

1995年5月の東京湾・相模湾における海水変色現象

山田 佳昭

The strange color of sea occurred in Tokyo Bay
and Sagami Bay, May 1996Yoshiaki YAMADA[#]

ABSTRACT

In May 1995, the green-white water was observed in Tokyo Bay and Sagami Bay. Its strange color of sea is the red tide of *Gephyrocapsa oceanica* (Haptophyceae, Isochrysidales).

G. oceanica is distributed in the coastal waters along Japan, however, the bloom such as a red tide reported only in Kagoshima Bay in May 1992.

The characteristics of its bloom were investigated by analysis of the CTD data obtained in fixed line observation. The bloom appeared in the surface layer in which low-salinity and low-density water distributed. Its water with the bloom of *G. oceanica* were brought out Tokyo, Bay and were spreaded over Sagami Bay by current.

はしがき

1995年5月の初旬に、まず東京湾で海面が緑白色になる現象が認められた。この変色はさらに相模湾にも及び、沿岸の神奈川県大磯や静岡県伊東沖にまで広がる大規模なものであった。テレビや新聞等のマスコミでも大きくとりあげられたこの現象は、ハプト藻の1種である *Gephyrocapsa oceanica* の大量発生によるものであることが関係機関の調査で明らかになった(石丸・川村1995¹⁾、山田・岩田1996²⁾など)。

G. oceanica は、ハプト藻綱(Class Haptophyceae) イソクリシス目(Order Isochrysidales) ゲフィロカプサ科(Family Gephyrocapsaceae) に属し、細胞の外壁を円石(coccolith)と呼ばれる炭酸カルシウムでできた鱗片で覆われる、直径6~15 μ mの植物プランクトンである(石丸1990a³⁾)。

本種は広く熱帯から温帯海域に分布し日本近海でも普通にみられるが、東京湾においては通常湾口から沖合にかけて分布し湾奥には分布しないことが多い(石丸1990a³⁾)。

北大西洋の沿岸域で本種の近縁種である *Emiliania huxleyi* はしばしば大発生し赤潮を起こすことが知られている(谷口1991⁴⁾) が、太平洋海域では従来 *G. oceanica* やその近縁種の赤潮を形成するほどの大発生の記録は無く(谷口1991⁴⁾)、1992年5月に鹿児島湾

内で確認された(樋渡ら1993⁵⁾)のみである(註1)。

現在のところ非常に珍しいと言える今回の現象について、その概要を報告する。

註1 三河湾内では *G. oceanica* による赤潮が1996年4月下旬から1ヶ月間以上続いたという(愛知県水産試験場私信)。また、石丸(1990b⁶⁾)は1968年5月および1969年3月の伊勢湾内での赤潮も本種が原因であった可能性とこの海域でしばしば赤潮を形成している可能性を述べている。

赤潮を起こすまでには至らない *G. oceanica* の大量発生については、1976年4月に伊勢湾(石丸1990a³⁾)、1992年12月にオーストラリア南西部のジャーヴィス湾(石丸・川村1995¹⁾)でそれぞれ観測されているという。

資 料

変色現象の経過を把握するため、表1に示した関係各機関からの情報、漁業関係者からの聞き取り結果などから、変色を確認した日時と場所、状況などを整理した。

また、当神奈川県水産総合研究所の調査船さがみ(48トン)により同時期に実施した海洋観測結果から、米国SEABIRD社製観測器、SBE-plusを用いて測定した水温、塩分、密度、光束透過率などと、海表面から採水し実験室へ持ち帰って分析した化学的酸素要求量(アルカリ法)

と栄養塩類の諸項目などと、海水変色との関連について検討した。

さらに、気象衛星NOAAの画像、海上保安庁第3管区海上保安本部の航空機観測結果、神奈川県水産課の城ヶ島南西沖海洋観測ブイおよび科学技術庁防災科学技術研究所の平塚沖波浪観測塔のそれぞれの流向・流速デ

に東京湾口の三浦半島東岸の金田湾におけるものであった。今回の海水変色は東京内湾域で非常に濃密であったが、この時期に内湾域からの情報は得られなかった。当初内湾域では通例みられる青潮と考えられた(千葉県水産試験場富津分場 私信)こともあるが、変色域が内湾南部から湾奥へと拡大した可能性もある。

相模湾では、海岸付近で観察された情報による海水の変色は、三浦半島南端の城ヶ島から相模湾東部沿岸域を北上するように拡大し、11日には相模湾西部の大磯付近まで達した。

マスコミの当初の報道では、変色原因を土砂の流出によるものとした記事(読売新聞1995年5月11日)もあったが、東京水産大学の相模湾での観測(石丸・川村1995¹⁾)などから *G. oceanica* の大量発生によることが判った。

筆者は5月8日から10日にかけての海洋観測中に、東京内湾から浦賀水道にかけてと、相模湾西部の伊豆半島伊東沖のまで広がっているのを観察している。岸沿いの拡がりには11日をピークに次第に縮小した模様で、城ヶ島

表1 1995年5月の東京湾・相模湾における海水の変色現象

4月28日	三崎港内旧市場前にて、 <i>Noctiluca scintillans</i> を原因とする赤潮形成。「神奈川県東部漁港事務所」
4月29日	水総研前面海域(三崎瀬戸)にて、 <i>Noctiluca scintillans</i> を原因とする赤潮の形成。「当所」
5月1日	横須賀市安浦港内にて、 <i>Noctiluca scintillans</i> を原因とする赤潮形成。「当所」
5月2日	金田湾にて <i>Noctiluca scintillans</i> が原因とみられる海水の変色。「漁業者」「当所」
5月4日	金田湾にて海水がやや白濁。「漁業者」「当所」
5月5日	城ヶ島周辺海域で、緑白色に変色。「漁業者」「当所」
5月6日	この頃から、海水が乳黄緑色あるいは乳茶黄緑色に変色。「東京湾の変色海水についての情報・千葉水試富津分場」
5月7日	横須賀市安浦港周辺で変色。「漁業者」
	城ヶ島周辺海域で、緑色に変色。「漁業者」「当所」
5月8日	浅海定線観測実施。羽田沖以南の東京湾西部海域および浦賀水道西部(Sta.112、117、118、123、124、129、134、136、13)で海水が黄緑色に変色。変色が赤潮であることを確認。「当所」
	横須賀市長井地先で、海水が緑色に変色。「漁業者」
	横須賀市沿岸(東京湾側)で、海水がエメラルド色に変色。「神奈川県環境部水質保全課」
5月9日	横浜みなとみらい周辺では変色していない。「横浜港湾事務所」
5月9日	沿岸定線観測実施。相模湾中央部まで変色するとともに、ところどころ <i>Noctiluca scintillans</i> が赤い帯状に水面に集積。赤潮形成種は <i>Gephyrocapsa oceanica</i> とみられる。「当所」
5月10日	横浜みなとみらい周辺でも変色。「横浜港湾事務所」
	鎌倉市海岸付近で、 <i>Noctiluca scintillans</i> が原因とみられる海水変色。これは9日には認められなかった。緑色にはなっていない。「神奈川県鎌倉保健所」
	相模湾沿岸各所で <i>Noctiluca scintillans</i> が原因とみられる赤潮が発生。「読売新聞記事」
	東京湾で降南による濁水が広がっている。「NHKニュース」
	既報の海水変色は赤潮である。「NHKニュース」
	東京湾内で <i>Gephyrocapsa oceanica</i> の大量発生が確認された。「東京湾の変色海水についての情報・千葉水試富津分場」
5月11日	航空機による目視観察では相模湾の広範囲で海水が変色。「第3管区海上保安本部」
	大磯町、平塚市海岸付近でも黄緑色に変色。「読売新聞社横浜支局」
	東京湾内で <i>Gephyrocapsa oceanica</i> を確認。「東京水産大学」
5月12日	東京湾から相模湾にかけての海上が薄茶色に変色している現象は、ゲフィロカプサ・オセアニカの大量発生による。「読売新聞記事」
5月15日	目視観察では、変色域は三崎瀬戸周辺に縮小した。「当所」
5月17日	水色は通常の状態となり、光学顕微鏡下でも濃縮試料中に原因生物を確認できなかった。「当所」

ータ、当水産総合研究所発行の東京湾水温情報等から、海水変色域の拡大について考察した。

結果と考察

1 経過

収集した情報を使い、同時期に認められた *Noctiluca scintillans* の赤潮による変色を含めた、変色現象の推移を表1に示す。

Gephyrocapsa oceanica による海水変色が起きる前の1996年4月末に、相模湾沿岸域を中心に *N. scintillans* を原因とする赤潮発生がみられる。

G. oceanica による海水変色の最初の情報は、5月4日

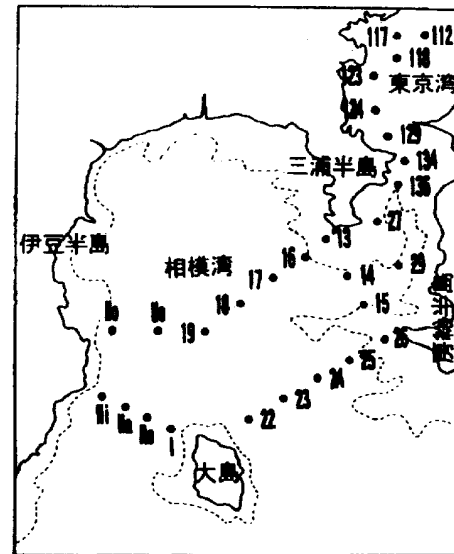


Fig.1 Fig.1 Location of the observation stations in Tokyo Bay and Sagami Bay.

図1 月例定線観測点

では17日以降変色が消えたほか採水試料中に *G. oceanica* の出現を確認することができなかった。

2 海洋観測結果

前述のように、変色現象がみられた時期の5月8日から10日に、月例の定線観測を実施した(図1)。この時の変色の状況を図2に示す。8日には東京内湾西部から東京湾口西部にかけて変色していたが(図3;三崎港)、東京湾口の房総半島寄りでは変色が見られなかった。9日は房総半島洲ノ崎~伊豆大島~伊豆半島川奈崎に至る

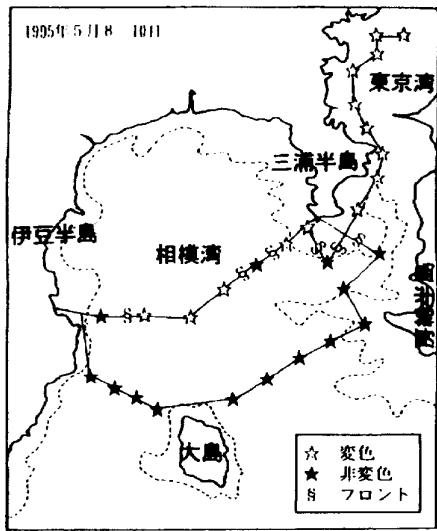


Fig.2 Fig.2 Stations observed the strange color of sea and non-observed it.

図2 観測時の変色確認状況



Fig.3 Strange color of sea at Port Misaki.

図3 三崎港での海水変色

域では濁りにより1.2~2mであった。変色がみられなかった伊豆大島東西水道の測線Cでは、西水道の最も伊豆半島寄りでは沿岸水の影響で4mと低かったが、他は13~21mと高く沖合水が分布していたと考えられる。

海中での可視光の光束透過率(波長660nm、透過



Fig.4 Border of the strange color of sea in Sagami Bay.

図4 変色域と非変色域の境目

海域で海洋観測をしたが、変色域はみられなかった。10日に行った伊豆半島伊東~三浦半島城ヶ島間の海洋観測では伊東沖で変色がみられたが、他の観測域では変色域はみられなかった。変色域と非変色域の境界は明瞭で、プランクトンや海藻の遺骸などの浮遊物が収束していることもあった(図4)。

観測日別に、8日実施の測線をA、10日実施をB、9日実施をCとし(図5)、に各観測点の透明度を測線別に図6に示す。

測線Aの東京内湾から湾口にかけての変色域では、海面で著しく濁り1~1.5mであったが、湾口部の非変色域では、それに比べ高かった。相模湾中央部を通る測線Bでは、非変色域では6mおよび12mであったが、変色



長25cm)を測線別に図7、図8、図9にそれぞれ示す。変色はGephyrocapsa oceanicaの円石が光線を反射することによる白濁を伴っていたことから、濁りの逆数である光束透過率が変色水を指標すると考えられる。測線Aおよび測線Bで、東京内湾の海面付近で10%以下になったように、変色が認められた測点では透過率が低い、変色していなかった測点では高く、最低でも50%台となっている。特に透明度の高かった測線Cの大島東西水道では70%以上である。

光束透過率の鉛直構造をみると、変色域では概ね海面から水深20m以浅で透過率が低くなっている。非変色域の表層で最も低かった50%台を参考に、変色水と非変色水の境界を55%と仮定すると、変色水は鉛直的に東京内

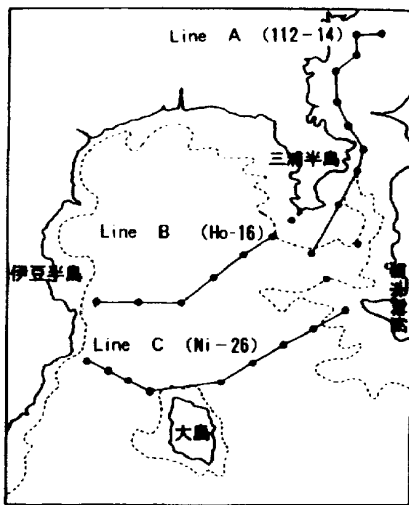


Fig.5 Location of the observation lines in Tokyo Bay and Sagami Bay.

図5 観測線図 [測線A (112-14), 測線B (Ho-16), 測線C (Ni-26)]

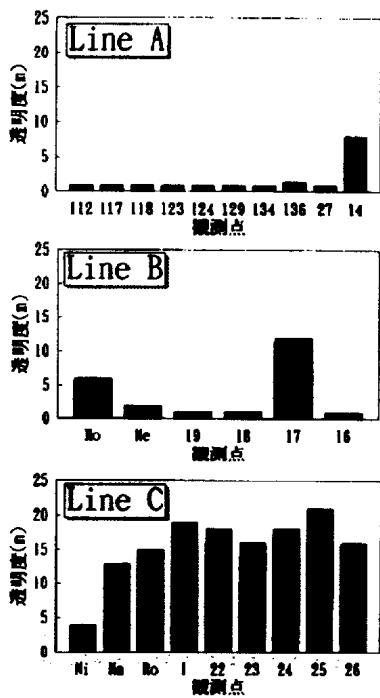


Fig.6 Transparency at the each observation station.

図6 測点別透明度

湾域で 10~18m, 同外湾域で 15~20m, 相模湾中央部では 15m 程度の厚みを有していたものとみられる。

水温, 塩分, 密度 (σ_t) の測線毎の分布をそれぞれ図 10, 図 11, 図 12 に示す。

東京内湾部から湾口にかけての測線 A では, 水温, 塩分ともに概ね湾奥で低く, 沖合へ向かうにつれて高かつ

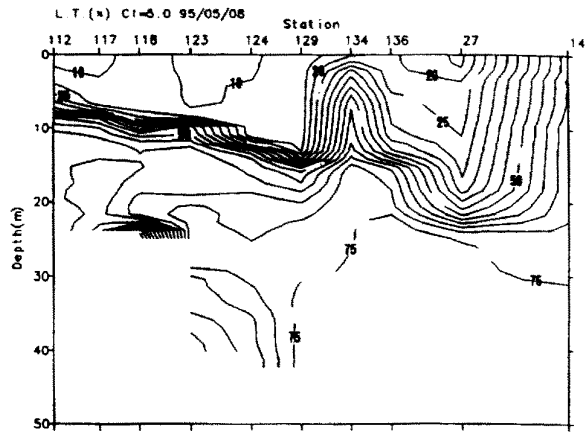


Fig.7 Vertical distribution of transmissivity along the Line A.

図7 光束透過率の鉛直断面 (測線 A)

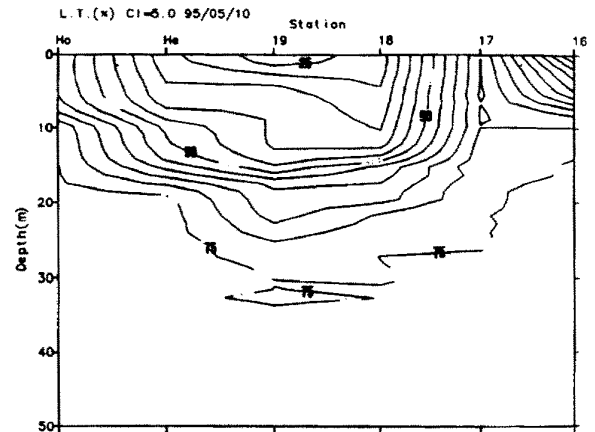


Fig.8 Vertical distribution of transmissivity along the Line B.

図8 光束透過率の鉛直断面 (測線 B)

た。内湾と湾口の境界近くにあつて水深が浅くなつている St.134 付近と, 測線 A で唯一変色が認められなかつた St.14 の付近では, 水温と塩分の不連続な変化が認められた。 σ_t の分布は塩分分布に酷似していることから, σ_t は塩分に強く依存していることを示す。 σ_t では, 塩分でみられるのと同様に, 内湾域で水深 8~12m あたり, 湾口域では水深 8~20m 付近に躍層がみられるほか, St.134 付近と St.14 の付近の変化が大きくなつている。

測点 B では, 変色がみられなかつた St.17 で水温と塩分がともに高くなつている。 σ_t の分布は塩分分布に酷似し, 塩分に依存している。非変色域の St.Ho, St.17 と変色域の他の測点との間で σ_t は大きく変化している。また, 相模湾中央部の St.19 を中心に水深 15m 付近に塩分と σ_t の躍層がみられる。

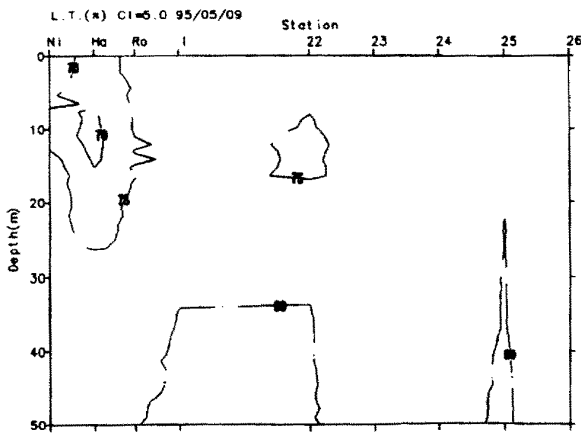


Fig.9 Vertical distribution of transmissivity along the Line C.

図9 光束透過率の鉛直断面(測線C)

測線Cでは、塩分は伊豆半島近くで低塩分になっている他は概ね一様である。水温は大島西水道で高温、東水道で低温傾向にある。L.T.の分布は水温分布に似ており、測線Aや測線Bとは異なり、L.T.は水温に大きく依存している。

測線毎のT-Sダイアグラムを図13、図14、図15にそれぞれ示す。

測線Aでは、特に内湾域では表層に低塩分、底層に高塩分という2層構造を示し、低塩分域では塩分軸に、高塩分域では水温軸に概ね平行な形になる。非変色域のSt.14では塩分軸に平行な部分がみられず、水温軸にほぼ平行な部分のみであり、全層で高塩分であったことが判る。

同様の傾向は測線Bでもみられ、変色域の測点では表層の低塩分を反映して塩分軸に平行な部分を持つが、非変色点では水温軸に平行な部分のみである。

変色がみられなかった測線Cでは、塩分に平行な部分はみられず水温に平行な部分のみであり、低塩分水が分布しないことを示す。

変色のみられた測線Aおよび測線Bでは、変色水の指標と考えられる光束透過率の分布(図7、図8、図9)は、塩分とL.T.の分布(図11、図12)によく対応する。T-Sダイアグラム上での変色点と非変色点の違いからも、変色水が低塩分・低密度水に対応し、変色域は東京湾内を起源とする低塩分・低密度水が広がったことを示唆している。

各測点の海表面でのCOD(化学的酸素要求量)、DIN(溶解態無機窒素)、PO₄-P(リン酸態リン)の値を、図16、図17、図18にそれぞれ示す。

CODは、測線Aでは湾奥から湾外にかけて減少する傾向がある。変色域では2ppmを越える高い値に対し、非変色域のSt.14では低い。測線Bでも非変色域に

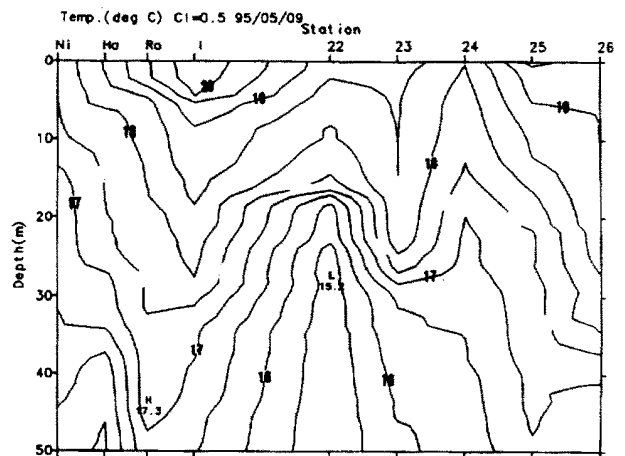
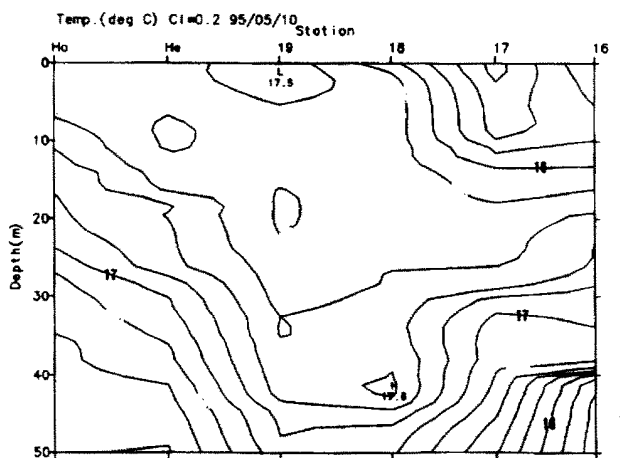
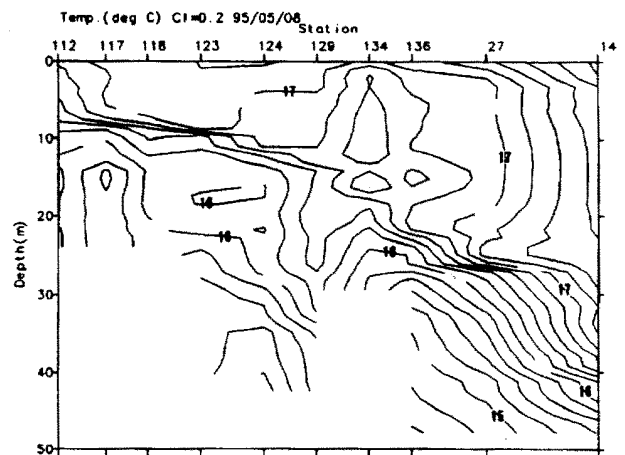


Fig.10 Vertical distributions of temperature along the each observation line.

図10 水温の鉛直断面

比べ変色域で高い傾向がみられる。非変色の測線Cでは概ね低い値を示す。

DINもCODと同様に、東京内湾域で高く、また非変色域に比べて変色域で高い傾向が認められる。ただし、測線BのSt.18とSt.19ではともに変色しているが、光束

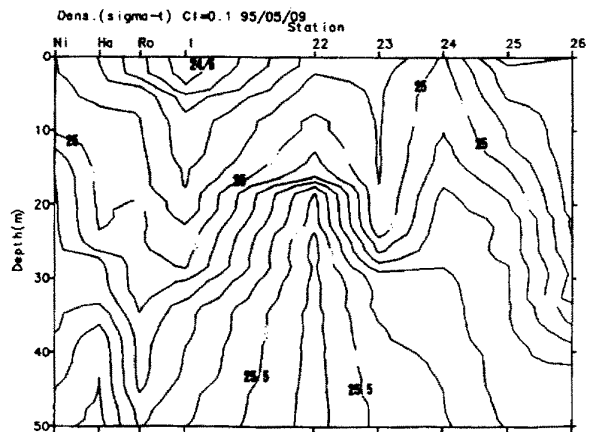
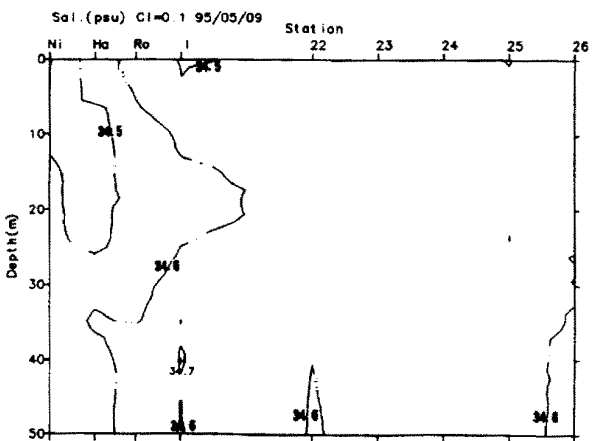
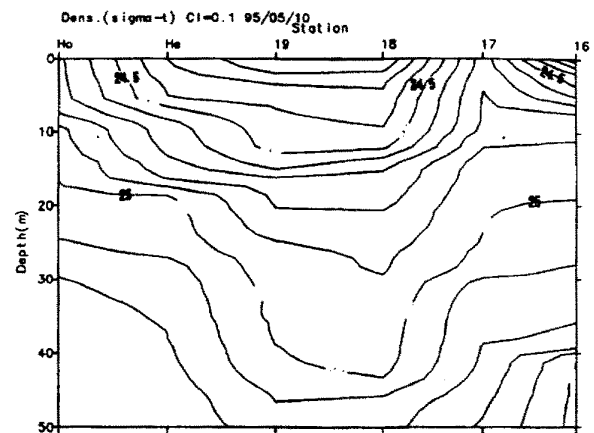
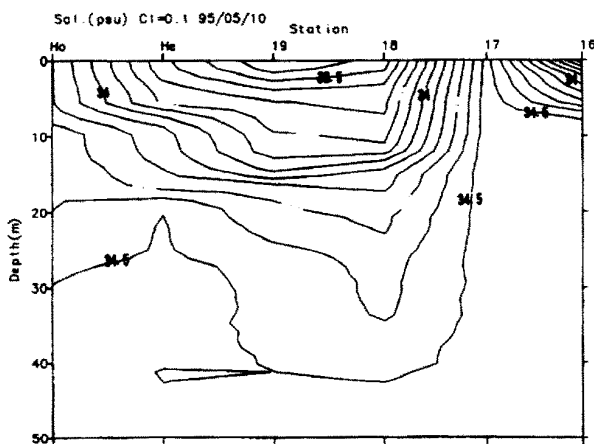
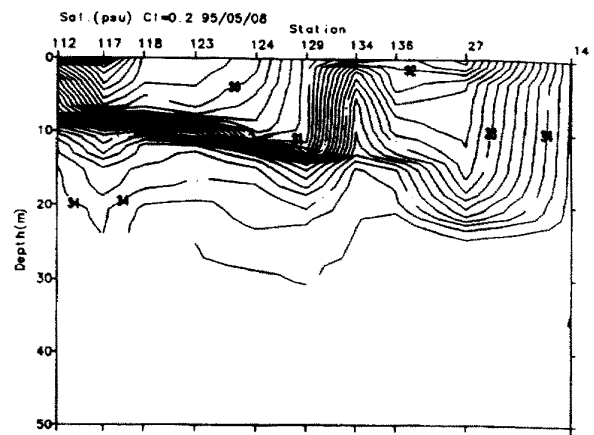
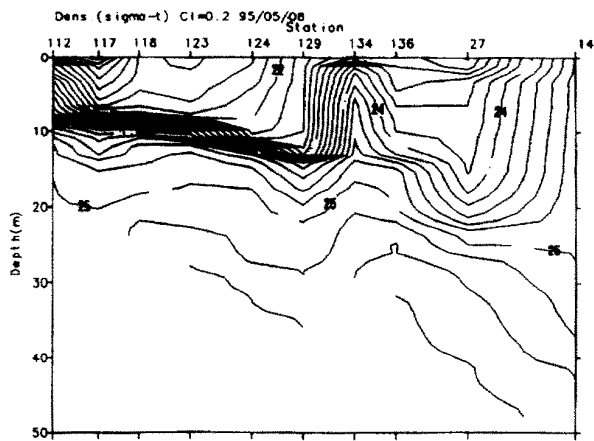


Fig.11 Vertical distributions of salinity along the each observation line.

図 11 塩分の鉛直断面

透過率のより低い St.19 に比べ東京湾口に近い St.18 では高い。一方、非変色の測線 C の値は低い。

$PO_4 - P$ は、COD や DIN と同様に東京内湾域で高く、測点 A では非変色の St.14 が変色域よりも高く、測線 C でも測線 B の変色域よりも高い値がみられる。

Fig.12 Vertical distributions of σ_t along the each observation line.

図 12 密度の鉛直断面

DO (溶存酸素量) 分布を図 19 に示す。測線 A では塩分や σ_t 、光束透過率の躍層とほぼ同じ水深に躍層がみられ、躍層の上層で値が高くなっている。St.124 では全層を通じて高い値を示す。非変色の St.14 の値は変色域に比べ値が低い。測線 B では σ_t や光束透過率の躍

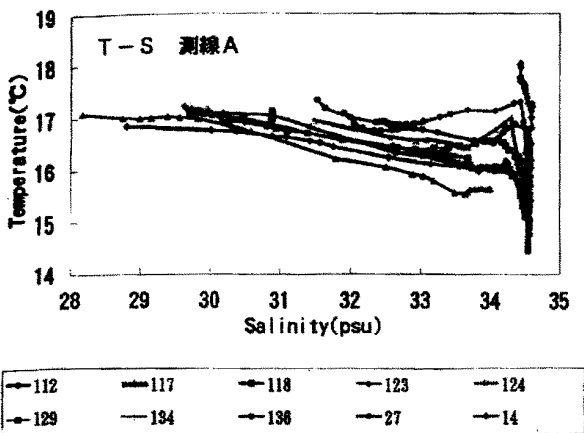


Fig.13 Diagram of temperature and salinity at the each station along the Line A.

図13 T-Sダイアグラム(測線A)

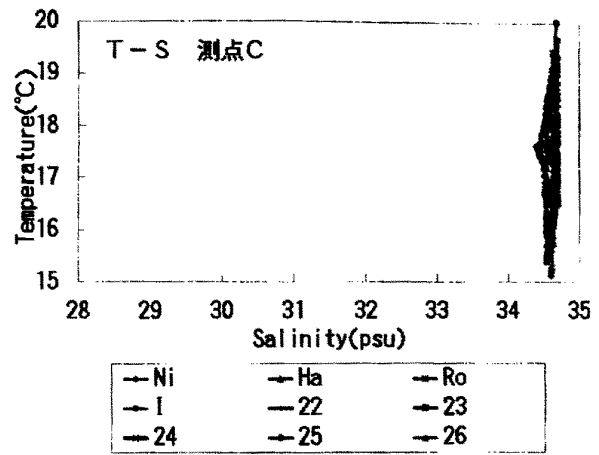


Fig.15 Diagram of temperature and salinity at the each station along the Line C.

図15 T-Sダイアグラム(測線C)

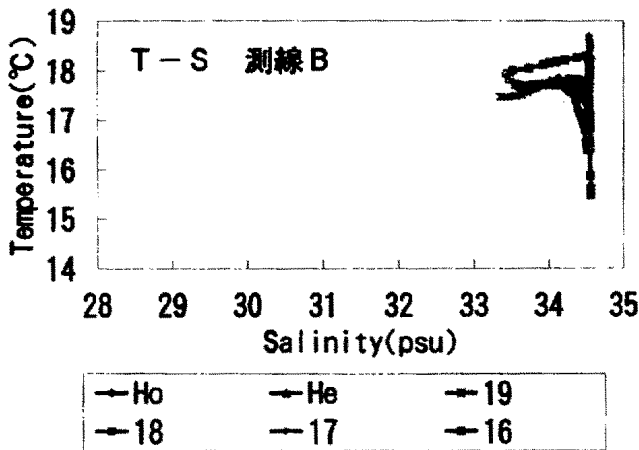


Fig.14 Diagram of temperature and salinity at the each station along the Line B.

図14 T-Sダイアグラム(測線B)

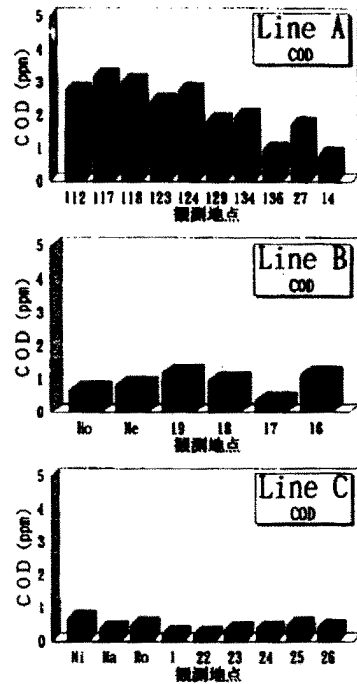


Fig.16 COD at the each observation station.

図16 測点別化学的酸素要求量

層以深にDOの躍層がみられる。測線Aでみられたのと同様に、非変色のSt.17は、変色域に比べて低い。測線Cでは、DOは相対的に大島西水道で高く、東水道で低い、変色海域に比べてやや低い。

図20に蛍光光度計で測定したChl.a(クロロフィルa)の分布を示す。ただし、これらの値は採水分析による補正を行っていないため、円石による蛍光の散乱などが含まれている可能性があり、実際よりも過大な値になっていると考えられる。

や光束透過率の分布に測線Aと測線BのChl.aの分布はよく対応している。St.14, St.17などの非変色域のChl.aは低い。測線Cでは大島西水道に高い値がみられ、DO分布との関連がうかがわれる。

以上同時に行われた一連の観測から得られた変色水の

特徴は、透明度、光束透過率が低い、塩分、密度が低い、OCDが高い、DINが高い、DO, Chl.aが高い、などである。これらのことから、変色水は、低塩分、低密度、高DINの東京湾系水であり、Gephyrocapsa oceanicaが増殖したことにより、透明度や光束透過率が低下する濁りを生じるとともに、CODやChl.aも高くなり、また光合成作用によってDOも上昇した、といえる。

3 変色水の拡大

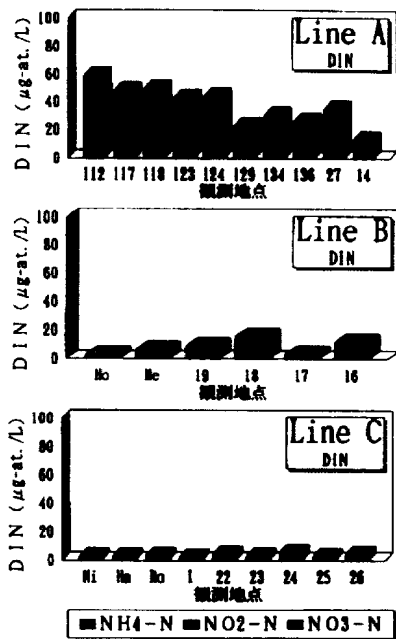


Fig.17 DIN at the each observation station.
 図17 測点別溶存態無機窒素

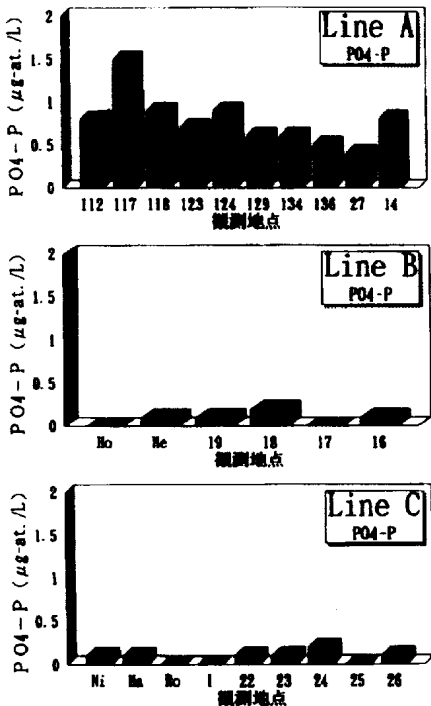


Fig.18 Phosphate at the each observation station.
 図18 測点別リン酸態リン

今回の変色を引き起こしたハプト藻 *Gephyrocapsa oceanica* は、広く世界的に分布する種類ではあり、横須賀市久里浜周辺では多く発生した例もあったが、東京

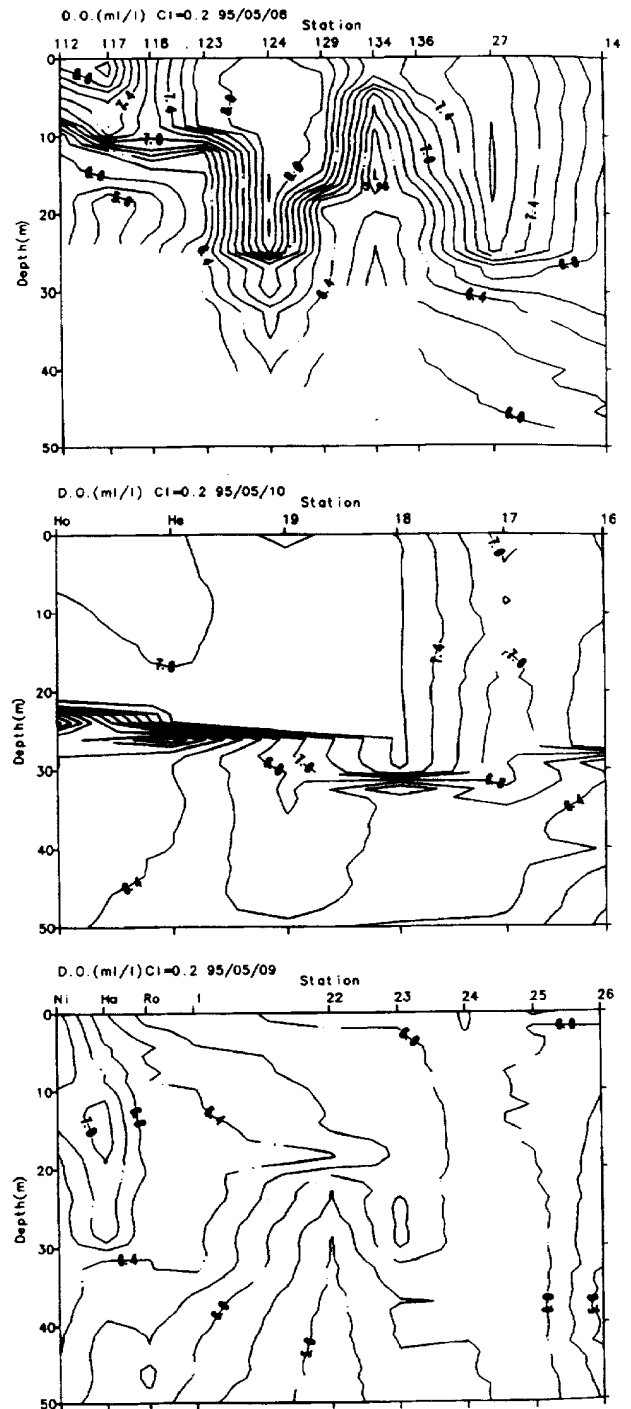


Fig.19 Vertical distributions of D O along the each observation line.

図19 溶存酸素量の鉛直断面

内湾では稀にみられた程度であった(石丸 1990³⁾)。また、谷口(1991⁴⁾)は *G. oceanica* は低塩分に弱い面があることを指摘しており、通常東京内湾では存在しないかあるいはごく僅かであると考えられる。そのような種が今回のように特に東京内湾域で濃密に発生する条件とし

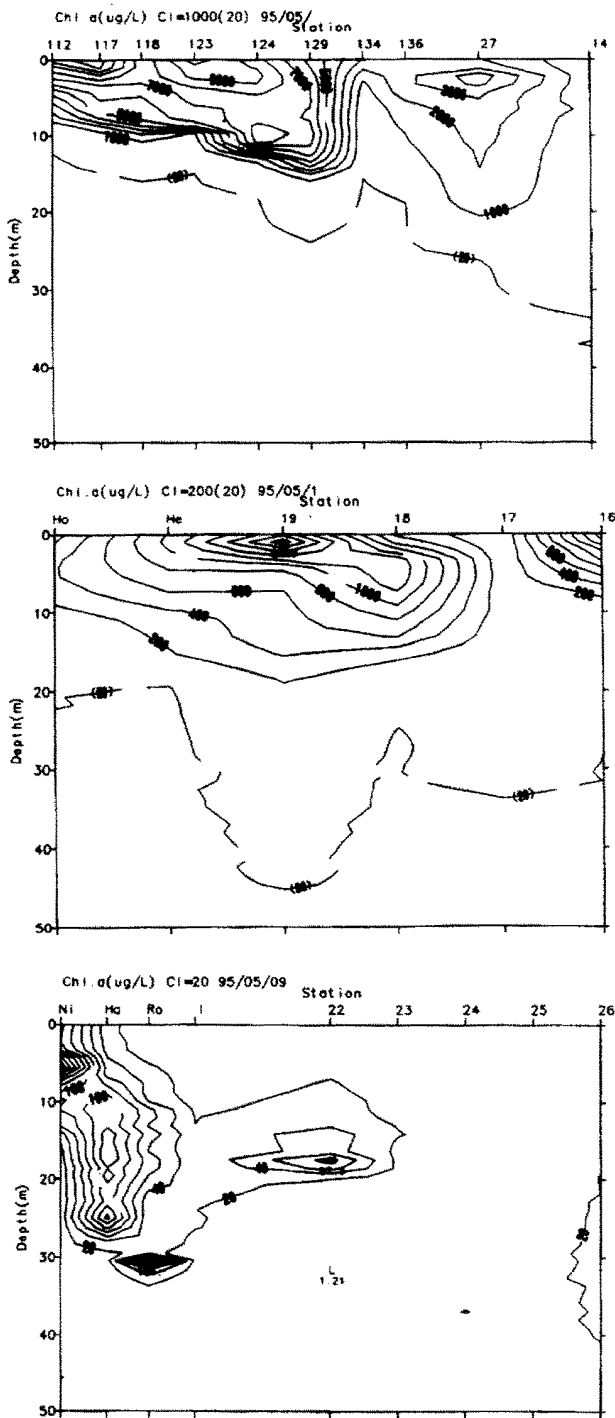


Fig.20 Vertical distributions of Chl.a along the each observation line.

図20 クロロフィルaの鉛直断面

て、発生前に沖合水の内湾域への流入が考えられる。

変色現象の直前から初期にかけての東京内湾湾口部の表面水温分布を図21に示す。5月3日に17と18の等温線が北上し、4日から7日にかけては17と18の等温線が南下したことから、5月3日には沖合水が内湾

に流入し、4日から7日には湾内水が沖合へ流出したことが図からうかがえる。G. oceanicaは通常東京湾口域あるいはより外洋に分布するが、沖合水の流入にともなって東京内湾域へ輸送され、そこで増殖した後、湾外へ広がった可能性がある。この時期の内湾域の塩分は、図11に見られるように湾外に比べては低いものの、表層の変色が著しい部分でも平均的な塩分に比べてやや高く、増殖に不適でなかったとも考えられる。

また図21では、浦賀水道付近で等温線が海域を東西に分断するようなパターンがみられ、この付近での変色域と非変色域の分布に概ね対応している。

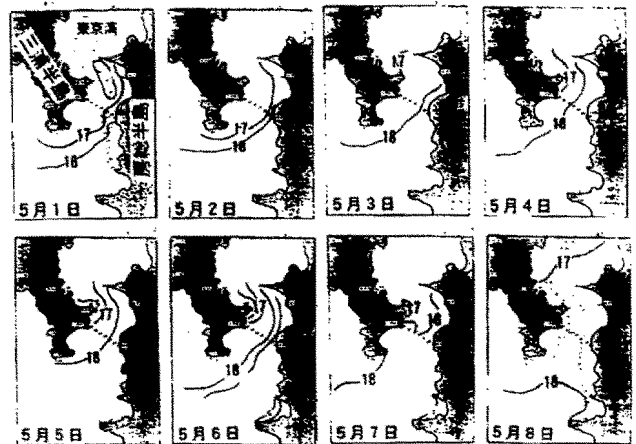


Fig.21 Horizontal distribution of surface temperature at south region in Tokyo Bay.

図21 東京湾口域の表面水温分布

9日の変色域を捉えた人工衛星画像を図22に示す。定線観測結果でみられたように、東京内湾から東京湾口西部、三浦半島南部を覆い、さらに伊豆半島伊東沖へと舌状に延びているが、房総半島洲ノ埼付近や相模湾湾奥まで広がっていない。房総半島洲ノ埼付近では、図22で見られるように、東京湾系水は西寄りに、外洋水は東寄りに分布することを反映したと思われる。

翌10日の画像(図23)をみると、9日にみられた舌状の変色域に外洋水が南東から貫入している。これが同日の定線観測の測線BのSt.17付近の非変色域に相当するものとみられるが、変色域は相模湾湾奥まで広がっていない。

第3管区海上保安本部が行った11日の航空機観測による変色域の分布(図24)によると、変色域の中に孤立した非変色域がみられるが、前日貫入した外洋水が取り残されたものとみられる。また、変色域は平塚沿岸から大磯沿岸付近にまで達している。

変色域が相模湾を西に向かって伊東沖まで移動したとすると、流れの状況が問題になる。変色現象前後に平塚

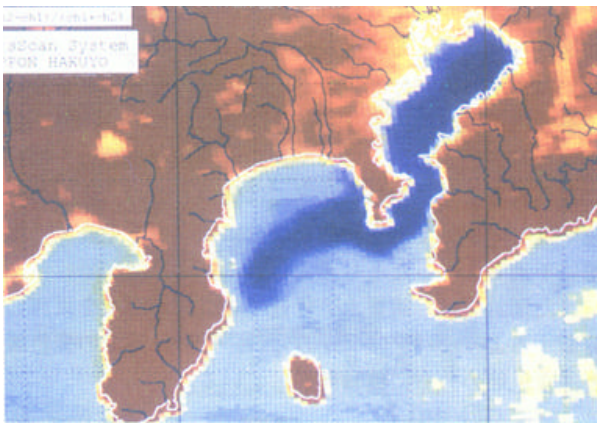


Fig.22 Horizontal distribution of the strange color of sea on 9 May, 1995.

図 22 1995年5月9日の変色域

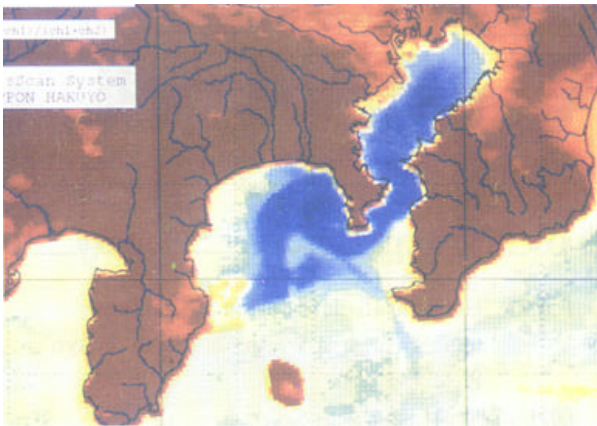


Fig.23 Horizontal distribution of the strange color of sea on 10 May, 1995.

図 23 1995年5月10日の変色域

沖波浪観測塔と城ヶ島沖ブイで測定された流れのベクトルを図 26 に示す。

城ヶ島沖で1日から5日にかけて北西から北北西に向かう流れが観測された。この流れにより東京湾内から流出した変色水は、沿岸に沿って相模湾奥へ移動した可能性が高い。一方、平塚沖では数日周期で流向が東向流～西向流～東向流と反転しているが、9日から流れは西向流となり、変色水の相模湾奥から湾西部海域への拡がりとの関連性がうかがわれる。

4 まとめと今後の課題

今回東京湾及び相模湾で見られた海水が緑白色になる現象は、ハプト藻 *Gephyrocapsa oceanica* の大量発生によるものであった。

G. oceanica は、東京内湾域に沖合水が流入した5月3日頃に内湾南部付近で発生し、大量に増殖したことが内湾表層での光束透過率 10%以下、クロロフィル a 10,000 μg

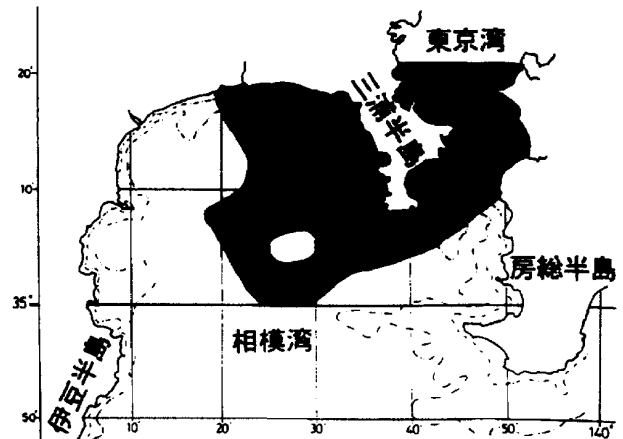


Fig.24 Horizontal distribution of the strange color of sea on 11 May, 1995.

図 24 1995年5月11日の変色域

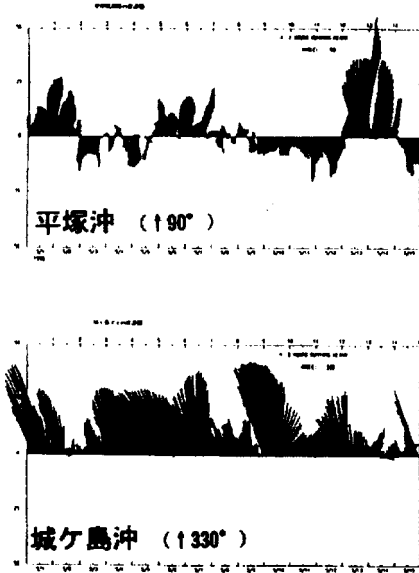


Fig.25 Vector plots of currents at Hiratuka and Jougashima in Sagami bay.

図 25 流向流速の経時変化(上段:平塚沖観測塔、下段:城ヶ島沖観測ブイ)

μg / L 以上の高い値の観測からうかがえる。

この変色水は東京内湾水の湾外への流出に伴って、三浦半島東岸沿いに南下し、さらに相模湾内を伊東沖まで移動するとともに、三浦半島西岸に沿って相模湾奥部へと拡大した。相模湾中央部でも表層で光束透過率 30%以下、クロロフィル a 2,000 μg / L 以上と、東京内湾に比べ濃度は低いものの、15~20mの厚みがあった。

全体を通して変色水は、水温 16~18℃、塩分 28~34.2 (psu)、密度 20~24.7 (σ_t) の範囲にあり、表層の低塩分・低密度水と分布が対応していた。東京内湾水が変質したものの湾内水の特徴を維持した水塊が移動し、分

布域が拡大したものと考えている。

今回の海水変色現象は、東京湾内から相模湾へ広がった様子が海洋観測や人工衛星画像から鮮明に捉えられた。東京湾と相模湾の海域環境を考える場合、このような現象の発生機構や物質輸送過程を解明することが重要である。今後はさらに測器を整備し、調査船を主体とした観測体制を充実させるとともに、観測ブイなど設置型の機器による常時観測システムや衛星画像の利用・解析能力を強化する必要がある。

謝 辞

今回の研究に際し、平塚沖波浪観測塔の流れのデータの提供と作図にご協力いただいた科学技術庁防災科学技術研究所の渡部勲主任研究官、航空機観測結果を提供していただいた海上保安庁第3管区海上保安本部、人工衛星画像を提供していただいた株式会社日本船用エレクトロニクス社に対して、御礼申し上げます。

摘 要

- 1 1995年5月に東京湾および相模湾で海水が緑白色に変色する現象が認められた。
- 2 この現象はハプト藻 *Gephyrocapsa oceanica* の大量発生によるもので、その水平的な広がりには人工衛星画像などにも鮮明に捉えられた。
- 3 同時期の海洋観測の結果から、変色水は海域表層の低塩分・低密度水の分布に対応し、東京湾系水の湾外への流出によって分布を拡大したものとみられる。

引用文献

- 1) 石丸隆・川村宏 (1995): 東京湾, 相模湾に出現した円石藻の大規模ブルーム, 1995年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 262 - 263.
- 2) 山田佳昭・岩田静夫 (1996): 相模湾の漁業環境, 日本水産学会誌, 62 (5), 816 - 817.
- 3) 樋渡武彦・折田和三・見富恭・福島甫 (1992): 鹿児島湾奥の円石藻 *Gephyrocapsa oceanica* のブルームとAVHRR画面解析について, 1993年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 367 - 368.
- 4) 石丸隆 (1990a): *Gephyrocapsa oceanica* KAMPT NERN, 福代康夫・高野秀昭・千原光雄・松岡数充編, 日本の赤潮生物, 内田老鶴圃, 東京, 362 - 363.
- 5) 谷口旭 (1991): 海とプランクトン - 植物プランクトンの主要分類群 [8], 13 (1), 2 - 8 .
- 6) 石丸隆 (1990b): *Emiliana huxleyi* (LOHMANN) HAY, 福代康夫・高野秀昭・千原光雄・松岡数充編, 日本の赤潮生物, 内田老鶴圃, 東京, 362 - 363.