

海況情報収集迅速化 システム開発試験事業

佐藤 博之・神薗 真人・江藤 拓也

本事業では内海の漁場環境の変動を把握するため、周年の水温変化をとらえ、海況情報を収集し、その変動を予測するためのシステム開発を行っている。

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(アレック電子社AT-32K型)を設置した。設置点の水深は約7mであり、水温計は、上層(2m深)と下層(底上1m)に設置し、30分毎の水温を観測した。

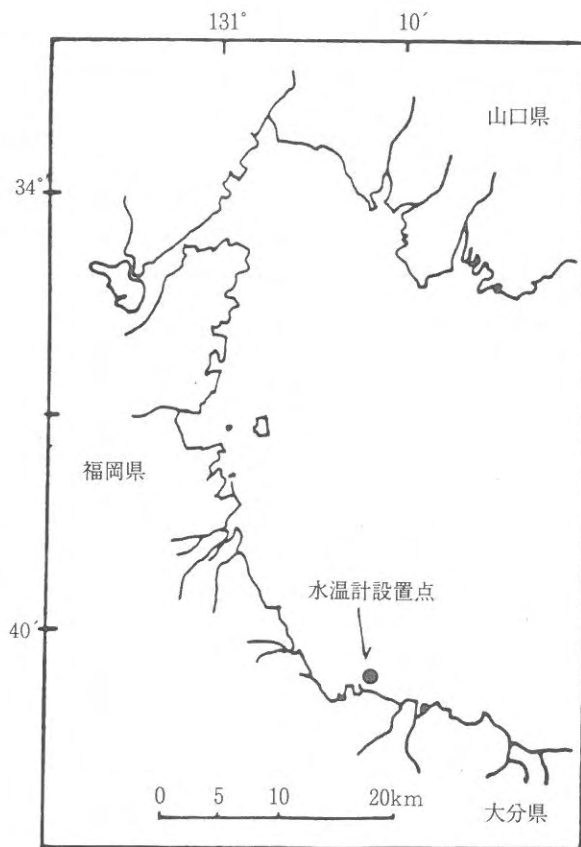


図1 調査点

結 果

図2-aに上層の水温変化を示す。ここでは、毎日午前9時の測定値を抽出し、整理した。

水温は、4月上旬～6月上旬にかけて直線的に上昇しており、6月上旬～6月中旬には約23℃前後の値を示した。その後、6月下旬～7月中旬にかけて著しく上昇し、7月上旬～9月中旬は約28℃前後の値を示した。9月上旬～2月上旬にかけては直線的に低下し、その後、緩やかな上昇傾向を示した。

最高水温は8月6日の31.1℃、最低水温は2月3日の5.6℃であった。

図2-bに下層の水温変化を示す。上層の水温変化と同様の整理を行った。

水温は、4月上旬～6月上旬にかけて直線的に上昇し、6月上旬～6月下旬は約21℃前後の値を示した。その後、7月上旬～7月中旬にかけて著しく上昇し、7月上旬～9月中旬は約27℃前後の値を示した。9月中旬～2月上旬にかけて直線的に低下し、その後、緩やかな上昇傾向を示した。

最高水温は9月3日の30.2℃、最低水温は2月3日の

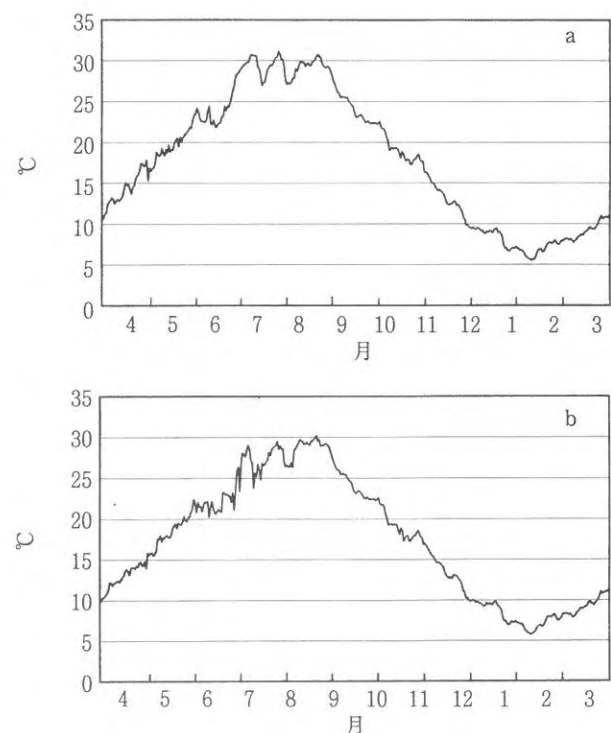


図2 水温の変化(a:表層, b:底層)

5.7℃であった。

上・下層とも7月下旬と8月中旬に水温が大きく低下しているが、台風第7号と台風第14号の影響に伴うものであると考えられる。

図3に気温の変化を示す。水温計は水深約7mの浅い場所に設置してあるため、上・下層とも気温と同様の変化を示した。

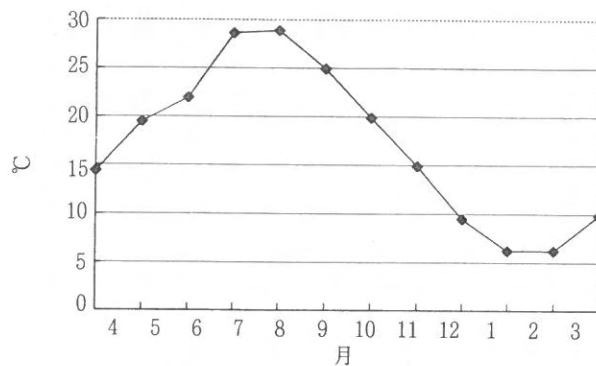


図3 気温の変化

漁場保全総合対策事業

江藤 拓也・桑村 勝士・佐藤 博之・石田 雅俊

1. 漁業公害調査

目 的

漁場環境の監視、漁業公害に関する情報の収集及び指導を行うことにより、沿岸における漁場の保全及び漁業被害の防止、軽減を図ることを目的とする。

方 法

平成6年4月から平成7年3月までの毎月1回（合計12回）、6調査点での観測を行った。調査点は図1に示す恒見、荇田、荻島、椎田、八屋及び宇島の各漁港である。測定内容は、目視による海水の異常の有無および下記の項目である。

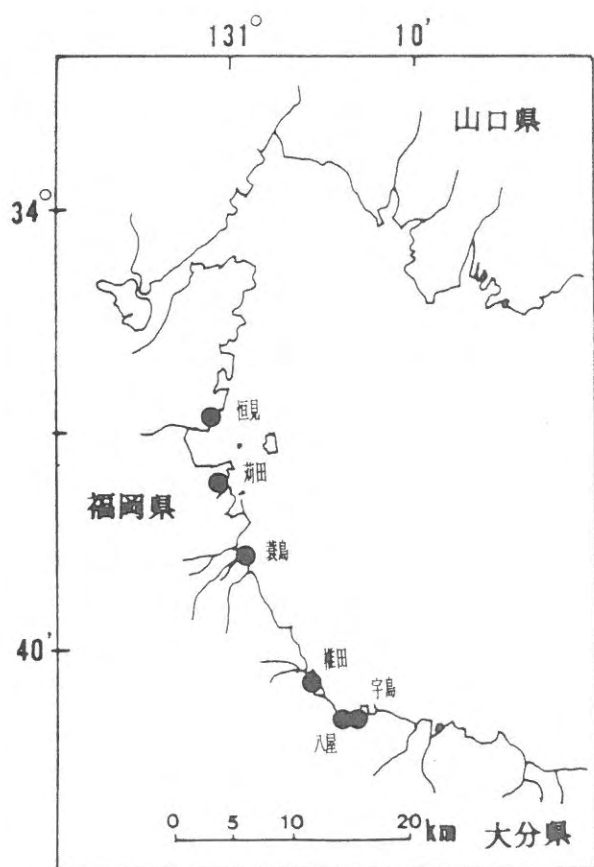


図1 漁業公害調査点図

測定項目…水温、塩分、pH、溶存酸素量および透視度

測定方法…水温、塩分、pH、溶存酸素量については、水質測定器（水質チェッカー：堀場製作所）を用いて現場で測定を行った。

結果および考察

各調査点毎の測定結果は下記に示すとおりである。

1) 恒 見

水温は8.4～31.6℃、pHは7.08～8.37、溶存酸素は4.58～8.10mg/lの範囲にある。塩分は平均値33.23で、32.16～33.85の範囲にある。透視度は平均値30であった。

2) 荇 田

水温は8.6～31.4℃、pHは7.61～8.43、溶存酸素は3.34～7.84mg/lの範囲にある。塩分は平均値33.44で、32.78～33.80の範囲にある。透視度の平均値は40で、調査点中最も高い値を示した。

3) 荻 島

水温は6.0～31.4℃、pHは7.81～8.44、溶存酸素は5.29～8.78mg/lの範囲にある。塩分は平均値33.39で、32.82～33.75の範囲にある。透視度の平均値は39であった。

4) 椎 田

水温は6.8～30.9℃、pHは7.80～8.45、溶存酸素は5.43～9.52mg/lの範囲にある。塩分は平均値33.11で、32.03～33.75の範囲にあり、調査点中最も低い値を示した。透視度の平均値は33であった。

5) 八 屋

水温は7.7～31.1℃、pHは7.84～8.50、溶存酸素は4.76～8.56mg/lの範囲にある。塩分は平均値33.34で、32.61～33.78の範囲にある。透視度の平均値は33であった。

6) 宇 島

水温は7.6～30.7℃、pHは7.88～8.51、溶存酸素は5.48～9.96mg/lの範囲にある。塩分は平均値33.52で、32.97～33.81の範囲にある。透視度の平均値は39であった。

目視による観察の結果、6月の調査時に宇島港内で *Heterosigma akashiwo* による赤潮が観察されたが、漁業被害は発生しなかった。

2. 生物モニタリング調査

目 的

福岡県豊前海における特定水生生物の現存量、生息密度、生物類型相を指標として、水域の富栄養化等による長期的な漁場環境の変化を監視することを目的とする。

方 法

1) 調査日および調査回数

平成6年5月2日、8月25日、11月24日、平成7年2月23日の計4回行った。

2) 調査方法

調査は図2に示す行橋市蓑島干潟の3定点で行った。

スミスマッキンタイヤー型採泥器(22cm×22cm)を用いて採泥を行い、1mmメッシュのネットでするいにかけて、残留物を10%ホルマリンで固定し、実験室に持ち帰り、種の同定と個体数の計数、および湿重量を測定した。

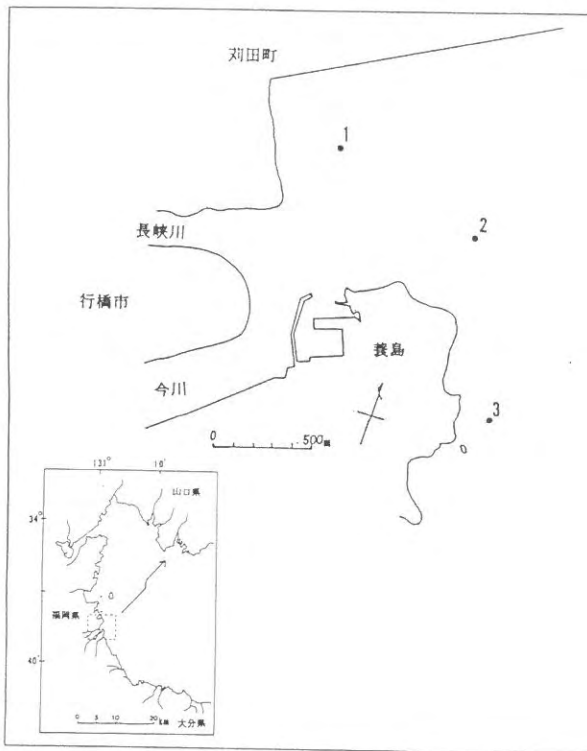


図2 生物モニタリング調査点図

結 果

1) 海域環境

観測時の水深は0.9~2.7mの範囲であった。

表層水温は2月の定点1で6.9℃と最も低く、8月の全

定点で29.2℃と高かった。

泥温は最低が2月の定点1で7.5℃を示し、最高は8月の定点2で29.2℃を示した。

底質は全ての調査点で砂質であり、また、異臭は認められなかった。

2) 底生動物の出現状況

底生動物の出現種を表1に示した。

表1 底生動物調査結果

腔腸動物門	花虫網	イソギンチャクの1種	
環形動物門	多毛網	遊在目	ゴカイ科の1種
			オトヒメゴカイ科の1種
			チロリ科の1種
			イソメ科の1種
			ギボイシイソメ科の1種
	定在目	スピオ科の1種	
		ミズヒキゴカイ科の1種	
		オフエリアゴカイ科の1種	
節足動物門	甲殻網	クマ目の1種	
		タナイス目の1種	
		端脚目の1種	ヨコエビ亜目の1種
		十脚目	長尾類の1種
		短尾類	ヒメムツアシガニ
			マメツブガニ
			ヘイケガニ
			イシガニ
		異尾類	ヤドカリの1種
星口動物門		ホシムシの1種	
棘皮動物門		クモヒトデの1種	
軟体動物門	腹足網	ニシキウズガイ科	イボキサゴ
			ダンベイキサゴ
		オリイレヨフバイ科	アラムシロガイ
		キセワタガイ科	キセワタガイ
	斧足網	イガイ科	ホトトギスガイ
		マルスダレガイ科	アサリ
		マテガイ科	マテガイ
		バカガイ科	シオフキガイ
		フネガイ科	サルボウ

軟体動物は9種類出現しており、アサリはほぼ全調査点でみられ、軟体動物の個体数の94%、また総個体数の76%を占めていた。

環形動物は8種類みられ、ゴカイ科、ギボイシイソメ科、オフエリアゴカイ科の1種が優占していた。

節足動物は9種類出現しており、クマ目、ヨコエビ亜目の一種、ヒメムツアシガニが優占しており、ヘイケガニ、ヤドカリの1種もわずかにみられた。

そのほかに腔腸動物イソギンチャクの1種、棘皮動物クモヒトデの1種も数個体出現していた。

3) 月別、調査点別の種類数の比率

底生動物の調査月別、調査点別の種類数の比率を図3

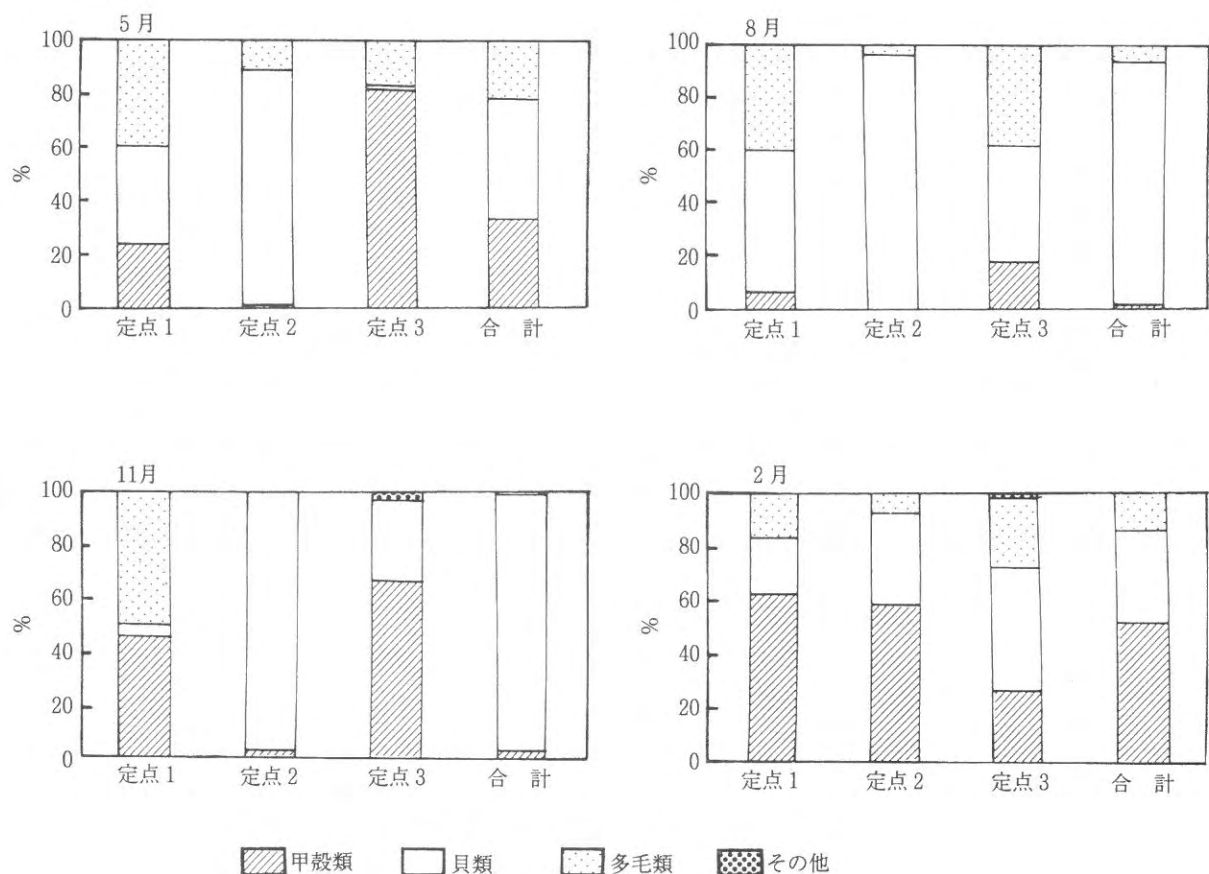


図3 底生動物の調査月別、調査点別の種類数の比率

に示した。

月別にみると、5月には定点1では甲殻類が25%、貝類が37%、多毛類が38%出現していた。定点2では貝類が92%、定点3では甲殻類が84%と優占していた。

8月には定点1と3では多毛類と貝類が優占しており、定点2では貝類が98%を占めていた。

11月には定点1で甲殻類と多毛類がともに46%と優占しており、定点2ではほとんどが貝類であった。定点3では甲殻類が67%を占めていた。

2月には定点1と2では甲殻類が優占しており、定点3では甲殻類が26%、貝類が46%、多毛類が27%出現していた。

4) 汚染指標種

昨年と同様に汚染指標種の出現はみられなかった。

5) 5年間の底生動物の出現状況

平成2年度から平成6年度までの底生動物の全調査月、全調査点の出現個体数と湿重量を年ごとに平均し、1 m²あたりに換算し図4と図5に示す。

平成6年度の底生動物の出現個体数は812個体/m² (前年比64%)であり、5年間の調査の中で最も多かった。種類別にみると甲殻類は99個体/m²でほぼ例年並み、

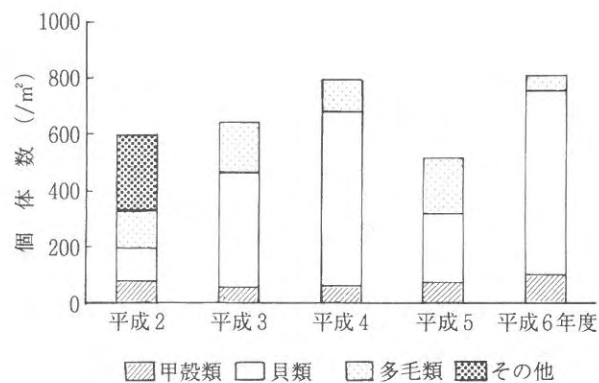


図4 底生動物の個体数の変動

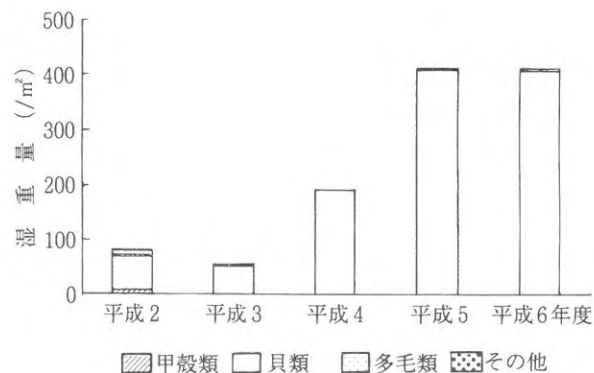


図5 底生動物の湿重量の比率

貝類は大きく増加し、これまで最も多かった平成4年度(624個体/m²)を上回る659個体/m²であった。一方、多毛類は5年間で最も少なく53個体/m²であった。湿重量では414g/m²を示し、最も高い値を示した平成5年度(415g/m²)とほぼ同じであった。種類別にみると、例年と同じく貝類が主体であり、98%を占めていた。

考 察

平成6年度は、昨年と同様に汚染指標種の出現はみられなかったが、過去の調査で汚染指標種のヨツバネスピオが出現しており、今後も継続してモニタリングを行う必要がある。

本年度は、5年間の調査の中で出現個体数は最も多く、湿重量も大きな値を示した。この結果から、平成6年度は底生動物の生育環境が好適であったことが推察される。

5年間の調査結果から、蓑島干潟では貝類、特にアサリの変動が生物組成に大きく関与していると考えられる。

要 約

1) アサリはほぼ全調査点で出現しており、総個体数の

76%以上を占めていた。

2) 月別にみると、5月には定点1では甲殻類、貝類、多毛類、定点2では貝類、定点3では甲殻類が優占しており、8月には定点1と3で多毛類、貝類、定点2では貝類が優占していた。11月には定点1では甲殻類、多毛類、定点2では貝類、定点3では甲殻類が優占しており、2月には定点1と2では甲殻類、定点3では多毛類が優占していた。

3) 汚染指標種の出現は見られなかった。

4) 平成6年度は5年間の調査の中で個体数は最も多く、湿重量も高い値を示した。

5) 蓑島干潟では、貝類、特にアサリの変動が生物組成に大きく関与すると推察される。

今後の課題

5年間の調査で蓑島干潟の底生動物の季節的な出現特性については、ある程度明らかにされた。今後は沖合を含めた海域での底質環境および生物の生息状況を把握するための調査が必要であると考えられる。

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6年5月17日、7月18日、10月13日および平成7年1月10日に実施した。

測定用試料は、各調査点とも0m、B-2m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。

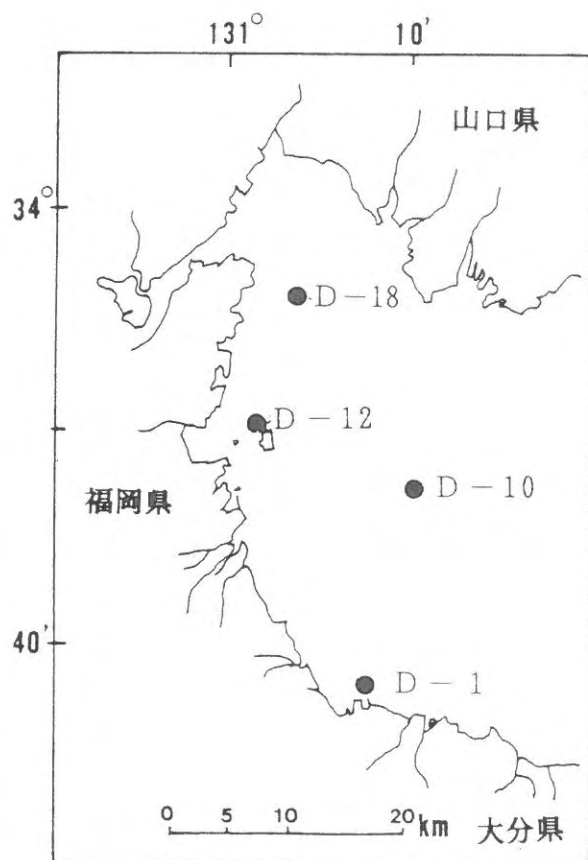


図1 調査点図

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、各調査点ともに平年（D-1：18.1℃、D-10：17.8℃、D-12：18.0℃、D-18：18.8℃）と比べ、0.1～1.4℃高めで推移した。

塩分の年平均値は、各調査点ともに平年（D-1：31.38、D-10：31.95、D-12：31.85、D-18：32.22）と比べ、0.78～1.22高めで推移した。

pHの年平均値は、各調査点ともに平年（D-1：8.27、D-10：8.28、D-12：8.30、D-18：8.28）と比べ、ほぼ平年並みで推移した。

DOの年平均値は、D-1、D-12、D-18は平年（D-1：7.68mg/l、D-12：7.77mg/l、D-18：7.51mg/l）と比べ、0.10～0.28mg/l低め、D-10は平年（7.42mg/l）と比べ、0.15mg/l高めで推移した。

CODの年平均値は、D-1、D-12、D-18は平年（D-1：1.53mg/l、D-12：1.49mg/l、D-18：1.39mg/l）と比べ、0.04～0.13mg/l高め、D-10は平年（1.46mg/l）と比べ、0.09mg/l低めで推移した。

DINの年平均値は、各調査点ともに平年（D-1：0.023mg/l、D-10：0.021mg/l、D-12：0.032mg/l、D-18：0.084mg/l）と比べ、0.001～0.015mg/l低めで推移した。

T-Nの年平均値は、各調査点ともに平年（D-1：0.294mg/l、D-10：0.251mg/l、D-12：0.300mg/l、D-18：0.334mg/l）と比べ、0.045～0.094mg/l低めで推移した。

$\text{PO}_4\text{-P}$ の年平均値は、各調査点ともに平年（D-1：0.004mg/l、D-10：0.005mg/l、D-12：0.004mg/l、D-18：0.006mg/l）と比べ、ほぼ平年並みで推移した。

T-Pの年平均値は、各調査点ともに平年（D-1：0.022mg/l、D-10：0.021mg/l、D-12：0.023mg/l、D-18：0.022mg/l）と比べ、ほぼ平年並みで推移した。

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 6.5.17	0m	18.9	31.70	8.32	7.71	1.52	0.009	0.126	0.004	0.016	2.49
		B-2m	18.2	31.83	8.35	7.63	1.33	0.007	0.137	0.003	0.017	2.32
	7.18	0m	31.1	31.87	8.19	6.44	1.56	0.022	0.121	0.009	0.014	0.98
		B-2m	23.3	32.19	8.16	7.03	1.63	0.010	0.142	0.002	0.018	2.58
	10.13	0m	22.4	32.97	8.15	6.83	1.89	0.037	0.345	0.003	0.020	2.31
		B-2m	22.4	32.98	8.16	6.79	1.70	0.026	0.315	0.003	0.021	3.46
	H 7.1.10	0m	9.9	33.65	8.28	9.08	1.43	0.023	0.183	0.003	0.011	2.37
		B-2m	9.9	33.64	8.33	9.12	1.47	0.023	0.233	0.003	0.032	3.98
	最小値 最大値 平均値	値	9.9	31.70	8.15	6.44	1.33	0.007	0.121	0.002	0.011	0.98
		値	31.1	33.65	8.33	9.12	1.89	0.037	0.345	0.009	0.032	3.98
		値	19.5	32.60	8.24	7.58	1.57	0.020	0.200	0.004	0.019	2.56
D-10	H 6.5.17	0m	17.9	31.89	8.36	7.75	1.20	0.007	0.135	0.003	0.015	2.42
		B-2m	15.5	32.27	8.36	7.78	1.15	0.017	0.150	0.003	0.017	1.38
	7.18	0m	29.1	32.09	8.23	6.44	1.28	0.011	0.103	0.003	0.009	0.16
		B-2m	18.0	32.86	8.14	7.40	1.98	0.011	0.137	0.003	0.025	4.36
	10.13	0m	23.1	33.18	8.13	6.63	1.20	0.036	0.338	0.006	0.020	1.15
		B-2m	23.0	33.18	8.11	6.64	1.41	0.039	0.347	0.007	0.021	2.13
	H 7.1.10	0m	10.3	33.72	8.35	8.81	1.43	0.021	0.233	0.003	0.009	1.94
		B-2m	10.3	33.74	8.36	9.08	1.31	0.017	0.202	0.004	0.009	1.53
	最小値 最大値 平均値	値	10.3	31.89	3.11	6.44	1.15	0.011	0.103	0.003	0.009	0.16
		値	29.1	33.74	8.36	9.08	1.98	0.039	0.347	0.007	0.025	2.13
		値	18.4	32.87	8.26	7.57	1.37	0.020	0.206	0.004	0.016	1.88
D-12	H 6.5.17	0m	18.9	31.67	8.39	7.61	1.31	0.003	0.165	0.003	0.019	4.11
		B-2m	18.0	31.91	8.39	6.94	1.59	0.004	0.169	0.003	0.022	6.81
	7.18	0m	28.3	32.13	8.21	6.67	1.68	0.010	0.140	0.001	0.016	0.47
		B-2m	25.7	32.60	8.22	7.06	1.38	0.008	0.182	0.001	0.015	0.88
	10.13	0m	22.8	33.14	8.14	6.91	1.82	0.014	0.364	0.003	0.026	3.64
		B-2m	22.7	33.17	8.14	6.72	2.00	0.017	0.301	0.003	0.027	5.39
	H 7.1.10	0m	9.2	33.57	8.34	8.86	1.47	0.038	0.220	0.003	0.011	3.81
		B-2m	9.2	33.58	8.36	9.11	1.47	0.038	0.219	0.003	0.010	5.17
	最小値 最大値 平均値	値	9.2	31.67	8.14	6.67	1.31	0.003	0.140	0.001	0.010	0.47
		値	28.3	33.58	8.39	8.86	2.00	0.038	0.364	0.003	0.027	6.81
		値	19.4	32.72	8.27	7.49	1.59	0.017	0.220	0.003	0.018	3.79
D-18	H 6.5.17	0m	18.2	31.97	8.36	7.40	1.20	0.007	0.145	0.002	0.019	6.37
		B-2m	17.7	32.01	8.37	7.33	1.41	0.009	0.141	0.004	0.021	3.85
	7.18	0m	26.4	32.79	8.15	6.87	1.61	0.014	0.178	0.002	0.019	3.58
		B-2m	20.1	32.69	8.11	6.75	1.79	0.012	0.175	0.002	0.021	6.64
	10.13	0m	22.8	33.13	8.11	6.90	1.66	0.083	0.356	0.006	0.034	3.59
		B-2m	22.7	33.15	8.11	6.78	1.70	0.086	0.266	0.006	0.032	3.08
	H 7.1.10	0m	11.6	34.11	8.35	8.33	1.41	0.178	0.319	0.008	0.017	4.27
		B-2m	11.6	34.12	8.34	8.60	1.38	0.177	0.341	0.007	0.016	5.00
	最小値 最大値 平均値	値	11.6	31.97	8.11	6.75	1.20	0.007	0.141	0.002	0.016	3.08
		値	26.4	34.12	8.37	8.60	1.79	0.178	0.356	0.008	0.034	6.37
		値	18.9	33.00	8.24	7.37	1.52	0.071	0.240	0.005	0.022	4.55

クロロフィルa量の年平均値は、各調査点ともに平年
(D-1 : 4.87mg/m³, D-10 : 3.99mg/m³, D-12 :

6.45mg/m³, D-18 : 5.89mg/m³) と比べ、1.34~2.66
mg/m³低めで推移した。

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6年5月17日、7月18日、10月13日および平成7年1月10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。

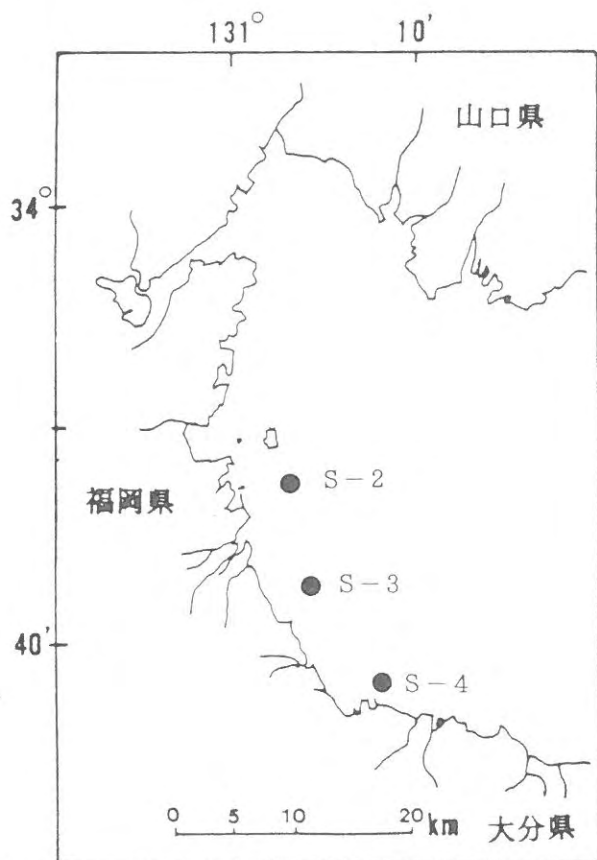


図1 調査点図

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、各調査点ともに昨年(平成5年度の年平均値S-2: 8.25, S-3: 8.25, S-4: 8.26)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、各調査点ともに昨年(平成5年度の年平均値S-2: 8.24mg/l, S-3: 8.30mg/l, S-4: 8.28mg/l)と比較して0.54~0.67mg/l低めで推移し、A類型の基準値7.5mg/l以下を満たしていた。

CODの年平均値は、各調査点ともに昨年(平成5年度の年平均値S-2: 1.58mg/l, S-3: 1.44mg/l, S-4: 1.57mg/l)とほぼ同様の値で推移し、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、各調査点ともに昨年(平成5年度の年平均値S-2: 10.88mg/l, S-3: 11.75mg/l, S-4: 11.69mg/l)と比較して3.19~4.87mg/l低めで推移した。

T-Nの年平均値は、各調査点ともに昨年(平成5年度の年平均値S-2: 0.243mg/l, S-3: 0.210mg/l, S-4: 0.303mg/l)と比較して0.020~0.080mg/l低めで推移した。

T-Pの年平均値は、各調査点ともに昨年(平成5年度の年平均値S-2: 0.025mg/l, S-3: 0.021mg/l, S-4: 0.026mg/l)と比較して0.007mg/l低めで推移した。

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	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 6.5.17	干 潮	0m	8.38	7.20	1.27	5.00	0.142	0.021
			5m	8.37	7.29	1.27	5.00	0.145	0.022
		満 潮	0m	8.30	7.44	1.50	9.00	0.144	0.021
			5m	8.31	7.65	1.59	11.00	0.165	0.023
	7.18	干 潮	0m	8.23	6.36	1.47	9.00	0.121	0.013
			5m	8.11	6.89	1.82	8.00	0.169	0.034
		満 潮	0m	8.18	6.80	1.43	3.00	0.125	0.014
			5m	8.20	7.87	1.61	8.00	0.127	0.016
	10.13	干 潮	0m	8.15	7.12	1.70	7.00	0.290	0.022
			5m	8.16	6.92	1.77	5.00	0.310	0.021
		満 潮	0m	8.18	7.41	1.82	7.00	0.338	0.019
			5m	8.19	7.49	1.66	5.00	0.448	0.022
	H 7.1.10	干 潮	0m	8.37	8.88	1.24	3.00	0.217	0.011
			5m	8.37	9.02	1.61	3.00	0.219	0.011
		満 潮	0m	8.36	9.41	1.47	7.00	0.230	0.012
			5m	8.36	9.51	1.17	5.00	0.241	0.009
	最 最 平	小 大 均	値	8.11	6.36	1.24	3.00	0.121	0.009
			値	8.38	9.51	1.82	11.00	0.448	0.034
			値	8.26	7.70	1.53	6.25	0.214	0.018
S-3	H 6.5.17	干 潮	0m	8.39	7.64	1.15	5.00	0.134	0.016
			5m	8.42	7.80	1.75	3.00	0.130	0.015
		満 潮	0m	8.33	7.70	1.40	15.00	0.137	0.015
			5m	8.35	7.87	1.50	10.00	0.127	0.017
	7.18	干 潮	0m	8.23	6.55	1.35	7.00	0.097	0.010
			5m	8.25	7.76	1.50	7.00	0.119	0.009
		満 潮	0m	8.21	6.72	1.27	6.00	0.111	0.009
			5m	8.22	7.03	1.31	6.00	0.109	0.008
	10.13	干 潮	0m	8.16	7.02	1.61	6.00	0.267	0.016
			5m	8.16	7.15	1.40	6.00	0.340	0.023
		満 潮	0m	8.20	7.35	1.67	6.00	0.265	0.015
			5m	8.21	7.45	1.31	4.00	0.330	0.016
	H 7.1.10	干 潮	0m	8.37	8.64	1.47	6.00	0.184	0.013
			5m	8.37	8.70	1.31	7.00	0.215	0.011
		満 潮	0m	8.37	9.13	1.66	7.00	0.260	0.009
			5m	8.38	9.20	2.00	9.00	0.218	0.016
	最 最 平	小 大 均	値	8.16	6.55	1.15	3.00	0.097	0.008
			値	8.42	9.20	2.00	15.00	0.340	0.023
			値	8.29	7.73	1.48	6.88	0.190	0.014
S-4	H 6.5.17	干 潮	0m	8.34	7.27	1.31	4.00	0.162	0.022
			5m	8.35	7.22	1.24	3.00	0.149	0.019
		満 潮	0m	8.35	7.53	1.75	11.00	0.158	0.020
			5m	8.36	7.81	1.59	10.00	0.152	0.021
	7.18	干 潮	0m	8.22	6.93	1.75	9.00	0.142	0.021
			5m	8.22	6.89	1.45	10.00	0.125	0.016
		満 潮	0m	8.21	6.46	1.63	10.00	0.125	0.012
			5m	8.15	6.65	1.64	10.00	0.135	0.024
	10.13	干 潮	0m	8.16	6.65	1.77	5.00	0.368	0.023
			5m	8.13	6.69	1.61	6.00	0.362	0.016
		満 潮	0m	8.22	7.36	1.66	10.00	0.295	0.019
			5m	8.22	7.52	2.00	9.00	0.280	0.026
	H 7.1.10	干 潮	0m	8.34	8.97	1.36	6.00	0.293	0.013
			5m	8.35	9.19	1.17	9.00	0.263	0.015
		満 潮	0m	8.39	9.22	1.79	6.00	0.309	0.016
			5m	8.40	9.34	1.64	18.00	0.248	0.016
	最 最 平	小 大 均	値	8.13	6.46	1.17	3.00	0.125	0.012
			値	8.40	9.34	2.00	18.00	0.368	0.026
			値	8.28	7.61	1.59	8.50	0.223	0.019

赤潮貝毒監視事業

—赤潮調査事業、貝毒調査事業—

江藤 拓也・神蘭 真人・佐藤 博之

1. 赤潮調査事業

目 的

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、図1に示す6点で行った。

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。また、赤潮に関する調査としては赤潮の多発期（5～9月）に、月に1～2回、海象、水質、プランクトン調査を実施した。

結果および考察

1) 赤潮発生状況

赤潮の発生状況を表1および図2に示した。発生件数は7件で前年より1件多かった。漁業被害を伴うものはなかった。その内容は、築上郡椎田町～豊前市沿岸域（6月9～10日）、豊前市宇島港内（6月27～29日）、北九州市恒見沿岸域（6月29日）で*Heterosigma akashiwo*による赤潮、豊前市宇島港内で2回（6月19～21日と8月8日～10日）*Gonyaulax polygramma*によ

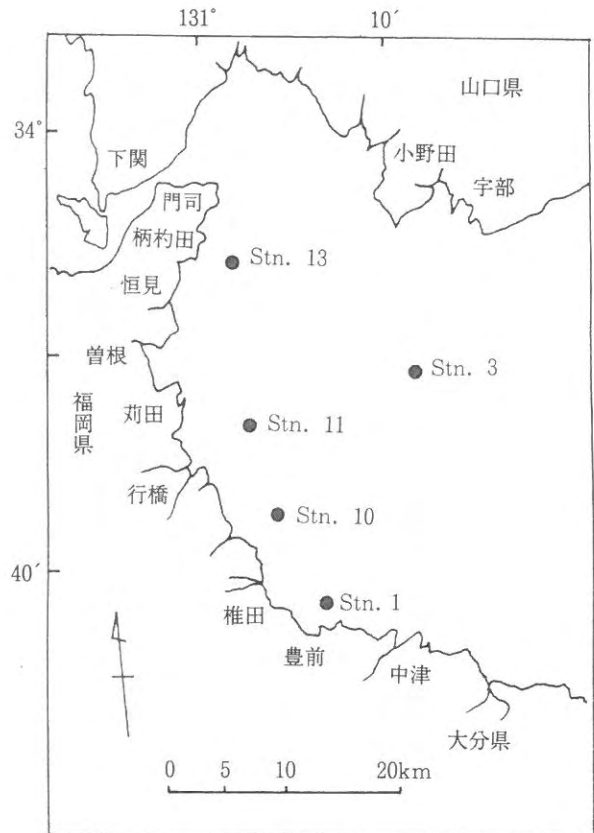


図1 調査定点図

る赤潮、北九州市柄杓田沿岸域（10月19日～20日）で*Noctiluca scintillans*による赤潮、京都郡荊田町～行橋市沿岸域（10月20日～28日）で*Thalassiosira diporocyclus*による赤潮であった。

表1 赤潮発生状況

No.	発生時期	発生海域	構成プランクトン	漁業被害
1	H 6.6.9～6.10	築上郡築城町～豊前市沿岸域	<i>Heterosigma akashiwo</i>	なし
2	6.27～6.29	豊前市宇島港内	<i>Heterosigma akashiwo</i>	なし
3	6.29	北九州市恒見沿岸域	<i>Heterosigma akashiwo</i>	なし
4	7.19～7.21	豊前市宇島港内	<i>Gonyaulax polygramma</i>	なし
5	8.8～8.10	豊前市宇島港内	<i>Gonyaulax polygramma</i>	なし
6	10.19～10.20	北九州市柄杓田沿岸域	<i>Noctiluca scintillans</i>	なし
7	10.20～10.28	京都郡荊田町～行橋市沿岸域	<i>Thalassiosira diporocyclus</i>	なし

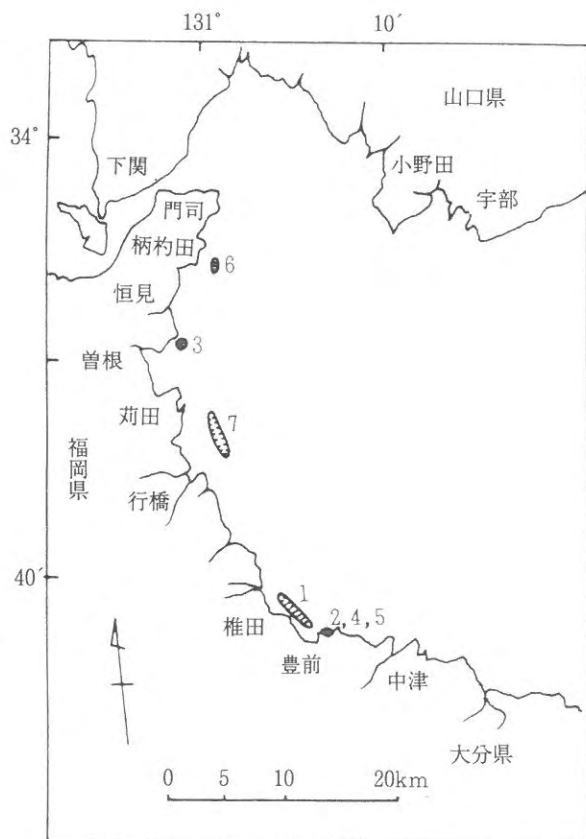


図2 赤潮発生海域（数字：表1と対応）

2) 海象, 水質

海象および水質の変化を図3に示す。

水温は表層では5, 6月は平年並み, 7月は3℃高め, 8, 9月は1~2℃高めであった。底層では5月から7月までは平年並み, 8, 9月までは2℃高めであった。

塩分は表層では5月は平年並み, 6月から9月までは2~3高めであった。底層では5, 6月は平年並み, 7月から9月までは1高めであった。

酸素飽和度は表層では平年並みで推移していた。底層では5, 6, 9月は平年並み, 7, 8月は20~40%高めであった。

クロロフィルaは表層での7月の値が平年と比べて8 $\mu\text{g/l}$ 低めであった以外は平年並みであった。底層では平年並みで推移していた。

DINは表, 底層とも低めで推移しており, 特に7月以降, 底層では平年と比べて3~5 $\mu\text{g-at/l}$ 低めで推移していた。DIPは表, 底層とも5月は平年並み, 6月以降低めで推移していた。

3) プランクトン

本年度はプランクトン数, 種類数ともに少なく, 特に5, 6月には少なかった。出現したプランクトンの類別の割合は5月から7月は珪藻類と渦鞭毛藻類の占める割

合が高く, 8月から9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*, *Coscinodiscus* sp., *Plurosigma* sp., *Chaetoceros* sp., *Thalassiosira* sp., 渦鞭毛藻類では*Dictyocha fibula*, *Ceratium fusus*, *Prorocentrum triestinum*, 繊毛虫類では*Tintinnopsis* sp.であった。

2. 貝毒調査事業

目 的

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6年7, 8, 9, 12月および平成7年1月の5回

2) 調査対象貝類

アサリ, カキ

3) 調査点

図4に示す2点で行った。

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た。

(2) 原因プランクトンの出現状況

*Alexandrium*属, *Dinophysis*属を対象として, 海水500mlをホルマリンで固定後濃縮し, その全量を検鏡した。

結 果

1) 毒化状況

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(表2)。

2) 原因プランクトンの出現状況

(1) *Alexandrium*属

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

(2) *Dinophysis*属(図5)

Dinophysis fortii

*D. fortii*は7月と1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7月の5m

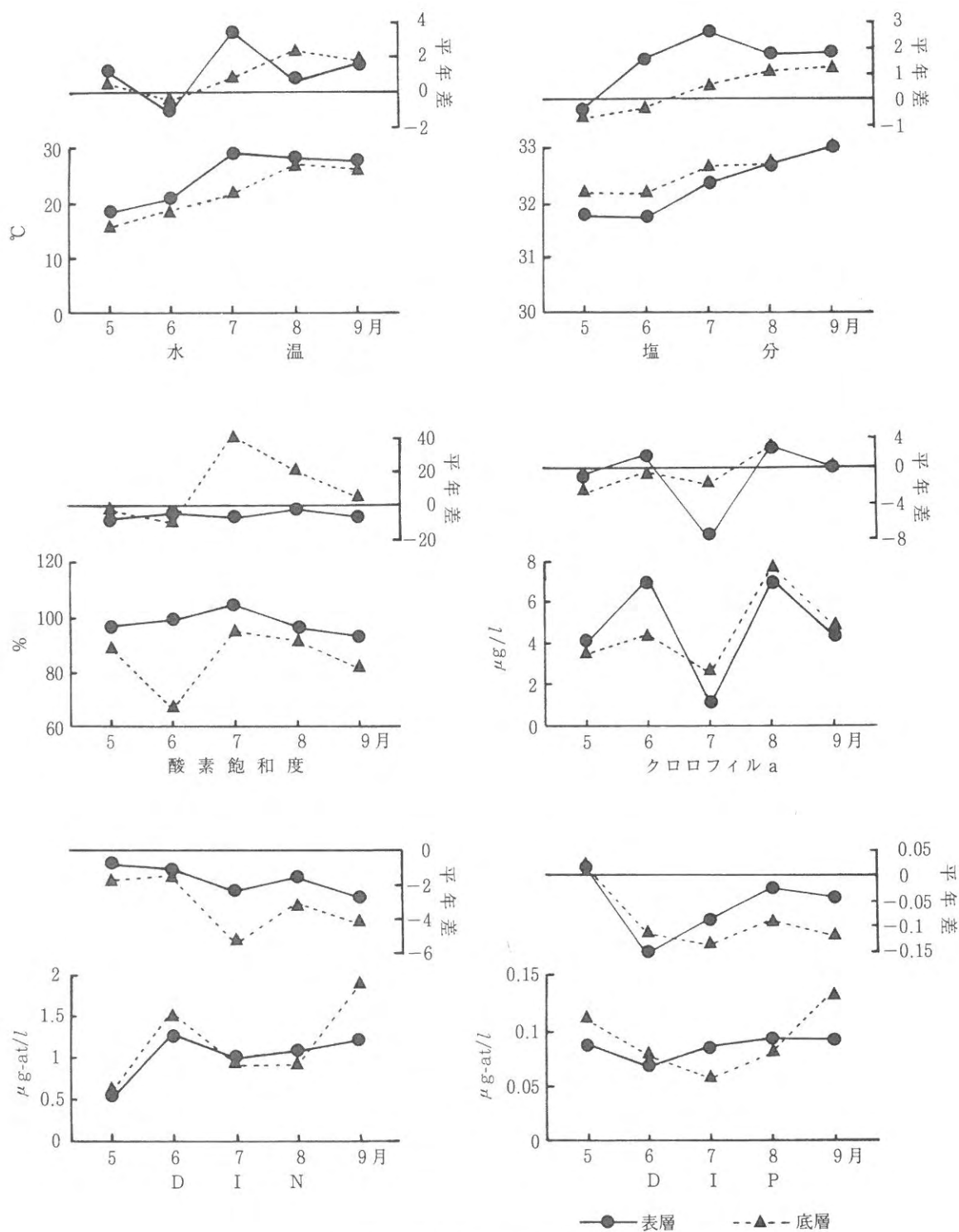


図3 海象月別変化

層で5 cells/l, 1月の底層で2 cells/l出現していた。

Dinophysis acuminata

*D. acuminata*は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7月の5 m層で最も多く24 cells/l, 次いで8月の5 m層で12 cells/l出現していた。

2) 海況

アサリ採取点に最も近い定点 (Stn.11) における7～9月, カキ採取点に最も近い定点 (Stn.13) における12, 1月の表層, 5 m層, 底層でのそれぞれの水温, 塩分, 酸素飽和度の調査結果を図6に示した。

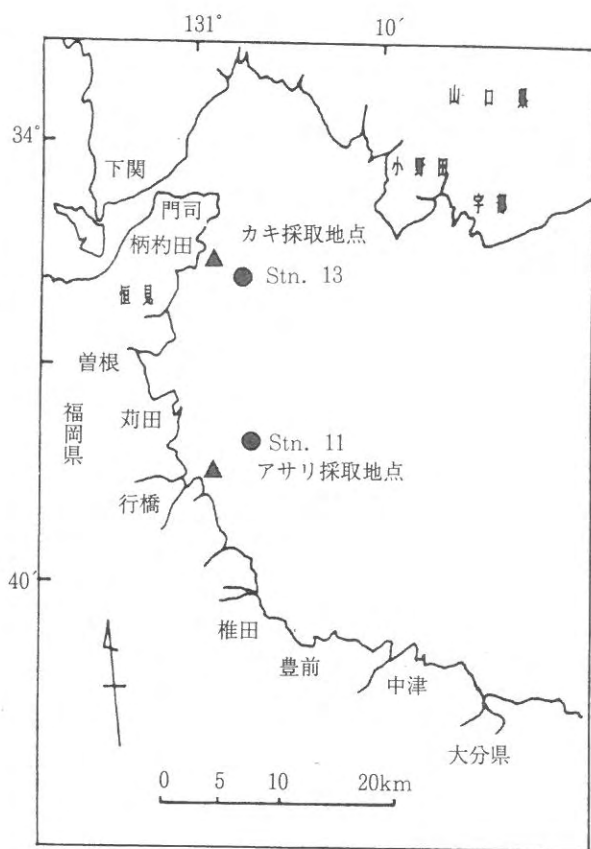


図4 調査水域およびプランクトン調査点

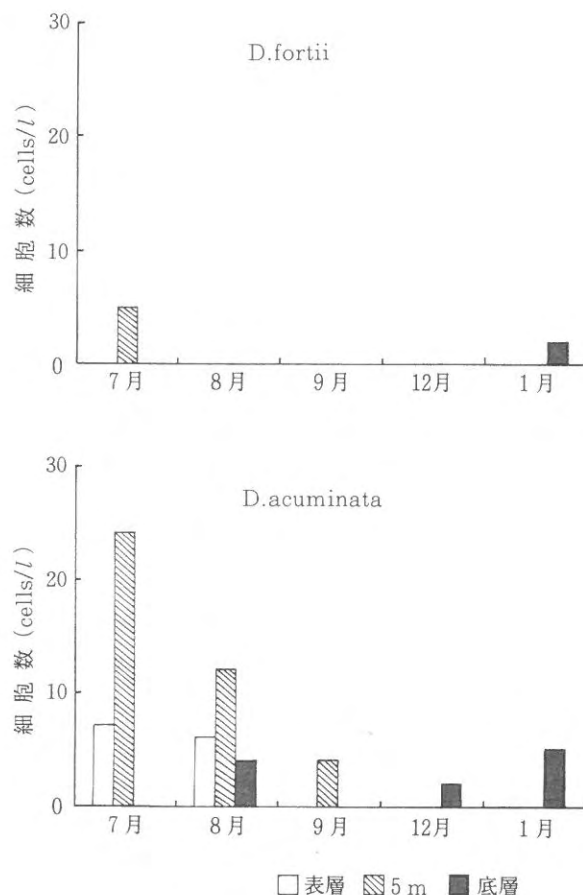


図5 *Dinophysis*属の出現状況

表2 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	30.4mm		平成6年	平成6年	ND	ND
殻高平均	21.8mm		7月6日	7月7～9日		
重量平均	6.2g					
アサリ						
殻長平均	28.6mm		平成6年	平成6年	ND	ND
殻高平均	21.2mm		8月9日	8月10～15日		
重量平均	5.9g					
アサリ						
殻長平均	31.8mm		平成6年	平成6年	ND	ND
殻高平均	23.6mm		9月20日	9月20～24日		
重量平均	7.4g					
カキ						
殻長平均	102.0mm		平成6年	平成6年	ND	ND
殻高平均	43.6mm		12月21日	12月22～26日		
重量平均	47.5g					
カキ						
殻長平均	94.7mm		平成7年	平成7年	ND	ND
殻高平均	47.3mm		1月18日	1月19～24日		
重量平均	50.5g					

ND: 検出限界値以下

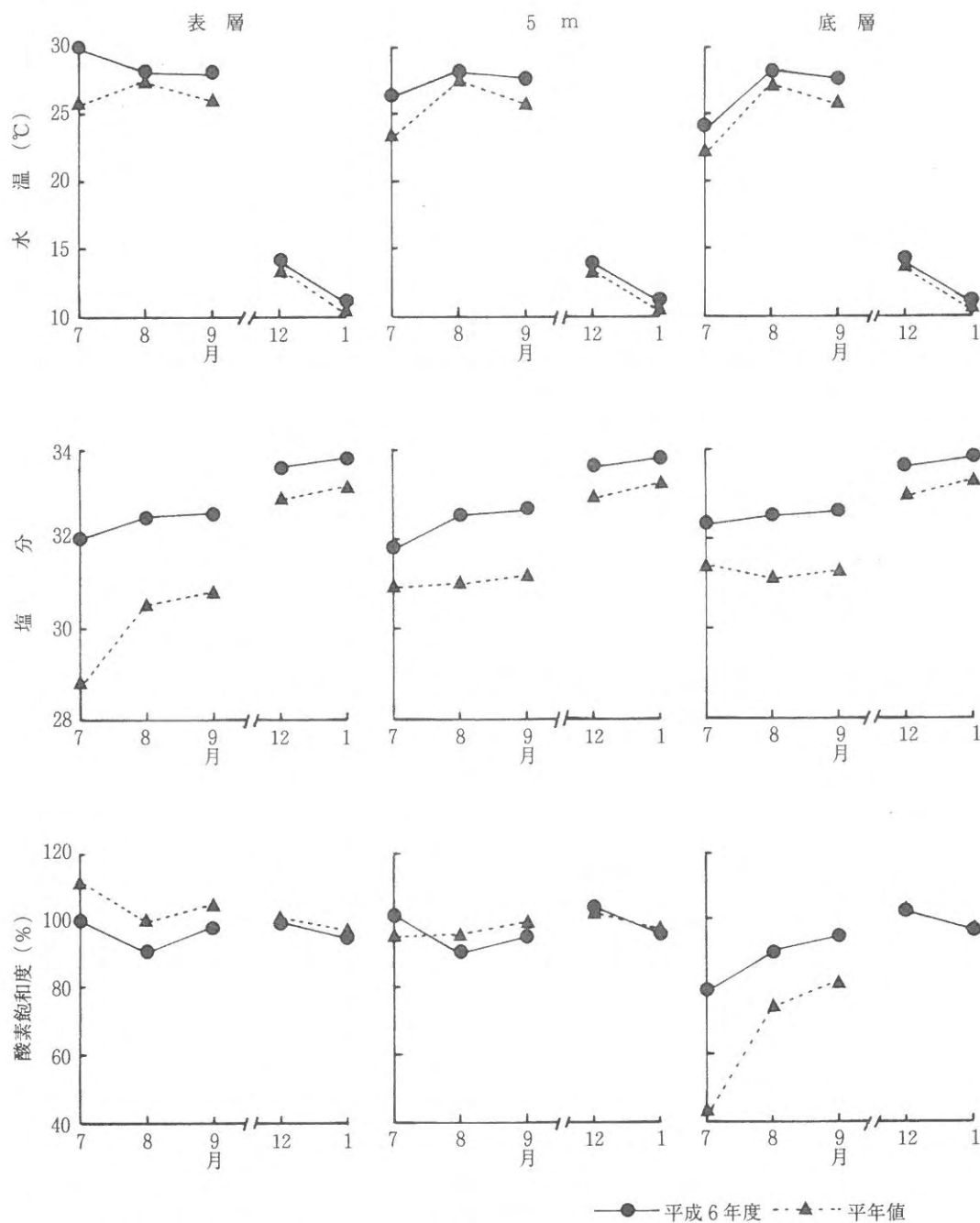


図6 Stn.11, 13における水温, 塩分, 酸素飽和度の月別変化 (7~9月はStn.11, 12, 1月はStn.13)

アサリ検体を採取した7月から9月までの水温は, 23~29℃台であり, 各月とも平年より2℃高めであった。カキ検体を採取した12, 1月までの水温は11~14℃台であり, 各月とも平年より1℃高めであった。

7月から9月までの塩分は31.5~32.5の範囲であり, 各層とも1~3高めであった, 12, 1月は33.6~33.8の範囲であり, 各層とも1高めであった。

酸素飽和度は, 7月から9月にかけては, 表層と5 m層では平年より5~10%低めであったが, 底層では10~30%高めであった。12, 1月は各層とも平年並であった。

考 察

毒化原因プランクトンの*Alexandrium*属は, 昨年引きつぎ出現は認められなかった。

当海域において, 貝類の毒化は現在のところみられていないが, 昇温期に毒化原因プランクトンである*Dinophysis*属が出現していることから, 今後もこの時期に重点をおいてモニタリングを行うことが必要であると考えらる。

要 約

- 1) アサリ, カキの麻痺性, 下痢性毒化モニタリング調査を7~9月および12, 1月に実施した。
- 2) 7~9月および12, 1月の調査期間, アサリ, カキに麻痺性, 下痢性の毒化はみられなかった。
- 3) 麻痺性原因プランクトンである*Alexandrium*属の出現は認められなかった。

*Dinophysis*属では, *D. fortii*が7月と1月に, *D. acuminata*が7~9月および12, 1月に出現していた。

- 4) アサリ検体を採取した水温は23~29℃, 塩分は31.5

~32.5であり, カキ検体を採取した水温は11~14℃, 塩分は33.6~33.8の範囲であり, とともに平年に比べ高めであった。

今後の課題

今後も貝類の毒化の有無, 毒化原因プランクトンの出現状況について監視を継続し, *Alexandrium*属および*Dinophysis*属の出現パターンを把握する。

貝類の毒化現象が発生した場合には, その毒化機構および原因プランクトンの出現量と毒力の関係の解明を行う。

造成漁場環境調査

佐藤 博之・神菌 真人・江藤 拓也

豊前海では昭和63年以降、浅海域を中心に軟弱地盤域での漁場造成を目的として魚礁が投入されている。魚礁への魚類の増集効果については調査が行われているが(有江ほか, 1994), 魚礁のもつ生物的, あるいは物理的な環境等については不明確な点が多い。ここでは, 平成2年に築上郡椎田町地先に投入された魚礁を対象に, 底質, 付着生物層の変化, 流れについて調査を行った。

方 法

魚礁の投入地点を図1に示す。2ヶ所の魚礁を調査対象とし, 一方は軟泥上に覆砂を行い, その上に投入されており, 他方は覆砂上の魚礁から東側に約300m離れた所の軟泥上に投入されている。

底質については, 魚礁周辺の底泥を潜水により採取し, 検知管法により底泥の硫化水素濃度を測定した。

付着生物については, アクリル製の付着板(10×10×0.5cm)を40cm間隔で5枚連結し, 各魚礁の底上2mの位置に垂下した。設置は平成6年8月18日に行い, 約1ヶ月後の9月19日に回収した。回収後, 付着生物はホルマリンで固定し, 種の同定, 個体数の計数を行った。

流れについては, 覆砂区の魚礁間の底上1mに電磁流

速計(アレック電子, ACM-4M型)を設置し, 10分間隔で測定した。設置期間は平成6年9月20日から10月7日までの約2週間である。

結 果

1) 底質環境

覆砂区と軟泥区の各底泥中の硫化水素濃度を表1に示す。調査は8月18日, 9月19日, 12月14日に行い, 検知管法によって測定した。覆砂区の値は, 0.07~0.27mg/g乾泥, 平均で0.15mg/g乾泥, 軟泥区では, 0.22~0.42mg/g乾泥, 平均で0.35mg/g乾泥を示し, 覆砂区に比べて, 軟泥区での値が高かった。

表1 底泥中の硫化水素濃度 (mg/g乾泥)

	8月18日	9月19日	12月14日	平均
覆砂区	0.07	0.12	0.27	0.15
軟泥区	0.22	0.42	0.42	0.35

2) 付着生物

各魚礁の付着板の生物を層別に整理し, 図2に示す。

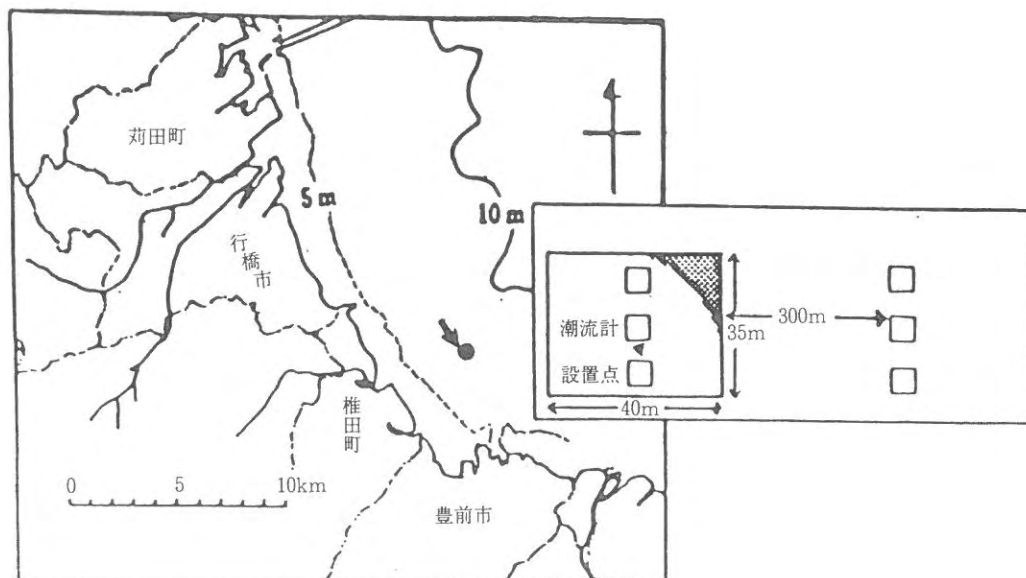


図1 調査点及び魚礁配置

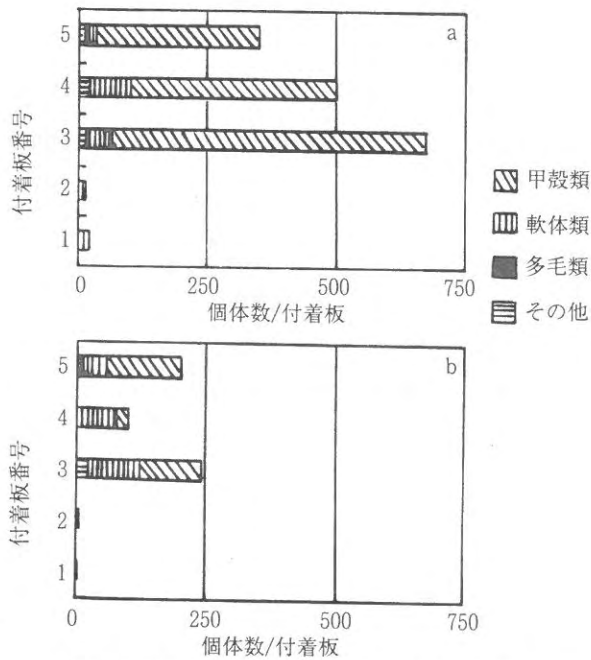


図2 層別個体数 (a図: 覆砂区, b図: 軟泥区)

付着板の番号は海底に最も近いものを1とした。付着板1, 2の生物量は少なく, 付着板3~5の生物量は多かった。この傾向は, 各魚礁とも共通していた。各魚礁の付着板の生物量を比較すると, 覆砂区での生物量は軟泥区のそれを上回っていた。

各魚礁の付着板に付着した生物の種類数の比率を図3

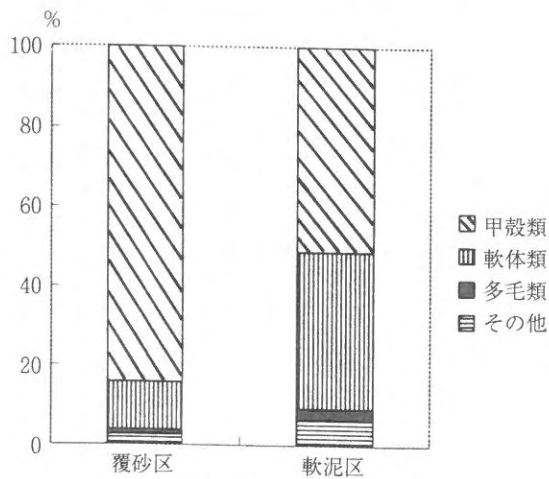


図3 種類数の比率

に示す。覆砂区では甲殻類が最も優先しており, 種類数全体の84%を占め, 次いで軟体類が12%を占めていた。軟泥区では甲殻類が全体の51%を占め, 次いで軟体類が40%を占めていた。

3) 流れ

魚礁付近の流れの実測値を25時間移動平均して求めた

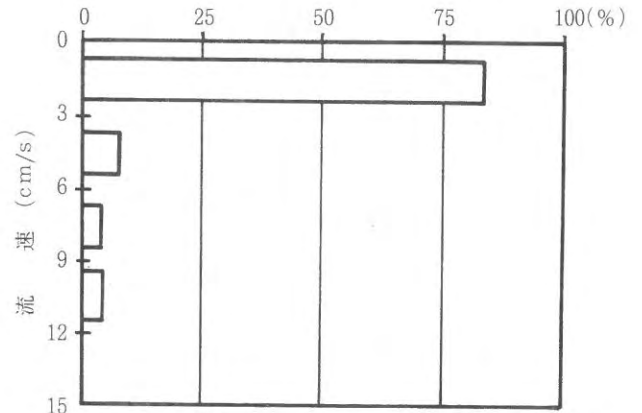


図4 流速頻度分布

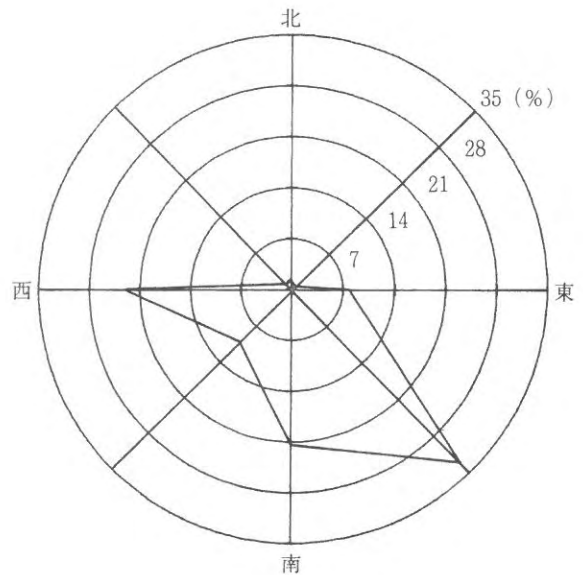


図5 流向頻度分布

流速頻度分布を図4に, 流向頻度分布を図5に示す。流速は3 cm/s以下の値が80%以上を占めていた。流向については南東方向に卓越していた。9月29日に10 cm/s以上の流速が観測されているが, 台風第26号の影響に伴うものであると考えられる。

魚礁付近では流れは停滞しており, 海水が交換されにくく, 底質環境は悪化しやすいと考えられる。このことは魚礁の海底付近には付着生物が極端に少ないことから明らかである。

文 献

- 1) 有江康章・藤本敏昭・上妻智行・小林信: 軟弱地盤用魚礁の蛸集効果, 福岡水技研報, 第2号, 113-128 (1994)

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・神薗 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6年5月31日～8月30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&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。

風の数値解析についてはパスコ（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23'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。

流向は調査点11、調査点23'ともに、概ね北西～南東方向に卓越していた。最大流速は、調査点11の上層で約30cm/sec、下層で約26cm/secであった。調査点23'では調査点11のほぼ2倍の流速があり、最大流速は上層で約64cm/sec、下層で約46cm/sであった。

2) 海域環境特性

水温および塩分はともに、平年に比べて高い値で推移した。特に水温は、水塊Ⅰの上・中層において7月に急激に上昇し、8月には27～30℃であった。

鉛直安定度によって示されるように、成層は、水塊Ⅰにおいて6月に徐々に発達し始め、7月上旬から中旬に盛期を迎えた後、下旬に崩壊した。下層の溶存酸素飽和度は、成層発達初期の6月中旬に約60%に低下したが、この低酸素状態は短期的なものに終わり、それ以外では70%以上であった。

栄養塩濃度は、調査海域全域においてほぼ平年値で推移した。PO₄-Pの鉛直平均濃度は0.1～0.2μg-at/l、DINの鉛直平均濃度は1～2μg-at/lであった。水塊Ⅰで成層が発達し始めた6月に、同水塊に属する調査点19の下層においてDINが増加し、5μg-at/lに達した。

3) 対象プランクトンの増殖、分布特性

*G. mikimotoi*の遊泳細胞密度は低く、調査海域全域において調査期間を通じ、概ね0.1細胞/ml以下であった。この低密度での推移は、*G. mikimotoi*の増殖、分布の中心域と考えられる水塊Ⅰにおいてもほぼ同様であり、水塊Ⅱ、Ⅲでは*G. mikimotoi*は断続的に出現したにとどまった。

分布の拡大指標は密度と同様のパターンで変化し、分布域は調査海域全域の約30%、水塊Ⅰでも約70%広がったに過ぎなかった。

なお、*G. mikimotoi*の初期出現時の水温は、上・中層で約17℃、下層で約15℃であった。

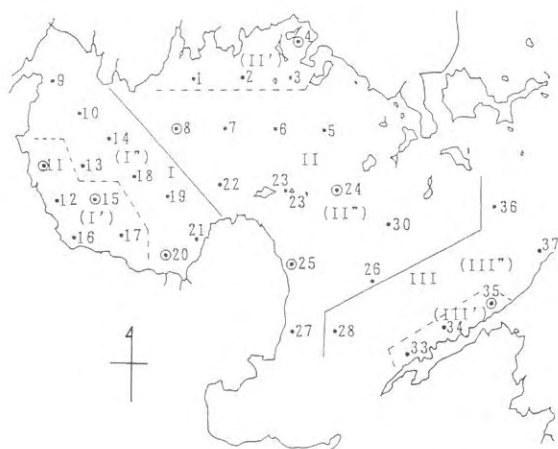


図1-1 瀬戸内海西部海域における水塊区分（Ⅰ～Ⅲ）

Chattonella spp.の遊泳細胞密度も低く、7月5日のピーク時に調査海域全域で約2細胞/ml、水塊Ⅰで約5細胞/mlであった他、水塊Ⅱで6月に僅かに1細胞/mlを越えたのを除き、概ね0.1~1細胞/mlであった。分布の中心域は、水塊Ⅰに加えて水塊Ⅱにまで及んでおり、*G. mikimotoi*より広がっていた。

分布拡大指標は密度と同様のパターンで変化し、分布域は7月12日に調査海域全域の約70%、水塊Ⅰでは全域に広がっていた。

Chattonella spp.の初期出現時の下層水温は約14℃であった。初期出現は、水塊Ⅰより、むしろ水塊Ⅱにおいて広い区域から認められる傾向にあった。

*H. akashiwo*の遊泳細胞密度は、6月に急激に増加し、中旬から下旬にかけて調査海域全域でほぼ50細胞/ml、水塊Ⅰで100~200細胞/mlに達した。なお、6月21日に一時的に急減したのは、降雨によるものと考えられる。

水塊別の出現状況から、*H. akashiwo*においても、*G. mikimotoi*と同様に水塊ⅠからⅡ、さらに水塊Ⅲへ分布が拡大する傾向にあったと考えられる。

*H. akashiwo*の分布拡大指標も、遊泳細胞密度と概ね同じパターンで変化した。但し、密度が急増する直前の6月初旬に、水塊Ⅰの全域に分布していた。

遊泳細胞密度変化および分布状況からみて*H. akashiwo*の増殖、分布の中心域は、*G. mikimotoi*と同様に水塊Ⅰであると考えられるが、初期出現は、*Chattonella* spp.と同様に水塊Ⅱ（下層水温15℃~16℃）において比較的広い区域から認められる傾向にあった。

4) *G. mikimotoi*の増殖と環境の関係

*G. mikimotoi*は水深5m前後の比較的浅い層（上・中層）を増殖の中心層とすると考えられるので、増殖中心域である水塊Ⅰの上・中層に焦点をあて、その増殖特性について、平成元年~6年の調査結果を基に検討した。

平成元年~6年における*G. mikimotoi*の遊泳細胞密度変化をみると、概して7月中旬以降に密度の著しい増加が認められる。この6年間では、平成2年と6年（本年）ともに他の年より、遊泳細胞密度レベルが低く、水温が高かったことが大きな特徴である。

*G. mikimotoi*の増殖を考える上で、水温および塩分は大きな要因となる。これらを変数とした、山口・本城¹⁾の式を用いて、平成元年~6年の各観測期間の細胞分裂速度（増殖速度）を算出した。ここでは、遊泳細胞密度が比較的高かった平成元年（図1-2）と低かった平成2年（図1-3）の結果を示す。

5月下旬から7月上旬の間に、現場での水温・塩分の

変動に対応して、細胞分裂速度は高くなった。平成元年の場合には、その後8月にかけて、細胞分裂速度は比較的高いまま維持されたが、平成2年の場合には、7月以降低下した。平成2年に細胞分裂速度が低下した原因として、上・中層の両層における水温の上昇（平年より2~3℃高め）が考えられる。現場での遊泳細胞密度の変化は、細胞分裂速度の変化とほぼ対応しており、細胞分裂速度が高くなるのに伴い、遊泳細胞密度の増加が認められた。また、細胞分裂速度が高いまま維持された平成元年には、8月に遊泳細胞密度が急激に増加した。このような細胞分裂速度の変動パターンとそれに伴う遊泳細胞密度の変動パターンは、平成2、3、4年にも観察された。一方、7月中旬以降、細胞分裂速度が低下した平成2年の場合には、遊泳細胞密度の増加は観察されなかった（平成6年も同様）。

以上のことから、8月に*G. mikimotoi*が増殖し密度を増加させる条件として、細胞分裂速度が高いまま（少なくとも、0.6/日以上）維持されることが必要であると考えられる。この時に、降雨による栄養塩の供給、あるいは成層の崩壊に伴う下層から上・中層への栄養塩の供給がある場合に、細胞分裂速度はさらに高くなり、密度が急増して赤潮を形成することが考えられる。

なお、細胞分裂速度は、水塊Ⅰでの鉛直安定度ともよ

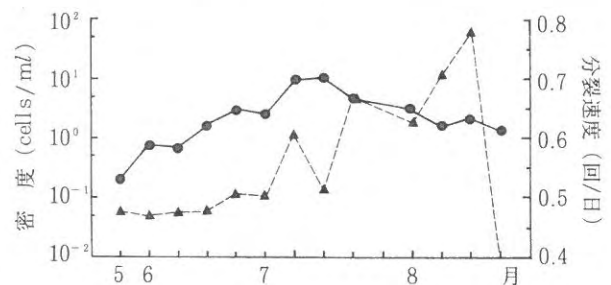


図1-2 平成元年の水塊Ⅰにおける*Gymnodinium mikimotoi*の上・中層平均密度(●)および分裂速度(▲)の変化

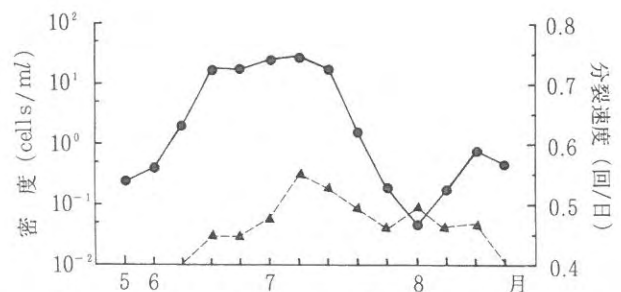


図1-3 平成2年の水塊Ⅰにおける*Gymnodinium mikimotoi*の上・中層平均密度(●)および分裂速度(▲)の変化

く対応しており、成層崩壊に伴って低下した。

5) *G. mikimotoi*と他種プランクトンの相互関係

*G. mikimotoi*と他種プランクトンの間には、特に明瞭な相互関係は認められなかった。但し、本種と*H. akashiwo*の間に拮抗的な現象が存在する可能性があり、同様の可能性は*H. akashiwo*と*Chattonella* spp.の間にも認められた。また、*G. mikimotoi*の遊泳細胞密度は、珪藻の細胞密度とはほぼ同様のパターンで変化した。が、*H. akashiwo*および*Chattonella* spp.の遊泳細胞密度はいずれも、珪藻の細胞密度が低い時期に高くなる傾向にあった(図1-4)。

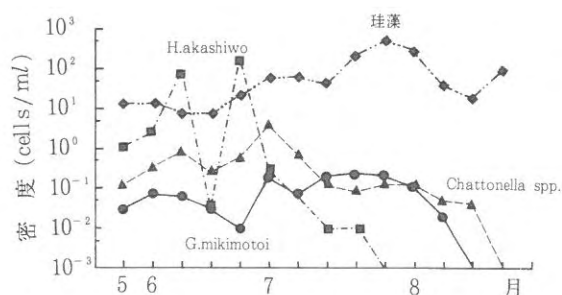


図1-4 平成6年の水塊Ⅰにおける赤潮対象プランクトンの鉛直平均密度変化

6) 周防灘における吹送流の数値実験

赤潮プランクトンの分布拡大に海水の流れは重要な役割を果たしている。海水の流動は、様々な要因によって引き起こされるが、ここでは風により生じる吹送流を多層シミュレーションモデルを用いて予測し、吹送流による*G. mikimotoi*遊泳細胞の移送の可能性について検討した。対象年として、8月に局所的赤潮が形成された平成元年度を選んだ。

平成元年での台風の通過日を含む、7月26日から1週間の平均化した風の間から計算された、表層(海面~水深10m)の吹送流を図1-5に示す。山口県沖の周防灘北西部には、最大で約20cm/secの西向きの流れが形成されていた。周防灘南西部での表層の流れは、豊前海地先を除き、海域中央部から海域西部へ向いていた。

*G. mikimotoi*が全域に拡大した8月16日およびそれ以前の1週間を平均化した風の間から計算された吹送流を図1-6に示す。流向は周防灘南西部海域で海域中央部に向いており、*G. mikimotoi*の分布拡大を促す方向であった。但し、吹送流の速度は、最大でも約1cm/secに過ぎず、台風到来時に比べてかなり小さかった。

今後、吹送流以外の要因についても検討を加え、移送モデルを構築することが必要である。

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*を試験藻とするAGPは、6月21日の表層水および8月9日の底層水では、 10^3 細胞/mlを越えたが、他の試料ではこれより低かった(図1-7)。

*G. mikimotoi*の増殖を阻害する因子は、原海水中には溶存態として存在しなかった。よって栄養塩・微量金属類以外に、*G. mikimotoi*の増殖を促進する物質が、6月14日、28日、8月3日、16日の原海水には含まれていた可能性が示唆された。

*G. mikimotoi*の最小細胞内窒素含量(53pgN/細胞)とリン含量(9.4pgP/細胞)から、原海水中の無機態窒

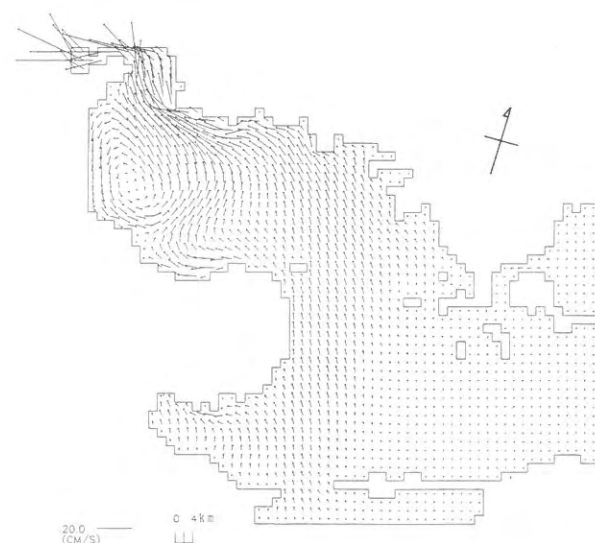


図1-5 台風到来時の平均的な風の間に対応する吹送流の計算結果

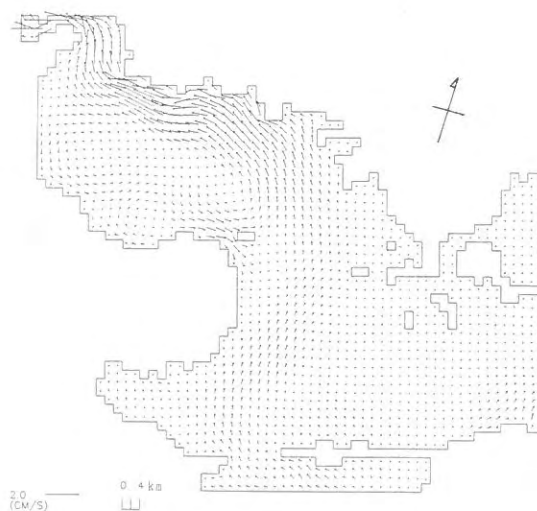


図1-6 *Gymnodinium mikimotoi*が全域に分布する直前の平均的な風の間に対応する吹送流の計算結果

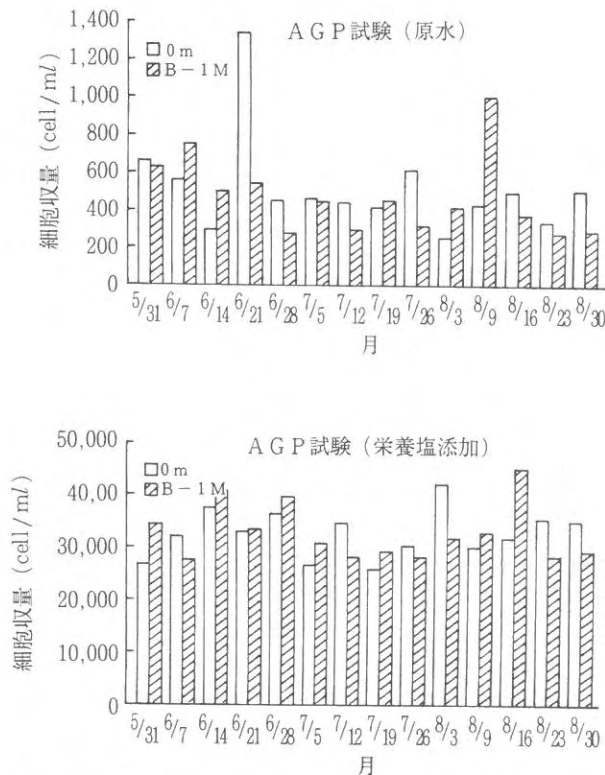


図1-7 *Gymnodinium mikimotoi*による原海水および栄養塩類添加試水のAGP

素・リン濃度を基準に期待される増殖量（細胞密度）を算出したところ、1,000細胞/mlを越えたのは6月21日の表層水のみであり、その値は、AGPとよく一致した。

試料中に含まれる無機態の窒素およびリンのうち、増殖を制限している栄養塩（制限栄養塩）濃度から算出した、期待される細胞密度に比べて原水中のAGPは概して高かった（図1-8）。このことは、*G. mikimotoi*が、無機態の窒素・リン以外にも、試料中に含まれる有機態の窒素・リンを利用していることを示唆している。

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、ほぼ毎年*Heterosigma akashiwo*（以下*H. akashiwo*）の赤潮の発生がみられ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。本種はこれまでの調査で、生活史の一時期にシストの形態で存在することが明らかにされている²⁾。しかし、現場海域においてシストが本種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。これらの点を明らかにすることは本種の赤潮発生機構を解明する上で重要と考えられる。そこで、本種による赤潮形成が、ほぼ毎年観察される宇島港を調査海域として選定し、*H. akashiwo*の栄養細胞とシストについての現場調査を実施し、環境要因との関

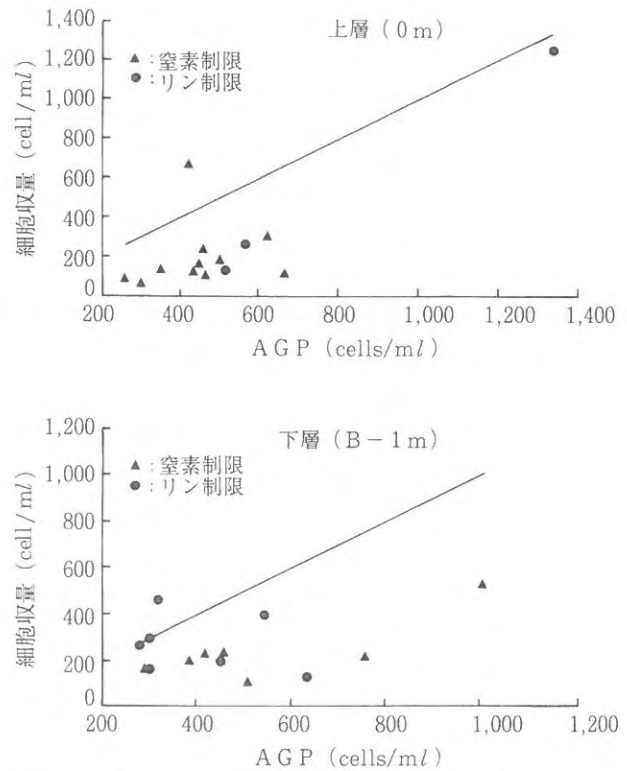


図1-8 制限栄養塩濃度基準の予測細胞密度と原海水AGPの関係

係を考察するとともに、シスト密度の変動と栄養細胞の出現状況について検討した。

方 法

調査対象海域と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300,000m²の小さな港である。港内水は幅約250mの開口部を通じて港外水と接している。港内には都市下水が流入しており、港奥部の海水の水質に影響を及ぼしていると考えられる。

平成6年5月9日から8月30日まで原則として週1回、図2-1に示す宇島港内の測点（水深4m）において、STD（アレック電子社製AST1000M）を用いて、0.5m深毎の水温、塩分を測定するとともに、採水と採泥を

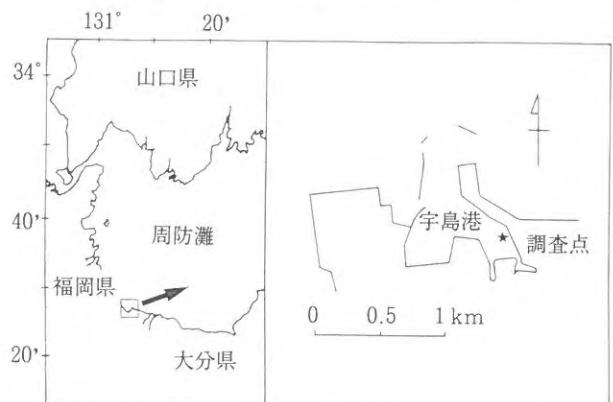


図2-1 地域対象種調査点図

行った。分析用試水はバンドーン採水器を用いて採取し、*H. akashiwo*の栄養細胞の計数およびD I N, PO_4-P , クロロフィルaの分析に供した。*H. akashiwo*の栄養細胞は生海水1 mlを分取し計数を行った。D I N, PO_4-P およびクロロフィルaの測定については海洋観測指針に準じた。底泥はKK式柱状採泥器を用いて採取し、*H. akashiwo*のシスト密度の計数に供した。計数については全シスト密度は直接検鏡法²⁾で、発芽可能なシスト密度は終点希釈法³⁾で計数した。なお、終点希釈法での培養条件は温度20℃、照度5000lx, 12hL:12hDの明暗周期とした。降水量のデータは当研究所における観測資料を用いた。

結 果

1) *H. akashiwo*の栄養細胞の出現状況

*H. akashiwo*の栄養細胞の出現状況を図2-2に示す。

栄養細胞は5月9日には低密度ながら全層で観察され、その後細胞密度は増加し、細胞密度は6月10日と6月27日に最高細胞密度10,000cells/mlとなり、赤潮状態を呈した。7月以降、栄養細胞の出現はほとんど認められなかった。

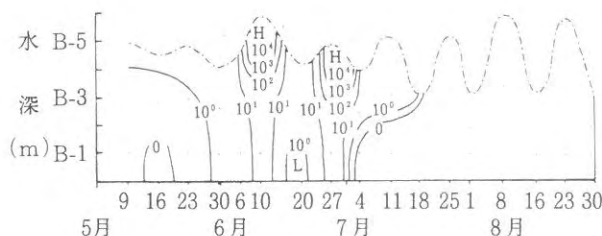


図2-2 *Heterosigma akashiwo*の栄養細胞密度の変化

2) 水質環境

水質環境の変化を図2-3に示す。

(1) クロロフィルa

表層のクロロフィルa量は0.5~33.2 $\mu\text{g/l}$ の範囲で変動しており、6月10日と6月27日の赤潮時にそれぞれ22.3, 33.2 $\mu\text{g/l}$ の高い値を示した。底層のクロロフィルa量は1.4~6.1 $\mu\text{g/l}$ の範囲で変動していた。

(2) 水 温

港内における観測期間の表層水温は18~32℃の範囲で変動していた。5月9日には18℃を示し、その後徐々に上昇し、6月の栄養細胞の増殖時には24~26℃を示した。7月以降27℃以上で推移した。底層の水温は5月9日には18℃、6月10日に24℃、7月に入ると26℃を示した。なお、5月から7月にかけて海底上から2 m付近で水温

躍層がみられる。

(3) 塩 分

表層の塩分は24.9~32.6の範囲で変動しており、低い値がみられたのは6月20日であり、24.9の値を示した。底層の塩分は31.0~32.6の範囲で変動していた。

(4) D I N

表層のD I Nは0.1~109.2 $\mu\text{g-at/l}$ 、底層のD I Nは0.9~24.0 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲で変動していた。6月の栄養細胞の増殖前の6月6日と20日には高い値を示しており、赤潮形成時には低下していた。

(5) PO_4-P

表層の PO_4-P 濃度は0.1~3.7 $\mu\text{g-at/l}$ 、底層の PO_4-P 濃度は0.1~1.0 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲で変動していた。D I N濃度と同様に栄養細胞の増殖前に高濃度、増殖時には低濃度となっている。

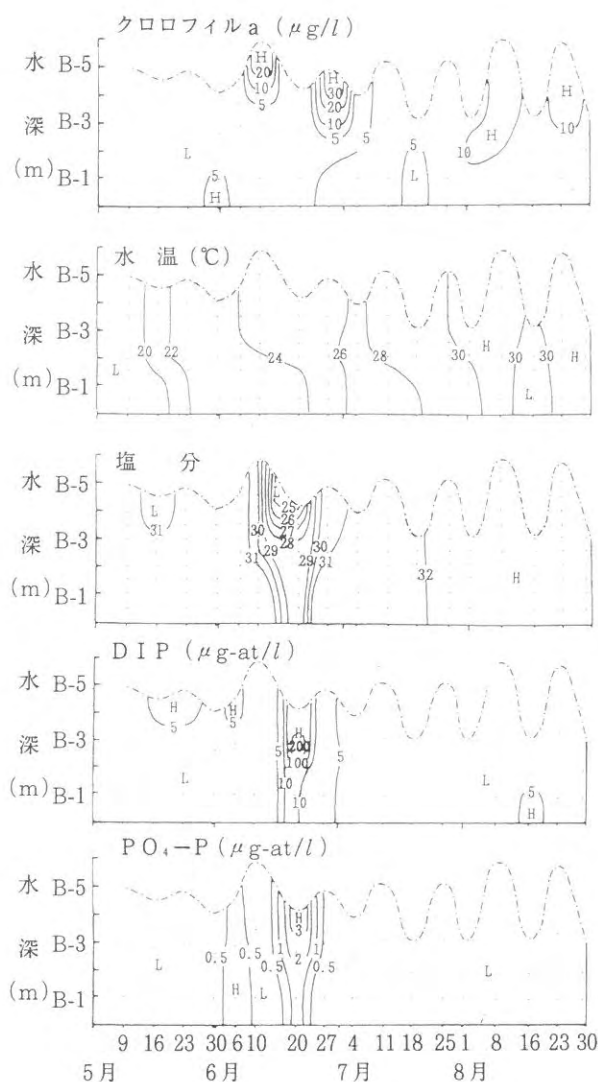


図2-3 調査点における水質環境の変化

3) 降水量

降水量は、閉鎖的な内湾の水質に大きく影響を及ぼすと考えられる。そこで観測期間中の降水量の月別の値を図2-4に示す。

調査期間中、降水量は6月8日から22日にかけて多く、月間降水量でみると5月77mm、6月179mm、7月45mm、8月18mmであり、平年と比べて7月と8月の降水量は少なかった。

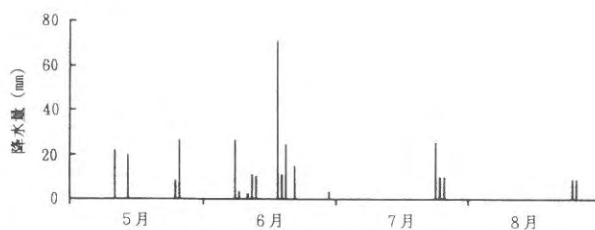


図2-4 降水量の変化

4) *H. akashiwo*のシスト密度の変化

直接検鏡法で計数した*H. akashiwo*のシスト密度（全シスト密度）と終点希釈法で計数したシスト密度（発芽可能なシスト密度）の変化を図2-5に示す。

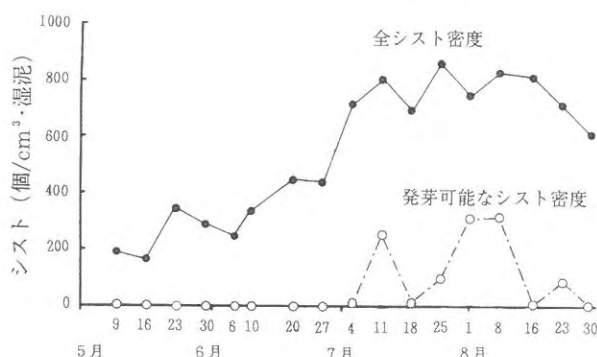


図2-5 調査点における*Heterosigma akashiwo*のシスト密度の変化

調査期間中、全シスト密度は163～858個/cm³・湿泥の範囲で推移していた。5月9日には200個/cm³・湿泥を示し、その後増減をくりかえしながら、6月中、下旬の栄養細胞の増殖直後、栄養塩が低濃度になった時から、シストの密度は急激に増加していた。その後は高密度で推移してゐる。

発芽可能なシストは0～380個/cm³・湿泥の範囲で推移していた。5月9と16日には低密度で出現していたが、5月23日から6月27日までは出現は認められなかった。7月以降に再び発芽可能シストが認められるようになり、その密度は6月の2回の赤潮形成から約1ヶ月遅れた7月11日、8月1日にそれぞれ280個/cm³・湿泥、380個

/cm³・湿泥と高い値を示した。

考 察

1) 栄養細胞の増殖と環境要因

本調査で*H. akashiwo*の赤潮は6月に2回観察されたが、いずれも発生前に降雨があり、塩分が著しく低下しており、さらに栄養塩が増加していることから、降雨によって陸域からもたらされた栄養物質が*H. akashiwo*の増殖を促進し、赤潮を形成したことが推察された。

6月20日には一時的に栄養細胞密度が低下している。この時、塩分濃度は大きく低下しており、急激な塩分低下が栄養細胞の増殖に影響したことが考えられる。

2) シストの変動と栄養細胞の消長と環境要因

直接検鏡法で計数した全シスト密度は6月の赤潮形成直後、栄養塩が低濃度になった時期に著しく増加している（図2-5）。一方、発芽可能なシスト密度は、栄養細胞の増殖時（6月10日、6月27日）から、約1ヶ月遅れた7月11日と8月1日に高密度となっていた。

以上の結果から栄養細胞の増殖直後に栄養塩の欠乏等により、多くのシストが形成され、その後形成されたシストは、約1ヶ月の休眠の後に発芽可能になったことが示唆された。

板倉他⁴⁾は室内培養実験から、広島湾における*H. akashiwo*のシストが約2～3週間以内の自発的休眠期間をもつと示唆しており、今回の結果とよく対応している。

*H. akashiwo*のシストの形成、休眠、発芽等について研究を行い、さらにシストと栄養細胞との関係について明らかにする必要がある。

文 献

- 1) 山口峰生・本城凡夫(1989): 有害赤潮鞭毛藻*Gymnodinium nagasakiense*の増殖に及ぼす水温、塩分および光強度の影響。日水誌, 55, 2029-2036.
- 2) Ichiro Imai, Shigeru Itakura, and Katuhiko Itoh (1993): Cysts of the Red Tide Flagellate *Heterosigma akashiwo*, Raphidophyceae, Found in Bottom Sediments of Northern Hiroshima Bay, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 59, 1669-1673.
- 3) 今井一郎(1990): 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, 166pp.
- 4) 板倉茂(1995): 現場試料を用いた*Heterosigma akashiwo*のシスト形成, 平成7年度日本水産学会春季講演要旨, 321pp.

貧酸素水塊被害防止対策事業

— 貧酸素水塊予察モデルと漁業被害防止技術の開発研究 —

神 菌 真人・江 藤 拓也・佐 藤 博之

瀬戸内海で夏季に頻発する貧酸素水塊は、浅海漁業や養殖漁業に深刻な被害を与えており、その生成機構や抑制に関する様々な研究が行われている。一般に貧酸素水塊は、夏季における躍層の発達で底層への酸素供給を抑制すると同時に、底層での有機物の分解に伴う酸素消費がこれを上回ることによって生じる。このような場合、貧酸素水塊は比較的深い海域に、長期間にわたって形成し続けることが多い。周防灘西部（豊前海）において形成される貧酸素水塊は、1週間以内という短い時間スケールで生成消滅を繰り返し、また形成される範囲もきわめて局所的でかつ浅い海域である（岸より10km以内）。このような形成の特性は、瀬戸内海の他の海域（例えば、燧灘や大阪湾）と比較しても特異であり、その形成機構の解明が急務となっている。

平成3年度から、水産庁の委託を受け、本海域における貧酸素水塊形成機構の解明および貧酸素水塊予察モデルを構築する目的で調査を行っている。本年度の調査内容であるⅠ）下層における酸素消費過程、Ⅱ）覆砂による底質改善効果、Ⅲ）貧酸素水塊モデルについてその概要を報告する。

Ⅰ 下層における酸素消費過程

周防灘南西部の浅海域において採取された海水、沈降物および底層堆積物の酸素消費速度を室内で測定するとともに、海水の光合成による酸素生産速度を測定し、当浅海域の下層における酸素消費過程を調べた。さらに、同時に測定された懸濁物、沈降物および堆積物の化学組成から各物質の特徴と酸素消費との関係について検討した。

1. 試料と方法

平成6年6月7日から8月30日にかけて、図1-1に示す測点において酸素消費速度の測定用と分析用試料として下層水（底上2m）、沈降物、堆積物を採取し、同時に水温・塩分（アレック電子、AST1000M）、溶存酸素（YSI社、M58）、光強度（Biospherical社、QSP170、200）を測定した。採取した海水、沈降物、堆積物につ

いては酸素消費速度（フラン瓶法、堆積物についてはコア法でも測定）、有機炭素、窒素、植物色素を測定した。

2. 結果と考察

海水中の懸濁物、沈降物および底層堆積物はそれぞれ化学組成が異なっており、堆積物、沈降物、懸濁物の順に分解が進行していた（表1-1）。特に、沈降物と堆積物とでは、その組成が大きく異なっており、沈降物から堆積物に移行する過程において著しく分解が進行していることが推察された。

海水の酸素消費過程のうち、非植物プランクトン由来の有機物による消費が約50%を占め、次いで植物プランクトン由来の有機物によるものが約33%、溶存態の有機物によるものは約17%であった。下層での光合成による酸素生産速度は、Chl. α 量と光強度を説明変数とした重回帰式で推定できた。その結果、平成6年の夏季については、下層水の酸素生産速度は酸素消費速度を上回っていたことが推察された。

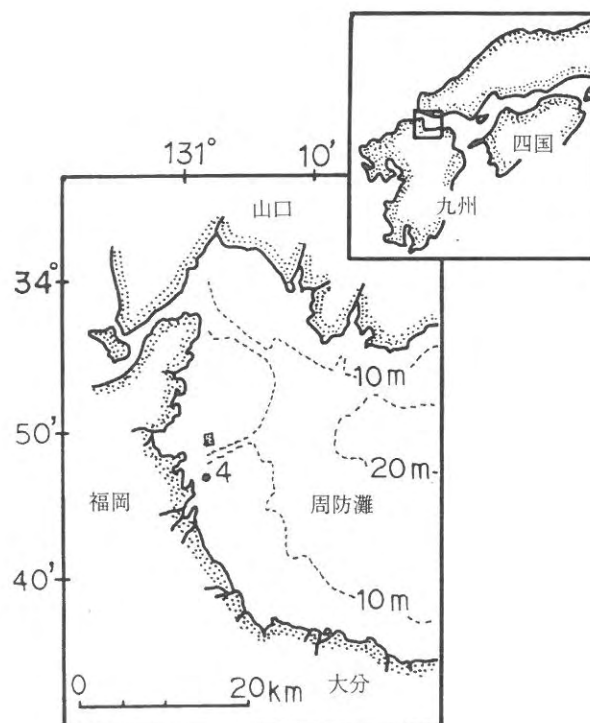


図1-1 調査海域の概要と調査点

表 1-1 各物質の化学組成

平均 (最小-最大)

	有機態炭素 (mg/g dry)	有機態窒素 (mg/g dry)	クロロフィル色素* ¹ (mg/g dry)	C/N比
懸濁物	120.7 (74.1-192.2)	16.5 (9.0-28.1)	0.80 (0.10-1.96)	7.53 (6.57-8.42)
沈降物	95.2 (35.8-174.8)	11.8 (4.1-22.6)	0.44 (0.13-1.42)	8.16 (7.38-8.84)
底層堆積物	18.0 (17.1- 19.2)	1.9 (1.8- 2.0)	0.047 (0.040-0.052)	9.32 (9.10-9.50)

* 1 ; Chl. a + フェオ色素

躍層の位置を底上 2 m として、躍層下での単位面積当たりの酸素収支を計算した (図 1-2)。躍層下の酸素要求量は $1.10 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{day}$ であり、海水による消費がそのうちの約 66% を占め、底層堆積物による消費は 34% であった。一方、底層での光強度と Chl. α 量から計算した躍層下での光合成による酸素供給量は $0.96 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{day}$ と見積もられた。この値は下層での酸素要求量とほぼ等しく、平成 6 年夏季には下層での酸素要求量とほぼ同量の酸素が光合成作用によって供給されていたものと推察される。このことは、本年夏季に、観測点において顕著な貧酸素化が進行しなかった状況と一致しており (図 1-

3), 算出された酸素要求量と酸素供給量はほぼ妥当な値と考えられる。

本年夏季は、降水量が少なく、日射量が多く、海況の特徴として低栄養で、植物プランクトン量が少なく、透明度が良かったことが上げられる。このことから、例年と比較して海水中に酸素を消費する有機物量が少なかったこと、下層において植物プランクトンが光合成を行うに必要な光強度が十分であったこと、などが推察される。

下層における酸素消費と光合成作用による酸素供給の均衡が、本海域の浅海域で進行する貧酸素水塊の形成のためには主要な条件になっていることが示唆される。

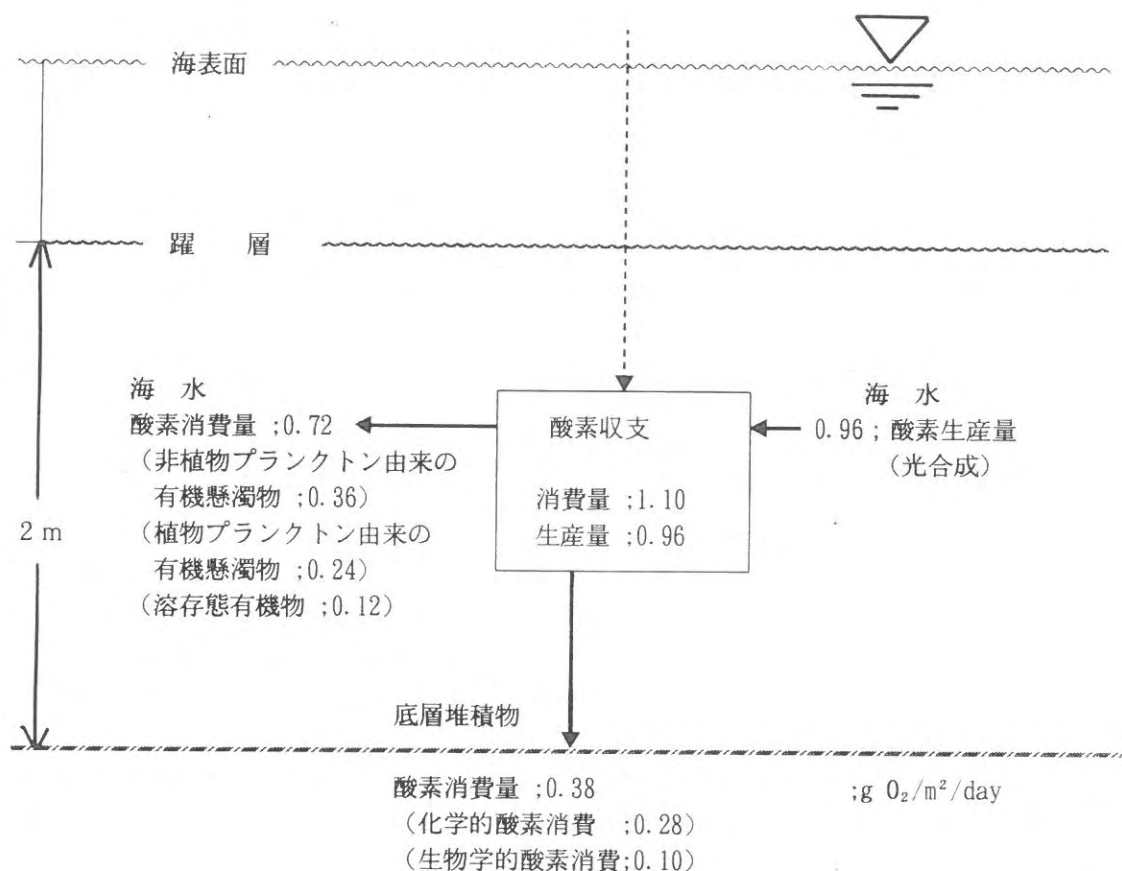


図 1-2 下層水中での酸素収支

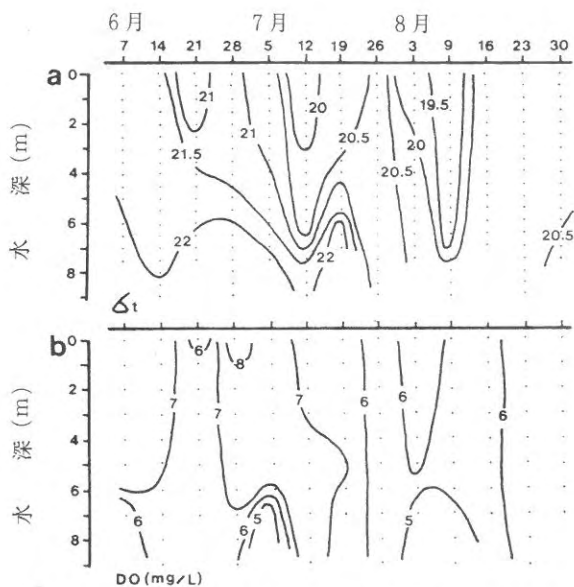


図1-3 観測点での密度 (σ_t) とDOのイソプレス

II 覆砂による底質改善効果

覆砂による底質改善効果を検討するため平成5年10月に当浅海域(水深8m)に覆砂(面積40×40m, 覆砂厚30cm)(図2-1)を行った。覆砂区とその周辺の覆砂をしていない所を対照区として、底質環境、酸素消費速度、栄養塩溶出速度の比較、底生動物の生息状況、建網による大型動物の生息調査を行った。

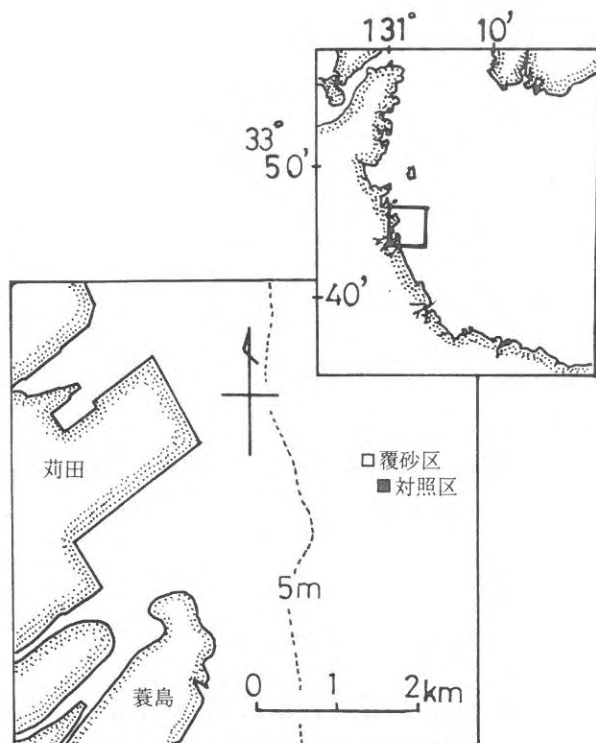


図2-1 覆砂場所。覆砂区を白四角, 対照区を黒四角で示す。

1. 調査方法

覆砂直後の平成5年10月19日から平成7年2月23日にかけて、覆砂区と対照区において、底質環境と生物量の調査を行った。底質については、有機炭素量、硫化水素濃度、酸素消費速度、栄養塩溶出速度を測定、生物量は、底生動物、および建網による大型有用動物の生息量を調査した。

2. 結果

2.1 底質環境

覆砂区の底質中の硫化水素濃度と有機炭素濃度を対照区と比較して図2-2(a, b)に示す。覆砂区での硫

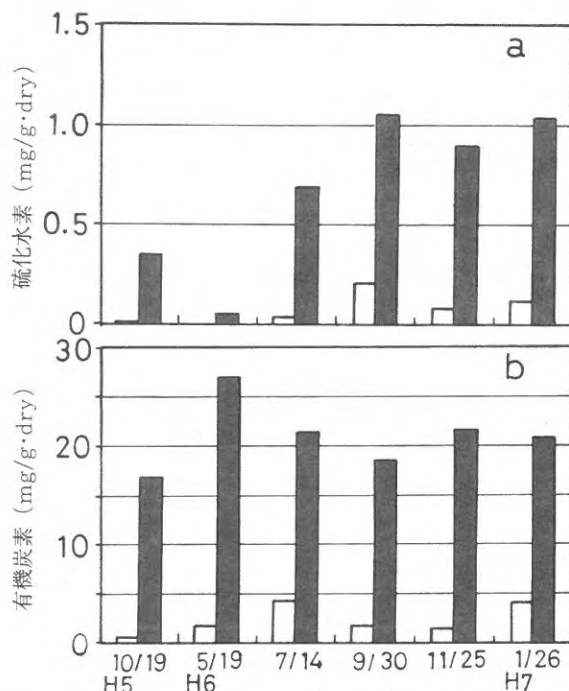


図2-2 覆砂区と対照区での底質中の硫化水素濃度(a)と有機炭素濃度(b)の比較。白: 覆砂区, 黒: 対照区

化水素濃度は0.00~0.20mg/gdryの範囲を示し、平均で0.07mg/gdryであった。対照区での値は0.15~1.05mg/gdryの範囲、平均で0.69mg/gdryを示し、平均値で比較すると覆砂区での値は、対照区での値の約1/10であった。有機炭素量は、覆砂区での値が0.38~4.16mg/gdryの範囲、平均で2.31mg/gdry、対照区での値が16.84~26.85mg/gdryの範囲、平均で21.01mg/gdryを示し、硫化物量と同様、覆砂区での値が対照区での値の約1/10の値であった。各調査日において、硫化水素濃度と有機炭素濃度はともに、覆砂区では対照区と比べて著しく低い値を示した。

2. 2 酸素消費速度と栄養塩溶出速度

現場でコアを使用して測定した底泥の酸素消費速度と無機態窒素の溶出速度を図2-3(a, b)に示す。覆砂区での酸素消費速度は200-601mg/m²/dayの範囲で、平均で390mg/m²/dayを示し、対照区での値(510-765mg/m²/dayの範囲、平均で632mg/m²/day)と比べると小さい。ただし、6月30日の測定では覆砂区の値が対照区の値より高い。窒素の溶出速度は、覆砂区の値が、17.2-69.0mg/m²/dayの範囲、平均で34.9mg/m²/day、対照区で19.8-58.0mg/m²/dayの範囲、平均で40.9mg/m²/dayを示し、平均値で比較すると対照区での値が高い。ただし、窒素の溶出速度で対照区と比べて明らかに差が見られるのは、5月19日と10月25日の2回である。

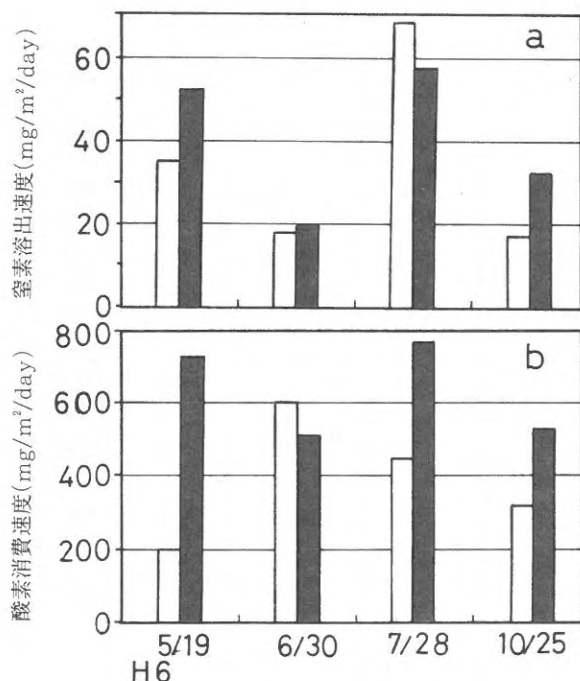


図2-3 コアを使用して現場で測定した底泥からの窒素溶出速度(a)と酸素消費速度(b)の比較。
白：覆砂区、黒：対照区

2. 3 生物調査

底生動物の調査結果を図2-4(a, b)に示す。覆砂後約1ヶ月経過した平成5年11月29日の調査において、すでに底生動物の生息が認められる。覆砂によって一時的に死滅すると考えられる底生動物も比較的短期間で回復することが示唆される。底質の悪化する夏季には、対照区と比べて、覆砂区での生息個体数は多かった。ただし、秋以降は、対照区での生息個体数が多くなっている。

建網による大型有用生物の採捕状況を図2-5(a, b)に示す。調査期間を通じて採捕された有用種は、覆砂区で18種、対照区で11種であった。各調査回毎の値を

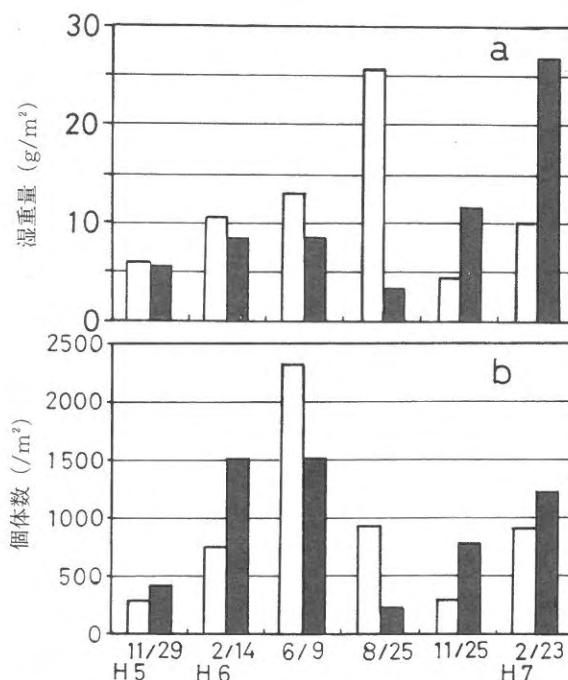


図2-4 底生動物の調査結果。aは湿重量、bは個体数。
白：覆砂区、黒：対照区

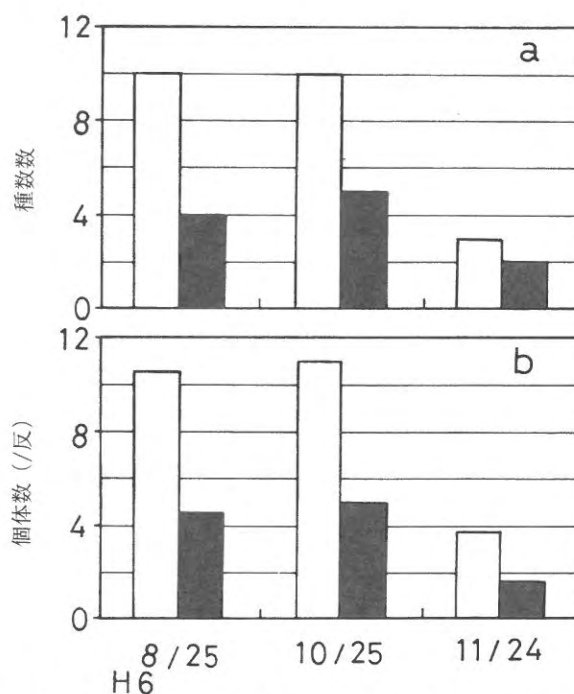


図2-5 建網による大型有用動物の調査結果。aは漁獲された有用動物の種類数、bは建網1反当たりの個体数。
白：覆砂区、黒：対照区

みても、種類数、個体数とも常に覆砂区の値が、対照区の値より大きく、漁獲状況から判断すると覆砂区での有用魚介類の生息量は多かったといえる。

3. 考 察

平成5年に浅海域（水深3m）での覆砂場所の調査を行い、覆砂による底質改善効果について検討を行った。その結果、覆砂を行った場所は、覆砂を行っていない場所と比べて、底質の硫化物濃度や有機物量が少なく、また、生息する動物量も多かったと報告されている。今回の調査においても、ほぼ同様の結果が得られており、悪化した底泥上に覆砂を行うことによって、底質は改善され、底生動物が生息する上で好適な環境が維持されると考えられる。さらに、建網による大型動物の調査結果から、覆砂域は多くの魚介類に利用されていることが明らかとなった。

覆砂を行うことにより底生動物が生息する上で好適な底質環境が維持され、底生動物が海底上に堆積した有機物を摂餌し増殖し、さらに増殖した底生動物を有用水産動物が摂餌していると考えらるなら、覆砂は海底上に堆積した有機物を陸上にとりあげる一端を担っているといえる。覆砂を行うことにより海底泥からの窒素溶出を抑制することができ、さらに海域の有機物を陸上に取り上げる一端を担っていると考えらるなら、覆砂は海域の浄化に寄与するといえる。ただし、今回の調査は覆砂後から短期間（16ヶ月）の変動の状況を観察しただけであって、効果を判定するには長期にわたる調査が必要である。

Ⅲ 貧酸素水塊モデル

これまでの研究により、浅海部の底層では酸素消費速度の急激、かつ局所的な増加がみられること、また、これは主に潮流による底泥の巻き上げが、底層における有機物濃度を高め、これが分解した結果生じるものであることが示唆されている。また、貧酸素水塊の消滅に関しては、水塊の鉛直混合に加えて、植物プランクトンによる酸素供給が重要であることが示されている。

本報告では、これらの過程を含んだ数値シミュレーションを行うことで、実際に豊前海で発生する貧酸素水塊が再現できるか検証する。

1. モデル

1. 1 計算の概要

計算における地形条件を図3-1に示す。1メッシュは2km×2kmとし、国東半島から徳山にを結ぶ線を外側境界とした。計算の対象となる時期は、浅海部に貧酸素水塊が発生することの多い、7月とした。

当海域における貧酸素水塊の再現モデルは、潮流シミュレーション、河川からの淡水供給による残差流シミュレ

ション、そしてCODとDOの移流拡散シミュレーションで構成される。計算の詳細は、1-2以降に示した。



図3-1 計算における地形条件。黒丸と数字は河川を示す。

1. 2 潮流シミュレーション

計算に際しての支配方程式を以下に示す。計算は、水深（H）を1層で計算した。

$$\begin{aligned} u_t + u u_x + v u_y - f u &= -p_x + A_h \nabla^2 u + \tau_{bE} \\ v_t + u v_x + v v_y + f v &= -p_y + A_h \nabla^2 v + \tau_{bN} \\ (uH)_x + (vH)_y &= \eta_t \end{aligned}$$

ここでu, vは水平流速（東方成分, 北方成分）, pは圧力, fはコリオリパラメータ（ $8.0 \times 10^{-5}/\text{sec}$ ）を示す。また, A_h （ $10^4 \text{cm}^2/\text{sec}$ ）は水平鉛直粘性係数を、さらに τ_{bE} , τ_{bN} は底面摩擦の東方, 北方成分を示す。 η は海面水位であり、添字t, xは微分を意味する。計算にはセミインプリシット法が使われ、非定常項と粘性・拡散項にはDufort-Frankel法を用いたリープフロッグスキームを採用した。計算は現場の地形条件を与え、規則的な振動解が得られるまで行われた。

計算に際しての境界条件として、表3-1に示す4大分潮の潮位の調和常数を、国東半島-徳山の境界線で一様に与えた。

表3-1 4大分潮の潮位の調和常数

	振幅(cm)	遅角(deg.)
M2	88.1	252.1
S2	38.1	282.8
K1	29.1	207.4
O1	20.8	186.2

1. 3 残差流, CODおよびDOのシミュレーション

計算は, 図3-1に示す領域を鉛直2層(上層, 下層)に分割して実施する。

残差流, およびCOD (C), DO (D) の移流拡散を支配する方程式は, 以下の通りである。

$$u_t + u u_x + v u_y + w u_z - f u = -p_x + A_h \nabla^2 u + A_v u_{zz}$$

$$v_t + u v_x + v v_y + w v_z + f v = -p_y + A_y \nabla^2 v + A_v v_{zz}$$

$$u_x + v_y + w_z = 0$$

$$B_t + u B_x + v B_y + w B_z = K_h \nabla^2 B + K_v B_{zz} + B_o$$

$$C_t + u C_x + v C_y + w C_z = K_h \nabla^2 C + K_v C_{zz} + C_o$$

$$D_t + u D_x + v D_y + w D_z = K_h \nabla^2 D + K_v D_{zz} + D_o$$

ここで u, v, w は水平流速, 鉛直流速, p は圧力, f はコリオリパラメータを示す。また, A_h, A_v は水平鉛直粘性係数を, さらに B は浮力($\rho_o - \rho$), ρ は密度, ρ_o は基準密度(1.0)を, K_h, K_v は水平鉛直拡散係数を示す。

また, 浮力の移流拡散式の右辺にある B_o 項は浮力の生成項(淡水供給)を示し, 河川流量の大きい6つの河川を想定した表3-2に示す流量を, 図3-1の1~6の位置より与えた。CODの移流拡散式の右辺にある C_o 項はCODの生成, 分解を意味し, 以下の方程式で記述される。

表3-2 河川流量

1	山	国	川	228.5	m ³ /sec
2	佐	井	川	35.5	
3	城	井	川	33.0	
4	祇		川	31.5	
5	今		川	62.5	
6	長	峡	川	33.5	

$$C_o = Cr - W_s \cdot C + R \cdot U^2 \cdot C_B + P - D_c \cdot C$$

ここで, Cr は, 河川からのCOD供給量で, 先に示した1~6の位置より, 表3-3に示す量だけ供給した。

また, W_s は沈降速度, R は底泥からの再懸濁速度,

表3-3 河川からのCOD供給量

1	山	国	川	4.5	mg/l
2	佐	井	川	3.1	
3	城	井	川	3.4	
4	祇		川	3.2	
5	今		川	4.7	
6	長	峡	川	6.6	

U は各メッシュにおけるその時刻で潮流流速, C_B は底泥におけるCODの存在量, P は植物プランクトン起源のCOD生成量, D_c は分解速度である。ここで, C_B は, 各メッシュごとに以下のように計算される。

$$C_{B,t} = W_s \cdot C - R \cdot U^2 \cdot C_B \quad \text{添字 } t \text{ は時間微分}$$

ここで, 河川からの供給項は上層のみ, 再懸濁項は下層にのみ存在する。

DOの移流拡散式の右辺にある D_o は, DOの供給, 消費を意味し, 以下の式で記述できる。

$$D_o = (D_s - D) \cdot S + P_r - 5 \cdot C \cdot D_c \cdot D / D_r - B_c$$

ここで, D_s は飽和酸素濃度, S は再ばつき係数, P_r は植物プランクトンによる供給量, D_r はDOの基準濃度, B_c は底泥による消費速度である。このうち, 再ばつきは上層のみ, 底泥による消費は下層にのみ存在する。

上述のCOD, DOの移流拡散式中にでてくる各パラメータの値を表3-4に示す。

表3-4 各パラメータの値

沈降速度 W_s	2	m/day
再懸濁係数 R	5×10^{-8}	
植物プランクトンによるCOD生成量 P	1.6×0.2	mg/l/day
分解速度 D_c	0.3	/day
飽和酸素濃度 D_s	7	mg/l
再ばつき係数 S	4×10^{-6}	mg/l/sec
植物プランクトンによる供給 P_r	0.5	mg/l/day
底泥による酸素消費 B_c	0.2	mg/l/day
基準酸素濃度 D_r	7	mg/l

計算法は1.2と同様の方法で行い, 計算は80日後まで実施した。計算に際しての境界条件は, 表3-5に示す。

表3-5 計算に際しての境界条件

	上層	下層
密度	1.022	1.023 sigma-t
COD	1.0	1.0 mg/l
DO	7	5 mg/l

2. 結果と考察

2. 1 潮流シミュレーション

豊前海南部海域においては, M2分潮流の南北成分がもっとも卓越し, 10~20cm/secの振幅を持っている。また, 東西成分も国東半島周辺では大きく, 局所的な強流域を形成している。S2成分についてもM2とほぼ同じ様な分布を示しているが, その大きさは幾分弱い。K

1, O1の日周潮流成分に関しては、振幅数cm/secと半日周潮流成分に比べてかなり弱いものとなっている。豊前海においては2 cm/sec前後と小さく、この周辺の日周潮流成分が底泥の巻き上げに寄与する可能性は低いと考えられる。

2.2 残差流シミュレーション

図3-2には上層の、図3-3には下層の残差流の流速ベクトルと、密度の水平分布を示す。

主に河川からの淡水供給によって生じた密度差に駆動されて、上層では反時計回りの、下層では時計回りの循環系が形成されており、顕著な2層構造となっている。このような流動場は、下層に沈降していくCODを岸近くに集積する性質を持ち、当海域での浅海部における貧酸素水塊形成に重要であると考えられる。

河川からの淡水供給によって、低密度水が広がっている様子が計算されている。活発な鉛直混合によって、河川の河口部周辺を除き、上下層間の密度差はあまり大き

くない。先に述べた様な流れに伴うCODの岸近くへの移流とともに、河川から供給されるCODも、この低密度水の存在する領域周辺の底層に直接的に供給され、浅海部における貧酸素化の原因となっていると考えられる。

2.3 COD, DOの移流拡散シミュレーション

図3-4には上層の、図3-5には下層におけるCODの水平分布を示す。0.6-1.0mg/lの値が計算されており、当海域の現況をよく再現している。特に、下層において豊前海南部の浅海部の値が上層と比較して大きくなっており、この周辺でCODの底泥への沈降、再懸濁、さらには分解に伴う酸素消費といった過程が、活発に行われていることを示唆している。豊前海南部以外の浅海部ではCODの値は小さく、この傾向は、周防灘における局所的な貧酸素水塊が豊前海南部浅海域に集中して起こっている事実と一致している。

図3-6には、下層におけるDOの水平分布を示す。DO濃度が3.0mg/lを下回る海域にはハッチをつけてい

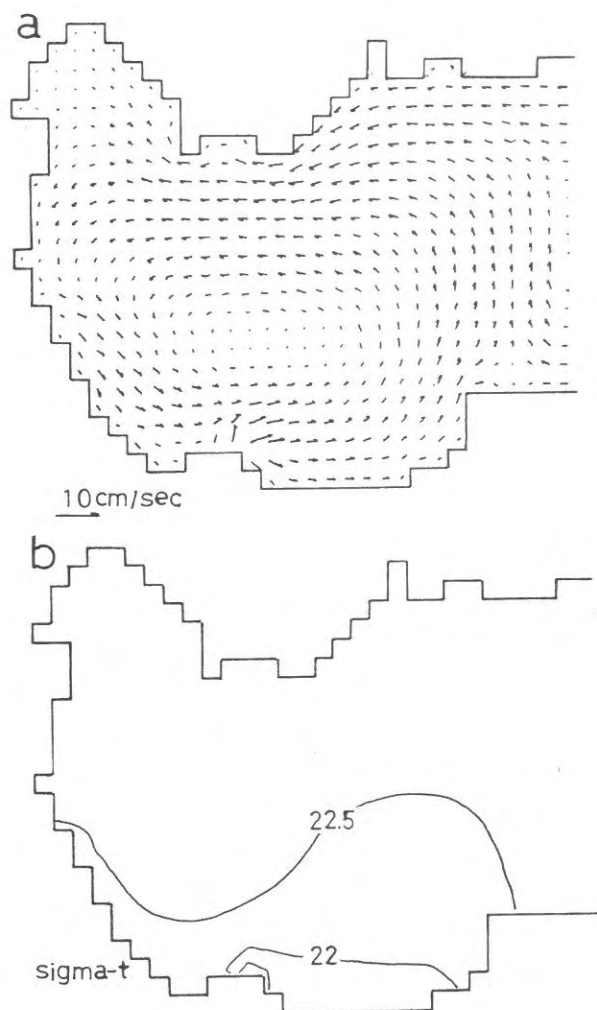


図3-2 上層の残差流ベクトル(a)と密度(b)の水平分布

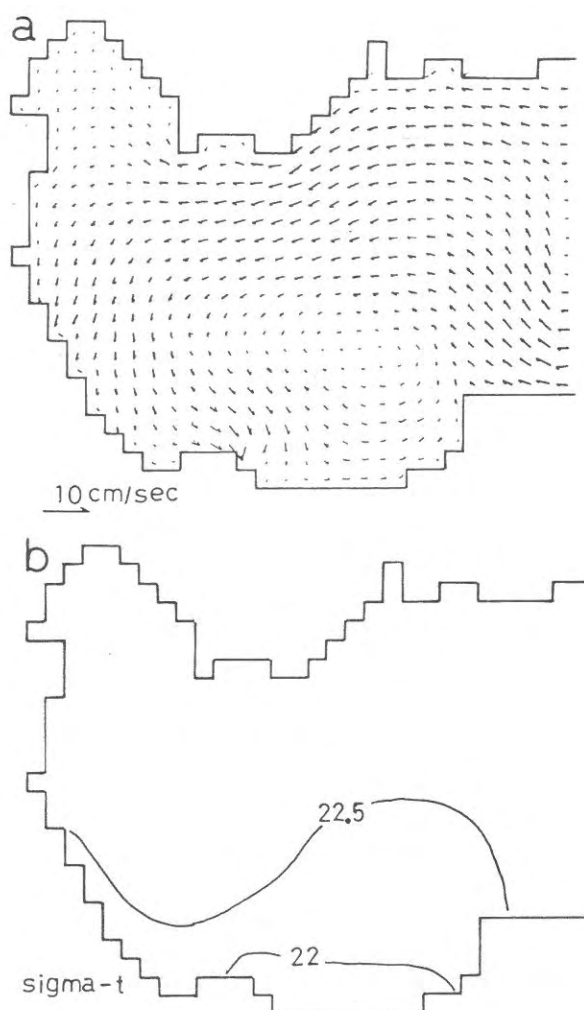


図3-3 下層の残差流ベクトル(a)と密度(b)の水平分布

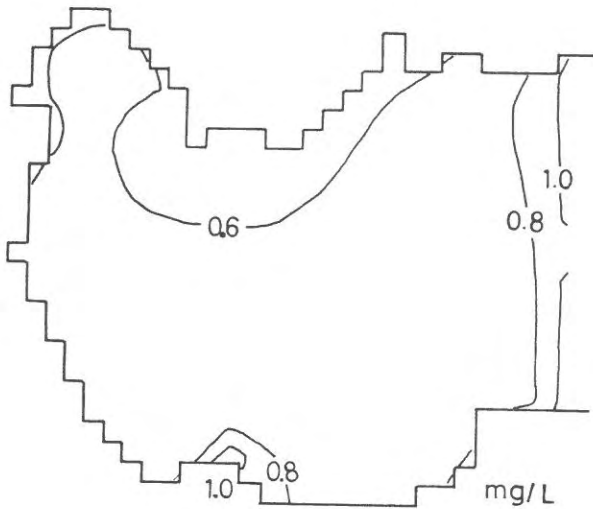


図3-4 上層のCODの水平分布

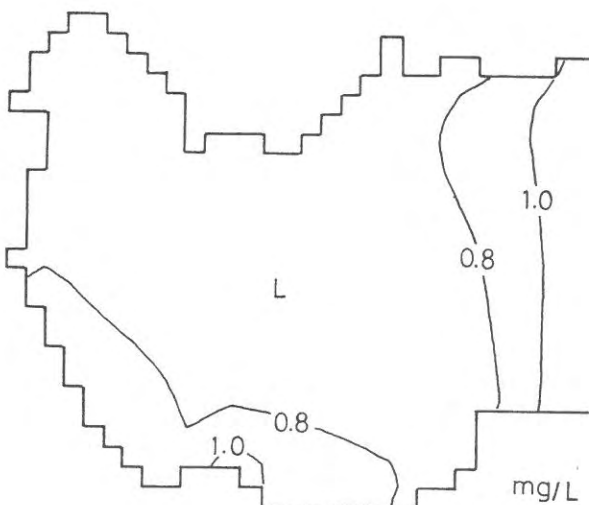


図3-5 下層のCODの水平分布

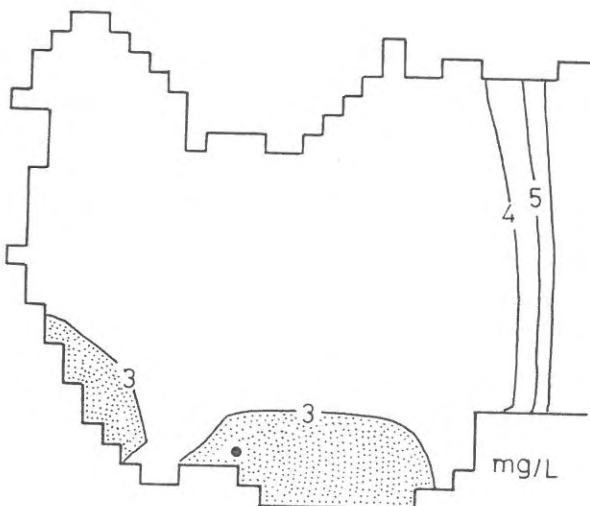


図3-6 下層のDOの水平分布

る。豊前海における局所的な貧酸素水塊の発生位置とは同じ位置に貧酸素水塊が発生していることがわかる。これは、先にも述べたように、残差流によって豊前海の浅海部に移流されてきたCODが、その場で分解した結果か、あるいは底泥へ沈降しその後再懸濁するといった過程を経て分解した結果生じたものと考えられる。

図3-7に、図3-6中の黒丸で示した位置で計算開

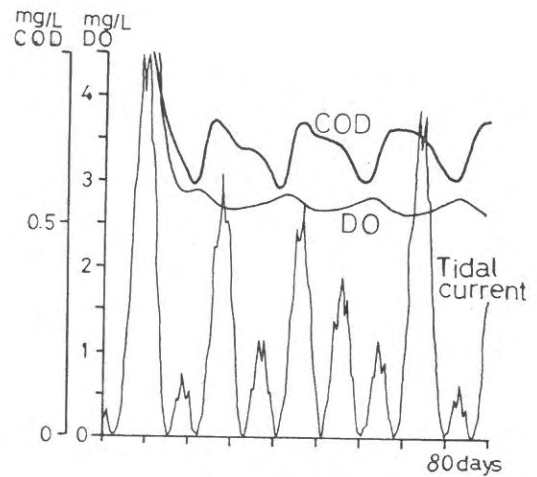


図3-7 図4-10中の黒丸で示した位置での、下層における潮流流速の2乗値、COD、及びDOの時系列。

始時よりモニターした、下層における潮流流速の2乗値、COD、そしてDOの時系列を示す。80日以前に、CODとDOは規則的な振動を繰り返しており、本モデルは準定常的な様相を算出しているといえる。これによると、潮流が強くなると、それに伴いCODが急激に増加し、その後、沈降や分解によって斬減する様子が計算されている。また、CODの増加と同時にDOが急激に減少しており、その最低値はCODの最高値が出現する数日後に現れる。その後、DOは鉛直拡散や、植物プランクトンによる供給により、緩やかに増加している。

ただDOの変動幅は、実際に豊前海において観測される変動幅に比べかなり小さく、鉛直拡散あるいは植物プランクトンの供給といったDOの回復の過程に対し、モデルの改良が必要であると思われる。