

PFAS 分析用の超純水装置とその精製技術

黒 木 祥 文

1 はじめに

PFAS (per- and polyfluoroalkyl substances) とは、人工的に合成された有機フッ素化合物であるペルフルオロアルキル化合物及びポリフルオロアルキル化合物の総称である。PFOS (ペルフルオロオクタンスルホン酸)、PFOA (ペルフルオロオクタン酸) は既によく知られており、その代替物質である PFHxS (ペルフルオロヘキサスルホン酸) や PFHxA (ペルフルオロヘキサン酸)、あるいは GenX (ヘキサフルオロプロピレンオキシド・ダイマー酸およびそのアンモニウム塩) など、多くの化合物が存在し、その種類は 1 万種類以上ともいわれている。非常に安定性が高いため「Forever Chemicals (永遠に残る化学物質)」と呼ばれることもある。

PFAS は高撥水性、高撥油性であることから、撥水・撥油加工や汚れ防止コーティング剤として様々な生活用品に使用されてきた。そのため、日常生活で使用する電化製品、衣類、日用品に多く含まれている。また、その耐熱性、安定性から消火剤にも添加されてきた。そのため、工場や産廃処理場、飛行場などからの排水などにより、土壌、表層水、地下水、公共用水、水道水などに汚染が広がり、生体内残留性が高いため野生生物や人の血液中からも検出されるなど、環境、生物への汚染が広がっていると考えられる。現在では人への様々な毒性が明らかになり、世界中で急速に規制が広がっている。

日本においては、2010 年の「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」(以下、化審法) の改正で、PFAS のうち PFOS が第一種特定化学物質に指定され、製造および輸入が許可制となった。2018 年には化審法の政令改正により PFOS はすべての用途で製造・輸入などが原則禁止となった。2021 年には PFOA が化審法の第一種特定化学物質に指定され、製造・輸入などが禁止となった。また、PFHxS についても、化審法の第一種特定化学物質に指定する案が検討されている。

「水道法」においては、PFOS と PFOA が 2020 年に水質管理目標設定項目に指定され、暫定規制値が合計で 50 ng/L とされた。2023 年には PFHxS が要検討項目とされ、水質管理目標設定項目への変更も検討されること

になった。2024 年 12 月、環境省は PFOS と PFOA を水道法の水質基準の対象とすることを発表し、基準値は現在示されている暫定値と同じ合計 50 ng/L とした。この改定は 2026 年 4 月より施行予定であり、これ以降、地方自治体と水道事業者は 3 か月ごとの分析が義務付けられることになる。

米国環境保護庁 (EPA) は 2023 年に、「安全飲料水法」(Safe Drinking Water Act, SDWA) を改定し、環境水の水質基準の PFOS および PFOA の規制値を合計で 70 ng/L から 4 ng/L に引き下げた。EU は 2021 年に飲料水指令の規制値を特定 PFAS 20 物質 (PFOS, PFOA および PFHxS を含む) の合計で 100 ng/L、全 PFAS で 500 ng/L と定めた。今後も米国、EU に続き、日本あるいは WHO などより厳しい基準値への変更が予想される。

今後、多項目の規制が検討されており、既に 50 種近い PFAS が検討されている。今後は、1 万種にもなるといわれる PFAS 類の網羅的な規制へと進む方向性が示されている^{1)~3)}。

2 水中の PFAS 除去のための要素技術

PFAS は非常に安定した物質であり、環境中や生体内では分解されにくい。水道水や環境水、土壌、食品中からの除去は、イオン交換樹脂と活性炭による吸着除去が主流となっている。PFAS 分析に必要な超純水の精製にも、イオン交換樹脂と活性炭が用いられているが、それに加えて、逆浸透 (RO) 膜や紫外線照射も重要な除去技術である。以下、各技術について詳述する。

2.1 イオン交換樹脂

イオン交換樹脂の基質はスチレンとジビニルベンゼンの共重合体を基質とし、これに陽イオン交換基 (スルホ基など) や陰イオン交換基 (トリメチルアンモニウム基など) を修飾することで、イオン交換能力を有する。水中の電荷を持つイオン種がイオン交換基とイオン結合し、吸着除去される。そのため無機イオンの精製用として捉えられがちであるが、イオン性の有機物の除去にも非常に有効である。多くの PFAS は PFOS や PFOA のよ

うにスルホン酸およびオクタン酸であり、負に帯電している。そのため、陰イオン交換樹脂により吸着除去が可能である。非常に稀ではあるものの、正に帯電するPFAS、例えばフルオロアルキル四級アンモニウム化合物などは陽イオン交換樹脂により吸着除去が期待できる。なお、一部の帯電していないPFAS、例えばペルフルオロアルカンやペルフルオロアルキルエーテルなどは、イオン交換基とのイオン結合による吸着除去が期待できないため、イオン交換樹脂表面もしくは基材内部での物理吸着による除去となる。これは副次的なものであり、この作用は次項の活性炭が主となる。

2・2 活性炭

活性炭は非常に大きな表面積を有しており、脱臭剤としてよく利用されているヤシ殻活性炭は1グラムで500 m²もの表面積があるとされている。この表面積の巨大さは、活性炭の持つ構造、特に内部にまで及ぶ細孔（ミクロポア）によるものである。これにより、水中の残存分子は活性炭の表面及び細孔内でファンデルワールス力による物理吸着により除去される。物理吸着はその吸着対象物と活性炭の表面積が大きければ大きいほど、その距離が短ければ短いほど強くなる。活性炭の表面積が大きいほど、細孔の孔径が小さいほどその吸着性能は高くなる。実際にヤシ殻活性炭と比べて表面積が約10倍程度大きい合成活性炭は非常に高い有機物除去性能を維持することができる⁴⁾。

図1はTOC値1.1 ppmのメチルエチルケトン溶液の有機物除去性能の変化をヤシ殻活性炭と合成活性炭と比較した結果を示している。合成活性炭は99%以上の除去性能をヤシ殻活性炭に比べて10倍以上もの長期間維持できていることがわかる。

また、活性炭表面は非極性状態なので、水のような極性分子よりも非極性分子をより強く吸着する。PFASは疎水性で非極性分子であるため、活性炭の物理吸着により効果的に除去される。これらのことから、PFASの除去に活性炭は非常に有効であり、PFASに汚染された水道水の供給原水の処理には主に活性炭が使用されている。

超純水中の極微量PFASの除去においては、細孔の物

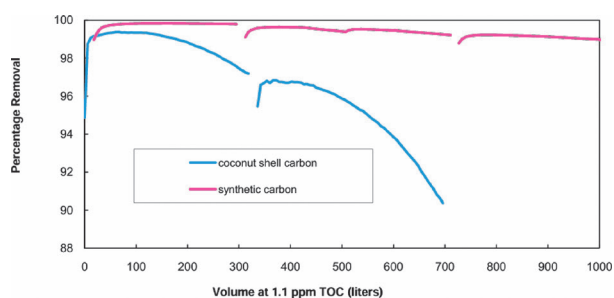


図1 ヤシ殻活性炭と合成活性炭の有機物除去性能比較⁴⁾

理吸着能をいかに高く持続させるかが重要なポイントとなるため、活性炭の精製の前に高濃度、高分子の有機物を除去する必要がある。そのために前段に99%以上の有機物除去が可能な逆浸透（RO）膜を配置する

2・3 逆浸透（RO）膜

RO膜は0.0001～0.001 μm程度の孔径を持つろ過膜である。しかし、RO膜でのろ過は単純なふるい効果だけではなく、濃度の異なる水溶液を膜の両面に配置し、高濃度側からその溶液の浸透圧以上の高圧をかけることで、溶媒（通常は水）のみを透過させる逆浸透効果を利用している。これにより、95～99%の不純物を除去し、透過した純水（RO水）を得ることができる。そのため、精密ろ過膜（micro filtration membrane, MF膜）や限外ろ過膜（ultra filtration membrane, UF膜）よりも小孔径という意味のナノろ過膜（nano filtration membrane, NF膜）よりも逆浸透膜（reverse osmosis membrane, RO膜）と呼称される方が一般的である。このRO膜は分子量が数百ダルトン程度以上の有機物であれば99%以上除去する能力があり、PFASも同程度の除去が期待できる。ただし、除去された不純物は吸着や分解されず、そのまま排水されてしまう。環境水中のPFAS除去には吸着や分解が求められるため、分解されずにそのまま排水されてしまうRO膜による処理は、環境水中からのPFAS除去には適していない。

しかし、高感度分析用の超純水システムにおいては、水道水中の有機物を99%以上除去できるRO膜は非常に有効な精製手段である。この除去率ではHPLCなどの高感度な有機物分析にはそのまま使えない場合もあるが、前項で述べた活性炭処理の前工程として非常に適している。また、無機イオンも95%以上の除去能力を持つため、イオン交換樹脂の長期的性能維持にもつながる。市販されている超純水システムにはほぼ間違いなく前処理としてRO膜が使われている。以上のことからRO膜はPFAS除去においても重要な構成要素である。

2・4 紫外線

有機物分析用の超純水装置では、殺菌用ではなく有機物低減用として短波長の紫外線ランプが使用されている。これに用いる水銀ランプからは254 nmと、より短波長の185 nmのUVが照射され、殺菌だけでなく有機物分解作用がある。185 nmのUVのエネルギーは647 kJ/molであり、このエネルギーは多くの有機物の共有結合エネルギーを切ることができる。結合エネルギーは、C-Oでは358 kJ/mol、O-Hでは467 kJ/mol、F-Cでは485 kJ/mol、C=Cの2重結合でも614 kJ/molである。UVのエネルギーは結合エネルギーより高いため、切断が起こりうる。

また、254 nmと185 nmの2波長のUVは超純水中

の水分子や溶存酸素の酸素分子を解離させ、OH ラジカル、O ラジカルを生成させる。このラジカルが超純水中の残存有機物を分解する。UV の照射前では TOC 値が 20～30 ppb 程度残存している場合があるが、照射後は 1/10 の 3 ppb 以下にまで低減させることができる⁵⁾。これらのことから、紫外線は PFAS の分解除去に有効な技術であることが示唆される。

3 PFAS 分析用の超純水の概要

高感度な機器分析には、非常に高純度な超純水が必要である。もちろん PFAS 分析においても、使用する水の水質は重要であり、PFAS フリーであることが求められる。PFAS は既に環境中に広く拡散・浸透しており、その化学的性質上、PFAS フリーの水を得ることは非常に難しい。しかし、最新の超純水装置ではさまざまな処理過程を組み合わせることで、PFAS をはじめとする水中に微量に残存する不純物を確実に除去できる。一般に高感度分析用の超純水装置とされている機種から得られた超純水であれば、高感度な LC/MS/MS による PFAS 分析において、PFAS 類の検出下限まで確実に除去されていると考えられる。

エルガ・ラボウォーターでは、設計段階より PFAS など極微量有機物の高感度分析を対象とした超純水装置 (PURELAB Ultra Analytic, 英国 ELGA LabWater 社製) を、20 年以上前から製造しており、既に 2007 年の段階で PFOS および PFOA を未検出 (検出下限 0.1 ng/L) となる超純水装置を提供している⁵⁾。以下に示す分析結果は、その装置で採水した超純水の分析結果である。

超純水装置 PURELAB Ultra Analytic は、まず逆浸透によるろ過を行い、次に活性炭、イオン交換、および 185 nm の紫外線酸化による繰り返し再循環を行う。この PURELAB Ultra Analytic から採水した直後の超純水 1 L を、固相抽出 (Presep-Agri, 富士フィルム和光純薬製) により濃縮し、メタノール 10 mL で溶出後、窒素気流下で 1 mL まで濃縮 (1000 倍) した。これを測定用サンプルとして分析する。環境からのコンタミネーションを最小限に抑えるため、この水は採水直後に分析された。性能確認のため、超純水装置が接続されている純水タンクを意図的に PFOS および PFOA で 5 ng/L の濃度で汚染させた上で、採水し分析に供した。結果、PFOS および PFOA は共に未検出 (検出下限 0.1 ng/L) であった⁵⁾。

エルガ・ラボウォーターの最新超純水装置 (PURELAB Chorus1 Analytical Research, 英国 ELGA LabWater 社製) より採水した超純水を PFOS, PFOA, PFHxS の分析に供した。Chorus 1 Analytical Research からの超純水は 1000 倍に濃縮され、SCIEX Triple Quad™ 3500 LC/MS/MS システムでの検出結果は、表 1 に示すように、すべて 0.02 ng/L 未満であった⁶⁾。

表 1 超純水中の PFOS, PFOA, PFHxS の分析例⁶⁾

	PURELAB Chorus1 水
PFOS	<DL (0.02 ng/L)
PFOA	<DL (0.02 ng/L)
PFHxS	<DL (0.02 ng/L)

試験方法：
 PFOS, PFOA：令和 2 年環境省水質管理課大臣官房水道課発 (環水大水発) 第 2005281 号/環境省水・大気環境局土壌環境課発 (環水大土発) 第 2005282 号 付表 1 固相抽出 LC/MS/MS 法
 PFHxS：令和 2 年環水大水発第 2005281 号付表 1 準用

また市原らは PFAS 類 30 物質の分析を ISO21675 に基づいて実施するにあたり、超純水のブランク試験を行っているが、エルガ・ラボウォーターの汎用型超純水装置 (PURELAB flex3, 英国 ELGA LabWater 社製) を用いて 30 成分すべて不検出 (DL: 0.2 ng/L もしくは 0.5 ng/L) と報告しており、PFAS 分析用として十分な実績を有している⁷⁾。

ただし、超純水装置や試薬としての PFAS 分析用超純水においても、採水時や開封後の水質維持は保証されない。超純水の水質を維持したまま分析に供することは容易ではなく、装置の管理不備や不用意な操作、保管、使用などによる水質劣化やコンタミネーションの可能性がある⁸⁾⁹⁾。超純水装置から採水した水から PFAS 類が検出されたという事例も報告されている。PFAS 分析用の超純水では、装置の管理方法や採水後の保管・使用時の注意が特に重要となる。

4 PFAS 分析用の超純水の精製方法

前段で示した超純水装置も含め、現在、PFAS 分析用あるいは PFAS 分析に適用される超純水装置や試薬として販売されている超純水も、特別な PFAS 分析専用の精製方法や処理が施されているわけではない。微量有機物分析用として位置づけられた装置や試薬としての超純水は、PFOS と PFOA の 2 項目、あるいはさらに PFHxS を加えて 3 項目の PFAS が検出されないことを確認しており⁶⁾、試薬であればこれを保証している。

一般的に超純水は、水道水などを一次処理した逆浸透水を原水として、活性炭、イオン交換樹脂およびフィルターの組み合わせによって精製される。さらに微量有機物分析に対応するために 185 nm 以下の短波長の紫外線の照射が可能な UV ランプを採用している。この精製過程を経た超純水中に残存する有機物濃度は TOC 3ppb 未満にまで低減され¹⁰⁾、PFAS 類も検出下限未満にまで除去されていると考えられる。この精製過程は試薬として販売されているボトル入りの超純水も同じと考えて差し支えない。特に PFAS 類の除去に影響する処理法を具体的に示していく。

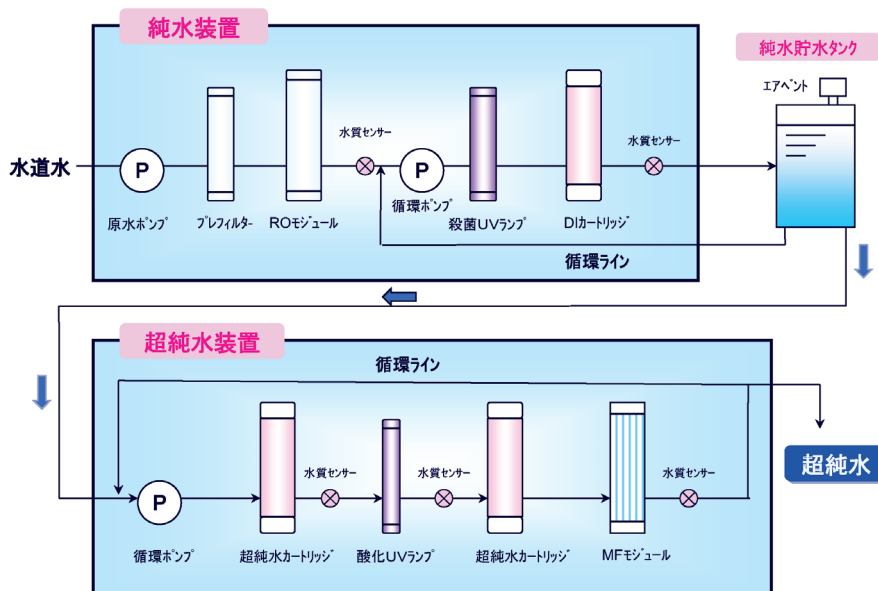


図2 超純水システム（純水装置＋純水貯水タンク＋超純水装置）の構成例とフロー¹¹⁾

4・1 ラボ用超純水システムの概要

一般的な研究室用の超純水システムの概要とそのフローを図2に示す。このフローは前述したPFAS分析に用いた超純水装置 PURELAB Chorus1 Analytical Research と、PFAS除去の前処理として有効だと述べたRO膜を採用した純水装置 PURELAB Chorus2+ RO/DI/UV を組み合わせた超純水システムを示したものである。

プレフィルタには水道水中の遊離塩素を除去するための活性炭と、水道配管や貯水タンクからもたらされる様々な粒子を捕捉するためのフィルターなどが装着されている。その後、RO処理によって有機物の99%程度が除去される。処理水はタンクに貯水されるが、少しでも水質を高めてから貯水するためにUV殺菌、イオン交換が行われる場合が多い。さらに、貯水タンクに貯留した純水は必要に応じて超純水装置でさらに精製される。超純水装置内には活性炭とイオン交換樹脂を封入した超純水カートリッジ、254 nm と 185 nm の2波長のUVを照射する有機物酸化分解用UVランプ、そして精密ろ過膜（MF）を通して後、超純水を採水する¹⁰⁾。

微量有機物分析用の超純水装置にはRO膜、イオン交換樹脂、高性能活性炭および短波長UVランプは必須の要素であり、これらの効果によって、はじめてPFAS類の分析に用いることができる。

4・2 PFAS分析用の超純水装置の設計上のポイント

高感度分析用の超純水システムを示したが、では実際にPFAS分析にも適用可能な超純水を設計あるいは選定するにあたって、まず前提として超純水装置の配管・チューブ、タンクといった接液部にはフッ素系の樹脂を使用しないことが求められる⁶⁾。従来、超純水装置には最高水質を得るためにPFAなどのテフロン系のチュー

ブが使用されることがあり、注意が必要である。また、精密ろ過フィルターには親水性テフロンやPVDFなどの親水性のフッ素系樹脂製のフィルターを使用しているものもあり、十分な確認が必要である。

これにより後述する装置の抱える問題点に留意して使用することで、装置が通常の性能を維持している限り、問題なくPFASフリーの超純水が得られるであろう。その上で、微量であれば広く環境中に存在すると考えられるPFASを、いかにコンタミさせないかが重要である。その観点から超純水装置のシステム設計は、常にPFASを除去し続けるという発想が必要となる。そのためには超純水をタンク内や採水口であっても滞留させないことが重要なポイントとなる⁶⁾ (図2)。

4・3 超純水装置内で生じる滞留と水質劣化

一般的な研究室用の超純水システムには、装置内にあるか、装置とは別に設置するかの違いはあっても純水貯水タンクを用いる。タンクでは純水が滞留するため、環境からの汚染にさらされ水質は徐々に劣化する。滞留する純水やタンクの表面は雰囲気中のPFAS類に曝される。そのため、タンク水を循環させて常に水質を維持する（常にPFAS類を除去し続ける）必要がある。同様に採水口フィルターは常に雰囲気からのPFAS類のコンタミネーションの危険性がある。

これらは通常はほとんど問題にされることが無いため、PFAS分析用途での使用に際して、表面化せず見過ごされてしまっていることが多い。

4・3・1 採水口フィルターによる水質劣化

超純水装置に精密ろ過、限外ろ過などのフィルター類や、活性炭、C18などの充填材を封入したカートリッジ

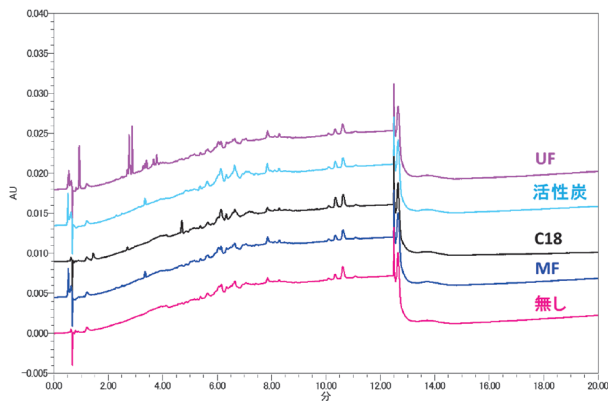


図3 採水口フィルターの装着による水質への影響¹²⁾

を採水口に装着して（以下、採水口フィルター）使用する場合がある。これら採水口フィルターは水質の維持が可能な超純水装置内の循環ラインから外れ、採水直前に使用されるため、フィルター自体からの溶出は直ちに採水した超純水の水質低下につながる。そこで、4種類の採水口フィルターを装着した場合と採水口にフィルターを付けなかった場合での採水水質をHPLCにて比較した（図3）。フィルターを装着した場合、装着しなかった場合には見られなかったピークが検出され、バックグラウンドも高くなった。明らかに採水口フィルターを使用しないほうが、水質が良いことが示された¹¹⁾。

さらに注意すべき点は、新しいフィルターに交換した直後にはTOCが著しく高くなることである。フィルターの充填剤によりその初期溶出にも差があるが、一般的にどの採水口フィルターでも装着初期にはTOC 1000 ppb以上の残存有機物が含まれた水が採水されており、このTOCを低減させるためには100 L以上の排水が必要である（図4）。

このように採水口フィルターを装着しなければならない場合は、フィルターからの溶出傾向など、その特性を知り、分析内容によって適切なフィルター選定とともに、使用開始時には十分な量の排水を行うことが求められる。

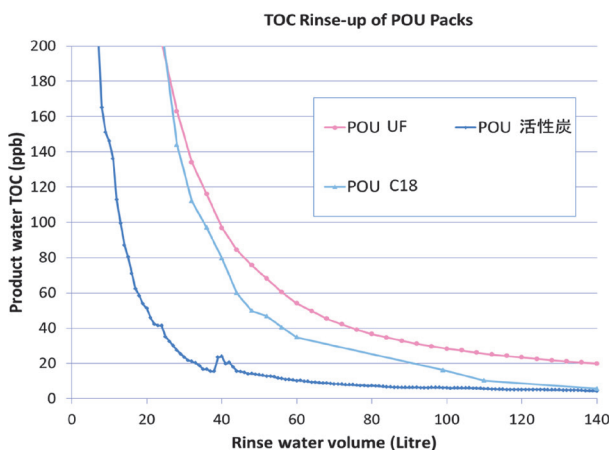


図4 採水口フィルター3種類の交換直後のTOC値の推移¹²⁾

れる。新しい採水口フィルターを装着した場合には、約200 L程度の初期排水を行うことが望ましい。

4・4 モニタリングできない採水口での水質劣化

採水口フィルターの使用が問題なのは、超純水が既に採水時に水質低下を起こしていることだけではない。超純水装置の水質センサーは本体内にあるため、実際に採水している超純水の水質が採水口フィルター通過後に変化しても、水質表示に反映されないことに注意が必要である。水質が低下しても、装置の水質表示に変化は現れないのである。図4で示したフィルター交換後の採水水質の例で言えば、採水された超純水のTOCが1000 ppbを超えて上昇しようと、本体もしくは採水ディスプレイのディスプレイには水質の変化は見られない。図3では100 L排水しても5 ppbまで低減できておらず、安定していないことがわかる。しかし、超純水の水質表示はずっと5 ppb以下を示していた。もし、この間に採水した超純水を用いて高感度分析を行ってれば、その高濃度の残存有機物が分析に影響を与えていた可能性が高い。もちろん採水口フィルターを用いなければ水質変化や水質表示の問題は生じないので、可能であれば採水口フィルターを使用しない方が良い¹²⁾。

5 まとめ

本研究により、PFAS分析における超純水装置の選定と運用において、特にコンタミネーション対策が重要であることが示された。特に、採水口フィルターの使用は水質劣化のリスクを高めるため、可能な限り避けるべきであることが明らかになった。

PFAS分析に用いる超純水を得るため、超純水のシステム選定においては、高感度分析用・微量有機物分析用として認められている超純水装置を組み込むことが前提である。PFASが既に環境中に広く浸透していることを考慮し、前処理工程に該当する純水装置や純水貯水タンクも含めて最適なシステムを選定する必要がある。常に環境や水道供給によるPFAS汚染を排除し続ける装置が望ましい。具体的には、貯水タンク内の純水が循環して有機物を除去し続けること、超純水装置の採水口フィルターを廃して汚染蓄積を避けること、採水時にリアルタイムでTOC値をモニタリングして有機物汚染を検知することが求められる。これらを満たすことで、PFAS分析に適したPFASフリーの超純水が期待できる。

一般的に水道水にはイオン類や有機物など様々な不純物が10 mg/L (10 ppm)以上溶解しているが、超純水中には1 µg/L (1 ppb)程度しか残存していない。そのため、超純水は非常に高い溶解力を持っており、容易に汚染（不純物の溶解）が起こりやすい。このため、超純水からPFASが検出された場合、その原因は多くの場合コンタミネーションによるものと推測できる¹¹⁾。

超純水装置で得られた PFAS 分析に適した水は、さらに超純水装置の管理、使用する容器・実験器具の管理、採水時、採水後の超純水の保管、使用中のコンタミネーションの防止にも留意しなければならない。

文 献

- 1) U.S. EPA, PFAS Website : <<https://www.epa.gov/pfas>>, (accessed 2025-2-14).
- 2) 環境省, 有機フッ素化合物 (PFAS) について, <<https://www.env.go.jp/water/pfas.html>>, (accessed 2025-2-14).
- 3) 井上知也, 後藤嘉孝, 大野浩一: リスク学研究, **2025**, 1.
- 4) Whitehead: "ELGA LabWater Application Note", (2009), (ELGA LabWater, Lane End, High Wycombe UK).
- 5) 島田哲治, 川口 修, 岩森智之, 黒木祥文: 環境化学討論会講演要旨集, **16**, 504 (2007).
- 6) 黒木祥文: "高感度分析に用いる超純水その管理・使用方法とノウハウ エルガ・ラボウォーター技術資料" 2023・2024 年版, (2023), (ヴェオリア・ジェネッツ).

- 7) 市原真紀子, 浅川大地, 東篠俊樹, 谷保佐知, 山下信義: 環境化学, **34**, 48 (2024).
- 8) 黒木祥文: *Chromatography*, **27**, 125 (2006).
- 9) 黒木祥文: 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **59**, 85 (2010).
- 10) 黒木祥文: *Chromatography*, **33**, 75 (2012).
- 11) 黒木祥文: 化学と教育, **70**, 294 (2022).
- 12) 黒木祥文: ぶんせき (*Bunseki*), **2021**, 278.



黒木 祥文 (KUROKI Yoshifumi)

セナーアンドバーンズ株式会社 (〒145-0041 東京都大田区羽田空港 1-6-6). 東京水産大学水産学部海洋環境工学科 (環境化学). 水産学士, 経営学修士, 公害防止管理者水質 1 種. 超純水システムの応用開発, Using Technology 研究. 《主な著書》“超純水超入門”, (日本ミリポア), (共著). 《趣味》読書, 映画鑑賞.

E-mail : kurokiy@s-vans.com

会社ホームページ URL :

<https://www.s-vans.com/index.html>

関連製品ページ URL :

PURELAB Chorus1 Analytical Research

<https://jp.elgalabwater.com/products/purelab-chorus-1-analytical-research>

PURELAB flex3

<https://jp.elgalabwater.com/products/purelab-flex-3>

原 稿 募 集

「技術紹介」の原稿を募集しています

対象: 以下のような分析機器, 分析手法に関する紹介・解説記事

- 1) 分析機器の特徴や性能および機器開発に関わる技術, 2) 分析手法の特徴および手法開発に関わる技術, 3) 分析機器および分析手法の応用例, 4) 分析に必要な試薬や水および雰囲気などに関する情報・解説, 5) 前処理や試料の取扱い等に関する情報・解説・注意事項, 6) その他, 分析機器の性能を十分に引き出すために有用な情

報など

新規性: 本記事の内容に関しては, 新規性は一切問いません. 新規の装置や技術である必要はなく, 既存の装置や技術に関わるもので構いません. また, 社会的要求が高いテーマや関連技術については, データや知見の追加などにより繰り返し紹介していただいても構いません.

お問い合わせ先:

日本分析化学会『ぶんせき』編集委員会

[E-mail : bunseki@jsac.or.jp]