

# 三点比較式臭袋法における無臭空気の質の影響

北村 清明\* 辰市 祐久 岩崎 好陽  
(\* 現大気保全部)

## 要 旨

三点比較式臭袋法をはじめ、臭気指数を求める嗅覚測定法においては試料を希釈する無臭空気の定義が曖昧なため、求められる臭気濃度に対して無臭空気の無臭の程度が何らかの影響を与えているものと考えられている。

本報告では、無臭空気の無臭の程度が臭気濃度に与える影響を理論計算により、また、シミュレーションにより見積もることを試みた。その結果、精度よく臭気濃度を測定するための条件として、無臭空気の臭気濃度が環境試料（臭気指数10～21）の場合には0.3以下、排出口試料（臭気指数25～30）の場合には0.4以下になるように測定機器を管理することが必要であることがわかった。

キーワード：三点比較式臭袋法、無臭空気、臭気濃度、臭気指数、シミュレーション

## Influence of the Condition of Odor-free Air on the Triangle Odor Bag Method

Kiyoaki Kitamura\*, Sukehisa Tatsuichi and Yoshiharu Iwasaki

\* Air Quality Protection Division

### Summary

It is considered that the condition of odor-free air affects the odor concentration of samples because of equivocal definition of non-odor air on sensory methods of odor measurement such as triangle odor bag method.

In this study, the effect of odor-free air is calculated and simulated. As a result, the odor concentration of odor-free air is needed to be kept below 0.3 in case of environment samples (from 10 to 21 of odor exponent) and below 0.4 in case of exhaust samples (from 25 to 30 of odor exponent), if odor concentration of samples are to be measured with precision.

Keywords: triangle odor bag method, odor-free air, odor concentration, odor index, simulation

### 1 はじめに

多くの場合、悪臭の原因物質は複数であるため、個々の物質の濃度を測定するだけではその全体像がつかめず、トータルとして評価する方法が必要となる。この方法としては、注射器法（注1）、無臭室法（注2）、オルファクトメータ法（注3）や、当研究所で開発した三点比較式臭袋法<sup>1)</sup>等がある。この内、三点比較式臭袋法は多

くの実績があり、他の方法よりも精度がよいため、悪臭防止法（注4）や東京都公害防止条例（注5）をはじめとして、多くの自治体の条例ないしは指導要綱の中で、悪臭を総合的に評価する方法として採用されており、悪臭公害の削減のために役立っている。

この三点比較式臭袋法は試料を希釈し、閾値までの希釈倍数を求めるが、悪臭を希釈するための無臭空気に関

しては明確な規定はなく、環境庁のマニュアル<sup>2)</sup>においては単に「無臭の空気」と示しているだけであり、岩崎<sup>3)</sup>は「無臭の清浄な空気」と示しているのみであった。また、アメリカの環境保護庁は無臭空気の作成方法を詳細に規定している<sup>3)</sup>が、無臭の程度を定量的に扱うことは今までなされていなかった。

筆者らは、この無臭空気に着目し、誤差を推定するために理論計算やシミュレーションを行い、その結果を基に、無臭空気として必要な条件を検討した。その結果、若干の知見が得られたので報告する。

## 2 計算方法

理論計算、シミュレーション、いずれにおいても、無臭空気への混入臭気と測定対象悪臭は臭気濃度に関して加成性が成り立つと仮定した。

異なる臭気濃度 $C_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) を有する $n$ 種類の臭気を混合した場合、加成性が成り立つと仮定すると、その臭気濃度 $C$ は式(1)で表すことができる。ここで、

$$C = \sum_{i=1}^n C_i V_i \quad (1)$$

$V_i$ は体積分率である。したがって、臭気濃度が $C_o$ と $C_a$ という異なる臭気濃度の臭気を体積比 $m:n$ で混合した場合、 $C_o > 1$ 、 $C_a < 1$ であるとすると閾値が存在し、その時 $C=1$ であるので式(2)が導かれる。このケースは

$$\frac{mC_o + nC_a}{m + n} = 1 \quad (2)$$

臭気濃度が $C_o$ の臭気を臭気濃度が $C_a$ である無臭空気希釈した場合に相当し、希釈倍数 $d$ は式(3)であるので、閾値ではその臭気濃度(希釈倍数)は式(4)で表すことができる。この式は、無臭空気が汚染されてその臭気濃度が0でない値になる場合には、測定対象悪臭の臭気濃度が大きな値として観測されてしまうことを意味する。なお、誤差の見積もりには臭気濃度ではなく臭気指数を用いた。これは、三点比較式臭袋法が悪臭防止法に採用される際、その精度が臭気指数において議論された<sup>4)</sup>

$$d = \frac{m}{m + n} \quad (3)$$

$$d = \frac{C_o - C_a}{1 - C_a} \quad (4)$$

めである。10%の変動係数(注6)を許容する場合には式(5)を導くことができ、変形すると式(6)が得られる。

$$10 \log \frac{C_o - C_a}{1 - C_a} \leq 1.1 \times 10 \log C_o \quad (5)$$

$$C_a \leq \frac{C_o^{1.1} - C_o}{C_o^{1.1} - 1} \quad (6)$$

シミュレーションにおいては、実際に三点比較式臭袋法を行うと観察される閾値の個人内、および個人間変動を再現する必要がある。このため、ここではこの閾値の変動を感度の変動として表し、計算のための閾値は固定した値として扱った。

ここでは測定対象臭気の臭気濃度 $C_o$ は無人数、無限回数の臭気測定を行ったと仮定した時の臭気濃度(以下、無限測定臭気濃度と呼ぶ)である。あるパネルがある時に臭気測定を行う際の感度を $\gamma$ とすると、その時の臭気濃度は $\gamma C_o$ となる。しかし、無臭空気の臭気濃度が $C_a$ という0でない値を持つとき、式(2)の右辺が感度の逆数となり、式(7)が成り立つ。この式を上と同様に変形すると式(8)が得られる。ここで、感度を平均値である1に置き換えると、上の式(4)と全く同じ式となる。

シミュレーションは実際に悪臭防止法に記載されてい

$$\frac{mC_o + nC_a}{m + n} = \frac{1}{\gamma} \quad (7)$$

$$d = \frac{\gamma (C_o - C_a)}{1 - \gamma C_a} \quad (8)$$

る三点比較式臭袋法とはほぼ同じ条件を想定した。悪臭防止法の中では臭気濃度を求める方法が2通り（環境試料、排出口試料）示されているため、それぞれをシミュレートした。このシミュレーションに際して注意しなければならないことは、臭気閾値には個人差があり、個人内でも測定を行うごとに変動が見られることである。このことは繰り返しの測定を行うことによって確認されており、分布状態も調べられている。先に示した式(8)ではこの変動を感度として表しているが、その分布関数として、今までの知見を踏まえて、環境試料の場合には式(9)（注7）を、排出口試料の場合には正規分布である式(10)（注8）を用いた。なお、これらの関数は $-\infty$ から $+\infty$ までの全ての範囲で積分した値が1になるように標準化されている。

$$f(x) = -\frac{n}{Co^n} x^{n-1} e^{-\left(\frac{x}{Co}\right)^n} \quad (9)$$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-50\left\{\frac{1}{\sigma}\log\left(\frac{x}{Co}\right)\right\}^2} \quad (10)$$

実際のシミュレーションの方法として、まず環境試料に関しては6人のパネルを30組設定し、それぞれの組が3×30回の測定を行ったこととした。式(9)を変形して積分した式(11)は測定中の悪臭を認知できる確率を表すが、これを0から1までの乱数とし、式(12)により180人それぞれの閾値臭気濃度を求めた。これを無限測定臭気濃度で除すと式(13)のように感度 $\gamma$ が求まる。さらに、無限測定臭気濃度の代わりにこの時の閾値臭気濃度を用

$$r = e^{-\left(\frac{x}{Co}\right)^n} \quad (11)$$

$$x = Co \left(-\ln r\right)^{\frac{1}{n}} \quad (12)$$

$$\gamma = \left(-\ln r\right)^{\frac{1}{n}} \quad (13)$$

い、乱数と分布状態を表す変数 $n$ の値を変えてもう一度式(12)の計算を行うと各測定の閾値臭気濃度が求まる。この値も無限測定臭気濃度で除し、感度 $\gamma$ に変換しておく。この感度は悪臭だけでなく、無臭空気中の臭気にも適用できることとする。無臭空気の実感臭気濃度、すなわち、無臭空気の臭気濃度と感度を掛け合わせた値である $\gamma Ca$ が1未満の場合にはこの値は各測定においてその悪臭を検知できるか否かを示す値であり、この値から悪臭を検知できる最大の希釈倍数が求まる。この場合、感度 $\gamma$ と無限測定臭気濃度 $Co$ と無臭空気の臭気濃度 $Ca$ を式(8)に代入するとその測定において実感している臭気濃度が求まる。ただし、無臭空気の臭気濃度 $Ca$ が感度の逆数より大きい場合には、3つの袋全てにおいて臭気を感じるようになるため、悪臭が入っている袋の臭気の合計量が無臭空気のみ以外の2つの袋の2倍以上になる場合を便宜上実感している臭気濃度とした。これは式(14)として表される。

$$d = \frac{Co - Ca}{Ca} (\gamma Ca \geq 1) \quad (14)$$

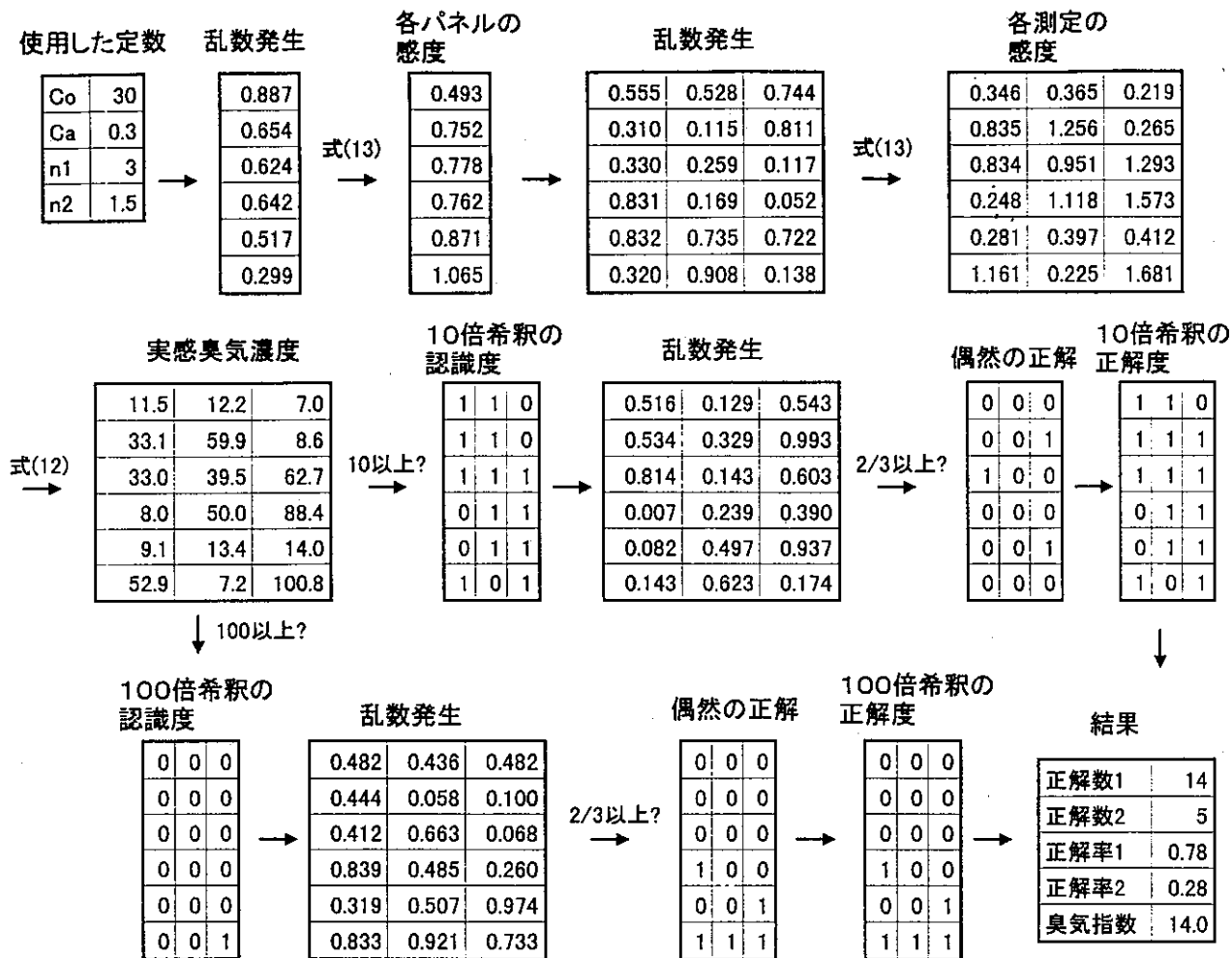
このようにして求めた実感している臭気濃度が希釈倍数より大きければ悪臭を認知することができるので、無条件で正解とする。そうでない場合にはもう一度0から1までの乱数を発生させ、その乱数が2/3より大きい場合には正解、それ以外の場合には不正解とした。正解数は6人ごと、3回ずつで18のデータを一組として集計した。こうして求まる正解率は環境庁告示（注9）に示されている式(15)に代入され、臭気指数が求まる。

$$Y = 10 \log \left( M \times 10^{\frac{r_1 - 0.58}{r_1 - r_0}} \right) \quad (15)$$

ここではこのようにして900のデータを得た。なお、無臭空気の臭気濃度の影響を見るために乱数は固定し、変数としては無臭空気の臭気濃度と無限測定臭気濃度、及び分布に関する定数を用いた。

以上のプロセスがわかりやすいように次頁に計算例を示す。

### 環境試料の計算例



排出口試料に関しても環境試料の場合とほぼ同様に、6人のパネルを30組設定し、それぞれの組が100回の測定を行った。分布関数は式(10)を用い、個人間変動と個人内変動を考慮し、乱数と分布状態を表す変数σを2段階に代入し(注10)、閾値臭気濃度を求めた。これを感度に変換し、実感している臭気濃度を求めた。排出口試料の場合には3倍希釈の下降法なので、認知できる最大の希釈濃度がわかる。それ以上の希釈倍数における正解数は、各濃度に関して正解を得る確率は1/3であることを考慮し、新たに発生させた乱数を用いて(注11)求めた。そして、これらの2つの値から正解数が求まり、環境庁

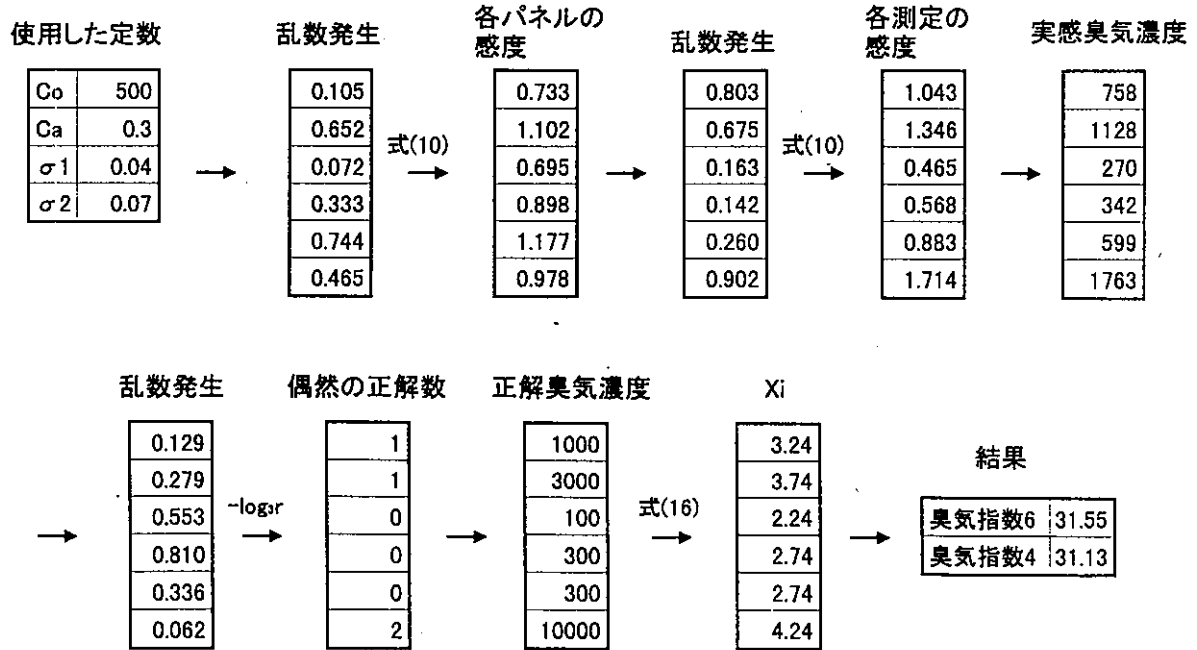
告示に示されている式(16)で処理し、得られた値を10倍することにより、各測定における臭気指数として18000の値が求まる。そして、上下カットありなし(注12)、各3000の臭気指数を得た。この場合も、無臭空気の臭気濃度の影響を見るために乱数は固定し、変数としては無臭空気の臭気濃度と無限測定臭気濃度、及び分布に関する定数を用いた。

この場合もわかりやすいように計算例を次頁に示す。

なお、環境試料、排出口試料、いずれの場合にも、臭気を認知できない場合にも1/3の確率で正解してしまうという不確実な要素を残しているから変動が生じ、それを排除することにより変動がほとんどなくなるのではないかと、という考え方もできるため、変動がないと仮定した場合、変動ありで臭気を認知できる濃度までを正解として確率要素を排除した場合、についてもシミュレーションを行ってみたが、環境試料の場合には、変動がない

$$Xi = \frac{\log M_{11} + \log M_{10}}{2} \quad (16)$$

排出口試料の計算例



と仮定するとサンプルを変えても全く同じ結果しか得られない、確率要素を排除すると閾値の変動係数をかなり大きくしても得られる臭気指数の変動係数はかなり小さくなるという、実際にはあり得ない結果が得られ、排出口試料の場合には変動がないと仮定したり確率要素を排除しても傾向としてはほぼ変わらない結果になったので、個人内変動も個人間変動も存在する、という考え方に基

づいて以後の議論を進行させることとする。

3 考察

(1) 理論計算

求められる臭気指数として、5%、10%、20%の変動誤差まで許容する場合、無臭空気として最大許容される臭気濃度を、悪臭の臭気指数との関数として式(6)に基づき(注13)、図1に示した。実際にどこまで誤差として許容するか判断は難しいが、三点比較式臭袋法が悪臭防止法に採用された経緯を鑑みて、排出口試料の場合は10%、環境試料の場合には臭気指数の誤差は臭気濃度に変換すると小さくなるので、臭気濃度の誤差としては排出口試料の場合と同じ程度である20%とした。規制値に関しては、環境試料の場合、悪臭防止法施行規則に臭気指数で10~21の範囲との記載があるので、この範囲で見ると無臭空気の臭気濃度として許容されるのは0.4までとなる。排出口試料の場合、悪臭防止法の中では記載がないので、東京都をはじめ、いくつかの自治体の条例や要綱等で採用されている臭気濃度で300~1000の範囲を見てみると、無臭空気の臭気濃度として許容されるのは環境試料の場合と同様に0.4までとなる。

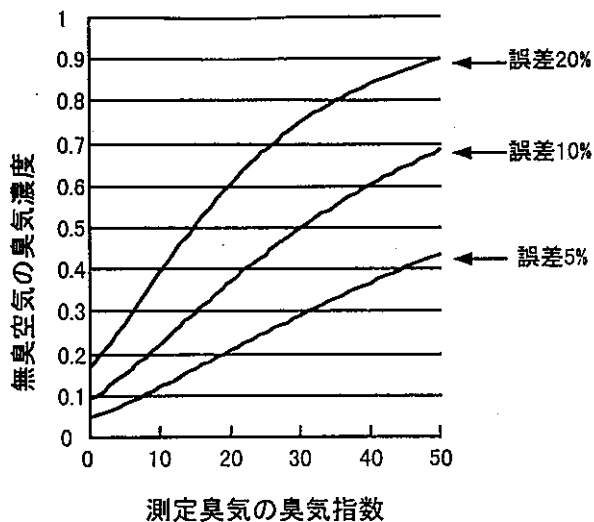


図1 許容変動誤差と無臭空気の臭気濃度との関係

(2) シミュレーション

(i) 環境試料

排出口試料のような臭気濃度の高い試料の場合、様々な試料の測定結果が積み重ねられており、変動係数が求められた例は多く<sup>5)</sup>、これらの実績を基に三点比較式臭袋法が悪臭防止法に採用された経緯がある。また、感度に関してもこれらのデータから分布状態が把握され、例えば式(10)の $\sigma$ の値は過去に求められた値を参考にすることができる。しかし、環境試料の場合には臭気指数の変動係数や感度の分布が詳細に検討された例はない。これは、臭気濃度が低いために排出口試料の場合と同様の3倍希釈法では臭気指数に換算すると変動係数が大きくなってしまい、変動を把握するには膨大な量の測定を必要とするからであろう。前述のように環境試料の臭気指数は式(15)により求められるが、これは正解率が希釈濃度との関数として式(17)の関係に当てはめることができる、という考え方に基づくものである。この式のnは式

$$\text{正解率} = \frac{2}{3} e^{-(ax)^n} + \frac{1}{3} \quad (17)$$

(9)のnと同じものであり、式(10)の $\sigma$ に相当する、分布状態を表す定数であるが、式(15)はこのnを考慮しなくてもいいように設定されている。ここではこのnになんらかの値を使用する必要があるため、いくつかの値を用いて正解率を求めるシミュレーションをまず行い、実際

の測定結果にあてはめることのできるnの値を推定した。

前述のように、悪臭防止法施行規則において、敷地境界線における臭気指数に係る規制基準の範囲として10以上21以下、という数値が示されているので、ここでは、当初希釈倍数として10倍を想定し、当初希釈倍数の10倍の希釈倍数との指数平均になる、無限測定臭気指数が15である場合のnと変動係数の関係を求めた。実際のシミュレーションには個人間変動と個人内変動を考慮して2つのnを必要とするが、排出口試料のように臭気濃度の高い試料に関しては個人間の変動係数は個人内の変動係数の約半分になっていることから<sup>6)</sup>、nについても同様の関係になるように選択した。正解率をシミュレートしたnの組を11組とnを式(7)に当てはめた場合の変動係数を表1に、それぞれの組に対しての正解数とその出現率を図2に示した。正解数が多い側の山は当初希釈倍数で

表1 環境試料に用いた変動係数 (%)

	個人間係数	個人内係数
(10,5)	3.8	7.5
(9,4.5)	4.2	8.4
(8,4)	4.7	9.4
(7,3.5)	5.4	10.8
(6,3)	6.3	12.6
(5,2.5)	7.5	15
(4,2)	9.4	18.5
(3,1.5)	12.6	23.7
(2,5,1)	15	31.6
(2,0,8)	18.5	35.8
(1,5,0,5)	23.7	46.9

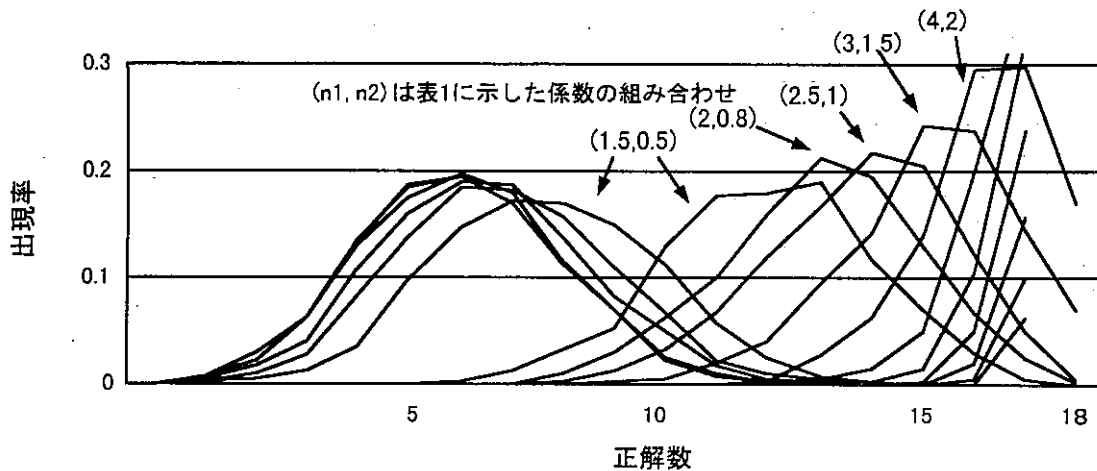


図2 変動係数の違いによる正解数の出現率の違い

のものであり、正解数が少ない側の山はその10倍の希釈倍数でのものである。実際に臭気指数が15程度のサンプルの臭気測定を行っている経験では、当初希釈倍数では6割から9割程度の正解率、その10倍の希釈倍数では3割から5割程度の正解率となり、その範囲からはずれすることは確率的にかなりまれなケースであるように思える。従って、図2の曲線もその範囲から大きく外れるものは現実にはありえないケースとして除外することにする。実際に図2を見てみると、正解数が少ない側の山はほとんどが同じ形状であるが、 $n$ が最も小さい組(1.5,0.5)は正解数が多い側に山がややずれており、臭気指数が20を超えてしまうケース(正解数11以上)も、他の場合には4%以下であるのに対し、この場合は約9%に上る。正解数が多い側の山に関しては $n$ の組によりかなり形状が異なり、(1.5,0.5)、(2,0.8)の2組は臭気指数が当初希釈倍数以下となるケースが10%を超え、(4,2)

から(10,5)までの7組は当初希釈倍数での正解率が8割を超えるケースが90%以上となっている。このような場合、臭気指数の測定結果に差が出にくくなってしまいが、これは実際の結果とは異なる。以上の事柄より、 $n$ の組としてここで計算した中では(2.5,1)、(3,1.5)の2組、すなわち個人間変動係数が15%程度、個人内変動係数が30%程度が臭気指数15程度のサンプルの場合には実際のケースに近いと考えてよいであろう。そこでこれら2組を中心に6組の2つの $n$ の組を選んで以後の計算を行った。

このシミュレーションによって様々な値が求まるが、ここでは以下に示す点が無臭空気の臭気濃度の変化によってどのように変わるかという点に着目した。

- ・臭気指数の平均値
- ・変動係数の平均値
- ・臭気指数の算定ができない割合(注14)

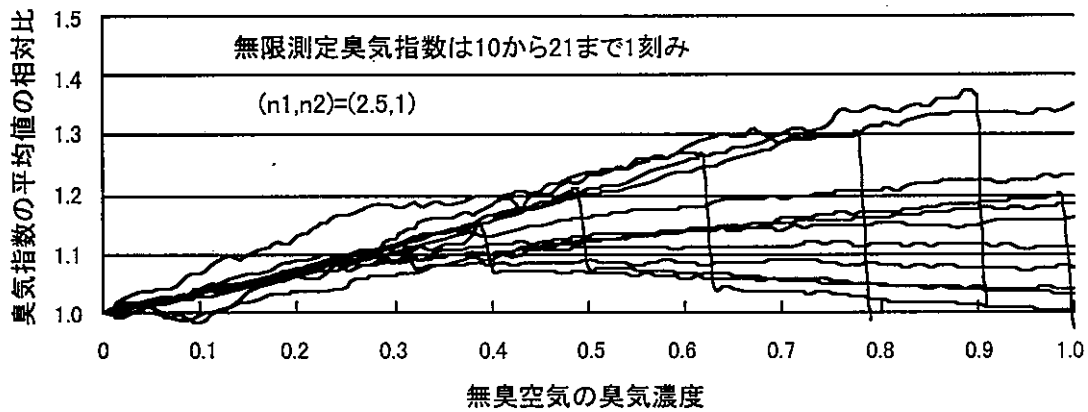


図3-1 無臭空気の臭気濃度が臭気指数に与える誤差(環境試料)

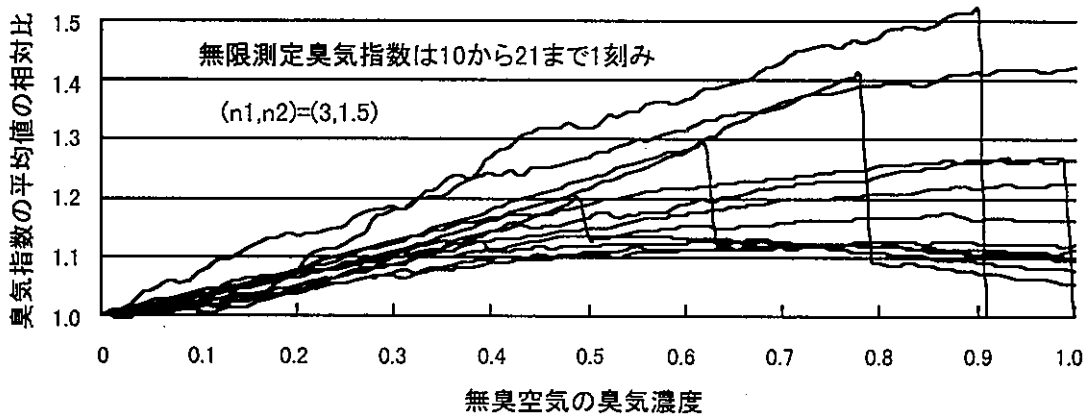


図3-2 無臭空気の臭気濃度が臭気指数に与える誤差(環境試料)

・ $\gamma Ca$ が1を超える割合

これらはいずれも無臭空気に臭気が混入することで増加してしまうのであれば都合がよくないが、シミュレーションの結果としては変動係数の平均値と臭気指数の算定ができない割合については無臭空気への臭気の混入の影響はほとんど見られなかったため、これらについてはここでは触れない。

臭気指数の平均値については、無臭空気への臭気の混入が影響を与える結果が得られた。図3に6組のnの組について検討したうち(2.5,1)、(3,1.5)の2組の結果を示す。無限測定臭気指数として11から19まで1刻みで9種類の計算を行い、横軸に無臭空気に混入した臭気の臭気濃度、縦軸に無臭空気の臭気濃度が0の場合に対する臭気指数の比(注15)を設定した。無限測定臭気指数により増減の傾向はやや異なるが、大まかには無臭空気の臭気濃度が大きくなると測定対象の臭気指数の平均値が大きいくずれていくことがわかる。どの程度のずれまで許容するかについては理論計算の項と同じ20%程度の誤差までを許容することとした。nの組により異なるが、無臭空気の臭気濃度として最大許容されるのは0.3から0.5の範囲となった。nの組が(2.5,1)、(3,1.5)の2組の場合には0.4、0.3であったため、ここでは安全側を採用して0.3を無臭空気の臭気濃度として最大許容できる値とする。

$\gamma Ca$ が1を超えてしまうと3つの袋全てに臭気を感じてしまうために、正しい回答が得られないだけでなく、繰り返しこの現象が起きてしまうとパネルが不信感を持ちはじめ、心理的な要因が結果に影響を与えかねない。

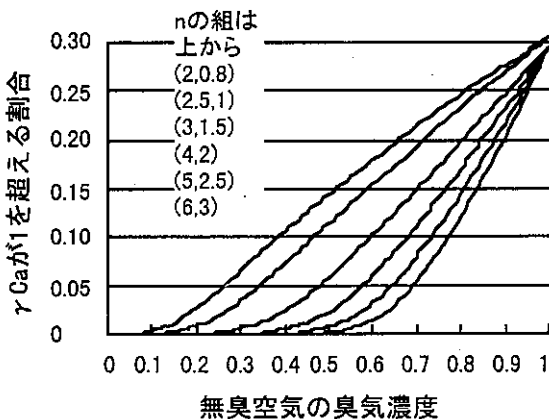


図4 無臭空気に臭気を感じる割合 (環境試料)

そこで、1サンプルの測定でこの現象が起きてしまう回数が1回以下となる確率を0.9以上にすること(注16)を目標とした。従って、 $\gamma Ca$ が1を超える回数の確率はおよそ3%以下(注17)である必要がある。図4に無臭空気の臭気濃度と $\gamma Ca$ が1を超える確率の関係を示した。nの組によりかなり結果が異なるが、(2.5,1)、(3,1.5)の2組の結果より、0.3が無臭空気の臭気濃度として最大許容できる値であると読み取ることができる。

(ii) 排出口試料

環境試料の場合には変動係数がわからないためいくつかの値を用いたが、排出口試料のような臭気濃度の高いサンプルに関しては変動係数が調べられているので、それらを参考に、個人間変動の変動係数、個人内の変動係数として、それぞれ臭気指数で4%、7%を用いた結果を中心に述べる。計算はそれらの数値の約倍、約半分である、2%と4%、8%と15%の組についても行った。

悪臭防止法の中では排出口試料の規制基準は具体的に示されていない。そこで自治体の条例や要綱を見てみると、東京都を始め三点比較式臭袋法を採用している多くの自治体が地域により、臭気濃度で300、500、1000、臭気指数で25、27、30という値により規制を行っている。そこで今回はこれらの値を中心に、臭気指数で20から35の範囲で1刻みで計算を行った。

ここで着目したのは、以下に示す事柄が無臭空気の臭気濃度の変化によってどのように変わるかという点である。

- ・臭気指数の平均値 (上下カットあり、なし)
- ・変動係数の平均値 (上下カットあり、なし)
- ・ $\gamma Ca$ が1を超える割合

まず、臭気指数の平均値については(注18)、図5に示すように、環境試料の場合と同様、無臭空気の臭気濃度が高くなるのに伴って、大きくなっていく傾向が得られた。理論計算の項で排出口試料の許容誤差範囲を10%としたので、ここでも10%以下の誤差範囲である領域を見てみると、無限測定臭気指数が25から30の範囲では無臭空気の臭気濃度が0.4以下であることがわかる。これは、上下カットあり、なし、いずれの場合にも同様であった。無限測定臭気指数については、25より小さくなると無臭空気の臭気濃度を0.3以下にする必要があり、30より大きくなると0.5以上でも構わないようである。変動係数を約半分にした場合もほぼ同様の結果であったが、約倍



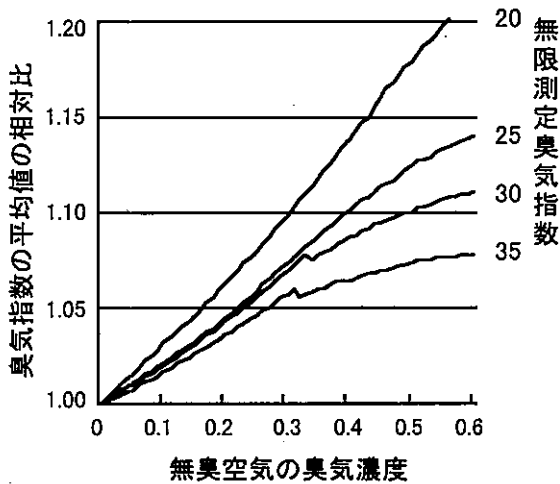


図5 無臭空気の臭気濃度が臭気指数に与える誤差 (排出口試料)

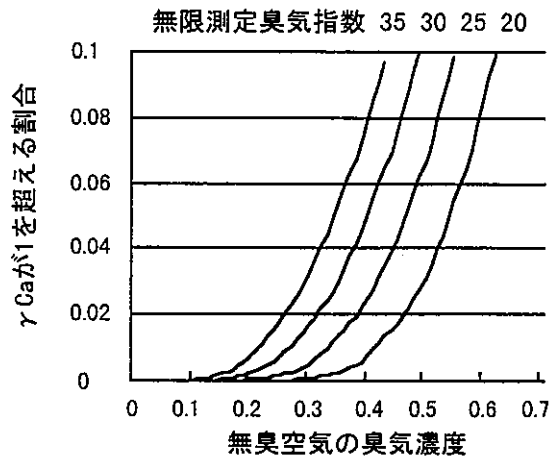


図6 無臭空気に臭気を感じる割合 (排出口試料)

にした場合には臭気指数の変動が10%を超えるケースは無臭空気の臭気濃度が1以下の領域ではほとんど見られなかった。

変動係数の平均値に関しては無限測定臭気指数が25から35の範囲では、上下カットあり、なし、いずれの場合でも、やや増減は見られるものの、無臭空気の臭気濃度が1以下のほぼ全域にわたって変動誤差は10%を下回っていた。しかし、無限測定臭気濃度が25より小さくなると、無臭空気の臭気濃度は0.3以下である必要が出てくる。変動係数を約半分にした場合はこの場合もほぼ同様の結果となり、約倍にした場合には無臭空気の臭気濃度が0の時点で変動係数が10%を超えていた。これは実際の測定結果とは矛盾するので、個人間、個人内の変動係数として8%、15%というのは大きすぎる数値であることが分かる。

環境試料の場合と同様、1サンプルの測定で $\gamma Ca$ が1を越えてしまう現象が起きてしまう回数が1回以下となる確率を0.9以上にすることを目標とした。今回の計算は下降法の1回1回をシミュレートしたものではないため、 $\gamma Ca$ が1を超えてしまうと数種類の希釈倍数での測定の間、常に3つの袋に臭気を感じてしまうことになる。この場合、 $\gamma Ca$ が1を越えてしまう確率は約10%以下となる必要があり(注19)、図6より無臭空気の臭気濃度は0.4以下が望ましいことがわかる。下降法の1回1回をシミュレートしたと仮定した場合(注20)、1回のサンプルに平均4種類、あるいは5種類の希釈倍数の測定を行

った場合には、無臭空気の臭気濃度として0.3程度が許容上限(注21)となる。

#### 4 まとめ

以上、いくつかの要因を基にして無臭空気の最大許容臭気濃度を調べた結果を表2にまとめた。この表より、環境試料の臭気測定を行う際には無臭空気の臭気濃度を0.3以下に、排出口試料の場合には0.4以下(東京都公害防止条例の基準の場合)に保つことが望ましいことがわかる。従来は無臭空気の臭気濃度に関心が払われたことはほとんどなかったが、今後は当研究所で開発した低臭気の測定法<sup>7)</sup>等を用いて三点比較式臭袋法に使用する器具を適切に管理することに注意を払っていくべきだと思われる。

表2 無臭空気の最大許容臭気濃度

	環境試料 (11~20)	排出口試料 (25~30)	排出口試料 (20~25)	排出口試料 (30~35)
理論計算	0.4	0.4	0.3	0.5
臭気指数の 平均値	0.3	0.4	0.3	0.5
変動係数の 平均値	-	-	0.3	-
無臭空気に臭気 を感じる割合	0.3	0.4	0.4	0.4

今回はシミュレーションのみによる検討であったが、変動係数の検討では従来の測定結果とは整合性が取れている結果になったこと、三点比較式臭袋法は実測データ

を多く集めることが機器測定よりは難しいことを考えると、シミュレーションは有効な方法であるといえる。今回は報告しないが、下降法における測定回数の検討<sup>8)</sup>も今回の計算に少しだけ手を加えるだけでシミュレートでき、現在検討が進められている水臭気の官能測定法である三点比較式フラスコ法にも応用できるであろう。

しかし、実際の測定による実証も必要であろう。まず無臭空気の作成方法により無臭空気の臭気濃度がどのように変わってくるかを調べる必要がある。そして、全く同じサンプルを用いて無臭空気の臭気濃度を変えた実験をいくつも行う必要がある。このようにして得た測定結果でも今回の報告と同様の結果が得られるならば、その結果を三点比較式臭袋法の使用機具（活性炭の量、処理法、臭袋の材質、など）の管理基準として悪臭防止法や東京都公害防止条例に盛り込むことを提案していきたい。

## 5 注

- 1) アメリカに採用している州がある。
  - 2) かつては日米ともにこの方法により重要なデータが出されていた。
  - 3) アメリカのいくつかの自治体で採用されている。
  - 4) 昭和46年法律第91号
  - 5) 昭和44年条例第97号
  - 6) 変動係数 = 標準偏差 / 平均値
  - 7) 環境試料の臭気指数の算定根拠である式(15)の軸と定数の変換を行った式(11)を微分して変形すると式(9)が得られるが、この関数の形状は左右非対象であり、高希釈倍数側の勾配が急になっている。
  - 8) 元の正規分布関数は臭気指数についてのものであるため臭気濃度に変数を変換すると式(10)のようになる。
  - 9) 平成7年9月13日環境庁告示第63号「臭気指数の算定の方法」
  - 10) 臭気濃度を臭気指数に変換した後に正規分布表より求めた。
  - 11) 偶然の正解数が  $n$  である確率は  $\frac{1}{3^n} - \frac{1}{3^{n+1}}$  である。従って、 $-\log_3\left(\frac{1}{3^n}\right) = n$ 、 $-\log_3\left(\frac{1}{3^{n+1}}\right) = n+1$  より、 $-\log_3 r$  の整数部が偶然の正解数となる。
  - 12) 告示では式(13)で求めた各パネルの閾値のうち最大の値と最小の値をそれぞれ一つずつ除くことになっており、これを上下カットありと言い、この操作を行わずに6人のパネルの平均を取る場合を上下カットなし、
- と言う。
  - 13) 式(5)および式(6)において、5%の変動誤差まで許容する場合は式中の1.1が1.05になり、20%の変動誤差まで許容する場合は1.2になる。
  - 14) 式(11)は  $r_1 > r_0$  となることが前提になっている。従って、 $r_1 \leq r_0$  の場合には算定結果は意味を持たず、再測定が必要になるであろう。
  - 15) 無臭空気の臭気濃度が0の時の臭気指数は必ずしも無限測定臭気指数と等しくはならず、10%程度の変動がみられた。
  - 16) 1日に7サンプルの測定を行うとすると、その日にパネルが無臭空気中に臭気を感じることがない確率は  $(0.9)^7 = 0.478$  と、半分以下となる。
  - 17)  $(1-r)^n + 18r(1-r)^{n-1} \geq 0.9$  より、 $t \geq 0.03$  である必要があるため。
  - 18) 環境試料の場合と同様 排出口試料においても無臭空気の臭気濃度が0の時の臭気指数は必ずしも無限測定臭気指数と等しくはならなかったが、上下カットなしの場合にはほぼ等しくなった。
  - 19)  $(1-r)^6 + 6r(1-r)^5 \geq 0.9$  より、 $t \geq 0.1$  である必要があるため。
  - 20) 必要な計算量が膨大になり、今回使用したコンピューターの能力を超えてしまうためにこのシミュレーションは行わなかった。
  - 21)  $(1-r)^{24} + 24r(1-r)^{23} \geq 0.9$  あるいは  $(1-r)^{30} + 30r(1-r)^{29} \geq 0.9$  の場合であり、解を求め、図6より求まる。

## 6 参考文献

- 1) 岩崎好陽：臭気官能試験法，改訂版，社団法人臭気対策研究協会(1995)
- 2) 環境庁大気保全局大気生活環境室：嗅覚測定法マニュアル，社団法人臭気対策研究協会(1996)
- 3) EPA：Method 140.1(Threshold Odor, Consistent Series)，(1971)
- 4) 悪臭防止対策の今後のあり方について(答申)，中央環境審議会，平成7年3月3日
- 5) 例えば、岡安信二ら：基準臭による嗅覚閾値の分布と変動，悪臭の研究，7，p.6～16(1979)
- 6) 岩崎好陽ら：嗅覚パネルの閾値の個人内変動について，大気汚染学会誌，18(5)，p.464～468(1983)
- 7) 辰市祐久ら：一般環境臭気の臭気濃度測定法の検討，

東京都環境科学研究所年報, 1992, p. 9 ~14

- 8) 西田耕之助ら：三点比較式臭袋法による臭気濃度の算出, 環境技術, 15(4), p.51~56(1986)