

# 低抵抗型永久帯電防止剤

プラスチックは、成形性、軽量性、電気絶縁性などの優れた特性を有し、家電・OA機器のハウジング（外装・カバーなど）、包装材料、自動車内装材、建築材料、雑貨など各産業分野で広く使用されている。

しかしながら、プラスチックが持つ絶縁性のため表面が帯電しやすく、静電気に由来する数多くの問題が生じる。冬場に車に乗るときやドアノブに触れたとき、服を脱ぐ際の電撃ショックによる不快感も静電気に由来する問題の1つである。産業分野では、プラスチック製フィルムどうしのはり付き、プラスチック製品へのほこりや汚れの付着による不良品の発生、電気機器の誤作動によるシステム障害の問題、さらには粉じん爆発や火災の原因といった災害につながることもある。特に近年、エレクトロニクス分野において、電子部品・デバイスなどの微細化、高密度化が加速し、静電気放電による電子機器の誤作動や損傷に対する問題がますます大きくなってきている。

このような静電気に由来する問題を回避するために、使用目的に応じてプラスチックの表面固有抵抗値を制御する方法がとられている。その制御法の1つが帯電防止剤を用いる方法であり、プラスチックの表面固有抵抗値を制御する

ために使用されるものである。

本稿では、当社が開発した永久帯電防止剤『ペレストット』『ペレクトロン』について紹介する。

## ◆帯電防止

プラスチックの帯電防止では、帯電防止剤を用いてプラスチック自体を導電化する方法が一般的であり効果的である。ほこり付着防止が目的であれば、表面固有抵抗値を少なくとも $10^{12}$ Ω台以下にすればよい。従来から行われている方法としては、界面活性剤をプラスチックの表面に塗布する方法と内部に練り込む方法がある。これは、表面に存在する親水性の高い界面活性剤が空気中の水分を通して静電気を漏れさせ、帯電防止性を付与するものである。しかし、これらの方法では効果の持続性が乏しく、水洗いや布ふきなどで効果が低下する。また、空気中の水分吸着を利用しているため、湿度依存性が大きいなどの欠点もある。

これらの欠点を解消する方法として、カーボンブラックを導電性フィラーとして添加する方法がある。この方法は、プラスチック中に分散した導電性フィラーが電荷の通り道である導電回路を形成することで導電性を付与するものであり、効果の持続性や湿度依存性に優れている。しかし、一般的に約20～30質量%の添加量が必要なため、衝撃強度などの樹脂物

## 野田英利

機能性樹脂研究部ユニットチーフ

〔紹介製品のお問い合わせ先〕

当社樹脂・色材本部樹脂産業部

性の低下や外観不良、成形性の悪化などが発生する。さらに、フィルター自体の色の影響でカラフルな着色ができず、処理コストも高くなるため、限られた範囲にしか使用できないといった問題もある。

## ◆高分子型帯電防止剤

近年、導電回路の形成に重要な役割を果たす導電性ユニットである親水性セグメントを持つ高分子を、プラスチックと相溶化（アロイ化）させることで帯電防止性を半永久的に保持する高分子型帯電防止剤が注目されている。高分子型帯電防止剤は、従来の界面活性剤型の帯電防止剤と異なり、水洗いや布ふきなどでも帯電防止効果が低下することなく、半永久的に保持されることから、永久帯電防止剤とも呼ばれている。

高分子型帯電防止剤は、界面活性剤型と同様、親水性セグメントの化学構造によりアニオン、カチオン、両性、非イオンに分類され、これらを導電性ユニットとして分子内に組み込んだ高分子で、通常数万の分子量を有する。これらの中でも、非イオンに分類されるポリエチレンオキシド（PEO）鎖は、イオン伝導性を有する数少ない汎用ポリマーの1つであり、PEO鎖を導電性ユニットとして用いる例が多い。そのほかにも、ポリエチレングリコールメタクリレート共重合体、ポリエーテルエステルア

ミド、ポリエーテルアミドイミド、ポリエーテルエステル、ポリエチレンオキサイド-エピクロルヒドリン共重合体などが提案されている。

### ◆高分子型永久帯電防止剤『ペレスタット』

当社は、すでに高分子型帯電防止剤『ペレスタット』シリーズを製品化している。『ペレスタット』は、導電性ユニットとしてPEO鎖を有する特殊ブロックポリマーであり、アクリロニトリル-ブタジエンスチレン(ABS)樹脂、耐衝撃性ポリスチレン(HIPS)樹脂、アクリル樹脂、ポリアミド樹脂、ポリオレフィン樹脂、ポリカーボネート(PC)/ABSアロイ樹脂など各種プラスチックへ10質量%程度添加することで、永久帯電防止性を付与することができる。主な特長を以下に列挙する。

①成形直後から優れた帯電防止効果を発揮し、その効果が半永久的に持続する。

②プラスチック自体の機械特性や表面特性を著しく低下させない。

③熱安定性に優れ、成形品の耐熱性を損なわない。

④各種樹脂への分散性が優れ、適用樹脂の幅が広い。

⑤低湿度下でも高い帯電防止効果を発揮する。

⑥ブリードアウトがなく、接触物の汚染が少ない。

⑦導電性フィラーと比較して、顔料で任意にカラーリングが可能である。

これらの特長は『ペレスタット』の帯電防止性の発現機構を考えると理解しやすい。摩擦帯電などによってプラスチック表面に蓄積した電荷を効果的に逃がすための一般的な考え方として、絶縁性のプラスチックに対し、①適度な導電性を有する材料で、②導電回路を形成する必要がある。①については『ペレスタット』はイオン伝導性のPEO鎖を有しており、『ペレスタット』自身の表面固有抵抗値は $10^7 \sim 10^9 \Omega$ を示す。また、②については『ペレスタット』を樹脂中で筋状に分散させることが導電回

路を形成させる点で重要である。

通常、樹脂の物性を維持したまま帯電防止性を付与するためには、『ペレスタット』と樹脂は非相溶性で『ペレスタット』が樹脂の表面に集まるようにすることが好ましい。耐衝撃性などの機械的強度を考えた場合は、分散相となる『ペレスタット』をできるだけマイクロ分散させ筋状に分散させる必要がある。『ペレスタット』の筋状ネットワーク構造の形成は、樹脂の熔融混練時の分散および成形時のせん断応力をうまく活用することによって可能となる。すなわち、図1に示すように熔融混練プロセスによって『ペレスタット』を粒子状に微分散し、成形時のせん断応力により、せん断方向(横方向)へ筋状に配向させる方法をとることである。

一方、高分子型帯電防止剤は前述のように優れた特長を有するが、界面活性剤型と比較するとプラスチック内部にも分散しているため、一般的に添加量が多くなることが欠点にあげられる。また、電子機

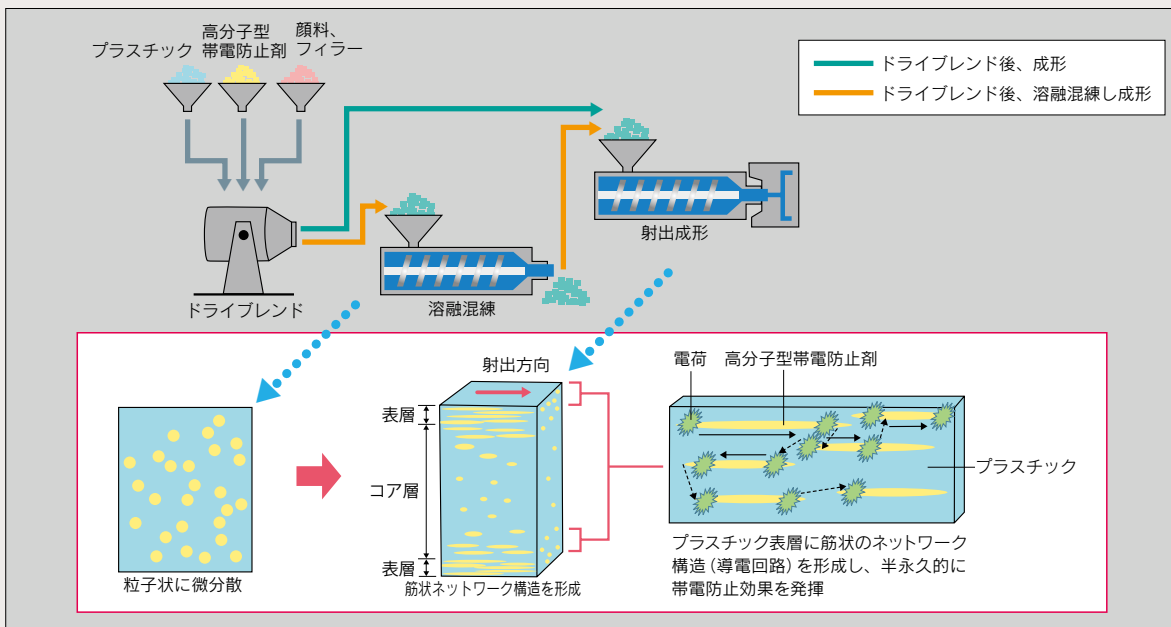


図1 ●高分子型帯電防止剤の帯電防止性の発現機構

## 低抵抗型永久帯電防止剤

器などに用いるには、プラスチックの表面固有抵抗値を $10^9\Omega$ 以下とすることが必要であるが、従来の高分子型帯電防止剤自体の表面固有抵抗値が $10^7\Omega$ であり、表面固有抵抗値を $10^9\Omega$ 以下とすることは困難であった。表面固有抵抗値を $10^9\Omega$ 以下とするためには、通常20質量%以上の添加量が必要であり、樹脂の機械物性や耐熱性の低下など、実用上の問題点があったからである。

### ◇低抵抗型永久帯電防止剤『ペレクトロン』

『ペレクトロン』シリーズは、当社独自のポリエーテル系ブロックポリマーによる帯電防止性付与技術をさらに進化させたものであり、『ペレスタット』の優れた特長を維持しながら『ペレスタット』と比較して少量の添加量(3~4質量%程度)で永久帯電防止性を付与できることが最大の特長である。

『ペレクトロン』自身の導電性については、ポリエーテル鎖のイオン伝導性を最大限に発揮する組成設計を行うことで、表面固有抵抗値を $10^6\Omega$ まで低くすることができ、これに分散制御技術(帯電防止剤の相溶性と熔融粘性の制御)を組み合わせることで、成形品表層部に効率的に筋状の導電回路を形成させることが可能となった。これにより『ペレスタット』と比べて、1/3~1/4の添加量で永久帯電防止性を付与することができた。

『ペレクトロン』が上記の特長を持つことで、これまで高分子型永久帯電防止剤が使用されていなかった分野にも展開が可能となった。代表例として『ペレク

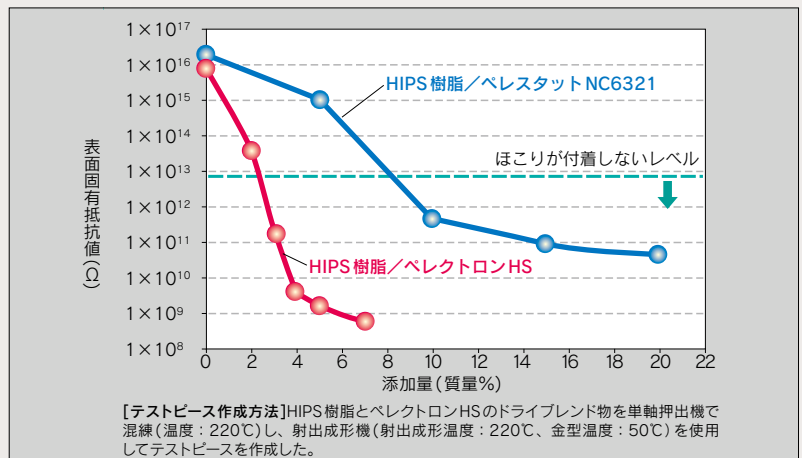


図2 ●『ペレクトロン HS』の添加量と帯電防止性の関係

トロンHS』をHIPS樹脂に使用した場合の添加量と帯電防止効果(表面固有抵抗値)の関係を図2に示す。高分子型帯電防止剤(『ペレスタットNC6321』)は、HIPS樹脂に対して添加量が10質量%程度必要であったが、3質量%程度の添加量で優れた帯電防止効果を発現している。

図3に本アロイ系の射出成形品の透過型電子顕微鏡(TEM)写真を示す。このTEM写真による観察結果より『ペレクトロン』がHIPS樹脂の表層付近で筋状に引き伸ばされて存在し、電荷の導電回路となっていることがわかる。

表1に本アロイ系での帯電防止効果と樹脂物性評価例を示す。また、図4に界面活性剤型帯電防止剤と比較した帯電防止効果の持続性の比較を示す。プラスチック

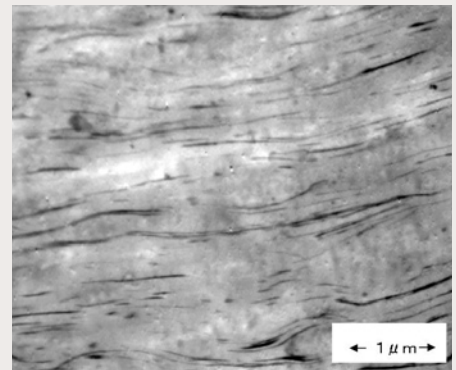


図3 ●HIPS樹脂/ペレクトロン(3質量%)成形品表層部の電子顕微鏡(TEM)写真(黒い筋状に見えるのがペレクトロン)

ク本来の機械特性を低下させず、持続性に優れた帯電防止性の付与が可能である。

このように『ペレクトロン』シリーズは少量の添加量で優れた帯電防止効果を発揮する。『ペレクトロン』シリーズの性状例、添加量と対象プラスチックを表2に、図5に応用例を示す。対象プラスチックに応じた高分子型帯電防止剤の選択が重要であり、今後シリーズの充実を図っていく。

表1 ●『ペレクトロン HS』を添加した HIPS 樹脂の特性

ペレクトロンHSの添加量(質量%)	0	3	6
表面固有抵抗値(Ω)	$1 \times 10^{16}$	$2 \times 10^{11}$	$1 \times 10^9$
引張強度(MPa)	19	19	18
曲げ弾性率(MPa)	1,690	1,640	1,600
アイソット衝撃強度[ノッチ付き](kJ/m <sup>2</sup> )	6	5	5

[テストピース作成方法]HIPS樹脂とペレクトロンHSのドライブレンド物を単軸押出機で混練(温度: 220℃)し、射出成形機(射出成形温度: 220℃、金型温度: 50℃)を使用してテストピースを作成した。

## 低抵抗型永久帯電防止剤

有用性、必要性が徐々に認識され、電気・電子分野を中心にその市場は広がってきた。

今後も、高度化する静電気放電対策や防塵対策を背景に、「必要な分野」から「望ましい分野」へと需要のすそ野が広がり、あらゆる分野でますますその応用範囲が拡大されるものと期待される。その意味で、永久帯電防止剤の潜在需要はきわめて大きく、その潜在需要を顕在化するために、性能とコストにおいてさらにいっそうの技術革新が必要である。当社が新たに開発した『ペレكتروン』シリーズは、まさにこのように市場ニーズに対応した製品であり、永久帯電防止剤が各分野へ広く普及することを期待している。

### 参考文献

- 1) 高井好嗣、静電気学会誌、21(5)、212 (1997)
- 2) 『帯電防止材料の設計と使用法』サイエンス&テクノロジー (2007)
- 3) 藤本武彦監修『高分子薬剤入門』三洋化成(1992)
- 4) 箕哲男監修『パフォーマンス・ケミカalsの機能シリーズ』三洋化成(1999)

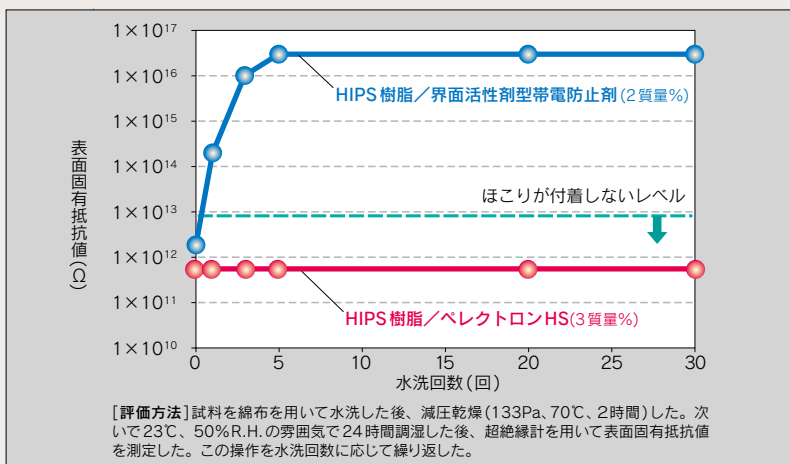


図4 ●帯電防止性の持続性評価

表2 ●『ペレكتروン』シリーズの性状例

項目	製品名	ペレكتروンHS	ペレكتروンPVH
外観		淡黄色ペレット	淡黄色ペレット
融点(℃)		約136	約150
MFR(g/10min) (荷重条件: 190℃、21.18N)		約3	約3
屈折率		1.50	1.50
表面固有抵抗値*1(Ω)		$2 \times 10^6$	$3 \times 10^6$
標準添加量*2(質量%)		3~5	3~5
対象樹脂		HIPS、ABS、PP、 m-PPEなど	PC/ABS

\*1: 帯電防止剤単独の射出成形板を作成後、超絶線計で測定(23℃、50% R.H.)


\*2: 表面固有抵抗値 =  $10^{11} \sim 10^{12} \Omega$  を付与する添加量

### ◆今後の展開

当社が1994年に永久帯電防止剤『ペレスタット』シリーズを上市して以来、ABS樹脂やHIPS樹脂

などのスチレン系樹脂だけでなく、オレフィン系樹脂向けなど、各対象樹脂へのラインアップを行ってきた。その間、永久帯電防止剤の

電子部品・回路の保護



電子部品搬送トレーに



ICトレーに

電撃ショックの防止



フロアマット

誤動作の防止



コピー機に

ほこり・汚れの防止



テレビに



掃除機に

表面固有抵抗値  
(帯電防止領域)

$10^9 \Omega$  ← →  $10^{12} \Omega$

図5 ●永久帯電防止剤の応用例