

生活排水中のアルキルフェノール類と活性汚泥による処理効果

広島工業大学大学院 学生会員 ○上田 徹也
 同上 林 香代子
 広島工業大学 正会員 今岡 務
 菱明技研株式会社 吉村 友宏

1. はじめに

外因性内分泌攪乱化学物質（いわゆる環境ホルモン）による環境汚染は、科学的に未解明な点が多く残されているものの、それが生物生存の基本的条件に関わるものであり、世代を越えた深刻な影響をもたらす恐れがあることから、環境保全上の重要課題とされている¹⁾。とくに、胎児期や幼児期ではホルモン作用に対する感受性が高く、この期に影響を受ければ、将来的に生殖機能や脳機能への障害を引き起こす恐れがあるとされている。

アルキルフェノール類(AP)は、界面活性剤の原料として合成洗剤等に含まれる物質であり、生物や人体への影響が懸念されている。とくに、4-*t*-オクチルフェノールとノニルフェノールは、内分泌攪乱作用を有するものとして環境省の指定を受けており¹⁾、健康影響やその汚染メカニズムが注目されている。これら AP の現在の汚染状況については、環境省・国土交通省等で実施されている環境調査などで確認されているものの、その汚染源を特定するだけの詳しい情報は得られておらず、また汚染メカニズムを検討した報告例も少ない。そこで、本研究では AP の環境への汚染メカニズムの解明を目的として、生活排水に注目し、団地污水处理場での調査を実施した。

2. 調査の概要および方法

2.1 調査の概要

生活排水の調査は、広島県廿日市市の宮園団地特定地域污水处理場(活性汚泥法)で2003年11月17日12時～11月18日14時、2004年1月6日12時～1月7日14時の計2回実施した。なお、宮園団地は人口6394人、2006世帯(2003年10月1日現在)である。流入水及び放流水を2時間おきにステンレス製のひしゃくを用いて褐色ガラス瓶(1L)に採取後、アスコルビン酸1gを添加した。分析に供するまでは、冷暗所に保存した。

2.2 分析対象物質と分析方法

分析の対象とした化学物質は、4-*t*-ブチルフェノール($C_{10}H_{14}O$)、4-*n*-ペンチルフェノール($C_{11}H_{16}O$)、4-*n*-ヘキシルフェノール($C_{12}H_{18}O$)、4-*n*-ヘプチルフェノール($C_{13}H_{20}O$)、4-*t*-オクチルフェノール($C_{14}H_{22}O$)、4-*n*-オクチルフェノール($C_{14}H_{22}O$)、ノニルフェノール($C_{15}H_{24}O$)の7種類である。流入水に関しては、GFろ紙($1.0\mu m$)を使用し、ろ過を行い、ろ紙上の物質を懸濁態、ろ液を溶存態として分析を行った。放流水は、そのまま分析に供した。分析方法は、「用水・排水中のアルキルフェノール類試験法 JIS K 0450-20-10」に準じて、前処理とGC/MS(GC:HP社製 HP6890SERIES 高分解能ガスクロマトグラフ、MS:日本電子製四重極質量分析計)による測定を行った。

3. 結果および考察

3.1 ノニルフェノール濃度の時間変動

流入水中のノニルフェノール濃度の時間変動を図1に示した。ノニルフェノールの濃度範囲は $0.344\sim 0.886\mu g/l$ で、11月の調査では、12時に濃度の上昇が見られた。また、国土交通省が平成10～12年度に下水処理場において実施した調査²⁾での中央値 $4.4\mu g/l$ と比較すると低い数値となった。

なお、流入水 AP は、ろ紙上に捕捉された懸濁態物質中に高い割合で含まれていた。ノニルフェノールの場合では、平均値で66.8%(11/17, 18)および68.5%

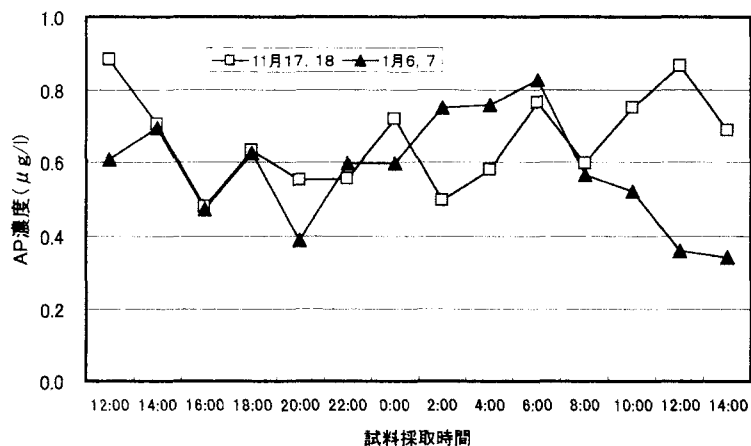


図1 流入水中のノニルフェノール濃度の時間変動

(1/6, 7)がそれぞれ懸濁態として測定され、その他の AP 類に関しても 32～85%が懸濁態であるという結果が得られた。これらの懸濁態 AP の起源としては、AP の性状から考えて固形分中での含有は考えにくく、処理場への流入過程で溶存態のものが懸濁物質に吸着されたものと考えの方が妥当であろう。

3. 2 活性汚泥による AP の処理効果

流入水の AP 濃度調査日毎の平均値を懸濁態と溶存態の総和をもとに求め、放流水の平均濃度とそれから得た除去率とともに表1に示した。なお、除去率は、次式(1)を用いて算出した。

除去率(%) = 100 - {放流水平均濃度(μg/l) / 流入水平均濃度(μg/l)} × 100 (1)

流入水中の AP の平均濃度は、4-*t*-オクチルフェノールとノニルフェノールを除くと、0.004～0.038 μg/lであった。また、4-*t*-オクチルフェノールは、それよりやや高い 0.125～0.130 μg/lを示した。流入水中の AP の中では、ノニ

表 1 AP の流入水、放流水の平均濃度と除去率

物質名	2003/11/17,18			2004/1/6,7		
	流入水	放流水	除去率(%)	流入水	放流水	除去率(%)
4- <i>t</i> -ブチルフェノール	0.026	0.001	96.6	0.027	0.002	93.1
4- <i>n</i> -ペンチルフェノール	0.022	0.001	97.2	0.017	0.000	97.7
4- <i>n</i> -ヘキシルフェノール	0.004	0.001	59.7	0.019	0.001	93.6
4- <i>n</i> -ヘプチルフェノール	0.010	0.001	85.7	0.038	0.000	100
4- <i>n</i> -オクチルフェノール	0.034	0.002	95.3	0.031	0.001	96.0
4- <i>t</i> -オクチルフェノール	0.130	0.019	85.4	0.125	0.015	88.2
ノニルフェノール	0.663	0.064	90.4	0.58	0.034	94.2

(流入水、放流水の単位: μg/l)

ルフェノールの濃度が最も高く、2 回の調査で 0.580～0.663 μg/l という値が得られた。一方、放流水中の AP 濃度は、4-*t*-オクチルフェノールでの 0.015～0.019 μg/l、NPでの 0.034～0.069 μg/l を除けば、いずれも 0.002 μg/l 以下の極めて低濃度となっていることが確認された。したがって、本処理場での AP の除去率としては、流入水の濃度が極めて低かった 4-*n*-ヘキシルフェノールを除くと、いずれも 85.4～100%の高い除去率を示し、AP に対する活性汚泥法による除去効果が確認された。

3. 3 団地污水处理場における AP の流入負荷と放流負荷

11月と1月の2回の調査結果から流入水のノニルフェノールと全 AP の平均濃度を懸濁態、溶存態および全濃度に関して算出し、それぞれの負荷量を求め、表2にまとめた。なお、ここでは分析の対象とした7種の AP 類の単純総和を全 AP として、負荷量の算定を行った。また、本処理場では放流量のみが測定されているため、その測定値 1,669 m³/日 (11/17, 18) および 1,683m³/日 (1/6、

表 2 ノニルフェノールと全APの負荷量

	平均濃度	汚水量	流入・放流負荷量	排出原単位	
	(μg/l)	(m ³ /日)	(mg/日)	(mg/世帯/日)	(mg/人/日)
懸濁態NP	0.420	1,676	703.8	0.351	0.110
溶存態NP	0.202	1,676	338.1	0.169	0.053
全NP	0.622	1,676	1041.8	0.519	0.163
放流水NP	0.049	1,676	81.8	0.041	0.013
懸濁態AP	0.523	1,676	876.1	0.437	0.137
溶存態AP	0.340	1,676	569.1	0.284	0.089
全AP	0.862	1,676	1445.3	0.720	0.226
放流水AP	0.071	1,676	119	0.059	0.019

7)の平均値(1,676 m³/日)をもとに負荷量を算出した。その結果、本団地からのノニルフェノールの排出は、懸濁態NPとして、0.110mg/人/日、溶存態NPとして 0.053mg/人/日と算出され、全NPとしては、0.163 mg/人/日となった。また、全 AP に関しては、1人1日当たり 0.226mg の排出となると算定され、その約 6 割(0.137mg/人/日)が懸濁態であった。污水处理場を経た後の環境への負荷としては、NP では、0.013mg/人/日、全 AP としては、0.19 mg/人/日の排出となると算定された。なお、用いた汚水量から、本団地での1人1日当りの排水量を算出すると 262 L/人/日となり、ほぼ妥当な使用水量と考えられた。

4. おわりに

今回の団地污水調査では、AP の高い除去率が示され、活性汚泥による処理効果が確認された。今後 AP 濃度の季節変動や発生源の特定などに関する調査とともに、懸濁態 AP は汚泥として処理場から搬出されることも考えられ、その行方についても今後調査が必要であると考えている。

参考文献

- 1) 環境庁:内分泌攪乱化学物質問題への環境庁の対応方針について-環境ホルモン戦略 SPEED'98-、2000 年 11 月版。
- 2) 国土交通省都市・地域整備局下水道部:平成 12 年度下水道における内分泌攪乱物質に関する調査の結果について。