

三河湾における1989年から2000年にかけての 苦潮発生状況

鵜寄直文

Occurrence of *Niga-shio*, upwelling of oxygen-deficient waters in coastal area, in Mikawa Bay during years from 1989 to 2000

UZAKI Naofumi*

Abstract: Oxygen-deficient waters sometimes upwell in coastal areas and this phenomenon is known as *Niga-shio* ("bitter tide") in Mikawa Bay. Data on the occurrence of *Niga-shio* during the period from 1989 to 2000 were compiled. The frequency of the occurrence was found to be 7.4 per year on average. *Niga-shio* was observed from the last of May through the beginning of November and most often at the beginning of August. As for location, the occurrence was most frequent in the northern and southern side of Atsumi Bay, the eastern part of Mikawa Bay. The frequency and the period of the occurrence varied depending on areas. This indicates that, to predict when and where *Niga-shio* will occur, much attention must be paid to topographical and seasonable features indigenous to each coastal area as well as to the degree of development of oxygen-deficient waters.

キーワード；苦潮，貧酸素水塊，三河湾

苦潮は、富栄養化した内湾の底層に夏期から秋期にかけて形成される貧酸素水塊が、主に風の影響によって沿岸域の表層に湧昇し、海水が青白色等に変色する現象であり、青潮とも呼ばれる。¹⁾ 苦潮の発生は浅海域に貧酸素水や有毒な硫化水素をもたらすため、^{2) 3)} 魚介類がへい死し漁業に甚大な被害を与えることがある。⁴⁾

本報告では、三河湾（伊勢湾の愛知県海域を含む）において1989年から2000年にかけての12年間に発生が確認された苦潮を、発生時期および発生海域別に取りまとめ、その特徴について考察を行った。

方法

1989年から2000年にかけての伊勢・三河湾の苦潮発生状況について、愛知県水産試験場業務報告をもとに取りまとめた。主な情報源は、水産試験場、県事務所水産課、漁業取締船であった。苦潮発生海域の特徴を捉えるため、

三河湾および伊勢湾の愛知県海域を図1の8海域に区分した。

また、苦潮発生と密接な関連がある貧酸素水塊の発達状況については、石田・原⁵⁾の報告(1989年から1995年)と愛知県水産試験場の調査(1996年から2000年)をもとに取りまとめた。各年の三河湾における貧酸素水塊平均面積は、7, 8, 9月初旬の調査結果から得られた貧酸素水塊分布図より求めた。

苦潮発生時の風向風速を、三河湾に設置されている自動海況観測ブイの1991年から2000年にかけての10年間のデータ⁶⁻¹⁰⁾をもとに取りまとめた。図1におけるAからD海域は2号ブイの、EからG海域は1号ブイの、H海域は3号ブイのデータを用いた。ブイの設置位置を図1に示す。ブイのセンサーは、表層においては水面下3.5mに、底層においては底上2.0mに設置されている。

*1 愛知県水産試験場 (Aichi Fisheries Research Institute, Miya, Gamagori, Aichi 443-0021, Japan)



図1 海域区分及び自動観測ブイ設置位置
 A：鬼崎～豊浜地先（伊勢湾岸海域）
 B：師崎～河和地先，（知多湾西部海域）
 C：味沢～衣崎地先，（知多湾東部海域）
 D：吉田～東幡豆地先，（渥美湾湾口部北海域）
 E：西浦～御馬地先，（渥美湾奥部北海域）
 F：豊川河口・神野地先，（渥美湾東部海域）
 G：片浜～馬草地先，（渥美湾奥部南海域）
 H：宇津江～福江地先，（渥美湾湾口部南海域）
 △：1～3号ブイ

結果

1) 苦潮発生の経年変化

三河湾における苦潮発生状況の経年変化を図2 (a) に示した。1989年から2000年にかけて最も発生件数が多かったのは1994年の15件であり，最も少なかったのは1997年の2件であった。また，1年あたりの平均発生件数は7.4件であった。

2) 苦潮の発生時期

12年間の旬別発生延べ日数を図3に示した。1989年から2000年にかけて発生延べ日数が最も多かったのは8月上旬の39日であり，ついで8月下旬の33日，9月上旬の32日であった。また，最も早い時期の苦潮発生は平成元年の5月30日に三谷地先（E海域）において，最も遅い時期は1993年11月9日に生田地先（C海域）において報告されている。

3) 海域別苦潮発生時期及び発生延べ日数

海域別の苦潮発生時期及び12年間の発生延べ日数を図4に示した。各海域において発生延べ日数が最も多かったのは，A海域（鬼崎～豊浜地先）においては8月上旬の3日，B海域（師崎～河和地先）においては8月上旬の4日，C海域（味沢～衣崎地先）においては9月上旬の4日，D海域（吉田～東幡豆地先）においては8月下旬の6日，E海域（西浦～御馬地先）においては9月上旬の18日，F海域（豊川河口・神野地先）においては8月上旬の7日，G海域（片浜～馬草地先）においては7

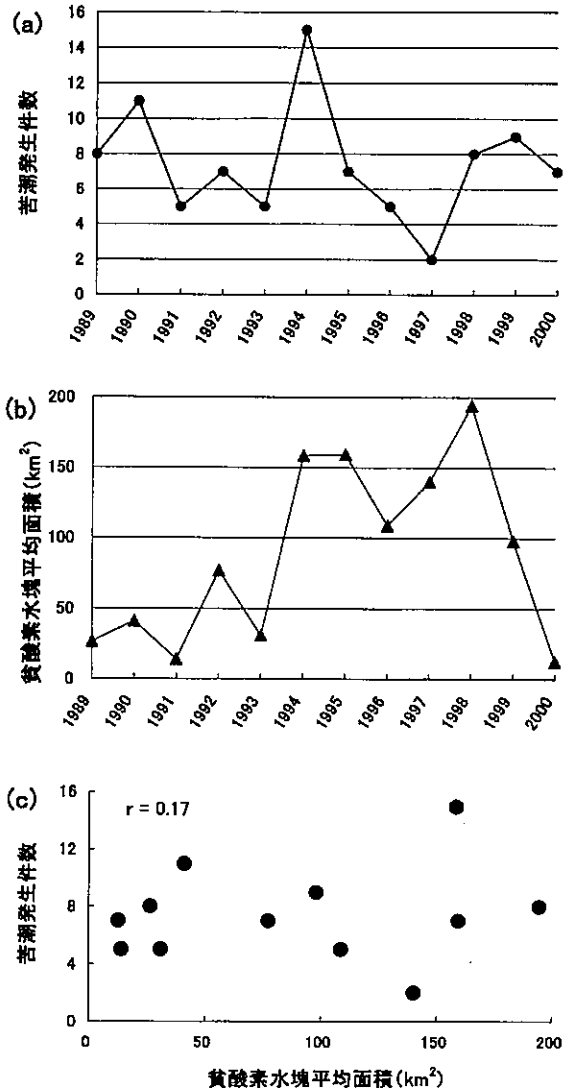


図2 三河湾における苦潮発生と貧酸素水塊
 a：苦潮発生件数の経年変化
 b：貧酸素水塊平均面積の経年変化
 酸素飽和度30%以下の底層平均面積
 c：苦潮発生件数と貧酸素水塊面積の関係

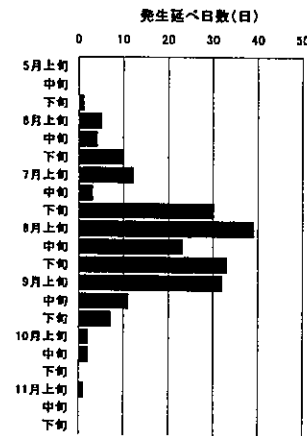


図3 三河湾における旬別苦潮発生延べ日数

月下旬の24日, H海域(宇津江~福江地先)においては8月上中旬の2日であった。

また, 発生延べ日数が最も多かったのはE海域(西浦~御馬地先)の80日(6.7日/年)であり, ついでG海

域(片浜~馬草地先)の69日(5.8日/年)であった。また, 最も少なかったのはA(鬼崎~豊浜地先)およびB(師崎~河和地先)海域の4日(0.3日/年)であった。

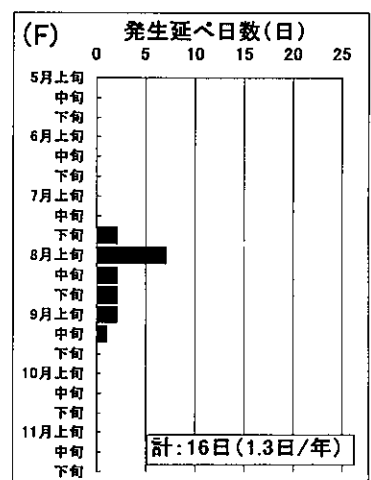
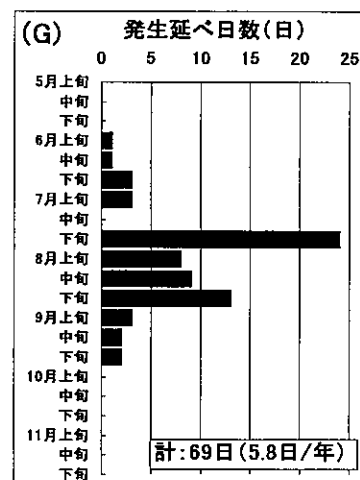
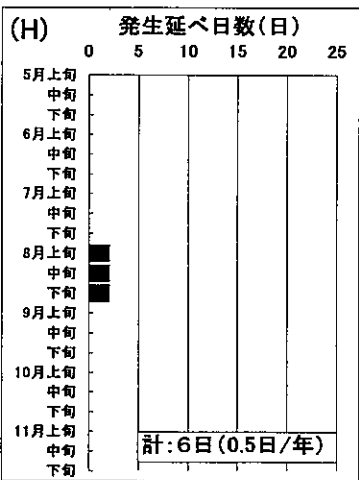
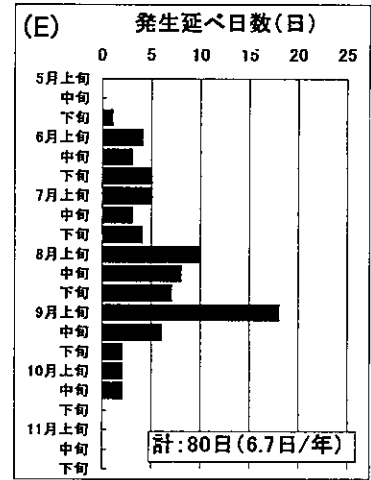
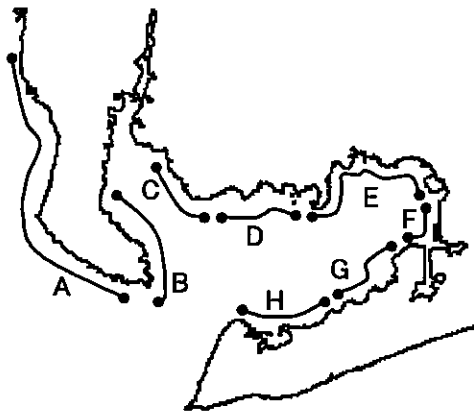
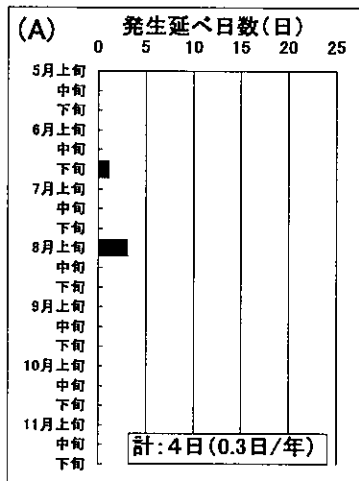
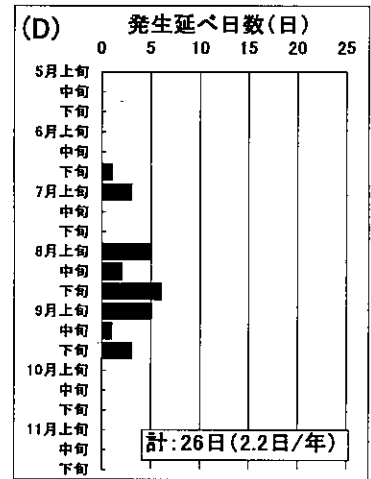
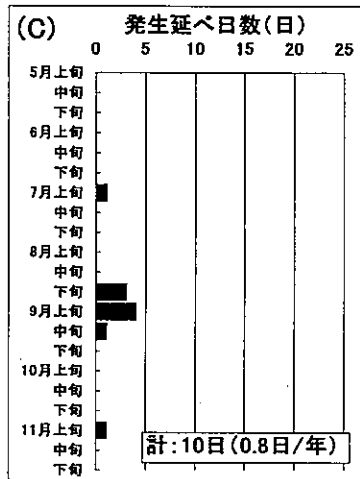
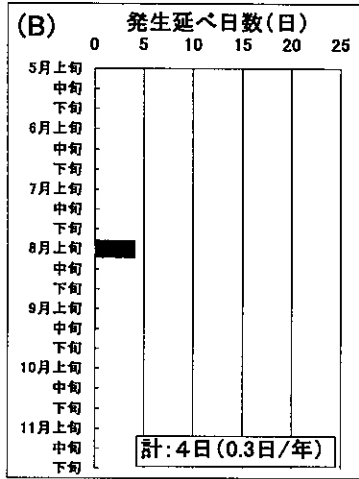


図4 三河湾における海域別及び旬別苦潮発生延べ日数 海域は図1を参照

4) 貧酸素水塊発達の経年変化

貧酸素水塊の平均面積の経年変化を図2(b)に示した。三河湾全体の面積が約300km²であるのに対して、酸素飽和度30%以下の水塊が占める平均面積は、最大であった1998年で194km²、最小であった2000年で13km²であった。

5) 苦潮発生時の風向風速

1990年から2000年にかけて、苦潮の発生が確認された日の日平均風向風速を海域別に図5に示す。全海域の結果から、苦潮発生時に吹く風は北東よりを除く東よりから北よりにかけての全ての風向が観測されているが、北

西風が最も頻度が高く、次いで西北西風、東風であった。また、風速は日平均2m以上から観測されているが、4m以上から頻度が高くなっている。海域別にみると、海域A、B、C、Hでは件数が少なく、風向の特徴は明確ではなかった。海域Dでの苦潮発生時には北西風の頻度が高かった。海域Eでは北西および西北西風が顕著であるが、東風や南風も観測されている。海域Fでは主に東よりであった。そして、海域Gでは東、南、西よりの風が観測されたが、北よりの風は観測されなかった。

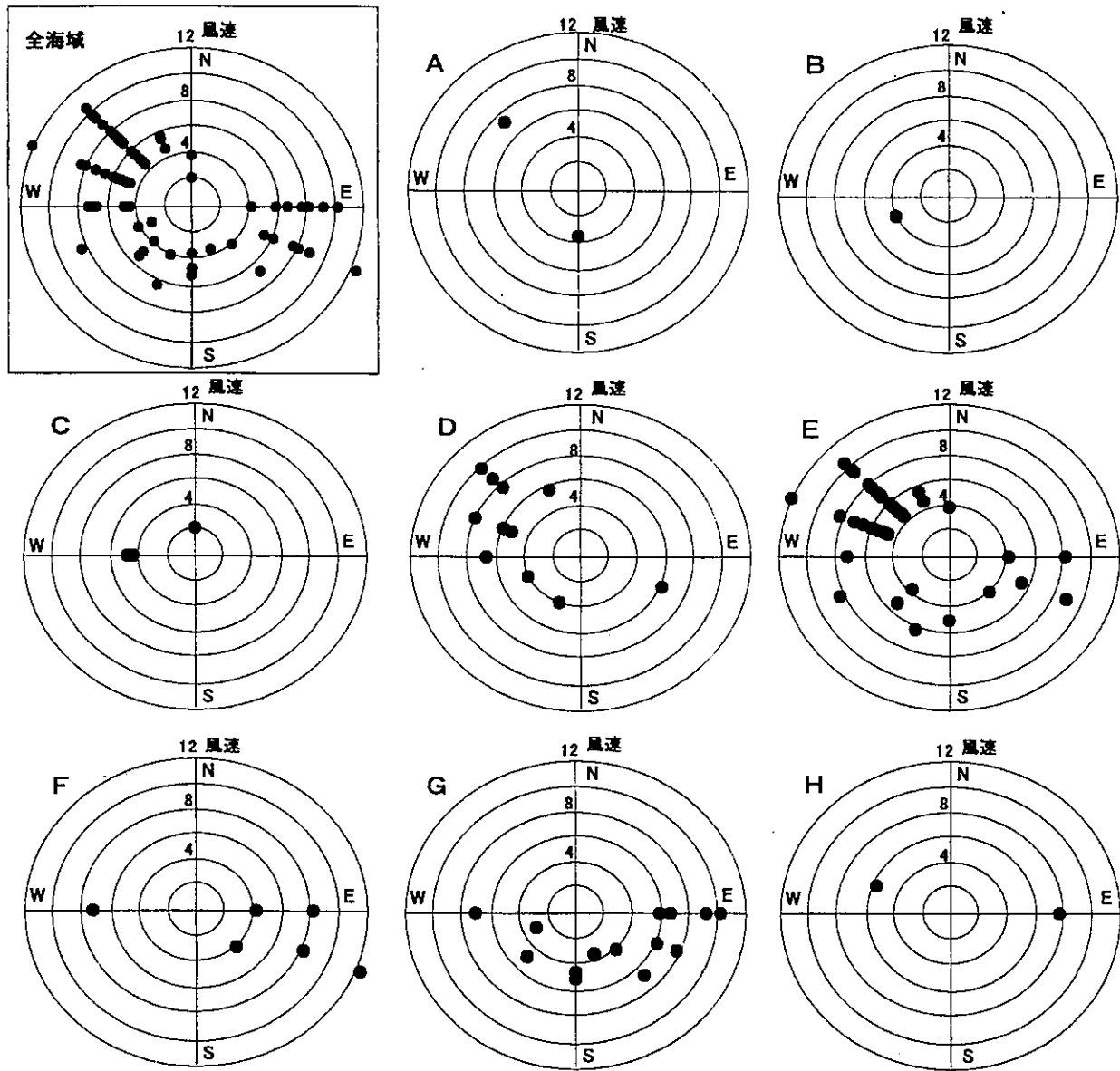


図5 苦潮発生時の海域別日平均風向風速 海域は図1を参照

考 察

本報告で取りまとめた苦潮発生情報は、水産試験場や漁業関係者が目視により確認した情報を基にしていることから、三河湾における苦潮発生の全てを捉えていない可能性があるため定量的な取り扱いには注意を要する。しかしながら、12年間に渡る長期間の情報を取りまとめることによって、苦潮発生の時期や地理的な特徴等について考察することは可能であると考えられる。

1) 苦潮発生と貧酸素水塊との関係

苦潮の発生件数は、図2(a)に示すように年によって変動する。1989年から2000年にかけて最も苦潮発生件数が多かった1994年には、苦潮の影響によってアサリの大量への死が起り、前年度1万6千トンであったアサリの漁獲量が1万トンにまで減少している。この1994年には図2(b)に示した貧酸素水塊の平均面積も高い値を示した。しかしながら、苦潮の発生件数と酸素飽和度30%以下の貧酸素水塊の平均面積との関係は、相関係数が $r=0.17$ であり、高い相関はみられなかった(図2(c))。このことは、貧酸素水塊の発達と苦潮発生の前提ではあ

るが、発達の規模だけが苦潮の発生を左右するのではないことを示している。苦潮は、岸から海に向かって吹く風(離岸風)によって表層水が沖側に流れ去り、その補流により沖の底層に形成された貧酸素水塊が岸側に湧昇することによって発生する場合が多いと考えられている²⁾ことから、苦潮の発生には風向風速や地形条件等の影響も大きいと考えられる。

2) 苦潮発生の地理的特徴

①伊勢湾東部海域

伊勢湾に発達する貧酸素水塊の影響を受けるA海域では、苦潮発生の報告はわずか数件であった(図4)。伊勢湾にも例年貧酸素水塊が発達し、魚介類の動態に多大な影響を与えている。¹⁾伊勢湾における貧酸素水塊発達の例として図6に三重県水産技術センターが毎月行っている浅海定線調査の結果から得られた、1996年から2000年までの7月における底層の酸素飽和度分布を示す。2000年を除いてほぼ例年湾西部に貧酸素水塊の中心があり、伊勢湾に発達する貧酸素水塊は主として西部(三重県寄り)に偏在する傾向がある。このため、A海域では苦潮の発生が起こりにくいと推測される。

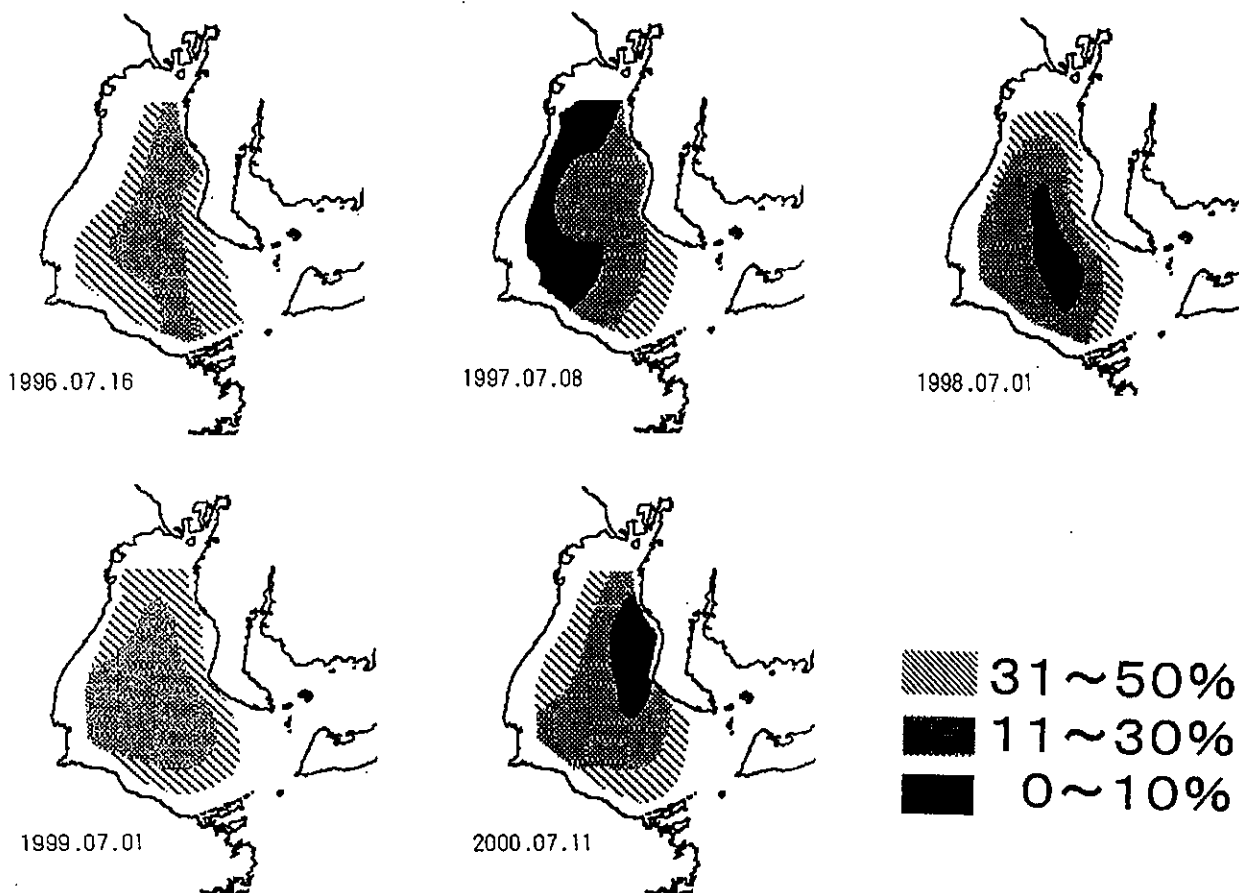


図6 伊勢湾底層における7月の溶存酸素飽和度(%)分布

②知多湾海域

知多湾に発達する貧酸素水塊の影響を受けるBおよびC海域では、苦潮発生の報告はともに延べ10日以下であり、次に述べる渥美湾沿岸域に比べて少なかった(図4)。図7に1996年から2000年までの7月における底層の酸素飽和度分布を示す。知多湾でも主に湾奥部で貧酸素水塊が停滞することはあるものの、一般に渥美湾に比べて貧酸素水塊の発達は大規模でない。知多湾では、渥美湾に比べ夏期の底層への酸素供給が多いと考えられており、¹²⁾ そのため貧酸素水塊も渥美湾ほどには発達せず、苦潮の発生も少ないと考えられている。

③渥美湾奥部海域

渥美湾奥部に発達する貧酸素水塊の影響を受けるE、F及びG海域では、海域別発生延べ日数が全ての海域のなかで際だって多かった(図4)。このことは、三河湾における貧酸素化が主に渥美湾で起こり、湾奥部に分布の中心をもつ場合が多いこと⁶⁾ とよく一致する。さらに、E、F及びG海域で苦潮の発生が確認された日の日平均風向風速をみると、それぞれの海域で離岸風となる風向

と概ね対応している(図5)。つまり、三河湾では貧酸素水塊発達の中心となりやすい海域の南北両側に陸地があるため、真夏の季節風として優勢な南よりの風によっても苦潮が起こり得る。これは、東京湾において苦潮(青潮)は多くの場合北東を中心とする風によって発生する²⁾ のと比較して特徴的である。

④渥美湾湾口部海域

渥美湾湾口部に発達する貧酸素水塊の影響を受けるDおよびH海域では、D海域の苦潮発生延べ日数がやや高く、延べ26日であった(図4)。図7の1998年の例のように、貧酸素水塊の発達が著しいときは渥美湾の湾口よりも顕著な貧酸素化が起こり、湾奥部同様苦潮発生の原因となると考えられる。D海域で苦潮の発生が確認された日の日平均風向風速も離岸風となる風向と概ね対応しており(図5)、主に北西を中心とした風が発生の起因となることが確認できる。

なお、太平洋(遠州灘)に面した渥美半島南岸域では、苦潮の発生は報告されていない。

3) 苦潮発生の時期的特徴

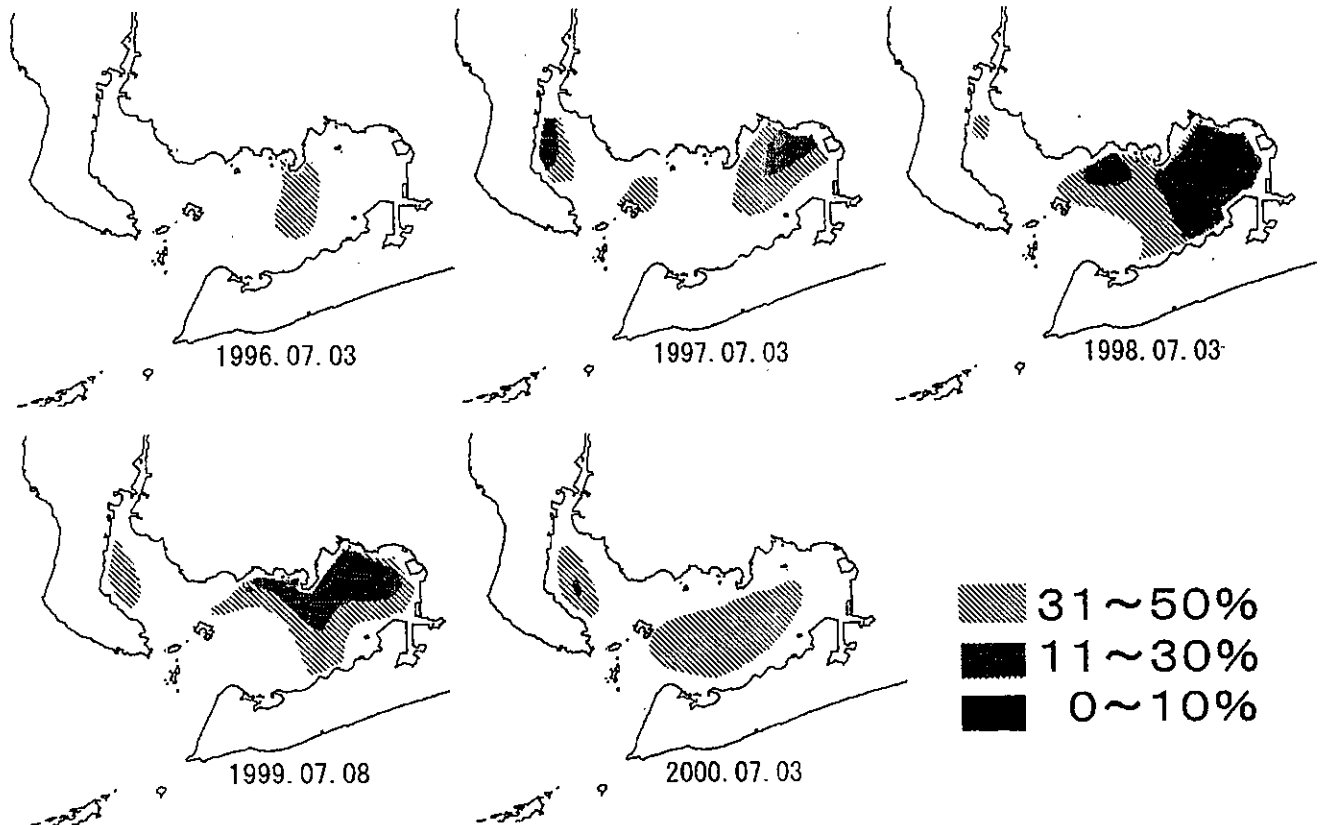


図7 三河湾(1号ブイ)底層における7月の溶存酸素飽和度(%)分布

12年間の時期別苦潮発生延べ日数（図3）をみると、苦潮の発生が著しいのは7月下旬から9月上旬にかけての期間である。この期間、ブイ（1号）データの10ヶ年平均値¹³⁾から得られた底層の日別平均溶存酸素飽和度は概ね30%を下回っており（図8）、苦潮が頻発する時

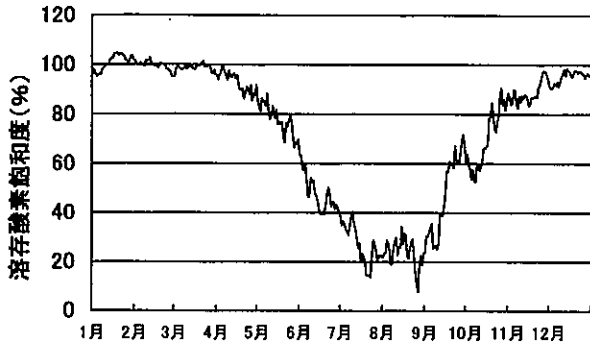


図8 三河湾底層における日別平均溶存酸素飽和度

期は貧酸素水塊の発達する時期と一致している。

さらにこの時期の特徴を詳細に検討するため、苦潮頻発期の前期（7月下旬から8月上旬）に苦潮発生が確認された日の日平均風向風速を、図5と同様の方法で作成し、図9（a）に示す。また、ブイ（1号）データの10ヶ年平均値¹³⁾から得られた日別平均風向風速の年変動を図10に示す。図9（a）において、風向は西よりも観測されたが、主に東から南よりであり、平均の風速は5.7mであった。これは、この時期の平均風向とはほぼ一致するが、平均風速より大きい（図10）。次いで、苦潮頻発期の後期（8月下旬から9月上旬）に、苦潮発生が確認された日の日平均風向風速を図9（b）に示す。図9（b）において、風向は主に北西が中心であり、平均の風速は6.4mであった。これはこの時期の平均風向とは一致せず、平均風速と比べても著しく大きい（図10）。

また、E海域においては9月上旬に、G海域においては7月下旬に、最も発生延べ日数が多い（図4）。これは、苦潮発生が頻発する時期とそれぞれ一致し、また頻発する時期の風向の特徴もそれぞれの海域における離岸風と一致している。

従って、苦潮の発生が頻発する時期は貧酸素水塊が発達する7月下旬から9月上旬にかけての期間であるが、発生の特徴は期間の前期と後期において異なる。つまり、前期の7月下旬から8月上旬にかけては、この時期特有の南から東よりの季節風の強まりによってG海域に発生しやすいのに対して、後期の8月下旬から9月上旬にかけては、前線の通過等に伴う一時的な北西よりの強い風によってE海域で発生しやすい。

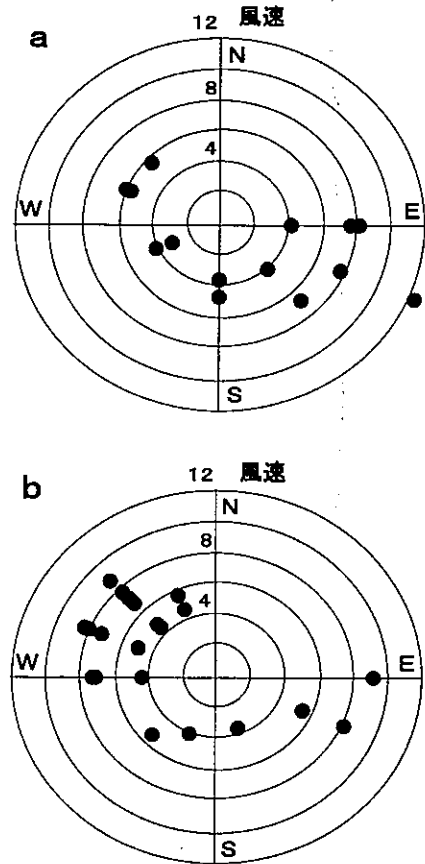


図9 三河湾における苦潮頻発時の日平均風向風速
a：7月下旬から8月上旬
b：8月下旬から9月上旬

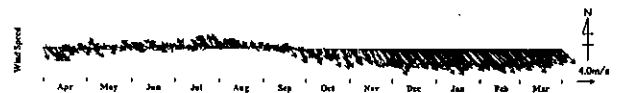


図10 三河湾（1号ブイ）の日別平均風向風速

苦潮発生は採貝漁業の漁獲だけでなく稚貝放流の効果等資源管理にも与える影響は大きい。本報告で示された海域別及び時期別の特徴を把握することは、貧酸素水塊の動向を考慮することとともに、苦潮発生を予察する上で必須であると考えられる。

また、航路筋や浚渫窪地は周囲の水深よりも局部的に深くなっているため、貧酸素水が停滞しやすい。東京湾では、生物に被害を引き起こすような大規模な苦潮の発生源は航路筋や浚渫窪地ではなく、湾中央に広がる貧酸素水塊であると考えられている。¹⁴⁾しかしながら、三河湾における苦潮発生と航路筋や浚渫窪地との関係は未だ明確に示されていない。従って、航路筋や浚渫窪地のような局部的な地形が各海域における苦潮発生の頻度に与える影響に関しては、今後の調査を待たねばならない。

要 約

平成元年から12年にかけて、三河湾において発生が確認された苦潮について取りまとめた。その結果、1年間の平均発生件数は7.4件であった。苦潮の発生は5月下旬から11月上旬まで報告されており、最も多発する時期は8月上旬、次いで8月下旬、9月上旬であった。海域別で最も発生日数が多かったのは、西浦地先から御馬地先ついで片浜地先から馬草地先のいずれも渥美湾奥部海域であった。これらの海域では、それぞれ9月上旬と、7月下旬に最も発生日数が多かった。苦潮発生状況は海域毎に特徴が異なっていた。従って、苦潮発生の予察には、貧酸素水塊の動向とともに、各海域特有の地理的及び時期的特徴を把握することが重要であると考えられる。

謝 辞

本稿を取りまとめるに当たり、有益な助言をいただいた愛知県水産試験場漁場環境研究部の鈴木輝明博士、石田基雄氏、日別平均風向風速図を作成していただいた同研究部青山裕晃氏、及び苦潮情報を整理した歴代の担当者による御礼申し上げます。

文 献

- 1) 柿野純 (1998) 青潮. 沿岸の環境圏, 平野敏行監修, フジ・テクノシステム, 東京, 480-488.
- 2) 柿野純・松村皐月・佐藤善徳・加瀬信明 (1987) 風による流れと青潮の関係. 日本水産学会誌, 53 (8), 1475-1481.
- 3) 鷗寄直文・甲斐正信 (2001) 三河湾における苦潮発生時の海洋構造と硫化水素及び硫黄粒子の鉛直分布. 愛知県水産試験場研究報告, 8, 7-13.
- 4) 愛知県水産試験場 (1995) 平成6年夏期におけるアサリの大量へい死について. 愛知県, 11
- 5) 石田基雄・原保 (1996) 伊勢・三河湾における水質変動と富栄養化について. 愛知県水産試験場研究報告, 3, 29 - 41.
- 6) 愛知県水産試験場 (1993) 1991~1992年度三河湾海況自動観測パイデータ集. 愛知県, pp.373.
- 7) 愛知県水産試験場 (1995) 1993~1994年度三河湾海況自動観測パイデータ集. 愛知県, pp.373.
- 8) 愛知県水産試験場 (1997) 1995~1996年度三河湾海況自動観測パイデータ集. 愛知県, pp.373.
- 9) 愛知県水産試験場 (1999) 1997~1998年度三河湾海況自動観測パイデータ集. 愛知県, pp.373.
- 10) 愛知県水産試験場 (2001) 1999~2000年度三河湾海況自動観測パイデータ集. 愛知県, pp.373.
- 11) Hossain,M.,Amakawa,T.,Sekiguchi,H. (1996) Density, biomass and community structure of megabenthos in Ise Bay, central Japan, Fisheries Science, 62 (2) , 350-360.
- 12) Suzuki,T.,Matsukawa,Y (1987) Hydrography and budget of dissolved total nitrogen and dissolved oxygen in the stratified season in Mikawa Bay, J. Oceanogr Soc. Jap., 43, 37-48.
- 13) 青山裕晃・石田基雄・木村仁美 (2002) 海況自動観測パイ10ヶ年観測結果 (1991~2000年) からみられる三河湾の赤潮と貧酸素. 愛知県水産試験場研究報告, 9, 1-10.
- 14) 佐々木克之 (1993) 東京湾の青潮の形成機構. 海洋と生物, 15 (4), 249-254.