

廃水処理用スポンジ担体の開発

Development of Porous Hydrogel Media for Wastewater Treatment with Microorganisms



新事業本部
技術部
吉武 淳也
Junya
Yoshitake



新事業本部
技術部
高寺 貴秀
Takahide
Takadera



新事業本部
技術部
泉田 仁
Hitoshi
Izumida

1. はじめに

我が国において、高度成長期に河川や湖沼及び海域は鉱工業由来の各種産業廃水により著しく汚染され、公害問題が多発した。これを受けて、1971年から水質汚濁防止法が施行され、有害物質や汚染物質の排出が厳しく規制されたことから日本の水環境は改善されて来ている。しかしながら、閉鎖水域では窒素やリン等を含む物質が流入することによって富栄養化し、それに伴う「赤潮」等の発生が未だに認められている。今後さらに強化が予想される廃水規制に対応するための廃水処理技術の課題としては、処理設備の小型化、処理水質の向上などが挙げられる。この課題を克服する為に、近年、微生物固定化担体を用いた担体投入型バイオリアクターがよく用いられている。担体投入型バイオリアクターは生物処理槽に担体を投入することで、廃水処理に関与する微生物を担体に固定化し、処理槽内で微生物を高濃度に保持することができ、効率よく処理を行うことができる。その結果、処理槽の小型化、処理水質の向上、メンテナンスの簡略化および余剰汚泥の低減などの効果が認められている。

当社では、これまで培ってきた微生物固定化技術を廃水処理に応用し、高度廃水処理担体KPパールをすでに開発している¹⁾。生物学的硝化法において、KPパールを微生物固定化担体として用いることにより、担体表面に生育速度の遅い硝化菌を高濃度に固定化でき、大幅な処理効率の向上が図られることから、すでに多くの処理施設で使用されている²⁾。また、KPパールに付着固定化された微生物を詳細に調べてみると、高負荷条件で処理を行うほど、担体に固定化された微生物中の硝化菌の割合が増えてくることがわかった。つまり、KPパールはほぼ選択的に硝化菌を付着固定化する担体であることが示唆されたのである³⁾。

一方、BOD処理(有機物処理)は活性汚泥法で行われてきた。活性汚泥法では処理槽に活性汚泥を投入して空気を吹き込んでBODを処理し、沈殿槽で汚泥を沈降分離して処理水を消毒放流する(図1)。近年、通常の活性汚泥法でも比較的効率よく処理可能であったBOD処理についても担体法の適用が図られ、さらに効率の良いコンパクトな処理方法

が開発されている。このBOD処理にはスポンジ担体や様々な形状のプラスチック担体がよく用いられる。

廃水処理の中でもBOD処理は大きな比率を占めている。我々は廃水処理を総合的に行うためにはBOD担体の開発が不可欠と考え、一般に微生物の保持能力が高いと言われるスポンジ担体に着目し開発を行ったので紹介する。

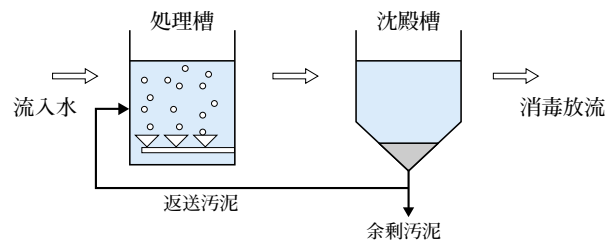


図1 BOD処理工程

2. 開発コンセプト

スポンジ担体とKPパールの性能概要を表1に示す。スポンジ担体の多くは水との親和性が悪く、浮上しやすいため投入直後の流動性(初期流動性)が悪いという問題があった。そこでKPパールに使用されているような含水ゲルで親水性の高いスポンジ担体を作製することで、微生物の保持能力が高く、初期流動性の良好な担体が得られると考えた。

表1 スポンジ担体とKPパールの性能

	ウレタン系 スポンジ	オレフィン系 スポンジ	KPパール (含水ゲル)
初期流動性	△	△	◎
耐摩耗性	○	△	○
耐薬品性	○	◎	○
BOD処理性能	○	○	△
硝化性能	△	△	◎

性能評価：優○>△>×劣

3. 機能目標

開発した含水ゲルスポンジ担体は、高密度タイプのアレスバイオフォームHD (ABF-HD) と低密度タイプのアレスバイオフォームLD (ABF-LD) の2種類であり、その機能目標はウレタン系スポンジ担体との比較により設定した。すなわち両担体とも物性、耐薬品性およびBOD処理性能のいずれの性能もウレタン系スポンジ担体より優れることを目標とし、ABF-HDについてはさらに付加価値を与えるため硝化性能も併せ持つことを目標とした。

3.1 物性

3.1.1 耐摩耗性

担体は処理槽内を流動しているため槽の壁面等に衝突して摩耗しやすい。摩耗によって重量減少が少ないほど良好である。そこで、振とう機を用いた振とう試験で担体の重量減少が実用性の観点から10%以下であることを目標とした。

3.1.2 引張破断強度

処理槽で使用する担体は、攪拌機、曝気装置などで物理的なせん断力を受ける。そこで物理的せん断力に対する指標として引張破断強度を測定した。実用上問題のないレベルとして引張破断強度2N以上を目標値とした。

3.2 耐薬品性

BOD処理では有機酸。硝化処理では硝酸、亜硝酸が発生する。処理槽全体ではpHコントロールを行っているものの、局部的にpHがかなり低下し担体が損傷を受ける可能性がある。また、担体が嫌気状態に置かれた場合、脱窒素反応等によりアルカリが発生し、局部的にpHが上昇する可能性がある。さらに、担体を浄化槽で使用する場合は消毒剤(次亜塩素酸ソーダ)が槽内に混入する状況も考えられる。

以上のことから、担体が酸性、アルカリ性、酸化性の各薬剤に対して、市販スポンジ担体より影響が小さいことを目標とした。

3.3 廃水処理性能

BOD処理性能および硝化性能は、微生物を付着させた担体を用いて、BOD処理速度または硝化速度で評価した。BOD処理性能はウレタン系スポンジ担体と比較して同等以上の性能を持つことを目標とした。また、ユーザーから市販スポンジ担体の3倍程度の硝化活性を持つことを要望されている。そこで、硝化性能はウレタン系スポンジ担体と比較して3倍以上の性能を持つことを目標とした。

3.4 初期流動性

初期流動性は担体投入直後に曝気して均一に流動することを目標とした。担体が曝気時に浮上あるいは沈降した

ままでも流動性が低ければ処理効率が低下するため、曝気時の担体の槽内での流動状態を評価した。

4. アレスバイオフォームの作製方法

アレスバイオフォームは末端に反応性基を有する親水性プレポリマー、反応性化合物および発泡剤を混合、反応させることで発泡体を作製し、その発泡体を立方体に裁断加工して得た。

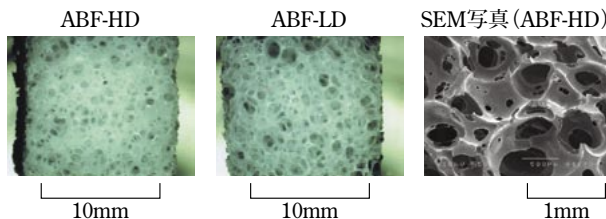
5. 性能

5.1 アレスバイオフォームの性状

アレスバイオフォームの性状を表2に示す。ABF-HD、ABF-LDともに乾燥状態での担体の1辺の長さは約7mm、水膨潤状態で約10mmであり、水膨潤率は約300%である。乾燥時の密度は、ABF-HDが150 kg/m³、ABF-LDが60 kg/m³であった。SEM写真でスポンジの構造を観察すると、セルの周りに壁状のリブが形成されていることがわかる。これにより表面積が増加するため、微生物の保持量の増大が期待できる。

表2 アレスバイオフォームの性状

	1辺の平均長さ		膨潤率 (%)	乾燥時密度 (kg/m ³)
	乾燥 (mm)	水膨潤 (mm)		
ABF-HD	7.1	10.5	320	150
ABF-LD	7.2	10.3	290	60



5.2 物性

耐摩耗性の評価は、内面に耐水研磨紙を貼り付けた容器に担体と水を入れ、所定時間振とう機にて振とうし、振とう前後の乾燥重量の変化で行った。結果を図2に示す。処理時間20時間で市販スポンジ担体は、残存率70%近くまで低下しているが、ABF-HD、ABF-LDの残存率は約90%であり、高い残存率を維持した。

引張試験は、島津製作所製EZテストで行った。担体は水浸漬して十分に膨潤させ、測定直前に表面の水分を除去して試験を行った。結果を表3に示す。ABF-HD、ABF-LDはウレタン系スポンジ担体に比べて、引張破断強度、弾性率が低く、破断伸び率が高いという性質を示した。

耐摩耗性試験、引張試験の結果からABF-HD、ABF-LDは柔軟な性質を持っており、そのためウレタン系スポンジ担体に比べて耐摩耗性が良好であると考えられる。

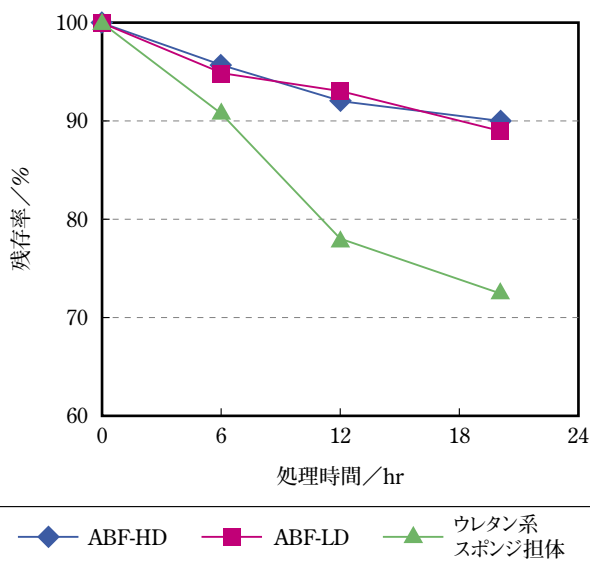


図2 耐摩耗性試験

表3 引張試験

	ABF-HD	ABF-LD	ウレタン系スポンジ担体
平均破断強度 (N)	4.5	2.3	7.2
平均破断伸び率 (%)	1000	450	410
弾性率 (Pa)*	2.5×10^5	0.7×10^5	3.9×10^5

*引張試験時のスポンジ断面積を10mm²として算出。

5.3 耐薬品性

試験条件は、薬液として0.01N-KOH（アルカリ）、0.1N-HNO₃（酸）、NaClO溶液（有効塩素0.01%）を用い、各薬液に担体を2週間浸漬した後の重量変化で耐アルカリ性、耐酸性、耐酸化性を評価した。耐薬品性試験の結果を表4に示す。ABF-HDとABF-LDの耐酸性、耐アルカリ性、耐酸化性は、重量減少がほとんどなく良好であった。なお、ウレタン系スポンジ担体の耐薬品性は、いずれの試験においてもABF-HD、ABF-LDとほぼ同等であった。

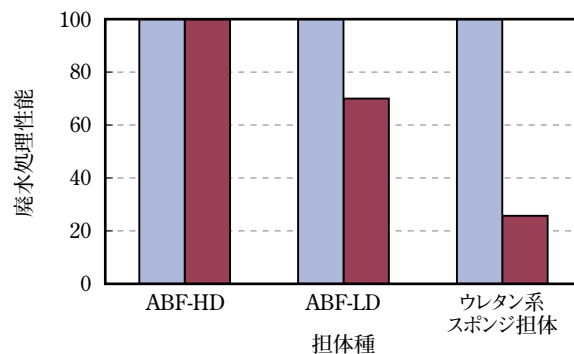
表4 耐薬品性試験

	ABF-HD	ABF-LD	ウレタン系スポンジ担体
耐アルカリ性	○	○	○
耐酸性	○	○	○
耐酸化性	○	○	○

5.4 廃水処理性能

BOD処理性能は活性汚泥（MLSS：2000mg/L）中に担体を投入し、馴養した後、担体を取り出して人工廃水（BOD:200mg/L）中でのBODの減少速度で評価した。また、硝化性能は担体に硝化菌を付着させた後、人工廃水を連続的に流して連続処理速度により評価した。BOD処理性能および硝化性能を図3に示す。その結果、ABF-HD、ABF-LDのBOD処理性能はウレタン系スポンジ担体と同等であった。このことは、ABF-HD、ABF-LD、ウレタン系スポンジ担体の汚泥保持能力が同等であるためと推測する。ま

た、ABF-HD、ABF-LDの硝化性能はいずれもウレタン系スポンジ担体に比べて優れていることを確認した。これはABF-HD、ABF-LDがKPパールのような含水ゲルであるため、ABF-HD、ABF-LDに硝化菌が付着しやすいからと考えられる。また、ABF-HDはABF-LDより硝化性能が優れていることがわかった。



ABF-HDを100とした時の相対比

■ BOD処理性能 ■ 硝化性能

図3 廃水処理性能試験

5.5 初期流動性

初期流動性は10Lの処理槽に担体を2L投入後、水を入れ曝気したときの担体の流動状態から評価した。ウレタン系スポンジ担体は、ほとんどが浮上したままで流動性が低い。ABF-HD、ABF-LDは、いずれも槽内を浮沈し、均一に流動することを確認した。

6. まとめ

6.1 アレスバイオフィフォームHD（高密度タイプ）

ABF-HDは物性、耐薬品性、BOD処理性能が非常に良好な担体である。また、硝化性能も良好であり、硝化処理用の担体としても使用することができる。

6.2 アレスバイオフィフォームLD（低密度タイプ）

ABF-LDは物性、耐薬品性、BOD処理性能が良好で、ABF-HDよりも密度が低いためABF-HDに比べて安価であり、浄化槽用に適している。

微生物の保持能が高く、物性および耐薬品性の良好なスポンジ担体を開発した。BOD処理用のスポンジ担体を開発したことにより、アンモニア処理用のKPパール、脱窒素用担体のKPパールDNを組み合わせることができ、担体法によるBOD処理および窒素除去処理の高効率廃水処理システムの構築が可能となった。

7. 参考文献

- 1) 泉田仁：塗料の研究、142、43-49（2004）
- 2) 三島浩二、伊藤三郎、平間敏郎：産業機械、9月号、3-6（1998）
- 3) 田中淳一：塗料の研究、139、2-11（2002）