



有機フッ素化合物PFOS/PFOAの 規制強化動向と処理方法



[グローバルウォーター・ジャパン代表 国連環境アドバイザー]



吉村 和就

有機フッ素化合物類、特にPFOS（ペルフルオロオクタンスルホン酸）とPFOA（ペルフルオロオクタタン酸）は化学的に極めて安定で、水や油をはじく性質を持つことから「焦げ付かないフライパンや調理器具」として庶民に知られている。工業用に大量に使われているのが泡消火剤で、少量でも短時間で消火できる「最強の消火剤」とされ、また最近では半導体製造にも多く使用されている。

1998年、米国のEPA（環境保護局）は、「発がん性の疑い有り」として世界で最初のアラートを発した。その後EPAはアクションプランを発表し、州レベルで規制強化、モニタリングの強化を打ち出した。さらにストックホルム条約（長期間にわたり環境中に残存する化学物質を規制する条約）締約国会議は2009年、PFOSの製造や使用、輸入の制限を決定し、2019年には物質そのものの利用を原則禁止することを決定した。日本国内では環境省による全国調査の結果、在日米軍基地周辺や工業地帯の地下水からPFOS/PFOAが検出され大きな話題となり、国は規制強化の方針を打ち出している。

1. 国内PFOS/PFOAによる地下水の汚染調査

有機フッ素化合物は、4700種類以上存在しており、その代表例がPFOS（俗称ピーフォス）とPFOA（ピーフォア）である。両物質とも、自然環境中で分解されにくく蓄積しやすい性質から「永遠の化学物質」とも呼ばれている。過去の研究では、発がん性や胎児の低体重化、成人の生殖機能への悪影響、肥満、甲状腺の疾患などの健康リスクが報告されている。

1) 地下水汚染調査

環境省が令和2年6月に公表した、全国171地点での地下水の調査結果によると、PFOS/PFOAの含有量は1都2府10県の37地点で国が定めた暫定目標値（50ナノグラム/L）を超えている。大阪府撰

津市の地下水からは、日本で最も高い1855ナノグラム（目標値の約37倍）が検出された。他には化学メーカーの工場などが集まる首都圏や阪神地区、泡消火剤を保管する多くの米軍基地周辺の河川水や地下水で汚染が確認されている。

2. 基準値が厳しい欧米各国

世界各国は、飲料水に含まれるPFOS/PFOAの基準値を相次いで厳格化している。世界保健機関（WHO）は2022年9月にPFOS/PFOAの基準値を1Lあたり各100ナノグラムとする暫定値を公表したが、出来る限り低い濃度を達成すべきと呼び掛けている。

1) 各国の基準値

欧州連合（EU）は、加盟国にWHOより厳しい基準値を求めており、ドイツは2028年にPFOS/PFOAなど4種類の合計で20ナノグラム/Lとする方針を決めた。EUの規制強化の動きは、2018年に欧州食品安全機関（EFSA）による意見書で、①PFOSに関し、成人における血清中の総コレステロール値の上昇、②幼児におけるワクチン接種時の抗体反応の低下

■令和元年度PFOS及びPFOA全国存在状況把握調査結果（環境省）
トップ10地点を筆者抜粋（単位ng/L）

県名	市町村名	地点区分	PFOS	PFOA	PFOS+PFOA
沖縄県	沖縄市	河川	1462.8	45.3	1508.1
沖縄県	宜野湾市	湧水	1110.0	193.0	1303.0
沖縄県	中頭郡	湧水	1121.7	66.3	1188.0
東京都	調布市	地下水	153.0	403.0	556.0
千葉県	白井市	河川	330.0	19.2	349.2
東京都	立川市	地下水	294.0	43.2	337.2
東京都	府中市	地下水	259.0	42.8	301.8
神奈川県	大和市	河川	238.0	10.5	248.5
千葉県	柏市	湖沼	173.0	18.0	191.0
福岡県	築上町	河川	131.0	14.9	145.9

——が重大な影響として特定されたからである。

米国環境保護局(EPA)は2023年3月、PFOS/PFOAの基準値を各4ナノグラム/Lと厳しくする案を公表し、年内に最終決定する予定である。基準値がこのまま決定された場合、公共飲料水に対する化学物質のモニタリングが義務付けられる。仮にPFOS/PFOAが基準値を超えた場合、一般市民に通知し、汚染を低減する措置が水道事業者に義務付けられる予定である。EPAは、この基準値(4ナノグラム)の採用により、PFOS/PFOA類による数千人の死亡と、数万人の重篤な疾病を減らせると想定している。この基準案は2023年末までに最終決定される予定となっている。バイデン政権は、規制強化と同時に自治体がPFOS/PFOAの削減対策を実施する際の財政支援として5年間で50億ドルの予算を手当済みである。

(引用先原文は Biden-Harris Administration Progress on Per- and Polyfluoroalkyl Substance, March 2023)

2) 日本の基準値

日本では、PFOSについては前述の「ストックホルム条約」により、化学物質の審査および製造等の規制に関する法律(化審法)で平成22年4月以降は特定の用途を除き、製造・輸入・使用等が禁止された。基準値としてWHOより厳しい50ナノグラム/Lを国の暫定基準値に採用していたが、さらに各国の動向をみて、厳しい基準値の設定を検討している。

3. PFOS/PFOAの浄水処理方法

厚生労働省は水道水の水質管理目標の設定項目と目標値に、PFOS

PFOS・PFOAの性状・用途

科学的にきわめて安定性が高く、難分解性のため長期的に環境に残留すると考えられている。PFOSは泡消火剤・半導体等製品に、PFOAは泡消火剤、繊維等製品に使われてきたため、それらを所有・製造する施設が排出源となりうる。

PFOS・PFOAの国内外の動向

国内において環境省及び自治体の各種調査で検出が確認されている。飲料水においては、現時点で世界的に基準値相当の値は設定されていないが、各国・各機関において目標値の設定等に関する動きがあり、それらを踏まえ国内の水道水及び水環境に係る目標値等が設定された。

超過地域周辺における対応

PFOS・PFOAは、慢性的に摂取した際の毒性評価値をもとに目標値等が設定されていることから、継続的に摂取する水は目標値等を下回ることが望ましい。そのため、目標値等を超過した際の対応方針について、下記を示している。

- (1) ばく露防止の取組の実施：飲用井戸の実態把握、水道水利用の促進に努めること。
- (2) 継続的な監視調査の実施：その後の対応を検討するため、濃度の経年的な推移の把握に努めること。
- (3) 追加の調査の実施：ばく露防止を確実に実施するために、特に飲用に供する水源がある地域において、調査範囲を拡大し、地下水の汚染範囲の把握に努めること。必要に応じて、排出現の特定のための調査を実施し、濃度低減のために必要な措置を検討すること。

自治体対応参考

PFOS・PFOAについては、引き続き知見の集積に努めるべき項目として要監視項目へ位置づけが変更されたため、公共用水域または地下水の水質測定計画へ位置づけ、調査の充実を図るなど適切な対応を検討することが重要である。調査結果については、関係部局間で情報共有を行うことが重要である。

「PFOS及びPFOAに関する対応の手引き」の概要(環境省資料から本紙が抜粋・作成)

とPFOAの和として50ナノグラム/Lを追加し、2020年4月から施行した。全国の浄水場で50ナノグラム/Lを超過した浄水場は無かったが、東京都の5カ所の浄水場では10～30ナノグラム/Lの範囲で検出され、地下水を原水とする都市部の浄水場で高い濃度が報告された。

1) 処理方式

原水に含まれるPFOS/PFOAの濃度を低減させる処理方式には、活性炭や膜分離(RO膜、NF膜)が使われるが、それぞれの方法にメリット・デメリットが存在する。PFOS/PFOA類は、先に述べたように「永遠の化学物質」であり、分解処理は通常の処理では不可能であり、除去することは、単に濃縮することを意味している。

- ①膜処理では、原水中には他の物質も多く、その前処理に時間と経費が掛かり、さらに廃液には高濃度のPFOS/PFOAが残留する。
- ②活性炭が一般的に多く使われているが、共存する有機物が多い場合は、活性炭がすぐに飽和してしまい、PFOS/PFOAなど

は、吸着されずに通過してしまう。仮に全て吸着しても、最終処分に課題が残る。

- ③イオン交換樹脂も、有効な処理方法であるが、膜処理以上に課題が残る。
- ④最近では、亜臨界水処理も検討されている。

さいごに

米国では、ろ過器+活性炭吸着+イオン交換樹脂を使い完全除去し、最後の樹脂は焼却処理している。PFOS/PFOA類は熱分解され、最後に二酸化炭素とフッ化物イオンとなり、フッ化物イオンは、既存の処理方法であるフッ化カルシウムとして無害化される。半導体関連の水処理では、この方式は有効な処理方法であるが、市民向け水道事業では到底、無理なプロセスである。また、新しき汚染源とし、最終処分地の浸出水も大きな問題として取り上げられている。今までに使用されたPFOS/PFOA製品が埋め立てられ、その浸出水から高い濃度が検出されている。まさに「永遠の化学物質」の所以(ゆえん)である。