

特集

水質・土壌等の簡易測定技術の社会での活用と今後

1997年5月号で「水質簡易測定技術の開発状況と応用」の特集記事が組まれてから10年余りが経過しましたが、この間、PRTR法や閉鎖性水域の総量規制制度など様々な法律・制度から市民と行政との連携による水環境モニタリングに至る幅広い分野において、それぞれの目的に見合った形で簡易測定技術が導入されてきています。

本特集では、急速に社会全般に普及しつつある水質・土壌等の簡易測定技術の具体的な活用事例を紹介していただき、より適切な活用の推進の一助となることを望みます。
(担当編集企画委員 株式会社理化学研究所・石井 誠治)

簡易測定技術の公的認定と活用のあり方*

浦野 紘平

1. はじめに

水中の有害物や有価物を簡易に測定する技術の活用は、水環境や水処理工程の管理だけでなく、土壌環境や廃棄物、あるいは生産工程や使用部品・製品の管理にとっても非常に有効である。また、環境教育や発展途上国における活用、事故や災害などの緊急時の活用などにも有効である¹⁾。最近、国や地方自治体が簡易測定技術の有効性を認定して、活用しようとする動きが幾つか出てきている。一方、国が定めた測定方法（以下「公定法」と記す）はすべて正確であり、簡易測定法はすべて不正確であるといった先入観や両者が必ず一致しなけれ

ばいけないといった誤解もあり、また「公定法以外を考えるのは面倒だ」とか、「公定法で商売をしている人が反対するから」といった声もしばしば聞こえ、優れた簡易測定技術でも十分に活用されていないのが現状である。

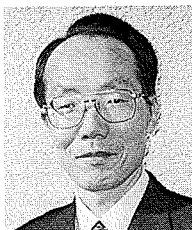
このような中で、社会の安全・安心が効率的に得られる簡易測定技術を活用するためには、その種類や特徴についての正しい知識とともに、活用の基本的あり方を理解することが不可欠である。

そこで本稿では、まず、簡易測定技術と言われているものを分類・整理し、公的認定の広がりを紹介するとともに、活用の基本的あり方を明確にし、課題を論じることとした。

2. 簡易測定技術の分類

簡易測定技術といった場合、どのような方法や機器をイメージするかは人によって大きく異なる。このため、これらをきちっと分類・整理して考えなければ、議論がかみ合わないだけでなく、活用を阻害することにもなりかねない。

簡易測定技術の種類については、様々な分類方法があるが、適用可能か否かを決めるのは、必要機器等の価格レベルと熟練操作の必要レベル、および感度と精度である。必要機器の価格レベルについては、A、0～数万円、



Kohei Urano

昭和40年 横浜国立大学工学部卒業
45年 東京工業大学大学院博士課程修了
同年 現産業技術総合研究所研究員
47年 横浜国立大学工学部講師
63年 同教授
平成17年 同環境情報研究院特任教授
〔委員等〕 環境省中央環境審議会委員ほか
日本水環境学会学会賞受賞ほか

* Public Authorization and Practical Use of Convenient Analytical Methods

B. 数万～数十万円, C. 数十万～数百万円, D. 数百万円以上の機器を必要とするといった4分類ができる。一方、熟練操作の必要レベルについては、a. 誰でもできる, b. 少し訓練が必要, c. 専門的訓練が必要といった3分類ができる。すなわち、簡易測定技術と言っても、これらの組み合わせさせた広範な技術 (A-a～D-cまでの12分類) がある¹⁾。例えば、薬剤が入った小型プラスチック容器に水を吸い込んで発色強度を目視で標準色列と比較するものや、薬剤を付けた粒子を充填した細いガラス管にガスを吸い込んで発色長さを見る検知管などはA-aの技術に相当するが、パックされた薬剤を加えて発色を分光光度計で多項目定量する方法はB-aに相当し、Ahレセプターなどの生物試薬を使ったダイオキシン類の簡易測定法はC-bに相当し、オートアナライザを使った分析などはD-bに相当し、四重極GC/MSを利用したダイオキシン類分析などはD-cに相当する。このように、公定法より操作が簡易化されていれば、かなり高価な機器や相応の訓練が必要な技術であっても“簡易”測定技術と言われている。すなわち、公定法との比較で“簡易”かどうかが決まられ、ダイオキシン類測定のように公定法が非常に高価な機器と煩雑な操作が必要な場合には、C-bからD-cの技術でも簡易測定技術となる。

したがって、簡易測定技術を活用するには、各技術がこれらのどのレベルであるのかを理解し、支払える経費と使用者レベルを確認した上で、測定目的毎に、必要な感度と精度が得られる方法を選択する必要がある。

なお、水質測定用の主要な簡易測定技術の種類と必要経費などについては、既報^{1,2)}にまとめて示してあるので参照されたい。

3. 公的認定の広がりや改善の方向

法令による簡易測定技術の認定事例としては、平成16年3月に閉鎖性水域への第5次総量規制が強化されて中小規模事業者にも窒素・リン規制が行われるようになった際に、排水量 $50\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 以上、 $400\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 未満の事業所(都道府県知事が定めた場合には $400\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 以上の事業所でも可)では、全窒素と全リンの測定に「簡易な計測方法」を利用することが認められた³⁾。これは、公定法を大型機器による測定の方角に走らせてきた日本の行政では画期的なことであり、今後もこのような簡易測定技術の公的認定が増えることが期待されている。

また、PRTR制度の施行とともに、事業所からの特定化学物質の排出量を簡易測定法によって推計する⁴⁾ことも広く行われるようになった。

このほか、水ではないが、平成17年9月に排ガス、ばいじん、燃え殻中のダイオキシン類測定に、生物検定法による簡易測定技術が導入され⁵⁾、現在、底質と土壌中のダイオキシン類についても簡易測定技術の評価が行われている⁶⁾。一方、独土木研究所では国土交通省の支援で「建設工事で遭遇するダイオキシン類汚染土壌対策マニュアル」⁷⁾と「土壌のダイオキシン類簡易測定マニュアル」⁸⁾を発行し、簡易測定技術の活用を提示している。また、環境省は、平成11年の「土壌・地下水汚染に係わる調査・対策指針及び同運用基準」⁹⁾の改訂で、公定法によるだけでなく、簡易測定法による調査も目的に応じ

て使い分けるように提示し、環境影響評価ガイド¹⁰⁾でもスコーピング等での簡易測定法の利用を推奨している。

さらに、土壌中の鉱物油の簡易測定技術¹¹⁾、農用地土壌中のカドミウムの簡易測定技術¹²⁾、油中のPCBの簡易測定技術¹³⁾、排ガス中の揮発性有機化合物(VOC)の簡易測定技術¹⁴⁾、内分泌攪乱化学物質等の有害化学物質の簡易測定技術¹⁵⁾、および本号で紹介される東京都の土壌汚染対策用簡易迅速測定技術¹⁶⁾など、行政による様々な簡易測定技術についての調査、評価と認定、推奨などが行われてきている。

これらのことは、従来の公定法だけでは経費的、技術的、時間的に様々な測定ニーズに応えられないため、公定法に加えて、簡易測定技術を活用することの必要性和有効性が認められてきたことを示している。

しかし、今までの簡易測定法の公的認定では、様々な試料について公定法と簡易測定法によるデータの比較が求められる。例えば、総量規制での窒素・リン測定の場合にも「簡易な計測方法」は、「指定計測法と同等程度の計測結果が得られる機器又は方法に限る。」とされ、適用が制限されている³⁾。このため、手間と経費のかかる公定法との比較データの蓄積が、安価な(利益の少ない)簡易測定技術の普及を図りたい者にとってはかなりの負担となっている。また、公定法自身が様々な共存物の影響を受けて精度(再現性)が低くなるため、公定法と簡易測定法の相関のパラッキが大きくなってしまいうも少なくない。すなわち、公定法が正確であるという前提が成り立たないのに、公定法と同じ値を出すように求められることによって、簡易測定法が認定されないこともしばしばある。

このようなことを踏まえて、今後、簡易測定技術の行政的な普及を図るためには、単に公定法との相関で判断するのではなく、様々な測定目的(ニーズ)毎に、特徴を的確に活かした簡易測定技術を認定していくことが必要である。とくに、測定の目的を正しく、かつ効率的に果たすためには、サンプリングの場所や時期も極めて重要であり、これが適切にできにくい状況で、測定方法だけに高感度や高精度を求めても意味がないことには十分注意する必要がある。

例えば、サンプリングが局部的になる土壌汚染調査のための測定法では、明らかに基準値を大幅に超えていたり、大幅に下回っている濃度範囲で高い精度を求める必要はない。これらの濃度範囲での高精度を求めなければ、より幅広い簡易測定技術が認定・普及できる。

また、技術の利用者側の意見を良く訊いて、経済的メリットを適切に判断することも重要である。経済的メリットのない技術は公的に認定しても普及しない。

さらに、行政による簡易測定技術の普及においては、法律や規格の制限と従来の慣習や様々な軋轢を超えて、効率的な環境改善・管理を進めようとする熱意と行動力をもった担当者がいるか否かがポイントになるので、このような優秀な担当者が短期間で異動しないようにすることも重要な点の一つである。

4. 測定目的別の活用の考え方

水中の有害物や有価物の主要な測定目的は、以下の10種類に分けられ、それぞれで簡易測定技術の活用の仕方

が異なる。

- ① 環境水の汚染レベル（基準値との差）を把握する。
- ② 飲料水や工業用水が水質基準値や管理目標値を満たしていることを確認する。
- ③ 排水・下水の処理（放流）水が排出基準を超えていないことを確認したり、PRTR 対象物の排出量を把握する。
- ④ 排水・下水・工業用水・雑用水・飲料水などの水処理工程の効果を評価、監視する。
- ⑤ 土壌や廃棄物が溶出基準や含有量基準を超えているか否かを確認する。
- ⑥ 事故や災害による汚染物質の拡散や緊急用水の安全を確認する。
- ⑦ 生産工程での原材料や反応物の濃度を管理する。
- ⑧ 使用部品・製品の溶出液に指定有害物質が含まれていないことを確認する。
- ⑨ 水質測定を体験させ、汚染防止を考える教育を行う。
- ⑩ 研究開発中の材料や技術の評価を行う。

簡易測定技術を活用するためには、これらの測定目的毎に必要なかつ十分な技術を選択することが重要である。

①の環境水の汚染レベルの把握を目的とする場合には、公定法とほぼ同程度の感度が必要であるが、精度については、高精度の公定法によって少数の地点で少数回の測定をするよりも、やや精度が低くても測定地点や測定回数を増やすことで水質変動の平均化ができるので、その水域の評価がより正しくできる。例えば、前述のB-aに分類させる吸光光度法による技術やC-aに分類されるオートアナライザーなどが実用できる。

②の飲料水の安全性や工業用水の安定性の確認を目的とする場合には、詳しい水質判定は公定法によるしかないが、遊離残留塩素で消毒効果を確認したり、アンモニアなどでし尿等による汚染の有無を判定する場合など、対象物質濃度が一定レベル以上か以下かを確認するだけでよい場合には、発色目視法のようなA-aに分類される技術も利用できる。

③の放流水の基準遵守の監視を目的とする場合には、決められた頻度で役所に届け出るための測定以外では、広く簡易測定法が活用できる。この場合には、環境水や飲料水より約10倍濃度までの感度ですみ、また、排出基準値以下であることが確実に判定できれば良いことが多

いので、高精度でなくても利用できる。ただし、排出基準値近くになることが頻繁にある場合には、その値付近での精度が高い技術を採用する必要がある。例えば、放流水のCOD_{Mn}について、ほぼ常に基準値が満たされ、異常の監視のみを行う場合には、公定法との相関をとっておけば発色目視法のようなA-aの技術も適用できるが、頻繁に基準値近い値になる場合には、公定法と全く同じ条件で反応させて吸光度で測定する高精度の簡易測定法^{17,18)}が有効である。この方法は、使用薬剤（廃液）と消費電力が公定法の約1/20にでき、図1に示すように、公定法と誤差範囲内で一致する結果が得られる。

また、PRTR 対象物質の年間排出量の把握を目的とする場合には、放流水質の変動を考慮する必要があるため、高い感度や精度よりも測定回数が多くとれる簡易測定技術が有効になる。なお、この場合には対象物質が事業所毎に異なるので、利用される簡易測定技術も様々である。

④の水処理工程の評価、監視を目的とする場合には、放流水の規制を中心に考えられてきた公定法にこだわらず、各処理工程で除去または分解されるべきものが許容変動幅以内であるか否かを評価できる感度と精度の簡易測定法を利用すればよい。例えば、沈殿分離処理では除去したい濁度(SS)または金属やフッ素等の無機イオン、好気性生物処理ではBOD、DO、界面活性剤など、脱窒処理や脱リン処理では全窒素や硝酸性窒素または全リンやリン酸態リンなどをA-a～B-bに相当する簡易測定技術で測定し、評価、監視できる。なお、具体的な適用事例は、本号の東京都下水道局の記事を参照されたい。

⑤の土壌・廃棄物の管理を目的とする場合には、10倍量の水での溶出液（溶出試験）や酸またはアルカリでの溶解液（含有量）中の有害物質を測定することになるが、基準値を超えているか否かの判定が重要であるので、基準値より大幅に高いか低い濃度範囲では精度が低くても、基準値付近で妥当な（安全側の）判定が行える簡易測定技術は利用できる。ただし、溶出液では基準値判定に必要な感度が足りる技術に限られ、溶解液では共存物の影響の除去や補正が必要になることもある。

土壌汚染管理への適用事例は本号の東京都佐々木氏の記事を参照してほしいが、工事現場や不動産取引などでは迅速性が要求されることも多い。このため、分析技術だけでなく、溶出や溶解の操作を大幅に簡易・迅速化し

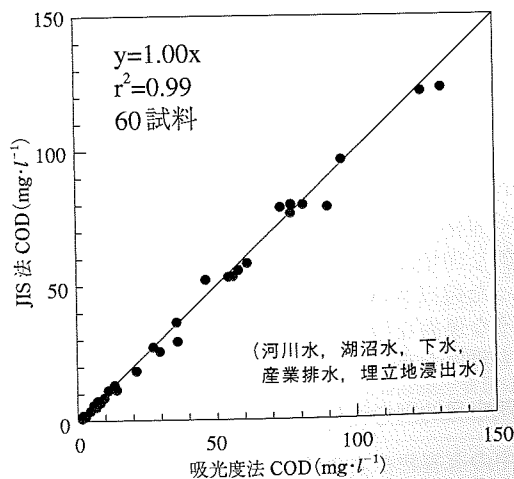


図1 簡易COD_{Mn}測定法と公定法での測定値の相関例^{17,18)}

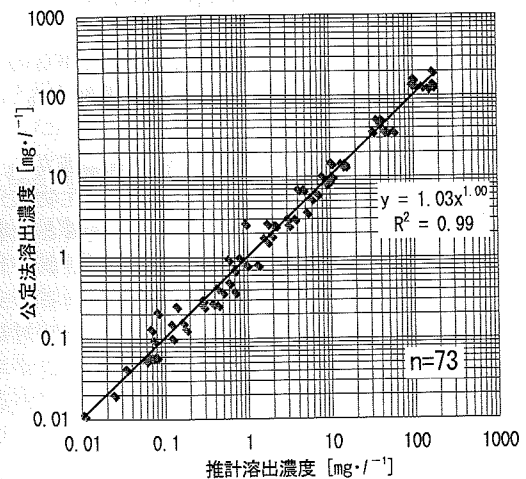


図2 土壌の迅速溶出試験法推計値と公定法値との相関例¹⁹⁾

たB-bに相当する技術¹⁹⁾も開発されている。この方法による鉛、カドミウム、六価クロム、ヒ素、ホウ素、フッ素についての推計値と公定法による測定値とは図2に示すような高い相関があり、迅速な汚染判断に有効である。

⑥の事故や災害による汚染確認などを目的とする場合には、精度よりも迅速性が優先され、また熟練を要しない技術が求められるので、目視または分光光度計などによる比色方式や検知管、あるいはメーター式のA-aまたはB-aの技術が適用可能である。事故や災害の状況によるが、例えば、pH試験紙やpHメーター、緊急用飲料水の遊離塩素、漏洩した油や揮発性有機化合物(VOC)などの検知管や各種メーター類による測定などが実用可能と考えられる。

⑦の生産工程での原材料や反応物の濃度管理を目的とする場合には、仕込量や混合状況、反応などによる減少量などを管理するので、測定物質や共存物質が明確であり、比較的高濃度であるため、感度が問題になることは少ない。また、ある許容範囲内であることを確認すればよいのでとくに高い精度も必要ないが、製造現場で迅速に結果が得られる必要がある。このため、A-aからB-b程度の技術が中心になる。適用事例は本号の佐伯氏の記事を参照してほしいが、メッキ工場のメッキ浴組成の管理や食品・飲料製造工程での塩分、アミノ酸、ビタミンC等の含有量管理など、様々な分野で利用されている。

⑧の部品・製品管理を目的とする場合には、水溶液になる部品・製品は所定含有量の水溶液にして測定できるので、感度は問題にならないが、プラスチックなどの固体の溶出液を測定する場合などには、廃棄物の場合と同様に、高い感度が必要な物質もある。一方、測定対象物の有無または所定レベル以下(または以上)であるか否かを判定できれば良いので高い精度は必要ないことが多く、幅広い簡易測定技術が実用できる。

⑨の環境教育を目的とする場合には、児童生徒や市民が行う場合にはA-aの技術しか実用できない。また、測定値そのものよりも、測定項目の意味や環境汚染レベルの判定と改善へのきっかけづくりが主目的であるので、汚染レベルの分類判定ができる程度の感度と精度があればよい。環境教育への適用事例については、本号の国土交通省の記事を参照してほしいが、発色目視法が広く実用され、検知管も使われている。一方、専門学校以上の学生や企業人の教育には、さらにB-aに相当する多項目測定用の分光光度計や各種メーター類を使った教育なども有効である。

⑩の研究開発中の材料や技術の評価を目的とする場合には、比較的高濃度の場合が多いので感度不足になることは少ない。また、対象物質や共存物質が明確で、研究開発がスムーズに進行するように早く結果がほしい場合が多く、精度もそれほど必要ないことが多い。このため、様々な簡易測定技術が活用しやすい領域であるが、簡易測定技術を知らない研究者が多いために、活用はあまり進んでいない。

5. 今後の課題と期待

以上に述べたように、測定・分析は、ある判断をするために行うものであり、それぞれの判断(測定)目的に応じた適切な簡易測定技術を利用して、効率的に判断す

ることが重要になる。

しかし、公定法は、環境規制の違反判定などを主に考えて定められてきたために、高い感度や精度が求められてきた。また、実際には不可能であるが、全国のあらゆる場面に適用できるようにしようと考えられてきたため、操作が非常に複雑になっている。しかし、測定目的によっては高い感度や精度が必要でなかったり、複雑な前処理操作が不要な場合も少なくない。また、共存物によっては公定法の精度(再現性)が不十分になるケースもある。それにもかかわらず、簡易測定技術に公定法と同じレベルの感度や精度を要求したり、同じ値がであることを要求するために、有用な簡易測定技術でも認定・普及されないことも少なくない。

また、新しい規制では急ごしらえの公定法が定められたりするが、その場合、公定法が必ずしも最適であるとは限らない。さらに、測定対象物質以上に有害な薬品を大量に使用する公定法さえもある。

このような状況を理解し、公定法と簡易測定技術を適切に組み合わせ、環境管理や工程管理などを効率的に進めるためには、本稿で分類整理したような測定の目的毎に、負担可能な価格レベルや熟練の必要レベル、および必要かつ十分な感度や精度がある簡易測定技術をユーザーが選択して活用できるようにすることが不可欠である。そのためには、以下のような事を進める必要がある。

① 簡易測定技術の種類や特徴についての情報を、行政や種々の企業・団体と研究者が協力して相互に伝達する。

このような目的で、エコケミストリー研究会に「効率的環境汚染測定・評価技術フォーラム」が設置され、関係者の相互交流と分析展でのセミナー開催²⁾などを行っており、協働する団体・個人を募集している。

② 先進的な地方自治体を中心に、住民や地元企業のためになる簡易測定技術の導入と育成を図る。

このような活動を成功させるためには、3章の終わりに述べた事項のほかに、自治体に設置される専門委員会等のメンバーを旧来の分析化学者中心でなく、効率的な環境管理や工程管理などの測定目的と経済性をしっかり考えられる現場経験が豊富な測定者側の人を中心にすることも重要である。

③ 国が定める公定法の制度を、幅広い測定目的毎に、適用可能な方法を迅速に認定し、常に改善していきけるシステムに変える。

現在のわが国の公定法の制度では、その制定の根拠情報の公開も、問題点の指摘や改善意見の受け入れシステムも不十分であり、実際の測定者やメーカーの改善・開発意欲を失わせることにもなっている。欧米では、測定できることを証明したデータがある技術は、情報公開して迅速に公認し、ユーザーに選択させる制度になっている。日本でも社会負担の軽減と効率的な管理を進めるために、多様な測定技術を迅速に認定し、ユーザーの選択幅を増やし、また情報を公開して、問題点の指摘や改善意見も常時受け入れて改善していきけるような抜本的な制度改革が行われることを期待したい。

参考文献

- 1) 浦野紘平, 石井誠治 (1998) 水質簡易測定技術の開発状況と応

- 用, 水環境学会誌, 21, 258-263.
- 2) エコケミストリー研究会 (2001~2007) 第1回~第8回効率的環境汚染測定・評価技術フォーラムセミナー, <http://www.ecochemi.jp/symposium.html>
 - 3) 環境省 (2004) 報道発表「水質総量規制制度における窒素含有量及びりん含有量に係わる汚濁負荷量の測定方法の追加について」平成16年3月18日, 環境省告示第77号および第78号の改訂.
 - 4) 環境省・経済産業省 (2008) PRTR 排出量等算出マニュアル, <http://www.env.go.jp/chemi/prtr/notification/calc.html>
 - 5) 環境省 (2005) 報道発表「ダイオキシン類対策特別措置法施行規則第2条第1項第4号の規定に基づき環境大臣が定める方法について」平成17年9月14日, 環境省告示第92号.
 - 6) 環境省 (2008) 「平成20年度底質・土壌中ダイオキシン類簡易測定法検討業務」入札公告, 平成20年5月7日.
 - 7) 国土研究所編 (2005) 建設工事で遭遇するダイオキシン類汚染土壌対策マニュアル, 鹿島出版, 東京.
 - 8) 国土研究所編 (2006) 土壌のダイオキシン類簡易測定マニュアル, 鹿島出版, 東京.
 - 9) 環境庁 (1999) 「土壌・地下水汚染に係わる調査・対策指針及び同運用基準について」平成11年1月29日環境庁通知.
 - 10) 環境省 (2004) 「環境影響評価技術(I)(II)(III)」, 報道発表「環境影響評価技術検討会報告書のとりまとめについて」, 平成14年10月29日.
 - 11) 環境省 (2006) 油汚染対策ガイドライン—油含有土壌による油臭・油膜問題への対応—, (社)土壌環境センター, 東京.
 - 12) 環境省 (2006) 「平成18年度カドミウム農用地土壌汚染簡易測定技術検討調査」企画募集公示, 平成18年10月18日.
 - 13) 環境省 (2004) 報道発表「油中のポリ塩化ビフェニル簡易測定技術の募集について」平成16年4月7日.
 - 14) 環境省「現在市販されている VOC 測定機について」<http://www.env.go.jp/air/osen/voc/materials.html>
 - 15) 平成15年度環境事業実証モデル事業検討会 (2004), 化学物質モニタリング技術ワーキンググループ会合資料, 2004年2月25日.
 - 16) 東京都「土壌汚染調査における簡易分析法採用マニュアル (重金属編)」<http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/chem/dojyo/kanizinsoku4.htm>, 「土壌汚染調査 (揮発性有機化合物) の簡易で迅速な分析技術の選定について」<http://www.metro.tokyo.jp/INET/OSHIRASE/2007/04/20h4p400.htm>
 - 17) 石井誠治, 浦野紘平 (1999) JIS COD_{Mn} 測定方法の効率化・環境負荷低減技術, 水環境学会誌, 22, 301-307.
 - 18) 浦野紘平 (2002) COD_{Mn} の簡易測定法と効率的な JIS 準拠測定法, 水処理技術, 43, 185-189.
 - 19) 浦野真弥, 清水優子, 岩田一子, 浦野紘平, 小林剛 (2007) 土壌中重金属等の迅速分析法について, 第13回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集要旨集, pp.249-252.