

東京湾生態系の機能と構造に関する研究

鈴木信也・伊東永徳・栗田貴代・中山和子・中尾 徹

1. はじめに (背景と経過)

海洋生態系は、有機物を生産する植物プランクトンなどの生産者と、その有機物を消費する微小動物プランクトンから魚類などの高次段階にかけての消費者、そして排泄物、遺骸などの有機物を無機物に還元する分解者によって形成されている。このような海洋生態系の構造を全体的に理解するには、各段階の生物現存量や環境因子の把握

などの物質の流れに関する情報を解析する必要がある (図1)。

日本有数の富栄養内湾である東京湾は、多くの研究者や研究機関によって長年にわたり様々な研究が行われているが、海洋生態系を構成する生物群や環境因子についてその全体を網羅し、かつ長期間にわたる観測というのはほとんどない。

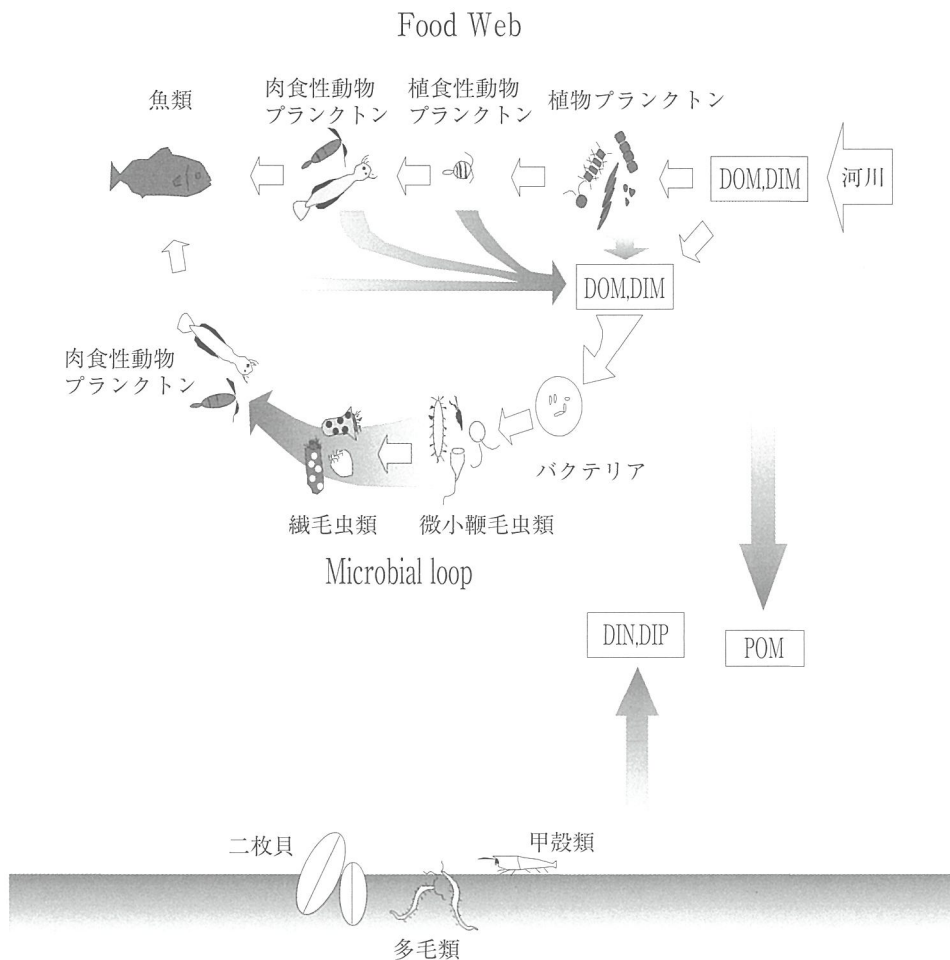
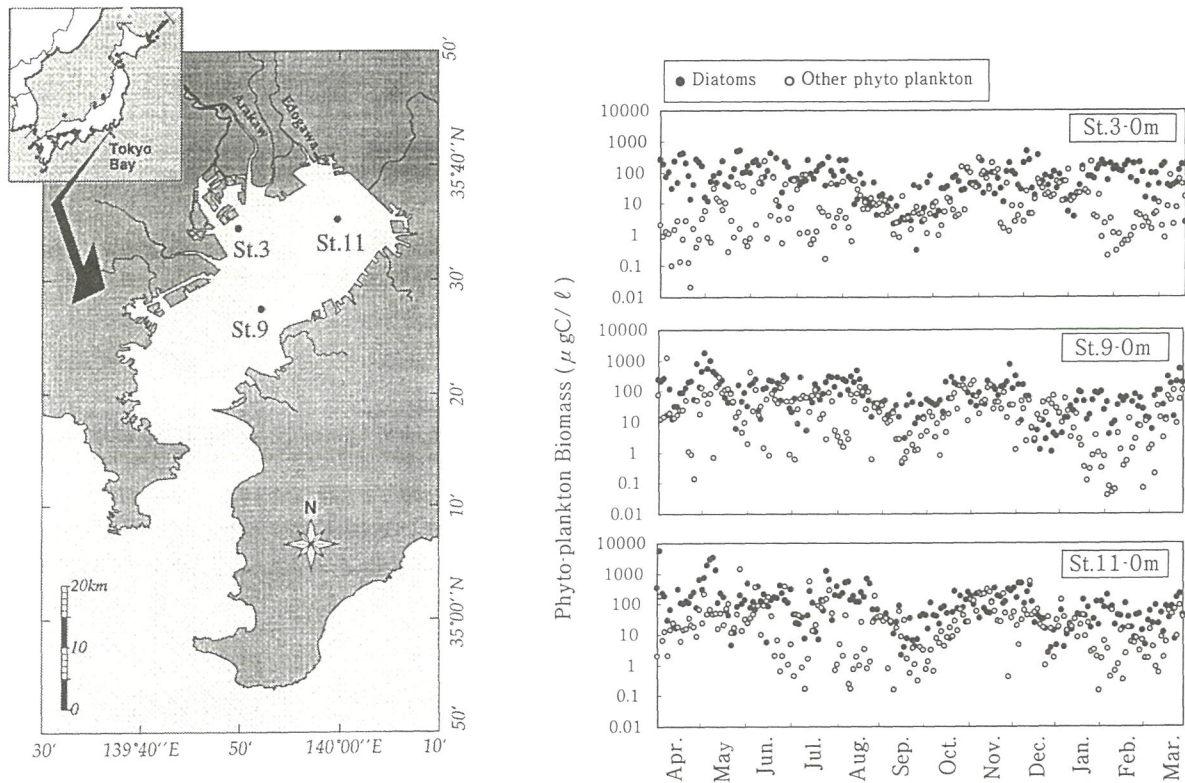


図1 生態系概念図

そこで、我々に身近でありながら今まで十分に理解されてこなかった東京湾を、数年にわたって観測していく計画が浮かび上がったわけである。

まず、東京湾生態系を把握する第1段階として、比較的観測を行いやすい東京湾奥部3測点の表層について毎日運行する船舶の協力の下に観測を行った。1995年4月～1996年3月の間に行った観測項目は、毎日の観測（土日を除く）がCTDによる水温・塩分、DO、動植物プランクトン、週1回の観測が栄養塩類（NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-P）、及びChl.aである。この観測によって、

栄養塩類濃度が短期間で大幅に変動し、Chl.a濃度は年間を通じて神奈川県側に比べて千葉県側で高く、またプランクトン現存量が短期間で大きく変動する（図2）など、東京湾奥部の季節変動が日単位で明らかになった。しかし、日々の環境変化が激しい東京湾の生態系を理解するためには1年足らずの観測では不十分であり、生態系の経年的な変動のデータを得るために、次年度の1年間（1996年4月～1997年3月）は、同じ測点及び項目で月1回の観測を行った。



Estimating the organic carbon content of phytoplankton use for Strathmann(1967).

Diatoms	: $\log_{10}C=0.758\log_{10}V-0.422$	C= pgC/cell
Other phyto plankton	: $\log_{10}C=0.866\log_{10}V-0.460$	V=Bio-vol.(μm^3)

図2 1995年4月から1996年3月までの観測結果

この2年にわたる観測により、東京湾奥部における生態系構成要素の日及び月変動の幅が得られた。しかし、ここで得られた観測結果は、湾奥部の表層のみであり、東京湾全体を把握するには不十分である。そこで、東京湾全体に対して観測地点を設けることが必要となった。

東京湾において、湾奥部から湾口部にかけての生物量及び環境因子は当然ながら大きく異なると考えられる。また、これまでに数々行われてきた研究では、東京湾の表層のみで議論しているものがほとんどであるが、懸濁物の非常に多い東京湾では季節によって有光層深度が大きく変わり、そ

れによって生物相も鉛直的に異なると考えられる。そこで、表1に示すような物質量の鉛直的な変化を把握可能な項目について観測を開始した。観測は、東京湾に設けた5測点(図3)において1997年8月から毎月1回行い、これまでに2年分のデータを取得し(但し、1998年8月は欠測)、観測は現在も継続中である。

本稿では、1997年8月から1999年8月で得られた知見のうち、鉛直的に観測を行った3測点について、プランクトン、水温、塩分、栄養塩類等の結果の一部を紹介する。

表1 観測項目

観測機器 (鉛直分布)

SBE25: 水温、塩分、蛍光、濁度
DO メーター: 溶存酸素
分光放射計: 下向照度、上向輝度

ネット (開閉式北原ネット)

植物プランクトン	動物プランクトン
----------	----------

採水 (バンドーン採水器)

水温	塩分	DO
NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N
PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	
DOC	DON	DOP
POC	PON	POP
SS	Chl.a	HPLC
Bacteria	ANF	HNF
植物プランクトン	動物プランクトン	P-I特性

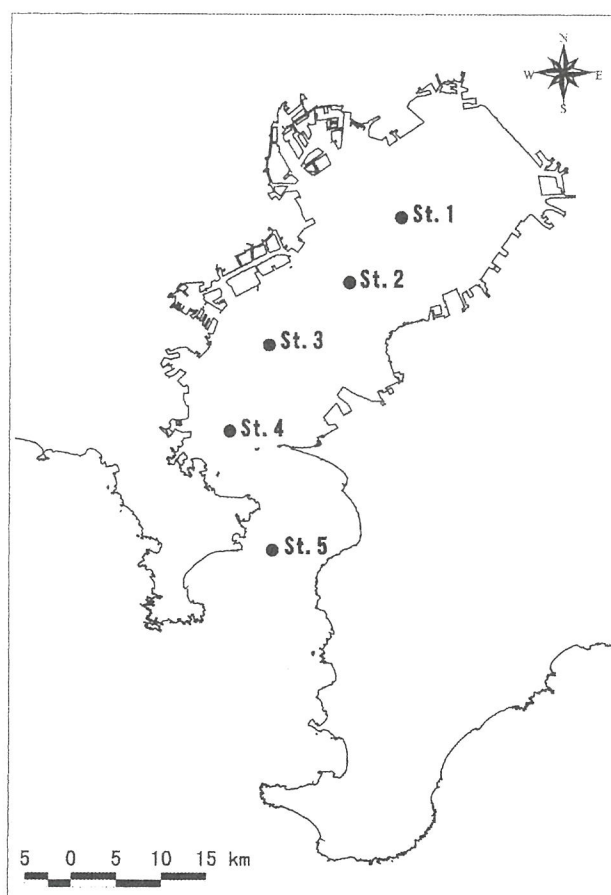


図3 観測測点図

2. 過去2年間の東京湾の推移

2. 1 プランクトンの変遷

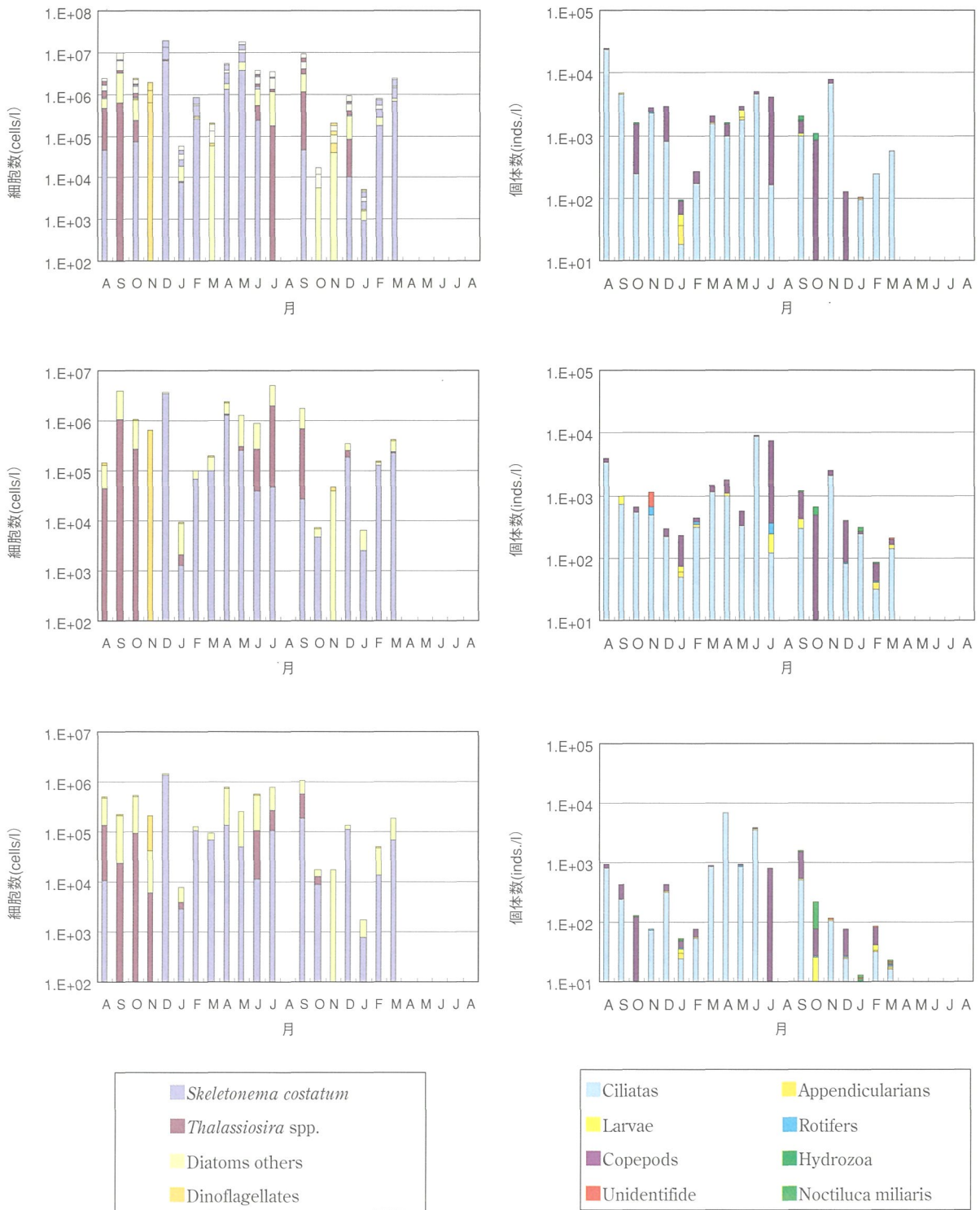


図4 東京湾表層における珪藻類・渦鞭毛藻類細胞数の月変化（左図）及び東京湾表層における動物プランクトン個体数の月変化（右図）. 上から順に、Station 1、3、5を示す。

図4の左側に表層におけるDiatoms（珪藻類）・Dinoflagellates（渦鞭毛藻類）細胞数の月変化、右側に動物プランクトン個体数の月変化を示した。植物プランクトン群集の細胞数は、冬に減少し春から夏に向けて増加する傾向が認められた。総細胞数は湾奥と湾口で一桁ほど異なっていたが、季節変化はほぼ各測点共に同じ傾向を示していた。年間を通じて珪藻類が植物プランクトンのほとんどを占めたが、1997年11月だけは渦鞭毛藻類が主要な構成群となっていた。動物プランクトン群集では、Ciliates（繊毛虫類）とCopepods（橈脚類）が季節を問わず優占していた。また、個体数密度は、すべての群集で春から夏にかけて多く、冬に少なくなるという顕著な季節変化が認められた。

められた。

図5は、表層における微小プランクトン細胞数の月変化を示した。Bacteria（細菌類）、Picocyanobacteria（微小藍藻類）、Autotrophic（独立栄養性）及びHeterotrophic（従属栄養性）nanoflagellae（ナノサイズの鞭毛藻）の細胞数密度は、動物プランクトンと同様に2年間を通して春から夏にかけて多く、冬に少ないという顕著な季節変化が認められた。なお、Bacteriaの細胞数は、年間で $10^6 \sim 10^7$ cells/mlの範囲と他の生物群の変動幅より小さい特徴を有していた。この狭い変動幅の制限要因については、今後の検討課題である。なお、湾口部の測点(St.5)を除きすべての微小プランクトン群で場所的な違いは認められない。

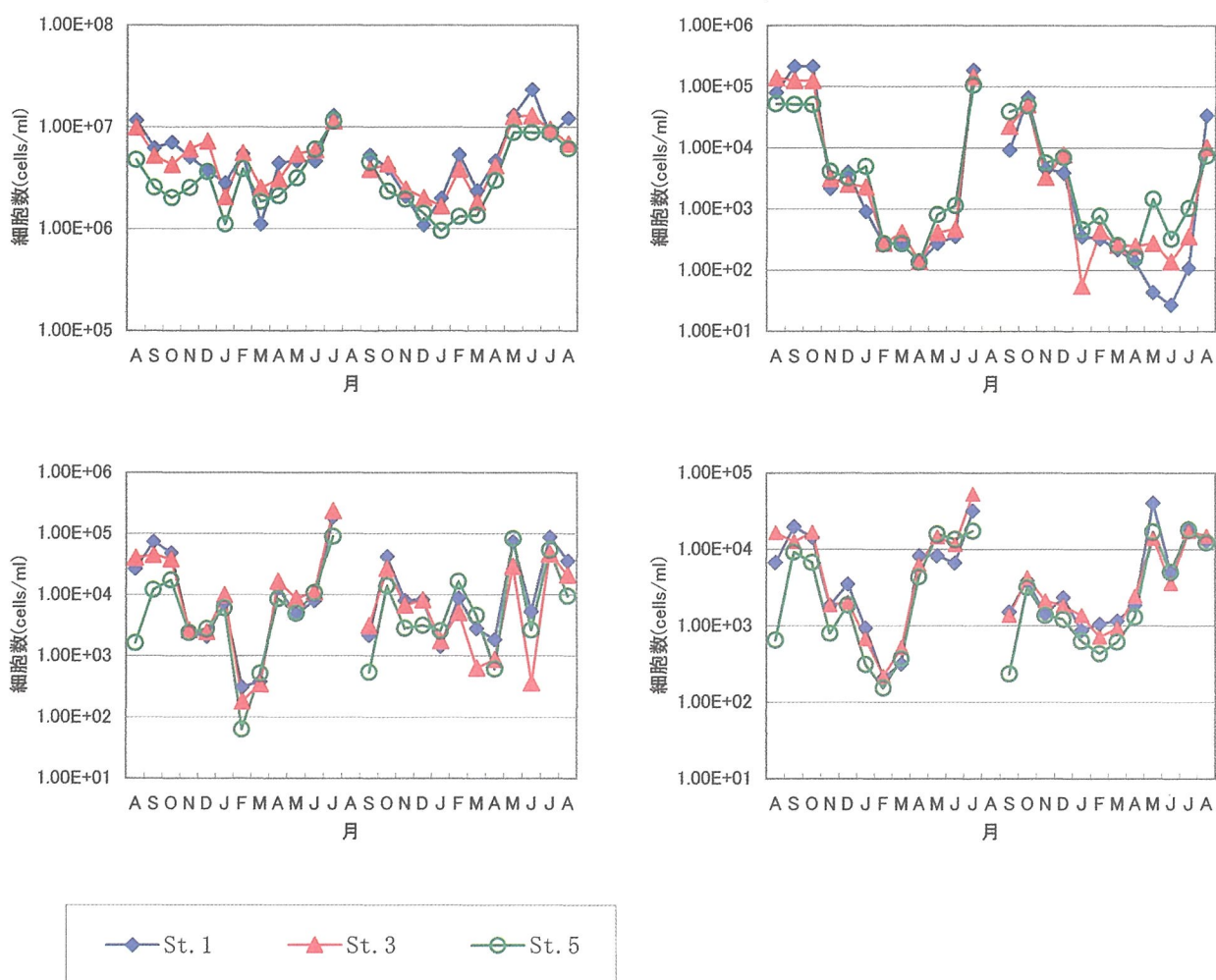


図5 東京湾表層における微小プランクトンの細胞数の月変化

上左から、Bacteria(左上)、Picocyanobacteria(右上)、Autotrophic nanoflagellate(左下)、Heterotrophic nanoflagellate(右下)を示す。

2. 2 環境因子

図6に、水温、塩分、栄養塩類等の環境因子の月変化を示した。有機態及び無機態の物質量の季節変動は、湾口より湾奥で大きくなる傾向がうかがえた。POCとDOCではDOCの方が季節的な濃度変化は小さかった。また、DOCの比率は湾奥より湾口で高くなっていた。表層でのDOCと塩分の分布には全体として負の相関の傾向が認められるが、分布の状態の一致していないところもあり河川以外のDOC供給も考えられた。

2. 3 まとめ 一季節変化一

採水法によるプランクトン群については、種類によっての変動幅に違いがあるものの季節的には冬に減少し、春から夏場にかけて増加するといった傾向を示していた。

全体を通して1997年8月から1999年8月までの季節変動を見てみると、すべての項目で同様な季節の変動がはっきりと認められる。しかし、それぞれの値のピークとなる月は、この2年間の変動を検討しても1~2ヶ月ずれる傾向が読み取れる。また、そのピークとなる値にも差があり、この起因について今後検討する必要がある。

3. 今後の課題

1997年の夏から、東京湾をフィールドとして高次生産者への流れを捉えるべく観測を継続して

いる。今回は、湾口から湾奥までのプランクトン及び環境因子の変動幅について示したが、より明確な季節変動を述べるにはあと数年間は観測を続けなければならないだろう。

高次生産者への物質の流れを解明するにあたり、まず低次生産（基礎生産）を把握することに重きをおき、低次生産者（植物プランクトン）の培養実験を行っている。しかし、この培養実験は実験室にて行っているものであり、実際のフィールドでの結果とそのまま直結するものとは考えられない。今後は*in situ*での手法を採用し、これまでのデータと比較しながら、検討していく必要がある。また、低次生産者から高次生産者への物質の流れに対しても徐々にアプローチしていく予定である。

さらに、生物のより詳細な時間空間的挙動を把握するためには、数値モデルによる解析も必要になると考えられる。現在までにいろいろな生態系モデルが報告されているが、モデルの構造が複雑であり、挙動を再現するためには長い計算時間を要する。そこで、PCクラスでも短時間に特定の現象を再現できる簡易モデルの作成の検討を行っている。また、いままで採集してきた物理、化学、生物データの比較、統合を目的として、データの一元管理を行うデータベースを構築することも課題である。

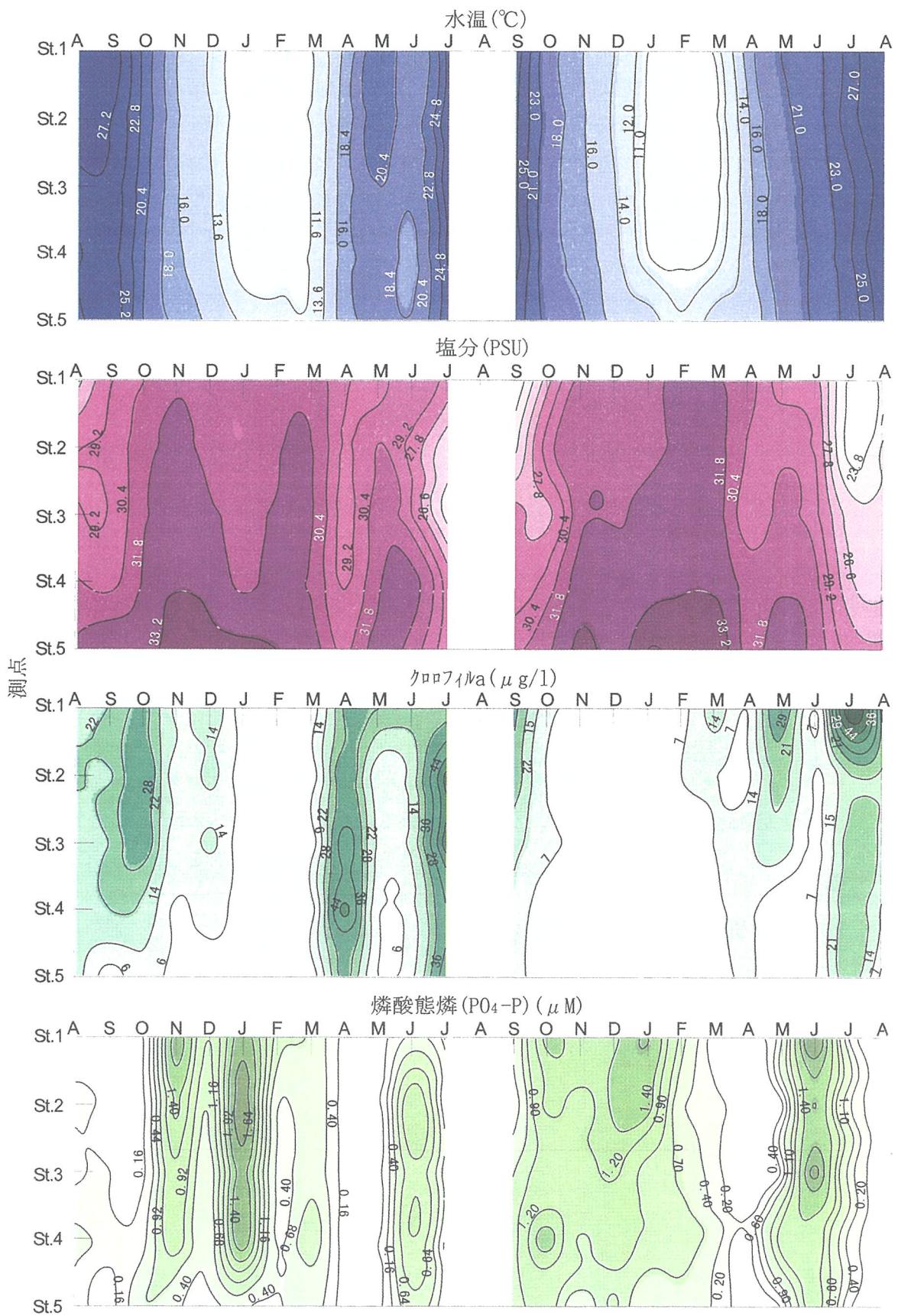


図6-1 表層での環境因子のコンター図 その1 (1997年8月~1999年8月)

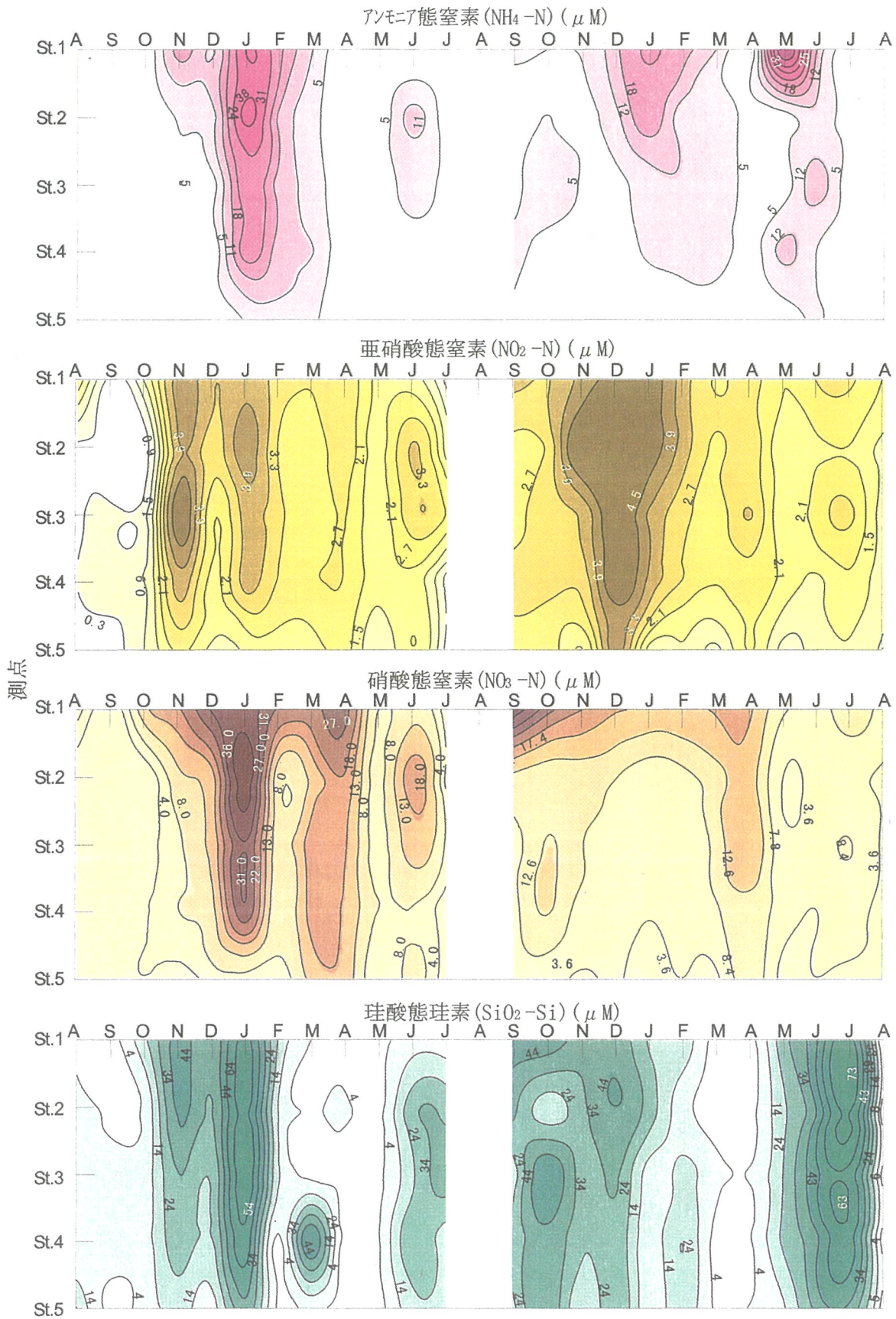


図6-2 表層での環境因子のコンター図 その2 (1997年8月~1999年8月)

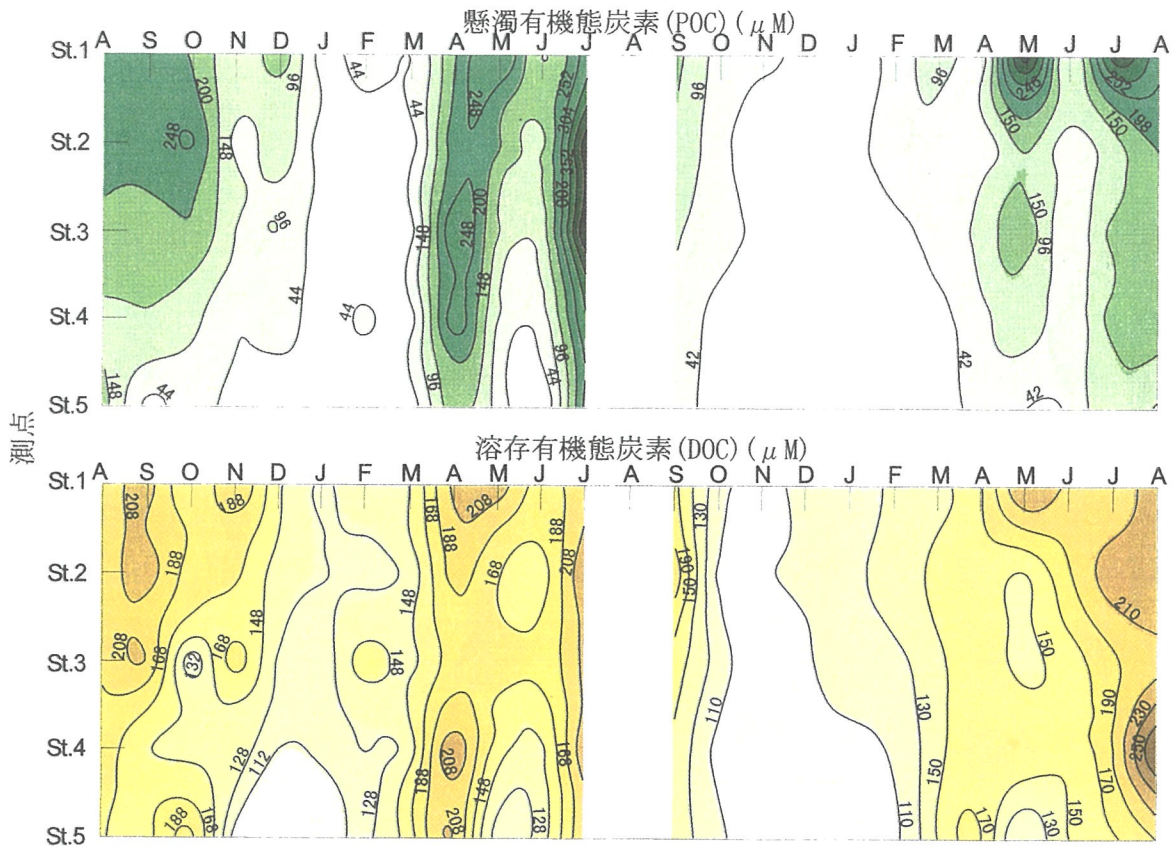


図 6 - 3 表層での環境因子のコンター図 その 3 (1997年 8月~1999年 8月)