特集・臭気問題の現況と対策

悪臭物質の機器分析法

安 原 昭 夫*

1. はじめに

典型七公害のひとつである悪臭公害が日本での悪臭防止法成立の契機となり、大規模な事業場での悪臭防止対策が整備されていった。この悪臭防止法では悪臭を機器分析を利用して規制しようという画期的な法律であった。しかしながら、悪臭の苦情件数では大きな減少傾向は観測されず、法律で定めた物質だけでは悪臭の規制が困難であることが判明した。時代が変わっても、悪臭が依然として重要な環境問題であることに変わりはない。機器分析法は特定の化学成分（現在は22物質を規制）を高感度に検出する方法であるため、当然のことながら、特定の化学成分以外の物質が悪臭の原因である場合には機器分析法はあまり役に立たない。この欠点を補うべく、平成7年に人間の嗅覚を利用した測定法が追加されることになった。この嗅覚測定法では悪臭を総体として検知・規制できるが、悪臭の実態を解明したり、防止対策を講じる際には機器分析法も不可欠な手段である。また、これからは快適な匂い環境の創造といった分野も重要になるが、その際にも機器分析法が大きな威力を発揮する。ここでは法規制されている物質の機器分析法の概略を説明したあと、その他の分析法と匂いセンサーについて記述する。

2. 特定悪臭物質の分析法

悪臭防止法で規制されている22物質の物性と分析法を表1に示す。ここでは悪臭防止法で定められている分析法の概要について述べる。分析法の詳細は環境六法に記載されている「悪臭物質の測定の方法」（環境庁告示）を参照してほしい。

アンモニアは悪臭大気をホウ酸水溶液に通して捕

集し、フェノール、ペンタシアノ鉄(III)酸ナトリウム及び次亜塩素酸ナトリウム溶液と反応させてインドフェノール青とする。以前は硫酸ろ紙でアンモニアを捕集する方法も使われたが、ブランクでのバックグラウンド値が高いために利用されなくなった。ピリジン・ピラゾロン呈色反応はピリジンのロットによる分析値のばらつきが大きいために、公定法からはずされた。次亜塩素酸ナトリウム溶液は時間と共にゆっくりと分解していくので、分析前にJIS法により有効塩素量を測定することが必要である。

イオウ系悪臭物質（メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル）の分析は炎光光度検出器(FPD)を用いたガスクロマトグラフィー(GC)で行われ、試料濃縮と検量線用標準ガスの調製が重要である。試料濃縮は液体酸素で冷却しているガラス管あるいはテフロン管（内部にGC用カラム充填剤と同じものを充填したもの）を用いて行う。冷剤に液体窒素を使用した場合には、濃縮管内に空気中の酸素が濃縮されてしまうので、酸化されやすいイオウ系物質の捕集では使用しないほうが良い。メルカプタンや硫化水素のように活性水素を持つ物質の分析では、ガラス管壁への吸着が起りやすいので、濃縮管やGCカラムの内壁をあらかじめリン酸のような酸性物質で処理しておくが必要である。硫化水素やメチルメルカプタンは猛毒物質であり、標準ガスの調製時や分析時には部屋の換気に気を配る必要がある。従来の検量線作成は目的物質の標準溶液をGC装置に注入する方法であったが、操作が煩雑なうえに直線性や再現性が得られにくいという欠点があり、改正分析法では標準ガスを用いて検量線を作成するように改められている。GC分離カラムとして従来使用されていたトリス（シアノエトキシ）プロパンを液相とする充填剤では、硫化水

* 環境庁国立環境研究所化学環境部計測管理研究室
Akio YASUHARA

表 1 悪臭防止法で規制されている物質一覧

化合物名 (和名)	分子式	沸点 (°C)	基準範囲 (ppm)	分析法
アンモニア	NH ₃	-33.42	1~5	誘導体化／吸光光度法
メチルメルカプタン	CH ₃ S	5.95	0.002~0.01	GC-FPD
硫化水素	H ₂ S	-60.7	0.02~0.2	GC-FPD
硫化メチル	C ₂ H ₆ S	36.2	0.01~0.2	GC-FPD
二硫化メチル	C ₂ H ₆ S ₂	90.0	0.009~0.1	GC-FPD
トリメチルアミン	C ₃ H ₉ N	4.4	0.005~0.07	GC-FID
アセトアルデヒド	C ₂ H ₄ O	20.8	0.05~0.5	誘導体化／GC-FTD または GC/MS
プロピオンアルデヒド	C ₃ H ₆ O	48.5	0.05~0.5	誘導体化／GC-FTD または GC/MS
ノルマルブチルアルデヒド	C ₄ H ₈ O	74.8	0.009~0.08	誘導体化／GC-FTD または GC/MS
イソブチルアルデヒド	C ₄ H ₈ O	64.2	0.02~0.2	誘導体化／GC-FTD または GC/MS
ノルマルバレールアルデヒド	C ₅ H ₁₀ O	103	0.009~0.05	誘導体化／GC-FTD または GC/MS
イソバレールアルデヒド	C ₅ H ₁₀ O	92.5	0.003~0.01	誘導体化／GC-FTD または GC/MS
イソブタノール	C ₄ H ₁₀ O	107	0.9~20	GC-FID
酢酸エチル	C ₄ H ₈ O ₂	77.1	3~20	GC-FID
メチルイソブチルケトン	C ₆ H ₁₂ O	116.7	1~6	GC-FID
トルエン	C ₇ H ₈	110.6	10~60	GC-FID
スチレン	C ₈ H ₈	145.2	0.4~2	GC-FID
キシレン	C ₈ H ₁₀	139~144	1~5	GC-FID
プロピオン酸	C ₃ H ₆ O ₂	140.8	0.03~0.2	GC-FID
ノルマル酪酸	C ₄ H ₈ O ₂	164	0.001~0.006	GC-FID
ノルマル吉草酸	C ₅ H ₁₀ O ₂	186~187	0.0009~0.004	GC-FID
イソ吉草酸	C ₅ H ₁₀ O ₂	176.5	0.001~0.01	GC-FID

規制基準値は都道府県知事が表中の基準範囲内で定めることになっている。

素と硫化カルボニル、メチルメルカプタンと硫化メチル及び二硫化炭素の分離が十分でない場合もあるので、 β, β' -オキシジプロピオニトリルを液相とする充填カラムを使用することが望ましい。

イオウ系化合物の場合は大気試料だけでなく、排水の濃度も規制されている。ヘッドスペース試験法によるものであり、操作手順を簡潔に述べる。0~5°Cに冷却された試料水を試験容器に入れ、塩酸を添加してpHを3.0~4.0にする。容器に密栓をして、手で上下に約30秒間振とうした後、30°Cの恒温水槽中で30分間静置する。ヘッドスペースガスの一定量をガスタイトシリンジで採取して、GC装置に注入する。

トリメチルアミンは希硫酸で捕集した後、濃水酸化カリウム水溶液でトリメチルアミンを再び遊離させ、窒素パージで追い出し、液体酸素で冷却した捕集管に濃縮捕集する。GCカラム充填剤には白色硅藻土担体にジグリセロールを15%、テトラエチレンペンタミンを15%、水酸化カリウムを2%被覆したものをを使う。

アルデヒド類では2種類の分析法が規定されている。ひとつは2,4-ジニトロフェニルヒドラジン(DNPH)と反応させてヒドラゾンとした後、熱イ

オン化検出器(FTDあるいはNPD等と呼ばれる)を装備したGCで分析するもので、もうひとつはアルデヒドをポラスポリマービーズに常温吸着した後、ガスクロマトグラフィー質量分析法(GCMS)で直接分析するものである。誘導体化によるアルデヒド分析の流れを図-1に示した。アルデヒド類の誘導体化にはいくつかの問題点がある。ブランクテストではかなりの濃度のアセトアルデヒドがバックグラウンドとして検出されることが多く、またその値が一定にくいという状況がある。このバックグラウンドの原因は溶媒・試薬中に蓄積されたアルデヒドや室内大気中に存在するアルデヒドである。これらのバックグラウンドを下げるには分析操作をする室内環境を改善するのが一番である。標品のアルデヒド類やそれらの溶液を分析室内には置かないことが必要である。溶媒中のアルデヒド量が高い時は、新しいビンを開封するのが良い。アルデヒド量がそれほど高くない時は、精製してアルデヒド量を減らすことも可能である。DNPH誘導体はシン型とアンチ型の幾何異性体混合物から成っているため、GC上ではひとつのアルデヒド(ホルムアルデヒドは除く)について2本のピークが観察されることになる。DNPH誘導体化によるアルデヒドの分析例¹⁾(G

<操作>

図-1 DNPH 誘導体化によるアルデヒド類の分析フロー

C)を図-2に示す。DNPH 誘導体化では試料空气中にオゾンなどの酸化性物質が含まれていると、生成したヒドラゾンが酸化分解を受けるために、捕集管の前にオゾン除去のスクラバーを付けてサンプリングすることが望ましい。一方、GCMSによるダイレクト分析では、常温吸着捕集剤にポーラスポリマービーズ、多孔性シリカビーズ及び活性炭を積層充填したものが使われる。この分析法は誘導体化を用いないためにブランクの問題が発生しないという利点がある。分析感度を上げるために、クライオフォーカスの手法とキャピラリーカラムが使用されている。

イソブタノールは液体酸素で冷却された白色硅藻土に低温濃縮した後、加熱追い出しでGC装置に導入することによって分析される。分離カラムの液相にはポリエチレングリコール1500が適している。

酢酸エチル、メチルイソブチルケトン、トルエン、スチレン及びキシレンに対しては2種類の濃縮法がある。ひとつは液体酸素で冷却された白色硅藻土に低温濃縮した後、加熱追い出しでGC装置に導入するものである。もうひとつの方法はポーラスポリマービーズで常温吸着した後、加熱追い出しでGC装置に導入するものである。分離カラムの液相には酢酸エチルとメチルイソブチルケトンに対してはユーコンオイル50LB550Xが、トルエン、スチレン及び

図-2 アルデヒド DNPH 誘導体のガスクロマトグラム

1 = ホルムアルデヒドの誘導体, 2 = アセトアルデヒドの誘導体, 3 = アセトンの誘導体, 4 = アクロレインの誘導体, 5 = プロピオンアルデヒドの誘導体, 6 = イソブチルアルデヒドの誘導体, 7 = ブチルアルデヒドの誘導体, 8 = クロトンアルデヒドの誘導体, 9 = バレルアルデヒドの誘導体, 10 = カプロンアルデヒドの誘導体, IS = 2,2',4,4',5,5'-ヘキサクロビフェニル (内部標準)

キシレンに対してはSP-1200とペントン34の混合物が適している。

脂肪酸(プロピオン酸, ノルマル酪酸, ノルマル吉草酸及びイソ吉草酸)は水酸化ストロンチウムで被覆したガラスビーズ(アルカリビーズと呼ばれる)を充填した捕集管に常温で試料ガスを通して、脂肪酸のストロンチウム塩として濃縮捕集する。この捕集管をGC装置に接続してギ酸を注入することにより脂肪酸を遊離させ、加熱してGCカラムに導入する。ギ酸はGC検出器のFIDには応答しないので定量の妨害にはならない。GCカラムには黒鉛化カーボンブラック担体にFFAPを0.3%及びリン酸を0.3%コーティングしたものが用いられる。アルカリビーズの調製は官報で告示された湿式法の他に、微粉末の水酸化ストロンチウムをガラスビーズに直接まぶす乾式法を使用してもよいことになっている。アルカリビーズは使用直前に調製することが望まし

表2 環境庁告示で定める分析法での検出限界値一覧

物 質 名	試料採取量 (ℓ)	検出限界値 (ppm)
アンモニア	50	0.05
メチルメルカプタン	1	0.0002
硫化水素	1	0.0002
硫化メチル	1	0.0005
二硫化メチル	1	0.0005
トリメチルアミン	50	0.0005
アセトアルデヒド	50	0.0005(DNPH/GC法)
	2	0.0005(常温吸着/GCMS法)
プロピオンアルデヒド	50	0.002(DNPH/GC法)
	2	0.0005(常温吸着/GCMS法)
ノルマルブチルアルデヒド	50	0.002(DNPH/GC法)
	2	0.0005(常温吸着/GCMS法)
イソブチルアルデヒド	50	0.002(DNPH/GC法)
	2	0.0005(常温吸着/GCMS法)
ノルマルパレルアルデヒド	50	0.002(DNPH/GC法)
	2	0.0005(常温吸着/GCMS法)
イソパレルアルデヒド	50	0.002(DNPH/GC法)
	2	0.0005(常温吸着/GCMS法)
イソブタノール	1	0.01
酢酸エチル	1	0.01
メチルイソブチルケトン	1	0.01
トルエン	1	0.01
スチレン	1	0.01
キシレン	1	0.01
プロピオン酸	25	0.0005
ノルマル酪酸	25	0.0005
ノルマル吉草酸	25	0.0005
イソ吉草酸	25	0.0005

く、長期保存は避けねばならない。市販のガラスビーズを購入使用する場合は製造年月日に注意する必要がある。

表2に各分析法での検出限界値を示した。これはあくまで目安であって、分析装置や分析法の進歩によってこれらの検出限界値はさらに低くなっていく。分析において検出限界が小さいということは望ましいことであるが、さらに、得られた分析値の精度が高いことも重要である。そのためには精度管理の手法に従ってサンプリング、分析、データ処理を行うことが必要である。

3. その他の悪臭物質の分析

ここでは公定法以外の分析法や未知の悪臭物質の解明方法について述べる。

外国でもいろいろな大気中化学物質の分析法が定められており、いくつかは悪臭成分分析にも使用できるものである。筆者の手元にある資料の中から関連するタイトルを以下に記載する。

米国EPAがCompendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Airで制定した方法

TO-1 Method for the determination of volatile organic compounds in ambient air using Tenax adsorption and gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS).

TO-2 Method for the determination of volatile organic compounds in ambient air by carbon molecular sieve adsorption and gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)

TO-3 Method for the determination of volatile organic compounds in ambient air using cryogenic preconcentration techniques and gas chromatography with flame ionization and electron capture detection.

TO-5 Method for the determination of aldehydes and ketones in ambient air using high performance liquid chromatography (HPLC).

TO-12 Method for the determination of non-methane organic compounds (NMOC) in ambient air using cryogenic preconcentration and direct flame ionization detection (PDFID).

TO-14 Method for the determination of volatile organic compounds (VOCs) in ambient air using Summa passivated canister sampling and gas chromatographic analyses.

ヨーロッパ連合(E C)が制定した大気分析の方法

MDHS 3 Generation of test atmospheres of organic vapours by the syringe injection technique.

MDHS 4 Generation of test atmospheres of organic vapours by the permeation tube method.

MDHS 33 Adsorbent tube standards.

MDHS 40 Toluene in air.

MDHS 43 Styrene in air.

MDHS 70 General methods for sampling airborne gases and vapours.

MDHS 72 & 80 Volatile organic compounds in air.

日本の環境庁大気保全局大気規制課が編集した「大気汚染物質測定法指針」(環境公害新聞社刊, 1987年)やJISハンドブック(日本規格協会刊, 毎年発行)の中にも、悪臭物質の分析法が定められている。以

下にいくつかの物質について、悪臭防止法で定められた分析法と違った分析法を紹介する。

アンモニア、硫化水素を除くイオウ系化合物、トルエン、スチレン、キシレンについては、悪臭防止法で定める分析法は JIS あるいは大気汚染物質測定法指針のものと基本的に同じである。また、EC で定められているトルエンとスチレンの分析法も悪臭防止法のものと基本的に同じである。

硫化水素は典型的な悪臭物質であり、いろいろな分析法が世界各国で研究されてきた。米国の標準分析法はメチレンブルー法であるが、日本の JIS (K0108) では GC 法 (定量範囲は 0.05~3 ppm)、メチレンブルー法 (定量範囲は 5~1000ppm) 以外に硝酸銀電位差滴定法 (定量範囲は 10~500ppm) とイオン電極法 (定量範囲は 0.05~1000ppm) が併記されている。大気汚染物質測定法指針では GC 法と共に、フルオレセイン酢酸水銀を使用する蛍光光度法が記載されているが、猛毒の水銀化合物を使用することから普及するには至らなかった。最近発表された分析法のひとつを紹介する²⁾。酢酸亜鉛、クエン酸、水酸化ナトリウムの混合水溶液に空気を通気して、硫化水素をまず捕集する。次にこの捕集液に臭素酸カリウム、硫酸、ジクロロフルオレセインを加えると、遊離した硫化水素が臭素酸カリウムと反応して臭素が発生し、この臭素がジクロロフルオレセインと反応して、ジクロロジプロモフルオレセインが生成する。この生成物を酢酸イソアミル/イソアミルアルコールで抽出し、535nm での吸光度を測定することで硫化水素を定量するものである。反応全体の収率は 98% 以上で、妨害物質である亜硝酸イオン、二酸化イオウあるいは二硫化炭素は捕集溶液を化学的に処理することで取り除かれる。

低級アミン類の分析法が米国の OSHA 公定法に記述されているが、捕集法・分析法とも悪臭防止法のものと基本的に同じである。

アルデヒドの分析については現在までに多くの開発が行われており、それらについては総説^{3,4)}を参照されたい。ホルムアルデヒドは悪臭原因物質ではないが、明確な毒性が認められているため、いろいろな呈色反応や誘導体化反応が研究されており、それらの多くが他の低級アルデヒド類の分析に利用できる。低級アルデヒド類は上述の DNPH 誘導体以外に、ベンジルオキシアミンによる誘導体化⁵⁾、ペンタフルオロベンジルオキシアミン (PFBOA) による誘

導体化⁶⁾、2-アミノエタンチオール (通称システアミン) による誘導体化⁷⁾などが知られている。DNPH 誘導体、ベンジルオキシアミンによる誘導体、PFBOA 誘導体はシン型とアンチ型の幾何異性体混合物であるため、GC チャート上では複数のピークを同定しなければならず、注意深い解析が必要である。それに対して、システアミン誘導体化法では、ひとつのアルデヒドからは単一の生成物ができるので、定量が容易である。また、システアミン誘導体化法の長所は、誘導体化反応が室温下、中性の水中で迅速に進行すること、適度な揮発性を有するためキャピラリー GC 分析に適していること、窒素選択性検出器 (FTD, NPD など) で選択的に検出できる、という点である。欠点としては、試薬・溶剤ブランクにおけるバックグラウンド値が高いこと、反応生成物 (チアゾリジン類) の安定性が他の誘導体ほど高くないことが挙げられる。米国 EPA の分析法は DNPH 誘導体化法であるが、分析は GC ではなく、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) が使用されている。ホルムアルデヒドの分析を定めた JIS (K0303) 法では留意事項として、他のアルデヒド類にも適用できる旨が記述しており、そこでは DNPH 誘導体を GC あるいは HPLC のいずれで分析してもよいとしている。多くの文献を調べた限りでは、日本以外では DNPH 誘導体を HPLC で分析するのが主流となっている。最近、日本の上水試験法ではアルデヒド類の分析を DNPH 誘導体化ではなく、PFBOA 誘導体化で行うこととなった。大気汚染物質測定法指針ではホルムアルデヒドは PFBOA 誘導体化で、アセトアルデヒドは DNPH 誘導体化で分析されている。DNPH はカートリッジによる固相捕集が実現されているが、PFBOA ではまだ実現には至っていないために、現時点では DNPH 誘導体化が最適といえる。またヒドラゾンの標準試料がオランダで作成され、その信頼性に関するデータが公表された⁸⁾。保存性にも問題がないということで、環境分析のクロスチェックや検量線作成に利用できると報告されている。Lehmpuhl と Birks は 2,4,6-トリクロロフェニルヒドラジンを使用した誘導体化⁹⁾を発表しており、電子捕獲型検出器 (ECD) 付き GC で高感度分析が可能と述べている。カートリッジによる捕集効率率はアセトアルデヒドで 80%、プロピオンアルデヒドで 94%、それ以外のアルデヒドでは定量的である。酸触媒を使用しない代わりに、捕

集後カートリッジを100°Cで6分間加熱しなければならない。検出限界はおよそ0.02~0.03ppbであるが、ブランク試験でバックグラウンドが観測される場合はバックグラウンド値の数倍となる。

今までは主に悪臭大気について述べてきたが、悪臭問題は大気に限ったことではなく、飲料水などの悪臭も大きな問題となっている。水道水のカビ臭い原因はジオスミンや2-メチルイソボルネオールで匂い閾値は水中濃度でそれぞれ10ng/ℓ, 29ng/ℓである。カビ臭を放つ物質の基本的要因は立体的に混み合った三級アルコールであることが最近発表された¹⁰⁾が、今までに報告されたものは全て微生物の代謝産物である。これらの分析法としては有機溶媒による液々抽出、パージトラップ法と常温吸着法を組み合わせた方法、固相抽出法などが使われる。飲料水の分析を定めた水質試験法では、ジオスミンなどの臭気物質をパージトラップ／常温吸着捕集／GCMS (SIM 法) で分析することとなっている。

今まで述べてきた方法は全て、既知の悪臭物質に限定して、その濃度を正確に測定するものである。実際の悪臭ではこれらの物質の濃度が分かたずとしても、十分に説明できないことが多い。そのような場合に悪臭の原因物質が何であるかを調べようとすると、最新の機器分析技術を駆使しなければならない。基本的な流れは臭気成分を大量濃縮してから、分画あるいはGC分離などで臭気成分とそれ以外の成分の分離を行っていく。その場合は人間の嗅覚でモニターをする。ある程度まで分離濃縮できれば、GCMSなどで含有成分の同定を行うと共に、GCオルファクトメーターで悪臭の原因となっているピークがどれかを決めればよいのである。方法論からみると、悪臭成分でも香氣成分でも同様である。学問的には香氣成分の研究は古くから行われ、多くの成果を生み出してきたので、悪臭の研究でも参考になる部分は多い。臭気成分の濃縮には従来は液々抽出、各種の蒸留、パージトラップ法などが使われていたが、最近では固相マイクロ抽出 (SPME)^{11,12,13)}や高周波加熱蒸留／固相吸着¹⁴⁾、超臨界流体抽出¹⁵⁾なども使われ始めている。臭気成分の同定ではGCMSで得られる質量スペクトルとGC保持指標が最も有効な手段である。類似の質量スペクトルを示す物質はかなり存在するので、質量スペクトルだけから同定を行うことは危険である。GC保持指標が一致することの確認が必要である。

4. 匂いセンサー

匂いセンサーという言葉が使用され始めてから随分時間がたっているが、これは匂いそのものを直接計っているわけではなく、対象空气中に含まれている化学成分のセンサー端子への吸着量を測定するものである。匂い物質を特異的に吸着するジアルキルアンモニウム塩の二分子膜で水晶発振子を被覆すると、微量の匂い物質がその膜に吸着され、水晶発振子の振動数が吸着量に比例して減少していく。この現象を利用したセンサーも匂いセンサーのひとつである。現在実用化されているのは半導体素子を使った匂いセンサーである。これは半導体素子に微量の物質が吸着すると、電気抵抗が変化することを利用したもので、ガス検知器と同様のものである。特に酸化スズ半導体は匂い物質に対して高い感度を示すと同時に、次に示す特性を有している。①匂いのない、あるいは弱い物質に対する感度が低い、②同族列の化合物群では匂いの強さと感度の間に比例関係がある、③匂いの発現に大きく寄与する官能基をもつ物質に対して感度が高い、④酸素原子、窒素原子、イオウ原子などを含む物質に対する感度が高い。半導体センサーはいくつかの種類のもので市販されており、これらを組み合わせて使うことにより、かなり詳細な情報を得ることもできるし、匂いを分類化できる場合もある。吉村ら¹⁶⁾は、8種類の半導体センサーを使用して得られたデータをパターン認識手法と主成分分析で解析した結果、それぞれの悪臭物質をクラスター分離することに成功している。一方、亀山ら¹⁷⁾は、魚腸骨処理場から発生するアミン類に着目して、GCによる定量値、官能試験による結果、半導体センサーによる測定結果の関係を調べた結果、整合性のあることを確認している。

匂いセンサーは便利な測定装置ではあるが、測定されたデータが何を意味しているかを判断するには従来の機器分析での測定データとつきあわせることが必要である。

5. おわりに

ここでは機器を使用した悪臭成分の分析法を述べてきたが、機器分析は化学物質を分離して、その量を調べる手段であり、その対象物質が匂い物質であるかどうかまでは教えてくれない。その意味では機器分析法と嗅覚試験法をうまく組み合わせることが

必要である。最後に機器分析についていくつか付け加えておきたい。機器分析の進歩はめざましいものであり、公定分析法が作られた時には優れた分析法であっても、時間が経てば古くなってしまうものである。悪臭分析法のGCカラムはアルデヒド類を除けば、バックドカラムであるが、現在の環境分析ではキャピラリーカラムが広く使用されている。従って、分析に際しては公定分析法の趣旨を汲み取って、より最新の技術で分析するように心掛けるべきである。また、公定分析法についても一定期間ごとに内容を見直していく必要がある。規制対象となる悪臭物質が今後も増え続けるのであれば、GCMSを利用した一斉分析などを採用して省力化を図る必要がある。環境水の水質分析法では検出限界値を概ね基準値の10分の1とするようになっており、悪臭の測定でも基準値の10分の1程度が十分な信頼性をもって測定できるように努力する必要がある。

参 考 文 献

- 1) L. Johnson, B. Josefsson, P. Marstorp and G. Eklund, Intern. J. Environ. Anal. Chem., 9 (1981) 7-26.
- 2) K. Shanthi and N. Balasubramanian, Analyst, 121 (1996) 647-650.
- 3) 安原昭夫, 環境化学, 1 (1991) 253-273.
- 4) 西川治光, 安原昭夫, 環境化学, 5 (1995) 199-205.
- 5) D. F. Majin, J. Chromatogr., 202 (1980) 255-261.
- 6) 西川治光, 高原康光, 森 仁, 早川友邦, 大気汚染学会誌, 19 (1984) 387-391.
- 7) A. Yasuhara and T. Shibamoto, J. Chromatogr., 547 (1991) 291-298.
- 8) J.-O. Levin, R. Lindahl, C. E. M. Heeremans and K. van Oosten, Analyst, 121 (1996) 1273-1278.
- 9) D. W. Lehmpuhl and J. W. Birks, J. Chromatogr. A, 740 (1996) 71-81.
- 10) E. Napolitano, E. Giovani, N. Ceccarelli and P. Pelosi, J. Agric. Food Chem., 44 (1996) 2806-2809.
- 11) A. J. Matich, D. D. Rowan and N. H. Banks, Anal. Chem., 68 (1996) 4114-4118.
- 12) J. A. Field, G. Nickerson, D. D. James and C. Heider, J. Agric. Food Chem., 44 (1996) 1768-1772.
- 13) A. Steffen and J. Pawliszyn, J. Agric. Food Chem., 44 (1996) 2187-2193.
- 14) E. D. Conte, C.-Y. Shen, P. W. Perschbacher and D. W. Miller, J. Agric. Food Chem., 44 (1996) 829-835.
- 15) M. Leunissen, V. J. Davidson and Y. Kakuda, J. Agric. Food Chem., 44 (1996) 2694-2699.
- 16) 吉村忠与志, 竹澤博士, 笠島 徹, 加藤浩二, 藤上義弘, 分析化学, 43 (1994) 873-878.
- 17) 亀山 紘, 島田了八, 中込真二, 渡邊 眞, 武山斌郎, 分析化学, 43 (1994) 1071-1076.

水質環境の概説

—1995年 改訂新版—

編 者 宇野源太 (元 大阪工業大学教授)

A 5 判 145頁

定 価 1,700円 (送料350円)

☆ 水環境保全の大切さの認識を深めるため、水についての基本的知識、事例、更に最近の技術動向までわかりやすく記述されています。

☆ 環境問題の教科書として、また、今後水質環境の分野で活躍しようとする人の手頃な参考書として応用できます。

発行 環境技術研究協会/〒530 大阪市北区天満2-1-20 TEL 06-357-7611