



# I. 基礎編

〔編集担当：斎藤幸男・鳳誠三郎〕

執筆者	斎藤信彦 (1)	中島達二 (5)
	大井喜久夫 (1)	豊田博夫 (6)
	和田八三久 (2)	三橋広二 (7)
	篠原卯吉 (3)	松田種光 (8)
	家田正之 (3)	犬石嘉雄 (9)
	山中俊一 (4)	

## 目次

### 1. 誘電体の基礎構造

1.1 原子 ..... 1	1.5 気体 .....10
1.1.1 原子核 ..... 1	1.5.1 気体および液体の構造 .....10
1.1.2 電子状態 ..... 2	1.5.2 Langevin-Debye の式 .....11
1.2 イオン ..... 3	1.6 液体 .....11
1.3 分子 ..... 5	1.6.1 Onsager の理論 .....11
1.3.1 分子のエネルギー状態 ..... 5	1.6.2 Fröhlich の理論 .....12
1.3.2 方向原子価 ..... 6	1.6.3 水の誘電率 .....12
1.3.3 電気陰性度 ..... 7	1.7 固体 .....12
1.4 双極子 ..... 8	1.7.1 イオン結晶 .....13
1.4.1 双極子モーメント, 四極モーメント ..... 8	1.7.2 分子結晶 .....14
1.4.2 双極子間の相互作用 ..... 9	1.7.3 水素結合結晶 .....14
1.4.3 分子の双極子モーメント ..... 9	1.7.4 強誘電性結晶 .....14
1.4.4 分子の分極率 ..... 9	1.8 固体論概要 .....15
1.4.5 内部電界 .....10	1.8.1 バンド構造 .....15
	1.8.2 格子振動 .....17

### 2. 高分子の基礎

2.1 高分子の分子構造 .....19	2.4.1 無定形域の物性 .....22
2.2 高分子の種類 .....20	2.4.2 高分子結晶の物性 .....24
2.3 高分子の構造 .....20	2.4.3 多結晶体としての高分子 .....25
2.4 高分子の物性 .....22	2.5 高分子の混合物 .....25

## 3. 誘電体の電気伝導

3.1 固体誘電体を流れる電流 .....27	3.2.2 電子伝導 .....32
3.1.1 電流の時間的变化 .....27	3.3 表面漏れ電流 .....33
3.1.2 電流-電圧特性 .....28	3.3.1 固体表面の水蒸気 吸着と電子伝導 .....33
3.1.3 電流の温度特性 .....28	3.3.2 固体表面の水蒸気 吸着とイオン伝導 .....34
3.2 荷電担体と電気伝導機構 .....29	
3.2.1 イオン伝導 .....29	

## 4. 誘電体分極

4.1 誘電体の分極 .....35	4.2.1 気 体 .....37
4.1.1 誘電分極 .....35	4.2.2 液 体 .....38
4.1.2 誘電分極の種類 .....35	4.2.3 固 体 .....39
4.1.3 分極率 .....36	4.2.4 不均質誘電体 .....40
4.1.4 内部電界 .....36	4.2.5 誘電分散 .....40
4.1.5 分子分極 .....37	4.2.6 エレクトレット .....42
4.2 分極の機構 .....37	

## 5. 誘電損

5.1 誘電損の定義 .....43	5.3.2 双極子の配向による誘電吸収 ...47
5.2 誘電損の性質 .....45	5.3.3 イオン分極による誘電吸収 .....49
5.2.1 誘電分散と誘電吸収 .....45	5.3.4 陽子の転位による誘電吸収 .....50
5.2.2 電圧の影響 .....46	5.3.5 共鳴による誘電吸収 .....50
5.2.3 吸湿の影響 .....46	5.4 不均質誘電体の誘電損 .....51
5.2.4 劣化と誘電損 .....46	5.4.1 複合層における誘電吸収 .....51
5.3 誘電損の発生機構 .....47	5.4.2 微粒子分散系の誘電吸収 .....52
5.3.1 イオン伝導による誘電損 .....47	5.5 誘電損に関する経験式 .....54

## 6. 強誘電体

6.1 強誘電体の分極 .....56	6.3 反強誘電体 .....58
6.2 強誘電体の誘電率 .....57	6.4 強誘電体の構造, 性質 .....59

## 7. 誘電体の光学現象

7.1 イオン結晶 .....62	7.2 着色中心 .....64
-------------------	------------------

7.3 けい光 .....	67	7.5 シンチレーションカウンタ .....	73
7.4 光電導 .....	70		

## 8. 絶縁材料の劣化

8.1 劣化の種類 .....	76	8.5 化学劣化 .....	83
8.2 高温劣化 .....	77	8.6 吸湿劣化 .....	86
8.3 屋外劣化 .....	80	8.7 微生物劣化 .....	87
8.4 放電劣化 .....	82	8.8 放射線劣化 .....	88

## 9. 絶縁破壊

9.1 絶縁耐力 .....	90	9.3.3 液体絶縁破壊の理論 .....	100
9.2 気体誘電体の破壊 .....	91	9.4 固体誘電体の絶縁破壊 .....	101
9.2.1 気体放電の素過程-衝突と電離...	91	9.4.1 固体絶縁破壊機構の分類 .....	101
9.2.2 気体絶縁破壊の機構 .....	94	9.4.2 固体絶縁破壊に 関する基礎的実験事実...	105
9.2.3 放電の遅れ .....	95	9.5 固体誘電体の長時間破壊 と複合誘電体の絶縁破壊...	106
9.2.4 コロナ放電 .....	96	9.6 沿面放電 .....	107
9.3 液体誘電体の絶縁破壊 .....	96		
9.3.1 液体誘電体の破壊前電気伝導 .....	96		
9.3.2 液体誘電体の絶縁破壊 .....	98		



# II. 材 料 編

[編集担当：宗像元介・白松豊太郎]

執筆者	齋藤幸男 (1)	矢代龍一 (9)
	水谷彦広 (2)	高橋栄 (9)
	河村英雄 (3)	棚橋作次 (10)
	秋山啓一 (4)	山縣良介 (10)
	佐倉武久 (5)	山本久吉 (11)
	輿石保 (5)	足立保彦 (12)
	横瀬恭平 (6)	宗像元介 (13)
	曾根康夫 (7)	犬塚英夫 (14)
	川島秀男 (7)	三橋広二 (15)
	吉岡浩 (8)	太田重郎 (16)

## 目 次

### 1. 概 説

1.1 電気絶縁材料の種類	109	1.3.1 無機絶縁材料	111
1.2 電気絶縁材料使用の変遷	109	1.3.2 有機絶縁材料	112
1.3 主要電気絶縁材料の趨勢	111	1.4 混成電気絶縁材料	113

### 2. 気体絶縁材料

2.1 歴史	114	2.7 電氣的負性気体	122
2.2 気体絶縁材料の条件	115	2.7.1 フッ素化合物の絶縁特性	122
2.3 気体の種類	116	2.7.2 混合気体	124
2.4 気体の物理的特性	118	2.8 気体絶縁における衝撃比	125
2.4.1 沸点	118	2.9 真空絶縁	125
2.4.2 熱伝達と熱伝導度	118	2.9.1 電極材料	126
2.5 気体の化学的性質	119	2.9.2 電極間隙長さ	126
2.6 気体の電氣的特性	120	2.9.3 電極の表面処理	126
2.6.1 高気圧気体の絶縁	120		

## 3. 液体絶縁材料

3.1 用途別にみた絶縁油 に要求される性質……………	127	3.4 合成絶縁油 ……………	136
3.1.1 変圧器油 ……………	127	3.4.1 塩素化合成絶縁油 ……………	137
3.1.2 開閉器油 ……………	127	3.4.2 その他の合成絶縁油 ……………	139
3.1.3 蓄電器油 ……………	128	3.5 絶縁油の取扱方法 ……………	141
3.1.4 ケーブル油 ……………	128	3.5.1 ろ過作業 ……………	141
3.2 絶縁油の特性と不純物 ……………	129	3.5.2 脱気作業 ……………	141
3.2.1 絶縁油の組成 ……………	129	3.5.3 洗浄作業 ……………	141
3.2.2 絶縁油の物理的性質 ……………	129	3.5.4 現場再生作業 ……………	142
3.2.3 絶縁油中の不純物が その特性に及ぼす影響……………	132	3.5.5 熱油乾燥作業 ……………	142
3.3 蓄電器油とケーブル油 ……………	133	3.5.6 活線淨油作業 ……………	142
3.3.1 蓄電器油 ……………	133	3.6 液体絶縁材料の規格 ……………	143
3.3.2 ケーブル油 ……………	135	3.6.1 絶縁油の規格 ……………	143
		3.6.2 絶縁油各国規格の比較 ……………	145
		3.6.3 不燃性絶縁油の規格 ……………	147

## 4. 繊維質材料

4.1 はしがき ……………	150	4.4.1 ファイバの分類 ……………	165
4.2 繊維製品 ……………	150	4.4.2 ファイバの製造 ……………	165
4.2.1 繊維の分類 ……………	150	4.4.3 ファイバの性質 ……………	166
4.2.2 綿 ……………	151	4.4.4 ファイバの用途 ……………	166
4.2.3 絹, 麻, 羊毛 ……………	153	4.5 含浸紙 ……………	166
4.2.4 合成繊維 ……………	153	4.5.1 油浸紙 ……………	166
4.2.5 繊維製品 ……………	155	4.5.2 不燃油含浸紙 ……………	170
4.3 絶縁紙 ……………	157	4.6 特殊絶縁紙, 不織布 ……………	172
4.3.1 絶縁紙の分類 ……………	157	4.6.1 アセチル化紙 ……………	172
4.3.2 絶縁紙の製造 ……………	157	4.6.2 シアノエチル化紙 ……………	173
4.3.3 各種絶縁紙 ……………	159	4.6.3 薬品添加紙 ……………	174
4.3.4 絶縁紙の組成と性質 ……………	161	4.6.4 合成繊維紙 ……………	175
4.3.5 絶縁紙の管理 ……………	164	4.6.5 不織布 ……………	176
4.4 ヴァルカナイズドファイバ ……………	165	4.7 あとがき ……………	177

## 5. プラスチックおよびその加工品

5.1 電気絶縁材料 としてのプラスチック……………	178	5.2 構造材料としてのプラスチック ……	180
		5.3 実用上の問題点 ……………	181

5.3.1	電気的性質	181	5.11	ケイ素樹脂(シリコン樹脂)	209
5.3.2	機械的性質	182	5.11.1	製法	210
5.3.3	形体安定性	182	5.11.2	性質	210
5.3.4	金属インサート	183	5.11.3	用途, 使用例	210
5.3.5	その他の問題点	183	5.12	ジアリルフタレート樹脂	212
5.4	熱硬化性樹脂	184	5.12.1	製法	212
5.4.1	充てん材の影響	184	5.12.2	性質	213
5.4.2	成形条件の影響	185	5.12.3	用途, 使用例	214
5.5	フェノール樹脂	185	5.13	熱可塑性樹脂	215
5.5.1	製法	185	5.13.1	結晶性と非晶性	215
5.5.2	成形材料	187	5.13.2	非晶性樹脂(高分子)	217
5.5.3	積層材料, 積層品	191	5.13.3	一般的性質	217
5.6	炭素樹脂	194	5.13.4	流動と分子配向	218
5.6.1	製法	194	5.13.5	耐熱性	218
5.6.2	成形材料	195	5.14	ポリスチロール樹脂	219
5.6.3	性質	195	5.14.1	ポリスチレン(汎用, 耐熱用)	220
5.6.4	用途, 使用例	195	5.14.2	耐衝撃性ポリスチレン(HI)	221
5.7	メラミン樹脂	196	5.14.3	AS樹脂	221
5.7.1	製法	196	5.14.4	ABS樹脂	221
5.7.2	成形材料	197	5.14.5	その他	222
5.7.3	積層板(化粧板)	198	5.14.6	用途, 使用例	223
5.7.4	性質, 使用例	199	5.15	アクリル樹脂	224
5.8	ポリエステル樹脂	199	5.15.1	製法	224
5.8.1	製法	201	5.15.2	性質	225
5.8.2	硬化法	201	5.15.3	用途, 使用例	226
5.8.3	樹脂の種類	202	5.16	塩化ビニル樹脂	226
5.8.4	成形材料	202	5.16.1	製法	227
5.8.5	性質	203	5.16.2	性質	228
5.8.6	用途, 使用例	204	5.16.3	用途, 使用例	228
5.9	エポキシ樹脂	204	5.17	塩化ビニリデン樹脂	229
5.9.1	製法	204	5.17.1	製法	229
5.9.2	硬化法	205	5.17.2	性質	230
5.9.3	性質	206	5.17.3	用途	230
5.9.4	用途, 使用例	206	5.18	酢酸ビニル樹脂	231
5.10	ポリウレタン樹脂	207	5.18.1	製法	231
5.10.1	製法	207	5.18.2	性質	231
5.10.2	性質	208	5.18.3	用途	232
5.10.3	用途, 使用例	208	5.19	ポリエチレン樹脂	232



5.19.1 製法	233	5.22.5 用途, 使用例	244
5.19.2 性質	234	5.23 ポリエーテル樹脂	245
5.19.3 用途, 使用例	235	5.23.1 ポリアセタール樹脂 (ポリオキシ メチレンおよびその共重合体)	245
5.20 ポリプロピレン樹脂	236	5.23.2 塩化ポリエーテル	248
5.20.1 製法	236	5.23.3 ポリエチレンオキサイドおよび ポリプロピレンオキサイド	249
5.20.2 性質	237	5.24 フッ素樹脂	249
5.20.3 用途, 使用例	238	5.24.1 製法	250
5.21 ポリカーボネート樹脂	239	5.24.2 性質	251
5.21.1 製法	239	5.24.3 用途, 使用例	252
5.21.2 性質	240	5.25 繊維素樹脂	253
5.21.3 用途, 使用例	241	5.25.1 硝酸繊維素樹脂	253
5.22 ポリアミド樹脂	242	5.25.2 酢酸繊維素樹脂	254
5.22.1 種類	242	5.25.3 酢酸酪酸繊維素樹脂	255
5.22.2 製法	243	5.25.4 その他の繊維素樹脂	255
5.22.3 性質	243		
5.22.4 結晶化度, 重合度と性質	244		

## 6. プラスチックフィルムおよびその加工品

6.1 電気絶縁用プラスチックフィルム	257	6.2.2 電気絶縁用粘着テープ に要求される諸性質	268
6.1.1 緒言	257	6.2.3 電気絶縁用感圧性接着剤	269
6.1.2 セルロース系フィルム	257	6.2.4 電気絶縁用粘着テープ の種類と特徴	269
6.1.3 PVC フィルム	259	6.2.5 電解腐食	273
6.1.4 ポリスチロール	260	6.3 磁気テープ	275
6.1.5 ポリエチレン	261	6.3.1 緒言	275
6.1.6 ポリプロピレン	263	6.3.2 磁気テープの製法と材料	275
6.1.7 ポリエステル (ポリエチレン テレフタレート)	263	6.3.3 磁気テープのベース材料	276
6.1.8 ポリカーボネート	264	6.3.4 磁気録音テープ	278
6.1.9 フッ素樹脂フィルム	266	6.3.5 ビデオテープ	278
6.1.10 Hフィルム (ポリイミド)	267	6.3.6 電子計算機用, 計測用テープ	279
6.2 電気絶縁用粘着テープ	268	6.4 フィルム加工紙	280
6.2.1 緒言	268		

## 7. 絶縁ワニスおよびワニス処理品

7.1 絶縁ワニス原料	281	7.1.2 天然樹脂	284
7.1.1 脂肪油	281	7.1.3 合成樹脂	286

7.2 絶縁ワニス .....	286
7.2.1 絶縁ワニスの種類 .....	286
7.2.2 絶縁ワニスの使用目的 .....	287
7.2.3 各種絶縁ワニスの特性と用途 .....	289
7.3 ワニスクロスおよび ワニスクロステープ .....	308
7.3.1 ワニスクロスの種類 .....	308
7.3.2 各種ワニスクロスおよび ワニスクロステープの特性 .....	309
7.4 ワニスペーパー .....	323
7.5 ワニスチューブおよび ワニススリーブ .....	324

7.5.1 ワニスチューブの種類と記号 .....	325
7.5.2 ワニスチューブの特性 .....	326
7.5.3 シリコンワニスガラス チューブおよびスリーブ .....	327
7.5.4 シリコンゴム ガラスチューブ .....	328
7.6 マグネットワイヤ .....	328
7.6.1 エナメル線の構成と耐熱区分 .....	330
7.6.2 エナメル線の寸法 .....	331
7.6.3 エナメル線の試験法 .....	331
7.6.4 エナメル線の特性 .....	331

## 8. 接着剤およびコンパウンド, ろう類

8.1 接着剤 .....	337
8.1.1 熱硬化性樹脂系接着剤 .....	337
8.1.2 熱可塑性樹脂接着剤 .....	346
8.1.3 エラストマ接着剤 .....	348

8.2 コンパウンド .....	350
8.3 ろう類 .....	352
8.3.1 鉱物性ワックス .....	352
8.3.2 植物性ワックス .....	353

## 9. 天然ゴムおよび合成ゴム

9.1 概説 .....	354
9.1.1 絶縁材料としてのゴムの歴史 .....	354
9.1.2 ゴムの一般特性 .....	355
9.2 天然ゴムおよび類似物 .....	358
9.2.1 天然ゴムの製法 .....	358
9.2.2 天然ゴムの種類 .....	358
9.2.3 天然ゴムの性質 .....	359
9.2.4 流動ゴム .....	362
9.3 ブタジエン・ スチレン共重合ゴム (SBR) .....	363
9.3.1 SBR の製造 .....	363
9.3.2 SBR の種類 .....	363
9.3.3 SBR の性質 .....	364
9.3.4 ハイステレンレジン .....	366
9.4 ブチルゴムおよび ポリイソブチレン .....	367

9.4.1 ブチルゴムの製造と種類 .....	367
9.4.2 ブチルゴムの性質 .....	367
9.4.3 ハロゲン化ブチルゴム .....	373
9.4.4 ポリイソブチレン (ポリブテン) .....	374
9.5 クロロプレンゴム .....	376
9.5.1 クロロプレンゴムの製造 .....	376
9.5.2 クロロプレンゴムの種類 .....	376
9.5.3 一般用CRの性質 .....	378
9.5.4 特殊タイプCR .....	381
9.6 ハイパロン (クロロスルホン化 ポリエチレン) .....	382
9.6.1 ハイパロンの種類 .....	382
9.6.2 ハイパロンの性質 .....	382
9.7 シリコンゴム .....	384
9.7.1 シリコンゴムの種類 .....	384

9.7.2 シリコンゴムの性質	385	9.9.3 EPR の性質	394
9.7.3 特殊シリコンゴム	389	9.10 ステレオラバー	399
9.8 フッ素ゴム	389	9.10.1 ポリイソプレン (IR) の性質	399
9.8.1 フッ素ゴムの種類	389	9.10.2 ポリブタジエン (BR) の性質	402
9.8.2 フッ素ゴムの性質	390	9.11 その他の合成ゴム	403
9.9 エチレン・プロピレンゴム		9.11.1 ニトリルゴム	403
およびエチレン・プロピレン・		9.11.2 チオコール	405
ターポリマ	393	9.11.3 アクリルゴム	405
9.9.1 EPR の製造	393	9.12 硬質ゴム (エポナイト)	406
9.9.2 EPR, EPT の種類	394	9.13 導電性ゴム	406

## 10. マイカおよびマイカ製品

10.1 マイカ	409	10.2.2 合成マイカの製造法	421
10.1.1 マイカの種類	409	10.2.3 合成マイカの特性	422
10.1.2 マイカの産地	412	10.2.4 合成マイカの利用	422
10.1.3 マイカの特性	414	10.3 マイカ加工品	422
10.1.4 マイカの標準	416	10.3.1 はがしマイカ加工品	423
10.2 合成マイカ	420	10.3.2 集成マイカ	428
10.2.1 合成マイカの製造経過	420	10.3.3 マイカレックス	432

## 11. 石綿および石綿製品

11.1 石綿原料	436	11.1.6 石綿の化学的性質	440
11.1.1 概説	436	11.2 石綿製品	440
11.1.2 石綿の種類	436	11.2.1 石綿紙	441
11.1.3 石綿の一般的性質	438	11.2.2 石綿セメント板	442
11.1.4 石綿の電気的性質	439	11.2.3 石綿紡織品	443
11.1.5 石綿の機械的性質	440		

## 12. 電気用セラミックス

12.1 セラミックスの概念	448	12.3.1 ステアタイト磁器	459
12.2 低周波用セラミックス	449	12.3.2 フォルステライト磁器	461
12.2.1 製法	449	12.3.3 ウォラストナイト磁器	461
12.2.2 硬質磁器の諸特性	452	12.4 耐熱用セラミックス	462
12.2.3 低周波用セラミックスの用途	454	12.4.1 アルミナ磁器	462
12.3 高周波用セラミックス	449	12.4.2 ジルコン磁器	471

12.4.3	コージライト磁器	472	12.5.1	ベリリア磁器	474
12.4.4	アルミニウムチタネート磁器	472	12.5.2	マグネシア磁器	477
12.4.5	スピネル磁器	473	12.5.3	ナイトライド	478
12.5	ニューセラミックス	473	12.5.4	ガラスセラミックス	479

### 13. 電気用ガラスおよびガラス繊維

13.1	管球用ガラス	487	13.2.2	回路素子または 部品支持用ガラス	501
13.1.1	管球用ガラスの使用箇所	488	13.3	電気絶縁用ガラス繊維	504
13.1.2	封着用ガラス各論	483	13.3.1	電気絶縁用ガラス繊維の組成	504
13.1.3	管球用ガラスの特性	493	13.3.2	ガラス繊維の特性	505
13.2	電気、電子部品用ガラス	499	13.3.3	ガラス繊維の製法	506
13.2.1	接着、防湿用ガラス (低融点ガラス)	499	13.3.4	ガラス繊維製品	507

### 14. 単結晶材料

14.1	チタン酸バリウム	509	14.6.1	概説	521
14.1.1	概説	509	14.6.2	雲母の特性	521
14.1.2	電気特性	510	14.6.3	利用	522
14.1.3	チタン酸バリウム 単結晶の合成	512	14.6.4	合成雲母	522
14.2	硫化カドミウム	512	14.7	水晶	523
14.2.1	概説	512	14.7.1	概説	523
14.2.2	特性および応用	513	14.7.2	特性と利用	523
14.2.3	合成法	513	14.7.3	石英ガラスの利用	525
14.3	電気石	514	14.7.4	人造水晶	526
14.3.1	概説	514	14.8	ルビー(サファイア)	528
14.3.2	利用	514	14.8.1	概説	528
14.4	ダイヤモンド	515	14.8.2	合成法	529
14.4.1	概説	515	14.9	ロッシェル塩	529
14.4.2	人造ダイヤモンド	516	14.9.1	概説	529
14.4.3	利用方面	516	14.9.2	電気特性	530
14.5	イットリウム鉄ガーネット	517	14.9.3	製造法	530
14.5.1	概説	517	14.10	シリコンカーバイド	532
14.5.2	Y. I. G の合成法	518	14.10.1	概説	532
14.5.3	特性および応用	520	14.10.2	合成	532
14.6	雲母	521	14.10.3	特性	535
			14.11	半導体単結晶	535

14.11.1 概 説 .....	535	14.11.3 金属間化合物半導体 .....	537
14.11.2 単結晶のつくり方 .....	535		

## 15. 発 光 材 料

15.1 けい光材料 .....	539	15.3.2 遷移金属イオンの発光 .....	545
15.2 エレクトロルミネッセンス .....	539	15.3.3 希土類イオンによる発光 .....	546
15.3 レーザ .....	544	15.3.4 アクチナイドイオン .....	548
15.3.1 励起子による発光 .....	545	15.3.5 電荷注入形発光 .....	548

## 16. 特殊無機絶縁材料

16.1 大理石 .....	551	16.3.2 性 質 .....	554
16.1.1 生 成 .....	551	16.3.3 用 途 .....	554
16.1.2 性 質 .....	551	16.3.4 試験法 .....	554
16.1.3 用 途 .....	552	16.4 イオウ .....	554
16.1.4 試験法 .....	552	16.4.1 生成および用途 .....	554
16.2 スレート .....	552	16.4.2 性 質 .....	554
16.2.1 生 成 .....	552	16.5 セメント類 .....	555
16.2.2 性 質 .....	553	16.5.1 ポルトランドセメント .....	555
16.2.3 用 途 .....	553	16.5.2 石こうセメント .....	556
16.2.4 試験法 .....	553	16.5.3 マグネシアセメント .....	556
16.3 玄武岩 .....	553	16.5.4 リサーチセメント .....	557
16.3.1 生 成 .....	553	16.5.5 その他のセメント .....	557





# III. 技 術 編

[編集担当：沼倉秀穂・宮部宏]

執筆者	沼 倉 秀 穂 (1)	塚 田 国 雄 (4.6)
	宮 部 宏 (2.1)	輿 石 保 (4.7)
	木 沢 修 (2.2)	小 林 昭 (4.8)
	磯 部 昭 二 (2.3)	下 山 田 富 保 (4.9)
	品 川 正 三 (2.4)	川 島 秀 男 (4.10)
	田 畑 稔 雄 (2.5, 3.1)	鳥 居 忠 一 (4.14)
	百 武 貞 幹 (3.2, 3.3, 4.15)	成 田 賢 仁 (4.16)
	富 田 時 雄 (3.4, 3.5)	沼 倉 秀 穂 (5.1, 5.2)
	高 橋 栄 (3.6, 3.7)	岡 本 重 晴 (5.3)
	水 谷 彦 広 (4.1)	鳳 誠 三 郎 (5.4)
	伊 藤 昭 夫 (4.2)	堀 井 憲 爾 (5.5)
	河 村 英 雄 (4.3)	能 登 文 敏 (5.6)
	矢 代 竜 一 (4.4)	吉 岡 浩 (5.7)
	三 宅 精 三 (4.4, 4.13)	松 田 種 光 (5.8)
	飯 島 貞 善 (4.5, 4.11, 4.12)	高 橋 義 夫 (5.9)
	堀 内 達 也 (4.6)	大 橋 謙 蔵 (6)

## 目 次

### 1. 総 論

### 2. 絶 縁 設 計

2.1 概 説.....561	2.3.1 概 要.....572
2.2 発電電圧を対象とする設計.....563	2.3.2 鉱油入変圧器の絶縁.....572
2.2.1 発電電圧の傾向.....563	2.3.3 不燃性油入変圧器の絶縁.....576
2.2.2 絶縁設計に対する考え方.....563	2.3.4 乾式変圧器の絶縁.....577
2.2.3 固定子コイルの絶縁設計.....563	2.3.5 ガス絶縁変圧器の絶縁.....578
2.2.4 界磁コイルの絶縁設計.....571	2.3.6 将来の変圧器の絶縁.....580
2.3 送電電圧を対象とする設計	2.4 高周波を対象とする設計.....581
(変圧器の絶縁設計) .....572	2.4.1 交流誘電体損.....581



2.4.2	高周波絶縁耐力	582	2.5	ケーブルの絶縁設計	587
2.4.3	高周波において 使用するべき絶縁材料	582	2.5.1	概論	587
2.4.4	高周波における絶縁	586	2.5.2	電力ケーブルの絶縁設計	588
			2.5.3	通信ケーブルの絶縁設計	598

### 3. 特性上からみた絶縁材料

3.1	絶縁抵抗からみた材料	602	3.4.2	耐トラッキング性	619
3.1.1	絶縁抵抗の重要性	602	3.5	耐コロナ性	619
3.1.2	無機絶縁材料	603	3.5.1	荷電粒子の衝突	621
3.1.3	油	604	3.5.2	局部的温度上昇	622
3.1.4	固体有機絶縁材料	606	3.5.3	化学作用	622
3.1.5	ワニス, コンパウンド類	608	3.6	耐熱性	626
3.2	絶縁耐力	608	3.6.1	耐熱区分	626
3.2.1	真空	608	3.6.2	寿命判定法の原理	630
3.2.2	気体材料	608	3.6.3	耐熱性試験規格	630
3.2.3	液体材料	609	3.7	機械的強さ	632
3.2.4	固体材料	610	3.7.1	概説	632
3.3	誘電正接	611	3.7.2	引張強さ	632
3.3.1	液体材料	611	3.7.3	圧縮強さ	634
3.3.2	高分子材料	612	3.7.4	屈曲強さ	635
3.3.3	無機材料	614	3.7.5	衝撃強さ	635
3.4	耐アーク性	615	3.7.6	耐摩耗性	635
3.4.1	耐アーク性	617	3.7.7	クリープ特性	636

### 4. 材料使用法ならびに処理法

4.1	ガス絶縁体の利用	638	4.3.2	窒素封入方式	650
4.1.1	応用化が進んでいる気体	638	4.3.3	活性アルミナ方式	652
4.1.2	H種乾式変圧器	639	4.3.4	絶縁油の再生法	653
4.1.3	電力用変圧器	639	4.4	乾燥	655
4.1.4	しゃ断器	641	4.4.1	電線ケーブルにおける乾燥	655
4.1.5	ケーブル, コンデンサ, その他	641	4.4.2	機器における乾燥	659
4.2	真空蒸着法	642	4.5	塗装	663
4.2.1	真空蒸着の原理とその特徴	642	4.5.1	コイルの絶縁塗装	663
4.2.2	蒸着技術	643	4.5.2	ワニスクロスおよび ワニスチューブの塗装	667
4.3	絶縁油の劣化防止および再生法	649	4.5.3	絶縁電線塗装	668
4.3.1	添加剤方式	649			

4.6 含浸, 注型.....669	4.12 耐酸, 耐アルカリ処理法 .....714
4.6.1 含浸.....669	4.12.1 耐酸, 耐アルカリ処理材料 ...714
4.6.2 注型.....672	4.12.2 耐酸, 耐アルカリ塗装 .....716
4.7 絶縁材料の成形加工法.....680	4.12.3 2,3 の絶縁材料の 耐酸, 耐アルカリ性 .....717
4.7.1 プラスチックの成形加工.....680	4.13 有機絶縁材料の防カビ, 防虫法 ...719
4.7.2 ゴムの成形加工.....686	4.13.1 カビ .....719
4.8 絶縁材料の機械加工法.....688	4.13.2 防カビ法の分類 .....720
4.8.1 絶縁材料の切削加工法.....689	4.13.3 昆虫による被害と防虫法 .....725
4.8.2 絶縁材料のと粒加工法.....696	4.14 接着, 融着 .....725
4.9 絶縁用紙の加工法, 処理法.....698	4.14.1 接着, 融着とその応用 .....725
4.9.1 切断.....700	4.14.2 接着方法 .....727
4.9.2 調湿.....700	4.14.3 融着方法 .....731
4.9.3 紙巻き.....700	4.14.4 試験方法 .....732
4.9.4 乾燥と含浸.....701	4.15 耐トラッキング, 耐コロナ 表面絶縁処理法 .....733
4.9.5 特殊加工および処理法.....702	4.15.1 耐トラッキング絶縁処理法 ...733
4.10 木材の絶縁処理法 .....704	4.15.2 耐コロナ表面絶縁処理 .....734
4.10.1 木材の選定 .....704	4.16 電気鉄板の表面絶縁処理 .....737
4.10.2 乾燥 .....706	4.16.1 表面絶縁の意義 .....737
4.10.3 注入 .....708	4.16.2 無機質表面絶縁処理法の進歩・738
4.10.4 塗装 .....709	4.16.3 無機質表面絶縁処理法 .....739
4.11 耐湿処理法 .....710	4.16.4 無機質表面絶縁処理の諸効果・740
4.11.1 耐湿処理材料 .....710	4.16.5 無機質表面絶縁皮膜の諸性質・742
4.11.2 絶縁ワニスによる耐湿処理 ...711	4.16.6 表面絶縁皮膜の試験法 .....742
4.11.3 耐湿仕上ワニス .....712	
4.11.4 コンパウンド, ワックス処理...713	
4.11.5 耐湿絶縁 .....713	

## 5. 絶縁材料の試験法

5.1 絶縁抵抗試験法.....745	用試料ならびに測定用容器.....749
5.1.1 一般の原理.....745	5.1.5 体積抵抗率の計算.....749
5.1.2 固体絶縁材料の絶縁抵抗測定 用試料および電極ならびに電 極配置.....746	5.1.6 表面抵抗率の計算.....749
5.1.3 固体絶縁材料の体積抵抗, 表 面抵抗測定用試料および電極 ならびに電極配置.....747	5.1.7 試料の前処理.....750
5.1.4 液体絶縁材料の体積抵抗測定	5.1.8 代表的な抵抗測定法.....750
	5.2 絶縁耐力試験法.....752
	5.2.1 総説.....752
	5.2.2 試料および電極.....753
	5.2.3 試料の前処理.....754

5.2.4	固体試料の場合の周囲の媒質…755	5.6.3	Dust and Fog Test (ASTM 2132—62 T) ……774
5.2.5	試験装置……………755	5.6.4	汚染液傾斜平面試験法……………775
5.2.6	電圧印加……………756	5.6.5	毛細管法……………777
5.2.7	試験回数……………756	5.6.6	Linear Dry Carbon Tracking Test ……778
5.3	誘電正接および誘電率試験法……………756	5.7	耐熱性試験法……………778
5.3.1	電極……………756	5.7.1	耐熱軟化試験法……………779
5.3.2	電極容器……………759	5.7.2	耐熱衝撃試験……………780
5.3.3	測定器……………762	5.7.3	耐湿熱性試験……………780
5.4	耐アーク性試験法……………765	5.7.4	耐熱劣化試験……………781
5.4.1	JEC の方法……………765	5.7.5	耐熱寿命評価試験法……………783
5.4.2	ASTM の法……………767	5.8	耐候性試験法……………783
5.4.3	ヒューズ溶断法……………767	5.8.1	耐候性試験法の原理……………784
5.4.4	カーボンアーク法……………768	5.8.2	光源……………786
5.4.5	筆者の法……………768	5.8.3	促進耐候試験法各論……………787
5.4.6	プラズマジェット法……………769	5.8.4	屋外曝露試験法……………789
5.4.7	その他……………769	5.8.5	紫外線の強さの測定……………790
5.5	耐コロナ性試験法……………769	5.9	物理化学的試験法……………791
5.5.1	オゾンイザ放電槽による方法…770	5.9.1	物理化学的試験を行なう意義…791
5.5.2	各種電極による 破壊寿命試験方法……………772	5.9.2	物理的試験方法……………791
5.6	耐トラッキング性試験法……………773	5.9.3	化学的試験方法……………802
5.6.1	IEC 推奨法 ……773	5.9.4	その他の材料別のおもな試験法804
5.6.2	DIN 滴下法 (A法)……………774		

## 6. 絶 縁 管 理

6.1	はしがき……………807	6.7.3	消防法……………813
6.2	国際十進分類法……………807	6.8	絶縁の管理, 保守……………814
6.3	絶縁材料の規格……………808	6.9	品質管理……………814
6.4	絶縁材料の選択……………809	6.10	統計的方法 ……817
6.5	適合性……………811	6.10.1	正規性の検定 ……817
6.6	絶縁の費用……………811	6.10.2	母平均の推定 ……818
6.7	保 安……………812	6.10.3	関連性の検討 ……818
6.7.1	電気設備技術基準……………812	6.11	むすび ……819
6.7.2	電気用品取締規則……………813		





# IV. 実 施 編

[編集担当：佐倉武久・田口武夫・矢代龍一・和田重暢]

執筆者	磯部昭二 (1,2)	伊藤真吾 (13)
	伊藤昭八郎 (3.1)	井土守 (14.1)
	河村英夫 (3.2)	鳥居忠一 (14.2)
	大沼広 (3.3)	田畑稔雄 (14.3)
	木沢修 (4)	赤川敬忠 (15.1)
	久世信一 (5)	金沢睦夫 (15.2)
	吉田恭信 (6)	田中和吉 (16)
	芦田勝治 (7)	松本倫平 (17.1,17.2)
	潮恒郎 (8.1)	吉田登美男 (17.3,17.4)
	大木正路 (8.2)	柳原光太郎 (18)
	浦壁正美 (9)	多賀野久 (19)
	平本順三郎 (10.1)	斎田貞夫 (20)
	石橋豊 (10.2)	岩井喜典 (21.1)
	長崎正雄 (11)	福田克雄 (21.2)
	山中敬二 (12.1)	西堀清美 (22)
	大竹実 (12.2)	

## 目 次

### 1. 交流発電機

1.1 構造の概要.....821	1.3 回転子.....829
1.1.1 水車発電機.....821	1.3.1 水車発電機回転子.....829
1.1.2 タービン発電機.....822	1.3.2 タービン発電機回転子.....830
1.2 固定子.....823	1.3.3 スリップリング.....831
1.2.1 固定子コイル.....823	1.4 軸電流防止絶縁.....831
1.2.2 固定子巻線.....827	1.5 ブラン保持装置.....832
1.2.3 固定子鉄心.....829	1.6 直流励磁機.....832

### 2. 回転変流機

2.1 構造の概要.....834	2.3 スリップリング.....835
2.2 電機子.....834	2.4 せん絡隔壁.....836

## 3. 電動機

3.1 高圧誘導電動機の絶縁.....837	3.2 低圧誘導電動機.....848
3.1.1 概説.....837	3.2.1 一般電動機の絶縁.....848
3.1.2 材料選定の基準.....838	3.2.2 耐熱寿命試験.....853
3.1.3 コイルの構成.....838	3.2.3 特殊絶縁電動機.....855
3.1.4 対地絶縁.....843	3.3 直流電動機.....858
3.1.5 コイルエンドの拘束.....844	3.3.1 車両用主電動機.....859
3.1.6 その他の絶縁.....845	3.3.2 車両用補助機器用電動発電機.....865
3.1.7 ワニス処理およびワニス.....846	3.3.3 汎用直流電動機.....867

## 4. 変圧器および電動用リアクトル

4.1 概説.....872	4.5.2 ワニスクロス.....881
4.2 磁気回路を絶縁.....872	4.5.3 クレープ紙.....882
4.2.1 層間絶縁.....872	4.5.4 リード支持絶縁物.....883
4.2.2 絶縁皮膜.....873	4.6 プッシング材料.....883
4.2.3 層間絶縁紙.....873	4.6.1 プッシングの種類.....883
4.2.4 スペーサ.....874	4.6.2 プッシング材料.....884
4.2.5 鉄心締付ボルトと締金具の絶縁.....874	4.7 タップ切換装置.....885
4.3 コイル導体の絶縁.....875	4.8 変圧器絶縁油の保存法.....888
4.3.1 コイル絶縁.....875	4.8.1 絶縁油の劣化.....888
4.3.2 紙巻線の種類.....875	4.8.2 絶縁油劣化防止法.....889
4.3.3 クラフト紙.....876	4.9 絶縁処理.....891
4.3.4 マニラ紙.....877	4.9.1 ワニスおよび コンパウンド処理.....891
4.3.5 特殊絶縁.....877	4.9.2 変圧器の乾燥.....892
4.4 巻線の絶縁.....878	4.9.3 注油法.....895
4.4.1 絶縁構造の概要.....878	4.10 乾式変圧器.....895
4.4.2 プレスボード.....880	4.10.1 乾式変圧器の種類.....895
4.4.3 絶縁木材.....881	4.10.2 乾式変圧器の材料.....896
4.5 リード線の絶縁.....881	4.10.3 乾式変圧器の保守.....896
4.5.1 構造の概要.....881	

## 5. 計器用変成器

5.1 油入式計器用変成器.....897	5.2 乾式計器用変成器.....901
5.1.1 巻線の絶縁.....897	5.2.1 モールド形計器用変成器.....901
5.1.2 鉄槽形とがいし形(共油形).....900	5.2.2 その他の乾式絶縁変成器.....902

## 6. 電力用コンデンサ

6.1 概説	903	6.3.2 絶縁油の特性	907
6.2 構造, 設計ならびに製作	903	6.3.3 誘電率(静電容量)	908
6.2.1 構造	903	6.3.4 誘電正接(コンデンサ損失)	908
6.2.2 素子および素体	904	6.4 耐電圧特性	909
6.2.3 絶縁厚さの選定	905	6.4.1 絶縁紙の物理特性との関係	909
6.2.4 製作	905	6.4.2 絶縁油の圧力, 温度の影響	909
6.3 誘電特性	906	6.4.3 耐電圧・時間特性( $V-T$ 特性)	910
6.3.1 含浸紙の誘電特性の一般式	906		

## 7. 整流器

7.1 水銀整流器	911	7.2 半導体整流器	916
7.1.1 絶縁材料の概要	911	7.2.1 半導体整流器の構造	916
7.1.2 各絶縁材料の利用	913	7.2.2 絶縁材料の利用	918

## 8. しゃ断器, 避雷器

8.1 しゃ断器	920	これに使用される主要な絶縁物	926
8.1.1 概説	920	8.2 避雷器	928
8.1.2 しゃ断器における 絶縁物の機能	920	8.2.1 避雷器の概要	928
8.1.3 油しゃ断器の構造とこれに 使用される主要な絶縁物	921	8.2.2 がい管	929
8.1.4 空気しゃ断器の 構造とその絶縁設計	924	8.2.3 消弧室材料	930
8.1.5 磁気しゃ断器の構造と		8.2.4 絶縁支持材	931
		8.2.5 汚損湿潤塩害対策用 特殊絶縁材料	932

## 9. 開閉装置

9.1 開閉器の種類とおもな絶縁物	933	9.3.1 高圧油入開閉器	935
9.2 開閉器の一般的絶縁規準	934	9.3.2 高圧気中開閉器	936
9.3 絶縁材料使用実例	935	9.3.3 一般用気中開閉器	936



## 10. 制御装置, 配電盤

10.1 制御装置 .....	938	10.1.5 抵抗器 .....	942
10.1.1 概要 .....	938	10.1.6 制御装置 .....	942
10.1.2 制御装置における 電気絶縁材料 .....	938	10.2 配電盤 .....	944
10.1.3 接触器, 継電器 .....	939	10.2.1 概要 .....	944
10.1.4 起動器, 制御器 .....	942	10.2.2 配電盤の絶縁材料 .....	944
		10.2.3 閉鎖配電盤の絶縁材料 .....	945

## 11. 照明配線器具

11.1 構造材料 .....	947	11.4 加工条件による材料 .....	949
11.2 耐熱性材料 .....	948	11.5 意匠条件による材料 .....	950
11.3 耐アーク性, 耐トラッキング性材料 .....	949	11.6 特殊材料 .....	950

## 12. 電熱装置

12.1 抵抗電熱器 .....	951	12.2 電気炉 .....	953
12.1.1 露出形発熱体 .....	951	12.2.1 抵抗炉 .....	953
12.1.2 シーズ線 .....	952	12.2.2 アーク炉 .....	953
12.1.3 マイカヒータ .....	952	12.2.3 誘導炉 .....	953

## 13. 電装部品

13.1 自動車用電装品の種類と分類 .....	955	13.3.5 点火コイル .....	960
13.2 自動車用電装品に要求される 条件と性能 .....	955	13.3.6 ワイパ電動機 .....	961
13.3 主要電装品における使用例 .....	956	13.3.7 ホーン .....	961
13.3.1 始動電動機 .....	956	13.3.8 計器 .....	962
13.3.2 発電機 .....	957	13.3.9 自動車用高圧電線 .....	962
13.3.3 電流電圧調整器 (レギュレータ) .....	958	13.3.10 自動車用蓄電池 .....	962
13.3.4 デストリビュータ .....	958	13.3.11 自動車用電球 .....	962
		13.3.12 スパークプラグ .....	963

## 14. 電線, ケーブル

14.1 電力用 .....	964	14.1.2 用途別にみた電力ケーブル .....	968
14.1.1 電力ケーブル概説 .....	964	14.2 通信用 .....	972

14.2.1 概説	972	ケーブルの接続	984
14.2.2 絶縁材料各論	973	14.3.3 紙ケーブルの端末	985
14.3 付属品	982	14.3.4 紙ケーブルの接続	989
14.3.1 ゴム, プラスチック		14.3.5 母線および相分離母線	991
ケーブルの端末	982	14.3.6 通信ケーブルの接続	992
14.3.2 ゴム, プラスチック			

## 15. 有線関係機器

15.1 電話機	993	15.1.4 塗料, 接着剤	996
15.1.1 モールド部品	993	15.2 交換機	996
15.1.2 合成樹脂板	994	15.2.1 要求特性	996
15.1.3 フィルム	995	15.2.2 使用材料および諸特性	998

## 16. 無線関係機器

16.1 気体絶縁材料	1001	16.3.8 四フッ化エチレン樹脂	1008
16.1.1 空気	1001	16.4 板および棒, 管	1008
16.1.2 窒素ガス	1002	16.4.1 エポキシガラス積層板	1009
16.2 塗布および含浸用絶縁材料	1002	16.4.2 エポキシテロン積層板	1009
16.2.1 シリコングリス	1002	16.4.3 フェノール樹脂積層板	1010
16.2.2 シリコン油	1003	16.4.4 シリコンガラス積層板	1010
16.2.3 シリコンワニス	1003	16.4.5 ポリエステルフィルム とガラス布	1010
16.2.4 液状エポキシ樹脂	1003	16.4.6 四フッ化エチレン樹脂板 (テフロン板)	1011
16.2.5 フラックス(松脂)	1004	16.5 成形材料	1011
16.2.6 キリ脂	1004	16.5.1 塩化ビニル樹脂	1011
16.2.7 接着剤	1005	16.5.2 ポリエチレン樹脂	1012
16.3 繊維, テープ, チューブ	1005	16.5.3 ポリアミド系樹脂 (ナイロン樹脂)	1012
16.3.1 綿	1005	16.5.4 三フッ化エチレン樹脂	1012
16.3.2 麻	1006	16.5.5 メタアクリル樹脂	1013
16.3.3 絹	1006	16.5.6 ポリカーボネート	1013
16.3.4 ポリアミド繊維(ナイロン)	1006	16.5.7 アセタール樹脂(デルリン)	1013
16.3.5 ポリエステル系 繊維(テトロン)	1007	16.5.8 ポリスチレン	1014
16.3.6 塩化ビニル(PVC)	1007	16.5.9 フェノール樹脂	1014
16.3.7 ポリエチレンテレフタレ ートフィルム(マイラ フィルム)	1008	16.5.10 ポリエステル樹脂積層板	1015

16.5.11	ジアリルフタレート樹脂 …1015	16.7.8	ガラス繊維……………1019
16.5.12	エポキシ樹脂 ……1015	16.7.9	白雲母(印度マイカ)……………1019
16.6	ゴ ム……………1016	16.7.10	金雲母(カナダマイカ)……………1020
16.6.1	ネオプレンゴム……………1016	16.7.11	マイカ加工品 (マイカレックス)……………1020
16.6.2	シリコーンゴム……………1016	16.7.12	石綿(アスベスト)……………1021
16.6.3	ポリウレタン樹脂……………1017	16.8	電線類……………1021
16.7	無機絶縁材料……………1017	16.8.1	綿および絹編組 ビニルコーティング線……………1021
16.7.1	ステアタイト磁器 (マグネシア磁器)……………1017	16.8.2	耐熱ビニル電線……………1022
16.7.2	アルミナ磁器……………1017	16.8.3	シリコーンゴム電線……………1022
16.7.3	ベリリア磁器……………1018	16.8.4	テレビ高圧電線……………1022
16.7.4	酸化チタン磁器……………1018	16.8.5	テフロン電線……………1023
16.7.5	コパーガラス……………1018	16.8.6	シールド線……………1023
16.7.6	熔融石英ガラス……………1019	16.8.7	同軸コード……………1023
16.7.7	ホウケイ酸ガラス……………1019		

## 17. 音 響 機 器

17.1	ピックアップ……………1024	17.2.6	ボイスコイルとコーン およびダンパとの接合……………1028
17.1.1	ピックアップの 構造と絶縁抵抗……………1024	17.3	マイクロホン……………1028
17.1.2	絶縁劣化による 電気特性への影響……………1024	17.3.1	概 説……………1028
17.1.3	圧電形カートリッジの絶縁……………1024	17.3.2	動電形マイクロホン……………1028
17.2	スピーカ……………1025	17.3.3	静電形マイクロホン……………1029
17.2.1	概 説……………1025	17.3.4	圧電形マイクロホン……………1030
17.2.2	スピーカの構造と着眼点……………1026	17.4	磁気ヘッド……………1030
17.2.3	コーンの材料と特性……………1026	17.4.1	概 説……………1030
17.2.4	ボイスコイルの耐入力……………1027	17.4.2	磁気ヘッドに使用され ている電気絶縁材料……………1031
17.2.5	ダンパの材料と特性……………1027		

## 18. 回路部品と印刷回路用基板

18.1	コンデンサ……………1033	18.3	薄膜回路……………1038
18.2	抵抗器……………1036	18.4	印刷回路用基板……………1039

## 19. 電子部品

19.1 電子部品用絶縁材料の問題点	1044	19.2.1 熱膨張特性	1047
19.1.1 ガス放出	1044	19.2.2 封着体の構造	1047
19.1.2 ガスの透過	1045	19.2.3 ガラスと金属の封着	1048
19.1.3 高温における電気的性質	1045	19.2.4 ガラス封着の実施例	1048
19.1.4 高温における変形 および機械的強さ	1045	19.2.5 セラミックスと金属の封着	1051
19.1.5 熱衝撃抵抗	1046	19.2.6 セラミック封着の実施例	1052
19.1.6 熱伝導性	1046	19.3 気密容器内で用いられる 絶縁材料	1053
19.1.7 輻射線に対する性質	1046	19.3.1 マイカ	1053
19.1.8 高温における異物質との反応	1046	19.3.2 セラミックス	1053
19.1.9 化学的耐久性	1046	19.3.3 ガラス	1054
19.2 封着材料	1047	19.4 有機材料	1054

## 20. 高周波電力応用装置

20.1 高周波電力応用装置の分類	1056	20.2.2 絶縁材料の選定	1057
20.2 絶縁材料の選定条件	1056	20.3 各部の絶縁材料	1057
20.2.1 高周波絶縁材料の劣化	1056		

## 21. 医用, 理化学機器

21.1 医用機器に使用する材料	1061	21.2 理化学機器	1065
21.1.1 医用機器に使用する 場合の特異性	1061	21.2.1 分光光度計	1065
21.1.2 直接生体に用いられる材料	1063	21.2.2 発光分光分析装置	1066
21.1.3 医用電子機器に 使用される材料	1064	21.2.3 ガスクロマトグラフ	1068
		21.2.4 放射線測定装置	1069
		21.2.5 示差熱分析装置	1070

## 22. 放射線機器

22.1 一般的条件	1071	22.3 粒子加速装置	1076
22.2 X線装置	1071	22.3.1 ベータトロン	1076
22.2.1 X線発生装置	1071	22.3.2 中性子発生装置	1076
22.2.2 高圧コンデンサ	1075	22.4 放射線測定機器	1077
22.2.3 高圧ケーブル	1075	22.5 放射性同位元素照射装置	1077