

B-12 光合成細菌の細胞外物質による染料の光分解

お茶の水女子大学・人間文化研究科

同上

同上

○洪静蘭

江守寛子

大瀧雅寛

1. はじめに

現在、染色排水には染料だけではなく、窒素分も高濃度で含まれており、その窒素も同時に除去することが求められている。光合成細菌共存型脱窒汚泥(photosynthetic bacteria coexisting in denitrifying sludge: 以下PBCDS と略す)は、高い脱色速度を持つ紅色非硫黄細菌と脱窒活性汚泥とが安定して共生する活性汚泥であり、可視光照射条件下でアゾ系酸性染料の分解と脱窒を同時に行うことができるものである^{1),2)}。また、実用化に向けて実際の染色排水により近い組成の模擬染色排水を処理対象排水とし、連続処理リアクターを構築した。その結果、流入する窒素の90%以上を脱窒処理できること、アゾ系酸性染料による着色も50~60%の効率で除去できることが明らかとなった³⁾。また、PBCDS から分離された光合成細菌の濾過滅菌した培養上澄液は一切の菌体を含まないにもかかわらず、光照射下においても染料による着色を速やかに除去できることが報告されている⁴⁾。ここでは、このPBCDS から単離した光合成細菌の菌体外物質に注目し、この物質による染料の分解特性を検討した。

2. 実験材料と方法

光合成細菌の単離は黒木ら³⁾の研究によって実行した。単離した光合成細菌培養溶液を遠心分離(5800rpm×4分)した後の上澄みを取り出し、さらに濾過(0.45μm)して、細胞外物質を抽出した。この細胞外物質含有液を用いて、以下の条件で実験を行い、各時間における試料の吸光度を測定した。分解対象染料としてAcid Blue 92(C. I. 13390, 東京化成工業、測定吸光波長: 560nm, 以下AB92 と略す)を用いた。この構造式を図-1に示す。光源として蛍光灯(FL)とブラックライト(BL)を使用した。

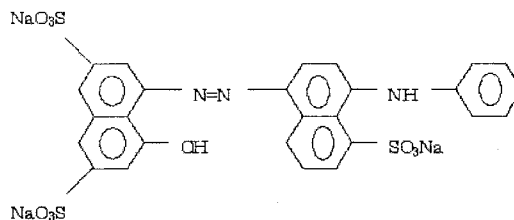


図-1 AB92 の構造式

3. 実験結果及び考察

3.1 反応方式の把握

細胞外物質によるAB92の分解実験を行い、図2に示す結果を得た。細胞外物質処理開始72時間後に、AB92に基づく吸光度を約97.5%低減させることができた。また、AB92の分解反応の経過に伴い560nmのピークが減少し、新たに360nmにピークを有する代謝物が生成することが分かった。この溶液中で生物反応が寄与しているかどうかを確認するため、120℃10分間の蒸気加圧滅菌を行い、AB92の分解実験を行った。その結果を図3に示した。蒸気加圧滅菌の有無に関わらず、AB92はほぼ同様な分解速

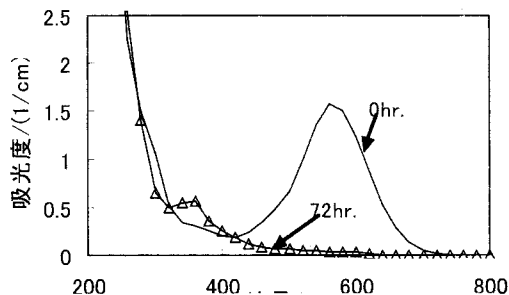


図2 細胞外物質によるAB92分解処理液の吸光スペクトル(FL=2.5 klx、光合成細菌数=10⁷~10⁸ No./mL)

度が見られた。また、この物質は熱耐性物質であることも分かった。図4には細胞外物質によるAB92の分解に及ぼす温度の影響の結果を示した。これより、0~50℃の範囲においては、温度が高くなるにつれて反応速度も大きくなり、アレニウス式に従っていることがわかった。

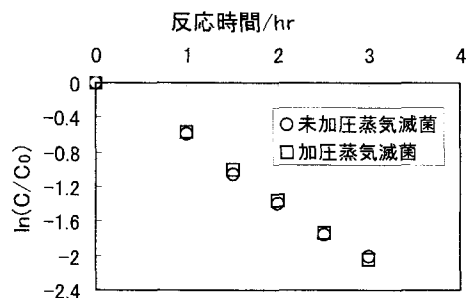


図3 蒸気加圧滅菌有無状態下に細胞外物質によるAB92の分解(FL=12 klx, AB92=50 mg/L, Temp. =50℃)

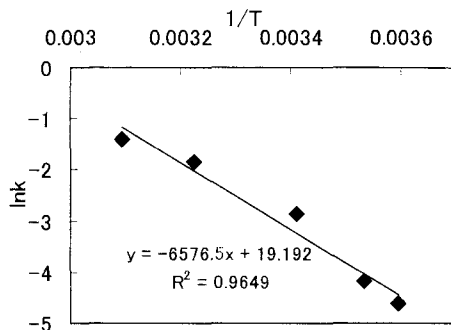


図4 細胞外物質によるAB92分解処理に及ぼす温度の影響

3.2 光源について

蛍光灯照射下においては、細胞外物質によりAB92吸光ピーク(560nm)が低くなり、脱色が進んだ(図5)。BL、Dark条件下においてAB92はほとんど分解されず、またG-M培地のみFLを照射しても分解反応は起こらなかった。よって、AB92の分解反応は細胞外物質にFL照射した時のみに起こることがわかった。光強度と反応速度係数kの関係は図6に結果を示す。これより、光強度が強くなると反応速度も速くなることがわかる。

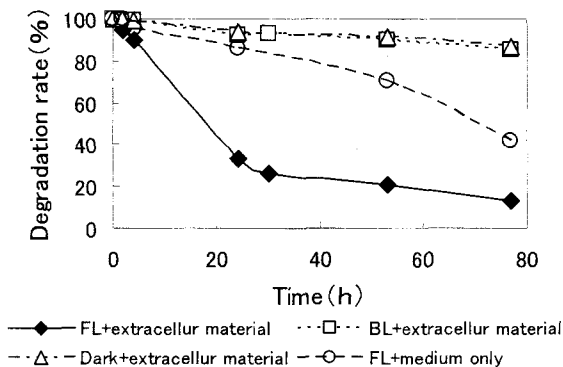


図5 細胞外物質によるAB92分解処理に及ぼす光源の影響

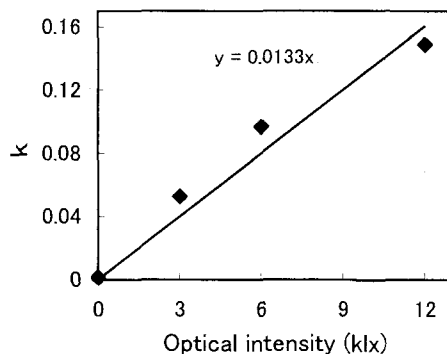


図6 細胞外物質によるAB92の脱色速度と光強度の関係

3.3 分解能の連続性

細胞外物質含有液にAB92を3回連続投入した(図7)。その結果、3回ともAB92は分解され、細胞外物質には分解能の連続性があると考えられる。しかし2回目以降は1回目 비해分解に時間がかかった。これは細胞外物質の反応性の劣下のためか、もしくは反応生成物による阻害効果のためと考えられる。

3.4 細胞外物質濃度

細胞外物質濃度と反応速度係数 k の関係図 8 に結果を示す。ここでは分解反応が一次反応と仮定し、その分解速度係数 k を比較した。これより細胞外物質濃度が大きくなると反応速度も大きくなることがわかる。しかしその関係は比例ではなく、飽和型の傾向を示すことがわかった。

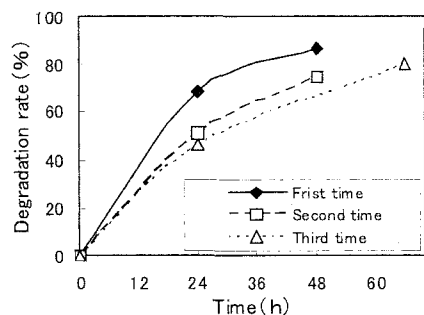


図 7 細胞由来物質による AB92 の連続分解

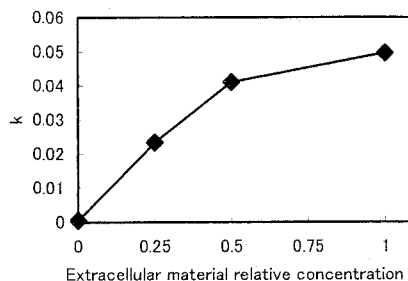


図 8 細胞由来物質相対濃度と k の関係

3.5 pH

反応速度定数 k と pH の関係は図 9 に示す。pH8 のときの反応速度が最も大きくなることが分かった。このことから、染料分解にあたって、細胞外物質の最適 pH は 8 付近であると考えられる。

3.6 AB92 初期濃度

反応速度定数 k と AB92 濃度の関係は図 10 に示す。AB92 の濃度が低いほど k の値が大きくなるという結果が得られた。これは、反応速度は初期濃度に依存することが分かった。

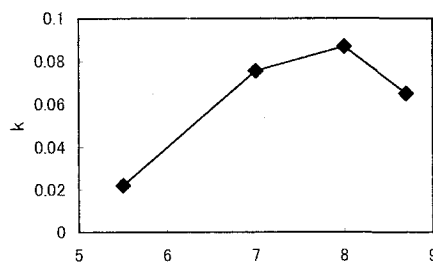


図 9 pH と k の関係

4. まとめ

細胞外物質は蛍光灯照射下において染料 AB92 分解能力をもち、その反応には連続性がみられた。分解反応は光強度が高くなるほど、温度は 50°C までの範囲では高くなるほど、また細胞外物質濃度が高くなるほど、pH は 8 付近において、また染料濃度が低いほど反応効率が高くなることがわかった。さらに、この細胞外物質は熱耐性物質であることも分かってきた。

参考文献

- 1) 古川憲治, 黒木征一郎, 中岡元信: 光依存性脱窒条件下での染料の微生物分解, 用水と廃水, Vol. 40, No. 9, pp. 775-781, 1998.
- 2) Kuroki, S., Furukawa, K., Yoshiyama, M.: Biodegradation of acid azo dyes by newly isolated purple nonsulfur bacteria, *Japanese Journal of Water Treatment Biology*, Vol. 37, No. 2, pp. 69-75, 2001.
- 3) Hong, J., Otaki, M., Joseph D. Rouse, Furukawa, K.: Continuous Treatment of Azo Acid Dyes by Photo-Dependent Denitrifying Sludge, *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 14, No. 3, pp. 296-302, 2002.
- 4) 黒木征一郎: 光依存性脱窒汚泥を用いる無酸素条件下での染料排水の連続処理に関する研究、熊本大学博士論文、2002.

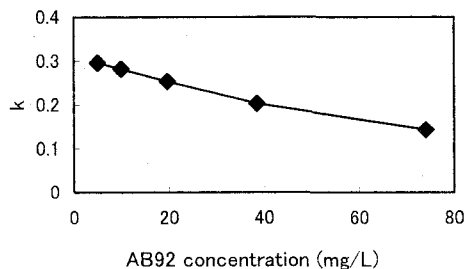


図 10 AB92 初期濃度と k の関係