

「難燃化の最新技術と難燃剤の選定・使用法」 目次

第1編 難燃規制の動向

第1章 欧州の主要な化学物質規制と難燃剤について

- はじめに
- 欧州の主要な化学物質規制について
 - 欧州の法律の分類
 - REACH規則：Regulation (EC) 1907/2006
 - CLP規則：Regulation (EC) 1272/2008
 - RoHS指令：Directive 2011/65/EU (RoHS 2)
 - EU エコラベル(別名：EU エコフラワー)：

Regulation (EC) 66/2010

- 参考情報
- おわりに

第2編 難燃化技術概論

第1章 難燃化技術の概況と安全性・環境問題

- はじめに
- 有機材料の燃焼の初期過程と定常状態
 - 燃焼の定常状態
- 難燃メカニズム
 - 気相のラジカルトラップによる難燃化
 - 炭化層形成による難燃化
 - 材料自体の燃焼性の抑制
- 新たな難燃手法

第2章 高分子難燃機構の基本と最近の進歩

- はじめに
- 高分子材料の燃焼性と難燃機構の基本
 - 相乗効果系三酸化アンチモン代替難燃剤の特徴と難燃機構
 - 吸熱反応による難燃機構を示す水和金属化合物の難燃剤による気相、固相での難燃機構の強化と表面処理、粒子径の細粒化による難燃機構の修正
 - アゾアルカン化合物による気相での難燃機構
 - 気相での効果が高い環状りん化合物の難燃機構
- Intumescent 難燃系 (IFR) の難燃剤によるチャー層の増量、安定化
- 水和金属化合物の難燃剤によるチャー安定化効果

2.7 高難燃効果を期待できる反応型難燃化技術と難燃機構

- ドリップ防止機構
- ナノコンポジット難燃材料の難燃機構の研究

3 難燃機構の評価試験方法

- 気相における難燃機構
- 固相における難燃機構

4 おわりに

第3章 難燃剤固定化フィラーを用いる難燃化技術

- はじめに
- フィラー表面への難燃剤固定化の意義
 - 難燃剤の問題点
 - 難燃剤固定化フィラー
- 表面グラフト化の方法
- ハロゲン系難燃剤固定化フィラー
 - シリカ表面へのハロゲン系難燃剤の固定化
 - ハロゲン系難燃剤固定化シリカの特長
 - 難燃剤固定化シリカを充填したエポキシ樹脂からの難燃剤の溶出試験
 - まとめ
- リン系難燃剤固定化フィラー
 - シリカ表面へのリン系難燃剤の固定化
 - リン系難燃剤固定化シリカの特長
 - リン系難燃剤固定化シリカを充填したエポキシ樹脂からの難燃剤の溶出試験
 - まとめ
- おわりに

第3編 各種難燃剤の種類、特性、最新動向

第1章 臭素系難燃剤

- はじめに
- 特性
 - 難燃性能
 - 無尽蔵の原料ソース
 - 物性の低下が少ない
 - 種類の多さ
 - リサイクル性が優れている
 - カーボンフットプリント (CFP)

- 2.7 Trade-Off
- 2.8 POPs (国連環境プログラムの難分解性、高蓄積性、長距離移動性、有害性物質)
- 2.9 Sustainable Products
- 3 臭素系難燃剤の種類
- 4 樹脂別臭素系難燃剤の種類
- 5 樹脂別難燃剤の性能評価事例
- 6 最新動向
- 7 おわりに

第2章 リン酸エステル系難燃剤の難燃化機構と開発動向

- 1 はじめに
- 2 リン酸エステル系難燃剤の難燃化機構
- 3 リン酸エステル系難燃剤の難燃性と諸物性
- 4 リン酸エステル系難燃剤の開発動向
 - 4.1 家電、OA用途
 - 4.2 ポリウレタンフォーム用途
 - 4.3 ポリエステル繊維用途
- 5 おわりに

第3章 高難燃効率を有する環境適応型難燃剤

—添加型および反応型りん系難燃剤—

- 1 はじめに
- 2 クラリアント社 Exolit OP シリーズの特徴
- 3 ポリアミド樹脂への応用
- 4 ポリエステル樹脂への応用
- 5 フォスフィン酸金属塩系難燃剤の環境特性
- 6 プリント回路基板への応用
- 7 新規反応型難燃剤 Exolit EP シリーズ

第4章 イントメッセント系難燃剤

- 1 はじめに
- 2 イントメッセント系難燃剤とは？
- 3 難燃性能
- 4 煙、一酸化炭素の抑制効果
- 5 おわりに

第5章 リン系難燃剤 (赤リン)

- 1 はじめに
- 2 赤リン系難燃剤の特徴
 - 2.1 高難燃性
 - 2.2 ノンハロゲン系

2.3 相乗効果

- 3 難燃機構
- 4 用途
- 5 使用上の留意点
 - 5.1 安全性
 - 5.2 着色

第6章 ホウ酸ナトリウム系難燃剤の特長と塗布による新しい難燃加工技術

- 1 はじめに
- 2 非晶質ホウ酸ナトリウムについて
- 3 ポリホウ酸ナトリウム水溶液の含浸による難燃・不燃化の例
 - 3.1 木材 (無垢) の不燃化
 - 3.2 集成材の不燃化
 - 3.3 PET (ポリエステル) 系不織布の難燃化
 - 3.4 ウレタンフォームの難燃化
- 4 ポリホウ酸ナトリウムとデンプンを複合化した難燃塗布膜
 - 4.1 含浸から塗布へ
 - 4.2 デンプンとの複合化のアイデア
 - 4.3 デンプン・ポリホウ酸ナトリウム混合溶液の調製
 - 4.4 塗布方法
 - 4.5 塗布した硬質ウレタンフォームの難燃性能
 - 4.6 塗布したポリプロピレン不織布の難燃性能

- 5 おわりに

第7章 アンチモン系難燃剤

- 1 はじめに
- 2 三酸化アンチモンの国内需要と原料価格
- 3 アンチモン系難燃剤の難燃効果
- 4 三酸化アンチモンを配合した樹脂の難燃性および物性
 - 4.1 はじめに
 - 4.2 三酸化アンチモンの平均粒子径と難燃性の関係
 - 4.3 三酸化アンチモンの平均粒子径と樹脂の透明性の関係
 - 4.4 三酸化アンチモンの平均粒子径と樹脂強度の関係
- 5 アンチモン系難燃剤の基本物性
- 6 アンチモン酸ナトリウムを配合した樹脂の難燃性および樹脂物性

- 6.1 はじめに
 - 6.2 アンチモン酸ナトリウムの難燃性
 - 6.3 アンチモン酸ナトリウムの耐熱性
 - 6.4 アンチモン酸ナトリウムを配合したポリエステル系樹脂の耐加水分解性
 - 6.5 アンチモン酸ナトリウムの屈折率
 - 7 アンチモンのリスク評価について
 - 8 おわりに
- 第8章 無機系難燃剤(水酸化マグネシウム)
- 1 はじめに
 - 2 水酸化マグネシウムの熱的性質とプラスチック難燃化機構
 - 3 水酸化マグネシウムの低発煙性
 - 4 用途および応用例
 - 5 開発品/超耐酸性グレード
 - 6 おわりに

第4編 樹脂別難燃化技術と難燃性評価

- 第1章 ポリウレタンの難燃化
- 1 はじめに
 - 2 高分子材料の燃焼現象の基本的な捉え方(概要)
 - 2.1 燃焼の3要素
 - 2.2 非定常な化学反応
 - 2.3 燃焼現象の説明(ローソク火炎および火炎伝播の模式図)
 - 2.3.1 ローソク火炎の模式図
 - 2.3.2 火炎伝播の模式図
 - 3 ポリウレタンの難燃性評価試験方法
 - 3.1 微小材料試験方法および実大規模試験方法の関係
 - 3.2 ポリウレタン特有の難燃性試験方法
 - 3.3 プラスチック共通の難燃性評価試験方法
 - 4 ポリウレタンの耐熱性、燃焼特性
 - 5 ポリウレタンの難燃化(難燃対策)
 - 5.1 概要
 - 5.2 添加型難燃剤による難燃化技術
 - 5.2.1 難燃化の方法
 - 5.2.2 難燃剤の種類
 - 5.2.3 作用・効果、長短所
 - 5.2.4 複数の難燃剤による相乗効果(相乗作用)

- 5.2.5 応用例
- 5.3 反応型難燃剤による難燃化技術
- 5.4 イソシアヌレート結合の導入
- 5.5 後処理難燃化技術
- 6 おわりに

第2章 ポリプロピレン (PP) 樹脂の難燃化

- 1 はじめに
- 2 PPの難燃化のニーズ
- 3 PPの難燃化の方法
 - 3.1 臭素系難燃剤によるPPの難燃化
 - 3.2 金属水和物系難燃剤によるPPの難燃化
 - 3.3 リン酸塩系難燃剤によるPPの難燃化

第3章 ポリエチレンテレフタレート (PET) 樹脂の難燃化

- 1 PET樹脂
- 2 GF-PET樹脂の難燃化
 - 2.1 ハロゲン系難燃剤による難燃化
 - 2.2 非ハロゲン難燃剤による難燃化
- 3 難燃GF-PET樹脂に残された課題
- 4 今後の展望

第4章 PMMAの難燃化 —透明難燃材料の難燃化

- 1 はじめに
- 2 PMMA樹脂の特徴、特性と難燃化技術
 - (1) リン酸エステルによる難燃化技術
 - (2) 無機系難燃剤の水酸化AL等による難燃化技術
 - (3) ナノコンポジット技術を利用した難燃化技術
- 3 おわりに

第5章 ポリカーボネート樹脂とフィルムの難燃性

- 1 ポリカーボネート樹脂について
- 2 難燃性について
- 3 今後の展開、将来展望

第6章 エンジニアリングプラスチックの難燃化技術

- 1 はじめに
- 2 ポリエステル系樹脂
- 3 ポリカーボネート系樹脂
- 4 ポリアミド系樹脂
- 5 おわりに

第7章 バイオプラスチックの難燃化

—難燃性ポリ乳酸組成物の開発

- 1 はじめに
- 2 水酸化アルミニウムの添加によるポリ乳酸の難燃化
- 3 水酸化アルミニウムとフェノール樹脂の併用による

ポリ乳酸の難燃化

- 4 まとめと今後

第5編 用途別難燃化技術と難燃性評価

第1章 事務機器における樹脂の難燃化

- 1 事務機器に使用される樹脂材料への難燃要求
- 2 難燃樹脂の法的規制動向とその対応
- 3 富士ゼロックスにおける樹脂材料の環境対応活動
- 4 難燃樹脂の材料技術課題への取り組み
 - 4.1 ノンハロゲン難燃剤の課題
 - 4.2 ノンハロゲン難燃樹脂の開発
 - 4.2.1 リン系難燃剤の開発動向
 - 4.2.2 リン系難燃剤以外のノンハロゲン難燃技術
- 5 バイオマス樹脂
- 6 おわりに

第2章 AVC 製品における難燃樹脂の動向と触媒系新難燃機構による環境樹脂の難燃化

- 1 はじめに
- 2 AVC (Audio, Visual and Computer) 製品における難燃性
 - 2.1 テレビにおける難燃樹脂
 - 2.2 DVD, BD 機器における難燃樹脂
 - 2.3 その他
- 3 リサイクルと難燃樹脂
 - 3.1 家電リサイクルの現状
 - 3.2 マテリアルリサイクル
- 4 触媒系新難燃機構による樹脂材料の難燃化方法
 - 4.1 高分子材料の燃焼と一般的難燃理論
 - 4.2 触媒を用いたポリ乳酸 (PLA) の難燃化
 - 4.2.1 検討対象の樹脂
 - 4.2.2 難燃剤
 - 4.2.3 燃焼試験
 - 4.2.4 熱分析手法
 - 4.2.5 GPC 測定法
 - 4.3 結果と考察

4.3.1 垂直燃焼実験結果

4.3.2 熱分解分析結果

4.3.3 燃焼前後の分子量変化による考察

5 触媒系新難燃機構による高分子アロイの難燃化

5.1 高分子アロイの熱分解挙動

5.2 触媒系難燃剤混練による難燃化

第3章 基板材料 (ポリイミド) の難燃化

- 1 基板材料 (ポリイミド) に求める難燃性
- 2 ポリイミド基板材料の難燃化技術
 - 2.1 従来のポリイミド基板材料の難燃化
 - 2.2 最近のポリイミド基板材料の難燃化技術
- 3 今後の展望

第4章 電線・ケーブルの難燃化

- 1 はじめに
- 2 電線・ケーブル難燃化の推移
- 3 難燃化技術と応用開発事例
- 4 難燃性試験法の動向
 - 4.1 着火・延焼性
 - 4.2 発熱性
 - 4.3 発煙性
 - 4.4 毒性ガス
 - 4.5 腐食性
- 5 おわりに

第5章 リチウムイオン電池の難燃化

- 1 はじめに
- 2 市販リチウムイオン電池の現状
- 3 リチウムイオン電池の構成と安全性
- 4 リチウムイオン電池実用化の歴史的経緯と安全性
- 5 リチウム電池の発火メカニズム
- 6 市販電池の安全性確保策
- 7 リチウム電池の今後の展開と安全性
- 8 リチウム電池の発火トラブル例
- 9 電池の安全性向上のための電解液の検討状況

第6章 木材の難燃化技術

- 1 木材に求められる難燃性
- 2 木材の難燃処理
- 3 課題と今後の展望
 - 3.1 吸湿に伴う薬剤の噴出し

- 3.2 屋外使用時の薬剤の溶出
- 3.3 品質管理に向けた課題
- 3.4 木質耐火構造への難燃処理木材の利用

第7章 建築分野の難燃化技術

- 1 建材に求められる防・耐火性能
- 2 難燃化技術の現状
- 3 難燃化建材の開発課題と今後の展望

第6編 評価試験方法

第1章 UL規格・試験方法

- 1 ULとは
- 2 UL94 燃焼試験規格
 - 2.1 試験のポイント：燃焼試験箱>
 - 2.2 試験のポイント：ガス流量>
 - 2.3 試験のポイント：垂直燃焼試験>
 - 2.4 試験のポイント：5V 燃焼試験>
- 3 UL746A 耐着火性試験規格
- 4 製品安全への利用
- 5 機器外部の着火源
- 6 電気・電子機器メーカーの要求

第2章 建築材料における不燃・準不燃・難燃材料の評価・試験法

- 1 建材における不燃化・難燃化の重要性
- 2 防火材料とは（不燃材料、準不燃材料、難燃材料）
- 3 建築基準法の内装制限
- 4 防火性能試験
 - 4.1 発熱性試験
 - 4.2 その他の試験方法について
- 5 性能評価を受ける場合の留意事項
- 6 おわりに

第3章 コーンカロリメータ

- 1 はじめに
- 2 燃焼サイクル
 - 2.1 測定原理
 - 2.2 コーンカロリメータの構成
 - 2.3 酸素分析計
 - 2.4 燃焼チャンバ
 - 2.5 校正装置

- 3 壁紙の代表的な燃焼
- 4 最近の難燃化技術
 - 4.1 垂直燃焼試験
- 5 おわりに

第7編 難燃材料加工技術

第1章 難燃材料のコンパウンディングと成形加工技術

- 1 はじめに
- 2 コンパウンディング技術
 - 2.1 密閉混練機によるコンパウンディング
 - 2.1.1 混練設備
 - 2.1.2 混合方法、混合条件
 - 2.2 2軸押出機によるコンパウンディング
 - 2.2.1 2軸押出機と付帯設備
 - 2.2.2 コンパウンディング方法
- 3 押出加工技術
 - 3.1 難燃材料の配合設計から見た加工性向上
 - 3.2 押出機および付帯設備から見た加工性向上
 - 3.3 押出加工でのトラブル対策
- 4 射出成形技術
 - 4.1 射出成形設備の特徴と難燃材料加工の留意点
 - 4.2 射出成形のトラブル対策
- 5 おわりに