

ウイルス吸着フィルター

(1991年～現在)

Key-words：ウイルス吸着、水酸アパタイト、フィルター

注1 ポリエチレンのような熱可塑性高分子を溶融させ、連続した長繊維状に吐出しながら繊維を形成する。表面は熱可塑性高分子、芯は耐熱性高分子でできた二層構造の繊維である。

注2 スパンボンド法などで作製した繊維を熱で溶融させて、繊維同士を結合させる。

注3 一般的な衣類に使用する布は、繊維を撚って糸にしたものを織っているが、不織布は繊維を物理的、化学的な作用によって接着または絡み合わせる事で布にしたもので「織っていない布」である。ウェットティッシュやフェルトが代表的な不織布である。

注4 細胞（細菌を含む）より小さく、細菌と異なり単独では増殖できず細胞内に寄生して増殖する。非生物と生物の特徴を併せ持つが現在では、多くの学者がウイルスを非細胞性生物または非生物としている。

水酸アパタイトを使用した人工骨が製品化され、合成技術等が確立し品質の安定した水酸アパタイトが販売されるようになり、様々な応用研究がなされるようになった。その中で水酸アパタイトを用いたウイルス吸着フィルターは、1991年にマスク用として製品化された。初期マスクに使われていたフィルターは、接着剤等を用いてフィルター基材に固定していたために、水酸アパタイトの一部が接着剤等で覆われウイルス吸着能力が低かったが、その後、接着剤を使用せずスパンボンド法^{注1)}とサーマルボンド法^{注2)}で製造した不織布^{注3)}を加熱接着法で直接固定化することで、ウイルス吸着能力が向上し、水洗浄や中性洗剤を用いた洗濯もになった。今後、更なる開発が進み新型インフルエンザをはじめとする空気感染症の予防に効果を発揮することが期待されます。

1. 製品適用分野

風邪予防マスク、空気清浄機フィルター

2. 適用分野の背景

水酸アパタイト (Hydroxyapatite / 化学式： $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ / 以下、HApと略す) は、古くからタンパク質や核酸の吸着特性を利用したこれらの分離・精製の液体クロマトグラフィー充填剤として用いられている¹⁾。また、骨との生体親和性が良いことから人工骨として盛んに研究開発され^{2), 3)}製品化されている。それに伴い、合成法の改良が行われ純度や品質安定性が飛躍的に向上し各種材料への応用され始めている。

また、HApが低分子のアンモニアや窒素酸化物を吸着することが判明し防臭剤としての用途開発がされている⁴⁾。さらに、インフルエンザウイルスなど表面にタンパク質持つウイルスも吸着することが発見された⁵⁾。この特徴を活かし、ウイルス^{注4)}や悪臭の除去を目的としてHApを表面にコートしたフィルターが開発され、**図1**に示す風邪予防マスクや空気清浄機フィルターとして実用化されている。

3. 製品の特徴と仕様

基本的な仕様は、フィルター基材表面に様々な手法を用いて、衝撃等で脱落しないよう均一にウイルス吸着性HApを固定することにある。

風邪予防マスクでは、フィルター基材として人工合成樹脂繊維不織布が一般的に用いられる。ガーゼタイプのマスクでは、簡単な水洗浄や中性洗剤を用いた洗濯に対応できるフィルターでなければならない。しかし、ガーゼタイプマスクとは異なり、水洗浄等に耐える必要がない使い捨てタイプのももある。

また、空気清浄機フィルターでは、風邪予防マスクと同じ方法で作成した不織布や鑄型で成型した網目状の人工合成樹脂フィルターが使用されている。このフィルター部にHApを固定する。

4. 製法

初期の製法は、ウイルス吸着能力を有するHAp、有機物の接着剤、分散剤、消泡剤を水に分散した液を用いて、フィルター基材にディップやスプレーなどでHApを表面に固定していた。この方法では、HAp表面

の一部を接着剤、分散材、消泡剤が覆うため、ウイルスを吸着するサイトを塞いでしまいウイルス吸着能が低くなる。特に、接着剤の影響が大きく、接着剤の選定や使用する量(濃度)を調整しなければならない。また、このタイプのフィルターは、水洗いでHApが脱落してしまうため、製品は全て使い捨てになる。

これらの欠点を補いウイルス吸着能力を上げ、かつ、洗浄を可能にするために、スパンボンド法とサーマルボンド法を組み合わせで作製した繊維表面が熱可塑性高分子持つ不織布にHApスラリーをディップし、加熱処理で繊維表面にHApを接着させる加熱接着法が開発された(**図2**、**図3**)。この加熱接着法により、接着剤、分

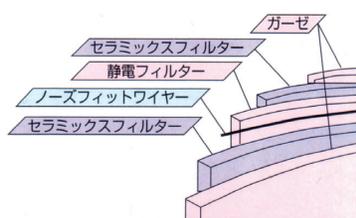


図1 風邪予防マスク

左がマスク構成で、静電フィルターを挟む形で二枚のセラミックスフィルター(ウイルス吸着)が配置している。右は、販売されている風邪予防マスク。

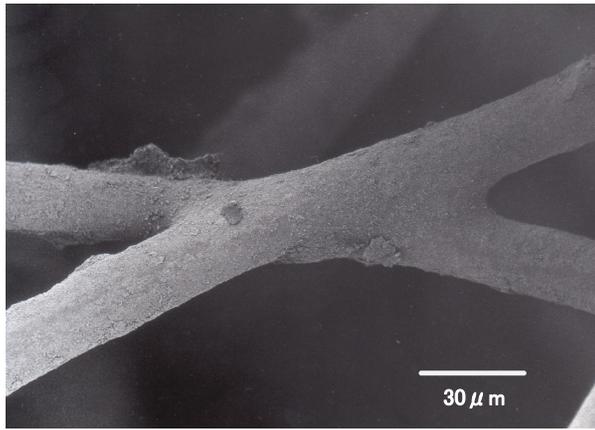


図2 セラミックフィルター不織布繊維のSEM像

ウイルス吸着性セラミックスを加熱接着法で不織布繊維に表面に固定していたセラミックフィルターで繊維表面全体にセラミック粒子が付着している。

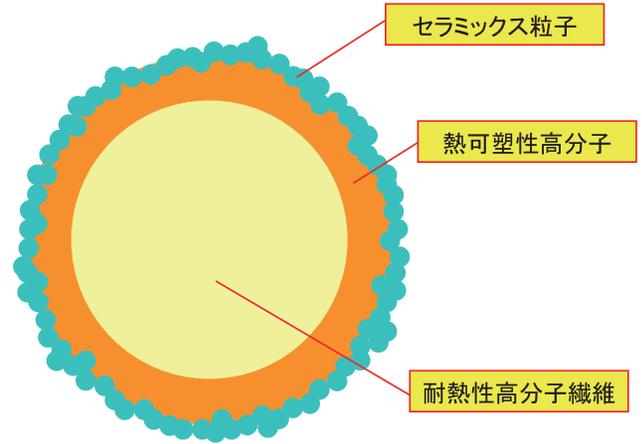


図3 セラミックフィルター不織布繊維の断面構造

中心から耐熱性高分子繊維（黄色）、熱可塑性高分子（橙色）、HAp粒子（水色）

散材や消泡剤がHAp表面を覆うことが無くなり飛躍的にウイルス吸着能力が向上した(表1)。同時に、簡単な水洗浄や中性洗剤を用いた洗濯もになった。現在の製品の多くは、この加熱接着法により作製されている。

この他に、加圧力を用いたHAp粒子圧入法やフィルター素材表面でHApを沈着させる方法などがある。

5. 将来展望

比較的衛生・医療環境の整っている日本でもインフ

ルエンザウイルスによる死亡者が、約1800人出ている(2005年シーズン、国立感染症研究所)。この数年、アジアを中心に毒性の強いトリインフルエンザウイルスが現れ、感染した方が死亡するケースがあり、人に感染するような新型インフルエンザウイルスへと変異が懸念されている。この新型インフルエンザが流行すると全世界で甚大な被害が出る事が想定されている。

HEPAフィルター^{注5})と異なり、現在あるHApフィ

注5 空気中からゴミ、塵埃などを取り除き、清浄空気にするフィルターで、日本工業規格(JIS)では、定格風量で粒径が0.3 μmの粒子に対して99.97%以上の粒子捕集率をもち、かつ初期圧力損失が245Pa以下の性能を持つエアフィルターと規定されている。

表1 洗濯機水洗浄処理に夜ウイルス吸着能力への影響

インフルエンザウイルス液を各種不織布で濾過し、ウイルス吸着能力を測定し、洗濯機水洗浄処理によるウイルス吸着能力の低下を測定する。

	水洗浄処理前不織布ウイルス吸着率	水洗浄処理後不織布ウイルス吸着率
セラミック粒子を有機接着剤で固定した不織布フィルター	88%	75%
セラミック粒子を水溶性接着剤で固定した不織布フィルター	93%	0%
セラミック粒子を加熱接着法で固定した不織布フィルター	99%	97%

ルターは、簡易フィルターであり、100%ウイルスを捕捉することはできない。しかし、ウイルス数を減少するだけでも発症率を低下させることは可能であり、予防効果は十分に期待できる。

簡易でインフルエンザウイルスをより多く捕捉し、感染率を飛躍的に抑えることができるようなフィルターの開発が望まれている。

文 献

- 1) A. Tiselius, et al., *Arch. Biochem. Biophys.*, **65**, 132-55 (1956)
- 2) 青木秀希, *口腔病学会誌*, **40**, 277 (1971)
- 3) T. D. Driskell, et al., *J. Dent. Res.*, **52**, 123 (1973)
- 4) 平出恒男, *セラミックス*, **28**, 642-46 (1993)
- 5) S. Tsuru s, et al., *Bio-Mater. and Engrg.*, **1**, 143-47 (1991)

[連絡先] 平出 恒男
HOYA(株)PENTAX ニューセラミックス事業部
〒174-8639 東京都板橋区前野町 2-36-9

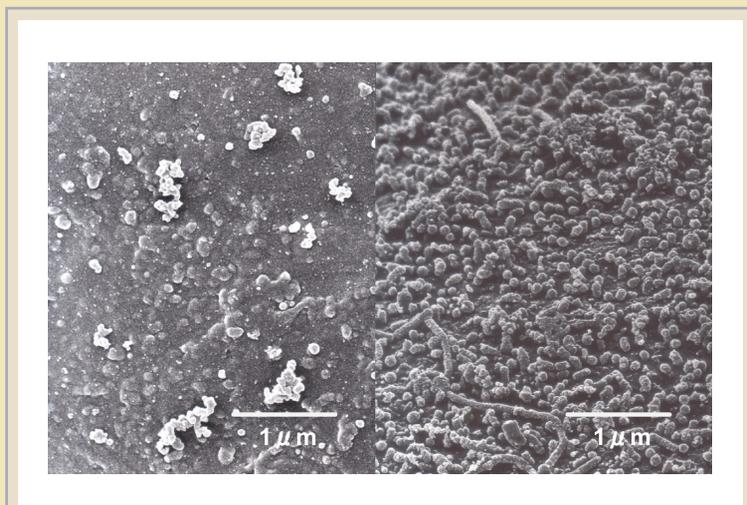


図4 インフルエンザウイルス吸着 (SEM 像)

左はインフルエンザウイルス吸着する前で、右はインフルエンザウイルス (球状、棒状) を吸着したセラミックフィルター不織布繊維表面。