

超音波・オゾン発生装置によるアオコの除去・増殖抑制試験 (第7報)

加藤賢二・青木啓子・前田和代*¹吉田光宏・吉田天士・廣石伸互*²

Algal Bloom Removal and Multiplication Control Using Ultrasonic and Ozone (7)

Kenji KATO, Keiko AOKI, Kazuyo MAEDA

Yosida MITUHIRO, Yosida TAKASI, Hiroishi SHINGO

1 はじめに

平成11年度から13年度まで、アオコが集積しやすい三方湖の成出園地(図1)の湖岸に、超音波・オゾン発生装置を設置し、アオコの除去や増殖抑制効果等について調査を実施してきた。

平成11年度以降、アオコの発生が少なくなり、それまで主な植物プランクトン相であった *Microcystis* 属から *Planktothrix* 属や非アオコ形成種である *Phormidium* 属等に変遷したため、同装置によるアオコの除去や増殖抑制試験については良好な結果を得ることができなかった^{1) 2) 3)}。

一方、平成12年度の冬季に水月湖で *Planktothrix* 属による膜状アオコが形成⁴⁾されたことから、平成14年度以降は *Microcystis* 属に加えて、*Planktothrix* 属に対する同装置のアオコ除去や増殖抑制効果について試験を行った。

平成14年度と15年度において、水質調査結果からは超音波・オゾン発生装置によるアオコの除去や発生抑制の効果を見出すことが出来なかったが、植物プランクトン調査からはアオコの分解や発生抑制につながる知見が得られた。また、*Planktothrix* 属を捕食する動物プランクトンを確認し、今後の動物プランクトンの捕食調査の有用性が示唆された。^{5) 6) 7)}

平成16年度の調査は、超音波・オゾン発生装置の仕様等はそのままに、実験区内でクウシンサイの水耕栽培を実施した。これは、アオコを捕食する動物プランクトン等の生息場所を確保することによってアオコ除去や増殖抑制効果の上昇を目的としたものである。

さらに、三方湖に生息する溶藻細菌についても調査を実施した。

2 調査方法

2.1 調査地点および調査時期

図2に実験区の状況を示した。クウシンサイを水耕栽培するための筏(2m角の筏、5基)は、超音波・オゾン発生装置から出る水流の後に並べた。調査地点および実験装置等は前報⁶⁾と同じである。なお、調査は、平成16年5月から平成16年11月にかけて6回実施した。

*1:退職 *2:福井県立大学小浜キャンパス海洋生物資源学科

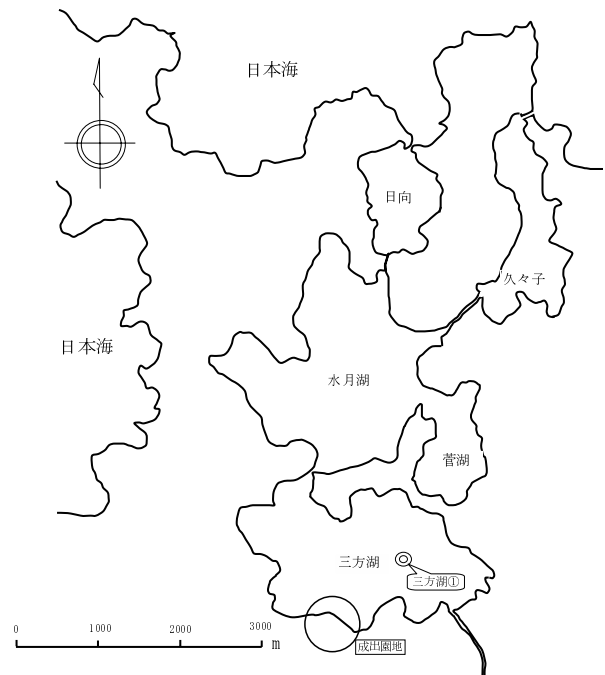


図1 三方湖

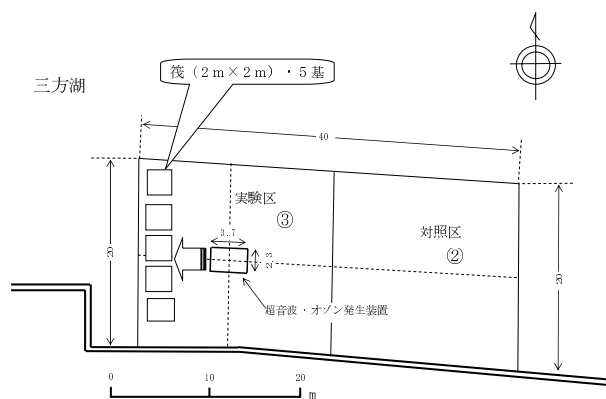


図2 超音波・オゾン発生装置設置状況

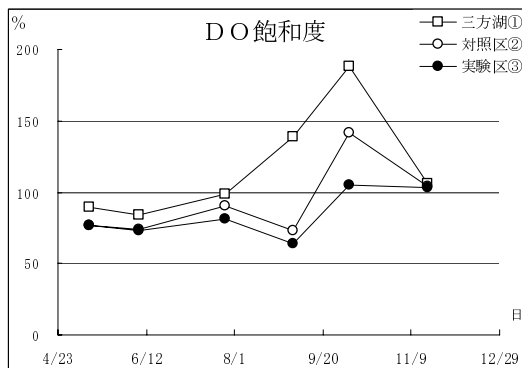
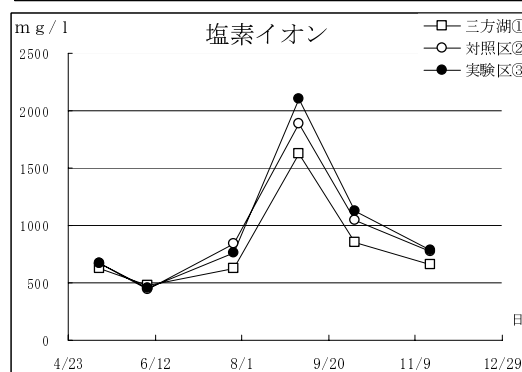
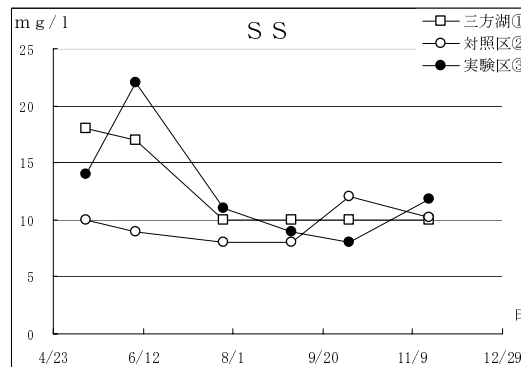
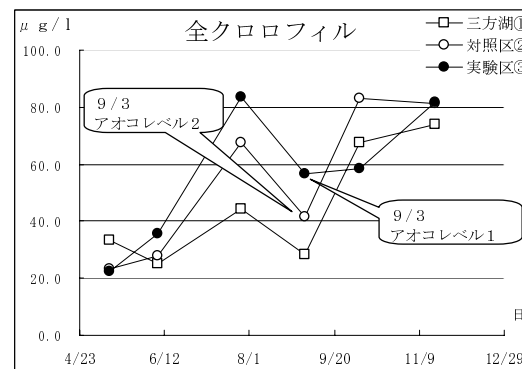
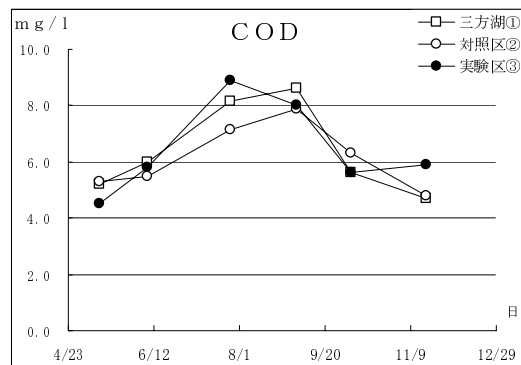
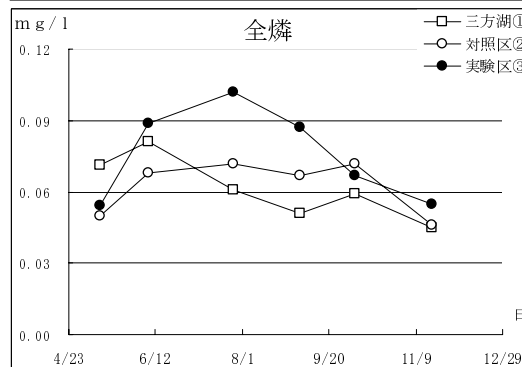
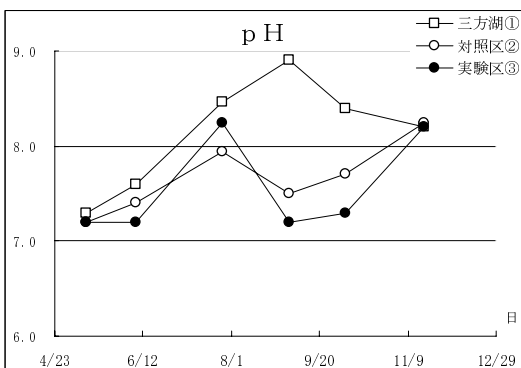
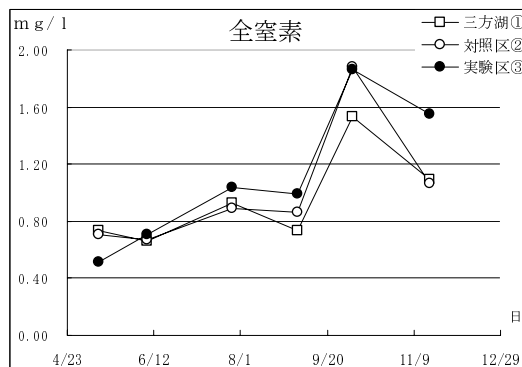
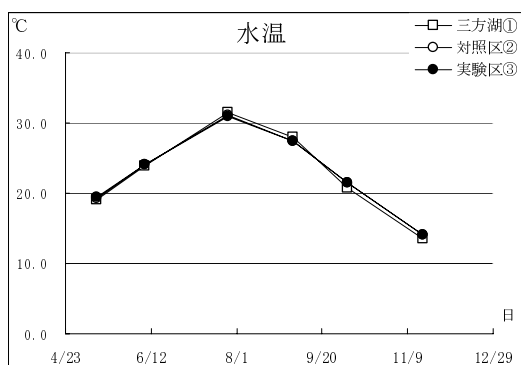


図3 水質の経時変化

2. 2 水質調査および動植物プランクトン調査

水質調査および動植物プランクトン調査の項目および分析方法は、前報⁶⁾と同じであるが、試料採取方法は変更した。つまり、前回、上層および下層(1.5m深)を別々に採取して分析したが、今回は上層から下層までをカラム採水し、全量を混合して分析した。

2. 3 溶藻細菌調査

2. 2による採水後、滅菌瓶に分取した試料を以下のとおり分析した。

溶藻細菌の計数は、寒天重層法を用いて行った。

試水を孔径0.8 μm フィルターと孔径0.2 μm フィルターで濾過し、0.2 μm フィルターに補足された細菌画分をCB培地で懸濁した。懸濁液を培養した *M. aeruginosa* NIES298株と0.6%のアガロースを溶解したCB培地とをまぜ、あらかじめ0.4%アガロースを溶かしたCB培地上に寒天重層した。2週間培養したのち、プラークを形成したコロニーを計数した。プラークを形成したコロニーを釣菌して、1/5×Nutrient agar 平板培地ないし斜面培地で培養した。

3 結果と考察

3. 1 水質調査結果

図3に、三方湖①、試験水域(対照区②、実験区③)における水温、pH、COD、SS、全窒素、全燐、全クロロフィル、塩素イオン、DO飽和度の経時変化を示した。

三方湖①、対照区②、実験区③において、水温とCOD、全窒素、塩素イオンは、バラツキは有るものの、ほぼ、同一挙動を示した。

pHとDO飽和度は、対照区②と実験区③において、ほぼ、同一挙動をしているのに対し、三方湖①は、9月と10月で高めに推移した。これは、植物プランクトンの光合成が湖岸よりも湖心の方が大きいと考えられる。

一方、全クロロフィルでは、図の吹き出しに示したように実験区③と対照区②の間にアオコレベルで1ポイントの差が見られ、実験区③は、水耕栽培の効果で浮上した藍藻が少ないことが推察された。

SSについては、8月ごろまで高めに推移した実験区③も、根の生物ろ過の作用で、8月ごろから対照区②とほぼ同等に推移した。

全燐については、夏期に高くなる傾向を示し、実験区③が高めに推移しているが、原因については不明である。

以上、水耕栽培の影響は、筏の数が少なく、筏面積が小さいこともあって、水質データからはアオコに対する明確な抑制効果は認められなかった。

3. 2 植物プランクトン調査結果

図4に対照区②および実験区③の植物プランクトンの総細胞数および7月以降には第一優占種となった *Planktothrix* sp. の細胞数の変動を示した。昨年、超音

波・オゾン発生装置により藍藻類の分解が促進されていることが確認されたが、今年度はその効果は小さめであった。しかし、図4に見られるように、水温が上昇する夏期においては対照区②と実験区③の違いが顕著に出ていた。また、植物プランクトン細胞のほとんどが *Planktothrix* sp. であった。

3. 3 動物プランクトン調査結果

前報までの調査結果から、超音波・オゾン発生装置は動物プランクトンに影響を与えないことが分かっている。

ここでは、水耕栽培しているクウシンサイの根の付着物について動物プランクトンを調査した。なお、試験水の量が、湖水中の状況と異なるため、定性分析にとどめた。

その結果、第一優占種から第三優占種は、繊毛虫門の *Vorticella* sp.、線虫綱の *Nematoda*、肉質鞭毛虫門の *Arcella vulgaris* であった。特に、肉眼で確認できたシミズメリタヨコエビ (*Melita shimizui*) (図5) は、試料水約2ml中に1匹程度確認でき、根がエビの生息場所となっていた。また、クウシンサイの根を洗い落とした試料水には泥状の物が多く含まれ、走査型電子顕微鏡 SEMEDX-typeN (EDX) による成分分析の結果、その多くは無機質であった。

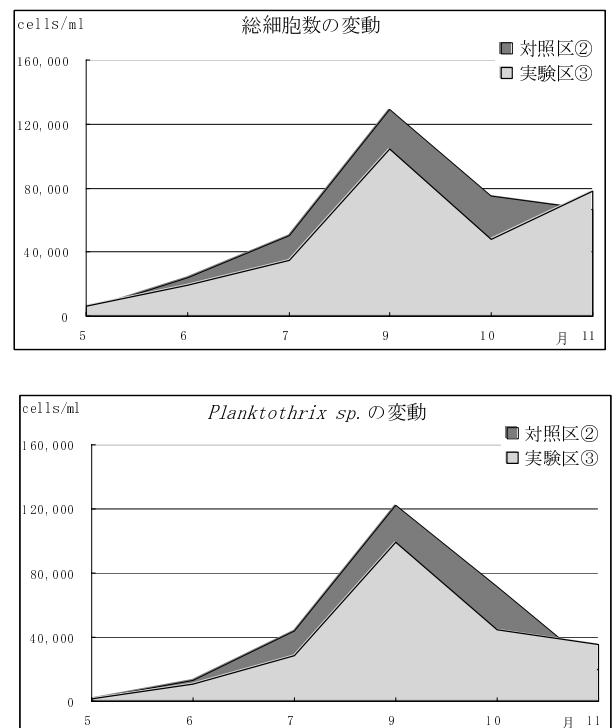


図4 植物プランクトンの変動



図5 シミズメリタヨコエビ (*Melita shimizui*)

3. 4 溶藻細菌調査結果

5 月と 6 月では、アオコの発生は認められず、*Microcystis* を溶藻する細菌数も 10^0 – 10^1 CFU/mL と低い値を示していた。その後、7 月から 10 月にかけて、光学顕微鏡下による形態観察から *Microcystis* が確認され、溶藻細菌の数も最大で 4.6×10^1 CFU/mL にまで達した(図 6)。11 月になると、*Microcystis* によるアオコは衰退し、溶藻細菌も検出されなくなった。実験区の細菌数と対照区の細菌数との間に、有意差は認められなかった ($P < 0.05$, t -test)。このことから、超音波・オゾン発生装置が *Microcystis* を溶藻する細菌群集の数的変動に影響を及ぼしていないと考えられた。

7 月～10 月にかけて、対照区と実験区から溶藻細菌をそれぞれ 16 株 (MDBc シリーズ) と 12 株 (MDBe シリーズ) 分離した (表 1 と 2)。これらの分離株の 16S rDNA 配列を決定し、その種を同定したところ、対照区と実験区より分離された溶藻細菌は、共に 4 つの系統グループ (α 、 β および γ のプロテオバクテリアと CFB グループ) に属するものであった (図 7)。さらに、これらの分類タイプの中で、 α と β のプロテオバクテリアの溶藻細菌株が比較的多かった。対照区における γ -プロテオバクテリアの溶藻細菌数の割合は、CFB グループと比較して低かった。一方、実験区では γ -プロテオバクテリアの溶藻細菌数の割合は、CFB グループよりも高かった。このように、一部の系統グループの割合にやや違いが認められたものの、双方の区に由来する溶藻細菌株の構成員は一致を示した。

今後、双方の区からより多くの株を分離・同定し、各分類グループの溶藻細菌数の割合が異なる否かを詳細に調べる必要がある。

4 まとめ

16 年度の調査は、実験区に 2 m 角の筏を 5 基設置し、クウシンサイを水耕栽培することによって、超音波・オ

ゾン発生装置との併用による効果を見込んだ調査を実施した。

水質の調査結果からは、昨年と同様、実験区および対照区の差はあまり認められなかったものの、植物プランクトンでは若干の効果が認められた。また、クウシンサイの水耕栽培により、動物プランクトン、特にシミズメリタヨコエビ (*Melita shimizui*) の生息場所となることが確認できた。

溶藻細菌の調査結果からは、超音波・オゾン発生装置が *Microcystis* 属を溶藻する細菌群集の数的変動に影響を及ぼしていないと考えられた

謝辞

本研究にあたり、ご指導をいただいた国立環境研究所の稲森悠平室長にお礼申し上げます。

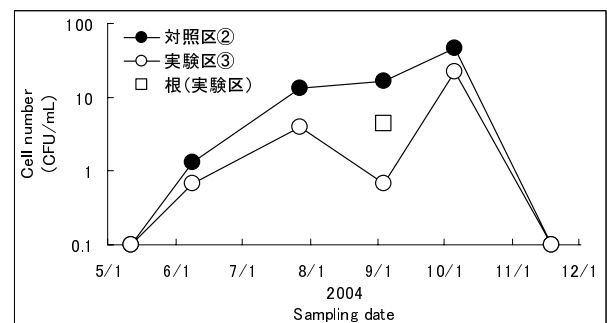


図6 *Microcystis* を溶藻する細菌数の変動

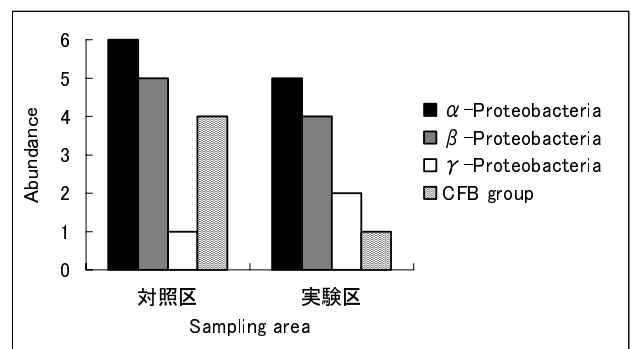


図7 各系統グループにおける溶藻細菌株の数

参考文献

- 1) 加藤賢二他: 超音波・オゾン発生装置によるアオコの除去・増殖抑制試験(第1報), 福井県環境科学センター年報, 29, pp.52-59, 1999
- 2) 加藤賢二他: 超音波・オゾン発生装置によるアオコの除去・増殖抑制試験(第2報), 福井県環境科学センター年報, 30, pp.45-52, 2000
- 3) 加藤賢二他: 超音波・オゾン発生装置によるアオコの除去・増殖抑制試験(第3報), 福井県環境科学センター年報, 31, pp.86-93, 2001
- 4) 塚崎嘉彦: 三方五湖における糸状性藍藻の異常増殖について, 福井県環境科学センター年報, 30, p.85-87, 2000
- 5) 加藤賢二他: 超音波・オゾン発生装置によるアオコの除去・増殖抑制試験(第4報), 福井県衛生環境研究センター年報, 1, pp.118-122, 2002
- 6) 加藤賢二他: 超音波・オゾン発生装置によるアオコの除去・増殖抑制試験(第5報), 福井県衛生環境研究センター年報, 2, pp.125-129, 2003
- 7) 青木啓子他: 超音波・オゾン発生装置によるアオコの除去・増殖抑制試験(第6報)ー植物プランクトン増殖抑制の検討ー, 福井県衛生環境研究センター年報, 2, p.130-136, 2003

表1 対照区株の履歴

株	分離日	系統グループ(門)	最も近縁な生物	相同性(%)
MDBc1	2004/6/8	Alphaproteobacteria	<i>Sphingomonas</i> sp. JRL-5, 86, <i>Sphingopyxis macrogoltabida</i> IFO 15033T	97
MDBc2	2004/6/8	Betaproteobacteria	<i>Hydrogenophaga flava</i> DSM 619	90
MDBc3	2004/6/8	Gammaproteobacteria	<i>Pseudomonas alcalophila</i> AL15-21	99
MDBc4	2004/6/8	Alphaproteobacteria	<i>Sphingomonas</i> sp. JRL-5, <i>Sphingopyxis macrogoltabida</i> IFO 15033T	95
MDBc7	2004/7/27	CFB	<i>Flexibacter flexilis</i> IFO 16026, IFO 16027	82
MDBc10	2004/7/27	CFB	<i>Bacteroidetes bacterium</i> PM13	79
MDBc12	2004/7/27	Alphaproteobacteria	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> UP-3	97
MDBc13	2004/7/27	CFB	rhizosphere soil bacterium RSI-24	90
MDBc14	2004/9/3	Alphaproteobacteria	<i>Agrobacterium albertimagni</i> AOL15	87
MDBc15	2004/9/3	CFB	glacier bacterium FJS5	86
MDBc16	2004/9/3	Betaproteobacteria	<i>Achromobacter</i> sp. LMG5411, LMG5430	98
MDBc17	2004/9/3	Alphaproteobacteria	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> UP-3	98
MDBc18	2004/10/5	Betaproteobacteria	<i>Achromobacter</i> sp. LMG5411, LMG5430	99
MDBc19	2004/10/5	Alphaproteobacteria	drinking water bacterium Y25	84
MDBc20	2004/10/5	Betaproteobacteria	<i>Sterolibacterium denitrificans</i> Chol-1S	90
MDBc21	2004/10/5	Betaproteobacteria	<i>Hydrogenophaga flava</i> DSM 619	75

表2 実験区株の履歴

株	分離日	系統グループ(門)	最も近縁な生物	相同性(%)
MDBe1	2004/6/8	Gammaproteobacteria	<i>Pseudomonas mendocina</i> PC1	97
MDBe6	2004/7/27	Betaproteobacteria	<i>Hydrogenophaga pseudoflava</i> ATCC 33668	96
MDBe10	2004/7/27	Betaproteobacteria	<i>Hydrogenophaga pseudoflava</i> ATCC 33668	90
MDBe11	2004/7/27	Betaproteobacteria	<i>Hydrogenophaga pseudoflava</i> ATCC 33668	91
MDBe13	2004/7/27	Betaproteobacteria	<i>Hydrogenophaga pseudoflava</i> ATCC 33668	94
MDBe14	2004/9/3	Gammaproteobacteria	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> 6B2-1	96
MDBe16	2004/9/3	Alphaproteobacteria	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> UP-3, <i>Agrobacterium vitis</i> PHX1, <i>Rhizobium</i> sp. AC11a	92
MDBe17	2004/9/3	CFB	glacier bacterium FJS5	86
MDBe18	2004/9/3	Alphaproteobacteria	<i>Agrobacterium vitis</i> PHX1	98
MDBe19	2004/10/5	Alphaproteobacteria	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> UP-3	96
MDBe20	2004/10/5	Alphaproteobacteria	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> UP-3	96
MDBe21	2004/10/5	Alphaproteobacteria	<i>Agrobacterium vitis</i> PHX1	98