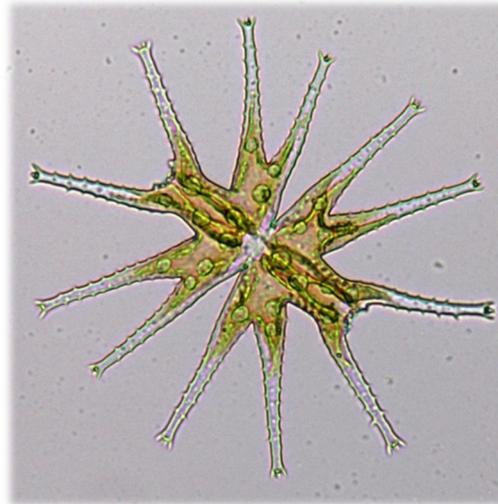


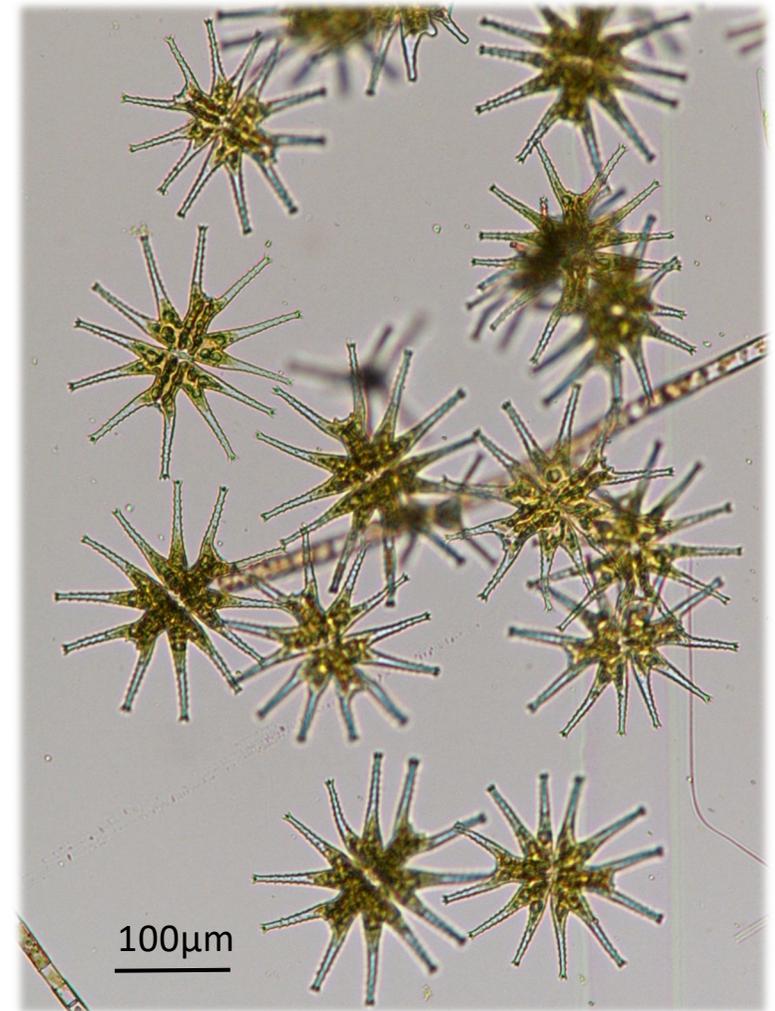
琵琶湖における *Microasterias hardyi* の季節性とその動向



＊一瀬諭、池田将平、岡本高弘、七里将平、古田世子
(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

はじめに

- 琵琶湖では過去に報告例がない大型緑藻の *Micrasterias hardyi* G.S.West 1905 が大量に発生し、水質にも大きな影響を与えていたことが明らかとなった。
- このことから本種の季節な消長や琵琶湖における本種の形態的な特徴等について報告する。



琵琶湖で外来プランクトン急増生態系に悪影響懸念 【2017年04月20日 京都新聞デジタル版】

京都新聞社
平成29年9月26日
13時12分 更新

天気予報

9/26 15時 21時

京都	☀️	🌙
京都北部	☀️	🌙
京都南部	☀️	🌙
滋賀北部	☀️	🌙
滋賀南部	☀️	🌙

天気予報

門川市長とゲストのきょうかん対談

京都新聞 日経テレコン

京都新聞

- 住まい
- 京都の病院
- 老舗案内
- お取り寄せ
- こころのわ
- 京都サンガ
- Bリーグ
- 防災
- トップ
- 滋賀ニュース
- 地域ニュース
- 政治・社会
- スポーツ
- 経済
- 株・為替
- 教育・大学

琵琶湖で外来プランクトン急増 生態系に悪影響懸念

印刷用画面を開く

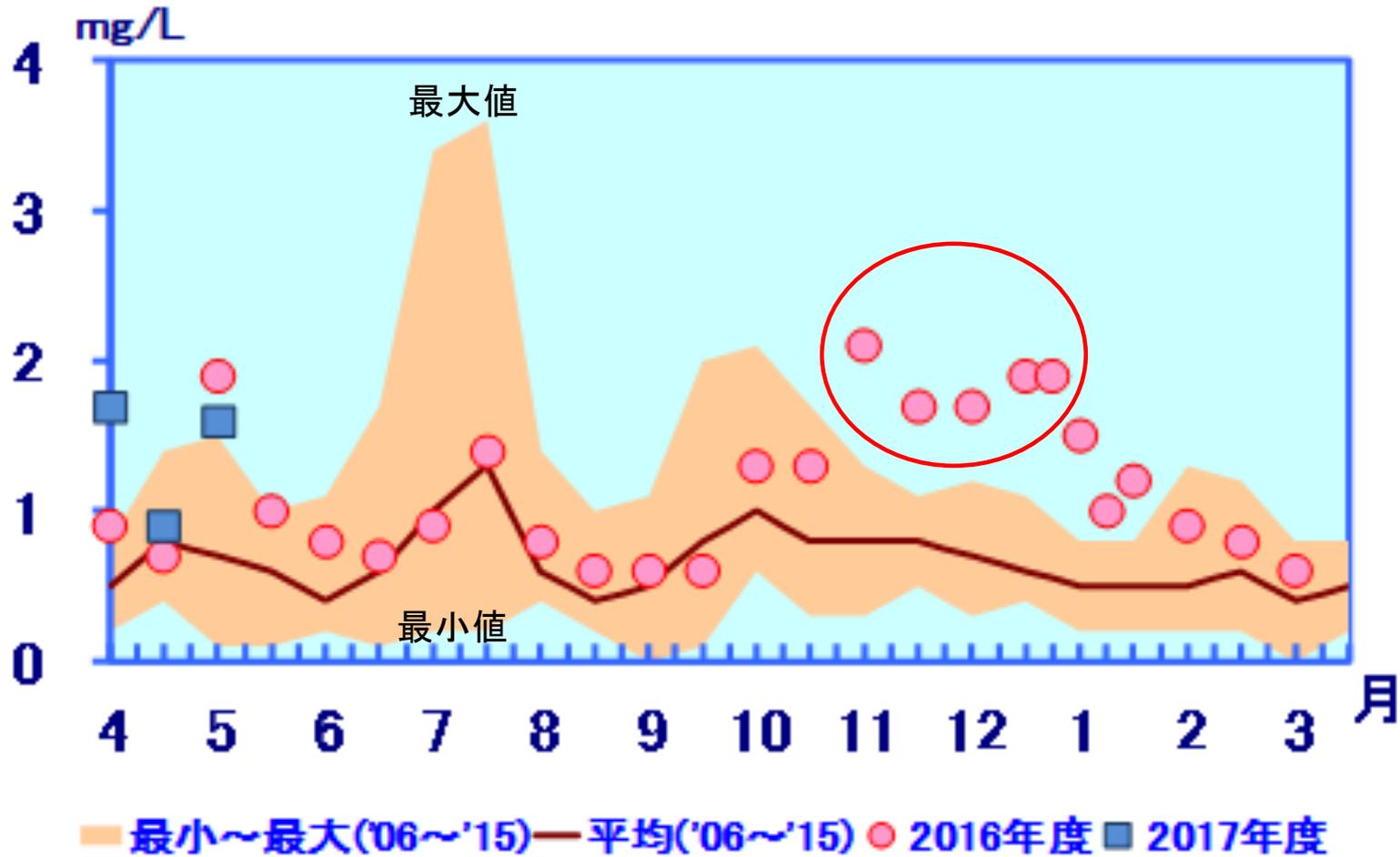


琵琶湖で急増した外来種の植物プランクトン「ミクラステリアス・ハーディ」=左=、比較的大きいため、ミジンコなど動物プランクトンの餌にならない(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター提供)

琵琶湖で外来種の植物プランクトンが昨年1月から今年2月にかけて急増していたことが、滋賀県琵琶湖環境科学研究センターの調査で分かった。急増の理由は不明だが、食物連鎖の最底辺を支える植物プランクトンのバランスが乱れることで、琵琶湖の生態系に悪影響を及ぼす恐れがあるという。現在は沈静化しているものの、今後も再び増える懸念があり、センターが警戒を強めている。

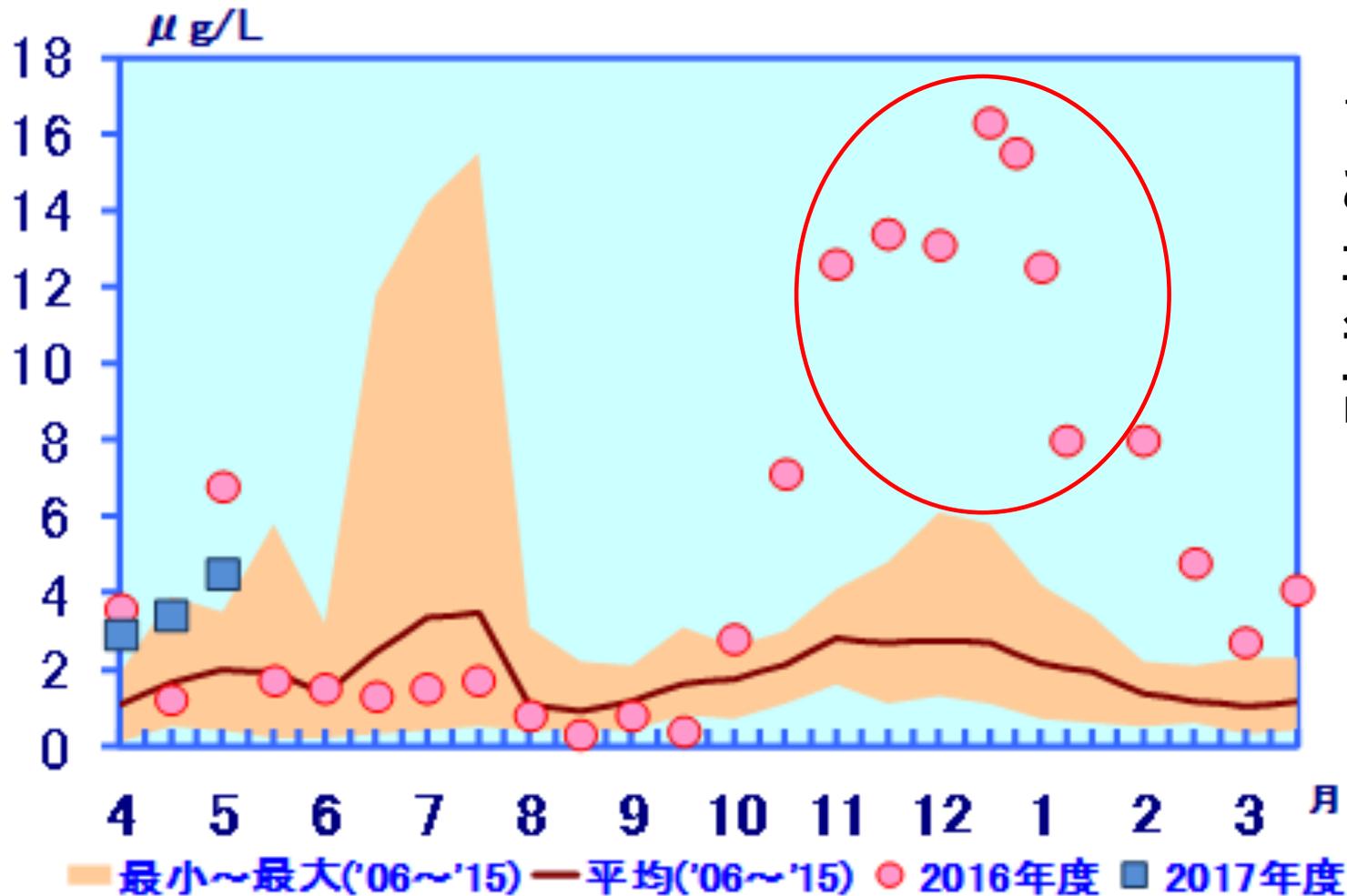
SS経月変化(17B)

浮遊物質
量
(懸濁物の指標)



琵琶湖今津沖中央(0.5m)におけるSSの経月変化

クロロフィルa経月変化(17B)



植物プランクトン色素量
(葉緑素の指標)

12月～2月の冬季におけるクロロフィルa量の増加は過去1979年以降(39年間)最高値であった。

POCカラム平均値経月変化(17B)

粒子性の有機態炭素
(プランクトン炭素の指標)

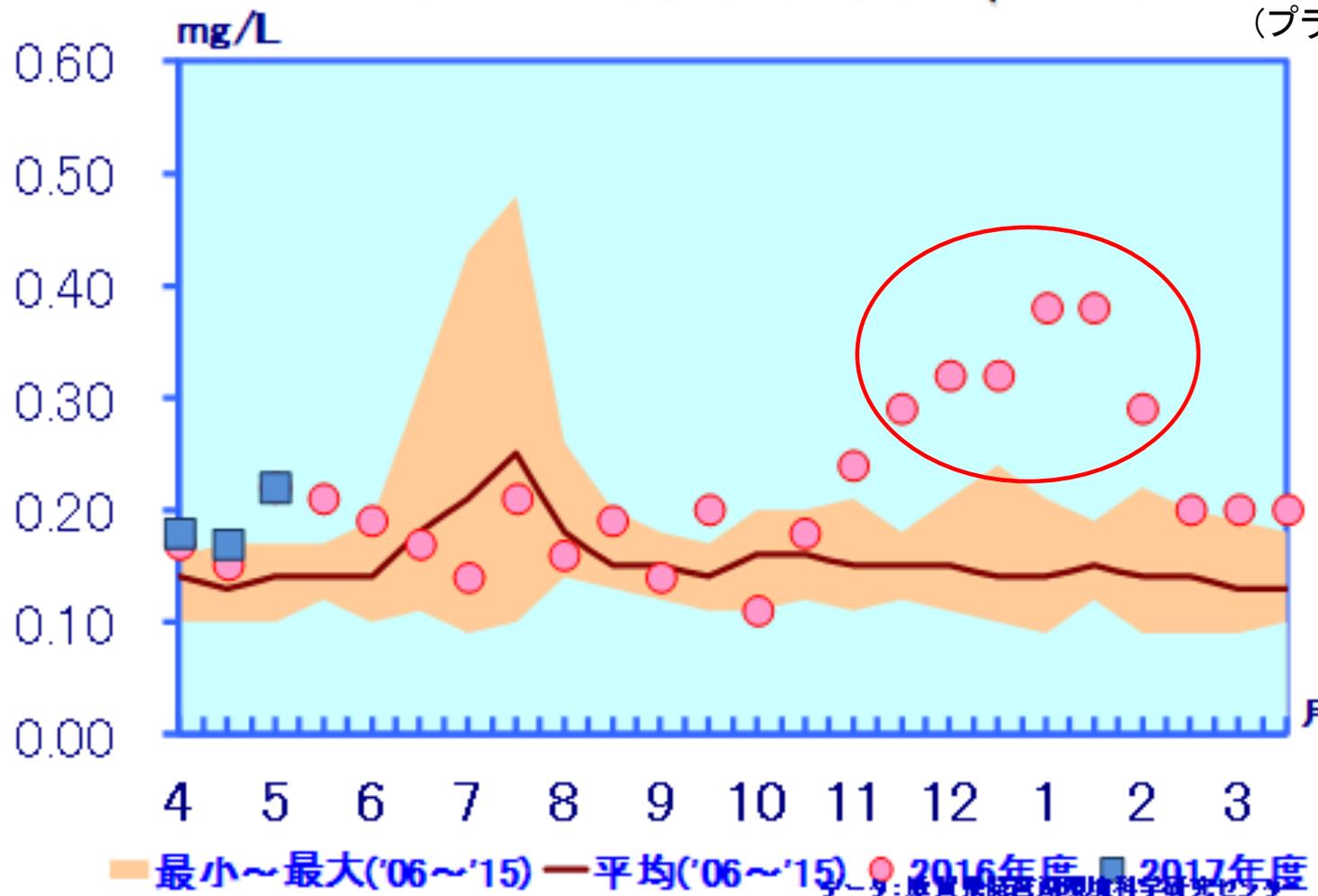
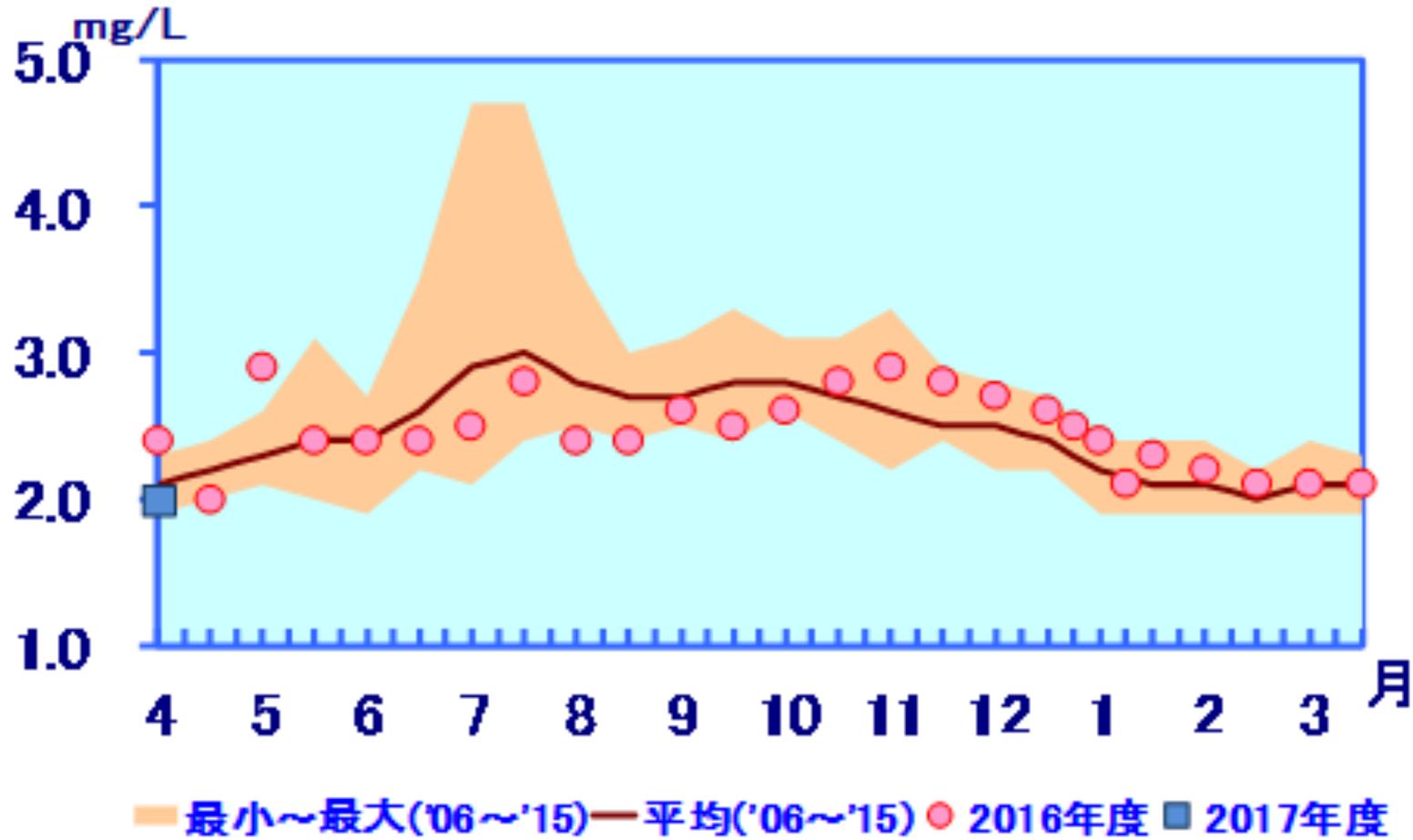


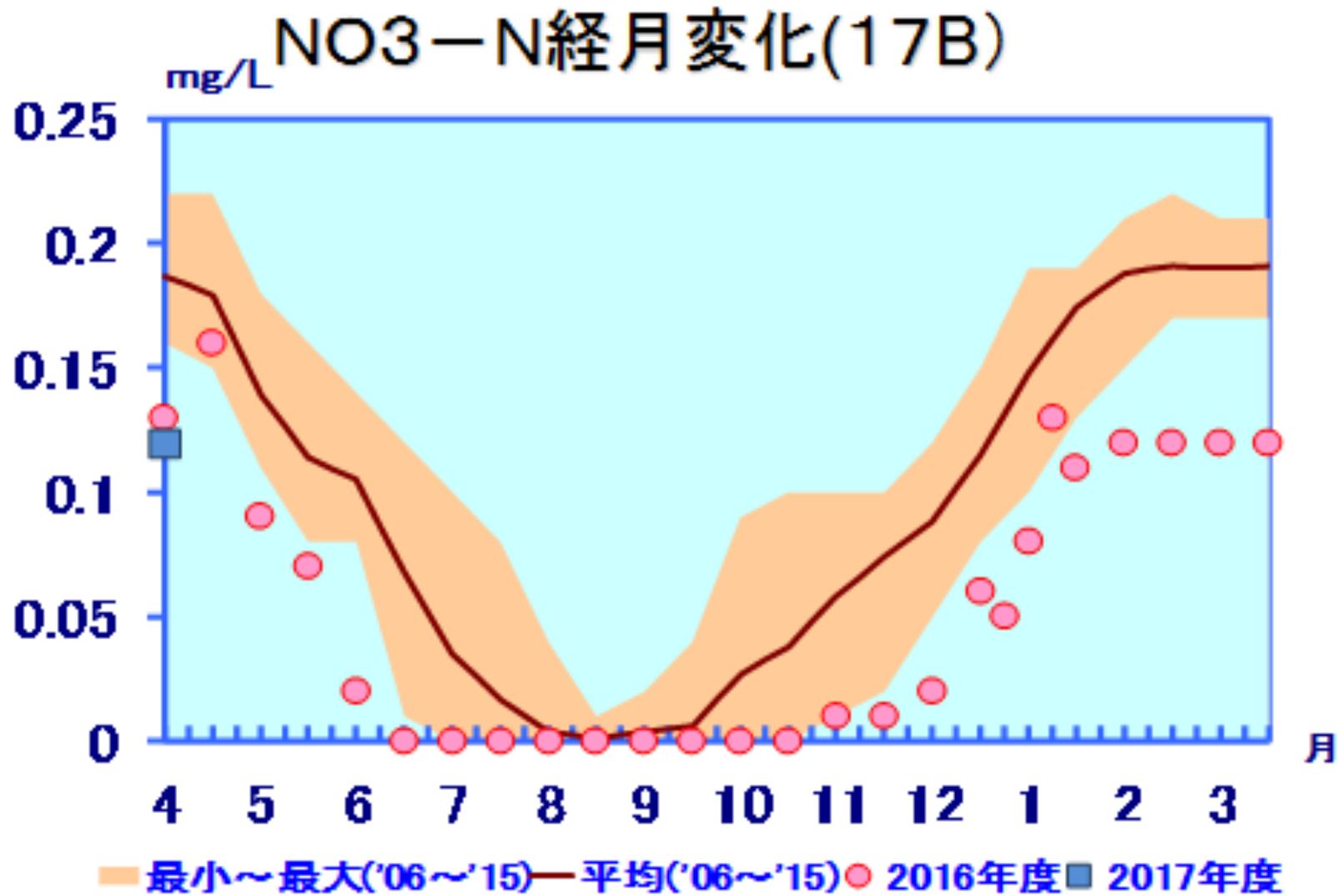
図12. 琵琶湖今津沖中央(0.5m)におけるPOCの経月変化

COD経月変化(17B)

化学的酸素要求量
(有機物の指標)

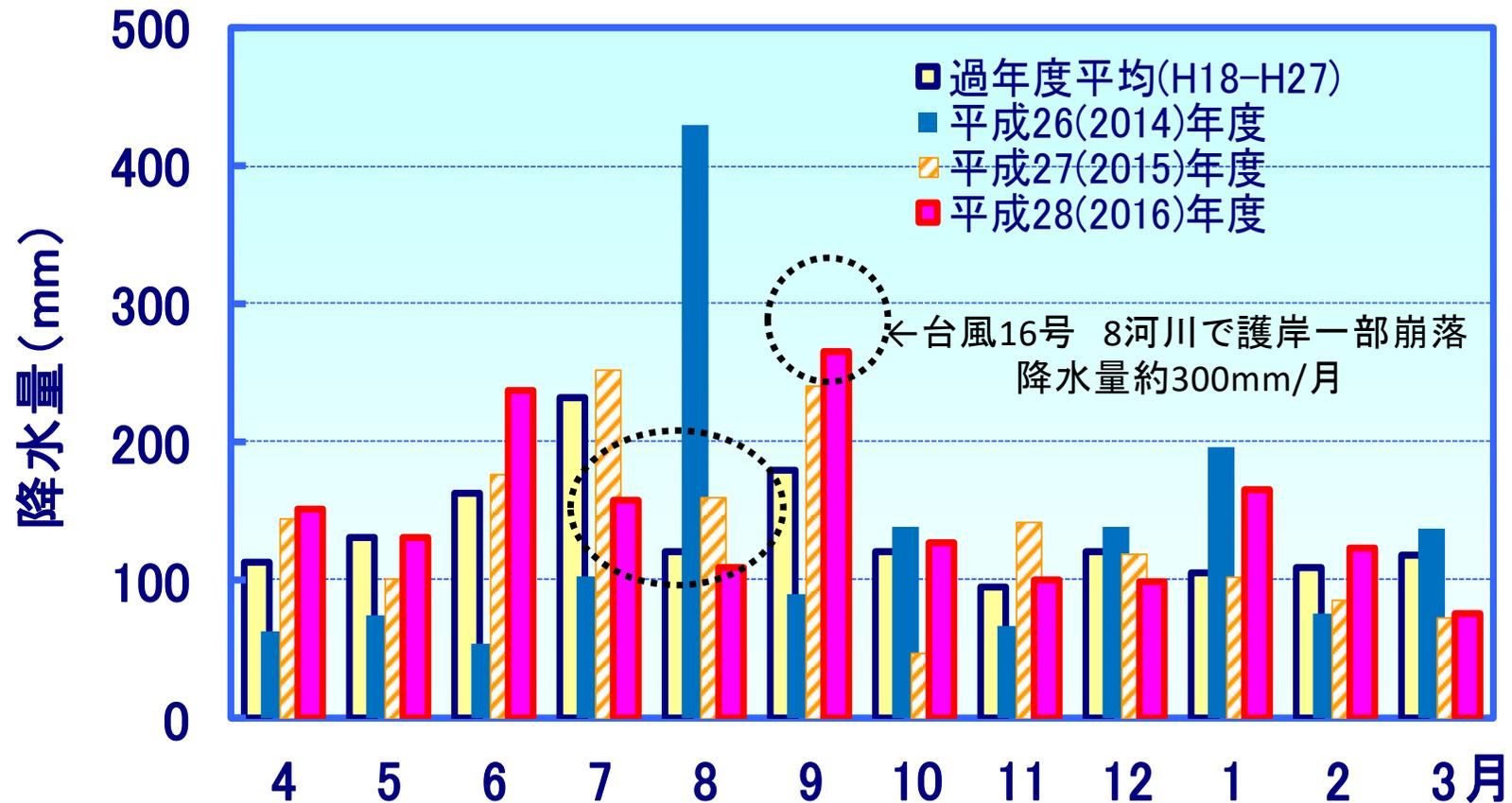


琵琶湖今津沖中央(0.5m)におけるCODの経月変化



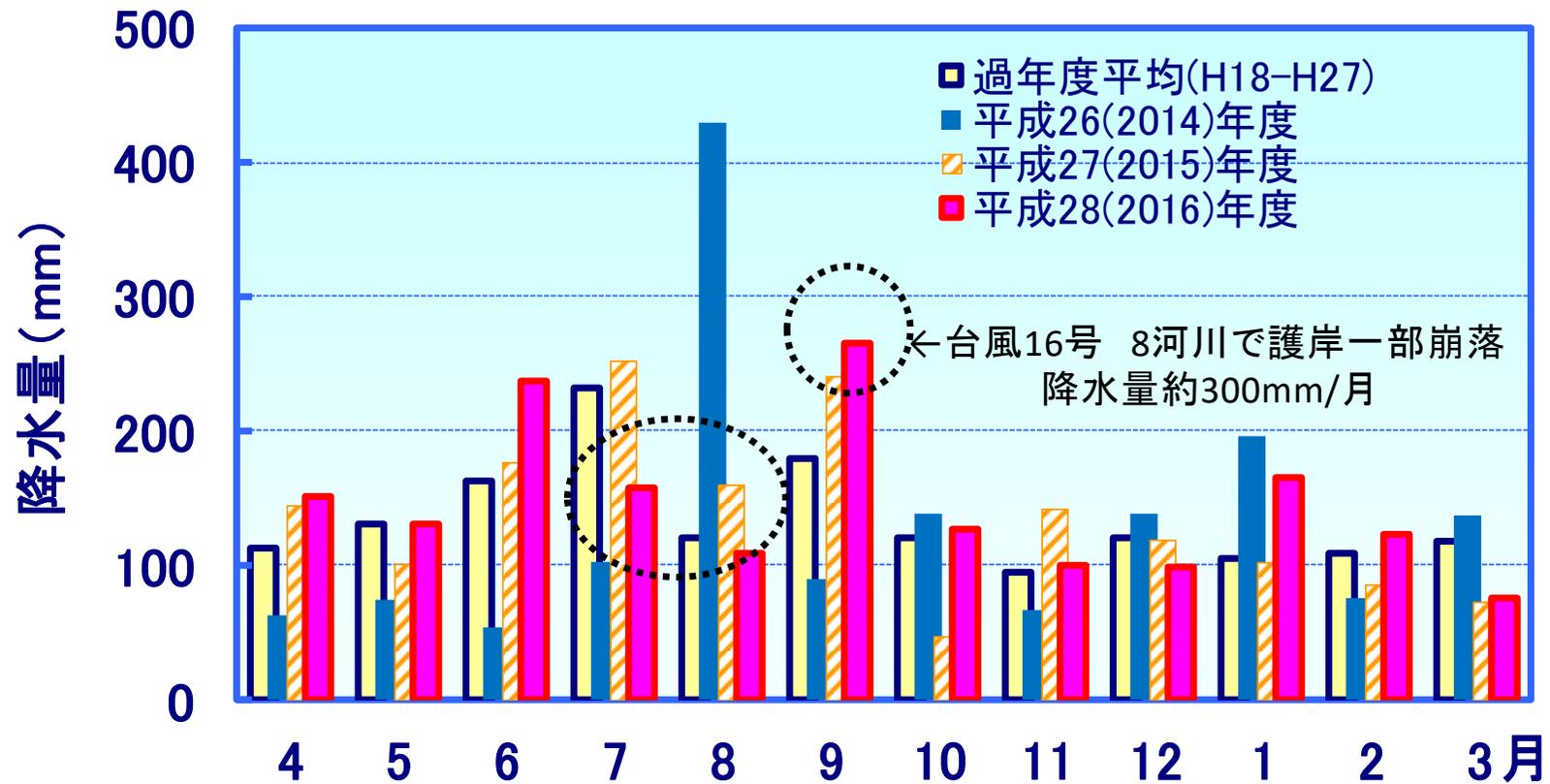
琵琶湖今津沖中央(0.5m)におけるNO₃-Nの経月変化

平成28年度彦根の降水量の月別平年比較



データ:彦根地方気象台

平成28年度彦根の降水量の月別平年比較



データ: 彦根地方気象台

17.4.28
毎日

琵琶湖のアユ9割減

滋賀県の琵琶湖で4月下旬までのアユの漁獲量が例年の1割程度にまで落ち込み、県は27日、対策会議を開いた。県琵琶湖環境科学研究所は、外来の大型植物プランクトンが大量に発生し、アユの餌になるミジンコが繁殖できていないことが一因と分析。しかし、有効な手立ては示せず、漁業者から悲鳴が上がっている。

県によると、1〜4月下旬のアユの漁獲量は、平年は2万8千弱で、豊漁だった昨年は2万8652キロ。県水産試験場の昨年10月末の調査では産卵量が平年の2倍以上で今年も豊漁が期待されていたが、漁獲量はわずか2045キロだった。沖合ではアユの魚群を確認できたが、沿岸部は少ないという。アユは大きく成長した後、遡上さかのぼるのため沿岸に近寄る習性があり、今年も生育が遅れているとみられる。

外来プランクトン増 → ミジンコ減 →

同センターによると、琵琶湖では、豪州などに生息する植物プランクトン「ミクラステリアスハーディ」(全長180ミクロメートル程度)が昨年から冬にかけて大量発生した。大きさが在来種の数倍もあり、ミジンコなど動物プランクトンが食べて繁殖することができない状況という。

同センターは、ミジンコなどアユの餌の減少が成長に影響していると分析する一方で、これだけで不漁の理由を全て説明できるわけではないとしている。県漁連の鳥塚五十三会長は「今までになかった状況だ。琵琶湖の漁業が終わってしまう」と訴える。

全国内水面漁業協同組合連合会のホームページによると、昨年度に全国で放流されたアユのうち2割程度(170トニ)が琵琶湖産で、県は「影響が懸念される」と話している。【大原一城】

方法

- 琵琶湖におけるプランクトンの定期調査は、滋賀県琵琶湖環境科学研究センターにおいて5地点で継続実施している。
- 調査期間は1978年4月～2018年3月までの40年間、原則として毎月2回採水した。
- 植物プランクトンの計数方法
湖水1mlを直接界線入りプランクトン計数板(松浪硝子工業:界線格子線枠付:エッジング加工:S6300)に取り、各種類毎に1ml中の細胞数や群体数を計数し、総細胞数や総細胞体積量を一瀬らの方法¹⁾により計測した。

1) 一瀬諭ら:(2013)琵琶湖に棲息する植物プランクトンの総細胞容積および粘質鞘容積の長期変動解析,日本水処理生物学会誌,49(2), 65-74

琵琶湖の種類別細胞容積一覧(634種類を算出)

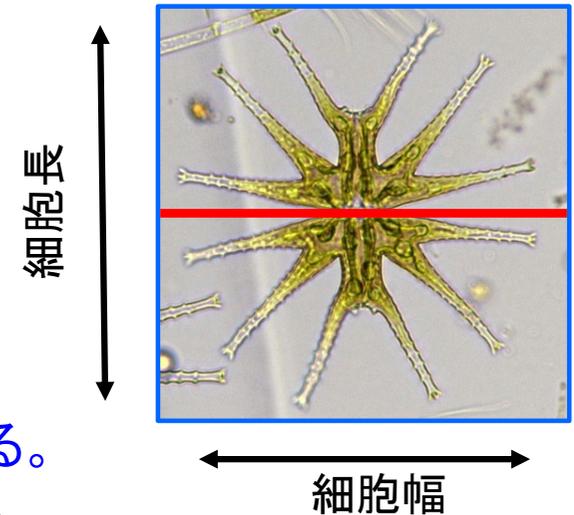
表 琵琶湖に出現した藍藻の種類とその平均細胞容積(平均群体容積)

No.	綱コード code	種名 species	平均細胞容積 volume(μm^3)	平均群体容積 volume(μm^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

当センターの環境情報コンピューターのデータベースに種類マスターとして植物プランクトン634種類が登録され、追加や削除、変更が可能であり、プランクトン計数結果や総細胞容積量が絶えず反映できるシステムで運営されている。*Micrasterias hardyi* は平均60,000 μm^3 であった。

ミクラステリアス ハーディ (*Micrasterias hardyi*)の特徴

- 学名. *Micrasterias hardyi* (G. S. West 1905)
- 和名. ミクラステリアス ハーディ
- 分類. 緑藻類、ホシミドロ目、
ツツミモ科、ミクラステリアス属
- 平面的で勲章などに似た形をしており、上下2つの半細胞から構成され、中央部に深い切れ込みがある。
- 各半細胞には6本の腕状突起があり、合計1細胞に12本の突起がある。
- オーストラリア(ニューサウスウェールズ州・ビクトリア州、タスマニア州)、
ニュージーランドなどから報告²⁾されている。
- 日本各地の湖沼からは、琵琶湖を含め報告例がない種類である。
琵琶湖では琵琶湖における*M. hardyi*は1978年～2010年までの33年間は全く確認されず、2011年11月7日に南湖中央地点で初めて1細胞が確認された。
- その後、2016年11月～2017年1月にかけて各地点で大增殖し、最高値は2016年11月で琵琶湖北湖今津沖中央地点の水深5m層で119細胞/ml確認された。

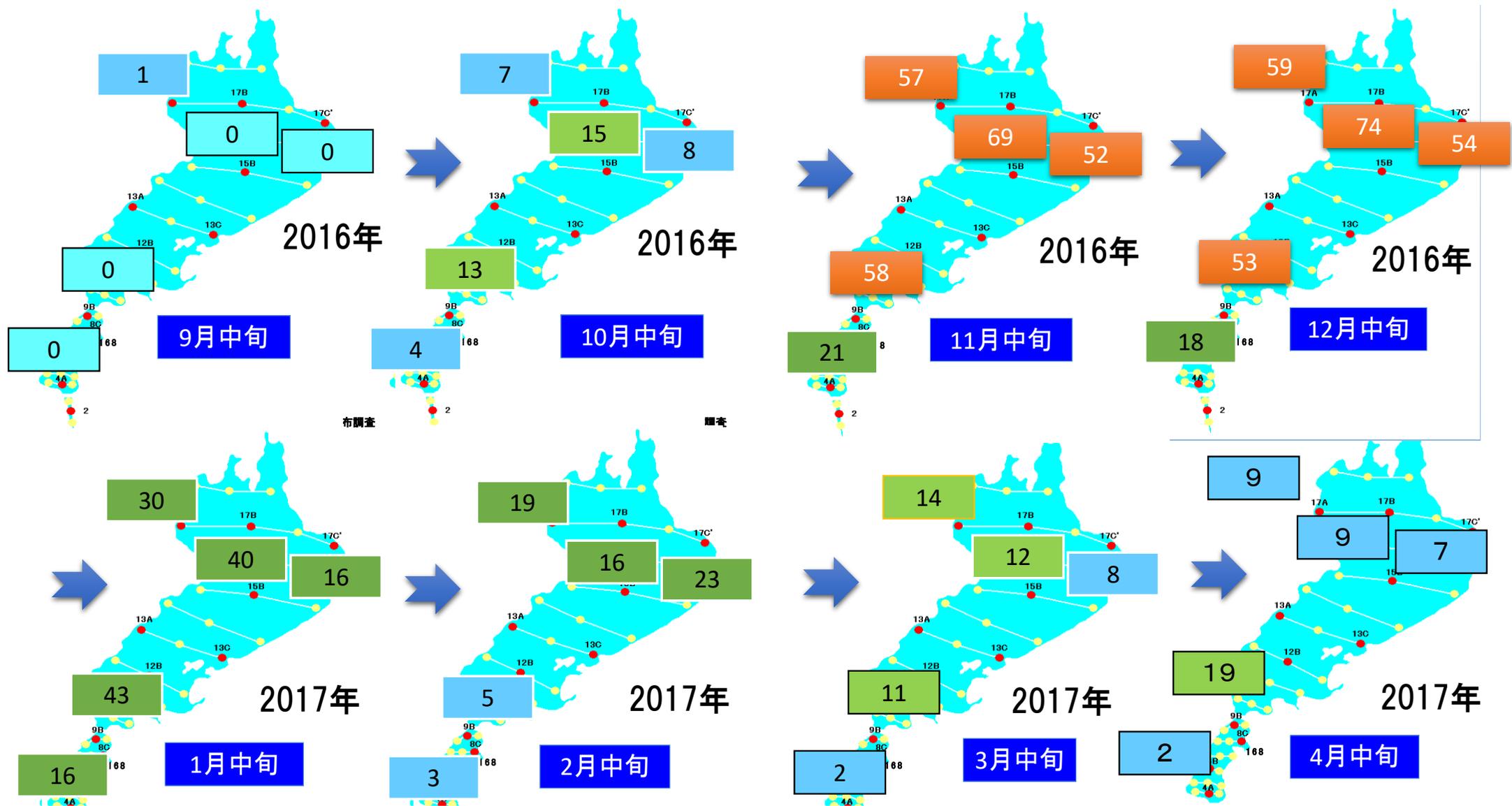


2) P. A, Tyler (1970) Taxonomy of Australian freshwater algae.1.The genus *Micrasterias* in Sough-Eastern Australia, British Phycological,5:2, 211-234

琵琶湖における*Micrasterias*と*Stautastrum*の適水温の関係(一瀬:追加9~14)

	Sample Survey date	Lake name	place	Length with processes	Length without processes	Width with processes	Isthmus width	Number examined
1	1967/ 1/26	※Yan Yean	Victoria	193-(200)-236	94-(104)-108	176-(199)-220	23-(31)-45	20
2	1967/ 4/21	※Yan Yean	Victoria	219-(227)-251	103-(108)-118	205-(220)-250	21-(28)-40	20
3	1967/ 8/10	※Yan Yean	Victoria	229-(246)-264	105-(114)-119	216-(240)-271	20-(25)-29	20
4	1967/12/ 1	※Sorell	Tasmanien	175-(188)-198	94-(99)-104	157-(180)-191	17-(24)-31	20
5	1967/12/ 5	※Woods	Australian	162-(185)-203	83-(97)-103	156-(176)-200	16-(25)-30	20
6	1968/ 3/ 9	※Woods	Australian	152-(174)-194	87-(97)-102	144-(161)-180	19-(24)-29	33
7	1968/ 6/26	※Woods	Australian	160-(176)-189	91-(96)-102	140-(163)-179	18-(23)-29	20
8	1968/11/12	※Woods	Australian	167-(184)-204	90-(97)-102	161-(182)-207	21-(25)-30	17
9	2016/ 9/26	Biwa(North)	Japan	152-(166)-182	81-(87)-94	144-(161)-183	21-(24)-35	27
10	2016/10/11	Biwa(South)	Japan	166-(181)-195	80-(86)-94	158-(172)-188	22-(28)-35	50
11	2016/11/21	Biwa(North)	Japan	142-(159)-172	80-(84)-92	138-(153)-180	22-(24)-32	28
12	2017/ 3/17	Biwa(North)	Japan	148-(168)-183	85-(91)-100	145-(172)-196	22-(29)-38	24
13	2017/ 5/ 1	Biwa(North)	Japan	160-(176)-191	85-(93)-102	165-(181)-193	24-(30)-38	20
14	2018/11/ 5	Biwa(North)	Japan	170-(187)-202	89-(98)102	170-(190)-208	20-(35)-45	32

※ 1-8 : P. A. TYLER Br. phycol. J. (1970) 5 (2) 211-234 October 31, 1970



琵琶湖(0.5m層)における *Microcystis hardyi* の平面分布(2016-2017)

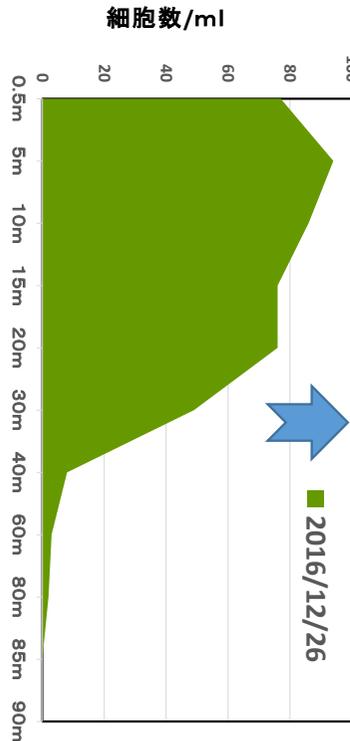
0~20m層
生産層に多い

生産層から沈降

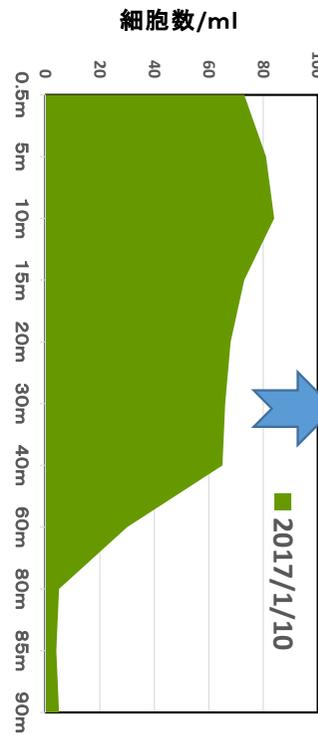
全層に多く分布

表層でやや減少 全層でやや減少

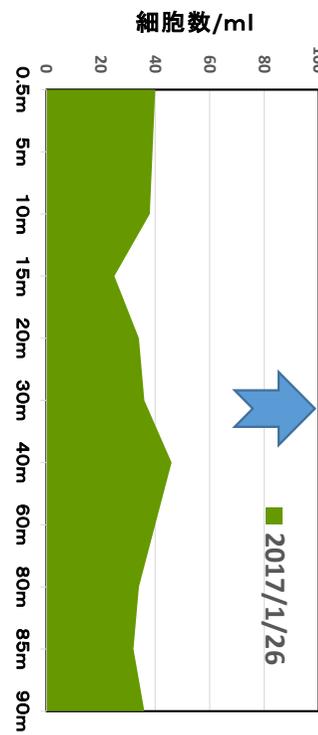
全層で減少



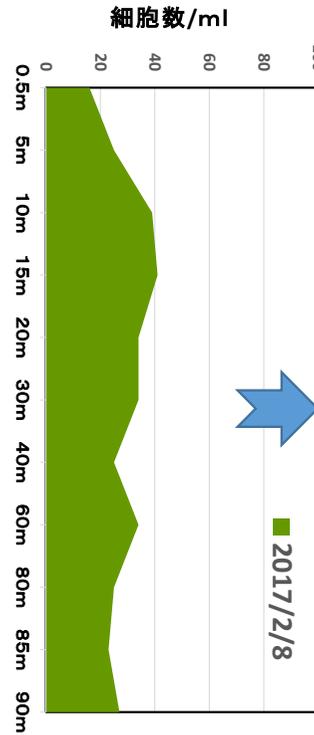
2016年
12月26日



2017年
1月10日



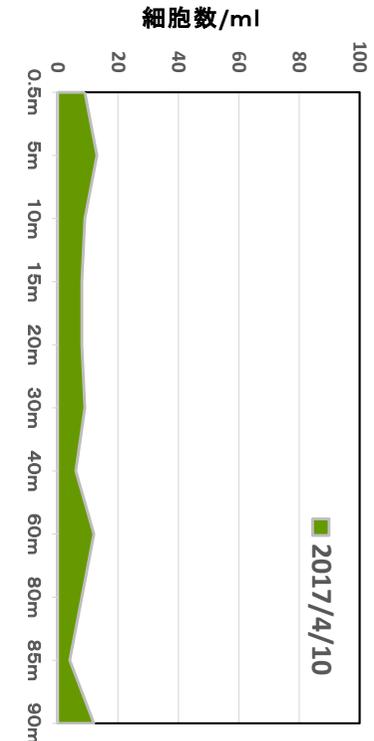
1月26日



2月8日



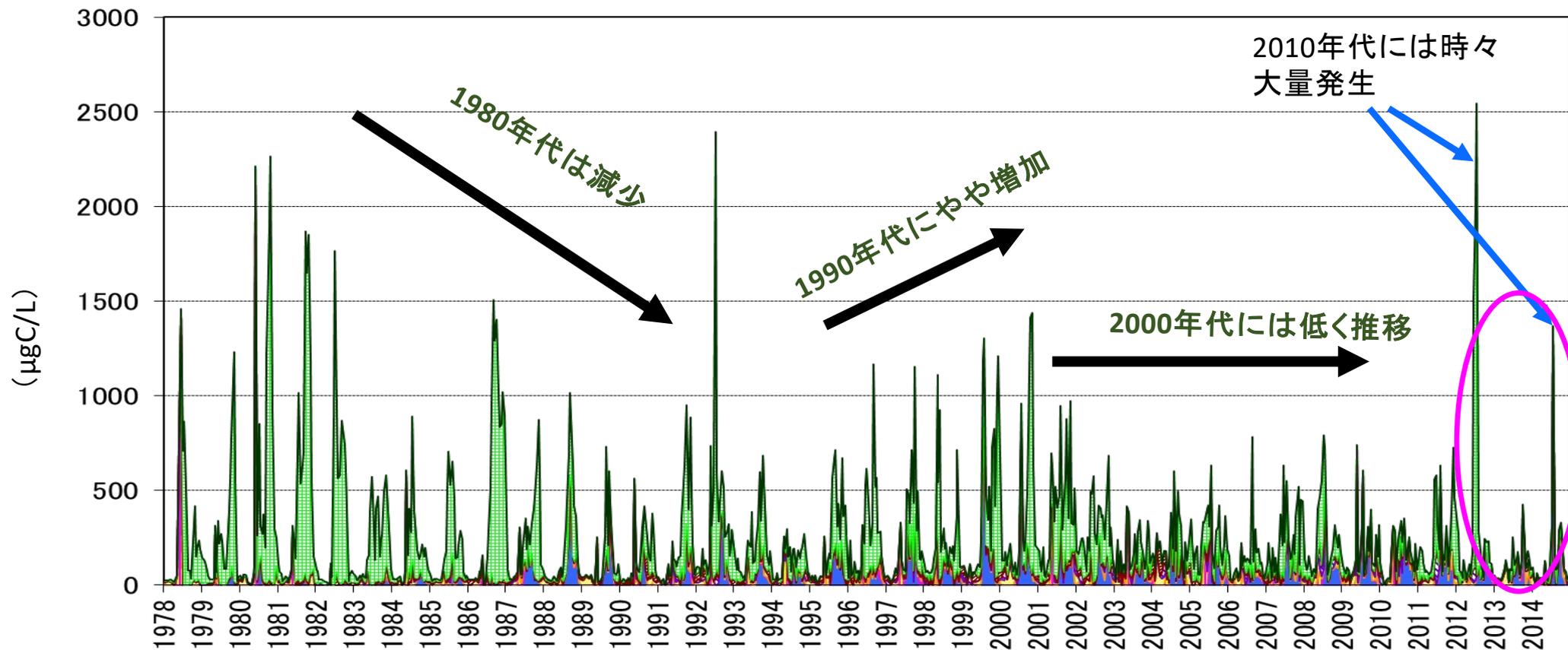
2月20日



4月10日

琵琶湖北湖中央(17B)における *Micrastrias hardyi* の鉛直分布(2016-2017)

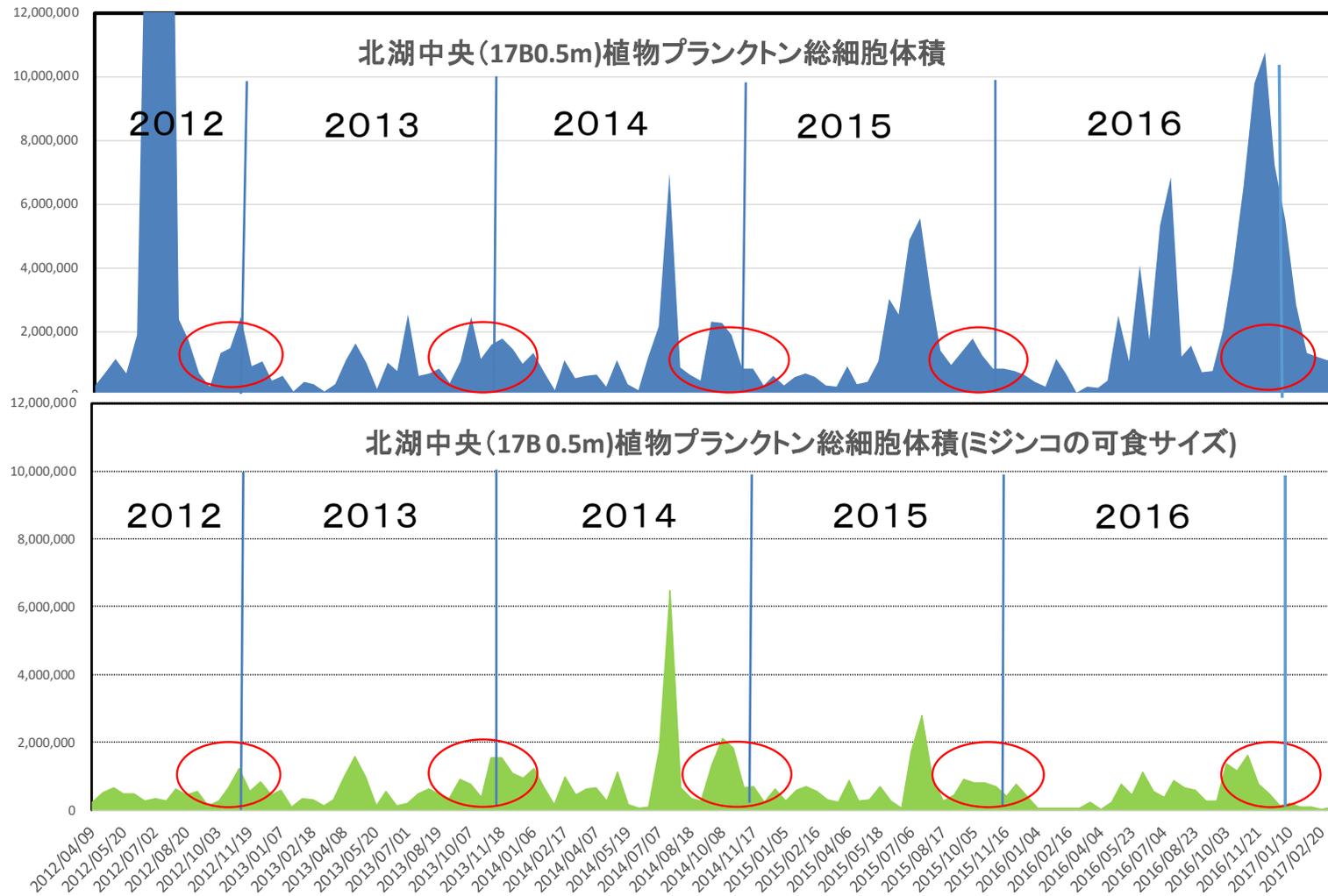
琵琶湖北湖(今津沖中央0.5m層)における植物プランクトン量の変動



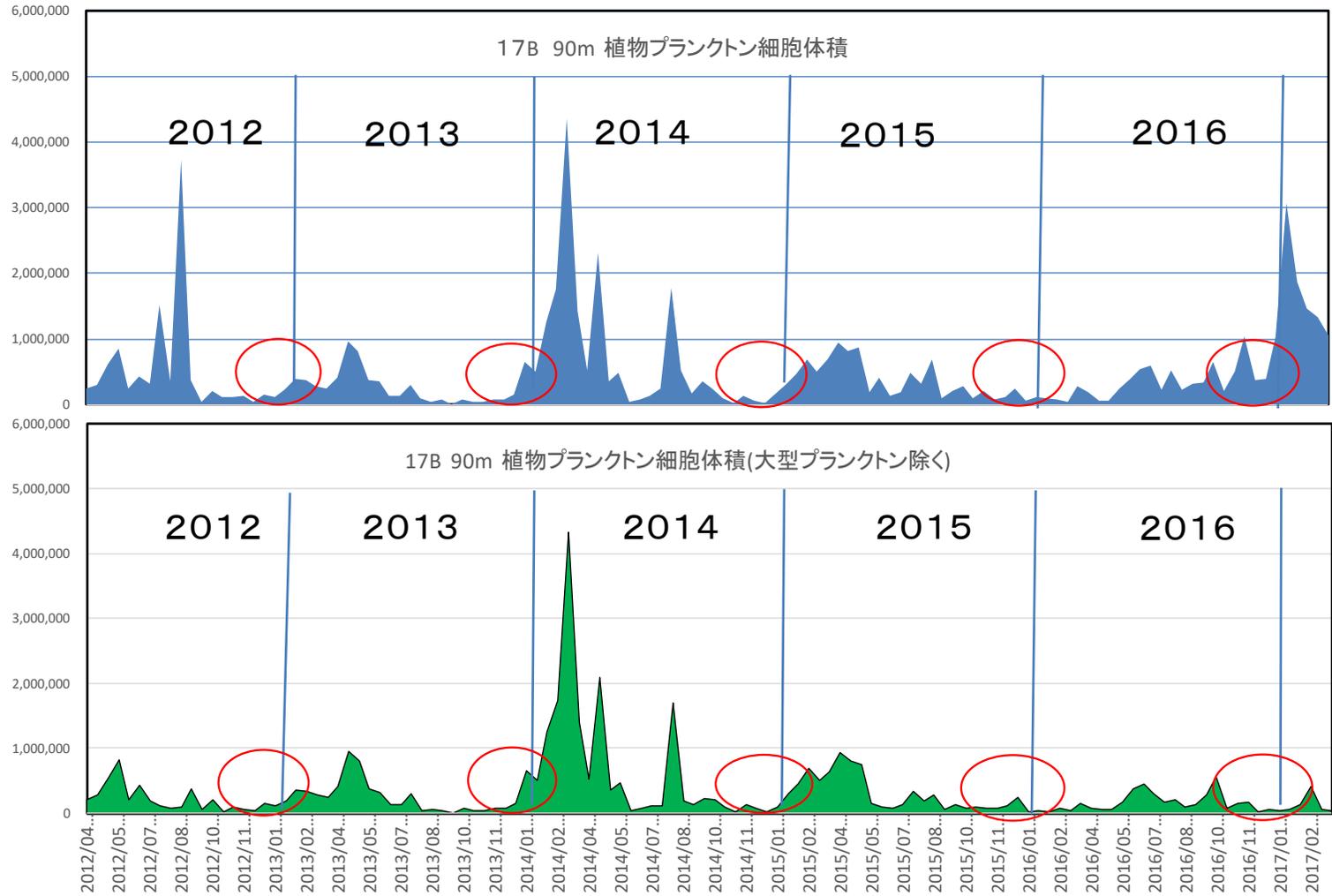
緑藻主体のプランクトン組成

■ 藍藻 ■ 黄色鞭毛藻 ■ 珪藻 ■ 渦鞭毛藻 ■ 褐色鞭毛藻 ■ 緑藻 ■ その他

琵琶湖北湖(今津沖中央0.5m層)における植物プランクトンの変動

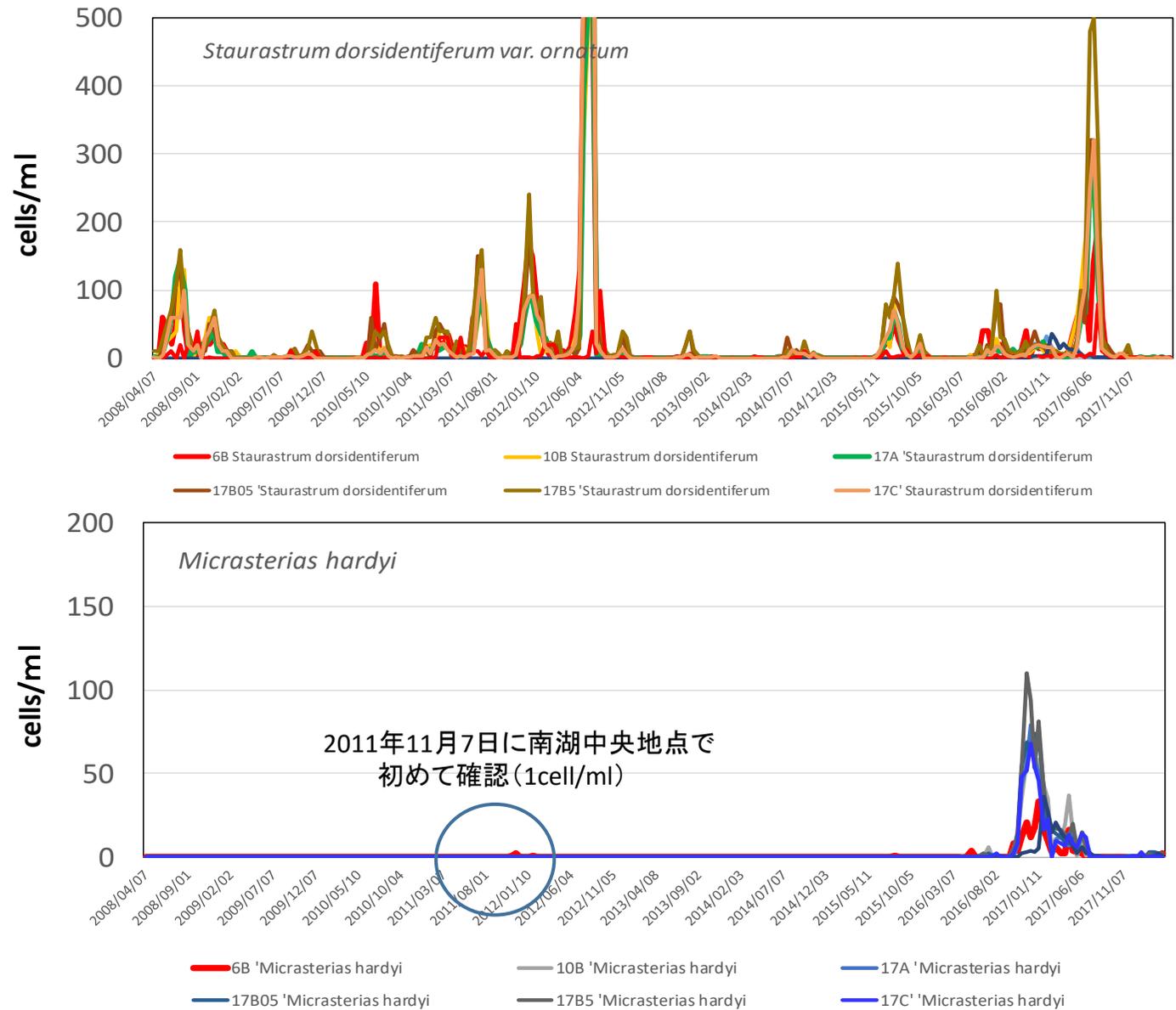


琵琶湖北湖(今津沖中央90m層)における植物プランクトンの変動



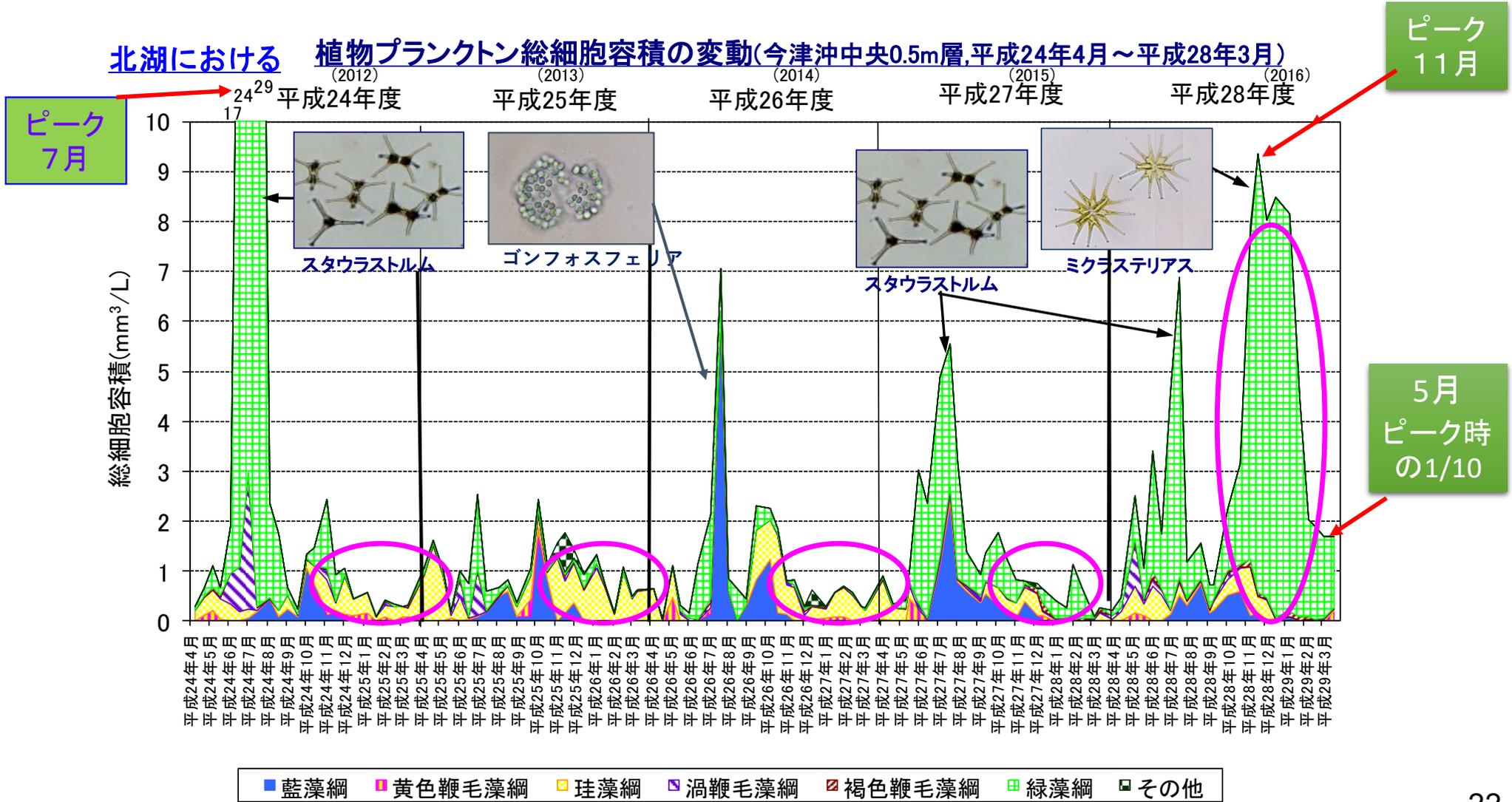
*M. hardyi*の最初の出現

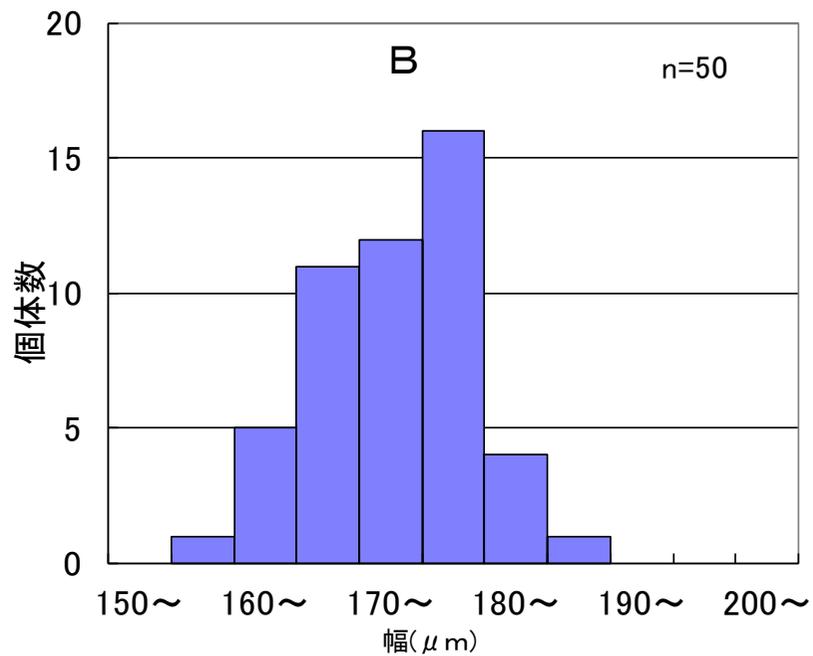
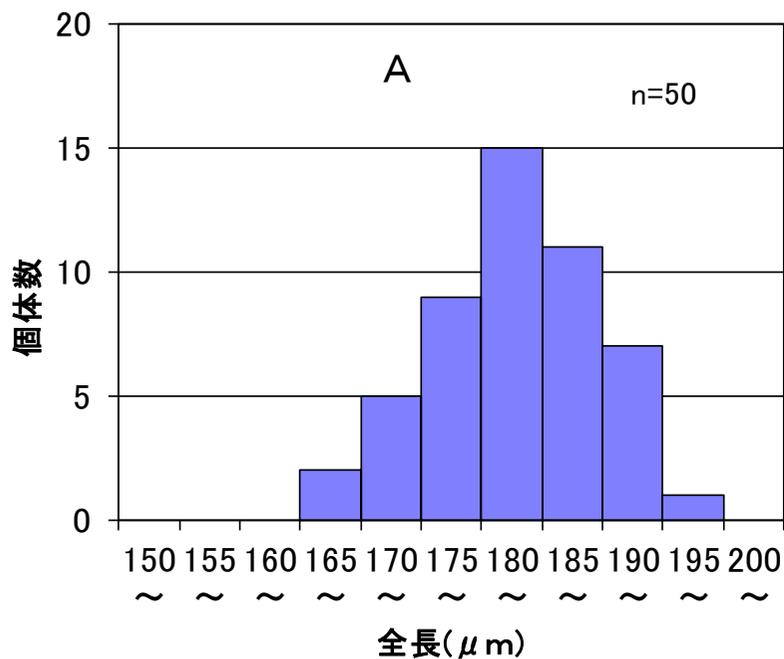
琵琶湖における*M. hardyi*は1978年～2010年までの33年間は全く確認されず、2011年11月7日に南湖中央(6B)地点で初めて1細胞が確認された。



琵琶湖北湖中央における総細胞容積の変動(今津沖中央0.5m層, 平成24年4月～平成29年3月)

北湖における 植物プランクトン総細胞容積の変動(今津沖中央0.5m層, 平成24年4月～平成28年3月)





(2016.10.11)

図 *Micrasterias hardyi* の細胞測定値の分布 (2016. 10. 11)

A = 全長平均 **172**

B = 幅平均 **171**

オーストラリア : ソレル湖、タスマニア州			
Lake Sorell	長さ	幅	間隔
Max.	198	191	31 μm
Min.	175	157	17 μm
Avg.	188	180	24 μm

コメント: 全長平均で172μm、幅平均171μmであり、オーストラリア (Lake Sorell) 産の文献値より約9%小型である。一細胞当たりの平均体積は60,000μm³であった。

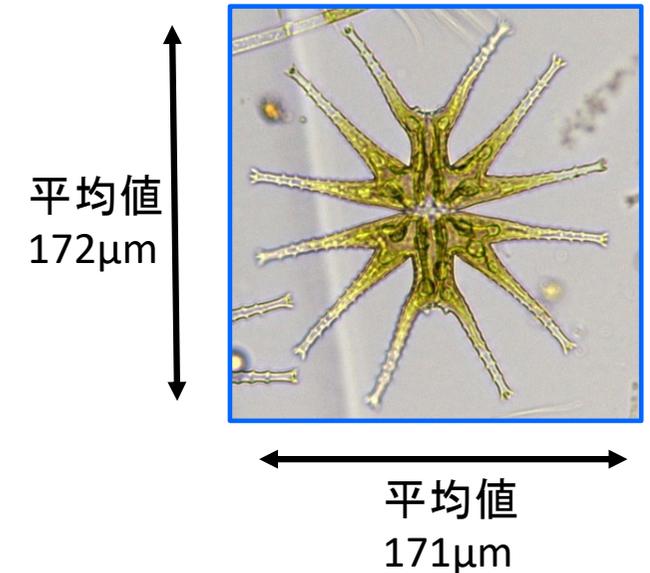
琵琶湖北湖今津沖中央(17B)における *Micrasterias hardyi* の計測結果

結果

• *M. hardyi*の季節的形態変化

琵琶湖における*M. hardyi*の大きさは表1に示したとおり琵琶湖産のものは平均値で長さ172 μm 、幅171 μm 、括れ28 μm 、オーストラリア産のものは平均値で長さ197 μm 、幅190 μm 、括れ25 μm であり、比較すると長さで約13%、幅で約10%程度小型であり、括れは殆ど変わらず標準偏差値も小さいことが明らかとなった。

また、季節的な形態の変化は認められなかったものの大量発生時には5%程度小型化することが明らかとなった。



- 1) 一瀬諭ら:(2013)琵琶湖に棲息する植物プラントンの総細胞容積および粘質鞘容積の長期変動解析,日本水処理生物学会誌,49(2), 65-74

動物プランクトンが摂食可能な植物プランクトンのサイズ

最大餌サイズと体長の関係式

- カブトミジンコ
- ▲ハリナガミジンコ
- ミジンコ
- ゾウミジンコ

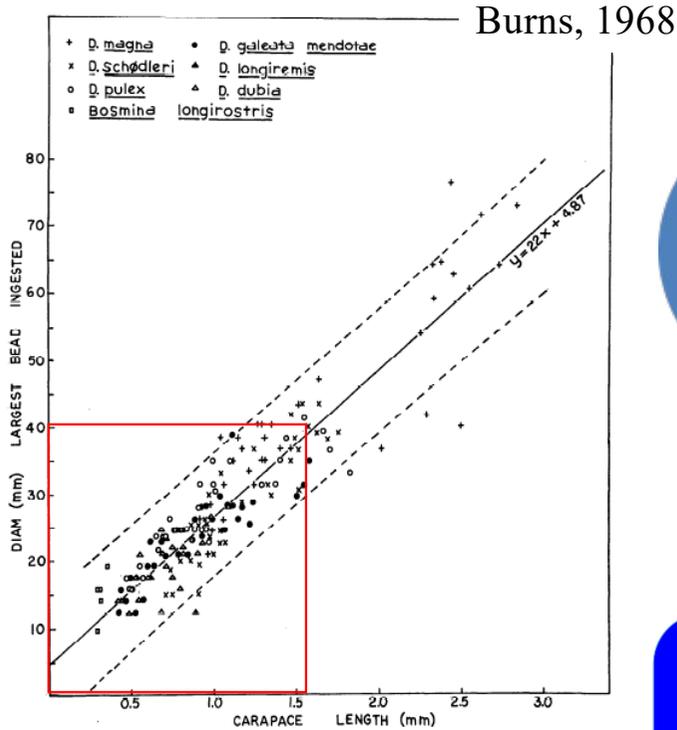
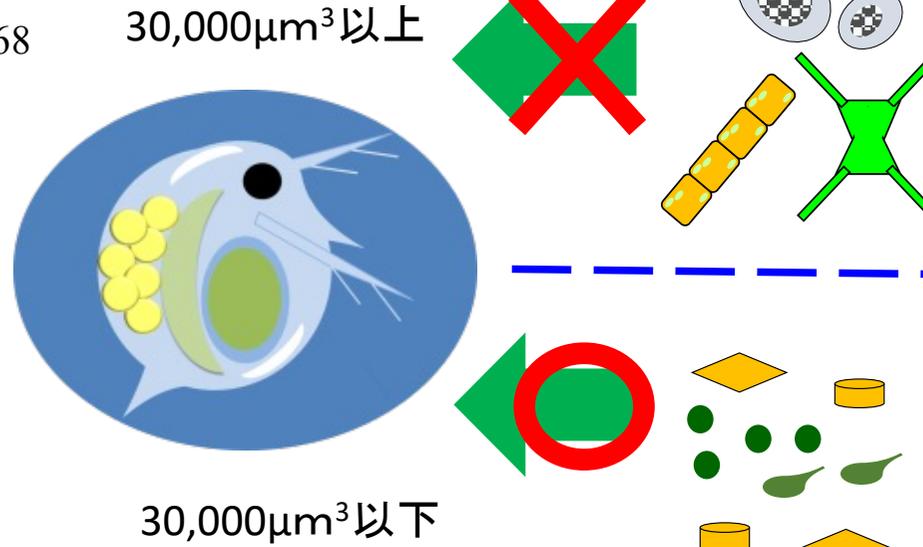
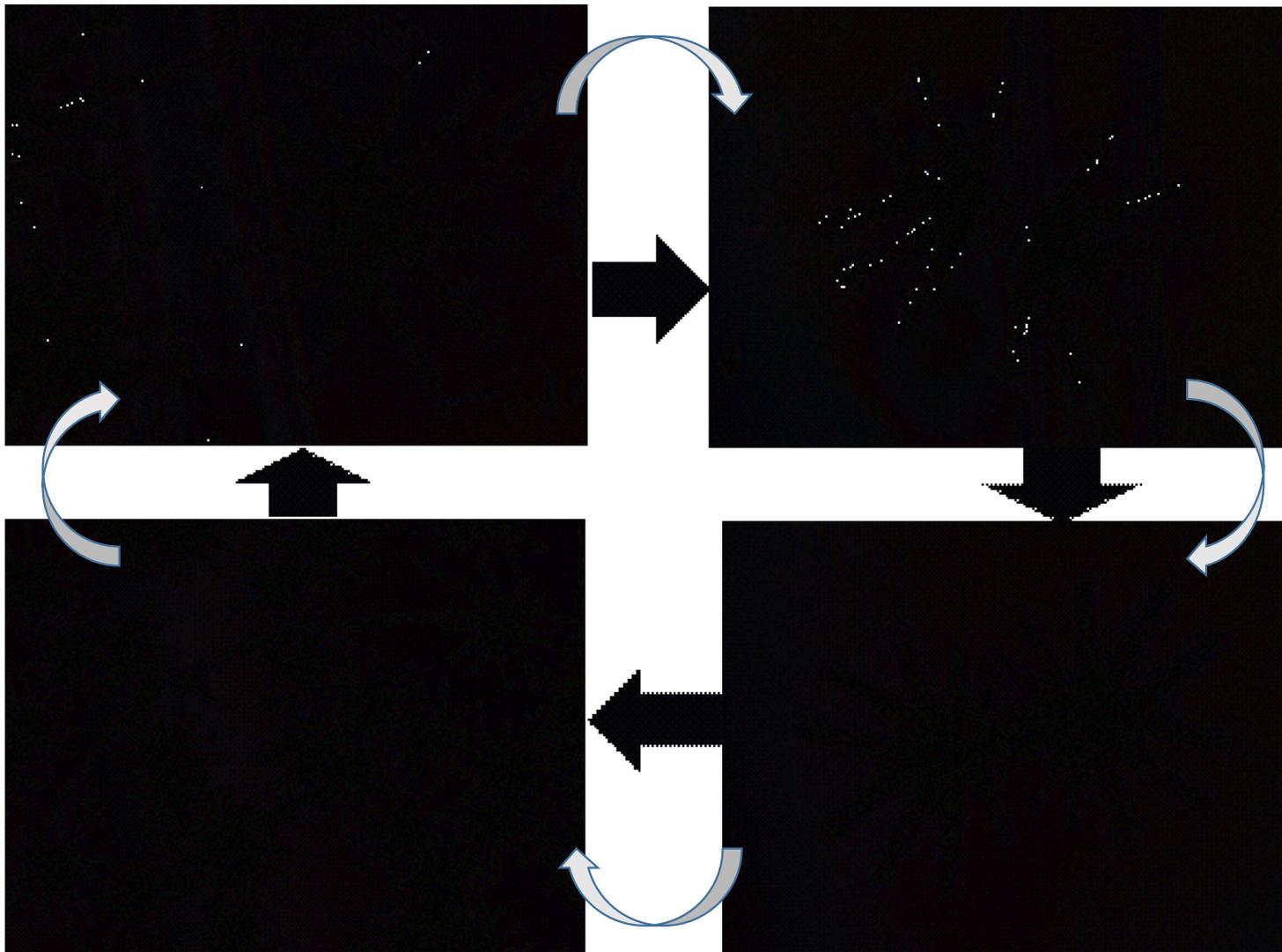


FIG. 1. Relationship between body size (carapace length in mm) and diameter (μ) of largest bead ingested by seven species of Cladocera. Variance values for the regression constants, a and b , are 0.0804 and 0.3017. Broken lines indicate 95% confidence limits for the maximum size of bead ingested by an animal.

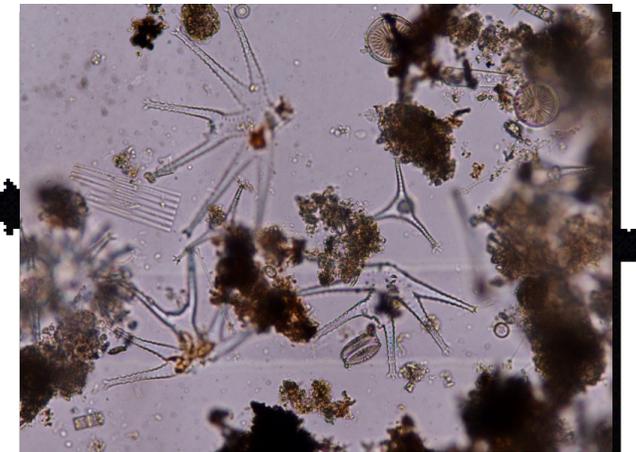
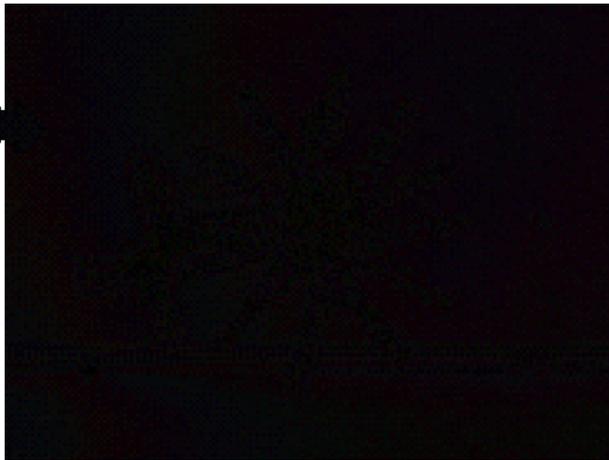


直径170 μ m以上ある大型のミクラステリアスはミジンコ類には食べられない。

最大可食サイズ植物プランクトン
直径40 μ m以下の植物プランクトン
群体を形成しない植物プランクトン
と定義して現在、解析中である。



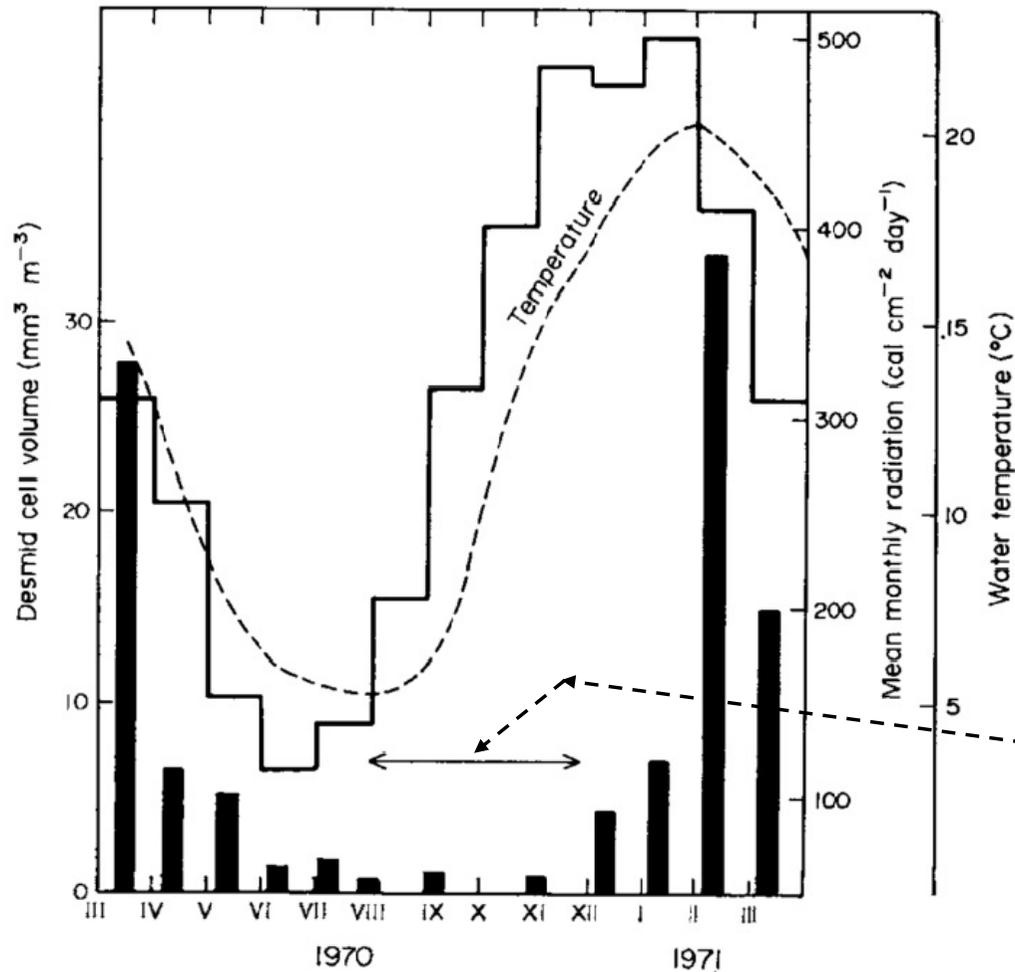
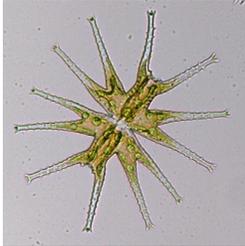
M. hardyi の増加のメカニズム



M. hardyi の減退のメカニズム

(葉緑体が縮小し茶褐色、その後分解、沈降、堆積)

トムズ湖における*Micrasterias*と*Pleurotaenium*の最適水温と季節変動



*Micrasterias hardy*と*Pleurotaenium ehrenbergii*の総細胞容積変動及び表層水温との関係
*M. hardy*は水温が下がる時期である7～17°Cに多く観察される。

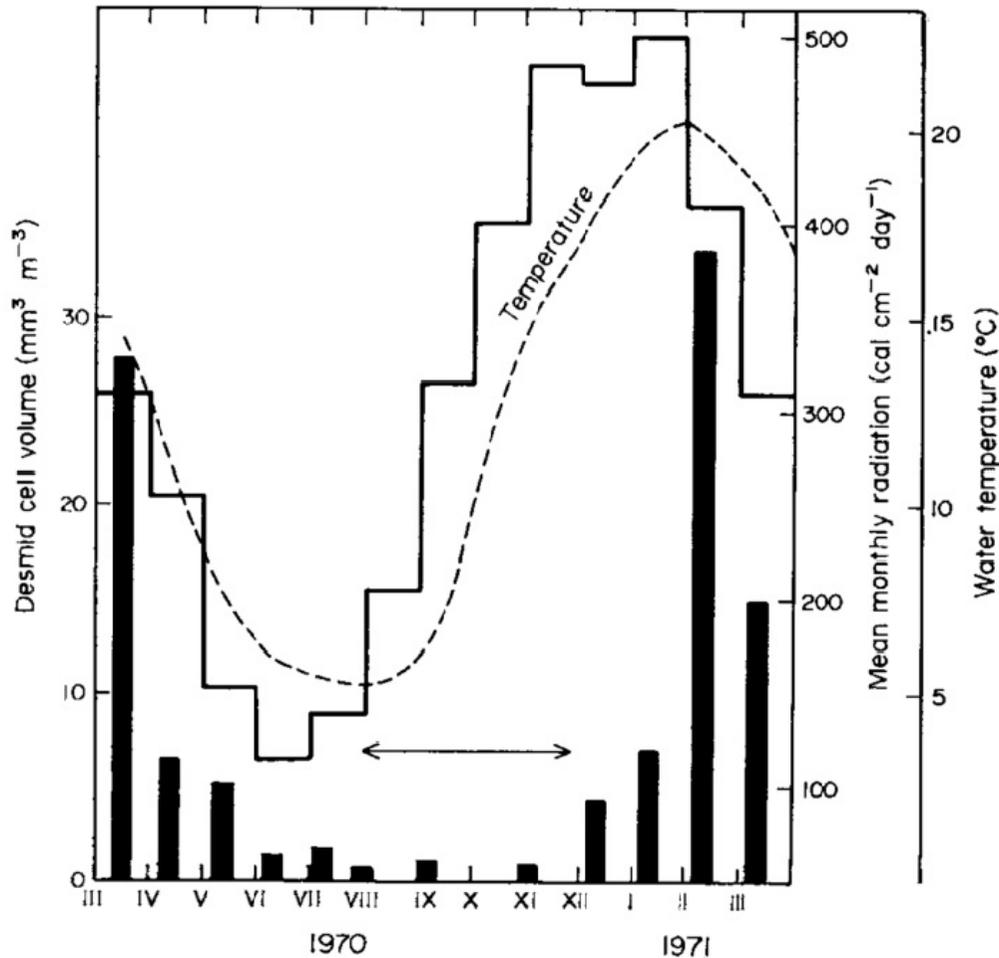
琵琶湖では通常、緑藻は春と秋に増加し冬に減少する。しかし、水温が10～15°Cに低下する時期にも関わらず多く分布していた。

R.L. Croome & P.A. Tyler (1973) British Phycological Journal, 8:3, 239-247

Cyclotella stelligera
Synedra sp.

図. Mean monthly radiation, surface water temperature and combined cell volume/litre of *Micrasterias hardy*/and *Pleurotaenium ehrenbergii* (<-- ~ denotes period of diatom maximum).

トムズ湖におけるミクラステリアス ハーディとプレウロタエニウムの水温及び季節変化



Micrasterias hardyとPleurotaenium ehrenbergiiの総細胞容積変動及び表層水温の関係

Micrasterias hardyは水温が下がる時期である7~17°Cに多く観察される。

琵琶湖では通常、緑藻は春と秋に増加し冬に減少する。しかし、水温が10~15°Cに低下する時期にも関わらず多く分布していた。

これは、本種の特異性によるものと考えられる。

R.L. Croome & P.A. Tyler (1973) British Phycological Journal, 8:3, 239-247

Fig. 1 Mean monthly radiation, surface water temperature and combined cell volume/litre of *Micrasterias hardy* and *Pleurotaenium ehrenbergii* (<-- ~ denotes period of diatom maximum).

Plankton species of Lake leake , Tooms Lake and Biwa Lake

Lake leake , Tooms Lake Biwa Lake

Dictyosphaerium pulchellum
Quadrigula sp.
Oocystis parva
Oocystis sp.
Closterium of. *cornu*
Closterium cynthia
Closterium kutzingii
Closterium sp.
Closterium aciculare var. *subpronum*
Cosmocladium sp.
Micrasterias hardyi
Pleurotaenium ehrenbergii
Staurodesmus sp.
Staurastrum gracile var. *bulbosum*
Staurastrum longipe
Staurastrum pingue
Staurastrum victoriense
Onychonema sp.
Spondylosium planum
Arthrodesmus sp.
Cosmarium contractum var. *minutum*
Euastrum sp.
Staurastrum manfeldtii var. *planctonicum*
Staurastrum rotula var. *smithii*
Staurastrum sagittarium
Euglena sp.
Trachelomonas sp.

Lake leake , Tooms Lake Biwa Lake

Cryptomonas sp.
Peridinium cf. *volzii*
Chrysococcus sp.
Mallomonas akrokomos
Mallomonas sp.
Synura sp.
Uroglena sp.
Cyclotella stelligera
Synedra sp.
Tabellaria sp.
Navicula sp.
Stauroneis sp.
Synedra sp.
Surirella linearis
Suirella cf. *tenera*
Asterococcus superbus
Botryococcus braunii
Nephrocytium sp.
Scenedesmus quadricauda
Sphaerocystis schroeteri
Chlamydomonas sp.
Pediastrum duplex
Pediastrum boryanum
Coelastrum microporum
Crucigenia tetrapedia
Volvox sp.

琵琶湖における*Micrasterias*と*Staurastrum*の適水温の関係

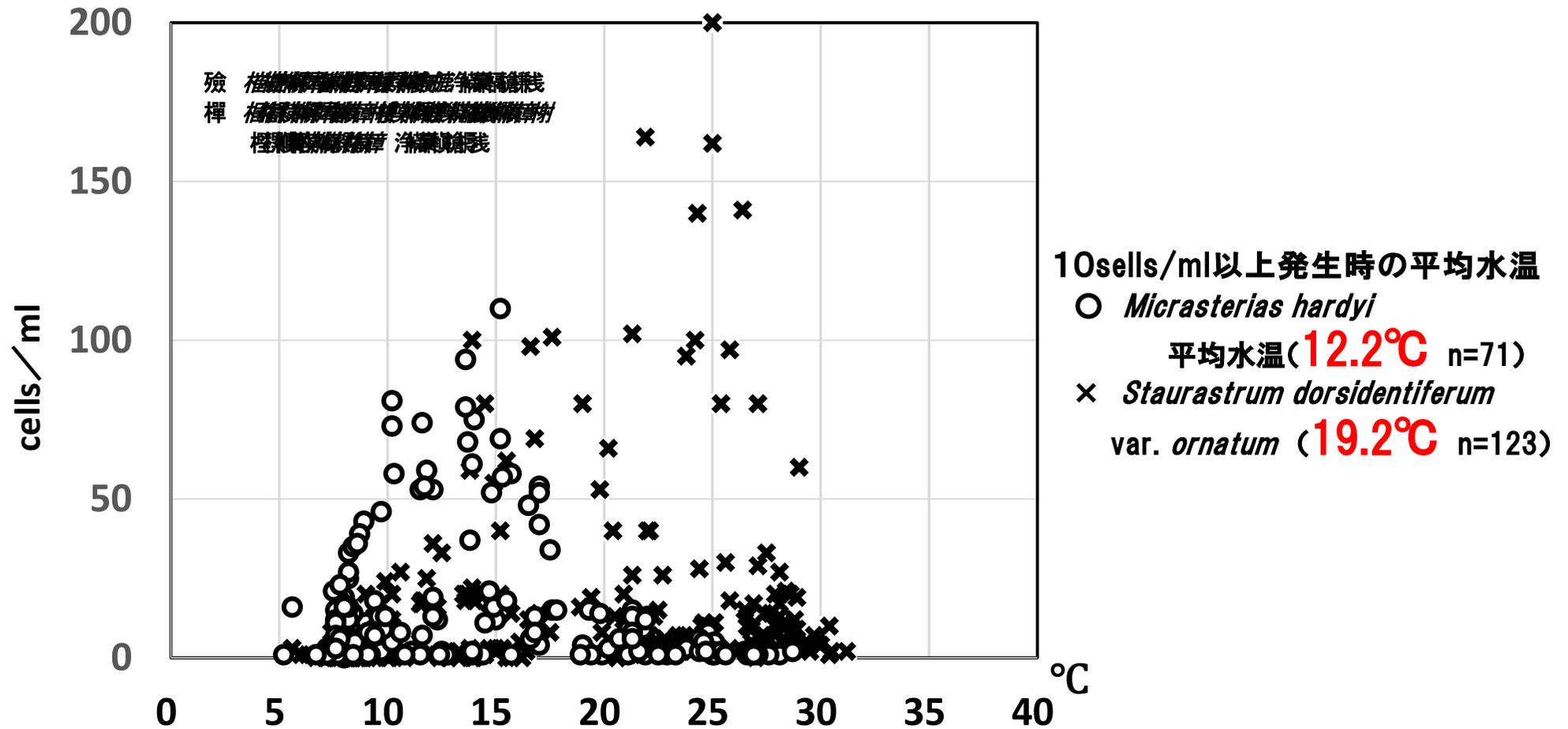


図 *Micrasterias hardyi*と*Staurastrum dorsidentiferum* var. *ornatum*の水温特性(2016.4~2018.3:琵琶湖5地点)

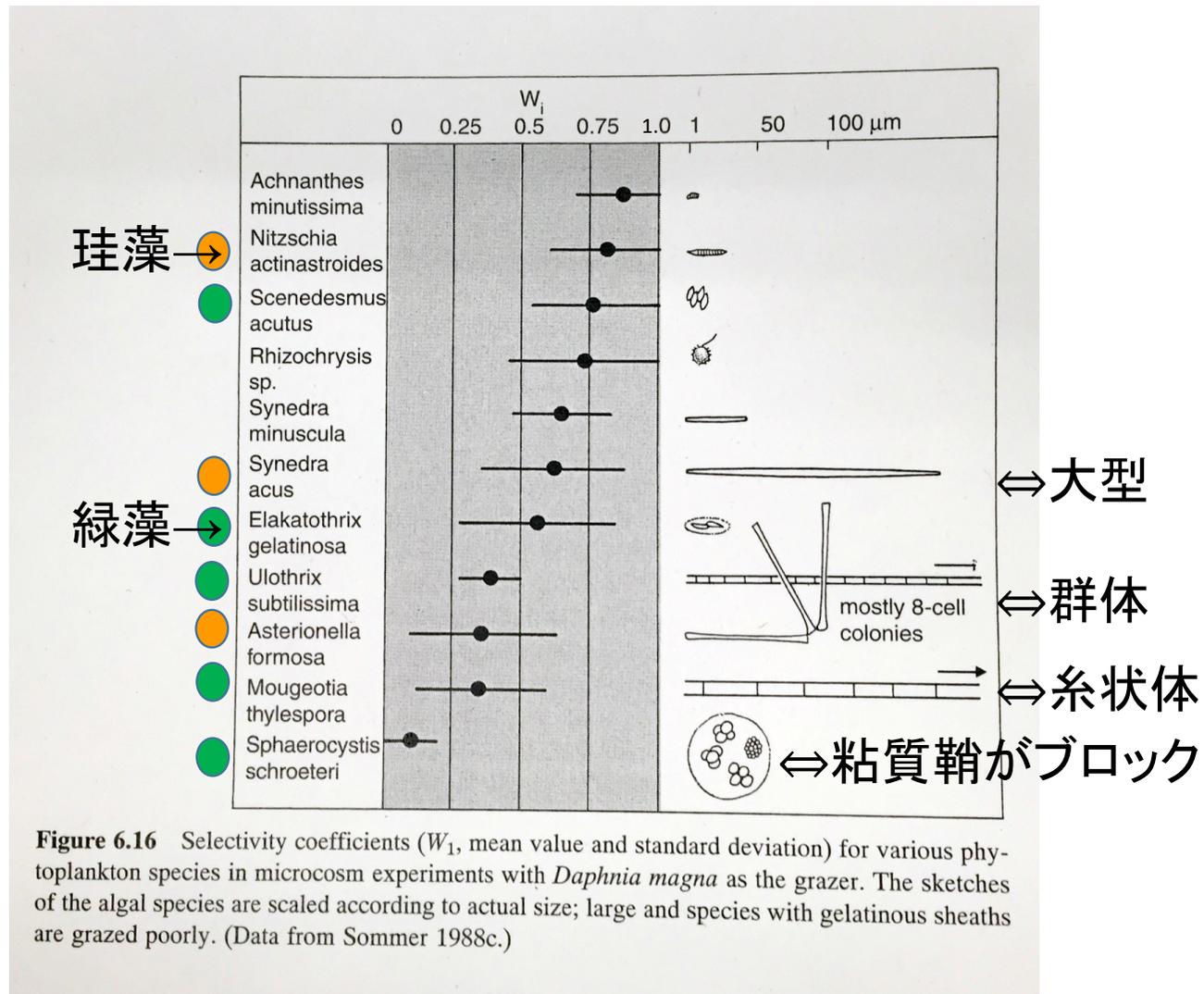


Figure 6.16 Selectivity coefficients (W_1 , mean value and standard deviation) for various phytoplankton species in microcosm experiments with *Daphnia magna* as the grazer. The sketches of the algal species are scaled according to actual size; large and species with gelatinous sheaths are grazed poorly. (Data from Sommer 1988c.)

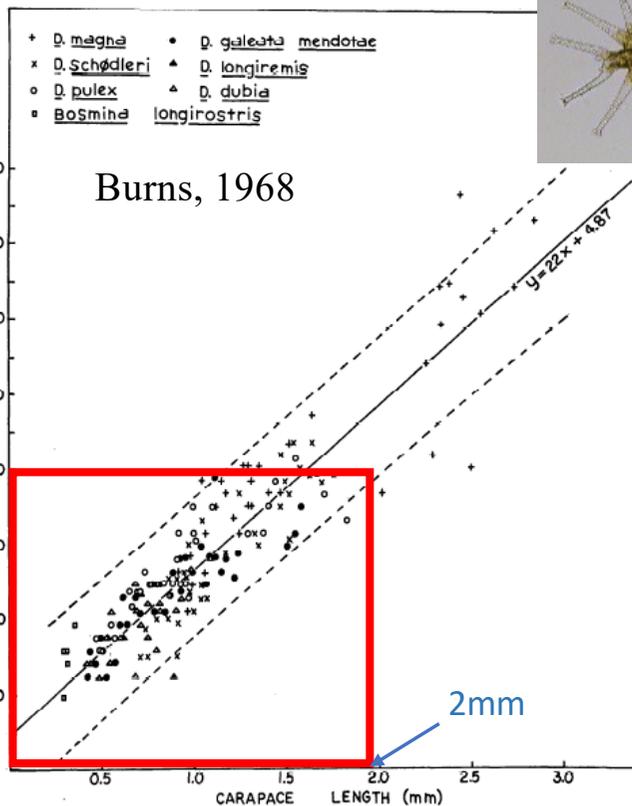
オオミジンコを捕食者としたマイクロコズム実験で得られた
 摂食可能な植物プランクトンの選択係数

ミジンコ類と植物プランクトンサイズとの関係

最大餌サイズと体長の関係式がある

琵琶湖のミジンコ類の体サイズ

- ・カブトミジンコ
- ・ハリナガミジンコ
- ・ミジンコ
- ・ゾウミジンコ



170μm以上



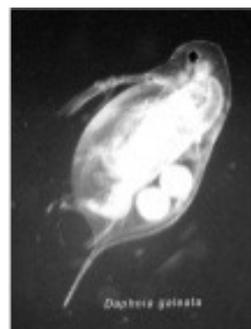
Bosmina longirostris
(ゾウミジンコ)
と

動物プランクトンには摂食可能な最大餌サイズ
大きい餌(植物プランクトンや粒子)は食べれない。

琵琶湖のミジンコはほとんどが2mm以下

ミジンコの大きさ → 琵琶湖のミジンコ類は、40μm以下の植物プランクトンや粒子だったら摂食可能

植物プランクトンを中心とする食物網構造



40μm以下

×



170μm

サイズ(μm)

2×10^4

マクロ

2×10^3

メゾ

2×10^2

マイクロ

20

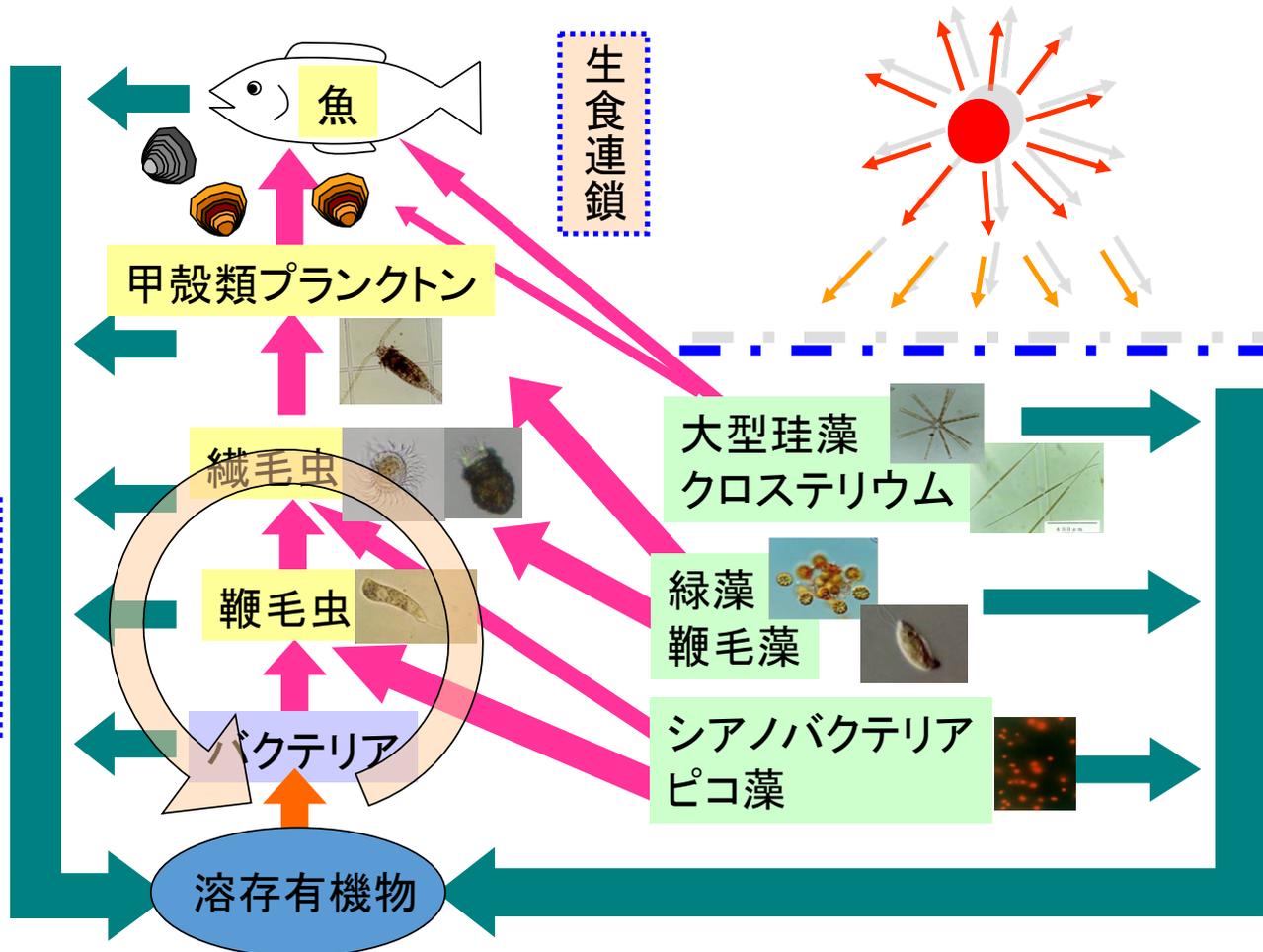
ナノ

2

ピコ

0.2

微生物連鎖



琵琶湖の原動力

中西正己先生: 引用

彦根地方気象台による平成28年の気象概況 (夏から秋)

★7月中旬から9月中旬までの気温は全般に高気圧に覆われて高く推移

し、晴れの日が多く、日照時間も平年よりかなり長かった。また、降水量

も平年並みか少なかった。

★その後、9月20日には**大型台風16号**の影響を受けて大雨となり、大雨・洪水警報が滋賀県全域に出され、台風情報も第1号から第9号まで発表された。さらに、8河川において護岸の崩落等も報告されている。

★9月の月間降雨量(図挿入、降水量と総細胞容積の変動)

・彦根:265mm ・今津:**314mm** ・長浜:**318mm**

・東近江:273mm ・南小松:**310mm** ・大津:**347mm**

まとめ

- *M. hardyi*と*S. dorsidentiferum*の増加特性
- 琵琶湖における主要な大型緑藻は*S. dorsidentiferum*であり、本種の増加パターンは初夏と秋季に認められた。
- しかし、*M. hardyi*の琵琶湖における増加パターンは主に秋季から冬季の低水温域で多く分布することが明らかとなった。
- オーストラリア等で報告¹⁾されている*M. hardyi*の至適水温の最大値は約20°Cであり、また、約5°C~14°Cの低い水温でも確認されていることから、琵琶湖で発生した*M. hardyi*についても水温が低下する秋季(約17°C)~冬季(約7°C)の水環境が増殖に有利な条件となった可能性が考えられた。
- 本種の移入経路や大量発生の原因については不明だが、食物連鎖の底辺を支えるこれら植物プランクトンの大量発生による琵琶湖水質への影響や生態系への影響の解明は重要課題であり、今後も本種の消長や増殖特性等についての研究を進めたい。

ご清聴ありがとうございました



Mother Lake

母なる湖・琵琶湖。
——あずかっているのは、滋賀県です。

END