

技 術 資 料

技 資 第 1 3 9 号

ノンハロゲン電線・ケーブルにおける
リン系難燃剤の環境影響について

平成 18 年 4 月

産業用電線・ケーブル専門委員会

材 料 小 委 員 会

目 次

1. まえがき	1
2. リン系難燃剤の種類と特徴	1
3. リン系難燃剤に関する法規制	2
4. リン系難燃剤に関するユーザーの見方	4
5. 赤リン系難燃剤の必要性和環境負荷評価	4
5.1 赤リン系難燃剤の有効性	5
5.2 赤リン系難燃剤のライフサイクルにおける環境負荷について	6
5.3 赤リンからのホスフィン発生についての過去の実験結果（文献より）	10
5.4 赤リンからのホスフィン発生についての実験結果	11
5.4.1 試料	12
5.4.2 実験方法	12
5.4.3 結果	13
6. 赤リン以外のリン系難燃剤	14
7. リン系難燃剤の環境負荷に関する考察	15
7.1 製造、燃焼時のホスフィンの発生	15
7.2 使用、廃棄時のオキソ酸の溶出	15
8. まとめ	16
参考文献	18

1. まえがき

高分子材料を被覆している電線・ケーブルにとって、難燃性は非常に重要な性能の一つである。このため、要求される難燃性能は電線品種毎に規格で規定されており、被覆材料には必要に応じて各種の難燃剤が使用されている。また一方で、国内の各種化学物質管理やリサイクル関連法の制定、欧州を中心とした環境負荷物質の規制が強化される中で、電線・ケーブルも火災時の安全性を確保しながら製造・使用・廃棄の全ての段階で環境負荷の小さいことが求められている。

難燃剤の中でも、リン系難燃剤は比較的少量で難燃効果や他の難燃剤との相乗効果を示す有効な難燃剤であり^{1,2)}、特にハロゲンフリー化の動向の中で、ノンハロゲン電線・ケーブルやエンブラ系の難燃剤として重要性が高まっている。リンは自然界にありふれた元素であり、生物にとっても体内のエネルギー源や生体を構成するために必要不可欠な元素である。また、その化合物の用途は化学肥料、農薬、工業用触媒から食品添加物まで幅広い。しかしながら、その環境影響に関しては不明確な点が多く、リン系農薬の規制や湖水の富栄養化などとの混同・誤解やアレルギー物質に関する報道などから³⁾、ユーザーに漠然とした忌避感を持たれている場合があるとともに、ホスフィンの発生や神経毒性などの懸念点が残っているのも事実である^{4,5,6,7,8)}。

このため、電線・ケーブルの材料小委員会では、電線・ケーブルに適したリン系難燃剤を探索するために、難燃剤リン検討 WG を立ち上げて、リン系難燃剤の環境影響と各種規制等について総合的、定量的評価のための調査を行い、本調査報告書としてまとめた。

なお、調査にあたっては社団法人日本難燃剤協会から各種データや文献提供等の協力を得た。

2. リン系難燃剤の種類と特徴^{1,2)}

リン系難燃剤は多くの高分子材料の難燃化に使用されており、国内では無機系難燃剤、ハロゲン系難燃剤に次ぐ量が使用されている。リン系難燃剤は、燃焼時の加熱によって、リン化合物→リン酸→メタリン酸→ポリメタリン酸のように変化し、固相におけるチャー（炭化皮膜）生成、熔融ガラス層の生成、気相におけるラジカルトラップ効果、多孔質発泡チャーの生成等の難燃化機構によって高い難燃性を示すとされ、また、その難燃化効率はリン元素含有量にほぼ比例して上昇する。

現在、熱可塑性樹脂に使用されているリン系難燃剤を大別すると次のように分類され、主要なリン系難燃剤の用途は表 1 の通りである⁹⁾。

- | | |
|-------------------------------|-------|
| 1) リン酸エステル（モノマー型、縮合型） | } 有機系 |
| 2) 含ハロゲンリン酸エステル（モノマー型、縮合型） | |
| 3) 赤リン系化合物 | } 無機系 |
| 4) リン酸塩 | |
| 5) その他（フォスフォネート、反応型、フォスファゼン等） | |