

界面活性剤の下水処理工程における挙動について

水質管理課 亀山建一
石井吉治
○阿部光裕

1. はじめに

一般家庭から工場まで広範囲に使用されている界面活性剤は、その化学構造から陰イオン系、非イオン系、陽イオン系、両性イオン系の4種に分類されるが、近年、特に非イオン系の生産比率が40%を超えるなど、その生産比率の変化は著しい。これまで界面活性剤に関しては、下水処理での発泡による処理の妨害、微生物の機能への影響、さらに公共用水域における、微生物生態系への影響、植物への影響、魚毒性などについて多数報告されている。しかしその大部分は、従来生産比率の高かった陰イオン系についての報告であり、近年、非イオン系についても使用量に相当した下水処理場への流入が推測できることや、非イオン系の一部及びその分解生成物が内分泌攪乱物質であると疑われていることなど、同様の調査が望まれているのが実情である。そこで、非イオン、陰イオン系について、下水処理場への流入実態及び下水処理工程における挙動について調査を行い、若干の知見を得たので報告する。

2. 調査概要

横浜市内11ヶ所の下水処理場のうち、立地条件の違いから、流入下水の総量に対して家庭排水比率が高い中部下水処理場と工場排水比率が高い金沢下水処理場を調査対象とし、非イオン、陰イオン界面活性剤について、流入下水の特性と下水処理工程における挙動の調査を行った。それぞれの処理場概要を表1に示した。

表1 調査対象処理場

処理場名	流入幹線	滞留時間				二次処理水量 (9年度平均)	放流先
		最初沈殿池	反応タンク	最終沈殿池	合計		
中部	合流・分流	2.5h	5.4h	3.4h	11.3h	70,000m ³ /日	東京湾
金沢	合流・分流	2.3h	6.0h	2.6h	10.9h	181,000m ³ /日	富岡川

工業地帯に位置する金沢下水処理場は、市内でもメッキ工場排水の流入が多く、洗浄剤などに使用される非イオン界面活性剤の流入が多いと考えられたため、調査対象とした。

(1) 試料

最初沈殿池流入水、最初沈殿池流出水及び最終沈殿池流出水を調査対象とし、1日のサイクルを得るため、4時間毎の定刻におけるスポット採水を行い試料とした。また、各処理の過程で生じる汚泥への吸着除去について検討するため、最初沈殿池汚泥、余剰汚泥についても1日2回の頻度で対象に加えた。ただし、最初沈殿池汚泥については、重力濃縮後の汚泥を試料とした。

表2 分析項目及び試験方法

分析項目	分析方法	定量下限値
非イオン界面活性剤	下水試験方法(1997)第41節 2 トリブチルアンモニウム(II)酸吸光光度法	0.02mg/l
陰イオン界面活性剤	下水試験方法(1997)第41節 1(1) メチルブルー吸光光度法	0.01mg/l
LAS	下水試験方法(1997)第41節 1付 高速液体クロマトグラフ法	0.01mg/l

(2) 調査項目及び分析方法

調査項目及び分析方法を表2に示した。最初沈殿池汚泥及び余剰汚泥については、それぞれ上澄水と汚泥とに分けて調査を行った。汚泥の分析については、遠心分離操作で上澄水と汚泥に分離後、上澄水は5Aろ紙でろ過したものを、汚泥は乾燥、定量、超音波抽出、濃縮、定容を行ったものを試験溶液とした。

3. 調査結果

(1) 下水処理工程

家庭排水系処理場である中部下水処理場の下水処理工程における非イオン、陰イオン界面活性剤の挙動を図1,2に示した。1日の流入濃度変動では、非イオン、陰イオン系の両方で、10～14時と22時に濃度が高かった。10～14時に負荷が高いことは、過去のCOD等の試験実績でも概ね同様な変動が見られており、昼間の社会活動及び生活活動に起因していると考えられる。しかし、22時頃のピークは過去の変動でみられないことから、これは特に生活活動に起因した界面活性剤負荷の上昇であると考えられる。

次に、工場排水系処理場の挙動として金沢下水処理場の非イオン系の挙動を図3に示した。非イオン、陰イオン系とも中部下水処理場の傾向と異なっていたが、非イオン系濃度は全体的に中部下水処理場の2倍程度と高く、深夜を除いた工場操業時間帯で高濃度であるのは工場排水の影響を受けていると推測できる。このように、下水処理場の立地条件の違いにより経時変化に特徴がみられ、その後の最初沈殿池及び最終沈殿池の処理でも、流入濃度が影響を及ぼしていると考えられる。

(2) 汚泥処理工程

最初沈殿池汚泥及び余剰汚泥について、調査結果を図4に示した。合計値は、上澄水と汚泥の分析値、及び固形物量から計算して求めたものである。

両処理場の非イオン、陰イオン系について、汚泥試料中の合計濃度は、それぞれ対応した下水処理工程の流出水と比較して6～24倍高く、特に最初沈殿池汚泥では高い結果であった。さらに、非イオン系は陰イオン系と同様に、上澄水と分離した汚泥固形物中に濃縮されやすい傾向が得られた。このように、界面活性剤

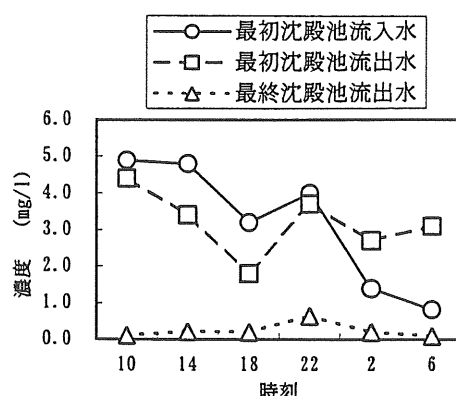


図1 非イオン界面活性剤の挙動 (中部下水処理場)

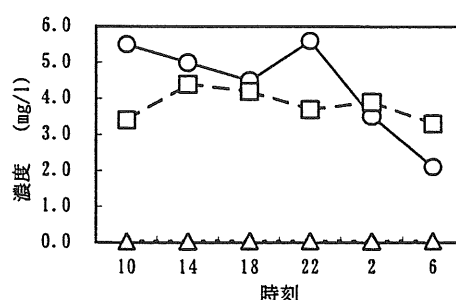


図2 陰イオン界面活性剤の挙動 (中部下水処理場)

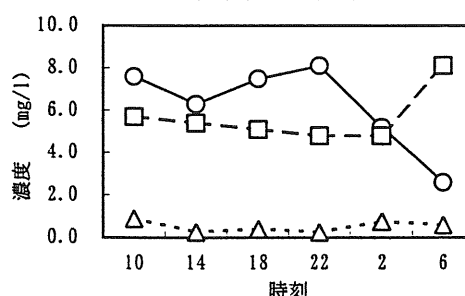


図3 非イオン界面活性剤の挙動 (金沢下水処理場)

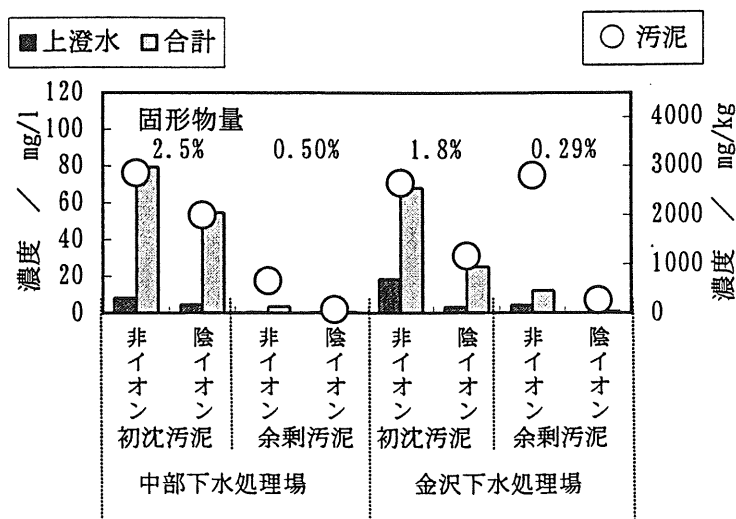


図4 汚泥試料中の濃度

は下水系から汚泥系に移行している傾向がみられた。

また、家庭排水系と工場排水系との比較の視点から考えると、金沢下水処理場における余剰汚泥の非イオン系濃度は、中部下水処理場におけるその2～3倍程度であり、その挙動が目立っていたが、これは最終沈殿池流出水の濃度が高いため、汚泥系に影響を及ぼしたと考えられる。

(3) LASの挙動

LASについては過去に調査された事例も多いが、アルキル炭素数10から14までの5物質を対象として行った。最初沈殿池流入水では、全ての時間帯において炭素数10の構成比が最も高く、順に11,12であった。汚泥系との関係では、最初沈殿池汚泥について上澄水の構成比は流入水と類似していたが、汚泥の構成比は炭素数11が最も高く、炭素数13,14の物質も存在する点で異なっていた。この様に汚泥のLAS構成比には特徴がみられたが、同様に非イオン系についても汚泥への移行傾向が大きいことから、ポリオキシエチレン鎖やアルキル炭素数ごとの分布及び分解過程を明らかにしていく必要があると考えられる。

(4) 処理工程での除去率

処理工程での除去率を、各処理工程での24時間平均濃度から求め、表3に示した。非イオン系は除去率92%であり、陰イオン系と比較して除去されにくい結果であった。また、最大値でみると、最終沈殿池流出水で陰イオン系が全て0.07mg/l(金沢2時)以下であるのに対して、非イオン系では最大0.9mg/l(金沢10時)の濃

度であり、他処理場の実態や放流後の環境水中での挙動について、調査の必要があると考えられる。

表3 除去率

		平均濃度 (mg/l)			除去率 (%)	
		初沈流入水	初沈流出水	終沈流出水	初沈	合計 (初沈+反応タンク+終沈)
非イオン	中部	3.2	3.2	0.25	0	92
	金沢	6.2	5.7	0.52	8.1	92
陰イオン	中部	4.4	3.8	0.05	14	99
	金沢	4.7	4.4	0.05	6.4	99

4. まとめ

界面活性剤は、その用途により様々な物質が使用されている。本調査では、非イオン系、陰イオン系及び陰イオン系の代表物質であるLASを対象に調査を行い、次のような知見を得ることができた。

(1) 流入特性として、立地条件の違いから濃度の経時変化に特徴がみられた。

(2) 処理工程における挙動として、最初沈殿池及び最終沈殿池で生じる汚泥は、それぞれ対応する下水処理工程での濃度影響を受け、界面活性剤は汚泥系へと移行する傾向がみられた。

(3) 非イオン界面活性剤の除去率は、今回の調査では92%であった。

今回の調査で、非イオン界面活性剤は市場での使用量に相当した流入がみられ、下水処理場を介して環境水中に放流されていることが分かった。処理工程での詳細な挙動については、汚泥への吸着除去と共に、活性汚泥中での生物分解性についても求める必要性があり、定量的な検討を進める必要があると考えられる。一部の非イオン界面活性剤及びその分解生成物が内分泌攪乱物質であると疑われていること、また、非イオン系全体として相当量が環境水中に放流されていることを考慮し、今後も動向を確認する予定である。

【共同研究者】 水質管理課 石井 彰