

イオンクロマトグラフィーにおける 測定上の注意点

小林 泰之

1 はじめに

イオンクロマトグラフィー (ion chromatography, IC) は、1975 年に Hamish Small らにより発表されて以来、50 年を迎える。この間、IC の進歩は著しく、無機イオンの定量法としてなくてはならないものとなった。主に水質試験方法として多くの公定試験法^{1)~5)}に採用されているが、その応用範囲は水質関連にとどまることなく拡大している。IC 技術の進展に関しては、本誌に掲載されている進歩総説^{6)~12)}を参考にしてほしい。

IC の特長は、試料水中の微量イオンを短時間に、かつ化学形態別/価数別に一斉分析が可能などところにある。測定対象イオンの種類や測定条件にもよるが、10~15 min で 8~15 成分のイオンを分離でき、数 $\mu\text{g/L}$ (ppb) ~ mg/L (ppm) の定量が可能である (注入量: 20~50 μL)。また、濃縮カラムと呼ばれるミニカラムを用いて測定対象イオンをインライン濃縮した後、分離・検出する方法 (濃縮カラム法) を用いれば、 ng/L (ppt) レベルの定量も可能である^{4)~5)}。

しかしながら、測定対象イオン間の濃度差が極めて大きい試料も多く、期待する分離や測定精度が得られないことがある。例えば、塩化物イオン、硝酸イオン、硫酸イオン、ナトリウムイオン、カルシウムイオンは、一般的な水環境中に数十~数百 mg/L で存在し、ときには、%オーダーものこれらイオンが含まれている試料も IC の測定対象となる。これに対して、健康影響が問題とされる亜硝酸イオンやアンモニウムイオンは数十 $\mu\text{g/L}$ 以下での測定・管理が必要とされている。

技術が進歩したとはいえ、一回の測定で濃度差が極端に大きい成分を一斉かつ高精度に定量することはできない。そのため、希釈や共存成分の除去などの前処理が必要不可欠となるが、IC の測定対象は我々の身近に存在しているイオンである。溶液調製や希釈に用いる水に含まれていたり、使用する器具類や前処理ツールなどに付着したりしていたら、汚染/コンタミネーションに気付かずに測定してしまうことになる。揮発性を有するイオ

ンであれば室内大気も汚染原因となりうるし、人の存在そのものも汚染原因となるかもしれない。このように、IC においては汚染対策が最優先課題であり、避けて通ることのできない永遠の課題である。

著者らは、^{きょうごつ}夾雑成分 (マトリックス) の除去とともに汚染の低減を目的に、インライン中和、インラインダイアリシス、インラインマトリックス除去などのインライン前処理手法の開発を行ってきた¹³⁾。また、超純水直接供給型 IC システムの開発も行った¹⁴⁾。これらの手法・技術の採用により、測定精度の向上とともに、自動化・省力化といった恩恵を得ることができる。しかしながら、実験者が試料や溶液の調製、器具の準備・管理から解放されるわけではなく、汚染の根本原因を完全に解消・払拭することはできない。

上述の通り、IC における測定精度・信頼性の向上は、汚染対策の質や達成度にかかっている。本稿では、著者らの経験やデータを基に、IC における汚染の実態と基本的な対策について解説する。

2 IC に用いられる水

通常、IC では超純水製造装置で精製された純水を用いる。超純水製造装置で得られる水は、従来からの精製法により得られる純水と比較して高品質であるため「超純水」と呼ばれる。純水の製造方法および分析への影響に関しては、「分析化学」誌に掲載されている分析化学総説¹⁵⁾¹⁶⁾を参考にするとよい。

一般に、超純水製造装置で精製される純水の全有機炭素量 (TOC) は 0.05 mg C/L 以下、比抵抗は $18.2 \text{ M}\Omega$ 以上とされる。たとえば、比抵抗 $17.5 \text{ M}\Omega$ の水に含まれるイオン量は NaCl 換算で $0.9 \mu\text{g/L}$ であるとされ¹⁵⁾、極限モル伝導度¹⁷⁾を $\text{Na}^+ = 50.11 \times 10^{-4} \text{ Sm}^2/\text{mol}$ 、 $\text{Cl}^- = 76.31 \times 10^{-4} \text{ Sm}^2/\text{mol}$ として計算すると $1.01 \mu\text{g/L}$ の NaCl が含まれている水となる。溶離液の調製に用いる純水中に NaCl が含まれていると、陰イオン分析では塩化物イオンの溶出位置に汚染量に相当する負ピーク (バйкаントピーク) が現れて、塩化物イオンの定量性が損なわれてしまう (負誤差の発生)¹⁸⁾。

超純水製造装置で精製された純水の採取には十分な注

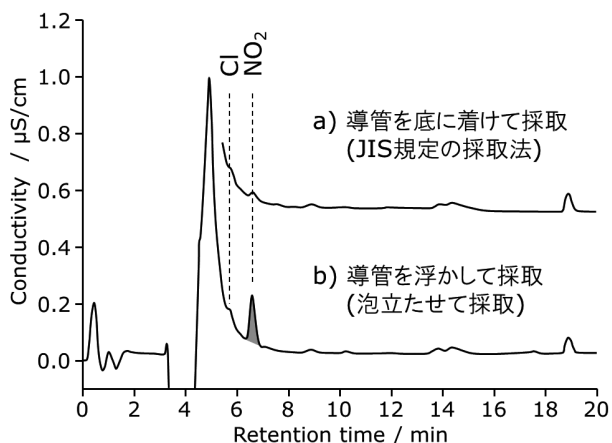


図1 超純水採取方法の違いによる汚染度合いの比較¹⁵⁾
著者の許可を得て加筆。

意が必要である。JIS K 055⁴⁾およびJIS K 0556⁵⁾には、超純水製造装置の出口に採取用導管を接続し、その先端を採取瓶の底に付けて採取する、と記述されている。採取用導管が採取瓶の底から浮いていると、空気巻き込みが生じて空気中の成分が溶解してしまう。誤った方法で純水を採取した場合、塩化物イオンの汚染量は数 $\mu\text{g/L}$ 以上、亜硝酸イオンは数十 $\mu\text{g/L}$ にもなるとされる(図1)¹⁵⁾。この対策として、採取瓶を何らかのケース/覆いの中に入れて採取すれば、外気との接触が制限されて汚染を低減できるとされる¹⁶⁾。

「超純水」は有機物も無機物もまったく含んでいない水であるので、水溶性成分は速やかに溶け込んでしまう。採取された「超純水」を空気に触れた状態で放置しておくと、短時間で品質が低下して「超純水」ではなくなってしまう。採取時にTOCが0.03 mg C/Lであった純水を貯留すると、翌日には0.11 mg C/L、3日後には0.54 mg C/L、さらに7日後には1.10 mg C/Lと40倍近くにもなってしまうとされている¹⁹⁾。

b) 混合標準溶液調製後1週間経過後

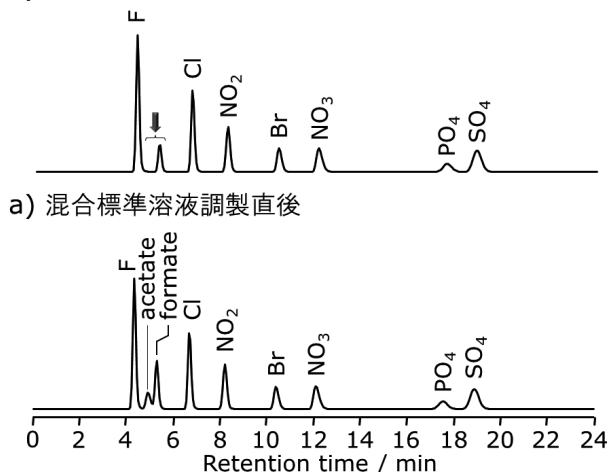


図2 タンク貯留水で調製した混合標準液クロマトグラム²⁰⁾

TOCの増加は有機物の増加であるが、同時に微生物の増加も意味する。TOCの高い純水を用いて試料溶液を調製すると、溶液保管中にイオン濃度が変化してしまうことがある。図2に、長期間に亘ってタンク貯留された純水を用いて調製した陰イオン混合標準液のクロマトグラムを示す²⁰⁾。図2b)は調製後約1週間冷蔵庫内で保管した溶液のクロマトグラムで、ギ酸イオンの減少、酢酸イオンの喪失が観察される。また、微小であるが塩化物イオンの増加もみられ、溶液保管中に変質してしまったことがわかる。

3 溶液調製に用いる器具・容器

溶離液の調製に始まり、検量線用標準液の調製、試料溶液の前処理、測定用溶液の調製などで、多種多様な器具・容器が使用される。身近なイオンを測定対象とするICにおいて、器具・容器が汚染の原因となることが多い。一般的な器具・容器の分析への影響に関しては成書²¹⁾に記述されているが、ここではIC固有の課題に絞って記述する。なお、体積計や計量器の精度は直接定量精度に影響する要因であるが、これらに関してはそれぞれの規格²²⁾²³⁾を参照してほしい。

3.1 材質：ガラスか、樹脂か

溶液調製に用いる器具・容器の材質はガラスと樹脂に大別されるが、それぞれの特性を理解したうえで選択する必要がある。

図3に、ガラス製およびポリプロピレン (PP) 製バイアルに1 mg/Lのアンモニウムイオン溶液を封入し、一晩放置後に測定したクロマトグラムを示す。PP製バイアルのアンモニウムイオンはまったく変化していないが、ガラス製-Bでは8%も減少している。一方、ナトリウムイオンはPP製バイアルでは検出されていないが、ガラス製-Bでは3.45 mg/Lものナトリウムイオンが検出されている。この結果は、ガラスからはナトリウムイ

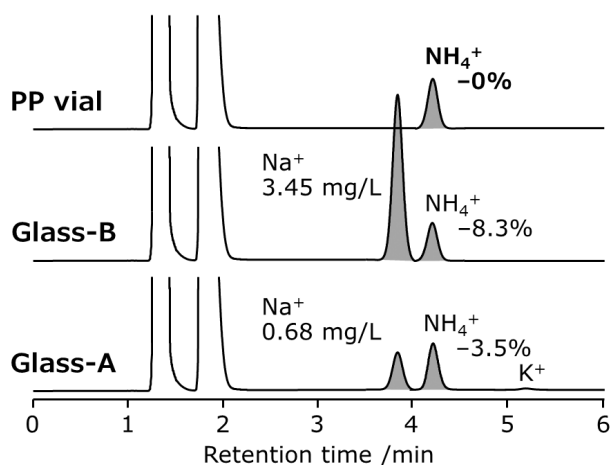


図3 ガラス製およびPP製バイアルからのイオンの溶出²⁰⁾

オンが溶出し、アンモニウムイオンはガラスに吸着することを示している。

ガラスからは、その主成分であるナトリウムイオン、カリウムイオン、ケイ酸イオン、ホウ酸イオンのほか、微量の金属イオンが溶出するとされる²¹⁾²⁴⁾。多くのガラス器具はホウケイ酸ガラス製であるため、ソーダ石灰ガラスに比べると溶出量は少ないが、微量イオン溶液の保存容器には適さない。なお、ガラス成分の溶出量はホウケイ酸ガラスのタイプにより異なり、Type I（記号JR-1）のほうがイオンの溶出が少ない²⁵⁾。

一方、陰イオン分析で測定対象となる塩化物イオン、硝酸イオン、硫酸イオンなどがガラスから溶出することはない。そのため、陰イオン分析用の溶液調製では、陽イオン分析ほどの深刻な問題は生じない。しかし、金属含量の高いガラスには、リン酸イオンや多価有機酸イオンが吸着して減少してしまうことがある。

これらを考慮すると、樹脂製の器具・容器が好ましいということになるが、樹脂固有の問題もある。PPや高密度ポリエチレン（HDPE）などの汎用プラスチックには可塑剤や紫外線吸収剤などの添加剤が含まれているほか、成形時に使用される滑剤、帯電防止のための表面活性剤などが残存している²¹⁾。これらの成分に起因する未知ピークの発生や、測定対象成分の減少・消失が起こることがある。

一般に、フッ素樹脂は不活性で安定であるとされているが、成形時に熱分解してフッ素およびその構造に由来する化合物が発生する²¹⁾。著者らも、フッ素樹脂からのフッ化物イオンや酢酸イオンの溶出を確認しており、一般的な陰イオン分析にはフッ素樹脂製の器具・容器を使用しないようにしている。

3・2 用途に応じた使い分け

ガラス、樹脂ともに長所・短所があり、微量分析を行う場合には両者の使い分けが重要となる。

ガラスからナトリウムイオンが溶出するといっても、溶離液調製や mg/L レベルの標準液調製にガラス体積計を使用しても問題は生じない。しかし、μg/L レベルの標準液調製となると、陰イオン、陽イオンともに溶出や吸着が問題となることがあるため、PP 製や HDPE 製の体積計を用いる必要がある。ただし、樹脂の熱膨張率はガラスの約 10 倍も大きいため、質量を基に標線補正を行っておく必要がある。

もっとも注意すべき点は、溶液調製に用いる体積計は、陰イオン分析用と陽イオン分析用とをそれぞれ用意し、絶対に混用しないことである。当然、溶離液用と標準液用とを混用してはならない。また、溶離液用ボトルも陰イオン分析用と陽イオン分析用とを分けて使用しなければならない。

後述するが、溶液調製用の体積計は、汚染を避けるた

め純水を封入した状態で保管する。この方法を励行していれば、体積計内部は常に清浄に保たれているので、濃度レベルの異なる標準液や試料溶液の調製に用いても問題はない。しかし、数十 μg/L 以下の低濃度試料溶液の調製には汚染が心配であるので、著者らは、低濃度専用の体積計（PP 製または HDPE 製）を用意し、一般用途の体積計と混用しないようにしている。

3・3 試料溶液用樹脂製容器からのイオンの溶出

通常、標準液や測定用試料溶液の容器としては PP 製または HDPE 製のねじ口瓶を用いる。PP は、汎用樹脂の中でも添加剤量が少なく、イオン性成分の溶出・吸着も少ないため試料容器の材質として好適である。試料容器は、調製する標準液や試料溶液の容量に見合った容積（上部空気層が少なくなる容積）で、密閉性の高いものを選択する。なお、これらの容器は後述する方法で洗浄し、純水を封入して保管しておく。

未使用の樹脂容器からは高分子添加剤、滑剤、表面活性剤などが溶出する可能性がある²¹⁾。また、製造時あるいは保管時における汚染も危惧されるため、樹脂容器からの溶出成分や溶出量、汚染状態を事前に評価しておく必要がある。材質の異なる樹脂容器に 6 時間封入した純水を測定した結果を表 1 に示すが、PP 製容器が好適であることがわかる¹⁶⁾。著者らも同様の評価を行っており、蓋がセットされて納入された PP 製容器からの塩化物イオンおよびナトリウムイオンの溶出量は数 μg/L であった²⁰⁾。同様に、ポリエチレン（PE）製容器からの溶出量は十数 μg/L であったが、蓋がセットされずに納品された PE 製容器では 60 μg/L もの塩化物イオンとナトリウムイオンが検出された。

低濃度標準液や高度に希釈した試料溶液は用事調製であり、残溶液は保管・再使用しないのが基本である。特に、亜硫酸イオン、チオ硫酸イオン、有機酸イオン、アミン類などは比較的短期間に濃度が変化してしまう。溶液中の溶存酸素が原因の一つであるが、樹脂には微細な細孔がありガス（空気）が透過する。また、蓋の開閉が繰り返されると、空気との接触が繰り返されることによる汚染や微生物の混入も危惧される。

オートサンプラー用バイアルも同様に、樹脂製のものを用いるのが基本である。オートサンプラー用バイアル

表 1 試料溶液用樹脂製容器からのイオンの溶出¹⁶⁾

bottle material	Cl	NO ₂	Br	NO ₃	PO ₄	SO ₄
blank	<1	ND	ND	ND	ND	ND
polypropylene (PP)	2.1	17	ND	8.2	ND	3.1
fluorocarbon polymer	3.5	23	ND	19	ND	17
polystyrene (PS)	9.2	73	ND	69	ND	16

純水を 6 時間封入後濃縮カラム法で測定。

単位：μg/L；ND：不検出。

からの溶出および吸着の評価結果は図3に示した通りである。なお、オートサンプラー用バイアルは小容量で精密洗浄が難しいため、基本使い捨てである。

3.4 器具・容器の洗浄

ガラス製の器具・容器の洗浄法に関しては既に報告²¹⁾²⁶⁾があるので、ガラス体積計やガラス容器の洗浄法の参考となる。しかし、ICに用いる樹脂製試料容器の洗浄法としては適正とは思われないところもある。前述の通り、樹脂容器からは種々の添加剤やイオンが溶出する。したがって、測定精度を確保するには十分に洗浄された「枯れた」ものを用いなければならない。

以下に、著者らが行っている樹脂製試料容器の洗浄手順を示す。

- ① 未使用容器は、水道水の流水で十分洗った後、中性無リンタイプの器具用洗剤で表面および内部の汚れを洗う。外蓋や内蓋も同様に洗浄する。
- ② 中性無リンタイプの器具用洗剤を入れた大型容器中に1~2日浸漬する。
- ③ 水道水の流水で洗剤を洗い流した後、純水で洗浄する。
- ④ 純水を満たした蓋付保管容器に入れて浸漬する。
- ⑤ 2~4日浸漬後、容器および蓋を取り出し、純水で綺麗にすすぐ。
- ⑥ 蓋付保管容器の純水を入れ替え、再度容器・蓋を浸漬する。
- ⑦ 約1週間浸漬した後、純水ですすぎ、容器内に純水を満たし、純水を溢れさせながら蓋をする。
- ⑧ 純水を封入した状態で保管する。好ましくは、純水封入状態で蓋付保管容器中に浸漬する。

使用時には、封入しておいた純水を捨て、採取したての純水で十分すすいだ後、使用する。使用後の容器を再使用する場合には、溶液を捨てて純水で十分洗浄した後、上記④の工程から洗浄して保管する。

なお、ガラス体積計に関しても上記と同様の方法で洗浄し、純水封入状態で保管する。ただし、ガラスはガス透過性ではないので浸漬保管する必要はない。

4 測定環境からの汚染

μg/Lレベルの低濃度試料は、純水といってよいくらいきれいな水である。そのため、器具・容器に付着した汚染物質を溶かし込んでしまうだけでなく、開封放置していると実験室内大気中の揮発性物質を吸収して、思いもかけないトラブルを引き起こしてしまうことがある。したがって、測定環境からの汚染や人的な汚染などについて定期的な評価を行い、適正な対応を施しておくべきである。

4.1 室内環境からの汚染

通常、ガス状物質や粉塵の評価にはフィルタ捕集法やインピンジャ法が用いられるが、室内数箇所純水を入れたビーカーを一定時間放置しておくという方法で簡便的に実験室内の汚染状況を評価可能である。

純水 100 mL を入れた容器を実験室内数か所に一晚開封放置し、純水中の陰イオンを測定した結果を図4に示す²⁰⁾。吸収液中からは、塩化物イオン、亜硝酸イオン、硝酸イオンおよび硫酸イオンが検出された。塩化物イオンは入口では 8.0 μg/L、実験室-1 および-2 では 2 μg/L 以下と、奥に行くにしたがって低い値となった。硝酸イオンおよび硫酸イオンも同様の傾向を示した。一方、亜硝酸イオンは 15~20 μg/L が検出され、部屋ごとの差は認められなかった。また、4分弱のところに溶出している有機酸イオンと思われるピークも変化はなかった。この原因は不明であるが、東京都内の比較的交通量の多い道路に面する実験室であるため、排ガスの影響があるのかもしれない。

陽イオンは、実験室入口で 10 μg/L レベルのナトリウムイオンとカリウムイオンが検出された。実験室の奥に行くにしたがって低い値となったことから、原因は外部の粉塵の持ち込みではないかと推定された。

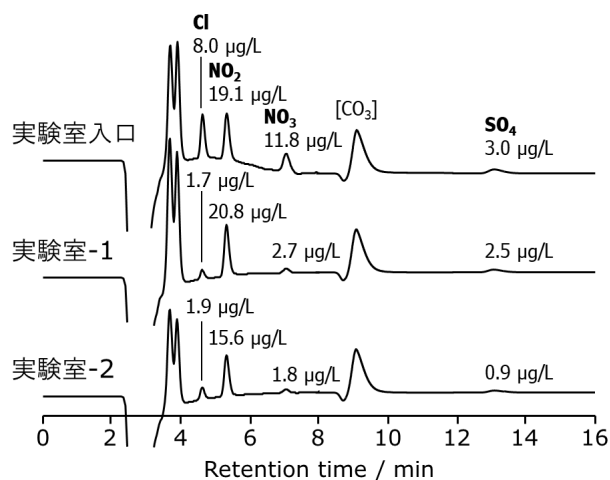


図4 室内環境からの汚染の評価²⁰⁾

4.2 揮発性試薬による汚染

無機分析室では日常的に酸やアルカリを使用しているが、揮発性の試薬は深刻な汚染を引き起こす。

試験管立の両端に揮発性の酸（塩酸、ギ酸、酢酸）を置き、純水を入れたオートサンプラー用スピッツを中央に置いた。図5に、2時間経過後に測定した純水のクロマトグラムを示す²⁰⁾。キャップを付けたものは一桁 μg/L であり、揮発性試薬の影響はほとんど受けていないと判断できる。一方、キャップ無しでは mg/L レベルの塩化物イオン、サブ mg/L レベルの有機酸イオンが検出され、高度な汚染が生じていることがわかる。

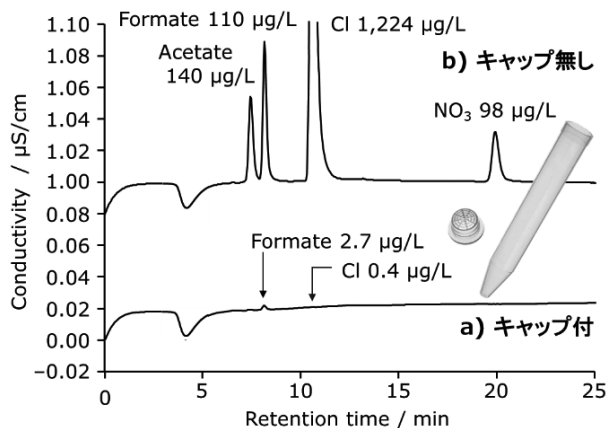


図5 揮発性を有する酸による汚染²⁰⁾

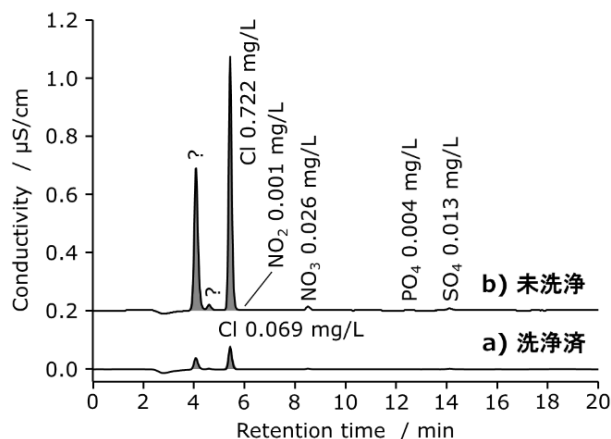


図7 指先が接触した純水のクロマトグラム²⁰⁾

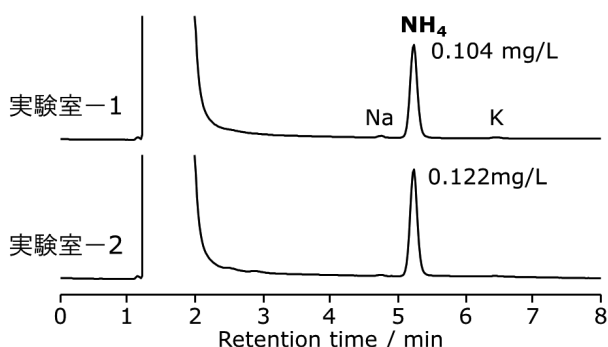


図6 アンモニア水使用後の実験室内空気汚染状況²⁰⁾

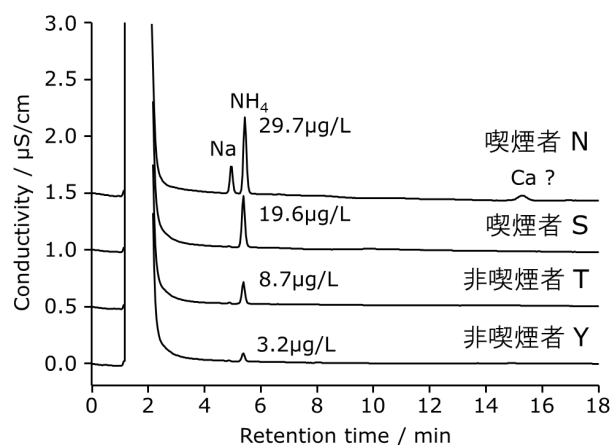


図8 呼吸が吹き付けられた純水のクロマトグラム²⁰⁾

アンモニアやアミンも蒸気圧が高いので注意が必要である。アンモニア水を使用した翌日の室内大気を、図4と同様の方法で調べた結果を図6に示す²⁰⁾。二つの実験室からはほぼ同程度のアンモニウムイオン（サブ mg/L）が検出され、壁などへの吸着が疑われた。

濃厚な酸やアルカリはドラフト内での取り扱いが必須であり、一方、測定溶液の調製は専用のクリーンベンチなどの中で行うべきである。

4.3 人が原因である汚染

純水や試料溶液に直接指を漬ける人はいないと思うが、指が触れてしまうだけでも深刻な汚染が生じる。汗中には、ナトリウムイオンが700～2800 mg/L、塩化物イオンが340～3600 mg/L含まれ、他にもアンモニウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、有機酸イオンなどが含まれている。

図7に、指先を接触させた純水のクロマトグラムを示す²⁰⁾。洗剤で十分に洗浄した後、流水できれいにすすぎ、さらに超純水製造装置の超純水ですすいだ指先を付けた場合でも約70 μg/Lの塩化物イオンが検出された（図7a）。一方、特に洗浄していない指先を接触させたとき（図7b）には約10倍もの塩化物イオンが検出された。塩化物イオン以外にも種々のイオンが検出され、有

機酸イオンと思われる大きなピークも検出された。このピークは、酢酸イオンの可能性が疑われたが、溶出位置が異なり定性はできなかった。

呼吸や唾液からの汚染も発生する恐れがある。図8に、純水を満たしたビーカーに呼吸を吹き付けたときの汚染度合いを調べた結果を示す²⁰⁾。喫煙者の場合には、20～30 μg/Lのアンモニウムイオンが検出された。実

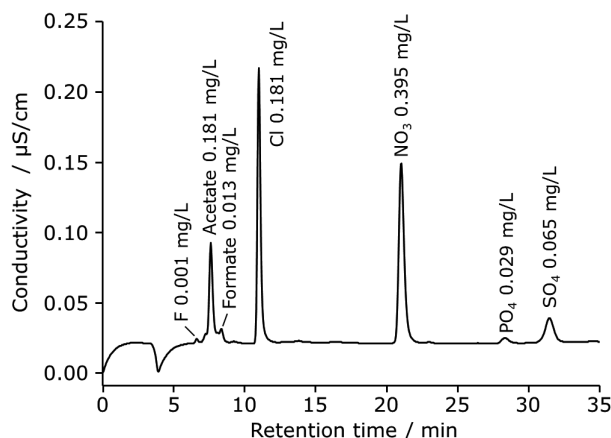


図9 ラテックス手袋からの陰イオンの溶出²⁰⁾

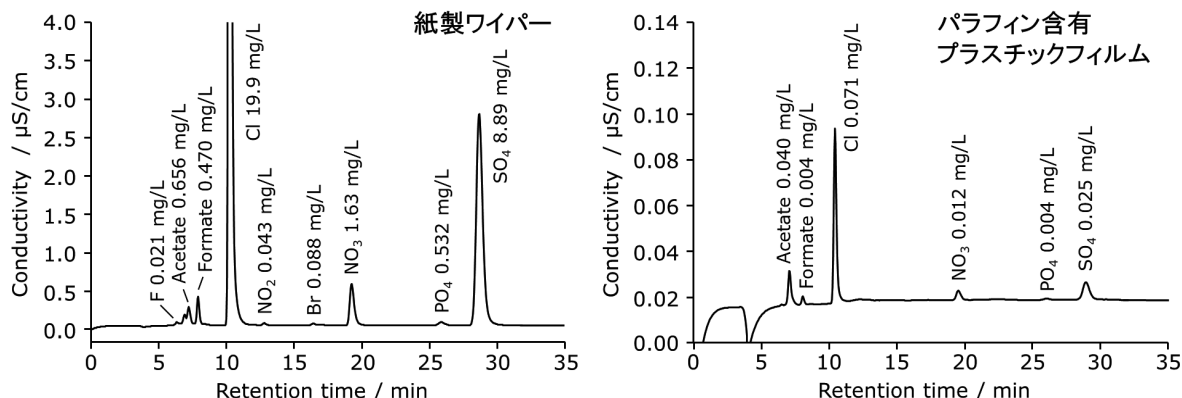


図10 紙製ワイパー（左）およびパラフィン含有プラスチックフィルム（右）からの陰イオンの溶出²⁰⁾

験・試料調製前の喫煙は厳禁ということである。

実験室内では手袋やマスクの着用が必須であるが、溶液と接触する可能性のある手袋からの汚染も不安である。そこで、実験用のラテックス手袋の指一本を切り落として、先端から半分の長さの表面だけが接触するように純水に2時間浸漬して、浸漬液中の陰イオンを測定した²⁰⁾。結果を図9に示すが、サブ mg/L レベルの陰イオンが検出され、指による汚染を避けるために着用する手袋そのものが汚染源となりうる事が示された。しかし、手袋の着用は必須であるため、表面を純水で洗ってから作業を始める必要がある。なお、実験用手袋は種々の材質のものが市販されているので、ここで示したような方法で事前評価を行い、目的に見合ったものを選択すべきである。

4.4 実験用消耗品からの汚染

最後に、実験用消耗品からの汚染について記述する。容器や器具が濡れているとき、紙製ワイパー（紙製ウェス）を多用するだろう。また、容器やビーカーの蓋代わりにパラフィン含有プラスチックフィルムを使うこともあると思う。ともに便利な実験用消耗品であるが、これらが汚染源とならないとも限らない。

薄手の紙製ワイパー1枚（120 mm × 215 mm）を50 mLの純水に漬け込んだときのクロマトグラムを図10左に示す²⁰⁾。塩化物イオンが20 mg/Lも溶出し、硝酸イオンや硫酸イオンも mg/L レベルの量が検出された。一方、パラフィン含有プラスチックフィルム（50 mm × 5 mm に切断して使用）を浸漬したときのクロマトグラムを図10右に示すが、溶出イオン量は数十 μg/L レベルと微量であった²⁰⁾。しかし、試料溶液の蓋に使用するのは好ましくない。これらの他にも種々の備品・消耗品があると思うが、定期的な評価を行うと共に、用途を規定しておくべきである。

5 おわりに

本稿では、著者らの経験を基に、ICにおける汚染の

発生要因、汚染の実態、そしてその基本的対策に関して概説した。分析機器の進歩につれ検出下限や測定精度は大幅に改善されたが、溶液調製や試料前処理が不要になったわけではなく、汚染の問題は依然として存在している。むしろ、以前にも増して深刻になったように思われる。「測定対象が身の回りのイオン」というICの宿命が続く限り、汚染とは縁を切ることができないだろう。ICにおける汚染対策は経験則に頼らざるを得ない部分が多く、この見えない技術の伝承が測定精度確保における重要な鍵を握っていると思う。本稿が、皆様の問題解決の一助にでもなれば幸いである。

文 献

- 1) 厚生省生活環境局水道環境部監修：“上水試験方法”，（2020），（日本水道協会）。
- 2) JIS K 0101, 工業用水試験方法（2017）。
- 3) JIS K 0102, 工場排水試験方法（2019）。
- 4) JIS K 0553, 超純水中の金属元素試験方法（2002）。
- 5) JIS K 0556, 超純水中の陰イオン試験方法（1995）。
- 6) 及川紀久雄, 小泉範子, 野々村誠：ぶんせき（*Bunseki*），**1994**, 111。
- 7) 井上嘉則, 熊谷浩樹, 鈴木義仁：ぶんせき（*Bunseki*），**1997**, 302。
- 8) 野々村誠：ぶんせき（*Bunseki*），**1998**, 856。
- 9) 古月文志：ぶんせき（*Bunseki*），**2004**, 153。
- 10) 野々村誠, 竹内豊英：ぶんせき（*Bunseki*），**2007**, 192。
- 11) 竹内豊英：ぶんせき（*Bunseki*），**2014**, 169。
- 12) 竹内政樹：ぶんせき（*Bunseki*），**2021**, 102。
- 13) 鈴木清一, 山本喬久, 小林泰之, 井上嘉則：分析化学（*Bunseki Kagaku*），**68**, 163（2019）。
- 14) 黒木祥文, 山本喬久：分析化学（*Bunseki Kagaku*），**68**, 259（2019）。
- 15) 黒木祥文：分析化学（*Bunseki Kagaku*），**59**, 85（2010）。
- 16) 石井直恵：分析化学（*Bunseki Kagaku*），**60**, 103（2011）。
- 17) 日本化学会編：“化学便覧 基礎編 改訂5版”，（2004），（丸善）。
- 18) 岡田哲男, 山本 敦, 井上嘉則編：“クロマトグラフィーによるイオン性化学種の分離分析”，（2010），（エヌティーエス）。
- 19) エルガ・ラボウォーター技術資料：日本分析化学会第66年会, ランチョンセミナー配布資料，（2017.9.10）。
- 20) メトロームジャパン(株)：技術資料“*Ion Chromatography for Beginners*, 改訂版”，（2023）。

- 21) 中村洋監修：“分析試料前処理ハンドブック”，2.4 実験器具の選び方（材質、吸着、汚染），（2003），（丸善）。
- 22) JIS R 3505，ガラス製体積計（1994）。
- 23) JIS K 0970，ピストン式ピペット（2013）。
- 24) 土屋博之：ぶんせき（*Bunseki*），**2011**，32。
- 25) JIS R 3503，化学分析用ガラス器具（1994）。
- 26) 鈴木憲子：ぶんせき（*Bunseki*），**2020**，51。



小林 泰之（KOBAYASHI Yasuyuki）
メトロームジャパン株式会社（〒143-0006 東京都大田区平和島 6-1-1 東京流通センター アネックス 9F）．《趣味》料理、旅行．
E-mail : yasuyuki.kobayashi@metrohm.jp

新刊紹介

分析化学の基本操作 器具選び・試料処理・データ整理

上本道久

本書は、化学分析の一連の手順をわかりやすく解説したガイドブックである。

第1章「分析化学で扱う器具」では、ホールピペットや指示薬、高圧ガスなど、分析化学で使用する基本的な用具の種類とその使い方を紹介している。その中で、目的や用途に応じた適切な用具の選び方についても説明している。第2章「分析化学

における単位操作（基本操作）」では、減圧ろ過や湿式分解など、試料のサンプリングから前処理手順までを詳細に解説している。第3章「分析値の信頼性確保」では、検出限界や定量下限、検定などを取り挙げて、測定値の不確かさ解析の基礎を説明している。これらの章を通じて、分析値を提示するまでの一連の手順である器具の選定及び使用、試料の前処理、データ整理の基礎を身につけることができる。

本書の特徴は、写真やイラストが多く掲載されており視覚的に理解しやすい点である。これにより、実際の分析経験が少ない読者でも内容を容易に把握できる。コラムには実務経験がないと気づきにくい注意点や、それに対する助言が書かれており、学生や新人研究者、実務者にとって非常に役立つ内容となっている。分析化学の正しく‘はかる’基礎技術を身につけるための必携書である。

〔ISBN 978-4-621-30998-8・A5版・202ページ・3,200円＋税・2024年刊・丸善〕