

## 下向流スポンジ懸垂型(DHS)リアクターの ふん便性大腸菌群の除去能力に関する研究

木更津高専                      丸山陽佑   石崎匡晃   鈴木紗織   上村繁樹   高橋克夫   高石斌夫  
長岡技術科学大学           原田秀樹   大橋晶良

### 1. はじめに

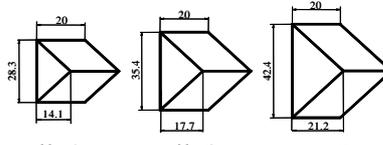
開発途上国の人々は、先進国に比べて汚染された河川水と接触する機会が多く、病原菌に感染するリスクが高い。そのため下水処理システムにも優れた病原菌除去能力が望まれる。通常、先進国の下水処理では塩素消毒設備を付帯することが常識であるが、途上国の場合、薬剤交換の労務やコスト的な点から果たして消毒設備が確実に機能するかどうかという不安がある。そのため、消毒設備が無くとも WHO の定めた放流基準（ふん便性大腸菌群（F.coli）数で 1000 個/100mL 以下）がクリアできることが望ましい。

我々の研究 Gr では、途上国向けの新規下水処理技術として、UASB リアクターとスポンジを固定化担体として用いた下向流スポンジ懸垂型(Downflow Hanging Sponge-cube : DHS)リアクターを組み合わせたシステムの研究を行っている<sup>1)</sup>。DHS は、鉛直に連ねた生物膜付着スポンジの上部から UASB 処理水を流下させるだけの非常に簡単な装置であり、過去の一連の研究から、DHS が優れた有機物除去能力と硝化能力を発揮することを証明してきた<sup>1)</sup>。しかしながら、上記の観点から、ふん便性大腸菌群の除去能力についてはさらなる検討が必要であることも確認している<sup>2)</sup>。そこで本研究では、異なるサイズのスポンジを有する 3 台の DHS を用い、DHS の F.coli 除去能力に対するスポンジサイズの影響を検討した。

### 2. 実験方法

実験には、図 1 に示すように 3 台の DHS リアクターを用いた。DHS の処理高さ(200cm)、スポンジ幅(2cm)、スポンジ総量(240cm<sup>3</sup>)は 3 台とも同一とし、スポンジサイズをそれぞれ、No.1 : 28.3mm × 14.1mm , No.2 : 35.4mm × 17.7mm , No.3 : 42.4mm × 21.2mm と変更させた。なお、我々の研究 Gr ではインドにおいて処理水量 1000m<sup>3</sup>/day 規模の DHS デモンストレーションプラントを運転しているが、No.3 で用いたスポンジは、同プラントで用いたものと同じサイズである。木更津市下水処理場の最初沈殿地を通過した下水を、スポンジサイズに基づき HRT2h で各 DHS に供給した。実験は 25℃ の室温を保った部屋で運転を行った。流下水中の DO のプロファイルはクラーク型 DO 微小電極を用いて行った<sup>3)</sup>。

Height : 2000 mm  
Width : 20 mm  
Theoretical HRT : 2h  
Sponge volume : 240cm<sup>3</sup>  
Sponge size



No.1                      No.2                      No.3  
4cm<sup>3</sup>x60                  6.3cm<sup>3</sup>x38                  9cm<sup>3</sup>x27  
  
Sponge surface area per reactor  
480cm<sup>2</sup>                      430cm<sup>2</sup>                      384cm<sup>2</sup>



図 1 実験装置

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 連続実験

図 2 に下水と処理水中の F.coli の経日変化を示す。下水の F.coli 濃度は平均 5.66 × 10<sup>6</sup>CFU/100mL で安定しているのに対し、DHS 処理水中の F.coli 濃度の変動は非常に激しかった。表 1 に本研究の連続実験の結果を示す(運転期間：132 日間)。それぞれの DHS の F.coli 除去率は平均で No.1 : 2.95log, No.2 : 2.32log, No.3 : 2.19log であり、小さいスポンジサイズを有する DHS のほうがより F.coli を除去する傾向がみられた。また、COD の除去率は 83 ~ 85% , アンモニア態窒素の除去率は 90 ~ 95% と 3 本の DHS とともに高い除去率であり、スポンジサイズの違いが DHS の有機物除去性能、硝化能力などを与える影響は小さかった。以上の結果から、より小さな寸法のスポンジを用いることは、COD やアンモニア態窒素の除去能力よりもむしろ F.coli の除去能力を向上させることに対して効果的であるということがわかった。

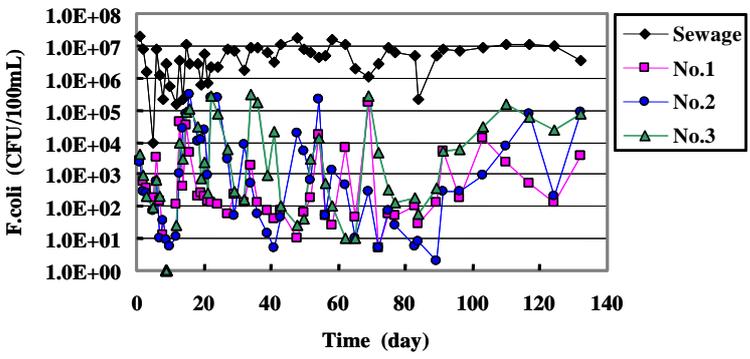


図 2 F.coli の経日変化

### 3.2 プロファイル実験

DHS の高さ方向に沿って、流下水中の F.coli, COD および各形態の窒素の測定を試みた。図 3 に、X 軸に HRT から計算されたスポンジ接触時間、Y 軸に F.coli の生存割合の自然対数をとった結果を示す。図 3 において F.coli の減少傾向がほぼ直線で表されたことから、DHS の流れの形態はプラグフローに近似できると推測された。したがって F.coli の減少を一次反応として一次反応定数(死滅速度定数)を求めることができる。それぞれの DHS の死滅速度定数は No.1:  $3.27\text{h}^{-1}$ , No.2:  $2.80\text{h}^{-1}$ , No.3:  $1.79\text{h}^{-1}$  であった。この結果からも、小さいスポンジサイズを有する DHS のほうが F.coli をより多く除去できることがわかった。そのため、DHS に小サイズのスポンジを用いて、さらに流下距離の延長によりスポンジ接触時間を増やすことで、F.coli 除去能力の向上が可能であると考えられた。

図 4 に DHS 流下方向における COD の濃度変化について示す。3 本の DHS で COD の除去パターンに異なった傾向はなかった。さらに、流下方向におけるアンモニア態窒素の除去、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の濃度変化においても 3 本ともほぼ同様のパターンを示す結果が得られた(結果省略)。

図 5 に DHS 流下方向における DO の濃度変化について示す。3 本とも流下方向に沿って DO が増加していく結果が得られた。初期値と最終値では 3 本の DHS でそれぞれ  $0\text{mg/L}$ 、約  $8\text{mg/L}$  と差異はなかったが、DHS 高さ  $500\text{mm}$  から  $1500\text{mm}$  の間のスポンジ部分で DO の増加パターンに異なった傾向があった。すなわち、流下水中の DO 濃度は、No.1 の DHS が一番高く、次いで No.2, No.3 の順で低くなることがわかった。反応部に小さいスポンジを用いている DHS の場合、反応部のスポンジの総表面積が大きくなるため、外気と接触する面が多く存在する(図 1)。そのため空気中の酸素をより多く取り込むことができ、流下水中の DO 濃度が高くなったと考えられる。既存の研究より、F.coli は酸素に対して敏感に反応し除去されることがわかっている<sup>4)</sup>。このことから、小さいスポンジを有する DHS のほうが高い F.coli 除去能力を有しているのは、流下水中の F.coli がより高濃度の DO に暴露されるためであると考えられた。

### 4. まとめ

DHS の F.coli 除去能力について研究を行った結果、DHS の反応部に小さいスポンジを用いることと、DHS の反応部をより長くすることによって F.coli 除去能力は高くなるという結果が得られた。

### 参考文献

- 1) Machdar, I. et al. (1997) A novel and cost-effective sewage treatment system consisting of UASB pre-treatment and aerobic post-treatment units for developing countries. *Wat.Sci.Tech.*, **36**(12) 189-197
- 2) Uemura, S. et al. (2002) Removal of indigenous coliphages and fecal coliforms by a novel sewage treatment system consisting of UASB and DHS units. *Wat.Sci.Tech.*, **46**(11-12) 303-309
- 3) 岡本他 (2005) 微小電極の作成とその生物学的排水処理装置の性能評価への応用, 第 32 回関東支部技術研究発表会
- 4) Tandukar, M et al. (2005) A low cost municipal sewage treatment system with a combination of UASB and the "fourth generation" Downflow Hanging Sponge(DHS) reactor. *Wat. Sci. Tech.*, **52**(1/2), 323-329.

表 1 連続実験結果

Items	Sewage	No.1	No.2	No.3
COD <sub>d</sub> (mg/L)	106.2 (32.3)	14.1 (8.7)	16.5 (11.7)	17.5 (11.8)
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	18.6 (7.8)	1.2 (2.8)	1.8 (3.6)	2.2 (3.7)
NO <sub>2</sub> -N (mg/L)		1.5 (1.0)	1.5 (1.2)	2.0 (1.9)
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)		12.6 (3.1)	11.0 (3.4)	11.7 (3.0)
Feecal coliforms (CFU/100mL)	5.66E+06 (4.59E+06)	6.41E+03 (2.59E+04)	2.74E+04 (6.94E+04)	3.66E+04 (7.62E+04)
pH	7.59 (0.18)	7.66 (0.20)	7.53 (0.24)	7.48 (0.18)
COD <sub>d</sub> removal (%)		85.2 (11.4)	83.7 (12.4)	82.9 (11.6)
NH <sub>4</sub> -N removal (%)		94.7 (9.2)	91.1 (14.8)	90.1 (13.1)
F.coli removal (log <sub>10</sub> )		2.95	2.32	2.19

( ) standard deviation

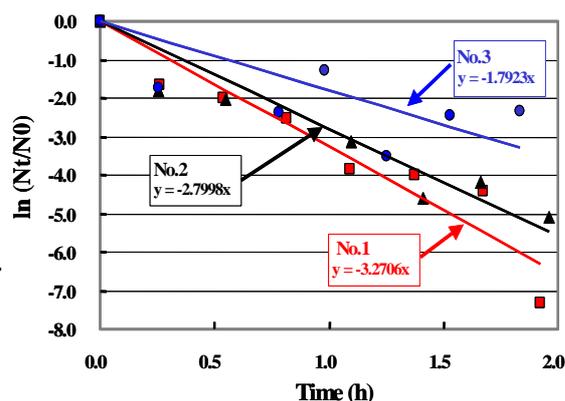


図 3 死滅速度定数

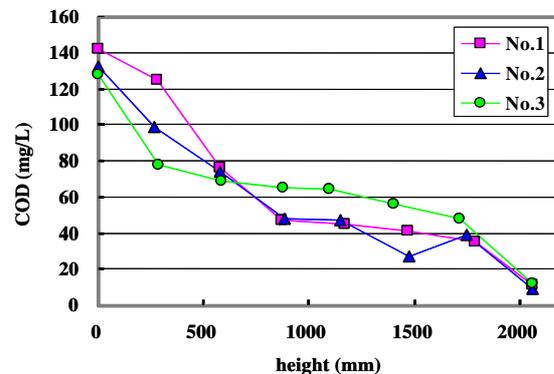


図 4 COD 濃度変化

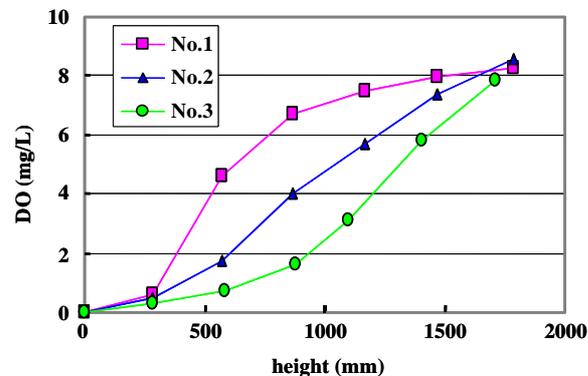


図 5 DO 濃度変化