

バチッと感じる静電気。湿度との関係は？

キーワード：静電気、帯電、湿度、減衰、電気抵抗

はじめに

私達は、冬場の乾燥した時期の脱衣時や金属製のドアノブを掴むときなどに、静電気の実感します。しかし、実のところ、静電気は季節を問わず身近にあって、私達はそれに気づいていないだけです。私達が実感する静電気放電ショックは、いくつかの条件が重なって、物体あるいは人間に、正または負の電気をもった粒子（電荷）が過剰に偏った不安定な状態から安定な状態に戻るときに生じる現象です。では、“いくつかの条件”とは何でしょうか。その一つは湿度です。「何だ。当たり前のことではないか。」と思ったかもしれませんが、なぜ湿度が低くなると、電荷が偏った状態になりやすいのでしょうか。この疑問は、日常の経験をもとに答えるのは困難です。本稿では、その疑問を解くヒントになる話題を提供します。

相対湿度と絶対湿度

日常よく使われる湿度は、相対湿度のことで、パーセント（%）で表されます。一方、絶対湿度は空気1立方メートル当りに存在する水蒸気の質量（ g/m^3 ）で表されます。図1

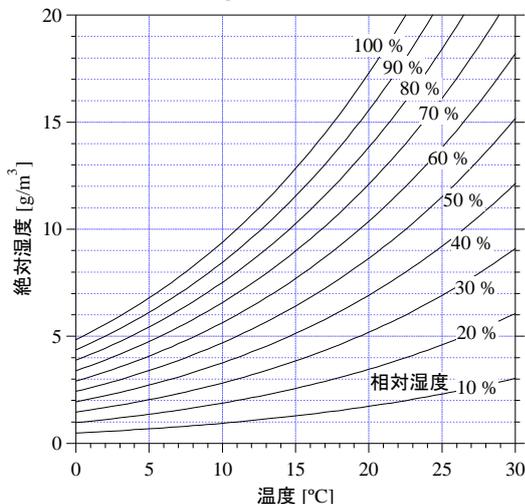


図1 絶対湿度及び相対湿度と温度の関係

は空気1気圧の下での絶対湿度及び相対湿度と温度の関係を示したものです。例えば、気温が15°Cで相対湿度が70%のとき、絶対湿度は $9 \text{ g}/\text{m}^3$ です。気温が下がり、例えば3°Cになると、そのときの空気を含むことのできる水蒸気量の $6 \text{ g}/\text{m}^3$ を超過します。超過した水蒸気（水）の $3 \text{ g}/\text{m}^3$ が水滴となります。これが結露です。一日の寒暖差も空気の湿り具合を変える要因になることがわかります。

和紙の帯電減衰曲線と湿度

最近、和紙の帯電性と湿度の関連性について調べたので、その結果を紹介します。

実験は、帯電させた和紙の表面から5cmの距離に電位計のプロブを固定して、電位を測定しました。図2は測定開始からの時間（横軸）と電位計の読み（縦軸）との関係を示しており、縦軸は対数目盛で表しています。図2から電位計の読みの対数は時間に比例す

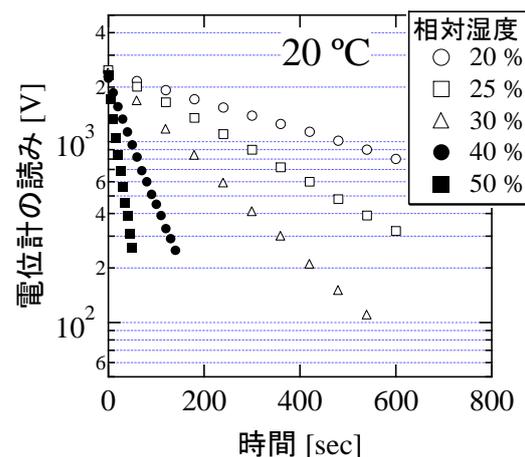


図2 和紙の帯電減衰性とその湿度の影響

ることがわかりました。そこで、その比例係数（ $-1/\tau$ ）を、次の指数関数を用いて決定しました。

$$V = V_0 \exp(-t/\tau) \quad (1)$$

図3に20°C及び28°Cにおける異なる5つ

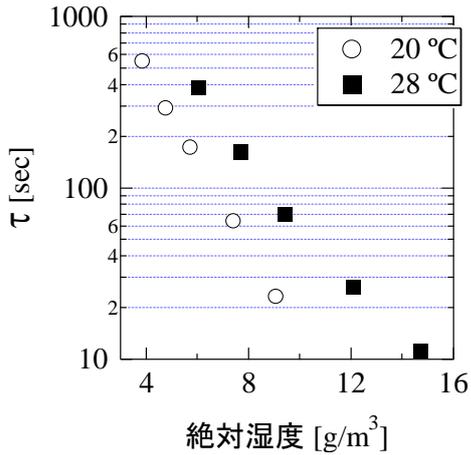


図 3 τ と絶対湿度の関係

の湿度条件から得られた τ と絶対湿度との関係を示します。 τ は絶対湿度が高くなるにしたがい指数関数的に減少しました（これは相対湿度でも同じです）。また絶対湿度が同じでも温度によって τ は異なることがわかりました。ところで、 $\tau=RC$ (R は電気抵抗、 C は静電容量) なる関係が成り立つことが知られています。図 4 に示すように、実際に測定した和紙の R も相対湿度に対して指数関数的に

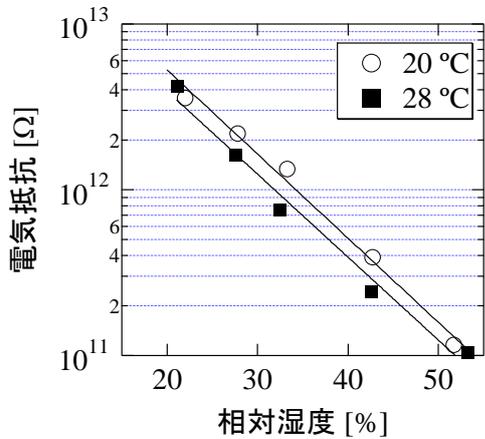


図 4 電気抵抗と相対湿度の関係

減少しました。図 3 の τ と図 4 の R から C はおよそ 1×10^{-10} ファラッド (F) と求まりました。ここで、この温度領域において C は一定とみなすことができました。したがって、同じ絶対湿度でも τ の値が温度によって異なるのは R の温度変化が原因であると考えられます。想像ですが、温度の上昇によって和紙の繊維を構成する高分子の分子振動が乱雑になり、繊維の表層を伝わる電荷の動きが抑制

されるのではないのでしょうか。さて、先ほど求めた C の値と式 (1) を用いて、和紙の帯電量がどのように減衰するかを予測することができます。ここで、最初の帯電量を 1 とした場合に、帯電量が今どれだけかを表すものを、仮に帯電比と呼ぶことにすると、この和紙の各抵抗に対応する帯電比と時間の関係は図 5 のようになります。この図から和紙の電

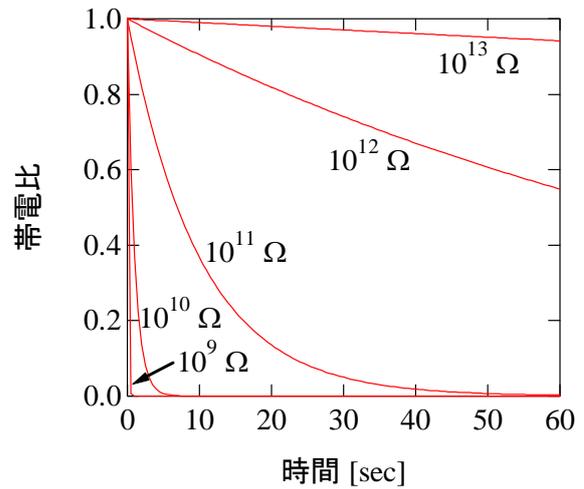


図 5 和紙の各抵抗に対する帯電比と時間の関係

気抵抗が $10^{11} \Omega$ のときは 50 秒で、 $10^{10} \Omega$ ならば 5 秒で、 $10^9 \Omega$ ならば僅か 0.5 秒程度で、いずれも帯電量がほぼゼロになります。つまり、抵抗値が小さければ小さいほど帯電量が早くゼロになります。この予測をもとに図 4 を用いて 1 秒も経たないうちに帯電量がほぼゼロになるような条件を考えると非常に高い湿度が必要になることがわかります。実際にその対策をするかどうかは別として、以上のような手法は静電気トラブルの回避対策に利用できるものと思われます。

最後に

“なぜ湿度が低くなると、電荷が偏った状態になりやすいのか。”という疑問が残っていました。それは、湿度の低下で電気抵抗が大きくなり、電荷の動きが抑制されてしまうから、と答えるのがよいでしょう。しかし、電気抵抗そのものの湿度依存性については、なお理論的な検討が必要であると思われます。