

B-18 下水処理プロセスにおけるPRTR制度 対象物質(13物質)の挙動把握

○小森 行也^{1*}・鈴木 穰¹

¹独立行政法人土木研究所（〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6）

* E-mail: komori@pwri.go.jp

1. はじめに

平成11年7月に「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」が公布され、PRTRが制度化された。現在、下水道においてはPRTR制度対象物質(435物質)すべてについて把握することは現実的に不可能であることから、人の健康への影響がかなり明確となっており排出規制や法に基づく測定が課せられている物質(法規制対象化学物質：30物質)について処理水中の濃度を測定している。本調査では、PRTR制度対象物質(435物質)のうち法規制対象化学物質以外で下水道への排出割合の高い物質又は排出量が多い物質(13物質)について下水処理プロセスにおける挙動把握を行った結果について報告する。

2. 調査方法

(1) 調査対象化学物質

調査対象物質は、平成17年度のPRTRデータを基にPRTR制度対象物質のうち下水道法で規定する水質検査対象物質以外で下水道への排出量が多い又は排出割合の高い物質(13物質)¹⁾とした。

(2) 調査処理プロセス

調査は、嫌気・無酸素・好気法(A2O法)の下水処理プロセスを有する下水処理場で行った。分析用試料の採取場所を図-1に示す。流入水、初沈流入水、初沈流出水、処理水、生汚泥、返送汚泥は平成21年3月4日にスポット採取し、好気槽空気は平成21年3月4日～5日にかけて一定流量で24時間採取した。

(3) 分析方法

調査対象物質の分析は、水又は底質試料の分析方法²⁾～⁵⁾を参考に下水試料への適用について検討した方法⁶⁾を用いた。イソブレン、1,2-エポキシプロパン、キシレン、1,4-ジオキサン、o-ジクロロベンゼン、トルエンの6物質はヘッドスペースGCMS法、エチレンオキドは活性炭臭素化-GCMS法、エチレンジアミン四酢酸はメチルエ

ステル化-GCMS法、1,3-ジクロロ-2-プロパノールは水蒸気蒸留-固相抽出-GCMS法、ニッケル化合物、バリウム及びその化合物は酸分解-ICP法、フェノールはPFB化-GCMS法、ホルムアルデヒドはPFBB化-GCMS法により分析した。生汚泥、返送汚泥は遠心分離した後、上澄液と固形分に分けて分析した。また、好気槽空気は、ろ紙・固体・溶媒等に捕集、又はバッグ採取した後、前述の方法により分析した。

これらの分析法による流入水及び生汚泥への添加回収試験の結果、各物質とも回収率は60～110%と比較的良好な結果であった。なお、好気槽空気分析についての回収率は未確認である。

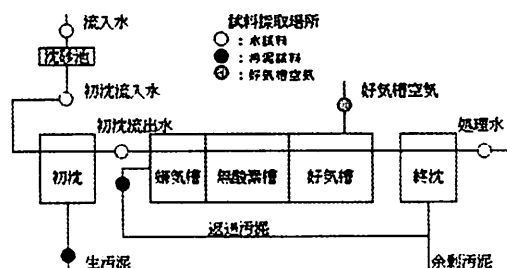


図-1 試料採取場所

3. 調査結果

採取試料のPRTR制度対象物質分析結果を表-1に示した。水試料は、SS吸着分を含む濃度(μg/L)で示し、汚泥試料は、固形物濃度(μg/kg-wet)で示した。検出下限値未満については各物質の検出下限値を用い不等号で示した。調査対象13物質中、エチレンジアミン四酢酸、1,4-ジオキサン、1,3-ジクロロ-2-プロパノール、トルエン、バリウム及びその水溶性化合物、フェニール、ホルムアルデヒドの7物質が流入水から検出された。また、エチレンオキド、キシレンの2物質は、流入下水では検出下限値未満であったが初沈流入水、初沈流出水から検出され

表-1 下水処理プロセスにおけるPRTR制度対象物質の検出状況

物質番号	物質名称	流入水 ($\mu\text{g/L}$)	初沈流入水 ($\mu\text{g/L}$)	初沈流出水 ($\mu\text{g/L}$)	処理水 ($\mu\text{g/L}$)	生汚泥		送還汚泥		好気槽空気 ($\mu\text{g/m}^3$)
						上澄水 ($\mu\text{g/L}$)	固形分 ($\mu\text{g/kg-wet}$)	上澄水 ($\mu\text{g/L}$)	固形分 ($\mu\text{g/kg-wet}$)	
28	イソブレン	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<10	<0.1	<10	<0.35
42	エチレンオキシド(酸化エチレン)	<0.098	0.28	2.2	<0.098	<0.098	<2.1	<0.098	<2.1	0.41
47	エチレンジアミン四酢酸(EDTA)	110	160	130	170	280	120	340	150	<0.14
56	1,2-エポキシプロパン	<5	<5	<5	<5	<5	<250	<5	<250	<0.02
63	キシレン	<0.6	<0.6	0.6	<0.6	<0.6	<30	<0.6	<30	2
113	1,4-ジオキサン	0.19	0.31	0.31	0.31	<0.05	<10	0.21	<10	<0.35
134	1,3-ジクロロ-2-プロパノール	0.18	0.14	0.2	<0.02	<0.02	<30	<0.02	<30	<0.35
139	o-ジクロロベンゼン	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<10	<0.1	<10	<2.3
227	トルエン	1	2.4	2.6	<0.2	48	170	<0.2	56	18
232	ニッケル化合物	<10	<10	<10	<10	<10	830	<10	990	<0.018
243	バリウム及びその水溶性化合物	140	120	97	<10	110	92,000	<10	41,000	<0.011
266	フェノール	270	200	150	0.27	3700	160	8.3	6,200	<0.42
310	ホルムアルデヒド	4	15	13	14	7	460	<1	<50	<3.5

た。本調査での試料採取は、スポット採取であることから時間的変動などが原因として考えられる。

流入水から検出された7物質のうち1,3-ジクロロ-2-プロパノール、トルエン、バリウム及びその水溶性化合物、フェニールの4物質は、初沈流出水にも流入水と同程度の濃度で残留しており、ほとんど除去されていないが、生物処理後の処理水では検出下限値未満あるいは流入水の1/100(フェノール)となっており下水処理により除去可能な物質であることがわかった。これらの物質は、標準活性汚泥処理プロセスでの挙動⁹⁾と同様の傾向であった。また、エチレンジアミン四酢酸、1,4-ジオキサンは、流入水、初沈流入水、初沈流出水、処理水の濃度がほぼ同じ値を示し、生物処理により除去され難い物質であることがわかった。ホルムアルデヒドは、流入水の4 $\mu\text{g/L}$ に対し初沈流入水、初沈流出水、処理水の値はそれぞれ15 $\mu\text{g/L}$ 、13 $\mu\text{g/L}$ 、14 $\mu\text{g/L}$ であり、先の2物質同様に生物処理により除去され難い物質であることがわかった。これらの結果についても標準活性汚泥処理プロセスでの挙動⁹⁾と同様の傾向であった。

流入水から検出された7物質のうち汚泥からも検出された5物質について汚泥への濃縮倍率(汚泥濃度/流入水・初沈流入水・初沈流出水の平均濃度)を求めた。エチレンジアミン四酢酸は、生汚泥、返送汚泥への濃縮はほとんど認められず濃縮倍率は、0.92倍、1.2倍であった。トルエンは生汚泥で85倍、返送汚泥で28倍、フェノールは、生汚泥で0.77倍、返送汚泥で30倍であり、ホルムアルデヒドは、生汚泥で42倍で、返送汚泥では濃縮は見られなかった。バリウム及びその水溶性化合物は、生汚泥で870倍、返送汚泥で390倍と有機化合物に比べ汚泥への濃縮が観察された。また、多くの物質は生汚泥、返送汚泥上澄液の濃度と初沈流入水又処理水の濃度がほぼ同じ値を示したが、トルエン、フェノールについては生汚泥の上澄液の濃度が高い値を示した。この2物質は汚泥への濃縮が観察された物質であり、上澄液の分析において

SS成分の影響を受けたものと考えられる。

好気槽空気からは揮発性有機物のエチレンオキシド、キシレン、トルエンの3物質が検出されたが、他の10物質は検出下限値未満であった。

4. まとめ

嫌気・無酸素・好気法(A2O法)の下水処理プロセスにおいてPRTR制度対象物質(13物質)の挙動把握を行った。7物質が流入水から検出された。1,3-ジクロロ-2-プロパノール、トルエン、バリウム及びその水溶性化合物、フェニールの4物質は、下水処理により除去可能な物質であること、エチレンジアミン四酢酸、1,4-ジオキサン、ホルムアルデヒドの3物質は、下水処理により除去され難い物質であることがわかった。

好気槽空気からは、揮発性有機物のエチレンオキシド、キシレン、トルエンの3物質が検出された。他の10物質は、検出下限値未満でありエアレーション空気からは検出されなかった。

今後は、得られたデータを元に、下水処理過程における生物分解率や汚泥移行率等を含めた収支について検討する予定である。

参考文献

- 1) 小森行也、鈴木穰、下水処理プロセスにおけるPRTR制度対象物質の挙動、第46回下水道研究発表会講演集、pp.272-274 (2009)
- 2) 環境庁、平成11年度要調査項目等調査マニュアル(1999)
- 3) 環境庁、平成12年度要調査項目等調査マニュアル(2000)
- 4) 環境庁、平成13年度要調査項目等調査マニュアル(2002)
- 5) 下水試験方法-1997年版-、日本下水道協会(1997)
- 6) 小森行也、鈴木穰、下水試料を対象としたPRTR制度対象物質の分析、第18回環境化学討論会講演要旨集、pp.244-245 (2009)

B-19 膜分離活性汚泥法における 汚染物質の洗浄について

○円谷 輝美^{1*}・鈴木 辰彦¹・青井 透²

¹ 前澤工業株式会社 開発本部 技術開発センター（〒332-8556 埼玉県川口市仲町 5-11）

² 群馬工業高等専門学校（〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 580）

*E-mail: terumi_tsumuraya@maezawa.co.jp

1. はじめに

MBR は、最初・最終沈澱池が不要（場合によっては消毒設備も不要とすることも可能）で、高い MLSS を維持した運転が可能であるために、コンパクトな施設で維持管理性が良く、得られる処理水も高水質である等多くのメリットを持つ処理方法の一つである。一方 MBR を運転する際の問題の一つとして、膜の汚染（以下ファウリング）がある。ファウリングには物理洗浄（逆洗、エアスクラビング等）で除去できる可逆的ファウリングと物理洗浄では回復せず、薬液を用いて洗浄する必要がある不可逆的ファウリングがあり、特に不可逆的ファウリングに対する迅速で効果的な洗浄方法の確立が必要となっている。弊社で行っているパイロット実験ではポリテトラフルオロエチレン（以下 PTFE）製の中空糸膜を使用しているが、PTFE 膜はその機械的強度の高さと耐薬液性の高さから、高濃度での薬液洗浄が可能であり不可逆的ファウリングの洗浄方法に対して、適用範囲が広いのが特徴の一つである。本報告では特に油分によりファウリングを起こした膜の洗浄方法に関して弊社の実験より得られた知見を報告する。

2. 実験方法

(1) 中空糸膜

実験中空糸膜は PTFE 膜（住友電工ファイナポリマー（株）製）で孔径が $0.2\mu\text{m}$ のものを使用している。PTFE 膜は高強度、高耐薬液性を有しており、耐久性が高い膜と言われている。実験で使用した膜の仕様を表-1 に示す。

表-1

膜材質	PTFE
孔径	$0.2\mu\text{m}$
膜面積	10 m ² /モジュール
モジュール数	4 モジュール

(2) 実験設備

図-1 に実験設備の概略図を示す。

フローは無酸素槽と好気槽からなる単段式循環型硝化脱窒法となっている。原水には初沈流入水を用い、前処理として目幅 0.5mm または 1.0mm のスクリーンで夾雑物を取り除いたものを生物反応槽へ流入させている。嫌気槽には攪拌機を設置して攪拌し、好気槽には PTFE 膜を浸漬させ、ブロウを用いて常時曝気を行っている。膜の洗浄にはケミカルタンクに貯留したアルカリと次亜をブレンドした薬液を膜の二次側から押出すインライン洗浄を行っている。

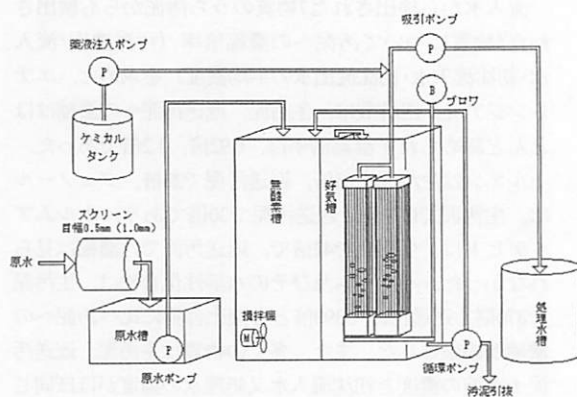


図-1 実験設備概略図