

染色工場で使用される染料の生物学的脱色排水処理システムの開発

香川高等専門学校 賛助会員 ○泉陽彩, 宮下捺美
香川高等専門学校 正会員 多川正

1. はじめに

開発途上国では生活・産業等の排水が未処理の状態や処理が不十分な状態で海や河川へ放流されることによる水質汚濁問題が深刻化している。タイの一般的な染色工場では、染色排水を凝集沈殿および好気性生物処理により処理を行い河川等に放流しているが、その処理水は十分に脱色されておらず、タイにおける着色度の基準値の約 10 倍高い着色度のまま放流されている¹⁾。本研究では、タイで稼働する染色工場から排出される染色排水を処理する排水処理設備の脱色能力の向上、低コストかつ運用が容易な処理方法の開発を目的とする。具体的には、省エネルギーかつ環境負荷が低いとされる生物処理に着目し、既存の処理プロセスの曝気槽を、染料分解能力を有する生物処理に代替することで、排水の脱色能力向上を目指している。

2. 実験方法

2. 1 微生物の馴致培養

本研究では、タイ王国の染色工場で実際に使用されている 6 色の染料 (YELLOW, ORANGE, RED, SKY BLUE, NAVY BLUE, BLACK) を入手し、各色の溶解液 (0.2 g/L) を作成後、溶解液を 6 色混合や 3 色混合など様々な組み合わせた模擬染料排水を作成し、腐葉土から抽出した微生物に供給し、馴致培養を行った。さらに牛糞および都市下水消化汚泥を追加したり、培養条件を変更したりと改良を行った。しかし、既報²⁾の培養系の染料の脱色試験の結果から、脱色効果は確認できず、現状の培養方法 (好気性培養, 間欠曝気培養) および培養期間では染料分解可能な微生物叢の構築は困難であると示唆されたことから、第 3 段階の馴致培養として、完全に曝気を停止した培養条件を検討した。6 色染料は全 6 色を溶解した染料である。第 3 段階馴致培養系を 7 か月間培養した後、さらに第 4 段階の馴致培養として、Case 1, Case 2 それぞれの培養汚泥を分割し、6 色染料のみを供給し有機物基質を与えない培養系 (Case 1-2, Case 2-2) を追加、検討した。

2. 2 染料の脱色試験

染料の脱色試験は生物化学的酸素要求量 (JIS K 0102 21) の測定方法を参考にした。排水サンプルには 6 色染料または 6 色各色の染料 (以下、単色染料と称す) を用いた。植種微生物には馴致培養系 (第 3 段階) の培養開始後約 4 か月時点の微生物 (3 種類), 馴致培養系 (第 4 段階) の培養開始後約 2 か月時点の微生物 (5 種類) を用いた。希釈水中に排水サンプル 1 種類, 植種微生物 1 種類を同一濃度で添加してメスアップし, DO 瓶 (100 mL 容), バイアル瓶 (120 mL 容) に分注した。バイアル瓶培養の総液量は 60 mL とし, 窒素ガスで 2 分間パージした後, 酸素を通過しないブチルゴム栓で密閉した。なお, DO 瓶試験は好気性条件, バイアル瓶試験では嫌気性条件での脱色試験を想定している。

3. 実験結果および考察

3. 1 第 3 段階馴致培養系の 6 色染料の脱色試験

植種微生物として第 3 段階馴致培養系の微生物を、排水サンプルとして 6 色染料を用いたサンプルについて、試験開始から 15 分後, 7 日後, 14 日後, 21 日後および 28 日後において, pH, 溶存酸素濃度, COD_{Cr} および着色度の分析を行った。着色度の経日変化を図-1 に示す。Case 2 において好気性条件, 嫌気性条件ともに緩やかに低下して行き, 脱色率 (15 分後の着色度を 100% とする, 以下同様) が 30% 以上と明らかな脱色効果が確認できたが, 最終測定時の着色度は 344 程度と依然と高い数値であった。

3. 2 Case 2 培養系の単色染料の脱色試験

脱色効果が確認できた Case 2 を植種微生物に用いて, 単色染料に対して脱色試験を行った。着色度の経日変化を図-2 に, COD_{Cr} の経日変化を図-3 に示す。YELLOW, NAVY BLUE, BLACK の 3 色にて 50% を超える高い脱色率が確認できた。特に YELLOW においては脱色率 70% 程度と最も高くなった。この 3 色に比べ, RED, ORANGE, SKY BLUE の 3 色に関しては脱色率 7~20% と低い脱色率となり, 染料各色の分解性には大きな差があることが明らかとなった。

COD_{Cr} の経日変化は、全条件にて着色度 20 程度の低減が確認された 6 日経過時点で、一度全条件において COD_{Cr} 数値が急激に低下したが、14 日後、21 日後には再び上昇する挙動を示し、最終的な除去は確認できなかったことより、微生物による染料の構造変化は発生している可能性はあるが、最終的な生物による無機化までは進行していないことが示唆された。

3. 3 第 4 段階馴致培養系の 6 色染料の脱色試験

第 4 段階馴致培養汚泥の微生物による 6 色染料を用いた脱色試験を行った。着色度の経日変化を図-4 に示す。嫌気性条件の Case 2-1 のみ 25% 程度の脱色率が確認できたが、最終測定時の着色度は 441 と高い数値であり、効果を発揮するに約 1 か月を要することから、染料を分解可能な微生物のさらなる活性向上が必要である。また、有機物基質を投与しない Case 2-2 においては脱色効果が確認できなかったことから、有機物基質の共存の有無が脱色作用を引き起こす要因であることが示唆された。

4. まとめ

嫌気性培養において染料の脱色は確認できたが、脱色困難な染料の存在や、排水基準を下回るほどの脱色能力がない、また脱色の速度が遅いなど課題は多く、染料分解可能な微生物叢の構築はまだ不十分であるといえる。今後は更に微生物叢の変遷の解析や共代謝基質などの有効性の検証などを行う。

参考文献

- 1)多川ら：染色工場における排水処理施設の脱色特性の把握および処理改善案の基礎的検討, 第 54 回日本水環境学会年会, 2020.
- 2)宮下ら：タイ王国の染色工場にて使用される染料の生物学的脱色特性の把握, 令和 3 年度土木学会四国支部技術発表会, 2021.

謝辞 本研究は JSPS 科学研究費 19K12392 の助成を受けた。

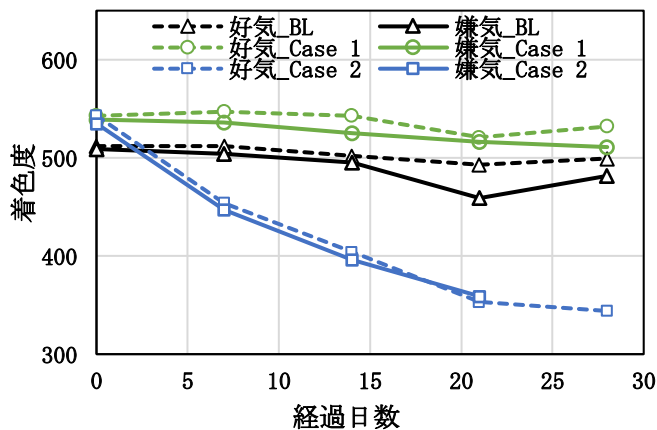


図-1 着色度の経日変化(第 3 段階 6 色染料)

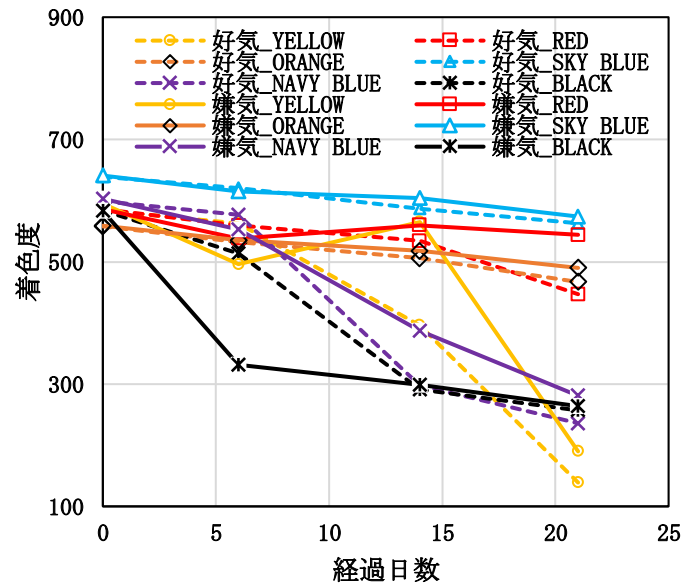


図-2 着色度の経日変化(第 3 段階単色染料)

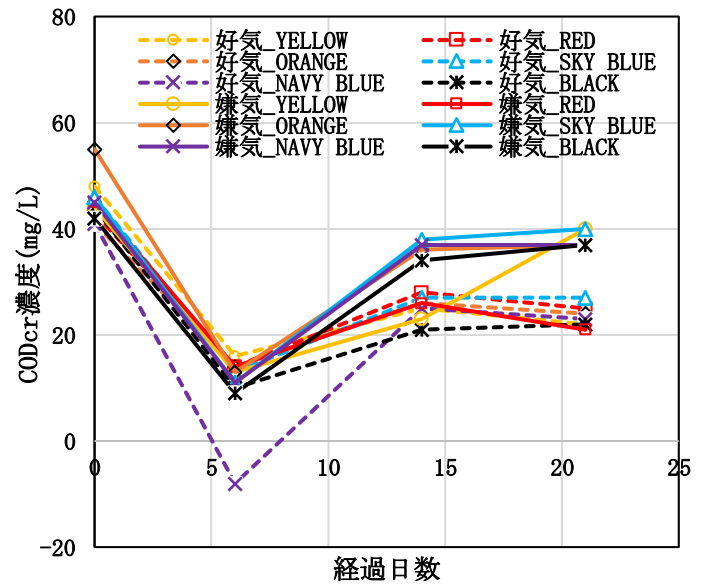


図-3 COD_{Cr} の経日変化(第 3 段階単色染料)

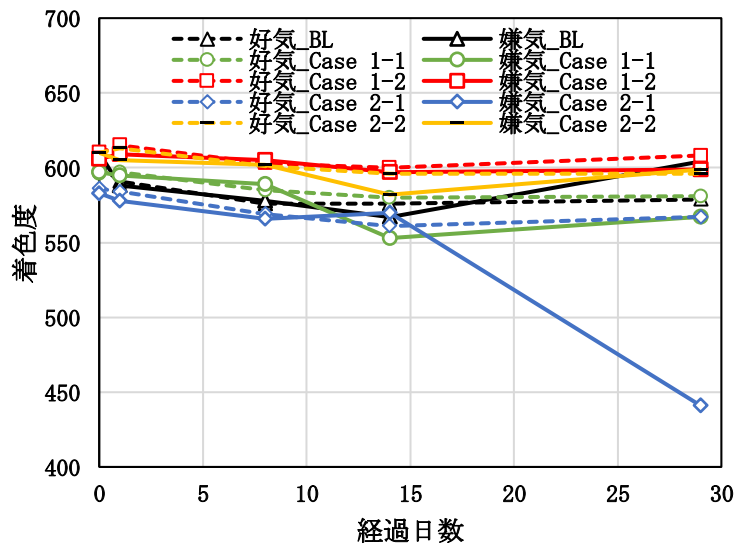


図-4 着色度の経日変化(第 4 段階 6 色染料)