

N-4 炭素繊維とマイクロバブルを用いた生物ろ過装置による染色工場排水の処理

スプリング・フィールド有限公司 正○櫻井 英二
金沢大学大学院 学 山下 恭広 正 池本 良子
(株)中央測量設計 山口 達也

1. はじめに

染色排水処理では、活性汚泥法が用いられることが多いが、有機物濃度が高いため曝気に膨大なエネルギーを必要とすることや、大量に発生する余剰汚泥の処分が大きな問題となっている。さらに、排水組成変動が大きく、処理水を安定に保つことが困難である上に、生物難分解性物質や染料が未分解のまま処理水に残存し処理水が着色していることも少なくない。そこで、本研究では炭素繊維とマイクロバブルを用いた生物ろ過装置を提案し染色工場排水処理への適用を試みた。

2. 実験方法

図1に示す実験装置を染色工場排水処理施設に設置し、平成15年8月から連続運転を行った。実験装置は嫌気好気生物ろ床とし、生物付着担体として炭素繊維を充填した。好気槽では、マイクロバブルによる微細空気の供給を行ない、槽内に旋回流を形成させる構造とした。冬季に処理槽の水温が低下したため、123日目にヒーターを投入して加温を開始した。原則として毎週木曜日午前に原水、嫌気槽、好気槽、処理水を採水し、現地でpHおよび透視度を測定した後、実験室に持ち帰り、SSおよび、 $0.2\mu\text{m}$ ろ液のDOC、有機酸濃度、硫酸塩、亜硝酸塩、硝酸塩濃度を測定した。また、着色の指標として $0.45\mu\text{m}$ ろ液の390nmの吸光度を測定した。比較として活性汚泥処理水について同様に水質分析を行なった。運転開始から312日目に実験装置内の生物膜と活性汚泥の硫酸塩還元活性と酢酸生成速度を回分実験により求めるとともに、FISH法による硫酸塩還元細菌の群集解析を行なった。

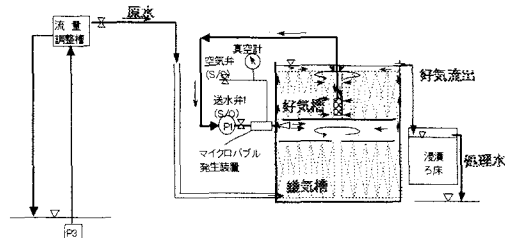


図1 実験装置図

3. 実験結果と考察

3.1 実験装置の処理性能

表1に実験に用いた染色排水の組成を示す。染色工程はバッチで行なわれるため、原水の水質変動が大きく、色も日によって異なっていた。また、pH調整のために硫酸塩を添加しているため、硫酸塩を高濃度に含有していた。

図2に原水、実験装置の処理水及び活性汚泥処理水の水温、DOC、SSの経日変化を示す。水温が低下した90-123日目は処理水のDOCが活性汚泥処理水よりも高濃度となったが、それ以外は、活性汚泥法とほぼ同等なDOC濃度を示した。図3に水温とDOC除去率の関係を示す。活性汚泥法では水温が 30°C ～ 40°C であるにもかかわらず、除去率は20%～80%であったのに対し、実験装置内では水温が 22°C 以上あれば、DOC70%以上の除去率を示した。一方、SSに関しては実験装置の方が活性汚泥法よりも常に低い値を示していた。また、外見上、活性汚泥処理水が着色していても実験装置処理水の着色は認められなかった。

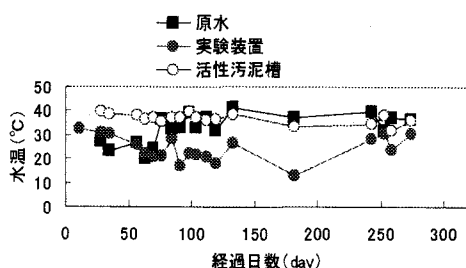
図4に透視度と吸光度の経日変化を示す。透視度は、実験装置処理水の方が活性汚泥処理水よりも高く、外観上は活性汚泥処理水の方が着色しているように見えたが、ろ過後の吸光度にはほとんど差が認められなかった。このことから、処理水の着色は、 $0.45\mu\text{m}$ 以上のSS成分に吸着された着色成分によるものと推測された。また、実験装置はSS除去に優れ

ていたために活性汚泥法よりも処理水の着色は少ない結果になったと推測される。

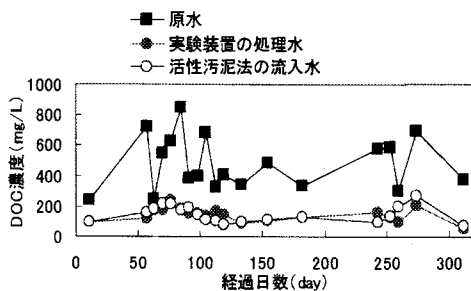
一方、余剰汚泥の引き抜きは実験期間中2回のみであり、汚泥発生量は除去DOC当たり1%以下であったことから、現状の活性汚泥法よりもきわめて汚泥発生量の少ない運転が可能であった。

表1 染色排水の組成

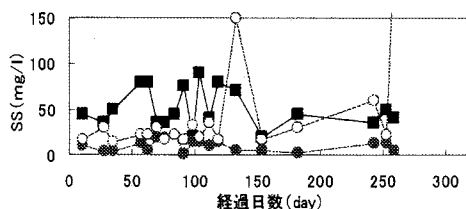
	原水
BOD(mg/l)	200~500
DOC(mg/l)	250~850
SS(mg/l)	20~90
pH値	9~12
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	240~560



(1) 水温の経日変化



(2) DOCの経日変化



(3) SSの経日変化

図2 水質の経日変化

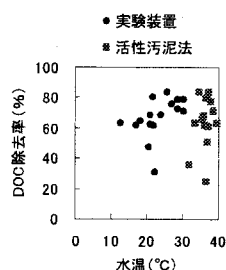
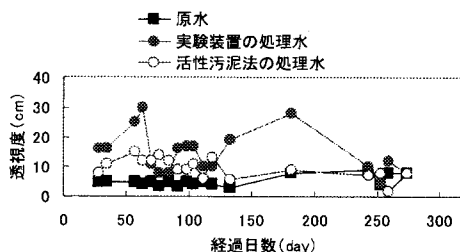
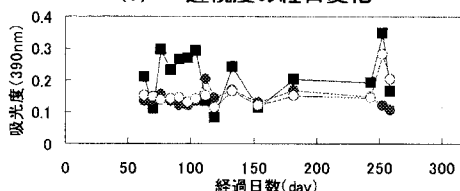


図3 水温とDOC除去率の関係



(1) 透視度の経日変化



(2) 吸光度の経日変化

図4 透視度と吸光度の経日変化

3.2 嫌気槽における硫酸塩還元役割

図5に処理槽内の水質変化の典型例として運転開始から259日目(水温24℃)の結果を示す。嫌気槽で硫酸塩還元に伴い、酢酸が生成され、好気槽で硫酸黄酸化と有機物の除去が進行していた。DOC除去率は約84%であったが、BOD除去率は約93%であった。

図6に嫌気槽における硫酸塩還元量と酢酸生成量の関係を示す。嫌気槽では主に硫酸塩還元により酢酸の生成が行われていることがわかる。図7に嫌気槽における硫酸塩還元量と処理水のDOCの関係を示す。硫酸塩還元が良好に進行した場合に、処理水の水質が向上することが示された。図8に示すように水温の低下で硫酸塩還元が抑制されることによりDOC除去率が低下するものと考えられる。

表2に実験装置の嫌気槽および好気槽から採取した生物膜および活性汚泥の嫌気条件の回分実験から

得られた硫酸塩還元活性と酢酸生成速度および DOC 除去速度を示す。嫌気槽生物膜の硫酸塩還元速度は処理槽の硫酸塩還元速度と一致しており、硫酸塩還元に伴う、酢酸生成量も処理槽と同様であった。一方、好気槽生物膜は嫌気槽生物膜よりも高い硫酸塩還元活性を示している。好気槽内の DO は常に 3mg/l 以上を示していたが、生物膜内部では硫黄の酸化還元サイクルが形成されていたと推察される。好気槽生物膜を用いた場合のほうが嫌気槽生物膜よりも硫酸塩還元に伴う酢酸生成量は少なかった。一方、活性汚泥は実験装置生物膜と比較すると硫酸塩還元活性は低いとはいえ、硫酸塩還元細菌による硫黄の酸化還元サイクルが形成されていたことが示唆される。

硫酸塩還元細菌を特異的に検出する DNA プローブ 3 種類を用いて、これらの生物膜および汚泥に FISH 法を施した結果を表 3 に示す。嫌気槽では *Desulfobulbus* sp. が優占的に存在し、*Desulfonema* sp. も観察された。一方、好気槽生物膜と活性汚泥には *Desulfobulbus* sp. はあまり存在せず、*Desulfonema* sp. が嫌気槽よりも多く観察された。以上のことから、嫌気槽においては *Desulfobulbus* sp. が主に酢酸生成に関与していたと考えられる。一方、好気槽では、酢酸生成と酢酸の分解の両者が行なわれていたと推定されるが、硫酸塩還元活性が高かったことから、別の種類の硫酸塩還元細菌が存在したことも考えられる。

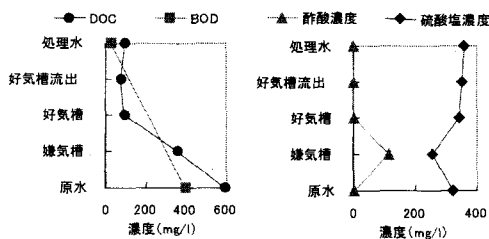


図5 処理槽内の水質変化

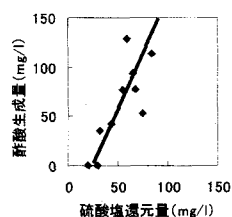


図6 硫酸塩還元量と酢酸生成量の関係

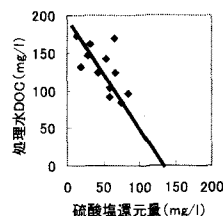


図7 硫酸塩還元量と処理水 DOC の関係

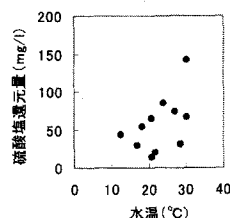


図8 硫酸塩還元量と水温の関係

表2 回分実験による硫酸塩還元活性と酢酸生成速度

嫌気条件	速度 (mg/l・h)	
	硫酸塩還元	酢酸生成
嫌気生物膜	1.5	1.7
好気生物膜	2.9	1.2
活性汚泥	0.4	0.5

表3 FISH 法を適用した結果

DNAプローブ	嫌気生物膜	好気生物膜	活性汚泥
<i>Desulfobulbus</i> sp.	+++	++	±
<i>Desulfonema</i> sp.	+	++	+
<i>Desulfobacterium</i> sp.	-	-	-

4. まとめ

炭素繊維とマイクロバブルを用いた嫌気好気生物ろ過装置を用いた染色排水処理実験を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) 実験装置は活性汚泥法よりも低水温であったにもかかわらず同等もしくはそれ以上の処理性能を有することが示された。
- 2) 嫌気槽において硫酸塩還元細菌による有機物の不完全酸化が進行することにより DOC 除去率が向上した。
- 3) 嫌気槽内には硫酸塩還元細菌 *Desulfobulbus* sp. による酢酸生成が進行していた。