

令和 2 年 9 月 18 日現在

機関番号：53101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04442

研究課題名(和文)嫌気性原生動物による都市下水処理UASB内の捕捉SS成分の分解・メタン化の促進

研究課題名(英文) Decomposition and methanation of trapped SS components by anaerobic protozoa in UASBs of municipal sewage treatment

研究代表者

荒木 信夫 (ARAKI, Nobuo)

長岡工業高等専門学校・環境都市工学科・教授

研究者番号：30193072

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：都市下水処理に省エネルギーである嫌気性法を適用するには汚泥床法が有望であるが、都市下水中に含まれる浮遊成分の分解が課題となる。一般的な都市下水処理に広く普及している標準活性汚泥法はこの浮遊成分の分解に槽内に生息している原生動物が一定の役割を担っている。嫌気性法である汚泥床法内にも原生動物が生息していることは分かっているため、この原生動物を高濃度に培養し、嫌気性法の課題である浮遊成分の分解を促進することを目的とした。しかし、原生動物は主として汚泥床法槽内の各種のバクテリアや都市下水の溶解性成分を選択的に摂取し、下水中の浮遊性成分は摂取しないことが判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本で広く都市下水処理に普及している標準活性汚泥法は膨大なエネルギー消費とさらに処理が必要な余剰汚泥を大量に生成している。一方、嫌気性汚泥法などの嫌気性法は省エネルギーであり、余剰汚泥の生成も極めて少ない。しかし、処理効率が低いことから、特に都市下水中の浮遊成分の分解が問題となる。本研究は汚泥床法内に生息する原生動物を高濃度に培養し、この浮遊成分の分解を担わせる方策を確立するものであるが、嫌気性原生動物は都市下水中の浮遊成分よりも溶解成分を摂取することが判明した。したがって、嫌気性処理法では浮遊成分の分解をバクテリアの活性化を軸として技術を開発する必要であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：UASB is promising for applying the energy-saving anaerobic method to the treatment of municipal sewage, but the decomposition of suspended solids components contained in the sewage becomes a serious problem. In aerobic activated sludge methods, which is widely used for general municipal sewage treatment, the protozoa inhabiting the tank play a certain role in the decomposition of the suspended components. Since it is known that protozoan cells also exist in the UASB treating sewage, we investigated to what extent anaerobic protozoa contribute to the decomposition of suspended solids. However, this study revealed that protozoa preferentially ingested various bacteria in the UASB and soluble components of municipal sewage, and did not ingest the suspended components of the municipal sewage.

研究分野：環境工学

キーワード：都市下水処理 嫌気性処理法 原生動物 浮遊物分解促進

## 1. 研究当初の背景

Up-flow anaerobic sludge blanket (UASB : 上昇流嫌気性汚泥床) 法は、エアレーションが不要で余剰汚泥の発生量が少なく、メタン回収が可能などの利点を有しており、産業排水処理の分野において国内外で広く普及している。さらに、運転コストが安価であり、不安定な電力供給であってもプロセスの処理性能を維持する事が可能であることから、開発途上国において都市下水処理への適用が進められている。また、日本においても次世代の低炭素技術として注目され、UASB法の下水処理への適用実験が行われている。

UASB リアクター内には処理性能に直接関与する真性細菌、古細菌のみならず、原生動物が生息する。都市下水を連続処理する UASB パイロットプラントにおいて、原生動物は  $10^{2-3}$  cells·mL<sup>-1</sup> と高密度に存在しており、汚泥性状や処理性能に影響を与えていたと考えられる。UASB 法の欠点は冬季の低温条件で運転した際に処理効率が低下することであり、特に都市下水に含まれる SS 成分がリアクター底部に分解されずに蓄積し、グラニュール汚泥を系外にウォッシュアウトされる原因になることである。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、省エネルギーである UASB の都市下水や常温低濃度で浮遊性物質 (SS) を含有する排水への適用性を拡大するために、槽内に原生動物を高頻度に出現させることにより、流入有機性 SS 成分の分解、余剰汚泥の生成量の抑制、汚泥のグラニューレーション化の促進を図るものである。都市下水処理 UASB 内に出現する嫌気性原生動物の装置内での SS 成分の分解への寄与度を解明するとともに、装置内に高濃度に維持するための最適運転条件を明らかにする。これにより、UASB の欠点とされる SS 成分の槽内での分解促進を図り、UASB の安定化と高機能化を達成する。

## 3. 研究の方法

UASB 内の固形物除去性能を評価する実験では、高さ 4.0m、カラム内径 0.56m、全容積 1148L のパイロットスケール UASB リアクター (以下 UASB) を用いた。植種には、中温下水消化汚泥を用いた。流入下水は分流・スクリーン通過後の実下水とし、HRT は 8h に設定した。リアクター下部 (0.5m) より汚泥試料を採取しメタン生成活性試験および微生物相解析を行った。

嫌気性原生動物の基質選択性を評価する実験では、無機塩培地に各原生動物と基質となる細菌を接種し、pH 7.2、温度は室温 (25°C) とし、嫌気性条件下で培養を行った。また、*Trichomitus sp.* の培養系には補助基質として、エルゴステロール及びスティグマステロールをそれぞれ 1 mg·L<sup>-1</sup> 添加した。一定期間ごとに原生動物の個体数を、顕微鏡を用いて目視で計測した。計測は各試料につき、3回以上行った。培養は2-3週間程度行い、倍加時間を算出した。実験は全て3系列で行った。各原生動物の捕食能力を確認するため、GFP発現プラスミド pUC18-GFP (Nippon Gene) を用いて Chemically competent *Escherichia coli* TOP10 (Invitrogen) を付属プロトコルに従って形質転換したもの (以下、GFP-*E. coli*) を、LB培地に植菌し、37°C、200 rpm で一晩震とう培養を行い、実験に供した。原生動物の代謝経路を調査するために、<sup>13</sup>C 標識 *E. coli* を原生動物の基質として培養実験を行った。嫌気性原生動物の**窒素・炭素の安定同位対比の測定は**、都市下水処理 UASB の流入下水を遠心分離 (8000×g、4 °C、15 分) し、上澄み (溶解成分) と容器の底に沈降した SS 成分を得た。また、槽内の汚泥をサンプルとし、原生動物は走電性を利用した自作の分離装置 (直流電流 (15 V、0.1 A、20分) で回収し、バクテリアは遠心分離 (8000×g、4 °C、5 分) の沈降物とした。この4つの分離サンプルを元素分析計質量分析計システム (Conflo III, Delta plus Advantage (Thermo Finnigan) を用いて測定した。

## 4. 研究の成果

### (1) UASB 固形物除去性能

全CODは流入下水で $342 \pm 135 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、処理水で $118 \pm 40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ となり、除去率は $63 \pm 13 \%$ となった。図1に固形性COD流入量に対するCOD除去量の関係を示す。固形性有機物は、流入量と正の相関を示しており、流入濃度の変動に対して柔軟に対応していたと考えられる。都市下水に含まれるセルロースを流入水由来の固形性有機物の指標と見なし蓄積・分解挙動の把握を行ったところ、UASB下部に蓄積することが確認された。また、セルロースは冬期に蓄積し、夏期に分解が進んだ。有機物の蓄積・分解について同様の傾向はVSS/SS比の経日変化のグラフ（図2）からも確認された。流入下水のVSS/SS比は平均0.85と保持汚泥より高いこと

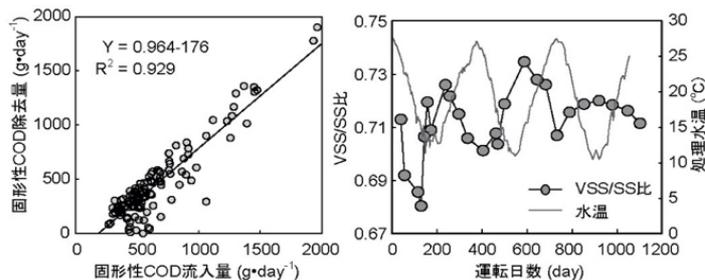


図1 固形性COD流入量と除去量

図2 保持汚泥のVSS/SS比の経日変化

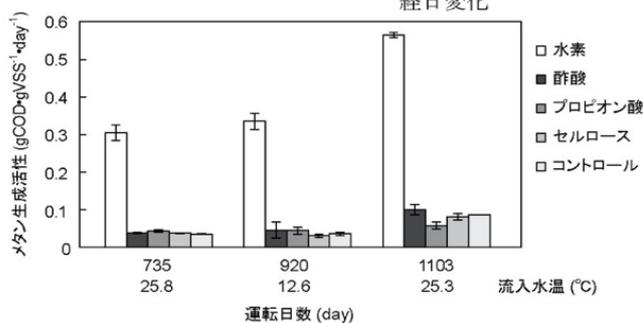


図3 メタン生成活性試験 (35°C条件)

から、温度下降時のVSS/SS比の増加は流入水中の未分解有機物の蓄積のためであると考えられる。また、水温の上昇とともにVSS/SS比は低下することから未分解の有機物は、水温の上昇とともに分解することが示唆された。UASBは下部の保持汚泥で固形性有機物を捕捉し、蓄積させることで変動する流入濃度に対して安定的に処理を行っているものと考えられる。

図3に35°Cの条件におけるメタン生成活性を示す。潜在的なメタン生成活性は運転の経過とともに徐々に増加する傾向が見られた。しかしながら、1103日目においても $0.10 \text{ gCOD} \cdot \text{gVSS}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$  (酢酸) と活性のレベルは消化汚泥 ( $0.098 \text{ gCOD} \cdot \text{gVSS}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ ) と同程度であった。水素基質以外からのメタン生成活性はコントロールとほぼ変わらない値となった。これは汚泥負荷が $0.05 \text{ gCOD} \cdot \text{gVSS}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ と低く、常に基質供給律速による増殖抑制が起こり、微生物が失活状態もしくは休眠状態であったためと考えられる。また、20°Cにおけるメタン生成活性は、35°C条件と比較して40-70%程度低下した。低活性ながら、良好な処理が行われたのは、SRT約240日に達しているためであると考えられる。冬期に蓄積した固形性有機物は、長いSRTが保たれることで水温が上昇し比較的活性の高くなる春期から夏期まで保持され分解することが可能であった。

### (2) 保持汚泥の微生物相解析

16S rRNA 遺伝子に基づく保持汚泥中に存在するバクテリアの微生物相解析を行った。統計解析 (Chao1、ACE) により保持汚泥内に存在するバクテリアの種数 (phylotype 数) を推定した結果、運転 336 日目では157-189種となった。運転日数の経過とともに種数は増加し、920日目での推定種数は203-247種となった。また、それぞれの微生物種はほぼ均一 (evenness = 0.91-

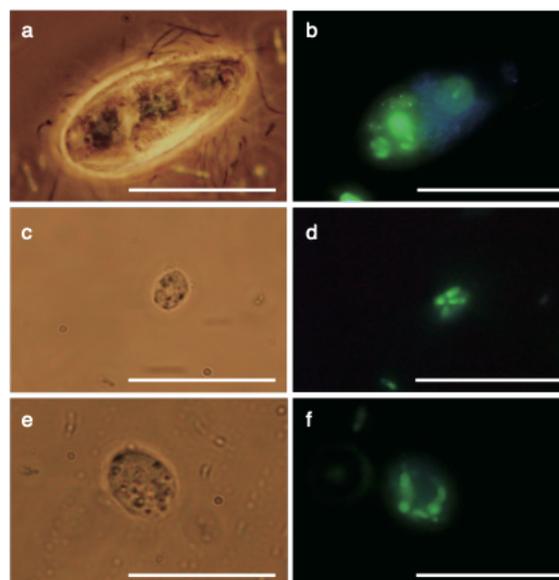


図4 GFP-E.coliを基質とした培養実験における原生動物の明視野及び蛍光写真, a,b: Cyclidium sp., c,d: Trichomitus sp., e,f: Paracercomonas sp. スケールバー:10 μm

0.97) に存在しており、保持汚泥内のバクテリアは環境変動に対して有利と思われる、多様性に富んだ群集構造であることが明らかとなった。RDPII および Arb を用いて系統分類を行った結果、固形性有機物等の酸生成に寄与していると考えられる *Bacteroidetes* 門や *Firmicutes* 門に属するクローンが高い頻度で検出された。流入固形物の指標として注目したセルロース分解に関与すると思われる *Ruminococcus* 属に属するクローンも検出された。

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Cyclidium	7.0% ± 0.3%	12.9% ± 2.3%
Trichomitus	3.9% ± 0.7%	-
Cercomonas	4.6% ± 0.3%	-
control	2.1% ± 0.9%	-

### (3) 嫌気性原生動物の捕食能力

GFP-*E. coli* を接種後 30 分の原生動物を図 4 に示す。三種全ての原生動物体内から GFP-*E. coli* 由来と思われる緑色の蛍光が得られた。これにより、*Cyclidium* sp.、*Paracercomonas* sp.、*Trichomitus* sp. の原生動物は細菌細胞を体内に摂取することが可能であることが明らかとなった。捕食された細菌細胞が分解されているか否か、さらに共生メタン生成古細菌によってメタンへ分解されるかを調査するため、<sup>13</sup>C ラベルされた *E. coli* を基質とした実験を行った。図 4 に <sup>13</sup>C-ラベルされた *E. coli* を基質とした培養実験結果、表 1 に培養最終日における <sup>13</sup>C ラベルされた二酸化炭素、メタンの割合を示す。*Cyclidium* sp.、*Trichomitus* sp. はそれぞれ、 $2.2 \times 10^3$  cells·mL<sup>-1</sup>、 $1.2 \times 10^4$  cells·mL<sup>-1</sup>、*Paracercomonas* sp. は最も多く、最大  $6.2 \times 10^4$  cells·mL<sup>-1</sup> まで増殖した。すべての実験系から <sup>13</sup>CO<sub>2</sub> が検出されたため、<sup>13</sup>C 標識された *E. coli* が原生動物に捕食、分解されたことが明らかとなった。そのうち、*Cyclidium* sp. の実験系においてはメタンも検出されており、<sup>13</sup>CH<sub>4</sub> も同時に検出された。*Cyclidium* sp. 細胞内にはメタン生成古細菌が共生していることが確認されており、この結果から *Cyclidium* sp. の代謝で発生した二酸化炭素が、メタン生成古細菌に受け渡され、メタンへ転換されることを確認できた。

### (4) 原生動物の基質選択性

*Cyclidium* sp. は、糸状性細菌である *T. flocculiformis* 以外の全ての細菌で増殖が認められた。*Cyclidium* sp. の倍加時間は、*B. graminisolvans* を基質とした場合が  $44.0 \pm 18.7$ h と最も早く、*P. acnes* が  $89.3 \pm 25.1$ h と最も長くなった。それに対し、*Cercomonas* sp. はグラム陰性菌である *E. coli*、*B. luti*、*B. graminisolvans* を基質とした場合にのみ増殖が認められた。倍加時間を算出した結果、*Paracercomonas* sp. は、*B. graminisolvans* で最も早く増殖し、倍加時間は  $15.8 \pm 5.4$ h となった。反対に、*E. coli* では倍加時間は  $42.6 \pm 2.0$ h と最も遅かった。一方で、*Trichomitus* sp. は *E. coli*、*B. luti*、*B. graminisolvans*、*C. acetobutylicum*、*T. flocculiformis* で増殖が確認され、グラム陽性の細菌の中でも、増殖できる場合とできない場合が存在する結果となった。*Trichomitus* sp. の倍加時間は、*E. coli* で  $21.9 \pm 3.2$ h と最も早く、*C. acetobutylicum* で  $46.7 \pm 11.4$ h と最も遅くなった。この結果から、原生動物にとって捕食可能な細菌であっても、基質となる細菌の細胞成分が増殖に大きく影響を与えることが示唆された。特に *Trichomitus* sp. は補助基質としてステロール類が増殖に必須であることが既

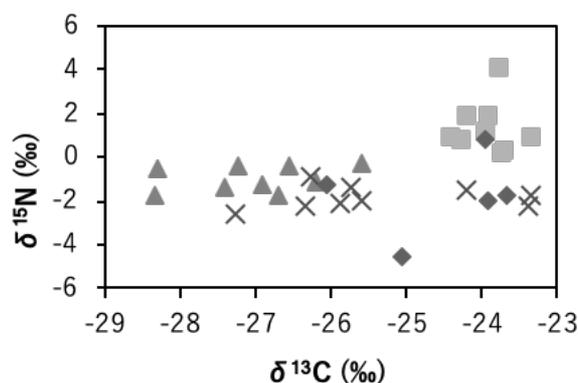


図5 都市下水UASB内の各成分の窒素炭素の安定同位体比

に判明しており、原生動物が要求する栄養も種ごとで異なることが考えられた。

#### (5) 安定同位対比による原生動物の食性について

溶解成分、SS 成分、バクテリア、原生動物の窒素・炭素安定同位体比の測定結果を図 5 に示す。炭素安定同位体比は下水の溶解成分は-24.4~-23.3‰、SS 成分は-28.3~-25.6‰であった。また、バクテリアは-27.8~-23.4‰、原生動物は-26.0~-23.7‰であった。溶解成分と原生動物はほぼ同じ領域にあることから、原生動物は溶解成分を摂食していると考えられる。一方、バクテリアは、SS 成分と近いため、主として SS 成分を摂食していることが示唆された。

窒素安定同位体比は下水の溶解成分は 0.0~-3.9‰、SS 成分は-1.9~-0.3‰であった。また、バクテリアは-2.6~-1.0‰、原生動物は-4.6~0.8‰であった。本来、窒素安定同位体比は捕食者が被食者よりも高くなる傾向がある。しかし、原生動物はバクテリアと比較して、窒素安定同位体比が同程度であった。このため、原生動物とバクテリアは被食-捕食関係であるのではなく、UASB 汚泥の生態系内で同じ栄養段階であることが示唆された。

#### (6) まとめ

都市下水処理 UASB 内の VSS/SS 比の季節変動やその際の汚泥を構成した微生物叢の解析から、槽内の SS 成分は冬季に蓄積し、夏季に減少したが、原生動物数とは相関がなく、都市下水内の VSS 成分は *Bacteroidetes* 門、*Firmicutes* 門やセルロース分解に関与すると思われる *Ruminococcus* 属によって行われた。バクテリアを基質とした *Cyclidium* sp.、*Paracercomonas* sp.、*Trichomitus* sp. の嫌気性原生動物はバクテリアを基質として培養が可能であった。多くの種のバクテリアを餌として利用可能であったが、原生動物種によって餌とするバクテリア種が異なっていた。原生動物、バクテリア、下水の溶解成分・SS 成分の窒素・炭素に関する安定同位体比の分析の結果、流入した下水の SS 成分はバクテリアによって利用され、原生動物は下水中の溶解性成分を利用していると考えられる。嫌気性原生動物は都市下水 UASB 内で SS 成分の分解に寄与することは少なく、主として溶解成分や槽内のバクテリアを捕食しているものであった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Masashi Hatamoto, Yuga Hirakata, Mamoru Oshiki, Takahiro Watari, Nobuo Araki, Takashi Yamaguchi	4. 巻 in Press
2. 論文標題 Food selectivity of anaerobic protists and direct evidence for methane production using carbon from prey bacteria by endosymbiotic methanogen	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ISME Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉田力, 佐藤剛, 押木守, 荒木信夫, 平片悠河, 幡本将史, 山口隆司	4. 巻 75(7)
2. 論文標題 都市下水処理UASBの上昇線流速が槽内の原生動物に及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集G（環境）	6. 最初と最後の頁 19-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y.Hirakata, M.Hatamoto, M.Oshiki, T.Watari, K.Kuroda, N.Araki, T.Yamaguchi	4. 巻 9(#12783)
2. 論文標題 Temporal variation of eukaryotic community structures in UASB reactor treating domestic sewage as revealed by 18S rRNA gene sequencing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1038/s41598-019-49290-y">https://doi.org/10.1038/s41598-019-49290-y</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Hirakata Y, Hatamoto M, Oshiki M, Araki N, Yamaguchi T.	4. 巻 -
2. 論文標題 Eukaryotic community in UASB reactor treating domestic sewage based on 18S rRNA gene sequencing	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Frontiers International Conference on Wastewater Treatment and Modelling 2017	6. 最初と最後の頁 218-224
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計21件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 平片悠河, 幡本将史, 山口隆司, 押木守, 荒木信夫
2. 発表標題 都市下水処理UASB槽内に生息する原生動物Cyclidium sp.の細菌捕食速度と代謝物の調査
3. 学会等名 平成30年度土木学会全国大会第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平片悠河, 幡本将史, 渡利高大, 山口隆司, 押木守, 荒木信夫
2. 発表標題 都市下水処理UASB槽内に生息する原生動物の細菌の捕食と代謝特性の解明
3. 学会等名 第53回日本水環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鎌田すみれ, 荒木信夫, 押木守, 桑原大輝
2. 発表標題 窒素安定同位体比を用いた嫌気性原生動物の食物網の解析
3. 学会等名 第36回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 覚道由郎, 吉田力, 荒木信夫, 押木守
2. 発表標題 上昇線流速がUASB槽内の嫌気性原生動物へ与える影響
3. 学会等名 第36回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤剛, 荒木信夫, 押木守, 山口隆司
2. 発表標題 都市下水処理UASB内における汚泥床内の空隙が原生動物へ与える影響
3. 学会等名 第36回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤剛, 荒木信夫, 押木守, 平片悠河, 幡本将史, 山口隆司
2. 発表標題 UASBスラッジベッド内での原生動物のサバイバル
3. 学会等名 第53回日本水環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuga Hirakata, Masashi Hatamoto, Mamoru Oshiki, Nobuo Araki, Takashi Yamaguchi
2. 発表標題 UASB Reactor Treating Domestic Sewage Based on 18S rRNA Gene Sequencing
3. 学会等名 The 1st Frontiers International Conference on Wastewater Treatment and Modelling (FICWTM), pp. 218-224. Palermo, Italy. (May 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuga Hirakata, Masashi Hatamoto, Mamoru Oshiki, Nobuo Araki, Takahiro Watari, Takashi Yamaguchi
2. 発表標題 Anaerobic protist community in UASB reactortreating domestic sewage by 18S rRNA gene sequence analysis
3. 学会等名 1st Symposiumon Microbial Methods For Wate & Water Resources Recovery (MMWRR2017), P06, TU Delft, Netherlands. (May 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平片 悠河, 幡本 将史, 山口 隆司, 押木 守, 荒木 信夫
2. 発表標題 都市下水処理UASB槽内に生息する原生動物群集解析と分離培養の試み
3. 学会等名 環境微生物系学会合同大会2017, 仙台, P-361. 2017.8.
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平片悠河, 幡本将史, 山口隆司, 押木守, 荒木信夫
2. 発表標題 18S rRNA遺伝子情報を用いた都市下水を処理するUASB槽及び活性汚泥における原生動物群集解析
3. 学会等名 平成29年度土木学会全国大会第71回次学術講演会, 福岡, -187. 2017.9.
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平片悠河, 幡本将史, 山口隆司, 押木守, 荒木信夫
2. 発表標題 都市下水を処理するUASB 槽内に生息する原生動物群集の季節変動と処理水質との関連
3. 学会等名 第20回水環境シンポジウム, 和歌山, p29-30. 2017. 9.
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉田力, 佐藤剛, 押木守, 荒木信夫, 山口隆司, 平片悠河
2. 発表標題 都市下水処理UASBにおける嫌気性原生動物の棲かについて
3. 学会等名 高専機構第二ブロック研究情報交換会, 筑波大学東京キャンパス, 2017.12.
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平片悠河, 幡本将史, 渡利高大, 山口隆司, 押木守, 荒木信夫
2. 発表標題 都市下水処理UASB槽内に生息する原生動物の細菌の捕食と代謝特性の解明
3. 学会等名 第52回水環境学会年会, 札幌, pp354. 2018. 3.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 剛, 荒木信夫, 押木 守, 山口隆司, 平片悠河
2. 発表標題 都市下水処理 UASB スラッシュベッド内の嫌気性原生動物の棲かについて
3. 学会等名 第52回水環境学会年会, 札幌, L31. 2018. 3.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 桑原大輝, 荒木信夫, 押木 守, 野寺崇, 山口隆司, 平片悠河
2. 発表標題 窒素安定同位体比を用いた嫌気性原生動物の食物環の解明
3. 学会等名 第52回水環境学会年会, 札幌, L32. 2018. 3.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平片悠河, 幡本将史, 山口隆司, 押木守, 荒木信夫
2. 発表標題 下水処理 UASB 槽内に生息する嫌気性原生動物の共生微生物の分子生物学的解析
3. 学会等名 第71回土木学会次学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hirakata, Y., Oshiki, M., Araki, N., Hatamoto, M., Yamaguchi, T.
2. 発表標題 Detection of Prokaryotic Symbionts in the Ciliates Metopus living in Up-flow Anaerobic Sludge Blanket Reactor
3. 学会等名 Water and Environment Technology(WET) Conference 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高橋俊, 荒木信夫, 平片悠河, 押木守, 幡本将史, 山口隆司
2. 発表標題 嫌気性原生動物叢を解析するためのMiSeq用PCRプライマーの検討
3. 学会等名 第34回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 吉田力, 荒木信夫, 平片悠河, 押木守, 幡本将史, 山口隆司
2. 発表標題 上昇線流速がUASB内の嫌気性原生動物に与える影響
3. 学会等名 第34回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 吉田力, 難波悠太, 荒木信夫, 平片悠河, 押木守, 幡本将史, 山口隆司
2. 発表標題 上昇線流速が UASB 槽内の嫌気性原生動物に及ぼす影響
3. 学会等名 第51回日本水環境学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平片悠河, 幡本将史, 山口隆司, 荒木信夫
2. 発表標題 18S rRNA 遺伝子に基づく都市下水処理 UASB 槽内の原生動物群集の解析
3. 学会等名 第51回日本水環境学会年会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山口 隆司  (Yamaguchi Takashi)  (10280447)	長岡技術科学大学・工学研究科・教授   (13102)	
研究分担者	押木 守  (Oshiki Mamoru)  (90540865)	長岡工業高等専門学校・環境都市工学科・准教授   (53101)	