排水のバイオ処理

中川 和城，堀 公二 NAKAGAWA Kzuki, HORI Koji
三木理研工業株式会社

1. はじめに

21世紀は環境問題を解決できなければ事業が成り立たないくらい、環境への対応が重要である。水質、大気等の環境規制は年々厳しくなっているが、染色工場等の着色排水の数値規制が設けられている地域は和歌山市、川崎市、三郷市のみであり、着色排水の数値規制はないが、色についての条例を定めている地方自治体は多くある。他の都府県は、行政指導や住民の苦情より対応している。着色排水の条例化が進まないのは、処理方法が大量の薬剤を投入するような凝集沈澱法、オゾン酸化方法および活性炭による吸着処理等により、処理コストが大幅に上がり、経営を圧迫する要因になるからである。本新技術は微生物処理のため、ランニングコストが安く、廃棄物の排出が少ない処理方法である。また設備投資もバイオリアクター槽と培養槽の新設のみで、他は現行設備を利用するため安価である。コストの安い処理方法が確立されれば規制は全国に広がると思われる。世界の状況を考えると、繊維産業は新興国のベトナム、中国、インド等で拡大していて、排水処理の基準が甘く排水処理が非常に悪い。従ってこの技術が確立されれば、世界に広がり地球環境として大きく貢献できると思われる。

この事業を始めた発端は、平成11年度の秋頃に和歌山市内の染工場より、排水の汚泥の処理について、産、官、学で、プロジェクトを組んで、ミニプラントを染工場に設置してテストしてはどうかと、強く要望された。従来の工場排水処理における廃棄汚泥の大量発生およびその処理における高額処理費用を要する課題を克服するための研究開発を行ってほしい。そのために大阪府立公衆衛生研究所の杉浦渉主任研究員が発見したバチルス属に属する菌種の菌体、*Bacillus* sp.OY1-2（以下バチルス菌という）を用い低コストで廃棄物の排出量の少ない排水処理システムの工業化への運用を目的として、基礎研究として平成12年に和歌山県地域産業技術改善費補助金に係る補助事業に提案し、採択され実験を行った。翌年には実用化研究として、平成13、14年に産学官共同研究委託業務（きのくにコンソーシアム）に提案し実用化研究が採択され、染色工場排水の着色度やCODを

下げるために微生物を用い、低コストで廃棄物の排出量の少ない排水処理システムの工業化への運用を目的として、3t/日処理の浄化プラントを染工場に設置し、平成16年まで実験を行ってきた。平成17年度には、科学技術振興機構（JST）の平成17年度独創的シーズ展開事業委託開発の開発課題「着色排水の脱色処理システム」の委託企業に選定され、同年10月より600t/日処理排水処理設備を建設し、現在稼動中である。

本報告はJSTの委託開発事業が継続中のため、3t/日処理の浄化プラントの結果を報告する。

2. 事業の概要

和歌山県の工場排水は凝集沈澱—活性汚泥法が主であり、染色工場では2000～5000トン/日の排水処理を行うのに、塩化第一鉄や水酸化アルミニウムを多量に使うため汚泥が20～50トン/日排出されている。その排水処理費用は年間1.5～3億円もかかっている。更に廃棄汚泥を捨てるのが将来なくなるおそれがある。汚泥（スラッジ）を捨てるのが禁止されれば、和歌山県の企業は継続できなくなる。このような現状の処理方法から化学薬品や汚泥の排出量の少ない処理方法の必要性が生じている。

本技術の概要は新たに発見されたアゾ系染料を分解する微生物であるバチルス属に属するバチルスOY1-2（以下バチルス菌）を担持させた流動床用多孔質担体を含むバイオリアクター槽、バチルス菌培養槽、活性汚泥処理槽等からなり、染色工場で80%以上の割合で使用されているアゾ系染料を含有する着色排水を短時間で連続的に処理するシステムである。本システムは、今までないえなかった微生物で着色度を低減する処理方法であり、バチルス菌処理と活性汚泥処理を組み合わせることによりCOD・BODも低下し、汚泥の排出が少なく、安価なランニングコストが実現できるシステムである。

本技術の特徴は、

- ①着色度平均80最大120の良好な脱色効果が得られる。
- ②微生物による処理なので、従来の凝集沈澱、加圧浮上方法に比べ産廃量が1/3以下になる。

- ③処理薬剤使用量が従来方法に比べ少なく、ランニングコストが50%削減できる。
- ④バチルス菌は環境に対する順応性が高く、脱色に必要な菌数が容易に維持できる。
- ⑤バチルス菌による前処理と活性汚泥処理を組み合わせることによりCOD、BOD除去率が80%以上になる。

3. バイオリアクターの脱色原理

バイオリアクターに用いた微生物は大阪府立公衆衛生研究所の杉浦渉主任研究員が発見したバチルス属に属する菌種の菌体、*Bacillus* sp.OY1-2（以下バチルという）。である。バチルス菌はアゾ染料を分解する。この微生物が産出するアゾ染料を分解する酵素は菌体内で作られる。酵素が生分解する反応式を図1に示す。

反応は発色団であるアゾ基を分解還元して、アミン化合物に変換する。反応において補酵素NADHはNADPHが必要であるが、バチルス菌は、体内に存在するので、バイオリアクターに固定化した場合は必要としない。このバチルス菌は好気性、嫌気性に至る広い範囲で生息することが確認されている。この微生物の特徴として、色の分解酵素の生成は、栄養源として有機成分があつて無

図1 染色分解反応式

酸素状態の嫌気性雰囲気中で活発に代謝反応が起こり、菌体内に脱色酵素を生成することが知られている。この微生物を流動床用多孔質担体に固定化し、連続脱色実験を行った。バチルス菌の顕微鏡写真を図2に示す。

4. 実験方法

和歌山染工に図3の排水処理プラントを設置し、連続脱色実験を行った。

- ①図3に排水処理プラントのフローシート（平成15年度以降）を示す。

②運転条件

バイオリアクター槽

- ・排水処理量 3000L/日
- ・処理原水 染色廃水/精練廃水 (10/1) を混合
- ・滞留時間 7.5時間
1槽:好気, 2, 3槽:嫌気 (間欠曝気)
- ・水温 25~35℃
- ・PH 6~8
- ・流動床用バチルス菌担持体 炭含有ポリエチレン

連続気泡発泡体

活性汚泥槽

- ・滞留時間 24時間
- ・水温 25℃~35℃

和歌山染工での排水処理実験プラントを図4に示す。

図2 バチルス菌

図3 排水処理プラントのフローシート（平成15年度以降）

図4 和歌山染工(株)の実験プラント

5. 実験結果

(1) 着色度

着色度とは、希釈法によるもので、30センチメートル透視度計を用い、蒸留水で排水を希釈し続け、透視度計に入れた蒸留水と着色を比較し、着色が確認されなくなった希釈倍率を測定値とする。

平成16年8月以降は目標とした着色度 平均80最大120の良好な脱色効果が得られた。

吸光度測定 (H.14.9.3)

- 1:原水
2:バイオリアクター槽出口
3:曝気槽
4:放流水

各波長による色の除去率 (H.14.9.3)

	800-400nm		800-600		600-500		500-400	
	abs	%	abs	%	abs	%	abs	%
原水	18.206		4.623		6.719		6.864	
バイオ1槽	12.344	32.1	2.044	55.8	4.822	28.2	5.478	20.2
バイオ2槽	12.158	33.2	2.056	55.5	4.703	30.0	5.394	21.4
バイオ3槽	6.312	65.3	1.104	76.1	2.385	64.5	2.823	58.9
バイオ4槽	3.701	79.7	.654	85.9	1.397	79.2	1.650	76.0
バイオ5槽	3.884	78.7	.675	85.4	1.484	77.9	1.725	74.9
バイオ6槽	3.620	80.1	.664	85.6	1.343	80.0	1.613	76.5
活性汚泥槽	7.318	59.8	1.079	76.7	2.859	57.4	3.380	50.8
沈澱槽	2.460	86.5	.388	91.6	.944	86.0	1.128	83.6
放流水	2.343	87.1	.354	92.3	.900	86.6	1.089	84.1

吸光度で測定すると、目視測定より除去率が向上する。

(2) バチルス菌

バイオリアクター槽の細菌数の変遷について（平成14年9月3日）

（測定 大阪府立公衆衛生研究所）

	溶液			担体		
	一般細菌数	バチルス菌数		一般細菌	バチルス菌数	
	CFU/ml	%		CFU/g	%	
1槽	2.7x10 ⁸	2.0x10 ⁸	74	1.4x10 ⁹	2.7x10 ⁸	19
2槽	3.1x10 ⁸	2.0x10 ⁸	65	6.0x10 ⁸	4.0x10 ⁸	67
4槽	2.9x10 ⁸	1.7x10 ⁸	59	2.9x10 ⁸	1.7x10 ⁸	59
6槽	2.8x10 ⁸	2.1x10 ⁸	75			

バイオリアクター1,2,6槽のバチルス菌の菌数は、平成14年1月中旬より108個/ml以上で、アゾ染料を分解するには十分な菌数が得られた。

(3) 流動床用担体

今回用いた流動床用担体は、炭を含有したポリエチレンの連続気泡発泡体を、1cm角に切断したもので、好気的のバイオリアクター槽に投入すると4～5日で流動を始めた。流動床用担体中のバチルス菌の菌数は108個/ml以上で、常に溶液中のバチルス菌の菌数を上回り、バチルス菌は担体に良好に担持されていることがわかる。

(4) COD

CODの除去率は80～90%で良好な結果が得られた。

年 月	着色度			COD		
	原水	放流水	除去率 %	原水	放流水	除去率 %
H.15.8	298	123	59	676	196	71
H.15.9	280	130	54	860	177	79
H.15.10	272	115	58	918	183	80
H.15.11	300	141	53	877	136	84
H.15.12	322	127	61	871	102	88
H.16.1	386	215	44	1181	176	85
H.16.2	388	224	42	979	284	71
H.16.3	309	142	54	1159	173	85
H.16.4	287	135	53	856	136	84
H.16.5	291	139	52	1049	126	84
H.16.6	214	106	50	952	108	89
H.16.7	483	98	80	856	83	90
H.16.8	673	56	92	807	78	90
H.16.9	647	64	90	737	82	89
H.16.10	371	78	79	967	81	92

6. ランニングコスト

排水処理量 600t/日 (万円/年)

	凝集処理	本技術
污泥処理費	2080	625
凝集沈殿剤等	1040	0
栄養剤	0	520
中和用硫酸	260	260
合計	3380	1405
排水処理費削減額 (%)	1975 (58.4)	

7. 本研究で得られた成果

- ①脱色率は80%以上で、着色度平均80最大120の良好な脱色効果が得られた。

- ② COD 除去率は 80% 以上, BOD 除去率 90% 以上
- ③ 安価なランニングコスト

染工場排水の浄化	Vol.36, No.11 (2001) P.43-45
染工場排水の浄化 (第二報)	Vol.37, No.10 (2001) P.33-37
染工場排水の浄化 (第三報)	Vol.40, No.4 (2001) P.15-22

参考文献

加工技術 染色排水の浄化設備 Vol.36, No.2 (2001) P.16-21

中川和城 (なかがわ かずき)

昭和 35 年, 大阪市立泉尾工業高等学校卒, 昭和 40 年, 林ベニヤ(株)を経て, 同 39 年, 近畿大学応用化学科入学, 同 43 年, 三木理研工業(株)入社, 平成 3 年, 協同組合ラテスト設立. 表彰履歴として, NBK 大宮環境アメニティ部門賞, 1994 ニュービジネス部門奨励賞, 融合化成果表彰優秀技術賞, 1995 ニュービジネス部門奨励賞, ベンチャービジネスフォーラム優秀ビジネスプラン賞, きのかにベンチャープラン優秀賞ほか.

研究会, 研究委員会

本学会には次の研究会, 研究委員会が設置されています. 会員各位のご入会を歓迎します. 詳細は事務局まで.

繊維研究委員会	委員長 喜成 年泰
テクテキスタイル研究会	委員長 赤井 智幸
不織布研究会	委員長 矢井田 修
コンポジテックス研究会	委員長 横山 敦士
染色加工研究会	委員長 改森 道信
染織品と染織文化財研究会	委員長 中嶋 鉄利
繊維リサイクル技術研究会	委員長 木村 照夫
テキスタイル科学研究会	委員長 松平 光男
海外資料研究会	委員長 米田 守宏
企業心理と消費者心理研究会	委員長 辻 幸恵
生物資源繊維研究会	委員長 一田 昌利
繊維構造プロジェクト研究会	委員長 座古 勝