

[調査報告]

# 環境研修センターでの臭気官能試験法実習結果

(昭和57年度から平成7年度)

A Report on Sensory Measurement of Odor in Exercise at  
National Environmental Training Institute (1982-1995)

永田好男\* 竹内教文\*\* 桐田久和子\*\*\*

Yoshio NAGATA, Norifumi TAKEUCHI and Kuwako KIRITA

## 1. はじめに

平成7年4月に悪臭防止法が一部改正され、嗅覚測定法の導入と、悪臭防止のための関係者の取り組み等が規定された。この改正法により新たに規制手法として導入された臭気指数の測定方法については、同年9月環境庁告示第63号「臭気指数の算定の方法」において公示された。

国立環境研究所環境研修センター（以下、環境研修センター）では、昭和57年度から年に1回、主として地方自治体の職員を対象とした臭気官能試験の研修を行っており、平成7年度で12回目である（平成2年度と4年度は研修なし）。日本環境衛生センターは、環境研修センターの桐田教官とともに実習の指導を務めている。今回、これまでの実習で得られた試験結果を整理したので報告する。

なお、タイトルに研修当初からの「臭気官能試験法」という言葉を使用したが、改正法では「嗅覚測定法」となっているので以後は嗅覚測定法で通す。また、本報告では、閾希釈倍数を臭気濃度で示したが、臭気指数で表示する場合は、臭気指数 =  $10 \log (\text{臭気濃度})$  で求められる。この点を最初に断っておきたい。

## 2. 研修のスケジュールと実習内容

環境研修センターで行われる悪臭分析研修は、悪臭物質の測定法（機器測定法）の研修グループと官能試験の研修グループに分かれている。官能試験の研修期間は4日ないし5日で、内1日は、環境庁、東京都環境科学研究所、臭気対策研究協会、高砂香料工業株の方々による講義に当たられる。嗅覚測定法の実習スケジュールは、通常、実習に関する講義（半日）、試料採取法の実習（半日）、基準臭による嗅力検査（半日）、臭気濃度測定（1日）と臭気強度の測定（半日）、データ整理（半日）である。

実習のねらい及び実習内容は、

- ① 三点比較式臭袋法による臭気濃度測定実施者（オペレータ）として必要な測定手法を修得する。

臭気濃度とは、「その臭気を無臭の空気で希釈していったときに、丁度無臭になったときの希釈倍数」である。臭気濃度測定の実習は、未経験者がかなりいることから、排出口試料の測定に重点をおいた。臭気が無臭の空気で段階的に希釈されていったときのにおいの強さの変化、閾値付近での付臭におい袋の選定（嗅ぎ分け）を、パネルとしてできるだけ多く経験することにより、逆にオペレータの役割が理解できるようになると考える。また、オペレータには、一連の測定操作に慣れてもらう中で、とくに最初の希釈倍数の決定、オペレータ補助員及び嗅覚パネルとの協力、連携が重要であることを体得してもらう。

一方、環境試料の測定は、最初の希釈試料ですでににおいの有無の判定が困難な場合が多い。このため、原臭気のにおいの質がわからない、判定がむずかしいということで、最初から実習

\* 勤 日本環境衛生センター東日本支局環境科学部  
Department of Environmental Science, East Branch, Japan Environmental Sanitation Center

\*\* 勤 日本環境衛生センター東日本支局環境工学部  
Department of Environmental Engineering, East Branch, Japan Environmental Sanitation Center

\*\*\* 国立環境研究所環境研修センター  
National Environmental Training Institute

生に不安感を与えることは好ましくないと考えた。また、測定に際して、試料採取器材及び判定試験用器材の固有臭、付着臭の影響が大きいため、本来実習生は使用器材の洗浄、保管等を含めた準備の段階から参加する必要がある。しかし、それも時間的に困難である。したがって、環境試料の測定は実演だけにとどめた。この際、測定器材、とくに試料採取容器の固有臭が測定の妨害になる場合があることを理解してもらうため、未洗浄の環境試料採取用真空びん及び採取バッグに室内空気を採取し、日光に当てるなどして、においが採取用器材から出やすい状態で2~3時間放置した後、採取容器内の空気の臭気濃度を測定するなどを試みた<sup>1)</sup>。

② 臭気濃度測定法の実習を中心とするが、臭気強度測定法、快・不快度測定法等嗅覚測定法の広い範囲の内容についても理解する。

におい袋を用いて、種々の濃度の試料をランダムに作成した。パネルは、におい袋からにおいを嗅いで、臭気強度及び快・不快度を判定し、濃度と臭気強度及び快・不快度との関係を調べた。

臭気濃度、臭気強度測定の班分けは、ともに1グループ6名を基本としたが、年度による実習人数の違いから1グループ4~8名となった。例えば1グループ6名の場合、オペレータ3人とパネル3人に分け、一通り試験が終了したら、オペレータとパネルの役割を交代した。

③ オペレータはパネル選定試験に合格している必要がある。また、自らもパネル選定試験

のオペレータになることもある。

そこで基準臭による嗅力検査を行い、実習生各人の嗅力を調べた。班分けは、2人が1組となり、1人が被検者として基準臭A~Eの試験を終了した後、オペレータと被検者を交代した。

#### ④ 試料採取法について修得する。

試料採取法については、排出口試料用採取法（直接採取法、吸引ケースを用いた間接採取法）及び環境試料用採取法（真空瓶法、吸引瓶法）について実演した。なお、法改正後追加された環境試料の直接吸引法及び間接吸引法については説明のみを行った。

実習参加者、実習内容及び実習に用いた試料を表-1に示す。

### 3. 実習における測定結果とデータ解析

いずれの実習でも測定結果が得られるまで最後まで行った。したがって、実習によって得られたデータはオペレータ及びパネルのほとんどが未経験者であるということを念頭に置けば、既存データとの比較は十分可能である。以下に実習データをもとに、基準臭による嗅力検査、臭気濃度測定及びにおい袋を用いた臭気強度測定のそれぞれの測定結果を示すとともに、関連する既存データとの比較ならびに測定値の信頼性等について解析を行ったので報告する。

#### 3.1 基準臭による嗅力検査

この検査は、被検者（実習生）が臭気濃度測定

表-1 実習参加者、実習内容及び実習に用いた試料

年度	実習期間 (日)	人数 (人)	年齢 (才代)	実習内容			臭気強度、 快・不快度測定
				試料 採取	基準臭 嗅力検査	三点比較式臭袋法臭気濃度測定	
S 57	2.0	26	20~30	○	○	MM、下水臭	
S 58	3.5	15	20~30	○	○	H <sub>2</sub> S、MM、化製場臭、下水臭	
S 59	3.5	7	20~40	○	○	キシレン、DMS、化製場臭	キシレン
S 60	3.5	12	20~30	○	○	キシレン、DMS、し尿臭	
S 61	3.0	13	20~40	○	○	化製場臭、生ごみ臭	H <sub>2</sub> S、キシレン
S 62	2.5	8	20~30	○	○	H <sub>2</sub> S、化製場臭	H <sub>2</sub> S、キシレン
S 63	2.5	10	30~40	○	○	H <sub>2</sub> S、キシレン、化製場臭	H <sub>2</sub> S、キシレン
H 1	3.5	10	20~40	○	○	H <sub>2</sub> S、キシレン、化製場臭	H <sub>2</sub> S、キシレン
H 3	3.5	5	20~50	○	○	H <sub>2</sub> S、キシレン、化製場臭、採取容器固有臭	H <sub>2</sub> S、キシレン
H 5	3.5	11	20~40	○	○	H <sub>2</sub> S、キシレン、化製場臭、採取容器固有臭	H <sub>2</sub> S、キシレン
H 6	3.5	9	20~30	○	○	H <sub>2</sub> S、キシレン、化製場臭、採取容器固有臭	H <sub>2</sub> S、キシレン
H 7	3.0	16	20~50	○	○	H <sub>2</sub> S、キシレン、化製場臭、採取容器固有臭	H <sub>2</sub> S、キシレン

計142人 男136人 女6人 平均年齢33.2才

MM：メチルメルカプタン H<sub>2</sub>S：硫化水素 DMS：硫化メチル

におけるオペレータ及びパネルとして必要な嗅力を有しているかを試験することと、パネル選定基準濃度よりさらに高希釈系列の基準臭液を用いて、被検者の嗅力を調べることを目的としている。

#### (1) 検査方法

パネル選定試験に用いられる5基準臭について、におい紙を用い、5:2法、下降法（約3倍希釈系列）で行った。試験はパネル選定基準濃度（パネル選定の合否決定濃度）から開始し、従来通り、2枚の付臭におい紙を選定できた最大の希釈濃度をその被検者の嗅覚閾値とした。選定基準濃度が不正解の人については、1段階濃度の高いところから再度試験をやり直した。5基準臭の試験順序は統一していない。なお、時間的な制約から、全員がオペレータと被検者に分かれて同じ実習室（十分な広さはある。）

で一斉に試験を行うので、多少被検者によっては判定しづらい状況があったかもしれない。

#### (2) 嗅覚閾値の分布

嗅力検査の結果をパネル選定試験に適用させると、全実習生142名中、合格者が124名、不合格者が18名となる。ただし、不合格者も以後の実習では、他の実習生と同様に実習を行った。

実習生はたまたまその年に選ばれた人達であって、年度別の平均年齢は大差なく、実習年度の違いによって嗅力の平均、ばらつきが左右される要因はとくに見当たらない。年度別で嗅力の分布に差があったとすれば、それは嗅力の個人差に起因するものと考える。したがって、ここでは、年度毎の嗅力の平均値が問題ではなく、実習生全員の嗅力のばらつきから推定される母集団のばらつき（分布）が問題となる。

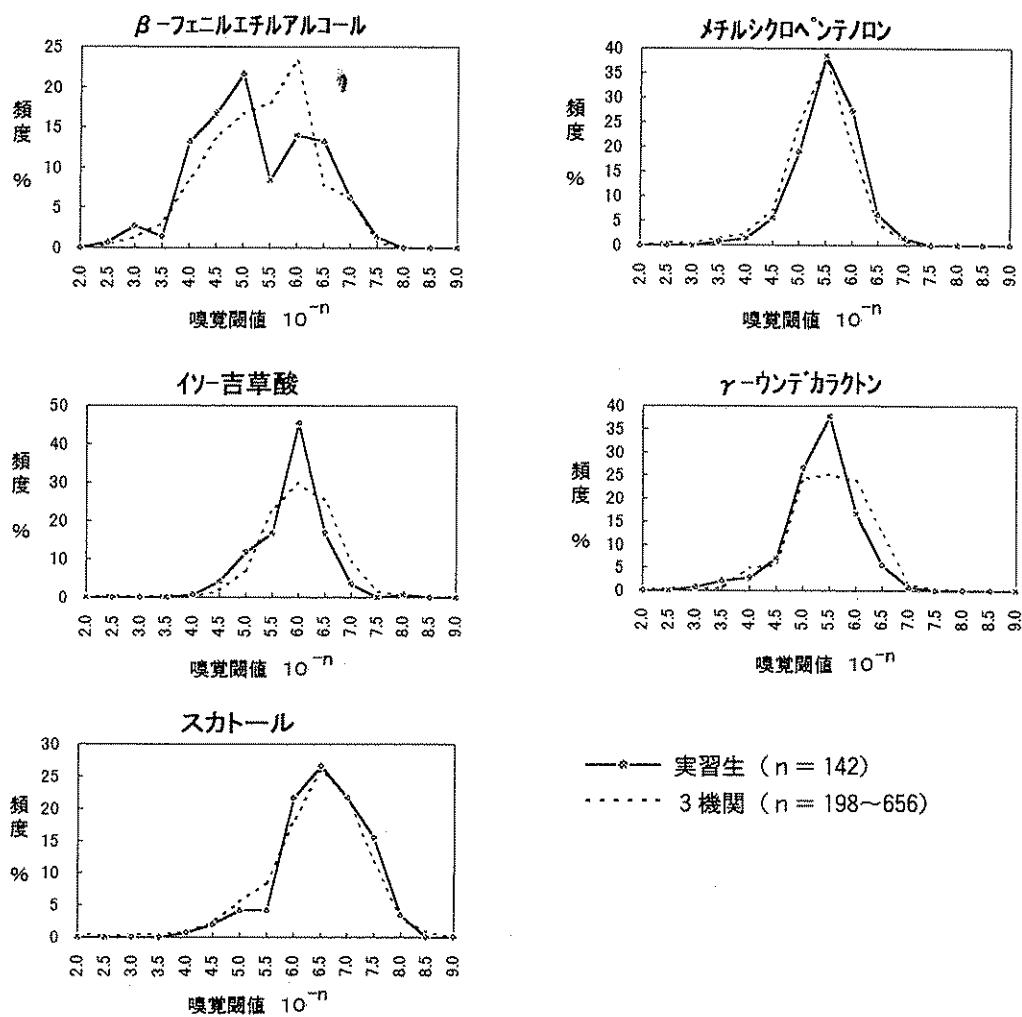


図-1 5基準臭の嗅覚閾値の分布（全実習生）  
(嗅覚閾値は、濃度  $10^{-n}$  (w/w) の n で表した。)

嗅力は基準臭毎に嗅覚閾値で表した。実習生全員の嗅覚閾値の分布を図-1及び表-2に示す。同図、表に示した3機関の嗅覚閾値のデータとは<sup>2) 3)</sup>、昭和52年に環境庁の悪臭評価改善検討会でパネル選定方法が検討された際に、この3機関が嗅覚閾値のデータを提供し、これをもとにパネル選定基準濃度が定められたという経緯がある。検査方法は、実習の方法と同じである。3機関名と被検者数ならびに年令を表-3に示す。嗅力分布の正規性は、従来の3機関のデータから確認されている。実習データでは $\beta$ -フェニルエチルアルコールの $10^{-5.5}$ の閾値の出現頻度が少なくなっているが、この原因是不明であり、偶然とみるしかない。図-1において、5基準臭とも実習データと3機関集計データとの間で嗅覚閾値の分布に差はみられない。そこで、実習データと3機関集計データを全部あわせて集計すると、各基準臭の嗅覚閾値の分布は、表-2の右欄のようになる。

### 3.2 三点比較式臭袋法による臭気濃度の測定

#### (1) 測定方法<sup>4)</sup>

三点比較式臭袋法の排出口試料の測定法を行った。なお、環境試料用採取バッグ及び真空瓶のブランク測定は、環境試料の測定法で行った。

#### (2) 測定に供した試料と臭気濃度

##### (2)-1 単一成分既知濃度試料

硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、m-キシレンの中から1、2試料を選んだ。

実習に用いた試料の内容と臭気濃度の測定結果を、表-4に示す。

##### (2)-2 現場臭気試料及び採取容器ブランク臭

現場臭気として用いた試料は魚腸骨処理場臭気、下水処理場臭気、し尿処理場臭気で、実習前に採取することができた試料を用いた。

実習に用いた試料の内容と臭気濃度の測定結果を、表-5に示す。

表-5で、環境試料用採取バッグ及び真空瓶のブランクの臭気濃度がすべて10以上になっ

表-2 5基準臭の嗅覚閾値

(表中の閾値は、濃度 $10^{-n}$  (w/w) のnで表した。)

基 準 臭	実習データ			3機関集計データ*			実習+3機関		
	N	AVE	STD	N	AVE	STD	N	AVE	STD
A $\beta$ -フェニルエチルアルコール	142	5.23	1.07	227	5.35	0.95	370	5.31	0.99
B メチルシクロペンテノロン	142	5.53	0.57	656	5.36	0.66	799	5.39	0.65
C イソ吉草酸	142	5.85	0.61	656	6.01	0.73	799	5.98	0.71
D $\gamma$ -ウンデカラクトン	142	5.35	0.65	198	5.49	0.76	341	5.43	0.71
E スカトール	142	6.54	0.78	656	6.40	0.96	799	6.43	0.93

N: 被検者数、AVE: 閾値の平均値、STD: 閾値の標準偏差

\*) 3機関集計データの出典: 昭和51年度悪臭評価改善検討調査研究報告書(環境庁: 悪臭評価改善検討会)

表-3 3機関集計データの実施機関と被検者数

実施機関	基準臭別被検者数					年令
	A	B	C	D	E	
日本環境衛生センター	139	212	212	110	212	20~40才代
東京都環境科学研究所	16	371	371	16	371	10~60才代
日本大学	72	73	73	72	73	10~20才代
計	227	656	656	198	656	

表-4 実習に用いた単一臭気試料の内容と臭気濃度の測定結果

試料臭気	測定年度数	原ガス濃度(ppm)	原ガス濃度測定法	臭気濃度
硫化水素	8回	0.8~40	GC法*(1回) 検知管法(7回)	900~36,000
m-キシレン	8回	85~380	計算値×GC補正率(4回) 検知管法(4回)	1,100~6,200
メチルメルカプタン	2回	113、400	GC法(2回)	1,400、3,700
硫化メチル	2回	5.4、5.4	計算値×GC補正率(2回)	2,400、2,400

\*GC法: ガスクロマトグラフ法

表-5 実習に用いた現場臭気試料及び採取容器ブランク臭と臭気濃度

試 料 臭 気	測 定 年度数	臭 气 濃 度	試 料 臭 気	測 定 年度数	臭 气 濃 度
化製場フィッシュソリュブル臭	7回	270~2,500	下水処理場汚泥臭	1回	760
化製場スクリュープレス臭	1回	9,800	し尿臭	1回	2,800
化製場室内臭	1回	2,400	生ごみ臭	1回	55,000
下水処理場濃縮槽臭	1回	2,100	環境試料用真空瓶(未洗浄)ブランク臭	3回	10以上、17 11
環境試料用採取バッグ (室内空気3時間日光さらす)	2回	10以上 10以上			

ている。これは前述したように、環境試料の測定の際には採取容器の洗浄、選別が必要であり、採取試料の保管にも注意が必要であるということの理解のために、採取バッグを日光に当てて放置するとか、未洗浄の真空瓶を使用するとかというように、あえて臭気濃度が10以上になるようにしたブランク臭で測定したためである。

環境試料は、低希釈倍数ですでに閾値以下の濃度になる場合が多い。したがって、臭気採取容器及び注射器自体の固有臭(ブランク臭)は、判定試験の誤答をまねく原因となる。たとえば、ポリエチルフィルム製バッグでもブランク臭の強さに製品差がみられることがあるため、その使用に際しては、バッグを清浄空気で十分に置換したうえで満杯にし、一昼夜放置した後、バッグから直接においを嗅ぎ、においのないものを選んで使用することが必要である。ときにはブランク臭の臭気濃度を測定することも必要である。採取した試料のにおいが採取現場のにおいであるか、採取容器のブランク臭であるかは試料採取者でなければわからない。経験から言って、現場においてさえにおいの質が認知できないような試料に対して、臭気濃度が10以上となると、ブランク臭の影響ではないかという疑いをもってほしい。

### (3) 単一臭気の閾値測定結果について

#### (3)-1 閾値の分布

臭気物質の閾値を実習生全員について求めた。閾値は、原ガス濃度を各実習生の閾希釈倍数で除した値とした。ここでも実施年度については区別せず、実習生全員の閾値の分布を問題とする。硫化水素、m-キシレン、メチルメルカプタン及び硫化メチルの閾値の分布を図-2~図-5に示す。硫化水素、m-キシレンに比べて硫化メチルの閾値のばらつきが大きい。閾値のばらつきは、閾希釈倍数に基づく等比的なばらつき

として現れるため、閾値を対数変換することによって正規分布を前提とする解析が可能となる。したがって、以降の解析は閾値の常用対数値について行った。表-6に、実習生全員の閾値を平均して求めた硫化水素等单一臭気試料の閾値を示す。

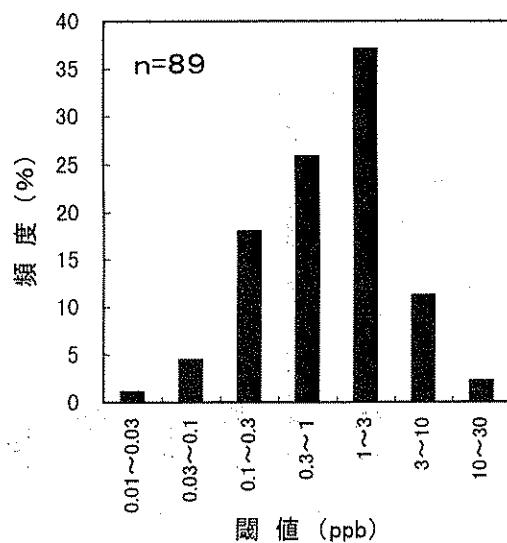


図-2 硫化水素の閾値の分布(実習生)

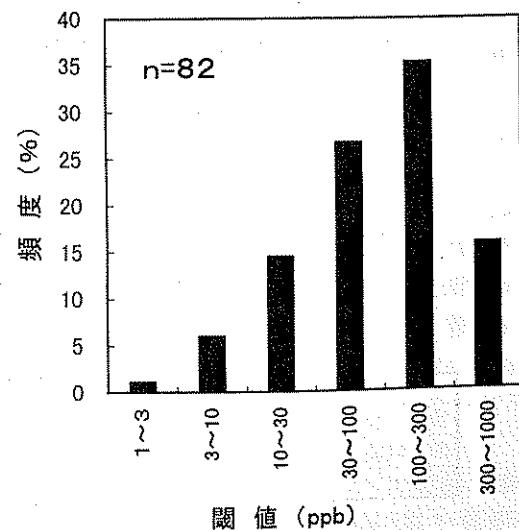


図-3 m-キシレンの閾値の分布(実習生)

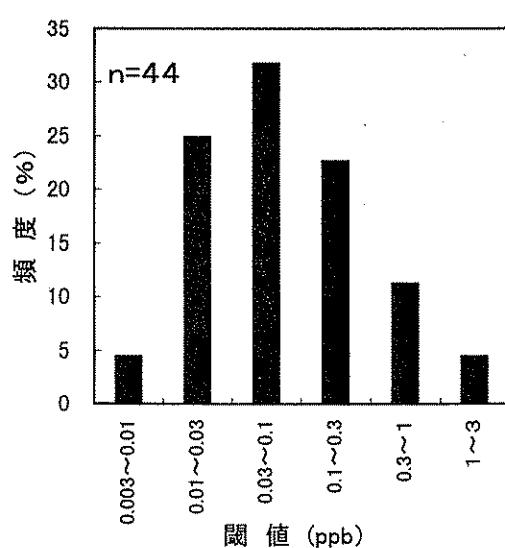


図-4 メチルメルカプタンの閾値の分布（実習生）

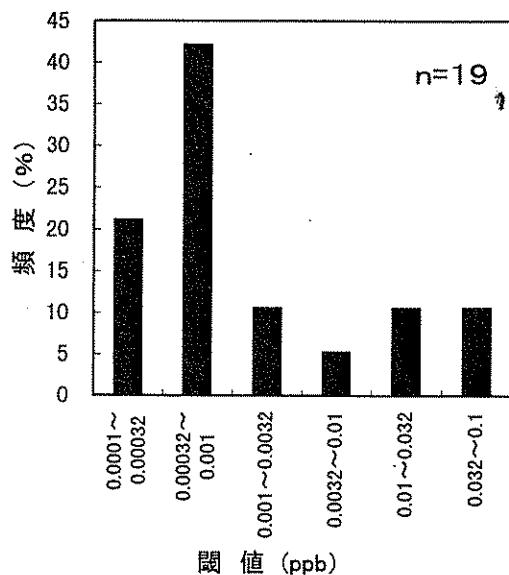


図-5 硫化メチルの閾値の分布（実習生）

### (3)-2 既存データとの比較

（オペレータ及びパネルの熟練度の相違）

実習で用いた試料のうち、m-キシレンと硫化メチルについては、昭和60年に4つの地方自治体と日本環境衛生センター（以下、日環センター）とで、同一濃度の試料について三点比較式臭袋法による臭気濃度測定を行い（照合試験）、閾値を求めている。また、日環センターでは、4物質とも三点比較式臭袋法すでに閾値を求めている。各測定時のオペレータ及びパネル人数を表-7に示す。

パネル人数が多いほど閾値（全パネル平均値）の分布の代表性が高いという理由で、実習データと照合試験データを比較することにした。実習データと同様に照合試験データについても測定機関を区別せず、全データを一つにまとめて解析した。実習データと照合試験データとでは、オペレータ及びパネルの熟練度に違いがある。オペレータ、パネルともに熟練度の低い実習データと熟練者で構成する照合試験データについて、データのばらつきの差と平均値の差の有無について検定した。

検定の結果、表-8及び表-9に示すように、m-キシレン、硫化メチルとともに実習データと照合試験データ間で、閾値のばらつき及び平均値に有意差は認められず、熟練度の違いによる影響は測定値にはあらわれなかった。ただし、この結果をうけて、臭気濃度測定においてオペレータ及びパネルに熟練度は要求されないと結論するのは、報告者の経験からいってはなはだ適当ではない。実習生は、測定操作に関する十分な知識を有しているとともに、実習生の中の少数の熟練者の適切な助言があっての結果と考

表-6 実習データから求めた硫化水素等の閾値

単位: ppb

	硫化水素	m-キシレン	メチルメルカプタン	硫化メチル
実習データから求めた閾値と(log閾値の標準偏差)	0.86 (0.570)	82 (0.572)	0.091 (0.613)	2.3 (0.831)

表-7 オペレータとパネル人数

	オペレータとパネル	硫化水素	m-キシレン	メチルメルカプタン	硫化メチル
実習	両方とも主に未熟練者	89名	82名	44名	19名
照合試験*	両方とも熟練者	-	30名	-	30名
日環センター**	両方とも熟練者	6名×4回	6名×9回	6名×2回	6名×6回

\* 照合試験のパネル人数30名は、照合試験に参加した5機関の合計人数である。

\*\* 日環センターのパネル6名のメンバーは一定ではない。

表-8 m-キシレンについて実習結果と照合試験結果の各パネルの閾値のはらつき及び平均値の差の検定結果（閾値の対数値について）

	閾値 ppb	n	分散	分散比	検定結果	平均	平均の差	検定結果
実習	82	82	0.328	1.146	各パネルの閾値のはらつきに差がない。*	-1.087	0.062	各パネルの閾値の平均値に差がない。*
照合試験	71	30	0.286			-1.149		

\* 5 %有意

表-9 硫化メチルについて実習結果と照合試験結果の各パネルの閾値のはらつき及び平均値の差の検定結果（閾値の対数値について）

	閾値 ppb	n	分散	分散比	検定結果	平均	平均の差	検定結果
実習	2.3	19	0.690	1.195	各パネルの閾値のはらつきに差がない。*	-2.639	0.152	各パネルの閾値の平均値に差がない。*
照合試験	1.6	30	0.577			-2.791		

\* 5 %有意

えている。

### (3)-3 パネル人数と平均値の信頼性

臭気濃度測定において、パネル人数は6名以上とされている。パネル選定試験合格者とはいえ、もともと嗅力にばらつきのあるパネル母集団から、6名ずつランダムにパネルを選んだときに、パネルグループ間で嗅力に差が生じてもおかしくはない。それは臭気濃度測定値のばらつきの原因となり、パネル人数が少ないと、一般に測定値のばらつきは大きくなる。

今、実習で得たメチルメルカプタンの閾値の対数値（以後文中で閾値というときは、閾値の対数値をいう。）の分布が、母集団に相当する一般的な閾値の分布を表しているものと考える。そして、メチルメルカプタンの閾値測定においてパネルとなった44名の実習生から、パネルとして6名をすべての組合わせについて選び出した場合、 ${}_{44}C_6 =$ 約706万通りの組合わせがで

きる。この全組合せによって求められる閾値の平均値 $\bar{X}$ をコンピュータで算出し、その出現頻度、平均値 $\bar{X}$ 及び標準偏差を求め表-10に示した。このヒストグラムは図-6に示すように正規分布の形になっている。また、上下カットした場合も計算した<sup>5)</sup>。

表-10 コンピュータシミュレーションによるメチルメルカプタンの閾値の分布（パネル6名の場合）

	閾値の対数値		閾値(ppb) (10 <sup>平均値</sup> )
	平均値	標準偏差	
上下カットなし	-1.044	0.233	0.090
上下カットあり	-1.071	0.252	0.085

このシミュレーションでは、閾値のばらつきの程度は、上下カットなしの方が上下カットありよりも小さくなっているが、各パネルの閾値のばらつき方によって結果は変わることが予想できる。

統計的理論によると、一般に平均 $\mu$ 、標準偏差 $\sigma$ である正規母集団から、ランダムに大きさ $n$ の試料を $k$ 組抽出したとき、各試料の平均値の分布は、 $n$ が大きくなるにつれて、平均 $\mu$ 、標準偏差 $\sigma/\sqrt{n}$ の正規分布に近づく。母集団の分布と仮定したパネル44名による実習結果では、閾値（対数値）の平均は-1.042、標準偏差は0.613であったので、 $n=6$ のときの標準偏差の期待値は $0.613\sqrt{6}=0.250$ となり、シミュレーション結果とかなり近い値である。

母平均 $\mu$ の信頼率90%信頼区間や95%信頼区間は、試料平均 $\bar{X} \pm t(n-1, 1-\text{信頼率}) \times \text{標準偏差 } s/\sqrt{n}$ によって求められる。パネル

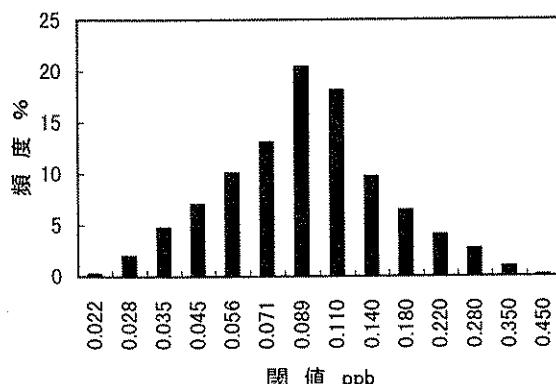


図-6 コンピュータシミュレーションによるメチルメルカプタンの閾値の分布（パネル6名の場合）

の人数  $n$  及びパネル員の閾値の標準偏差  $s$  を変化させた場合に得られる臭気濃度 =  $10^{\frac{s}{\sqrt{6}}}$  の 90%信頼区間の上限値と下限値の比を求め、その例を図-7に示した。90%の確率で臭気濃度の上限値／下限値が 10 倍以内に入ることを目的とするならば、図-7から必要なパネル人数は、たとえばパネル員の閾値の標準偏差が 0.5 の試料であれば 5 人以上、0.7 の試料であれば 11 人以上であることがわかる。

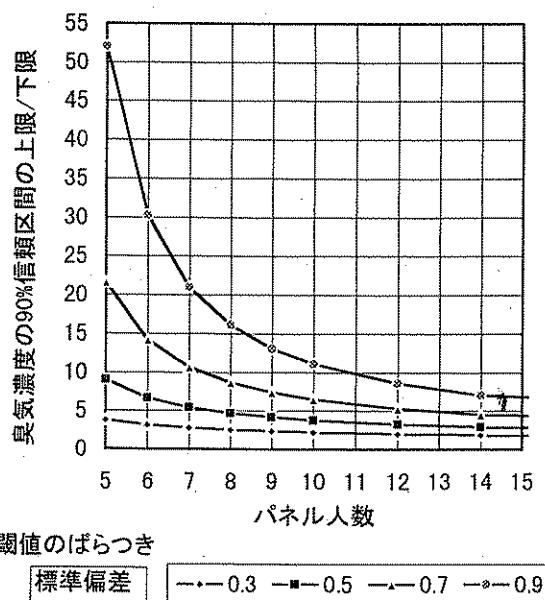


図-7 パネル人数及び閾値のばらつきと臭気濃度の 90 %信頼区間の上限値／下限値

硫化水素等の閾値測定でパネルとなった 89 名の実習生の閾値の分布を母集団とみなし、パネル 6 名の場合の閾値（平均値）の 90%信頼区間を表-11 に示した。すなわち、 $a = [全員の閾値の平均値 \pm t (5, 0.1) \times \text{閾値の標準偏差} s / \sqrt{6}]$  を求め、 $10^a$  として濃度単位 (ppb) の閾値にもどし、その上限値と下限値の幅を示した。参考として同表に示した日環センターの閾値測定結果<sup>6)</sup>（パネル 6 名の繰り返し測定の平均）は、いずれも、実習データから求めた閾値の 90%信頼区間に内に入っている。パネルの嗅力

のばらつきを測定誤差の要因としてみた場合、実習生も日環センターのパネルも同じ母集団から選ばれたパネルであるとみて差し支えない。

### 3.3 におい袋を用いた臭気強度の測定

#### (1) 測定に供した試料

測定に供した試料は、硫化水素と m-キシレンである。

#### (2) 測定方法

##### (2)-1 におい袋を用いた臭気強度の測定方法 (以後、単に「におい袋法」という。)

臭気強度測定用の試料は、臭気濃度測定時の試料と同様、原ガス試料の所定量を 3 ℥のにおい袋に注入して作成した。においの嗅ぎ方は、臭気濃度測定法と同じである。ただし、三点比較法ではなく、二点比較法で行った。すなわち、付臭におい袋と無臭におい袋を同時にパネルに提示し、パネルは両方のにおいを嗅いで、付臭袋と思う方の試料のにおいの強さを、表-12 の六段階法で判定した。この際、無臭袋と思う方のにおいの強度を 0 として比較判断し、付臭袋を選び出せなかった場合は、その試料の強度は 0 とした。試料の提示は、高、低濃度ランダムとし、同一希釈倍数での試験回数は 1 ~ 2 回である。試料の濃度は、原ガス濃度のみ GC 法あるいは検知管法で測定し、希釈濃度については希釈倍数から計算で求めた。

表-12 六段階臭気強度表示

5 : 強烈なにおい
4 : 強いにおい
3 : らく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)
1 : やっと感知できるにおい (検知閾値)
0 : 無臭

#### (2)-2 におい袋法のデータと比較するために用いた無臭室実験データの測定方法

1 室の内容積 4 m<sup>3</sup>、ステンレス製 2 室からなる嗅ぎ窓式無臭室（温度・湿度調整可）を用い

表-11 実習生の閾値データから求めたパネル 6 名の場合の閾値の 90 %信頼区間及び日環センターの閾値測定結果

(単位: ppb)

	硫化水素	m-キシレン	メチルメルカプタン	硫化メチル
実習データから求めた閾値の 90%信頼区間	2.5~0.29	240~28	0.29~0.028	11~0.48
日環センターの閾値測定結果	0.41	41 *	0.070	2.0 *

\*照合試験時の結果も含む

て実施した。臭気強度の表示法は表-12と同じである。無臭室内の試料ガス濃度は、高低ランダムに調製し、GC法で測定した。パネル人数は6名で、主として調香師（専門パネル）で構成した。なお、この無臭室実験結果は、悪臭防止法における特定悪臭物質規制基準値設定のための基礎資料となっている。

### (3) 濃度と臭気強度の関係

におい袋法で求めた硫化水素、m-キシレンの濃度と臭気強度の関係を求めるにあたり、無臭室実験すでに実証されているフェヒナーの法則が、におい袋を用いた実習データでも成り立つか、すなわち濃度を対数変換することによって臭気強度との間で直線関係が成り立つかについて、回帰分析（回帰に関する分散分析）によ

り確認した。その結果、硫化水素、m-キシレンのすべての実習データで、フェヒナーの法則を満足する結果が得られた（有意水準1%以下）。

#### (3)-1 硫化水素

##### (a) 硫化水素と臭気強度の関係

実習データをもとに、硫化水素濃度と臭気強度の関係を実施年度別に図示すると図-8のようになる。プロットと実線で示した回帰直線が実習結果であり、点線の回帰式が無臭室法による結果である。実施年度で濃度-強度の回帰式に多少のずれは認められるが、年度単位ではデータが少數であることから、年度間の比較はあまり意味はないと考える。そこで、実施年度を分けずに全データを一つにまとめると、図-9のようになる。

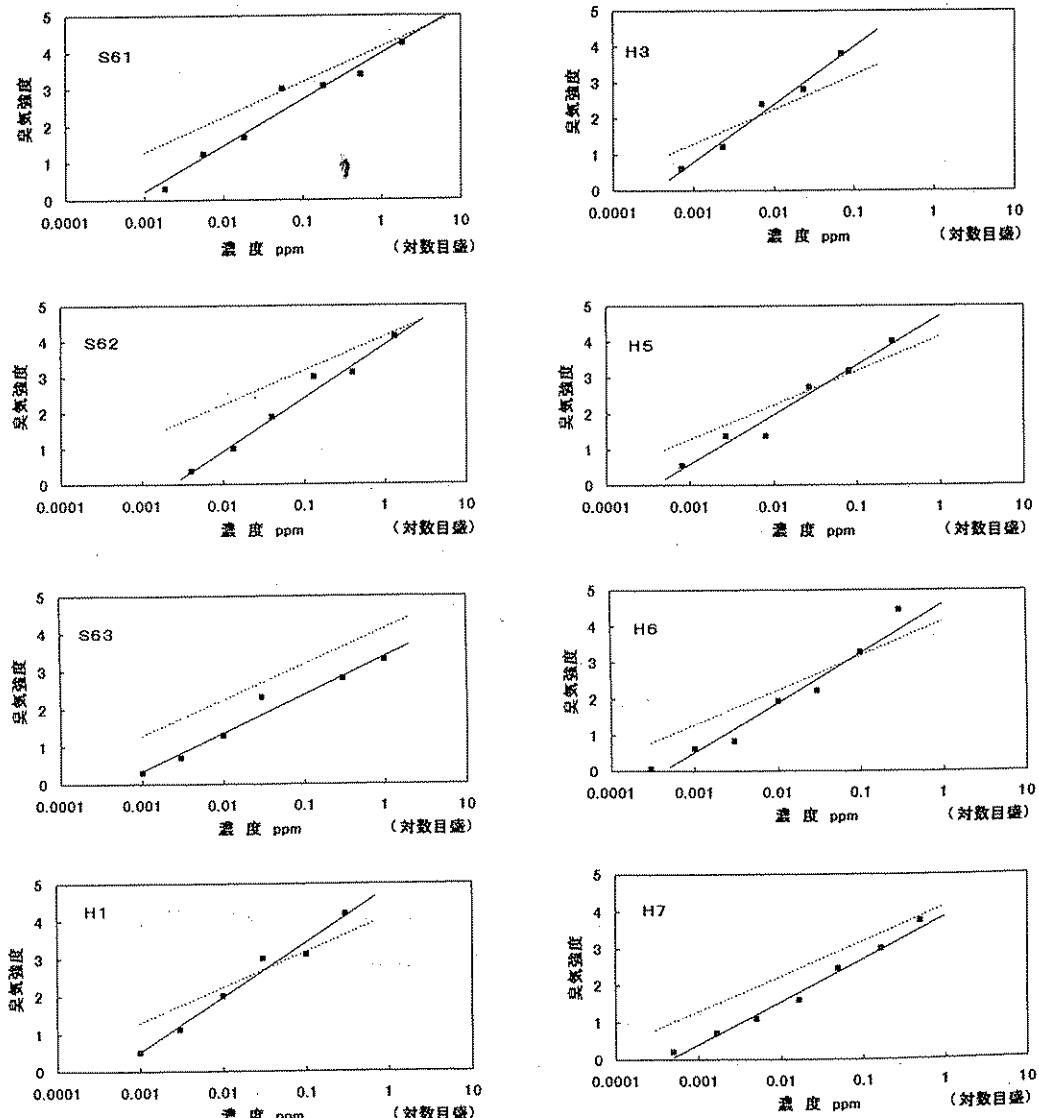


図-8 におい袋法で測定した硫化水素濃度の対数值と臭気強度の関係（実習年度別）  
— におい袋法    - - - 無臭室法

(b) 硫化水素に対するにおい袋法の測定結果と無臭室実験結果との比較

におい袋法（実習年度別のデータを一つにまとめたデータ）及び無臭室法による硫化水素濃度と臭気強度の関係を、表-13に示す。

無臭室法による濃度一強度の回帰式を母回帰とし、におい袋法で求めた回帰式が母回帰と異なるかどうか、回帰分析を行い解析した。その結果、濃度平均 $\bar{X}$ での切片及び回帰係数（傾き）ともに母回帰に対して有意差が認められ、におい袋法と無臭室法の両回帰式に違いがあるという結果になった。

(3)-2 m-キシレン

(a) m-キシレン濃度と臭気強度の関係

実習データをもとに、m-キシレン濃度と臭気強度の関係を実施年度別に図示すると図-10のようになる。さらに実施年度を分けずに全データを一つにまとめると、図-11のようになる。

(b) m-キシレンに対するにおい袋法の測定結果と無臭室実験結果との比較

におい袋法（実習年度別のデータを一つに

まとめたデータ）及び無臭室法によるm-キシレン濃度と臭気強度の関係を表-14に示す。

無臭室法による濃度一強度の回帰式を母回帰とし、におい袋法で求めた回帰式が母回帰と異なるかどうか、回帰分析を行い解析した。その結果、無臭室実験による回帰式とにおい袋法の回帰式とは、傾きについては有意差は認められなかったが、 $\bar{X}$ における切片の差が有意となった。

(4) におい袋を用いた臭気強度測定法について  
分析によって得られた濃度がどの程度の強度レベルに相当するかは、必要な情報である。しかし、臭気強度の測定において、無臭室法での専門パネルのように高度に熟練したパネルを常に確保することは困難であり、一般パネルの採用を考えざるを得ない。また、無臭室を設置することも容易ではない。閾値測定法として三点比較式臭袋法が実用的な測定方法であるように、臭気強度の測定においても、におい袋を用いることが可能であると考え、実習に取り入れた。

におい袋法と無臭室法の主な違いを列記すると、以下のようになる。

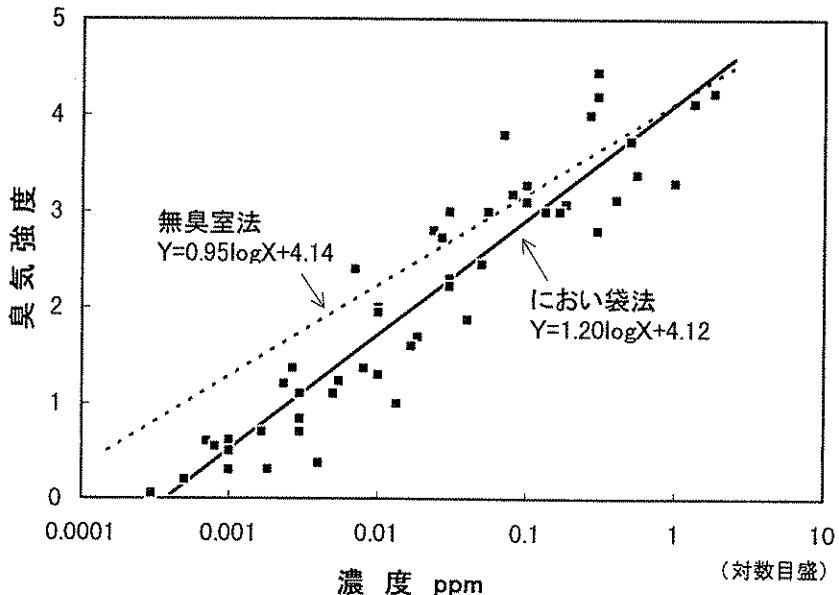


図-9 におい袋法で測定した硫化水素濃度の対数値と臭気強度の関係  
(実習年度別のデータを一つにまとめた)

表-13 硫化水素の濃度と臭気強度の関係

方 法	臭気強度Yと濃度X (ppm)との関係	臭 气 强 度					濃度 : ppm
		1	2	3	4	5	
におい袋法	$Y = 1.20 \log X + 4.12$	0.0025	0.017	0.12	0.79	5.4	
無臭室法	$Y = 0.95 \log X + 4.14$	0.0005	0.0056	0.063	0.71	8.0	

① パネル（におい袋法：一般パネル、無臭室法：専門パネル）

一般パネルと専門パネルでは強度の判定基準に差はないと考える。ただし、専門パネルは判定に安定性がある。

② 試料ガスの提示方法（におい袋法：二点比較法 無臭室法：単一刺激法）

におい袋法は、ブランク臭（無臭袋自体のにおい）との誤認を避けるため、付臭袋を選定したうえで強度の判定を行ったので、強度の低い試料に対しては、厳しい判定となり、ブランク臭が強いほど影響を受ける。

③ 試料ガス濃度（におい袋法：原ガス濃度のみ測定 無臭室法：全試料ガスの濃度を測定）

におい袋法では、試料ガスの注射器等への吸着により、とくに高希釈試料において希釈誤差が生じる。

④ においの嗅ぎ方

無臭室に頭部を入れて室内のにおいを嗅ぐという無臭室法は、我々が日常生活で自然ににおいを嗅いでいる状態とは多少異なるが、におい袋法の嗅ぎ方と比べると、やはり無臭室法の方が自然の状態に近い。

(3) で、におい袋法で求めた硫化水素及びm-キシレンの濃度-強度の回帰式は、無臭室実験の回帰式と異なるという結果になった。図-9及び図-11をみると、とくに硫化水素において臭気強度の低い濃度レベルで、におい袋法の強度が無臭室法に比べて低く判定されていることが

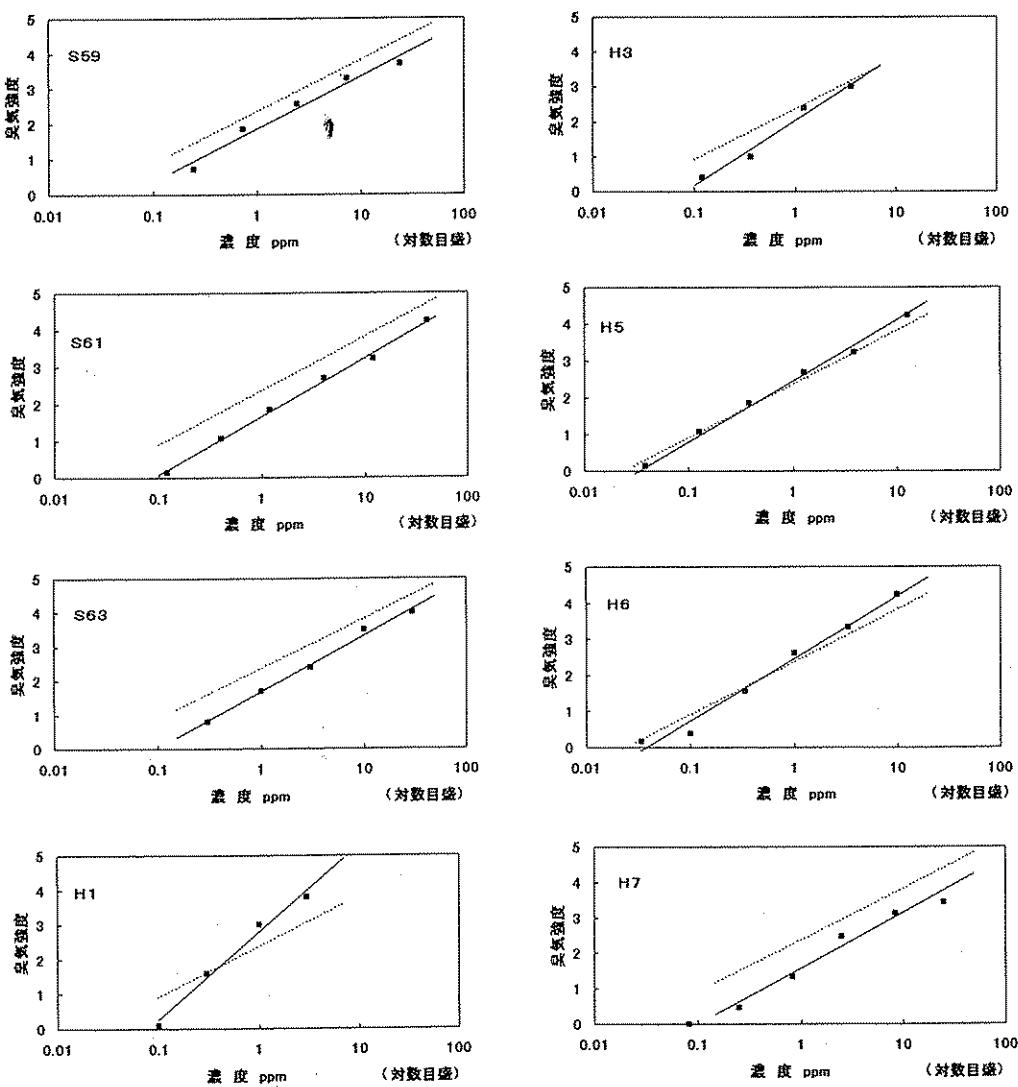


図-10 におい袋法で測定したm-キシレン濃度の対数値と臭気強度の関係（実習年度別）  
—— におい袋法      ······ 無臭室法

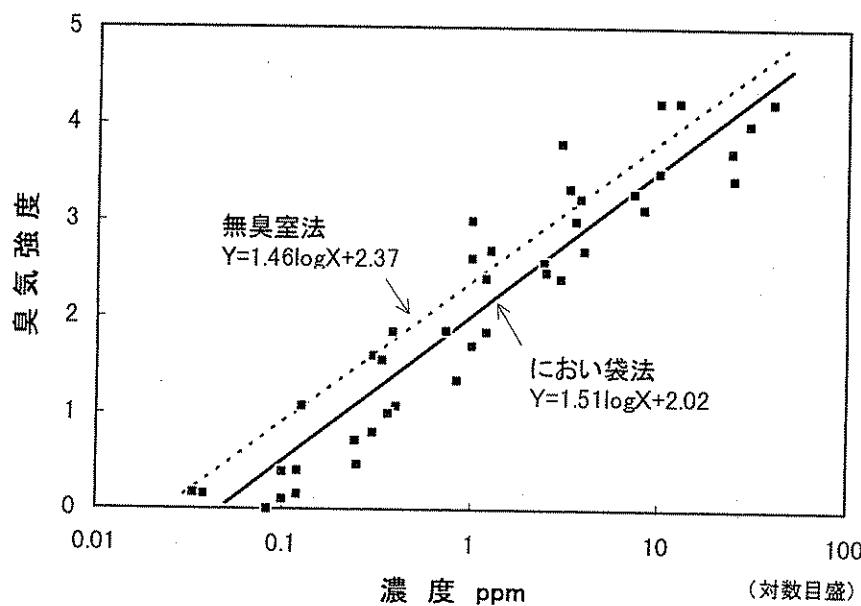


図-11 におい袋法で測定したm-キシレン濃度の対数値と臭気強度の関係  
(実習年度別のデータを一つにまとめた)

表-14 m-キシレンの濃度と臭気強度の関係

方 法	臭気強度Yと濃度X (ppm)との関係	濃度: ppm				
		1	2	3	4	5
におい袋法	$Y = 1.51 \log X + 2.02$	0.21	0.97	4.5	20	94
無臭室法	$Y = 1.46 \log X + 2.37$	0.12	0.56	2.7	13	63

わかる。両測定方法の相違点としてあげた中では②、③がその原因となりうる。また、実習では時間的な制約から、試料ガスの濃度段階を幅広くとることができなかった。パネルは、与えられた濃度幅の中で強度0～5を振り分けようとするきらいがあるので、濃度幅が小さいと回帰式の傾きが大きくなる傾向がみられる。

におい袋法で求めた強度データが実際に使用できるかという問題であるが、臭気強度2以上の濃度範囲でみると、両方法の回帰直線上の強度差は2物質とも0.5以下であり、かなり近い値が得られている。m-キシレンでは、実験濃度の全範囲で両回帰直線上的強度差が0.5以下におさまっている。日環センターで実施した十数物質に対するにおい袋法による臭気強度の測定結果を含めて考察すると、におい袋を用いた臭気強度の測定法は、臭気強度2以上の濃度レベルに対して近似的に濃度と臭気強度の関係を知る方法として、十分対応できる方法と考える<sup>12)</sup>。ただし、におい袋法では、鼻と口の部分だけがにおいと接するため、アンモニアのように眼にも刺激を感じるような臭気に対しては、無臭室

法の方が全体に強度の判定値が高くなる傾向がある。なお、閾値付近の判定は、ブランク臭の影響を受けるため非常にむずかしく、無臭室実験でもバックグラウンドの状態の良いときを選んで試験をしている。

#### 4. まとめ

昭和57年度から平成7年度までの過去12回(実習生142名)、環境研修センターで実施した臭気官能試験の実習データを整理し、解析した。

##### (1) 基準臭による嗅力検査

におい紙法、5-2法で5基準臭による嗅力検査を行い、実習生142名の嗅覚閾値のデータを得た。実習生の閾値の分布は、5基準臭とも従来より各研究機関で行われている閾値測定結果の分布と有意な差はみられなかった。

##### (2) 臭気濃度測定

三点比較式臭袋法の主に排出口試料の測定法で臭気濃度測定の実習を行った。1回の実習の検体数は、単一臭気1～2検体、現場臭気1～2検体である。単一臭気試料の実習データから、

硫化水素の閾値 0.86 ppb、m-キシレンの閾値 82 ppb、メチルメルカプタンの閾値 0.091 ppb、硫化メチルの閾値 2.3 ppb が得られた。m-キシレン及び硫化メチルについては、昭和60年に総パネル人数 30 名により同測定方法による照合試験を行っているので、その閾値測定結果と比較した。検定の結果、m-キシレン、硫化メチルとも実習データと照合試験データ間で、閾値の平均値及びばらつきとともに有意差は認められなかった。また、実習データを用いて、パネル人数と臭気濃度の信頼性について検討を加えた。

### (3) 臭気強度測定

硫化水素及びm-キシレンについて、におい袋を用いて臭気強度を測定し、濃度一強度の回帰式を求めた。回帰分析の結果、得られた回帰式はフェヒナーの法則を満足するものであったが、無臭室法の回帰式とは異なる回帰関係を示すという結果であった。両回帰式の相違は、主に閾値付近の強度判定値の差によって生じており、臭気強度 2 以上の濃度レベルに対しては、におい袋法と無臭室法の濃度と臭気強度の関係は近似していた。

## 5. おわりに

環境研修センターで嗅覚測定の実習を行うようになってから、早 13 年、計 12 回になる。当初から、この実習の講師としては、三点比較式臭袋法の考案者である東京都環境科学研究所の方が適任であると考えていたが、日環センターも官能試験の検討（環境庁）に携わったということで、実習のお手伝いをしてきた。実習内容についてはまだ検討の余地があり、とくに一号規制に相当す

る環境試料の測定に関しては十分に実習ができるはず、今後の課題である。

実習生は意欲的であり、なによりもチームワークがよい。実習期間内では当然嗅覚測定法を完全にマスターするまでには至らないが、実習から嗅覚測定法の有用性と問題点、留意点を理解し、今後各人がそれぞれの部署で嗅覚測定の経験を積み重ね、悪臭問題に取り組んでいかれることを切望する。

## 参考文献

- 1) 永田好男、竹内教文：官能試験における野外臭気の採取法に関する知見、日本環境衛生センター所報、5、p 94-98、1978.
- 2) 竹内教文、岡安信二、永田好男、重田芳廣、青木通佳：基準臭を用いた嗅覚閾値測定、日本環境衛生センター所報、5、p 99-105、1978.
- 3) 岩崎好陽、福島 悠、小野塙春吉、石黒辰吉、大平俊夫：嗅覚パネルの選定および人数の検討、第 15 回大気汚染研究全国協議会大会、p 450、1974.
- 4) 岩崎好陽著：臭気官能試験法、p 42-95、(社)臭気対策研究協会、1993.
- 5) 角脇 恵：コンピューターシミュレーション手法による三点比較式臭袋法の精度の検討、公害と対策、19(5)、p 69-74、1983.
- 6) 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、日本環境衛生センター所報、17、p 77-89、1990.
- 7) 建設省土木研究所：臭気と脱臭方法に関する調査報告書、p 67-110、1979.