

＜特集＞PFASの現状と課題

岡山県吉備中央町における 有機フッ素化合物検出事案への対応について

岡山県環境保健センター

1. はじめに

令和5年10月に発覚した岡山県吉備中央町の円城浄水場の水源である河平ダム（加賀郡吉備中央町下加茂）でPFOS・PFOAが公共用水域等の暫定指針値（以下「暫定指針値」という。）50ng/Lを大幅に上回って検出された事案において、当センターは事案発覚当初から試料の分析等を担ってきた。

分析する試料は、これまで当センターでは扱ったことのない高濃度でありながら、住民の安全安心や原因の早期究明のため、正確な分析を速やかに行うことが求められるなど分析機関にあっても困難な事案であった。

分析に当たっては、担当科である水質科はもとより、他科の職員も応援を行うなど、当センターの総力を挙げて対応し、最終的に汚染の原因が水源上流域の資材置場に置かれていた使用済み活性炭の可能性が高いという結論へつながる一端を担ったので、その取組を整理して報告する。

2. 事案発覚時の分析体制

当センターは、岡山市南部の田園地帯に昭和51年、旧公害防止センターと旧衛生研究所を統合して設置され、環境保全及び保健衛生に関する試験検査・調査研究等を行っている。

当センターでは、平成14年に敷地内にケミカルハザード対策施設を設置するなど、環境水中の微量化学物質に係る調査・分析法開発などを積極的に行っている。

今回問題となったPFOS・PFOAを含む有機フッ素化合物については、平成21～22年に国立環境研究所のC型共同研究「有機フッ素化合物の環境実態調査と排出源について」に参加し、環境水中のPFOS・PFOAについて当センターにおける分析法を確立すると共に、炭素鎖長が異なる同族体を含む計17物質をモニターできる体制を整備していた。

また、本県が平成11年度から行っている、環境中の内分泌かく乱作用の疑いのある物質や残留性有機汚染物質等の存在状況を調べる「化学物質環境モニタリング調

査」（以下「環境モニタリング調査」という。）において、平成22年度からPFOS・PFOAを追加し、県下の河川・湖沼・海域の水質及び底質についてモニタリングを継続している¹⁾。

そのため本事案への対応については、必要な機器や試薬類を保有していたほか、分析経験を有する職員が複数名在籍し、ノウハウの蓄積があったことが幸いした。

3. 事案発覚の経緯

水道事業者である吉備中央町が（公財）日本水道協会の実施する「令和4年度水道統計調査」へ調査協力する中で、円城浄水場（加賀郡吉備中央町上田西）の上水において、水質管理目標設定項目であるPFOS・PFOAの暫定目標値50ng/Lを大きく超える1,400ng/Lが検出されていたことについて、令和5年10月13日に県保健所が町へ緊急対応の必要性を指摘したことが本事案の発覚の契機となった²⁾。なお、令和2年度及び令和3年度も暫定目標値を上回っていた³⁾。

4. 事案発覚後の対応

事案発覚後、当センターが分析に協力する形で町の水道部局により円城浄水場の取水施設等の緊急調査が行われ、その時点でも50ng/Lを大きく超える状況であること、また、河平ダムを水源とする原水にPFOS・PFOAが含まれている可能性が高いことが確認された。

この状況を受け、令和5年10月16日から県環境部局が汚染範囲の把握と排出源の特定のため、周辺公共用水域等の現地調査と採水を行い、分析を当センターが行った⁴⁾。（図1及び図2）

その結果、河平ダムの下流域については、河平ダム直下流の日山谷川（山王橋）では、460ng/Lであったが、合流後の宇甘川（大下橋）で、15ng/Lと暫定指針値以下であることが確認できた。

一方、河平ダムの上流域について当初、地形図上に掲載されていた日山谷川（日山ダム）や河平川（河平川砂防堰堤）を調査したが、異常は確認されなかった。

そのため範囲を広げて流入水を調査したところ、地形図には掲載されていない沢（本事案において「西側沢」と呼称）が高濃度であることを発見した。西側沢について、更に遡上調査を行い、西側沢に流入している沢水をほぼ全て採水し、当センターが分析することで、汚染源を絞り込むという作業を繰り返した。

その結果、西側沢の上流域にある広域農道（奥吉備街道）に隣接する資材置場の直下（地点名F1）において、62,000ng/Lという非常に高濃度の汚染を確認した。

当該資材置場には、使用済み活性炭がフレコンバッグに入れられて野ざらしで保管されていた。

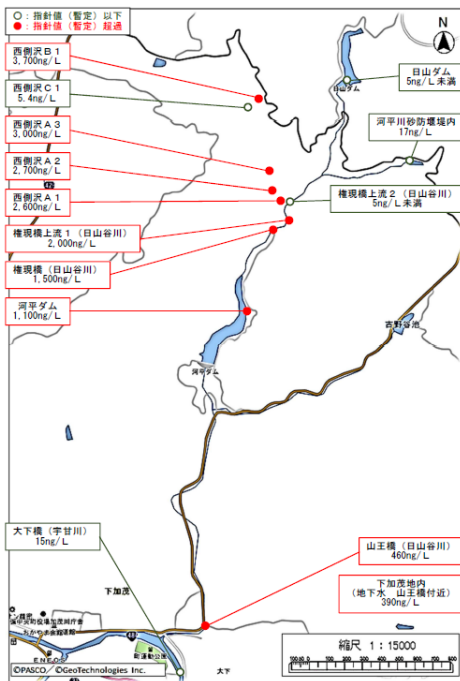


図1 河平ダム周辺の水質調査結果

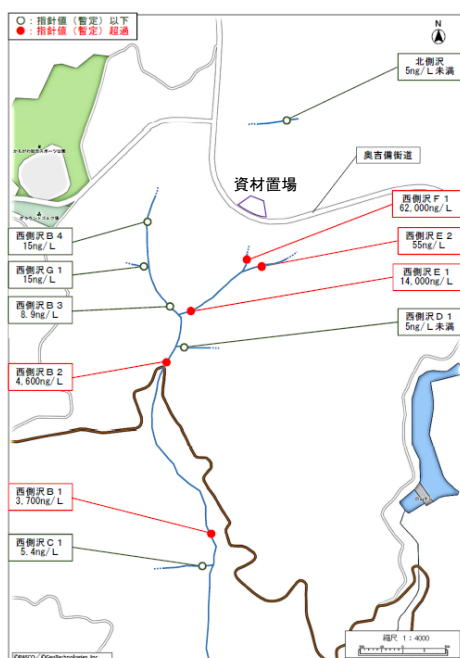


図2 西側沢上流域の水質調査

5. 高濃度試料への対応

水質試料の分析は、環境省水・大気環境局長通知「水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準等の施行等について（通知）」（令和2年5月28日付環水大発第2005281号・環水大土発第2005282号）の付表1（以下「公定法」という。）に準じて行った。（図3）

試料	100mL*分取 サロゲート物質添加
固相抽出	コンセントレーター Oasis WAX plus
溶出	0.5%アンモニア水/メタノール 5mL
濃縮	窒素濃縮 約0.2mLまで
定容	メタノール/水 (1:1 v/v) 1mL
LC/MS/MS測定	定量、濃度算出

*本事案での試料量

図3 分析フロー

本事案においては、事案発覚当初から1,000ng/Lを超過するなど、これまで分析したことがない高濃度の試料を取扱うこととなった。特に、西側沢の上流域では、地点名F1で62,000ng/Lという非常に高濃度のPFOS・PFOAが検出された一方、近隣の沢（地点名D1）では、5ng/L未満と濃度が1万倍以上異なる試料が、濃度レベルが不明なまま同時に当センターへ搬入される事態となった。

そのため、分析に当たっては、実験室や分析機器、器具の汚染等によるクロスコンタミネーション防止のため、次のような対応を行った。

5.1 別部屋及び専用機器での前処理作業

当センターでは、前述のとおり従前から環境モニタリング調査として、PFOS・PFOAの分析を行っていたが、本事案の試料については、前処理を別の部屋で行うとともに、固相抽出操作に係るコンセントレーター等を本事案専用とすることで、低濃度を扱う環境モニタリング調査への影響を防止した。また、高濃度試料に使用したガラス器具の廃棄や地点ごとに同じガラス器具を使用する対応も併せて行った。

5.2 試料分取量の削減

前述の環境モニタリング調査におけるPFOS・PFOA分析では、公定法に準じて、試料量を測定1回当たり1L使用するため、1地点当たり2併行分とその予備として計4L採水しており、当センターでの定量下限値は、PFOSとPFOAでそれぞれ0.1ng/Lを設定していた。

本事案においても事案発覚当初は、1地点当たり4Lの採水を県環境部局に依頼していたが、徒歩で沢を遡上し

ながら現地調査を行う現場サイドから、試料量削減の要望があった。

この要望について検討した結果、測定1回当たりの試料量を100mLに削減しても、暫定指針値（PFOS・PFOAの合計値）の50ng/Lに係る報告下限値であるPFOSとPFOAでそれぞれ2.5ng/Lを満足できると判断し、2併行分の測定とその予備を含め500mLのポリ容器1本で可能となるように作業マニュアルを別途作成した。

試料量を減らしたことにより、現場での試料採取時や運搬時のコンタミネーションのリスクが軽減されるとともに、その後の分析操作での負担軽減にもつながった。

5.3 試料分取・希釈方法の変更

試料が非常に高濃度であったため洗浄・再利用を前提としているガラス器具はできるだけ使用を避け、可能な限りディスポーザブル容器等を使用した。特に前述のとおり試料を100mLはかり取る際にはディスポーザブル容器と秤を用いて重量で行った。

また、希釈試料を作成する際には、ピペットチップ（マイクロピペット）と予め超純水を入れたディスポーザブル容器を用いて希釈を行い、更に希釈した試料を作成する場合には、再希釈用の試料から希釈することで、採取容器や原液に接触する機会を減らした。



図4 試料の分取・希釈方法

5.4 2名体制での分取・希釈

現地で採水を行った採取容器の表面が高濃度試料で汚染されている可能性を考慮し、当センター搬入時には、必ず容器表面を洗浄した。それでも汚染が残留している可能性があるため、前処理作業に当たっては、高濃度汚染の可能性のある採取容器を取り扱う者（汚染物担当）と分取容器の取扱いやピペッティングを行う者（清浄物担当）を分け、また操作ごとに手袋を交換することで、汚染の拡散防止を図った。

なお、現地で採水を行う県環境部局の職員に対して、地点ごとの手袋交換を徹底するよう要請した。

6. 資材置場等の土壌調査

別途実施された資材置場に保管されていた使用済み活性炭の溶出量試験の結果、高濃度のPFOS・PFOAが確認されたことから、資材置場内9箇所及び資材置場周辺9箇所の表層土壌について、当センターで分析を行った⁵⁾。

（図5）

分析は、「土壌中のPFOS、PFOA及びPFHxSに係る暫定測定方法（溶出量試験）」⁶⁾に準じて行った。

その結果、使用済み活性炭が保管されていた資材置場内9箇所では、62～750,000ng/Lとなり、最も高い750,000ng/Lの土壌試料が採取された地点（置8）は、高濃度のPFOS・PFOAが検出された使用済み活性炭が採取された地点の近傍であった。

なお、資材置場周辺では、15～47ng/Lであった。

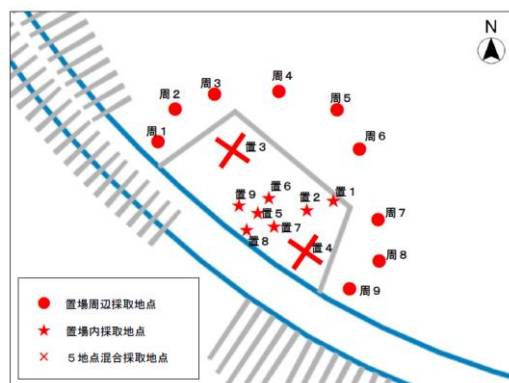


図5 資材置場及び周辺の表層土壌の採取地点

7. 直鎖体・分岐異性体及び同族体の解析

吉備中央町は、原因究明及び浄化等の対策を検討するため外部有識者で構成する原因究明委員会（以下「町原因究明委員会」という。）を設置し、令和5年12月25日に第1回会合を開催した。



図6 吉備中央町原因究明委員会

委員から使用済み活性炭に含まれていたPFOS・PFOAが土壌・地下水を経由して周辺に拡散したことを確認するため、水質試料と土壌試料について直鎖体と分岐異性体

の構成割合及び炭素鎖長が異なる同族体の構成割合の比較について提案⁷⁾があり、当センターが解析を行った。

7.1 直鎖体・分岐異性体の解析

直鎖体・分岐異性体の解析は、水質3試料、土壌9試料（資材置場表層6試料及び資材置場周辺表層3試料）について行った⁸⁾。（図7）

本事案試料には、PFOAが高濃度で含まれていたことから、PFOAの直鎖体及び分岐異性体を解析対象とした。

PFOAの直鎖体及び分岐異性体は、液体クロマトグラフのカラムでの保持時間が異なることから、図8の例のように質量分析計のクロマトグラムでは異なるピークとして検出されるため、双方のピーク面積の比率から分岐異性体の存在割合を算出した。

その結果、いずれの試料も直鎖体が多くを占めていたが、PFOA濃度が低い試料では、分岐異性体の構成割合が高くなる傾向を示した。

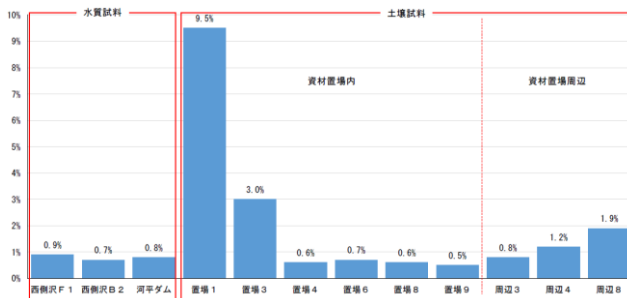


図7 分岐異性体の構成割合

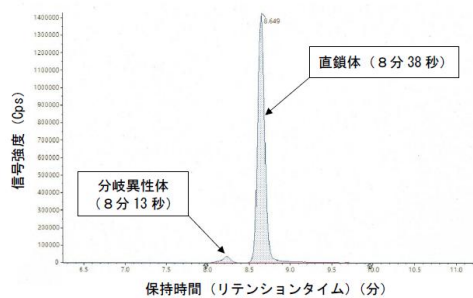


図8 PFOAのクロマトグラムの例

7.2 同族体の解析

同族体の解析は、水質5試料及び土壌9試料（資材置場表層6試料及び資材置場周辺表層3試料）について行った⁹⁾。

公定法で示されている標準品に含まれているペルフルオロカルボン酸(PFCAs)13物質及びペルフルオロスルホン酸(PFSAs)4物質の計17物質（表1）の構成割合を対象とした。

その結果、同族体のうち、PFBA(C4)～PFUdA(C11)及びPFBS(C4)～PFOS(C8)の11物質は、1試料以上で定量下限

値を超えて検出されたが、それ以外の6物質

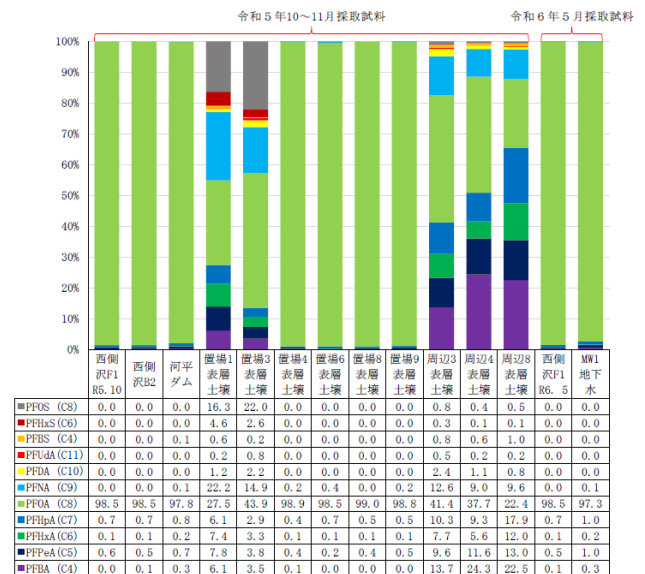
（PFDoA(C12)～PFODA(C18)及びPFDS(C10)）は、全ての試料で定量下限値未満であった。そのため、この6物質は、構成割合の算定から除外した。（図9）

PFOAの構成割合が極めて高いため、PFOAを除く同族体のうち定量下限値を超えて検出された同族体の構成割合を比較すると、西側沢F1の水質試料と溶出量が750,000ng/Lを検出した土壌試料（置場8）、そして資材置場内に設置されたモニタリング井戸（MW1）で採取された地下水試料の構成が類似していた⁹⁾。（図10）

これら直鎖体・分岐異性体の構成割合や同族体の構成割合が根拠の一つとなり、令和6年9月5日に町原因究明委員会は、本事案の原因を「資材置場に置かれていた使用済み活性炭と考えることが妥当である。」と結論づけた⁹⁾。

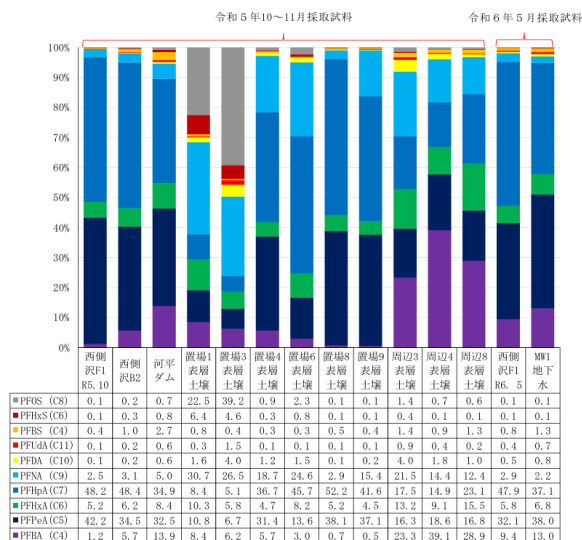
表1 解析対象の同族体

	名 称	略 称
ペルフルオロカルボン酸 (PFCAs)	ペルフルオロブタン酸	PFBA (C4)
	ペルフルオロペンタン酸	PFPeA (C5)
	ペルフルオロヘキサン酸	PFHxA (C6)
	ペルフルオロヘプタン酸	PFHpA (C7)
	ペルフルオロオクタン酸	PFOA (C8)
	ペルフルオロノナン酸	PFNA (C9)
	ペルフルオロデカン酸	PFDA (C10)
	ペルフルオロウンデカン酸	PFUdA (C11)
	ペルフルオロドデカン酸	PFDoA (C12)
	ペルフルオロトリデカン酸	PFTeDA (C13)
	ペルフルオロテトラデカン酸	PFTeDA (C14)
	ペルフルオロヘキサデカン酸	PFHxDA (C16)
	ペルフルオロオクタデカン酸	PFODA (C18)
ペルフルオロスルホン酸 (PFSAs)	ペルフルオロブタンスルホン酸	PFBS (C4)
	ペルフルオロヘキサンスルホン酸	PFHxS (C6)
	ペルフルオロオクタンスルホン酸	PFOS (C8)
	ペルフルオロデカンスルホン酸	PFDS (C10)



※定量下限値未満の場合は定量下限値に1/2を乗じて算出

図9 同族体の構成割合（モル比）



※定量下限値未満の物質は定量下限値に1/2を乗じて算出

図10 PF0Aを除く同族体の構成割合（モル比）

8. モニタリング体制の強化

本事案以前から、本県では前述の環境モニタリング調査においてPFOS・PFOA及びPFHxSを調査するとともに、水質汚濁防止法に基づく公共用水域等の常時監視においてPFOS・PFOAを監視していたが、本事案で得た知見を踏まえ、環境モニタリング調査において、今年度から長鎖の有機フッ素化合物であるPFNA(C9)、PFDA(C10)、PFUdA(C11)、PFDoA(C12)を追加し、モニタリング体制を強化するとともにデータや分析ノウハウの蓄積を図ることとしている。

9. おわりに

本事案は、全国的にも注目を集めた事案であり、原因究明については一区切りついたものの、住民の健康不安への対応や浄化対策等、事案解決に向け課題は山積している。

当センターは、引き続き現場周辺の継続モニタリングに係る分析などを担うが、今後とも「県民の安全・安心を科学的・技術的側面から保障する機関」としての役割を果たせるよう、施策の基本となる基礎的科学データの収集や解析、緊急時の迅速で的確な対応に資する試験検査、監視測定及び調査研究を実施していく。

最後に、本事案を含め、当センターの化学物質分析に
対し、これまで多大なるご助言・ご協力をいただいた関
係機関の皆様に対し、心より御礼申し上げたい。

10. 引用文献

- 1) 岡山県：化学物質環境モニタリング調査，<https://www.pref.okayama.jp/page/detail-92488.html>
(2025. 10. 24アクセス)
- 2) 吉備中央町：円城浄水場有機化合物検出について
(10月17日報道発表)，<https://www.town.kibichuo.lg.jp/uploaded/attachment/9064.pdf> (2025. 10. 24アクセス)
- 3) 吉備中央町：円城浄水場の有機化合物検出における
検査結果について（お知らせ），<https://www.town.kibichuo.lg.jp/uploaded/attachment/9073.pdf>
(2025. 10. 24アクセス)
- 4) 岡山県：吉備中央町内のPFOS・PFOA事案に係る調査
結果について，
https://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/977072_9412594_misc.pdf (2025. 10. 24アクセス)
- 5) 吉備中央町：第1回吉備中央町原因究明委員会 資
料05_表層土壌調査結果，
<https://www.town.kibichuo.lg.jp/uploaded/attachment/9502.pdf> (2025. 10. 24アクセス)
- 6) 環境省：土壌中のPFOS、PFOA及びPFHxSに係る暫定
測定方法（溶出量試験），<https://www.env.go.jp/content/000150448.pdf> (2025. 10. 24アクセス)
- 7) 吉備中央町：第1回吉備中央町原因究明委員会 議
事概要，
<https://www.town.kibichuo.lg.jp/uploaded/attachment/9496.pdf> (2025. 10. 24アクセス)
- 8) 吉備中央町：第2回吉備中央町原因究明委員会 資
料02_直鎖・分岐&同族解析結果，<https://www.town.kibichuo.lg.jp/uploaded/attachment/9963.pdf>
(2025. 10. 24アクセス)
- 9) 吉備中央町：河平ダム等におけるPFOS及びPFOAの暫
定指針値超過事案に関する報告書，
<https://www.town.kibichuo.lg.jp/uploaded/attachment/10756.pdf> (2025. 10. 24アクセス)