

シリーズ「悪臭に関わる苦情への対応」

— 第2回 悪臭の測定方法 —

公益社団法人 におい・かおり環境協会
会長 岩崎 好陽

1. はじめに

においを客観的に評価しようとするとき、においの強さ（大きさ）を数値で表す。すなわち数量化しなくてはならないが、においを数量化するという事は非常に難しい。低濃度多成分の混合体であるにおいを、たった一つの数値（評価尺度）で表すことは非常に難しいことであり、どのような評価尺度を用いても、それぞれに一長一短があることは避けられない。そのため、それぞれの評価尺度の特徴を十分に認識し、数値化の目的に合った評価尺度により測定を行うことが必要である。

においの測定方法は、その目的によりいろいろな方法がある。ここでは一般的に環境の分野で使われるにおいの測定方法について述べたい。環境の分野では次のような場合、においの測定が必要になる。一つは煙突から排出される臭気を、どの程度の数値以下にするかという規制基準を設定する際には、においの測定が必要になる。また、脱臭装置の脱臭効率を算出する際にも、においの測定は必要になる。

においの測定方法は図-1に示すように、大きくは2つの方法に分けられる。1つはそのにおいを構成している化学物質に着目し、分析機器でその化学物質の濃度（ppm）を測定し表示する成分濃度表示法である。

もう1つは人間の嗅覚、すなわち鼻を用いて、においを数値化する嗅覚測定法である。人間の鼻を用いるため、一般的には不信感を持つ人も多いかもしれないが、世界的にはこの嗅覚測定法が広く用いられている。

すなわち、においは一般的に、固有のにおいを持つ化学物質が集まった多成分の混合体であるので、分析機器を用いた測定では、実際の感じ方とは異なった結果になってしまうため、悪臭の規制、指導には、日本はもとより世界の多くの国々においては、人間の鼻を用いる嗅覚測定法が広く使われている。

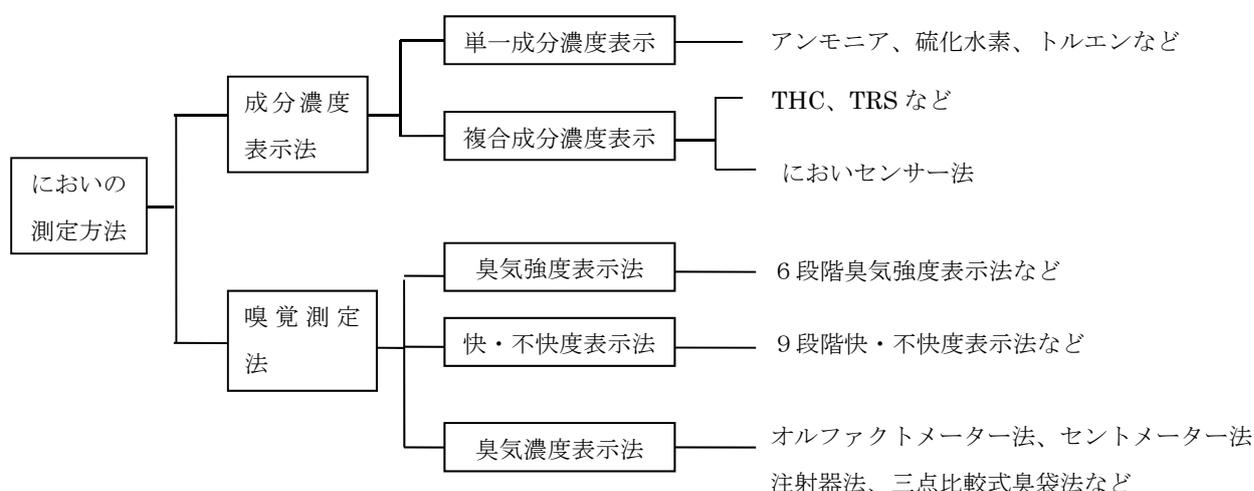


図-1 においの測定方法の一覧

2 嗅覚測定法

前章に示した通り、においの測定にはいろいろな方法がある。この中で世界的に最も信頼されている方法は、嗅覚測定法である。嗅覚測定法とは、官能試験法とも呼ばれ、人間の鼻（嗅覚）を用いて臭気を測定する方法である。日本が悪臭防止法を制定した昭和46年当時は、信頼できる嗅覚測定法が世界的にも存在していなかったため、アンモニアなど悪臭物質の濃度（ppm）を測定する成分濃度表示法を採用したが、平成7年に嗅覚測定法である三点比較式臭袋法を悪臭防止法に追加した。すなわち、現在の悪臭防止法¹⁾では、アンモニアなどの悪臭物質の濃度で規制する方法と、嗅覚測定法である三点比較式臭袋法の両方が測定方法として記載されている。

また、人間（パネル）の鼻を用いて臭気数量化する方法にも、いくつかの方法がある。ここでは具体的に臭気対策という観点から使われる臭気の数値化の方法について説明する。具体的には、においの強度に着目した「臭気強度表示法」、においの快・不快度に着目した「快・不快度表示法」、無臭になるまでの希釈倍数を測定する「臭気濃度表示法」について記載したい。

2-1 においの強さを測定する方法（臭気強度表示法）

まず臭気強度表示法は臭気の強さに着目して数値化する方法である。日本では、現在まで表-1に示す6段階臭気強度表示法が広く使われている。このほか4段階あるいは5段階臭気強度表示法などもある。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下に記載したカテゴリーを基に数字で答える。具体的には、強く感じたら、「4」と答え、弱く感じるようであれば、「2」と答える。

この方法は、においを嗅いで、すぐその場で数値化できる利点は大きいですが、測定レンジの幅が狭いという欠点がある。また、この尺度は、においの強さの「程度」を測定するために、パネルによるばらつきが大きく、同じにおいを嗅いでも、人により「4」と回答する人もあれば「1」と回答する人もいる。

表-1 6段階臭気強度表示法

5 : 強烈なにおい
4 : 強いにおい
3 : 楽に感知できるにおい
2 : 何のにおいであるかがわかる弱いにおい(認知閾値濃度)
1 : やっと感知できるにおい(検知閾値濃度)
0 : 無臭

このような臭気強度のばらつきを低減するために、臭気強度の標準物質を用意し、においを嗅ぐ人にその標準物質の濃度を嗅がせ、その濃度と比較して回答する方法が提案されている。ヨーロッパでは、臭気強度に対応する標準試料として、濃度の異なるn-ブタノール溶液を瓶に入れ、標準化を図っている。この方法をブタノール法という。パネルはこの標準物質の濃度を参考に回答することにより、人によるばらつきを少なくしている。

しかし、標準物質はあるものの、1種類のにおい質だけであり、測定レンジも狭い欠点もあり、悪臭防止法には採用されていないが、簡易な測定法としては使われている。

2-2 においの快・不快度を測定する方法（快・不快度表示法）

環境問題においては、においの強さより、においの不快性の方が重要な尺度になるという意見もある。このような観点から使われているのが、快・不快度表示法である。この尺度は、においの快・不快度に着目して数値化する方法であり、認容性表示法または嫌悪性表示法ともいわれる。日本においては、表-2に示す9段階快・不快度表示法が一部使われている。環境問題におけるにおいの数値化の方法としては、被害の実態を比較的表しやすいという点で、重要な評価尺度である。

表-2 9段階快・不快度表示法

+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

しかし、この快・不快度表示法は、においを嗅いでいる時間の長さに測定結果が大きく影響を受けるため、客観性のある評価が難しい面がある。すなわち、臭気の種類によっては、短時間嗅いだときには、快いにおいであっても、長時間嗅がされると不快になることがある。例えば、行政に届けられる現実の悪臭の苦情の中には、コーヒーの焙煎、製パン関係等一見快い臭気が原因と思われるものも少なからず含まれている。このことが、においの問題を複雑で、何か取り扱いにくい問題にしており、この快・不快度表示法も悪臭防止法には採用されていない。

2-3 無臭に至るまでの希釈倍数を測定する方法（臭気濃度表示法）

次に、人間の鼻を用いる測定尺度として使われているのが、臭気濃度尺度である。この臭気濃度とは、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ものであり、丁度無臭になったときまでに要した希釈の倍数の数値が、臭気濃度である。すなわち、臭気濃度とは、単なる臭気の濃度という意味ではなく、1つの単位を表す。また臭気濃度はその定義から、臭質に関係なく周辺への臭気の到達距離に関係する尺度になるため、広範性表示ともいわれている。具体的には、臭気濃度3,000の臭気とは、丁度その臭気を清浄な無臭の空気ですべてに希釈したときに始めてにおいが消える臭気のことである。

また、この臭気濃度を下記のように対数変換したものが臭気指数であり、臭気濃度に比べ人間の感覚に近い対応を示す尺度となっている。すなわち騒音におけるデシベル表示と同様の関係であるといえる。

$$Y \text{ (臭気指数)} = 10 \times \text{Log} X \text{ (臭気濃度)}$$

悪臭の規制または指導においては、この臭気濃度（臭気指数）表示法が日本においても諸外国においても採用され、世界的に広く使われている尺度である。

臭気強度及び快不快度表示法がにおいの「程度」を判断するのに対し、この臭気濃度尺度はにおいの「有無」を判断する。においの有無を判断の方が生活歴などに影響されにくいと、人によるばらつ

きが少ないといわれているが、臭気濃度の測定は臭気強度測定や快・不快度測定と比較して、測定時間が長く（30分程度必要）、多少手間が掛かる。

しかし、悪臭防止法など測定結果が重要な意味を持つ測定には、この臭気濃度（臭気指数）測定がなされる。

後述する三点比較式臭袋法、オルファクトメーター法、注射器法、セントメーター法等は、この臭気濃度を求めるための方法である。

2-3-1 三点比較式臭袋法

三点比較式臭袋法は、昭和47年に岩崎ら^{2)、3)}により開発された臭気濃度の測定方法である（図-3を参照）。従来日本で広く使われていた注射器法（2-3-3参照）の欠点である、①容量不足 ②吸着損失 ③準備の手間 ④客観性の不足等の欠点を除いた方法として考え出された。注射器法における注射器の代わりに、容積3リットルのバッグ（におい袋）を用い、上記の欠点を補っている。また、今までの注射器法は、1つの検体をパネルが嗅ぎ、においの有無を判定していたが、三点比較式臭袋法は三点比較法を採用している。すなわち、3個の袋のうち、2個の袋には無臭の空気を入れ、残りの1個の袋に所定の希釈倍数に希釈した試料を入れる。パネルはこれら3個の袋の中のおいを嗅ぎ、においがあると思われる袋の番号を回答する。回答が正解の場合には、更に希釈倍数を約3倍ずつ大きくし（薄くし）、同様の試験を実施する。この判定試験をパネルの回答が不正解になるまで実施する。希釈倍数が上がり、試料を入れた袋のにおいが薄くなると、無臭の袋と区別が付きにくくなり、正解率は下がる。このように改良することにより、測定結果の精度、及び客観性が高くなっている。

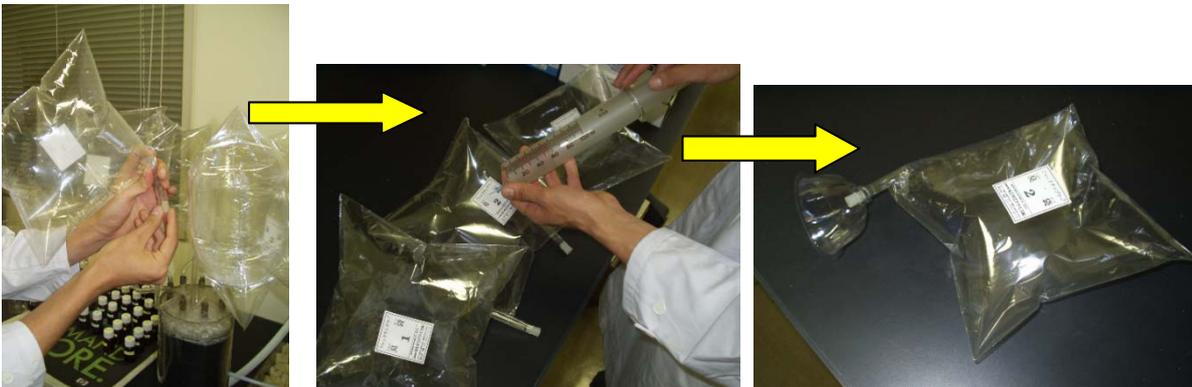


図-2 三点比較式臭袋法の試料調整

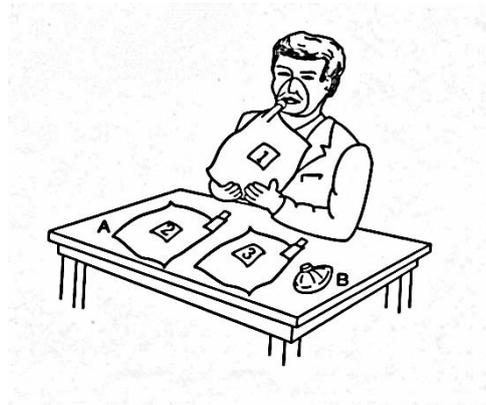


図-3 三点比較式臭袋法

この三点比較式臭袋法は、昭和 47 年に初めて発表されてから、主に地方自治体の条例ないし指導要綱に採用され、全国の地方自治体で広く悪臭の規制・指導に用いられた。平成 7 年に悪臭防止法にも採用され、現在国内で 1 年間に 1 万を超す試料の測定に用いられている。また、国内だけでなく韓国、中国などアジア諸国でも使われ始めている。

それでは簡単にこの測定法の手順について説明しよう。

三点比較式臭袋法には排出口における測定法と、環境臭気の測定法の 2 つがある。前者は比較的臭気濃度が高い場合の測定法であり、後者は逆に低濃度（臭気濃度 100 以下程度）に適した方法である。どちらの方法も 6 名以上のパネル（においを嗅ぐ人）で測定するのが原則である。

排出口から排出される臭気については、3 倍系列の下降法により実施される。例えば、希釈倍数は 30 倍からテストを開始し、この濃度で正解の場合には、更に 100 倍、300 倍、1,000 倍、と順次同様のテストを繰り返す。パネルが不正解になるまで続けられる。

各パネルごとに、正解である最も高い希釈倍数と不正解のときの希釈倍数との幾何平均値が各パネルの嗅覚閾値となる。パネル全員についてこの値を求め、そのうちの上下 2 つの値をカットし、残りを平均し、閾値となる希釈倍数を算出する。この値から臭気指数を算出する。

具体的な測定の計算事例を示そう。判定試験の結果、表 3 のようになったとする。すなわちパネル A から F までの 6 名で実施し、最初の希釈倍数は 100 倍希釈から実施した。100 倍希釈とは、におい袋の容積が 3 リットルであるから無臭空気を入れた袋に、試料を 30ml 注入したことになる。このように操作をすると、におい袋の中に 100 倍希釈の試料が作製される。パネル A の場合、100 倍希釈では、3 番のにおい袋に試料を注入し、残りの 1 番及び 2 番の袋には無臭空気のみを入れ、計 3 個の袋の中の空気を嗅いで、3 番がおったと回答したということになる。そのため回答は正解であるので、次の希釈倍数に進む。300 倍希釈、1,000 倍希釈でも正解の回答であったが、3,000 倍希釈では、試料を 3 番の袋に入れたが、回答は 1 番であったので不正解になり、パネルは試料を 3,000 倍に希釈すると、無臭の空気と区別ができなかったことになる。パネル A はこの試験を終了する。このパネル A の場合、3,000 倍で初めて不正解になっているので、1,000 倍と 3,000 倍の中間に閾値があると判定し、希釈倍数の対数値の中間値が個人閾値になる。

すなわち、パネル A の個人閾値は

$$(3.00 + 3.48) / 2 = 3.24$$

が個人閾値となる。

パネル 6 名について、同様の試験を実施し、個人閾値を計算すると 3.24 3.24 3.74 3.74 2.74 3.24 の 6 個の値が得られる。この中で最も大きな値 1 個 (3.74) と、最も小さな値 1 個 (2.74) とをカットし、残りの 4 個の値の平均を計算する。すなわち

$$(3.24 + 3.24 + 3.74 + 3.24) / 4 = 3.37$$

この結果、最終的な臭気指数は 上記の 3.37 を 10 倍し、 臭気指数 = 34 となる。

また、臭気濃度は

$$\text{臭気濃度} = 10^{34/10} = 2,500$$

と計算される。すなわち、この臭気は 2,500 倍に無臭空気で希釈して丁度においが消える程度の臭気であることがわかる。

表－3 三点比較式臭袋法による集計用紙の一例

パネル	回数	1	2	3	4	5	6	7	パネル 個人閾値
	希釈倍数	30	100	300	1000	3000	10000	30000	
	対数値	1.48	2.00	2.48	3.00	3.48	4.00	4.48	
A	付臭番号		3	3	2	3			3.24
	回答番号		3	3	2	1			
	臭気強度		3	2	1	1			
	判定		○	○	○	×			
B	付臭番号		2	1	3	2			3.24
	回答番号		2	1	3	3			
	臭気強度		3	1	1	1			
	判定		○	○	○	×			
C	付臭番号		1	1	2	1	3		3.74 (カット)
	回答番号		1	1	2	1	2		
	臭気強度		3	2	2	1	1		
	判定		○	○	○	○	×		
D	付臭番号		1	2	3	3	1		3.74
	回答番号		1	2	3	3	2		
	臭気強度		3	3	2	1	1		
	判定		○	○	○	○	×		
E	付臭番号		3	3	1				2.74 (カット)
	回答番号		3	3	2				
	臭気強度		2	1	1				
	判定		○	○	×				
F	付臭番号		2	2	3	1			3.24
	回答番号		2	2	3	3			
	臭気強度		3	2	1	1			
	判定		○	○	○	×			

2-3-2 オルファクトメーター法

次に、三点比較式臭袋法と同じく臭気濃度を測定するオルファクトメーター法について説明しよう。臭気濃度は、実際の試料を希釈してパネルに嗅いでもらうが、この希釈作業を自動化したのがオルファクトメーター法である。測定の対象となる臭気の希釈を、電磁弁、キャピラリー、ニードルバルブなどにより、自動的に行う。パソコンを用い一定の希釈倍数に調整されたサンプルが供給できる仕組みになっているものもある。パネルは器械で希釈された吐出するサンプルを嗅ぎ、においの有無を判定する。

このオルファクトメーター法の装置は世界的には1960年代からにおいの研究者によって作られ始めた。日本でも1970年代に近江オドエアーサービス社により市販されたが、現在は市販されていない。

このオルファクトメーター法は、ヨーロッパを中心にアメリカでも使われている。欧米では最も広く使われている臭気濃度測定方法である。環境省は平成12年に、ヨーロッパ規格に適合したオルファクトメーターをオランダから1台購入し、東京都環境科学研究所において数年にわたり、三点比較式臭袋法との比較データを取った。比較データとは両方法の希釈精度、再現性、パネル選定試験の問題点などである。

オルファクトメーターの長所短所について述べると、まず長所についてはオペレータの手間が省けること、更におい袋などの消耗品の節約があげられる。これに対して短所としては、臭気の配管内での吸着のため、高倍率希釈の希釈精度が多少問題になること、及び装置が高価なことなどの問題である。また、この方法においては、希釈倍数は標準ガスを用いて確認しなくてはならない。低希釈倍数から高希釈倍数まで希釈精度を合わせることは難しい。

希釈倍数の校正用の標準ガスとしては、主に一酸化炭素などが用いられる。その結果、測定結果はほぼ同様の値が



図－4 オルファクトメーター法

とられていることが分かった。図-4に測定に用いたオルファクトメーター法の装置を示した。ヨーロッパの臭気測定の流れについては、Harreveld⁴⁾が詳細に記載しているので参照されたい。

2-3-3 その他の臭気濃度測定方法

現在はほとんど使われていないが、過去に使われていた方法について簡単に記載しておこう。

[注射器法]

注射器法は1957年にフォックス(Fox)ら⁵⁾により発表された臭気濃度の測定方法である。昭和40年代まで、臭気濃度測定方法として、日本で最も多く使われていた方法である。容積100mlのガラス製の注射器を用い、その中で臭気のある一定の倍率に希釈する。例えば、試料臭気を注射器の中に10ml吸引し、さらに残りの90mlは清浄な無臭の空気を吸引すると、注射筒の中で10倍に希釈されたサンプルが作成される。具体的には、図-5に示すように

- A：まず臭気濃度を測ろうとする試料を注射器に一定量採取する（通常の採取量は10mlが多い）。
- B：つぎに、無臭で清浄な空気の中でこの注射器をいっぱい引き、試料を希釈する（通常は100mlまで引き10倍希釈を作成する）。この希釈された臭気をパネルが嗅ぎ、においの有無を判定する。においを感じられる場合には、つぎに示すようにさらに希釈倍数を上げて同じテストを行う。
- C：さらに高倍率のサンプルを作成するためには、もう一本の注射器を図のように接続する。
- D：そしてサンプルの入った左側の注射器を押し出して、一定量のサンプルを右側の注射器に移す（通常は10ml）。
- E：接続器具を外し、また無臭で清浄な空気の中でこの注射器をいっぱい引き、試料を希釈する（通常は100mlまで引き再度100倍希釈を作成する）。

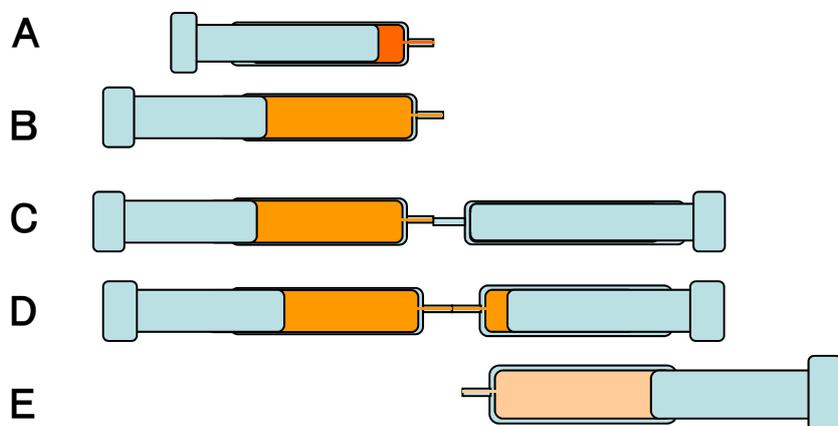


図-5 注射器法における希釈方法

この希釈された臭気（通算100倍希釈）をパネルが嗅ぎ、においの有無を判定する。更に、においを感じられる場合には、上記Cからの操作を繰り返す。

パネルはこのように調整された注射筒の先端を自分の鼻孔に入れ、自分の手で臭気を押し出し、においを嗅ぎ（図-6参照）、においの有無を判定する。この試験をにおいを感じられなくなるまで続ける。

この方法は、測定に要する経費も比較的少なく、手軽に測定できるメリットはあるが、注射器のスリ合わせの固有臭、容量不足、客観性の不足



図-6 注射器法

等に問題があり、得られる測定値のばらつきは大きい。現在は世界的にもほとんど使われていない。

[セントメーター法]

セントメーター法は1960年にホイ(Huey)ら⁶⁾により提案された臭気濃度の測定方法である。セントメーターは図-7に示すように、大きさは5×6×2.5インチの箱型であり、上部と下部に1/2インチの丸い穴が開けられている。そこから入った臭気は活性炭槽を通して無臭になり、中心部に導かれる。(希釈用の無臭の空気となる。)

一方、図-7の左右側の部分にオリフィス(1/2 1/4 3/16 1/8 1/16 1/32インチ径の丸穴)が開けられており、そこから入った臭気はセントメーターの上部および下部より入った無臭化された空気によって希釈される。そのオリフィスの径を適当に選ぶことにより適切な希釈倍数を選ぶことができる。なお、オリフィスの径の数はセントメーターの種類により異なっている。

パネルは、においがする場所において、図-7の右側に取り付けられた鼻あてに鼻孔を押し付け、自分の力で吸い込み、においの有無を判断する。パネルがこのセントメーターを使用している状態を図-8に示した。

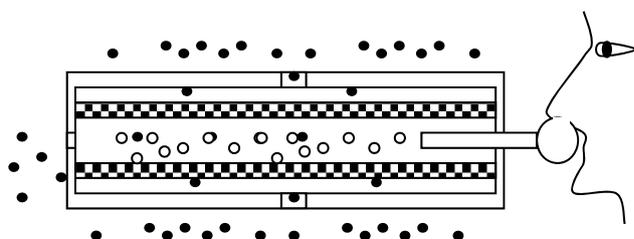


図-7 セントメーターの概略図



図-8 セントメーター法

この方法は非常に手軽な方法であり、濃度が薄い環境臭気測定に適した方法であるが、希釈精度及び回答の客観性などに問題を残している。

また、この方法はアメリカのコロラド州、イリノイ州等で、悪臭の規制指導に採用されていた。器材は Barnebey-Cheney 社により販売されている。

昭和40年代までは、日本では使われていなかったため、私達は昭和50年代に商社を通してアメリカから数台取り寄せ、その性能について調べてみた結果、希釈精度に問題があり、信頼できる測定結果は得られなかった。

2-4 水中の臭気官能試験法

悪臭防止法では、事業所敷地境界における規制(第1号規制)、排出口からの臭気に対する規制(第2号規制)、事業所排水に対する規制(第3号規制)の3か所に対する規制で成り立っている。ここでは第3号規制にあたる事業所排水の臭気測定方法を記載する。

水中の臭気についてはかなり重要な問題で、私たちの身の回りにおいてもいろいろな問題が発生している。例えば、最近では比較的改善されてきているが、河川における臭気の問題、都市部のビル街に発生しているビルピット(地下排水槽)からの臭気問題、工場排水の臭気などが挙げられる。すなわち、

においの原因が、排水など水系によるものを、ここでは対象としている。

悪臭防止法では、嗅覚測定法による第3号規制でこの三点比較式フラスコ法が採用されている。三点比較式フラスコ法とは、器材としては300mlの暗褐色の共通摺り合わせ三角フラスコを用いる。測ろうとする試料水を一定の希釈倍数になるように無臭水で希釈して、100ml注入する。試料水及び無臭水は25℃に保たれる。この希釈試料を入れたフラスコ1個と、無臭水のみを入れたフラスコ2個、計3個のフラスコをパネルに渡す。パネルはフラスコを軽く振り、栓をはずし、フラスコ内のおいを嗅ぎ、においがあると思われるフラスコの番号を回答する。この回答が正解である場合には、三点比較式臭袋法と同様に更に約3倍希釈倍数を上げ、不正解になるまで同様の試験を継続する。ガス状臭気の測定方法である三点比較式臭袋法とは、測定する器材が、におい袋から三角フラスコに変わった以外はほとんど同じ実施方法になっており、パネル人数も6名以上で実施される。また、各パネルの個人閾値の中で上下カットをし、2名少ないパネルの個人閾値を幾何平均して最終的な臭気濃度を計算する。三点比較式フラスコ法を実施している風景を図-9に示した。



図-9 三点比較式フラスコ法

3 成分濃度表示法

成分濃度表示法は、測定のための機器として、ガスクロマトグラフィ、分光光度計などの分析機器を用いるため、一般的には広く機器測定法といわれている。この成分濃度表示法には、大きく2つの方法があり、1つは単一の成分（化学物質）の濃度で表示するいわゆる単一成分濃度表示法であり、もう1つは類似の成分をグループとして捉え、グループ全体の濃度で表す複合成分濃度表示法である。

この表示法は、悪臭防止対策を検討する場合、すなわち工場が悪臭対策で脱臭装置を選ぶ場合などには、必ず測定しておかなくてはならない項目である。また、何種類かの悪臭発生源が近くにあり、環境においてその臭気がどこの工場から排出されているのかを判断する場合には、成分濃度を把握しておくことは、特に有効な方法になる。

しかし、ほとんどのにおいては、数十、数百以上の成分が含まれていることから、そのうちの一部の成分の濃度（ppm）では、におい全体の評価にならないという大きな欠点があることから、悪臭規制、指導の指標にはならないという欠点がある。

3-1 単一成分濃度表示法

単一成分濃度表示法は、特に臭気の原因物質として考えられる成分の濃度で数値化する方法である。

昭和46年に制定された悪臭防止法¹⁾では、この表示法が採用され、現在アンモニア、硫化水素、トリメチルアミン等、表-4に示す22種類の特定悪臭物質（成分）が指定されている。

表-4 特定悪臭物質の測定方法

特定悪臭物質	敷地境界線		排出口		
	試料採取方法	分析方法	試料採取方法	分析方法	
アンモニア	吸収瓶による捕集（5分間）	分光光度計での吸光度測定	JIS K0099による		
メチルメルカプタン	バッグサンプリング（6～30秒）	ガスクロマトグラフ（検出器 FPD）	規制対象外		
硫化水素			バッグサンプリング	GC-FPD	
硫化メチル 二硫化メチル			規制対象外 規制対象外		
トリメチルアミン	吸収瓶による捕集（5分間）	ガスクロマトグラフ（検出器 FID）	吸収瓶による捕集（5分間）	ガスクロマトグラフ（検出器 FID）	
アセトアルデヒド	バッグサンプリング（6～30秒）	ガスクロマトグラフ（検出器 FTD）	規制対象外		
プロピオンアルデヒド			バッグサンプリング	ガスクロマトグラフ（検出器 FTD）	
n-ブチルアルデヒド					ガスクロマトグラフ-質量分析法
イソブチルアルデヒド					
n-バレアルデヒド					
イソバレアルデヒド					
イソブタノール	バッグサンプリング（6～30秒）	ガスクロマトグラフ（検出器 FID）	バッグサンプリング	ガスクロマトグラフ（検出器 FID）	
酢酸エチル	バッグサンプリング（6～30秒）	ガスクロマトグラフ（検出器 FID）	バッグサンプリング	ガスクロマトグラフ（検出器 FID）	
メチルイソブチルケトン					
トルエン					
キシレン	バッグサンプリング（6～30秒）	ガスクロマトグラフ（検出器 FID）	バッグサンプリング	ガスクロマトグラフ（検出器 FID）	
スチレン					規制対象外
プロピオン酸	試料捕集管（5分間採取）	ガスクロマトグラフ（検出器 FID）	規制対象外		
ノルマル酪酸			規制対象外		
ノルマル吉草酸			規制対象外		
イソ吉草酸			規制対象外		

3-2 複合成分濃度表示法

これに対し、複合成分濃度表示法は1つの臭気が多成分で構成される場合、単一成分ではなくその中に含まれるにおい物質のグループの濃度で捉えようとするものである。例えば、硫化水素、メチルメルカプタン等の硫黄(S)化合物を総還元性硫黄(TRS)として表示する方法がある。また、塗装・印刷関係などの有機溶剤関係に対して、全炭化水素の濃度表示法(THC)が使われることがある。

また、これらの悪臭成分を複数測定できるセンサーを用いた、ニオイセンサーが市販されている。この方法も大きくは上に示した複合成分濃度表示法に含まれる。センサーの測定原理は各種の方法があるが、2種類のものが広く市販されている。一つは半導体を用い素子抵抗の変化を利用したセンサーであり、もう一つは脂質膜への付着から周波数の変化を取り出す方法である。

これらのニオイセンサーはどれも、その場で指示値がメータに表示され連続測定も可能であることが特徴である。しかし、どのセンサーも人間の感覚と類似の応答をするわけではないので注意を要する。しかし、類似の成分構成のにおいに対しては、相対的な強度を表示することは可能であり、有用である。臭質が異なるときは、人間の感覚と合わない場合もある。これらの問題を解決するために、近年異なるセンサーを10種類くらい保有し、各線センサーからの出力を解析して表示するにおい識別装置が開発され市販されている。

においセンサーは、その特徴を十分に理解して、使用する必要がある。図-10 ににおい識別装置、図-11 にニオイセンサーの一例を示した。



図-10 おい識別装置の一例



図-11 ニオイセンサーの一例

4 おいの測定方法の歴史的流れ

おいの測定の歴史はそんなには古くない。そもそも、おいを数量化しようなどという観念は、20世紀の中頃まではなかったといえる。最初に、おいを測定する必要が生じたのは、1950年代である。悪臭公害が世界的にも問題になり、悪臭の測定方法を確立する必要性が生じてきた。煙突から排出される悪臭をどの程度のレベルで規制すべきか、を検討するときには、当然悪臭の測定方法を固める必要があった。また、脱臭装置を生産する企業にとっては、販売している脱臭装置がどの程度の脱臭効率をもっているのかを出さなくてはならなかったのである。

1957年に発表されたのが、注射器法である。この注射器法は臭気濃度を求める方法であり、ガラス製注射器（主に容積100 ml）を用い、臭気を希釈する。パネルは注射器の先端を鼻孔に入れ、中の臭気を追い出し、おいを嗅ぎ、希釈された臭気の有無を判断する。詳しくは**2-3-3 [注射器法]**を参照されたい。この方法は日本においても、1970年前後に、この方法を用いて多くの測定がなされた。

次に、臭気濃度測定法として用いられたのが1960年に発表されたセントメーター法である。詳しい内容は**2-3-3 [セントメーター法]**に記した。このセントメーターは現場の環境臭気の臭気濃度を、その場ですぐに求めることができるメリットがあり、特に発生源における臭気ではなく一般環境の臭気測定用として開発されたものである。臭気濃度測定を含め、各種の臭気官能試験の方法として、無臭室法も広く使われてきた。この方法はできるだけ自然に近い形で官能試験を行えるメリットがあり、主に臭

気強度及び快・不快度の測定に用いられる。

また、ここでは詳細は示していないが、無臭室法も基礎データを取るには重要である。スウェーデンではトレーラー式の移動可能な無臭室を用い、臭気濃度測定を行っている。

また、日本においても日本環境衛生センター、東京都公害研究所、愛知県公害調査センター⁷⁾ などにおいて無臭室が作られ、臭気測定がなされている。しかし、入室式無臭室など比較的大きな無臭室は、内部の洗浄に比較的長時間と手間がかかるため機動性に欠けるきらいがあり、最近では使用例が比較的少なくなっているものとみられる。また、最近では取り扱いが容易な小型の簡易無臭室も作られている。

オルファクトメーター法は臭気濃度を測定する方法であり、臭気の希釈をポンプ、電磁弁、ニードルバルブ、フローメータ等により自動的にを行い希釈試料をパネルに供給する装置である。臭気の作成方法には連続式とバッチ式とがある。

これらの注射器法の欠点を改良するかたちで、岩崎らは新しい臭気官能試験法として三点比較式臭袋法を提案した。詳細は**2-3-1【三点比較式臭袋法】**を参照されたい。昭和47年に提案されたこの方法は、種々の検討が加えられ、52年に東京都の悪臭規制のための測定方法に採用された。その後、三点比較式臭袋法は全国の地方自治体の悪臭規制ないしは指導要綱に採用され、広く普及していくことになる。悪臭防止法が制定された当初（昭和46年）は、特定悪臭物質の濃度（ppm）で悪臭の数値化を図り、それによって悪臭を規制していたが、平成7年には、三点比較式臭袋法が悪臭防止法にも採用されることになった。

現在、欧米においては1960年代に開発されたオルファクトメーター法が一般的である。この方法はすでに2000年ごろにはヨーロッパ規格（CEN規格）になっている。現在、欧米で使用されているオルファクトメーター法と日本で開発され、韓国、中国などアジアで使われている三点比較式臭袋法が国際規格（ISO規格）を目指してしのぎを削っている。

また、人間の鼻で測定する嗅覚測定法は、においを嗅ぐパネルの選び方が重要な要素になる。日本では5種類の基準臭液を用いてパネルの選考を行っているが、欧米ではオルファクトメーターを用いて、ブタノールのにおいで、パネル選考をしている。

参考文献等

- 1) におい・かおり環境協会：六訂版ハンドブック悪臭防止法2012.
- 2) 岩崎好陽、石黒辰吉、小山功、福島悠、小林温子、大平俊男：第13回大気汚染全国協議会大会講演要旨集, 168, (1972).
- 3) 岩崎好陽：4訂：臭気の嗅覚測定法、公益社団法人におい・かおり環境協会、(2015)
- 4) Anton Philip van Harreveld：Odor Regulation and the History of Odor Measurement in Europe, Odor Measurement Review, 2003.
- 5) E. A. Fox, V. E. Gex：Procedure for Measuring Odor Concentration in Air and Gases, J. Air Poll. Control Assoc., 7, 1, 60-61(1957)
- 6) Norman A. Huey, Louis C. Broering, Geoge A. Jutze, Charles W. Gruber: Objective Odor Pollution Control Investigation, J. Air Poll. Control Assoc. ,10, 6, 441-446 (1960)
- 7) 東京都公害研究所は、昭和60年4月に東京都環境科学研究所に改称。愛知県公害調査センターは、平成7年4月に愛知県環境調査センターに改称。