

世界を脅かす、

有機フッ素化合物の

規制動向と将来展望



よしむら かずなり
吉村 和就

グローバルウォータータジヤン代表
国連テクニカルアドバイザー
水の安全保障戦略機構技術普及委員長
日本水フッポリウム理事

有機フッ素化合物は、1940年代から化学会社により開発され、現在までに、4700以上の化学品サービス番号(CAS)が確認されている。特にPFAS類(PFOA/PFOS*, PFHxS)は幅広く大量に使用されている。それらの共通点は、非常に安定した構造で、高熱に耐え、難燃性であり、水や油脂、摩耗等から物質表面を保護し、優れた防汚性を備えており「永遠の化合物」とも呼ばれている。PFASは我々の日常生活品でも幅広く使用され、撥水衣類、防汚カーペット、製紙用紙、印刷インキ、焦げ付き防止調理器具、耐油性食品包装、デンタルフロス、トイレットペーパーなどの個人衛生品およびケア製品などに含まれている。さらに産業界では樹脂製造産業、金属メッキ産業、写真画像産業、半導体産業などで多量に使用されている。これらの化合物は、環境と我々の健康に危険な影響を与える有害で危険な化合物としてストックホルム

条約で「残留性有機汚染物質(POPs)」としてリストアップ(2009年)されている。欧米では1980年代から、その有害性が認識され規制が始まっていた。日本国内では環境省の調査・報告(2005年)で知られるようになり、全国各地で水質検査が行われ、マスコミ報道等でPFAS汚染の現状(在日米軍基地周辺や地下水、河川水)が国民に広く知られるようになった。ここではPFAS類の有害性と、各国の規制動向、将来展望を紹介する。

*PFAS類…ポリフルオロアルキル化合物の総称

*PFOS…ペルフルオロオクタスルホン酸

*PFOA…ペルフルオロオクタタン酸

1. PFAS類の有害性

PFAS類は大気中、水、土壌中での移動性が高く、人間、野生生物、環境中に長期に渡って蓄積され、それらは劣化せず、その寿命は数千年にも及ぶために「永遠の汚染物質」とも呼ばれている。PFAS類による健康リスクは1990年代から知られており、たとえ低レベルであっても、癌の誘因物質、生殖障害、免疫系の損傷、その他の深刻な健康被害に関連している。これらの健康被害について国際機関や世界各国の関係者が鋭意、調査中であるが、長期間の臨床的な検証が必要なため、困難を極めている。以下は国連環境計画(UNEP)が公表しているリスクである。

1-1 PFAS類の健康リスク

- ① PFOSの健康リスク
肝臓、腎臓、甲状腺、生殖能力に影響を及ぼし、癌の形成につながっている。
- ② PFOAの健康リスク
腎臓癌、精巣腫瘍、甲状腺疾患、妊娠高血圧、高コレステロール血症などのリスクにつながっている。

1-2 人体への暴露の可能性経路

一次的な暴露であってもPFAS類は簡単に分解されず、長期に渡って複合的に暴露され人体に蓄積される。

- ① 消防または化学品の製造及び加工作業に従事
- ② PFAS類に汚染された液体や食品を飲んだり食べたりすること
- ③ PFAS類で汚染された粉塵の飲み込み
- ④ PFAS類を含む空気の呼吸
- ⑤ PFAS類を含む素材で製造された製品、またはPFASを含む素材で包装された製品の使用

2. 各国の飲料水に対する規制動向

日本の暫定目標値（50 ng/L）は、体重50kgの成人が1生涯・毎日2リットルの水を飲用しても健康に悪影響を生じない数値として設定（2020年）され、また2021年からPFHSが水質基準の要検討項目（目標値なし）に指定された。

さらに世界各国では国際的な様々な知見に基づき、飲料水の規制強化を検討している。

*単位 ng/L…水1リットル中に存在、ナノグラム…10億分の1グラム

3. PFAS汚染訴訟・・・

米国3Mが1兆8千億円の和解金支払いへ米国の工業製品・事務用品大手の3M（スリーエム）が、有害性が指摘されるPFAS類による飲料水汚染の責任をめぐって、多くの米・自治体に訴えられていた問題で、最大125億ドル（約1兆8千億円）を支払う和解案で暫定合意した。（2023年6月）3Mは和解に際し、PFASの汚染問題について責任を認めなかった。和解金はPFAS類が検出された自治体運営の水道システムの水質調査や、その除去設備の導入等に充たされる。さらに米・デュポンなど化学3

各国/国際機関	目標値 (PFOS,PFOA)	今後の動向
日本 (2020年)	PFOS+PFOA 合算値 暫定目標値 50ng/L*	各国の動きをみて規制強化検討中
世界保健機関 (WHO)	各々 100ng/Lを提案公表	ガイドライン (2022年) 総PFAS 500ng/L
米国 (2016年)	合算値で 70ng/L	各々 4ng/L 規制値案公表 2023年3月
ドイツ (2017年)	各々 100ng/L	合算値で 20ng/L 2028年から適用予定
カナダ (2018年)	PFOS 600ng/L、 PFOA 200ng/L	総PFAS 30ng/L提案中
デンマーク	PFAS類 4種合算値 2ng/L	2020年から施行済み
スウェーデン	PFAS類 4種合算値 2ng/L	2029年から施行予定
EU (欧州委員会)	全PFAS類 500ng/L 合算値 100ng/L	2021年から施行済み

飲料水に係わる諸外国の目標値など

社も、原告の自治体と総額11億9千万ドル(約1725億円)で暫定合意した。

現在、日本国内で問題になっている在日米軍基地や静岡市の化学工場(旧三井デュボンフロロケミカル社)のPFAS汚染も、米国での裁判記録から明らかになった。(訴訟で得られた文章が、米国環境保護局(EPA)に送られ、EPAが公開し、一般に知られるようになった)

4. 水道水におけるPFAS類の無害化処理技術の現状

世界的に使用されている処理技術は、主に活性炭処理である。水道水の通常処理でも活性炭は、異臭味原因物質(カビ臭の原因…ジオスミンや2MIB)の除去や農薬などの微量有害物質の除去に数多く使用されている。完全に除去するためには、RO膜(逆浸透膜)法やイオン交換樹脂法などがあるが、活性炭処理は、既存の浄水工程に迅速に導入でき、他の除去技術より初期費用が大幅に低い点である。しかし欠点とすれば、他の吸着成分が多ければ、競合吸着によりPFAS単体の除去効果が低下し、活性炭を大量投入せざるを得なくなり、結果として発生汚泥量の増大やオペレーション・維持管理費用が増し、水道料金の値上げが必要となることである。さらなる問題点は吸着後の活性炭の最終処理方法が定まっていない。通常の埋め立て処理では、時間とともにPFAS類が浸出水に脱離し再汚染を起こす可能性があり、高温焼却処理(700℃)でも、脱フッ素化率は約50%であり、大気中にPFAS類の拡散汚染が引き起こされることが米国でも報告されている。これも分解不可能な「永遠なる汚染物質」の由縁である。

今後、実用化が期待される吸着残渣向け無害化処理技術として①熱分解法、②電気化学的酸化法、③プラズマ処理、④電子ビーム法、⑤超臨界水処理法などが列挙されているが、水道料金の大幅な値上げが引き起こされることになり需要者(市民)の同意が難しくなるだろう。

5. PFAS類、問題解決の将来展望

PFAS類に関する科学的な研究は進行中であるが、政府機関や環境団体はその規制や管理に関する取り組みの強化を要請している。将来的な展望では、以下のような動向が考えられる。

- ① 規制の強化 環境への放出、特に人体への暴露を制限する法令が増える。(飲料水に対する水質基準強化)
- ② 代替化学品の開発
- ③ 健康影響に関する継続的な研究強化
- ④ 環境モニタリングの強化
- ⑤ 国際的な協力 国際的な取り組みが強化され共通の基準や規制の策定、情報共有により効果的な対策が可能となる。

まとめ

地球環境問題としてCOP28のように温室効果ガスの削減がクローズアップされているが、命の水として飲料水中のPFAS汚染の問題解決にも注目すべきであろう。

