



ヒト血漿および血清中のC1-C10 PFAS分析

超短鎖PFASを含むPFASモニタリングのための新規手法の提言

By Shun-Hsin Liang and Justin Steimling

Abstract

モニタリングに必要な分析メソッドが確立されていないこともあり、超短鎖(C1～C3)PFASのヒトへの暴露による健康リスクについては十分な理解が進んでいない。そこで本アプリケーションノートでは、超短鎖(C1～C3)PFASの一斉分析メソッドについて紹介する。

対象のC1～C10のPFASは幅広い極性を有するため、極性基内包型の逆相LCカラムを用いて分析条件の検討を行い、正確かつ頑健な定量を可能とする一斉分析法を開発した。また、開発したメソッドを用いて、ヒト血漿および血清サンプル中のC1～C10のカルボン酸およびスルホン酸PFAS、さらに4種類の代替化合物の定量分析を行なった。

Introduction

長鎖ペルフルオロアルキル化合物(PFAS)の人体への影響に対する懸念は広く認知されており、バイオモニタリング調査も実施されるようになってきた。一方、超短鎖型PFASも環境水中に高濃度で偏在するにも関わらず、重要なフィールドでの暴露濃度の調査は遅れており、超短鎖PFASの潜在的な毒性については未だ解明されていない。

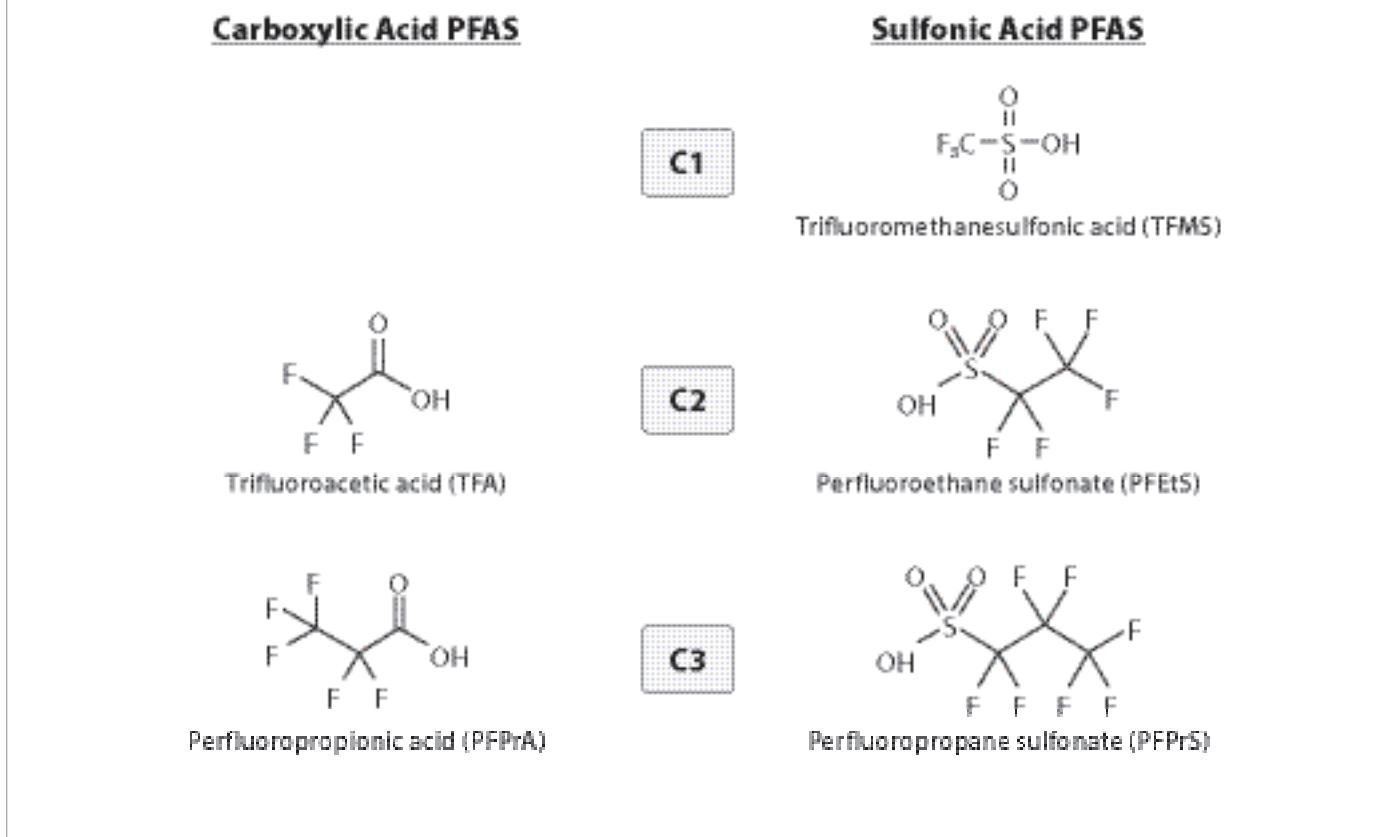
しかし、超短鎖PFASの暴露と健康リスクに関する包括的な研究を行うためには、長鎖PFASのバイオモニタリング調査と同様に、ヒト血漿ならびに血清に応用可能な、超短鎖PFASの分析メソッドを確立することが極めて重要となる。超短鎖PFASは、炭素鎖長がC4より短い、分子量が小さな、高極性化合物だが(Figure 1参照)、その極性の高さから、従来の逆相液体クロマトグラフィーを用いた分析では、十分な保持が得られないことが主な課題となっている。

そこで本研究では、極性基内包型Ultra IBDカラムを用いて、ヒト血漿および血清中のC1～C10のカルボン酸およびスルホン酸PFAS、ならびに4種類の代替PFASを対象とした、シンプルで信頼性の高い一斉分析ワークフローを開発した。サンプル前処理は作業効率や回収率への影響を考慮し、シングルステップのタンパク除去のみを施したサンプルをLC-MS/MS分析に供した。またウシ胎児血清を用いて再現性と精度の評価を行った後、既知濃度のPFASが含まれたNIST標準参考物質であるヒト血漿(NIST SRM 1950)および血清(NIST SRM 1957)を測定し、実試料における本分析手法の有効性について検討した。

Related Products

- PFASディレイカラム (cat. # 27854)
- Ultra IBD 3 μm, 100 mm x 2.1 mm (cat.# 9175312)
- PFAS 28 標準液 (cat.# 30734)
- 広口スクリューバイアル (cat.# 24626)
- ポリプロピレン製バイアルインサート (cat.# 24518)
- HPLC 用サバイバルキット、ステンレスタイプ (cat.# 25097)

Figure 1: C1からC3 PFASの構造



Experimental

Plasma and Serum Samples

市販品ヒト血漿および血清のスクリーニングを行ったところ、確認した製品はすべてPFASが含まれていたため、MilliporeSigma社から入手した活性炭処理ウシ胎児血清(FBS)について確認したところ、今回のターゲット分析成分中、トリフルオロ酢酸(TFA)以外は含まれていなかつたため、こちらをプランクマトリックスとして使用した。TFAの評価については、同位体の¹³C-TFAをサロゲートとして用いた。また、既知濃度の6~7種類の短鎖および長鎖PFASが含まれるNIST SRM 1950 (metabolites in human plasma) およびNIST SRM 1957 (organic contaminants in non-fortified human serum) をNISTから購入し、実験に用いた。

Standard and Sample Preparation

TFAは、ピペットチップ、ガラスおよびポリプロピレンHPLCバイアル、ポリプロピレンチューブなどの実験器具に含まれているため、事前に確認を行い、TFAの汚染濃度が最も低いものを標準試料およびサンプル調製に用いることとした。また、脱イオン水と逆浸透(RO)水におけるPFASコンタミネーションについて評価したところ、RO水には微量のTFAを除いて、PFASの汚染がないことが明らかとなった。そのため、本実験では、移動相および校正用標準試料の調製にRO水を用いた。

校正用標準溶液(100 μL)は、同量のリン酸緩衝生理食塩水(PBS)を加えたRO水を用い、0.05~40 ng/mL(ppb)となるようポリプロピレンHPLCバイアルで調整した。実験開始時、ヒト血漿および血清サンプルにおいて、100%水で調整した標準溶液と比較して、溶出の早い化合物のピーク形状の広がりが観察された。そのため、標準溶液とサンプル溶液の間で均一なクロマトグラフィー性能を確保するために、標準溶液にPBSを添加した。

定量用内部標準溶液(QIS)として、5種類の同位体標識されたPFASを用いた(Table 1参照)。5 μLのQIS作業用溶液(40 ng/mL ¹³C₃-PFBA、20 ng/mL ¹³C₂-PFHxAおよび¹³C₄-PFOA、10 ng/mL ¹³C₅-PFNAおよび¹³C₂-PFDA)を標準溶液に加え、1.5%ギ酸を含むメタノール200 μLと混合した。

本メソッドの精度と再現性を評価するために、100 μLのFBSに非標識のPFASおよび同位体標識された¹³C-TFAを、それぞれ0.4、2、10、および30 ppbの濃度で添加した。¹³C-TFAは、TFAの回収率を測定するためのサロゲートとして使用した。

PFASと¹³C-TFAを添加したFBSサンプルには、5 μLの定量用QIS作業溶液と、2 μLの抽出内部標準(EIS)作業溶液(50 ng/mL ¹³C₃-PFPtA、¹³C₄-PFBA、¹³C₅-PFPtA、¹³C₅-PFPeA、¹³C₅-PFHxA、¹³C₄-PFHpA、¹³C₈-PFOA、¹³C₉-PFNA、¹³C₆-PFDA、¹³C₃-PFHxS、¹³C₈-PFOS)を添加した。その後、1.5%ギ酸を含むメタノール200 μLを追加し、3000 rpmのボルテックスで30秒間混合した。

続いて、4200 rpmで10分間遠心分離を行い、約150 μ Lの上澄みをポリプロピレン製のバイアルインサートに移し、これをガラス製HPLCバイアルに入れてLC-MS/MS分析に供した。PFASのコンタミネーションを最小限に抑えるため、ターゲット分析成分の正確な測定を確保するため、前処理については、シングルステップのタンパク質沈殿のみとした。ヒト血漿および血清サンプルについても、FBSサンプルと同様の手順で調製した。

Analytical System

以下のLC-MS/MS条件を用いてPFAS分析を実施した。インジェクタ上流からのPFASのコンタミネーションが、サンプル中のPFASと共に溶出するのを防ぐために、LCシステムのミキサとインジェクタの間にPFASディレイカラムを接続した。

System: Waters ACQUITY UPLC I-Class and Xevo TQ-S triple quadrupole mass spectrometer

Columns:

- 分析カラム: Ultra IBD, 100 mm x 2.1 mm, 3 μ m (cat.# 9175312)
- PFASディレイカラム (cat.# 27854)

Injection volume: 5 μ L

Mobile phase A: 5 mM ammonium formate, 0.1% formic acid in water

Mobile phase B: Acetonitrile

Flow rate: 0.3 mL/min

Temperature: 40 °C

Gradient:	Time (min)	%B
	0.00	20
	7.00	95
	9.00	95
	9.01	20
	11.00	20

Ion mode: Negative ESI

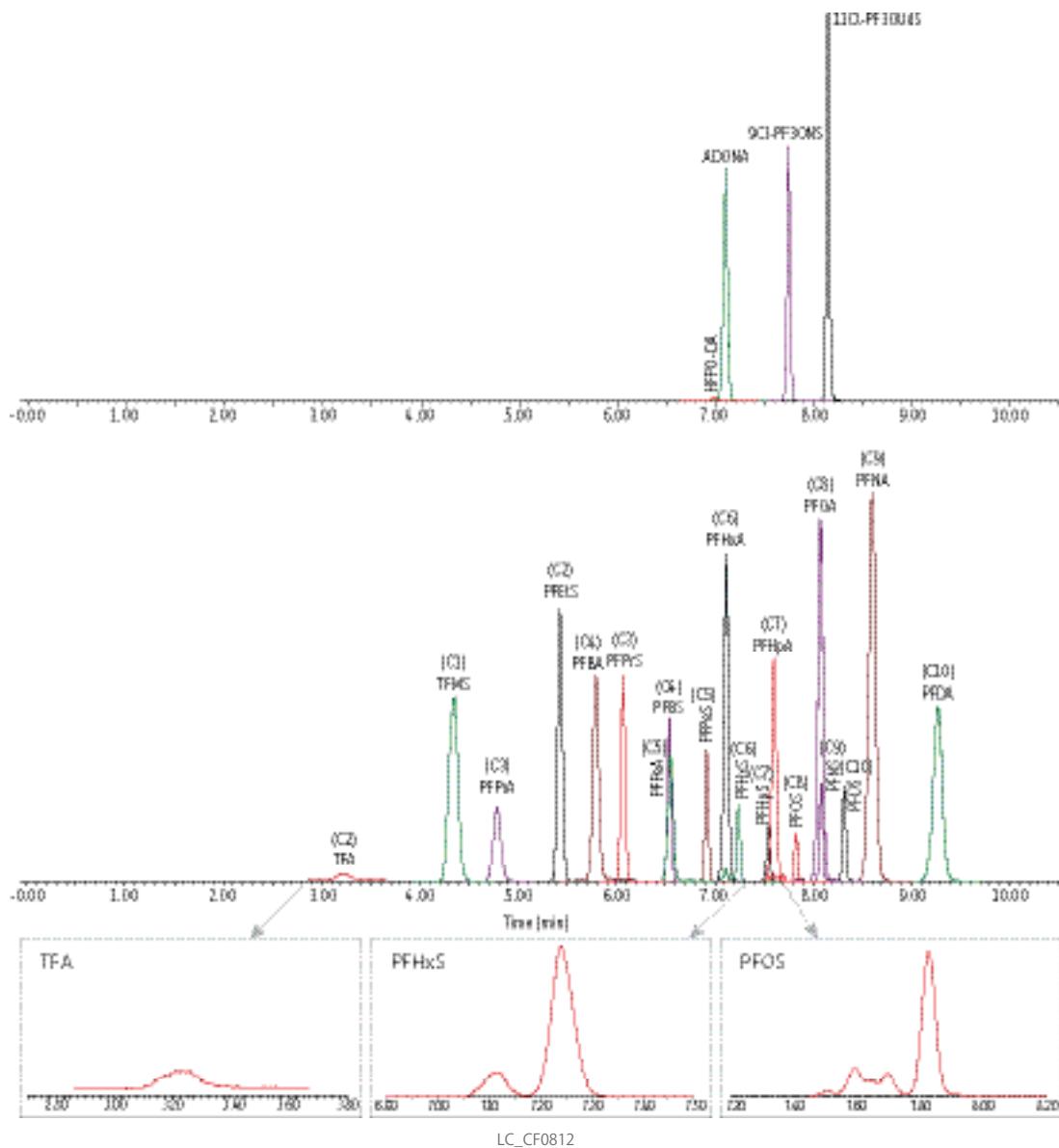
Mode: Scheduled MRM

Results and Discussion

LC-MS/MS Method Development

さまざまな移動相とクロマトグラフィー条件を検討し、ヒト血漿および血清中のC1からC10のPFASを分析するための条件として、Figure 2に示すメソッドを確立した。極性基内包型Ultra IBDカラムを使用することで、逆相条件下での超短鎖PFASの保持が強化され、溶出の早い化合物においても良好な分離が得られた。特に、最初に溶出するTFAを含む超短鎖PFASの保持が大きく改善され、マトリックス干渉が改善された。また、安定同位体を内部標準として使用し、定量時のマトリックス干渉を補正することで、マトリックスの影響をさらに抑制されたと考えられる。成分ごとのMS/MSトランジションパラメータおよび内部標準は、Table 1に示す。

Figure 2: 10 ppb PFAS標準試料のクロマトグラム



Column: Ultra IBD (cat.# 9175312)
 Dimensions: 100 mm x 2.1 mm ID
 Particle Size: 3 μ m
 Pore Size: 100 Å
 Temp.: 40 °C
 Standard/Sample: PFAS 28 calibration standard (cat.# 30734)
 Diluent: 1:2 water:methanol
 Conc.: 10 ng/mL
 Inj. Vol.: 5 μ L
 Mobile Phase: Water, 5 mM ammonium formate, 0.1% formic acid
 A:
 B: Acetonitrile

Detector Waters Xevo TQ-S
 Ion Mode: ESI-
 Mode: MRM
 Instrument Waters ACQUITY UPLC I-Class
 Sample Preparation The standard solution (100 μ L) was prepared in reverse osmosis water supplemented with 1 phosphate-buffered saline (10 mg/mL (ppb)) in apolypropylene (HPLC Vial) followed by mixing with 200 μ L of methanol containing 1.5% formic acid.
 Notes APFAS delay column (cat.#72854) was installed before the injector. The peaks of confirmation ions are not displayed in this chromatogram.

Time (min)	Flow (mL/min)	%A	%B
0.00	0.3	80	20
7.00	0.3	5	95
9.00	0.3	5	95
9.01	0.3	80	20
11.00	0.3	80	20

Max Pressure: 275 bar

Table I: MSトランジションと各成分の保持時間

Compounds	Retention Time (min)	Precursor Ion	Product Ions*	Cone (V)	Collision (V)	Quantification Internal Standard
Target Analytes						
TFA	3.25	113.03 [M-H]-	69.01	10	10	¹³ C ₃ -PFBA
PFPrA	4.81	162.97 [M-H]-	119.02	10	8	¹³ C ₃ -PFBA
PFBA	5.80	213.03 [M-H]-	168.98	14	8	¹³ C ₃ -PFBA
PPPeA	6.56	262.97 [M-H]-	218.97	2	6	¹³ C ₂ -PFHxA
PFHxA	7.13	313.10 [M-H]-	268.97/118.99	2	8/20	¹³ C ₂ -PFHxA
PFHpA	7.62	363.16 [M-H]-	319.09/169.06	8	10/18	¹³ C ₄ -PFOA
PFOA	8.10	413.10 [M-H]-	368.96/168.90	2	10/16	¹³ C ₄ -PFOA
PFNA	8.62	463.10 [M-H]-	419.01/219.02	4	10/16	¹³ C ₅ -PFNA
PFDA	9.29	513.17 [M-H]-	469.16/219.06	4	12/16	¹³ C ₂ -PFDA
TFMS	4.37	148.97 [M-H]-	79.93/98.92	62	18/18	¹³ C ₃ -PFBA
PFETs	5.44	198.90 [M-H]-	79.92/98.91	38	22/22	¹³ C ₃ -PFBA
PFPrS	6.08	248.97 [M-H]-	79.92/98.91	2	24/24	¹³ C ₃ -PFBA
PFBS	6.55	298.97 [M-H]-	79.97/98.89	2	26/26	¹³ C ₂ -PFHxA
PPPeS	6.93	349.10 [M-H]-	79.98/98.98	6	32/30	¹³ C ₂ -PFHxA
PFHxS	7.24	398.90 [M-H]-	79.97/98.89	56	32/34	¹³ C ₂ -PFHxA
PFHpS	7.56	449.17 [M-H]-	79.98/98.97	4	42/38	¹³ C ₂ -PFHxA
PFOS	7.82	499.03 [M-H]-	79.92/98.90	8	40/40	¹³ C ₄ -PFOA
PFNS	8.09	549.10 [M-H]-	79.92/98.83	12	42/40	¹³ C ₄ -PFOA
PFDS	8.32	599.17 [M-H]-	79.98/98.83	8	44/46	¹³ C ₅ -PFNA
HFPO-DA	7.01	285.03 [M-COOH]-	169.02/185.02	2	6/16	¹³ C ₂ -PFHxA
ADONA	7.11	376.90 [M-H]-	250.93/84.97	22	12/26	¹³ C ₂ -PFHxA
9CI-PF3ONS	7.75	530.78 [M-H]-	350.85/82.96	12	26/24	¹³ C ₂ -PFHxA
11CI-PF3OUDS	8.15	630.78 [M-H]-	450.80/82.95	8	26/32	¹³ C ₅ -PFNA
Extracted Internal Standards						
¹³ C ₃ -PFPrA	4.81	165.97 [M-H]-	120.96	10	11	¹³ C ₃ -PFBA
¹³ C ₄ -PFBA	5.80	217.03 [M-H]-	171.98	2	8	¹³ C ₃ -PFBA
¹³ C ₅ -PPPeA	6.56	267.97 [M-H]-	222.99	2	6	¹³ C ₂ -PFHxA
¹³ C ₅ -PFHxA	7.13	318.03 [M-H]-	272.93	2	7	¹³ C ₂ -PFHxA
¹³ C ₄ -PFHpA	7.62	366.90 [M-H]-	321.93	2	10	¹³ C ₄ -PFOA
¹³ C ₈ -PFOA	8.10	420.97 [M-H]-	375.94	2	10	¹³ C ₄ -PFOA
¹³ C ₉ -PFNA	8.62	471.97 [M-H]-	426.87	4	8	¹³ C ₅ -PFNA
¹³ C ₆ -PFDA	9.29	518.90 [M-H]-	473.87	4	13	¹³ C ₂ -PFDA
¹³ C ₃ -PFHxS	7.24	401.90 [M-H]-	79.97	2	32	¹³ C ₂ -PFHxA
¹³ C ₈ -PFOS	7.82	506.84 [M-H]-	79.97	4	48	¹³ C ₄ -PFOA
Quantitative Internal Standards						
¹³ C ₃ -PFBA	5.80	215.97 [M-H]-	171.97	10	8	
¹³ C ₂ -PFHxA	7.13	314.97 [M-H]-	269.93	8	8	
¹³ C ₄ -PFOA	8.10	416.87 [M-H]-	371.88	2	8	
¹³ C ₅ -PFNA	8.62	467.87 [M-H]-	422.89	16	10	

Linearity

二次回帰(1/x加重)を用いた結果、すべての分析成分で $r^2 > 0.995$ 、偏差<20%という良好な直線性が得られた。Table IIに成分ごとの直線範囲を示した。直線性範囲は0.05 ppbから40 ppbであるが、成分によって直線性範囲の最低濃度は成分ごとに異なる。

Accuracy and Precision

ほとんどの分析成分において、0.4、2、および10 ppbでの正確性と精度の評価を行ったが、HFPO-DAおよびTFAについては、0.4 ppbが直線性範囲に含まれないため、2、10、および30 ppbで評価を行った。サンプルは3つのバッチに分けて異なる日に調製および分析を行い、各添加レベルで合計9回の繰り返し測定を行った。回収率の平均値および相対標準偏差(%RSD)をTable IIIに示す。すべての分析成分において、3つの添加レベル全体で回収率は82.3%から115%になった。また、本分析メソッドの精度は%RSDが0.965%から11.3%となり、良好な結果が得られた。さらに、すべてのEISの回収率は、名目濃度の20%以内に収まることが確認され、EISを追加の品質管理手段として使用することで、メソッドの信頼性と堅牢性が向上することが確認された。

正確性と精度の実験結果に基づき、各分析成分の定量下限(LOQ)を校正曲線の最低濃度とした。また、検出下限(LOD)については、PFAS添加のFBSの分析結果を用い、ピークのシグナルノイズ比3:1として算出した。

Measurement of C1–C10 and Alternative PFAS in NIST 1950 and 1957 SRMs

本分析手法を用いて、SMRの前処理を行い、それぞれ6つのサンプルを調整し、分析を行った。まず、EIS濃度について確認したところ、測定された10成分のEIS濃度は、事前添加した1 ppbの名目濃度から20%以内であった(結果はテーブルなし)。次に、SRM中PFASの測定結果をTable IIIに示す。SRMは6または7種類の短鎖および長鎖のPFASが含まれており、それぞれの参照濃度と標準偏差が提供されている。そのため、本実験で得られた濃度と比較を行ったところ、ほとんどのPFASの平均実測濃度が参照濃度に非常に近い値を示し、偏差も20%以内であることが明らかとなった。NIST SRM 1957におけるPFDAの測定濃度は、わずかに高い26%の偏差を示したものの、その他のPFASについても検出されており、測定可能であった。

これらの結果から、確立された本メソッドがヒト血漿および血清サンプル中の超短鎖を含むPFASにおいて極めて有用であることが示された。

Table II: PFAS添加FBSサンプルにおける直線性、LOD、精度および再現性の結果

Analytes	Linearity Range(ng/mL)	LOD (ng/mL)	Average Recovery (%RSD)			
			0.4	2	10	30
¹³ C-TFA	0.50 - 40	0.1250*	—	90.6 (9.28)	98.0 (2.99)	100 (10.7)
PFPrA	0.25 - 40	0.0102	108 (2.53)	115 (0.965)	105 (6.99)	—
PFBA	0.10 - 40	0.0222	104 (5.57)	109 (1.75)	104 (1.51)	—
PPPeA	0.10 - 40	0.0125	97.4 (3.25)	93.3 (4.19)	89.1 (5.57)	—
PFHxA	0.10 - 40	0.0098	99.2 (2.46)	109 (4.65)	102 (6.31)	—
PFHpA	0.10 - 40	0.0050	86.7 (5.37)	99.2 (2.04)	89.2 (1.80)	—
PFOA	0.10 - 40	0.0051	94.8 (8.24)	107 (5.30)	95.6 (3.35)	—
PFNA	0.10 - 40	0.0012	96.2 (1.44)	111 (1.87)	99.1 (2.62)	—
PFDA	0.10 - 40	0.0083	93.6 (1.93)	102 (2.03)	95.5 (3.64)	—
TFMS	0.05 - 40	0.0070	89.4 (7.33)	88.8 (3.80)	91.9 (3.19)	—
PFEtS	0.05 - 40	0.0020	98.0 (2.62)	103 (1.47)	99.3 (2.26)	—
PFPrS	0.05 - 40	0.0030	98.1 (8.18)	108 (4.23)	98.9 (4.15)	—
PFBS	0.05 - 40	0.0124	88.0 (8.84)	94.1 (4.95)	86.5 (6.17)	—
PPPeS	0.10 - 40	0.0031	94.8 (4.57)	100 (8.05)	94.3 (5.43)	—
PFHxS	0.10 - 40	0.0115	85.8 (7.88)	96.0 (10.0)	92.2 (8.98)	—
PFHpS	0.10 - 40	0.0088	92.5 (6.75)	99.8 (6.45)	93.4 (5.74)	—
PFOS	0.10 - 40	0.0200	97.8 (8.66)	97.9 (7.01)	95.9 (3.37)	—
PFNS	0.10 - 40	0.0129	92.1 (7.98)	94.2 (4.43)	91.9 (2.78)	—
PFDS	0.10 - 40	0.0111	92.6 (8.20)	82.3 (3.48)	87.6 (3.55)	—
HFPO-DA	0.50 - 40	0.1875	—	99.9 (11.3)	91.1 (8.95)	90.4 (6.13)
ADONA	0.10 - 40	0.0035	90.4 (7.14)	106 (4.67)	95.7 (4.25)	—
9CI-PF3ONS	0.10 - 40	0.0031	95.8 (4.20)	93.7 (5.12)	93.8 (6.71)	—
11CI-PF3OUdS	0.10 - 40	0.0023	106 (5.10)	84.5 (4.20)	97.2 (4.86)	—

*For non-labeled TFA

Table III: NIST 1950 and 1957 SRMのPFAS定量結果

Analytes	Reference Conc. (ng/mL)	Experimental Avg. Conc.(ng/mL)	Experimental Precision(%RSD)	Relative Concentration(%)**
NIST SRM 1950				
PFOA	3.27 ± 0.06	3.12	3.70	95.4
PFNA	0.720 ± 0.028	0.85	0.74	117
PFDA	0.322 ± 0.007	0.30	3.47	91.6
PFHxS	3.25 ± 0.08	2.91	6.26	89.5
PFOS	10.64 ± 0.13	12.57	2.92	118
TFA	—	5.74	4.45	—
PFPrA	—	0.26	6.90	—
PFHpA	—	0.23	3.04	—
TFMS	—	0.08	3.95	—
PPPeS	—	0.15	4.31	—
PFHpS	—	0.36	4.90	—
PFDS	—	0.10	4.64	—
NIST SRM 1957*				
PFHpA	0.305 ± 0.051	0.28	2.16	92.1
PFOA	5.00 ± 0.44	4.21	1.91	84.2
PFNA	0.878 ± 0.077	0.77	1.38	87.9
PFDA	0.39 ± 0.12	0.29	2.69	74.4
PFHxS	4.00 ± 0.83	3.35	9.88	83.8
PFOS	21.1 ± 1.3	20.46	3.81	97.0
TFA	—	3.22	3.79	—
TFMS	—	0.07	0.10	—
PPPeS	—	0.10	7.97	—
PFHpS	—	0.48	6.20	—
PFDS	—	0.10	4.23	—

*The reference concentration for NIST SRM 1957 is presented as mass fraction ($\mu\text{g/kg}$).

**Relative concentration = (experimental concentration/reference concentration) × 100

Conclusions

本研究では、ヒト血漿および血清中で一般的に監視されている長鎖PFASに加え、超短鎖PFASの分析も組み込んだ、シンプルかつ信頼性の高いワークフローを確立した。本メソッドでは、極性基内包型Ultra IBDカラムを使用したところ、分子量が小さく、極性が極めて高い分析成分の保持向上が可能となった。その結果、本分析手法を用いることで、SRMのような実試料を用いた実験においても、堅牢性を有した、正確かつ精度のある測定結果が得られることが示された。特に、本分析手法は、ヒトが新たに出現した超短鎖PFASにどの程度暴露されているかを理解するための貴重なツールとなる可能性がある。その他関連製品、分析メソッド、およびテクニカルリソースについては、[こちらをご覧ください。](#)



PFASディレイカラム

- システム由来のPFASを捕捉し、分析への干渉を防ぐことで、PFASの正確な分析を微量レベルにおいても保証
- 幅広い互換性：以下の条件で使用可能
 - 耐圧15,000psi (1034bar)までのHPLCまたはUHPLC
 - FPP (全多孔)とSPP (コアシェル)分析カラム
 - すべての固定相
- システム由来PFASを強力に保持し、ブレークスルーを防止
- 一般的なフィッティングで簡単に取り付け可能

cat.#	品名	入数
27854	PFASDelayColumn,5μm,50x2.1mmHPLCColumn	ea.



Ultra IBD HPLC Column

RestekIBDは、水素結合や極性相互作用を利用して分析物を保持する極性基内包型カラムで、現在入手可能なカラムの中で最も汎用性の高いカラムです。ユニークな極性基を持つこのカラムは、酸に対して非常に高い保持と選択性を示します。また、強塩基に対して対称的なピーク形状を提供します。RestekのIBDは100%水性移動相でも使用可能で、逆相またはHILIC条件下で使用することで、高濃度有機移動相中の極性イオン化合物を保持することができます。

cat.#	品名	入数
9175312	UltraIBDHPLCColumn,3μm,100mmx2.1 mm	ea.



PFAS 28 Calibration Standard

Contains:

11-chloroeicosfluoro-3-oxaundecane-1sulfonic acid (11CI-PF3OUdS) (763051-92-9)
1H,1H,2H,2H-Perfluorodecane sulfonic acid (8:2 FTS) (39108-34-4)
1H,1H,2H-Perfluorohexane sulfonic acid (4:2 FTS) (757124-72-4)
1H,1H,2H-Perfluoroctane sulfonic acid (6:2 FTS) (27619-97-2)
4,8-dioxa-3H-perfluoronanoic acid (ADONA) (919005-14-4)
9-chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonic acid (9CI-PF3ONS) (756426-58-1)
2-(Heptafluoropropoxy)2,3,3tetrafluoropropionic acid (HFPO-DA) (13252-13-6)
N-ethylperfluoro-1-octanesulfonamidoacetic acid (NEtFOSAA)* (2991-50-6)
N-methylperfluoro-1-octanesulfonamidoacetic acid (NMeFOSAA)* (2355-31-9)
Perfluoro-1-decanesulfonic acid (PFDS) (335-77-3)
Perfluoro-1-nananesulfonic acid (PFNS) (68259-12-1)
Perfluoro-1-octanesulfonamide (FOSA) (754-91-6)
Perfluoro-1-pentanesulfonic acid (PFPeS) (2706-91-4)
Perfluorobutanesulfonic acid (PFBS) (375-73-5)
Perfluorobutanoic acid (PFBA) (375-22-4)
Perfluorodecanoic acid (PFDA) (335-76-2)
Perfluorododecanoic acid (PFD0A) (307-55-1)
Perfluoroheptanesulfonic acid (PFHpS) (375-92-8)
Perfluoroheptanoic acid ((PFHpA) (375-85-9)
Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)* (355-46-4)
Perfluorohexanoic acid ((PFHxA) (307-24-4)
Perfluorononanoic acid (PFNA) (375-95-1)
Heptadecafluorooctanesulfonic acid (PFOS)* (1763-23-1)
Perfluorooctanoic acid (PFOA)* (335-67-1)
Perfluoropentanoic acid (PFPeA) (2706-90-3)
Perfluorotetradecanoic acid (PFTeDA) (376-06-7)
Perfluorotridecanoic acid (PFTrDA) (72629-94-8)
Perfluoroundecanoic acid (PFUnA) (2058-94-8)

*Technical grade compound containing both branched and linear isomers; see certificate for details.

cat.#	Concentration	Solvent	Volume	入数
30734	1 μg/mL	Methanol(1mM KOH)/2-Propanol(98:2)	1 mL/ampul	ea.

広口スクリューバイアル (バイアルのみ)

cat.#	品名	入数
24626	広口スクリューバイアル, ラベル付, クリア, 2.0 mL, 12 x 32 mm, 10-425	100-pk.



ポリプロピレン製バイアルインサート

cat.#	品名	入数
24518	バイアルインサート, ポリプロピレン, 広口, 250 μL	100-pk.



HPLC用サバイバルキット、ステンレスタイプ

For start-up and maintenance in all HPLC systems.

このサバイバルキットには、HPLCシステムのセットアップとメンテナンスに必要なステンレススチール製のチューブ、ユニオン、工具が幅広く含まれています：さまざまな長さや内径(ID)の1/16インチ外径チューブ、ナット、フェラル、バルブツールレンチ、デッドボリュームゼロユニオン

cat.#	品名	入数
25097	HPLC用サバイバルキット	kit

