

Ⅶ-17 オゾン処理による下水汚泥の可溶化特性と溶出有機化合物に関する基礎的研究

愛媛大学工学部 正会員 西村文武
愛媛大学大学院 学生会員 ○加藤 剛

1.はじめに

我が国の下水処理システムの主体である活性汚泥法では、汚泥処理費用が全費用の 50%以上を占めているため、その適切な処理や汚泥発生量の削減が重要な課題となっている。近年、活性汚泥にオゾン添加することにより汚泥発生量が削減できることがわかり、その下水処理への適用が検討されている^{1,2)}。この処理法の発生汚泥削減機構は、オゾンにより汚泥が可溶化され、それを再度活性汚泥に分解させることにより無機化が促進されることと考えられている³⁾。しかし汚泥の可溶化特性や溶出物質については詳しく調べた研究例は少ない。そこで本研究では、下水汚泥にオゾン添加したとき溶出するタンパク質や炭水化物などの有機化合物の挙動を把握した。そして溶出物質の生物利用性・分解性を調べ、オゾンを下処理に適用する際に必要となる基礎的知見を得た。

2.実験方法

標準活性汚泥法で運転されている都市下水処理場より採取した返送汚泥を表 1 に示す条件でオゾン処理し、そのろ液中の有機物濃度の変化により汚泥の可溶化特性を把握した。測定項目は DOC、タンパク質、炭水化物、脂質とした。DOC は下水試験方法に準拠して測定した。タンパク質は Lowry 法、炭水化物はアントロン法により定量し、脂質は Bligh-Dyer 法で抽出、重量法で測定した。

溶出有機物の生物利用・分解性については好気条件、無酸素条件の 2 パターンで回分実験により、その減少特性を調べることで把握した。三角フラスコ(500mL)を反応槽とし、オゾン処理混合液のろ液を 400mL 入れて、表 2 に表す栄養塩を加えた後に、オゾン処理をしていない活性汚泥を MLSS

表 1 溶出物質定量の測定条件

初期 MLSS 濃度 (mg/L)	4030、5300、7100
水温 (°C)	17.1
ガス流量 (mL/min)	300
注入オゾン濃度 (mgO ₃ /L)	23.9
処理汚泥量 (L)	1.0

表 2 添加した栄養塩量

	好気性条件	無酸素性条件
NaNO ₃ 水溶液(5000mgN/L)	0mL	30mL
KH ₂ PO ₄ 水溶液(300mgP/L)	2mL	2mL
NH ₄ Cl 水溶液(300mgN/L)	10mL	10mL

濃度が約 3000mg/L になるように投入し、適時一定量を採取し、そのろ液中の DOC と溶出有機物濃度変化を調べ、生物利用性・分解性の指標とした。投入する活性汚泥は蒸留水で 2 回洗浄した後に用いた。好気性条件での実験ではセラミック製散気管で曝気して実験を行った。無酸素条件下の実験では

汚泥が沈降し、汚泥がかたよるのを防ぐために随時、液中に酸素が溶け込まない程度にマグネチックスターラーでゆっくりと攪拌した。反応槽は水温が 25℃に保持された水浴中に設置した。また対照系としてグルコース水溶液と栄養塩を水道水 400mL に加えたケースを設定した。

3.実験結果および考察

オゾン処理に伴う DOC、タンパク質、炭水化物の濃度変化を図 1 に示す。また液中の DOC 濃度とタンパク質、炭水化物の各濃度の関係を図 2 に示す。DOC に関しては、0.42-2.04mgC/mgO₃ の割合で溶出した。タンパク質、炭水化物は溶出 DOC 量にほぼ比例し、オゾン吸収率の違いによる変化は

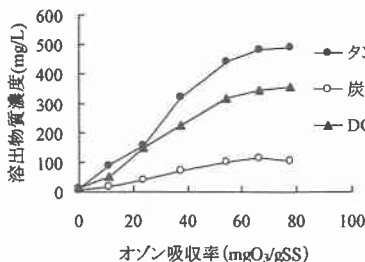


図1 溶出物質濃度変化

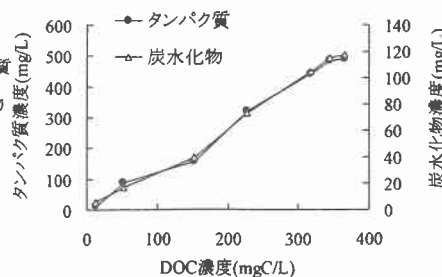


図2 タンパク質と炭水化物の関係

見られなかった。またその割合は各々 1.03-1.43mg アルブミン/mgDOC、0.30-0.53mg グルコース/mgDOC であった。DOC の増加に対するタンパク質と炭水化物の増加パターンはほぼ一致することから、両者においては汚泥の可溶化と液中における反応特性は同様なものであると推察された。一方脂質については、ろ液中からは検出されなかった。固形性脂質の濃度変化を図 3 に示す。MLSS 濃度変化とあわせて考察すると汚泥中の脂質の含有率は約 75mg/gSS で一定あり、オゾン添加の大きさによる変化は小さく、汚泥の減少に伴い固形性脂質成分も減少する結果となった。溶解性成分としては残存しにくいことが示された。

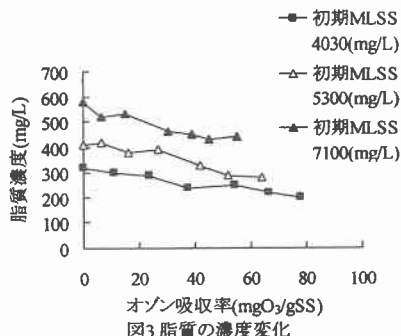


図3 脂質の濃度変化

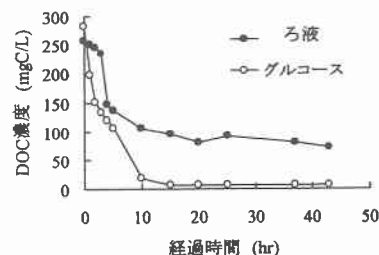


図4 生物分解によるDOC濃度変化

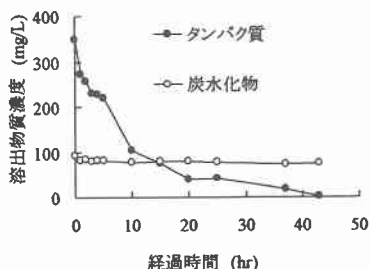


図5 生物分解による溶出物質濃度変化

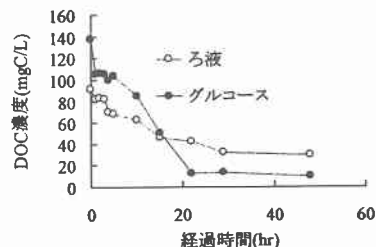


図6 無酸素条件下での生物分解による溶出物質濃度変化

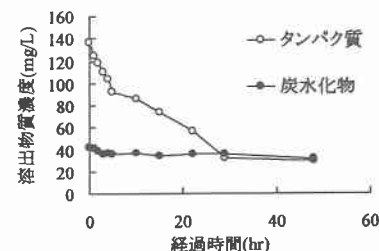


図7 無酸素条件下での生物分解による溶出物質濃度変化

好気性条件下における生物分解性実験の結果を図 4 および図 5 に示す。グルコースは実験開始から約 10 時間でほとんど消費されたが、オゾン処理汚泥のろ液中の DOC は約 30%が分解されずに残存した。また、タンパク質は約 99.4%除去されたのに対して、炭水化物の除去率は約 19.7%にとどまった。このことから有機炭素中の難分解性物質は炭水化物が主であることがわかった。オゾンによる汚泥可溶化プロセスを下水処理過程に組み込む際にはこの炭水化物成分の除去について考慮する必要がある。

無酸素条件下において生物分解させたときの DOC 濃度変化、溶出物質濃度変化を図 6、図 7 に示す。無酸素条件下においてはグルコースは約 20 時間でおおよそ 90%が除去され、ろ液においては好気性生物分解の場合と同様に約 30%が除去されずに残った。硝酸性窒素の減少量と DOC の減少量が比例していたことから、この DOC 濃度の変化は脱窒反応によるものであり、可溶化有機物は脱窒時の水素供与体として利用できることがわかった。

4.まとめ

- (1) タンパク質、炭水化物は溶出 DOC 量にほぼ比例した。また DOC の増加に対するタンパク質と炭水化物の増加パターンはほぼ一致することから、両者においては汚泥の可溶化と液中における反応特性は同様なものであると推察された。
- (2) 脂質はろ液中からは検出されなかったものの、固形性脂質成分は減少したことから、溶解性成分としては残存しにくいものであると考えられた。
- (3) オゾン処理された汚泥のろ液を好氣的条件下で生物分解させると、DOC の約 3 割は除去されずに残った。タンパク質は 99.4%除去されたのに対して、炭水化物の除去率は 19.7%であった。有機炭素中の難分解性物質は炭水化物が主であることがわかった。
- (4) 可溶化有機物は脱窒時の水素供与体として利用できることがわかった。

参考文献

- 1) H. Yasui, *et al*: An innovative approach to reduce excess sludge production in the activated sludge process, *Wat. Sci. Tech.* **30**, 9 pp.11-20, 1994.
- 2) 柴田雅秀, 安井英斉: 余剰汚泥を発生させない活性汚泥法の概要, *PPM*, 1996/6, pp.17-23.
- 3) 西村文武: オゾン処理による下水汚泥の改質ならびに減溶化特性, *環境衛生工学研究*, **13**, 3, pp.42-46, 1999.