

抗静電剤塗布エアバブル型緩衝材の 抗静電効果の持続性

三浦久典* 小坂宣之* 岡本碩也** 山崎 潔*

Persistence of an Anti-electrostatic Effect of Air Bubble Type Cushions Spread with Anti-electrostatic Solvent

Hisanori MIURA*, Nobuyuki KOSAKA*, Hiroya OKAMOTO** and Kiyoshi YAMASAKI*

エアバブル型緩衝材（商品例：トリコン等）はフィルム材質がポリエステル-ポリエチレン積層であり、梱包時や輸送時の振動により静電気を発生しやすい。このため抗静電剤を表面に塗布し抗静電効果を得る方法があるが、効果の持続性についての評価は行われていない。そのため本稿では保管状態による抗静電効果の持続性について評価を行った。被試験体を換気のある一定湿度の部屋に放置した状態（開放状態という）と多数の同種の抗静電剤塗布緩衝材とともに密閉した袋に保管した状態（密閉状態という）という2つの異なる雰囲気中に保存し、抗静電効果の持続性を表面固有抵抗値で評価した。その結果、開放状態では、表面固有抵抗値が4800時間経過で初期に比べ約18倍となり、密閉状態では、4800時間経過後で初期状態の約5倍の抵抗値となったが、4800時間以降では抵抗値が小さくなる傾向にあった。このことから抗静電効果の持続性は保管状態により影響を受けることがわかった。

キーワード：抗静電、エアバブル型緩衝材、表面固有抵抗、保管状態

Film material of the air bubble type cushions (example : TRICONE, etc.) is polyester-polyethylene laminate, and static electricity is easy to be generated by vibration in packing and during transportation. By applying an anti-electrostatic solvent on the surface, it is possible to obtain anti-electrostatic effect. But, evaluation on persistence of anti-electrostatic effect of the anti-electrostatic solvent is not carried out. In this paper, persistence of anti-electrostatic effect by the storage condition is evaluated. It is preserved in two different atmospheres that the test pieces are left in the room of fixed temperature and humidity with ventilation (we called an opened condition) and that they are left in the sealed bag with large number of homogeneous cushions (we called a sealed condition). Persistence of anti-electrostatic effect is evaluated at the surface resistivity. As the result, in the opened condition, surface resistivity value becomes about 18 times of initial value after 4800 hours. In the sealed condition, surface resistivity value becomes about 5 times of the initial value after 4800 hours and surface resistivity value tends to decrease after 4800 hours. From these facts, it is shown that it is affected by the storage condition in persistence of anti-electrostatic effect.

Keywords : Anti- electrostatic, Air bubble type cushion, Surface resistivity, Storage condition

*兵庫県立工業技術センター（〒654-0037 神戸市須磨区行平町 3-1-12）：
Hyogo Prefectural Institute of Technology, 3-1-12, Yukihira-cho, Suma-ku, Kobe 654-0037, Japan
**株式会社六甲出版販売（〒657-0846 神戸市灘区岩屋北町 3-3-18）：
Rokko Shuppan Hanbai Co. Ltd., 3-3-18, Iwaya-kita, Nada-ku, Kobe 657-0846, Japan

1. はじめに

エアバブル型緩衝材（商品例としてトリコン等がある）はフィルム材質がポリエステル-ポリエチレン積層（以下、PET-PEと略す）であり、梱包時や輸送途中の振動などにより静電気を発生しやすく、包装内容品へのホコリ付着や電気製品等の不具合の原因となる。この対策として抗静電剤を表面に塗布することにより抗静電効果を得ることができ、商品化されている。しかし、表面に塗布された抗静電剤が蒸発等により抗静電効果が弱くなる恐れが懸念されておりながら、現在までその評価は行われていないため、保管状態が確立されていない。そのため、本稿では、抗静電剤を表面に塗布したエアバブル型緩衝材を2種類の異なる保管状態においた時の抗静電効果の時間的変化を評価することにより、保管状態が与える抗静電効果の持続性への影響を検討した。

2. 実験方法

2.1 抗静電エアバブル型緩衝材の作成

帯電防止緩衝材を作る方法として、練り込み法、導電性付与法、表面塗布法などがある。そのうち、帯電防止剤をプラスチック製緩衝材の表面に塗布する方法は、工程が容易で即効性があり、短期的に効果を得ることができるという利点がある。一方、塗布された帯電防止剤の膜厚は通常サブミクロン以下であり、実用的には $0.1\mu\text{m}$ 以下でもよい場合があるが、水洗い、摩擦などに対する耐久性が他の方法に比べ弱い^{1) 2)}。

今回の実験で用いたサンプルは、一般的な

製造方法で作られた抗静電剤塗布エアバブル型緩衝材である。緩衝材フィルムの材質は、ポリエステルフィルムにポリエチレンを積層させた複合フィルムである。これに抗静電剤として一般に広く使われている米国ACL社製のStaticideを100倍に希釈、アクリルパイプ中に噴霧状に散布させ、そのパイプ中に連続したエアバブル型緩衝材を通過させることにより、原液換算で 1m^2 あたり 3.5mg を表面上に塗布した。その後、糸車状のローラに巻き取り、24時間乾燥させた。米国ACL社製のStaticideの公表されている内容成分を表1に示す。

Table 1 Components of Staticide

Components	Content (wt%)
Quaternary ammonium compound	59.0
Isopropanol	40.0
Ethanol	1.0

2.2 抗静電効果の評価方法

帯電の評価方法として、灰付き試験、摩擦帯電圧測定法、摩擦帯電電荷量測定法など様々な種類がある。本実験では、同一サンプルの経時変化を観察するため、非破壊かつ、表面状態が推測できるという判断から、表面固有抵抗の測定を評価方法として選択した。

表面固有抵抗は、一定距離間の電位差測定により、材料の表面の導電性を評価するもので、熱硬化性プラスチック一般試験方法JIS K 6911-1995の5.13抵抗率の項³⁾に準拠した。測定に用いた機器として旧Hewlette Packard社（現Agilent Technology社）のHigh Resistance Meter 4329Aと同社のResistivity Cell 16008Aを使用した。

表面固有抵抗値による抗静電効果の評価は、

摩擦による帯電圧の試験方法（織物及び編物の帯電性試験方法：JIS L 1094-1997, 5.4 摩擦帯電減衰測定法⁴⁾）に準拠した初期帯電圧の測定）によって互いに相関があることから確認された。その結果を Fig. 1 に示した。

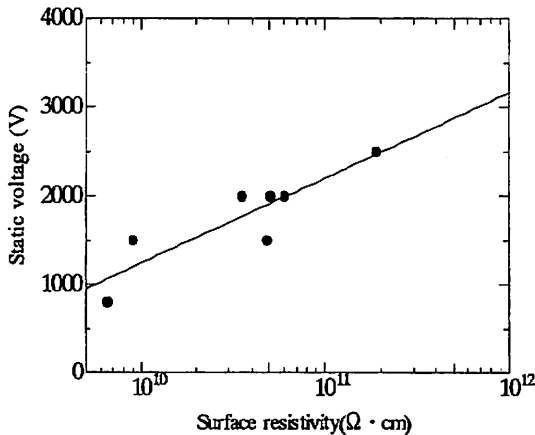


Fig. 1 Static voltage for surface resistivity.

2.3 実験方法

本実験では、抗静电エアバブル型緩衝材製造後の保管状態が抗静电効果の持続性に及ぼす影響について表面固有抵抗の時間変化により評価した。今回の実験に用いた部屋の内寸は、幅 11.9 m、奥行 7.5 m、高さ 2.4 m で、柱等の突出などがあり内容量は約 200 m³ である。一方、実験時の換気能力は 12 m³/min. に設定しており、1 時間あたり 3.5 回程度の部屋の空気の入れ換えを行った。また、この実験室は 23°C/50% の一定温湿度にコントロールされている（包装材料試験用恒温恒湿室を使用）。実験では、抗静电エアバブル型緩衝材 10 サンプルを任意に抽出して袋状の状態からシート状に開き、5 サンプルを出荷梱包状態である多数の抗静电エアバブル型緩衝材とともに 1 つの袋に入れこの部屋に保管した（今後、密閉状態と呼ぶ）。この状態を

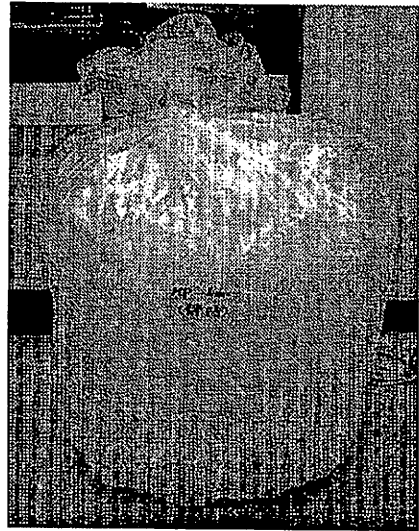


Fig. 2 Photo of the sealed condition.

Fig. 2 に示す。残りの 5 サンプルはこの部屋内で袋等に密閉せず、調湿空気にさらした状態で放置した（今後、開放状態と呼ぶ）。

3. 実験結果

開放状態での表面固有抵抗値の時間変化の結果を Fig. 3 に示す。5 つのサンプル（Sample 1～5）とも時間とともに表面固有抵抗値が大きくなる傾向であることがわかる。

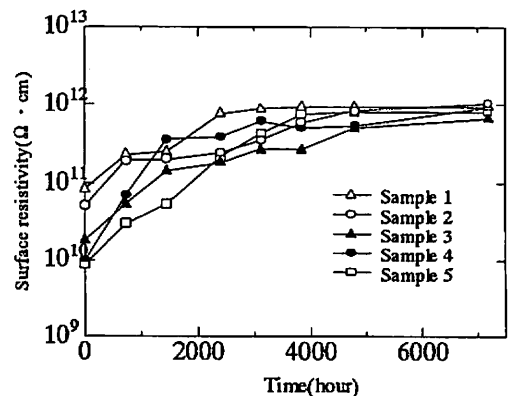


Fig. 3 Fluctuation of surface resistivity for the opened condition.

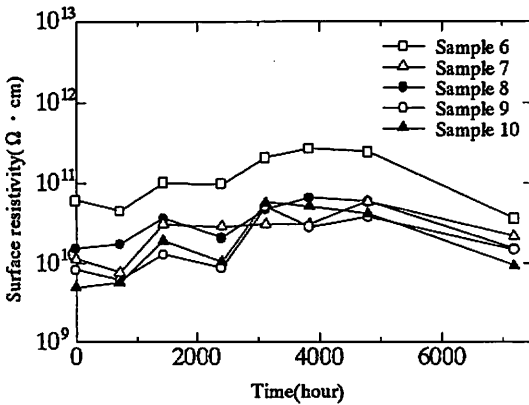


Fig. 4 Fluctuation of surface resistivity for the sealed condition.

また、 1.0×10^{12} ($\Omega \cdot \text{cm}$) 程度を上限とし、それ以上の増加傾向は見られなかった。

密閉状態での結果を Fig. 4 に示す。全てのサンプル (Sample 6~10) とも 4800 時間程度までは表面固有抵抗が増加傾向にあるが、それ以降では減少傾向となり、7200 時間では、初期の抵抗値に非常に近くなった。

Fig. 5 に、開放状態、密閉状態における表面固有抵抗値について、スタート時 (0 時間) を 1 として規格化した平均値および標準偏差を示す。開放状態では、時間とともに抵抗値

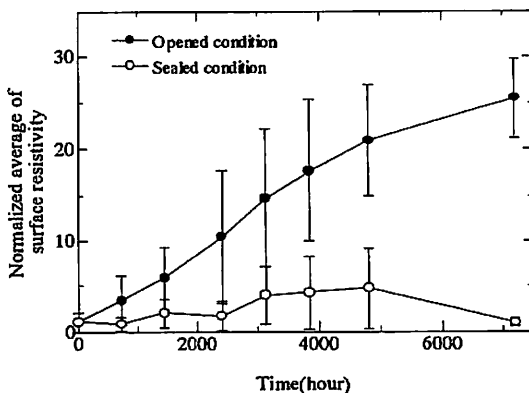


Fig. 5 Mean value and standard deviation of normalized surface resistivity for the opened condition and the sealed condition.

が大きくなり、スタート時での表面固有抵抗値に比べ 4800 時間で約 18 倍となった。密閉状態においても、時間とともに抵抗値が大きくなったが、その割合は開放状態に比べ約 4 分の 1 と緩やかであり、4800 時間後で約 5 倍となった。また、4800 時間以降では抵抗値は小さくなる傾向があり、7200 時間ではほぼ初期値と同様の値となった。

この規格化した開放状態での表面固有抵抗値と密閉状態での表面固有抵抗値について、測定時間ごとに統計上の有意差を t 検定で評価した。その結果を表 2 に示す。720 時間 (30 日間) では、危険率 5% および 10% において有意差はなかった。1440 時間 (60 日間) では、危険率 5% では有意差はなかったが、危険率 10% では有意差が認められた。2400 時間 (100 日間)、3120 時間 (130 日間)、3840 時間 (160 日間)、4800 時間 (200 日間)、および 7200 時間 (300 日間) では、危険率 5% ですべて有意差が認められた。これらの結果から、開放状態での保存と密閉状態での保存の違いで、表面固有抵抗値に統計上有意な差が生じ、時間的に長く保存すれば有意差が拡大することがわかった。

Table 2 T-test results.

Time (hour)	720	1440	2400	3120	3840	4800	7200
t-test result	×	△	○	○	○	○	○

(○ : Significant as $p < 0.05$, △ : Significant as $p < 0.1$ and no significant as $p < 0.05$, × : No significant as $p < 0.1$)

4. 結 言

材質が PET-PE であるエアバブル型緩衝材は梱包時や輸送途中の振動などにより静電

気を発生しやすく、その静電気が原因となりホコリ付着や電気製品等の梱包物に不具合を生じさせる危険性がある。この対策として抗静電剤を表面に塗布することにより抗静電効果を得ることができるが、緩衝材製造後の保管方法や出荷後の保管方法による抗静電効果の変化についての評価はされていなかった。このため、本稿では保管状態による抗静電効果の変化について表面固有抵抗値を測定することにより評価した。その結果、開放状態と密閉状態との比較では720時間(30日間)程度では、有意な差が得られなかったが、1440時間(60日間)では危険率10%で有意差が得られ、2400時間(100日間)以降では、危険率5%で有意差が認められた。これらのことから、保管期間が30日以内であれば保

管状態による緩衝材の抗静電性能の差は生じないが、それを越えた場合には保管状態により性能に差が生じることがわかり、300日の保管に対しては、効果継続のため密閉状態が必要であることが判った。

<引用文献>

- 1) 中野重則、日本包装専士会論文集、9、10-20 (2002)
- 2) 藤徹、コンバーテック、1、45-49 (2003)
- 3) JIS K 6911、熱硬化性プラスチック一般試験方法、(1995)
- 4) JIS L 1094、織物及び編物の帯電性試験方法、(1997)

(原稿受付 2003年 9月 11日)

(審査受理 2004年 1月 16日)