

琵琶湖の近況 - 植物プランクトン群集 -

中西 正己^{*1}・野崎健太郎^{*2}
鏡味麻衣子^{*3}・神松 幸弘^{*3}

1. はじめに

近年、琵琶湖は、その湖水を水源とする水道水のカビ臭(1970-)、淡水赤潮の発生(1977-)、アオコの発生(1983-)、更に漁獲量の減少など社会的に大きな話題となっている(Nakanishi & Sekino, 1996; 中西・関野, 1997)。また鮎を中心に冷水病の蔓延も心配されている。これら社会的問題の発生の背景には、世界的に共通する水環境問題として、富栄養化、有害化学物質汚染、外来種の移入、沿岸域の物理的形狀変更などが挙げられる。

琵琶湖は高度成長期を迎えた1960年代から富栄養化が急速に進行したと言われている。事実、この頃を境に滋賀県の人口増加率は高まり、琵琶湖北湖盆の水の鉛直混合直前の底層水中の硝酸態窒素濃度も増加する傾向を示している(山田・中西, 1999)。

今回は、琵琶湖の富栄養化の現状と富栄養化と密接な関係にある植物プランクトンの現存量の指標としてのクロロフィルa量、日基礎生産速度および主要構成種の変遷やその季節的消長パターンの経年変化に着目し、今琵琶湖で何が問題なのか提起する。

2. 富栄養化の現状

一般に水中の全窒素と全リン濃度を指標として湖沼の富栄養化の程度は評価される。琵琶湖の北湖盆と南湖盆の表層水中の全窒素(TN)、全リン(TP)及びTN/TP比の経時的变化を図1に示した(1980-1992年は近畿地方建設局琵琶湖工事事務所・滋賀県生活環境部・滋賀県立衛生環境センターの調査による北湖28測点、南湖19測点の平均値、1993-2000年は滋賀県立衛生環境センターによる湖中局での水質常時測定データ)。琵琶湖北湖盆のTNは水温躍層形成時の夏に低く、水の鉛直混合の始まる秋から増大し完全に混合する冬にピークを示すパターンで規則的な季節変動をする。南湖盆においても基本的には同様なパターンであるが北湖盆ほど明瞭ではない。特に1994年の渇水年以降はそのパターンが乱れる傾向にある。冬期にTNが高くなるのは水の鉛直混合により夏の成層期に深水層に蓄積された硝酸態窒素の表水層への回帰による。南湖においても同様なパターンが見られるのは北湖盆の水の流入を強く反映していることを示唆している。北湖盆のTN濃度の年変動は小さく、1980-1991年の平均濃度は19 μM 、1992-2000年で22 μM である。南湖盆のそれは、1980-1991年では25 μM 、1992-2000年で49 μM と約2倍に増加して

*1 総合地球環境学研究所 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 *2 滋賀県立大学湖沼環境実験施設 〒522-0056 彦根市八坂町3165 *3 京都大学生態学研究センター 〒502-2113 大津市上田上平野町字大塚509-3

いる(水質常時測定データによらない琵琶湖水質調査報告書に基づいた滋賀県の環境白書から求めた1992-2000年の南湖盆の平均TN濃度は27 μM である)。濃度に差はあるがTN濃度は両湖盆ともやや増加傾向にある。TP濃度の季節変動にはTN濃度のような規則性は殆どない。北湖盆の平均TP濃度は1980-1992年で0.24 μM 、1993-2000年で0.18 μM 、南湖盆のそれはそれぞれ0.58 μM 、0.52 μM である。この20年間、両湖盆のTP濃度はTNとは逆に減少傾向にある。湖中局の常時測定データを基にした1993年以後の南湖盆の平均TN濃度は北湖盆の2.2倍、平均TP濃度は2.9倍高い状態にある。

植物プランクトンの組成変化と関係す

る(Stelzer & Lamperi, 2001)と言われているTN/TP比を計算すると、1980-1992年の平均TN/TP比は北湖盆で77、南湖盆で41、1993-2000年ではそれぞれ134、99である(滋賀県の環境白書のデータから計算すると1993-2000年のTN/TP比は北湖盆で91、南湖盆で43)。いずれにせよ、琵琶湖のTN/TP比は他の湖沼と比べ非常に高い値であることと、北湖盆の方が南湖盆より高いことは琵琶湖の化学的特性であるように思われる。

3. 植物プランクトンのクロロフィルa量と日基礎生産速度

琵琶湖両湖盆の沖帯の有光層内の植物

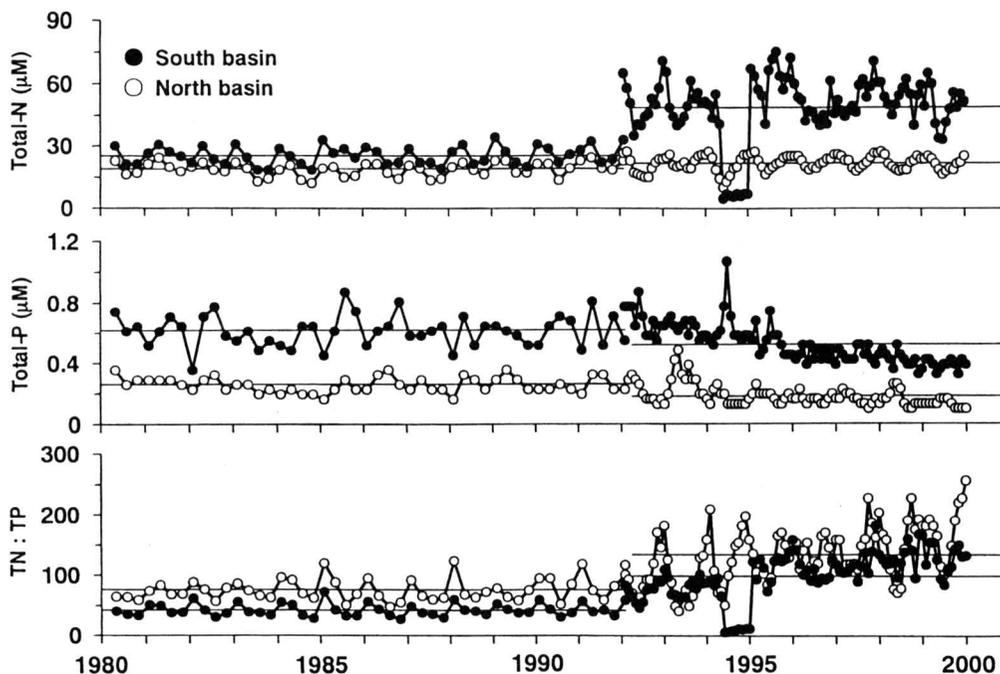


図1 琵琶湖北湖盆・南湖盆の表層水中の全窒素、全リン濃度及び全窒素:全リン比の経年変化(近畿建設局琵琶湖工事事務所・滋賀県生活環境部・滋賀県立衛生環境センターの琵琶湖水質調査報告書及び滋賀県立衛生環境センターの水質常時測定データ集より作図)

プランクトンの現存量の指標としてのクロロフィルa量と日基礎生産速度の経年変化から琵琶湖の近況をみる(図2)。有光層内のクロロフィルa量から見る限り両湖盆とも1970年以降植物プランクトン量が増加傾向にあるとは言えない。また光合成

による有機物生産速度も年変動は見られるものの大きな変化はない(但し、南湖盆の日基礎生産速度に関する情報は1985年以後ない)。京大大学生態学研究センターの定期観測による北湖盆と南湖盆の有光層内のクロロフィルa濃度の経時的変化を

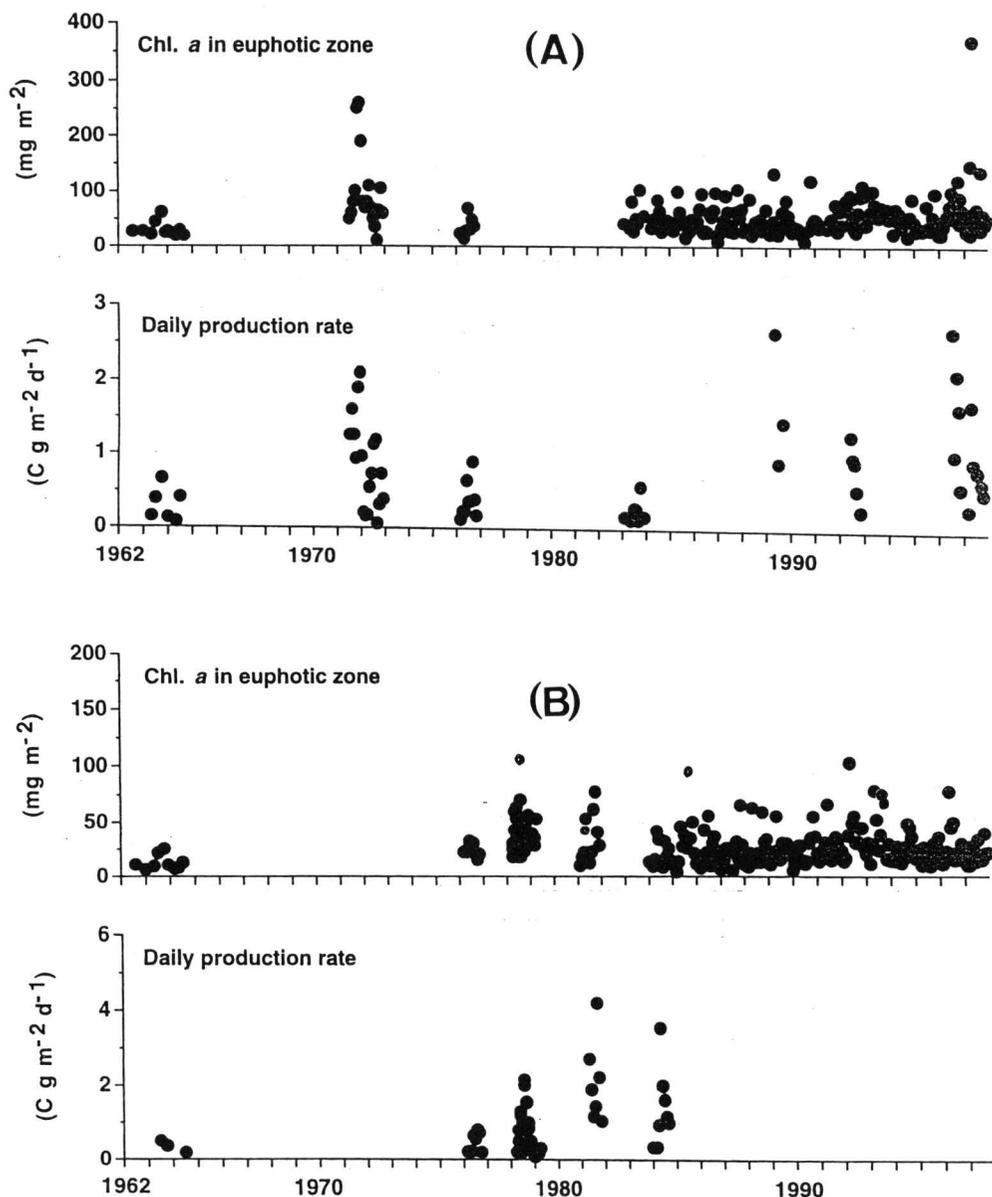


図2 琵琶湖北湖盆(A)、南湖盆(B)の沖帯における有光層内のクロロフィルa量及び日基礎生産速度の経年変化

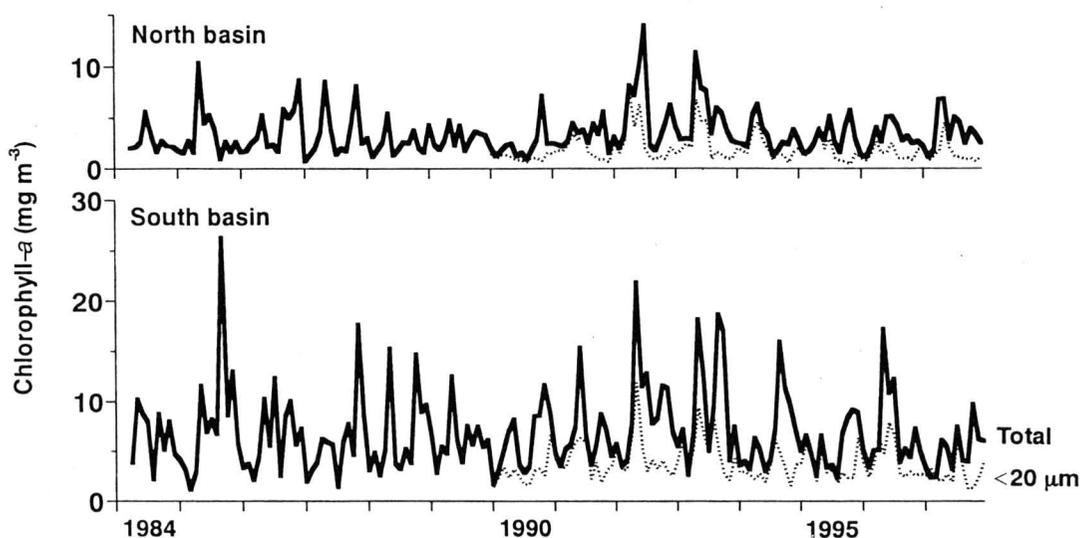


図3 琵琶湖北湖盆と南湖盆の有光層内のクロロフィルa濃度の経時的変化 (上田ほか、1998より作図)

3に示した(上田・川端・小板橋・成田、1998)。年によるピークの大きさに違いは見られるが1984年から1997年にかけて4-5月と9-10月にクロロフィルaが極大を示す、いわゆるバイモダルの季節変動が両湖盆とも維持されているように思われる。有光層内のクロロフィルa濃度は1980年代で北湖盆3.0 mg/l、南湖盆6.6 mg/l、1990年代でそれぞれ3.9 mg/l、7.1 mg/lである。1990年代でやや高くなる傾向にある。また、南湖盆の植物プランクトン密度は北湖盆の約2倍程度と見積もられる。

4. 植物プランクトン群集の主要構成種の変動

1980-1990年代の植物プランクトンの現存量は、年による差はあるが、平均して大きく変動していない。また、その季節的変動も春と秋に極大を示すパターンを概ね維持している。ここでは植物プランクトンの質的側面の一つとして、主要構成種の経時的変化と季節的カレンダーについ

て検討する。

4. 1 北湖盆

図4に1969、1978、1985及び1993年の北湖盆における植物プランクトンの主要構成種の季節的消長パターンを示す。珪藻群集は1978年頃までは秋-冬-春に発達する傾向にあったが、1985年になると *Stephanodiscus carconensis*、*Fragilaria crotonensis*は夏にも観察されるようになる(図4-A)。1993年では、*S. carconensis*は1年を通して高い密度で存在するようになる一方、*Aulacoseira solida* (現在では世界で琵琶湖にしか出現しない貴重種)が激減し、珪藻群集の単純化に加えて典型的な消長パターンが見られなくなっている。緑藻群集では琵琶湖を代表する接合藻の *Closterium aciculare*、*Staurastrum dorsidentiferum*は現在も主要構成種として残るが、1985年頃まで夏から秋にかけて主要構成種であった *Pediastrum biwae*は、その後急激に減少し主要構成種からマイ

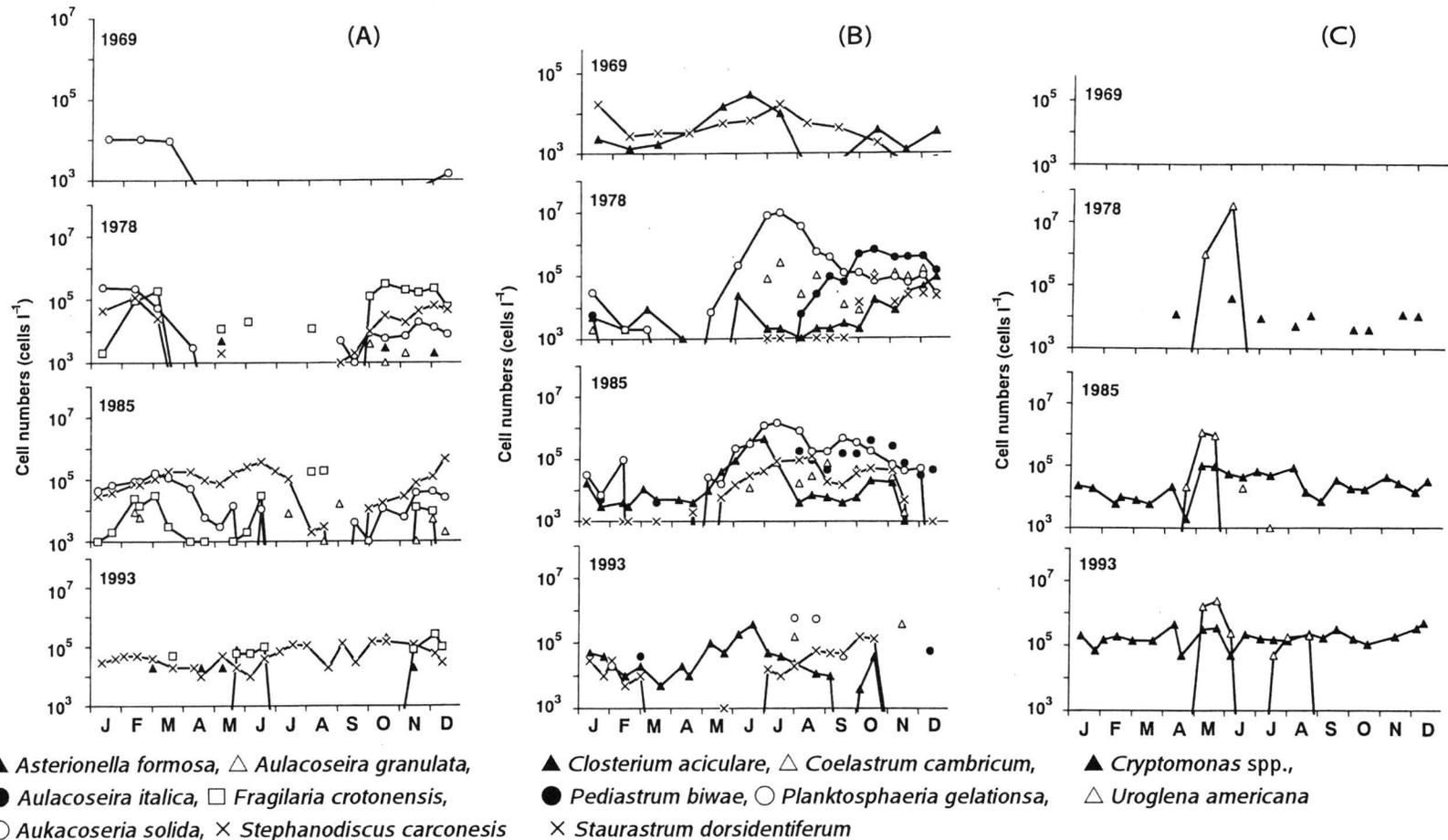


図4 琵琶湖北湖盆の植物プランクトン群集の主要構成種 (A) *Bacillariophyceae*, (B) *Chlorophyceae*, (C) その他、の季節的消長パターンの経年変化[滋賀県立衛生環境センターのプランクトンデータ集(1984,1986,1985)及びMori、1971より作図]

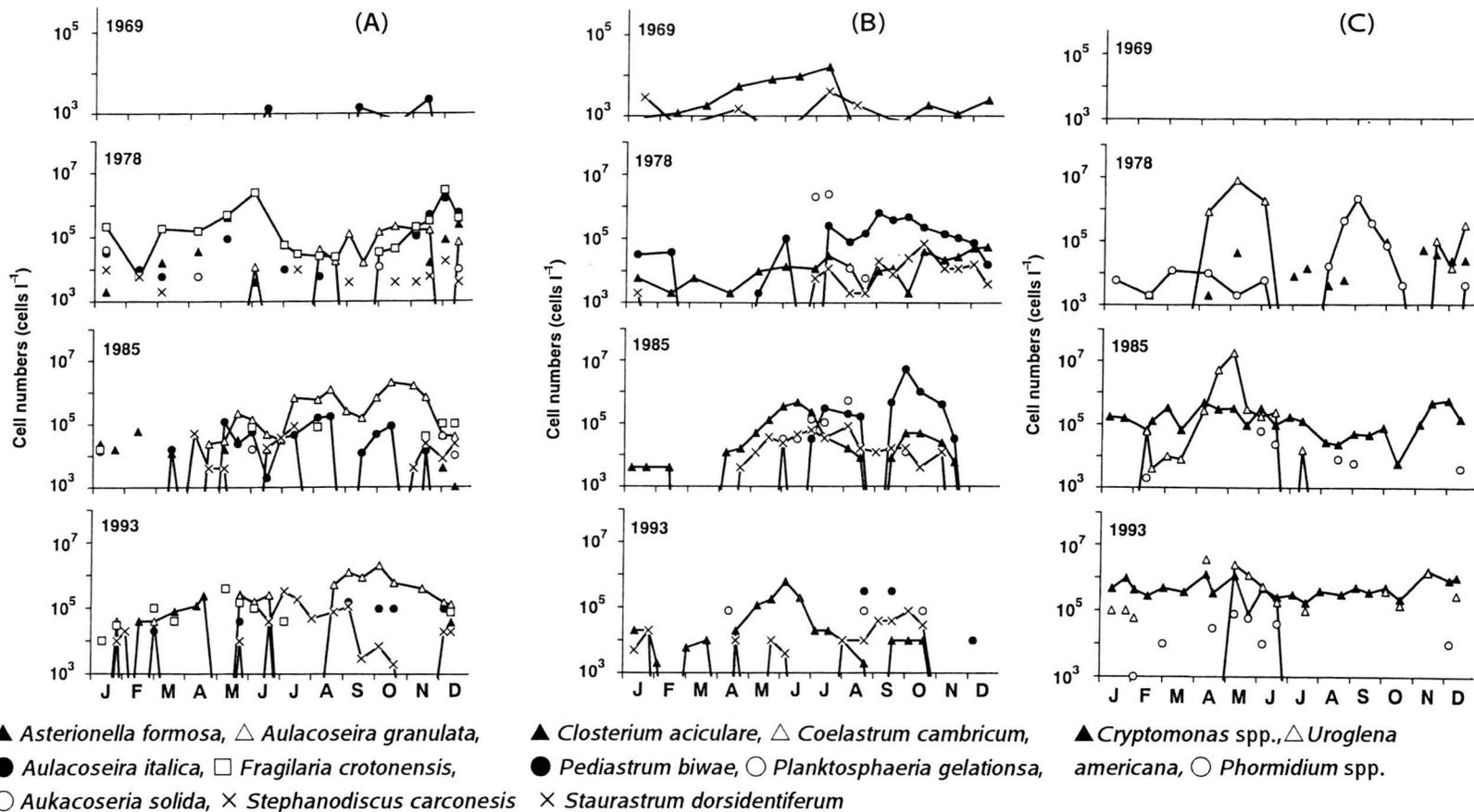


図5 琵琶湖南湖盆の植物プランクトン群集の主要構成種 (A) *Bacillariophyceae*, (B) *Chlorophyceae*, (C) その他、の季節的消長パターンの経年変化 (図4と同じ資料より作図)

ナ一種になる(図4-B)。緑藻も珪藻群集と同様に1993年頃から*C. aciculare*と*S. dorsidentiferum*を除いた主要構成種の季節的消長パターンは不規則な傾向を示す。珪藻、緑藻以外では、1977年以後琵琶湖で淡水赤潮が発生するようになったが、その原因生物、*Uroglena americana*が4-6月の主要構成種になる。また1970年代までは断片的に出現していた*Cryptomonas spp.*が1980年代になると1年を通して出現し経年的にその細胞数の増加が見られる。

4. 2 南湖盆

南湖盆における珪藻群集の季節的消長パターンは北湖盆にくらべ明瞭ではない(図5-A)。北湖盆で1985年まで主要構成種であった*Aulacoseira solida*は南湖盆では主要種として出現せず、代わって*Aulacoseira granulata*、*A. italica*が出現する。これら珪藻の出現期間が北湖盆に比べ長い傾向を示すことも季節的消長パターンを不明瞭にしている原因の一つであろう。緑藻群集は北湖盆同様、*C. aciculare*と*S. dorsidentiferum*、*P. biwae*が主要な種である(図5-B)。南湖盆においても1985年以降*P. biwae*の個体群密度の激減が見られる。珪藻、緑藻以外では、北湖盆同様*U. americana*、*Cryptomonas spp.*が主要種でありそれらの季節的消長パターンの経年変化も共通する(図5-C)。南湖盆では上記2種に加え、藍藻の*Phormidium spp.*や*Anabaena spp.*が1978年以後主要種として現れる。

5. まとめ

琵琶湖の植物プランクトン群集は過去15-20年、両湖盆ともその現存量や日基礎生産速度は大きな変化を示していないと

言える。しかし、群集を構成する主要種の交代や季節的消長パターンに大きな変化が見られる。一瀬ら(1999)は1990年代に入り優占種の交代や季節性が明確で無くなり、季節毎の優占種を予測することが困難になってきていることを報告している。滋賀県の発行した環境白書(2001)の1980年から2000年に至る両湖盆のTNとTP濃度の経年変化を見る限り過去20年間に起こった主要構成種の交代や季節的消長パターンの変化にTNとTP濃度が関係しているとは言い難い。但し、環境白書に掲載されているTNとTP濃度を湖中局で得られた水質常時測定データと比べるとかなり異なる。今後これら2つのデータの整合性を検討する必要があるだろう。同様に環境白書のTNとTP濃度を用いてTN/TP比を1980年代と1990年代で比較すると北湖盆では77から91と高くなる傾向にあるが、南湖盆では41から43と殆ど変化していない。しかし、この比を水質常時測定データから計算すると1990年代の北湖盆134、南湖盆で99と異常に高くなる。TN/TP比と植物プランクトンの構成種の交代との関係については今後の研究の結果に待たねばならない。

植物プランクトンの消長には気象(水温、日射など)、微量生元素(CaイオンとKイオンの比の変化など)も複雑に関係する。また近年問題となっている環境ホルモンに代表される有害化学物質の影響も無視できない。有害化学物質の環境基準は人間を対象にした値である。マイクロメートルのサイズの植物プランクトンに対する基準ではない。生物多様性や生態系の保全が求められている今日、人間だけではなく生態系の維持に寄与している全ての生物を視野にいれた有害化学物質

の取り扱いが必要であろう。

引用文献

- 一瀬論・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**, 582-591.
- 近畿地方建設局琵琶湖工事事務所・滋賀県生活環境部・滋賀県立衛生環境センター「琵琶湖水質調査報告書」1981-1992.
- Mori, S. (1971) Fourth report of the regular limnological survey of Lake Biwa (1968-1970), III. Phytoplankton. *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ. Ser. Biol.*, **5**, 35-56.
- Nakanishi, M. & Sekino, T. (1996) Recent drastic changes in Lake Biwa bio-communities, with special attention to exploitation of the littoral zone. *GeoJournal*, **40**, 63-67.
- 中西正己・関野樹 (1997) 「琵琶湖水質の生物学的特徴」環境技術, **26**, 485-489.
- 滋賀県 (2001) 「環境白書」.
- 滋賀県立衛生環境センター「水質常時測定データ集」1981-2001.
- 滋賀県立衛生環境センター「琵琶湖のプランクトンデータ集」1984, 1986, 1995.
- 上田孝明・川端秋夫・小板橋忠俊・成田哲也 1998 「琵琶湖定期観測データ(1988-1997)」京都大学生態学研究センターテクニカルレポート1号.
- 山田佳裕・中西正己 1999 「地域開発・都市化と水・物質循環の変化」岩波講座地球環境学 4 (和田英太郎・安成哲三編) pp. 229-265.