

2.9. 東京湾における表層水温・塩分・クロロフィル濃度の季節変動

Seasonal variations of surface temperature, salinity and chlorophyll *a* concentration in Tokyo Bay, central Japan

小池義夫¹⁾・喜多澤彰¹⁾・林 敏史¹⁾・宮崎唯史¹⁾・野村英明²⁾

1)東京水産大学練習船・2)東京水産大学海洋環境学科

1. はじめに

海表面の植物プランクトンの表面分布を知るため、船舶の航走中、クロロフィルの生体内蛍光を連続観測することが広く行われている。この手法を用いた結果、東京湾及びその隣接海域においてクロロフィルの分布が時間的に大きく変動することが、石丸 (1991), 石丸ほか (1991) によって明らかになっている。東京水産大学「青鷹丸」は航走中の表層水温・塩分・クロロフィル濃度のモニターを、1990年代に開始し、現在も継続している。蓄積した膨大なデータの解析は未だ終了していないが、本稿ではデータの一部を用い、東京湾の平均的な表層水温・塩分・クロロフィル濃度の季節変化と、浦賀水道における熱塩フロントの消長に関し若干の知見を得たので報告する。なお、一般的に東京湾とは東京湾内湾の呼称であるが、本稿では東京湾内湾と外湾 (浦賀水道) を含めた海域を「東京湾」と呼ぶ。

2. 方法

表層水温・塩分・クロロフィル濃度の測定は、1995年1月から1997年3月まで約50回、図1に示す航跡に沿って行った。船底 (水深約3m) からポンプアップされた海水を用い、サモリグラフ (鶴見製作所) によって水温・塩分を、フローセル付蛍光光度計 (カーテデザイン 10R) によってクロロフィル蛍光値を連続的に測定した。蛍光光度計値からクロロフィル濃度へのキャリブレーションは、東京水産大学浮遊生物学研究室によって行われている月1回の観測で得られたクロロフィル濃度値を用いて行った。測定されたクロロフィル濃度と、同時に得られた蛍光値から、最小二乗法で回帰式を求め (表1)、蛍光値をクロロフィル濃度に換算した。

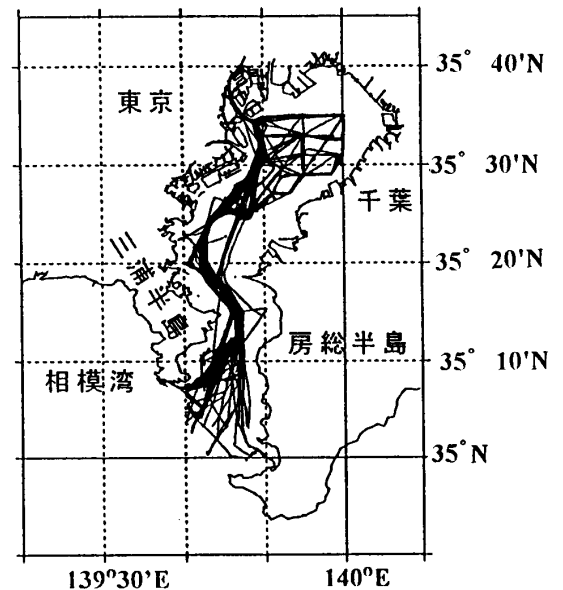


図1. 東京湾における観測を行った航跡

表1. 換算に用いた回帰式。

	1995	1996
Jan-Mar	chl = 6.45S - 1.92 ($r^2 = 0.908$)	chl = 5.93S - 2.244 ($r^2 = 0.712$)
Apr-Jun	chl = 3.02S + 8.12 ($r^2 = 0.908$)	chl = 5.27S + 0.15 ($r^2 = 0.995$)
Jul-Sep	chl = 2.63S + 14.44 ($r^2 = 0.62$)	chl = 5.27S + 0.15 ($r^2 = 0.995$)
Oct-Dec	chl = 2.827S + 0.711 ($r^2 = 0.993$)	chl = 4.6566S - 1.84 ($r^2 = 0.975$)

ここで chl は計算されたクロロフィル濃度、S は蛍光値である。回帰式は年毎に 1-3, 4-6, 7-9, 10-12 月の 4 期に区分して求めた。蛍光値は、測定海域の植物プランクトンの群集組成の違いによって変化することが知られている。1 年を 4 区分して回帰式を求めた理由は、東京湾内湾において植物プランクトン群集が、冬季 (1-3 月) には珪藻類、その他の季節には、特に初夏を中心に鞭毛藻類が主体の組成になる (杉島ほか, 1995; 野村・吉田, 印刷中) ことを考慮したためである。

観測期間内における表層水温・塩分・クロロフィル濃度のそれぞれの変動は、多くの場合同期しているように見える。しかし、これらの変動は、降雨・風あるいは日照等の影響を受けており、変動の要因に関しては今後の詳細な解析を待たなければならない。

3. 2. 浦賀水道で観測された熱塩フロント： 1995年11月11日から1996年4月15日まで、東京湾の北緯35度08分から20分までの表層水温・塩分・クロロフィル濃度の時空間的变化を図3に示す。1月17日に観音崎の南で観測された熱塩フロントは、2月から3月初頭に最もシャープになり、3月21日までみられた。この間の熱塩フロントの持続期間は約2ヶ月であった。浦賀水道における熱塩フロントは、長島・岡崎(1979)によって初めて観測された。その後、Yanagi & Sanuki (1991) が1987年に1年間、フェーによる連続観測を行い、フロントは11月中旬観音崎南で発生し、1月上旬まで発達し、2、3月に最もシャープになった後、3月下旬に海面加熱が始まるとすぐに消滅することを示した。本研究における熱塩フロントの消長は、Yanagi & Sanuki (1991) とほぼ同様の結果を得た。シャープな熱塩フロントの形成の一要因として、湾奥における海面冷却が進み、湾奥海水と湾口海水の間に大きい温度差が生じることが必要である。東京湾口の熱塩フロントの発生・消失は、冬季が暖かい年や厳寒の年によって異なると考えられる。航走観測のデータを使用することで、湾口熱塩フロントの消長に関する普遍的な姿が明らかにされることが期待される。

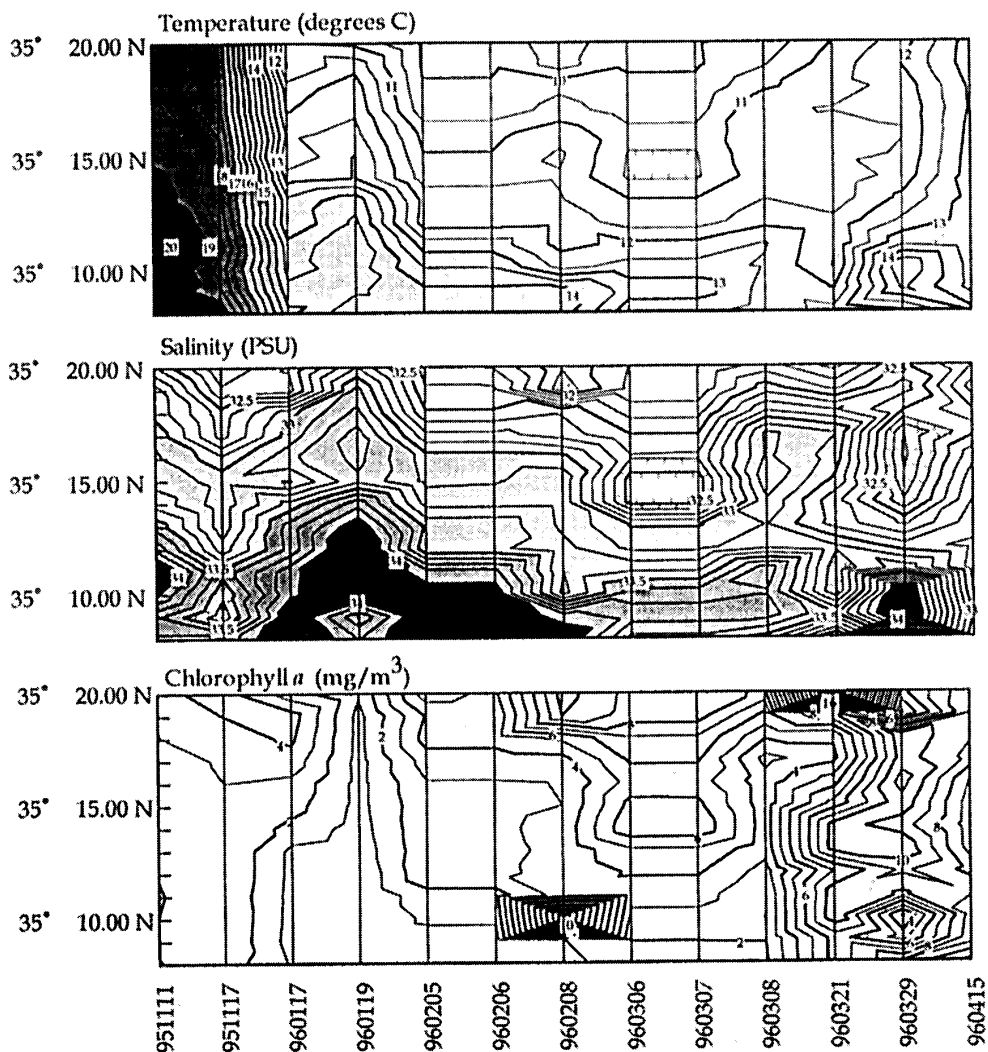


図 3. 北緯 35° 08' から 20' における表層水温・塩分・クロロフィル濃度の時空間的变化

3. 結果及び考察

3. 1. 表層水温・塩分・クロロフィル濃度の季節変化： 東京港港外から東京湾湾口まで (北緯 35 度 03-35 分) の航走中に得られた東京湾表層の水温・塩分・クロロフィル濃度の平均値を図 2 に示す. 表層水温は 1-3 月に低く 8 月に高い, 明瞭な季節変化を示した. 表層塩分は水温ほど明瞭ではないものの, 冬季に高く, 梅雨・台風等による淡水流入量の増加に対応して 7 月から 10 月まで低い, 水温とは逆相関の傾向を示した. 表層塩分の最高値と最低値は, 湾口と湾奥の塩分差とみなせる. 観測回数は異なるものの, 1995 年には塩分差が 4-9 月に大きかったが, 1996 年には小さい傾向が見られた. これらのことから 1996 年は東京湾表層全体で塩分差が小さい年であったと考えられる. 表層クロロフィル濃度は変動著しいが, 全体的には水温の高い 4-9 月に高く, 10 mg/m³ 以上を示す頻度が高かった. クロロフィル濃度の変動は 1996 年に大きかった.

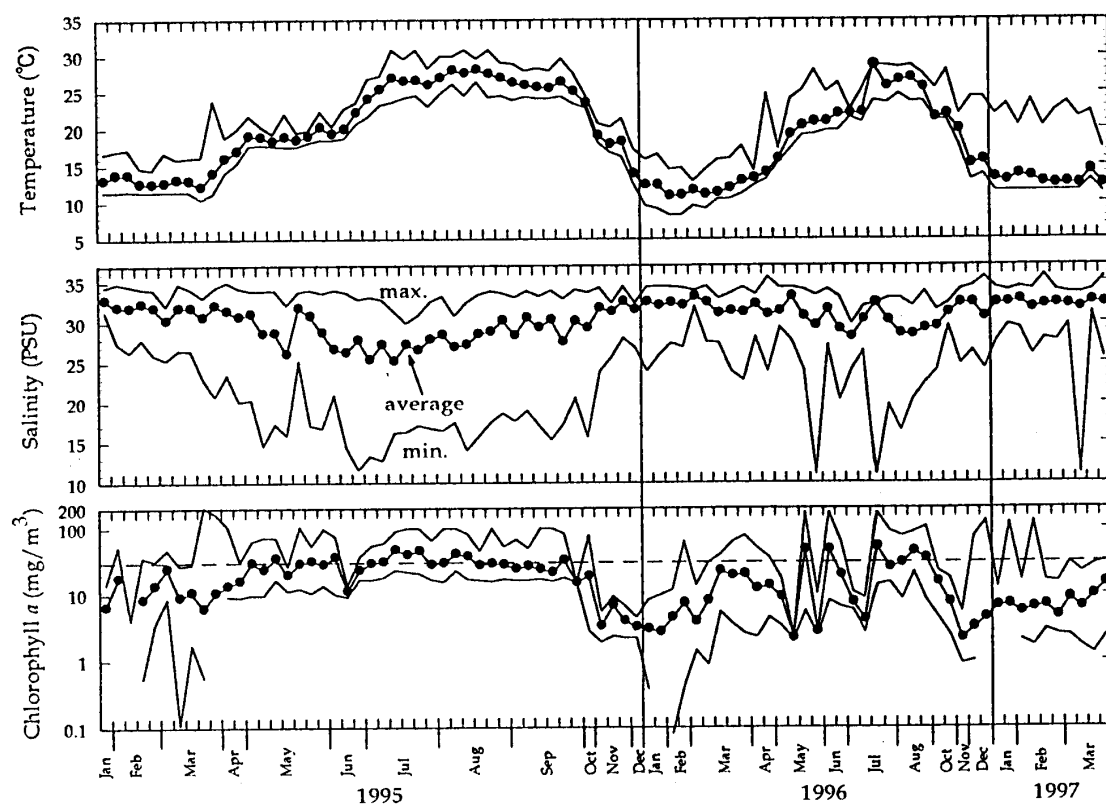


図 2. 東京湾表層水温・塩分・クロロフィル濃度の季節変化

クロロフィル濃度の図中の横点線は 30mg/m³ を示す. min.,max.は, 各観測毎の最小値と最高値を示し, 最小値が無い場合は, 値が検出限界以下であったことを示す.

クロロフィル濃度 30 mg/m³ 以上の値に着目すると, クロロフィル濃度が 30 mg/m³ を越える時期は 5-9 月で, 1995,1996 年で変わりはなかった. しかし, 観測数は異なるものの, 1995 年には断続的に 30 mg/m³ 以上を示し, その回数は 1996 年の 5 回に対し 12 回であった. また, 1995 年の表層クロロフィル濃度の最高値と最低値の差は殆どが 10¹ のオーダー内であったのに対し, 1996 年は 10⁰-10² の広い範囲で変動する傾向が見られた. 東京湾では 30 mg/m³ 以上のクロロフィル濃度は赤潮を指標していると考えられる (野村, 投稿中). クロロフィル濃度の最高値と最低値はほぼ湾奥と湾口の差とみなせるから, 1995 年には赤潮が東京湾表層の広い範囲で展開する頻度が高かったと考えられる.

4. おわりに

東京湾の高密度に植物プランクトンを含む海水が、外洋海況の変動や、北方成分の風の連吹と密度流のバランスの変化に対応して湾外へ流出する現象がしばしば見られ、これが東京湾から外洋への物質の輸送に寄与している (石丸, 1991; 石丸ほか, 1991). また、熱塩フロントは定常的な流れが存在するため、湾内外の海水交換に寄与していると考えられている (才野・石丸, 1990). 東京湾湾奥における栄養塩濃度や植物プランクトン密度は、経月的にも経年的にも変化しており (魚ほか, 1995; 野村, 1995), 東京湾起源の有機物質の外洋への流出量も常に変動している.

近年、精度の高い地球環境の将来予測のために沿岸域の物質輸送特性を明らかにする研究が行われており、地球観測衛星の運用も本格的に始まった. 東京湾から外洋への物質輸送に関する研究は多くの蓄積があり、「青鷹丸」の連続観測は研究の精度を高め、今後、物質輸送モデルを組み立てる際に欠くことは出来ない重要性を帯びている. また、熱塩フロントの近傍では橈脚類や仔稚魚等の生物が集積されることで、活発な生物過程が起こっており (Iwatsuki *et al.*, 1989; 中田・岩槻, 1990), 水産学的にも興味深い.

参考文献

- 石丸 隆 (1991): 植物プランクトンの役割. 月刊海洋, 23, 187-193.
- 石丸 隆・磯打 勉・小池義夫・喜多澤明・村野正昭 (1991): 東京湾の海況と植物プランクトン. 1991 年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, p. 51.
- Iwatsuki, Y., H. Nakata and R. Hirano (1989): The thermohaline front in relation to fish larvae. *Rapp. P. -v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 191, 119-126.
- 長島秀樹・岡崎守良 (1979): 冬季における東京湾の流況と海況. 沿岸海洋研究ノート, 16, 76-86.
- 中田英昭・岩槻幸雄 (1990): 4. 3. 生物過程. 潮目の科学—沿岸フロント域の物理・化学・生物過程, 柳 哲雄編, 139-156, 恒星社厚生閣, 東京.
- 野村英明 (1995): 東京湾における水域環境構成要素の経年変化. *La mer, Bull. Soc. fr.-jap. oceanogr.*, 33, 107-118.
- 野村英明・吉田 誠 (印刷中): 東京湾における近年の植物プランクトンの出現状況. *La mer, Bull. Soc. fr.-jap. oceanogr.*
- 才野敏郎・石丸 隆 (1990): 4.2. 化学過程. 潮目の科学—沿岸フロント域の物理・化学・生物過程, 柳 哲雄編, 118-138, 恒星社厚生閣, 東京.
- 杉島英樹・野村英明・石丸 隆・村野正昭 (1995): 東京湾の植物プランクトン—生物量 (炭素量) から見たナプランクトンの重要性—. 1995 年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 264-265.
- Yanagi, T. and T. Sanuki (1991): Variation in thermohaline front at the mouth of Tokyo Bay. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 47, 105-110.
- 魚 京善・石丸 隆・小池義夫・峰 雄二・栗田嘉宥 (1995): 東京湾における栄養塩類濃度の季節変動. *J. Tokyo U. Fish.*, 82, 33-44.