

おのいの強度と濃度の間の相関に関する考察 (第13報) —混合臭の臭気濃度の算出

佐野 操・大矢公彦・太田 洋・坪井 勇*・佐野愛知**

An Attempt to Relate the Gross Intensity of a Compound Odor to the Total Concentration of Ingredients (XIII)—Calculation of the Odor Concentration

Isamu SANO, Kimihiko OHYA,
Hiroshi OHTA, Isamu TSUBOI and Aichi SANO

Being informed of the material concentrations of the components of a compound odor, we have calculated its odor concentration; Eq.(3) in text was applied to the cases where the odor-carrying bags are in themselves perfectly odorless and Eq.(5) to those where the bags are indistinctly odorous. The results of calculation are shown in Tables 1-5, together with the observed ones.

The samples of odor were obtained, periodically, at several sites outside a kraft-paper mill in recent few years and further, were gathered from the odor control systems of a night-soil treatment works and a sewage disposal plant under their efficiency tests; the components measured were hydrogen sulfide, methyl mercaptane, dimethyl sulfide and dimethyl disulfide, and, in addition, ammonia. The odor concentration was determined by a triangle test, whereby an odor-carrying bag shall be olfactorily discriminated from the other two odor-not-carrying ones.

It is seen from the tables that there is a good agreement between the calculated and observed values of odor concentration, if calculation has been made by utilizing Eq. (5) with a parameter, Δ , ranging from 0.1 to 2.0; the finding might permit us to arrive at the conclusion that, notwithstanding a pre-treatment such as air-wash of the bag by odor-free air, it is almost impossible to turn an odorous bag to an odorless one.

Mention was added of (1) the broadness in the odor intensity observed olfactorily and (2) the approximation prepared for deriving Eq.(5).

愛知工業大学 応用化学科 (豊田市)

* 春日井市環境分析センター (春日井市)

** 愛知県環境部 (名古屋市)

はじめに

単一臭或は混合臭の物質濃度の測定値から臭気濃度を算出することができないものであろうか？ これに関する知見は、現在のところ、皆無のため筆者は、数年前、この問題に挑戦して結果を発表したことがある¹⁾。今回、続報を提出するが、その内容は次の通りで、先ず計算式について説明し、次いでこれを臭気発生源や周辺環境へ適用した結果を掲げて実際の測定値との対応を検討し、更にこれを巡る若干の考察に及んでいる。

計算式関係

(1) 基幹的考察

臭気濃度は臭気を空気希釈して臭気強度0の所謂無臭の状態に持ち込んだときの希釈倍数と定義される量であるが、測定法としては、広く三点比較臭袋法²⁾が使われ、本報の測定値(表1~5)もこの方法によったものである^{*1}。

三点比較式臭袋法では試料の原臭気を混ぜた袋1個と混ぜない袋2個とを比較して臭気強度に差が感じられないような希釈倍数を探し求めてその最小値(閾値)を原臭気の臭気濃度とするので、この場合には、下の式(2)従って式(3)が導かれる。

$$I = \sum r_i k_i \ln C + \sum r_i K_i \quad (1)$$

$$0 = \sum r_i k_i \ln C / n + \sum r_i K_i \quad (2)$$

$$n = C \cdot \exp(\sum r_i K_i / \sum r_i k_i) \quad (3)$$

I : 混合臭の臭気強度

C : $\sum c_i$, 混合臭の物質濃度 (c_i : 成分臭

iの物質濃度)

r_i : 成分臭iの濃度分率 (c_i / C),

$$\sum r_i = 1$$

k_i : 成分臭iの透過性指数

K_i : 成分臭iの基準強度

n : 混合臭の臭気濃度

式(1)は混合臭の物質濃度と臭気強度の間関係式で、その詳細については以前に報告³⁾したことがあるが、これを閾希釈倍数nの無臭状態に適用したものが式(2)で、書き改めると式(3)が得られる。

ここで、式(2)の臭気強度0の意味や三点比較式臭袋法によって評価される臭気濃度の性格について説明を加え私見を添えたりなどすると——先ず、強度0は無臭状態を表わす数値であるが、嗅覚的には必ずしも0.0とは限らず或る範囲を指し、例えば0.2とか0.4とかもこの内に含まれているものと解釈してよいであろう^{*2}。その他の臭気強度(例えば、1)についても、同様に、巾があらうと思われる^{*3}。

次に三点比較式臭袋法の臭気濃度測定値について、二言及すると、パネルメンバー^{*4}それぞれの閾希釈倍数測定値から原臭の臭気濃度を算出するために確率論的乃至統計論的処理を施し、その結果が臭気濃度(測定値)として示されるが、これが式(3)及び式(5)^{*5}中のn(臭気濃度)に他ならないものである。因に筆者の理解するところでは、この処理によると、煙突排出口の場合には衆人半数に対応する閾値——所謂p p t 50——が得られているし、環境の場合には衆人58%に対応する謂わばp p t 58を求めていることにならうかと考えられる。この相違は些少であるが、発生源強度^{*6}から大気拡散式により環境の臭気濃度を算出して測定値と比較す

* 1 三点比較式臭袋法の他に一部で五点比較式臭袋法が試みられつつある(田代昌男: 五点比較式臭袋法——宮城県・悪臭測定に採用、環境と測定技術, 12(1985), No. 1, 26~32)

* 2 原臭気の希釈によって嗅覚的に区別できないような状態が出現する原因としては本文記述の如く、臭気強度0に巾があるためと考えられるが、或は物質濃度が閾値以下に落ちたためとも又はこれらの両方のためとも見ることができ、結論的には不明。

* 3 この辺の事情については、尚、附記を参照のこと

* 4 原則的に6名程度

* 5 後段参照

る際などには配慮されてよい点であろうと見られる。

(2) 袋有臭の場合

以上の考察は袋が無臭との観点に立ったものであるが、現実には袋^{*7}自体に臭気のあることが多く^{*8}、この場合にも袋が無臭の場合と同様に操作してパネルの閾稀釈倍数を割り出し、これを臭気濃度とするが、袋が有臭のために原臭気の稀釈倍数を次々と高くしても袋内試料臭の臭気強度が袋固有の臭気強度を割ることは遂にない筈である。因って、袋無臭の式(2)の代わりに次式が成立する^{*9}。

$$\Delta = \sum r_i k_i \ln C / n + \sum r_i K_i \quad (4)$$

従って

$$n = C \cdot \exp\{(\sum r_i K_i - \Delta) / \sum r_i k_i\}$$

$$\Delta : \text{容器定数}^{*10} \quad (5)$$

計算結果とその考察

計算結果は表1～5の如くで、計算の欄の()の中に計算に使用したΔの数値が示してある。表1～3はO製紙(株)K工場の周辺環境に於けるもので、最近の測定成績から臭気4成分(硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル及び二硫化メチル)の物質濃度が悉く測定されているとか或は少なくとも3成分について得られているとかの場合を選んで

ある。臭気物質の捕集・測定などは既報^{*11}の通りで、又臭気濃度の測定は前述の三点比較式臭袋法によっている。

尚、臭気濃度の計算については本報以前にも種々の発生源(事業場)に対する調査報告を文献に求めてこれらの調査に於ける容器定数を推定し、又本報と同様の測定成績(製紙工場)を処理して臭気濃度及び容器定数を追求するなどし、結果と考察を発表したことがある¹⁾。これらの前報の場合も計算の方法は本報と全く同じで、以下の如くである。

原理的には臭気成分の物質濃度の測定値から各成分の濃度分率(r_i)を勘定し、各成分の透過性指数(k_i)及び基準強度(K_i)と共に式(3)或は式(5)に代入すれば臭気濃度(n)を知ることができるが、例を挙げて補足すると——例えば、表3については合計濃度が10.4(ppb)であるから成分臭4物質のr_iは、それぞれ、0.18₃、0.26₃、0.37₃及び0.17₃と算出され、又k_i及びK_iは下の如く^{*12}

透過性指数(k_i)及び基準強度(K_i)

物質	硫化水素	メチルメルカプタン
2.303 k _i	0.9502	1.2525
K _i	1.2873	2.2320
	硫化メチル	二硫化メチル
	0.7843	0.9849
	1.7105	1.5496

と与えられているので式(3)からn=641(o

*6 この場合にはOER(odor emission rate)を指し、臭気濃度(ou)×ガス排出速度(m³/sec)の如く表わされる。

*7 容量3ℓの、ポリエステル系或はポリ弗化ビニル系などのプラスチック製で、臭袋と呼ばれる。

*8 この場合には前以って臭気を取り除くように努めるが、不徹底になり勝ちのため結果的には有臭の袋をそれとは知らずに使用することも少なくないように思われる。以下の考察はこの場合に関するものである。

*9 近似的(袋の臭気を無視のため)。詳細については附記を参照のこと

*10 筆者による、仮りの呼び名で、容器(臭気の採取・保存・測定のためのガラス瓶、プラスチック袋など)に固有の臭気の臭気強度を意味し、實際上、1(6点スケール)を下回る場合が殆ど。

*11 例えば、文献1)の他、佐野 慥、大矢公彦、鶴泉彰恵、坪井 勇、佐野愛知：においの強度と濃度の間の相関に関する考察(第12報)——臭気捕集・貯蔵用容器の臭気強度(2)、愛工大研報、No.21(1986)、37~42

表4 尿尿処理場脱臭装置関係の臭気特性値

(平成1, 4. 25~8. 16)

測定 番号	物 質 濃 度 (ppm)						臭 気 濃 度 (ou)	
	アンモ ニア	硫化 水素	メチルメ ルカプタン	硫化 メチル	二硫化 メチル	合計	測定	計算(Δ)
1	42	85	5.5	4.5	0.22	137.22	$3.1_0 \times 10^4$	$17.9_3 \times 10^4 (0.0)$
								$2.5_4 \times 10^4 (1.0)$
2	40	110	7.5	4.3	0.33	162.13	$3.1_0 \times 10^4$	$34.5_5 \times 10^4 (0.0)$
								$4.5_7 \times 10^4 (1.0)$
3	33	180	7.7	4.0	0.50	225.20	$5.5_0 \times 10^5$	$11.4_8 \times 10^5 (0.0)$
								$6.0_0 \times 10^5 (0.3)$
4	38	290	11.7	4.5	0.15	344.35	$7.3^0 \times 10^5$	$24.9_0 \times 10^5 (0.0)$
								$8.2_1 \times 10^5 (0.5)$

表5 下水理場脱臭装置関係の臭気特性値

(平成1, 1. 23~1. 26)

測定 番号	物 質 濃 度 (ppm)						臭 気 濃 度 (ou)	
	アンモ ニア	硫化 水素	メチルメ ルカプタン	硫化 メチル	二硫化 メチル	合計	測定	計算(Δ)
1	0.70	0.15	2.2	0.025	0.015	3.090	$5.4_0 \times 10^2$	$190.2_7 \times 10^2 (0.0)$
								$6.2_2 \times 10^2 (2.0)$
2	0.27	0.46	0.36	0.019	0.033	1.142	$5.4_0 \times 10^2$	$40.7_6 \times 10^2 (0.0)$
								$6.1_2 \times 10^2 (1.0)$
3	0.17	0.50	0.20	0.011	0.0060	0.8870	$3.0_0 \times 10^2$	$39.9_3 \times 10^2 (0.0)$
								$2.0_1 \times 10^2 (1.5)$
4	0.25	0.21	0.23	0.028	0.064	0.782	$1.3_0 \times 10^3$	$1.4_7 \times 10^3 (0.0)$
								$1.2_2 \times 10^3 (0.1)$

u)と求められ、又式(5)に対し $\Delta=1.0$ または 1.1 と置いて計算すると $n=60$ または 48 (ou)が得られるが、 $\Delta=1.0$ のときの計算値が測定値と一致することが見られる。表1の場合には二硫化メチルがNDであったために巾を持たせて 0.00 又は 0.05 と看做し、二通りに計算したが、結果には殆ど変わりが無く、 $\Delta=1.1$ のとき、測定値との対応がよい。

表1~3を通覧すると-----

1) 容器定数(Δ)を取入れると臭気濃度の計算値は低くなるが、 Δ が 1.0 に近づくと無臭の場合($\Delta=0.0$)の $1/10$ 以下に落ちることが見られる。

計算値と測定値との間の対応については $\Delta \approx 1$ 程度の場合が良好であるが、これは即ち袋固有の臭気が完全に除去されていなかったことを意味する。袋が完全に無臭であったならば表の測定値より 10 数倍以上に高い測定値が得られていたのではなかろうかと思われる^{*13}。

2) 臭気の調査・測定の時期により容器定数の大きさが、それぞれ、或る範囲内で一定しているかのようである(表)。これについては、調査・測定

調査・測定時期と容器定数

調査・測定 時期	容器定数 (Δ)	参 照
昭6 2.7	1.1	表 1
6 3.2	0.8	表 2
平 1.7	1.1	表 3

の時期毎に購入する袋の品質がその都度微妙に変動するためかも知れないが、又測定に際してのオペレータによる空気洗滌の操作上の差異の現われであるかとも考えられる^{*14}。

表4及び5に尿尿及び下水各処理場の脱臭装置に関する臭気調査の結果⁴⁾を示し、右端に計算値を掲げた。計算の段取りは表1~3の場合と同様であ

るが、表4及び5の場合には物質濃度がppm単位で与えられているので計算に使用した K_i の数値も表1~3の場合と違い、下の通りである。

滲透性指数(k_i)及び基準強度(K_i)

物質	硫化水素	メチルメルカプタン
$2.303k_i$	0.9502	1.2525
K_i	4.1379	5.9895
	硫化メチル	二硫化メチル
	0.7843	0.9849
	4.0634	4.5043
	アンモニア	
	1.6744	
	2.3838	

屎尿処理場から発生する臭気については、通常、表4の5物質が成分の殆どを占め——中でも硫化メチルが多く——他にトリメチルアミン、アセトアルデヒド更に脂肪酸類、炭化水素類などが時に認められるがその量は少いとの見⁵⁾が得られている。表4の場合にも5物質と共にトリメチルアミン、アセトアルデヒド及びスチレンの測定を試みているが、結果は表4の通りで、5物質が記されているに過ぎない。

下水処理場の臭気についても事情は上と同様で、成分の種類も酷似し——但し硫化水素の他にメチルメルカプタンが多く——濃度は各成分共屎尿処理場の場合よりも、大体のところ、 $1/10 \sim 1/100$ 見当に落ちている⁶⁾。下に発生源調査成績の一例を挙げたが、測定値の大きさは表5と大同小異で、共に表4より小さいことが見られる。

以上を要するに表4及び5の臭気濃度測定値には5物質以外の臭気成分による寄与分を含むかも知れないが、微小と看做してよいことが察せられる。この観点に立つと容器定数は臭気強度 $0.1 \sim 2.0$ の間に分布し、袋固有の臭気の影響が多分に出ている場合もあることが窺われる^{*15}。

*12 臭気強度を6点スケールにより、又物質濃度をppb単位で表わした場合のものである。詳しくは、悪臭公害研究会：悪臭と官能試験(1980,3)、重田芳広、表19~21(p.153~155)を参照のこと

*13 表1の場合には17~18倍、表2の場合7~8倍、更に表3の場合には12倍、など

*14 この点に関しては、引き続き、調査を重ね資料を収集した上で結論することにした。

下水処理場発生源臭気調査成績*

調査日	物質濃度 (ppm)					
	アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル	トリメチルアミン
平2.5.17	3.5	0.021	0.008	0.017	0.002	ND ^{*1}
2.8.8	0.2	0.15	0.14	0.071	0.026	ND ^{*2}

*1 定量限界 0.001

*2 定量限界 0.0005

* 詳しくは、春日井市下水処理場臭気測定結果報告書を参照のこと

附記 計算式の近似性に関する吟味

臭袋に袋から排出の固有の臭気がある場合にはこれを考慮すると袋内臭気（試料臭と袋排出臭の混合物）の物質濃度と臭気強度の間の関係式は式（1）により、下の如く与えられる。

$$I = \sum (r_i k_i + r_i' k_i') \cdot \ln (C + c') + \sum (r_i K_i + r_i' K_i'),$$

$$\sum (r_i + r_i') = 1 \quad (6)$$

c' : $\sum c_i'$, 袋固有臭気物質濃度
 (c_i' : 袋排出成分臭 i の物質濃度)

r_i', k_i', K_i' : 袋排出臭に関係した量

$C = 0$ (臭袋内に袋排出臭のみ) の場合には式(6)は

$$I_{C=0} = (\sum r_i' k_i') \cdot \ln c' + \sum (r_i' K_i') = \Delta,$$

$$\sum r_i' = 1$$

Δ : (純正) 容器定数^{*16} (7)

となるが、多くの単一臭を通じて次の状況^{*17}

$$k_i \approx \text{一定}, K_i \approx \text{一定}$$

にあることが認められるので袋排出臭についても恐らく同様と思われる。

$$k_i = k_i' = k_i^\circ, K_i = K_i' = K_i^\circ \quad (8)$$

と看做すことにすると式（7）から下式が得られる。

$$I_{C=0} \doteq k^\circ \ln c' + K^\circ \equiv \Delta'$$

Δ' : (準用) 容器定数 (9)

式（6）～（9）を利用すると臭袋内試料臭の物質濃度(C)から袋内混合臭の臭気強度を計算することができるが、表7にその結果の一、二を挙げた。計算に際し若干の仮定——例えば式（8）がその例である——が置いてあるので結果の解釈には慎重でなければならぬが、事情のあらましを知るには充分であろうと考えられる。

表中、最上段 (Δ') は袋排出臭の臭気強度^{*18}

表7 臭袋内混合臭の臭気強度 (計算値)

臭袋内試料臭の物質濃度(C)	臭袋内混合臭の臭気強度 (I)	参照
0	Δ'	式(7)~(9)
c'	$\Delta' + 0.3_0$	* a
$2c'$	$\Delta' + 0.4_0$	* b

* a 式(6)と式(9)から次の関係 $I = k^\circ \ln 2c' + K^\circ = \Delta' + k^\circ \times 2.3 \log 2$ が得られるが、一方、*17の表6によると $k^\circ \times 2.3 \doteq 1$ で、従って $I = \Delta' + 0.3_0$ 。

* b 式(6)と式(9)から、先ず、 $I = k^\circ \ln 3c' + K^\circ$ 、以下、* aと同様に処理

*15 臭気強度2は楽に感じられる弱いにおい（単一臭及び混合臭）の場合を指し、これに対応する物質濃度が所謂認知閾値で、単一臭については例えばアンモニア0.6(ppm)、硫化水素0.006、メチルメルカプタン0.0007、硫化メチル0.002、二硫化メチル0.003、トリメチルアミン0.001など

*16 式（4）の Δ と同じ量。袋排出臭の物質濃度 (c') も従って臭気強度 (I) も低いものと考えられるが、簡単のために一定と想定してある。尚、前つきの(純正)は筆者による仮りの呼び名(式(9)の(準用)についても同じ)

*17 種々の臭気物質の k_i 及び K_i を上げると表6の通りである(物質濃度ppm単位、臭気臭強度6点スケール)

*18 概して1以下(*10参照)

表6 種々の臭気物質の k_i 及び K_i

物質	$2.303 k_i$	K_i	参照
硫化水素	0.95	4.14	(1)
メチルメルカプタン	1.25	5.99	
硫化メチル	0.78	4.06	
二硫化メチル	1.02	4.37	
	1.05	4.45	
	0.98	4.50	
アンモニア	1.67	2.38	
トリメチルアミン	0.90	4.56	
アセトアルデヒド	1.01	3.84	
スチレン	1.42	3.10	
プロピオン酸	1.21	4.35	(2)
n-酪酸	1.28	5.74	
i-酪酸	1.34	5.88	(1)
n-吉草酸	1.54	7.18	(2)
i-吉草酸	1.00	5.50	
平均	1.16 ₀	4.66 ₀	

(1) : 悪臭と官能試験、悪臭公害研究会 (昭和55, 3)、p. 153~155

(2) : 筆者による算定 (阿部睦夫: 悪臭防止法施行令等の改正について、臭気研究, 21 (平2), No.1, 28~37; 表8 中の数値使用)

を表わし、中段及び最下段は袋排出臭の他に試料臭がそれぞれ物質濃度 c' 及び $2c'$ で共存する場合で、これらの混合臭と袋排出臭の間の臭気強度の差は0.3乃至0.5程度に過ぎず、嗅覚的に認識し難い大きさのものであることを示している。この吟味を通じて袋3個——試料臭入りの袋1個と無しの袋2個——が嗅覚的に区別し難い時の試料臭の物質濃度は袋排出臭の物質濃度と殆ど同じレベルにあると窺われるが、この知見を足掛かりとして、以下の如く、式(4)の近似性に関する考察を進めた。

試料臭の關稀釈倍数 (臭気濃度) を n とすると式(6)及び(8)から次式

$$I = \sum (r_i k_i + r_i' k_i') \cdot \ln(C/n + c') + \sum (r_i K_i + r_i' K_i')$$

$$\sum (r_i + r_i') = 1$$

$$\doteq k^0 \ln(C/n + c') + K^0 \quad (10)$$

を書き下すことができ、特に袋が無臭 ($c' = 0$) の場合には

$$I_{c'=0} = \sum (r_i k_i) \cdot \ln(C/n) + \sum r_i K_i,$$

$$\sum r_i = 1$$

が得られるが、これは式(4)に他ならないので

$$= \Delta$$

更に式(8)により

$$I_{c'=0} \doteq k^0 \ln(C/n) + K^0$$

従って

$$I_{c'=0} = \Delta \doteq k^0 \ln(C/n) + K^0 \quad (11)$$

以上は $c' = 0$ の場合であるが、 $c' \approx C/n$ の場合には式(10)と(11)により次の関係

$$I_{c' \approx C/n} \doteq k^0 \ln(2C/n) + K^0$$

$$= k^0 \ln(C/n) + K^0 + k^0 \ln 2$$

$$\doteq \Delta + 0.3_0$$

が成立するので書き改めると

$$\Delta \doteq I_{c' \approx C/n} - 0.3_0$$

となるが、これは即ち試料臭の物質濃度 (C/n) が袋排出の物質濃度 (c') に匹敵する場合には式(10)から後者を無視した形の式(4)によって袋内混合臭の臭気強度 (Δ) を算出すると、後者を無視することなく式(10)から算出した強度 ($I_{c' \approx C/n}$) より0.3程度低い値が得られることを表わしている。同様に $c' \approx C/2n$ 或は $c' \approx 2C/n$ などの場合に対し、それぞれ、次の関係

$$\Delta \doteq I_{c' \approx C/2n} - 0.1_0$$

$$\Delta \doteq I_{c_{2c/n}} - 0.2$$

$$\Delta \doteq I_{c_{2c/n}} - 0.4$$

を導くことができ、従って式(4)によって算出された袋内混合臭の臭気強度は式(10)から算出される臭気強度より、それぞれ、0.2及び0.5程度低くなる——が、嗅覚的には無視してよい違いである——ことがみられる。

以上を要するに、式(4)及び(5)は近似式であるが、袋有臭の際の計算式として十分に役立つものと見てよいことが知られる。

まとめ

混合臭成分の物質濃度測定値からその臭気濃度を算出することを試みた。計算式は本文中の式(3)或は(5)で、前者は混合臭試料の容器が全く無臭の場合、後者は僅かながら有臭の場合に関するものである。臭気濃度の計算値及び測定値は表1～5の通りで、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル及び二硫化メチルの4成分或は更にアンモニアなどを対象としている。混合臭試料はクラフトパルプ製紙工場近くの環境から数年に亘り定期的に採取したものと尿尿及び下水各処理場に於ける性能試験中の脱臭装置から短期間集中的に収集したもので、臭気濃度の測定は三点比較式臭袋法に依っている。

三点比較式臭袋法の試料容器——所謂臭袋(プラスチック製)——については固有の臭気のあることが多いため臭気濃度の測定に先き立ち活性炭濾過の空気を流して洗浄した上、可及的即使用のこととされている。本報(表1～5)の場合もこの通りに行っているが、袋固有の臭気を充分に取り除くことは時間や経費などの点から至難の業であろうか、結果は表に示されている如くで、容器定数(Δ)が0.1～2.0程度と見出され、臭袋内に袋固有の臭気が微量存在することを窺わせている。

尚、附記は臭気強度の測定値に巾があり、これが臭気濃度の測定に影響する可能性があることとか式(4)の近似性について吟味し、近似式ではあるが、有用性が高いことなどを述べたものである。

引用文献

1) 佐野 樑, 大矢公彦, 鶴泉彰恵: においの強度と濃度の間の相関に関する考察(第11報) ——

臭気捕集・貯蔵用容器の臭気強度, 愛工大研報, No.21 (1986), 31～36; 佐野 樑, 大矢公彦, 鶴泉彰恵, 坪井 勇, 佐野愛知: においの強度と濃度の間の相関に関する考察(第12報) —— 臭気捕集・貯蔵用容器の臭気強度, 愛工大研報, No.21 (1986), 37～42

2) 環境庁: 昭和52年度官能試験法調査報告書(大気保全局特殊公害課, 昭53,3), p.28～32, p.39～40, p.41～43; 石黒辰吉, 岩崎好陽, 福島 悠, 小野塚春吉: 三点比較式臭袋法の実施要綱, 悪臭研究, 3(昭48), No.12, 31～36; 石黒辰吉, 岩崎好陽: 三点比較式臭袋法の理論と実際, 悪臭と官能試験(悪臭公害研究会, 昭55,3), p.225～230; 環境庁: 昭和52年度官能試験法調査報告書(大気保全局特殊公害課), 悪臭公害, 7(1978), No.13, 1～16

3) 佐野 樑, 佐野愛知: においの強度と濃度の間の相関に関する考察(第3報), 愛工大研報, No.16 (1981), 35～43; 佐野 樑, 鶴泉彰恵, 大矢公彦, 佐野愛知: においの強度と濃度の間の相関に関する考察(第10報) —— 成分濃度による混合臭の臭気強度の算出, 愛工大研報, No.20 (1985), 39～46

4) 渡辺素広: 新しい気液接触装置, 臭気研究, 21 (1989), No.1, 10～27

5) 重田芳広: し尿処理施設の脱臭事例(I), 悪臭公害研究会, 昭57,10; 小川雄比古, 桜井敏郎, 吉野秀吉, 岡 恵江: し尿施設から発生する悪臭の実態とその除去(第1報) —— 脱臭方式別にみた悪臭の除去効果: 用水と廃水, 32 (1990), No.5, 31～39

6) 環境庁大気保全局特殊公害課: 悪臭防止技術マニュアル(II), 公害対策技術同友会, 昭54,4

(受理 平成3年3月20日)