

UASB-DHS 法の組み合わせによる新規下水処理システムの開発

- 指標微生物の処理特性と不活化メカニズムの把握 -

申請者 木更津高等工業専門学校 環境都市工学科
助教授 上村繁樹

Removal of indicator microorganisms in a novel sewage treatment system consisting of UASB and trickling filter using sponge cubes as support material Shigeki UEMURA (Kisarazu National College of Technol.)

1. はじめに

現在、我々は UASB 法と、スポンジキューブを微生物の固定化担体として利用した下向流スポンジキューブ懸垂型 (Downflow Hanging Sponge-cube: DHS) リアクターを組み合わせた開発途上国向けの下水処理技術を開発している。DHS リアクターは、ポリウレタンスポンジを鉛直に懸垂させ、UASB 処理水をスポンジ上部から滴下して重力で流下する間に浄化する方式である。本研究では、DHS リアクターの第 2 世代であるカーテン型 DHS リアクター (以下 G2) と新たに開発したスポンジキューブをろ床とするスポンジキューブ散水ろ床型リアクター (G3) における指標微生物の除去性能を、同規模のパイロットスケールプラントによって比較・検討した。

2. 実験方法と材料

UASB-G2 の詳細は既報に示した¹⁾。G3 は、内径 24cm、塔長 3.5m のカラム内に、径長 22mm、長さ 27mm のポリウレタン製スポンジキューブを充填して構成した。全処理水量は 620L/d とし、HRT は UASB リアクターで 6 時間、スポンジキューブリアクターで 2 時間とした。全ての実験装置は、開発途上国の温暖な気候を想定し、25℃ に保持した。大腸菌ファージ、ふん便性大腸菌の測定は既報に準じた¹⁾。総大腸菌群は、特定酵素基質培地法によって測定した。

3. 実験結果と考察

図 2 に G2 および G3 の各指標微生物の除去性能を比較した。G2 単独では、総大腸菌ファージで 1.26log、F+ 特異性 RNA 大腸菌ファージ (RNA ファージ) で 1.03log、ふん便性大腸菌群が 1.86log の除去率が得られた。UASB-G3 は、当初 UASB の HRT を 24 時間、G3 の HRT を 8 時間で運転を開始し、実験開始後 72 日からそれぞれの HRT を 6 時間と 2 時間に制御した。図 2 の結果は、実験開始後 72 日から 185 日までの比較的短期間のデータを元に作成したものである。G3 単独では、総大腸菌ファージで 0.24log、RNA ファージで 0.26log、ふん便性大腸菌群が 0.58log であり、明らかに G2 において高い指標微生物の除去効果が確認された。次にプラント全体の除去率を比較すると、UASB-G2 では、総大腸菌ファージで 2.01log、RNA ファージで 2.02log、ふん便性大腸菌群が 2.57log の除去率が得られたが、UASB-G3 では、総大腸菌ファージで 0.63log、RNA ファージで 1.07log、ふん便性大腸菌群が 1.19log と、システム全体としても UASB-G2

において指標微生物の除去効果が優位であることが認められた。UASB-G2 の結果は、540 日間の連続実験の結果を元に作成したものであるが、UASB-G3 は、UASB-G2 に比べて十分なスタートアップ期間を経ていないことが原因であると考えられた。さらに、G2 および G3 においてトレーサー実験を行い、実測 HRT と理論 HRT を比較したところ、G3 では、実測 HRT が理論 HRT の 20%程度しかなく、UASB 処理水と担体付着汚泥との間で十分な接触が得られていないことが観察された。今後はさらに長期連続運転を重ね、また UASB 処理水と担体付着汚泥との接触効率を向上させる改善を検討し、指標微生物の動向を調査していく必要がある。

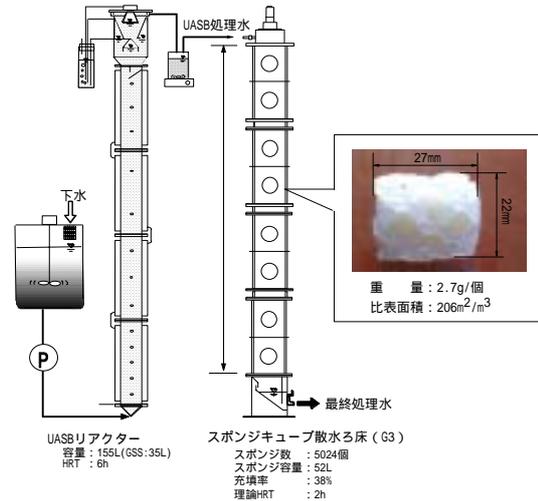


図 1 実験装置図

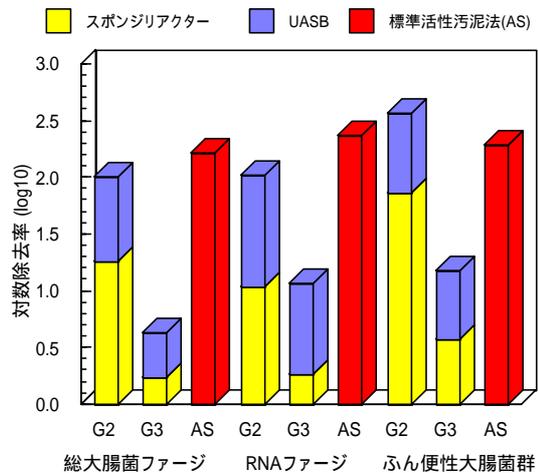


図 2 除去率の比較

参考文献

1) Uemura et al. 2002. *Wat., Sci., Tech.*, **46**(11/12) 303-309.

公益信託エスペック地球環境研究・技術基金
平成 16 年度 助成金研究報告書

UASB－DHS 法の組み合わせによる新規下水 処理システムの開発

- 指標微生物の処理特性と不活化メカニズムの把握 -

平成 17 年 10 月末日

申 請 者

木更津高等工業専門学校

環境都市工学科

助教授 上村繁樹

第1章 序論

1-1 研究の背景と目的(1)

近年、開発途上国では、経済成長により急速に都市部が発展しているが、その一方で、スラムの形成や急激な人口増加による貧困層の拡大を背景とした環境問題が顕在化している。これらの多くの都市では、下水道管は整備されてきたが、処理施設を備えているものはごくわずかである。そのため、未処理の下水が河川へと流入し、それに伴った水質汚濁問題が深刻化している。したがって、今後は開発途上国における下水処理施設の整備、建設を進めていくことが重要な課題となっている。

しかしながら、開発途上国では、公共設備に投資するための財源が乏しいために、下水、排水の処理施設の建設に着手する余裕がない。さらに、現在のアジアを中心とした財政危機により経済優先の政策が行われ、環境政策を後回しにする傾向がある。また、下水処理プラントが建設されているケースでも、厳しい排水規制が定められている先進国と比べると、先進国同様に活性汚泥法が導入されている例が多いために、

(1) 下水処理に専属的に関わる人的余裕がない

(2) 活性汚泥法のばっ気のために必要な電力供給等による財政上の圧迫

などの理由から、適切な維持管理がなされず、従って、下水が十分に処理されないまま排出されているのが現状である。

また、開発途上国では、先進国に比べて、湖沼水や河川水に対する依存度が非常に高い。すなわち、経済上、社会的慣習上あるいは宗教上の理由により、直接河川水を飲料、食器洗い、洗濯、水浴等に利用している。したがって、下水が未処理のまま河川や湖沼に流入する開発途上国では、病原性ウイルスや細菌により、多くの人々が感染症による健康被害に苦しみ、死に至ることもある。例えば、小児麻痺を引き起こすポリオウイルスや、肝炎を引き起こす肝炎ウイルスなどによる水系感染症の被害は開発途上国ほど多い。2000年11月に発表されたWHOとUNICEFの報告(2)によると、現在、開発途上国の人口の約半分に当たる24億人が下水処理設備の恩恵にあずかれず、水環境の汚染が深刻化し、毎年40億件もの下痢を伴う感染症が発生している。特に5歳以下の乳幼児を中心に、下痢が原因の死亡者が年間220万人報告されている。このような現状をかんがみると、開発途上国の下水処理問題では、水系感染症を引き起こす病原菌を適切に処理することも、考慮されねばならない重要な課題といえよう。今後日本をはじめとする先進国が地球環境に関する国際援助を展開する場合は、開発途上国の実状を考慮した技術開発を行い、その結果を移転していく必要がある。

以上のことを統括すると、未だ残念なことに、開発途上国における未処理下水が地球全体の水圏環境に与える汚濁負荷量は著しく大きく、また種々の水系感染病原菌による被害が続いており、今後開発途上国向けの適切な下水処理方法の開発・導入が急務であるといえる。

現在、数ある排水処理方式のうち、嫌気性処理法が開発途上国向けの下水処理技術として注目をあびている。その中でも、省エネルギー的かつ維持管理の容易な上昇流嫌気性汚泥床(Upflow Anaerobic Sludge Blanket: UASB)法が、最も有望視されている。しかしながら、UASB法を都市下水処理に適用した場合、グラニューク化が進行しにくい、良好な処理水質が得られないなどの問題があり、適切な処理水質を得るための低コストで維持管理が容易な点を損なわない新しい後段処理システムが要求される。すなわち、UASBリアクターだけで処理した水には、未だ30mg/l以上のBODが残存しており、真に開発途上国の環境改善を考慮するならば、さらにポリッシュアップを施す必要がある。

このような背景のもと、我々の研究グループ(長岡技術科学大学および木更津高専)は開発途上国向けの適切な下水処理システムとして、スポンジキューブを微生物の固定化担体として利用した新しい生物膜法である下向流スポンジキューブ懸垂型(Downflow Hanging sponge-cube: DHS)リアクターを開発した。DHSリアクターは、ポリウレタンスポンジを鉛直に懸垂させ、UASB処理水を、スポンジ上部から滴下して重力で流下する間にスポンジ表面あるいは内部に付着した微生物によって浄化する方式である。したがって、本システムは、人為的なエアレーションを一切行わず、また余剰汚泥の発生量も著しく抑制可能な低コスト型下水処理システムといえる。本リアクターは、当初1.5cmのスポンジキューブを鎖状に懸垂した形状(第一世代型DHS)

から実験を始め、次いで、カーテン型にスポンジキューブを懸垂した形状（第二世代型 DHS）へと改良を重ねられてきた。一方、DHS リアクターの開発において、UASB 処理水のスポンジキューブに対する均一な分散が行われにくいこと、また、DHS リアクターの形式が複雑である等の問題点が生じた。そのため、その改善策として、プラスチックリングに固定したスポンジキューブをろ材とするスポンジキューブ散水ろ床型リアクター（第3世代型 DHS）を新たに開発した。実際に、現在アフリカのニジェールでは UASB・第1世代型 DHS システムの下水処理プラントが処理水量 100 t/日で稼働されており、またインドでも処理水量 1000 t/日の UASB・第2世代型 DHS システムの下水処理プラントの建設が行われている最中である。本研究では、第2世代型 DHS リアクターであるカーテン型 DHS リアクターと新たに開発したプラスチックリングに固定したスポンジキューブをろ材とするスポンジキューブ散水ろ床型リアクターにおける指標微生物の除去性能を、同規模のパイロットスケールプラントによって比較・検討した。

第1章 参考文献

- 1) 国際環境技術センター (IETC) : 淡水問題 (<http://www.unep.or.jp/japanese/Issues/Freshwater.asp>)
- 2) WHO (2000) pressrelese WHO/7322 Nov.2000 (<http://www.who.int/infpr/en/pr2000-73.html>)

第2章 実験方法

2-1 実下水処理装置

本研究で開発した UASB-G3 システムおよび比較対象として前世代型である UASB-G2 システムの概要を図 2-1 に示す。都市下水は UASB リアクターに送られ前段処理が行われる。その流出水は、後段処理として用いたスポンジキューブ散水ろ床型リアクター（以下、第3世代を表す意味で G3 とする）の上部に供給され滴下される。実験に用いた UASB リアクターは、内径 20cm、塔長 4m のカラムに、GSS (Gas-Solid-Separator) を上部に備えた構造である (カラム部容量 120l、GSS 部容量 35l)。GSS 下部においてバイオガスと処理水 + 汚泥が分離され、GSS 上部の傾斜板により汚泥と処理水が分離されるという機構により、リアクター内の汚泥保持機能が維持される (1)(2)。

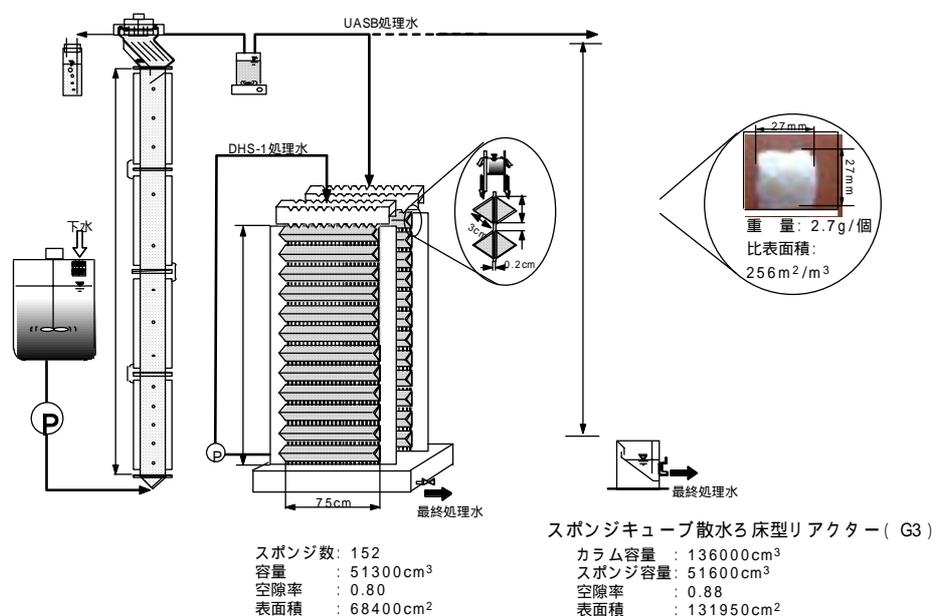


図 2-1 UASB および G2、G3 の装置図

一方、G3 は、内径 24cm、塔長 3.51m のカラム内に、スポンジ担体を充填して構成した。スポン

ンジ担体は径長 22mm、長さ 27mm のポリウレタン製で、その形状を維持するためにポリプロピレン製のネットリングを施した。また、スポンジ担体は空隙率 88%、比表面積 $256\text{m}^2/\text{m}^3$ であり、カラム内に個数 $43000\text{個}/\text{m}^3$ 、密度 $116\text{kg}/\text{m}^3$ で充填した。反応器上部から UASB 流出水を、散水装置により均一に滴下した。滴下された流出水は重力によりカラム内部を流下する間に、スポンジの表面あるいは内部に付着・捕捉されている微生物によって浄化される機構である。

供給下水は、長岡第一処理場の分流・スクリーン通過後の下水を使用した。UASB リアクターとスポンジキューブ散水床型リアクターの HRT はそれぞれ 6 時間と 2 時間とし、処理水量は $620\text{l}/\text{d}$ とした。

なお、UASB リアクターおよび G3 は、途上国の温暖な気候を想定して 25℃ に制御した(3)。また UASB リアクターにおける HRT 容積負荷の算定には、リアクター全容積(カラム + GSS)を、G3 に対してはスポンジ容積を用いた。

2-2 分析方法(4)

2-2-1 大腸菌ファージの測定(下水および処理水)

大腸菌ファージの測定は、以下のように重層寒天法(1ml 法)によって行った。

- (1) サンプルを $0.45\ \mu\text{m}$ のフィルターでろ過し、SS、雑菌を除去する。
- (2) このとき、メンブレンフィルターによって液相部と分離された SS や雑菌に付着して存在している付着性大腸菌ファージを測るため、メンブレンフィルターを 3% ビーフエキスで 2 分間攪拌して付着性ファージをビーフエキス内に遊離させる。
- (3) ビーフエキスを $0.45\ \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過する。
- (4) それぞれのサンプルを大腸菌ファージ測定用の液体培地を用いて適度希釈する。
- (5) 上層培地(表 2-1) に宿主菌(*E.coli* k12 F+(A/)) を 0.25ml 入れる。
- (6) 上層培地にサンプルを 1.0ml 入れ攪拌する。
- (7) 下層培地(表 2-1) に宿主菌とサンプルの混ざった上層培地を注ぎ、寒天が固まるまで待つ。
- (8) 固まり次第、37℃ の恒温槽で 20 時間培養後コロニーをカウントし総数を計算する。なお、野生の大腸菌ファージ(パイロットプラントのサンプル)を測定する場合は、別に RNase ($20\text{mg}/10\text{ml}$) を 0.1ml 下層培地の上に添加してから上層培地を注いだシャーレを用意する。RNase を入れることで、*E.coli* k12 F+ の F 繊維に付着する F+ 特異性大腸菌ファージを殺してしまうことにより、体表面吸着大腸菌ファージ(DNA ファージ)を測定する。RNase を入れないサンプルから得られたデータを総大腸菌ファージ、総大腸菌ファージから DNA ファージを差し引いたものを F+ 特異性大腸菌ファージ(RNA ファージ)とした。

2-2-2 その他の分析項目

総大腸菌群の測定は特定酵素基質培地法(MMO-MUG 法)に基づいた最確数テスト(MPN)により測定した(5)。また、ふん便性大腸菌群の測定は mFC 培地を用いたメンブレンフィルター法によって測定した。

第 2 章 参考文献

- 1) Machdar, I., Harada, H., Ohashi, A. and Sekiguchi, Y. (1997) A novel and cost-effective sewage treatment system consisting of UASB pre-treatment and aerobic post-treatment and aerobic post-treatment unit for developing countries, *Water Science and Technology*, Vol.36, No.12, 89-197.
- 2) 大橋晶良、原田秀樹、珠坪一晃、関口勇士、角野晴彦(1997) 開発途上国ための低コスト型新規都市下水処理システムの性能評価、環境工学研究論文集・第 34 巻, pp173-182.
- 3) Ketratanakul, A. and Ohgaki, S. (1989) Indigenous coliphages and RNA-F- specific coliphages associated with suspended solids in the activated sludge process, *Water Science and Technology*, 21, 73-78.
- 4) 社団法人日本下水道協会編(1984) 下水試験方法-社団法人日本下水道協会
- 5) 社団法人日本水道協会編(1993) 上水試験法-社団法人日本水道協会

第 3 章 実験結果と考察

3-1 UASB-G3 システムの連続実験の結果

UASB リアクターおよび G3 は、今年度の 6 月、同時に運転を開始した。UASB リアクターの HRT は運転当初の 24hr から 12hr、8hr、と段階的に短縮し、運転開始後 72 日目に目標値の 6hr に設定した。同様に G3 においては、運転当初の 8hr から 4hr、2.66hr と短縮し、最終的に 2hr に設定した。

本研究の目的は、UASB-G3 システムにおける各指標微生物の除去性能を調査および把握をすることであるが、一般的な水質についても当然言及する必要がある。下水の全 COD_{cr} は平均で 478mg/l、全 BOD は 195mg/l と、ほぼ一般的な日本の下水の性状と同等であった。UASB 処理水の平均全 BOD は 96mg/l で、平均全 BOD 除去率で 50% に達した。後段の DHS リアクターを含めた全システムによる最終処理水では、平均全 BOD は 20mg/l まで減少し、平均全 BOD 除去率は 89% を維持した。

嫌気性処理では、下水中の有機体窒素は一部アンモニアまで分解される。したがって、下水中の平均 NH₄-N は 24mg/l であるのに対し、UASB 処理水では 30mg/l と若干増加した。続いて後段の DHS において硝化が進行し、その一部は生物膜の深部において脱窒されることから結果的に全システムによる NH₄-N の除去率は 29%、全窒素除去率は 22% となった。このように、本システムは有機体処理性能に関して 90% 程度の除去能力を示したが、全窒素の除去効率に関しては、20% 程度に留まったため今後さらなる改善の必要がある。

UASB リアクターおよび G3 における指標微生物の除去性能について評価を行うため、大腸菌群および大腸菌ファージの経日データをそれぞれ図 3-1、図 3-2 に示す。各指標微生物ともに、最初は HRT が十分に長いために、比較的安定した G3 処理水が得られていたが、72 日以後から 181 日までは、総大腸菌群(MPN/100ml)で 5 から 7 乗のオーダー、ふん便性大腸菌群(CFU/100ml)で 4 から 6 乗のオーダー、総大腸菌ファージ(PFU/100ml)で 5 乗のオーダー、RNA ファージ(PFU/100ml)で 3 から 4 乗のオーダーとなっており、大幅な変化はみられなかった。

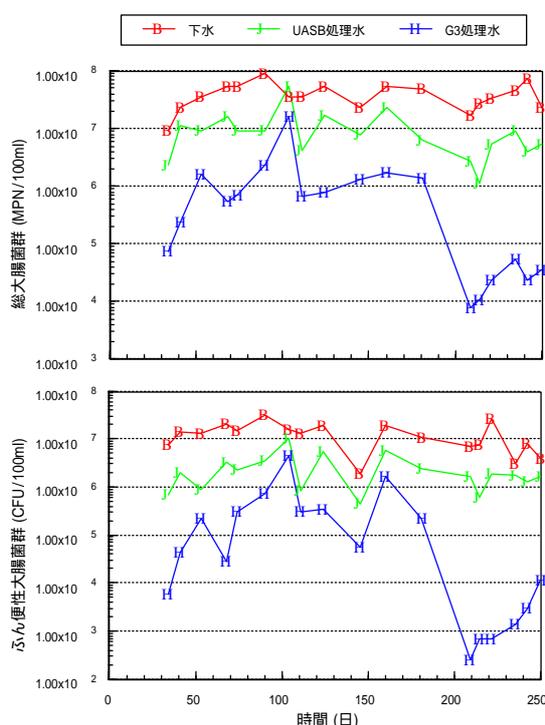


図 3-1 UASB および G3 における大腸菌群の経日変化

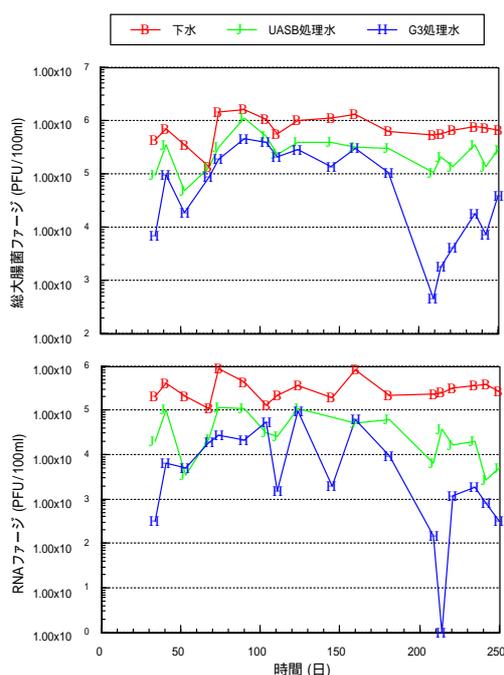


図 3-2 UASB および G3 における大腸菌ファージの経日変化

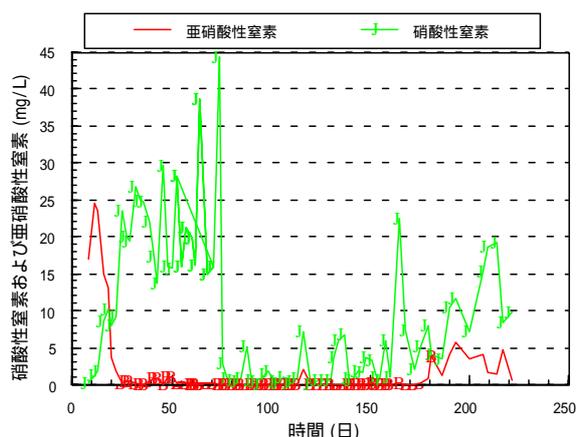


図 3-3 スポンジキューブ散水ろ床型リアクターにおける硝酸性窒素および亜硝酸性窒素の経日変化

図 3-3 に硝酸性窒素および亜硝酸性窒素濃度の経日変化を示す。G3 の HRT を 2 時間に設定する前までは硝酸性窒素が約 45mg/l まで蓄積されているのが確認されたが、HRT を 2 時間に設定した後では、硝酸性窒素の蓄積がほとんどみられず、硝化があまり起こらなくなっていることが明らかとなった。しかし、180 日目頃から G3 において硝酸性窒素濃度が約 20mg/l にまで達し、上昇傾向が確認され、硝化が促進されていることが確認できた。また、硝化の促進に伴い指標微生物が大幅に減少していることも 209 日目の測定で確認され明らかとなった。これより、硝化の促進に伴い、酸化還元電位 (Oxidation Reduction Potential) が上昇し、酸化的な状態となり、各指標微生物の不活化が促されたと推測された。

UASB-G3 システムにおいて、硝化促進後の G3 単独の対数除去率は、硝化促進前の G3 単独の対数除去率に比べ、総大腸菌群では 0.72log から 2.25log、ふん便性大腸菌群では 0.58log から 2.70log、総大腸菌ファージでは 0.24log から 1.23log、RNA ファージでは 0.26log から 1.31log と飛躍的に上昇していることが明らかとなり、大幅な除去性能の向上が見られた。これより、G3 において硝化促進後に除去性能が飛躍的に向上したことが明らかとなった。

3-2 プロファイル実験の結果

このように、UASB-G3 における各指標微生物の除去性能を求めてきたが、本研究では同時に、G3 内での各指標微生物の挙動の把握を行った。そこで、流下方向における各指標微生物の濃度変化を把握するために平成 13 年 10 月 17 日、12 月 13 日と平成 14 年 1 月 22 日にプロファイル実験を行った。特に、硝化促進の前後で比較を行うため 2 回目と 3 回目実験の結果を扱うものとする。流下方向の各指標微生物の濃度変化の比較を行い、その結果を図 3-4 に示した。硝化促進前では、ふん便性大腸菌群は、リアクター上部から 76.5cm から 259.5cm の範囲内で 2.15×10^6 CFU/100ml から 3.10×10^5 CFU/100ml へと 1log 程度の除去が確認された。また、総大腸菌ファージと RNA ファージに関しては、それぞれ 1.22×10^5 PFU/100ml から 9.37×10^4 PFU/100ml、 2.60×10^4 CFU/100ml から 2.77×10^4 PFU/100ml であり、ほぼ横ばいに推移していた。しかし、硝化促進後では、各指標微生物濃度はリアクター上部から 76.5cm 付近から 259.5cm の間で減少傾向がみられた。RNA ファージは 2.86×10^4 PFU/100ml であったものが、 1.47×10^3 PFU/100ml となり 1log 程度、総大腸菌ファージは、 1.89×10^5 PFU/100ml から 4.16×10^3 PFU/100ml へと 1.5log 程度、ふん便性大腸菌群は、 1.53×10^6 CFU/100ml から 7.00×10^2 CFU/100ml へと 3log 程度の除去であった。これより、硝化促進後の G3 は、硝化促進前には見られない卓越した除去性能を発揮していることが明らかとなった。また、G2 のプロファイルでの指標微生物の減少傾向は一次直線となっていたが、G3 においては、硝化促進前後に関わらず減少傾向が一次直線的とならないため、指標微生物濃度変化の要因として、リアクターの上部からの距離の他の要因が影響しているものと考えられ、その解明が今後の検討課題となった。

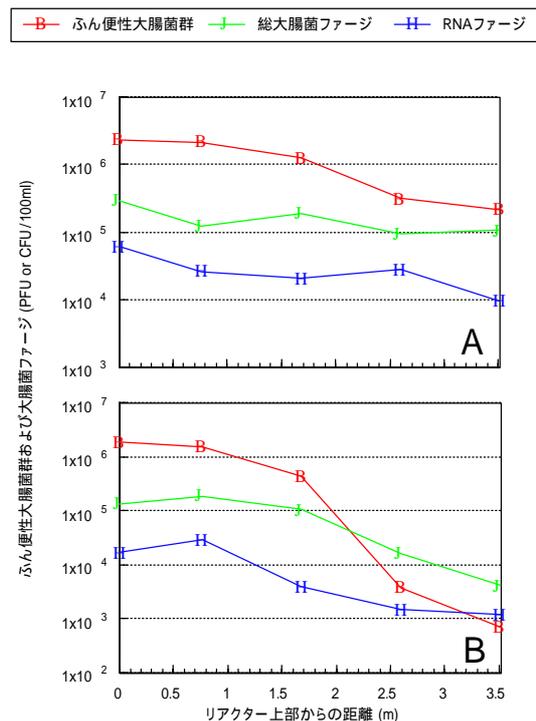


図 3-4 G3リアクターの縦軸方向における各病原性指標微生物濃度
A:12/13(硝化促進前)B:1/22(硝化促進後)

3-3 G3、G2 および標準活性汚泥法の除去性能の比較

UASB-G3 システムの除去性能を検討するために、UASB-G2 システムおよび既存の下水処理システムとしての標準活性汚泥法と比較した。各処理システムにおける対数除去率の比較を図 3-5 で行った。UASB リアクター単独の対数除去率を比較すると、硝化促進前の UASB-G3 システムにおける UASB リアクター単独の対数除去率は総大腸菌群で 0.48log、ふん便性大腸菌群で

0.60log、総大腸菌ファージで 0.39log、RNA ファージが 0.81log であったが、硝化促進後の UASB-G3 システムにおける UASB リアクター単独の対数除去率は 0.94log、0.86log、0.54log、1.26log (順同) となり UASB リアクター単独での除去性能の向上が確認された。また、UASB-G2 システムにおける UASB リアクター単独での対数除去率も硝化促進前の対数除去率をすべての指標微生物で上回っている。このように、運転開始初期の UASB 処理水が良好でないのは、UASB リアクターの除去性能を安定させるためには長い期間を要するためであると推測された。

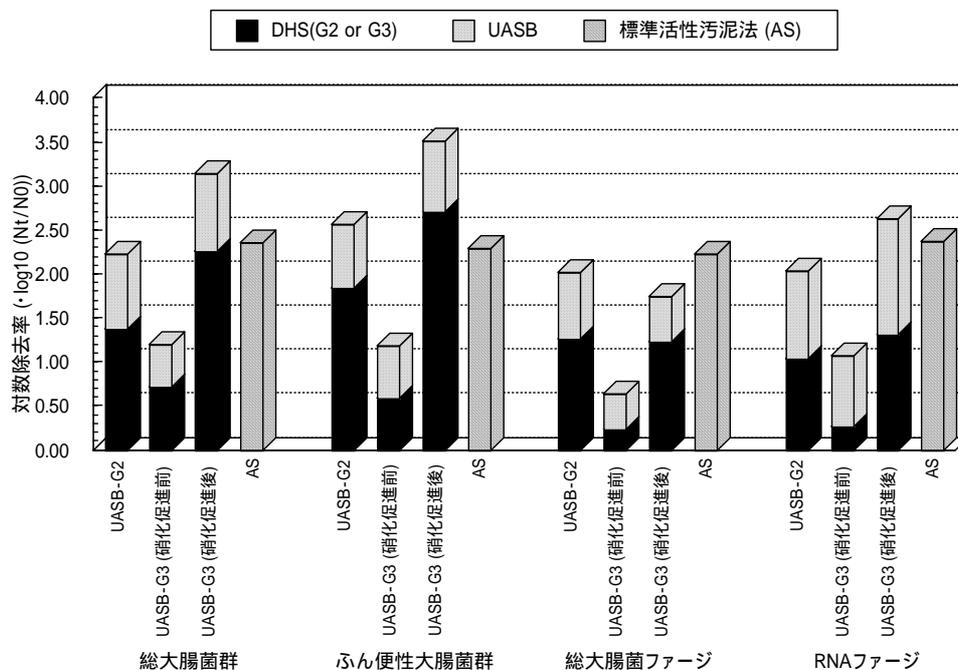


図 3-5 病原性指標微生物の対数除去率による各処理システムの比較

次に DHS リアクターにおける対数除去率を比較すると、総大腸菌群およびふん便性大腸菌群に関して硝化促進後の G3 単独の対数除去率は、総大腸菌群で 1.37log、ふん便性大腸菌群が 1.84log となっており、G2 単独の対数除去率を、大幅に上回っていることが確認された。また総大腸菌ファージおよび RNA ファージに関しては、総大腸菌ファージで 1.26log、RNA ファージで 1.03log となっている G2 単独の対数除去率とほぼ同等であった。

G2 においては、生物膜内が嫌気性になるため、大腸菌ファージ、得に RNA ファージの吸着が生物膜深部になされず、活性汚泥プラントに比べ、除去率が若干劣る傾向であると報告されている²⁾。G3 も G2 同様に生物膜による除去機構であるが、硝化促進後の G3 単独の対数除去率は G2 単独の対数除去率よりも上回っていることが確認されている。これより、G3 では G2 と比較して生物膜において好気性部分が多いために、大腸菌ファージについての除去性能が向上したと推測された。今後、スポンジキューブ付着汚泥中の大腸菌ファージの測定を行うことでその証明および除去機構の解明をしていく考えである。

最後にシステム全体の対数除去率の比較を行うと、UASB-G3 システムにおいて、硝化促進前の UASB-G3 システム全体の対数除去率は、総大腸菌群で 1.20log、ふん便性大腸菌群で 1.19log、総大腸菌ファージで 0.63log、RNA ファージで 1.07log であった。硝化促進後の UASB-G3 システム全体の対数除去率は、総大腸菌群で 3.15log、ふん便性大腸菌群で 3.51log、総大腸菌ファージで 1.74log、RNA ファージで 2.62log となっており、硝化促進前の UASB-G3 システム全体の対数除去率を大幅に上回っており、さらにふん便性大腸菌群においては UASB-G3 システム全体での対数除去率が 3.51log と優れた除去性能を発揮したことが確認された。また UASB-G2 システムにおいて、最終的にプラント全体の対数除去率は、総大腸菌群で 2.22log、ふん便性大腸菌群で 2.56log、大腸菌ファージで 2.01log、RNA ファージが 2.03log となっており、標準活性汚泥法に

における各指標微生物の対数除去率は、総大腸菌群数で 2.35log、ふん便性大腸菌群が 2.29log、総大腸菌ファージで 2.22log、RNA ファージで 2.37log であった。これより硝化促進後の UASB-G3 システム全体の対数除去率は、総大腸菌群およびふん便性大腸菌群に関して他のシステム全体の対数除去率を大幅に上回っていることがわかった。また、総大腸菌ファージおよび RNA ファージに関しては、UASB-G2 システムおよび標準活性汚泥法の対数除去率とほぼ同等であることがわかった。

第 3 章 参考文献

- 1) Uemura, S., Takahashi, K., Takaishi, A., Machdar, I., Ohashi, A. and Harada, H. (2002) Removal of indigenous coliphages and fecal coliforms by a novel sewage treatment system consisting of UASB and DHS units. *Water Science and Technology*, **46**(11/12), p.303-309.
- 2) 西本翼、和佐田健二 (2000) UASB 法と DHS 法からなる新規下水処理システム - 指標微生物の除去特性 - 平成 11 年度木更津工業高等専門学校環境都市工学科卒業論文

第 4 章 まとめ

本研究では、UASB リアクターおよびスポンジキューブ散水ろ床型リアクターでの病原性指標微生物の除去性能を硝化促進前後で調査し、同規模のパイロットスケールプラントである UASB リアクターおよび第 2 世代カーテン型 DHS リアクターにおける病原性指標微生物の除去性能と比較・検討した。また、スポンジキューブ散水ろ床型リアクターの流下方向における病原性指標微生物の挙動を調査したところ以下の結果が得られた。

- 1) スポンジキューブ散水ろ床型リアクター単独での硝化促進前の対数除去率は、総大腸菌群で 0.72log、ふん便性大腸菌群で 0.58log、大腸菌ファージで 0.24log、RNA ファージで 0.26log であった。しかし、硝化促進後は総大腸菌群で 2.25log、ふん便性大腸菌群で 2.70log、大腸菌ファージで 1.23log、RNA ファージで 1.31log となり、大腸菌群およびふん便性大腸菌群において高い対数除去率を示した。
- 2) スポンジキューブ散水ろ床型リアクター処理水中の各指標微生物は、硝化が促進された後で、明確な減少傾向が確認された。今後は、両者の関係の解明が必要となる。
- 3) 硝化促進後の UASB リアクターおよびスポンジキューブ散水ろ床型リアクターの対数除去率は、UASB リアクターおよび第 2 世代カーテン型 DHS リアクター、標準活性汚泥法の対数除去率と比較した結果、総大腸菌群およびふん便性大腸菌群では、大幅に上回っており、総大腸菌ファージおよび RNA ファージに関しては、ほぼ同等の対数除去率を示した。
- 4) スポンジキューブ散水ろ床型リアクターにおける、流下方向の微生物濃度変化の調査を行った結果、硝化促進前はふん便性大腸菌群では 1log 程度の除去であったが、総大腸菌ファージおよび RNA ファージに関しては、ほぼ横ばいの推移であった。しかし、硝化促進後は、ふん便性大腸菌群では 3log 程度、総大腸菌ファージでは 1.5log 程度、RNA ファージでは 1log 程度の除去であった。
- 5) 病原性指標微生物濃度を対数として、リアクター上部からの距離でプロットしたときの減少傾向が、一次直線に近似していないことから、リアクター内において、微生物除去を決定する要因の縦方向における変化が示唆され、その解明が今後の検討課題となった。

謝辞

本研究は、平成 16 年度公益信託エスベック地球環境研究・技術基金の助成を受けて遂行されました。ここに関係各位に感謝の意を表し、謝辞といたします。