

漁海況予報事業

—浅海定線調査—

佐藤 博之・神蘭 真人・江藤 拓也

本事業は周防灘西部海域の海況及び水質の調査を行い、漁場環境の変動を把握し、環境保全及び水産資源の変動要因を解明するための基礎資料を得る。

方 法

調査は、毎月1回、上旬に図1に示す12定点で行った。観測層は表層、5m層、10m層、及び底上1m層である。調査項目を以下に示す。

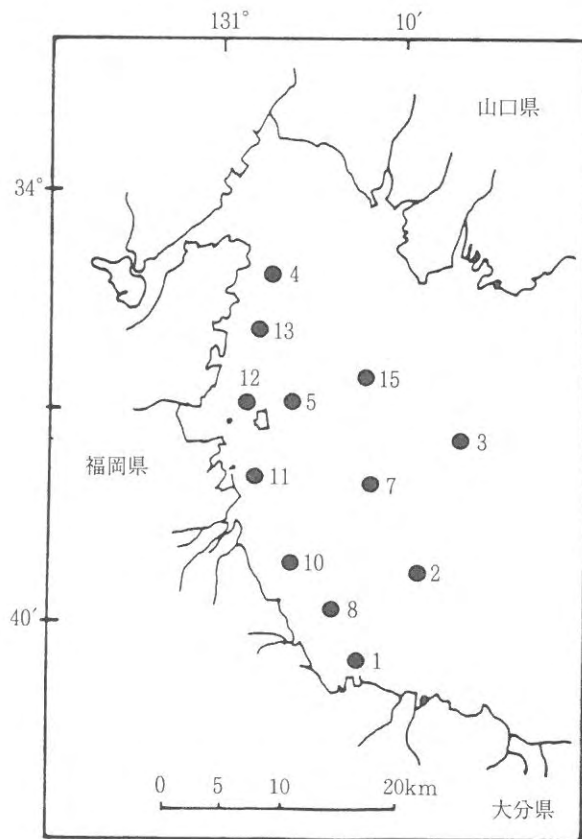


図1 調査点

1. 一般項目

気象：天候，雲量，雲形，風向，風速，気温，気圧
海象：水温，塩分，透明度，水色，波浪

2. 特殊項目

溶存酸素 (DO), COD, 無機態窒素 (DIN; $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$), リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$), Chl-a

測定方法

水温，塩分：STD (アレック電子, AST-1000M)

DO：DOメーター (YSI社製M58型)

COD：アルカリ性ヨウ素滴定法

栄養塩類： $\text{NH}_4\text{-N}$ 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ はオートアナライザーII型 (テクニコン) を用い、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 及び $\text{PO}_4\text{-P}$ は分光光度計 (日立) を用いた。

Chl-a：抽出蛍光法

結 果

表底層別に観測点全点で平均した各項目の経月変化を図2から図9に示す。

(1) 透明度

平年に比べて春季に高め夏季に低めで推移した。また、10月は平年に比べて低めであった。これは沿岸の広い範

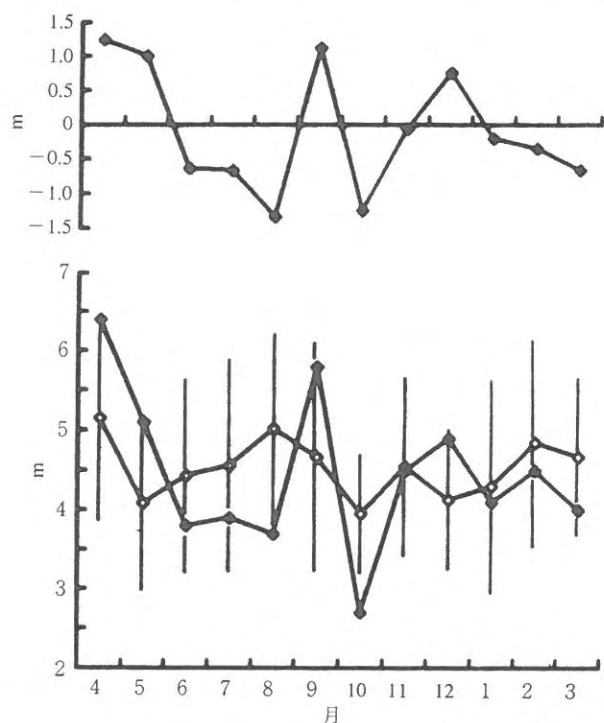


図2 透明度

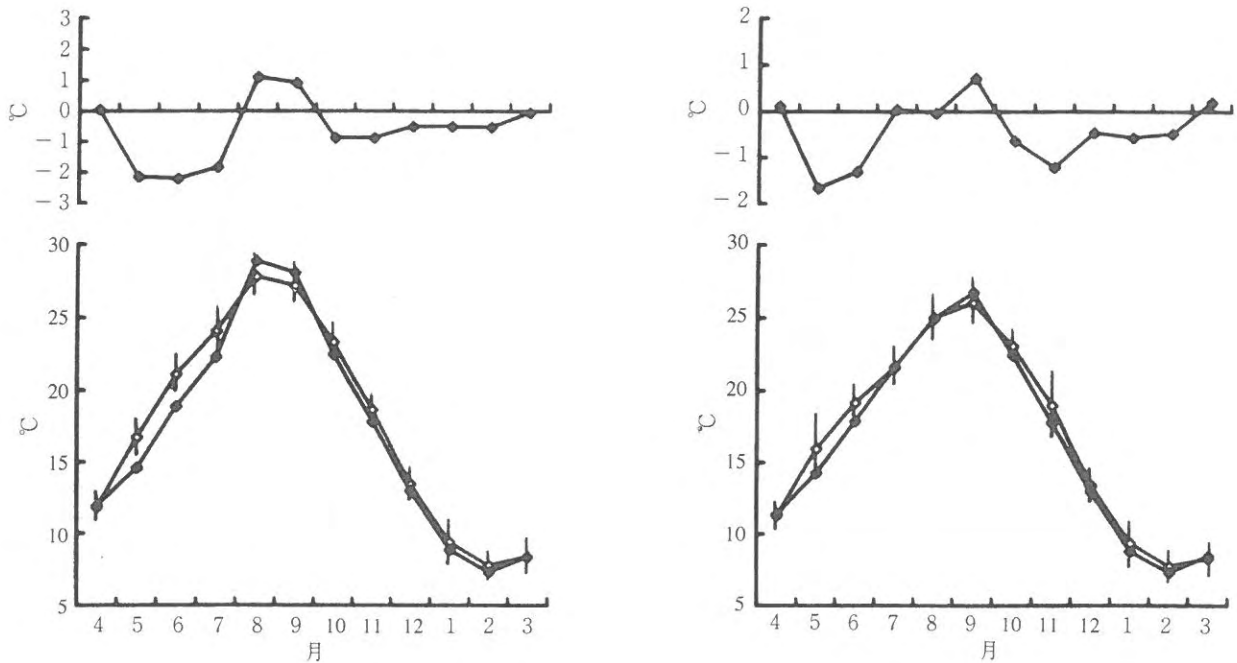


図3 水温 (左図：表層, 右図：底層)

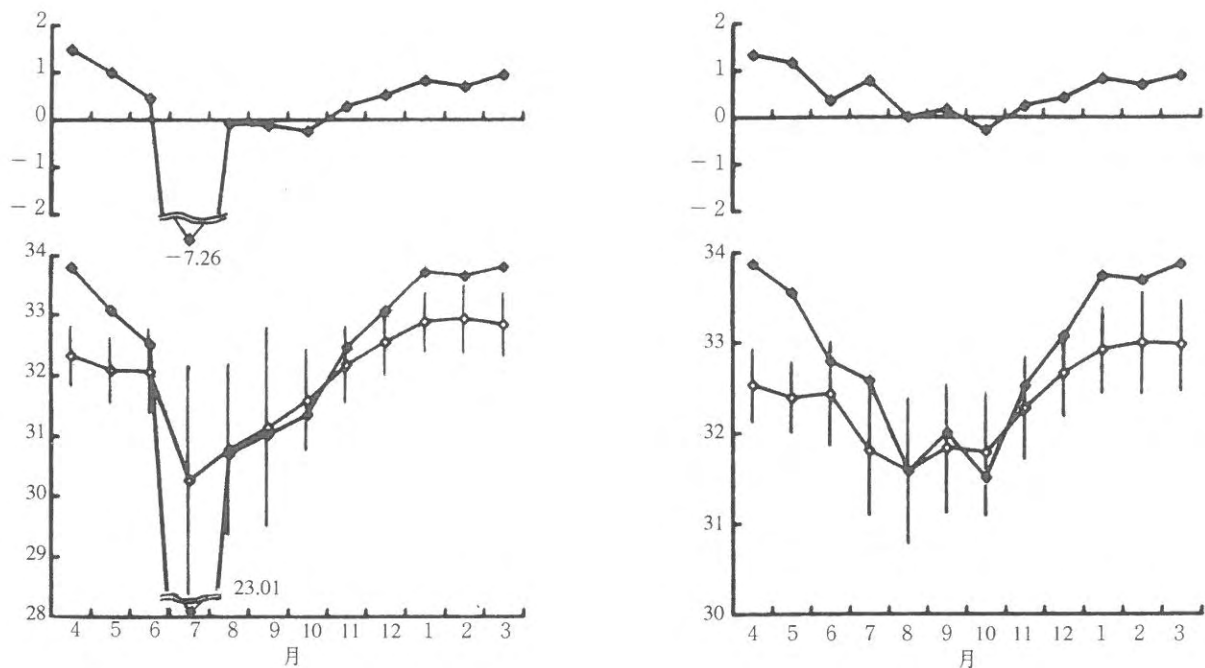


図4 塩分 (左図：表層, 右図：底層)

囲にかけて渦鞭毛藻類の *Gonyaulax polygramma* の赤潮が発生しており、その影響と考えられる。

(2) 水 温

表層では、夏季を除き低めで推移しており、底層での変動傾向も表層とほぼ同様であった。

(3) 塩 分

表層では、夏季を除いて全体的に高めで推移した。7月には、23.01を示し、平年に比べて7.26低めであった。

底層は、表層とほぼ同様に推移した。

(4) 溶存酸素 (DO)

表層では、平年に比べて低めで推移しており、底層では、ほぼ平年並みであった。

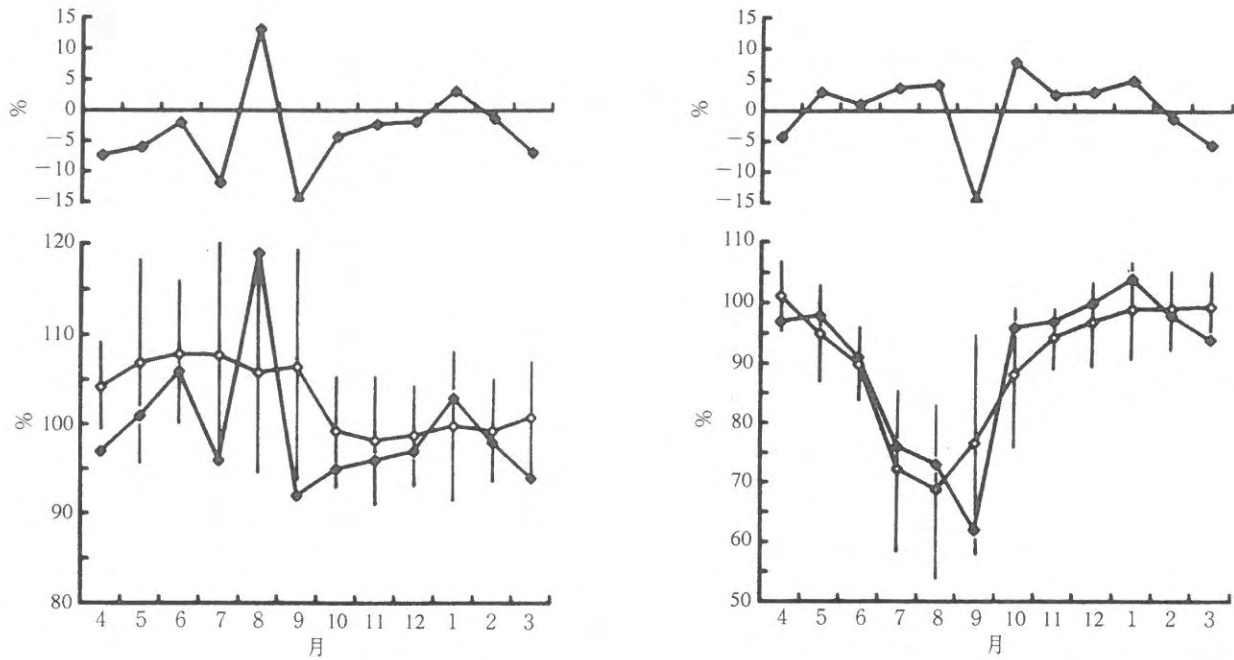


図5 酸素飽和度（左図：表層，右図：底層）

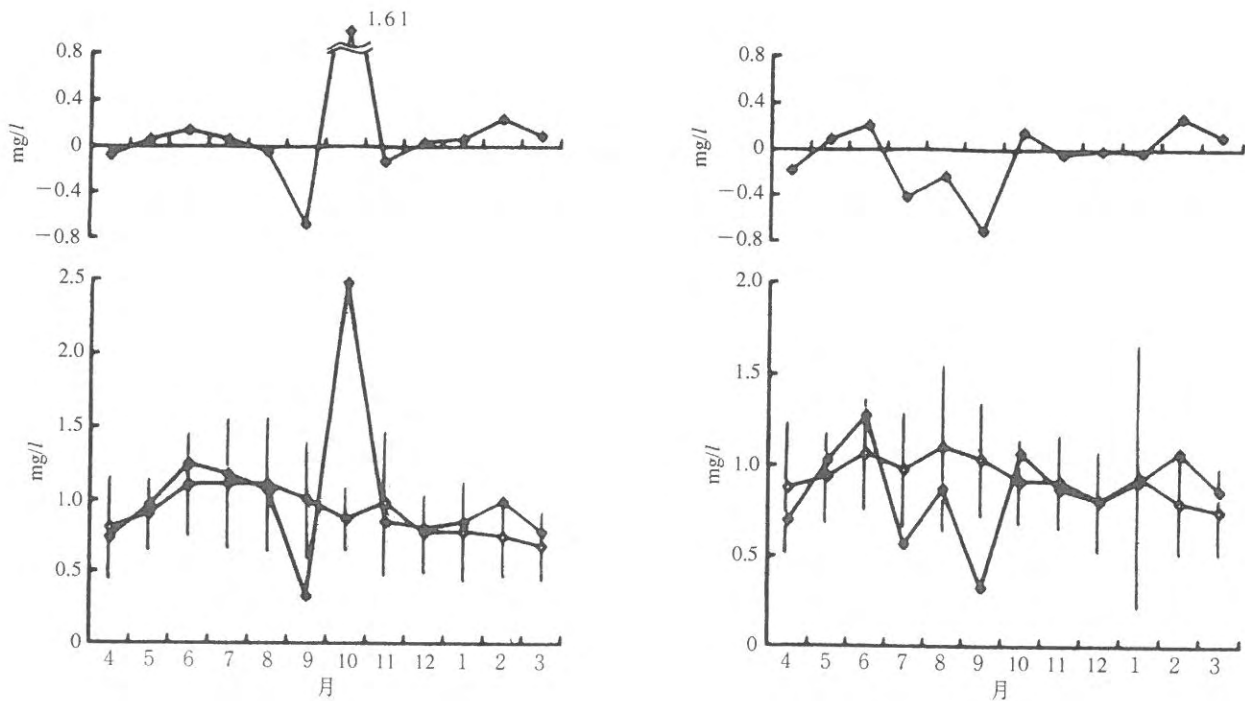


図6 COD（左図：表層，右図：底層）

(5) COD

表層では，10月に2.48mg/lを示し，平年に比べて1.61mg/l高めであった。これは *G.polygramma* の赤潮による影響と考えられる。

底層では，夏季は低めで推移した。

(6) 無機態窒素（DIN）

表層では，7月に9.98 $\mu\text{g-at/l}$ を示し，平年に比べて8.11 $\mu\text{g-at/l}$ 高めであったが，秋季から冬季にかけて低めで推移した。

底層では，秋季から冬季にかけて低めで推移し，特に11月の値は0.67 $\mu\text{g-at/l}$ であり，平年に比べて4.45 $\mu\text{g-at/l}$ 低めであった。

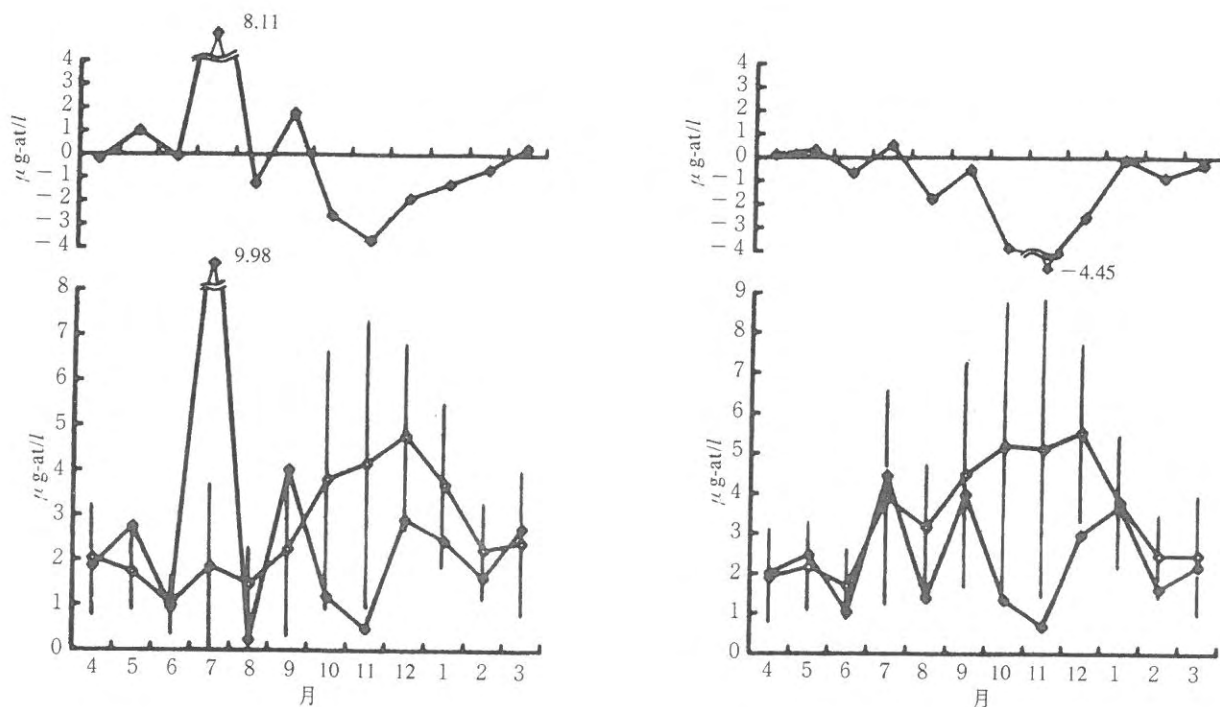


図7 DIN (左図: 表層, 右図: 底層)

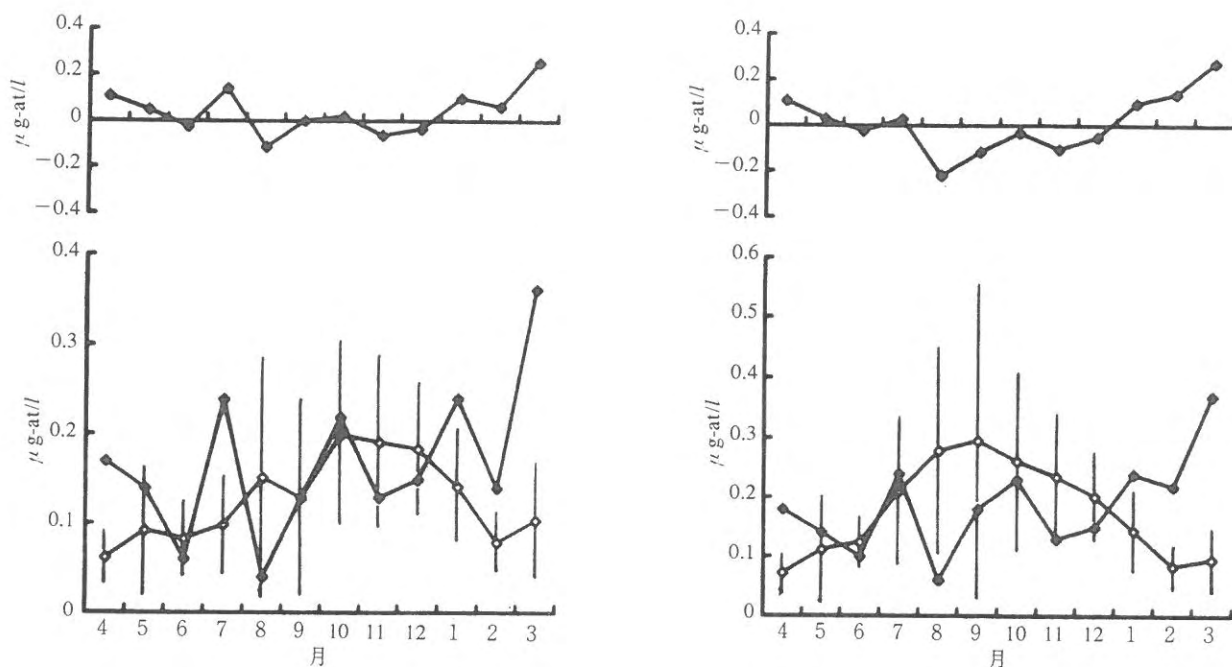


図8 PO₄-P (左図: 表層, 右図: 底層)

(7) リン酸態リン (PO₄-P)

表層では、春季及び冬季は高めで推移しており、底層では、表層と同様に春季及び冬季は高め、夏季及び秋季は低めで推移した。

(8) クロロフィル a

表層では、7月及び10月とも10μg/l以上であり、平

年に比べて7月は7.69μg/l高め、10月は6.40μg/l高めであった。10月に高い値を示したのは、*G.polygramma*の赤潮による影響と考えられる。

底層では、7月にかなり低めであったが、8月は一変して高めとなった。

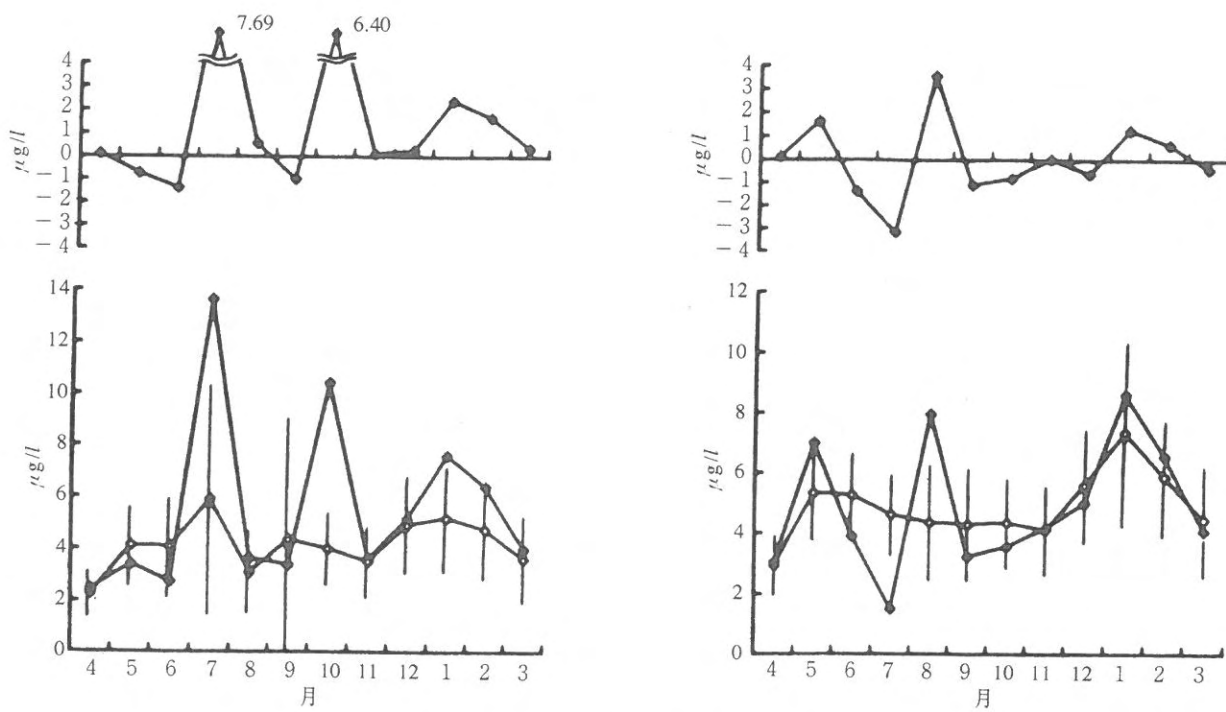


図9 Chl-a (左図：表層，右図：底層)

海況情報収集迅速化システム開発試験事業

佐藤 博之・神蘭 真人・江藤 拓也

豊前海において周年にわたる水温観測を行い、内海の漁場環境の変動を予測するためのシステムを開発するための資料を得る。

方 法

図1に示す豊前市宇島地先(N33° 38' 04" E131° 08' 12")にメモリー式水温計(アレック電子, AT-32K型)を設置した。設置点の水深は約1mであり、水温計は、上層(2m深)と下層(底上1m)にそれぞれ設置し、30分毎の水温を観測した。

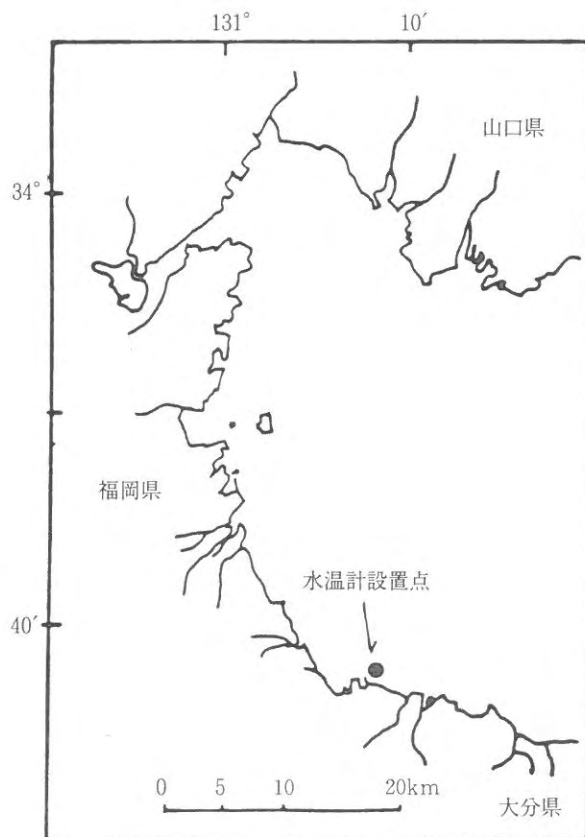


図1 調査点

結 果

図2に各観測層の日平均した水温変化を示す。

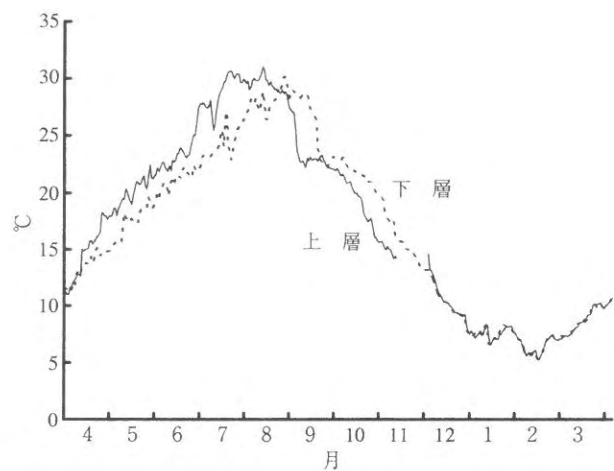


図2 水温変化

上層水温は、4月から徐々に上昇し、6月中旬には23℃に達した。6月下旬～7月上旬にかけて著しく上昇し、1週間で約4℃上昇し27℃を越えた。その後、2日間で25℃台まで低下したが、再び著しく昇温し、1週間で30℃を越えた。最高水温は8月11日の30.04℃であった。8月下旬～9月上旬にかけて1週間でおよそ5℃低下した。その後、徐々に低下し、最低水温は2月11日の5.25℃であった。その後、緩やかな上昇傾向を示した。

11月10日から29日の間の観測値は明らかに不良な数値であったので削除した。

下層水温は、4月から徐々に上昇し7月上旬に23℃に達した。7月中旬に、5日間で3℃昇温した。最高水温は8月25日の30.16℃であった。9月中旬の1週間でおよそ5℃低下した。その後、上層と同様に变化した。また、最低水温は2月10日の5.31℃であった。

上層と下層の水温は、冬季から春季はほぼ同様に变化したが、夏季から秋季には上層の変化に対し、下層は約2週間ずれて上層に似た変化を示した。

漁場保全総合対策事業

佐藤 博之・神園 真人・江藤 拓也

福岡県豊前海における漁場環境の保全を図るため、水質及び生物モニタリング調査を実施し、水質及び底生動物を指標に監視を行う。

1. 水質調査

方 法

平成7年4月から平成8年3月の毎月1回、図1に示す6調査点で調査を行った。調査項目は、水温、塩分、透明度、pH、DO、CODである。

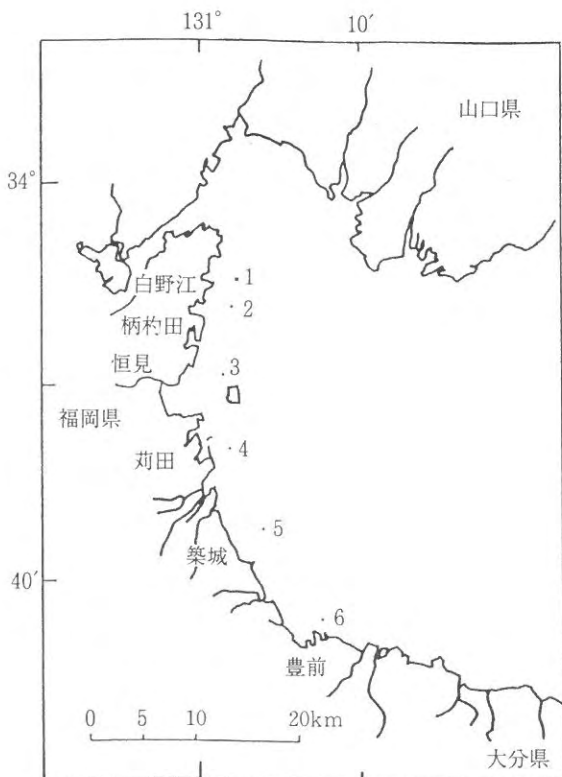


図1 調査点

結 果

調査結果を表1に示す。

(1) 水 温

表層では6.4～30.0℃の範囲にあった。各点の最大値

は28.2～30.0℃の範囲にあり、St. 2で9月に、その他の調査点では8月に観測された。各点の最低値は6.4～7.7℃の範囲にあり、全点で2月に観測された。

底層では6.4～28.4℃の範囲にあった。各点の最大値は27.6～28.4℃の範囲にあり、全点で9月に観測された。各点の最低値は6.4～7.7℃の範囲にあり、2月に観測された。

(2) 塩 分

表層では18.30～34.45の範囲にあった。各点の最大値は33.62～34.45であり、各点で1～4月に観測された。各点の最低値は18.30～24.83であり、全点で7月に観測された。

底層では30.71～34.44の範囲にあった。各点の最大値は33.75～34.44であり、各点で3～4月に観測された。各点の最低値は30.71～31.37であり、St. 1からSt. 3で8月に、St. 4からSt. 6で9月に観測された。

(3) 透明度

透明度は0.9～8.8mの範囲にあった。各点の最大値は4.8～8.8mであり、St. 1とSt. 2で9月に、St. 3からSt. 5で4月に、St. 6で12月に観測された。各点の最低値は0.9～2.0mであり、St. 1で1月に、その他の調査点では10月に観測された。10月は *Gonyaulax polygramma* による赤潮が発生したため、透明度が低下した。

(4) pH

pHは8.05～8.42の範囲にあった。各点の最大値は8.31～8.42であり、春～夏季に高めであった。

(5) DO

表層では5.36～10.07mg/lの範囲にあった。各点の最大値は9.43～10.07mg/lであり、St. 5で10月に、その他の調査点では9月に観測された。各点の最低値は5.36～6.29mg/lであり、St. 2で10月に、St. 4で1月に、その他の調査点では2月に観測された。

底層では2.40～10.20mg/lの範囲にあった。各点の最大値は9.37～10.20mg/lであり、St. 4で1月に、その他の調査点では2月に観測された。各点の最低値は2.40～4.33mg/lであり、St. 1、St. 2及びSt. 4で9月に、St. 3、St. 5及びSt. 6で7月に観測された。

表1 水 質 調 査 結 果

St.		水 温 (℃)		塩 分		透明度 (m)	pH	DO (mg/l)		COD (mg/l)	
		表 層	底 層	表 層	底 層			表 層	底 層	表 層	底 層
1 白野江	平均	17.3	17.1	32.14	32.90	3.1	8.19	7.98	7.61	1.03	0.80
	最大	28.4	27.6	34.45	34.44	4.8	8.33	9.43	9.37	1.94	1.43
	最小	7.7	7.7	23.99	308.5	1.8	8.05	5.36	3.77	0.34	0.21
2 柄杓田	平均	17.3	17.0	31.90	32.93	3.3	8.24	8.35	7.52	1.53	0.97
	最大	28.2	28.0	34.36	34.37	6.2	8.41	9.80	9.60	7.86	2.09
	最小	7.4	7.2	21.18	31.37	0.9	8.06	5.83	3.23	0.29	0.21
3 恒 見	平均	16.8	16.7	31.98	32.69	3.6	8.24	7.96	7.37	0.99	0.94
	最大	29.4	28.1	33.97	34.22	5.5	8.35	9.64	9.61	1.68	1.33
	最小	6.8	6.8	24.83	30.71	1.7	8.10	5.83	2.41	0.34	0.47
4 荊 田	平均	16.8	16.4	31.83	32.73	4.5	8.25	8.05	7.32	1.05	0.99
	最大	29.6	28.4	33.74	33.79	8.5	8.37	10.01	10.19	1.82	1.44
	最小	6.4	6.4	24.38	31.03	2.0	8.14	6.26	3.36	0.40	0.53
5 築 城	平均	16.7	16.3	31.47	32.71	4.8	8.24	8.03	7.27	1.18	0.97
	最大	30.0	28.3	33.73	33.85	8.8	8.42	10.07	10.20	2.96	1.51
	最小	6.5	6.5	19.87	30.83	2.0	8.14	6.29	4.33	0.55	0.35
6 豊 前	平均	17.1	16.5	31.27	32.65	4.2	8.18	8.00	7.39	1.61	0.78
	最大	30.0	28.3	33.62	33.75	7.5	8.31	9.81	10.00	7.53	1.55
	最小	6.9	6.9	18.30	30.79	1.0	8.10	6.01	3.79	0.24	0.21

(6) COD

表層では0.24~7.86mg/lの範囲にあった。各点の最大値は1.68~7.86mg/lであり、St. 1で7月に、St. 3で6月に、その他の調査点では10月に観測された。各点の最低値は0.24~0.55mg/lであり、全点で9月に観測された。

底層では0.21~2.09mg/lの範囲にあった。各点の最大値は1.33~2.09mg/lであり、St. 1とSt. 3からSt. 5で2月に、その他の調査点では10月に観測された。各点の最低値は0.21~0.53mg/lであり、St. 1とSt. 6で12月に、St. 5で4月に、その他の調査点では9月に観測された。

2. 生物モニタリング調査

方 法

調査は平成7年5月8日、8月23日、11月20日及び平成8年3月1日の年4回、5点において行った。調査点を図2に示す。

表層水温、泥温、底層水のDO濃度を現場で測定した。また、採取法は冷蔵して、実験室に持ち帰った後、全硫

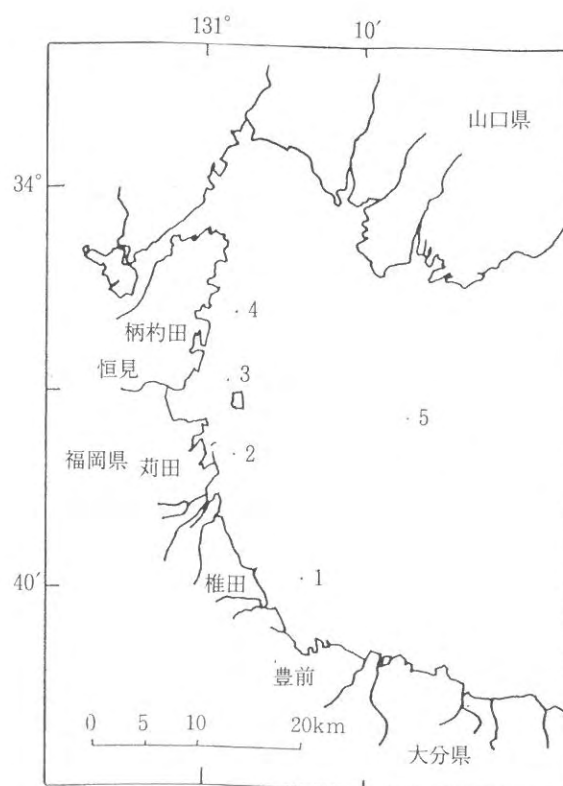


図2 調 査 点

化物及びCODを測定した。

底生動物の採集はスミスマッキンタイヤ型採泥器(22cm×22cm)を用いて行い、1mm目のネットでふるい、残留物を10%ホルマリンで固定し、実験室に持ち帰った後、個体の計数及び湿重量を測定した。

結 果

(1) 海域環境

水深は、St. 1～4の沿岸域で7.4～10.2m、St. 5の沖合で22.9～24.1mの範囲であった。

底質は全点泥であった。

表層水温は、最低が3月のSt. 1で7.5℃、最高が8月のSt. 1とSt. 3で29.7℃であった。

泥温は、最低が3月のSt. 1で8.2℃、最高が8月のSt. 4で28.5℃であった。

全点平均によるDO(底層)、全硫化物及びCODの季節変化を図3に示す。

DOは、全点平均で3.59～9.57mg/lの範囲であり、8月に最低値を示した。

全硫化物は、全点平均で0.46～1.07mg/g乾泥の範囲にあり、夏季に高く、冬季に低い傾向を示した。最大値は、8月のSt. 2で1.51mg/g乾泥であった。また、St. 2は定点別で最も高かった。St. 1とSt. 5では、大きな季節変化はみられなかった。

CODは、全点平均で36.7～51.7mg/lの範囲にあり、春季に高く、冬季に低い傾向を示した。定点別では、St. 1で高く平均で60.3mg/lであり、St. 4で低く平均で31.7mg/lであり、約2倍の差があった。

(2) 底生動物の出現状況

底生動物は秋季から春季にかけて増加し、春季に個体数及び湿重量ともに最も増加し、夏季に最も減少する傾向を示した。

各月における調査点別の底生動物の個体数及び湿重量の変化を図4及び図5に示す。

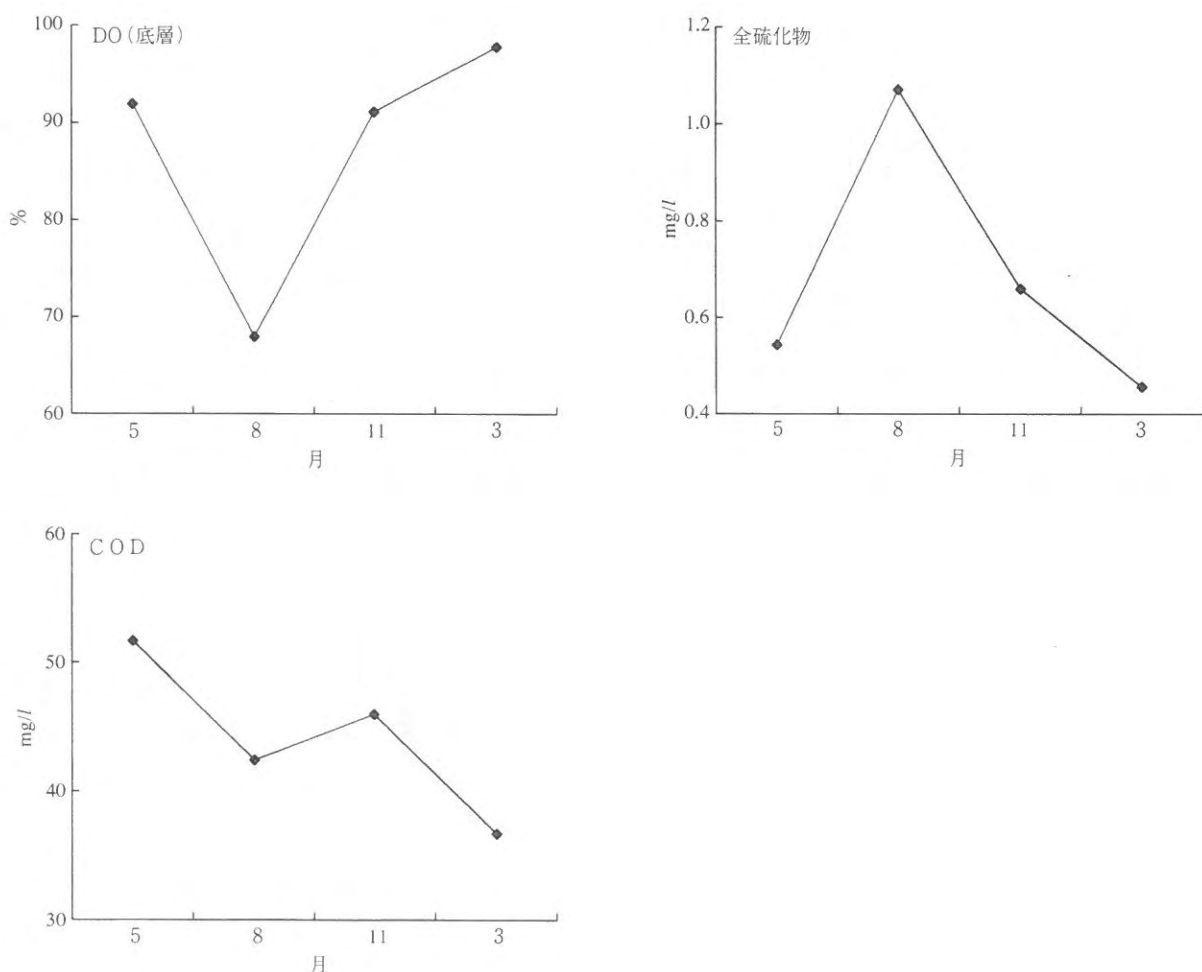


図3 全調査点平均によるDO(底層)、全硫化物及びCODの季節変化

5月には300~2,180個/m²の範囲で底生動物が出現し、全点で貝類と多毛類が優占していた。汚染指標種のシズクガイが全点で出現し、貝類の個体数の25~80%を占めていた。甲殻類ではクマ類が優先し、St. 5で最も多く出現した。

8月には、0~680個/m²の範囲で出現し、5月の値と比較すると個体数及び湿重量とも大きく減少した。St. 3では、多毛類が多く出現し、スピオ科の類が優占した。

11月には、70~1030個/m²の範囲で出現し、St. 2で個体数及び湿重量とも大きく増加した。全点で貝類と多毛類が多く出現した。汚染指標種は全点で出現し、シズ

クガイが貝類の70~100%を占めた。

3月には、420~1,850個/m²の範囲で出現した。全点で貝類と多毛類が多く出現したが、St. 4とSt. 5では甲殻類が多く、クマ類が優占していた。汚染指標種は全点で出現し、シズクガイが貝類の60~100%を占めた。

夏季における底生動物が減少は、貧酸素水塊やそれに伴う硫化物の増加による底質環境の悪化が起因していることが考えられる。

汚染指標種のシズクガイが、全ての底生動物が減少する夏季を除き、ほぼ周年にわたり豊前海全域で出現した。

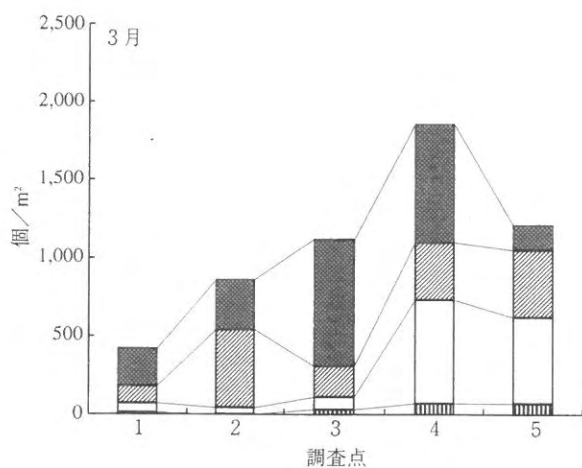
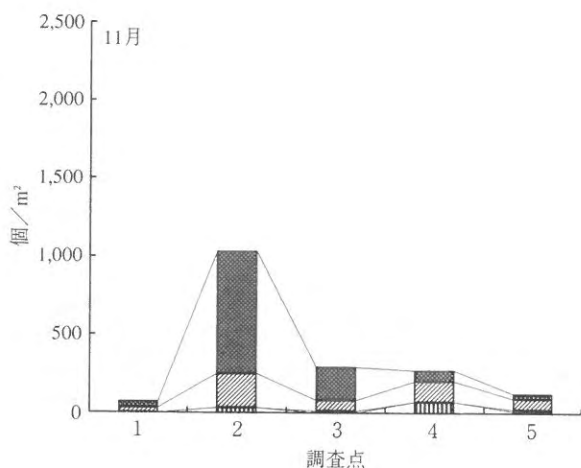
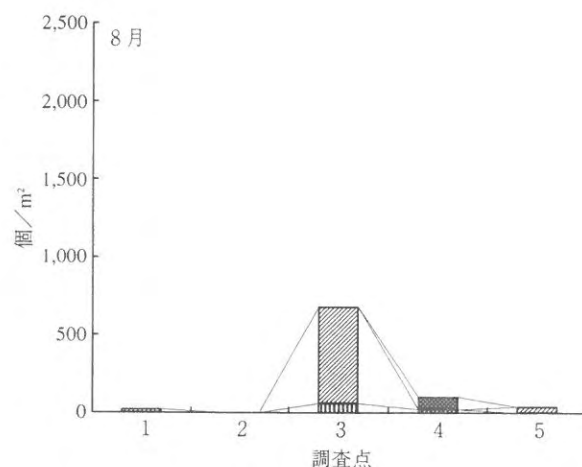
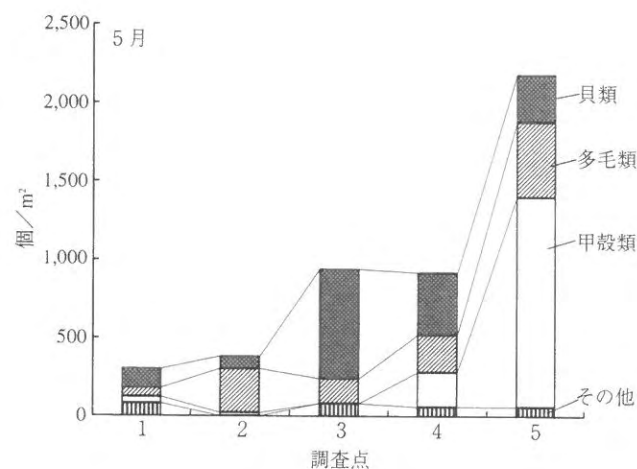


図4 調査点別、底生動物（個体数）の季節変化

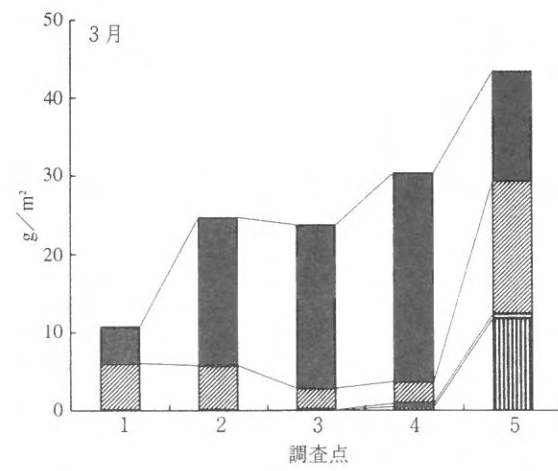
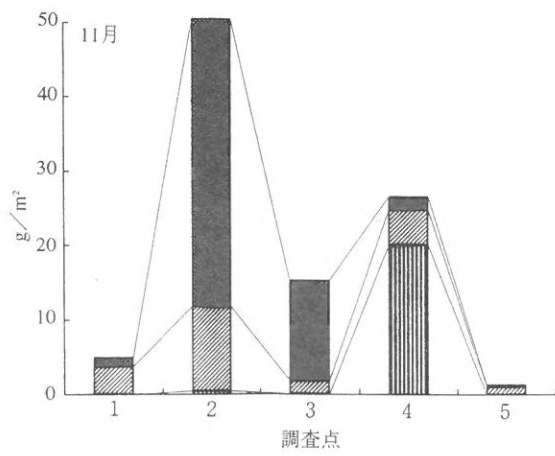
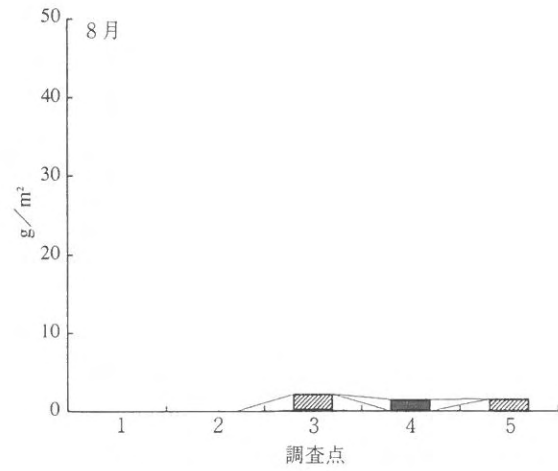
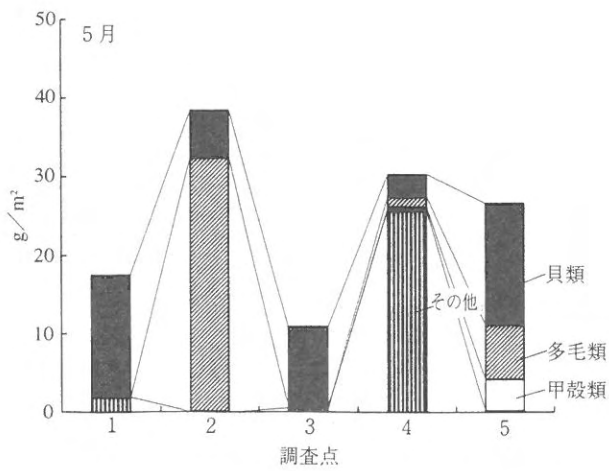


図5 調査点別、底生動物（湿重量）の季節変化

造成漁場環境調査

佐藤 博之・神蘭 真人・江藤 拓也

豊前海では昭和63年以降、10m以浅の浅海域に軟弱地盤域での漁場造成を目的として魚礁が設置されている。

試験を行った魚礁は築上郡椎田町地先にあり、軟泥上に形の異なる魚礁が3基投入されている。本調査では、魚礁付近の水質環境の観測及び軟泥上魚礁において魚類の蝸集試験を行った。

方 法

水質観測点及び魚礁の設置地点を図1に示す。水質観測は、貧酸素水塊が形成される5月30日から8月29日に毎週1回行い、水温、塩分及び溶存酸素濃度を測定した。水温及び塩分は水深1mごとに、溶存酸素濃度は表層、5m層及び底層を測定した。

蝸集試験では、図2に示す中層魚礁を設置した。中層魚礁は、塩化ビニル製のパイプで1.2×1.2mの方型格子

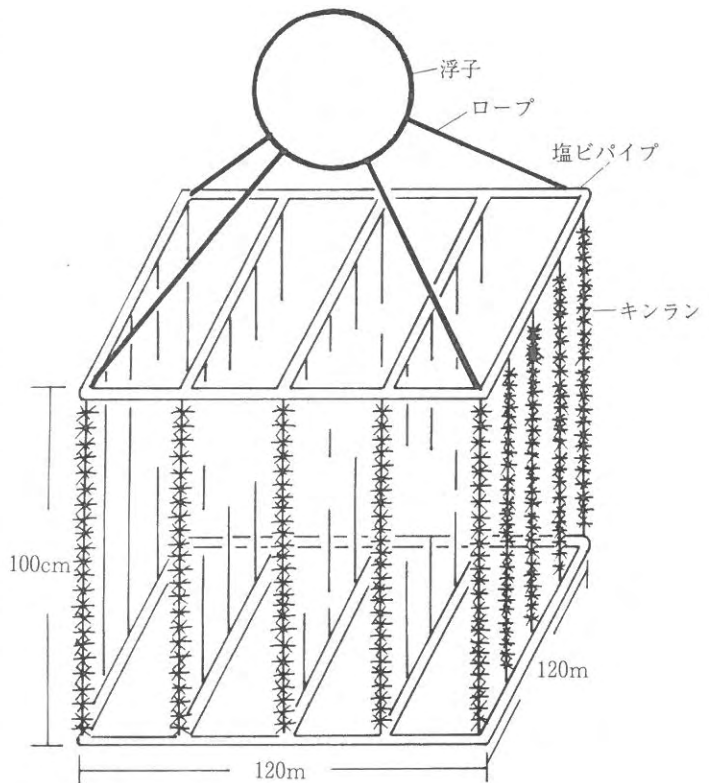


図2 中層魚礁の構造

枠を作製し、1mのキンランを30cm間隔で方型枠につなぎ、これを軟泥上魚礁上部に取り付け、浮子によって立ち上げた。

結果及び考察

1. 環境調査

6～8月の観測点での表・底層の水温、塩分を図3に示す。

表層では、水温は18.94～29.94℃の範囲で、最高値は8月8日であり、塩分は23.74～32.45の範囲で、最高値は6月20日、最低値は7月4日であった。底層では、水温は18.14～27.74℃の範囲で、最高値は8月29日であり、塩分は30.03～32.97の範囲で、最高値は6月27日、最低値は7月25日であった。

同期間の密度及び溶存酸素濃度の鉛直変化を図4に示す。



図1 調査点

密度成層は7月4日から18日、8月8日に強く発達した。底層の溶存酸素濃度は、7月11日から18日及び8月22日に底上2～3m以深で2mg/l以下であった。豊前

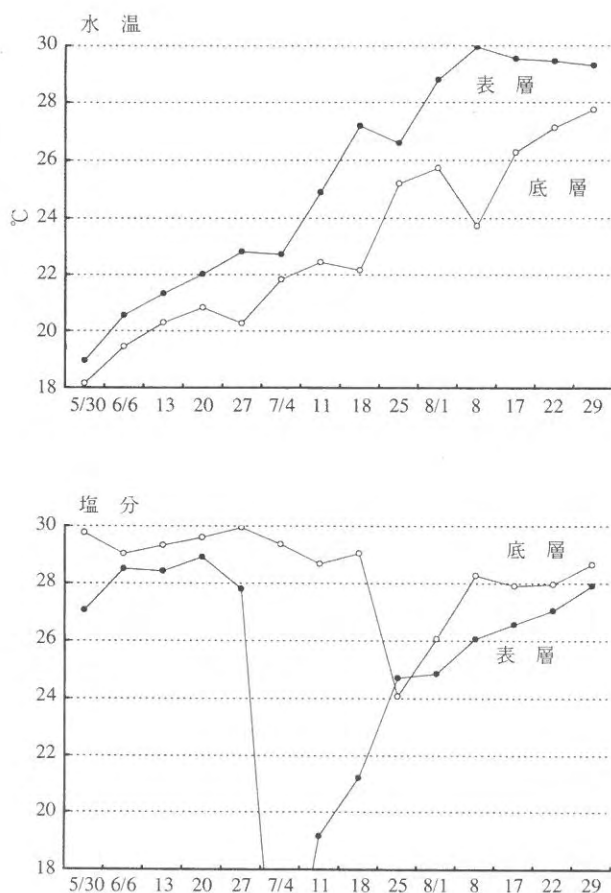


図3 水温・塩分の変化

海では夏季において底上2～3m以深で、溶存酸素濃度が減少する¹⁾。調査を行った魚礁群は高さが2m以内であるため、貧酸素水塊の形成により、そこに生息する動物に大きな影響を与え、移動性の乏しい動物についてはへい死を招く可能性がある²⁾。

2. 蛸集調査

6月26日と9月1日に潜水目視による蛸集調査を行った。6月の調査では、中層魚礁に全長30～40cmのイシダイが約10尾、全長30cm前後のウマズラハギが約15尾蛸集していた。また、垂下したキンランには蛸集魚の餌料となるドロクダムシ等の端脚類やゴカイ等の多毛類の付着がみられた。

9月の調査では、全長10～15cmのイシイが約20尾蛸集していた。2回の調査とも中層魚礁周辺以外では、魚群は確認できなかった。このことから魚礁自体に高さが必要であることが推察された。

今回の調査では、蛸集が観察された魚種はイシダイとウマズラハギのみであったが、豊前海は藻場や天然礁が極めて少ないため、簡易な構築物でも魚礁として有効であることが示唆された。

文 献

- 1) 神園真人・吉田幹英・荒田敏生：福岡県豊前水産試験場研究報告第4号，185-197
- 2) 小坂敦夫：瀬戸内海的环境，恒星社厚生閣，156-160

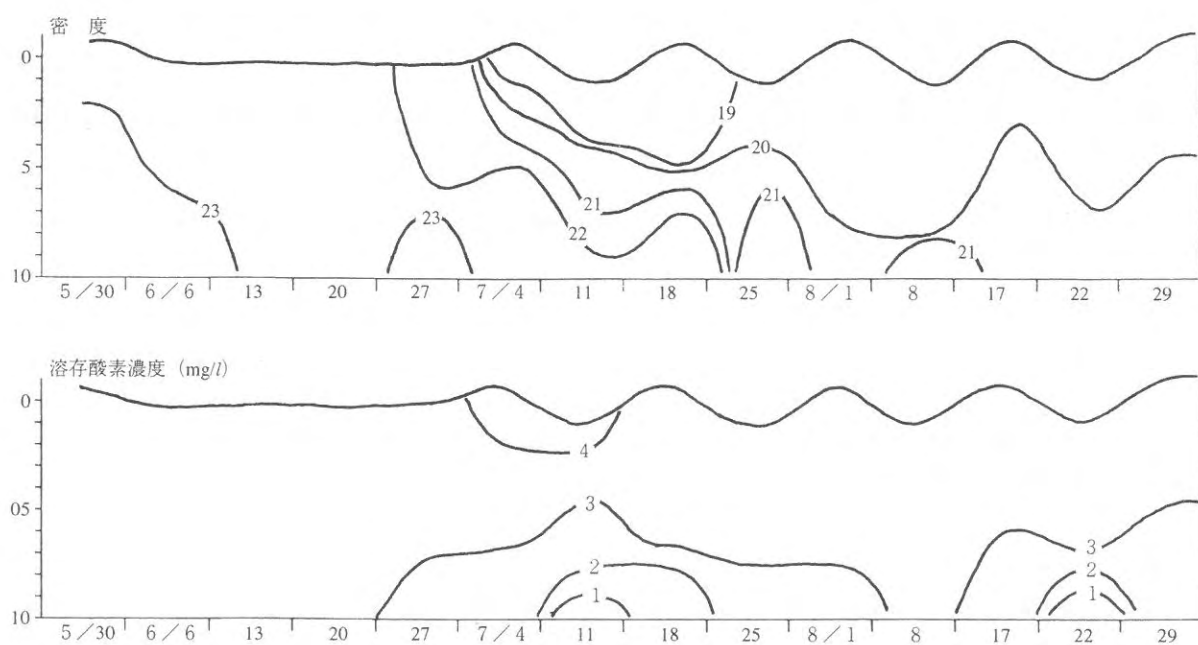


図4 密度及び溶存酸素濃度の鉛直変化

広域総合水質調査

江藤 拓也・神蘭 真人・佐藤 博之

本調査は、環境庁が瀬戸内海の水質汚濁の実態を把握し、総合的な水質汚濁防止対策をはかるため、福岡県（環境保全課）に委託して行ったものであり、当研究所がその一部を担当したので、その結果について報告する。

方 法

調査定点は図1に示した4点である。調査は平成7年5月16日、7月18日、10月17日および平成8年1月16日に実施した。

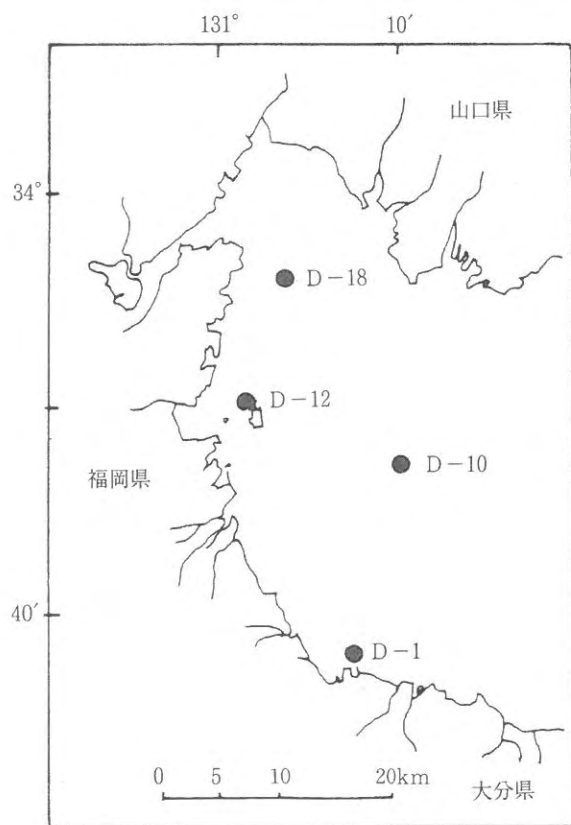


図1 調査点

測定用試料は、各調査点とも0 m, B-2 m層から採取した。調査項目は、気象、海象、一般項目（水温、塩分、水色、透明度、pH、DO、COD、クロロフィルa）、栄養塩類（T-P, T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ）およびプランクトン調査である。

結 果

当研究所で担当した各定点における水質測定結果および各項目の最小値、最大値、平均値を表1に示した。

項目別にみると、水温の年平均値は、D-1は平年（D-1：18.4℃）並み、D-10, D-12, D-18は平年（D-10：17.9℃, D-12：18.3℃, D-18：18.8℃）と比べ、0.4～1.5℃低めで推移した。

塩分の年平均値は、D-1は平年（D-1：31.62）と比べ、0.62低め、D-10, D-12, D-18は平年（D-10：32.13, D-12：32.02, D-18：32.37）と比べ、0.32～0.51高めで推移した。

pHの年平均値は、各調査点ともに平年（D-1：8.26, D-10：8.27, D-12：8.29, D-18：8.27）と比べ、0.03～0.11mg/l低めで推移した。

DOの年平均値は、各調査点ともに平年（D-1：7.66 mg/l, D-10：7.45mg/l, D-12：7.72mg/l, D-18：7.48mg/l）並みで推移した。

CODの年平均値は、各調査点ともに平年（D-1：1.54mg/l, D-10：1.44mg/l, D-12：1.51mg/l, D-18：1.41mg/l）と比べ、0.07～0.28mg/l高めで推移した。

DINの年平均値は、D-1, D-10, は平年（D-1：0.023mg/l, D-10：0.020mg/l）並み、D-12, D-18は平年（D-12：0.029mg/l, D-18：0.081mg/l）と比べ、0.014～0.017mg/l低めで推移した。

T-Nの年平均値は、D-1, D-12は平年（D-1：0.275mg/l, D-12：0.284mg/l）と比べ、0.024～0.039 mg/l高め、D-10, D-18は平年（D-10：0.242mg/l, D-18：0.315mg/l）並みで推移した。

$\text{PO}_4\text{-P}$ の年平均値は、各調査点ともに平年（D-1：0.004mg/l, D-10：0.012mg/l, D-12：0.004mg/l, D-18：0.005mg/l）並みで推移した。

T-Pの年平均値は、各調査点ともに平年（D-1：0.021mg/l, D-10：0.020mg/l, D-12：0.022mg/l, D-18：0.022mg/l）並みで推移した。

クロロフィルa量の年平均値は、D-1, D-10は平

年 (D-1 : 4.41mg/m³, D-10 : 3.56mg/m³) 並み,
D-12, D-18は平年 (D-12 : 5.92mg/m³, D-18 : 5.62
mg/m³) と比べ, 0.56~0.99mg/m³高めで推移した。

表1 各定点の測定値および各項目の最小, 最大, 平均値

調査点	調査日	採水層	水温 ℃	塩分	pH	DO mg/l	COD mg/l	DIN mg/l	T-N mg/l	PO ₄ -P mg/l	T-P mg/l	クロロフィルa mg/m ³
D-1	H 7.5.16	0 m	17.4	30.82	8.35	7.63	1.78	0.068	0.322	0.007	0.018	4.38
		B-2 m	17.4	31.59	8.35	7.50	1.75	0.069	0.315	0.006	0.015	3.14
	7.18	0 m	27.3	28.48	8.32	7.11	1.64	0.005	0.332	0.018	0.019	6.80
		B-2 m	27.2	28.94	8.25	6.45	1.91	0.007	0.258	0.016	0.015	4.60
	10.17	0 m	21.4	31.13	8.12	6.87	1.71	0.011	0.417	0.002	0.044	5.19
		B-2 m	21.4	31.21	8.15	7.09	1.76	0.018	0.445	0.002	0.034	4.35
	H 8.1.16	0 m	7.6	32.63	8.15	9.67	2.24	0.013	0.211	0.001	0.021	4.25
		B-2 m	7.4	33.22	8.13	9.67	1.75	0.008	0.211	0.002	0.021	4.57
	最小値		7.4	28.48	8.12	6.45	1.64	0.007	0.211	0.001	0.015	3.14
	最大値		27.3	33.22	8.35	9.67	2.24	0.069	0.445	0.018	0.044	6.80
	平均値		18.4	31.00	8.23	7.75	1.82	0.025	0.314	0.007	0.023	4.66
D-10	H 7.5.16	0 m	15.6	33.05	8.34	8.38	1.52	0.021	0.229	0.005	0.011	1.71
		B-2 m	14.7	33.56	8.35	8.20	1.98	0.023	0.211	0.005	0.013	6.00
	7.18	0 m	26.7	28.80	8.33	7.18	1.54	0.004	0.271	0.014	0.014	2.48
		B-2 m	19.3	33.27	8.00	5.18	1.22	0.022	0.298	0.025	0.014	8.10
	10.17	0 m	21.8	31.92	8.23	7.65	1.40	0.014	0.274	0.001	0.016	2.03
		B-2 m	21.7	31.93	8.24	7.59	1.52	0.012	0.337	0.001	0.021	5.03
	H 8.1.16	0 m	10.1	33.48	8.08	8.85	1.35	0.020	0.184	0.006	0.019	0.89
		B-2 m	8.5	33.78	8.07	9.06	1.82	0.021	0.182	0.005	0.018	0.45
	最小値		8.5	28.80	8.00	5.18	1.22	0.004	0.182	0.001	0.011	0.45
	最大値		26.7	33.78	8.35	9.06	1.98	0.023	0.337	0.025	0.021	8.10
	平均値		17.3	32.47	8.21	7.76	1.54	0.017	0.248	0.008	0.016	3.34
D-12	H 7.5.16	0 m	17.1	32.64	8.40	7.56	1.71	0.025	0.289	0.006	0.012	4.09
		B-2 m	16.3	33.01	8.42	7.73	1.75	0.030	0.265	0.006	0.018	3.95
	7.18	0 m	24.9	30.36	8.22	7.90	1.82	0.004	0.352	0.018	0.019	7.60
		B-2 m	23.4	31.17	8.14	3.01	1.76	0.006	0.442	0.030	0.030	1.14
	10.17	0 m	21.7	32.05	8.24	8.50	1.62	0.005	0.362	0.005	0.017	0.92
		B-2 m	21.5	32.07	8.26	8.41	1.47	0.010	0.349	0.002	0.016	7.54
	H 8.1.16	0 m	9.2	33.62	8.11	8.90	1.56	0.016	0.193	0.003	0.017	2.65
		B-2 m	8.9	33.82	8.10	9.06	1.31	0.026	0.212	0.003	0.020	3.93
	最小値		8.9	30.36	8.10	3.01	1.31	0.004	0.193	0.002	0.012	2.65
	最大値		24.9	33.82	8.42	9.06	1.82	0.030	0.442	0.030	0.030	1.14
	平均値		17.9	32.34	8.24	7.63	1.63	0.015	0.308	0.009	0.019	6.48
D-18	H 7.5.16	0 m	16.1	32.59	8.37	7.89	1.85	0.054	0.335	0.004	0.015	8.20
		B-2 m	15.9	33.00	8.41	7.85	1.84	0.041	0.277	0.005	0.018	9.85
	7.18	0 m	23.4	31.63	8.10	6.44	1.36	0.061	0.375	0.019	0.023	5.27
		B-2 m	20.0	32.95	8.05	4.97	1.29	0.051	0.284	0.026	0.023	4.64
	10.17	0 m	22.1	32.37	8.12	7.38	1.47	0.039	0.331	0.002	0.027	8.99
		B-2 m	21.9	32.37	8.12	7.26	1.29	0.052	0.355	0.003	0.019	6.51
	H 8.1.16	0 m	9.4	34.01	8.07	8.90	1.41	0.108	0.258	0.003	0.023	4.88
		B-2 m	9.5	34.12	8.06	9.47	1.35	0.102	0.259	0.005	0.023	4.51
	最小値		9.43	1.63	8.05	4.97	1.29	0.039	0.258	0.002	0.015	4.51
	最大値		23.4	34.12	8.41	9.47	1.85	0.108	0.375	0.026	0.027	9.85
	平均値		17.3	32.88	8.16	7.52	1.48	0.064	0.309	0.008	0.021	6.61

水質監視測定調査事業

江藤 拓也・神蘭 真人・佐藤 博之

公共用水域の水質汚濁防止を目的として、福岡県が行う豊前海の水質監視測定調査の一部を分担し、調査を実施した。この調査は福岡県環境整備局の委託によって行ったものであり、その結果を報告する。

なお、当海域は公害対策基本法の第9条により水産1級を含むA類型の水質の達成維持が指定されている。

方 法

調査は、図1に示す3定点で、平成7年5月16日、7月18日、10月17日および平成8年1月16日に実施した。

試料の採取は、満潮時および干潮時に各調査点の0mと5m層で行った。

当研究所担当の調査項目は、気象、海象、生活環境項目(pH、DO、COD、全窒素、全リン)である。なお、

生活環境項目の大腸菌とN-ヘキサン抽出物質、健康項目、特殊項目については、福岡県保健環境研究所が分析を担当した。

結 果

当研究所で担当した各定点における水質測定結果および各項目の最小値、最大値、平均値を表1に示した。

項目別にみると、pHの年平均値は、各調査点ともに前年(平成6年度の年平均値S-2:8.26, S-3:8.29, S-4:8.28)とほぼ同様の値で推移し、A類型の基準値7.80~8.30の範囲内であった。

DOの年平均値は、各調査点ともに前年(平成6年度の年平均値S-2:7.70mg/l, S-3:7.73mg/l, S-4:7.61mg/l)と比較して0.35~0.58mg/l高めで推移し、A類型の基準値7.5mg/l以上を満たしていた。

CODの年平均値は、各調査点ともに前年(平成6年度の年平均値S-2:1.53mg/l, S-3:1.48mg/l, S-4:1.59mg/l)と比較して0.10~0.29mg/l高めで推移し、A類型の基準値2mg/l以下を満たしていた。

SSの年平均値は、各調査点ともに前年(平成6年度の年平均値S-2:6.25mg/l, S-3:6.88mg/l, S-4:8.50mg/l)と比較して4.69~5.13mg/l低めで推移した。

T-Nの年平均値は、各調査点ともに前年(平成6年度の年平均値S-2:0.214mg/l, S-3:0.190mg/l, S-4:0.223mg/l)と比較して0.068~0.132mg/l高めで推移した。

T-Pの年平均値は、各調査点ともに前年(平成6年度の年平均値S-2:0.018mg/l, S-3:0.014mg/l, S-4:0.019mg/l)とほぼ同様の値で推移した。

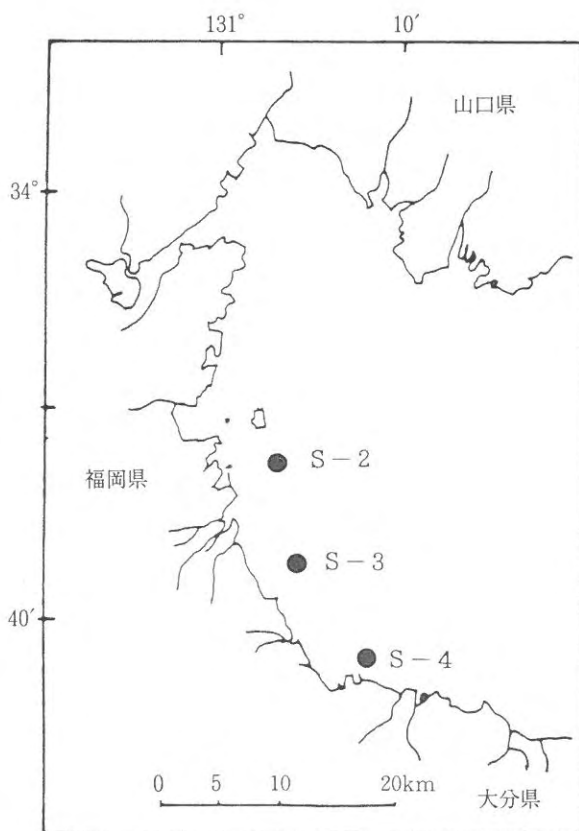


図1 調査点

表1 各定点の測定値および各項目の最小、最大、平均値

調査点	調査日	干満	採水層	pH	DO mg/l	COD mg/l	SS mg/l	T-N mg/l	T-P mg/l
S-2	H 7.5.16	干潮	0 m	8.40	7.44	1.75	3.00	0.312	0.015
			5 m	8.41	7.51	1.85	3.00	0.286	0.014
		満潮	0 m	8.42	7.66	1.71	1.00	0.255	0.012
			5 m	8.42	7.77	1.69	2.00	0.244	0.012
	7.18	干潮	0 m	8.32	7.54	1.70	1.00	0.311	0.015
			5 m	8.28	7.74	1.69	2.00	0.374	0.019
		満潮	0 m	8.34	8.48	1.67	1.00	0.290	0.016
			5 m	8.26	8.06	1.73	2.00	0.337	0.007
	10.17	干潮	0 m	8.26	8.03	1.26	2.00	0.306	0.016
			5 m	8.25	8.17	1.45	2.00	0.375	0.018
		満潮	0 m	8.28	8.66	1.44	1.00	0.319	0.016
			5 m	8.29	8.62	1.36	1.00	0.317	0.016
	H 8.1.16	干潮	0 m	8.11	9.04	1.79	0.00	0.195	0.024
			5 m	8.10	9.15	1.56	0.00	0.190	0.017
		満潮	0 m	8.10	9.28	1.79	2.00	0.187	0.021
			5 m	8.09	9.37	1.56	2.00	0.216	0.019
	最小値	最大値	平均値	8.09	7.44	1.26	0.00	0.187	0.007
			平均値	8.42	9.37	1.79	3.00	0.375	0.024
			平均値	8.27	8.28	1.63	1.56	0.282	0.016
S-3	H 7.5.16	干潮	0 m	8.39	7.76	1.71	2.00	0.294	0.012
			5 m	8.40	7.82	1.80	1.00	0.275	0.012
		満潮	0 m	8.42	7.74	2.05	1.00	0.276	0.013
			5 m	8.42	7.79	1.75	1.00	0.273	0.012
	7.18	干潮	0 m	8.34	7.36	1.29	0.00	0.258	0.014
			5 m	8.36	7.38	1.43	1.00	0.280	0.017
		満潮	0 m	8.31	7.39	1.47	1.00	0.258	0.013
			5 m	8.26	7.61	1.33	1.00	0.253	0.014
	10.17	干潮	0 m	8.24	7.91	1.66	3.00	0.427	0.016
			5 m	8.26	8.14	1.20	8.00	0.509	0.018
		満潮	0 m	8.26	9.12	1.36	1.00	0.280	0.021
			5 m	8.35	8.72	1.86	5.00	0.363	0.021
	H 8.1.16	干潮	0 m	8.13	9.30	1.86	1.00	0.244	0.016
			5 m	8.14	9.35	1.56	1.00	0.207	0.016
		満潮	0 m	8.13	9.18	1.52	0.00	0.192	0.017
			5 m	8.13	9.33	1.70	1.00	0.177	0.019
	最小値	最大値	平均値	8.13	7.36	1.20	0.00	0.177	0.012
			平均値	8.42	9.35	2.05	8.00	0.509	0.021
			平均値	8.28	8.24	1.60	1.75	0.285	0.016
S-4	H 7.5.16	干潮	0 m	8.35	7.87	2.04	7.00	0.453	0.019
			5 m	8.38	7.88	2.07	6.00	0.479	0.017
		満潮	0 m	8.35	7.68	1.94	1.00	0.385	0.018
			5 m	8.35	7.59	1.71	1.00	0.313	0.015
	7.18	干潮	0 m	8.35	6.99	1.73	2.00	0.277	0.018
			5 m	8.31	6.83	1.52	3.00	0.299	0.021
		満潮	0 m	8.30	7.79	1.73	2.00	0.306	0.017
			5 m	8.31	7.51	1.77	4.00	0.318	0.023
	10.17	干潮	0 m	8.14	6.91	1.78	9.00	0.539	0.032
			5 m	8.14	6.77	1.54	6.00	0.451	0.033
		満潮	0 m	8.22	8.21	1.76	2.00	0.442	0.031
			5 m	8.22	7.91	3.24	10.00	0.519	0.049
	H 8.1.16	干潮	0 m	8.14	9.30	1.86	2.00	0.238	0.021
			5 m	8.14	9.55	1.93	1.00	0.205	0.021
		満潮	0 m	8.14	9.12	1.75	1.00	0.213	0.021
			5 m	8.13	9.48	1.75	2.00	0.248	0.022
	最小値	最大値	平均値	8.13	6.77	1.52	1.00	0.205	0.015
			平均値	8.38	9.55	3.24	10.00	0.519	0.049
			平均値	8.25	7.96	1.88	3.69	0.355	0.024

貝毒成分・有害プランクトン等モニタリング事業

江藤 拓也・神蘭 真人・佐藤 博之

1. 貝毒成分等モニタリング事業

福岡県豊前海における貝類の特殊プランクトンによる毒化を監視するとともに、毒化原因プランクトンの出現動向の把握を行い、漁業被害の軽減と消費者の不安を未然に防止する。

方 法

(1) 調査期間および調査回数

平成7年5, 6, 7, 8, 9, 12月および平成8年1, 2月の8回

(2) 調査対象貝類

アサリ, カキ

(3) 調査点

図1に示す2点で行った。



図1 調査水域およびプランクトン調査点

(4) 調査項目および方法

1) 麻痺性および下痢性毒の監視

アサリ, カキの麻痺性および下痢性毒の検査については、(財)日本冷凍食品検査協会福岡営業所に委託して行った。

2) 原因プランクトンの出現状況

Alexandrium 属, *Dinophysis* 属, *Gymnodinium* 属を対象として、海水1lを2~5mlに濃縮した後、その全量を検鏡した。

結 果

(1) 毒化状況(表1)

本年度は、アサリ, カキともに麻痺性および下痢性の毒化は認められなかった。

(2) 原因プランクトンの出現状況および水質環境(表2)

1) *Alexandrium* 属および *Gymnodinium* 属

麻痺性貝毒の原因プランクトンである *Alexandrium tamarense*, *Alexandrium catenella*, *Gymnodinium catenatum* の出現は、調査期間を通じて認められなかった。

2) *Dinophysis* 属

D. fortii は10月に出現が認められたが、その他の月では認められなかった。出現細胞数は10月の表層で2 cells/l出現していた。

D. acuminata は9, 11, 3月を除いて観測を行ったすべての月で出現が認められた。出現細胞数は6月の表層と5m層で最も多くそれぞれ46cells/l, 次いで8月の5m層で24cells/l出現していた。

3) 水質環境

アサリ採取点に最も近い定点(St.11)における5~10月, カキ採取点に最も近い定点(St.13)における11~3月の表層, 5m層でのそれぞれの水温, 塩分の観測結果をみると、アサリ検体を採取した5月から10月までの水温は、13~21℃台であった。カキ検体を採取した11月から3月までの水温は7~16℃台であった。

5月から10月までの塩分は30.7~33.6の範囲であり、11月から3月までは33.0~34.0の範囲であった。

表1 アサリ、カキの毒化モニタリング結果

貝の種類			採取月日	検査月日	麻痺性毒力 (MU/g) 可食部	下痢性毒力 (MU/g) 可食部
アサリ	殻長平均	32.6mm	平成7年	平成7年	ND	ND
	殻高平均	23.9mm	5月15日	7月15～18日		
	重量平均	8.1g				
〃	殻長平均	34.0mm	平成7年	平成7年	ND	ND
	殻高平均	24.8mm	6月16日	6月17～21日		
	重量平均	9.2g				
〃	殻長平均	29.9mm	平成7年	平成7年	ND	ND
	殻高平均	22.8mm	7月21日	7月21～25日		
	重量平均	7.0g				
〃	殻長平均	30.7mm	平成7年	平成7年	ND	ND
	殻高平均	22.8mm	8月25日	8月28～9月1日		
	重量平均	6.6g				
〃	殻長平均	30.5mm	平成7年	平成7年	ND	ND
	殻高平均	22.3mm	9月26日	9月26～10月2日		
	重量平均	5.9g				
カキ	殻長平均	113.2mm	平成7年	平成7年	ND	ND
	殻高平均	55.9mm	12月7日	12月7～12日		
	重量平均	87.0g				
〃	殻長平均	105.9mm	平成8年	平成8年	ND	ND
	殻高平均	59.1mm	1月18日	1月19～23日		
	重量平均	81.7g				
〃	殻長平均	109.7mm	平成8年	平成8年	ND	ND
	殻高平均	61.2mm	2月9日	2月14～19日		
	重量平均	85.5g				

ND：検出限界値以下

考 察

当海域では、麻痺性貝毒原因種の *Alexandrium tamarense*, *Alexandrium catenella* および *Gymnodinium catenatum* の出現は、昨年引きつづき認められなかった。しかし、近年、広島県の広島湾では *Alexandrium tamarense*, 山口県の仙崎湾では *Gymnodinium catenatum* により二枚貝が毒化しており、今後も監視が必要である。一方、下痢性貝毒原因種の *Dinophysis* 属は当海域で水温上昇期を中心に出現しており、今後もこの時期に重点を置いてモニタリングを行うことが必要であると考えられる。

2. 有害プランクトン等モニタリング事業

赤潮に関する調査並びに情報の収集、交換を行うことにより、沿岸における漁場の保全および漁業被害の防止・軽減を図る。

方 法

調査は平成7年4月から平成8年3月まで月1回、図2に示す6定点で、海象、水質、プランクトン調査を実施した。赤潮の発生状況は、関係漁協からの通報、赤潮発見者からの情報に基づいてその都度確認するとともに、浅海定線調査、赤潮調査事業等による調査時、及び漁業取締船による情報をもとに発生状況の把握に努めた。

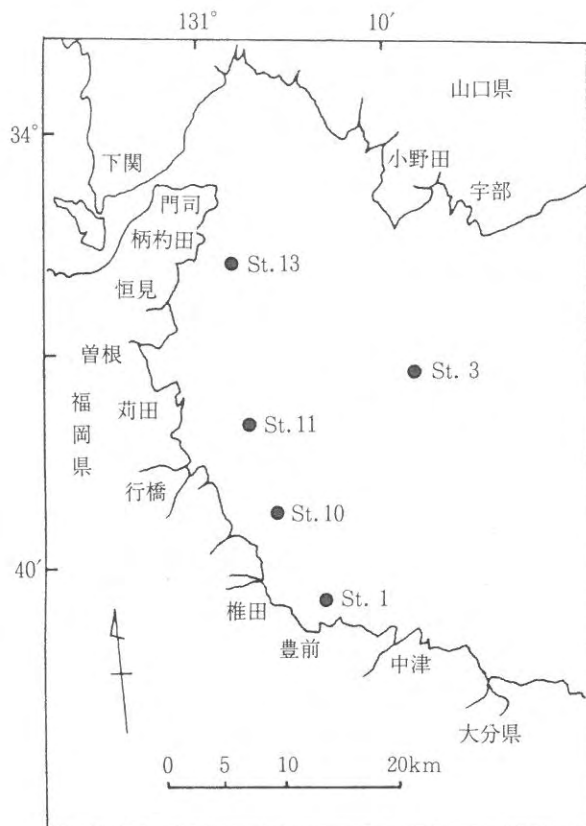


図2 調査定点

結果および考察

(1) 赤潮発生状況

赤潮の発生状況を表3および図3に示す。発生件数は5件で前年より2件少なかった。漁業被害を伴うものはなかった。その内容は、行橋市沿岸域（4月5～6日）と築上郡築城町～豊前市沿岸域（7月25～27日）で *Noctiluca scintillans* による赤潮、北九州市柄杓田～豊前市沿岸域（7月5～10日）で *Heterosigma akashiwo* による赤潮、北九州市柄杓田～京都郡苅田町（7月11～12日）で *Skeletonema costatum* による赤潮、京都郡苅田町～豊前市沿岸域と築上郡築城町沖合域（9月12～18日）で *Gonyaulax polygramma* による赤潮であった。

(2) 水質環境

調査日別の水質測定結果をを表4に示す。

水温は表層平均7.7～29.0℃、底層平均7.6～26.1℃の範囲で推移していた。

塩分は表層平均29.81～33.64、底層平均31.45～33.73の範囲で推移していた。

酸素飽和度は表層平均95.4～114.6%、底層平均57.4～102.4%の範囲で推移していた。

表2 貝毒原因プランクトンの出現状況および水質環境

調査月日	調査点	観測層	<i>D. fortii</i> (cells/l)	<i>D. acuminata</i> (cells/l)	水温 (℃)	塩分
平成7年	4月17日	表層	—	4	13.5	33.54
		5 m層	—	18	13.2	33.59
	5月16日	表層	—	10	16.9	32.38
		5 m層	—	16	16.2	32.88
	6月14日	表層	—	46	20.9	32.36
		5 m層	—	46	20.7	32.42
	7月19日	表層	—	4	25.3	30.19
		5 m層	—	14	24.5	30.77
	8月18日	表層	—	10	29.1	31.59
		5 m層	—	24	28.3	31.80
	9月12日	表層	—	—	26.7	30.69
		5 m層	—	—	26.7	30.69
平成8年	10月17日	表層	2	10	21.8	31.87
		5 m層	—	—	21.5	31.93
	11月14日	表層	—	—	16.6	33.21
		5 m層	—	—	16.6	33.20
	12月18日	表層	—	2	12.4	33.78
		5 m層	—	2	12.4	33.78
	1月16日	表層	—	—	9.3	33.95
		5 m層	—	2	9.3	33.95
	2月19日	表層	—	2	8.0	33.93
		5 m層	—	4	7.9	33.92
	3月25日	表層	—	—	9.6	33.02
		5 m層	—	—	9.8	33.31

—：出現なし

表3 赤潮発生状況

No.	発生時期	発生海域	構成プランクトン	最高細胞数 (cells/ml)	漁業被害
1	H 7.4.5 ~ 4.6	行橋市沿岸域	<i>Noctiluca scintillans</i>	不明	なし
2	7.5 ~ 7.10	北九州市柄杓田 ~ 豊前市沿岸域	<i>Heterosigma akashiwo</i>	10,000	なし
3	7.11 ~ 7.12	北九州市柄杓田 ~ 京都郡苅田町	<i>Skeletonema costatum</i>	10,000	なし
4	7.25 ~ 7.27	築上郡築城町 ~ 豊前市沿岸域	<i>Noctiluca scintillans</i>	300	なし
5	9.12 ~ 10.18	京都郡苅田町 ~ 豊前市沿岸域と 築上郡築城町沖合域	<i>Gonyaulax polygramma</i>	10,000	なし

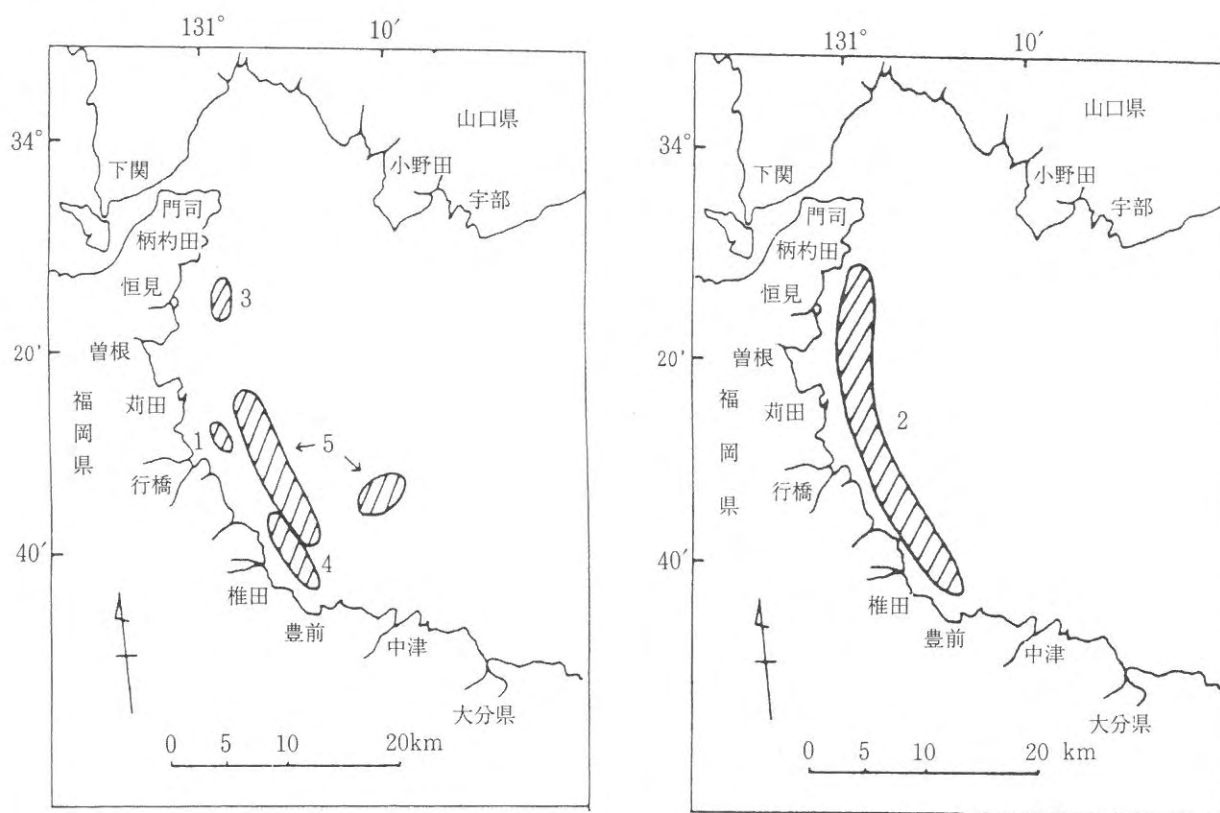


図3 赤潮発生海域(表3と対応)

D I Nは表層平均 $0.25 \sim 2.95 \mu\text{g-at/l}$, 底層平均 $0.85 \sim 2.54 \mu\text{g-at/l}$ で推移していた。一方, D I Pは表層平均 $0.02 \sim 0.56 \mu\text{g-at/l}$, 底層平均 $0.03 \sim 0.66 \mu\text{g-at/l}$ で推移していた。

クロロフィル a は表層平均 $1.86 \sim 5.74 \mu\text{g/l}$, 底層平均 $3.11 \sim 7.02$ の範囲で推移していた。

(3) プランクトン

出現したプランクトンの類別割合は4月から11月は珪

藻類と渦鞭毛藻類の占める割合が高く, 12月から3月は珪藻類の占める割合が高かった。珪藻類の主な出現種は *Leptocylindrus danicus*, *Guinardia flaccida*, *Thalassiosira sp.*, *Coscinodiscus sp.*, *Plurosigma sp.*, *Chaetoceros sp.*, 渦鞭毛藻類では, *Ceratium fusus*, *Ceratium furca*, *Ceratium lineatum*, *Gonyaulax polygramma*, 黄色渦鞭毛藻類では *Dictyocha sp.*, 繊毛虫類では *Tintinnopsis sp.*であった。

表4 調査日別水質測定結果

調査日	地点	水温 (℃)		塩分		酸素飽和度 (%)		DIN ($\mu\text{g-at/l}$)		PO ₄ -P ($\mu\text{g-at/l}$)		クロロフィルa ($\mu\text{g-at/l}$)	
		表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層
H 7 4.17	1	13.9	13.4	32.93	33.46	102.0	95.0	1.31	1.22	0.17	0.93	3.21	4.06
	3	12.0	11.6	33.93	33.90	101.0	100.0	0.65	0.91	0.37	0.18	0.68	2.51
	10	13.4	13.0	33.63	33.61	98.0	97.0	0.68	0.87	0.10	0.14	2.18	3.28
	11	13.5	13.2	33.54	33.60	101.0	98.0	1.12	0.63	0.07	0.09	3.04	6.49
	13	13.6	13.6	33.75	33.77	105.0	103.0	2.56	3.43	0.21	0.06	5.65	8.15
	平均	13.3	13.0	33.56	33.67	101.4	98.6	1.26	1.41	0.18	0.28	2.95	4.90
5.16	1	17.4	17.4	30.82	31.59	96.0	95.0	4.87	4.96	0.21	0.18	4.38	3.14
	3	15.5	13.4	33.01	33.80	103.0	89.0	1.39	1.72	0.15	0.17	2.00	4.01
	10	16.7	16.7	32.47	32.93	97.0	91.0	2.15	2.02	0.14	0.17	3.08	3.53
	11	16.9	16.1	32.38	33.08	96.0	97.0	2.57	1.81	0.17	0.16	3.26	4.00
	13	16.5	16.2	32.73	33.02	99.0	96.0	2.69	2.17	0.19	0.18	9.45	10.33
	平均	16.6	16.0	32.28	32.88	98.2	93.6	2.73	2.54	0.17	0.17	4.43	5.00
6.14	1	21.1	20.9	32.27	32.38	97.0	97.0	1.39	1.33	0.10	0.06	3.69	3.61
	3	19.8	15.5	32.97	33.57	100.0	81.0	0.46	2.11	0.06	0.27	1.48	1.73
	10	20.9	20.7	32.38	32.36	97.0	84.0	0.40	0.29	0.04	0.04	2.69	3.08
	11	20.9	20.6	32.36	32.43	96.0	90.0	0.61	0.55	0.06	0.07	3.72	3.77
	13	20.6	20.3	32.66	32.69	96.0	94.0	0.90	1.82	0.12	0.16	7.21	8.46
	平均	20.7	19.6	32.53	32.69	97.2	89.2	0.75	1.22	0.08	0.12	3.76	4.13
7.19	1	27.1	24.6	28.57	31.47	106.0	47.0	0.19	1.78	0.44	0.74	5.92	2.45
	3	25.3	18.5	30.10	33.47	105.0	85.0	0.25	1.61	0.71	0.85	3.08	1.58
	10	26.7	21.8	28.94	32.68	110.0	56.0	0.21	0.28	0.56	0.44	1.41	7.55
	11	25.3	23.8	30.19	31.34	118.0	59.0	0.22	0.41	0.47	0.58	7.98	3.63
	13	24.1	23.7	31.24	31.37	102.0	72.0	0.36	0.77	0.61	0.68	5.31	7.41
	平均	25.7	22.5	29.81	32.07	108.2	63.8	0.25	0.97	0.56	0.66	4.74	4.52
8.18	1	29.6	27.5	31.30	31.73	113.0	53.0	0.87	0.88	0.20	0.21	1.30	4.84
	3	27.9	21.7	32.07	32.79	110.0	77.0	0.95	1.11	0.13	0.15	0.92	4.57
	10	29.6	25.5	31.47	32.18	116.0	29.0	0.91	1.23	0.08	0.10	0.98	3.31
	11	29.1	27.5	31.59	31.92	115.0	41.0	0.87	1.06	0.07	0.09	3.91	3.35
	13	28.7	28.1	31.94	31.94	119.0	87.0	0.75	1.30	0.15	0.04	2.18	9.07
	平均	29.0	26.1	31.67	32.11	114.6	57.4	0.87	1.12	0.13	0.12	1.86	5.03
9.12	1	27.2	27.2	31.47	31.47	89.0	89.0	0.86	1.28	0.13	0.15	5.98	5.77
	3	26.3	22.5	31.27	32.94	109.0	51.0	0.36	2.57	0.04	0.44	1.85	2.39
	10	26.6	26.6	30.85	31.50	106.0	88.0	0.16	0.23	0.07	0.07	3.68	3.39
	11	26.7	26.6	30.69	30.69	107.0	90.0	0.30	0.21	0.06	0.10	5.52	5.27
	13	25.8	25.7	30.63	30.66	91.0	85.0	5.70	4.91	0.20	0.22	7.35	7.21
	平均	26.5	25.7	30.98	31.45	100.4	80.6	1.48	1.84	0.10	0.20	4.88	4.81
10.17	1	21.4	21.4	31.13	31.21	93.0	96.0	0.77	1.26	0.05	0.06	5.19	4.35
	3	22.4	22.3	32.51	32.54	93.0	89.0	1.25	0.52	0.24	0.15	2.82	3.63
	10	21.6	21.5	31.76	31.82	108.0	110.0	0.51	0.60	0.03	0.02	4.57	5.03
	11	21.8	21.5	31.87	31.95	110.0	108.0	0.42	0.72	0.05	0.04	3.23	4.70
	13	21.9	21.7	32.15	32.16	120.0	115.0	1.07	1.16	0.05	0.08	12.87	5.51
	平均	21.8	21.7	31.88	31.94	104.8	103.6	0.80	0.85	0.08	0.07	5.74	4.64
11.14	1	15.7	16.0	32.43	32.56	95.0	93.0	0.76	0.96	0.09	0.09	2.48	2.63
	3	16.7	15.7	32.76	32.71	99.0	95.0	0.93	1.61	0.17	0.22	3.61	2.60
	10	15.1	15.3	32.14	32.35	96.0	91.0	0.10	0.34	0.06	0.06	2.25	2.52
	11	14.6	14.8	32.19	32.65	95.0	90.0	0.69	0.38	0.06	0.07	4.33	4.39
	13	16.6	16.6	33.21	33.19	92.0	92.0	7.37	6.79	0.31	0.30	3.72	3.64
	平均	15.7	15.7	32.55	32.69	95.4	92.2	1.97	2.02	0.14	0.15	3.28	3.16
12.18	1	9.2	9.5	32.82	32.93	92.0	93.0	2.27	1.69	0.15	0.14	0.66	0.65
	3	12.4	12.0	33.21	33.20	93.0	99.0	0.86	0.99	0.18	0.17	3.32	3.34
	10	9.7	9.8	33.11	33.16	100.0	104.0	0.44	0.54	0.02	0.05	5.45	7.11
	11	10.9	10.9	33.50	33.48	102.0	105.0	2.54	1.96	0.08	0.05	8.85	9.33
	13	12.4	12.4	33.78	33.79	103.0	108.0	8.65	6.31	0.11	0.09	5.74	6.35
	平均	10.9	10.9	33.28	33.31	98.0	101.8	2.95	2.30	0.11	0.10	4.80	5.36
H 8 1.16	1	7.6	7.4	32.65	33.22	100.0	100.0	0.91	0.60	0.03	0.06	4.25	4.57
	3	9.8	9.3	33.49	33.55	95.0	101.0	1.23	0.54	0.18	0.10	1.18	1.97
	10	8.7	8.7	33.58	33.62	99.0	100.0	0.87	0.58	0.06	0.07	3.63	3.55
	11	9.3	8.6	33.46	33.78	98.0	98.0	0.61	0.70	0.09	0.08	1.62	1.69
	13	9.3	9.3	33.95	33.95	101.0	105.0	4.42	6.00	0.12	0.09	3.61	3.75
	平均	8.9	8.7	33.43	33.62	98.6	100.8	1.61	1.68	0.10	0.08	2.86	3.11
2.19	1	7.1	7.2	32.90	33.31	95.0	96.0	1.90	1.32	0.06	0.06	1.37	1.28
	3	7.8	7.6	33.64	33.68	97.0	99.0	0.63	0.56	0.03	0.03	1.00	2.10
	10	7.7	7.6	33.80	33.80	106.0	106.0	0.57	0.78	0.02	0.04	3.97	4.09
	11	7.9	7.9	33.94	33.97	101.0	101.0	1.11	1.05	0.00	0.02	6.37	6.29
	13	8.0	7.9	33.93	33.91	110.0	110.0	0.51	0.78	0.01	0.00	7.90	8.06
	平均	7.7	7.6	33.64	33.73	101.8	102.4	0.94	0.90	0.02	0.03	4.12	4.36
3.25	1	9.4	9.6	33.11	33.21	96.0	96.0	2.95	2.61	0.09	0.05	3.60	4.78
	3	9.1	9.1	33.13	33.46	93.0	94.0	1.40	0.56	0.12	0.13	1.78	1.25
	10	9.3	9.3	32.90	33.32	95.0	92.0	1.98	0.74	0.04	0.03	5.12	6.72
	11	9.5	9.7	32.97	33.44	96.0	91.0	3.35	3.14	0.04	0.04	4.82	9.19
	13	9.6	9.9	33.02	33.31	98.0	95.0	3.61	3.63	0.02	0.03	5.82	13.15
	平均	9.4	9.5	33.03	33.35	95.6	93.6	2.66	2.14	0.06	0.06	4.23	7.02

赤潮対策技術開発試験

—海域特性による赤潮被害防止技術開発試験—

江藤 拓也・神蘭 真人・佐藤 博之

1. 瀬戸内海西部海域赤潮広域共同調査

瀬戸内海西部の広域一斉調査を行い、赤潮の発生前から消滅までの間、水塊構造とその流動、対象プランクトンの増殖、赤潮形成・消滅過程を把握し、赤潮発生機構の解明および発生予察技術を開発する。

調査等の方法

- (1) 調査水域：周防灘および伊予灘（34定点）。
- (2) 調査期間：平成7年5月30日～8月29日。
- (3) 調査回数：毎週1回（原則として火曜日）計14回。
- (4) 調査項目：水温・塩分、溶存酸素濃度、*Gymnodinium mikimotoi*（以下*G.mikimotoi*）、*Chattonella antiqua* and *C.marina*（以下*Chattonella spp.*）、*Heterosigma akashiwo*（以下*H.akashiwo*）の栄養細胞、栄養塩類、上記以外のプランクトン、AGP 試験、流向・流速。特に *G.mikimotoi* について詳細に解析。
増殖モデルについてはパスコ(株)、AGP 試験については高知大学に再委託して行われた。

結果および考察

(1) 水塊構造およびその流動

西部瀬戸内海は水温、塩分等の物理・化学的環境特性により、概ね、福岡県および大分県沿いの浅海域（水塊Ⅰ）、海域中央部（水塊Ⅱ）、愛媛県沿岸部（水塊Ⅲ）に区分される（図1-1）。

水塊Ⅰに属する調査点11、水塊Ⅱに属する調査点7'における潮流観測結果からみた流況については次の通りである。

調査点11における流向及び流速は、上層、下層ともに12時間周期の変動が顕著にみられ、半日周潮が支配的であり、東西成分と南北成分の振幅は同程度であった。最大流速は上層で約30cm/sであったのに対し、下層では上層に比べてやや大きくなることもあり、最大で約35cm/sであった。

調査点7'における流向及び流速は、上層、下層ともに12時間周期の変動が顕著にみられ、半日周潮が支配的

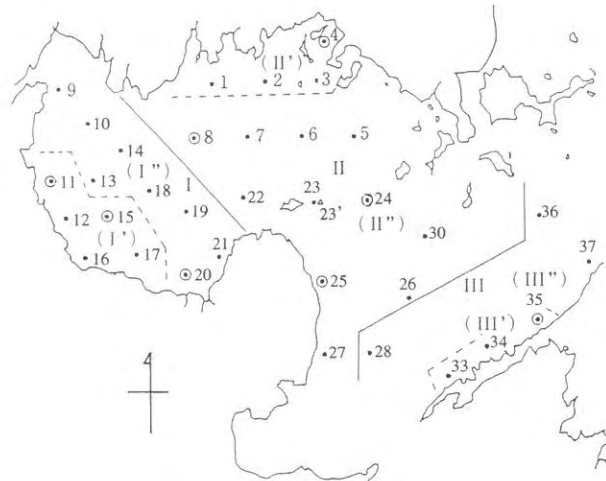


図1-1 調査点の位置および水塊区分

であり、東西成分が卓越した。最大流速は上層で約85cm/sであったのに対し、下層では上層に比べて小さく、最大で約40cm/sであった。

(2) 海域環境特性

水塊Ⅰにおける水温は、5月下旬から7月下旬にかけて17.5～25℃の範囲で直線的に上昇し、8月中には26.5～27.5℃を示した。塩分は、周防灘・伊予灘とほぼ同様の変化パターンを示し、7月上旬に急速に低下した後、漸増傾向を示した。但し、値は幾分低く、30～33の範囲にあった。

水塊Ⅱにおける水温は、水塊Ⅰより1～2℃低く推移し、塩分は、31.5～33.5の範囲にあった。

水塊Ⅲにおける水温は、5月下旬には水塊Ⅱとほぼ同じであったが、その後上昇するにつれて徐々に差が開き、1～2℃下回って推移した。塩分は、水塊Ⅱよりかなり範囲が狭まり、33～34であった。

(3) 対象プランクトンの増殖、分布特性

平成7年の対象プランクトンの増殖、分布特性について図1-2に示す。

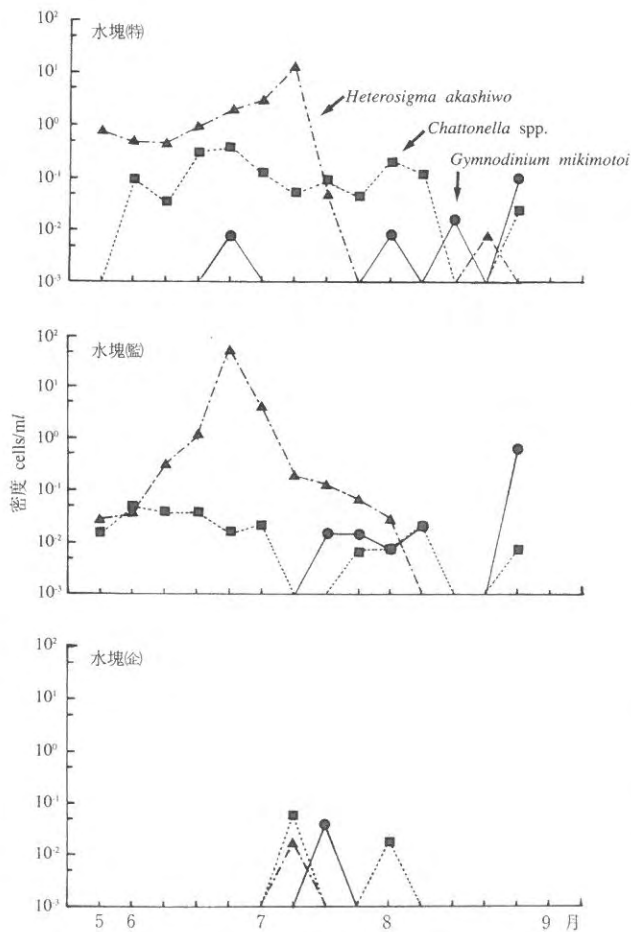


図1-2 各水塊における赤潮対象プランクトンの鉛直平均密度変化

1) *G. mikimotoi*

水塊Iでは、6月下旬と8月中旬に断続的に、約0.01cells/mlの密度で出現した（但し、8月下旬の密度は0.1cells/ml）。

水塊IIでは、7月中旬以降、0.01cells/ml前後の密度で出現した（8月下旬には、約0.5cells/ml）。

水塊IIIでは、7月中旬に1回だけ、約0.04cells/mlの密度で出現した。

2) *Chattonella* spp.

水塊Iでは、6月上旬から8月上旬にかけて、ほぼ0.05~0.5cells/mlの密度範囲で増減を繰り返しながら推移した。

水塊IIでは、5月下旬から8月上旬にかけて、ほぼ0.01~0.05cells/mlの密度範囲で推移した。

水塊IIIでは、水塊IIで出現が認められなかった7月上旬に初めて、ほぼ0.05cells/mlの密度で *Chattonella* spp. が出現した。

3) *H. akashiwo*

水塊Iでは、6月上旬から指数関数的に増加し、7月上旬にはほぼ10cells/mlの密度でピークに達した後、急速

に減少した。

水塊IIでは、初期密度が水塊Iの約1/50と低かったにもかかわらず、水塊Iよりも急速に増加し、6月下旬には、ほぼ50cells/mlの密度でピークに達した。その後急速に減少した。

水塊IIIでは、7月上旬にのみ出現した。なお、この時は、水塊IIで密度が減少した時であり、また、水塊Iでピークに達した時でもある。

(4) 分裂速度と成層状態（発達・崩壊）の関係

水塊Iにおける *G. mikimotoi* の分裂速度の実値は、山口・本城の式による理論値に比べ、平均レベルで0.5~0.6下回る傾向にあり（図1-3）、分裂が抑制されていると考えられる。このことから、山口・本城の式によって導かれる分裂速度に対する分裂抑制率を0.55とし、調査期間中、一律に想定した。細胞密度の急速な増加は、成層の発達中に顕著には認められず（場合によっては減少）、崩壊後に生じるというように、水塊構造自体の変化により、分裂が抑制される度合いに違いが認められた。即ち、ここで一律に想定した分裂抑制率に対し、実際には水塊構造の変化によりさらに分裂速度の抑制度合いが変化した。この分裂抑制度合いを分裂抑制付加率とし、これと水塊構造の変化との関係を見るにあたり、水塊構造変化を鉛直安定度でとらえて、両者の関係式を求めたが、成層が発達している場合の鉛直安定度の値が年度によってかなり異なるため、明瞭な関係式を得ることはできなかった。そこで、鉛直安定度に比べてバラツキが少なく、かつ水塊の成層状態に関連性がある下層の溶存酸素飽和度を用いて水塊構造変化をとらえることにしたところ、下記のように、分裂抑制付加率との間で関係式を得ることができた。

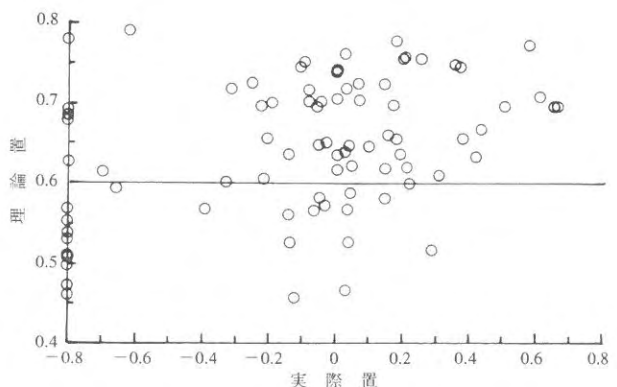


図1-3 水塊Iにおける *G. mikimotoi* の分裂速度の理論値と実勢値

(5) *G.mikimotoi* の増殖モデル

ロジスチック型生長式に基づき、*G.mikimotoi* の増殖モデルを以下に示すように作成した。

$$\frac{dN}{dt} = r \cdot N \cdot (1 - N/K) \cdots \text{ロジスチック型生長式}$$

$$= \{ (rm - rd - \alpha) \cdot \log(2) \} \cdot N \cdot (1 - N/K) \quad (1)$$

ここで

N : *G.mikimotoi* の密度 (cells/ml)

t : 時間 (日数)

K : 環境収容力 (無機態窒素及びリンから推定されるギムノディニウムの最高密度)

r : 内的自然増加率 (/日)

rm : 山口・本城の式から推定された水温・塩分による分裂速度 (回/日)

rd : 本事業結果から推定された分裂抑制率 (ここでは、0.55回/日)

α : 成層 (貧酸素化) の発達度合いに基づく分裂抑制付加率 (回/日)

である。分裂抑制付加率 (α) は、溶存酸素飽和度示数 (X) (=成層の発達、崩壊等といった水塊構造がある状態におかれている期間の平均溶存酸素飽和度÷期間の日数) との関係式 $\alpha = 0.2347 - 0.0382 \cdot X$ ($r = -0.809$) から求められる (図1-4)。本増殖モデルにより、瀬戸内海西部海域の水塊 I における *G.mikimotoi* の密度変化を高い精度で再現できることが判明した。

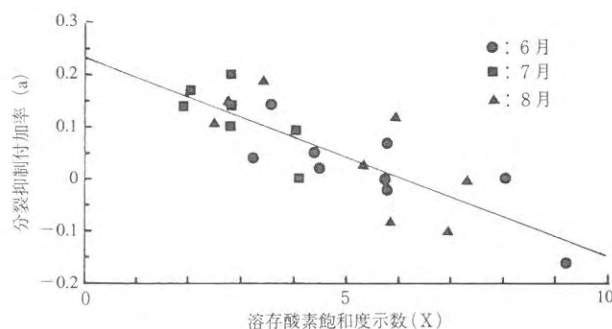


図1-4 分裂抑制付加率 (回/日) と下層の溶存酸素飽和度示数 (%/日) の関係

(6) 海水密度観測値に基づく地衡流の推定

平成元年7月18日の水塊 I (水深5m層) において、海水密度観測値に基づき地衡流を求めた。流速は概ね5 cm/sec, 流向は東方向であり、*G.mikimotoi* が、水塊 I から水塊 II へ移行される状況となっている。この流れに乗せて、トレーサーを投入し、その移動経路を追うと

(図1-5)、7月18日に国東半島北部、距離約15kmの地点に達しており、7月11日と7月18日に観測された、*G.mikimotoi* の国東半島での分布変化に対応していた。

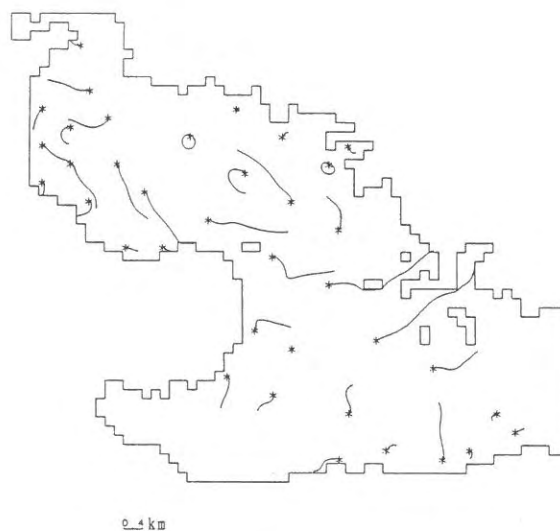


図1-5 計算された流れにトレーサを投入し、1週間漂流させた結果 (*印は始点を表す)

(7) AGP 試験

調査点11における AGP 試験の結果を以下に記す。

G.mikimotoi の AGP は、表層水で67~770cells/ml, 底層水で130~730cells/mlの範囲であった。調査期間を通して1,000cells/mlを越えるAGPは得られず、本調査地点の海水は赤潮になりうるポテンシャルを有しないことがわかった。

原水に本藻の必要量の窒素、リン、ビタミンB₁₂および微量金属類を添加した場合のAGPを図1-6に示す。*G.mikimotoi* を試験藻に使用した場合に、窒素・リン・ビタミン類等の栄養物質を必要量含むモデル海水で得られる最大収量は、約 2.4×10^4 cells/ml程度であり、本試験の結果では全ての試料でこれを越えた。これから、少なくとも原海水中には *G.mikimotoi* の増殖を抑制・阻害する因子は存在しないと考えられる。

本藻の最小細胞内窒素・リン含量、及び現場海水中の無機態窒素・リン濃度を基準に期待される増殖量 (予測細胞密度) を算定した結果、窒素・リン濃度基準の予測細胞密度のうち、より小さい値が現場海水における予測細胞密度と期待される。これをみると、予測密度はすべての試料において500cells/ml以下であり、概して原海水のAGPと類似し、特にAGPが低い試料では予測細胞

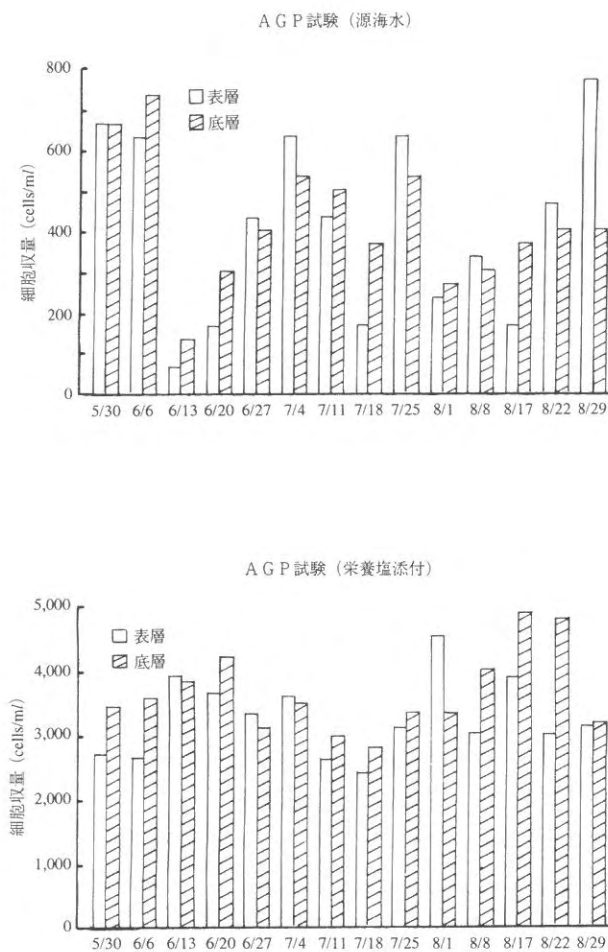


図 1-6 *G. mikiotoi* による原海水および栄養塩添加計水の AGP

密度も低かった。

次に、窒素及びリンのうち増殖を制限している栄養塩 (制限栄養塩) 濃度から算定した、現場海水中で予測される細胞密度と、原海水から得られた AGP との関係を図 1-7 に示す。これを見ると、予測細胞密度に対して、原海水の AGP は概して高く、表層水では、両者が有意に相関した。これらの結果から、本藻は無機態の窒素・リン以外にも試料中に含まれる有機態のこれらを利用することが強く示唆された。

そこで、溶存態の全窒素及び全リンを本藻の窒素・リン源と考え、現場海水中の全窒素・全リン濃度を基準に本藻の増殖予測密度を算定した結果、すべての試料でリン制限になることがわかった。全リン濃度から算定した現場海水における増殖予測密度は、ほとんどの試料で原海水の AGP を越え、本藻は有機態リンの全量ではなく、その一部をリン源として利用していることが推察された。

次に、原海水の AGP に対して、リン過剰・窒素制限 (2 試料) 及び窒素過剰・リン制限 (6 試料) になっている試料について、本藻によるそれぞれ有機態窒素及び

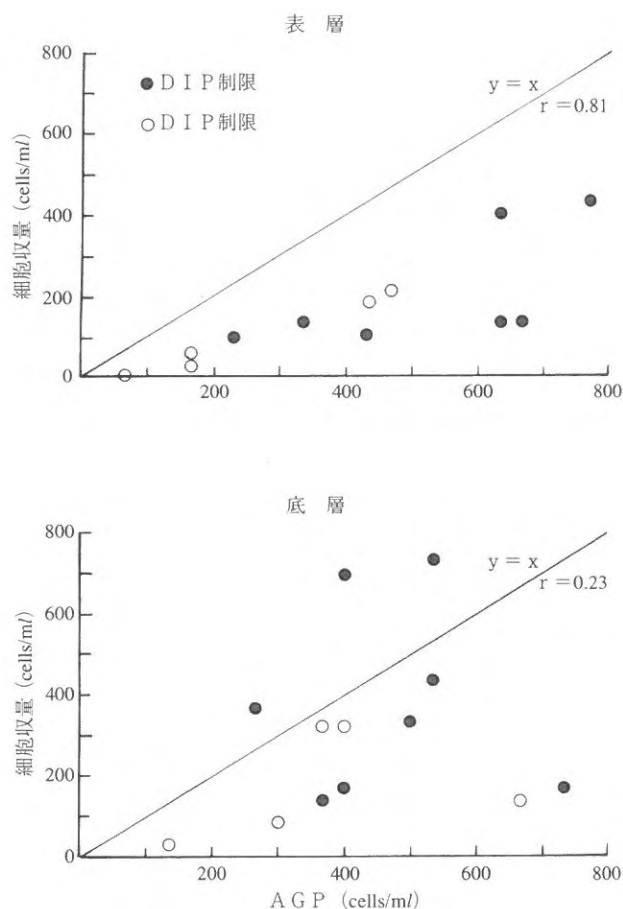


図 1-7 制限無機能栄養塩濃度基準の予測細胞密度と原海水 AGP との関係

リンの利用度を算定した。その結果、前者の 2 試料では有機態窒素のうち 2.0~2.5%, 後者の試料では有機態リンのうち 11~54% を、それぞれ窒素またはリン源として利用していることが推算された (図 1-8)。

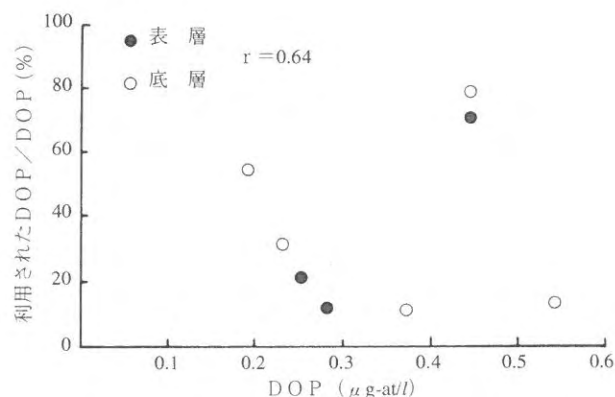


図 1-8 *G. mikiotoi* における DOP 利用率

2. 地域対象種調査

(周防灘海域における *Heterosigma akashiwo* の生活史を含めた発生機構の解明)

周防灘では、*Heterosigma akashiwo* (以下 *H.akashiwo*) 赤潮の発生が毎年のようにみられており、コチ等の魚類のへい死¹⁾という漁業被害をもたらしており、その発生機構の解明が急務である。本種は、生活史の一時期をシスト(休眠孢子)の形態で存在することが明らかにされている^{2) 3)}が、漁場において、本種のシストが赤潮形成にどのように関与しているのか不明な点が多い。そこで、*H.akashiwo* の出現状況を長期間にわたり、観察するため赤潮の多発する閉鎖的な小港の宇島港をモデルとして、栄養細胞、シスト及び環境要因についての調査を実施し、それらの相互関係を検討した。

方 法

調査対象の宇島港を図2-1に示した。宇島港は周防灘南西部海域に位置し、平均水深約4m、面積約0.3km²の小さな港である。港内水は幅約0.25kmの開口部を通じて港外水と接しており、港内には都市下水が流入している。

調査を平成6年5月から平成7年8月の16ヶ月間にかけて行った。特に、5月から8月には毎週1回、その他



図2-1 調査点図

の期間は毎月1回採水と採泥を行った。海水をバンドーン採水器を用いて表層、2m層及び底上1m層で採取し、*H.akashiwo* の栄養細胞の計数及び溶存態無機窒素(DIN)、溶存態無機リン酸塩(PO₄-P)、クロロフィルaの分析を行った。*H.akashiwo* の栄養細胞の計数では生海水1ml中の全細胞数を計数した。DIN、PO₄-P及びクロロフィルaの測定を海洋観測指針⁴⁾に準じて行った。水温、塩分についてはSTDを用いて、表層から底層にかけて0.5m深毎に測定した。また、底泥の採取をKK式柱状採泥器で行い、その泥の上層1cmを採取し、シスト密度の計数に供した。シスト密度の計数については落射蛍光顕微鏡を用いて青色励起光下で行った。

結果及び考察

1. *H.akashiwo* の栄養細胞とシストの出現状況

(1) 栄養細胞の出現状況

夏季(平成6, 7年)の栄養細胞の出現状況を図2-2に示した。

平成6年では、5月下旬に10⁰~10¹cells/mlの低密度で全層において観察された。6月初旬には細胞密度は急激に増加し、上旬と下旬に10⁴cells/mlとなり、赤潮を形成した。しかし、7月上旬から急激に減少し、中旬以降、栄養細胞は10⁻¹cells/mlのオーダーとなった。

平成7年では、5月下旬に10⁰~10¹cells/mlの低密度で全層において観察された。6月初旬には細胞密度は徐々に増加し、上旬と中旬に10¹~10²cells/mlとなった。下旬に一旦減少したが、7月初旬に急激に増加し、上旬に10⁴cells/mlとなり、赤潮を形成した。しかし、7月中旬に細胞密度は減少し、10⁻¹cells/mlのオーダーとなった。

このように、両年ともに栄養細胞は5月下旬には10⁰~10¹cells/mlの密度で出現し、その後急激に10⁴cells/mlのオーダーまで増加し、赤潮となった。しかし、赤潮は数日間しか継続せず、細胞密度は7月中旬以降、低密度で推移した。

(2) シストの出現状況

平成6年5月から平成7年8月までのシスト密度の推移を図2-3に示した。

この期間のシスト密度は2.4×10²~1.8×10³個/cm³の範囲であった。

平成7年(夏季)のシスト密度は、5月下旬には2.9×10²個/cm³であったが、その後、6月中、下旬の赤潮形成時に急激に増加し、約2ヶ月間シスト密度は6.9×10²~8.6×10²個/cm³の高密度で経過し、8月下旬から

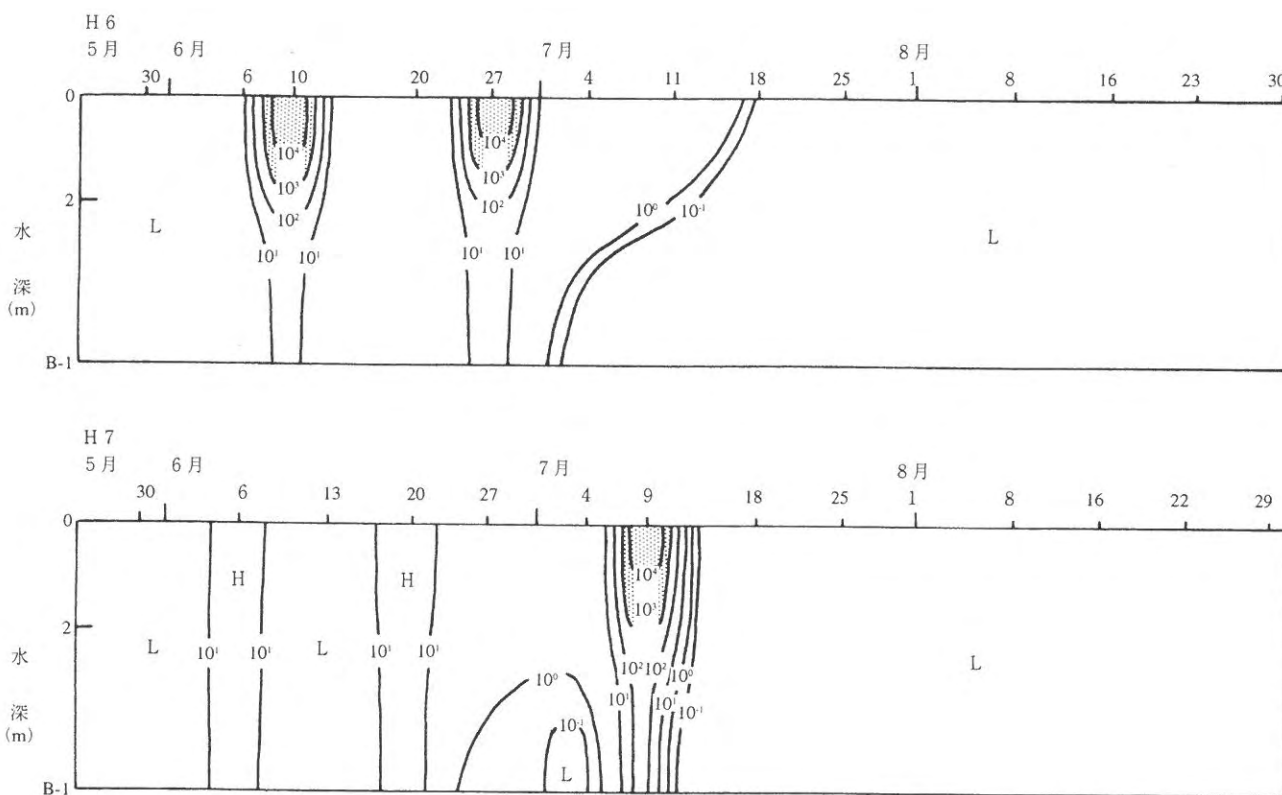


図2-2 *Heterosigma akashiwo* の栄養細胞の出現状況 (単位: cells/ml) 赤潮時

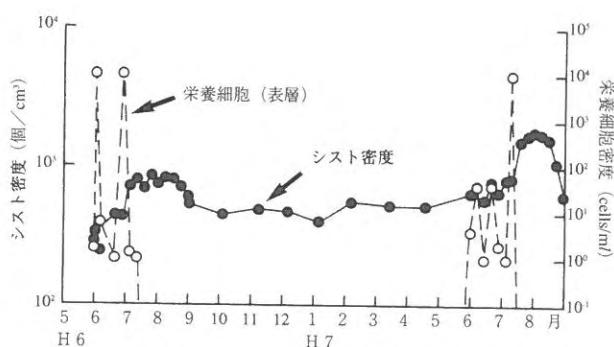


図2-3 *H. akashiwo* のシストと栄養細胞の出現状況

9月にかけて 5.4×10^2 個/cm³に低下した。平成6年9月から平成7年4月の秋季から春季にかけて、シスト密度 $4.4 \times 10^2 \sim 5.5 \times 10^2$ 個/cm³と少なかった。平成7年(夏季)のシスト密度は、5月下旬には 6.5×10^2 個/cm³であったが、その後、7月上旬の赤潮形成時に急激に増加し、約1ヶ月間シスト密度は平成6年のピーク時に比べておよそ2倍の $1.6 \times 10^3 \sim 1.8 \times 10^3$ 個/cm³の高密度で経過し、8月中旬から下旬にかけて 6.3×10^2 個/cm³に低下した。

2. 環境の推移

平成6, 7年夏季の環境の推移を図2-4に示す。

(1) クロロフィル a

平成6年の表層のクロロフィル a 量は $0.5 \sim 33.2 \mu\text{g/l}$ の範囲で変動しており、6月上旬と下旬の赤潮時にそれぞれ $22.3 \mu\text{g/l}$, $33.2 \mu\text{g/l}$ と高い値を示した。底層のクロロフィル a 量は $1.4 \sim 6.1 \mu\text{g/l}$ の範囲で変動した。

平成7年の表層のクロロフィル a 量は $0.5 \sim 91.9 \mu\text{g/l}$ の範囲で変動しており、7月上旬の赤潮形成時に最も高い値を示した。底層のクロロフィル a 量は $0.5 \sim 20.8 \mu\text{g/l}$ の範囲で変動した。

(2) 水温

平成6年の表層水温は、5月下旬には23℃を、その後徐々に上昇し、6月中旬から下旬には24~26℃を示した。また、7月下旬には31℃に達した。底層水温は5月下旬に23℃、6月下旬に24℃、7月上旬に26℃となり、8月上旬に31℃に達した。

平成7年の表層水温は5月下旬には20℃を示し、その後徐々に上昇し、7月上旬には27℃を、さらに8月上旬には31℃を示した。底層の水温は5月下旬には19℃、6月中旬に22℃となり、7月中旬に26℃を示し、8月上旬

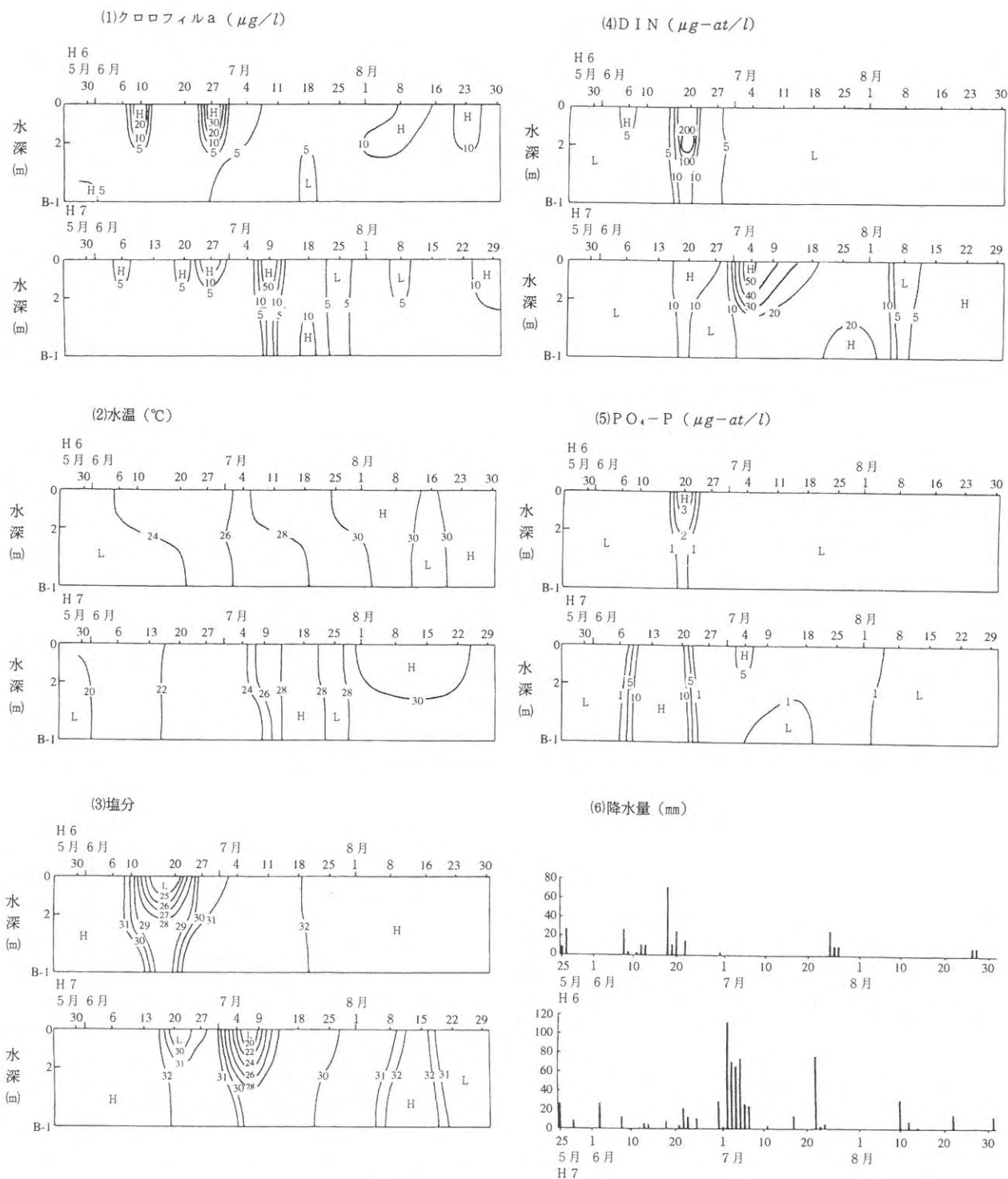


図2-4 環境の変化

には28~30 $^{\circ}\text{C}$ に達した。

赤潮形成時の表層水温は平成6年6月上旬と下旬には24~26 $^{\circ}\text{C}$ 、平成7年7月上旬には27 $^{\circ}\text{C}$ を示した。

(3) 塩分

平成6年の表層の塩分は調査期間中24.9~32.6の範囲で変動し、低い値がみられたのは6月中旬であり、24.9の値であった。底層の塩分は31.0~32.6の範囲にあり、変

動の幅は表層よりも小さかった。

平成7年の表層の塩分は21.3~32.8であり、低い値がみられたのは7月上旬であり、22.6の値であった。底層の塩分は29.3~32.6の範囲であった。

(4) DIN

平成6年の調査期間中のDIN濃度は、表層で0.1~109.2 $\mu\text{g-at}/\text{l}$ 、底層で0.9~24.0 $\mu\text{g-at}/\text{l}$ の範囲で変動し

た。同様に平成7年のDIN濃度は、表層で1.5~69.8 $\mu\text{g-at/l}$ 、底層で0.3~24.6 $\mu\text{g-at/l}$ であった。DIN濃度は、平成6年6月下旬と平成7年7月上旬の赤潮形成前に高い値を示し、それぞれ109 $\mu\text{g-at/l}$ 、60 $\mu\text{g-at/l}$ であった。

(5) $\text{PO}_4\text{-P}$

平成6年の調査期間中の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度は、表層で0.1~3.7 $\mu\text{g-at/l}$ 、底層で0.1~1.0 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲で変動した。同様に平成7年の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度は、表層で0.3~26.2 $\mu\text{g-at/l}$ 、底層で0.4~31.4 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲で変動した。DIN濃度と同様に平成6年6月下旬と平成7年7月上旬の赤潮形成前に高い値を示し、それぞれ4 $\mu\text{g-at/l}$ 、6 $\mu\text{g-at/l}$ であった。

(6) 降水量

平成6年の月間降水量は、6月に179mm、7月に45mm、8月に18mmで、平年と比べて各月とも少なかった。旬別にみると、6月中旬に130mmのまとまった降水量を記録した。

平成7年の月間降水量は、6月に136mm、7月に478mm、8月に68mmで、平年と比べて7月では多く、6月と8月では少なかった。旬別では、7月上旬に378mmのまとまった降水量を記録した。

3. シスト及び栄養細胞の消長との関係

平成6年5月から平成7年8月まで宇島港の底泥に、シストが周年存在することが確認できた。このシストが発芽し、赤潮形成にどのように関与しているかを明らかにしようと試みた。

まず、シストの発芽条件についてみると、矢持ら⁵⁾は、シストの発芽条件について環境要因の中で、水温が特に関係しており、10~25℃の温度範囲で発芽が可能であり、20℃前後でピークを示すこと、さらに水温上昇期の方が下降期に比べ良好であることを報告している。そこで、宇島港の底層水温の推移を図2-5に示した。発芽可能水温との関係を見ると、水温が10℃以下となる冬季と25℃以上となる夏季の一時期を除いて、1年間のうち大部分の期間が発芽可能であると推察される。さらに底層水温がシストの発芽にとって最適である水温上昇期であり、20℃前後に達する時期は、赤潮を形成する前の5月頃である。したがって、例年5月頃、爆発的にシストが発芽し、その後栄養細胞が分裂・増殖して赤潮に至ったと推定される。つまり、水温を継続的にモニタリングを行うことにより、*H. akashiwo* 赤潮発生時期を予知する手法に利用出来るものと思われる。

次に、シスト密度についてみると、平成6年5月から平成7年8月まで、シスト密度は赤潮形成時に急激に増

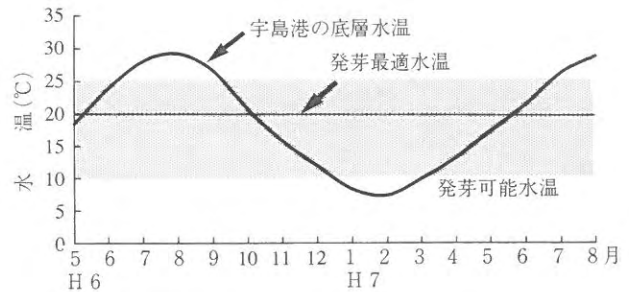


図2-5 宇島港の底層水温と矢持らによる発芽可能水温との関係

加し、約1~2ヶ月間高密度で経過した。その後、8月以降にシスト密度は急激に減少していた。このことについては次のことが推測される。1つは現場でシストが常時、発芽しており、その結果減少したということ。もう一つは底泥の表面に存在するシストが潮汐流や船舶のスクリューによる攪拌により、巻き上げられ、流れ等により港外へ移送されたということが推定される。しかし、シストの発芽条件については、水温の一部分(10~25℃の間)と光条件のみしか明らかにされておらず、巻き上げや移送については、全く不明である。これらについては、今後引き続き検討する必要がある。

なお、これらの問題点が明らかにされれば、翌年の赤潮発生の主要因となるシスト現存量が把握でき、翌年の赤潮の規模(大規模発生、小規模発生等)の予想が可能となるであろう。

文 献

- 1) 寺田和夫・神蘭真人・渡辺昭二：豊前海の赤潮の発生状況について(第XI号)。福岡豊前水試研報，昭和57年度，229-234(1984)。
- 2) Ichiro Imai, Shigeru Itakura and Katuhiko Itoh: Cysts of the Red Tide Flagellate *Heterosigma akashiwo*, Raphidophyceae, Found in Bottom Sediments of Northern Hiroshima Bay, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 59, 1669-1673(1993).
- 3) 寺田和夫・神蘭真人：周防灘における *Heterosigma akashiwo* 耐久細胞の分布。福岡豊前水試研報第2号，247-252(1989)。
- 4) 気象庁：海洋観測調査指針。日本海洋学会(1990) 今井一郎：有害赤潮ラフィド藻 *Chattonella* のシストに関する生理生態学的研究。南西海区水研報，23, 68-92(1990)。
- 5) 矢持進：大阪湾における *Heterosigma akashiwo* の赤潮発生機構に関する研究。大阪水試研報，8, 73-100(1989)。

漁場富栄養化対策事業

—底質環境評価手法実用化調査—

神薗 真人・江藤 拓也・佐藤 博之

半閉鎖的な海域である瀬戸内海周防灘において水質、底質及び底生動物の調査を行い、底質の総合的な評価手法を開発する。

方 法

平成7年9月4～5日に図1に示す20測点で、スミス・マッキンタイヤー型採泥器（採泥面積 0.05m^2 ）を用いて採泥を行った。採泥は調査点毎に3回行い、うち2回はそれぞれ1mm目の篩で大型底生動物を選別して採取した。残りの1回は、内径30mmのアクリルパイプを用いて採泥器の中の泥層を乱さないように柱状採泥を行った。この時、アクリルパイプは15本用い、表面から1cm毎に3層（0～1cm、1～2cm、2～3cm）を層別に分取して分析用試料とした。採取した大型底生動物は1lあるいは2l容の広口ポリ瓶に入れ、直ちに中性ホルマリンを加えて固定した。分析用の泥は黒色の100ml広口ポリ瓶に入れ、冷蔵して実験室に持ち帰った。また、採泥時には、棒状水銀温度計を用いて泥温を測定するとともに、水温と塩分（アレック電子STD、AST1000M）の鉛直分布と底層（底上1m）の溶存酸素（DO）濃度（YSI溶存酸素計、M58）を測定した。実験室に持ち帰った底泥試料は、その日のうちに硫化水素濃

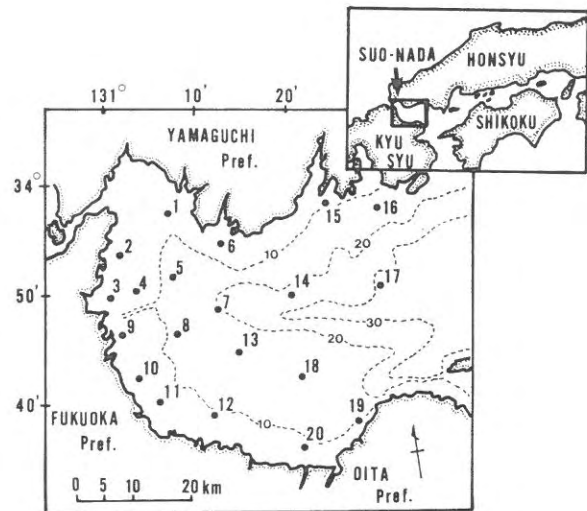


図1 調査海域と調査点

度（検知管法）¹⁾を測定し、残りの試料は冷蔵して保存し後日、COD²⁾、強熱減量³⁾及び泥分率⁴⁾の測定を行った。なお、測定は採泥後2日以内に行った。

結果および考察

1. 水質調査

観測時の表層の水温と塩分の水平分布を図2に示す。



図2 観測時の表層の水温と塩分

表層水温は灘南西部沿岸から中央部にかけて28℃台を示し高く、東部の山口県沿岸域で26℃前後の低い値を示していた。塩分は灘西部で低く、東部で高い値がみられた。図3には、6月から9月の各月上旬に観測した底層のDO濃度の水平分布を示す。6月には灘全域で7 mgO₂/l前後の値をしめしていたが、7月になると南西部沿岸域で5 mgO₂/l以下の低い値がみられ、局所的には3 mgO₂/l (40%) 以下の値を示した。8月には、依然として南西部沿岸域で5 mgO₂/l以下の所がみられたが、大部分の海域は6～7 mgO₂/lを示し、7月の値に比べてDO濃度はやや回復していた。9月には南西部沿岸域で6 mgO₂/l以上を示し高く、沖合いの水深の深いところで低い値がみられた。

2. 底質調査

底質の測定項目の水平分布を図4に示す。ただし、こ

こで示した値は0～1 cm層での値である。それぞれの項目について分布の特徴をみると、全ての項目において灘南西部で高い値がみられ、泥分率では80%以上、強熱減量では10%以上、全硫化物濃度は0.5mgS/gdry以上、COD値は20mg/gdry以上の値を示していた。このような、灘南西部で高い値を示す傾向はこれまでの調査結果⁵⁾とも一致している。採泥時の泥温は、灘南西部沿岸域で28℃台と高く、灘中央から東部にかけては22℃台を示し低かった。

3. 底生動物調査

マクロベントスの出現種は85種であり、平均出現個体数は42.4個体/0.1m²、湿重量で0.69g/0.1m²であった。主な出現種を見ると、紐形動物 *NEMERTINEA* sp.が全個体数の12%を占め、次いで環形動物のアシビキツバサゴカイとギボシイソメ科の *Lumbrineris logifolia* が

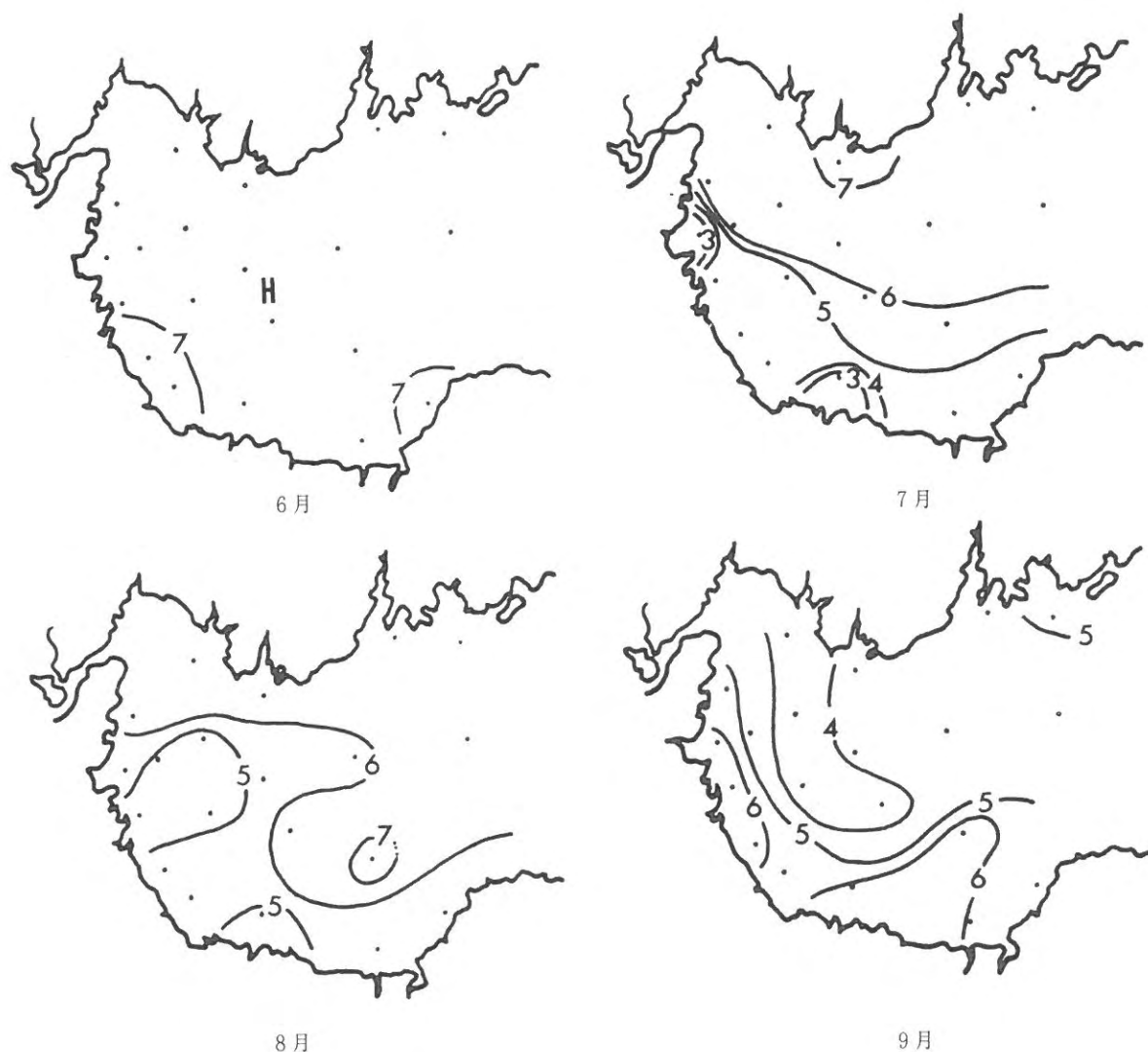


図3 各月上旬に観測した底層 DO 濃度 (mgO₂/l)

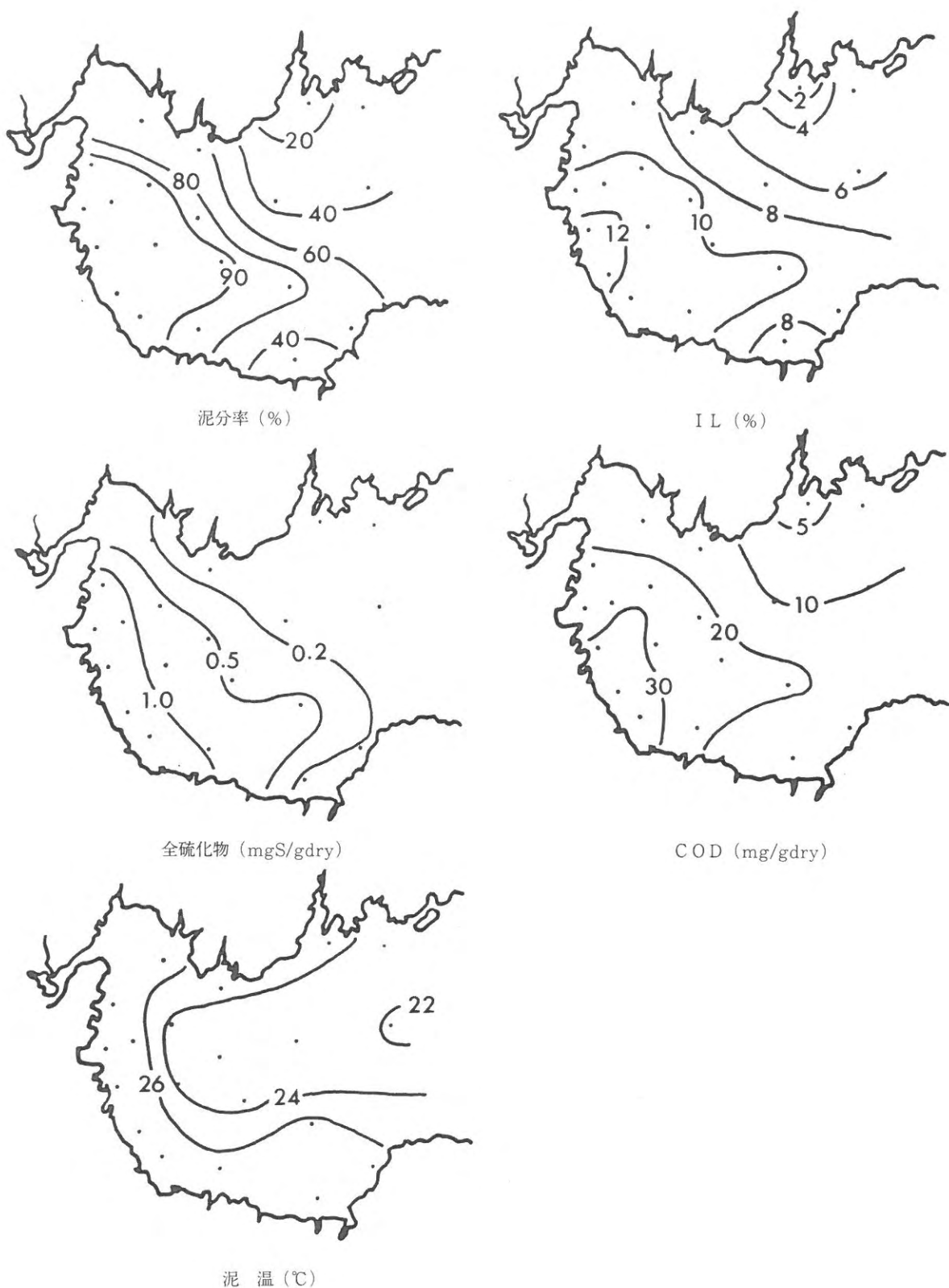


図4 底質の各測定項目の水平分布

それぞれ8%, カギゴカイ科の *Sigambra tentaculata* が7%を占めた。汚染指標種であるシズクガイや *Paraprionospio* sp. Form A 及び Form B の出現頻度は全体の2~3%であった。

底生動物の個体数、湿重量及び多様度指数の水平分布を図5に示す。個体数では南西部海域で40個体/0.1m²以下と少なく、東部海域では60個体/0.1m²以上を示し、また、山口県沿岸では80個体/0.1m²以上生息していた

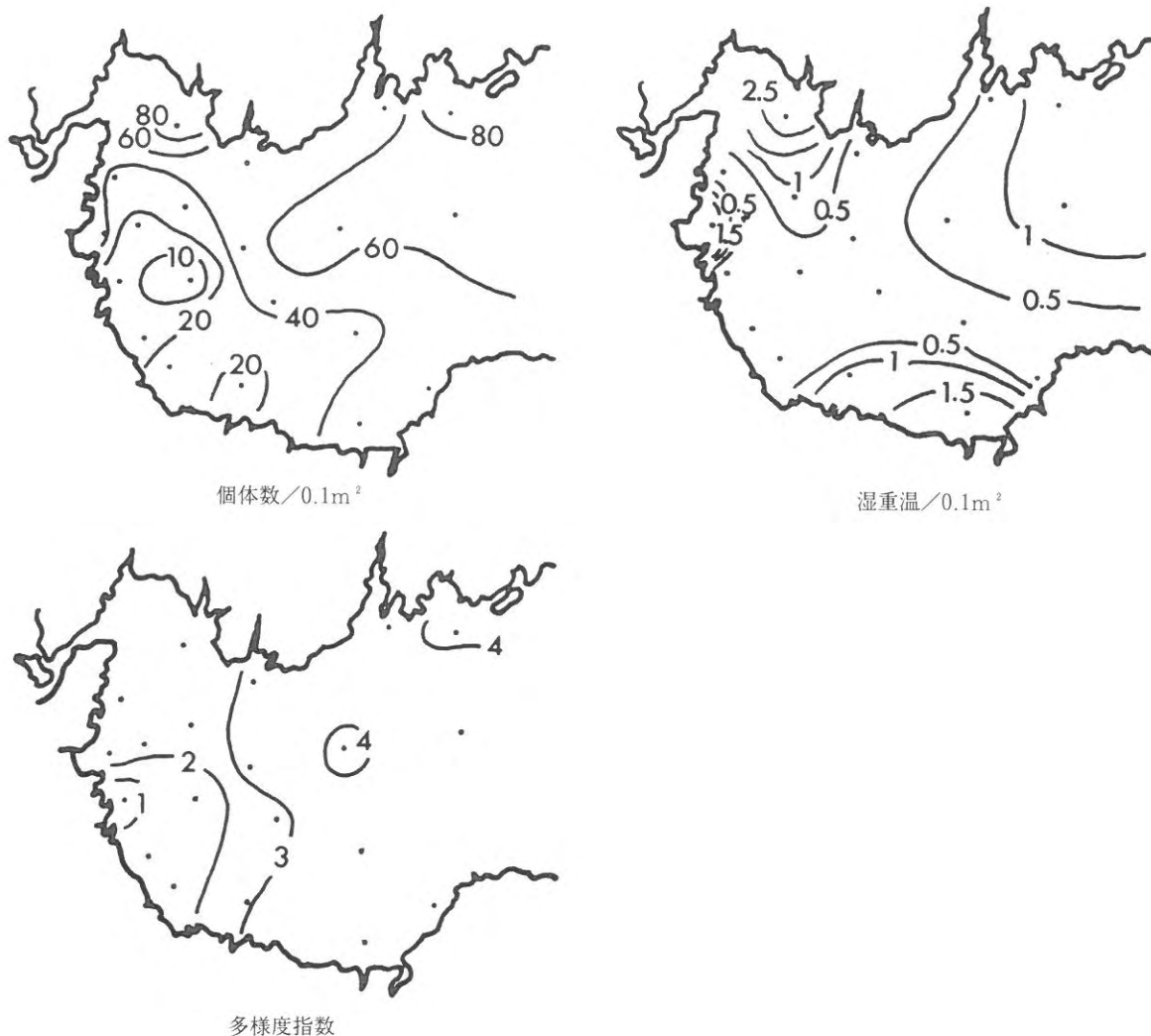


図5 底生動物の個体数、質量及び多様度指数

所もみられた。湿重量では、個体数の多いところで湿重量も高い値を示す傾向が伺えるが、必ずしも個体数の分布と湿重量の分布とは一致していない。多様度指数は灘東部で高く、西部で低い値がみられる。特に低い値を示すのは南西部沿岸域であった。

4. 主成分分析

底質の汚染状況を判断する合成指標値を求めるため、底質の測定結果と多様度指数を変量として主成分分析を行った。通常、主成分分析を行う場合、データは標準偏差を用いて平均0、分散1に標準化しておく必要がある。従来からの合成指標値の計算には、平均値を用いてデータの数値変換（（測定値－平均値）／平均値）を行っている⁶⁾。ここでは、表1に示す標準偏差と平均値を用いてデータの標準化及び数値変換を行い、両方のデータについて主成分分析を行った。また、主成分分析の計算方

表1 底泥の各測定項目と底生動物の多様度指数の平均値と標準偏差。底質の測定値は0～1 cm層の値を示す。

	平均値	標準偏差
泥分率 (%)	76.1	24.67
強熱減量 (%)	9.2	2.70
全硫化物 (mgS/g dry)	0.67	0.54
C O D (mg/g dry)	21.3	8.96
多様度指数	2.74	0.90

法として、相関行列と分散共分散行列を用いる方法があり、相関行列は、もとのデータを標準偏差を用いて平均0、分散1に標準化した時の分散共分散行列に等しい⁷⁾。標準化したデータについては、用いる変量を変えて相関行列を用いた主成分分析を（表2、I～V）、平均値を用いて数値変換したデータについては、分散共分散行列

を用いた主成分分析（表2，V）を行った。第1主成分のみの結果を表2に示す。固有ベクトルは、底質の測定に関する変量では正の値を、多様度指数では負の値を示している。底泥の測定値は、汚染が進行するに従って値が大きくなり、多様度指数は、汚染が進行し、底質が悪化するに従って低い値を示す。汚染が進行するに従って第1主成分の値は大きくなり、第1主成分は、底泥の汚染の大きさを表す指標になると考えられる。相関行列を用いて計算した結果では、固有ベクトルの値は全て0.4～0.5の値を示しており、この場合の第1主成分は全体的な汚染の大きさを表す主成分と考えられる。一方、分散共分散行列を用いた結果では、固有ベクトルは全硫化物の値が0.79と高い値を示す他は、0.2～0.3と低い値を示している。この場合の第1主成分は底泥の酸化還元の状態を表していると考えられ、他の要因との相関は低く、全体的な汚染の大きさを表しているとは言い難い。寄与率は全ての計算方法で0.9前後の高い値を示しており、第1主成分のみで、変動のほとんどを説明できると考えられる。

各計算結果（表2，I～V）の固有ベクトルから、各調査点での第1主成分の得点を計算し、その分布を図6に示す。いずれの計算結果においても、主成分得点は瀬南西部で高い値を示しており、分布の特徴に大きな差はみられない。周防灘では、特に生物情報（多様度指数）を考慮しなくても底泥の汚染状況の判定は可能であると考えられる。

表2 主成分分析結果。IからIVはデータを標準化し、相関行列を用いた主成分分析。Vは平均値で数値変換を行い、分散共分散行列を用いた主成分分析。結果は第1主成分の固有ベクトル、固有値及び寄与率を示す。

	I	II	III	IV	V
泥 分 率	0.455	0.513	0.505	0.590	0.285
強 熱 減 量	0.453	0.507	0.506	0.586	0.252
全 硫 化 物	0.439	0.499	0.475	0.553	0.790
C O D	0.466	—	0.510	—	0.387
多様度指数	-0.420	-0.477	—	—	-0.281
固 有 値	4.340	3.413	3.623	2.699	1.081
寄 与 率	0.868	0.853	0.905	0.899	0.898

今回合成指標値を求めるのに主成分分析を行ったが、例えば多様度指数や底層DO濃度を底泥汚染の判定基準とし、底泥の測定項目を変量とした判別関数を求める方法も、底泥の汚染を判定する有効な方法であると考えられる。

文 献

- 1) 荒川 清：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，東京，1980，pp.256—257.
- 2) 荒川 清：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，東京，1980，pp.244—245.
- 3) 佐藤善徳・捧 一夫・木全裕昭：浅海の底質の強熱減量測定法の改善，東海区水研報，123，1—13（1987）.
- 4) 石塚明男：沿岸環境調査マニュアル（底質・生物篇），恒星社厚生閣，東京，1986，pp.31—32.
- 5) 水産庁：漁場改良復旧基礎調査報告書（周防灘・大阪湾），1985，pp.41—57.
- 6) 日本水産資源保護協会：底質改良事業実施指針，1985，pp.27—49.
- 7) 応用統計ハンドブック編集委員会：応用統計ハンドブック，養賢堂，東京，1984，pp.328—341.



図6 主成分得点の分布図

(図中のローマ数字は表2に示した数字と一致する。)