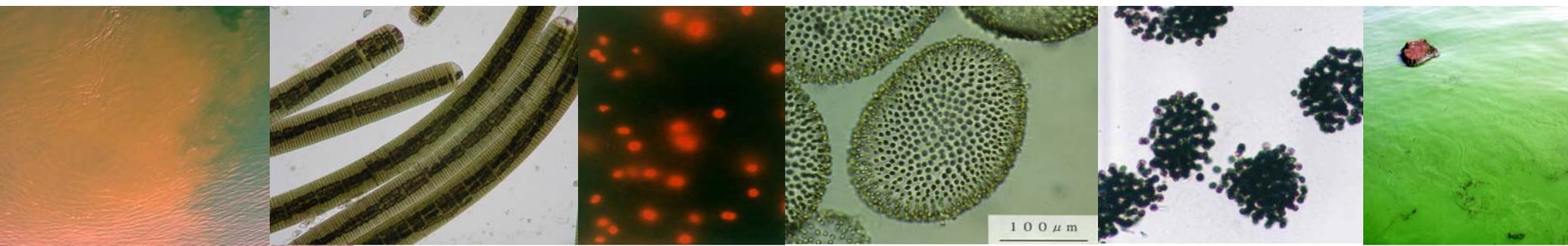


# 琵琶湖における植物プランクトンの 長期変遷と異常発生事例



滋賀県琵琶湖環境科学研究センター  
環境監視研究部門  
生物圏担当、水士壤圏担当、一瀬 諭

全てのプランクトン画像には著作権があります。無断使用はご遠慮下さい。

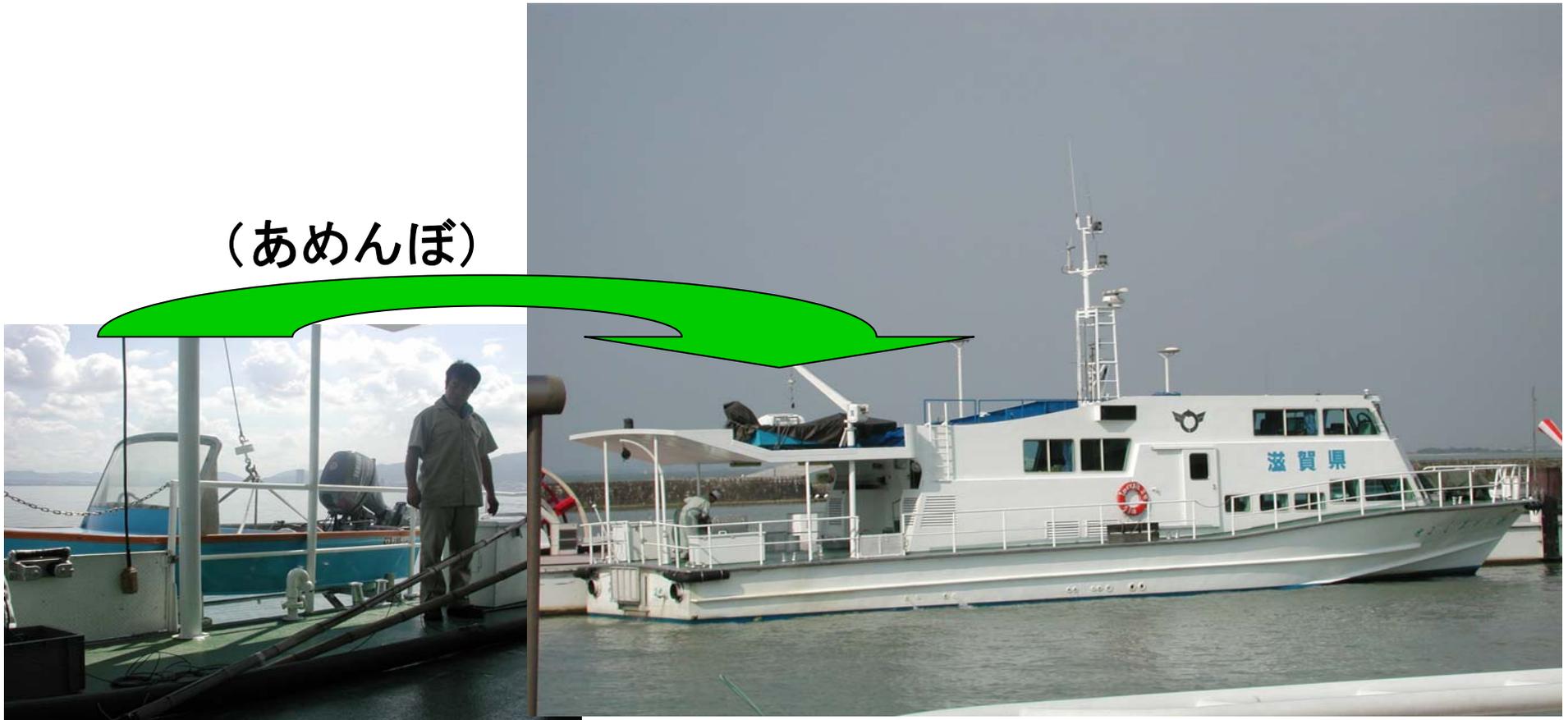
(連絡先:生物圏担当:077-526-4288)

# 目次

1. 北湖における植物プランクトンの変遷  
(北湖中央部)
2. 南湖における植物プランクトンの変遷  
(瀬田川流心)
3. びわ湖のプランクトン異常発生の歴史  
(事例紹介：12事例)
4. 今後のプランクトン調査計画と課題

# 水質調査船「みずすまし2世」

(あめんぼ)





バンドーン採水器



コア採泥  
作業



透明度 鉛直調査  
DO計

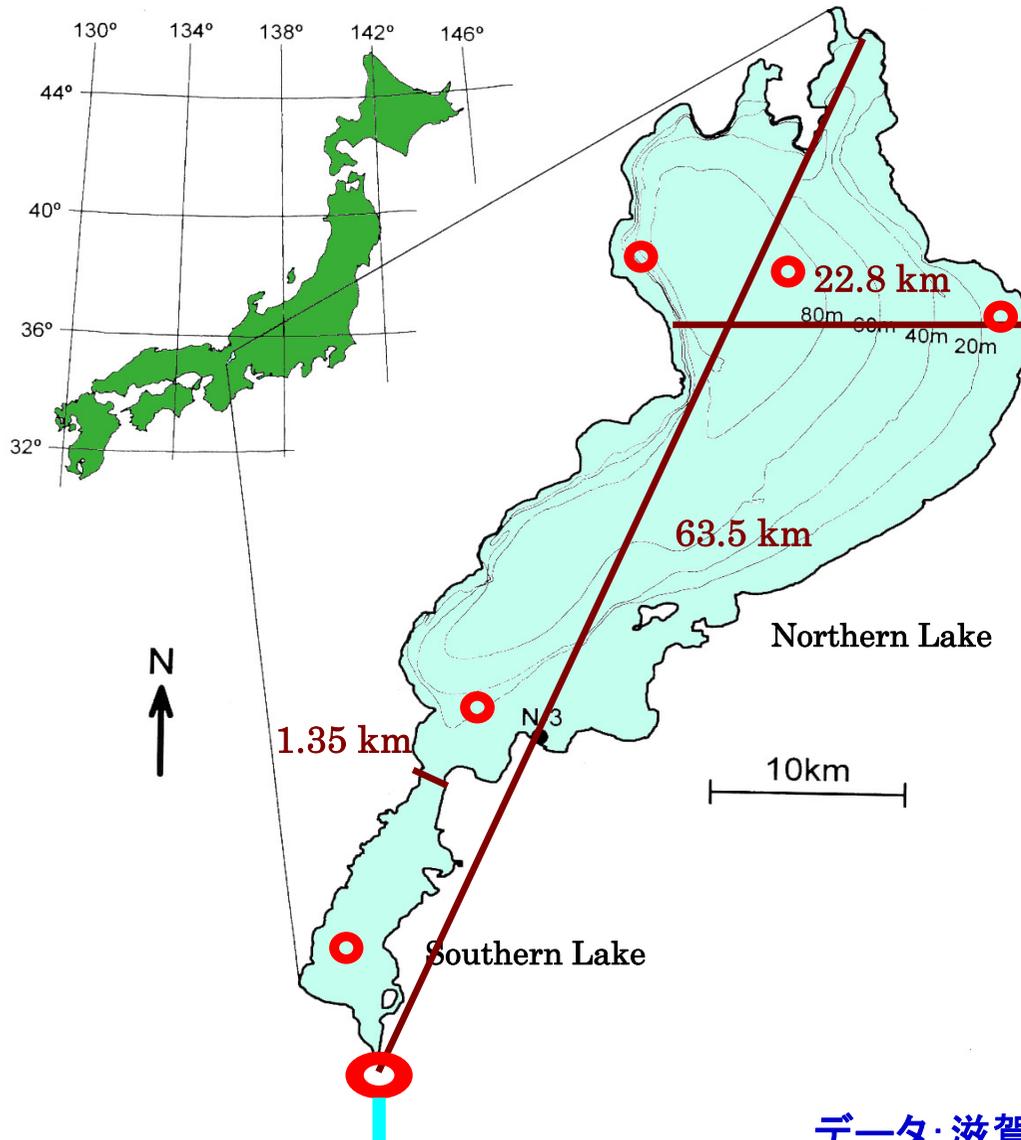


採水作業

-琵琶湖における植物プランクトンの長期変遷と異常発生事例-

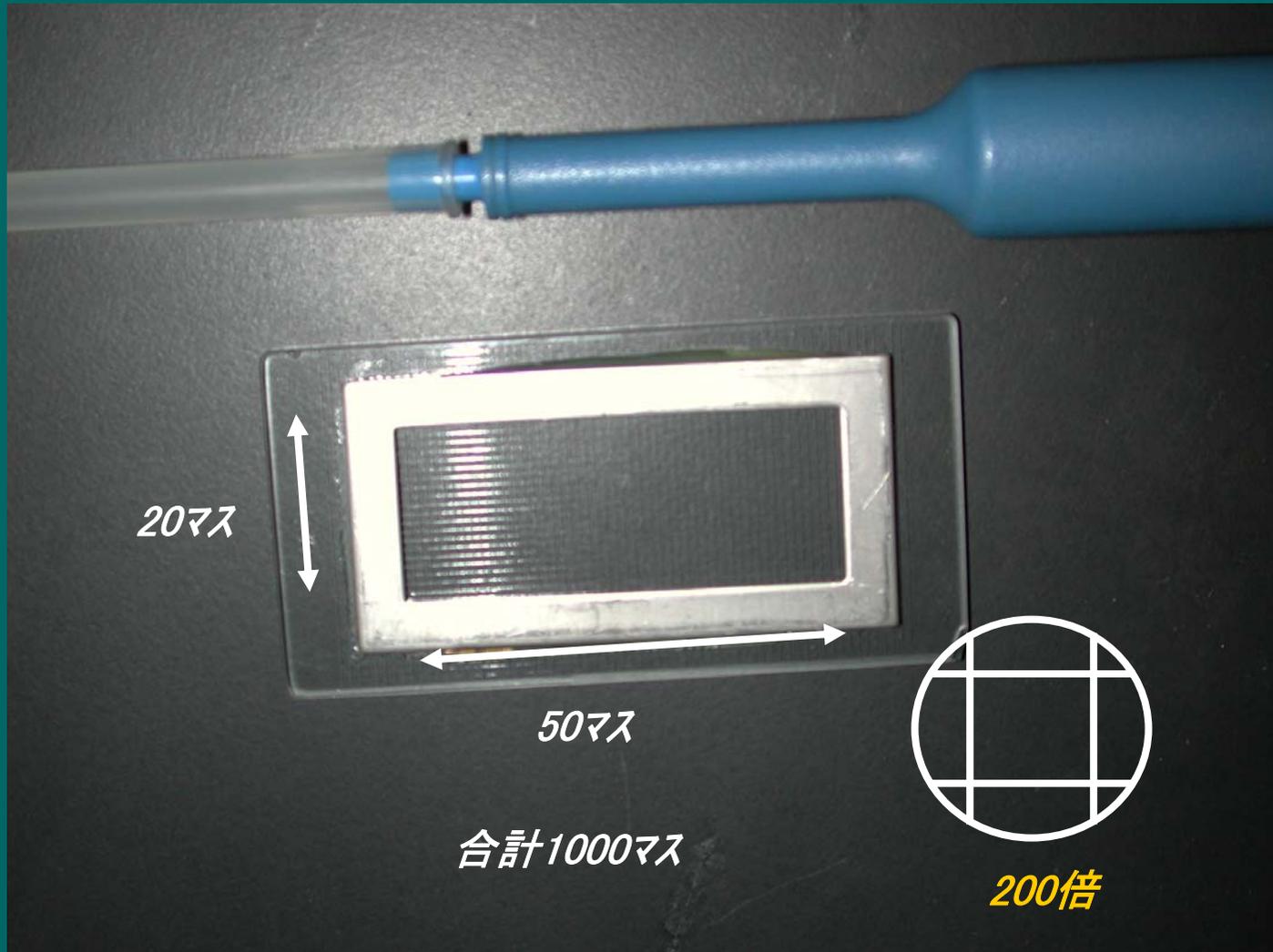
# 1. 北湖における植物 プランクトンの変遷 (北湖中央部)

# 琵琶湖のプランクトン調査定点



滋賀県の面積 The whole area of Shiga	4,017 km <sup>2</sup>
琵琶湖の集水域 The catchment area of Lake Biwa	3,174 km <sup>2</sup>
琵琶湖の面積 The area of Lake Biwa	670.33 km <sup>2</sup>
琵琶湖のまわり The circumference of Lake Biwa	235.2 km
貯水量 The amount of water stored in the lake	275×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>
最大水深 The deepest point	103.58 m
平均水深 The average depth	41.2 m
北湖平均水深 The average depth of the northern basin	約ca. 43 m
南湖平均水深 The average depth of the southern basin	約ca. 4 m

# プランクトン計数板にて計法



上水試験法(2001)

# 標準プランクトン計数板(マツナミ硝子)

正方形枠内の容量: 0.1ml

全マス計数: 1細胞→10細胞/ml



0.1ml

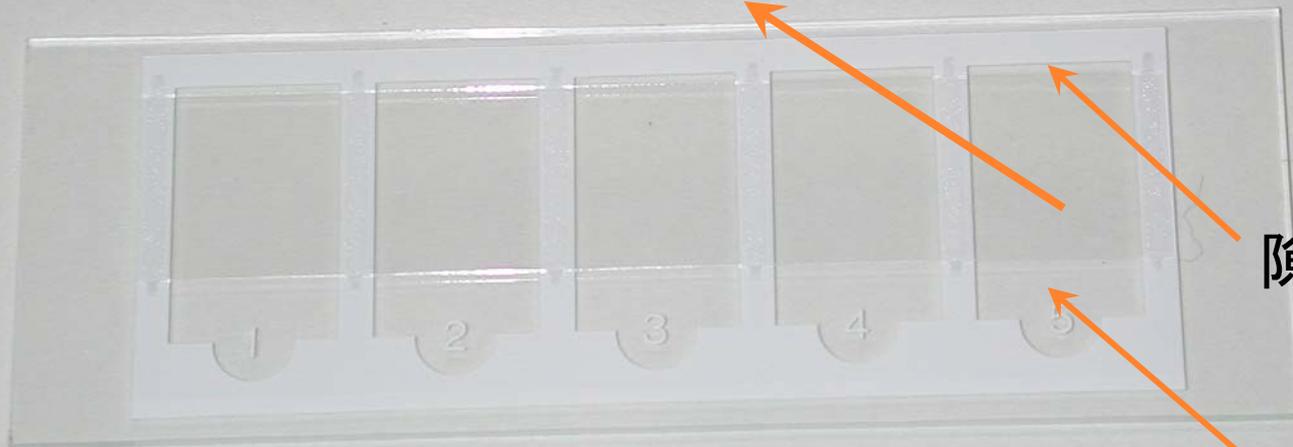
20 × 20マス = 400マス

**1マス1細胞平均→何細胞/ml?**

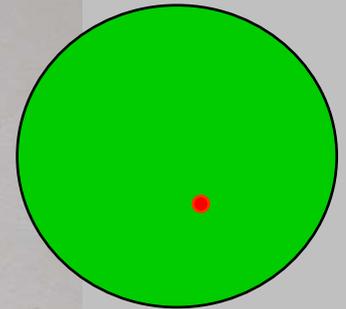
# ピコプランクトン用計数板 (セキスイ検鏡プレート)

0.01ml × 5枠 200倍  
顕微鏡1窓1細胞平均で36,000細胞/ml

毛細管現象で均一にする。



スライドグラスにカバーグラスを貼り付け、厚さ70  $\mu$ mに固定してある。



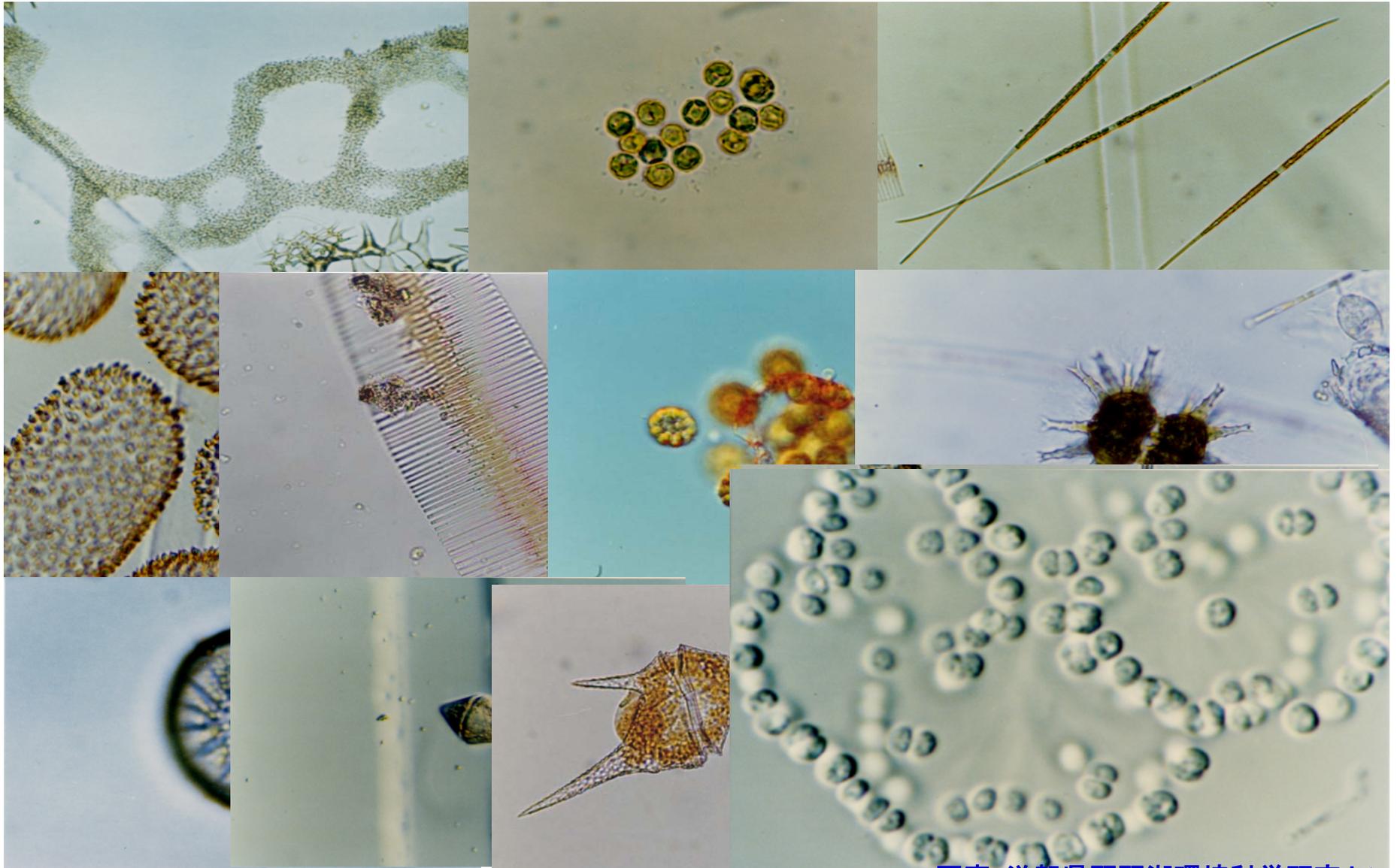
1視野の面積  
× 厚さ = 体積

1ml体積 /  
1視野の  
体積

隙間

1滴

# 総細胞容積からみた主な優占種



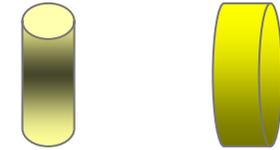
# タイプ別細胞容積(V)を求める計算式

## Aタイプ

円筒形(cylinder), 楕円柱(elliptic cylinder)

$$\text{細胞容積}(V) = \frac{\pi}{4} a b h$$

a : 長軸  
b : 短軸  
h : 高さ



## Bタイプ

球体(sphere), 楕円体(ellipsoid)

$$\text{細胞容積}(V) = \frac{\pi}{6} a b^2$$

a : 長軸  
b : 短軸

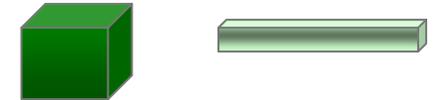


## Cタイプ

立方体(cube), 直方体(rectangular parallelepiped)

$$\text{細胞容積}(V) = a b h$$

a : 長さ  
b : 幅  
h : 高さ



# 種類別細胞容積一覽(600種類を算出)

表 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.	綱コード 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 icthyoblabe</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

# 植物プランクトン組成の変遷

(体積換算, H15 今津沖中央 表層)

緑藻類

珪藻類

藍藻類

黄色鞭毛藻類

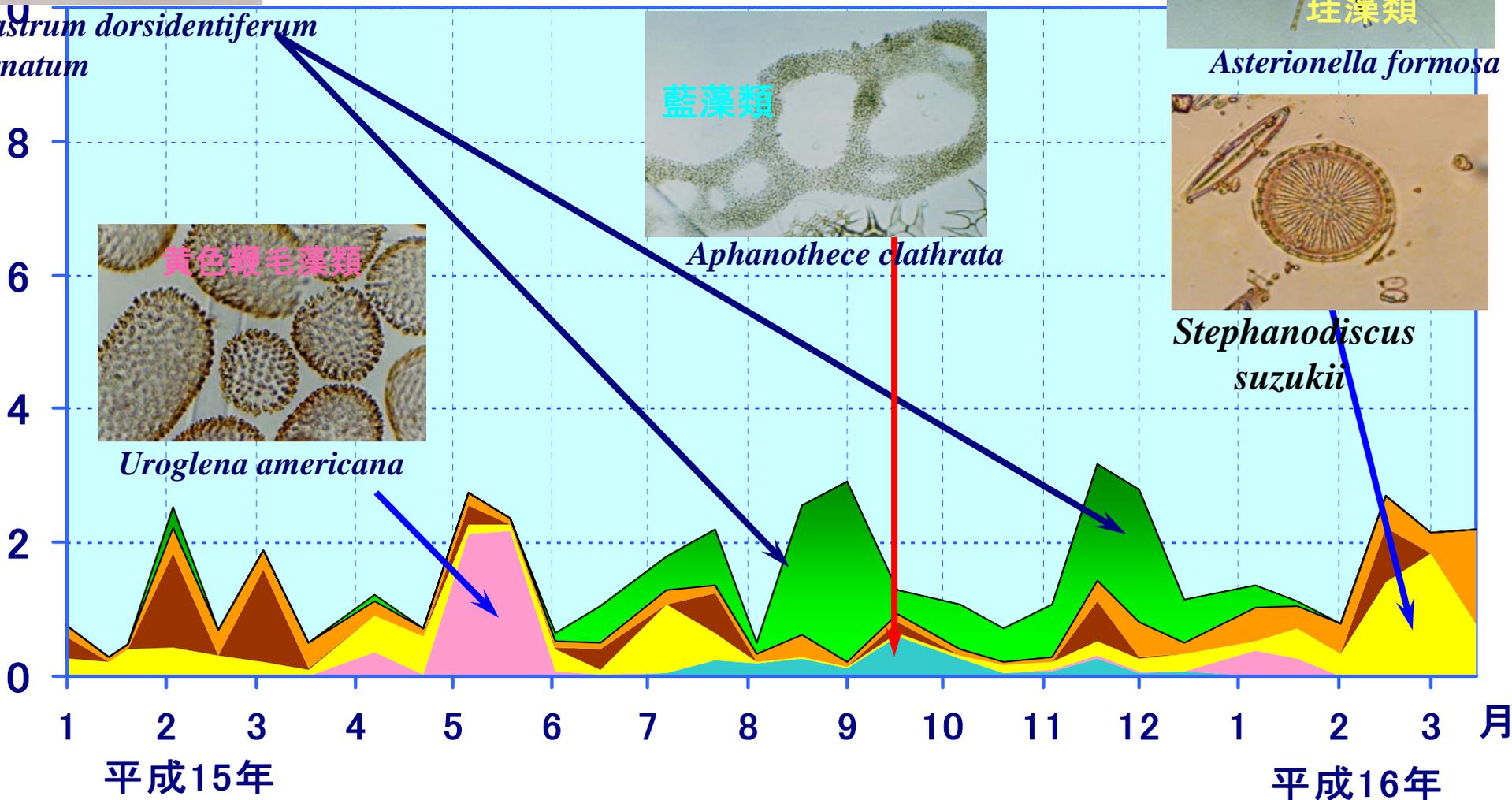
*Asterionella formosa*

*Aphanothece clathrata*

*Stephanodiscus  
suzukii*

*Uroglena americana*

体積mm<sup>3</sup>/L



- 藍藻網
- 黄色鞭毛藻網
- 珪藻網
- 渦鞭毛藻網
- 褐色鞭毛藻網
- 緑藻網

データ: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

# 総細胞容積の経月変化 1978-2005

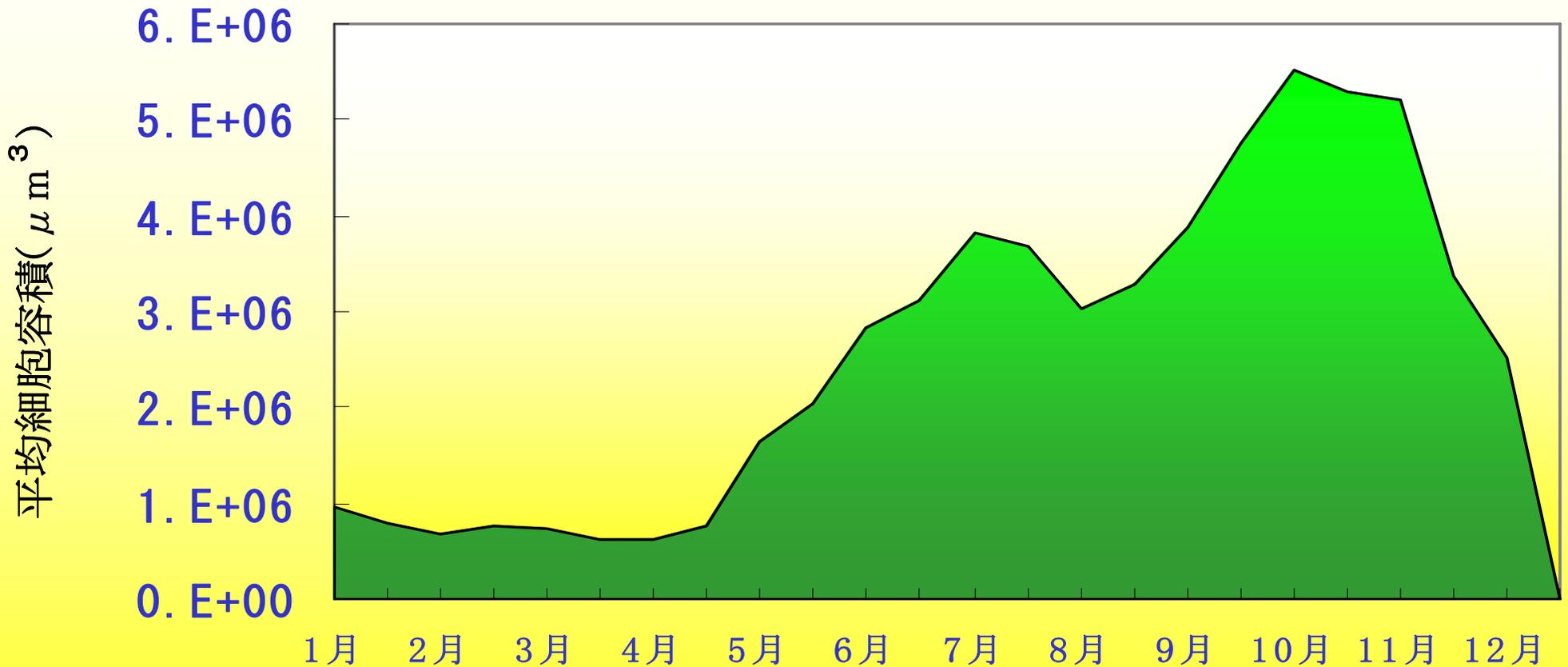
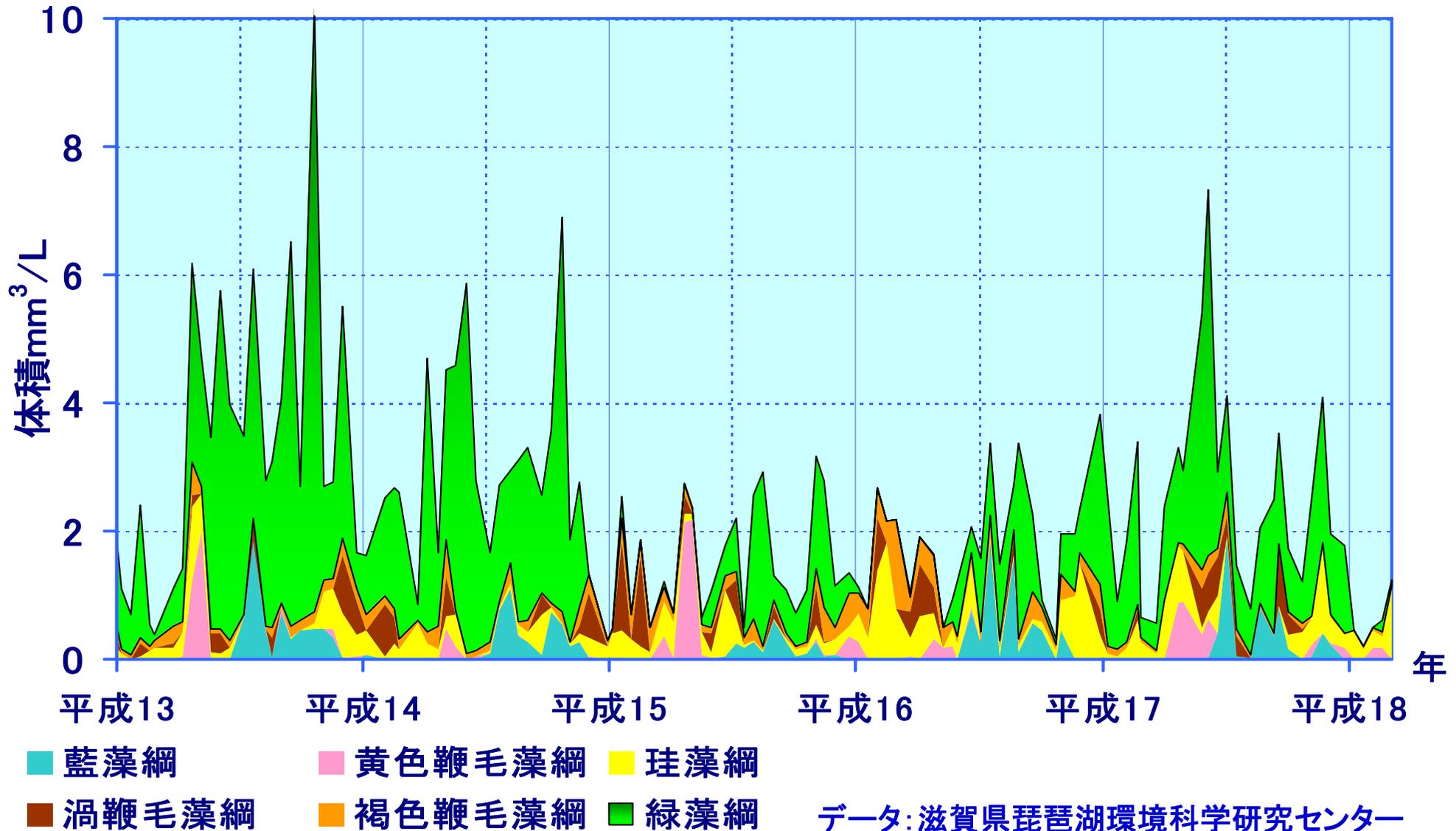


図 北湖における平均総細胞容積量の経月変動 (1978-2005)

# 植物プランクトンの網別細胞容積の経年変化 (北湖今津沖中央表層)



## 総細胞容積の優占種の凡例 1979～2005

黄色鞭毛	UA	<i>Uroglena americana</i>
	CR	<i>Chrysoamoeba radians</i>
	DC	<i>Dinobryon cylindricum</i>
	DB	<i>Dinobryon bavaricum</i>
	MF	<i>Mallomonas fastigata</i>
緑藻	SSP	<i>Sphaerocystis sp.</i>
	MC	<i>Monoraphidium contorta</i>
	PL	<i>Planktosphaeria sp.</i>
	CC	<i>Coelastrum cambricum</i>
	GL	<i>Gloeocystis sp.</i>
	MO	<i>Mougeotia sp.</i>
	COS	<i>Cosmocladium constrictum</i>
	CA	<i>Glosterium aci. var. subpronum</i>
	CSP	<i>Glosterium sp.</i>
	DO	<i>Staurastrum dor. v. ornatum</i>
	SA	<i>Staurastrum arctiscon</i>
	SP	<i>Staurastrum pingue</i>
	XH	<i>Xanthidium hastiferum v. javanicum</i>

珪藻	MS	<i>Melosira solida</i>
	MI	<i>Melosira italica</i>
	MG	<i>Melosira granulata</i>
	SA	<i>Synedora acus</i>
	SU	<i>Synedora ulna</i>
	SC	<i>Stephanodiscus carconensis</i>
	SCP	<i>Stephanodiscus car. v. pusilla</i>
	FC	<i>Fragilaria crotonensis</i>
渦鞭毛	AF	<i>Asterionella formosa</i>
	GY	<i>Gymnodinium helveticum</i>
	PB	<i>Peridinium berlinense</i>
褐色鞭毛	CH	<i>Ceratium hirundinella</i>
藍藻	CR	<i>Cryptomonas sp.</i>
	MI	<i>Microcystis incerta</i>
	MW	<i>Microcystis wesenbergii</i>
	GL	<i>Gomphosphaeria lacustris</i>
	CDM	<i>Chroococcus dis. v. minor</i>
	AC	<i>Aphanothece clathrata</i>

# 総細胞容積の優占種

昭和54年  
～  
平成16年

月年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1													
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	
80	SCP	MS	FC	MI	MI	MI	SCP	SCP	GY	UA	UA	A	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	DO	FC	
82	CA	MO	SA	MS	SA	-	M	MS	GSP	UA	PL	P	PL	PL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	SA	PL	
83	SA	DO	SA	MS	MS	GY	MO	CA	CA	CA	CA	CA	PL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	-	DO		
84	SA	SA	SA	CR	MS	MS	DC	AF	UA	UA	PL	DO	DO	DO	DO	-	PL	PL	AC	DO	DO	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	
86	SCP	CR	CR	CR	SCP	SCP	F	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	C	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	
88	SCP	SCP	SCP	SCP	SCP	CA	CA	CA	CA	CR	UA	UA	A	-	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	CDM	SCP
89	SCP	UA	UA	UA	SCP	A	CC	DO	MC	DO	GL	GL	GL	cos	cos	cos	cos								
90	CR	CR	cos	GY	CR	GY	I	CR	CH	UA	CH	CA	SA	CA	CC	CC	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	
91	SC	SC	SC	CA	AF	AF	Y	SA	CH	UA	UA	CH	DO	SC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	CA	SA
92	DO	DO	CR	SC	GY	CR	GP	P	CA	UA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	MI	MI	DO	DO	DO	DO	DO	DO	
93	DO	CA	DO	SP	DO	MF	C	CA	CA	UA	CA	CA	DO	CA	DO	DO	GL	DO	DO	DO	cos	-	CR		
94	S	SC	GY	GY	DO	CA	AF	UA	UA	UA	CA	CA	CA	DO	GL	DO	cos	DO	CA	DO	DO	CH	CR		
95	SC	SC	SC	CH	SC	SC	CH	CR	S	UA	SC	DO	CH	DO	GL	CC	CC	CC	CC	PL	DO	DO	DO	DO	
96	DO	CH	CR	CR	SC	GSP	SC	CA	SC	UA	CA	CA	CA	MO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	MG	SC
97	-	GY	GY	SC	SC	SC	CR	CH	UA	UA	UA	CH	C	SA	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	SA
98	XH	DO	GY	DO	GY	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	AC	DO	MO	DO	DO	DO	DO	DO	DO
99	GY	-	GY	CR	GY	GY	CR	SC	CH	-	DO	FC	DO	GL	GL	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO
00	SA	DO	CH	GY	CR	SA	FC	FC	M	DO	MO	CH	PL	GL	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
01	D	DO	DO	SA	DO	SU	DO	CA	DO	UA	DO	D	DO	CC	CC	D	CC	CC	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO
02	GY	DO	-	DO	DO	SA	AF	MO	CA	CA	CA	CA	CA	DO	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO
03	SC	SC	GY	CR	GY	CR	SC	C	UA	UA	SC	DO	SC	DO	AS	DO	DO	CC	DO	DO	DO	DO	DO	DO	DO
04	CR	MF	CR	Y	AF	C	GY	GY	CR	CR	DO	D	AC	S	GL	CC	SA	MI	DO	MW	SC	DO	DO	SC	

植物プランクトン優占種の変化

月年	循環期	赤潮期	成層期(窒素枯渇)	リン枯渇
	2月	5月	8月	10月
1979	DO	CA	DO	DO
1980	FC	UA	MO	DO
1981	DO	UA	DO	DO
1982	SA	UA	DO	DO
1983	SA	CA	DO	DO
1984	SA	UA	DO	DO
1985	PL	CA	DO	DO
1986	CR	UA	DO	DO
1987	DO	FC	DO	DO
1988	SCP	CR	DO	DO
1989	SCP	UA	DO	GL
1990	COS	UA	CC	DO
1991	SC	UA	DO	DO
1992	CR	UA	CA	DO
1993	DO	UA	DO	DO
1994	GY	UA	GL	DO
1995	SC	UA	GL	DO
1996	CR	UA	DO	DO
1997	GY	UA	DO	DO
1998	GY	CA	DO	DO
1999	GY	-	GL	DO
2000	CH	DO	CC	CC
2001	DO	UA	CC	DO
2002	-	CA	CC	DO
2003	GY	UA	AC	DO
2004	CR	CR	GL	MW

# 植物プランクトンの細胞容積量の経年変化 (北湖今津沖中央表層)

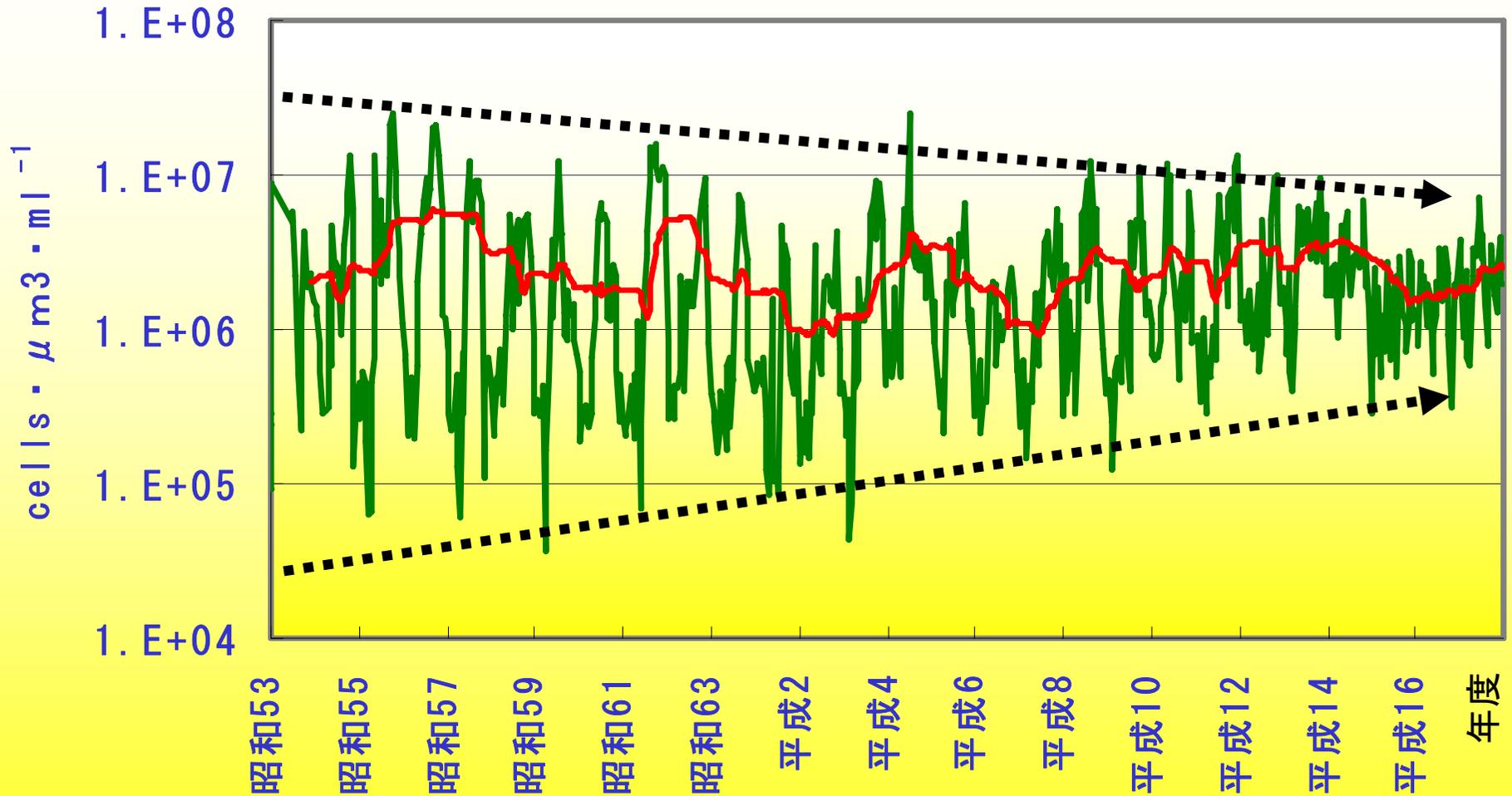


図 北湖における総細胞容積の経年変動 (1978-2005)

# 平均細胞容積(総細胞容積/総細胞数)

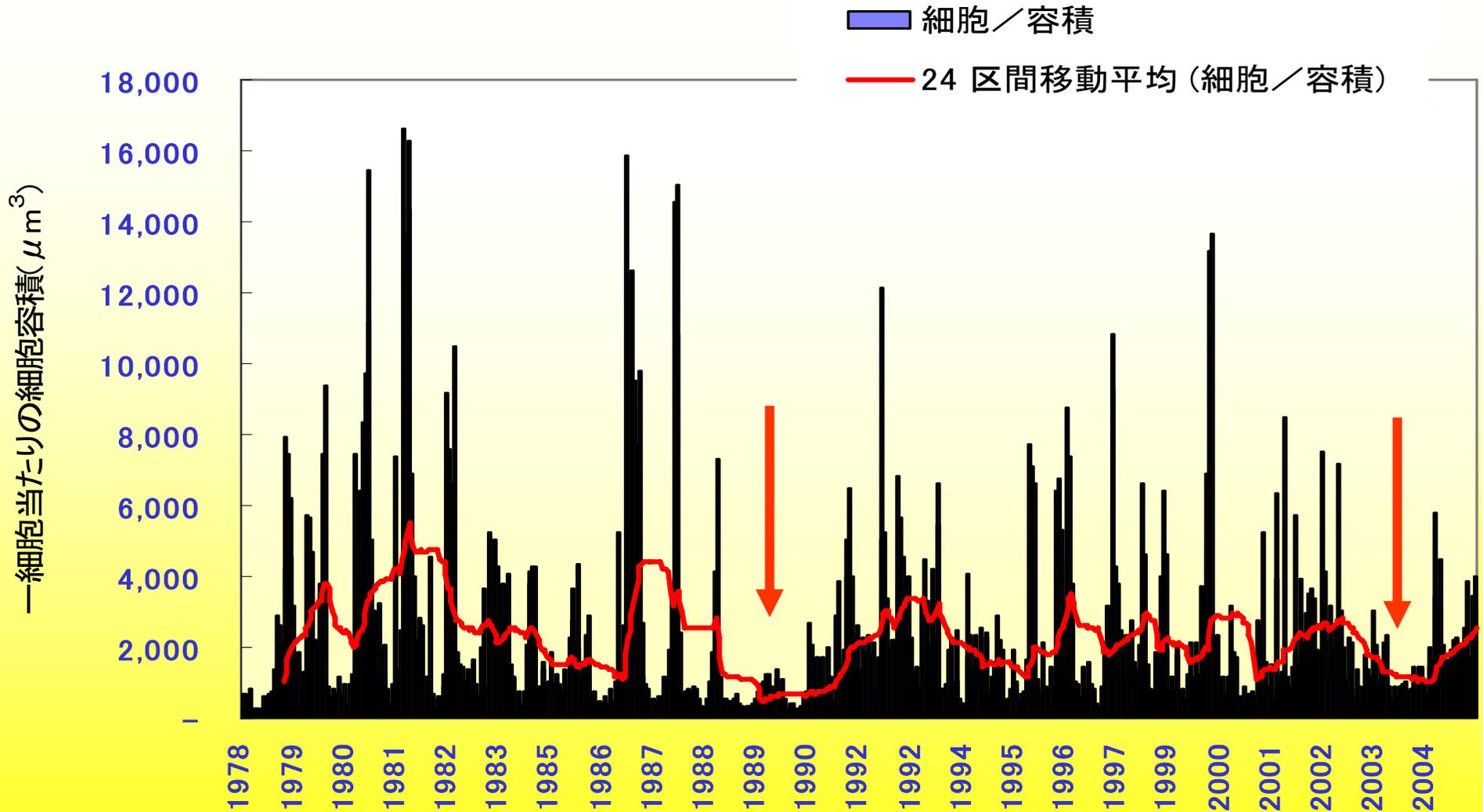
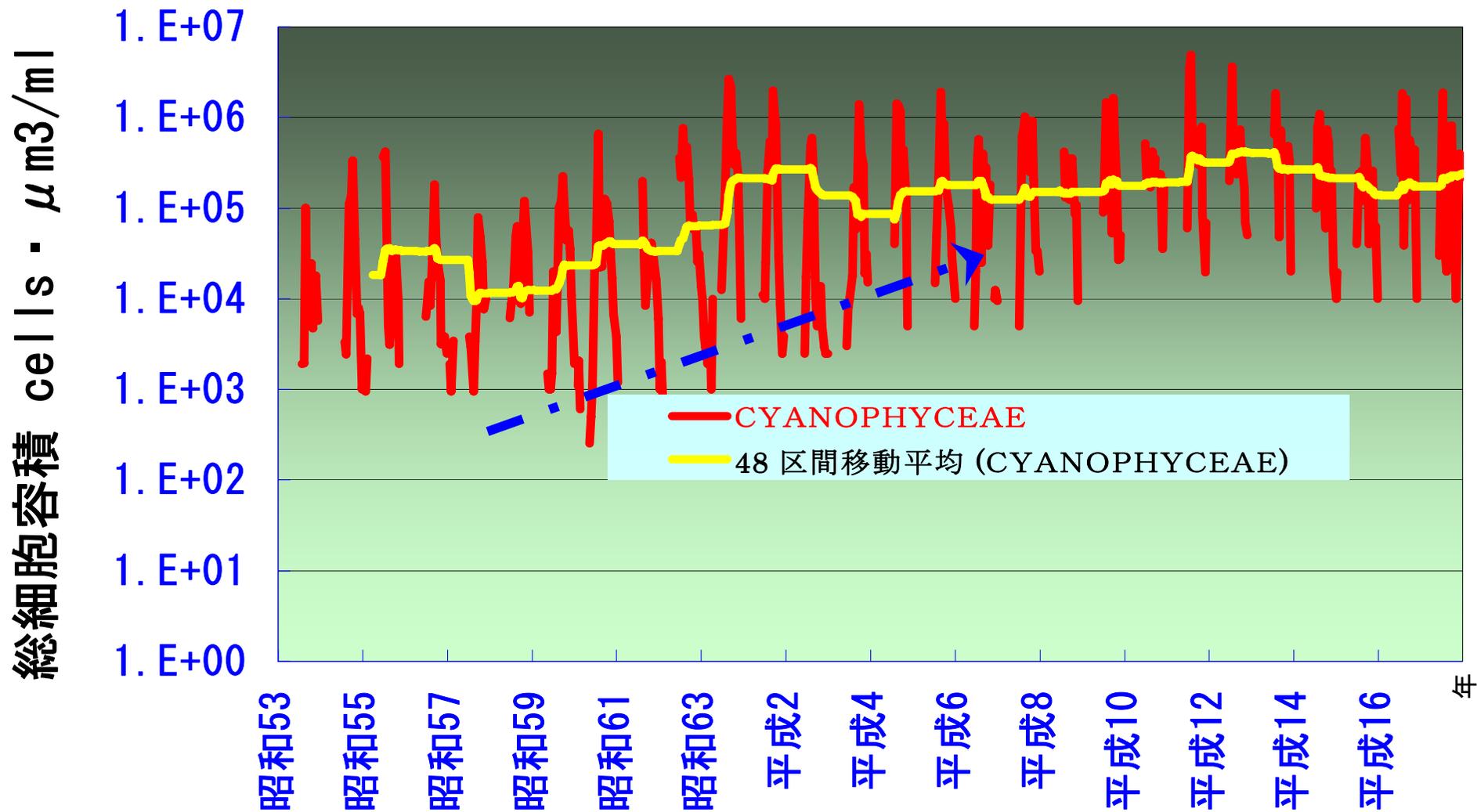


図 北湖における一細胞当たりの細胞容積の変化( $\mu\text{m}^3$ : 1978-2005)

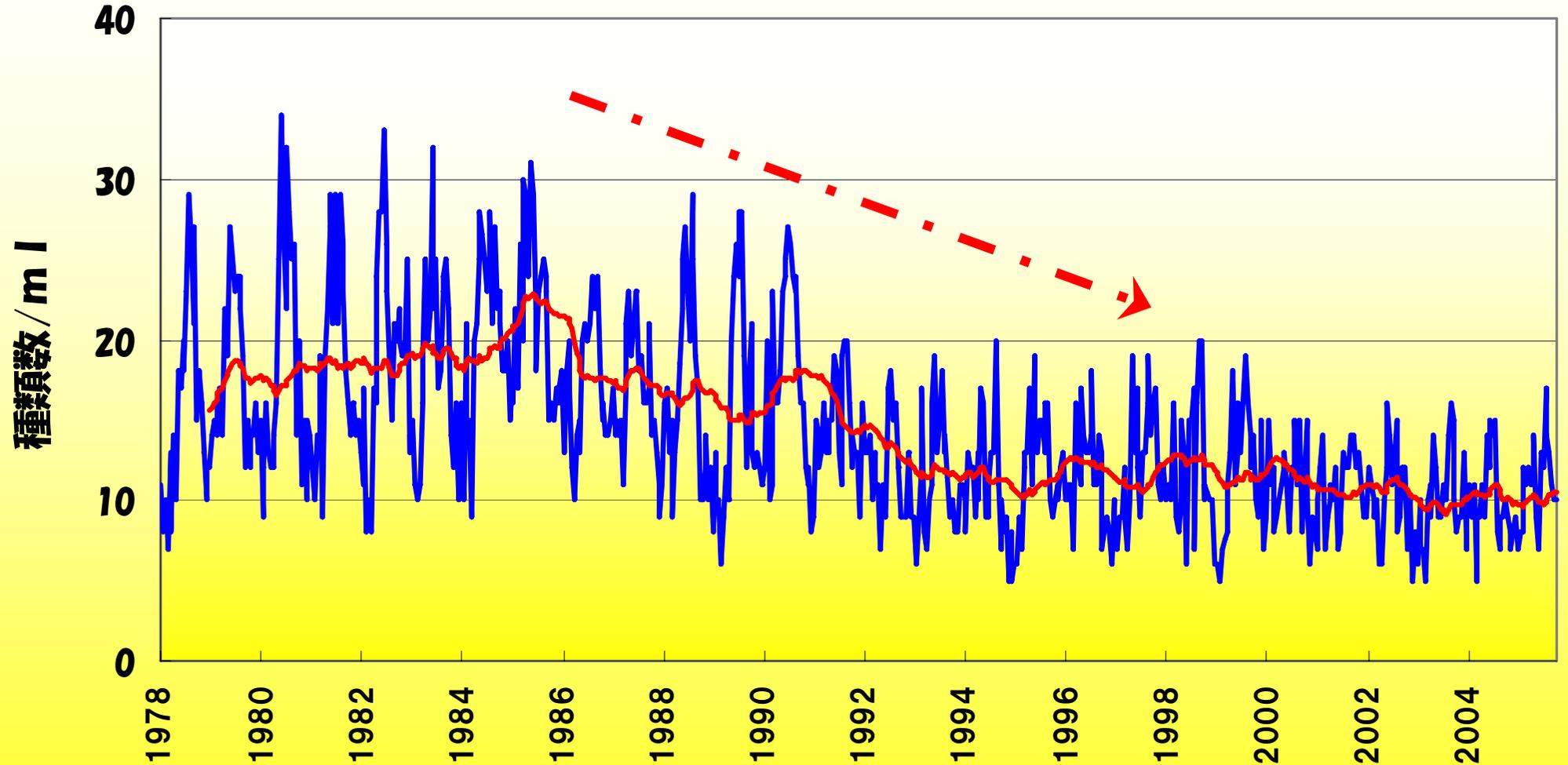
# 藍藻類の細胞容積の経年変化 (北湖今津沖中央表層)



北湖における藍藻類の経年変化 (1978-2005)

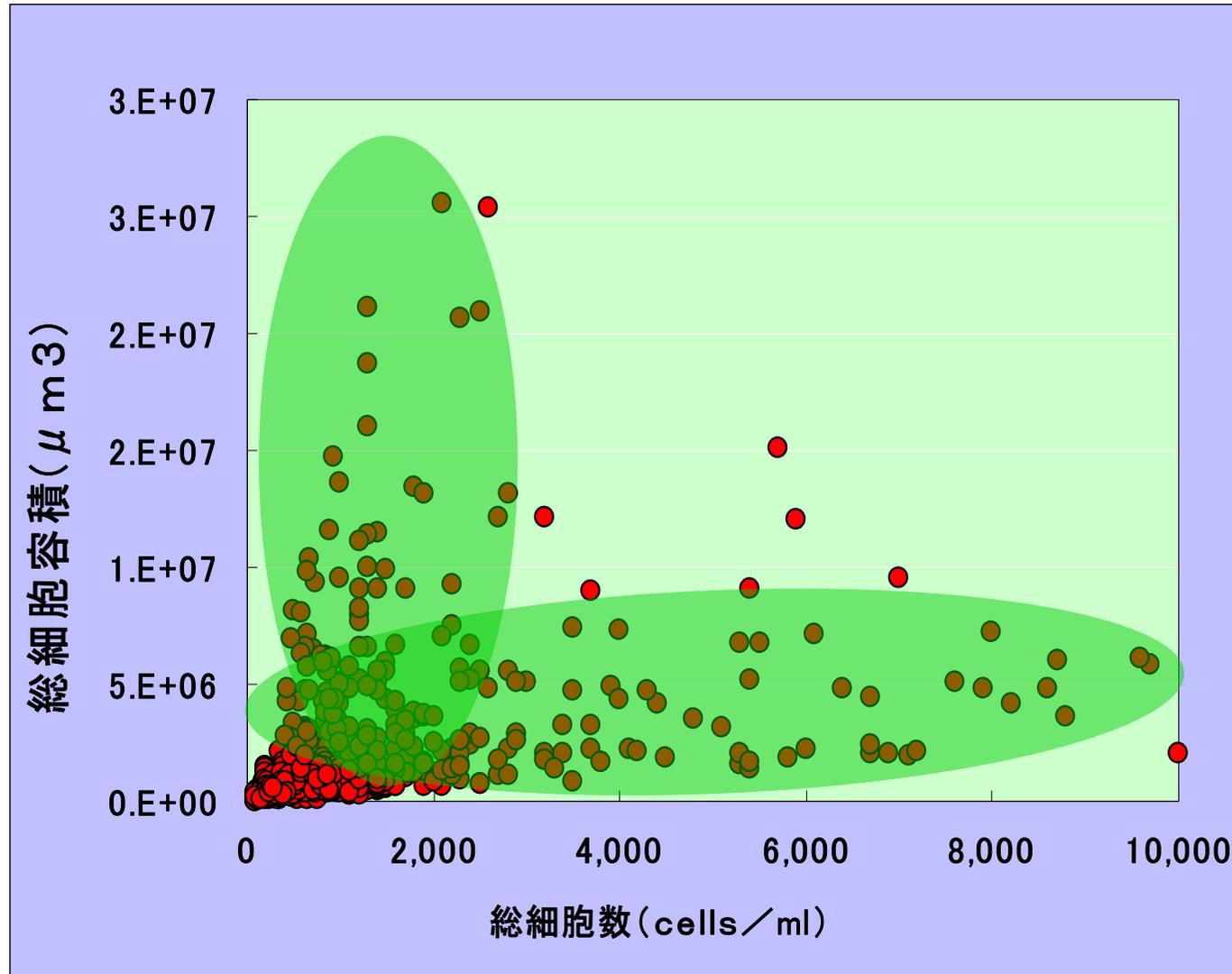
Annual change of total cell volume of CYANOPHYCEAE

# 種類数の経年変化 (lml)

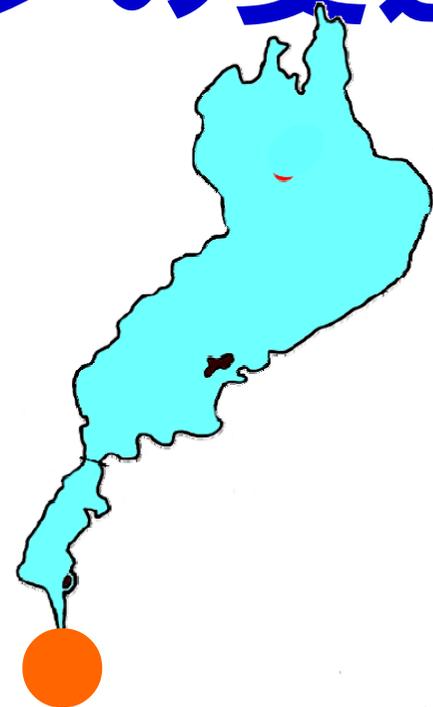


**図1** びわ湖北湖における植物プランクトン種類数の変化 (1978-2005)

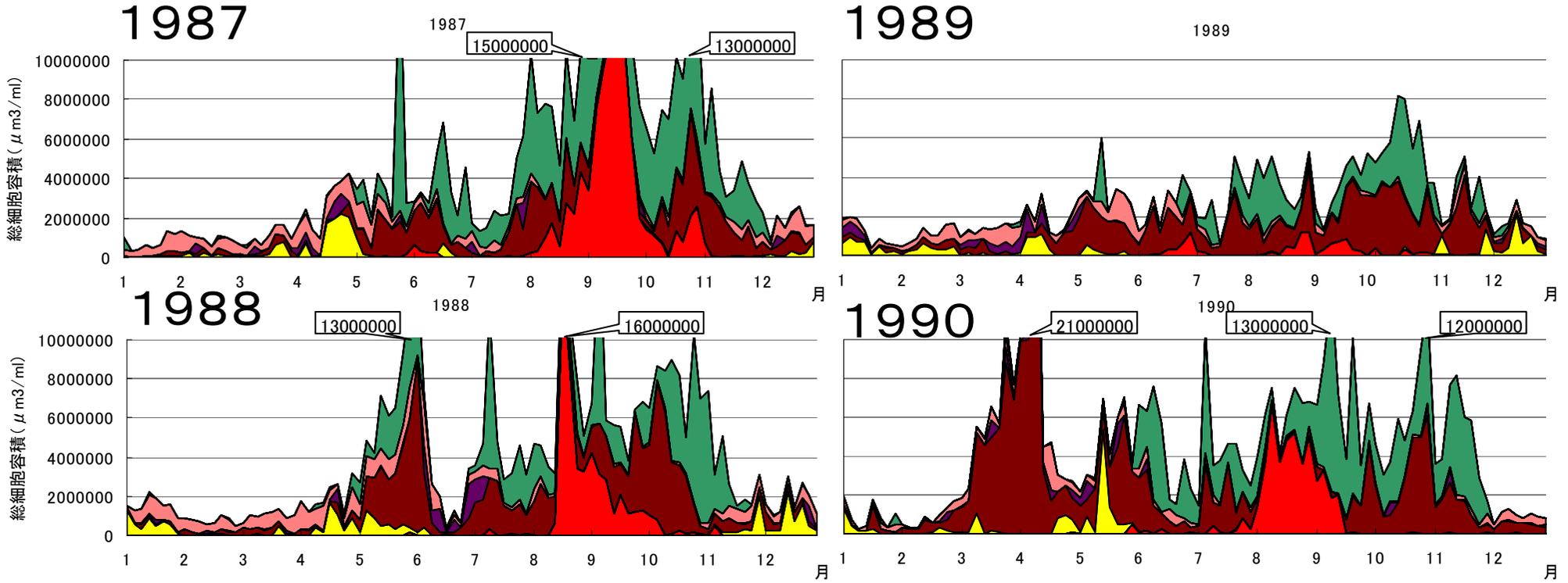
# 総細胞容積量と総細胞数の関係



## 2. 南湖における 植物プランクトンの変遷 (瀬田川流心)

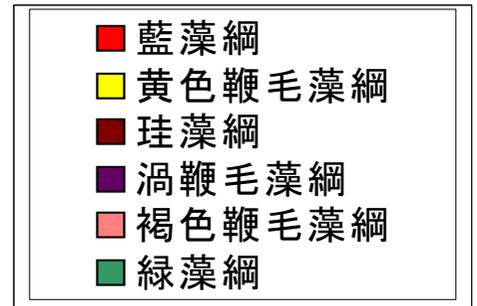


# 植物プランクトン現存量の長期変動(1)

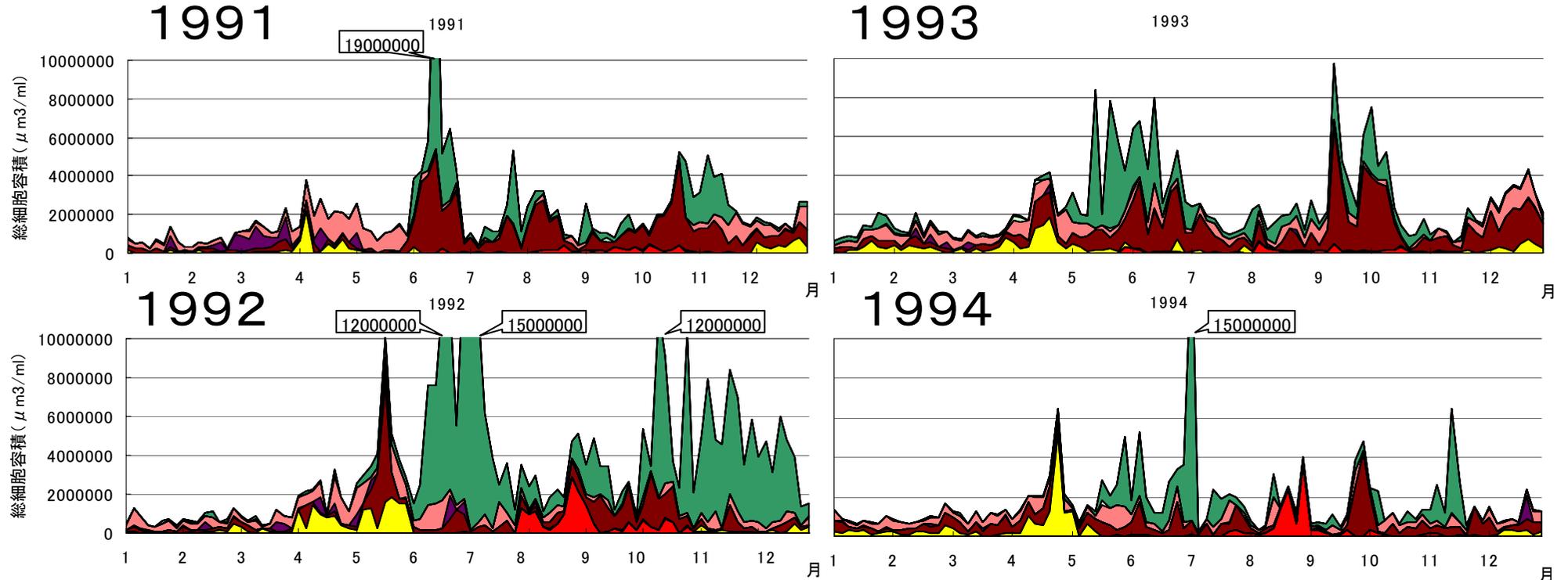


## 瀬田川流心の植物プランクトンの 経年変化(1987~1990)

データ: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター



# 植物プランクトン現存量の長期変動(2)

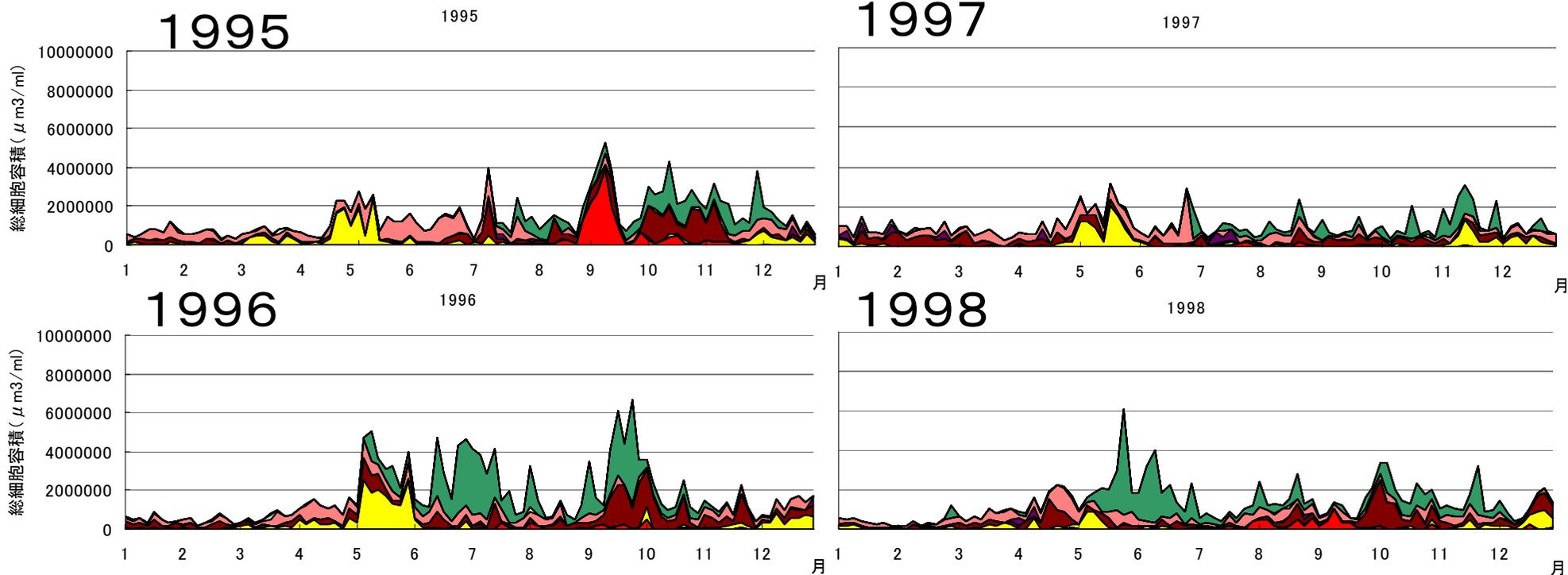


## 瀬田川流心の植物プランクトンの 経年変化(1991~1994)

データ: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

- 藍藻綱
- 黄色鞭毛藻綱
- 珪藻綱
- 渦鞭毛藻綱
- 褐色鞭毛藻綱
- 緑藻綱

# 植物プランクトン現存量の長期変動(3)

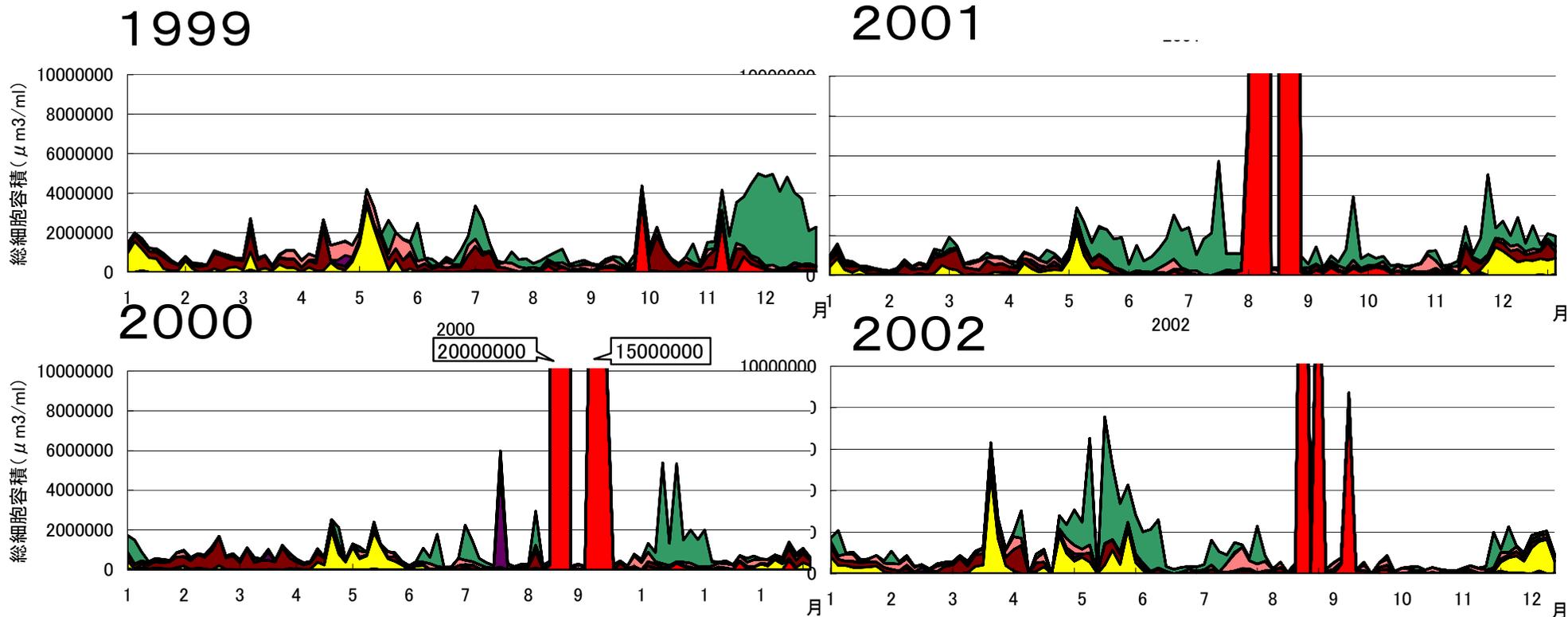


## 瀬田川流心の植物プランクトンの 経年変化(1995~1998)

データ: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

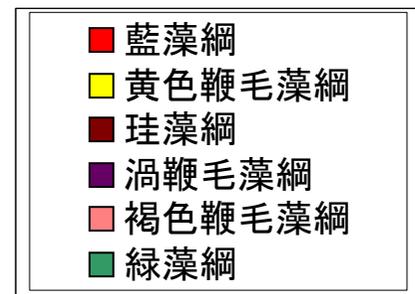
- 藍藻綱
- 黄色鞭毛藻綱
- 珪藻綱
- 渦鞭毛藻綱
- 褐色鞭毛藻綱
- 緑藻綱

# 植物プランクトン現存量の長期変動(4)

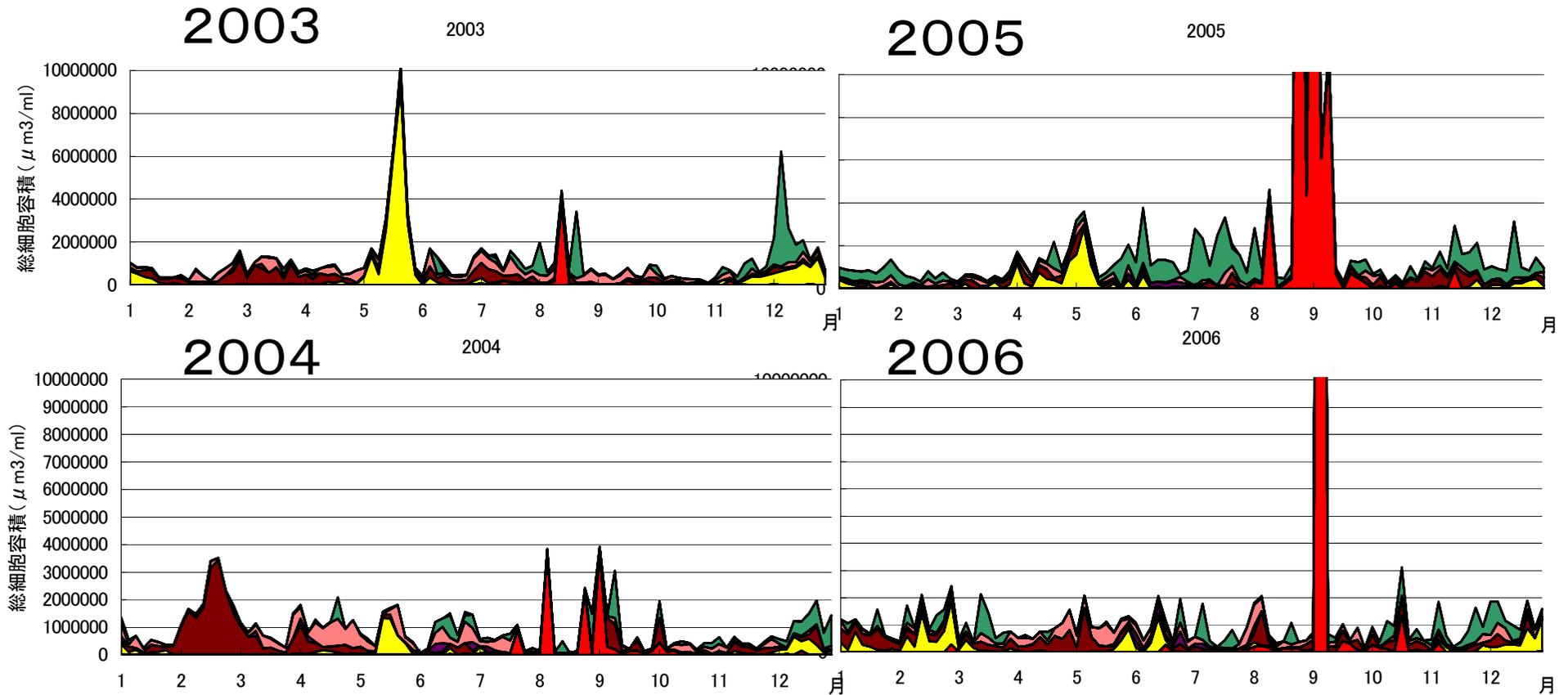


## 瀬田川流心の植物プランクトンの 経年変化(1999~2002)

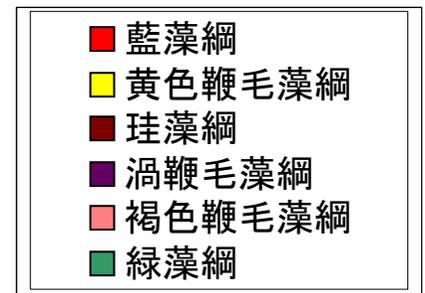
データ: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター



# 植物プランクトン現存量の長期変動(5)

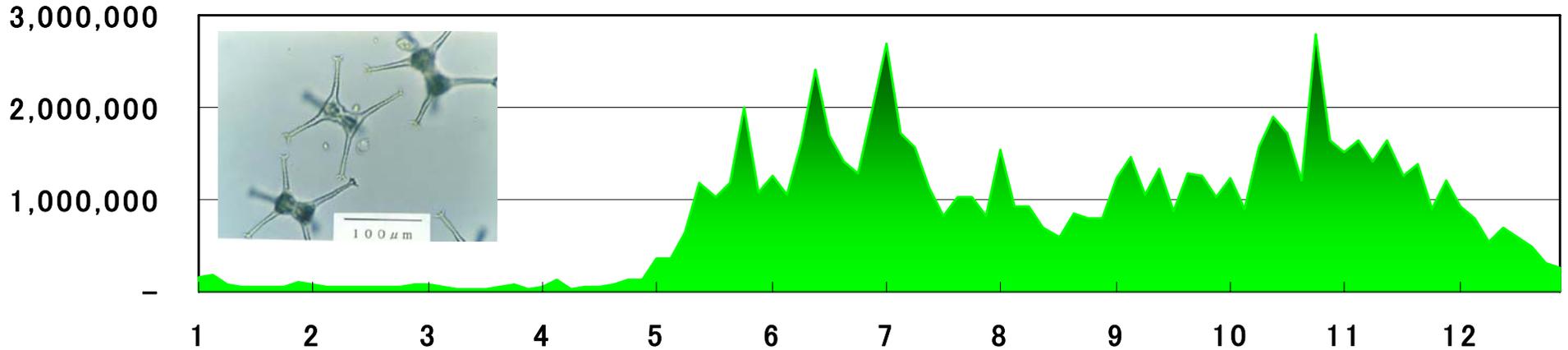


## 瀬田川流心の植物プランクトンの 経年変化(2003~2006)

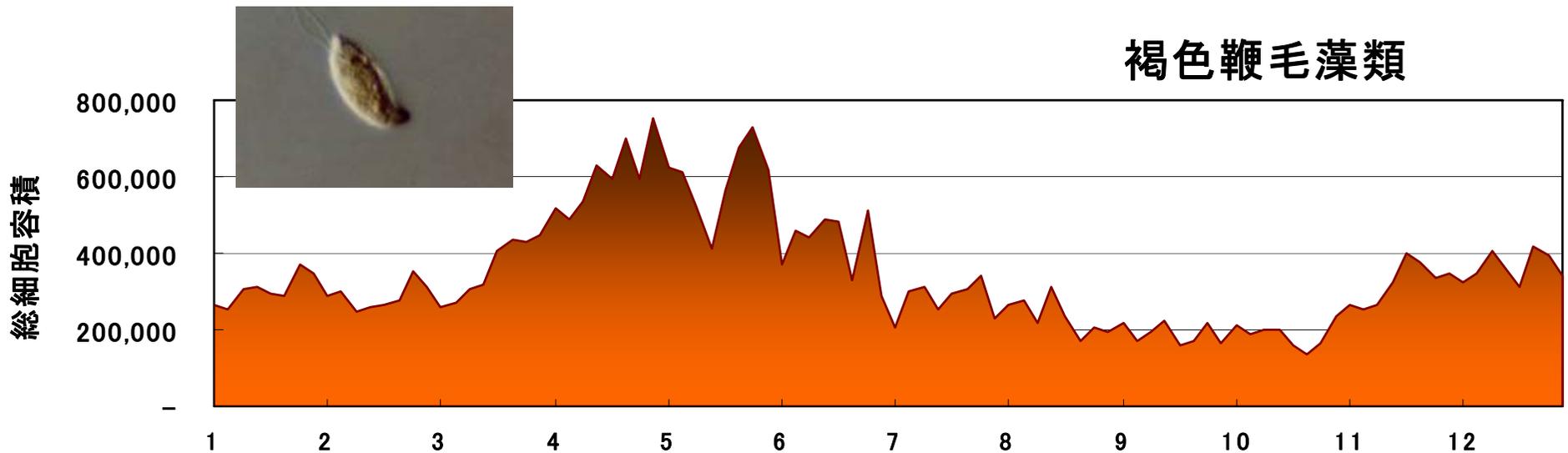


# 植物プランクトン網別変動

## 緑藻類



瀬田川流心における緑藻類の変動(1987-2002)

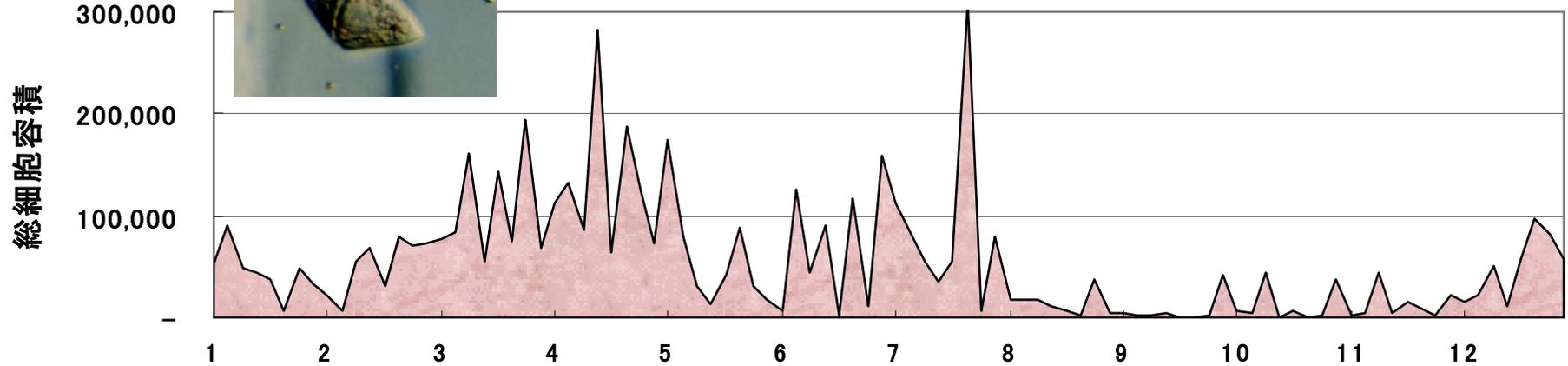


## 褐色鞭毛藻類

瀬田川流心における褐色鞭毛藻類の変動(1987-2002)

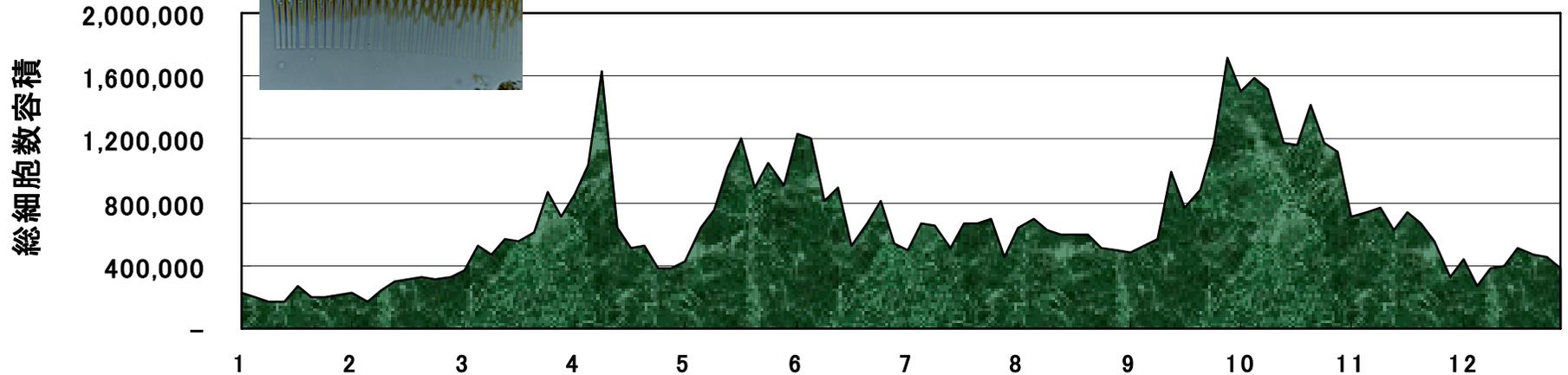
# 植物プランクトン網別変動

## 渦鞭毛藻類



瀬田川流心における渦鞭毛藻類の変動(1987-2002)

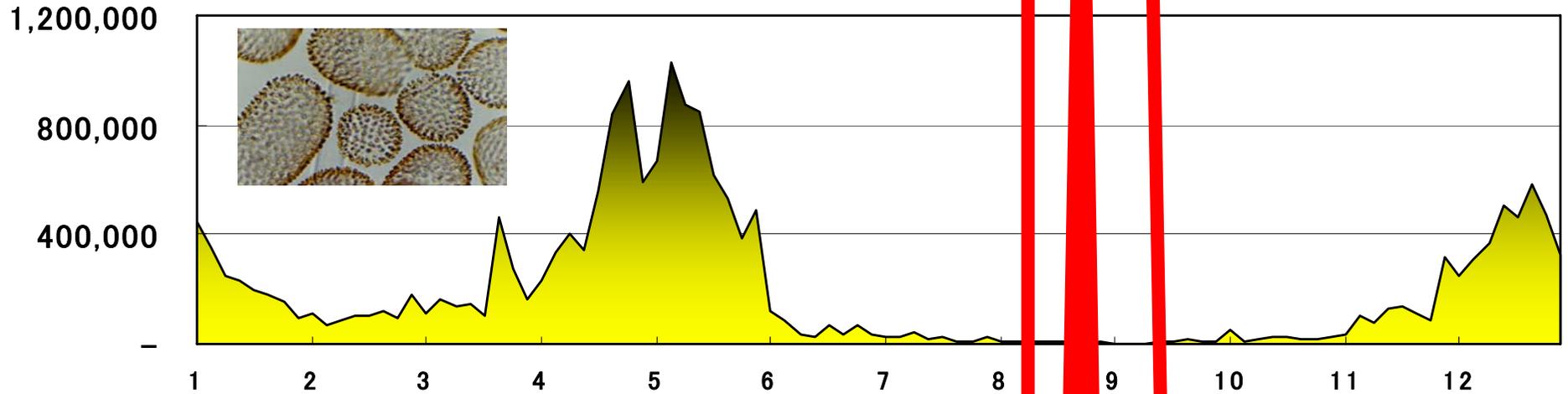
## 珪藻類



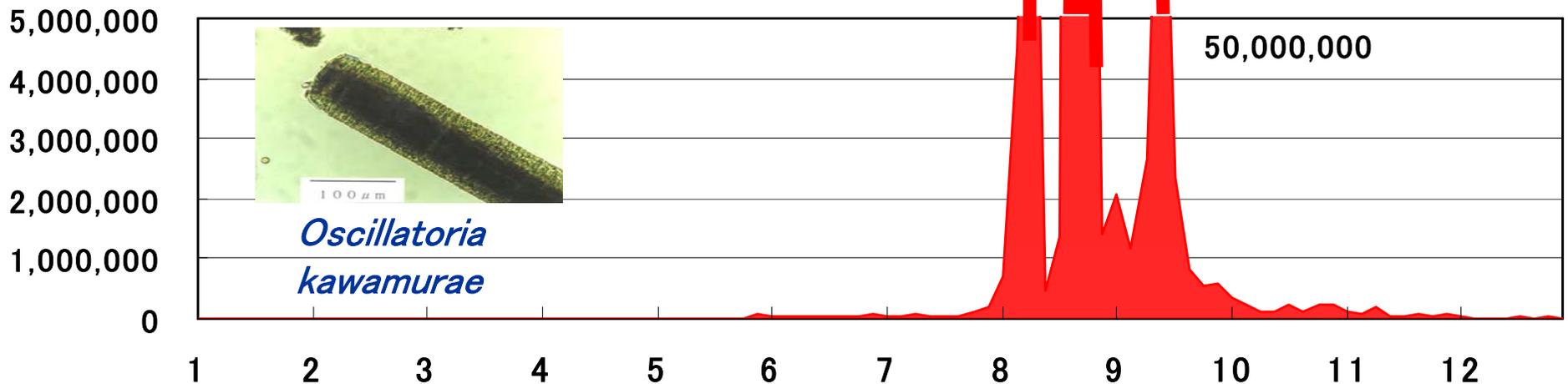
瀬田川流心における珪藻類の変動(1987-2002)

# 植物プランクトン網別変動

## 黄色鞭毛藻類



瀬田川流心における黄色鞭毛藻類の変動(1987-2002)



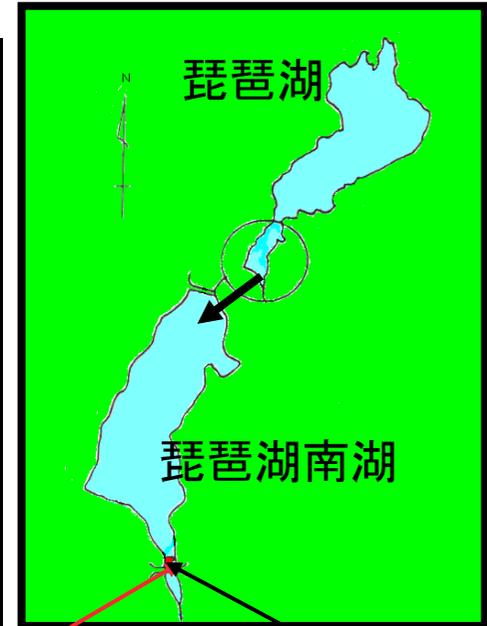
瀬田川流心における藍藻類の変動(1987-2002)

# アオコの増加と放流量

- 瀬田川流心部における植物プランクトン連続調査と放流量との関係
- 立命館大学 環境システム工学科  
天野研究室との共同研究

# 調査地点、扱うデータについて

データ	プランクトンデータ	流量データ	水温データ
地点名	瀬田川流心部	鳥居川局	唐橋局
地点数	1	1	1
期間	1987.1～2002.10	1987.1～2000.12	1987.1～2002.5
頻度	週2回	毎日	毎日
項目数	主な64種類	1	1
項目	出現種と細胞容積	流量	水温
総データ数	97,216	5,114	5,442
発行	滋賀県立衛生環境センター	国土交通省琵琶湖工事事務所	国土交通省琵琶湖工事事務所



瀬田唐橋

瀬田川流心

図 調査地点

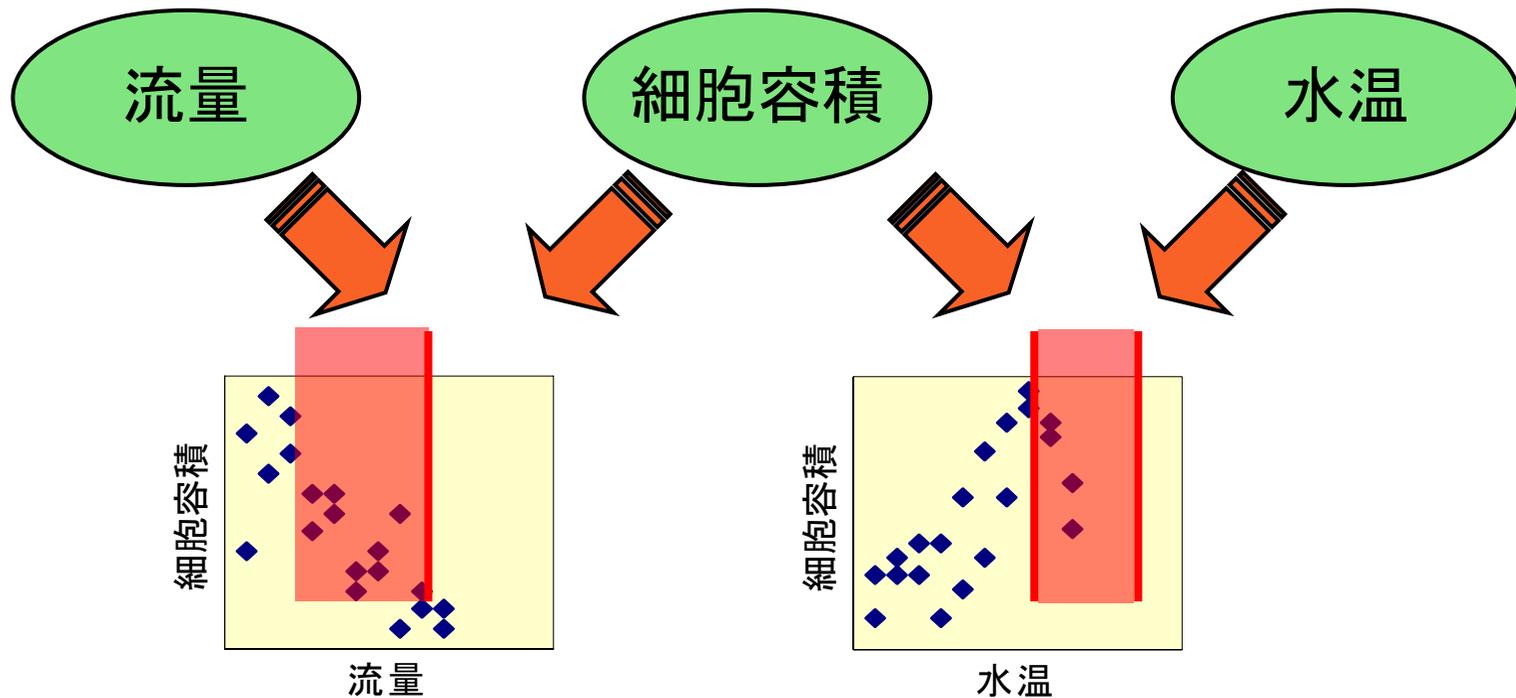
## ◆ 調査方法(13年間)

調査地点の表層水1mlをプランクトン計数板に取り

100倍～600倍の倍率で観察し各種毎の細胞数を計数

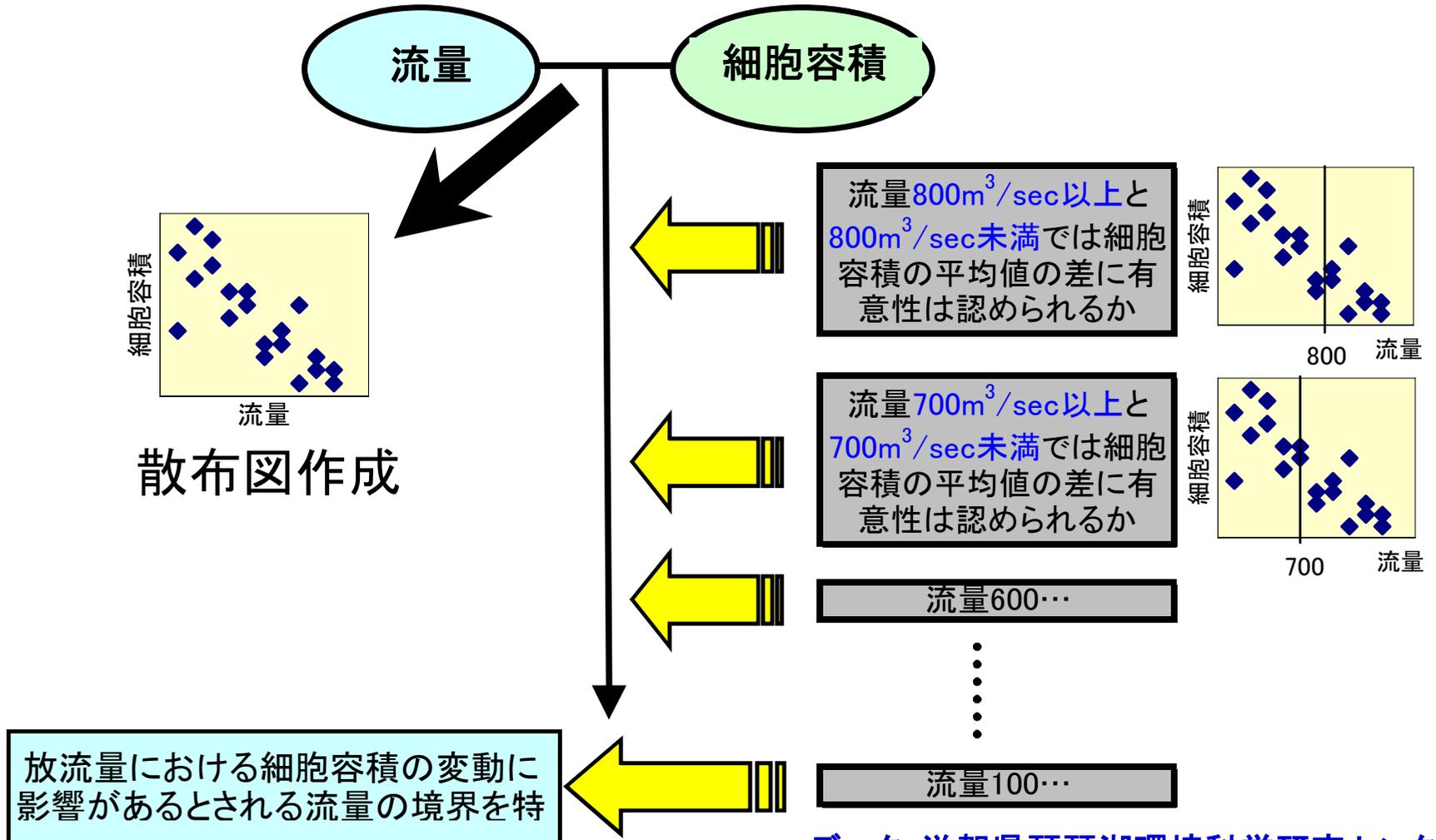
# 植物プランクトン変動に関する要因分析

要因分析手法について



平均値の差の検定により有意性の判定

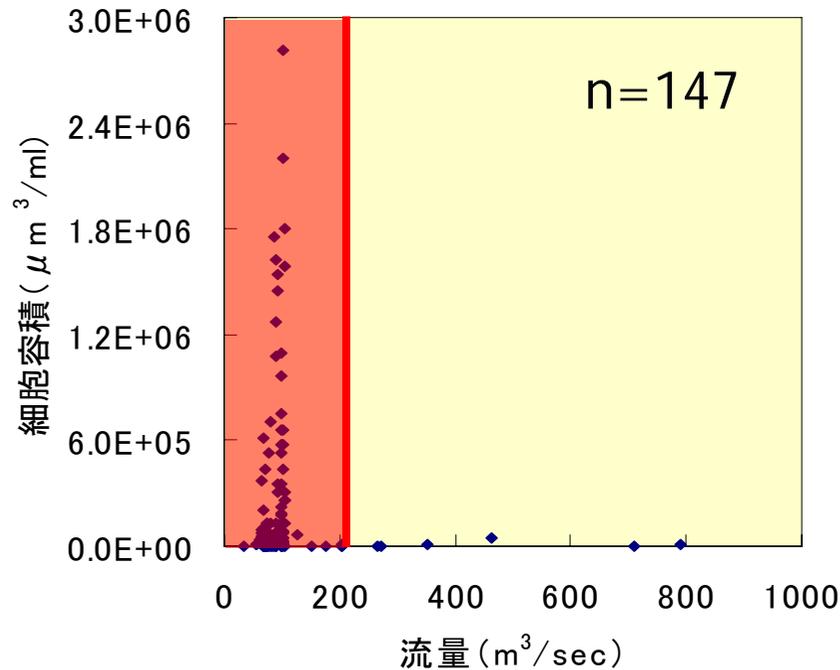
# 検定方法(1)



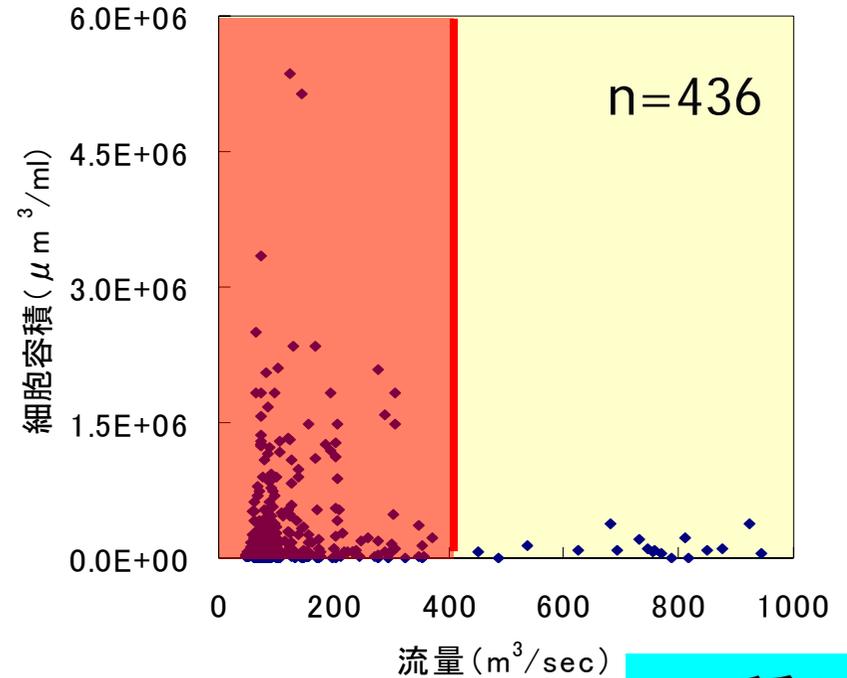


# 流量と植物プランクトンの関係

*Anabaena affinis* (アナベナ)



*Uroglena americana* (ウログレナ)



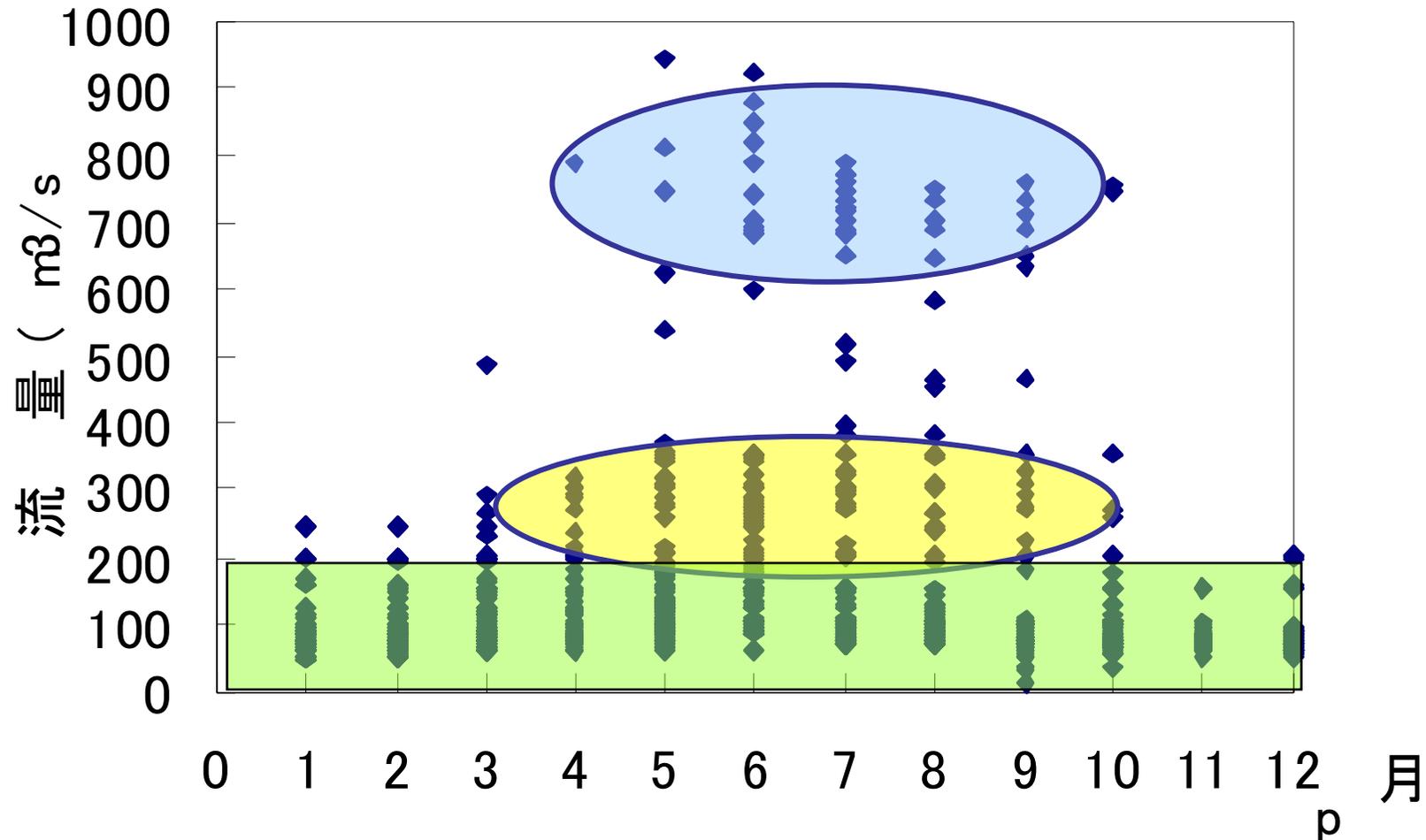
19種/64種

表 平均値の差の検定による検定結果

種	流量の境界の検定結果(単位m³/sec)							
	100	200	300	400	500	600	700	800
Anabaena affinis (アナベナ)	-	***	***	**	*	*	*	-
Uroglena americana (ウログレナ)	*	-	-	***	***	***	***	*

0.5%有意:\*\*\* 1%有意:\*\* 5%有意:\*

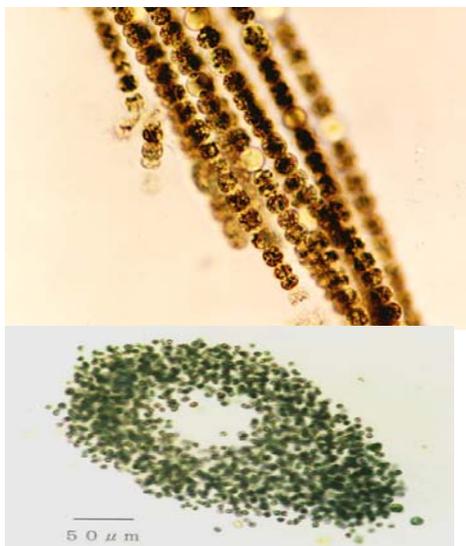
# 放流量と季節の関係 (n=5114)



- 全体の86%が $200\text{m}^3/\text{sec}$ 以下の放流量であり、放流量が多くなる季節は5~9月であった。

# アオコと 放流量

- アオコ形成種である種類は放流量が $200\text{m}^3/\text{sec}$ 以下になると発生しやすい。



*Microcystis aeruginosa*

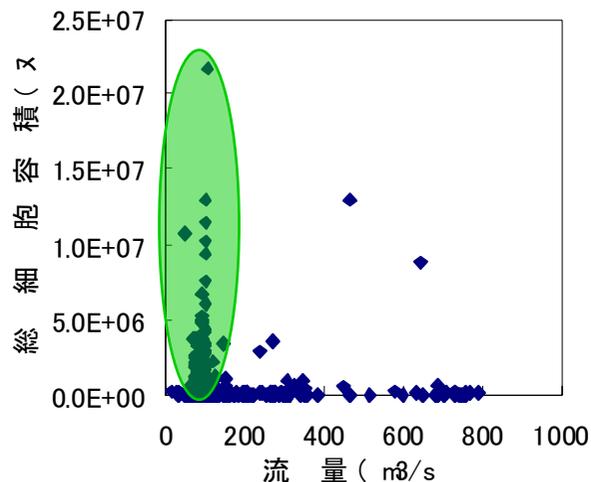


図 4-5 流量と藍藻の関係

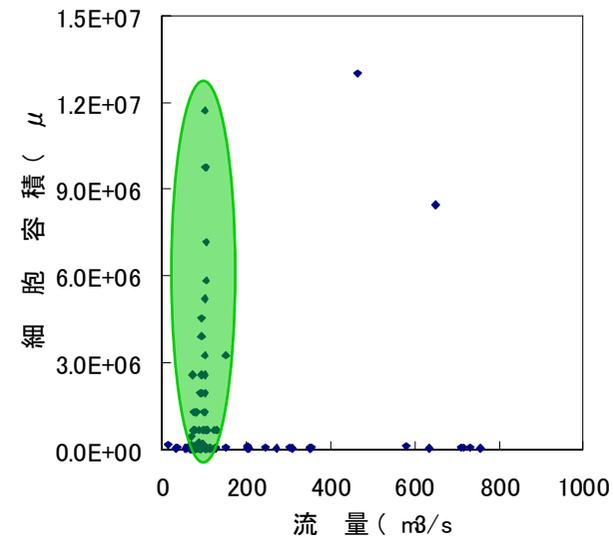


図 4-6 流量と *Microcystis aeruginosa* の関係

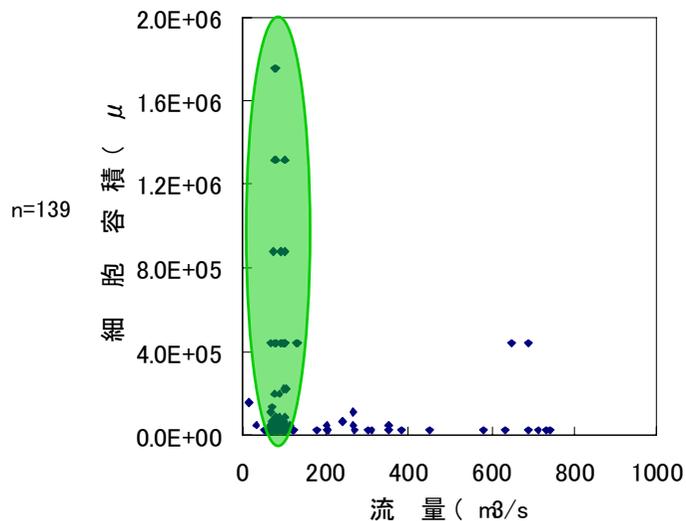


図 4-7 流量と *Microcystis wesenbergii* の関係

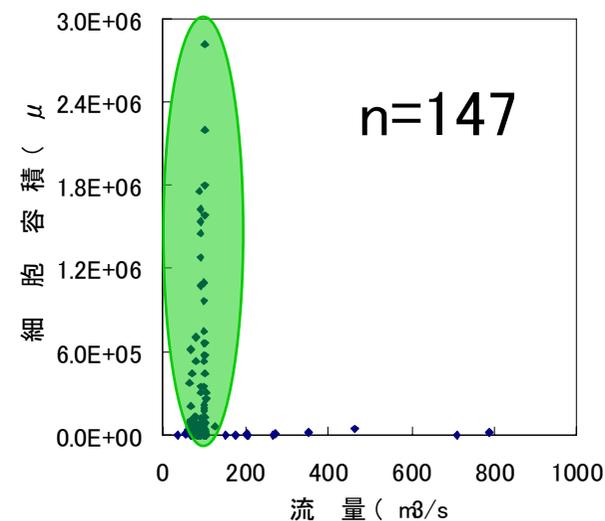


図 4-8 流量と *Anabaena affinis* の関係

夏型	1	藍藻綱	<i>Microcystis aeruginosa</i>	夏型	23~29°C
	2	...	<i>Microcystis incerta</i>	夏型	27~32°C
	3	...	<i>Aphanothece clathrata</i>	夏型	28~33°C
	4	...	<i>Chroococcus dispersus</i>	夏型	26~32°C
	5	...	<i>Anabaena spiroides</i>	夏型	26~31°C
	6	...	<i>Anabaena affinis</i>	夏型	27~32°C
	7	...	<i>Oscillatoria tenuis</i>	夏型	21~33°C
	8	...	<i>Oscillatoria Kawamurae</i>	夏型	22~27°C
	9	緑藻綱	<i>Micractinium pusillum</i>	夏型	24~32°C
	10	...	<i>Oocystis sp.</i>	夏型	23~29°C
	11	...	<i>Pediastrum biwae</i>	夏型	27~32°C
	12	...	<i>Coelastrum cambricum</i>	夏型	24~29°C
春秋型	13	黄色鞭毛藻綱	<i>Dinobryon bavaricum</i>	春・秋型	11~17°C
	14	...	<i>Chromulina sp.</i>	春・秋型	11~20°C
	15	珪藻綱	<i>Fragilaria crotonensis</i>	春・秋型	10~17°C
	16	...	<i>Synedra acus</i>	春・秋型	18~23°C
	17	...	<i>Cocconeis placentula var. leneata</i>	春・秋型	10~17°C
	18	渦鞭毛藻綱	<i>Peridinium berolinense</i>	春・秋型	16~22°C
	19	褐色鞭毛藻綱	<i>Cryptomonas erosa</i>	春・秋型	16~22°C
	20	緑藻綱	<i>Ankistrodesmus falcatus var. mirabile</i>	春・秋型	16~21°C
冬型	21	黄色鞭毛藻綱	<i>Dinobryon divergens</i>	冬型	8~13°C
	22	...	<i>Mallomonas tonsurata</i>	冬型	4~13°C
	23	...	<i>Mallomonas akrokomos</i>	冬型	4~9°C
	24	珪藻綱	<i>Cyclotella glomerata</i>	冬型	5~10°C
	25	...	<i>Cyclotella sp.</i>	冬型	7~12°C
	26	...	<i>Nitzschia acicularis</i>	冬型	4~10°C
	27	...	<i>Nitzschia sp.</i>	冬型	6~13°C
	28	渦鞭毛藻綱	<i>Gymnodinium sp.</i>	冬型	8~13°C
	29	ミドリムシ藻綱	<i>Trachelomonas oblonga</i>	冬型	4~10°C
	30	緑藻綱	<i>Golenkinia radiata</i>	冬型	8~13°C

-琵琶湖における植物プランクトンの長期変遷と異常発生事例-

# 3. びわ湖のプランクトン 異常発生の歴史

(12事例紹介)

## 琵琶湖におけるプランクトン異常発生の歴史（過去40年間）

						滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター
事例	西暦	年	プランクトン・付着藻類	北湖	南湖	備考(原因生物など)
1	1969	昭和44年	カビ臭プランクトンの初発生		○	<i>Phormidium tenue</i> (臭気物質2MIB:藍藻類)
2	1977	昭和52年	淡水赤潮の初発生	○	○	<i>Uroglena americana</i> (生ぐさ臭:黄色鞭毛藻類)
3	1983	昭和58年	南湖でのアオコ初発生		○	<i>Anabaena affinis</i> (南湖湖岸部:藍藻類)
4	1989	平成1年	ピコプランクトンの大発生	○		<i>Synechococcus sp.</i> (超微小種:藍藻類)
5	1993	平成5年	ゴンフォスフェリアの大発生	○		<i>Gomphosphaeria lacustris</i> (群体性:藍藻類)
6	1994	平成6年	北湖でのアオコ初発生	○		<i>Microcystis aeruginosa</i> (アオコ形成種:藍藻類)
7			アオミドロの大発生	○	○	<i>Spirogyra sp. Oedogon sp.</i> (湖岸部繁茂:緑藻類)
8	1998	平成10年	アフアノテーケの大発生	○		<i>Aphanothece clathrata</i> (藍藻類)
9			オッシラトリアのアオコ初確認		○	<i>Oscillatoria kawamurae</i> (藍藻類)
10	1999	平成11年	アフアニゾメノンのアオコ発生		○	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (藍藻類)
11	2000	平成12年	エリ網付着性藍藻の大発生	○		<i>Phormidium sp.</i> (エリ網中層部に付着:藍藻類)
12	2002	平成14年	湖底でのメタロゲニウム大発生	○		<i>Metalogenium sp.</i> (マンガン酸化物構造体)

# 事例1. カビ臭プランクトンの初発生 (1969:昭和44年)

- 1969(昭和44)年、琵琶湖の富栄養化が進むに従って昭和39年頃から琵琶湖のプランクトン異常発生が認められるようになり、疎水を通じて水を給水している京都府や大阪府の浄水場でカビ臭の騒ぎが発生した(淀水協)
- この原因としては、琵琶湖に多く分布していた珪藻のシネドラが原因と考えられていた。



*Synedra rumpens*(臭気未確認)

# カビ臭生成プランクトン

- カビ臭の原因としては当時、珪藻のシネドラや放線菌(ジオスミンを確認)、藍藻のフォルミディウム等が考えられたが、その後の調査・研究で、*Phormidium tenue* から2MIBが検出され本種が原因であったと推察された。



2MIBを生成する*Phormidium tenue* (PTG株)

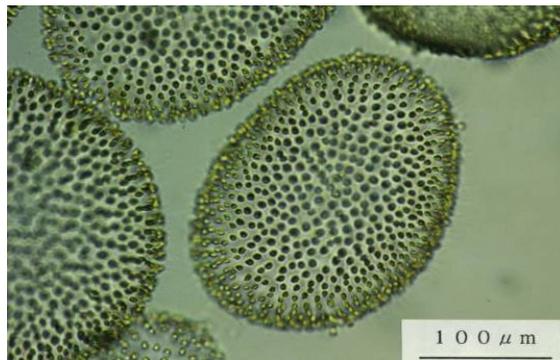
## 事例2. 淡水赤潮の初発生 (1977年:昭和52年)

- 1977年5月から6月にかけて、比較的きれいと言われてきた北湖の北西部を中心に突如、湖水が赤褐色を呈し大きな社会問題になった。
- 淡水赤潮は *Uroglena americana* の異常増殖で起きたものだが、水道水のカビ臭とは違って、湖が赤く変色するという目に見える現象であっただけに県民に強烈な衝撃を与えた。
- 1978年から京都大学との委託研究を開始。

# 淡水赤潮現場

淡水赤潮の発生から2年後の1979(54)年に「琵琶湖富栄養化防止条例」が制定された。

# 琵琶湖の淡水赤潮湖水



*Uroglena americana*



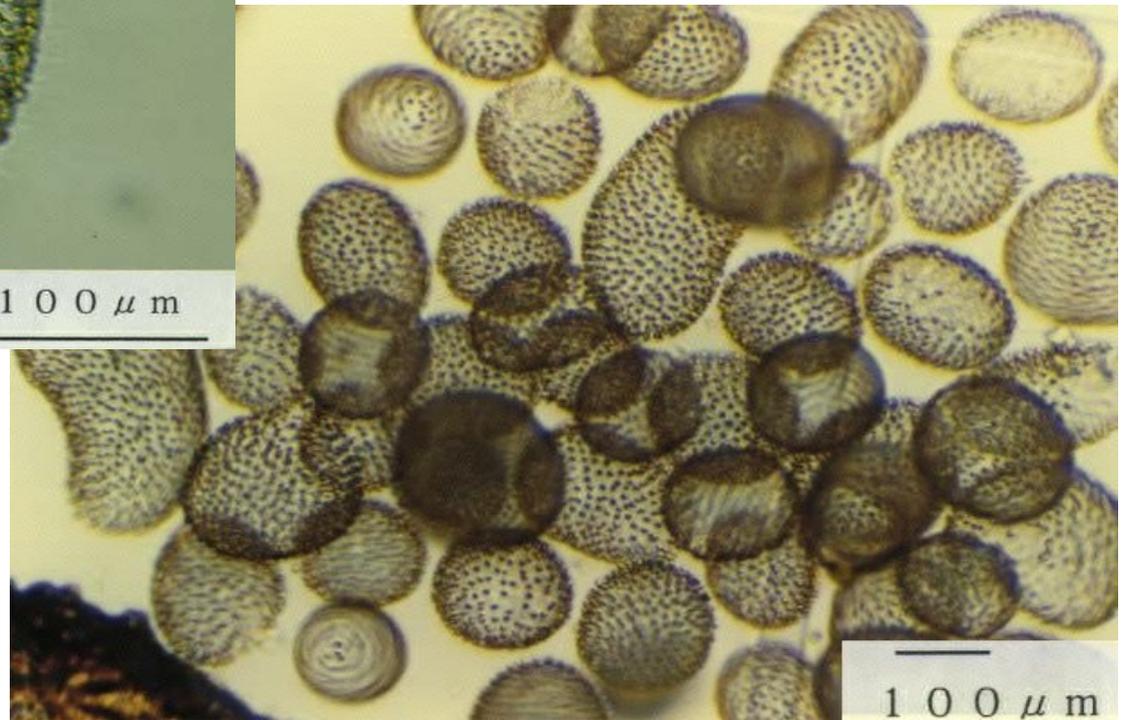
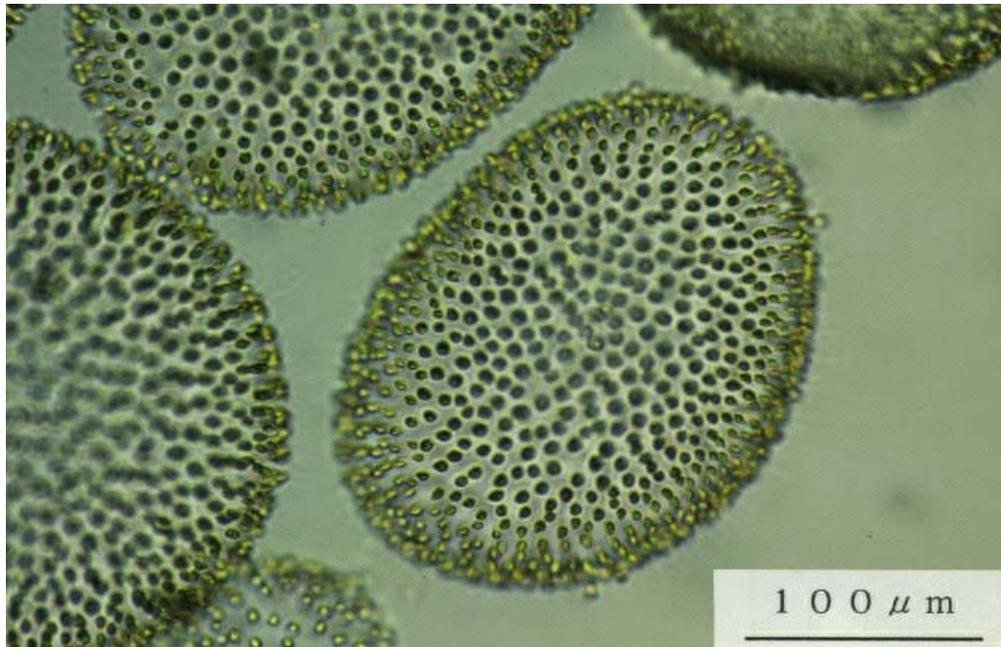
赤潮  
発生

発生していない地点  
と発生地点の差



データ: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

# ウログレナ *Uroglena americana*



琵琶湖淡水赤潮速報

赤潮発生情報

(調査年度を選択すると調査日  
が選択できるようになります。)

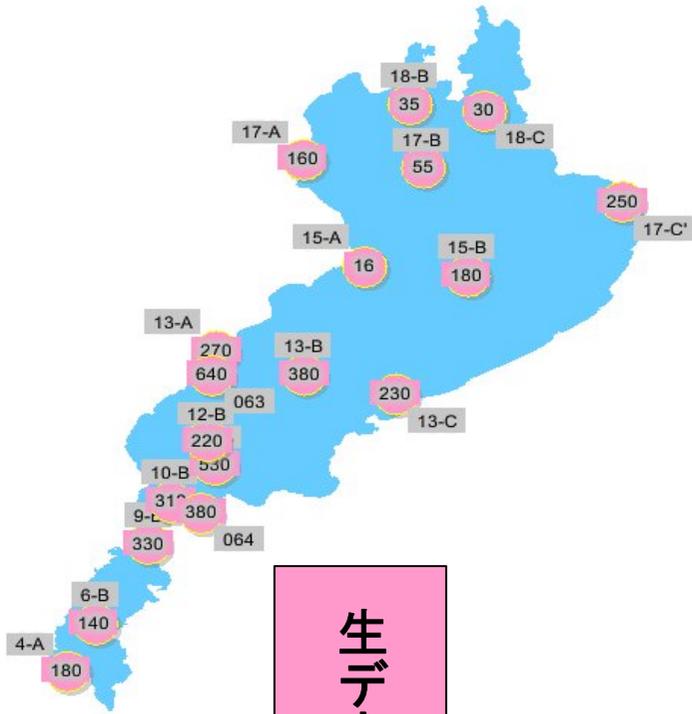
調査年度

2003 年

(「調査日」を選択すると、当日  
のウログレナ群体数(中群  
体換算値)が表示されます。「次」  
「前」を押すと翌日・前日のデー  
タが表示されます。)

調査日

前 9 回 5/23 次



生データ

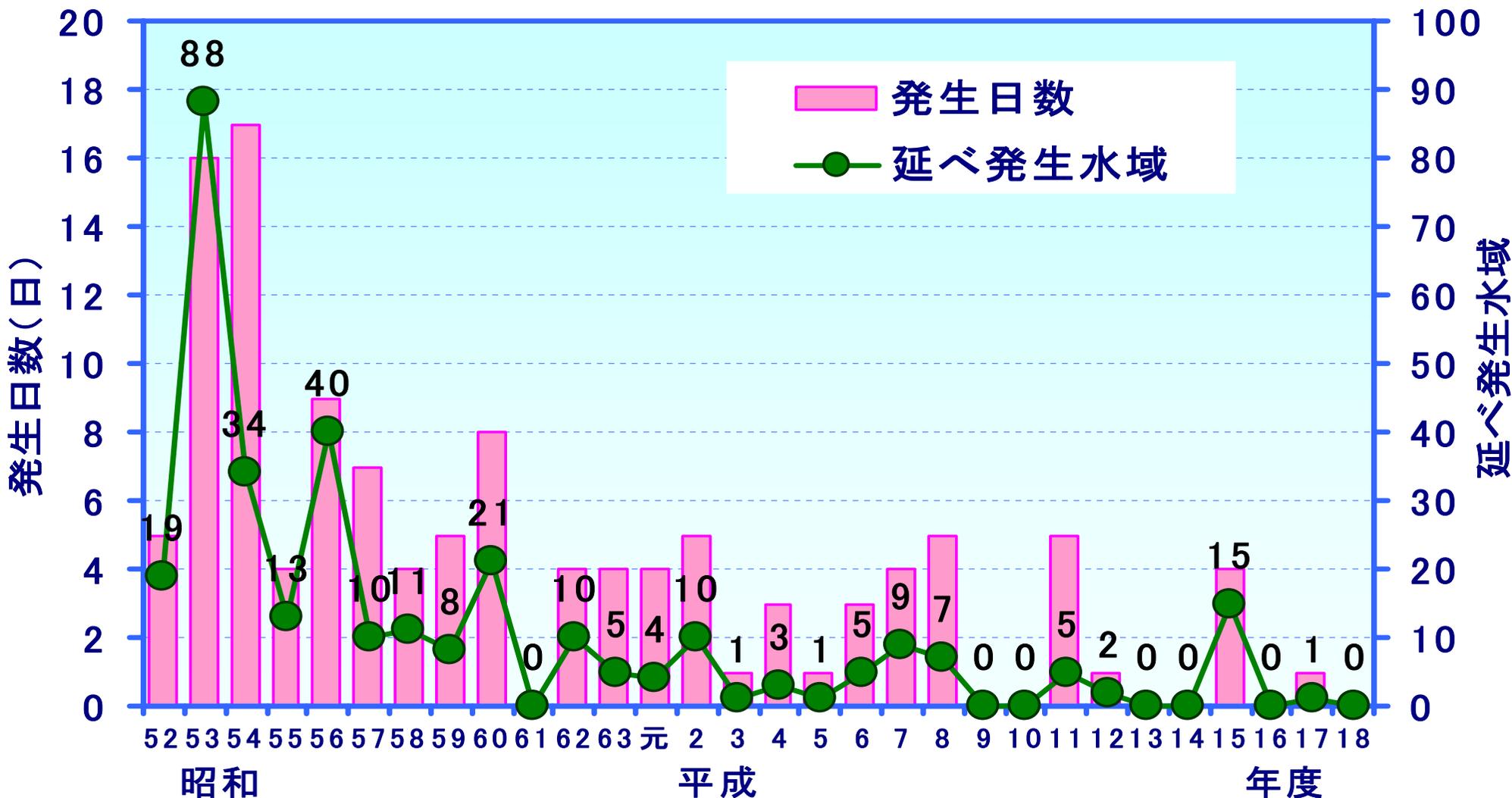
数値はウログレナの群体数(中群  
体換算値)を示します。

調査日 2003年5月23日第9回

調査日	天候	地点	地点名称	時間	透明度(m)	風向	風速(m/s)	水温(°C)	気温(°C)	色相	群体数大(/ml)	群体数中(/ml)	群体数小(/ml)	中群 体換算 (/ml)
5/23	雨	4-A	4-A	3:35	1.7	NE	2.5	21.5	21.8	10Y 3/2	0	20	820	180
5/23	晴	6-B	6-B	9:35	2.2	NE	1.0	19.6	20.9	10GY 4/4	0	70	360	140
5/23	晴	9-B	9-B	10:7	2.4	NE	2.5	18.6	21.0	7.5GY 2/2	0	150	890	330

淡水赤潮パトロール速報

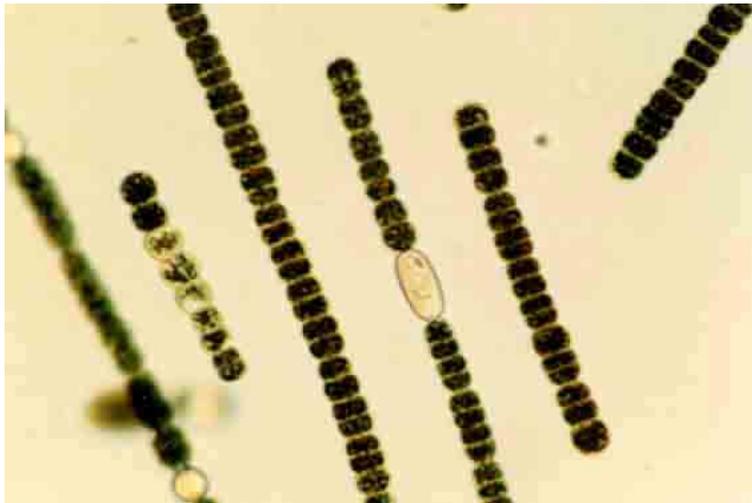
# 琵琶湖における淡水赤潮発生状況



データ: 滋賀県琵琶湖環境部琵琶湖再生課

# 事例3. 南湖でのアオコの初発生 (1983年:昭和58年)

- 1983年(昭和58年)9月に南湖の湖岸部に主としてアナベナと呼ばれるプランクトンの集積によるアオコが大規模に発生した。



*Anabaena macrospora*



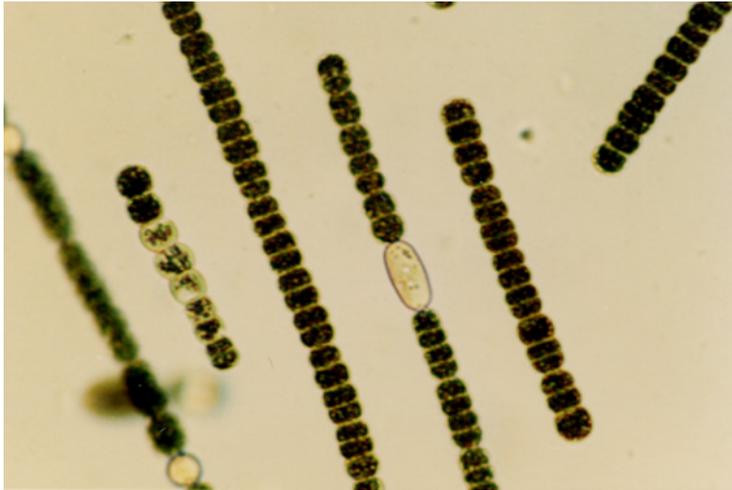
*Anabaena spiroides*

# 琵琶湖南湖のアオコ現場

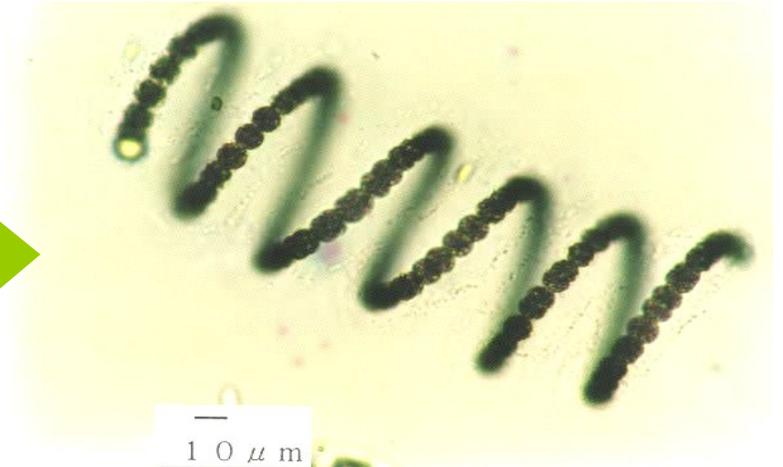


昭和60年9月に南湖  
全域で1000群体/ml  
以上のアサベナが計  
数された。水道水の  
カビ臭問題が広がる。

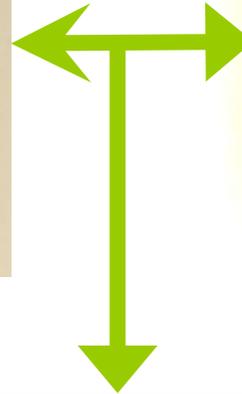
# アナベナ属 (1983:昭和58年)



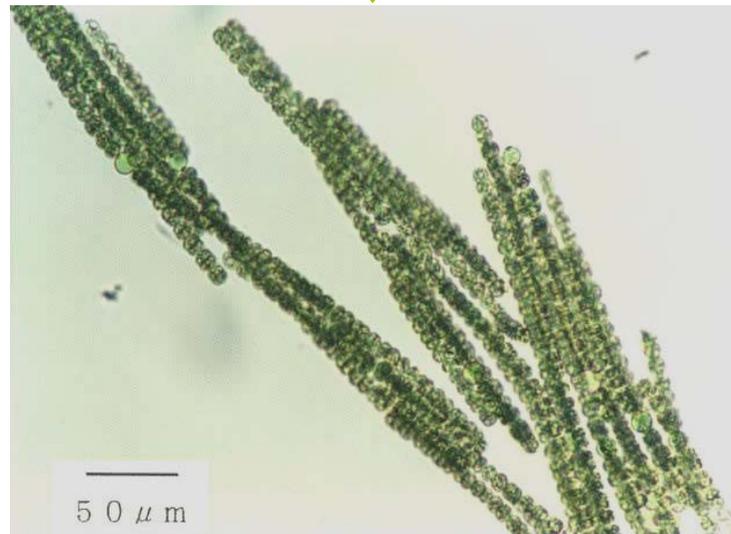
*Anabaena macrospora*



*Anabaena spiroides*

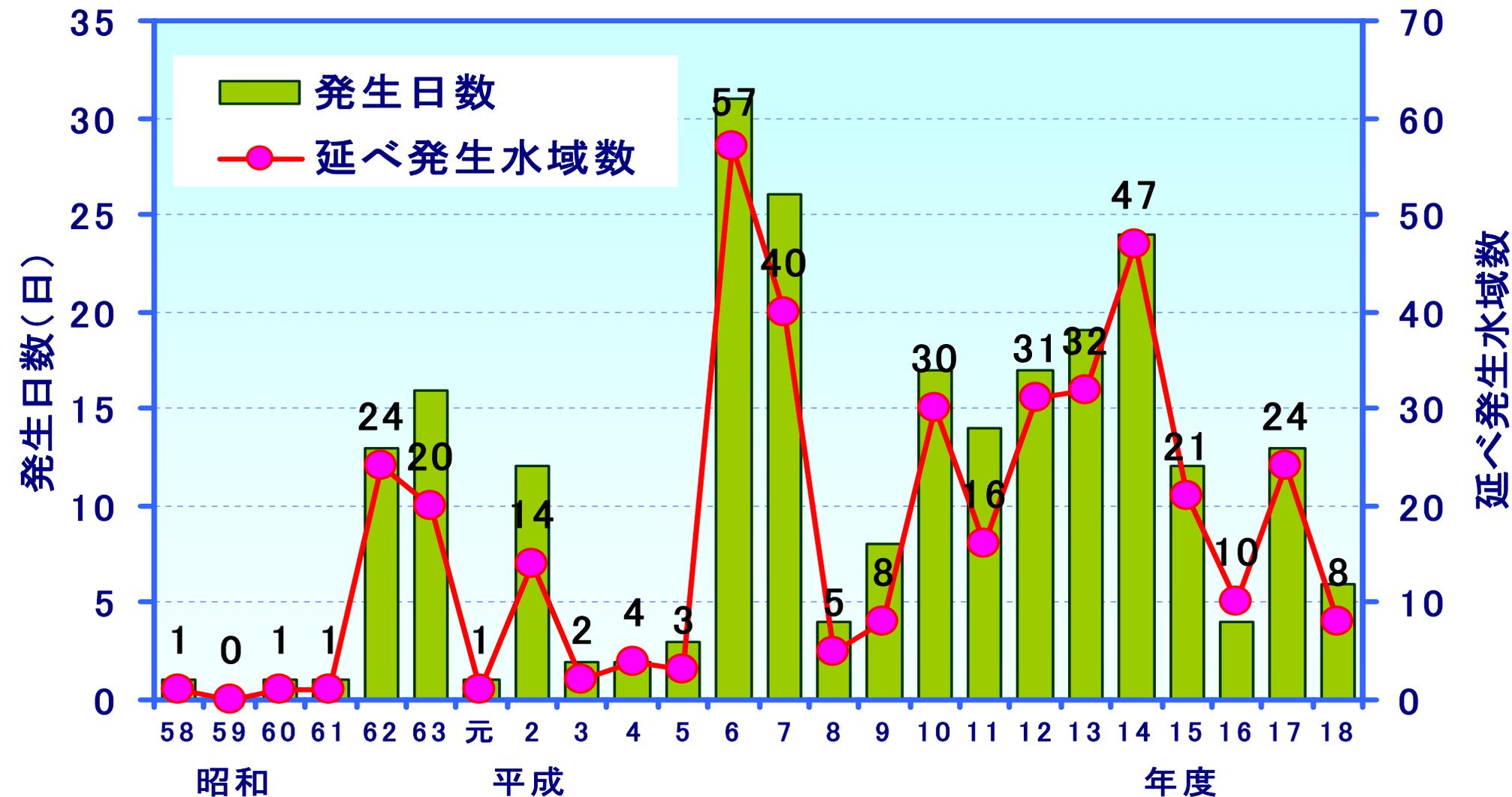


1985年

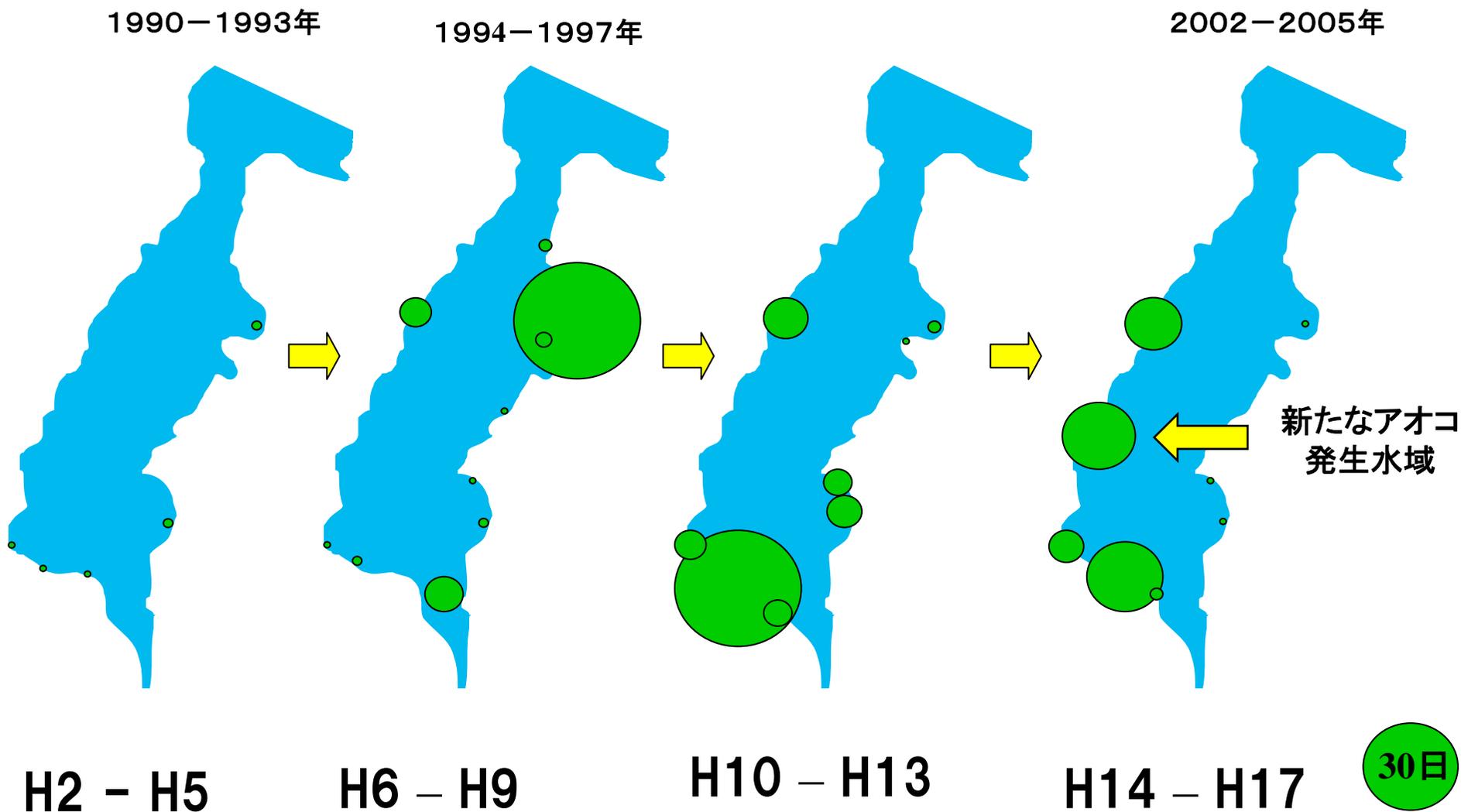


*Anabaena affinis*

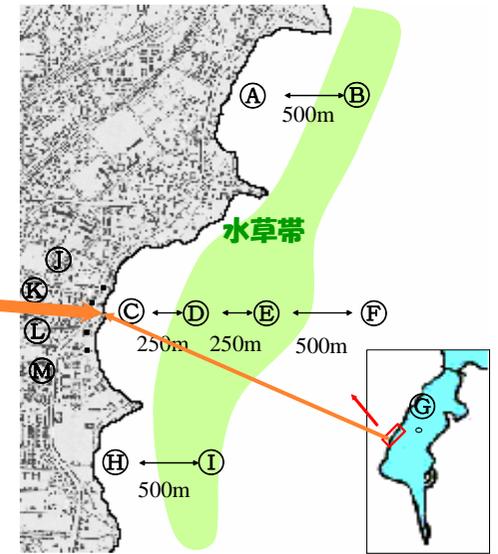
# 琵琶湖における水の華発生状況



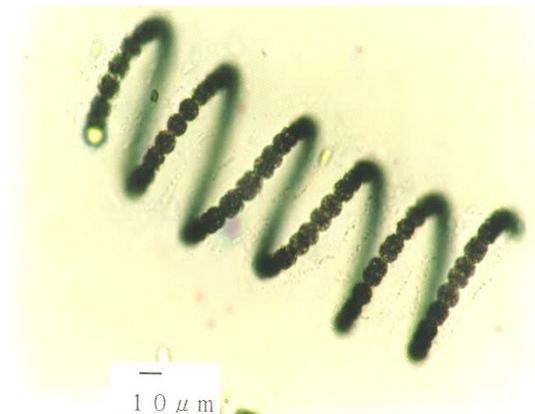
データ: 滋賀県琵琶湖環境部琵琶湖再生課



南湖におけるアオコ発生水域と日数の推移（4年ごと）



滋賀県大津市際川  
湖岸で発生した  
砂浜帯のアオコ  
2002年9月



*Anabaena  
spiroides*

# アオコ速報

## 琵琶湖アオコ情報

(調査年度または調査年度・月を選択して、「データ表示」を押すとアオコ発生情報が表示されます)

調査年度

2003 年度

データ表示

## 琵琶湖アオコ速報

▼ [アオコ発生図](#) ▼ [アオコ速報Webサイトへようこそ](#)

発生年度 2003年度

この地図の作成に当たっては、国土地理院院長の承認を得て、同の数値地図25000(空間データ基盤)及び数値地図25000(地名・公設)を使用したものである。(承認番号 平17総使、第310号)



地点 大津市際川自衛隊北側付近 調査日 2003年9月1日から2004年3月31日

種別名	網類名	種名	群体数 (/ml)	発見日付
1	植物	藍藻*	<i>Oscillatoria Kawamurae</i> *	5200 2003/09/12
2	植物	藍藻*	<i>Microcystis aeruginosa</i> *	4100 2003/09/12
3	植物	藍藻*	<i>Oscillatoria Kawamurae</i> *	2100 2003/09/04
4	植物	藍藻*	<i>Microcystis novacekii</i> *	2000 2003/09/12
5	植物	藍藻*	<i>Oscillatoria Kawamurae</i> *	1500 2003/09/03
6	植物	藍藻*	<i>Microcystis icthyoblabe</i> *	1000 2003/09/12
7	植物	藍藻*	<i>Oscillatoria Kawamurae</i> *	830 2003/09/05
8	植物	藍藻*	<i>Oscillatoria Kawamurae</i> *	640 2003/09/18
9	植物	藍藻*	<i>Microcystis novacekii</i> *	500 2003/09/03
10	植物	藍藻*	<i>Microcystis wesenbergii</i> *	500 2003/09/12

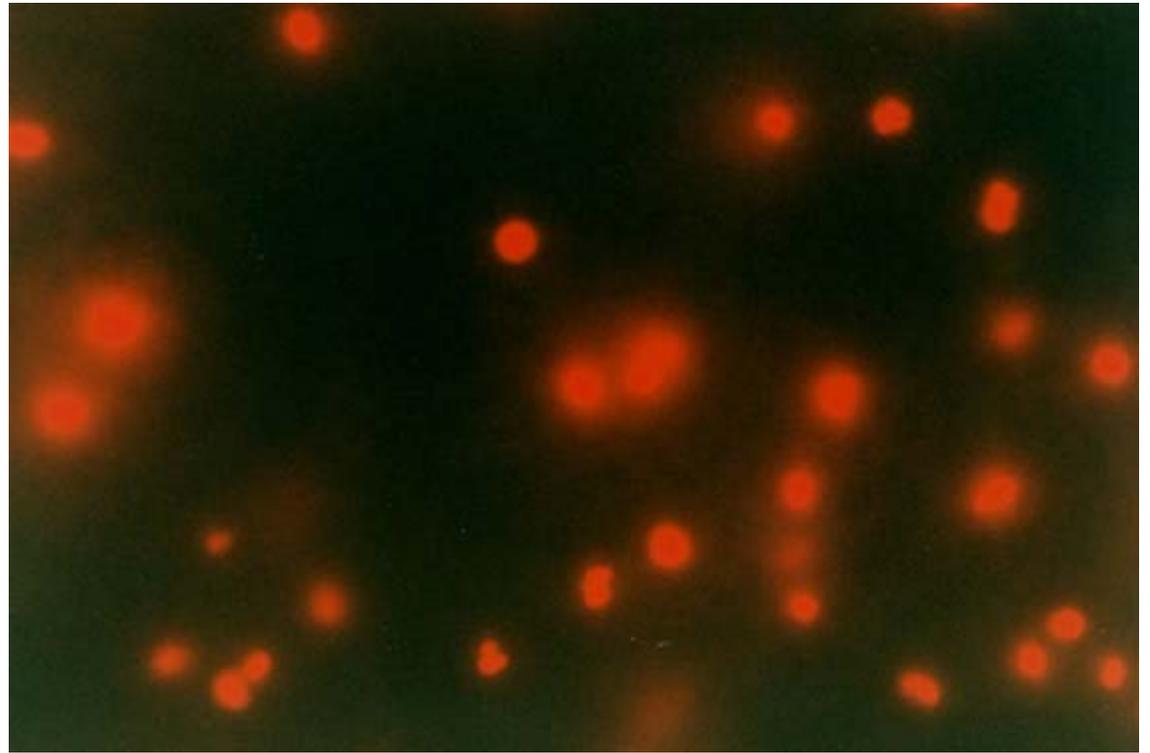
は発生回数を表示しています  
年度 2003年度



アオコ速報

# 事例4. ピコプランクトンの大発生 (1989年:平成元年)

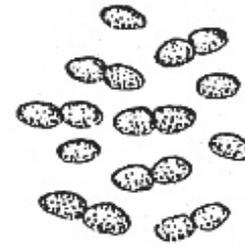
平成元年7月には、北湖一円で極めて微小なプランクトン(ピコプランクトン)が大発生し、湖水が黒く変色して透明度が2.5mにまで低下するということが起きた。



落射型蛍光顕微鏡により撮影(琵琶湖北湖PP株)

# ミクロな生態系の異常発生

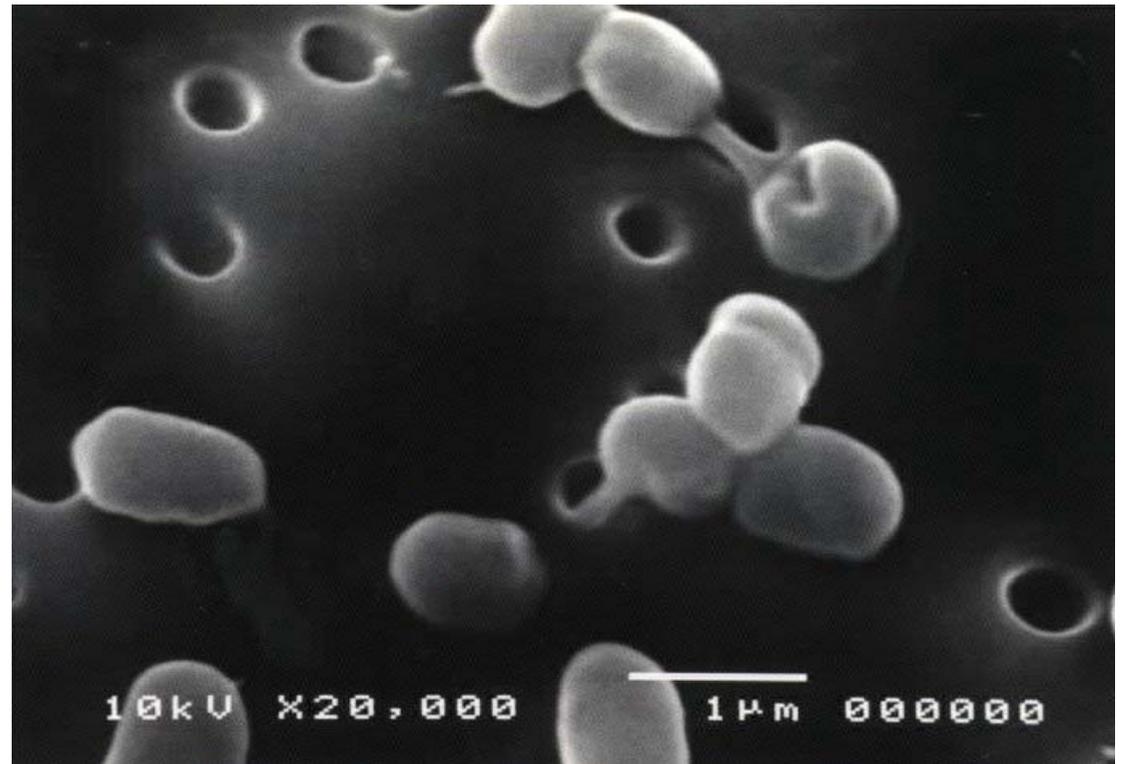
## 超微小プランクトン (ピコプランクトン)



種名 *Synechococcus* sp.

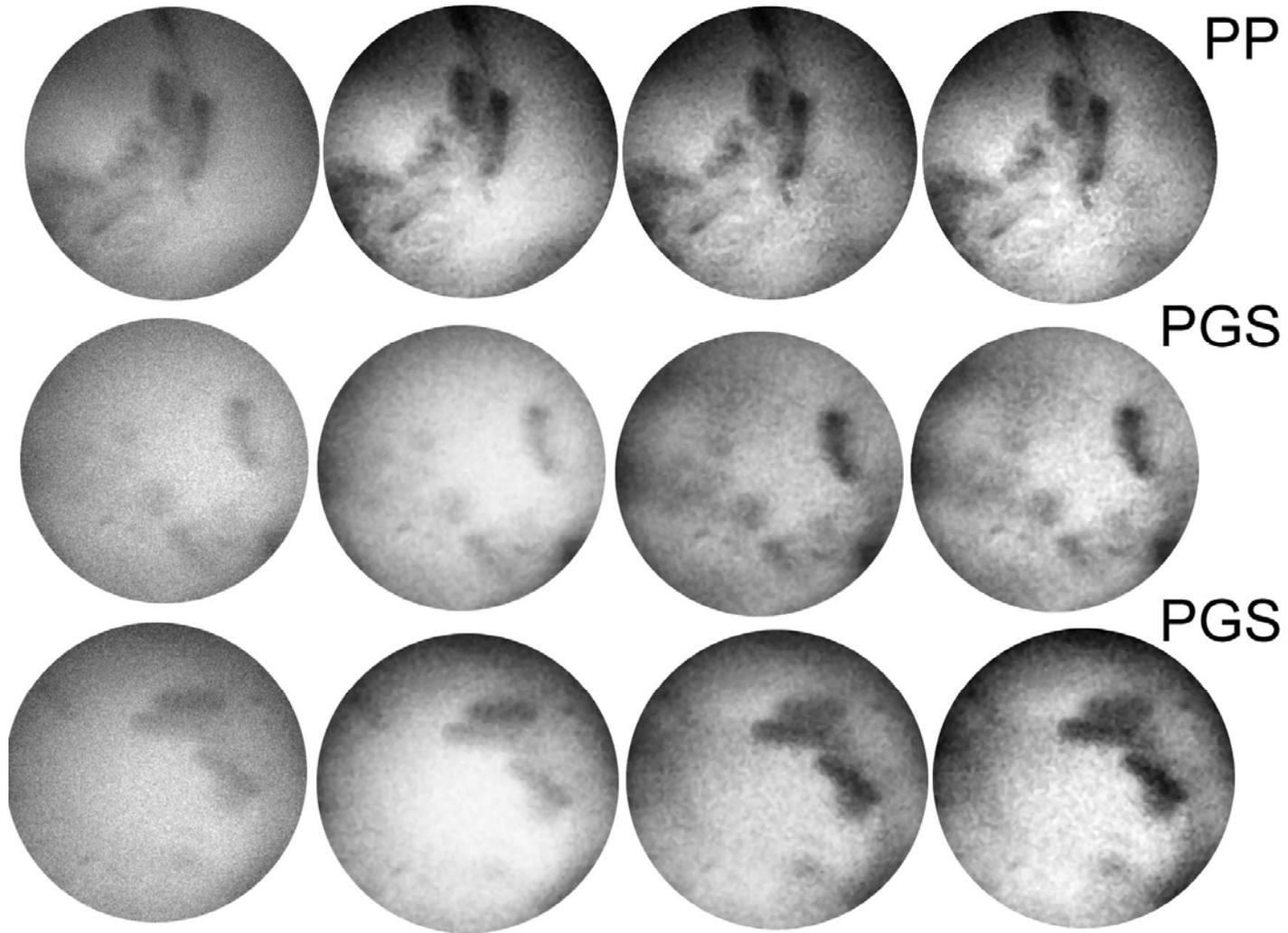
本種は1  $\mu$  m程度と微細な桿菌状の植物プランクトンでありシネコックス属に分類される。通常の光学顕微鏡下ではほとんど観察できない。しかし、電子顕微鏡や落斜蛍光顕微鏡によって確認出来る。

蛍光顕微鏡では本種が有するフィコエリスリン色素やフィコシアニン色素の自家励起により観察ができる。異常発生当時は1mlあたり最高100万細胞以上のピコプランクトンが計数された。



走査型電子顕微鏡により撮影(琵琶湖北湖PP株)

# X線顕微鏡によるピコプランクトン



細胞質を取り  
巻く寒天質の  
存在が確認  
できる。

データ: 関西医科大学物理学教室: 木原、竹本先生撮影 1000倍

# 事例5. ゴンフォスフェリアの大発生 (1993年:平成5年)

1993年7月志賀町和迹沖でアオコ発生の情報があり、分布調査をしたところ72~160群体/mlの *Gomphosphaeria lacustris* の群体を計数し、アオコの原因となるミクロキスティスは1~11群体/mlと少なかった。本種は1980年頃から琵琶湖で確認されていたが大量に発生した事例は過去にはなかった。



# *Gomphosphaeria lacustris*

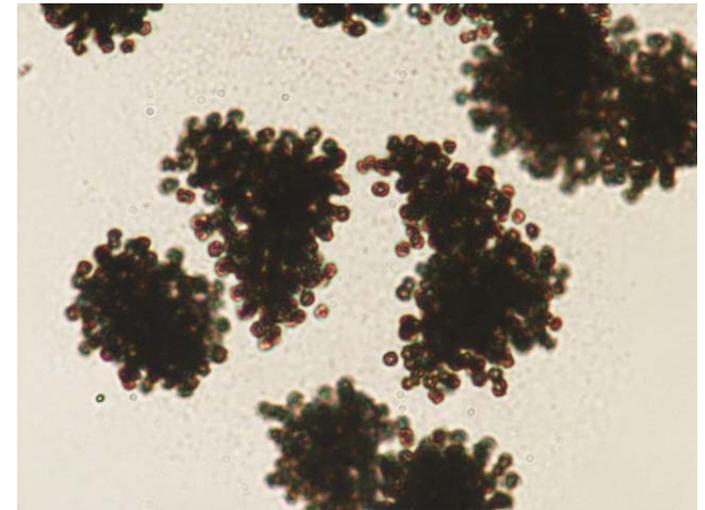
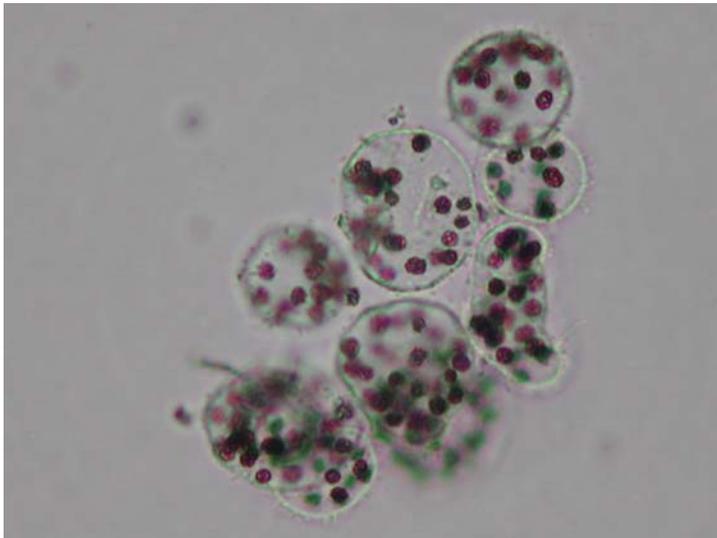
1993年7月志賀町和迩沖  
でアオコ発生の情報があり、  
調査をしたところ

*Gomphosphaeria lacustris*  
の群体を多く計数した。また、  
北湖全域に本種の分布を確認  
した。*Microcystis* と形状は似  
ているが、擬空砲を持たず、表  
面に集積してもアオコとはなら  
ない種である。



# 事例6. 北湖でのアオコの初発生 (1994年:平成6年)

- 平成6年からは南湖に引き続き北湖の湖岸部でも発生するようになった。特に長浜港内では *Microcystis* 属が多く *Anabaena* 属や *Oscillatoria* 属は殆ど観察されなかった。

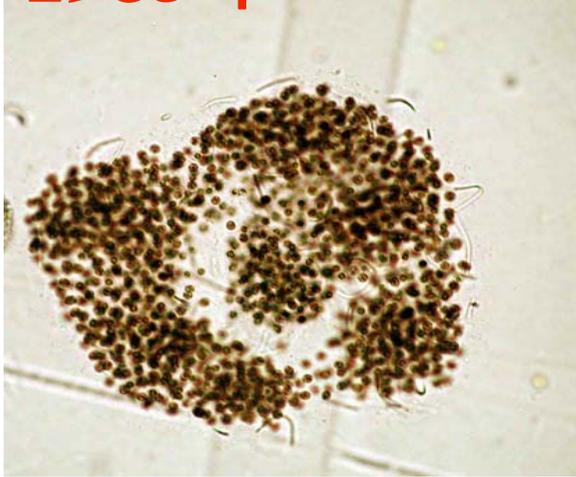


*Microcystis novacekii*

*Microcystis wesenbergii*

# ミクロキスチス属

1985年～

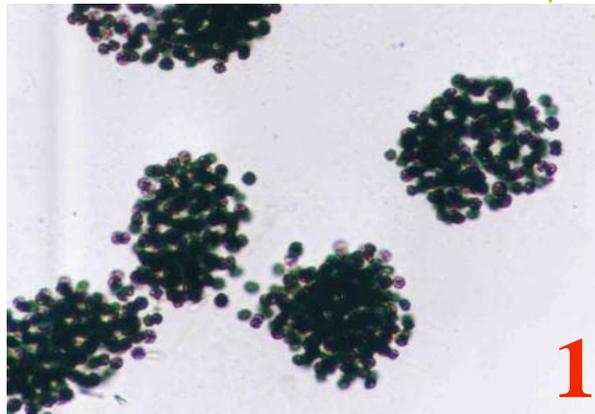


*Microcystis aeruginosa*

1985年～

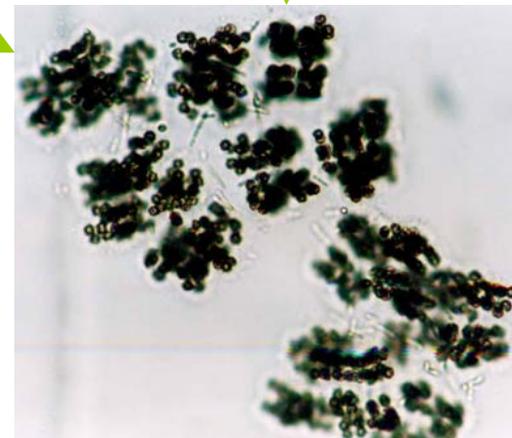


*Microcystis wesenbergii*



*Microcystis novacekii*

1994年～



*Microcystis viridis*

2000年～

# 事例7. アオミドロの大発生 (1994年:平成6年)

- 平成6年の夏は記録的な渇水続き、琵琶湖沿岸帯では、アオミドロ様の糸状藻類が大量に打ち上げられた。
- 平成7年7月に繁茂状況を調査した結果、緑藻に属するサヤミドロが最も多く、アオミドロ、シオグサの順であった。
- 近年では水草に絡みつき多く繁茂している。

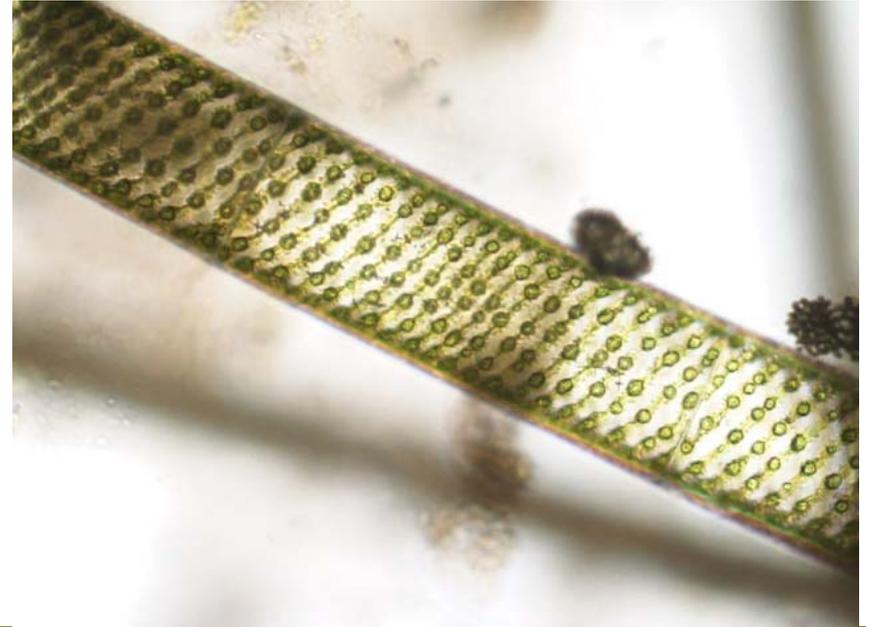


# 糸状藻類

## サヤミドロ、アオミドロ

### *Spirogyra* sp.

アオミドロ: 糸状体はツルツルしており  
葉緑体が螺旋状であることが特徴



### *Oedogonium* sp..

サヤミドロ: 糸状体はザラザラし  
ており、細胞の端に鞘状の構造  
が見られるのが特徴

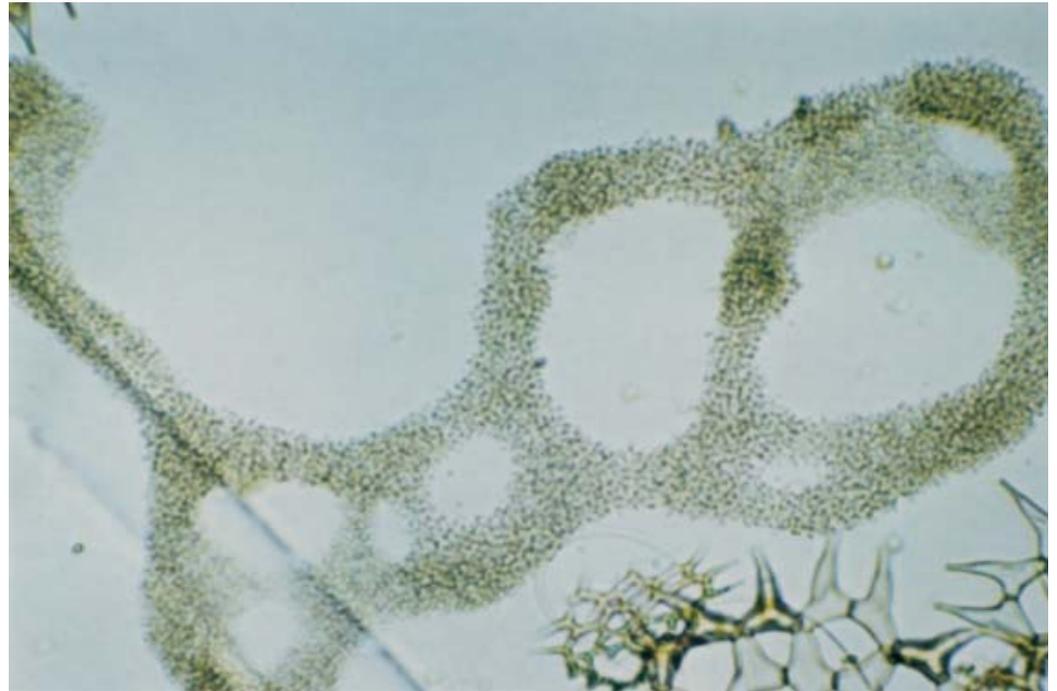


本糸状藻は砂浜湖岸には少  
なく、礫湖岸や岩石湖岸に多  
く分布していた。

# 事例8. アファノテーケの大発生 (1998年:平成10年)

1998年7～9月前半に北湖全域でCODの顕著な上昇が認められた。

この時に琵琶湖で発生したプランクトンは、藍藻の *Aphanothece clathrata* であり、琵琶湖大橋北の定点で最高1400群体/mlを計数した。



*Aphanothece clathrata*

# 浮遊性藍藻 (アファノテーケ)

本種は藍藻に属し、各細胞は1  $\mu\text{m}$ 程度であるが数百細胞が集合し、直径数百  $\mu\text{m}$ 前後の透明な粘質鞘に包まれた群体を形成する。

今回のCODの増加は、多量の粘質鞘を有した本種の群体が増加したことによりCODの上昇が起こった可能性が推察された。



種名 *Aphanothece clathrata* W. et G. S. West



# 事例9. オシラトリアのアオコの初確認 (1998年:平成10年)



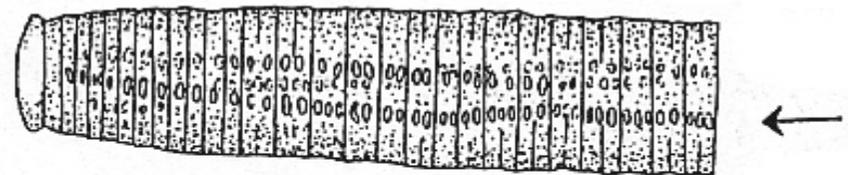
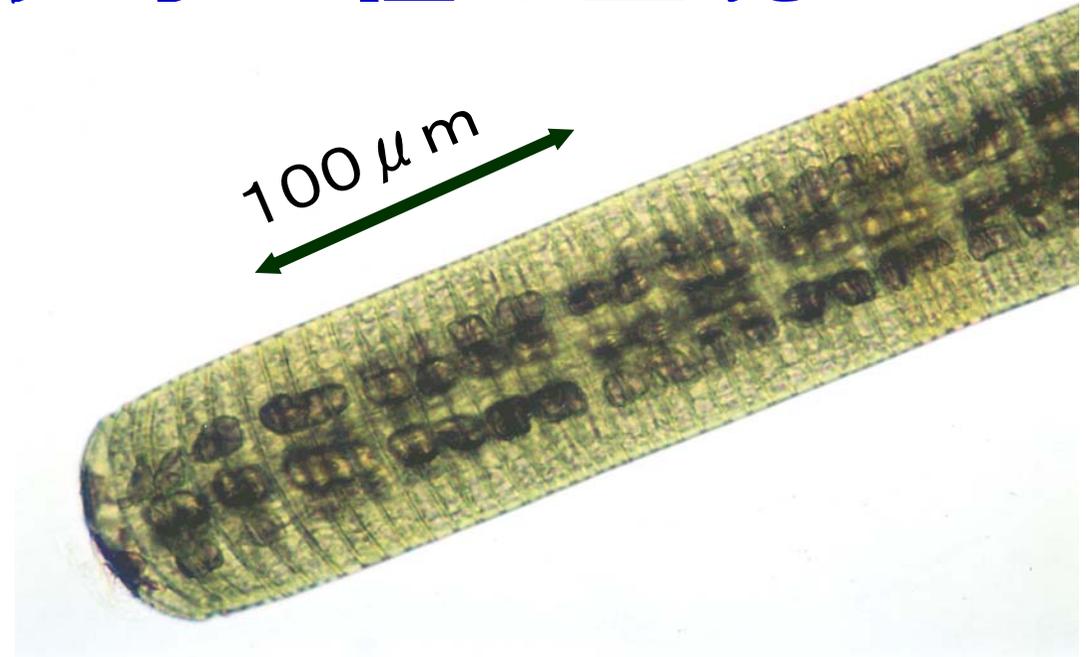
オシラトリアによるアオコ (フランクトリックス)

(平成12年8月・琵琶湖文化館前)

# 新型超大型アオコ種の出現

## オシラトリア

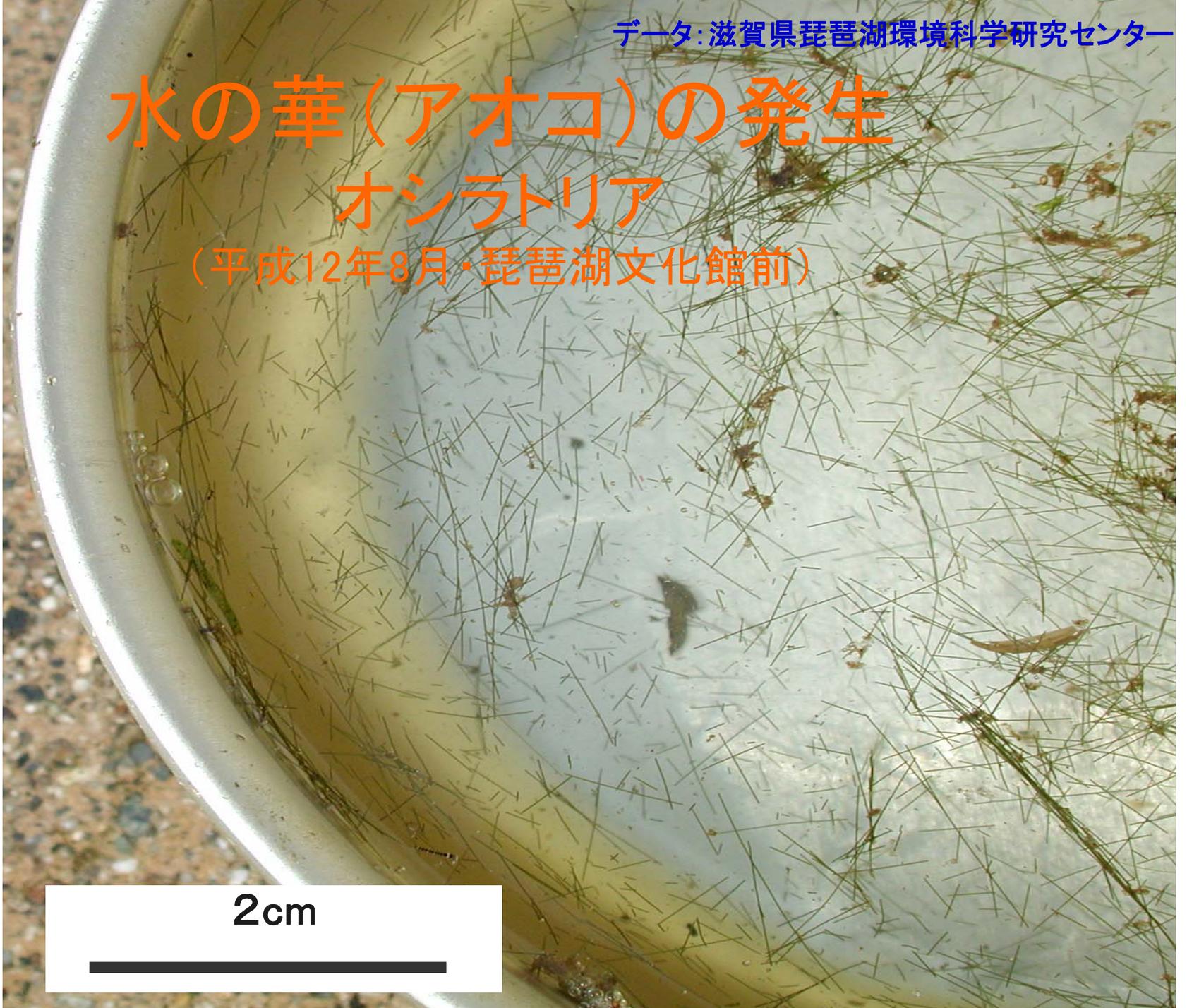
- 1998年夏季～秋季にアオコ検体中に肉眼でも観察できる超大型藍藻が大量に出現した。
- 原因種は *Oscillatoria kawamurae* であった。
- 細胞内に数個のガス胞を有するため湖面に浮上し、アオコ現象を引き起こす。
- 近年では、南湖で発生するアオコの主体となっている。



種名 *Oscillatoria kawamurae* Negoro

# 水の華(アオコ)の発生 オシラトリア (平成12年8月・琵琶湖文化館前)

2cm



# 琵琶湖南湖における *Oscillatoria Kawamurae* の糸状体の計数状況



100  $\mu$  m

1992年(平成4年)	: 15群体/ml
1993年(平成5年)	: 0群体/ml
1994年(平成6年)	: 100群体/ml
1995年(平成7年)	: 37群体/ml
1996年(平成8年)	: 12群体/ml
1997年(平成9年)	: 30群体/ml
1998年(平成10年)	: 5,300群体/ml

# 事例 10. アファニゾメノの大発生 (1999年: 平成11年)



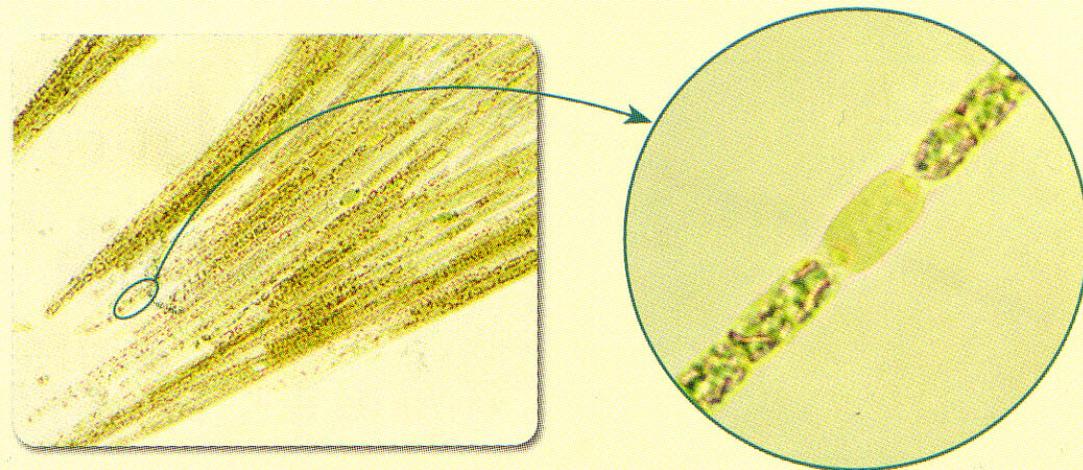
## アファニゾメノンフロスアクアエ

*Aphanizomenon flos-aquae*

異質細胞は細胞より長く、円筒形である。

細胞の直径 4~6 $\mu$ m

細胞の長さ 5~15 $\mu$ m



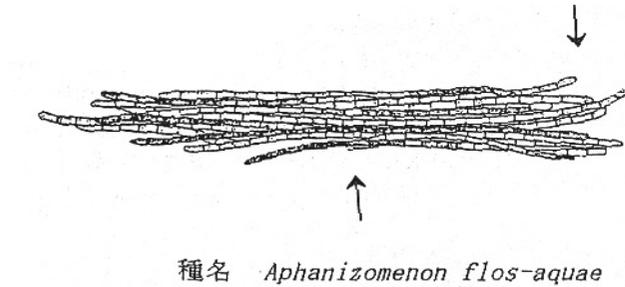
# 外来型アオコ種（冬季型）

1999年～

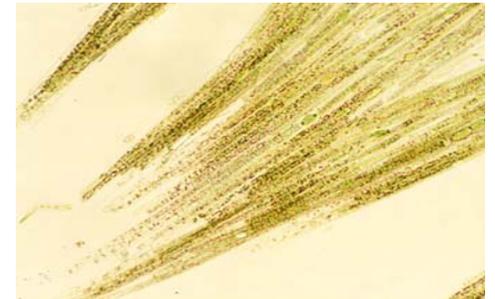
琵琶湖では1999年秋季に糸状体が集まり、アオコ現象を引き起こすプランクトンが観察されるようになった。

原因は *Aphanizomenon flos-aquae* であった。

*Aphanizomenon flos-aquae*



種名 *Aphanizomenon flos-aquae*



# 事例 1 1. エリ網付着藻の大発生 (2000年:平成12年)

- 1990年代末頃から北湖に設置されているエリの網に多量の粘性を持つ付着物が春と秋に見られるようになった。
- この付着物はフォルミディウムと呼ばれる糸状性の藍藻が主体であった。本種は、粘性のある鞘を持っているためエリ網に絡みつきやすく、また、他のプランクトンの遺骸や泥粒子なども付着させることにより、加速度的に付着量を増大させ、かつ剥離しにくいものにしていった。

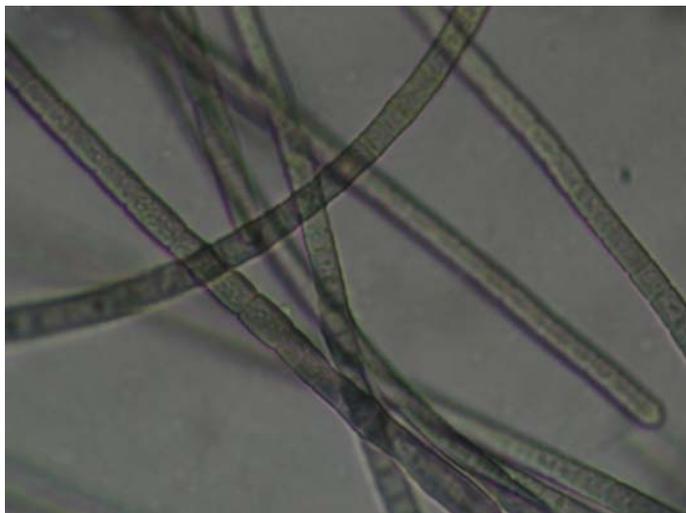
# 沿岸帯のエリ網付着物の増加

- ・エリ網付着物の増加

2001年7月 北湖湖岸帯

- ・漁業被害や湖底の泥質化

- ・カビ臭の発生



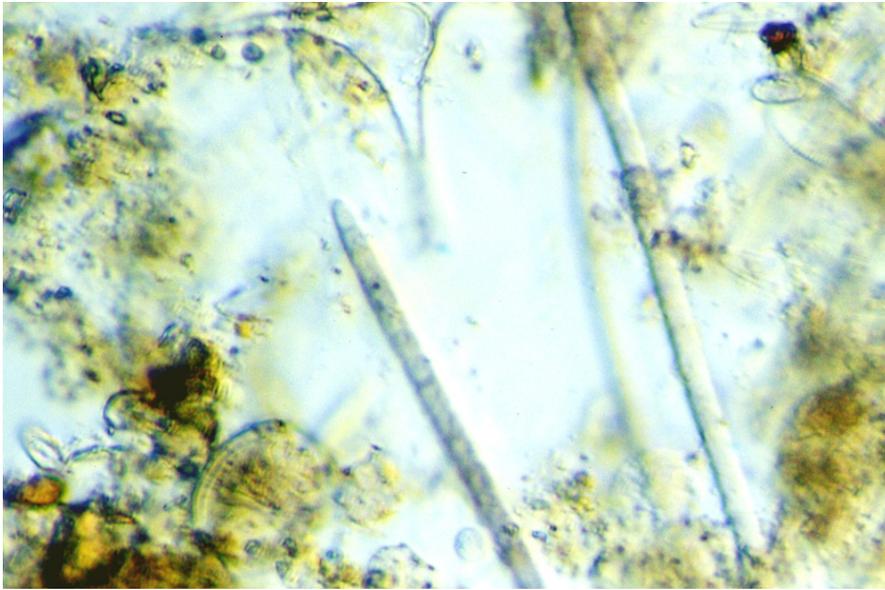
エリ網の*Phormidium* sp.



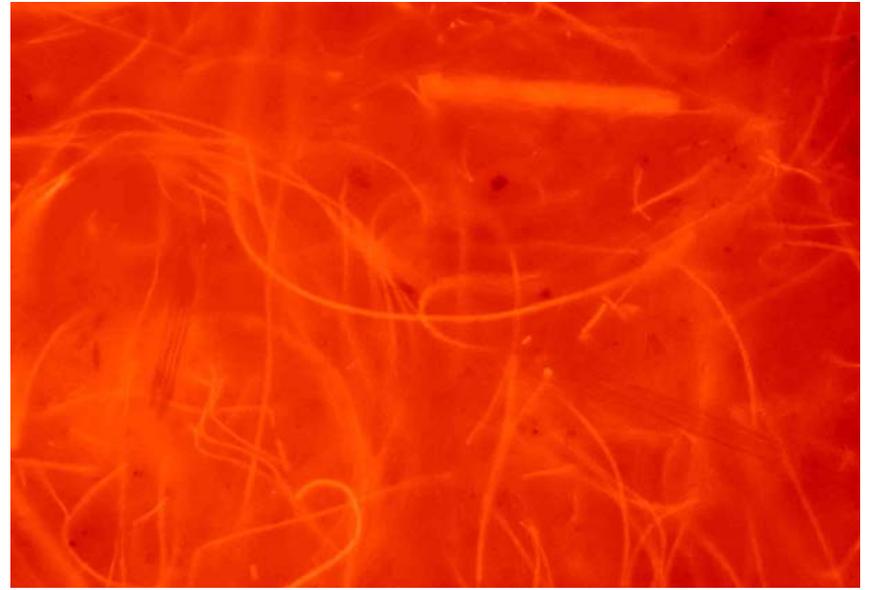
エリ網に付着した物

データ: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

# エリ網に付着した*Phormidium* sp.

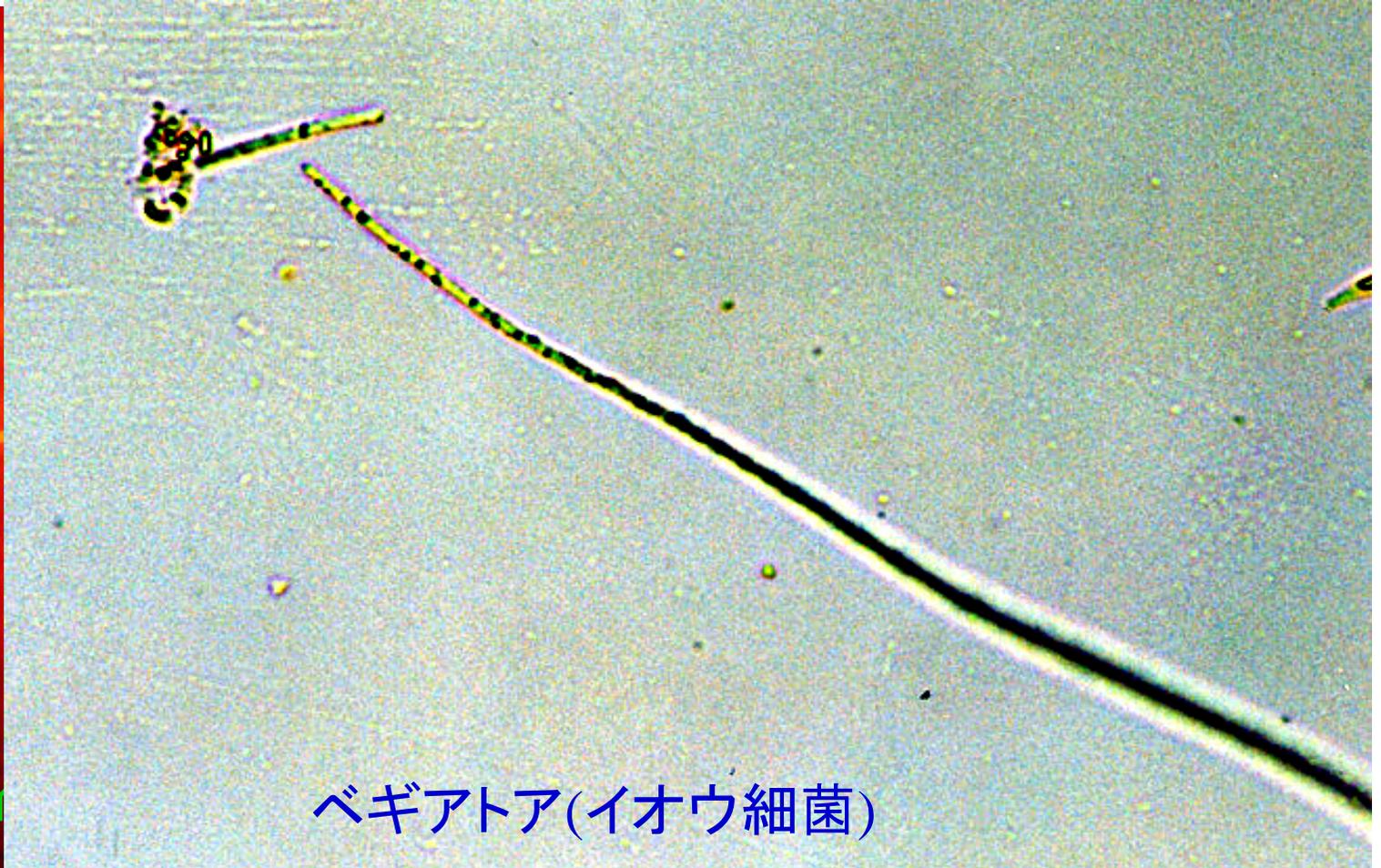
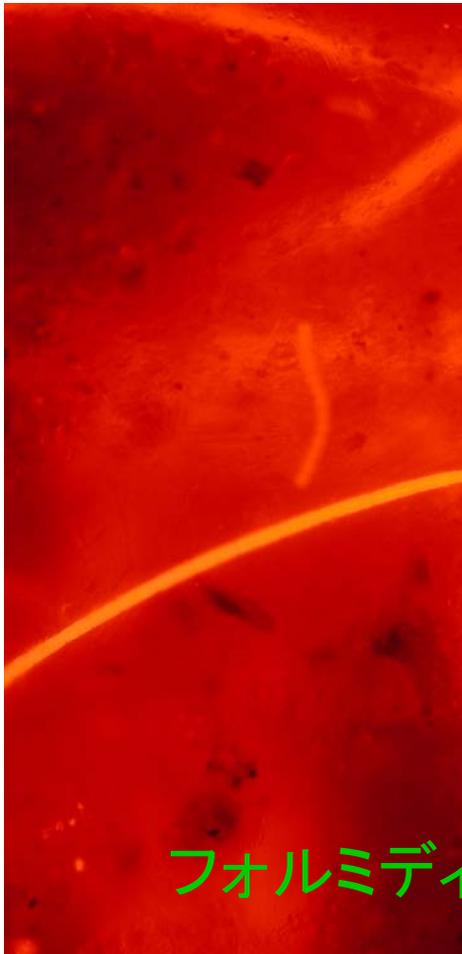


光学顕微鏡(ニコン生物)



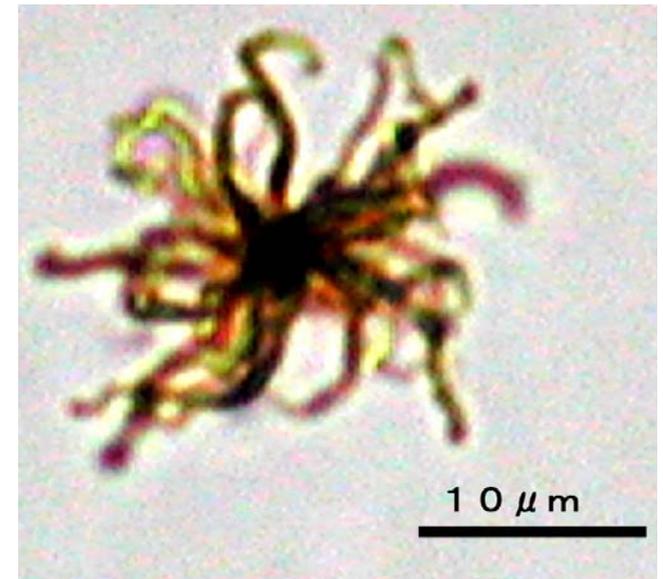
蛍光顕微鏡(G励起)

# 琵琶湖北湖東岸湖岸で確認された フォルミディウム(藍藻:左)ベギアトア(イオウ細菌:右)、

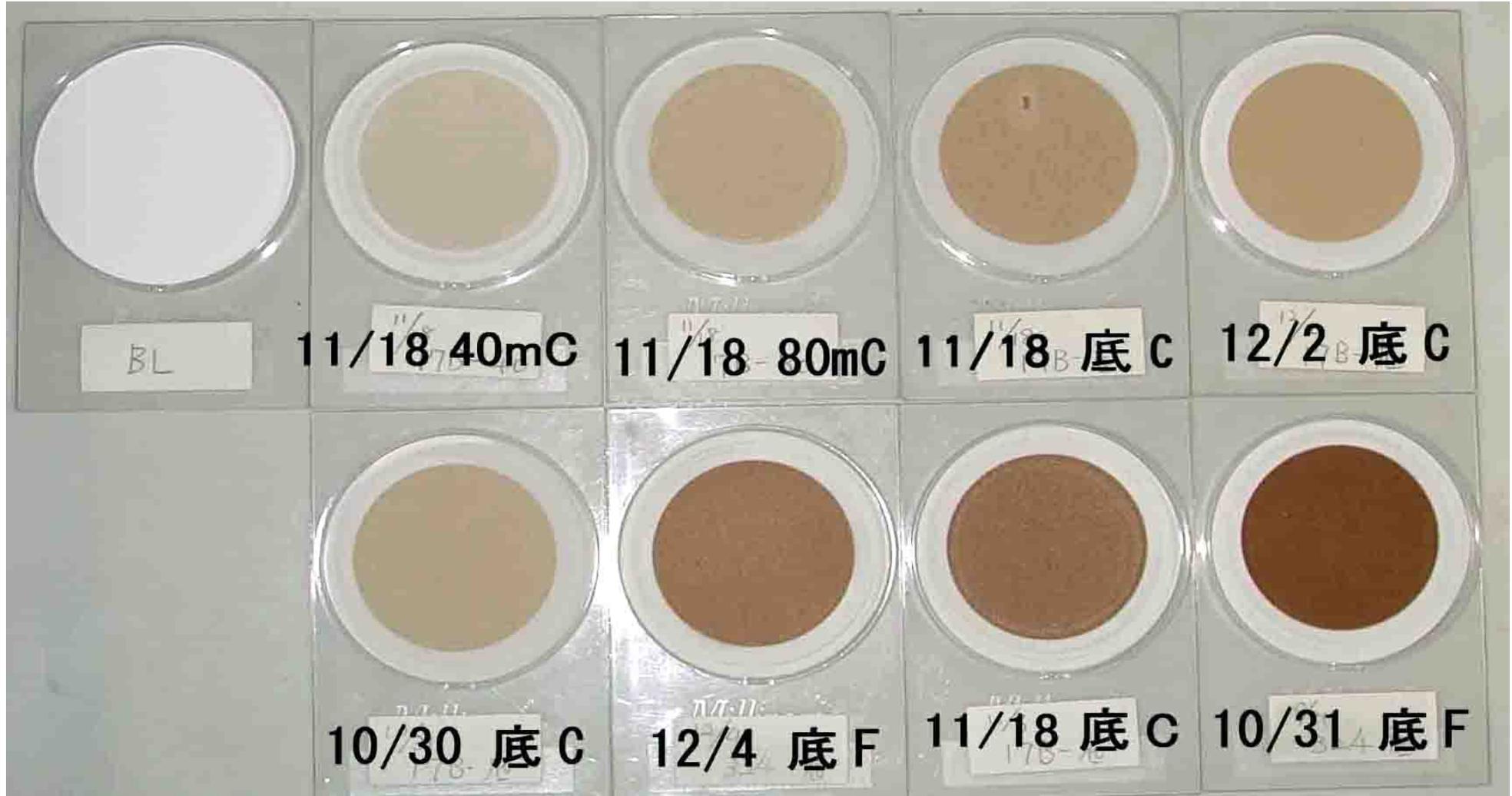
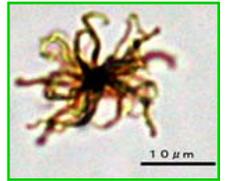


# 事例12. 湖底におけるメタロゲニウムの大量発生 (2002年:平成14年)

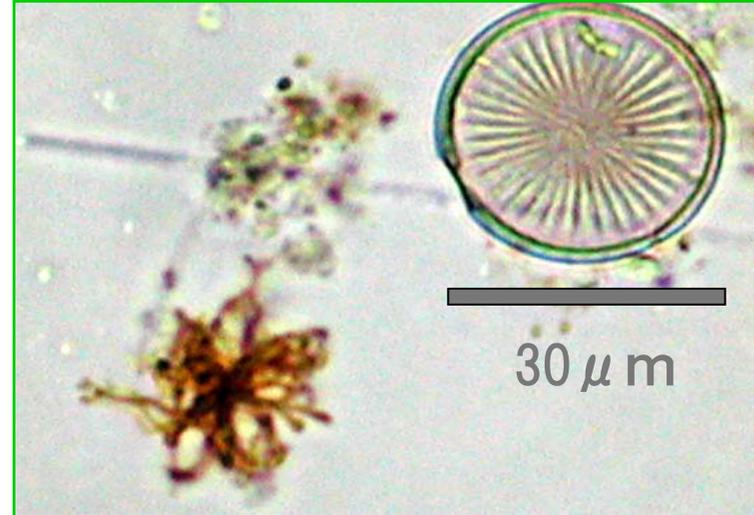
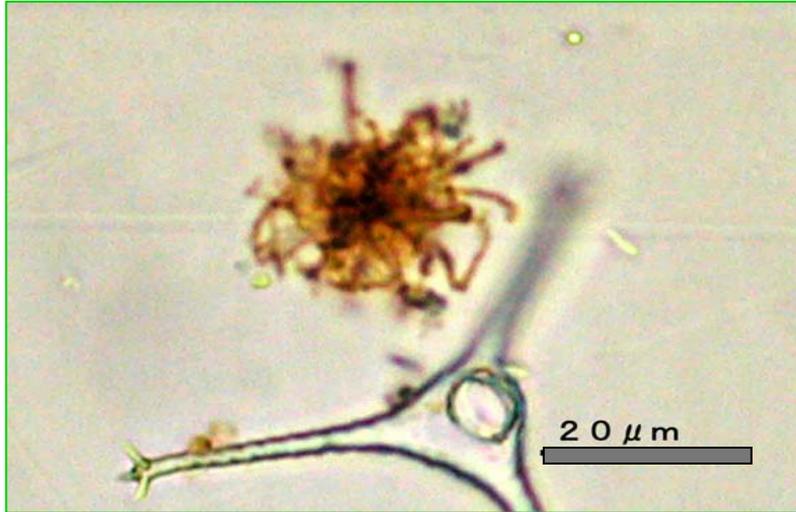
- 2002年、平成14年には生物由来のマンガン酸化物粒子(メタロゲニウム)の存在が確認された。
- 溶存酸素量の減少との関連について調査を継続中。



# ろ紙 (GFCフィルター1Lろ過後)



# 微粒子の出現について



- この微粒子は1992年にMiyajima, T.<sup>1)</sup>らの研究から、微生物由来のマンガン酸化物構造体のメタロゲニウムであることが明らかとなった。
- 琵琶湖北湖でも少量確認できることが報告されていたが大規模に確認されたのは2002年10月が最初である。

データ: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

-琵琶湖における植物プランクトンの長期変遷と異常発生事例-

# 4. 今後の新しいプランクトン 調査計画と課題

## -琵琶湖における植物プランクトン調査の必要性-

- ① プランクトンは湖沼環境の指標生物として重要
- ② これまで長年の種組成などの有用な蓄積データを将来も蓄積していくことが重要
- ③ 試薬等を必要とせず、地球に優しいモニタリング手法である
- ④ 気候変動に伴い、これまでに日本では報告されていないものの、人体への有害プランクトンが新たに発生する可能性がある
- ⑤ 湖沼水質の透明度や物質循環の解析を行うときに必要(珪藻やアオコの違い) 不可欠である。

# 琵琶湖のCODBODの乖離現象とプランクトン

## ■ 陸域からの負荷

(1) 河川、自然系、工業系、生活系、、、、

## ■ 内部生産

(1) バクテリア由来

(2) プランクトン由来(動・植物プランクトン)  
・プランクトンが有する寒天状物質の分解性

(3) 沈水植物由来

(4) 魚類層由来

## ■ 有機物の蓄積

# 今後の生物圏のプランクトン調査の課題

- 琵琶湖のプランクトンは季節的・経年的に大きく変化することから、毎月2回以上の定期調査を継続実施し、その現存量を把握していくことが重要である。
- 琵琶湖の水質評価には、化学分析結果だけではなく、プランクトン等の現存量やプランクトンが有する有機炭素量等と併せておこなうことで、環境要因との関係等が明らかになると考えている。
- このため、琵琶湖で実施しているプランクトンモニタリング手法の確立や理化学分析結果を含めた総合評価について今後も実施して行きたい。

# 琵琶湖におけるプランクトン等の長期変遷に関する解析モニタリング

## 琵琶湖の生態系変動

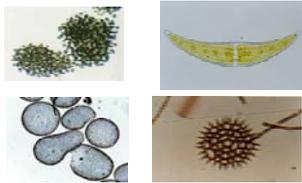
プランクトン等の定期モニタリング調査

瀬田川のプランクトン調査

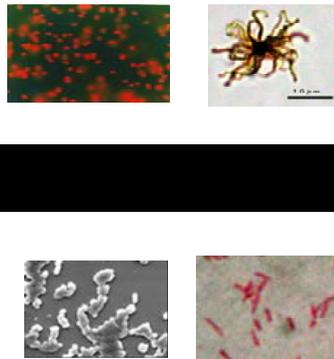
・動物プランクトンデータ



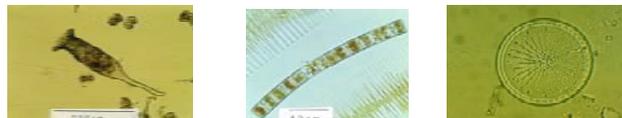
・植物プランクトンデータ



・微小プランクトン等データ



琵琶湖プランクトン固有種の動向



各種プランクトン等のモニタリング手法の確立

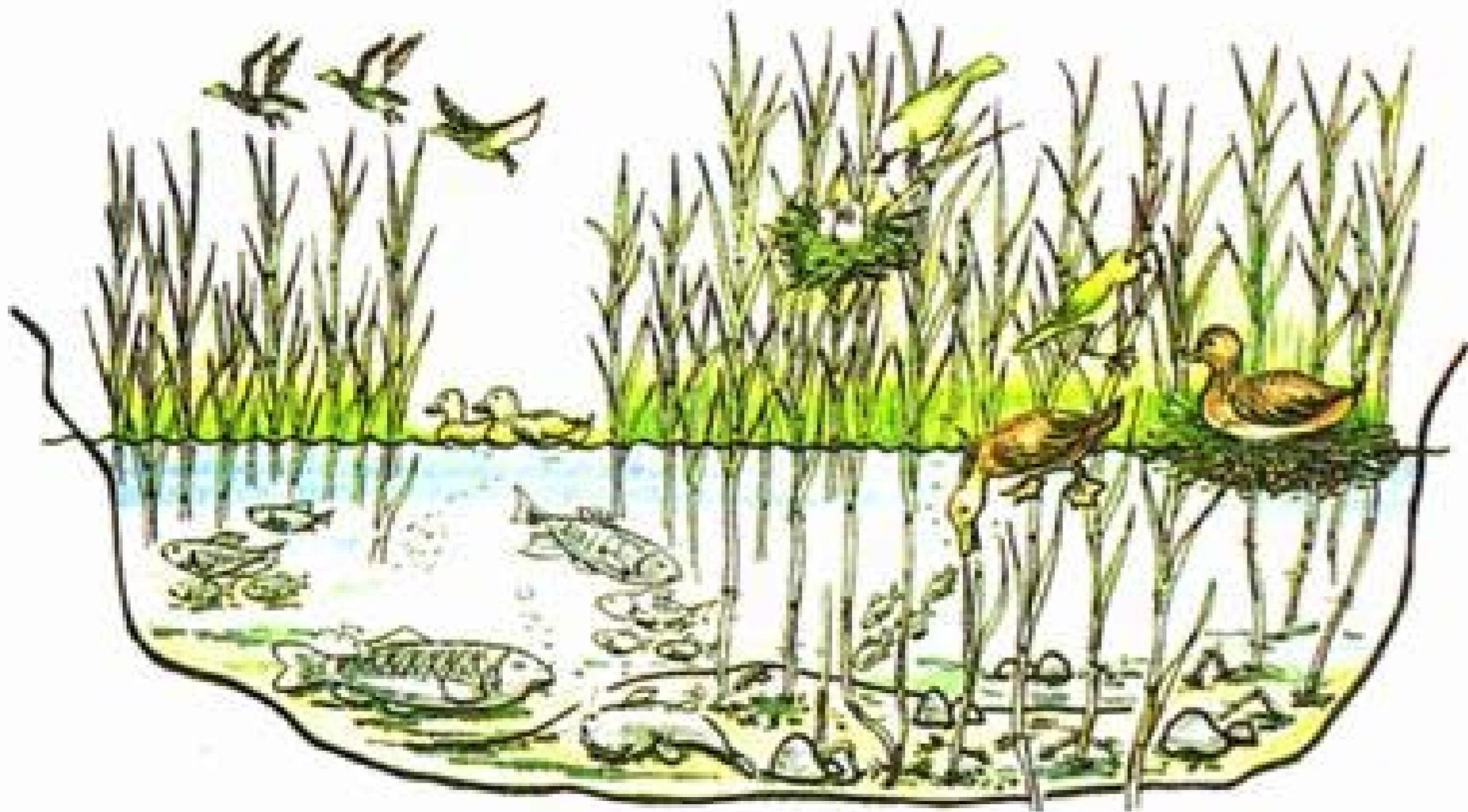
淡水プランクトン専門家研究会

各種プランクトンに関する総合的なモニタリングデータの解析

長期的なプランクトンの変遷におけるデータ評価手法の検討・提案

琵琶湖におけるプランクトンのモニタリング手法の確立「琵琶湖方式のマニュアル作成」

今後の調査イメージ



ご静聴 誠にありがとうございました。