

<特集>

大気環境成分の測定法とモニタリング手法

Monitoring Technique for Atmospheric Pollutants

玉置元則*

財団法人ひょうご環境創造協会

Motonori Tamaki*

Hyogo Environmental Advancement Association

Abstract

In Japan, principally the wet method has been applied for air pollutant monitoring to see if the environmental quality standard is followed or not. Recently thanks to its high level of accuracy and precision in analysis, the dry method has been recommended. But the change from the wet method to the dry one is not sufficiently done. On the other hand, because the global environment is a hot issue nowadays, it is fully expected to establish the monitoring method with high reliability in the low concentration level and with guaranteed data traceability for long-term monitoring. For example, the NDIR method is suitable for monitoring the greenhouse gas, CO₂.

Key Words : air pollutant, monitoring, acid rain, greenhouse gas

1. はじめに

大気汚染とは何であろうか、また、大気環境の現状はどうか、大気汚染の定義は、汚染物質が排出された近傍で被害をもたらされる地域汚染が主であったため、清浄な大気において通常存在しない物質がその中に加わった場合とある物質が通常存在量以上に増加した場合とされていたが、酸性雨、地球温暖化や成層圏オゾン層破壊の越境大気汚染や地球環境問題が起きてくるなかで、それに加えて、大気組成の変化や大気に持ちこまれる熱エネルギーによる大気の状態の変化まであげられるようになってきた¹⁾。

大気を測る目的は大気環境を保全するために設定された環境基準の遵守と固有の人為的発生源の監視である。また、地球規模大気をモニタリングする目的は大気環境の現状ならびにそこに含まれる個別の化学成分濃度が短期的ならびに長期的にどのような傾向を示しているかを把握することにある。もちろん測ることは万能ではないが、測らないことには何一つ定量的把握ができないし、

説得力のある論理を展開することはできない。これは自治体による光化学スモッグの予報発令のための測定あるいはハワイ・マウナロア山での20年間にわたるCO₂(二酸化炭素)測定の結果等の例を出すまでもなく、大気汚染の歴史が実証している。

大気汚染物質の測定のために、長期間無人連続運転できる計測器を順次開発してきており、低濃度域のデータに信頼性ある測定法の改良や平均値以外に瞬間値を求めうる装置の開発、同一装置により多項目を同時に測定する等の努力がなされてきた。当初日本ではガス状大気汚染物質の連続測定法として、吸収溶液に汚染物質を捕集しその試料溶液を測定する湿式法が主であったが、欧米と同様のガス状態のまま測定する乾式法への移行もようやく本格化してきた。後者の方法では保守管理が容易だけでなく、気液接触による捕集効率等の湿式法の持っている問題点をかなり除くことができる。一方、地球規模大気を測ることは長期トレンド、増加率や変動係数を知る手段としての意味がある。ここで重要なことは低濃度域のデータに信頼性ある測定法の確立に加えて、データの継続性(Traceability)の保証である。低濃度標準ガスで校正する場合は、基準となる標準ガスを保存し、現実に校正する作業ガスとの比較を行うことによって保証

* 〒654-0037 神戸市須磨区行平町3-1-31
TEL: 078-735-2776 FAX: 078-735-1800
E-mail: tamaki@heaa-salon.or.jp

される。

2. 測定対象物質とその測定方法の概要

大気汚染物質は、物質が大気中に存在していたと同じ状態かあるいは溶液中に捕捉された状態で、その物質が有している固有の化学的あるいは物理的性質を測定するか、またはその物質の持つ特異な化学反応を利用し、反応生成物質あるいはその反応に伴う化学的あるいは物理的变化量を測定することによって行われる。

大気汚染物質測定の困難な点は、汚染物質が通常きわめて低濃度であり、化学的に不安定な物質も多く、しかも地理的・気象的条件で濃度が変化し、かつ試料採取のやり直しができず、さらには多成分の汚染物質中から目的成分のみを測定しなければならない等にある。

人の健康を守るために大気汚染物質の環境基準が定められており、この遵守状況を把握するために常時監視が義務付けられている。旧来からの環境基準設定項目はいおう酸化物(SO_x)、一酸化炭素(CO)、浮遊粒子状物質、二酸化窒素(NO_2)、光化学オキシダント(O_x)である。 SO_x の主成分は二酸化硫黄(SO_2)であり、 O_x の主成分はオゾン(O_3)であるが、日本では測定法の関連でこのように規定されている。窒素酸化物(NO_x)には NO_2 以外により毒性の強い一酸化窒素(NO)も測定されているが、環境基準は NO_2 のみに設定されている。その後、ベンゼンやダイオキシンについても環境基準が設定されている。

一方、酸性雨、地球温暖化や成層圏オゾン層破壊に関連する物質の監視も国内外で広く行われている。これらの監視は試料採取と分析が一体化された自動測定機で行われることが多いが、真空瓶やバッグ等で採取し、運搬・保存後に分析室で測定される物質もある。これらをまとめて表1に示す^{2,3)}。

3. 浮遊粒子状物質測定の特殊性

浮遊粒子状物質(SPM, エアロゾル, 粒子)のうち、自然的に発生する粒子の粒径は大きく、人にはそのような異物を体内に取込まない防除能力があるため、人体に対する影響程度は小さい。一方、化石燃料の燃焼で生成した粒子や大気中でガス状物質から光化学反応等で生成された粒子の粒径は小さく、ガス状物質と同じような挙動して肺胞まで到達するため、日本の環境基準は $10\mu\text{m}$

以下の微小粒子について決められている。さらに重量濃度以外にも粒径や粒子の個数濃度ならびにその中味である化学組成の測定が重要な意味を持つ。化学組成については水銀、鉛やカドミウム等の重金属やアスベストについては大気中の挙動を把握することが必要である。また、近年、ディーゼル排ガスから排出される微小粒子は気管支喘息や心臓疾患等の人の健康に重大な影響を与えるとされており、PM2.5(粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子)問題として大きな社会的関心をよんでいる。

粒子の測定では、相対重量濃度は β 線吸収法等で、直接的な重量濃度はハイボリウムエアサンプラー(HV)やローボリウムエアサンプラー(LV)で採取した後天秤法で行われ、HVやLVを用いた場合、捕集した粒子中に含まれる化学成分の分析を行う。粒子の起源とその性状をより正確に把握するためには、それぞれの粒子の大きさと重量およびその粒子が一定の空間に含まれる個数を瞬間的に検出でき、しかもそれぞれの化学組成を決定しうることが望ましいが、現実にはいくつかの装置を組合せることによってしかできない。

重量濃度の測定にはHVやLV以外に水晶発振子の共振周波数を応用したパーティクル・マスモニターも使用されている。個数濃度の測定には霧函の原理を応用して凝縮核の個数を測定する装置が使用されている。粒径分布の測定には粒子の慣性を利用して分級捕集するカスケード・インパクターやアンダーセン・サンプラーが用いられており、粒子の電気移動度を用いて測定する方法もある。

粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子の重量濃度はそれを分別できる性能を持ったLVで測定することになるが、これでは1時間平均濃度を連続的に測定できないため、これと等価な(直線的な)関係を有する β 線吸収法等の相対重量濃度法でデータが得られている。一方、PM2.5の測定では粒子の分級や重量測定における困難さがある⁴⁾。PM2.5測定マニュアルではWINSインパクタを有するサンプラーを基準法とし、これと等価と認証されれば使用できる仕組みになっている。一方、重量測定における湿度の影響には粒子自体の吸湿性とろ紙の吸湿性がある。後者はろ紙の選択で軽減できるが、前者の対応はかなり困難な点があり、重量の秤量には精度を確保するために整備された施設と測定者の熟練度が求められる。PM2.5連続自動測定機としては β 線方式とTEOM方式があり、その改良も進んでいる^{4,5)}。

Table 1 Principal methods for measuring atmospheric pollutants (Japan)

分類	物質名等	試料採取法	分析法	その他の方法	環境基準	年平均値*	
環境基準設定項目	いおう酸化物 (SOx)	溶液導電率法に基づく自動測定機		紫外線蛍光法	0.04 ppm	0.004 ppm	
	一酸化炭素 (CO)	非分散型赤外線吸収法に基づく自動測定機		—	10 ppm	0.4 ppm	
	浮遊粒子状物質 (SPM)	β線吸収法に基づく自動測定機		光散乱法他	0.1 mg/m ³	0.027 mg/m ³	
	二酸化窒素 (NO ₂)	吸光光度法 (ザルツマン法) に基づく自動測定機		化学発光法	0.04-0.06 ppm	0.016 ppm	
	光化学オキシダント (Ox)	吸光光度法 (中性 KI 法) に基づく自動測定機		紫外線吸収法	(0.06 ppm)	—	
	ベンゼン	キャニスターまたは捕集管	GC-MS 計	—	3 μg/m ³	2.0 μg/m ³	
	トリクロロエチレン			—	200 μg/m ³	1.0 μg/m ³	
	テトラクロロエチレン			—	200 μg/m ³	0.43 μg/m ³	
	ジクロロメタン			—	150 μg/m ³	2.9 μg/m ³	
	ダイオキシシン	ポリウレタンフオームろ紙	高分解能 GC-MS 計	—	0.6 pg-TEQ/m ³	0.093 pg-TEQ/m ³	
	(参考)	非メタン炭化水素	(HV 法)	GC-FID 法に基づく自動測定機	—	—	
	特に粒子状物質の挙動把握	PM2.5	ろ紙法 (LV 法), インパクター方式での分級	天秤による重量法	β線吸収法による自動測定機, サイクロン方式		
		アスベスト	ろ紙法 (LV 法)	光学顕微鏡	電子顕微鏡		
重金属		ろ紙法 (HV, LV 法)	原子吸光度計	ICP 計			
その他		個数, 粒径分布, 化学成分の測定					
酸性雨		自動採取装置	イオンクロマトグラフ計	原子吸光度計他		pH 4.72-4.90 (370 ppm)	
地球規模環境破壊	二酸化炭素 (CO ₂)	NDIR 法に基づく自動測定機		—			
	亜酸化窒素 (N ₂ O)	真空瓶法	GC-ECD 計	自動測定機		(315 ppb)	
	メタン (CH ₄)	真空瓶法	GC-FID 計	自動測定機		(1.82 ppm)	
	フロン類 (CFCs)	真空瓶法	GC-MS 計	自動測定機		(CFC11:270 ppt) (CFC12:500 ppt)	
		捕集管					

* 平成 15 年度の年平均値 (環境白書等による)。一般局での年平均値。Ox や非メタン炭化水素は年平均値としては算出されていない。CO₂ 等 () 内の値はおおよその値。

4. SO₂, NO_x および O₃ 測定における日本の特異的な測定法

大気監視測定において、特殊選択性とそのための測定妨害物質の除去はきわめて重要である。例えば、硫黄(S)分を多く含んだ化石燃料を燃焼した時、SO₂が大気中に排出される。同時に少量のSO₃も含まれる。SO₂がさらに酸性が強くなり有害な硫酸(H₂SO₄)に変化する際にはSO₂が酸化されSO₃になる過程もある。米国では選択性のよい湿式法のパラオザニン法でSO₂の環境基準の監視がスタートしたが、現在では乾式法の紫外線蛍光法による自動測定機でSO₂が監視されている。一方、日本では湿式法の溶液導電率法が用いられてきた。本法はSO₂を過酸化水素で酸化しSO₃を経由してH₂SO₄に変化させ、その電気伝導率の変化を計測するものである。したがって、SO₂とSO₃は区別されないため、これはSO_xの測定であり、厳密にはSO₂の測定法ではない。しかし、SO₂でないから人の健康を守るのに役立っていないということではない。

大気汚染物質である窒素酸化物はNO_xと略記される。これは窒素と酸素からのみ構成される化学物質のうち、ある程度安定で量的にも多く、人や動植物に悪影響を与えるNOとNO₂を示す。しかし、NOはラジカルで反応性が強く不安定であるため、動物実験で単独の影響を評価しにくいことから、NO₂についてのみ環境基準が決められている。排ガス中の手分析法(非連続方式の化学分析法)ではNOもNO₂も酸化し硝酸イオン(NO₃⁻)として測定するためにNO_xとして測定結果が示されることが多い。

環境大気中のNO_x濃度については、日本では古くから吸光光度法であるザルツマン法で測定してきた。これはNO₂の測定法であり、NOは酸化剤でNO₂に変換して測定している。しかし、NO₂が亜硝酸イオン(NO₂⁻)に変換するいわゆるザルツマン係数が長い間議論の対象となってきた。一方、欧米では乾式法である化学発光法が用いられてきた。

光化学スモッグの主要な原因物質は大気中で二次的に生成されるオゾンO₃である。欧米ではO₃のみを選択的に測定できる乾式法である紫外線吸収法が用いられてきた。一方、日本では吸光光度法である中性ヨウ化カリウム法が用いられてきた。本法ではO₃以外に有害な有機過酸化物質等も含めて測定される。そのためこの方法で測定される物質はO_xとして表現され単一の化学物質を意味しない。しかし、光化学スモッグで人の目に刺激を与えたり、植物に可視被害を与えたりするのは、O₃のみと

はかぎらないため、大気汚染的観点からはO_xと表現することは一概に不的確とは言えない。その曖昧さが時として役に立つこともある。

これら3項目の測定に使用されている乾式法は以下の通りであるが⁶⁾、日本では湿式法から乾式法への転換はそれほど進んでいない。

紫外線蛍光法によるSO₂測定:SO₂に比較的短波長の紫外線を照射すると、SO₂はこれを吸収して励起したSO₂が基底状態に戻るときに蛍光を発する。SO₂標準ガスを希釈して校正する。芳香族炭化水素ならびに水分が干渉し、低濃度化によるゼロドリフトの問題がある。

化学発光法によるNO_x測定:NOとO₃とを反応させると、NOから励起状態のNO₂が生成し、これが基底状態に戻るときに化学発光する。NO₂はコンバータでNO₂に還元した後に同様にして測定する。NO標準ガスを希釈して校正する。CO₂や水分によるクエンチング(消光)の妨害作用があり、妨害物の点から低濃度地域でのNO₂データの信頼性は低い。

紫外線吸収法によるO₃測定:光源から光学フィルターを通して得られる短波長紫外線を測定光としてO₃の吸光度を測定する。干渉成分は少ない。O₃は標準ガスが市販されていないため、後述の静的校正で行う。

5. 有害大気汚染物質の測定

大気汚染に関連する有機化学物の測定対象は主に次の3種類である⁷⁾。①光化学スモッグに関連する炭化水素。O_xの環境基準をクリアするために、炭化水素の指針値は「午前6-9時の3時間の非メタン炭化水素の平均値が0.20-0.32ppmの範囲内またはそれ以下」とされており、これは非メタン炭化水素(メタンは光化学反応にほとんど関与しない)そのものの基準値ではなく、あくまでもO_x濃度を予測し制御するために決められている。②温室効果ガスとしてのメタン、および③濃度が低くとも人体が長期的に暴露された場合に健康影響が懸念される有害大気汚染物質(そのうち、揮発性有機化合物:VOC)。

非メタン炭化水素の測定は、試料大気をGC(ガスクロマトグラフ)法でメタンと分離し、FID(水素炎イオン化検出器)で直接測定する方式が普及している。メタンは分離管で酸素と分離後、FIDに導入し濃度を測定する。非メタン炭化水素はメタン溶出後、直ちに分離管をバックフラッシュ(逆洗)してFIDに導入し濃度を測定する⁷⁾。

有害大気汚染物質の環境基準はベンゼンやダイオキシ

ン類を含む5項目に対して設定されているが、特に健康リスクが高いと考えられる22種類の物質を優先取組物質として、重点的に対策することが求められている。ベンゼンやトリクロロエチレンなどはキャニスターや捕集管で試料採取し、GC-MS（ガスクロマトグラフ質量分析）法やLC-MS（液体クロマトグラフ質量分析）法で分析される。ダイオキシン類はポリウレタンフォームとろ紙を装着したHV法で試料採取し、高分解能GC-MS法で分析される。測定法等については環境省から4種類の有害大気汚染物質測定方法マニュアルが示されている。重金属類も含めて主な測定法を表2に示す。

6. 酸性雨の測定

酸性雨のモニタリングでは、次のような分野での測定が求められる。①湿性沈着、②乾性沈着、③陸水、④植生、⑤土壌。③-⑤については、とりわけ、酸性雨に限定された手法ではなく、それぞれの分野で開発されてきた手法が用いられている⁸⁾。湿性沈着では降水（雨や雪）

が主な対象となるが、酸性霧の監視も重要であり、インパクション法等で試料採取される。一方、乾性沈着の実測による評価法は十分には確立されていないが、基礎となる濃度把握のための試料採取は主に4段階紙法によって行われている。これらを表3にまとめて示す。酸性雨の環境影響は主に森林生態系と文化財・建築物に対するものであるが、前者の影響を総合的に調査するために、①から⑤を組合わせた手法が確立されており、そのうち、降水に関しては、林の外で降る林外雨以外に一旦樹木に接触して落下する降水をも含む林内雨ならびに樹木の幹を伝って降下してくる樹幹流の測定も重要である。

7. 温室効果ガスと成層圏オゾン層破壊原因物質の測定

温室効果ガス等地球規模大気監視は世界気象機構(WMO)が地球規模大気監視(GAW)を開始し信頼性高いデータを得ている。日本では環境省が設置した地球環境モニタリングステーションや気象庁の設置したWMO

Table 2 Methods for measuring hazardous air pollutants (Japan)

(VOC) アクリロニトリル 塩化ビニルモノマー クロロホルム 1,2-ジクロロエタン ジクロロメタン テトラクロロエチレン トリクロロエチレン ベンゼン 1,3-ブタジエン	ステンレススチール製のキャニスターに捕集、または固体吸着・溶媒抽出（加熱脱着）し、キャピラリーカラム GC-MS 法で分析する。
ホルムアルデヒド アセトアルデヒド	2,4-ジニトロフェニルヒドラジン含浸シリカゲルを充填した捕集管に捕集後、溶媒抽出し、HPLC（高速液体クロマトグラフ）法で分析する。他にも熱イオン化検出器付 GC 法、GC-MS、溶液吸収・HPLC 法でも行える。
ニッケル ヒ素	HV、LV 法でろ紙に捕集、酸分解後、ニッケルはフレイム原子吸光法、電気加熱原子吸光法、ICP 発光分析法、ICP-MS 法で分析。ヒ素は水素化物発生原子吸光法、水素化物発生 ICP 発光分析法、ICP-MS 法で分析。
ベリリウム マンガン クロム	ニッケルと同一の分析方法。クロムは前処理が異なる。
水銀	金アマルガム捕集・加熱気化冷原子吸光法
ベンゾ [a] ピレン	ろ紙捕集・HPLC 法
酸化エチレン	固相捕集・溶媒抽出・GC-MS 法
ダイオキシン類	GC-MS 法
クロロメチルメチルエーテル	—
タルク	—

Table 3 Methods for measuring acid deposition

	湿性沈着	乾性沈着
試料採取	感雨器を使用する自動採取装置	4段ろ紙法(拡散デニューダー法)
基礎データ	降水量	採気量
指標的項目	pH(ガラス電極法) 電気伝導率(電気伝導率セル法)	
化学成分	アニオン3成分, カチオン5成分(イオンクロマトグラフ法, またはカチオンは原子吸光度法)	粒子状物質: 重量およびアニオン3成分, カチオン5成分(分析は湿性沈着と同じ) ガス状成分: HNO ₃ , HCl, SO ₂ , NH ₃ (イオンクロマトグラフ法によりイオン成分濃度を測定し, その値から算出する)

Table 4 Analytical method for N₂O and CH₄ by GC

	N ₂ O	CH ₄
分析法	GC-ECD	GC-FID
カラム	ステンレススチール, 1.5m×3mm i.d.	ステンレススチール, 2m×3mm i.d.
充填剤	モレキュラーシーブ 5A (30/60 mesh)	モレキュラーシーブ 5A (30/60 mesh)
温度	220°C	20°C
キャリアーガス	Ar/5%CH ₄	超高純度 N ₂ (99.9995%)
流量	13 mL/min	20 mL/min
検出器	ECD, 370MBq, ⁶³ Ni	FID
温度	260°C	200°C
	(分圧電圧: 40V, パルス幅: 8μS, パルスサイクル: 1.25 KHz, スタンディングカレント: 3.4 × 10 ⁻⁹ A)	水素: 高純度 H ₂ (99.99%), 空気: シリカゲル乾燥管を通した通常の空気
試料量	1.34 mL (ガスサンプラー)	2 mL (ガスサンプラー)

のプログラムに関連した観測所がある⁹⁾。目的を達成するためには、十分な精度と確度を持った測定システム、周辺の汚染源の影響を現在も未来も受けない場所ならびに長期的な観測が保証される組織と財源が必要である¹⁰⁾。主な温室効果ガスは CO₂, CH₄, N₂O, CFC (クロロフルオロカーボン: 日本ではフロンとも呼ばれる), HCFC (ヒドロクロロフルオロカーボン, 代替フロン) 等である。

CO₂ の測定: 大気中の CO₂ の測定には NDIR (非分散型赤外線分析装置) 法, GC-FID 法, GC-TCD 法, 半導体レーザー赤外分光法および凝縮気化法等が用いられてきた。現在, 信頼性が確立され連続測定に主に使用されているのは NDIR 法である。CO₂ は 4.3 μm 付近に分子の固有振動に由来する吸収帯を有しているため, その波長の吸光度から濃度を求める。分光器を用いない装置で測定するのが非分散型¹⁰⁾, 試料採取装置, 制御用コンピューターを内蔵した NDIR が使用されている。大気は露点温度まで除湿し, 水分分圧の変化による CO₂ 濃度誤差および干渉誤差を除いている。

N₂O の測定: 試料採取は主に真空瓶を用いるグラブサンプリング法によっている。固定発生源のような水分,

SO₂ と NO_x とが高濃度で共存する場合は2時間程度の保存で数十~数百 ppm の N₂O が新たに生成される(アーチファクト)が, 環境大気ではそのようなことは起きない。このようにして採取した試料を GC-ECD 法で分析する。筆者らが検討した最適条件を表 4 に示す。GC-ECD (電子捕獲検出器) 法や NDIR 法による連続測定も行われている。

CH₄ の測定: N₂O の場合と同様にグラブサンプリング法で採取した試料を GC-FID 法で分析する。分析条件の一例を表 4 中に示す。GC-FID 法による連続測定も行われている。また, これとは別に選択燃焼法と流体変調方式 NDIR 法を組合わせた測定システムも使用されている⁷⁾。

一方, オゾン層破壊に関連する主な物質は CFC であるが, N₂O や HCFC の監視も必要である。オゾン破壊能力が大きい CFC は CFC 11 を 1.0 としたとき, CFC 12 (1.0), CFC 113 (0.8), CFC 114 (1.0), CFC 115 (0.6) である。CFC 類は高真空にした超清浄のキャニスターに大気を捕集するグラブサンプリングが一般的に用いられているが, 過塩素酸マグネシウムを通してカーボシーブ G 捕集管に固相捕集し, 加熱脱着する方法も用いられている。

捕集された試料は GC-ECD 法や GC-MS 法によって分析されている¹⁰⁾。

8. 自動測定機の性能確保

現在、ほとんどの大気汚染物質の計測は機器分析でなされている。本来、分析装置は濃度に応じた電気量の変化等を外部にシグナルとして発信してくれるにすぎない。自らは化学分析の値を出すことが出来ないため、その目盛り付けをするための標準試料が必要である。この標準試料と大気汚染物質等の環境試料を比較する相対測定が行われる。

湿式法では一定濃度の SO₂ や NO₂ 等の汚染ガスを吸収した際生じるイオン等価の標準溶液を調製して機器の目盛り合わせを行う静的校正が、乾式法では低濃度標準ガスを用いる動的校正が行われている。一番簡単な方法はボンベ圧入標準ガスの使用であるが、高濃度域で信頼性があっても低濃度域では安定性に疑問が持たれ、NO₂ については固有の化学反応の存在も指摘されている。自動測定機の校正では高濃度ガスを希釈する希釈装置またはそれらを組み込んだ標準ガス発生装置を用いるのが便利である。

分析法として使用しうるためには、その方法が正確であり選択性の高いことが必要である。まず、同じ試料を繰り返し分析していつもほぼ同じ値が得られる「精度」の確保が求められるが、次に系統誤差の少ない真の値を得ることが求められるが、この正確さの保証は標準試料によってなされる。一方選択性については、従来は化学的な分離法で共存する分析妨害物を除いていたが、最近では光学技術や計測技術の進歩により、選択性が飛躍的に向上している。

機器分析を環境分野に応用するためには、正確さや選択性に加えて、低濃度域を測定できるための感度が高いこと、希釈や濃縮操作をせずに一つの標準試料が広い濃度範囲をカバーできるように直線濃度範囲が広いこと、GC-MS やイオンクロマトグラフ法のように多成分が同時に測定できること、さらには操作が容易で短時間で分析でき、しかも装置ならびにランニングコストが安いこと等が求められる。また、現在、GC 法等に見られるように分離と定量等、大型の分析機器同士を結合できるこ

とも重要な因子である。

大気汚染 / 大気環境を常時監視する自動測定機の精度のチェックは①繰り返し性、②ゼロドリフト、③スパンドリフト、④直線性、⑤流量の安定性、⑥周囲の温度等に対する安定性、⑦応答時間等について行われる。

8. おわりに

機器分析はデータを効率的・効果的に提供してくれる。人間が制御しなければパソコンと結合した分析機器は膨大な数値とデータ数を提供することになる。それはどのような目的のために「測る」かということとも密接に関係している。環境を測定している人々は多数いる。環境の悪化を防ぎ快適環境を保全するため、といっても多くの立場がある。大学での研究的な目的、国家としての全体の概況を把握する目的、自治体として域内の住民の安全と健康を守る目的、さらには企業や NGO でも同じような個々の目的のために「測る」。同じ技術力と同じ装置を用い、同じような測定環境で同一の標準物質を測定すればおそらく同等の数値を出すことができるであろう。大気環境測定は、基本的な分析化学の知識と技術と経験に加えて、そのデータの使われ方を視野に入れ、費用対効果の価値観の問われる「測る」である。

[参考文献]

- 1) 玉置元則：化学物質がもたらした大気環境の混乱と秩序の回復，環境技術，**30**(5), 393-400; (6), 477-480; (9), 725-733 (2001)。
- 2) 玉置元則：大気汚染監視と制御における計測手法，環境技術，**31**(5), 368-374 (2002)。
- 3) 環境省：平成 16 年版環境白書，ぎょうせい (2004)
- 4) 戸矢崎保雄：PM2.5 を主とする浮遊粒子状物質のモニタリング，環境技術，**33**(2), 97-99 (2004)
- 5) PM2.5FRM in 40CFR part 50, Appendix L 40CFR part 53 Subpart E 40CFR part 58, Appendix A & C.
- 6) 中橋 薫：硫黄酸化物，窒素酸化物，オキシダント (オゾン) の最近のモニタリング，環境技術，**33**(2), 93-96 (2004)
- 7) 三笠 元：大気中の炭化水素と揮発性有機化合物のモニタリング，環境技術，**33**(2), 100-103 (2004)
- 8) 酸性雨調査法研究会：酸性雨調査法，ぎょうせい (1993)。
- 9) 森 正樹：最近の環境大気モニタリングの状況と展望，環境技術，**33**(2), 89-92 (2004)
- 10) 不破敬一郎，森田昌敏：地球環境ハンドブック (第 2 版)，pp. 991-1003 (2002)