

 <p><b>JWRC</b> <b>水道ホットニュース</b></p>	<p>(公財)水道技術研究センター 〒112-0004 東京都文京区後楽 2-3-28 K. I. S 飯田橋ビル 7F TEL 03-5805-0264, FAX 03-5805-0265 E-mail <a href="mailto:jwrchot@jwrc-net.or.jp">jwrchot@jwrc-net.or.jp</a> URL <a href="https://www.jwrc-net.or.jp">https://www.jwrc-net.or.jp</a></p>
--	---

## PFAS の破壊及び処分に関する暫定ガイダンス — 第2版 (2024年) —

パブリックコメント用暫定ガイダンス、2024年4月8日

### 米国環境保護庁 (その2)

(注) 以下は、「PFAS の破壊及び処分に関する暫定ガイダンス—第2版 (2024年) —」のうち「2. PFAS 含有物質の説明- 2020 会計年度国防権限法で特定された物質」の目次の詳細である。そこで、ここでは、浄水処理に関する部分を紹介することとする。

(参考)

PFAS の破壊及び処分に関する暫定ガイダンス—第2版 (2024年) —

#### 目次

- 2. PFAS 含有物質の説明- 2020 会計年度国防権限法で特定された物質
  - 2.a PFAS を製造又は使用する施設からの PFAS を含む固形、液体又は気体の廃棄物の流れ
    - 2.a.i 固形廃棄物
    - 2.a.ii 液体廃棄物
    - 2.a.iii 気体廃棄物
  - 2.b 水性フィルム形成フォーム
  - 2.c 土壌及び下水汚泥
  - 2.d PFAS で処理された繊維製品 (消費財を除く。)
  - 2.e 使用済み水処理材料
    - 2.e.i 活性炭
    - 2.e.ii イオン交換樹脂
    - 2.e.iii 高圧膜 (逆浸透及びナノろ過)
    - 2.e.iv 浄水処理を行う水道事業者の規制上の考慮事項
  - 2.f PFAS を含む埋立浸出水
  - 2.g 要約
  - 2.h 参考文献

## 2.e 使用済み水処理材料

EPAは2023年3月、最終決定され公布されれば、その遵守が義務付けられることとなる6種類のFASに関する第一種飲料水規則(NPDWR)の規制案を公表した。さらに12の州が水道水中の様々なPFASの存在濃度を規制する基準を設定している。EPAは、NPDWRを遵守するために水道水中のPFASを処理する「利用可能な最善の技術」を特定しているが、これらの技術は残留物を生成する。2024年暫定ガイダンスでは、環境汚染を最小限に抑えながらこれらの残留物を管理するために利用可能な選択肢を詳述している。2024年暫定ガイダンスでは、実行可能な範囲で環境暴露と放出を最小限に抑えながら、これら残留物を管理するために利用可能な選択肢について詳細に説明されている。EPAは、水道システムがPFASを水道水から除去する際に発生するPFAS残留物を管理するための複数の手法があることを注記している。2023年12月現在、PFASの処分に関する特定の連邦規制要件はなく、処理残留物におけるPFASの存在は連邦の追加要件を課すものではないが、規制の対象となる可能性がある。EPAのPFAS対策は、ウェブページ「PFAS対策に関するEPAの主な取り組み」で更新されている。

凝集、フロック形成、沈殿、消毒及びろ過などの従来の浄水処理方法では、原水に含まれるPFASは除去できない。したがって、砂塵、使用済み膜、フィルターエレメントなど、これらの処理方法からの残留物は、高濃度のPFASを含む可能性は少ない。

水道水源及び地下水からPFASを除去するための新規技術が開発されているが、現在有効であることが知られている処理は、活性炭、陰イオン交換樹脂、そして、高圧膜（逆浸透[RO]及びナノろ過[NF]）である（U.S. EPA, 2022b, 2022c）。本章では、これら3つのプロセス（処理及び処分に関する考察については第3章、費用及び考慮事項については付録D、更なる新規の処理に関する研究ニーズについては第5章を参照）及び浄水処理を行う事業体に対する規制上の考慮事項について考察する。

表2-4は、浄水処理プロセスによる主な残留物の流れを、これらの残留物の再活性化、破壊及び処分の選択肢とともに示している。

表2-4 PFASを含む浄水処理残留物の破壊及び処分の選択肢

処理プロセス	発生残留物	破壊/処分の選択肢	参照章
粒状活性炭（GAC）	使用済み粒状活性炭	再活性化	3.a.i.2
		焼却	3.a
		埋立	3.b
粉末活性炭（PAC）	使用済み粉末活性炭	焼却	3.a
		埋立	3.b
イオン交換	単回使用及び再生イオン交換：使用済み樹脂	焼却	3.a
		埋立	3.b
	再生濃縮水（再生ブライン）	中間貯蔵	1.c
		地下注入	3.c.ii.1
逆浸透/ナノろ過	濃縮水	許可された直接的又は間接的な排出	本ガイダンスでは記載なし。

表2-4で取り上げている対策は、階層的な順序ではなく、サイト固有の条件に基づいて選択すべきである。表2-4に示されている対策は、意図しないPFASの環境中への放出を低減及び/又は抑制するのに役立つであろう。

## 2.e.i 活性炭

活性炭（セクション 3.a.i で詳述）は、石炭や木材などの炭素を多く含む原料から製造され、汚染物質をろ過して水や空気を処理するために使用される（U.S. EPA, 2012 年）。活性炭は、PAC 又は GAC の形態で使用される。PAC 処理では、炭素を粉末状にして処理水に添加し、水が通過する際に水中の化学物質が PAC に吸着し、通常 PAC も一緒に運ばれる。GAC 処理では、水中の化学物質が、水が通過する際に槽内の GAC の小片に吸着する。

PAC の適用により水から PFAS がある程度除去されるが、除去される PFAS の量は多くの要因に左右される。PAC 処理の場合、残留物は、凝集剤、凝集助剤（使用されている場合）、天然微粒子及び捕捉された有機炭素に加えて PFAS を含んだ PAC を含有する沈殿汚泥又はろ過池の逆洗固形物である。（Dudley et al.）処理に影響する多くの条件を考慮すると、PAC 残留物の PFAS 重量パーセントは何桁も変化するが、以下で取り上げたように、GAC 処理と同じ範囲になるであろう。

GAC については、使用済み媒体の PFAS 濃度の範囲はいくつかの方法で推定することができる（Crone ら、2019 ; U.S.EPA、2020d）。（高性能の GAC、吸着性の高い PFAS、少ない競合汚染物質、低有機物濃度、処理対象水の PFAS が高濃度として、）PFAS の GAC への高めの負荷は、2 重量パーセントのオーダーである（例えば、GAC1 グラム当たり 0.02 グラムの PFOS）。より一般的な処理シナリオの場合、またはより吸着性が低い PFAS（すなわち、短鎖 PFAS）の場合、PFAS の重量パーセントは桁外れに低くなるであろう（GAC1 グラム当たり約  $1 \times 10^{-5}$  グラムの PFAS）。

GAC は再活性化し、再利用することができる（GAC の再活性化に関する議論については第 3.a.i.2 章を参照）。GAC が埋立処分される場合、GAC が低 PFAS 又は PFAS を置換することができるより吸着性の強い成分を含む水流と接触した場合、PFAS は GAC から埋立浸出水に脱離する可能性がある。脱離は、液相と固相の間の非平衡のために起こり、吸着が発熱反応である汚染物質にとって好ましくない状態である高温条件で加速するであろう。したがって、使用済み GAC の影響を受けた埋立浸出水中の PFAS 濃度は、条件によって大きく異なるであろう。

通常、深層 GAC は、水中の微粒子が GAC システムの前に除去されるため、逆洗を必要としないが、微粒子が GAC に堆積し、逆洗を必要とするヘッドロスが生じる場合がある。その場合、逆洗水には PFAS 泡が含まれている可能性があり、管理が必要になることがある。

## 2.e.ii イオン交換樹脂

GAC のように、イオン交換樹脂は固定床式吸着装置で利用される。同様に、この処理からの残留流は使用済み媒体であるが、イオン交換樹脂は GAC のように熱的に再活性化することはできない。いくつかの要因から、市場は、使用済み樹脂の最終処分として焼却を伴う陰イオン交換樹脂処理用の単一使用媒体へと移行しつつある。

最終的な PFAS の樹脂への負荷は大きく異なる。（PFAS 選択性樹脂、少ない競合成分、よく吸着することが知られている PFAS を用いて計算して、）高めに見積もって、吸着性の高い PFAS の場合、10 重量パーセントのオーダーになると予想される。（例えば、樹脂 1 グラム当たり 0.1 グラムの PFOS）。

GAC よりも高い重量パーセントは、PFAS 選択的樹脂の高い能力によるものである。GAC のように、より吸着性の低い PFAS（すなわち、短鎖 PFAS）のより一般的な PFAS のシナリオでは、PFAS の平均重量パーセントははるかに低くなるであろう。

単回使用の樹脂が使用されると仮定すると、焼却よりも埋め立ての方が安価になる可能性がある。

樹脂を埋め立てた場合、樹脂が水流と接触し、その対イオンが PFAS を置換することができれば、PFAS は樹脂から脱離する可能性がある。その結果生じる浸出水中の濃度は、条件によって大きく異なる。まれに、イオン交換樹脂をブラインで再生することが適切な場合もあるが、最新の科学では、無機交換イオンとともにアルコール溶媒が必要であることが示されている。これは、特に浄水施設で本格的に行うのは難しい。この方法で行った場合、得られる再生ブラインには高濃度の PFAS が含まれるため、適切に処分する必要がある。まれに、この再生ブラインをすぐに処分できる選択肢がなく、中間貯蔵が適切な場合もある。中間貯蔵を選択する前に、日常的な量の廃棄物を発生させると、時間とともに積み重なり、当初想定していたよりも貯蔵が困難になる可能性があることを考慮することが重要である。そうでなければ、再生ブラインは他の高濃度液体 PFAS 廃棄物と同様に扱われるかもしれない。

通常、水中の微粒子は樹脂システムより先に除去されるため、樹脂床は逆洗を必要としないが、微粒子が樹脂に堆積し、逆洗を必要とするヘッドロスが生じる場合がある。その場合、逆洗水には PFAS 泡が含まれている可能性があり、これを管理する必要がある。

### 2.e.iii 高圧膜（逆浸透及びナノろ過）

高圧膜は、水から多くの PFAS を高度に除去するのに極めて効果的である（Crone et al., 2019; U.S. EPA, 2020d）。高圧膜はリジェクション現象に基づいているため、高圧膜による水処理では、高濃度の PFAS を含む可能性のある廃液や、pH の低い処理水が生じる。これらの廃棄物は、高濃度の塩類、その他の汚染物質、溶存有機物も含んでいる。

濃縮された残留物の処理は困難な場合があり、埋立地浸出水、イオン交換使用済み再生液、高濃度汚染サイトからの水と同様に、コストが高くなる可能性が高い。これらの廃棄物の処理コストには、多くの変数が影響する可能性がある。特に濃縮廃液が通常、浄水処理水量の 20% であることを考慮すると、現時点では、明白な処理技術の選択肢はない（Baruth, 2005）。これは、特に大規模な自治体で使用されているような大規模な膜処理システム（例えば、浄水処理量が 1 日当たり 2,000 万ガロン（約 76,000m<sup>3</sup>）を浄水処理（濃縮廃液量が 1 日当たり 400 万ガロン（約 15,000m<sup>3</sup>））にとっては、相当な水量に相当する。このような大規模な量の濃縮廃液は、放流前に水を複数回処理できるため効率が高いバッチ処理プロセスの使用を妨げるものとなる。

膜が完全性を失ったり、交換が必要なほど汚れたりしたら、処分する必要がある。特に PFAS 材料（例えばナフィオン）で作られていない限り、構造材料が PFAS を多く含むとは予想していない。また、極端な場合を除き、膜の表面に残る PFAS の質量は最小であるべきである。

### 2.e.iv 浄水処理を行う事業体の規制上の考慮事項

高圧膜からのリジェクト水を使用するサイトでは、通常、汚染物質排出削減システム（NPDES）の許可が必要である。米国の水域に汚染物質を排出する前に NPDES 許可を取得するという NPDES の法定要件を満たすため、膜を使用して浄水処理を行う事業体は、その施設に対して発行された許可又は管理メカニズムについて、PFAS に適用されるものを含む全ての NPDES 許可又は前処理プログラムの要件に従わなければならない。詳細については、EPA 2022d を参照のこと。

#### 配信先変更のご連絡等について

「JWRC水道ホットニュース」配信先の変更・追加・停止、その他ご意見、ご要望等がございましたら、会員様名、担当者様名、所属名、連絡先電話番号をご記入の上、下記までEメールにてご連絡をお願いいたします。〒112-0004 東京都文京区後楽2-3-28 K.I.S飯田橋ビル7F (公財) 水道技術研究センター ホットニュース担当

E-MAIL : [jwrchot@jwrc-net.or.jp](mailto:jwrchot@jwrc-net.or.jp)

TEL 03-5805-0264 FAX 03-5805-0265

また、ご連絡いただいた個人情報は、当センターからのお知らせの配信業務以外には一切使用いたしません。

#### 水道ホットニュースのバックナンバーについて

水道ホットニュースのバックナンバー（第58号以降）は、下記アドレスでご覧になれます。

バックナンバー一覧 <https://www.jwrc-net.or.jp/publication-outreach/hotnews/>

#### 水道ホットニュースの引用・転載について

水道ホットニュースの引用・転載等を希望される方は、上記ホットニュース担当までご連絡をお願いいたします。なお、個別の企業・商品・技術等の広告にはご利用いただけません。