

嫌気好気微生物処理を用いた着色廃水の脱色に関する研究

山口大学大学院 O向修平、今井剛、大野みなみ、プラパイピッド.C
浮田正夫、関根雅彦、樋口隆哉

1. 研究背景及び目的

産業廃水の着色問題については以前から関心を持たれているものの、着色問題が地域的であり、着色規制が「水質汚濁防止法」に規定されていないこともあり、今日では危急な問題としては取り上げられていない。しかしながら、水の着色は住民が容易に感知できるものであるため、地域住民にとっては非常に深刻な問題となり得る。よって、今後は水の着色除去すなわち脱色も重要な課題として取り上げられるべきである。

既存の脱色処理法には、二次的に発生する汚泥の処理が必要であったり、ランニングコストが高額になるなどの問題点がある。そこで、これらの問題を解決する一つの方法として、低コストで比較的大量の廃水を処理できる微生物処理法に着目した。本研究では微生物処理法により着色廃水を脱色することを目的とする。

2. 染色廃水の脱色に関する検討

2.1 実験目的

3. 対象廃水となる、糖蜜廃液の主な着色物質とされているメラノイジンは、メイラード反応によって生成される難分解性窒素化合物であると考えられている。よって、これよりも易分解性であることが知られている染色廃水を用いて予備実験を行い、脱色に最適な運転条件を検討する。

まず対象廃水となる染色廃水に関して、現在合成染料として最も多く用いられているアゾ系染料の嫌気性処理による脱色については一部の研究報告がなされているものの、他の種類の染料については、アゾ系染料と同様の生分解性を示すデータは報告されていない。よって、まず嫌気性処理によるアゾ系染料の脱色効果を確認し、また他の種類の染料についても嫌気性処理が適しているか調べる。

次に嫌気性処理の分解過程は大きく分けて、①加水分解、②酸発酵、③メタン発酵の三段階を経る。これらの各段階の微生物の活動を活性化させる易分解性基質であるデンプン、グルコース、酢酸をそれぞれ個別に投入して実験を行う。これにより上記①～③のどの段階で脱色が生じているかを調べる。

さらに処理方法について、メラノイジンと同じく難分解性である有機塩素化合物の生物学的処理法を参考にすると、従来の研究から嫌気性処理の後に好気性処理を配することで、その浄化作用が得られるとされている。よって、本実験では、染色廃水を嫌気性処理と好気性処理とに循環させることによりそれを脱色することを試みる。

2.2 実験方法

実験方法として、様々な条件下で多量の実験を同時に、かつ簡単に行えるという利点を有している活性試験を選定した(図1)。まず嫌気性消化汚泥を入れたバイアルビン(8本用意し、半分にリアクティブブルー(アントラキノン系)を、残りにメチルオレンジ(アゾ系)を注入する。それぞれ4本の内、1本は対照となる基質を投入しないコントロールとし、残りの3本にデンプン、グルコース、酢酸を投入する。表1に実験条件を示す。

好気性処理として、処理水の上澄み液と活性汚泥とをフラスコに入れ、振とう器(図2)に設置し、色度の変化を確認するため、吸光度を経時的に測定した。なお、今回の実験では活性汚泥の微生物分解のみの脱色効果を確認するため、あらかじめ15分ほど活性汚泥表面に染料を吸着させ、吸着飽和状態にある活性汚泥を用いて実験を行った。

2.3 実験結果及び考察

図3はリアクティブブルーの色度の変化(吸光度 600nm)、図4はメチルオレンジの色度の変化(吸光度 470nm)を表している。各染料ともにデンプン、

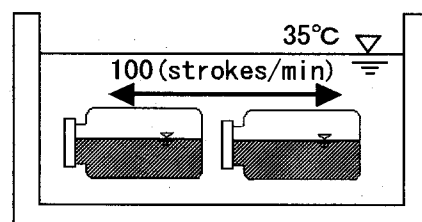


図1 活性試験装置の概略

表1 実験条件(染色廃水)

	染料濃度	基質濃度
コントロール	0.03% (300mg/L)	—
デンプン		0.5% (1.5g/300mL)
グルコース		
酢酸		

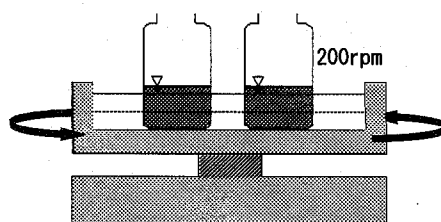


図2 実験装置(好気装置)の概略

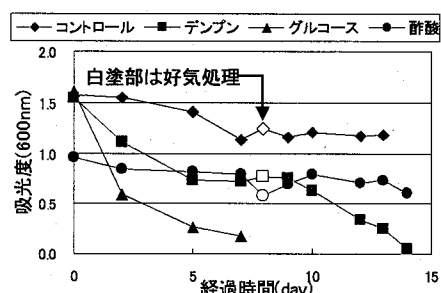


図3 色度の変化(リアクティブブルー)

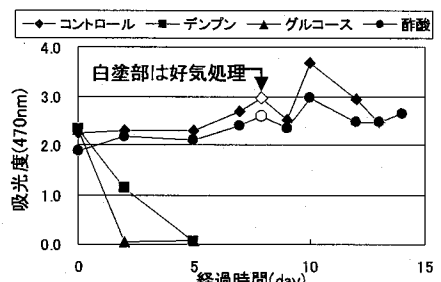


図4 色度の変化(メチルオレンジ)

グルコースを投入した場合に高い脱色率が得られた。グルコースに比べデンプンを投入した場合の色度の除去速度が緩やかであった理由としては、加水分解段階でデンプンが酸発酵段階の基質である糖などに分解された後に、酸発酵段階に移行し、脱色が生じたことによると考えられる。このことから、加水分解菌と酸生成菌、特に酸生成菌が脱色に大きく関わっていると考えられる。また、アントラキノン系であるリアクティブブルーについても高い脱色率が得られたことから、嫌気性処理がアゾ系以外の染料にも有効であることが示された。一方、嫌気性処理された廃水を好気性処理に循環したが吸光度に大きな変化はみられなかった(図 3, 4)。また、表 2 は好気性処理直後の脱色率を表しており、各染料ともに脱色効果を得ることができなかった。これは、色素成分の吸着が飽和状態にある活性汚泥を用いたことから、好気性処理では染料の微生物による分解は起こりにくいと考えられる。よって、嫌気性処理と好気性処理とを循環させて実験を行ったにもかかわらず、実際には嫌気性処理のみで脱色が生じたといえる。

3. 糖蜜廃液の脱色に関する検討

3.1 実験目的

糖蜜は発酵原料としての工業的な需要が高い一方で、残渣として排出される廃液の着色問題の解決が求められている。この糖蜜廃液を対象廃水として脱色実験を行う。2. の実験装置より規模の大きい装置を用い、2. の実験同様に 3 つの易分解性基質をそれぞれ個別に投入して実験を行い、どの段階で脱色が起きているのかを調べる。また、嫌気好気循環処理の有効性を再検討することを本実験の目的とする。

3.2 実験方法

本実験では、嫌気性処理プロセスとして高速で有機性廃水を処理することが可能である UASB 法、好気性処理プロセスとして活性汚泥法を用いる(図 5)。このプロセスで、まず廃水は UASB 装置の底部から流入し、上部より処理水が流出される。さらにその処理水を活性汚泥装置に流入させる。なお、本実験では 2. の実験とは異なり、各基質をそれぞれ個別に投入して実験を行った。本実験の条件を表 3 に示す。基質毎に経時的にサンプリングを行い、色度の変化を確認するために吸光度(475nm)を測定した。

3.3 実験結果及び考察

図 6 より、デンプン、酢酸を添加しても吸光度に大きな変化はみられなかった。また、嫌気性処理された処理水を、連続して活性汚泥装置に投入したが、有効な脱色効果は得られなかった。これは主な着色成分であるメラノイジンが極めて生物難分解性であったことによると考えられる。しかし、グルコースを添加しない場合に比べて、添加した場合にはその 2 倍近い脱色効果が得られた。この結果から、グルコースが酸生成菌の活動を促進し、それによる脱色が生じたと考えられる。つまり、着色成分の分解には、酸生成菌が大きく関与していることが示唆された。このことは、2. の結果とも一致する。しかし、40 日以降は、吸光度の増加傾向がみられた。この原因は、実験途中で嫌気槽内の pH が 5.0 付近まで低くなるという状況に陥ったため、酸敗が生じ槽内の微生物が阻害を受けてしまったことによると考えられる。しかしながら、グルコース添加量を増加させ、かつ適切な pH にコントロールすることで菌の活性が高まり、より高い脱色率が得られると予測される。

4. まとめ

2. の染色廃水を用いた実験結果より、アントラキノン系の染料について脱色が確認された。このことから、アゾ系以外の染料でも、嫌気性処理による脱色が有効である可能性が示された。2., 3. の実験結果より、嫌気性処理過程における着色廃水の色素成分の分解には、酸発酵段階の酸生成菌が大きく関与していることが示唆された。また、廃水を嫌気性処理と好気性処理とに循環させた結果、好気性処理による脱色効果は確認できなかったことから、好気性処理による着色成分の分解は起こりにくいと考えられる。しかし、嫌気性処理による脱色効果は確認できたことから、着色廃水の脱色には嫌気性処理が有効であることが示された。

今後は酸発酵段階において、どの酵素が脱色に関わっているか調べる予定である。

表 2 好気性処理直後の脱色率

	コントロール	デンプン	グルコース	酢酸
リアクティブブルー	6%	2%	—	-22%
メチルオレンジ	15%	—	—	10%

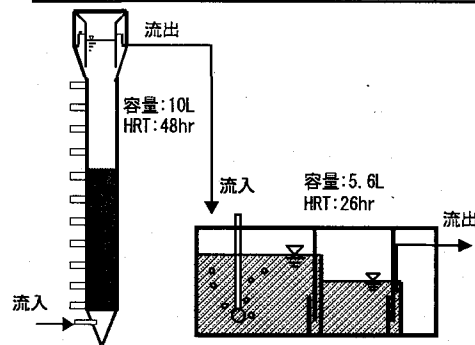


図 5 UASB 装置と活性汚泥装置の概略

表 3 実験条件(糖蜜廃液)

流入量	5L/日		
HRT	48hr		
槽内温度	35°C		
容積負荷	Run1	基質添加なし	0.75 (kg-COD/m ³ ・日)
	Run2	デンプン 0.2%	4 (kg-COD/m ³ ・日)
		グルコース 0.3%	
		酢酸 0.2%	

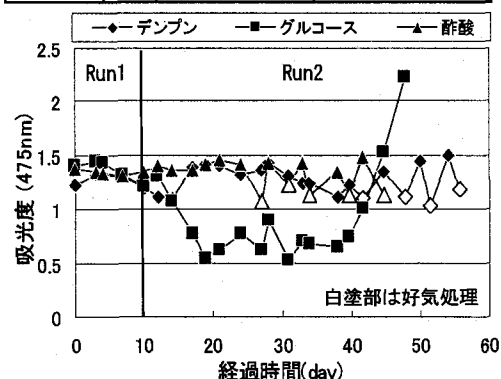


図 6 基質投入による色度の変化