

B-10 染色排水の色の評価方法の検討と 簡易脱色技術の開発

○植原 啓介¹・渡邊 智秀¹・伊藤 司^{1*}

¹群馬大学大学院工学研究科社会環境デザイン工学専攻 (〒376-8515 群馬県桐生市天神町一丁目 5 番 1 号)

*E-mail: tito@cc.gunma-u.ac.jp

1. はじめに

染色工場排水は、排水中に混入した多種類の薬剤が難生物分解性であり、尚且つそれら薬剤を含んだ排水水質の日変動・時間変動が激しいことから、生物処理のみでは対応困難な排水として数十年間その位置づけは変わっていない。特に排水中の色の除去は困難であり、一般に排水処理後の流出水は着色した状態で河川に放流されている。確かにオゾン処理や活性炭吸着のような高度処理と生物処理との組み合わせにより高い水質レベルを得ることは可能であるが、中小企業が多い染色工場にこのような高度処理の導入を期待することは現実的ではない。

本研究の目的は、染色排水に対してオゾン処理等の高度処理を用いない、簡易で低コストの脱色技術を開発することである。従って、染色排水の水質が複雑で且つ変動が大きいことを前提として、特定の染料や特定の菌類・細菌類、脱色酵素等に着眼せずに研究開発を行った。着目したのは染色工場の排水管内の内壁に付着した汚泥（以後、染色工場汚泥と略す）である。顕微鏡観察の結果、高密度の微生物集塊（バイオフィーム）であった。常時染色排水にさらされているこの微生物集塊は有機物除去と脱色に優れていると推察された。そこで本研究では、まず染色工場汚泥の脱色効果を下水処理場の活性汚泥や嫌気性グラニューールの脱色効果と比較することにより染色工場汚泥の優位性を検討した。続いて、染色工場汚泥の脱色効果を向上させる処理条件について、静置、攪拌、排水との接触面積、溶存酸素の有無について検討した。一方、目視観察と相関のある色の評価方法として、主波長による評価を上記実験における脱色効果に対して適用を試みた。

2. 実験方法

2.1 染色排水と各種汚泥

染色排水は群馬大学近郊の染色工場に提供して頂いた。当染色工場の排水は生物処理と凝集沈殿処理の後に河川に放流されているが、放流水は薄紫色を呈している。本

研究では排水処理前の原水を用いた。採水した原水の温度は 30~40℃、pH は約 7 であった。

生物処理には、上記染色工場の原水の排水管内に付着した汚泥（以降、染色工場汚泥）、桐生市下水処理場の活性汚泥（以降、活性汚泥）、食品系産業排水処理プラントからの嫌気性グラニューールをそれぞれ用いた。

2.2 色の評価方法

主波長は試料水の可視光領域（400~700 nm）の波長データと色度図から求められる。分光光度計を用いて試料水を波長スキャンすることにより得られた波長データを、JIS Z8791 及び JIS Z8722 に定められている XYZ 系による色度図に適用し、主波長を求めた^{1),2)}。その他、目視の色と対応する波長域を探索する目的で、190~900 nm の波長スキャンを行った。また比色法が適用可能か検討した。

2.3 各種汚泥（染色工場汚泥、活性汚泥、嫌気性グラニューール）を用いた生物処理

染色工場汚泥を用いた処理は次の 2 通りの条件で行った。a) 容量 1 L の三角フラスコに染色排水 800 mL と染色工場汚泥を入れ (MLSS 1650 mg/L)、ゴム栓をした後、38℃で 3 日間静置（染色工場汚泥 a とする）。b) 容量 100 mL のバイアル瓶に染色排水 85 mL と染色工場汚泥約 15 mL を入れ (MLSS 176 mg/L)、ゴム栓をし、38℃で 2 日間静置（染色工場汚泥 b とする）。

活性汚泥を用いた処理は、容量 1 L の三角フラスコに染色排水 800 mL と活性汚泥を入れ (MLSS 1360 mg/L)、曝気とマグネティックスターラーを用いた攪拌を併用し、30℃で 3 日間行った。

嫌気性グラニューールを用いた処理は、容量 100 mL のバイアル瓶に染色排水 85 mL と嫌気性グラニューール約 15 mL を入れ (MLSS 176 mg/L)、窒素置換後に密閉し、38℃で 2 日間振とうした。

上記の処理の 0 日目と 2~3 日経過後の排水を孔径 1 μm の GF/B フィルター（Whatman 製）でろ過し、ろ液の色

と CODcr を測定した。

2.4 攪拌と静置による処理

容量 500 mL の三角フラスコに染色排水 350 mL と染色工場汚泥を入れ (MLSS 8 mg/L)、ゴム栓をしたものを 2 系列用意し、38°C の恒温槽内で、一方はマグネティックスターラーで攪拌し、もう一方は静置培養した。3~4 日毎に排水を孔径 0.45 μm のフィルター (ADVANTEC 製) でろ過し、ろ液の色と CODcr を測定した。

2.5 接触面積を拡大させた処理と嫌気性処理

容量 100 mL のバイアル瓶の中に染色排水 85 mL と染色工場汚泥約 15 mL を入れ (MLSS 176 mg/L)、そのままゴム栓をしたものを用意し、これを以下の実験の対照系とした。

染色排水と染色工場汚泥の接触面積を拡大させた処理では、対照系と同量の染色排水 85 mL と染色工場汚泥 15 mL を使い、これらを容量 300 mL の三角フラスコに入れ、ゴム栓をしたものを用意した。これにより染色排水と染色工場汚泥の接触面積は 100 mL バイアル瓶を用いたときに比較して約 4 倍に拡大した。

嫌気性処理は、対照系と同じ容量のバイアル瓶と同量の染色排水と染色工場汚泥を用い、気相部分を窒素置換した後に密閉した。

培養は全て 38°C で 2 日間の静置培養により行った。0 日目と 2 日経過後の排水を孔径 1 μm の GF/B フィルター (Whatman 製) でろ過し、ろ液の色と CODcr を測定した。

3. 結果と考察

3.1 色の評価方法の検討

Fig.1 に染色工場汚泥を用いて処理した染色排水の写真を示す。写真 A~D の主波長は順に 650 nm、604 nm、589 nm、493 nm である。このように色度図から得られた主波長の値が短波長側に傾くと、目視での着色度合いが低下する傾向が認められた。これまで採水した約 20 サンプルの染色排水の原水の主波長は 600~770 nm の範囲であり、脱色が進行すると主波長の値は徐々に短波長側に傾いた (結果 3.2 参照)。また、排水の紫色が除去されたと目視で判断できた主波長は常に 587 nm を下回った。

その他、波長スキャンからは目視による脱色度合いに対応する波長域を見つけることはできなかった。また、比色法については、比色法で評価できる色の範囲 (淡黄色から黄褐色) が本染色排水の色 (紫色) と異なることから、適用できないと判断した。

以上のことから、本染色排水の色の評価には主波長を指標とすることが適当であると判断し、主波長 587 nm

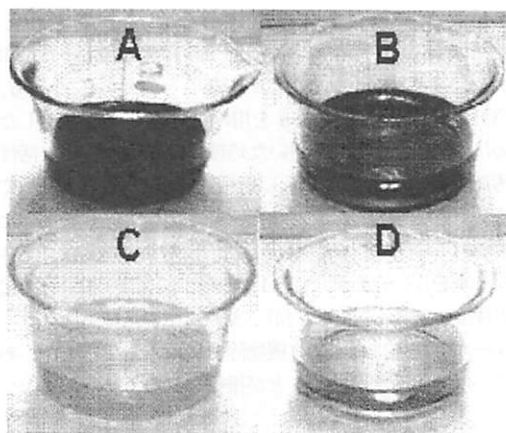


Fig.1 染色工場汚泥を用いた処理後の染色排水の写真

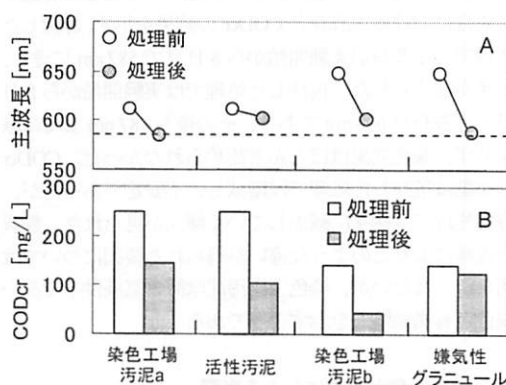


Fig.2 各種汚泥を用いた処理前後の主波長とCODcrの変化

以下を排水の着色成分除去の判断基準値とした。従って、以降の実験の色の評価には主波長を用い、目視により確認を併せて行った。

3.2 各種汚泥 (染色工場汚泥、活性汚泥、嫌気性グラニュール) を用いた生物処理の比較

Fig.2 に各種汚泥を用いた処理前後の主波長と CODcr の結果を示す。主波長は染色工場汚泥 a を用いた処理 (MLSS 1650 mg/L) で 586 nm まで減少したのに対し、活性汚泥を用いた処理 (MLSS 1360 mg/L) では 602 nm までしか減少しなかった。主波長の変化と対応して、目視でも染色工場汚泥を用いた方が色の除去に優れていた。染色工場汚泥 b を用いた処理 (MLSS 176 mg/L) では 604 nm まで減少したのに対し、嫌気性グラニュールを用いた処理 (MLSS 176 mg/L) では 589 nm まで減少した。但し、嫌気性グラニュールを用いた処理後の染色排水は紫色は除去されたものの黄色の着色が残り、その後処理を継続しても黄色は残存したままであった。染色工場汚泥を用いた処理後の染色排水は僅かに紫色に着色していたが、処理

を継続することにより脱色できるものであった。染色工場汚泥 b において主波長が 587 nm に達しなかった理由は MLSS 濃度が低かったためであると考えられた。一方、COD_{Cr} は染色工場汚泥 a を用いた処理で 42% 減少したのに対し、活性汚泥を用いた処理では 58% 減少し、活性汚泥を用いた処理が染色工場汚泥を用いた処理よりもやや高い除去率を示した。また、染色工場汚泥 b を用いた処理で COD_{Cr} が 69% 減少したのに対し、嫌気性グラニニールを用いた処理では 11% の減少に留まった。可溶性の程度は解析していないが、実験に用いた嫌気性グラニニールは染色排水中の有機物除去には不適であるか、あるいは分解速度が遅いことが推察される。

3.3 攪拌と静置による処理効果の比較

Fig.3 に染色工場汚泥を用いて攪拌した処理と静置した処理における主波長と COD_{Cr} の結果を示す。静置した処理では主波長が実験開始から 8 日目で 587 nm に達し、脱色が認められた。攪拌した処理では実験開始から 8 日目の主波長が 600 nm であり、その後も 587 nm までは減少せず、脱色効果はほとんど認められなかった。COD_{Cr} の挙動は攪拌した処理では増減し、不安定であったが、静置処理では徐々に減少していく傾向が見られた。静置と攪拌によりこのような違いが得られた要因については明らかではないが、染色工場汚泥は微好気条件下で高い脱色と有機物除去を示すようである。

3.4 接触面積が処理に与える影響

Fig.4 に染色工場汚泥と染色排水との接触面積を拡大した処理における主波長と COD_{Cr} の結果を示す。主波長は対照系である染色工場汚泥を静置した処理で 604 nm まで減少したのに対し、接触面積を約 4 倍広げた処理では 493 nm まで大きく短波長側に大きく傾いた。目視では接触面積を約 4 倍広げた処理では、対照系に比べて明らかに処理水の透明度は高かった。これにより接触面積の拡大は脱色効果の向上に効果的であることが示唆された。COD_{Cr} については対照系と接触面積を拡大した処理の両方で同じ 69% の除去率を示した。よって、染色排水と染色工場汚泥の接触面積を拡大することは色と有機物を同時に除去する効果的な手段であると考えられる。

3.5 嫌気条件が処理に与える影響

Fig.4 に染色工場汚泥を用いて嫌気条件にした処理の主波長と COD_{Cr} の結果を示す。嫌気条件にした処理において主波長は 589 nm まで減少し、対照系である静置処理よりも短波長側であった。但し、目視では嫌気性処理では紫色は除去されたが白濁した。GF/B フィルター通過後も白濁していたため、微生物の増殖ではなく、染色排水中の成分によるものであると推察された。COD_{Cr} は対

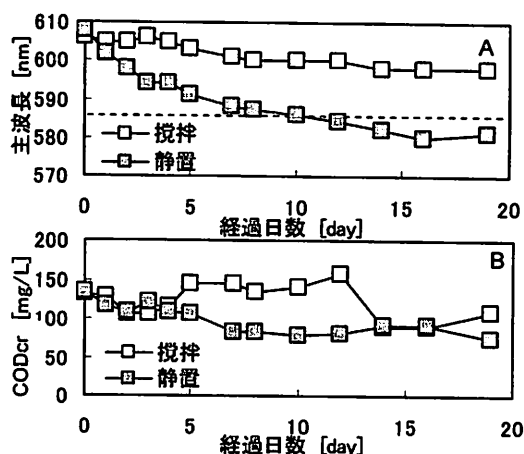


Fig.3 染色工場汚泥を用いて攪拌と静置による処理における染色排水の主波長と COD_{Cr} の経日変化

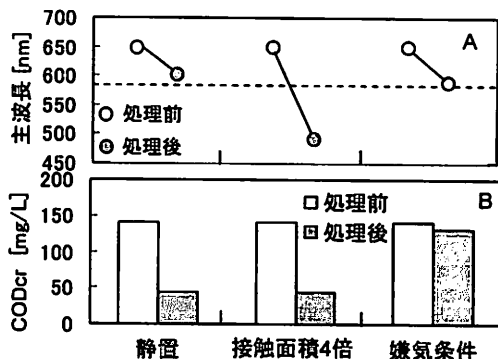


Fig.4 染色工場汚泥を用いて接触面積を拡大した処理と嫌気性処理における染色排水の主波長と COD_{Cr} の処理前後の変化

照系である静置処理で 69% 減少したのに対し、嫌気性処理ではほとんど減少が見られなかった。よって、嫌気条件下にすることは染色排水固有の紫色の除去には効果的と思われるが、白濁成分への対応が必要であり、有機物除去においては効果的ではなかった。

4. まとめ

染色工場汚泥は染色排水に対して優れた脱色能を示すことが明らかとなった。また、脱色効果向上のためには、静置して、染色排水と染色向上汚泥の接触面積を拡大させることが効果的であり、これらは簡易で低コストの脱色技術に繋げる重要な条件であると考えられる。脱色効果向上に対して、攪拌の効果は認められず、また嫌気条件は脱色効果はあるが有機物除去の点で劣っていた。

参考文献

- 1) 社団法人日本下水道協会(1997)下水試験方法上巻
- 2) 日本規格協会(1995)詳解工場排水試験方法改訂 2 版