

悪臭について

第1回 においに関する基礎知識

公益社団法人におい・かおり環境協会

■はじめに（本セミナーの目的）

典型7公害のうち苦情件数の約2割を占める悪臭については、発生源が工場や農業施設など一定の広がりがあるものから身近な飲食店などによるものまで、その発生源や範囲は多岐にわたります。

本セミナーでは、公益社団法人におい・かおり環境協会から、実務を通じて得られた知見を地方公共団体の公害関連部局において新たに担当される職員の方に向けて、悪臭の問題に関する実務を行う上で理解が望まれる内容を分かりやすく解説していただきます。

なお、この「誌上セミナー」は今後連載を予定しておりますので、是非、御活用ください。

1. においとは

人は、五感と呼ばれる感覚で情報を受け取っている。五感とは、視覚・聴覚・触覚・味覚・嗅覚であり、特定の刺激に対し鋭敏に反応できる機能を持っている。このうち、視覚・聴覚・触覚は物理感覚、味覚と嗅覚は化学感覚といわれ、ある限られた化学物質に反応を示す機能がある。においを感じたり、何のにおいであるかを認知することを嗅覚作用といい、嗅覚を刺激する化合物をにおいと表現している。現在知

られている化合物は約200万種あり、においを感じさせる化合物は約40万種あるといわれている。

「におい」という表現も、一般的には人間に快感を与えるものを「香り」と表現し、「匂い」といつている。一方、不快なにおいを「臭気」といい、感じ方を「臭い」と表現している。この他にも「ニオイ」や「薫る」という表現を用いることもある。

表現	意味
におい	気体分子が嗅細胞に到達することによって嗅覚系で生起する感覚（知覚）。 「臭気」「悪臭」「香り」など全てを含む総称。
臭気	「におい」とほぼ同義であるが、好まれないにおいに使われることが多い。 「におい」が嗅覚と関連する表現で使われるのに対し、「臭気」はにおい物質と関連した表現で使われる傾向にある。
悪臭	嫌なにおいを強調する場合に使われ、心理的に不快感を起こさせるにおいを称することが多い。
香り・匂い	快感を与えるにおいに使われることが多い。

表1 においの表現の例

においに対する個人の嗜好は、それぞれの主観的要素に大きく影響されるが、多くの人々に好まれるにおいが「香り」で、嫌われるものが「悪臭」や「臭気」である。しかし、時間的なファクタや濃度によっては、一般にいわれる香りも悪臭となる。においの質や不快感は、存在するにおいの量や種類、さらに組成で大幅に変化する。「悪臭」とはなにか、といわれても、悪臭防止法（昭和46年法律第91号）や環境基本法（平成5年法律第91号）では「悪臭」についての直接的な定義は規定されていない。これらの法律の中でいう「悪臭」は、嫌なにおい、不快なにおいの総称でなければならないと考え、人間に不快感を与えるにおいはすべて「悪臭」であり、「臭気」である¹⁾。

2. 人はどのようににおいを感じるのか

哺乳類では、においのセンサーである嗅上皮が鼻の中にある。嗅上皮は鼻内部に広がる空間（鼻腔）の上部に存在する。におい分子は、鼻の孔から鼻腔に吸い込まれ、鼻腔の奥に広がっている嗅上皮に到達する。嗅上皮上には嗅粘液が分泌されて細胞を守っており、におい分子はまずこの粘液に溶解込み、嗅細胞の繊毛上の受容体に結合する。嗅細胞はにおい分子の情報を電気信号に変換し、その神経線維（軸索）を介して、脳の嗅球へと伝える。嗅球に伝達されたにおいの情報は、さらに高次の中枢（大脳嗅皮質）へと伝えられ、においの識別、認知、記憶などさまざまな反応を引き起こす²⁾。

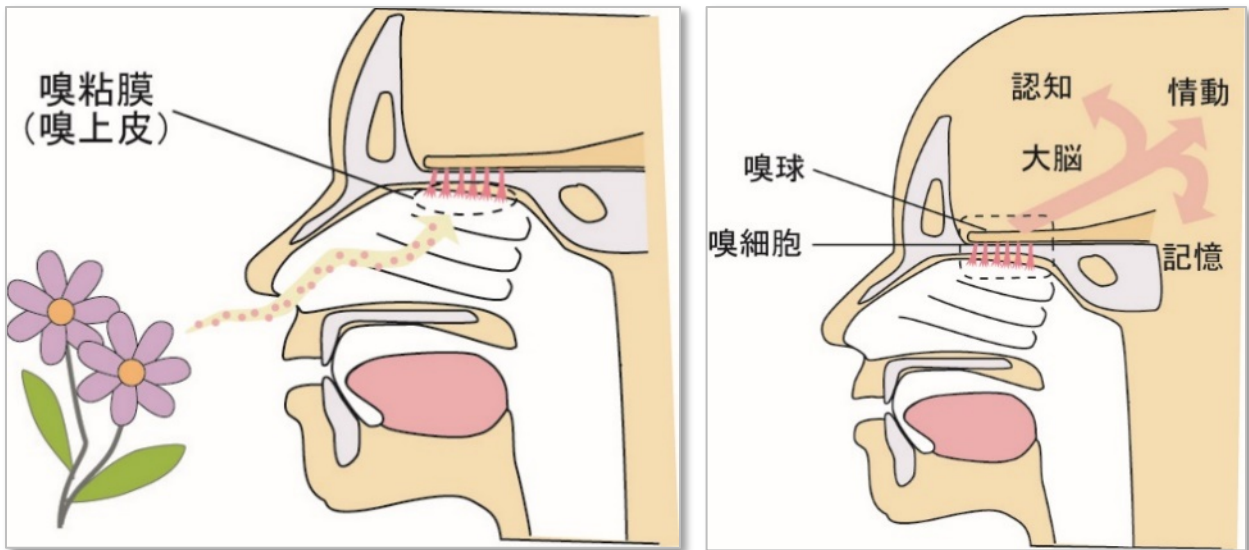


図1 嗅覚の模式図²⁾

鼻の奥では、絶えずこんな働きが起きている。嗅粘膜の中に広がっている嗅繊毛には、嗅覚受容体が存在し、におい分子はここでキャッチされる。すると、嗅細胞の興奮が起こり、においの化学信号が電気信号に変換されて嗅球に運ばれる。その後、嗅細胞の興奮はおさまリ、また次のにおいへ準備される。でも刺激が入り続けると、このオン・オフのサイクルが回らなくなり、においを感じられなくなる。それがにおいへの順応¹⁾とか慣れといわれる現象である。よく工場内で働いている人が働いている工場

内においを感じなくなるというのは、常ににおい刺激を受け続けているために嗅細胞のオン・オフがうまく機能しなくなるためであると考えられている²⁾。



図2 におい分子と嗅覚受容体の模式図

3. 人はどのようににおいを嗅ぎ分けているのか

私たちはどのようにして数十万ともいわれるにおいを嗅ぎ分けているのか。それは人には約400個あるといわれる嗅覚受容体と、におい分子の形の組み合わせによりにおいの識別を

行っている。におい分子は低濃度多成分の分子の集まりで、それぞれ形が異なっている。また、それぞれ形の違う穴をもつ嗅覚受容体が存在する。つまり、におい分子の形と嗅覚受容体の穴の形が一致した時に、私たちはにおいを感じることができる³⁾。



図3 嗅覚受容体とにおい分子

では、においが混ざったときには嗅覚受容体ではどのようなことが起こっているのか。人には約400種類の細胞しかないが、数十万といわれるにおいを嗅ぎ分けることができる。その際に嗅覚受容体では図4のように2つ以上のにお

い分子が混ざった時に他のにおいだと感じるような仕組みになっている。においというのは低濃度多成分で存在するため、におい分子と嗅覚受容体の組み合わせにより様々なにおいを感じることができ識別ができる。

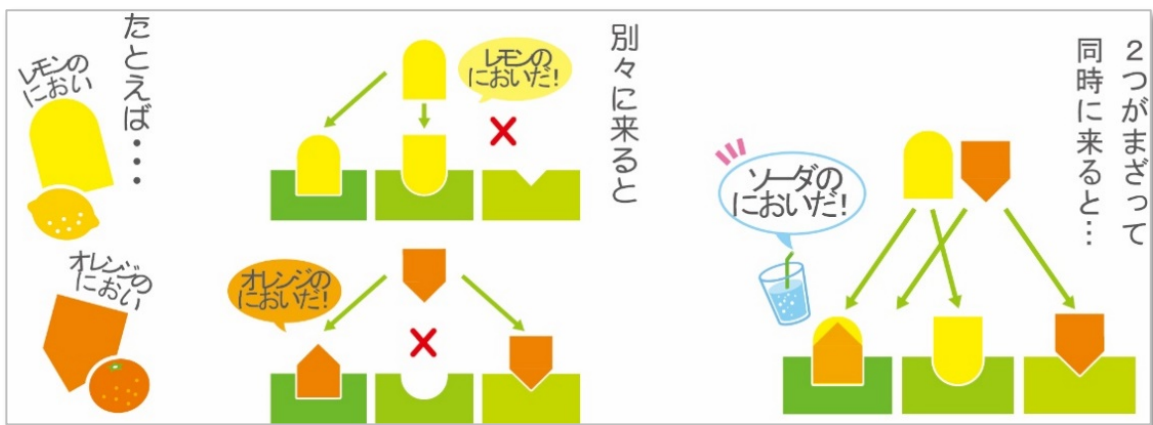


図4 においの識別

4. 人は低濃度のにおい分子でも感じるができる

人の鼻は、非常に薄い濃度でも感じるができる。もちろん犬にはかなわないが、最新の高感度の分析機器と比較しても、負けることはない。特定悪臭物質²の1つであるメチルメルカプタンという化合物はいわゆる強烈なにおい物質の一つであるが、その濃度が0.00007ppmでも、人はにおいを感じるができるといわれている。悪臭防止法で定められている同物質の機器分析における定量下限値は0.0002ppm程度であるため、人の鼻の方が薄い濃度まで嗅げることになる。ちなみにppmという単位は100万分の1ということで、2Lのペットボトルの水が500本(1,000L)に1mL(0.001L)の溶液を垂らしたくらいの薄さである。

これだけ薄い濃度でも人はにおいを感じるができる。そのため、人の鼻は、ガスクロ

マトグラフなどの分析機器よりも高感度に、においを検出することができる。それ以外も人が不快と感じるようなにおいについてはppmよりもさらに1,000倍薄いppbの濃度でも感知できる。

特定悪臭物質の閾値³(人が感じることができる最低濃度)をグラフ化すると分かりやすいと思うが、人が不快に思うトリメチルアミン(腐った魚のようなにおい)や、メチルメルカプタン(腐った玉ねぎのようなにおい)、イソバレルアルデヒド(むせるような甘酸っぱい焦げたにおい)などは、人が生活をする上で避けた方がよいということから極微量でも検知できるようになったものだと考えられ、同じ特定悪臭物質でもトルエンやスチレンなどは工場からしか出ないにおいであり、近代化とともに発生したにおいについては、トリメチルアミンなどに比べると100倍以上濃い濃度からしか検知することはできないと考えられている⁴。

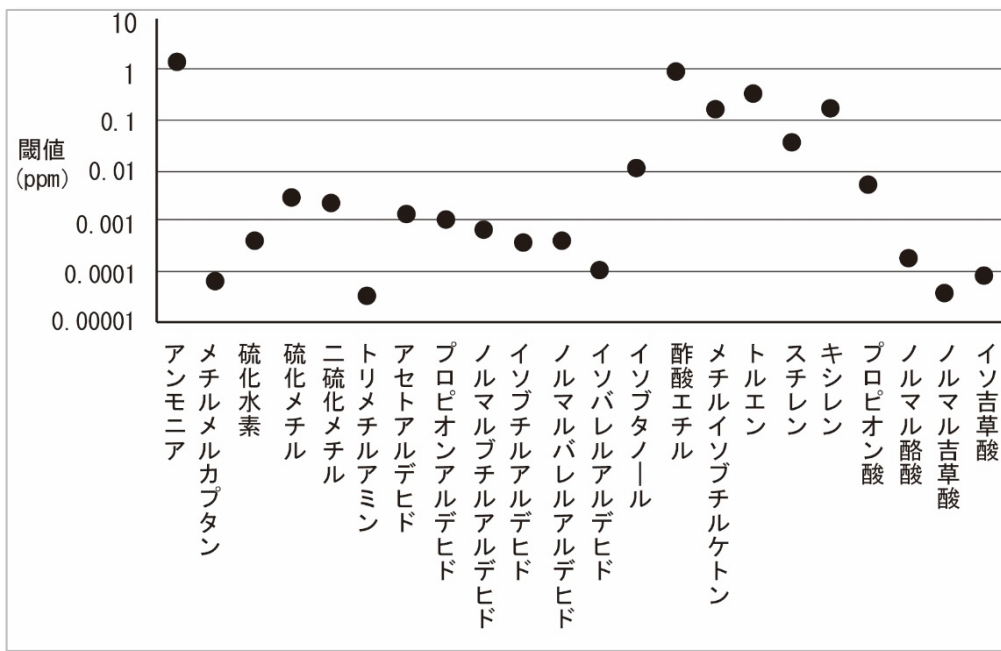


図5 特定悪臭物質の閾値 (日本環境衛生センター)⁵⁾

5. 人の鼻は幅広い濃度幅を嗅げる

人の感じるにおいの特徴として広い範囲の濃度を嗅げるというものがある。これは後に説明する嗅覚測定にもつながっており、においを感じる人の感覚量はにおい物質の濃度の対数

に比例するというものである。概念的には、におい物質の濃度が10倍になっても、人の感覚では10倍には感じず、せいぜい2倍程度にしか感じないという特徴である。

この概念を図示したのが図6である。この特

徴は、人にとって優れた機能ともいえる。すなわち、極低濃度から高濃度まで幅広いレンジで嗅ぎわけることができるということである。そ

の反面、人の嗅覚は微妙な濃度差を識別するのは難しい⁶⁾。

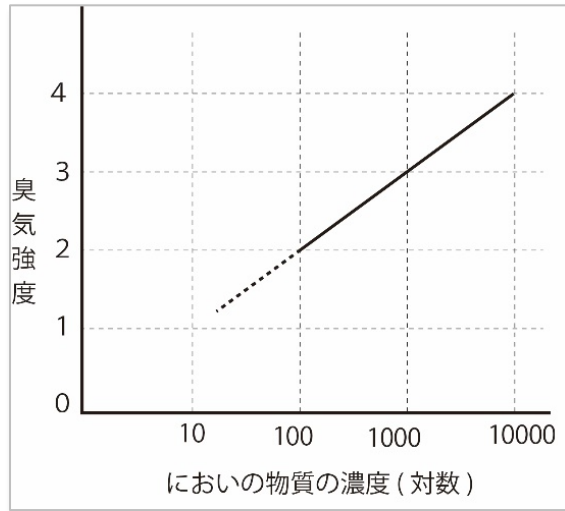


図6 におい物質の濃度と感覚量の関係

6. においの数値化

においを客観的に表すためにはどのくらいのにおいなのかということの数値化する必要がある。においの数値化というのは臭気対策をする上で、必要不可欠なものになるが、多種多様な特徴を有する臭気を、たった一つの評価尺度で表すことは非常に難しく、においの特徴を十分に理解した上で測定方法を検討しなくて

はならない。

臭気的主要測定方法は、以下に示すように、大きく2つに分けられる。一つはそのにおいを構成している化学物質に着目し、その濃度で表示する成分濃度表示法(いわゆる機器分析)。もう一つは人間の嗅覚を用いて臭気を数値化する嗅覚測定法である⁷⁾。

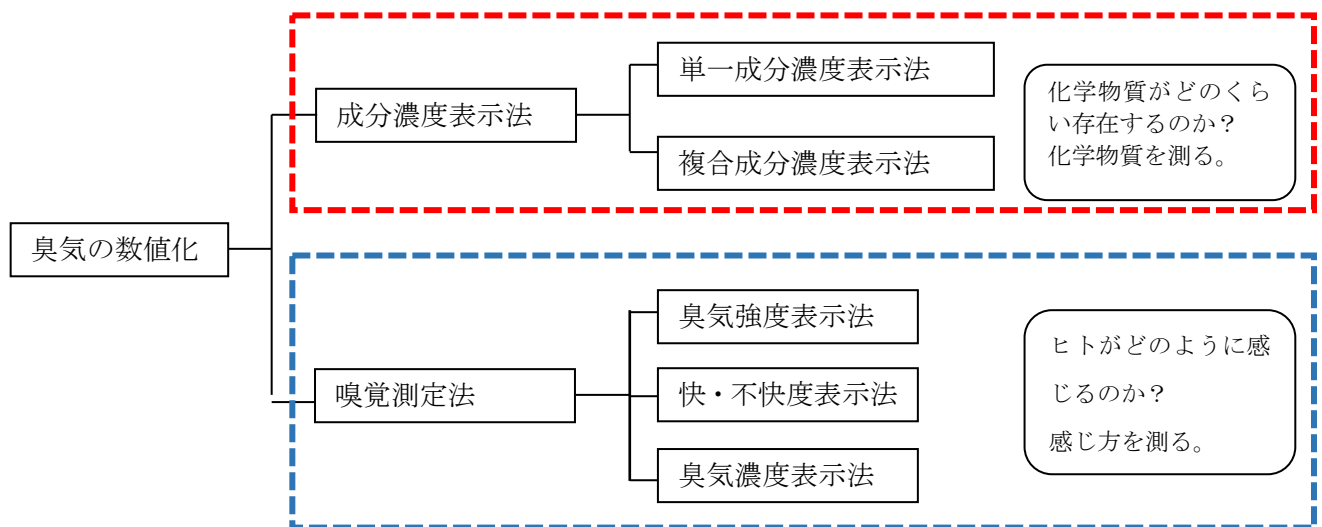


図7 臭気の測定方法

1) 成分濃度表示法

一般的に機器分析法と呼ばれるもので、悪臭対策を行う上で、目的としているにおいにどんな物質が含まれているのかを調べるために使用される⁷⁾。

(1)単一成分濃度表示法

悪臭防止法の特定悪臭物質の測定方法はこちらの測定に分類でき、においに含まれている物質の濃度をガスクロマトグラフや液体クロマトグラフなどを用いて測定する⁷⁾。

メリット	対象臭気の成分と各物質の濃度を知ることができる。どのように対策をしたらよいのか、どの程度まで濃度を下げればにおいがなくなるのかを把握できる。
デメリット	においは多成分であるため、何のにおいか判断がつかないと、どのような方法で試料採取や分析をかければよいか分からず費用や時間がかかる。

(2)複合成分濃度表示法

単一成分ではなく、まとまったグループとして濃度を捉える方法で、例えば、硫化水素、メチルメルカプタン等の硫黄化合物を総還元性硫黄として表示する方法である。各成分を濃度的に合計する問題点もあるが、多少全体的な捉え方ができ、連続測定できるものもある。一般的にはニオイセンサーと呼ばれており、半導体センサーや水晶振動子センサーなどを用いて、センサーで感知できるものを指示値として数値化する。

連続的に測定することができ、時間変動などの特徴を捉えることができる。事前に臭気指数などと相関がとれるか確認をしておくことで臭気指数相当の値を知ることができる。

メリット	連続的に測定することができ、時間変動などの特徴を捉えることができる。事前に臭気指数などと相関がとれるか確認をしておくことで臭気指数相当の値を知ることができる。
デメリット	指示値の単位については、メーカーが独自に設けており互換性がない。センサーに反応する物質でないと指示値が出ない。また、種類によっては湿度などによる水分の影響を受けやすい。

2) 嗅覚測定法

人の鼻を用いて臭気を測定する方法で、平成7年には悪臭防止法において、嗅覚測定法である三点比較式臭袋法が追加された。ここでは臭気対策に使われる臭気の数値化の方法について説明する⁷⁾。

(1)臭気強度表示法

臭気の強さに着目して数値化する方法である。悪臭防止法では表2のように6段階臭気強度表示法が使われている。パネル（においを嗅ぐ人）は、においを嗅いで、そのときに感じた強さの程度を表のカテゴリを基に数値で答える。具体的には、強く感じたら「4」、弱く感じたら「2」というように回答する⁷⁾。

臭気強度	内容
0	無臭
1	やっと感知できるにおい (検知閾値濃度)
2	何のにおいであるかがわかる弱いにおい (認定閾値濃度)
3	らくに感知できるにおい
4	強いにおい
5	強烈なにおい

表 2 6段階臭気強度表示法

メリット	現場ですぐに数値化できるため、事業場内の臭気発生個所の調査などに使用できる。
デメリット	評価の幅が狭いため、個人の主観に左右され、ばらつきが大きい。

(2)快・不快感表示法

快・不快感に着目して数値化する方法で、被害の実態を比較的表しやすいため、臭気の評価をするためには最も重要な評価尺度である。しかし、嗅いでいる時間の長さ

に測定結果が大きく影響する。焼きたてのパンなどは短時間嗅いだ時には快いにおいであっても、長時間かがされると不快と判断されるなど、評価が難しい⁷⁾。

快・不快感	内容
+4	極端に快
+3	非常に快
+2	快
+1	やや快
0	快でも不快でもない
-1	やや不快
-2	不快
-3	非常に不快
-4	極端に不快

表 3 9段階快・不快感表示法

メリット	被害の実態を評価しやすい。
デメリット	嗅いでいる時間の長さや個人のおかれている状況により、判断が異なるため客観性のある評価しにくい面がある。

(3)臭気濃度表示法および臭気指数表示法

臭気濃度表示法は、人がその臭気（原臭）を無臭の清浄な空気は何倍に希釈したら、におわなくなるかを求める方法である。臭気濃度 1,000 倍というのは、その臭気を無臭空気で 1,000 倍に薄めたらにおわなくな

るということ。

臭気指数表示法は、下記の式のように臭気濃度を対数変換し、人の感覚に近い尺度にしたのが臭気指数である。悪臭防止法ではこの臭気指数表示法が採用されている⁷⁾。

$$Y = 10 \times \log X \quad (Y: \text{臭気指数、} X: \text{臭気濃度})$$

臭気濃度	1	10	100	1,000	10,000
臭気指数	0	10	20	30	40

メリット	においの濃度を客観的に数値化できる。上限がないため尺度の幅が広い。
デメリット	臭気強度や快・不快度と比較すると、においを薄めたりするため多少手間がかかる。

用語の解説

- 1 順応（じゅんのう）**：持続する同一刺激に対し、その器官の感受性（閾値）が次第に変化してその刺激に相応した値に落ち着くこと。においの「慣れ」の現象である。この順応には、刺激したにおいのみ順応し、他のにおいには感度を失っていない自己順応と、あるにおいに順応すると一部のほかのにおいにも順応する交叉（こうさ）順応（相互順応）がある。
- 2 特定悪臭物質（とくていあくしゅうぶっしつ）**：悪臭防止法にいう特定悪臭物質とは「不快なにおいの原因となり、生活環境を損なうおそれのある物質であって政令で定めるものをいう」とされている。悪臭の原因となる物質は数多くあり、また複数の物質が複合した状態で発生することが多い。現在では、アンモニア、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル、トリメチルアミン、アセトアルデヒド、プロピオンアルデヒド、ノルマルブチルアルデヒド、イソブチルアルデヒド、ノルマルパレルアルデヒド、イソパレルアルデヒド、イソブタノール、酢酸エチル、メチルイソブチルケトン、トルエン、スチレン、キシレン、プロピオン酸、ノルマル酪酸、ノルマル吉草酸、イソ吉草酸の 22 物質が指定されている。
- 3 閾値（いきち）**：（嗅覚）閾値には検知閾値（絶対閾値ともいう）、認知閾値、弁別（べんべつ）閾値がある。検知閾値は何のにおいかわからなくても何かにおいを感知できる最小濃度、認知閾値は何のにおいかわからなくても感知できる最小濃度、弁別閾値は主ににおいの強度について感覚的に区別できる最小濃度である。6 段階臭気強度表示では検知閾値は 1 に、認知閾値は 2 に相当するとされている。三点比較式臭袋法では採取したにおいの検知閾値を求め、そこまでの希釈倍数を臭気濃度とし、また対数値を臭気指数としている。

出典：公益社団法人におい・かおり環境協会「においの用語と解説」

参考文献

- 1) 岩崎好陽：臭気の嗅覚測定法第 6 版、2019 P1-3
- 2) 公益社団法人におい・かおり環境協会：嗅覚概論第 2 版、2017 P39-41、P45、P117-121
- 3) 公益社団法人におい・かおり環境協会：嗅覚概論第 2 版、2017 P45
- 4) 公益社団法人におい・かおり環境協会：嗅覚概論第 2 版、2017 P62-63
- 5) 永田好男、竹内教文：三点比較式臭袋法による臭気物質の閾値測定結果、第 29 回大気汚染学会講演要旨集、528,1988
- 6) 公益社団法人におい・かおり環境協会：嗅覚概論第 2 版、2017 P102-105
- 7) 岩崎好陽：臭気の嗅覚測定法第 6 版、2019 P4-19

■次回予定

次回の誌上セミナー「悪臭について」（第 2 回）では、悪臭防止法の規制基準についての解説を予定しています。引き続き御活用ください。