

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04311

研究課題名(和文)アオコ除去を機軸とする新規浄水処理プロセスの創成

研究課題名(英文)Development of novel water treatment process based on algal bloom removal

研究代表者

天野 佳正 (Amano, Yoshimasa)

千葉大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：40517976

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：アオコ形成種であるミクロキスティスの細胞内炭水化物の減少と群体サイズを増大させることで高まる浮揚性を利用した除去方法を確立することを目的とした。暗所にてミクロキスティスを～96時間前培養することで細胞密度を減少させ、またアオコから単離した結合性細胞外多糖類(TB-EPS)と金属カチオン濃度を制御することで群体サイズを拡大させることができ、結果としてミクロキスティスの浮揚性と浮揚速度を大幅に向上させることに成功した。これらの成果は、浄水処理に悪影響を及ぼすアオコ除去に主眼をおいた新たな処理プロセス構築のための足がかりとなり得る。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界的な人口増加により、水道水源の水質低下が問題となっている。そして、富栄養化した水域でのアオコの発生が観測され、今後、その発生頻度は高まると予想される。本研究のアオコ除去方法は従来法と比較して、(i) 特別な装置や化学薬品を必要としない、(ii) 環境に負荷を与えない、(iii) アオコを無傷で除去・回収可能、という面で利点があり、省エネ・省コストを配慮する現代社会において意義ある研究として位置づけられる。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to establish new removal method of Microcystis, one of the cyanobacterial bloom forming species, using enhanced buoyancy via reduction of cellular carbohydrate and expansion of colony size. The cell density of Microcystis could be reduced by preculture for ~96 h under dark condition and the colony size could be expanded by controlling extracellular polysaccharides (TB-EPS) isolated by cyanobacterial blooms and cationic ion concentration. Consequently, buoyancy and floating velocity of Microcystis were succeeded to be enhanced significantly. These results would become a stepping stone for establishment of new treatment process of cyanobacterial blooms, which affect adverse effect in water treatment in water treatment facility.

研究分野：土木環境システム

キーワード：アオコ ミクロキスティス 細胞外多糖類 カチオン 群体形成 浮揚性制御 水処理技術 光照射

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

世界的な人口増加により、水道水源の水質低下と藍藻類 (アオコ) の異常増殖頻度の高まりが世界各国で観測されていることから、効率的なアオコの除去方法が必要となる。一般の浄水場では、処理対象となる水中の懸濁物質を凝集剤により沈殿除去している。しかし、アオコが存在する場合、アオコの浮揚性により処理効率は低下し、これにより凝集剤の追加投入が必要となる。浮揚性のあるアオコを凝集沈殿処理することは非効率的であるものの、代替法が存在しないため既存の方法で処理するしかないのが現状である。

アオコの代表種であるミクロキスティスは、細胞外多糖類 (EPS) を分泌し、EPS に包まれるようにして群体を形成している。通常、細胞密度が 1 より小さいミクロキスティスは、群体サイズを拡大することで浮揚性を高め (ストークス則)、水面に浮揚して増殖している。しかし、群体形成と浮揚性は、EPS 分泌量や光合成と呼吸によって変化する細胞内炭水化物量によって変化し、これがアオコ除去の難しさの一因となっている。

申請者はこれまで、実湖沼のアオコから EPS を抽出・粉末化し、この EPS と金属カチオンを、ミクロキスティスを主としたアオコに添加したところ、ミクロキスティスの群体サイズが大きくなり、浮揚性が向上することを明らかにした。また、ミクロキスティスを暗条件において培養すると、明条件と比べて浮揚性が高まることを示し、この浮揚性の向上は暗条件での呼吸による細胞内炭水化物の消費に起因していることも明らかにした。これらの結果から、上述した 2 つの条件、すなわち、EPS と金属カチオン添加により群体サイズの増加と、暗条件での培養による細胞内炭水化物の消費を組み合わせれば、ミクロキスティスの浮揚性が増大すると予想される。

## 2. 研究の目的

本研究は、ミクロキスティスの細胞内炭水化物 (細胞密度) の減少と群体サイズを増大させることで高まるミクロキスティスの浮揚性を利用した除去方法を確立することを目的とし、浄水処理に悪影響を及ぼすアオコ除去を機軸とする浄水処理プロセスの構築を目指した。

## 3. 研究の方法

### (1) アオコの採取およびミクロキスティスの単離

2021 年から 2023 年にかけて茨城県の千波湖にて発生したアオコを実験に用いた。顕微鏡観察の結果、いずれの試料においてもミクロキスティスが優占種 (>99%) であったことから、これ以降、この試料をミクロキスティスと表記することにした。また 2022 年に採取したアオコからミクロキスティスを単離し、WC 培地にて継代培養した。このミクロキスティスは群体形成と浮揚性を保持しており、これをミクロキスティス (CU2 株) と表記することにした。

### (2) 細胞外多糖類の単離と物性評価

NaCl-熱処理抽出法を用いて、採取したアオコから強結合性細胞外多糖類 (TB-EPS) を単離した。単離した TB-EPS を凍結乾燥した後、乳鉢にて粉末状にし、デシケーター内で保存した。TB-EPS の表面官能基を調べるため、フーリエ変換赤外分光分析 (FT-IR) および熱重量測定・示差熱分析 (TG-DTA) を行った。また、TB-EPS の単糖組成を明らかにするために、1,000 mg/L TB-EPS 中の単糖濃度を測定した。

### (3) ミクロキスティスの浮揚実験

これまでの実験により、ミクロキスティスを暗条件下にて 24 h 前培養することで、浮揚性が高まることを示している。本実験では、明条件および暗条件下、24 h よりも長い 48 および 96 h にて前培養を行った。この際、ミクロキスティスの群体サイズを拡大させるため、TB-EPS (100 mg/L) およびカチオン ( $\text{Ca}^{2+}$ : 80 mg/L,  $\text{Mg}^{2+}$ : 80 mg/L) の添加の有無の影響も調べた。また、より高い浮揚性を得るため、比較的高濃度の  $\text{Ca}^{2+}$  (250 および 500 mg/L) 条件、かつ、暗条件でも前培養 (24 h) を行った。さらに、ミクロキスティス (CU2 株) を用い、浮揚速度も計測した。この際の前培養条件は、 $\text{Ca}^{2+}$  500 mg/L、暗条件 (24 h) とした。

## 4. 研究成果

### (1) 細胞外多糖類の物性評価

粉末状にした TB-EPS のフーリエ変換赤外分光分析 (FT-IR) を行った結果を Fig. 1 に示す。3,400  $\text{cm}^{-1}$  および 1,650  $\text{cm}^{-1}$  にピークが観測され、それぞれ高分子化合物中の OH 伸縮振動およびカルボキシ基における C=O 伸縮振動に起因するものと考えられる。また 1,000  $\text{cm}^{-1}$  付近にもピークが見られ、これは多糖類あるいは核酸における C-O-C および C-H 伸縮振動によるものと推察された。2,920  $\text{cm}^{-1}$  付近に現れたピークは  $\text{CH}_2$  基由来の CH 伸縮振動によるものと推察された。同じ TB-EPS 粉末試料を用いて熱重量・示差熱同時測定 (TG-DTA) を行った結果、100°C に

においてピークが観測され、これは水の蒸発に起因するものと考えられる。また 250-290°Cにおいて大きなピークが見られ、これはカルボキシ基に由来するものと推察された。以上の結果から、単離した TB-EPS 中にはカルボキシ基やヒドロキシ基等の官能基を有することが示された。

次に、HPLC にて TB-EPS (1,000 mg/L)水溶液の単糖分析を行った。その結果、TB-EPS 中にはグルコースが最も多く含有 (153 mg/L) しており、全体の 53.9%を占めた。その他、マンノース (46.6 mg/L)、フコース (28.9 mg/L)、ガラクトース (22.8 mg/L)、ラムノース (21.7 mg/L)、キシロース (9.08 mg/L)が検出された。一方、ガラクトン酸およびアラビノースは検出されなかった。

### (2) ささまざまな前培養時間および TB-EPS・カチオン添加条件における浮揚実験

前培養時間、TB-EPS・カチオン添加条件を変化させてアオコ (ミクロキスティス)の前培養を行った。その後、ミクロキスティスの浮揚実験を行った結果、相対浮揚率 (RB<sub>25</sub>)に差が見られた (Fig. 2)。暗条件の下、48 h 前培養したときのミクロキスティスの RB<sub>25</sub> は 49%であった。これに対し、96 h 前培養を行うことで、RB<sub>25</sub> が 78%にまで増大した。細胞内炭水化物量を測定したところ、それぞれ 76 および 8.0 pg/cell であったことから、ミクロキスティスの細胞密度を減少させるために暗条件で前培養することは有効な方法であることが示された。また、48 h 前培養を行う際、TB-EPS およびカチオンを同時添加することで、RB<sub>25</sub> を 74%にまで増加させることができた。ミクロキスティスの群体サイズをみると、1-40 μm の割合が最も高かったことから、比較的小さな群体が多数形成したことが RB<sub>25</sub> 値の増加に起因したものと推察される。しかしながら、前培養時間を 96 h に延ばしても TB-EPS およびカチオンの顕著な効果は見られなかった (RB<sub>25</sub> = 76%)。

一方、明条件において前培養を行ったとき、RB<sub>25</sub> は 48 h において 27%、96 h において 45%であった。暗条件と比較していずれも低い RB<sub>25</sub> を示したものの、96 h の RB<sub>25</sub> の方が 48 h よりも高い値となった。細胞内炭水化物量は、それぞれ暗条件で得られた値と大きな差はなかったことから、明条件で培養することで細胞内のガス胞 (浮揚性を与える)量が増加したことが浮揚性に影響を及ぼしたと推察される。また、TB-EPS およびカチオン添加系では、無添加系と比べておよそ 1.5 および 2.5 倍高い RB<sub>25</sub> を示した。暗条件での傾向と同様に、小さな群体が多数形成したことが RB 増加の原因と考えられる。これらの実験結果より、ミクロキスティスを暗条件下にて前培養することで浮揚性を向上させることがわかったものの、その値は 80%程度が最大であった。本研究では、ミクロキスティスの浮揚性を高めるため、TB-EPS およびカチオン濃度を高めた条件にて同実験を試みた。

### (3) 高 TB-EPS・カチオン濃度条件における浮揚実験

TB-EPS (200 mg/L)および Ca<sup>2+</sup> (250 および 500 mg/L)濃度を高めた条件で前培養したミクロキスティスの浮揚実験を行った。その結果を Fig. 3 に示す。Control 系における RB<sub>25</sub> は 59%であった。Ca<sup>2+</sup> 500 mg/L 系および Ca<sup>2+</sup>500 mg/L + TB-EPS 系はともに 90%以上の RB<sub>25</sub> であり、Control 系と比べておよそ 1.6 倍もの数値を示した。しかしながら、これら 2 つの系にほとんど差はみられなかった。そこで、Ca<sup>2+</sup>濃度を 250 mg/L に減少させて同様の実験を行った。Ca<sup>2+</sup> 250 mg/L 系の RB<sub>25</sub> は 88%と、Ca<sup>2+</sup>濃度を低くしても高い RB<sub>25</sub> 値を示したのに対し、Ca<sup>2+</sup> 250 mg/L + TB-EPS 系の RB<sub>25</sub> は 55%にまで減少した。これら 2 つの系での群体サイズ分布にほとんど差はなかった。Ca<sup>2+</sup>はミクロキスティスが覆う TB-EPS 表面上のカルボキシ基など負に帯電した官能基と架橋構造を形成することが知られている。本実験では Ca<sup>2+</sup>を 250 および 500 mg/L に調整して添加した

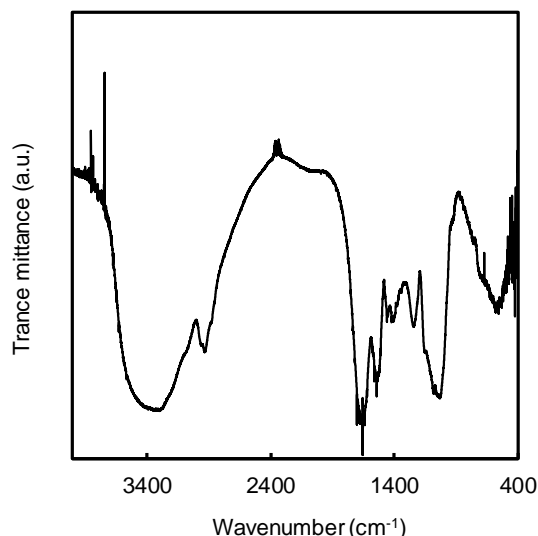


Fig. 1 FT-IR analysis of TB-EPS extracted from cyanobacterial bloom sample in Lake Senba.

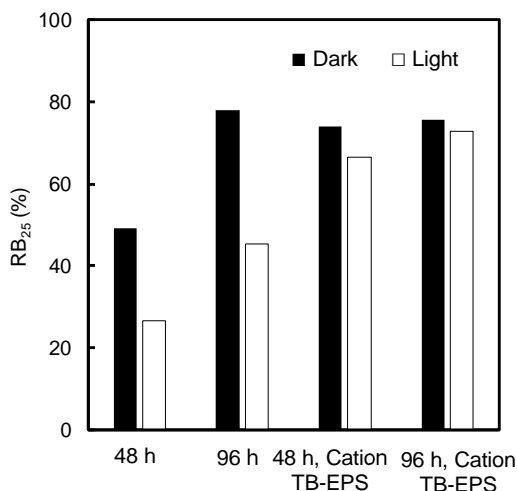


Fig. 2 Buoyancy experiments of *Microcystis* under various preculture conditions.

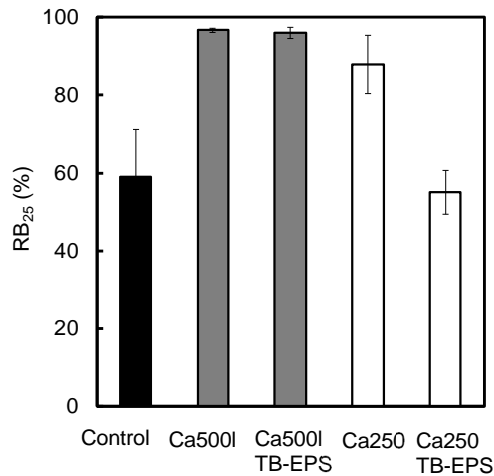


Fig. 3 Buoyancy experiments of *Microcystis* under high TB-EPS and cation concentration.

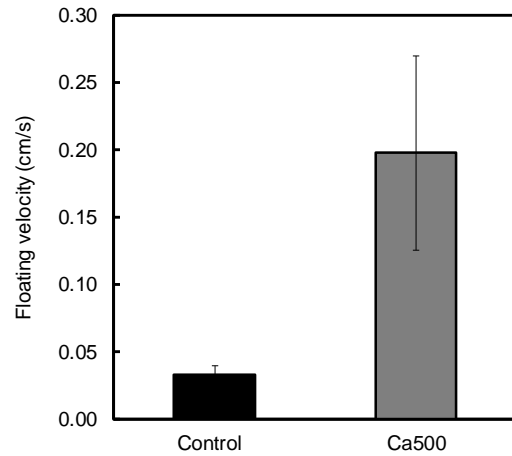


Fig. 4 Changes in floating velocity of *Microcystis* under the presence of Ca<sup>2+</sup> (500 mg/L).

が、両濃度条件ともにマイクロキスティスの群体間相互作用が高まり、群体サイズが拡大したと考えられる。一方、Ca<sup>2+</sup> 250 mg/L 系に TB-EPS を添加したことによって RB<sub>25</sub> は減少したが、これは Ca<sup>2+</sup> に対して TB-EPS 添加量が過剰量であった、つまりマイクロキスティスの有する TB-EPS 中の官能基との間で反発作用が生じ、これにより RB<sub>25</sub> が減少したものと推察される。

#### (4) ミクロキスティスの浮揚速度に及ぼす Ca<sup>2+</sup>の影響

マイクロキスティスの浮揚実験において、最も高い RB<sub>25</sub> を示した Ca<sup>2+</sup> 500 mg/L 条件にて前培養した群体状のマイクロキスティス (CU2 株) の浮揚速度を計測した。その結果を Fig. 4 に示す。何も添加していない Control 系の浮揚速度は  $3.3 \times 10^{-2}$  cm/s であった。これに対し、Ca<sup>2+</sup> 500 mg/L 系の浮揚速度は  $2.0 \times 10^{-1}$  cm/s と、Control 系と比べておよそ 6 倍もの高い値を示した。群体サイズ分布をみると、Ca<sup>2+</sup> を添加したとき高サイズ側へシフトすることが確認された。群体サイズの中央値に関しても Ca<sup>2+</sup> 500 mg/L 系は Control 系のおよそ 3.2 倍増大していた。

以上の結果より、水溶液中の TB-EPS と Ca<sup>2+</sup> 濃度を調整することで、マイクロキスティスの浮揚性ならびに浮揚速度を高められることがわかった。この方法は、浄水場や実湖沼においてアオコ (マイクロキスティス) を効率的に除去できる有用なアオコ対策法として期待できる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yoshimasa Amano, Fumiya Matsuzawa, Jing Wang, Motoi Machida	4. 巻 35
2. 論文標題 Preparation of cyanobacterial blooms-originated adsorbent for the removal of cadmium ions	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Ion Exchange	6. 最初と最後の頁 9-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5182/jaie.35.9	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 Amaka Masumoto, Yoshimasa Amano, Motoi Machida	4. 巻 21
2. 論文標題 Enhancement of cyanobacterial blooms bouyancy by controlling extracellular polysaccharides content and cation concentration under light-limited condition	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Science and Technology	6. 最初と最後の頁 1245-1254
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s13762-023-05014-4	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 Yuki Nariyama, Yoshimasa Amano, Motoi Machida	4. 巻 21
2. 論文標題 Growth characteristics and changes in elemental composition of Microcystis sp. under various N:P mass ratios	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Water and Environment Technology	6. 最初と最後の頁 119-128
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2965/jwet.22-064	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 Thoriq Teja Samudra, Yoshimasa Amano, Motoi Machida	4. 巻 21
2. 論文標題 Control of Microcystis buoyancy by reducing cellular carbohydrate content at high temperature	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Water and Environment Technology	6. 最初と最後の頁 41-48
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2965/jwet.22-067	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 Thoriq Teja Samudra, Hiroaki Takahashi, Yoshimasa Amano, Motoi Machida	4. 巻 -
2. 論文標題 Buoyancy control of Microcystis using different light regimes combined with extracellular polysaccharides and cationic ions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 European Journal of Phycology	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09670262.2023.2183990	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 Jingnan Li, Yoshimasa Amano, Motoi Machida	4. 巻 849
2. 論文標題 Temperature-dependent growth characteristics and dominance trends of the cyanobacterium Microcystis sp. and the diatom Cyclotella meneghiniana	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Hydrobiologia	6. 最初と最後の頁 1677-1688
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10750-022-04810-2	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 Yuki Nariyama, So Suzuki, Yoshimasa Amano, Motoi Machida	4. 巻 -
2. 論文標題 Investigation of a suitable method to recover the Dolichospermum planctonicum akinetes in different media	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Water Treatment Biology	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 Jingnan Li, Masato Chujo, Yoshimasa Amano, Motoi Machida	4. 巻 -
2. 論文標題 Effective dilution rate to suppress the risk of Microcystis blooms in Lake Tega, Japan, based on a competitive growth simulation model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Water Supply	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) 10.2166/ws.2022.159	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19件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 町田龍星, 天野佳正, 町田基
2. 発表標題 窒素およびリン制限下でのTN/TP比がMicrocystisの増殖挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 第58回日本水環境学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 相澤駿介, 天野佳正, 町田基
2. 発表標題 有害藻類由来の吸着剤によるカドミウムイオン吸脱着特性
3. 学会等名 日本化学会第104春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 天野佳正, 相澤駿介, 町田基
2. 発表標題 シアノバクテリア由来の炭素系吸着剤によるカドミウムイオンのカラム吸着
3. 学会等名 連合年会2023 (第36回日本イオン交換研究発表会・第42回溶媒抽出討論会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 天野佳正, Samudra Thoriq Teja, 増本天翔, 町田基
2. 発表標題 細胞密度と群体形態制御による有毒シアノバクテリアの新たな分離回収技術
3. 学会等名 化学工学会秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 増本天翔, 天野佳正, 町田基
2. 発表標題 群体形態制御による有毒藍藻類の浮揚速度向上と新規分離技術への応用
3. 学会等名 化学工学会山形大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 天野佳正, 町田基
2. 発表標題 有毒藻類の新たな分離回収技術と藻類由来の吸着剤による重金属イオンの吸着特性
3. 学会等名 第1回「スラグ新用途開発のための機能とその関連する材料分析技術の開発」フォーラム講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yoshimasa Amano, Jing Wang, Motoi Machida
2. 発表標題 Adsorptive removal of heavy metals by adsorbent prepared from cyanobacterial biomass
3. 学会等名 8th International Conference on Ion Exchange(ICIE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuki Nariyama, Yoshimasa Amano, Motoi Machida
2. 発表標題 Growth characteristics and changes in elemental composition of Microcystis sp. under various N:P mass ratios
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference (WET2022-online) (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 Thoriq Teja Samudra, Yoshimasa Amano, Motoi Machida
2. 発表標題 Control of Microcystis buoyancy by reducing cellular carbohydrate content at high temperature
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference (WET2022-online) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jingnan Li, Yoshimasa Amano, Motoi Machida
2. 発表標題 Growth competition model improvement overcoming the overstimulation in nutrient uptake term between Microcystis sp. and Cyclotella meneghiniana under low temperature
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference (WET2022-online) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増本天翔, 天野佳正, 町田基
2. 発表標題 光制限と群体径の拡大によるアオコの浮揚性制御と新規除去法への応用
3. 学会等名 化学工学会新潟大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 町田龍星, 天野佳正, 町田基
2. 発表標題 アオコ形成種ミクロキスティスの増殖と抑制に及ぼす窒素・リン濃度比の影響
3. 学会等名 化学工学会88年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川地恭輔, 天野佳正, 町田基
2. 発表標題 アオコ形成種ミクロキスティスの群体サイズ制御を利用した浮揚速度制御による新規除去法の検討
3. 学会等名 化学工学会88年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河口礼佳, 天野佳正, 町田基
2. 発表標題 アオコの群体サイズ拡大に及ぼす細胞外多糖類量とカチオン濃度の影響
3. 学会等名 化学工学会第87年会(神戸)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増本天翔, 天野佳正, 町田基
2. 発表標題 アオコ除去を目的とした光制限と群体形成促進によるミクロキスティスの浮揚性向上の検討
3. 学会等名 化学工学会第87年会(神戸)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshimasa Amano, Hiroaki Takahashi, Thoriq Teja Samudra, Motoi Machida
2. 発表標題 Control of the buoyancy of Microcystis sp. by adjusting light irradiance
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference (WET2021-online) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Thoriq Teja Samudra, Hiroaki Takahashi, Yoshimasa Amano, Motoi Machida
2. 発表標題 Effect of different light regimes on <i>Microcystis</i> sp. buoyancy
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference (WET2021-online) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jingnan Li, Yoshimasa Amano, Motoi Machida
2. 発表標題 Temperature-dependent growth characteristics and dominance trends of <i>Microcystis</i> sp. and <i>Cyclotella meneghiniana</i>
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference (WET2021-online) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Nariyama, Yoshimasa Amano, Motoi Machida
2. 発表標題 Characteristics of changes in the elemental composition and growth of <i>Microcystis</i> sp. under various nutrient conditions
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference (WET2021-online) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>環境化学研究室のホームページ  <a href="http://chem.tf.chiba-u.jp/gacb15/index.html">http://chem.tf.chiba-u.jp/gacb15/index.html</a>  環境化学研究室のホームページ  <a href="http://chem.tf.chiba-u.jp/gacb15/index.html">http://chem.tf.chiba-u.jp/gacb15/index.html</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
研究協力者	町田 基  (Machida Motoi)  (30344964)	千葉大学・総合安全衛生管理機構・教授    (12501)	

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			
米国	Tennessee Technological University			