

電子電気材料における環境規制とその対策技術

— 難燃剤のノンハロ化・はんだの鉛フリー化・VOC低減 —

2002年11月発行

定価104,500円（消費税込み）

住ベリサーチの調査研究レポート

住ベリサーチ株式会社

技術調査部

〒140-0002 品川区東品川2-5-8

天王洲パークサイドビル16F

TEL 03-5462-7051

FAX 03-5462-7040

目 次

はじめに	1
第 1 章 電子電気材料に関連する環境問題	3
1.1 難燃剤の環境問題	3
[1] プラスチックの難燃化と難燃剤の種類	3
[2] ハロゲン系難燃剤の種類と使用状況	5
[3] ハロゲン系難燃剤の問題点	8
1.2 はんだの環境問題	9
[1] はんだとはーその種類と特性	9
[2] 鉛およびはんだの使用状況	10
[3] はんだの問題点	11
1.3 VOC の環境問題	12
[1] 電子電気分野における VOC の発生源	12
[2] VOC の問題点	12
[3] VOC 低減の方策	13
第 2 章 電子電気材料に関連する環境規制と産業界の対応	14
2.1 難燃剤に関する環境規制と産業界の対応	14
2.1.1 ハロゲン系難燃剤に対する規制の現状と検討状況	14
[1] 欧州における規制の現状と検討状況	15
[2] アメリカにおける規制の現状と検討状況	17
[3] 日本における規制の現状と検討状況	17
[4] その他	17
2.1.2 ハロゲン系難燃剤の規制に対する産業界の対応	18
[1] 欧州における産業界の対応	18
[2] アメリカにおける産業界の対応	18
[3] 日本における産業界の対応	18
[4] その他	19
2.2 はんだに関する環境規制と産業界の対応	21
2.2.1 はんだに対する鉛規制の現状と検討状況	21
[1] アメリカにおける鉛規制の現状と検討状況	21
[2] 欧州における鉛規制の現状と検討状況	21
[3] 日本における鉛規制の現状と検討状況	21
2.2.2 はんだの鉛規制に対する産業界の対応	22
[1] アメリカにおける産業界の対応	23
[2] 欧州における産業界の対応	24
[3] 日本における産業界の対応	24
[4] その他	26

2.3 VOCに関する環境規制と産業界の対応	27
2.3.1 VOCに対する規制の現状と検討状況	27
[1] アメリカにおける規制の現状と検討状況	27
[2] 欧州における規制の現状と検討状況	27
[3] 日本における規制の現状と検討状況	28
2.3.2 VOCの規制に対する産業界の対応	29
[1] 塗料業界における対応	29
[2] 実装業界における対応	29
第3章 難燃剤の非ハロゲン化とその研究開発動向	31
3.1 高分子材料の燃焼メカニズムと難燃化方法	31
3.1.1 高分子材料の燃焼メカニズム	31
3.1.2 高分子材料の難燃化方法	32
3.1.3 非ハロゲン系難燃化手法および難燃剤	35
3.2 難燃性構造を有する樹脂・ポリマー	37
3.2.1 多芳香環構造を有する樹脂・ポリマー	37
3.2.2 リン含有樹脂・ポリマー	41
3.2.3 窒素含有樹脂・ポリマー	46
3.2.4 リン・窒素含有樹脂・ポリマー	50
3.2.5 けい素含有樹脂・ポリマー	51
3.2.6 その他の難燃性樹脂・ポリマー	52
3.3 リン系難燃剤	53
3.3.1 リン酸エステル系難燃剤	53
3.3.2 縮合型リン酸エステル系難燃剤	56
3.3.3 ポリリン酸塩系難燃剤	59
3.3.4 有機ホスフィン系難燃剤	61
3.3.5 環状有機りん化合物系難燃剤	62
3.3.6 赤りん系難燃剤	64
3.3.7 その他のりん系難燃剤	68
3.4 窒素系難燃剤	70
3.4.1 トリアジン系難燃剤	70
3.4.2 その他の窒素系難燃剤	72
3.5 リン・窒素併用型難燃剤	74
3.5.1 リン・窒素両原子を含む難燃剤	74
[1] ポリホスファゼン	74
[2] リン酸メラミン	75
[3] リン含有アミン化合物	76

3.5.2	りん含有化合物と窒素含有化合物の組み合わせ	77
[1]	メラミンシアヌレートを用いた P/N 併用型難燃剤	77
[2]	その他の窒素含有化合物を用いた P/N 併用型難燃剤	78
[3]	窒素原子含有樹脂を用いた P/N 併用型難燃剤	80
3.6	シリコーン系難燃剤	82
3.6.1	シリコーン系難燃剤	82
3.6.2	シリコーン配合による難燃性樹脂組成物	85
3.7	無機質系難燃剤－水和金属化合物	87
3.7.1	水和金属系難燃剤の製品化状況	87
3.7.2	水酸化アルミニウム系難燃剤の開発動向	89
3.7.3	水酸化マグネシウム系難燃剤の開発動向	90
3.7.4	水和金属系難燃剤の応用状況	92
3.8	無機質系難燃剤－りん・無機質併用型，その他	94
3.8.1	りん・無機質併用型難燃系	94
[1]	りん酸エステル系難燃剤・水和金属化合物併用型	94
[2]	ポリりん酸塩系難燃剤・水和金属化合物併用型	95
[3]	赤りん・水和金属化合物併用型	95
[4]	ホスファゼン化合物・水和金属化合物併用型	97
[5]	その他	97
3.8.2	その他の難燃剤	98
[1]	硫酸金属塩・スルホン酸金属塩・硫黄化合物	98
[2]	ほう酸亜鉛・ほう素化合物	99
[3]	錫酸亜鉛・錫化合物	100
[4]	その他の金属化合物	101
3.9	その他の難燃剤・難燃化手法	103
[1]	膨張性黒鉛	103
[2]	ファイン化・ナノサイズ化	104
[3]	層状無機化合物を用いるナノコンポジット（インターカレーション法）	105
[4]	その他	107
第4章	はんだの鉛フリー化とその研究開発動向	108
4.1	はんだについての基本的事項	108
[1]	はんだの種類・組成・特性	108
[2]	フラックス	109
[3]	ハンダ付けの方法	110
[4]	はんだ付けに関わる要件・基礎的現象	110
4.2	はんだの鉛フリー化における課題と取組み状況	112
[1]	鉛フリーはんだに対する要求特性	112
[2]	鉛フリーはんだ開発の取組み状況	112

[3] 鉛フリーはんだ合金の組成と分類	115
[4] 鉛フリーはんだの特徴と問題点	117
4.3 鉛フリーはんだ合金に関する研究開発	124
4.3.1 鉛フリーはんだ合金の組成	124
[1] Sn-Ag 系鉛フリーはんだ合金	126
[2] Sn-Ag-Cu 系鉛フリーはんだ合金	127
[3] Sn-Ag-Bi 系鉛フリーはんだ合金	128
[4] その他の Sn-Ag 系鉛フリーはんだ合金	129
[5] Sn-Cu 系鉛フリーはんだ合金	130
[6] Sn-Bi 系鉛フリーはんだ合金	131
[7] Sn-Bi-Ag-Cu 系鉛フリーはんだ合金	133
[8] Sn-Zn 系鉛フリーはんだ合金	134
[9] Sn-Sb 系鉛フリーはんだ合金	136
4.3.2 鉛フリーはんだ合金の組成（公開特許）	136
4.3.3 鉛フリーはんだ合金の組成（各社の製品）	142
4.3.4 濡れ性・はんだ付け性	151
[1] 濡れ性の評価方法	151
[2] はんだの融点	152
[3] 濡れ時間	153
[4] 接触角・濡れ広がり	156
[5] ブリッジ	158
4.3.5 接合信頼性	159
[1] 機械的特性	159
[2] リフトオフ	160
4.3.6 疲労特性（経時的信頼性）	163
[1] 高温保持による強度劣化	163
[2] 温度サイクルによる劣化（熱疲労・疲労寿命）	165
[3] クリープ疲労特性	169
4.4 鉛フリーはんだの応用・製品	171
4.4.1 はんだペースト	171
[1] 鉛フリーはんだペーストに特有の問題点	171
[2] 各社の製品と開発状況	172
4.4.2 はんだボール	180
4.4.3 はんだメッキ	183
[1] Sn-Cu 系合金メッキ	184
[2] Sn-Ag 系合金メッキ	185
[3] Sn-Bi 系合金メッキ	185
[4] Sn-Zn 系合金メッキ	186
[5] 鉛フリーはんだバンプの作製	186
4.5 鉛フリーはんだの特許問題	187

第5章 VOCの低減・フリー化とその研究開発動向	189
5.1 樹脂系材料のVOC低減・フリー化	189
[1] VOCの低減・水性化	189
[2] VOCフリー化・無溶剤化	190
[3] 水溶性化	192
[4] 水溶性フォトポリマー	193
5.2 フラックス・はんだペーストのVOCフリー化	197
5.2.1 フラックスについての基本的事項	197
[1] フラックスの供給方法	197
[2] フラックスの種類（組成）	198
[3] 水溶性フラックス	199
5.2.2 フラックス	200
5.2.3 はんだペースト	204
5.3 洗浄剤のVOCフリー化	205
[1] 水系洗浄剤	206
[2] 準水系洗浄剤	207
[3] VOCの除去・処理装置	208
第6章 ま と め	210
6.1 難燃剤の非ハロゲン化	210
[1] ハロゲン系難燃剤の環境問題	210
[2] ハロゲン系難燃剤の環境規制	210
[3] 難燃剤の非ハロゲン化	211
6.2 はんだの鉛フリー化	212
[1] 鉛系はんだの環境問題	212
[2] 鉛系はんだの環境規制	212
[3] はんだの鉛フリー化	212
6.3 VOCの低減・フリー化	214
[1] VOC（揮発性有機化合物）の環境問題	214
[2] VOC（揮発性有機化合物）の環境規制	214
[3] VOCの低減・フリー化	214
略 語 表	217
参考文献	219
参考特許	228