

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2011～2014

課題番号：23246095

研究課題名(和文)革新的な無曝気・超省エネ型の好気性廃水処理バイオリアクターの開発と適用性拡大

研究課題名(英文) Innovation of Non-Aerated Aerobic DHS Bioprocess for Extremely Energy-saving Wastewater Treatment Technology

研究代表者

原田 秀樹 (Harada, Hideki)

東北大学・未来科学技術共同研究センター・教授

研究者番号：70134971

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 37,000,000円

研究成果の概要(和文)：DHS技術の更なる展開のために(1)DHS技術の適用性拡大と(2)DHS技術の浄化機構の解明のふたつに大別され、主に埋立地浸出水処理、フェノールを含む排水の硝化、硝化と塩濃度の関係、酸素移動特性、微生物群集構造解析と微生物利用について研究を行った。その結果、DHSリアクターの様々な廃水種およびプロセスへの適用可能性が示唆された。また物理化学的、微生物学的なアプローチによりその一部の機構解明することができた。

研究成果の概要(英文)：To expand the applicability of DHS bioprocess, various wastewaters were tested by using DHS bioreactor in combination with other pre-treatment technologies. Mainly, the applicability of landfill leachate and nitrification of phenol-containing wastewater was investigated. The effects of salt concentration on nitrification were quantitatively evaluated. Physico-chemical and microbial approaches were used clarify DHS treatment mechanisms.

研究分野：環境工学

キーワード：DHS 適用性拡大

1. 研究開始当初の背景

申請代表研究者(原田)らの研究グループは、1995年より開発途上国に適用可能な下水処理システムとして、UASB法と後段処理として懸垂型スポンジ(Down-flow Hanging Sponge:DHS)を組み合わせた下水処理システムを提案してきた。DHSは、開発途上国においても容易に入手可能なポリウレタンスポンジを微生物の増殖担体として用い、反応器内に連結または充填し、空気と接触させる非常にシンプルな構造である。UASB処理水を自走式散水装置によりスポンジ上部から滴下して、重力で流下する間に、スポンジの表面あるいは内部に高濃度で捕捉されている汚泥に接触して有機物が分解される。微生物付着担体としてスポンジを用いることにより、スポンジの外部表面および内部の網目構造に高密度の微生物が保持され、高い処理性能を発揮するものである。スポンジ内の保持汚泥量は活性汚泥法と比べると、ワン・オーダー以上高濃度の汚泥保持が可能である。捕捉された汚泥は高濃度で長いSRT(汚泥滞留時間)が維持され、その結果として内生呼吸による自己分解されるため、保持汚泥の逆洗浄を必要とせず余剰汚泥量も極端に低減される。また、DHSは無曝気型好気性処理法として酸素を流下水中に自然供給するため、人為的なエアレーションを一切必要としない経済的なプロセスでもある。DHSへ流入直後のUASB処理水は0mgDO/Lであるが、HRT1.5時間程度で処理水中のDOは5-7mgDO/L程度にまで上昇し、高効率な有機物除去が行われる。

DHSは、今日まで実規模リアクターへ向け開発と改善が繰り返し行われて、第1世代型(G1)から第6世代型(G6)まで進化してきている。第1世代型として提案された懸垂スポンジキューブ型(DHS-G1:1995~1997)は優れた酸素移動特性と汚泥保持能を示し、その結果スケールアップ容易な第2世代型として懸垂スポンジカーテン型(DHS-G2:1997~2001)が提案された。このG2型は、インド政府環境森林省国家河川保全局によって、処理人口3500人規模の実証プラントが建造され、原田らの研究グループとの国際共同研究が2002年10月よりスタートした。この実証プラントでは、5年間のノンストップ連続試験が実施された。その結果、UASB-DHSシステムは、活性汚泥法と同程度の処理時間で、活性汚泥法と同程度の処理水BOD10mg/L以下の卓越した処理性能を発揮して、インド政府の環境白書にも大きく取り上げられ高い評価を得るに至った。より施工性を向上したランダム・パッキング方式のG3とG6型(エポキシ樹脂を一部含浸させてスポンジを固くして、G3の外枠のネットリングを不要にした)が提案され、科学技術振興調整費(2008-2010年度)によって現地でG3vsG6の性能比較実証試験が実施された。

インドでの8年間に及ぶ実証プラントでの卓越した処理性能の結果を受けて、インド政府環境森林省からUASB-DHS技術の実機化・普及のODA要請が日本政府に出され、2010年度のJST-JICAの地球規模課題対応国際科学技術協力事業(SATREPS)に採択された。SATREPS事業では、処理人口35,000人規模の実機が建造されインド側と共同で実証試験しながら、普及のための設計指針と維持管理マニュアルを作成していくことが合意された。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、DHS技術の更なる展開のために、(1)DHS技術の適用性拡大と(2)DHS技術の浄化機構の解明のふたつに大別され、主に以下の研究を行った。

- (1) 埋立地浸出水処理
- (1) フェノールを含む排水の硝化
- (1) 硝化と塩濃度の関係
- (2) 酸素移動特性
- (2) 微生物群集構造解析と微生物利用

3. 研究の方法

(1) 埋立地浸出水処理

供給水には焼却残渣主体の埋立処分場から出る実浸出水を、場内の浸出水処理施設でアルカリ凝集沈殿処理後に採水し用いた。実験装置の概要を図-1に示す。4枚のスポンジシートから構成されるDHSのスポンジ容積は7.3L、USBの容積は2.0Lであり、クロマトチャンバー内に設置することで温度を30°Cに制御した。植種には、DHSは浸出水処理施設の接触酸化槽から採取した汚泥を、USBはA2O法における返送汚泥をそれぞれ用いた。実験は大きく3段階に分けて負荷を増加させながら行った。運転期間途中より、硝化のためのアルカリ度として炭酸水素ナトリウム、脱窒のための炭素源としてメタノールを添加した。

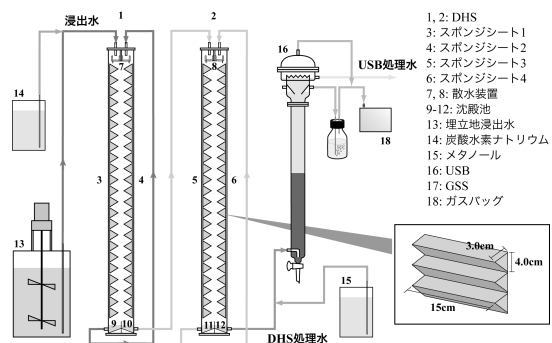


図-1 実験装置概要

(1) フェノールを含む排水の硝化

下向流スポンジ懸垂(Down-flow Hanging Sponge:DHS)リアクターリアクターを用いて、高塩分、高濃度フェノール・アンモニア性窒素含有廃水の処理を行い、処理水循環による脱窒の促進を試みた。本廃水は鉄鋼製造

業におけるコークス炉ガス洗浄廃水（安水）を模したものである。3 台の同形のユニットからなる DHS リアクターに人工廃水を供給し、基質の塩分を人工海水により 10.9 g-Cl/L に制御した。全 HRT を 12 時間に設定し、循環比を 0~2.0 の間で制御した。実験室の温度は 25°C に制御した。

(1) 硝化と塩濃度の関係

DHS リアクターによる高塩分・アンモニア性窒素含有廃水の処理における、亜硝酸の生成におよぼす塩分の影響を、1400 日にわたる連続実験によって評価した。これはアンモニア酸化細菌と亜硝酸酸化細菌の塩分に対する耐性の差を利用した試みである。DHS の HRT を 2 時間、実験室内温度を 20~25°C の範囲内で制御した。

(2) 酸素移動特性

実験に用いたスポンジの材質は、積水化成製ポリエーテル系ウレタンスポンジ（セルサイズ 500 μm 、空隙率=98%）である。担体 A は外径 32 mm、高さ 32 mm の円筒形のプラスチックフレームに、32 mm 角のスポンジを装填した。担体 B は、心に予め 12 mm の孔を開けて担体をリング状とした。フレームの太さは約 2 mm、格子画は 20 mm \times 16 mm とし、外径 40 mm、高さ 44 mm、格子画 40 mm のスポンジを装填した。担体 C は、ポリエチレン製スポンジにエポキシ樹脂で硬化させた硬質スポンジ担体（空隙率 70%）である。形状は、高さ 32 mm、幅 42 mm の円柱に直径 18 mm の孔を設けたリング状とした。

DHS スポンジ担体の酸素供給速度を評価するうえで、総括酸素移動容量係数 ($K_L a$) を用いた。40 連の DHS スポンジ担体に水を流下させ、担体間の水の DO を測定し、測定点での流下時間 t はトレーサー試験により求めた。

(2) 微生物群集構造解析と微生物利用

浸出水を処理している接触酸化槽および反応槽壁面に付着した汚泥を採取した。採取してきたサンプルから DNA を抽出し、Bacteria の 16S rRNA 遺伝子のほぼ全長を増幅して、クローニングをおこなった。シングルコロニーを 100 クローンほどピックアップし、ベクタースペシフィックなプライマーを用いて、インサートチェックを行った後、V3 領域を含む約 500 塩基についてシーケンスした。

埋立処分場の浸出水処理プロセスにおける生物処理過程の接触酸化槽内の水と槽の内壁の付着固形物を採取し、主要微生物の 1 つである TM7 の分離・培養を試みた。固形物サンプルを培養の植種源とし、滅菌した水サンプルのろ過液を寒天で固化した培地上で培養した。また、同サンプルを NaCl 濃度や抗生物質の添加などの条件を変えた Marine Broth 液体培地で培養した。TM7 を標

的としたプローブを用いた FISH 法によって蛍光シグナルが見られる細胞を観察しながらそれらの集積を試み、培地成分や継代培養の周期などの培養条件を調整した。培地には、Marine Broth 培地の基本の組成のものに加え、NaCl 濃度を減少させたものと、カナマイシンまたはストレプトマイシンを添加したものをを用い、25°C のインキュベーター内で 180 rpm で震とう培養した。

浸出水からの資源回収のための微生物利用については、集積培養の基質に浸出水を処理する廃水処理施設からカルシウム除去後の浸出水を採取し、Yeast Extract と Peptone を加えた。植種汚泥には浸出水処理硝化槽汚泥を用いた。Ni²⁺を基質に添加し、リアクター容積 800 cm³、温度 25°C で培養を行った。連続的に曝気を行い、好気的な環境を維持した。金属濃度は大腸菌の最小生育阻害濃度 (MIC) を基に決定した。低濃度から高濃度へ徐々にリアクター内の金属濃度を上げた。金属濃度、HRT はリアクター内の有機物濃度と濁度を指標とし変動させた。微生物群集構造解析は、各金属濃度でリアクター内の有機物が安定して分解されていることを確認した後にリアクター内汚泥を採取し、パイロシーケンサーを用いて 16S rRNA 遺伝子のアンプリコンシーケンシングを行った。

4. 研究成果

(1) 埋立地浸出水処理

運転開始時は浸出水中のアルカリ度を消費し硝化が進行すると考えたが、硝化率は低かった。そこで浸出水中のアルカリ度のみでは不足であると考え、アルカリ度の添加を開始したところ、NH₄⁺-N の硝化が進行するようになり、硝化率 91%、アンモニア除去速度 0.27 kg N/m³/d を示した。

DHS で安定した硝化が確認できたので、USB 供給水へのメタノールの添加を開始した。しかし平均脱窒率は 45%しか示さなかった。そこでより多くの脱窒細菌が存在すると思われる A2O 法の返送汚泥を用い、USB の再植種を行ったところ、安定して脱窒が進行し、処理水の平均全窒素濃度が 16 (標準偏差 \pm 23) mg/l と本システムにより平均して浸出水中の窒素の 90%を除去することができた。

その後、さらに負荷速度を上げるため浸出水に塩化アンモニウムを添加し、平均 NH₄⁺-N を 330 (\pm 42) mg N/L、アンモニア負荷速度を 0.66 kg N/m³/d で運転したところ、DHS の硝化率が平均 58%に低下した。この原因として、供給水のアンモニア性窒素濃度を増加させたことにより遊離アンモニアによる硝化阻害を受けた可能性が考えられた。また、トレーサー試験の結果、DHS では理論 HRT と実 HRT に平均で 69%もの差があり、供給水がスポンジ全体に行き渡っておらず、スポンジ容積を有効に利用できていないことがわかった。

運転 374 日目に、各スポンジシートの縦半

分を切って取り出し、浸水させながら強く圧搾することで汚泥を採取し、汚泥濃度を測定した。保持汚泥濃度は平均で 1.00 g-VSS/L-Sponge であった。これは高アンモニア濃度の人工排水を処理対象とした DHS の保持汚泥濃度が 5.54 g-VSS/L-Sponge であったという報告と比較しても小さい値である。VSS/SS 比も 0.072 と小さかった。この原因として、本研究においてはシート 1 においてスポンジ表面に浸出水中のカルシウムイオンから生じるカルシウムスケールの生成が見られたが、他のシートにおいてもこのようなスケールが内部には捕捉されていた可能性が考えられる。この保持汚泥濃度から計算すると、DHS の VSS 当たりのアンモニア除去速度は 0.27 kg N/kg VSS/d となった。

(1) フェノールを含む排水の硝化

流入水のアンモニア性窒素に対する流出水の硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素の回収率を求め、未回収分を脱窒率と定義して評価した。循環比 0 での脱窒率は 20% 程度であったが、循環比を上昇させるに伴い脱窒率も向上し、循環比 1.5 で約 58% となった。その後、循環比を 2.0 まで上昇させたところ、脱窒率 51% と減少したことから、最適な循環比は 1.5 付近であると推測された。また硝化および脱窒の活性試験とクローニング解析により、DHS リアクターの上流部において脱窒が卓越し、下流に向かうにつれて硝化が向上することが示された。さらにフェノールを電子供与体を利用する *Azoarcus* 属による脱窒の寄与が示唆された。

(1) 硝化と塩濃度の関係

塩分を塩化ナトリウム (NaCl) により 0~25 g-Cl/L の間で制御したアンモニア性窒素 (100 mg-N/L) 含有廃水を処理したところ、塩分の増加に伴う亜硝酸型硝化の進行が確認された。すなわち、塩分 25 g-Cl/L 時では、流出水全窒素濃度の 87% 以上が亜硝酸性窒素まで変換されることを確認した。この時、流出水全窒素濃度の硝酸性窒素の割合はわずかに 1.6% であった。これに伴い、例えば亜硝酸酸化細菌では、塩分無添加時には *Nitrospira* sublineage I が優占していたが、塩分増加後には、かわりに *Nitrobacter* 属が優占化するなど、DHS 内の硝化細菌群の菌叢に劇的な変化がみられた。以上のことから、DHS を用いて流入廃水の塩分をコントロールすることで、完全無ばっ気で超省エネ・低コスト型の亜硝酸型硝化プロセスの実現性が示唆された。

(2) 酸素移動特性

K_{La} の値は、水がスポンジに浸透し難い方が大きく、スポンジに水が浸透しやすいほど低下する傾向を示した (担体 C : 1.68 4.88 (1/min), 担体 B : 0.78 2.02 (1/min), 担体 A : 0.56 1.67 (1/min))。これは、酸素の移動がスポンジ担体の表面を流れる水に対して行わ

れ、スポンジに浸透した水に酸素が速やかに移動しないためであると考えられた。担体の性能としては、水が十分にスポンジ内部に浸透することが大事であるが、水に酸素を供給するにあたっては、むしろ表面をそのまま流れる方が有利であるという、相反する結果が示された。

(2) 微生物群集構造と微生物利用

接触酸化槽では、*Gammaproteobacteria* や *Alphaproteobacteria*, *Planctomycetes* に属するクローンが多数得られた。その他、*Deltaproteobacteria*, *Chlorobi*, TM7 などのクローンが得られた。このことは浸出水を処理する微生物群は、未だ未知なグループによってなされている可能性が極めて高いことを意味しており、今後このような微生物群集の解析を通して、どのような微生物がどのような反応に寄与しているのかを詳細に調べていく必要があることを意味している。

現在までの知見において、接触酸化槽の役目の 1 つであるアンモニア酸化に貢献している微生物群として、*Gammaproteobacteria* の *Nitrosococcus oceanii* に近縁なクローンが 1 つ得られており、接触酸化槽におけるアンモニア酸化においてこのグループが重要な役割を果たしている可能性を示唆している。また、浸出水の特性として塩化物イオンを多く含むことから、海洋性のアンモニア酸化に近縁なクローンが得られたことも、この接触酸化槽の特徴であるといえる。全体の 75% が *Gammaproteobacteria*, *Alphaproteobacteria*, TM7 で構成されていた。同じ反応槽内にいる微生物群でも微生物コミュニティが異なるということは、そこにおける物質フローが異なっていることを示唆している。浮遊汚泥とバイオフィームのいずれにおいてより効果的な浸出水処理が可能なのか、調査していくことが、処理効率の高いリアクターシステムの開発に必要なことをこの結果は示唆している。

この系内で重要な機能を発揮していると推定された TM7 の分離・培養においては、同環境サンプル内において TM7 に特異的なプライマーを用いた PCR 解析と TM7 に特異的なプローブを用いた FISH 法でそれぞれ検出された異なる菌株があった。これより TM7 に特異的とされているヌクレオチド配列や FISH 法の考え方に疑義が生じた。現在までに TM7 に特異的な PCR プライマーや FISH プローブにより様々な環境中の TM7 の検出や定量が行われてきたが、これらのプライマーやプローブを用いた PCR や FISH によって他の菌の非特異的検出が起こり、TM7 の存在を過大評価していた可能性も考えられる。そこで、現在まで行われてきた TM7 の解析方法としての PCR や FISH 法をより信頼性のあるものにする必要がある。今後は埋立地浸出水中の TM7 について、様々な培養条件と存在率の関係などを調べることによる生理生態機能の

解析が求められる。

なお一連の研究において TM7 に属する菌株は分離できなかったものの、既知の微生物に 16S rRNA 遺伝子配列相同性が 90%未満の属レベルで新規と思われる微生物を分離・培養することが出来た。今後、これら分離・培養できた微生物の生理学的特性を明らかにしていくことで、処理メカニズムの解明に貢献できると考えられる。

DHS リアクターを用いた浸出水からの資源回収のための微生物情報蓄積のため、集積培養実験を行った。まずリアクター内のバイオマスが増加するまで金属イオンを添加せずに運転を行った。HRT を 0.75 日から 1.5 日に変動させ運転を行ったところ、HRT 1 日では有機物が安定して分解されバイオマスが増加したため、金属イオンの投入を開始し、180 日間の連続培養を行った。pH は、8.1 から 8.8 の間で安定していたが、4 mM に金属濃度を上昇させたところ、有機物が分解されなくなり、リアクター内で沈殿物の形成が見られたため、リアクター内の pH を 7.0 に下げた。その結果、リアクター内の沈殿物が消えたためリアクターの運転を続行し、以降のリアクター内の pH を 7.0 に調整した。金属濃度が 0.1 mM 時に有機物は分解されるが、バイオマスが減少するという現象が生じた。パイロシークエンサーを利用した 16S rRNA 遺伝子のアンプリコンシーケンシングを行った。0.1 mM 時では、*Pseudoalteromonas* 属に近縁な菌が優占して存在していたが、1 mM の時は、*Nitratireductor* 属に近縁な菌が優占していた。*Nitratireductor* 属に近縁な菌は、0.1 mM の時はリアクター内で数%しか存在しておらず、金属濃度が上がったことでリアクター内で優占したと考えられる。一方で、0.1 mM の時に最も優占していた *Pseudoalteromonas* 属に近縁な菌は、1 mM の時は検出されず、金属毒性により淘汰されたと考えられる。金属濃度を変動させることで群集構造は金属に耐性のある微生物を主とする構造に変遷していることが明らかになった。集積サンプルを金属耐性細菌の分離培養源やメタゲノムによる金属耐性遺伝子取得のソースと用いることで、今後、金属回収・除去技術の開発に展開できる可能性があると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 14 件)

1. Okubo, T., T. Onodera, S. Uemura, T. Yamaguchi, A. Ohashi and H. Harada. On-site evaluation of the performance of a full-scale down-flow hanging sponge reactor as a post-treatment process of up-flow anaerobic sludge blanket reactor for treating sewage in India. *Bioresource Technology*. 査読有, 194: 156-164, 2015 年
DOI: 10.1016/j.biortech.2015.07.015
2. 大久保努, 井口晃徳, 久保田健吾, 山口隆司, 上村繁樹, 原田秀樹. 実証規模 DHS リアクターの処理性能と硝化細菌群に及ぼすスポンジ担体の影響. 下水道協会誌論文集. 査読有, 51: 121-128, 2014 年
3. Onodera, T., M. Tandukar, D. Sugiyana, S. Uemura, A. Ohashi and H. Harada. Development of a sixth-generation down-flow hanging sponge (DHS) reactor using rigid sponge media for post-treatment of UASB treating municipal sewage. *Bioresource Technology*. 査読有, 152: 93-100, 2014 年
DOI: 10.1016/j.biortech.2013.10.106
4. 坂本健一, 幡本将史, 高橋優信, 久保田健吾, 荒木信夫, 山崎慎一, 大久保努, 上村繁樹, 原田秀樹, 山口隆司. 嫌気無酸素回分式リアクターを用いた都市下水からの栄養塩除去とリン回収. 土木学会論文集 G(環境). 査読有, 69: III_121-III_127, 2013 年
5. 井口晃徳, 大久保努, 立花真, 永井寛之, 上村繁樹, 山口隆司, 久保田健吾, 原田秀樹. 実証規模下水処理 UASB-DHS システムにおける後段 DHS リアクターの微生物群集構造解析と脱窒細菌群の定量. 土木学会論文集 G(環境). 査読有, 69: III_539-III_546, 2013 年
6. 渋谷幸子, 石川愛弓, 玉木秀幸, 原田秀樹, 久保田健吾. 高塩濃度環境下においてニッケルが微生物群集構造に与える影響の評価とニッケル耐性菌の分離・培養. 土木学会論文集 G(環境). 査読有, 69: III_241-III_248, 2013 年
7. Ikeda, N., T. Natori, T. Okubo, A. Sugo, M. Aoki, M. Kimura, T. Yamaguchi, H. Harada, A. Ohashi and S. Uemura. Enhancement of denitrification in a DHS reactor by effluent recirculation. *Water Science & Technology*. 査読有, 68(3): 591-598, 2013 年
DOI: 10.2166/wst.2013.235
8. Onodera, T., K. Matsunaga, K. Kubota, R. Taniguchi, H. Harada, K. Syutsubo, T. Okubo, S. Uemura, N. Araki, M. Yamada, M. Yamauchi and T. Yamaguchi. Characterization of the retained sludge in a down-flow hanging sponge (DHS) reactor with emphasis on its low excess sludge production. *Bioresource Technology*. 査読有, 136: 169-175, 2013 年
DOI: 10.1016/j.biortech.2013.02.096
9. Uemura, S., M. Kimura, T. Yamaguchi, A. Ohashi, Y. Takemura and H. Harada. Long term evaluation of the effect of salinity on organic removal and ammonium oxidation in a down-flow hanging sponge reactor. *International Journal of Environmental Research*. 査読有, 6: 361-366, 2012 年
10. Uemura, S., N. Ikeda, T. Natori, T. Okubo, T. Yamaguchi, M. Kimura, A. Iguchi and H. Harada. Enrichment of anammox bacteria

- from mudflat sediments collected in Tokyo Bay. African Journal of Microbiology Research. 査読有, 6: 3778-3782, 2012年
DOI: 10.5897/AJMR12.373
11. Natori, T., Y. Takemura, H. Harada, K. Abe, A. Ohashi, M. Kimura, T. Yamaguchi, T. Okubo and S. Uemura. The effect of salinity on nitrite accumulation in a DHS reactor. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 査読有, 87: 1466-1472, 2012年
DOI: 10.1002/jctb.3770
 12. 大久保努, 山田真義, 角野晴彦, 多川正, 山内正仁, 山崎慎一, 上村繁樹, 荒木信夫, 高専間と産学官の連携による新規排水処理技術'DHS'の開発. 環境技術. 査読有, 41: 39-42, 2012年
 13. Uemura, S., S. Suzuki, Y. Maruyama, A. Ohashi, T. Yamaguchi and H. Harada. Direct treatment of settled sewage by DHS reactors with different size sponge support media. International Journal of Environmental Research. 査読有, 6: 25-32, 2012年
 14. 大久保努, 上村繁樹, 小野寺崇, 山口隆司, 大橋晶良, 原田秀樹, 途上国における UASB 下水処理システムの後段処理オプションに関する考察. 用水と廃水. 査読有, 53: 865-875, 2011年
- [学会発表](計39件)
1. 久野真莉子, 埋地地浸出水処理過程に存在する”*Candidatus Saccharibacteria*”門の解析, 第50回日本水環境学会年会, 2016.3.18, アスティとくしま(徳島県徳島市),
 2. 魚返沙紀, 下水処理 DHS リアクターのストップ時における菌叢変化の解析, 第43回関東支部技術研究発表会, 2016.3.15, 東京都市大学世田谷キャンパス(東京都世田谷区)
 3. 松永健吾, 都市下水 UASB 後段の DHS リアクターにおける真核生物群集構造, 第48回日本水環境学会年会, 2014.3.19, 東北大学 川内北キャンパス(宮城県仙台市)
 4. 松林未理, DHS リアクタを用いた塩分ショックロードにおける亜硝酸生成能の回復, 第48回日本水環境学会年会, 2014.3.17, 東北大学 川内北キャンパス(宮城県仙台市)
 5. 池田直生, 処理水循環を伴った DHS リアクターにおけるアンモニア性窒素とフェノールの同時除去, 第67回土木学会年次学術講演会, 2012.9.7, 名古屋大学 東山キャンパス(愛知県名古屋市)
 6. 松林未理, DHS リアクタを利用した亜硝酸生成プロセスにおける塩分と HRT の影響, 第67回土木学会年次学術講演会, 2012.9.7 名古屋大学 東山キャンパス(愛知県名古屋市)
 7. Kengo Kubota, A novel nitrogen removal system for landfill leachate by combination of DHS and USB reactors, The 4th IWA-ASPIRE conference & exhibition, 2011.10.4, Tokyo(JAPAN)
 8. Shigeki Uemura, UASB-DHS integrated system, -a sustainable sewage treatment technology-, Leader's summit & Innovation from national R&D programs of Japan at the 4th IWA-ASPIRE conference & exhibition, 2011.10.3, Tokyo(JAPAN)
 9. 大久保努, 実規模 DHS リアクターにおける無機態窒素の処理性能と KLa の評価, 第66回土木学会年次学術講演会, 2011.9.9, 愛媛大学 城北キャンパス(愛媛県松山市)
 10. 大久保努, 低炭素社会に向けた超省エネルギー生物学的排水処理装置, 第9回全国高専テクノフォーラム, 2011.8.4, 学術総合センター(東京都千代田区)
6. 研究組織
- (1)研究代表者
原田 秀樹 (HARADA HIDEKI)
東北大学・未来科学技術共同研究センター・教授
研究者番号: 70134971
 - (2)研究分担者
上村 繁樹 (UEMURA SHIGEKI)
木更津工業高等専門学校・環境都市工学科・教授
研究者番号: 60300539
 - (3)連携研究者
久保田 健吾 (KUBOTA KENGO)
東北大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 80455807
大久保 努 (OKUBO TSUTOMU)
木更津工業高等専門学校・環境都市工学科・准教授