

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 28 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03396

研究課題名（和文）生来の腸内細菌に着目した微小動物の形質制御技術の開発と水質浄化への応用

研究課題名（英文）Development of Trait Control Technology on Micro-animals Based on Indigenous Bacteria and Its Application to Water Purification

研究代表者

清水 和哉（SHIMIZU, Kazuya）

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：10581613

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ミクロシスチン産生藍藻類の捕食者を分離し、地域によらず近縁な捕食者を検出・分離し、新たな捕食者も分離した。また、これら捕食者とその共生ミクロシスチン分解菌、藻類-細菌グラニュールを活用した水圏浄化技術を構築した。この基礎として、ミクロシスチン分解菌と共生していない捕食者は、ミクロシスチンの毒性影響を受けること、ミクロシスチンは産生藍藻類の防御機構であることを明らかにした。さらに共生細菌によるミクロシスチン捕食圧の向上を示唆する結果を得た。本研究は捕食者の共生細菌に着目した実際の現場で利用可能な水環境修復技術を構築するための解析ツールおよび実際現場で活用できる水圏浄化技術を創出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義：本研究において、捕食者は共生ミクロシスチン分解菌が十分量保持されていない場合、ミクロシスチンの毒性影響を受けることを解明した。またミクロシスチン曝露下において、共生ミクロシスチン分解菌の細胞密度が高い程、捕食者の増殖促進を示唆する結果を得た。加えて、捕食者を解析するための新たな解析ツールを開発した。

社会的意義：水源池の富栄養化に伴い有毒物質を産生する藍藻類が、浄水処理障害や淡水養殖産業に被害をもたらし、安全・安心な淡水資源の確保や利用のための対策が急務となっている。本研究は、淡水資源を確保できる技術開発であり、気候変動による藻類汚濁水域の発生・拡大に対応できる技術となり得る。

研究成果の概要（英文）： In this study, we isolated predators of microcystin-producing cyanobacteria, closely related predators regardless of the region, and isolated novel predators. In addition, we developed an aquatic remediation technology using these predators, their symbiotic microcystin-degrading bacteria, and algal-bacterial granular sludge. We found that predators that are not symbiotic with microcystin-degrading bacteria are affected by microcystin toxicity, and that microcystin acts as a defense mechanism for the producing cyanobacteria. Furthermore, our results suggest an increase in microcystin predation pressure by symbiotic bacteria. This study has created an analytical tool for constructing aquatic environmental remediation technologies that can be used in the field, focusing on symbiotic bacteria as predators, and aquatic purification technologies that can be used in the field.

研究分野：水処理微生物学

キーワード：微小動物 腸内細菌 微生物群集構造解析 藍藻類

## 1. 研究開始当初の背景

水源池で問題となっているアオコ構成藍藻類が産生する強力な有毒物質マイクロシスチンは、人畜に死亡例を含む甚大な被害を与えている。先進国の米国でさえ上水にマイクロシスチンが混入し、市内に配水された事故が2014年に起き (National Geographic, 2014、他) 上水への混入を防ぐことが、ヒト健康のために極めて重要な状況となっている。マイクロシスチンは、藍藻類細胞内に局在しており、細胞の処理がマイクロシスチン除去にも重要な位置づけにある。また、淡水魚養殖池にマイクロシスチン産生藍藻類が繁茂する状況もあることから、安全な水利用と人口増から期待される安全な淡水魚養殖業に向けて、藍藻類細胞とマイクロシスチンの除去は、極めて重要な課題である。だが、根本的な解決には、有毒藍藻類や藻類細胞、マイクロシスチンの除去と同時に、富栄養化の原因である窒素とリンの除去が喫緊の課題である。有毒藍藻類の捕食は、微小動物が担っているが (Li and Shimizu et al., *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 2011、他) マイクロシスチン産生 *Microcystis* に対して毒性影響を示し、捕食が進まない (Nizan et al., *Limnology and oceanography*, 1986、他)。有毒藍藻類を捕食可能な微小動物のマイクロシスチン分解は、共生細菌がマイクロシスチン分解に関与し (Li and Shimizu et al., *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 2011、他) その共生マイクロシスチン分解菌が、捕食微小動物へのマイクロシスチン毒性影響を緩和させることが推測されている (Li and Shimizu et al., *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 2011)。このマイクロシスチン分解は、マイクロシスチン分解菌内において分子レベルで制御されていることを見出している (Shimizu et al., *JBB*, 2012; Maseda and Shimizu et al., *Jpn J Wat Treat Biol*, 2012、他)。富栄養化を引き起こす窒素やリンを水域 (湖沼や養魚池など) から、簡易的に除去する方法として、植物を利用した植栽浄化があるが、設置面積が大きいことや成長した植物の刈りに労力を要することから、普及していない。ところで、植物プランクトン (藍藻類や藻類) も水中の窒素とリンを用いて増殖することから、下水処理において、植物プランクトングラニュールを形成させて窒素とリンを好気環境で同時に除去でき、コンパクトな施設 (一般的な窒素・リン除去は、嫌気環境が必須のため施設が大きい) で水質浄化を達成できる (Ahmad et al., *Bioresou Tech*, 2017、他)。また、この処理方法の下流に捕食微小動物による植物プランクトン除去法を実施することで、余剰植物プランクトンを除去する労力を軽減できると考えられる。凝集した植物プランクトンは、微小動物等により凝集塊をバラバラにされ、他の微小動物に捕食されること (Y. Inamori and N. Sugiura et al., *Phycology*, 1996) や引き抜き、水素発酵やメタン発酵の原料とできる (Kumar et al., *Chemical Engineering Journal*, 2016)。上述の通り、有毒藍藻類の捕食は、微小動物の増殖に影響を与えることから、有毒影響を軽減させ、補食量を向上させることが課題となる。水質汚濁の進行により淡水はあるが、水質が悪く使用できない事例が急速に拡大しているのが現状であり、温暖化の進行により有毒アオコの発生頻度が高まることが予測されていることから (Hans, *Science*, 2009、他) 地球規模課題として水量はあるが水質悪化による淡水資源量の減少傾向はさらに進行することが予想される。水環境の持続可能性の確保からも早急に解決すべき課題である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、生来の共生細菌に着目した藍藻類捕食者である微小後生動物や原生動物のマイクロシスチン産生藍藻類の除去能の向上と植物プランクトンを用いた窒素・リン同時除去型水質浄化技術による新規水環境修復技術の確立、とした。

## 3. 研究の方法

### 3.1 藍藻類捕食者の生来の共生細菌に着目したマイクロシスチン産生藍藻類の除去能の向上

有毒藍藻類を捕食可能な微小動物のマイクロシスチン分解は、共生細菌がマイクロシスチン分解に関与し (Li and Shimizu et al., *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 2011、他) その共生マイクロシスチン分解菌が、捕食微小動物へのマイクロシスチン毒性影響を緩和させることが推測されている。

マイクロシスチン産生藍藻類 *Microcystis aeruginosa* NIES-102 を藍藻類捕食者に捕食させた培養系に、マイクロシスチンを曝露させた際に、新たに単離したマイクロシスチン分解菌を添加し、分解菌が多く存在する場合と、存在しない場合 (無菌培養系) での比増殖速度を解析した。加えて、共生細菌を保持させたまま捕食者にマイクロシスチンを曝露した場合の共生細菌群集構造の変化について、次世代シーケンサーを用いた 16S rRNA 遺伝子塩基配列の解読から細菌群集構造を解析した。さらに、捕食者に *M. aeruginosa* が捕食圧を受けた際の応答をマイクロシスチン濃度分析から解析を行った。

一方で、環境中の捕食者を解析するツールは、少ないことから、単一個体の微小後生動物のワムシ類と、単一細胞の原生動物に関してガラスキャピラリーを用いた単離と個体観察、

それに引き続き、DNA 抽出と 18S rDNA をターゲットとした PCR、さらに 18S rDNA シーケンスの一連の流れにより、原生動物やワムシ類の分子系統学的な種同定と DNA データベースの作成の迅速化ツールの構築を実施した。

トウモロコシ炭と通常の木炭破砕物を充填しヒルガタワムシを定着させたミニカラムリアクターによるマイクロシスチン産生藍藻類 *Microcystis aeruginosa* NIES-102 の除去効果を検証した。加えて、植物プランクトンの捕食圧に貢献すると考えられている *Daphnia magna* を用いた *Microcystis* 抑制のバイオマニピュレーションの室内モデル実験も実施した。供試した *D. magna* は *Spirulina* sp. ベースの配合飼料で継代を続け、マイクロシスチン産生種の藍藻類の捕食を経験させていない培養系統とした。また *D. magna* に対するマイクロシスチンの毒性影響の有無をさらに解析するために、マイクロシスチン産生 *M. aeruginosa* NIES-843 とマイクロシスチン無産生 *M. aeruginosa* NIES-299 のそれぞれを食物源とした *D. magna* も実施した。

### 3.2 新規なマイクロシスチン産生藍藻類捕食者の分離と同定

新規なマイクロシスチン産生藍藻類捕食者の分離と同定のために、各地の環境水を採取し、マイクロシスチン産生藍藻類 *M. aeruginosa* NIES-102 培養液に添加した後、*M. aeruginosa* NIES-102 細胞密度が減少した後に、新たな *M. aeruginosa* NIES-102 培養液に添加することを繰り返し、マイクロシスチン産生藍藻類捕食者の集積培養を実施した。加えて、熱帯地域であるマレーシアでも同様な捕食者を検出できるのかを明らかにするために、国際共同研究のもと、現地で、マレーシア国内の水域から単離したマイクロシスチン産生 *Microcystis* sp. を食物源として、同様に集積培養を実施した。

集積培養の後に、ガラスキャピラリーを用いた分離、形態観察や 18S rRNA 遺伝子塩基配列の解読による同定を行った。マレーシアにおける遺伝子解析は、現地にて実施した。

### 3.3 窒素・リン同時除去型水質浄化システムの確立

植物プランクトンは、窒素成分やリン成分を吸収し増殖することに着目して、細菌グラニュールを核とした植物プランクトングラニュールを形成させた水質浄化システムの構築に成功している (Ahmad et al., *Bioresour Tech*, 2017, 他)。この技術を実際に用いることが可能であるか、とくにアオコ発生が問題となっている熱帯地域で適用ができるか試行し、汚濁水の窒素およびリンを除去するためのコンパクトなシステム開発に活用する。模擬排水と汚濁水をそれぞれ原水として水質浄化装置内で植物プランクトングラニュールを形成させ、水質浄化を図る。

異なる条件で設置した同じ設計の 4 つのシーケンシング・バッチ・リアクター (SBR) を運転し、その性能を比較した。生活排水を用いた 2 つの SBR は、屋外 (Rod) と実験室 (Rld) で運転し、生活排水の組成に似た合成排水を用いた他の 2 つの SBR は、屋外 (Ros) と実験室 (Rls) で運転した。運転期間中 (40 日間) バイオマスの特性 (SVI、MLSS、直径、形態など) および栄養塩類の除去量 (TN、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、TP、PO<sub>4</sub>-P、COD) を分析した。

## 4. 研究成果

### 4.1 藍藻類捕食者の生来の共生細菌に着目したマイクロシスチン産生藍藻類の除去能の向上

捕食者から新たにマイクロシスチン分解菌を単離した結果、16S rRNA 遺伝子塩基配列から *Ensifer* sp. と同定した (図 1)。この *Ensifer* sp. を培養して添加したマイクロシスチン分解菌が多量に存在する捕食者培養系と分解菌が存在しない捕食者培養系にそれぞれマイクロシスチンを曝露した際の比増殖速度を決定した。分解菌が存在する場合は、マイクロシスチン曝露系では 6.84±0.10 cell/h、このコントロールで分解菌が存在しない系では、6.84±0.16 cell/h と有意差はなかった。しかし、分解菌が存在しない場合は、マイクロシスチン曝露系では 6.89±0.21 cell/h となったが、コントロールでは、8.96±0.18 cell/h となり、マイクロシスチン曝露系の方が有意に低かった。この結果から、共生マイクロシスチン分解菌が、捕食者に対するマイクロシスチンの毒性影響を緩和させていることを明らかにした。

マイクロシスチン共生細菌群集は、マイクロシスチンに反応して、マイクロシスチン分解菌の報告例がある「科」の比率が増加したことを判明させた (図 2)。さらに、*M. aeruginosa* の捕食圧への反応から、産生するマイクロシスチン量を増加させることを突き止めた (図 3)。

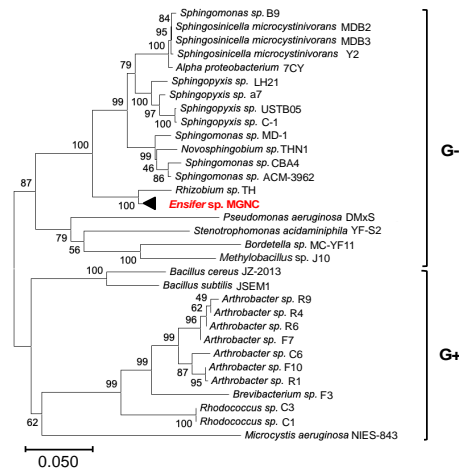


図 1 ミクロシスチン分解菌の系統樹



以上から、ミクロシスチンは、捕食圧を回避するための *M. aeruginosa* の防御機構であり、捕食者の共生ミクロシスチン分解菌は、ミクロシスチンの毒性影響に対する共生機構であることを解明した。

単一個体の微小後生動物のワムシ類と、単一細胞の原生動物に関してガラスキャピラリーを用いた単離と個体観察、それに引き続き、DNA 抽出と 18S rDNA をターゲットとした PCR、さらに 18S rDNA シーケンスの一連の流れにより、原生動物やワムシ類の分子系統学的な種同定と DNA データベースの作成の迅速化に有効である。この新規手法においては、BSA(牛血清アルブミン)の添加による粘性の増加で原生動物などの動きを緩和することで単離の容易化、写真撮影の鮮明化を行い、さらに DNase 処理による溶存 DNA の影響による PCR 誤増幅の問題の解決、超音波処理とマイクロ波加熱(電子レンジ)による細胞破砕の効率化による DNA 抽出効率化を行い、さらに Nested PCR により単一 DNA 分子からでも DNA シーケンスに必要な DNA の増幅産物量を得ることができた。これにより解析成功率を大幅に改善することに成功した。その結果、長崎県や熊本県の貯水池や膜分離生物リアクター、長崎県内の排水処理施設からの採取サンプルからワムシ類や繊毛虫類の分子系統学的な種同定を成功させた。

トウモロコシ炭と通常の木炭破砕物を充填しヒルガタワムシを定着させたミニカラムリアクターによるミクロシスチン産生藍藻類 *M. aeruginosa* NIES-102 の除去効果を検証し、さらに、トウモロコシ炭をボール状に固めた生物担体内のヒルガタワムシの個体数を新たに設計したプライマーを用いた qPCR(SYBR法)を用いて、18S rRNA 遺伝子のコピー数の定量によりその動態を定量化することに成功した。また、*Phyllodina* sp. と *Lepadella* sp. はスポンジ担体を生息環境として藍藻細胞を効率よく分解除去するが、*Paramecium* sp. にはスポンジ担体は適していないことが判明した。また、*Phyllodina* sp. のスポンジ担体内での増殖は、qPCR を用いて定量できることも示すことができ、本手法は実用化時の評価手段として有用であった。

甲殻類の *Daphnia magna* を用いた *Microcystis* 抑制のバイオマニピュレーションの室内モデル実験を実施した。この結果、*D. magna* は、ミクロシスチン産生 *Microcystis* を捕食し減らすものの、捕食後に *D. magna* は死亡することを確認した。さらに、ミクロシスチン産生 *M. aeruginosa* NIES-843 とミクロシスチン無産生 *M. aeruginosa* NIES-299 のそれぞれを食物源として *D. magna* を培養したところ、NIES-843 を食物源とした場合、ミクロシスチン無産生である NIES-299 を食物源とした場合に比べ明らかに *D. magna* の生残数は減少した。これらの結果は、*D. magna* も他の捕食者と同様にミクロシスチンの毒性影響を受けていると推測された。

#### 4.2 新規なミクロシスチン産生藍藻類捕食者の探索と同定

権現堂調整池からは、ワムシ *Rotatoria* sp. に加え、無色で球形の鞭毛虫類を分離した。この鞭毛虫類の 18S rRNA 遺伝子を解読した結果、*Spumella* spp. の多系統群に属する *Spumella*-like flagellate JBNA46 と近縁であることがわかった。*Spumella*-like flagellate は無色で球形であることから、形態観察から、分離した原生動物を *Spumella*-like flagellate に分類した。原生動物を *M. aeruginosa* NIES-102 に曝露したところ、それらを捕食して増殖したことから、水環境中のアオコ消失に寄与することを明らかにした。加えて、ミクロシスチン濃度の減少(図4)と *mlrA* 遺伝子の検出から、ミクロシスチン分解菌の存在が確認され、原生動物とミクロシスチン分解菌群の共存関係による適応機構が推量された。そして、微生物群集構造を解析した結果、溶藻菌やミクロシスチン分解菌の報告例がある細菌群が確認され、それらの中には *M. aeruginosa* NIES-102 の捕食に伴って相対比率が増大したグループもあった。

国際共同研究にて、熱帯地域マレーシアのクアラランプールに位置する2水域(Titiwangsa Lake及びSemeniyh Dam)からも捕食者の集積培養を行い、18S rRNA 遺伝子を標的としたク

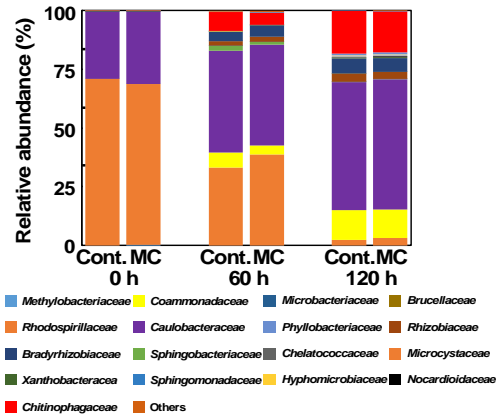


図2 捕食者の細菌群集構造解析

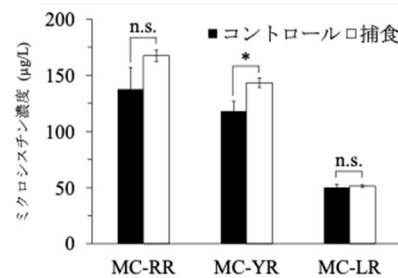


図3 ミクロシスチン濃度の比較

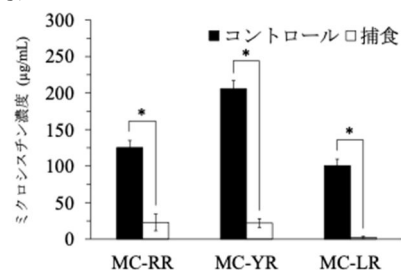


図4 ミクロシスチン濃度減少

ローンライブラリー法により多様性解析を行った。両水域ともに90%以上が *Poteroiochromonas* sp./*Ochromonas* sp.と同一とされた。Semeniyh Damにおいては、わずかながら遺伝子解析により、繊毛虫類を検出した。

長崎県内の貯水池からミクロシスチン産生藍藻 *M. aeruginosa* NIES-102を捕食し、増殖可能なワムシとして、*Lepadella* sp.が、原生動物として *Paramecium* sp. がこの細胞懸濁液で増殖することを確認できた。さらに、蛍光顕微鏡で、*Microcystis*の細胞内のクロロフィルaの蛍光をマーカーとして、これらが、実際に *Microcystis*細胞を体内（細胞内や腸内）に取り込む証拠を得ることに成功した。また、長崎県内の池から単離したバクテリア（16S rRNA 遺伝子の配列で分子同定し14種を獲得）を単離し、これらのバクテリアに対する捕食特性を明らかにした。長崎大学内の2ヶ所の池から採水し、それらの1 mLを、14種のバクテリアのそれぞれの懸濁液を入れたプラスチックプレート(24well)に入れ培養し、1, 2, 3週間後に増殖した原生動物を確認した。その結果、増殖したのは2種の繊毛虫 *Coleps* sp. と *Paramecium* sp.のみで、しかも1~2種類のバクテリアでのみ増殖し、餌選択が非常に強いことが判明した。また、ミクロシスチン産生 *M. aeruginosa* NIES-102の細胞を食物源とした場合、繊毛虫の *Ancistrum* sp.と *Oxytrichid ciliates* sp.が得られた。これらを単離し、同じ有毒 *Microcystis*細胞懸濁液を用いた捕食増殖実験を実施した結果、両者とも増殖し、その増殖と同期して有毒 *Microcystis*細胞の減少が確認された。10日程度で有毒 *Microcystis*細胞の初期密度に対して約1/3に低減化することに成功している。これらの繊毛虫は、従来のDNAデータベースの登録配列と、95%以下でしかマッチせず、新たな亜種である可能性が高いことも明らかにした。

4.1と4.2で得られた知見は、生来の共生細菌に着目した生態工学の手法として、捕食者とその共生細菌を用いた有毒アオコの低減化やミクロシスチン除去を効率的に実施できる水圏浄化を行う場合において非常に有用である。

#### 4.3 窒素・リン同時除去型水質浄化システムの確立

4つのSBRすべてで藻類-細菌 AGS (粒径300 $\mu$ m以上)が形成されたが、RodとRldではほとんどの汚泥が洗い流された。RosとRlsでは種汚泥の添加後にMLSSが低下したが、24日目から回復した。RodとRos, Rld, Rlsの粒径はそれぞれ1,207  $\pm$  440  $\mu$ m, 834  $\pm$  307  $\mu$ m, 548  $\pm$  206  $\mu$ m, 4,096  $\pm$  968  $\mu$ mであった。運転終了時の硝化によるNH<sub>4</sub>-Nの酸化は、Rod(76.6%)とRld(76.9%)に比べて、Ros(96.7%)とRls(99.2%)で高度に達成されていた。硝化と脱窒の同時進行(SND)はRos(44.5%)とRls(31.7%)でのみ発生した。藻類-細菌AGSの構造が大きく高密度であることが、グラニュール中の嫌気性領域の形成に貢献したと考えられた。リンの除去は、すべてのSBRで安定しなかった。その除去効率はRod、Ros、Rld、Rlsでそれぞれ6.8%、54.1%、26.5%、3.5%であった。COD除去率は、Rld(86.7%)、Ros(94.1%)、Rls(84%)がRod(56.6%)に比べて高い値を示した。これらの結果から、生活排水の使用は、合成排水と同様の運転管理では、排水処理能力や藻類-細菌AGSの形成に影響を及ぼすことを明らかにした。生活排水の組成は、特にCODが低いため、RodとRldでは餌/微生物(F/M)比(0.1 g-COD/g-MLSS d)が低くなった。また、種汚泥の沈降性が悪く(SVI<sub>30</sub> = 239 mL/g) 起動時に流出が進んでしまったと推測された。一方、安定した栄養分の供給と最適なF/M比(0.4~0.5 g-COD/g-MLSS d)を持つ合成排水を用いることで、沈降性は回復し、より優れた栄養分除去が可能となった。生活排水から合成排水への順応時間によって微生物群集が変化し、粒状物の沈降性が向上したと考えられる。屋外環境では藻類の繁殖が見られたが、実験室環境では藻類の繁殖が抑制され、より高い栄養塩除去効率を得られた。本研究の結果から、合成廃水はスタートアップ期の藻類-細菌AGSの形成に適しており、実際の生活廃水の処理は合成廃水よりも慎重な操作が必要であることが示された。

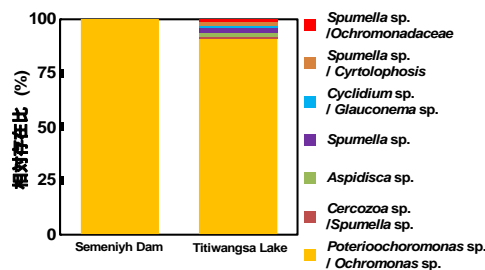


図5 捕食者の同定解析

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kunihiro Okano, Kazuya Shimizu, Takeshi Saito, Hideaki Maseda, Motoo Utsumi, Tomoaki Itayama, Norio Sugiura	4. 巻 9
2. 論文標題 Draft Genome Sequence of the Microcystin-Degrading Bacterium <i>Novosphingobium</i> sp. Strain MD-1	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Microbiology Resource Announcement	6. 最初と最後の頁 e01413-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1128/MRA.01413-19	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 Watcharapong Thakong, Kazuya Shimizu, Miwa Kodato, Norio Iwami, Niwooti Whangchai, Tomoaki Itayama	4. 巻 1
2. 論文標題 Sequencing of 18S rRNA gene of Bdelloid rotifers and design of the primers for real-time PCR	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Maejo International Journal of Energy and Environmental Communication	6. 最初と最後の頁 55-63
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Watcharapong Thakong, Duangduean Yuenyongkirimard, Kazuya Shimizu, Norio Iwami, Niwooti Whangchai, Rameshprabu Ramaraj, Tomoaki Itayama	4. 巻 46
2. 論文標題 Development of one cell or one individual direct PCR of protozoan or metazoan 18S rRNA gene for molecular ecology	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Indian Journal of Ecology	6. 最初と最後の頁 486-492
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 該当する

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 0件／うち国際学会 8件）

1. 発表者名 Toru Sumita, Kunihiro Okano, Tomoaki Itayama, Norio Iwami, Norio Sugiura, Zhenya Zhang, Zhongfang Lei, Motoo Utsumi, Kazuya Shimizu
2. 発表標題 Biological Removal of Toxic Cyanobacteria Focused on Symbiotic Bacteria with Cyanobacterial Predators
3. 学会等名 The 4th International Conference on Recent Advancements in Sustainable Management of Livestock Waste and Rural Environment (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuho Ozaki, Zhongfang Lei, Norhayati Abdullah, Koji Iwamoto, Motoo Utsumi, Zhenya Zhang, Kazuya Shimizu
2. 発表標題 Development of Algal-bacterial Granular Sludge System for Tropical Regions
3. 学会等名 The 4th International Conference on Recent Advancements in Sustainable Management of Livestock Waste and Rural Environment (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Thakong Watcharapong, Shimizu Kazuya, Inthapat Boonsuchada, Whangchai Niwooti, Itayama Tomoaki
2. 発表標題 Study on Bdelloid Rotifers and Corncob Charcoal as Bio-carrier for Removing Toxic Cyanobacteria in Ponds Water
3. 学会等名 The 4th International Conference on Recent Advancements in Sustainable Management of Livestock Waste and Rural Environment (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Inthapat Boonsuchada, Thakong Wacharapong, Saenchan Somsri, Shimizu Kazuya, Ueyama Tetsuro, Itayama Tomoaki
2. 発表標題 Study on Degradation of Toxic Cyanobacteria Microcystis Cells Using Sponge Biocarriers as a Habitat of Microfauna
3. 学会等名 The 4th International Conference on Recent Advancements in Sustainable Management of Livestock Waste and Rural Environment (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水和哉、岩見徳雄、板山朋聡
2. 発表標題 Isolation and characterization of protozoa and rotifer that prey on toxic cyanobacteria Microcystis
3. 学会等名 2020年度日本水環境学会九州沖縄支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Truc Ly Le Huynh, Huong Giang Nguyen Thi, Xia Dong, Shimizu Kazuya, Iwami Norio, Okano Kunihiro, Maseda Hideaki, Praphrute Reunkaew, Gutierrez Redel, Niwooti Whangchai, Itayama Tomoaki
2. 発表標題 Influence of environmental factors on Microcystins degradation bacteria and toxigenic cyanobacteria bloom: a Bayesian approach
3. 学会等名 Natural Toxins: Environmental Fate and Safe Water Supply (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 比留川 優美, 山越 菜生, 岩見 徳雄
2. 発表標題 Microcystis抑制のバイオマニピュレーションの概念検証
3. 学会等名 第12回大学コンソーシアム八王子
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 嶺本優人、岩見徳雄、板山朋聡、間世田英明、岡野邦宏、内海真生、雷中方、張振亜、杉浦則夫、清水和哉
2. 発表標題 藍藻類捕食後生動物の分離とその藍藻類捕食動態
3. 学会等名 第54回日本水環境学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柳谷将、岡野邦宏、板山朋聡、岩見徳雄、間世田英明、岩本浩二、原啓文、角野立夫、内海真生、雷中方、張振亜、清水和哉
2. 発表標題 捕食者共生細菌の藍藻毒microcystinに対する共生機構の解明
3. 学会等名 第54回日本水環境学会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名	柳谷将、板山朋聡、岩見徳雄、間世田英明、岩本浩二、原啓文、雷中方、内海真生、張振亜、角野立夫、清水和哉
2. 発表標題	熱帯および温帯水域由来の藍藻類捕食者の比較
3. 学会等名	日本水処理生物学会第56回大会
4. 発表年	2019年～2020年

1. 発表者名	住田透、柳谷将、板山朋聡、岩見徳雄、岡野邦宏、張振亜、雷中方、内海真生、杉浦則夫、清水和哉
2. 発表標題	アオコ発生水域から分離した原生動物による有毒藍藻類の捕食能力の解析
3. 学会等名	日本水処理生物学会第56回大会
4. 発表年	2019年～2020年

1. 発表者名	Le Huynh Truc Ly, Nguyen Thi Huong Giang, Dong Xia, Kazuya Shimizu, Norio Iwami, Kunihiro Okano, Hideaki Maseda, Reunkaew Praphrute, Whangchai Niwooti, Tomoaki Itayama
2. 発表標題	Bayesian analysis on environmental factors for standing crops of microcystin, synthesis gene and degradation gene in eutrophicated ponds in Thailand
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	Takeru Yanagiya, Tomoaki Itayama, Norio Iwami, Hideaki Maseda, Zhongfang Lei, Motoo Utsumi, Zhenya Zhang, Tatsuo Sumino, Kazuya Shimizu
2. 発表標題	ADAPTATION MECHANISM FOR MICROCYSTIN IN CYANOBACTERIA-PREDATORS
3. 学会等名	4th International Conference on Water Resources (ICWR 2018) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 清水和哉、柳谷将、住田透、板山朋聡、岩見徳雄、岡野邦宏、間世田英明、雷中方、内海真生、角野立夫、張振亜、杉浦則夫
2. 発表標題 藍藻類捕食者の共生細菌による有毒物質分解の機能解析
3. 学会等名 日本水処理生物学会第55回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Thakong Watcharapong, Kazuya Shimizu, Norio Iwami, Niwooti Whangchai and Tomoaki Itayama,
2. 発表標題 Development of One individual DNA Sequencing Method of Predatory Microorganisms for Cyanobacteria in Aquatic Environment
3. 学会等名 The 7th International Fisheries Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Thakong Watcharapong, Duangduean Yuenyongkirimard, Kazuya Shimizu, Norio Iwami, Niwooti Whangchai, Tomoaki Itayama
2. 発表標題 DEVELOPMENT OF ONE-INDIVIDUAL DNA SEQUENCING METHOD OF PREDATION METAZOAN FOR TOXIC CYANOBACTERIA
3. 学会等名 17th World Lake Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究紹介  <a href="https://researchmap.jp/kazuya-urso">https://researchmap.jp/kazuya-urso</a></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 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	岩見 徳雄  (IWAMI Norio)  (00353532)	明星大学・理工学部・教授    (32685)	
研究分担者	杉浦 則夫  (SUGIURA Norio)  (10302374)	筑波大学・生命環境系(名誉教授)・名誉教授    (12102)	
研究分担者	間世田 英明  (MASEDA Hideaki)  (10372343)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命工学領域・上級主任研究員    (82626)	
研究分担者	張 振亜  (ZHANG Zhenya)  (20272156)	筑波大学・生命環境系・教授    (12102)	
研究分担者	岡野 邦宏  (OKANO Kunihiro)  (30455927)	秋田県立大学・生物資源科学部・准教授    (21401)	
研究分担者	雷 中方  (LEI Zhongfang)  (30634505)	筑波大学・生命環境系・准教授    (12102)	
研究分担者	内海 真生  (UTSUMI Motoo)  (60323250)	筑波大学・生命環境系・教授    (12102)	
研究分担者	板山 朋聡  (ITAYAMA Tomoaki)  (80353530)	長崎大学・工学研究科・教授    (17301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------