

下水処理工程における

非イオン界面活性剤及びその関連物質の挙動について

管理部 水質管理課 鈴木 孝

川澄 誠

○阿部 光裕

1 目的

一般家庭や事業場で広範囲に使用されている界面活性剤のうち、非イオン系の生産比率は40%を超えるなど年々増加傾向にある。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生態系への影響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、非イオン系のノニルフェノールエトキシレート（NPE）の分解生成物であるノニルフェノール（NP）が内分泌攪乱物質であると疑われていることなどから、同様の調査が必要となってきた。

そこで、非イオン界面活性剤及びその関連物質について、下水処理工程における挙動を調査し、若干の知見を得たので報告する。

2 調査概要

市内 11 下水処理場を調査対象とし、下水処理工程における非イオン界面活性剤及びその関連物質の濃度測定を行った。

(1) 調査対象及び試料

試料は、①初沈流入水、②初沈流出水及び③終沈流出水とし、流量比例の 24h コンポジットで採水した。さらに、北部第二下水処理場については、工場排水や汚泥処理工程の影響等を把握するため詳細な調査を別途追加し、幹線流入、返流水及び洗煙排水等の試料をスポットで採水した。

(2) 調査項目及び分析方法

調査は、①非イオン界面活性剤、②陰イオン界面活性剤、③ノニルフェノールエトキシレート（NPE）及び④ノニルフェノール（NP）の 4 項目について実施した。分析方法は、下水試験方法、下水道における内分泌攪乱化学物質水質調査マニュアル及び関連文献に準拠して行い、特に NPE についてはエチレンオキシド（EO）基の付加モル数による形態別分析を検討した。EO 基付加モル数 $n=1\sim6$ については標準物質による定性及び定量、 $n=7$ 以上については、 $n=6$ の物質のモル吸光係数を用いて、近似的に算出し定量を行った。また、前処理操作は、試料中の SS 分への吸着を考慮し試料ろ過後の SS 分について超音波抽出等を行った。

3 調査結果

(1) 下水処理工程の挙動

各下水処理場における、非イオン界面活性剤、陰イオン界面活性剤、NPE 及び NP の調査結果を図 1、2、及び表 1 に示した。初沈流入水について、非イオンは陰イオンと同程度の濃度であり、NPE、NP の順に濃度が低かった。これは、界面活性剤の生産比率が非イオン 43%、陰イオン 48%（平成 10 年）

であることや、非イオンのうち NPE の生産比率が約 10%程度であることから生産比率に対応した流入濃度が得られたと推測できる。NP については、主に NPE 製造の原料として工業用途で利用されるため、流入濃度が低かったと考えられる。また、処理場ごとに流入濃度傾向を比較すると、非イオン、陰イオン及び NPE については、非イオン濃度が高い処理場であれば陰イオン濃度も高い傾向であるなど一定の流入パターンがみられたが、NP については北部第二及び金沢が特に高い特徴がみられた。

次に、初沈流出水では非イオン、陰イオン及び NPE について、初沈流入水と同程度の濃度であったことから初沈での除去効果はあまり得られないと推測できる。(金沢、港北、西部及び栄第一下水処理場については、初沈流入水採取ポイント後に余剰汚泥が戻っているため、初沈流出水では濃度が増加する可能性がある。)

最後に、終沈流出水では全ての項目で大幅に減少し、反応タンクでの除去効果が十分に得られていた。

(2) NPE 形態別構成比率

NPE について、エチレンオキサイド (EO) 鎖数による形態別構成比率を図 3、4 に示した。初沈流入水では、 $n=1 \sim 18$ の幅広い範囲で分布し、初沈流出水でもほぼ同様の構成比率であった。終沈流出水では $n=1 \sim 9$ の範囲で分布し、長鎖の EO 鎖を持つ NPE が反応タンクで分解していることが分かった。

また、北部第二及び金沢下水処理場では、他処理場と比較して初沈流入水の構成比率に特徴がみられ、短鎖である $n=1 \sim 4$ の物質が 80%以上を占めていた。これは、前述において NP 濃度も高いなど両処理場に共通した特徴として考えられ、この主な原因として表 2 に示したように、①NPE 及び NP が主に工業用途であることに起因する工場排水の流入による影響、②他処理場と比較して返流水等の流入比率が高いことによる影響の 2 つが考えられる。そこで、幹線流入及び返流水等について別途調査を実施し、結果を図 5 に示した。幹線流入の構成比率では他処理場の初沈流入水のそれと類似していたが、汚泥処理工程で発生する返流水及び洗煙排水には、比較的処理が進み分解された短鎖の EO 基をもつ NPE が多く存在していることが確認された。よって、初沈流入水の構成比率に多大な影響を与えているのは、返流水等の流入比率が高いためであったと推測できる。

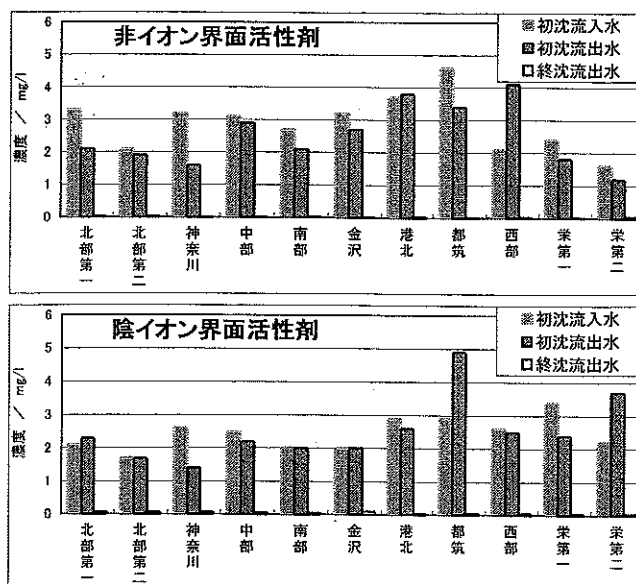


図1 非イオン・陰イオン界面活性剤の挙動

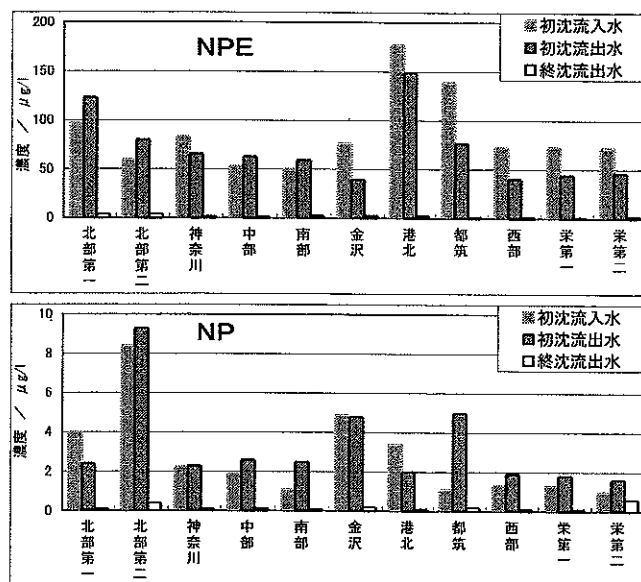


図2 NPE・NPの挙動

表1 初沈流入水における各物質の構成比率

	北部第一	北部第二	神奈川	中部	南部	金沢	港北	都筑	西部	栄第一	栄第二	平均
NPE/非イオン界面活性剤	3.0	2.9	2.6	1.7	1.8	2.4	4.8	3.0	3.4	3.0	4.5	3.0
NP/NPE	4.1	14	2.7	3.6	2.2	6.4	1.9	0.8	1.8	1.8	1.4	3.7

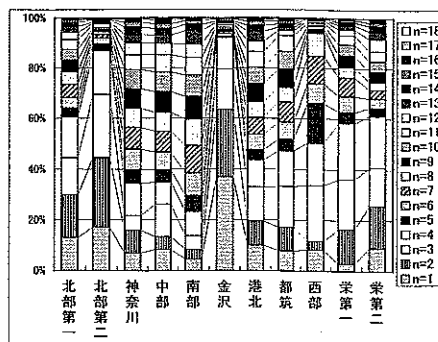


図3 初沈流入水のNPE分布

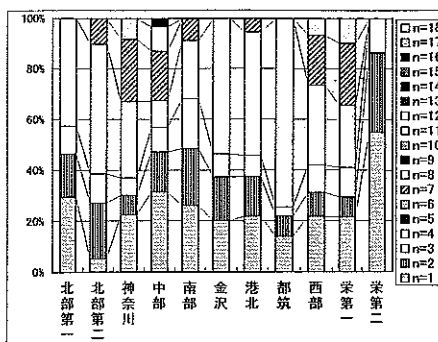


図4 終沈流出水のNPE分布

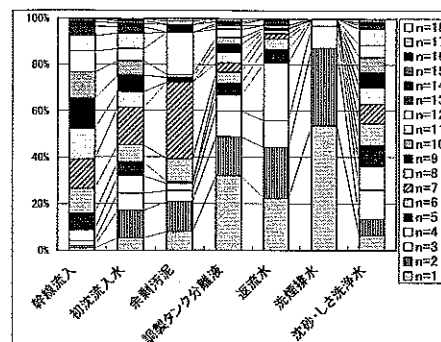


図5 幹線流入及び返流水等のNPE分布（北部第二）

(3) 除去率

処理工程における、11 下水処理場平均の除去率を表3に示した。前回行った調査（中部及び金沢）では、非イオン界面活性剤は除去率92%であり、陰イオン界面活性剤と比較して除去されにくい結果であったが、今回の調査では99%の除去率が得られた。また、非イオン系のNPEについても、十分な除去率が得られた。

表2 各処理場における工場排水及び返流水等の占める割合（平成11年度平均） 単位(%)

	北部第一	北部第二	神奈川	中部	南部	金沢	港北	都筑	西部	栄第一	栄第二	平均
工場排水 ^{*1} /流入下水量	3.1	10	3.0	3.5	1.7	5.9	2.4	3.4	1.2	3.1	3.2	3.7
返流水等 ^{*2} /二次処理水量	2.7	9.5	1.1	-	0.15	11	-	-	-	-	-	4.9

*1 工場排水量のうち、メッキ排水及び洗浄水量

*2 返流水、返流水処理水、洗機排水量

表3 下水処理における除去率 単位(%)

	北部第一	北部第二	神奈川	中部	南部	金沢	港北	都筑	西部	栄第一	栄第二	平均
非イオン界面活性剤	99	98	100	99	99	99	99	100	99	99	97	99
陰イオン界面活性剤	97	96	97	98	98	95	99	98	98	99	98	97
NPE	96	93	98	98	95	96	99	99	98	98	97	97
NP	98	95	95	95	91	96	97	82	92	92	40	88

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、非イオン界面活性剤、陰イオン界面活性剤、NPE及びNP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) 非イオン界面活性剤は陰イオン界面活性剤と同程度の流入がみられたが、すべての下水処理場において96%以上（平均99%）の除去率が得られ、削減効果が確認された。
- (2) 北部第二及び金沢下水処理場の初沈流入水では、NPEの形態別分布に特徴がみられ、分解の進んだエチレンオキサイド鎖数の少ない物質の構成比率が高く、また同様にNPEの分解生成物であるNPの濃度も高かった。これらの挙動は、汚泥処理工程で生じる返流水等の影響を大きく受けていると推測できる。

以上から、NPE等化学物質は下水処理場により削減効果が得られているものの、吸着による汚泥処理工程への移行が進み、その結果として返流水等に多く存在することが確認された。NPEは、比較的分解され易い化学物質であるとともに、エチレンオキサイド（EO）基の長さに広がりを持つため、その分解過程の追跡が可能な物質である。

近年注目されているダイオキシン、環境ホルモン及びPRTR法対象物質等の微量化学物質や、なかでも難分解性の化学物質については、NPE以上に下水処理工程への返流水等の影響が顕著であると推測される。今後、その挙動を把握するとともに、より一層の返流水処理技術の向上を進めていく必要があると考える。

5 参考文献

- 1) 日本石鹸洗剤工業会, 環境年報, 24 (1999)
- 2) Di Corcia, A. and Samperi, R., *Environ.Sci.Technol.*, 28, 850 (1994)