

## 染色排水の嫌気性共代謝による脱色処理効果の検討

香川高等専門学校 専攻科 賛助会員 ○岡元 雄哉  
香川高等専門学校 正会員 多川 正

### 1. はじめに

近年、途上国においては、産業等の排水が海や川へ処理不十分にて排出され、水質汚濁問題が深刻化している。この問題解決には動力源の一定供給が困難かつ、コストを多くかけるのが困難な中で、廃棄物発生が少なく低コストでエネルギー消費の少ない排水処理技術が求められている。

本研究においてタイで稼働する染色工場から排出される染色排水による水質汚濁の把握として、現地での排水処理設備の調査及び水質分析を行い、その結果から、水処理設備処理水において、顕著な脱色が目視においても観察されなかったり。そこで、現在工場にて稼働している活性汚泥法よりも染料分解に優れた、嫌気性微生物による脱色を検討し、排水処理システムの改善を行うことを目的とする。

### 2. 試験方法

#### 2-1 嫌気性微生物の共代謝による脱色処理試験

メディウム瓶(1,000ml)中に蒸留水(200ml)を入れ、染料(最終濃度：0.1-0.2g/L)、スクロース基質(最終濃度：0.2g/L)、嫌気性汚泥(2,000mg/L)の順に投入・懸濁後、瓶中を蒸留水にて1,000mlに調整した。その後、バイアル瓶に移し窒素ガス注入後、恒温静置培養(35°C)を行い、所定時間経過後にバイアル瓶を開封し、5C 濾紙にて濾過した処理水の着色度を測定し、染色排水の脱色の挙動を把握した。なお、試験対象とするサンプルは、タイの工場にて使用されるメイン染料(赤、青、黒)を懸濁し、各単色で作製した染料排水を用いた。共代謝の基質選択は、予備試験にて染料排水にスクロース、酢酸、デンプンの3種類の有機物を個別に添加した結果、スクロースが最も3色に対して処理効果を確認できたことから決定した。

#### 2-2 嫌気性 DHS リアクターによる連続脱色処理試験

##### (1)嫌気性 DHS リアクター

実験に用いた嫌気性 DHS リアクターフローを図-1に示した。Down-flow Hanging Sponge(DHS, 下降流スポンジキューブ懸垂型)法は、ポリウレタン製のスポンジを微生物固定化担体に用いた散水ろ床型の生物

処理プロセスである。リアクター上部から水を流下し、スポンジ内に生息する高濃度の汚泥により水処理を行う。本法は活性汚泥法と比較し、余剰汚泥発生量の抑制が期待でき、省エネルギーかつ維持管理が容易な観点から、発展途上国であるタイでの排水処理において優位性を持つ。

嫌気性 DHS リアクターは、直径 0.3m、高さ 0.8m、全容量 56.5L の円筒型で、G3.3 型スポンジ(プラスチック製ネットリング [直径:33mm, 高さ:33mm] にスポンジ [33 mm 四方] を入れたもの)を 1,000 個充填し、水循環運転にてなじませた後、都市下水消化汚泥を 194.6g 植種し、スポンジに付着させた。スポンジ担体充填高さは 0.7m とした。リアクター下部には簡易沈殿槽(全容量 15L)を設置し、リアクターを通過した排水の上澄液が処理排水として排出される。

##### (2)DHS リアクターを使った脱色処理実験

図-1 の嫌気性 DHS リアクターによる染料排水への脱色効果を確認するため、工場にて使用される 6 つの全染料(赤、青、黒、黄、橙、青緑)を懸濁した模擬染料排水(最終濃度：0.2g/L)を作製し通水を行った。また、1 回目と同条件下にて、2 回目の通水では、72 時間後にスクロース(0.2g/L)を染料排水に添加し、スポンジ中の嫌気性微生物の共代謝による脱色の向上を図る通水を行った。性能評価は処理染料排水を運転経過時間ごとにサンプリングを実施し、5C 濾紙にて濾過後の排水の着色度(日本電色工業 NDR-2000 にて測定)、COD<sub>Cr</sub>、気温、水温、pH を測定した。着色度や脱色除去率、COD<sub>Cr</sub> の分析結果から、有機物の除去特性を考慮し、脱色の挙動を把握した。

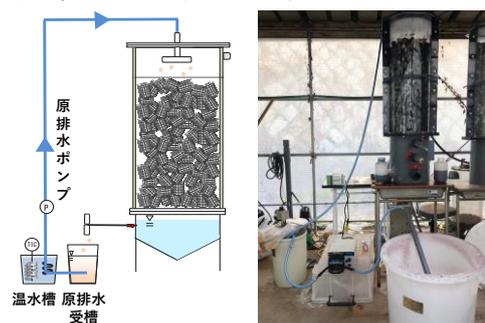


図-1 嫌気性 DHS リアクターフロー

### 3. 結果及び考察

#### 3-1 スクロースを使った共代謝による脱色処理試験

静置培養によるスクロース基質の共代謝の脱色試験の結果を表-1, また表-1 から着色度と除去率の測定時間における挙動関係を図-2 に示した.

表-1 より, 染料赤の結果において, 基質を添加していない 24 時間後を測定した結果, 濾過後のサンプルの除去率は-8%と脱色は観察されなかったのに対して, 基質を添加した実験系では除去率が 25%まで達しており, スクロースを使った共代謝の働きによる脱色の効果を確認できた. しかしながら, 図-2 より培養は 168 時間まで継続したが, 除去率はいずれの染料も 48 時間以降には平衡状態に達した. 48 時間および 168 時間経過後のサンプルの COD<sub>Cr</sub>, NH<sub>4</sub>-N を測定した結果, 双方とも増加していたことから, 排水中の染料などの有機物や窒素やリンなどのミネラルの不足による嫌気性微生物の自己溶解が起きたと示唆された.

#### 3-2 嫌気性 DHS リアクターによる連続脱色処理試験

嫌気性 DHS リアクターにより行った脱色試験の結果を表-2 および表-3 に示した.

表-2 より 1 回目の通水実験では, 開始時の 0%から 120 時間で 49%と, 時間経過とともに濾過後の排水の除去率が高くなっており, また着色度の低下に伴い COD<sub>Cr</sub> も増加している. これは, DHS リアクター内の嫌気性微生物により有機物が連続代謝による分解過程を経ることで, 低分子化された染料などの有機物が残存し, メタンへの転換速度の低下により残留していることに起因すると推察された.

表-3 より 2 回目の通水実験では, 基質添加直後の除去率は 72 時間では 24%であったのに対して, 336 時間では-3%と, 基質添加後以降著しく低下した. また, COD<sub>Cr</sub> は基質投入後からあまり変化が見られなかった. これは, 1 回目に続いての継続実験であったことから, 嫌気性 DHS リアクター内の排水中において窒素やリンなどの基質や染料などの有機物, または栄養塩などのバランスが崩れたことによる, 生分解性の低下が示唆された. これらの要因から, リアクター内での嫌気性微生物に適した生育環境を整え, 生分解性を促進させるため, 一定期間内での栄養源供給の必要性が高いと考えられ, 現在は添加した運転を継続中である.

表-1 静置培養による処理結果

測定時間(h)	0	6	12	24	48	72	168
赤[BL]	4,118	4,531	4,487	4,431	4,212	4,164	3,153
赤	4,213	4,261	4,362	3,151	2,351	2,178	1,982
青	6,187	6,091	6,026	5,730	5,281	4,727	4,330
黒	7,518	5,159	4,670	4,526	3,948	4,526	3,353
除去率(赤[BL])	0	-10	-9	-8	-2	-1	23
除去率(赤)	0	-1	-4	25	44	48	53
除去率(青)	0	2	3	7	15	24	30
除去率(黒)	0	31	38	40	47	40	55

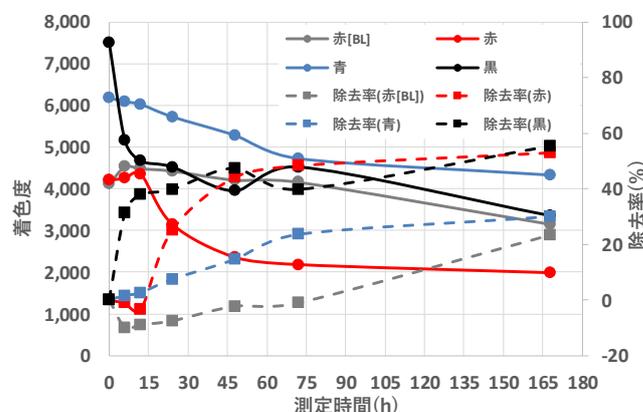


図-2 静置培養による着色度とその除去率の挙動

表-2 DHS リアクターによる通水結果(1 回目)

測定時間(h)	0	24	48	72	96	120
気温(°C)	11	11	9	12	15	9
水温(°C)	9	26	26	27	29	21
pH	8	9	9	8	8	6
COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	68	174	244	258	308	308
着色度(ろ過前)	7,122	4,488	4,360	4,337	4,541	4,077
着色度(ろ過後)	5,975	3,709	3,830	3,953	3,844	3,049
除去率(%) (ろ過前)	0	37	39	39	36	43
除去率(%) (ろ過後)	0	38	36	34	36	49

表-3 DHS リアクターによる通水結果(2 回目)

測定時間(h)	0	72	168	216	336
気温(°C)	11	10	10	5	17
水温(°C)	11	25	23	21	25
pH	8	6	6	6	6
COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	62	350	152	168	186
着色度(ろ過前)	7,286	5,774	6,291	6,649	7,520
着色度(ろ過後)	6,692	5,112	5,643	5,812	6,901
除去率(%) (ろ過前)	0	21	14	9	-3
除去率(%) (ろ過後)	0	24	16	13	-3

### 4. まとめ

嫌気性微生物を使った染色排水の脱色処理効果を高めるためには, 共代謝の基質の最適濃度を見極めながら, 窒素やリンなどのミネラルの濃度を適宜供給することが必要であることが示唆された. 今後は更に連続実験を継続し, タイの実工場での導入に向けての基礎的データをさらに収集する.

### 5. 参考文献

- 岡元雄哉, 多川正ら: タイの染色工場にて稼働する排水処理設備の処理パフォーマンス評価, 令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会, VII 部門, 2019.

謝辞 本研究は JSPS 科学研究費 19K12392 の助成を受けた