

ひも状接触材による染色排水処理

加工技術部：出口和光、斎藤秀夫、西村美郎

1. はじめに

今日、工場排水の排出規制はますます厳しくなる情勢にある。このようななかで、従来より活性汚泥法が排水処理の主流をなしているが、これに代わる高効率処理技術が検討されてきた。なかでも染色排水は、有機性排水で、水量や水質の変動が大きく、使用薬剤の種類も多いという特徴を持ち、その上、織布工程で付与された糊材 (PVA)、未固着の染料、助剤として使用された界面活性剤などの難分解性の物質を多く含むため、排水処理のもっとも困難な排水の一つとされており、より効率的な処理技術が求められている。

一方、自然界に存在する微生物の浄化能力を利用した排水処理技術である「生物処理」技術は、「懸濁微生物による活性汚泥法」の持つ欠点を改良すべく、種々の方法が提案されている。なかでも「生物膜法」は、微生物が固定化される接触材の形状をかえることによって処理効率が向上し、更に形状を工夫することによって、好気性処理に加えて嫌気性処理を同時に行える可能性が指摘され、これによって汚泥発生量の低減化が期待されている。今回は、接触材として、ひも状接触材を用い、その構成繊維の素材、断面形状を変化させ、染色モデル排水及び蒲郡市下水道浄化センターの生下水（染色排水を一部含む）に適用し、既存排水処理を有効に利用し、負荷変動に強く、高効率で汚濁物質を除去できる処理方法の可能性について検討した。

2. 試験方法

2.1 試料

使用した樹脂は次の2つを用いた。

- ・ポリプロピレン（以下PPと記す） MFR = 13
- ・ナイロン6（以下Nと記す） 分子量 = 1.3万

2.2 紡糸方法

マルチフィラメント紡糸装置（關島津製作所製）で、次の条件で紡糸し、ひも状接触材用の原糸とした。O型形状については、2本を引揃え、12フィラメントとした。

樹脂	ヒーター温度 (°C)				ノズル径 (mm)		ホール数		織 度	
	H ₁	H ₂	H ₃	D	O型	Y型	O型	Y型	O型	Y型
PP	220	230	240	240	0.6	—	6	12	960d/12f	240d/12f
N	220	240	250	255						

2.3 ひも状接触材の作成

外径が45mmのモール糸状のひも状接触材を、TBR㈱の協力を得て作成した。形状については図1のとおりである。

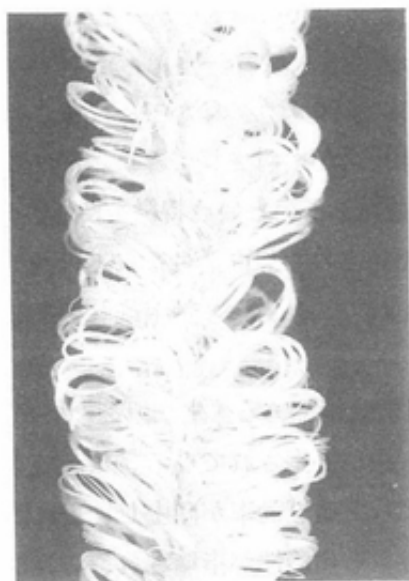


図1 ひも状接触材

染料 Diamira Yellow GR (Reactive Yellow 15) 0.1% o.w.f.
(反応性染料：ビニルスルホン系)
助剤 結晶芒硝 100g/l
第三磷酸ソーダ 8g/l
浴比 1 : 11
昇温条件

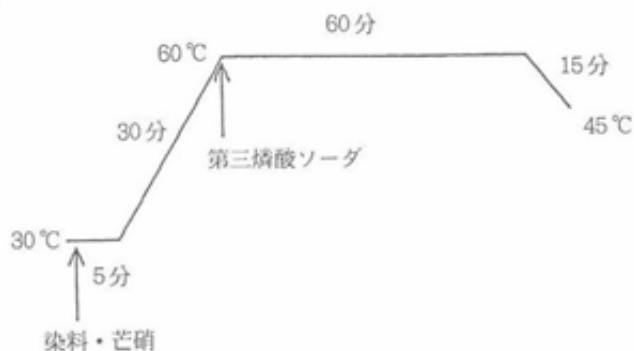


図2 染色条件

2.4 排水処理試験

今回作成したひも状接触材は、素材2種類、断面形状2種類の合計4種類を作成したわけであるが、まず、それぞれの接触材の特性を把握するため、染色モデル排水を使用し試験を行った。そして、この結果を踏まえて、スケールアップした接触酸化実験装置を蒲郡市下水道浄化センターに設置し、一部染色排水を含む生下水で処理試験を行い、接触材の処理能力の比較検討を行った。

① 染色モデル排水処理試験（当センターで実施した。）

接触酸化試験機

図3（㈱宮本製作所製 型式COTT3）

接触材の組み込みは、たて及びよこ4本ずつ、計16本行い、試験を行った。接触時間は12時間とし、原水ポンプからの流量を決定した。

染色モデル排水

図2の条件で綿糸の染色を行った後の排水を採水し、スキムミルクを添加して、COD値を90～100ppmに調節したものを染色モデル排水とし、植種を行って、連続処理試験した。処理温度は、20℃で行った。

② 染色排水を含む生下水による排水処理試験（TBR㈱の協力を得て実施した。）

接触酸化実験装置

図4（三菱レイヨン・エンジニアリング㈱製）

本装置は4槽に区分され、4槽を1系列とした処理及び2槽2系列の処理が可能であるが、今回は接触材の素材の違いや断面形状の違いが排水処理に与える影響を同一排水で比較する必要があるため、2槽2系列の処理方式を採用した。接触材は、たて5本、よこ9本、計45本、それぞれの槽に充填し、片側施回流方式で曝気を行った。

処理排水（原水）

下水処理場初沈槽上澄水を原水とし、これを2つに分け、実験装置に注入した。この原水には染色工場の排水が一部含まれている。

2.5 水質測定

処理原水や処理水の水質を表1に示す方法で分析した。なお、染色モデル排水処理試験の場合、測定項目はCODのみである。接触酸化実験装置での処理試験においては、水質測定に加えて、定期的に沈澱槽より汚泥を引き抜き、発生汚泥量も測定した。

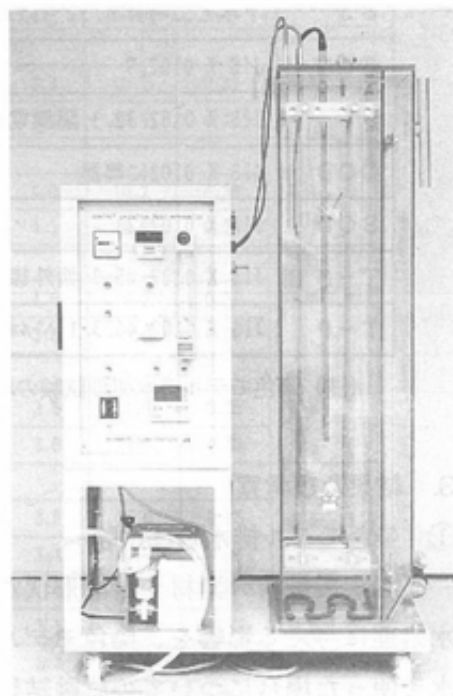
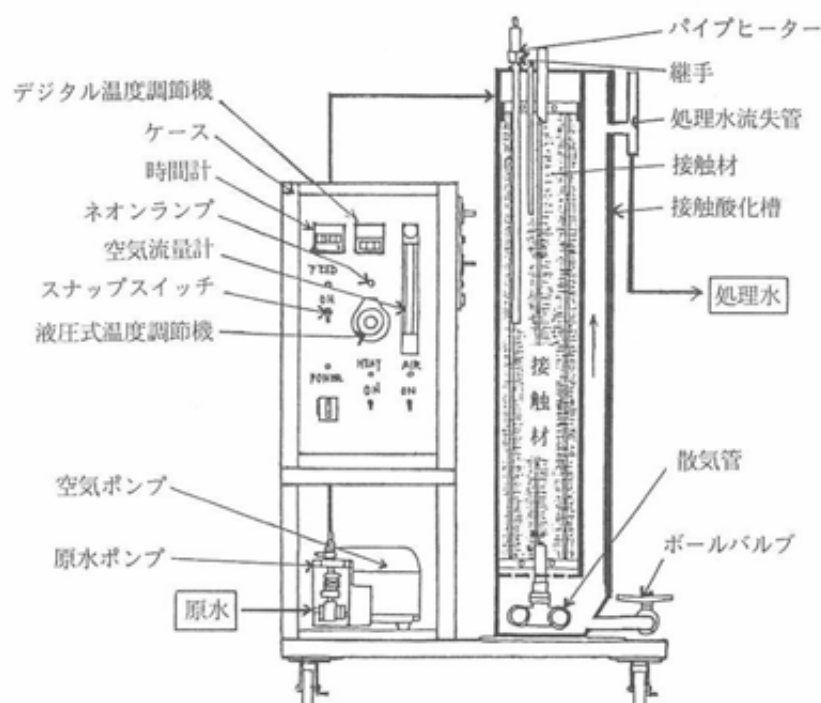


図3 接触酸化試験機

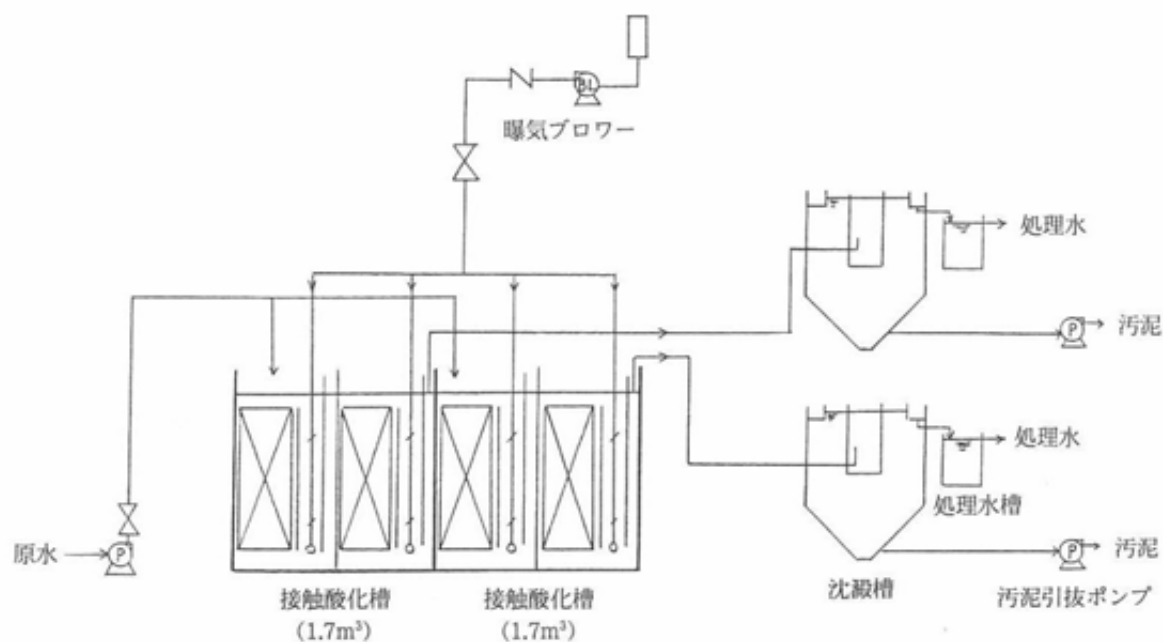


図4 接触酸化実験装置

表1 水質の測定項目、方法及び測定装置

項 目	測定方法	測定装置	製造者
水温	サーミスター温度計	UC-12 DO/0 ₂ /Temp.メーター	セントラル科学
pH	JIS K 0102.12.1 ガラス電極法	ボックハート pHメーター	ハック社
SS	下水と工場排水. 31 1159 (1959) 光度法	DR2000 メスシリンダー	ハック社
透視度	JIS K 0102.9	透視度計	セントラル科学
DO	JIS K 0102.32.3 隔膜電極法	UC-12 DO/0 ₂ /Temp.メーター	セントラル科学
COD	JIS K 0102に準拠	HC-407 CODメーター	セントラル科学
BOD	JIS K 0102.21	UC-12 DO/0 ₂ /Temp.メーター	セントラル科学
T-N	JIS K 0102.45.2 紫外線吸光光度法	HC-1000. TNP88M 多検体TNPセト	セントラル科学
T-P	JIS K 0102.46.3.1 亜硝酸二硫酸カルウム分解法	HC-1000. TNP88M 多検体TNPセト	セントラル科学

(注) 染色モデル排水処理試験の場合のCOD測定は、JIS K 0102 17 (COD_{5h}) によった。

3. 結果及び考察

① 染色モデル排水処理試験

ひも状接触材の素材や断面形状が排水処理に与える影響を、染色モデル排水を使った場合についての試験結果を図5に示す。これより、試験の初めでは、COD除去率は、

$$PPY > NO > PPO > NY$$

となり、6日経過すると、

$$NY > PPY \approx NO > PPO$$

となることがわかる。

以上より、接触材を充填した初期段階では、素材ではナイロン製、断面形状ではY型が除去率が高く、これは微生物

層（生物膜）の生成過程における付着速度や付着密度が大きいため差がでたものと推定される。

② 染色排水を含む生下水による排水処理試験

①の試験結果を踏まえ、実際の排水と、よりスケールアップした図4に示す装置を使用し、長期間連続運転を行い、実用化への基礎データを得た。その結果を表2、3に示す。また、試験期間中の処理水の各水質項目の除去率等の平均値を表4にまとめた。これらより次のことがわかった。まず、素材としてPPを使用した場合の繊維断面形状依存性については、BOD、COD除去効果はほとんど差はみられない。T-N（全窒素）では、表面積を増やしたY型の方がO型よりよかったが、T-P（全リン）では逆になった。汚泥発生量及び汚泥変換率はいずれも、Y型の方が少なく、よい結果が得られた。このことより、断面形状としては、Y型の方がO型より相対的に優れていることが判明したので素材を変えて素材依存性を調べたが、BOD、COD、T-N除去率については差は認められなかった。T-P除去率については、PPの方がよかったが、発生汚泥量及び汚泥変換率ではナイロンの方が小さな値を示し、よい結果が得られた。

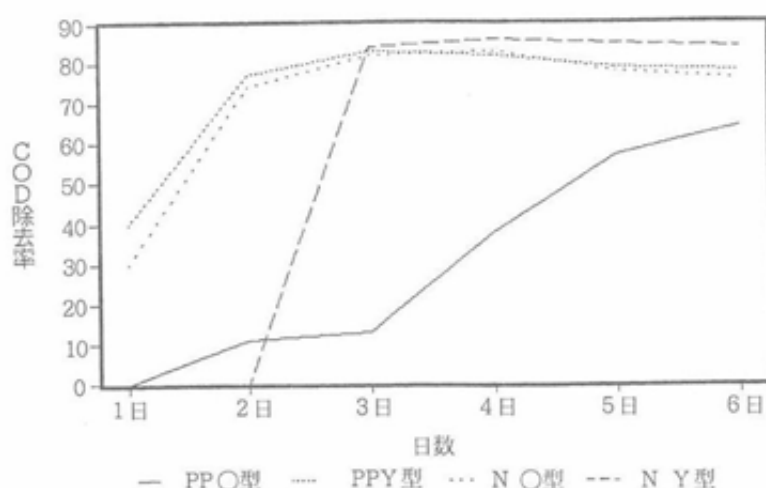


図5 染色モデル排水処理

表2 生下水による排水処理試験 (素材はPPで、断面形状を変えた場合)

実験期間: 92年6月19日~9月

年月日	経過日数	項目 種類	BOD (ng/l)	COD (ng/l)	SS (ng/l)	透視度 (cm)	T-N (ng/l)	T-P (ng/l)	処理水量 (m ³ /日)	接触時間 (時間)	容積負荷 (kg/m ³ ・日)	接触酸化槽 水温 (°C)
6月25日	(6日)	原水	165.0	52.6	138	4.0	45.0	13.4				25.3
		O処理水	15.0(91%)	20.6(61%)	23(83%)	19.0	44.3(2%)	10.3(23%)	3.7	11.0	0.36	
		Y処理水	12.3(92%)	18.7(64%)	21(85%)	20.0	46.7(-%)	10.1(25%)	3.7	11.0	0.36	
7月1日	(12日)	原水	144.0	34.1	192	4.4	54.7	11.3				29.3
		O処理水	10.4(93%)	13.3(61%)	11(93%)	43.0	35.6(35%)	8.6(23%)	3.8	10.7	0.32	
		Y処理水	11.0(92%)	15.4(55%)	14(91%)	41.0	31.2(43%)	9.8(13%)	3.9	10.4	0.33	
7月8日	(19日)	原水	160.0	47.1	-	5.4	51.1	13.2				30.5
		O処理水	20.4(87%)	20.3(57%)	-	15.4	37.2(27%)	10.8(18%)	4.0	10.2	0.38	
		Y処理水	12.3(92%)	17.2(63%)	-	30.0	26.0(49%)	13.0(2%)	4.1	9.9	0.39	
7月15日	(25日)	原水	147.0	49.8	144	6.0	56.9	13.7				27.7
		O処理水	23.4(84%)	20.8(58%)	24(83%)	29.0	35.8(37%)	12.2(11%)	4.0	10.2	0.35	
		Y処理水	18.0(88%)	14.4(71%)	13(91%)	43.5	41.7(44%)	13.0(5%)	3.5	11.6	0.30	
7月22日	(32日)	原水	123.0	49.2	109	6.4	44.5	10.3				33.7
		O処理水	16.8(86%)	24.0(51%)	10(91%)	23.0	28.7(36%)	11.8(-%)	3.5	11.6	0.25	
		Y処理水	17.1(86%)	19.7(60%)	25(77%)	64.0	32.1(28%)	11.3(-%)	3.6	11.3	0.26	
8月19日	(50日)	原水	168.0	48.0	140	6.6	45.7	-				31.1
		O処理水	14.0(92%)	17.7(63%)	12(91%)	>100.0	28.9(37%)	-	3.5	11.6	0.35	
		Y処理水	8.0(95%)	16.1(66%)	7(95%)	71.5	24.4(47%)	-	3.4	12.0	0.34	
9月1日	(63日)	原水	144.0	41.7	110	6.8	41.1	10.1				34.8
		O処理水	8.8(94%)	14.1(66%)	5(95%)	73.5	25.7(37%)	9.6(5%)	3.4	12.0	0.29	
		Y処理水	14.4(90%)	16.2(61%)	11(90%)	58.5	27.8(32%)	9.8(2%)	3.3	12.0	0.28	

注: ()は原水に対する除去率

通算期間中の汚泥発生量: O処理槽=6177g/75日 一日平均82.3g

: Y処理槽=4036g/75日 一日平均53.8g

汚泥交換率: O処理槽=17.1%

: Y処理槽=10.9%

表3 生下水による排水処理試験 (断面形状はY型で、素材を変えた場合)

実験期間: 92年11月5日~12月

年月日	経過日数	項目 種類	BOD (ng/l)	COD (ng/l)	SS (ng/l)	透視度 (cm)	T-N (ng/l)	T-P (ng/l)	処理水量 (m ³ /日)	接触時間 (時間)	容積負荷 (kg/m ³ ・日)	接触酸化槽 水温 (°C)
11月13日	(8日)	原水	196.0	42.2	146	5.0	48.2	10.1				17.2
		N処理水	10.8(94%)	19.8(53%)	11(92%)	43.0	37.0(23%)	9.2(8%)	3.58	11.4	0.41	
		PP処理水	14.4(93%)	20.1(52%)	13(91%)	42.0	38.2(21%)	7.9(21%)	3.45	11.8	0.40	
11月20日	(15日)	原水	204.0	54.3	188	4.6	53.0	11.9				18.6
		N処理水	17.6(91%)	23.3(57%)	21(89%)	31.5	41.4(22%)	12.9(-%)	3.54	11.5	0.42	
		PP処理水	11.0(95%)	20.0(63%)	14(93%)	50.0	39.0(26%)	13.6(-%)	3.45	11.8	0.41	
11月27日	(22日)	原水	168.0	48.2	189	5.0	54.7	14.9				13.4
		N処理水	12.3(93%)	19.2(60%)	11(94%)	48.0	42.1(23%)	12.8(14%)	3.49	11.7	0.34	
		PP処理水	21.6(87%)	20.1(58%)	10(95%)	53.0	43.6(20%)	11.6(22%)	3.36	12.1	0.33	
12月10日	(35日)	原水	232.0	41.7	206	4.5	55.9	10.8				15.8
		N処理水	14.7(93%)	15.0(64%)	22(89%)	28.4	34.1(39%)	8.8(18%)	3.49	11.7	0.48	
		PP処理水	12.9(94%)	18.2(56%)	19(91%)	37.5	30.2(46%)	7.2(33%)	3.36	12.1	0.47	
12月17日	(42日)	原水	264.0	58.2	242	3.5	65.1	16.1				12.0
		N処理水	17.7(93%)	15.9(73%)	23(90%)	30.5	47.6(28%)	11.7(27%)	3.49	11.7	0.54	
		PP処理水	7.8(97%)	12.7(78%)	7(93%)	54.0	43.8(33%)	10.3(36%)	3.49	11.7	0.54	

注: ()は原水に対する除去率

通算期間中の汚泥発生量: N処理槽=2276g/42日 一日平均66g

: PP処理槽=3931g/42日 一日平均93g

汚泥交換率: N処理槽=9.4%

: PP処理槽=13.4%

以上より、染色排水を一部含む生

下水で、より実際の排水処理に近い方式で試験を行った場合は、T-P除去率を除けば、汚泥発生量及び変換率の点から、NY>PPY>PPOの順になるものと判断されるが、この理由については、本試験では説明することはできなかった。

なお、①と②の試験結果において、COD除去率の差は、排水の質の差によるものと考えられる。

表4 生下水による排水処理の除去率等の平均値

項 目	断面形状を変えた場合		素材を変えた場合	
	PPO型	PPY型	PPY型	NY型
BOD 除去率 (%)	90	91	93	92
COD 除去率 (%)	60	63	61	61
T-N 除去率 (%)	35	41	29	27
T-P 除去率 (%)	13	8	22	13
汚泥発生量(g/日)	82	54	93	66
除去BODに対する 変換率 (%)	17.1	10.9	13.4	9.4

4. ま と め

染色排水の処理技術の、より一層の効率化を図るため、ひも状接触材を接触材として用い、その構成繊維の素材、断面形状を変化させ、①染色モデル排水、②染色排水を一部含む生下水を処理した結果、次のことがわかった。

- ① 染色モデル排水を使った短期間の処理試験では、初期段階は素材、断面形状により、COD除去率に差が見られるが、6日目になると、差はほとんどなくなる。
- ② 染色排水を一部含む生下水で、実際の排水処理に近い方式で試験を長期間行った場合では、ナイロン素材で、Y型の断面形状のものが、汚泥発生量及び汚泥変換率が低く、今回使用した4種類のひも状接触材の中で一番よい処理効果を示した。

最後に本研究を行うにあたり、実験排水をご提供いただいた蒲郡市下水道部下水道浄化センター、ひも状接触材の作成及び②の排水処理試験にご協力いただいたTBR株式会社 研究開発室福井室長、崎村副室長に厚くお礼申し上げます。