

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：23604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04566

研究課題名(和文) ニオイ火災感知に活用する調理時のニオイ変化に基づくニオイマップの作成

研究課題名(英文) Creation of odor maps based on odor changes during cooking for use in odor fire detection

研究代表者

上矢 恭子 (Kamiya, Kyoko)

公立諏訪東京理科大学・工学部・准教授

研究者番号：10803356

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：私たちは、焦げた臭いの異常を感知するなど、様々なことを臭いで判断している。本研究では、火災時や調理時に発生する臭いの変化を調べ、調理臭を火災と誤検知しない臭いに基づく火災検知基準を提案する。ニオイは、におい識別装置により分析した。サンプルには、綿、木材、ポリウレタン、豚肉、鶏肉、牛肉、野菜、サバを用いた。その結果、火災臭と調理臭ではニオイが異なることが分かった。中でも、特徴的な変化を示したアルデヒド系、硫化水素系、アンモニア系、芳香系の臭いの類似度を用い比率を算出した。火災には、アルデヒド/硫化水素、アルデヒド/アンモニアの類似度指数比及び、アルデヒド/芳香の類似度指数比が大きく変化した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ニオイは構成する分子(約10-10m)数個～十数個で感知可能であるのに対し、煙粒子(10^{-8} ～ 10^{-7} m)は 10^{10} 個/ m^3 程度、燃焼ガスは1000ppm～数%程度で感知レベルになる。このため、ニオイによる火災感知が実用化されれば、既存の熱・煙感知器よりも早い火災段階での感知可能性が高い事を示唆している(図1)。米国を中心に、煙・熱感知器にCOガス検知器を追加したマルチ火災感知器に関する研究が行われているが、ニオイ着目した研究はない。

研究成果の概要(英文)：We judge various things by smell, such as sensing abnormalities in burnt smells. In this study, the odor changes that occur during fire and/or cooking and propose a criterion for odor-based fire detection that does not falsely detect cooking odors as fire. The odor was analyzed by electronic nose. And criteria for the emission of odor-quality fire detectors are proposed. Cotton, wood, polyurethane, pork, chicken, beef, vegetables, and mackerel were used for samples. As a result, different changes were observed in the fire odors and the cooking odors due to the difference in the main component. Among them, aldehyde-based, hydrogen sulfide, ammonia, and aromatic smell similarity, which had characteristic changes, were used, the similarity index ratio of (aldehyde) / (hydrogen sulfide) and (aldehyde) / (ammonia) is 1.5 or more, If the similarity index ratio of (aldehyde) / (aromatic) is 4 or more, it can be determined that a fire has occurred.

研究分野：安全工学関連

キーワード：ニオイ 火災臭 調理臭 火災感知 誤検知 ニオイ分析 ニオイの質

1. 研究開始当初の背景

ニオイは構成する分子(約 10^{-10}m)数個～十数個で感知可能であるのに対し、煙粒子($10^{-8}\sim 10^{-7}\text{m}$)は 10^{10} 個/ m^3 程度、燃焼ガスは 1000ppm ～数%程度で感知レベルになる。このため、ニオイによる火災感知が実用化されれば、既存の熱・煙感知器よりも早い火災段階での感知可能性が高い事を示唆している(図1)。米国を中心に、煙・熱感知器に CO ガス検知器を追加したマルチ火災感知器に関する研究が行われているが、ニオイ着目した研究はない。

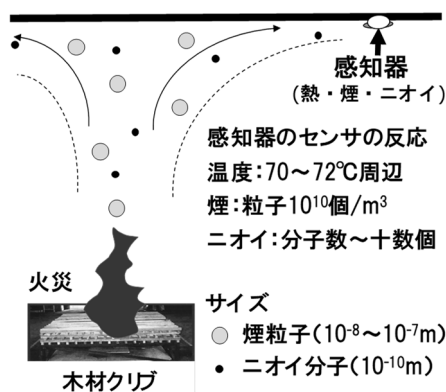


図1 既存の火災感知器とニオイ感知器の違い

2. 研究の目的

私たちは、焦げたニオイにより異常を感じるなど、ニオイで様々な物事を判断している。火災時には、熱や煙の他にニオイも発生している。ニオイ分子の大きさは煙粒子よりも小さく拡散速度が早いいため、火災時には煙感知器よりも早くにニオイの変化を検知できる可能性が高い[1]。ニオイを新しい火災感知器として使用するには、誤検知について検討する必要がある。ニオイにより火災感知を行う際に大きく影響を与えると考えられる調理時のニオイ(調理臭)の種別を明らかにするため、調理臭を定性・定量的に測定する。調理臭は、材料単体の加熱により発生するニオイと、材料が混在し加熱により発生する混合化したニオイの両方が考えられる。そのため、材料単体と複合化したニオイの分類を行う。

3. 研究の方法

(1) 材料試験

TG-DTA を用いて、挽肉(鶏・豚・牛)を燃焼した際に発生するニオイの変化を明らかにした。解析時の基準ガスには、悪臭防止法で定められている 9 種の基準ガスを用いた。本実験では、TG-DTA (リガク, TG8120) を用いて、一定昇温条件で挽肉(鶏・豚・牛)を燃焼させ、その際に発生するニオイを 10 分毎ににおい袋を交換して採取し、におい識別装置(島津製作所, FF-2A) を用いて分析した。

(2) 調理時のニオイ測定

調理時に発生するニオイを採取し、におい分析することで、火災時に発生するニオイとの違いを見つけ、ニオイの判断基準を提案する。実験は、 $1600 \times 1650 \times 2200 \text{ mm}$ の小屋内の中央に火源を設置し、小屋中央の天井に配管を設置し、CO、CO₂、O₂ ガス濃度をガス濃度計(島津製作所, CGT-7000) で吸引した。ガス濃度計の排気口におい袋を取り付け、ガスを採取した。ガス濃度計の吸引量は 1 L/min とし、3 分毎に交換した(1 回の採取量は 3 L)。採取したガスは、におい識別装置を用いて分析した。カセットコンロに調理用フライパン(直径 26 cm) を設置し、豚肉焼き(約 50 g)、サバの塩焼き(約 100 g)、野菜炒め(約 100 g)、肉野菜炒め(豚肉約 50 g 、野菜約 100 g) を作成した。豚肉、野菜炒めはサラダ油大さじ 1 (約 7 g) とし、肉野菜炒め、サバの塩焼きはサラダ油大さじ 2 (約 14 g) を用いた。いずれも焦げ臭を採取するため、全体的に火が入った後(約 10 分)、約 20 分加熱したまま放置した。

(3) 実大 2 階建建物における火災実験

実大 2 階建建物において、既存の光電式スポット型煙火災感知器(2 種)、CO、CO₂、O₂ ガス濃度、ニオイの変化を同時に計測し、火災感知器の応答時間とガス濃度から、火災時のニオイを明らかにする。(1)、(2)の結果と比較することで、火災臭と調理臭の差別化が可能か否かを調べた。

木造 2 階建て一般住宅では、1 階部分に火源を設置し、2 階階段の天井部に火災感知器、ガス採取場所を設けた。CO、CO₂、O₂ ガス濃度計の排気口におい袋を取り付け、ガスを採取した。ガス濃度計の吸引量は 1 L/min とし、3 分毎に交換した(1 回の採取量は 3 L)。採取したガスは、におい識別装置を用いて分析した。可燃物は綿灯芯(約 100 g)、カセットコンロ上のフライパンに置いた木材(約 140 g)、ポリウレタン(約 120 g)、 10 cm 角のオイルパンに入れたヘプタン(約 200 g) を用い、綿灯芯と木材は燻焼燃焼、ポリウレタンとヘプタンは有炎燃焼させた。

4. 研究成果

(1) 材料試験

図1は、牛挽肉の(a) TG-DTA と(b) ニオイ測定結果を示す。TG-DTA より開始直後から熱分解

による重量が減少した。350°C付近で発熱ピークが見られ、試料が燃焼したと推測される。ニオイ測定より実験開始 20 分後から有機酸系の類似度が上昇し、アンモニアの類似度が減少する傾向が見られた。アルデヒド系は実験開始 20 分後（約 190°C）にわずかに上昇し、その後変化は見られなかった。その他、鶏肉、豚肉についても同様の結果が得られた。

(2) 調理時のニオイ測定

図 2 は、野菜炒めのニオイ解析結果を示す。初期時間のズレは、実験開始 180 秒からガス採取を始め、配管の長さに応じてガスの到達時間に時間遅れが生じる。その時間を配慮している。調理開始から芳香族系の類似度が上昇し、アルデヒド系の類似度が減少した。また、調理の途中で放置し焦がしていくと、アンモニアと有機酸系の類似度が減少した。豚肉、ミックス野菜、鯖の塩焼きの場合も同様の結果が得られた。

(3) 実大 2 階建建物における火災実験

図 3 は、木材のニオイ解析結果を示す。初期時間のズレは、実験開始 180 秒からガス採取を始め、配管の長さに応じてガスの到達時間に時間遅れが生じる。その時間を配慮している。煙感知器が発報したタイミングで、硫化水素およびアンモニアに対する類似度が減少し、アルデヒド系の類似度が上昇した。綿灯芯の場合も同様の結果が得られた。綿灯芯や木材の主成分はセルロースであり、酸化熱分解時には、アルデヒド基を持つアセトアルデヒドやアクロレインが発生することにより、アルデヒド系の類似度が上昇したと考えられる [2]。

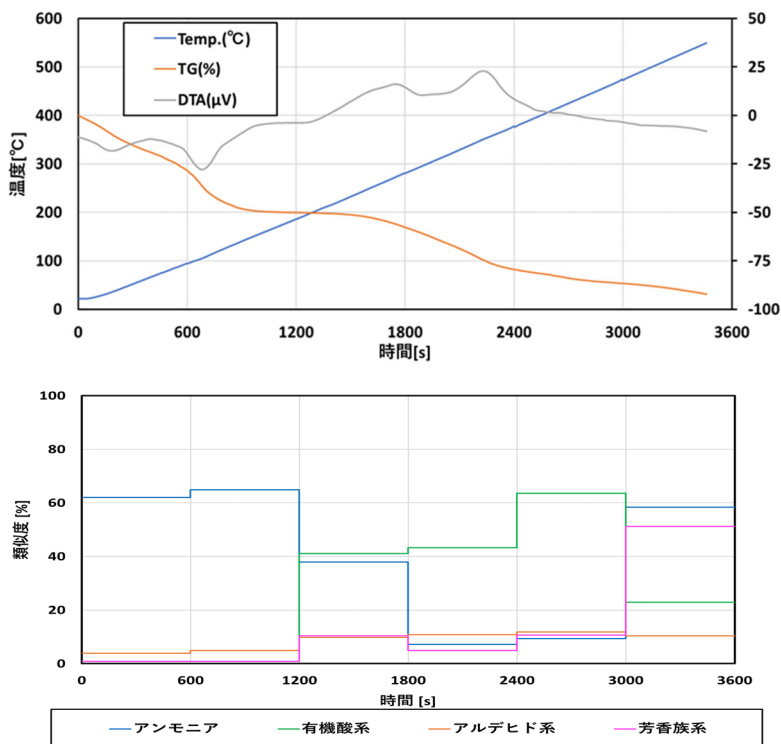


図 1 牛挽肉の測定結果
(上：TG-DTA 結果、下：ニオイ結果)

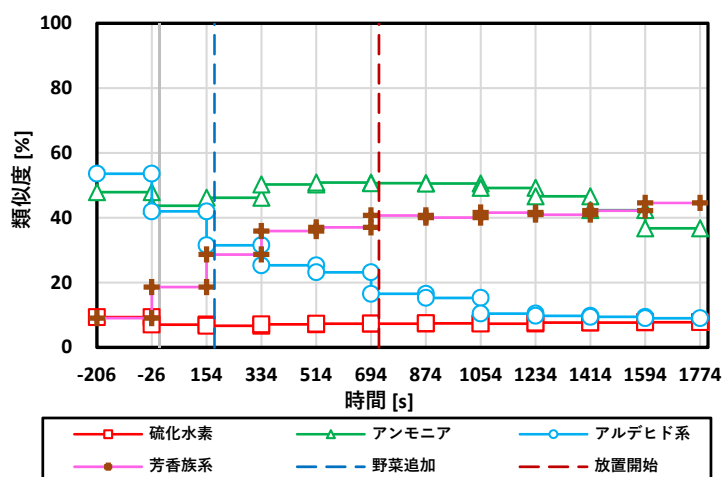


図 2 野菜炒めのニオイ解析結果

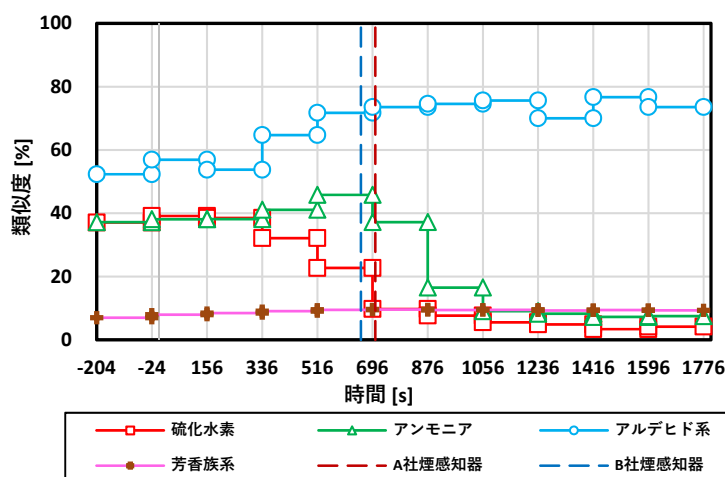


図 3 木材のニオイ解析結果

ポリウレタンの場合、火災感知器は発報しなかったが、綿灯芯と木材と同様に、硫化水素およびアンモニアに対する類似度の減少、アルデヒド系と芳香族系の類似度の上昇の傾向が見られた。ポリウレタンは、ウレタン結合の他にもエーテル結合、エステル結合や芳香族基および脂肪族基の分子構造も数多く合わせ持つため、熱分解生成物も様々な種類がある[2]。ポリウレタンの燃焼時には、アルデヒド基を持つ物質が生成していた可能性が高いことより、アルデヒド系の類似度が上昇したと考えられる。

(4) ニオイによる火災判定基準

上記(1)~(3)で得られた結果から、調理臭を誤検知しないニオイ火災感知の判定基準を「アルデヒド系/硫化水素」と「アルデヒド系/アンモニア」の類似度比率が1.5以上かつ、「アルデヒド系/芳香族系」の類似度比率が4以上と定めた。図5は、各火源の類似度比率を示す。木材、綿灯芯、ウレタンは判定基準を満たすが、野菜炒め等の調理臭は満たさず、火災臭と調理臭を区別することができた。また、ウレタンの場合、煙感知器は発報しなかったが、実験開始から6分後にニオイでは火災と判定した。ウレタンのように煙や熱量（温度変化）が小さい火災においても、ニオイの変化で火災を検知できる可能性が高いことがわかった。

参考文献

- [1] 能美隆, 前川麻弥, 火のニオイ, BUNSEKI KAGAKU Vol. 62, No. 4, pp. 285-296 (2013), pp. 285-296.
- [2] 火災燃焼生成物毒性調査研究委員会, 火災燃焼生成物の毒性, 新日本法規出版株式会社, (1987), pp.12-18.

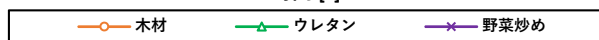
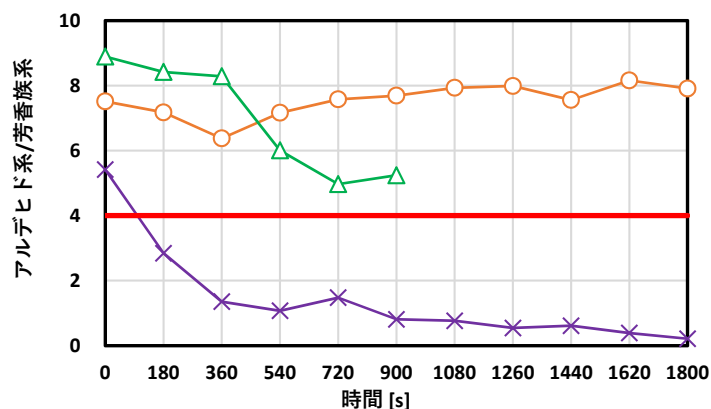
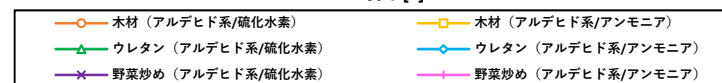
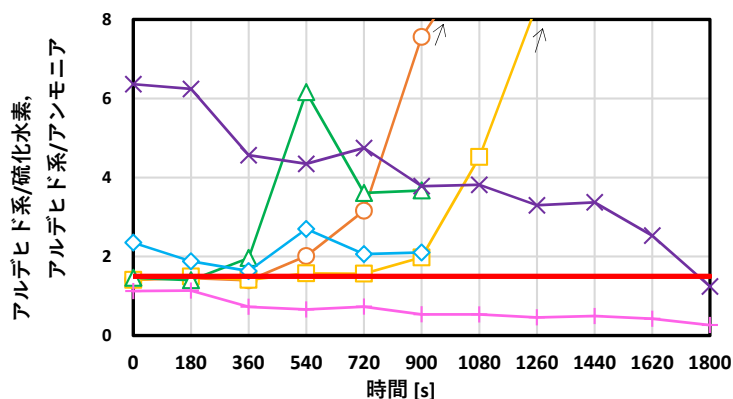


図5 各火源における類似度比率
(上：火災臭、下：調理臭)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	岡 泰資 (Oka Yasushi) (10240764)	横浜国立大学・大学院環境情報研究院・教授 (12701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関