溶融法で造られた光学ガラスの 屈折率の変動と均質性	632	(C)	遅凝膠剤	658
3.3.5	連続溶融法における品質管理	634	4.3	ラバープレス法	660
3.4	ガラスの電気溶融	635	4.4	インジェクション・モールディング	663
3.4.1	間接加熱および高周波加熱による 溶融	635	4.5	ドクターブレード法	664
3.4.2	直接通電加熱による電気溶融	635	(A)	結 合 剤	665
[1]	原理と特徴	635	(B)	可 塑 剤	665
[2]	ガラスの固有抵抗と温度との関係	636	(C)	解 膠 剤	665
[3]	電気溶融炉の構造	636	(D)	溶 媒	665
[4]	電気溶融炉の各部の構成	639	4.6	ハニカム構造	666
(A)	電 極	639	4.7	自動成形機(ローラマシン)	667
(B)	電極配置と電極間抵抗	640	4.8	圧粉体(力学および成形)	668
(C)	電源および制御	640	5. 焼結技術の進歩		
(D)	耐 火 物	640	5.1	概 説	673
[5]	モデル実験	640	5.2	加圧焼結法	675
3.4.3	ガラスの電気溶融の適用性	640	5.2.1	圧力の単位	675
3.5	ペレット	642	5.2.2	高圧力発生の方法	675
3.5.1	ペレット化のための諸条件	642	5.2.3	圧力測定	676
3.5.2	造粒プロセスおよび機器について	643	5.2.4	加圧焼結法の分類と装置	677
[1]	使用原料の粒度調整	643	[1]	通常のホットプレス装置	677
[2]	調 合	643	[2]	ピストン-シリンダ型高圧装置	680
[3]	苛性ソーダの添加	644			
[4]	造 粒	644			

[3]	ベルト型高圧装置	681
[4]	多面体アンビル型高圧装置	681
5.2.5	高圧焼結法の問題点	682
5.3	熱間静水圧プレス法 (HIP)	684
5.3.1	熱間静水圧プレス技術の誕生	684
5.3.2	HIP 装置	684
5.3.3	HIP 装置の問題点	686
5.3.4	HIP 法の今後の動向	687
5.4	透光性焼結体	689
5.4.1	透光性焼結体の登場	689
5.4.2	透光性焼結体の種類	689
5.4.3	焼結体の透光性	690
5.5	超硬材料の焼結	692
5.5.1	超硬材料	692
5.5.2	グイヤモンドと立方晶 BN の焼結	693
5.5.3	その他の非酸化物材料	693

6. 表面仕上げ法・除去加工法の進歩

6.1	概 説	699
6.1.1	加工法の分類	699
6.2	加工技術の動向	699
6.2.1	全般的傾向	699
6.2.2	セラミックス加工の動向	700
6.2.3	セラミックス加工の特異性	700
6.3	セラミックスの微視的変形破壊特性と加工機構	702
6.3.1	加工単位と材料の変形破壊挙動	702
6.3.2	セラミックスの加工機構	704
[1]	研削加工	704
[2]	その他の砥粒加工	706
6.3.3	セラミックスの加工にあたっての考え方	707
6.4	砥粒加工法	708
6.4.1	研 削	708
[1]	グイヤモンド砥石による研削	708
[2]	普通砥石による研削	712
6.4.2	ホーニング, 超仕上げ	712
6.4.3	研摩布紙加工	713
6.4.4	ラッピング	713
6.4.5	ポリシング	714
6.4.6	バレル加工	715
6.4.7	超音波加工	716
6.4.8	噴射加工	716
6.5	単一刃具による加工法	717
6.5.1	切削加工	717
6.5.2	割 断	717

6.5.3	繰り返し衝撃加工	717
6.6	物理・化学的加工法	717
6.6.1	エッチング, フォトエッチング	717
6.6.2	化学研摩	718
6.6.3	複合ポリシング	718
6.6.4	放電加工	719
6.6.5	超高周波加工, マイクロ波加工	720
6.6.6	電子ビーム加工	721
6.6.7	イオンビーム加工	722
6.6.8	プラズマジェット加工	723
6.6.9	レーザ加工	723
6.7	各加工法の部品製造への適用例	724
6.7.1	切 断	724
6.7.2	穴 あ け	724
6.7.3	非球面加工	725
6.8	新しく開発された超精密加工法	725
6.8.1	極微量弾性破壊による鏡面仕上げ	725
6.8.2	軟質パウダーによるメカノケミカル ポリシング	726
6.8.3	ハイドレーション・ポリシング	726
6.8.4	ノン・コンタミネーション加工	727
6.9	今後の問題点	728

7. 表面処理および接着技術の進歩

7.1	概 説	733
7.2	セラミックコーティング	733
7.2.1	CVD	733
[1]	析出過程	733
[2]	流 動 層	735
[3]	リキッド・ヘッド	735
[4]	パイロリテック・スプレー	736
7.2.2	ガス爆発溶射	736
7.2.3	線爆溶射	737
7.3	セラミックおよびガラスと金属との封着	738
7.3.1	封着の基礎	738
[1]	セラミック, ガラスと金属の熱膨張	739
[2]	濡れ, 界面反応および界面における 物質移動	739
7.3.2	セラミックと金属との封着	739
[1]	セラミック, 封着金属の熱膨張	739
[2]	高融点金属法	740
[3]	活性金属法	741
[4]	酸化物溶剤法	742
[5]	各種封着構体の封着強度, その他	743

7.3.3	ガラスと金属との封着	743	(A)	KCl および KCl-KF 系フラックス	775
[1]	ガラス, 封着金属の熱膨張	743	(B)	$K_2O-B_2O_3$ 系および $K_2O-Na_2O-B_2O_3$ 系フラックス	775
[2]	鉄とガラスとの封着	744	(C)	K_2O-MoO_3 系および K_2O-WO_3 系フラックス	775
[3]	コパールとガラスとの封着	745	[4]	水熱法	777
[4]	ジュメットとガラスとの封着	746	8.7.3	諸性質	777
7.4	半田ガラス	748	[1]	結晶学的性質	777
7.4.1	化学組成	748	[2]	熱的性質	778
7.4.2	製法	749	[3]	物理的性質	778
7.4.3	性質と測定法	749	[4]	化学的性質	778
7.4.4	結晶性半田ガラス	750	8.8	セラミックファイバー	780
7.4.5	改質	750	8.8.1	ロックウール	780
7.4.6	使用方法と応用例	750	8.8.2	アルミナシリケート質ファイバー	780
8.	繊維およびウイスキー		8.8.3	シリカファイバー	787
8.1	概説	753	[1]	熔融石英ファイバー	787
8.2	炭素	754	[2]	高ケイ酸質ファイバー	787
8.2.1	炭素繊維の歴史	754	8.8.4	アルミナファイバー	788
8.2.2	繊維の構造と種類	754	8.8.5	ジルコニアファイバー	788
8.2.3	製法	755	9.	微細多孔体	
8.2.4	市販品の種類と製品形態	756	9.1	触媒と担体	791
8.2.5	特性	757	9.1.1	触媒・担体の製造とその原理	791
8.2.6	応用分野	758	[1]	沈澱法	791
8.3	アルミナ	759	[2]	含浸担持法	794
8.3.1	ウイスキー	759	9.1.2	内部表面利用率(触媒有効係数)	799
8.3.2	単結晶の連続フィラメント	760	9.2	フィルター	804
8.4	ジルコニア	761	9.2.1	微細多孔体フィルター	804
8.5	炭化ケイ素	763	9.2.2	多孔質ガラス	804
8.5.1	ウイスキー	763	9.2.3	多孔質ガラスの気体-気体分離への応用	804
8.5.2	複合フィラメント	764	9.2.4	多孔質のタバコフィルター	805
8.5.3	連続繊維	765	9.2.5	ゼオライトによる空気からの O_2 分離	805
8.6	ガラス繊維	767	9.2.6	多孔質ガラスの海水の淡水化への応用	806
8.6.1	ガラス繊維の製造	768	9.2.7	生化学への応用	807
[1]	長繊維	770	9.2.8	その他の応用	808
[2]	連続単繊維	772	10.	軽量体	
[3]	グラスウール	772	10.1	概説	811
8.6.2	ガラス繊維製品の物性	772	10.2	各種バルーン	811
[1]	長繊維の物性	772	10.2.1	アルミナ・バブル	812
[2]	グラスウールの特性	773	[1]	バブルの製造	812
8.7	チタン酸カリウム繊維	774	[2]	バブルの性質と用途	813
8.7.1	用途	774			
8.7.2	合成	774			
[1]	焼成法	774			
[2]	溶融法	774			
[3]	フラックス法	775			

10.2.2	ジルコニア・バブル	814	11.2.2	繊維強化機構	848
10.2.3	ガラス・バルーン	814	[1]	連続繊維による強化	848
10.2.4	炭素バルーン	814	[2]	繊維軸と角度 θ をなす方向の強さ	849
10.2.5	パーライト	815	[3]	短繊維による強化	850
[1]	原料	815	11.3	サーメット	851
[2]	製造方法	816	11.3.1	WC 基サーメット	851
[3]	性質と用途	816	[1]	WC の製法と性質	851
10.3	軽量骨材	818	[2]	超硬合金の製法	852
10.3.1	軽量骨材の分類	818	[3]	超硬合金の最近の進歩, 発展	853
10.3.2	軽量骨材の原料の性状と発泡機構	819	(A)	超微粒超硬合金	854
[1]	原料の化学的, 物理的性質	819	(B)	強靱超硬合金	855
[2]	原料の鉱物組成とガスの発生	821	(C)	熱間静水圧プレス処理超硬合金	856
[3]	膨張頁岩に関する試験例	822	(D)	コーティド超硬合金	857
[4]	発泡機構の要約	825	11.3.2	TiC 基サーメット	858
10.3.3	製造技術の進歩	825	[1]	TiC の製法と性質	858
[1]	原料の処理	825	[2]	TiC 基サーメットの製法	858
[2]	焼成技術	826	[3]	TiC 基サーメットの性質と最近の進歩	860
(A)	ロータリーキルンと予熱機	826	11.3.3	TiC-TiN 基サーメット	861
(B)	ロータリーキルン, 焼成時のガス雰囲気と焼成速度	827	11.3.4	TiC 基分散・析出硬化型サーメット	862
(C)	その他の焼成装置	829	11.4	セラミック分散強化合金	866
10.3.4	将来の展望	832	11.4.1	母相金属および分散セラミック粒子の種類	867
10.4	気泡コンクリート	833	11.4.2	分散強化合金の種類と性質	867
10.4.1	気泡コンクリートの技術的変遷	833	[1]	表面酸化法	867
10.4.2	気泡コンクリートの分類	834	[2]	混合酸化物の還元法	868
10.4.3	気泡コンクリートに用いられる諸材料	834	[3]	内部酸化法	869
[1]	常圧湿潤養生による気泡コンクリートの結合材料	834	[4]	機械的混合法	870
[2]	オートクレーブ養生による結合材料	834	11.5	セラミック繊維強化コンクリート	871
(A)	石灰質原料	834	11.5.1	FRC の強化機構	871
(B)	ケイ酸質原料	834	11.5.2	ガラス繊維補強セメント(GFRC)	872
(C)	気泡導入剤	835	[1]	耐アルカリガラス繊維	872
10.4.4	気泡コンクリートの製造法概要	835	[2]	GFRC の成形方法	872
[1]	結合材の配合	835	[3]	GFRC の特性	873
[2]	実用化されている気泡コンクリート	836	[4]	GFRC の用途	873
(A)	常圧湿潤養生による気泡コンクリート	836	11.5.3	鋼繊維補強コンクリート(SFRC)	874
(B)	オートクレーブ養生による軽量気泡コンクリート(ALC)	838	[1]	鋼繊維	874
(C)	気泡コンクリートおよびALCの物性	841	[2]	SFRC の特性	874
			[3]	SFRC の用途	874
11. 複合材料の技術			11.6	セラミックウイスキー強化セラミック, プラスチック, メタル	875
11.1	概説	845	11.6.1	素材としてのセラミックスウイスキー	875
11.2	複合化による強化機構	846	11.6.2	ウイスキー強化型複合材料の製	
11.2.1	粒子分散強化機構	846			

V. システムから見たセラミックス材料

—応用—

① 輸 送

0. はじめに	881
1. ガラス	882
1.1 車両用窓ガラス	882
1.2 強化ガラス	882
1.2.1 強化ガラス	882
1.2.2 風冷式全面強化ガラス	882
1.2.3 部分強化ガラス	883
1.2.4 液冷強化ガラス	885
1.2.5 化学強化ガラス	885
1.3 合わせガラス	886
1.3.1 合わせガラス	886
1.3.2 普通合わせガラス	886
1.3.3 HPR 合わせガラス	887
1.3.4 薄板強化合わせガラス	889
1.4 複層ガラス	890
2. 自動車用ブレーキ材料とセラミックス	892
2.1 自動車用ブレーキ材料	892
[1] ブレーキの種類	892
[2] 自動車用ブレーキ材料の製造方法	892
[3] 自動車用ブレーキ材に対する要求性能	892
2.2 自動車用ブレーキ材料に使用されているセラミックス	893
2.2.1 材料を使用するとき考慮する点	893
[1] 熱的性質	893
[2] 化学的性質	893
[3] 摩擦面で起こるメカノケミストリー	894
2.2.2 ブレーキ材料に使用されているセラミックス	894
[1] 補強材	894
[2] 無機充填剤	895
[3] 固体潤滑剤	895
[4] 研削材	895
3. プラグ	896
3.1 まえがき	896
3.2 プラグの構造と要求特性	896
3.3 高アルミナ質絶縁体の現状	896

3.3.1 アルミナ磁器の性質	896
3.3.2 市販プラグ絶縁体の現状	898
3.4 むすび	898
4. 車両番号識別装置への応用	899
4.1 車両番号識別装置	899
4.2 セラミック共振子に要求される特性	899

② 通信, 計算機

0. はじめに	901
1. 振動子, 発振子, セラミックフィルター	902
1.1 圧電振動子としての応用	902
1.1.1 セラミック共振子, セラミックフィルター	902
[1] AM用フィルター	903
(A) 2端子形	903
(B) 2端子形共振子を用いたフィルター	904
(C) 3端子形フィルター	904
(D) ラダー形フィルター	905
[2] TVおよびFM用フィルター	905
(A) 2端子形共振子	905
(B) VHF用フィルター	906
1.1.2 表面波フィルター	907
[1] 表面波用圧電基板に要求される条件	907
[2] 各種表面波フィルター	908
(A) FMチューナー用 10.7MHz フィルター	908
(B) トランシーバー用 27MHz フィルター	908
(C) TV用 45MHz および 58MHz フィルター	908
1.2 超音波加湿器用振動子としての応用	909
1.2.1 超音波による霧の発生原理	909
1.2.2 振動子の構造	909
2. 電波吸収体	911
2.1 電波吸収体の動作原理	911
2.2 フェライト電波吸収体	912
2.2.1 電気磁気特性	914
2.2.2 電波吸収特性	914
2.3 複合フェライト電波吸収体	914

3.2	発熱体の特性	966	8.	太陽エネルギーとセラミックス	1001
3.2.1	物性	966	8.1	太陽炉とガラス材料	1001
3.2.2	各種雰囲気に対する安定性	966	8.2	ソーラーハウスとガラス材料	1001
3.2.3	抵抗の温度特性	967	8.3	ガラス材質だけの集熱器	1002
3.3	用途	967	8.4	ガラス管ハニカム構造集熱器	1002
4.	センサー(各種)	970	8.5	曲率を持った反射鏡による集光器	1003
4.1	システム技術の新展開と要求されるセンサー	970	8.6	赤外線透過ガラス	1003
4.2	セラミックス・センサー	970	8.7	赤外線反射材料	1004
4.3	CdS, CdSe, 焼結体フォト・センサー	970	8.8	集熱板とセラミックス	1004
4.4	ホール効果薄膜磁気センサー	971	8.9	太陽熱吸収酸化物の構造	1005
4.5	フェライト磁気ヘッド	971	8.10	太陽熱電子発電用材料	1006
4.6	超音波センサー	971	9.	断熱材	1008
4.7	セラミックス2次電子増倍管	971	9.1	粉末・粒子状断熱材	1008
4.8	焦電型遠赤外線センサー	972	9.1.1	粉末断熱材	1008
4.9	NTC(負温度係数)サーミスタ	972	[1]	塩基性炭酸マグネシウム粉末	1008
4.10	相転移型サーミスタ	972	[2]	アルミナ粉末	1008
4.11	ベルトライド・ガスセンサー	973	[3]	炭素粉末	1008
4.12	ジルコニア酸素センサー	973	9.1.2	多孔性粒子断熱材	1008
4.13	AET	973	[1]	ケイソウ土(珪藻土)	1008
4.14	CCT(触媒燃焼法可燃性ガスセンサー)	974	[2]	バーミキュライト(蛭石)	1009
4.15	半導体湿度センサー	974	[3]	パーライト	1010
5.	接点	975	9.1.3	バルーン断熱材	1010
5.1	接点現象と材料	975	[1]	カーボンバルーン	1010
5.2	接点材料における酸化物・炭化物	976	[2]	アルミナバルーン	1010
5.3	酸化物・炭化物複合材料の製造法	977	[3]	シラスバルーン	1010
5.4	むすび	977	9.2	固体断熱材	1010
6.	エネルギー変換とセラミック材料	978	9.2.1	泡ガラス	1010
6.1	MHD発電と材料	979	9.2.2	耐火断熱レンガ	1011
6.1.1	はじめに	979	9.2.3	発泡コンクリート	1011
6.1.2	MHD発電システム	980	9.3	繊維状断熱材	1011
6.1.3	発電チャネル材料	982	9.3.1	石綿	1011
[1]	電極材料	984	9.3.2	ケイ酸カルシウム	1012
(A)	酸化物系材料	986	9.3.3	チタン酸カリウム繊維	1012
(B)	高融点金属性化合物系材料	988	9.3.4	ガラスウール	1012
(C)	耐熱合金系電極材料	990	9.3.5	ロックウール	1012
[2]	絶縁壁材料	991	9.3.6	スラグウール	1012
6.1.4	熱交換器用材料	992	9.3.7	セラミック繊維	1012
6.1.5	むすび	992	9.3.8	シリカ繊維	1013
7.	熱-化学エネルギー変換材料	996	9.3.9	アルミナ繊維	1013
7.1	金属水素化物	996	9.4	空気層断熱材	1013
7.2	金属水素化物の分解反応とそのエネルギー変換機能	966	9.4.1	複層板ガラス	1013
7.3	水素の貯蔵輸送技術への応用	998	9.5	複合断熱材	1013
7.4	蓄熱技術への応用	999	9.5.1	断熱キャストブル	1013
			9.5.2	断熱プラスチック	1013
			10.	原子力工業とセラミックス	1014

10.1 原子炉および付属施設で用いられるセラミックス	1014	2. 医用・生体計測とセラミックセンサー	1036
10.1.1 核燃料本体としてのセラミックス	1014	2.1 感温素子	1036
[1] 酸化物系	1014	2.1.1 体温測定	1036
(A) UO ₂ 系	1014	2.1.2 深部体温計	1036
(B) PuO ₂ 系	1016	2.1.3 医用サーモグラフィ	1036
(C) ThO ₂ 系	1017	2.1.4 感温素子の他の応用	1037
[2] 炭化物および窒化物系	1017	2.2 音響振動子	1037
(A) U-C系	1017	2.2.1 超音波診断装置	1037
(B) U-N系	1017	2.2.2 超温波血流計	1037
10.1.2 被覆粒子燃料(Coated Particles Fuel)-セラミックス燃料核とセラミック被覆材	1018	2.2.3 超音波胎児心音計	1038
10.1.3 減速材, 反射材, 構造材としての黒鉛あるいは炭素材料	1019	2.2.4 その他の超音波の応用例	1038
10.1.4 セラミック制御棒材料	1021	2.2.5 可聴周波数領域での音響振動子の応用	1038
[1] 炭化ホウ素	1021	2.3 放射線検出器	1038
[2] Eu ₂ O ₃	1023	2.3.1 試料測定装置	1039
10.1.5 原子炉遮蔽用セラミックス	1024	2.3.2 体内分布測定装置	1039
10.1.6 構造材	1025	2.3.3 固定検出器型検査装置	1039
10.2 放射線廃棄物の処理・処分とセラミックス	1025	2.3.4 X線診断装置	1039
		2.3.5 コンピュータトモグラフィ	1040
		2.4 光電素子	1040
		2.4.1 血中酸素飽和度計	1040
		2.4.2 心拍出量測定	1040
		2.4.3 脈波計	1040
		2.4.4 その他の光電素子の応用例	1041
		2.5 歪みゲージ	1041
		2.6 むすび	1041
④ 医療, 医化学		⑤ 機械・精密	
0. はじめに	1029	0. はじめに	1043
1. 人工歯根および人工骨	1030	1. 耐熱・強度を要求される部材	1044
1.1 人工歯根	1030	1.1 クラシックなセラミックスの耐熱強度部材としての応用	1044
1.1.1 人工歯根の必要条件	1030	1.1.1 耐熱高強度材料	1044
1.1.2 セラミックス人工歯根	1030	[1] マグネシア焼結体	1044
[1] アルミナ (Al ₂ O ₃)	1030	[2] ジルコニア焼結体	1044
[2] カーボン (C)	1031	[3] アルミナ焼結体	1044
[3] バイオグラス	1032	[4] アルミナ質電融鑄造物	1045
[4] T C P	1032	1.1.2 耐熱衝撃材料	1045
[5] アパタイト焼結	1032	1.2 ニューセラミックスの耐熱強度部材としての応用	1046
1.2 人工骨	1033	1.2.1 非酸化物セラミックス	1046
1.2.1 骨欠損用充填骨材セラミックス	1033	1.2.2 耐熱高強度部材の問題点	1047
[1] TCP [Ca ₃ (PO ₄) ₂] セラミックス	1033	[1] 開発すべき材料	1047
[2] アパタイトセラミックス	1034	[2] セラミックスの長所	1048
1.2.2 骨折用固定具	1034		
1.2.3 関節用セラミック材料	1035		
[1] 股関節用セラミックス	1035		
[2] 肩関節用セラミック	1035		
[3] 膝関節用セラミック	1035		
1.2.4 今後の展望	1035		
2. 医用・生体計測とセラミックセンサー	1036		

[3] 解決すべき問題点	1048	2.4 研摩布紙, 研摩剤その他	1063
(A) 成形体の製造加工技術の確立	1048	2.4.1 研摩布紙	1064
(B) 成形体の高温での特性評価法の確立	1048	[1] 種類	1064
(C) セラミック部材のための設計法の確立	1048	(A) 研摩ベルト	1064
2. セラミックスの硬さを利用した加工用工具	1049	(B) 研摩スリーブ	1065
2.1 研削砥石	1049	(C) フラップホイール	1065
2.1.1 最近の研削砥石動向	1049	(D) ユニット・バフ・タイプ研摩布ホイール	1065
2.1.2 ボラゾン砥粒	1049	(E) ポリシング・コルクベルト	1065
2.1.3 研削条件と砥石の選択	1051	(F) 網目研摩布	1065
[1] 円筒研削での試験	1051	(G) 研削切断網目ディスク	1065
[2] クランクピン研削の使用実績	1052	(H) 研摩織布	1065
[3] カムプロファイル研削の使用実績	1053	[2] 製造方法	1065
[4] ベアリング軌道研削の使用実績	1053	[3] 性質と用途	1066
[5] ギヤ, シャフト関係のアングルスト, ライド	1053	(A) 一般的性質と試験方法	1066
2.2 ダイヤモンド砥石およびダイヤモンド CBN コンパクト	1054	(B) 用途	1066
2.2.1 ダイヤモンド工具の利用分野	1054	3. セラミックスの摩擦, 摩耗特性を利用した部材	1068
2.2.2 ダイヤモンド工具の性能	1054	3.1 糸道, シール, 軸受	1068
[1] ダイヤモンドの選定	1055	3.1.1 糸道	1068
(A) 天然ダイヤモンド	1055	[1] 使用目的, 使用場所	1068
(B) 合成ダイヤモンド	1056	[2] 役割, 特性	1068
[2] ボンドの種類	1056	[3] 使用条件など	1068
(A) メタルボンド	1056	3.1.2 シール	1070
(B) レンジボンド	1056	[1] 使用目的, 使用場所	1070
(C) ビトリファイドボンド	1057	[2] 役割	1070
(D) 電着法	1057	[3] 使用条件, 特性	1071
[3] 研削方法の進歩	1058	3.1.3 軸受	1072
2.2.3 ダイヤモンドコンパクトおよび CBN コンパクト	1058	3.2 ダイヤモンド系摺動部材	1074
[1] ダイヤモンドコンパクト	1058	3.2.1 ダイヤモンド単体としての利用	1074
[2] CBN コンパクト	1059	[1] 摺動部材に要求される特性	1074
2.3 セラミック工具およびサーメット工具	1060	[2] ダイヤモンドの摩耗の方向性	1074
2.3.1 セラミック工具の種類と特性	1060	3.2.2 ダイヤモンド粉末の利用	1075
2.3.2 サーメット工具の種類と特性	1060	[1] ダイヤモンド粉末のボンディング	1075
[1] TiC 系サーメット工具	1061	[2] ダイヤモンド焼結体	1075
[2] TiN 系サーメット工具	1061	3.3 カーボン摺動部材	1076
[3] ナイトライド工具	1061	3.3.1 機械用摺動部材	1076
2.3.3 セラミック工具, サーメット工具の使用分野と使用条件	1062	[1] 軸受	1077
2.3.4 セラミック工具, サーメット工具の使用法	1062	(A) ラジアル軸受	1077
[1] 固定方法と研削方法	1062	(B) スラスト軸受	1077
[2] 実用上の注意事項	1062	3.3.2 シールリング	1077
		[1] 軸面シール (パッキン)	1077
		[2] 端面シール	1078
		3.3.3 回転羽根	1078
		3.3.4 電気用摺動部材	1078

[1] スライダ	1078	5.2.2 セラミックスと加工技術	1097
[2] カーボンブラシ	1078	5.2.3 セラミックスの応用	1098
3.4 固体潤滑剤	1080	6. 熱の不良導性部材	1100
3.4.1 固体潤滑剤の特性とその採用の目安	1080	6.1 固体の熱伝導率	1100
3.4.2 固体潤滑剤の各種製品特性	1080	6.2 主要な熱の不良導性部材	1101
3.4.3 固体潤滑剤の効果	1081	6.2.1 寸法精度の要求される部材	1101
3.4.4 固体潤滑剤の使用法	1081	[1] ケイ酸カルシウム系材料	1101
3.4.5 窯業設備機械の潤滑条件	1081	[2] 石綿セメント板	1102
3.4.6 適用例	1082	[3] 石綿板, 石綿紙, 石綿布	1102
[1] ホールミルの駆動ギヤおよび軸受	1082	6.2.2 寸法精度のあまり要求されない部材	1102
[2] 真空土練機	1082	[1] ロックウール, グラスウール断熱材	1102
[3] 自動成型軸受	1082	(A) 薄い繊維質マット	1102
[4] トランスファーのスライド面	1083	(B) ロックウールシートとグラスファイバーペーパー	1103
[5] 乾燥機のチェーン	1083	[2] セラミックファイバー	1103
[6] トンネル窯台車ベアリング	1083	[3] 石綿	1104
[7] 各種高温部のネジやボルト	1084	6.3 その他の熱の不良導性部材	1104
[8] 送排風機(ブLOWER)の軸受	1084	[1] シリカゲル断熱材	1104
[9] ローラーハースキルの駆動チェーン	1084	[2] 新しい耐熱繊維	1105
[10] 搬送用のハンガーコンベアチェーン	1084		
[11] コンプレッサーのクランクケース	1084		
3.4.7 むすび	1084	⑥ 建築, 建材, 土木	
3.5 サーマット系摩擦材料	1085	0. はじめに	1107
3.5.1 サーマット系摩擦材料の開発	1085	1. ガラス	1108
3.5.2 サーマット系摩擦材料の構成	1085	1.1 反射・吸熱ガラス	1108
[1] サーマット系摩擦材料の巨視的な構成	1085	1.1.1 反射・吸熱ガラスの種類と特徴	1108
(A) 焼結体のカップによる補強	1085	1.1.2 反射・吸熱ガラスの省エネルギー効果	1110
(B) カップ保持力の補強方法	1086	1.1.3 反射・吸熱ガラスの使用上の注意	1112
[2] サーマット系摩擦材料の微視的な構成	1086	[1] 熱割れ	1112
3.5.3 サーマット系摩擦材料の実用特性	1087	[2] 反射光の周囲環境におよぼす影響	1112
[1] 実用上注意を要する諸特性	1087	[3] 反射像の乱れ	1112
[2] 実用上利点とみなされるサーマット系材料の諸性質	1088	[4] その他	1115
4. 耐食性を要求される部材	1090	1.2 2重ガラス	1115
5. セラミックスの特性を利用した複合材料	1091	1.2.1 複層ガラスの種類	1115
5.1 無機繊維材料	1091	1.2.2 仕様	1117
5.1.1 ACM と HRF	1091	1.2.3 性能	1117
5.1.2 炭素繊維の用途	1092	[1] 光学特性	1117
5.1.3 ホウ素繊維の用途	1094	[2] 断熱性能	1118
5.1.4 炭化ケイ素繊維の用途	1094	[3] 防露性, 防寒性	1123
5.1.5 アルミナ繊維の用途	1094	[4] 遮音性能	1123
5.1.6 むすび	1095	[5] 耐風圧強度	1124
5.2 マシナブルセラミックス	1096	1.2.4 性能評価方法	1124
5.2.1 機械加工とセラミック材料	1096	[1] 断熱特性	1124
		[2] 露点性能	1125

[3] 耐候性試験	1125	2.2 セメントの水和と硬化	1139
(A) 高温高湿試験	1125	2.2.1 セメント化合物と性質	1139
(B) サイクルテスト	1125	2.2.2 セメントの水和反応	1140
1.2.5 用途と使用上の注意	1125	2.2.3 セメント硬化体の強度	1141
[1] 使用分野	1125	2.2.4 強度におよぼす要因	1142
[2] 使用上の注意	1125	[1] 粒度分布の影響	1142
1.3 安全ガラス	1127	[2] 混和剤	1142
1.3.1 安全ガラスの種類	1127	[3] 加熱養生の影響	1143
[1] 合わせガラス	1127	2.2.5 セメント硬化体の耐久性	1143
[2] 強化ガラス	1127	[1] 乾燥による脱水	1143
[3] 網入および線入ガラス	1128	[2] 加熱による変化	1144
1.3.2 安全ガラスの性能条件と用途	1129	[3] コンクリートの炭酸化	1144
1.3.3 安全ガラスの性能	1129	[4] 硬化体中のイオンの挙動	1144
(A) 耐衝撃性能	1129	2.3 特殊な用途とセメント	1145
(B) 防火性能	1131	2.3.1 省力化および緊急工事と早強・超速	
(C) 遮音性能	1131	硬セメント	1145
1.3.4 安全ガラスの性能評価方法	1133	2.3.2 省資源・省力化を目指す高強度セメ	
[1] ANSI Z 97・1-1975 (米国)	1133	ント	1147
[2] CPSC (米国)	1134	2.3.3 ひび割れ防止の膨張セメント	1147
[3] I S O	1135	2.3.4 海洋開発とセメント	1148
1.3.5 安全ガラス使用上の注意	1136	2.3.5 エネルギー確保のための油田開発と	
[1] 合わせガラス	1136	地熱の利用	1149
[2] 強化ガラス	1136	[1] 油 井	1149
[3] 網入または線入ガラス	1136	[2] 地 熱 井	1150
2. セメント	1137	[3] セメント	1150
2.1 セメントの種類	1137	2.4 セメント製品	1151
2.1.1 自硬性セメント	1137	2.4.1 繊維補強セメント製品	1152
[1] ポルトランドセメント	1137	2.4.2 鉄筋コンクリート管	1153
[2] アルミナセメント	1138	2.4.3 A L C	1153
[3] 膨張セメント	1138	2.4.4 耐火断熱, 保温, 吸音材	1154
[4] 酸性リン酸塩セメント	1138	2.4.5 人工軽量骨材	1155
[5] 石 膏	1138	2.4.6 石膏製品	1155
2.1.2 潜在水硬性セメント	1138	[1] 石膏プラスター	1156
[1] 石灰スラグセメント	1138	[2] 石膏ボード	1157
[2] 高炉セメント	1138	2.4.7 石 灰	1157
[3] 高硫酸塩スラグセメント	1138		
[4] キーンズセメント	1138		
2.1.3 混合セメント	1139		
[1] 石灰ケイ酸塩系混合セメント	1139		
[2] 石灰ケイ酸塩以外の系からなるセメン			
ト	1139		
(A) 水ガラス	1139		
(B) オキシクロライドセメント	1139		
(C) 耐火物用セメント	1139		
(D) 炭酸ガス硬化	1139		
		⑦ 化学工業, 金属工業, 窯業	
		0. はじめに	1159
		1. グラスライニング機器	1160
		1.1 工業用グラスライニング機器とは	1160
		1.2 種類・等級および記号	1160
		1.3 特 徴	1160
		1.4 物理的性質	1160
		1.5 化学的性質	1160

1.5.1	耐酸性	1161
1.5.2	耐アルカリ性	1161
1.6	機械的性質	1162
1.6.1	耐機械的衝撃	1162
1.6.2	耐熱衝撃	1162
1.7	製造技術	1163
1.7.1	グラスライニングの製造工程	1163
1.7.2	品質と技術	1163
[1]	鋼板の選定	1163
[2]	製缶・溶接	1163
[3]	ガラスの焼き付け	1163
1.8	グラスライニング機器の用途	1164
2.	電極	1165
2.1	金属・ガラス溶解用電極	1165
2.1.1	黒鉛電極	1165
2.1.2	酸化スズ電極	1165
2.2	化学工業用電極	1167
2.2.1	黒鉛電解板	1167
2.2.2	マグネタイト電極	1167
2.2.3	ガラス電極	1167
2.3	透明セラミック薄膜電極	1168
3.	炉材	1170
3.1	高炉用耐火物	1170
3.1.1	炉壁用高耐食性レンガ	1170
3.1.2	高炉圧入材	1171
3.1.3	出鉄樋材	1172
3.2	精錬炉用耐火物	1172
3.2.1	転炉用吹き付け材	1172
3.2.2	電気炉用耐火物	1174
3.2.3	特殊精錬用耐火物	1174
3.3	加熱炉用炉材	1175
3.4	むすび	1176

⑧ 宇宙・海洋

0.	はじめに	1179
1.	宇宙	1182
1.1	SR, SS および ST	1182
[1]	SR (探査ロケット)	1184
[2]	SS および ST	1186
1.2	SyL, SLSF および SSt	1188
[1]	SyL	1189
[2]	S L	1190
[3]	SF および SSt	1192
2.	海洋	1196

⑨ 生活材料

0.	はじめに	1199
1.	生活の中のセラミックス	1199
1.1	煙草と宝石	1199
1.2	調理用耐熱性食器	1201
1.3	省エネルギーとセラミックス	1201
1.4	未来の生活とセラミックス	1202
2.	メガネ (眼鏡)	1203
2.1	眼鏡レンズの種類	1203
2.1.1	視度補正用 (球面レンズ)	1203
2.1.2	乱視用 (円柱レンズ, トーリックレンズ)	1203
2.1.3	不等像補正用 (サイズレンズ)	1203
2.1.4	白内障用 (キャタラクトレンズ)	1203
2.1.5	保護眼鏡用 (平面レンズ, 球面レンズ)	1204
2.1.6	弱視用 (弱視レンズ)	1204
2.1.7	多焦点レンズ	1204
2.1.8	コンタクトレンズ	1205
2.2	眼鏡レンズ用材料	1205

⑩ 未来セラミックス

1.	セラミックスの未来の夢	1209
2.	極限状態	1211
2.1	極および超状態	1211
2.2	超高温	1211
2.2.1	高温度測定	1212
2.2.2	高温発生	1213
[1]	化学反応による方法	1213
[2]	プラズマ	1213
[3]	イメージ炉	1215
[4]	レーザー	1217
2.3	超高压力	1220
2.3.1	静的超高压力	1220
2.3.2	動的超高压力	1223
2.4	無重力, 超高真空, 極低温	1225
2.4.1	無重力	1225
2.4.2	超高真空	1227
2.4.3	極低温	1229