水流機によるアオコの拡散・発生抑制試験（第１報）

加藤賢二・松崎雅之・塚崎嘉彦・高田敏夫

Algal Bloom Dispersion and Growth Depression Using a Water Current Generator (1)

Kenji KATO, Masayuki MATSUZAKI, Yoshihiko TSUKASAKI, Toshio TAKATA

Abstract

代表的観光拠点である三方五湖では、例年、植物プランクトンが大量増殖するいわゆるアオコが発生しており、漁業への影響や景観の悪化等を招いている。特に、水月湖から日向湖へのアオコ流入は漁業にとって深刻な問題であるため、両湖を結ぶ嵯峨隧道前に水流機を設置し水流によるアオコの拡散や発生抑制について、その効果を明らかにすることと、水流機の最適設置条件について調査を行った。

実験初年度として水流機２機を並列、斜め外向きに配置して効果をみた結果、水質およびプランクトンの調査結果からアオコの拡散や発生抑制につながる良好な効果は得られなかった。その原因として例年大量発生しているアオコが今年度は非常に少なかったことが効果判定に結びつかなかったと思われる。

1　はじめに

当県の代表的観光拠点である三方五湖では、例年、植物プランクトンが大量増殖するいわゆるアオコが発生しており、漁業への影響や景観の悪化等を招いている。特に、水月湖（汽水湖）から日向湖（鹹水湖）へのアオコ流入は漁業にとって深刻な問題である。

プランクトンの発生抑制の方法としては種々の方法が考えられ、福永らは、溜池の水を水流機で循環することによりプランクトンの発生を抑制している[1]。そこで、両湖を結ぶ嵯峨隧道前に水流機を設置し、その位置や水流の向き等によりアオコの拡散や発生抑制の有効性とその効果について調査を行った。

2　水流機

水流による発生抑制効果については、福永らの報告[2]を参考に水流機の仕様を決定、㈱日立製作所で作成した。仕様の主な内容は、水流機前方90mで5cm/sの流速、最大影響幅30m以上とした。図１～２に水流機および水流機の流速分布図を示した。

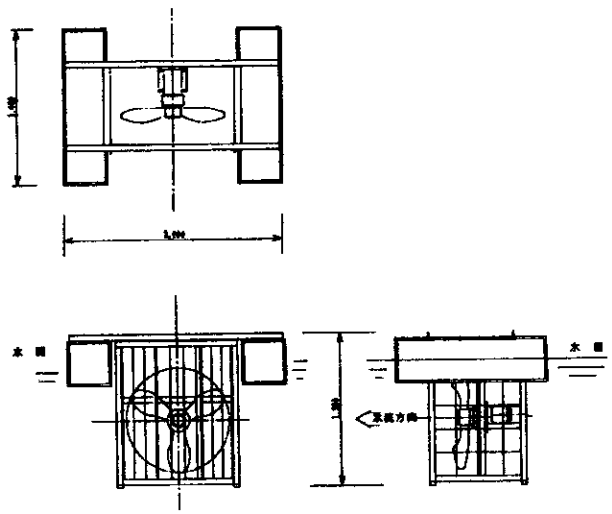

図１　水流機

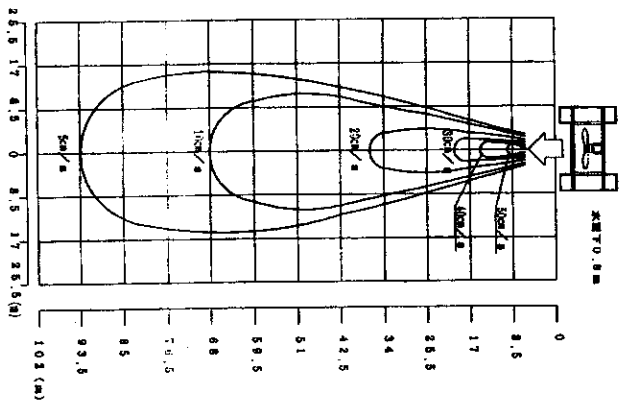

図２　水流機の流速分布図

3　調査方法

3.1　調査地点および調査時期

図３に三方五湖および調査を実施した嵯峨隧道の位置を○で示した。図４に嵯峨隧道前の水流機設置状況および水質測定地点を示した。また、図５に水流機の稼動状況を示した。

水流機の設置位置についてはアオコの集積しやすい場所の特定ができていないので今年度は、浮産卵礁の前方から水流機２機を並列、斜め外向きに配置した。水質測定地点は、水流機の後方および水流機の影響を把握しや

すい前方4地点とした。なお、浮産卵礁については、農林水産部が湖沼水質保全対策事業の一環として設置したもので、日向湖へのアオコ流入防止も兼ねている。

調査は、アオコの発生が著しい7月から10月の間に実施した。調査前半は週2回、後半週1回の頻度で調査計画を立てて7月26日に調査を開始した。しかし、8月13～15日の豪雨災害（昭和40年9月の台風以来の豪雨（連続雨量(観音局)：427㎜/8月13～15日））[3]により調査を中断した。概ね現状に復帰した9月7日に調査を再開したが豪雨時の流木などが時折漂着して水流機の停止などのトラブルが相次ぎ9月14日以降の調査を断念した。実質7月26日から9月14日までの調査は計6回であった。

3.2　水質調査

水質調査は、水温およびpH、DO、COD、SS、全窒素、全燐、クロロフイル、塩素イオン等について、JIS K0102等に従い分析した。

3.3　流向・流速

流向・流速は、㈱東邦電探製、流向流速計CM-2SX型を用いて測定した。

3.4　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1mℓ当たりの細胞数として求めた。

3.5　動物プランクトン調査

試料50ℓをNXXX25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(3V/V%)、静置濃縮後、プランクトン計数板を用いて1ℓ当たりの個体数として求めた。

4　結果と考察

4.1　水流機による流向・流速分布

図6に調査地点における流向と流速の結果を示した。

図は、流向を↑で、流速を数値（平均値）で示した。また、流向･流速が小さく不安定で、解析困難な地点は✥で示した。当初水質測定地点以外でも流向・流速を測定し流れ解析の予定であったが、船上での流向・流速の測定は船が動いて精度が悪く測定できなかったため、水質測定地点用に設置したブイに船を固定し測定した。

水流機から押し出された水は、概ね②および④地点の方向に流れている。また、③地点での流向は水流機に向かって流れている。このことから、水流機による水の流れは、①地点の水は、②または④地点から③地点を経由して①地点に循環していると考えられた（図に矢印で記入）。

調査期間中の目視によるアオコ発生はほとんど無く、浮遊しているアオコの状況からアオコの拡散や発生抑制効果の判断はできなかった。このため、水質分析結果および動植物プランクトン調査からの判定は、水流機により押し出された水と帰ってくる水（①と③地点）との比較で行った。

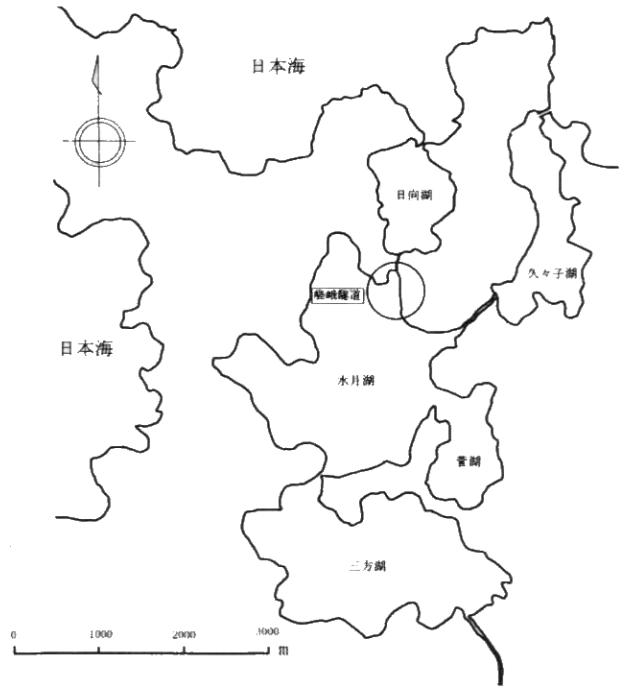

図3　三方五湖

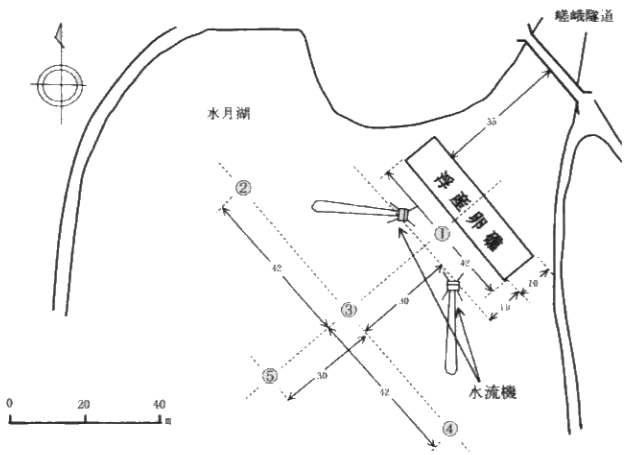

図4　水流機および測定地点の状況

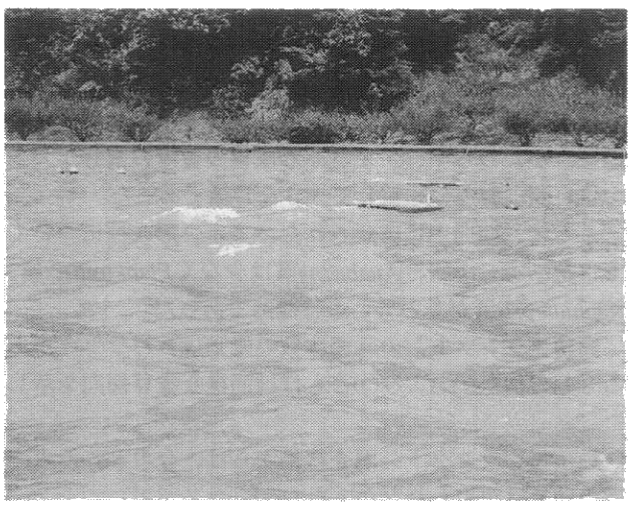

図5　水流機の移動状況

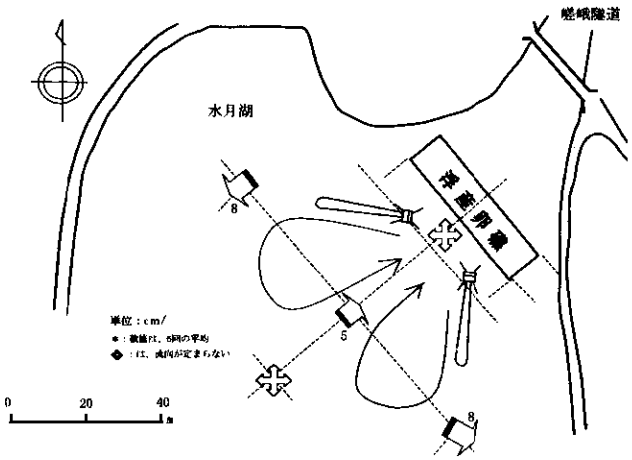

図６　水流機影響による流向・流速

4.2　水質分析結果

水質分析結果を別表１に示した。

図７には、調査地点①と③における主な項目の経時変化を示した。

調査期間中における経時変化は、CODと塩素イオン、全クロロフイルに見られるように、多少の変化を示している部分もあるが、これは、水月湖全体の流動の影響を受けたためで、水流機の効果判定には直接つながらない。

しかし、同一調査日の地点①と③の差は、水流機の効果を示すものと考えられる。図に示した水温とpH、COD、全窒素、全燐、塩素イオン、全クロロフイルにおける差は、多少のバラツキがあるものの、ほとんど認められなかった。別表１中のSSとDOも同様である。

4.3　動植物プランクトン調査結果

別表２に植物プランクトンの調査結果を、別表３に動物プランクトンの調査結果を示した。

調査期間中における植物プランクトンの総細胞数の変動は、バラツキがあるものの地点①および③ともほぼ同様な推移傾向を示した。

なお、総細胞数の網別内訳を見ると、藍藻が９割以上を占めていた。つまり、総細胞数の変動は、藍藻の変動と言い換えることができる。

藍藻の細胞数の変動を見ると、期間中はアオコ発生時期にもかかわらず、アオコ非形成種の藍藻の割合が大きいことが、例年に比較して大きな特徴であった。

さらに、期間中に確認された、アオコ形成種についても、*Microcystis*属、*Anabaena*属は少なく*Planktothrix*属、*Raphidiopsis*属が多いことも特徴的であった。

動物プランクトンの総個体数の変動は、バラツキがあるものの地点①および③ともほぼ同様な推移傾向を示した。

動植物プランクトン調査結果からは、今のところ水流機の効果は認められなかった。

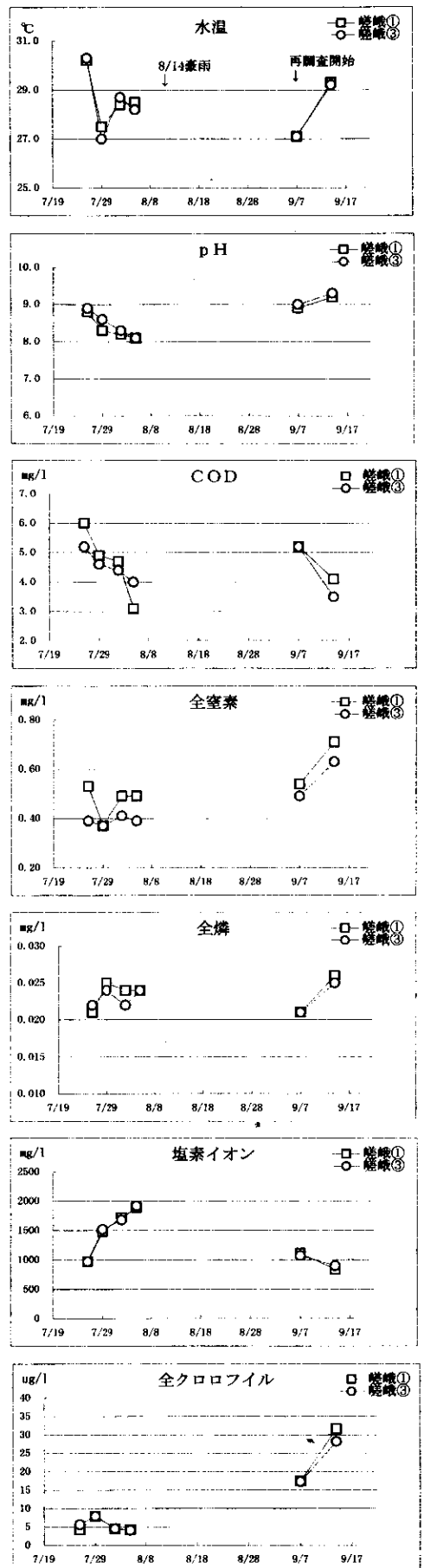

図７　水質測定結果の変化

4 まとめ

水月湖（汽水湖）から日向湖（鹹水湖）へのアオコ流入は漁業にとって深刻な問題であるため、両湖を結ぶ嵯峨隧道前に水流機を設置し水流によるアオコの拡散や発生抑制について調査を行った。

その結果、水流機から発生した水流は、その前面で循環していることが認められた。しかし、目視によるアオコ拡散状況の確認および水質測定結果、プランクトンの調査結果からアオコの拡散や発生抑制につながる良好な効果は示されなかった。その原因として例年大量発生しているアオコが今年度は非常に少なかったため効果判定に結びつかなかったと思われる。

参考文献

1）福永勲ほか：都市近郊溜池の水流による水質浄化, 日本水環境学会年会講演集, 1993, 1-A-13-4, p.150
2）福永勲ほか：水流の藻類増殖に与える影響, 日本水環境学会年会講演集, 1993, 1-E-11-2, p.128
3）広報みかた：397, October, 1999

別表１　水質分析結果表

	採取地点	嵯峨①	嵯峨②	嵯峨③	嵯峨④	嵯峨⑤	嵯峨①	嵯峨②	嵯峨③	嵯峨④	嵯峨⑤	嵯峨①	嵯峨②	嵯峨③	嵯峨④	嵯峨⑤
一般項目	採取月日	7/26					7/29					8/2				
	採取時刻	10:15	10:25	10:32	10:36	10:30	10:10	10:20	10:23	10:30	10:33	10:02	10:10	10:25	10:30	10:15
	天候	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ時々曇り	晴れ時々曇り	晴れ時々曇り	晴れ時々曇り	晴れ時々曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
	気温 ℃	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5
	水温 ℃	30.2	30.4	30.3	30.2	30.3	27.5	27.5	27.0	27.0	27.0	28.4	28.5	28.7	28.7	28.5
	採取位置 m	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	全水深 m	8.6	6.9	10.9	10.4	11.6	8.4	-	-	-	11.5	8.9	-	-	-	11.3
	透明度 m	1.6	1.7	1.5	1.6	1.6	1.9	-	-	-	1.9	1.8	-	-	-	2.0
	pH	8.8	8.8	8.9	8.8	8.8	8.3	8.5	8.6	8.5	8.6	8.2	8.3	8.3	8.3	8.3
	DO mg/l	7.9	-	7.9	-	-	6.6	-	7.2	-	-	7.1	-	7.1	-	-
	COD mg/l	6.0	5.2	5.2	5.4	4.9	4.9	4.5	4.6	4.7	4.3	4.7	4.1	4.4	4.3	4.1
	SS mg/l	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
	全窒素 mg/l	0.53	0.40	0.39	0.39	0.37	0.37	0.37	0.37	0.31	0.36	0.49	-	0.41	-	-
	全燐 mg/l	0.021	0.022	0.022	0.022	0.021	0.025	0.025	0.024	0.023	0.024	0.024	-	0.022	-	-
その他の項目	塩素イオン mg/l	974	962	970	970	970	1480	1480	1520	1570	1470	1720	1710	1680	1720	1710
	DO飽和度 %	106	-	106	-	-	86	-	93	-	-	94	-	94	-	-
	外観（にごり）	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
	外観（色相）	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
	クロロフィルa ug/l	4.2	5.5	5.6	5.4	5.2	7.8	7.1	7.9	7.7	7.5	4.5	4.2	4.5	5.1	4.1
	クロロフィルb ug/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	クロロフィルc ug/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	全クロロフィル ug/l	4.2	5.5	5.6	5.4	5.2	7.8	7.1	7.9	7.7	7.5	4.5	4.2	4.5	5.1	4.4
	カロチノイド ug/l	4.0	4.1	4.3	4.3	4.4	5.6	5.2	5.6	5.3	5.5	4.5	4.4	4.1	3.9	4.0

	採取地点	嵯峨①	嵯峨②	嵯峨③	嵯峨④	嵯峨⑤	嵯峨①	嵯峨②	嵯峨③	嵯峨④	嵯峨⑤	嵯峨①	嵯峨②	嵯峨③	嵯峨④	嵯峨⑤
一般項目	採取月日	8/5					9/7					9/14				
	採取時刻	10:07	10:24	10:30	10:39	10:28	10:24	10:30	10:35	10:40	10:34	10:14	10:22	10:25	10:31	10:24
	天候	曇り時々晴れ	曇り時々晴れ	曇り時々晴れ	曇り時々晴れ	曇り時々晴れ	雨	雨	雨	雨	雨	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
	気温 ℃	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1
	水温 ℃	28.5	28.3	28.2	28.2	28.3	27.1	27.2	27.1	27.0	27.1	29.3	29.4	29.2	29.0	29.1
	採取位置 m	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	全水深 m	8.7	-	-	-	12.0	8.7	-	10.7	-	-	8.5	-	10.5	-	-
	透明度 m	2.0	-	2.1	-	2.1	1.1	-	1.1	-	-	0.9	-	0.9	-	-
	pH	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.9	8.9	9.0	9.0	9.0	9.2	9.3	9.3	9.1	9.3
	DO mg/l	7.1	-	7.1	-	-	7.8	-	7.8	-	-	10.0	-	9.6	-	-
	COD mg/l	3.1	3.9	4.0	3.9	3.9	5.2	5.1	5.2	5.3	4.9	4.1	3.7	3.5	3.8	2.8
	SS mg/l	<1	<1	1	1	<1	5	4	5	5	5	6	8	6	5	7
	全窒素 mg/l	0.49	-	0.39	-	-	0.54	-	0.49	-	-	0.71	-	0.63	-	-
	全燐 mg/l	0.024	-	0.024	-	-	0.021	-	0.021	-	-	0.026	-	0.025	-	-
その他の項目	塩素イオン mg/l	1890	1960	1920	1960	1950	1110	1040	1070	1050	1060	836	829	894	1050	886
	DO飽和度 %	94	-	94	-	-	100	-	100	-	-	132	-	127	-	-
	外観（にごり）	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
	外観（色相）	無色	無色	無色	無色	無色	淡緑色	淡緑色	淡緑色	淡緑色	淡緑色	淡緑色	淡緑色	淡緑色	淡緑色	淡緑色
	クロロフィルa ug/l	4.2	3.9	4.1	4.0	4.0	17.4	16.9	17.3	19.2	18.2	31.6	34.6	28.2	25.0	30.5
	クロロフィルb ug/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	クロロフィルc ug/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	全クロロフィル ug/l	4.2	3.9	4.1	4.0	4.0	17.4	16.9	17.3	19.2	18.2	31.6	34.6	28.2	25.0	30.5
	カロチノイド ug/l	3.8	3.7	3.8	3.8	3.7	7.1	6.4	7.1	8.0	7.4	5.6	5.7	5.5	5.7	5.1

別表２　植物プランクトン調査結果

(Cells/ml)

		7/26	7/29	8/2	8/5	8/31	9/7	9/14	9/28	10/13	10/26	合計
嵯峨①	藍藻	330,840	215,640	330,840	160,560		289,080	618,840				1,945,800
	珪藻	4,320	6,120	6,480	2,880		3,960	2,880				26,640
	緑藻	720	360	360			720	1,440				3,600
	その他	7,280	6,590	4,960	9,930		8,780	5,760				43,300
	合計	343,160	228,710	342,640	173,370		302,540	628,920				2,019,340
嵯峨③	藍藻	292,320	160,920	194,040	146,520		338,040	740,880				1,872,720
	珪藻	3,240	6,840	8,280	5,400		12,240	2,880				38,880
	緑藻	1,800	1,440	2,520	12,600		2,160					20,520
	その他	5,400	6,240	5,250	5,720		6,950	4,320				33,880
	合計	302,760	175,440	210,090	170,240		359,390	748,080				1,966,000
嵯峨①	*Microcystis*属	4,320	720				9,720	15,840				30,600
	*Anabaena*属						0	20,520				20,520
	*Planktothrix*属			8,640			17,280	25,920				51,840
	*Raphidiopsis*属						2,880	106,560				109,440
	その他の藍藻	326,520	214,920	322,200	160,560		259,200	450,000				1,733,400
	合計	330,840	215,640	330,840	160,560		289,080	618,840				1,945,800
嵯峨③	*Microcystis*属			360			6,120	3,600				10,080
	*Anabaena*属						15,120	17,280				32,400
	*Planktothrix*属						51,840	85,040				136,880
	*Raphidiopsis*属						5,760	97,920				103,680
	その他の藍藻	292,320	160,920	193,680	146,520		259,200	527,040				1,579,680
	合計	292,320	160,920	194,040	146,520		338,040	730,880				1,862,720
嵯峨①の総細胞数		343,160	228,710	342,640	173,370		302,540	628,920				2,019,340
嵯峨③の総細胞数		302,760	175,440	210,090	170,240		359,390	748,080				1,966,000
合計		645,920	404,150	552,730	343,610		661,930	1,377,000				3,985,340

＊その他の藍藻：アオコ非形成種

別表３　動物プランクトン調査結果

(N/l)

		7/26	7/29	8/2	8/5	8/31	9/7	9/14	9/28	10/13	10/26	合計
嵯峨①	肉質鞭毛虫											0
	繊毛虫	1,242	678	917	253		265	279				3,634
	袋形動物	187	687	283	1,053		535	71				2,816
	節足動物	50	220	118	442		178	24				1,032
	不明種						8	5				3,848
	合計	1,478	1,585	1,318	1,748		987	378				7,495
嵯峨③	肉質鞭毛虫							3				3
	繊毛虫	1,428	547	1,073	252		175	506				3,981
	袋形動物	442	637	520	1,348		1,008	257				4,212
	節足動物	77	192	132	458		158	63				1,079
	不明種				10		12	2				5,292
	合計	1,947	1,375	1,725	2,068		1,353	831				9,299
嵯峨①の総細胞数		1,478	1,585	1,318	1,748		987	378				7,495
嵯峨③の総細胞数		1,947	1,375	1,725	2,068		1,353	831				9,299
合計		3,425	2,960	3,043	3,817		2,340	1,209				16,794