

(論文)

# 厨房排気用脱臭フィルタ

## Deodorant Filters for Kitchen Exhaust Fumes



古谷敦志\*  
Atsushi Furuya



田中文晴\*  
Takeharu Tanaka



林 隆志\*\*  
Takashi Hayashi

Kobe Steel and Shinko Actec have commercialized a deodorant filter for kitchen exhaust fumes. The filter acts to adsorb high concentrations of odorous compounds which are then released in low concentrations, thus greatly reducing the fluctuation of exhaust odor levels. Organic materials like oil mist that adhered to the filter are catalytically decomposed into volatile matter. The filter maintained its deodorant performance characteristics for more than one year in field tests with standard kitchen exhaust systems. The deodorant performance of degraded filters was restored by baking them at 250 .

まえがき = 臭いに関する問題は、工場などにおける排ガス処理対策の進展とともに沈静化の方向にあったが、環境省の調査結果にも現れているように<sup>1)</sup>、再び顕在化の傾向を示している。この中には飲食店などのサービス産業も大きな割合を占めている。

こうした中で、環境省から飲食店向けの臭気対策<sup>2)</sup>や既存の脱臭技術の評価結果をまとめたものが報告される<sup>3)</sup>など、臭い環境の改善に向けた取組みが活発に行われるようになってきており、厨房排気に対する脱臭の需要が増大しつつある。

厨房排気臭は、高風量で臭気成分の濃度が低く、効果的な脱臭性能の維持が容易ではない上に、オイルミストなどの影響を受けやすい環境にあるため、従来の活性炭フィルタによる吸着脱臭方式では表面に油が付着して劣化が激しく、適用が難しい。

このような背景のもとに、当社では神鋼アクテック㈱と共同で、触媒と吸着剤の組み合わせによる長寿命で高脱臭性能の厨房排気用脱臭フィルタを開発した。

### 1. 厨房排気の臭気と脱臭の考え方

厨房排気の臭気成分を把握するため、食品から発生する臭気の実験を行った。焼き魚、鰻蒲焼きなど数種類の調理済みの食品をバイアル瓶に入れ、シリンジで採取した瓶内の空気中の臭気成分をガスクロマトグラフ・質量分析計(GC-MS)を用い、ヘッドスペース法で分析した。

各食品とも50～150種程度の成分が検出された。各食品に共通した臭気成分としては、炭素数が2～10のアルデヒド類が多かった。アルデヒド類は、 $10^{-3} \sim 10^{-4}$  ppmオーダーの濃度で人がその臭気を感知できる物質である。

福山らは、飲食店からの排気中に含まれる硫黄化合物、アルデヒド類、炭化水素類を採取して定量分析を行った結果、一般加熱料理の場合、アルデヒド類が主要な成分

であることを報告している<sup>4)</sup>。

そこで、厨房排気の脱臭においてはアルデヒド類を効率的に除去できるフィルタの開発が必須であると考え、検討を行った。

アルデヒド類は常温での酸化分解が難しく、また、中性ガスであるため、活性炭などの通常の吸着剤による物理吸着では、特に、低濃度において除去されにくい。効率的に除去しようとすれば、たばこ臭除去などに提案されているようなアミン類などの物質を使った化学吸着が必要となるが、再生ができないため、交換費用が高くなるという問題がある。

集合ビルや飲食店を対象とした場合、燃焼や薬液洗浄といった方式は採用されにくく、生物処理は処理風量の観点から適用が難しい。また、事業系の厨房排気の特徴として、臭気変動が大きいことが挙げられる。

そこで本開発においては、調理時・非調理時の濃度変化を積極的に利用し、吸脱着による臭気の平準化というコンセプトを採用した。すなわち、調理時(食事時間帯)の臭気が強いつきに臭気成分を吸着し、非調理時の臭気が弱いつきに吸着した臭気成分を脱着させて、吸着剤の再生を図るものである。こうしたメカニズムにより、吸着剤の交換寿命を大幅に長期化させることを目指した。

また、厨房排気中の油分の付着による吸着剤の劣化に対しては、本開発では、常温酸化触媒を混合することにより付着した油分を揮発成分に酸化分解させ、フィルタを再生する方法を検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 脱臭フィルタの作製

高風量の排気に対して用いられるため、フィルタは表面積が大きく、圧力損失が低いハニカム形状を採用した。触媒、吸着剤(ゼオライト)、無機バインダ、有機バイ

\*技術開発本部 化学環境研究所 \*\*神鋼アクテック㈱



写真1 厨房排気用脱臭フィルタ  
Photo 1 Deodorant filter for kitchen exhaust fumes

ンダの各粉末を加圧ニーダを用いて混練し、八ニカム状に押出成型したのち、乾燥、焼成を行った。八ニカムの孔のピッチは1.7~4mmとした。代表的な形状のフィルタの外観を写真1に示す。長さは実験の内容に応じて50~200mmとし、流れ方向に1~3段配置した。

## 2.2 脱臭フィルタの性能評価

### 2.2.1 模擬ガス試験

#### 1) 吸脱着試験

チャンバに、間口が1辺12mm、長さ50mmの八ニカムフィルタを充填し、吸着と脱着の繰返し実験を行った。吸着時は20ppmのプロピオンアルデヒド(空気バランス)、脱着時は空気のみを、いずれも空間速度SV19 000/hで2時間流した。吸着・脱着時とも、フィルタ充填部前後のガス中のアルデヒド濃度をガスクロマトグラフ(GC)で測定した。

#### 2) 油分分解試験

フィルタをサラダ油に浸せきして約30wt%含浸させ、油分の分解により生成した有機物質をGC-MSを用いてヘッドスペース法により定性分析を行った。さらにこのフィルタを数日間密封保存したのち、チャンバに充填し、SV19 000/hの空気をフィルタに2時間流通させ、空気中のプロピオンアルデヒドをGCで定量した。密封保存と空気流通を繰返して行い、サラダ油の分解によるプロピオンアルデヒドの発生量の経時変化を測定した。

### 2.2.2 実排ガス試験

#### 1) ミニカラム試験

1.7mmピッチの八ニカムフィルタ27cm<sup>3</sup>に、1 200m<sup>3</sup>/h(SV45 000/h)で食堂厨房排気を流通させ、臭気センサ(新コスモス電機製XP-329)により、フィルタ前後の臭気を連続的にモニタした。脱臭効率は次式で算出した。

脱臭効率 = (1 - 出口センサ値 / 入口センサ値) × 100  
比較のため、従来の活性炭を同形状の八ニカムに成型したフィルタを同時に評価した。

#### 2) 実フィルタ試験

とんかつ店、ドーナツ店、弁当工場に八ニカムフィルタ充填塔を設置して、脱臭試験を実施した。各試験条件を表1に示す。とんかつ店、ドーナツ店では1系統の排気ラインのガスを全量用い、弁当工場では排気の一

表1 フィールド試験条件  
Table 1 Condition of field test

Application site	Tonkatsu restaurant	Donuts shop	Food factory
Kinds of odor	Fryer exhaust	Fryer exhaust	Griller exhaust
Filter cell size (cells/in <sup>2</sup> )	100	30	30
Filter dimensions W×H×L (m)	0.6×0.6×0.1	0.4×0.5×0.2	0.1×0.1×0.2
Number of filter layers	3	3	3
Air volume (m <sup>3</sup> /h)	2 400	1 800	100
Space velocity (/h)	22 000	15 000	17 000



写真2 実排ガス脱臭試験装置(とんかつ店)  
Photo 2 Field test equipment for tonkatsu fryer exhaust

部を用いて実験を行った。とんかつ店で用いた試験装置の外観を写真2に示す。

脱臭性能は、臭気が感じられなくなるまで試料を希釈したときの希釈倍数を測定する三点比較式臭袋法(平成7年環境庁告示第63号)により、脱臭装置前後の臭気濃度を測定し、次式に示す脱臭効率で評価した。

脱臭効率 = (1 - 出口臭気濃度 / 入口臭気濃度) × 100

脱臭時間の経過とともに付着した油分などの有機物質を評価するため、実排ガス試験で使用したフィルタのサンプルを採取し、熱重量分析を行った。500 までの重量減少量を測定し、未使用品の減少量(ブランクテスト)を差引いた値をフィルタ使用時に付着した有機物質とした。

### 2.3 フィルタ再生試験

性能が劣化した使用済みフィルタ(焼肉店で使用)の再生処理として、空气中200~300 で3時間の加熱を行った。再生処理前後の八ニカムフィルタに対して、模擬ガス吸着性能の評価、および弁当工場の脱臭試験装置を用いた臭気濃度測定(三点比較式臭袋法)による評価を行った。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 模擬物質による脱臭性能評価

#### 1) 模擬物質の吸脱着特性

図1に、プロピオンアルデヒドの吸脱着サイクル試験結果を示す。いずれも、各サイクルの吸着工程における

Adsorption	Desorption
Gas: Propionaldehyde/air	Gas: air
Conc.: 20ppm	SV: 19 000/h
SV: 19 000/h	Temp.: 50
Temp.: 50	Time: 2h
Time: 2h	

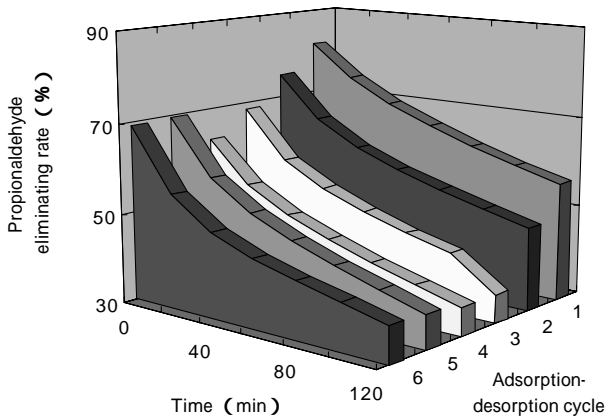


図1 模擬ガス吸脱着試験時のプロピオンアルデヒド除去率の経時変化

Fig. 1 Performance of elimination of propionaldehyde at adsorption-desorption test

プロピオンアルデヒド除去率の経時変化で、脱着時の結果は省略している。

3 サイクル程度までは除去率が徐々に低下したが、その後はほぼ一定の除去率を示すようになった。2時間吸着後の除去率は初期の40%程度に低下するが、2時間の空気再生により80%回復し、吸脱着を繰り返しても安定した除去性能を示すことが示された。

## 2) 付着油分の分解特性

サラダ油をしみ込ませたハニカムフィルタから発生する揮発性有機物を分析した結果、アルデヒド類を中心とした有機化合物が多数検出され、フィルタに付着したサラダ油が分解されていることを確認した。

分解生成物の代表としてプロピオンアルデヒドの発生量の経時変化を図2に示す。触媒成分を含まないフィルタでは有機化合物の発生は認められなかったが、触媒を混合したフィルタでは6カ月後も継続して発生した。

分解生成物が排気臭に及ぼす影響を推定するため、発生するプロピオンアルデヒドの量を標準的な使用条件であるSV(15 000~20 000/h)を用いて平均濃度に換算した。その結果、平均濃度は  $1 \times 10^{-4}$  ppmオーダーで、これ

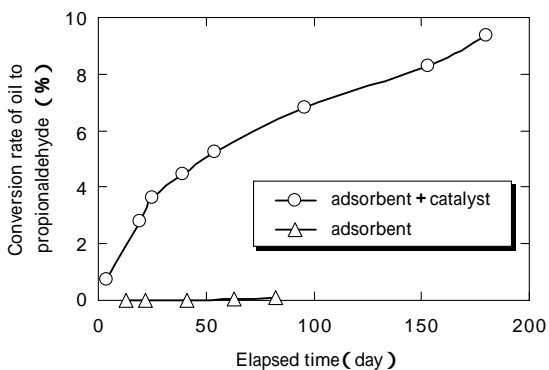


図2 油分分解時のプロピオンアルデヒド発生量の経時変化

Fig. 2 Oil decomposition performance of deodorant filter

は臭気強度1程度の臭気レベル(やっと感知できる)に相当する。従って、油分分解物の排気臭気への寄与は小さいと考えられる。

以上のように、模擬物質などを用いたラボ試験によって、アルデヒドの吸脱着や付着した油分の分解を確認した。

## 3.2 実排ガスを用いたフィルタ性能評価

### 1) ミニカラム試験

食堂厨房排気を用いたミニカラム試験における臭気センサ値の経時変化を図3に示す。

調理時の入口臭気が強いときにはフィルタ通過後はセンサ値が低くなり、非調理時で臭気が高いときには逆に出口の方が高くなるという現象が認められた。

臭気のピーク時のフィルタ前後のセンサ値から算出した脱臭効率の経時変化を、活性炭フィルタと比較して示したのが図4である。活性炭フィルタは初期には良好な性能を示したが、3カ月程度で劣化した。一方、開発フィルタは、初期に20ポイント程度除去率が低下するが、その後は一定の性能を維持することが示された。

### 2) 実フィルタ試験

とんかつ店、ドーナツ店における脱臭試験における脱臭効率の経時変化を図5に示す。1年以上にわたって脱臭性能が維持されることが示された。

とんかつ店における試験装置の内部を見ると、フィルタの上流側では装置壁に油が多く付着しているのに対して、下流側はほとんど付着が認められず、フィルタに油

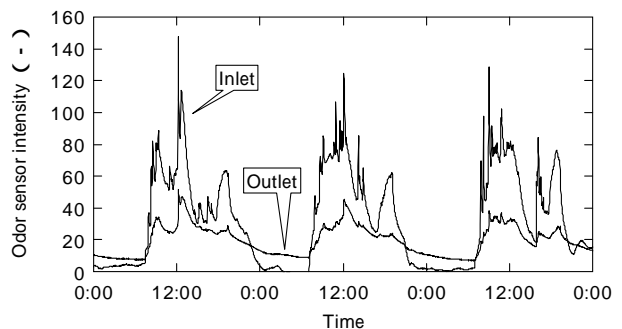


図3 脱臭フィルタ前後の臭気センサ値の経時変化

Fig. 3 Variation of odor sensor intensity, inlet and outlet of deodorant filter

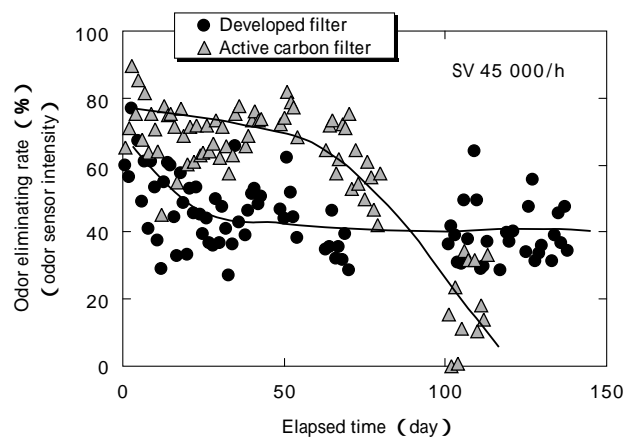


図4 活性炭フィルタとの脱臭性能の比較

Fig. 4 Comparison of deodorant performance with active carbon filter

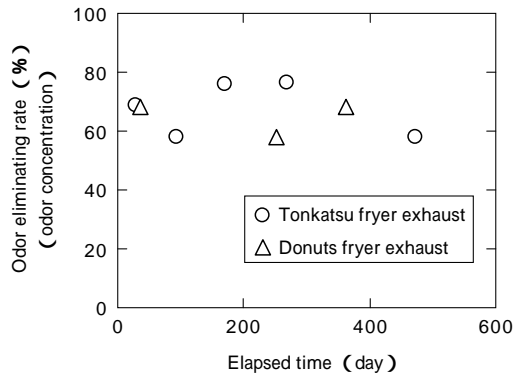


図5 実排ガス試験時の脱臭効率の経時変化

Fig. 5 Performance of deodorant filter in the field test with fryer exhaust

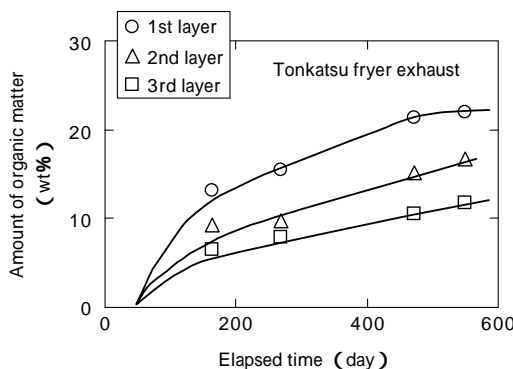


図6 フィルタに付着した有機物量の経時変化

Fig. 6 Increase of organic matter adhered to deodorant filter

分が付着していることが確認された。こうした油分の付着は、脱臭性能低下の大きな要因になることが予想された。

各段ごとの平均付着有機物量の経時変化を図6に示す。後段ほど付着量は少なくなっており、フィルタ単位重量あたりの付着有機物量の増加速度は0.07~0.1mg/g/dayであった。これは排気中のオイルミスト量の1/30~1/3に相当する。出口オイルミスト濃度の定量ができないので、実際の油分の付着量と付着した有機物の分解率の評価ができなかったが、油分付着量の急激な増加が生じていないことを確認した。このことが長期間にわたって脱臭性能を維持できた要因であると考えられる。

### 3.3 使用済みフィルタの再生

フィルタの劣化要因が油分などの有機物の付着である場合、加熱処理により付着有機物を分解すれば、フィルタの再生が可能になると考え、再生条件の検討を行った。

使用済みフィルタの熱重量分析では、200~300の間で発熱反応と急激な重量減少が生じた。この結果に基づいて、加熱処理した使用済みフィルタのプロピオンアルデヒド吸着性能の評価を行ったところ、250以上の処理で未使用品と同等性能が得られた。そこで、250の処理を行った再生フィルタを弁当工場排気を用いた脱臭試験で評価を行った結果、図7に示すように、未使用品と同等の性能を示した。

この結果より、劣化したフィルタを250以上で加熱処理すると、再生できることが確認できた。

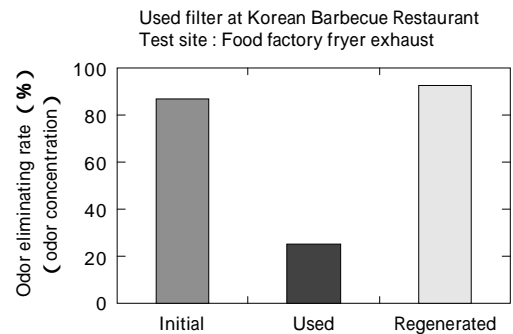


図7 使用済みフィルタの再生処理効果

Fig. 7 Effect of regeneration of used deodorant filter

むすび=臭気成分の吸脱着を利用した厨房排気脱臭用の脱臭フィルタの開発を目的とした一連の検討を行った。

- 1) 模擬物質(アルデヒド)を用いた脱臭メカニズムの検討を行い、高濃度時に吸着し、低濃度時に脱着させることで、臭気レベルを低位安定させる脱臭方法が成立することを検証した。
- 2) フィルタに触媒を添加することにより、脱臭性能の劣化要因である付着油分が分解可能であることを知見し、フィルタの長寿命化の可能性を見出した。
- 3) 実排ガス試験により、本開発フィルタは1年以上にわたり脱臭性能を維持することを実証できた。
- 4) 250 加熱処理により、劣化したフィルタを再生できることを実証した。

本厨房排気用脱臭フィルタは、神鋼アクテック㈱が1999年に上市して以来、個別店舗の1 000m<sup>3</sup>/hクラスからビル集合排気の100 000m<sup>3</sup>/hまで40件以上の実績を有する。

臭気はその成分や人の感じ方が複雑であり、未解明な部分も多い。さらに効率的な脱臭を目指して、フィルタや脱臭装置の改良などの検討を行っていく所存である。

### 参考文献

- 1) 環境省：平成13年度悪臭防止法施行状況調査について(2002)
- 2) 環境庁大気保全局：悪臭防止技術の手引き(15頁飲食店編)(1999)
- 3) 環境省環境管理局：脱臭技術適正評価書 平成14年度(2003)
- 4) 福山丈二ほか：全国公害研究会誌, Vol.22, No.3(1997) p.129.