

ハイブリッド BCF の紹介

Hybrid BCF



(水)営業部第2グループ
杉澤政宣
Masanori Sugisawa
(水)第1技術部第2グループ
山地洋樹
Hiroki Yamaji

ハイブリッド BCF は固定床式生物処理装置 (BCF) の上部に流動床を設けた生物処理装置であり、DMSO 含有排水処理において固定床式の2倍以上の処理能力を有する。

本方式は必要な設置面積が小さいうえに、流動床式と異なり固液分離設備が不要である。

本稿ではハイブリッド BCF の特徴及び処理性能について報告する。

The Hybrid BCF is a combined biological treatment system, mounting a fluidized bed on top of a fixed bed type bio-reactor (BCF).

The pilot test proved the Hybrid BCF was twice as effective as conventional fixed-beds in treating DMSO wastewater. The system requires less installation area. Moreover, no solid/liquid separation unit is necessary compared to the fluidized bed system.

Key Words :

流動床	Fluidized-bed
固定床	Fixed-bed
DMSO (ジメチルスルホキシド)	Dimethyl sulfoxide
TOC 容積負荷	TOC volumetric load
TOC 除去率	TOC removal rate

まえがき

電子工業分野において、剥離剤やリンス剤としてジメチルスルホキシド (DMSO) の使用が増加している。当社はこの DMSO 含有排水を処理する装置として固定床式好気性生物処理装置 (以後固定床式生物処理装置と略す) である BCF (バイオ・コンタクト・フィルター) を販売しているが、処理規模の増大とともに処理の効率化や設備のコンパクト化が求められてきた。今回開発したハイブリッド

BCF は固定床式と流動床式好気性生物処理 (以後流動床式生物処理と略す) の双方の長所を有し、装置のコンパクト化、効率化を達成できた。

以下にハイブリッド BCF について報告を行う。

1. 各処理方法の特徴

1.1 固定床式生物処理

今回使用した BCF のテスト装置の概略フローを第1図に示す。

BCF は固定床式生物処理装置であり、特殊なセ

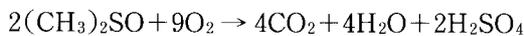
ラミック担体を充填し排水を下降流で流し処理を行う。この固定床部分の下部には散気装置を設け好気処理に必要な空気(酸素)を供給している。

固定床式生物処理の場合は菌体は固定床担体に付着した状態で存在しているため処理水中のSS(懸濁物質)は極めて少なく、後処理として沈殿池等の固液分離を行う設備の必要がない。しかし連続して処理を行うと増殖した菌体により担体間の空隙部分が閉塞をおこし、ろ過抵抗の上昇や酸素の不足が生じ、処理の悪化が起こる。このため定期的に空気と処理水(別途清澄水を用いても良い)による逆洗を実施し、逆洗排水ラインから余剰の菌体を装置外に排出する。

また、ろ過抵抗の増加を考慮し担体高さは3m程度にしている。

固定床式生物処理での流れは栓流に近い前処理としてNaOHだけでpH調整を行うと、DMSOの分解が進むに伴い硫酸が生成され生物処理に適さないpHまで低下する部分が出てしまう。このため処理水の循環を実施したり、pH調整に緩衝能力を有するNaHCO₃やNa₂CO₃などのアルカリ剤を添加している。

DMSOは次の反応式に示すとおり、分解が進むと硫酸を生成する。



1.2 流動床式生物処理

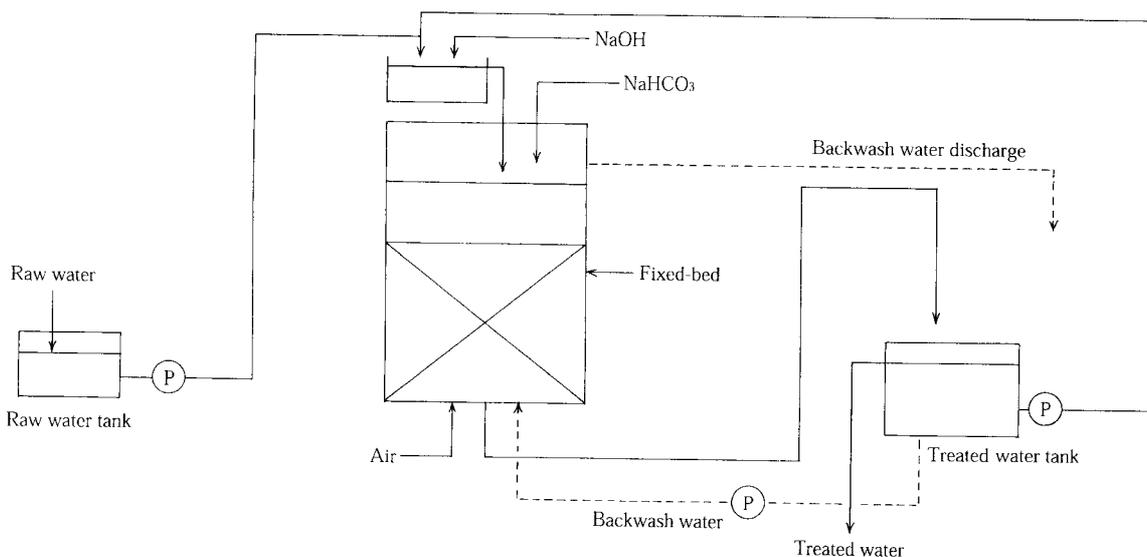
今回、使用したテスト装置の概略フローを第2図に示す。流動床式生物処理は比重が1.0前後の担体を装置内に充填し下部から散気を行うことで担体を流動させ排水や空気(酸素)との接触効率を高めて効率的に処理を行うことを特長とする処理方法である。今回は写真1に示す形状の担体を充填し、テストを実施した。流動床式生物処理では担体が流動しているため固定床式生物処理とは異なり、ろ過抵抗がつかないので装置高さを5m程度まで高くすることが可能である。

本テストで使用した担体は円筒形の内部に十字の仕切と周囲には小さなフィンを設けており、担体の内部に多くの菌体を保持できるうえに、周囲のフィンにより小さな動力で良好な流動を得ることができる。また流動床式生物処理では装置内で増殖し余剰となった菌体は処理水とともに装置外に排出されるため逆洗を行う必要がなく連続して処理を行えるうえに逆洗機構が不要となる。しかし処理水とともに余剰菌体が排出されるため後処理として沈殿池などの固液分離装置が必要になる。

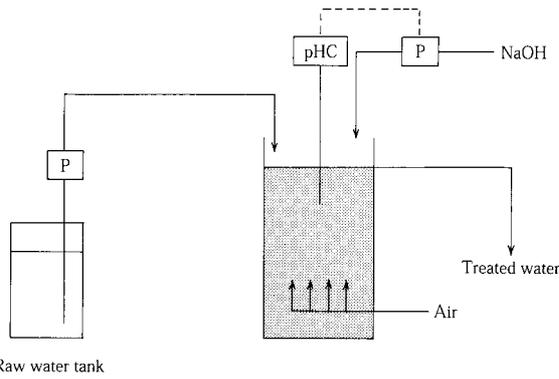
槽内は完全混合状態となっており装置内部のpHを感知して調整ができるのでNaHCO₃やNa₂CO₃より安価なNaOHのみでのpH調整が可能である。

1.3 ハイブリッドBCF

ハイブリッドBCFとは先に述べた固定床式生物処理と流動床式生物処理の長所を兼ね合わせた装置



第1図 BCFテスト装置フローシート
Fig. 1 Schematic diagram of BCF test equipment



Raw water tank

第2図 流動床式生物処理テスト装置フローシート
Fig. 2 Schematic diagram of fluidized-bed type biological treatment test equipment

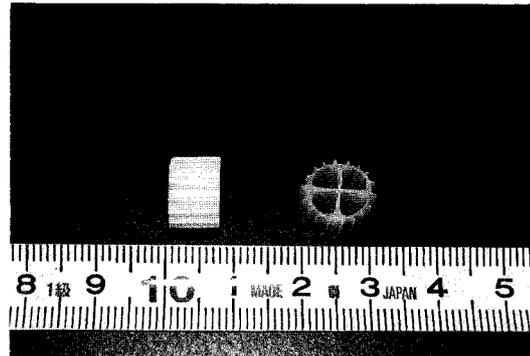
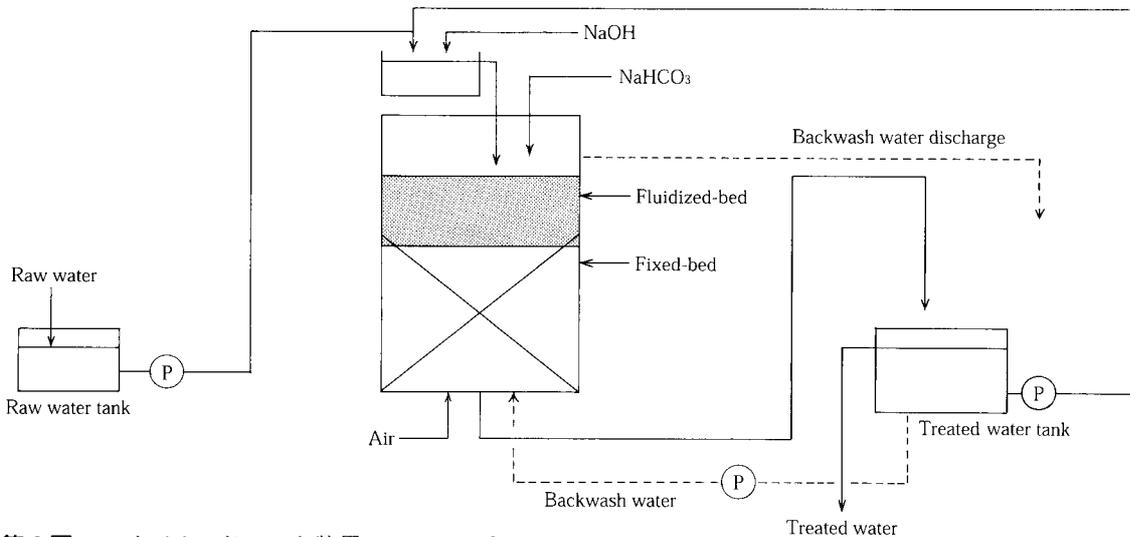


写真1 流動担体
Photo.1 Carrier elements of fluidized-bed



第3図 ハイブリッドテスト装置フローシート
Fig. 3 Schematic diagram of Hybrid BCF test equipment

として開発した生物処理装置であり下記の特長を持つ。

- 1) ろ過抵抗のつかない流動床を固定床の上部に設けることにより装置高さを高くでき装置面積を小さくできる。
- 2) 流動床の下部に固定床を設けることにより、流動床部で増殖し余剰となった菌体を固定床部で補足できるので処理水中のSSが少なくなり後処理としての沈殿池などが不要になる。

2. 各処理方法の処理能力

2.1 テスト条件

2.1.1 ハイブリッドBCF

今回使用したテスト装置の概略フローを第3図に示す。

この装置は従来型のBCFの固定床部分の上部にある余裕水深部に流動床担体を充填した構成となっており逆洗実施時に流動担体が流出しないように逆

第1表 原水組成

Table 1 Composition of raw water

Substance		
TOC	(mg/L)	85~130
DMSO	(mg/L)	140~310
T-N	(mg/L)	10~28

洗排水ラインにスクリーンを設けている。

その他の装置概要は次のとおりである。

カラム寸法：300 mm^φ×3000 mm^H

固定床担体充填量：106 L

担体流動部分容積：27 L

テストに使用した原水組成を第1表に示す。

原水量を変化させることにより反応部体積当たりの全有機炭素 (Total Organic Carbon : 以後 TOC

と略す) 容積負荷 ($\text{kg-TOC}/\text{担体} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{d}$ 以降 $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ と表記する) を変化させ TOC 除去率との関係を確認した。

2.1.2 BCF

使用装置及び原水組成, テスト方法はハイブリッド BCF と同じである。

2.1.3 流動床式生物処理

第 2 図に示したフローの装置で同様のテストを実施した。装置概要は次のとおりである。

寸法: $80 \text{ mm}^{\text{W}} \times 140 \text{ mm}^{\text{L}} \times 550 \text{ mm}^{\text{H}}$

担体流動部分容積: 5 L

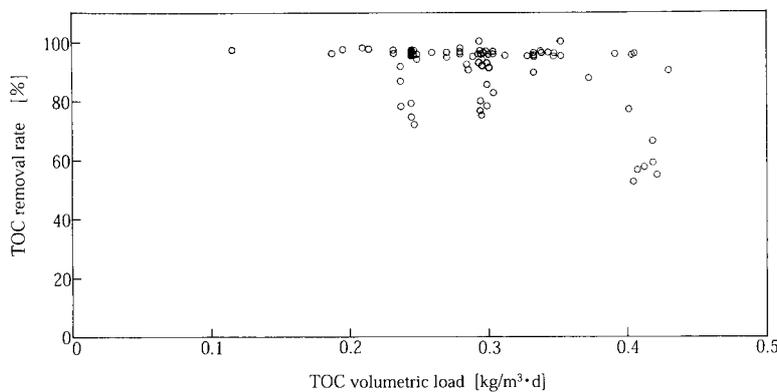
原水組成はハイブリッド BCF と同じである。

2.2 各処理方法のテスト結果 (TOC 容積負荷と TOC 除去率の関係)

第 4 図に流動床式生物処理の第 5 図に BCF の TOC 容積負荷と TOC 除去率の関係を示す。第 6 図にはハイブリッド BCF の TOC 容積負荷と TOC 除去率の関係に加え流動床部分と固定床部分での TOC 除去量について示す。

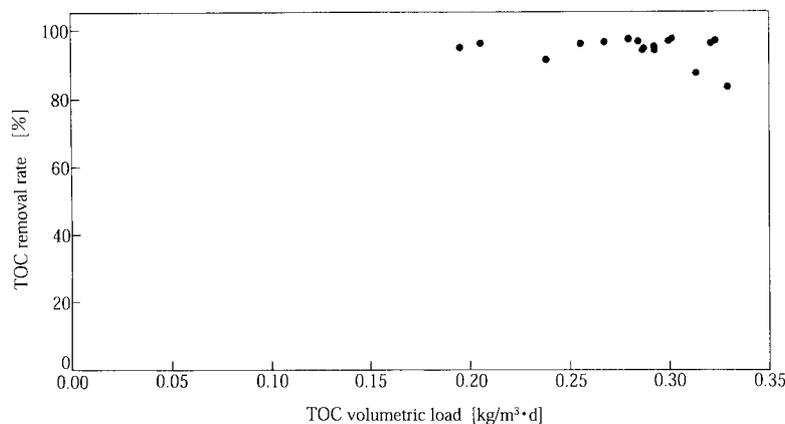
2.2.1 流動床式生物処理

第 4 図から流動床式生物処理の場合は TOC 容積負荷が $0.35 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ を越えると除去率が低下している。また TOC 容積負荷が $0.35 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 以下でも除去率が不安定であった。



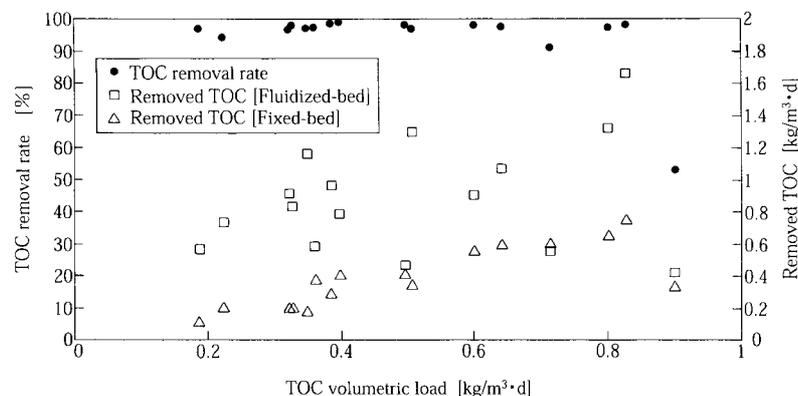
第 4 図 TOC 容積負荷と TOC 除去率の関係(流動床式)

Fig. 4 Relationship between TOC volumetric load and TOC removal rate (Fluidized-bed type)



第 5 図 TOC 容積負荷と TOC 除去率の関係(BCF)

Fig. 5 Relationship between TOC volumetric load and TOC removal rate (BCF)



第 6 図 TOC 容積負荷と TOC 除去率の関係(ハイブリッド BCF)

Fig. 6 Relationship between TOC volumetric load and TOC removal rate (Hybrid BCF)

2.2.2 固定床式生物処理 (BCF)

第5図からBCFではTOC容積負荷が $0.3\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ まではTOC除去率は約95%と良好であるが $0.32\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ を越えると除去率が低下した。

2.2.3 ハイブリッドBCF

ハイブリッドBCFの場合は第6図からTOC容積負荷 $0.60\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ まではTOC除去率は95%以上と良好であるが、 $0.65\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ を越えると除去率が低下を始め $0.90\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ では除去率は53%まで低下した。このことから余裕をみてもTOC容積負荷 $0.60\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ までは安定した運転が可能である。

今回のテストではBCFのテスト装置の上部の余裕水深部に流動床担体を投入して行った。

TOC除去率を95%に保っているTOC容積負荷のもとでの最大TOC除去量はハイブリッドBCFで $75.8\text{g}/\text{d}$ 、BCFで $30.2\text{g}/\text{d}$ であり同一装置を使用してハイブリッドBCFのTOC除去量はBCFの2.5倍である。

すなわちすでに稼働しているBCFの上部の余裕水深部に流動床担体を充填することにより2.5倍の処理性能の向上ができる。

なおTOC容積負荷 $0.80\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 以上でもTOC除去率が95%維持している場合もある。

また、流動床部分のTOC除去量は最高で $1.6\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ まで上昇しているが除去が不安定である。一方固定床部分でのTOC除去量はTOC容積負荷の上昇に伴い $0.6\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ まで上がっており、処理性能は安定している。すなわちTOC容積負荷 $0.8\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 以上でもTOC除去率が95%維持している点は流動床部分でのTOC除去量が高かったためであり、安定性を考慮するとTOC負荷 $0.60\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ までとするべきである。

なお処理水中のSS濃度も $8\sim 14\text{mg}/\text{L}$ であり固定床生物処理と同等であることを確認した。

2.3 ハイブリッドBCFと他の処理方法の処理能力の違いについての解析

2.3.1 流動床式生物処理とハイブリッドBCFの流動床部分での処理能力の違いについて

前記結果から流動床式生物処理及びハイブリッドBCFの流動床部分での処理能力が不安定であることが判明した。これは今回処理した原水に浸透性と剥離性が強いDMSOが含まれているためであると思われる。

流動床担体は下部からの散気により装置内を絶えず流動しており、洗浄されているのと同じ状態になり、

付着している菌体が剥離し菌体付着量が保持できないため安定した処理能力を維持できないものと思われる。

ハイブリッドBCFの流動床部分のTOC除去量が流動床式生物処理のそれより高い理由は、流動床式生物処理の場合は担体から一旦剥離した菌体は処理水と共に流失してしまうのに対し、ハイブリッドBCFの場合は下部に固定床があるため装置外へ剥離した菌体が流出し難く流動担体への再付着が容易なためであると思われる。実際に流動担体の菌体付着量を測定したところ流動床式生物処理では平均で $320\text{mg}/\text{L}$ であったのに対してハイブリッドBCFの流動担体では $875\text{mg}/\text{L}$ であり、明らかに菌体付着量がハイブリッドBCFの流動担体の方に多いことを確認した。

2.3.2 固定床式生物処理 (BCF) とハイブリッドBCFの固定床部分での処理能力の違いについて

BCFではTOC容積負荷が $0.32\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ を越えるとTOC除去率が低下するのに対してハイブリッドBCFの固定床部分では $0.6\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ まで安定してTOCが処理できている。

この原因は次に記す2つの相乗効果によるものと思われる。

1) 固定床部分のpHの安定

DMSOは分解が進むにつれて硫酸を生成しpHを下げることは先に説明した。このため固定床上部の液部分のpHを中性近傍に調節した場合は固定床の中を処理水が栓流で流れるに伴いpHが順次低下し最終的に酸性となり菌体にとって適さない条件となり、処理が不十分になってしまう。これを防止するためBCFの場合は処理水を循環してpHの安定を行っている。このことにより固定床上部のpHを若干高めに調整することで処理水のpHを7程度にすることができる。これに対してハイブリッドBCFの場合は固定床上部には流動担体が存在しており、この部分でDMSOの分解はすでに行われている。さらに流動床部分は完全混合に近く、生成された硫酸に見合うだけのアルカリ剤を自動で注入することが容易である。従ってハイブリッドBCFの場合は処理水の循環を行わずともBCFよりもpHの変化を抑制することが出来、固定床全体が菌体にとってより好ましい条件となり菌の活性が高くなりハイブリッドBCFの固定床部分でのTOC除去量が高くなったと考えられる。

実際今回のテストでは流動部の pH が 7~7.7 に対して処理水の pH は 6.7~7.7 であり固定床内での pH の変化が抑制されていることを確認している。

2) 流動床部分から固定床部分への菌体の供給

流動担体は絶えず流動しており、液や酸素との接触効率がよく付着している菌体の活性が高く、増殖速度も速いと考えられる。すなわち流動担体で増殖、剥離した活性の高い菌体は絶えず固定床部分に供給されることになり固定床部分での菌体の活性化や菌保持量の増加がおり、結果的に固定床部分の TOC 除去能力が高くなったものと考えられる。

む す び

ハイブリッド BCF は固定床式生物処理の長所である「処理水中の SS が少なくなり沈殿池が不要になる」ことと流動床式生物処理装置の長所である「装置高さを高くでき設置面積を小さくできる」と

いう双方の長所を合わせ持つだけに止まらず、単に流動床式生物処理と固定床式生物処理を合計した以上の処理能力を有する。具体的には既存の BCF の上部に流動床担体を充填することにより処理能力を約 2.5 倍にできる生物処理装置である。

今後は DMSO 含有排水以外の排水についても適用を検討していく所存である。

[参考文献]

- 知福博行：神鋼パンテック技報, Vol.38, No.3 (1994), p.21
川嶋 淳ほか：神鋼パンテック技報, Vol.41, No.1(1997), p.18
熊野 晋ほか：神鋼パンテック技報, Vol.41, No.2(1998), p.10
宮本 武ほか：神鋼パンテック技報, Vol.42, No.2(1999), p.101
野中信一ほか：神鋼パンテック技報, Vol.43, No.2(2000), p.26

連絡先

杉澤 政宣 環境装置事業部
水処理本部
営業部第2グループ
TEL 06 - 6390 - 1352
FAX 06 - 6390 - 1359
E-mail m.sugisawa@pantec.co.jp