八郎湖のアオコ毒素等水質動態調査（平成10〜12年度環境省委託調査）

吉田 昇 ・ 加藤 潤* ・ 渡辺 寿**

要　旨

環境省の委託事業として平成10年度から12年度の3年間，八郎湖調整池におけるアオコ形成藻類及びアオコ毒素ミクロシスチンの環境中の濃度動態を把握するため，八郎湖湖心において調査を実施した。アオコの発生状況については，各年度とも肉眼でアオコが観察され，アオコ形成プランクトンの優占種は，10年度及び12年度は藍藻類のアナベナ属で，11年度はミクロキスティス属であった。全ミクロシスチン濃度は，10年度＜0.1〜3.2 μg/L，11年度0.5〜5.0 μg/L，12年度0.1〜0.3 μg/Lで，3種類のミクロシスチン-RR，-YR，-LRの各異性体濃度は，11年度に-RRが2.7 μ g/L，3.2 μ g/Lの2回検出された以外はいずれも0.1 μ g/L未満であった。

アオコ発生時の水質項目の変動については，pH，DO，T-N，T-P，クロロフィルaに濃度の上昇が見られたが，N/P比は平年9前後であるのに対し，アオコ形成プランクトンの優占種がアナベナ属であった平成10年度及び12年度はそれぞれ15，13であり，ミクロキスティス属が優占種であった11年度は6で，アオコ形成プランクトンの優占種によって大きな違いが見られた。ミクロシスチンと水質項目との相関については，ミクロシスチンが低濃度であるため，認められなかった。

1. はじめに

閉鎖性水域の富栄養化に伴うアオコの発生は，景観や水質を悪化させるだけでなく，アオコ毒素として肝臓毒ミクロシスチン（異性体：-RR，-YR，-LR）などの有毒物質を産生することが明らかになっており，オーストラリアやイギリスなどの国々では家畜等がアオコを含んだ水を飲み死亡するという事故が発生し，大きな社会問題となっている。平成10年には，WHO（世界保健機構）から有毒アオコと有毒物質に関する報告がなされ，飲料水及び環境水中のミクロシスチンLR濃度（1 μg/L以下）について勧告がなされた。

本調査は，例年アオコの発生が見られる八郎湖において，平成10年度から12年度の3年間，環境省の委託調査として実施した「アオコ形成藻類の動態及び毒素に関する調査」の結果をとりまとめたものである。なお，本調査はミクロシスチンの環境中の濃度動態を調査し，かつ，ミクロシスチンとアオコ形成プランクトン相などの関係を検討することによって，アオコの外見上の増減とミクロシスチンとの関係について，基礎的知見を得ることを目的として実施したものである。

2. 調査湖の概況

八郎湖は秋田市の北方約20　kmに位置し，かつて全国で琵琶湖についで2番目の広さを持つ汽水湖（東西12 km，南北27 km，総面積22,024 ha）であった八郎潟が「国営八郎潟干拓事業」により約80%が干拓され，現在では東部承水路，西部承水路，調整池として4,564　haの広さを持つ淡水の湖となっている。[1)]

八郎湖の流域面積は約823　km ^{2}で，周辺から約20の中小河川が流入している。湖水は大潟村の農業用水や水道水として利用されており，フナやワカサギなどの内水面漁業も行われている。八郎湖はCOD，T-N，T-Pとも極めて高い濃度レベルで富栄養化が進んでおり，平成11年の夏には連日の猛暑と小雨により湖面全体に大量のアオコが発生し，つくだ煮用のワカサギ漁への影響や水道水の異臭問題が出るなど，八郎湖の水質浄化対策のより一層の推進とあわせ，アオコの発生機構解明のための調査や発生防止対策の実施が強く求められている。

*現秋田県北部流域下水道事務所　　**現秋田県水産振興センター

3. 調査方法

3.1 調査地点

例年アオコの発生が確認されている八郎湖調整池を調査対象とし，調査地点は八郎湖湖心と，対照地点として八郎湖大潟橋の2カ所とした。
（図1～2）

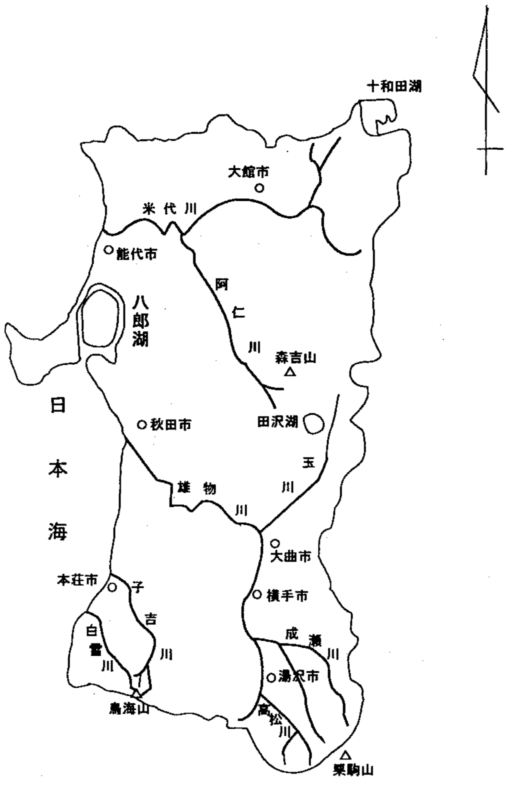

図1　八郎湖の位置図

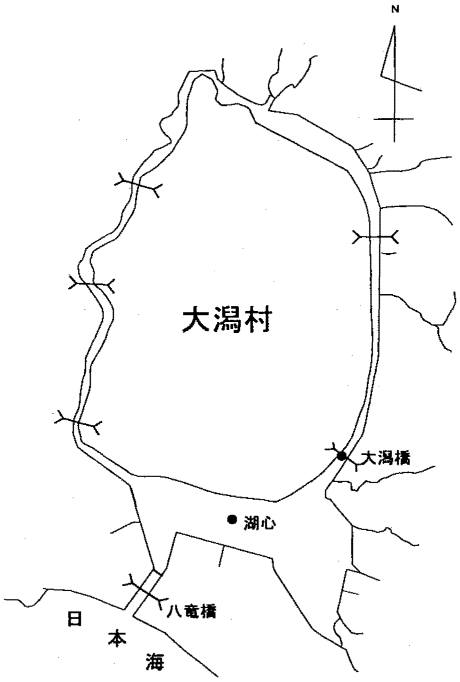

図2　八郎湖調整池調査地点図

3.2 調査期間

調査期間はアオコが発生している時期とし，平成10年度は9月2日から9月11日までに5回，平成11年度は8月26日から9月14日までに6回，平成12年度は7月24日から9月4日までに10回のサンプリングをそれぞれ実施し，バケツによる表層水採取を行った。

3.3 分析方法

3.3.1 ミクロシスチン（-RR，-YR，-LR）濃度及び全ミクロシスチン濃度

ミクロシスチンの分析は，既存の分析法を参考に3異性体（-RR，-YR，-LR）はHPLCで，全ミクロシスチンはGC/CI-MSで測定(注)した[2~3]。ミクロシスチンの前処理は，試料水をGF/Cでろ過し，ろ液はSep-Pak C18Plusで固相抽出し，その後Sep-Pak Plusシリカゲルでクリーンアップして，HPLC測定用試料とした。ろ過物は，凍結後5％酢酸で抽出・ろ過後，ろ液と同様の操作を行った。GC/CI-MS測定用試料は，Sanoらの方法[4]によりミクロシスチンを酸化剤によりMMPB（erythro-2-methyl-3-methoxy-4-phenylbutyric acid Sodium Salt）とし，14％三フッ化ホウ素-メタノール溶液でメチルエステル誘導体化し，ヘキサンで抽出した。

（注）　全ミクロシスチンの測定は，平成10年度，11年度は国立環境研究所で，平成12年度は株式会社島津製作所つくば支店で実施した。（前処理後の検体を各機関へ送付）

3.3.2 優占プランクトン

水中に含まれる全アオコ量（mg/L）の乾燥重量を測定したほか，採水時及び検鏡時に写真撮影を行った。

3.3.3 水質項目

（pH，DO，SS，T-N，NH_4-N，NO_3-N，T-P，PO_4-P，COD，クロロフィルa）

水質項目については，工場排水試験方法JIS-K0102[5]及び海洋観測指針[6]に準じて測定した。

3.4 分析条件

HPLC 及び GC/CI-MS 等測定における分析条件は，以下のとおりである。

《HPLC》

カラム　　　：Mightysil　RP-18(粒径 5 μm, 4.6 mm I.D. × 150 mm L.)

カラム温度　：40 ℃

溶離液　　　：メタノール：50　mM リン酸緩衝液（pH3.0）＝ 60：40

流速　　　　：1.0 mL/min

測定波長　　：UV 239 nm

《GC/CI-MS》

カラム　　　：DB-1（膜厚 0.25 μm, 0.25 mm I.D. × 150 mm L.）

キャリアガス：He　100 kPa

カラム温度　：80 ℃→ 250 ℃（15 ℃/分）

注入口温度　：250 ℃

《GC-MS》

GC 部

カラム　　　：DB-5（0.25 μm　df, 0.25 mm I.D. × 30 mm L.）

キャリアガス：He　100 kPa

カラム温度　：80 ℃（2 分）-5 ℃/分-180 ℃-15 ℃/分-250 ℃

注入方法　　：スプリットレス注入法

サンプリング時間：2 分

注入口温度　：250 ℃

IF 温度　　：250 ℃

MS 部

イオン化法　：PCi

測定モード　：SIM

質量範囲　　：m/z ＝ 223，226

検出器ゲイン：1.3 kv

4. 調査結果

4.1 気温，降水量及び水温

調査対象水域における気象等の状況は次のとおりである。

平成 10 年度は，気温，日照時間，水温とも平年を上回り，降水量が少なかった。[7)]

平成 11 年度は気温，水温が平年を上回ったものの，日照時間は 8 月下旬と 9 月中旬に平年を下回り，降水量が平年を上回った。[8)]

平成 12 年度は，気温，日照時間，水温とも平年を上回り，降水量が少なかった。[9)]

4.2 アオコの発生状況

平成 10 年度には，湖心でアオコの発生が肉眼で 2 回観察されたが，対照地点の大潟橋ではアオコの発生は見られなかった。湖心におけるアオコ形成プランクトンの優占種は，藍藻類のアナベナ属であった。

平成 11 年度には，湖心で全ての採水時にアオコの発生が肉眼で観察され，大潟橋では 8 月下旬にアオコの発生が見られたが，それ以降は発生が見られなかった。湖心におけるアオコ形成プランクトンの優占種は，藍藻類のミクロキスティス属であった。

平成 12 年度には，湖心，大潟橋ともに 7 月下旬，8 月上旬にアオコの発生が肉眼で観察された。湖心におけるアオコ形成プランクトンの優占種は，藍藻類のアナベナ属であった。

4.3 ミクロシスチン濃度

平成 10 年度には，全ミクロシスチンは湖心で 3.2 μg/L の濃度が 1 回検出されたのみで，残りは全て 0.1 μg/L 未満であった。ミクロシスチン（-RR，-YR，-LR）は全ての検体で 0.1 μg/L 未満であった。

平成 11 年度には，全ミクロシスチンは湖心で 0.5 ～ 5.0 μg/L，大潟橋で 0.8 ～ 8.7 μg/L 検出された。ミクロシスチンは，湖心及び大潟橋とも-RR のみが検出され，その濃度範囲はいずれも<0.1 ～ 3.2 μg/L であった。全ミクロシスチンとミクロシスチン-RR との相関は，低濃度であるため，認められなかった。

平成 12 年度は全ミクロシスチンが湖心で 0.1 ～ 0.3 μg/L，大潟橋で 0.1 μg/L 検出された。ミクロシスチン（-RR，-YR，-LR）は，全ての検体で 0.1 μg/L 未満であった。

4.4 水質特性

湖心及び対照地点である大潟橋における，pH，DO，SS，クロロフィル a，T-N，T-P の年度別平均値は図 3 ～ 6 である。

平成 10 年度は，湖心で DO，クロロフィル a，SS が平年を上回ったが，大潟橋ではほぼ平年並みであった。

平成 11 年度は，湖心で T-N，T-P が平年を上回ったが，DO，クロロフィル a は平年を下回った。

大潟橋では，T-N，T-P が平年を上回り，DO が平年を下回った。

平成 12 年度は，湖心で T-N，クロロフィル a，SS が平年を上回り，大潟橋ではほぼ平年並みであった。

植物プランクトンの増殖に係る N/P 比は，八郎湖湖心では平年 9 前後であるが，アオコ形成プランクトンの優占種として藍藻類のアナベナが観察された平成 10 年度，12 年度はそれぞれ 15 及び 13 で，優占種として藍藻類のミクロキスティスが観察された平成 11 年度は 6 と，アオコ形成プランクトンの優占種によって大きな違いが見られた。

SS をアオコ藻体の乾重量と見なした場合のアオコ藻体 1g 当たりの全ミクロシスチンの最大値は，八郎湖湖心で，平成 10 年度が 356 μg/g，平成 11 年度が 471 μg/g，平成 12 年度が 50 μg/g であった。

八郎湖における 3 年間の調査では，ミクロシスチン（-RR，-YR，-LR）が低濃度であったため，ミクロシスチンと水質項目との間に相関は認められなかった。

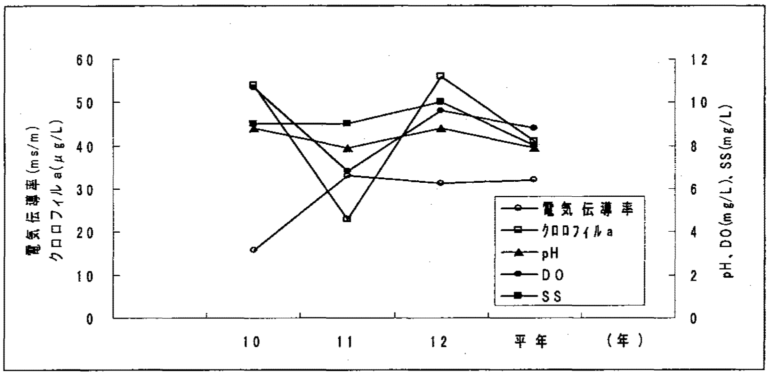

図3 湖心の電気伝導率，クロロフィル a，pH，DO，SS の平均値

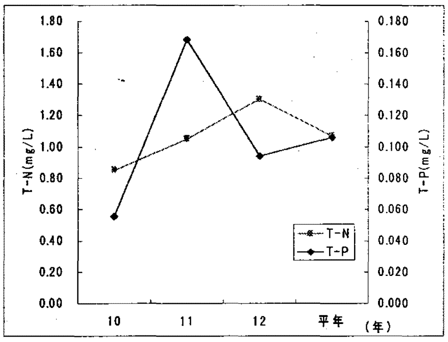

図4　湖心の T-N，T-P の平均値

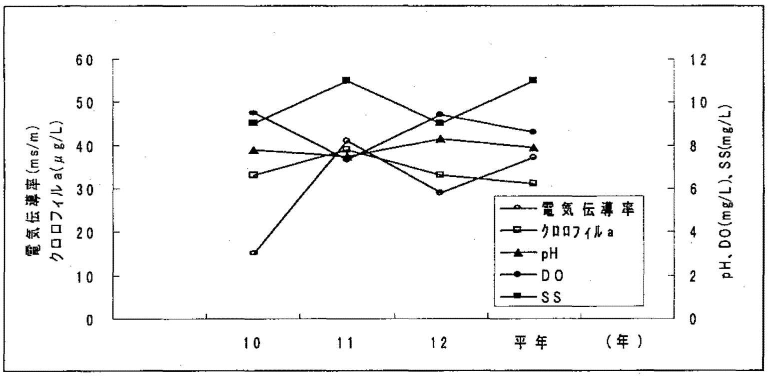

図5 大潟橋の電気伝導率，クロロフィル a，pH，DO，SS の平均値

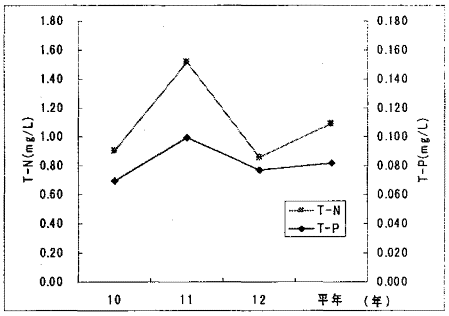

図6　大潟橋の T-N，T-P の平均値

5. ミクロシスチン毒素の代替指標の検討

日常的に SS，T-N，T-P，クロロフィル a などをモニタリングして，これらの項目が通常に比較して異常に高い値となり，肉眼的にアオコが観察され，更に顕微鏡でミクロシスチンを産生する可能性のある藍藻が確認できれば，アオコ毒ミクロシスチンが産生されている可能性があると推測される。環境省の委託事業として，他県の研究機関が行った調査によると，ミクロシスチン濃度が数 μg/L ～数十 μg/L 以上の場合には，SS や T-N，T-P，クロロフィル a などの水質項目で，ミクロシスチンの産生の有無を判断できることが示唆されている。しかし，生物間の競合や気象状況の違いにより，アオコを形成するプランクトン種やその発生状況，ミクロシスチンの産生状況も変わることなどを考えると，ミクロシスチン毒素の代替指標については，各調査湖沼において今後さらにデータを蓄積し，検討する必要があると考えられる。

表1　平成10年度水質調査結果

（調査地点名：八郎湖湖心）

採取年月日	気温(℃)	水温(℃)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	NH_4-N (mg/L)	NO_3-N (mg/L)	T-P (mg/L)	PO_4-P (mg/L)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (μg/L)	T-MC (μg/L)	MC-RR (μg/L)	MC-YR (μg/L)	MC-LR (μg/L)	植物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝ優占種
H10.9. 2	30.0	25.5	8.7	12	9	0.58	0.07	<0.05	0.046	0.010	49	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H10.9. 4	24.5	25.5	9.1	-	9	0.72	<0.05	0.33	0.055	0.020	48	3.2	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H10.9. 7	27.0	23.1	8.1	8.8	12	0.65	<0.05	0.34	0.050	0.019	50	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H10.9. 9	29.0	25.0	9.1	11	9	1.0	<0.05	0.38	0.062	0.020	59	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H10.9.11	27.0	26.5	9.2	11	8	1.3	0.42	0.10	0.065	0.026	67	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ

（対照地点名：八郎湖大潟橋付近）

採取年月日	気温(℃)	水温(℃)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	NH_4-N (mg/L)	NO_3-N (mg/L)	T-P (mg/L)	PO_4-P (mg/L)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (μg/L)	T-MC (μg/L)	MC-RR (μg/L)	MC-YR (μg/L)	MC-LR (μg/L)	植物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝ優占種
H10.9. 2	30.3	25.5	7.1	10	15	1.3	0.06	<0.05	0.084	0.014	42	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
H10.9. 4	29.0	26.3	8.7	-	8	0.65	<0.05	0.40	0.058	0.017	35	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
H10.9. 7	32.5	25.5	7.5	9.3	10	0.87	<0.05	0.34	0.065	0.024	30	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
H10.9. 9	29.0	25.2	7.5	8.7	6	0.58	<0.05	0.30	0.058	0.018	16	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
H10.9.11	26.5	26.5	8.5	10	9	1.1	<0.05	<0.05	0.082	0.020	43	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	

表2　平成11年度水質調査結果

（調査地点名：八郎湖湖心）

採取年月日	気温(℃)	水温(℃)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	NH_4-N (mg/L)	NO_3-N (mg/L)	T-P (mg/L)	PO_4-P (mg/L)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (μg/L)	T-MC (μg/L)	MC-RR (μg/L)	MC-YR (μg/L)	MC-LR (μg/L)	植物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝ優占種
H11.8.26	29.0	28.2	9.3	7.8	12	1.0	<0.05	<0.05	0.18	0.11	28	5.0	<0.1	<0.1	<0.1	ﾐｸﾛｷｽﾃｨｽ
H11.8.30	27.0	26.5	8.5	5.5	10	1.1	0.06	<0.05	0.21	0.14	24	0.5	3.2	<0.1	<0.1	ﾐｸﾛｷｽﾃｨｽ
H11.9. 2	29.5	25.5	7.5	5.6	8	1.1	0.18	0.06	0.20	0.16	10	0.8	2.7	<0.1	<0.1	ﾐｸﾛｷｽﾃｨｽ
H11.9. 6	25.0	25.4	7.6	7.5	11	1.2	<0.05	0.08	0.17	0.10	43	4.1	<0.1	<0.1	<0.1	ﾐｸﾛｷｽﾃｨｽ
H11.9.10	27.0	25.0	7.4	7.6	9	1.0	<0.05	0.28	0.13	0.089	25	2.5	<0.1	<0.1	<0.1	ﾐｸﾛｷｽﾃｨｽ
H11.9.14	25.0	24.5	7.5	7.1	7	0.90	<0.05	0.34	0.12	0.078	9.1	3.3	<0.1	<0.1	<0.1	ﾐｸﾛｷｽﾃｨｽ

（対照地点名：八郎湖大潟橋付近）

採取年月日	気温(℃)	水温(℃)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	NH_4-N (mg/L)	NO_3-N (mg/L)	T-P (mg/L)	PO_4-P (mg/L)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (μg/L)	T-MC (μg/L)	MC-RR (μg/L)	MC-YR (μg/L)	MC-LR (μg/L)	植物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝ優占種
H11.8.26	28.0	27.2	7.6	5.9	8	1.6	0.52	0.06	0.13	0.080	32	2.3	2.3	<0.1	<0.1	
H11.8.30	28.0	26.4	8.4	11	12	1.7	<0.05	0.12	0.15	0.039	125	1.1	2.2	<0.1	<0.1	
H11.9. 2	26.1	24.6	7.2	5.9	15	1.6	0.52	0.28	0.082	0.049	21	8.7	2.3	<0.1	<0.1	
H11.9. 6	26.5	26.0	7.8	9.3	9	1.5	0.15	0.29	0.080	0.018	43	0.8	<0.1	<0.1	<0.1	
H11.9.10	27.0	25.7	7.2	6.0	10	1.5	0.36	0.34	0.086	0.056	10	3.0	3.2	<0.1	<0.1	
H11.9.14	25.0	24.8	7.1	6.0	12	1.2	0.24	0.38	0.068	0.043	4.5	4.2	3.1	<0.1	<0.1	

表3　平成12年度水質調査結果

（調査地点名：八郎湖湖心）

採取年月日	気温(℃)	水温(℃)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	NH_4-N (mg/L)	NO_3-N (mg/L)	T-P (mg/L)	PO_4-P (mg/L)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (μg/L)	T-MC (μg/L)	MC-RR (μg/L)	MC-YR (μg/L)	MC-LR (μg/L)	植物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝ優占種
H12.7.24	30.5	25.1	8.4	8.4	9	0.70	<0.05	<0.05	0.053	0.007	36	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	
H12.7.27	33.5	26.5	8.6	8.7	18	0.74	<0.05	<0.05	0.045	0.009	35	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H12.7.31	33.3	29.7	8.9	10	2	0.60	<0.05	<0.05	0.030	<0.003	18	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H12.8. 2	31.0	29.5	9.2	10	2	0.69	<0.05	<0.05	0.034	0.004	27	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H12.8. 9	28.8	29.5	9.3	10	12	3.3	<0.05	<0.05	0.12	0.006	96	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H12.8.16	33.5	31.0	9.3	12	10	1.2	<0.05	<0.05	0.10	0.017	63	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H12.8.21	30.8	28.6	9.4	12	10	1.4	<0.05	<0.05	0.10	0.006	82	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H12.8.25	32.8	28.0	8.8	8.2	6	0.93	<0.05	<0.05	0.10	0.041	53	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H12.8.30	32.8	29.5	9.0	9.2	25	2.6	<0.05	<0.05	0.24	0.040	109	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H12.9. 4	26.8	25.7	7.9	8.0	8	0.89	0.10	<0.05	0.12	0.074	44	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	

（対照地点名：八郎湖大潟橋付近）

採取年月日	気温(℃)	水温(℃)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	NH_4-N (mg/L)	NO_3-N (mg/L)	T-P (mg/L)	PO_4-P (mg/L)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (μg/L)	T-MC (μg/L)	MC-RR (μg/L)	MC-YR (μg/L)	MC-LR (μg/L)	植物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝ優占種
H12.7.24	30.5	25.0	8.0	8.5	12	0.85	<0.05	0.10	0.064	0.024	31	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
H12.7.27	32.5	27.5	8.9	12	13	0.95	<0.05	0.05	0.056	0.027	43	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
H12.7.31	33.2	29.7	9.0	11	2	0.78	<0.05	<0.05	0.036	0.005	28	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H12.8. 2	30.4	29.6	8.3	8.4	5	0.81	<0.05	<0.05	0.048	0.011	21	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
H12.8. 9	28.5	30.4	8.3	9.6	11	0.95	<0.05	<0.05	0.079	0.023	25	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ｱﾅﾍﾞﾅ
H12.8.16	32.0	29.3	8.6	9.9	7	0.56	<0.05	<0.05	0.055	0.011	23	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
H12.8.21	33.0	29.5	8.4	9.6	4	0.66	<0.05	<0.05	0.082	0.025	25	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
H12.8.25	30.8	28.5	8.1	8.6	13	1.3	<0.05	<0.05	0.14	0.056	68	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
H12.8.30	33.9	29.5	8.0	8.9	12	0.87	<0.05	<0.05	0.11	0.042	44	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
H12.9. 4	25.8	25.0	7.8	8.2	15	0.84	0.09	0.11	0.098	0.056	29	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	

6. まとめ

平成10年度から12年度の3年間，環境省の委託事業として八郎湖調整池（湖心）において，アオコ形成藻類及びアオコ毒素ミクロシスチンの環境動態調査を実施したが，その結果は以下のとおりである。

各年度とも肉眼でアオコの発生が観察され，アオコ形成プランクトンの優占種は，10年度及び12年度は藍藻類のアナベナ属で，11年度はミクロキスティス属であった。全ミクロシスチン濃度は，10年度<0.1～3.2 μg/L，11年度0.5～5.0 μg/L，12年度0.1～0.3 μg/Lで，ミクロシスチン-RR，-YR，-LRの各異性体濃度は，11年度に-RRが2回検出（2.7 μg/L，3.2 μg/L）以外はいずれも0.1 μg/L未満であった。アオコ発生時には，pH，DO，T-N，T-P，クロロフィルaに濃度の上昇が見られる。植物プランクトンの増殖に係るN/P比については，平年が9前後であるのに対し，アオコ形成プランクトンの優占種がアナベナ属であった平成10年度及び12年度はそれぞれ15，13であり，ミクロキスティス属が優占種であった11年度は6で，アオコ形成プランクトンの優占種によって大きな違いが見られた。ミクロシスチンと水質項目との相関については，ミクロシスチンが低濃度であるため，認められなかった。

参考文献

1) 秋田県：平成10年版環境白書（1998）
2) 土屋悦輝，渡辺真利代：環境中のミクロシスチンのデイスク型固相による抽出，衛生化学，43（3），190-196（1997）
3) 日本薬学会：日本薬学会第117年会，公衆衛生協議会資料（1997）
4) Tomoharu Sano, Fujio Shiraishi, and Kunimitsu Kaya: A method for microdetermination of total microcystin content in waterblooms of cyanobacteria (Blue-Green Algae), Intern. J. Environ. Anal. Chem., 49, 163－170（1992）
5) 日本工業標準調査会：工場排水試験方法 JIS-K0102（1998）
6) 日本気象協会：海洋観測指針（気象庁編）（1990）
7) 秋田地方気象台：秋田県気象月報，平成10年9月（1998）
8) 秋田地方気象台：秋田県気象月報，平成11年8～9月（1999）
9) 秋田地方気象台：秋田県気象月報，平成12年7～9月（2000）