

# 大気用PFASサンプラー FM4

Introduction of the Air Sampler for PFAS





## PFASを包括的に捕集

コンパクトなサンプラー1つで粒子状物質とガス態物質の両方を同時に捕集。各捕集材毎の捕集量評価が可能のため、包括的な評価が可能。

## ガス態 PFAS(FTOH等) の捕集が可能

新開発された活性炭繊維ディスク (GAIC) によって、困難とされていたガス態 PFASの捕集を実現。

## 優れた回収率

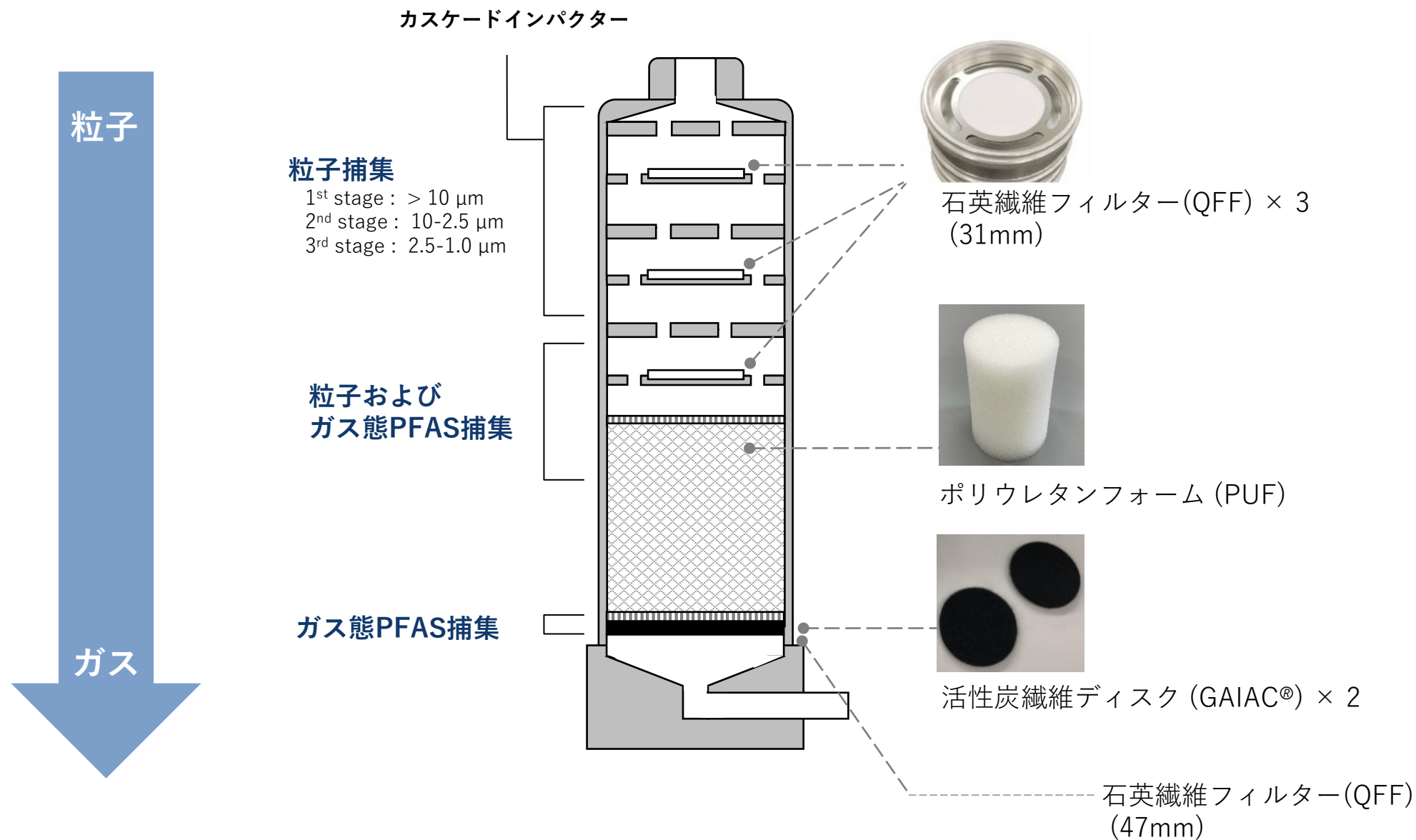
高い抽出効率と高回収率を実現

## コンパクト

軽量・コンパクトなエアサンプラーのため、持ち運びが容易で設置スペースを取りません。

\*毎分20 Lでサンプリングするため、別途サンプリングポンプが必要です。

# 製品構成及び捕集対象

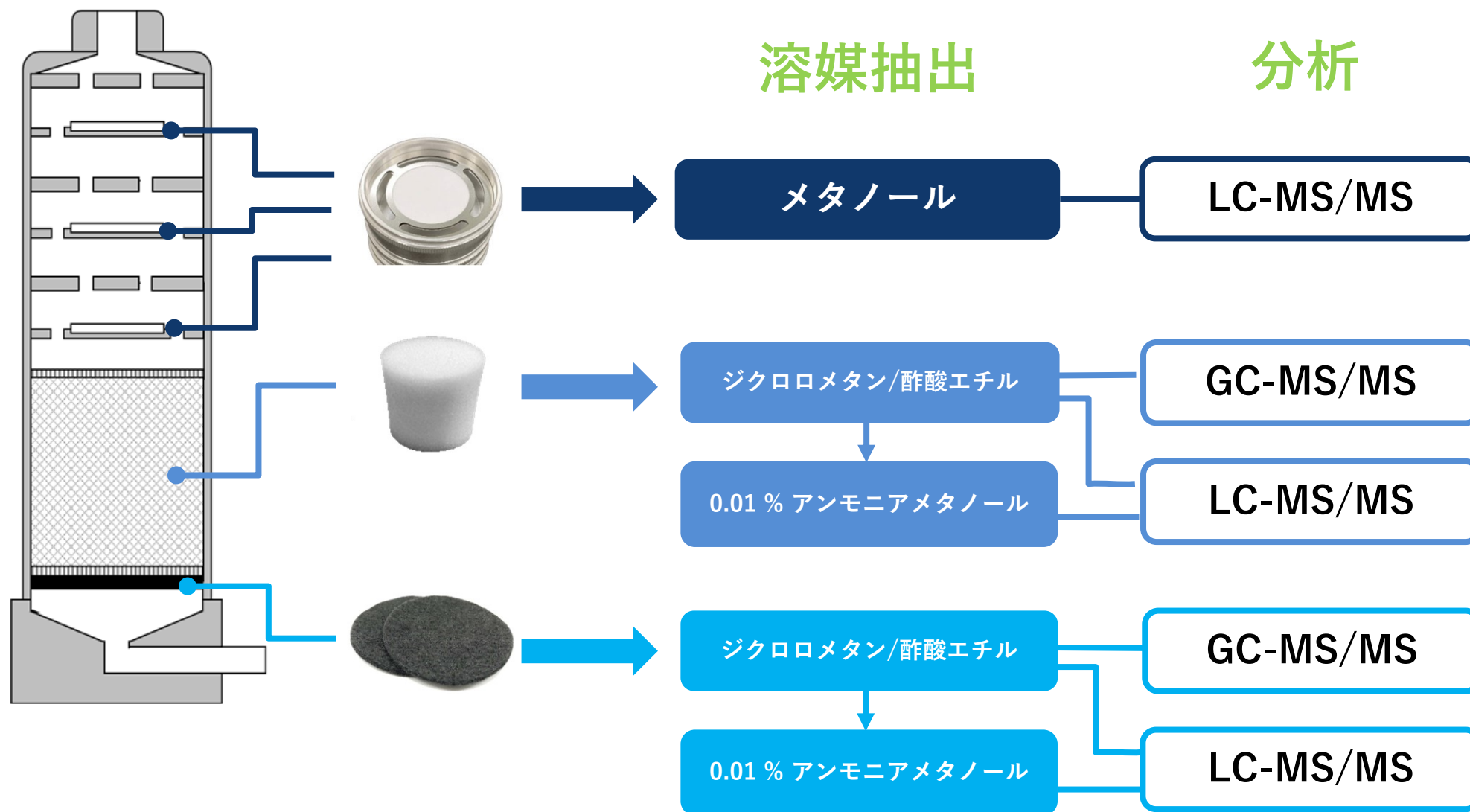




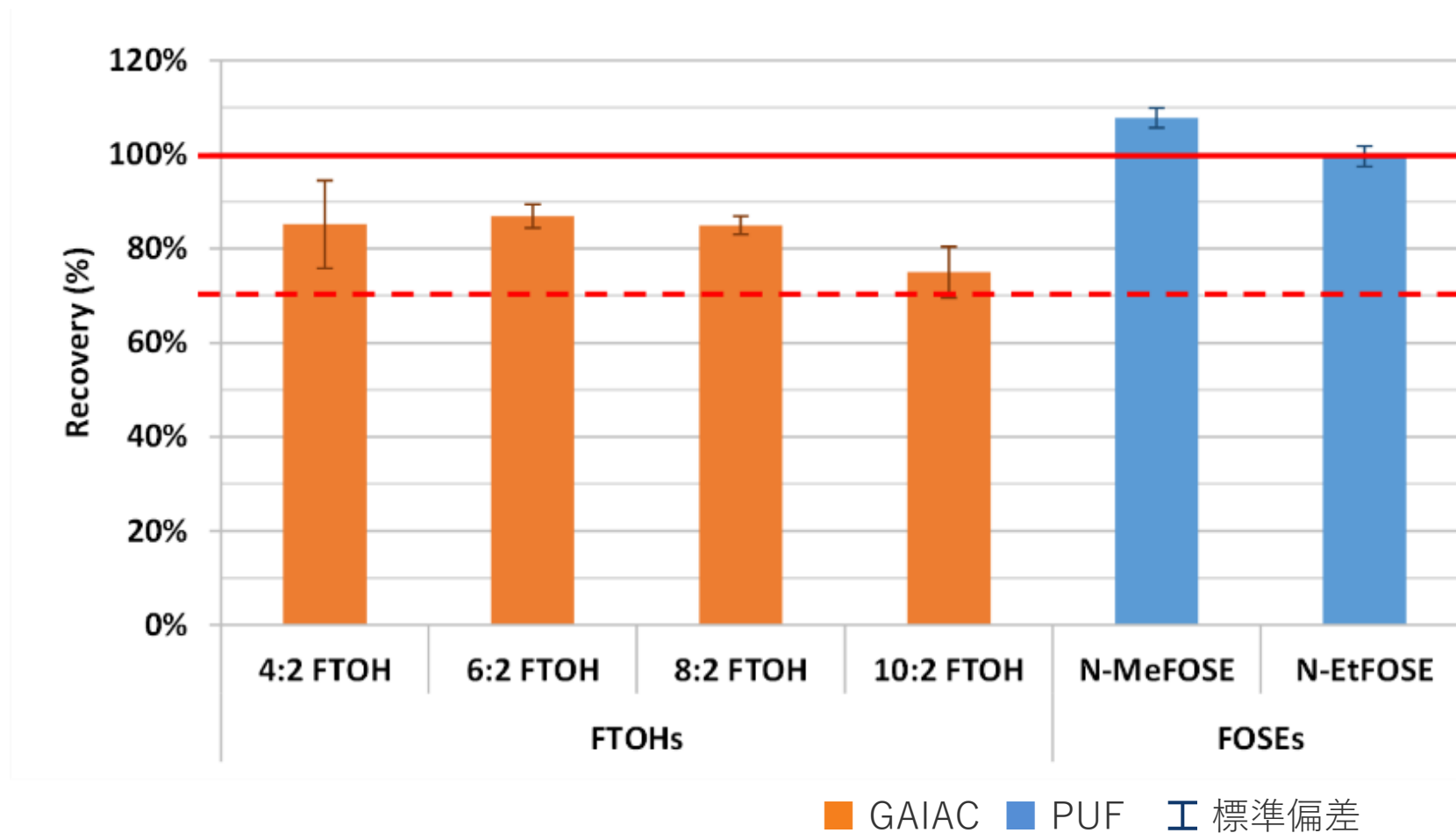
GAIACは、新たに開発された活性炭繊維ディスクです。圧力損失が低いため、大気中のPFASを効率よく捕集することができます。

従来の活性炭は細孔が複雑で、吸着は可能であるものの、回収が十分にできない等の課題がありました。

GAIACは、合成樹脂繊維を材料とし、吸着性能をコントロールすることで、PFASの捕集と溶出を可能にしています。



最も揮発性の高い4:2 FTOHにおいて、破過性能を確認済



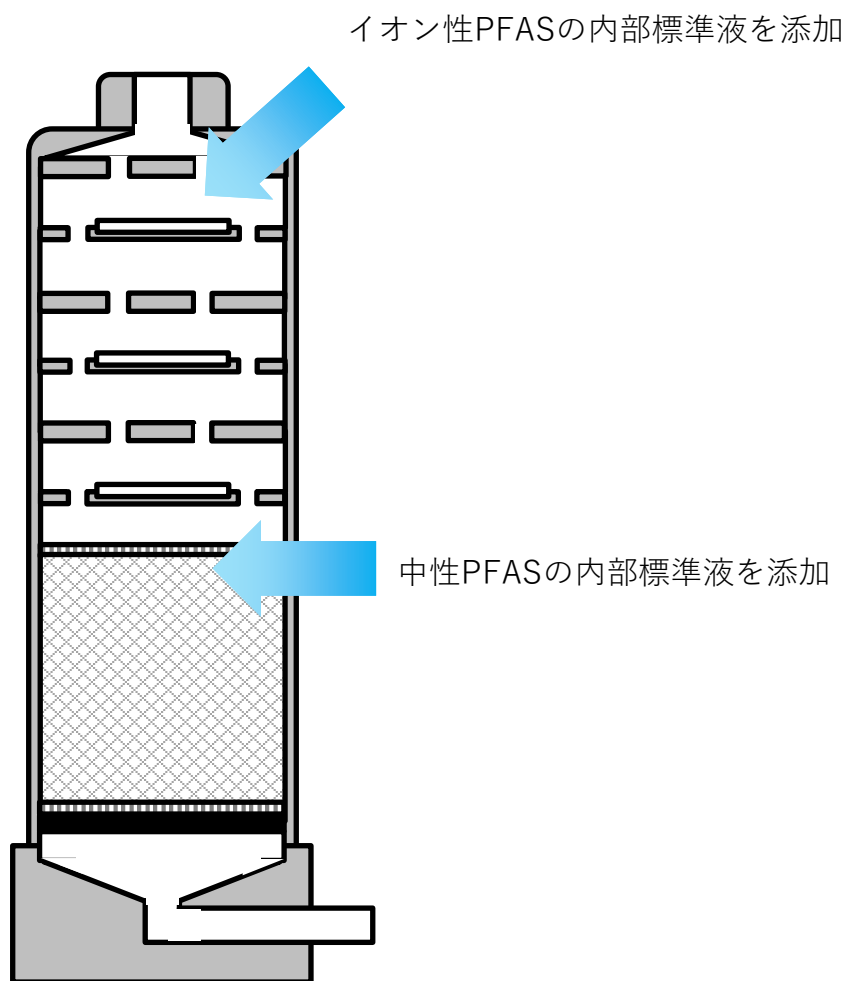
# FM4で捕集・抽出可能なPFAS

No.	Compounds	Abbreviation	CAS RN	LC-MS/MS	GC-MS/MS
1	Perfluorobutanoic acid (PFBA)	PFBA	375-22-4	x	
2	Perfluoropentanoic acid (PFPeA)	PFPeA	2706-90-3	x	
3	Perfluorohexanoic acid (PFHxA)	PFHxA	307-24-4	x	
4	Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	PFHpA	375-85-9	x	
5	Perfluorooctanoic acid (PFOA)	PFOA	335-67-1	x	
6	Perfluorononanoic acid (PFNA)	PFNA	375-95-1	x	
7	Perfluorodecanoic acid (PFDA)	PFDA	335-76-2	x	
8	Perfluoroundecanoic acid (PFUnA)	PFUnA	2058-94-8	x	
9	Perfluorododecanoic acid (PFDoA)	PFDoA	307-55-1	x	
10	Perfluorotridecanoic acid (PFTrDA)	PFTrDA	72629-94-8	x	
11	Perfluorotetradecanoic acid (PFTeA)	PFTeDA	376-06-7	x	
12	Perfluoro-n-hexadecanoic acid (PFHxDA)	PFHxDA	67905-19-5	x	
13	Perfluoro-n-octadecanoic acid (PFODA)	PFOcDA	16517-11-6	x	
14	Perfluorobutanesulfonic acid (PFBS)	PFBS	375-73-5	x	
15	Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)	PFHxS	355-46-4	x	
16	Perfluoroheptanesulfonic Acid (PFHpS)	PFHpS	375-92-8	x	
17	Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)	PFOS	1763-23-1	x	
18	Perfluorodecanesulfonic acid (PFDS)	PFDS	335-77-3	x	
19	Perfluorooctanesulfonamide (FOSA)	FOSA	754-91-6	x	
20	N-ethylperfluoro-1-octanesulfonamide	NEtFOSA	4151-50-2	x	x
21	n-methylperfluoro-1-octanesulfonamide	NMeFOSA	31506-32-8	x	x
22	N-methylperfluoro-1-octanesulfonamidoacetic acid	NMeFOSAA	2355-31-9	x	
23	N-ethylperfluoro-1-octanesulfonamidoacetic acid	NEtFOSAA	2991-50-6	x	
24	2-(N-methylperfluoro-1-octanesulfonamido)-ethanol	NMeFOSE	24448-09-7		x
25	2-(N-ethylperfluoro-1-octanesulfonamide)-ethanol	NEtFOSE	1691-99-2		x
26	6:2 Fluorotelomer sulfonic acid (6:2 FTS)	6:2FTS	27619-97-2	x	
27	8:2 Fluorotelomer sulfonic acid (8:2 FTS)	8:2FTS	39108-34-4	x	
28	4,8-Dioxa-3H-perfluorononanoic acid (DONA)	ADONA	919005-14-4	x	
29	Hexafluoropropylene oxide dimer acid (GenX)	HFPO-DA	13252-13-6	x	
30	9-Chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonic acid (F-53B Major)	9Cl-PF3ONS	756426-58-1	x	

No.	Compounds	Abbreviation	CAS RN	LC-MS/MS	GC-MS/MS
31	8:2 Fluorotelomer unsaturated carboxylic acid	FOUEA (8:2 FTUCA*)	70887-84-2	x	
32	8:2 Polyfluoroalkyl phosphate diester	8:2 diPAP	678-41-1	x	
33	2-Perfluorobutyl ethanol (4:2) FBET	4:2 FTOH			x
34	2-Perfluorohexyl ethanol (6:2) FHET	6:2 FTOH			x
35	2-Perfluorooctyl ethanol (8:2) FOET	8:2 FTOH			x
36	2-Perfluorodecyl ethanol(10:2) FDET	10:2 FTOH			x
37	Pentafluoroethanesulfonic acid	PFEtS	354-88-1	x	
38	Sodium prefluoro-1-propanesulfonate	PFPrS		x	
39	2,2,3,3,3-Pentafluoropropionic acid	PFPrA	422-64-0	x	
40	2H-perfluoro-2-dodecenoic acid (FDUEA)	10:2FTUCA		x	
41	4,4,5,5,6,6,7,7,7-Nonafluoro-1-heptanol	4:3 FTOH	83310-97-8		x
42	1H,1H,2H,2H,3H,3H-Tridecafluoro-1-nonanol	6:3 FTOH	80806-68-4		x
43	3-(Perfluorooctyl)propanol	8:3 FTOH	1651-41-8		x
44	1H,1H,2H,2H-Perfluorooctyl iodide	6:2FTI	2043-57-4		x
45	1H,1H,2H,2H-Perfluorodecyl iodide	8:2FTI	2043-53-0		x
46	1,1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10-Henicosafuoro-12-iodododecane	10:2FTI	2043-54-1		x
47	Pentacosafuoro-1-iodododecane	PFDoI	307-60-8		x
48	Octafluoro-1,4-diiodobutane	PFBuDil	375-50-8		x
49	Perfluoro-1,6-diiodohexane	PFHxDil	375-80-4		x
50	Hexadecafluoro-1,8-diiodooctane	PFODil	335-70-6		x
51	1,3-Bis(trifluoromethyl)-5-bromobenzene	BTFBB	328-70-1		x
52	Bromopentafluorobenzene	BPFB	344-04-7		x

※2022年3月時点で確認が取れている成分

# 各捕集エリアの回収率

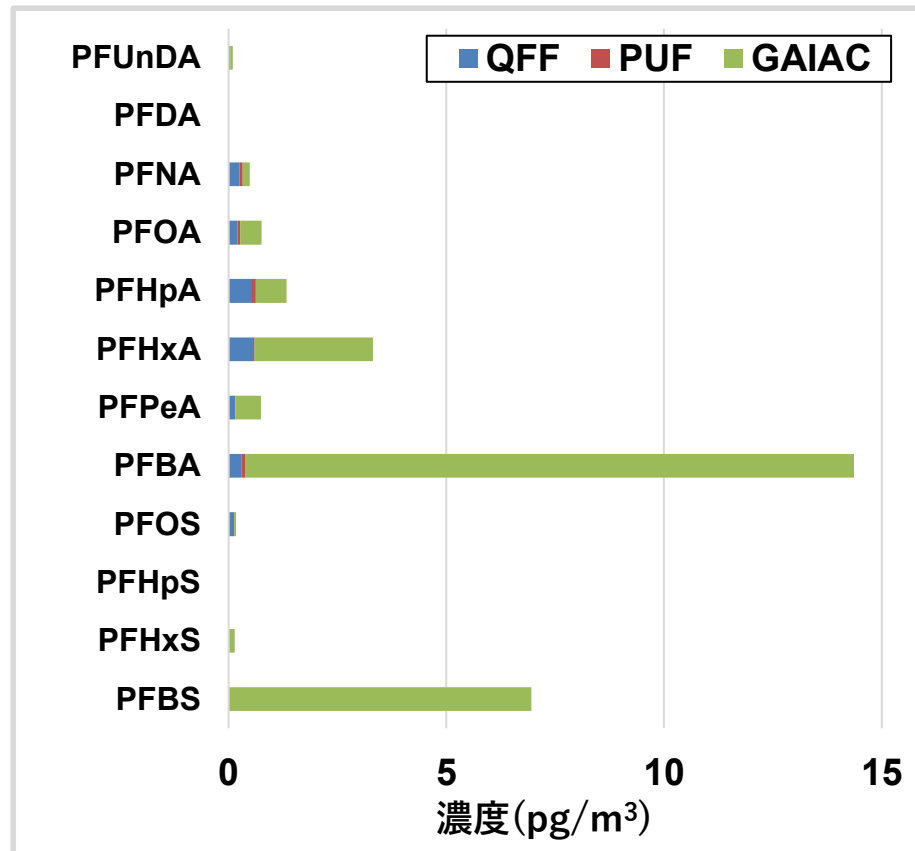


粒子捕集エリア	
成分名	回収率 (%)
$^{13}\text{C}_3$ -PFBS	94
$^{13}\text{C}_3$ -PFHxS	94
$^{13}\text{C}_8$ -PFOS	85
$^{13}\text{C}_4$ -PFBA	47
$^{13}\text{C}_5$ -PFPeA	59
$^{13}\text{C}_5$ -PFHxA	69
$^{13}\text{C}_4$ -PFHpA	79
$^{13}\text{C}_8$ -PFOA	85
$^{13}\text{C}_9$ -PFNA	103
$^{13}\text{C}_6$ -PFDA	88
$^{13}\text{C}_7$ -PFUnDA	95

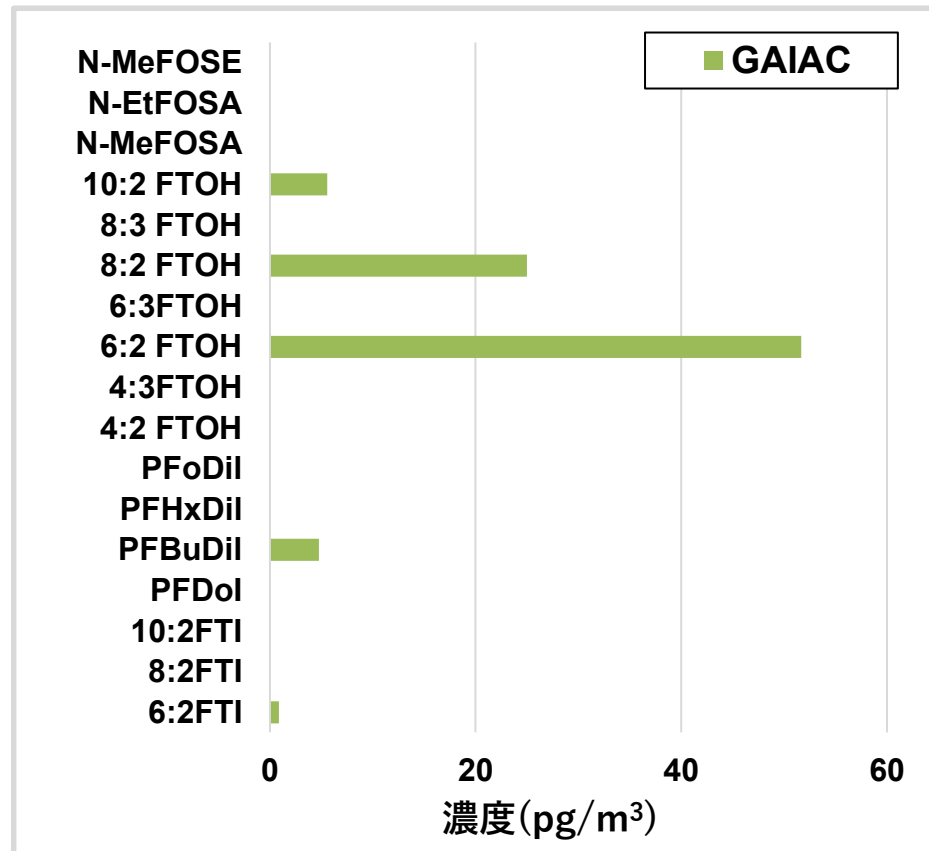
ガス態捕集エリア	
成分名	回収率 (%)
4:2FTOH-d <sub>4</sub>	91
$^{13}\text{C}_2$ -6:2FTOH-d <sub>2</sub>	90
$^{13}\text{C}_2$ -8:2FTOH-d <sub>2</sub>	102
$^{13}\text{C}_2$ -10:2FTOH-d <sub>2</sub>	84
N-MeFOSA-d <sub>5</sub>	71
N-EtFOSA-d <sub>3</sub>	78
N-MeFOSE-d <sub>7</sub>	110
N-EtFOSE-d <sub>9</sub>	110



## ■ イオン性PFAS



## ■ 中性PFAS



## FM4

項目	仕様
材質(本体)	アルミ製 (アルマイト処理)
寸法	60 mm×195 mm
重量	約710 g
接続ネジ規格	Rc 1/4



FM4

## 捕集剤

項目	仕様	入数	1検体あたり 使用数
石英繊維フィルター	インパクト部：31 mm	100枚	3枚
石英繊維フィルター	バックアップ：47 mm	100枚	1枚
ポリウレタンフォーム	47 mm×50 mm	10個	1個
活性炭吸着材(GAIAC)	47 mm×2 mm	20枚	2枚



石英繊維フィルター



ポリウレタンフォーム

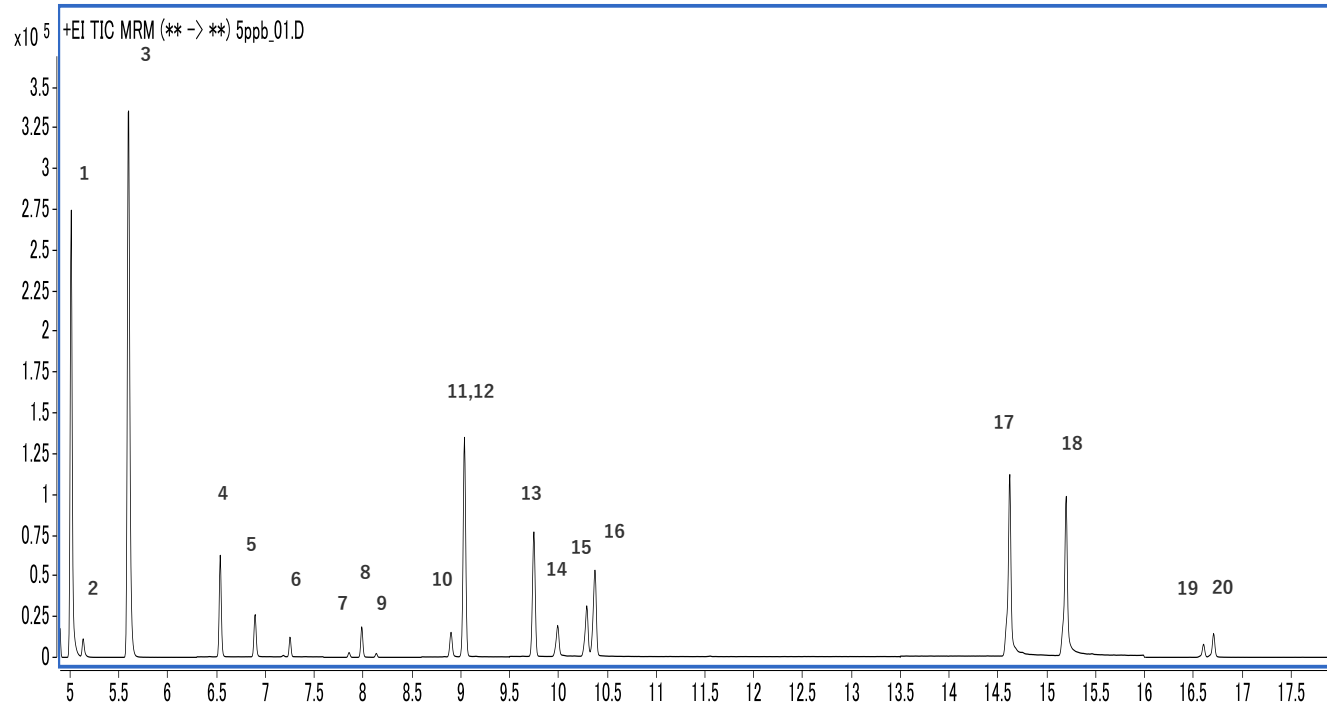


GAIAC



GC-MS/MSによる  
中性(揮発性)PFASの分析

# GC-MS/MSによる中性PFASの分析例

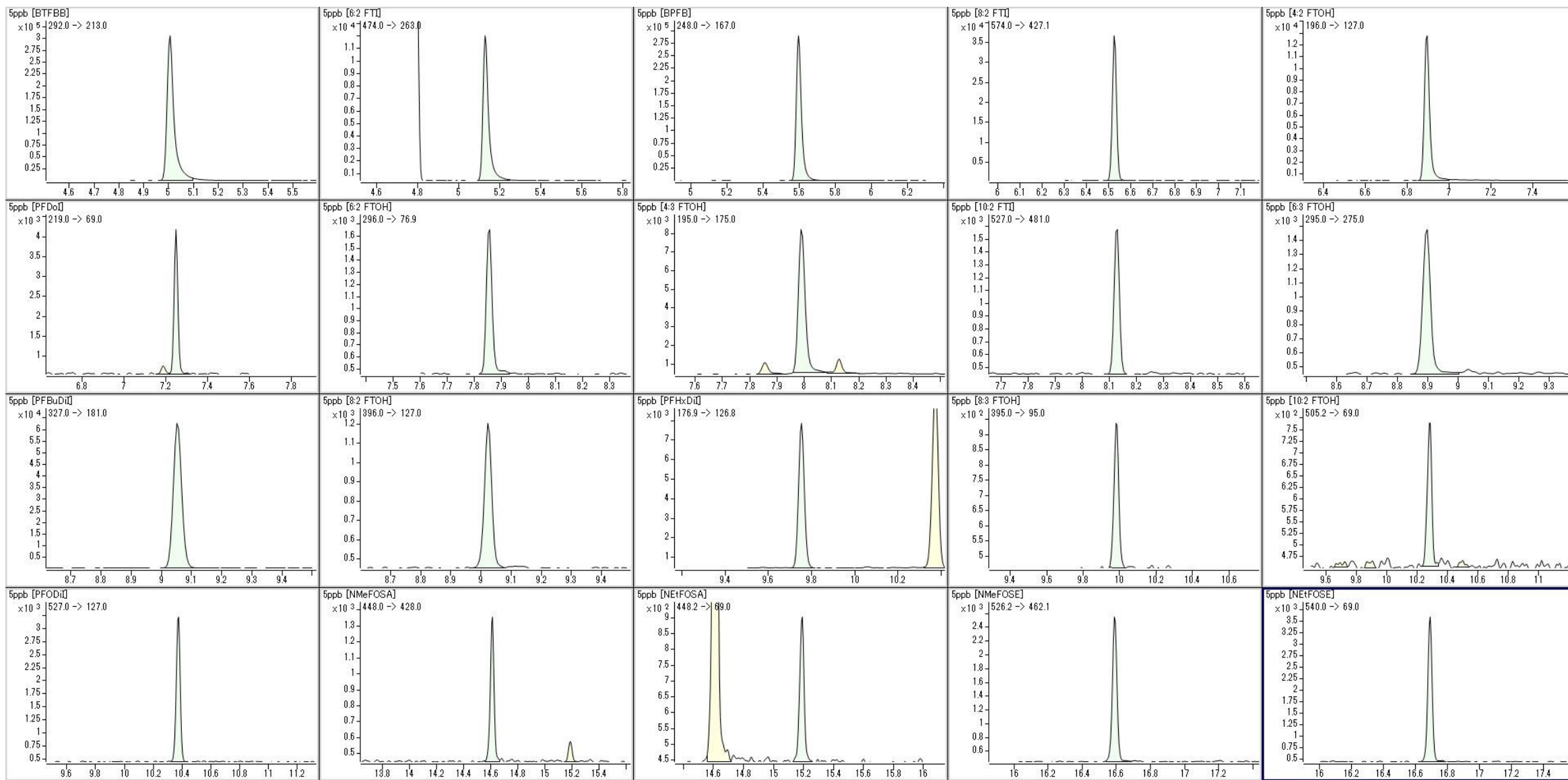


<b>System</b>	8890/7010B Triple quadrupole GC/MS (Agilent Technologies, Inc)		
<b>Column</b>	InertCap Pure-WAX (GL Science Inc.) 0.25 mm I.D. × 30 m, df = 0.25 μm		
<b>Injection</b>	Splitless		
<b>Injection Vol.</b>	2 μL, 200°C		
<b>Carrier Gas</b>	He, 1.2 mL / min		
<b>Column Temp.</b>	Rate (°C / min)	Temp (°C)	hold (min)
	0	40	2
<b>Ion Source temp.</b>	10	200	0
<b>Ion mode</b>	20	250	20
<b>Mode</b>	MRM		

No.	Compounds	R.T.(min)	No.	Compounds	R.T.(min)	No.	Compounds	R.T.(min)	No.	Compounds	R.T.(min)
1	BTFBB	5.00	6	PFDol	7.25	11	6:3 FTOH	8.90	16	10:2 FTOH	10.28
2	6:2FTI	5.13	7	6:2 FTOH	7.86	12	8:2 FTOH	9.02	17	NEtFOSA	14.61
3	BPFB	5.60	8	4:3 FTOH	7.99	13	PFHxDil	9.75	18	NMeFOSA	15.19
4	8:2FTI	6.53	9	10:2FTI	8.13	14	8:3 FTOH	9.98	19	NMeFOSE	16.59
5	4:2 FTOH	6.90	10	PFBuDil	9.05	15	PFODil	10.38	20	NEtFOSE	16.69

No.	Compounds	Abbreviation	R.T. (min)	Transition 1	CE	Transition 2	CE
1	1,3-Bis(trifluoromethyl)-5-bromobenzene	BTFBB	5.00	292>213	26	294>213	18
2	1 H,1H,2H,2H-Perfluorooctyl iodide	6:2FTI	5.13	474>263	28	327>181	16
3	Bromopentafluorobenzene	BPFB	5.60	248>167	24	248>117	22
4	1H,1H,2H,2H-Perfluorodecyl iodide	8:2FTI	6.53	574>427	8	547>313	20
5	1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-hexanol	4:2 FTOH	6.90	196>127	10	196>77	26
6	Pentacosafuoro-1-iodododecane	PFDol	7.25	219>69	28	169>69	16
7	1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-octanol	6:2 FTOH	7.86	296>77	26	344>95	24
8	3-(Perfluorobutyl)propanol	4:3 FTOH	7.99	195>175	8	195>95	24
9	1H,1H,2H,2H-Perfluorododecyl iodide	10:2FTI	8.13	527>481	8	527>145	10
10	Octafluoro-1,4-diiodobutane	6:3 FTOH	8.90	295>275	8	295>181	24
11	3-(Perfluorohexyl)propanol	8:2 FTOH	9.02	396>127	12	131>69	22
12	1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-decanol	PFBuDil	9.05	327>181	8	327>69	60
13	Perfluoro-1,6-diiodohexane	PFHxDil	9.75	177>127	28	281>181	22
14	3-(Perfluorooctyl)propanol	8:3 FTOH	9.98	395>95	12	131>69	20
15	Hexadecafluoro-1,8-diiodooctane	10:2 FTOH	10.28	505>69	60	131>69	60
16	1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-dodecanol	PFODil	10.38	527>127	14	381>69	60
17	N-ethylperfluoro-1-octanesulfonamide	NEtFOSA	14.61	448>69	60	131>69	28
18	n-methylperfluoro-1-octanesulfonamide	NMeFOSA	15.19	448>428	12	131>69	28
19	2-(N-methylperfluoro-1-octanesulfonamido)-ethanol	NMeFOSE	16.59	526>462	18	462>93	28
20	2-(N-ethylperfluoro-1-octanesulfonamide)-ethanol	NEtFOSE	16.69	540>69	54	540>448	20

# 各化合物のクロマトグラム (5 ng/mL)



# LC-MS/MSによる イオン性PFASの分析

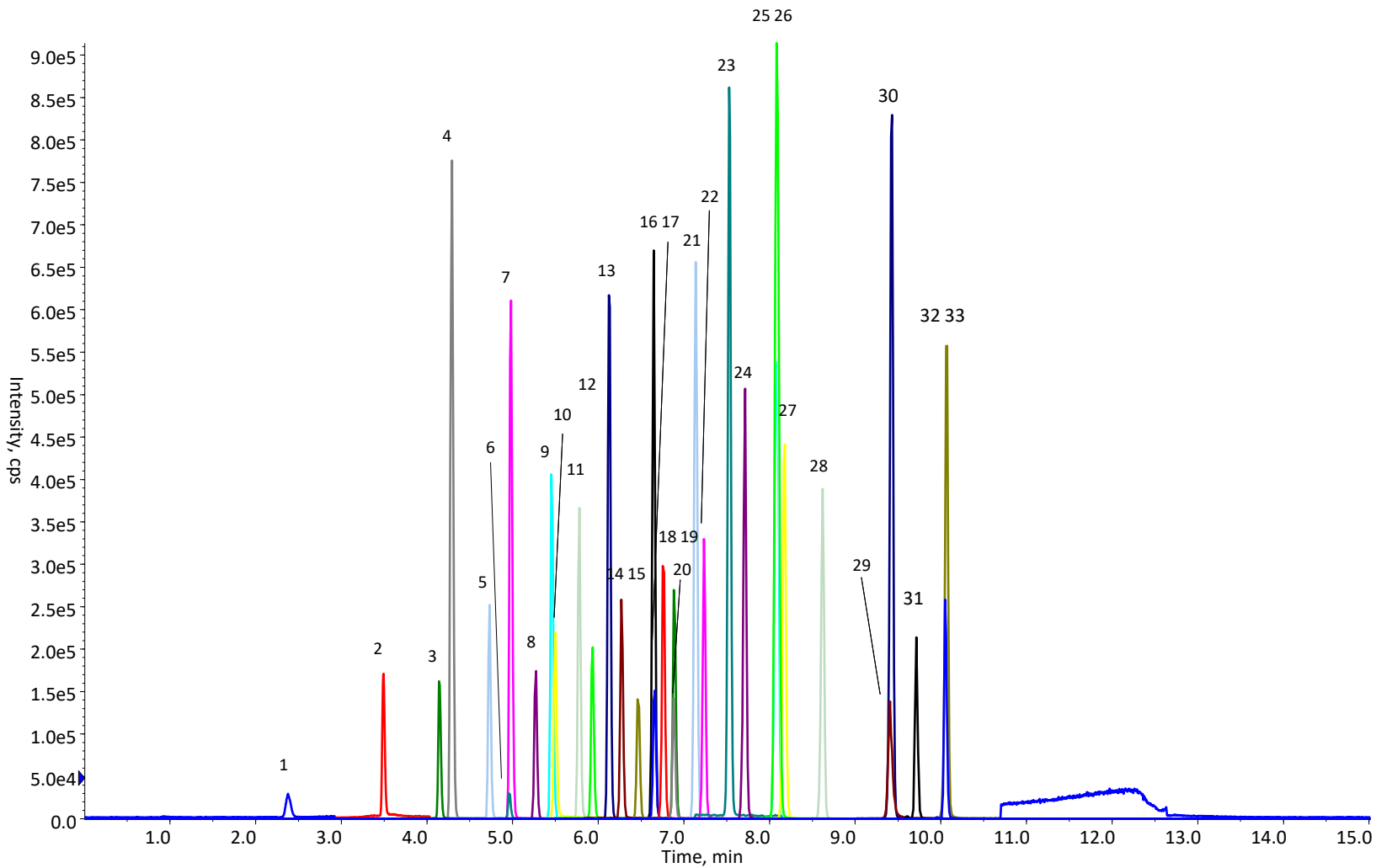
# LC-MS/MS 分析条件

<b>System</b>	Exion (SCIEX)						
<b>Column</b>	InertSustain AQ-C18 (GL Sciences Inc.) 1.9 $\mu$ m, 2.1 mm I.D. $\times$ 100 mm						
<b>Delay Column</b>	Delay Column for PFAS 3.0 $\times$ 30 mm (GL Science Inc.)						
<b>Mobile Phase (A)</b>	10mmol/L aqueous ammonium acetate solution						
<b>Mobile Phase (B)</b>	Acetonitrile						
<b>Gradient</b>	Time (min)	0	1.5	10	11	11.1	15
	A %	90	70	0	0	90	90
	B %	10	30	100	100	10	10
<b>Flow Rate</b>	0.3 mL/min						
<b>Injection Volume</b>	2 $\mu$ L						
<b>Column Temp.</b>	40 $^{\circ}$ C						
<b>Sample Cooler</b>	10 $^{\circ}$ C						

<b>System</b>	QTRAP 6500+ (SCIEX)
<b>Ion Source</b>	ESI
<b>Mode</b>	MRM
<b>Polarity</b>	Negative
<b>Curtain Gas (CUR)</b>	40
<b>Collision Gas (CAD)</b>	12
<b>Ion Spray Voltage (IS)</b>	-4500
<b>Temperature (TEM)</b>	300 $^{\circ}$ C
<b>Ion Source Gas1</b>	50
<b>Ion Source Gas2</b>	30



# MRM クロマトグラム



No.	Compounds	R.T.(min)
1	PFPrA	2.38
2	PFBA	3.49
3	PFPrS	4.15
4	PFPeA	4.29
5	PFHxA	4.73
6	PFBS	4.97
7	HFPO-DA (GenX)	4.98
8	PFHpA	5.27
9	ADONA(DONA)	5.46
10	6:2FTS	5.5
11	PFOA	5.78
12	PFHxS	5.93
13	FOUEA (8:2 FTUCA* )	6.13
14	PFNA	6.27
15	8:2FTS	6.47
16	PFHpS	6.65
17	PFDA	6.66
18	NMeFOSAA	6.76
19	PFOS	6.88
20	10:2FTUCA	6.89
21	N-EtFOSAA	7.14
22	PFUnA	7.24
23	9Cl-PF3ONS	7.53
24	PFDoA	7.71
25	PFDS	8.08
26	PFTrDA	8.09
27	PFTeDA(PFTeA)	8.18
28	FOSA	8.62
29	PFHxDA	9.41
30	PFOcDA (PFODA)	9.43
31	8:2 diPAP	9.72
32	N-MeFOSA	10.1
33	N-EtFOSA	10.1

# トランジション及びコリジョンエネルギー

No.	Compounds	R.T.	Transition 1	CE	Transition 2	CE
1	PFPrA	1.24	163.0>119.0	-16	-	-
2	PFBA	2.14	213.0>169.0	-14	-	-
3	PFPrS	3.95	249.0>80.0	-52	249.0>99.0	-34
4	PFPeA	4.02	263.0>219.0	-11	-	-
5	PFHxA	4.73	313.0>269.0	-15	313.0>119.0	-30
6	PFBS	4.84	299.0>80.0	-59	299.0>99.0	-44
7	HFPO-DA (GenX)	4.96	329.0>169.0	-16	329.0>285.0	-8
8	PFHpA	5.29	363.0>319.0	-14	363.0>169.0	-26
9	ADONA(DONA)	5.44	377.0>251.0	-14	377.0>85.0	-56
10	6:2FTS	5.5	427.0>407.0	-34	427.0>81.0	-74
11	PFOA	5.69	413.0>369.0	-14	413.0>169.0	-26
12	PFHxS	5.86	399.0>80.0	-80	399.0>99.0	-80
13	FOUEA (8:2 FTUCA* )	5.9	457.0>393.0	-16	457.0>343.0	-56
14	PFNA	6.07	463.0>419.0	-16	463.0>219.0	-26
15	8:2FTS	6.25	527.0>507.0	-40	527.0>81.0	-82
16	PFHpS	6.29	449.0>80.0	-104	449.0>99.0	-70
17	PFDA	6.43	513.0>469.0	-19	513.0>219.0	-27
18	NMeFOSAA	6.56	570.0>419.0	-30	570.0>483.0	-24
19	PFOS	6.65	499.0>80.0	-97	499.0>99.0	-77
20	10:2FTUCA	6.66	557.0>493.0	-20	557.0>243.0	-52
21	NEtFOSAA	6.78	584.0>419.0	-30	584.0>526.0	-28
22	PFUnA	6.81	563.0>519.0	-19	563.0>269.0	-28
23	9Cl-PF3ONS	6.95	531.0>351.0	-40	531.0>83.0	-56
24	PFDoA	7.16	613.0>569.0	-17	613.0>269.0	-29
25	PFDS	7.38	599.0>80.0	-94	599.0>99.0	-91
26	PFTTrDA	7.52	663.0>619.0	-19	663.0>269.0	-32
27	PFTeDA(PFTeA)	7.84	713.0>669.0	-19	713.0>319.0	-36
28	FOSA	8.47	498.0>78.0	-85	498.0>169.0	-40
29	PFHxDA	8.52	813.0>769.0	-20	813.0>319.0	-34
30	PFOcDA (PFODA)	9.1	913.0>869.0	-20	913.0>369.0	-40
31	8:2 diPAP	9.5	989.0>97.0	-130	989.0>543.0	-36
32	NMeFOSA	9.96	512.0>169.0	-37	512.0>219.0	-34
33	NEtFOSA	10.28	526.0>169.0	-37	526.0>219.0	-34

## 大気捕集



FM4

## 自動固相抽出装置



アクアローダー アクアトレース

## 標準試薬



CIL社 PFAS試薬

## バイアル



高純度PPバイアル

## InertSep



固相カラム

## Delay Column for PFAS



Delayカラム

## Inertsil InertSustain



分析カラム

## InertCap



