

## 琵琶湖北湖における植物プランクトン総細胞容積量の長期変遷と近年の特徴について -2001年度から2005年度を中心に-

一瀬諭・若林徹哉・古田世子・吉田美紀・岡本高弘・原良平・青木茂

### 要約

琵琶湖北湖中央における第1次生産者の変遷についての知見を得るため、各植物プランクトンの細胞容積の積算値から総細胞容積量を求めた結果、1978年から1990年にかけては減少傾向が認められた。しかし、その後、増加傾向に転じ、2002年以降には再び減少傾向が認められた。季節的な増減は秋季に増加し冬季に減少するが、その季節的な変動幅は2000年以降小さくなる傾向にあった。優占種の長期変化は1988年から1991年にかけて冬季に小型珪藻が増加する一方で大型緑藻が減少する傾向を示した。その後、渦鞭毛藻や褐色鞭毛藻および藍藻が徐々に増加する傾向を示した。しかし、2005年には再び緑藻が年間を通じて多く出現し、植物プランクトンの季節的な変動の周期がさらに崩れてきていることが示唆された。1ml中に観察された種類数の変動は、1990年以降減少し、この約20年間で56%まで減少したことが明らかとなった。

### 1. はじめに

植物プランクトンは、第1次生産者として湖の生物生産上重要な役割を果たしている。プランクトン調査は、他の湖沼においても実施されているが、その評価はプランクトンの体積を考慮せず、細胞数や群体数で評価しているのが現状である。我々は、各種毎の平均細胞容積を求めることにより植物プランクトン総細胞容積量を宮井ら(1988)やP. E. Kovala *et al.* (1966)、今村ら(1981)の方法に準じて算出し、植物プランクトンの形態に基づく総細胞容積量の推定について検討(1995)してきた。またこの方法により、1978年から2000年までの北湖中央部における植物プランクトンの総細胞容積量について、琵琶湖の植物プランクトンデータ集(1978-2003)の結果をもとに報告してきた(1999、2001)。

今回、その後の植物プランクトン相と総細胞容積量について取りまとめて報告するとともに、クロロフィル-a量との関連についても報告する。

### 2. 方法

#### 2.1 調査地点

植物プランクトン調査は図1に示した今津沖中

央(以下、「北湖中央」と呼ぶ)の水深0.5m層(表層)の1地点で実施した。



図1 琵琶湖におけるプランクトン調査地点

## 2.2 調査回数

植物プランクトン調査は1978年1月から2005年12月までの28年間、原則として毎月上旬と中旬の2回実施した。クロロフィル-a量は1979年1月から2005年12月までの27年間、原則としてプランクトン調査と同時期（毎月上旬と中旬の2回）に実施した。

## 2.3 調査項目

植物プランクトンについては、種類、細胞数（藍藻は群体数）を計数し、種類毎に算出した平均細胞容積との積から総細胞容積量を算出した。

クロロフィル-a量はアセトン水抽出分光光度法（上水試験法：2001）により測定した。

## 2.4 植物プランクトンの計数

植物プランクトン計数法や各細胞容積の計算法および同定法については一瀬ら（2001）の方法に従った。また、分類・計数された各綱の中で藍藻類に属する種類については細胞が微細で、しかもそれらが集まって「塊状」や「糸状」の群体を形成する種類が多いことから、今回、再検討し1群体当たりの平均細胞数を求めた。この算出には、キャピラリー洗浄法により複数の調査地点から群体を分離し、スライドガラス上に移し、カバーガラスで押し潰し、1群体当たりの細胞数を顕微鏡下で計数し、その平均的な概算値を求めた（表1：文末）。今回、概算値を求めた藍藻の種類の中で87%の種類が寒天質の膜を有する種類であり、その各細胞は球形（ $100\mu\text{m}^3$ 前後）で小型のものが多かった。このほか、特徴的な種として寒天質の皮膜を有しない*Oscillatoria kawamurae*のような超大型の種も認められた（一瀬ら，1999）。本種は、円盤形の細胞（直径74~88 $\mu\text{m}$ 、細胞高5~13 $\mu\text{m}$ 、平均細胞容積36,000 $\mu\text{m}^3$ ）が一行に200細胞以上が集まり糸状の群体を形成する種類である（本種の計数は1群体、1mmを1単位とし、1単位は約100細胞）。藍藻以外の種類の計数は、単細胞のものも群体を形成するものも全て細胞数を計数した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 近年の植物プランクトン総細胞容積量の変動

2001から2005年度の以降の主な植物プランクトンの出現状況と植物プランクトン総細胞容積量の変化について報告する。

#### 3.1.1 2001年度（平成13年度）

2001年度における植物プランクトンの総細胞数は、330~9,600cells/mlで変動し、その平均は2,600cells/mlであり、2002年度の平均値1,200cells/mlの2倍以上であり、比較的多くのプランクトンが計数された。その時の植物プランクトン総細胞容積量の変動を図2に示した。5月の増加時は、高気圧に覆われ晴れの日が続き、淡水赤潮の原因となる黄色鞭毛藻の*Uroglena americana*（7,800cells/ml）や珪藻に属し、帯状の群体を形成する*Fragilaria crotonensis*（1,400cells/ml）および大型緑藻で長い針状を示す*Closterium aciculare* var. *subprorum*（100cells/ml）などの種類が多く出現した。6月に入っても晴れの日が多く緑藻の中でも大型の*Staurastrum dorsidentiferum* var. *ornatum*（150cells/ml）が出現し、また、8月には藍藻に属し球状の群体を形成する*Gomphosphaeria lacustris*（220群体/ml）や小型の細胞が集合し群体を形成する緑藻の*Coelastrum cambricum*（5,200cells/ml）が増加した。さらに、この緑藻に属する種類は10月に入っても6,100cells/mlと多く計数された。11月に入ると緑藻の中でも球形細胞が群体を形成し、その群体が透明な寒天質の膜によって全体が包まれる*Planktosphaeria* sp.（640cells/ml）や*S. dorsidentiferum* var. *ornatum*（280cells/ml）が多く計数された。12月に入っても11月に出現した緑藻および*F. crotonensis*（400cells/ml）などの種類が出現した。

2001年度の主な特徴は、1~3月に大型緑藻が多く出現し、年間を通じて総細胞容積量が比較的多く推移し、中でも緑藻の増加が長期間続いたことであった。

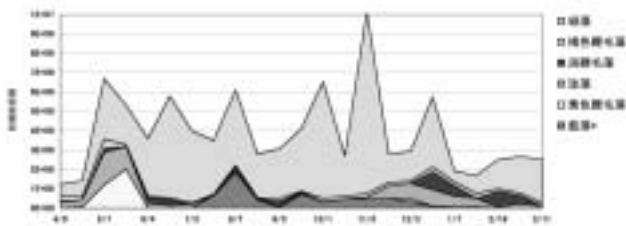


図2 平成13年度 植物プランクトン総細胞容積調査結果（今津沖中央）水深0.5m

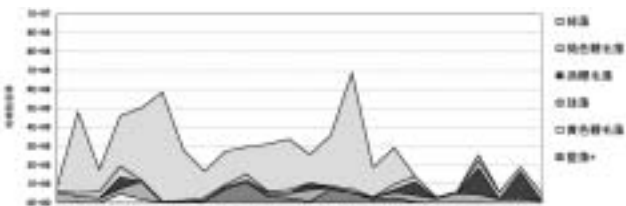


図3 平成14年度 植物プランクトン総細胞容積調査結果（今津沖中央）水深0.5m

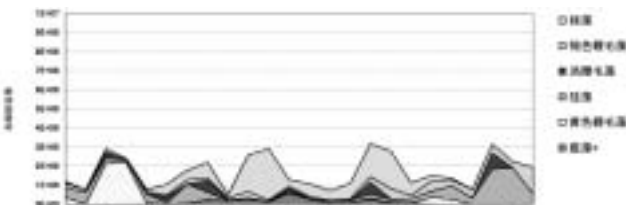


図4 平成15年度 植物プランクトン総細胞容積調査結果（今津沖中央）水深0.5m

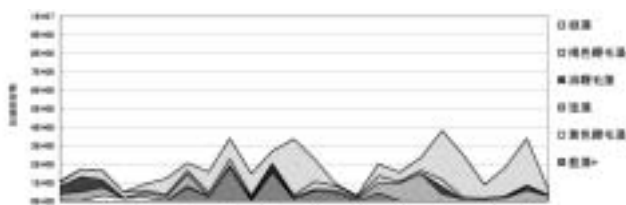


図5 平成16年度 植物プランクトン総細胞容積調査結果（今津沖中央）水深0.5m

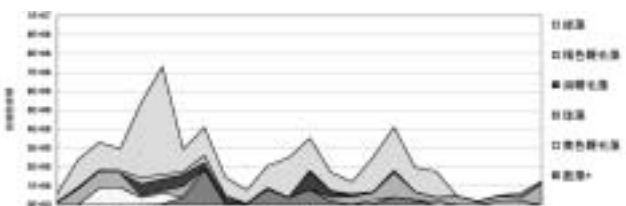


図6 平成17年度 植物プランクトン総細胞容積調査結果（今津沖中央）水深0.5m  
（グラビア8頁参照）

### 3.1.2 2002年度（平成14年度）

2002年における植物プランクトン総細胞数は260～3,100cells/mlで変動し、その平均は

1,200cells/mlであった。この時期における総細胞容積量の経月変動を図3に示した。4月には例年みられる珪藻や黄色鞭毛藻は少なく、大型緑藻の *C. aciculare* var. *subpronum* (160cells/ml) やヒザオリと呼ばれている大型緑藻の *Mougeotia* sp. (100cells/ml) がこの時期としては珍しくみられた。この要因としては、冬季の1～3月にかけて比較的高温の日が続き大型緑藻が増加したことが影響したものと考えられた。6月にも *C. aciculare* var. *subpronum* (420cells/ml) が引き続き多く、8月にはアオコの原因となる糸状性藍藻の *Anabaena affinis* (220群体/ml) や球形の群体を形成する *G. lacustris* (120群体/ml) などが出現した。11月の増加時には緑藻の *S. dorsidentiferum* var. *ornatum* (180cells/ml) が最も多かった。2～3月の総細胞容積量の増加時には、細胞数は少なかったが大型の渦鞭毛藻に属する *Gymnodinium helveticum* (40cells/ml) が多くみられた。

2002年度における植物プランクトン総細胞容積量の増加は、5月と11月にピークが認められ、中でも5～6月に黄色鞭毛藻の *U. americana* が少なく、緑藻に属する種の増加が顕著にみられたことであった。

### 3.1.3 2003年度（平成15年度）

2003年度における総細胞数は580～8,700cells/mlで変動し、その平均は2,000cells/mlであった。この期間における総細胞容積量の経月変動を図4に示した。5月の増加時は黄色鞭毛藻の *U. americana* (7,200cells/ml) が多く、7月には珪藻で琵琶湖固有種である *Stephanodiscus suzukii* (240cells/ml) や *Cyclotella* sp. (340cells/ml)、緑藻に属する *Planktosphaeria* sp. (260cells/ml) などが主に出現した。9月に入ると緑藻で各細胞が寒天糸で繋がる *Cosmoecium constrictum* (600cells/ml) や小型の細胞が集まり群体を形成する藍藻の *Aphanotece clathrata* (240群体/ml) が主に出現した。11月には緑藻の *Planktosphaeria* sp. (320cells/ml) や2月の増加時には珪藻の *F. crotonensis* (1,200cells/ml)、小型の単細胞で遊泳する褐色鞭毛藻の *Rhodomonas* sp. (780cells/ml) などが

多く計数された。

2003年度の主な特徴は、春季に*U. americana*の増加が認められたが、その後、梅雨前線の影響や台風の影響もあり、年間を通じて植物プランクトン総細胞容積量が少なく推移したことであった。

### 3.1.4 2004年度（平成16年度）

2004年度における総細胞数の変動は360～2,800cells/mlと比較的少ない範囲で変動し、その平均は1,300cells/mlであった。この期間中の総細胞容積量の経月変動を図5に示した。4月には毎年この時期に多く認められる*Asterionella formosa* (760cells/ml)や褐色鞭毛藻の*Rhodomonas* sp. (700cells/ml)大型の渦鞭毛藻に属する*G. helveticum* (40cells/ml)などが主に出現した。7月には藍藻に属し群体を形成する*A. clathrata* (1,500群体/ml)や寒天質の膜に包まれて出現する緑藻の*Planktosphaeria* sp. (240cells/ml)、中心目珪藻の*S. suzukii* (160cells/ml)が出現した。8月には、緑藻の*C. cambricum* (1,100cells/ml)、褐色鞭毛藻の*Rhodomonas* sp. (600cells/ml)、藍藻の*G. lacustris* (340群体/ml)が主に出現した。9月に入ると緑藻の*C. cambricum* (640cells/ml)や藍藻*A. clathrata* (220群体/ml)、*Microcystis* sp. (100群体/ml)と多くの種類が出現した。また、3月には大型緑藻の*S. dorsidentiferum* var. *ornatum*や*Mougeotia* sp.が細胞数は少ないが出現した。

2004年度の主な特徴は、気象では計10個の台風が日本に上陸するなど、風雨の影響が断続的であった年であり、植物プランクトン相も年間を通じて優占種の交代が早かった。また、水温が低い時期である冬季にも緑藻に属する種の総細胞容積量が多かったことであった。

### 3.1.5 2005年度（平成17年度）

2005年度における総細胞数は280～5,000cells/mlで変動し、その平均は1,300cells/mlであった。この期間における総細胞容積量の経月変動を図6に示した。5月から6月は移動性高気圧に覆われて晴れの日が多く、*U. americana* (2,200cells/ml)や大型緑藻の*Mougeotia* sp.

(140cells/ml)、*S. dorsidentiferum* var. *ornatum* (60cells/ml)などが出現し、大きな増加がみられた。7月には藍藻の*G. lacustris* (340群体/ml)や*A. clathrata* (180群体/ml)が出現し、緑藻では*Planktosphaeria* sp. (140cells/ml)が出現した。10月には藍藻の*Chroococcus dispersus* (160群体/ml)と緑藻の*C. cambricum* (320cells/ml)が確認された。12月には、珪藻に属する*Aulacoseira granulata* (500cells/ml)や*F. crotonensis* (280cells/ml)が出現した。また、3月には珪藻の*F. crotonensis* (360cells/ml)や、近年減少傾向で見られることが少なくなっている琵琶湖固有種の*Aulacoseira nipponica* (300cells/ml)が出現した。

2005年度の主な特徴は、春季に晴天が続き、植物プランクトンの総細胞容積量は多かったが、小雨となった夏季から秋季にかけての増加が少なかったことであった。

## 3.2 近年（2001年度から2005年度）における優占種の変遷の特徴

近年（2001年度から2005年度）の植物プランクトンの優占種の変遷の特徴について検討する。ここで言う優占種とは、その単位水量（1ml）あたりの総細胞容積量（ $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ ）が最も多かった種類として示している。

### 3.2.1 優占種の年変動の変遷と特徴

琵琶湖北湖中央における各種類の総細胞容積量からみた優占種の変化を図7に示した。過去28年間における主な優占種の変遷は、5～6月は黄色鞭毛藻（赤色）が優占することが多く、夏季から秋季にかけては緑藻（緑色）、その後、1～3月の冬季には珪藻（黄色）や鞭毛藻（ピンク）が優占するような規則性のあるサイクル（一瀬ら、2001）が認められた。しかし、今回の2001年から2005年の結果では、珪藻（黄色）が優占種となる回数は少なく、1990年代の後半にみられた緑藻（緑色）や渦鞭毛藻（ピンク）、褐色鞭毛藻（茶色）などの鞭毛を有する種類が増加する傾向が強まった。また、同じ鞭毛藻に属する種類の中でも黄色鞭毛藻（赤色）が優占する回数について

測定方法: 直接計数による(1mlをプランクトン計数板で計数)

月年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
78	MS	-	MS	-	CA	-	CSP	-	UA	-	UA	-	PL	PL	PL	PL	PL	PB	DO	MO	DO	DO	CA	
79	DO	CA	DO	DO	DO	CA	CA	GY	UA	CA	MO	CA	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	PB	SA
80	SCP	MS	FC	MI	MI	MI	SCP	SCP	GY	UA	UA	CA	DO	DO	MO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO
81	DO	DO	DO	DO	MS	MS	GY	MS	UA	UA	MO	MO	PL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	FC	DO
82	CA	MO	SA	MS	SA	-	MO	MS	CSP	UA	PL	PL	PL	PL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	SA	PL	SA
83	SA	DO	SA	MS	MS	GY	MO	CA	CA	CA	CA	CA	PL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	-	DO	SA
84	SA	SA	SA	CR	MS	MS	FC	AF	UA	UA	PL	DO	DO	DO	DO	-	PL	PL	AC	DO	DO	PL	PL	PL
85	CA	MS	PL	GY	CA	SCP	SCP	DC	UA	CA	CA	CA	CA	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	SCP	SCP	
86	SCP	CR	CR	CR	SCP	SCP	AF	PB	CR	UA	SCP	SCP	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO
87	DO	DO	DO	GY	GY	SCP	GY	CR	DB	FC	FC	CA	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	FC
88	SCP	SCP	SCP	SCP	SCP	CA	CA	CA	CA	CR	UA	UA	CA	-	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	CDM	SCP	SCP
89	SCP	SCP	SCP	SCP	SCP	SCP	SCP	SCP	UA	UA	UA	SCP	CA	CC	DO	MC	DO	GL	GL	GL	COS	COS	COS	COS
90	CR	CR	COS	GY	CR	GY	MI	CR	CH	UA	CH	CA	CA	CA	CC	CC	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	SC
91	SC	SC	SC	SC	AF	AF	GY	SA	CH	UA	UA	CH	DO	SC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	CA	SA	CR
92	DO	DO	CR	SC	GY	CR	CSP	SP	CA	UA	CA	CA	CA	CA	CA	MI	MI	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO
93	DO	CA	DO	SP	DO	MF	CA	CA	CA	UA	CA	CA	DO	CA	DO	DO	GL	DO	DO	DO	COS	-	CR	COS
94	SC	SC	GY	GY	DO	CA	AF	UA	UA	UA	CA	CA	CA	DO	GL	DO	COS	DO	SA	DO	DO	CH	CR	GY
95	SC	SC	SC	CH	SC	SC	CH	CR	SC	UA	SC	DO	CH	DO	GL	CC	CC	CC	PL	DO	DO	DO	DO	DO
96	DO	CH	CR	CR	SC	CSP	SC	CA	SC	UA	CA	CA	CA	MO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	MG	SC	SC
97	-	GY	GY	SC	SC	SC	CR	CH	UA	UA	UA	CH	CR	SA	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	SA	CR
98	XH	DO	GY	DO	GY	DO	DO	DO	DO	CA	DO	DO	DO	DO	DO	AC	DO	MO	DO	DO	DO	DO	DO	SC
99	GY	-	GY	CR	GY	GY	CR	SC	CH	-	DO	FC	DO	GL	GL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO
2000	SA	DO	CH	GY	CR	SA	FC	FC	MO	DO	MO	CH	PL	GL	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
2001	DO	DO	DO	SA	DO	SU	DO	CA	DO	UA	DO	DO	DO	CC	CC	DO	CC	CC	CC	DO	DO	DO	DO	DO
2002	GY	DO	-	DO	DO	SA	AF	MO	CA	CA	CA	CA	CA	DO	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	CH
2003	SC	SC	GY	CR	GY	CR	SC	SC	UA	UA	SC	DO	SC	DO	AC	DO	DO	CC	DO	DO	DO	DO	DO	CR
2004	CR	MF	CR	GY	AF	CR	GY	GY	CR	CR	DO	DO	AC	SA	GL	CC	SA	MI	DO	MW	SC	DO	SC	MG
2005	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	MO	MO	DO	GL	DO	DO	XH	SA	CH	DO	DO	SA	SA	DO

凡例:

藍藻	MI <i>Microcystis incerta</i>	SU <i>Synedora ulna</i>	緑藻	MO <i>Mougeotia</i> sp.
	MW <i>Microcystis wesenbergii</i>	SC <i>Stephanodiscus suzukii</i>		COS <i>Cosmoecium constrictum</i>
	GL <i>Gomphosphaeria lacustris</i>	SCP <i>Stephanodiscus pseudosuzukii</i>		CA <i>Closterium aci. var. subpronum</i>
	CDM <i>Chroococcus dis. var. minor</i>	FC <i>Fragilaria crotonensis</i>		CSP <i>Closterium</i> sp.
黄色鞭毛	AC <i>Aphanothece olathrata</i>	AF <i>Asterionella formosa</i>		DO <i>Staurastrum dor. var. ornatum</i>
	UA <i>Uroglena americana</i>	GY <i>Gymnodinium helveticum</i>		SA <i>Staurastrum arcticum</i>
	CR <i>Chrysoamoeba radians</i>	PB <i>Peridinium berolinense</i>		SP <i>Staurastrum pingue</i>
	DC <i>Dinobryon cylindricum</i>	CH <i>Ceratium hirundinella</i>		XH <i>Xanthidium hastiferum</i>
	DB <i>Dinobryon bavaricum</i>	CR <i>Cryptomonas</i> sp.		PB <i>Pediastrum biwae</i>
珪藻	MF <i>Mellomonas fastigata</i>	SSP <i>Sphaerocystis</i> sp.		- 欠測
	MS <i>Aulacoseira nipponica</i>	MC <i>Monoraphidium contorta</i>		
	MI <i>Aulacoseira italica</i>	PL <i>Planktosphaeria</i> sp.		
	MG <i>Aulacoseira granulata</i>	CC <i>Coelastrum cambricum</i>		
	SA <i>Synedora acus</i>	GL <i>Gloeoecystis</i> sp.		

図7 琵琶湖北湖の植物プランクトン優占種(細胞容積)の経年変動(1978-2005年)

(グラビア9頁参照)

は、減少する傾向が続いており、淡水赤潮の発生に至る回数も減少傾向にあった（吉田，2006）。特に2001年度、2002年度、2005年度は年間を通じて緑藻が優占する回数が多かった。このように2001年度以降の植物プランクトン優占種の変遷は、年間を通じて緑藻が優占する傾向が強まり、季節に応じた優占種が出現することが、みられなくなってきたことが推察された。

### 3.2.2 優占種の季節的な長期変遷

植物プランクトン優占種の交代を、湖水の循環期である2月、淡水赤潮発生期である5月、水温躍層が強固になる8月、溶存態リンの枯渇期である10月に注目し検討した結果、琵琶湖水温が低く上下混合が起これ、その湖水が絶えず循環している2月には、1980年代では大型緑藻の*S. arcticon*や珪藻に属する*S. pseudosuzukii*（旧記載：*Stephanodiscus carconensis*）が主に優占種となっていたが、1994年以降は渦鞭毛藻の*G. helveticum*や褐色鞭毛藻の*Cryptomonas* sp.などの種類に変化してきている。しかし、2001、2002、2005年には、緑藻が多く計数され、特に*S. dorsidentiferum* var. *ornatum*が出現し優占することが多かった。

5月は水温の上昇期であり、毎年のように、この時期に淡水赤潮が発生していた。本調査の定点でも1979年からこの原因となる*U. americana*が優占種となっていたが、1998年以降には優占種ならなくなった。

湖水表層水温が上昇し、水温躍層が強固になる8月は、1993年までは大型緑藻の*S. dorsidentiferum* var. *ornatum*が優占する回数が最も多かったが、1994年度以降、寒天質で群体を包み込むような*G. lacustris*や*A. clathrata*などの藍藻も優占種となって出現するようになった。また、水温躍層形成の末期に近づく10月のリン枯渇期には、殆どが緑藻の*S. dorsidentiferum* var. *ornatum*によって占められていたが2004年度にはアオコの原因となる*Microcystis wesenbergii*が一時的ではあるが優占種となった。本種は1994年度から北湖沿岸や港内などの一部水域においてアオコ現象を引き起こしていたが、北湖中央部においても本

種が植物プランクトンの優占種となったことは、過去にはなかったことである。

### 3.3 総細胞数の長期変動

1979年度以降の植物プランクトン総細胞数の長期変動を図8に示した。この調査期間中の総細胞数の変動は77~50,000cells/mlであり、その平均は1,700cells/mlであった。最も細胞数が多かった1980年7月では、*U. americana*が50,000cells/ml計数され、全体の99%以上を本種が占めていた。また、総細胞数の変動は春季に高く冬季に低く推移する傾向が認められ、図8に示したように長期的な変動はほとんど横ばいで推移したが、近年では冬季にやや増加傾向が認められた。

### 3.4 植物プランクトン総細胞容積量の変遷

植物プランクトン総細胞容積量の変遷を図9に示した。総細胞容積量は37,000~27,000,000  $\mu\text{m}^3$ /mlで変動し、その平均値は2,600,000  $\mu\text{m}^3$ /mlであった。この期間中に最も植物プランクトン総細胞容積量が大きかった1992年7月では、大型緑藻に属する*C. aciculare* var. *subpronum*や*S. dorsidentiferum* var. *ornatum*が多く出現し、この2種により7月6日には全体の93%が占められていた。また、総細胞容積量が少なかった時期は1984年4月であった。

経年的な変動の特徴は、図9でみると1978年か

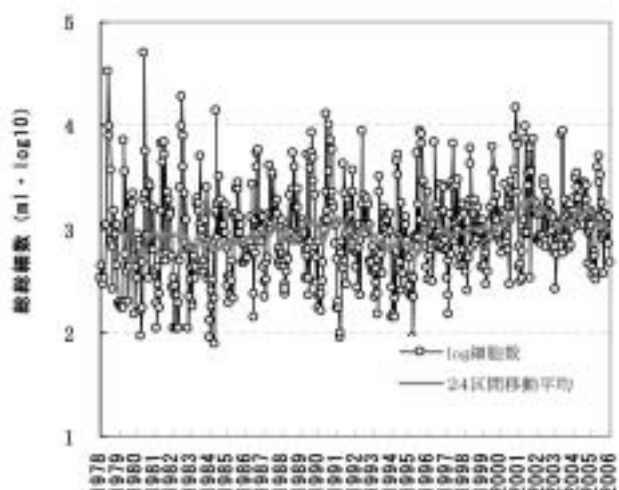


図8 琵琶湖北湖（今津沖中央）における植物プランクトン総細胞数の経年変動（1978-2005）

ら1989年までは増減を繰り返しながらも横ばいから減少傾向を示したが、1990年以降は徐々に増加傾向が認められ、また、2002年以降はやや減少か横ばいの傾向が認められた。

次に1細胞当たりの平均細胞容積の変動を図10に示した。最小になったのは1989年5月で $156 \mu\text{m}^3/\text{cell}$ 、最大となったのは1981年8月で $16,600 \mu\text{m}^3/\text{cell}$ であった。また、各年度平均値でみた結果では、最小は、1989年度で $676 \mu\text{m}^3/\text{cell}$ であり、最大は、1999年度で $2,810 \mu\text{m}^3/\text{cell}$ であった。本調査期間を通しての平均細胞容積量は $2,200 \mu\text{m}^3/\text{cell}$ であった。特徴としては1989年から1991年には、急激なサイズの小型化がみられたことである。この年度にはピコ植物プランクトン（通常の光学顕微鏡では微小で観察不可。落射蛍光顕微鏡により計数可。）が琵琶湖北湖で1,000,000 cells/ml以上の発生（一瀬, 1995）し、また、普通サイズの植物プランクトンの総細胞容積量の減少も同時に認められた。さらに、この1989年から1992年の時期には、琵琶湖北湖でピブリオ病によると思われるアユの大量へい死（推定量は約100~400万尾/年）が認められた年である（里井, 1995）。

図11に藍藻の経年変化を示した。1989年のピコ植物プランクトンの大量発生以前は比較的藍藻の総細胞容積量は少なかったが、その後、この藍藻に属する種類の増加傾向が認められた。また、これらの藍藻に含まれる種類の中には寒天質膜を細胞の周囲に有するものが多くを占め（全藍藻種の87%）てきていることも示唆された。

次に総細胞数と総細胞容積量との関係についてみると、図12に示したように総細胞数が多い時には総細胞容積量は少なく、総細胞容積量が多い時には総細胞数が増加するような関係が認められ、総細胞数が多い時に、必ずしも総細胞容積量が多いとは限らないと考えられた。このことは、植物プランクトン総細胞容積量はプランクトンの種類によって変動しているのではなく、湖水中に含まれる窒素やリンなどの栄養塩類濃度によっても制限されている可能性が推察された。

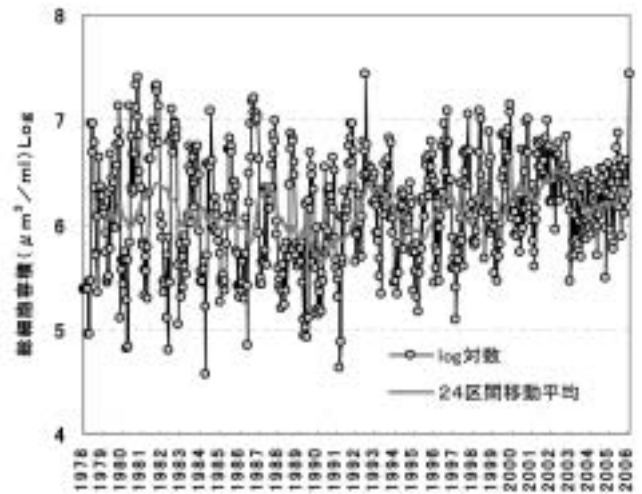


図9 琵琶湖北湖（今津沖中央）における植物プランクトン総細胞容積の変化（1978-2005）

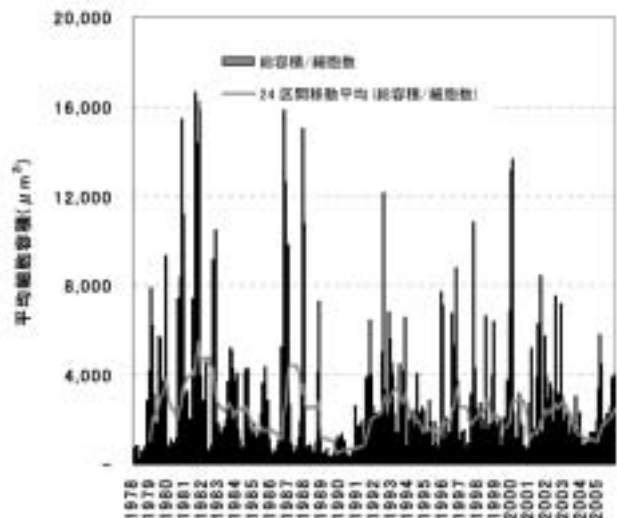


図10 北湖中央における一細胞当たりの細胞容積の変化（1978-2005）

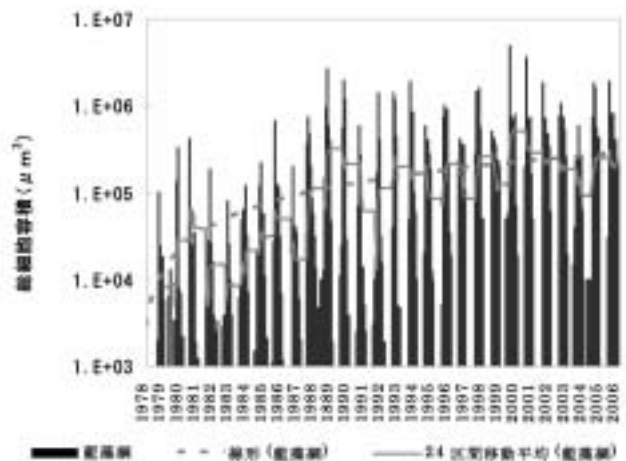


図11 琵琶湖北湖（今津沖中央）における藍藻類の経年変化（1978-2005）

### 3.5 総細胞数と植物プランクトン総細胞容積量の経月変動の長期変遷の特徴

経月的な総細胞数の変化および総細胞容積量の28年間の平均を図13、図14に示した。総細胞数の変動は、1～4月までは低く推移（約500cells/ml）していたが、5月に入ると*U. americana*の増加により、細胞数は最高値（4,500cells/ml）となった。その後、秋季にかけて徐々に減少傾向を示した。しかし、図14に示したように総細胞容積量では、4月上旬頃（610,000 $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ ）が最も少なく推移し、5月の総細胞数にみられた*U. americana*の増加は認められなかった。しかし10～11月（5,500,000 $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ ）である秋季に最も大きなピークを示した。

このことは、毎年、春季に大増殖を起こす*U. americana*は群体性の種類であり、1細胞当たりの細胞容積は98 $\mu\text{m}^3$ と小型であることから、細胞数としては多くても、全体の植物プランクトン総細胞容積量としては少なかったことが推察された。一方、この秋季の増加は単体で大きな細胞容積を持つ*Closterium*属（平均13,000 $\mu\text{m}^3$ ）や*Staurastrum*属（平均25,000 $\mu\text{m}^3$ ）などの緑藻の発生により細胞数は少なくとも植物プランクトン総細胞容積量としては大きかったことが明らかとなった。

### 3.6 クロロフィル-a量の変動（Chl-a： $\mu\text{g/l}$ ）

植物プランクトンに含有されている光合成色素量の一つであるクロロフィル-a量は図15に示したように0.6～29.5 $\mu\text{g/l}$ の間で変動し、平均値は4.2 $\mu\text{g/l}$ であった。クロロフィル-a量の変化をみると1980年度から2000年度までは10 $\mu\text{g/l}$ 以上の最大値が局所的に認められたが、2001年度以降は認められなくなり、長期的変動もやや減少傾向で推移していた。

### 3.7 プランクトン総細胞容積量とクロロフィルa量との関係

クロロフィル-a量の変動と植物プランクトン総細胞容積量の関係を図16に示した。北湖中央部では、プランクトン総細胞容積量が増加するとクロロフィル-a量も同様に濃度が増加する緩やか

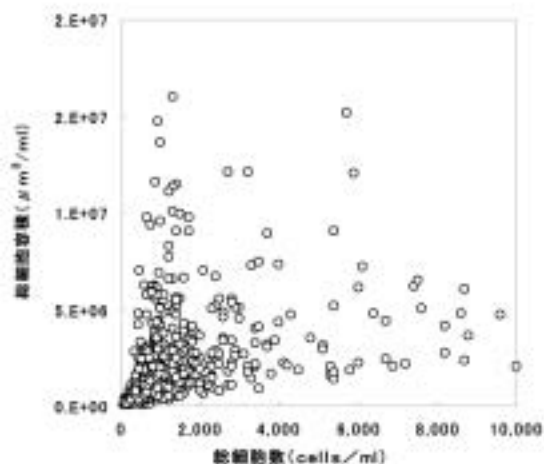


図12 琵琶湖北湖における総細胞容積と総細胞容積の関係

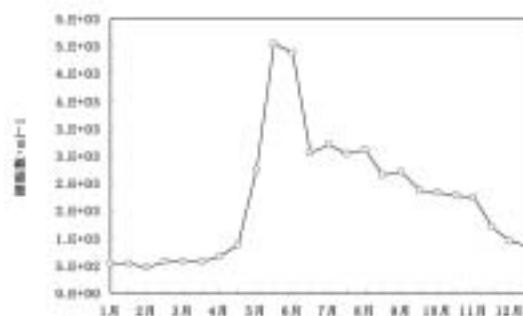


図13 北湖中央における平均細胞数の経月変動（1978-2005）

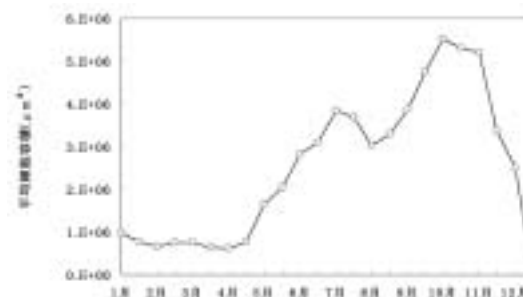


図14 北湖中央における平均総細胞容積量の経月変動（1978-2005）

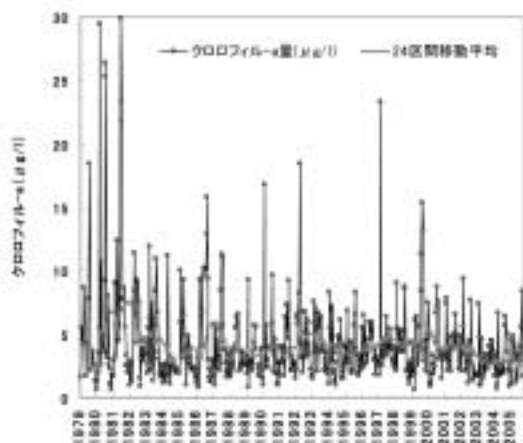


図15 琵琶湖（今津沖中央）におけるクロロフィルa量の変動



な正の相関 ( $R^2 = 0.58$ ) が認められた。

### 3.8 植物プランクトン量の近年の特徴

近年の植物プランクトン総細胞容積量の特徴をみるため図17および図18に総細胞容積量とクロロフィル-a量の変化を示した。今回、調査を3期間に分けて検討した。植物プランクトン総細胞容積量が徐々に減少傾向にあった1979から1988年の期間と1989年のピコ植物プランクトンが大量発生し、それ以外の植物プランクトンも一時的に小型化した1989年からの期間（1989から2000年）、そして、近年（2001から2005年）の3期間である。

図17および図18に示すように植物プランクトン総細胞容積量でもクロロフィル-a量でも、過去に明確に認められていた春季と秋季の増加のピークが、近年では殆ど認められなくなってきており、季節的な変動が少なくなっていることが明らか

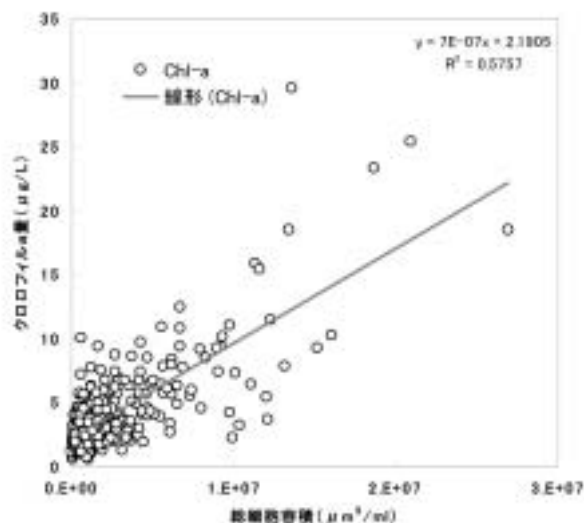


図16 クロロフィルa量と総細胞容積との関係

かとなった。さらに、植物プランクトン総細胞容積量とクロロフィル-a量の関係では、緩やかな正の相関 ( $R^2 = 0.58$ ) が認められ、近年は藍藻

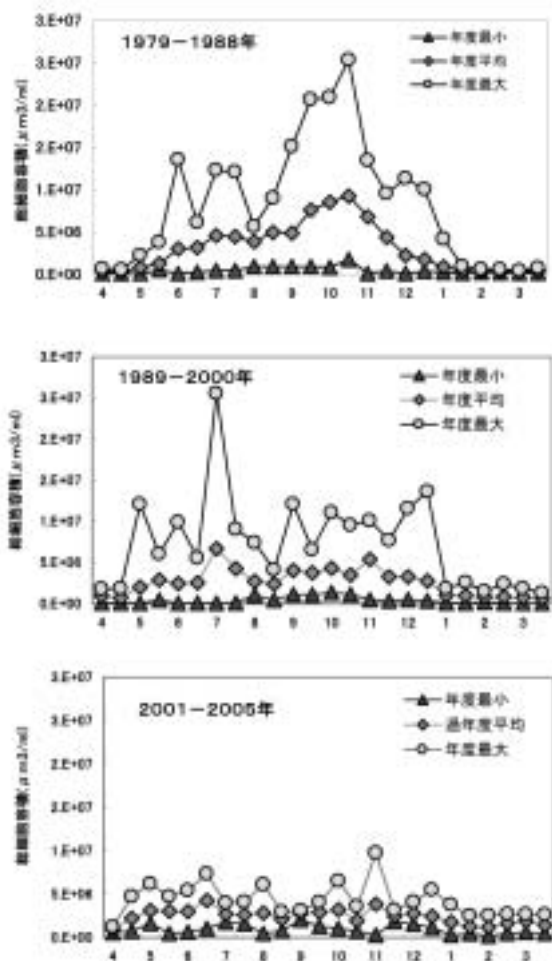


図17 琵琶湖北湖中央における総細胞容積量の変化

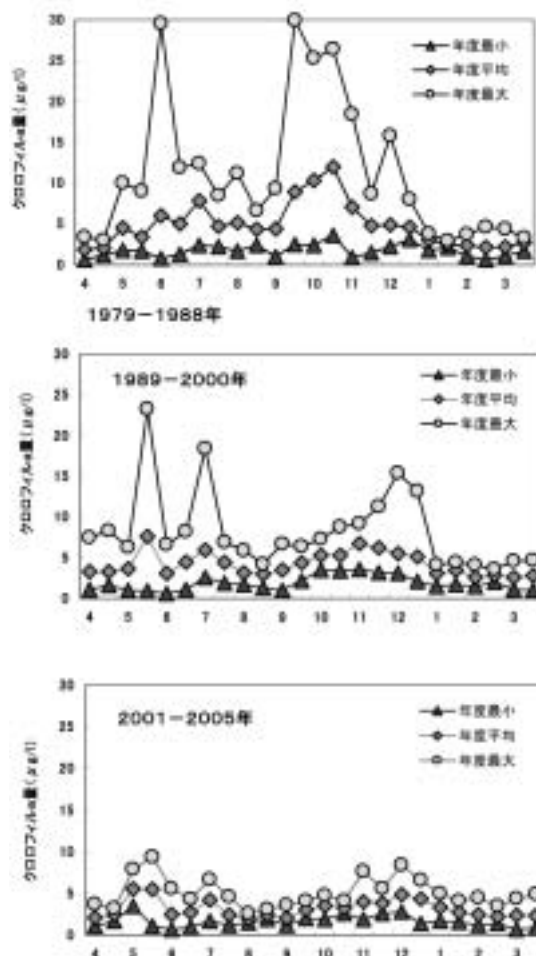


図18 琵琶湖北湖中央におけるクロロフィルa量の変化

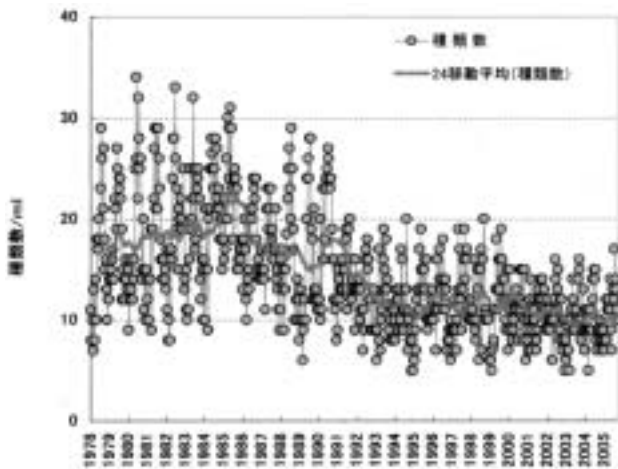


図19 琵琶湖北湖（今津沖中央）における植物プランクトン種類数の変化（1978-2005）

の増加が認められたが、クロロフィル-a量の増加は認められていなかった。

このことは、藍藻は緑藻や珪藻などの他の植物プランクトンと比較するとクロロフィル-a量含有率が低いことから、今後は、クロロフィル-a量だけでなく、植物プランクトンの総細胞容積量や総細胞容積量から総炭素量の推定なども合わせて考察していく必要があると考えられた。

### 3.9 種類数の経年変化

検水1ml中に観察される種類数の変化を図19に示した。1978年から1982年まで5年間では、最高で34種類、最低で7種類の植物プランクトンが観察され、その平均値は18種類であった。しかし、1990年代に入ると急激に減少し、2000年から2005年までの5年間では、最高で17種類、最低で5種類、平均値は10種類となり、約20年間で56%まで減少してきていることが明らかとなった。さらに、種類数の季節的な増減の幅も植物プランクトン総細胞容積量やクロロフィル-a量の変動と同様に小さくなってきていることも明らかとなった。

## 4. まとめ

近年の琵琶湖における植物プランクトンの出現状況や長期的な植物プランクトン総細胞容積量の変遷とクロロフィル-a量の関係、および、種類数などの変化について検討した結果を下記に示した。

(1) 2001年度から2005年度の主な特徴は、総細胞容積量については、2001年度は年間を通じて総細胞容積量が多く推移し、2003年度は年間を通じて総細胞容積量が少く推移した。優占種は、2004年度は交代が早く、水温の低い冬季に緑藻の増加が認められた。2005年は、春季の総細胞容積量は多かったが、夏季から秋季にかけて少ない年であった。種類をみると年間を通じて緑藻に属する種が優占し、その季節に応じた種類の交代が不鮮明な年であった。近年の植物プランクトン総細胞容積量の推移をみると2001年度から徐々に減少傾向にあることが推察された。

(2) 植物プランクトン総細胞容積量は、総細胞数および総細胞容積量からみても、ピコ植物プランクトンが異常に発生した1990年前後を境に変化してきていることが推察され、1細胞当たりの細胞容積量もこの時期に小型化の傾向が認められた。

(3) 優占種の長期変遷は1978年度以降、春季に黄色鞭毛藻が、夏季から秋季にかけては緑藻が優占し、冬季には珪藻や緑藻が優占するようなサイクルが認められていたが、1990年度以降には、これに変わり鞭毛を有する種類が増加した。しかし、黄色鞭毛藻は徐々に減少する傾向が認められた。

(4) 植物プランクトン総細胞容積量は、1980年代に比べ1990年代以降は、季節的な増減の幅が小さくなる傾向が認められるとともに、藍藻に属する種類の総細胞容積量が増加傾向にあることが認められた。

(5) クロロフィル-a量は、2000年以前では、最高値が高くなる年が多かったが、2000年以降は低く推移し、全体としてやや減少傾向にあることが推察された。

(6) 植物プランクトン総細胞容積量とクロロフィル-a量の関係は、クロロフィル-a量の経年変動パターンと植物プランクトン総細胞容積量との変動パターンが類似し、緩やかな正の相関が認められた。このことは、緑藻や珪藻などの他の植物プランクトンと比較すると藍藻はクロロフィル-a量含有率が低いことが影響している可能性が推察された。

(7) 植物プランクトン種類数の変動をみると

表1 琵琶湖に出現した藍藻の種類とその平均細胞容積(平均群体容積)

No.	網コード code	種名 species	平均細胞容積 volume( $\mu\text{m}^3$ )	平均群体容積 volume( $\mu\text{m}^3$ )	平均細胞数 cells	形態 type
1	藍藻	<i>Microcystis aeruginosa</i>	65	32,500	500	sphere
2	藍藻	<i>Microcystis wesenbergii</i>	110	22,000	200	sphere
3	藍藻	<i>Microcystis incerta</i>	10	5,000	500	sphere
4	藍藻	<i>Microcystis viridis</i>	90	18,000	200	sphere
5	藍藻	<i>Microcystis flos-aquae</i>	90	18,000	200	sphere
6	藍藻	<i>Microcystis novacekii</i>	100	20,000	200	sphere
7	藍藻	<i>Microcystis ictyoblabe</i>	50	50,000	1,000	sphere
8	藍藻	<i>Microcystis</i> sp.	100	20,000	200	sphere
9	藍藻	<i>Aphanocapsa elachista</i>	8	4,000	500	sphere
10	藍藻	<i>Aphanocapsa elachista</i> var. <i>conferta</i>	8	4,000	500	sphere
11	藍藻	<i>Aphanocapsa</i> sp.	4	800	200	sphere
12	藍藻	<i>Aphanothece clathrata</i>	1	500	500	ellipsoid
13	藍藻	<i>Aphanothece nidulans</i>	2	200	100	ellipsoid
14	藍藻	<i>Aphanothece saxicola</i>	10	1,000	100	ellipsoid
15	藍藻	<i>Aphanothece</i> sp.	2	400	200	ellipsoid
16	藍藻	<i>Dactylococcopsis</i> sp.	40	320	8	spindle
17	藍藻	<i>Chroococcus dispersus</i>	19	950	50	ellipsoid
18	藍藻	<i>Chroococcus dispersus</i> var. <i>minor</i>	3	300	100	ellipsoid
19	藍藻	<i>Chroococcus minutus</i>	8	32	4	ellipsoid
20	藍藻	<i>Chroococcus limneticus</i>	380	1,520	4	ellipsoid
21	藍藻	<i>Chroococcus</i> sp.	70	280	4	ellipsoid
22	藍藻	<i>Gloeocapsa</i> sp.	60	480	8	sphere
23	藍藻	<i>Gloeothece</i> sp.	20	160	8	ellipsoid
24	藍藻	<i>Rhabdoderma lineare</i>	20	400	20	sphere
25	藍藻	<i>Rhabdoderma</i> sp.	8	400	50	sphere
26	藍藻	<i>Merismopedia tenuissima</i>	2	100	50	ellipsoid
27	藍藻	<i>Merismopedia punctata</i>	4	100	25	ellipsoid
28	藍藻	<i>Merismopedia elegans</i>	150	30,000	200	ellipsoid
29	藍藻	<i>Merismopedia</i> sp.	4	400	100	ellipsoid
30	藍藻	<i>Coelosphaerium Kuetzingianum</i>	60	3,000	50	sphere
31	藍藻	<i>Coelosphaerium Naegelianum</i>	60	6,000	100	sphere
32	藍藻	<i>Coelosphaerium</i> sp.	120	6,000	50	sphere
33	藍藻	<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	50	5,000	100	sphere
34	藍藻	<i>Gomphosphaeria aponina</i>	100	10,000	100	sphere
35	藍藻	<i>Gomphosphaeria naegelianum</i>	200	10,000	50	sphere
36	藍藻	<i>Gomphosphaeria</i> sp.	50	5,000	100	sphere
37	藍藻	<i>Anabaenopsis</i> sp.	100	1,000	10	ellipsoid
38	藍藻	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	160	4,800	30	cylinder
39	藍藻	<i>Aphanizomenon</i> sp.	160	4,800	30	cylinder
40	藍藻	<i>Anabaena spiroides</i>	200	4,000	20	sphere
41	藍藻	<i>Anabaena spiroides</i> var. <i>crassa</i>	300	6,000	20	sphere
42	藍藻	<i>Anabaena macrospora</i>	320	6,400	20	sphere
43	藍藻	<i>Anabaena macrospora</i> var. <i>crassa</i>	320	6,400	20	sphere
44	藍藻	<i>Anabaena affinis</i>	110	2,200	20	sphere
45	藍藻	<i>Anabaena planktonica</i>	320	6,400	20	sphere
46	藍藻	<i>Anabaena inaequalis</i>	100	2,000	20	sphere
47	藍藻	<i>Anabaena flos-aquae</i>	220	4,400	20	sphere
48	藍藻	<i>Anabaena</i> sp.	270	5,400	20	sphere
49	藍藻	<i>Nostoc</i> sp.	300	15,000	50	sphere
50	藍藻	<i>Oscillatoria tenuis</i>	140	14,000	100	cylinder
51	藍藻	<i>Oscillatoria Kawamurae</i>	36,000	3,600,000	100	cylinder
52	藍藻	<i>Oscillatoria</i> sp.	130	13,000	100	cylinder
53	藍藻	<i>Phormidium tenue</i>	17	255	15	cylinder
54	藍藻	<i>Phormidium mucicola</i>	17	68	4	cylinder
55	藍藻	<i>Phormidium</i> sp.	7	280	40	cylinder
56	藍藻	<i>Lyngbya limnetica</i>	17	255	15	cylinder
57	藍藻	<i>Lyngbya</i> sp.	17	255	15	cylinder
58	藍藻	<i>Raphidiopsis</i> sp.	97	1,455	15	sphere
59	藍藻	<i>Homoeothrix janthina</i>	375	7,500	20	cylinder
60	藍藻	<i>Homoeothrix</i> sp.	250	7,500	30	cylinder
		平均値	700	66,504	117	

1990年以降は減少傾向にあり、この約20年間で56%まで減少してきていることが明らかとなった。

## 5. おわりに

近年の植物プランクトン相の変化や総細胞容積量の増減などの原因については未解明であるが、琵琶湖の第一次生産者である植物プランクトンの多様性が少なくなってきたことは明らかとなった。その要因としては、植物プランクトンの餌となるような水中の栄養塩類のバランスの変化やビタミン類やミネラル分などの質的な変化、また、流入河川の水質変化、農薬などによる微量な有害化学物質の生態系への影響、さらには、温暖化等による水温上昇の影響など様々な要因が複雑にからんでいるものと推察された。一方、湖中での植物プランクトンの分解者である全細菌数や従属鞭毛虫類、また、植物プランクトンの捕食者である動物プランクトンの現存量、食う食われる関係にある魚類の現存量など、湖内では複雑な食物連鎖網が存在するため、その連鎖網を明らかにするためにも植物プランクトン量である一次生産量を把握することは重要なことである。

今回、長期にわたる植物プランクトン調査から、琵琶湖の第一次生産者の基礎的な知見が得られた。今後、これらの結果に注目しながら、理化学的な水質項目の長期変動についても考察し、琵琶湖の質評価に活用して行きたいと考える。

## 謝 辞

本調査研究の実施にあたり、貴重なご指導、ご助言を頂きました京都大学名誉教授中西正巳先生、そして水質データの取りまとめに関係職員から多くの情報や助言をいただきましたことに心より感謝いたします。

## 引用文献

- 宮井 博, 松崎加奈恵, 小川数也, 杉原拓郎 (1988): 植物プランクトンの形態に基づく種類別生物量の簡易推定法: 日本プランクトン学会報, 35(2)121~126.
- P. E. Koval, J. D. Larance (1966): Computation of phytoplankton cell numbers, cell volume surface, and plasma volume per liter from microscopical counts,

Department of Oceanography University of Washington, Special Report No.38,21.

- 今村典子, 安野正之 (1981): 霞ヶ浦高浜入における植物プランクトンの種類組成および植物プランクトン現存量の季節変化, 国立公害研究所研究報告, 第22号(R-22-81), 123-148.
- R. R. Strathmann (1967): Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume, *Limnol. Oceanography*, 12, 411-418.
- 滋賀県立衛生環境センター (1978-2003): 琵琶湖のプランクトンデータ集.
- 一瀬 諭, 若林徹哉, 松岡泰倫, 山中 直, 藤原直樹, 田中勝美 (1995): 琵琶湖の植物プランクトンの形態に基づく生物量の簡易推定について, 滋賀県立衛生環境センター所報, 30, 27-35. .
- 一瀬 諭, 若林徹哉, 藤原直樹, 水嶋清嗣, 野村 潔 (1999): 琵琶湖における植物プランクトン優占種の経年変化と水質, 用水と廃水, 41, 7, 12-21.
- 一瀬 諭, 若林徹哉, 藤原直樹, 水嶋清嗣, 伊藤 貢 (2001): 琵琶湖における植物プランクトンの現存量の変遷について (1978-2000), 第9回世界湖沼会議要旨, 337-340.
- 一瀬 諭, 若林徹哉, 水嶋清嗣, 藤原直樹, 野村 潔 (1999): 琵琶湖における水の華発生状況について *Oscillatoria kawamurae*の増殖-1998-, 滋賀県立衛生環境センター所報, 34, 84-90.
- 一瀬 諭, 田中勝美, 園 正, 藤原直樹, 若林徹哉, 山中 直, 矢田 稔, 佐貫典子, 川部浩市, 内藤幹滋, 青木佳代, 野村 潔 (1995): ピコプランクトンの異常発生: ピコプランクトンの分布, 日本水産学会誌, 61(6)942-943.
- 吉田美紀, 古田世子, 若林徹哉, 一瀬 諭, 青木 茂 (2006): 琵琶湖における「淡水赤潮」の発生状況と原因プランクトン *Uroglena americana*の分布について(2002-2005年度), 滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター試験研究報告, 2, 109-116.
- 津田泰三, 岡本高弘, 藤原直樹, 中村忠貴, 矢田 稔, 佐貫典子, 土肥 誠, 面田美紀, 一瀬 諭, 若林徹哉, 青木 茂, 原良平 (2006): 琵琶湖北湖における鉛直方向の長期水質モニタリング, 水環境学会誌, 29, 565-568.
- 岡本高弘, 藤原直樹, 一瀬 諭, 津田泰三, 若林徹哉, 井上 健, 中村忠貴, 矢田 稔, 奥村陽子, 佐貫典子, 内藤幹滋, 青木佳代, 藤田亜紀子, 辻 朋子, 坪田てるみ, 青木 茂, 原良平, 加賀爪敏明 (2003): 2001~2002年度における琵琶湖のT-Nの変動について, 滋賀県立衛生環境センター所報, 38, 82-88.
- 里井晋一(1995): アユの斃死: 琵琶湖における発生例, 日本水産学会誌, 61(6)942-943.

## 琵琶湖北湖における植物プランクトン総細胞容積量の長期変遷と近年の特徴について -2001年度から2005年度を中心に-

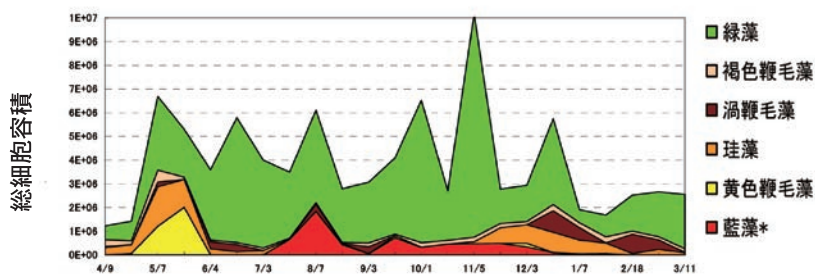


図2 平成13年度 植物プランクトン総細胞容積調査結果（今津沖中央）水深0.5m

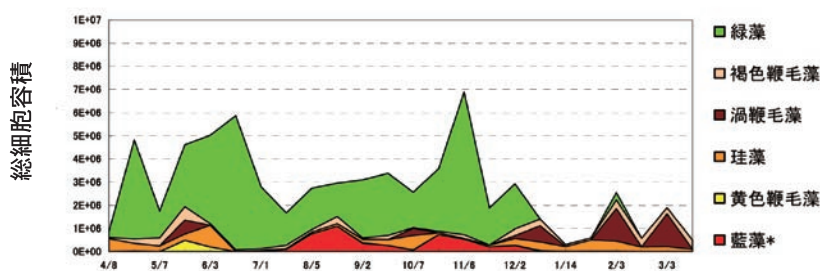


図3 平成14年度 植物プランクトン総細胞容積調査結果（今津沖中央）水深0.5m

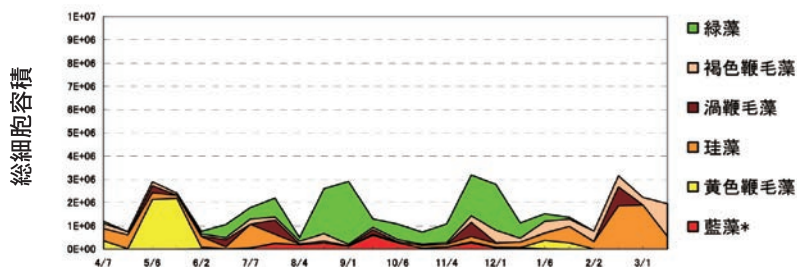


図4 平成15年度 植物プランクトン総細胞容積調査結果（今津沖中央）水深0.5m

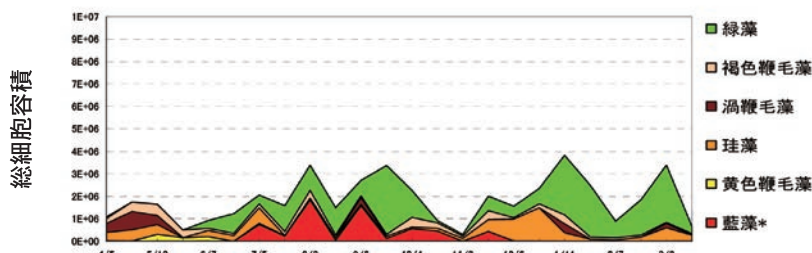


図5 平成16年度 植物プランクトン総細胞容積調査結果（今津沖中央）水深0.5m

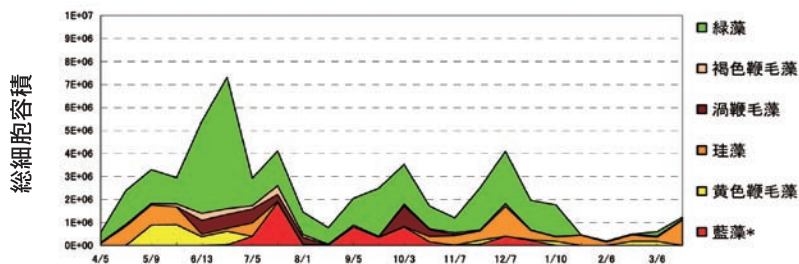


図6 平成17年度 植物プランクトン総細胞容積調査結果（今津沖中央）水深0.5m

測定方法:直接計数による(1mlをプランクトン計数板で計数)

月年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
78	MS	-	MS	-	CA	-	CSP	-	UA	-	UA	-	PL	PL	PL	PL	PL	PB	DO	MO	DO	DO	DO	CA		
79	DO	CA	DO	DO	DO	CA	CA	GY	UA	CA	MO	CA	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	PB	SA	
80	SCP	MS	FC	MI	MI	MI	SCP	SCP	GY	UA	UA	CA	DO	DO	MO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	
81	DO	DO	DO	DO	MS	MS	GY	MS	UA	UA	MO	MO	PL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	FC	DO	
82	CA	MO	SA	MS	SA	-	MO	MS	CSP	UA	PL	PL	PL	PL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	SA	PL	SA	
83	SA	DO	SA	MS	MS	GY	MO	CA	CA	CA	CA	CA	PL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	-	DO	SA	
84	SA	SA	SA	CR	MS	MS	FC	AF	UA	UA	PL	DO	DO	DO	DO	-	PL	PL	AC	DO	DO	PL	PL	PL	PL	
85	CA	MS	PL	GY	CA	SCP	SCP	DC	UA	CA	CA	CA	CA	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	SCP	SCP	
86	SCP	CR	CR	CR	SCP	SCP	AF	PB	CR	UA	SCP	SCP	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	
87	DO	DO	DO	GY	GY	SCP	GY	CR	DB	FC	FC	CA	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	FC	
88	SCP	SCP	SCP	SCP	SCP	CA	CA	CA	CA	CR	UA	UA	CA	-	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	CDM	SCP	SCP	
89	SCP	SCP	SCP	SCP	SCP	SCP	SCP	SCP	UA	UA	UA	SCP	CA	CC	DO	MC	DO	GL	GL	GL	COS	COS	COS	COS	COS	
90	CR	CR	COS	GY	CR	GY	MI	CR	CH	UA	CH	CA	CA	CA	CC	CC	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	SC	
91	SC	SC	SC	SC	AF	AF	GY	SA	CH	UA	UA	CH	DO	SC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	CA	SA	CR	
92	DO	DO	CR	SC	GY	CR	CSP	SP	CA	UA	CA	CA	CA	CA	CA	MI	MI	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	
93	DO	CA	DO	SP	DO	MF	CA	CA	CA	UA	CA	CA	DO	CA	DO	DO	GL	DO	DO	DO	COS	-	CR	COS	COS	
94	SC	SC	GY	GY	DO	CA	AF	UA	UA	UA	CA	CA	CA	DO	GL	DO	COS	DO	SA	DO	DO	CH	CR	GY	GY	
95	SC	SC	SC	CH	SC	SC	CH	CR	SC	UA	SC	DO	CH	DO	GL	CC	CC	CC	PL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	
96	DO	CH	CR	CR	SC	CSP	SC	CA	SC	UA	CA	CA	CA	MO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	MG	SC	SC	
97	-	GY	GY	SC	SC	SC	CR	CH	UA	UA	UA	CH	CR	SA	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	SA	CR	
98	XH	DO	GY	DO	GY	DO	DO	DO	DO	CA	DO	DO	DO	DO	DO	AC	DO	MO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	SC
99	GY	-	GY	CR	GY	GY	CR	SC	CH	-	DO	FC	DO	GL	GL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO
2000	SA	DO	CH	GY	CR	SA	FC	FC	MO	DO	MO	CH	PL	GL	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	-
2001	DO	DO	DO	SA	DO	SU	DO	CA	DO	UA	DO	DO	DO	CC	CC	DO	CC	CC	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO
2002	GY	DO	-	DO	DO	SA	AF	MO	CA	CA	CA	CA	CA	DO	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	CH
2003	SC	SC	GY	CR	GY	CR	SC	SC	UA	UA	SC	DO	SC	DO	AC	DO	DO	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	CR
2004	CR	MF	CR	GY	AF	CR	GY	GY	CR	CR	DO	DO	AC	SA	GL	CC	SA	MI	DO	MW	SC	DO	SC	MG	MG	
2005	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	MO	MO	DO	GL	DO	DO	XH	SA	CH	DO	DO	SA	SA	DO	DO	

- 凡例:
- |      |     |   |     |                                     |                               |     |  |
|------|-----|---|-----|-------------------------------------|-------------------------------|-----|--|
| 藍藻   | MI  | <i>Microcystis incerta</i>                | SU  | <i>Synedora ulna</i>                | 緑藻                            | MO  | <i>Mougeotia</i> sp.                         |
|      | MW  | <i>Microcystis wesenbergii</i>            | SC  | <i>Stephanodiscus suzukii</i>       |                               | COS | <i>Cosmoecium constrictum</i>                |
|      | GL  | <i>Gomphosphaeria lacustris</i>           | SCP | <i>Stephanodiscus pseudosuzukii</i> |                               | CA  | <i>Closterium aci.</i> var. <i>subpronum</i> |
|      | CDM | <i>Chroococcus dis.</i> var. <i>minor</i> | FC  | <i>Fragilaria crotonensis</i>       |                               | CSP | <i>Closterium</i> sp.                        |
| 黄色鞭毛 | AC  | <i>Aphanothece clathrata</i>              | AF  | <i>Asterionella formosa</i>         |                               | DO  | <i>Staurastrum dor.</i> var. <i>ornatum</i>  |
|      | UA  | <i>Uroglena americana</i>                 | 渦鞭  | GY                                  | <i>Gymnodinium helveticum</i> | SA  | <i>Staurastrum arcticon</i>                  |
|      | CR  | <i>Chrysoamoeba radians</i>               |     | PB                                  | <i>Peridinium berolinense</i> | SP  | <i>Staurastrum pingue</i>                    |
|      | DC  | <i>Dinobryon cylindricum</i>              | 褐色  | CH                                  | <i>Ceratium hirundinella</i>  | XH  | <i>Xanthidium hastiferum</i>                 |
|      | DB  | <i>Dinobryon bavaricum</i>                | 緑藻  | CR                                  | <i>Cryptomonas</i> sp.        | PB  | <i>Pediastrum biwae</i>                      |
|      | MF  | <i>Mallomonas fastigata</i>               |     | SSP                                 | <i>Sphaerocystis</i> sp.      | -   | 欠測   |
| 珪藻   | MS  | <i>Aulacoseira nipponica</i>              |     | MC                                  | <i>Monoraphidium contorta</i> |     |  |
|      | MI  | <i>Aulacoseira italica</i>                |     | PL                                  | <i>Planktosphaeria</i> sp.    |     |  |
|      | MG  | <i>Aulacoseira granulata</i>              |     | CC                                  | <i>Coelastrum cambricum</i>   |     |  |
|      | SA  | <i>Synedora acus</i>                      |     | GL                                  | <i>Gloeocystis</i> sp.        |     |  |

図7 琵琶湖北湖の植物プランクトン優占種(細胞容積)の経年変動(1978-2005年)