

生物環境のモニタリング

— 2011～2012年度 琵琶湖におけるアオコ調査結果について —

一瀬 諭・廣瀬佳則・古田世子・藤原直樹・池田将平¹⁾・山中 直

要約

琵琶湖におけるアオコの発生は、1983年9月に南湖で大規模な発生を確認して以来、ほぼ毎年見られている。滋賀県では毎年アオコパトロール調査を実施しており、2011年度は南湖で5日間3水域の発生と比較的小規模であった。しかし、2012年度は南湖で18日間7水域と2011年度と比較すると大規模であり、アオコを形成する種類数が多かった。また、2011年度、2012年度ともに北湖でのアオコ発生は認められなかった。

1. はじめに

琵琶湖では、1983年9月に南湖湖岸で初めてアナベナ属による水の華現象（以下「アオコ」という）が確認されて以来、夏季から秋季にかけてほぼ毎年のようにアオコが発生している。アオコとは、富栄養化した湖沼でみられ、植物プランクトンのアナベナ属やミクロキスティス属、オシラトリア属などが大発生することで、湖面が緑色のペンキを流したようになる現象をいい、このアオコの発生により、湖の景観が損なわれ異臭を放つことも多い。また、アオコ形成種の中にはミクロシステンと呼ばれる毒性物質を生成する種類も存在しており、琵琶湖を取水源として利用している水道事業場では異臭味障害や水処理障害の原因ともなっている。

滋賀県では、アオコ発生状況把握のため、夏季から秋季にかけて湖岸部のパトロールを、琵琶湖政策課を窓口として当センターおよび各環境事務所、また県内自治体（南湖では大津市・草津市・守山市、北湖では長浜市・彦根市）と連携して実施している。アオコの発生状況については、県政eしんぶんおよび当センターのホームページにおいて公表している。また、本調査結果は、気象あるいは琵琶湖水質や生物相の状況等と比較検討し、プランクトン異常発生の機構解明や発生予測のための基礎資料として活用しており、毎年県環境審議会および環境白書資料編等で報告されている。

2. 方法

琵琶湖におけるアオコパトロールは、毎年、7月～10月の期間中に、図1に示した調査地点で実施した。また、アオコの判定については図2に示したアオコ判定指標に基づき、レベル2～3をアオコの兆候と判断し、レベル4以上

で1m×5mの以上の規模のものをアオコ発生とした。アオコパトロールの調査頻度は、1983年度より月～金の週5回であったが、2005年度からは月・水・金の週3回とし、土日については金曜日と月曜日の両日がレベル4以上である場合に継続発生とみなした。

アオコ発生時には、その発生規模を把握し、アオコ発生水域の表層～水深10cmの湖水をポリエチレンビーカーまたはバケツを用いて採水した。その後、検体1mlを界線入りプランクトン計数板に採り、生物顕微鏡を用いてアオコ形成種の種類の同定と群体数の計数を当センターが担当して実施した。

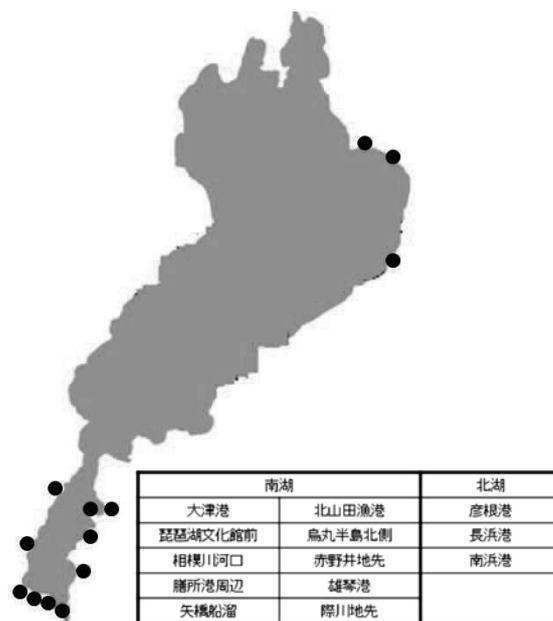


図1 アオコパトロール調査地点

1) 現・滋賀県南部環境事務所



レベル0: アオコの発生は認められない。



レベル1: アオコの発生が肉眼で確認できない。(ネットで引いたり白いバットに汲んで良くみると観察できる)



レベル2: うっすらとすじ状にアオコの発生が認められる。(アオコがわずかに水面に散らばり肉眼で観察できる)



レベル3: アオコが水の表面全体に広がり、所々パッチ状になっている。



レベル4: 膜状にアオコが湖面を覆う。



レベル5: 厚くマット状にアオコが湖面を覆う。



レベル6: アオコがスカム状(厚く堆積し、表面が白っぽくなったり、紫、青の縞模様)になる。

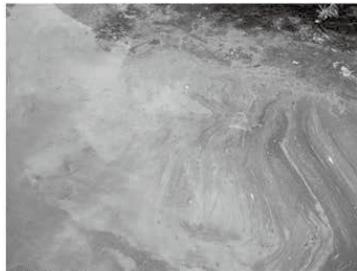
図2 アオコ判定指標((国立環境研究所、1995)より編集:6ページにカラー掲載)

滋賀県では○レベル2～3をアオコの兆候とし、

○レベル4以上で1m×5m以上の規模のものをアオコ発生としている。



2011年7月29日 大津市隠川のアオコ



2011年8月26日 大津市雄琴港内のアオコ



2011年8月17日 守山市赤野井港内のアオコ



2011年8月30日 草津市北山田漁港内のアオコ



写真1 南湖におけるアオコ発生現場(2011～2012年度:6ページにカラー掲載)

3. 結果

1983年度から2012年度までの、単年度当たりのアオコの発生日数および発生水域数の経年変化を図3に示した。1983年度から1986年度までのアオコ発生は1日程度と短期間で推移したが、1987年度から1990年度までは10日間以上の発生の年が認められるようになった。さらに、1994年度の大濁水となった年度から2002年度まではアオコの発生日数が15日以上になる年度が多く認められた。その後はやや減少傾向にある。

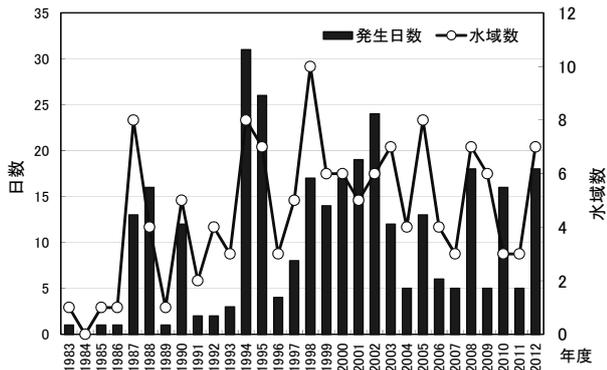


図3 琵琶湖におけるアオコの発生日数・水域数経年変化 (1983～2012年度)

3.1 2011年度のアオコ発生状況調査

2011年度のアオコ発生は5日間3水域(延べ8水域)で認められ、主要な属としては全体としてマイクロキスティス属(写真2)が64%、アファニゾメノン属(写真3)が23%、アナベナ属(写真4)が12%、オシラトリア属(写真5)で構成されていた(現場写真は写真1参照)。

具体的な発生状況を表1、図4に示した。2011年度の最初の発生は7月29日と比較的早く、大津市際川地先でマイクロキスティス属主体(98%)のアオコが湖岸沿いに約50mの長さで確認された。さらに、8月26日には大津市雄琴港内でもマイクロキスティス属主体(95%)のアオコが120mの長さで確認された。

発生地点別に原因プランクトン種構成をみると、南湖西岸の際川地先ではマイクロキスティスが主体となり全体の97%がマイクロキスティス属によって占められていた。しかし、南湖東岸の北山田漁港内ではマイクロキスティス属(56%)に加え、アナベナ属(14%)やアファニゾメノン属(28%)が主な原因種であった。特に8月24日の調査時では糸状体を形成するアファニゾメノン属が21,000群体/mlと他の地点より多く計数された。

さらに、雄琴港内では8月24日から26日にかけてマイクロキスティスが主体となり全体の98%が占められていた。その後、9月2日～4日には大雨(南小松:最高139mm)

を伴った台風12号が滋賀県上空を通過し、9月21日～22日に台風15号が通過したことにより降水量も多く、藍藻は各地点で減少しアオコの形成も認められなかった。

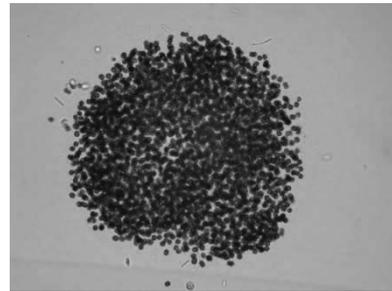


写真2 ミクロキスティス属 ×100
(*Microcystis aeruginosa*)

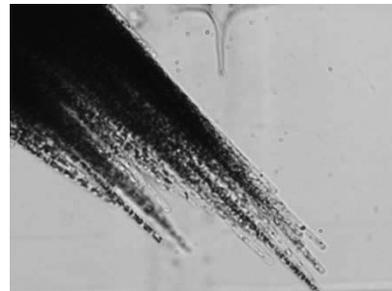


写真3 アファニゾメノン属 ×200
(*Aphanizomenon flos-aquae*)

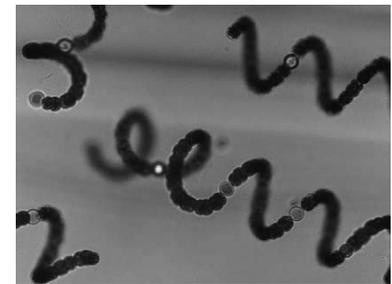


写真4 アナベナ属 ×200
(*Anabaena spiroides var. crassa*)

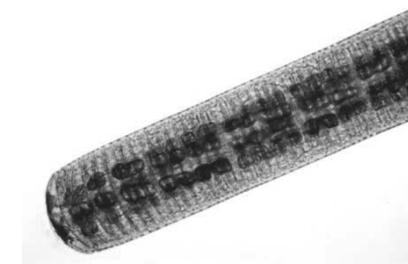


写真5 オシラトリア属 ×100
(*Oscillatoria kawamurae*)

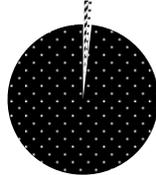
表 1 2011 年度 アオコ (水の華) の発生状況

月/日	水域	規模	レベル	プランクトンの種類 群体数/ml				備考
				アナベナ属	アファニゾメノン属	オシラトリア属	ミクロキスティス属	
7/29	大津市際川地先	10 m × 50 m	4	80	60	24	8,800	第1号
8/12	草津市北山田町地先 北山田漁港内	10 m × 5 m	4	3,100	100	1,500	3,300	第2号
8/24	草津市北山田町地先 北山田漁港内	40 m × 6 m	4	180	21,000	120	32,000	第3号
	大津市雄琴六丁目地先 雄琴港内	100 m × 10 m	4	25	0	7	8,200	
8/25	草津市北山田町地先 北山田漁港内							継続
	大津市雄琴六丁目地先 雄琴港内							
8/26	草津市北山田町地先 北山田漁港内	30 m × 5 m	4	9,200	3,300	420	14,000	継続
	大津市雄琴六丁目地先 雄琴港内	120 m × 5 m	4	120	0	32	2,800	

2011年度 アオコ発生状況

発生日数： 5 日間
 発生水域： 3 水域 延べ 8 水域)
 第1号発生日： 7月29日
 最終発生日： 8月24日

2011年 大津市 際川地先

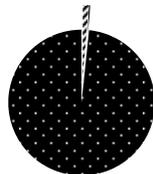


2011年 草津市 北山田漁港内

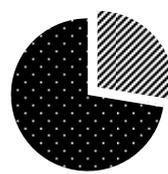


● アナベナ属
 ■ アファニゾメノン属
 ▨ オシラトリア属
 ■ ミクロキスティス属

2011年 大津市 雄琴港内



2012年 守山市 赤野井地先



2012年 大津市 雄琴港内



2012年 草津市 烏丸半島北側



2012年 大津市 際川地先



2012年 草津市 志那漁港



2012年 草津市 矢橋船溜



2012年 草津市 北山田漁港内

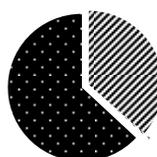


図 4 南湖におけるアオコ (水の華) の原因プランクトンの構成割合 (2011 ~ 2012 年度)

3.2 2012 年度のアオコ発生状況調査

2012 年度のアオコは、18 日間 7 水域（延べ 28 水域）で認められ、発生状況を図 4 および表 2 に示した（現場写真は写真 1 参照）。

2012 年度は、2011 年度と比較すると発生日数が 13 日多く、延べ発生水域でも 20 水域多かった。主要な属としてはマイクロキスティス属が 59%、アナベナ属が 38%、アフアニゾメノン属が 2% で構成されていた。

最初のアオコは、7 月 27 日に南湖東岸の草津市烏丸半島北側で発生し、小規模（長さ 20m）であったがマイクロキスティス属（51%）とアナベナ属（49%）で構成されていた。

また、最後の発生は 10 月 26 日に草津市北山田漁港内や志那漁港内での発生であった。最も発生の規模が大きかつ

た水域としては北山田漁港内であり 8 月 31 日と 9 月 7 日に 150 m × 30m の広い水域でアオコが確認された。

発生地点別にみると南湖東岸の北山田漁港内での発生が最も多く 12 日間であり、次いで、南湖西岸の際川地先での発生が 5 日間であった。

原因プランクトン種をみると、志那漁港内や烏丸半島北側ではアナベナ属が主体となり全体の 89%、88% をそれぞれ占めていた。さらに、最も発生が多かった北山田漁港内ではマイクロキスティス属（63%）に加え、アナベナ属（37%）が主な原因種であった。その他の地点の特徴としては、雄琴港内でアフアニゾメノン属の占める割合が 31% と他の地点より多かった。

表 2 2012 年度 アオコ（水の華）の発生状況

月/日	水域	規模	レベル	プランクトンの種類 群体数/ml				備考
				アナベナ属	アフアニゾメノン属	オシラトリア属	マイクロキスティス属	
7/27	草津市烏丸半島北側	20 m × 3 m	4	19,300	100	30	20,300	第1号
8/6	草津市烏丸半島北側	8 m × 5 m	4	36,000	6,000	25	19,000	第2号
8/17	草津市北山田町地先 北山田漁港内	40 m × 5 m	4	3,600	0	40	3,100	第3号
	草津市烏丸半島北側	20 m × 4 m	4	2,200	0	10	29,000	
	守山市赤野井地先	30 m × 4 m	4	6,100	0	10	16,000	
8/30	草津市北山田町地先 北山田漁港内	200 m × 20 m	4	8,200	2,000	0	24,000	第4号
8/31	草津市矢橋船溜	20 m × 5 m	4	6,100	0	100	10,000	第5号
	大津市雄琴港内	5 m × 2 m	4	5,400	100	60	6,200	
	大津市際川地先	40 m × 10 m	4	3,900	0	4,000	1,500	
	草津市北山田町地先 北山田漁港内	150 m × 30 m	4	15,000	100	80	18,000	
9/1	大津市際川地先							継続
9/2	大津市際川地先							継続
9/3	大津市際川地先	40 m × 10 m	4	840	20	900	140	継続
9/5	草津市北山田町地先 北山田漁港内	140 m × 6 m	4	70,000	730	1,100	31,000	第6号
9/6	草津市北山田町地先 北山田漁港内							継続
9/7	草津市矢橋船溜	20 m × 5 m	4	4,600	0	260	1,800	第7号
	草津市烏丸半島北側	5 m × 2 m	4	26,000	0	10	2,300	
	大津市際川地先	40 m × 10 m	4	16,000	0	350	4,500	
	草津市北山田町地先 北山田漁港内	150 m × 30 m	4	9,700	0	90	5,200	
9/8	草津市北山田町地先 北山田漁港内							継続
9/9	草津市北山田町地先 北山田漁港内							継続
9/10	草津市北山田町地先 北山田漁港内	100 m × 3 m	4	21,000	0	110	4,700	継続
9/12	草津市烏丸半島北側	6 m × 1.5 m	4	9,200	0	20	2,600	第8号
9/26	草津市北山田町地先 北山田漁港内	10 m × 4 m	4	7,500	50	50	12,000	第9号
10/3	草津市北山田町地先 北山田漁港内	26 m × 6.5 m	4	340,000	0	500	740,000	第10号
	大津市雄琴港内	15 m × 1 m	4	200	26,000	0	43,000	
10/26	草津市北山田町地先 北山田漁港内	50 m × 4 m	4	22,000	200	10	20,000	第11号
	草津市志那漁港内	15 m × 5 m	4	17,000	40	0	2,100	

2012 年度 アオコ発生状況

発 生 日 数 : 18 日間
 発 生 水 域 : 7 水域 延べ 28 水域)
 第1号発生日 : 7月27日
 最終発生日 : 10月26日

表 3 琵琶湖で観察されたアオコ形成種一覧表

種類	2011	2012
ミクロキスティス属		
<i>Microcystis aeruginosa</i>	○	○
<i>Microcystis wesenbergii</i>	○	○
<i>Microcystis viridis</i>	○	○
<i>Microcystis novacekii</i>	○	○
<i>Microcystis ichthyoblabe</i>	○	○
<i>Microcystis</i> sp.	○	○
アナベナ属		
<i>Anabaena spiroides</i>	○	○
<i>Anabaena spiroides</i> var. <i>crassa</i>	○	○
<i>Anabaena macrospora</i>		○
<i>Anabaena macrospora</i> var. <i>crassa</i>		○
<i>Anabaena affinis</i>	○	○
<i>Anabaena flos-aquae</i>	○	○
<i>Anabaena circinalis</i>		○
<i>Anabaena oumiana</i>		○
<i>Anabaena ucrainica</i>		○
<i>Anabaena</i> sp.	○	○
アファニゾメノン属		
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	○	○
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>		○
<i>Aphanizomenon</i> sp.	○	○
オシラトリア属		
<i>Oscillatoria tenuis</i>		○
<i>Oscillatoria</i> sp.		○
<i>Oscillatoria kawamurae</i>	○	○

3.3 アオコ形成種類調査

表 3 に 2011 年度および 2012 年度の期間中に観察されたアオコ形成種の一覧を示した。2011 年度には 3 属 14 種類が観察され、2012 年度には 3 属 22 種類と 2011 年度より多く観察された。特にミクロキスティス属は 2011 年度・2012 年度ともに同様の種類数であったが、アナベナ属やアファニゾメノン属、オシラトリア属については、2012 年度の方が 8 種類多く観察された。

4. まとめ

1983 年度から 2012 年度までのアオコの発生状況は、1994 年から 2002 年まで増加傾向を示し、その後は年によってばらつきはあるものの横ばい傾向にあるといえる。また、2011～2012 年度の調査では北湖でのアオコの発生が認められなかった。

4.1 2011 年度

2011 年度のアオコ発生は、5 日間 3 水域（延べ 8 水域）と比較的小規模であり、主要な属としてはミクロキスティス属が全体の 64% を占めていた。2011 年度の発生が小規模であった原因の一つとして、9 月以降に通過した大雨を伴った台風 12 号、台風 15 号の通過の影響があると推察された。

4.2 2012 年度

2012 年度のアオコ発生は、18 日間 7 水域（延べ 28 水域）で認められ、2011 年度と比較すると 13 日間多く、延べ水域でも 20 水域と多かった。主要な属としてはミクロキスティス属が 59%、アナベナ属が 38% であり、例年に比べアナベナ種の増加が目立った年であり、アオコ形成種の種類数も多かったことが明らかとなった。

5. 謝辞

本アオコ調査は、県機関以外にも大津市環境政策課、草津市環境課、守山市環境政策課などの多くの調査員のご協力を得て実施できたことに感謝いたします。また、アオコ情報などを提供して下さった各漁業協働組合の方々にも心より感謝いたします。

6. 参考文献

環境庁国立環境研究所 (1995) : NIES アオコの計量と発生状況、発生指標。