

無機物質粉体(導電性物質、絶縁性物質、双方)へ、
理想的半導体域の帯電防止性能付与を可能とする、
分子化合物(Biomicelle BN-105)による、新手法紹介



(導電性物質はその添加量の軽減と、半導体域帯電防止性能付与可能)

(絶縁性物質にも、均質添加向上と、半導体域帯電防止性能付与可能)

★ レビンダー効果をプラスチックの帯電防止に利用する ★

★ 根底の理論とそれを実践する特定の挙動について ★

令和3年4月19日
株式会社ポロン研究所
研究部

1. これまでの研究開発経過

当ポロン研究所は発足当初から、絶縁性プラスチックに対して帯電防止処理を有効に行う帯電防止剤の研究、開発を主として進めてきました。

その間、21世紀に入って電子工学の目覚ましい発展があり、人間生活や産業活動の場でそれに基づく種々の電子機器製品類が身近に置かれて普遍的に使用されるようになったことで、それらの誤作動や破損の危惧を無くす対策が求められた結果、周囲にあるプラスチック材料や製品に対し一層強力で再現性のある帯電防止措置を講じる必要が生じてきました。

そのことを念頭に置いて、私共の研究所では前々から帯電防止剤(Anchistatic Agent)を上回る高性能の帯電荷完全減衰剤(Charge Complete Decay Agent)を導くための理論とその機能物の構造設計を真剣に考えて、試験体の合成と帯電荷漏洩性の測定を繰り返してきた結果、ピオミセルBN-105という商品名のB・N型ドナー・アクセプター系分子化合物を1品目のみ使用することで、複数のプラスチック製品類に高電圧を印加して発生させた強制帯電荷を5sec以内の短時間で等しく0vまで減衰させるという卓越した事例を見いだすに至りました(注)。

注)ピオミセルBN-105に関しては、日本を含めて7ヶ国の特許を取得しており、また、関係論文を4報発表している。

また帯電荷完全減衰剤の性能に由来するCCDAの記号は商標登録されている。

2. 新技法の解説 無機物粉体の内外全表面にドナー・アクセプター系分子化合物の ピオミセルBN-105を単分子吸着させた新材料が現わす新技法

2. 1 ピオミセルBN-105の電荷移動遷移性を利用する固有の帯電荷漏洩機構について

ここで、先に無機物粉体を共存させていない単純系のプラスチックマトリックス中でのピオミセルBN-105の存在状態について述べますと、B成分、N成分の両方に連結する長鎖アルキル基とプラスチック鎖との間に生じるファンデルワールス力が、均質、多重的に作用して、個体間の距離を安定して縮めているので、付属の第1図および第2図のように電荷移動遷移して、静電気の接近と同時にプラス帯電荷もマイナス帯電荷も関係なく瞬時に吸着、撲滅させると同時に、不安定になった反対電荷を次々に送り出して安定状態の非イオン対からなる分子化合物型に復帰した後、また連続的にCCDAとしての機能を働かせ、0帯電状態を保持するという好循環が維持されるのです(詳しくはP4を参照してください)。

そして、現在この機構が再現性良く観察され、各種のプラスチックが瞬時に不意の帯電荷を0Vまで消滅させるという実態も複数の応用試験を通して、客観的に確認されております¹⁾。

2. 2 無機物粉体を含有させているプラスチック製品を無帯電化させる方法に関し、新たに研究を行う。

一方、プラスチック原材中に無機物粉体を共存させて成形するプラスチック製品では、帯電防止剤を添加しても連続相であるプラスチック中に分散、溶解する前に無機物粉体の方にクーロン力で引かれて、不規則に多重吸着してしまうことがあり、そのために、表面、内部共に帯電防止性能を発現させる量が足りず、また、均質性も悪くなるので、前以って過剰に投入させても、帯電防止剤分子同士の多分子吸着物として存在するので、満足できる有効性はこれまで殆ど見られませんでした。

実はそのことに関して当社では新規な試みとして、共存させる無機粉体に対する前処理操作でピオミセルBN-105を全体的に吸着しておく方法が、無機物粉体配合プラスチック製品の帯電防止対策に有効であるかどうかをそれぞれ調べておりました。

それは、古く1958年と1962年応用界面化学の分野での研究発表例で長鎖アルキル基の末端にOH基やアミノ基を連結している油溶性界面活性剤の溶液を、微小に雑多な裂け目が存在する金属表面に接触させて応力が変化して行く様子を観察した所謂レビンダー(Rebinder)効果²⁾を有機化合物の物性改変に利用しようと常々考えていたからでした。

それで今回、正に当研究所固有のCCDAである分子化合物製品のピオミセルBN-105のB成分が、アルコール性OH基を有し、一方のN成分が三級アミノ基とアミド結合のNH基を有する結晶性炭化水素基からなる格好の素材でしたので、ピオミセルBN-105の特定溶液を炭酸カルシウム、水酸化マグネシウム等の単純な増量材料にレビンダー吸着させた後、注意深く脱溶媒を行って、各粉体の内外全界面にCCDAのピオミセルBN-105分子を均質薄膜吸着させた新規な複合型CCDA組成物を誘導して、国内外でプラスチック工業界初の機能性無機物粉体製品とした後、複数の現行商品との間で電気特性の差異を比較観察したのです。

2.2.1 応用試験例(その1)

その結果の概略を以下の2例で紹介しますが、まず、増量成分の無機物粉体の内外全界面にドナー・アクセプター系分子化合物のピオミセルBN-105が、均質に薄膜吸着した状態を完成させていることは、原料系と生成系の間で平均粒径の差異が、殆ど無いことで確かめました。

また、最表面の表面抵抗率の測定で原料系より生成系の方が著しく高くなっていることから、ピオミセルBN-105の直鎖炭化水素基群が規則正しい結晶個体膜を形成していることも認められました³⁾。

一方で、原料の無機物粉体の最外部が炭化水素基であるという形態は、プラスチックマトリックスとの間で新たにファンデルワールスを働かせる要因になり、その結果、相溶性を増したピオミセルBN-105吸着粉体は、一層細かくなって表面積を増やしつつ、安定分散した状態を構築させて行くのです。

表1は無処理の炭酸カルシウムとレビンダー処理した炭酸カルシウムの最表面の表面抵抗率を比較測定したものであり、また、表2は、プラスチックマトリックスの軟質PVCシートの中にそれぞれの炭酸カルシウム粉末が練りこまれた状態での表面抵抗率を比較測定したものです。

表1 22°C, 22%RHでの表面抵抗率

試験体	表面抵抗率(Ω/□)
①無処理の重炭酸カルシウム	6.3×10^8
②レビンダー処理した重炭酸カルシウム	1.3×10^{11}

表2 22°C, 20%RHでの表面抵抗率

試験体	表面抵抗率(Ω/□)
①による軟質PVCシート(ブランク)	5.0×10^{11}
②による軟質PVCシート(レビンダー処理物配合)	7.9×10^{10}

① のシートは無処理の重炭酸カルシウム 100phr添加物です。

② のシートはBN-10510%レビンダー処理した重炭酸カルシウム 100phr添加物です。

そして、表2の表面抵抗率の相互比較から、無処理のイオン性無機物の炭酸カルシウム①は接近した状態が崩れると電気伝導性が低下しますが、B・N型ドナー・アクセプター系分子化合物のピオミセルBN-105を全界面に薄膜吸着させて軟質PVCマトリックス中にファンデルワールスカで微小均一分散した状態になっている炭酸カルシウム粉体②では、反対に、軟質PVCマトリックス内でピオミセルBN-105同士が接近して電荷移動遷移し、帯電荷を消滅し続けるので、表面抵抗率を半導体域まで下げるといふ新規で有益な実態を示すことが明確に見られます。

つまり、今回紹介させて戴いたレビンダー効果を利用した新技法では、本来の接触型通電剤である無機イオン物質の全界面に固有の非イオン性物質対からなる非通電物質を正しく被覆して、絶縁体域にした後、ファンデルワールスカを相互に働かせて、プラスチックマトリックス中に適正分散させることを初めの必要条件にしております。その際に、通常多量に投入して導電化を行う無機イオン物質は、文末図1および図2のB・N型ドナー・アクセプター系分子化合物であるCCDAのピオミセルBN-105の電荷移動遷移機構を首尾良く作用させるための接近協力剤としての役割を担う物に変更しているのです。

2. 2. 2 応用試験例(その2)

続いて、EVA樹脂をそのまま成形したシート(ブランク)と、無処理の炭酸マグネシウム粉体を30%EVAに投入して成形したシート③およびビオミセルBN-105を10%分、炭酸マグネシウムにレビンダー吸着させた試験体を30%EVAに投入して成形したシート④の表面抵抗率をそれぞれ測定した結果を表3に示しました。

表3 26°C, 38%RHでの表面抵抗率

試験体	表面抵抗率(Ω/\square)
EVAのみのシート(ブランク)	3.2×10^{12}
③によるEVAシート(無処理の炭酸マグネシウム配合)	2.0×10^{13}
④によるEVAシート(炭マグ、レビンダー処理物配合)	1.6×10^{10}

この試験例でも、前述した表2の結果と同様にレビンダー効果に基づく固有のB・N型分子化合物の接近状態が首尾よく作用する帯電荷完全漏洩機構の斬新的な優位性を見ることができます。

なお、このB・N型ドナー・アクセプター系分子化合物のレビンダー吸着薄膜技術を利用した有機物質への使用実験例ならびにその応用例である帯電荷減衰効果の発現性等の調査研究は、当研究所が初めて企画して実施したのですが、長年の継続目標である無機物粉体配合プラスチック製品類の静電気対策を有効に行う新技法としての新規性と進歩性に加え、産業有益性が期待できる発明であると認められ、特許権を得ております。

3. 総括

(レビンダー効果の利用目的とB・N型ドナー・アクセプター系分子化合物の固有の集合状態が果たす電荷移動性能の解説)

3. 1 レビンダー効果を利用してビオミセルBN-105の溶液を、使用する無機物粉体の内外全表面に行き渡らせて、単分子吸着させた後、脱溶媒を行ってクーロン力で固定させます。

(その結果、プラスチック主鎖と、ビオミセルBN-105の炭化水素基を最外部に位置させている無機物粉体との間で全面的にファンデルワールス力が作用し、一層緊密に小粒子分散した状態を安定的に構築します。)

3. 2 その結果、必然的に小粒子間の距離が接近し、単分子吸着しているB・N型ドナー・アクセプター系分子化合物同士の直接接触が多くなされることになるので、不規則に生じる静電気を構造変位により消滅させるという界面ネットワークが作られるのです。

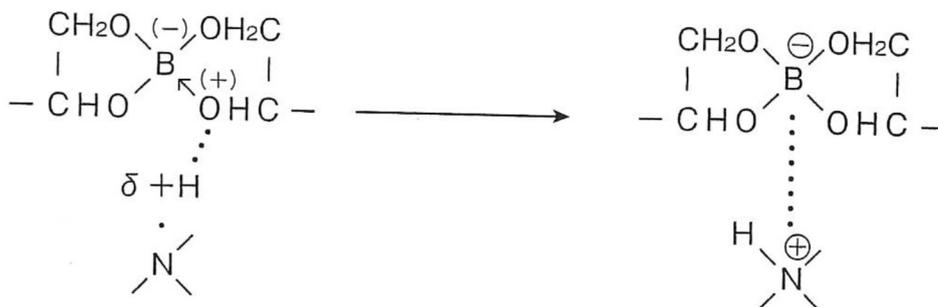
以上

参考資料

- 1) 浜中博義, “新開発のドナー・アクセプター系分子化合物型帯電防止剤の応用展開”
プラスチックスエージ, 64(4)(2018)
- 2) 桜井俊男, 玉井康勝編集, 応用界面化学, P38, P203(1967) (朝倉書店)
- 3) 浜中博義, “無機物粉体含有プラスチックの帯電防止”
プラスチックスエージ, 66(1)(2020)

帯電荷漏洩の原理

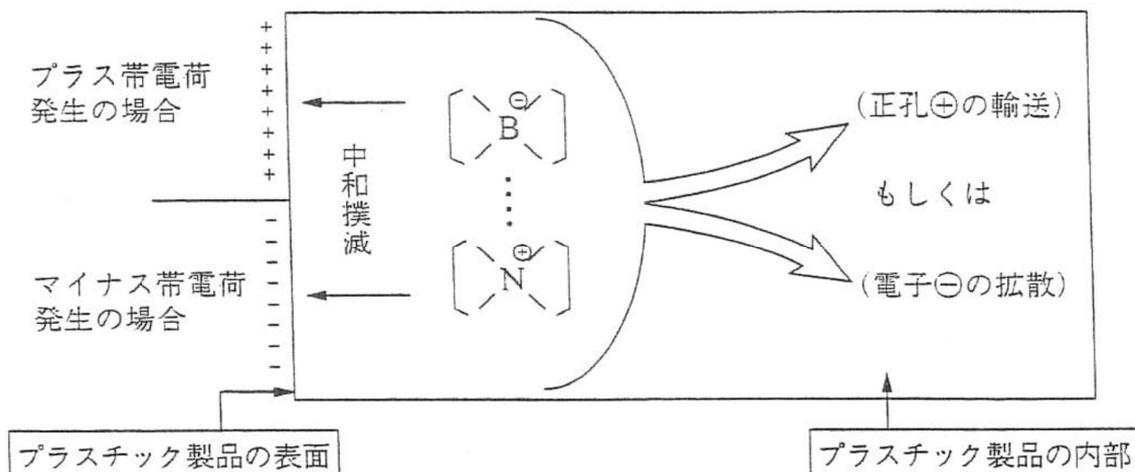
プラスチック材料や製品に静電気が発生したり、接近した際に、適性分布しているピオミセルBN-105の心臓部が、電荷移動遷移して、プラス帯電荷もマイナス帯電荷も正しくOVまで消滅させ、そのまま無帯電荷状態とします。



(通常の結合状態)

(帯電荷を消滅させる時の結合状態)

第1図 帯電荷を中和、消滅させるBN-105の心臓部の電荷移動遷移機構



第2図 帯電荷を中和撲滅させた後、BN-105中で過剰になった反対電荷を移動させ続ける固有の電荷漏洩機構