

論 文

固体の摩擦帯電評価装置の試作と帯電特性

清水民生*, 杉野奈巳*

(1992年8月1日受理)

Apparatus for Measuring Static Electricity of Solids Produced by Friction and Electrostatic Properties of Some Polymers

Tamio SHIMIZU* and Nami SUGINO*

(Received August 1, 1992)

The purpose of this study is to develop a device enabling the friction charge characteristic of solids to be evaluated with a high repeatability by simplifying the effects of various factors on friction charge. We manufactured a new device which rubs a sample with a metal disk turned on the sample and measures the electrostatic charge generated by the friction through the metal disk. Using the device, we tried to check the effects of various factors on friction charge of solids. The result indicated that the device can evaluate the friction charge characteristic of solids with a high repeatability.

1. はじめに

固体の摩擦帯電の測定法については過去に多くのものが提案¹⁾されている。しかし、いまだに定まった方法が確立されていない。これは、摩擦帯電が種々の要因に依存することと、測定の困難性によるものと考えられる。たとえば、摩擦帯電は、試料の表面状態、帯電履歴、摩擦条件、測定環境の温湿度などの要因に依存¹⁾する。しかし、これらすべての要因を的確に捕らえることがむずかしい。また、測定量が微小であるため外乱の影響による変動もあり、数十パーセントの変動であればよしとしないといけないと言われるほど測定値の再現性が悪い。

そこで、筆者らはこれら摩擦帯電におよぼす各種要因の影響をできるだけ単純化し、固体の摩擦要因と帯電との関係を再現性よく評価する目的で、一つの摩擦実験装置の試作を行った。この装置は試料上で旋回運動する金属円板によって試料を摩擦し、この摩擦により発生する見かけの静電気発生量を金属円板を通して測定するものである。

この装置を用いて固体の摩擦帯電に係わる各種要因の

影響についての測定を試みたところ、相対的レベルながら固体の摩擦帯電におよぼす要因が明らかになるとともに、再現性のよい測定が行えることが分かった。

以下、今回開発した装置とこれを用いて測定した固体の摩擦帯電の例について報告する。

2. 実験装置および方法

2.1 実験装置

実験装置の構成を図1に示す。装置は主として雰囲気条件を一定にする恒温恒湿器（タバイエスベック製、PL-2G）とその中に設ける摩擦帯電装置および試料の帯電電荷量を測定するエレクトロメータ（アドバンテスト製、TR8652）からなる。摩擦帯電装置は、旋回運動を発生するロータリーシェーカー（大洋科学工業製、R-20）、被測定試料、試料に摩擦を与える金属円板から構成されている。試料（260×260×5 mm）は試料裏面の帯電による影響を除くために設けたアースされたアルミ製のベース板（260×260×5 mm）と試料を摩擦するステンレス製の金属円板（90φ×10 mm）に旋回運動を与えるために設けた中心部を円形（100φmm）にくり抜いたアクリル製のガード板（260×260×5 mm）の間に挟み込まれ、アクリル製の棒（20φ×100 mm）を介してロータリーシェーカーのターンテーブルに取りつけられている。また、金属円板からの信号は接触回転子と切り替えスイッチを介して、アースラインあるいは電荷量測定ラインを経てエレクトロメータに接続されている。

キーワード：帯電評価、摩擦帯電、シート、フィルム

* 鐘淵化学工業株式会社総合研究所生産技術研究所（676 兵庫県高砂市高砂町宮前町 1-8）

Engineering Research Laboratories, Kanegafuchi Chemical Industry Co. Ltd., 1-8, Miyamae-machi, Takasago-cho, Takasago-shi, Hyogo, 676 Japan

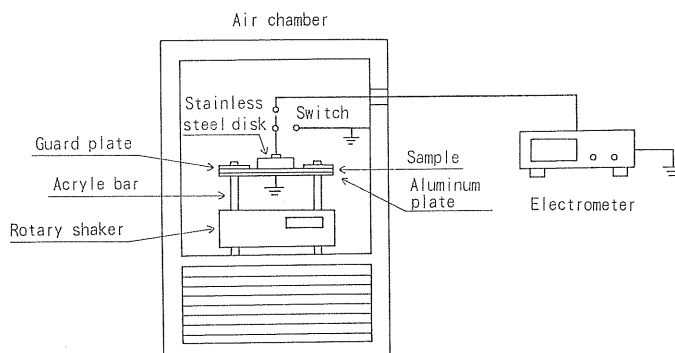


図 1 摩擦帯電量測定装置

Fig. 1 Apparatus for measuring friction charge of solid.

2.2 実験方法

試料, 金属円板およびガード板は測定ごとに水道水でよく洗浄し 60°C で 15 分間真空乾燥の後, 試料およびガード板はベース板上に取り付け, また, 金属円板は接触面が雰囲気となじむように上向きにして恒温恒湿器中に静置した. 所定時間静置後, 試料上の所定位置に金属円板をのせ 15 秒間アースした後, スイッチをアースラインから電荷量測定ラインに切り替え, エレクトロメータをゼロ・キャンセルの後, ロータリーシェーカーをスタートすると, 金属円板がガード板の円形カット部分の円周に沿って巡回運動し, 試料に摩擦を与える. 金属円板は惰性による回転を入れて 3 回転した後に初期位置に戻るよう停止し, 金属円板のスタートからこの初期位置に停止するまでの電荷量をエレクトロメータの電荷測定レンジを使用して測定した. 標準試料としてテフロンを使用し, 雰囲気条件は温度 20~40°C, 相対湿度 40~95% の範囲である. 測定は以上の操作を 5 回行いその平均値を結果とした.

3. 実験結果および考察

3.1 静置時間と帯電特性

静置時間と帯電量の関係を調べた. 結果を図 2 に示す. 静置時間の増加に伴って帯電量は一定レベルに近づく傾向を示している. これは試料と金属円板の表面状態が時間の経過とともに雰囲気条件になじみ, 定常状態に近づく結果と考えられる. これより以下の実験ではその影響がほとんどなくなる 180 分を静置時間と定めて実験した.

3.2 ガード板の測定結果におよぼす影響

金属円板に巡回運動を与えるために取りつけたガード板と金属円板との間の摩擦帯電の測定結果におよぼす影響を調べるため, その材質を変えて測定した. 実験した材質はアクリル, 塩ビ, テフロン の 3 種類で測定結果を

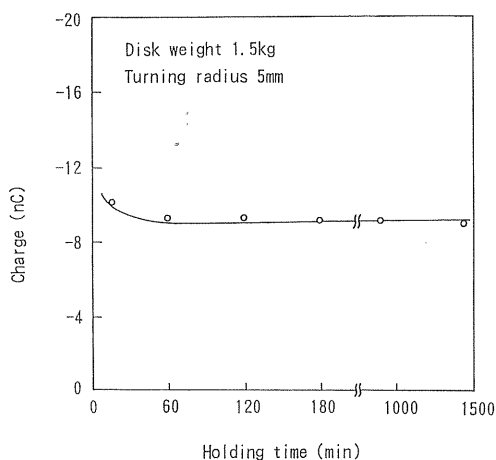


図 2 静置時間と帯電量の関係

Fig. 2 Relation between charge and rest time.

表 1 各種ガード板の測定結果におよぼす影響

Table 1 Electrostatic properties of sample with various guard plates.

Guard plate	Charge (nC)
Acryle	-11.41
Polyvinylchloride	-11.35
Polytetrafluoroethylene	-11.04

表 1 に示す. 表 1 の結果より, ガード板の材質を変えても測定値は大きな変動をせず, ガード板と金属円板との間の摩擦帯電が測定結果におよぼす影響は小さいと判断される.

3.3 ガード板の円形カットの大きさと帯電特性

ガード板の円形カット部分の直径を 100 mm から 110 mm, 120 mm に変更し, この時の帯電量について調べた. 結果を図 3 に示す. ここで, S は円形カット部分

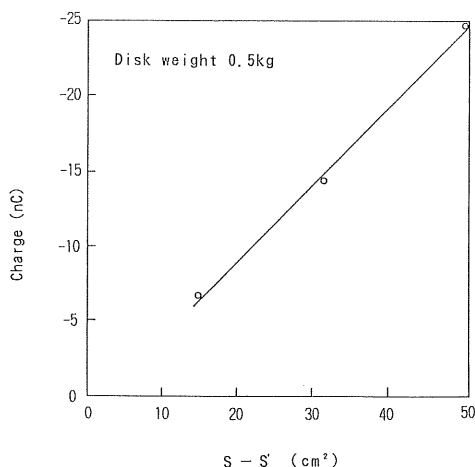


図3 ガード板の穴と金属円板との面積差と帯電量の関係
Fig. 3 Relation between charge and difference area of hole of guard plate and stainless steel disk.

の面積、 S' は金属円板の面積で、 $S-S'$ に帯電量がほぼ比例している。これは、金属円板の移動に伴って、金属円板の停止部分以外の試料上で発生したみかけの帯電量であると思われる。また、測定結果より測定値のばらつきはガード板の円形カット部分の直径が100mmの時に最も少ないことが分かった。したがって、以下の実験ではこの径のものを使用した。

3.4 円板荷重と帯電特性

測定に使用した金属円板の上に同じ大きさの円板を積み重ね、試料にかかる荷重（接触圧力）を変えた時の荷重と帯電量の関係を調べた。結果を図4に示す。荷重の増加に伴い帯電量の増加が見られた。ところで、接触圧力は実効接触面積と相関^{1,2)}があり、また、静電気の発生は基本的には実効接触面積に比例すると考えられるので、図4の結果は接触圧力の増加に伴うこの実効接触面積の増加によるものと考えられる。また、測定結果より測定値のばらつきは荷重が1.5kgの時に最も少ないことが分かった。したがって、以下の実験では荷重を1.5kgと定めて実験した。

3.5 試料厚みと帯電特性

試料厚みと帯電量との関係を調べた。結果を図5に示す。試料が薄くなるに従って帯電量は増加しピーク値を示した後、再び減少するのが見られた。試料厚みの減少に伴う帯電量の増加は、厚みが薄くなるにしたがって試料に弾性が見られるようになり、この弾性による接触面積の増加によるものと考えられた。また、厚み1mmにおける帯電量の減少はエレクトロメータでの観測の結果、摩擦後時間とともに測定値の減少が見られたことよ

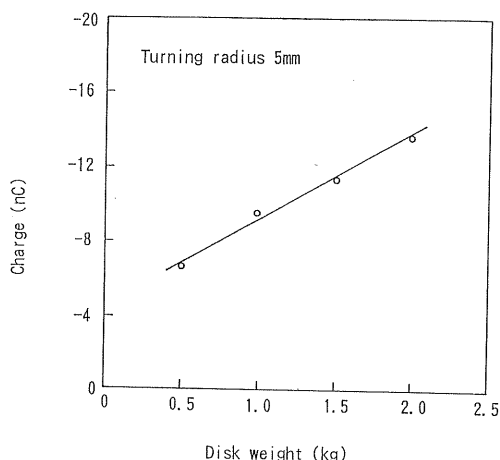


図4 円板荷重と帯電量の関係
Fig. 4 Relation between charge and weight of stainless steel disk.

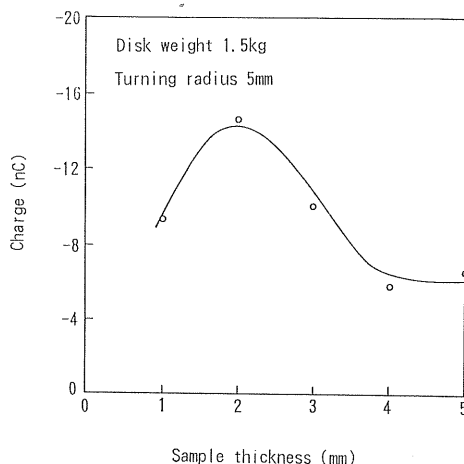


図5 試料厚みと帯電量の関係
Fig. 5 Relation between charge and thickness of sample.

り体積内を通した電荷の漏洩によるものと考えられた。

3.6 雰囲気条件と帯電特性

帯電におよぼす雰囲気温湿度の影響を調べた。結果を図6に示す。各温度において、相対湿度の増加に伴って若干の帯電量の減少がみられた。これは湿度の増加に伴う試料表面あるいは内部の抵抗の減少に伴う電荷の漏洩による¹⁾ものと考えられる。

3.7 測定の再現性

温度30℃、相対湿度60%、静置時間180分、ガード板の円形カット部分の直径100mm、円板荷重1.5kg、試料厚み5mmの条件において測定の再現性を調べたところ、10回の測定で平均値11.41nCの場合の標準偏差

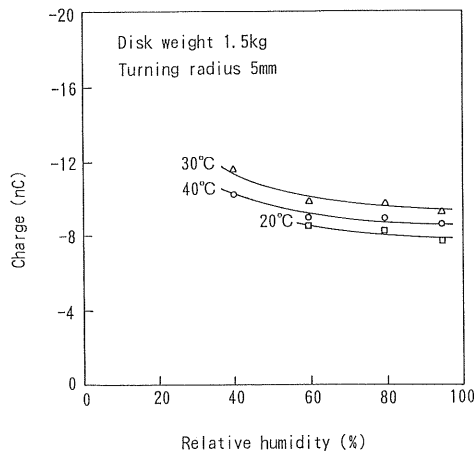


図 6 雰囲気温湿度の影響

Fig. 6 Influence of temperature and relative humidity to friction charge.

は 0.25 nC でばらつきが小さく再現性のよい測定が行えることが分かった。

3.8 試料材質と帯電特性

試料材質と帯電特性の関係を調べた。結果を表 2 に示す。接触する二つの相互物質が帯電特性に影響することは帯電列⁹⁾として知られている。この帯電列における位置関係から考えて表 2 の結果はほぼ妥当な結果であると考えられる。

4. ま と め

固体の帯電特性におよぼす基本的要因の影響についての測定を通じて、試作した装置の特性について検討した。以下、開発した本装置の特徴および測定結果について述べる。

- (1) 固体の帯電特性におよぼす基本的要因である接触面積、接触圧力、試料厚み、静置時間、雰囲気条件、試料材質等の各要因の影響を明らかにするこ

表 2 各種試料の帯電特性

Table 2 Electrostatic properties of various samples.

Sample	Charge (nC)
Acryle	-15.05
Polyvinylchloride	- 7.19
Polytetrafluoroethylene	-11.41

とができた。

- (2) 本装置では、ガード板の円形カット部分の径、金属円板の径および金属円板の重さを最適条件に設定でき、さらに、上記(1)項に示すその他の要因の影響をできるだけ単純化することにより、ばらつきの少ない再現性のよい測定が行えることが分かった。
- (3) 現装置では、測定結果に繰り返し摩擦に伴う影響が含まれ、帯電特性の相対比較ができるレベルである。そこで、装置の改造を行うことにより試料表面の電荷密度で帯電特性の評価ができるようにしていきたいと考えている。

なお、1 mm 以下の薄物のシートを用いた測定例については本報では紹介していないが、薄物のシートについても同様に測定し、帯電特性を評価できることが分かった。

謝 辞

この報告を行うにあたり、御討論および御助言いただきました産業安全研究所電気研究部田畠泰幸部長に心から感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 村田雄司：静電気学会誌，10 (1986) 131
- 2) 静電気学会編：静電気ハンドブック，p. 798，オーム社 (1986)
- 3) 労働省産業安全研究所編：静電気安全指針，p. 44，産業安全技術協会 (1978)