

B-37 着色廃水の色の評価方法の検討

○弘瀬智隆¹・武関公世²・渡邊智秀²・伊藤司^{2*}

¹群馬大学工学部(〒376-8515 群馬県桐生市天神町一丁目 5 番 1 号)

²群馬大学大学院工学研究科(同上)

* E-mail : lito@ce.gunma-u.ac.jp

1. 背景

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。そして、着色廃水の生物処理において、脱色処理能を評価するためには、色を数値化して評価できることが望ましい。現在、色度法や希釈法など多くの方法が発表されているが、目視と相関の高い有効な評価指標はないと思われる。そこで本研究では、着色廃水の色および脱色の評価方法として三刺激値、刺激純度、主波長の適用を検討した。

2. 実験方法

(1)単色染料・模擬着色廃水・食用色素・染色工場水試料

単色染料溶液は、0.1 g/L のアゾ系染料黄色、赤色、青色のそれぞれを超純水に溶解し、浮遊物を取り除くため GF/B フィルターで吸引ろ過を行い作成した。作成した各単色溶液を混合して紫色系の模擬着色廃水を作成した。1 つは黄色溶液：赤色溶液：青色溶液を 16 : 12 : 7 で混合し、模擬着色廃水 A とし、もう 1 つは黄色溶液：赤色溶液：青色溶液を 20 : 12 : 7 で混合し、模擬着色廃水 B とした。

6 色の原色溶液は市販の食用色素を、0.1 g/L で超純水に溶解して作成した。食用色素は吸引ろ過を行わなかった。赤色(デキストリン 85%、食用赤色 102

号)、緑色(デキストリン 88.0%、食用黄色 4 号 8.4%、食用青色 1 号 3.6%)、黄色(デキストリン 86%、食用黄色 4 号 14%)、青色(デキストリン 93%、ブリアントブルー-FCF7%)、紫色、橙色の 6 色の溶液を作成した。

単色染料と模擬着色廃水、食用色素、染色工場水試料の溶液を無希釈、2 倍希釈、5 倍希釈、10 倍希釈、25 倍希釈を行い脱色を模擬した。

(2)主波長・刺激値・刺激純度の算出方法

主波長・刺激値・刺激純度の算出方法は、下水試験方法に則り行った。本研究では、刺激値について刺激値 X、刺激値 Y、刺激値 Z を算出した。

(3)評価方法

三刺激値について、刺激値 X は赤色を代表する色刺激を表し、刺激値 Y は明度の代表値と共に、緑色の色刺激を表し、刺激値 Z は青色を代表する色刺激を表す。各々の着色溶液の脱色評価を行うとき、原液の時に吸光度計から吸光度を測定し、色度から算出した刺激値 X、刺激値 Y、刺激値 Z の中で最小値を選択して脱色評価した。本研究では、脱色状態に応じて、点数化を行った。脱色していないと見なした時を 0 点、脱色した状態に近づいた時を 1 点、脱色したと見なした時を 2 点とした。

3. 実験結果

(1)刺激値による評価

赤色、黄色、青色の各単色染料を希釈した時の刺激値と脱色状態との関係を図 1 に示す。赤色単色溶液には刺激値 Z を適用した。無希釈の時の刺激値は 0.0015 であったが、希釈によって刺激値は増加し、脱色したと見なした 25 倍希釈以上で刺激値は 80.0 以上であった。青色溶液には刺激値 Y を適用した。無希釈時の刺激値は 0.00095 であったが、希釈により刺激値は増加し、脱色したと見なした 25 倍希釈

以上で刺激値 Y は 48 以上であった。黄色単色溶液には刺激値 Z を適用した。無希釈時の刺激値は 0.000046 であったが、希釈により刺激値は増加し、脱色したと見なした 25 倍希釈以上で刺激値 Z は 60 以上であった。

模擬着色廃水 A と B には刺激値 Z を適用した。無希釈の時の刺激値は 0.000035 以下であったが、希釈により刺激値は増加し、脱色したと見なした 25 倍希釈以上で刺激値 Z は 70 以上であった。

食用色素の赤色、黄色、緑色の希釈における刺激値と脱色点数の関係を図 2 に示した。食用色素の青色、橙色、紫色の希釈による脱色点数と刺激値の関係を図 3 に示した。青色溶液の脱色評価には刺激値 X を適用した。青色溶液は、無希釈時の刺激値は 22 であったが、希釈により増加し、脱色したと見なした 25 倍希釈での刺激値は 100 以上であった。紫色溶液の脱色評価には刺激値 Y を適用した。紫色溶液は、無希釈時の刺激値は 1.6 であったが、希釈により増加していき、脱色したと見なした 10 倍希釈以上の時の刺激値は 70 以上であった。赤色と黄色、緑色、橙色溶液の脱色評価には刺激値 Z を適用した。赤色溶液は、無希釈時の刺激値は 1.8 であったが、希釈によって刺激値は増加し、脱色したと見なした 25 倍希釈以上で、刺激値は 100 以上であった。黄色溶液は、無希釈時の刺激値は 4.6 であったが、希釈により刺激値は増加していき、脱色したと見なした 25 倍希釈で刺激値は 80 以上であった。緑色溶液は、無希釈時の刺激値は 5.5 であったが、希釈によって刺激値は増加し、脱色したと見なした 25 倍希釈で刺激値は 100 以上であった。橙色溶液は、無希釈時の刺激値は 0.084 であったが、希釈により刺激値は増加し、脱色したと見なした 25 倍希釈で刺激値は 100 以上であった。

実際の染色工場廃水の刺激値と脱色点数の関係を図 4 に示す。脱色評価には刺激値 Z を適用した。無希釈の時の刺激値は 6.0 以下であったが、希釈により刺激値は増加し、脱色したと見なした 10 倍希釈以上の時の刺激値は 80 以上であった。

(2) 刺激純度による評価

赤色、黄色、青色の各単色染料を希釈した時の脱色点数と刺激純度の関係を図 5 に示す。無希釈の時の刺激純度はいずれも 97% 以上であったが、希釈により刺激純度は減少し、脱色したと見なした 25 倍希釈の時の刺激純度は、赤色溶液 7.0% 以下、青色溶液 30%、黄色溶液 20% 以下であった。

模擬着色廃水の無希釈時の刺激純度は 98% 以上であったが、希釈により脱色を模擬すると、単色染料を希釈した時と同様に刺激純度は減少し、脱色し

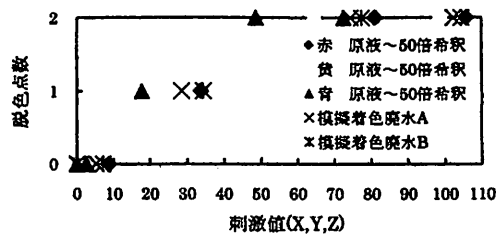


図 1 単色染料溶液と模擬着色廃水の刺激値

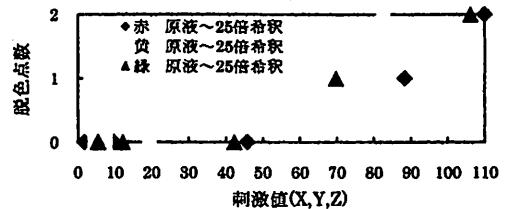


図 2 食用色素における脱色点数と刺激値

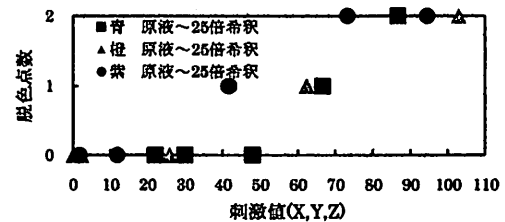


図 3 食用色素における脱色点数と刺激値

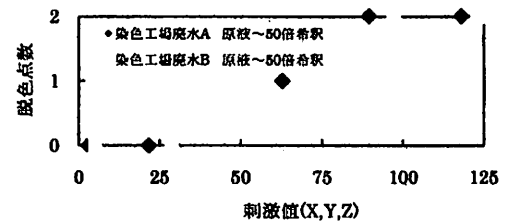


図 4 染色工場廃水の脱色点数と刺激値の関係

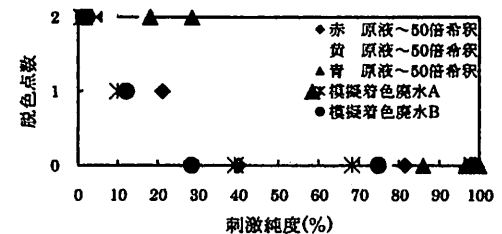


図 5 単色染料溶液と模擬着色廃水の刺激純度

たとみなした希釈倍率の溶液の刺激純度は 3.0% 以下であった。

食用色素の無希釈時の刺激純度は赤色と黄色、橙色溶液で 90% 以上であり、緑色と青色、紫色溶液で 70% 以上であった。希釈を行うと、単色染料と模擬着色廃水同様に刺激純度は減少し、脱色したと見なした 25 倍希釈で刺激純度は赤色と緑色、橙色

溶液で 10%以下、黄色と青色溶液で 25%、紫色溶液は、脱色したと見なした 10 倍希釈で刺激純度は、15%以下であった。

実際の染色工場廃水は、無希釈の時の刺激純度は染色工場廃水 A と B の 2 種類ともに 65%以上であったが、希釈を行うと刺激純度は減少し、脱色したと見なした 10 倍希釈の時の刺激純度は染色工場廃水 A で 6.6%、染色工場廃水 B で 5.6%であった。

(3)主波長による評価

単色染料の主波長に関して、黄色染料の無希釈時の主波長は 610 nm であり、脱色したとみなした 25 倍希釈の主波長は 575 nm、その後の希釈でも補色主波長を取ることなく 50 倍希釈で主波長は 566 nm であった。青色染料の無希釈の時の主波長は 380 nm であり、脱色したとみなした希釈倍率の溶液の主波長は 471 nm、その後希釈でも補色主波長を取ることなく、50 倍希釈で主波長は 472 nm であった。赤色染料の無希釈溶液の主波長は 493c nm と補色主波長であり、脱色したとみなした 25 倍希釈の主波長は 504c nm で、50 倍希釈まで希釈を行ったが主波長は 535c nm と補色主波長をとった。赤色溶液は全ての希釈倍率で補色主波長をとった。

模擬着色廃水の無希釈の主波長は A と B の 2 種類共に 710 nm 以下で、脱色したとみなした 25 倍希釈の時の主波長は模擬着色廃水 A で 496c nm、模擬着色廃水 B で 495c nm と補色主波長であったが、50 倍希釈の時の主波長は模擬着色廃水 A で 470 nm、模擬着色廃水 B で 465 nm と補色主波長をとらなかった。

実際の染色工場廃水の主波長は無希釈溶液の時に染色工場廃水 A で 589 nm、染色工場廃水 B で 588 nm であり、脱色したと見なした 10 倍希釈の時に染色工場廃水 A で 577 nm、染色工場廃水 B で 574 nm と補色主波長を取らずに、染色工場廃水 A と染色工場廃水 B 共に 50 倍希釈まで補色主波長をとらなかった。

食用色素の主波長に関して、赤色溶液は無希釈の時に 606 nm、脱色したと見なした 25 倍希釈で 495c nm と補色主波長をとった。黄色溶液は無希釈の時に 572 nm、脱色したと見なした 25 倍希釈で 569 nm、25 倍希釈まで補色主波長をとらずに脱色した。緑色溶液は無希釈の時に 529 nm、脱色したと見なした 25 倍希釈まで補色主波長をとらず、その時の主波長は 524 nm であった。青色溶液は、無希釈の時に 478 nm、希釈を行うと補色主波長をとらず、脱色したと見なした 25 倍希釈は 484 nm であった。橙色溶液は、無希釈の時に 597 nm、緑色、青色溶液同様に希釈を進めても補色主波長をとらず、脱色し

たと見なした 25 倍希釈で 581 nm であった。紫色溶液は、無希釈の時に 562c nm と補色主波長を取り、その後希釈を行うと脱色したと見なした 25 倍希釈で 480 nm であった。

4. 考察

本研究では、単色染料と模擬着色廃水、食用色素、染色工場廃水に対する脱色の評価指標として、三刺激値と刺激純度が適用できると考えられた。また、三刺激の値刺激値 X、刺激値 Y、刺激値 Z のどれを適用するか選択するためには、主波長が使用できた。

実際の評価にあたっては、グラフの横軸に刺激純度、縦軸に刺激値を採用し、刺激純度 20%以下で、刺激値 80 以上が算出された場合、脱色したとみなせる。ただし、赤色の溶液に関してのみ、刺激値の条件を 15 以下と厳しくした方がよいと考えられた。

このような評価を提案できるのは、単色溶液と模擬着色廃水、食用色素、染色工場廃水を希釈して、脱色評価に刺激値 X、Y、Z のどれを適用しても、脱色の進行と共に刺激値 X、Y、Z が増加傾向を示すことが分かったためである。ただし、三刺激値の選択においては、無希釈の時の刺激値 X、Y、Z のうち最大値を示す刺激値を評価に適用すると、高い刺激値から始まり、増加傾向がほとんど見られないため、最小値を示す刺激値を評価に適用した方が感度が得られ、脱色の結果 80 以上を指標に出来た。また、主波長で無希釈時に補色主波長をとらなければ、その主波長の波長領域を参考にし、刺激値 X、刺激値 Y、刺激値 Z のどれを適用するかの選択ができる。一方、主波長の波長領域に属する色と、無希釈時の最大の刺激値の組み合わせで、各々の着色溶液の色を判別することも出来る。

伊藤らは染色工場廃水の生物処理により脱色が進行すると主波長の値は徐々に短波長側に変化し、目視で脱色したとみなせる時の主波長は概ね 587 nm を下回ることを報告している。しかしながら、本研究で詳細に検討した結果、模擬着色廃水には主波長が適用できたが、単色染料溶液と染色工場廃水に関しては補色主波長を取ったため適用できなかった。これらより、主波長による脱色の色の評価は適用できる場合とできない場合があり、必ずしも短波長側へ向かうとは言えなかった。

本研究では、刺激値と刺激純度の二軸による評価で脱色を評価することを提案する。今度は脱色度合、着色度合の評価が課題である。

参考文献：伊藤ら、2009. 第 43 回日本水環境学会年会講演集 p252