

お知らせ「2025 年度欧州 PFAS 対策技術現地見学会」の募集が開始されました。

2025 年 7 月 7 日追記

「もし アインシュタイン が PFAS 研究を行ったら？」

10 月開催予定の欧州 PFAS 対策技術現地見学会では、アルベルト・アインシュタインやジョン・フォン・ノイマンを輩出した「チューリッヒ工科大学（スイス連邦工科大学チューリッヒ校）」との共同研究について現地打ち合わせを予定します。リスク評価・製造業・エンジニアリングの議論しか存在しない国内 PFAS 対策の欠陥を改善するために、純粋科学（pure chemistry）視点での PFAS 対策技術について、コンソーシアムの国際的研究成果に賛同する欧州研究者との緊密な議論を予定します。国内 PFAS 対策の現状に危機感を抱かれる PFAS 専門家の参加を歓迎します。

PFAS 対策技術コンソーシアムの活動により「リスク評価 only」から「PFAS 環境修復技術の国内普及」へと大きく舵取りに成功したきっかけの一つである「欧州 PFAS 対策技術現地見学会」を 2025 年度も開催します。今年度は下記二機関を新たに見学先に追加、世界最先端の PFAS 対策技術の習得を可能とします。

Metrohm (メトローム) スイス本社 Ionenstrasse 9100 Herisau, Switzerland

https://www.metrohm.com/ja_jp/company/about-us.html

世界 80 か国以上で信頼性の高い分析装置を開発・販売している Metrohm 社では、日本の PFAS 問題の特異な状況に着目し、PFAS 対策技術コンソーシアムと共同で、「日本の 50ng/L PFAS 規制に対応した 総 PFAS 測定パッケージ」を開発、今年度中の販売を目指しています。国内分析事業者では 1 分析 40 万円以上の高額な費用がかかる PFAS 多成分分析技術（海外では 21 物質で 35000 円程度 !!）を使用せずに、簡便迅速・安価に全ての PFAS（総 PFAS）、または規制対象の PFOS/PFOA 類のみの測定が可能となります。今回 Metrohm ジャパン様のご協力を頂き、Metrohm (メトローム) スイス本社の研究所・開発工場など通常では立ち入ることのできない貴重な技術見学会を開催します。また吸着態有機フッ素(AOF)の国際標準分析法である ISO DIS 18127 は フッ素の測定感度が 2ug/L であり、このままでは PFAS 測定には使用できないため、日本の技術で高感度化を達成した「高感度 AOF」技術他、様々なテクノロジーの紹介、共同技術開発等の打ち合わせが可能です。

Oxyle (オキシル) 社 Wagistrasse 25, 8952 Schlieren, Switzerland

<https://oxyle.com/>

PFAS 問題の根本的解決を目指して 2020 年に設立されたスタートアップ企業であり、焼却技術など環境負荷・エネルギー消費の大きい技術を使わずに、PFAS の完全分解を事業化、ストックホルム条約/ECHA 規制案他、欧州 PFAS 対策委員会で特に注目されている最先端テクノロジー企業です。

現在まで 23 億円以上の資金調達により、既存技術に比べて 15 分の 1 以下のエネルギー消費で 99%以上の PFAS 分解技術を達成しており、未だに活性炭吸着/焼却技術が PFAS 対策の中心である日本よりも数世代先のテクノロジー集団です。特に 2024 年度欧州 PFAS 対策技術現地見学会報告の指摘事項 16 番の、「活性炭のようなレガシー資源ではなく、凝集剤・イオン交換樹脂・光化学/電気分解技術・phytoremediation など、いくつか

の要素技術を組み合わせることで、省エネルギー・低環境負荷・再資源化の条件を満たす PFAS 対策技術しか欧州市場で受け入れられなくなりつつある。これは PFAS 対策を欧州全体で完了するまで長期間かかる事を見据え、現在普及している技術ではなく、数年後に普及する技術を優先して実用化している事が大きい。この長期的展望は多国間議論が必須である欧州環境政策の特徴である」を体現した最先端技術の見学を予定します。

今年度の見学会は「10月6日から17日までの間、一週間程度」を予定します。基本的に現地集合・現地参加である本見学会は、「コンソーシアム会員以外の参加も可能」ですので、お気軽にコンソーシアム事務局までお問い合わせください。

次ページより昨年までの現地見学会報告を転載します(禁転載)。

=====

欧州 PFAS 対策技術現地見学会報告(簡易版)

調査時期 2024年8月26日 - 9月5日

参加機関 PFAS 対策技術コンソーシアム事務局、コンソーシアム会員団体、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構(農研機構)

欧州 PFAS 対策技術現地見学会事前調査報告

調査時期 2024年2月末

参加機関 PFAS 対策技術コンソーシアム事務局、コンソーシアム会員団体、環境省 PFAS に対する総合戦略検討専門家会議委員、政府機関、現地大使館

参考

ARAGORN

「From Japan to Sweden: an intercontinental view on how to discuss approaches to soil pollution」

<https://aragorn-horizon.eu/from-japan-to-sweden-an-intercontinental-view-on-how-to-discuss-approaches-to-soil-pollution/>

“NO PFAS Manching”

Delegation aus Japan informiert sich in Westenhausen über PFAS-Belastung und Dialog aller Beteiligten

26.02.2024 | Stand 26.02.2024, 20:02 Uhr

<https://www.donaukurier.de/lokales/landkreis-pfaffenhofen/delegation-aus-japan-informiert-sich-in-westenhausen-ueber-pfas-belastung-und-dialog-aller-beteiligten-15526798>

現地見学および調査協力機関

A) ノルウェー大気科学研究所 (ノルウェー、Kjeller)

- B) ノルウェー環境省
- C) Gdansk 大学(ポーランド、Gdansk)
- D) スウェーデン農業科学大学 (スウェーデン ウプサラ)
- E) Arna 空軍基地 (スウェーデン ウプサラ)
- F) ウプサラ市廃棄物リサイクルセンター (HOVGARDENS AVFALLSANLAGGNING)
- G) EPOC ENVIRO, envytech
- H) NOVA (ND FC Lab1000 ダイヤモンド電極)
- I) エーレブルー大学 (スウェーデン エーレブルー)
- J) ARAGORN (デンマーク コペンハーゲン)
- K) Ragn-Shells Group 廃棄物リサイクル
- L) SELPAXT, Chromafora Co.
- M) PROPLANET (EU project 101091842)
- N) Eurofins
- O) Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)(ドイツ ベルリン)
- P) Public Waste Agency of Flanders (OVAM) (ベルギー フランドル)
- Q) VITO (ベルギー フランドル)
- R) GRC (Grand Recycle Centrum in Kallo) 国土の再利用 (PFAS 汚染表土を洗浄し、再利用する)

確認した最新技術

(測定方法)

LCMSMS

GCMSMS

広義の HRMS (OrbiTrap と TOFMS)

DART, 血液、土壌等高濃度試料であれば前処理不要、直接質量分析することで PFOS/PFOA/PFHxS を 5 秒で検出できる。

PFAS センサー、水晶発振子等の従来技術よりも飛躍的に選択性をあげるためにセンサー内部に微小チューブによる反応セルを含む。

TOP assay (TOP, dTOP, photoTOP)

EOF

AOF

CIC

(環境修復技術)

Artificial infiltration (MAR)

Pellet Reactor (CaCO₃)

Biologically active ion exchange

Anion exchange

Biofilter

soil washing

surface active foam fractionation (SAFF)

nanofiltration

reverse osmosis membrane, 従来は吸着剤と比較して導入費用が高いことがネックであったが、最新技術により価格が大幅に下がり、耐用時間も改善されている。

電気化学的酸化分解, 従来技術では表面電極の劣化が懸念されていたが、最新技術では 2 年間の耐用年数が確認されている。

光化学的分解

メカノケミカル分解, 6 時間で土壤試料中の PFAS をフッ素まで完全分解可能。

燃焼分解, キルン式高温燃焼, 950°C以上の安定燃焼が必要, 従来の燃焼技術で問題となっている有害な PFAS(GenX 等)の二次生成の可能性を低減できるが、一般廃棄物は対象外)

凝固・カプセル化, PFAS 分子を特殊な材料に閉じ込めることで処理しやすくする。

植物吸収処理 (phytoremediation)

微生物処理

上記全ての技術について、現地コンサルタントを通してテスト試料の評価依頼が可能(有償)

概要報告 (一部、事前調査結果内容も含む)

ノルウェー、スウェーデン、ドイツ、ベルギー、デンマーク、ポーランドの研究組織・企業・政府所管と直接コンタクトまたは訪問し、PFAS 対策技術コンソーシアム会員団体の現地見学会(一部オンラインも含む)を行った。また同時に農研機構担当者による「土壤に含まれる PFAS の一斉分析暫定マニュアル〜土壤採取から測定まで〜」(2024 年 6 月 30 日公開)について、国外普及活動に協力した。

1. ドイツ環境省では、ECHA 規制案に対する日本コメント(大部分がユーザー企業の限定使用リクエストに過ぎない)の評価が低かったが、ノルウェー環境省では、どのようなコメントでも科学的エビデンスの裏付けがあれば評価の対象とするの方針であった。スウェーデンのコメントは団体だけではなく、個人のコメントも含んでいるため、団体のみで集計しなるとドイツと日本のコメントが多くを占めることになる。
2. ECHA 規制案に対する業種ごとの集計では、半導体・電子機器製造業からのコメントが一番多く 20% を占めている。次点は輸送業 14%、エネルギー12%、医療 11%、F-ガス製造 10%、潤滑剤 8%、食品包装 7%、建設 6%、衣料/敷物/皮革 4%、製鉄 4%、PFAS 製造 4%、石油・鉱業 4%、一般消費 1%、化粧品 1%、スポーツ 1%である。
3. 欧州の Eurofins では、国際標準規格である ISO21675(30 成分の測定法)を PFAS 分析法の基本としているため、欧州全域での技術普及が非常にスムーズに進んでいる。結果として多くの国で PFAS 初期調査が完了し、環境修復事業等、ほとんどの国が次の段階に移っている。国際標準規格である ISO21675 よりも EPA draft Method 1633 を優先しているのはアメリカと日本のみ。
4. スウェーデン Eurofins の PFAS 分析価格は 21 物質分析で、1 試料 250 Euro である。円換算では 39,000 円。ビッグマック指数換算にすると約 20,000 円で発生源解析に必須の多成分分析が可能であ

る。日本国内分析事業者の 30 成分分析価格は 2024 年現在でも 40 万円前後 (欧州よりも 20 倍も高額) であり、国内 PFAS 対策が遅々として進まない原因の一つとなっている。

5. フッ素樹脂、フルオロテロマーアルコールなどの前駆物質が分解することで PFOS/PFOA(C8)等有害性の高い長鎖の PFAS 分子を生成する可能性は既に 2000 年代初期に報告されているが、前駆物質の分解で生成する PFAS は基本的に前駆物質より炭素鎖数が小さくなる。従って HFO-1234yf や HFC134a の分解で TFA(C2)が生成することは明らかであるが、多くの低分子 F-ガスは C4 より小さい化合物の生成にしか関係しないと考えられる。
6. PFAS の環境残留性の理由は長年、強力な C-F 結合が理由と考えられてきたが、最近の分子化学研究により、C-C 結合や C-S-O 結合(通常は容易に反応する化学結合)が F 原子で覆われることで、分子外からのエネルギーが PFAS 分子内部に到達しにくい事が難分解性の原因であることがわかってきた。従って C-F 結合のエネルギー自体が環境残量性の原因ではなく、様々な環境媒体での PFAS 分子の三次元的構造を正しく理解する必要がある。
7. 上の知見は、PFAS 分子をどのようにすれば分解できるかという技術開発に直結する。簡単に言えば水溶液中の PFAS 分子は非常に安定なため、電極表面に引き寄せることで「分子のねじれ」を作れば比較的容易に電気的酸化反応が生じる。また凝集剤など特定の分子構造の中に PFAS 分子を取り込むことでも同様の「分子のねじれ」が期待できる。C-F 結合自体の切断を目的にすると、保守が難しい 950°C以上の燃焼分解が必要であるが、「分子のねじれ」を利用すると大幅に低いエネルギーで PFAS の分解が可能である。この発見は、最近の PFAS 分解技術の急速な進歩につながっており、国外では既に、「PFAS は難分解性の化学物質ではない」。
8. スウェーデンでは全ての PFAS 含有 AFFF 小型消火剤の回収処理事業を、企業や地方自治体ではなく、国が予算を出し指導的に進めることで「早期に完了済み」である。
9. AFFF 小型消火剤容器についての議論は欧州では既に終了している。現在は、スプリンクラーや原油備蓄基地などの大規模消火設備、都市レベルの広域消火システム全体について PFAS フリーに更新するための技術検討が進められている。特に PFAS 汚染された大規模消火配管を洗浄する技術開発が急務であるが、洗浄中に PFAS が配管内に再吸着される現象が発見され、これを解決するため技術開発が進められている。
10. PFAS 含有泡消火剤と同等以上の性能を有するフッ素フリーの消火剤の普及も E.P.FIRE 他、多数の企業で急ピッチで進められている。
11. ベルギー、フランドルでは「PFAS Crisis in 2021」により、過去に 3M 社が使用した土地の再開発による PFAS 汚染が発覚後、OVAM を中心とした透明性の高い地方自治体活動により、3 年間でほとんどの環境修復事業を軌道に乗せただけではなく、汚染された土地を洗浄し再利用する産業システムの構築まで完了している。特に、日本のように、汚染した土壌を隔離して埋め立てる事が最終処分ではなく、PFAS を取り除いた後の土壌自体を資源として再利用する事が常識として地方自治体行政や利害関係者に浸透している。
12. POPs 条約、バーゼル条約他、多くの国際的有害化学物質管理がワールドバンクや UNEP 資金で進められているように、UNECE (United Nations Economic Commission for Europe, 国際連合欧州経済委員会) サポートの下、グローバルサウスで PFAS フリーの消火設備の指導がアフリカほかの発展途上国で進められている。すでにいくつかの発展途上国では、日本よりも技術的に進んだ PFAS フリー

ー消火設備が実用化されている。

13. POPs 条約、バーゼル条約、ECHA 規制案他、多くの国際的有害化学物質管理は、パブリックコメントの募集が開始される段階で、既におよその方針は決まっている。PROPLANET (EU project 101091842)他膨大な数の研究プロジェクトにより、欧州では数百の PFAS 専門家の研究を過去 20 年以上推進してきた。その上で、ARAGORN など、EU 全体の取りまとめ機関で、パブリックコメントの前の議論を熟成させるためのプラットフォームが作られる。このプラットフォームも、どの国も参加でき、透明性の高い組織である。日本も参加可能であるが、現在まで PFAS 対策技術コンソーシアム以外が参加した例はない。
14. 日本はパブリックコメント募集が出てから国際議論に参加するため、すべての面において国際動向に追従できていない。
15. PFAS の個別分析だけでは対策技術の検証・評価が不十分である事が、全ての国で認識されている。TOP Assay、dTOP Assay、photoTOP Assay、THP Assay、EOF など、「総 PFAS」評価技術について標準規格化の必要性が重視されている。また最低でも 20 種類前後の PFAS 測定は常識であり、機関によっては 52 種類の PFAS を測定することでフィンガープリンティングによる発生源特定を実現している。PFOS/PFOA/PFHxS、3 物質のみの議論で PFAS 対策を進めている日本の状況は訪問先で大きな違和感を与える。
16. 2023 年 10 月に PFAS 対策技術コンソーシアム国際講演会「国内 PFAS 研究の失われた 15 年を取り戻し日本発新技術を国際普及することは可能か？」で公開した海外技術 (https://unit.aist.go.jp/mcml/rg-org/pdfjs/web/viewer.html?file=A26.CAR_PFAS_summaryHP.pdf) はほんのさわりであり、すでに多数の先進技術が欧州では実用化されている。特に活性炭のようなレガシー資源ではなく、凝集剤・イオン交換樹脂・光化学/電気分解技術・phytoremediation など、いくつかの要素技術を組み合わせることで、省エネルギー・低環境負荷・再資源化の条件を満たす PFAS 対策技術しか欧州市場で受け入れられなくなりつつある。これは PFAS 対策を欧州全体で完了するまで長期間かかる事を見据え、現在普及している技術ではなく、数年後に普及する技術を優先して実用化している事が大きい。この長期的展望は多国間議論が必須である欧州環境政策の特徴である。
17. 2024 年 9 月 18 日「地盤技術フォーラム PFAS セミナー」と、2024 年 12 月 12、13 日に予定する PFAS 対策技術コンソーシアム国際講演会「PFAS 対策技術の将来」では、2023 年の講演会内容を更新し、国外の PFAS 対策技術と第一線で活躍する国内外研究者の最新情報を提供する。
18. 欧州とアメリカ間では PFAS 対策技術について多くの技術交換が進められている。一例として「PerfluorAd®」など 2018 年から普及している欧州発 PFAS 対策技術は、アメリカにおける広域汚染除去技術として事業化されている。特に 3M 社や DuPont 社の PFAS 対策をサポートしている USEPA と欧州 PFAS 対策産官学団体(LIFE-SOuRCE、ARAGORN 他)は定期的な意見交換を行っており、PFAS-Central/OECD Portal 他、透明性のあるポータルも国際連携に大きく貢献している。逆にアメリカから日本に PFAS 対策最新技術が共有されないとすれば、それは何故かとの質問もある。
19. 以上の内容は各機関担当者(20 名近い産総研卒業生も含む)とコンソーシアム事務局が直接コンタクトまたは訪問した結果であり、国内で重用されているコンサルタントや海外代理店、専門知識のない WEBINAR など、国内で流布する「二次情報」と「国外の実情」とは大きく異なることが判明した。したがって、最先端の「一次情報」を直接吸収しなければ、国内 PFAS 対策が世界に置き去りにされ

る怖れがある。この結果を憂慮し、世界の第一線で活躍している研究者とコンソーシアム参加団体とのコンサルタント契約を PFAS 対策技術コンソーシアムが仲介できるシステムの構築を行っている。

下記例として、詳細は事務局に問い合わせ。

国外エキスパートコンサルタントの例) 欧州規制(REACH/RoHS/ECHA/POPRC 他)の進捗状況・各研究機関で進行中のプロジェクト成果を数か月に一回程度レポートとして報告。国内産業界では PFAS 規制委員会活動のみが重視されているが、実際に議論の方向を決定するのはステークホルダーと連携する国外専門家の最新研究成果であり、第一線の研究者との緊密な連携がカギとなる。

コンサルタント契約会員より別途情報収集の依頼を頂き、上の報告書に追記して契約会員に報告可能。

20. 上に対応し、エーレブルー大学(B)、スウェーデン農業科学大学(C)、香港城市大学、南京大学、BAM、VITO より PFAS 専門家を招聘、2024 年後半から 2025 年にかけて、一定期間産総研に常駐し「PFAS エキスパート養成講座」の講師としての活動に合意した。コンソーシアム会員は期間中に直接面談する事が可能。

=====
調査協力機関概要(一部)

A) ノルウェー大気科学研究所 (ノルウェー、Kjeller)

(<https://www.umsicht.fraunhofer.de/en.html>)

主な活動：極域における環境試料中 PFAS の継続調査

概要：極域において継続的に検出され、例年、濃度が上昇している新規 PFAS がストックホルム条約追加物質や ECHA 規制対象などに直結する。毎年行われる調査結果が EU 内に周知されることで、産業界が現在使用している PFAS 製品の phase out や、代替 PFAS の開発を円滑に進める産学連携システムがノルウェー国内で確立されている。

・おすすめ団体

分析機器メーカー、環境調査企業、PFAS ユーザー、policy maker

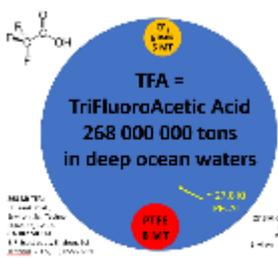
・見学内容

PFAS 研究設備、大気サンプラー、snow core サンプラー、高揮発性 PFAS、F-gas、PFAS 測定機器

参考文献など

・ Cioni et al., Fluorine Mass Balance, including Total Fluorine, Extractable Organic Fluorine, Oxidizable Precursors, and Target Per- and Polyfluoroalkyl Substances, in Pooled Human Serum from the Tromsø Population in 1986, 2007, and 2015, Environ. Sci. Technol. 2023, 57, 40, 14849–14860, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.3c03655>

・ Dorte et al., Targeted PFAS analyses and Extractable Organofluorine – Enhancing our Understanding of the presence of unknown PFAS in Norwegian wildlife, Environment International, vol. 171, 107640, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107640>



全海洋中に存在する
TFAは2億6千万トン
PTFEは8百万トン
PFAは5百万トン

PECAは3百万トン弱に過ぎない。

地球化学的有機フッ素バジェット研究ではPFASはF-gasよりも重要性は低い。

ただし、TFA等真の残留性フッ素化合物を最終分解産物として共有する事で全てのフッ素化合物の全球挙動を知るための**示化合物の一つ**と考えられる。

「総PFAS」とは何か？という科学的問いの追求無しでは、いかなるPFAS研究も数値した成果しか期待できない。

ECHAのPFAS制限オプション案

Restrictive option (RO)	Transition period (Article 69(4) take effect)	Duration of derogation
RO1: Full ban	Not applicable	Not applicable
RO2: Ban PFAS with 4 or more fluorine atoms	10 years after restriction enters into force	10 years after restriction enters into force
RO3: Ban PFAS with 4 or more fluorine atoms, except for those used in essential applications	10 years after restriction enters into force	10 years after restriction enters into force

Restrictive option (RO)	Transition period (Article 69(4) take effect)	Duration of derogation
RO1: Full ban	Not applicable	Not applicable
RO2: Ban PFAS with 4 or more fluorine atoms	10 years after restriction enters into force	10 years after restriction enters into force
RO3: Ban PFAS with 4 or more fluorine atoms, except for those used in essential applications	10 years after restriction enters into force	10 years after restriction enters into force

B) エーレブルー大学(スウェーデン エーレブルー)

(<https://www.oru.se/english/>)

主な活動：PFAS 分析・処理にかかわる先端技術

概要：最先端の技術を用いた PFAS 高度分析技術、ISO21675、SFC(超臨界流体)-MSMS、SFC-TOFMS、「総 PFAS」分析技術(吸着体有機フッ素、抽出体有機フッ素、燃焼イオンクロマトグラフ、TOP Assay、マスバランス解析技術)などを用いて、多様な Legacy/Emerging PFAS を測定している。また焼却分解技術、新機能性活性炭(Triporous™-PFAS/Triporous™-PFAS-F)処理などを利用した PFAS 環境修復技術を企業・自治体と連携して開発している。特に産総研・ソニーグループと共同で申請した FORMAS プロジェクトは Outstanding 評価(35 評点中 34 点)で採択され、多数の関連プロジェクトが進められている。世界トップの PFAS 研究が進められている南京大学とも連携し、環境研究総合推進費 5-2401 (2024-2026)「環境中 PFAS の包括的評価を目指した総 PFAS スクリーニング測定技術の開発」にも参加している。

・おすすめ団体

分析機器メーカー、環境調査企業、PFAS ユーザー、環境修復企業、policy maker 他全て

・見学内容

PFAS 研究設備、SFC(超臨界流体)-MSMS、EOF 用燃焼イオンクロマトグラフ(Metrohm 製)、TOP Assay、マスバランス解析技術、燃焼分解施設(関連企業)、PFAS 吸着剤開発施設、phytoremediation (植物吸収を利用した PFAS 処理技術)、PFAS 測定機器

特記事項 B) エーレブルー大学は PFAS 対策技術コンソーシアム会員団体の要望により三年間のコンサルタント契約に合意しています。会員団体と個別にコンサルタント契約を締結する事で、欧州 PFAS 規制の進捗・PFAS 対策最新技術の定期報告と会員リクエストに対応した情報収集等が可能です。

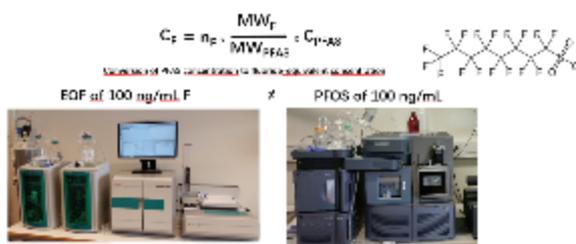
参考文献など

1. Fredriksson F, Eriksson U, Kärrman A, Yeung LWY. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in sludge from wastewater treatment plants in Sweden – First findings of novel fluorinated copolymers in Europe including temporal analysis. *Sci Total Environ.* 2022, 846:157406. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157406>
2. Herzke D, Nikiforov V, Yeung LWY, Moe B, Routti H, Nygård T, Gabrielsen GW, Hanssen L. Targeted PFAS analyses and extractable organofluorine - Enhancing our understanding of the presence of unknown PFAS in Norwegian wildlife. *Environ Int.* 2023, 171:107640.

Guideline Values for PFASs in Drinking Water



Mass balance of EOF



SWATH-F: A Novel Nontarget Strategy Based on the SWATH-MS Deconvolution Method Assist in Annotating PFAS Homologs

Ph.D. Candidate: Faimai Li

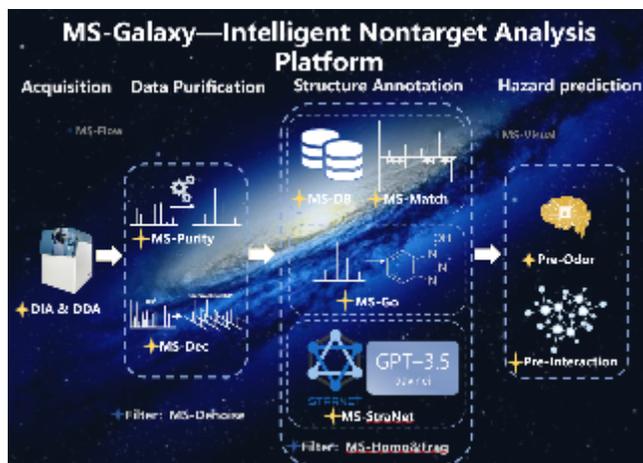
School of Environment, Nanjing University, Nanjing, P.R. of Republic of China
101001, 2022



Method Joint laboratory on NTA

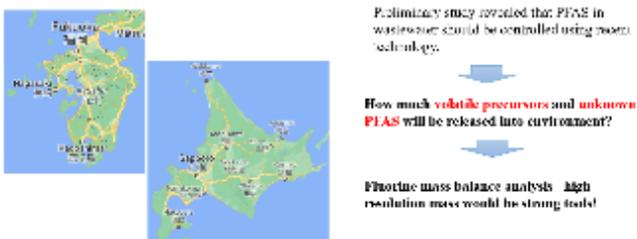


Establish environmental nontarget analysis joint laboratory with Agilent, Sciex, and Thermo



Follow-up study of airborne fluorine mass balance analysis

Volatile-precursors and unknown PFAS in semiconductor industries in Japan



C) スウェーデン農業科学大学(スウェーデン ウプサラ)

(<https://www.slu.se/en/>)

主な活動 : PFAS 分析・処理にかかわる先端技術、ウプサラ市における地下水・飲料水汚染対策

概要 : ウプサラ市における AFFF 汚染環境修復事業の研究責任者の一人である Lutz Ahrens 博士(産総研卒業生)を中心とする研究グループ。LIFE-SOuRCE プロジェクト他、国際的 PFAS 環境修復技術について数多くの研究を進めている。スウェーデン軍用地起源の AFFF によるウプサラ市地下水汚染と飲料水中 PFAS 除去にかかわる科学技術・施策を統括している。

・おすすめ団体

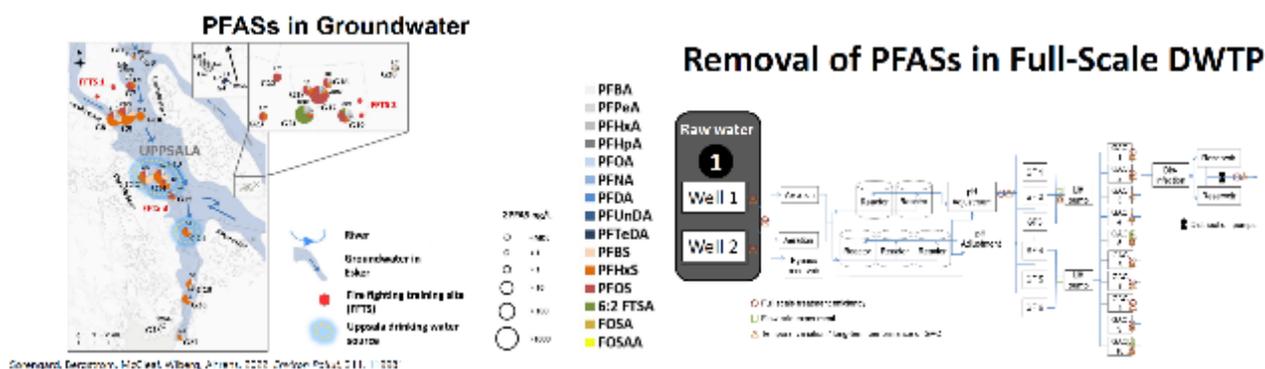
分析機器メーカー、環境調査企業、PFAS ユーザー、環境修復企業、policy maker 他全て
・見学内容

PFAS 研究設備、土壌中 PFAS 除去技術、PFAS 吸着剤開発施設、スプリンクラーなど PFAS 汚染広域配管の処理技術、phytoremediation (植物吸収を利用した PFAS 処理技術)、PFAS 測定機器
特に LIFE-SOuRCE プロジェクト (<https://life-source.se/en/start/>) 関連機関と連携し、現場レベルの様々な PFAS 処理技術について見学可能。

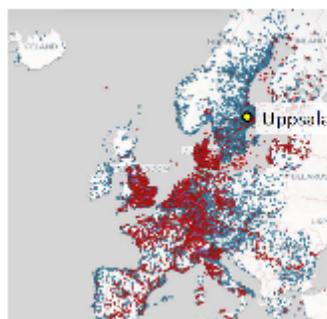
特記事項 スウェーデン農業科学大は PFAS 対策技術コンソーシアム会員団体の要望により三年間のコンサルタント契約に合意しています。会員団体と個別にコンサルタント契約を締結する事で、欧州 PFAS 規制の進捗・PFAS 対策最新技術の定期報告と会員リクエストに対応した情報収集等が可能です。

参考文献など

1. Fredriksson F, Eriksson U, Kärrman A, Yeung LWY. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in sludge from wastewater treatment plants in Sweden – First findings of novel fluorinated copolymers in Europe including temporal analysis. *Sci Total Environ.* 2022, 846:157406. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157406>
2. Niarchos G, Ahrens L, Kleja DB, Leonard G, Forde J, Bergman J, Ribeli E, Schütz M, Fagerlund F, 2023. In-situ application of colloidal activated carbon for PFAS-contaminated soil and groundwater: A Swedish case study. *Remediation*, 1– 10. <https://doi.org/10.1002/rem.21746>
3. Sörengård M, Travar I, Kleja DB, Ahrens L, 2022. Fly ash-based waste for ex-situ landfill stabilization of per- and polyfluoroalkyl substance (PFAS)-contaminated soil. *Chem. Eng. J. Adv.*, 12, 100396. Sörengård M, Bergström S, McClellan P, Wiberg K, Ahrens L, 2022. Long-distance transport of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in a Swedish drinking water aquifer. *Environ. Pollut.*, 311, 119981. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.100396>
4. LIFE-SOuRCE プロジェクト (<https://life-source.se/en/start/>)



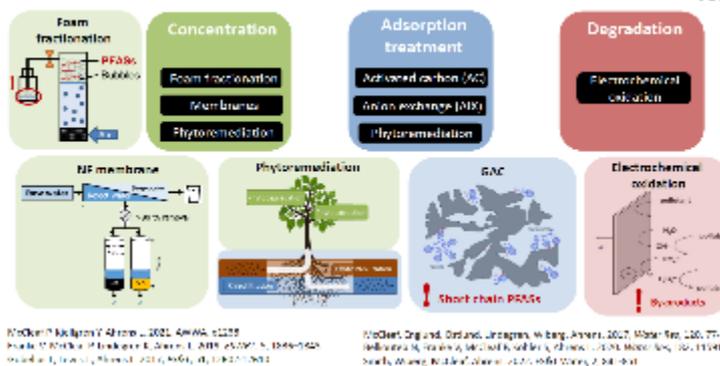
PFAS-Contaminated Sites in Europe



>17,000 sites

● Known contamination
● Presumptive contamination

PFAS Treatment Options for Water



D) ドイツ環境省(ドイツ ボン)

主な活動：バイエルン州、ボン中央政府それぞれで独立してPFAS対策を進めている。

概要：PFAS対策技術自体はスウェーデンの最先端研究機関と比較すると遅れているが、ECHA規制案の事務局であり、PFAS関係政策を主導的に進めている。軍用地や空港など、大型施設でのPFAS汚染の環境修復技術を行っており、PFAS汚染土壌のsoil washing処理やコンクリート被覆技術など、エンジニアリング実用化が多い。

・おすすめ団体

PFASユーザー、環境調査企業、環境修復企業、policy maker

・見学内容

PFAS汚染土壌のsoil washing処理・コンクリート被覆技術他

E) Fraunhofer Institute for Environmental, Safety and Energy Technology (ドイツ アウスブルグ(バイエルン))

(<https://www.umsicht.fraunhofer.de/en.html>)

主な活動：産総研と同様に産学官連携に強い研究機関。バイエルン地方でPFAS対策産業界や研究機関と連携してPFAS環境修復を進めている。

・おすすめ団体

分析機器メーカー、PFASユーザー、環境調査企業、環境修復企業、policy making 他全て(ただしdiscussion主体)

・見学内容

バイエルン地方連携機関の施設見学が可能

参考文献など

Sewage sludge/ Fertiliser Ordinance

Testing must be carried out, if the sewage sludge is to be used in agriculture (at least every 2 years)



Threshold:

PFOS + PFOA 100 µg/kg

(ongoing discussions on PFAS sum parameter)

PFAS Monitoring in Bavaria

PFAS in groundwater

- analysis of 25 PFAS
- LOQ 0.2 µg/L to 1 µg/L
- generally low detection frequency (medians of all PFAS below LOD)
- elevated PFAS findings only in the immediate vicinity of airports, industrial plants...
- PFOS in low concentrations widespread, also at monitoring sites without recognizable, typical sources of input (e.g. monitoring sites in forests)
- detection frequency:
PFOS + PFAS + PFOA + PFSA + PFHxA + PFHxS + PFHxA + PFHxS

Bavaria	
PFOS	0.2 µg/L
PFAS	0.2 µg/L
PFOA	0.2 µg/L
PFSA	0.2 µg/L
PFHxA	0.2 µg/L
PFHxS	0.2 µg/L
PFHxA	0.2 µg/L
PFHxS	0.2 µg/L
PFNA	0.2 µg/L
PFNS	0.2 µg/L
PFDA	0.2 µg/L
PFDS	0.2 µg/L
PFUnA	0.2 µg/L
PFUnS	0.2 µg/L
PFTrA	0.2 µg/L
PFTrS	0.2 µg/L
PFZnA	0.2 µg/L
PFZnS	0.2 µg/L



PFAS Monitoring in Bavaria

PFAS in municipal wastewater effluent and sludge

- 61 wastewater samples from 31 wastewater treatment plants (WWTPs)
- 2-hour composite sample
- sampling: 1 - 4 times
- analysis of 40 PFAS



- 60 sewage sludge samples from 11 WWTPs
- activated sludge
- sewage sludge archive/ radioactivity (drying of the samples at 105° C instead of freeze-drying!)
- analysis of 52 PFAS

F) Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)(ドイツ ベルリン)

(<https://www.bam.de/Navigation/EN/Home/home.html>)

主な活動：材料・環境・エネルギーに関する新技術開発機関として著名

概要：PFAS については、2023 年 9 月開催のワークショップ (<https://www.bam.de/Content/EN/Events/2023/2023-09-19-pfas.html>) 等、PFAS 計測・処理に関する

高度技術、特に基礎検討段階のレーザーメトリー他、PFAS 機器分析化学の専門家が多い。HILIC、XPS、19F-NMR、PIGE、FK-edge XANES 他、最先端技術の基礎開発に強い研究機関。

・おすすめ団体

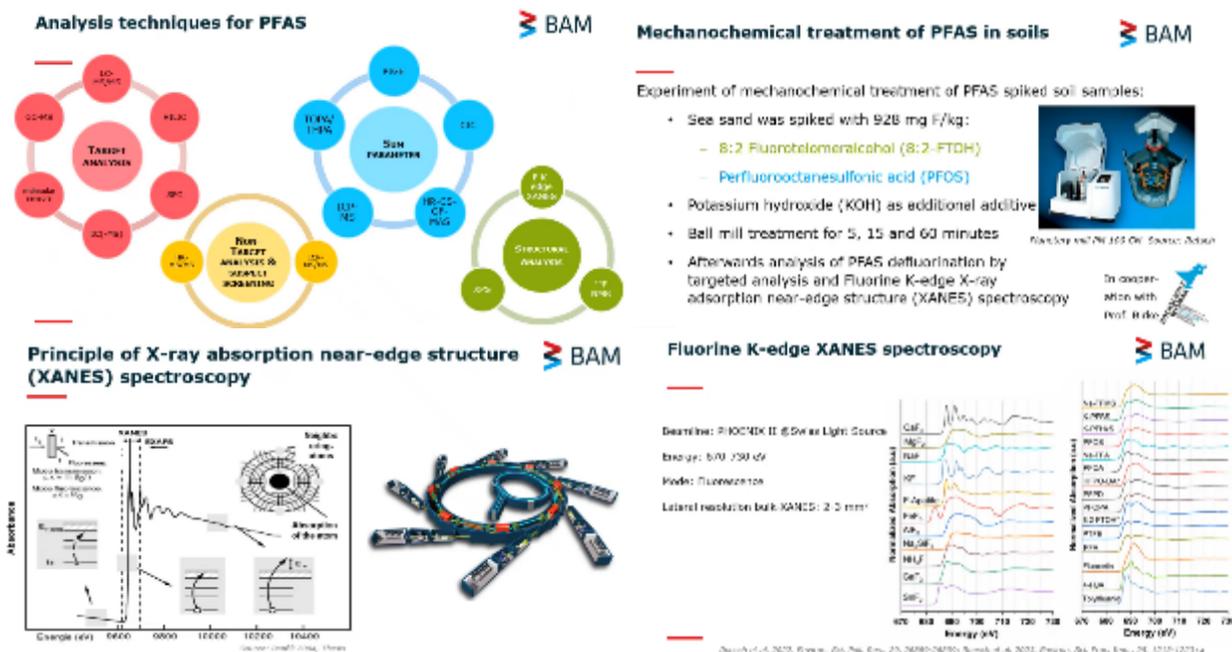
分析機器メーカー、PFAS ユーザー、環境調査企業、環境修復企業

・見学内容

ドイツ内連携機関の施設見学が可能、HILIC、XPS、19F-NMR、PIGE、FK-edge XANES、レーザーメトリー他、最先端技術の見学が可能。

参考文献など

1. Ruyle BJ, Pickard HM, Schultes L, Fredriksson F, Heffernan AL, Knappe DRU, Lord HL, Meng P, Mills MA, Ndungu K, Roesch P, Rundberget JT, Tettenhorst DR, Van Buren J, Vogel C, Westerman DC, Yeung LWY, Sunderland EM. Interlaboratory Comparison of Extractable Organofluorine



G) デュッセルドルフ市 (ドイツ デュッセルドルフ)

主な活動：デュッセルドルフ市 PFAS 汚染施設・地域管理

- ・おすすめ団体

PFAS ユーザー、環境調査企業、環境修復企業、policy maker

- ・見学内容

デュッセルドルフ市 PFAS 汚染施設・地域管理のオンライン見学

H) Cornelsen Umwelttechnologie GmbH (ドイツ エッセン)

(<https://cornelsen.group/>)

主な活動：「PerfluorAd®」など PFAS 処理技術の先駆企業

概要：2018 年より代表的な PFAS 処理技術である「PerfluorAd®」の事業化を開始し国際的展開をしている。

- ・おすすめ団体

分析機器メーカー、PFAS ユーザー、環境修復企業、policy maker

- ・見学内容

「PerfluorAd®」など PFAS 処理技術やスプリンクラー・原油備蓄基地他、大規模消化施設の PFAS フリー化の現場見学が可能。

参考文献など



J) ARAGORN (デンマーク コペンハーゲン)

(<https://aragorn-horizon.eu/>)

主な活動：欧州連合プロジェクトとして、欧州全域の有害物質汚染対策組織(12 か国から 17 の参加団体)として、PFAS だけではなく、様々な有害物質について土壌汚染対策技術開発から実際の事業化までを統括している。欧州グリーンディール政策とも密接に連携し、現プロジェクトは 2027 年まで。

・おすすめ団体

PFAS ユーザー、環境修復企業、policy maker

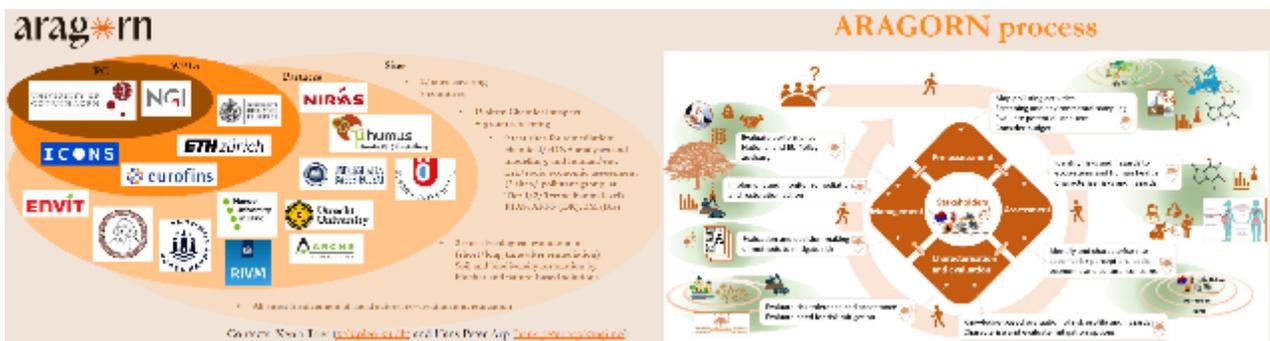
・見学内容

PFAS 土壌汚染対策技術と実例紹介。

参考文献など

「From Japan to Sweden: an intercontinental view on how to discuss approaches to soil pollution」

<https://aragorn-horizon.eu/from-japan-to-sweden-an-intercontinental-view-on-how-to-discuss-approaches-to-soil-pollution/>



ARAGORN organigram



Concerns: Multiple lines of evidence of harm of PFAS



- Widespread pollution and exposure to >5000 PFAS, from >200 'use categories' ¹
 - extremely, impossible to measure, track, assess all PFAS
- Emission along lifecycles ^{1,2,3} (production, distribution, use, disposal) → PFAS in (air, water, food, contact materials, waste phase (eg. gas, liquid))
- PFAS incl. degradation products are persistent → PFAS accumulate ¹
 - Toxic – various types, mixtures, severe effects ^{4,5}
- Many PFAS have Planetary Boundary Threat characteristics ¹
- Costly – diseases, damaged ecosystem services, remediation, house prices ^{6,7}
- Pollution and harm of PFAS is irreversible – **prevention is needed**

K) ベルギー Public Waste Agency of Flanders (OVAM) (ベルギー フランドル)
 (https://eurelco.org/ovam-belgium/)

主な活動：ベルギーにおける PFAS 汚染管理 (3M サイトも含む)

概要：欧州環境機関(European Environment Agency)事務局として多数の PFAS 環境修復プロジェクトを統括。VITO (Flemish Institute for Technological Research, https://vito.be/en)とも連携し PFAS 全国調査・管理・リスク評価を主導している。

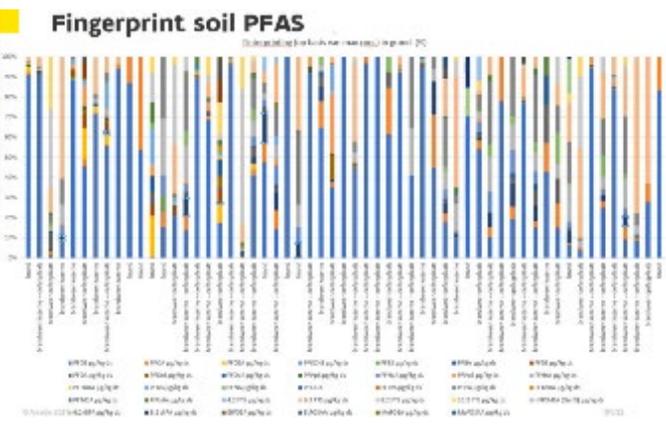
・おすすめ団体

PFAS ユーザー、環境調査企業、環境修復企業、policy maker

・見学内容

土壌中 PFAS 汚染対策、環境修復技術のオンサイト見学、PFAS 吸着活性炭の再処理技術、特に 3M サイト PFAS 除去タイムテーブル等

参考文献など



Temporary legal framework PFAS



- ▶ For soil materials – free use of excavated soil

	Free use (µg/kg dm)
PFOs	3
PFOA	2
Sum PFAS (quantitative measurable PFAS)	8

- ▶ Restriction: + Quality test for underwater applications & for use of soil materials in drinking water protection zones
- ▶ For use in construction purposes & use within project zone: max. concentrations & decision based on leaching concentrations (max. 80% of mean concentration in groundwater in project zone)

Results since 1996

- ▶ **>52 000 preliminary soil investigations**
- ▶ **>14 000 descriptive soil investigations**
- ▶ **>6 000 soil remediation projects**
- ▶ **>5 500 soil remediation works have been started and about 4 600 have already been finished**