

論文

新素材を用いた自己放電式除電器の開発

殿谷保雄* 山本克美* 橋本欣也*

Self-discharge type charge eliminator made of new material fiber

Yasuo TONOYA, Katsumi YAMAMOTO and Kinya HASHIMOTO

Abstract A self-discharge type charge eliminator has simple structure and needs no power supply. Therefore, it is used widely in the plastic film manufacturing industry for the purpose of eliminating electrostatic charge on the film. The discharge brush of the eliminator is made of stainless steel fiber or carbon fiber, and these fibers have high conductivity. The distance between the eliminator and the plastic film is very short, so the tip of the fiber touches the surface of the film repeatedly. Therefore, there is some possibility of fiber being snapped. Contamination trouble of the film product is caused when a piece of broken fiber gets on the film in the manufacturing process. Short circuiting or the malfunction trouble is caused when a piece of broken fiber gets inside the equipment near the eliminator. We examined the characteristics of the eliminator when the discharge brush is made of the following material: carbon fiber, stainless steel fiber, ceramic-carbon mixed fiber and amorphous fiber. The charge eliminating characteristics of the amorphous fiber eliminator is the same as the characteristics of the stainless steel fiber eliminator. This amorphous fiber is superior in elasticity, so there is no possibility of snapping off.

Keywords Eliminator, Charge, Amorphous fiber, Plastic film, Static electricity

1. はじめに

自己放電式除電器の原理は、帯電した除電対象物体に針電極の集合体である放電電極を近接させることによって、電極先端部にコロナ放電を生じさせ、この時に発生するイオンを帯電物体に付与して除電する^{1), 2)}。構造がシンプルで無電源で使用できるため、コピー装置やファクシミリ装置の給紙部および紙排出口、フィルムの製造工程、印刷工程等で用いられている。現在使用されている自己放電式除電器の電極部分には、ステンレスやカーボン等の繊維束が使用されているため、被除電物体との接触が繰り返されることによって、電極先端部分が折れて導電性繊維片が機器内部に侵入して短絡事故を引き起こしたり、フィルム製品に繊維片が付着・混入して不良品を生じる等の問題が発生することがある。従って、優れた靱性を有するアモルファス繊維製の放電電極を採用することによって、これらの問題点を改善することを研

究目的とした。

2. 方法

2.1 自己放電式除電器の試作

自己放電式除電器の構造は図1に示すように、放電電極、電極固定板、電極固定用接着テープ、接地用リード線等から構成されている。なお、各々の放電電極は接地用リード線を介して接地されている。

試作した自己放電式除電器の放電電極には4種類の素材を用いたが、素材の種類、繊維直径、繊維断面形状、電極構成本数を表1に示す。各々の素材毎に、電極長さを10、15mmの2種類、電極間隔を5、10、20mmの3種類としたものを試作した。なお、アモルファス繊維はCo-Si-B系のものである。ただし、アモルファス繊維製放電電極については、電極長さ15mmで電極間隔20mmのもの、電極長さ10、15mmで電極間隔5mmのものは欠番となっている。

*電気応用技術グループ

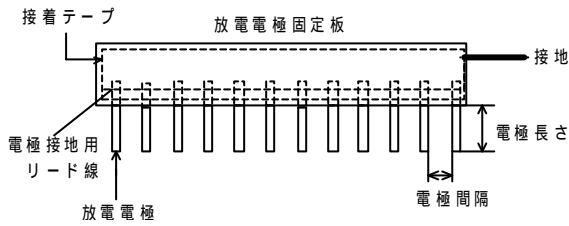


図1 自己放電式除電器の構造

表1 試作自己放電式除電器放電電極の素材 繊維直径, 繊維断面形状, 電極構成本数

電極素材種別	繊維直径(μm)	繊維断面形状	電極構成本数(本)
カーボン繊維	7	円形	6,000
ステンレス繊維	12	五角形	100
セラミック・カーボン繊維	14	円形	500
アモルファス繊維	20	円形	45

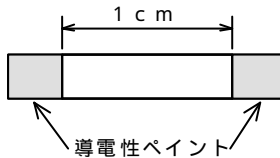


図2 放電電極の抵抗測定用電極の形成

2.2 放電電極の抵抗試験

試作した自己放電式除電器の放電電極の抵抗値をブリッジ法によって測定した。測定用電極は図2に示すように、放電電極の抵抗測定箇所1cm部分の両端に導電性ペイントを塗布して形成した。

2.3 放電電極素材の脱落性試験

試作した自己放電式除電器について、放電電極素材の脱落性試験を行った。試験装置は、一定速度で回転するターンテーブル面上に上質紙を貼り付けたものを模擬摩擦物体とし、上方には試作自己放電式除電器が固定されており、ターンテーブルの回転に伴って放電電極先端部が紙面上を連続的に摺動する構造になっている。脱落性の評価は、試験装置を一定時間運転した後、紙面上に脱落した繊維片を数えることによって行った。

2.4 自己放電式除電器用除電性能試験装置の試作

除電性能試験装置の外観を図3に、自己放電式除電器の取り付け状態を図4に示す。

除電性能試験装置は制御部、駆動部および測定部から構成されている。図4に示すように、可動枠に治具で取り付けられた自己放電式除電器が一定速度で走行し、模擬帯電物体とした固定ポリエチレン板(400x800x5mm)全面の除電を行う。放電電極先端部はポリエチレン板との間隙を一定に保ちながら移動する。除電前後のポリエチレン板帯電電圧は、ポリエチレン板中央部の上方10cmの高さに固定してある非接触式電位計で測定する。除電

性能試験装置による自己放電式除電器の試験手順は以下の通りである。

自己放電式除電器を可動枠に取り付け、接地用リード線を接地する。放電電極先端部とポリエチレン板との間隙が所定の値になるように調整する。ポリエチレン板を所定の帯電電圧に帯電させる。なお、ポリエチレン板の帯電は木製棒に巻き付けた綿ネル布で摩擦することにより行う。帯電電圧の微調整は圧電素子式の小型イオナイザーを用いて、ポリエチレン板の約50cm上方からプラスイオンおよびマイナスイオンを照射することにより行った。この微調整は非接触式電位計で帯電電圧を測定しながら行い、所定の値になるまで行う。この帯電電圧を初期帯電電圧と定義する。除電性能試験装置を駆動し、自己放電式除電器をポリエチレン板の端から端まで1回走査する。この操作の終了直後に、ポリエチレン板の帯電電圧を測定する。この帯電電圧を残留帯電電圧と定義する。ポリエチレン板の初期帯電電圧と残留帯電電圧とを比較することにより、自己放電式除電器の除電性能を求める。圧電素子式の小型イオナイザーを用いて、ポリエチレン板の帯電電圧が0Vになるまで除電を行った後、次の測定を行う。

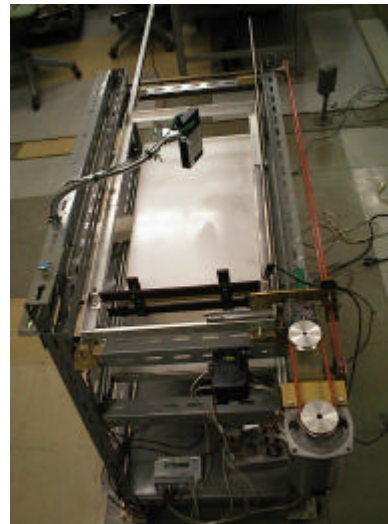


図3 除電性能試験装置外観

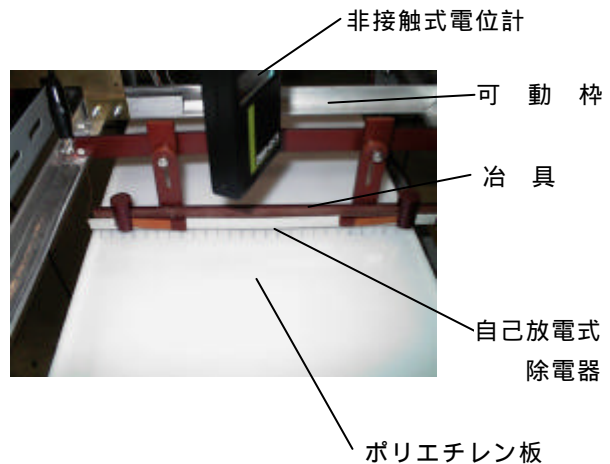


図4 自己放電式除電器の取り付け状態

表2 放電電極の抵抗試験結果

放電電極種別	抵抗値 (/ c m)
カーボン繊維	10
ステンレス繊維	20
セラミック・カーボン複合繊維	5
アモルファス繊維	3,700

表3 放電電極素材の脱落性試験結果

放電電極種別	脱落本数 (本)
カーボン繊維	50
ステンレス繊維	25
セラミック・カーボン複合繊維	24
アモルファス繊維	0

3. 結果及び考察

3.1 放電電極の抵抗試験

自己放電式除電器の放電電極の抵抗試験結果を表2に示す。抵抗値は数 から数k の範囲にある。ステンレス繊維は金属製であるにもかかわらず、20 の抵抗値を示すのは、ステンレスを繊維化する過程で硫酸溶液中への浸漬処理を行うため、繊維表面に金属酸化膜が形成されて抵抗値が増大するためと思われる。

3.2 放電電極素材の脱落性試験

自己放電式除電器の放電電極素材の脱落性試験を、ターンテーブル法で100日間(2,400時間)連続して行った結果を表3に示す。アモルファス繊維を用いた放電電極については、素材の脱落は認められなかったが、他の放電電極では脱落が認められた。これは、アモルファス繊維が靱性に富んだ素材であるため、摩擦摺動が繰り返されても折損しにくいことを示している。

3.3 自己放電式除電器の除電性能試験

試作した自己放電式除電器の除電性能試験結果を図5～図10に示す。

各々の図は、放電電極長さ及びポリエチレン板の初期帯電電圧をそれぞれ10、15 (mm)、3、10、20(kV) に変化させて組み合わせた場合の除電性能である。図の横軸にはポリエチレン板と放電電極先端部との間隔 (0mm、3mm、7mm、10mm)、放電電極材料 (A: カーボン繊維、B: ステンレス繊維、C: セラミック・カーボン複合繊維、D: アモルファス繊維) 及び放電電極間隔 (5mm、10mm、20mm) を示し、縦軸には除電終了直後の残留電圧を示した。測定は一条件下で5回行い、残留電圧測定値の最小値と最大値を図示した。

3.3.1 初期帯電電圧と除電性能

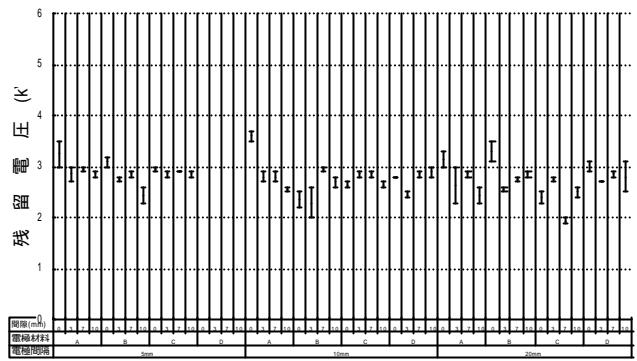


図5 除電性能試験結果 (放電電極長さ10mm, 初期帯電電圧3kV)

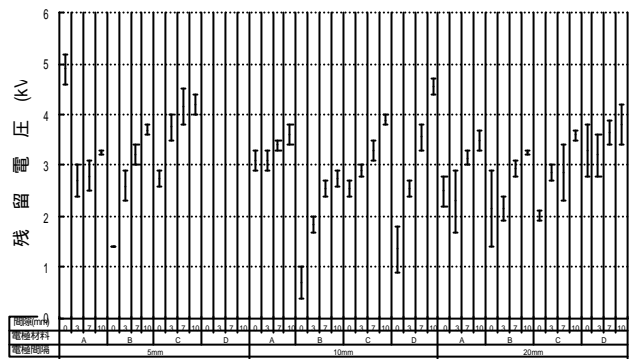


図6 除電性能試験結果 (放電電極長さ10mm, 初期帯電電圧10kV)

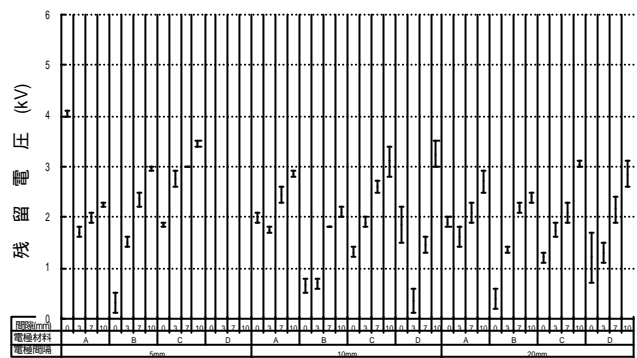


図7 除電性能試験結果 (放電電極長さ10mm, 初期帯電電圧20kV)

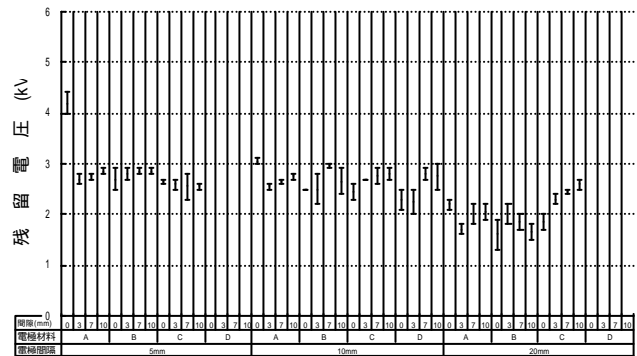


図8 除電性能試験結果 (放電電極長さ15mm, 初期帯電電圧3kV)

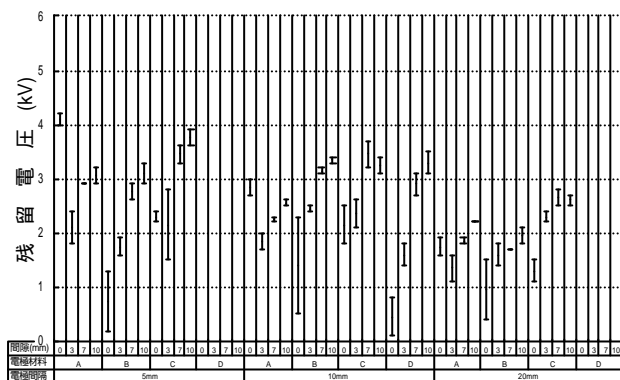


図9 除電性能試験結果（放電電極長さ15mm，初期帯電電圧10kV）

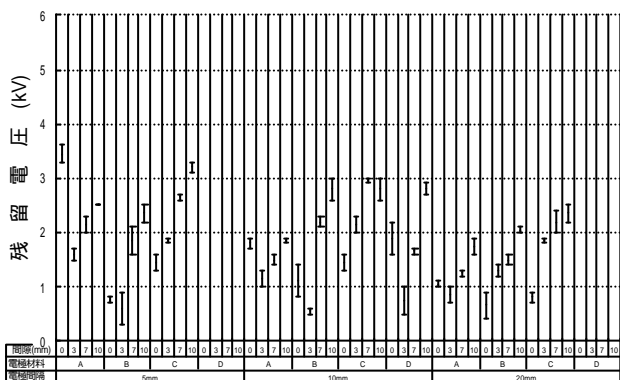


図10 除電性能試験結果（放電電極長さ15mm，初期帯電電圧20kV）

初期帯電電圧を3kV，10kV，20kVと変化させた場合の除電性能試験結果（図5～図7）から，初期帯電電圧が大きい程，残留電圧が小さくなり，除電効率が高くなっている。これは，自己放電式除電器の除電原理は，除電対象物体の電界を利用して除電用イオンを作り出しているため，帯電物体の初期帯電電圧が大きい程，除電効果が高まるためである。

3.3.2 放電電極先端部 - ポリエチレン板間隙と除電性能

図7に示した放電電極長さが10mm，初期帯電電圧が20kVの場合の除電性能試験結果から，放電電極間隔および放電電極材料の種類を問わず，放電電極先端部 - ポリエチレン板間隙が小さい程，残留電圧が小さくなっており，除電効率が高くなっている。

これは，放電電極先端部 - ポリエチレン板間隙が小さい程，針電極先端部の電界強度が高まる結果，除電用イオンの生成量が増加して除電効果が高まるためである。

なお，図中で間隙が0の場合とは，放電電極先端部がポリエチレン板に接触していることを意味しているが，この条件下では残留電圧の減少傾向が逆転して，却って高くなる場合が多い。これは，間隙を0に設定した場合，除電時に放電電極先端部がポリエチレン板を擦るために接触剥離帯電を生じるためである。従って，自己放電式

除電器の使用に当たっては，除電対象物体に非接触で用いることが望ましい。

3.3.3 放電電極間隔と除電性能

図9に示した放電電極長さが15mm，初期帯電電圧が10kVの場合の除電性能試験結果から，放電電極間隔を5mm，10mm，20mmと変化させた場合，間隔が大きい程，残留電圧が小さくなる傾向があり，除電効率が高くなることが明らかとなった。

これは，放電電極の間隔が広がると，導体の近接効果による影響が低下するために，放電電極先端部の電界強度が高まる結果，除電用イオンの生成量が増加して除電効果が高まるためである。しかし，放電電極の間隔を拡げ過ぎた場合には，帯電物体に対するイオン付与が不十分になって，除電効果が低下するものと思われる。

3.3.4 放電電極素材と除電性能

図7に示す放電電極長さが10mm，初期帯電電圧が20kVの場合の除電性能試験結果から，4種類の放電電極の中では，ステンレス繊維製電極（図中で記号B）の除電性能が最も高い。

これは，ステンレス繊維製電極素材の断面形状が五角形であり，角部における電極曲率半径が小さいので，コロナ放電が発生しやすくなるためと考えられる。なお，アモルファス繊維製電極（図中で記号D）の除電性能はステンレス繊維製電極の除電性能よりはやや劣るが，ほぼ同等であることも認められる。

4. まとめ

今回試作した除電性能試験装置を使用することにより，種々の自己放電式除電器の性能測定及び評価ができるようになった。放電電極が靱性に優れているために，電極繊維が脱落しないアモルファス繊維製自己放電式除電器の除電性能が，ステンレス繊維製のものと同様であることが確認された。また，放電電極間隔を拡げる程，除電性能が高くなる傾向にあることが分かったので，今後，放電電極間隔の最適値を検討し，除電性能を従来品よりも向上させた自己放電式除電器の開発につなげたい。

最後に，自己放電式除電器の試作にご協力頂いた株式会社石山製作所の石山舎人氏に深謝致します。

参考文献

- 1) 労働省産業安全研究所技術指針，静電気安全指針，73(1988)
- 2) 静電気学会誌，Vol.21，No.5，196 - 201(1997).
(原稿受付 平成12年8月1日)