

# 日本とタイの水環境における全有機フッ素の存在実態 および下水処理場からの負荷量の推定

仲田 雅俊

キーワード：ペルフルオロ化合物類、琵琶湖・淀川流域、下水処理場、全有機フッ素、汚泥、生分解

## 1. 背景および目的

有機フッ素化合物類の一種であるペルフルオロ化合物類（PFCs）は難分解性、生物蓄積性が指摘され、対策が進められてきた。規制の強化に伴い、代替物質として類縁化合物が使用され始め、汚染が懸念されている。PFCs の前駆体は多種多様に存在しその実態把握は困難である。また前駆体は PFCs と物性が異なるため、汚染経路や挙動が PFCs と同じではない可能性がある。本研究では日本の水環境とタイの下水処理場に着目し、既往の分析に加え、全有機フッ素（TOF）分析を用いることで、有機フッ素の存在実態と負荷量の推定を試みた。

## 2. 調査および実験の方法

琵琶湖淀川流域において2016年8月～2018年12月に河川水(n=45)、湖水(n=9)、下水処理水(n=14)を採水し、タイ王国バンコク首都圏の工業団地(n=8)、都市下水処理場(n=2)、ゴミ処理場(n=3)において2017年9月～12月に水試料と汚泥試料を採取した。PFCs 15種、前駆体 21種に加え、酸化分解法を用いた PFC 生成ポテンシャル、TOF を分析した。

既知前駆体 5種を対象に下水処理工程を模擬した好気性生分解実験を行い、大気成分、水成分、汚泥成分に分類し、TOF の分析を行った。

## 3. 結果および考察

琵琶湖流出の負荷量は PFCs で 270 g-F/day、TOF で 1,400 g-F/day であったが流下過程で増加し、淀川下流では PFCs で 1,400 F-g/day、TOF で 9,200 g-F/day の負荷であった。また安威川 N 下水処理場では PFCs で 4,100 g-F/day、TOF で 12,000 g-F/day の負荷があった。淀川下流と比較し、PFCs で 2.9 倍、TOF で 1.3 倍の負荷があった。PFCs と TOF を比較し PFCs の 2.9 倍の有機フッ素が存在し未知の PFCs 関連物質が排出されている可能性が示唆された。

タイの各産業廃水下水処理場（IE）での TOF の負荷量を図-1 に示す。最大で流入水負荷 81.5g/day、放流水負荷 49.3 g/day が確認された。各処理場での流入水負

荷は下水処理により 15%～84%除去されて、放流されていた。汚泥へ吸着している負荷は下水処理場によって大きく異なったが、IE4 では 25.3%、IE13 では 30.3% が汚泥に分配されていた。

生分解試験による大気・水・汚泥分配率を図-2 に示す。フッ素アルキル鎖長が長くなるほど汚泥へ、短くなるほど大気へ移行しやすい傾向が示された。10:2FTOH では 65.7%が汚泥へ移行していた。4:2FTOH では 58.8%が、6:2FTOH では 76.3%が大気へ移行していた。世界的に PFCs 関連物質の使用が短鎖長のものに移行していることから、下水処理工程において、大気への汚染が懸念される。

## 4. 結論

既往の方法に加え、TOF 測定を用いることで、有機フッ素の汚染を包括的に評価した。PFCs は水環境での汚染が懸念されているが、使用化合物の変化により汚染が複雑化し、下水処理工程により、汚泥や大気を介した汚染が進むと予想される。今後は水だけでなく汚泥や大気への対策が必要であることが明らかとなった。

