

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)

加藤賢二・鉾崎有紀・塚崎嘉彦・前川 勉

Algal Bloom Removal and Multiplication Control Using Ultrasonic and Ozone (2)

Kenji KATO, Yuki HOKOZAKI, Yoshihiko TSUKASAKI, Tsutomu MAEKAWA

アオコの発生の著しい三方湖の成出園地の湖岸に超音波・オゾン発生装置を設置しアオコの除去・増殖抑制等について、その効果を調査した。

その結果、調査期間中における目視によるアオコ発生状況および水質分析結果の推移から、その効果が認められなかった。植物プランクトンについては、実験区と対照区を比較すると実験区の総細胞数が比較的高い値で推移したが、その変動パターンや優占率はほぼ類似していた。また、動物プランクトンの総個体数は対照区が高めに推移したことから本装置の効果により動物プランクトンによる捕食が促進された可能性はほとんどないと考えられた。これらの一連の調査結果から、超音波・オゾン発生装置の設置によるアオコの除去・増殖抑制効果を評価することができなかった。

その原因として例年大量発生しているアオコが昨年に引き続き非常に少なかったこと、特に *Microcystis* 属の発生が全く無く、*Planktothrix* 属に変遷したことが考えられた。

1 はじめに

福井県の代表的な観光拠点である三方五湖では、例年、アオコが発生し、漁業への影響や景観の悪化等を招いている。

そこで、前年度(平成11年度)に引き続きアオコ発生の著しい三方湖の成出園地の湖岸に、超音波・オゾン発生装置を設置しアオコの除去・増殖抑制効果等について調査を行った(図1)。

前報¹⁾の調査では、アオコの発生が非常に少なく、豪雨による災害もあって、アオコの除去・増殖抑制効果につながる良好な結果を求めることができなかった。

今年度は、アオコが発生する前より装置を稼動し、長期運転による除去・増殖抑制効果について調査を実施した。

2 調査方法

2.1 調査地点および調査時期

図2には、成出園地における隔離水界と超音波・オゾン発生装置の設置状況を示した。隔離水界の設置場所および本装置の設置位置は、昨年度と同じである。すなわち三方湖内周辺の水と隔離するために、三方をブイと汚濁防止膜で仕切り実験区と対照区を設け、実験区には本装置を設置した。水質測定地点としては、隔離水界(対照区②と実験区③、④、⑤)と三方湖①を設定し、それぞれ、水深0.5m、1.5mで採水した。

調査は、アオコが発生する前の5月から開始し、10月までの間実施した。調査回数は、5月と6月は月1回、7月から10月は、月2回の頻度で調査した。

2.2 水質調査

水質調査は、水温およびpH、DO、COD、SS、

全窒素、全磷、クロロフィル、塩素イオン等について、JIS K0102等に従い分析した。

また、今年度からアオコを形成する藻類の中には有害物質を産生するものがあり本装置で破壊された細胞からも有害物質が溶出することから、ミクロシスチンの分析を実施した。ミクロシスチンの分析に関しては土谷らの方法²⁾を用いてHPLCで測定した。

2.3 植物プランクトン調査

試料にグルタルアルデヒド固定液を添加(1V/V%)、静置濃縮後、プランクトン計数板を用いて計数し、1ml当たりの細胞数として求めた。

2.4 動物プランクトン調査

試料50lをNXX25番(40μm)のプランクトンネットを用いてろ過し、グルタルアルデヒド固定液を添加

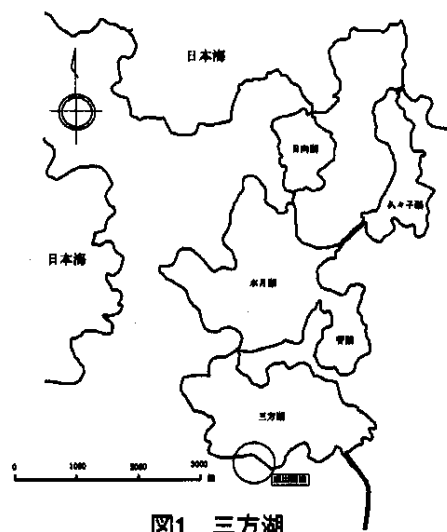


図1 三方湖

(3V/V%)、静置濃縮後、プランクトン計数板を用いて計数し、1 l 当たりの個体数として求めた。

3 結果と考察

3.1 流動促進装置によるアオコの拡散効果

図3には、本装置に付随する流動促進装置による実験域内の流向および流速測定結果を示した。流動促進装置を通過する水量は、16,000m³/日で、実験域内の湖水は、計算上1日約10回流動促進装置内を通過することになる。

調査期間中、目視によるアオコ発生はほとんど無く、その結果、本装置によるアオコの拡散や発生抑制効果を船上や湖岸から確認することができなかった。

3.2 水質分析結果

水質分析結果を別表1～2に示した。

隔離水界および三方湖における上層および下層の水質濃度の違いを把握するため、隔離水界では代表地点として実験区④と対照区②、三方湖では三方湖①について比較検討を行った。その結果、隔離水界の実験区④では、全項目(pH、DO、COD、SS、全窒素、全磷、塩

素イオン、DO飽和度%、全クロロフィル)とも上層・下層の差は無かった。しかし、上層と下層の混合が起こりにくい隔離水界の対照区②および三方湖①では、以下のように項目によって上層と下層の差がみられた。下層が低い項目としては、DOとDO飽和度が、若干低めの項目としては、pHとCOD、SSであった。あまり上層・下層の差が認められなかった項目は、全窒素、塩素イオンならびに全クロロフィルであった。全磷については、三方湖①では、実験開始から8月半ばまで下層が高く、その後上層と下層の差はほとんどみられない。一方、隔離水界の対照区②は8月に上層で、比較的高い濃度が測定されたが、それ以外は上層と下層の差はほとんどみられなかった。

上記のように、対照区が、上層と下層によって濃度が異なるために、対照区と実験区の比較は、水柱として評価する必要がある。上層と下層の平均値を用いて評価することとし、図4(1)および(2)に三方湖①、隔離水界(対照区②、実験区④)における主な項目である水温およびpH、COD、SS、全窒素、全磷、塩素イオン、全クロロフィルの経時変化を示した。

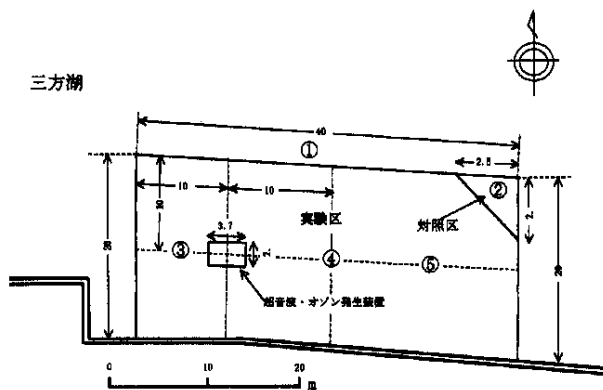


図2 超音波・オゾン発生装置設置地点および測定地点の状況

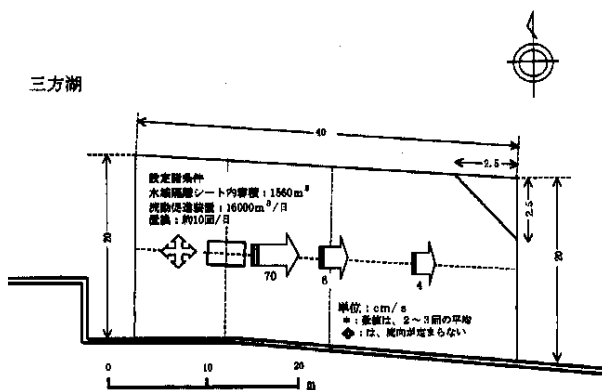


図3 超音波・オゾン発生装置設置による流向・流速

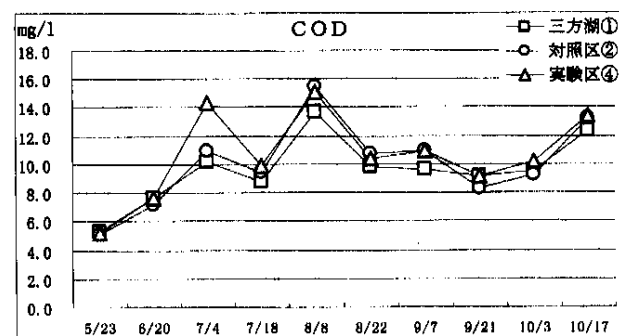
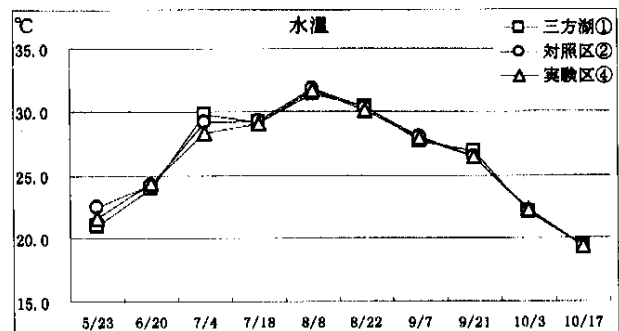
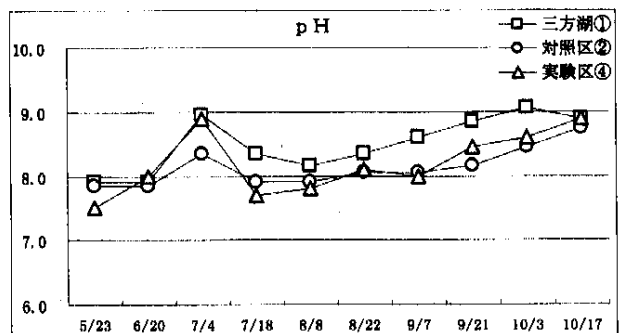


図4(1) 水質測定結果の変化

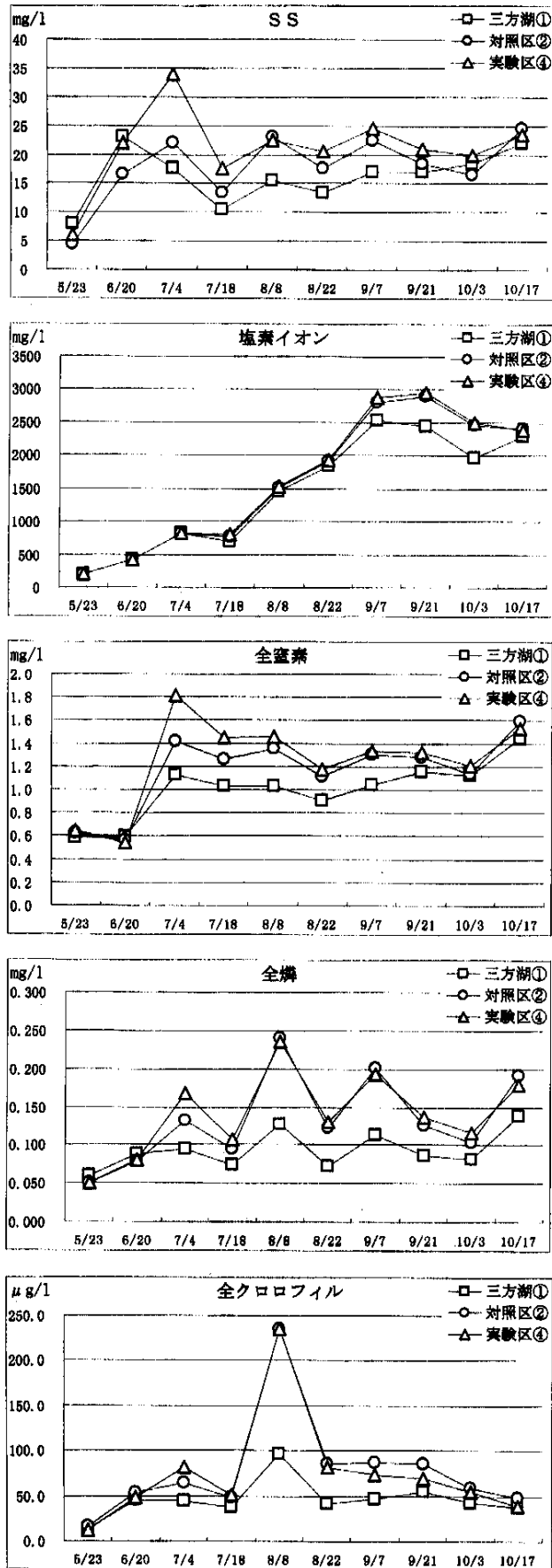


図4(2) 水質測定結果の変化

その結果、三方湖①は、隔離水界（実験区④および対照区②）と比較して、pHを除く全項目で同等の濃度か、低めに推移していた。特に、全窒素および全燐、全クロロフィルでは、測定した月によっては、差が大きいときもあった。このことは、物理的に隔離された水界は、開放系の環境と全く異なることを示している。このため、三方湖①の調査結果は、以後参考値として取り扱う。

隔離水界では実験区④と対照区②を比較すると、7月4日においてのみpHおよびCOD、SS、全窒素、全燐で実験区④が高くなり植物プランクトン由来と考えられたが、他の調査日については全項目とも同等に推移していた。

以上の水質調査結果から、本装置によるアオコ除去・増殖抑制効果をみると、隔離水界の実験区④と対照区②との間には全項目ともほとんど差が見られなかった。

3.3 動物プランクトン調査結果

別表3に植物プランクトンの調査結果を、別表4に動物プランクトンの調査結果を示した。

図5には、出現した植物プランクトンの総細胞数を藍藻の*Lyngbya*属、*Planktothrix*属、これら2属以外の藍藻と藍藻以外の綱の総和に分けて変化を示した。

図から、全体的な傾向（隔離水界、三方湖地点①）をみると藍藻が9割以上占めていたものの、8月8日から9月21日において、非アオコ形成藻類である*Lyngbya*属の割合（11～46%）が比較的高かった。水温が低い7月18日以前や9月21日以降は、*Planktothrix*属が優勢し水温が20℃を下回った10月17日でも増加の傾向を示した。

また、例年発生している*Microcystis*属が隔離水界および三方湖で見られないことも特徴的であった。

隔離水界（実験区④、対照区②）における植物プランクトンの変動をみると全調査期間を通して実験区④の細胞数が対照区②と比較して高い傾向が見られたが、その変動パターンや優占率はほぼ類似していた。

本実験の目的であるアオコの拡散や発生抑制の効果を隔離水界（実験区④、対照区②）におけるアオコ形成藻類の総細胞数およびその構成種の差で評価した。アオコ形成藻類の大部分は*Planktothrix*属（95%以上）で占めるため、*Planktothrix*属の推移をみると、実験区④は対照区②と比較して高めに推移していることから、本装置の効果は認められなかった。その原因としては、例年発生している*Microcystis*属が*Planktothrix*属に変遷し、本装置が*Planktothrix*属には効果がなかったと考えられる。

また、三方湖①と隔離水界（実験区④、対照区②）との比較では、調査期間の7月18日以降、三方湖①における*Lyngbya*属の占める割合が高かった。

図6に動物プランクトンの個体数の変化を門別に示した。隔離水界では調査期間中、袋形動物のワムシもしくは、節足動物がほぼ優占し、特に7月18日と8月22日はワムシによる著しい増殖がみられた。この現象は前年度に

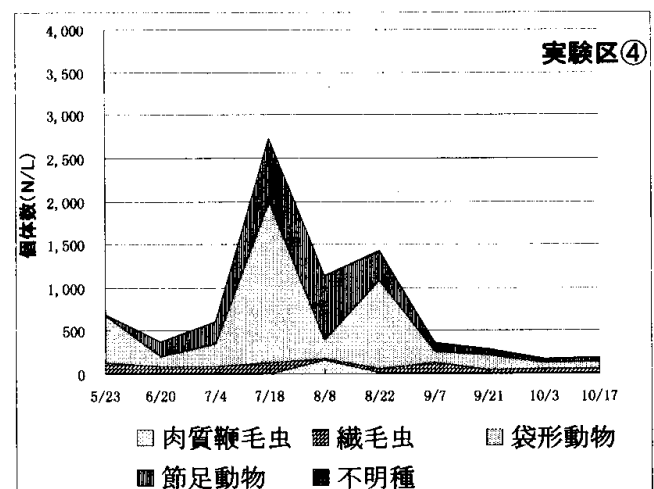
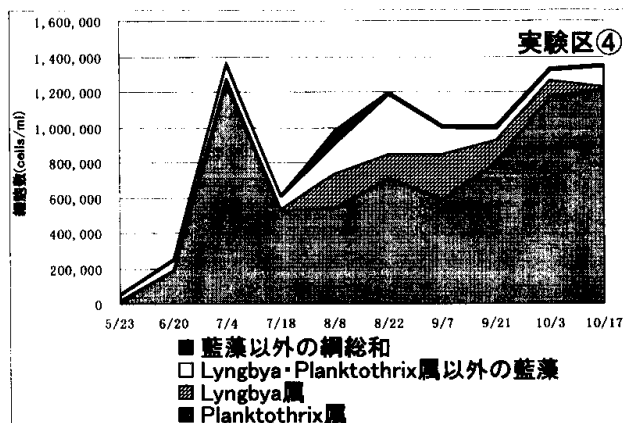
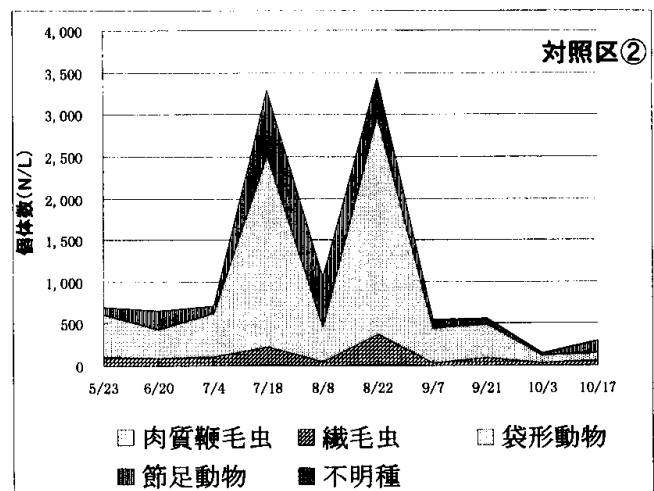
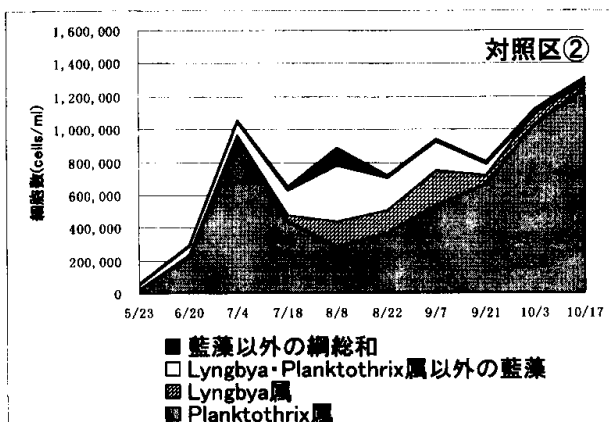
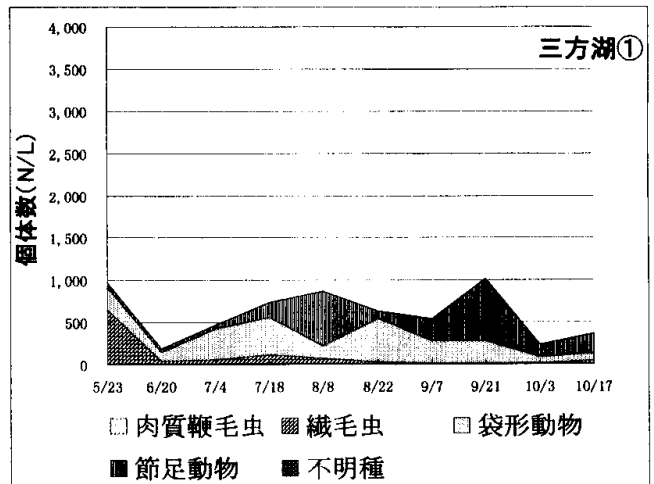
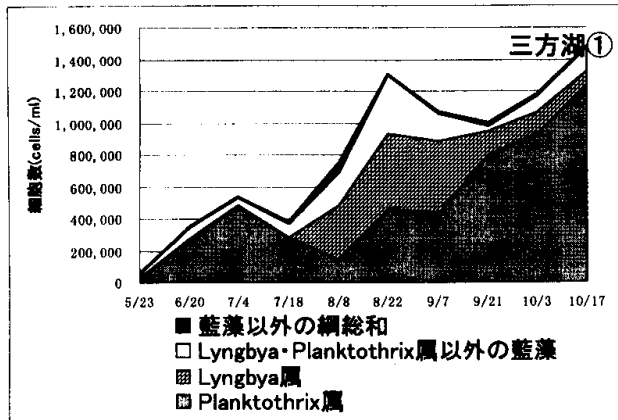


図5 植物プランクトンの変化

図6 動物プランクトンの変化

もみられ、動物プランクトンを捕食する魚類等の影響が隔離膜によって少なくなったことによるものと考えられた。三方湖①ではこのような著しい増加はみられず、総個体数は200~1,000N/lの範囲で推移していた。隔離水界の実験区④と対照区②を比較すると、対照区②より実験区④の方が個体数はやや少ない傾向となったが、調査期間中、その変動パターンや門別での優占率はほぼ類似していた。

ここで、実験区④の動物プランクトンが対照区②より少ない傾向を示したことについて、動植物プランクトンの捕食関係により検討した。本装置による植物プランクトンへの効果(偽空胞の破壊および殺藻)により動物プランクトンが植物プランクトンを捕食しやすくなると考えると動物プランクトンの総個体数は実験区④の方が対照区②より多くなると考えられる。しかし、実際には実験区④の動物プランクトンの個体数が対照区②より少ない傾向を示し、9月7日以降*Planktothrix*属が増加の一途であったにもかかわらず、動物プランクトンの増加がみられなかったことなどから、本装置の効果により動物プランクトンの捕食が促進された可能性はほとんどないと考えられた。また、調査期間において、生サンプルの観察時に、アオコ形成藻類を捕食する動物プランクトンはみられなかった。

以上、動植物プランクトン調査結果からは、本装置によるアオコ除去・増殖抑制効果を評価することができなかった。

3.4 ミクロシスチン分析結果

ミクロシスチンの分析結果を別表1~2に示した。

ミクロシスチンの測定値は、最も多く検出されたときの3種(ミクロシスチン-RR、YR、LR)の総和をもってもWHOの飲料水のガイドライン値(飲料水1 l

当たりミクロシスチン-LRが $1 \mu\text{g}$)の20%程度であり、ミクロシスチン-LRに限定すると最大で $0.04 \mu\text{g/l}$ であった。

4 まとめ

アオコ発生の著しい三方湖の成出圃地の湖岸に超音波・オゾン発生装置を設置し、アオコの除去・増殖抑制について調査を行った。

三方湖におけるアオコ発生状況は、例年では5月ごろから発生が見られ、7月、8月では大量に発生している。しかし、今年度もアオコの発生は、例年アオコ発生の著しい成出圃地の湖岸でも、調査が終了するまで目視による確認はできなかった。

そこで、増殖抑制効果を水質分析結果とプランクトン調査結果に求めた。その結果、水質分析結果およびプランクトン調査結果ともに実験区と対照区との差が認められず、アオコの増殖抑制効果について良好な効果を確認することができなかった。その原因として例年大量発生しているアオコが昨年に引き続いて非常に少なかったこと、特に*Microcystis*属の発生が全く無く、*Planktothrix*属に変遷したことが考えられた。このため、今後、*Planktothrix*属に対する本装置の有効性や、*Planktothrix*属の生育条件等について検討する。

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, p.52-59, 2000
- 2) 土谷悦輝他：環境水中のミクロシスチンのデイスク型固相による抽出, 衛生科学, 43, 190-196, 1997

[illegible][illegible]

別表2 水質分析結果表

[illegible]

*2:コントロール部分、フイの重みにより影になる

[illegible]

別表3 植物プランクトン調査結果

(Cells/ml)

	5/23	6/20	7/4	7/18	8/8	8/22	9/7	9/21	10/3	10/17	合計
三方湖①	Microcystis属										
	Anabaenopsis属										
	Aphanizomenon属	1,500	7,300	6,400	1,200						16,000
	Anabaena属	290	12,000	2,900	41,000						57,000
	Planktothrix属	31,000	270,000	470,000	280,000	140,000	460,000	430,000	800,000	930,000	5,100,000
	Lyngbya属		2,500	15,000		340,000	470,000	460,000	140,000	130,000	91,000
	藍藻その他	22,000	55,000	37,000	51,000	200,000	370,000	170,000	34,000	100,000	150,000
	その他の藻類	6,600	6,800	4,500	11,000	63,000	7,600	13,000	21,000	13,000	10,000
対照区②	総細胞数	62,000	350,000	540,000	38,000	750,000	1,300,000	1,100,000	1,000,000	1,200,000	8,100,000
	Microcystis属										
	Anabaenopsis属										
	Aphanizomenon属	190	12,000			3,900					16,000
	Anabaena属	84	3,000	18,000				1,100			22,000
	Planktothrix属	25,000	230,000	940,000	440,000	290,000	370,000	540,000	670,000	1,000,000	5,800,000
	Lyngbya属		6,100	22,000	37,000	150,000	140,000	210,000	55,000	73,000	31,000
	藍藻その他	27,000	40,000	66,000	150,000	340,000	200,000	170,000	61,000		21,000
実験区④	その他の藻類	5,600	7,400	10,000	18,000	100,000	11,000	18,000	18,000	18,000	17,000
	総細胞数	58,000	300,000	1,100,000	650,000	880,000	720,000	940,000	800,000	1,100,000	7,800,000
	Microcystis属										
	Anabaenopsis属		1,800								1,800
	Aphanizomenon属	820	7,700	8,600							17,000
	Anabaena属		5,900				3,600				9,500
	Planktothrix属	20,000	190,000	1,200,000	520,000	540,000	710,000	590,000	800,000	1,200,000	7,000,000
	Lyngbya属		2,800	35,000	10,000	200,000	140,000	260,000	130,000	86,000	13,000
実験区④	藍藻その他	26,000	39,000	68,000	68,000	170,000	330,000	140,000	64,000	56,000	120,000
	その他の藻類	5,500	7,000	13,000	6,100	76,000	14,000	21,000	18,000	16,000	8,300
	総細胞数	53,000	250,000	1,400,000	610,000	980,000	1,200,000	1,000,000	1,000,000	1,300,000	9,200,000

別表4 動物プランクトン調査結果

(N/l)

	5/23	6/20	7/4	7/18	8/8	8/22	9/7	9/21	10/3	10/17	合計
三方湖①	肉質鞭毛虫			12		1					13
	繊毛虫	650	40	65	110	67	32	18	21	17	1,100
	袋形動物	270	100	360	440	160	520	260	250	77	1,100
	節足動物	58	50	47	180	650	85	260	740	140	2,500
	不明種	2		2	2		5	1	1	1	12
	総個体数	1,000	190	480	750	870	640	540	1,000	240	6,100
対照区②	肉質鞭毛虫	3	2	3	13	5	8	2	1		2,500
	繊毛虫	100	85	93	210	47	370	33	82	28	1,100
	袋形動物	500	350	530	2,300	410	2,600	410	400	90	7,700
	節足動物	95	220	85	780	600	450	110	59	19	8,800
	不明種	3	3	5	3		2	9	16	9	61
	総個体数	700	660	700	3,300	1,100	3,400	560	560	150	11,000
実験区④	肉質鞭毛虫	2		8	3	160	13	1		1	190
	繊毛虫	140	82	78	130	5	38	140	41	60	250
	袋形動物	540	120	260	1,900	230	1,000	130	180	70	4,500
	節足動物	20	180	260	750	740	340	86	58	34	2,500
	不明種			2		5	2	1	6	10	7,000
	総個体数	700	380	610	2,700	1,100	1,400	350	290	180	8,000