

N-10 炭素繊維を用いた 嫌気無酸素好気生物ろ過装置による実下水処理

○金子 えりか^{1*}・山下 恭広¹・池本 良子¹・櫻井 英二²

¹金沢大学大学院自然科学研究科（〒920-1192石川県金沢市角間町）

²スプリング・フィールド有限公司（〒921-8034石川県金沢市泉野町四丁目9-5）

* E-mail: rikemoto@t.kanazawa-u.ac.jp

1. はじめに

小規模下水処理や産業排水処理において、汚泥発生量が少なく栄養塩除去が可能な処理装置が求められている。筆者ら¹⁾は、汚泥転換率の低い硫酸塩還元による有機物分解と、硫黄の酸化還元微生物を活用した排水処理方法を提案し、室内実験によりその効果を検討して来た。さらに、炭素繊維とマイクロバブルを用いた新しい処理装置を開発し染色排水処理に適応した結果、良好な性能が得られることを報告している。そこで本研究では、本処理装置を循環型に改良し、都市下水処理に適用して、処理性能について検討を行なった。

2. 実験方法

実験装置を図 1 に示す。装置は容積 340L・高さ 200cm・直径 50cm の円筒型カラムを用い、内部をしきり板で 3 槽にしきった。排水の流入する最下槽には、蛇腹状の炭素繊維を充填し、嫌気条件とした。2 槽目は筒状の炭素繊維を充填し、好気槽からの循環液を流入することにより無酸素条件とした。最上槽はエジェクター方式のマイクロバブル発生装置を用い酸素の供給を行なうとともに、旋回流の形成によりろ過機能をもたせる構造とし、流出水の一部を無酸素槽へ循環した。本処理装置を金沢市下水処理場内に設置し、平成 18 年 6 月 2 日から最初沈殿池の越流水を通水する連続運転を行った。硝化槽に硫化水素が持ち込まれると硝化が阻害されるため、運転開始から 18 日間無酸素槽に硝酸ナトリウムを添加した。しかし、好気槽内に旋回流が形成されなかったため、運転開始 216 日目に好気槽の汚泥を抜いて装置の改善を行い、余剰汚泥 16L を投入して再スタートし、251 日目と 284 日目に無酸素槽に硝酸塩を添加した。271 日

目から 327 日目まではマイクロバブル発生装置の故障のため、散気による酸素供給を行った。328 日目に、マイクロバブル発生槽を装置横に設け、微細気泡の溶解した循環液を好気槽に循環する形式に改良し、406 日目に循環ポンプの交換を行なった。装置の滞留時間は 216 日目から 24 時間に、370 日目からは 12 時間に設定した。

原則として毎週木曜日午前に流入水、嫌気槽の上部、無酸素槽の中央部と上部、好気槽の下部、流出水、循環、浸透後の計 8 ヶ所から採水し、現地で水温、DO を測定した後、実験室へ持ち帰り、TOC、全窒素 (TN)、SS、0.2μm ろ液の DOC、陰イオン濃度、有機酸濃度、陽イオン濃度を測定した。

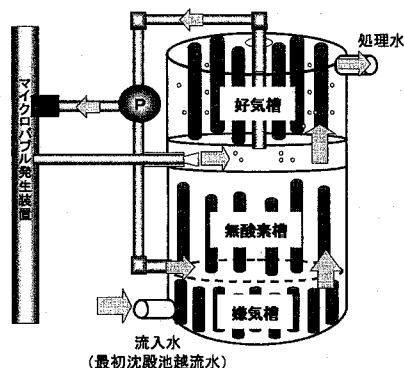


図 1 実験装置の概要

3. 実験結果と考察

(1) 処理水質の経日変化

図 2 に、装置を改良し再スタートした 250 日目からの、DO、水温、滞留時間 (HRT)、TOC、DOC、SS、TN の経日変化を示す。最初沈殿池越流水の平均 TOC 濃度は 50.9mg/l、DOC 濃度は 24.6mg/l であり、水温が低下した 300 日前後よりも、水温が高い時期に低下する傾向にあ

った。平均 SS 濃度は 48.3mg/l であり、一部合流式の下水道であることから、変動が大きかった。TN は平均 37.7mg/l、TP は平均 6.42mg/l であった。

好気槽 DO は、1mg/l 程度確保されていたが、散気を行っていた 371-327 日の期間と、ポンプを取り替えた 406 日目以降は 3mg/l 以上の値を示した。

TOC および DOC は常に 5mg/l 前後まで減少しており、活性汚泥処理水と同程度の有機物除去が行なわれていた。一方、SS は、散気による酸素供給を行っていた 271 日目から 327 日目までは処理水中に高濃度に流出し、その後しばらく流出が続いた。それ以外の時期は、活性汚泥法と同程度であり、特に装置の改良を行なった 406 日目以降は活性汚泥処理水よりも低い値を示した。これは、水流によるろ過機能が働いたためと考えられる。

平均 TN 除去率は 57.0% であり、活性汚泥処理水と同程度であったが、水温が低い 300 日前後では、活性汚泥

処理水よりも除去率が向上した。

(2) 処理槽の縦方向の変化

図 3 は、装置縦方向の水質変化の典型例として、運転開始 426 日目、396 日目の結果を示したものである。嫌気槽では、硫酸塩が減少し DOC がほとんど除去されていることがわかる。有機物の蓄積は、運転開始当初はやや認められたが、100 日程度でほとんど検出されなくなった。一方、無酸素槽では、循環液から持ち込まれた硝酸塩が減少し、硫酸塩が再び増加していることから、硫黄脱窒が進行したことがわかる。また、嫌気槽で残存したわずかの DOC もさらに減少している。その結果、硝化槽には有機物も硫化物も流入することはなく、硝化が進行していた。しかし、好気槽の DO が低い 398 日目では、無酸素槽に持ち込まれる硝酸塩が少ないために、硫黄脱窒が無酸素槽の中間ですでに終了し、その後、硫酸塩が再び還元されている。そのために、硝化槽で硫黄の酸化が進行し、結果的に硝化が抑制された状態がつづいたものと考えられる。以上のことから、硝化、脱窒を効率的に進行させるためには、DO と循環率の制御が重要であると考えられる。

(3) 硝化率と窒素除去率

図 3 に流入水と流出水中の窒素濃度の内訳を示す。流入水中の窒素はほとんどがアンモニアであったが、散気を行なった時期と装置改良後の好気槽 DO が高い時期には、アンモニア性窒素が完全に硝酸性窒素へと酸化され、亜硝酸性窒素の蓄積も認められなかった。しかし DO が

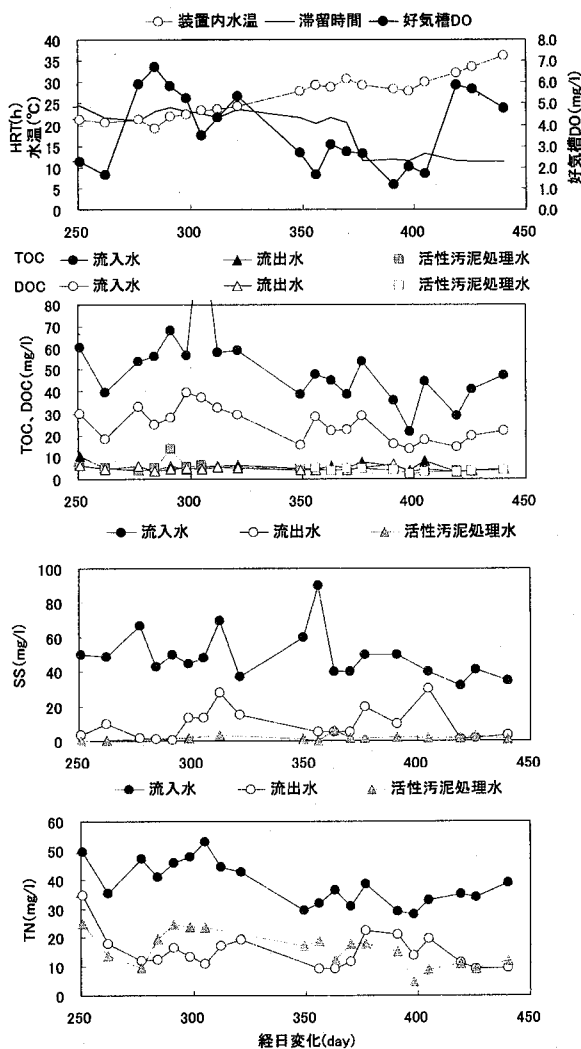


図2 水質変化

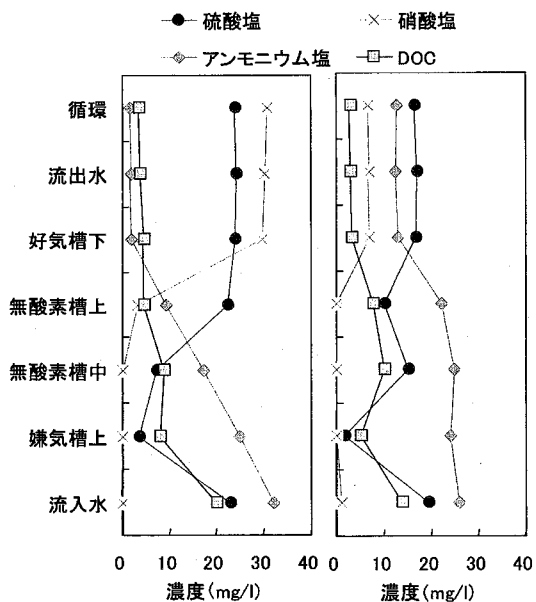


図3 処理装置内水質変化 426 日目 (左) 396 日目 (右)

不足した時期には、処理水にアンモニアが残存した。

TN の減少がすべて脱窒によるものと仮定して、TN の減少量と硝酸塩の増加量から硝化率を求めた。図 5 は、硝化槽の DO 濃度と硝化率および TN 除去率の関係を示したものである。硝化率および TN 除去率は硝化槽の DO に大きく依存し、DO を 3mg/l 以上に保つ必要があった。図 6 は、DO が 3mg/l 以上のときの硝化液循環率と TN 除去率および硝化率の関係を示したものである。TN 除去率は循環率をあげても大きな向上は認められないが、硝化率は循環率 2 以下では低下する傾向が認められた。以上のことより、窒素除去を行なうためには、硝化槽の DO を 3mg/l 以上に保ち、循環比 2 程度が適当であると判断できる。

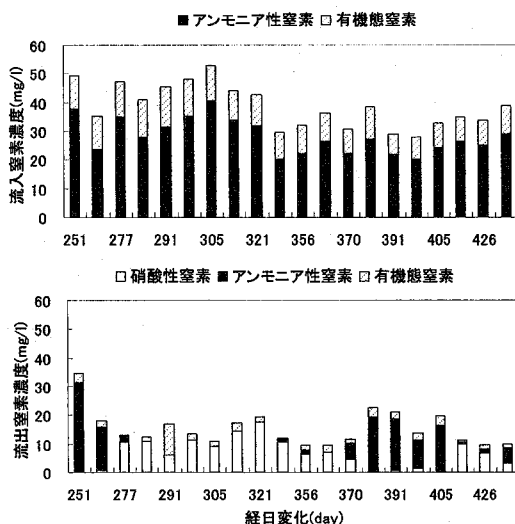


図 4 流入・流出窒素濃度

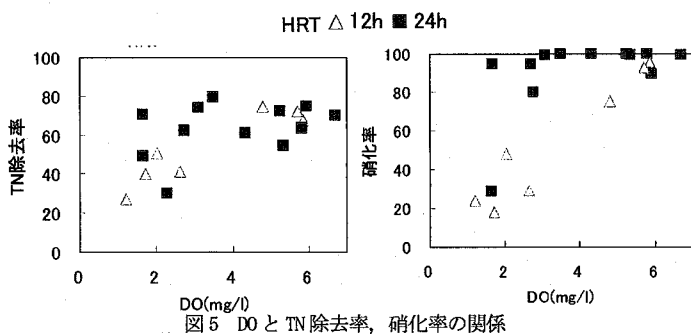


図 5 DO と TN 除去率、硝化率の関係

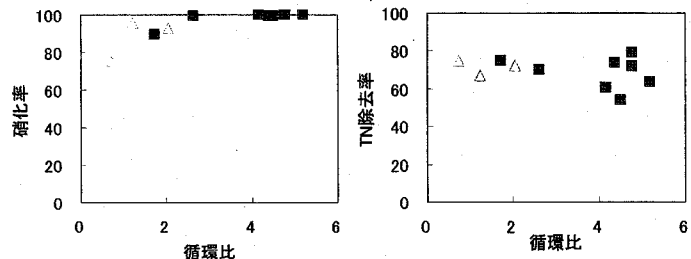


図 6 循環比と TN 除去率、硝化率の関係

しかし、前述したように、散気を行なうことにより SS の流出が認められたので、硝化を促進し、SS の流出を防ぐにはマイクロバブルによる循環流が必要であると考えられる。

(4) 嫌気槽における硫酸塩還元

図 7 は嫌気槽における硫酸塩還元量と DOC 除去量の関係を示したものであるが、硫酸塩還元に伴い、DOC 除去が進行していることがわかる。前述したように、有機酸の蓄積はほとんど認められなかったことから、嫌気槽では完全酸化型の硫酸塩還元が進行しているものと考えられる。硫酸塩還元細菌による有機物分解にともなう污泥転換率は極めて少ないために、污泥発生量が少なかったと考えられる。

4. まとめ

本処理装置により、高い有機物を維持することができた。好気槽を散気すると SS の流出が認められたが、マイクロバブルで酸素供給を行うことにより、高い DO を維持しながらの SS 流出を抑えることができた。窒素除去率を 70% 以上に維持するためには硝化槽の DO を 3mg/l 以上に、循環率を 2 程度に設定するのがよいと考えられた。嫌気槽では完全酸化型の硫酸塩還元が進行し、有機物の分解が進行した。

参考文献

- 1) 池本良子ほか：硫酸塩還元・硫黄脱窒プロセスによる有機物窒素除去に関する基礎的研究(環境技術・Vol. 27・No. 6・1998)
- 2) 池本良子ほか：硫酸塩還元細菌、脱窒細菌による鉄鋼製造プロセス排水の分解性(環境工学研究論文集・第 41 巻・2004)
- 3) Ryoko Yamamoto-Ikemoto et al. : Accumulation of sulfur granules in the denitrification reactor of the sulfate reduction-sulfur denitrification process

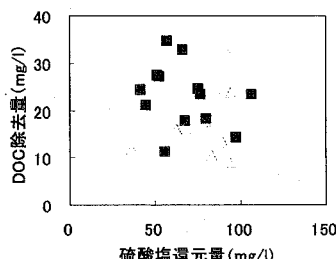


図 7 硫酸塩還元量と DOC 除去量の関係