

# 微生物膜バイオリアクターによる汚濁河川水の浄化

村上 和雄\*, 奈良 禧徳\*\*, 秋山 堯\*\*\*, 成田 素子\*, 須藤 絵美\*\*

(平成 15 年 10 月 2 日受理)

## Purification of Polluted River Water with a Microbe Membrane Bioreactor

MURAKAMI, Kazuo NARA, Yosinori AKIYAMA, Takasi  
NARITA, Motoko and SUDO, Emi

(Received on October 2, 2003)

キーワード：汚濁河川水の浄化システム，バイオリアクター，BOD，COD，多孔質焼結体

Key words：Purification System for Polluted River Water, Microbe Membrane Bioreactor, BOD, COD,  
Porous sintering material

### 1. はじめに

近年、河川の水質汚濁は法整備が進み、それに伴い多くの企業が排水処理施設を設置したために河川の水質は大幅に改善された。しかし、下水道が整備されていない大都市周辺の中小河川、特に住宅地にある河川の水質汚濁は深刻である。これは我々一般市民が、日常生活の炊事、洗濯、洗面、風呂などに使っている生活雑排水の河川への流入が原因である。これら河川の汚濁は経済状況の停滞により、下水道などのインフラ整備が進んでいないことで改善はみられないが、大幅な水質汚濁もなく横ばい状態といえる。

著者らは中小河川の水質汚濁状況を知るために水質測定を進めており、同時に汚濁河川水のコストのかからない浄化を微生物膜バイオリアクターを用いて検討している。また、微生物を固定化する担体に、コンクリート骨材を製造する工程で生じ、これまで廃棄されていた微粒土をリサイクルし、成型焼結した多孔性焼結体の使用を試みている。本論文では、二つのアクリルパイプに多孔性焼結体を充填、一方に嫌気性微生物、他方に好気性微生物を固定化して二種のリアクターを調製、これらを直列に接続して、汚濁河川水をただ通過させるだけで浄化

できるコストのかからないシステムについて報告する。

### 2. 実験

#### 2.1 水質汚濁の測定

- (1) BOD：米 Hach 社製 BODTrack CB-3 型により測定した。
- (2) COD：工業用水試験方法 JIS K0102 に従った。
- (3) 全リン：工業用水試験方法 JIS モリブデン青法で測定した。
- (4) 全窒素：工業用水試験方法 JIS カドミウム還元法で測定した。

本測定に使用した試薬はすべて特級である。

#### 2.2 固定化担体

コンクリート骨材は天然資源の枯渇により碎石・砕砂が利用されることが多い。この工程で大量に発生する汚泥はこれまで脱水されて廃棄処分されていた。本研究で使用した多孔質性焼結体は、この脱水された汚泥を造粒・焼成したもので、焼成過程で発泡するため表面は極めて多孔質となる。リアクターの微生物固定化担体には、粒径約 10mm のものを用いた。

#### 2.3 微生物膜バイオリアクター

図 1 は、本研究で作成した微生物膜バイオリアクターである。内径 70mm 長さ 400mm の 2 本のアクリルパイプに粒径約 10mm の多孔性焼結体を密に充填し（充填率は約 60%、720ml 程度）、シリコンチューブで直列に接続した。左側のパイプは密封された空気との接触が遮断さ

\* 環境情報学科環境分析研究室

\*\* (株)内山アドバンス中央技術研究所

\*\*\* 環境情報学科環境化学研究室

れて嫌気状態であり、右側は最下部のエアーストーンを通して空気が送られ好気状態にある。送液は2つのアクリルパイプをつなぐシリコンチューブにローラーポンプ(古江サイエンス社製RP-VT型)をセットして行った。そして、アクリルパイプの外側に外套管を設け、これに恒温水を流してリアクターを一定温度に保てるようにした。

#### 2.4 嫌気性・好気性微生物の多孔質担体への固定化

担体への微生物の固定化は対象とする汚濁河川の水を約3週間流し続けると、嫌気性リアクターには黒色の微生物が、好気性リアクターには茶色の微生物が、それぞれ固定化された。これら微生物は対象とする汚濁河川に

生息しているおり、汚濁有機物質をもっとも効率よく分解すると考えられる。

#### 2.5 試料

試料とする汚濁河川水は千葉県浦安市を流れる長さ700mたらずの堀江川の河川水を用いた。この地域は急激に都市化が進み、ほとんど下水が整備されておらず、生活雑排水が処理されずに水路を経てこの河川に流入している。そのため極めて汚濁されており、夏には悪臭を放つほどで、年間のBOD値は35~140mg/lある。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 バイオリアクターによるBOD成分の除去

図2は運転温度25°Cでバイオリアクター流量のBOD除去率への影響を示した。河川の汚濁状況は日によって変化する。そこで、浄化能力は各日の河川原水のBODに対する除去率と比較した。流量を120~240ml/hの範囲で変化させたところ、この範囲では河川水のBOD値が70から120mg/lとかなり汚濁されていたにもかかわらず、流量に影響されることなく96.5%前後の除去率が得られた。汚濁水のバイオリアクター内滞留時間は流量120ml/hのときが約9時間、240ml/hのときが約6.3時間である。BOD成分は生活雑排水中の食物成分が主なもので、河川水中に生息する微生物を固定化したため、BOD成分は高い効率で分解されよい除去率を示したものと考えられる。

図3は河川水のBOD経日変化とバイオリアクター通過後の浄化水BOD、BOD除去率を示した。リアクターの運転条件は流量165ml/h、温度25°Cである。4月から

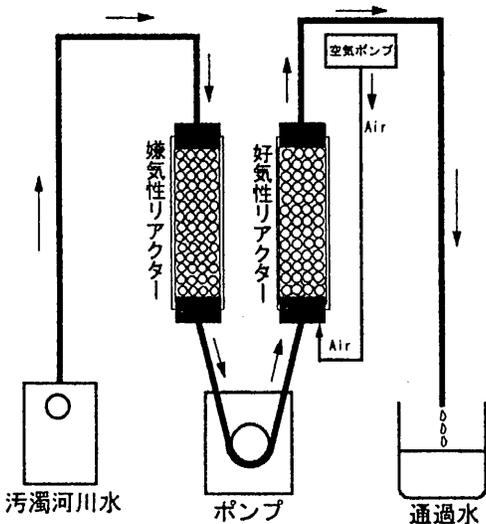


図1 微生物膜バイオリアクターの概略図

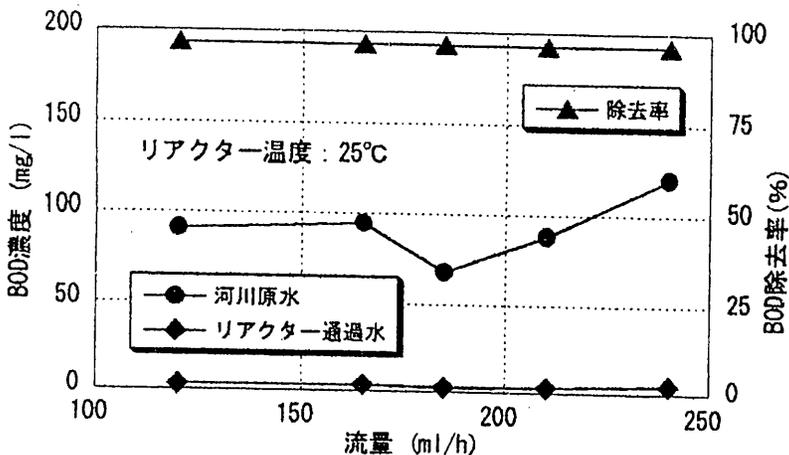


図2 流量のBOD除去率への影響

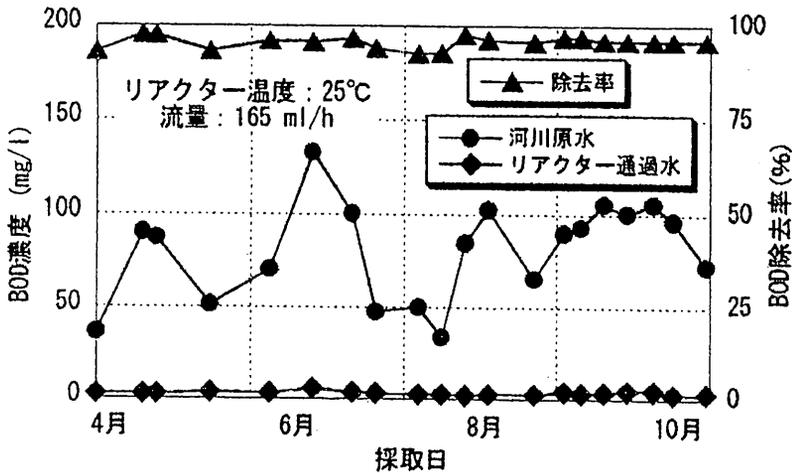


図3 堀江川河川水のBOD, BOD除去率の経日変化

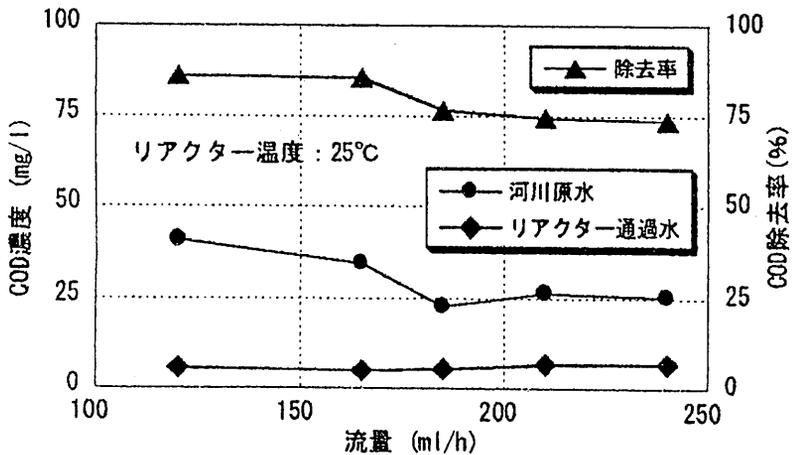


図4 流量のCOD除去率への影響

10月をはじめまでの河川水のBODは35mg/l～140mg/lと大きな差が見られるが、これは天候による影響であり、雨の多い時期は低く、晴天が続くときは高いBOD値を示している。いずれにせよこの河川は極めて汚染されていることがわかる。それぞれの河川原水に対応するBOD除去率92.3%～97.8%とバラツキが見られるが非常に良い浄化率である。バラツキの原因はそのときの微生物の生育状況、河川水に含まれる物質や河川水の液性の微生物への影響などによると考えられる。

### 3.2 バイオリアクターによるCOD成分の除去

図4は運転温度25°Cでバイオリアクター流量のCOD除去率への影響を示した。河川水のCODは24～40mg/lとかなり汚濁されている。流量を120～240ml/hの範囲で変化させたとき、流量によりCOD除去率は73.5～86.5

%と差が見られた。流量165ml/hまでは除去率86%程度、さらに流量が増加すると共に除去率は減少した。これは流量が大きくなるとリアクター中に滞留する時間が短くなるため微生物との接触時間が短くなったこと、COD成分を分解する微生物の固定化量が少ないこと、COD成分は微生物により分解されにくいことが考えられる。

図5はBODと同様に、河川水のCOD経日変化とバイオリアクター通過後の浄化水COD, COD除去率を示した。バイオリアクターの運転条件は流量165ml/h, 温度25°Cである。4月から10月をはじめまでの河川水のCODは18mg/l～48mg/lと差が見られる。やはりCODからも汚濁度の高い河川である。COD除去率は67.6%～90.0%と大きな差が見られた。河川水のCOD値が高いとき除去率が高くなっており、これは微生物に分解されやすい

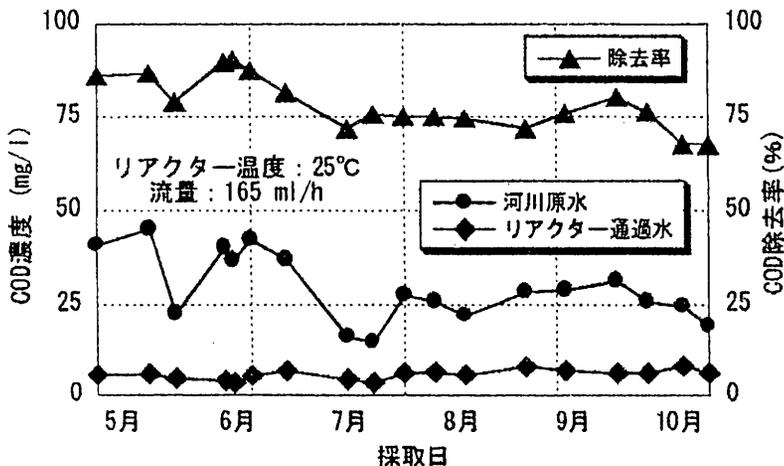


図5 堀江川河川水のCOD, COD除去率の経日変化

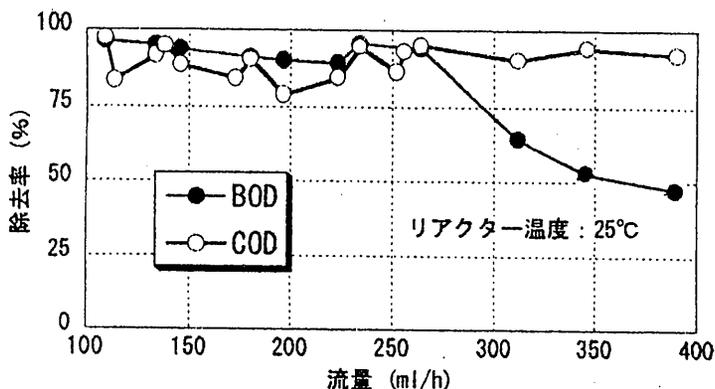


図6 活性炭充填リアクターのBOD, COD除去率への流量の影響

COD成分が増減し、分解されにくいCOD成分が一定量含まれていると考えられる。

### 3.3 COD除去率向上のための活性炭の利用

河川水中には分解されにくいCOD成分が含まれていると考えられたので固定化担体として充填している多孔性焼結体を一部活性炭に変えて除去率を検討した。活性炭は嫌気性リアクターの汚濁河川水流入口と好気性リアクターの浄化水排出口に多孔性焼結体を取りだし、その同体積の約150gをナイロンメッシュに詰めて充填した。

図5はリアクター運転25°Cで、流量を110~390ml/hの範囲で運転したときのBOD, COD除去率を示した。COD除去率は流量390ml/hまで80.0~95.0%とかなりの改善効果が見られた。一方、BODの除去率は活性炭を充填しないときに比べ260ml/hまでは約5%低下した。これは、活性炭の分だけ多孔性焼結体の量が少なくなり

微生物の固定化量が減少したためと考えられる。また、流量が260ml/hを越えると急激に除去率は低下した。これは汚濁河川水のリアクター内滞留時間が急激に短くなったためと考えられる。このことから、一定量の活性炭を多孔性焼結体とともに充填すればBOD成分とCOD成分の除去率の高いシステムになることがわかった。この結果はそれほど長い期間を要しなかったのははっきりしないが、長期間リアクターを運転していれば、活性炭上にも微生物が固定化されBOD除去率も向上すると考えられる。

### 3.4 全リン, 全窒素の浄化について

堀江川河川水的全リン, 全窒素は季節により差があるが、それぞれ8~12mg/l, 3~6mg/lであった。BOD, CODの除去試験と同様活性炭を充填しない場合と、充填した場合について検討した。全リンは流量が120~210

ml/h, 運転温度25℃で, 活性炭を使用しない場合, 除去率は40~60%で平均約50%であった。そして, 活性炭を充填しても, 除去率はほぼ同じであった。

全窒素は流量が120~210ml/h, 運転温度25℃で, 活性炭を使用しない場合, 除去率は30~50%, 平均35%であった。活性炭を充填した場合, 全リンの除去率と同様, 活性炭をしないときとほぼ同じ除去率であった。

全リン, 全窒素に対する活性炭の除去効果はないことが分かった。この2成分について他の除去法を検討する必要がある。

#### 4. おわりに

これまで廃棄物であった, 砕石粉碎工程で生じる微粒子を有効利用する目的でつくり出された多孔質焼結体は, 微生物の固定化担体として非常によい材料であることがわかった。本研究で試作した微生物膜バイオリアクターにこの多孔質焼結体を充填したところ, 汚濁河川水に生息に生息する微生物を効果的に固定化でき, BOD成分は95%以上の除去率が得られ, COD成分はBOD成分に比べると低かったが, 活性炭を多孔質焼結体に一部変えると, 90%程度までに除去率が向上した。本システムは, 運転コストが安く, メンテナンスが容易で, しかも, BOD, CODの除去率も高いことから, 下水道の整備されていない住宅地域の河川水浄化に極めて有用であることが分かった。

本研究に協力して頂いた環境情報学科環境分析研究室卒業研究生, 木村律子, 石垣晶子, 福島由美子, 飯野有佳, 本田朋子の諸君に感謝します。

#### Abstract

This paper describes the purification of extremely polluted river water with a microbe membrane bioreactor. The purification system consisted of an anaerobic bioreactor and aerobic bioreactor which were connected to series. Porous sintering materials were used as immobilized support. The operation conditions of the system were examined. The purification rate of BOD showed a high value more than 90%, but COD was 60-80%. An active carbon was used for purification rate improvement of COD component. As a result, the purification rate became higher to around 90%.