

DHS リアクターに用いられるスポンジ担体の物理的キャラクタリゼーション

東北大学工学部 学生会員 ○大浦一恵

東北大学大学院工学研究科 学生会員 渡辺悠介

東北大学大学院工学研究科 正会員 久保田健吾, 李玉友, 原田秀樹

1. はじめに

DHS リアクターはUASB 法のポストトリートメントとして開発された排水処理システムである。原理は散水ろ床法に類似し、排水をスポンジ内に重力降下させ、スポンジに保持された微生物群の働きにより処理する。特徴として (1) 無曝気でも十分な酸素が取り込めること、(2) スポンジ内部にまで高濃度の汚泥を保持できることが挙げられる。このような好気プロセスにおいては、いかにリアクター内に酸素を供給させるか、排水と汚泥の接触効率を高めるかが重要となるが、DHS においては汚泥保持担体であるスポンジが大きくその役割を担っていると考えられる。そこで本研究では、DHS リアクターに用いられるスポンジ担体を持つこれらの物理的特性に着目し、酸素供給能力と汚泥捕捉能力について検討することでキャラクタリゼーションを行った。

2. 酸素供給能力実験

2.1 k_La の原理と実験目的

酸素供給能力の尺度を表すものとして総括酸素移動容量係数 (k_La) がある。本研究では図-1 のように DO, t を定義した。そして酸素の水への溶解速度の式 (下水試験方法¹⁾) より求まる、 k_La を求める式 (式-1) を用いて k_La の測定を行った。

$$k_La = \frac{2.303}{t_x} \log \frac{DO_s - DO_0}{DO_s - DO_x} \quad (\text{式-1})$$

DHS はスポンジ表面及びスポンジ間隔から酸素を取り込むと考えられる。そこで、本実験では表-1 のように 3 種類の体積と各々スポンジ間隔の有無について合計 6 通りの実験条件で行うことで、どのような場合に酸素の供給が優れるのかを明らかにしようとした。

2.2 実験方法

実験装置の概略を図-1 に示す。使用した無酸素水は蒸留水を煮沸したあと窒素曝気し、酸素が新たにとけ込むのを防ぐため窒素ガスをつめたガスバグを接続した。煮沸することで内部の空隙を水で満たしたスポンジに無酸素水を供給し始め、定常状態になるよう理論的 HRT が経過してから、DO 微小電極を用いて各スポンジ間の DO を測定した (図-2)。

2.3 トレーサー実験

正確な HRT を求めるため、トレーサー実験を行った。本研究ではトレーサーに飽和 NaCl 溶液を用い、注入量は流入水の流量を妨げないよう 0.25 ml 程度とした。

3. 汚泥捕捉能力実験

3.1 吸光度法による測定原理

DHS の汚泥捕捉能力に関する既往の研究として、スポンジ担体を汚泥に浸し、捕捉した汚泥濃度を重量法により算出する方法が用いられてきた。しかし本実験では、実リアクターが汚泥を捕捉する過程により近い条件で DHS の汚泥捕捉能力を検討するため、スポンジ上部より汚泥を供給し、流出した懸濁液の SS 濃度を吸光度法により測定することで、捕捉汚泥濃度を算出した。この方法により、スポンジが物理的に捕捉できる汚泥の最大量を求めることができる。また吸光度法によって汚泥の SS 濃度を求めるため、0~1000 mg-SS/L の汚泥について段階的に光路長 10 mm, 660 nm における吸光度を測定し、検量線を作成した。実験条件は表-2 に示す通りであり、理論的 HRT を一定にし、スポンジのセルサイズ、スポンジ角の大きさによる汚泥捕捉能力の比較を行った。

3.2 実験方法

実験装置は図-4 のように組み立てた。供給する汚泥は A_2O

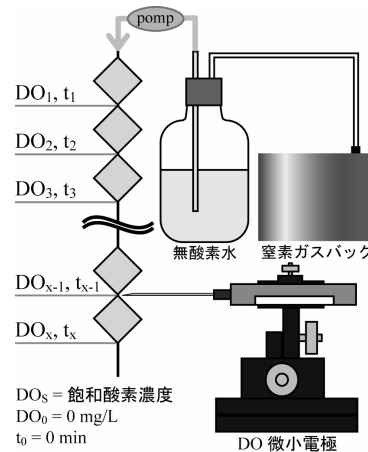


図-1 k_La 実験原理

表-1 実験条件

スポンジ角	スポンジ間隔
15mm角	あり なし
30mm角	あり なし
45mm角	あり なし

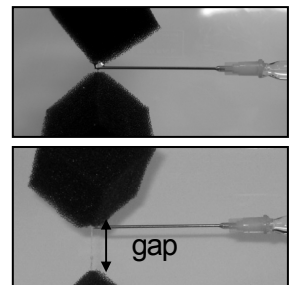


図-2 測定の様子

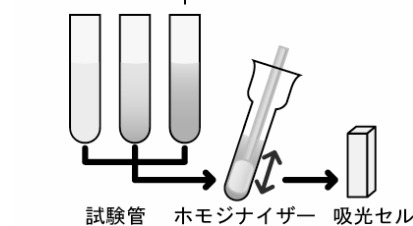
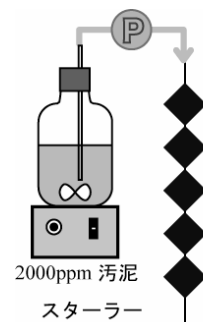


図-4 汚泥捕捉実験装置

表-2 実験条件

スポンジサイズ	15mm角	30mm角
流量 (ml/min)	5	10
セルサイズ (mm)	1.92	
	1.25	
	0.83	
	0.63	
	0.56	

法における返送汚泥をスキムミルクで培養したもので、これを濃縮・希釈により 2000 mg-SS/L に調整して使用した。またスポンジは煮沸により内部の空隙を水で満たした。実験開始とともに汚泥を一定流量でスポンジに供給すると同時に、下部から流出した懸濁液を 1 分間毎に試験管に採取した。流出した懸濁液はホモジナイザーでよく分散させ、吸光度を測った。流出 SS 濃度が供給 SS 濃度に等しくなるまで試験を行い、その時点までの累積供給 SS 量と累積流出 SS 量の差から、スポンジに捕捉された汚泥量を算出した。

4. 実験結果

4.1 酸素供給能力

得られたDO曲線より、式1にしたがってlog部分をプロットすると図5のようなグラフが得られる。logプロットの傾きより k_La を求め、ギャップの有無による比較をしたグラフを図6に示す。45mm角のスポンジはトレーサー試験の結果でも実HRTと理論HRTの差が87%と大きく、水がスポンジ全体にうまく浸透せずに流出してしまうため、 k_La 実験の結果にもばらつきがでてしまった。15mm角、30mm角での結果を考えると、ギャップの有無による k_La の変化はそれほど大きくなく、またスポンジサイズが小さいほど酸素供給能力に優れることがわかる。ギャップがある方が水が空气中を滴下しする際に酸素を取り込むため、酸素供給能力に優れると考えられたが、逆の結果になった。ギャップがある場合流下距離も変化するため、実験にはHRTのみでなく流下距離も条件として考慮する必要があると考えられる。それぞれの条件における k_La は15.2~84 h⁻¹となり、これは図7に示す通り他の水処理プロセスと比較しても優れた結果となった。

4.2 汚泥捕捉能力実験

30mm角スポンジにおける実験結果を図8に示す。これより、スポンジのセルサイズにより、汚泥の流出の仕方に違いがあることがわかる。セルサイズ1.92 mm、0.63 mm、0.56 mmのスポンジは汚泥供給実験の当初の予想通り、ある時点で一気に捕らえきれなくなった汚泥がスポンジ外に流出し、汚泥流出後の吸光度は安定した。それに対し、セルサイズ1.25 mm、0.83 mmのスポンジはいったん汚泥が流出した後もまだ汚泥をため続け、最終的に流出汚泥の濃度が供給濃度と同じになるまで、汚泥を捕捉し続けた。結果、この2つセルサイズではそれぞれ8.93 g-SS/L-sponge、2.63 g-SS/L-spongeの汚泥を捕捉した。(図9) また、スポンジのデッドスペースを減らすため、スポンジを15 mm角にし、滞留時間を同じにした実験においては、セルサイズ1.92 mm、0.63 mm、0.56 mmのスポンジにおいてうまくデッドスペースを減らすことに成功し、セルサイズ1.92 mmのスポンジにおいて汚泥捕捉量は4.55 g-SS/L-spongeを示した。既往の研究²⁾によると、都市下水処理に使用したDHSの保持汚泥濃度を測定したところ、30~40 g-SS/L-spongeという汚泥を保持していたとある。このDHSは運転500日目のものであることから、DHSは今回のような短時間での汚泥供給による物理的な汚泥捕捉能力に加えて、微生物が増殖することによってより密に多くの汚泥を保持することができると考えられる。

また、本実験を通して、供給汚泥濃度が重要なファクターである可能性が示唆された。各実験において少しずつ異なる汚泥の性状が、実験結果にも少なからず影響を与えていると考えられる。

5. 今後の展開

本実験ではクリーンスポンジでの k_La の算定を行ったが、実リアクターでは保持した汚泥が酸素の供給へどのような影響を及ぼすのかの検討が必要である。また、汚泥の捕捉能力に関しても、供給汚泥の濃度が捕捉能力へ及ぼす影響の検討が必要である。

参考文献

- 1) 日本下水道協会：下水試験方法，1997
- 2) タンドカールら：UASBと第四世代DHSリアクターから構成される新規下水処理システムの開発，環境工学研究論文集，Vol. 41, pp. 155-164, 2004

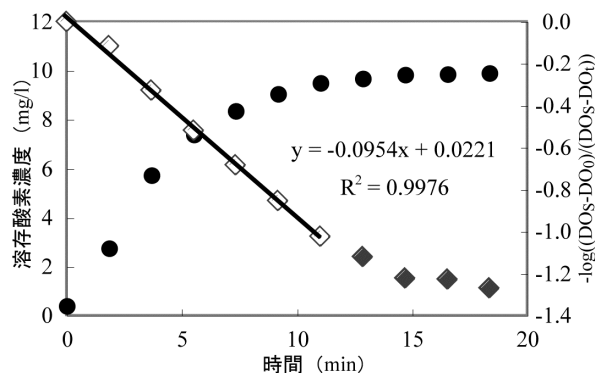


図5 流量10ml/min, 30mm角, gapありにおけるDO曲線とlogプロット

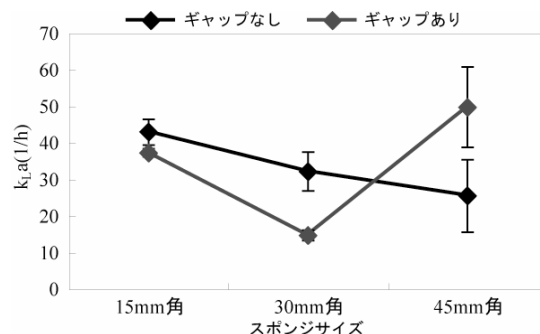


図6 ギャップの有無による k_La の比較

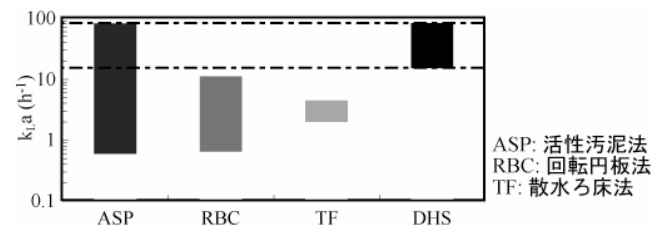


図7 好気プロセス別 k_La の比較

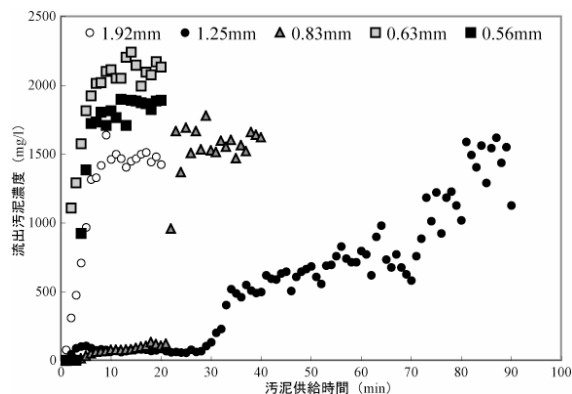


図8 各セルサイズによる汚泥流出の様子の比較

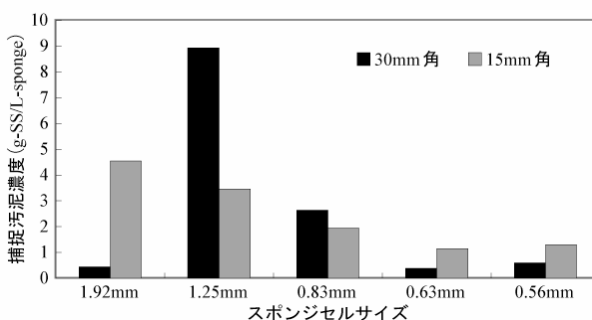


図9 各セルサイズでのスポンジサイズによる捕捉汚泥濃度比較