

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560616

研究課題名(和文) ダムの植物プランクトン日周期変動特性からブルーム発生を予測するための基礎的研究

研究課題名(英文) A feasibility study on prediction of phytoplankton bloom in dam reservoir based on chlorophyll-a fluorescence time-series

研究代表者

長尾 正之 (Nagao, Masayuki)

独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・主任研究員

研究者番号：70251626

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：仙台市の主要水源である釜房ダムでは、1980年代からカビ臭が発生したため、強制循環装置が設置されている。しかし、藍藻の一種であるホルミジウムによるカビ臭はいまだに発生している。原因生物であるホルミジウムの急激な増殖現象(ブルーム)が予測できれば、カビ臭対策に役立つ。本研究では、同ダムで発生したブルーム現象について、国土交通省モニタリングデータを中心に解析を行い、ブルーム発生とクロロフィルaの卓越周期と水温躍層変動の関係について研究した。

研究成果の概要(英文)：Kamafusa Reservoir that is located in Kawasaki-Cho of Miyagi Prefecture of Japan provides 36% of drinking water for Sendai City that is a million city of Tohoku district of Japan. However, it has a problem that the water in the reservoir occasionally has musty odor due to 2-Metil-isoborneol (2-MIB) produced by cyanobacteria such as Phormidium spp. If we can predict it through the analysis of the vertical profiles, we will prevent the appearance of the musty odor through improvement of operation for the forced circulation system and so on. Total mass of chlorophyll-a (net chlorophyll-a) in the whole of the reservoir, as an indicator of net biomass of phytoplankton, was calculated and compared with the water qualities during a phytoplankton bloom period. Segmentation spectrum analysis was also conducted to investigate the predominant periods of net chlorophyll-a before, during and after the bloom.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：クロロフィルa 植物プランクトン ブルーム 時系列解析 ダム湖

1. 研究開始当初の背景

近年の地球温暖化が原因と考えられる内水域の水温上昇とそれによる環境変化の例が、内外で報告されている。世界第2位の最大水深を持つタンガニーカ湖では、20世紀の急激な湖面水温上昇で、水温成層が強化されて下層からの栄養塩供給が抑制され、一次生産が制限されていること、この現象がタンガニーカ湖の漁業に悪影響を及ぼすことが懸念されている(Tierney et al., 2010)。

一方、わが国では、水深の浅い茨城県霞ヶ浦で、冬季水温上昇による湖内生産の活発化が原因で、化学的酸素供給量(COD)が2005年度から2008年度にかけて増加傾向にある模様であると、報告されている(茨城県、2007)。

こういった状況下で、わが国内水域で温暖化の影響が実際に生じ始めているかについて、国内の主要内水域で検証する必要があると考えられており、予備的な検討もされ始めている(たとえば、長尾・鈴木、2010)。また、IPCC第2作業部会第4次調査報告書によると、ダム湖、湖沼で温暖化の影響が進行し、表面水温が上昇すると、藻類の増殖を引き起こし(Hall et al., 2002; Kumagai et al., 2003)、塩素処理された飲み水の異臭味発生につながる恐れがある(Moulton and Cuthbert, 2000; Robarts et al., 2005)とされ、この問題は現状の水道技術では解決できない(Charlton et al., 2001)と指摘されている。

平成18年度にわが国の浄水で異臭味被害を受けた事例のうち、過半の60%がカビ臭・土臭であった。水源池ダムのカビ臭対策としては、流域からダムに流入する栄養塩を規制する、カビ臭を発生させる微細藻類の増殖を

抑えるため人工的循環流を生じさせる、あるいは高度処理で異臭味を除去する、などの方法などが取られている。たとえば、1970年に竣工した宮城県川崎町の釜房ダムは、人口100万人を抱える東北地方の重要都市である宮城県仙台市の飲み水の36%をまかなう重要な水源であるが、1980年代からカビ臭問題が発生したため、その対策として、1984年に間欠曝気型強制循環装置が設置された。さらに、2003年から新たに散気型強制循環装置が設置されている。しかし、カビ臭は今でも時々発生しているため、浄水場では、高価な活性炭を使って水の脱臭処理が行われている。

釜房ダムで発生するカビ臭の原因は、藍藻(シアノバクテリア)の一種のホルミジウムが生成する、カビ臭原因物質、2-メチルイソボルネオール(2-MBI)である。もしも、春先および秋口のホルミジウムの急激な増殖(ブルーム)が、これら水質鉛直分布時系列から予測できれば、効果的なカビ臭対策に役立つほか、強制循環装置の使用電力量の節約、ならびに同装置の運転効率化に役立つと期待される。

2. 研究の目的

ブルーム発生期とクロロフィル*a*の時間変動特性との関係、卓越周期特性と水温躍層変動や水質データとの関係について考察する。

3. 研究の方法

国土交通省から得た水質鉛直分布連続時系列データを解析し、ブルーム発生と総クロロフィル*a*の卓越周期との関係性について検

討を開始する。具体的には、釜房ダムの貯水位ー容量曲線を考慮し、各層のクロロフィル *a* 鉛直分布データに深度ごとのダム体積をかけて足し合わせ、総クロロフィル *a* を計算し、その2時間ごとの変化について、時系列を作成する。

この総クロロフィル *a* 時系列を、一定幅のセグメント（たとえば5日ごと）に区切り、卓越周期変動（24, 12, 8, 6時間）の時間的変動特性を求める。この変動特性を、ブルーム発生前、最中、発生後に分類し、特性の類型化が行えるかどうか検討する。

4. 研究成果

国土交通省のモニタリング結果より、釜房ダムのブルームの発生直前から、ブルーム最中、および消滅までの模様が2時間ごとに捉えられた。(図1)。これら観測データを整理し、2009年4月30日から5月31日に大規模な植物プランクトンのブルームの発生から消滅までが、クロロフィル *a* の変化として捉えられた(図1)。また、2009年6月7日から6月13日にも小規模なブルームの発生から消滅が認められた(図1)。そこで、ブルームの発生から消滅までのクロロフィル *a* の変化をダム全体の総クロロフィル *a* として示すとともに、水温、電気伝導度(EC)、濁度、溶存酸素(DO)、溶存酸素飽和度(DO%)と対応について調べた(図2)。その結果、総クロロフィル *a* の急増の直前には、水温躍層の下に大量の低温水が河川から入り、それにより水温躍層の位置が上昇することがわかった。躍層位置の上昇は、下層に留まっている植物プランクトンをより光の強い上層に押し上げる

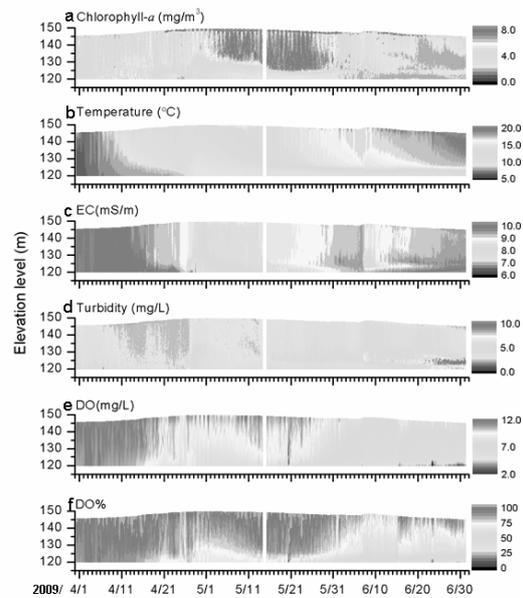


図1

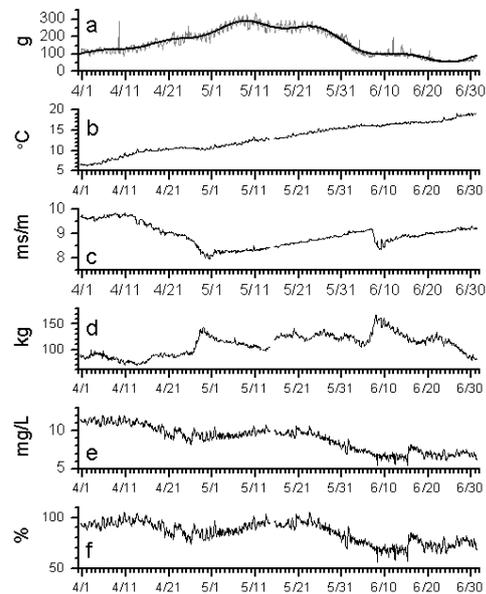


図2

ので、これが植物プランクトンの急増のきっかけに成り得ると考えられた。また、総クロロフィル *a* が急増する前に体積平均 EC が急減することがわかった。EC は水中のイオン濃度の指標であるから、植物プランクトンがブルームに備えて水中の栄養塩を取り尽くしてしまい、水中のイオン濃度が低下し、電気伝導度が一気に下がっていると考えられた。また、総クロロフィル *a* の強い日周期変動が認められた。その最大値は0時に生じた。そ

ここで、次に、総クロロフィル a と、最大クロロフィル a 層 (SCM)内および外の総クロロフィル a の変動をブルーム発生時期である 5 月 18 日から 5 月 27 日について調べた (図 3)。その結果、ダム全体および最大クロロフィル a 層外での総クロロフィル a は強い日周期を持っていたが、最大クロロフィル a 層内のクロロフィル a の日周期はとても弱いことがわかった。この最大クロロフィル a 層での結果は、赤道太平洋域での最大クロロフィル a 層のクロロフィル a が日周期を持つこと (e.g., Kaneko et al., 1996; Claustre et al., 1999) とは相違する。おそらくダムの最大クロロフィル a 層には光が十分届いていないことが、SCM 内総クロロフィルに日周期変動がみられない原因だと思われる。

総クロロフィル a には強い日周期変動が認められたが、これ以外にも 24 時間の整数分の 1 の卓越周期が認められた。そこで、図 4 に示すとおり、総クロロフィル a の急増期を挟み、時系列を三期間に分けたスペクトル解析を平成 25 年度に行った。三期間は、①漸増期 (3 月 31 日から 4 月 30 日)、②急増期 (4 月 30 日から 5 月 31 日)、③急減期 (5 月 31 日から 6 月 25 日) とした。(それぞれの期間の総クロロフィル a の大きさの程度は、図 2a のトレンドラインを用いて 3 月 31 日を 100 とみなすと、極大値出現時の 5 月 8 日で 300、極小値出現時の 6 月 24 日では 50 となった。)

図 4 によると、総クロロフィル a の日周変動 (24 時間) が最も卓越していることは、三期間を通じてやはり変わらない。その一方で、24 時間周期の整数分の 1 の、より短い周期変

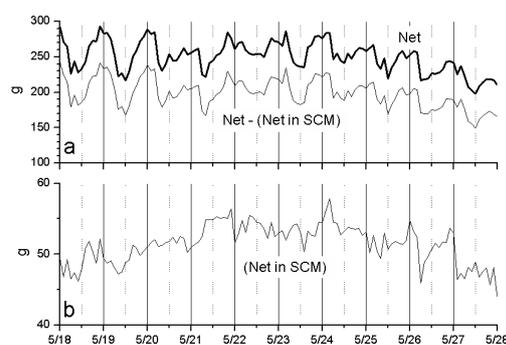


図 3

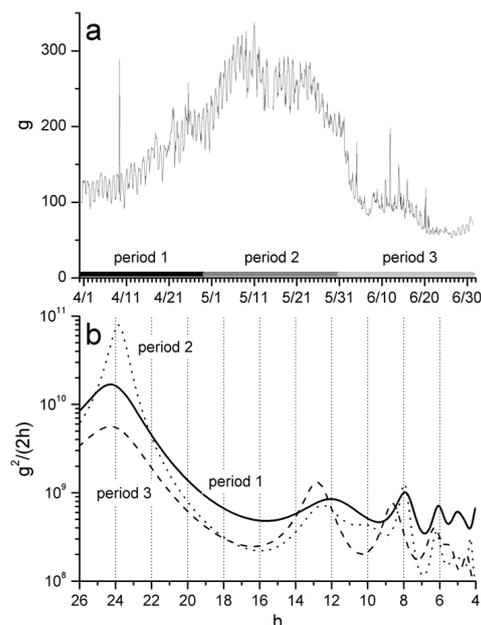


図 4

動の特性は、時期によりかなり異なっている。したがって、ダム湖の総クロロフィル a の短い周期変動の卓越性を考慮することが、ダム湖のクロロフィル a 急変現象の予測につながる可能性がある。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Nagao, M. and Suzuki, A. Preliminary study of recent water temperature trends of dam reservoirs in Japan, Proceedings of the International Symposium on dams for a changing world, 査読有、2012, 1-81-1-86.
- ② Nagao, M., Nishimura, O., Nishimura, K., Sasaki, H., Chiba, N. and Suzuki, A., Seabed environment damage of Matsushima Bay (Miyagi Prefecture, Japan) after the 2011 Tohoku Earthquake and Tsunami, Proceedings of the twenty-second (2012)

International Offshore and Polar Engineering Conference, 査読有, Vol.3, 2012, 42-48.

[学会発表] (計5件)

- ① Nagao, M., Nishimura, O., Nishimura, K., Sasaki, H., Chiba, N. and Suzuki, A., Seabed environment damage of Matsushima Bay (Miyagi Prefecture, Japan) after the 2011 Tohoku Earthquake and Tsunami, Proceedings of the twenty-second (2012) International Offshore and Polar Engineering Conference, 2012/6/18, Rodos Palace Hotel (Rhodes, Greece).
- ② Nagao, M. and Suzuki, A., Preliminary study of recent water temperature of dam reservoirs in Japan, International Symposium on Dams for a Changing World, 2012/6/5, 国立京都国際会館 (京都府) .
- ③ 長尾正之, The influence of tidal level on periodicity of an undersea geyser: an application of acoustic Doppler current meter, OCEANS' 11 MTS/IEEE KONA, 2011/9/22, Hilton Waikoloa Village (Kona, Hawaii, USA).
- ④ 長尾正之, サイドスキャンソナーによる東日本大震災後の松島湾海底調査、第61回東北海区海洋調査技術連絡会、2011/12/7, 東北水研 (宮城県塩釜市)。
- ⑤ 長尾正之, 松島湾の海底環境調査第一報 再度スキャンソナーによる海底環境の調査、第111回東北水工学研究会、2011/12/10, いこいの村庄内 (山形県鶴岡市)。

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長尾 正之 (NAGAO, Masayuki)

研究者番号: 70251626

(2) 連携研究者

鈴木 淳 (Suzuki, Atsushi)

研究者番号: 60344199