

北潟湖および三方湖における植物プランクトンの変遷について(第1報) — (1997~2001年度) —

塚崎嘉彦・鉾崎有紀・片谷千恵子・松崎雅之・加藤賢二

Seasonal Succession of Phytoplanktons in Lake Kitagata and Lake Mikata (1)
(1997-2001)

Yoshihiko TSUKASAKI, Yuki HOKOZAKI, Chieko KATAYA, Masayuki MATSUZAKI, Kenji KATO

湖沼の富栄養化の指標ともなり得る植物プランクトン調査を、平成9年度、10年度には湖沼水質保全対策事業において、また平成11年度以降は公共用水域常時監視調査時に北潟湖および三方湖で行っている。ここでは、5年間の変遷について検討を行った。

北潟湖は藍藻綱、珪藻綱、緑藻綱が共存しているが、三方湖は藍藻が中心の植物プランクトン相であった。しかし、三方湖を属別に見るとほぼ毎年優占する属が変わっており、*Microcystis*属や*Anabaena*属から*Planktothrix*属や*Phormidium*属等の糸状性藍藻への変遷が見られた。水質調査項目は植物プランクトン細胞数とよい相関があった。

1 はじめに

プランクトンは富栄養化の程度に伴い種類や群落に変化が生じる。したがって、富栄養化の程度を総合的に判断する尺度となるばかりでなく、水質の予測および富栄養化への対応に関しても重要である。そこで、福井県では昭和60年以降、約15年以上にわたり本県の代表的富栄養化湖沼である、北潟湖と三方湖の夏季および秋季のプランクトン調査を行っている。特に、平成9年度は北潟湖南部について、また平成10年度には三方湖東部について夏季を中心に湖沼水質保全事業の一環で詳細調査を行った。また、平成11年度以降は公共用水域常時監視調査時に水質調査と並行して植物プランクトン相の調査を行っている。平成9年度から10年度の詳細調査の結果はすでに報告している¹⁾²⁾、ここでは詳細調査を含む平成9年度以降の5年間の変遷について検討を行ったので報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点および時期

平成8年度以前のプランクトンの優占種に関しては、夏季(8月)と秋季(10月)に行っている公共用水域常時監視調査結果を用いた。

平成9年度は北潟湖南部(図1)において5月から10月にかけては週1回、他の月は月1回の計33回調査を行い、また、三方湖東部(図2)においては年6回の調査を行った。平成10年度は三方湖東部において前年の北潟湖南部同様計33回の調査を行い、北潟湖については日の出橋において計12回の調査を行った。平成11年度以降に関しては、北潟湖南部、日の出橋および三方湖東部において公共用水域常時監視調査時(年6回)に調査を行った。

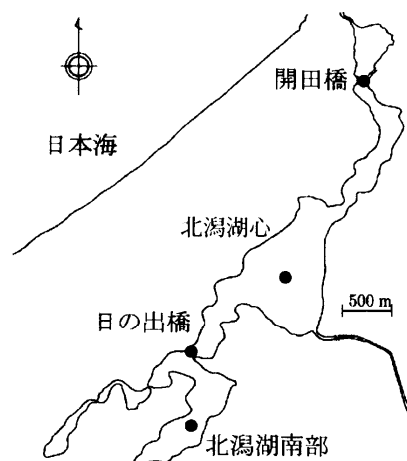


図1 北潟湖

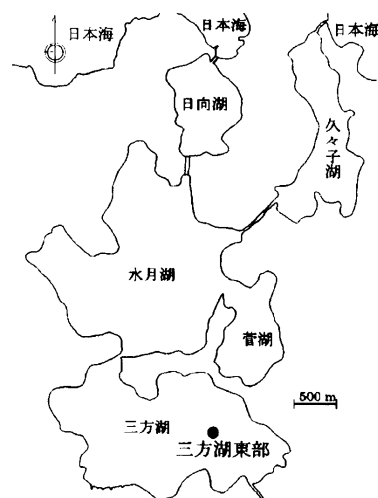


図2 三方五湖

2.2 植物プランクトン調査

湖水の表層水(0.5m層)を採取し、グルタルアルデヒド固定液を1 V/V%添加後、静置濃縮し試料とした。計数はプランクトン計数板を用いて行い、1ml当たりの細胞数を求めた。

2.3 水質調査項目

水質調査項目は、水温、pH、DO、COD、SS、T-N、T-P、塩素イオン、クロロフィルとし、JISK0102等に従い分析を行った。

3 結果と考察

3.1 植物プランクトンの変遷

3.1.1 過去の優占種の傾向

図3に北潟湖心および三方湖東部における過去約15年間の植物プランクトン優占三種の変遷を示した。ここで優占三種とは細胞の大きさに関係なく、単位湖水中1mlにおける細胞数(平成10年以前の一部微細藍藻については群数)が多い種で、ここでは上位三種をあげた。図3より北潟湖心においては優占三種として出現する藍藻綱、珪藻綱の割合がそれぞれ49%および38%であり、三方湖東部ではそれぞれ67%および18%と共に藍藻綱が優占する傾向にある。特に、三方湖東部では藍藻綱が7割近くと藍藻綱中心の植物プランクトン相となっている。藍藻綱の中でも細胞内に偽空胞をもつアオコ形成種の割合が全体の35%と高い傾向にあり、夏季にはスカム状のアオコをしばしば形成している。一方、北潟湖心でのアオコ形成種は全体の6%と少なく、また絶対量も少ないためアオコの形成には至っておらず、珪藻綱と藍藻綱が共存している状態となっているのが特徴である。

3.1.2 アオコの発生状況

両湖のアオコの発生状況に関して、水質調査項目の濃度はほぼ同程度であるにもかかわらず、三方湖では夏季のアオコの発生が問題となっているのに対し、北潟湖の色相は一年を通して褐色から緑褐色を呈しており、大規模なアオコ発生の報告はない。したがって、ここでは三方湖におけるアオコの発生状況についてのみ述べる。

平成9年度以降の三方湖におけるアオコの発生状況について、平成9年度、10年度は5月中旬から10月中旬にかけて、霞ヶ浦研究会による「見た目アオコ指標」³⁾でのレベル6(アオコがスカム状に湖面を覆い、腐敗臭がする)に該当する量の発生があった。

しかし、平成11年度になると、7月中旬にはレベル2(うっすらとすじ状にアオコの発生が認められる)の状態であったが、8月に最大1時間降水量95mm(14日22時)、日降水量269mm(14日)、2日間で359mm(14~15日;いずれも美浜観測所)の記録的な豪雨にみまわれ、洗い流された後はレベル1(アオコの発生が肉眼で確認できない)の状態が続いた。

平成12年度もレベル1の状態が続いたが、10月中旬頃より、レベル2から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)の状態が12月頃まで続いた。

平成13年度は8月を中心にレベル3程度の発生が見られたが、平成9年度から10年度に発生していたアオコに比べると量および規模の非常に小さいものであった。

3.1.3 北潟湖の植物プランクトン

図4に北潟湖南部および三方湖東部における平成9年度から13年度までの5年間の植物プランクトン優占三種の変遷を、また図5に北潟湖および三方湖における植物プランクトン細胞数と優占率を示した。なお、平成10年度は北潟湖南部の調査を行わなかったため、近傍で関連のあった日の出橋のデータを用い検討を行った。

図4より、北潟湖における優占種は年間を通して藍藻綱、珪藻綱、緑藻綱が均等に出現している状態であり、まれに冬季に鞭毛藻綱が優占していた。また、藍藻綱の中では*Oscillatoria*属(平成9年度、10年度は*Oscillatoria*属、*Phormidium*属を区別して計数せず、一括して*Oscillatoria*属としている)、珪藻綱の中では*Cyclotella*属、緑藻綱では*Scenedesmus*属が特に優占していた。

また、図5より、北潟湖における植物プランクトン細胞数は年度平均値として1mlあたり約5万細胞で推移しており、出現種数も約20種と安定した植物プランクトン相を形成している。最大値をとるのは*Oscillatoria*属や*Phormidium*属等、藍藻綱が大増殖したときに多く、その時期は夏季が多いものの、冬季にも見られた。藍藻綱の大増殖が見られないときには、秋季から初夏にかけて主に珪藻綱が優占し、その後盛夏になると藍藻綱が優占する傾向にあるが、両綱に加え緑藻綱も四季を通して共存しており、変化に富んだ植物プランクトン相であるということがうかがえる。

属別に見ると、藍藻綱では先に述べた*Oscillatoria*属や*Phormidium*属のほか*Planktothrix*属や*Anabaena*属等のアオコ形成種が優占することがあったが、アオコを形成するほどは増殖していない。また、富栄養化が進行した湖沼であるにも関わらず、主なアオコ形成種である*Microcystis*属が優占することはなかった。この原因としては、塩素イオンが考えられる。*Microcystis*属は塩素イオンに感受性があり、三方湖由来の*Microcystis aeruginosa*も塩素イオンが1,500mg/lまでは順調に生育するが、2,500mg/lを超えると増殖量や比増殖速度が低下することが確認できている⁴⁾。しかし、北潟湖においては北部にある開田橋(図1)の水門の開放により日本海からの潮流の影響を受け10月から12月に塩素イオンが上昇する現象に加え、冬季の低水温により翌年度の生長が阻害されると考えられている⁴⁾。また、特に富栄養化が進んでいる日の出橋以奥では例年ヒシが密生しており、ヒシによる栄養塩の吸収や遮光によりアオコの発生しにくい状況になっていることも要因として考えられる⁵⁾。

珪藻綱では*Cyclotella*属が優占することが多く、*Chaetoceros*属や*Synedra*属も優占することがあった。なお、*Cyclotella*属は夏季にも優占することがあったが、他

		S60 (1985)		S61 (1986)		S62 (1987)		S63 (1988)		H元 (1989)		H2 (1990)		H3 (1991)		H4 (1992)		H5 (1993)		H6 (1994)		H7 (1995)		H8 (1996)		H9 (1997)		H10 (1998)		H11 (1999)		H12 (2000)		H13 (2001)	
		8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月
北潟湖心	第一優占種	-	-	Cy.s	Ph.T.	Cy.M.	Cy.M.	Cy.M.	Cy.M.	Cy.M.	Cy.M.	Os.P.	Ly.L.	Le.s	Os.P.	Os.s	Gil.	Cy.s	Le.s	Cy.s	Cy.s	De.P.	Ca.s	Ph.T.	Os.T.	Sk.P.	Cr.s	Cy.s	Os.s	Ph.s	Pl.s	Ac.s	Os.s	Ca.s	
	第二優占種	-	-	Le.s	Cy.M.	Cy.M.	Os.S.	Ao.R.	Cy.M.	Cy.M.	Cy.M.	Cy.M.	Cy.M.	Ly.L.	Os.P.	Os.P.	Os.P.	Os.P.	Os.b	Ca.S.	Cp.s	Mr.T.	Cr.s	Os.T.	Os.L.	Os.s	Sk.C.	Os.s	Ra.C.	An.M.	Ca.s	Ac.s	Ch.s	Ni.A.	
	第三優占種	-	-	Gl.s	Car.	Ki.C.	Car.	Tr.s	Ph.T.	Cl.N.	Os.S.	Os.S.	Os.P.	Os.S.	Os.S.	Os.S.	Os.c	Os.e	Ch.s	Ph.s	ML.G.	Cy.A.	Cy.s	Cy.s	Mr.T.	Os.L.	Az.s	Sk.P.	Ra.s	Sk.P.	Cp.s	Cy.s	Ne.s		
	計	-	-	45,000	4,000	43,000	7,000	42,000	27,000	13,000	10,200	27,000	38,000	9,400	19,000	6,500	10,000	1650*	1400*	5,900	2,200	15,000	25,000	22,000	21,000	96,000	27,000	19,000	57,000	67,000	37,000	140,000	7,200	220,000	12,000
三方東部	第一優占種	Ph.T.	Cy.s	An.s	Cy.s	-	-	Cy.M.	An.F.	Cy.M.	Ce.H.	Ly.L.	Cy.M.	ML.W.	Cy.M.	Sc.s	Cy.s	An.s	Cu.C.	Cy.s	Co.M.	Cy.A.	Cy.s	Os.T.	ML.A.	Os.s	Mr.T.	Pl.s	Pl.s	Pl.s	Ph.s	Ph.s			
	第二優占種	Cp.s	ML.s	An.M.	Cp.s	-	-	Sc.s	Cy.M.	ML.D.	ML.D.	An.F.	CL.N.	An.S.	Le.s	Co.M.	CL.N.	Os.a	Os.a	Mr.T.	Di.C.	An.S.	Ca.s	Os.T.	Mr.T.	An.S.	An.S.	ML.N.	Pl.s	Ac.s	ML.s	Os.s	Ly.s	ML.A.	
	第三優占種	-	-	Mr.s	Os.s	-	-	Os.s	Ac.s	Co.C.	ML.W.	ML.W.	ML.W.	Ac.s	ML.A.	Ca.S.	ML.D.	Ly.L.	Ao.R.	ML.s	Co.s	Mr.T.	At.H.	An.S.	An.S.	Az.s	Os.s	Mr.T.	Ra.C.	Pl.s	Ph.s	Ly.s	Os.s	Mr.T.	
	計	-	-	22,000	540	-	-	5,900	24,000	4,000	2,800	16,000	29,000	11,000	5,200	6,200	7,900	2480*	610*	28,000	24,000	38,000	11,000	130,000	110,000	120,000	250,000	100,000	110,000	530,000	490,000	1,600,000	510,000	230,000	

* 優占三種の和

種名	略称	出現数		種名	略称	出現数		種名	略称	出現数	
		北潟	三方			北潟	三方			北潟	三方
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Ac.s	2	3	<i>Oscillatoria tenuis</i>	Os.T.	2	2	<i>Chaetoceros</i> sp.	Ca.s	3	1
<i>Chroococcus</i> sp.	Ch.s	2		<i>Phormidium spp.</i>	Ph.s	2	3	<i>Chaetoceros subtilis</i>	Ca.S.	1	1
<i>Coelosphaerium naegelianum</i>	CL.N.	1	2	<i>Phormidium tenue</i>	Ph.T.	5	1	<i>Cyclotella atomus</i>	Cy.A.	1	1
<i>Lyngbya limnetica</i>	Ly.L.	2	2	<i>Anabaena flos-aquae</i>	An.F.		2	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Cy.M.	11	5
<i>Lyngbya</i> sp.	Ly.s		2	<i>Anabaena macrospora</i>	An.M.	1	1	<i>Cyclotella</i> sp.	Cy.s	9	5
<i>Merismopedia</i> sp.	Mr.s		1	<i>Anabaena spiroides</i>	An.S.		6	<i>Leprocylindrus</i> sp.	Le.s	4	1
<i>Merismopedia tenuissima</i>	Mr.T.	2	6	<i>Anabaena spp.</i>	An.s		3	<i>Melosira distans</i>	ML.D.		3
<i>Oscillatoria limnetica</i>	Os.L.	2		<i>Anabaenopsis raciborskii</i>	Ao.R.	1	1	<i>Melosira granulata</i>	ML.G.	1	
<i>Oscillatoria pseudonitina</i>	Os.P.	6		<i>Aphanizomenon</i> sp.	Az.s	1	1	<i>Nitzschia acicularis</i>	Ni.A.	1	
<i>Oscillatoria</i> sp.	Os.s	6	6	<i>Microcystis aeruginosa</i>	ML.A.		5	<i>Skeletonema costatum</i>	Sk.C.	1	
<i>Oscillatoria</i> sp. A	Os.a		2	<i>Microcystis novacekii</i>	ML.N.		1	<i>Skeletonema potamos</i>	Sk.P.	4	
<i>Oscillatoria</i> sp. B	Os.b	2		<i>Microcystis</i> sp.	ML.s		4	<i>Ceratium hirundinella</i>	Ce.H.		1
<i>Oscillatoria</i> sp. C	Os.c	1		<i>Microcystis wesenbergii</i>	ML.W.		3	<i>Glenodinium</i> sp.	Gl.s	1	
<i>Oscillatoria</i> sp. E	Os.e	1		<i>Planktobrix</i> sp.	PL.s		5	<i>Cryptomonas</i> sp.	Cp.s	2	2
<i>Oscillatoria splendida</i>	Os.S.	5		<i>Raphidiopsis curvata</i>	Ra.C.		1	<i>Trachelomonas</i> sp.	Tr.s	1	
				<i>Raphidiopsis</i> sp.	Ra.s		1				

出現数のまとめ		北潟湖心		三方東		全体	
	藍藻	41	43%	30	32%	71	37%
	藍藻(アオコ形成種)	6	6%	33	35%	39	21%
	珪藻	36	38%	17	18%	53	28%
	滑鞭毛藻	1	1%	1	1%	2	1%
	鞭毛藻	2	2%	2	2%	4	2%
	ミドリムシ藻	1	1%			1	1%
	緑藻	6	6%	10	11%	16	8%
	その他	3	3%	1	1%	4	2%
	合計	96	100%	94	100%	190	100%
	藍藻全体	47	49%	63	67%	110	58%

図3 北潟湖心および三方湖東部における植物プランクトン優占種の変遷 (昭和60年度～平成13年度)

図4 北潟湖南部および三方湖東部における植物プランクトン優占種の変遷(平成9年度～平成13年度)

出現数のまとめ	北海道		三万東		全体	
亜英	60	32%	54	32%	114	32%
亜英(アオコ形)成体	17	9%	84	45%	101	28%
黒色無毛成体	3	2%	1	1%	4	1%
暗斑	72	38%	13	8%	85	24%
ワタリムシ成体			1	1%	1	0%
黴毛黒	11	6%	5	3%	16	4%
同成	25	14%	13	8%	39	11%
合計	180	100%	171	100%	350	100%
亜英全体	77	41%	138	81%	215	60%

の珪藻は冬季から秋季にかけてのみ優占していた。

3.1.4 三方湖の植物プランクトン

図4より、三方湖における植物プランクトンは、ほとんどの調査日において藍藻綱で優占三種を占めており、春季と冬季の一部に珪藻綱や緑藻綱が見られる程度であった。夏季を中心に詳細調査を行っていたこともあり、藍藻綱が優占三種の8割を占め、特に6月から10月にかけてはアオコ形成種が大部分を占めていた。

図5より、三方湖における植物プランクトンの年度平均は1mlあたりの細胞数が 8.8×10^4 （平成9年度）から 8.1×10^5 （平成12年度）と10倍程度の差異があった。その推移は大部分が藍藻綱の増減に影響を受けており、冬季の細胞数が極めて少ない時に珪藻綱や緑藻綱、あるいは鞭毛藻綱が優占する程度であった。また、三方湖における植物プランクトンの細胞数は通常藍藻綱の影響を多大に受けていることもあり、夏季に最大値をとる傾向にある。しかし、平成12年度には8月以降も植物プランクトンの増殖は衰えず、12月には1mlあたり 2.0×10^6 細胞にまで達し、「見た目アオコ指標」でのレベル2に値するすじ状のアオコを形成するにまで至った。さらに、平成13年2月には三方湖においては通常の冬季の細胞数であったが、隣接する水月湖では水温が 5°C にまで低下していたにもかかわらず、レベル4（膜状にアオコが湖面を覆う）量の発生があった⁶⁾。このアオコを形成していた種は一貫して *Planktothrix agardhii* であり、その生育特性等はまだまだ不明な点が多いため、その特性を把握するための培養試験等を現在行っている。

図6に三方湖における藍藻綱各属の細胞数および優占率を示した。先にも述べたように冬季の一部を除いて三方湖の植物プランクトンは藍藻綱中心の植物プランクトン相であるが、属別に見るとこの5年間で大きく変化している。

平成9年度の植物プランクトンの増殖が盛んな8月、10月には *Microcystis* 属がそれぞれ85%、70%を占め、平成9年度の代表的な優占種は *Microcystis* 属といえる。

しかし、平成10年度には6月から10月にかけて *Microcystis* 属が4割近くを占めてはいたものの、平成9年度ほど優占することはなく、*Anabaena* 属や *Planktothrix* 属と共存しているような状態であった。したがって、夏季の主な優占種は *Microcystis* 属といえるが、平成9年度ほど優占することはなく、*Planktothrix* 属、*Anabaena* 属等と共にアオコを形成していた。

平成11年度になると8月には偽空胞を持たない藍藻綱の *Merismopedia* 属が5割近くを占め、*Microcystis* 属は10月に4割を占めた程度であり、8月にはほとんど観察されなかった。10月以降は *Planktothrix* 属が5割以上占めていた。

平成12年度も *Microcystis* 属はほとんど観察されず、平成11年10月の調査日以降優占する傾向にあった *Planktothrix* 属が8月以降も右肩上がりに増殖していき、12月には1mlあたり 2.0×10^6 細胞と、総細胞数のほぼ

100%を占めていた。その後、*Planktothrix* 属は平成13年4月の調査日までは細胞数は少なくなったものの優占していた。この年は年間を通して *Planktothrix* 属中心であった。

平成13年度の4月には前年に引き続き *Planktothrix* 属が4割を占めていたが、6月以降は同じく4月の調査日に4割近くを占めていた *Phormidium* 属が取って代わり優占し、平成13年10月の調査日には9割を占めた。*Planktothrix* 属は4月の調査日以降あまり見られず、平成13年度の植物プランクトンは *Phormidium* 属中心であった。

したがって、平成9年度以降、ほぼ毎年優占種が異なる結果となった。この不安定な植物プランクトン相の影響で植物プランクトンの細胞数が10倍程度の差異が生じたと考えられる。*Microcystis* 属から *Planktothrix* 属や *Phormidium* 属などの糸状性藍藻への変遷は昭和62年以降、霞ヶ浦でも起こっているが^{7) 8)}、原因についてはまだよくわかっていない。

3.1.5 三方湖の優占種の変遷

三方湖において平成11年度以降 *Microcystis* 属の発生が少なくなったことに関して検討を行った。

水質調査項目に関しては平成11年度前後において大きな変化ない。しかし、自然現象での特記事項として、前出の平成11年8月の豪雨および平成12年度の高塩分が挙げられる。*Microcystis* 属は栄養細胞の状態で湖底泥中において越冬をするということが知られており、琵琶湖では湖底泥最上層部の5mmまでのところ⁹⁾、また霞ヶ浦では2cmまで¹⁰⁾に多くのコロニーが存在すると報告されている。三方湖でも同様に、湖底表層部にシードバンクとして休眠状態の *Microcystis* 属が存在すると考えられ、平成11年8月中旬の豪雨により、湖水の入替えとともに洗い流され、まず湖水中・底泥中の絶対量が少なくなったことが予想される。そこに、平成12年度には塩素イオンが例年の3倍近い濃度（約3,000mg/l）まで上昇したことにより、塩分に感受性がある *Microcystis* 属¹¹⁾ がさらに影響を受け、発生が抑えられたと考えられる。このため、例年 *Microcystis* 属により摂取されるはずの栄養塩が水温の低下が始まってもお存在していたため、比較的低温に強い *Planktothrix* 属が大量に発生したと考えられた。その後、平成13年度には塩素イオンが例年並の値に戻ったものの、湖水中および底泥中の *Microcystis* 属が過去2年間の自然現象によって、その存在量が減少していたことにより、発生はしたものの平成9年度や10年度ほど大規模かつ広範囲に及ぶものではなかったのではないかと推察した。

また、三方湖における塩素イオンに関して、流入源は日本海の潮汐の影響による海水の遡上があるが、日本海から約6kmあるため、むしろ塩分躍層を持つ水月湖の嫌気性層からの流入が主だと考えられる。嫌気性層に蓄積している無機栄養塩類は、分子拡散による密度成層を超えた好気性層への移行のほか、風により生じる内部静振やその他の水の動きにより、時には大きな移動速度で

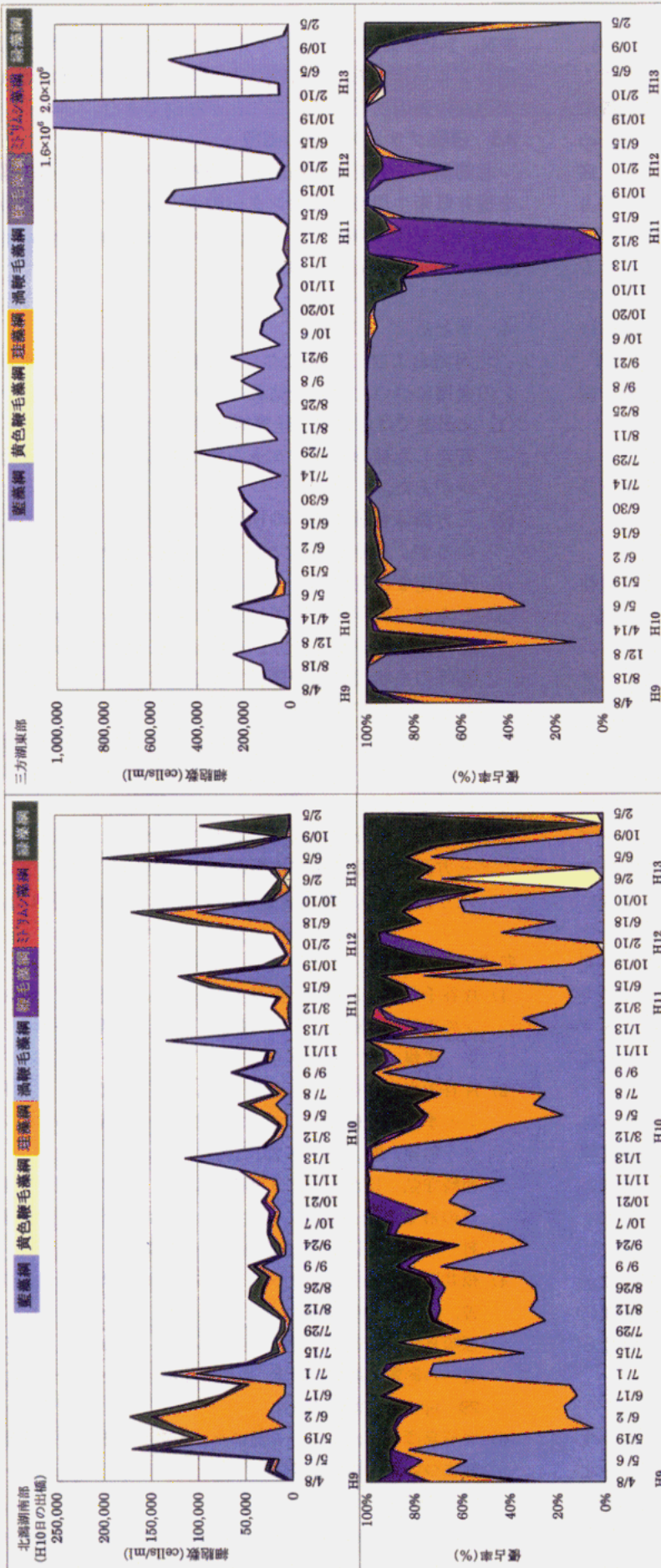


図5 北潟湖および三方湖における植物プランクトン細胞数と優占率

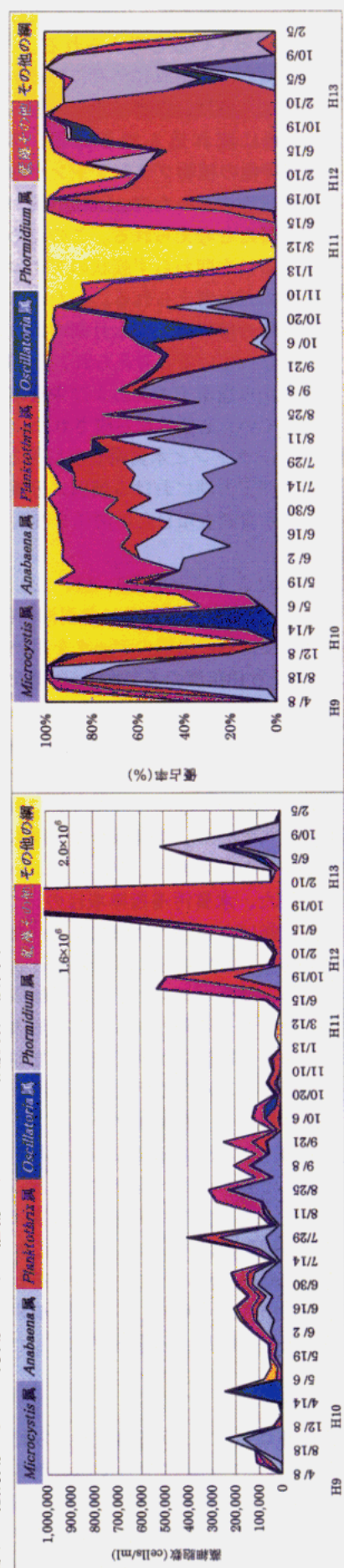


図6 三方湖における藍藻網各属の細胞数および優占率

運ばれるため¹¹⁾、塩素イオンの流入と並行して無機栄養塩の流入も起こっていると考えられる。このことから、塩素イオンが高かった平成12年度に*Planktothrix*属によるアオコが発生したのは、塩素イオンの流入と共に無機栄養塩も三方湖に流れ込んできたが、高塩分のため*Microcystis*属等他の植物プランクトンが増殖できず、高塩分に比較的耐性のあった*Planktothrix*属が栄養塩を独占状態で摂取し得たと考えられる。このため、群体を形成しない属であるにも関わらず膜状のアオコの形成に至るまで増殖したのだと考えられる。したがって、今後は三方湖の汚濁機構の解析の上で水月湖の嫌気性層の影響は重要な因子になっていると考えられ、三方湖のみならず、総合的な視点から塩素イオンおよび栄養塩類の動態・関係等を検討していく必要性が示唆された。

3.2 植物プランクトンと水質調査項目等との関係

北潟湖および三方湖における網別に分類した植物プランクトンと各水質調査項目との関係を検討した。

3.2.1 北潟湖

先にも述べたように、平成9、11、12、13年度は植物プランクトン、水質調査項目共に北潟湖南部のデータを、また平成10年度は日の出橋のデータを用いている。

平成9年度から13年度の各年度と5年間を通したデータの各水質調査項目および網別の植物プランクトンに関してクラスター分析を行った（別図1）。COD、SS、T-P、クロロフィル等水質汚濁の指標となるような項目はいずれの分析結果においても同じグループに属し、そこには珪藻綱も含まれていた。藍藻綱や緑藻綱もこのグループに含まれていることもあったが、年によって異なる結果となった。また、水質汚濁指標項目の一つであるT-Nに関しては先に挙げた項目とは独立していた。これは、北潟湖では冬季にT-Nが非常に高い値をとり、過剰に存在しているため、植物プランクトンが撹制限の状況下で生長しているためだと考えられる。この窒素が高い状況下において秋季から初夏にかけて珪藻が増殖し、水質汚濁指標項目に影響が及んだのだと推察される。

また、珪藻綱の中でも海洋プランクトンによく見られる*Cyclotella*属、*Chaetoceros*属あるいは*Skeletonema*属等が優占することもあるが、塩素イオンとこれら珪藻綱との相関は低く、逆に負の相関関係（塩素イオンが増加すると珪藻綱の細胞数は減少する関係）にあった。これは、海水の遡上に伴い、海水中に含まれるそれらの細胞数が増加としたというよりもむしろ、開田橋以南の汽水域において再生産した結果、細胞数が増加したのだと考えられた。

3.2.2 三方湖

三方湖東部における、平成9年度から13年度の各年度と5年間を通したデータに関してのクラスター分析を北潟湖同様に行った（別図2）。その結果、総細胞数と藍藻、およびアオコ形成種は非常に近い関係にあり、クラスター分析からも三方湖で出現する植物プランクトンが藍藻

中心であることが示された。また、それらとCOD、SS、T-N、T-Pおよびクロロフィル等の水質汚濁指標項目は同じグループにあり、藍藻、とくにアオコ形成種の増殖が汚濁の要因になっていることが推察できた。

3.3 植物プランクトンの画像

北潟湖・三方五湖で出現した植物プランクトンの画像を福井県衛生環境研究センターのホームページ「みどりネット」内に掲載した（<http://www.erc.pref.fukui.jp/center/mizu/pla/index.html>）。

4 まとめ

北潟湖および三方湖における5年間の植物プランクトンの変遷についての調査結果は以下のとおりである。

- (1) 北潟湖では藍藻綱、珪藻綱、緑藻綱が共存しており、安定した植物プランクトン相であるということがうかがえた。
- (2) 三方湖は藍藻綱中心の植物プランクトン相となっているが、属別に見ると毎年優占種は変わっており、不安定な状態になっていると推察された。
- (3) 三方湖で例年優占していた*Microcystis*属や*Anabaena*属の発生は少なくなり、*Planktothrix*属や*Phormidium*属等の糸状性藍藻が優占するようになってきた。これと並行してアオコの発生も非常に少なくなった。
- (4) 植物プランクトンの絶対数は、三方湖が北潟湖に比べ多かったが、出現種数は北潟湖のほうが多い傾向にあった。
- (5) クラスター分析の結果、北潟湖では珪藻綱が、また三方湖では藍藻綱が水質汚濁項目と同じグループに入り、汚濁の主要因となっていることが推察された。

参考文献

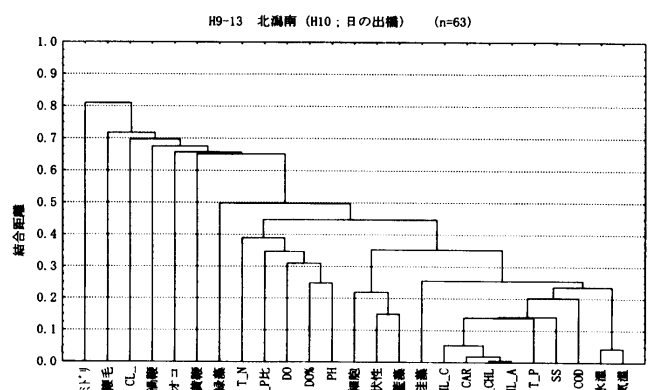
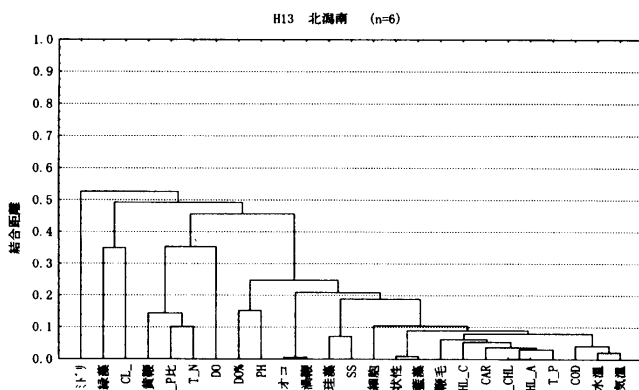
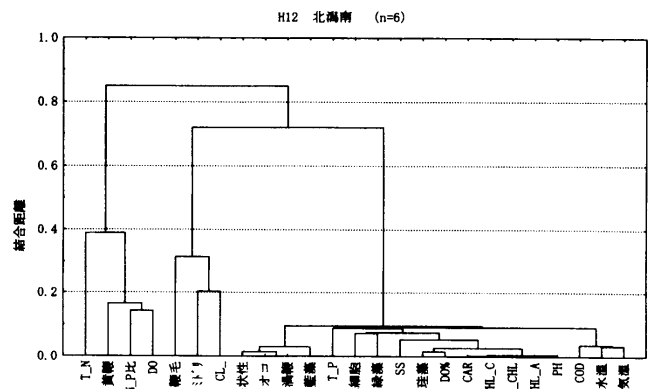
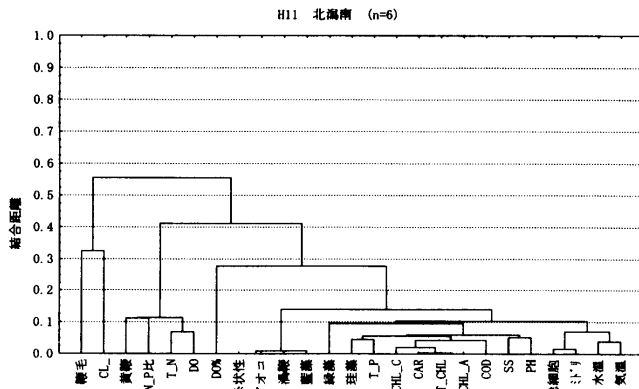
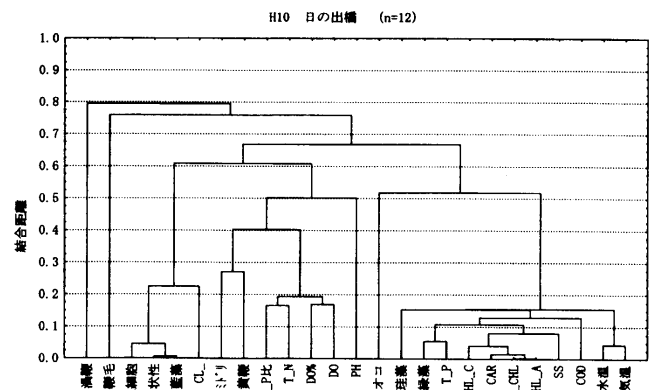
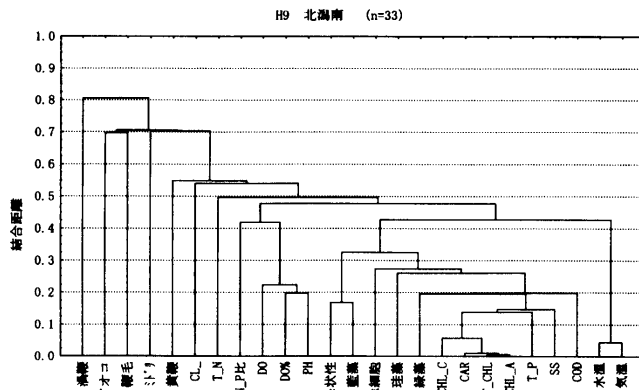
- 1) 片谷千恵子　ほか：北潟湖・三方湖におけるプランクトンの季節的変動について（第1報），福井県環境科学センター年報，**27**，pp.90 - 96，1997.
- 2) 片谷千恵子　ほか：北潟湖・三方湖におけるプランクトンの季節的変動について（第3報），福井県環境科学センター年報，**27**，pp.70 - 77，1998.
- 3) 相崎守弘　ほか：アオコ指標による霞ヶ浦の評価，アオコの計量と発生状況、発生機構—アオコ指標検討会資料—，F-72-95/NIES，p.p.33 - 39，1995
- 4) 福井県環境科学センター：アオコ除去技術開発事業報告書，p.p.20 - 28，2001
- 5) 塚崎嘉彦　ほか：北潟湖におけるヒシ（*Trapa* sp.）の水質への影響に関する研究，福井県環境科学センター年報，**29**，pp.103 - 106，1999.
- 6) 塚崎嘉彦　ほか：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**，pp.85 - 87，2000.
- 7) Takamura, N. and M. Aizaki : Change in Primary Production in Lake Kasumigaura (1986 - 1989) Accompanied by

Transition of Dominant Species, Jpn. J. Limnol., 52, 3, 173 - 187, 1991

- 8) 杉浦則夫：アオコ・その発生と浄化対策, 水環境学会誌, 17, 2 - 6, 1994
- 9) 一瀬諭、若林徹哉：琵琶湖南湖における「水の華」形成プランクトン調査 —1984～1987—, 滋賀県衛生環境セ

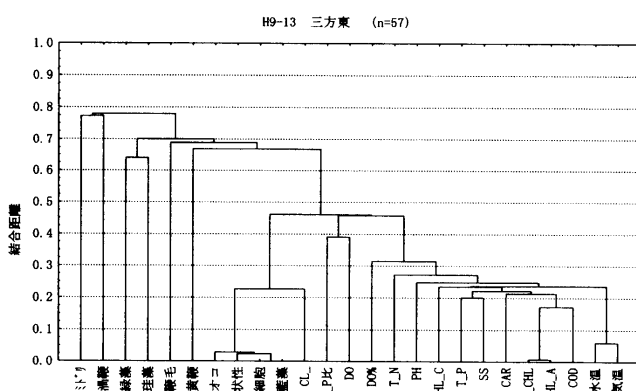
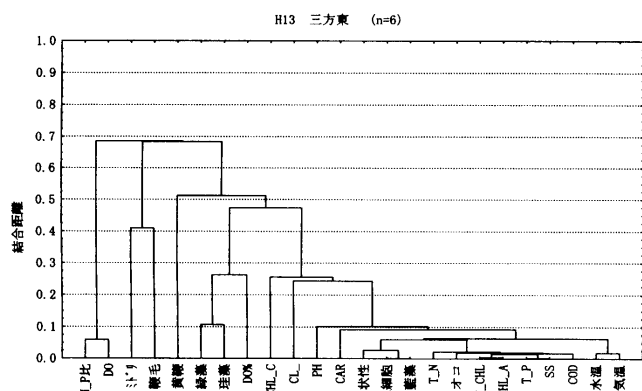
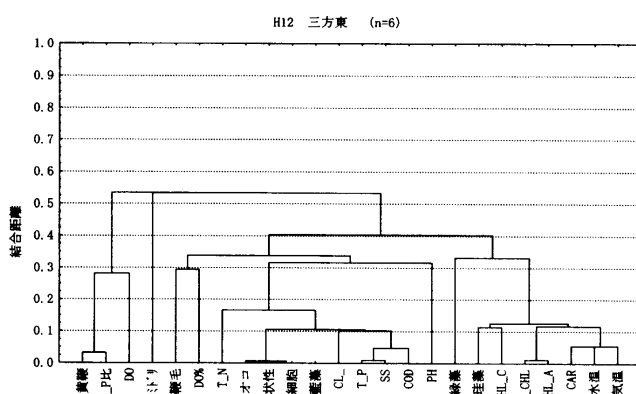
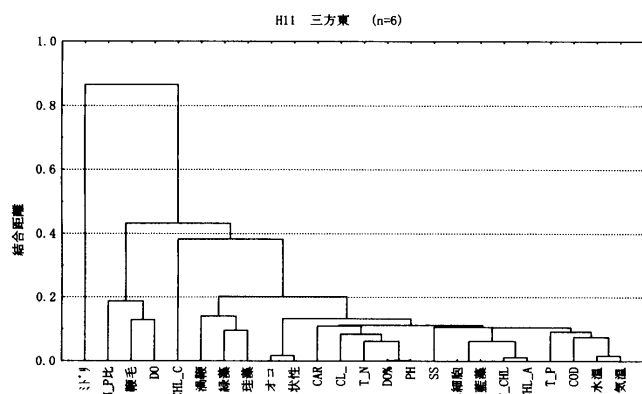
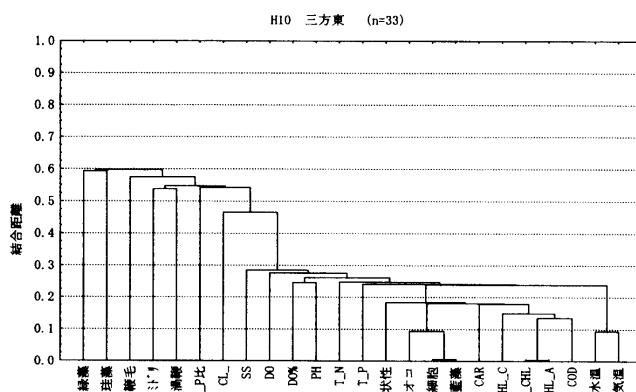
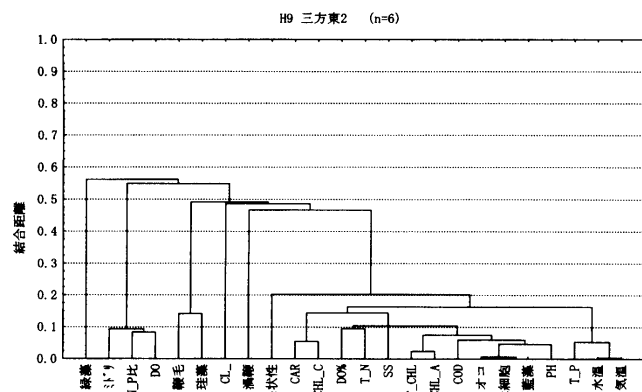
ンター所報, 23, 76-86, 1988

- 10) 高村典子：ラン藻による水の華、特に*Microcystis*属の生態学的研究の現状, 藻類, 36, 65-79, 1988
- 11) 三上英敏：網走湖の陸水学的特徴と長期的環境変化, R-153-2000/NIES, p.p.5 - 33, 2000



略称	項目名	略称	項目名	略称	項目名	略称	項目名	略称	項目名
CAR	カロチノイド	黄藻	黄色鞭毛藻綱	渦藻	渦鞭毛藻綱	シリ	ミドリムシ藻綱	糸状性	糸状性藍藻
藍藻	藍藻綱	珪藻	珪藻綱	鞭毛	鞭毛藻綱	緑藻	緑藻綱	アオコ	アオコ形成種

別図1 北潟湖における平成9年度から13年度の各年度別および5年間を通した各水質調査項目および網別の植物プランクトンに関するクラスター分析 [最近隣法・1-r (相関係数)]



略称	項目名	略称	項目名	略称	項目名	略称	項目名	略称	項目名
CAR	カロチノイド	黄藻	黄色鞭毛藻綱	渦鞭	渦鞭毛藻綱	シリ	ミドリムシ藻綱	糸状性	糸状性藍藻
藍藻	藍藻綱	珪藻	珪藻綱	鞭毛	鞭毛藻綱	緑藻	緑藻綱	アオコ	アオコ形成種

別図2 三方湖東部における平成9年度から13年度の各年度別および5年間を通した各水質調査項目および網別の植物プランクトンに関するクラスター分析 [最近隣法・1-r (相関係数)]