

熊本大学工学部 学生員 黒木 征一郎
 熊本大学工学部 正 員 古川 憲治
 熊本大学工学部 学生員 安部 茂久
 和歌山県工業技術センター 中岡 元信

1. はじめに

染色工場、染料製造工場をかかえる地域では、染色排水の処理が緊急を要する課題となっている。染色排水は、広く工場排水の処理法として普及している活性汚泥法ではほとんど処理できず、これまで凝集剤、活性炭、オゾン処理等の物理化学処理法で対応されてきたが、経済性に問題を抱え、より低コストでの染料処理方法の開発が待たれている。我々は染色排水の活性汚泥による微生物分解の可能性を探るべく、二重結合を有する難分解性有機物の分解に有効な酸素添加酵素(oxygenase)を有する硝化細菌の優占度の高い硝化活性汚泥と、トルエン、ベンゼン、キシレン等の芳香族有機化合物の分解能を有する脱窒細菌の優占度の高い脱窒活性汚泥を取り上げ、その染料分解能を酸性染料を対象に取り上げ研究を進めている⁽¹⁾。この研究の中で、偶然にも酸性染料を効果的に分解することの可能な光合成細菌と脱窒活性汚泥が共生したコンソーシア（以後、「光依存性脱窒汚泥」と略す）を得た⁽²⁾。今回、この光依存性脱窒汚泥によるアゾ系酸性染料の分解について基礎的な検討を加えたので報告する。

2. 実験材料ならびに方法

(1) 光依存性脱窒汚泥

光依存性脱窒汚泥は、表-1に示す組成のメタノールを脱窒反応の水素供与体とする培地で、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量を約 $1.5\text{g-NO}_3\text{-N/g-MLSS/d}$ にとった fill and draw 法にて培養した。

(2) 供試アゾ系酸性染料

実験では、Acid Orange 20、Acid Orange 7、Acid Blue 92、Acid Black 1、Acid Red 88 の5種のアゾ系酸性染料を水に溶解させ、 5mg/L の濃度で分解試験に供した。

(図-1)

(3) 染料分解試験

$\text{NO}_3\text{-N}$ を 400mg/L 、 CH_3OH を $1,200\text{mg/L}$ の濃度で含む脱窒培地に所定濃度となるようにアゾ系酸性染料と光依存性脱窒汚泥を投入した混合液 0.5L を 1.0L 容のルー瓶に入れ、静置培養にて光照射条件下で染料の分解試験を行った。

(4) 分析方法

染料分解は、それぞれの染料の吸光特性値または、色度で分析した。その他の水質項目は全て下水試験方法で分析した。

3. 実験結果ならびに考察

(1) 光依存性脱窒汚泥によるアゾ系酸性染料の分解

脱窒培地に各種アゾ系酸性染料を 5mg/L の濃度で添加した培地に光依存性脱窒汚泥を $1,000\text{mg/L}$ となるように懸濁させた後、温度を 30°C 、照度 $10,000\text{lx}$ の条件で分解試験を行い、図-2、3、4に示す結果を得た。これらの図から、脱窒反応と並行脱窒反応と並行してアゾ系酸性染料の分解が進んでいることが分かった。分子量の大きな Acid Black 1、Acid Red 88 では、これら染料による脱窒阻害が認められた。Orange II の分解は Orange I より劣り、アゾ基と水酸基とがパラ位にあると分解されやすいというこれまでの知見⁽³⁾と一致した。供試アゾ系酸性染料の中では一番分子量の大きく、しかもアゾ基と水酸基がパラ位にない Acid Blue 92 が光依存性脱窒汚泥により特異的に分解されるという興味ある結果を得た。

表-1 脱窒培地組成

組成	濃度(mg/L)
K_2HPO_4	116.7
KH_2PO_4	16.7
NaCl	6.0
KCl	2.8
CaCl_2	3.7
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	4.1
KNO_3	3017
CH_3OH	1000

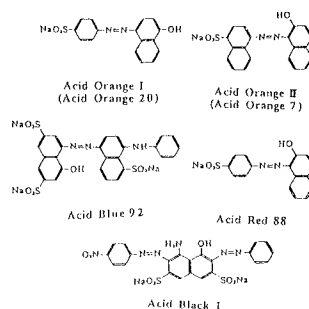


図-1 アゾ系酸性染料の構造式

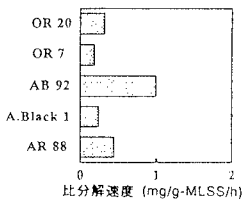


図-2 光依存性脱窒汚泥によるアゾ系酸性染料の分解

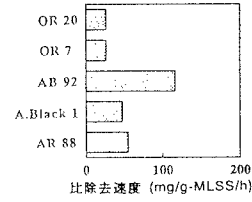


図-3 光依存性脱窒試験時のTOC除去

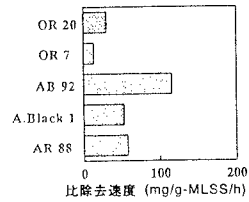


図-4 光依存性脱窒試験時のNO₃-N除去

（2）光依存性脱窒汚泥のアゾ系酸性染料の分解における汚泥濃度と撹拌の影響

以上の実験は、光合成細菌の働きを引き出すべく、光照射面積の大きなルー瓶を使い、しかも静置条件下で行った実験結果である。光依存性脱窒汚泥を使った染料排水処理の実用化にあたっては、採用する汚泥濃度とともに、懸濁方法、照明方法が問題となる。そこで、供試染料として光依存性脱窒汚泥により特異的に分解された Acid Blue 92 を取り上げ（5 mg/L）10,000lx、30℃、静置条件で光依存性脱窒汚泥の汚泥濃度を種々変化させた実験（static）と、ガス交換器付の三角フラスコを用いて気相を窒素ガスで置換した後、マグネチックスターラーで汚泥混合液を連続撹拌した実験（stirring）を行い図-5 に示す結果を得た。

混合条件の実験は、結果である。この結果、汚泥濃度が高くなる程 Acid Blue 92 の比除去速度が低下し、汚泥濃度が高くなると反応が光の律速を受けやすくなることからわかる。汚泥濃度が低いと光の汚泥混合液内への透過が良くなるため Acid Blue 92 の比除去速度は高まる。しかし、通常の排水処理で採用されている汚泥濃度（1,500～3,000mg/L）の範囲では、高々2割程度の比除去速度の差しかないことから、汚泥濃度の影響はそれほど考えなくてもいいと思われる。混合条件は光依存性の脱窒では大きな影響をあたえるものと考えていたが、汚泥濃度が2,000mg/L以上であれば静置と混合の実験では差がみられなかった。むしろ汚泥濃度が低い領域では混合培養の方が高い比除去速度となっている。これは、光の透過に大きな差の無い低汚泥濃度域では、混合培養で染料と汚泥との接触効率が上がり比除去速度が高まったと推定できる。

（3）光依存性脱窒汚泥のアゾ系酸性染料の分解における照度の影響

光依存性脱窒汚泥によるアゾ系酸性染料の分解で光の強さがどの程度影響を及ぼすか、Acid Blue 92 を供試染料として取り上げ（5 mg/L）、30℃、静置条件で照度を種々変化させた実験を行い図-6 に示す結果を得た。照度と Acid Blue 92 の比分解速度には比例関係が明白に見られることが分かり、本法で染料の分解を行う際には光の照射方法が問題となることが示された。

4. まとめ

新たに獲得した光依存性脱窒汚泥によるアゾ系酸性染料の分解に関する基礎的検討を加え、以下の結論を得た。

（1）光依存性脱窒汚泥によってもアゾ基と水酸基の位置関係によりアゾ系酸性染料の分解速度が異なったが、Acid Blue 92 は光依存性脱窒汚泥により特異的に分解された。

（2）汚泥濃度と照度は光依存性脱窒汚泥のアゾ系酸性染料の分解に大きな影響を与えることから、光の照射方法、混合撹拌方法に工夫が必要である。

<参考文献>

- (1)古川、黒木、中岡：日本生物工学会大会講演要旨集、p.229(1997)
- (2)古川、中岡、黒木：日本水処理生物学会誌、別巻17号、p.113(1997)
- (3)M. B. Pasti-Grigsby et al.:Appl. Env. Microbiol., Vol.62,p.1814(1996)

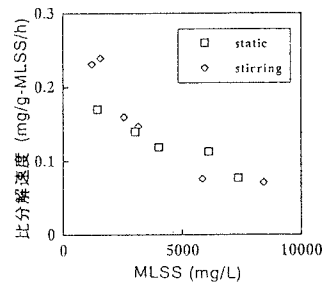


図-5 光依存性脱窒汚泥によるAB92の分解試験における汚泥濃度と撹拌の影響

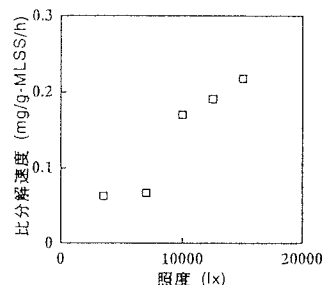


図-6 光依存性脱窒汚泥によるAB92の分解試験における照度の影響