

アプリケーションノート

UPLC™-MS/MS で直接注入を用いた、地表水および飲料水中のトリフルオロ酢酸 (TFA) およびジフルオロ酢酸 (DFA) のルーチン測定

Hannah Willmer, Stuart Adams, Janitha De-Alwis, Peter Hancock

Waters Corporation

要約

本研究の目的は、地表水および飲料水中の TFA および DFA を定量するための直接注入 UPLC-MS/MS 分析法を実証することです。この分析法の性能試験は、Xevo™ TQ-XS とエレクトロスプレーイオン源を組み合わせで搭載した ACQUITY™ UPLC I-Class PLUS システムで、Waters™ Atlantis™ Premier BEH C₁₈ AX カラムを使用して行いました。サンプルの調製は、ポリプロピレン製注入バイアルにピペッティングし、内部標準を添加して行いました。

本試験の分析法の性能試験は、既知の軟水・硬水域の水道水とボトル入りミネラルウォーターを含む 3 種の一般的な飲料水、および貯水池や河川から採取した 2 種の環境地表水を対象に実施しました。評価は、内在残留濃度に加えて、サンプルに 300、500、および 1,000 ng/L を添加し、各濃度ごとに 3 回繰り返し注入して行いました。両化合物の内部標準を使用して、ばらつきのモニタリングおよび補正を行いました。真度に関する分析法のパフォーマンスの平均値は、すべてのマトリックスにわたって 80 ~ 110% でした。RSD はすべての化合物で 9% 以内でした。ただし、例外として、スパイクレベルが低い硬水では 25% RSD 以内でした。

キャリブレーショングラフの残差値は 20% 以内で、1/X 重み付けで線形回帰近似を使用した決定係数 R^2 の値は 0.9995 を超えていました。軟水の水道水マトリックスのスタンダードを 200 回以上連続注入して試験した場合の保持時間の安定性は、RSD が 0.9% 未満で、評価全体を通じたマトリックス全種の RSD は 3.0% 未満であることが示され

ました。

アプリケーションのメリット

- 少量のサンプルを用いた限られたサンプル前処理により、分析時間を短縮し、サンプルスループットを向上させ、サンプル汚染を削減
- 最低濃度 10 ng/L の残留物を測定でき、UPLC-MS/MS での 7 分間の分析で TFA と DFA の両方を検出および定量できる高感度分析
- 飲料水および環境地表水マトリックス中の DFA および TFA をモニターできる頑健で信頼性の高いソリューション

はじめに

水中のペルフルオロおよびポリフルオロアルキル物質に関する規制において、モニタリングおよび制限のニーズがますます増加し、厳しくなっているため、これまで多くの研究発表が行われている長鎖 PFAS に代わって短鎖 PFAS に関心が寄せられています。TFA と DFA は、2 つまたは 3 つのフルオレンでフッ素化された単一の炭素によって規定される超短鎖 PFAS とみなされ、これらは PFAS 分析でしばしば見落とされます。

TFA は、世界各地の塩水および淡水に脱プロトン型で含まれており、非常に安定で移動しやすい性質を有します。TFA は天然で生成され、風によって長距離を移動し、土壌中に保持されにくいいため、水系環境に入る傾向があります。TFA はさらに量が増え続けており、多くの人工的な水源を介して水域に入り込みます。工業廃水やその処理液から直接入り込むこともあります。該当するトリフルオロメチル (-CF₃) を含む前駆体が存在する無数の物質のうちの 1 つの分解生成物として¹、その生成源は農薬、医薬品、および冷媒であると考えられています。

TFA は、最終的に水域や植物に蓄積する可能性があり、水系生物に対する潜在的なリスクになるとともに、飲料水を介したヒトへの外部曝露の増大につながる可能性があります。これらの物質は、極性が高く水溶性であるため、短鎖ペルフルオロブタンスルホン酸 (PFBS) のように、ヒトでの生物蓄積の可能性は低いと考えられています²。しかし、これらの化合物の存在がヒトから検出されました。

最近、ドイツ連邦環境庁 (UBA) は、飲料水中の TFA に関する改訂ガイダンス値 ([Trifluoressigsäure \(TFA\) –Gewässerschutz im Spannungsfeld von toxikologischem Leitwert, Trinkwasserhygiene und Eintragsminimierung](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/362/dokumente/2020_10_20_uba_einordnung_tfa_leitwert.pdf).20. Oktober 2020.Umweltbundesamt <

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/362/dokumente/2020_10_20_uba_einordnung_tfa_leitwert.pdf>) を発表しました。この中で、毒性学研究の進歩に基づいて、飲料水の健康ガイダンス値を 60 µg/L、目標値を 10 µg/L (それぞれ 60,000 ng/L および 10,000 ng/L) に設定しています。この毒性学的に正当化された値は、ヒトの健康に

対して害がないと予想される TFA の一生涯にわたる耐容一日摂取量に基づくものです。このガイドラインは、健康指向値（Health Orientation Value、GOW）3 µg/L（毒性データが不完全な場合に適用される最大値）³に換わるもので、その結果、河川および水路での拡張モニタリングプログラムが開始されて、高濃度の原因となる TFA の排出源（<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/dischargers> <<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/dischargers>>）および排出経路が特定できるようになりました。

これらの化合物は極性が高いために分析判定が困難で、逆相液体クロマトグラフィー²では保持力が低くなります。また、さまざまな入手元からの実際の水サンプル中には天然に存在するイオンが多様な組み合わせおよび濃度で含まれていることから、分析がさらに困難になる可能性があります。分析上のもう 1 つの重要な考慮事項として、低 ng/L 範囲の LOQ を達成する場合の汚染の導入を回避する必要性が挙げられます。ラボの消耗品および試薬は使用前にスクリーニングしており、分析時に TFA および DFA による汚染は確認されませんでした。

このアプリケーションノートでは、複数の種類の飲料水および地表水マトリックスにわたる 5 つの水系サンプルを対象とする場合の、Xevo TQ-XS を搭載した ACQUITY UPLC I-Class PLUS の性能について実証します。これらのサンプルは、内部標準を含むポリプロピレンオートサンプラーバイアルに分注し、追加の濃縮やクリーンアップをしないで UPLC-MS/MS に直接注入しました。

実験方法

サンプルの説明

英国内の飲料水と地表水を 1 リットル採取し、50 mL の遠心チューブ内で、分析するまで室温保存しました。地表水には、水路、河川、貯水池などの様々な水源および場所から採取した水が含まれます。ミネラルウォーターは英国の小売店から購入し、購入時の容器内で室温保管しました。ドイツ南東部の水源から得た地表水および地下水のサンプルは、ヘルムホルツ環境研究センター（UFZ）のご厚意で提供していただきました。必要な検出限界は低 ng/L の範囲であり、消耗品や試薬などからの TFA 汚染の可能性があるため、ラボの器具をサンプルの収集、調製、分析に使用する前に、DFA および TFA の有無についてスクリーニングしました。

また、PFAS などの化合物を分析する際には、液体クロマトグラフィーシステム内のコンポーネントが汚染の原因になる場合があります。そのため、これらの汚染を最小限に抑えるため、従来のテフロンコーティング溶媒ラインに代えて、PFAS を含まない PEEK 製溶媒ライン（製品番号：430002198）を取り付けました。このアイテムは PFAS キット（製品番号：205000588）内のコンポーネントとしても入手できます。このアプリケーションではアイソレーターカラムは使用しませんでした。

分析条件

490 μL の水サンプルをポリプロピレン製オートサンプラーバイアル（製品番号：186005219 <<https://www.waters.com/nextgen/global/shop/vials-containers--collection-plates/186005219-polypropylene-12-x-32-mm-screw-neck-vial-700--l-volume-100-pk.html>>）に直接分注し、2500 ng/L の TFA- $^{13}\text{C}_2$ （TRC）および DFA- $^{13}\text{C}_2$ （Bayer）を含む 10 μL の同位体標識スタンダードをそれぞれ添加しました。バイアルは、UPLC-MS/MS での直接注入用に、スリット入り PTFE/シリコンセプタムキャップ（製品番号：186000305 <<https://www.waters.com/nextgen/global/shop/vials-containers--collection-plates/186000305-blue-12-x-32-mm-screw-neck-cap-and-preslit-ptfe-silicone-septum-.html>>）で密封しました。キャップは、使用する前に適合性についてスクリーニングしました。

ブランクおよびスタンダードは、両分析種について 10 ~ 25000 ng/L の範囲で、Milli-Q システムから分注した超純水中に調製しました。これらの検量線を用い、内部標準による補正を使用して添加回収サンプルを定量し、比較のためにスタンダードの添加も計算しました。添加回収は、5 つのマトリックスについて、各レベルにつき 3 回繰り返しを行い、各化合物について、内在残留物レベルに加えて 300 ng/L、500 ng/L、1,000 ng/L を添加しました。これらのレベルは、サンプルで予想される代表的な残留物のレベルに基づいて選択しました。表 1 に、内在残留物を考慮して、回収レベルごとの最終濃度値をまとめています。

マトリックス	スパイクレベル	内在残留物を含む回収濃度 (ng/L)	
		DFA	TFA
地表水： 貯水池	低	300	407
	中	500	607
	高	1000	1107
地表水： 河川	低	348	843
	中	548	1043
	高	1048	1543
飲料水： 硬水水道水	低	300	508
	中	500	708
	高	1000	1208
飲料水： 軟水水道水	低	300	536
	中	500	736
	高	1000	1236
飲料水： ミネラルウォーター	低	300	723
	中	500	923
	高	1000	1423

表 1. 内在残留物に加えて 300、500、1,000 ng/L で添加したすべてのサンプルの最終回収濃度

標準添加定量法

最終的に報告された濃度は、検量線上にプロットして計算していますが、残留物濃度は、TargetLynx 解析メソッドに含まれる標準添加機能を使用して自動的に定量することもできます。この手順を効果的に機能させるため、サンプルの一部をブランクとして分析し、他の部分には、そのサンプルで予想される濃度に該当する 1 つ以上の濃度レベルで対象化合物をスパイクします。この調査では、300、500、1,000 ng/L のレベルを使用しました。サンプルを分析した際、検量線が得られ、検量線を $y = 0$ に外挿して濃度を自動的に計算し、得られた x 値を y 軸に反映させました。

TargetLynx の自動スタンダード添加機能を使用して軟水の水道水中の残留 TFA を計算した例を図 1 に示します。

Compound name: TFA
Correlation coefficient: $r = 0.995003$, $r^2 = 0.990031$
Calibration curve: $0.00995317 \cdot x + 2.40129$
Response type: Internal Std (Ref 3), Area * (IS Cone./ IS Area)
Curve type: Linear, Origin: Exclude, Weighting: 1/x, Axis trans: None
Standard Addition Concentration : 241.259

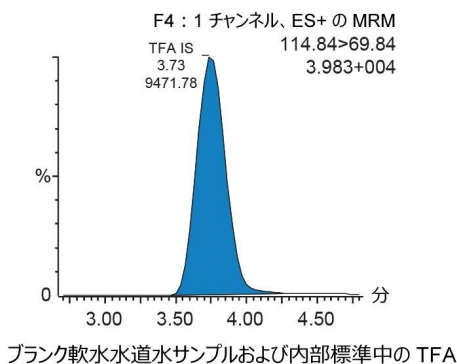
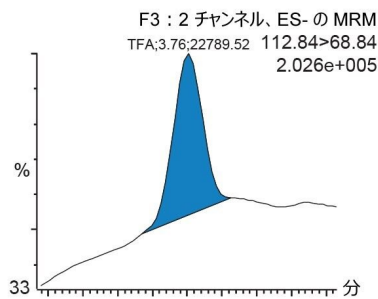
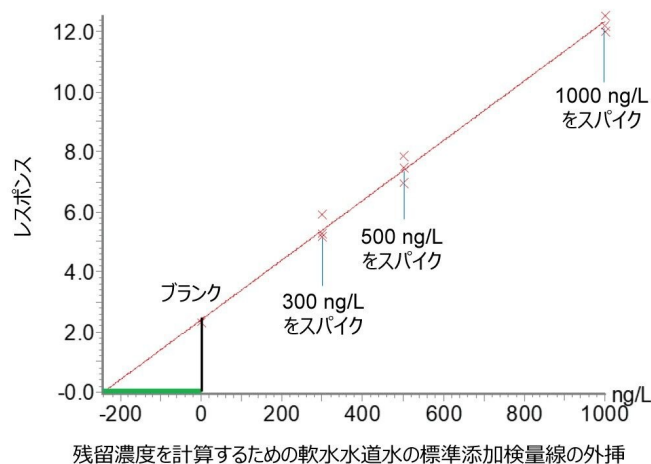


図 1. ブランクの軟水の水道水サンプルを使用した TargetLynx および TFA のクロマトグラフィーにおけるスタンダード添加機能。緑色の線は、内在残留物濃度を計算する x 軸上の 0 より下の外挿曲線を示します。結果として得られた残留物濃度は、検量線画面のヘッダーに表示されています（青色で強調表示）。

このアプリケーションでは、残留物の定量と確認に、MRM トランジション表に記載されている MRM トランジションを使用しました。ターゲット化合物の最適なデュエルタイムは、オートデュエル機能を使用して自動的に設定されたため（太字は定量的トランジション）、値は取り込み範囲によって異なる場合があります。

LC 条件

LC システム:	PFAS キット (製品番号 : 205000588) を取り付けたフロースルーニードル (FTN) サンプルマネージャー搭載 ACQUITY UPLC™ I-Class PLUS
バイアル:	ポリプロピレン 12 × 32 mm スクリューネックバイアル、キャップおよびスリット入り PTFE/シリコーンセプタム、容量 700 μL (製品番号: 186005221)
カラム:	Atlantis™ Premier BEH C ₁₈ AX、1.7 μm、2.1 × 100 mm (製品番号: 186009368)
カラム温度:	60 °C
サンプル温度:	15 °C
注入量:	20 μL
流速:	0.500 mL/分
移動相 A:	0.001% ギ酸含有 2 mM 酢酸アンモニウム
分析時間:	7 分

MS 条件

MS システム:	Xevo™ TQ-XS
イオン化モード:	ESI-

取り込み範囲:	MRM
キャピラリー電圧:	0.5 kV
脱溶媒温度:	575 °C
脱溶媒ガス流量:	1,000 L/時間
コーンガス流量:	150 L/時間
イオン源温度:	150 °C

MRM トランジション

化合物	保持時間 (分)	MRM トランジション (プリカーサー > プロダクト)	デュエル タイム (秒) *	コーン電圧 (V)	コリジョン エネルギー (eV)
TFA	3.83	112.9>68.9	0.330	8	10
		112.9>112.9			3
TFA- ¹³ C ₂	3.83	114.9>69.9	0.330	8	10
DFA	2.31	94.9>50.9	0.330	8	10
		94.9>94.9			3
DFA- ¹³ C ₂	2.31	96.9>51.9	0.330	8	10

*オートデュエル機能を適用

データ管理

インフォマティクス: MassLynx™ v4.2

結果および考察

UPLC™-MS/MS で直接注入を用いた、地表水および飲料水中のトリフルオロ酢酸 (TFA) およびジフルオロ酢酸 (DFA) のルーチン測定

サンプルを精製せずに直接注入する方法をマトリックスサンプル中の TFA と DFA の定量に適用すると、天然に存在するイオンが分析に明らかな問題を引き起こす可能性があります。問題の 1 つは、干渉物が共溶出することによるシグナル抑制で、同位体標識内部標準を使用してこれを補正します。その他の影響として、ピーク形状の変化、ベースラインの変動、保持時間の変化が見られました。

これらの課題を克服するため、Atlantis Premier BEH C₁₈ AX カラムを使用しました。適切な pH 範囲内で動作させる場合、ターゲット化合物では、疎水性相互作用に加えて陰イオン交換 (AX) 機構を利用して選択性と保持力を調整します⁴。移動相のバッファー濃度、pH、有機モディファイヤーの 3 つは、すべての分析種において性能を最大限に高めることができる、個別または同時に調整できる主要な変数です⁴。

このアプリケーションでは高度に水性のイソクラティック移動相条件を使用しているため、バッファーが析出しないように注意して、きれいな溶媒でフラッシュ洗浄することで、蓄積した汚染物質を除去し、カラム上の有機成分の蓄積を防ぐのに通常は十分です⁴。ピーク形状の変化、ピーク割れ、ピークのショルダー、保持時間のシフト、分離能の変化、背圧の上昇が見られる場合は、メタノールを使用することを推奨します⁴。

サンプルの pH と保持時間の間の相関性

SPE クリーンアップを省略したことにより、低レベルでの感度が課題になるため、20 µL という多めの開始注入量を使用しました。サンプルのロード量が多いと、より大きなマトリックス効果が観察されます。ピーク形状は注入量増加の影響を受けませんでした。TFA では、実際のサンプルと検量線との保持時間のシフトがより顕著でした。内部標準の保持時間は有効な参考値であり、ネイティブな分析種に対して正確にシフトしました。マトリックスと注入したサンプル量の範囲内で保持時間が一定で安定していたため、これはドリフトの結果とは考えられず、したがってサンプルの特性に起因するものとして検討しました。

試験した水サンプルの pH は 6.9 ~ 8.0 の範囲内でした。キャリブレーションスタンダードおよび移動相に使用した LCMS グレードの水に対するサンプルのアルカリ度と保持時間の間には直接の相関が認められました。サンプルの pH が高いほど、またサンプルの注入量が多いほど、LCMS グレードの水に対する保持時間のシフトが大きくなりました。開発に使用した LCMS グレードの水の pH を試験したところ、弱酸性の 5.7 であることがわかり、pH がすべて中性から弱アルカリ性であるサンプルの影響が大きいことがわかりました。ただし、これは製造者および試験したロットに固有の現象である可能性があります。

内部の Milli-Q システムから得た超精製水を使用して移動相とスタンダードを作成した場合の pH は中性に近いことから、保持時間のギャップを効果的に抑えることができました。システム内に水がたまらないようにするために、水ユニットを最低量の 2 リットルで動作させ、使用前に LCMS グレードのメタノールと超純水で十分にすすいだボトルに水を分注しました。この水は、使用前にスクリーニングし、残留化合物がないことを確認しました。

分析法のバリデーション試験の結果

Milli-Q システムからの超純水を用いた検量線を用いて分析法を評価しました。図 3 に検量線の例を示します。いずれの分析種についても、各キャリブレーショングラフは、1/X 線形回帰近似を用いて 0.9995 を超える決定係数を示し、それぞれの残差は 20% 以内でした。図 2 には、超純水中に濃度レベル 10 ng/L になるようにスパイクした化合物の代表的なクロマトグラムも示しています。

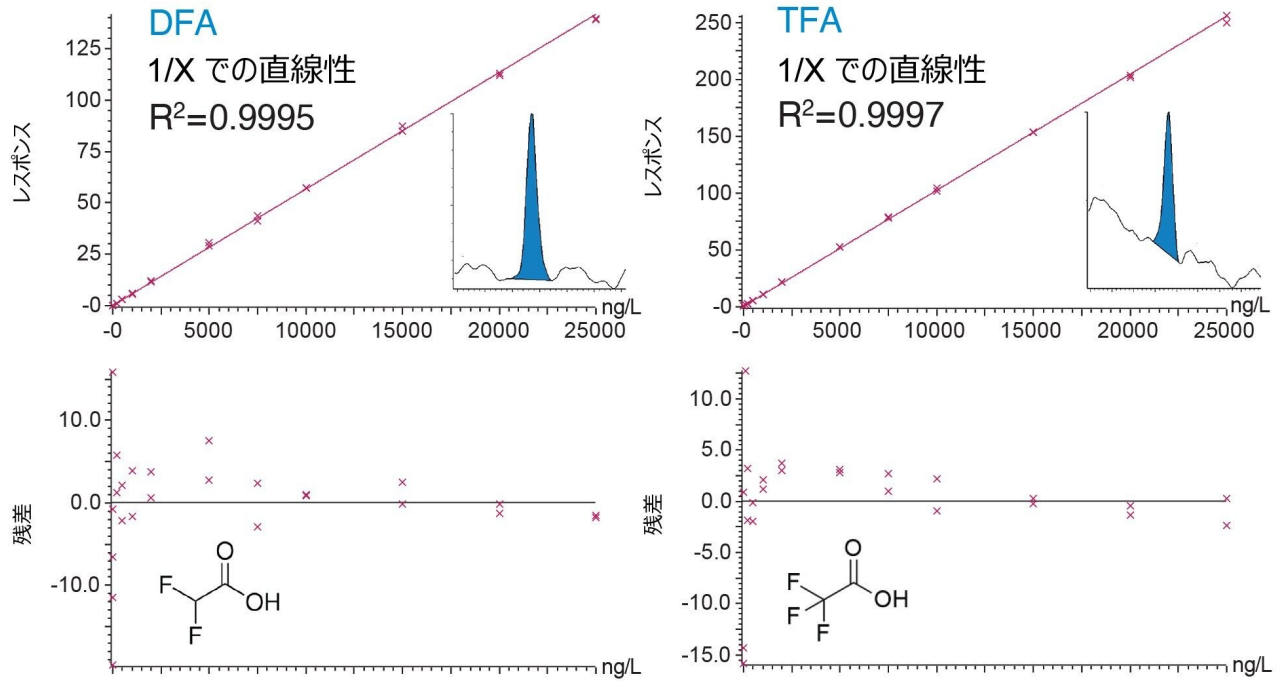


図 2. (上) 10 ng/L の定量的トランジションのクロマトグラムを含む、超純水中の DFA および TFA (10 ~ 25,000 ng/L) のブラケット検量線。すべての残差は公称値の 20% 以内です (下)。

全体として、分析法の性能が図 3 に示す回収率の値にまとめられており、さまざまな特性を持つ 5 つのサンプルにわたって複数の代表的な種類の水をカバーしています。各サンプルには、内在残留物に加えて 300、500、1,000 ng/L の 3 濃度でスパイクを行っています。内在残留物を含む実際の濃度は表 1 に記載しています。

すべてのレベルとマトリックスで、化合物ごとの平均回収率は 80 ~ 110% であり、図 3 にまとめられています。分析法の再現性を回収率のサンプルにおいて評価したところ、両化合物について、回収率の値のほとんどで RSD は 9% 未満を示しました。%RSD の値は、エラーバーによってまとめられています。

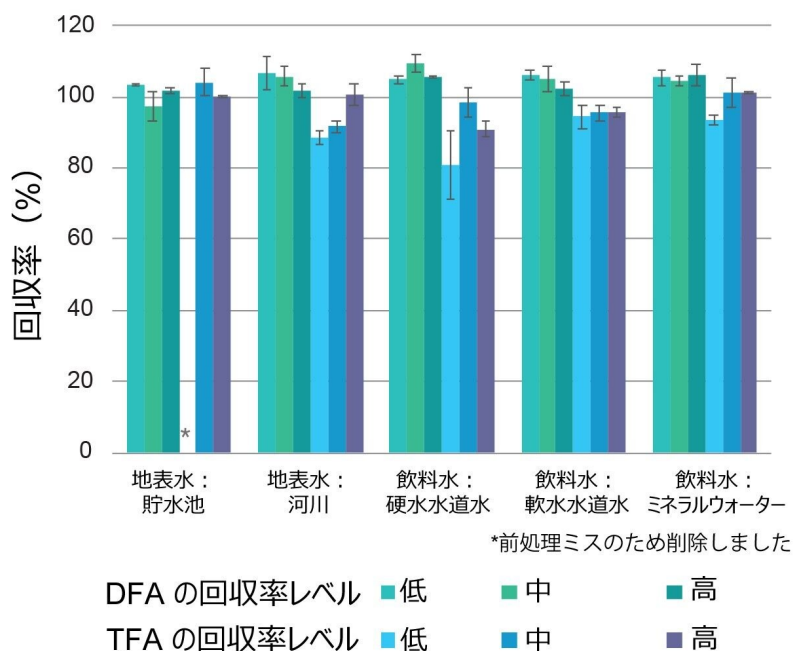


図3. 内在残留物に加えて 300、500、1,000 ng/L になるように添加したさまざまな種類の水マトリックス用の分析法に含まれる DFA および TFA の回収率。エラーバーは、各化合物の 3 つのデータポイントにわたる %RSD を表します。水は英国各地の様々な入手元から収集しました（地図上の緑色と青色の場所タグはそれぞれ地表水と水道水の入手元を示しています）。

超純水スタンダードとの比較でサンプルを定量する際は、DFA の内部標準を使用することが重要になります。より複雑なサンプルの中には、シグナルが低下するものがあったためです。TFA ではシグナル低下は見られませんでした。内部標準を使用すると、超純水スタンダードとマトリックスサンプルの間の相対保持時間のシフトが追跡でき、マトリックスの種類内で安定かつ一貫したレスポンスが見られました。

試験を行った超純水、水道水、地表水（ヘルムホルツ環境研究センターから寄贈された水源を含む計 10 の水源）にわたるすべての分析種の全体的な保持時間は 3% RSD の範囲内であり、水の種類や入手元に関係なく、試験全体にわたって保持時間が安定していることが実証されました。軟水の水道水のサンプルについては、保持時間の安定性試験をさらに行いました。この試験では、オペレーターの操作なしで 200 ng/L のマトリックスキャリブレーションスタンダードを 200 回注入しました。マトリックス中にすでに約 200 ng/L の内在性 TFA が存在したため、サンプルには 200 ng/L の DFA のみをスパイクしました。図 4 に、分析過程全体にわたる保持時間のプロットを示します。保持時間は全体を通して安定しており、分析全体にわたる両化合物の RSD は 0.9% 以内で、観測されたピーク形状に大きな変化はありませんでした。

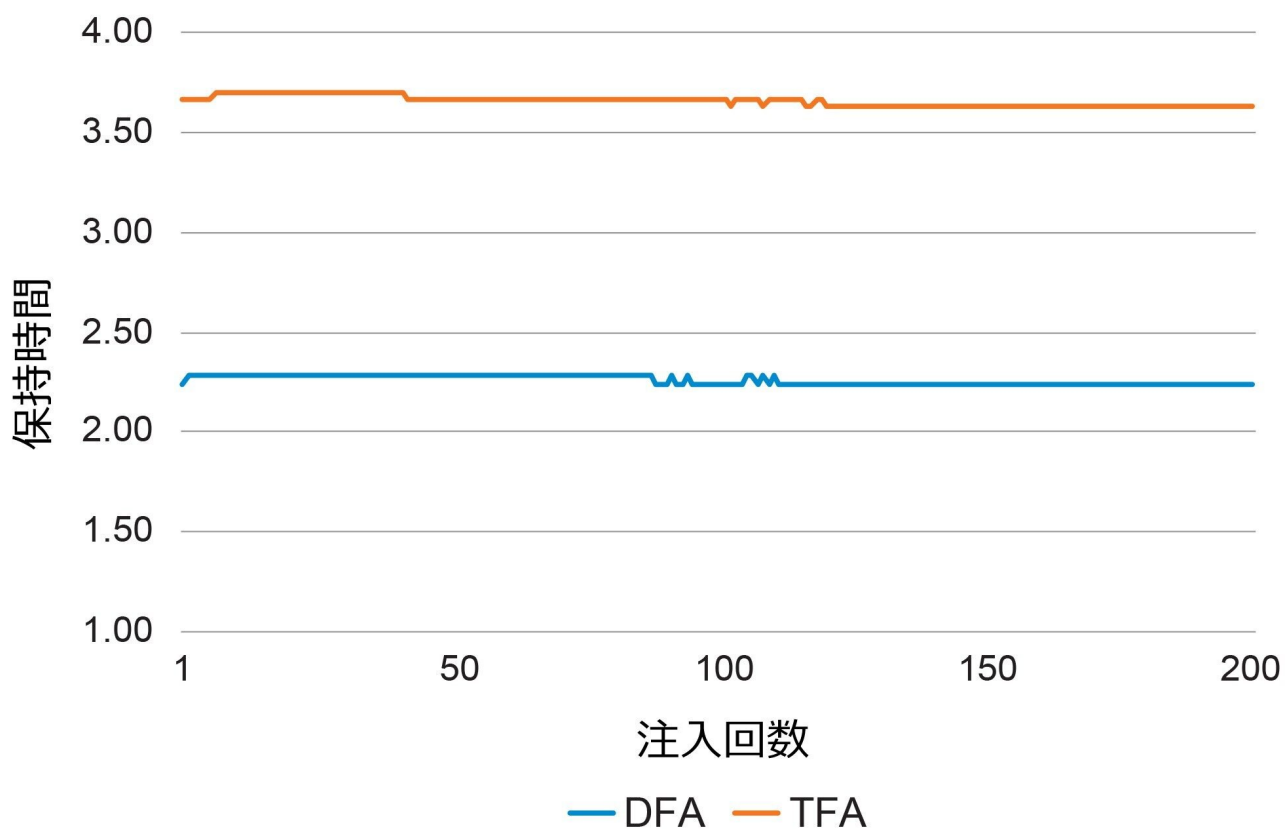


図 4. 200 ng/L の軟水水道水マトリックスの 200 回注入にわたる、DFA および TFA の保持時間の安定性 (%RSD の値は 0.9% 以内です)

実際の水サンプルの分析

スタンダードの添加により算出した内在残留物のサンプル濃度は、超純水を用いた試薬スタンダードに対する定量によって算出した濃度と同等でした。両化合物の内部標準を使用することで定量ができました。超純水検量線を使用した定量により、10 ng/L を超えると算出された内在残留物濃度のサンプルはすべて、スタンダード添加によって算出した値の 21% 以内でした。これらの結果の概要を表 2 に示します。

	計算濃度 (ng/L)				差 (%)	
	超純水の検量線		標準添加			
マトリックス	DFA	TFA	DFA	TFA	DFA	TFA
飲料水：硬水水道水	<10	208	10.5	210	N/A	1.0
飲料水：軟水水道水	<10	236	17.8	241	N/A	2.1
飲料水：ミネラルウォーター	<10	423	<10	419	N/A	1.0
地表水：貯水池	<10	107	<10	122	N/A	13.1
地表水：河川	48	542	59	565	20.6	4.2

表 2. 超純水スタンダードの検量線とスタンダードの添加を使用する定量によって算出したサンプルの内在残留物濃度の比較。

内部標準シグナルを観察したところ、TFA のすべての種類のマトリックスにわたってレスポンスが一貫していました。DFA では、河川および軟水の水道水のサンプルにおいては、試薬スタンダードと比較してレスポンスが抑制されていました。そのため、超純水スタンダードの検量線を使用する場合で、これらのマトリックス中のこの化合物の最終濃度を算出する際には、内部標準を使用して補正する必要がありました。

英国で調達したマトリックスに加えて、UFZ によってドイツの地域から収集された、農地由来のサンプルや微量汚染物質が含まれていることが既知の地表水および地下水のサンプルで試験を行いました。DFA のレベルは定量可能限界である 10 ng/L を下回っていましたが、存在していた TFA のレベルは、英国の入手元からの試験したうちで最も濃いサンプルで見られた濃度の 10 倍以上であり、7,700 ~ 21,000 ng/L の範囲でした。

結論

分析法のバリデーション試験の結果により、飲料水および環境地表水中の TFA と DFA の定量向けの頑健な分析法が実証されました。

追加のクリーンアップや濃縮ステップを必要とせず、サンプルを直接注入することで、10 ng/L の LOQ が達成できました。ACQUITY UPLC I-Class PLUS と結合した Xevo TQ-XS を使用して分析を行い、Atlantis Premier BEH C₁₈ AX カラムを使用して分離して、正確で信頼性の高い結果が得られました。

この UPLC-MS/MS 分析法の真度と精度を、5 つのサンプルマトリックスについて、3 つのマトリックス QC レベルで 3 回繰り返し注入で判定したところ、平均回収率が 80 ~ 110%、ピーク面積の RSD 値が 9% 未満と、許容範囲内である

ことがわかりました。唯一の例外としては、TFA のスパイクを行った低レベルの硬水サンプルでは、RSD が 19% でした。保持時間の安定性が試験全体にわたって証明され、すべての化合物について、すべてのマトリックスおよび試験を行ったサンプルにわたる RSD が 3% 未満でした。

サンプル中の DFA および TFA の濃度を、超純水を使用して調製した 10 ~ 25,000 ng/L の範囲の 1/X 検量線を使用する定量により算出しました。また、TargetLynx 内の自動計算機能を使用したスタンダードの添加により、内在のサンプル残留物も測定できました。UFZ から寄贈されたサンプルを含め、試験したサンプル中の内在残留物レベルの値の範囲からは、TFA および DFA (TFA より少量) がほぼあらゆる場所に存在することが示されており、環境水と飲料水の供給における残留物レベルの試験およびモニタリングの重要性が浮き彫りになりました。

科学者は各自のラボの分析法をバリデーションし、その性能が目的に適合しており、また関連の分析コントロール保証システムのニーズを満たしていることを証明しなければなりません。

謝辞

同位体標識標準 DFA-¹³C₂ を分析用に提供していただいたことに対して Bayer 社に感謝いたします。

試験用の追加の地表水サンプルを寄贈していただいたことに対してヘルムホルツ環境研究センター (UFZ) に感謝いたします。

参考文献

1. Scheurer.M, Nödler.K, Freeling.F, *et al*, Small, mobile, persistent: Trifluoroacetate in the Water Cycle – Overlooked Sources, Pathways, and Consequences for Drinking Water Supply, *Water Research*, Volume 126, 460–471 (2017).
2. Björnsdotter.M.K., Yeung, L.W.Y., Kärrman, A. *et al*. Challenges in the Analytical Determination of Ultra-Short-Chain Perfluoroalkyl Acids and Implications for Environmental and Human Health.*Anal Bioanal Chem* 412, 4785–4796 (2020).
3. EUROPEAN FLUOROCARBONS TECHNICAL COMMITTEE (EFCTC)
www.fluorocarbons.org/environment/environmental-impact/tfa-as-an-atmospheric-breakdown-product/.Accessed May 2022.
4. Atlantis Premier BEH C18 AX Column care and Use Manual.Waters Manual [720006576EN](https://www.waters.com/webassets/cms/support/docs/720006576en.pdf) <
<https://www.waters.com/webassets/cms/support/docs/720006576en.pdf>> .2021 May.

ソリューション提供製品

[ACQUITY UPLC I-Class PLUS システム <https://www.waters.com/134613317>](https://www.waters.com/134613317)

[Xevo TQ-XS タンデム四重極質量分析計 <https://www.waters.com/134889751>](https://www.waters.com/134889751)

[MassLynx MS ソフトウェア <https://www.waters.com/513662>](https://www.waters.com/513662)

[TargetLynx <https://www.waters.com/513791>](https://www.waters.com/513791)

720007765JA、2022 年 10 月

© 2022 Waters Corporation. All Rights Reserved.

[利用規約](#)
[環境設定](#)

[プライバシー](#)

[商標](#)

[サイトマップ](#)

[キャリア](#)

[クッキー](#)

[クッキー](#)