

環境研究総合推進費 中間成果報告書

課題番号 : 1G-2102

研究課題名 : ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア迅速計測技術と環境修復材料の開発

体系的番号 : JPMEERF20211G02

重点課題 :

主 : 【重点課題④】環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用

副 : 【重点課題⑮】化学物質等の包括的なリスク評価・管理の推進に係る研究

行政要請研究テーマ(行政ニーズ) :

(5-10) 土壌・水系における有機フッ素化合物に関する挙動予測手法の開発と除去技術に関する研究

(3-1) フッ素化合物POPsを含む廃棄物の適正処理を目的とした物質等の特定、分析方法の整備及び処理要件等の確立に関する研究

研究代表機関 : 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 環境創生研究部門

研究代表者名 : 山下信義

研究実施期間 : 令和3年度～令和5年度

研究分担機関 : 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 計量標準総合センター・大阪市立環境科学センター ・ フタムラ化学株式会社 ・ ジャパンユーティージェス

ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア迅速計測技術と環境修復材料の開発 (技術実証型研究 2022年7月中間報告)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所(環境創生研究部門)(計量標準総合センター)
大阪市立環境科学センター ・ フタムラ化学株式会社 ・ ジャパンユーティーエス

<資料説明>

1. サブテーマ1 (主研究) 及び全体計画中間報告
2. サブテーマ2 (要素研究) 及び サブテーマ3 (応用研究) の進捗報告概要 及び詳細
3. 採択時一次評価コメントに対する返答
4. 補足資料
 - ・ PFASの基礎説明(ペルフルオロアルキル化合物とは?)
 - ・ 人工知能網羅分析(AI-TOFMS)の概要
 - ・ 本研究提案の基礎になった、環境研究総合推進費5B-1106「残留性有機フッ素化合物群の全球動態解明のための海洋化学的研究」(H23-25, S評価)
 - ・ 本研究提案に協力する国際研究チーム「PFAS in the air」

ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア迅速計測技術と環境修復材料の開発 (技術実証型研究 2022年7月中間報告)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所(環境創生研究部門)(計量標準総合センター)
大阪市立環境科学センター ・ フタムラ化学株式会社 ・ ジャパンユーティーエス

<研究の背景>

1. PFOS/PFOAを含むペルフルオロアルキル化合物(PFAS)の使用削減・適正管理は過去10年以上ストックホルム条約(POPs条約)の重要議題となっている。
2. PFOSが2009年に規制対象となり、PFOAが2019年に条約追加、現在PFHxSが追加検討されている。関連物質も含めると数百種類の化学物質のリスクプロファイル作成が必要であり、現時点でも対策の目途が立っていない。
3. 2020年4月に沖縄米軍基地より漏洩した多量の泡消火剤に含まれるPFASについて発がん性を含む危険性が指摘され、日米間協議に問題が拡大している。国外では数百億円規模の政府・企業訴訟に発展しており、国内でも問題視する地域が増加している。

<なぜPFAS対策が困難なのか？>

1. 残留性・有害性が確認されているPFOS/PFOAの2物質については個別の規制・管理は可能。しかし、膨大な数量の関連物質(フルオロテロマー(FTOH)等の前駆体)が環境中で分解してPFOS/PFOAが二次生成するため、発生源推定が困難。揮発性前駆体の環境放出とPFOS等、有害な分解産物汚染との因果関係把握が難しい。
2. 4,730種類のPFAS関連物質が世界中で使用されており(OECD report, 2018)、全てを調査することは不可能に近い。
3. PFOS含有廃棄物の熱分解処理法はあるが、非常に幅広い物理化学性を持つPFASを環境から回収・安全処理する技術が国内には存在しない。

上の三つの問題を解決するために三つの研究を行う。

【サブテーマ1】主研究 (産総研 環境創生研究部門)

ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア人工知能解析技術開発と国際標準化

【サブテーマ2】要素研究 (産総研 計量標準総合センター・フタムラ化学株式会社)

機能性を付加した活性炭材料によるペルフルオロアルキル化合物「群」の捕集および環境修復材料の開発

【サブテーマ3】応用研究 (大阪市立環境科学研究センター / ジャパンユーティージェス)

新技術を用いたペルフルオロアルキル化合物「群」汚染の全国実態調査

ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア迅速計測技術と環境修復材料の開発 (技術実証型研究 2022年7月中間報告)

主要な成果リスト

国際誌論文発表 : 5 報、IF : 10.58を含む

国内紙論文発表 : 2 報 (総説含む)

口頭発表 : 12 報

特許 : 16 件出願済(国外特許含む)

製品販売数 : 大気中PFASサンプラー 国外 1 件、国内 7 件

国民との科学・技術対話 : 「PFAS対策技術コンソーシアム」一般向け公演配信(相互対話) 5 回

受賞 : 1 回 (第 39 会富山賞 谷保佐知)

技術実証成果 : 7 件

【サブテーマ1】ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア人工知能解析技術開発と国際標準化 (主研究) (産総研 環境創生研究部門)

< PFAS調査技術の問題点1 >

4,730種類のPFAS関連物質が世界中で使用されているが、全てを調査することは不可能に近い。膨大な数量の前駆物質と有害な分解産物との因果関係把握が困難。

< 研究目標 >

飛行時間型質量分析計(TOFMS)を用いた網羅分析は過去10年程度研究されており、定性的な多成分分析の実績はあるが、定量性・測定感度に限界がある。特に1分析が100GBにもなる巨大なマススペクトルデータを人力だけで解析するのは難しい。

南京大学と開発した、人工知能・機械学習を用いた自動解析により、117種類の大気中PFASの一斉分析と未知の関連物質(new PFAS)の測定を2020年に実現した。

- ◆ 人工知能網羅分析(AI-TOFMS)を改良し、一般環境(水・大気)・市中製品・廃棄物中に存在する約1,500種類のPFASを数十分で同定・定量可能な計測技術を開発することを目標とする。

【サブテーマ1】ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア人工知能解析技術
開発と国際標準化 (主研究) (産総研 環境創生研究部門)

産総研/南京大学で開発している人工知能網羅分析技術(AI-TOFMS)とサーモフィッシャーサイエンティフィックのOrbitrap質量分析技術との相互比較研究により下記の成果が達成できた。

<研究成果>

1. 市場で使われている5000種類近いPFASの化学構造から、質量分析で生成する可能性のあるマスフラグメント(CF, CF 他)を特定し、その組み合わせから測定する条件を特定した結果、約900種類の潜在的PFASが測定可能となった。
2. 実際の環境試料を分析し、検出される化合物を解析した。水試料について最大400種類、大気試料は最大100種類しか検出されないことを確認した。
3. 市販の製品で5000種類以上のPFASが使用されていたとしても、水または大気中に残留するPFASは最大500種類程度にすぎないことが判明した。環境残留性から見て妥当な結果。

今後のPFAS対策の実効性を高める上で大きな進歩が得られた。

【サブテーマ1】ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア人工知能解析技術開発と国際標準化 (主研究) (産総研 環境創生研究部門)

4. 小数点以下5桁の高分解能質量分析が可能なOrbitrap高分解能質量分析により、36種類の大気中揮発性PFASの超高感度分析技術を開発した。これは既存のGCMSMS法と同等以上の高感度で、より信頼性の高い化合物同定が可能な新技術である。

従来技術では10種類以下しか測定できなかった、揮発性PFASについて、最低で36種類の高感度一斉分析を可能にした。

【サブテーマ1】ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア人工知能解析技術
開発と国際標準化 (主研究) (産総研 環境創生研究部門)

5. Orbitrap 高分解能質量分析技術を用い、中国と日本の一般大気分析を行った。その結果、FTI、FDIA、FAAC、FAMACなどの新しいタイプのフッ素化合物を 0.8 pg/m^3 以上の感度で測定に成功した。特に6:2FAACは日本大気からのみ、DCTCBは中国大気からのみ検出され発生源の違いを明確にできた。中国では8:2FTOHが最も高濃度に検出されたが、日本では6:2FTOHやそれ以外のヨウ素または臭素置換のPFASの濃度が高い傾向にあった。

本技術は実環境大気中の揮発性PFASをGC Orbitrap HRMSで測定した初めての報告である。

(谷保ほか、分析化学 投稿中)

【サブテーマ1】ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア人工知能解析技術開発と国際標準化 **(主研究)** (産総研 環境創生研究部門)

< PFAS調査技術の問題点2 >

水試料についてはISO21675で39種類のPFAS一斉分析が可能になったが大気試料等、他の媒体についてはいまだに標準分析法が存在しない。

< 研究成果 >

産総研が2007年に開発した超高感度燃焼イオンクロマトグラフ(CIC-F)と機能性活性炭を組み合わせたISO国際標準分析法を2022年5月に新規提案した(2025年末までにISO規格化予定)。

Determination of adsorbable organically bound fluorine, chlorine, bromine and iodine (AOF, AOCl, AOBr, AOI) by combustion ion chromatography (CIC) in water”(ISO/TC 147/SC 2 N 2112)

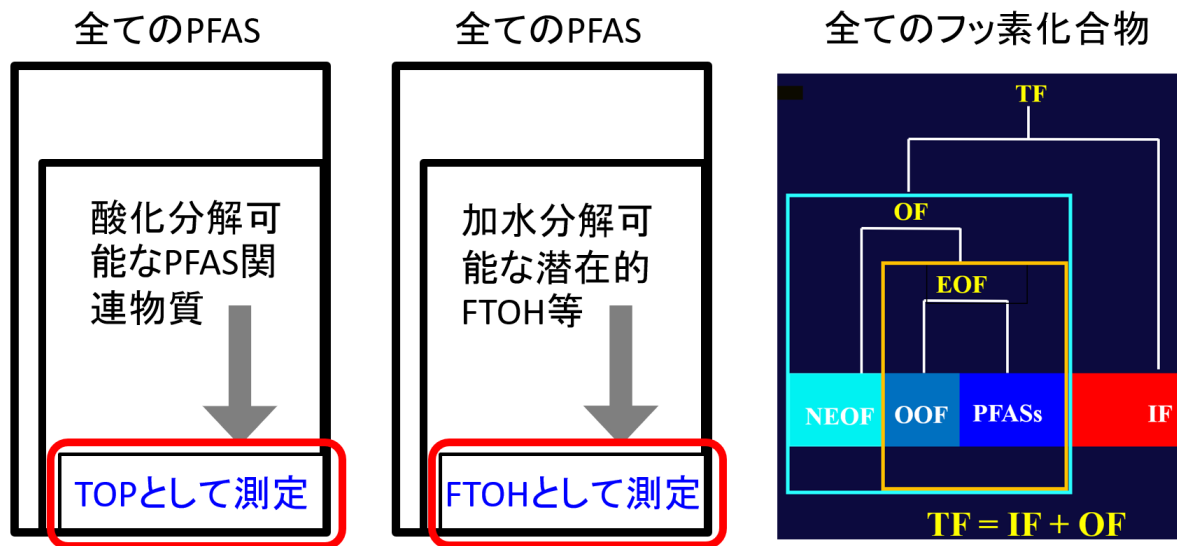
製品中 17ng/g のフッ素が測定できればREACH指令に対応可能。

日東精エアナリテック株式会社(および三菱ケミカルドイツ)、材料メーカーとPFAS対策技術コンソーシアムの共同研究により、REACH指令に対応可能な1ng以下のフッ素測定を安定して可能にする装置化を進めている。

【サブテーマ1】ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア人工知能解析技術開発と国際標準化 (主研究) (産総研 環境創生研究部門)

国外では、5000種類を超えるPFASの個別分析の限界は周知されている。その代わりに、特定の化学構造を持つグループとしてPFAS全体のインベントリーを把握するアプローチ(バルク分析/マスバランス解析技術)が急速に進んでいる。

- 下左 : TOP (Total Oxidisable Precursor) assay
- 下中央図 : 製品中の潜在的FTOHを全て加水分解する方法(Vladimir, 2021)
- 下右 : 全ての技術の基本となるマスバランス解析技術(CIC-F)



マスバランス解析技術とは、総フッ素、無機フッ素、有機フッ素の超高感度分析とPFASの個別分析を併用することで、フッ素化合物全体に占める個々のPFASの寄与率を指標として環境挙動・汚染状況を評価できる、産総研が2007年に開発した技術。

5000種類以上のPFASの個別分析を行わなくてもPFAS全体のインベントリー評価が可能。

ISO25101, ISO21675に続き、3つ目のPFAS国際標準分析法である、総フッ素分析法のISO国際規格(ISO/TC 147/SC 2 N 2112)でも産総研開発技術が使われるため、PFAS研究分野での日本の発言力強化に直結する成果が得られた。

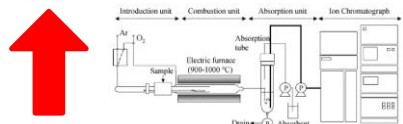
【サブテーマ1】ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア人工知能解析技術開発と国際標準化 (主研究) (産総研 環境創生研究部門)

水試料・血液中PFASのマスバランス解析技術が2007年に開発され、土壌などにも応用されている。



Determination of adsorbable organic fluorine from aqueous environmental samples by adsorption to polystyrene-divinylbenzene based activated carbon and combustion ion chromatography

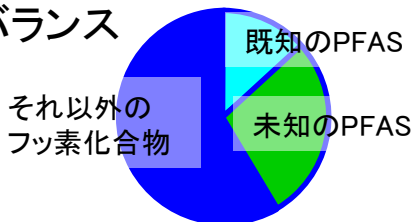
Andrea Wagner^a, Brigitte Raue^a, Heinz-Jürgen Brauch^a, Eckhard Worch^b, Frank T. Lange^{a,c}



Determination of trace levels of total fluorine in water using combustion ion chromatography for fluorine: A mass balance approach to determine individual perfluorinated chemicals in water

Yuichi Miyake^a, Nobuyoshi Yamashita^{a,c}, Pawel Roszkowski^{b,d}, Man Ka So^{a,c}, Sachi Taniyasu^a, Paul K.S. Lam^a, Karunachalam Kannan^{b,d,e,f,g}

水中・土壌中PFASマスバランス



2022年に大気試料中PFASのマスバランス解析技術を新たに開発し、IF: 10.58の国際誌に掲載した。



Journal of Hazardous Materials 435 (2022) 129025

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Hazardous Materials

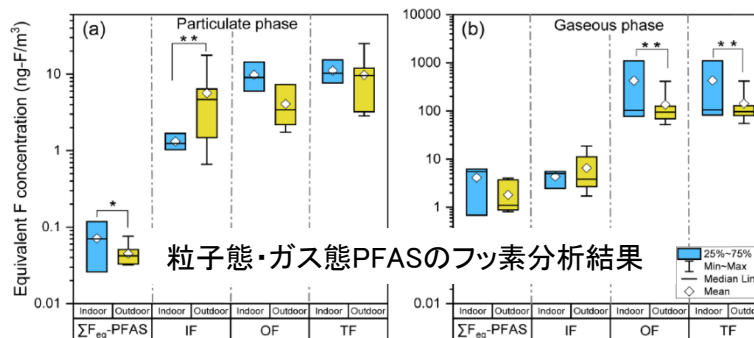
journal homepage: www.elsevier.com/locate/jhazmat



Research Paper

Fluorine mass balance analysis and per- and polyfluoroalkyl substances in the atmosphere

Huiju Lin^{a,b}, Sachi Taniyasu^b, Eriko Yamazaki^c, Rongben Wu^a, Paul K.S. Lam^{a,d}, Heesoo Eun^c, Nobuyoshi Yamashita^b

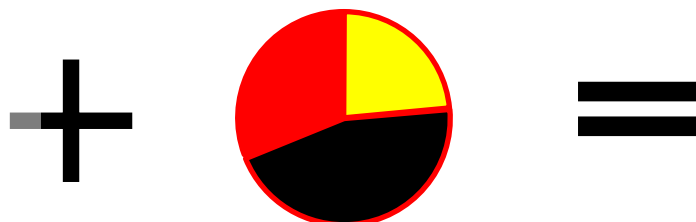


粒子態・ガス態PFASのフッ素分析結果

環境中の全てのPFASマスバランス



大気中PFASマスバランス



本技術により、水・大気・土壌・生物中に存在する、揮発性・不揮発性の全てのPFASが、全てのフッ素化合物に占める寄与率の解析が可能になった。今後のPFASインベントリー評価の標準技術になると期待される。

【サブテーマ1】ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア人工知能解析技術
開発と国際標準化 (主研究) (産総研 環境創生研究部門)

サブテーマ間連携(1)

サブテーマ2で予定していた水試料中揮発性PFAS分析技術をサブテーマ1で開発し、サブテーマ3で検証した。

大阪河川水中揮発性(中性)PFAS

同一試料中不揮発性(イオン性)PFAS

同一水試料中の揮発性と不揮発性成分の同時分析を実現

産総研と大阪市立環境科学センターで共同実験を行い、開発技術の有効性・相互比較性を確認した。特に新たに開発したパーティラップ技術により、水試料中の揮発性及び不揮発性PFASの同一試料同時分析に世界で初めて成功した。

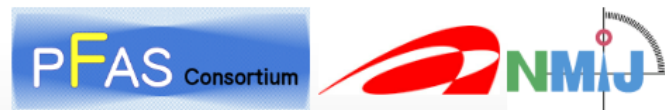
【サブテーマ1】ペルフルオロアルキル化合物「群」のマルチメディア人工知能解析技術開発と国際標準化 (主研究) (産総研 環境創生研究部門)

サブテーマ間連携(2)

サブテーマ3で予定していた「新技術普及のための産業界連携体制の確立」について、産業界だけではなく、産学官連携も可能な産総研コンソーシアム、「PFAS対策技術コンソーシアム」として2021年6月に設立した。2022年現在、農林水産省、環境省を含む、PFAS関連団体21機関が入会し、活発な情報交換と、新技術普及のための活動を行っている。特に、PFASの分解処理と環境修復が実現可能なテクノロジーであることを初めて国内に紹介、ガラパゴス化した国内のPFASリスク問題を正常化させる契機になっている。

Consortium for analysis and remediation of per- and poly-fluoroalkyl substances

PFAS対策技術コンソーシアム



トップページ
2022/6/14更新

お知らせ
2022/6/21更新

運営会則
2021/1/7更新

入会申込
2021/1/9更新

データベース
2022/6/17更新

Q&A
2021/9/21更新

・分解(degradation) :

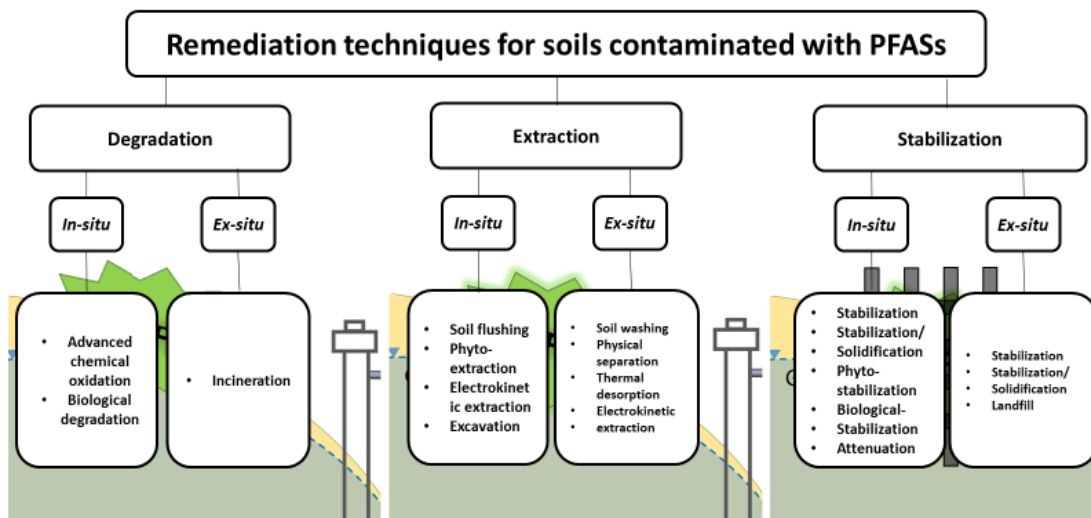
熱分解・光分解・化学分解・生物分解

・回収(extraction) :

吸着・脱離が可能な材料を用いてPFASを回収する。

・安定化(stabilization) :

汚染土壌などに含まれるPFASを安定な状態にすることで環境流出や生物吸収を防ぐ。



【サブテーマ2】機能性を付加した活性炭材料によるペルフルオロアルキル化合物「群」の捕集および環境修復材料の開発 (要素研究) (産総研計量標準総合センター・フタムラ化学)

＜PFAS捕集技術の問題点と目標＞

水試料についてはISO21675で39種類のPFAS一斉分析が可能になったが、大気試料については未だに標準分析法が存在しない。ISO21675で使用される固相吸着剤では揮発性PFASを捕集できない。これらの問題を改善する製品を開発し、販売・普及する。

＜研究成果＞

2-1 ガス・粒子一斉捕集装置である「FM4」のユーザーコメントを反映し、雨滴の混入を防止する雨傘を付けた製品を作成した。FM4のアプリケーションノートをジーエルサイエンス社のHP上で公開した。

2-2 水分析用GAIACの特許化を行い、サブテーマ1で開発した試作品の製品化を行っている。

2-3 環境修復用GAIACを開発しHPLC法など、性能を確認できる実験データを得た。

2-4 FM4及び水分析用製品についてユーザーコメントを反映した改良製品を作成している。

2-5 環境修復用GAIACについて実環境を想定した吸着・脱離処理(連続ライン)での性能評価と製品化の目途をつけている。

2-1 2020年度に販売開始したFM4のユーザーコメントを反映した改良FM4 ver2を作成する。

- 開発済FM4のアプリケーションノートをジーエルサイエンス社のHP上で公開 https://www.gls.co.jp/product/gas_sampling/air_collector/eap3fl00000blyh6-att/technicalgaide.pdf
- ユーザーコメントを反映した雨傘・台座を設計し、ver2を作成
- FM4の販売目標 (毎年: 国外2件、国内5件)
国外1件、国内7件を達成

採集試料の安定性試験やインパクターの分級曲線など、不足する基礎データをメーカーで拡充し、営業努力をすることで販売台数の増加を目指す。



【サブテーマ2】機能性を付加した活性炭材料によるペルフルオロアルキル化合物「群」の捕集および環境修復材料の開発 (要素研究) (産総研計量標準総合センター・フタムラ化学)

2-2 水分析用GAIACの特許化と販売を目指す。

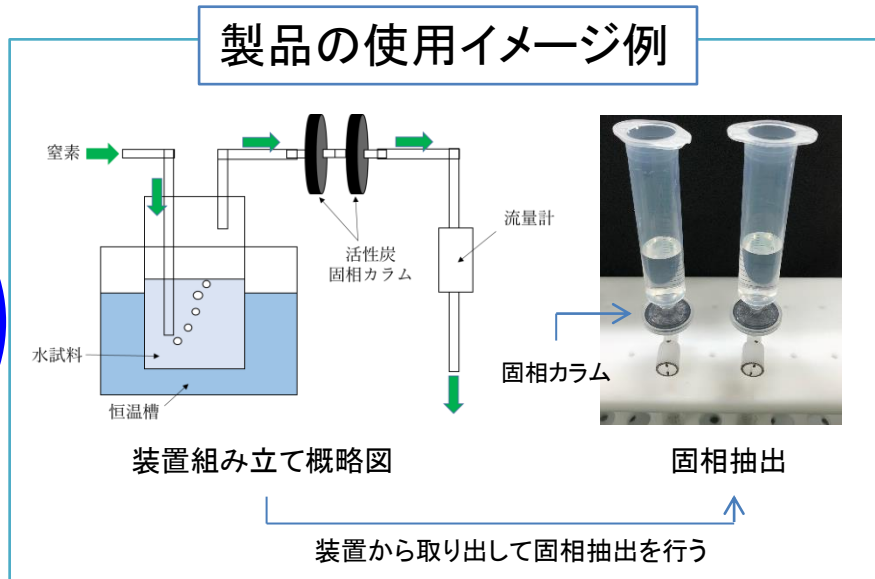
- パージ&トラップシステムの開発をサブテーマ1で行った
- そのシステムで用いるディスク試作品で、中性PFASを対象とした分析データを取得 (FTOH分析が可能)
- ディスクの製品化(プロトタイプ)済
- 懸案: イオン性PFASへの適用性は継続検討

製品イメージ

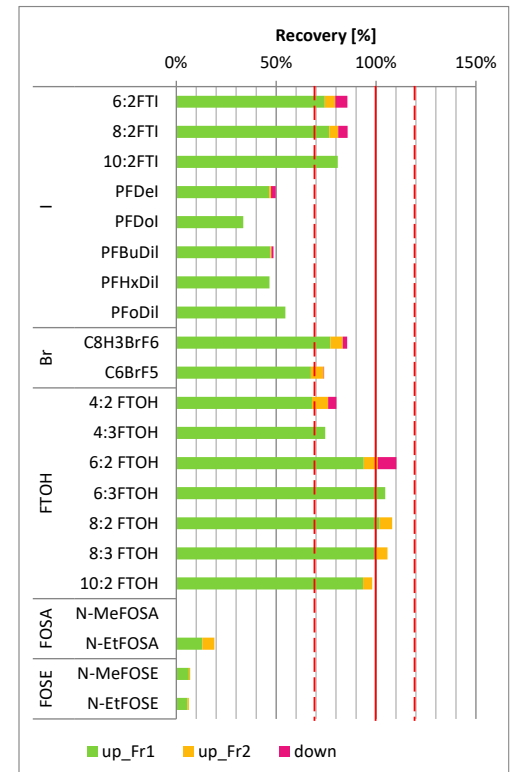


水分析用GAIAC (固相カラム)

製品の使用イメージ例



回収率データ



2-3+ 物理化学特性の評価

目的: 多成分一斉分析用および環境修復用のGAIAC選定を、物理化学特性から効率的に行うために実施

三種類のGAIAC作成し、以下を評価した

- ①サイズ排除効果評価
- ②イオン交換能評価
- ③疎水性吸着能評価
- ④比表面積測定

	材料A'	材料B'	材料C'	
②イオン交換容量 (meq/g)	全酸性基	0.13	0.15	0.17
	フェノール性水酸基	0.08	0.10	0.11
	ラクトン	0.05	0.05	0.05
	カルボキシル基	0.00	0.00	0.00
③吸着定数 (対数値)	アセトン	-3.0	-3.2	-2.9
	2-ブタノン	-2.5	-2.6	-2.4
	ニトロメタン	-3.0	-3.2	-2.9
	1-ニトロプロパン	-2.2	-2.3	-2.1
④BET比表面積 (m ² /g)	1,582	1,780	1,233	
平均細孔直径 (nm)	1.62	1.70	1.63	
細孔直径(モード径) (nm)	0.66	0.70	0.58	
全細孔容積 (cm ³ /g)	0.64	0.73	0.50	

【サブテーマ2】機能性を付加した活性炭材料によるペルフルオロアルキル化合物「群」の捕集および環境修復材料の開発 (要素研究) (産総研計量標準総合センター・フタムラ化学)

2-3+ 物理化学特性の評価

ポリスチレンを用いた活性炭材料のサイズ排除効果評価の結果.

	①活性炭細孔への侵入		
	材料A'	材料B'	材料C'
2, 4, 6-トリフェニル-1-ヘキセン (スチレン3量体, 分子量312)	○ (保持時間: 182分)	○ (保持時間: 131分)	○ (保持時間: 66分)
PS std. A-300 (スチレン4量体, 分子量453)	×	○	×
PS std. A-500 (分子量589)	×	△	×
PS std. A-1000 (分子量1013)	×	×	×

※評価した分子量の範囲は196から約10万まで

材料の差異は「比表面積」と「全細孔容積」以外に、「排除限界」

2-3 環境修復用GAIACを開発しHPLC法など、性能を確認できる実験データを 得る。

- 三手法での性能確認(オクタノール水分配係数より物質を選定)

- 1.超高温水による吸脱着評価
- 2.アルカリ液による吸脱着評価
- 3.真空加熱による吸脱着評価

- 超高温水の結果より、材料c'の性能が○→比表面積、細孔容積が小さい

- アルカリ液では一部対象の回収率が低い
- 真空加熱ではさらに低い回収率

検討材料の各試験法による回収率

	材料A'	材料B'	材料C'
超高温水	58%	64% (0.5h)	109% (0.5h)
アルカリ液	-	-	64% (0.5h)* 93% (0.5h)**
真空加熱	-	-	45% (20h)* 82% (20h)** 62% (3h)**

*PFOA、**TFA

【サブテーマ3】新技術を用いたペルフルオロアルキル化合物「群」汚染の全国実態調査
(応用研究) (大阪市立環境科学研究所 / ジャパンユーターイーエス)

＜研究目標＞

- ◆ サブテーマ1, 2で開発する新技術を用い、大阪市立環境科学研究所を中心とする地方環境研究所ネットワーク(環境省全国調査に参加)により大気・河川水中PFASの全国調査を行う。

＜研究成果＞

1. サブテーマ1と3で分析技術の相互比較試験を行い、一部PFASにおけるサロゲート回収率低下要因の解明した。
2. 大阪市内河川 20地点におけるPFAS調査を2022年3月に行った。
3. 新技術であるガス・粒子一斉捕集装置(FM4)の評価試験を行い、HVA法など、従来法と同等以上の性能であることを確認した。
4. 地方環境研究所ネットワーク(環境省全国調査に参加)により大気・河川水中PFASの全国調査を開始した (東京都、愛知県、大阪府、兵庫県、福岡県、埼玉県、神奈川県、奈良県、京都府、北海道を予定)。

【サブテーマ3】新技術を用いたペルフルオロアルキル化合物「群」汚染の全国実態調査 (応用研究) (大阪市立環境科学センター / ジャパンユーターエス)

サブ3 水質

一部PFASにおけるサロゲート回収率低下要因の解明

- 河川水分析時の $^{13}\text{C}_3$ -PFBS, $^{13}\text{C}_4$ -PFBA, $^{13}\text{C}_5$ -PFPeA及び $^{13}\text{C}_5$ -PFHxAにおけるサロゲート回収率の低下要因について検討
- 固相抽出時及びLC-MS/MS分析時の妨害の有無を調べるため、異なる試料量及び最終液の希釈によるサロゲート回収率の比較を実施

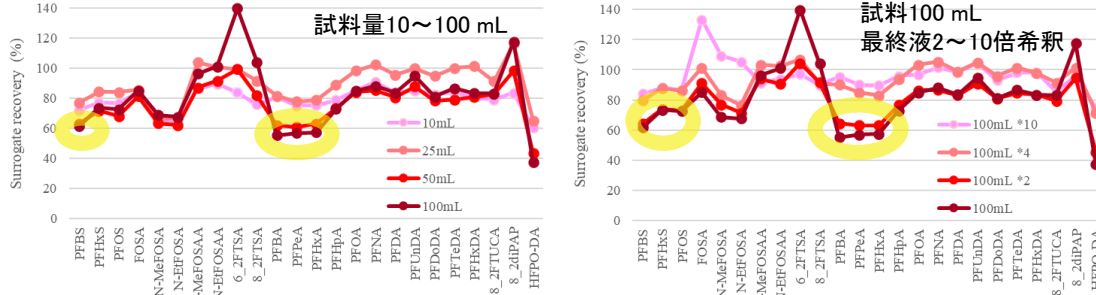


Fig. 1 Comparison of PFAS surrogate recovery depending on sample volume (Neya river: advanced water pollution)

Fig. 2 Comparison of PFAS surrogate recovery depending on dilution factor of sample extracts (Neya river, sample vol. 100 mL)

Fig. 1 試料量増→ 一部PFAS,サロゲート回収率低下
Fig. 2 試料量が多い場合も、最終液の希釈によりサロゲート回収率は改善

↓
一部PFASにおけるサロゲート回収率の低下要因

- × 固相抽出時の妨害
- LC-MS/MS分析時のサプレッションが原因

超純水及び河川水を用いた添加回収試験結果

(a) Native回収率 (超純水) (b) 河川水 (無添加) (c) 河川水+ St1ng/L (d) Native回収率 (河川水)

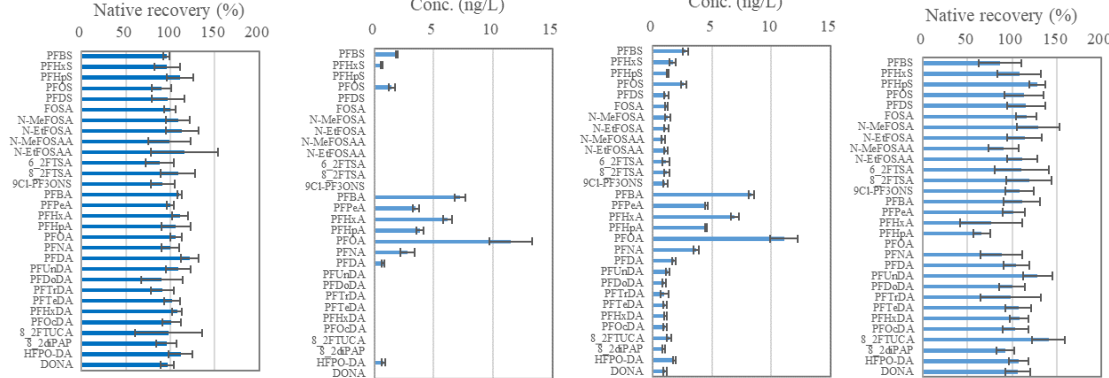


Fig. 3 Recovery experiments of PFAS in ultrapure water and river water ($n = 5$). (a) recovery of ultrapure water, (b) PFAS concentrations of river sample, (c) PFAS concentrations of spiked river sample, (d) recovery of river sample excluding PFOA. Error bar indicated standard deviations.

Fig. 3 超純水及び河川水に +St1 ng/Lとなるよう

添加回収試験を実施。Native回収率は

○ 超純水 (88~122%, 平均102%) Fig. 3 (a)

○ 河川水 (66~141%, 平均107%) Fig. 3 (d)

いずれも良好な回収率

→分析精度の堅牢性が確認

【サブテーマ3】新技術を用いたペルフルオロアルキル化合物「群」汚染の全国実態調査
 (応用研究) (大阪市立環境科学研究センター / ジャパンユーティージェス)

サブ3 水質

大阪市内河川20地点におけるPFAS調査結果 (2022年3月)

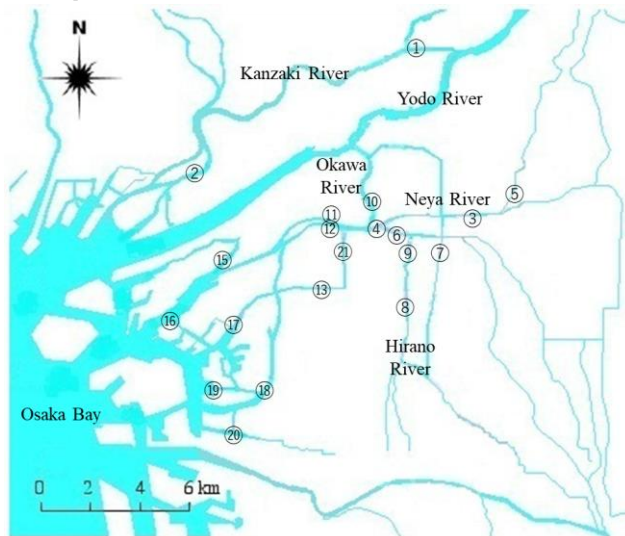
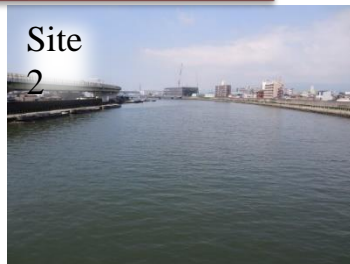


Fig. 4 Sampling sites of rivers in Osaka City. The sampling sites are classified by basin as follows:
 ①, ②: Kanzaki River basin,
 ③-⑨: Neya and Hirano River basin,
 ⑩-⑫: Okawa River basin,
 ⑬-⑲: The brackish area,
 ⑳, ㉑: Dotonbori Canal

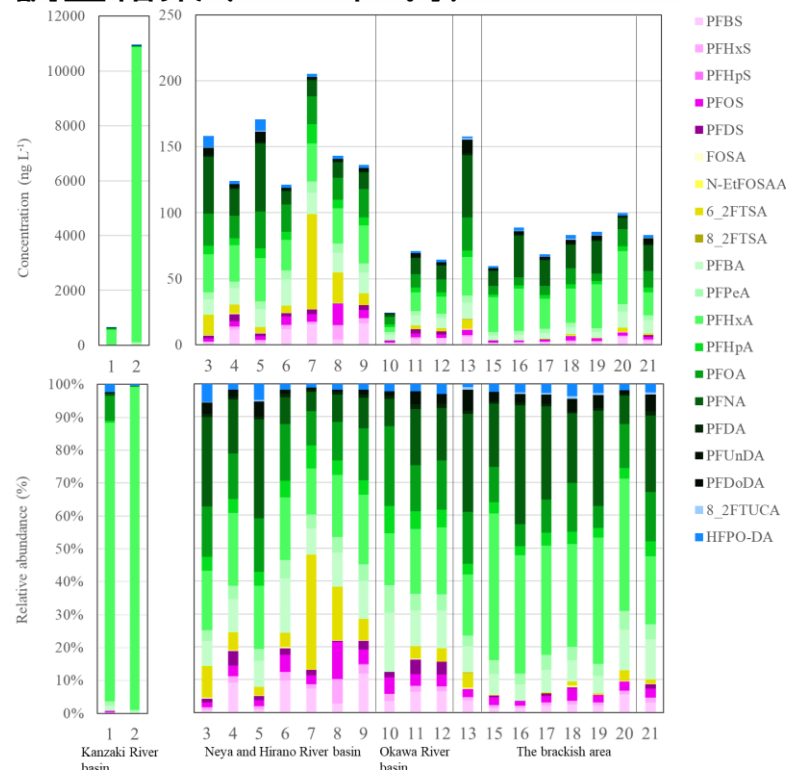


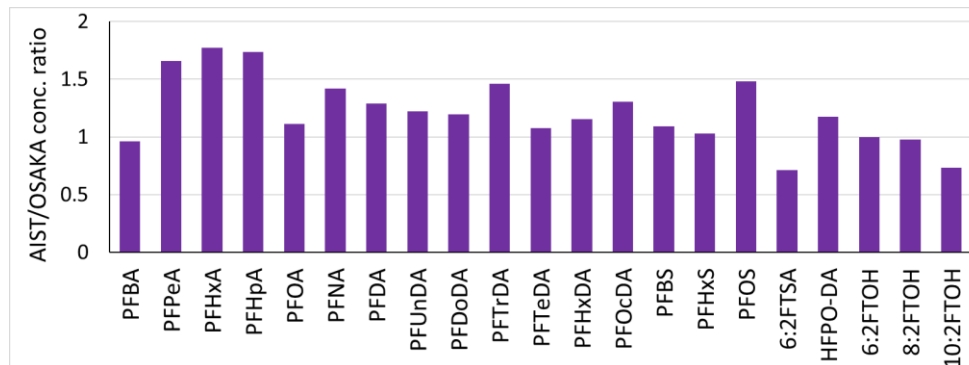
Fig. 5 Concentrations and relative abundance of PFAS in surface waters of Osaka City. *N*-MeFOSA, *N*-EtFOSA, *N*-EtFOSAA, 9Cl-PF3ONS, PFTriDA, PFTeDA, PFHxDA, PFOcDA, 8:2diPAP, and DONA were not detected in all sampling sites.

Fig. 5 大阪市内河川調査において、PFAS濃度は神崎川水系 >> 寝屋川・平野川水系 > 汽水域 > 大川水系であった。
 PFAS割合はPFHxA, PFOA, PFNAが高い傾向。HFPO-DAは全地点から検出された。
 大阪市内河川におけるPFAS汚染実態の一端が明らかとなった。

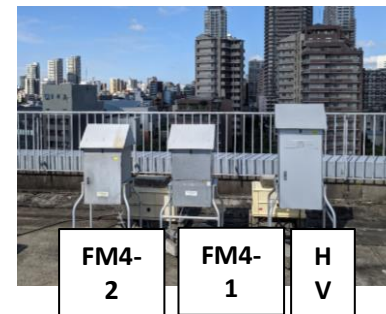
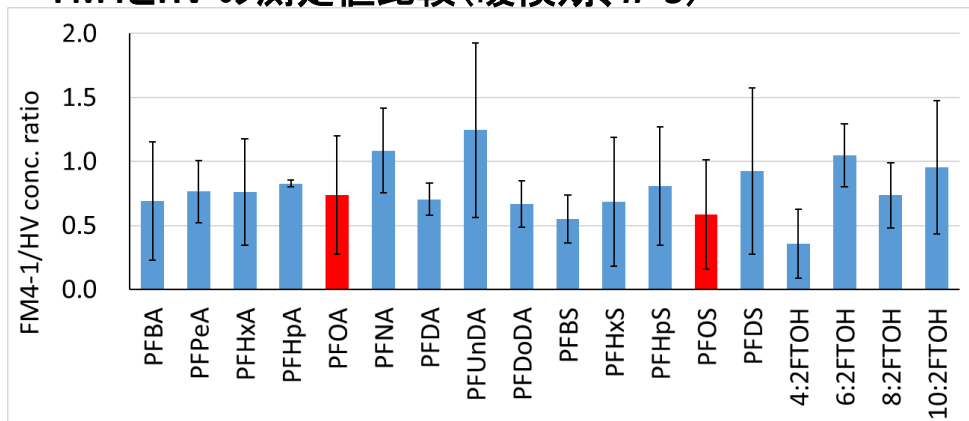
【サブテーマ3】新技術を用いたペルフルオロアルキル化合物「群」汚染の全国実態調査
 (応用研究) (大阪市立環境科学研究センター / ジャパンユーティージェス)

サブ3 大気

AISTとのLC-MS/MS、GC-MS/MSクロスチェック (n=2)



FM4とHV の測定値比較 (暖候期、n=3)



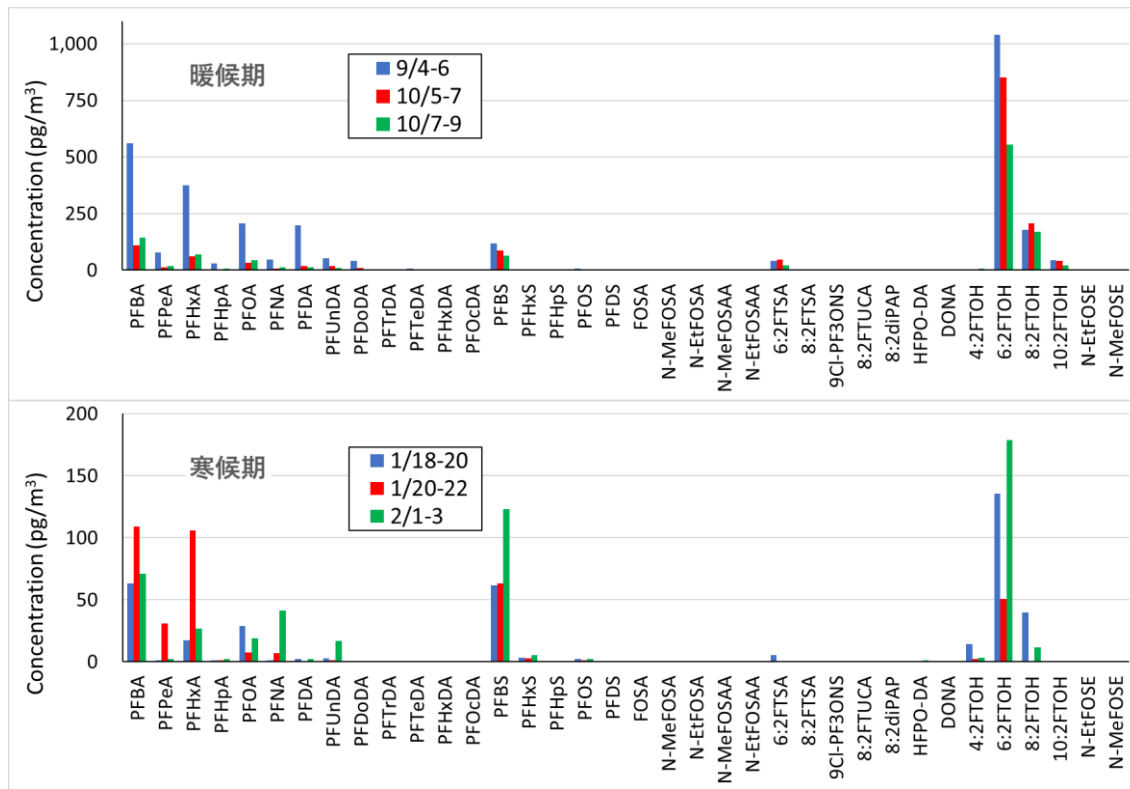
Average ± SD (n=3)

産総研と大阪市立環境科学研究センターのクロスチェック結果は概ね一致
 新技術・FM4は従来法・HVと一定程度互換性がある

【サブテーマ3】新技術を用いたペルフルオロアルキル化合物「群」汚染の全国実態調査
 (応用研究) (大阪市立環境科学研究センター / ジャパンユーティージェス)

サブ3 大気

新技術・FM4を用いた調査(大阪市)



大阪市内で暖候期3試料、寒候期3試料の測定が完了

暖候期: PFCAs 290—1600 pg/m³、PFSA 69—130 pg/m³、FTOHs 750—1300 pg/m³

寒冷期: PFCAs 120—260 pg/m³、PFSA 67—130 pg/m³、FTOHs 53—190 pg/m³

【サブテーマ3】新技術を用いたペルフルオロアルキル化合物「群」汚染の全国実態調査 (応用研究) (大阪市立環境科学研究センター / ジャパンユューティーエス)

サブ3 研究計画

地方環境研究所のネットワークを利用した新技術を用いた実環境調査を開始！

水質・大気のサンプリングについては、地方環境研究所のネットワークを利用して各自治体に依頼して行う。

<水質>

- 地点: 全国の公共水域(10地点予定: 東京都、愛知県、大阪府、兵庫県、福岡県、埼玉県、神奈川県、奈良県、京都府、北海道)
- 時期: 夏季(7~8月頃)・冬季(1~2月頃)それぞれ2試料以上

<大気>

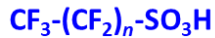
- 地点: 全国5カ所(東京都、愛知県、大阪府、兵庫県、福岡県)
- 時期: 4季: 春季(試料採取完了)、夏季、秋季、冬季 それぞれ3試料以上

調査開始時には試料採取を依頼している地方環境研究所に赴き、調査資材の取扱い方法や分析手法の説明を行うことで、新技術の普及につながっている

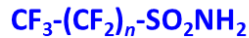


PFAS: ペルフルオロアルキル化合物とは？

ペルフルオロアルキルスルホン酸
PFASs: perfluoroalkyl sulfonic acids
e.g.: PFOS ($n = 7$), PFHxS ($n = 5$)
↑POPs条約へ追加 ↑POPs条約へ追加



ペルフルオロアルキル
スルホン酸アミド
FASAs: perfluoroalkyl sulfonamides



N-メチルペルフルオロアルキル
スルホン酸アミド N-MeFASAs:
N-methyl perfluoroalkyl sulfonamides



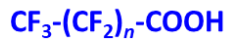
N-メチルペルフルオロアルキル
スルホン酸アミド酢酸 N-MeFASAs:
N-methyl perfluoroalkyl sulfonamide acetic acids



フルオロテロマー
スルホン酸 FTSAs: Fluorotelomer sulfonic acids



ペルフルオロアルキルカルボン酸
PFCAs: perfluoroalkyl carboxylic acids
e.g.: PFOA ($n = 7$)
↑POPs条約へ追加



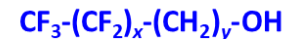
フルオロテロマー不飽和カルボン酸
FTUCAs: Fluorotelomer unsaturated carboxylic acids



フルオロテロマーリン酸ジエステル
diPAPs: Fluorotelomer phosphate diesters



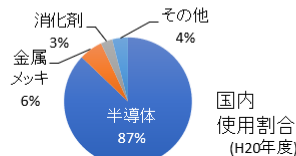
フルオロテロマーアルコール
FTOH: fluorotelomer alcohols



優れた物理的
・ 化学的特性

1950年代から工業製品等に多用途に
製造・使用

撥水撥油剤・界面活性剤等
として多用途に利用



極域野生生物
から検出(2000年)

環境残留性・生物蓄積性の高さ・
長距離移動性等が懸念

毒性

遺伝子傷害性・生殖毒性・催奇形性等

→ PFOS・PFOSF (PFOSの工業原料) : 国内外の化学物質規制に追加

- 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 (化審法) 第一種特定化学物質 (2010年4月)

- 残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約 (POPs条約) 付属書B (制限) (2010年8月)

- PFOAとそれらの塩および関連物質がPOPs条約へ追加が決定 (2019年)
- PFHxS(炭素鎖数6)とそれらの塩および関連物質がPOPs条約へ追加検討中 (現在)
- PFOSの代替物として使用され、飲料水や環境濃度が急激に増大しているPFBS(炭素鎖数4)や揮発性前駆物質など、規制対象が今後も増加する可能性が高い。