

●新規消臭不織布マスク「ケスモンマスク」

Novel Nonwoven Fabric Deodorant Mask “KESMON MASK”

山田 喜直

Yoshinao Yamada

Key Word : Deodorant, Mask, Nonwoven fabric, Adsorbent

1 はじめに

近年、花粉症、インフルエンザ、PM2.5など空気中に含まれる有害物質の対策として高性能なフィルター機能を備えた不織布マスクが普及し、一般消費者に広く使用されるようになってきた。また、従来から化学工場、畜産場、汚物処理場、清掃業等の作業現場では臭気の問題があり、消臭不織布マスクが使用されている。

現在市販されている消臭不織布マスクの消臭有効成分の多くは活性炭である。活性炭は物理吸着により悪臭成分を吸着するため、広範囲の臭気成分に対して消臭効果を示す。しかし、消臭マスクは呼吸により通過する悪臭ガス成分を短時間で吸着する必要があるが、活性炭の吸着速度は十分ではなく、より吸着速度が速い消臭剤が必要である。また、光触媒により悪臭成分を分解するタイプや、植物成分由来の有機系消臭剤を配合したマスクもあるが、これらも呼吸により通過する短時間の接触では十分な消臭効果が得られない。一方、吸着ではなく悪臭ガスをマスクングにより消臭する香料含有タイプもある。これは悪臭ガスに他の臭気を被せて不快感を軽減させるものであるが、香料に対する好みには個人差があり、人によっては不快感を催すこともあり万能とは言えない。

そこで今回、様々な悪臭を伴う作業環境において作業者の不快感を低減することを目的に、消臭速度が速く、短時間で悪臭成分の吸着が可能である化学吸着型消臭剤を用いることにより、実使用消臭効果が高い新規消臭不織布マスク「ケスモンマスク」を開発したので紹介する。

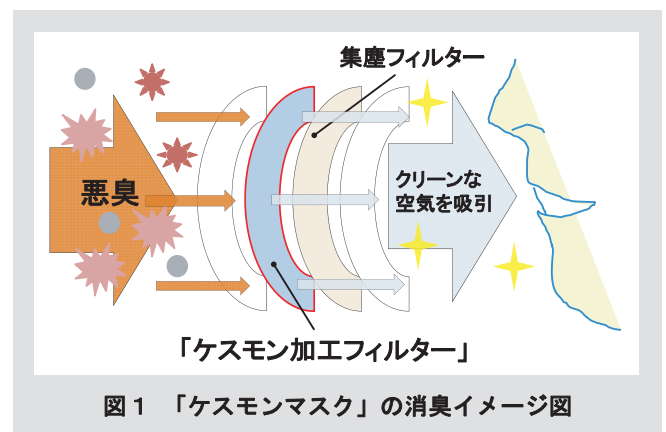
2 ケスモンマスクの構成

化学吸着型消臭剤とは、悪臭ガスに含まれる悪臭成分と化学結合を形成することにより、悪臭成分を吸着して消臭する材料である。当社製品「ケスモン®」は無機系の化学吸着型消臭剤で、即効性があり、吸着した臭気を再放出しない特徴を持つ。今回、新規消臭不織布マスクの開発のため、新たに数種類の「ケスモン®」を組み合わせさせた特殊配合を設定し、

実使用消臭効果が高い「ケスモンマスク」を設計した。

2.1 ケスモンマスクの構造

「ケスモンマスク」は、不織布、ケスモン加工フィルター（消臭フィルター）、集塵フィルター、不織布の4層構造からなる（図1）。

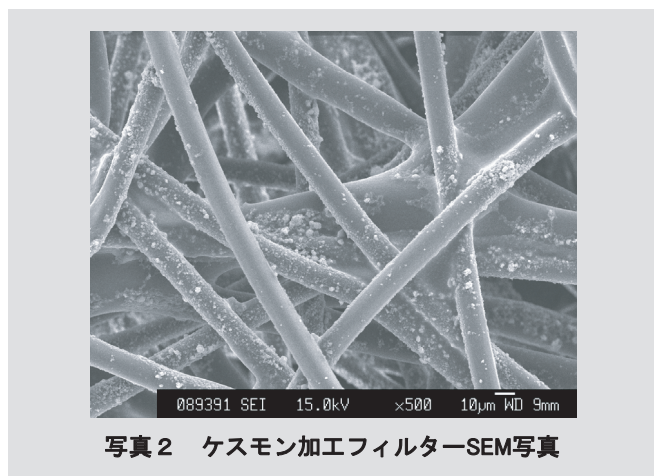


カップ形状に近づけたプリーツ構造にすることにより、口元に立体的な空間を作り、息苦しさを解消した。また、顔への密着性を高めた設計により、消臭効果が出やすい構造になっている（写真1）。



東亜合成株式会社 先端化学品事業部 新材料グループ 技術サービスセンター
Technical Service Center Advanced Chemicals Department Toagosei Co., Ltd.

ケスモン加工フィルターはバインダーにより「ケスモン®」を繊維表面に展着加工した不織布である。写真2にケスモン加工フィルターの走査型電子顕微鏡（SEM）写真を示す。繊維表面に点在している微粒子が消臭剤「ケスモン®」である。



2.2 ケスモン加工フィルターの設計

悪臭を生じる作業環境の中でも特に不快度が高い腐敗臭、排泄臭を「ケスモンマスク」の主な対象臭気と設定した。具体的には、硫黄系ガスのメチルメルカプタンや硫化水素、塩基性ガスのアンモニアやトリメチルアミンなどの複合臭である。複数の「ケスモン®」を組み合わせ設定したマスク専用特殊配合「ケスモン®」の消臭容量及び平均粒径を表1に示す。

表1 マスク専用特殊配合「ケスモン®」の特徴

ケスモン®	主な対象ガス	消臭容量 (mL/g)	平均粒径 (µm)
マスク専用特殊配合	メチルメルカプタン	36	3
	硫化水素	49	
	アンモニア	46	
	トリメチルアミン	37	

マスク専用特殊配合「ケスモン®」を不織布へ加工した際の、加工量と消臭性能及び通気度の関係を図2に示す。消臭性能の評価はマスクの使用状態に近づけた通気消臭試験（通気ガス濃度：アンモニア300 ppm、メチルメルカプタン200 ppm）により評価した。具体的には、悪臭ガス入り袋と検知管の間に消臭フィルターをセットし、気体採取器の吸引力により悪臭ガスを通過させ、通過後の悪臭ガス濃度を検知管により測定し、臭気低減率を求める方法である（図3）。悪臭ガスの通気速度は通過面積を制御することにより調整が可能であり、また、混合ガスに対しても評価が可能である。臭気低減率は<式1>により求めた。

$$\text{臭気低減率} = \frac{(\text{通気前悪臭ガス濃度} - \text{通気後悪臭ガス濃度})}{\text{通気前悪臭ガス濃度}} \times 100 (\%) \quad \text{<式1>}$$

また、通気度はJIS L1096：2010に規定されたフラジール形法により測定した。

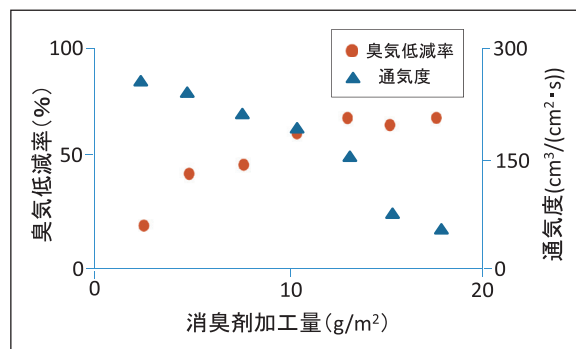
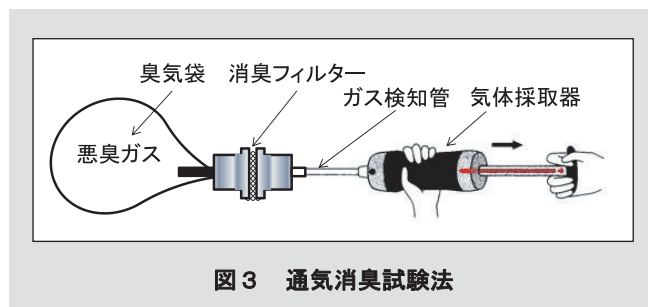


図2 消臭剤加工量と消臭性能及び通気度の関係



ケスモン加工フィルターの消臭性能を上げるためには、多量の消臭剤を添着させる必要があるが、図2に示すように加工量の増加に伴い通気度が低下し、臭気低減率と通気度にトレードオフの関係がある。また、ある一定の加工量で臭気低減率が頭打ちする傾向が確認された。そこで、高い消臭性能と高い通気性を両立させるためには、消臭剤の加工量以外の要因を検討する必要があると考え、品質工学手法によるL18直交表を用いて加工条件の最適化を図った^{1),2)}。結果、消臭剤/バインダー比や、「ケスモン®」を加工する不織布の仕様を最適化し、消臭剤の気相面への露出を多くすることにより高い消臭性能と高い通気性の両立を可能にした。

L18による検討結果から導いた最適処方により設計したケスモン加工フィルターの臭気低減率と通気度を表2に示す。比較として、市販消臭マスク（活性炭配合マスク、天然有機成分配合マスク、光触媒配合マスク）の消臭フィルターを用いた。設計したケスモン加工フィルターは、高い消臭性能を發揮し、且つ、高い通気性を保持した（特許出願中）。

表2 ケスモン加工フィルターの性能

フィルター	通気消臭試験: 臭気低減率(%)		通気度 cm ³ /(cm ² ・s)
	アンモニア	メチルメルカプタン	
ケスモン加工	92	90	228
活性炭配合	50	20	168
天然有機成分配合	28	2	81
光触媒配合	18	3	125

3 ケスモンマスクの特長

「ケスモンマスク」の特長として、消臭性能、実使用消臭効果及びその他の性能を以下に示す。

3.1 消臭性能

通気消臭試験（通気ガス濃度：アンモニア40 ppm、メチルメルカプタン4 ppm）の結果を図4に示す。比較として、市販の消臭マスクを用いた。結果、「ケスモンマスク」は両臭気に対して臭気低減率95%を示し、他の消臭マスクを凌駕する極めて高い消臭性能を示した。

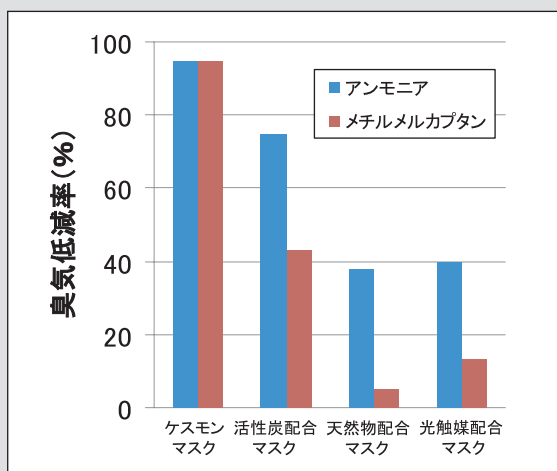


図4 各マスクの臭気低減率

検知管による通気消臭試験法では臭気低減度の定量評価が可能であるが、実用効果の程度は不明であるため、人の嗅覚により評価する官能試験法も行った。臭気強度5と感じる濃度の悪臭ガスを臭気袋に充填し、6人の被験者がマスクを着用した状態で各々が臭気袋内の臭いを嗅ぎ、6段階臭気強度表示法の基準に従い臭気強度を判定した。6人の臭気強度を平均した値を官能試験での臭気強度の結果とした。

対象臭気である排泄臭の模擬発生源としてアンモニア水及び鶏糞肥料を用いた官能試験の結果を図5に示す。結果、「ケスモンマスク」は臭気強度1以下を示し、殆ど臭わないレベルまで悪臭を低減させた。

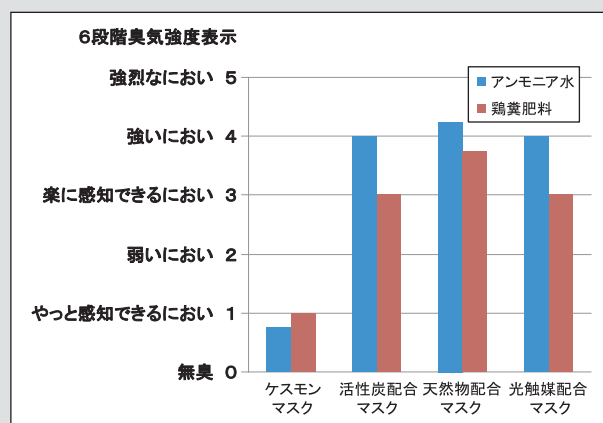


図5 官能試験による臭気強度

次に消臭性能持続性試験の結果を図6に示す。10 ppmのメチルメルカプタンガスを用い、吸引を2分間隔で複数回繰り返す通気消臭試験を行った結果、17回の繰り返し評価後に活性炭配合マスクは臭気低減率が0%になったのに対して、「ケスモンマスク」は84%の臭気低減率を維持し、高い持続性を示した。臭気低減率が80%になるまで負荷したメチルメルカプタンガスの総量は、臭気強度5（0.2 ppm）のガス濃度に換算すると約3800 Lとなる。これは、人の呼吸量を7.5 L/minとした場合の約8.5時間分の吸気に相当する。

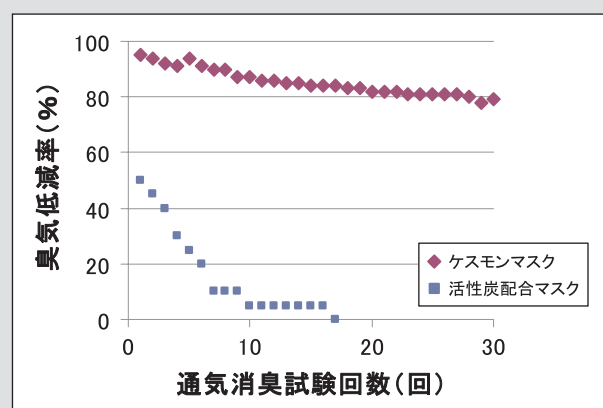


図6 消臭性能持続性

図7は40 ppmアンモニアガスの通気消臭試験における各通気速度に対する臭気低減率を示したグラフである。通気速度を人の呼気速度相当（80 cm/s³）まで上げて、「ケスモンマスク」は95%以上の高い臭気低減率を示した。

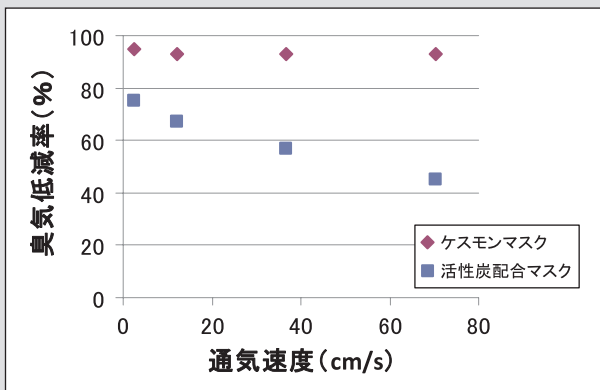


図7 通気速度に対する臭気低減率

3.2 実使用消臭効果

次に、実使用消臭効果を確認するため、悪臭ガス濃度が高い各作業現場におけるモニター評価を実施した。介護施設、病院、在宅ヘルパー124人を対象とし、介護における排便／排尿介助時に「ケスモンマスク」を着用してモニター評価を実施したところ、80%の人が消臭効果を実感したと回答した（試験機関：大同大学においおき研究センター）（図8）。

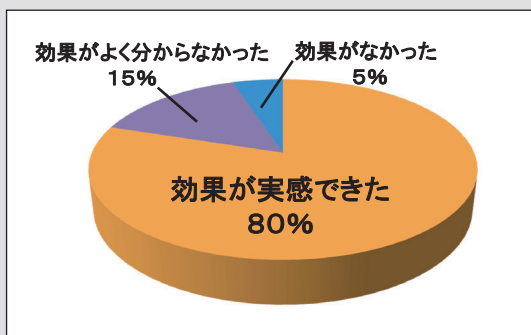


図8 介護現場における排便／排尿介助時の「ケスモンマスク」モニター評価結果

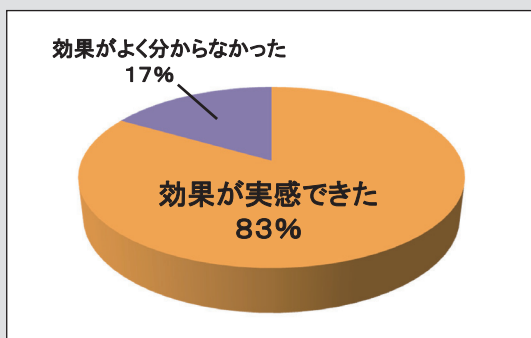


図9 化学工場におけるアンモニア処理作業時の「ケスモンマスク」モニター評価結果

また、化学工場におけるアンモニア処理作業時では83%（図9）、動物試験場における動物飼育作業時では75%、家庭での生ゴミ廃棄作業時では85%、さらに、養豚場における汚泥処理作業時及び家庭でのネコ汚物処理作業時においては100%の被験者が「ケスモンマスク」の着用による消臭効果を実感したと回答した。

以上、悪臭が発生する上記のすべての作業時に約8割以上の被験者から「ケスモンマスク」の消臭効果を実感したとの回答が得られた。嗅覚の能力には個人差が大きいこと、また、効果がよく分からないと回答した人の中には、もともと悪臭の濃度が低い環境下で評価した人が含まれることを考慮すると、8割以上の被験者で効果を実感できたことは、ケスモンマスクの高い実使用効果を示している。

このように「ケスモンマスク」は排泄臭、腐敗臭、刺激臭、動物臭等の多種の悪臭が発生する作業時に消臭効果を発揮する。

このため、排泄物処理場、畜産農場、下水処理場、汚物処理場、ゴミ処理場、肥料工場、化学工場、病院、介護施設、漁港、被災現場等の各作業現場や家庭における作業時に、「ケスモンマスク」を着用することにより、不快感を緩和することができると考えられる。

3.3 その他の性能

「ケスモンマスク」のその他の性能として、異物ろ過効率、抗菌性能、ウイルス不活化性能を以下に示す。

マスクの異物ろ過効率を表す指標として一般的に細菌ろ過効率（BFE：平均粒子径3 μmの細菌ろ過効率）及び微粒子ろ過効率（PFE：平均粒子径0.1 μm真球状ポリスチレン系標準粒子のろ過効率）がある。「ケスモンマスク」の異物ろ過効率は、BFE及びPFEともに99%以上であり、不織布マスクとして高い性能を示した（表3）。

表3 「ケスモンマスク」の異物ろ過効率

細菌ろ過効率 (BFE)	微粒子ろ過効率 (PFE)
99.9%	99.8%

<試験方法> BFE：ASTM F2101-07、供試菌：黄色ブドウ球菌 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538、PFE：ASTM F2299

ケスモン加工フィルターは、消臭有効成分の1つに銅化合物を含むため、消臭性能に加えて、抗菌性能及びウイルス不活化性能を発揮する。ケスモン加工フィルター及び無加工ブランクフィルターへ細菌を接種して18時間培養後の生存菌数を図10に示す。代表的なグラム陰性菌である肺炎桿菌 (*Klebsiella pneumoniae*) 及び、グラム陽性菌である黄色ブドウ球菌 (*Staphylococcus aureus*) を用いた JIS L 1902：

2008 菌液吸収法により抗菌性能を評価した結果、静菌活性値4.4以上（細菌減少率99.99%以上）と高い性能を示した。

4 おわりに

新規ケスモン加工フィルターの設計により、従来からある活性炭配合マスクの消臭性能を遥かに凌ぐ消臭性能と高い通気性を兼ね備えた実使用効果の高い消臭マスクを開発した。

現在、工業分野をはじめ各業界から引き合いを頂き、高い評価を得ている。今後少しでも多くの方々に悪臭が発生する作業環境における不快感緩和の手助けができるようさらなる消臭関連製品の開発を進めている。

引用文献

- 1) 田口玄一，横山巽子，“ベーシックオフライン品質工学”，日本規格協会（2007）。
- 2) 森泰彦，山田喜直，杉浦晃治，森義和，中島建夫，“消臭不織布マスクの開発”，第21回品質工学研究発表大会，東京，2013-6-20/6-21，品質工学会，論文発表38。
- 3) 笠原啓史，村上周三，加藤信介，“マスク内外の流れ性状と肺への負荷の検討”，2004年度日本建築学会大会，北海道，2004-8-29/8-31，日本建築学会，学術講演梗概集 pp.703～704。

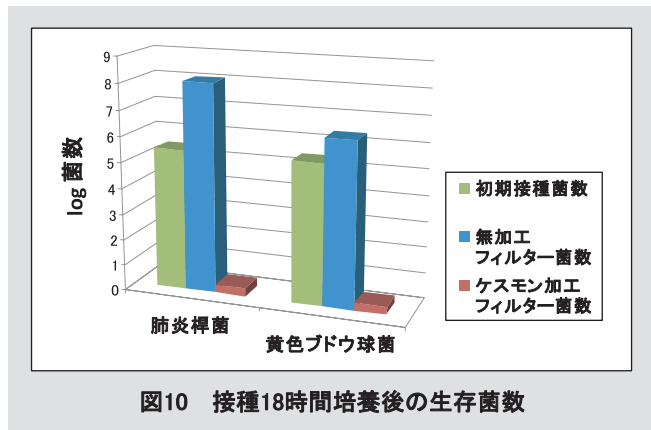


図10 接種18時間培養後の生存菌数

また、ケスモン加工フィルターのインフルエンザウイルスに対する不活化性能を図11に示す。試験にはA型インフルエンザウイルス (*Influenza A virus*, H1N1, A/PR/8/34) を用い、また、ウイルス感染価 (TCID₅₀) の値が小さい程ウイルス不活化効果が高いことを表す。サンプルとウイルスを接触直後及び24時間後にウイルスを回収し、回収液のウイルス感染価を50%終末感染価測定法 (TCID₅₀法) により測定した結果、ケスモン加工フィルターは無加工ブランクフィルターと比較して、ウイルス接触直後及び24時間後ともに99%以上のインフルエンザウイルス不活化効果を示した。

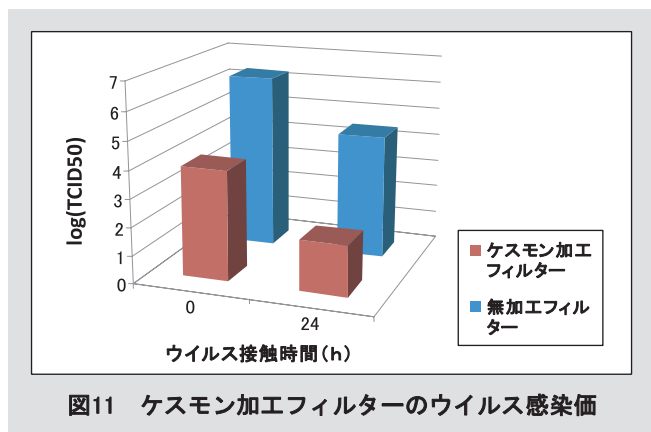


図11 ケスモン加工フィルターのウイルス感染価

これら抗菌性能や抗ウイルス性能は医療現場や介護現場で求められており、「ケスモンマスク」の消臭性能の付加機能として有用である。

ヒト皮膚に対するパッチテストによりケスモン加工フィルターの安全性を確認した結果、20人全員の被験者に皮膚反応の変化は全く認められず、皮膚刺激指数「0.0」の高い安全性を示した。