

下水処理場生物処理工程における ペルフルオロカルボン酸類の挙動に関する検討

鈴木 裕識

キーワード：ペルフルオロカルボン酸 (PFCAs)、微量化学物質、水環境汚染、下水処理場、分析方法

1. 背景と目的

ペルフルオロカルボン酸類(PFCAs)は、テフロン製造の助剤などに世界中で幅広く使用されてきた。一方で、その環境中での残留性やヒトへの蓄積性・毒性が懸念されている。また、水環境中では、PFCAsの汚染が広範囲に及び、既往研究により下水処理場が公共用水域への負荷源であると指摘された。しかし、下水中の多種のPFCAsを形態別に調査した事例は少なく、下水処理場の汚染実態は明らかとなっていない。そこで本研究では、下水処理場を対象に、9種PFCAsの存在実態、懸濁態PFCAsの分析法、PFCAsの生物処理工程中の挙動特性の3つの検討を目的とした。

2. 調査および実験の方法

(1) 下水処理場における存在実態の検討

国内の下水処理場を対象に、各処理工程における存在実態を溶存態、懸濁態別に調査し、検討した。

(2) 下水試料中懸濁態成分の分析法の検討

下水試料中に含まれる9種PFCAsの懸濁態成分に対し、手順の簡便さ、回収率、抽出濃度、再現性の観点から最適な抽出法と夾雑物分離法を検討した。

(3) 生物処理工程中の挙動特性の検討

下水処理場から採取し馴致した活性汚泥を対象に、好気条件下で3種のPFCAsの回分吸着試験および回分分解試験を行った。

溶存態および懸濁態成分の分析方法

SPE-LC-MS/MS法を基本に、抽出法、夾雑物分離法、定量法を課題毎に改良してPFCAsを分析した。

3. 主な研究成果および考察

下水処理場の調査では、PFNAとそれより短鎖のPFCAsの溶存態濃度が増加して放流され、総PFCAs量が流入時の2.6倍で下流に負荷していた。生物処理工程ではすべてのPFCAsの濃度と懸濁態存在率が上昇していた。PFOAとPFNAの負荷量が生物処理槽で各4.5倍、4.6倍に増加し、返送汚泥にはそのうちの各41%、70%が残留して、生物処理工程を循環していた。

懸濁態分析法の検討では、振とう法により得た抽出液に、Envi-Carbカートリッジによる処理を行うことで、活性汚泥中の7種のPFCAsの回収率が59~112%に向上し、回収率の変動係数も20%以内に収まった。本方法では、複雑な操作および試薬を必要とせず、良好な精度と確度をもった分析を迅速に行えることが示された。

PFHxA、PFOA、PFNAの活性汚泥への吸着特性を、*Freundlich*の吸着等温式により解析した。吸着定数 K_F は、PFNA(1.36) > PFOA(0.07) > PFHxA(0.06)であり、PFCAsの炭素数が多いほど吸着しやすくなる傾向が示された。また、不活化させた汚泥は活性汚泥と比較して吸着しやすい可能性が示唆された。

4. 結論

本研究より、生物処理工程中の各PFCAの活性汚泥への吸着特性の違いが、下水処理場におけるPFCAs負荷量に影響していると示唆された。また、下水試料中の懸濁態PFCAsの分析法を検討したことで、生物処理工程中のPFCAsの挙動に影響を及ぼす因子の検討実験を、迅速かつ再現性良く行えるようになった。

