

〈研究発表〉

運転条件の異なる微生物担体処理における医薬品の除去特性

小森行也¹⁾, 岡本誠一郎²⁾¹⁾ 土木研究所水環境研究グループ (〒305-8516 つくば市南原1-6 E-mail: komori@pwri.go.jp)²⁾ 土木研究所水環境研究グループ (〒305-8516 つくば市南原1-6 E-mail: s-okamoto@pwri.go.jp)

概要

下水処理場に流入する医薬品類の一部は下水処理により除去されることが知られているが、放流水に存在し水環境へ排出される医薬品類も少なくない。医薬品類には、藻類生長阻害、ミジンコ繁殖阻害を起こす物質があることが報告されており、放流水に残存する医薬品類の水生生物への影響が懸念される。本研究は、下水処理水に残存する医薬品類7物質を対象に微生物担体を用いた高度処理実験を行い、担体処理反応槽の攪拌方法が異なる2つの条件(曝気, 機械攪拌)における医薬品除去特性を明らかにした。

キーワード: 医薬品, 担体処理, 除去特性, 曝気, 機械攪拌

1. はじめに

下水処理場に流入する医薬品類の一部は下水処理により除去されることが知られているが、放流水に存在し水環境へ排出される医薬品類も少なくない^{1,2)}。また、医薬品類には、藻類生長阻害、ミジンコ繁殖阻害を起こす物質があることが報告³⁻⁵⁾されている。放流水に残存する医薬品類の水生生物への影響が懸念されており、下水処理における医薬品類除去率の向上手法について検討が必要である。本研究では、下水処理水に残存する医薬品類7物質を対象として、微生物担体を用いた高度処理について検討を行った。

2. 実験方法

検討対象とした医薬品類は、アジスロマイシン(AZM), クラリスロマイシン(CAM), ベザフィブラート(BP), ケトプロフェン(KP), レボフロキサシン(LVFX), クロタミトン(CT), トリクロサン(TCS)の7物質である。担体処理実験装置の流入水は、標準活性汚泥法で運転している活性汚泥処理実験装置の二次処理水を用いた(Fig.1参照)。容量10Lの反応槽を4つ連結し、各反応槽にはポリプロピレン製の中空円筒状の微生物保持担体(4mm^{OD}×3mm^{ID}×5mm^L)を嵩比率35%で添加した。流入水量は430L/d, 各反応槽のHRTは約30minである。実験条件をTable 1に示す。実験1では反応槽下部より曝気し、実験2では反応槽を機械攪拌した。本実験の担体処理水は、担体表面に自然発生的に付着した生物膜により処理されたものである。実験1, 実験2とも運転

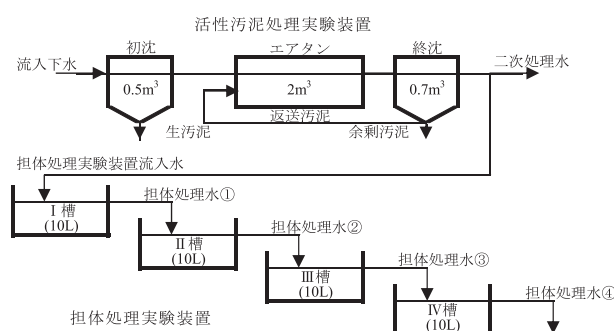


Fig. 1 Experimental apparatus

Table 1 Operating condition of experimental apparatus

	実験1	実験2
流入水量 (L/d)	430	430
各反応槽 HRT (min)	30	30
担体嵩比率 (%)	35	35
攪拌方法	曝気	機械攪拌

開始から2ヶ月以上経過した後、担体処理実験装置の流入水及び各反応槽の処理水を採取し医薬品類を分析した。

実験1では平成25年1月17日と2月13日の2回スポット採取した試料を分析し、実験2では平成26年2月5~6日に採取したコンポジット試料を分析した。TCSの分析は、宝輪ら⁶⁾の方法を参考に抽出・濃縮・誘導体化等の前処理を行った後、GC/MSを用いて測定した。また、TCS以外の6物質は、小西ら⁷⁾の方法を参考に抽出・濃縮等の前処理を行った後、LC-MS/MSにより分析した。

3. 実験結果と考察

実験1と実験2の一般項目定期分析結果を **Table 2** に示す。定期分析は1週間に1回行っており、**Table 2** は1月～2月の平均値を示した。担体処理実験装置流入水のSSは4.6 mg/L, 3.9 mg/L, BODは6.1 mg/L, 6.7 mg/L, 又, NH₄-N, は0.11 mg/L, 0.18 mg/L, NO_x-Nは16 mg/L, 15 mg/Lであり通常の標準活性汚泥法の処理水と同等の水質であった。実験1と実験2の流入水は概ね同じ水質であったが、DOの値が大きく異なり実験1では5.2 mg/Lであったのに対し実験2では0.9 mg/Lであった。実験2では活性汚泥処理実験装置の散気管目詰まりのためエアレーション量が不足していたものと思われる。

担体処理実験装置の流入水及び各反応槽処理水の医薬品類7物質の分析結果を **Fig. 2** に示す。実験1の攪拌方法が曝気の水質は1月17日と2月13日のスポット採取試料の平均値を用いた。KP, AZM, TCS, CAM, BFの5物質は処理が進むにつれ減少し、実験1, 実験2とも担体処理水④では流入水の約1/2, 又は、それ以下となった。HRTが2時間となる担体処理水④の攪拌方法が曝気、機械攪拌による医薬品類除去率は、それぞれKP96%, 90%, AZM86%, 91%, TCS82%, 88%, CAM69%, 84%, BF66%, 42%であり、攪拌方法による大きな違いはみられなかった。また、LVFXは曝気では4%, 機械攪拌では33%の除去率を示し、CTは曝気、機械攪拌とも殆んど除去されなかった。

担体処理における医薬品類除去を1次反応と仮定し反応係数 k_1 (1/h) を求め **Table 3** に示す。担体処理により除去が確認された5物質の k_1 は、概ね $KP >$

Table 3 Rate constant of selected pharmaceuticals

医薬品	k_1	
	実験1 (曝気)	実験2 (機械攪拌)
KP	1.58	1.17
AZM	0.95	1.29
TCS	0.84	1.04
CAM	0.57	0.98
BF	0.53	0.30
LVFX	0.004	0.18
CT	-0.02	0.04

AZM>TCS>CAM>BFであった。実験1と実験2で水温, DOが異なるものの k_1 はほぼ同じであり、水温12℃以上, DO1.2 mg/L以上を確保することにより、攪拌方法が曝気、機械攪拌のいずれにおいても一定程度の医薬品除去が可能であることがわかった。本実験の担体処理水④のDOは、曝気が6.8 mg/L, 機械攪拌が1.2 mg/Lであったが、各医薬品除去率に大きな違いはみられず、下水処理水に残存する医薬品類除去を目的とした担体処理では、必ずしもDOを高濃度に維持する必要がないことがわかった。

4. まとめ

二次処理水に残存する医薬品類7物質の微生物担体を用いた高度処理における除去特性を調査し、5物質の除去が確認された。攪拌方法が曝気と機械攪拌の2方法について検討したところ両者に大きな違いはなく、各医薬品の除去率は最小42%から最大96%であり二次処理水中に残存する医薬品類のリスク低減に有効であることがわかった。また、これら5物質の除去反応係数 k_1 を求めたところ $KP > AZM > TCS > CAM > BF$ であった。

参考文献

- 1) 小森行也, 岡安祐司, 鈴木 穰: 下水処理における医薬品 (92物質) の除去特性, 第45回下水道研究発表会講演集, pp. 91-93 (2008)
- 2) 成宮正倫, 奥田 隆, 中田典秀, 山下尚之, 田中宏明, 佐藤和志, 末岡峯数, 大岩俊雄: 下水処理過程における医薬品類の存在実態と挙動, 環境工学研究論文集, 46, pp. 175-185 (2009)
- 3) 福永 彩, 山下尚之, 田中宏明: 藻類生長阻害試験を用いた医薬品の毒性評価, 環境工学研究論文集, 43, pp. 57-63 (2006)
- 4) A. Harada, K. Komori, N. Nakada, K. Kitamura, Y. Suzuki: Biological effects of PPCPs on aquatic lives and evaluation of

Table 2 Results of water quality analysis

	実験1 (曝気)		実験2 (機械攪拌)	
	流入水	担体処理水④	流入水	担体処理水④
水温 (°C)	15	19	14	12
pH (-)	6.4 ~ 7.0	7.3 ~ 7.7	6.4 ~ 6.8	6.7 ~ 7.0
DO (mg/L)	5.2	6.8	0.9	1.2
DOC (mg/L)	7.0	5.7	7.5	5.9
SS (mg/L)	4.6	4.0	3.9	4.3
BOD (mg/L)	6.1	5.1	6.7	6.3
NH ₄ -N (mg/L)	0.11	0.09	0.18	0.08
NO _x -N (mg/L)	16	17	15	16

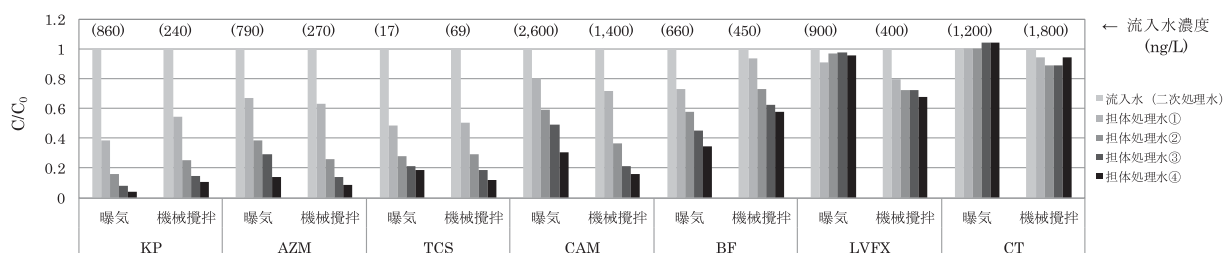


Fig. 2 Comparison of selected pharmaceuticals concentration

- river water, *Water Science & Technology*, Vol. 58, No. 8, pp. 1541-1546 (2008)
- 5) 環境省, 化学物質の生態影響試験について,
<http://www.env.go.jp/chemi/sesaku/seitai.html> (2006)
- 6) 宝輪 勲, 宮崎沙頼, 小西千絵, 中田典秀, 小森行也, 田中宏明: GC-MS による水環境中の PPCPs 一斉分析法の基礎的検討, 第16回環境化学討論会講演要旨集, pp.774-775 (2007)
- 7) 小西千絵, 宝輪 勲, 中田典秀, 小森行也, 鈴木 穰, 田中宏明: 水環境中医薬品の LC-MS/MS による一斉分析法の検討, 環境工学研究論文集, 43, pp.73-82 (2006)