

## ガス吸着シートの開発

島上祐樹<sup>\*1</sup>、市川 進<sup>\*2</sup>

## Development of Gas Adsorption Nonwoven Fabrics Made from Fibre Waste

Yuki SHIMAKAMI<sup>\*1</sup> and Susumu ICHIKAWA<sup>\*2</sup>Mikawa Textile Research Centre, AITEC<sup>\*1\*2</sup>

繊維廃棄物由来の不織布状活性炭について、ガス吸着性能を中心に調べた。その結果、ガス賦活によってできた不織布状活性炭は、硫化水素やメチルメルカプタンなどの酸性ガスに対して、特に高い吸着性能を示した。更に、過酸化水素を用いた液相酸化処理をおこなうことで、塩基性ガスであるアンモニアの吸着性能が著しく向上した。この不織布状活性炭は、適当な表面修飾処理と組み合わせることで、様々なタイプのガス吸着フィルターとして応用できることが確認された。

## 1. はじめに

これまでに、われわれは繊維廃棄物の有効利用として、不織布状活性炭としての可能性を模索してきた。その結果、非溶解性の繊維と繊維廃棄物とをうまく混綿することにより、しなやかで成型加工性に優れた不織布状の活性炭の開発に成功した。そこで、この活性炭がもつ不織布状の形態を生かしたガス吸着フィルターへの展開を検討した。

## 2. 実験方法

## 2.1 試料

試料は、反毛工程を経たアクリル廃繊維及びセルロース系繊維を適当な割合で混綿し、ニードルパンチ法にて、不織布状に加工したものをを用いた。この試料に、所定量の炭化促進剤を含浸後乾燥させた。その後、空气中 250 にて耐炎処理を行い、耐炎不織布を得た。

耐炎不織布を窒素雰囲気中で 500 から 700 で炭化した後、700 から 900 で 0.5 から 3 時間の条件で賦活ガス（二酸化炭素、水蒸気）を作用させ、不織布状活性炭を得た。

## 2.2 表面酸化処理

2.1 で得られた試料の表面化学構造を修飾するため、表 1 の条件にて処理した。

## 2.3 特性評価

試料のヨウ素吸着性能を JIS K 1477 に基づいて、評価した。

試料の細孔特性を、液体窒素温度における窒素ガス

の吸着等温線により考察した（測定装置：ユアサイオニクス製 AUTOSORB 1）。

試料の強伸度を、試料巾 25mm、掴み間隔 100mm、引張り速度 100mm/min の条件で測定した（測定装置：ORIENTEC RTC-1250A）。

表 1 表面酸化処理の方法

処理方法	処理手順
過酸化水素 A 法	水溶液（35%過酸化水素 7ml/l、ソーダ灰 2g/l、水酸化ナトリウム 1g/l）で、100、1 時間処理した後、水洗
過酸化水素 B 法	35%過酸化水素で、60、1 時間処理した後、水洗
次亜塩素酸	1. 次亜塩素酸ナトリウム 4g/l で、30、3 時間処理 2. 水洗後、酢酸で中和し、再度水洗 3. 35%過酸化水素 15ml/l、ソーダ灰 2g/l、硫酸マグネシウム 0.1g/l で、80、40 分処理 4. 水洗

## 2.4 ガス吸着性能

30×30mm の試料を内容量 3 リットルのテドラーバッグに入れて、2 リットルの各種ガスを封入した。その後のガス濃度の経時変化をガス検知管にて追跡した。封入ガスとして、トルエン、メチルメルカプタン、硫化

\*1 三河繊維技術センター 開発技術室 \*2 三河繊維技術センター 開発技術室（現尾張繊維技術センター 開発技術室）

水素、アセトアルデヒド、トリメチルアミン、アンモニアを用いた。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 特性評価

表2に、各工程での収率および寸法変化率などの基本物性を示す。800 1 時間の水蒸気賦活で、比表面積が、922m<sup>2</sup>/g ( BET1 点法 ) の高い比表面積の活性炭が得られた。また、収率、収縮率および目付は、それぞれ 37%、29%、92g/m<sup>2</sup> だった。しなやかさがあり、かつ高い比表面積をもつ不織布状活性炭を得るには、表2の影部分で示した条件が適当であることがわかった。

図1に、800 で1 から3 時間、水蒸気賦活処理した試料の液体窒素温度における窒素吸脱着等温線を示す。いずれの試料もラングミュア型の吸脱着等温線を示した。IUPAC の吸脱着等温線の分類によれば、Ⅱ型となる。この型は、ミクロ孔が存在する場合によく見られる。この試料においても、繊維表面の大半がミクロ孔で占められていることが推測される。

BJH 法による解析から、平均細孔径はそれぞれ 10.83 、 10.70 、 11.12 と算出された。

水蒸気賦活は、炭酸ガス賦活に比べ、反応効率がよく、温度も低めに設定できる。一方、平均細孔径については、水蒸気の方が、炭酸ガスに比べて大きい傾向がみられた。細孔径分布も単一の鋭いピークではなく、ブロードなピークがいくつかみられた( 図2 )。水蒸気分圧や導入方法に起因すると思われるので、これらの改善が必要である。

t プロットによる細孔特性解析から、本試料は、吸着に直接関与するミクロ孔が、表面に非常に多く存在することがわかった。このような構造の活性炭の吸着速度は高い。そのため、本試料は、ガス吸着フィルターを想定した場合、高流量下でも高い吸着性能が期待できる。

また、ヨウ素吸着性能は、1 から3 時間の水蒸気賦活で、いずれも 800 から 900mg/g の範囲にあった。これは、市販の活性炭とも遜色ない性能である。

強度は、工程が進むに従って減少し、最終段階では、1.1N/25mm であった。ガス吸着フィルターとしては使用できるものの、十分な強度とはいえない。

反毛、ニードルパンチなどの不織布製造条件、炭化前処理などが、今後の検討課題である。

表2 各工程での収率および寸法変化

	不織布	炭化促進処理	耐炭化	炭化
収率[%]			73.6	87.4
タテ収縮率[%]			20.4	4.8
ヨコ収縮率[%]			21.3	2.3
目付[g/m <sup>2</sup> ]	164	210	255	128
厚み[mm]	1.5		1.15	0.68
灰分[%]	0	5.3		7.2
強力[N]		8.1879	8.1708	3.5675

処理条件	比表面積[m <sup>2</sup> /g]	収率[%]	収縮率[%]	目付[g/m <sup>2</sup> ]	灰分量[%]
750 × 60分	535	84	0	118	
750 × 120分	748	64	4	109	
800 × 30分	682	57	4	100	
800 × 60分	922	58	5	92	4.7
800 × 120分	1195	36	12	73	4.1
800 × 180分	1290	24	14	54	6.2
900 × 120分	1237	6	35	22	

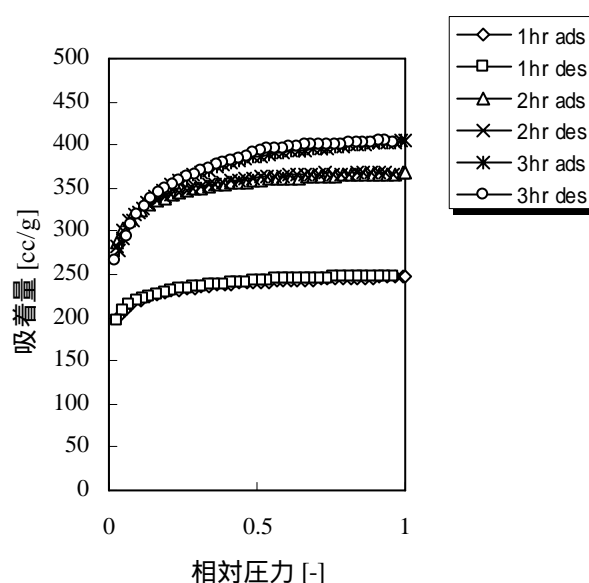


図1 液体窒素温度における窒素の吸脱着等温線

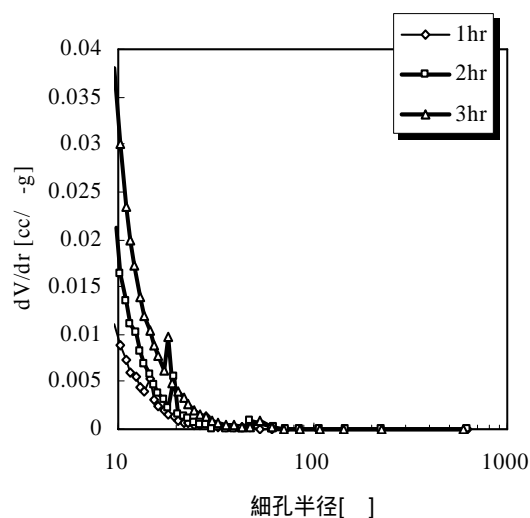


図2 水蒸気賦活時間による細孔径分布の変化

### 3.2 ガス吸着性能評価

図3、4、5、6、7に、800 2時間賦活処理した試料における各種ガスの吸着性能を示す。トルエン(図3)、トリメチルアミン(図4)および硫化水素(図5)については、4時間後には、検知管検出限界まで吸着除去された。嗅覚による確認をしても、臭気が全く感じられなかった。この結果から、中性ガスや酸性ガスに対する除去性能が非常に高いことがわかった。トルエンは、建築材料に含まれる揮発性有機化合物(VOC)の1つであり、いわゆるシックハウス対策商品への展開も期待できる。また、硫化水素およびメチルメルカプタンは、悪臭防止法に定められている悪臭物質である。環境資材への利用も考えられる。たとえば、ペットや介護用品、生ゴミ用脱臭シートなどが挙げられよう。

トリメチルアミン(図6)は、5時間で90%が吸着除去された。嗅覚による確認では少々臭気が残っていた。塩基性のガスに対しては、中・酸性ガスほどの性能は認められなかった。トリメチルアミンも悪臭防止法に定められる悪臭物質の一つであり、魚が腐った臭いがする。このタイプのガスの除去性能を向上させるためには、表面修飾などの後処理が必要であることがわかった。

アセトアルデヒド(図7)では、24時間で60%の除去効果が得られた。嗅覚による確認では、弱いながらも臭気を感じられた。この物質は、たばこ臭の主成分といわれている。この物質の除去性能は、特に空気清浄機市場では重要な課題となっている。本試料でもある程度の除去性能は認められたが、より優れた性能を目指すなら、後処理が必要と考えられる。

### 3.3 表面化学修飾

800 1時間の水蒸気賦活処理した試料に対して、酸化剤を用いた後処理をおこなった。

本来、活性炭は炭素を主体とするものであるからそれ自身は無極性である。しかし、生産工程の雰囲気により、実際の活性炭は様々な官能基を表面に有している<sup>1)</sup>。そして、表面酸化処理によって積極的に導入できることも知られている。本試料に対しても、酸性の表面官能基を導入するため、過酸化水素および次亜塩素酸塩を用いた処理を検討した。

過酸化水素や次亜塩素酸塩(さらし粉)は、染色・仕上げ加工では漂白剤として広く使われている。本実験では、過酸化水素A法および次亜塩素酸塩法は、一般的な綿の過酸化水素漂白と同じ条件とした。また、過酸化水素B法はかなり過酷な条件での処理であるため、工業的には、難しい面があるが、酸化剤の性能を確認

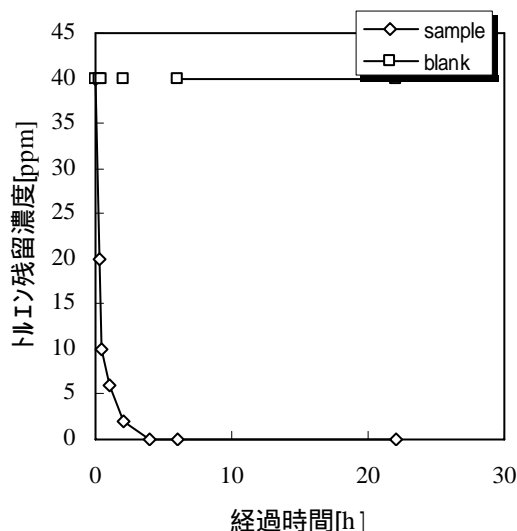


図3 トルエンガスの吸着性能

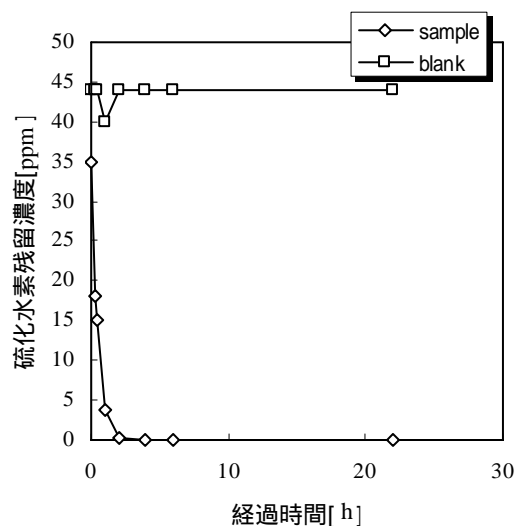


図4 硫化水素の吸着性能

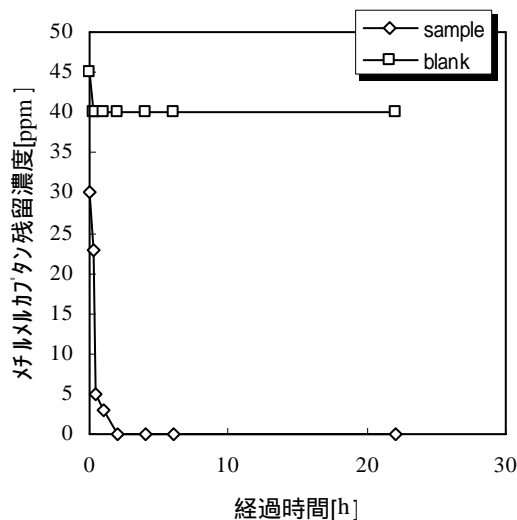


図5 メチルメルカプタンの吸着性能  
炭酸ガス賦活(900 30min)

するためにおこなった。

過酸化水素は、アルカリによって活性化され、式 1 のような反応が起こす<sup>2)</sup>。この反応は、金属イオンの存在や処理温度の上昇によって、著しく右へ進む。

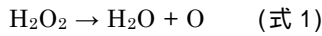


図 8 に、表面酸化処理によるアンモニア吸着性能の変化を示す。未処理試料と次亜塩素酸塩処理試料の残存濃度は、ブランクとの差が共に 5ppm 程度であり、酸化処理の効果が認められなかった。一方、過酸化水素 A 法、および B 法で処理した試料の残存濃度は、ブランクとの差が各々 15ppm、19ppm と著しい増加がみられた。

これは、酸化処理によりカルボニル基などの酸性基が活性炭表面に導入され、塩基性であるアンモニアが捕捉されやすくなったためと推測される。また、過酸化水素 A 法は、通常の綿の漂白と同じ条件であるため、条件を詳細に検討していけば、実用的な処理条件で更なるアンモニア除去性能の向上が期待できる。一般の糸や布に比べて、強度が低いので、処理装置の開発が今後の課題である。

#### 4. 結び

繊維廃棄物を原料とする不織布状活性炭のガス吸着性能を調べ、ガス吸着シートとしての可能性を検討した。その結果、以下の事項が達成された。

非溶解性繊維との混綿により、しなやかで成型加工性に優れた不織布状活性炭が得られた。

ガス賦活法により、1000m<sup>2</sup>/g 程度の高い比表面積をもつ不織布状活性炭が得られた。

中・酸性ガスの吸着性能が非常に優れているものが得られた。一方、塩基性ガスやアルデヒド類は、中程度の性能であった。

過酸化水素による表面酸化処理により、アンモニア等の塩基性ガスの除去性能を著しく向上できた。

#### 謝辞

本研究を行うにあたり、活性炭の細孔構造解析に関して、多大なご指導、ご協力を頂きました瀬戸窯業技術センター、常滑窯業技術センターの皆様には厚く御礼申し上げます。

#### 文献

- 1) 小田廣和: 活性炭の応用技術, P23 (2000), ㈱テクノシステム
- 2) 日本繊維工業教育研究会: 色染化学, P13 (1975), 実教出版(株)

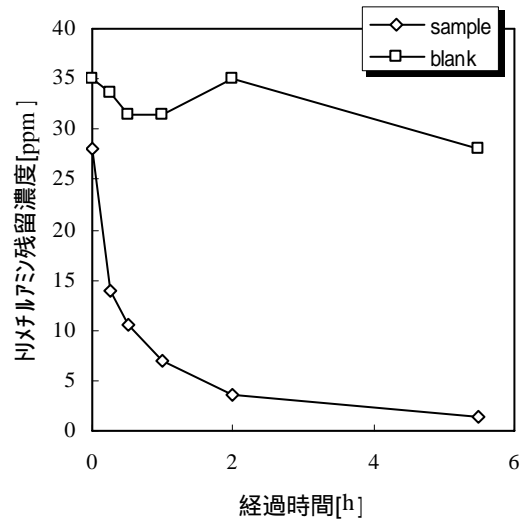


図 6 トリメチルアミンの吸着性能

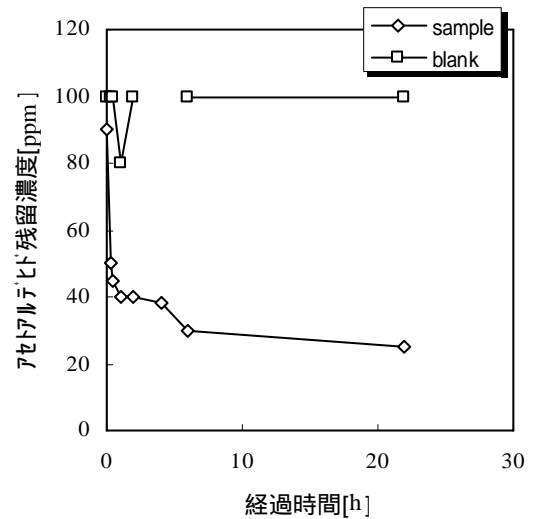


図 7 アセトアルデヒドの吸着性能

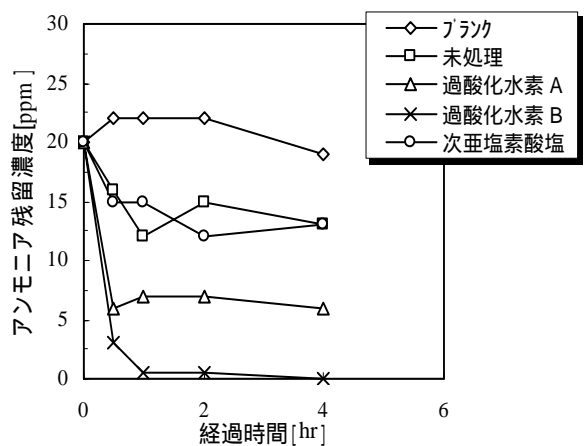


図 8 表面酸化処理のアンモニア吸着性能に対する効果