

PFASの水道水質検査について

こばやし のりひろ
小林 憲弘

国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 第三室 室長

1. はじめに

現在の水道水中PFASの標準検査法は、ペルフルオロオクタンスルホン酸(PFOS)、ペルフルオロオクタン酸(PFOA)、ペルフルオロヘキサンスルホン酸(PFH_xS)の3物質を対象として、「水質管理目標設定項目の検査方法」(以下、通知法とする)として環境省から示されているが¹⁾、PFOS及びPFOAの水道水質基準への格上げに伴い、検査方法を「水質基準に関する省令の規定に基づき環境大臣が定める方法」(以下、告示法とする)²⁾として設定するための議論が行われている³⁾。この通知法は、分析対象物質に対応する内部標準物質を検水に添加した後、固相抽出により精製・濃縮して試験溶液とし、液体クロマトグラフ-質量分析計(LC-MS)あるいは液体クロマトグラフ-タンデム型質量分析計(LC-MS/MS)を用いて分析する方法である。内部標準物質は固相抽出前に検水に添加することにより、固相抽出を含む前処理全体でのロスを補正するとともに、内部標準法によりPFOS、PFOA及びPFH_xSの濃度を求める。現在の通知法は、国際標準化機構(ISO)^{4)、5)}及び米国環境保護庁(U.S. EPA)^{6)、7)}等の検査方法を参考に、国内の

16機関によるバリデーション試験による妥当性評価⁸⁾を経て設定されたものである。

本稿では、PFASの水道水質検査の通知法を中心とした検査方法の概要と課題について解説する。

2. 対象物質

通知法で対象としているPFASは、PFOS、PFOA、PFH_xSの3物質のみであるが、通知法の設定に当たって実施されたバリデーション試験⁸⁾で対象としたPFASは、炭素数4~10及び12のペルフルオロスルホン酸類(PFSAs)8種と、炭素数4~14、16及び18のペルフルオロカルボン酸類(PFCAs)13種の合計21種である。したがって、上記3物質以外に要検討項目に含まれるPFAS7種のうち、GenXを除く6物質(PFBS、PFBA、PFPeA、PFHxA、PFHpA、PFNA)については、通知法により良好な精度が得られることが検証されている。

3. 標準品・試薬・溶媒

PFOS、PFOA、PFH_xS及び他のPFSAs、PFCAsには直鎖体の他に複数の分岐異性体が存在し、これらの異性体は、環境試料

や水道水試料から検出されることがある。現状では、これらの分岐異性体の濃度が正確に値付けられた標準品は入手が困難であるため、分析に用いる標準品あるいは市販標準液は、分岐異性体が含まれる標準物質・標準液を用いてもよいが、直鎖体を主成分とし、直鎖体の濃度が値づけられたものを用いる必要がある⁹⁾。標準品は塩（例えばPFOSナトリウム塩）としての濃度が記載された市販品を使用しても問題ないが、水道水質検査における分析値はいずれも酸（例えばPFOSであれば $C_8HF_{17}O_3S$ ）としての濃度を求めて報告値とする必要があるため、濃度の換算には注意する。

また、内部標準物質として、 ^{13}C 安定同位体のラベル化されたもの（例えば ^{13}C -PFOS、 ^{13}C -PFOA）を用いる。 ^{13}C の数が異なる複数の種類の市販品が販売されているが、直鎖体を主成分とする標準品であれば、 ^{13}C の数や分子内の位置によらず、基本的にはどのようなものでも使用できる⁹⁾。なお、一般的に入手可能な ^{13}C ラベル化体の標準品としては、 ^{13}C -PFOS、 ^{13}C -PFOA、 ^{13}C -PFHxSとしては、 $^{13}C_4$ -PFOS、 $^{13}C_8$ -PFOS、 $^{13}C_2$ -PFOA、 $^{13}C_4$ -PFOA、 $^{13}C_8$ -PFOA、 $^{13}C_3$ -PFHxS、 $^{13}C_6$ -PFHxS等がある。これらの内部標準物質は、固相抽出による前処理を行う前に添加し、測定対象物質の前処理操作の回収率補正（いわゆるサロゲート）として使用される。

PFOS、PFOA及びPFHxSは難分解性だが、保存容器の開閉を繰り返すとメタノールが徐々に揮発して濃度が変化する可能性があるため、標準液及び内部標準液の繰り返し使用には注意する。

試験に用いる試薬や精製水、メタノール、アセトニトリル等の溶媒は、測定対象成分を含まないものを用いる。市販のPFOS/PFOA分析用精製水を用いてもよい。特に、移動相に用いる精製水や溶媒からのブランクの検出に注意し、後述する空試験（ブラ

ック確認試験）において分析結果に影響がないことを確認する。

4. 採水

試料は、精製水及びアセトンで洗浄したガラスまたはポリプロピレン容器に採取する。フッ素樹脂、フッ素樹脂ポリマーコーティングのボトルキャップは使用しない。アセトンが使用できないポリプロピレン製ボトルの場合はメタノールで洗浄し、乾燥させてから使用する。なお、ISO 21675⁵⁾やU.S. EPA Method 1633¹⁰⁾ではポリプロピレン容器に加えて高密度ポリエチレン(HDPE)容器の使用が規定されている。

これらの容器に満水にして採水後、直ちに密栓し、速やかに試験する。前述のとおりPFOS、PFOA、PFHxS等の多くのPFASは難分解性であるが、採水容器への吸着等の影響を極力防ぐため、試料採取後、速やかに試験することが望ましい。速やかに試験できない場合は試験日まで試料を冷蔵保存しておく。

なお、水道水の検査においては、採水時に残留塩素除去剤（例えばアスコルビン酸ナトリウム）を添加して検査を行うことがある。水道水中の残留塩素により分析中にPFOS、PFOA及びPFHxSが分解することはないが、採水時に残留塩素を除去する必要はないが、アスコルビン酸ナトリウム等で残留塩素を除去した検水を検査に用いても問題はない⁹⁾。

5. 前処理

通知法に記載されている試料の前処理方法は、検水500mLに内部標準物質を添加後、固相抽出により1000倍濃縮し、試験溶液をLC-MSあるいはLC-MS/MS分析に供する(図1)。内部標準物質(^{13}C -PFOS、 ^{13}C -PFOA等)を固相抽出前に検水に添加し、内部標準法

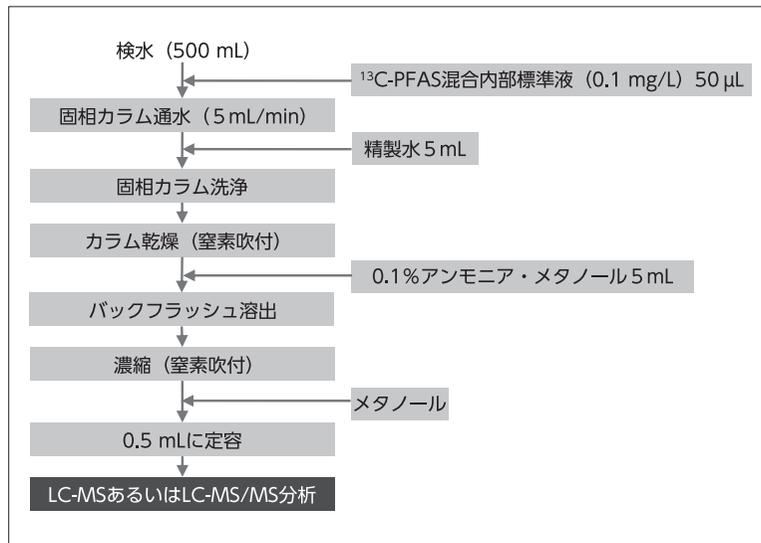


図1 PFAS前処理方法のフローチャート

で定量することで、固相抽出を含む前処理過程全体でのロスを補正する。

前処理操作の手順は下記のとおりである。

- (1) 混合内部標準液 (0.1mg/L) 50μLを加えて攪拌した検水500mLを毎分5mLの流量で固相カラムに流す（陰イオン交換カラムを用いる場合、通水速度が～5mL/minと一般的な逆相カラムの10～20mL/minと比べて遅いため通水に時間が掛かることに留意する）。

なお、固相カラムは予め0.1%アンモニア・メタノール溶液4mL、メタノール4mL、精製水4mLを順次注入してカラムのコンディショニングを行ったものを用いる（アンモニア水の取扱いには十分に注意する）。

- (2) 精製水約5mLで固相カラムを洗浄した後、窒素ガスを通気して固相カラムを乾燥させる。
- (3) 固相カラムの通水方向とは逆から0.1%アンモニア・メタノール5mLを緩やかに流し、溶出液を試験管に採る。
- (4) 試験管の溶出液に窒素ガスを緩やかに

吹き付けて、0.5mLまで濃縮し、これを試験溶液とする。

固相カラムは、陰イオン交換基を被覆したシリカゲルもしくはポリマー系充填剤を充填したもの（例えば、Oasis WAX、InertSep MA-2等の名称で市販されている）またはこれと同等以上の性能を有するものを用いる。

上述のように、内部標準物質の使用により前処理操作全体のロスを補正することができるが、内部標準物質そのものの回収率が低いと（目安として50%以下）、回収率補正の精度が悪くなり良好な真度が得られない場合がある。特に、長鎖PFASs及び長鎖PFCAsは疎水性・吸着性が高いため、試料容器に吸着し、回収率が低下しやすい^{8)、11)}。そのような場合は、試料容器の内面をメタノールと精製水の混合液で洗浄し、洗浄液を固相カラムに通水することで、回収率を向上させることができる。環境省から通知されている公共用水域及び地下水を対象としたPFOS・PFOAの測定方法¹²⁾には、試料容器を精製水10mLで洗浄する方法が記載されている。

なお、固相抽出を行わずに、LC-MSに直接注入して分析することも認められているが⁹⁾、濃縮を行わないため低濃度での分析が必要になるだけでなく、試料に含まれる妨害物を除去しないため、妨害ピークの出現やピーク分離にも注意を払う必要がある。また、用いる試薬・溶媒等に含まれているブランクや器具・装置からの溶出による影響を受けやすくなるため、ブランクの確認や後述するリテンションギャップカラムの使用によるブランクの影響の低減等が必要になる。なお、直接注入を行う場合、「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」¹³⁾に従い、室内精度も含めた検査方法の妥当性を評価した上で試験を行う必要がある。

6. LC-MS(/MS) 分析

上記の前処理操作で得られた試験溶液の一定量をLC-MSあるいはLC-MS/MSに注入する。LC-MS(/MS)の分析条件例を表1に示す。また、表1のLC-MS/MS分析条件で測定した場合のクロマトグラムを図2に示す。LCカラムは表1に記載したもの以外にも、一般的なODSカラム（例えば

ACQUITY UPLC BEH C18、Inertsil ODS-3、ZORBAX Eclipse XDB-C18、L-column ODS等）が使用できる。なお、LC-MSあるいはLC-MS/MSへの試料注入量に関しては通知法に規定がないが、過大な注入量を設定しないように留意する。上述の前処理方法に従うと試験溶液はメタノール溶液となるため、試料注入量が多いとカラムに保持しにくい化合物（特に短鎖PFAS）がカラム内で保持されずにピーク形状が悪くなる（広がる）ことがある。例えば、2.0×150mmのカラムを用いた場合は、10μL以下の注入量が目安となる¹²⁾。

移動相由来のブランクが検出される場合は、リテンションギャップカラム（Delayカラムともいう）の使用を検討する。リテンションギャップカラムは、LCの注入口手前に接続する。移動相由来のブランク成分の溶出を遅らせ、試料中のピークと移動相由来のブランクのピークをずらすことで、ブランクの影響を低減させることができる。表1に示したものの他にも、InfinityLab PFC Delay Column（アジレント）等が知られており、通常のLCカラムを用いることもできる。

表1 LC-MS/MS分析条件の例

機器	項目	設定値
LC	LCカラム	InertSustain AQ-C18 (2.1×150 mm、3 μm、ジーエルサイエンス)
	Delayカラム	Delay column for PFAS (3.0×30 mm、ジーエルサイエンス)
	移動相A	10 mM酢酸アンモニウム
	移動相B	アセトニトリル
	移動相条件	B : 25% (0 - 1 min) - 100% (26 - 30 min)
	移動相流量	0.2 mL/min
	カラム温度	40°C
	注入量	5 μL
MS	装置	LCMS-8050 (島津製作所)
	測定モード	SRM
	イオン化法	ESIネガティブモード
	イオン化電圧	-3.5 kV

7. データ解析

それぞれの対象物質と内部標準物質のピークの保持時間が標準物質と一致することを確認し、ピーク面積を求める。LC-MSを用いる場合は、**図2**のプリカーサイオンをモニターイオンとする。次に、各対象物質のピーク面積と、対応する内部標準物質のピーク面積との比を求め、同一日に分析した標準試料のピーク面積比を基に作成した検量線を用いて、試験溶液中の各対象物質の濃度を求める。これを、前処理の濃縮倍率で割り、検水中の濃度に換算する。

試料から分岐異性体のピークが見られる場合 (**図3**) は、分岐異性体のピーク面積

も含めて濃度を算出する。モニターイオンによって直鎖体と分岐異性体のピーク面積の割合が異なることが知られている¹⁴⁾ ため、通知法では、直鎖体と分岐異性体のピーク面積を合わせて濃度を算出した際に十分な強度が得られ、なおかつ分岐異性体のピーク面積割合が高いプロダクトイオンを定量イオンとして示している。

標準物質及び内部標準物質は直鎖体の濃度が明確なものを用い、分岐異性体のピークが見られる場合でも、直鎖体のピーク面積のみを用いて検量線を作成する⁹⁾。また、PFOS及びPFOAどちらかが定量下限未満であった場合は、定量下限未満の物質の濃度は0として濃度を合計する。上述のように

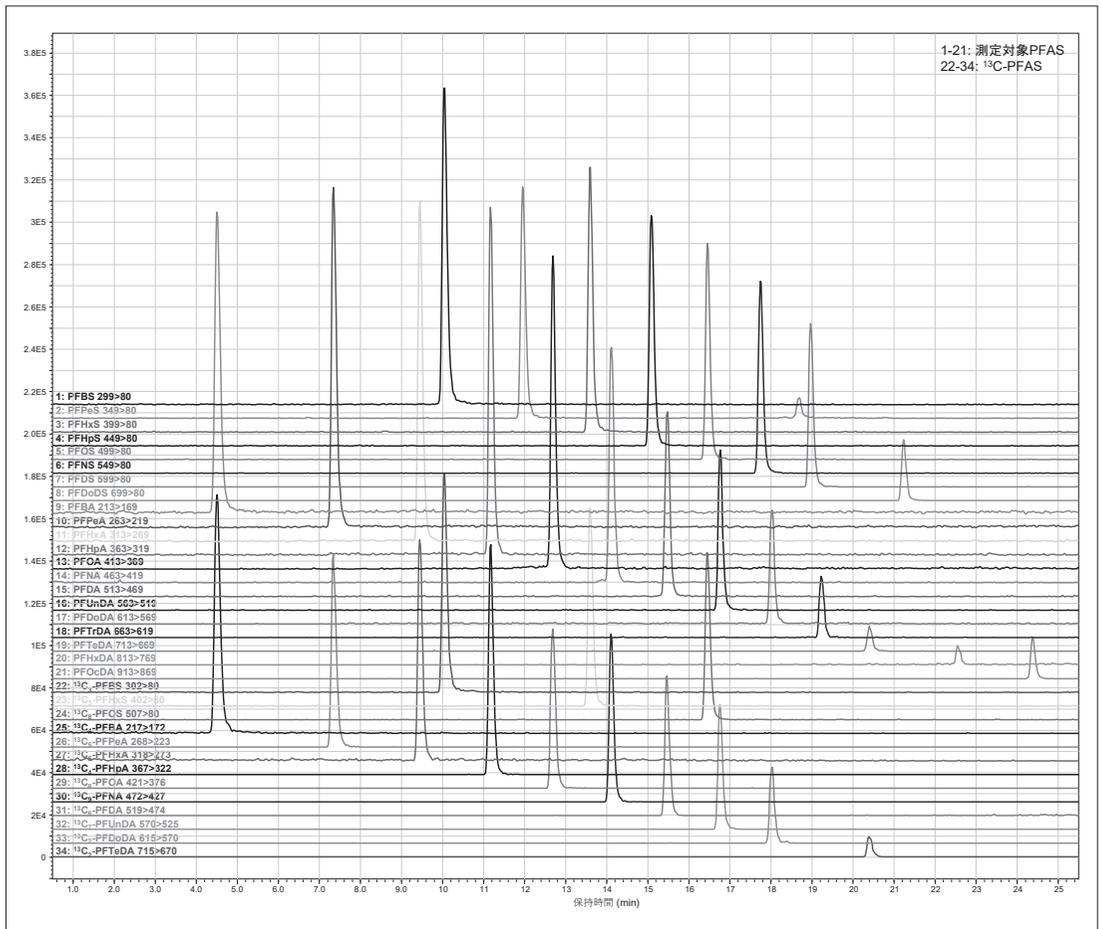


図2 21種のPFASと13種の¹³C-PFASのLC-MS/MSクロマトグラムの例

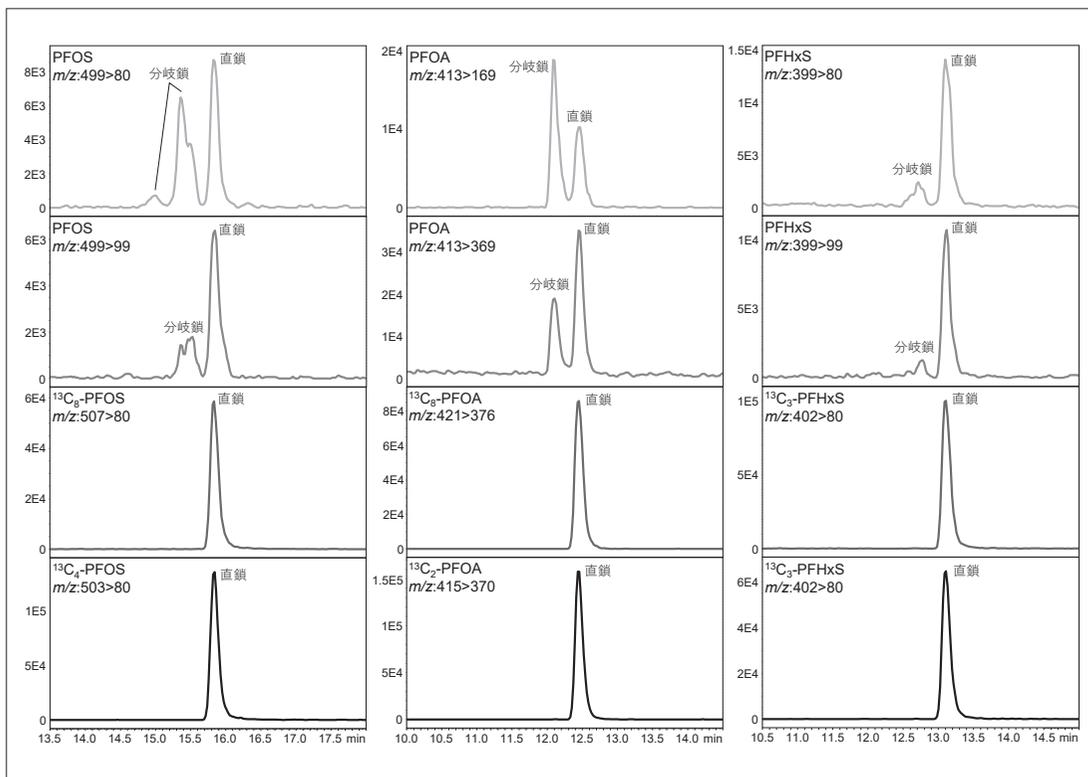


図3 PFOS・PFOA・PFHxSの直鎖・分岐鎖異性体ピークのクロマトグラム例

PFOS、PFOA及びPFHxSはいずれも酸 ($C_8HF_{17}SO_3$ 、 $C_8HF_{15}O_2$ 及び $C_6HF_{13}SO_3$) と しての濃度を求めて報告値とする¹⁾。

水道水質検査では、PFOS及びPFOAの定量下限は、PFOS及びPFOAそれぞれについて、暫定目標値（2026年4月以降は基準値）の10分の1に相当する5 ng/Lまで測定できることを確認する必要がある。図1の前処理方法に従い1000倍濃縮した試料を測定すれば、標準的なLC-MS/MSでは検水中の濃度として1 ng/L（前処理後の試験溶液中の濃度として1 µg/L）まで測定が可能である⁸⁾。固相抽出を行わずに、LC-MS/MSに直接注入して分析する場合は、固相抽出を行う場合と同様に、PFOS及びPFOAについてはそれぞれ5 ng/Lまで測定できることを確認する必要がある⁹⁾。

8. 空試験

PFOS、PFOA及びPFHxSの通知法には、「空試験」の実施が規定されている¹⁾。「空試験」とは、精製水を用いた操作ブランクの確認試験を指しており、用いる試薬、器具、装置等から分析対象物質が検出されないか、検出されても分析結果に影響がないことを確認するためのものである。具体的には、精製水500mLを採り、検査試料と同様に操作して試験溶液中の対象物質の濃度を求め、それらが検量線の濃度範囲の下限値を下回ることを確認する。求めた濃度が検量線の濃度範囲の下限値以上の場合は、是正処置を講じたうえで再度、試験を行う必要がある。PFASは実験環境からのコンタミにより試験操作中に試料に混入する可能性が高い物質であるため、空試験は分析の都度行い、分析結果に影響を及ぼさない

ことを確認する必要がある。

9. 分析上の留意点

すべての操作において、標準液及び試料と触れる部分にポリテトラフルオロエチレン（PTFE）が使用されている容器等を用いないことが原則である¹⁾。試験操作中に容器等から測定対象PFASが溶出し、標準液及び試料に混入する可能性がある。また、固相抽出装置やLC-MSのチューブ、バルブ、デガッサ等にもPTFEが使われている場合がある。この場合も可能な限り部品を交換し、不可能な場合には事前に空試験を行い、使用する器具や装置が検査結果に影響を及

ぼさないことを十分に確認する必要がある⁹⁾。

なお、要検討項目に追加されたPFBAを対象とする場合、移動相条件によっては妨害ピークと分離ができず、誤同定する可能性がある。PFBAは十分な強度が得られるモニターイオンが一つ（ m/z 213>169）しかないため、妨害ピークの判定が困難である。そのような場合、移動相の種類やグラジエント条件を見直すことで、PFBAのピークと妨害ピークを分離できる（図4）。

その他の分析上の留意点については、「PFOS及びPFOA固相抽出-液体クロマトグラフ-質量分析法質疑応答集(Q&A)」⁹⁾に分析上の留意点が記載されており、

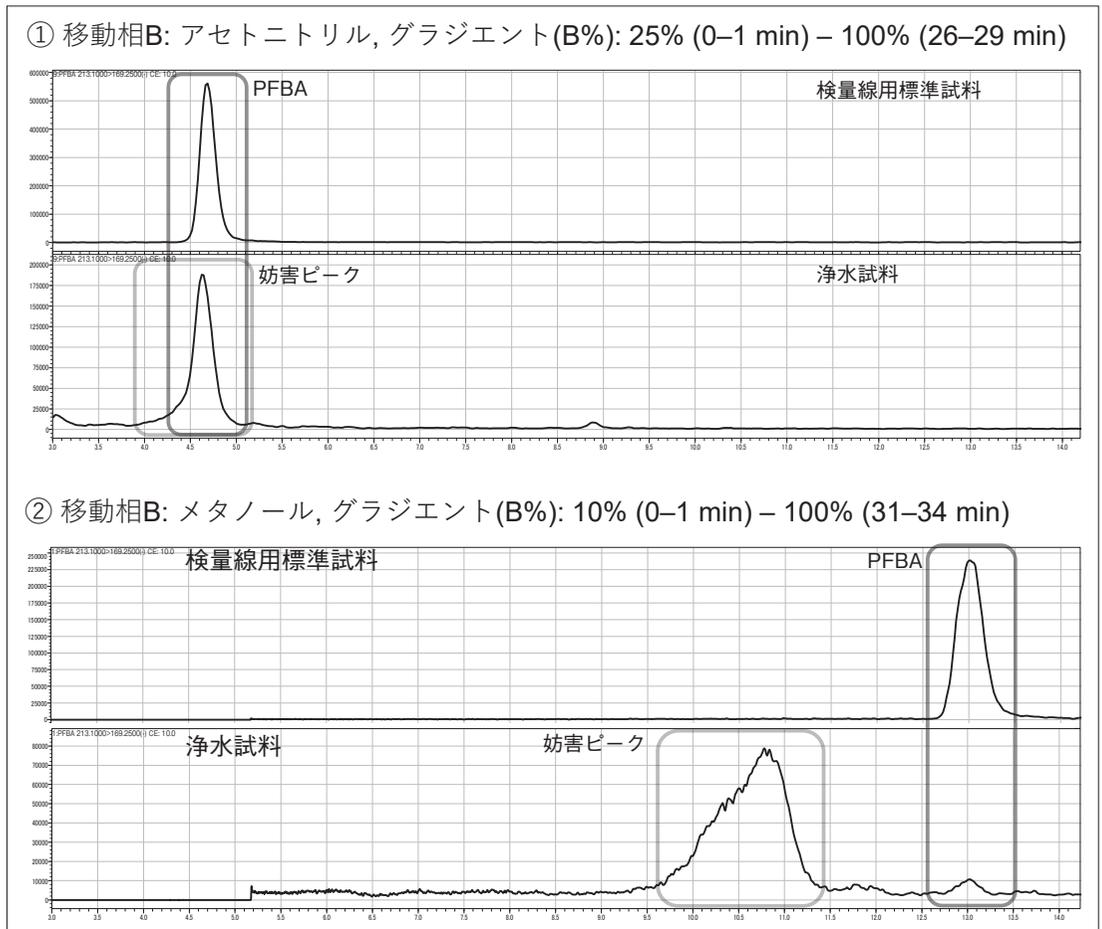


図4 移動相グラジエント条件の違いによるPFBAの妨害ピーク分離の例

Q&Aは随時、追加・更新されている。

10. 妥当性評価

水道水質検査機関が告示法や通知法による検査を行う場合、検査機関毎に試験環境や分析機器が異なることから、各検査機関が自らの標準作業書（SOP）に示す検査方法の妥当性について評価する必要がある。その際、「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」¹³⁾に記載された方法を参考として、検量線と添加試料の両方について評価を行う。

検量線の評価は、キャリアオーバー、真度及び精度の目標を満たすことを確認する。キャリアオーバーは、最高濃度の標準試料の測定後に測定したブランク試料中の検査対象物の濃度が、検量線の濃度範囲の下限値を下回ることを確認する。真度は、標準試料を繰り返し測定し、各濃度の標準試料を検量線により定量した濃度の平均値が、いずれの濃度点においても調製濃度の80～120%の範囲内にあることを確認する。精度は、標準試料を繰り返し測定し、各濃度の標準試料を検量線により定量した濃度の相対標準偏差（RSD）が、いずれの濃度点においても20%以下であることを確認する¹³⁾。

検量線の妥当性を確認することは、添加試料の真度と併行精度を正確に測定するために不可欠であり、試料の定量を行う前に、検量線の直線性を確認し、注入量を含むLC/MS/MS条件を最適化する必要がある。検量線の直線性が確保できる濃度範囲は、機器の性能と状態に依存する。

添加試料の評価は、原則として検査対象物を含まない水道水に標準液を添加し、選択性、真度及び併行精度（必要に応じて室内精度）の目標を満たすことを確認する。選択性は、定量を妨害するピークがないか、妨害ピークを認める場合は、できるだけ検査対象物のピークと妨害ピークを分離でき

る測定条件を設定する。真度は、5個以上の添加試料を検査方法に従って試験し、得られた試験結果の平均値の添加濃度に対する比を求め、70～130%の範囲内であることを確認する。

「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」¹³⁾において、添加試料の真度は、内部標準物質で補正した回収率であり、補正前の回収率や、内部標準物質自体の回収率には目標は示されていない。なお、U.S. EPA Method 533⁷⁾では、各分析対象物の平均回収率として、最小報告濃度の2倍以内では50～150%、その他の濃度では70～130%、各¹³C-PFASの平均回収率として50～200%の目標が示されている。

併行精度は、添加試料を検査方法に従って複数回試験し、得られた試験結果の併行精度（RSD）が20%以下であることを確認する。室内精度は、添加試料を検査方法に従って複数の検査員または検査日により複数回試験し、得られた試験結果の室内精度（RSD）が25%以下であることを確認する。いずれも、自由度が4以上となるように試験を行う。

なお、ガイドラインでは室間精度（試験所間のばらつきの程度）の目標は示されていないが、厚生労働省の「食品中に残留する農薬等に関する試験法の妥当性評価ガイドラインに関する質疑応答集（Q&A）」¹⁵⁾では「理化学分析においては、一般に室内精度(RSD) < 室間精度(RSD) であることが知られているため、推定された室間精度が室内精度の目標値を下回っていることが確認されれば、室内精度は目標値を下回ると判断してよい。」と記載されている。この考え方にに基づき、室内精度の代わりに室間精度を評価して、目標を満たすかどうかを確認することもできる。

なお、妥当性評価において分岐異性体が含まれる市販標準液を使用する場合、添加試料のみ分岐異性体のピーク面積を合算し

て濃度を求めると、標準液に含まれる分岐異性体の濃度の分だけ真度が過大に評価されることから、検量線と添加試料の両方とも直鎖PFOS及び直鎖PFOAのピークのみを評価対象とすればよい。その他、妥当性評価の詳細については「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン質疑応答集 (Q & A)」¹⁶⁾にも記載されている。

11. 今後の課題

これまで記載してきたように、水道水中PFOS、PFOA及びPFHxSの検査方法は、環境省から通知法¹⁾が発出されているが、通知法には下記のように幾つかの課題がある。①標準液の用時調製が規定されているが、PFASの標準液は非常に高価なため、用時調製はコストが掛かる。②前処理操作において検水500mLを0.5mLまで1000倍濃縮しているが、固相カラムの通水に時間が掛かる。また、濃縮倍率が高いことから、試料によっては結晶が析出して分析に支障が出る事が報告されている。③分岐異性体のピークが検出される場合、モニターイオンによって検査結果に差が生じる^{17)、18)}。PFOS・PFOAは、2026年4月に水道水質基準への格上げが予定されていることから、検査方法は告示法²⁾として設定する必要がある。PFOS・PFOAの告示法の設定にあたっては、上記の課題への対応策が求められる。

参考文献

- 1) 環境省：水質基準に関する省令の制定及び水道法施行規則の一部改正等並びに水道水質管理における留意事項について 別添4 水質管理目標設定項目の検査方法、平成15年10月10日 健水発第1010001号（最終改正 令和7年3月26日 薬生水発環水大管発2503255～2503269号）
<https://www.env.go.jp/content/900547462.pdf>, 2025年8月25日現在
- 2) 環境省：水質基準に関する省令の規定に基づき環境大臣が定める方法、平成15年7月22日 厚生労働省告示第261号（最終改正令和7年3月26日 環境省告示第25号）
<https://www.env.go.jp/content/900547779.pdf>, 2025年8月25日現在
- 3) 環境省：令和6年度第2回水道水質検査法検討会 議事要旨
<https://www.env.go.jp/content/000294831.pdf>, 2025年8月25日現在
- 4) ISO: Water quality-Determination of perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA)-Method for unfiltered samples using solid phase extraction and liquid chromatography/mass spectrometry (ISO 25101:2009), the International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland (2009)
- 5) ISO: Water quality-Determination of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in water-Method using solid phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) (ISO 21675:2019), the International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland (2019)
- 6) U.S. EPA: Method 537.1 Determination of selected per- and polyfluorinated alkyl substances in drinking water by solid phase extraction and liquid chromatography/tandem mass spectrometry (LC/MS/MS) (EPA/600/R-18/352), U. S. Environmental Protection Agency, Ohio, USA (2018)
- 7) U.S. EPA: Method 533: Determination of per- and polyfluoroalkyl substances in drinking water by isotope dilution anion exchange solid phase extraction and liquid chromatography/tandem mass spectrometry (815-B-19-020), U. S. Environmental Protection Agency, Ohio, USA (2019)
- 8) Kobayashi, N., Takagi, S., Kinoshita, T., Sakata, O., Nakano, F., Watanabe, N., Nomura, A., Kawai, N., Hiraiwa, T., Okumura, M., Furukawa, K., Kasuya, T., Iwama, N., Yonekubo, J., Takahara, R., Tanaka, S., Tsuchiya, Y., Ikarashi, N.: Development and validation of an analytical method for simultaneous determination of perfluoroalkyl acids in drinking water by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Journal of Water and Environment Technology*, 20(6), 219-237 (2022) doi: 10.2965/jwet.22-058

- 9) 国立医薬品食品衛生研究所：PFOS及びPFOA固相抽出－液体クロマトグラフ－質量分析法質疑応答集（Q&A）（令和2年3月30日公開、令和3年3月29日更新）
<https://www.nihs.go.jp/dec/section3/qa/PFAS210329.pdf>、2025年8月25日現在
- 10) U.S. EPA: Method 1633, Revision A Analysis of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Aqueous, Solid, Biosolids, and Tissue Samples by LC-MS/MS. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA (2024)
- 11) Taniyasu, S., Kannan, K., So, M.K., Gulkowska, A., Sinclair, E., Okazawa, T., Yamashita, N.: Analysis of fluorotelomer alcohols, fluorotelomer acids, and short- and long-chain perfluorinated acids in water and biota. *J. Chromatogr. A.*, 1093(1-2), 89-97 (2005) doi: 10.1016/j.chroma.2005.07.053
- 12) 環境省：水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準等の施行等について（通知）、付表1 ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）及びペルフルオロオクタン酸（PFOA）の測定方法、令和2年5月28日環水大発第2005281号、環水大土発第2005282号、（2020）
<https://www.env.go.jp/content/900515658.pdf>、2025年8月25日現在
- 13) 厚生労働省：水道水質検査方法の妥当性評価ガイドラインの一部改正について、平成24年9月6日健水発0906第1～4号（最終改正平成29年10月18日薬生水発1018第1～4号）、（2017）
<https://www.env.go.jp/content/900546879.pdf>、2025年8月25日現在
- 14) de Voogt, P.: Reviews of Environmental Contamination and Toxicology Vol. 208: Perfluorinated Alkylated Substances. Springer Nature (2010) doi: 10.1007/978-1-4419-6880-7
- 15) 厚生労働省：食品中に残留する農薬等に関する試験法の妥当性評価ガイドラインに関する質疑応答集（Q&A）について、平成23年12月8日食安基発1208第1号、（2011）
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/zanryu3/dl/111208-1.pdf>、2025年8月25日現在
- 16) 環境省水道水質・衛生管理室、国立医薬品食品衛生研究所：水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン 質疑応答集（Q&A）（平成30年3月27日公開、令和7年2月28日最終更新）
<https://www.nihs.go.jp/dec/section3/qa/Guideline250228.pdf>、2025年8月25日現在
- 17) 木村久美子：PFOSおよびPFOAの分岐異性体の定量方法の検討、環境と測定技術、50（1）、21-32（2023）
- 18) 小林憲弘：有機フッ素化合物（PFAS）の水質分析における課題と展望、*Journal of the Mass Spectrometry Society of Japan*, 73(1), 27-29 (2025). <https://doi.org/10.5702/massspec.24-026>