

赤潮等発生監視調査事業

増養殖環境課	鈴木 怜・渡辺 貢
中央漁業指導所	猪原 亮
土佐清水漁業指導所	谷 知宏
宿毛漁業指導所	占部 敦史

Ⅰ 赤潮調査

1 はじめに

内湾域では、養殖をはじめとした様々な漁業が営まれているが、毎年のように赤潮による被害が発生している。本事業は、内湾漁場の環境と有害プランクトンの発生状況に関する情報を漁業者等に提供することにより、漁業被害の防止と軽減をはかることを目的とした。

高知県中央部に位置する浦ノ内湾、野見湾（須崎湾を含む。以下同様とする。）及び浦戸湾に関しては水産試験場及び中央漁業指導所が、高知県西部に位置する土佐清水市及び黒潮町沿岸に関しては土佐清水漁業指導所が、同じく西部に位置する宿毛湾に関しては宿毛漁業指導所が担当した。なお、浦ノ内湾及び宿毛湾の調査結果については、「平成24年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業のうち赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業 豊後水道・土佐湾における有害赤潮等分布拡大防止報告書」に詳述しているので、ここでは、野見湾及び浦戸湾の調査結果を中心に報告する。

2 方法

（1）調査定点

野見湾では5ヶ所、浦戸湾では1ヶ所の定点を設定した（図1）。野見湾に関しては、赤潮発生時には状況に応じて調査点を増設した。

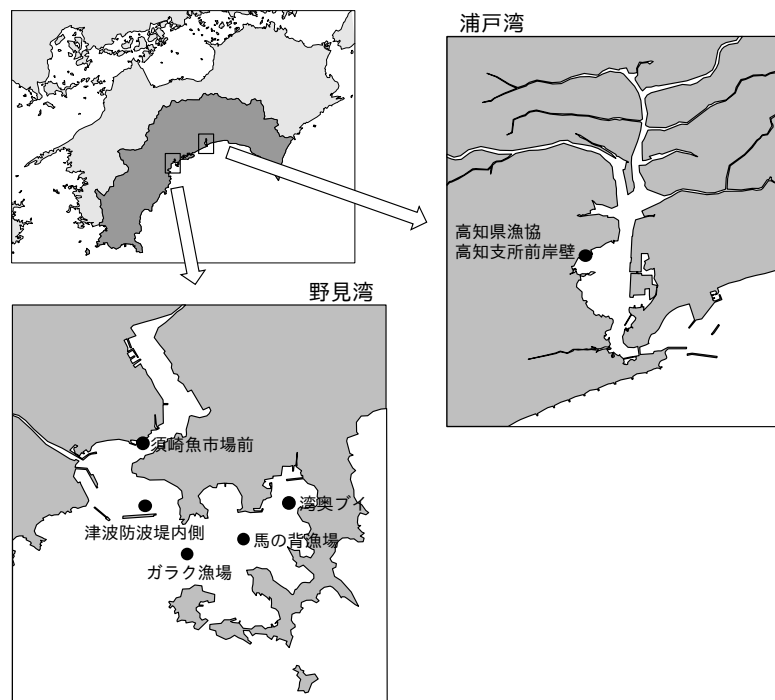


図1 調査定点

(2) 調査回数

平成24年4月から平成25年3月にかけて、野見湾では33回、浦戸湾では12回の調査を実施した(表1)。

	野見湾	浦戸湾
H24.4	10, 23	18
5	8, 18, 30	22
6	12, 20, 25	19
7	11, 19, 23	19
8	7, 21, 29	16
9	6, 20	18
10	3, 17	18
11	6, 20	16
12	11, 13, 25	17
H25.1	10, 22, 23, 25, 28	21
2	1, 4, 12, 18	15
3	19	21

(3) 調査方法

水温、塩分及び溶存酸素量は多項目水質モニター(YSI社製 6600V2)を用いて、野見湾では表層、2m層、5m層、10m層及びB-1m層で、浦戸湾では表層、1m層、2m層及びB-1m層で測定した。

クロロフィルa量は、野見湾の馬の背及びガラクの表層及び5m層で測定した。採水した海水はGF/Cグラスファイバーフィルターで濾過し、そのフィルターを冷暗所で24時間、90%アセトン10mlで抽出し、蛍光光度計(TURNER DESIGNS社製 10-AU Fluorometer)で測定した。

栄養塩濃度は、野見湾の馬の背及びガラクの表層、5m層、10m層及びB-1m層で測定した。採水した海水は孔径0.45 μ mのメンブレンフィルターで濾過した後、オートアナライザー(BL-TEC社製 QuAAtro2-HR)で分析した。

プランクトンの出現状況は、野見湾では表層、2m層及び5m層で、浦戸湾では表層、1m層及び2m層で採水した海水1mlを光学顕微鏡で観察し、種類ごとに細胞数を計数、記録した。

水温、塩分、溶存酸素量、透明度及びプランクトン調査の結果は、調査毎に養殖業者、関係漁協及び関係機関にFAXで情報提供するとともに、水産試験場のHPで公開した。

3 結果と考察

(1) 平成24年度の赤潮発生状況

平成24年度の高知県全体の赤潮発生件数は16件で(表2)、昨年度と比較して3件減少、過去20年間の平均発生件数(平成4年度～平成23年度、10.7件)と比較して5.3件増加した。種類別では渦鞭毛藻が17件と最も多く、次いで、ラフィド藻、繊毛虫、ケイ質鞭毛藻であった(表3)。

漁業被害は浦ノ内湾のみで発生し、その他の海域では発生しなかった(表4)。

表2 平成24年度赤潮発生状況

番号	発生期間	発生海域	赤潮構成種	最高細胞数 (cells/ml)	漁業被害
1	4/12	宿毛湾	<i>Heterocapsa lanceolata</i>	400	無
2	4/24	土佐湾	<i>Noctiluca scintillans</i>	不明	無
3	4/25-26	宿毛湾	<i>Myrionecta rubra</i>	2,250	無
4	5/17-19	宿毛湾	<i>Heterosigma akashiwo</i>	5,400	無
5	5/24	野見湾	<i>Ceratium furca</i>	689	無
6	6/22	浦ノ内湾	<i>Karenia mikimotoi</i>	3,120	無
7	6/28-8/10	浦ノ内湾	<i>Karenia mikimotoi</i>	27,300 (8/6)	有
			<i>Chattonella antiqua, C. marina</i>	5,230 (7/17)	
			<i>Dictyocha fibula</i>	4,690 (7/6)	
			<i>Fibrocapsa japonica</i>	1,080 (7/2)	
8	7/19-8/2	宿毛湾	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	3,150 (7/23)	無
9	8/31	宿毛湾	<i>Heterosigma akashiwo</i>	4,015	無
10	12/11-28	野見湾	<i>Akashiwo sanguinea</i>	445 (12/20)	無
			<i>Myrionecta rubra</i>	720 (12/13)	
11	12/17-20	宿毛湾	<i>Myrionecta rubra</i>	4,140 (12/17)	無
12	1/21	浦戸湾	<i>Heterosigma akashiwo</i>	13,600	無
13	1/22	野見湾	<i>Prorocentrum triestinum</i>	1,550	無
			<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	296	
14	2/25-3/4	清水港	<i>Akashiwo sanguinea</i>	357 (2/26)	無
			<i>Gymnodinium catenatum</i>	95	
15	3/21	浦戸湾	<i>Heterocapsa lanceolata</i>	2,490	無
16	3/21	宿毛湾	<i>Noctiluca scintillans</i>	388	無

表3 平成24年度赤潮構成種別月別発生件数

種 類	月 別 延 件 数												合計	
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
渦鞭毛藻	<i>Akashiwo sanguinea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
	<i>Ceratium furca</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3
	<i>Gymnodinium catenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
	<i>Heterocapsa lanceolata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	<i>Karenia mikimotoi</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
	<i>Noctiluca scintillans</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	<i>Prorocentrum triestinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
ラフィド藻	<i>Chattonella antiqua, C. marina</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Fibrocapsa japonica</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Heterosigma akashiwo</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3
ケイ質鞭毛藻	<i>Dictyocha fibula</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
繊毛虫	<i>Myrionecta rubra</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3
合 計		3	2	2	5	3	0	0	0	3	3	2	4	27

※複数種による混合赤潮及び月をまたいだ赤潮の発生により、表1の赤潮発生件数とは数が合わない。

表4 平成24年度漁業被害発生状況

発生期間	発生海域	被害内容			原因種
		魚種	数量	被害額(千円)	
7/13	浦ノ内湾	ブリ(2kg)	50 尾	不明	<i>Chattonella antiqua</i> <i>Chattonella marina</i>
7/15	浦ノ内湾	カンパチ(1.3kg)	20 尾	不明	<i>Chattonella antiqua</i> <i>Chattonella marina</i>
8/1-10	浦ノ内湾	マダイ (0.8-1.5kg)	773 尾	不明	<i>Karenia mikimotoi</i>
		カンパチ (1.3kg)	484 尾		
		その他魚類	57 尾		
		ゴカイ	不明		

(2) 野見湾

1) 海象

① 水温

馬の背及びガラクの水温度変動を図2に示した。水温は15.0～28.7℃の間で変動し、夏季から秋季にかけては平年より高め、その他の期間は平年並みか低めで推移することが多かった。表層底層間の水温差は5～9月の間が大きく、その他の月はほぼ同程度であった。

② 塩分

馬の背及びガラクの塩分変動を図2に示した。塩分は30.2～34.9の間で変動し、冬季は平年より高め、その他の期間は平年並みか低めで推移することが多かった。

③ 溶存酸素量

馬の背及びガラクの溶存酸素量変動を図2に示した。溶存酸素量は4.8～8.7mg/ℓの間で変動し、平年並みか高めで推移することが多かった。

④ 透明度及びクロロフィルa量

馬の背及びガラクの透明度及びクロロフィルa量の変動を図2に示した。透明度は3.1～12.5mの間で変動し、9月は平年より高め、その他の期間は平年並みか低めで推移することが多かった。クロロフィルa量は0.6～9.8μg/ℓの間で変動し、平年と比較して春季から夏季は低め、その他の期間は高めで推移することが多かった。

⑤ 栄養塩濃度

馬の背及びガラクの栄養塩類の変動を図3a-bに示した。溶存態無機窒素($\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4$)は秋季に高く、春季に低い傾向が見られた。溶存態無機リン(PO_4)は、表層では秋季に高く、春季に低い傾向が見られたが、底層では年度を通して変動が大きかった。ケイ酸態ケイ素は、表層では年度を通して変動が大きく、底層ではほぼ一定であった。平年と比較すると、溶存態無機窒素及び溶存態無機リンは春季から秋季は低め、冬季は高め、ケイ酸態ケイ素は年度を通して高めで推移することが多かった。

⑥ 底質(馬の背)

平成15年度～24年度の馬の背における底質の酸揮発性硫化物量(AVS)及び化学的酸素要求量(COD)の変動を図4に示した。AVSはほぼ横ばい、CODには僅かな上昇傾向が見られた。

⑦ 底質(野見湾全域)

9月に野見湾全域の底質AVS調査を実施した。その結果、馬の背1番口で最も高い値が検出され、底質の汚濁が進行していると考えられた(図5)。その要因としては、本地点ではマダイ養殖が盛んなこと、また、本地点の水深は野見湾で最も深く、周辺漁場から残餌・糞等の有機物が流入し、溜まりやすいこと等が考えられた。

2) 気象

気象庁アメダス観測点須崎における気温、降水量及び日照時間を図6に示した。

気温は平年並みか低めで推移することが多かった。降水量は、5月及び3月は少なく、それ以外の期間は平年並みか多めで推移した。日照時間は、6月及び8月は少なく、それ以外の期間は平年並みか多めで推移した。

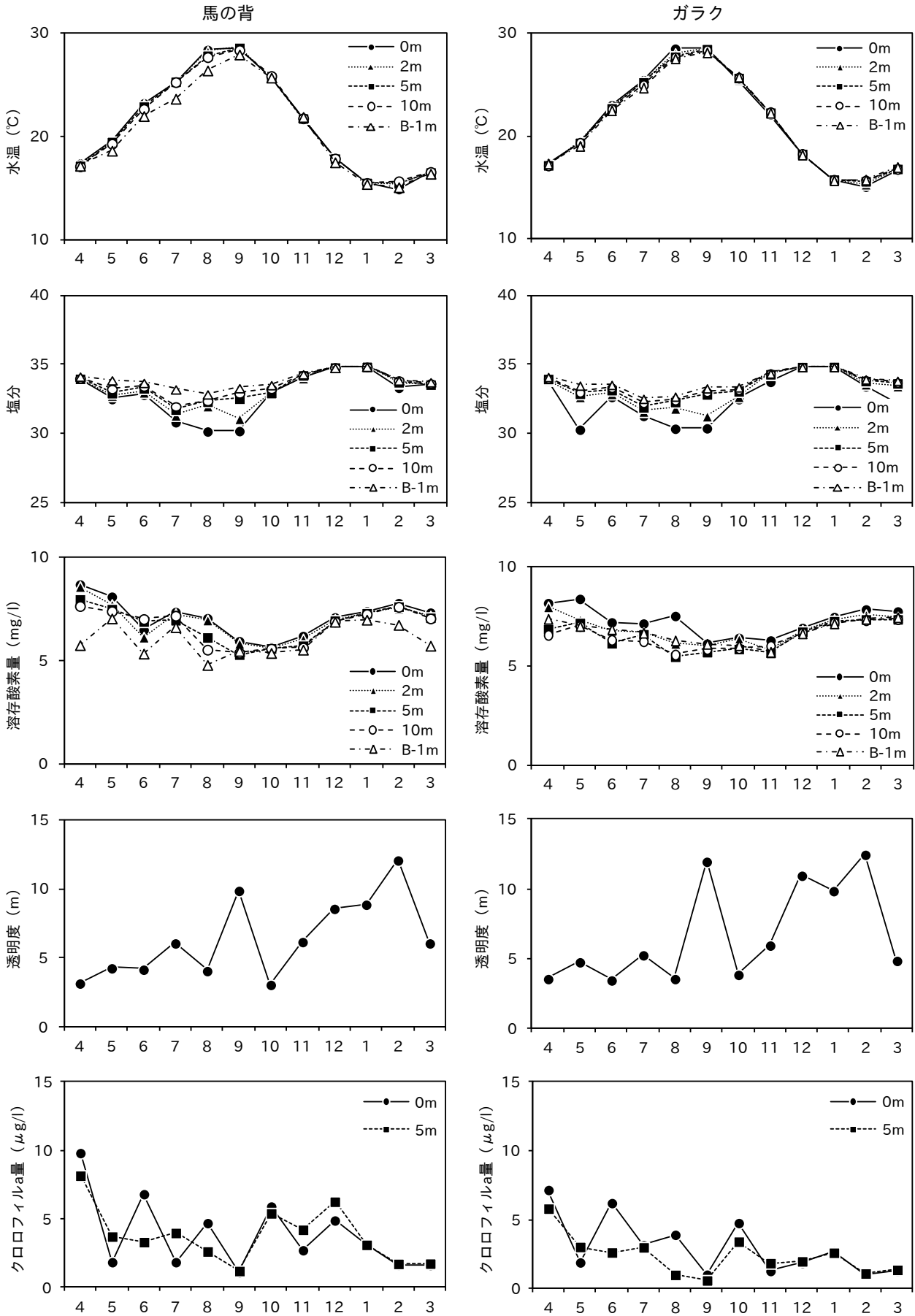


図2 水温・塩分・溶存酸素量・透明度・クロロフィルa量の変動（野見湾）

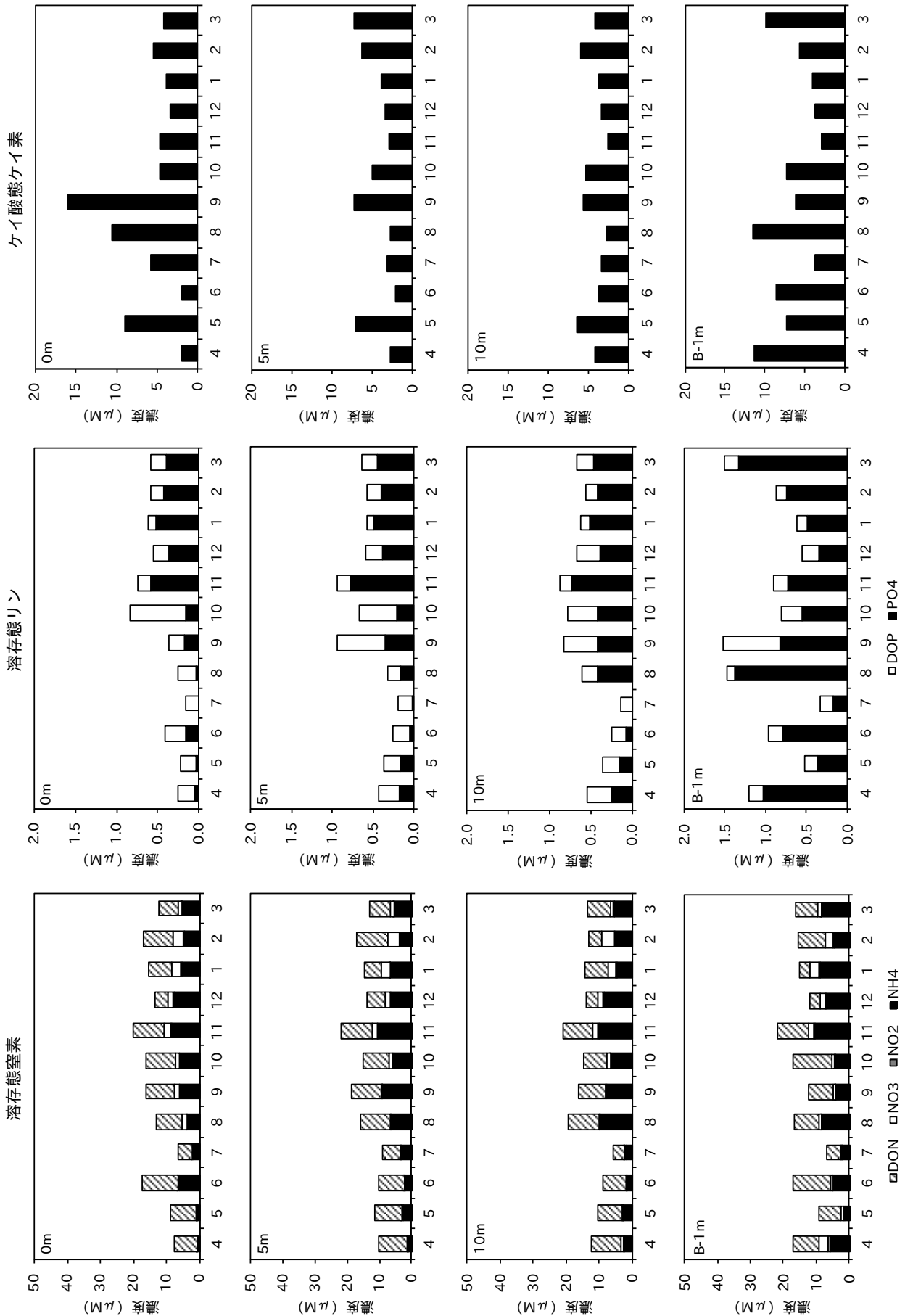


図3a 栄養塩濃度の変動 (野見湾 馬の背)

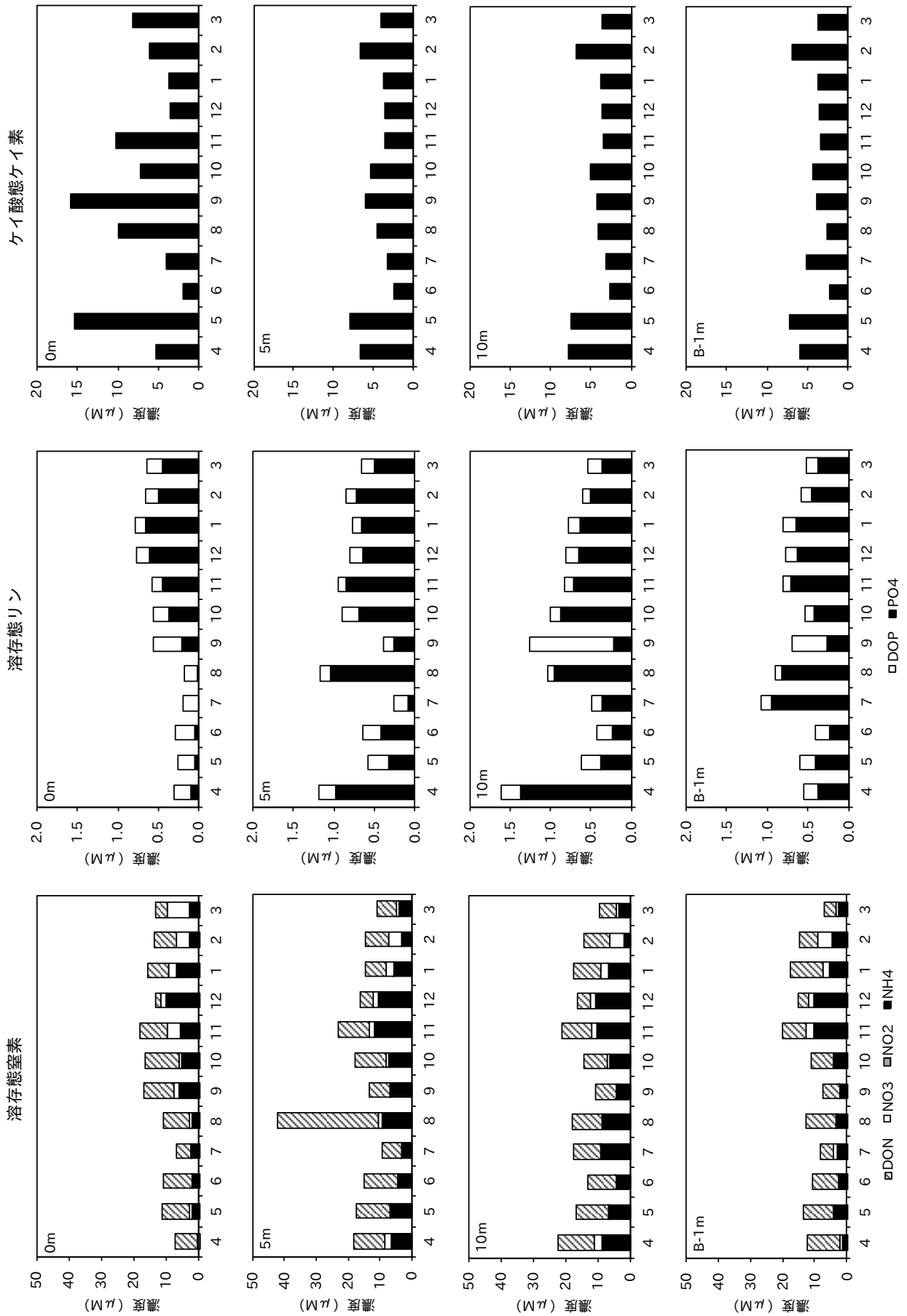


図3b 栄養塩濃度の変動（野見湾 ガラク）

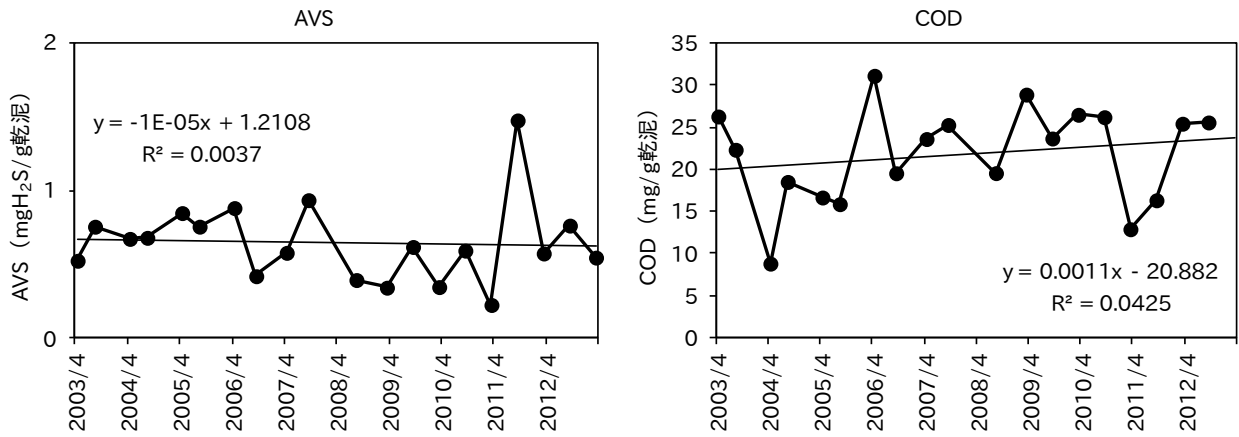


図4 野見湾馬の背におけるAVS・CODの変動



図5 野見湾全域AVS調査結果

3) 有害プランクトンの出現状況 (図7)

① *Cochlodinium polykrikoides*

5月、7月及び11月に数細胞レベルで確認されたが、赤潮にはならなかった。しかし、12月下旬に再出現すると、1月22日には296cells/mlまで増殖し、*Prorocentrum triestinum*と混合赤潮を形成した。近年、野見湾では、*C. polykrikoides*の適水温ではない冬季に赤潮が発生している。

また、野見湾では*Akashiwo sanguinea*赤潮が発生した後に*C. polykrikoides*が出現・増殖し、赤潮になる事例が多く確認されている。他県では*Karenia mikimotoi*が出現する前に*P. dentatum*が出現し、赤潮発生の指標となる可能性が示唆されていることから、野見湾では*A. sanguinea*が*C. polykrikoides*赤潮発生の指標となる可能性が考えられる。

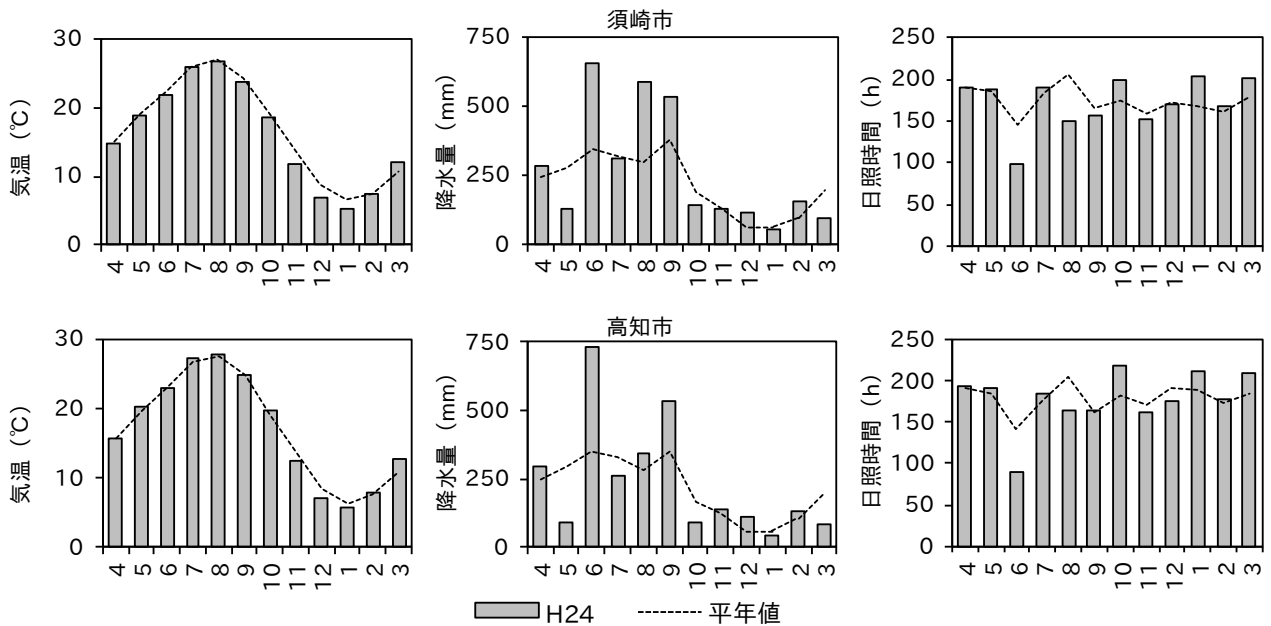


図6 須崎市及び高知市の気象（気象庁アメダスのデータより）

② *Chattonella antiqua*, *Chattonella marina*

5月及び8月に1cell/ml 確認されたが、赤潮にはならなかった。

③ *Karenia mikimotoi*

7～8月に確認され、8月下旬には130cells/ml まで増殖したが、赤潮にはならなかった。

④ *Ceratium furca*

5～8月に確認され、5月中旬には689cells/ml まで増殖して赤潮を形成した。

⑤ *Myrionecta rubra*

年度を通して確認され、12月中旬には720cells/ml まで増殖し、*Akashiwo sanguinea*と混合赤潮を形成した。

(3) 浦戸湾

1) 海象

高知県漁協高知支所前岸壁の水温、塩分、溶存酸素量及び透明度の変動を図8に示した。

水温は9.4～28.9℃、塩分は1.2～33.4、溶存酸素量は4.0～12.7mg/ℓ、透明度は0.8～2.7mの間で変動した。浦戸湾は河川水の影響を強く受けているため、表層の水温及び塩分は1m以深よりも低めで推移することが多く、4月及び6～9月は表層の塩分が10を下回った。また、8月には底層の溶存酸素量が4.0mg/ℓまで低下し、貧酸素状態になった。

2) 気象

気象庁アメダス観測点高知における気温、降水量及び日照時間を図6に示した。

気温は平年並みか低めで推移することが多かった。降水量は、5月、10月及び3月は少なく、それ以外の期間は平年並みか多めで推移した。日照時間は、6月、8月及び12月は少なく、それ以外の期間は平年並みか多めで推移した。

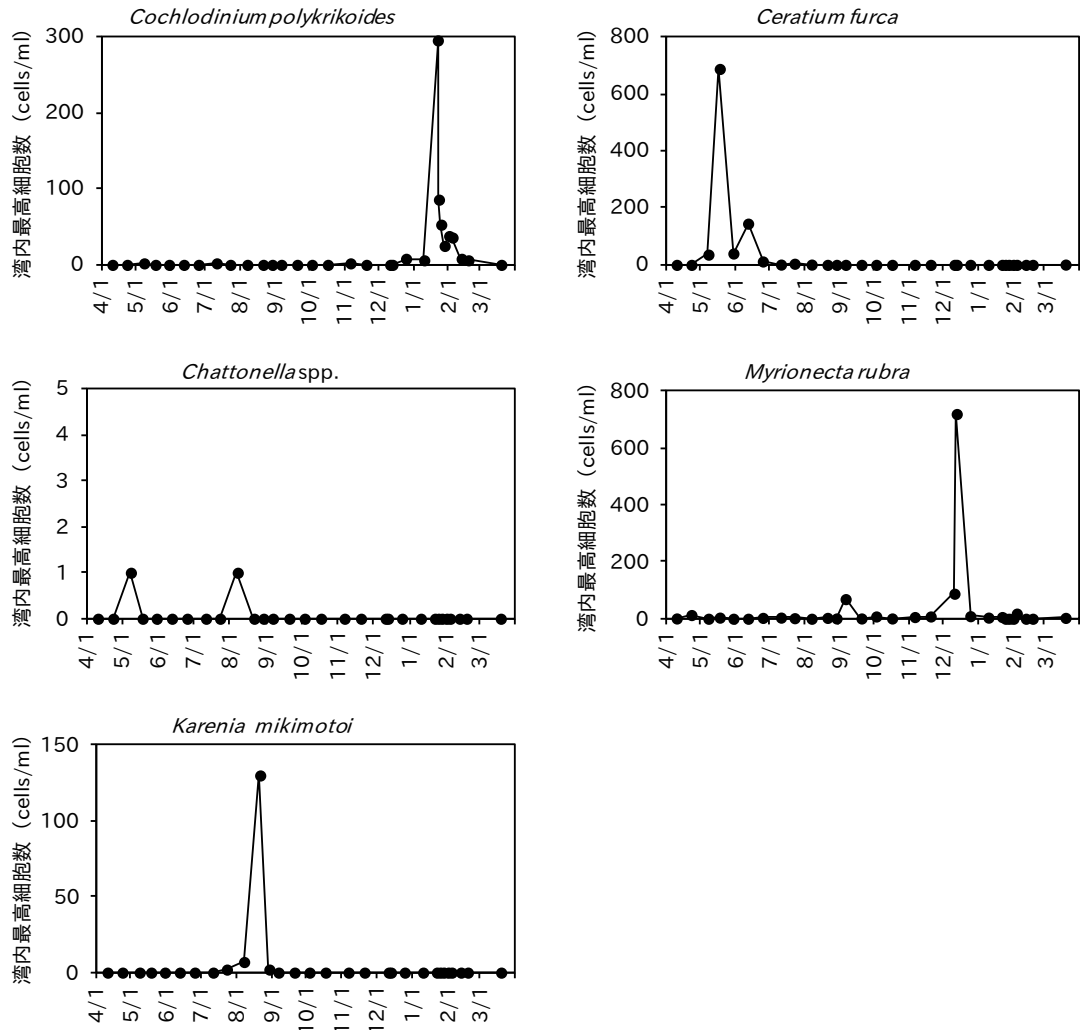


図7 野見湾における有害プランクトンの湾内最高細胞数の変動

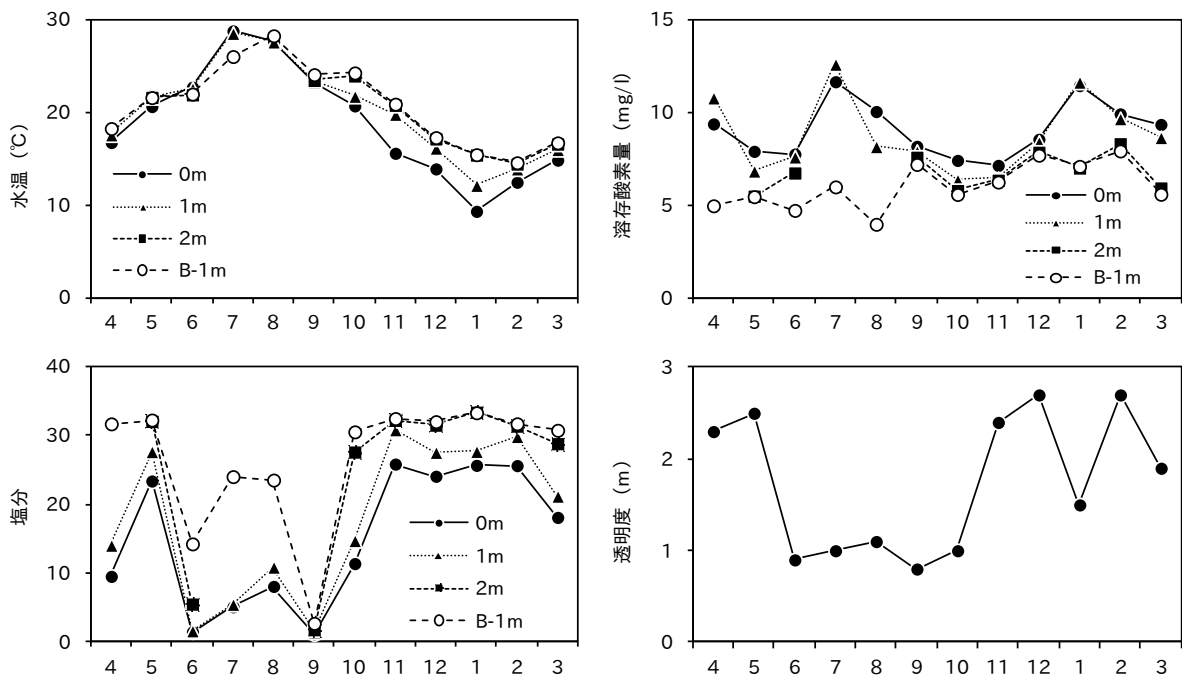


図8 浦戸湾における水温・塩分・溶存酸素量・透明度の変動

3) 有害プランクトンの出現状況 (図9)

① *Heterosigma akashiwo*

4月、8月及び1~2月に確認され、1月には13,600cells/mlまで増殖して赤潮を形成した。

② *Myrionecta rubra*

5月及び12月に数細胞レベルで確認されたが、赤潮にはならなかった。

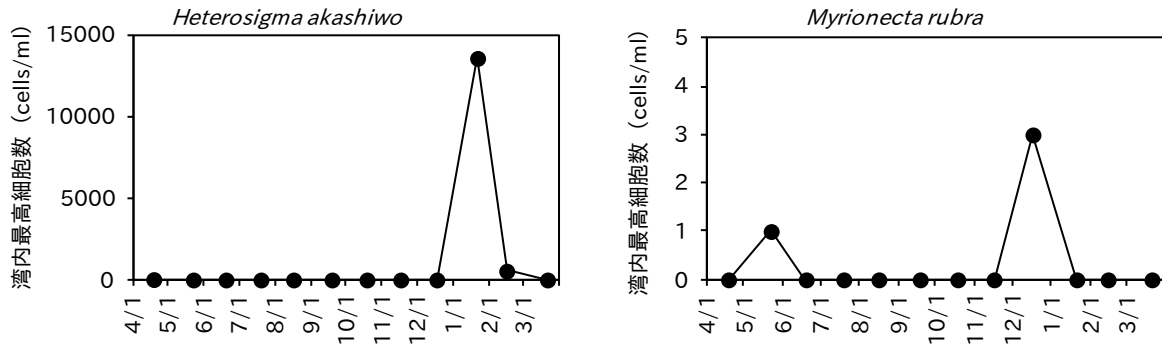


図9 浦ノ内湾における有害プランクトンの湾内最高細胞数の変動

(4) 浦ノ内湾底質

平成15年度~24年度の光松漁場 (図10) における底質のAVS及びCODの変動を図11に示した。AVSはこの10年間で上昇傾向、CODはほぼ横ばいであった。

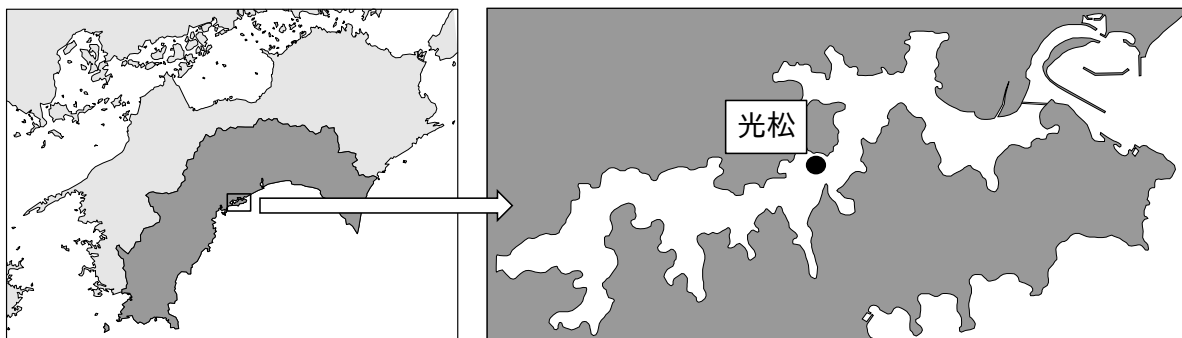


図10 浦ノ内湾光松漁場

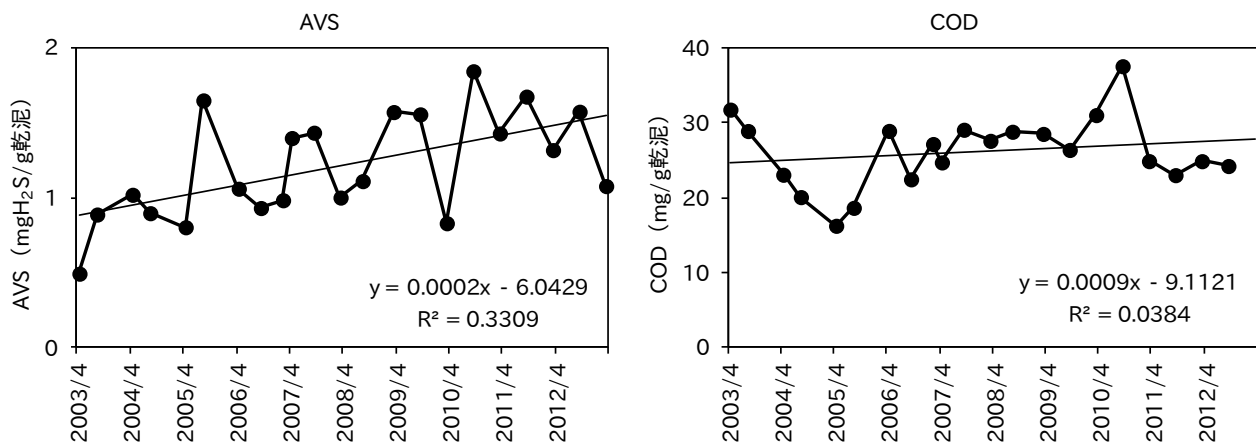


図11 浦ノ内湾光松漁場におけるAVS・CODの変動

(5) クロロフィルa量について

平成23年度に導入された多項目水質モニターにはクロロフィルセンサーが付いているため、水温、塩分、DOの測定と同時に、クロロフィルa量の測定も可能となった。そこで、今年度の多項目水質モニターで測定したクロロフィルa値とアセトン抽出蛍光光度法で測定した実際のクロロフィルa量との相関を調べた(図12)。

その結果、両者には比較的良好な相関がみられたが($R^2=0.6211$)、多項目水質モニターによる測定値が前年度よりも低く表示されるようになった(例えば、蛍光光度法による測定値が $10\mu\text{g/l}$ の時、多項目水質モニターによる測定値は、23年度は $17.3\mu\text{g/l}$ 、24年度は $8.8\mu\text{g/l}$)。そのため、多項目水質モニターを利用すれば、比較的高精度かつ簡易に海域のクロロフィルa量が調査可能であるものの、換算するための係数を毎年作成する、もしくは、センサーの校正を頻繁に行う必要があると考えられた。

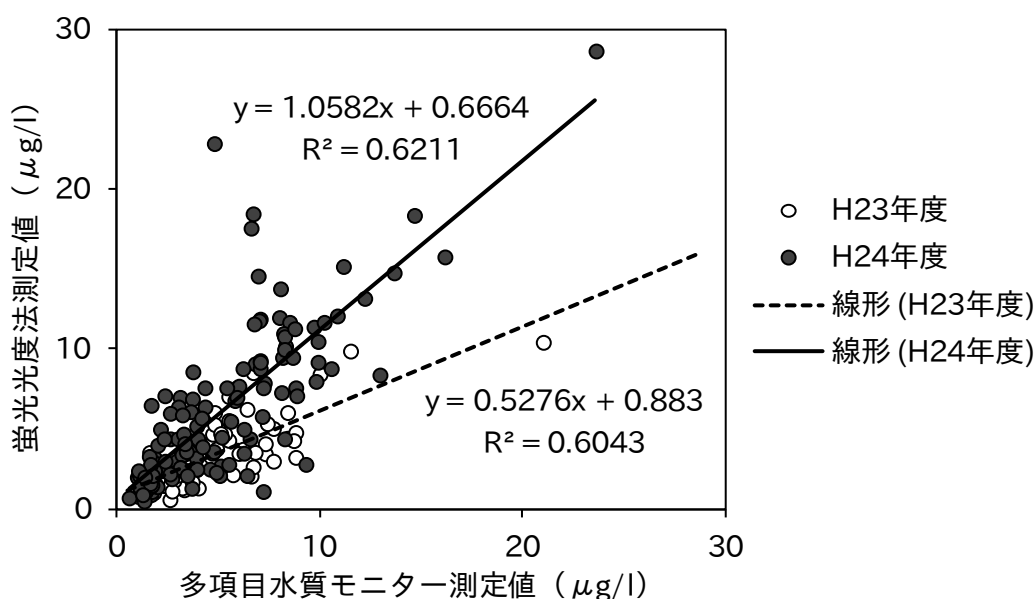


図12 蛍光光度法と多項目水質モニターとのクロロフィルa量の相関

II 貝毒調査

1 はじめに

本事業は、貝毒プランクトンの監視及び貝毒検査を実施し、貝毒被害を防止することを目的とした。

2 方法

(1) 貝毒プランクトン調査

調査は、浦ノ内湾及び浦戸湾に関しては水産試験場が、野見湾に関しては中央漁業指導所及び水産試験場が、土佐清水市沿岸に関しては土佐清水漁業指導所が、宿毛湾に関しては宿毛漁業指導所が担当した。

浦ノ内湾及び野見湾では2ヶ所、浦戸湾では1ヶ所、土佐清水市沿岸では2ヶ所(足摺港及び竜串)、宿毛湾では4ヶ所の定点を設定した。

海水 $0.5\sim 1\text{l}$ を孔径 $8.0\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターまたは網目 $20\mu\text{m}$ のプランクトンネットで濃縮した後、赤潮調査と同様の方法で計数、記録した。なお、計数結果は 1ml あたりの細胞数に換算した。

(2) 貝毒検査

貝毒検査は、各地先の関係機関が二枚貝を入手し、高知県衛生研究所で実施した。

3 結果と考察

(1) 貝毒原因プランクトンの出現状況

1) 麻痺性貝毒原因種

各調査地点における麻痺性貝毒原因種の月別最高出現数を表5に示す。浦ノ内湾では、4月に *Alexandrium* 属が低密度で出現した。野見湾では、5～7月にかけて *G. catenatum* が、5月、12～1月及び3月に *Alexandrium* 属が低密度で出現した。浦戸湾では麻痺性貝毒原因種は出現しなかった。土佐清水沿岸では、6～7月及び3月に *G. catenatum* が、5～7月、10～12月及び3月に *Alexandrium* 属が低密度で出現した。宿毛湾では、年度を通して *G. catenatum* 及び *Alexandrium* 属が出現し、春季から夏季にかけては高密度で出現した。

表5 各調査地点における麻痺性貝毒原因種の月別最高出現数 (cells/ml)

	浦ノ内湾			野見湾			浦戸湾	
	G.c.	A.sp.		G.c.	A.sp.		G.c.	A.sp.
		<i>A. catenella</i>			<i>A. catenella</i>	<i>A. tamarensis</i>		
4月	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5月	0.000	0.000	0.392	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000
6月	0.000	0.000	0.596	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7月	0.000	0.000	0.296	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8月	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9月	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10月	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11月	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12月	0.000	0.000	0.000	0.016	2	0.000	0.000	0.000
1月	0.000	0.000	0.000	0.012	0.020	0.000	0.000	0.000
2月	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3月	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000

	土佐清水沿岸				宿毛湾		
	足摺港		竜串		G.c.	A.sp.	
	G.c.	A.sp.	G.c.	A.sp.		<i>A. tamarensis</i>	A.sp.
4月	—	—	—	—	20	106	0
5月	0.000	0.004	0.000	0.000	35	4	0
6月	0.002	0.005	0.000	0.000	4	—	0
7月	0.007	0.016	0.000	0.000	38	—	1
8月	0.000	0.000	0.000	0.000	10	—	6
9月	0.000	0.000	0.000	0.000	0	—	2
10月	0.000	0.002	0.000	0.000	0.011	—	2
11月	0.000	0.002	0.000	0.000	0.004	—	0.006
12月	0.000	0.001	0.000	0.000	0.023	—	0.011
1月	—	—	—	—	0.114	—	0.019
2月	—	—	—	—	0.247	—	0.107
3月	0.001	0.008	0.000	0.010	0.047	—	0.022

※G.c.: *Gymnodinium catenatum* A.sp.: *Alexandrium* sp.

2) 下痢性貝毒原因種 (*Dinophysis*属)

各調査地点における *Dinophysis* 属の月別最高出現数を表6に示す。浦ノ内湾及び野見湾では主に *D. acuminata* が年度を通して出現し、浦ノ内湾では7月及び11月には比較的高密度で確認された。宿毛湾においても年度を通して出現し、春季から夏季にかけて比較的高密度で確認された。浦戸湾及び土佐清水沿岸では、年度を通して出現しなかった。

表6 各調査地点における *Dinophysis* 属の月別最高出現数 (cells/ml)

	浦ノ内湾	野見湾	浦戸湾	土佐清水沿岸		宿毛湾
				足摺港	竜串	
4月	0.068	0.036	0.000	0.000	0.000	4
5月	0.052	0.076	0.000	0.000	0.000	1
6月	0.008	0.064	0.000	0.000	0.000	0
7月	7.020	0.004	0.000	0.000	0.000	2
8月	0.348	0.080	0.000	0.000	0.000	0
9月	0.024	0.084	0.000	0.000	0.000	1
10月	0.032	0.052	0.000	0.000	0.000	0.002
11月	6.168	0.224	0.000	0.000	0.000	0.001
12月	1.112	0.024	0.000	0.000	0.000	0.042
1月	0.088	0.020	0.000	—	—	0.001
2月	0.004	0.124	0.000	—	—	0.001
3月	0.048	0.148	0.000	0.000	0.000	0.052

(2) 貝毒検査結果

各調査地点における貝毒検査結果を表7に示す。浦ノ内湾、野見湾、浦戸湾及び土佐清水では毒化事例はなかった。宿毛湾のヒオウギガイから規制値を超える麻痺性貝毒が検出され（最高30MU/g）、5月16日から10月17日にかけて出荷自主規制措置がとられた。宿毛湾では、4月に *Alexandrium* 属（*A. tamarense*?）が最高106cells/ml、4～8月に *Gymnodinium catenatum* が最高38cells/ml 確認され、これらが原因種であると推測された（図13）。

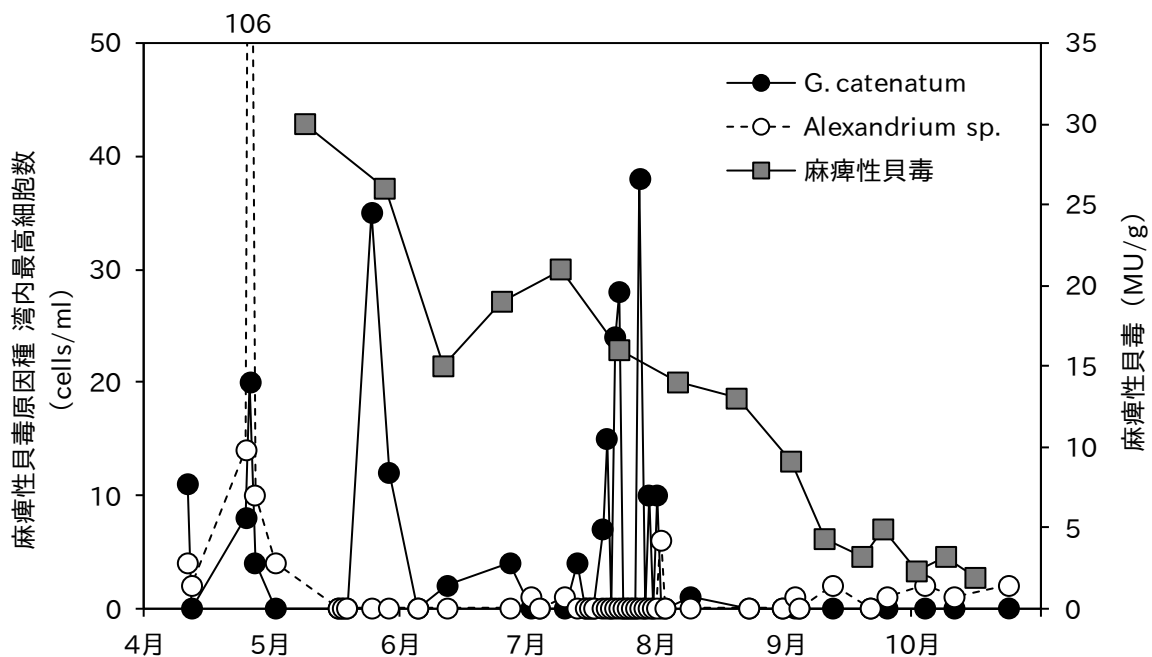


図13 麻痺性貝毒量と麻痺性貝毒原因種の出現数（宿毛湾 平成24年4～10月）

表7 貝毒検査結果

	浦ノ内湾		野見湾		浦戸湾		足摺港	宿毛湾
	麻痺性	下痢性	麻痺性	下痢性	麻痺性	下痢性	麻痺性	麻痺性
4月	アサリ <1.75	アサリ ≦0.05	—	—	アサリ <1.75	アサリ ≦0.05	—	—
5月	アサリ <1.75	アサリ ≦0.05	—	—	—	—	ヒオウギ 0.62	ヒオウギ ①30 ②26
6月	アサリ <1.75	アサリ ≦0.05	—	—	—	—	ヒオウギ 0.51	ヒオウギ ①15 ②19
7月	—	—	—	—	—	—	ヒオウギ 0.82	ヒオウギ ①21 ②16
8月	—	アサリ ≦0.05	—	—	—	—	ヒオウギ 0.31	ヒオウギ ①14 ②13
9月	—	アサリ ≦0.05	—	—	—	—	—	ヒオウギ ①9.1 ②4.3 ③3.2 ④4.9
10月	—	アサリ ≦0.05	—	—	—	—	—	ヒオウギ ①2.3 ②3.2 ③1.9
11月	—	—	—	—	—	—	—	—
12月	—	—	—	—	—	—	—	—
1月	—	—	—	—	—	—	—	—
2月	アサリ <1.75	カキ※ <1.75	アサリ ≦0.05	カキ※ ≦0.05	アサリ※ <1.75	アサリ※ ≦0.05	—	—
3月	アサリ <1.75	—	—	—	—	—	ヒオウギ <1.75	ヒオウギ <1.75

※食品・衛生課依頼分