

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656310

研究課題名(和文) 有害アオコの夜間生態の解明とその良水取水システムへの活用

研究課題名(英文) Understanding the night ecology of poisonous blue-green algae and its application to good-quality water intake system

研究代表者

牧野 育代 (Makino, Ikuyo)

東北大学・環境保全センター・助教

研究者番号：00542060

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：8月～9月の夜間観測においてアオコの小さな塊は、深夜2時から4時はほぼ運動せずに一定の水深に留まった。また、日の光をキャッチするより以前にアオコの塊は浮上しはじめ、日が沈む前に沈降してゆくという現象からは、衰退期の藍藻の生理機能や細胞の挙動を知る必要性が伺えた。良水取水システムの創出には、1. 取水の最適時間を把握するため、アオコ発生初期から衰退期に至る数か月における鉛直運動の調査、2. アオコ形成種が排出する代謝物の有害無害の把握とその水中放出に関する試験調査、3. アオコの分解後の細胞の挙動、の3点が重要な課題として残った。

研究成果の概要(英文)：In the nocturnal observation conducted during August and September, small lumps of bloom stayed at a fixed depth of water between 2 and 4 a.m. without any particular motion. Blooms on the water surface started to disperse starting around 2 p.m. and they are observed only scarcely on the surface by 4 p.m. Such cycle was observed every day until late September. The rhythm of this cycle indicates that behavior of photosynthetic algae cannot be explained only by photo-taxis. We could find that bloom goes down under water during night time and stays at a certain depth during certain period. However, we could not create good-quality water intake system to intake raw water of a good quality. To realize this, the following key issues need to be addressed: 1. Vertical motions spanning a few months through the initial phase to decline phase of bloom forming; 2. Determination of the toxicity of metabolite excreted by bloom forming algae; 3. Cell behavior after the decomposition of bloom.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：アオコ 夜間計測 良水取水 Microcystis

1. 研究開始当初の背景

Microcystis 属、*Anabaena* 属、*Oscillatoria* 属等藍藻は有害アオコを形成する光合成藻類であり、日中は活発に有光層の範囲を鉛直方向に移動する。一方、有害アオコが形成されやすい貯水池や湖沼からの取水はほぼ日中に限られている。このように、有害アオコ形成種の活動時間帯と取水の時間帯とが一致することから、現状の多くの取水システムでは有害アオコを含み水質汚濁化した状態のまま取水して河川に放流するおそれがある。

貯水湖における水質汚濁化現象の主要な原因が光合成藻類の増加であることを考えると、光合成藻類が水中に沈んだ夜間帯に表層の良水を取水するシステムを検討する必要がある。これまでの貯水湖の水質保全に関する調査研究は日中を対象になされており、夜間における水質の把握を重要視した研究が急がれる。貯水湖の水質を把握するには夜間観測に基づく議論が重要であるがそのような報告はほとんどない。

本研究ではこれまでデータの蓄積が十分とは言えない夜間帯に着目し、夜間を重点的に観測対象とした貯水湖の生物生態や環境形成を明らかにする。飲料水源においては水質の確保が最も重要な役割となる。その意味において、本研究で明らかとなる昼間と夜間との水質の差異は、最も効率的な水資源の管理・運用を考える上で重要な資料となり得る。地球上の生命体は昼と夜とで生態が大きく異なっており、夜についての知見を構築することは今後の重要課題となるべき学術的使命でもある。本課題の遂行は将来的には夜間観測の学術的基盤を得ることも目指すものである。

2. 研究の目的

有害アオコ形成種である *Microcystis* 属、*Anabaena* 属等は体内に浮き袋を有しており、日中は、午前水面に、午後水中の栄養塩の獲得をするため有光層を漂泳する。それら藻類の夜間生態を解明して、有害アオコ形成種が水中深くに潜った夜間の時間帯を活用した良水取水システムの発案を目指す。

現在、河川生態系保全や水質管理の観点から開発された日本発の環境配慮型選択取水システムは東南アジアを中心に世界中に輸出されており、近い将来、取水方法として、環境配慮型の選択取水方式が貯水湖のグローバルスタイルになることが期待される。その環境配慮型多口式ダム貯水池の運用に、夜間生態の特長を直結させ学術的知見を最大限活用し、将来的には東南アジア以外のグローバル水ビジネスへの学術的寄与も視野に入れる。

3. 研究の方法

環境配慮型の選択取水式貯水湖における良水取水システムを発案する。その目的達成のため、(1) 自然環境下における有害アオコ

の夜間生態観測、(2) 遺伝子解析の手法を用いて有害アオコ形成種の停滞層を推定、(3) *Microcystis* 属の24時間挙動水槽観察、(4) それらの結果をとりまとめ、良水取水システムを発案する。

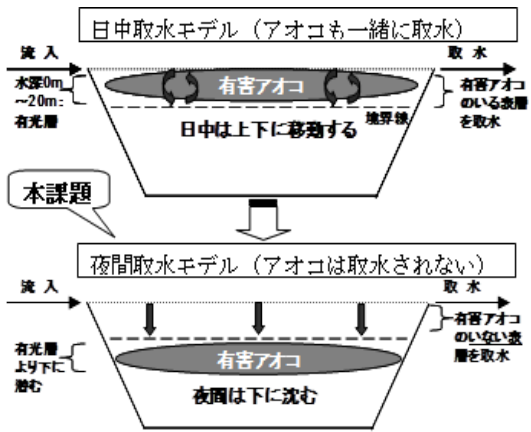


図1. 夜間を活用した良水取水モデル

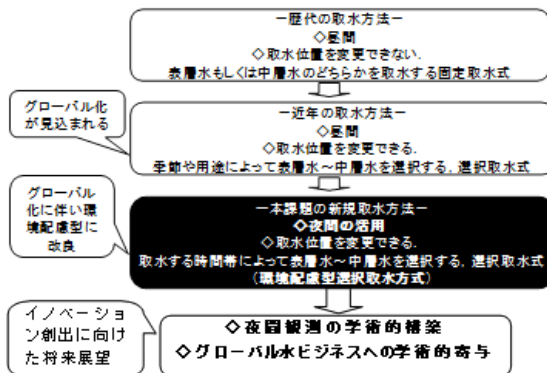


図2. グローバル水ビジネスへの学術的寄与

4. 研究成果

1年半の夜間観測の結果、アオコは夜中でも鉛直運動を繰り返し行うことが明らかとなった。*Microcystis* 属のアオコの夜間生態は予想していたよりも鉛直運動を繰り返し、密度は低いものから高いものまで水中のあらゆる層に分布していた。ただし、8月~9月の夜間観測においてアオコの塊は、深夜2時から4時はほぼ運動せず、一定の水深に留まっており、夜間においてもアオコの生態は、アオコ形成初期、高密度期、衰退期、消滅期ごとで異なることが予測された。大小さまざまなアオコの塊は深夜4時ごろからゆっくりと

浮上し、8 時には多くが浮上し、昼にかけてマット状のアオコを形成していった。水面のアオコは午後 2 時ごろから分散を始め午後 4 時には水面にまばらに漂うアオコが確認される程度にまで減少するサイクルが衰退期に入るまで毎日続いた。このサイクルのリズムにおいて、*Microcystis* は光合成藻類であるので走光性のみでは説明できない。つまり、日の光をキャッチするより以前にアオコの塊は浮上しはじめ、日が沈む前に沈降してゆくという現象からは、衰退期のアオコ塊の生理機能や、細胞の挙動を知る必要性が伺えた。

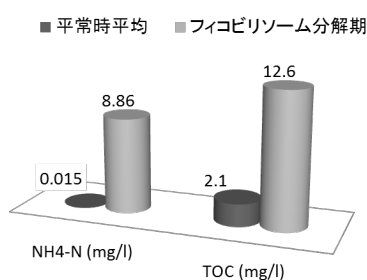


図 3. 平常時平均と衰退期との水質の比較

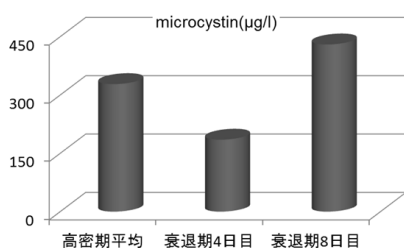


図 4. microcystin 高密度期と衰退期の変化

衰退末期の 2013 年 9 月 26 日夜 10 時ごろから 27 日正午にかけて、水中のアンモニア性窒素濃度 (NH₄-N) は最大で平常時平均の約 600 倍 (8.86mg/l)、有機物の指標である TOC は 6 倍 (12.6mg/l) を示し極めて深刻な水質汚濁化が確認された。その後、アオコは数日のうちに一気に消滅した。*Microcystis* 属は細胞に光合成タンパク質のフィコピリソームを有している。フィコピリソームはタンパク質の合成に欠かせない窒素やアミノ酸を多く含有するが窒素欠乏環境において分解し、水中に窒素やアミノ酸が放出される。試水からは、藍藻固有のフィコピリタンパク質である C-フィコシアニンが大量に検出された。このことから、8 月～9 月のアオコの大増殖により水中の窒素が大きく減少し、フィコピリソームの分解が誘発されていたと推測された。またこの時期、底層付近で漂うアオコ塊が多

くなり、*Microcystis* 属の擬似細胞休眠状態が疑われた。

他方、*Microcystis* 属などのラン藻が生産するミクロキスチン (microcystin) は、7 種のアミノ酸からなる環状ペプチドで、日本において検出頻度が最も多いのが LR,RR,YR の 3 種類である。衰退期のこれら 3 種類の microcystin 濃度は観察 4 日目で 185µg/L であったが 8 日目には 430µg/L に増加していた。microcystin の濃度増加が、フィコピリソームの分解に伴う窒素化合物とアミノ酸の供給による細胞活性化によるものなのか、それとも、アオコの衰退末期から消滅期に見られる擬似休眠状態へのシフトによりエネルギー温存の一端としてもたらされるものなのか、明らかにできなかった。

本研究期間では、アオコは夜間に沈み特定の期間では一定の水深に留まるといった現象を捉えた一方で、具体的な良質な原水を取水するための「良水取水システム」の創出には至らなかった。良水取水システムの創出には、(1) 取水の最適時間を把握するため、アオコ発生初期から衰退期に至る数か月にわたる鉛直運動の調査、(2) アオコ形成種が排出する代謝物の把握と有害無害の選別、また、それら代謝物の水中放出に関する試験調査、(3) アオコの分解後の細胞の挙動、の 3 点が重要な課題として残った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. 牧野育代, 矢作裕司: 河川水質の特徴とアオコ形成種の増殖との関係、環境と安全、査読有、第 5 巻、第 1 号、2014 .

<http://dx.doi.org/10.11162/daikankyo.14G0102>

2. 牧野育代, 矢作裕司: レジャー利用のある山岳森林河川に共通する水質変化の検討、環境と安全、査読有、第 4 巻、第 3 号、2013 .

<http://dx.doi.org/10.11162/daikankyo.13G0603>

〔学会発表〕(計 4 件)

1. 富田周作, 牧野育代, 矢作裕司: 受熱期の貯水池流入部における成層形成が光合成藻類の増殖に及ぼす影響、日本機械学会関東支部第 20 期総会講演会、2014 年 3 月 15 日 .

2. Ikuyo Makino, Yuji Yahagi: Impact of warm water in upstream on water quality of headwaters reservoir, EMECS10 – MEDCOAST2013 Joint Conference, 30 Oct - 3 Nov 2013 in Marmaris Turkey .

3. 神田尊貴, 牧野育代, 矢作裕司: 湖の藍藻発生に及ぼす水温と貯水量の影響、日本機械学会関東支部第 19 期総会講演会、2013 年 3 月 16 日 .

4. 高橋潤吉, 牧野育代, 矢作裕司: 河川水質特性と滞留時間による貯水池汚濁機構、日本機械学会関東支部第 19 期総会講演会、

2013年3月16日.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

牧野 育代 (MAKINO, IKUYO)
東北大学・環境保全センター・助教
研究者番号：00542060

(2) 研究分担者

()
研究者番号：

(3) 連携研究者

矢作 裕司 (YAHAGI, YUJI)
芝浦工業大学・工学研究科・教授
研究者番号：60265973