

水路による畜産排水の浄化 — 接触材の検討 —

山口県衛生公害研究センター
福田哲郎・下濃義弘・弘中博史
田中克正・山本征治・古谷誠治
永久保雄・宮村恵宣
山口県工業技術センター
佐伯和正・三好潔治

Treatment of Livestock Effluent by Stream Purification Method — Experimental Studies on Contact Materials in Stream —

Tetsuro FUKUDA, Yoshihiro SHIMONO, Hiroshi HIRONAKA, Katsumasa TANAKA
Seiji YAMAMOTO, Seiji FURUTANI, Yasuo NAGAHISA, Shigenori MIYAMURA

Yamaguchi Prefectural Research Institute of Health

Kazumasa SAEKI, Kiyoharu MIYOSHI

Yamaguchi Prefectural Institute of Industrial Technology

はじめに

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、当センターは水路（接触酸化法）により二次処理（回分式活性汚泥法）後の水の浄化を行うことになった。本報では水路に使用する接触材について、バイオコード、市販の檜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種類を用いてBOD除去能及び水路の維持管理の容易さを比較検討した。

実験方法

1 実験水路の構造

室内に設置した1系列の実験水路の構造を図1に示す。水路は、長さ190cm、幅8.0cm、深さ4.8cmの透明アクリル製のもので、この水路を段状に5本接続したものを1系列とし、これを接触材別に3系列ほど設置した。水路の流入水は、流入水のBOD濃度別に作製した人工汚水を水道水により混合槽で200倍希釈し、所定の濃度になるようにした。

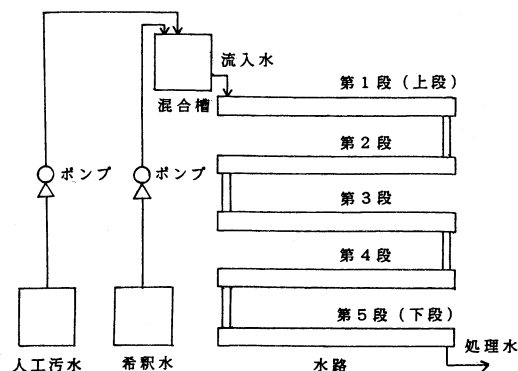


図1 実験水路の構造

2 接触材

(1) バイオコード（ひも状接触材）

バイオコードは、塩化ビニリデン製の輪状体に編まれた細い糸が、ひも状に連続的につながった外径約2cmのもので、水路の流下方向に2本平行に充填した。

(2) 木炭

市販の檜木炭及び松食い虫被害の松木炭を使用した。木炭の大きさは、径1～3cm、長さ3～7cm程度で、水路から取りはずしが簡単で、また、流れによって木炭が浮上したり、流出しないために、金網のカゴ（長さ46cm、幅8cm、高さ4cm）に詰めた。そして、この金網のカゴを水路にいくつもセットする形で、充填した。

3 運転方法

(1) 水路の運転状況

各水路の運転は、水温約20℃の状態で行入水のBOD濃度を4段階に設定したが、人工汚水をポンプでくみ上げ、水道水で200倍希釈したため、行入水のBOD濃度が表1に示すような変動幅を生じた。そのため、設定したBOD濃度10, 20, 30及び60mg/lをそれぞれ実験濃度A, B, C及びDと表示することとした。

各実験濃度の水路の流速は、バイオコードで約15cm/min, 木炭で15~30cm/min程度、また、平均滞留時間は、バイオコードで57~103分、木炭で30~64分であった。

運転期間は、実験濃度A及びBでそれぞれ42, 24日とした。実験濃度C及びDでは、水路内の汚泥量の測定を行わず、処理水質だけを求めたために、運転は共に1週間程度と短い期間とした。水路内の清掃は、実験濃度A及びBでは、水路内の汚泥量測定時や実験終了時に行ったが、運転期間の短い実験濃度C及びDでは、水路内の清掃を行わなかった。

なお、水路の空隙率は、バイオコードで98%、木炭で65%である。

(2) 水路の行入水

豚舎排水は生活排水等に比べ、りん及び窒素濃度が高

いため、水路の行入水も表1に示すようにりん及び窒素濃度はBOD濃度約10mg/lに対し、15, 80mg/lとし、それ以上のBOD濃度については、30, 130mg/lとした。

なお、水路の行入水の組成の1例を示すと、実験濃度Aの組成は表2のとおりである。

4 分析方法

(1) 木炭の特性試験

吸水率、見掛気孔率及びかさ比重等の測定はJIS R 2205¹⁾で行った。

(2) 木炭の組織構造

木炭の組織構造は走査電子顕微鏡で観察した。

(3) 水質分析

分析頻度は1~2回/週程度で、分析は、下水試験方法²⁾またはJIS K 0102³⁾に準じて行った。

(4) 汚泥測定

接触材及び水路に付着あるいは浮遊している汚泥の全量をそれぞれ容器に洗い出した後、汚泥濃度及び水量を測定し、絶対量を求めた。

結果及び考察

1 木炭の特性

表1 行入水の水質

実験濃度	BOD mg/l	T-P mg/l	T-N mg/l	NO _x ⁻ -N mg/l	SS mg/l	pH
A	12.4 (8.3~15.5)	14.9 (11.3~20.5)	79.8 (77.4~85.9)	49.8 (46.1~52.6)	1 (1~1)	6.7 (6.7~6.7)
B	22.9 (18.2~24.8)	28.1 (26.8~30.1)	124 (112 ~ 132)	69.4 (65.1~76.2)	3 (2~3)	7.0 (6.9~7.0)
C	27.7 (21.6~31.3)	28.7 (27.1~30.3)	125 (121 ~ 129)	70.0 (68.2~71.8)	3 (3~3)	6.8 (6.7~6.8)
D	56.5 (54.0~59.0)	29.3 (28.2~30.4)	128 (120 ~ 136)	71.3 (70.5~72.1)	4 (3~4)	6.6 (6.6~6.6)

注1) NO_x⁻-N: NO₂⁻-N, NO₃⁻-Nの和

注2) 上段: 平均値, 下段: 範囲

表2 実験濃度Aの組成

組成	濃度 mg/l
肉エキス	5.8
酵母エキス	5.0
ポリペプトン	5.0
デキストリン	1.7
(NH ₄) ₂ SO ₄	142
NH ₄ Cl	134
Na ₂ HPO ₄	135
MgSO ₄ · 7H ₂ O	6.1
KCl	5.0
KNO ₃	575

表3 木炭の特性

木炭の種類	吸水率 %	見掛気孔率 %	見掛比重	かさ比重
樫	72.9	49.4	1.34	0.68
松食い虫被害の松	254.3	77.5	1.36	0.31

表3に示すように、松食い虫被害の松木炭は、樫木炭に比べて見掛気孔率が大きく、かさ比重が小さい等の特性を持っている。そのため、松食い虫被害の松木炭は軽く、柔らかく、そのまま固定しないで水路に使用すると、

破碎して水路に流出する恐れがある。本実験では、木炭を金網のカゴに詰めたために、木炭の破碎はなかった。

2 処理結果

各接触材別の処理結果は表4に示した。

表4 処理水の水質

接触材	実験濃度	BOD mg/l	T-P mg/l	T-N mg/l	NO _x ⁻ -N mg/l	SS mg/l	pH
バイオコード	A	4.1 (2.6~6.0)	14.8 (9.5~19.9)	79.0 (77.2~85.6)	49.6 (45.9~52.3)	3 (2~3)	6.9 (6.9~7.0)
	B	10.2 (9.0~11.3)	27.8 (23.5~29.4)	123 (110~131)	68.9 (64.2~74.6)	5 (4~5)	7.1 (7.1~7.2)
	C	7.2 (3.8~10.7)	28.5 (26.9~30.1)	116 (109~123)	64.8 (60.8~69.6)	5 (4~5)	7.0 (6.9~7.1)
	D	14.1 (14.0~14.1)	28.9 (27.6~30.0)	111 (104~118)	54.3 (52.1~56.5)	8 (7~8)	6.9 (6.8~7.1)
木炭 (樫)	A	3.8 (2.6~7.7)	13.2 (10.7~17.2)	73.9 (70.2~73.0)	48.5 (45.9~50.1)	2 (1~3)	6.8 (6.7~7.0)
	B	4.8 (4.1~6.8)	27.9 (25.4~29.9)	121 (109~130)	68.2 (64.9~71.9)	3 (2~3)	7.2 (7.1~7.3)
	C	4.8 (3.2~6.3)	28.3 (26.5~30.1)	113 (108~118)	62.2 (60.1~64.3)	4 (3~4)	6.9 (6.8~7.1)
	D	10.1 (9.0~11.1)	28.4 (27.8~29.0)	115 (110~120)	55.9 (55.0~56.8)	7 (7~7)	6.9 (6.7~7.0)
木炭 (松食い虫被害の松)	A	3.5 (2.1~8.4)	14.2 (10.5~18.2)	76.5 (71.6~78.8)	49.5 (45.8~52.4)	2 (2~2)	6.9 (6.7~7.1)
	B	5.0 (3.3~6.2)	28.0 (25.5~29.9)	119 (109~121)	68.7 (63.1~75.9)	4 (3~4)	7.2 (7.1~7.3)
	C	5.0 (3.6~6.2)	28.4 (27.0~29.8)	112 (108~116)	60.5 (58.4~62.6)	3 (3~3)	6.9 (6.8~7.0)
	D	6.3 (6.0~6.6)	28.1 (27.1~29.1)	117 (106~128)	59.1 (58.2~60.0)	7 (6~7)	7.0 (6.9~7.1)

注1) NO_x⁻-N: NO₂⁻-N, NO₃⁻-Nの和

注2) 上段: 平均値, 下段: 範囲

(1) BOD除去

流入水の実験濃度とBOD除去率を接触材別にみると、図2に示すとおりであった。BOD除去率は、樫木炭と松木炭に差がほとんどなく実験濃度Aで70%、Dで80%、バイオコードでは、実験濃度Bで55%と低かったが、実験濃度A、C及びDでは70~75%を示し、BOD濃度の高い流入水ほど除去率がやや高くなる傾向とバイオコードよりも木炭の方がやや良好な除去率を示した。

各実験濃度を無視した平均滞留時間とBOD除去率の関係を接触材別にみると、図3のとおりとなった。樫木炭と松木炭のBOD除去率は、ほとんど差がなく30分で70%、40分から60分では80%の水準で推移し、バイオコードは、50分で55%、80分で75%に達した後は増加しなかった。BOD除去率は、滞留時間に比例し、木炭では40分、バイオコードでは80分まで、滞留時間の増加と共に高くなるが、今回設定した実験水路のBOD除去率は、75~80%が限度であった。

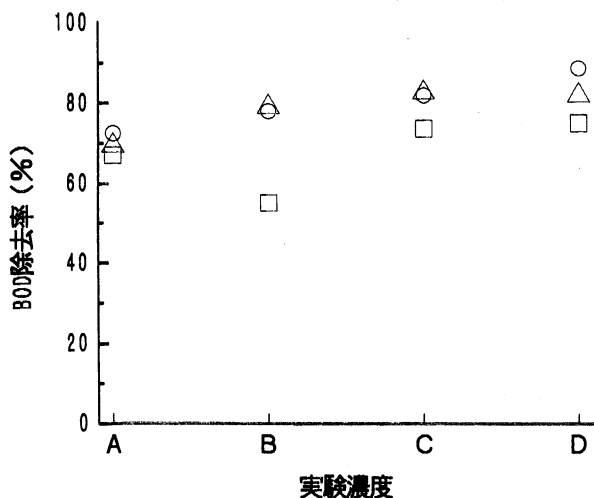


図2 実験濃度とBOD除去率との関係

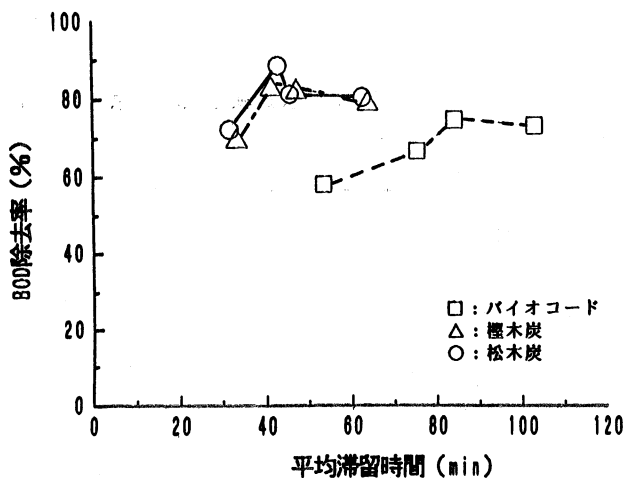


図3 平均滞留時間とBOD除去率との関係

今回の実験で樫木炭と松木炭ではBOD除去率にはっきりした差が認められなかったが、両木炭の組織的な違いを走査電子顕微鏡で観察すると、写真1、2のとおり差がみられた。松木炭は均一な口径30 μ m程度の仮導管を束ねた蜂の巣状になっているのに対し、樫木炭は口径1~20 μ mの篩管や導管が入り組み、松木炭よりも密に配列していた。また、見掛気孔率は表3に示すように松木炭が樫木炭よりも大きい。このような構造的な違いは、BOD除去に関する付着微生物量が松木炭に多く、BOD除去能も大きいという予想に反した。その原因として、両木炭の構造的な差は付着微生物量に影響を与えるものではなかったのか、あるいは、汚泥が木炭表面を被覆し、流入水中の有機物が木炭の中まで浸透できなかったことが考えられる。

次に、木炭がバイオコードより短時間で効率的なBOD除去能を示したことは、バイオコードの水路の空隙率が98%としたため、接触材の接触面積は木炭よりも小さくなり、同一の滞留時間では流入水と効率的な接触が行えなかったことに基づく現象と言える。

(2) 窒素及びりん除去

表4に示すように、どの接触材においてもりんはほとんど除去されなかった。

また、窒素も流入水のBOD濃度が高い各接触材の実験濃度C及びDでは、わずかに10%程度除去されたにすぎなかった。

3 水路内の汚泥量及び溶存酸素 (DO) の変化

水路内の汚泥量は少ないほど水路が閉塞しないで、維持管理が容易である。また、接触酸化による好気性処理のため、DOが高いほど良好である。そのため、汚泥量及びDOについて調査した。

木炭を使用した実験濃度Bで、運転開始した24日後に汚泥による閉塞が若干みられるようになったことから、22~24日後の各接触材の実験濃度A及びBの発生汚泥量及びその時のDOを測定し、図4に各接触材の実験濃度Aについて示した。

なお、実験濃度C及びDは運転期間が短いため、汚泥量及びDOの調査をしなかった。

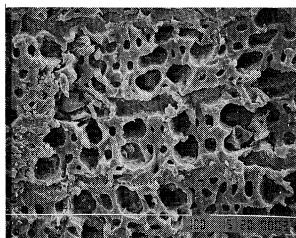


写真1 樫木炭の横断面

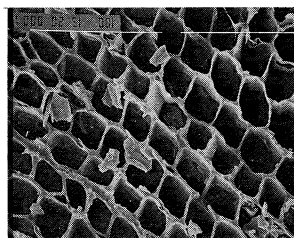


写真2 松木炭の横断面

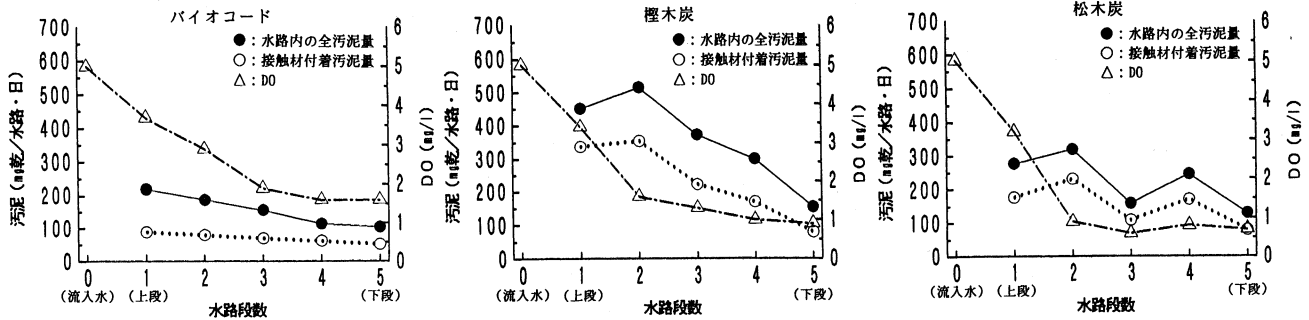


図4 水路内の汚泥量及びDOの変化

(1) 汚泥量

ア 実験濃度 A

図4に示すように、バイオコードでは、汚泥は水路の入り口に近い所で若干多くみられたものの、水路の流下による増減は認められなかった。

一方、木炭では、汚泥は水路の流下に伴い変化し、水路の出口よりも入口に近い所で多くみられた。

イ 実験濃度 B

実験濃度 A より流入水のBOD濃度が高い実験濃度 B において、バイオコードでは、汚泥は実験濃度 A より発生量は増えているものの、実験濃度 A と同様に水路の流下に伴う変化はあまり認められなかった。

一方、木炭では、汚泥は実験濃度 A より水路の流下に伴う変化が大きく、水路の入り口（第1段の水路）の汚泥量は出口（第5段の水路）に比べて、4～5倍程度であった。

なお、これらの実験濃度の汚泥転換率を除去されたBOD量と処理水のSSも含む発生汚泥量より求めると、40%前後になった。この値は、稲森ら⁴⁾が生活雑排水を対象とした水路実験で報告している値（3～18%）よりかなり大きいものの、標準活性汚泥法の汚泥転換率とほぼ同じ値で、通常の生物処理による2次処理時の発生汚泥量と同等であった。

(2) DOの変化

図4に示すように、バイオコードの実験濃度 A では、水路の流下に伴い、DOはゆるやかに減少した。

一方、木炭の実験濃度 A では、水路の入り口付近の汚泥量が多い所でDOは5 mg/l程度から1～2 mg/l程度まで急激に減少し、その後ゆるやかに減少した。また、水路の出口のDOは、実験濃度 A 及び B でバイオコードの1.5～2.5 mg/l に対し、木炭は1 mg/l 前後とバイオコードより低い値であった。

まとめ

室内に設置した実験水路で接触材について検討を行った。

1 流入水のBOD濃度がおおよそ10～60 mg/l の範囲で、水路の滞留時間からBOD除去について検討した結果、バイオコードより木炭の方が良好であった。しかしながら、流入水のBOD濃度が20 mg/l 程度になると、樫木炭及び松食い虫被害の松木炭を用いた水路は汚泥により、24日後に若干閉塞し、維持管理に問題を残した。

このことから、接触材として流入水の有機物濃度が低い場合は木炭が、有機物濃度が高くなると、維持管理の面からバイオコードが有効であった。

2 樫木炭と松食い虫被害の松木炭では、見掛気孔率に違いはあったものの、BOD除去に差がはっきり認められなかった。

また、木炭を金網に入れ、固定化したために、水路への木炭の粉末の流出はあまりみられなかった。

3 バイオコード及び木炭の接触材では、窒素、りんはほとんど除去されなかった。

文献

- 1) 日本規格協会編：耐火れんがの見掛気孔率・吸水率・比重の測定方法, JIS R 2205 (1992)
- 2) 日本下水道協会編：下水試験方法, 東京, 日本下水道協会, 1984
- 3) 日本規格協会編：工場排水試験方法, JIS K 0102 (1993)
- 4) 稲森悠平ほか：国立公害研究所研究報告, 118, 9～37 (1988)