

資源・環境に関するデータの収集・情報の提供－ 3

浅海定線調査等

(国庫交付金)

野田誠・宮村和良

事業の目的

本調査は、別府湾・伊予灘海域における漁場環境の実態把握及び内海漁業資源の動向予測に必要な基礎データ収集を目的とする。

年値は、1990年～2010年の20年間の平均値を用いた。

事業の方法

1. 浅海定線調査

毎月上旬に漁業調査船「豊洋」を使用して行った。水温と塩分はCTDで観測し、採水試料の栄養塩はオートアナライザー(SWAAT BLTEC社)を用いて分析した。

1) 調査月日

2012年 4月 4日～ 6日	10月 1日～ 4日
5月 7日～10日	11月 7日～ 9日
6月 4日～ 7日	12月 3日～ 7日
7月 2日～ 5日	2013年 1月 7日～ 9日
8月 欠 測	2月 4日～ 6日
9月 3日～ 6日	3月 4日～ 6日

2) 調査項目

気象、海象、水温、塩分、透明度、DO、COD、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、PO₄-P (ただし、DO、COD、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、PO₄-Pについては、定点7、9、17、21、22、26、27、31のみ分析を行った。)

3) 調査定線

調査定線（ナーセー9線）を図1に示す。

2. 水温の定点調査

1) 調査体制

佐伯湾内に位置する水産研究部前（図2）の棧橋付近における表層海水（0m）を、午前8時30分に採水し、棒状水温計で水温を測定した。平

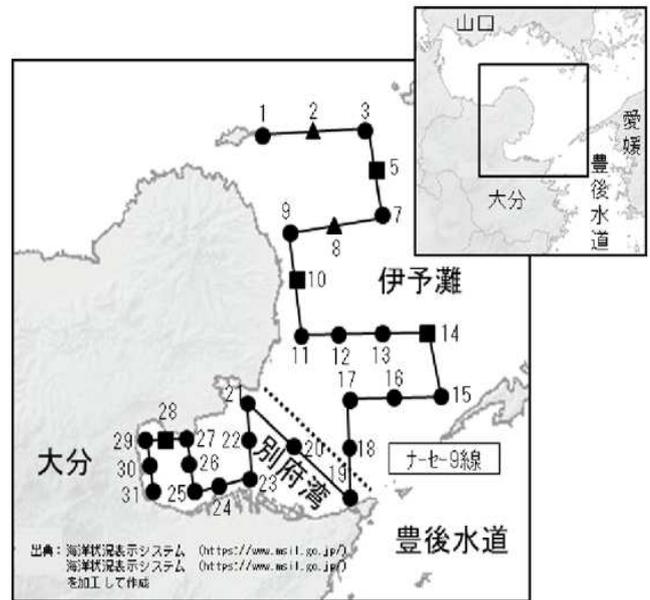


図1 浅海定線調査定線図。

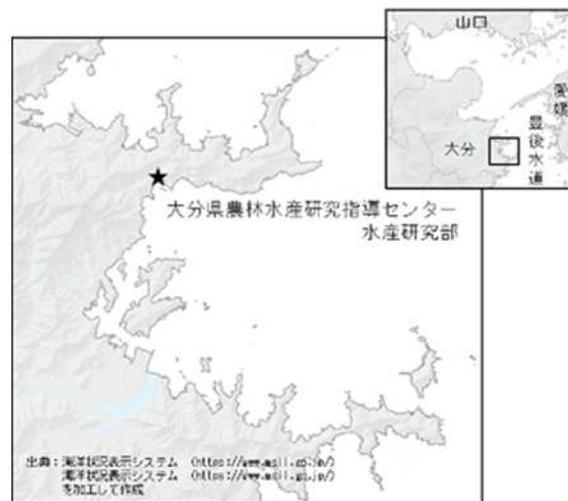


図2 水温定点観測調査点。

事業の結果

1. 浅海定線調査等

1) 気象

図3は大分市における2012年度の気象の推移（大分気象台）である。

気温：4月上旬～5月上旬、3月上旬～下旬は概ね高め傾向、11月上旬～1月中旬は概ね低め傾向であった。

降水量：10月上旬～下旬、2月中旬から3月下旬にかけては平年より少ない降水であった。九州北部地方の梅雨入りは6月8日で、7月23日に梅雨明けした。特に、6月30日から7月14日にかけて九州北部豪雨が発生し、7月中旬には平年の390%の降水があった。

日照時間：4月中旬～9月中旬までは概ね少なめの傾向であった。

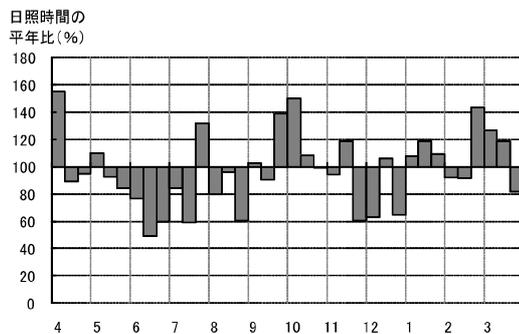
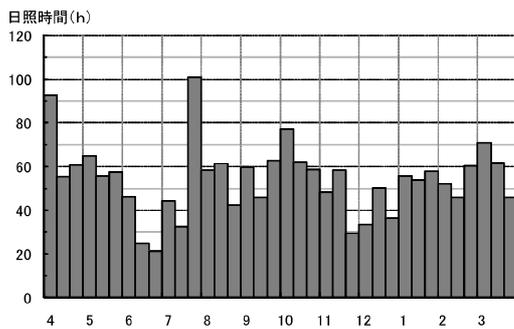
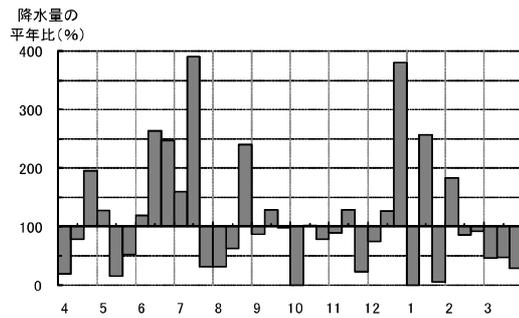
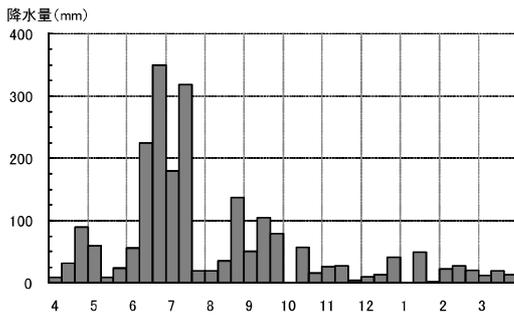
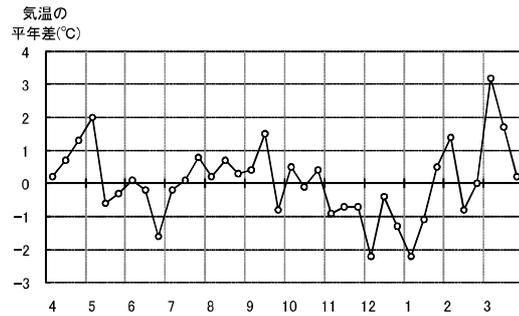
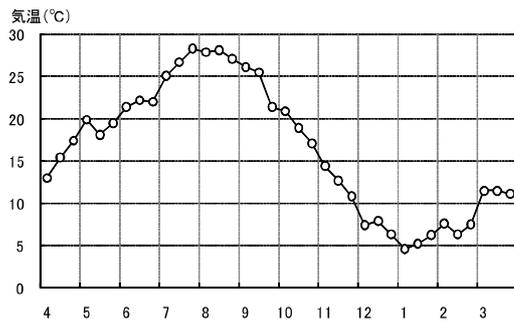


図3 2012年度大分市における気象（気象庁気象統計情報）。

2) 海象

水温

水温の観測結果を示したものが図4である。

伊予灘の表層は10.0~25.2℃で、底層は11.1~23.9℃で推移した。表層は9月、10月が「平年並み」であった以外は「やや低め」~「かなり低め」で推移した。底層は9月が「やや高め」、12月が「やや低め」であった以外は「平年並み」で推移した。

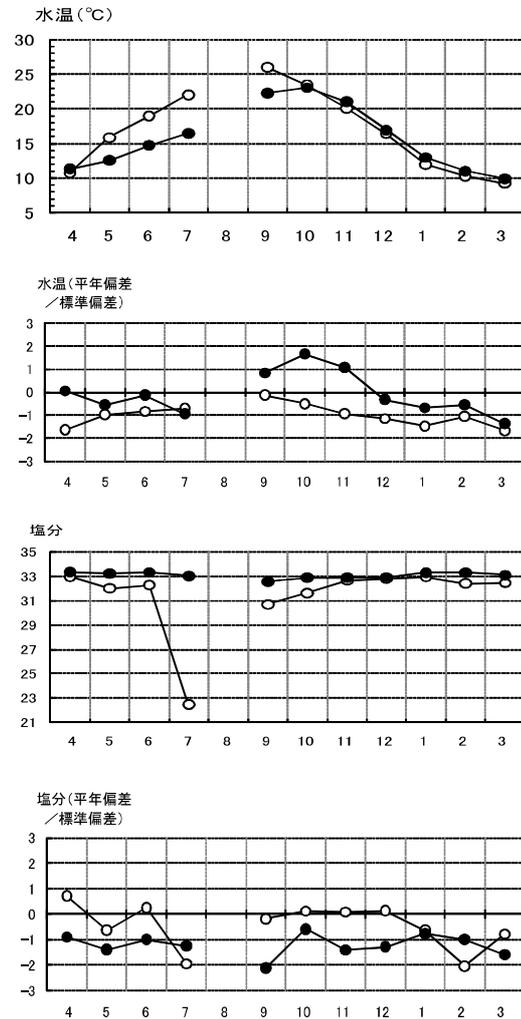
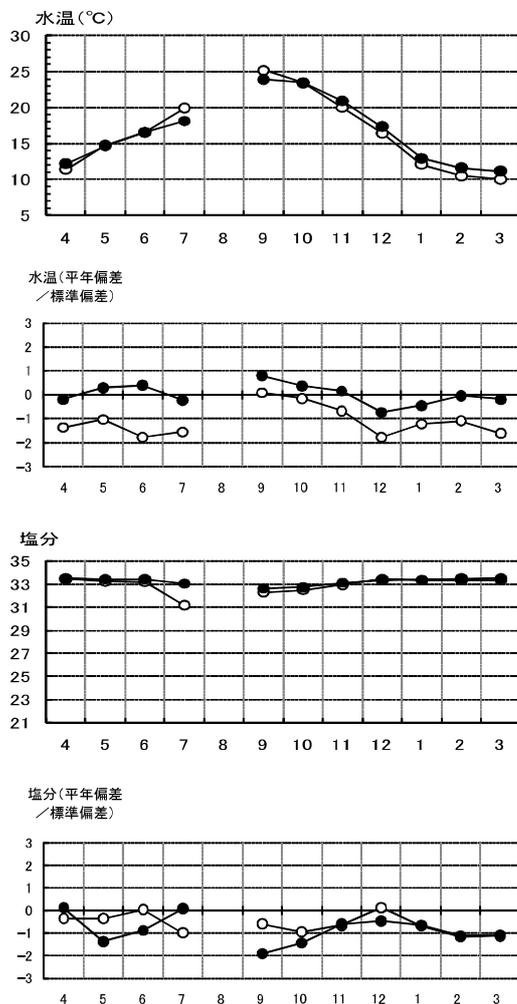
別府湾の表層は9.3~26.0℃で、底層は10.0~23.1℃で推移した。表層は9月、10月が「平年並み」であった以外は「やや低め」~「かなり低め」で推移した。底層は9月、11月が「やや高め」、10月が「かなり高め」であった。

塩分

塩分の観測結果は図4に示したとおりである。

伊予灘の表層は31.16~33.43PSUで、底層は32.61~33.52PSUで推移した。表層、底層ともすべての月で平年値を下回って推移した。別府湾の表層は22.45~32.97PSUで、底層は32.58~33.36PSUで推移した。

九州北部豪雨の影響で7月の表層塩分は22.45PSUで「かなり低め」であった。その他の月も表層、底層とも概ね平年より低く推移した。



○：表層 ●：底層

図4 2012年度 水温、塩分の推移 (左：伊予灘 右：別府湾)。

透明度

図5は透明度の観測結果である。

伊予灘は7.90～13.3mで推移した。6月、12月は「かなり高め」であった。

別府湾は、2.70～11.0mで推移した。4月は「甚だ高め」であった。

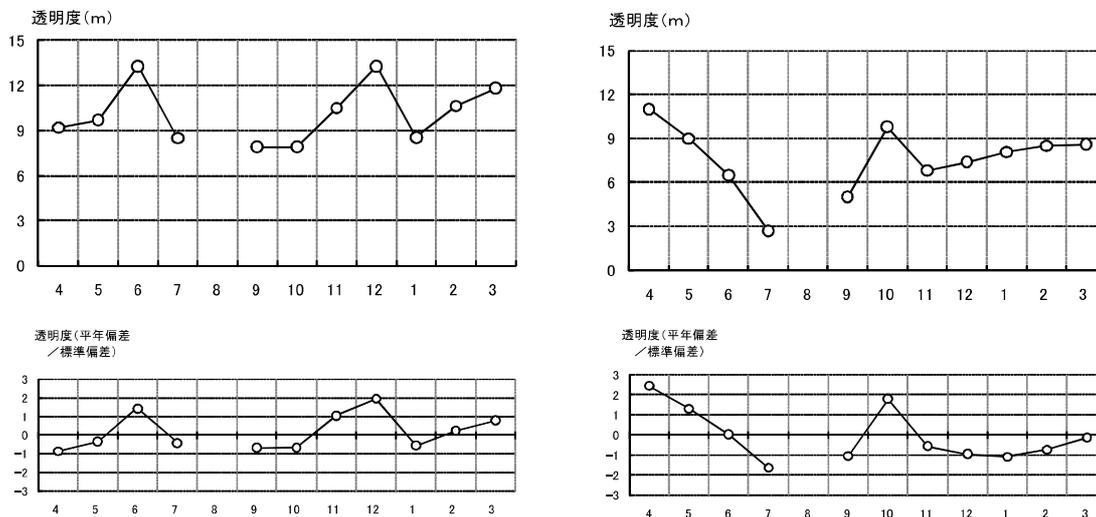


図5 2012年度 透明度の推移 (左:伊予灘 右:別府湾).

*各項目の評価基準

評価基準 (年間偏差/標準偏差)

平年並 : -0.6~0.6

やや高め (低め) : 0.6~1.3 (-1.3~-0.6)

かなり高め (低め) : 1.3~2.0 (-2.0~-1.3)

甚だ高め (低め) : 2.0~ (~-2.0)

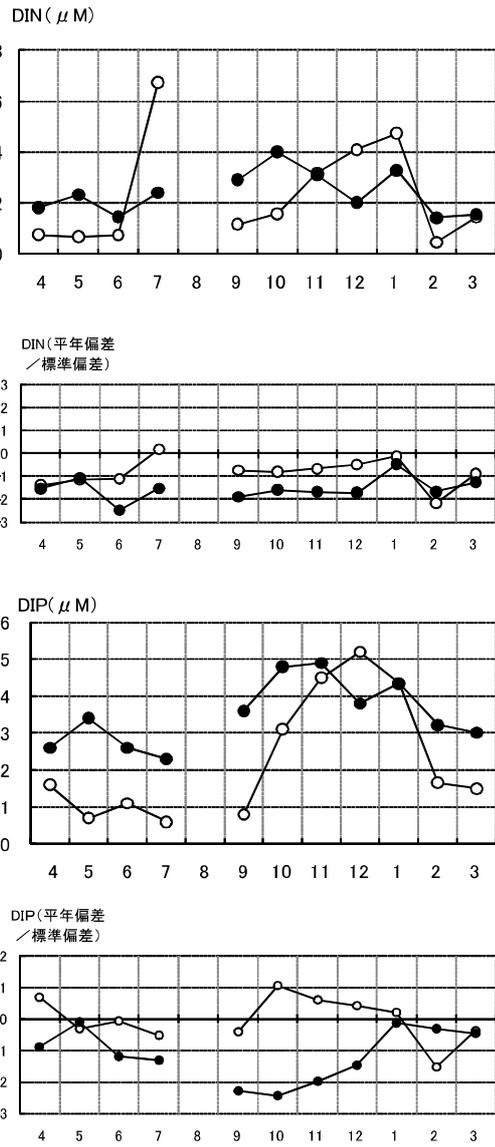
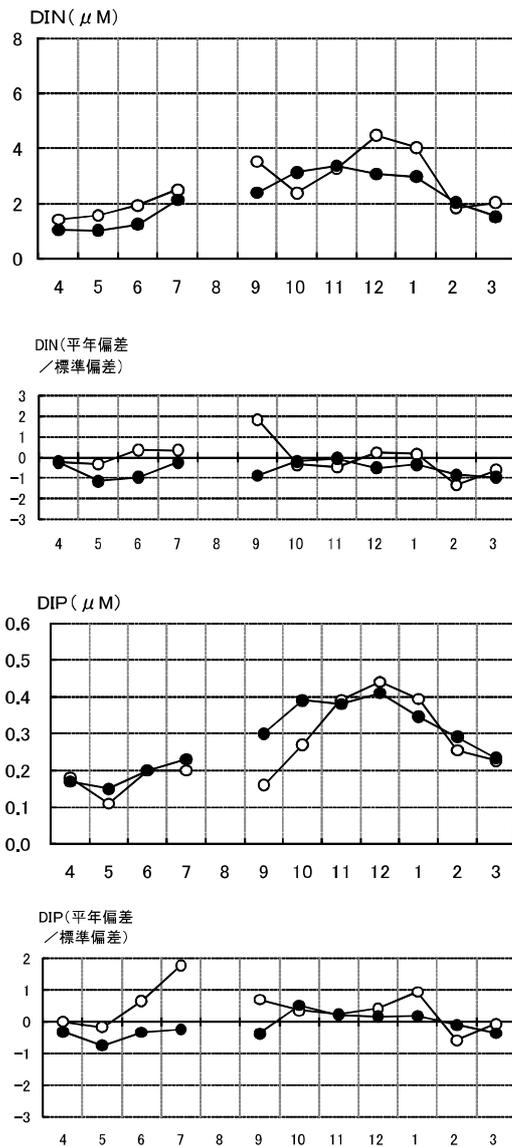
3) 栄養塩等

DIN

DINの測定結果は図6に示したとおりである。
 伊予灘のDINは、表層が1.42~4.48 μM で、底層が1.02~3.37 μM で推移した。9月の表層は「かなり高め」、2月の表層は「かなり低め」であった。
 別府湾のDINは、表層が0.44~6.75 μM で、底層が1.42~4.00 μM で推移し、表層の2月は「甚だ低め」であった。底層は6月が「甚だ低め」であった。

PO₄-P

PO₄-Pの測定結果を示したものが図6である。
 伊予灘は、表層が0.11~0.54 μM で、底層が0.15~0.41 μM で推移した。表層は7月が「かなり高め」、底層は5月が「やや低め」であった。
 別府湾は、表層が0.07~0.52 μM で、底層が0.23~0.49 μM で推移し、表層は2月が「かなり低め」、底層は9月と10月が「甚だ低め」であった。



○：表層 ●：底層

図6 2012年度 DIN、PO₄-Pの推移 (左：伊予灘 右：別府湾).

DO

DOおよびCODの測定結果は図7に示したとおりである。

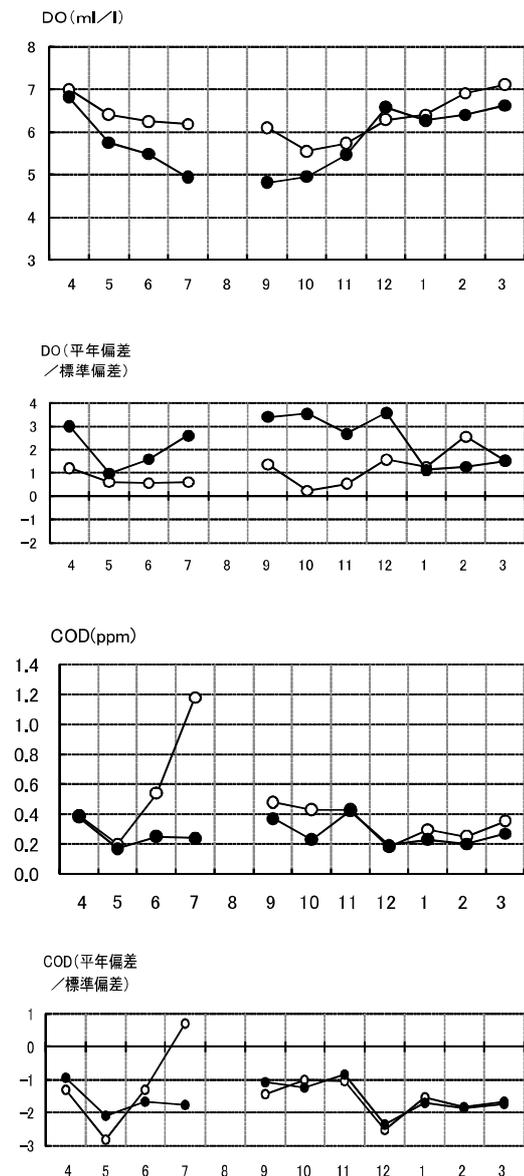
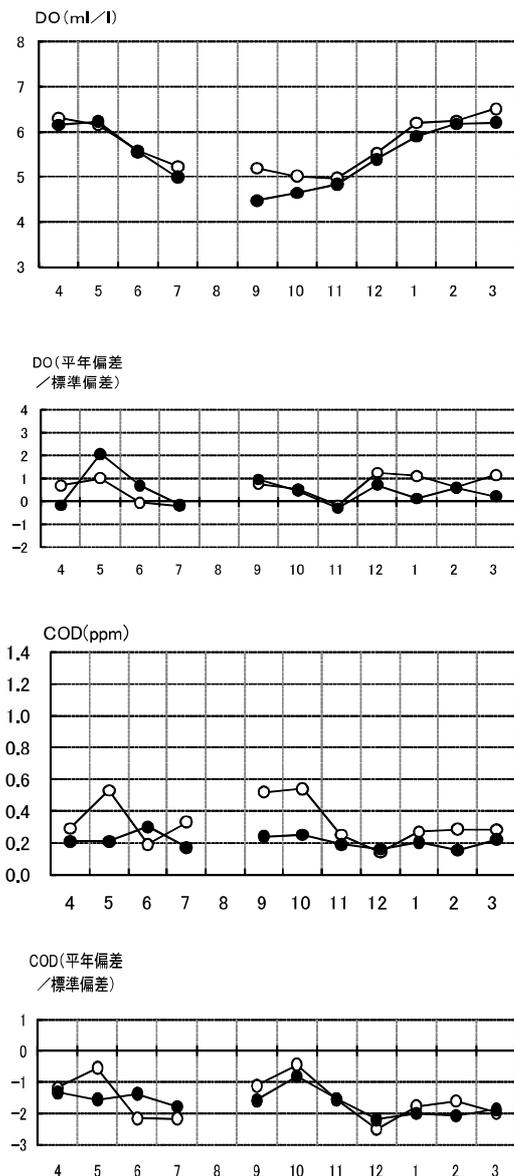
伊予灘の表層は、4.97~6.51ml/Lで、底層は4.47~6.23ml/Lで推移し、表層は「平年並み」~「やや高め」、底層は5月が「甚だ高め」であった。

別府湾の表層は、5.55~7.10ml/Lで、底層は4.82~6.82ml/Lで推移し、表層は2月が「甚だ高め」、底層は年間を通じて「やや高め」~「甚だ高め」であった。

COD

伊予灘の表層は、0.14~0.54ppmで、底層は0.15~0.30ppmで推移した。表層、底層ともに「平年並み」~「甚だ低め」であった。

別府湾の表層は、0.20~1.18ppmで、底層は0.17~0.42ppmで推移した。7月の表層が「やや高め」であった以外は、表層、底層ともに「やや低め」~「甚だ低め」であった。



○：表層 ●：底層

図7 2012年度 DO、CODの推移 (左：伊予灘 右：別府湾)。

2. 水温の定点調査

佐伯湾内（上浦地先）の水温（0 m）の定点調査結果を示したものが図8である。

2012年度は、9月上旬の26.3℃が最高値で、2月中旬の12.9℃が最低値であった。+1℃以上の水温

偏差が見られた期間は、4月下旬（+1.4℃）、5月下旬（1.1℃）、6月上旬（1.1℃）、6月下旬（1.1℃）であった。

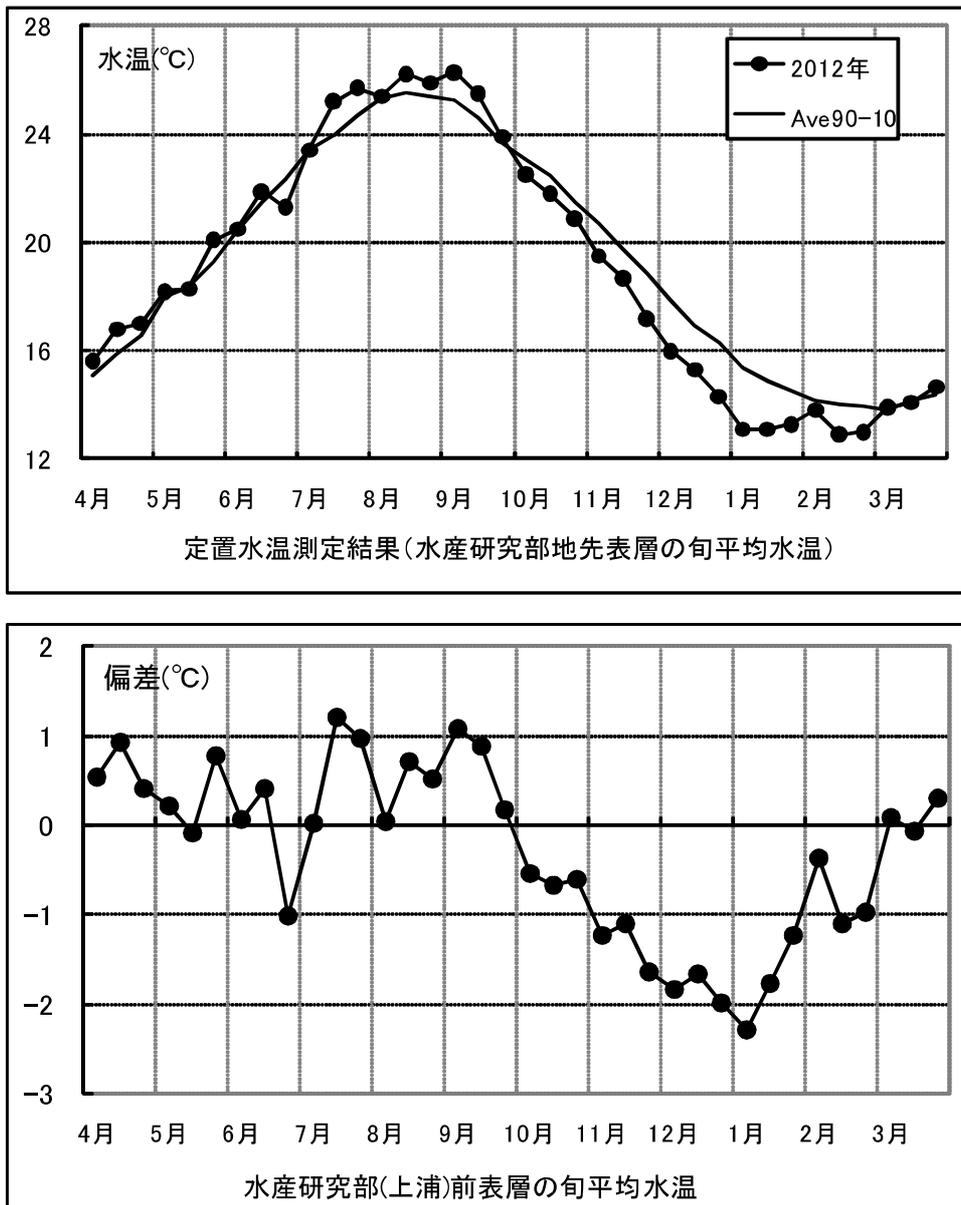


図8 2012年度 佐伯湾定点表層水温(旬平均値)の推移.

漁場環境保全推進事業（赤潮）

宮村和良 野田誠

事業の目的

近年、西日本では従来種に加え新奇有害プランクトンの蔓延等による甚大な被害【*Cochlodinium polykrikoides* 赤潮（被害額：1999年長崎県7.6億円、2000年熊本県35億円）、*Heterocapsa circularisquama* 赤潮（1998年広島県38億円）、*Chattonella* spp. (*Ch. antitiqua*及び*Ch. marina*) 赤潮（2003年徳島県6.6億円、香川県4.9億円、熊本県3.3億円、鹿児島県1.6億円、2009年鹿児島県20億円、熊本県8.7億円、長崎県4.3億円、2010年鹿児島県36.8億円、熊本県16億円、長崎県1.6億円、】が報告されている。大分県内においても毎年、有害赤潮による漁業被害が報告され、今後被害の拡大が危惧されるとともに、監視強化の必要な有害プランクトン種が増大する傾向にある。漁業被害を防止するためには、プランクトンの生理生態研究で予察技術を確認し、定期的なモニタリング調査で赤潮発生を早期に予知して、適切な被害防止策を講じることが、現状における最善策である。しかし、漁業協同組合職員や漁業者による初期のモニタリングは技術面において困難であることから、業界からは有害プランクトンの監視について一層の強化が望まれている。

本事業の目的は、魚介類を致死させる有害プランクトンの発生および養殖被害を伴う環境悪化等を予察することによって漁業被害を軽減することである。

事業の方法

I. 漁場監視モニタリング調査

豊後水道に接する佐賀関以南の各湾（図1）に調査点4～7点（精密調査点1～2点を含む）を設定し、5～9月に調査を行った。各調査点ではCTD（JFEアドバンテック社製AAQ-RINKO）による水温、塩分、

クロロフィル蛍光値の測定および、採水器（リゴーB号）による表層、5m層の採水を行った（大分市沿岸は表層、2m層の採水のみ）。得られた試料海水は有害プランクトンの同定・計数に用いた。精密調査点では上記の採水層、調査項目に加え、10m層、底上1m層の採水も行い、各層の溶存酸素（ウインクラ法）、栄養塩（DIN、 PO_4-P ）の測定を行った。また、鉛直クロロフィル蛍光値の測定で極大値が確認された際には、採水器を用いて極大層を採水し、試水中の有害プランクトンの同定及び計数を行った。定期調査および海水持ち込み時の際に有害プランクトンが確認された湾及び赤潮多発期の7～8月には、調査数、調査点を増やした。

II. 広域赤潮監視調査

周防灘、伊予灘、別府湾に調査点44点（図2参照）を設け、2012年6月と7月に各1回、計2回の調査を行った。各調査点ではC-CTD（JFEアドバンテック社製）による鉛直水温、塩分、クロロフィル蛍光値の測定および表層の採水を行った。観測時に鉛直クロロフィル蛍光値で極大値（極大層）が観測された際には、採水器を用いて極大層の採水を行った。採水した海水は翌日に光学顕微鏡を用いて、濃縮せずに有害プランクトンの同定・計数を行った。

III. 指導事業

赤潮シーズン前に、佐賀関以南の振興局、市町村、漁協、養殖業者を対象に赤潮担当者会議を開催し、最近の赤潮発生状況や被害についての説明を行った。また、漁業者から赤潮講習会の要望があった場合には現場に赴き講師を務めた。

赤潮発生時や有害プランクトン発生時及び赤潮になる危険がある場合には、緊急赤潮情報、赤潮情報を発行し、周知徹底を図った。

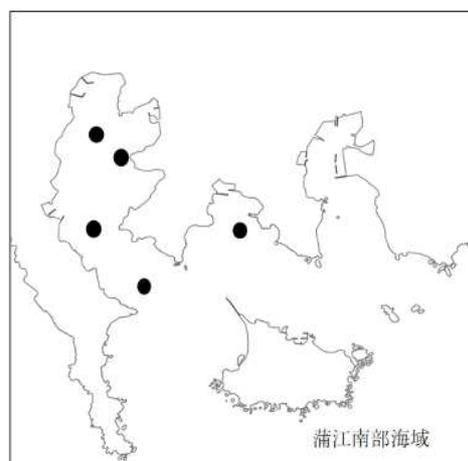
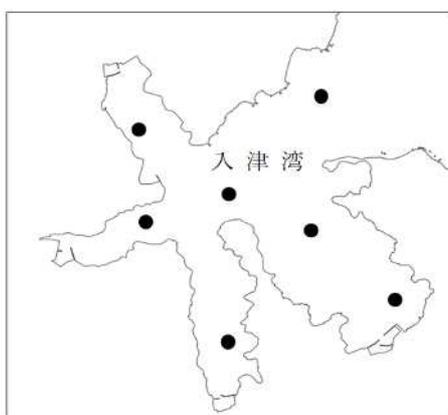
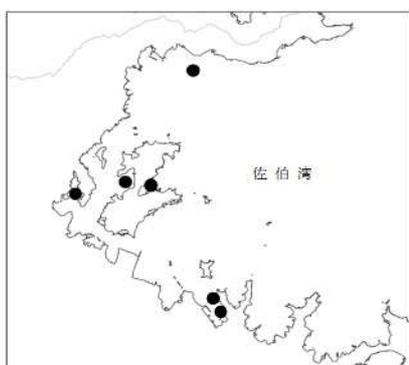
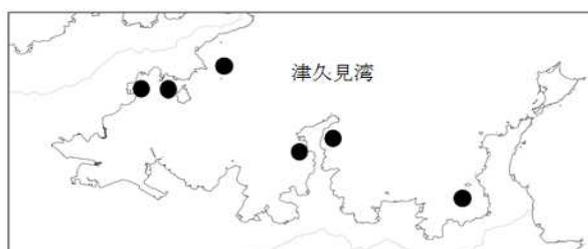
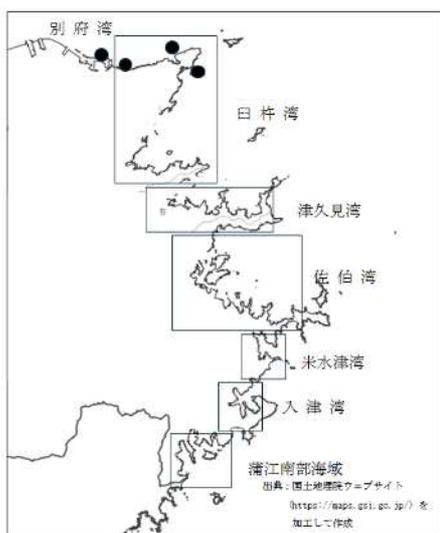


図1 赤潮調査定点

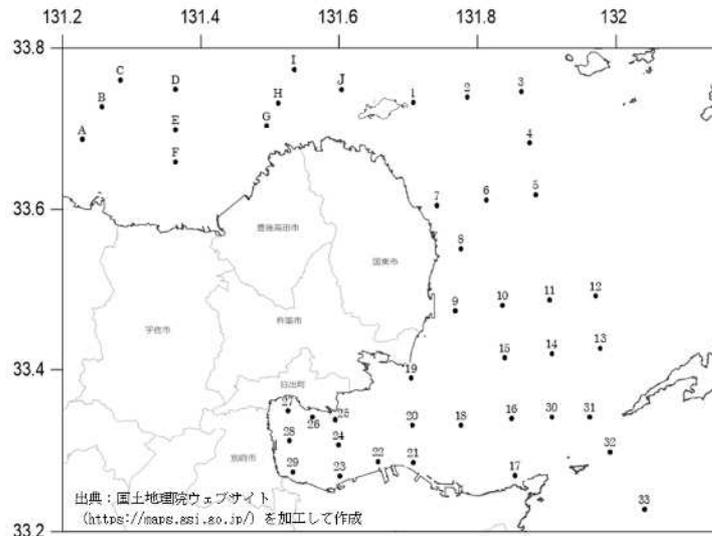


図2 広域赤潮監視調査定点

事業の結果

I. 漁場監視モニタリング調査

1) 気象

概要（気象月報抜粋）

6月の中旬・下旬は県内各地で降水量は平年よりかなり多くなり、杵築、武蔵、佐賀関、白杵、佐伯、宇目、蒲江では月降水量の多い方からの第1位を更新した。県内アメダスの月降水量は平年比107～275%で日田で平年並の他は多かった。月平均気温は平年差 $-1.0\sim+0.2^{\circ}\text{C}$ で杵築、蒲江で平年並の他は低かった。月間日照時間は平年比43～72%で平年よりかなり少ない所が多かった。7月は上旬・中旬は大分県北部・西部を中心に記録的大雨となり、日田、玖珠、耶馬溪では月降水量の多い方からの第1位を更新した。7月23日ごろ九州北部地方（山口県を含む）は梅雨明けした。県内アメダスの月降水量は平年比102～304%で多い所が多かった。月平均気温は平年差 $-0.5\sim+0.9^{\circ}\text{C}$ で平年並の所が多く、月間日照時間は平年比77～102%で平年並の所が多かった。8月は高気圧に覆われて晴れる日もあったが、湿った空気の流れ込みや上空の寒気、台風の影響で曇りや雨の日が多かった。県内アメダスの月降水量は平年比44～214%で耶馬溪で少ない他は平年並か多かった。月平均気温は平年差 $-0.1\sim+0.9^{\circ}\text{C}$ で平年並か高く、月間日照時間は平年比68～96%で平年並か少なかった。

気温・降水量

4～9月の佐伯市アメダスの月平均気温の推移は図3に、月降水量は図4に示したとおりである。平均気温は、6月が平年より 0.3°C 低め、4、5および7月が

平年より $0.2\sim0.5^{\circ}\text{C}$ 高め、8、9月は平年並みであった。降水量は6月と8月は多め（+387mm、+279mm）、4月と7月はやや多め（+69mm、+66mm）、5月と9月はやや少なめ（-37mm、-58mm）であった。

2) 海象

各海域5m層の水温、塩分、DIN、P04-Pの推移は図5～7に示したとおりである。米水津湾は欠測である。

水温は白杵湾 $20.2\sim24.9^{\circ}\text{C}$ 、津久見湾 $19.8\sim22.7^{\circ}\text{C}$ 、佐伯湾 $17.3\sim23.3^{\circ}\text{C}$ 、入津湾 $18.6\sim25.8^{\circ}\text{C}$ 、猪串湾 $18.9\sim26.6^{\circ}\text{C}$ で推移した。塩分は白杵湾 $32.35\sim33.48$ 、津久見湾 $32.91\sim33.83$ 、佐伯湾 $32.89\sim34.02$ 、入津湾 $32.75\sim33.94$ 、猪串湾 $32.43\sim3.14$ で推移した。DINは白杵湾 $0.0\sim2.3\mu\text{M}$ 、津久見湾 $0.1\sim1.6\mu\text{M}$ 、佐伯湾 $0.0\sim3.4\mu\text{M}$ 、入津湾 $0.0\sim1.9\mu\text{M}$ 、猪串湾 $0.0\sim4.0\mu\text{M}$ で推移した。P04-Pは白杵湾 $0.03\sim0.20\mu\text{M}$ 、津久見湾 $0.03\sim0.22\mu\text{M}$ 、佐伯湾 $0.01\sim0.26\mu\text{M}$ 、入津湾 $0.03\sim0.39\mu\text{M}$ 、猪串湾 $0.00\sim0.45\mu\text{M}$ で推移した。塩分が全域で低下し始めた6月中旬以降全域で栄養塩類（DIN、P04-P）の増加が確認された。

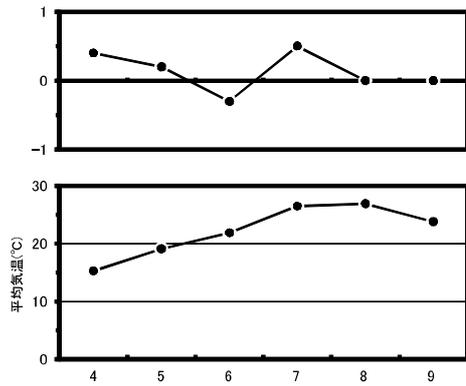


図3 月平均気温の推移と年間偏差（上段：年間偏差、下段：月平均気温 アメダス 佐伯）

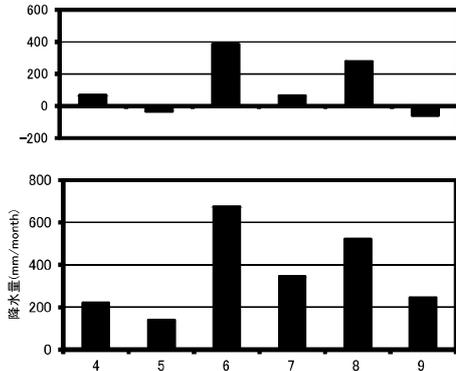


図4 月降水量の推移と年間偏差（上段：年間偏差、下段：月降水量 アメダス 佐伯）

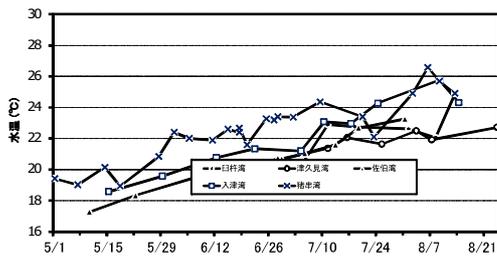


図5 豊後水道各湾の5m層水温の推移

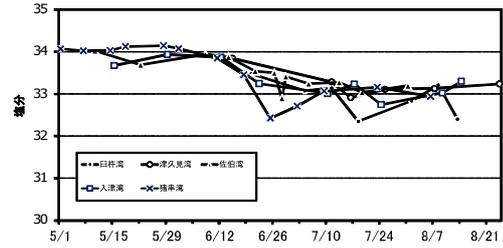


図6 豊後水道各湾の5m層塩分の推移

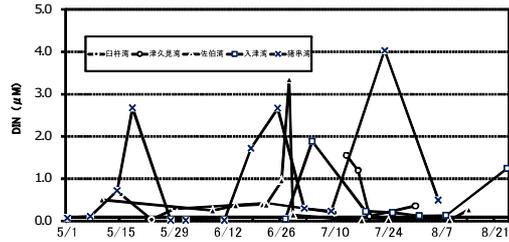


図7 豊後水道各湾の5m層塩分の推移

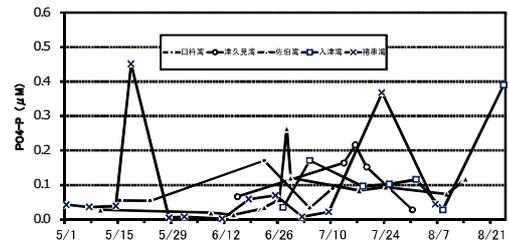


図8 豊後水道各湾の5m層塩分の推移

3) 赤潮発生状況

赤潮の発生一覧は表1示した。赤潮発生件数は27件で、内7件で漁業被害が発生した。赤潮構成プランクトンは*Karenia mikimotoi* 9件、*Heterosigma akashiwo* 6件、*C. polykrikoides* 3件、*Noctiluca scintillans* 2件、その他 7件であった。漁業被害を伴った赤潮の構成プランクトンは*K. mikimotoi* 4件、*C. polykrikoides* 2件、*H. akashiwo* 1件であった。別府湾、豊後水道沿岸で広範囲に*K. mikimotoi*による赤潮が発生し、甚大な漁業被害（養殖・蓄養8720万円、天然 2億469万円 合計2億9189万円）が発生した。

表1 2012年度豊後水道西岸域および別府湾における赤潮発生状況

整理番号	発 生 期 間			日 数	海 域	赤潮構成プランクトン		漁業被害の有無
	発生日	～	終息日			属	種	
1	5月22日	～	6月27日	(37日間)	別府湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無
2	5月31日	～	6月28日	(29日間)	別府湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無
3	6月1日	～	9月11日	(103日間)	猪串湾	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	有
4	6月7日	～	6月22日	(16日間)	入津湾	<i>Ceratium</i>	<i>furca</i>	無
5	6月7日	～	6月28日	(22日間)	別府湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無
6	6月8日	～	6月28日	(21日間)	別府湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無
7	6月14日	～	7月18日	(35日間)	佐伯湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	有
8	6月18日	～	7月18日	(31日間)	佐伯湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無
9	6月27日	～	8月23日	(58日間)	別府湾	<i>Chattonella</i>	<i>antiqua+marina+ovata</i>	無
10	6月29日	～	7月7日	(9日間)	臼杵湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	有
11	7月2日	～	7月23日	(22日間)	猪串湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	有
12	7月7日	～	8月13日	(38日間)	臼杵湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無
13	7月9日	～	8月13日	(36日間)	津久見湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無
14	7月9日	～	8月6日	(29日間)	米水津湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無
15	7月10日	～	7月17日	(8日間)	入津湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	有
16	7月10日	～	7月24日	(15日間)	名護屋湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	有
17	7月26日	～	8月23日	(29日間)	別府湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無
18	7月31日	～	8月9日	(10日間)	入津湾	<i>Gyrodinium</i>	<i>instriatum</i>	無
19	8月13日	～	8月22日	(10日間)	臼杵・津久見湾	<i>Noctiluca</i>	<i>scintillans</i>	無
20	8月23日	～	9月7日	(16日間)	別府湾	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	無
21	8月29日	～	9月6日	(9日間)	米水津湾	<i>Myrionecta</i>	<i>rubrum</i>	無
22	9月6日	～	9月12日	(7日間)	入津湾	<i>Gonyaulax</i>	<i>Polygramma</i>	無
23	9月14日	～	9月21日	(8日間)	入津湾	<i>Noctiluca</i>	<i>scintillans</i>	無
24	10月26日	～	10月30日	(5日間)	入津湾	<i>Akashiwo</i>	<i>sanguinea</i>	無
25	11月6日	～	11月13日	(8日間)	入津湾	<i>Akashiwo</i>	<i>sanguinea</i>	無
26	11月8日	～	11月15日	(8日間)	別府湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無
27	2月4日	～	2013年5月13日	(99日間)	猪串湾	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	無

有害種は注意密度を超えた場合に赤潮として記載した。

4)特記事項

K. mikimotoiの遊泳細胞が6月上旬から周防灘～豊後水道にかけて広範囲に確認された。特に豊後水道沿岸の佐伯湾では、本種の初認および赤潮形成が例年より早かった(図9)。また、本種は6月中旬から複数の湾の中層で濃密度層が出現し、7月上旬にはほぼ全域で赤潮を形成した(図10)。豊後水道沿岸で本種が急増する期間には、降雨による塩分の低下が観測された。

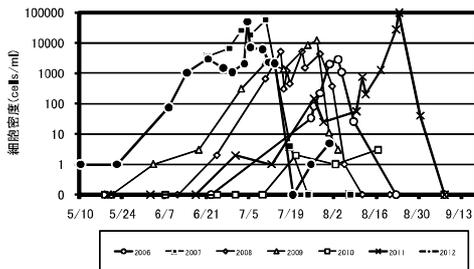


図9 佐伯湾の2006年～2012年夏季におけるK. mikimotoi最高細胞密度の推移

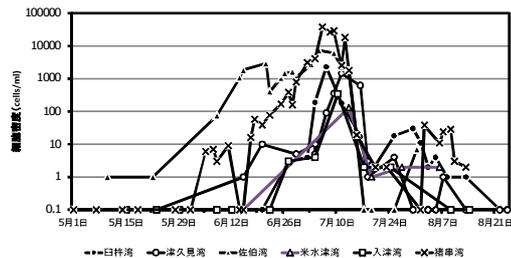


図10 豊後水道各湾のK. mikimotoi最高細胞密度の推移

5)各湾における有害プランクトン発生状況

各湾の有害赤潮プランクトンの出現の概況については、以下にまとめたとおりである。なお細胞密度は調査期間中の最高細胞密度を示す。

別府湾：Ch. spp.は12 cells/ml(8月1日)、K. mikimotoiは300cells/ml(8月5日)、H. akashiwoは200 cells/ml(7月2日)、C. polykrikoidesは未確認であった。

臼杵湾：Ch. spp.は5 cells/ml(8月1日)、K. mikimotoiは2300cells/ml(7月7日)、H. akashiwoは1650 cells/ml(7月18日)、C. polykrikoidesは24 cells/ml(8月8日, 13日)であった。

津久見湾：Ch. spp.は3 cells/ml(7月16日)、K. mikimotoiは1450cells/ml(7月11日)、H. akashiwoは1 cells/ml(6月29日, 7月4日, 7月25日)、C. polykrikoidesは12 cells/ml(8月3日)であった。

佐伯湾：Ch. spp.は1 cells/ml(7月13日)、K. mikimotoiは7320cells/ml(7月5日)、H. akashiwoは67000

cells/ml (6月26日)、*C. polykrikoides*は6 cells/ml (7月31日)であった。

米水津湾：*Ch. spp.*は未確認、*K. mikimotoi*は350 cells/ml (7月10日)、*H. akashiwo*と*C. polykrikoides*は未確認であった。

入津湾：*Ch. spp.*は1 cells/ml (8月9日)、*K. mikimotoi*は345 cells/ml (7月10日)、*H. akashiwo*は5 cells/ml (4月13日)、*C. polykrikoides*は28 cells/ml (7月10日)であった。

蒲江南部海域：*Ch. spp.*は1 cells/ml (8月9日)、*K. mikimotoi*は38000 cells/ml (7月6日)、*H. akashiwo*は25 cells/ml (5月7日)、*C. polykrikoides*は5000 cells/ml (6月22日)であった。

II. 広域赤潮監視調査

2012年6月と7月に行った有害プランクトンの調査結果は以下に示したとおりである。

6月(6月4～7日)：*Ch. spp.*は未検出であった、*K. mikimotoi*は未検出～12 cells/mlの範囲で分布し、周防灘 (St. B, C, E, F, G, I, J)、伊予灘 (St. 2, 6, 7, 8)、別府湾 (St. 22～29)の広範囲で確認された。*H. akashiwo*は未検出～275 cells/mlの範囲で分布し、周防灘 (St. A, B, E)、別府湾 (St. 16, 17, 25～29)で確認された。

7月 (7月2～5日)：*Ch. spp.*は未検出～86 cells/mlの範囲で分布し、周防灘 (St. A～K)、伊予灘 (St. 4, 8, 10, 14, 15, ア)、別府湾 (St. 16～18, 20～23, 25, 28)の広範囲で確認された。*K. mikimotoi*は未検出～87 cells/mlの範囲で分布し、伊予灘 (St. 2, 5, 7, 11～15)、別府湾 (St. 16～23, 25～27, 29)、豊後水道 (St. ウ, エ)の広範囲で確認された。*H. akashiwo*は未検

出であった。

III. 指導事業

1) 赤潮担当国会議

開催日：2012年5月30日

開催場所：水産研究部大会議室

出席者数：21人 (佐賀関以南の漁協各支店、市役所、振興局、県庁)

2) 講師派遣

平成24年度赤潮講習会(JF大分佐伯支店)

開催日：2012年6月8日

主席者：15人 漁業者、市役所

講師：宮村和良

豊後水道北部海域赤潮研究会

開催日：2012年6月22日

主席者：20人 漁業者、管内漁協各支店、市役所

講師：宮村和良

3) 赤潮情報・緊急赤潮情報の発行回数

・赤潮情報：8回

・緊急赤潮情報：35回

漁場環境保全推進事業（貝毒）

宮村和良・野田誠

事業の目的

近年、貝毒原因プランクトンの発生や、それに伴う二枚貝の毒化がしばしば報告されている。本県佐伯市南部沿岸域においてもヒオウギガイ、アサリ、ムラサキガイで麻痺性貝毒プランクトンによる毒化が問題となった経緯がある。本事業の目的は、貝毒原因プランクトンをモニタリングすることで二枚貝の毒化を監視し、食品としての安全性を確保することである。

事業の方法

1) 猪串湾、小蒲江湾

佐伯市蒲江にある猪串湾、小蒲江湾において調査点5点を設置し（図1）、2012年4月から2013年3月の間に毎月1回～4回の採水および環境調査、さらに二枚貝の採取を行った（赤バエは9～11月、屋形島は9～3月の各期間は出荷を行っていないため欠測）。森崎では表層、2m層、5m層、10m層および海底上1m層を採水し、その他の点では表層および3m層を採水した。水温、塩分の測定は猪串湾0.5m層から海底まで0.1m毎にCTD（JFEアドバンテックAAQ-125）を用いて行った。二枚貝は小蒲江および赤バエ（避難漁場）では養殖ヒオウギガイを、森崎では天然ムラサキガイを採取した。採水した海水は直ちに実験室に持ち帰り、孔径10 μ mのプランクトンネットを用いて100倍に濃縮後、固定せずに光学顕微鏡を用いて貝毒原因プランクトンの同定、計数を行った。採取した二枚貝は、既報に従い貝毒成分を抽出後、ELISA法で分析を行った。

2) 名護屋湾、蒲江湾

各湾の調査点（図1）で、養殖イワガキの出荷時期に表層および3m層の採水を行った（水深の浅い海域では表層のみ）。採水した海水は、1)と同様な方法で、貝毒原因プランクトンの同定、計数を行った。採水は水産改良普及指導員が行った。



出典：国土地理院ウェブサイト（<https://maps.gsi.go.jp/>）を加工して作成

図1 調査定点

事業の結果

I. 貝毒原因プランクトン出現状況

1. 猪串湾、小蒲江湾

1) *Gymnodinium catenatum*

各調査点の*G. catenatum*の鉛直平均細胞密度の推移は図2に示した通りである。森崎はN.D.(4 cells/L以下)～188 cells/L、鵜の糞はN.D.(10 cells/L以下)～200 cells/L、赤バエはN.D.(10 cells/L以下)～24 cells/L、屋形島はN.D.(10 cells/L以下)、小蒲江はN.D.(10 cells/L以下)～34 cells/Lで推移した。猪串湾の森崎、鵜の糞では、5～6月および2～3月に比較的細胞密度の高い期間が認められた。今年度は例年に比べ本種の出現が比較的低密度で推移した（図3）。

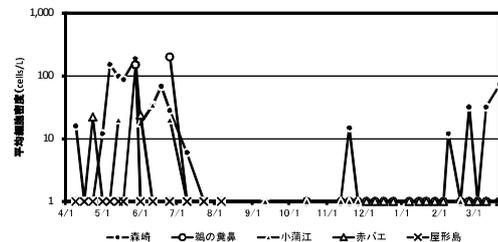


図2 猪串湾、小蒲江湾における各調査点の*G. catenatum*細胞密度の推移

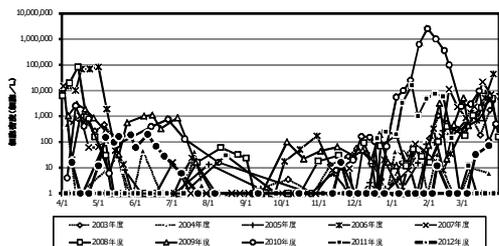


図3 2003~2012年の猪串湾森崎地区における*G. catenatum*細胞密度(5層平均)の推移

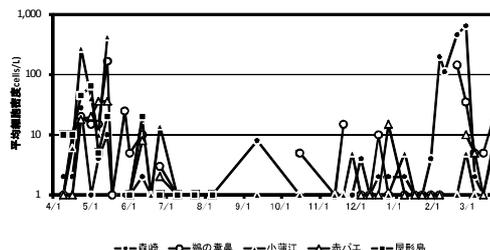


図5 猪串湾、小蒲江湾における各調査点の*Dinophysis* spp.の細胞密度の推移

2) *Alexandrium catenella*

各調査点の*A. catenella*の鉛直平均細胞密度の推移は図4に示した通りである。森崎はN.D.(4 cells/L以下)~129,200 cells/L、鶴の糞はN.D.(10 cells/L以下)~4,020 cells/L、赤バエはN.D.(10 cells/L以下)~230 cells/L、屋形島はN.D.(10 cells/L以下)~1,000 cells/L、小蒲江はN.D.(10 cells/L以下)~2,110 cells/Lで推移した。4月中旬~5月中旬および11月中旬~12月中旬の各期間にピークが確認された。特に11月中旬~12月中旬の期間は調査を行った全ての調査点で期間中の最高細胞を観測し、12月上旬の猪串湾奥では着色海域も確認された(弁天島周辺表層で690,000 cells/L)。

3) *Dinophysis* spp.

各調査点の*Dinophysis* spp.の鉛直平均細胞密度の推移は図5に示した通りである。森崎はN.D.(4 cells/L以下)~654 cells/L、鶴の糞はN.D.(10 cells/L以下)~167 cells/L、赤バエはN.D.(10 cells/L以下)~36 cells/L、屋形島はN.D.(10 cells/L以下)~65 cells/L、小蒲江はN.D.(10 cells/L以下)~424 cells/Lで推移した。100 cells/Lを超えた期間は4月下旬から5月中旬、2月上旬~下旬であった。

2. その他の海域

1) *Gymnodinium catenatum*

*G. catenatum*の鉛直平均細胞密度の推移は図6に示した通りである。名護屋湾ではN.D.(10 cells/L以下)~1,055 cells/Lで推移し、4月上旬は1,000 cells/Lを超える期間が確認された。蒲江湾ではN.D.(10 cells/L以下)~120 cells/Lで推移した。

2) *Alexandrium catenella*

*A. catenella*の鉛直平均細胞密度の推移は図7に示した通りである。名護屋湾ではN.D.(10 cells/L以下)~5,000 cells/Lで推移し、12月上旬から急増した後、1月下旬まで1000 cells/L以上の期間が継続して確認された。蒲江湾ではN.D.(10 cells/L以下)~2,150 cells/Lで推移し、5月上旬、12月上旬、12月中旬、2月中旬に一時的に1,000 cells/Lを超えた。

3) *Dinophysis* spp.

Dinophysis spp.の鉛直平均細胞密度の推移は図8に示した通りである。名護屋湾ではN.D.(10 cells/L以下)~1,000 cells/L、蒲江湾ではN.D.(10 cells/L以下)~50 cells/Lであった。名護屋湾では12月上旬に一時的に1,000 cells/Lを超えた。

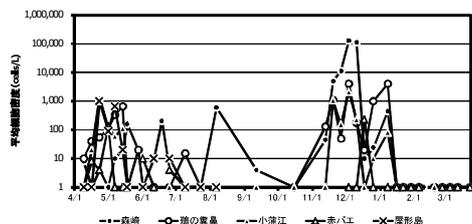


図4 猪串湾、小蒲江湾における各調査点の*A. catenella*細胞密度の推移

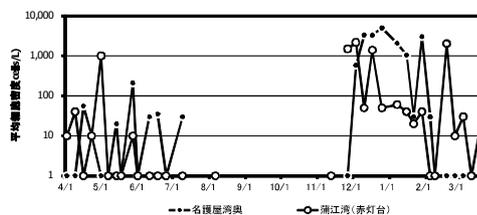


図6 名護屋湾、蒲江湾におけるの*G. catenatum*細胞密度の推移

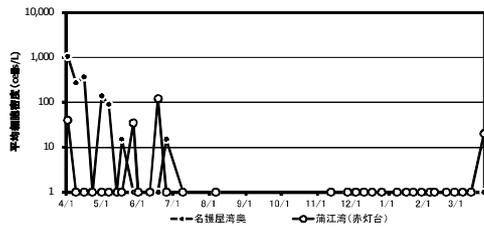


図7 名護屋湾、蒲江湾における*A. catenella*細胞密度の推移

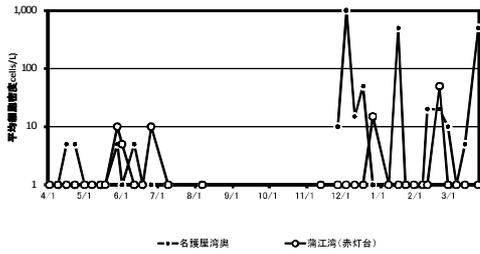


図8 名護屋湾、蒲江湾における*Dinophysis* 属の細胞密度の推移

II. 環境

1) 水温

各層水温の推移および平年値との比較は図9に示した通りである。各層水温は、0.5m層が15.0～27.4℃、2m層が15.0～26.9℃、5m層が15.0～26.6℃、10m層が15.0～26.3℃、底上-1m層が15.0～25.4℃で推移した。最高水温は8月に、最低水温は1月中旬に観測された。成層は4月下旬から9月まで認められた。月平均水温は6月～9月の期間および2月、3月は平年より高め、11月～1月の期間は低めで推移した。

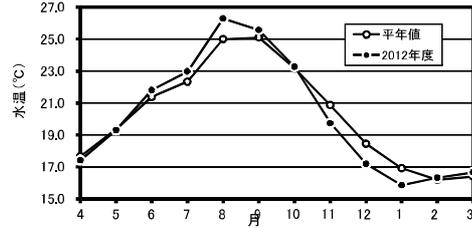
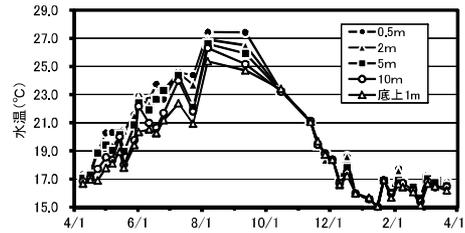


図9 2012年度猪串湾における各層水温の推移(上段)と平年値との比較(下段)。平年値は2000年1月～2011年12月の、2m、5m、10m、底上1mの各層の値を平均した。

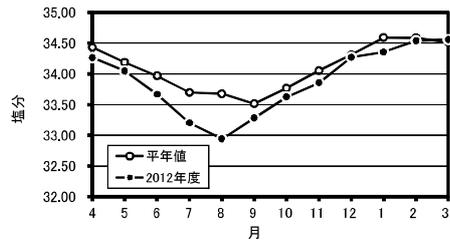
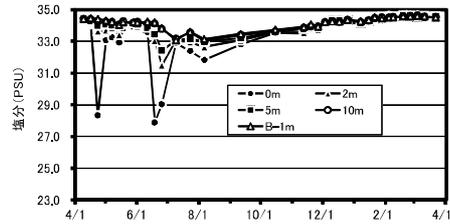


図10 2012年度猪串湾における各層塩分の推移(上段)と平年値との比較(下段)。平年値は2000年1月～2011年12月の期間の2m、5m、10m、底上1mの各層の値を平均した。

2) 塩分

各層塩分の推移および平年値との比較は図10に示した通りである。各層塩分は、0.5m層が27.87～34.60、2m層が31.48～34.64、5m層が32.43～34.61、10m層が33.03～34.62、底上-1m層が33.06～34.60で推移した。最低塩分は0.5m層で6月中旬、2m層、5m層で6月下旬、10m層で8月上旬、底上1m層で7月上旬に観測された。最高塩分は10m層で2月下旬、その他の層では3月上旬に観測された。月平均塩分は、12月、2月、3月を除き低めで推移した。

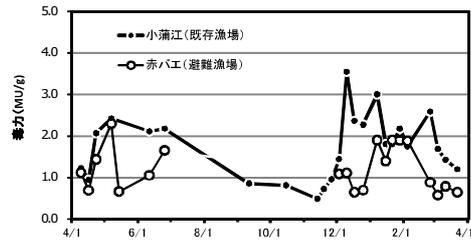


図12 小蒲江および赤バエの養殖ヒオウギガイの毒力の推移

Ⅲ. 二枚貝毒化状況

1. 猪串湾

ムラサキガイの麻痺性貝毒毒力の推移は図11に示した通りである。毒力はN.D. (0.1 MU/g以下) ～105.0 MU/gで推移した。11月下旬から12月中旬の期間に毒力が急増した。毒力の急増した際には*A.catenella*が高密度に確認されたことから、本種が毒力増加の原因と考えられた。

2. 小蒲江湾、赤バエ

小蒲江および赤バエの各漁場の養殖ヒオウギガイの毒力の推移は図12に示した通りである。各漁場のヒオウギガイの毒力は、小蒲江は0.5～3.5 MU/g、赤バエは0.6～2.3 MU/gで推移した。なお*A.catenella*の出現に伴い、貝の毒力が増加した12月～3月の期間は、養殖ヒオウギガイは避難漁場の赤バエから出荷された。

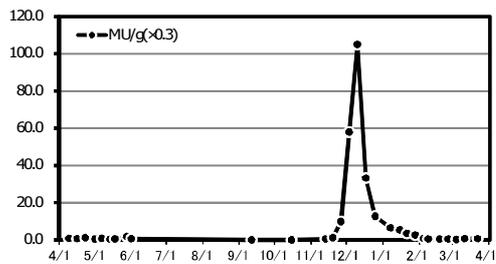


図11 猪串湾森崎の天然ムラサキガイの毒力の推移

赤潮に強い養殖生産に向けた支援技術開発

宮村和良 野田誠

事業の目的

大分県沿岸では有害プランクトンが原因とされる赤潮や二枚貝の毒化（貝毒）が度々発生し、水産業に与える被害が問題となっている。両問題とも、有害プランクトンの現場監視による発生予報、現地指導によって、迅速な対応（給餌制限や避難など）が可能になっている。しかしながら近年の環境変化によって、発生件数、出現密度とも増加傾向にあり、従来の対策だけで被害を完全に防止することは困難になっており、生産現場から新たな技術開発が望まれている。そこで本研究では、有害プランクトンによる被害を最小限に抑えるため、環境に優しく、効果的な有害プランクトンの増殖抑制技術、および貝毒軽減のための養殖手法について検討する。なお貝毒毒化軽減技術手法の開発試験結果は赤潮・貝毒に負けない養殖業支援事業（ヒオウギガイ毒化軽減対策）に記載した。

事業の方法

1. 競合プランクトン（珪藻）珪藻密度分布の把握、発芽条件の検討、および現場珪藻発芽実験

1) 珪藻シスト密度調査

佐伯湾沖松浦漁港内（図1）において2012年5月22日に、エクマンバージ採泥器（15cm×15cm）を用いて海底泥（水深12m）を採取した。採取した泥は現地で表面部分を葉サジを用いて採取し軟膏瓶に收容し、遮光して実験室に持ち帰った。試料泥は冷暗所（4℃）で一週間保管した後、珪藻シスト計数に供した。シストの計数は、SWM-3改変培地に泥を添加し、培養庫（温度20℃ 明暗周期12H）で培養して、MPN法で行った。

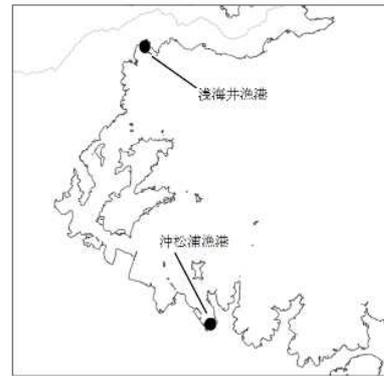
2) 珪藻発芽条件の検討

1)と同じ定点で2012年6～7月に3回（1回目 6月21日、2回目 7月5日、3回目 7月19日）、エクマンバージ採泥器を用いて海底泥、採水器を用いて表層および2、5、10m各層の採水を行った。海底泥は現地で表面部分層を葉サジを用いて採取し軟膏瓶に封入、遮光密閉して、海水はポリ容器に收容して持ち帰った。各試料海水はガラスフィルター（GF-F）

でろ過した後、各層海水を等量ずつ混合し、一部を栄養塩の分析試料に供した。残りの混合海水1Lに海底泥を1g（湿泥）の割合で添加し、攪拌懸濁させ、50ml培養フラスコ3本に分注し珪藻発芽実験に供した。各培養フラスコは表層、5m層、9m層になるようにロープに固定し水産研究部後に垂下した。垂下した後0、3、8および14日目に回収し、一部を植物プランクトン種の同定に用い、残りはChl.a濃度の分析に供した。

3) 現場珪藻発芽実験

2012年9月7日の10:10 a.m.～11:55 a.m.に佐伯湾沖松浦漁港内においてサンドポンプ（鶴見製作所HSD2.55S）を用いて、海底泥の珪藻を発芽増殖させる目的で海底泥の散布を行った。泥散布作業に移動した距離はGPSによる軌跡から求め、海底泥の散布推定量は、排出される海水の比重から海底泥を算出し、ポンプ駆動時間を乗じて求めた。また、泥の散布効果を調査するため散布前日から定期的に表層および2、5、10m層の採水および多項目水質計による環境調査を行った。試料海水は植物プランクトンの同定、計数およびChl.a、栄養塩の分析に供した。



出典：国土院地図ウェブサイト (<http://maps.gsi.go.jp/>) を加工して作成

図1 調査点



出典：国土地理院ウェブサイト (<https://maps.gsi.go.jp/>) を加工して作成

図2 調査点

II. 有害プランクトン細胞破壊手法開発

2012年7月に*Karenia mikimotoi*赤潮が発生していた浅海井漁港の赤潮海水を用いて、エンジンポンプ（工進 エンジンポンプ PGM-50G）による殺藻効果を検討した。赤潮海水は漁港から水中ポンプを用いてポリカーボネート水槽（1トン）に収容し、よく攪拌した後、エンジンポンプを用いて排水した。殺藻率はエンジンポンプ通過前後の*K. mikimotoi*遊泳細胞密度の変化から求めた。また、排出後の海水を培養庫に収容し24時間後の細胞密度の変化も求めた。

III. 高感度検出による*K. mikimotoi*の検出

2012年4～6月の毎週、猪串湾森崎地先の表層、底層および2、5、10mの各層で採水した。試料海水は、当日中にプランクトンネット（孔径10 μ m）を用いて1000mlから10mlに濃縮した後、5mlをメンブランフィルター（omnipore membrane filters 孔径 5 μ m、millipore社）でろ過し、ろ過残渣を含むろ紙（500倍濃縮）を試料に供した。*K. mikimotoi*の検出はマルチプレックスPCR法を用いて行った。

事業の結果

I. 競合プランクトン（珪藻）珪藻密度分布の把握、発芽条件の検討、および現場珪藻発芽実験

1) 珪藻シスト密度調査

沖松浦地先の珪藻シストは9,983cells/g湿泥であった。

2) 珪藻発芽条件の検討

各実験で垂下した各層のフラスコ内のChl.a濃度の推移は図3に示したとおりである。1回目実験では3日目に全ての層でChl.aの増加が確認されたが、2回目は全ての層でChl.a濃度の増加は確認されなかった。1回目と3回目の各層のChl.a濃度の推移から、

表層が先行して増加し、他の層が遅れて増加する傾向が認められた。Chl.a濃度が増加した試料はすべて珪藻類が優占していた。

各発芽実験に用いた海水の栄養塩濃度は図4に示したとおりである。各回実験に用いた海水はそれぞれ、DIN濃度が10.51、0.37、6.19 μ Mであり、PO₄-P濃度は0.03、0.02、0.30 μ Mであった。珪藻が発芽増殖しなかった2回目の栄養塩はDIN、PO₄-Pとも低濃度であった。

3) 海底泥散布による珪藻発芽実験

作業時間内に1400m移動し、約16000m²に561kgの海底泥を散布した。実験前後の各層の珪藻密度の推移は図5に示したとおりである。各層の珪藻細胞密度は、表層0～4650cells/ml、2m層10～3050cells/ml、5m層0～2578cells/ml、10m層0～2125cells/mlであった。珪藻密度は泥散布翌日に2m層で一旦減少したが、2日後には全層で増加し、3日目までは横ばいで推移した。6日目に5m層と10m層で減少したが、表層と2m層でそれぞれ4650、3050cells/mlの高密度に達した。9日後以降は全層で100cells/ml以下の低密度で推移した。優占種は各層で概ね一致し、散布前から3日目までは*Chaetoceros*属、6日目は*Eucampia*属、*Biddulphia*属、*Asterionella*属が優占していた。

実験前後の各層Chl.a濃度の推移は図6に示したとおりである。各層のChl.a濃度は表層は0.8～5.0 μ g/L、2m層は1.2～5.3 μ g/L、5m層は0.8～5.4 μ g/L、10m層は0.44～5.0 μ g/Lで推移した。Chl.a濃度は泥散布翌日は表層で著しく減少したが、5m層は増加した。2日目は表層を除く全ての層で4.0 μ mg/L以上の比較的高い値であった。泥散布翌日から3日目の期間は各層Chl.a濃度の変動は激しく推移し、表層を除く全ての層でChl.a濃度が最も高くなるなどの泥散布による影響が確認された。

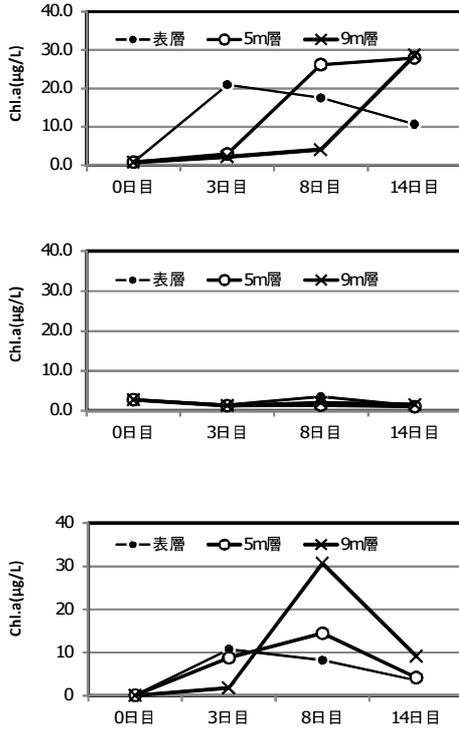


図3 各水深に垂下したボトル内のChl. a濃度の推移
 上段 1回目：2012年6月21日～7月 3日
 中段 2回目：2012年7月 5日～7月17日
 下段 3回目：2012年7月19日～7月31日

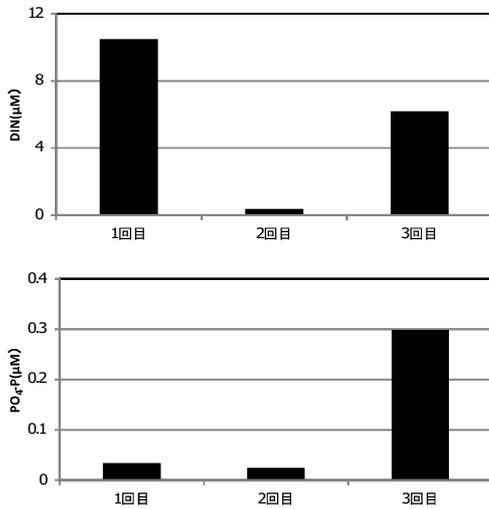


図4 各実験に用いた栄養塩濃度
 上段 DIN、 下段 PO₄-P

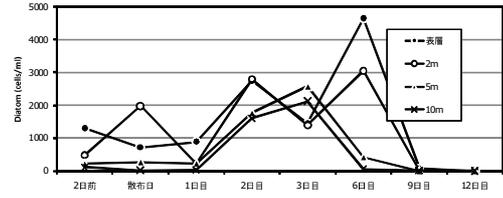


図5 沖松浦漁港内における実験前後の各層珪藻細胞密度の推移

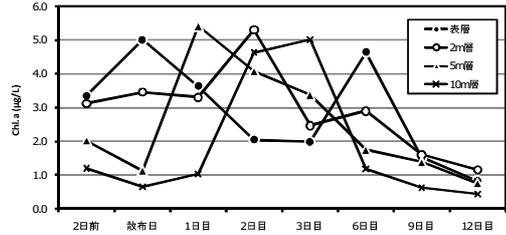


図6 沖松浦漁港内における実験前後の各層Chl. a濃度の推移

II. 有害プランクトン細胞破壊手法開発

エンジンポンプによる*K. mikimotoi*殺藻処理結果は表1に示したとおりである。殺藻率は1回目51.4%、2回目35.9%、平均43.6%であった。また1回目の処理海水をインキュベータ内で24時間、静置した結果細胞密度が3929cells/mlから6850cells/mlに増加した。以上のことから、エンジンポンプで赤潮海水を処理することによって一時的に細胞密度を低下させることが可能であるが、その後のプランクトンの増殖を抑えることは困難であると考えられた。

表1 赤潮海水処理結果

	処理前 (cells/ml)	処理後 (cells/ml)	殺藻率 (%)
1回目	8083	3929	51.4
2回目	2600	1667	35.9
平均			43.6

III. 高感度検出による*K. mikimotoi*の検出

PCR法による検査の結果を示したものが表2である。顕微鏡観察では6月11日の5m層で*K. mikimotoi*が1cell/mlのみ検出されたが、PCR法では、顕微鏡観察より約1ヶ月早い5月14日の10m層で*K. mikimotoi*遺伝子が検出された。5月14日以降は大部分の層で検出されるようになった。

表2 顕微鏡観察とPCRによる*K. mikimotoi*検出結果

採水日	顕微鏡観察 (cells/ml)					PCR				
	表層	2m層	5m層	10	b	表層	2m層	5m層	10	b
H24.4.9	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	-	-	-	-	-
H24.4.16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	-	-	-	-	-
H24.4.23	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	-	-	-	-	-
H24.5.1	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	-	-	-	-	-
H24.5.7	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	-	-	-	-	-
H24.5.14	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	-	-	-	+	-
H24.5.28	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	+	+	+	-	+
H24.6.1	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	+	+	+	+	+
H24.6.11	N.D	N.D	1	N.D	N.D	+	+	+	+	+

N.D.: 1cells/ml未満

+: 反応有り

-: 反応無し

考察

I. 赤潮プランクトン増殖抑制技術の開発

K. *mikimotoi*赤潮の初期発生海域である佐伯湾沖松浦地先底泥の、2012年5月における珪藻シスト密度は9,983cells/g湿泥であった。瀬戸内海での珪藻シストは1000~1,000,000cells/g湿泥オーダーで分布していることから、本調査海域の珪藻シストはやや少ないと考えられる。豊後水道は瀬戸内海と比較して栄養塩や珪藻出現密度が少ないことから、珪藻シスト密度も少ないと考えられる。

現場海水に底泥を添加した珪藻発芽試験では、3回中2回の実験で珪藻類の発芽増殖が確認された。珪藻類の発芽増殖が認められなかった2回目実験では、海水中のDIN濃度が0.37 μ Mであり、他の回と比較して少ない値であった。板倉 (2000) *1は珪藻類の増加にDIN濃度が1.0 μ M以上必要であることを報告しており、本海域の珪藻類の発芽増殖にDIN濃度が制限要因になることが示唆された。今後、他の栄養塩 (リン、シリカ等) についても同様な試験を行い検討する必要がある。

現場で泥散布による珪藻発芽試験を実施した結果、散布後には珪藻類やChl.a濃度の増加が確認された。板倉 (2000) *1によると、珪藻の発芽には約3日間以上が必要であることから、散布直後の増加は、珪藻シストからの発芽でなく海水中に分布していた珪藻類が増殖したと考えられる。6日目の増加については、泥散布によって発芽した珪藻シストの可能性が考えられる。今後、珪藻シストと海域で出現する珪藻類との関連性について検討する必要がある。

II. 有害プランクトン細胞破壊手法開発

エンジンポンプを利用することによって、一時的に細胞密度を約40%減らすことが可能であった。Ch *atonella*属では約80%を殺藻することが可能であることから (H24年度 水産庁委託事業*)、K. *mikimotoi*に対しては殺藻率が低いことが判明した。これらの違いは、プランクトンの細胞の大きさや種類によって生じたものと考えられる。

III. 高感度検出による*K. mikimotoi*検出

今回、顕微鏡観測の500倍の高感度が期待できる

PCR法でK. *mikimotoi*の検出を試みた結果、従来より約1か月早く検出されることが判明した。本法を用い、今後更に海水の濃縮率を高めること等で、顕微鏡観測できない低密度時期 (冬季、春季) の海水から本種を検出できれば、これまで不可能であった、より早期のK. *mikimotoi*赤潮予報可能になると思われる。

参考文献

*1 板倉茂: 沿岸性浮遊珪藻類の休眠期細胞に関する生理生態学的研究 瀬戸内海区水産研究所報告2号 p.67-130 (2000)

*2 平成24年度 漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業シャトネラ属有害プランクトンの漁業被害防止・軽減技術に関する研究報告書 西海区水産研究所、鹿児島県、熊本県、長崎県、九州大学、片山科学工業研究所

赤潮・貝毒に負けない養殖業支援事業－1 アレキサンドリウム・カテネラに対するイライザ法の信頼性の実証 (食の安心安全交付金)

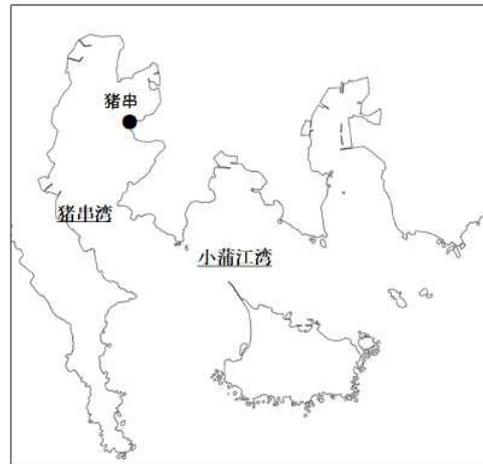
宮村和良・野田誠

事業の目的

猪串湾では麻痺性貝毒原因プランクトンの出現によって、養殖二枚貝が度々毒化し、経済的、社会的に問題になっている。また近年、同海域周辺で従来から養殖されているヒオウギガイに加え、カキ類の養殖がはじまり、監視海域や二枚貝種類の増加により従来の貝毒検査（マウスアッセイ法）では、時間、予算、動物愛護の面でその実施が困難になっている。このような問題に対し、抗体反応を用いたELISA法による測定技術が開発され、新たな麻痺性貝毒検査（スクリーニング）として期待されている。そこで*Alexandrium catenella*の発生時のELISA法の有用性についてヒオウギガイ、マガキおよびイワガキを用いて検証し、その利用について検討した。

事業の方法

猪串湾猪串地先に2012年5月上旬～6月下旬、11月中旬～1月下旬の各期間にヒオウギガイ、イワガキおよびマガキを水深2mに飼育籠に収容し垂下した。飼育期間中は定期的に環境調査と採水を行い、二枚貝各10個を採取した。環境調査は水温、塩分をCTDを用いて0.5m層～海底まで0.1 m毎に測定した。採水はリゴーB号採水器を用いて表層、2m、5m、10mの各層で行い、ポリ容器に収容した後、実験室に持ち帰り、有毒プランクトンの検鏡用試料に供した。有毒プランクトンに用いた試水は孔径10 μ mのプランクトンネットで100倍（1000ml→10ml）に濃縮し、固定せずに光学顕微鏡で同定、計数を行った。各二枚貝は軟体部全てを取り出し、公定法に従い麻痺性貝毒成分を抽出し、マウスアッセイ法およびELISA法を用いて毒力の測定を行った。マウスアッセイ法は日本冷凍食品検査協会に委託した。



出典：国土地理院ウェブサイト (<https://maps.gsi.go.jp/>) を加工して作成

図1 調査地点

事業の結果

I. 麻痺性貝毒プランクトン検鏡結果

猪串湾猪串地先における麻痺性貝毒プランクトンの鉛直平均細胞密度の推移は図2に示したとおりである。*G. catenatum*と*A. catenella*が確認された。*G. catenatum*は、5～6月と2～3月に確認され、N. D. ～760 cells/Lで推移した。*A. catenella*は5～6月および11月～1月に確認され、N. D. ～52, 250 cells/Lで推移したが、11月～1月には10,000cells/Lを超える高密度の期間が長期間続き、12月の中旬には着色域が観測された。

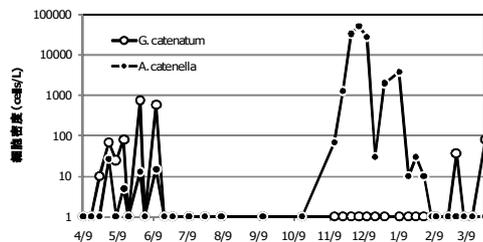


図2 麻痺性貝毒原因プランクトン細胞密度（鉛直平均）の推移

II. 二枚貝毒力の推移

1) マウスアッセイ法

マウスアッセイ法による毒力の推移は図3に示した通りである。2012年5月上旬～6月下旬の期間は全て検出限界値（2.0MU/g未満）であった。11月中旬～1月下旬の期間は垂下直後から毒力が増加し、12月上～中旬にはヒオウギガイで182 MU/g、イワガキで97.5MU/g、マガキで47.3 MU/gの最高毒力が検出された。その後、イワガキとマガキの毒力は急減し規制値（4.0MU/g）以下にまで低下した。しかし、ヒオウギガイは約1ヶ月後に毒力が半減したものの、その後も横ばいで推移し1月下旬の実験終了まで約80 MU/g前後の高い毒力で推移し、規制値を下回ることがなかった。

2) ELISA法

ELISA法による毒量の推移は図4に示した通りである。2012年5月上旬～6月下旬の期間はヒオウギガイが2.23～9.08 nmol/g、イワガキがN.D.(検出限界値0.01 nmol/g以下を示す)～1.69nmol/g、マガキがN.D.～0.87nmol/gで推移した。11月中旬～1月下旬の期間は垂下直後から毒量が増加し12月上～中旬にはヒオウギガイで365.7 nmol/g、イワガキで863.8 nmol/g、マガキで82.4 nmol/gの最高毒量が検出された。その後、イワガキとマガキの毒量は急減したが、ヒオウギガイは約1ヶ月後に毒量が半減したものの、その後横ばいで推移した。

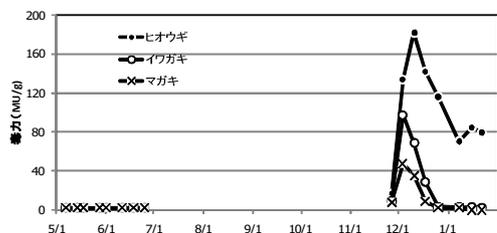


図3 マウスアッセイ法によるヒオウギガイ、イワガキ、マガキの毒力 (MU/g) の推移

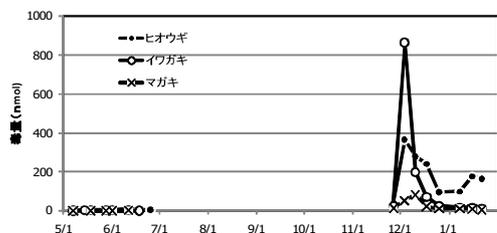


図4 ELISA法によるヒオウギガイ、イワガキ、マガキの毒量 (nmol/g) の推移

III. 毒化原因種と毒化密度

両方法による毒力および毒量の増加は11～1月に *A. catenella* が高密度に検出された時期と一致することから、11月中旬～1月下旬の毒化原因種は *A. catenella* と考えられる。毒力（毒量）が顕著に増加した際の *A. catenella* の細胞密度は1,000 cells/Lを超えた時期と一致することから、*A. catenella* によるヒオウギガイ、マガキ、イワガキの毒化密度は1,000 cells/L以上と推測された。

IV. マウスアッセイ法とELISA法の相関と係数の決定

1) マウスアッセイ法とELISA法の相関

各二枚貝における両方法の相関は図5に示したとおりである。なお解析に用いた数値は、両方法で毒が検出された検体を用いた。両方法による相関係数はヒオウギガイ ($r=0.78$)、イワガキ ($r=0.89$)、マガキ ($r=0.74$) であり、いずれも相関が確認された ($p < 0.05$)。

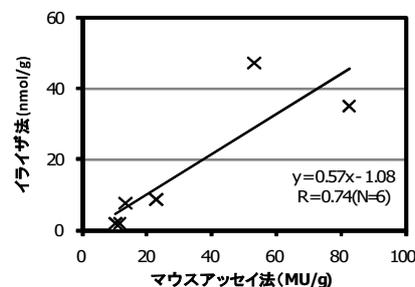
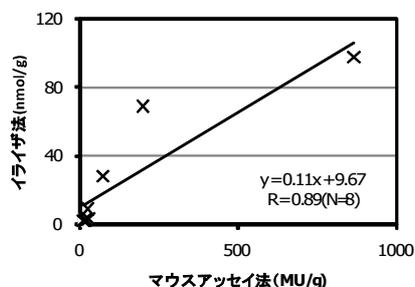
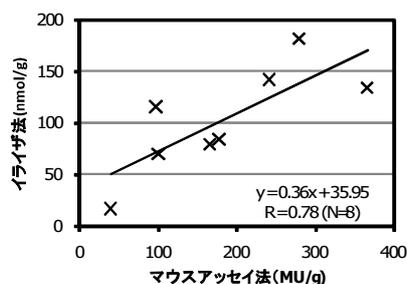


図5 各種二枚貝のマウスアッセイ法とELISA法の相関関係（上段：ヒオウギガイ、中段：イワガキ、

下段：マガキ)

2) ELISA法の係数の決定

ELISA法で得られる結果は毒量 (nmol/g) のため、マウスアッセイ法の値と比較するには毒力 (MU/g) に換算する必要がある。そこでELISAの結果を毒力に変換する係数について検討した。ELISA法をスクリーニングに利用することを目的とすると、二枚貝の毒化がはじまる時期の毒力がマウスアッセイ法より高くなるように係数を決定することが望ましい。そこで係数を0.9とし、両方法の毒力の推移を比較した結果 (図6)、12月25日のヒオウギガイの毒力を除き、毒化初期や他の全ての点でイライザ法の値がマウスアッセイ法を上回ったことから係数0.9が適当と考えられる。今後、猪串湾周辺で*A. catenella*による毒化が懸念された際には係数0.9を用いて毒力スクリーニングを実施することが適切と考えられた。

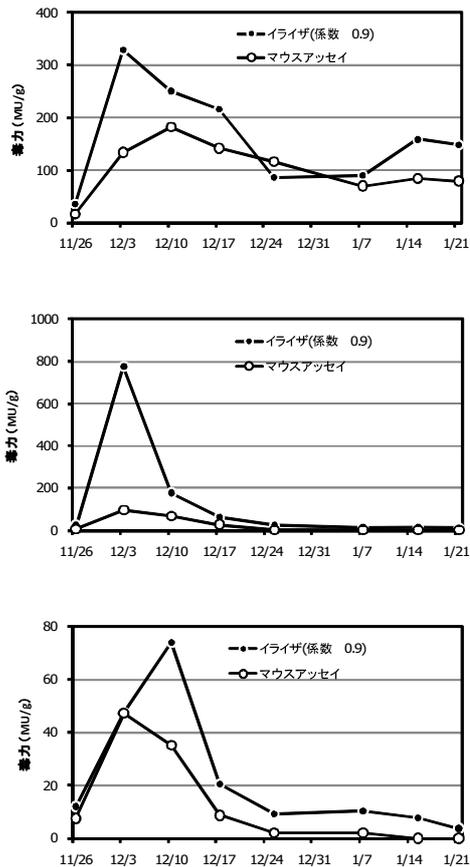


図6 ELISA法で得られた毒量に係数0.9を掛けて算出した毒力とマウスアッセイ法による毒力の推移 (上段：ヒオウギガイ、中段：イワガキ、下段：マガキ)

赤潮・貝毒に負けない養殖業支援事業－2 ヒオウギガイ毒化軽減対策

宮村和良・野田誠

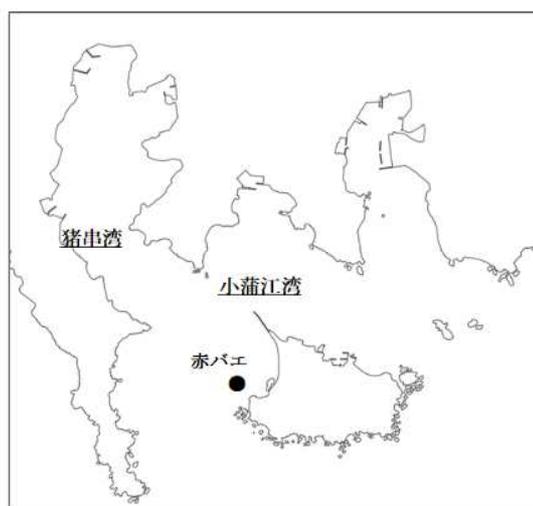
事業の目的

猪串湾およびその周辺海域では麻痺性貝毒原因プランクトンの出現によって、養殖二枚貝が度々毒化し経済的、社会的に問題になっている。最近の海洋環境の変化によって、有害プランクトンの細胞密度および分布域は増加する傾向があり、現在の毒化軽減対策の一つとして実施されている避難漁場利用でも規制値を超える事例が報告され、新たな対策がヒオウギガイ養殖漁業者から切望されている。最近の研究により、貝毒軽減シート利用による毒化軽減手法が開発された。そこで本事業では、貝毒軽減シート利用による毒化軽減の有効性について検討した。

事業の方法

猪串湾沖赤バエ地先(図1)に2012年11月21日～3月22日の期間に水深2～3mに貝毒軽減シート区(実験区)48吊と対照区16吊(1吊ヒオウギガイ25個/籠×2段)を垂下した。飼育期間中は毎週、採水と供試ヒオウギガイの採取を行った。供試貝は調査毎に1吊すべてを回収し、斃死個体数を調べたのち10個を無作為に採取し実験室に持ち帰った。実験区においては貝毒軽減シートの破損状況も調べた。採水はリゴ- B号採水器を用いて表層、3m層で行い、採水した海水はポリ容器に収容し実験室に持ち帰り、孔径10μmのプランクトンネットで100倍(1000ml→10ml)に濃縮し、固定せずに光学顕微鏡を用いて貝毒原因プランクトンの同定、計数を行った。ヒオウギガイは殻長、殻高、軟体部重量を測定した後、軟体部から公定法に従い麻痺性貝毒成分を抽出しELISA法を用いて毒力の測定を行った。また二枚貝の肥満度は次の式から求めた。

肥満度(%) = 軟体部重量(g) / ((殻長(cm) × 殻高(cm)) × 100



出典：国土地理院ウェブサイト (<https://maps.gsi.go.jp/>) を加工して作成

図1 調査定点

事業の結果

I. シート破損状況

調査期間中に貝毒軽減シートの破損等は確認されなかった。しかし設置103日後の3月4日に幹ローブの破損が確認された。

II. 出現プランクトンの推移

貝毒原因プランクトンの推移は図2に示した通りである。*Gymnodinium catenatum*は未検出であった。*Alexandrium catenella*は12月中旬のみに230cells/L確認された。

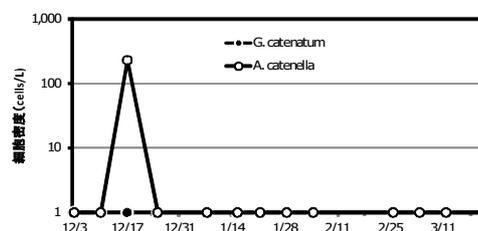


図2 *G. catenatum*、*A. catenella*細胞密度(鉛直平均)の推移

Ⅲ. 毒力の推移

実験区および対照区のアオウギガイ毒量は図3に示した通りである。実験区では1.4~2.7nmol/g、対照区は2.1~6.3nmol/gで推移した。対照区では*A. catenella*が確認された直後から毒量の増加が確認されたが、実験区ではほぼ横ばいで推移した。

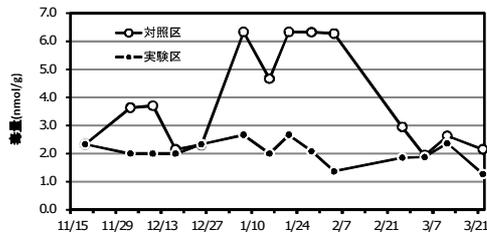


図3 ヒオウギガイ可食部毒量の推移

Ⅳ. 肥満度の推移

実験区および対照区の肥満度の推移は図4に示した通りである。実験区は0.39~0.49で推移し、調査開始時から12月中旬までやや増加したが、その後1月中旬まで横ばいで、それ以降は減少した。対照区は0.48~0.64で推移し、2月上旬にやや減少したが、概ね増加傾向であった。

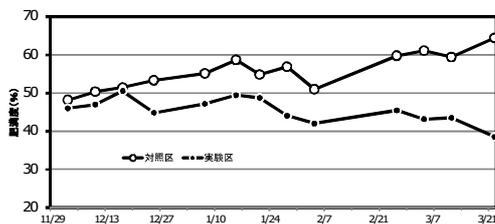


図4 ヒオウギガイ肥満度の推移

Ⅴ. 斃死率の推移

斃死率の推移を示したものが図5である。実験区の斃死率は調査開始から2月上旬まで5%以下で推移したが、その後上昇し3月下旬には26%に達した。対照区の斃死率は2月下旬まで5%以下で推移したが、3月上旬に12%、3月下旬に8%とやや高くなった。

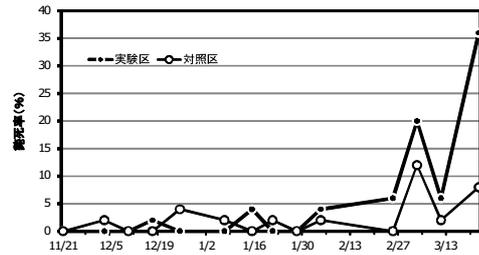


図5 ヒオウギガイ斃死率の推移

考察

本試験期間中に*A. catenella*の出現により対照区ではヒオウギガイの毒化が確認されたが、実験区では毒量の増加が確認されず、毒化軽減シートの効果が示唆された。しかし肥満度の低下、斃死率の増加等、シート使用時の問題点も確認された。肥満度の低下と斃死率の推移からシートの使用は約2ヶ月以内が適当と考えられる。また本試験期間中にシート等の破損は無かったが、飼育籠を垂下する幹ロープの破断が確認された。これはシートの設置によって海流の抵抗が増加したことが原因と推定される。今後シートを使用するに当たって、幹ロープの補強等を行う必要がある。

予備試験調査（汚泥リサイクル型養殖生産に向けた研究）

野田誠・宮村和良

事業の目的

入津湾は4つの枝湾で構成されている周囲25 km、743 km²の閉鎖的な湾であり、H20年農林水産統計ではブリ養殖やヒラメ養殖を中心に計7256トン（漁船漁業357トン、養殖漁業6,899トン）の漁業生産をあげている。しかし、これまでの集約的な漁業生産によって富栄養化による赤潮の発生、底層の貧酸素化や飼育環境の変化（高水温化）など、その生産を脅かす事態が近年多発している。

このような課題に対して、H23年度から佐伯市が中心となり、県、漁協がメンバーとなった環境改善勉強会を立ち上げるなど、環境改善への実質的な取り組みが検討されている。また現場漁業者から新たな環境改善対策について要望が上がっている。

そこで、水産研究部では新たな環境改善対策として、湾内の海底に蓄積している栄養塩（炭素、窒素、磷）を多量に含んだ海底泥を効率よく回収し、漁業生産に有効に利用する方法の検討を行った。

事業の方法

1) 海底泥回収

入津湾西野浦地先に平成24年10月12日に発電機（YAMAHA EF2300）、サンドポンプ（鶴見ポンプ HSD2.55S）とサクシオンホース（DS-1L 直径50mm）、1パンライトを用いて海底泥（水深約20m）を船上に回収した後、トラックで水産研究部まで輸送した。

2) 海底泥の海水分離除去と乾燥

(1) 海水分離除去

海底泥を乾燥するに先立ち、採取した海底泥から海水を分離除去する必要がある。そこで分離除去に使用する凝集剤の選定を行った。選定にあたり凝集までの時間と懸濁物質の量を指標に凝集剤を比較し、最も早く懸濁物質を低下させるものを選択した。

すなわち、回収した海底泥を約500ml取り、100ppmの濃度になるように各凝集剤を添加した後よく攪拌し、上澄みが透明になるまでの時間を測定した。浮遊物質の測定は「JIS K0102 14.1 懸濁物質」に従って行った。

(2) 乾燥

回収した海底泥は土嚢袋にいれ一昼夜水分を除去した後、薄く広げ天日干しを行った。天日干し後0、1、2、7および10日目に試料を回収し、蒸発残留物（水分量）と酸揮発性硫化物（AVS）を測定した。

3) 海底泥の有効利用

①海底泥に含まれる成分の分析

海底泥の有効利用法の検討に先立ち、乾燥した海底泥に含まれる栄養塩類（TOC、TN、TP¹⁾）の量を測定した。

TOC、TNの測定は有機元素分析装置（アムコ社、FLASH EA1112）を用いて、操作マニュアルに従って測定した。

②稚ナマコ飼育試験

乾燥させた海底泥の生物飼育への有効性を検討するため稚ナマコを用いて飼育試験を行った。餌を与えない無給餌区、通常の餌を与える給餌区、海底泥を餌の代わりに与える海底泥区の3つの試験区を設け、1か月間飼育を行って生残率と全長を測定した。

事業の結果

1) 海底泥回収

海底泥回収の様子を示したものが図1である。海10分間で約1tの海底泥が回収された。



図1. 海底泥回収の様子

2) 海底泥の海水分離除去と乾燥

(1) 海水分離除去

本実験で用いる凝集剤の選定は、7種類の凝集剤を浮遊物質量(SS)と凝集時間を比較することで行った。その結果、浮遊物質量が最も低下し、凝集時間が最も短かったU-02R(松井本店株式会社)を本実験に使用する凝集剤として選択した。

(2) 乾燥

①蒸発残留物(水分量)の測定

水分量の推移は図2に示したとおりである。水分量は、天日干しにした直後に約80%であったが、時間と共にほぼ直線的に低下し、10日後には約20%となった。また、10日後の重量を測定したところ、11.1 kgであり、約1tあった海底泥は凝集、乾燥することで1%程度の重量まで減容することが可能であった。

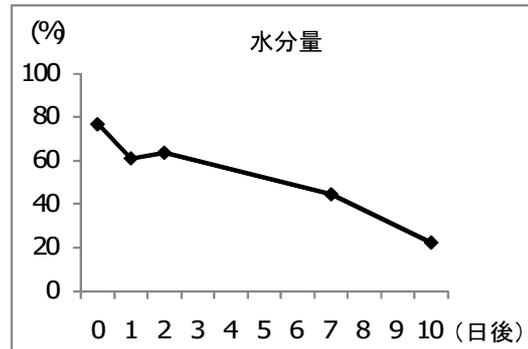


図2. 水分量の変化

②酸揮発性硫化物(AVS)の測定

AVSの推移を示したものが図3である。回収直後の海底泥には1.39 mg/g·dryのAVSが含まれていたが、時間と共にほぼ直線的に低下し、10日後には健全な漁場と同等の0.16 mg/g·dryにまで低下した²⁾。

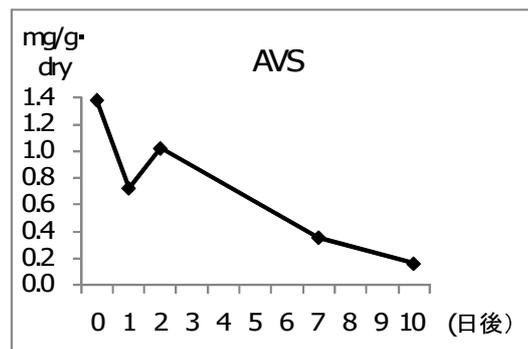


図3. AVSの変化

3) 汚泥の有効利用

①海底泥に含まれる成分の分析

海底泥に含まれる栄養塩の量は表1に示したとおりである。牛糞の半分程度に相当する炭素、窒素、リンが含まれていることが明らかとなった³⁾。

TN (mg/g·dry)	TOC (mg/g·dry)	TP (mg/g·dry)
5.07	55.7	6.92

表1. 海底泥の成分

②稚ナマコ飼育試験

稚ナマコ飼育試験の結果を示したものが図4、5である。各区で生存率に差はみられなかった。また、全長では給餌区、海底泥区、無給餌区の順に大きかった。つまり、海底泥は通常の餌に及ばないものの、無給餌よりは成長が良い結果が得られた。また、海底泥の表面にナマコの触手の形に痕跡が形成された

ことから、乾燥させた海底泥が稚ナマコの餌として利用されたことが示唆された。

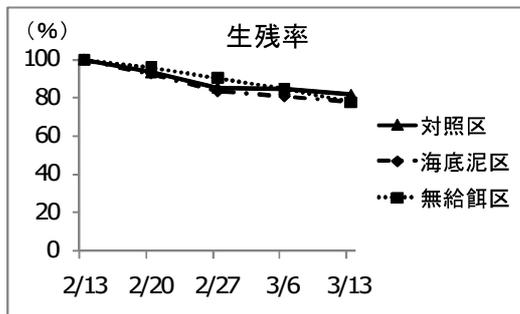


図4. 稚ナマコの生残率

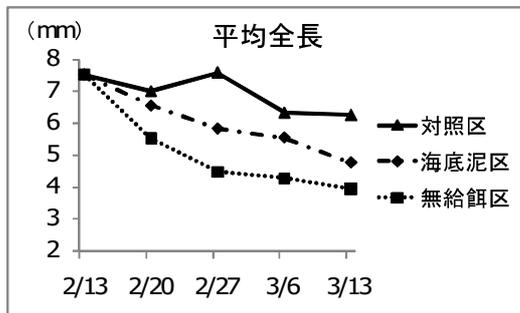


図5. 稚ナマコの平均全長

文献

- 1) 上出貴士. 和歌山県沿岸の養殖漁場における環境指標としての酸揮発性硫化物含量の有効性とその基準値の設定の試み. 日本水産学会 2008 ; 74(3) : 402-411
- 2) 水産庁・持続的養殖生産・供給推進委託事業. (より環境に優しい漁場の利用・管理方法の開発) 報告書 2008.
- 3) 神奈川県作物別施肥基準