

有害大気汚染物質の測定・分析技術の現状と今後  
- 有害大気汚染物質対策の本格化と国際的な流れを踏まえて -

1. はじめに

日本における環境規制の動き、特に有害化学物質に対する取り組みには、ここ数年目覚ましいものがある。承知の通り 1993、4 年の両年には水質、土壌の環境基準ならびに排出基準が改定され、基準項目が従来の倍以上の 20 数項目に及ぶ多項目規制の時代に突入した。そして、今般、環境庁の中央環境審議会・大気部会が、今後の有害大気汚染物質対策のあり方を中間答申としてまとめ、いよいよ大気環境分野においても多項目規制の時代が始まろうとしている。

今回の中間答申には 3 つの特徴が挙げられる。その一つは、多種類の有害化学物質に対して、排出抑制の手だてとして一気に多項目の規制ならびに基準値設定に動くのではなく、事業者が進める排出低減の自主的な取り組み状況を見ながら、事業者と情報の共有化を図りつつ、段階的な規制を推し進めようとする点である。これは、見方を変えれば、産業界が自主的に進めてきた化学物質の環境・安全対策の取り組み、すなわちレスポンスブルケアの実績を受け入れた形となっている。ちなみに現在、工業化されている化学物質は 5 万種に及んでいると言われ、産業界では以前からこれらを個別規制で環境保全と安全性を確保するやり方は、技術的な面や費用対効果の面から現実的でないと考えを示していた。<sup>1)2)3)</sup>

二つ目は、環境目標値設定の考え方であるが、従来は硫黄酸化物 (SO<sub>x</sub>) や窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) ようなある暴露量以下では影響が生じないとされる許容量、すなわち閾値がある物質を規制対象にしてきたが、有害大気汚染物質の多くは微量であっても発ガン性が否定できないため許容量が存在しない、すなわち閾値が存在しない物質が多いことから、基準値設定の考え方が従来とは全く異なっている点である。つまり、有害大気汚染物質規制では健康影響を未然に防止する健康リスク評価の考え方、すなわちリスクアセスメントの概念を新たに大気保全行政に取り込もうとするものである。<sup>1)3)4)</sup>

三つ目は、大気環境モニタリングについてであるが、中間答申では有害大気汚染物質を A、B、C の 3 つに分類し、B、C 分類については自治体が、A 分類については国が中心となって物質モニタリングを行うというように役割分担を明らかにしている点である。また、測定頻度、地点、サンプリングならびに分析手法の統一やデータの信頼性を確保するための測定手法の開発、さらに人材養成などトータル的な精度管理面にも触れるなど、モニタリング技術が未確立であることに言及している。<sup>1)5)6)</sup>

このように、新たな環境規制に先立って、モニタリング技術の継続的な開発の必要性やデータ精度管理の重要性について言及したことは、従来では考えられなかったことである。

見方を変えれば、今回の規制の動きは、汚染物質が極めて低濃度であることに加え汚染影響評価の考え方が異なることから、従来の環境測定・分析技術の延長線上では対応が難しく、従って早い段階から関係者にその認識の変革と技術対応力を強く求めているように思われる。

そして今回の中間答申は、言うなれば国、自治体、事業者の3者が様々な知見集積のために、作業のキックオフを宣言したものと受け止めることができる。各関係機関は、特にデータ収集においては自らの組織、機関の運用だけに留まらず、民間機関の活用を前提にしたものであると考える。従って、これまで環境行政を側面的に支えてきた、いわゆる「環境計量証明事業者」の役割が重要になってくることは言うまでもない。

そこで、現在の環境計量証明事業者の有害大気汚染物質に対する実務的な対応力について、設備、技術ならびに精度管理面から考察を行ったので以下に紹介する。なお、参考のために米国の環境測定・分析における精度管理の実態と同ビジネスの現状、またアジアの途上国における環境ビジネスの可能性と環境測定・分析の位置づけについても言及した。

## 2. 日本の環境計量証明事業者の現状と概要<sup>7)8)</sup>

日本では、大気、水又は土壌などの試料中の汚染物質濃度を証明する事業を行うには、計量法に従った環境計量証明事業者(以下、事業所という)の資格を得なければならない。この制度は1974年の計量法の改正に伴い設けられたもので、現在1,388事業所が都道府県の登録を済ませている。事業所の登録分類は「濃度」「音圧レベル」「振動加速度レベル」の3つあり、このうち「濃度」の登録事業者数は、全登録者の約60%に相当する830事業所となっている。

事業所の数を地域別に見ると、人口が多く産業活動が盛んな関東、近畿及び中部地域などに集中している(図-1参照)。事業所の法人構成は、株式会社が77%、社団や財団などの公益法人が17%、残りが有限会社・その他となっている。なお、この業界は、公益法人が民間企業と同じ土俵で業務獲得競争を行うという特殊な状況に置かれている。業界全体の市場規模は、1994年統計で1,300億円程度とさほど大きくない。事業所の平均的な規模を売上額、平均従業員数、また一人当たりの平均年間売上額で見ると、それぞれ約1億円、16人、680万円となっており、業界が比較的小規模の事業所で成り立っていることが理解できよう。

事業所の従事者特性を見ると、技術系の従業員が占める比率が84%、中でも大卒者の占める比率は45.2%と高くなっている。業界は小規模事業所で構成されているものの、高学歴者の従事者率が比較的高いという特徴を持っている。業界における業務の受注構造は官需と民需に分けると、全体の30%強が官公庁からの受注となっている。事業所と国ならび

に地方環境行政とは、この比率が示す通り密接な協力関係にあることがわかる。すなわち、事業所は環境行政を推進する上で、なくてはならない存在であると言える。

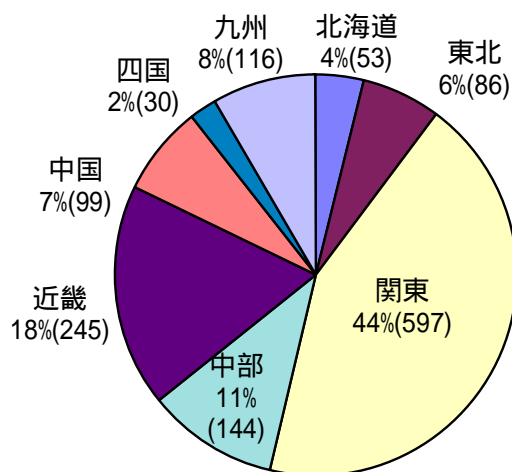


図-1 環境計量証明事業者の地域分布<sup>7)</sup>  
( )の数字は事業所数を示す。

表-1 日本の環境計量証明事業者の特性<sup>7)8)</sup>

特 性	指 数	単 位
1 事業所当たりの平均売上額	127,000	千円
業 務 の 受 注 先 比 率：官公需要	34.1	%
民間需要	65.9	"
従業員一人当たりの平均売上額	6,400	千円
民間企業における "	5,600	"
公益法人における "	8,100	"
1 事業所当たりの従業員数	16.1	人
" 環境計量士（濃度）の数	2.1	"
" その他の資格者数	11.1	"
従 業 員 の 平 均 年 齢	37.3	歳
技術系従業員の占める割合	84.0	%
技術系従業員の学歴構成：大学	45.2	"
短大・高専	16.5	"
高卒・その他	38.3	"

### 3. 設備機材の保有状況と有害大気汚染物質の測定・分析対応力について<sup>7)</sup>

有害大気汚染物質をはじめ、現在注目されている有害化学物質の分析を行うには、少なくとも原子吸光度計（AAS）、ガスクロマトグラフ（GC）、ガスクロマトグラフ質量分析装置（GC/MS）、高周波誘導結合プラズマ発光分光分析装置（ICP）などの分析機器・装置の保有が前提となる。これら代表的な分析機器、装置について、現在の事業所がどの程度保有しているのかを示したのが表-2である。表から、AASについては92%が、GCは84%、比較的高価なGC-MS、ICPについてはそれぞれ51%、30%の事業所が所有していることがわかる。この分析機器・装置の保有統計は1994年現在のもので、2年を経過した今日ではさらに保有率は上昇しているものと思われる。

冒頭で説明した通り1993、4年の両年に水質汚濁防止法と土壤汚染防止法の改正が行われた。この法改正の動きに対応する目的で、多くの事業所が分析機器・装置ならびに建物の投資を行っている。表の分析機器、装置保有率はこれを反映した数字で、1993年当時、同設備機材に約94億円が投資されている。これを1事業所当りの投資額に直すと3千万円相当になる。なお建物投資には約55億円が注ぎ込まれているが、建物投資の一部を新たな分析機器・装置の受け入れのための改装費と見るならば、法改正に伴う投資額はさらに増えることになる。このことから、事業所は新たな環境規制の動きに敏感に反応し、そのビジネスチャンスを掴むべく果敢に対応していることが理解できる。そこで、今回の有害大気汚染物質についても、規制内容が具体化されるに伴い設備機材などの投資が再び促進されるものと思われる。

なお、ここに示した分析機器、装置の保有状況をもって、事業所の有害大気汚染物質の測定・分析対応力が満足できる状況にあると判断するのは難しい。周知の通り、有害大気汚染物質の測定・分析対応には、ICPやGC/MSのような分析機器、装置に加え試料の採取機材（発生源と環境大気ではその機材内容はかなり異なる）や前処理装置など、水や土壤の場合とは違った設備機材が必要となる。さらに試料の前処理や分析機器の操作手順など、水、土壤試料とは比較にならないほどデリケートな測定・分析テクニックが求められる。従って、有害大気汚染物質の測定・分析においては、現在の事業所がどの程度設備的あるいは技術的に対応できるのか、規制の実施に際して予め明らかにしておく必要があると考える。

表-2 環境計量証明事業者の分析機器、装置の保有状況<sup>7)</sup>

分析機器・装置名	事業所数 <sup>*1</sup>	保有率 <sup>*2</sup>	延べ台数 <sup>*3</sup>
AAS (原子吸光光度計)	763	92%	990
GC (ガスクロマトグラフ)	700	84 "	3,010
液体クロマトグラフ	456	55 "	730
イオンクロマトグラフ	427	51 "	555
GC/MS (ガスクロマト質量分析装置)	425	51 "	680
ICP (高周波誘導結合プラズマ発光分光分析装置)	245	30 "	318

\*1：事業所数は、実際に保有していると回答した事業所数に 1.6 { (総事業所数) / (アンケート回答事業所数)=830/509 } を掛けた数、すなわち事業所に対応する換算事業所数を言う。

\*2：事業所数の総事業所数に対する百分率。

\*3：事業所数に 1 事業所当たりの平均保有台数を掛けた数値。

#### 4. 測定・分析における日本の精度管理の実態

##### 4-1. 日本の計量標準供給体制 (トレーサビリティ) の現状と課題<sup>9)</sup>

環境計量証明事業者の登録を受ける要件の一つに、通商産業省令で定める計量証明に使用する特定計量器、その他の器具、機械又は装置の所持がある。この「その他の器具、機械又は装置」には、標準物質の所持も含まれている。ここで言う標準物質とは、いわゆる特定二次標準物質のことで、これは特定標準物質で値付けされたものを言う。特定標準物質とは通産大臣が指定した器具、機械又は装置によって製造(値付け)されたもので、これを国家計量標準と呼んでいる。通産省は、1993年の計量法の改正を契機に、特定二次標準物質(以下、標準物質)の供給体制をスムーズにする制度、すなわち認定事業者によるトレーサビリティをスタートさせている。従来より限られた標準物質を限られた機関(国立研究所ないしは国の指定機関)が供給していたため、標準物質を必要とする関係者への供給がスムーズでなかった。新計量法の認定事業者制度により、供給体制が大幅に改善されることから、通産省では標準物質の利用促進ならびに計量精度の向上が図れると期待している。

有害大気汚染物質の測定・分析において、信頼できるデータを得るには ICP や GC/MS など分析機器・装置に対して標準物質を使った校正作業が必要となる。計量法における事業所が行う校正とは、計量器(この場合 ICP や GC/MS などと言う)が示す値と標準物質の値との差を測定し、計量器の指示値を標準物質の値に改めることを言う(第二次標準物質による「値付け」)。従って、測定・分析精度を決定づける重要な要素の一つが標準物質であり、

事業所とはこれが担保できている機関とということになっている。

新計量法によって標準物質の供給体制は改善されたものの、現在供給されている標準物質は、表-3に示す通りガス状のもので11項目、溶液状のもので24項目にすぎない。従って、有害大気汚染物質分析に必要な標準物質としては、国が保証するものは現在のところ供給されていない。しかも、必要とする多くの標準ガスは現在の日本のメーカーでは調製できないことから、海外から輸入して利用しているのが実態である。勿論、これは国が認める標準物質ではない。このように新たな環境規制に対応する標準物質の供給体制は未整備であり、本来あるべき環境計量証明事業の遂行が難しいのが実状である。

なお、すでに供給されている標準物質の利用状況は、表-3で明らかとなり頻度高く分析を行うpH標準液では80%の事業所が利用している。しかし、分析頻度の少ない項目の標準液については、自家製の標準試料で対応しているためか利用状況は極めて低い。このことは、国が認めた標準物質に対する事業所の認識が必ずしも高くないことを示唆している。

表-3 標準物質(特定二次標準物質)と利用状況<sup>7)</sup>

標準ガス名	利用率 (%)	標準液名	利用率 (%)	標準液名	利用率 (%)
1.メタン	70	1.pH	80.8	13.ナトリウム	42.4
2.プロパン(空気希釈)		2.鉛	69.7	14.カリウム	41.8
3.一酸化炭素(3-1000ppm)		3.カリウム	69.3	15.アルミニウム	40.1
4.一酸化窒素		4.クロム	68.1	16.コバルト	28.6
5.二酸化窒素		5.銅	67.6	17.アンチモン	28.2
6.二酸化硫黄		6.鉄	67.4	18.フッ素化合物	23.2
7.ゼロガス調整		7.亜鉛	66.4	19.ビスマス	18
8.プロパン(窒素希釈)		8.マンガン	64.7	20.塩化物イオン	17.7
9.一酸化炭素(1000ppm-15%)		9.砒素	63.7	21.リン酸イオン	15.7
10.二酸化炭素		10.ニッケル	53.7	22.硫酸イオン	15.0
11.酸素		11.マグネシウム	43.4	23.亜硝酸イオン	13.6
		12.カルシウム	43.2	24.アンモニウムイオン	10.9

#### 4-2. 共通標準試料によるクロスチェック分析の現状<sup>10)11)12)</sup>

本来、事業所が行う精度管理は標準物質に基づき行われるべきであるが、供給されている標準物質が限られているためにこれが担保できない状況に置かれている。そこで、多くの事業所では、環境庁が行っているクロスチェック分析いわゆる「環境測定分析統一精度管理調査(以下、統一精度管理調査という)」に参加し、自分たちの分析レベルを確認する形を取っている。

統一精度管理調査の概要は、環境庁が調製した標準試料(あらかじめ分析すべき項目濃度を明らかにしたもの)を自治体の分析機関や事業所に配布し、指定した前処理方法、測

定分析機器などの分析条件に従って分析を行い、この分析結果を同じく環境庁が回収し、数値のバラツキやその要因などの考察を加え、結果を再び各分析機関ならびに事業所にフィードバックすることで、分析機関、事業所のレベルチェックや分析技術の向上を間接的に果そうとするものである。環境庁は、この統一精度管理調査を昭和50年(1975年)より開始し、昨年の平成7年には20年目を迎え、この間延べ10回に及ぶ調査を実施している。

環境庁がこの調査を開始した背景には、昭和46年に複数の自治体分析機関の協力を得て全国一斉のカドミウム汚染実態調査を実施したところ、同一場所の試料でありながら分析結果が分析機関によって大きくばらつく問題が発生し、分析のあり方が大きく問われた事情があったようだ。

表-4-5に、平成7年度に行われた統一精度管理調査の結果を示した。重金属の分析結果のうち含有量では特にクロムと砒素に大きなばらつきが見られており、溶出量の分析結果ではクロム、砒素はもとより他の物質についてもばらつきの程度が大きくなっている。この調査では、標準試料に工場跡地土壌が使用されているが、通常、固体試料は液体試料に比べ、分析機器、装置に掛けるまでの試料の前処理操作が複雑で難しさが伴うため、ばらつきの大きい分析結果を得やすい。これは測定・分析の対象項目や濃度レベルによっても異なる。

一方、有機塩素系化合物については、分析結果のばらつきはいずれの項目についても大きくなっている。但し、ばらつきの範囲は重金属に見られるほど大きくはなく、26.1～33.3%と一定幅にある。これは有機塩素系化合物の分析に使用した標準試料は模擬排水であり、このような場合これまでの実績でも分析結果は比較的安定している。

この他、分析結果がばらつく要因には「分析機器、装置の操作」「分析データ処理」過程などが考えられる。分析対象項目が低濃度の場合、可能な限り高感度の分析機器・装置が用いられる。通常、重金属分析ではAASよりはICP、有機化合物ではGCよりGC/MSの方がより感度が高いと言われている。信頼度の高い分析結果を得るには、当然、こうした分析機器、装置の操作に精通し、熟練する必要がある。3で述べたとおり、事業所の多くは2年～3年前に高感度の分析機器・装置の導入を図っている。この間で十分な測定・分析テクニックを所持できたかどうかは定かでないが、統一精度管理調査の結果から見てあるいはこうした要因も加わっていることも考えられる。なお、分析データ処理における誤差要因については、最近では分析機器・装置にパソコンが装備されるようになったこともあって、データ処理過程での誤差要因は大幅に減少しているように思われる。

いずれにしても有害大気汚染物質については、液体や固体試料の場合と異なり、前処理から分析までの操作には比較にならないほどデリケートさが求められよう。従って、これまでの統一精度管理調査の実績と経験を踏まえ、さらにレベルの高い精度管理体制を官民いずれの組織においても整備を急ぐ必要がある。

表-4 土壌試料分析データの精度評価事例(重金属)<sup>12)</sup>

分析項目	前処理条件	分析平均値		標準偏差値	変動係数
		mg/kg	(サンプル数)	(S.D.)	(CV%)
カドミウム	(含有量)	2.79	(367)	0.285	10.2
	(溶出量)	0.0983	(384)	0.0267	27.2
鉛	(含有量)	68.7	(313)	8.19	11.9
	(溶出量)	0.0850	(176)	0.00713	83.9
クロム	(含有量)	13.3	(114)	12.3	92.6
	(溶出量)	0.00489	(45)	0.00594	121.5
砒素	(含有量)	3.71	(359)	1.15	30.9
	(溶出量)	1.32	(193)	0.785	59.3
亜鉛	(含有量)	437	(437)	30.5	7.0
	(溶出量)	4.51	(240)	1.41	30.8
マンガン	(含有量)	181	(267)	15.2	8.3
	(溶出量)	1.61	(260)	0.449	27.9

表-5 模擬排水試料分析データの精度評価事例(有機塩素系化合物)<sup>12)</sup>

分析項目	分析平均値		標準偏差	変動係数
	mg/kg	(サンプル数)	(S.D.)	(CV%)
テトラクロロエチレン	0.0353	(324)	0.00922	26.1
ジクロロメタン	0.112	(299)	0.0347	31.1
シマジン	0.0227	(171)	0.00756	33.3

注：表-4、表-5の値は、いずれも異常値を棄却したものである。

#### 4-3.測定・分析における精度管理のあり方

##### 有機化合物の標準ガス供給体制の現状

環境計量証明事業者が参加しているクロスチェック分析には、先の環境庁が進めている「環境測定・分析統一精度管理調査」だけでなく、(社)日本環境測定分析協会が行っている分析値自己管理会<sup>13)</sup>いわゆる「セルフ」などがある。実施の方法は、統一精度管理調査と殆ど同じであるが、標準試料の調製技術の制約もあって模擬環境水の形で提供されるものが殆どで、実試料の分析は行っていない。

有害大気汚染物質のうち有機化合物については、標準試料はガス状でしかも低濃度のものが必要となる。現在、日本ではこの種の標準ガス製造が困難であることから、殆どが輸入品に頼っている。図-2は、アメリカのスペルコ(SUPELCO)社が供給しているTO Calibration Mix 1-14という校正用標準ガスで<sup>14)</sup>、米国のNIST(National Institute of Standards and Technology)が進めている計量標準供給制度(NVLAP: National Voluntary Laboratory Accreditation Program)に適合するものである。ボンベには窒素ガスをペー



スに 39 成分の有機化合物（表-6 参照）が詰められており、容量は 1,800psi のもとで 104 リッター、価格は約 20 万円と極めて高価なものとなっている。ちなみに、米国ではこの標準ガスが半値以下で入手可能である。事業所サイドとしては、前述した計量法に基づく標準物質供給体制の下で有機化合物標準ガスの利用が可能になることを期待するものであるが、残念ながら日本の現状はようやく硫黄酸化物と窒素酸化物の低濃度標準ガスが利用できるようになった段階である。有害大気汚染物質の分析では、標準ガスのみならずその他項目についても標準物質が必要となる。精度管理はもとより分析コストなどの面からも国産品の供給体制を期待したいものである。



図-2 米国製の校正用標準ガス

(T0-14 Calibration Mix 1<sup>14)</sup>)

表-6 米国製の校正用標準ガス\*1の成分表<sup>14)</sup>

Benzene	Halocarbon12
Bromomethane	Halocarbon113
Carbon tetrachloride	Halocarbon11
Chloromethane	Styrene
1,2-Dibromomethane	Chloromethane
1,2-Dichlorobenzene	Tetrachloroethane
1,3-Dichlorobenzene	Toluene
1,4-Dichlorobenzene	1,2,4-Trichlorobenzene
1,1-Dichloroethane	1,1,1-Trichloroethane
1,2-Dichloroethane	1,1,2-Trichloroethane
1,1-Dichloroethane	Trichloroethane
<i>cis</i> -1,2-Dichloroethane	1,2,4-Trimethylbenzene
1,2-Dichloropropane	1,3,5-Trimethylbenzene
<i>cis</i> -1,3-Dichloropropene	Vinyl chloride
<i>trans</i> -1,3-Dichloropropene	<i>m</i> -Xylene
Ethyl chloride	<i>o</i> -Xylene
Ethylbenzene	<i>p</i> -Xylene
<i>p</i> -XyleneHalocarbon 11	Halocarbon 11

注：窒素中の成分濃度は、いずれも100ppbである。

\*1: 製品名をTO-14\*2 Calibration Mix 1という。

\*2:TO-14とは、米国EPA手法の一つで、SUMAキャニスターサンプリングとGC/MSを利用した大気中の揮発性有害物質分析法をいう。

#### 個人レベルの分析精度認定システムの必要性

現在、通産省は環境計量証明事業者に対して、2人以上の環境計量士を抱えるよう行政指導を行っている。この趣旨は、より精度の高い環境計量の実現を目指すものであり、現在およそ80%近くの事業所が2人以上の環境計量士を抱えるに至っている。環境計量士は、環境計量の精度維持と向上を果たす役割を持ち、日頃使用する計量器の値付けや得られた測定・分析結果のチェック、評価を行うことを仕事としている。標準物質の供給体制が未整備である現在、多くの事業所は自らが標準試料を調整し、計量器の値付けを行っているのが現状である。計量法では、この作業を環境計量士の監督のもとで行うことになっているが、300以上に及ぶ環境計量の対象項目と標準物質の現状を考えると、環境計量士がすべてに対応することは現実的ではなく困難である。

そこで、個人レベルの分析精度認定システムを提案したい。この認定システムとは、分析技術者の測定・分析項目ごとの分析精度を明らかにし、一定の分析精度をクリアした分析技術者に精度認定を付与すると言うものである。例えば、難易度の高い分析項目について、標準偏差値で1（シグマ）以内に収める分析結果を得ることが証明されれば、その分析技術者に当該項目については仮にA級の精度認定証を付与する。優れた分析技術者とは、多くの測定・分析項目についてA級の認定を持っている者を言い、環境計量士は、この優れた分析技術者を統合管理する役割を持つとすれば、精度認定システムと環境計量士制度とは無理なく整合がとれるものと考えられる。

環境庁が進めてきた統一精度管理調査における結果のフィードバックは、ある特定の分析技術者だけを対象に事業所のレベルチェックを行うものであり、多くの分析技術者を育成するシステムにはなっていないように思える。すなわち従来のやり方では、往々にして事業所の代表選手に対するレベルチェックに偏ってしまう。故に、環境測定・分析精度の底上げを考えるならば、事業所ではなく個人の分析レベル評価が可能となるシステムが必要である。環境規制は濃度規制と言われるとおり、規制の効果を上げるには高い精度の測定・分析が基本となる。従って、有害大気汚染物質規制が効果を上げるには、優れた分析技術者を数多く養成することが必要であり、その仕組み作りが急がれる。

#### 公定測定・分析法の確立における環境計量証明事業者の役割

新たな汚染物質規制が実施されるに先だって、言うまでもなく対象項目の濃度を正確かつ精度よく分析できる手法の確立が必要となる。これまで、分析手法を確立する手順として、行政（国、自治体）、国立研究所、大学、メーカーなどの各機関から専門家が集めら

れ、検討委員会が組織され進められるのが一般的であった。従来、こうした検討委員会には事業所に所属する専門家の参加は極めて少なく、事業所は専ら定められた手法に従い測定・分析事業を行うのみであった。しかし、公定法と言われる手法の中には、実際の測定・分析現場に適用するには不具合なものもあり、使用に当たって分析技術者が手法の一部手直しをしながら利用しているものも数多い。これは、専門家による手法確立までの手続きが十分でないか、あるいは実際に利用する現場への配慮が欠けているためと考える。そこで、新たな測定・分析手法確立のための検討会には、是非、現場実務の経験豊富な事業所の専門家を加えて頂きたいものである。

#### 5. 米国の環境測定・分析における精度管理の現状

先ず、米国の標準物質供給体制については、NIST がボランタリープログラムとして実施していることは前述した通りである。米国のトレーサビリティにおいて特筆すべき点は、供給できる標準物質の種類が日本の 36 項目とは比較にならないほど多く、少なくとも 1,000 を越す標準物質が用意されていることである。

米国には日本の「環境計量証明事業者登録制度」に当たる法律はないが、事業所を認証する制度には、ボランタリーなものとして仕事を獲得するためのものと大きく 2 種類がある。例えば、米国には A2LA (American Association for Laboratory Accreditation) <sup>15)</sup> という実験室を認定する協会があり、「音響及び振動」「生物」「計測」「化学」「材料」「電気」「環境」「地質」「機械」「非破壊検査」「熱」など 11 分野の実験室を対象に認定を行っている。A2LA の認証は、実験室の目的や組織、施設内容などを明確した書面、また A2LA の要求事項に応じる契約書、そして審査料を支払うことで受けることが可能である。

ただ A2LA から認定を受けた環境測定・分析事業者は、定期的に EPA (米国環境保護庁) が行う「環境 Performance Evaluation 測定 (実力評価テスト)」に参加し、EPA から実力評価認定を受け、これを A2LA に報告しなければならないシステムとなっている。この実力評価テストに参加した測定・分析事業者は、例えば、揮発性有機化合物にあつては分析結果が変動計数 (C.V.) で 20% 以下でなければ、すなわち分析項目ごとに所定の精度に達しなければ、A2LA は当該事業者の認証資格を取り消す仕組みとなっている。実力評価テストに参加した事業者は、分析結果について全てのバックデータとその結果が得られた理由書の提出が義務づけられている。EPA は、この実力評価テストを年に 2 回の割合で実施しているが、実質的な運営は A2LA が行っている。A2LA は公益法人組織で、理事会は試験機関、大手企業、政府の 3 つの代表で構成されており、活動は 1978 年に始まり、1980 年には実験室認定機関になっている。この他、A2LA は ISO-9000 の認証資格を有する標準試料メーカーや環境測定・分析事業者の登録も受け付けており、さらに登録メーカーが製作した「EPA 仕様の標準試料」の認証も行っている。A2LA が行う認証は、言うなればボランタリーなものである。

米国はこのほか州単位、あるいは国防省 (DOD)、エネルギー省 (DOE)、EPA など国の機

関単位での事業者認証資格制度があり、該当する州や国の機関から仕事をしたい場合、この認証資格を取得しなければならないことになっている。例えばロッキード社の事例であるが、DOD が軍事施設の環境影響調査を計画した時、業務を委託する業者選定に当たって、まず最初に DOD に登録されている認定事業者に向けて案件紹介を行い、受託希望者からの関心表明を受け付ける。次いで関心表明を受理した事業者の立ち入り調査を実施し、業務執行能力を「組織」「体制」「人材」「精度管理システム（QA/QC：品質保証・管理システムや SOP：標準作業手順書）」面から評価する。そして、最も評価の高い業者を委託者として選定する方式がとられている。

## 6．米国における環境測定・分析ビジネスの現状

### 6-1. 米国における環境測定・分析ビジネス環境

米国にはおよそ 1,400 の環境測定・分析事業所があると言われている。総体の事業規模も日本より約 20%程度大きく 1,600 億円程度となっている。米国の環境測定・分析ビジネスの構造は日本と異なり、土壌や有害廃棄物分析の占める割合が高くなっている。一方、日本ではいわゆる水質と大気分析の占める割合が高く、逆に廃棄物、土壌分析が少なくなっている（表-7 参照）。このように事業分野別の構造を見ても、日本より米国の方が有害化学物質分析に関する経験ならびに実績は豊富であることが分かる。

米国の環境測定・分析業界は 1990 年以来、殆ど法改正の動きがないことから、事業所数と仕事とのバランスが崩れ、極めて厳しい価格競争を強いられている。事業所はこうした事態を乗り切るためにラボラトリーオートメーションとコンピューターによるマネジメントシステムを導入することで、要員を削減し大幅な生産性向上を果たし対応している。米国業界の現状を模式的に示したものが図-3-a,b,c である。<sup>16)</sup>米国は、業務量を従来より 20%増やしても売上は伸びない、むしろ 15%も減少するという厳しい状況に置かれている。しかしながら、一人当たりの売上を 30%も増やすことができている。言うなれば、競争激化は価格低下をもたらし、それによる収入減を業務量を増やすことでカバーしようとしても難しいため、徹底した機械化と要員削減により、逆に一人当たりの生産性を上げたということである。現在の米国では、このような対応を取らなければ事業の継続が困難な状況にある。米国が機械化とシステム化の導入で環境測定・分析ビジネスの大幅な生産性向上を実現したことは、見方を変えれば、今後環境規制強化により環境保全コストの負担増を迎えようとしている日本にとって、技術革新によりコスト圧力を吸収できることを証明した良い事例であると考えられる。

表-7 環境測定・分析ビジネス市場の日米比較 <sup>8)</sup>

事業分野	売上額（億円）と比率			
	日 本	%	米 国	%
土壌分析	55	4.3	602	37
環境水・排水	573	44.5	375	23
有害廃棄物	38	2.9	336	21
固形廃棄物	55	4.3	137	8
大 気	280	21.8	84	5
そ の 他	285	22.2	76	5
合 計	1,286		1,610	

注：米国の売上額は、1ドルを100円で換算した数字である。

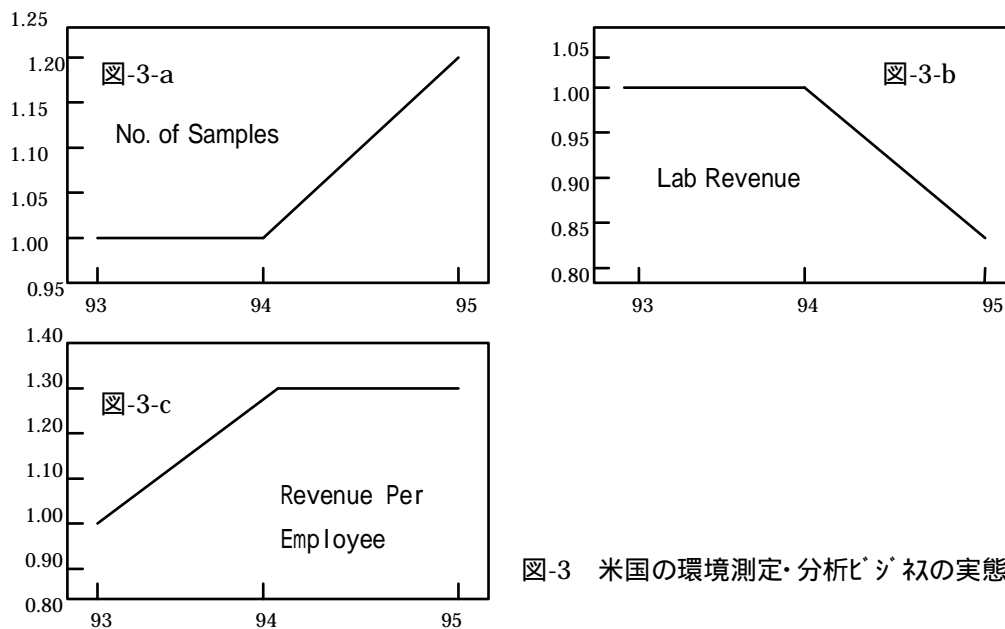


図-3 米国の環境測定・分析ビジネスの実態<sup>16)</sup>

## 6-2. 有害大気汚染物質分析を専門とする事業所例<sup>17)</sup>

米国で有害大気汚染物質を専門に分析している数少ない会社に、カンテラ(Quanterra)社がある。同社は、米国においてナンバーワンの規模を誇る環境測定・分析会社で、事業所は全米に13ヶ所、従業員数は約1,100人、売上額は137億円/年である。本社はコロラド州デンバーにあり、この事業所では「廃水」「飲料水」「土壌」「スラッジ」「有害廃棄物」「固形廃棄物」「農薬」など幅広く分析を行っている。米国ではこのような多様な環境試料の分析を行う事業所を「フル・サービス・ラボ」と呼んでいる。13ある事業所のうち有害大気汚染物質の分析を専門に行っているのがシティ・オブ・インダストリー（カリフォ

ルニア)の事業所(以下、COI/CAL.という)で、この売上額規模は会社全体の7%に相当する約5億円である。COI/CAL.では、T0-14(表-6参照)に沿った分析をルーチン的に行っており、そのために数多くのSUMA-キャニスター(200~300個程度)を保有している。

COI/CAL.は、顧客に洗浄済みのSUMA-キャニスターとサンプリング手順書を一緒に貸与し、顧客によって採取された試料は、運送会社によってCOI/CAL.に届けさせる仕組みを取っている。大気試料は、キャニスターの他にテナックス・チューブやテドラバッグに採られたものも受け付けており、毎日平均15検体ほどが持ち込まれている。顧客への分析結果報告は、通常カンテラ社の保証納期である2週間以内で対応している。米国の環境測定・分析事業者は、自ら現場に出て試料採取を行うことは少なく、分析試料の多くが持ち込みによっている。COI/CAL.の場合は、80%以上が持ち込み試料とのことであった。

COI/CAL.では、持ち込み試料について本分析に入る前に、目的成分の有無とおよその濃度レベルを掴むためのスクリーニング分析を実施している。無駄な分析を避けることと、的確な分析条件を決定する上で必要な措置であり、見習うべき点である。この他、米国における事業所の精度管理システムとして、QA/QC(品質保証・管理システム)とSOP(標準作業手順)がある。QA/QCとSOPの所持は、環境測定・分析事業を行うための必須条件ではないが、前述したロッキード社のケースのように、国や州などの機関から仕事を得るには必須条件である。ちなみに、カンテラ社はEPAやDODなどのコントラクト・ラボ(承認事業所)としての認証資格を得ている。図-4,5,6に、COI/CAL.におけるSUMAキャニスターの洗浄装置(ENTEC社製)、有機化合物の標準ガスボンベ群、実験室風景を示した。



図-4 SUMA-キャニスターの洗浄装置



図-5 有機化合物の標準ガスボンベ群



図-6 COI/CAL.の実験室風景

## 7. 米国の対アジア環境ビジネス戦略

### 7-1. 対アジア環境ビジネス戦略の背景<sup>8)18)19)</sup>

米国の環境関連企業は、1980年代後半から1990年代の前半にかけて、国内市場の競争激化に伴いその活力減退に悩んでいたようだ。しかも90年代に入ってから環境関連の法改正の動きが殆どなく、そのために環境ビジネス市場は一層深刻さを増している。

一方、アジアを中心とする途上国は急激な経済成長に伴い、深刻な環境（公害）問題を抱えその対応に苦慮している。米国はこうしたアジアの事情に注目し、閉塞状態にある環境関連産業の建て直しと、さらに環境分野における世界のリーダーとしての地位を築きたいとの意向から、官民あげての環境ビジネス戦略である環境輸出促進法案を1994年4月に下院において可決している。

米国の環境ビジネス・コンサルタントは、途上国における環境ビジネスの優先順位を表-8のように見ている。この考えに基づくと、環境測定・分析ビジネスの発生順位は「各種技術移転、教育訓練、環境保全産業の発展戦略」の範疇に入り、最も遅い機会に位置していることになる。<sup>18)</sup>

表-8 環境ビジネスの優先順位<sup>19)</sup>

---

国、地方レベルの持続的成長のためのマスタープラン作り
水資源開発（工業、都市、農業用水ならびに水質浄化プロジェクトなど）
大気浄化プロジェクト（発生源対策、環境大気）
都市廃棄物ならびに有害廃棄物の処理対策
各種公害対策や Green Products の製造
エネルギーの有効利用の実現
各種技術移転、教育訓練、環境保全産業の発展戦略

---

#### 7-2. アジアの環境ビジネス市場の可能性<sup>20)21)</sup>

アジアにおける環境（公害）問題の現状は表-9 に示した通り、いずれの国においても都市公害や産業公害問題が特に深刻な状況にあることがわかる<sup>20)</sup>。したがって、このことからアジアにおける環境ビジネスは、潜在的に有望であることが理解できる。アジアの国々の多くは、すでに欧米先進国と同様に厳しい環境法律を設け規制を推し進めているが、予算や技術面などにより規制の実行体制が取れないこと、また社会慣習の弊害などにより成果を上げられないでいる。このことから、アジアでは環境保全の実効を上げるために、市場原理に則ったやり方を取り入れようとの動きが強まってきている<sup>21)</sup>。

表-10 に 1993 年におけるアジアの環境ビジネス市場規模、さらに 1993～1997 年までの 4 年間の予測市場成長率、また GDP（国内総生産額）ならびに GDP に対する環境ビジネス市場比率を示した<sup>21)</sup>。表では、日本における同市場成長率は 3～5%と示されているが、通産省統計によると 1995 年の環境ビジネス市場は 15 兆円の実績を有し、2010 年には 35 兆円に及ぶと予測している。この場合、成長率は年平均でも 15%強となり、米国の予測統計値とはかなりかけ離れている。

アジアの国々の GDP に対する環境ビジネス市場比率は、おおよそ日本の 1/2～1/10 と極めて低い状況にある。GDP 比が環境保全の実効指数と考えれば、多くの国々は今後一層の努力が求められることになり、この指数に沿った対応が進めばアジアの環境ビジネス市場は巨大市場になることは間違いないところである。特にインドネシア、マレーシア、フィリピン、タイ、中国、インドにおける環境ビジネス市場の成長率には目を見張るものがあり、米国を初め多くの先進国は、これら地域に熱い視線を注いでいる。いずれにしても、アジアの環境ビジネスは緒についたばかりである。



表-9 アジア諸国の各種環境領域における深刻度<sup>20)</sup>

国名	森林破壊	土壌劣化・流亡	沿岸環境の劣化	生物多様性	都市衛生	都市公害	産業公害	災害	地球温暖化	貧困・飢餓
香港	3	3	2	3	3	1	2	2	2	3
シンガポール	3	3	2	3	3	1	1	3	2	3
韓国	3	2	2	2	3	1	1	2	2	3
台湾	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
インドネシア	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2
マレーシア	1	2	2	2	2	1	1	2	2	-
フィリピン	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2
タイ	1	1	2	2	2	1	1	2	2	3
中国	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
インド	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1

注：表中の数字の1は深刻、2は問題となりつつある、3は軽微、-は該当問題がない、/はデータがないことを意味する。

表-10 アジア太平洋地域の環境市場（単位：億 US ドル）<sup>21)</sup>

国名	市場規模(1993)	成長率(1993～1997)	GDP(1993)	% of GDP
日本	450.0	3～5%	25,500	1.8
オーストラリア	22.0	3～5%	2,900	0.8
ニュージーランド	4.0	6～8%	500	0.9
香港	8.0	8～12%	800	0.9
シンガポール	3.0	6～10%	500	0.6
韓国	16.0	8～12%	3,200	0.5
台湾	17.0	8～12%	2,100	0.8
インドネシア	3.0	20～25%	1,200	0.2
マレーシア	3.5	20～25%	600	0.5
フィリピン	2.5	10～12%	500	0.5
タイ	5.0	20～25%	1,000	0.5
中国	7.0	15～20%	5,000	0.1
インド	5.0	15～20%	2,800	0.2

その他	1.5	10～15%	600	0.2
合計	547.5	5～7%	47,500	1.2%

### 7-3. アジア環境ビジネスにおける環境測定・分析の位置づけ<sup>21)</sup>

アジアの多くの国々では厳しい法律を制定し環境規制を行っているものの、汚染者が制裁を賄賂や政治的な圧力を使いごまかすなどしてこれを無視するため、規制効果を上げられないでいることは前述した通りである。アジアにおける環境保全・保護の実現には、環境行政機構の整備と強化もさることながら、環境産業の育成も急ぐ必要があると考える。

日本は、1960年代の深刻な公害問題を見事に克服したが、これを成しえた背景には、厳しい環境法律と高度の公害防止技術の運用、そしてきめ細かな環境モニタリングの実施があったからだと考える。

すでに厳しい公害問題が顕在化しているアジアの国々の環境保全を進めるに際して、公害防止技術の移転を急ぐべきとの考えは、極めてわかりやすい施策であるが、しかしながらこれまで必ずしもよい成果をみていないのが現状である。これは、汚染実態を正確に見積もるための信頼できるデータ絶対量の不足から、的確な公害防止計画の策定や実行施策の評価ができないことによるものだと考える。無償であるいは有償で海外から導入した公害防止装置を、ランニングコストが高いという理由でストップさせてしまう。結局、法律に違反しても罰金を払った方が安価であるとの事実から、汚染物質を垂れ流す。これがアジアの国々の現状である。環境規制は汚染物質の濃度規制であり、同規制の効果は、環境モニタリングに経済価値を持たせなければ得られないものと考ええる。

「有害化学物質を測るといくら儲かる」、さらに「正確なデータは高く売れる」といった仕組みを構築しなければ、公害防止を確実なものにすることは難しいと考える。これは日本が歩んできた道でもある。およそ30年前の公害が深刻な時期に、市場原理に基づき自然発生的に生まれしてきた環境測定・分析ビジネスは、1974年に計量法の形で認知され、すでに22年の歴史を有するに至っている。この間に培った環境測定・分析ビジネスノウハウを、今こそアジアに移転すべきだと思うがどうであろうか。これまで米国に限らず、日本もこの分野をあまり重視してこなかった。それは、環境測定・分析ビジネスが図-7に示すように、最も小さな市場規模の事業分野であるために軽視されてきたことが原因であろう。しかし、逆三角形の底辺に位置づけたように、基本的にはこの環境測定・分析ビジネスが環境保全事業総体を支えていると見ることに無理はないと考える。

従って、今回の有害大気汚染物質規制の取り組みにおいても日本だけの課題に留めず、アジアの国々についても視野に入れた検討がなされるべきである。

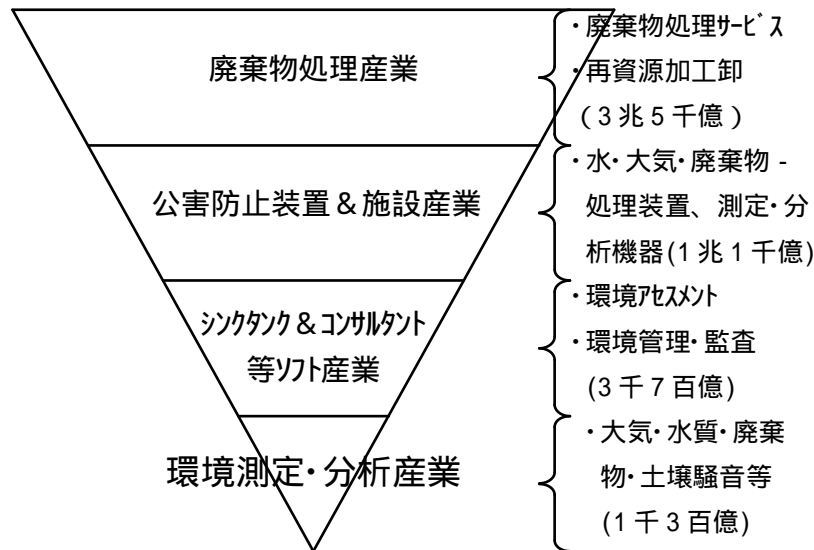


図-7 環境ビジネスの市場構造

#### 8. おわりに

新たな環境規制は、環境測定・分析ビジネスを行う者にとって、事業機会が増えるという観点からは歓迎すべきことである。しかしながら、有害大気汚染物質に対する環境計量証明事業者の測定・分析対応力は、あまりにも実施事例が少ないことなどを勘案すると、精度管理などの面で必ずしも満足できる状況にないのではないかと危惧する。環境規制は濃度規制であり、この規制の効果は事業所の測定・分析能力に依存すると言っても過言ではない。ならば規制の執行に先立ち、環境計量証明事業者の有害大気汚染物質に対する分析能力の把握と、その結果に基づく事業所の訓練強化を急ぐ必要があると考える。また、分析コストの面あるいは計量法に基づく計量精度の維持管理のために、国産の標準物質供給体制整備を急ぐことも重要な課題である。

なお、米国の環境測定・分析ビジネスにおいて実現している高い生産システムは、日本の事業所においても取り入れられることを期待するものである。何故ならば、環境規制をスムーズに執行する上から、また新たな事業機会を見いだすためにも環境保全コストの抑制は極めて重視すべきテーマであると考えからである。

一方、アジアの環境保全を実現する一つのアイデアとして、環境サービス産業の育成スキームを提案したい。環境測定・分析ビジネスが成立することは、環境保全のために必要なデータが集積されることを意味する。環境測定・分析ビジネスのノウハウをアジアに伝えることは、日本の経験すなわち公害防止実績の一つを移転することである。

最後に、測定・分析の視点で見た今回の有害大気汚染物質規制の動きは、未確立であった日本の環境測定・分析精度管理システムを構築する新たな時代の到来だと感じている。

## 参考資料

- 1) エネルギージャーナル社 (1996) 有害大気対策、環境目標値設定・監視体制の確立、No.1385、p3~4
- 2) 化学工業日報 (1996) 中環審の答申を一定に評価、有害大気汚染物質、2/2、p5
- 3) 化学工業日報 (1996) 中環審・大気部会、有害大気汚染物質対策で中間答申、環境目標値設定、1/24、p7
- 4) 化学工業日報 (1996) 環境庁中環審、有害大気汚染物質で中間答申、リスクアセスへ一歩、2/2、p5
- 5) エネルギージャーナル社 (1995) 化学物質のリスク程度に応じた対策、“概ね理解”、No.1378、p2~4
- 6) エネルギージャーナル社 (1995) 250~300 化学物質を 3 類型、対策の枠組み等集約へ、No.1377、p2~3
- 7) (社) 日本環境測定分析協会 (1994) 環境計量証明事業者 (事業所) の実態調査
- 8) 谷 學 (1995) 日本の環境測定分析業界の課題と課題、環境と測定 ; Vol. 22 No. 8、p2~17
- 9) 通商産業省機会情報産業局計量行政室 編 (1994) 新計量法の概要、p137~195
- 10) 柏平 伸幸 (1995) 統一精度管理調査結果よりみた重金属の原子吸光および原子発光分析について、環境と測定技術 ; Vol. 22、No. 8、p30~35
- 11) 柏平 伸幸 (1995) 統一精度管理調査結果よりみた有機化合物に対する誤差要因、環境と測定技術 ; Vol. 23、No. 1、p25~36
- 12) (財) 日本環境衛生センター (1995) 平成 7 年度環境環境測定分析統一精度管理調査 調査結果の概要
- 13) (社) 日本環境測定分析協会 (1995) [SELF] 平成 7 年度参加会員募集
- 14) SUPELCO JAPAN (1995) 大気分析用標準物質、p609
- 15) American Association for Laboratory Accreditation (1995) MEMBERSHIP BROCHURE
- 16) Stuart P. Cram Ph.D.(1995) Trends in U.S. Environmental Lab. Market, Review of U.S. Environmental Laboratories JEMCA and Hewlett-Packard
- 17) 谷 學 (1996) 米国環境測定分析機関の実態調査に関するメモ
- 18) Dr. Vincent Rococo(1995)環境関連市場の世界化、Environmental Business Journal January
- 19) Environmental Today (1995) 弾みのついた環境技術計画、January/February
- 20) 青山俊介 (1996) アジア圏で進行する巨大な自然環境破壊と都市・産業公害、国際開発ジャーナル、1月号、p133(抜粋)
- 21) Dennis Rondinelli (1995) 市場本位の環境保全を指向するアジア、Asia Environmental Business Journal、March/April