

水路による畜産排水の浄化 - 現場での処理実験 -

山口県衛生公害研究センター

福田哲郎・下濃義弘・田中克正
柴田公子・山本征治・古谷誠治
宗藤智次・宮村恵宣

Treatment of Livestock Effluent by Stream Purification Method - Field Experiment -

Tetsuro FUKUDA, Yoshihiro SHIMONO, Katsumasa TANAKA, Kimiko SHIBATA
Seiji YAMAMOTO, Seiji FURUTANI, Tomotsugu MUNEFUJI, Shigenori MIYAMURA

Yamaguchi Prefectural Research Institute of Health

はじめに

平成4年度から始まった豚舎排水を対象とした排水の再利用を目指した水処理技術の開発(県試験研究機関共同研究)として、平成6年度は現場に豚舎排水処理施設のミニプラントを設置した。当センターはその処理工程の中で、水路を利用した接触酸化処理法により二次処理水(回分式活性汚泥法)をさらに浄化することになった。

そこで、前報¹⁾の室内実験で接触材について検討した結果から、平成6~7年度は現場で接触材としてバイオコード(ひも状接触材)を用いた水路実験を行った。

実験方法

山口県畜産試験場の豚舎(管理頭数は子豚も含めて約230頭)排水の一部を一次及び二次処理した水を調整槽に溜め、曝気を行い、連続的に定量ポンプで水路に供給した。(以下、この二次処理水を水路の流入水とする)

実験は水路の長さで二次処理水通常濃度の相違により、実験A及びBとした。

1 接触材

水路に用いる接触材は、バイオコード、市販の椀の木炭及び廃棄物の有効利用のため松食い虫被害の松から作った木炭の3種類について、BOD除去能及び水路の維持管理の容易さの両面から検討した前報の結果から、バイオコードを選んだ。

2 水路の構造

実験Aは長さ10m、幅8cm、深さ10cmの水路に、外径約2cmの塩化ビニリデン製の輪状体に編まれたバイオコー

ドを水路の流下方向に2本平行に充填した。また、遮光とユスリカ等の迷惑昆虫の発生を防ぐために水路に蓋をし、その上に寒冷沙をかけ、夏期での水温の上昇を防いだ。

実験Bは実験Aの水路を9m延長した。

また、実験Bでは実験期間の途中から、りん除去について検討のため、水路床の全面にマグネシウム等を含む薄い素焼き板を敷設し、その上に実験Aと同様なバイオコードを充填した。

3 実験状況

実験Aの処理水量は平均 $0.6\text{m}^3/\text{日}$ で、水温平均 18.4°C ($6.0\sim 25.7^\circ\text{C}$)、流速約 $20\text{cm}/\text{min}$ 、水深約4~5cm程度で、滞留時間は約50分であった。

一方、実験Bの処理水量は $0.5\text{m}^3/\text{日}$ で、水温平均 16.4°C ($7.5\sim 28.0^\circ\text{C}$)、流速約 $15\text{cm}/\text{min}$ 、水深約4~5cm程度、また、滞留時間は水路延長により約130分となり実験Aの2.6倍であった。

実験Aは平成6年8月11日~12月2日、実験Bは平成7年8月9日~12月6日まで行った。

なお、実験Bの素焼き板の敷設は平成7年10月下旬に行った。

4 分析方法

(1) 水質及び汚泥分析

BOD等の水質分析及び汚泥のマグネシウム等の前処理並びに分析は、JISK0102²⁾に準じて行った。

なお、りんについては、No.5Cのろ紙でろ過したものを溶解性りん(D-P)とした。

(2) 汚泥量測定

実験終了時に水路の入り口, 中央, 出口とそれぞれ1.5 m間を板で仕切り, その区間の水路に堆積した汚泥とバイオコードに付着した汚泥をそれぞれ別個に容器に洗い出した後, 汚泥濃度及び水量を測定し, 汚泥量を求め, それら区間の値の平均値から水路全体に堆積した汚泥量とバイオコードに付着した汚泥量とを推定した。

表1 実験Aの処理結果

測定項目	流入水	処理水	除去率 (%)
DO	mg/L 3.9 (1.1~7.9)	2.9 (0.6~6.3)	
pH	8.0 (7.6~8.4)	8.0 (7.6~8.4)	
BOD	mg/L 56.8 (13.2~116)	41.3 (10.2~98.4)	27 (8.9~46)
COD	mg/L 82.6 (10.3~142)	75.3 (10.0~188)	8.8 (0.3~20)
SS	mg/L 41 (9~62)	24 (7~43)	41 (17~85)
NO _x -N	mg/L 22.8 (0.8~74.8)	21.8 (0.8~98.6)	4.4 (0.3~79)
T-N	mg/L 140 (42.5~321)	133 (40.9~300)	5.0 (0.4~8.4)
T-P	mg/L 19.8 (8.0~31.3)	19.0 (8.4~30.6)	3.5 (-5.0~17)

注1) 上段: 平均値, 下段: 範囲

注2) NO_x-N: NO₂-NとNO₃-Nの和

注3) 分析頻度及び回数: 8~10月までは約1回/2週間, 11~12月にかけては12月始めに1回, 計12回分析

表2 実験Bの処理結果

測定項目	流入水	処理水	除去率 (%)
DO	mg/L ND (ND~ND)	ND (ND~ND)	
pH	8.1 (7.7~8.4)	8.1 (7.7~8.4)	
BOD	mg/L 346 (96.2~669)	258 (10.2~662)	25 (0.8~46)
COD	mg/L 274 (140~516)	250 (10.0~495)	8.8 (-6.3~48)
SS	mg/L 179 (79~300)	102 (73~200)	43 (7.6~50)
NO _x -N	mg/L ND (ND~ND)	ND (ND~ND)	
T-N	mg/L 377 (200~543)	327 (160~535)	13 (0.4~30)
T-P	mg/L 18.8 (5.4~32.9)	16.7 (5.3~26.7)	13 (-50~29)

注1) 上段: 平均値, 下段: 範囲

注2) 検出限界値 (ND): DO, NO_x-N共に0.1mg/L

注3) 分析頻度及び回数: 約1回/2週間, 計14回分析

結果及び考察

実験A及びBの処理結果を表1及び表2に示す。

1 有機物の除去

実験Aの流入水BOD濃度は13.2~116mg/Lと大きく変動し, BOD除去率は27%であった。水路での懸濁物質 (SS) の除去率とBOD除去率との関係を求めると, 図1に示すように危険率5%で有意の相関が得られた。このことから, SSの水路における沈殿やバイオコードへの吸着がBOD除去に大きく寄与していたと考えられる。また, 滞留時間は約50分で, BOD除去率は室内実験の接触材の検討において人工排水を流入水とした同じ滞留時間での除去率55%に比べ, 低い値になった。COD除去率は5.8%であった。このように室内実験の結果より有機物の除去率の低い要因の1つに, 流入水の基質の影響が考えられる。森田ら³⁾も一般廃棄物最終処分場の浸出水のBOD/COD比と基質の易分解性との関係について述べているが, 流入水のBOD/COD比が室内実験の1.6⁴⁾に対し実験Aでは0.7と小さいことから, 実験Aの流入水は生物分解がかなり進んでおり, 室内実験の流入水より接触酸化処理が困難であったように思われる。

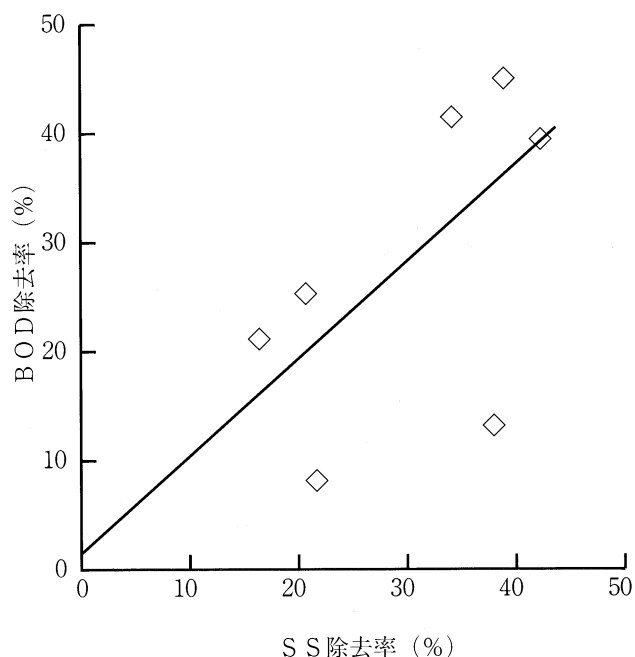


図1 SS除去率とBOD除去率との関係

橋本ら⁴⁾は水路を利用した接触酸化法による都市下水の浄化で, 四季を通じてBOD濃度42mg/Lの流入水を流速25cm/min, 滞留時間120分の処理条件でBOD除去率37%を得ているが, 実験Aも滞留時間が短いことを考慮すると, BOD除去率は妥当な値のようにも思えるが, 滞留時間を延長して検討する必要がある。

そこで、実験Bでは、BOD除去率を上げるために実験Aの水路を延長し、滞留時間を実験Aの2.6倍の約130分にしましたが、一次処理等の悪化により流入水のBOD濃度が346mg/L (BOD/COD比は1.4) と高く、水路内は嫌気状態になった。稲森ら⁵⁾も報告しているように、流入水BOD濃度200mg/Lの低濃度有機性排水 (BOD1000mg/L以下) を接触材としてひも状の充填材を用いて嫌気性処理した場合、8時間以上の滞留時間を要したことから、実験Bの130分の嫌気性処理では滞留時間が短く、BOD及びCOD除去率はそれぞれ平均25、7.5%と改善されなかった。

2 りん除去

実験AのD-Pの除去率は3.5%であった。実験Bも低い除去率であったため、実験開始後80日目に水路床の全面に素焼き板を敷設し、pH調整などの前処理を行わない簡単な方法で、りんの除去を試みた。その結果、表3に示すように素焼き板を敷設した後、D-Pは2日目に34%と高い除去率が得られたが、12日目以降は水路内が嫌気状態のため、堆積した汚泥からのりんの溶出が認められた。

表3 素焼き板によるりん除去

実験日数	T-P			D-P		
	流入水 mg/L	処理水 mg/L	除去率 %	流入水 mg/L	処理水 mg/L	除去率 %
処理前	18.7	17.4	7.0	13.0	12.6	3.1
2	24.2	20.4	16	18.9	12.4	34
3	26.1	22.4	14	16.9	13.7	19
11	16.5	14.4	13	12.8	12.0	6.3
13	14.5	13.8	4.8	9.8	10.1	-3.1
14	11.4	11.1	2.6	7.4	7.7	-4.1

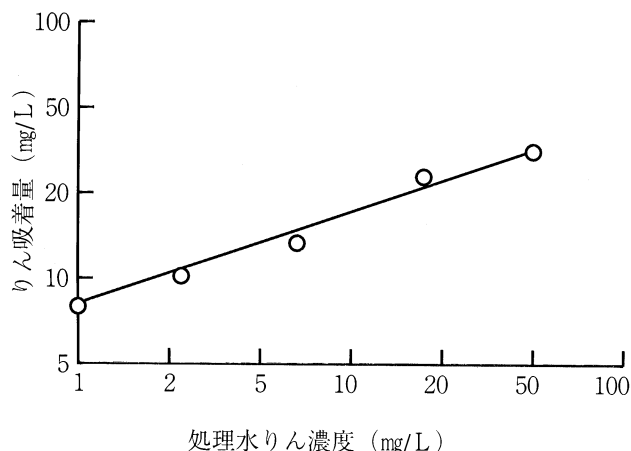


図2 フロイントリッヒ吸着等温式

また、全りん (T-P) は11日目まで13%程度の除去率が得られた。

なお、素焼き板を粉末 (200mesh以下) にした後、20℃の恒温室内で種々のりん酸濃度水溶液200mLにその粉末50mgを添加し、時々攪拌しながら常にpH8.5~9.0に調整し、7日間放置後、フロイントリッヒ吸着等温線を求めた。図2に示すように、直線関係が認められ、吸着指数 (傾き) 0.49が得られたことから、素焼き板へのりんの吸着は容易であったように思われる。

3 窒素除去

実験Aの流入水のNO_x-Nは22.8mg/Lであったが、水路では硝化や脱窒が起きず、処理水の窒素除去率は5.0%と低い結果になった。

実験Bの硝化が起きていない流入水は、水路でのSSの除去により窒素除去率は13%となった。

4 発生汚泥並びに維持管理

実験A、B共に4か月の実験期間中、水路に蓋をしたため、ユスリカ、チョウバエなどの迷惑昆虫は発生しなかった。

実験Aは実験終了時でもバイオコードに付着汚泥が少なく、水路に堆積した汚泥も水路の清掃を要する程ではなかった。

一方、実験Bでは素焼き板敷設前後の汚泥の組成分析のため、実験期間中に一度水路の汚泥引き抜き等の清掃を行った。表4に示すように、素焼き板を敷設前と実験終了時の堆積汚泥中のりん含有率、マグネシウム、カルシウム及びアルミニウムを比較すると、アルミニウムは実験終了時の方がやや高いものの、他は素焼き板敷設の影響は認められなかった。

表4 堆積汚泥 (実験B) の組成分析

検体名	発生汚泥量	りん含有率	Mg	Ca	Al
	g/日	%	%	%	%
素焼き板敷設前	11.2	3.0	0.8	3.2	0.8
実験終了時	9.5	2.6	0.6	2.6	1.3

また、水路内の汚泥量 (バイオコードへの付着汚泥量と堆積した汚泥量の和) と処理水に混ざって流出したSS分を加えた全汚泥量とBOD除去量から素焼き板敷設前後の汚泥転換率を求めると、それぞれ1.0、1.3とほぼ同じであった。

維持管理については、流入水を溜める調整槽を曝気したため、流入管に空気が入り、流入水供給ポンプが2度止まった程度で、ほとんど人手を要しなかった。

維持管理費は流入水供給ポンプの電気料以外あまり必要でなかった。

まとめ

バイオコードを接触材に用いた水路での接触酸化処理法で、豚舎排水を対象とした回分式活性汚泥法の二次処理水の浄化を行い、次のような結果を得た。

1 実験状況として、水温平均18.4℃、水路の流入水BOD濃度平均56.8mg/L、流速約20cm/min及び水深約4～5cmの接触酸化処理法は、滞留時間が約50分と不足したこともあり、BOD除去率は30%弱であった。

そこで、水路の延長により、約130分の滞留時間で二次処理水の浄化を試みたが、水路の流入水BOD濃度が平均346mg/Lと高く、水路内は嫌気状態になり、BOD除去は改善されなかった。

今後、接触酸化処理法においてBOD除去率の向上のために、滞留時間の延長による検討が必要と思われる。

2 りん及び窒素除去については、バイオコードでは効果が低いので、他の方法で検討が必要である。

3 水路での接触酸化処理は、実験期間が4か月とやや短かったものの、汚泥引き抜き等の清掃の必要もなく、維持管理には人手及び経費をほとんど要さなかった。

文 献

- 1) 福田哲郎ほか：山口県衛生公害研究センター業績報告, 15, 10～14 (1994)
- 2) 日本規格協会編：工場排水試験方法, JIS K 0102 (1993)
- 3) 森田啓次郎ほか：全国公害研会誌, 17 (2), 14～20 (1992)
- 4) 橋本 茂ほか：神奈川県公害センター研究報告, 9, 7～17 (1987)
- 5) 稲森悠平ほか：用水と廃水, 25 (10), 3～23 (1983)