

厨房排気ダクト内に設置される消臭フィルタに関する検証

町井 雄一郎*, 金子 公平*, 岡崎 洋行**

概 要

本検証では、厨房等のダクトに設置される脱臭フィルタに使用されている活性炭について、油脂類と混合した場合の個々の熱分解開始温度に対する相互作用や自然発火危険性を把握し、その熱的安全性について検証することを目的とした。

その結果、活性炭に油脂類が付着した場合でも、それぞれの熱分解開始温度の低下等著しい熱的な相互の影響はないことがわかった。また、自然発火危険性について、雰囲気温度が著しく高い場合や、付着した油脂類の量・種別によっては、その危険性が大きくなることがわかった。

1 はじめに

工場や飲食店を含む事業場から発生する悪臭は、その排出について悪臭防止法（昭和46年法律第91号）により規制されており、工場等各事業所は、自己の敷地境界での臭気の濃度を基準として、一定の値以下となるように措置をとらなければならないとされている。

近年の悪臭苦情の傾向をみると、従来大部分を占めていた畜産農業や工場からの悪臭の苦情が減少している一方で、飲食店等のサービス業からの悪臭をはじめとしたいわゆる都市・生活型と呼ばれる悪臭への苦情が急激に増加している。このような臭気はその発生源が多様であるため、一般的な対応措置として多種多様な方法による脱臭装置が開発されている。その一つとして、比較的安価で取り扱いが簡易である活性炭で構成されている脱臭用フィルタを、厨房用排気ダクト等の排気装置内部に設けて、その中に厨房から発生する油煙を通過させて臭気成分の吸着脱臭を行う吸着法が広く普及している。

一方、火災予防条例（昭和37年東京都条例第65号）において、厨房等における火気使用設備に設置される排気ダクトは、特定不燃材料またはこれと同等以上のもので造られていなければならないとされており、可燃物である活性炭のフィルタは、その防火安全性が確認されていないことから、原則として排気ダクト内に設置することができない。しかし、悪臭防止法による規制と事業者に対する費用負担の軽減から、活性炭を使用したフィルタの使用に対する必要性は非常に高く、その防火安全性について確認することが急務であると考えられる。

2 目的

本検証では、厨房等のダクトに設置される脱臭フィルタ、及びこれらに使用されている活性炭の基礎的な熱特

性である熱分解開始温度（本検証では、熱を受けて酸化分解を開始する温度と定義する。）、また、同様に市販されている油脂類と混合した場合の個々の熱分解開始温度に対する相互作用や自然発火危険性について把握し、その熱的安全性について確認することを目的とする。

3 検証

(1) 市販品フィルタ等の基礎熱物性測定

活性炭を用いたフィルタとして市販されているものについて、熱分解開始温度を測定した。また、市販品の使用済みのものを入手したので、同様に測定等を行った。

ア 使用機器

示差熱重量測定装置 TG-8120（株式会社リガク製以下「TG-DTA」という。）

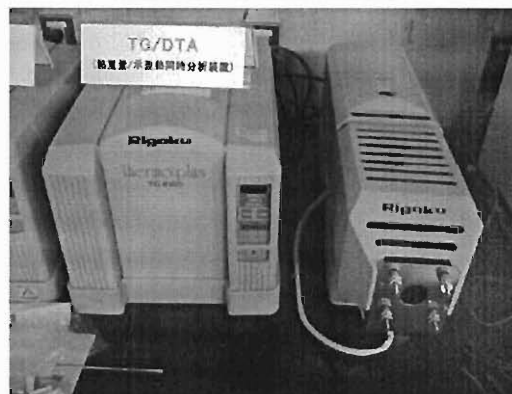


図1 TG-DTA 外観

イ 試料

表1に示す7種類の試料について、分析を行った。

表1 試料一覧

試料番号	試料名称	概要	備考
1	粒状活性炭	金属製の容器に充填し、そのまま使用する活性炭	
2	成型活性炭	粉碎した活性炭を加熱成型したもの	
3	成型活性炭 (使用済み)	上記の活性炭で約半年間実際に使用したもの	
4	活性炭付着フィルタ	粉碎した活性炭を不織布に付着させて成型したもの	
5	複合型フィルタ (活性炭)	不織布に活性炭、セラミックを挟み込んだもののうちの活性炭	測定は構成成分毎に行った
6	複合型フィルタ (セラミック)	不織布に活性炭、セラミックを挟み込んだもののうちのセラミック	同上
7	複合型フィルタ (不織布)	不織布に活性炭、セラミックを挟み込んだもののうちの不織布	同上

ウ 方法

(7) 各試料を、メノウ乳鉢やはさみ等で粉碎・裁断し、測定試料とした。

(イ) 測定試料を、表2に示す条件でTG-DTAにより熱分解開始温度を測定した。

表2 TG-DTA 測定条件

測定温度	室温～800℃
昇温速度	20℃/min
リファレンス	アルミナ
リファレンス重量	2.0mg
雰囲気	乾燥空気 (200ml/min)

エ 結果

各試料の測定結果における熱分解開始温度等を表3に示す。なお、熱分解開始温度は、熱重量曲線における重量減少開始温度とし、開始温度が2箇所あるものについては、低い温度を第1熱分解開始温度、高い温度を第2熱分解開始温度とする。

表3 各試料の熱分析結果

試料番号	第1熱分解開始温度 [°C]	第1熱分解開始温度の要因	第2熱分解開始温度 [°C]	第2熱分解開始温度の要因	備考
1	630.5	活性炭	—	—	活性炭のみで構成
2	627.1	活性炭	—	—	同上
3	330.5	付着油脂類等	633.5	活性炭	試料2の使用済
4	283.8	担体 (不織布)	476.4	活性炭	
5	557.7	活性炭	—	—	複合の活性炭のみ
6	—	—	—	—	水分による重量減少
7	418.8	不織布	531.7	残渣物	

(2) 熱分析装置を用いた基礎熱物性測定

本実験は、活性炭の熱特性、及び付着した油脂類との熱分解開始温度等に対する熱的相互作用について確認するために行なったものである。なお、油脂類については、飲食店が使用する一般的なものを選択した。

ア 使用資器材

前(1)アに同じ。

イ 試料

粒状活性炭 (中性ガス吸着用造粒炭 太閤活性炭 TG), 市販油脂類 (サラダ油, ごま油, オリーブ油, ラード)

ウ 方法

(7) 粒状活性炭を、メノウ乳鉢を用いて粉碎した後、各市販油脂類の含有率を重量%で、使用済み活性炭フィルタ (多量の油分が発生する飲食店で半年間使用したもの) の測定重量から換算した20%を基準として0, 5, 10, 50, 70%混合し、測定試料とした。

(イ) 混合した試料について、表2の条件でTG-DTAにより熱分解開始温度を測定した。

エ 結果

各試料について、活性炭及び混合した油脂類の熱分解開始温度を表5に示す。

表5 活性炭と各油脂類の混合物の熱分解開始温度[°C]

		サラダ油		ごま油	
		活性炭	油脂	活性炭	油脂
油脂類含有率 (重量%)	0%	630.5	-	630.5	-
	10%	609.6	272.1	609.1	300.3
	20%	602.8	269.2	605.4	310.4
	50%	576.5	288.2	581.9	295.6
	70%	544.8	326.2	606.6	285.2
	100%	-	348.1	-	341.8
		オリーブ油		ラード	
		活性炭	油脂	活性炭	油脂
油脂類含有率 (重量%)	0%	630.5	-	630.5	-
	10%	614.7	308.9	609.6	316.0
	20%	609.4	318.5	603.2	318.9
	50%	591.0	289.8	583.7	293.8
	70%	595.7	263.4	595.9	306.1
	100%	-	316.3	-	322.0

(2) 恒温槽を用いたバスケット試験

本実験は、活性炭の可燃物に対する酸化促進による発熱現象に着目し、付着した油脂類の自然発火危険性について確認するために行なったものである。

ア 使用資器材

恒温槽，熱電対(シース付きアルメルクロメル熱電対φ1.0mm)，データロガー(江藤電気株式会社製サーモダックF)

イ 試料

粒状活性炭(中性ガス吸着用造粒炭 太閤活性炭TG)，市販油脂類(サラダ油，ごま油，オリーブ油，ラード)

ウ 方法

(ア) 5mm×5mm のステンレスメッシュで、12cm×12cm×12cm となる試験容器を作成し、これに均一に充填する粒状活性炭を850g 測りとり試料とした。

(イ) 各油脂類を重量%で 10, 20, 30%となるよう測りとり、前(ア)の粒状活性炭に均一に混合し、試験容器に充填した。試料番号と混合した油脂類を表6に示す。

表6 試料番号と混合した油脂類対応表

試料番号	混合した油脂類
1	サラダ油
2	ごま油
3	オリーブ油
4	ラード
5	なし

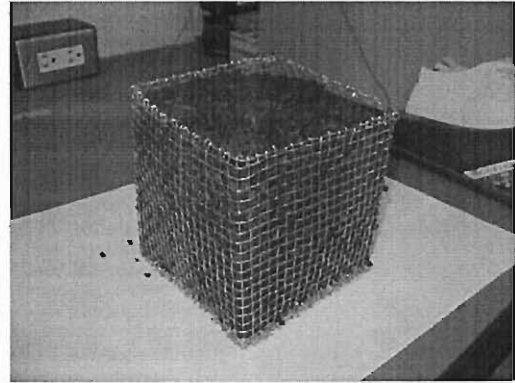


図2 活性炭充填状況

(ウ) 恒温槽内に試験容器を入れ、中心と表面から深さ1cm の部分に熱電対を設置した。また、槽内にも熱電対を設置した。



図3 恒温槽内における熱電対設置状況

(エ) 表7に示す条件で、試験容器を8時間連続で加熱して温度変化を測定した。

なお、恒温槽内温度は、火炎伝送防止装置の公称作動温度*を基に決定した。

表7 実験条件

実験番号	恒温槽内温度 [°C] () 内実測値	油脂類含有率 [重量%]
1	184(182)	20
2	80(77)	20
3	70(67)	20
4	70(67)	10
5	70(67)	30

エ 結果

各実験の中心温度測定結果を図4から図8に示す。

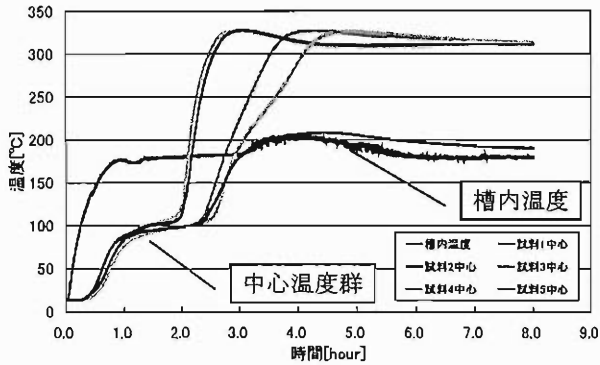


図4 実験1における中心温度変化

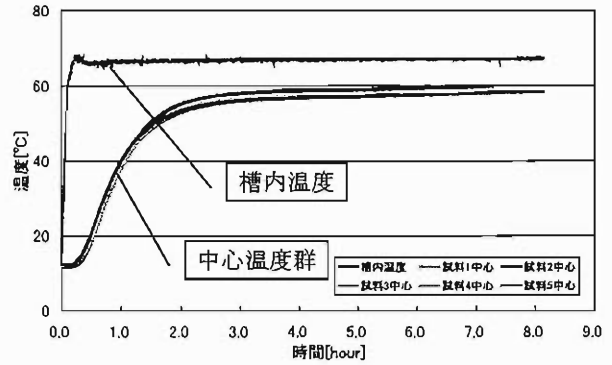


図8 実験5における中心温度変化

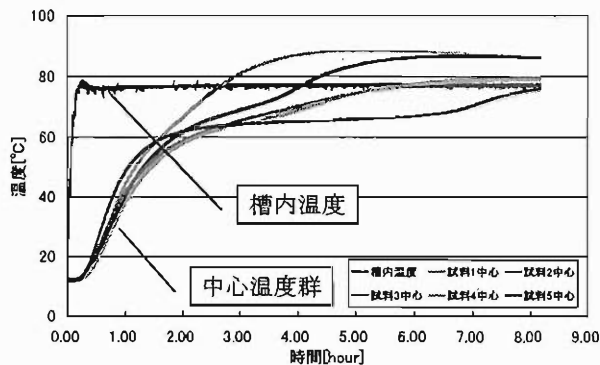


図5 実験2における中心温度変化

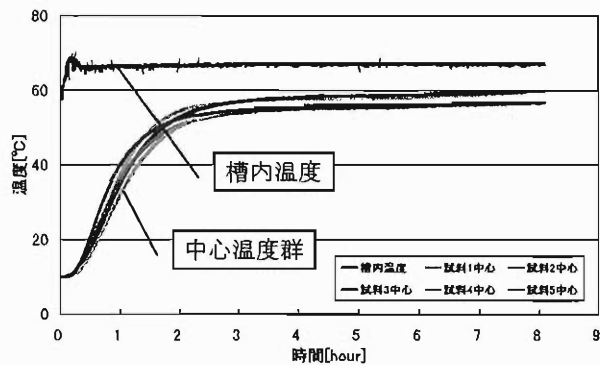


図6 実験3における中心温度変化

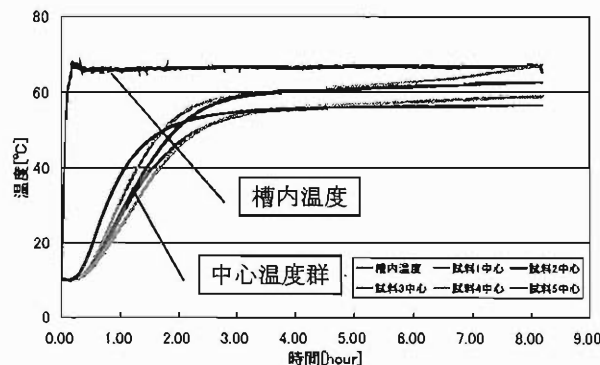


図7 実験4における中心温度変化

(3) 実験用ダクトを用いた実大実験

ア 使用資器材

排気装置付き実験用ダクト, K (アルメルクロメル) 型熱電対, データロガー (江藤電気株式会社製サーモダック F), 防火戸用耐火試験炉

イ 試料

前(2)で調製した試料のうち、油脂類含有率 20, 30 重量%のものを使用した。試料番号及び含有油脂類については表 8 のとおり。

表 8 試料番号と混合した油脂類対応表

試料番号	混合した油脂類
1	サラダ油
2	ごま油
3	オリーブ油
4	ラード
5	油脂なし

ウ 方法

(ア) 図 9 のように防火戸用耐火試験炉に実験用ダクトを接続し、図 10 のようにダクト内部に試料を設置した。また、試料の炉側表面及び中心部に熱電対を設置した。

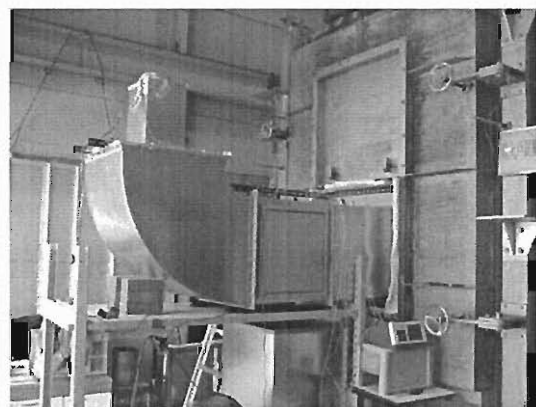


図9 実験用ダクト及び防火戸用耐火試験炉

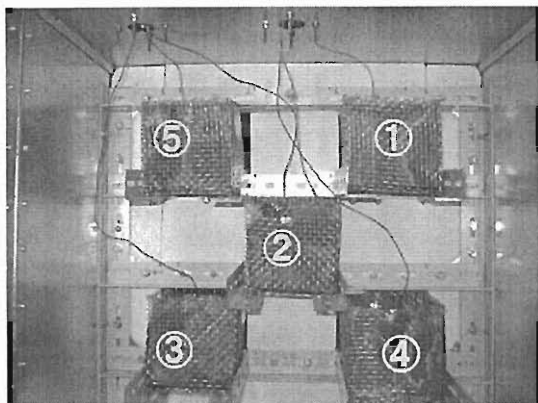


図10 試料設置状況その2
(番号は試料番号を示す。)

(イ) 試料に対して、炉側と排気装置側のダクト内部に、雰囲気温度を測定するため熱電対を設置した。また、排気装置の排気口に同様に熱電対を設置した。

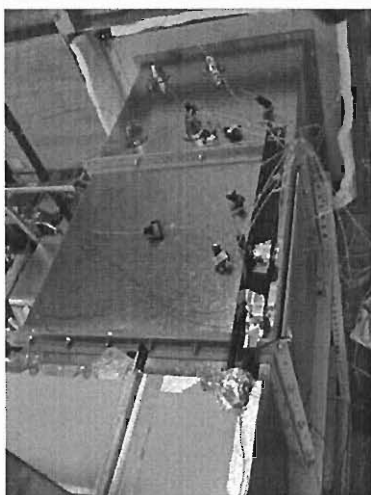


図11 熱電対設置状況



図12 排気装置及び熱電対

(ウ) 以下の条件で、防火戸用耐火試験炉を作動させ、炉内の熱気を排気装置によりダクト内を通過させた。その熱気流による試料の温度変化を測定した。

なお、ダクト内温度は、全(2)の実験条件のうち、低い温度で行うこととした。

表9 実験条件

実験番号	ダクト内設定温度(実測値) [°C]	ダクト内平均風速 [m/s]	油脂類含有率 [%]	測定時間 [hour]
1	72	0.2~0.3	20	8
2	(60~90)		30	

エ 結果

各実験の試料中心温度の測定結果を、実験1について図13、実験2について図14に示す。なお、図14におけるダクト温度の急激な立ち上がりは、ロガーの接触不良によるものである。

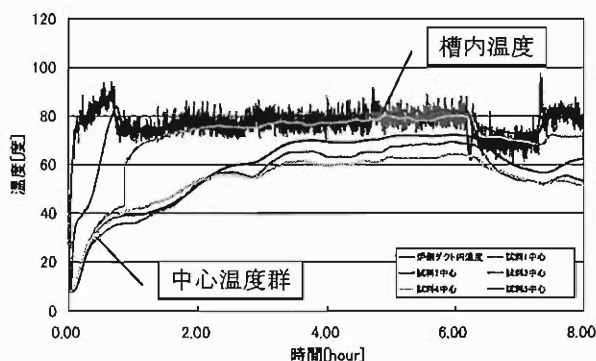


図13 実験1における試料中心温度

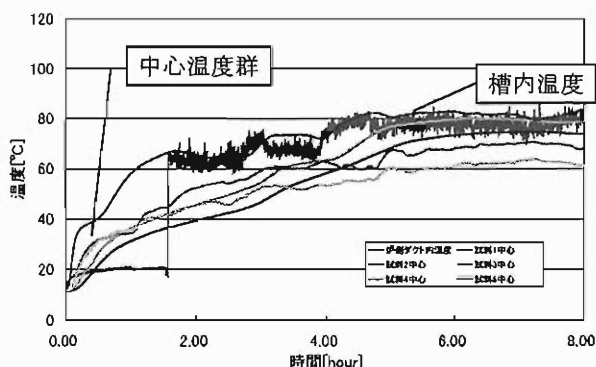


図14 実験2の試料中心温度

(5) 考察

ア 市販品フィルタ等の基礎熱物性測定

表1の試料1, 2, 5のような活性炭のみで構成される試料の熱分解開始温度をみると、概ね 600°C付近となっ

ている。それに対し、同表試料3及び4のような、活性炭とその他の部材等の熱分解開始温度をみると、活性炭の熱分解開始温度は、概ね活性炭のみで構成される試料と等しい値となっており、活性炭以外の部材等の熱分解開始温度は、それぞれ固有の値となっていることから、相互に影響を及ぼすことはないと考えられる。

以上のことから、活性炭とそれ以外の部材等で構成されるフィルタの評価は、それぞれ構成されている成分の熱分解開始温度について測定し、個別に評価すればよいと考えられる。

従って、以下の実験については、活性炭とそれ以外の成分（本検証では油脂類）の熱的評価を中心に行なうものとした。

イ 熱分析装置を用いた基礎熱物性測定

表5のとおり、活性炭と各油脂類を混合した場合、多少の上下幅はあるものの、熱分解開始温度の著しい変化は見られなかった。このことから、活性炭に油脂類が付着した場合、活性炭と油脂類の各熱分解開始温度に対して、発火温度の著しい低下のような重大な影響を相互に与えることはないと考えられる。

ウ 恒温槽を用いたバスケット試験

実験1では、雰囲気温度が約180℃と比較的高いことから図4にあるとおり各試料とも開始1.5から3時間の間に、油脂類の酸化発熱による著しい温度上昇が起こり、試料5（油脂なし）を除く全ての試料が300℃程度まで上昇した。特に試料1から4の中心温度は、330℃付近まで上昇し一定となっている。これは、本実験で使用している試験容器の大きさに関係しており、試験容器内部の蓄熱と放熱のバランスがこの温度で平衡になっているためであると考えられる。よって、本試験で使用しているものよりも大きい試験容器であるならば、蓄熱の割合が大きくなり、さらなる温度上昇や発火に至ることが予想される。また、試料5（油脂なし）でも、2.7時間あたりで中心温度の急な立ち上がりが観測された。これは、純度の低い活性炭の場合、含まれている不純物を自ら酸化することによって、若干の発熱を引き起こしているためと考えられる。これに起因する火災事例も過去にあることから、留意が必要である。（図4）

実験2では、実験1ほどではないが、各試料の中心温度が槽内温度を上回るのが確認された。試料容器が大きくなり放熱しにくく蓄熱が充分に行なわれる場合や、本実験以上の加熱時間である場合、発火にいたる危険性があると考えられる。（図5）

実験3では、さらに低い温度の70℃で測定した。その結果、中心温度は、本実験条件ではいずれも槽内雰囲気温度を超えることはなかった。（図6）

実験4、5は、実験3と同じ温度条件下で、油脂類の含有率の影響を確認するために行ったものである。

実験4では、油脂類の含有率を30重量%とした。その結果、実験時間中における槽内雰囲気温度以上の温度

上昇は観測されなかった。しかし、試料1の中心温度が実験開始から6.5時間あたりで緩やかに上昇している。これは、試料1に含まれるサラダ油が、他の油脂類と比較すると酸化されやすい不飽和脂肪酸を多く含むためであると考えられる。このことから、活性炭に含まれる油脂類の重量が大きくなる場合、その種類によっては温度上昇が起こると考えられる。（図7）

実験5は、油脂類含有率を10重量%とした。その結果、中心における著しい温度上昇は確認されなかった。

（図8）

ウ 実験用ダクトを用いた実大実験

各実験において、試料毎の中心温度において、ダクト内温度を著しく超えるような発熱は観察されなかった。これは、酸化による発熱よりも、気流による放熱が大きいことによるものと思われる。よって、60～90℃程度の気流下において、各試料は酸化発熱による蓄熱はおこらないと考えられる。（図13, 14）

4 おわりに

以上のことから、以下のことがわかった。

- (1) 活性炭以外の部材を含むフィルタの場合、それぞれ個別に熱的評価をすることで足りる。
- (2) 本実験において、活性炭に油脂類が付着した場合、それぞれの熱分解開始温度の低下等著しい熱的な相互の影響はないと考えられる。
- (3) 活性炭に付着した油脂類の酸化発熱による自然発火について、雰囲気温度が本実験条件よりも高い場合や、付着した油脂類の量・種別によっては、その危険性が大きくなるのが考えられる。
- (4) 但し、熱気流下では酸化による発熱よりも気流による放熱が大きい場合、発火の危険性は小さくなると考えられる。

※ 予防事務審査・検査基準 II 巻, p. 569 表

Verification of the Odor Filter Installed in a Kitchen Exhaust Duct

Yuuichirou MACHII*, Kouhei KANEKO*, Hiroyuki OKAZAKI**

Abstract

The purpose of this verification was to figure out the interaction between the activated charcoal used in the odor filters installed in kitchen ducts and the temperature of the beginning of thermal decomposition measured when the charcoal is mixed with different types of oil, identify the risk of spontaneous combustion, and verify its thermal stability.

As a result, it was found out that adhesion of oil to the activated charcoal does not cause any significant mutual thermal effect such as the decrease in the respective temperature of the beginning of thermal decomposition. It was also found out that the risk of spontaneous combustion is raised if the ambient temperature is extremely high, and depending on the quantity and type of the oil adhering to the activated charcoal.