

三井水源地における PFAS 除去実験結果報告
鉍物系吸着剤による PFAS 除去実験
水道機工株式会社

1 概要

弊社は、各務原市における鉍物系吸着剤を用いた PFAS 処理性の確認を昨年より継続して実施している。

前回報告では、RSSCT 法による吸着剤寿命の確認および三井第二水源地内でのパイロットプラント通水試験について報告した。

今回は、前回報告に引き続きパイロットプラント通水試験の結果を報告する。前回報告の 2 本のカラムに加え、新たに 4 本のカラムを増設し、6 本のうち 3 本について処理性の確認を実施した。増設カラムでは、粒径の大きい鉍物系吸着剤 (FS400) および残留塩素あり条件を追加し、様々な条件下における処理性の把握を行った。

2 目的

弊社開発中の鉍物系吸着剤による PFAS 処理性を確認し、三井第二水源地原水に対する PFAS 処理および安定的な施設計画に役立てることを目的とする。あわせて、鉍物系吸着剤に関する知見の獲得を図る。

3 実験の内容

実験の内容は以下の 3 通りとする。

(1) 鉍物系吸着剤処理性能確認

各務原市三井第二水源地原水を対象として、通常想定される運転条件における鉍物系吸着剤の PFAS 処理性能を確認する。

(2) 粒径の大きい鉍物系吸着剤 (FS400) による処理性能確認

FS400 は差圧上昇の抑制に有効と考えられる粒径の大きい吸着剤である。一方、粒径が大きい分、吸着効率の低下が懸念されることから、処理性能の確認を実施する。

(3) 残留塩素存在下における鉍物系吸着剤処理性能確認

原水の水質が清澄でない場合には、前段での処理が必要となり、残留塩素が存在する状態で PFAS 処理を行う状況が想定される。このため、残留塩素存在下の条件において実験を実施する。

なお、各務原市では前処理に次亜を使用しないため、本結果は、残留塩素存在下での PFAS 処理が必要となる他現場向けの知見として活用するものとする。

3.1 概略図

簡略化した実験装置フローを図1に示す。鉍物系吸着剤を充填したカラムに三井第二水源地原水を導水し、PFASを吸着処理した。なお、短期間で性能を把握するため、カラムの途中にサンプルロを設け、空間速度(SV)の大きいデータも収集した(SV30~120)。

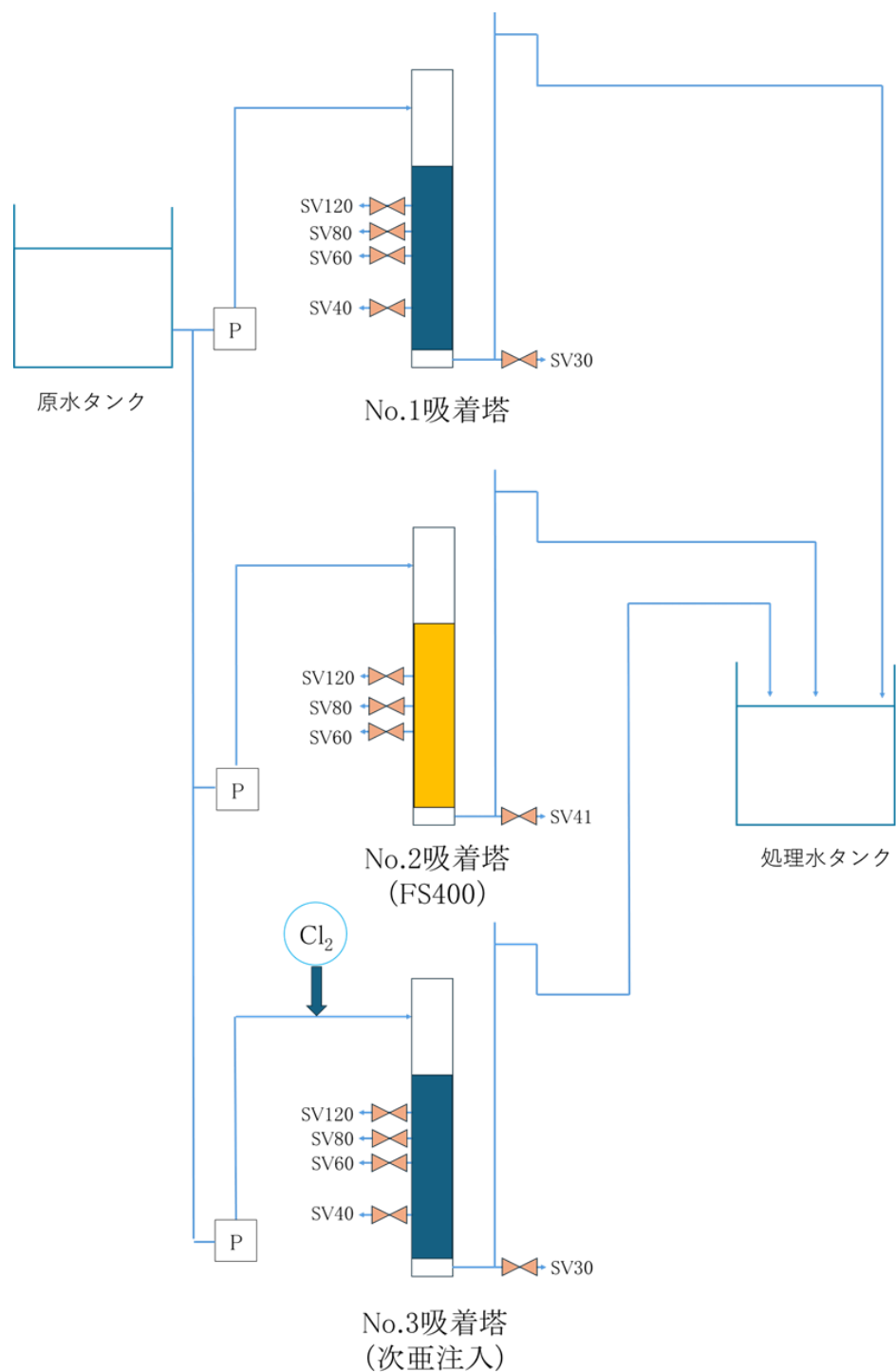


図1 実験装置フロー

3.2 条件

実験条件を表 1 に、PFAS 原水濃度を表 2 に示す。(測定項目:PFOS、PFOA、PFHxS、PFNA)

No.2 カラムでは、粒径の大きい鉱物系吸着剤(FS400)を使用した。No.3 カラムでは、流入水に次亜塩素酸ソーダを所定量注入することで残留塩素存在下における影響を確認した(残留塩素濃度の目安:0.5～1 mg/L)。

表 1 実験条件

項目	No. 1	No. 2 粒径大	No. 3 残塩あり
吸着剤	鉱物系吸着剤		
層厚 (mm)	1000		
実験期間	2025.06～	2026.01～	
LV (m/日)	720	984	720
SV	30	41	30
(-)	(処理性は SV120 地点で採水して評価)		
粒径	FS200(粒径小) 0.6mm	FS400(粒径大) 0.9mm	FS200(粒径小) 0.6mm
流入残留塩素 (mg/L)	—		1.0(1～4 月) 0.5(4～6 月現)
カラム径 (mm)	100	50	

表 2 原水の PFAS 濃度

項目	No.1	No.2 粒径大	No.3 残塩あり
PFOS	43～81ng/L(平均:63ng/L)	61～81ng/L(平均:72ng/L)	61～81ng/L(平均:72ng/L)
PFOA	13～23ng/L(平均:19ng/L)	17～21ng/L(平均:20ng/L)	17～21ng/L(平均:20ng/L)
PFOS+PFOA	58～100ng/L(平均:82ng/L)	82～100ng/L(平均:92ng/L)	82～100ng/L(平均:92ng/L)
PFHxS	27～65ng/L(平均:46ng/L)	47～65ng/L(平均:52ng/L)	47～65ng/L(平均:52ng/L)
PFNA	8～21ng/L(平均:16ng/L)	14～21ng/L(平均:17ng/L)	14～21ng/L(平均:17ng/L)

3.3 手順

- ① 原水を受水槽に導水する。原水は増圧したのち、夾雑物除去のための前処理装置へ通水し原水タンクに導水する。各槽の余剰な原水はオーバーフローから排水される。
- ② 原水を原水ポンプで加圧し、吸着カラムに通水する。
- ③ 適宜、原水および処理水を採水し、PFAS の分析を行う。なお、処理水は SV120 の条件で採水することで、加速的に吸着剤寿命を把握する。

- ④ PFAS の処理水濃度の推移を確認し、吸着剤の寿命を把握する。

4 結果

鉍物系吸着剤による PFAS の処理性について、通水倍率と PFAS 濃度の関係を確認した。

(1) 鉍物系吸着剤処理性能について

No.1 カラムにおける通水倍率と PFAS 濃度の推移を図 2～6 に示す。

通水倍率 1,000,000 程度において、PFAS は PFOA を除き検出されなかった。PFOA についても 1 点のみ 2 ng/L の検出が確認されたが、原水濃度と比較して極めて低い値であった。これらの結果より、鉍物系吸着剤は三井第二水源地原水に対して良好な PFAS 除去性能を有することが確認された。

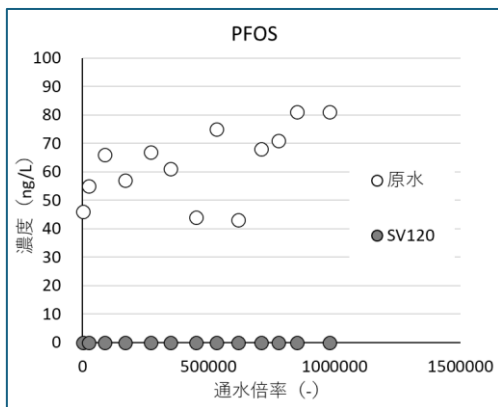


図 2 PFOS 濃度の推移

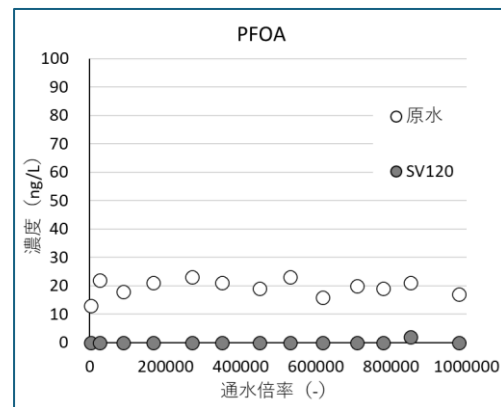


図 3 PFOA 濃度の推移

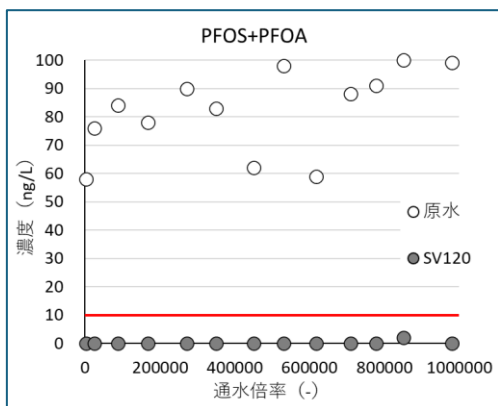


図 4 PFOS+PFOA 濃度の推移

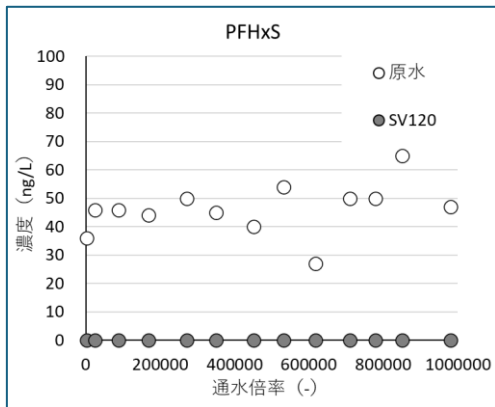


図5 PFHxS 濃度の推移

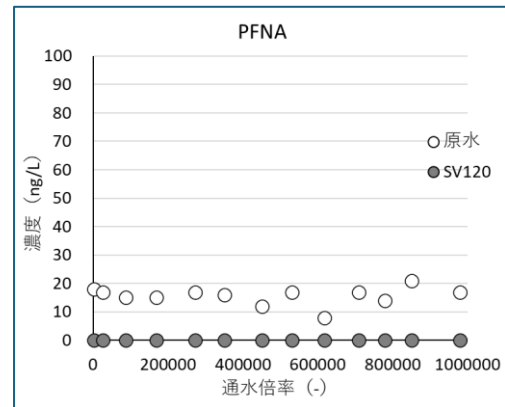


図6 PFNA 濃度の推移

(2)FS400 による処理性能について

No.2 カラム(粒径大)における通水倍率とPFAS 濃度の推移を図7～11に示す。

通水倍数 140,000 倍程度において PFAS が検出され、各務原市における目標値(PFOS+PFOA: 10 ng/L)程度となった。今後更なる確認や検討が必要であることが示された。

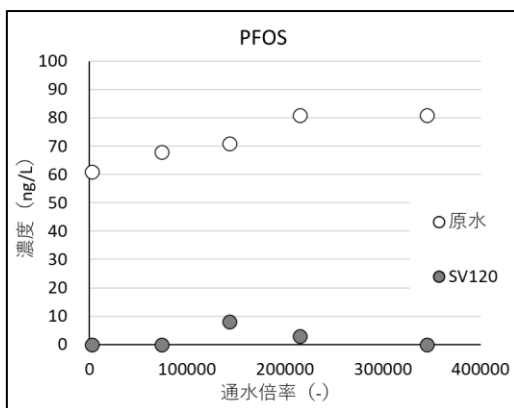


図7 PFOS 濃度の推移(粒径大)

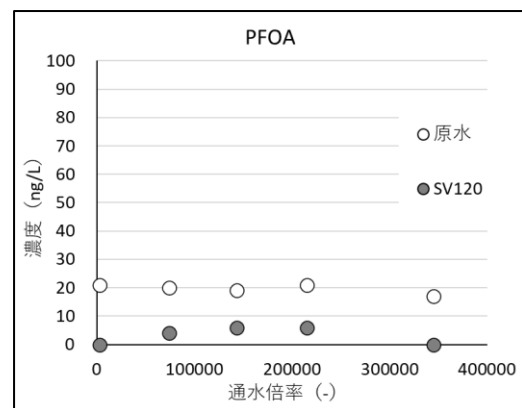


図8 PFAS 濃度の推移(粒径大)

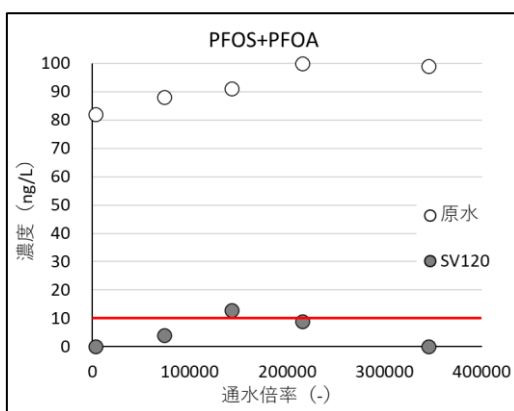


図9 PFOS+PFAS 濃度の推移(粒径大)

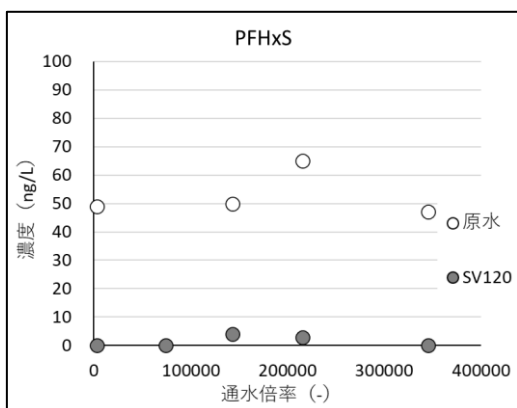


図 10 PFHxS 濃度の推移(粒径大)

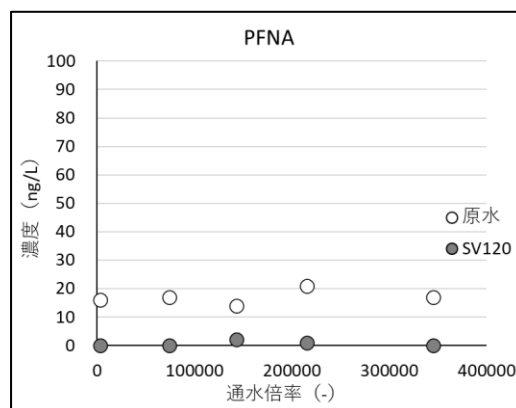


図 11 PFNA 濃度の推移(粒径大)

(3) 残留塩素が存在する場合の鉱物系吸着剤処理性能について

No.3 カラム(残塩あり)における通水倍率とPFAS濃度の推移を図12～17に示す。

残留塩素濃度 1 mg/L の条件では、通水倍数 210,000 程度において PFOS の検出が確認された。これは設定した残留塩素濃度が実運用条件を上回る過剰な値であったためと考えられる。残留塩素濃度を実運用条件相当の 0.5 mg/L に修正して試験を継続したところ、良好な PFAS 除去性能が確認された。

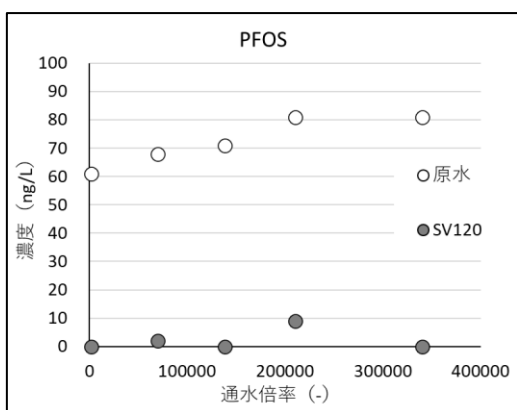


図 12 PFOS 濃度の推移(残塩あり)

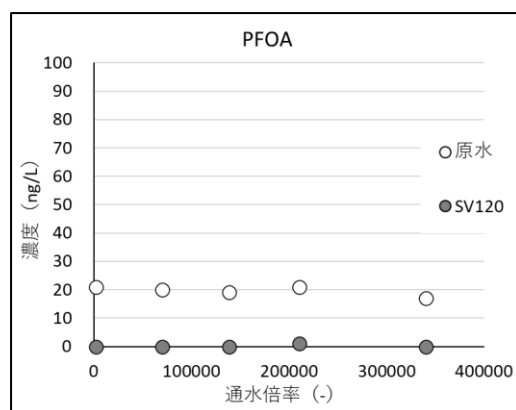


図 13 PFOA 濃度の推移(残塩あり)

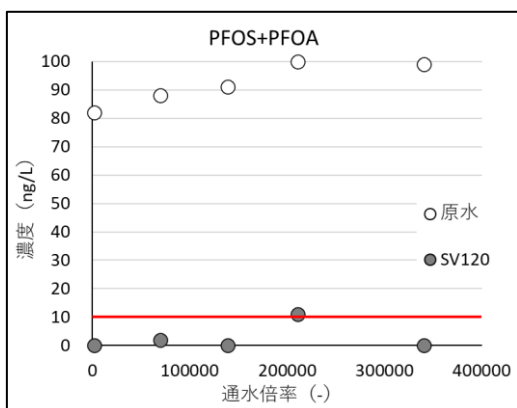


図 14 PFOS+PFOA 濃度の推移(残塩あり)

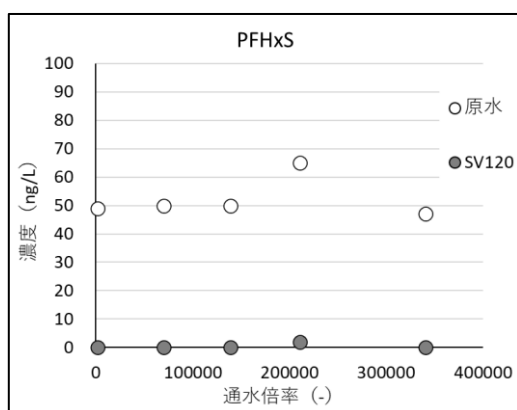


図 15 PFHxS 濃度の推移(残塩あり)

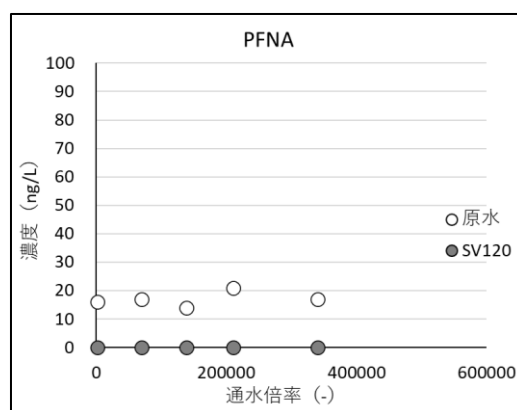


図 16 PFNA 濃度の推移(残塩あり)

5 まとめ

三井第二水源地原水を用いた実証実験において、鉱物系吸着剤による良好な PFAS 除去性能が確認された。一方、粒径の大きい FS400 については、更なる検討が必要であることが示された。

また、残留塩素濃度を適切に管理することで、残留塩素存在下においても鉱物系吸着剤が有効に機能することが示された。本知見は各務原市以外の前処理後の残留塩素が存在する条件にて、PFAS 処理を行う際の施設設計や運用計画に役立てることができると思われる。

今後も引き続き処理性データの収集を継続するとともに、運転データについても収集する予定である。