

神奈川県環境研究合同発表会（2024年6月12日 13時）

国内 PFAS 問題解決のためのストラテジー、基礎から応用まで

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 上級主任研究員 山下信義  
(PFAS 対策技術コンソーシアム会長)

ペル及びパーフルオロ化合物 (PFAS)は、過去半世紀以上産業用途で多用途に使用されてきたが、2000年に極域の野生動物血液から PFOS が検出され、これに対応する 3M 社のスコッチガード販売停止で注目を集め、PFAS 全球汚染の解明、各国の陸水・地下水・土壌の全国調査、PFAS の生産使用量削減と代替物開発、環境修復技術の開発等、国外では過去 20 年以上有害化学物質研究の焦点となってきた。

その一方で、国内では 2009 年にストックホルム条約で決定した PFOS/PFOSE 生産使用の禁止から、2019 年にアメリカ EPA が公開した PFAS アクションプランまで、約 10 年間ほとんど注目されず、国内関連研究も限定的であった。状況が変わったのが 2020 年 4 月の米軍普天間基地からの泡消火剤(AFFF)流出事故報道で、米軍基地移転問題、日米地位協定等、報道されやすい状況がそろったため、注目を浴びやすい血液中 PFOS/PFOA の疫学的評価を中心にマスメディアで報道されるようになった。

社会的注目もあるが、主に REACH/RoHS 指令など欧州向け製品中の PFAS 規制とアメリカ EPA の PFAS アクションプランの影響もあり、遅まきながら国内でも 2022 年に「PFOS 及び PFOA 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項」が環境省より公開されたが、これはダイオキシンなど従来の POPs 処理技術を流用した、国内で受け入れやすい焼却処理を前提としたものである。しかし PFAS の最大の特徴は「水溶性/難水溶性・揮発性/不揮発性など、物理化学性の大きく異なる数千種類の化学物質群」であるため、単純な焼却処理のみの対策は実効性が低い。国外では吸着回収、メカノケミカル分解、(電気)化学分解、光分解、phytoremediation (植物吸収処理)など、数多くの PFAS 処理技術が急速に開発されており、PFAS 環境修復技術は多くの国ですでに軌道に乗っている。

しかし国内では、行政的に使いやすく、マスメディアも記事にしやすい「リスク評価」を中心に PFAS 問題を議論してきたため、国外で先行する PFAS 環境修復技術は最近までほとんど知られていなかった。この点に注目し、2021 年 6 月 21 日に産業技術総合研究所に設立された「PFAS 対策技術コンソーシアム」(<https://unit.aist.go.jp/mcml/rg-org/pfasconsortium.html>)では「PFAS の高度計測と環境修復技術」に特化した、産学官連携コンソーシアム活動を開始した。ISO25101 や ISO21675 に代表される PFAS の高精度分析技術の普及と国外で実用化されている PFAS 環境修復技術の国内紹介を徹底した結果、コンソーシアム活動開始から二年間で、会員団体より PFAS 対策技術の特許提案を達成し、多くの現場で PFAS 環境修復技術の実用化に先鞭をつけることに成功した。現時点で環境省・農林水産省・経済産業省を含む会員団体 52 機関、会員数 108 名、行政・民間・研究機関・大学から「国内 PFAS 問題を解決する」ための産学官連携組織として、国内だけではなく、PFAS 問題の大元でもあり、最先端の PFAS 対策技術を実用化している 3M 社、スウェーデン FORMAS プロジェクト、欧州多国間地下水中 PFAS 浄化プロジェクト(LIFE-SOuRCE)など、国外 PFAS 専門家集団とも密接な連携体制を確立している。

PFAS 問題の経緯 (2009 年まで) (オリジナルは 2009 年山下作成資料より、水環境学会誌 (43 (A), 9, 307-312, 2020)「水および大気中有害物質トレーサー研究の最前線 - ペルフルオロアルキル化合物(PFAS)とビスフェノールを中心に」、朝日新聞 PFOS 取材班、NHK サイエンスゼロ取材等への提供資料)

1938年	テフロン発見 (Plunkett)	2002年11月	PFOSに関する経済協力開発機構(OECD)report
1940年代	電解フッ素化法の開発 (3M社)	2002年12月	化審法第二種監視化学物質に指定 (PFOSおよびPFOA)
	テロメリゼーション法の開発 (DuPont社)	2003年1月-2月	「PFOSコンソーシアム」開催(PFOSに関わる産業界意見交換会、産総研・経済産業省・日化協・関連メーカー)
1950年代	工業製品として多用途に使用され始める		
1966-68年	ヒト血液から有機フッ素を検出 (Taves)	2003年5月	PFOA workshop in Hamburg (欧州プラスチック工業会他、産業界)
1980年代	廃水処理場から有機フッ素を検出 (Schroder)		出資による世界レベルの有識者会議)
1999年	地下水からPFOA(AFFF)を検出 (Moody & Field)	2005年	新規POPsにPFOSおよび96の関連化合物が提案
2000年2月	野生動物からPFOSを検出 (Giesy & Kannan)	2005年6月	ストックホルム条約においてスウェーデンが附属書A物質 (製造、使用、輸出入の原則禁止)として提案
2000年5月	3M社 スコッチガードおよびPFOS関連製品からの撤退を発表		米国EPAがDuPont社等へPFOAの自主的撤廃を要請
2000年	国内初のPFOSプロジェクト「PFOS (perfluorooctanyl sulfonate) 関連物質の分析法確立・危険性評価に関する研究」(NEDO project report no.00X4301 1x, 2002)開始	2006年1月	EUIによるPFOS規制「2006/122/EC指令」、PFOS濃度が0.005%以上の物質もしくは調製品、0.1%以上の製品、1 μg/m <sup>2</sup> 以上のコーティング製品を2008年6月27日以降禁止
2000年10月	米国EPAがPFOSについてSNUR(重要新規利用規則)を提案	2006年12月	米国EPAがペルフルオロアルキルスルホン酸類183物質のSNUR適用を開始
2002年8月	国内生物試料・人血・環境水よりPFOSを検出“The first environmental survey of PFOS and related chemicals in Japan” (DIOXIN 2002, Barcelona, 2002, Environ. Sci. Technol. 2003, 37, 2634-2639)	2007年11月	改訂化管法の第一種指定化学物質に指定される
		2008年11月	POPs条約第4回締約国会議(COP4)
2002年4月	米国EPAがPFOS関連物質 (13+75=88種)のSNUR適用	2009年5月	PFOSおよびPFOSFが附属書B物質に指定される
2002年7月	環境省による全国調査が開始される。	2009年10月	ISO25101 : PFOS/PFOAのISO国際標準分析法規格発行

上の年表を見ればわかるが、実は 2009 年の PFOS/PFOA の生産使用が禁止された POPs 条約決定には日本企業も大きく貢献しており、世界初の PFOS/PFOA の国際標準分析規格 ISO25101 の発行からも分かるように、2009 年までは日本とカナダの PFAS 研究が世界を大きくリードしていた。残念ながら国内所管・産業界・研究機関のほとんどが、2009 年の POPs 条約で PFOS 問題が終了したと判断したこと (と産総研 PFAS 研究チームが国外研究にシフトした事)が、現在の混乱につながっている。国外では REACH/RoHS 指令に続き、ECHA 規制で PFAS 含有製品の厳格な管理が公開されたことからわかるように、PFOS/PFOA の POPs 条約追加以降も「多種多様な PFAS 群」の研究・対策技術の開発が飛躍的に進んできた。

現在、国内産業界が悲鳴を上げている ECHA 規制も、全く驚くべき提案ではなく、PFAS 研究の国際動向を理解していれば十分予想できた提案であり、「国内 PFAS 研究の失われた 15 年」の理由は、日本の国際競争力の低下と一致する。少子高齢化も含め国力衰退は構造的欠陥であり、付け焼刃の政策で解決することは困難であるが、「PFAS 対策について」は、国外で先行する最新技術を十分理解し、国外の PFAS 専門家と円滑な協力体制を確立、国内に最適な技術を速やかに普及することで「今なら改善可能」である。

PFAS 対策技術コンソーシアムで一般公開しているデータベースから明らかなように、PFAS 汚染状況の調査・発生源の特定、汚染の低減、汚染された環境からの PFAS 除去に必要な技術はすでに数多く開発されている。これらの技術の普及を阻んでいるのは既存の社会システムの構造的欠陥に過ぎないが、指針を示すだけの国と住民の危機感の板挟みで、一番苦勞しているのは地方自治体の PFAS 担当と考えられる。

本講演では、特に地方自治体の PFAS 対策現場の問題点を明らかにし、今現在何ができるか、数年後に予想される PFAS 対策事業の具体的なプランについても解説する。また国内現行システムでは難しいが、10 年後、20 年後に予想される国際的 PFAS 管理の厳格化を想定し、どのような PFAS 対策をシステム化

すれば世界に取り残されることなしに、PFAS 使用産業の持続的発展(税収確保)と住民の安全との両立が可能かについても考えたい。

また、もし希望があればスウェーデン・ウプサラ市など PFAS 対策技術の最先端を走っている国外地方自治体との姉妹協定・情報交換についてもサポートは可能なため「Game Changer」として国内 PFAS 対策に臨む現場担当者の意欲的な参加を歓迎する。