

光依存性細菌の細胞由来物質による排水の光脱色反応

Photodecolorization of wastewater by extracellular material of photosynthetic bacteria

0130101 伊藤瑞希 大瀧雅寛

Mizuki Ito and Masahiro Otaki

お茶の水女子大学 環境工学研究室

1) はじめに

現在、染色工場から排出される染色排水は、高濃度の窒素と難生物分解性の染料を含んでおり、環境に悪影響を及ぼすことが問題となっている。光依存性細菌共存型脱窒汚泥 (*photosynthetic bacteria coexisting in denitrifying sludge*; 以下 PDDS と略す) は、高い脱色速度をもつ光依存性細菌を含む生物群である。これまでの実験結果から光依存性細菌 (*Rhodobacter sphaeroides*) は、可視光照射下において染料の脱色効果をもつことが観察されている。

本研究では、光依存性細菌の菌体外に分泌される細胞由来物質に注目し、この物質により染料や、排水着色成分の分解特性を検討する。この反応を効率良く行うことができれば、光依存性細菌を培養することなく、脱色処理を行えることができ、生物反応ではなく化学反応を利用した染色排水処理システムの実用化が可能となる。

2) 実験方法

PDDS から光合成細菌を単離培養し、5800 rpm で約4分間遠心分離させ上澄みだけを分取し、濾過(孔径0.45 μm)して細胞を除去した濾液中の細胞由来物質を用いて各実験を行った。

2.1) 細胞由来物質の処理能力実験

処理対象物質と細胞由来物質を混合させ、溶液の吸光スペクトルの時間変化を調べた。光源として蛍光灯(日立製 20 W)を用い、37°Cで行った。各対象物質の濃度測定は各吸光ピークを用いた。各対象物質は染料と二次処理水(落合処理場)とした。フミン酸、タンニン酸は、二次処理水の主な着色成分と考えられているため、実験に使用した。

Table.1 Target substance

Target substance	concentration (M)	volume (ml)	Extracellular material (ml)	absorbance peak (nm)
Acid Red 88	1×10^{-3}	0.5	9.5	510
Acid Black 1	1×10^{-3}	0.5	9.5	620
Reactive Black 5	1×10^{-3}	0.5	9.5	600
Secondary effluent		5	5	
Humic acid	5×10^{-7}	1	9	
Tannic acid	5×10^{-6}	1	9	

2.2) 光触媒による細胞損傷に伴う細胞由来物質の量・能力への影響

光触媒酸化チタン・コーティングした石英板の光触

媒が光依存性細菌と接触するように蓋をし、溶液を攪拌しながら反応させた。光源は UV とした。1日間反応させ、光触媒により、細胞を損傷させ、損傷なしの場合の細胞由来物質の量及び染料 (Acid Blue 92) の処理能力の差を調べた。細胞由来物質 5 ml に、濃度 1000 mg/L の AB92 を 0.1 ml 加えた。

3) 実験結果及び考察

3.1) 細胞由来物質の処理能力実験

細胞由来物質により、3種の染料は全て脱色されることがわかった。Fig.1にAR88+細胞由来物質溶液の吸光スペクトル変化、Fig.2に吸光度より算定した各染料の濃度変化を示す。

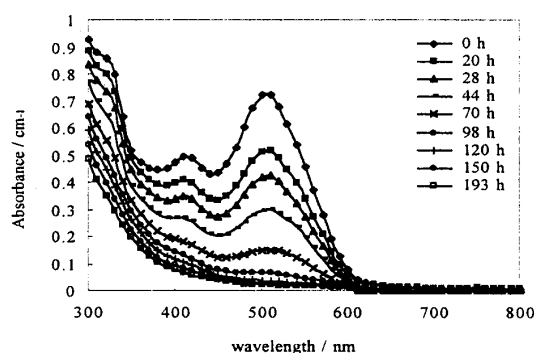


Fig.1 Change in spectrum of Acid Red 88 solution

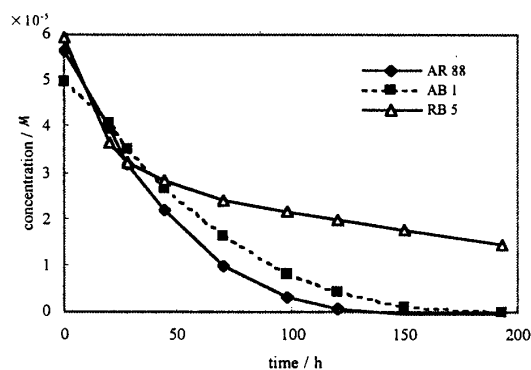


Fig.2 Change in concentration of AR88, AB1, RB5

酸性染料 (AR88, AB1) と反応性染料 (RB5) の反応速度は大きく異なることがわかった。この細胞由来物質の反応が、酵素反応であるとして、Michaelis-Menten 式を仮定した。Michaelis-Menten 式の両辺の逆数で示すと次式となる。

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_s} \frac{1}{C} + \frac{1}{V_s}$$

v : 反応速度 [h/M] V_s : 最大速度 [h/M]
 K_m : ミカエリス定数 [M] C : 染料濃度 [M]

式に代入すると、酸性染料 (AR88, AB1) は、直線関係となり、Michaelis-Menten 式にあてはまることがわかった。しかし反応性染料 (RB5) は、グラフをとると直線関係になるものの、切片の値は負となった。これは最大速度が負であることを表し、Michaelis-Menten 式が成立しないことを示す。Table.2 に各染料の Michaelis-Menten 式の係数を示した。

Table.2 Coefficient of Michaelis-Menten equation

	V_s [h/M] × 10 ³	K_m [M] × 10 ⁴
Acid Red 88	4.87	3.62
Acid Black 1	4.8	7.57
Reactive Black 5	0.98	-45.09

K_m は、中間生成物形成の平衡定数を指し、細胞由来物質の染料に対する親和性を表す。AR88 と AB1 を比較すると、 K_m の値が AR88 の方が小さい。このことより、AR88 は AB 1 より、細胞由来物質に対して親和性が大きいことがいえる。しかし、一般的な酵素反応の値と比較すると、大きい値であった。

フミン酸は可視光領域において時間経過ごとに、全体的に吸光度が減少した。Fig.3 にフミン酸+細胞由来物質溶液の吸光スペクトル変化を示す。染料と比較すると反応速度は遅い結果となった。

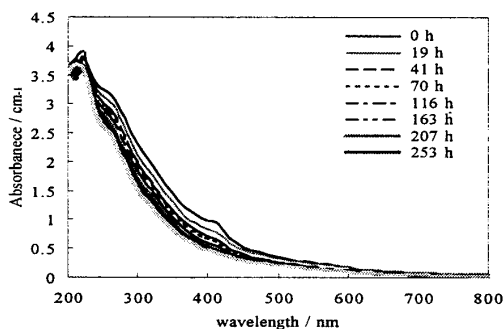


Fig.3 Change in spectrum of Humic Acid solution

タンニン酸は、中間生成物ができ、色が濃くなったが、その後時間経過ごとに、吸光度は減少した。二次処理水そのものでは、色は少し黄色がかっているが、時間経過ごとに吸光度も少しではあるが減少し、色もなくなっていった。時間はかかるが、二次処理水に対しても処理能力があると考えられる。

3.2) 光触媒による細胞損傷に伴う細胞由来物質の量・能力への影響

光触媒を行うことで光依存性細菌の細胞が破壊し、中から細胞由来物質の考えられるものが放出した。細胞由来物質の吸光ピーク波長である 390 nm の吸光度で比較した。

Table.3 Absorbance and rate of increase

	absorbance:390 nm [cm ⁻¹]	rate of increase [%]
0 h	0.1671	100
24 h with photocatalysis	0.202	121
24 h without photocatalysis	0.1764	106

これらの細胞由来物質に AB92 を加えて実験を行ったが、細胞由来物質の量に比例せず、脱色反応速度は変わらなかった。Fig 4 に AB92 の除去率を示す。

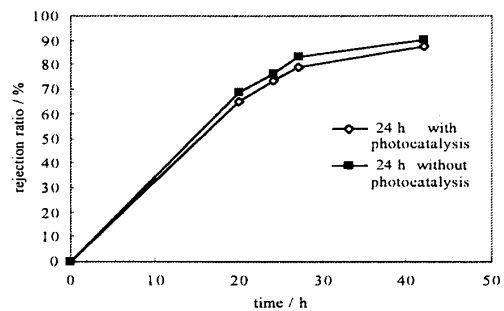


Fig.4 rejection ratio of AB92

このことより、光触媒によって、細胞由来物質を増加させることは出来たが、脱色能力はなかったと考えられる。また光触媒反応により、脱色反応をもつ細胞由来物質が分解された可能性も考えられる。

4) まとめ

細胞由来物質は蛍光灯照射下において、酸性染料の分解能力を持つこと、二次処理水に対しては分解能力はあるが時間かかることがわかった。効率を高める方法の一つとして、細胞由来物質を増やすことが考えられる。光触媒反応による細胞からの溶出増加を狙ったが、細胞由来物質量は増えたものの、分解能力の増加には至らなかった。

5) 参考文献

- 1) 江守寛子「光合成細菌の細胞由来物質による染料の光分解特性」平成 15 年度卒業論文
- 2) 北尾高嶺「生物学的排水処理工学」コロナ社 (2003)
- 3) 「ヴォート基礎生化学」東京化学同人 (2001)