

地下水利用者のための PFAS 対策ガイドライン
(第一版)

令和 8 年 2 月

GWMA 地下水適正管理協議会

PFAS 部会

目 次

はじめに（序文）	3
本 編	
I PFAS について	
1-1 PFAS とは	4
1-2 国内外の規制状況	5
1-3 国内の PFAS 検出状況	7
1-4 PFOS、PFOA 全国調査結果一覧（環境省）	8
II PFAS の処理技術について	
2-1-1 粉末活性炭処理	13
2-1-2 粒状活性炭処理	15
2-2 イオン交換樹脂	18
2-3 NF/RO 膜処理	22
2-4 PFAS 処理技術についてのまとめ	24
III PFAS 含有廃棄物について	
3-1 PFAS 含有廃棄物とは	25
3-2 PFAS 含有廃棄物の保管・運搬	26
3-3 PFAS 含有廃棄物の処理委託	28
3-4 PFAS 含有廃棄物の処理	29
IV PFAS の分析技術	
4-1 PFOS 等の試料採取方法	32
4-2 PFOS 等の分析方法	32
4-3 PFOS の検査回数の判断	33
4-4 固形状廃棄物の PFOS 等含有量試験方法	36
引用文献	37
PFAS 処理事例集	
① 沖縄・宜野湾市「ていーちがー公園」 粉末活性炭処理	39
② 多摩地区 専用水道(病院)の事例 活性炭+RO 膜処理	43

③ 東北地域 専用水道（病院）の事例	43
活性炭+RO 膜処理	
④ 東北地域 専用水道（商業施設）の事例	45
除鉄・除マンガン+UF 膜処理	
⑤ 関東地区 専用水道（商業施設）の事例	47
活性炭+UF 膜処理	
⑥ 関東地区 地下水利用食品工場の事例	49
有機塩素化合物除去装置+活性炭処理	
⑦ 千葉県 地下水利用（工場）の事例	50
次亜塩素酸ソーダのみ	
⑧ 埼玉県 専用水道（老人福祉施設）の事例	51
イオン交換樹脂+UF 膜処理	

PFAS 処理技術関連製品・サービスの紹介

① (株)流機エンジニアリング	54
② ウシオ電機(株)	56
③ 株式会社クラレ	58
④ ルミライト・ジャパン(株)	59
⑤ 新日本電工(株)	61
⑥ アドバンテック東洋	62

はじめに

PFOS（ペルフルオロオクタンスルホン酸）、PFOA（ペルフルオロオクタン酸）をはじめとする有機フッ素化合物 PFAS に対する環境リスクへの懸念が世界的に注目されている。我が国でも地下水や河川水からの PFAS 検出が相次いだことを受け、2020 年 2 月、暫定目標値（PFOS と PFOA の合計で 50 ng/L）が設定されるとともに、水質管理目標値設定項目に位置づけが変更された。その後、厚生労働省と環境省ではそれぞれ国内外の最新の科学的知見および国内での検出情報の収集・評価を行い、対応方策を検討してきた結果、環境省は 2024 年 12 月に開催された「PFAS に対する総合戦略検討専門家会議」において PFOS および PFOA を 2026 年 4 月より水道法上の「水質基準」に引き上げる方針を示し、了承された。

「水道基準」に引き上げられると、自治体や水道事業者、専用水道設置者においては水質検査の実施や PFAS 濃度が基準値を超過した場合の改善が法律で義務づけられることになる。

本ガイドラインは、地下水を水源とする専用水道設置者等の地下水利用者が安全に地下水を継続利用できるよう、PFAS の除去や対策について本協議会の自主規範とすべくまとめたものである。また、対策や除去後の処理方法などを分かり易く示すことを目的とする。具体的には除去技術の選定、導入・運用のポイント、発生する残渣の適正な処理、現状の地下水処理フローごとの対策等、実務に役立つ情報と事例を交えて提供するものとなっている。ただし、現状は PFAS 処理技術に関する実用的な情報が少ないため、定量的ではなく定性的なものになったことは否めない。しかし、今後はこの定性的なガイドラインにもとづき PFAS 対策がなされ、実用的な情報が増えるものと期待される。第 2 版はこれらの情報を集め、より定量的なものに改編したいというのが編纂に携わった担当者の気持ちである。

地下水は多くのメリットを有する貴重な水資源である。

本ガイドラインが地下水利用者にとって有益な指針として、PFOS および PFOA の水質基準化に向けた対策の一助となれば幸いである。

令和 8 年 1 月

GWMA 地下水適正管理協議会 PFAS 部会
部会長 佐藤 悦夫

I . PFAS について

1-1 PFAS とは

PFAS (Perfluorinated alkyl sulfonates) とは、主に炭素とフッ素が強固に結びついた有機フッ素化合物の総称であり、1万種類以上も存在すると言われている。

1940年代から製造・使用が始まり現在では4,000種以上のPFASが確認されている(図1)。PFASは極めて高い耐熱性、撥水性、耐薬品性を有し、その特性から幅広い用途に用いられてきた。ノンスティック加工された調理用具(例:フライパンのテフロン加工)、撥水・防汚機能を持つ衣類やカーペット、消火用泡消火剤、食品包装材、半導体製造工程、医療機器、電子機器部品などが代表的な使用例である。

この物質の最大の特徴は、炭素-フッ素結合の非常に強い安定性により、自然環境ではほとんど分解されない点である。そのため「永遠の化学物質 (Forever Chemicals)」と呼ばれており、環境中に長期間残留しやすく、生物体内に蓄積する傾向も強い。

PFASの健康への影響も近年世界的に注目されている。動物実験や疫学研究の結果から、PFASは肝機能障害、免疫機能の低下、甲状腺機能障害、発がん性(特に腎臓がんや精巣がん)、生殖機能や胎児の発育への影響などとの関連が指摘されている。特に慢性的な低濃度曝露による長期的な影響が懸念されており、今後さらなる科学的検証が求められている。

PFASの主な汚染源には、製造工場からの排水、使用済み濾材の廃棄、軍事施設や空港などで使用された泡消火剤などがある。これらの活動によって河川水や、我々の使用する地下水が汚染され、住民の飲料水にPFASが混入する事例が国内外で問題となっている。



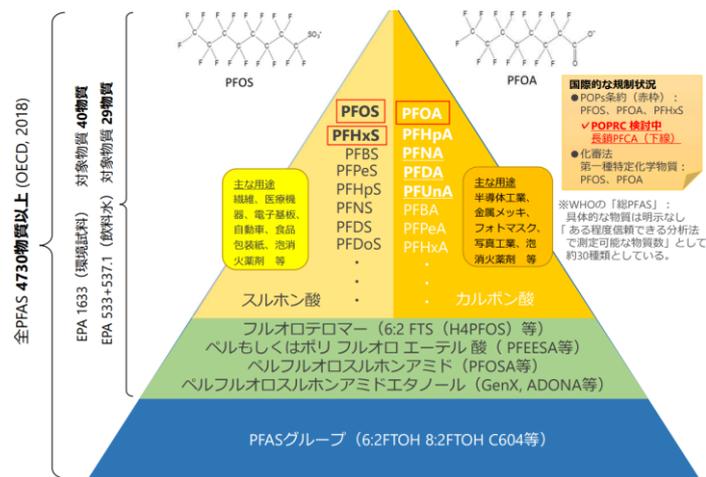


図1 有機フッ素化合物 PFAS の種類 出展：ITRC の PFAS ホームページ図 2-16 を改変

1-2 国内外の規制状況

代表的な PFAS である PFOS は、2009 年にストックホルム条約付属書 B、すなわち使用・製造の制限対象物質に指定された。PFOA も、一定の条件下で同条約によって制限対象とされた。これにより、加盟国にはこれら物質の使用・排出の削減義務が発生する。ただし、条約で規制されているのは限定された PFAS 種であり、すべての PFAS を包括的に規制しているわけではない。

欧州 (EU/ECHA)

欧州では、化学物質規制枠組みである REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) を通じて PFAS 規制を強化しようとする動きがある。特に、デンマーク、ドイツ、オランダ、ノルウェー、スウェーデンの 5 か国が 2023 年に「PFAS 包括規制案 (制限案)」を REACH に提出し、全用途を対象とする禁止 (例外限定) を骨子とした制限案が議論されている。

この制限案は、用途別に除外／猶予を認めるオプションを含め、最終案 (第 14 版) が 2025 年 8 月に公表された。

また、EU は 2025 年 10 月から、消火用泡 (foam) での PFAS 使用制限を段階的に導入する方針を示しており、可搬式消火器、訓練用途、産業用途等に対する適用猶予期間も設ける案が報じられている。

加えて、欧州委員会は、将来的な消費者製品用途への PFAS 全面使用禁止 (例外付き) も構想しており、規制強化の中核政策となっている。

アメリカ合衆国 (米国)

米国では環境保護庁 (EPA) が PFAS 規制を強めており、特に飲料水 (公共水道) におけ

る基準導入が大きな焦点となっている。2024年4月には、PFOSおよびPFOAの水道水基準を従来の2物質合算70 ng/Lから、各物質4 ng/Lに改定する案を発表した。

これに対応して、EPAはPFOA、PFOS等を「有害物質 (hazardous substances)」としてスーパーfundプログラム（汚染土壌・汚水除去の枠組み）に指定する措置もとった。これにより、汚染事故の報告義務や除去義務が発生した。

ただし、2025年5月時点、EPAは基準値達成の時期を2029年から2031年へと先送りすることを決め、実質的に猶予を与える政策シフトも報じられている。

また、米国では州ごとにPFAS規制が異なり、例えばミネソタ州などは州独自のPFAS飲料水基準を設ける例もある。さらに、国防予算法（NDAA）を通じて、より多くのPFASを化学物質インベントリ（TRI）に追加する動きもある。

その他の国・地域

- ・フランスでは、PFASの製造・輸入・販売禁止を段階的に拡大する法律を制定し、化粧品、テキスタイル、ワックスなど複数用途でのPFAS使用を禁止する方向だと報じられている。
- ・中国については、PFAS（特に全フッ化オクタン酸およびその塩類など）に関して、全国的な禁止・制限措置は未発表ではあるが、生産実態把握と代替物質の検討を行う動きがあるとの報道もある。
- ・カナダ、オーストラリア、韓国などでも、PFASに関する物質評価・使用規制・排出管理強化の方向性が議論されており、特定物質から始めて拡張するアプローチがとられる傾向にある。

日本における規制・制度体系について

「令和8年4月からの水質基準化」

日本政府は、PFOSおよびPFOAを従来の「水質管理目標設定項目」から「水質基準項目」に格上げする法令改正を行うことを決定した。2025年6月30日に関係省令が公布され、令和8年（西暦2026年）4月1日から適用される見込みである。

これにより、水道事業者にはPFOS・PFOAについて水質検査義務および基準遵守義務が課されることになるほか、公共用水域等におけるPFOS・PFOAの指針値も暫定指針から正式な指針値として位置づけられる。

基準値自体は、暫定目標同様に50 ng/Lが据え置かれる予定である。ただし、制度移行後のモニタリング義務や罰則・報告義務など詳細設計は今後検討される。

この水質基準化によって専用水道設置者等の地下水利用者は、令和8年4月1日までに、検出されたPFASを基準値となる50 ng/L以下となるよう対策を講じなければならない。

1-3 国内の PFAS 検出状況

■国内における PFAS の発生状況

令和 2 年度、環境省では有機フッ素化合物について、水環境における全国的な存在状況を把握するため、全国 143 地点にて調査を実施したところ、12 都道府県 21 地点において水環境の暫定的な目標値(PFOS 及び PFOA の合計値で 50 ng/L) の超過が確認された。その後も、マスコミや自治体による独自の調査が行われ、その結果の公表により、PFAS の検出はより広範囲に拡大の傾向が見られる。

民放テレビ局の調査結果によっても、22 都道府県 47 地点で非常に高濃度の PFAS が検出されたことが公表され、更なる調査（水質、土壌、血中濃度、健康被害等）の必要性が報じられている。

■PFAS 問題の事例

東京・多摩地区は全国的にも深刻なホットスポット（汚染地帯）となっているため、東京都水道局は 11 ヶ所の浄水所・給水所で、水道水源としていた地下水からの取水を停止した。公共の水道では、このように水源の変更や停止など PFAS 濃度に応じた処理によって、暫定目標値を下回る安全な水の供給に向けた対策に取り組んでいるが、専用水道設置者など地下水を利用する施設からは切実な問題が聞こえてくる。

国立市の一橋大学では、キャンパス内の飲み水や食堂で古くから地下水を利用していたが、200 ng/L 以上の高濃度 PFAS が検出され、年々その濃度に上昇がみられた。同大学では、厚生労働省が水質管理の暫定目標値を定めたことを受け、2020 年春に地下水の利用をやめ、上水道に切り換えている。これに伴い、年間の水道代は 1700 万円のコスト増となっている。

同じ国立市内の桐朋学園男子部（小中高）でも地下水を利用していたが、国立市内の地下水から 562 ng/L の PFAS が検出されたことを受け、地下水の使用を取りやめた。こうした東京都多摩地域での PFAS 汚染は、地下水の流向等から、その汚染源は 2012 年に約 3000 リットル以上の泡消火剤が漏出したことを認めている米軍横田基地であると推測されているが、日米地位協定の問題等から、立ち入り調査は進んでいない状況である。

また、岡山県吉備中央町では 2023 年 11 月、沢に近い資材置き場からフレコンバック入りの使用済み活性炭が約 580 袋発見され（写真 1）、その周囲の土壌からは約 62,000 ng/L の高濃度 PFAS が検出された。沢水を水源とする近くの浄水場からは暫定目標値(50 ng/L) を上回る値で PFAS が検出されており、関連は断定されていないものの、放置された活性炭が排出源の可能性が高いとみられている。



円城浄水場の近くを通る農道沿いの場所に置かれたフレコンバッグ=11月10日、岡山県吉備中央町

写真 1：朝日新聞デジタルより

1-4 PFOS、PFOA 全国調査結果一覧（環境省）

環境省では、有機フッ素化合物について、水環境における全国的な存在状況を把握するため、令和2年度に有機フッ素化合物全国存在状況把握調査を実施した。

地点調査

本調査では、各都道府県の有機フッ素化合物の排出源となり得る施設周辺等の計143地点において、PFOS及びPFOAは全地点、PFHxSはそのうち各都道府県の1地点を対象に調査を実施した。本調査における地点区分ごとの調査点数を表1に示す。

排出源となり得る施設としては、泡消火剤を保有・使用する施設、有機フッ素化合物の製造・使用の実績がある施設、廃棄物処理施設、下水道処理施設等が挙げられている。

表1 環境省令和2年度有機フッ素化合物全国存在状況把握調査結果について

地点区分	地点数	
	PFOS及びPFOA	PFHxS
河川	78地点	37地点
海域	7地点	1地点
地下水	53地点	8地点
湧水	5地点	1地点
計	143地点	47地点

調査の概要

本調査における結果の概要は以下のとおり。なお、調査地点及び各調査地点における測定結果の詳細については、次頁表2「環境省：令和2年度有機フッ素化合物存在把握調査結果一覧（PFOS及びPFOA）」にまとめた。

排出源となり得る施設としては、泡消火剤を保有・使用する施設、有機フッ素化合物の製造・使用の実績がある施設、廃棄物処理施設、下水道処理施設等が挙げられている。

表 2-1 令和 2 年有機フッ素化合物存在把握調査結果一覧

No.	都道府県名	市区町村名	地点区分	地点名 ※ 1	河川・湖沼・海域名	PFOS (ng/l)	PFOA (ng/l)	PFOS + PFOA (ng/l) ※ 3
1	北海道	幕別町	河川	札内川合流前	帯広川	2.1	0.5	2.6
2	北海道	大空町	河川	女満別町上流（空港橋）	トマップ川	12	0.7	12
3	青森県	五所川原市	河川	鳴戸橋	旧十川	1.3	1.2	2.6
4	青森県	三沢市	地下水			0.3	13	13
5	岩手県	北上市	河川	和賀中央橋	和賀川	0.1	0.4	0.6
6	岩手県	北上市	地下水			0.3	0.6	1.0
7	宮城県	多賀城市	河川	念仏橋	砂押川	1.5	1.7	3.2
8	宮城県	名取市	地下水			120	670	790
9	秋田県	北秋田市	河川	川口橋（環境基準点）	小猿部川	1.0	0.4	1.4
10	山形県	天童市	河川	落合橋	須川	2.9	1.7	4.7
11	山形県	酒田市	地下水			15	50	65
12	福島県	広野町	海域	相双地区地先海域	東京電力柳田野火力発電所沖約1,000m	<0.1	0.4	0.5
13	福島県	南相馬市	地下水			5.0	2.8	7.8
14	茨城県	土浦市	河川	親和橋	花室川	2.8	4.1	7.0
15	茨城県	神栖市	地下水			0.1	4.3	4.5
16	栃木県	真岡市	河川	大道泉橋	鬼怒川	0.5	1.7	2.3
17	栃木県	常陸大宮市	河川	那珂川	那珂川	0.7	2.3	3.0
18	群馬県	高崎市	河川	岩倉橋	烏川下流	1.8	2.2	4.1
19	群馬県	高崎市	地下水			4.7	10	15
20	埼玉県	狭山市	河川	狭山大橋	入間川	3.1	3.2	6.4
21	埼玉県	狭山市	地下水			38	5.7	44
22	埼玉県	所沢市	地下水			<0.1	<0.2	<0.3
23	埼玉県	所沢市	河川	中橋	東川	2.6	5.8	8.4
24	埼玉県	所沢市	地下水			0.1	<0.2	0.3
25	千葉県	成田市	河川	真々田橋	取香川	11	6.3	18
26	千葉県	成田市	河川	さくら橋	根本名川	6.2	7.4	13
27	千葉県	成田市	河川	新川水門	根本名川	2.4	4.0	6.4
28	千葉県	成田市	地下水			7.0	8.7	15
29	千葉県	富里市	地下水			0.2	4.8	5.1
30	千葉県	多古町	地下水			0.1	<0.2	0.3
31	千葉県	芝山町	地下水			<0.1	<0.2	<0.3
32	千葉県	千葉市 ※ 2	河川	源町407番地地先	葭川	100	17	120
33	東京都	大田区	河川	田園調布堰上	多摩川	12	5.3	17
34	東京都	大田区 ※ 2	地下水			20	43	64
35	東京都	大田区 ※ 2	地下水			13	15	28
36	東京都	八王子市 ※ 2	地下水			9.9	3.7	13
37	東京都	小金井市 ※ 2	地下水			55	14	69
38	東京都	国分寺市 ※ 2	地下水			130	21	150
39	東京都	瑞穂町 ※ 2	地下水			26	5.8	32
40	神奈川県	茅ヶ崎市 ※ 2	河川	宮ノ下橋	小出川	8.3	5.5	13
41	神奈川県	茅ヶ崎市 ※ 2	河川	飯島橋	千の川（小出川支川）	5.1	27	32
42	神奈川県	川崎市 ※ 2	河川	日吉橋	矢上川	16	6.0	22
43	神奈川県	川崎市 ※ 2	地下水			15	27	42
44	神奈川県	茅ヶ崎市 ※ 2	河川	下町屋橋	小出川	25	18	44
45	神奈川県	綾瀬市	地下水			1300	48	1300
46	神奈川県	綾瀬市	地下水			20	1.7	21
47	神奈川県	茅ヶ崎市	河川	古相模橋	千ノ川	24	18	43
48	神奈川県	大和市	地下水			35	5.5	40
49	神奈川県	座間市	河川	上り戸橋	鳩川	18	11	29
50	神奈川県	相模原市	河川	常矢橋	境川	4.9	5.9	10
51	新潟県	上越市	河川	森江津橋	関川	0.4	0.8	1.2
52	新潟県	上越市	地下水			0.7	0.9	1.6
53	富山県	富山市	河川	萩浦橋	神通川	0.4	0.4	0.9
54	富山県	高岡市	地下水			0.4	<0.2	0.6
55	石川県	輪島市	河川	やすらぎ橋	河原田川	0.1	0.6	0.8
56	石川県	輪島市	地下水			4.3	36	41
57	福井県	越前市	地下水			3.0	150	150
58	山梨県	西桂町	河川	富士見橋	相模川	2.3	1.2	3.5
59	山梨県	忍野村	地下水			<0.1	<0.2	<0.3
60	長野県	須坂市	河川	屋島橋	千曲川	1.0	0.7	1.7
61	長野県	伊那市	地下水			0.3	0.5	0.9
62	岐阜県	海津市	河川	海津橋	揖斐川	0.5	1.6	2.2
63	岐阜県	大垣市	地下水			<0.1	1.5	1.6
64	静岡県	菊川市	河川	菊川上流（菊川高田橋）	菊川	0.6	3.3	4.0
65	静岡県	菊川市	地下水			2.8	12	15
66	愛知県	名古屋 ※ 2	河川	港新橋	堀川	14	4.7	18
67	愛知県	名古屋 ※ 2	河川	日の出橋	新堀川	98	7.4	100

表 2-2 令和 2 年有機フッ素化合物存在把握調査結果一覧その 2

No.	都道府県名	市区町村名	地点区分	地点名 ※ 1	河川・湖沼・海域名	PFOS (ng/l)	PFOA (ng/l)	PFOS + PFOA (ng/l) ※ 3
68	愛知県	名古屋市長 2	河川	大森橋	矢田川	10	9.9	20
69	愛知県	名古屋市長 2	河川	新東福橋	戸田川	8.5	12	21
70	愛知県	あま市	河川	萱津橋	新川	13	11	24
71	愛知県	豊山町	地下水			74	17	91
72	三重県	桑名市	河川	横溝橋	木曾川	0.5	1.2	1.7
73	滋賀県	大津市	地下水			<0.1	<0.2	<0.3
74	滋賀県	彦根市	地下水			<0.1	<0.2	<0.3
75	滋賀県	野洲市	地下水			0.1	2.1	2.2
76	京都府	大山崎町	河川	三川合流前		5.6	10	15
77	大阪府	堺市長 2	河川	毛穴大橋	石津川	9.1	18	27
78	大阪府	堺市長 2	河川	小野々井橋	和田川	13	38	52
79	大阪府	摂津市長 2	地下水			5.6	20	25
80	大阪府	摂津市長 2	地下水			11	160	170
81	大阪府	大阪市長 2	地下水			25	5500	5500
82	大阪府	大阪市長 2	地下水			14	1700	1700
83	兵庫県	神戸市長 2	河川	水道橋	伊川	14	190	200
84	兵庫県	神戸市長 2	河川	福田橋	福田川	20	16	36
85	兵庫県	尼崎市	河川	猪名川橋	猪名川	8.6	6.4	15
86	兵庫県	尼崎市	河川	大豊橋	神崎川	4.8	26	31
87	兵庫県	加古市長 2	地下水			13	22	36
88	兵庫県	加西市長 2	地下水			1.6	8.6	10
89	兵庫県	小野市長 2	地下水			2.4	3.4	5.8
90	奈良県	広陵町	河川	枯木橋	葛城川	3.3	20	24
91	奈良県	九条市長 2	河川	秋篠川流末	秋篠川	6.2	23	29
92	奈良県	川西市長 2	河川	保田橋	飛鳥川	2.7	67	70
93	和歌山県	和歌山市	河川	土入橋	土入川	0.6	2.8	3.5
94	和歌山県	和歌山市長 2	地下水			1.6	5.4	7.0
95	鳥取県	倉吉市	河川	巖城	小鴨川	0.2	0.3	0.5
96	鳥取県	倉吉市	地下水			0.7	1.4	2.2
97	島根県	浜田市	河川	河口	浜田川	0.4	0.9	1.4
98	島根県	浜田市	海域	H-1	浜田川河口海域	0.3	1.2	1.6
99	岡山県	備前市	河川	浜の川橋	伊里川	0.9	22	23
100	岡山県	備前市	地下水			1.6	13	15
101	岡山県	岡山市長 2	河川	新日近橋	日近川	4.1	53	57
102	岡山県	倉敷市	海域	濃地諸島東(33-603-03)	水島地先海域(甲)	0.2	0.5	0.8
103	広島県	東広島市	河川	黒瀬川下流	黒瀬川	4.2	4.1	8.4
104	広島県	東広島市	地下水			<0.1	<0.2	<0.3
105	山口県	下松市	河川	QC-1	切戸川	2.2	2.3	4.5
106	山口県	光市	地下水			0.5	0.2	0.7
107	徳島県	牟岐町	河川	中央橋(補助点)	牟岐川	0.1	0.2	0.3
108	徳島県	鴨島町	地下水			0.7	2.9	3.7
109	香川県	観音寺市	河川	落合橋	柞田川	2.4	7.6	10
110	香川県	綾川町	地下水			16	12	28
111	愛媛県	西条市	河川	中川橋	中山川	3.0	5.1	8.2
112	愛媛県	松山市	河川	中河原橋	内川	1.9	1.3	3.2
113	高知県	高知市	河川	葛島橋	国分川	1.2	0.9	2.1
114	高知県	高知市	地下水			1.2	1.3	2.5
115	福岡県	北九州市	河川	R-6(紫川取水堰)	紫川	2.3	1.5	3.8
116	福岡県	北九州市	地下水			8.7	6.9	15
117	佐賀県	唐津市	河川	町田橋	町田川	1.6	6.1	7.7
118	佐賀県	唐津市	海域	唐津湾東	唐津湾	<0.1	0.3	0.4
119	長崎県	諫早市	河川	高速道下流	西大川	7.1	42	49
120	長崎県	大村市	海域	郡川沖	大村湾	0.3	1.6	2.0
121	長崎県	佐世保市	海域	佐世保川沖	佐世保湾	0.6	1.7	2.3
122	熊本県	玉名市	河川	新大浜橋	菊池川	0.2	5.1	5.4
123	熊本県	宇土市	河川	大曲(平成走湖大橋)	浜戸川	0.6	3.0	3.6
124	大分県	豊後大野市	河川	犬飼	大野川	<0.1	0.3	0.4
125	大分県	日田市	河川	市の村橋	玖珠川	<0.1	0.6	0.7
126	宮崎県	えびの市	河川	加久藤橋	川内川	0.1	0.8	1.0
127	宮崎県	えびの市	湧水			<0.1	<0.2	<0.3
128	鹿児島県	鹿児島市	河川	第二鶴ヶ崎橋	新川	3.3	4.0	7.4
129	鹿児島県	鹿児島市	地下水			0.9	1.2	2.2
130	沖縄県	那覇市	河川	一日橋	国場川	10	3.4	14
131	沖縄県	名護市	河川	久志大川	久志大川	0.2	0.8	1.0
132	沖縄県	名護市	河川	辺野古川	辺野古川	<0.1	<0.2	<0.3
133	沖縄県	国頭郡	河川	加武川西支流	加武川	0.1	0.2	0.3
134	沖縄県	国頭郡	河川	福地川	福地川	<0.1	<0.2	<0.3

表 2-3 令和 2 年有機フッ素化合物存在把握調査結果一覧その 3

No.	都道府県名	市区町村名	地点区分	地点名 ※ 1	河川・湖沼・海域名	PFOS (ng/l)	PFOA (ng/l)	PFOS+PFOA (ng/l) ※ 3
135	沖縄県	国頭郡	河川	美徳川	美徳川	<0.1	<0.2	<0.3
136	沖縄県	国頭郡	河川	億首川上流	億首川	<0.1	<0.2	<0.3
137	沖縄県	沖縄市	河川	ダクジャク川	ダクジャク川	430	21	450
138	沖縄県	中頭郡	河川	白比川	白比川	8.0	2.7	10
139	沖縄県	中頭郡	海域	大造川河口沖	大造川河口沖	3.3	2.8	6.1
140	沖縄県	うるま市	湧水	アカザンガー		53	130	180
141	沖縄県	宜野湾市 ※ 2	湧水	アガリガー		22	3.4	25
142	沖縄県	中頭郡	湧水	シリーガー		1100	57	1100
143	沖縄県	中頭郡	湧水	インガー		40	11	52

※ 1 地下水及び一部の湧水は私有地において測定している場合があるため、市区町村名までの記載とする。

※ 2 過去に実施した調査結果から有機フッ素化合物の検出が見込まれ選定された地点。

※ 3 調査結果は有効桁数2桁で処理した値を掲載しているため、「PFOS+PFOA」の値は必ずしも「PFOS」及び「PFOA」の結果の合算値とは一致しない。

図.「環境省 令和 2 年度有機フッ素化合物全国存在状況把握調査の結果について」(2021 年 6 月 22 日)
より

● 要監視項目 PFOS および PFOA

調査を実施した 143 地点のうち、12 都府県の 21 地点において水環境の暫定的な目標値 (PFOS および PFOA の合算値で 50 ng/L) の超過が確認された。

なお、暫定的な目標値を超過した地下水・湧水は、いずれも飲用用途の水ではなかった。

● 要調査項目 PFHxS

調査を実施した 47 地点のうち 36 都道府県の 36 地点において 0.1 ng/L (報告下限値) 以上の検出を確認し、最大値は 28 ng/L であった。

コラム

～濃度や割合を示す単位～

■%(パーセント)	100分1	×10 ⁻²
■‰(パーミル)	1000分1	×10 ⁻³
■ppm → mg/L	百万分の1	×10 ⁻⁶
■ppb → μg/L	10億分の1	×10 ⁻⁹
■ppt → ng/L	1兆分の1	×10 ⁻¹²

ここで取り扱っているのは ng/L すなわち 1 兆分の 1 という、極めて濃度が低い領域である。極めて濃度が低い表現に用いられる東京ドームに投げ込まれる塩の量と対比した。
ppt: パーツパーテリオンという表現も用いられる。

東京ドーム 120万m³

1.2g

ナノグラムパーリットル 1ng/L

II. PFAS の処理技術について

本章では、PFAS を対象とした代表的な処理技術について解説する。

現在、実用化が進んでいる主な処理方法には、活性炭処理、イオン交換処理、ナノろ過(NF)および逆浸透 (RO) 膜処理が挙げられる。これらの技術は、除去対象とする PFAS の濃度や、PFAS 以外の原水成分、処理水量、導入コスト、維持管理の難易度、発生する廃棄物管理等の観点から、それぞれに特徴と課題がある。

以下に、代表的な処理技術における PFAS 除去率、残渣およびコストの概要を示す。本章では、この比較表をもとに、各処理技術について順に解説する。

ここでの記述は主に中央大学 山村教授を座長とする PFAS の処理技術等に関する研究会が 2023 年にまとめた調査報告書：「水道における PFAS の処理技術等に関する資料集」(水道技術センター) ¹⁾を参考としている。

表 3 処理技術の比較

処理技術	長鎖PFAS 除去率	短鎖PFAS 除去率	主な残渣等	相対コスト	備考
粉末活性炭処理	中～高	低	廃活性炭	中程度	<ul style="list-style-type: none"> ・長鎖PFASを除去できる ・断続的な使用に有効である。 ・他の処理工程の前段に添加する
粒状活性炭	高	中	廃活性炭	中程度～ 高い	<ul style="list-style-type: none"> ・長鎖PFASを除去できる ・交換タイミングを見極める必要がある。 ・材質によって破過までの期間が異なる。
イオン交換処理	高	中～高	廃樹脂、 再生排水	中程度～ 高い	<ul style="list-style-type: none"> ・長鎖及び短鎖PFASを除去できる。 ・PFAS除去目的でイオン交換樹脂が設計されている場合、効果的に除去できる。 ・再生排水の中に濃縮されたPFASが含まれる。
NF/RO膜	高	高	濃縮水	高い	<ul style="list-style-type: none"> ・長鎖及び短鎖PFASを除去できる。 ・膜の寿命まで一貫した除去率を維持できる。 ・高濃度のPFASを含む濃縮水が排出される。

図： 水道技術研究センター「水道における PFAS の処理技術等に関する資料集」に一部加筆

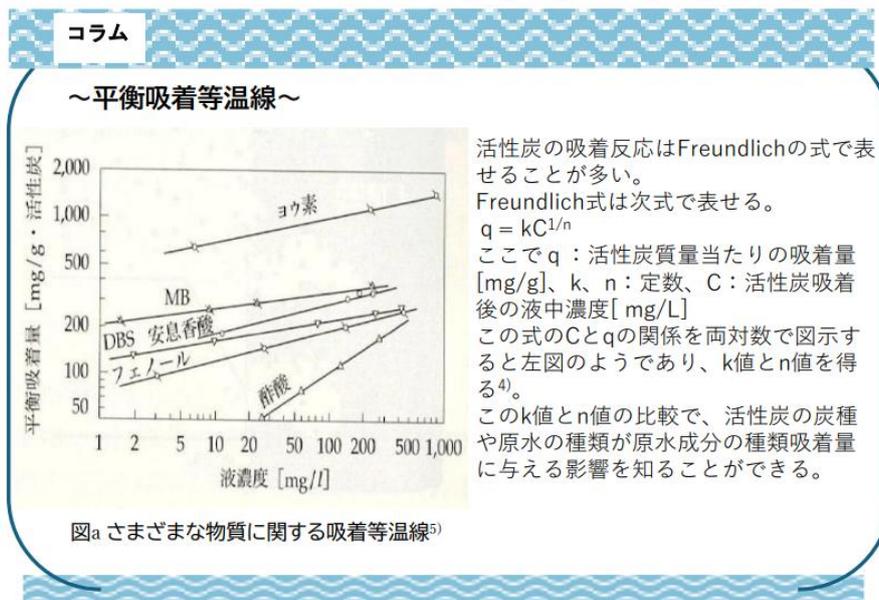
2-1 活性炭処理

活性炭処理は、PFAS 除去の対策として最も研究されている処理である。活性炭は、浄水処理システムにおいて有機化合物を吸着させるために一般的に使用されている。吸着とは PFAS のような物質を液相と固相の界面に付着させることを意味する。

活性炭は微細孔と呼ばれる小さな孔を炭素内部に網目状に構成しており、その表面積は 1g あたり 1,000～2,000 m² にもなる。これは、小さじ半分ほどの量でテニスコート約 4 面分の面積を持つことになる。活性炭はこの広い表面積を使って空気中や水中のあらゆる汚れ

を吸着する役割を担っており、冷蔵庫の脱臭から工場の産業排水処理まで実に幅広い用途に使われている。

活性炭吸着処理において重要な技術用語に「平衡吸着等温線」がある。平衡吸着等温線とは、一定温度において活性炭と吸着対象原水とを接触攪拌させて平衡状態に達したときの吸着物質の濃度と吸着量との関係を表すのが平衡吸着等温線であり²⁾、処理対象の原水と活性炭における吸着量を推定する上で重要である。吸着量は活性炭塔における活性炭吸着性能の実用有効期限を支配している。また、その実用有効期限すなわち寿命（ライフ）と強く関係している。原水に応じた活性炭の寿命を調べるには、小型の活性炭塔（カラム）を用いて通水する多大な労力を必要とする。それを簡単に短期間で予測する標準手法に米国水道協会 AWWA で認定された加速小規模カラム試験（RSSCT）³⁾がある。この試験は使用する粒状活性炭を 60/80 メッシュに調整し細いカラムに充填して高速に通水する方法であるが、やはり理化学的機器を必要とし複雑な操作であることは否めない。なお、本協議会の分析会社である株式会社 MIZUKEN はこれら平衡吸着等温線や RSSCT を用いた活性炭寿命を予測する試験を、有料にて受託している。



2-1-1 粉末活性炭処理

粉末活性炭（Powdered Activated Carbon：PAC、粒径 150 μm 以下）は、活性炭の製造工程において賦活後の活性炭を微粉碎し、粉末状に分級することで得られる。粒状活性炭（Granular Activated Carbon：GAC、粒径 0.2–5 mm）と並び、両者は水処理分野において使い分けられてきた。

粒子径が小さい粉末活性炭は単位質量当たりの比表面積が増加し、吸着速度および吸着

量が向上することが知られている⁶⁾。同一のヤシ殻活性炭を用いた場合、粉末活性炭 ($D_{50}=45\ \mu\text{m}$) と粒状活性炭 ($D_{50}=836\ \mu\text{m}$) とでは、PFOA に対する吸着性能に大きな差が認められている。Langmuir 吸着等温線に基づく推算では、粉末活性炭 (PAC) の吸着量 q は $331\ \text{mg-PFOA/g-活性炭}$ であるのに対し、粒状活性炭 (GAC) では $54\ \text{mg-PFOA/g-活性炭}$ とされ、粉末活性炭の吸着量は粒状活性炭の約 6 倍に達することが示されている⁷⁾。

大型浄水処理では水源のカビ臭など異臭味が増加した場合に、原水に直接粉末活性炭を投入散布 (混和法と呼ぶ) して応急的に脱臭処理に使う例が多い。粒状活性炭は恒久的に異臭やトリハロメタンなどの消毒副生成物の前駆物質を除去する目的で吸着塔または吸着池の形状の固定床型の装置に使われている。このように、粒状活性炭は恒久的な装置として構成される一方、粉末活性炭は初期費用が廉価な応急的な処置として使い分けられている。本ガイドラインで対象としている地下水専用水道利用者には、大型浄水場とは運用形態が異なるため、応急的な処置として粉末活性炭を用いるプロセスは馴染みが薄い。また、粉末活性炭は粒径が小さいことで、処理水への懸濁や流出を防ぐための固液分離工程 (沈殿、凝集、ろ過等) が必要となるため、先の表 3 には「他の処理工程の前段に添加する」と記した。その点においても混和法は地下水専用水道には適さないと考えられる。

一方、粉末活性炭を薄層状に固定させて用いる恒久的な処理装置として、MF 膜・機能性粉体添着法が開発されている。本技術は、精密ろ過膜 (MF 膜) の表面に機能性粉体 (ここでは粉末活性炭) を添着し、形成された粉体層を介して PFAS 含有原水を通過させる処理技術である (図 2)。株式会社流機エンジニアリングにより実用化 (特許 7138356 号、WO2022/085210A1) されており、2023 年 4 月から沖縄県宜野湾市の親水公園における PFAS 浄化対策として稼働している。詳細については、本ガイドライン処理事例集 (39 頁) および関連製品・サービスの紹介 (55 頁) に記載されている。

MF 膜・機能性粉体添着法は、粉末活性炭を MF 膜表面に固定化することにより、体積当たりの吸着材存在量を高く保持し、活性炭が本来有する吸着性能を処理プロセス上で有効に発現させる技術である。粉末活性炭は定期的な交換を要するものの、その取り出し・交換や残渣の脱水処理は処理装置内に組み込まれている。

本技術で用いられている MF 膜にはプリーツ状のカートリッジ膜モジュールを採用しており、粉末活性炭添着層は 1 mm 程度と極めて薄い。従来の粉末活性炭の原水に散布する方法 (混和法) と異なり、固定層ろ過なので化学工学的解析手法を採用でき吸着量は平衡吸着等温線を参照することができる。

なお、本ガイドラインでは PFAS の分子鎖長には言及していないが、粉末活性炭による PFAS 除去性能は、分子鎖長の増加に伴い向上することが知られている。本技術を用いた場合、長鎖 PFAS では除去率 90% 以上という高い除去水準を維持した状態でのベッド体積 (Bed Volume : $BV = \text{処理水量} / \text{活性炭層体積}$) が 45,000 BV を超える例が示されている一方、短鎖 PFAS では、除去率 40% 以上という比較的低い除去水準を維持した条件下においても、ベッド体積は約 16,000 BV にとどまるとされている⁸⁾。

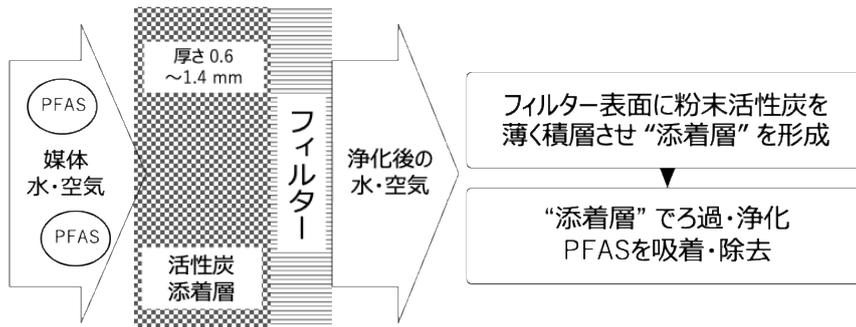
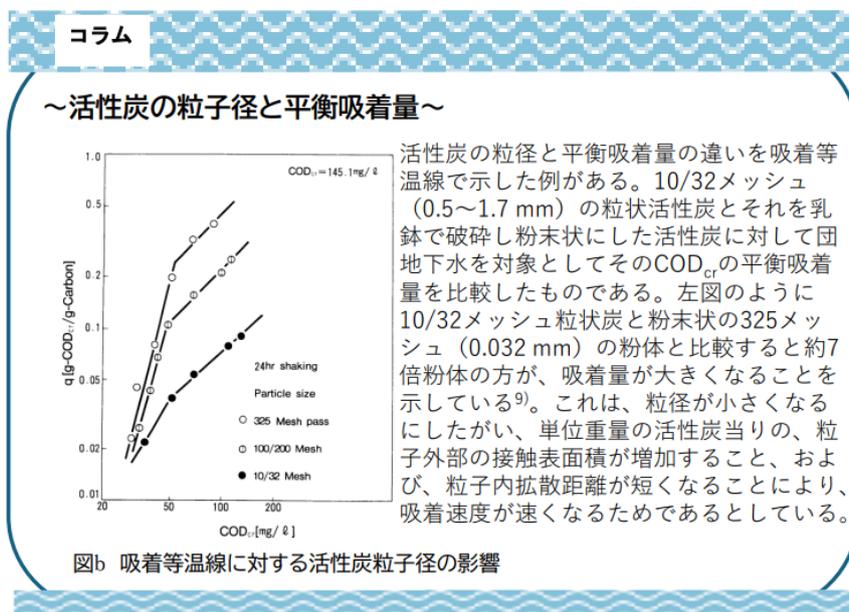


図2 MF膜・機能性粉体添着法の原理



2-1-2 粒状活性炭処理

活性炭は、ヤシ殻、木質、石炭などを原料とし、高温で炭化・賦活処理を行って得られる多孔質吸着材である。その表面には微細な孔が発達しており、比表面積が大きく、疎水性有機化合物やPFASの吸着に優れた性能を発揮する。PFASは炭素とフッ素の結合が強固であり、環境中で分解されにくい難分解性汚染物質であるため、吸着除去が主要な処理方法として用いられている。

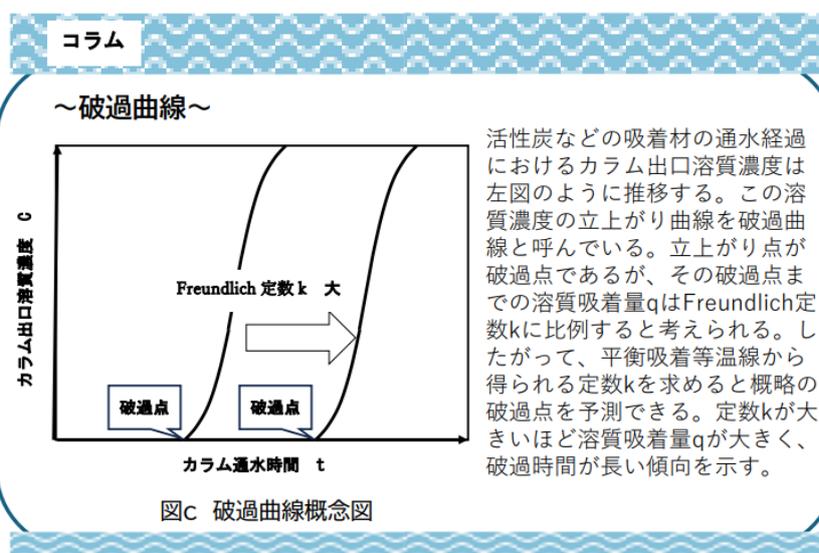
専用水道等の地下水利用者においても、PFASの処理技術に関しては、設備導入のしやすさ、コスト、除去性能、ライフその他の観点から粒状活性炭を使用する事例が多い。

粒状活性炭も粉末活性炭同様に、長鎖PFAS (PFOA、PFOS、PFHxS等) は吸着されやすく、短鎖PFAS (PFBA、PFBS等) は水への溶解度が高いため、除去効率が低下する傾向にある。加えて、PFAS以外の原水水質も吸着挙動に影響を与え、特に有機物が共存すると

活性炭の吸着サイトを競合的に占有するため PFAS 除去性能を低下させることが知られている。

また、粒状活性炭はその原料によって破過までの期間に差があることが、当 PFAS 部会の処理事例（39 頁）によっても明らかになりつつある。事例集②（42 頁）の事例では、ヤシ殻系の粒状活性炭は破過が早く、飽和状態になると吸着率が急激に低下する傾向が見られた。PFAS 濃度が 300 ng/L（PFOS/PFOA 合算値）程度の地下水利用専用水道の事例において、交換後 1 カ月で 50 ng/L を超過する例もあった。一方、石炭系活性炭では、300 ng/L（PFOS/PFOA 合算値）程度の原水の場合、50 ng/L を超過するまでに 1 年程度を要し、破過期間が長いことが確認されている。

木炭系活性炭においても、PFAS 濃度 100 ng/L（PFOS/PFOA 合算値）程度の地下水利用専用水道において、交換後 1 年経過しても 10 ng/L 以下を維持しており、吸着飽和までの期間、いわゆるライフが長いことが確認されている（48 頁 事例集⑤関東地区専用水道参照）。



次頁に株式会社クラレが実施した PFAS 除去性能試験結果事例（図 3、図 4）を示す。同社の石炭系活性炭 Filtrasorb と他社製ヤシ殻炭による RSSCT（加速小規模カラム試験）による PFOS 処理と PFOA 処理における破過曲線の比較だが、新炭・再生炭ともにヤシ殻炭と比較してライフが長いことが確認できる。加えてヤシ殻炭は、当 PFAS 部会の処理事例同様、急激に破過する結果となっている。

他活性炭との比較 Study 1: ヤシ殻原料活性炭との性能比較 (PFOS/PFOA)

〈FILTRASORB®〉はヤシ殻原料活性炭と比較し高いPFAS吸着量を示した

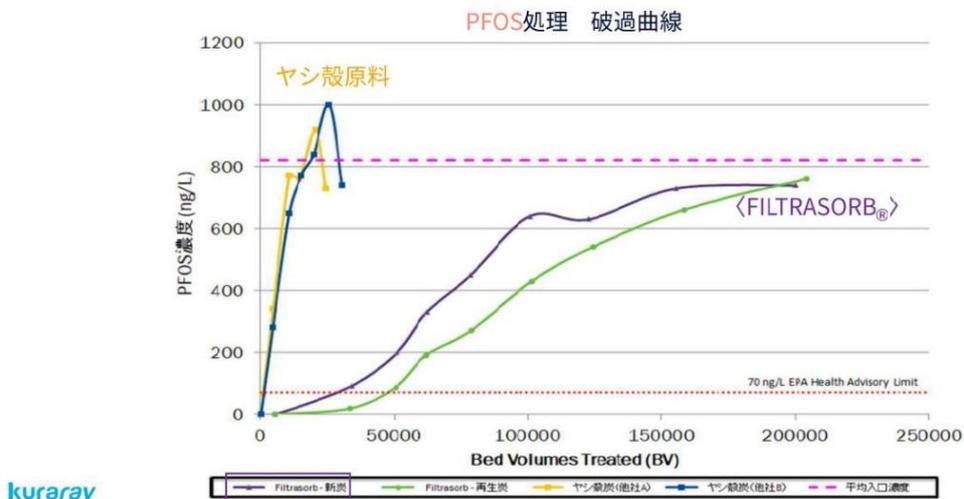


図3 PFOA除去のRSSCT-4種のGACの破過曲線 ※図 株式会社クラレ提供

他活性炭との比較 Study 1: ヤシ殻原料活性炭との性能比較 (PFOS/PFOA)

〈FILTRASORB®〉はヤシ殻原料活性炭と比較し高いPFAS吸着量を示した

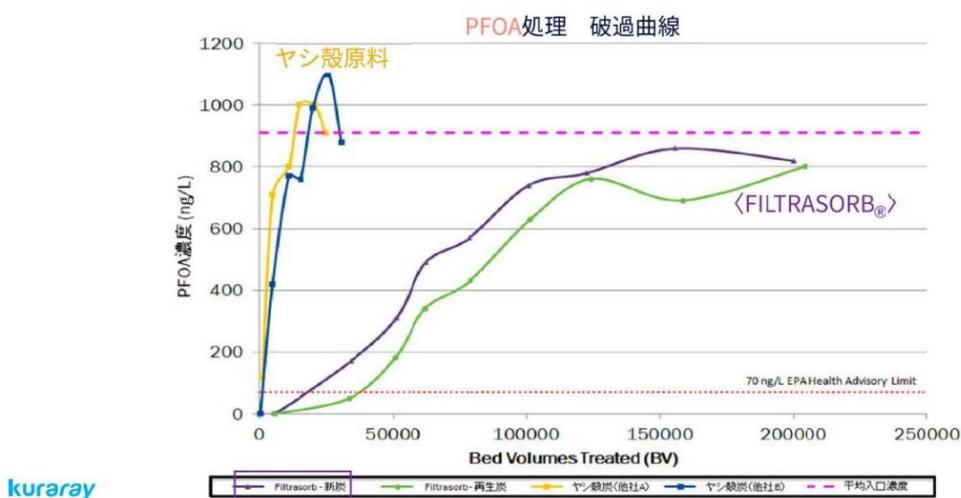


図4 PFOA除去のRSSCT-4種のGACの破過曲線 ※図 株式会社クラレ提供

活性炭の PFAS 吸着処理のまとめ

「水道における PFAS の処理技術等に関する資料集」(水道技術センター)¹⁾を参考として、粉末活性炭と粒状活性炭の PFAS 処理技術の特徴をまとめた。

粉末活性炭

- ① 無機カチオン (Ca^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Mg^{2+} 等) は活性炭の表面荷電を中和し、PFAS の電荷の反発を低減させ、多価カチオンは PFAS 末端官能基と活性炭表面の官能基の架橋を促進させる

粒状活性炭

- ① ヨウ素吸着量、メチレンブルー脱色力、ABS 価の高いものが良い
- ② 溶存天然有機物 NOM(TOC、DOC)は競合し吸着量を低下させる
- ③ 長鎖 PFAS の除去性高く、短鎖 PFAS は長鎖 PFAS よりも破過は早い。低炭素数の PFAS から破過する
- ④ 使用済み活性炭は再生可能(高温、有機溶媒、塩)であるが、再生廃液に問題がある。日本では、活性炭メーカーはまだ取り組んでいない
- ⑤ 現在のところ 850~1100°C程度の焼却処分が推奨されている
- ⑥ 埋め立ての場合は脱離の可能性がある。第Ⅲ章に記載しているように PFAS 含有廃棄物処分は焼却処分に委ねている

2-2 イオン交換処理

イオン交換処理は、PFAS を効率的に除去するための代表的な水処理技術の一つであり、特に高濃度の PFAS を高い除去率で処理できる点に特徴がある。

イオン交換樹脂による地下水中 PFAS の除去には、複数の作用機構が相互に寄与して成立している。

第一に、静電的相互作用によるイオン交換反応である。樹脂表面に存在する正電荷官能基と、陰イオン性 PFAS の間でイオン交換が起こり、PFAS が樹脂内部に静電的に吸着・交換することで除去する仕組みである。PFAS の中でも、長鎖のカルボン系 (PFOA など) やスルホン系 (PFOS など) に対して高い親和性を示すが、短鎖 PFAS に対しては除去性能が劣化する傾向がある。

第二に、疎水相互作用である。PFAS はフッ素化炭素鎖により強い疎水性を有し、樹脂母体の疎水構造と相互作用することで吸着が促進される。この作用は、特に炭素鎖長の長い PFAS で顕著である。

第三に分子構造適合性による選択吸着である。PFAS の選択性樹脂では、細孔径や官能基配置が PFAS 分子に適合するよう設計されており、競合イオン存在下でも PFAS が優先的

に保持される。

一般的にイオン交換処理は、粒状活性炭より PFAS の除去に効果的である。

ラボスケールで行われる小規模な試験（ベンチ試験）や実規模に近いパイロット試験において、PFOS や PFOA に対して 97%以上の除去率を得られた一方で、実施設での評価ではその除去性能に大きなばらつきがあり、有効性を示した樹脂の中には、目的に応じて設計された樹脂があったとしている（表 4）。なお、表 4 では最大除去率でありばらつきは小さいように伺える。

表 4：ベンチ及びパイロット試験並びに実試験での評価におけるイオン交換処理による PFAS の最大除去率

PFAS の種類	最大除去率
PFBA	97%
PFBS	98%
PFHxS	99%
PFOA	97%
PFOS	99%
PFNA	98%
PFDA	98%

(公) 水道技術センター:水道における PFAS の処理技術等に関する研究会：「水道における PFAS の処理技術等に関する資料集」¹⁾より

地下水浄化に適用されるイオン交換樹脂の種類

地下水中の PFAS は多くの場合、カルボン酸型またはスルホン酸型として陰イオン性を示す。このため、PFAS 除去には陰イオン交換樹脂が用いられる。

イオン交換樹脂を用いた PFAS 除去反応は pH に大きく影響され、pH が高い (>10) ほど除去率が低くなる。pH は PFAS の状態に影響を与えないが、イオン交換樹脂の特性に影響を与える可能性がある。

1) 強塩基性イオン交換樹脂

強塩基性陰イオン交換樹脂は、第四級アンモニウム基を官能基として有し、pH 条件に依存しない安定した陰イオン交換能力を示す。PFOS、PFOA といった長鎖 PFAS に対して高い親和性を有し、地下水浄化の初期対応や高濃度域での処理において実績が多い。

一方で、地下水中に共存する硝酸イオン、硫酸イオン、炭酸水素イオンなどの無機陰イオンとも競合的に交換反応を起こすため、PFAS 以外のイオンによる交換容量消費が生じやすいという課題がある。

なお、既存の地下水利用の水処理装置には、硝酸や亜硝酸の除去の他 TOC (NOM) 除去

に陰イオン交換樹脂が使われている。当然これらのイオン交換樹脂塔では PFAS も除去されるので、既存の主目的イオンの除去向けのために NaCl 樹脂再生を行えば、同時に PFAS も溶離脱着することは否めない。イオン交換樹脂塔を 2 段に用い、PFAS 除去用の塔を前段に配置するなどの工夫が求められる。

2)弱塩基性陰イオン交換樹脂

弱塩基性樹脂は第三級アミン基等を官能基として有し、疎水性が比較的高いのが特徴である。強塩基性樹脂に比べ交換容量は小さいものの、疎水相互作用の寄与によって一部 PFAS に対して選択性を示す場合がある。ただし、地下水浄化においては pH 変動の影響を受けやすいため、適用事例は限定的である。

3)PFAS 選択性イオン交換樹脂

イオン交換樹脂の長所は、メーカーが PFAS 選択性樹脂を開発し、継続して研究開発を行っている点等である。これらは、樹脂骨格の疎水性向上、官能基の高密度配置、細孔構造の最適化等により、PFAS への選択的吸着を強化している。これにより、地下水中の他の成分との競合が少なく、PFAS を優先的に除去することができる。特に、PFHxA、PFBS など短鎖 PFAS に対しても高い除去能力を有する点が特徴であり、従来の活性炭処理では困難であった地下水汚染への適用が進んでいる。

様々な種類の樹脂のうち、おそらく最も有望である製品例としては、Amberlite PSR2 Plus(Dupont 社)、Resin Tech SIR-110-HP(Resin Tech 社)、Purolite A592E および A694E (Purolite 社)、CalRes2301(Calgon Carbon 社)等がある。

4)使用済みイオン交換樹脂の廃棄物残渣について

PFAS 処理にイオン交換樹脂を使用した場合、処理後に発生する残渣および再生排水の取扱いが課題となる。イオン交換樹脂は PFAS を高効率で吸着する一方、吸着後の樹脂自体が高濃度の PFAS を含む二次汚染物となるためである。この残渣を安易に埋立処分した場合、長期的に PFAS が溶出し、土壌や地下水を汚染するおそれがある。

さらに、樹脂を再利用するための再生工程では、吸着していた PFAS が濃縮された再生排水として溶出するため、通常の排水処理設備では十分な除去が困難であり機能しない。

このようにイオン交換樹脂による PFAS 処理は水中から PFAS を除去する点では有効であるが、残渣および再生排水の最終的な処理・処分までを含めた総合的な管理体制が求められる。活性炭同様にこのような PFAS 含有廃棄物の適切な処理については、次章 III 「PFAS 含有廃棄物について」で解説する。

5) 活性炭吸着処理との比較

有効な情報が少ない中で、イオン交換樹脂と粒状活性炭のカラム通水比較を行った研究事例¹⁰⁾を紹介する。沖縄県大工廻川で採取した河川水に PFOA および PFOS をそれぞれ終濃度 287 ng/L、923 ng/L (実濃度の 10 倍の濃度) となるように添加し供給水とし、三菱ケミカル製の 2 種類の強塩基性陰イオン交換樹脂(HPA25M、SA12A)と Calgon Carbon 製の粒状活性炭 GAC(Filtrisorb)を用いφ 10 mm、H100 mm のカラムに充填している。ここで HPA25M は超多孔型樹脂であり、脱色性、耐有機汚染性が高いと言われている。SA12A は純水製造用の標準的なゲル型樹脂である。

吸着量の比較を図 5 に示した。ここで図の記号は□: HPA25M、◆: SA12A、×: GAC である。図 5 から明らかなように吸着量は GAC よりもイオン交換樹脂 2 種の方が高い。PFAS の吸着量や反応速度は活性炭よりも陰イオン交換樹脂の方が優れているという一般的な情報と一致することをこの比較例は示している。吸着量を GAC とイオン交換樹脂とを比較すると、概ね GAC 30,000 ng/g-AC (単位換算すると 30 ng/mg-AC) およびイオン交換樹脂 45,000 ng/g-AC (同様に 45 ng/mg-AC) 程度である。水道水源とする吸着材性能の情報が少ない中、GAC およびイオン交換樹脂の吸着量はそれぞれこの程度が目安になるのであろう。もちろん、吸着材採用の判定には吸着量だけではなく購入価格および廃棄処分費を含めた総合判断を要することは否めない。

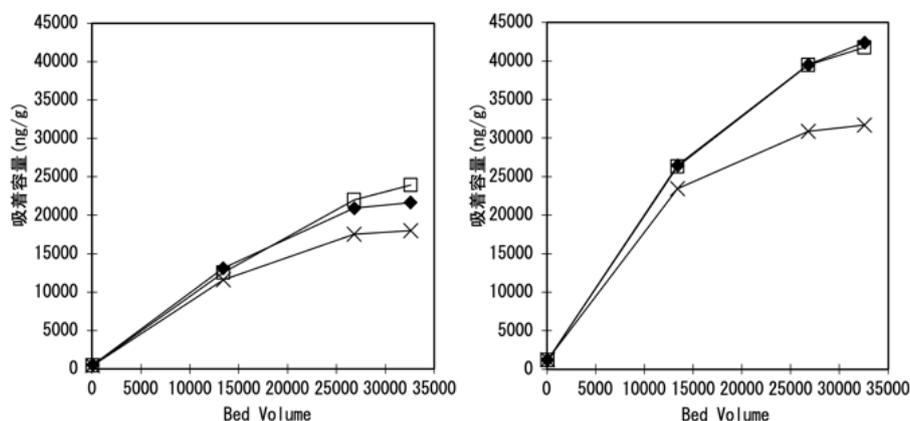


図 5 PFOA および PFOS の吸着量比較¹⁰⁾

6) イオン交換樹脂の PFAS 吸着処理のまとめ

- ① 陰イオン交換樹脂が用いられる。粒状活性炭よりも効果的であり、素材はポリアクリルゲル<ポリスチレン樹脂が良い
- ② 銘柄に Amberlite PSR2 Plus (Dupont)、ResinTech SIR-110-HP (ResinTech)、Purolite A592E、A694E、CalRes2301 (Calgon Carbon)、ダイヤイオン SA12、HPA25M (三菱ケミカル)がある

- ③ 2価カチオン (Ca^{2+} , Cu^{2+} , Mg^{2+} 等) は負に帯電した PFAS の間に架橋し吸着量を減少させる
- ④ NOM (フミン・フルボン酸) は有機物ファウリングだけでなくイオン交換樹脂と競合吸着し吸着量を低下させる
- ⑤ 使い捨てが主流⇒焼却処分

2-3 NF/RO 膜処理

PFAS は水環境中で極めて安定であり、従来の凝集沈殿や酸化分解などの処理では十分な除去が困難な場合が多い。そのため、高度水処理技術として膜分離法の適用は有効な除去手段として用いられている。

■逆浸透 (RO) 膜処理

逆浸透 (RO) 膜処理は、現在利用可能な水処理技術の中で最も高い PFAS 除去性能を発揮するプロセスであり、ほぼ全種類の PFAS を対象とした除去が可能な技術である。RO 膜は緻密な構造を持ち、溶質の透過をほとんど許さない。PFAS の除去機構は主にサイズ排除と電荷反発によるものであり、PFOA や PFOS といった長鎖 PFAS はもちろん、短鎖 PFAS に対しても除去率 99%以上を達成することができる。こうした高除去性能から、RO 膜処理は地下水、上水、工業排水、浸出水処理など幅広い用途で PFAS 対策技術として適用されている。

一方、RO 膜処理の最大の課題は、濃縮排水である。RO 膜は高い除去性能を有する反面、PFAS を濃縮して透過水とは別に排出するため、排水には極めて高濃度の PFAS が含まれる。当 PFAS 部会の処理事例③でも、原水中の PFAS の数倍の濃度で排出される事例が見られた。この濃縮水を安全に処理するためには、吸着・分解・焼却などの二次処理を組み合わせる必要がある。イオン交換処理の再生処理と同様に、排水基準の規定を念頭に置いた濃縮水対策の検討が必要となる。

コストの観点からは、RO 膜は高い圧力 (1.0~5.0MPa 程度) を必要とし、エネルギー消費が大きいことから、運転コストは NF 膜よりも高く、電力費や高圧ポンプの維持費が全体コストの大部分を占める。

初期投資も膜モジュールおよび高圧設備によって高額になる傾向があり、活性炭処理やイオン交換処理と比較して高額となる。

膜寿命はおおむね 3 年~7 年程度とされるが、原水水質の変動や有機物・鉄・マンガンなどによるファウリング (膜の閉塞) やスケールにより短縮する場合がある。膜性能を維持するためには、前処理として精密ろ過や活性炭処理等を組合せ、膜への負荷を軽減することが有効となる。

■ナノろ過 (NF) 膜処理

ナノろ過 (NF) 膜処理は、膜分離技術の中でも比較的低压 (0.5~2.0MPa 程度) で運転可能なプロセスであり、PFAS の中でも特に中・長鎖の化合物に対して高い除去性能を示す技術である。NF 膜は一般的に RO 膜よりもやや透水性が高く、イオンや低分子物質の一部が透過する特徴を持つ。このため、PFOS や PFOA といった長鎖 PFAS は高い除去率 (90~99%以上) で保持できる一方、短鎖 PFAS の除去はやや劣る。

コスト面では、NF 膜処理は RO 膜処理に比べて運転圧が低く、エネルギー消費が小さいため、ランニングコストはおおむね 3~6 割程度に抑えられることが多い。初期費用も RO 膜システムに比べて若干安価となる傾向がある。反面、膜ファウリングやスケーリングの影響を受けやすく、定期的な洗浄や膜交換が必要とされる。膜寿命 (ライフ) は水質や運転条件に依存するが、一般的には 2~5 年が目安とされる。ファウリングが進行すると透水量の低下や PFAS の除去率低下を招くため、適切な前処理 (ろ過、活性炭吸着など) の導入が必要となる。

NF 膜処理における大きな課題の一つは、RO 膜処理同様、PFAS を高濃度に含む濃縮排水の発生である。

一方で NF 膜処理は、エネルギー効率と除去性能のバランスが取れたプロセスとして評価されるが、短鎖 PFAS への対応や濃縮排水処理との統合設計が今後の課題となる技術である。

コラム

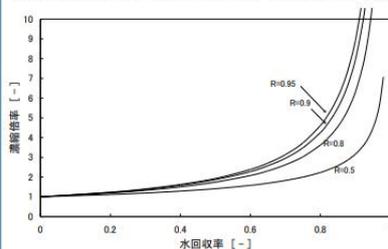
~RO膜とNF膜における水回収率と濃縮倍率~

RO膜やNF膜の場合には、スケール成分が膜面で溶解度以上となるような高濃縮運転を行うと、膜面にシリカや炭酸カルシウムのようなスケール成分が析出固化し膜透過を不能にする事態を招く危険がある。したがって、水回収率を高め、PFASの濃縮を主眼に置くと、原水中に共存するスケール成分を過剰に濃縮するリスクが高まる。そこで、濃縮液の濃度が溶解度以上にならないように条件設定が必要となる。したがって、選択した膜の対象成分の阻止率と濃縮液の濃度を予測することが重要である。

今、PFASの阻止率を99%、共存するシリカ濃度 C_f 25 mg/L、シリカ阻止率R 97%の場合を考えてみる。対象とする成分の阻止率R、回収率 f 、供給液濃度 C_f 、濃縮液濃度 C_B との関係は次のように表せる¹¹⁾

$$C_B = C_f (1 - f)^{-R} \quad (1)$$

濃縮液の濃度は式(1)から計算できるので、濃縮水のシリカ濃度を析出しない溶解度100 mg/Lになるように水回収率を計算してみる。式(1)を変換すると $f = 0.76$ となる。すなわち回収率を76%以下にすればよいことになる。図fに水回収率と濃縮倍率の関係を、阻止率Rをパラメーターとして示した。



図d スパイラル型モジュールにおける水回収率と濃縮倍率の関係

2-4 PFAS 処理技術についてのまとめ

以上、粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、イオン交換処理、NF 膜/RO 膜処理についての PFAS 除去特性を解説したが、今後懸念されるのが NF 膜/RO 膜から排出される PFAS の濃縮排水である。

国内 8,228 ヶ所ある（令和 2 年度末現在）専用水道でも、NF 膜/RO 膜等の膜処理は幅広く普及しているが、導入時点での目的は、地下水中の微生物や溶解性成分等を除去して飲料水基準に適合させることであった。しかし、その結果として NF 膜/RO 膜は PFAS に対しても高い除去性能を示すことが確認された、という経緯がある。

前述したように、NF/RO 膜処理では除去された PFAS が濃縮水側に移動するため、濃縮排水中に PFAS が高濃度に存在するという課題が生じる。今後、PFAS に関する排水基準が国内で整備されることが見込まれる中で、この濃縮排水の適切な処理・処分方法の確立が大きな課題となるであろう。

こうした背景から、新たに PFAS 対策を検討する地下水利用者には、PFAS を効率的に除去しつつ、二次的な環境負荷を抑制する観点から、再生や交換が容易で運用管理性にも優れた活性炭処理およびイオン交換処理が導入しやすいものと判断する。ただし、廃活性炭や廃イオン交換樹脂の再生・再利用についての再生工場は日本にはなく、現状は PFAS 含有廃棄物として焼却処理処分に頼らざるを得ない。

一方、処理設備の建設にはそれらの吸着塔の重要な設計因子である空間通水速度（SV）や面積通水速度（LV）の決定が重要であるがこのガイドラインでは明言できていない。今のところ、従来の設計指針である活性炭吸着ろ過塔でのろ過速度、LV=10~20 m/h, SV=5~10 1/h^{12, 13)}程度を基準にするのが望ましい。

Ⅲ. PFOS 及び PFOA 含有廃棄物について

3-1 PFAS 含有廃棄物とは

本ガイドラインで取り扱う PFAS 含有廃棄物とは、地下水利用者あるいは地下水を水源とする専用水道運営利用者などがその事業活動において除去過程から発生する PFAS を含有する固形状または液状の廃棄物すなわち処理濃縮残渣である。PFAS の処理技術については第Ⅱ章に詳しく記載しており、現状実用化対応できるのは粉末あるいは粒状活性炭およびイオン交換樹脂を用いた吸着除去装置である。したがって、それらの吸着材に吸着濃縮した固形物の使用済み吸着材が残渣であり、PFAS 含有有機物である。NF 膜や RO 膜を用いる方法では膜分離工程から排出される濃縮液が該当する。なお、膜分離法を用いる場合には膜素材や膜エレメントおよび膜モジュールに PFAS 成分が吸着している可能性は高くその処分には自治体の所轄担当部署との協議をしておく必要がある。ただし、膜濃縮液については、その量は処理される地下水量に比して 10 から 50%程度と少ないものの連続的に排出されるので、その他の処理方法と組み合わせられることになるものと予測されている。したがって、ここではその他の処理、活性炭やイオン交換樹脂を用いる吸着分離法から排出される地下水起源の PFAS を濃縮した使用済み吸着材の廃棄物処理について述べる。

一方、PFAS 含有廃棄物については環境省環境再生・資源循環局廃棄物規制課が 2022 年 9 月に発行している「PFOS 及び PFOA 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項」¹⁴⁾が詳しい。しかしながら、ここで対象としている地下水を起源とする濃縮残渣については対象とされていない。ここでは PFAS 製品の製造や使用段階から排出される含有廃棄物の処理が主題であるこの技術的留意事項を参考にして地下水を起源とする濃縮残渣に視点をあてて概説した。

なお、PFAS 含有廃棄物の処理処分については、その濃縮残渣を発生させる処理施設を有する各自治体（都道府県または政令指定都市など）の「廃棄物対策課」や「廃棄物規制課」が管轄している。

また、PFAS 含有廃棄物の処理処分にあたっては、PFOS は 850°C以上、PFOA は 1,000°C以上（1,100°C推奨）とされており分解効率 99.999%（5 ナイン%、1/10⁵%）以上が求められている¹⁴⁾。さらに「PFOS 及び PFOA 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項」によれば、その後の無害化処理後の残渣（燃え殻 4）の含有濃度管理基準を 5 µg/kg-dry 以下（IV 章「4-4 固形状廃棄物の PFAS 等含有量試験」参照）にしている¹⁴⁾。これらの管理基準を満たす残渣を管理型最終処分場にて燃え殻、ばいじん、汚泥などとして埋立処分することとしている（本章「3-4 含有廃棄物の処理」参照）。PFAS 含有廃棄物の処理処分は 1,100°C以上の焼却処理が基本である¹⁴⁾。

現実的に対象となる使用済みの廃活性炭や廃イオン交換樹脂の PFAS 含有濃度を前述の金井の研究報告書から類推してみる。前述（21 頁）したように GAC では 50 ng/mg-AC

(ppm) およびイオン交換樹脂では 70 ng/mg-AC (ppm) 程度が水道用途では最大であろう。また、処理事例集に示されているように粉末活性炭を用いた事例①では活性炭廃棄物の PFAS 含有率は 40 ppm (40 頁)、粒状活性炭廃棄物を用いた事例⑤ではまだ運転途中であり処理水が 50 ng/L に到達するまでに至っていない現状では 10.7 ppm とまだ低い、これらの目安濃度範囲にとなっていると考えられる。

上記 10～100 ppm 程度の PFAS 含有廃活性炭や廃イオン交換樹脂等の処理処分にあたっては低濃度であるが、各自治体（都道府県または政令指定都市など）関係部署への報告協議が必要なのが現状である。

なお、廃棄物のサンプリングに関しては JIS K 0060 規格に準ずる。また、固形物の分析に関しては第IV章 4-4 の項に記載している。

含有廃棄物の処理委託（3-3 節）に際し、含有物の代表濃度を把握しておく必要がある。廃棄物のサンプリングに関しては JIS K 0060 規格に準ずる。

3-2. 含有廃棄物の保管・運搬

PFAS 吸着処理装置からそれらの使用済み吸着材を抜き取り、一旦貯蔵保管する場合には次のように詳細な基準が参考資料である環境省の「PFOS 及び PFOA 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項」に示されている。要約すると「PFAS 使用製品に関する事項」と同様に

- ① 雨水等が入らず、廃棄物が飛散流失および地下に浸透しないコンクリート仕様の床面をもつ室内にて
- ② 保管期間および移動時に取り扱い易く、焼却処分等の分解処理に適した容器であり
- ③ 保管物が PFAS 含有物であることの掲示板を表示して、関係者以外が立ち入りできない策を講じて、定期的目視監視を行う

ことである。すなわち、頑丈な室内に、堅牢な容器にて、厳重な管理の下に保管することである。

掲示板の表示については次図が参考として例示されている。

運搬に関しては保管と同様に PFAS 含有廃棄物が飛散、流出・暴露を防止する必要がある。活性炭やイオン交換樹脂の廃吸着材は湿潤状態であるので、保管や運搬の過程でそれらの残留保持液が浸出しないような保管容器が望ましい。ドラム缶や内袋仕様のフレキシブルコンテナバックが望ましい。内袋仕様のコンテナバックは、上下から充填する内容物を出し入れし易い。また容量も 3000L 程度の大容量のものもある。液状の残渣についてはドラム缶も有効である。粒状残渣についてはオープンタイプで対応可能である。容器の再利用については、同じく PFAS 含有物であれば問題ないと考えられるし、同一事業所内での異なる場所の運搬・移動に関しての再利用についても同様である。この場合、運搬に関する業務は産業廃棄物取得事業者である必要性はない。ただし、移動先が発生事業者と異なる場合は、廃

棄物処理法上「積み替え保管」に該当することになり、その際の異なる貯蔵場所への運搬・移動に関しては収集運搬業における積み替え保管の許可が必要となる。委託する処理事業者との協議にもとづいた処置が必要であるし、各自治体の関係部署への報告協議が必要となる。

同一事業所内の運搬・移動に関して、最初の行程である PFAS 吸着処理装置から運搬容器への充填移動に当っては、装置からの抜き出し時に周辺に漏れ拡散しないように方法に注意しておく必要がある。また別途処理施設での運搬・移動作業において、移送媒体として液体を使う場合にはその用液についての PFAS 含有濃度の管理や処分が必須である。

60cm 以上		
60cm 以上	PFOS 含有廃棄物の保管場所	
	保管する PFOS 含有廃棄物の種類	△△△△△
	積み上げ高さ	○m
	管理者の氏名又は名称	○○ ○○ (□□課)
	連絡先	TEL ×××-××××
	注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ PFOS 含有廃棄物 (△△△△△) の保管場所につき関係者以外立ち入り禁止 ・ 許可なく △△△△△ の持ち出し禁止

図 6 保管場所の表示例 (PFOS 含有廃棄物の例)



丸形 1,000 L

図 7 内袋仕様のフレキシブルコンテナバック

3-3. 含有廃棄物の処理委託

PFAS 含有廃棄物の運搬または処理処分にあたっては、産業廃棄物処理事業者の認可を受けた事業者である必要があり、廃棄物処理法に関する規定を遵守して処理委託契約を締結する。また運搬処分に関しては PFAS を含有する地下水を活用する事業者が発行するマニフェストにもとづいて運用管理される必要がある。

国内では一般社団法人 日本消火装置工業会より「PFOS 及び PFOA 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項について相談できる処理施設」として表 4 に示した情報が公開されている。

表 4 PFOS 及び PFOA 含有廃棄物の処理に関する
技術的留意事項について相談できる処理施設

処理施設名	所在地	電話番号	PFOS	PFOA 50ppm 以上	PFOA 50ppm 未満
クレハ環境	福島県	0246-63-1331	○	○	○
	神奈川県	03-5767-9757	○	○	○
クレハ環境 WEB 問い合わせ先			https://www.kurekan.co.jp/		
エコシステム千葉	千葉県	0438-60-7175	○	○	○
エコシステム山陽	岡山県	0868-62-1341	○	○	○
エコシステム秋田	秋田県	0186-46-1500	△	○	○
エコシステムジャパン WEB 問い合わせ先			http://www.ecosystem-japan.jp/		
青木環境事業	新潟県	025-255-3360	○	△	○
三友プラントサービス	千葉県	0475-53-8011	○	○	○
	神奈川県	042-773-1431	○	○	○
早来工営	北海道	0133-64-1311	○	○	○
	大阪府	06-6651-0121	○	△	○ (10ppm 以下)
ダイカン	大阪府	06-6913-8666	○	○*	○*
オリックス資源循環	埼玉県	03-5418-4817	○	未確認	未確認
ジャパン・リサイクル	千葉県	043-262-4716	○	未確認	未確認
琉球セメント	沖縄県	098-870-1080	○	未確認	○
琉球セメント WEB 問い合わせ先			https://ryukyucement.co.jp/		
光和精鉱	福岡県	0120-582-380	○	○	○
光和精鉱 WEB 問い合わせ先			https://kowa-seiko.co.jp/		
奥羽クリーンテクノロジー	青森県	0178-44-1061	○	△	○
奥羽クリーンテクノロジーWEB 問い合わせ先			https://www.ohu-clean-techno.co.jp/		

PFOA 含有廃棄物（もしくは PFOA 含有廃棄物と PFOS 含有廃棄物が混在しているもの）については、含有濃度 50 ppm を境に処理施設の対応が異なる場合がある。

○：相談可能、△：現在検証中、未確認：対応の可否も含め未確認

出典：一般社団法人 日本消火装置工業会 日消装発第 R 0 6 - 2 4 号 PFOS 及び PFOA 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項について相談できる処理施設の紹介（2024 年 12 月 23 日）

3-4. 含有廃棄物の処理

国内の複数施設で無害化確認試験が行われた結果、2022年9月発行の参考資料「PFOS及びPFOA含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項」が策定された。これによるとPOPの熱分解特性を考慮し、PFOSは850°C以上、PFOAが約1,000°C以上（約1,100°C以上を推奨）という燃焼温度が処理施設の要件に設けられることとなった。ただし、分解効率と管理目標値の要件を満たすことが確認できている技術であれば、この限りではないことも記載されている。

表5 分解処理に関する技術的留意事項

処理方法	PFOS または PFOA が確実に分解される方法で実施すること。 ・事前確認試験の実施：PFOS または PFOA の分解効率が99.999%以上であること ・分解処理時の管理目標値：分解処理時に生じる排ガス・排水・残渣における濃度基準 排ガス中濃度：60 µg/m ³ N 廃水※中濃度：1µg/L 残渣中濃度：5 µg/kg-dry ※廃水は、焼却施設から発生する時点であって、排水処理等の後に公共用水域等に排出される排水とは異なる。
処理施設の構造	廃棄物処理法における処理施設の技術上の基準を参照。焼却施設にあつては、燃焼温度がPFOSは850°C以上、PFOAが約1,000°C以上（約1,100°C以上を推奨）でガス滞留時間が2秒以上であること。
処理施設の維持管理	処理能力に対して適正な投入管理を行う。混焼率3%が上限の目安と考えられている。
保管	囲い設置、掲示板、飛散・流出・地下浸透の防止措置、保管容器等
処理委託・収集運搬	産業廃棄物管理票（マニフェスト）の交付、運搬時の飛散・流出防止措置 等

温度の要件に関しては各々の施設の構造等に起因して、更に高い燃焼温度が必要になる場合も、比較的低い燃焼温度で分解処理可能な場合も想定され、また処理方式に関しても焼却処理以外による分解処理が排除されるものではない。そのため、本格的な分解処理に先立ち各施設において確認試験が実施されている。確認試験をもとに分解効率等や排ガス、廃水、残渣等のPFOS等またはPFOA等の濃度等の管理目標値を確認した上で、適切な分解処理が可能な条件を各施設で設定されており、必ずしも焼却温度1,000°C以上、ガス滞留時間

2 秒以上を保てなくとも各施設で設定した条件・管理目標値に従って分解処理が実施されている。図 8 および図 9 に国内の代表的な分解処理設備を示す。

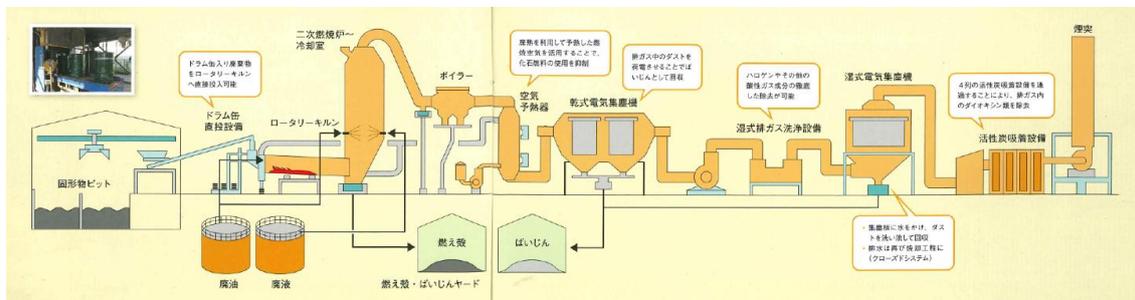


図 8 処理施設事例 1：エコシステム千葉株式会社 1 号炉
ロータリーキルン式焼却炉

図 8 処理施設事例 1 に記したのは エコシステム千葉株式会社 1 号炉 ロータリーキルン式焼却炉のフローシート図である。廃棄物をブレンドして熱量などを調整後に投入する。混ぜられない廃棄物は専用の投入・噴霧口から投入する。廃棄物の性状の対応範囲が広いので、様々な廃棄物に対応可能となる。焼却で発生したガスは、十分に燃焼させた後にボイラーで熱回収を行い、急冷してダイオキシンの発生を抑制し、中和・触媒設備を通じて大気汚染の原因となる NO_x など成分を確実に無害化した後、大気放出される。

焼却で発生した燃え殻は、最終処分場へ埋立処分を委託するほか、別途再資源化し有効活用されている。焼却過程で発生した熱エネルギーはボイラーで回収して発電を行い、場内電力として活用し、余剰分は電力会社に売電されている。焼却工程から発生する鉄スクラップは回収し、再資源化が行われている。

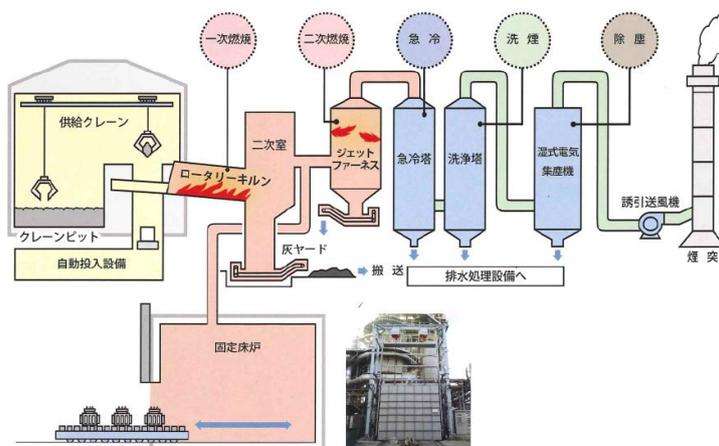


図 9. 処理施設事例 2：株式会社クレハ環境
ウェステックいわきロータリーキルン式焼却炉

図9 処理施設事例2に記したのは株式会社クレハ環境 ウェステックいわきのロータリーキルン式の焼却炉のフローシート図である。多種多様な廃棄物を混焼処理している。一次燃焼炉はキルンで燃焼温度が1,000~1,150°C、二次燃焼炉はジェットファーン型旋回流燃焼炉で燃焼温度が約900°C、ガス滞留時間は一次および二次燃焼炉の合計で6~8秒である。キルン内の固形物は約1時間滞留した後に、燃え殻として排出される。処理する廃棄物は、固形物である汚泥や廃プラスチック類、感染性廃棄物と、液体状である廃油、廃酸・廃アルカリなどがあり、それぞれの性状に適した投入経路から炉内に投入される。

キルンは固形物の性状(大きさ・硬さ・粘性・含水率)や発熱量、投入量等の変動に対して自由度が高く、安定した連続運転できるのが特徴である。キルン内の温度は、バーナー側から燃焼ガス流れの並流方向に温度勾配があり、固形物はキルン内の耐火物からの輻射熱を受ける。キルン内の空間は燃焼用空気が乱流で流れており、固形物がキルン内壁をすべり・転倒しながら、予熱・恒率乾燥・減率乾燥・燃焼・後燃焼へと進行し、固形物表面での酸素移動が促進される。二次燃焼炉では旋回流による燃焼ガスと空気の混合により、POPsを含む固形物や液状物からPOPs成分が効率的にガス化し、高温下での燃料ガスと空気の滞留と混合により難分解性のPOPs成分が熱分解される。二次燃焼後の燃焼ガスは、アルカリ水によるスプレー方式の急冷塔と循環方式の洗浄塔および、湿式の電機集塵機にて洗煙と除塵がされる。洗煙工程においては、燃焼ガスからのDXNS(ダイオキシン類)発生抑制と熱分解した残成分の除去が行われ、確実な無害化処理が達成されている。

これらの廃棄物処理施設におけるPFOS含有廃棄物およびPFOA含有廃棄物の投入量は、各社の施設で異なるため事前に処理を委託する企業へ相談の上進めるのが良い。委託処理の流れは、廃棄物の発生場所・種類・性状・数量・排出時期などの必要な情報を準備提供し両者確認後、①サンプル評価・処理方法の検討 → ②見積・契約締結 → ③引取日の決定 → ④配車・運搬 → ④受入れ・処理 → ⑤処理完了・処理報告 の手順となる。

IV. PFAS の分析技術

令和 8 年 4 月から水道水質基準に採用される PFOS および PFOA (PFOS 等と呼ぶ) は、合算で 50 ng/L の基準値が設定された。既に水質基準である有機化合物 (揮発性有機化合物等) については、その基準値の単位は $\mu\text{g/L}$ レベルであり、今回の PFOS 等の基準値は有機化合物の中では極めて低いオーダー (1/1,000) である。さらに、PFOS 等は多くの分野で使用されており、世界中の至る所から検出されるほどどこにでも存在している。

こういった背景から、PFOS 等の分析には外部からの汚染に十分な注意が必要で、採取時および分析時において、汚染防止の方法を備えておく必要がある。

4-1 PFOS 等の試料採取方法

4-1-1 採水容器の準備

外部からの汚染を防止するためには、できるだけ検体が外部と接触する機会を減らす必要がある。また、接触する容器については十分洗浄されて PFOS 等が付着していないものを用いなければならない。具体的には、次の手順で行う。

ア 容器の洗浄

検査に必要な量 (検体水量は、その分析機関の濃縮倍率による) 以上の水量が入るポリ容器に、少量のメタノールを添加して容器内全てを回しながら内壁を洗浄する。ガラス容器は PFOS 等が吸着しやすいので使わないこと。

イ 採水までの容器の保管

洗浄後、採水までの間は、容器に蓋をして、大気から吸着汚染をしないように保管しておく。

4-1-2 採水方法

ウ 採水作業

汚染防止の観点から、可能な限り、検体は蛇口から容器に直接採取する。容器は事前に洗浄されているため共洗いしなくていい。満水まで採取し、しっかり蓋をする。なお、シールドテープ等はテフロン等フッ素系のものがあるので使用しないこと。

エ 採水後の運搬・保管

PFOS 等は保管中に分解しないので冷蔵の必要はないが、高温、太陽光に長時間さらされると生物繁殖等の恐れがある (水道水以外の検体の場合は特に注意) ので、速やかに検査に回すか、遮光冷暗所での保管が必要である。

4-2 PFOS 等の分析方法

水道水における PFOS 等の分析方法は、現在、「水質管理目標設定項目の検査方法 (平成 15 年 10 月 10 日付け健水発第 1010001 号、厚生労働省健康局水道課長通知の最新改正版)」

で示されているが、令和8年4月から水質基準化に伴い、「水質基準に関する省令の規定に基づき環境大臣が定める方法（平成15年厚生労働省告示第261号）」で検査方法が示されることが予定されている。（提案によると、これまでの検査方法を基本とされているので、それをもとに分析方法を説明する）……令和8年4月には文章を要修正

水道水の分析方法を次のフローに示す。

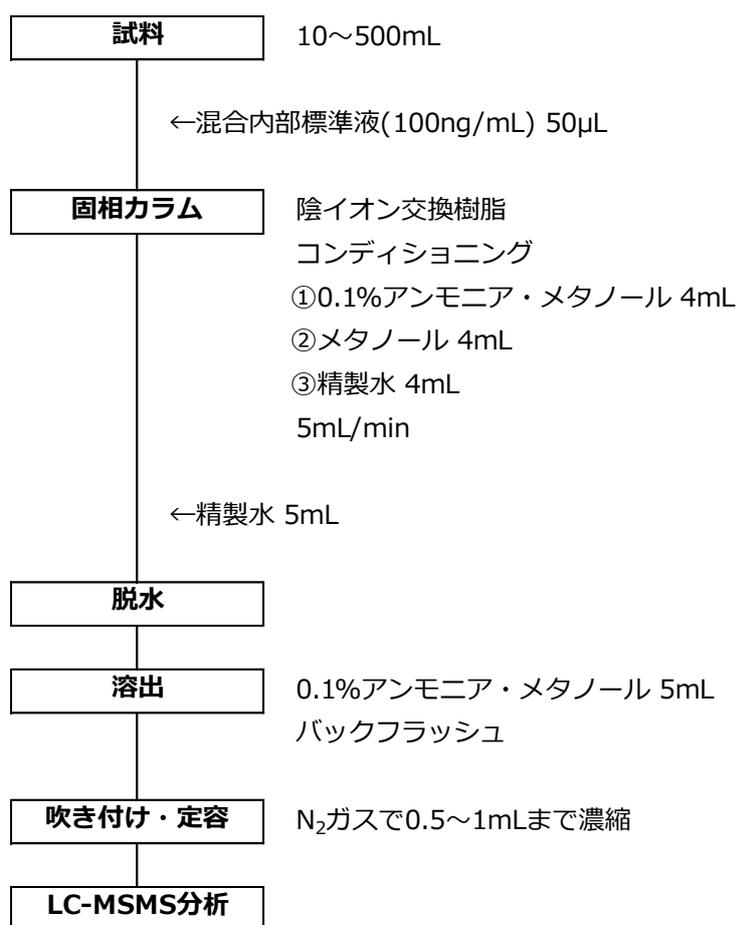


図10 水道水のPFOS等分析方法フロー

4-3 PFOSの検査回数判断

PFOSの検査頻度については環水大管発第2506305号にて、原則3ヵ月に1回以上を基本とされている。ただし、条件によっては検査頻度の減、全量受水の場合の検査省略を検討することができる。とされている。

下記に検査回数の判断を示す。

・検査頻度は原則 **3か月に1回**

ただし、以下の場合には検査頻度の減、全量受水の場合の検査省略を検討することができる

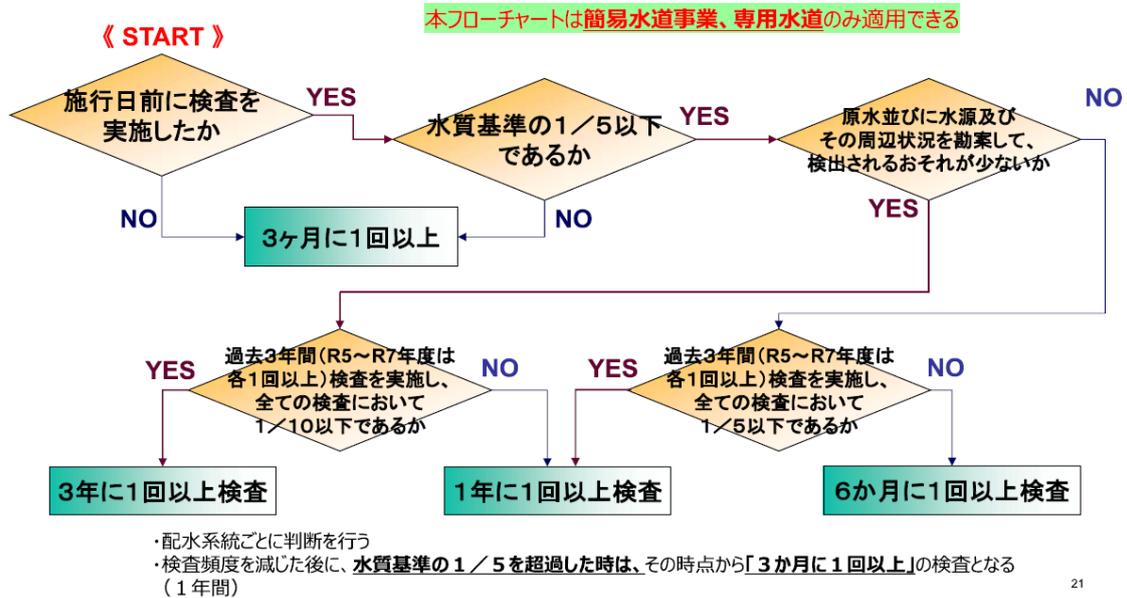
事業区分	検査頻度の減	全量受水の場合の検査省略
上水道事業	できない (令和11年度以降はできる)	できる
簡易水道事業 <small>注1)</small>	できる <small>注2)</small>	できる
専用水道 <small>注1)</small>	できる <small>注2)</small>	できる
水道用水供給事業	できない (令和11年度以降はできる)	できない

注1) 全量受水を行っている簡易水道事業および専用水道は、検査頻度減および検査省略をそれぞれ検討し、いずれか一方を適用することができる

注2) 施行日前に検査を実施していない場合はできない。ただし、令和9年度以降は、施行日後の検査結果をもとに判断することができる。

水質基準に関する省令改正の概要について（環境省、令和7年8月）

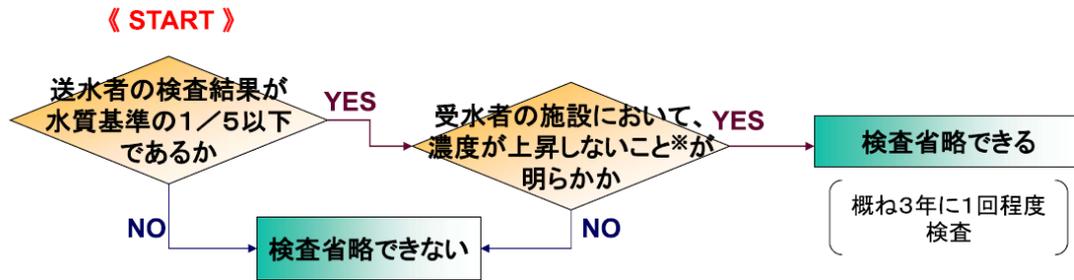
図 11 PFOS の検査回数の判断 (1)



水質基準に関する省令改正の概要について（環境省、令和7年8月）

図 12 PFOS の検査回数の判断 (2)

本フローチャートは上水道事業、簡易水道事業、専用水道のみ適用できる



※ 過去3年以内の同一年度を実施した送水者の検査結果と受水者が自ら実施した検査結果を比較して判断する

- ・配水系統ごとに判断を行う
- ・複数の送水者から受水する場合は、いずれの検査結果においても水質基準の1/5以下であること
- ・省略後に送水者の検査結果において水質基準の1/5を超過した場合は、その時点から「3か月に1回以上」の検査となる（1年間）

水質基準に関する省令改正の概要について（環境省、令和7年8月）

図 13 PFOS の検査回数の判断（3）

下表の方法、対象、頻度により行った場合、検査回数の判断に用いることができる

検査時期	検査方法	検査対象	検査頻度
施行日前	「水質基準に関する省令の制定及び水道法施行規則の一部改正等並びに水道水質管理における留意事項について」（平成15年10月10日付け健水発第1010001号）別添4	給水栓、浄水施設の出口、送水施設、配水施設の水のほか、 <u>原水</u> を対象とできる	規定なし （各年度1回以上実施すれば、「過去3年間」の判断に用いることができる）
	「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」（平成24年9月6日付け健水発0906第1号別添、最終改正：平成29年10月18日）に従った評価をして目標に適合したもの		
施行日後	「水質基準に関する省令の規定に基づき環境大臣が定める方法」（平成15年厚生労働省告示第261号）	給水栓、浄水施設の出口、送水施設又は配水施設の水	水道法施行規則による

- ・省令施行後においては、施行前と施行後に行った検査の結果を合わせて、検査回数減を判断できる
- ・施行日後の原水の検査結果は、検査回数の判断に用いることはできませんが、令和8年度以降、水質管理の観点から年1回の告示法に準じた検査をお願いしています。

水質基準に関する省令改正の概要について（環境省、）令和7年8月）

図 14 PFOS の検査回数の判断（4）

4-4 固形状廃棄物の PFOS 等含有量試験方法

環境省は、水道事業者において、PFOS 等を含む水の処理に用いた使用済み活性炭の適切な管理について通知されている（令和 7 年 3 月 27 日付け事務連絡）。使用済み活性炭の保管、適正処理について述べているが、環境省が発行した 2022 年 9 月の参考資料「PFOS 及び PFOA 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項（技術的留意事項と呼ぶ）」において、分解処理後の含有量が 5 $\mu\text{g}/\text{kg-dry}$ を超過する場合、技術的留意事項に即して適切に廃棄するよう求められている。

廃棄物処理については、本マニュアル 4.4 に記載されているため、ここでは使用済み活性炭が含有する PFAS の試験方法について説明する。

なお、技術的留意事項においては、活性炭だけを分類した試験法はなく、固形状廃棄物（燃え殻、ばいじん、銹さい、汚泥等）の項目に属すると考えられるため、イオン交換樹脂も同じ項目に属するとみなし、この試験方法を適用するものとする。

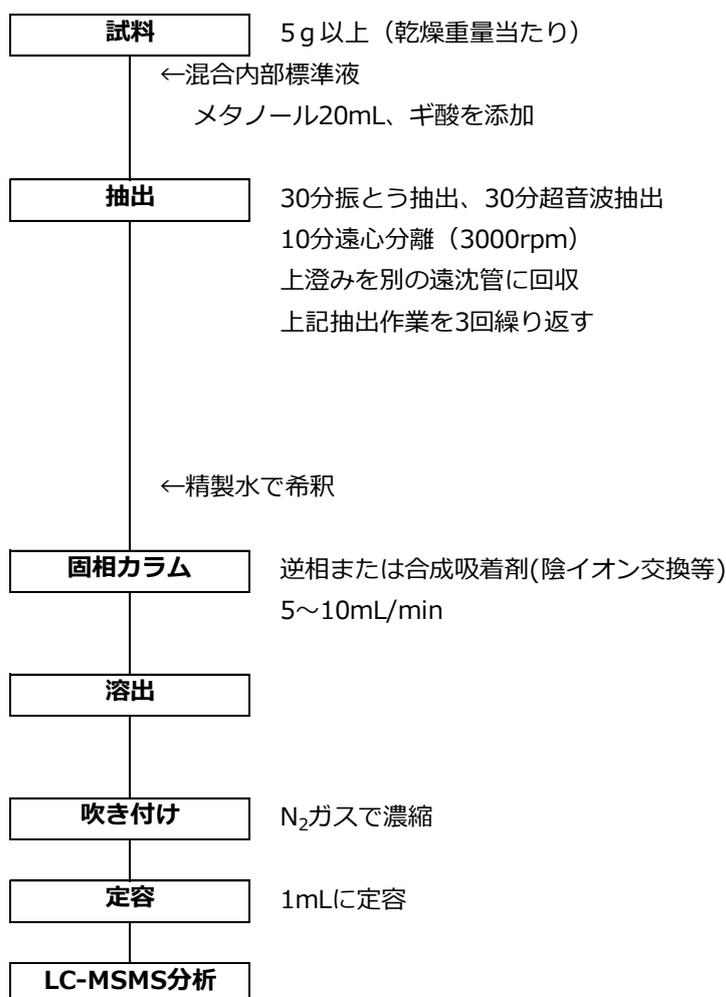


図 15 固形状廃棄物中の PFOS 等含有量試験方法フロー

引用文献

- 1) (公) 水道技術センター:水道における PFAS の処理技術等に関する研究会:「水道における PFAS の処理技術等に関する資料集」, (2023)
- 2) 川本克也, 長岡 裕, 澤田繫樹:「水環境工学-水処理とマネジメントの基礎-」. 共立出版. 147(2010)
- 3) AMST,D6586-03(2021)
- 4) 日本水道協会:「水道施設設計指針」. (2000)
- 5) 川本克也, 長岡 裕, 澤田繫樹:「水環境工学-水処理とマネジメントの基礎-」. 共立出版. 147(2010)
- 6) 藤直哉, 松井佳彦, 松下拓, 大野浩一「佐々木洋志, 中野優:活性炭の超微粉化が活性炭吸着に与える効果, 環境工学研究論文集, 5.309-315 (2008)
- 7) Premrudee Kanchanapiya, Supachai Songngam, Thanapol Tantisattayakul: “ The adsorption of perfluorooctanoic acid on coconut shell activated carbons”, AIMS Environmental Science, 9(2), 128～139 (2022)
- 8) 環境省(2024): 令和5年度 低コスト・低負荷型土壌汚染調査対策技術検討調査「揚水及びフィルター(精密ろ過膜)と機能性粉体(活性炭)を用いた処理法による PFAS 地下水汚染の拡大防止技術」による研究委託業務報告書(受託者 (株)流機エンジニアリング), 同 公表版
- 9) 後藤忠一, 美坂康有, 平岡正勝:「廃水処理における活性炭充てん層の破過曲線の計算」. 環境技術. 10. 6(1981)
- 10) 金井佑麿, Sahanaz Parin, 原宏江, 本多了, 山村寛, 山崎亜希, 安藤信吾:「ラボスケールカラム通水試験における陰イオン交換樹脂と粒状活性炭による PFAS 除去性能の評価」, 第 58 回日本水環境学会講演,368(2024)
- 11) 澤田繫樹:「現場で役立つ膜ろ過技術」, 工業調査会, 131(2006)
- 12) 助水道技術研究センター「浄水技術ガイドライン 2000」5-128(2000)
- 13) 川本克也他 前出「水環境工学-水処理とマネジメントの基礎-」, 共立出版 191(2010)
- 14) 環境省:「PFOS 及び PFOA 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項」, (2022)

PFAS 処理事例集

ここに紹介する事例は PFAS 除去システムとして新規に設計施工された事例①の他、新規吸着塔を追加した事例を除いて、多くの場合は既存の「遊離塩素除去用の活性炭塔」が PFAS 除去機能を併せ持つ特性を生かして転用している事例である。あるいは既存の除鉄除マンガン塔の機能を見直し PFAS 除去活性炭吸着塔に転用させた事例である。併用機能を兼ねた有利塩素除去用活性炭吸着塔と言えば、既存設備の改造・追加することなく活性炭種の変更により既存システムを PFAS 除去機能も兼ね備えた装置システムにうまく転用させた事例と言える。また既存の除鉄除マンガン塔の機能を見直し PFAS 除去活性炭吸着塔への転用もしかりである。

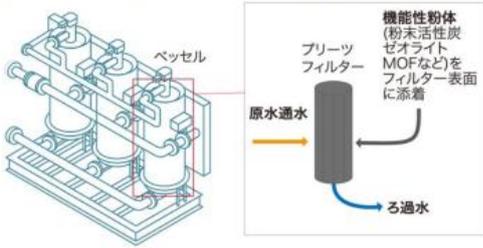
しかしながら、これらの既設塔の転用は従来からの設計が採用されており、除去目的が異なるシステムから PFAS 除去システムに転用・転向させるには、やはり不具合も生じる。「遊離塩素除去用の活性炭塔」のろ過速度は、従来の浄水システムにおける活性炭吸着ろ過塔でのろ過速度、 $LV=10\sim 20\text{ m/h}$, $SV=5\sim 10\text{ l/h}^{12, 13)}$ よりも大きい値が採用されており、高速吸着ろ過の弊害を避けて転用する必要がある。

RO膜やNF膜などの塩類除去用装置あるいは硝酸亜硝酸イオン除去用のイオン交換樹脂塔などでは、常時排出される RO 濃縮水や定期的に排出される樹脂再生廃水などにおいて、高濃度の PFAS 排出水の問題が現存している。

近い将来、環境水質基準に基づいて水質規制される状況において、これらのシステムを PFAS 除去システムに転用・転向させるには課題は多い。こうした状況において、濃縮水や再生廃水を排出させる既存システムの前段に PFAS 除去用の活性炭吸着塔や陰イオン交換樹脂を追加することで解決させた例を事例③と⑦に紹介している。

第II章「PFAS の処理技術について」のシステム装置イメージを膨らませていただくため、ここで紹介する事例が役に立てば幸いである。

① 宜野湾市親水公園

事業体区分	公共事業（公園整備事業）	業種	市営公園																																																	
水源種別	湧水																																																			
浄水処理方法	原水⇒粉末活性炭吸着式水処理装置																																																			
概要	<p>【概要】 沖縄県宜野湾市が整備を進めていた「てーちがー公園」の湧水から2020年7月PFASが高濃度で検出された。検出値はPFOS/PFOAの合算値が210ng/Lで、国の暫定指針値（同50）の約4倍であった。 「てーちがー公園」では、ポンプで汲み上げた湧水を使って子どもたちが水に触れて遊べる湧水公園とする計画のため、湧水の利用が欠かせないことから活性炭を用いた浄水装置を検討。公園内の飲料水は上水道を使う。 湧水処理流量：最大30m³/h</p> <p>【対策】 「てーちがー公園」整備事業でのPFAS対策として宜野湾市では、(株)流機エンジニアリング製の吸着式水処理装置「ECOクリーンLFP」を採用。本装置は機能性粉体（ヤシ殻系粉末活性炭）をプリーツ型フィルターに添着し、PFASをはじめとしたBOD、COD、TOC、色度、臭気、有毒物質を吸着除去する装置。オートメーションでフィルターに粉末活性炭を添着し、溶存物質をろ過吸収。使用済み活性炭の剥離回収・再添着までを自動で行う装置の導入を決定した・</p>																																																			
	 <p>写真：現地への導入装置</p>	 <p>図：ECOクリーンLFPの構造</p>																																																		
	<p>【除去効果】 設置前の室内試験では、汚染地域を想定した濃度100,000ng/LのPFASを、ろ過時間10秒で2.5ng/Lまで低減することが確認できていた。 現地での連続運転でも、運転開始以降処理水は暫定目標値（50ng/L）を下回る水準で推移している。</p>																																																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">項目</th> <th rowspan="3">単位</th> <th rowspan="3">基準値</th> <th colspan="5">原水</th> </tr> <tr> <th colspan="2">2022年</th> <th colspan="2">2023年</th> <th colspan="1">2024年</th> </tr> <tr> <th>1月19日採取</th> <th>6月12日採取</th> <th>9月20日採取</th> <th>2月2日採取</th> <th>4月30日採取</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PFOS (ペルフルオロオクタンスルホン酸)</td> <td>ng/L</td> <td rowspan="2">50 (※1)</td> <td>160</td> <td>120</td> <td>160</td> <td>130</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>PFOA (ペルフルオロオクタン酸)</td> <td>ng/L</td> <td>38</td> <td>31</td> <td>39</td> <td>41</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>PFOS+PFOA</td> <td>ng/L</td> <td>50</td> <td>198</td> <td>151</td> <td>199</td> <td>171</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>PFHxS (ペルフルオロヘキサンスルホン酸)</td> <td>ng/L</td> <td></td> <td>94</td> <td>74</td> <td>79</td> <td>80</td> <td>57</td> </tr> </tbody> </table>	項目	単位	基準値	原水					2022年		2023年		2024年	1月19日採取	6月12日採取	9月20日採取	2月2日採取	4月30日採取	PFOS (ペルフルオロオクタンスルホン酸)	ng/L	50 (※1)	160	120	160	130	96	PFOA (ペルフルオロオクタン酸)	ng/L	38	31	39	41	24	PFOS+PFOA	ng/L	50	198	151	199	171	120	PFHxS (ペルフルオロヘキサンスルホン酸)	ng/L		94	74	79	80	57	<p>表：連続運転の経過（原水）</p>	
項目	単位				基準値	原水																																														
						2022年		2023年		2024年																																										
		1月19日採取	6月12日採取	9月20日採取		2月2日採取	4月30日採取																																													
PFOS (ペルフルオロオクタンスルホン酸)	ng/L	50 (※1)	160	120	160	130	96																																													
PFOA (ペルフルオロオクタン酸)	ng/L		38	31	39	41	24																																													
PFOS+PFOA	ng/L	50	198	151	199	171	120																																													
PFHxS (ペルフルオロヘキサンスルホン酸)	ng/L		94	74	79	80	57																																													

表：連続運転の経過（処理水）

項目	単位	基準値	処理水									
			2023年									
			5月11日 採取	5月15日 採取	5月26日 採取	6月12日 採取	9月20日 採取	11月24日 採取	12月13日 採取	2月2日 採取	3月11日 採取	4月30日 採取
PFOS (ペルフルオロオクタンスルホン酸)	ng/L	50 (※1)	25	30	1未満	1未満	16.6	9	23	15	28	21
PFOA (ペルフルオロオクタンスルホン酸)	ng/L		9	10	1未満	1未満	5	4	8	7	13	7
PFOS+PFOA	ng/L		34	40	1	1	21.6	13	31	22	41	28
PFHxS (ペルフルオロヘキサンスルホン酸)	ng/L		17	23	1未満	1	9.7	7	17	12	18	14

※1: 公共水域の水質汚濁に係る人の健康の保護に関する要監視項目(令和2年4月1日施行)暫定目標値。

事例② 多摩地区専用水道（病院）

事業体区分	専用水道	業種	医療機関																				
水源種別	深井戸																						
浄水処理方法	原水⇒次亜塩素酸ナトリウム⇒除鉄除マンガンろ過⇒粒状活性炭⇒ 逆浸透膜/限外ろ過膜⇒浄水																						
概要	<p>【水道施設の概要】</p> <p>取水した井水に次亜塩素酸ナトリウムを注入して井水中の鉄、マンガン等を酸化した後、除鉄除マンガン装置を通して接触酸ろ過を行い、鉄、マンガンを除去・低下する。次に還元剤として亜硫酸水素ナトリウムを注入し余剰の塩分を除去した後、活性炭をろ過装置を通して濁度・色度分等を除去し、処理水をろ過処理水槽内に貯留する。その後、限外膜ろ過処理する水は前段で軟水装置によって硬度成分を低減。逆浸透膜処理する水は、チェックフィルターで微細粒子を除去した後、膜ろ過によってシリカ等の溶解性イオン類を低減し、最終的に限外ろ過膜処理水と混合してpH調整、塩素消毒した良質な水道水として給水する。処理水は送水ポンプによって受水槽へ送水され、病院施設内に配水される。</p> <p>1日最大給水量：301m³</p> <p>【検出状況】</p> <p>処理水（RO膜出口カラン）でのPFOS/PFOAは各々2ng/ℓ未満であったが、多摩地区の地下水、河川水から高濃度PFASが検出された報道を踏まえ、令和6年8月、井戸原水および粒状活性炭出口カランの処理水を分析したところPFOS/PFOAの検出値は下記であった。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2" style="text-align: center;">(ng/ℓ)</th> <th></th> </tr> <tr> <th></th> <th>井戸原水</th> <th>活性炭出口</th> <th>RO出口</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PFOS/PFOA</td> <td>290</td> <td>230</td> <td>5未満</td> </tr> <tr> <td>PFOS</td> <td>220</td> <td>190</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>PFOA</td> <td>63</td> <td>44</td> <td>2未満</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">※活性炭使用期間：5年 RO膜使用期間：5年 (ヤシ殻系)</p>				(ng/ℓ)				井戸原水	活性炭出口	RO出口	PFOS/PFOA	290	230	5未満	PFOS	220	190	3	PFOA	63	44	2未満
	(ng/ℓ)																						
	井戸原水	活性炭出口	RO出口																				
PFOS/PFOA	290	230	5未満																				
PFOS	220	190	3																				
PFOA	63	44	2未満																				

【検証的対応】

最終処理水の水質に問題はないものの、活性炭のライフを検証するため令和6年8月、活性炭（ヤシ殻系）を交換し、同日に出口カランの処理水を採水して水質分析を行った。

加えて活性炭交換35日後に再度活性炭出口の処理水を分析したところ、下表の通り、交換直後は除去効果が見られたものの、1カ月強でPFOS及びPFOS/PFOA合計が暫定目標値を超過する結果となった。

	ヤシ殻活性炭		⇒	ヤシ殻活性炭
	井戸原水	活性炭出口 (交換直後)		活性炭出口 (交換35日後)
PFOS/PFOA	290	5未満		65
PFOS	220	2未満		54
PFOA	63	2未満		11

上記結果からヤシ殻系活性炭は破過が早いと判断し、**石炭系活性炭に交換**。交換後の石炭系活性炭出口での時系列推移は以下の通り。

石炭系活性炭による除去推移

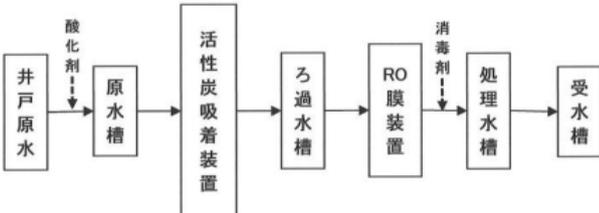
	採水日	11月29日	12月27日	2月4日	4月1日	5月29日	6月16日	8月26日
	井戸原水	処理水	処理水	処理水	処理水	処理水	処理水	処理水
PFOS/PFOA	290	12	5未満	5未満	9	18	35	44
PFOS	220	12	2未満	5未満	9	14	25	33
PFOA	63	2未満	2未満	5未満	5未満	3.6	10	12

※同施設のSV：11～13

【今後の対応】

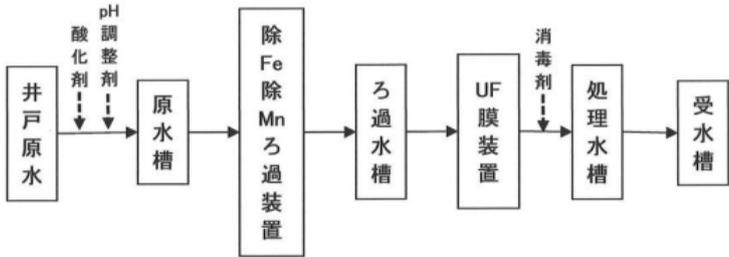
ヤシ殻系活性炭と比較して石炭系活性炭はPFAS吸着期間が持続すると判断できるが、そのライフは未定。また、石炭系活性炭はヤシ殻活性炭と比較して吸着性能が徐々に落ちる傾向が窺える。今後とも活性炭出口の処理水を毎月分析して検証し、50ng/Lを超過するタイミングを検証する。

事例③ 東北地域 専用水道（病院）

事業体区分	専用水道																								
業種	医療機関																								
水源種別	深井戸(-150m)																								
浄水処理方法	原水⇒次亜塩素酸ナトリウム⇒活性炭吸着装置⇒RO膜装置⇒浄水																								
概要	<p>水道施設の概要</p> <p>来院・入院患者、職員約1,500人の水供給が可能な井水処理装置。 平成22年1月より稼働中。水の使用量は250m³、装置処理能力は12m³/h。 井戸原水の水質は、pH7.6、鉄:0.03mg/L以下、マンガン:0.005mg/L以下、全硬度:160mg/Lで、良好な水質である。 井戸汲み上げた直後、酸化剤として次亜塩素酸ナトリウムを注入し、活性炭で残留塩素を除去した後、RO膜装置で処理した浄水を客先の受水槽へ送られる。 処理フローは下記の通りである。</p>  <p>1日最大給水量: 100m³</p>																								
	<p>検出状況</p> <p>7月の検査で、井戸原水で暫定目標基準値を超えたPFASが検出されたため、8月に再度、井戸原水、活性炭出口、装置出口及び水道水のPFASの追加検査を実施した。各工程の検査結果を下記に示す。</p> <table border="1" data-bbox="491 1216 1254 1431"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>井戸原水</th> <th>井戸原水(再)</th> <th>活性炭出口</th> <th>装置出口</th> <th>RO濃縮排水</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>120</td> <td>99</td> <td>98</td> <td>5未満</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>110</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>11</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*ヤシ殻活性炭</p>	項目	井戸原水	井戸原水(再)	活性炭出口	装置出口	RO濃縮排水	PFOS/PFOA (ng/L)	120	99	98	5未満	180	PFOS (ng/L)	110					PFOA (ng/L)	11				
	項目	井戸原水	井戸原水(再)	活性炭出口	装置出口	RO濃縮排水																			
PFOS/PFOA (ng/L)	120	99	98	5未満	180																				
PFOS (ng/L)	110																								
PFOA (ng/L)	11																								
<p>検証的対応</p> <p>装置出口でPFOS/PFOAは、暫定目標基準値をクリアしたが、RO濃縮排水が高濃度で検出された。今後の排水基準が懸念され、活性炭でPFASを除去し、RO膜への負荷を下げることで、RO濃縮排水の濃度低減を図る。 そこで、令和6年11月27日より既存のヤシ殻活性炭からPFASの処理性能が高いと性能評価された木質系活性炭に取り換えた。 交換直後(令和6年11月29日)の検査結果を下表に示す。</p> <table border="1" data-bbox="491 1749 1279 1924"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>原水</th> <th>活性炭塔出口</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>180</td> <td>5未満</td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>170</td> <td>2未満</td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>11</td> <td>2未満</td> </tr> </tbody> </table> <p>*木炭系活性炭</p>	項目	原水	活性炭塔出口	PFOS/PFOA (ng/L)	180	5未満	PFOS (ng/L)	170	2未満	PFOA (ng/L)	11	2未満													
項目	原水	活性炭塔出口																							
PFOS/PFOA (ng/L)	180	5未満																							
PFOS (ng/L)	170	2未満																							
PFOA (ng/L)	11	2未満																							

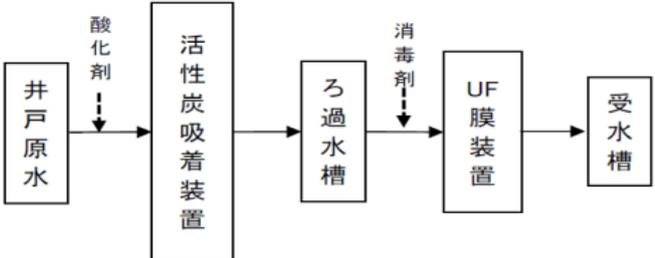
	<p>客先からの要望で、年1回(4月)末端のPFASを検査の他、自社検証のため、3ヶ月間隔で井戸原水及び処理水のPFASの検査を実施し、性能評価、ライフを確認した。</p> <p>活性炭交換 296 日後までの PFOS/PFOA、PFOS、PFOA の水質検査結果、累積処理水量、累積 PFAS 処理量及び活性炭 1g 当たりの PFAS 吸着量を下表に示す。</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">項目</th> <th colspan="2">2024 年 11 月 29 日</th> <th colspan="2">2025 年 3 月 19 日</th> </tr> <tr> <th colspan="2">(交換 2 日後)</th> <th colspan="2">(交換 112 日後)</th> </tr> <tr> <th>原水</th> <th>処理水</th> <th>原水</th> <th>処理水</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>180</td> <td>5 未満</td> <td>94</td> <td>5 未満</td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>170</td> <td>2 未満</td> <td>88</td> <td>2 未満</td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>11</td> <td>2 未満</td> <td>6</td> <td>2 未満</td> </tr> <tr> <th rowspan="3">項目</th> <th colspan="2">2025 年 4 月 21 日</th> <th colspan="2">2025 年 6 月 5 日</th> </tr> <tr> <th colspan="2">(交換 145 日後)</th> <th colspan="2">(交換 190 日後)</th> </tr> <tr> <th>原水</th> <th>末端水</th> <th>原水</th> <th>処理水</th> </tr> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>-</td> <td>5 未満</td> <td>82</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>-</td> <td>2 未満</td> <td>75</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>-</td> <td>2 未満</td> <td>7</td> <td>2 未満</td> </tr> <tr> <th rowspan="3">項目</th> <th colspan="2">2025 年 9 月 19 日</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th colspan="2">(交換 296 日後)</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th>原水</th> <th>処理水</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>120</td> <td>34</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>100</td> <td>27</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>13</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>累計処理水量 (m³)</td> <td colspan="2">69,500</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>累計 PFAS 処理量 (mg)</td> <td colspan="2">7,100</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>累計 PFOS 処理量 (mg)</td> <td colspan="2">6,600</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>累計 PFOA 処理量 (mg)</td> <td colspan="2">500</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFAS 吸着量 (ng/g-AC)</td> <td colspan="2">10,000</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFOS 吸着量 (ng/g-AC)</td> <td colspan="2">9,400</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFOA 吸着量 (ng/g-AC)</td> <td colspan="2">710</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項目	2024 年 11 月 29 日		2025 年 3 月 19 日		(交換 2 日後)		(交換 112 日後)		原水	処理水	原水	処理水	PFOS/PFOA (ng/L)	180	5 未満	94	5 未満	PFOS (ng/L)	170	2 未満	88	2 未満	PFOA (ng/L)	11	2 未満	6	2 未満	項目	2025 年 4 月 21 日		2025 年 6 月 5 日		(交換 145 日後)		(交換 190 日後)		原水	末端水	原水	処理水	PFOS/PFOA (ng/L)	-	5 未満	82	5	PFOS (ng/L)	-	2 未満	75	5	PFOA (ng/L)	-	2 未満	7	2 未満	項目	2025 年 9 月 19 日				(交換 296 日後)				原水	処理水			PFOS/PFOA (ng/L)	120	34			PFOS (ng/L)	100	27			PFOA (ng/L)	13	7			累計処理水量 (m ³)	69,500				累計 PFAS 処理量 (mg)	7,100				累計 PFOS 処理量 (mg)	6,600				累計 PFOA 処理量 (mg)	500				PFAS 吸着量 (ng/g-AC)	10,000				PFOS 吸着量 (ng/g-AC)	9,400				PFOA 吸着量 (ng/g-AC)	710			
項目	2024 年 11 月 29 日			2025 年 3 月 19 日																																																																																																																					
	(交換 2 日後)			(交換 112 日後)																																																																																																																					
	原水	処理水	原水	処理水																																																																																																																					
PFOS/PFOA (ng/L)	180	5 未満	94	5 未満																																																																																																																					
PFOS (ng/L)	170	2 未満	88	2 未満																																																																																																																					
PFOA (ng/L)	11	2 未満	6	2 未満																																																																																																																					
項目	2025 年 4 月 21 日		2025 年 6 月 5 日																																																																																																																						
	(交換 145 日後)		(交換 190 日後)																																																																																																																						
	原水	末端水	原水	処理水																																																																																																																					
PFOS/PFOA (ng/L)	-	5 未満	82	5																																																																																																																					
PFOS (ng/L)	-	2 未満	75	5																																																																																																																					
PFOA (ng/L)	-	2 未満	7	2 未満																																																																																																																					
項目	2025 年 9 月 19 日																																																																																																																								
	(交換 296 日後)																																																																																																																								
	原水	処理水																																																																																																																							
PFOS/PFOA (ng/L)	120	34																																																																																																																							
PFOS (ng/L)	100	27																																																																																																																							
PFOA (ng/L)	13	7																																																																																																																							
累計処理水量 (m ³)	69,500																																																																																																																								
累計 PFAS 処理量 (mg)	7,100																																																																																																																								
累計 PFOS 処理量 (mg)	6,600																																																																																																																								
累計 PFOA 処理量 (mg)	500																																																																																																																								
PFAS 吸着量 (ng/g-AC)	10,000																																																																																																																								
PFOS 吸着量 (ng/g-AC)	9,400																																																																																																																								
PFOA 吸着量 (ng/g-AC)	710																																																																																																																								
	<p>今後の対応</p>	<p>処理水の PFOS/PFOA 濃度が 50ng/L 近くまで検出されているため、今後、1ヶ月間隔で井戸原水、処理水及び RO 濃縮水の PFAS を分析する予定。</p>																																																																																																																							

事例④ 東北地域 専用水道（商業施設）

事業体区分	専用水道																				
業種	商業施設																				
水源種別	深井戸(-100m)																				
浄水処理方法	原水⇒次亜塩素酸ナトリウム+pH調整剤⇒除鉄除マンガンろ過⇒UF膜⇒浄水																				
概要	<p>水道施設の概要</p> <p>来客 5,000 人の水供給が可能な井戸処理装置で(平成17年)、日量平均給水量約 200 m³、最大給水能力 20 m³/h。 井戸原水の水質は、pH9.1、鉄:0.06mg/L、マンガン:0.006mg/L、全硬度:3mg/Lで、アルカリ性、軟水の水質である。 井戸汲み上げた直後、次亜塩素酸ナトリウムと希硫酸を注入し、除鉄除マンガンろ過装置へ送られ、微量の鉄、マンガンを除去した後、UF膜で処理した浄水を客先の受水槽へ送られる。なお、装置出口で pH7.0~7.2 で管理している。 処理フローは下記の通りである。</p>  <p>1日最大給水量:約 200m³</p>																				
	<p>検出状況</p> <p>井戸原水より暫定目標基準値を超えた PFAS が検出されたため、装置出口、末端蛇口及び水道水の PFAS の追加検査を実施した。各工程の検出結果を下記に示す。</p> <table border="1" data-bbox="494 1243 1268 1422"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>井戸原水</th> <th>装置出口</th> <th>末端蛇口</th> <th>水道水</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>160</td> <td>120</td> <td>41</td> <td>5 未満</td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>150</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項目	井戸原水	装置出口	末端蛇口	水道水	PFOS/PFOA (ng/L)	160	120	41	5 未満	PFOS (ng/L)	150				PFOA (ng/L)	9			
	項目	井戸原水	装置出口	末端蛇口	水道水																
PFOS/PFOA (ng/L)	160	120	41	5 未満																	
PFOS (ng/L)	150																				
PFOA (ng/L)	9																				
<p>検証的対応</p> <p>既存の除鉄除マンガン装置を活性炭装置に転用することを決め、2025 年1月 17 日に木質系活性炭を導入した。 交換後処理水の PFAS を検査し、PFOS/PFOA が 2ng/L 未満だったので、2月 5 日より給水再開した。 給水開始後、自社検証のため、毎月、井戸原水及び処理水の PFOS/PFOA を検査し、活性炭の性能及びライフを確認した。 活性炭交換 247 日後までの PFOS/PFOA、PFOS、PFOA の水質検査結果、累積処理水量、累積 PFAS 処理量及び活性炭 1g 当たりの PFAS 吸着量を下表に示す。</p>																					

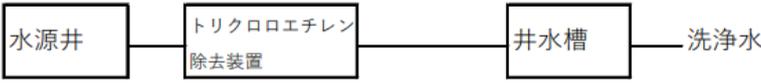
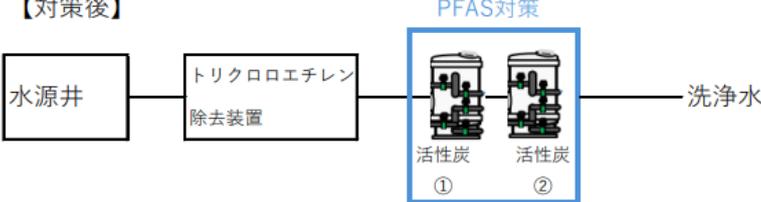
項目	2025年2月14日		2025年3月14日	
	(交換9日後)		(交換37日後)	
	原水	処理水	原水	処理水
PFOS/PFOA (ng/L)	170	5未満	140	5未満
PFOS (ng/L)	160	2未満	136	2未満
PFOA (ng/L)	11	2未満	6	2未満
項目	2025年4月22日		2025年5月19日	
	(交換76日後)		(交換103日後)	
	原水	末端水	原水	処理水
PFOS/PFOA (ng/L)	130	5未満	150	5未満
PFOS (ng/L)	123	2未満	138	2未満
PFOA (ng/L)	8	2未満	9	2未満
項目	2025年6月13日		2025年7月10日	
	(交換128日後)		(交換155日後)	
	原水	末端水	原水	処理水
PFOS/PFOA (ng/L)	150	5未満	160	5未満
PFOS (ng/L)	140	2未満	140	2未満
PFOA (ng/L)	10	2未満	18	2未満
項目	2025年8月18日		2025年9月17日	
	(交換194日後)		(交換224日後)	
	原水	処理水	原水	処理水
PFOS/PFOA (ng/L)	190	5未満	170	5未満
PFOS (ng/L)	180	2未満	150	2未満
PFOA (ng/L)	13	2未満	13	2未満
項目	2025年10月10日			
	(交換247日後)			
	原水	処理水		
PFOS/PFOA (ng/L)	190	5未満		
PFOS (ng/L)	180	2未満		
PFOA (ng/L)	12	2未満		
累計処理水量 (m ³)	11,200			
累計PFAS処理量 (mg)	1,700			
累計PFOS処理量 (mg)	1,600			
累計PFOA処理量 (mg)	120			
PFAS吸着量 (ng/g-AC)	5,900			
PFOS吸着量 (ng/g-AC)	5,500			
PFOA吸着量 (ng/g-AC)	400			0
今後の対策	処理水の水質が水質基準を満たすまで、現状の通り、水質検査を実施する。			

事例⑤ 関東地区 専用水道（商業施設）

事業体区分	専用水道																				
業種	商業施設																				
水源種別	井戸(-56m)																				
浄水処理方法	原水⇒次亜塩素酸ナトリウム⇒粒状活性炭⇒次亜塩素酸ナトリウム⇒UF 膜ろ過装置⇒浄水																				
概要	<p>水道施設の概要</p> <p>取水した井水に次亜塩素酸ナトリウムを注入して、活性炭吸着装置を通してテトラクロロエチレン・濁度・色度分等を除去し、安全フィルターで微細粒子を除去した後、処理水をろ過処理水槽内に貯留する。その後、次亜塩素酸ナトリウムを再度添加し、UF 膜ろ過装置を通し、処理水は送水ポンプによって受水槽へ送水され、良質な浄水として商業施設内に配水される。</p>  <p>1日最大給水量: 約 200m³</p>																				
	<p>検出状況</p> <p>令和 6 年 7 月の井戸原水で、PFOS/PFOA62ng/L を検出され、8 月に再度、原水、装置出口、末端の検査を行った。井戸原水の PFOS/PFOA は 92ng/L、処理水(装置出口)は 81ng/L で、暫定目標値を超えた。</p> <table border="1" data-bbox="486 1209 1348 1400"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>井戸原水</th> <th>井戸原水(再)</th> <th>装置出口</th> <th>末端</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>62</td> <td>92</td> <td>81</td> <td>79</td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>54</td> <td>83</td> <td>71</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table> <p>*ヤシ殻系活性炭</p>	項目	井戸原水	井戸原水(再)	装置出口	末端	PFOS/PFOA (ng/L)	62	92	81	79	PFOS (ng/L)	54	83	71	70	PFOA (ng/L)	8	9	10	9
	項目	井戸原水	井戸原水(再)	装置出口	末端																
PFOS/PFOA (ng/L)	62	92	81	79																	
PFOS (ng/L)	54	83	71	70																	
PFOA (ng/L)	8	9	10	9																	
<p>検証の対応</p> <p>このため、令和 6 年 10 月にヤシ殻系活性炭から木質系活性炭に交換後、井戸原水及び処理水(装置出口)で PFOS/PFOA を分析した。</p> <table border="1" data-bbox="486 1590 1252 1758"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>井戸原水</th> <th>装置出口</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>106</td> <td>5 未満</td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>98</td> <td>2 未満</td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>8</td> <td>2 未満</td> </tr> </tbody> </table> <p>*木質系活性炭</p>	項目	井戸原水	装置出口	PFOS/PFOA (ng/L)	106	5 未満	PFOS (ng/L)	98	2 未満	PFOA (ng/L)	8	2 未満									
項目	井戸原水	装置出口																			
PFOS/PFOA (ng/L)	106	5 未満																			
PFOS (ng/L)	98	2 未満																			
PFOA (ng/L)	8	2 未満																			

<p>検証の対応</p>	<p>自社検証のため、毎月処理水の PFAS を分析、2ヶ月毎に井戸原水の PFAS の検査を実施し、性能評価、ライフを確認した。</p> <p>活性炭交換 344 日後までの PFOS/PFOA、PFOS、PFOA の水質検査結果、累積処理水量、累積 PFAS 処理量及び活性炭 1g 当たりの PFAS 吸着量を下表に示す。</p> <table border="1" data-bbox="496 439 1323 1809"> <thead> <tr> <th rowspan="3">項目</th> <th colspan="2">2024 年 10 月 31 日</th> <th colspan="2">2024 年 12 月 12 日</th> </tr> <tr> <th colspan="2">(交換 2 日後)</th> <th colspan="2">(交換 44 日後)</th> </tr> <tr> <th>原水</th> <th>処理水</th> <th>原水</th> <th>処理水</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>110</td> <td>5 未満</td> <td>100</td> <td>5 未満</td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>98</td> <td>2 未満</td> <td>98</td> <td>2 未満</td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>8</td> <td>2 未満</td> <td>6</td> <td>2 未満</td> </tr> <tr> <th rowspan="3">項目</th> <th colspan="2">2025 年 2 月 12 日</th> <th colspan="2">2025 年 4 月 9 日</th> </tr> <tr> <th colspan="2">(交換 106 日後)</th> <th colspan="2">(交換 162 日後)</th> </tr> <tr> <th>原水</th> <th>末端水</th> <th>原水</th> <th>処理水</th> </tr> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>83</td> <td>5 未満</td> <td>75</td> <td>5 未満</td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>78</td> <td>2 未満</td> <td>68</td> <td>2 未満</td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>6</td> <td>2 未満</td> <td>8</td> <td>2 未満</td> </tr> <tr> <th rowspan="3">項目</th> <th colspan="2">2025 年 6 月 10 日</th> <th colspan="2">2025 年 8 月 13 日</th> </tr> <tr> <th colspan="2">(交換 224 日後)</th> <th colspan="2">(交換 288 日後)</th> </tr> <tr> <th>原水</th> <th>末端水</th> <th>原水</th> <th>処理水</th> </tr> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>91</td> <td>5 未満</td> <td>110</td> <td>5 未満</td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>82</td> <td>2 未満</td> <td>97</td> <td>2 未満</td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>9</td> <td>2 未満</td> <td>9</td> <td>3</td> </tr> <tr> <th rowspan="3">項目</th> <th colspan="2">2025 年 10 月 8 日</th> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">(交換 344 日後)</th> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>原水</th> <th>処理水</th> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFOS/PFOA (ng/L)</td> <td>87</td> <td>5 未満</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFOS (ng/L)</td> <td>79</td> <td>2 未満</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFOA (ng/L)</td> <td>8</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>累計処理水量 (m³)</td> <td colspan="2">38,000</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>累計 PFAS 処理量 (mg)</td> <td colspan="2">3,200</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>累計 PFOS 処理量 (mg)</td> <td colspan="2">2,900</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>累計 PFOA 処理量 (mg)</td> <td colspan="2">260</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFAS 吸着量 (ng/g-AC)</td> <td colspan="2">10,600</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFOS 吸着量 (ng/g-AC)</td> <td colspan="2">9,700</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PFOA 吸着量 (ng/g-AC)</td> <td colspan="2">860</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項目	2024 年 10 月 31 日		2024 年 12 月 12 日		(交換 2 日後)		(交換 44 日後)		原水	処理水	原水	処理水	PFOS/PFOA (ng/L)	110	5 未満	100	5 未満	PFOS (ng/L)	98	2 未満	98	2 未満	PFOA (ng/L)	8	2 未満	6	2 未満	項目	2025 年 2 月 12 日		2025 年 4 月 9 日		(交換 106 日後)		(交換 162 日後)		原水	末端水	原水	処理水	PFOS/PFOA (ng/L)	83	5 未満	75	5 未満	PFOS (ng/L)	78	2 未満	68	2 未満	PFOA (ng/L)	6	2 未満	8	2 未満	項目	2025 年 6 月 10 日		2025 年 8 月 13 日		(交換 224 日後)		(交換 288 日後)		原水	末端水	原水	処理水	PFOS/PFOA (ng/L)	91	5 未満	110	5 未満	PFOS (ng/L)	82	2 未満	97	2 未満	PFOA (ng/L)	9	2 未満	9	3	項目	2025 年 10 月 8 日				(交換 344 日後)				原水	処理水			PFOS/PFOA (ng/L)	87	5 未満			PFOS (ng/L)	79	2 未満			PFOA (ng/L)	8	4			累計処理水量 (m ³)	38,000				累計 PFAS 処理量 (mg)	3,200				累計 PFOS 処理量 (mg)	2,900				累計 PFOA 処理量 (mg)	260				PFAS 吸着量 (ng/g-AC)	10,600				PFOS 吸着量 (ng/g-AC)	9,700				PFOA 吸着量 (ng/g-AC)	860			
項目	2024 年 10 月 31 日		2024 年 12 月 12 日																																																																																																																																																	
	(交換 2 日後)		(交換 44 日後)																																																																																																																																																	
	原水	処理水	原水	処理水																																																																																																																																																
PFOS/PFOA (ng/L)	110	5 未満	100	5 未満																																																																																																																																																
PFOS (ng/L)	98	2 未満	98	2 未満																																																																																																																																																
PFOA (ng/L)	8	2 未満	6	2 未満																																																																																																																																																
項目	2025 年 2 月 12 日		2025 年 4 月 9 日																																																																																																																																																	
	(交換 106 日後)		(交換 162 日後)																																																																																																																																																	
	原水	末端水	原水	処理水																																																																																																																																																
PFOS/PFOA (ng/L)	83	5 未満	75	5 未満																																																																																																																																																
PFOS (ng/L)	78	2 未満	68	2 未満																																																																																																																																																
PFOA (ng/L)	6	2 未満	8	2 未満																																																																																																																																																
項目	2025 年 6 月 10 日		2025 年 8 月 13 日																																																																																																																																																	
	(交換 224 日後)		(交換 288 日後)																																																																																																																																																	
	原水	末端水	原水	処理水																																																																																																																																																
PFOS/PFOA (ng/L)	91	5 未満	110	5 未満																																																																																																																																																
PFOS (ng/L)	82	2 未満	97	2 未満																																																																																																																																																
PFOA (ng/L)	9	2 未満	9	3																																																																																																																																																
項目	2025 年 10 月 8 日																																																																																																																																																			
	(交換 344 日後)																																																																																																																																																			
	原水	処理水																																																																																																																																																		
PFOS/PFOA (ng/L)	87	5 未満																																																																																																																																																		
PFOS (ng/L)	79	2 未満																																																																																																																																																		
PFOA (ng/L)	8	4																																																																																																																																																		
累計処理水量 (m ³)	38,000																																																																																																																																																			
累計 PFAS 処理量 (mg)	3,200																																																																																																																																																			
累計 PFOS 処理量 (mg)	2,900																																																																																																																																																			
累計 PFOA 処理量 (mg)	260																																																																																																																																																			
PFAS 吸着量 (ng/g-AC)	10,600																																																																																																																																																			
PFOS 吸着量 (ng/g-AC)	9,700																																																																																																																																																			
PFOA 吸着量 (ng/g-AC)	860																																																																																																																																																			
<p>今後の対策</p>	<p>今後も引き続き、毎月処理水の PFOS/PFOA の分析、2ヶ月毎に井戸原水の PFOS/PFOA の分析を行い、活性炭の性能と寿命を確認する。</p>																																																																																																																																																			

事例⑥ 関東地区 地下水利用工場

地下水用途	洗浄用水	業種	製造業
水源区分	地下水		
浄水処理方法	井戸原水 ⇒ トリクロロエチレン除去装置 ⇒ 井水槽		
概要	<p>地下水を製品出荷用パレット等の洗浄用に利用中。 原水中のトリクロロエチレンが基準値を超過しているため、有機塩素化合物除去装置のみ設置。 2024年、原水中のPFASを分析したところPFOS/PFOA合算値で50ng/Lを検出。専用水道には該当していないものの、PFAS除去に着手。</p> <p>【既存設備】</p>  <p>地下水供給量：300m3/日 処理能力：50n3/hr</p> <p>【対策後】</p>  <p>PFASを安定的に除去するため、活性炭（石炭系）を直列2段式で設置。 活性炭2段目出口で定期的な水質分析を行い、任意の設定値を超過した段階で、処理フローを①→②から②→①へと変更する。 以降この繰り返しにより、安定的な除去を行う。</p>		

事例⑦ 千葉県 地下水利用（工場）

事業体区分	専用水道非該当の地下水利用	業種	工場
水源種別	深井戸		
浄水処理方法	原水⇒次亜塩素酸ナトリウム⇒浄水		
	<p>【水道施設の概要】</p> <p>工場の洗浄水として1980年から地下水を利用している施設。 地下水給水量：35m³/日</p> <p>以前より硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素が検出されていたが、近年PFASの水質分析を行ったところ、暫定目標値（50ng/L）を超過する濃度で検出されたため、除去対策の検討に着手。</p> <p>従来、原水の処理は次亜塩素酸ナトリウムのみ。</p> <p>■原水水質</p> <ul style="list-style-type: none"> ・PFAS:160ng/L ・硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素：18mg/L ・カルシウム・マグネシウム等：96mg/L <p>【対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素とPFASを除去するため、活性炭とイオン交換樹脂の直列2塔方式で処理。 ・イオン交換樹脂 再生排水からの排出される濃縮PFASを考慮し、前段で活性炭によってPFASを低減させた後に、イオン交換処理にて硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素を除去する方式とした。 		

事例⑧ 埼玉県 専用水道（老人福祉施設）

事業体区分	専用水道	業種	老人福祉施設
水源種別	深井戸		
浄水処理方法	原水⇒次亜塩素酸ナトリウム⇒イオン交換樹脂⇒UF膜		
概要	<p>【水道施設の概要】</p> <pre> graph TD A[地上式井戸ポンプ] --> B[亜硝酸態窒素除去装置] B --> C[原水槽] D[次亜塩素素 3%] --> C C --> E[限外濾過膜UF膜] E --> F[井水処理水槽] G[次亜塩素素 3%] --> F H[残塩濃度計] --> F F --> I[受水槽] I --> J[給水末端へ] </pre> <p>給水量 日量40m³～50m³ 原水 硝酸態窒素および亜硝酸態窒素が10mg/lを超えて飲料不適。 それ以外は鉄・マンガンも基準値内。 イオン交換にて基準値内に抑えて、後段でUF膜濾過。 1日1回 塩水にて樹脂の再生を行っている。 なお、こちらの施設は市水の引込がなく、希釈法が取れない。</p>		

【検出状況】

川越市 不老川周辺。河川水および周辺井戸からPFAS検出と周知あり。
こちらでも原水分析したところ、原水より56ng/l 検出。
処理水を翌月分析したところ基準値内に低減出来ている。

(ng/l)

	井戸原水	樹脂塔出口	再生排水
PFOS/PFOA	56	12	112

イオン交換樹脂 運用4年経過

【検証的対応】

本来亜硝酸の除去のために導入した樹脂により、PFASも吸着できている。
また、再生工程中の排水に原水の倍量のPFASを検出。
原水逆洗のため 原水に含まれる物と、樹脂から排出されたものと考えたと
符号的に丁度の数字となった。
次は樹脂塔の再生スパンの検討のため、現行サイクルでの再生直前での
処理水の採水を予定

【今後の対応】

PFAS除去としてのイオン交換樹脂の交換サイクルについて、知見蒐集。
亜硝酸対窒素除去能との相関の確認。

PFAS 処理技術関連製品・サービスの紹介

(開発中の技術もありますので、個別にお問い合わせください)

① 株式会社流機エンジニアリング

高精度吸着式水処理装置

ECO Clean LFP

Liquid・Filter・Powder

フィルターと機能性粉体の融合
全く新しい水処理技術



特許取得済

機能性粉体の能力を最大化し、様々な溶存物質を効率的に除去します。

ECOクリーンLFPは、機能性粉体を独自のブリーツ型フィルターに添着し、溶存物質を吸着除去する水処理装置です。液体から溶存物質を分離・固体化し、廃棄物量・コストを大幅に削減します。

処理実績(一例)※

処理可能な物質例

PFAS、BOD・COD・TOC、
チッ素、リン等の有機物
有機溶剤、色度、臭気、VOCsなど



蛍光浸透探傷液 (COD)

濃度 1,300ppm → 10ppm以下

畜産排水 (COD)

濃度 3,640mg/L → 11.9mg/L



PFOA

濃度 102,752ng/L → 2.5ng/L

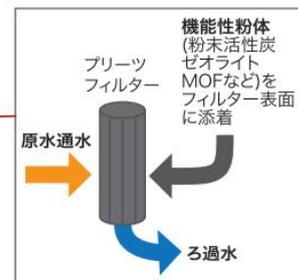
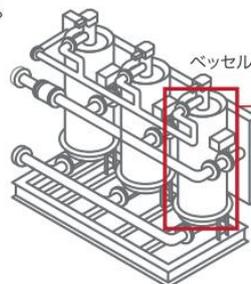
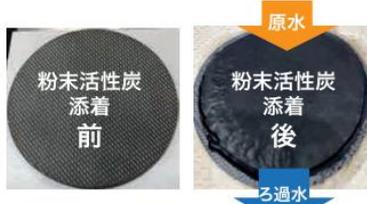
※処理量や水質により異なります

工場用水・洗浄水の循環再利用、地下水浄化、排水リサイクル、畜産排水処理

など、幅広い用途で活躍します

ECOクリーンLFPの構造

フィルター表面に機能性粉体を、厚さ1mm程度の薄い層状に添着させ、原水を機能性粉体でろ過することで、水を浄化します。



株式会社流機エンジニアリング

ECOクリーンLFPの特長

高い吸着能力



機能性粉体を最大限効果的に生かす独自技術により、高い吸着能力を実現

完全オートメーション



活性炭添着、ろ過吸着、活性炭の洗浄剥離、再添着まで全自動

低環境負荷



・省廃棄物、低CO2排出量
・炭素、チッ素、リンは再資源化可能

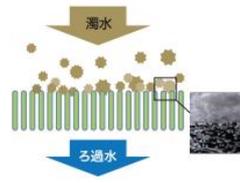
当社独自のフィルター技術

・高澄清なのに省スペース



・ろ過精度は $0.15\mu\text{m}\times 99.95\%$
・設置面積は従来の凝集沈殿設備に比べ1/10

・表面ろ過方式



ろ材表面で粒子を捕集するため目詰まりしにくく、連続運転可能

Point

フィルター交換不要！
自動洗浄し、繰り返し使用可能

ろ過能力が低下すると機能性粉体のみを自動で入れ替え。フィルターは使い捨てでなく、自動洗浄して繰り返し使用できます。

コストや交換手間を大幅に削減！！



システムフロー 水質・処理量に応じて、最適な処理方法を提案いたします

添着LFP方式



サンプルテスト実施中

当社では利用目的に合わせたソリューション提案を行っています。お気軽にお問い合わせください。



攪拌LFP方式

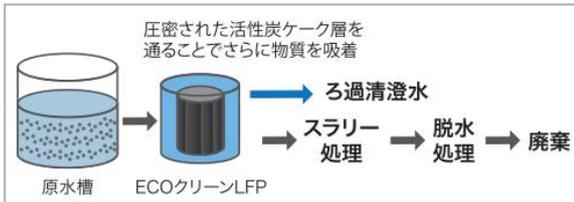
step1 原液と粉末活性炭を攪拌



step2 処理液を循環させる



step3 活性炭添着したフィルターに処理液を通過



株式会社流機エンジニアリング
〒108-0073 東京都港区三田3-4-2
TEL:03-3452-7400
mail:hp_info@ryuki.com



webサイトでも
製品情報をご覧いただけます
<https://www.ryuki.com>

② ウシオ電機株式会社

USHIO 未来は光でおもしろくなる



ライフサイエンス 温暖化対策 自然環境問題

PFAS 分解技術

世界初! 光+ラジカル+電子の組み合わせで短鎖PFAS も分解

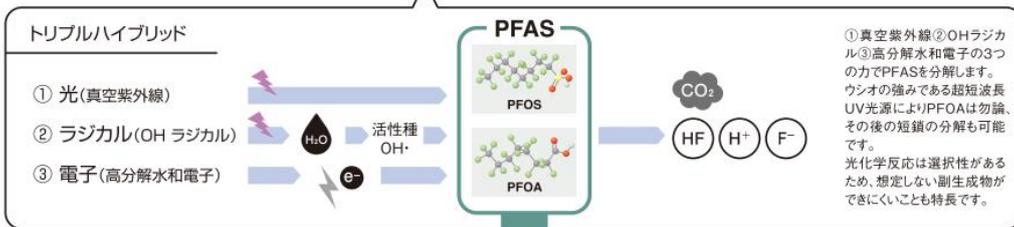
ウシオは、創業以来培ってきた真空紫外線技術を応用して、PFASを分解・無害化できる技術を開発しました。波長172nmの紫外線を発するエキシマランプを用いた光の力に、OHラジカル、水和電子を加えた3つの力でPFOA、PFOSを分解した結果、mg/L レベルといった多量のPFOA、PFOSであっても一定時間で99%を分解できることを確認しています。

- 常温常圧
- 触媒不要
- 添加物不要

分解プロセス

PFASを含む水溶液をウシオ独自の光リアクタを通して、PFASを分解、短鎖まで分解することができます。エキシマランプの活用に加え、ランプの寿命のための防護、不用意な物質の析出対策や電子供給が有利となる工夫を施したリアクタです。

ウシオリアクタ Ushio PFAS Decomposition Reactor (UPDR)



■ 分解プロセスイメージ

PFOAからCF2を順次除去し、短鎖PFASに変化して分解していきます。

PFOA → PFHxA → PFBA

PFOSの場合は光によりPFOAに変化し、PFOA同様に分解できます。

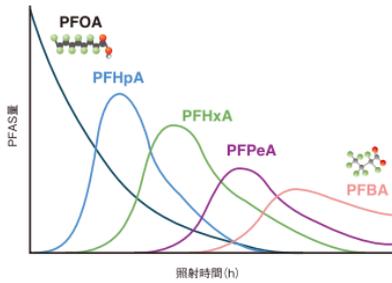
■ PFOA、PFOS分解の実験結果

実験でもPFOA、PFOSを一定条件で99%分解

LC-MSIによる測定 ※イメージ

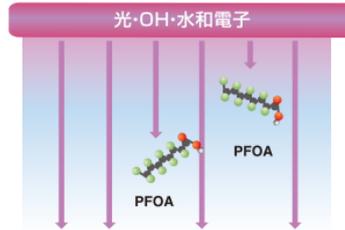
短鎖の分解も可能

ウシオの光は短鎖PFASの光吸収があるため、短鎖PFASが分解できる事を確認しています。長鎖から短鎖になり、PFBAなどの短鎖PFASをも分解します。



PFOA濃縮による分解効率の向上

光の有効利用のために、PFOAの濃縮技術との組み合わせにより、さらに高い分解効率を実現します。高濃度PFOA含有液においても高い分解効率を確認しています。そのため濃縮技術が重要になります。

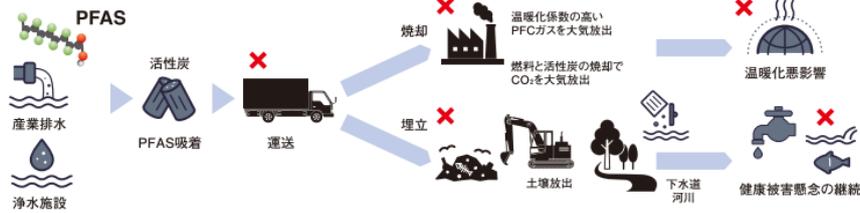


なぜ分解・無害化が必要か…自然界での循環をSTOP!

PFASを無害化させることにより、自然界での悪循環を食い止めます。完全に無害化させるためには無機化まで行うことが望まれます。PFASが分解された後は、フッ化カルシウムとしての再利用も期待されています。

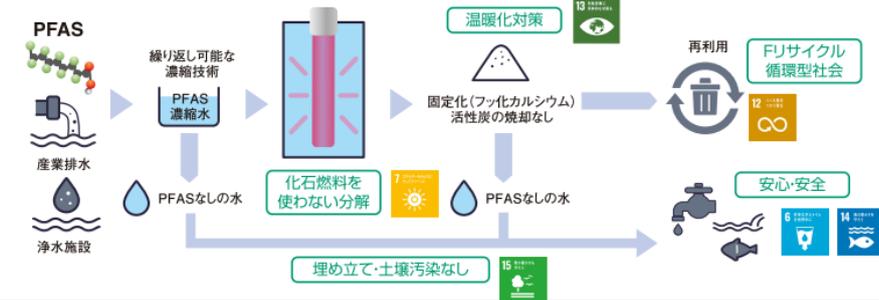
現在のPFAS処理

健康の安心安全と温暖化対策の課題が残存



ウシオのPFAS 処理の新提案

「運送レスでオンサイトで無機化」までを実現、健康への安心安全に加えて、燃焼を行わずに最低限のCO₂の放出に留め、地球温暖化も同時に解決し、循環型社会に貢献を目指します。



ウシオ電機は、共に課題を解決するパートナーを募集しています。

事業化やエンジニアリングやPFAS排出でお困りの企業団体様や濃縮技術、実証試験など、幅広くパートナーシップを求めています。お気軽にお声がけください。

USHIO ウシオ電機株式会社

研究開発部門 新事業開発部 環境対策技術プロジェクト Tel.03-5657-1036



「触媒や添加物を使用せず光を用いてPFAS（有機フッ素化合物）を分解・無害化できる技術を開発」
プレスリリース

2503U②-50P①

③ 株式会社クラレ

kuraray

PFAS処理対策でお困りの方、必見！ 活性炭〈FILTRASORB®〉

Activated carbon FILTRASORB™ for PFAS removal

- PFAS処理対策を考える上で、数ある活性炭製品からより効果的なものを選びたい…
- 日本国内外での実績も踏まえて安心して使用したい…
- PFAS以外の有機物も併せて除去したい…

活性炭〈FILTRASORB®〉なら解決できます！

3つの理由

1

比較試験に基づく、
確かな吸着性能！



2

米国での活性炭導入実績は
25年以上！
日本国内でも導入実績拡大中！



3

ラボスケール評価結果から
設備規模と耐用年数を予測可能！



PFAS処理対策はクラレにおまかせください！

詳しくは『クラレ 活性炭 PFAS』で検索(以下URL)からお問合せください。
go.kuraray.com/PFAS_corporateHP

④ ルミライト・ジャパン株式会社

天然鉱物を利用して開発したPFAS吸着剤 “ルミライトα”



天然鉱物に特殊技術で加工開発した『ルミライトα』を紹介します

PFAS 吸着能力に優れ、水質及び土壌のPFAS浄化等に効果が発揮できます。
「ルミライトα」は、弊社の特殊技術で、有機物を表面コーティング、プラズマによる電荷付与を行った製品です。また「ルミライトα」は高温処理によりPFASを脱着させることが可能です。用途に応じてパウダー状のものからチップ状、そしてブロック状に成型加工が可能です。

PFAS吸着剤としての“ルミライトα”の商品特長

- ◆『ルミライトα』チップによる飲料水中のPFAS吸着除去
- ◆『ルミライトα』チップ、パウダーを用いた土壌中のPFAS吸着除去
- ◆『ルミライトα』ブロックを河床に設置した河川水中のPFAS吸着除去
- ◆加熱によりPFASを脱着させて、『ルミライトα』の再生利用が可能
(実用性を検討中)



ルミライトαパウダー状



ルミライトαチップ状

特許出願中 特願2024-196193

天然鉱物を利用して開発したPFAS吸着剤 “ルミライトα”



「ルミライトα」の除去性能

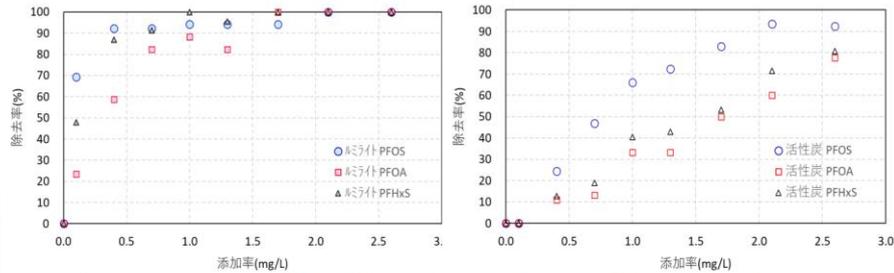


図 環境水を用いた添加実験結果(左:ルミライト添加, 右:活性炭添加)

PFAS除去実験及び分析は、株式会社総合水研究所で実施

PFAS数十ng/Lを含む環境水を5日間スターラーで攪拌後のPFOS、PFOA、PFHxS濃度を測定しました。ルミライトは0.5mg/Lの添加率でもかなりの除去率が認められるとともに、どの添加率においてもルミライトは活性炭より除去率が上回り、除去効果が優れていることが確認されました。

ルミライト技術とは

「ルミライト」は天然鉱石に由来する水環境改善材です。汚染発生現場の汚染水を原因別に処理し、長期間に渡り維持、改善をすることで、生態系を還元させる環境浄化技術です。湖沼、河川、溜池等では、即効性のある水質改善と富栄養化の原因となる窒素、リンを抑制、コントロールします。

「ルミライト」は現場の状況に合わせて、パウダー状、チップ状そしてブロック状を使用します。



「ルミライト」の主成分

成分	名称	重量比(wt.%)
SiO ₂	二酸化珪素	74~76 %
Al ₂ O ₃	酸化アルミニウム	12~15 %
K ₂ O	酸化カリウム	1.5~2.5 %
Na ₂ O	酸化ナトリウム	0.5~2.0 %
CaO	酸化カルシウム	3.5~5.0 %
MgO	酸化マグネシウム	1.0~1.5 %
Fe ₂ O ₃	酸化第二鉄	1.0~2.0 %
CEC	陽イオン置換能力	200~300 (meq/100g)



パウダー状



チップ状



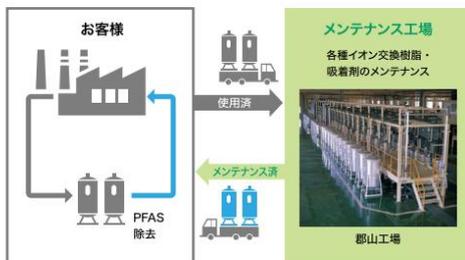
ブロック状

⑤ 新日本電工株式会社

Technologies for reducing concentrations of PFAS

PFAS吸着装置

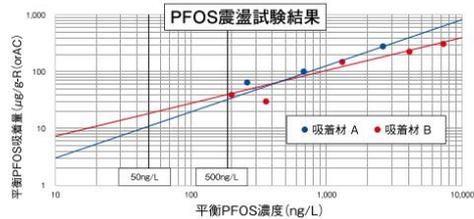
PFAS除去装置のフロー



有機フッ素化合物 (PFAS) とは

有機フッ素化合物のうち、ペルフルオロアルキル化合物及びポリフルオロアルキル化合物を総称して「PFAS」と呼び、1万種類以上の物質があるとされています。PFASの中でも、PFOS(ペルフルオロオクタンスルホン酸)、PFOA(ペルフルオロオクタン酸)は、幅広い用途で使用されてきました。これらの物質は、難分解性、高蓄積性、長距離移動性という性質があるため、国内で規制やリスク管理に関する取り組みが進められています。

処理水水質例



型式と性能

型式	CR40	CR150	CR350	CR550	CR700
標準流量	≦0.5m ³ /h	≦2m ³ /h	≦4m ³ /h	≦4m ³ /h	≦10m ³ /h
外形寸法(mm)	φ360×947	□600×1,410~1,450	□800×1,745~1,765	□900×2,055~2,270	□900×2,309

※PFASの吸着能力については、原水のPFAS濃度によって変動いたします。ご検討時に開示いたします。

製品導入までのフロー

お打ち合わせ
現場確認

実機試験

試験報告・
コスト計算

取り合い
確認

運用
開始

新日本電工株式会社

NIPPON DENKO Co.,Ltd.

⑥ アドバンテック東洋株式会社

井水、水道水、工業用水をご利用中のお客様へ

ADVANTEC®

PFAS 除去用カートリッジフィルター

PFAS除去の新提案 水の安全性を高めます

主な 特長

- PFAS 除去に**特長をもつ活性炭**を採用。▶▶▶ **高密度の充填量**でロングライフを実現。
- 銀イオンを添着。▶▶▶ **雑菌の繁殖を抑え、衛生的なフィルターの運用**が可能です。
- 新採用の成形方法で**粉末吸着材のような使用済み汚泥や粉塵がほとんど出ません**。
- 10、20、30 インチをご用意。▶▶▶ **設置場所にあわせた無駄のない処理量**を選択できます。
- 食品、添加物等の規格基準に適合（昭和 34 年厚生労働省告示第 370 号）。
- 食品衛生法、食品用器具、容器包装のポジティブリスト制度に適合。

PFOA・PFOS の濾過量

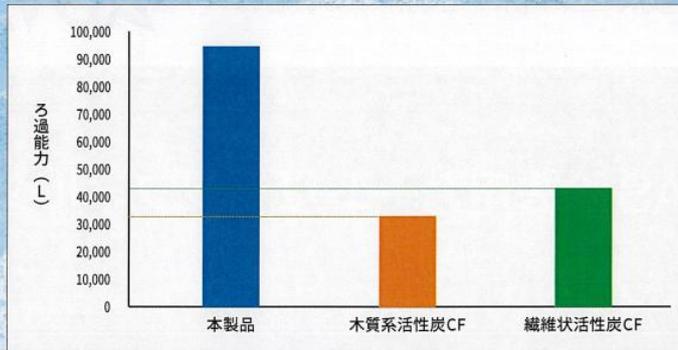
8ℓ/min 流量で

80,000 ℓ を突破！



主要活性炭粉の性能比較

PFAS吸着除去能力



上記能力は活性炭素材でのバッチ試験結果及びフィルター重量から算出した机上計算値ですので、性能を保証するものではありません。

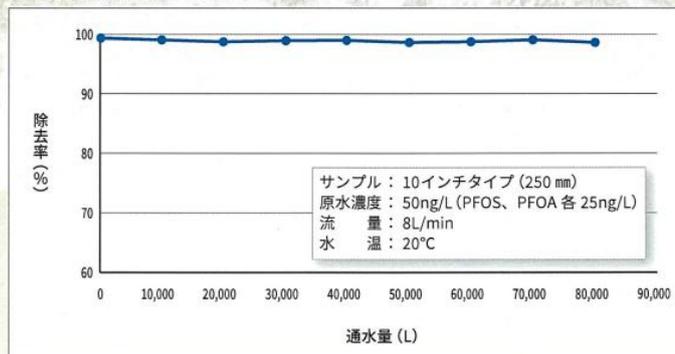
PFASの汚染でお困りの水源で、すでに採用されております。

PFAS 濃度 300ng/L → 0.1ng/L 以下の飲料水へ浄化。

確かな実績を持つ製品です。

PFOS/PFOA 除去性能

JWPAS試験に準拠した評価試験結果



試験結果の一例であり、値や性能を保証するものではありません。

原水の状態に左右されるフィルター性能を、当社のフィルトレーション技術で補完。フィルターを導入、運用、アフターフォローまでサポートします。

お問い合わせ

販売元 **アドバンテック東洋株式会社**

ADVANTEC®

営業所 札幌・仙台・横浜・宇都宮・大宮・千葉・柏・東京・西東京・横浜・新潟・富山・静岡・名古屋・京都・大阪・神戸・岡山・広島・徳山・高松・北九州・福岡・大分

出所 静岡

製造元 **東洋濾紙株式会社**

URL <https://www.ADVANTEC.co.jp/>

●製品は、予告なく仕様変更される場合があります。
 ●ADVANTECは、東洋濾紙株式会社とそのグループ会社の日本およびその他の国における登録商標または商標です。

121-T-18-24080

地下水利用者のための PFAS 対策ガイドライン（第一版）

発行 2026年2月

地下水適正管理協議会

PFAS 部会

部会長 ゼオライ株式会社 佐藤悦夫

一般財団法人造水促進センター

いであ株式会社

株式会社クレハ環境

ゼオライト株式会社

澤田技術士事務所

株式会社タクロウ管理工業

株式会社トーホー

三浦工業株式会社

株式会社 MIZUKEN

株式会社流機エンジニアリング

