

水道における有機フッ素化合物について 厚労科研等による検討状況

令和 6 年 2 月水質基準逐次改正検討会資料

化学物質・農薬分科会
国立保健医療科学院他



構成

1. 水道における検出とその対応
2. 粉末活性炭による除去と特性
3. 粒状活性炭による除去と特性
4. 分岐鎖の検出とその起源の関係

1. 水道における検出とその対応

PFOS、PFOA濃度の目標値超過事例

採取年月	施設	原水の種類	浄水または 給水栓水中の PFOS+PFOA (ng/L)	対応
2020年6月	a県浄水場	地下水（浄水は県からの水道水を混合して配水）	70	一部の井戸を停止（濃度が高かった他浄水場でも）
2020年6月	b県浄水場	地下水	54	複数の井戸の取水比率を調整（希釀）
2020年8月	c県浄水施設	地下水	290	井戸を停止、他からの配水に切り替え
2020年9月	d県浄水場	地下水	58	一部の井戸を停止
2020年10月	e県浄水場	地下水	66	井戸を停止、他からの配水に切り替え
2020年11月	f県浄水場	地表水	800	水源の切り替え、 粒状活性炭
2020年11月	g県浄水場	地下水	99（原水）	粒状活性炭処理導入
2021年3月	h県浄水施設	地下水	150	配水を停止
2021年9月	a県施設	地下水（浄水は町からの水道水を混合して利用）	78	町の水道水に100%切り替え
2021年10月	i県浄水施設	地下水	70	井戸を停止、他からの受水を増加



有機フッ素化合物の低減方法

- 浄水処理以外の方法
 - 取水停止
 - 希釀（PFAS濃度が低い原水、浄水と混合）
- 浄水処理による方法
 - 活性炭処理
 - 粒状活性炭（GAC）処理
 - 粉末活性炭（PAC）処理
 - * 生物活性炭（BAC）処理は、PFAS処理は期待できない
 - イオン交換処理
 - 高圧膜処理（逆浸透膜処理、ナノろ過膜処理）



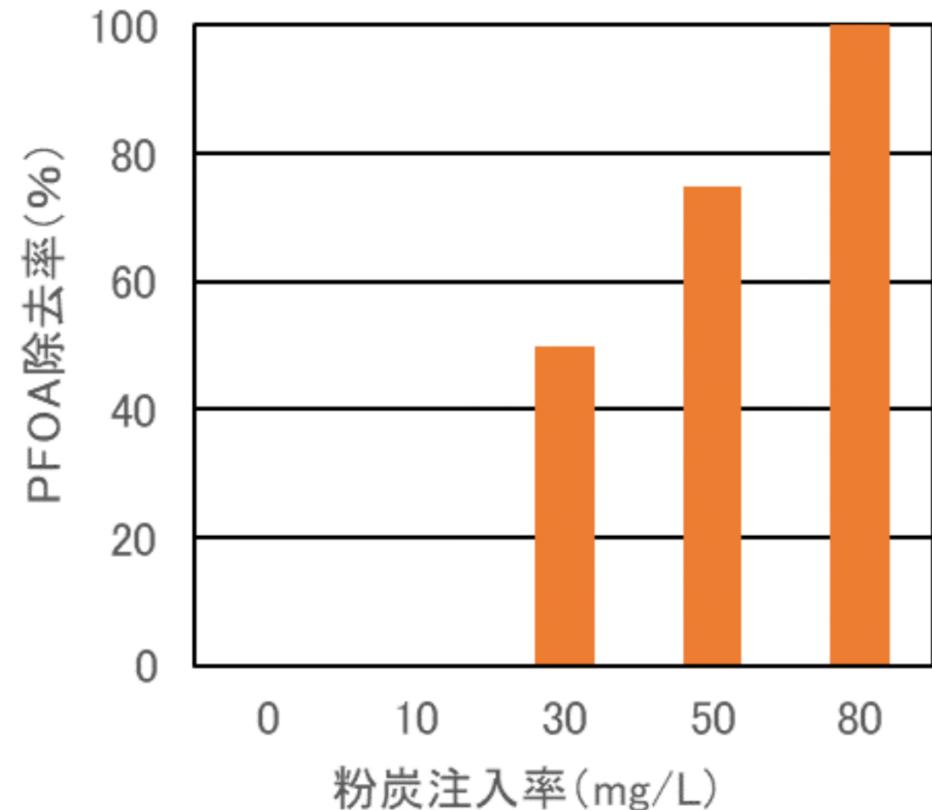
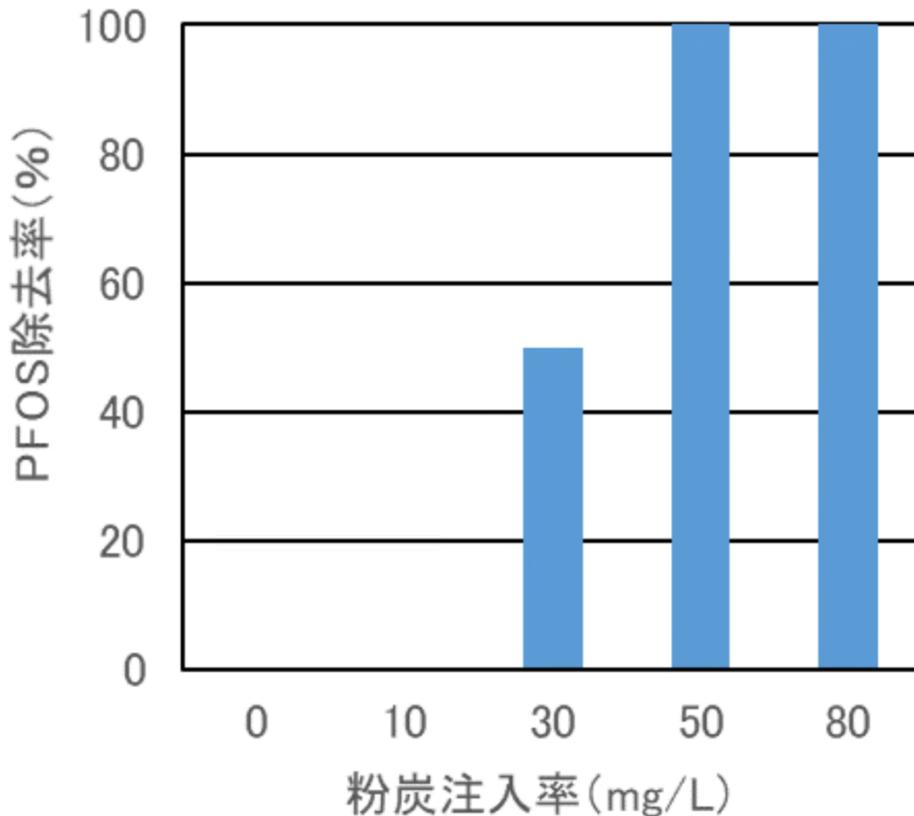
PFASに関する浄水処理技術とそれぞれの特徴

処理技術	短鎖 PFAS 除去率	長鎖 PFAS 除去率	主な 残渣等	相対 コスト	備考
PAC処理	低	中～高	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。
GAC処理	中	高	廃活性炭	中程度～ 高い	<ul style="list-style-type: none"> ● 長鎖PFASを除去できる。 ● 頻繁に交換や再活性化する必要がある。 ● ろ過の後段が適している。
イオン 交換処理	中～高	高	廃樹脂	中程度～ 高い	<ul style="list-style-type: none"> ● 短鎖及び長鎖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。 ● ろ過の後段が適している。
NF/RO 膜処理	高	高	濃縮水	高い	<ul style="list-style-type: none"> ● 短鎖及び長鎖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を含む濃縮水を処理処分する必要がある。

2. 粉末活性炭による除去と特性

粉末活性炭によるPFOSとPFOAの除去

(茨城県)



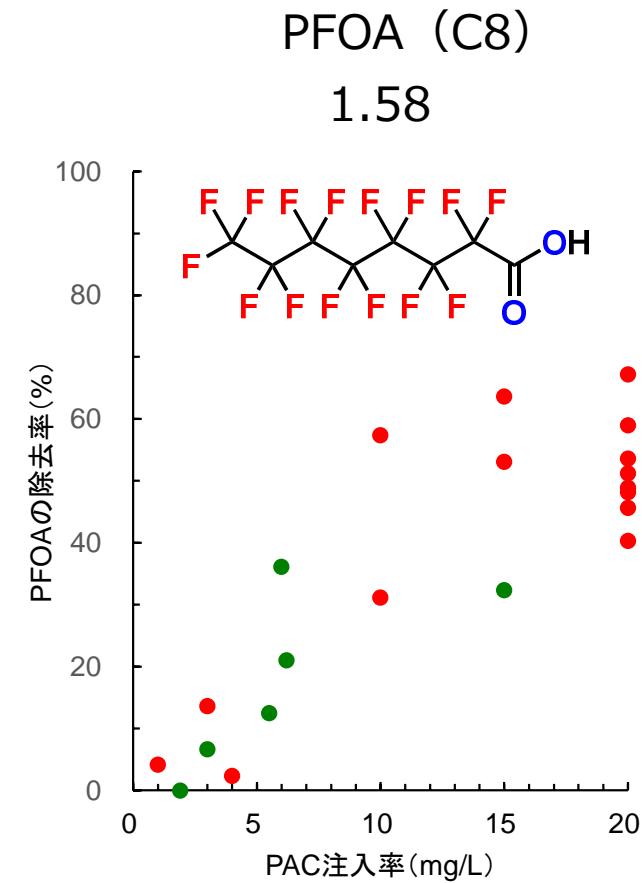
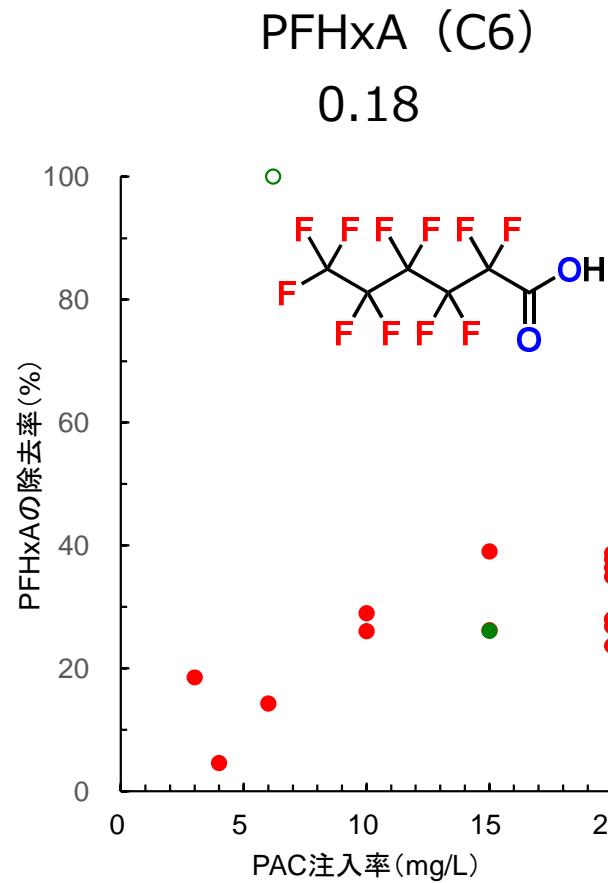
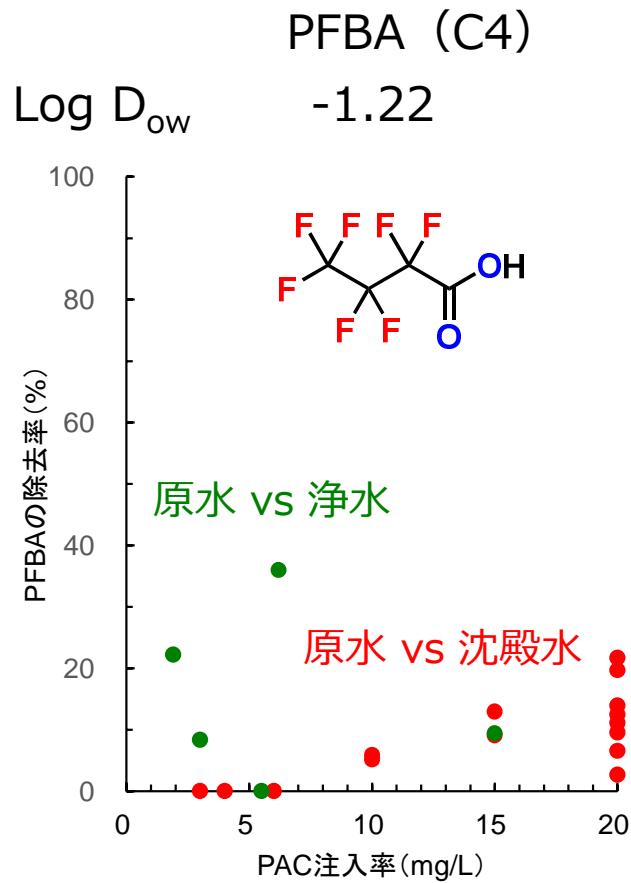
接触時間 : 30 min

接触時間経過後、凝集沈殿処理

2. 粉末活性炭による除去と特性



PAC注入率とPFAS除去率との関係



除去率が0～-10%の場合は0%としてプロット

PFHxAの除去率が100%：原水中の濃度が1.4 ng/Lと低かった

協力いただいた**23**箇所の浄水場の結果をまとめた。浄水場によって水質やPAC処理条件は異なるが、傾向としてはPAC注入率とPFOA除去率に関連性が認められた。

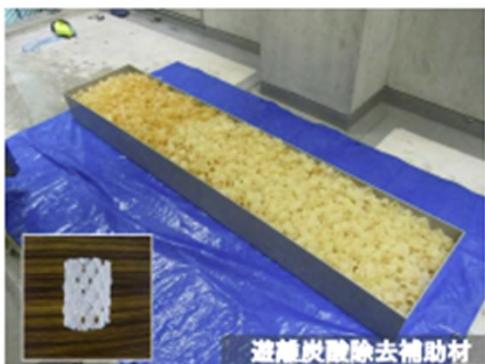
既存施設におけるPFAS低減技術例

- 1池当たりの活性炭量

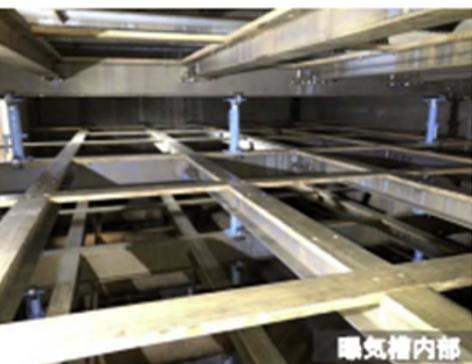
$$0.145 \times 84 = 12\text{m}^3$$

- 1池・1時間当たりの最大処理量

$$1150\text{m}^3 \text{ (時間最大取水量)} \div 4\text{池} = 290\text{m}^3$$



遊離炭酸除去補助材



曝気槽内部



モデル実験

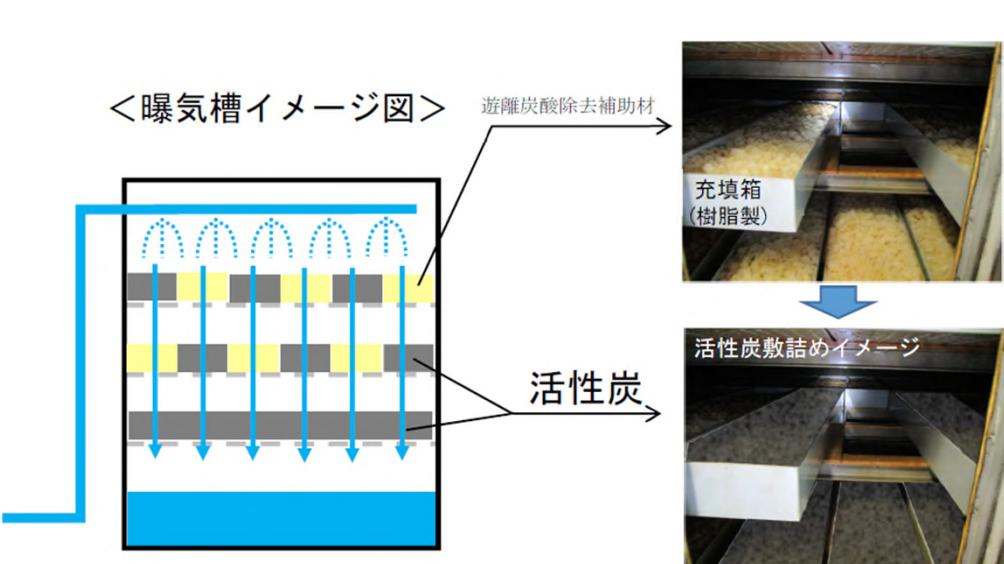


活性炭充填状況



活性炭充填完了

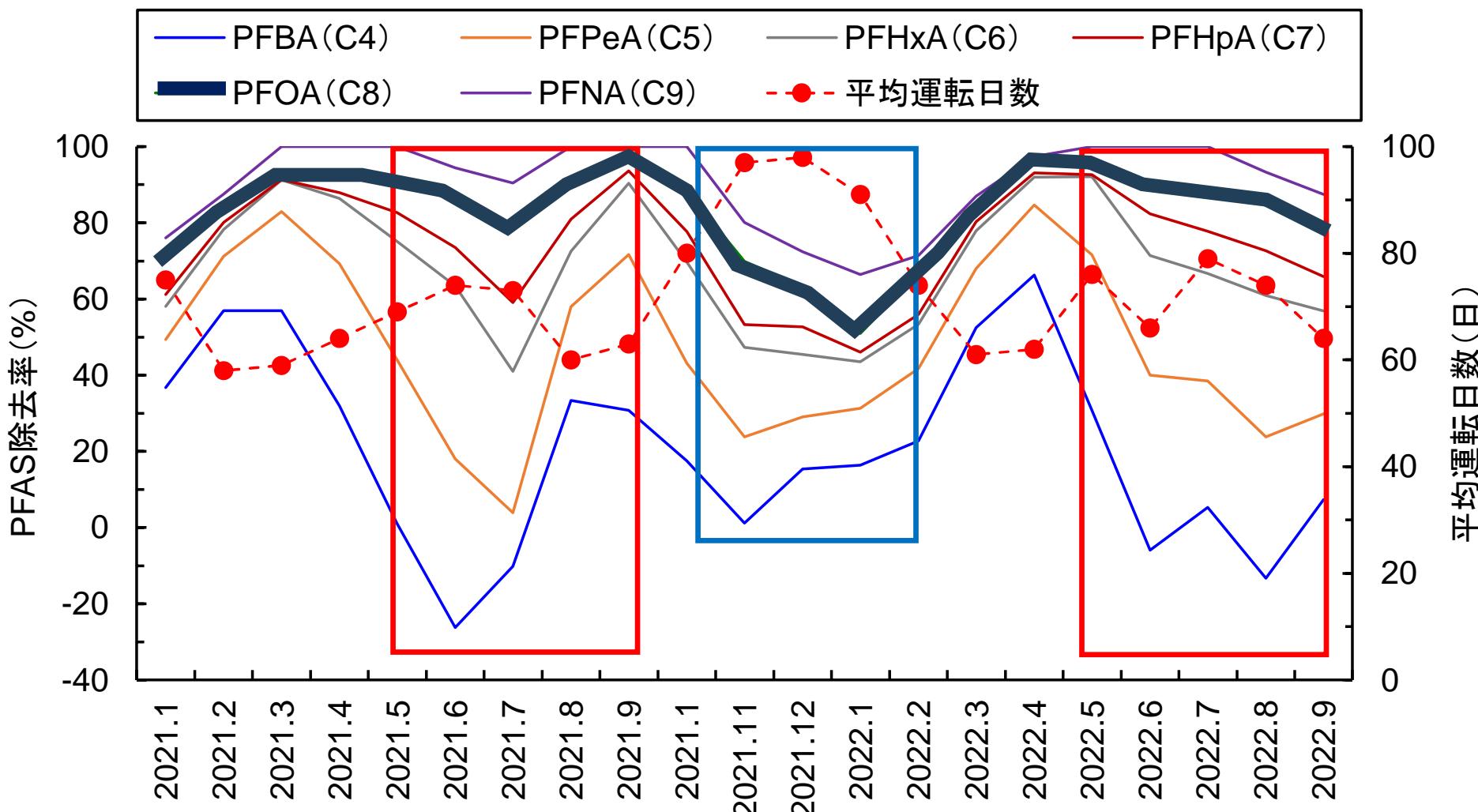
厚労省. 第8回水道の諸課題に係る有識者検討会 資料（各務原市水道事業におけるPFOS及びPFOAの濃度低減化に向けた取組み. 岐阜県各務原市. 2023.12.25）より抜粋（左）及び各務原市ホームページ資料（下）



3. 粒状活性炭による除去と特性



GAC処理によるPFASの除去率（複数GAC池混合）



- ・水温が高い時期に除去率低い
- ・活性炭池の運転日数が長いと除去率低い

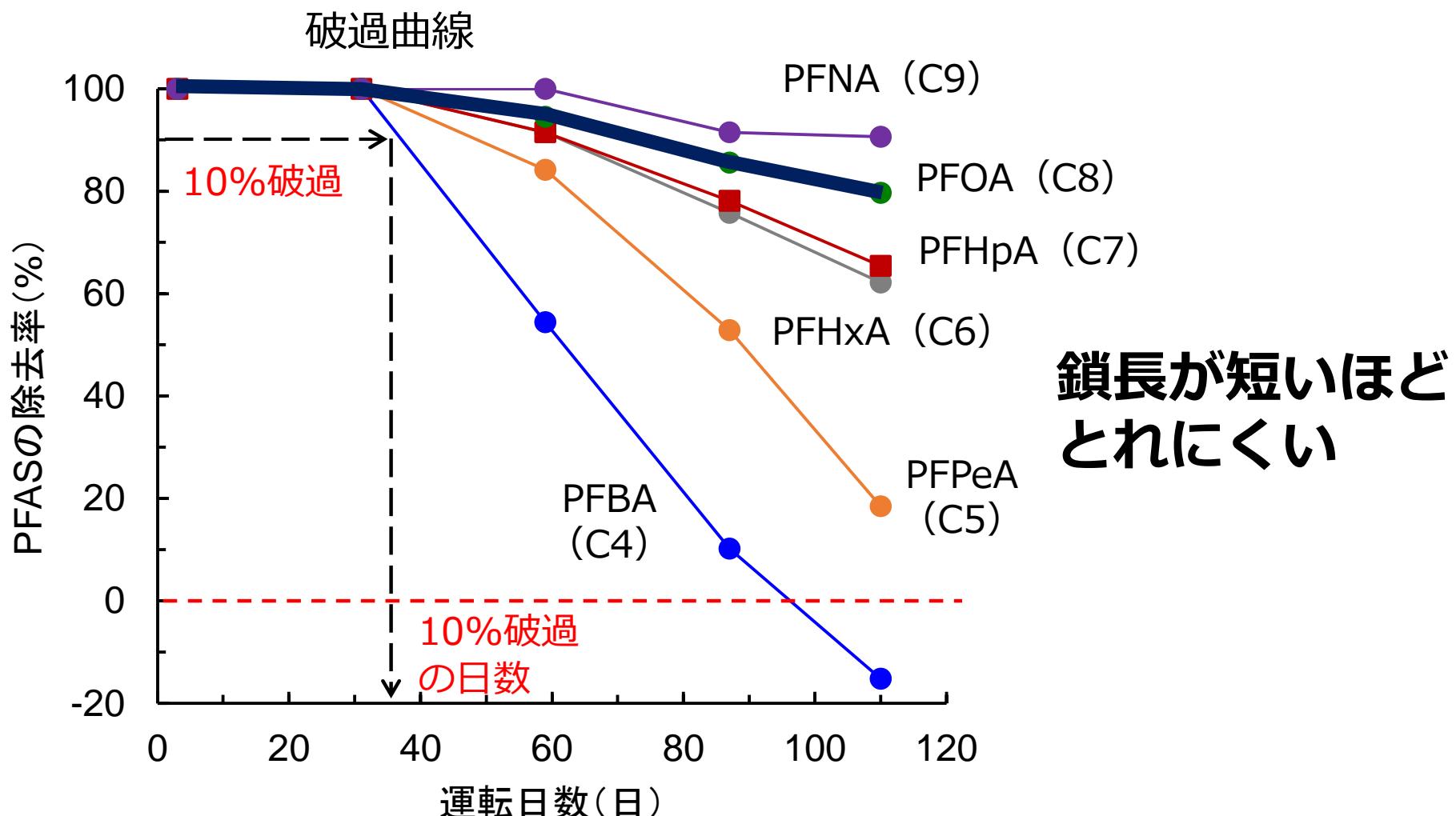
PFASの除去率はGAC処理前後で評価（処理後は8GAC池の集合水）、GACは5ヶ月以内に交換、SV 3.2~3.6 h⁻¹

Nakazawa, et al., Water Research 2023

3. 粒状活性炭による除去と特性



GAC処理でのPFASの除去率の推移（個別GAC池）

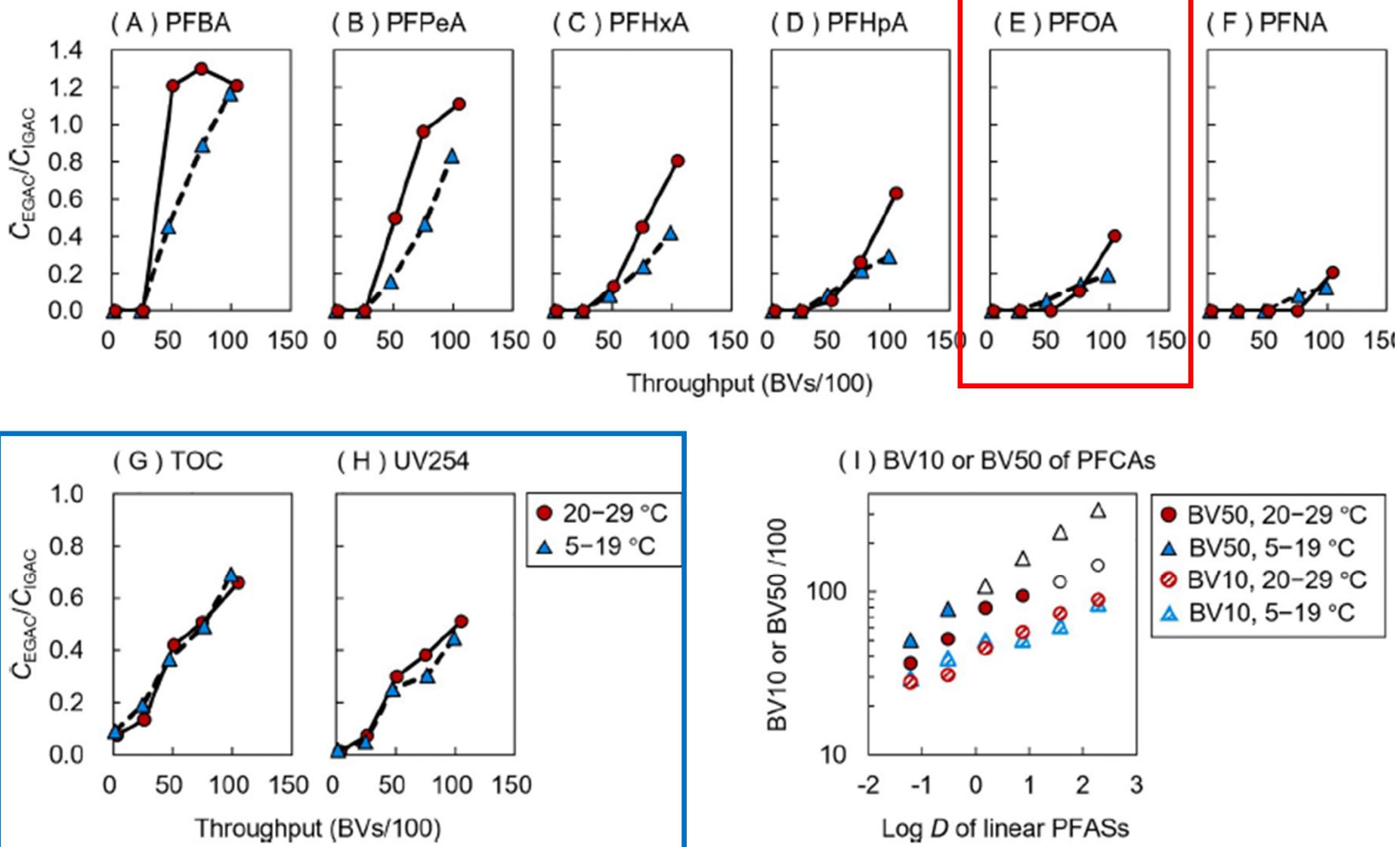


- 破過 : GAC層に通水を続けるとGACへの吸着が飽和に達し、流出し始めること
- 破過点 : 破過曲線において、処理水の濃度が設定濃度に達した点

3. 粒状活性炭による除去と特性



PFASの物性による脱着の違い



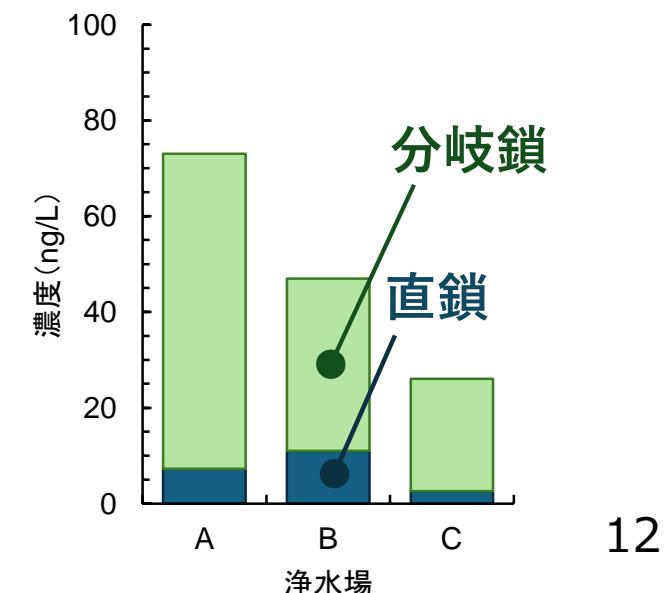
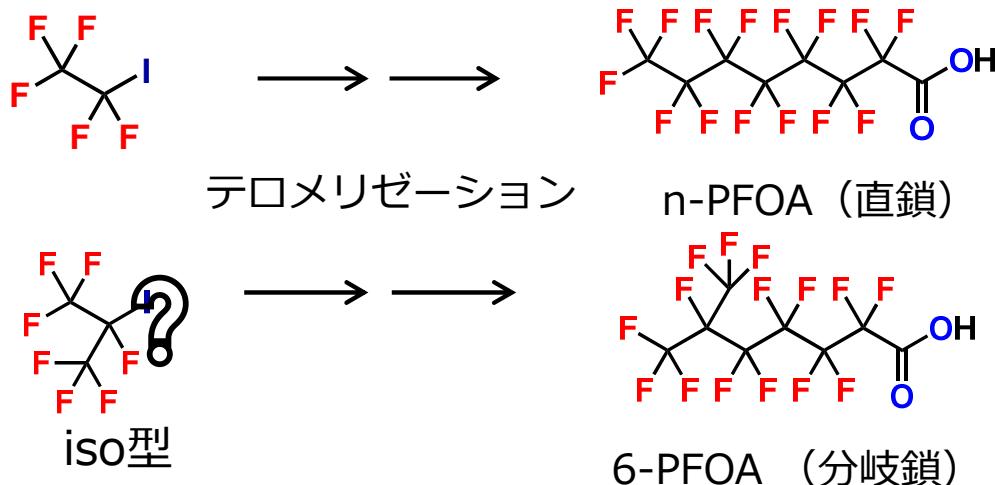
- 鎖長が短いほど破過が早く、高水温で脱着が起こりやすい
- TOC、UV254よりは、PFOAの方が溶出しにくい



異性体割合の地点による違いと発生源

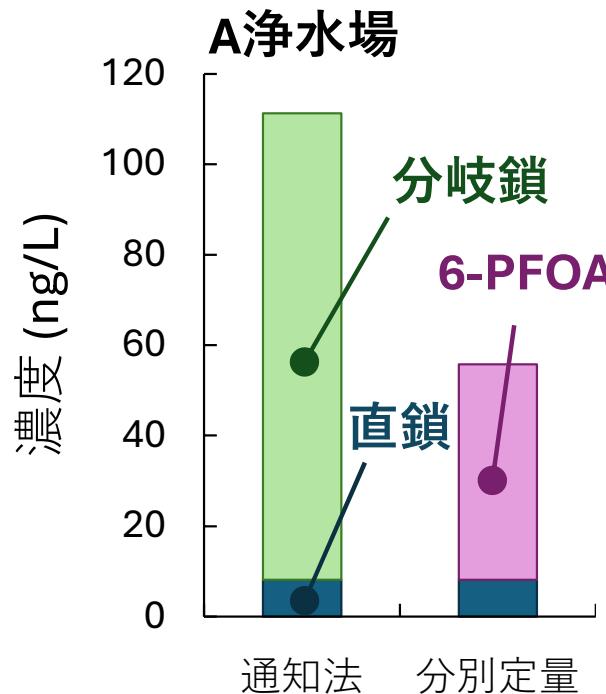
- 有機フッ素化合物の製法としては、電解フッ素化法（PFOS、PFOA – 直鎖80%）、テロメリゼーション法（PFOA – ほぼ直鎖）が知られており、生成物は、直鎖の割合が高いとされている。 国立環境研究所特別研究報告SR-67-2006. 2006.
- 一方で、一部では分岐鎖（6-PFOA）の割合、濃度が高い地点（水道水源）が複数あった。
- 定量だけでなく、原料等が異なる発生源の特定等にも活用できる可能性がある。

⇒直鎖と分岐鎖を両方評価することが必要。

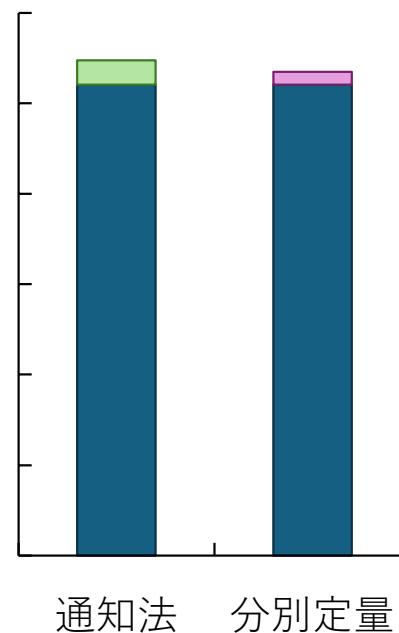




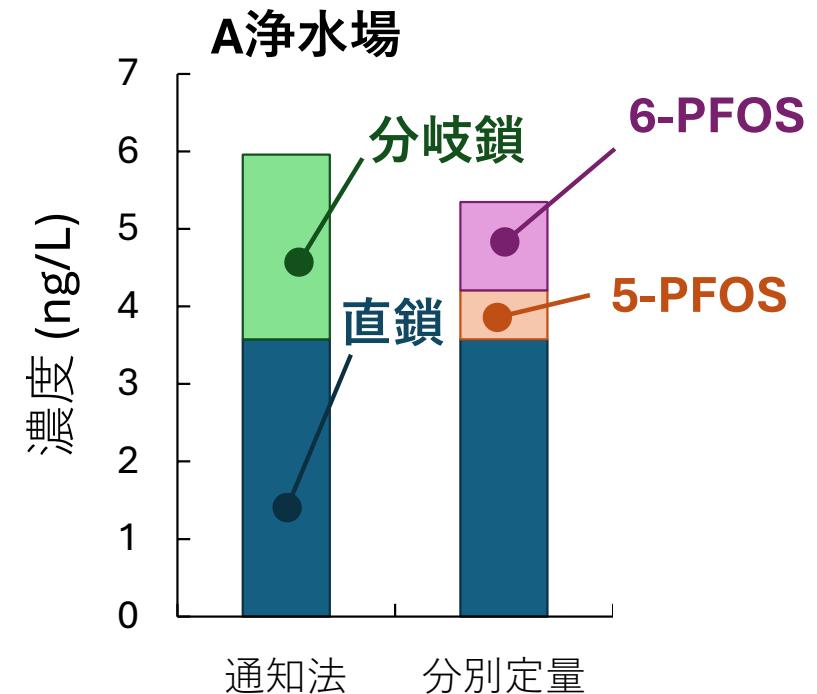
PFOAやPFOSの異性体割合の地点による違い

PFOA

分岐鎖が多く、直鎖のみを測ると値が~1/5になる地点
(特に6-PFOAが多い)

B浄水場

ほとんど影響がない地点

PFOS

直鎖のみを測ると値が約2/3になる地点
(特に5-,6-PFOAが多い)



まとめ

水道における検出とその対応についてまとめた。
粉末活性炭・粒状活性炭による除去、分岐鎖の取り扱い等について今後も検討が必要である。

謝辞

本研究の一部は、厚生労働科学研究費補助金（22LA1007）において実施しました。資料の作成にあたり、国立保健医療科学院小坂浩司上席主任研究官、中沢禎文協力研究員、化学物質・農薬分科会、「水道におけるPFASの処理技術等に関する研究会」の皆様をはじめ、多くの方々にご協力いただきました。試料採取、関連情報提供にあたり、水道事業体の方々にご協力いただきました。厚く御礼申し上げます。