

IGC 法による媒染染色綿繊維の消臭機構解明

Mechanism analysis for deodorization with mordanted cotton fibers by IGC method

0130113 澤村 さつき

Satsuki SAWAMURA

【目的】

近年、快適な生活環境への対応から、消臭加工製品のニーズが高まっている。本研究室では金属塩と染料を用いて、色があり消臭機能を持つ媒染染色布の調製を行い、におい物質に対して高い消臭効果を持つことを明らかにしてきた。この消臭効果は消臭繊維のにおい物質の吸着と分解によるものと考えられる。本研究では消臭過程における吸着を理解するために、インバースガスクロマトグラフ法 (IGC 法) を用いて調べることにした。IGC 法とは、試料を固定相、既知物質を移動相として、そのクロマトグラムの保持挙動から、試料と既知物質との相互作用や試料の物性、構造などを測定する方法である。

本研究では、媒染染色布／におい物質のモデルとして、綿繊維／水、酢酸を用いた。IGC 法で、まず同一の固定相に対して、移動相を水と酢酸に変化させ、水と酢酸に対する綿繊維上の結合サイト濃度や結合の強さなどを検討する。また、移動相を酢酸とし、固定相である綿繊維の処理過程を変化させ、綿布の処理過程の違いによる吸着挙動の変化を検討する。

【実験】

1) 試料

綿ブロード 40 番を、ヘキサン、ベンゼン、メタノール、蒸留水の順に、30°C で各 2 h 浸漬し、精練を行った (None)。続いて 0.01 M 硫酸銅水溶液中で 50°C、3 h、浴比 1 : 30 で先媒染した (Pre)。さらに 3% o.w.f. の含銅直接染料 Kayarus Supra Blue 4BL200 (C.I. Direct Blue 200) と助剤を含む染浴に先媒染した布を入れ、室温から 30 min で 85°C に昇温し、2% o.w.f. 硫酸銅を添加後 30 min、後媒染した (Pre-Dye-Aft)。

処理綿布のたて糸を引きぬき、長さ 23 mm・内径 3 mm (水)、長さ 50 cm・内径 3 mm (酢酸) のステンレススチール製カラムに引きそろえて充填した。105°C で絶乾し、試料の重量を測定した。このカラムをガスクロマトグラフ (島

津 GC9A) に装着し、キャリアガスとして He を用い、105°C で 24 h エージングし、固定相とした。検出器として TCD を用い、TCD の温度 150°C、注入口温度 250°C、キャリアガス流速 20 mL・min⁻¹ (水)、15 mL・min⁻¹ (酢酸)、カラム温度 40-70°C、移動相として 0.1-7.0 μL の蒸留水または酢酸を注入し、クロマトグラムを得た。

2) 吸着量の算出

保持容量から吸着量を求めた。注入した蒸留水のモル数 n 、固定相の質量 W 、クロマトグラムのピーク面積 A 、ピーク高さ h 、補正保持容量 V_R から吸着量 N を次式により算出した。

$$N = \frac{n}{AW} \int_0^h V_R dh$$

3) 吸着等温線

上式より算出した吸着量 (g/g) を蒸気圧分圧 (平衡蒸気圧) p と飽和蒸気圧 p_0 から計算した相対蒸気圧 p/p_0 に対してプロットし、吸着等温線を得た。 p は次式で計算した。

$$p = (nRT/h)/(AjF_T)$$

ここで、 R : 気体定数、 T : カラム温度、 j : ガス圧縮率、 F_T : キャリアガス流速、 A : ピーク面積、 h : ピーク高さである。

【結果と考察】

Fig.1 に None に対する水の吸着等温線を示す。測定したすべての温度で吸着等温線は逆 S 字形となり、また温度が高くなるほど吸着量は小さくなり、吸着が発熱反応であることがわかった。また、逆 S 字形になることから、多分子吸着が起こっていると推定できる。そこで、得られた結果に BET 吸着理論を適用し解析した。BET 吸着理論では気体分子が吸着座席に局在化して吸着され、かつ多分子層を形成していると考えている。BET 式は次式で表される。

$$\frac{p/p_0}{N(1-p/p_0)} = \frac{C-1}{N_m C} \frac{p}{p_0} + \frac{1}{N_m C}$$

ここで N_m は単分子吸着量で、気体分子の吸着座席の数に対応する。BET プロットの傾きと切

片からパラメーター N_m と C を算出した。 N_m を測定温度に対してプロットしたものをFig.2に示す。 N_m は温度が高くなるほど小さくなることがわかった。温度が高くなるとセルロース同士の水素結合が多くなり、水の吸着サイトであるOH基が減少したと考えられる。

Fig.3にNone, Pre, Pre-Dye-Aftに対する酢酸の吸着等温線を示す。吸着量は水の約1/50と極めて小さく、また、水とは逆に温度が高くなるほど吸着量は大きくなった。吸着等温線はすべて逆S字形となることから、水と同様にBET吸着理論を適用し、解析をした。 N_m を測定温度に対してプロットしたものをFig.4に示す。処理過程による違いが大きい50°Cの場合を考える。None < Pre < Pre-Dye-Aftの順に N_m は大きくなった。Preの N_m は $3.21 \times 10^{-4} \text{ g g}^{-1}$ となり、モルに換算すると $5.35 \mu\text{mol g}^{-1}$ であった。Preの含銅量は $9 \mu\text{mol g}^{-1}$ (原子吸光より)であ

るので、 N_m はこれの約3/5である。このことからCuが酢酸の吸着サイトとなっていると考えられる。また同様にPre-Dye-Aftの場合は、 N_m は $7.12 \mu\text{mol g}^{-1}$ 、含銅量は $24 \mu\text{mol g}^{-1}$ であるので、 N_m は含銅量の約3/10である。このことからPreと同様にCuが酢酸の吸着サイトになっているが、Pre-Dye-Aftでは染料の吸着サイトにもなっているのではないかと考えられる。

におい物質モデルである酢酸の吸着量は水の約1/50と極めて小さかった。しかし、綿を媒染・染色加工することで、におい物質の吸着挙動は変化し、吸着量は大きくなった。嗅覚においては、におい物質の微量な存在が問題となるものであり、綿に対する加工が吸着量の変化をもたらすという結果は、綿に消臭機能を付与する観点からは意味のあることだと考える。

(指導教員 仲西 正)

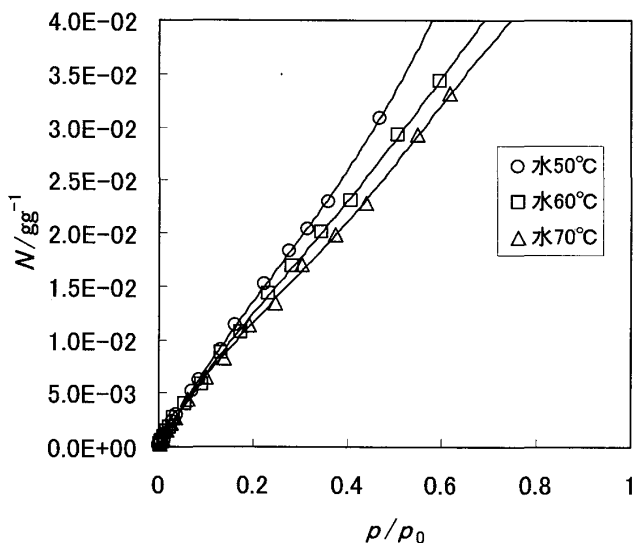


Fig.1 Sorption isotherms for cotton/water.

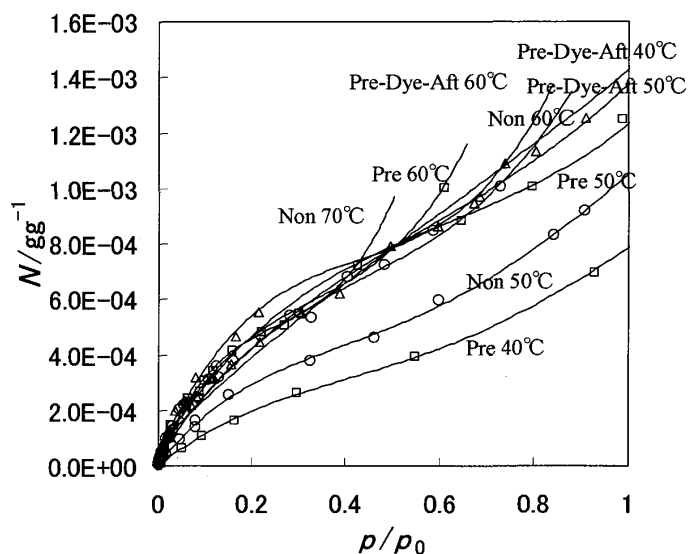


Fig.3 Sorption isotherms for cotton/acetic acid.

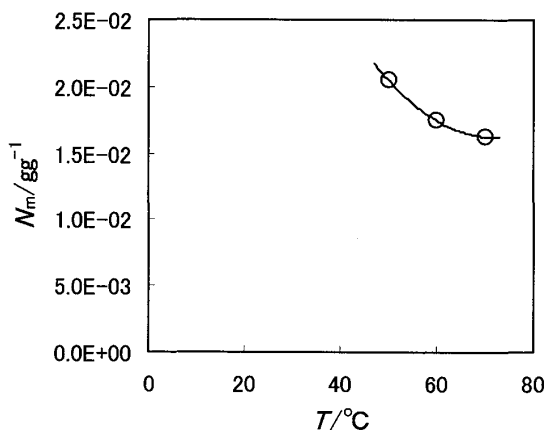


Fig.2 N_m plotted against temperature for cotton/water.

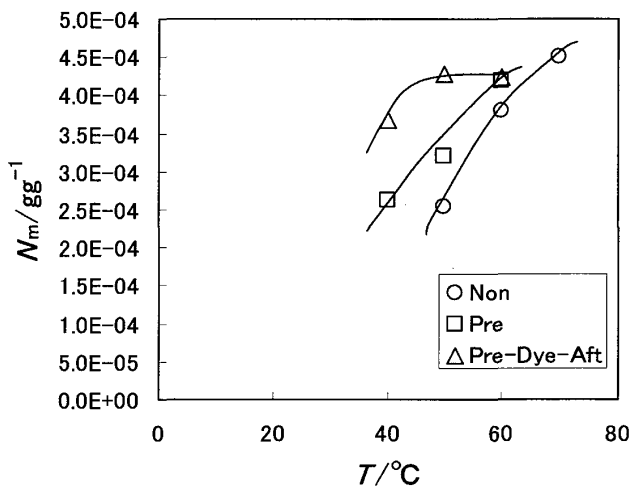


Fig.4 N_m plotted against temperature for cotton/acetic acid.