

下水処理過程における PFOA および PFOS の挙動について

大阪産業大学大学院工学研究科 非会員 ○広瀬知直

大阪産業大学工学部 正会員 尾崎博明

大阪産業大学新産業研究開発センター 正会員 谷口省吾

大阪市建設局 非会員 菅野悦次、中平亨

1. はじめに

近年、有機フッ素化合物のペルフルオロオクタン酸(PFOA)やペルフルオロオクタンスルホン酸(PFOS)が環境中において検出されていることから注目されている。PFOA および PFOS は家庭や工場などからの排水中に含まれ、極めて難分解性であることから下水処理場は排出源の1つではないかと懸念されている。

そこで本研究では下水処理場内の試料を採取し、PFOA および PFOS の測定を行い、流入下水と放流水の比較を行った。また、下水処理場内における挙動を明らかにするために、下水処理場の各処理工程ごとに採水して PFOA および PFOS の測定を行い、下水処理での処理特性について検討を行った。

2. 調査方法

2.1 対象の下水処理場および採水方法

大阪市内にある A~D の4カ所の下水処理場を調査対象とした。また、A 処理場では処理場内の各処理工程について調査を行った。C 処理場については嫌気好気法で、他の処理場では標準活性汚泥法により処理を行っている。流入下水、初沈出口と放流水については流量比例混合で採水した24時間のコンポジットサンプルを下水試料として用いた。初沈汚泥、終沈出口水、生物反応槽内混合液と返送汚泥はスポット採水の試料より得た。終沈出口水と放流水は塩素処理の前後でそれぞれ採水した。また今回調査した処理場では初沈汚泥と返送汚泥は別々に採取した。

2.2 測定方法

試料は溶存態と懸濁態に分けて測定を行った。懸濁物の少ない試料についてはガラス繊維ろ紙(GA-100:東洋濾紙株式会社)でろ過したろ液を溶存態、ろ紙上の残渣を懸濁態とした。初沈汚泥、生物反応槽内混合液、返送汚泥は遠心分離後に上澄みをろ過し、ろ液を溶存態、遠心分離による沈殿物とろ紙上の残渣を合わせて懸濁態とした。試料を溶存態と懸濁態に分けたのちラベル化された PFOA および PFOS のクリーンアップスパイクを添加した。溶存態試料は固相抽出(OasisHLB:Waters)で抽出を行いメタノールで溶出させ、溶出液を窒素ページで濃縮後、1mL に定容した。懸濁態試料は高速溶媒抽出装置(ASE-300:DIONEX)でメタノールにより抽出を行った。粗抽出液をロータリーエバポレータで数mL に濃縮し、超純水で300mL に希釈し溶存態試料と同様に固相抽出を行った。PFOA および PFOS の測定は LC/MS/MS (3200QTRAP:Applied Biosystems) で測定した。

3. 結果および考察

3.1 下水処理場別 PFOA および PFOS

処理場別の流入下水と放流水中の PFOA 濃度と PFOS 濃度をそれぞれ図1と図2示す。PFOA の流入下水中の濃度は90~140ng/Lであり、そのうち懸濁態としての存在割合は11~55%であった。放流水中の濃度は64~130ng/Lであり、懸濁態としての存在割合はA~D 下水処理場において10%以下であった。処理工程を経ることによる濃度低下がすべての下水処理場で10~50%の範囲で見られたが、形態別では懸濁態成分の減少が大きいものの、溶存態成分では2カ所に変化がなく、残る2カ所は約20ng/Lの範囲で増加および減少する程度であった。PFOS についてはAとD 処理場で濃度は低下し、BとC 処理場で濃度は上昇していた。固

キーワード：下水処理場、PFOA、PFOS、溶存態、懸濁態

連絡先：〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1 大阪産業大学 TEL:072-875-3001 FAX:072-875-5044

液分配をみると懸濁態の PFOS 濃度についてはすべての処理場で低下の傾向がみられた。溶存態については A 処理場では濃度にあまり変化はなく、D 処理場は濃度が低下し、B と C 処理場では濃度は上昇する結果となった。この原因については不明な点も多いが、流入下水中の PFOS/PFOA 比は B 下水処理場で 0.3 と低いが他の下水処理場では 1.6 以上であり、下水処理場による流入組成の違いが見られること、B と C 処理場では汚泥処理返流水が水処理系に戻っていることなどの要因が挙げられる。詳細については検討中である。

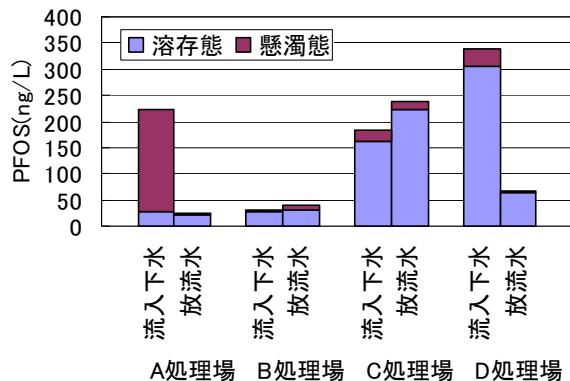
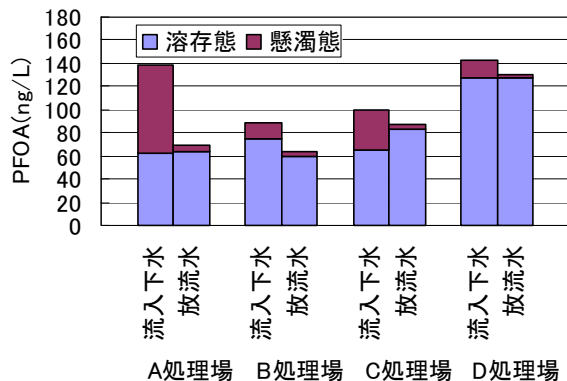


図1 処理場別の流入下水・放流水中の PFOA 濃度

図2 処理場別の流入下水・放流水中の PFOS 濃度

3.2 下水処理場内 PFOA および PFOS

調査対象下水処理場の中で流入下水中の懸濁態成分の割合が高い A 下水処理場について調査した。処理工程別の PFOA 濃度を図 3 に、PFOS 濃度を図 4 に示す。PFOA および PFOS とも溶存態成分の濃度変化はあまりないが、流入下水と比較し生物反応槽など SS (懸濁物質) の多い工程では総量としての濃度は高く、放流水など SS の少ない工程では濃度は低い傾向にあり、各試料の SS 濃度との相関性が見られた。

したがって、溶存態と懸濁態を合わせた PFOA および PFOS の総量の濃度変化は懸濁態の濃度変化と類似している。処理工程別については初沈汚泥の PFOA および PFOS の濃度は他の処理工程より極めて高くなっている。これは PFOA および PFOS は SS に吸着されやすいことから、下水処理の最初の工程である最初沈殿池で SS に吸着された PFOA および PFOS も沈殿したことによると考えられる。なお、B、C、D 下水処理場における工程別の挙動についてはさらに調査を行う。

4. まとめ

- 1) PFOA および PFOS はともに懸濁態成分は汚泥に移行して沈殿工程により系外に排出されるため、水中濃度が減少した。
- 2) PFOA の溶存態成分は下水処理による濃度変化が見られなかった。
- 3) PFOS の溶存態成分は 1 カ所において下水処理で 80%減少したが、他では大きな変化がなかった。
- 4) 流入水中の PFOS 濃度に下水処理場間の差が大きく、処理区の排水特性の影響が見られた。

なお、本研究は文部科学省私立大学学術研究高度化推進事業「社会連携研究推進事業」(平成 19～23 年度)の一環として大阪市建設局との研究協力により行ったものである。

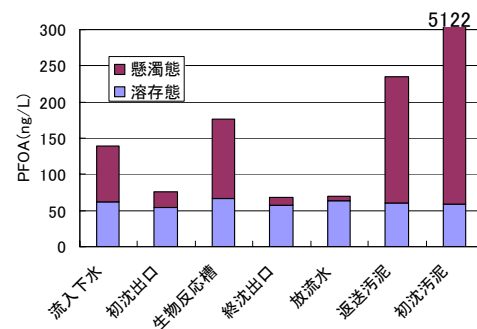


図3 処理工程別 PFOA 濃度

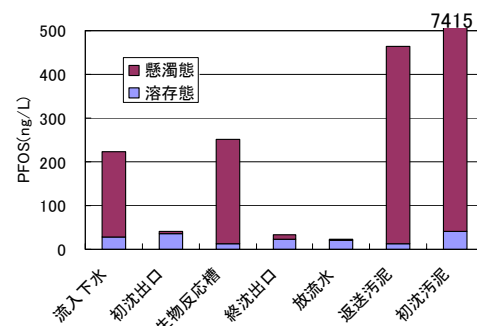


図4 処理工程別 PFOS 濃度