

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23241029

研究課題名(和文) 難培養微生物の高濃度化が可能なDHSリアクターの環境保全と資源回収への適用拡大

研究課題名(英文) Application of DHS reactor possible to retain poorly-culturable bacteria for novel environmental technology and resource recovery

研究代表者

大橋 晶良(Ohashi, Akiyoshi)

広島大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70169035

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 37,600,000円

研究成果の概要(和文)：省エネ・低コスト型のDHSリアクターは、難培養微生物を高濃度に培養できる特長を有している。本研究は、このDHSリアクターを用いた次の6つの新規の環境技術の性能を長期連続運転により評価した。(1) マンガン酸化細菌を用いたレアメタル回収、(2) 嫌気性処理水の溶存メタン回収、(3) 低pH硝化、(4) 温室効果ガス・亜酸化窒素とメタン同時分解、(5) 富栄養化湖、河川からのリンの回収、(6) 亜硝酸化とアナモックスの同時反応窒素除去。その結果、処理や資源回収が可能であることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Energy-saving and low-cost DHS reactor has an attractive potential to highly retain even poorly-culturable bacteria. This study evaluated the performances of long and continuously operated DHS reactors applied for the following six novel environmental technologies. (1) minor metals recovery by Mn oxidizing bacteria, (2) dissolved methane recovery from anaerobic wastewater treatment effluent, (3) nitrification at low pH, (4) simultaneous decomposition of nitrous oxide and methane of global warming gases, (5) phosphorus recovery from eutrophied pond and river, (6) nitrogen removal by simultaneous nitritation and anammox reaction. The result shows that the treatments and the recoveries are possible.

研究分野：複合新領域

キーワード：バイオリアクター 排水処理 資源回収 微生物群集解析 難培養微生物 環境浄化 窒素循環 温室効果ガス

1. 研究開始当初の背景

下水処理に活性汚泥法が先進国に取り入れられていても、途上国では今や受け入れられていない。急速な人口増大を続ける途上国では、経済発展を最優先するため、環境対策への社会資本投資がおろそかにされ、日本のようにお金とエネルギーを存分にかけ、金ピカピンの処理をするような技術-活性汚泥法-をそのまま移転しても根付かないことは明白である。地域の経済構造、社会構造等の実状に応じた途上国仕様の“適正技術”=低コスト・簡易型の処理技術の開発・移転こそ求められている。

このような背景を下に、低コスト(省エネルギー[エアレーションが不要]・創エネルギー[メタンガス回収])で維持管理が容易な簡易型下水処理プロセスの開発に携わってきた。開発した処理プロセスは、UASB法とその後段処理としてエアレーションを要しない散水ろ床の一種である好気性DHS(Downflow Hanging Sponge)リアクター(特開平10-263578)を直列でつなげたプロセスから構成されており、実下水を供した長期連続処理運転において、余剰汚泥発生ゼロ、処理水質は活性汚泥法と同等であることをこれまでの研究で実証してきた。

国内では当新規システムの処理性能の素晴らしさに気づいている方はまだ数少ないが、一方、途上国ではこのシステムを高く評価して頂いており、インドで当研究グループの協力の下にDHSリアクターのパイロット・プラントの建設(14年前)と、実用化に向けた処理性能評価実験が実施された。これまでの研究成果で、新規下水処理システムの技術体系をほぼ確立することができ、この度、インドのアグラ市に第1号実機の計画が進行し、途上国への実用化という我々の長年の夢が今花開いている。

途上国(主に温暖な地域)に適用可能なエアレーションを要さない省エネ型のDHSリアクターは嫌気性処理水の後段処理として開発されたが、途上国のみならず日本などの先進国においても適用できるように低温環境下での処理性能対策などの研究も行ってきた。それを通じて、DHSリアクターは単に残存有機物処理に留まらず、保持微生物の高濃度化が可能であり、汚泥滞留時間が途轍もなく長い特長を有しているため、これまで思いもよらなかった微生物を利用した新規の環境技術の創生が明らかになってきた。

2. 研究の目的

上述のような背景を下に、本研究は難培養微生物の高濃度化が可能な省エネ・低コスト型DHSリアクターによる次の6つのレアメタル等の資源回収、温室効果ガスの分解、特殊な排水処理等への適用拡大の研究開発を行う。

(1) マンガン酸化細菌を利用したレアメタルの回収

Mn()がマンガン酸化細菌によって酸化された価のMnは、Ni、Co、Mo、W、Sb、Asなどのレアメタルの吸着性に優れている。DHSリアクターのスポンジ担体の表面に形成

されたMn()酸化物の粒子(粒径0.5mm程度)は、担体表面から滑落してリアクター下部に集められ、容易に回収することができる。人工排水を用いた実験において、このMn()酸化物粒子は重量比で約半分のNiあるいはCoを吸着していた。さらに、このマンガン酸化は高速で反応している実験結果を得ており、本研究ではこの技術を発展させてマンガン酸化細菌を利用したレアメタルの回収技術を確立する。

(2) 溶存メタンの回収

嫌気性処理水中には生成したメタンの一部が溶存しており、処理水から大気中に放散され、地球温暖化の原因となる。DHSリアクターを用いて、溶存メタンの大気放散を防止するとともに、これを回収してエネルギー利用する基礎技術(特願2007-5968)を開発している。この溶存メタン回収技術を実用化し、灌漑等へも適用するために、回収機構のモデル化とシミュレーションおよび温度影響を把握して、DHSリアクターの設計と操作方法を確立する。

(3) 低pH硝化

一般的にpHが低下すると硝化反応が停止するため、低pH排水の硝化は不可能とされている。しかし、好酸性の硝化菌の存在が指摘されており、DHSリアクターによりpH4の排水の硝化を確認している。この難培養硝化菌の高濃度化の技術開発により実排水への適用を行う。

(4) 温室効果ガス・N₂Oとメタン同時分解

強温室効果ガスのメタンと亜酸化窒素(N₂O)[排水処理系から放出]を同時分解するメタン資化脱窒菌の生存は未だ知られていない。しかし、DHSリアクターを用いてこの細菌の培養(空気の代わりにN₂Oとメタンガスを供給)に成功している。まだ分離培養までには至ってはならず、同定、至適条件の検討を行い、強温室効果ガスの処理・放散防止技術を構築する。

(5) 富栄養化湖、河川からのリンの回収

汚泥の引き抜き無しでも生物学的リン除去が可能な方法を考案(特願2009-044797)している。この技術を用いると富栄養化湖や河川からでもDHSリアクターを用いてリンの回収が可能であり、回収率等の向上の操作条件を確立する。

(6) 亜硝酸化とアナモックスの同時反応窒素除去

DHSリアクターを低酸素濃度に制御することで、次世代の窒素除去技術として注目されている一槽型での亜硝酸型硝化/Anammox型窒素除去が可能であることを明らかにしている。本方法を高塩濃度の灌漑などの排水に適用できる技術を構築する。

3. 研究の方法

目的に掲げたレアメタル等の資源回収や特殊な排水処理等の6つの新規の環境技術は、すべてDHSリアクターを用いて達成しようとするものである。DHSリアクターの基本は、装置内に石の代わりにスポンジ担体を配置する、あるいはカーテン状やキューブのスポンジを気相に吊し、装置上部より散水し、下部から排出され

る構造（一種の散水ろ床）となっている。装置内は水で満たさず、エアレーションなしに、気相から酸素がスポンジに供給されて（拡散のみならず移流によって、スポンジ内部まで）好気状態に保たれている。DHS リアクターがなぜ優れた性能を発揮するのか、この理由として気相に配置されたスポンジの保水性を挙げることができる。スポンジの微生物保持能は数万 mg/L（活性汚泥の約 10 倍）と非常に高いが、担体に保水性がないと重力ですべての水が一瞬に流下してしまい、微生物の生息できる場が失われ、高濃度の微生物を保持できない。一滴の排水がスポンジに滴下されると下部から一滴の処理された水が排出されることが重要である。これが満足されるかどうかは、スポンジのサイズ、内部のセルの大きさと材質によって決まる。スポンジサイズを小さくすれば、保水性の機能を持たせることに有利となるが、DHS リアクターの施工面からは大きなスポンジが有利である。キューブスポンジでは一辺 2.5cm 程度が適切であることが分かっており、このサイズのポリウレタンスポンジ担体を実験では基本的に使用する。

従って、研究方法の基本は 6 基の DHS リアクターによる、しかも増殖速度が遅い難培養微生物を扱うことから、長期の連続処理実験を行い、それぞれの処理・回収性能を調査した。6 基の DHS リアクターの違いは、回収あるいは処理する対象の排水等が異なっているだけであり、構造等は共通であって、DHS リアクターの適用範囲は幅広い。実用化のためには、各々の処理・回収の機構、性能の限界の把握は不可欠であり、微生物群集解析、キー微生物の検出・定量を必須とし、分離培養（多くの難培養細菌の分離実績あり）を試みて生理学的特性を調べた。

(1) マンガン酸化細菌を利用したレアメタルの回収

マンガン酸化細菌は、分かっているようで不明なことが多い細菌である。マンガンを酸化しエネルギーを獲得して生きている生物ではなく、有機物を酸化する従属栄養好気性細菌であって、マンガンがあればいつでも酸化している。従ってマンガン酸化細菌と呼ぶのは本来相応しくない。マンガンを含む実有機性排水を用いてマンガン酸化細菌を優占化させることは容易ではない。普通に処理すると、他の従属栄養細菌にリアクター内が占拠されてしまう。しかし、マンガン酸化細菌はおそらく有機物濃度に対して親和性が高いため、極低濃度の有機物排水であれば、DHS リアクターに保持することが可能と思われる。ただし、低濃度有機物排水を作るとは簡単ではない。そこで、マンガン酸化細菌と硝化細菌との共存微生物生態を考えた。アンモニア性窒素のみの排水処理において、一般的に硝化細菌だけが優占化することはなく、全細菌の半分程度に留まる。これは硝化細菌の代謝有機物（低濃度）を利用する好気性細菌が繁殖するためである。この機構を利用して、アンモニア性窒素含有排水に Mn（ ）が含まれていれば、マンガン酸化細菌が共存できるのではないかと考えるに至った。

既往の成果として、DHS リアクターを用いて、この仮説を調べたところ、長期の培養（運転）日数を要したが、予想通りにマンガン酸化細菌と硝化細菌の微生物生態が構築されていた。マンガン酸化速度は硝化速度と同等（単位 mg/m³・d）であり、微生物保持性能の高い DHS リアクターを用いることで、高速処理が可能である。Mn（ ）酸化物粒子は前述したようにリアクター下部から容易に回収でき、Ni、Co の吸着量は市販の Mn（ ）酸化物よりも 1 オーダーも高く吸着性に優れていた。これらを鑑みるとレアメタルの回収は夢物語でないと言える。これまでの研究から Ni、Co の回収は可能であるが、解決すべき課題もある。そこで、微生物群集解析を基に至適なマンガン酸化の運転条件を決定し、また Mn（ ）酸化物が得やすいようなスポンジに代わる保水性のある布担体（表面積を大きくする）の効果についても検討した。

また、マンガン酸化細菌の優占化を硝化細菌だけでなく、メタン酸化細菌との共存を検討した。メタン酸化細菌も低濃度の代謝有機物を放出しており、硝化反応では pH 低下し Mn 酸化を阻害するが、これを防止することができる。また Ni、Co 以外のレアメタルの吸着性を調査した。さらに海洋からの回収を念頭に海水を用いて好塩性マンガン酸化細菌の優占化・吸着性能を評価した。

(2) 溶存メタンの回収

嫌気性処理水にはメタンが溶存している。嫌気性処理水を後段処理する DHS リアクター内では生物酸化されるメタン量はごくわずかであり、大半の溶存メタンが物理的作用（気相と液相間の物質移動）によって大気中へ直ちに放散することがわかっている。ところが、この物理的作用を利用すると溶存メタンをガス化して回収できる（溶存メタンの回収技術：特願 2007-5968）。密閉した DHS リアクターの上部より嫌気性処理水を流下させ、下部より空気を調整して供給すれば、気相中のメタンガス濃度は容器内を上昇するに従って高濃度になるため、上部より高濃度メタン含有ガス（メタン濃度 30% 以上の自燃ガスとして）が回収できることを確認している。溶存メタンの回収ガスのメタン濃度・回収率は温度の影響を受けると考えられ、年間を通じて有用ガス（メタン濃度 30% 以上）として回収できることを実証し、その操作方法を確立するために、実下水を用いて UASB+DHS システムによる処理実験を行った。溶存メタン回収 DHS リアクターを設計するには、回収機構のモデル化とシミュレーションが不可欠であり、これを実施した。

(3) 低 pH 硝化

DHS リアクターを用いて好酸性の硝化菌の培養（pH4）は確認されているが、増殖速度が遅い状況で、処理速度が緩やかに上がっている。低 pH 下では、基質である炭酸イオンが極微量しか存在せず、ほとんどが遊離の二酸化炭素となっている。すなわち、通常の空気では基質（炭酸イオン）律速になっていると考えられる。DHS リアクターは気相の二酸化炭素濃度を容

易にコントロールできるため、そこで、二酸化炭素濃度を高めて、好酸性硝化菌の至適な培養条件の検討を行った。また好酸性硝化菌の菌叢解析を実施した。

低 pH 下では遊離アンモニア形態が少なく、硝化速度にアンモニア濃度が影響することが想定され、この影響を調べた。さらに DHS リアクターによる処理性能評価し、実排水への適用を試みた。

(4) 温室効果ガス・N₂O とメタン同時分解

メタンを資化して亜硝酸塩を還元するメタン脱窒菌が最近 1 種 (*Candidatus Methyloirabialis oxyfera*) 報告された (Nature, Vol.464/25, 2010)。しかし、この細菌は亜酸化窒素 (N₂O) を経由せず資化できない。申請者らが DHS リアクターで培養して発見した N₂O を還元するメタン資化脱窒菌は *Comamonadaceae* 科に属し、一種報告の菌とは系統的に全く離れている。分子系統的に近縁な純菌を用いてメタンを資化するかどうかを調べたが、資化能力はなかった。すなわち申請者らが発見した N₂O とメタンを利用する細菌は新種である。そこでメタン資化 N₂O 還元脱窒菌の同定および分離培養を試みた。また、N₂O とメタン除去の実験量論比を求め、至適運転条件の検討、処理性能評価を行い、温室効果ガスの放散防止技術の構築を試みた。

(5) 富栄養化湖、河川からのリンの回収

溶液中からのリン回収は、従来の下水処理で行われている生物学的嫌気・好気法の原理を用いるが、汚泥を引き抜くことなく、高濃度のリン含有液としてリアクターから回収する方法である。DHS リアクター内のスポンジ担体にポリリン蓄積細菌 (PAOs) を高濃度に生息させて、好気環境下でリン含有排水を上部から散水すると、PAOs によってリンが摂取されて、リン除去された処理水が下部から排出される。除去されたリンは、ポリリン酸として PAOs に蓄積される。次に有機物含有の排水でリアクターを満たしてスポンジ担体を浸漬させ、嫌気状態にして放置しておく、PAOs は有機物を取り込みながら蓄えていたポリリン酸をリン酸塩として排水中に放出し、高濃度のリン含有液が作られ、この排水を回収する。この好気と嫌気環境を繰り返せば、継続的にリン含有排水は高濃度化される。人工排水を用いた実験結果で、リン含有液 (5mgP/L) を 30 倍 (150mgP/L) 以上に濃縮回収できる事を確認している。本研究はこの技術を富栄養化湖、河川に適用するものであるが、0.数 mgP/L の低濃度の河川水では、回収性能に影響すると考えられ、0.2mgP/L の人工水を用いて性能を調査し、低濃度リン水を利用するポリリン酸蓄積細菌群の解析を行った。人工リン含有水を用いて、リン回収液の高濃度化と回収率を向上させる操作方法を検討し、湖水からのリン回収を調査した。

(6) 亜硝酸化とアナモックスの同時反応窒素除去

一槽の DHS リアクターでの亜硝酸型硝化 / Anammox 型窒素除去が可能であるが、その処

理性能は気相の酸素 (低濃度) に大きく影響する。淡水の人工アンモニア性窒素水を用いて、至適な酸素濃度と制御方法を検討した。スポンジ担体の表面にはアンモニア酸化菌、内部に Anammox 細菌の生物膜構造が重要であり、最適なスポンジの内部セルサイズを検討すると共に、好塩性 Anammox 活性の至適条件を調査して、灌水への適用を試みた。

4. 研究成果

(1) マンガン酸化細菌の集積培養は、アンモニア酸化細菌との共生のみでなく、DHS リアクターにメタンと空気を供給する運転でメタン酸化細菌との共生で培養できることが明らかになった。すなわち、他の細菌の代謝産物のような低濃度有機物を基質として供給できれば、マンガン酸化細菌が培養できることの仮説を証明することができた。マンガン酸化細菌が培養できれば、Mn 酸化物を生成することができ、排水中の Ni, Co 等のレアメタル回収は可能である。また、廃棄物である活性汚泥を基質として利用することを発見し、しかも、アンモニア酸化細菌やメタン酸化細菌との共生よりも、Mn 酸化物生成速度が大きいことが明らかになった。

(2) 下水の UASB 処理水の溶存メタン濃度は、季節すなわち温度により変動するが、DHS システムによりメタン濃度 30% 以上の自然ガスとして回収し、メタンの大気放散を防止できることを実証した。温度により溶存メタン回収するための制御因子である空気供給速度を変化させる必要があり、そこで回収機構のモデルを構築し、パラメータを決定して、シミュレーションを行った。その結果、空気供給速度等の運転方法を明らかにすることができた。

(3) 低 pH の硝化は、アンモニア酸化古細菌と亜硝酸酸化細菌により、アンモニアが硝酸塩に酸化されることが分かった。硝化により pH は低下するが 3.5 以下にはならず、pH 3.5 以下では活性がなくなり、また pH 6 以上でも活性が低く、至適な pH 範囲を明らかにした。二酸化炭素濃度は低 pH の硝化反応に影響されると考えられたが、影響はほとんどない結果が得られた。また、アンモニア濃度も硝化速度への影響も小さいことが分かった。DHS リアクターにより低 pH の硝化が可能であることを実証できたが、硝化速度は中性の速度よりも低く、高めることができなかった。この原因として、硝化細菌はスポンジ担体への付着性があり高濃度にリアクターに保持できるが、一方、アンモニア酸化古細菌は付着性が低く、スポンジから剥離し易く、高濃度に保持できないことによるものであった。このため実排水への適用には、アンモニア酸化古細菌をリアクターに保持するための工夫が必要である課題が残された。

(4) DHS リアクターにより温室効果ガスの N₂O とメタンを同時分解することを明らかにした。しかし、研究予定のメタンを資化して N₂O を還元するメタン脱窒菌は発見できなかった。リアクター内に酸素が少量混入することで、メタン酸化細菌によりメタンは酸化分解さ

れ,それに伴って生成される有機物を利用して脱窒菌が N₂O を窒素ガスに還元することによる反応であった。新種の細菌の存在は否定されたが,リアクターへの酸素供給を制御して,生物学的に温室効果ガスの放散を防止する技術を構築することができた。

(5) ポリリン酸蓄積細菌は多種多様であり,培養できるグループをリン濃度に応じて分類できることが分かった。そのグループの中には河川水のような 0.数 mgP/L でも培養でき,富栄養化湖や河川からリン回収できることを明らかにした。ただし,濃縮回収できるリン濃度は実用化に向けた 100mgP/L には達しない。しかし,本リン回収システムを 2 段にすることで解決できることが分かった。

(6) リアクター内を低酸素濃度に保つことで,一槽での亜硝酸化とアナモックスの同時反応によるアンモニア除去が可能であることを明らかにした。また,好塩性の Anammox を集積培養でき,灌漑などの高塩濃度排水の窒素除去にも適用できることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 15 件)

Norihisa Matsuura, Masashi Hatamoto, Haruhiko Sumino, Kazuaki Syutsubo, Takashi Yamaguchi, Akiyoshi Ohashi, Recovery and biological oxidation of dissolved methane in effluent from UASB treatment of municipal sewage using a two-stage closed downflow hanging sponge system, Journal of Environmental Management, Vol. 151, 200-209, 査読有, 2015.

Takanori Awata, Tomonori Kindaichi, Noriatsu Ozaki, Akiyoshi Ohashi, Biomass yield efficiency of a marine anammox bacterium, "Candidatus Scalindua sp." is affected by salinity, Microbes and Environments, Vol. 30, No.1, 86-91, 査読有, 2014.

Doi: 10.1264/jsme2.ME14088.

Doi: 10.1016/j.jenvman.2014.12.026.

Izarul Machdar, Norihisa Matsuura, Hiroya Koderu, Akiyoshi Ohashi, Prospective combined system of UASB and DHS reactor for the treatment of domestic wastewater in Jakarta.

Journal of Water and Environment Technology, Vol. 12, No. 6, 459-468, 査読有, 2014.

DOI: 10.2965/jwet.2014.459.

Masataka Aoki, Masayuki Ehara,

Yumi Saito, Hideyoshi Yoshioka, Masayuki Miyazaki, Yayoi Saito, Ai Miyashita, Shuji Kawakami, Takashi Yamaguchi, Akiyoshi Ohashi, Takuro Nunoura, Ken Takai, Hiroyuki Imachi, A long-term cultivation of an anaerobic methane-oxidizing microbial community from deep-sea methane-seep sediment using a continuous-flow bioreactor, Plos One, Vol. 9, No. 8, e105356, 1-14, 査読有, 2014.

DOI: 10.1371/journal.pone.0105356.

Hui-Ping Chuang, Jer-Horng Wu, Akiyoshi Ohashi, Kenichi Abe and Masashi Hatamoto, Potential of nitrous oxide conversion in batch and down-flow hanging sponge bioreactor systems, Sustainable Environment Research, Vol.24, No.2, 117-128, 査読有, 2014

Takashi Onodera, Madan Tandukar, Doni Sugiyana, Shigeki Uemura, Akiyoshi Ohashi, Hideki 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, Vol. 152, No. 4, 93-100, 査読有, 2014.

Doi.org/10.1016/j.biortech.2013.10.106.

Kengo Kubota, Mikio Hayashi, Kengo Matsunaga, Akinori Iguchi, Akiyoshi Ohashi, Yu-You Li, Takashi Yamaguchi, Hideki Harada, Microbial community composition of a down-flow hanging sponge (DHS) reactor combined with an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor for the treatment of municipal sewage, Bioresource Technology, Vol. 151 No. 1, 144-150, 査読有, 2014.

DOI: 10.1016/j.biortech.2013.10.058

Masayoshi Yamada, Hideki Harada, Masahito Yamauchi, Takashi Yamaguchi and Akiyoshi Ohashi, Reduction of Alkali Supplement in a Pilot-Scale Thermophilic Multi-Stage UASB Reactor Treating Alcohol Distillery Wastewater, International Journal of Environmental Research,

Vol. 7, No. 4, 823-830, 査読有,2013

ISSN: 1735-6865

Naoki Ikeda, Teppei Natori, Tsutomu Okubo, Ami Sugo, Masataka Aoki, Masanori Kimura, Takashi Yamaguchi, Hideki Harada, Akiyoshi Ohashi and Shigeki Uemura, Enhancement of denitrification in a down-flow hanging sponge reactor by effluent recirculation, *Water Science & Technology*, Vol. 68, No. 3, 591-598, 査読有,2013.

Doi: 10.2166/wst.2013.235

Hiroya Kodera, Masashi Hatamoto, Kenichi Abe, Tomonori Kindaich, Noriatsu Ozaki, Akiyoshi Ohashi, Phosphate recovery as concentrated solution from treated wastewater by a PAO-enriched biofilm reactor, *Water Research*, Vol.47, No.6, 2025-2032, 査読有,2013.

DOI.org/10.1016/j.watres.2013.01.027

Haruhiko Sumino, Ryouichi Murota, Ai Miyashita, Hiroyuki Imachi, Akiyoshi Ohashi, Hideki Harada, Kazuaki Syutsubo, Treatment of low-strength wastewater in an anaerobic down-flow hanging sponge (AnDHS) reactor at low temperature, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 47, 1803-1808, 査読有,2012.

DOI:10.1080/10934529.2012.689241

Teppei Nator, Yasuyuki Takemura, Hideki Harada, Kenichi Abe, Akiyoshi Ohashi, Masanori Kimura, Takashi Yamaguchi, Tsutomu Okubo and Shigeki Uemura, The effect of salinity on nitrite accumulation in a down-flow hanging sponge reactor, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 87, 1466-1472, 査読有,2012.

DOI: 10.1002/jctb.3770

Sigeki Uemura, Masafumi Kimura, Takashi Yamaguchi, Akiyoshi Ohashi, Yasuyuki Takemura, and Hideki 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, Vol.6, No.2, 361-366, 査読有,2012

ISSN: 1735-6865

Shuji Kawakami, Takuya Hasegawa, Hiroyuki Imachi, Takashi Yamaguchi, Hideki Harada, Akiyoshi Ohashi, Kengo Kubotai, Detection of single-copy functional genes in prokaryotic cells by two-pass TSA-FISH with polynucleotide probes, *Journal of Microbiological Methods*, Vol.88-2, pp.218-223, 査読有,2012

DOI:10.1016/j.mimet.2011.11.014

Masashi Hatamoto, Tomo Miyauchi, Tomonori Kindaichi, Noriatsu Ozaki and Akiyoshi Ohashi, Dissolved methane oxidation and competition for oxygen in down-flow hanging sponge reactor for post-treatment of anaerobic wastewater treatment, *Bioresource Technology*, Vol.102, 10299-10304, 査読有,2011

DOI:10.1016/j.biortech.2011.08.099

[学会発表](計9件)

Norihisa Matsuura, Masashi Hatamoto, Takashi Yamaguchi, Akiyoshi Ohashi, Methanotrophic community in a closed DHS reactor treating a UASB effluent for oxidation of dissolved methane, 15th International Symposium on Microbial Ecology (ISME15), 24-29, August 2014, Seoul(South Korea)

Hiroya Kodera, Tomonori Kindaichi, Noriatsu Ozaki, Akiyoshi Ohashi, Recovery of concentrated phosphate from treated sewage by PAO-enriched biofilm reactor, The IWA Nutrient Removal and Recovery 2012 (IWA NRR 2012), 23-24, Sep 2012, Harbin(China)

その他7件

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大橋 晶良 (OHASHI AKIYOSHI)

広島大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：70169035

(2) 研究分担者

金田一 智規 (KINDAICHI TOMONORI)

広島大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：10379901