

下水処理場におけるペルフルオロアルキル酸とそれらの前駆体の挙動



YE Feng^{1,2}, 徳村雅弘^{3,4}, 益永茂樹³

¹ 横浜国立大学 大学院環境情報学府, ² 国立環境研究所 環境リスク・健康研究センター[現職],
³ 横浜国立大学 大学院環境情報研究院, ⁴ 静岡県立大学 食品栄養科学部[現職]

背景&目的

ペルフルオロアルキル酸類前駆体 (perfluoroalkyl acids (PFAAs) precursors)



◆ルーチン測定されるPFAAs以外に、未知の前駆体が環境中にかなりの量存在する可能性があるが、実態は不明。

- ◆下水処理場を例に、PFAA前駆体の挙動と収支を明らかにする。
- ◆水環境のPFOSやPFOAを含むPFAAsを制御するためのPFAA前駆物質の重要性を明らかにする。

結論

PFAA前駆体をPFAAまで化学的に酸化分解することで、PFAA増加量としてPFAA前駆体総量を定量し(PFAA当量)、下水処理場における前駆体の挙動を把握した。3箇所の下水処理場の全てにおいて、PFAAs総量を超える前駆体が流入していたが、処理水では前駆体は大幅に低減されていた。その行方として曝気槽における揮発と余剰汚泥による系外排出が示唆されたが、それらの寄与についてはさらなる検証が必要である。

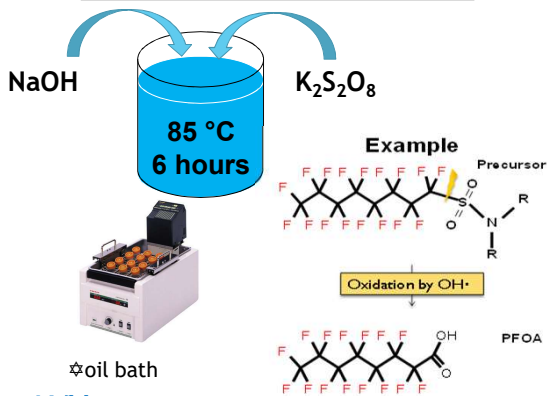
方法

◆試料採取

横浜市内の3箇所の下水処理場(K, S, T)において、流入下水と二次処理水(以上、24時間コンポジット)、および余剰汚泥、汚泥濃縮槽上澄水、三次処理水(スポット試料)を採取した。

◆酸化分解

水試料(固形物試料の場合は、有機溶媒で固液抽出後、水に転溶)に試薬を添加して加熱する^[1]。



◆精製

分解前後に固相注出し(Oasis WAX)、LC-MS/MSで測定。

- ◆酸化分解処理前のPFAA類の濃度は下水処理過程を通じて大きな変化はなかった(図1、図2)。このことは、PFAAが生物処理や三次処理(オゾンや塩素処理)によってほとんど処理されないことを示唆する。
- ◆下水流入水中のPFAAs総濃度(ΣPFAAs)は、酸化分解処理で数倍に増加し、PFAAsよりそれらの前駆体の存在量がはるかに高いことが示された(図2)。すなわち、PFAAsのみならず、前駆体とその中身について注目すべきである。
- ◆酸化分解後のPFAAs総濃度は、二次処理水で流入下水に比べて70~80%減少した(図3)。しかし、余剰汚泥としての系外への排出は、流入負荷量の10~20%でしかなく、二次処理による減少の一部しか説明できなかった(図2)。このことは、揮発性のPFAA前駆体が曝気槽で気相に除去されたことを示唆する。これについてはさらなる検証が必要である。

結果

溶存態

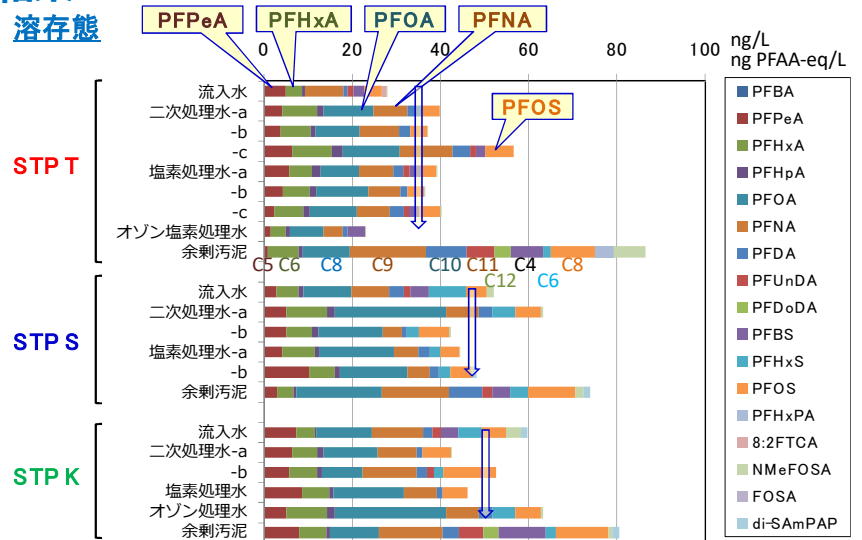


図1 PFAAsと前駆体の溶存態における酸化分解処理前の濃度 (ng/L)

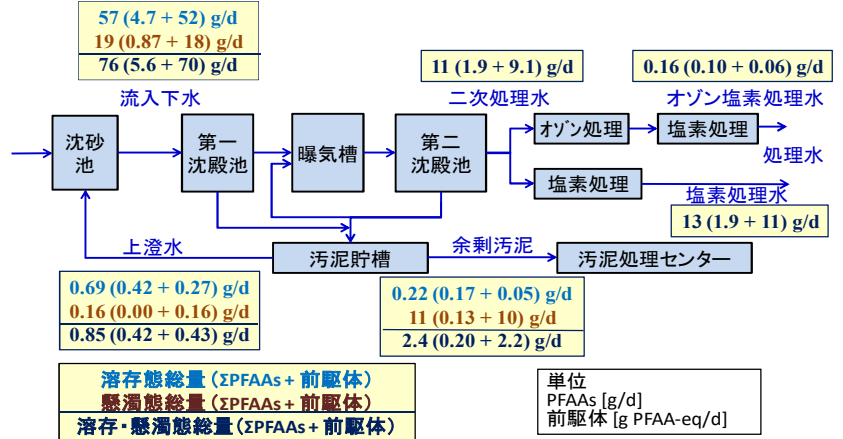


図2 下水処理場Tの処理過程におけるペルフルオロアルキル酸類とその前駆体の挙動 (日当たりの負荷量: g/d)

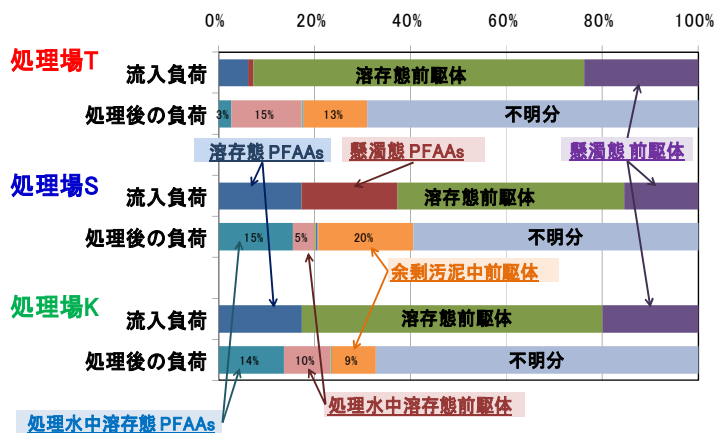


図3 下水処理場T, S, Kにおけるペルフルオロアルキル酸類とその前駆体の収支 (流入下水中のPFAAsと前駆体の負荷量を100%とした。)

[1] Houtz, E. F. & Sedlak, D. L.: Oxidative Conversion as a Means of Detecting Precursors to Perfluoroalkyl Acids in Urban Runoff, Environ. Sci. Technol. 46, 9342-9349 (2012).

謝辞: 本研究は科研費基礎研究B一般 (課題番号16H02973)、および河川財団河川基金の支援を受けて行いました。また、横浜市環境創造局から試料を提供いただきました。ここに記して謝意を表します。