

## 嗅覚測定における欧州規格法と告示法の比較（その4・総まとめ）

上野 広行 天野 冴子\*

(\*現・東京都環境局環境改善部)

### 要 旨

臭気の嗅覚測定法であるオルファクトメーター法（欧州規格法）と日本の悪臭防止法で定める三点比較式臭袋法（告示法）について、比較検討を行った。同一のパネルによって測定した場合、三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法（強制選択モード）では、閾値の求め方の違いにより、濃度で3倍程度の差異が見られた。三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法（Yes/Noモード）ではほぼ一致した。三点比較式臭法とオルファクトメーター法（強制選択モード）の嗅覚測定結果の差異は、パネル選定要件を欧州規格の基準で共通化することにより一致した。繰返し精度については、パネルの嗅覚と手法自体の影響があるが、三点比較式臭袋法よりオルファクトメーター法（強制選択モード）の方がばらつきは少なかった。三点比較式臭袋法についてはパネル選定要件を欧州規格レベルとし、臭気強度による補正を行うことによりオルファクトメーター法と同程度の繰返し精度を得ることは可能であった。しかし、欧州規格のパネル選定試験は一般の人の4割程度の合格率と非常に厳しく、日本で採用するのは難しいと考えられた。

キーワード：欧州規格法、告示法、オルファクトメーター法、三点比較式臭袋法、嗅覚閾値

## A Comparative Study between the Japanese and the European Olfactometry Standards (IV)

UENO Hiroyuki AMANO Saeko \*

\*Tokyo Metropolitan Government, Bureau of the Environment,  
Environmental Improvement Division

### Summary

The difference of the measurement results between the dynamic olfactometry, which is defined by the European standard, and the triangle odor bag method, which is defined by the offensive odor control law in Japan, were examined. In the case of measurements with panel which comply only with the Japanese panel selection standard, the difference of 3 times in odor concentration between the dynamic olfactometry (forced choice mode) and the odor bag method were observed while the data of the odor bag method correspond to the dynamic olfactometry (Yes/No mode) result. The differences could be cancelled by the unification of the criteria to the European panel selection. Repeatability, which is affected by the difference or change of sense of smell of the panel and the measurement method, of the dynamic olfactometry (forced choice mode) was better than that of the odor bag method. The repeatability of the odor bag method could be improved by the unification of the criteria to the European panel selection and the correction in the threshold calculation using odor intensity. The European panel selection criteria seemed to be too strict to apply in Japan showing only forty percent of pass rate .

Key words: Dynamic Olfactometry, Triangle odor bag method, Threshold value

### 1 はじめに

人の嗅覚により「におい」の強さを判定する嗅覚測定法は国際的に用いられている手法である。日本では1995年に環境庁より測定方法が告示されている<sup>1)</sup>。これは、5種類のパネル選定基準臭を用いてパネル（臭気の有無を判定する被験者）を選定し、三点比較式臭袋法により臭気濃度/指数を求める方法（以下、「告示法」という。）である。これに対して、欧州連合（EU）

においては2003年に動的オルファクトメーター法が規格化されている<sup>2)</sup>（以下「欧州規格法」という。）。これは、オルファクトメーターと呼ばれる装置により試料を希釈し、パネル選定試験や臭気濃度測定を行う方法である。

告示法と欧州規格法は、どちらも嗅覚検査によりパネルを選定し、そのパネルが無臭空気希釈されたにおいを嗅いで閾値（においを感じる最低濃度）を求め、

臭気濃度を算出する方法である。しかし、パネル選定試験やにおいの希釈倍率等測定方法が異なる。

筆者らは平成13年度から両手法の比較検討調査<sup>3~12)</sup>を行ってきた。ここでは、総まとめとしてこれまでの結果を整理して報告する。

## 2 調査方法

### (1) 告示法と欧州規格法の概要

#### ア 臭気濃度測定方法

三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法は、ともに臭気濃度を算出する方法であるが、希釈方法、希釈系列、においの提示方法等が異なり(表1)、そのためそれぞれの閾値の求め方も異なっている(表2)。

表1 三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法との違い

|          | 三点比較式臭袋法      | オルファクトメーター法    |
|----------|---------------|----------------|
| 希釈方法     | バッチ式、におい袋と注射器 | 連続的、フローコントローラ等 |
| 希釈系列     | 3倍系列          | 2倍系列           |
| においの提示方法 | 下降法           | 上昇法又はランダム      |
|          | 3点比較法         | 2点比較法又はYes/No法 |

表2 閾値の求め方の違い

|             |                | 閾値の求め方  |
|-------------|----------------|---|
| 三点比較式臭袋法    |                | においを感知できなくなり最初に不正解となった時の希釈倍数とその直前の希釈倍数との幾何平均とする。  |
| オルファクトメーター法 | 強制選択モード(上昇法)   | 回答時に確からしさ(はっきり、かすか、わからない)を問い、「正解かつはっきり」が2回連続したらにおいを感知したとみなす。閾値は最初の「正解かつはっきり」とその直前の希釈倍数の幾何平均とする。 |
|             | Yes/Noモード(上昇法) | パネルがにおいを感知したと感じた時をYesとし、その時の希釈倍数とその直前の希釈倍数との幾何平均を閾値とする。   |

欧州規格では、オルファクトメーターによる臭気の提示方法として、強制選択モードとYes/Noモードとが規定されている。強制選択モードは無臭空気と付臭空気を嗅ぎくらべ(通常2点比較)、どちらがにおいか、答えの確からしさ(はっきり、かすか、わからない)を答えさせ、「正解かつはっきり」が2回連続した時点でパネルが検知したとみなすものである。Yes/Noモードは、上昇法で臭気を提示し、パネルが臭気を感じ

た時点でYesとするものである。

本研究では、強制選択モードのオルファクトメーターとして、オランダ OdourNet 社製 Olfactomat-n2、Yes/No モードのオルファクトメーターとしてドイツ Ecoma 社製 T0-7 を用いた。

#### イ パネル選定試験

告示法のパネル選定試験では、5基準臭( $\beta$ -フェニルエチルアルコール、イソ吉草酸、メチルシクロペンテノロン、スカトール、 $\gamma$ -ウンデカラクトン)について、一定の濃度のにおいを感知できれば合格となる。これは嗅覚異常者を除くことが目的であり、一般の人の95%程度が合格する。

一方、欧州規格法では、オルファクトメーターによりn-ブタノールの閾値を連続しない3日間以上で10回以上測定し、その平均値が20~80ppbの間に入っていること、閾値濃度(ppb)の対数の標準偏差が2.3以内であることが要件である。

なお、告示法では臭気濃度測定は6人以上のパネルメンバーで行い、測定後に個人閾値の最も高い人と低い人のデータを棄却し(上下カット)平均を取る。欧州規格法では測定後に個人閾値が全体の平均の5倍以上かけ離れている人のデータを棄却し(測定後スクリーニング)平均を取る。このとき4人以上の平均とならなければならない規定になっているためパネルは事実上6人は必要となる。

#### (2) 比較検討項目

本研究で検討した項目は下記のとおりである。

- ① 臭気物質の希釈精度
- ② 嗅覚閾値測定結果の差異とその要因
- ③ 欧州規格のパネル選定基準
- ④ パネル選定基準の共通化の検討
- ⑤ 繰返し精度
- ⑥ オルファクトメーターを日本で使用する際の諸問題

## 3 結果及び考察

### (1) 臭気物質の希釈精度

オルファクトメーターでは原臭を無臭空気希釈するが、臭気物質によっては配管等に吸着するため設定濃度どおりにならない可能性がある。三点比較式臭袋法においても、物質によっては注射器等への吸着があることが報告されている<sup>13)</sup>。

本研究では、m-キシレン、n-ブタノール、硫化水素、ヘキサナール、イソ酪酸について、オルファクトメーターにおい袋を用いて設定値どおり希釈されているかどうかを希釈ガス中の物質濃度を測定することにより調べた。濃度既知の標準ガスをにおい袋とオルファクトメーター(olfactomat-n2)により希釈し、希釈ガス

中の濃度を測定し、設定濃度と実測濃度のずれを誤差率として図1と図2に示した。

図1の臭袋法の希釈精度については、ヘキサナールの低希釈倍率時とイソ酪酸で濃度低下が見られた。イソ酪酸の濃度低下は、永田ら<sup>13)</sup>が報告しているように、注射器への吸着のためと考えられる。

オルファクトメーター法の希釈精度については、硫化水素については、高希釈倍率時には吸着によるものと思われる濃度低下が見られた。ヘキサナールについては濃度が上昇する傾向が見られたが理由は不明である。その他の物質については概ね良好であった。

以上のことから、臭袋法、オルファクトメーター法とも、物質によっては希釈倍率が高い場合あるいは低い場合に吸着等による希釈誤差が生じる可能性がある。ただし、今回調べた物質では閾値を求める上で重要な1000倍～数千倍の希釈倍率では誤差は小さく嗅覚測定への影響はそれほど大きくないと考えられる。

また、希釈精度は調べていないが、オルファクトメーターによるトリメチルアミンの嗅覚測定を試みた際には、配管等において付着し、両方のスニフィンポートがにおいでしまい閾値測定が不能になってしまったことを付記しておく。

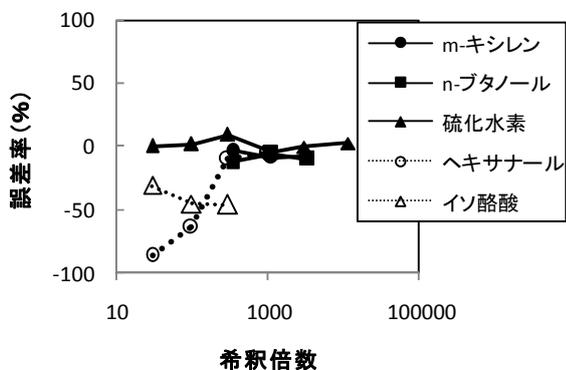


図1 臭袋法における希釈誤差

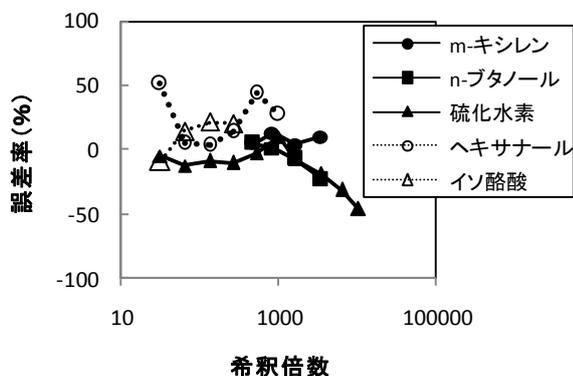


図2 オルファクトメーター(Olfactomat-n2)における希釈誤差

## (2)嗅覚閾値測定結果の差異とその要因

三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法で得られる臭気濃度/指数にどの程度差異があるのか調べた。本研究ではまず、パネルの嗅覚の違いの影響を除去するため、原則として、同一パネルで同一日に同一試料をオルファクトメーター（強制選択モード）と三点比較式臭袋法で繰り返し測定した。結果の例として、5種の臭気物質について、2組のパネル（各組6人）により3回～4回ずつ臭気濃度を測定し原臭の物質濃度を除して求めた閾値の平均値を表3に示した。オルファクトメーター（強制選択モード）で得られる嗅覚閾値は、三点比較式臭袋法よりも閾値の対数で0.5程度高めに測定される傾向が見られた。これは臭気指数で5程度低め（濃度換算で3倍）に相当する。

表3 三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法（強制選択モード）により求めた閾値の平均（log ppt）

|         | 三点比較式臭袋法       | オルファクトメーター<br>強制選択モード |
|---------|----------------|-----------------------|
| n-ブタノール | 4.2<br>17ppb   | 4.7<br>53ppb          |
| 酢酸エチル   | 5.6<br>0.36ppm | 6.1<br>1.3ppm         |
| ヘキサナール  | 2.3<br>0.20ppm | 3.0<br>0.94ppm        |
| 硫化水素    | 2.5<br>0.32ppb | 3.1<br>1.3ppb         |
| イソ酪酸    | 3.6<br>3.6ppb  | 4.0<br>11ppb          |

この差異の要因を検討するため、臭袋法を用いて、閾値の求め方の違い・希釈系列の違い（2倍か3倍か）・二点比較か三点比較の違いについてその影響を検討した。臭袋法を表4に示す条件で各条件4回測定を行い12人の個人閾値の平均を求めた。また、オルファクトメーター（強制選択モード）でも測定した。試料はn-ブタノールとオフセット印刷臭を用いた。結果を図3に示した。臭袋法1から5を比較すると、臭袋法1、3の値が等しく、臭袋法2、4、5が等しく、その差は0.5程度であることがわかる。これら2つのグループの違いは上昇法か下降法かの違いである。すなわち、オルファクトメーター法（強制選択モード）では、上昇法でにおいを呈示し、パネルの回答が“正解かつはっきり”となったときに、臭気を検知したとみなす。しかし、実際には“正解かつかすか”でも検知している可能性は高いため、閾値濃度は高めに測定される。一方、三点比較式臭袋法は、下降法でにおいを呈示し、パネルがにおいを判別できずに回答が間違うところまで試験を行っているため、より閾値濃度が

低くなる。この原因により嗅覚閾値測定結果に閾値の対数で0.5程度（濃度換算で3倍）の差異がでることがわかった。

表4 臭袋法の測定条件

| 臭袋法1<br>(告示法)       | 臭袋法2                | 臭袋法3                | 臭袋法4                | 臭袋法5                | オルファクトメーター<br>強制選択<br>モード |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| 下降法<br>3倍系列<br>3点比較 | 上昇法<br>3倍系列<br>3点比較 | 下降法<br>2倍系列<br>3点比較 | 上昇法<br>2倍系列<br>3点比較 | 上昇法<br>2倍系列<br>2点比較 | 上昇法<br>2倍系列<br>2点比較       |

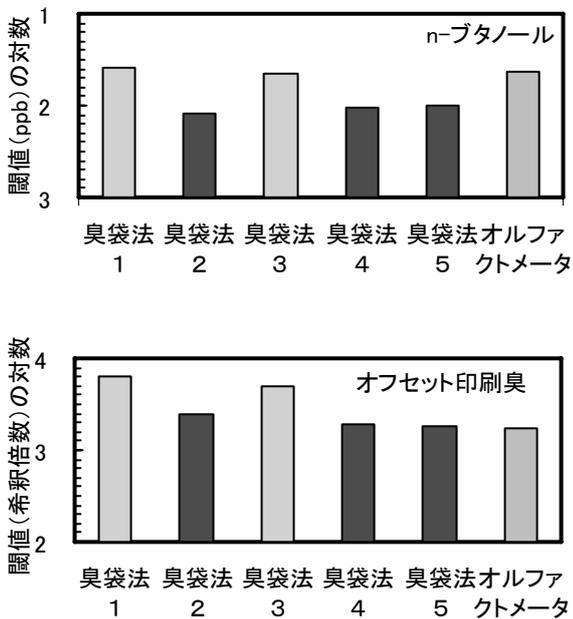


図3 臭袋法の条件を変えて行った嗅覚測定結果

図3において、オルファクトメーター法は方法的には臭袋法5と等しくなるはずであるが、n-ブタノールについては臭袋法5とは異なっている。実際、同一パネルで同一臭気をオルファクトメーター法と三点比較式臭袋法で測定すると、常に3倍の濃度差が観察されるわけではなく、差異が小さくなったり、ほとんど一致する場合も見られた。これは、人によっては、手法により得手不得手があることがひとつの理由と考えられた。図4には、47人の被験者について、n-ブタノールの個人閾値を両手法で5回以上測定した場合の各人の平均値をプロットした。この図から、一般的にはオルファクトメーター法では三点比較式臭袋法よりも閾値濃度が高くなるが、同程度の閾値となる人もかなりいることがわかる。すなわちオルファクトメーター法では比較的低濃度でもにおいを判別できるが臭袋法では判別しづらく、結果として差異が小さくなる場合があるということを示している。

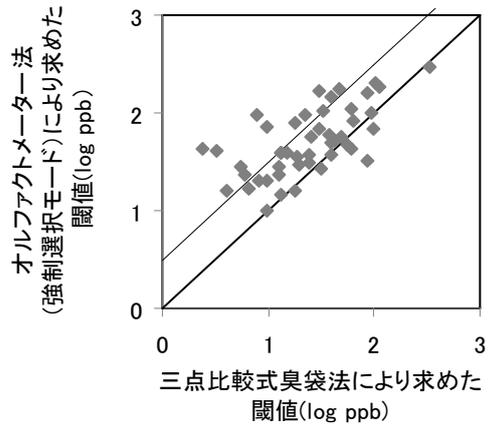


図4 三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法（強制選択モード）とで求めた個人閾値の関係

次に、Yes/Noモードのオルファクトメーター（ドイツ Ecoma 社製 T0-7）についても比較検討を行った。これは、ポーランドのシュチェチン工科大学と協同し、n-ブタノール、酢酸エチル、ヘキサナールについて、ポーランド人をパネルとし、オルファクトメーター（Yes/Noモード）と三点比較式臭袋法とで嗅覚測定を行った。

結果を表5に示した。オルファクトメーター（Yes/Noモード）と三点比較式臭袋法との嗅覚閾値測定結果はほとんど一致した。これは、Yes/Noモードでは強制選択モードのような、確からしさ（はっきり・かすか・わからない）を回答させるわけではなく、パネルが“におった”と思った時点でYesと回答するため、強制選択モードよりも閾値濃度が低く測定されるためと考えられる。

以上のことから、同じパネルで嗅覚測定をした場合、オルファクトメーター法（強制選択モード）と三点比較式臭袋法は差異はあるものの、オルファクトメーター（Yes/Noモード）とは一致することがわかった。

オルファクトメーターについては、機種間で結果が異なることになるが、欧州規格ではこれをパネル選定で調整することになっている。すなわち、パネル選定は嗅覚測定を行うオルファクトメーターでn-ブタノールの閾値を測定し、20~80ppbの範囲の被験者を選定する。この場合、閾値が高濃度に測定される強制選択モードのオルファクトメーターでは感度の高い被験者が選定され、閾値が低濃度に測定されるYes/Noモードのオルファクトメーターでは感度の低い被験者が選定されることになる。結果として、嗅覚測定結果が一致するという考えである。

表5 三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法 (yes/No モード) により求めた閾値の平均 (log ppt)

|         | 三点比較式臭袋法       | オルファクトメーターYes/No モード |
|---------|----------------|----------------------|
| n-ブタノール | 4.9<br>88ppb   | 5.1<br>140ppb        |
| 酢酸エチル   | 6.2<br>1.7ppm  | 6.1<br>1.2ppm        |
| ヘキサナール  | 2.8<br>0.68ppb | 2.7<br>0.48ppb       |

(3) 欧州規格のパネル選定基準

欧州規格と日本の方式で最も異なる点は、パネル選定試験である。欧州規格では、上述のように機種間の差異を解消することと、高い精度を得るために、前述のような厳しい選定基準を設定している。一方、日本の告示法によるパネル選定試験の基準はそれほど厳しくない。

本研究ではまず、同一の被験者 20 人で同一日に両手法により選定試験を実施し、選定結果を比較した。その結果、告示法では 18 人が合格したのに対し、欧州規格では合格者は 7 人であった。

その後も、オルファクトメーター法 (強制選択モード) により n-ブタノールの嗅覚閾値測定を行ってきた。10 回以上個人閾値を測定した 51 人のデータを図 5 に示した。

図 5 より、オルファクトメーター (強制選択モード) により測定された閾値の分布は、平均値 1.7 (55ppb)、標準偏差 0.32 であった。範囲は 1.2~2.4 (16~240ppb) と濃度比で 15 倍であった。パネル選定要件である閾値が 1.3~1.9 (20~80ppb) に入るのは 31 人と 6 割程度であった。なお、もうひとつのばらつき要件を満たすのは 31 人で、両方の要件を満たす合格者は 20 人と全体の 4 割程度となった。

このことから、欧州規格のパネル選定試験では、パネルを確保するために、パネル人数の 3 倍程度の人数をテストする必要があり、多大な労力を要すると言える。

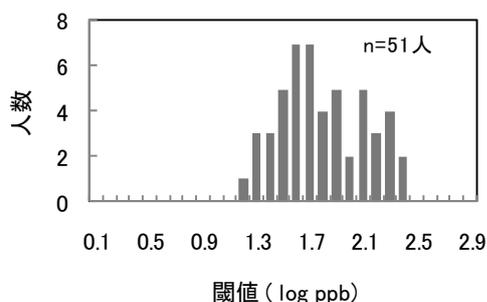


図5 オルファクトメーター法 (強制選択モード) により求めた n-ブタノールの嗅覚閾値の分布

比較のために、データ数は少ないが三点比較式臭袋法比較のために、データ数は少ないが三点比較式臭袋法により n-ブタノールの閾値を 10 回以上測定した 22 人のデータを図 6 に示した。閾値の平均値は 1.4 (27ppb) とオルファクトメーター法よりも低濃度であった。標準偏差は 0.41 とオルファクトメーター法よりも大きかった。分布の範囲は 0.6~2.1 (4~130ppb) であり、濃度比で 30 倍程度であった。なお、ここでは臭袋法の上下カットの操作は行っておらず、偶然正解が続くようなデータも含まれている。

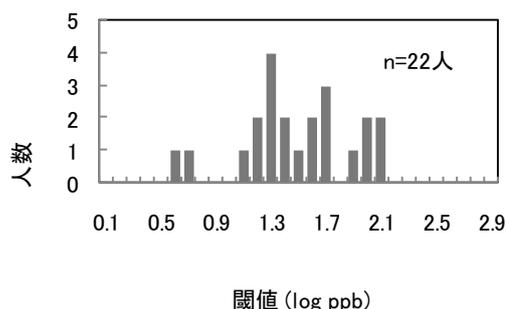


図6 三点比較式臭袋法により求めた n-ブタノールの嗅覚閾値の分布

以上のことから、欧州規格のパネル選定試験の要件である n-ブタノールの閾値 20~80ppb という要件は、一般の人の平均的な嗅覚としては妥当であるものの、合格率が 4 割程度と嗅覚閾値の分布に比較して厳しいもののものであった。臭気測定を数少ない臭気専門の測定機関が集中的に行っているような状況 (欧州はこのような状況かもしれない) ではパネルの確保も可能かもしれないが、日本のように自治体や臭気専門ではない測定機関が多数存在する状況ではパネルの確保は非常に困難と考えられる。個人閾値の濃度差は数十倍あることから、4 倍という基準を 15~150ppm と 10 倍の範囲にすることにより、通常の人々の 6 割程度が合格するようにすれば現実的と思われる。

(4) パネル選定基準の共通化の検討

三点比較式臭袋法のパネル選定基準を欧州規格に合わせ、三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法 (強制選択モード) の嗅覚測定結果を一致させることを試みた。すなわち、三点比較式臭袋法で n-ブタノールに対する閾値が 20~80ppb のパネル (欧州規格におけるパネルの要件) を選定し、そのパネルで三点比較式臭袋法により嗅覚測定を行い、欧州規格に合格したパネルでオルファクトメーター法を用いて嗅覚測定を行った結果と比較した。

パネル選定に参加したのは 18 人の被験者である。最初に n-ブタノールの閾値をオルファクトメーター法と三点比較式臭袋法で数回測定し、それぞれの手法に

ついでのパネル候補者として2つのグループに選別した。次に、グループ別にそれぞれの手法でn-ブタノールの閾値を追加測定して10以上のデータを取得し、個人閾値の平均値が20~80ppbにある被験者を6人ずつ選定し、それぞれの手法のパネルとした。

それぞれのパネル・手法で臭気濃度を4回~8回測定し、原ガス濃度から嗅覚閾値の平均値を求めた結果を表6に示した。両手法の結果は、n-ブタノールについてだけでなく、他の5臭気物質についてもほぼ一致していた。すなわち、三点比較式臭袋法でブタノールに対する閾値が20~80ppbのパネル(欧州規格におけるパネルの要件)を選定し、そのパネルで三点比較式臭袋法により嗅覚測定を行うと、欧州規格に合格したパネルでオルファクトメーター法を用いて嗅覚測定を行った結果と一致することが確認できた。

表6 n-ブタノールの個人閾値20~80ppbのパネルで測定した嗅覚閾値(log ppt)

| 臭気物質    | オルファクトメーター<br>強制選択モード | 三点比較式臭袋法       |
|---------|-----------------------|----------------|
| n-ブタノール | 4.4<br>27.9ppb        | 4.6<br>36.6ppb |
| 酢酸エチル   | 5.9<br>765ppb         | 5.7<br>455ppb  |
| 硫化水素    | 2.9<br>0.77ppb        | 3.0<br>0.96ppb |
| ヘキサナール  | 2.7<br>0.42ppb        | 2.6<br>0.41ppb |
| イソ酪酸    | 3.5<br>3.7ppb         | 3.6<br>3.8ppb  |
| ブチルアミン  | 4.7<br>45ppb          | 4.9<br>88ppb   |

(5) 繰返し精度

図5と図6に示したn-ブタノールに対する嗅覚閾値の分布をみると、パネルのメンバーは必ずしも同一ではないがオルファクトメーター法の方が三点比較式臭袋法よりも標準偏差が小さく、繰返し精度が優れていると言える。ただし、この数値は上下カットを行っていないため、実際の臭袋法では棄却される偶然正解が続いた場合の異常値が含まれている可能性がある。

実際の臭気濃度測定では、上下カット、測定後スクリーニングにより異常値がある程度棄却されることになっている。n-ブタノールの臭気濃度を測定し通常の棄却を行った結果を表7に示した。この測定のパネルは告示法のパネル選定試験合格者である。表7には、三点比較式臭袋法のばらつきの主要因が偶然正解率であると考えられたため、三点比較式臭袋法について通常の計算方法に加え、付臭袋の番号とともに臭気強度

も回答させ、臭気強度ゼロ(わからない)の場合には、回答が正解でも不正解とみなして個人閾値を計算した(ここでは臭気強度補正という)結果も示した。

表7 三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法(強制選択モード)の繰返し精度

| 閾値測定手法                 | n  | 平均<br>log ppt | 標準偏差 |
|------------------------|----|---------------|------|
| 三点比較式臭袋法               | 80 | 1.4           | 0.33 |
| 三点比較式臭袋法<br>臭気強度補正     |    | 1.7           | 0.30 |
| オルファクトメーター法<br>強制選択モード | 39 | 1.7           | 0.26 |

表7から、上下カット等を行った際の標準偏差は三点比較式臭袋法が0.33、オルファクトメーター法が0.26であり、差異はそれほど大きくないことがわかる。三点比較式臭袋法において臭気強度補正を行うと標準偏差は0.30とやや小さくなったが、それほど変わらずパネルの嗅覚自体のばらつきの影響が大きいことが示唆される。なお、臭気強度補正を行うと三点比較式臭袋法における低濃度側の正解が不正解とみなされるため、閾値濃度は高くなりオルファクトメーター法と同程度になった。

次に、欧州規格のパネル選定試験合格者で嗅覚試験を4回~8回繰返し行った場合の標準偏差を図7に示した。

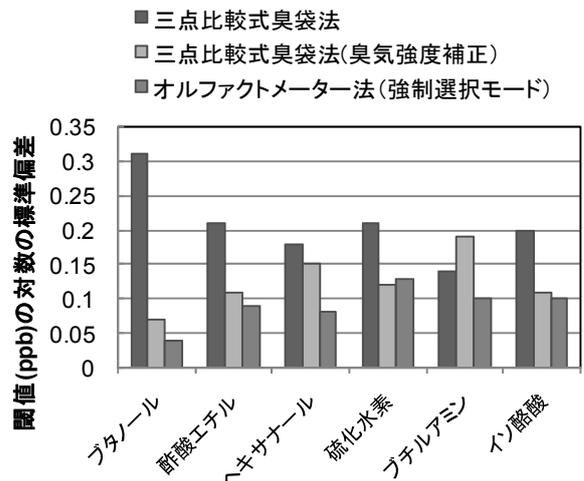


図7 欧州規格のパネルで測定した際の標準偏差

標準偏差を表7と比較すると全体的に小さく、パネル選定により一定の嗅覚をもつ人を選定することによりばらつきが小さくなっていることがわかる。

三点比較式臭袋法については、臭気強度補正をすることにより標準偏差が概ね1/2程度になっており、オ

ルファクトメーター法と同程度になった。したがって、三点比較式臭袋法において、パネル選定要件を欧州規格レベルで行い、臭気強度補正を行うことによりオルファクトメーター法と同程度の繰り返し精度を得ることは可能であることがわかった。

## (6) オルファクトメーターを日本で使用する際の諸問題

### ア 装置の校正

臭気濃度を測定するためには数倍から数万倍までの幅広い範囲で希釈倍率を設定する必要がある。そのためオルファクトメーターは一般的に多段希釈機構を備えているが、高希釈倍率での希釈精度を保つのが難しいと考えられる。本研究で主に用いたオランダ OudorNet 社製 Olfactomat-n2 では、前段でマスフローコントローラーを用いて希釈し、後段でニードルバルブを用いた 2 段階の固定希釈機構で希釈している。しかし、高希釈倍率では再現性が悪く欧州規格の要件を満たすことが困難であった。これは、マスフローコントローラーの仕様上限付近の設定値になること、後段のバルブも 2 個とも使用するためと考えられる。したがって、希釈倍率の校正は欧州規格の基準では 1 年に 1 回以上行う必要があるが、実際にはもう少し頻繁に行う必要があると考えられた。

装置の校正には、通常一酸化炭素や六フッ化硫黄が用いられるが、これらの連続測定器が必要になる。

### イ 試料による汚染

オルファクトメーターのもう 1 つ懸念される問題は、試料による汚染である。これは、過去日本においてオルファクトメーターが普及しなかったひとつの原因と考えられる。しかし、現在市販されているオルファクトメーターでは、配管などに汚染されにくい材質が使用されていることや、基本的に上昇法で行うため高濃度試料をあまり流さないことなどから、試料による汚染は以前より少ないと考えられる。ただし、本研究ではトリメチルアミンの試験時にはにおいが付着してしまい、測定不能になったこともあった。

### ウ 必要試料量及び敷地境界試料の測定について

三点比較式臭袋法の排出口試料測定に必要な試料量は通常 2～30 程度であり、試料採取は 100 のバッグがよく用いられている。これに対し、オルファクトメーター法は連続的に希釈を行なうために必要な試料の量が多い。本研究で使用した Yes/No モードのオルファクトメーター (TO-7) は、においを嗅ぐ時間が数秒間に固定されており、必要使用量も多くないが、強制選択モードのオルファクトメーター (Olfactomat-n2) では、特に制限時間も無く無臭空気と嗅ぎ比べるため、必要試料量が多い。標準では 500 のバッグを用いるこ

ととされているが、500 バッグはかなりかさばるため、複数の試料採取をする場合には取扱に注意を要する。

また、オルファクトメーターでは低希釈倍率時により多くの試料を必要とすることもあり (毎分数 0 消費する)、敷地境界線試料のような濃度の低い試料は事実上測定できない。日本では、悪臭防止法に基づき敷地境界線試料の測定が三点比較式臭袋法により日常的に行なわれているため、オルファクトメーターの導入が難しいことを意味する。

### エ 測定時間

1 検体あたりの測定時間は、測定の効率を考える上で重要である。欧州規格では、1 検体の臭気濃度を求めるために 3 回の個人閾値測定を行うこととされており、今回使用した Olfactomat-n2 の場合、1 検体の測定に 6 人のパネルで 30 分程度かかった。これは三点比較式臭袋法と同程度である。オルファクトメーターは機種によって、1 人用から 6 人同時に嗅げるタイプなどが販売されており、測定時間はさまざまであるが、同時に多人数で測定できる機種ほど価格が高くなると思われる。

### オ コスト

測定に係るコストは、測定方法の普及を図る上で非常に重要な因子である。オルファクトメーター法は、装置のイニシャルコストは高いが、オペレーターが一人ですむためランニングコストが安価である。三点比較式臭袋法は、高価な装置を使用しないため初期コストは安い、オペレーターが通常 3 人必要なことと、におい袋等の消耗品があるためランニングコストがかかる。

本研究で行った試算では、およそ 1000 検体測定すると両手法の総コストが同程度となる。したがって、臭気測定を年間数百検体行うような機関であれば数年でイニシャルコストが償却されるため、オルファクトメーターを導入するとコスト低減の意義がある。

## 4 まとめ

悪臭防止法に採用されている嗅覚測定法 (告示法) と欧州規格法について比較検討した。

同一のパネルによって測定した場合、三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法 (強制選択モード) では、閾値の求め方の違いにより、濃度で 3 倍程度の差異が見られた。三点比較式臭袋法とオルファクトメーター法 (Yes/No モード) ではほぼ一致した。

欧州規格のパネル選定要件は非常に厳しく、一般の人の 4 割程度の合格率であった。

三点比較式臭袋法においても、欧州規格の要件でパネルを選定すれば、オルファクトメーター法と嗅覚測定結果が一致することがわかった。

繰返し精度については、パネルの嗅覚と手法自体の影響があるが、告示法より欧州規格法の方がばらつきは少なかった。告示法についてはパネル選定要件を欧州規格レベルとし、臭気強度による補正を行うことにより欧州規格と同程度の繰返し精度を得ることは可能であった。

本研究は、オルファクトメーター法が欧州規格となり、将来的に ISO 規格となることも視野に入れ適切な比較データを取得することを目的として行われた。将来的に、ISO 規格に両手法を併記されることを可能とするためには、パネル選定要件等を共通化するとともに、三点比較式臭袋法の精度を改善する必要がある。

しかし、欧州規格に合わせたパネル選定試験には多大な労力がかかるため、現実的には困難であると考えられる。現在の日本の法体系において、発生源試料の測定の精度管理に大きな問題がないとすれば、必要以上に測定精度を上げることにもなりかねない。

今後、嗅覚測定法の国際化が進むことが考えられる。三点比較式臭袋法は、測定検体が多くない場合には総コストが低く抑えられるため、これから臭気測定が開始されるであろうアジア諸国においては有効な手法であると考えられる。ただし、三点比較式臭袋法の普及を図るにあたっては、上記で述べた、人間の嗅覚の変動や、閾値の求め方による数値や精度の違いなど、欧州規格法と異なる点について認識しておくことが重要と思われる。

なお、この報告は環境省の委託業務を中心にまとめたものである。

## 参考文献

- 1) 環境省告示第 63 号：臭気指数及び臭気排出強度の算定方法
- 2) CEN: EN13725 Air Quality-Determination of Odor Concentration by Dynamic Olfactometry (2003)
- 3) 東京都：平成 13 年度環境省業務委託 嗅覚測定に係る欧州標準規格対応検討調査報告書
- 4) 東京都：平成 14 年度環境省業務委託 嗅覚測定に係る欧州標準規格対応検討調査報告書
- 5) 東京都：平成 15 年度環境省業務委託 嗅覚測定に係る欧州標準規格対応検討調査報告書
- 6) 東京都：平成 16 年度環境省業務委託 嗅覚測定規格比較検討調査報告書
- 7) 東京都：平成 17 年度環境省業務委託 嗅覚測定規格比較検討調査報告書
- 8) 東京都：平成 18 年度環境省業務委託 嗅覚測定規格比較検討調査報告書
- 9) 辰市祐久ら：嗅覚測定における欧州規格法と告示法の比較)、東京都環境科学研究所年報、pp. 80-84 (2004)
- 10) 樋口雅人、上野広行：嗅覚測定における欧州規格法と告示法の比較 (その 2)、東京都環境科学研究所年報、pp. 115-121 (2005)
- 11) 天野冴子、上野広行：嗅覚測定における欧州規格法と告示法の比較 (その 3)、東京都環境科学研究所年報、pp. 50-56 (2006)
- 12) 上野広行ら：嗅覚閾値測定における下降法と上昇法の差異の影響 におい・かおり環境学会誌 37 pp. 15-22 (2006)
- 13) 永田好男ら：三点比較式臭袋法による臭気物質の閾値測定結果 日本環境衛生センター所報 17 pp. 77-89 (1990)