

総説 (Review)

神奈川県における化学物質分析の変遷

長谷川 敦子
(調査研究部)

Changes in Analysis of chemical substance in kanagawa Prefecture

Atsuko HASEGAWA
(Research Division)

キーワード：環境中化学物質，測定

1 はじめに

人は多くの化学物質を作り出し、生活を豊かで便利なものへ変えてきた。しかし一方で生態系に負荷をかけ過ぎてきたとの反省から、野放図な排出は慎むべきだというのが近年の潮流であろう。日本で社会問題になった化学物質^{注1)}には、先端技術産業で使用される特殊材料ガスやゴルフ場で使用される農薬類、環境ホルモン、フロン類やダイオキシン類等があるが、測定できなければ対策も難しいので、環境中の化学物質を測定する需要が大きくなった。多くの人口を抱える神奈川県は、様々な環境中の化学物質の調査を続けてきた。なんの成果もないことが環境には一番望ましいという地味な仕事であるが、どのような調査を行ってきたか振り返って

みようと思う。

図1に示すように化学物質調査の根底にあったのは、環境省(2001年までは環境庁)の「化学物質環境実態調査」であった。おそらくこの調査を始めたきっかけは、水俣病など悲惨な公害病への反省であっただろう。環境中に存在すると人に悪影響を与えうる化学物質をリストアップすることから、この調査は始まった。この調査に関わることにより、様々な化学物質の最新の傾向や調査・分析法に触れ続けることができ、神奈川県の化学物質行政にも役立ってきた。

その結果報告の中に毎年公表されている【化学物質と環境】(通称 黒本)がある。2023年10月現在の環境省のホームページ¹⁾には、平成8年度版(1996年発行、1995年の調査結果が記載)

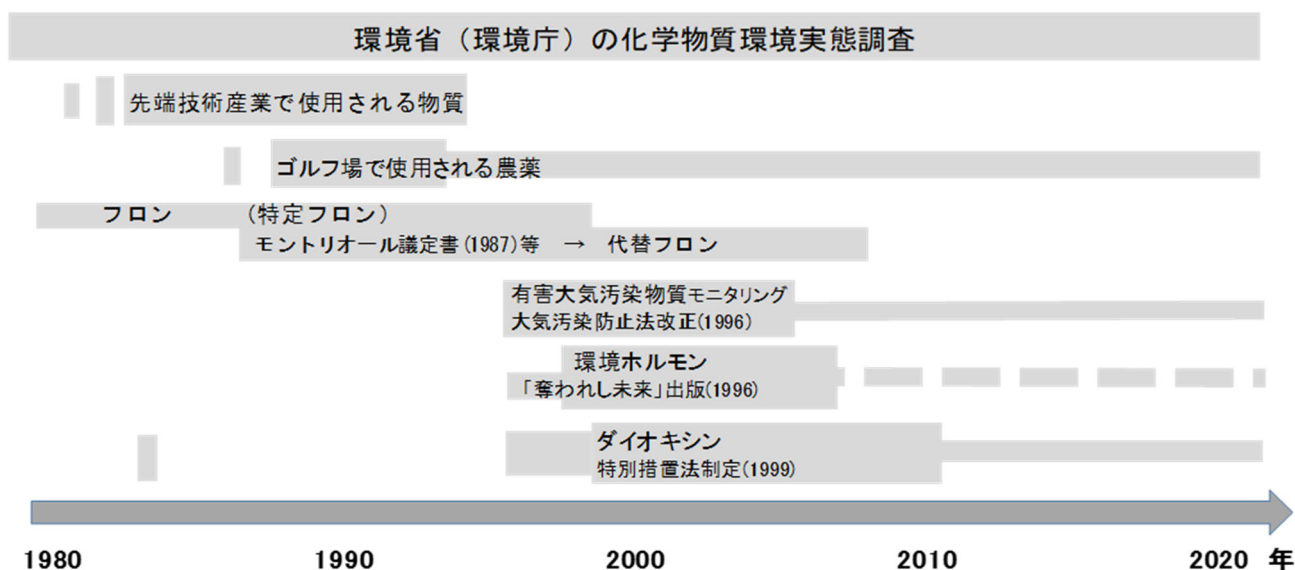


図1 社会問題となり環境科学センターが分析法開発にかかわった化学物質の変遷

注1：帯の起点はそれぞれの物質が社会問題化した契機が発生した時点，終点は主な分析法開発調査研究等が完了した時点とした。細い帯はその後状況把握のための環境調査が継続していることを示す。

から令和4年度版まで載っているが、調査自体は1974年から実施されている。調査の形式や名称は変化してきたが、最近では[初期環境調査]、[詳細環境調査]、[モニタリング調査]、[分析法開発調査]の4つになっている。ごくおおざっぱに言うと、調査の対象物質は、[初期環境調査]は環境中存在すると問題になり得るものすべて、[詳細環境調査]は過去に検出例がありさらに詳しく調査するもの、[モニタリング調査]は環境中に存在すると確認されている化学物質の長期の変化を追っているもので、PCB（ポリ塩化ビフェニル）や有機塩素系農薬類（クロルデンなど）、有機フッ素系物質（PFOSなど）が含まれている。そしてこれらの調査を実施するにあたって、適当な分析法がない物質・媒体について、分析法を開発するのが[分析法開発調査]である。

環境調査を実施するには、環境媒体それぞれ（大気、水質、底質、生物）に十分な精度や感度を備えた分析法が必要であるが、調査候補に挙がる物質のほとんどに適当な分析法はない。よってほとんどの環境調査は、まず「分析法を作る」ところから始めるのである。

これまでに、神奈川県が環境省から分析法の開発を受託した化学物質は、130物質を超える。以前は〇〇物質群として、多数物質の一斉分析が多かったが、精度管理が厳しくなってきたこともあって、最近は単独物質の分析法となることが多い。開発される物質の用途は多岐にわたり、農薬類や溶剤類、酸化防止剤、可塑剤、禁止された特定フロンに代わって使用された水素化フロン、有機スズなどの代わりに船底塗料に使われる薬剤などがあつた。労災認定された物質もあつた。現在、全国で実施されている「有害大気汚染物質モニタリング調査」に用いられている測定方法マニュアル²⁾には、この[分析法開発調査]の成果をひな形にして作られているものがある³⁾。

このように、神奈川県では、環境省の化学物質調査に参加することによって、様々な化学物質問題に迅速に対処できるようになってきたのである。なお、これまでの調査で、対策が必要なレベルで検出された事例は一件もなく、モニタリング調査対象のほとんどの物質は、減少傾向にあることが確認されている。

以下に個別の事例について述べる。

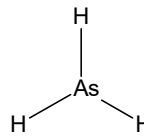
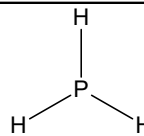
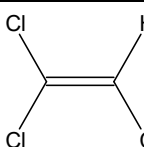
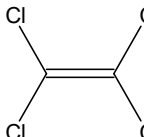
2 化学物質の分析方法開発事例

2.1 先端技術産業使用化学物質

1975年は広域的な大気汚染や水質汚濁等の公害問題を引き起こした重化学工業から新たな産業への我が国の主要産業の転換点といえよう⁴⁾。80年代後半ごろから、テレビニュースをにぎわせ始めたのが、先端技術産業で使われる化学物質による汚染問題だが、当時は先端技術産業＝半導体製造であったので、半導体製造にかかわる化学物質問題だった。半導体にするシリコンウエハーへのドーピングに用いるアルシン（AsH₃）、ホスフィン（PH₃）などの特殊材料ガス、製品を洗浄するトリクロロエチレン（トリクレン）、テトラクロロエチレン（パークレン）といった有機塩素系溶剤などである（表1）。

アルシンを測定するために、ガス状強還元性物質に反応する「有害ガスモニター」を使ったり、試料採取の段階でガス状のものだけをとらえ、ヒ素（As）そのものを原子吸光光度計で測定したり、無機ヒ素と有機ヒ素を水素化物発生装置でガス状にし、GC/MSで分離して測定したりしていた⁵⁻⁸⁾。GC/MSは早くから多くの分野で多用されてきた。特殊材料ガスは、それ自体が猛毒で、そんな危ないものを使って漏洩したら怖い、といったとらえ方だったと思う。まだ「公害」であつて「環境」問題ではなかつた。

表1 半導体製造で使用された代表的な化学物質の測定法と構造式

対象物質 (用途)	測定法	構造
アルシン (特殊材料ガス ドーピング)	GC/MSなど	
ホスフィン (特殊材料ガス ドーピング)	GC/MSなど	
トリクロロエチレン (洗浄溶剤)	GC-ECD, GC/MSなど	
テトラクロロエチレン (洗浄溶剤)	GC-ECD, GC/MSなど	

2. 2 ゴルフ場農薬問題

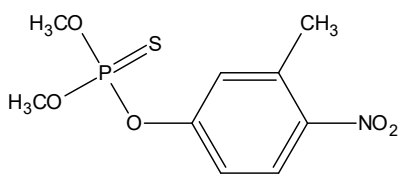
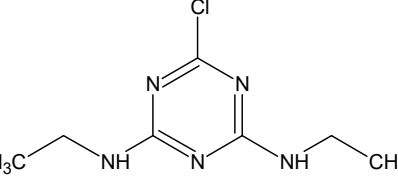
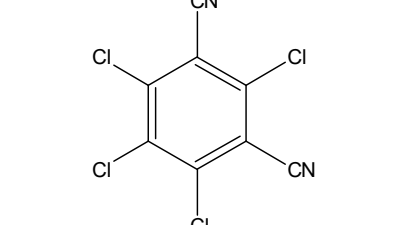
その後、1988年頃からテレビニュースをにぎわせ始めたのが、ゴルフ場で使用される農薬であった⁹⁾。

正しく使っていれば大丈夫であろうもの、開放系で使うのが前提の化学物質が、初めて大きく問題視された「環境」問題であったと思う。一般人から問い合わせもあった。農薬を殺菌剤、殺虫剤、除草剤に分けて、使用量の多いものについて大気中濃度、水中濃度を測定することになったが、当時は調査に使えるような測定法がほとんどなかったので、農薬そのものから有効成分を抽出し、再結晶して分析用標準物質代わりにするといった、今の精度管理基準では考えられないようなことをして測定法を作成していた。また影響評価をしようにも、当時は環境基準や排水基準があるわけではないので、残留農薬基準や毒性評価などと平均的な呼吸量や水分摂取量から安全率をたっぷりとって外挿して代用した^{10,11)}。今では、なんらかの基準値設定済みの農薬が359(2023年10月現在:環境省ホームページ¹²⁾)ある。

89~91年にかけて県内ゴルフ場で、農薬散布日の前後に、風上風下で大気中農薬濃度を測定したが、散布直後は濃度は上がるものの、すぐに低下して外部への影響は限定的という結果であった(図2)¹¹⁾。

農薬の規制は、結局水質のみ現在も続いていて、環境省は、ゴルフ場で使用される農薬によ

表2 ゴルフ場で使用された代表的な化学物質の構造式

主な対象物質(用途)	測定法	構造
フェニトロチオン(殺虫剤)	GC/FTDなど	
シマジン(除草剤)	GC/FTDなど	
クロロタロニル(殺菌剤)	GC/FTDなど	

る水質汚濁の防止及び水域の生活環境動植物の被害防止に係る指導指針(令和2年3月)を定め、毎年度地方自治体等が実施したゴルフ場排水等の水質調査の結果を取りまとめ、公表している¹²⁾。

なお、農薬類全般の分析としては、2000年頃からのLC/MSの普及により、現在はGC/MSとLC/MSのどちらでも測定できるものが多い¹³⁾。「揮発するもの」を対象するGCに対し、LCは「溶けるもの」が対象で広い対象範囲を持つ。なるべく多くの農薬を一斉分析するためLC/MSで農薬の迅速スクリーニング法を開発した¹⁴⁾。

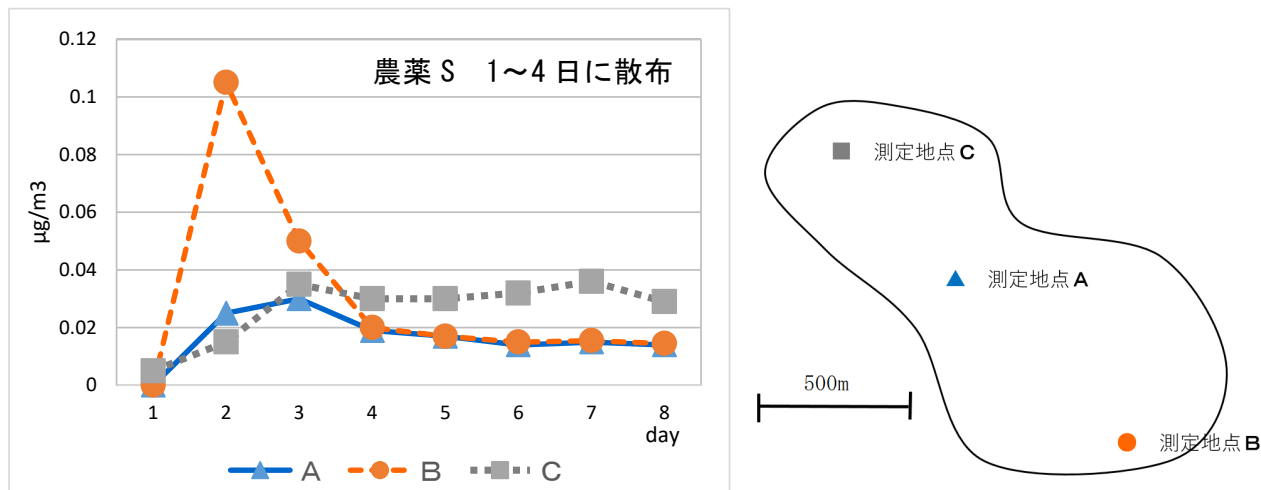


図2 ゴルフ場での測定地点と結果例

2. 3 フロン

フロンは、人類の生活向上に貢献したという点では、トップクラスの化学物質である。1930年頃の開発当時は「夢の化学物質」ともてはやされた。フロンのおかげで熱制御が容易で安全になり、冷蔵庫やエアコンが普及した。また爆発しない無毒のスプレー缶噴射剤、機械部品の洗浄剤としても使われた。しかし優秀ゆえ大量に使われ、結果「オゾン層破壊」という問題を引き起こすこととなった。

当時神奈川県には、臨海地区大気汚染調査協議会という組織があり、横浜市、川崎市、横須賀市と協力して1990年1月から97年1月にかけてフロン類等の調査を実施した¹⁵⁻²⁰⁾。現在フロン類のような揮発性の高い物質を測定するには、「有害大気汚染物質モニタリング調査」でベン

ゼンなどを測定しているキャニスター法を用いるのが一般的だが、当時は普及していないので、特注の吸着管に捕集して溶出、GC/ECDで分析、という手法^{21,22)}を開発して実施した。

フロン類のほとんどは、モントリオール議定書(1987年)やオゾン層保護法(1988年)によって全廃された(表3)。当時の調査で大気中濃度がどんどん下がっていったことが確認できたが、明確に「下げ止まり」が見られた²³⁾。あまりに大量に使われたので、地球レベルに広がってしまい、大きな発生源で規制しても濃度低下の効果に限界があったのである。

その後、全廃の特定フロン類に代わって、水素化フロンが使われたが、今度は代替物質の温室効果が問題となった。京都議定書(1997年)によって温室効果ガスの削減が国際約束となり、神奈川県では08年まで環境中濃度の実態把握を行った²⁴⁾。

表3 全廃されたフロンの構造式

主な対象物質 (用途)	測定法	構造
フロン12 (冷媒、噴射剤など)	GC/ECDなど	$\begin{array}{c} \text{F} \\ \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{F} \\ \\ \text{F} \end{array}$
フロン11 (冷媒、噴射剤など)	GC/ECDなど	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{F} \\ \\ \text{F} \end{array}$
フロン113 (噴射剤、洗浄剤など)	GC/ECDなど	$\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{Cl} \\ \quad \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{C} - \text{F} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{F} \end{array}$
四塩化炭素 (洗浄剤)	GC/ECDなど	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$
1,1,1-トリクロロエタン (洗浄剤)	GC/ECDなど	$\begin{array}{c} \text{Cl} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{H} \end{array}$

2. 4 有害大気汚染物質

環境大気中に存在すると問題になる恐れがある化学物質をリストアップして、その一部について^{注2)}モニタリング調査が始まったのは、まだ20世紀のことである。神奈川県では、改正大気汚染防止法に基づき、1997年度から調査を開始し、06年度に民間委託するまでは当センターが自前で測定していた。

はじめて使うキャニスター、ブランクレベルが高い重金属、湿度が高いと破過が心配となる酸化エチレンなど問題を抱えていた。また精度管理も厳しくなり、検出下限をブランク試料や低濃度標準物質の測定結果から算出するため、報告する項目が大幅に増えた。当センターで開発または検証した分析法が、現在も使われている測定マニュアルのひな型となっている^{3,25-27)}。

結局、環境基準が定められたのは、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタンの4物質であるが、これらに加えて測定の指針値を持つ物質など計21物質(表4)がモニタリング対象となり、定期的な大気中濃度の測定が続いている²⁸⁾。

表 4-1 神奈川県で大気モニタリングしている化学物質

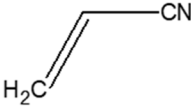
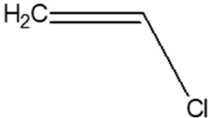
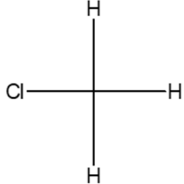
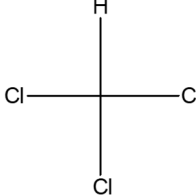
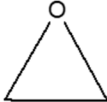
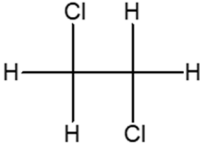
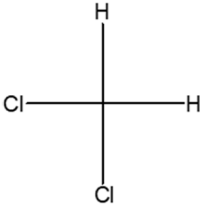
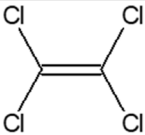
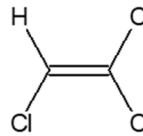
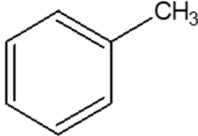
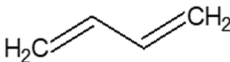
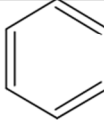
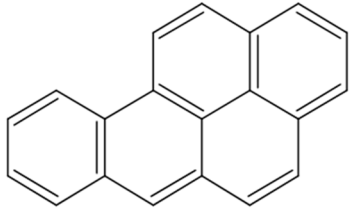
対象物質 (主な用途など)	測定法	構造など
アクリロニトリル (合成樹脂などの原料)	キャニスターGC/MS	
アセトアルデヒド (車の排ガスやたばこの煙に含まれる)	DNPH捕集HPLC	$\text{H}_3\text{C}-\text{CHO}$
塩化ビニルモノマー (塩化ビニル樹脂原料)	キャニスターGC/MS	
塩化メチル (化学合成原料、海からの自然発生も多い)	キャニスターGC/MS	
クロム及びその化合物 (メッキ、ステンレス鋼材料)	フィルター捕集ICP/MS	Cr
クロロホルム (溶剤など)	キャニスターGC/MS	
酸化エチレン (滅菌ガスなど)	誘導体化捕集GC/MS	
1,2-ジクロロエタン (塩ビモノマー原料、溶剤など)	キャニスターGC/MS	
ジクロロメタン (溶剤など)	キャニスターGC/MS	
水銀及びその化合物 (合金、圧力計など)	金アマルガム捕集- 加熱気化冷原子吸光	Hg
テトラクロロエチレン (溶剤など)	キャニスターGC/MS	

表 4-2 神奈川県で大気モニタリングしている化学物質

対象物質 (主な用途など)	測定法	構造など
トリクロロエチレン (溶剤など)	キャニスターGC/MS	
トルエン (溶剤など)	キャニスターGC/MS	
ニッケル化合物 (合金など)	フィルター捕集ICP/MS	Ni
ヒ素及びその化合物 (毒物、半導体原料など)	フィルター捕集ICP/MS	As
1,3-ブタジエン (ブタジエンゴム原料など)	キャニスターGC/MS	
ベリリウム及びその化合物 (合金など)	フィルター捕集ICP/MS	Be
ベンゼン (溶剤など)	キャニスターGC/MS	
ベンゾ [a] ピレン (非意図的生成化学物質)	フィルター捕集HPLC	
ホルムアルデヒド (車の排ガスやたばこの煙に含まれる)	DNPH捕集HPLC	H—CHO
マンガン及びその化合物 (電極材料など)	フィルター捕集ICP/MS	Mn

注2: 有害大気汚染物質は、低濃度ではあるが長期曝露によって人の健康を損なうおそれのあるもので、将来にわたって人の健康に係る被害の未然防止を図るという観点から、閾値のある物質については「人に対する影響を起ささない最大の量(最大無毒性量)」に基づいて環境目標値を定め、閾値がない物質については「暴露量から予測される健康リスクが十分低い場合には実質的に安全と考えて生涯リスクレベル10万分の1を基準に環境目標値を定める、という考え方(=「環境リスク」)」で物質を選定することになった。

この考え方を踏まえて1996年に大気汚染防止法が改正され、現時点で「有害大気汚染物質に該当する可能性がある物質」が248物質、「優先取組物質」が23物質選定されている(なお、ダイオキシン類は別途モニタリング)。これが、「環境リスク」の考え方を「法規制に持ち込んだ」初めてのケースといえよう。環境リスク管理を前面に打ち出した化学物質管理促進法が制定されたのは1999年。化学物質が「ハザード管理」から「リスク管理」に移行したことで、対象物質は一気に増加したといえる。

2. 5 環境ホルモン
(内分泌かく乱化学物質)

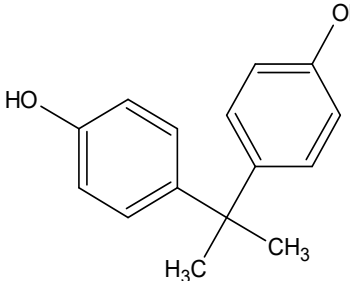
1998年頃, “いわゆる環境ホルモン”問題²⁹⁾が台風のような大騒ぎになった。内分泌かく乱作用を有すると疑われる候補のリストに載った化学物質には食品容器に汎用されていた物質が含まれており, それを使った商品を販売していた産業

界は, 思わぬ逆風に困惑するはめになった。表5に挙げたビスフェノールAは, プラスチック容器に用いられるポリカーボネート樹脂や缶詰の内面塗装に用いられるエポキシ樹脂の原材料として, また, ポリ塩化ビニルやフェノール樹脂の安定剤やその他の樹脂の酸化防止剤などに使用されている。この, ごく身近な化学物質が危険かもしれないと見られたのである。リストを作成した当時の環境庁(現環境省)には, 国会議員からホルモン焼き屋までの苦情電話が殺到して, てんてこまいだったそうである。

環境庁が策定した「環境ホルモン戦略計画SPEED'98」により, リスト掲載物質について水質・大気・野生生物における緊急全国一斉調査が開始され, 当センターも調査を実施した。

内分泌かく乱化学物質の多くは, その構造的な特徴から女性ホルモン様の作用を持つことが知

表5 リストアップされた内分泌かく乱化学物質候補例

対象物質 (主な用途など)	測定法	構造など
ビスフェノールA (合成樹脂などの原料)	GC/MS, LC/MS	

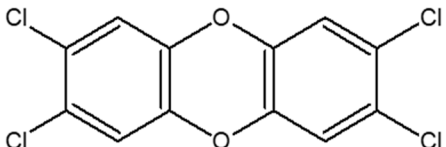
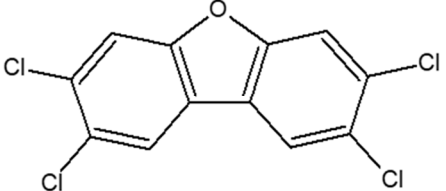
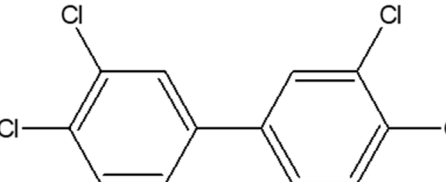
られているが, 完全に雄が雌になるわけではなく, 化学的に未解明な点が多い³⁰⁾。

神奈川県では臨海地区大気汚染調査協議会で99年8月と2000年1月にビスフェノールAを調査した³¹⁾ほか, リストに載った化学物質の分析法をまとめ, 当センターで05年度まで水質等の実態調査を継続した^{32,33)}ものの, その後は大規模な実地調査が実施されたわけではなく, 議論と文献調査に軸が移った。「化学物質の内分泌かく乱作用に関する環境省の今後の対応方針についてExTEND2005」以降, 現在も引き続き環境省が対策を進めている。

2. 6 ダイオキシン類

1983年の焼却灰からの検出報道に端を発し, 99年のマスコミ報道で大騒ぎになったダイオキシン類の測定は, 最初のひとつのデータを出す

表6 ダイオキシン類の例

主な対象物質	測定法	構造
2, 3, 7, 8-四塩素化ダイオキシン	高分解能GC/MS	
2, 3, 7, 9-四塩素化ジベンゾフラン	高分解能GC/MS	
3, 3', 4, 4'-四塩素化ビフェニル #77	高分解能GC/MS	

までに、設備や試薬を揃える経費が3億円はかかる金食い虫分析であった。

JISに定められる測定方法は、大抵多くの事業所などで実施できるよう、高価な測定機器などを必要とする難しい最新のものではないものになるが、ダイオキシン分析では、小数点以下4桁の精度で測定する最先端の高度な分析が求められ、これを実施するための設備や人材を揃えなければならなかった。具体的には、圧力制御まである空調設備を備えた隔離型実験室を作り、試料や機材の保管スペースまで確保し、高度で高価な機器を入れ、それを扱える人材を揃えなければならなかった。一番簡単な焼却炉粉塵を一通り測定できるようにする研修は、4週間かかった。測定単価は、きわめて高かったので、参入を試みた分析事業所は多かったが、参入困難となったところも多かったはずである。反対に早期に始めた業者には、減価償却半年というところもあったそうである。

2000年度に当センターにダイオキシン分析施設が設置されたので、どこまで迅速に分析できるか検討を重ねた³⁴⁾。予算が執行され工事を始めたがまだ測定できる状態ではないという段階で、ある工場でダイオキシン類基準超過が起きた際には、なぜ県で測定しないのかと痛くもない腹を探られたものである。その後しばらくは忙しかったが、ダイオキシン類の濃度は数年で急速に下がり、測定依頼も急速に減少していった。ダイオキシン類対策特別措置法(2000年1月施行)等に基づく対策が進んだためであろう。なお、神奈川県内のダイオキシンのモニタリング調査は06年度から民間委託され継続している³⁵⁾。

3 おわりに

生産されるものだけでも化学物質数は増え続けている。調査しようにも、個別に対処し続けるのは困難で、早々に対応しきれなくなるだろう。その分析は、これまでのような一つの物質に特化した精度の高い方法から、精度は少々落ちてはたくさんの物質を一度に評価できる方法や的を定めずに多くの物質を網羅できる方法へとシフトしていこう。一方、ダイオキシン類のように、極微量の物質を高精度で測定するニーズは今後もあり得るだろう。環境分析は、今後この両極端の道を進むことになる

想定される。

環境問題の最近のトレンドは二酸化炭素排出削減やマイクロプラスチック、PM2.5などで、かつてのような単純な化学物質問題ではなくなってきた。問題視される範囲も、かつてはほとんど使用過程だけであったが、近年は製造から廃棄までに広がり、地球規模に拡大している。それでも、今後も化学物質分析法自体のニーズはあり続ける。例えば、残留性の高い有機ハロゲン系の難燃剤^{36,37)}などによる環境汚染は身近かつ世界的な問題であり、また、化学分析分野のグリーンケミストリ³⁸⁾など新たな技術開発が求められている。さらに分析手法に対しても、より高い精度やスピードが求められている。

化学物質を特定するためのシナリオ作りから始め、適切な分析方法の選択、実際の分析方法までを具体的・実践的にとりまとめた「有害物質分析ハンドブック」の編集に携わった³⁹⁾。今後も地方の環境試験研究機関において分析法開発等の調査研究がすすめられ、その参考にしていただけたら幸いである。

参考文献

- 1) 環境省：化学物質と環境、
<https://www.env.go.jp/chemi/kurohon/>
- 2) 環境省：有害大気汚染物質測定方法マニュアル、<https://www.env.go.jp/air/osen/manual2/>
- 3) 神奈川県環境科学センター：酸化エチレン，酸化プロピレン [対象媒体：大気]，化学物質と環境「平成7年度化学物質分析法開発調査報告書」
- 4) 日経 XTECH：【電子産業史】1970年代：産業構造の激変期「硅石器時代」が幕を開ける、
<https://xtech.nikkei.com/dm/article/COLUMN/20080801/155919/> (参照;2023.10)
- 5) 神奈川県公害センター：特殊材料ガス(アルシン・ホスフィン)の大気中における安定性について、大気汚染調査研究報告，29，58-63 (1988)
- 6) 金子幹宏：先端技術産業で使用する特殊材料ガスの測定技術，環境と測定技術，15(5)，33-43 (1988)
- 7) 神奈川県公害センター：特殊材料ガス(ホスフィン)の大気中における安定性について(Ⅱ)，大気汚染調査研究報告，30，57-66 (1989)

- 8) 神奈川県公害センター：過マンガン酸カリウム含浸シリカゲルによる空气中ホスフィンの捕集及び定量，大気汚染調査研究報告，31，51-63 (1990)
- 9) 環境省：農薬の環境リスク対策，平成8年版環境白書 別冊，156 (1996)
- 10) 長谷川敦子：大気中農薬の簡易測定法，環境と測定技術，18(8),55 (1991)
- 11) 長谷川敦子ほか：ゴルフ場における大気中農薬調査，環境化学，3(1),75-84 (1993)
- 12) 環境省：農薬対策関係 <https://www.env.go.jp/water/dojo/noyaku.html>
- 13) 環境省：化学物質環境実態調査におけるLC/MSを用いた化学物質の分析法とその解説，https://www.env.go.jp/chemi/anzen/lcms_method/index.html (2006)
- 14) 長谷川敦子：LC/MSによる農薬類の迅速スクリーニング法，神奈川県環境科学センター研究報告，30,54-59(2007)
- 15) 神奈川県臨海地区大気汚染調査協議会：有機塩素系物質及びフロン12の環境濃度調査，神奈川県臨海地区大気汚染調査報告書 平成元年度,4-58(1990)
- 16) 同上：有害化学物質調査，同上 平成2年度～平成4年度，(1990)11-55,(1991)69-115,(1992)141-194，(1995)
- 17) 同上：同上，平成5年度，6-72，(1995)
- 18) 同上：同上，平成6年度，1-34，(1996)
- 19) 同上：同上，平成7年度，1-18，(1997)
- 20) 同上：同上，平成8年度，1-23，(1998)
- 21) 長谷川敦子ほか：吸着剤捕集/溶媒脱離/GC法による大気中有機ハロゲン化合物の定量，分析化学，40,489-493 (1991)
- 22) 長谷川敦子：吸着剤捕集/溶媒脱離/GC法による大気中フロン12の定量，神奈川県環境科学センター研究報告，14,12-15 (1991)
- 23) 長谷川敦子ほか：神奈川県臨海地区における大気中有機ハロゲン化合物濃度，大気環境学会誌，35(2),113-123 (2000)
- 24) 神奈川県：環境中のフロン濃度の実態把握，かながわ環境白書 平成21年版,86-87(2010)
- 25) 長谷川敦子：キャニスター-GC/MSによる大気中揮発性有機化合物測定，環境と測定技術，25 (8), 53-56(1998)
- 26) 長谷川敦子：キャニスターに採取された環境大気中化学物質の保存安定性の検討，環境化学，11(2),163-172 (2001)
- 27) 長谷川敦子：Measurement of Ethylene Oxide in the Atmosphere，環境化学，11(1),11-15 (2001)
- 28) 神奈川県：大気環境・騒音振動・悪臭メニュー「神奈川の大気汚染」 <https://www.pref.kanagawa.jp/docs/pf7/taikimenu/index.html>
- 29) 環境省：，化学物質による環境問題，平成11年版環境白書，218-233(1999)
- 30) 環境省：化学物質の内分泌かく乱作用に関する情報提供サイト <https://www.env.go.jp/chemi/end/endocrine/>
- 31) 神奈川県臨海地区大気汚染調査協議会：有害化学物質調査（ビスフェノールA調査），神奈川県臨海地区大気汚染調査報告書 平成11年度,6-8(2000)
- 32) 大塚知泰ほか：神奈川県水域における環境ホルモン実態調査結果（Ⅲ），神奈川県環境科学センター研究報告，26,72-77(2003)
- 33) 三島聡子,大塚知泰,加藤陽一,長谷川敦子ほか：神奈川県水域における環境ホルモン実態調査結果（Ⅳ），神奈川県環境科学センター研究報告，29,101-105(2006)
- 34) 加藤陽一,長谷川敦子ほか：ダイオキシン類の迅速な抽出・分離法の開発，神奈川県環境科学センター研究報告，26,52-59(2003)
- 35) 神奈川県：ダイオキシン類対策のページ <https://www.pref.kanagawa.jp/docs/pf7/dioxine1.html>
- 36) 長谷川敦子ほか：液体クロマトグラフィー／タンデム質量分析法による水質試料中テトラブロモビスフェノールAの分析，環境化学，14(1),73-79 (2004)
- 37) 長谷川敦子：液体クロマトグラフィー／質量分析法による廃棄物処分場浸出水中の化学物質の分析，神奈川県環境科学センター研究報告，28,45-51(2005)
- 38) 長谷川敦子ほか：ナノ・マイクロLC/MSによる環境・廃棄物試料のグリーンケミストリ分析技術の開発，神奈川県環境科学センター研究報告，31,90-91(2008)
- 39) 鈴木 茂,石井善昭,上堀美知子,長谷川敦子,吉田寧子(編)：有害物質分析ハンドブック，朝倉書店(2014)