豊前海におけるアサリ資源回復計画に関する調査研究－7
放流技術開発研究

片野晋二郎・江頭潤一・原 朋之

事業の目的

豊前海のアサリ資源回復をはかる一環として、アサリ *Ruditapes philippinarum* 人工種苗の放流技術マニュアル化のための開発研究を行った。

拳大程度の石が主体になっている砂地転石帯（以下「転石帯」という）では、8m × 8m=64m^2 の試験区に目合い 9mm の化学繊維製の防風網で放流場所を覆う方式（以下「被覆網方式」という）が種苗の逸散防止に有効であることが示唆され、また標識を付けずに放流効果を把握することが出来た。本年度は、被覆網方式の規模を 10m × 10m=100m^2 に拡大すること、及び被覆網方式によって蝟集・保護される天然アサリを把握することを目的とした。

事業の方法

試験に使用した種苗は、主に当チームで 2008 年秋及び 2009 年春に採卵し、2010 年 4 月 14 日に取り上げた人工種苗である。そのうち平均殻長 9.8mm の種苗を放流試験に供した。

１．転石帯における規模を拡大した放流効果の検討

本年度の転石帯における試験では 1 試験区の面積を 10m × 10m=100m^2 とした。

標識を付けずに放流効果を把握するため、被覆網方式で放流した試験区（網有放流有区）の殻長組成と、放流を行わずに被覆網を行った試験区（網有放流無区）の殻長組成を比較した。（（放流した人工種苗の殻長組成）=（網有放流有区の殻長組成）－（網有放流無区の殻長組成））

また、被覆網方式によって蝟集・保護される天然アサリを把握するため、網有放流無区の殻長組成と、放流と被覆網を行わなかった試験区（網無放流無区）を比較した。（（被覆網方式によって蝟集・保護された天然アサリの殻長組成）=（網有放流無区の殻長組成）－（網無放流無区の殻長組成））

なお、網有り放流有区以外の試験区ではバラツキを考慮し、同じ条件の試験区を各 3 区ずつ設定した（合計 7 試験区：図 1）。

試験の場所は、図 2 に示す今津地先の地盤高 0.5m の転石帯及び小祝地先の地盤高 0.5m の 2009 年に造成された石原で実施し、表 1 に示したように網有放流有区では、平均殻長 9.8mm の人工種苗 200,000 個（2,000 個/m^2）を標識を付けずに放流した後、網有放流有区と網有放流無区に各々目合い 9mm の網を被せ、縁辺に鋼製の長さ 30cm の杭を 30cm 間隔に打ち込んで網を押さえつけた。なお、網無放流無区の周囲には 2m 間隔に杭を打ち込んで目印とした。

試験は今津では 4 月 19 日、小祝では 4 月 16 日に開始し、追跡調査は放流開始から 1 ヵ月後、それ以降は基本的に 2 ヵ月毎に 20cm × 20cm の坪刈りを各試験区 4 ヵ所行い、目合い 4mm の篩いで篩った。採集したアサリは全て浅海チームに持ち帰り、殻長と殻付重量を測定し、殻長 20 ～ 25mm、25 ～ 30mm、30mm 以上の 3 つのグループにに分け、グループ毎に、30 個体を無作為に取り出し、殻長、殻高、殻幅、殻付重量、成熟度、肥満度（軟体部湿重量 g/（殻長 cm ×殻高 cm ×殻幅 cm）を求めた。成熟度の判定は、表 2 の基準で採点法により判別を行い、その平均値を群生成熟度とした。今津では、9 月調査時に波浪による吹き寄せにより、網内部の砂の堆積の傾向が確認されたため、11 月 26 日の調査時に網交

表1　転石帯における規模を拡大した放流効果の検討試験設定

試験場所	放流年月日	放流地の底質	試験区面積(m^2)	放流時平均殻長(mm)	放流密度(個/m^2)	放流数(個/区)	試験区数(区)	放流方法	試験区名	試験項目
今津	2010年 4/19	転石帯	100	9.8	2,000	200,000	7	被覆網方式	今津石原区	基本区
小祝	4/16	造成石原	100	9.8	2,000	200,000	7	被覆網方式	小祝造成石原区	今津石原区との比較

換を行った。また、小祝ではカヤモノリを中心とした藻類が網に付着し網の目を塞ぐことが確認されたため、11 月 10 日に網の交換を行った。

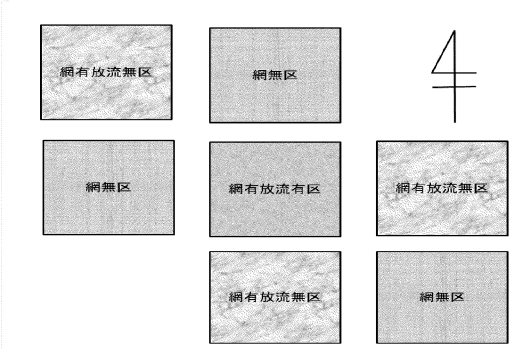


図1 試験区位置図

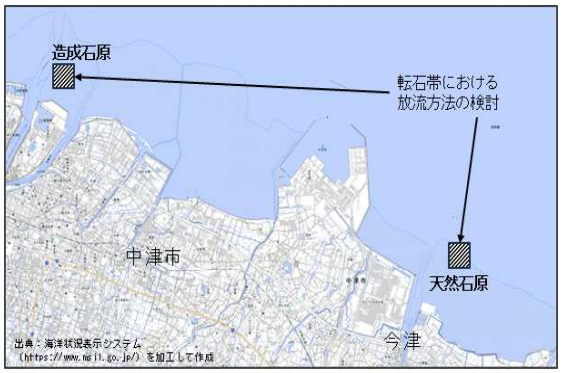


図2 試験実施位置図

表2 アサリの成熟度判定基準

熟度	外見			生殖巣切開時	
	身入り	生殖腺		生殖巣の にじみ方	生殖巣 の状態
		色	状態		
1	生殖巣が盛り上がり、ふっくらしている。殻全体に身が広がる。	濃い乳白色	生殖巣全体が濃い乳白色	切開と同時にドっとにじみ出る。	生殖巣(液)は、濃い乳白色。
0.5	生殖巣は確認されるが、ふっくらしていない。身は痩せている。	乳白色が薄い。	生殖巣がまだらに存在	ドッとでない。	生殖巣(液)の乳白色が薄い。透明部分(感)がある。
0	生殖巣(乳白色)が確認されない。	透明感のある肌色	生殖巣(乳白色)が確認されない。	生殖巣はにじみでない。顕微鏡で覗くと組織である。	ー

熟度1は、熟度 1 の条件を全て満たすもの。
熟度0.5は、基本的に熟度1の条件全てを満たさないもの、0.5の条件を満たすもの。
熟度0は、生殖巣が確認されないもの。
アサリの成熟度判定基準は木藪仁和氏（平成22年大分県漁業管理課）の私信による。

２．餌料環境調査

試験区の餌環境を調べるために、網有放流有試験区の直上水を採水し、jeffrey&Humphrey の式[1]を用いてクロロフィル a 量を求めた。

事業の結果

１．転石帯における規模を拡大した放流効果の検討

転石帯における試験区別の殻長組成の推移を今津は図 3 に示し、小祝は図 4 に示した。網有放流有区と網有放流無区の殻長組成を比較した結果、及び網有放流無区と網無放流無区の殻長組成を比較した殻長組成の推移を今津は図 5、小祝は図 6 に示した。さらに、試験区別の平均殻長と分布密度、及び上記の比較した結果から推測した人工種苗の平均殻長と生残率を表 3 に示した。

今津：放流 12 ヵ月後の成長は、網有放流有区（平均殻長 23.1mm）が優り、次いで網有放流無区（平均殻長 16.1mm）であり、網無放流無区（平均殻長 13.3mm）が最も劣った。なお、各試験区相互の間に優位な差が認められた（一元配置分散分析、$p<0.05$）。分布密度は網有放流区（1,243.8 個/m^2）が最も高く、次いで網有放流無区（310.0 個/m^2）であり、網無放流無区（68.8 個/m^2）が最も低かった。網有放流有区と網有放流無区の殻長組成を比較した結果、人工種苗は放流 12 ヵ月後に平均殻長 23.9mm に成長し、生残率は 46.7%と推測された。網有放流無区と網無放流無区の殻長組成を比較した結果、放流 12 ヵ月後には殻長 5 ～ 18mm の群と殻長 19mm 以上の群の 2 群が認められた。試験終了時の状況は、網全体にカヤモノリ等が付着し、網下から砂が網を押し上げていた。被覆網効果（網有放流無区－網無区）の 8mm 以下は網無区に多く、9mm 以上は被覆網効果により、網有放流無区で多かった。被覆網による稚貝の蝟集は、他の文献でも報告されているが[2]、今回の 8mm 以下のアサリが網無区に多く、網有区に少ない現象の理由は不明である。9mm 目合いでは 8mm 以下の稚貝の集積に効果がない可能性が示唆される。

図 7 に成熟度の推移を示した。網有放流有区で試験開始から秋にかけて増加し、その後減少傾向であったが春にかけて再び増加した。

図 8 に肥満度の推移を示した。全ての試験区で春から夏にかけて横ばい傾向が見られ、冬から春にかけて増加傾向が見られた。

小祝の放流 13 ヵ月後の成長は、網有放流有区（平均殻長 29.2mm）が優り、次いで網有放流無区（平均殻長 16..1mm）であり、網無放流無区（平均殻長 4.9mm）が最も劣った。なお、各試験区相互の間に優位な差が認められた（一元配置分散分析、$p<0.05$）。分布密度は網有放流区（1,281.3 個/m^2）が最も高く、次いで網有放流区（202.1 個/m^2）であり、網無放流無区（58.3 個/m^2）が最も低かった。網有放流有区と網有放流無区の殻長組成を比較した結果、人工種苗は

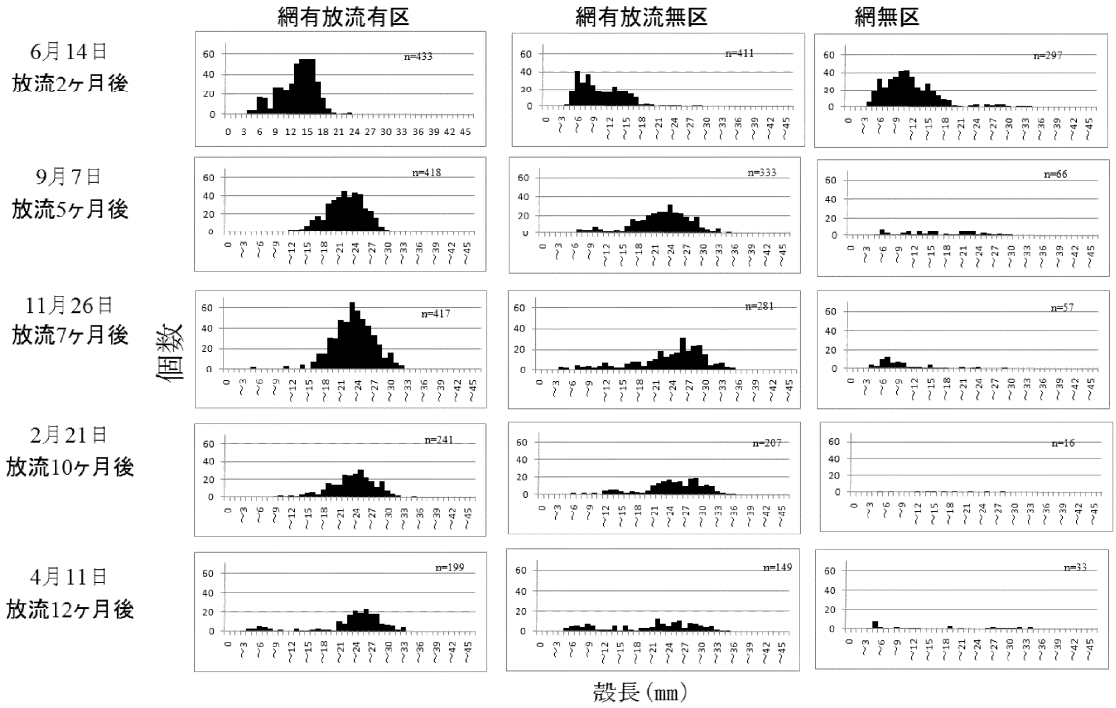


図3　今津における試験区別の殻長組成の推移

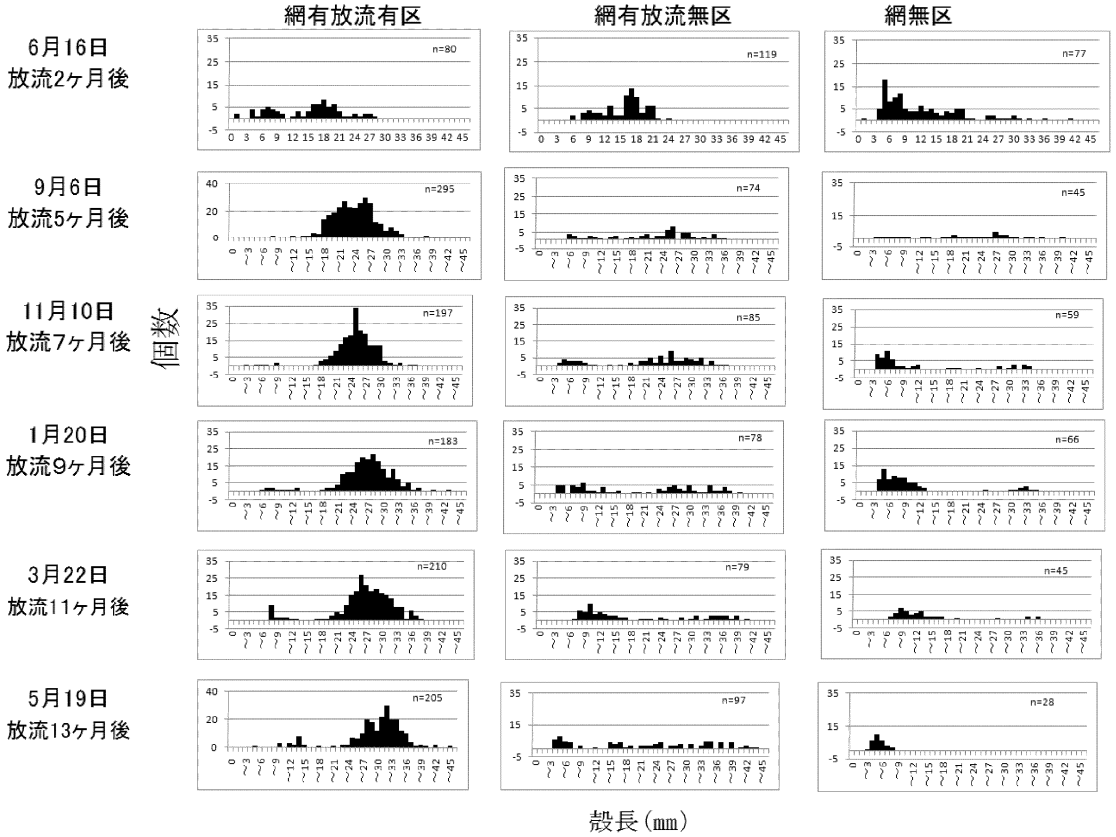


図4　小祝における試験区別の殻長組成の推移

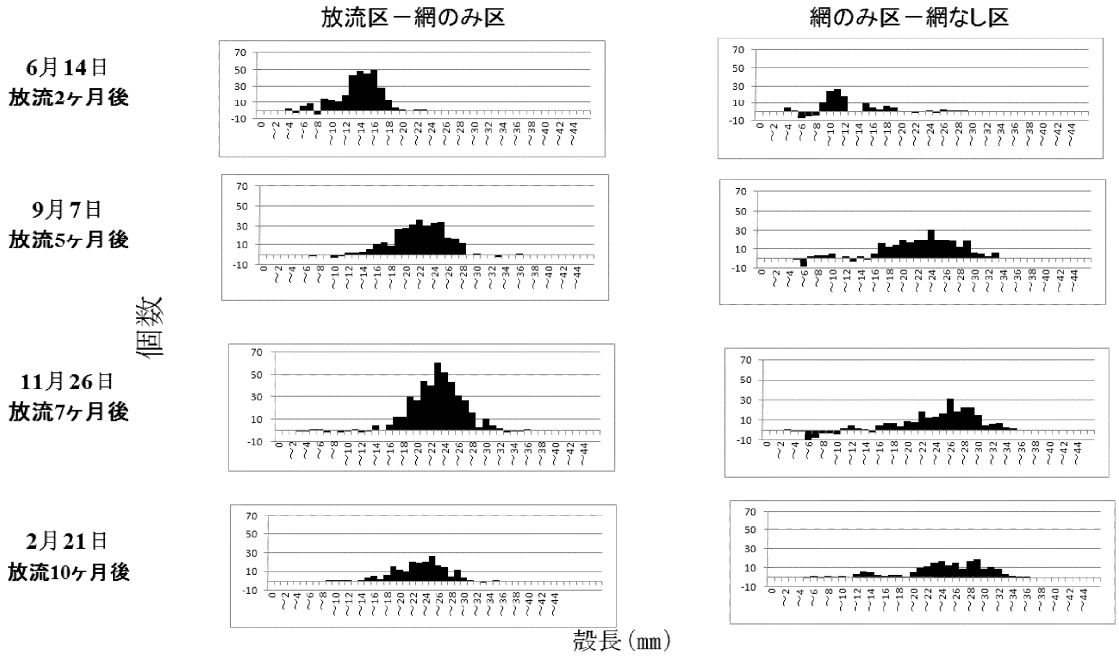


図5　今津における網有放流無区と網無放流無区の殻長組成を比較した殻長組成の推移

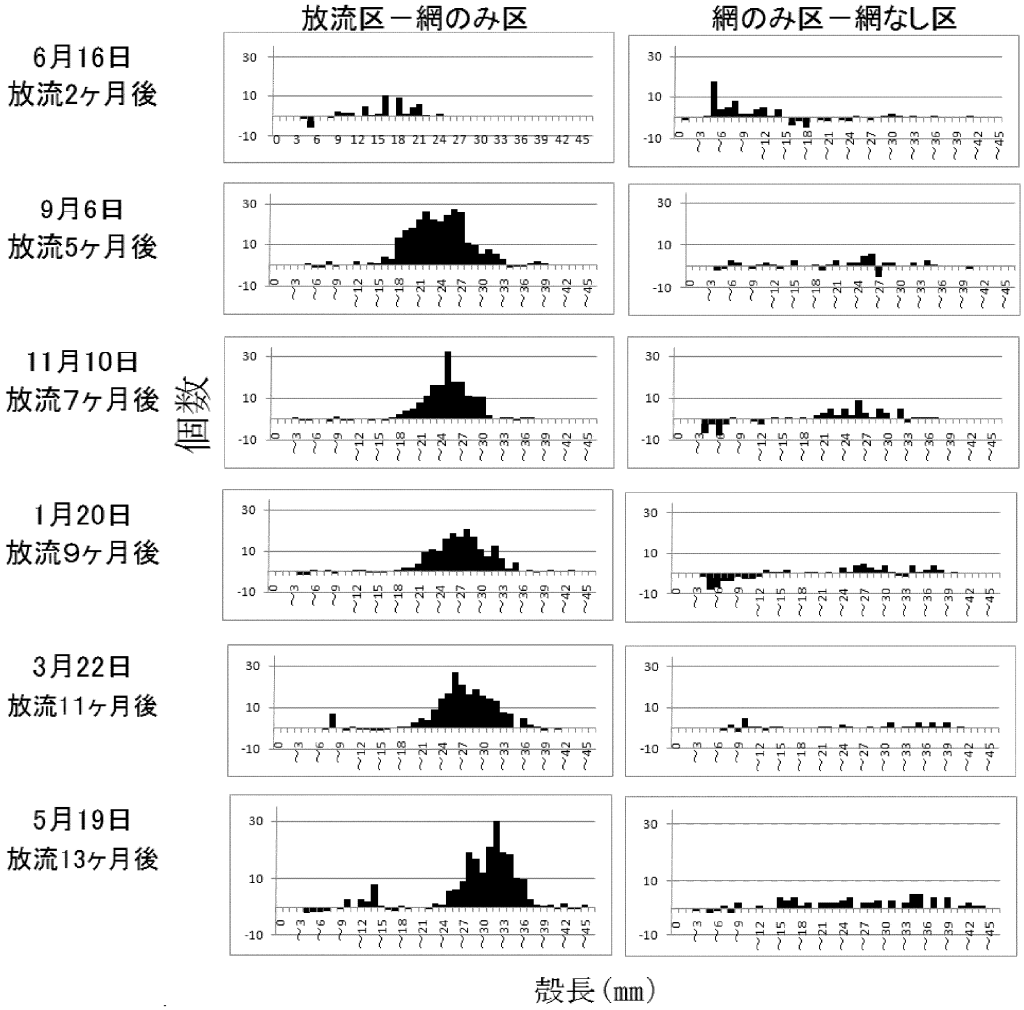


図6　小祝における網有放流無区と網無放流無区の殻長組成を比較した殻長組成の推移

表3　転石帯における規模を拡大した放流効果の検討

試験場所	試験区名	アサリの由来	2010年 4/19	6/14	9/7	11/26	2011年	2/21	4/4
今津地先	網放流有区	人工種苗＋天然貝	-	12.6	21.6	22.5	-	22.9	23.1
	10m×10m＝100㎡		-	2,706.3	2,612.5	2,603.1	-	1,506.3	1,243.8
			-	1,190.8	5,852.0	6,559.8	-	4,067.0	3,967.7
		人工種苗	9.8	13.8	22.2	23.1	-	23.1	23.9
			2,000.0	1,852.1	1,918.8	2,017.7	-	405.6	933.8
			(100.0%)	(92.6%)	(95.9%)	(100.9%)	-	(20.3%)	(46.7%)
			600.0	642.7	4,020.4	4,996.8	-	2,984.4	3,471.7
	網放流無区	天然貝	-	11.3	22.3	22.0	-	20.8	16.1
	10m×10m＝100㎡		-	856.3	693.8	585.4	-	431.3	310.0
			-	548.0	1,831.6	1,563.0	-	1,082.6	496.0
	網無放流無区	天然貝	-	9.2	16.3	10.1	-	15.6	13.3
	10m×10m＝100㎡		-	618.8	137.5	118.8	-	33.3	68.8
			-	229.0	191.1	45.1	-	40.0	156.9

試験場所	試験区名	アサリの由来	2010年 4/16	6/16	9/6	11/10	2011年 1/20	3/22	5/19
小祝地先	網放流有区	人工種苗＋天然貝	-	14.5	23.9	25.0	26.9	25.7	29.2
	10m×10m＝100㎡		-	500.0	1,843.8	1,231.3	1,140.6	1,309.4	1,281.3
			-	460.0	6,158.3	4,334.2	5,132.7	5,551.9	8,187.5
		人工種苗	9.8	18.5	23.7	25.5	27.8	28.0	30.4
			2,000.0	187.5	1,689.6	1,056.3	1,085.4	1,268.8	1,210.4
			(100.0%)	(1.4%)	(76.8%)	(44.0%)	(46.1%)	(55.2%)	(50.4%)
			600.0	306.0	5,592.4	3,779.9	4,692.3	4,883.6	7,221.5
	網放流無区	天然貝	-	11.9	22.0	21.4	17.5	21.2	16.1
	10m×10m＝100㎡		-	160.4	154.2	177.1	162.5	164.6	202.1
			-	154.0	565.9	554.3	440.4	668.3	966.0
	網無放流無区	天然貝	-	11.9	16.1	9.1	9.0	14.9	4.9
	10m×10m＝100㎡		-	160.4	93.8	122.9	137.5	93.8	58.3
			-	154.0	195.1	78.7	92.1	121.0	17.5

上段：平均殻長（mm）
中段：個体数（個/m^2）（人工種苗：生残率（%））
下段：重量（g/m^2）

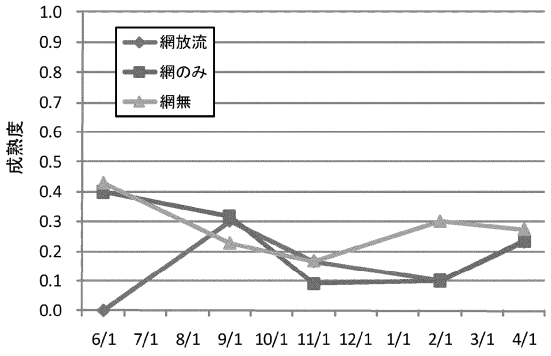


図7　今津における成熟度の推移

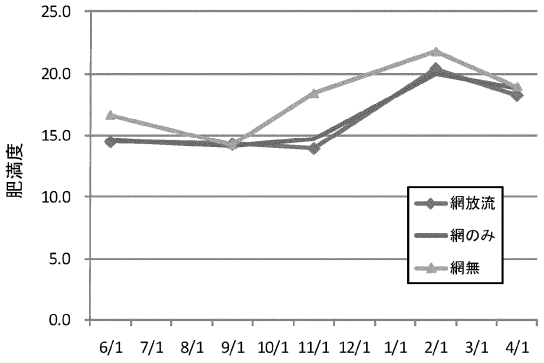


図8　今津における肥満度の推移

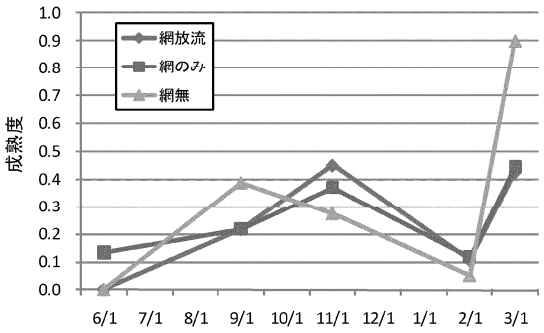


図9　小祝における成熟度の推移

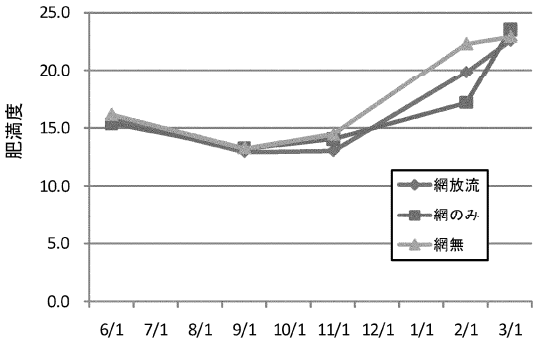


図10　小祝における肥満度の推移

放流 13 ヵ月後に平均殻長 30.4mm に成長し、生残率は 50.4%と推測された。網有放流無区と網無放流無区の殻長組成を比較した結果、放流 13 ヵ月後には殻長 9mm 以下の群と殻長 12mm 以上の群の 2 群が認められた。

図 9 に成熟度の推移を示した。全ての区で試験開始から秋にかけて増加し、その後減少傾向 2 月調査時まで減少傾向であったが、春にかけて再び増加した。

図 10 に肥満度の推移を示した。全ての試験区で春から 11 月にかけて緩やかな減少傾向が見られたが、冬から春にかけて大きく増加した。

２．餌料環境調査

図 11 にクロロフィル a 量の推移を示した。今津では、6 月から 9 月にかけて増加傾向、その後減少傾向を示した。小祝では、6 月から 9 月にかけて増加傾向を示し、11 月に減少したが、2 月には再び増加し、その後減少した。今津と小祝では優位な差がなかった（2 標本 t 検定、$p>0.05$）。

今後の問題点

１．転石帯における規模を拡大した放流効果の検討

今津は、冬期の北西の波浪により網内部の砂の堆積が顕著となった。（図 12）冬期から春期にかけて生残率が低下し、成長は殻長 23.9mm と停滞傾向であった。これは、被覆網により網内部に砂の堆積がおこり、砂の堆積が成長に影響を与えていることが推察される。網の設置場所は、石原に若干砂質が混じる程度の場所で行ったが、途中網換えを一度行ったものの、12 ヵ月後には網の下に砂が堆積した。被覆網を設置する際は付近の砂の状況等を勘案し、設置する必要がある。小祝の被覆網の結果は、過去 3 年間で放流群の生残率は、今年が一番良好であった。[3]　試験設置場所は、導流堤に西側を接した造成石原の中央部西側であり、沖及び東からの波浪の影響を受けにくい状態にあり、波浪による被覆網内部の砂の堆積がなかった事が好成績につながったと推察される。また、網を設置時、人頭大の石を取りぞき、可能な限り平らに網を張った事により、網下にある石に付着し冬期に成長するカキ類により、網が破れるの防ぐ事で、害的生物の侵入を許さなかった事も要因の 1 つであった。さらに設置面積が増加する程、生残の成績が向上する傾向が示唆される。すなわち､網外部との接する割合が減少することで、食害されにくい状況になることも考えられ、規模拡大によるスケールメリットが出現する可能性も考えられる。過去の放流試験と今年度の放流試験方法を元に石原漁場における放流方法のマニュアルを図 13 に示した。費用対効果は 5.2 と高く、被覆網放流の利点の 1 つである。また、人工種苗の放流方法の確立は、稚貝保護や母貝放流にも応用可能である。今後の課題は、豊前海の大部分を占める砂質漁場を有効に活用する放流方法を検討する必要がある。

文　献

1）日本水産資源保護協会：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，東京．1980；324-325.
2）柴田輝一，土屋仁．被覆網によるアサリ稚貝の高密度分布域の形成．千葉県水産研究センター研究報告 2002；74-75.
3）片野晋二郎，江頭潤一，都留久美子．アサリ資源回復計画推進事業(4)放流技術開発．平成 21 年度大分県農林水産研究センター水産試験場事業報告 2010；220-222.

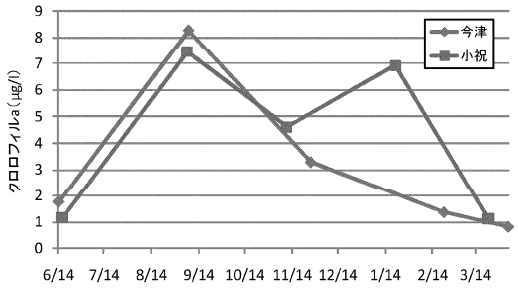


図11　クロロフィルa量の推移

図12　今津地先における被覆網内の砂堆積状況
（砂の堆積が顕著）

1 放流場所の選定
・石原漁場で行う。砂原では成功事例が少ない。場所の選定で最終的な成績が決まる。
・転石帯で行う際、周辺の砂が網下に集まり、砂が堆積する可能性があるため、注意が必要である。
・また、波浪が激しく直接あたる場所も同様の注意が必要である。
・導流堤等があり、直接的に波を受けない場所に設置する。

2 放流時期
・4月～5月に行う。早い時期に行う方が、その後の成長も期待できる。

3 放流方法
・10㎜サイズで2,000個/㎡、移送の際は乾燥や温度の上昇に留意する。
・干潮時から満潮にかけて放流を行う。事前に人頭大の石は網外へ移動させる。
・放流後、被覆網を被せる。9㎜目合いの防風網を用いる。
・網と網の間は5cm程度重ねて、現場の波浪状況を考慮し、どちらの網を上にするか検討する。
・30cm鉄製杭を30cm毎に打ち、網を固定する。
・全ての網を固定することが出来たら、カニ類の侵入を防ぐため、
杭と杭の間に波浪等により動かない石を置く。

4 放流後の管理
・台風や大雨後は網の損傷及び流出する可能性があるため管理を行う。
・網と網の間に、食害生物（アカニシ、ツベタガイ）がいるので取り除く。
・夜潮になる前に網の交換を行う。
・冬期は網表面に藻類が付着し、波浪の影響により網が破損する可能性があるため藻類を取り除く。

5 成長
平成22年度調査結果より（100㎡）

	放流時 4月	5ヶ月後 9月	7ヶ月後 11月	9ヶ月後 1月	11ヶ月後 3月	13ヶ月後 5月
平均殻長（㎜）	9.8	23.7	25.5	27.8	28.0	30.4
生残率	100%	77%	44%	46%	55%	50%
g/㎡	600	5592.4	3799.9	4692.3	4883.6	7221.5
g/100㎡	60,000	559,240	379,990	469,230	488,360	722,150

6 経費
平成22年度調査結果より（100㎡）

網代（9㎜目合い、防風網）	7,900円×2巻＝15,800円	
杭（30cm杭）	210円×165本＝34,650円	
人件費	4人×2回×7,000円＝56,000円	*1
雑費	10,000円	
合計	116,400	

*1　網設置時と網交換時の計2回

7 費用対効果
アサリ単価　840円の場合(大分県漁協宇佐支店魚市場聞き取り価格)
費用対効果=　5.21

図13　石原漁場における人工種苗放流方法のマニュアル

豊前海におけるアサリ資源回復に関する調査研究－８

水産基盤整備調査委託事業
（国庫委託）

三代和樹・樋下雄一

事業の目的

2009 年度の調査では中津市山国川河口沖約 1,000m に造成された人工転石帯(図 1　以後、人工石原)において、隣接する砂質帯(以後、砂原)に比べて多くの着底稚貝が生息していることがわかった(図 2)。しかしながら、アサリの生息に適した石の大きさや砂の組成までは解明できなかった。そこで、2011 年度は人工石原の物理環境（地盤高，底質の粒度，石の体積等）とアサリ個体数（着底稚貝、稚貝）との関係について調査を行った。

また、当研究所における過去の研究結果で石原漁場での被覆網設置により、人工種苗（10mm）放流稚貝の歩留まりが飛躍的に向上し、さらに、天然稚貝の発生も見られたことから、初期着底稚貝への効果及び、10mm 以上の稚貝着底効果は把握するために、2010 年度に引き続き人工石原における被覆網効果調査を行った。

事業の方法

１．人工石原の物理環境調査

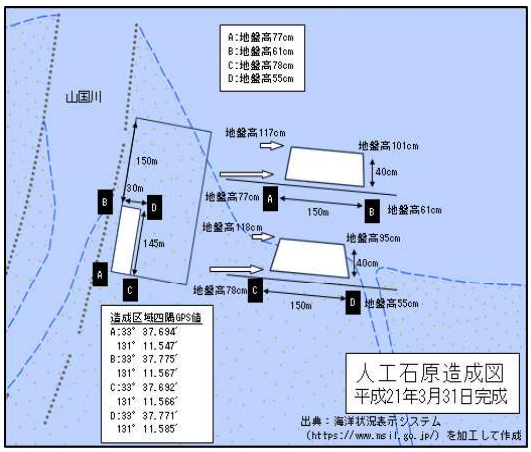


図１　人工石原造成図

大分県中津市山国川河口沖約 1,000m に造成された人工石原（以後、沖石原）と同河口沖約 200m に造成された人工石原（2003 年造成：100m×100m×0.2m　以後、陸石原）の 2 つの人工石原において、6 月と 11 月の 2 回、沖石原では 24 点、陸石原では 12 点ランダムに定点を設置し、調査を行った。アサリ（初期）着底稚貝（殻長 2mm 未満）採集には内径 6.5cm のアクリルコアを用いて表層 10mm の砂を採集し、民間の会社に同定、計数を依頼した。その他のアサリ（殻長 2mm 以上）に関しては 30cm 四方のコデラート用いて調査を行った。物理環境調査として、地盤高計（Nikon　Trimble 社 Trimble　5800）を用いて調査地点の x（河川からの距離）、y（沖陸方向）、z（地盤高）座標の計測、コデラート内の埋没している石の体積を求めた。11 月の調査に関しては同時に調査定点ごとに表層から 20mm までの砂泥の採集を行い、粒度組成を調べた。

２．人工石原における被覆網試験

上記の沖石原において、2010 年 4 月に 2 種類の目合い（2mm、4mm）と 2009 年 4 月に 9mm の目合いの被覆網を設置し、2010 年 8 月と 12 月に 20cm 四方のコデラートを用いて枠取り調査を行った。

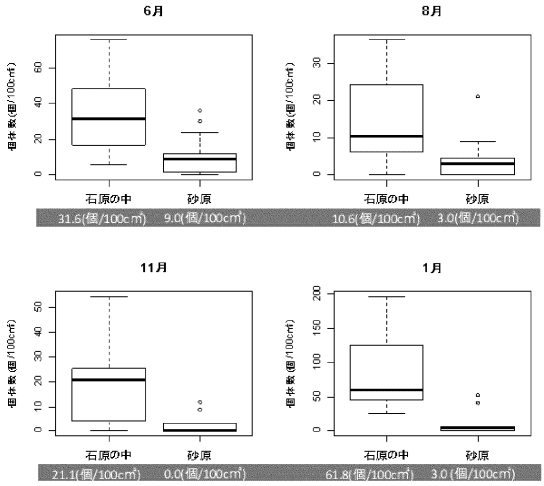


図２　石原と砂原における着底稚貝数

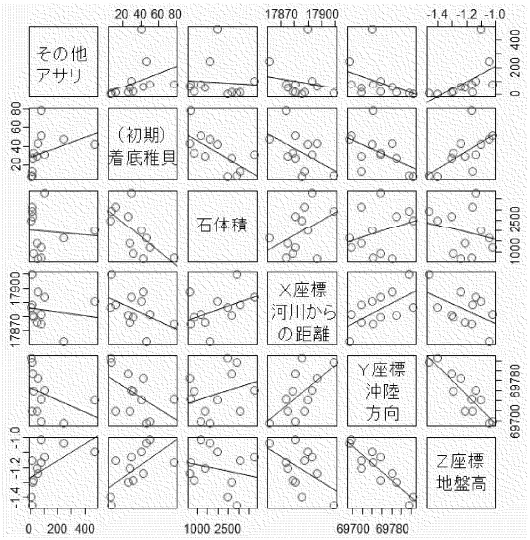


図３　６月の沖石原におけるアサリと物理環境の関係

図４　６月の陸石原におけるアサリと物理環境の関係

事業の結果

１．人工石原の物理環境調査

重回帰分析の結果、6 月は初期着底稚貝の密度に影響を及ぼしている要因は、沖石原では地盤高、石の体積（$p<0.05$）であり（図 3）、陸石原では河川からの距離（$p<0.01$）、地盤高（$p<0.05$）であった（図 4）。また、その他のアサリ生息密度に関しては、沖石原では地盤高が要因であることがわかった。沖石原と陸石原とで要因に違いが出た理由として、陸石原は河口からの距離が非常に近いことから、河川の影響を受けやすく、塩分環境に差が出たためと考えられる。今後は塩分環境についても調査する必要がある。11 月に関しては初期稚貝、その他のアサリ密度に影響を及ぼす要因の解明ができなかった。この理由として、特に陸石原では、調査を行った 11 月に雨がほとんど降っておらず、河川流量が減り塩分環境が 6 月に比べて濃くなっていたことが考えられる。また、今回調査した項目以外にアサリ生息密度を左右する要因があると考えられ、前述した塩分環境や最大シールズ数なども今後の調査で解明していく必要がある。

２．人工石原における被覆網試験

被覆網試験では、被覆網区と被覆網無し区に分けると、被覆網無し区では、殻長 10mm 以下のアサリの割合が高いが、10mm 以上の割合が低くなっていた。それに対して被覆網区では殻長 10mm 以上のアサリの割合が高かった（図 5）。この理由としては、アサリの着底盛期以前に被覆網をしたことで、アサリの着底を阻害した可能性が考えられる。しかしながら、10mm 以上の貝の割合が高かったことから、着底後のアサリの保護には非常に効果的であることが示唆された。今後は最適被覆時期（着底盛期後等）の検討が必要である。

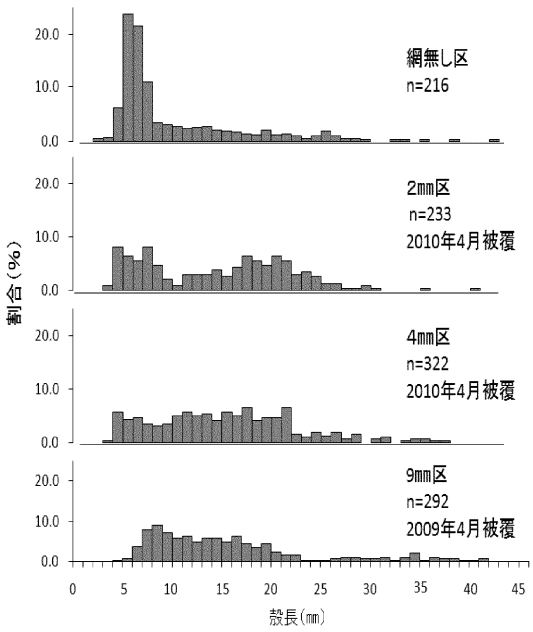


図５　被覆網の効果について

資源・環境に関するデータの収集・情報の提供－４
浅海定線調査等（周防灘）

原 朋之・並松良美

事業の目的

周防灘南部水域の環境変動を把握し、その予報に努めるとともに、内海漁業資源の予報に役立てることを目的にして定線調査を行った。

事業の方法

図 1 に示す周防灘南部海域に設けた 16 定点において、毎月(上旬)1 回、漁船「天栄丸」と調査船「豊洋」で海洋観測を行った。調査は Stn.5、11、12、16、18、19 を漁船「天栄丸」で、Stn.4、6、7、8、9、10、13、14、15、17 を「豊洋」で実施した。表 1 に調査実施日を示した。また「豊洋」による調査は 6 月と 11 月と翌年 3 月が荒天のため欠測となった。

調査項目は、気象が天候、気温、風向・風力、雲量であり、海象が波浪・うねり、水色、透明度、水温、塩分である。また、特殊項目として栄養塩（DIN、PO_4-P）、溶存酸素量（DO）、COD、クロロフィル a を分析した。

分析は、溶存酸素量がウィンクラー・窒化ナトリウム変法、[1] COD がアルカリ性過マンガン酸カリウム・ヨウ素滴定法[2]により行った。クロロフィル a は、Jeffrey & Humphrey の式[3] を用いて求めた。栄養塩の分析は、オートアナライザーによった。

旬別平均気温、旬別降水量、旬別日照時間は、大分地方気象台の地域気象観測（豊後高田）のデータを用いた。

なお、海象、特殊項目の平年値は 1973 年度～ 2001 年度の平均値を用い、平年較差を表 2 に示した基準に基づいて評価した。

また、参考資料として、巻末の資料編に本年度の観測結果を収録した。

図1　浅海定線調査定点図

数字は調査点番号を示す。調査船は実線部が「天栄丸」、破線部が「豊洋」。

表1　2010年度調査実施日

	天栄丸		豊洋	
第 1 回	2010年	4月5日	2010年	4月8日
第 2 回		5月17日		5月12日
第 3 回		6月3日		欠測
第 4 回		7月5日		7月7日
第 5 回		8月2日		8月4日
第 6 回		9月15日		9月15日
第 7 回		10月6日		10月6日
第 8 回		11月11日		欠測
第 9 回		12月6日		12月7日
第 10 回	2011年	1月21日	2011年	1月12･13日
第 11 回		2月2日		2月2日
第 12 回		3月14日		欠測

表2　平年較差の評価基準

階級	平年較差の範囲
「平年並み」	$\delta < 0.6\sigma$
「やや○○」	$0.6\sigma \leqq \delta < 1.3\sigma$
「かなり○○」	$1.3\sigma \leqq \delta < 2.0\sigma$
「甚だ○○」	$2.0\sigma \leqq \delta$

δは平年較差の大きさを表し、「○○」には「高め」、「低め」が入る。

事業の結果

1．気　象

旬別平均気温を図 2 に示した。特に 4 月下旬は「かなり低め」であった。一方、8 月中下旬は「かなり高め」、9 月上旬は「甚だ高め」、1 月下旬は「甚だ低め」、3 月下旬は「甚だ低め」であった。

旬別降水量を図 3 に示した。4 月下旬は「甚だ多め」、7 月中旬は「かなり多め」のまとまった降雨があった。

旬別日照時間を図 4 に示した。日照時間は 4 月中旬、10 月下旬は「甚だ少なめ」であった。

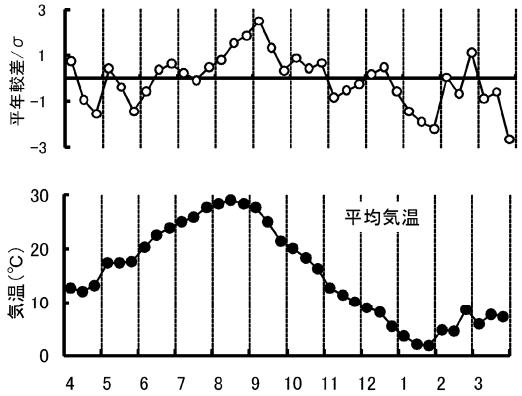


図2 豊後高田地先における2010年度旬別平均気温
（大分地方気象台地域気象観測（豊後高田市））

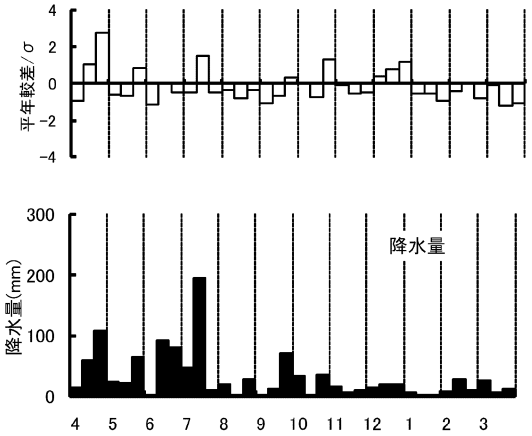


図3 豊後高田地先における2010年度旬別降水量
（大分地方気象台地域気象観測（豊後高田市））

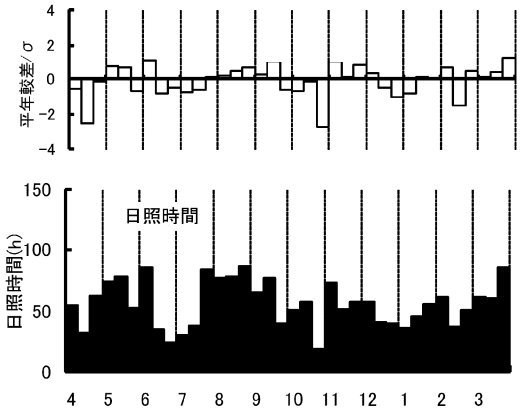


図4 豊後高田地先における2010年度旬別日照時間
（大分地方気象台地域気象観測（豊後高田市））

2．海　象

水温の推移と標準化した平年較差を図 5 に示した。9 月の水温は「平年並み～かなり高い」、1 ～ 2 月は「やや低め～かなり低め」であった。

塩分の推移と標準化した平年較差を図 6 に示した。

8 月の塩分は、「平年並み～やや低め」、2 月は「平年並み～やや高め」であった。

透明度の推移と標準化した平年較差を図 7 に示した。8 月の透明度は、「やや高め」であった。

3．特殊項目

DIN の推移と標準化した平年較差を図 8 に示した。全般に低め基調で推移した。その中で 4 月、8 月、1 月、2 月は「やや低め」、5 月は「やや低め～かなり低め」であった。

PO_4-P の推移と標準化した平年較差を図 9 に示した。全般に「高め基調」で推移した。その中で 8 月、10 月は「やや高め」～「甚だ高め」、2 月は「やや高め～かなり高め」であった。

溶存酸素飽和度の推移と標準化した平年較差を図 10 に示した。飽和度は「平年並み」に推移した。夏期に酸素飽和度が 50%を下回る調査点は見られなかった。

COD の推移と標準化した平年較差を図 11 に示した。全般に低め基調で推移した。

クロロフィル a の推移と標準化した平年較差を図 12 に示した。5 月は「やや低め～やや高め」であった。9 月、10 月、11 月は「平年並み～やや高め」であった。

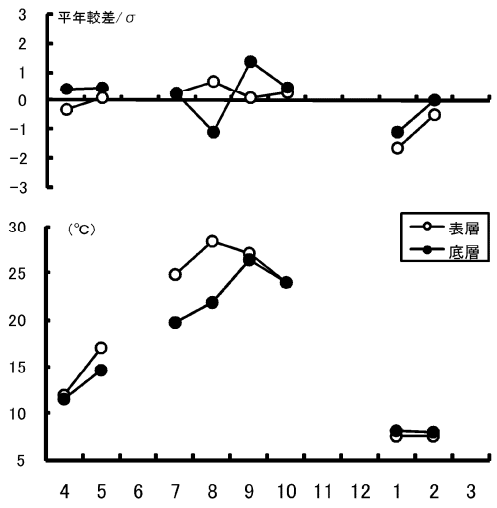


図5　水温の推移と平年較差

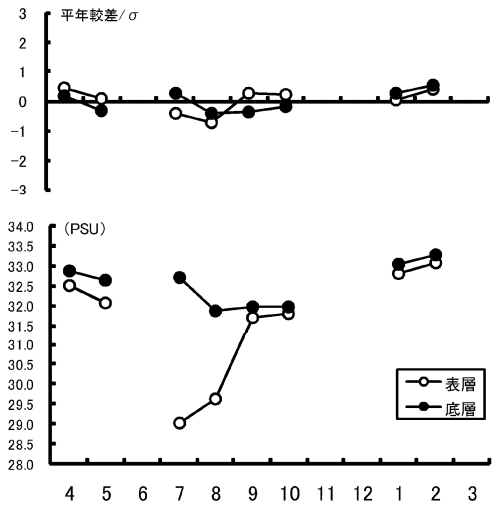


図6　塩分の推移と平年較差

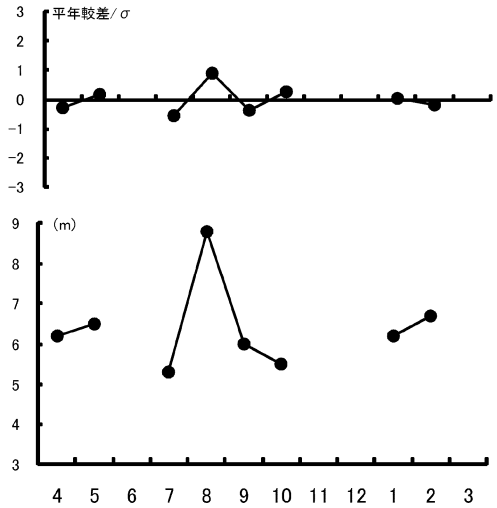


図7　透明度の推移と平年較差

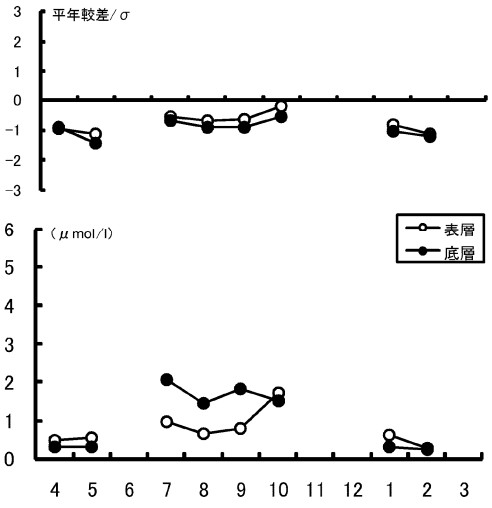


図8　DINの推移と平年較差

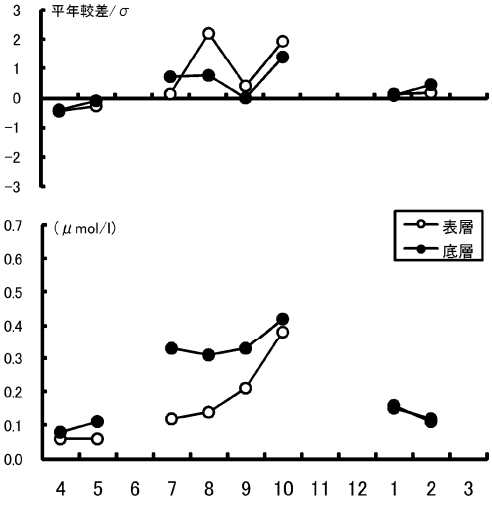


図9　PO_4-Pの推移と平年較差

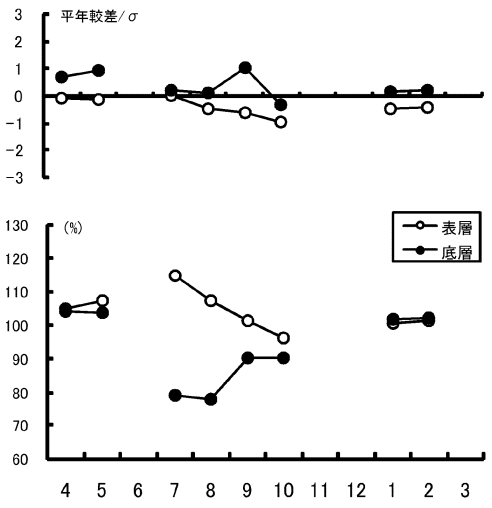


図10　溶存酸素飽和度の推移と平年較差

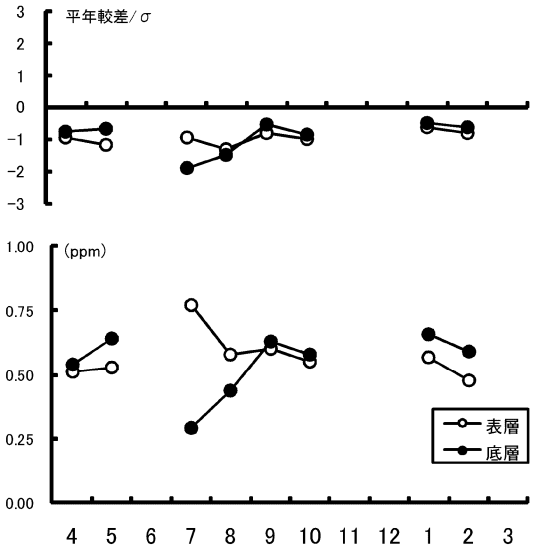


図11 CODの推移と平年較差

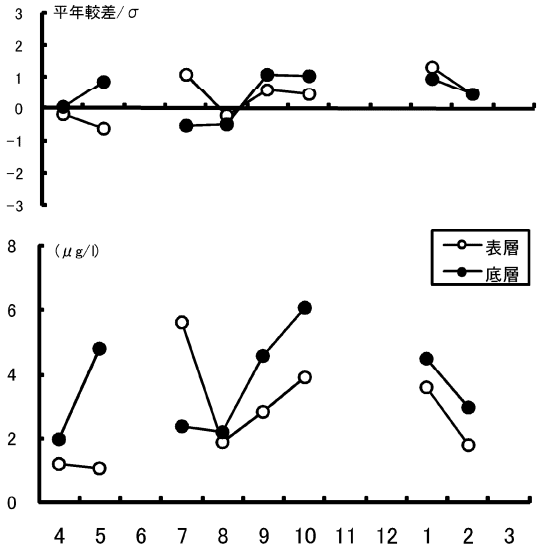


図12 クロロフィルaの推移と平年較差

文 献

1) 日本水産資源保護協会：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，東京．1980；154-159.
2) 日本水産資源保護協会：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，東京．1980；160-162.
3) 日本水産資源保護協会：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，東京．1980；324-325.

資源・環境に関するデータの収集・情報の提供－５
ノリ養殖安定対策推進事業（情報の提供と技術指導）

伊藤龍星・原 朋之・樋下雄一・岩本郁生

事業の目的

本事業は、本県ノリ養殖漁家の経営安定をはかるため、気象・海況・養殖技術などについての情報提供や技術指導を行うものである。ここでは、平成22（2010）年度漁期の養殖結果をとりまとめるとともに、当チームが行った調査・指導・情報活動等について報告する。

事業の結果

１．平成22（2010）年度の養殖結果

１）採苗

採苗は中津市、宇佐市ともに10月10～11日に開始された。平成19年度以降、4年連続しての10月中旬の開始となった。採苗期の水温は平年より1℃前後高めで、さらに曇天とナギ続きのため、胞子の放出日は14～15日頃からと遅くなった。芽付きは濃いめが多かった。杵築市では、11月上旬に委託網を他県から搬入した。

２）養殖および病害状況

10月：肉眼視は早い網で26日頃からであった。幼芽の異形化などは見られなかったが、穏やかな日和が多く、全体的に色調は浅めであった。

11月：水温はやや低めに転じた。中津、宇佐ともにノリ芽の生長は順調で、2次芽の放出、着生も良好であった。中津で6日、宇佐で10日頃から冷凍入庫が開始され、ピークは10～13日、24日までには完了した。入庫枚数は中津1,550枚、宇佐50枚であった。杵築市では県外からの冷凍網を直接張り込んだ。15～16日に中津市の新田と高洲でバリカン症状が発生し、その後柳ヶ浦（18日）や小祝でも確認された。浮き竹をはずす、網水位を下げ固定張り、ネットをかける等の対策を指導した。降雨が少なく、ノリの色調は浅かった。

12月：中津市、宇佐市ともに11月下旬から摘採を開始した。12月に入り、降雨と冬型の天候になるにつれて、色調は良くなってきた。22日に中津市竜王で赤ぐされ病を初認し、同日、FAX病害情報やテレホンサービスで状況と対策を周知した。月末までには中津全域で赤ぐされ菌が確認されたが、被害は軽微であった。

1月以降：月を通じて平年より1～3℃低い低水温傾向が続いた。このため、ノリの伸びは鈍化したが、赤ぐされ病被害も軽微であった。1、2月は降雨が少なく、ノリの色調は浅めであったが、昨年同様下物不足で色の浅い品物でも値が入り、3月まで生産が続けられた。冷凍網は主に12～1月にかけて出庫された。

壺状菌病は、漁期を通じて確認されなかった。

３）乾ノリ共販結果

本年度の乾ノリ共販結果を表1に、過去13年間の概要を表2に示した。

今漁期は福岡市で計9回の共販が実施されたが、本県の出品は8回（初回出品なし）であった。枚数765万枚（対前年比112%）、金額4,770万円（同131%）、平均単価6円24銭（同90銭高）、1経営体あたりの生産金額は199万円（同64万円増）であった。枚数、金額とも昨年を上回り、1経営体あたりの生産金額もほぼ200万円に達するなど、近年にしては良好な結果であった。

２．気象・海況

１）水　温

図1に高田港先端における水温の推移を示した。

9月：月を通じて平年より1℃程度高めであった。

10月：引き続いて平年より1℃程度高めであった。しかし、26日の寒波以降は低下した。

11月：月を通して平年より1～3℃低めで推移した。

12月：平年並み～やや低めで推移した。

1月以降：1月は平年を3℃以上も下回る低めで推移した。1/31には水温1.4℃（平年比-5.1℃、平成2年度以降観測史上最低）を記録した。2月以降も平年より1～2℃低めで推移した。

２）比　重

図2に高田港先端における比重の推移を示した。

9～12月：多くは21～22の平年並み～やや低めであった。

表1　平成22（2010）年度乾ノリ共販結果〔上段：枚数（枚）、中段：金額（円）、下段：単価（円）〕

漁協名 支所名等	第1回 H22.12.7	第2回 H22.12.24	第3回 H23.1.9	第4回 H23.1.19	第5回 H23.2.2	第6回 H23.2.16	第7回 H23.3.2	第8回 H23.3.16	第9回 H23.3.29	1～9回 累計	前年度累計 (平成21年度)	対前年比 (%)
										0	0	-
中津市										0	0	-
小祝①												
		244,400	1,001,100	1,215,300	504,100	427,600	847,000	455,700	223,500	4,918,700	4,786,800	103
中津市	出	1,480,786	7,331,290	8,504,339	2,809,972	2,208,120	4,303,080	2,215,883	841,704	29,695,174	24,792,388	120
小祝②		6.06	7.32	7.00	5.57	5.16	5.08	4.86	3.77	6.04	5.18	117
			339,600	532,700	417,600	339,200	573,700	193,100	107,400	2,503,300	1,870,900	134
中津市			2,620,134	4,402,201	2,825,318	2,077,052	3,252,715	987,271	580,466	16,745,157	10,816,854	155
中津東②			7.72	8.26	6.77	6.12	5.67	5.11	5.40	6.69	5.78	116
										0	0	-
中津市	品			中津東②に含まれる						0	0	-
和田②												
					82,200		106,700			188,900	120,900	156
宇佐市					489,829		634,153			1,123,982	556,227	202
柳ヶ浦①			#DIV/0!	#DIV/0!	5.96		5.94			5.95	4.60	129
					14,400					14,400	18,000	80
宇佐市	な				74,736					74,736	71,820	104
長洲②					5.19					5.19	3.99	130
										0	0	
宇佐市										0	0	
和間②												
						21,300				21,300	50,200	42
杵築市①	し					109,917				109,917	321,971	34
						5.16				5.16	6.41	80
										0	0	
杵築市②										0	0	
	0	244,400	1,340,700	1,748,000	1,018,300	788,100	1,527,400	648,800	330,900	7,646,600	6,846,800	112
大分県	0	1,480,786	9,951,424	12,906,540	6,199,855	4,395,089	8,189,948	3,203,154	1,422,170	47,748,966	36,559,260	131
計		6.06	7.42	7.38	6.09	5.58	5.36	4.94	4.30	6.24	5.34	117

表 2 大分県の乾ノリ共販結果 過去13年間の概要

年度	経営体数	生産枚数（千枚）	生産金額（千円）	1経営体あたり生産金額(千円)
10	86	40,571	297,063	3,454
11	81	37,610	263,549	3,254
12	76	36,279	394,283	5,188
13	74	36,796	284,394	3,843
14	71	28,290	152,885	2,153
15	67	10,219	51,397	767
16	57	8,948	47,336	830
17	50	18,963	112,070	2,241
18	42	10,496	63,245	1,506
19	38	9,313	42,453	1,117
20	31	8,794	41,580	1,341
21	27	6,847	36,559	1,354
22	24	7,647	47,749	1,990

1月以降：上記同様であった。

今漁期は40mmを超えるようなまとまった降雨がなく、20を切る日が1日も観測されなかった。

３）降水量

図3に当チームで観測した平成22年1月～23年3月までの月別降水量を示した。

漁期直前の平成22年9月以降、平年を上回ったのは、12月のみ（110.3%）で、9月～23年2月の間の積算降水量は平年の58%に過ぎなかった。

４）栄養塩量（溶存性無機態窒素量、DIN）

図4に高田港先端と中津港西側における平成22年9月下旬～12月末までの値を示した。

9月：下旬の観測開始時は中津で100ガンマー（μg/l）前後の高い値であった。

10月：採苗期の中旬までは中津、高田とも比較的高めであったが、その後下がり始めた。

11～12月：降雨の直後、中津では100ガンマーを超えることもあったが、全体的には中津で30～50、高田で20～30ガンマーの低い値で推移した。

図5には、平成2年度以降の漁期前半の高田港DIN値を平均で示した。平成16年度までは100ガンマーを超える年も見られたが、17年度以降はその1/2の50ガンマー程度で推移している。

ノリ漁場の沖合域での定期調査（浅海定線）でもDIN値は昭和57年（3.7μM/l）をピークに減少傾向にあり、特に平成6年以降はピーク時の1/2～1/3にまで減少している。[1] 沿岸のノリ養殖漁場に限らず、豊前海全体の低栄養塩傾向が顕著な状況にある。ノリの色調保持のためには、従来よりも河口域に張り込むなど、漁場の移動も考慮すべき時期である。

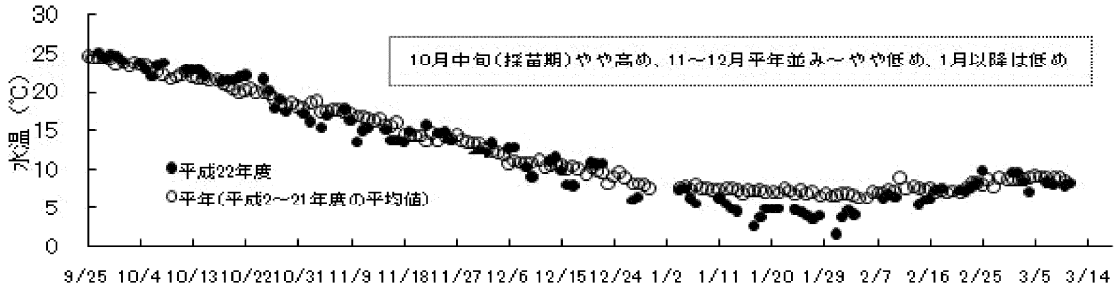


図1　高田港先端の水温（9月25日～3月11日）

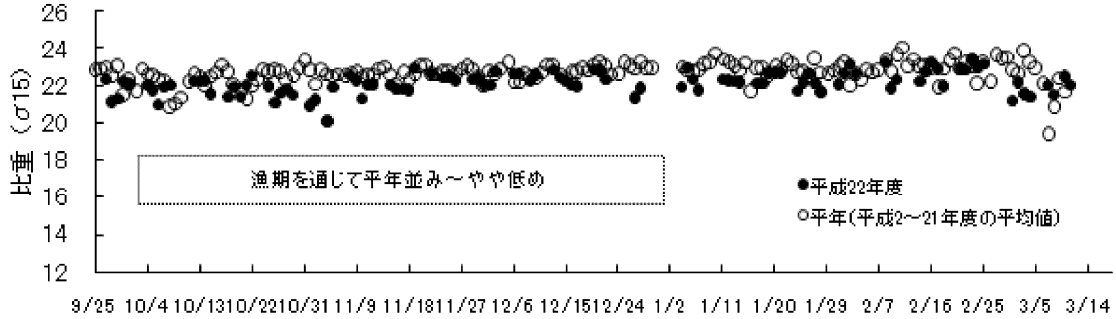


図2　高田港先端の比重（9月25日～3月11日）

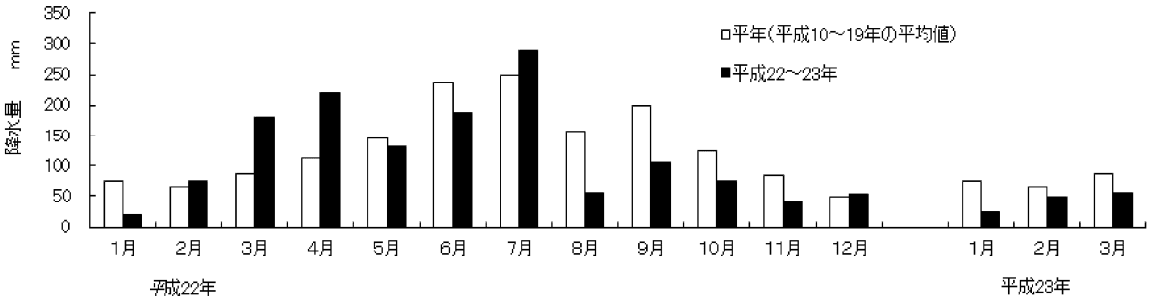


図3　月別降水量（平成22年1月～23年3月、豊後高田市浅海チーム観測）

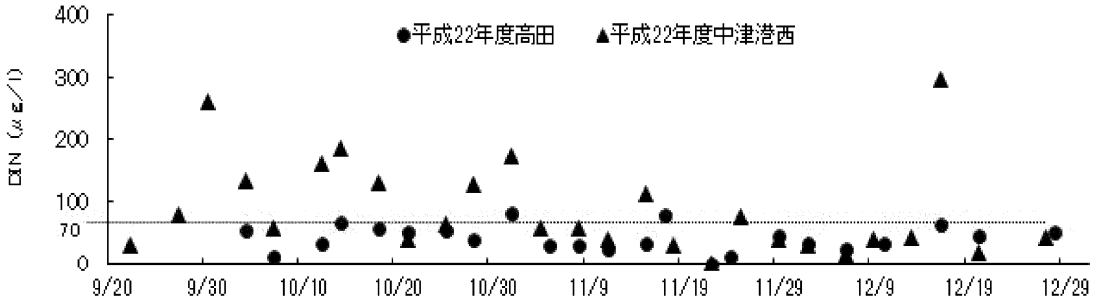


図4　栄養塩量（DIN）の変化（9月22日～12月28日）

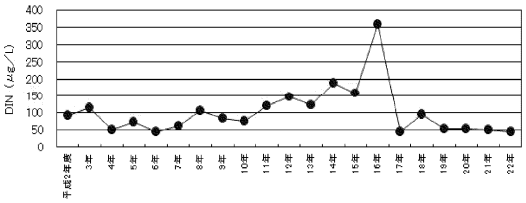


図5　高田港先端の平均栄養塩量の推移
（18年度までは10～1月、19年度以降は10～12月）

5）DINとDIP

図 6 に示した。DIP は 5.6 ～ 134.9μg/l、平均 31.8μg/l であった。ノリ養殖には DIN：DIP=10：1 程度が良いと言われるが[2]、平均すると 2.0：1 となり、N 不足の減少が目立った。この傾向は昨年度[3]と同様であった。

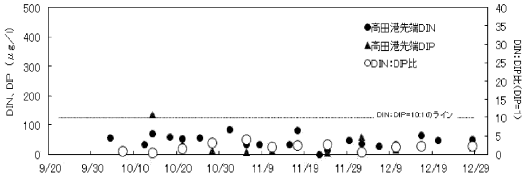


図6　高田港先端のDIN、DIP、DIN：DIP比
（10月2日～12月24日）

3．情報活動

1）テレホンサービス

平成 22 年 9 月 28 日から 12 月 30 日までの間、気象・海況・養殖管理・病害発生状況と対策等の情報を第 26 号まで発信した。また、栄養塩量（溶存性無機態窒素量、DIN）の分析結果は採水日の翌日に速報した。今漁期の利用回数はのべ 237 回、1 日平均 2.5 回であった。

2）ノリ病害情報の発行

中津市竜王での赤ぐされ病発生（平成 22 年 12 月 22 日）に伴い、同日ノリ病害情報を紙面で発行し、関係機関あて FAX 送付した。

3）検査及び指導

漁期中には各地の種糸提供者と依頼者からの種ガキや種糸を検鏡し、熟度や芽付きの確認、病害の有無を検査するとともに、現地で幼芽の生育状況や病害発生状況などを調査した。これらの結果は、大分のり養殖漁業者協議会会員を通じて生産者と漁協へ速やかに連絡した。検査依頼人数はのべ 147 人で、昨年より 40 人増加した（表 3）。

表3　平成22年度月別検査依頼のべ人数

地　区	9月	10月	11月	12月	1月	2月	合計
小　祝	0	18	7	4	0	0	29
西中津	0	9	5	5	0	0	19
東中津	0	9	8	3	0	0	20
和　田	0	7	9	5	0	0	21
中津市(計)	(0)	(43)	(29)	(17)	(0)	(0)	(89)
柳ケ浦	0	8	9	6	1	0	24
長　洲	0	8	0	1	0	0	9
和　間	0	12	9	3	1	0	25
宇佐市(計)	(0)	(28)	(18)	(10)	(2)	(0)	(58)
杵築市	0	0	0	0	0	0	0
合　計	0	71	47	27	2	0	147

4．その他

1）バリカン症に関する調査

今漁期は計 3 台のカメラを水産工学研究所から借用し、11/10 ～ 11/19（新田）、11/19 ～ 12/11（高洲）、11/24 ～ 12/11（新田）に設置した。また、閃光ライト（水工研試作品）を 11/19 ～ 12/11（高洲）に設置した。設置期間中、漁場内でバリカン症は発生したが、カメラと閃光ライトの面前では見られず、食害等ノリ芽流失につながる映像は得られなかった。

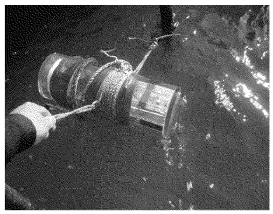


写真1　水中ビデオカメラ　　写真2　閃光ライト

2）希少生物アサクサノリ養殖試験

本試験については、本誌別頁（p.149-150）に記載した。

3）鉄鋼スラグと養殖ノリの生長、色調に関する試験

本件については、次号の大分県農林水産研究指導センター研究報告（水産研究部編）に投稿の予定である。

文　献

1）岩野英樹．周防灘の生物生産を支える栄養塩の動向．おおいたアクアニュース 2007；25：7-8.
2）全漁連．2008 年度版のりごよみ 2008；155.
3）伊藤龍星，原 朋之，福田祐一，田森裕茂．浅海増養殖に関する研究(5)ノリ養殖安定対策推進事業．平成 21 年度大分県農林水産研究センター水産試験場事業報告 2010；169-172.

有害赤潮・貝毒プランクトン調査－１

赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業（周防灘広域共同赤潮調査）（国庫委託）

宮村和良・原 朋之・樋下雄一

事業の目的

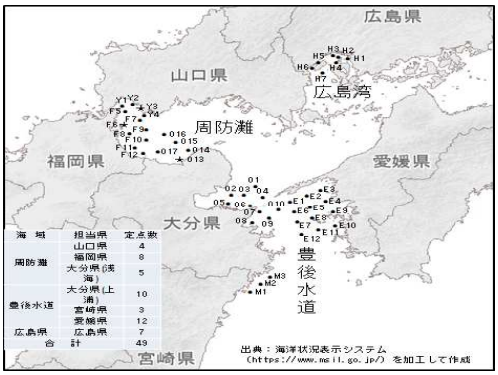
瀬戸内海西部海域は、*Karenia*（*Gymnodinium*）*mikimotoi* などの有害赤潮が発生し、漁業被害を起こしている。また、周防灘ではたびたび赤潮発生前後に貧酸素水塊が形成され、漁業被害が生じている。これら有害赤潮の発生機構の解明と貧酸素水塊との関係を究明することが急務である。

そこで3県（山口県、福岡県、大分県）が共同調査を行い、これら有害種の初期発生から増殖、消滅に至るまでの発生機構の全容を把握すること、また赤潮発生と貧酸素水塊との関係を解明することを目的として調査を行った。

昨年度からは宮崎、愛媛、広島県も調査に加わり、さらに広域での連携、情報の共有を行った。

事業の方法

調査定点の位置を図1と表1に示した。また各調査定点の担当県を表1に合わせて示した。周防灘に設定された17定点のうち、本県の担当は、St.13～17の5定点である。



海域	担当県	定点数
周防灘	山口県	4
	福岡県	8
	大分県(浅海)	5
豊後水道	大分県(上浦)	10
	宮崎県	3
	愛媛県	12
広島県	広島県	7
合計		49

図1　調査定点

●：対象プランクトン、水温・塩分、透明度及び溶存酸素

★：珪藻プランクトン、栄養塩

各定点の上層（0.5m）、5m 層、下層（底上 1m）から海水 500ml を採水（ただし St.9、15、16 は 10m 層からも採水）し、生海水の試料 1ml を 3 回計数して、*Karenia mikimotoi*、*Cochlodinium polykrikoides*、*Heterocapsa circularisquama*、*Chattonella* 属（*antiqua*+*marina*、*ovata*）及び、*Heterosigma akashiwo* の出現密度を算出した。

表1　調査点の位置と担当県

定点番号	北　緯	東　経	定点番号	北　緯	東　経
1	33° 59'12"	131° 03'21"	11	33° 40'24"	131° 06'03"
2	34° 00'12"	131° 05'51"	12	33° 38'41"	131° 09'05"
3	33° 57'24"	131° 08'51"	13	33° 36'12"	131° 21'51"
4	33° 55'12"	131° 09'51"	14	33° 38'12"	131° 27'51"
5	33° 54'11"	131° 01'15"	15	33° 43'12"	131° 21'51"
6	33° 49'48"	131° 00'43"	16	33° 45'12"	131° 14'51"
7	33° 52'24"	131° 07'15"	17	33° 39'12"	131° 11'51"
8	33° 45'50"	131° 03'01"	担当県	定点　1～ 4：山口県	
9	33° 49'36"	131° 12'39"		定点　5～12：福岡県	
10	33° 43'18"	131° 10'09"		定点 13～17：大分県	

また、水質環境調査として表2のとおり透明度、水温・塩分（ALEC 社製 CTD）、溶存酸素量（ウィンクラー法）を測定した。さらに、代表点の St.3、6、13 では、各採水層における DIN、DIP、全珪藻細胞数を測定した。

表2　調査項目

	対象プランクトン	水温・塩分	DO	透明度	気象・海象	DIN・DIP	全珪藻類数
調査定点（●）	○	○	各層	○	○	×	×
代表点（★）	○	○	各層	○	○	各層	各層

以上の調査を、表3のとおり6月中旬～8月上旬にかけて2週間に1回の間隔で実施した。また、本調査の前後に各1回の補足調査を行い、合計6回の調査を実施した。

表3　調査実施日

海域	担当県	6月	7月			8月	
		下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬
周防灘	山　口　県	6月28日	7月6日	7月20日	7月30日		8月16日
	福　岡　県	6月22日	7月6日	7月16日	7月27日	8月5日	
	大分県（浅海）	6月24日	7月5日	7月15日	7月27日	8月2日	
豊後水道	大分県（上浦）	6月26日	7月2日	7月13日	7月27日	8月7日	
	宮　崎　県	6月22日	7月2日	7月13日	7月27日		8月18日
	愛　媛　県	6月23日	7月5日	7月16日	7月27日	8月6日	

事業の結果

１．有害プランクトンの出現状況

１）*Karenia*(*Gymnodinium*) *mikimotoi*

Ａ．周防灘

6 月下旬に西部、北部の沿岸および灘中央で 1.0cells/ml 未満の低密度で確認された。

7 月上旬には広い範囲で出現が確認され、北部、南部の沿岸で 10.0cells/ml 未満で広く出現が確認された。

7 月中旬には全域で細胞密度の増加が確認され、西部沿岸では 11.7 ～ 133.3cells/ml で比較的高密度に出現が確認された（最高細胞密度 Stn.F6 133.3cells/ml）。

7 月下旬には細胞密度は減少し、南西部沿岸の Stn.F12 で 22.3cells/ml が確認されたが、他は全て 10.0cells/ml 未満であった。

8 月上旬には更に減少し全域で 10.0cells/ml 未満であった（最高細胞密度 Stn.F6 2.7cells/ml）。

Ｂ．豊後水道・別府湾

6 月下旬は未検出であった。7 月上旬に別府湾で広範囲に 0.6 ～ 1.0cells/ml の低密度に確認された。

7 月中旬には別府湾全域で出現が確認され、細胞密度もやや増加し別府湾中央から沖合にかけて 2.0 ～ 5.0cells/ml 確認された。豊後水道では大分県海域の 1 点で 0.3cells/ml の低密度で出現が確認された。7 月下旬には別府湾から豊後水道にかけて広範囲に出現が認められ、別府湾中央付近および豊後水道愛媛県海域では 12.0cells/ml 確認された。

8 月上旬には分布域が更に南下し豊後水道南部海域でも 2.0~5.3cells/ml が確認された。

２）*Cochlodinium polykrikoides*

Ａ．周防灘

6 月下旬は未検出であった。7 月上旬は主に西部から南部沿岸域で 0.7 ～ 4.0cells/ml 確認された。7 月中旬は西部沿岸および南部沿岸～沖合で局所的に 1.0 ～ 5.0cells/ml で確認された。その後は検出されなかった。

Ｂ．豊後水道・別府湾

6 月下旬は未検出であった。7 月上旬には豊後水道南部沿岸で 1.3cells/ml 検出された。7 月中旬には別府湾で 0.7 ～ 1.0cells/ml 確認された。7 月下旬には豊後水道愛媛県海域で 0.7cells/ml 検出された。8 月上旬は未検出であった。

３）*Heterocapsa circularisquama*

Ａ．周防灘

検出されなかった。

Ｂ．豊後水道・別府湾

検出されなかった。

４）*Chattonella antiqua* + *marina*

Ａ．周防灘

6 月下旬から 7 月上旬まで主に南部沿岸で 1.0cells/ml の低密度で推移したが、7 月中旬から北部、西部沿岸を中心に分布域および細胞密度が増加し、7 月下旬には北部の Stn. F6 で最高 61.7cells/ml に達した。8 月上旬には細胞密度は減少し南部沿岸（Stn. O13）で 12.7cells/ml 確認され、分布域は縮小した。

Ｂ．豊後水道・別府湾

6 月下旬は未検出であった。7 月上旬には別府湾沿岸で 0.3cells/ml 確認され、7 月中旬には別府湾で分布範囲が広がり、豊後水道大分県沿岸でも 0.3cells/ml 確認された。7 月下旬は別府湾のみで 0.6 ～ 1.4cells/ml 確認された。8 月上旬には豊後水道南部海域の 1 点で 0.3cells/ml 検出された。

５）*Heterosigma akashiwo*

Ａ．周防灘

6 月下旬は北部沿岸、西部沿岸の一部、南部沿岸の一部および沖合で 0.3 ～ 3.0cells/ml が確認された。7 月上旬には北部沿岸で 1.0 ～ 3.0cells/ml、7 月中旬には西部沿岸、沖合および北部沿岸で 0.3 ～ 1.0cells/ml、7 月下旬には北部沿岸、西部沿岸、南部沿岸の一部で 0.3 ～ 2.0cells/ml 確認された。8 月上旬は未検出であった。

Ｂ．豊後水道・別府湾

6 月下旬は別府湾の沖合で 0.3 ～ 6.3cells/ml、豊後水道南部海域で 0.7 ～ 5.0cells/ml で確認された。7 月上旬には別府湾全域で出現し、沖合では比較的高密度の 13.8cells/ml が検出された。また豊後水道中央部分で 0.3cells/ml、豊後水道南部海域で 1.0cells/ml が検出された。7 月中旬には別府湾沖合で 0.3 ～ 1.0cells/ml、豊後水道南部海域で 0.3cells/ml 検出された。7 月下旬は未検出であった。8 月上旬には豊後水道南部海域で 0.3 ～ 2.7cells/ml 確認された。

２．環境要因

１）水温

周防灘の 5m 層は 22.5 ～ 27.2 ℃、豊後水道・別府湾の 10m 層は 20.3 ～ 23.4 ℃の範囲で推移した（図 2、3）。7 月中旬から下旬にかけて周防灘、豊後水道・別府湾とも水温の上昇が顕著であった。水温の分布では 6 月下旬～ 7 月中旬に周防灘の西部沿岸域に暖水が分布していた。豊後水道・別府湾では北部で低く、南部で高かった。6 月下旬と 7 月上旬には愛媛県側で沖合から暖水の差し込みが確認された。

２）塩分

周防灘の 5m 層は 28.0 ～ 32.0、豊後水道・別府湾の 10m 層は 33.3 ～ 33.9 で推移した（図 4、5）。周防灘では 7 月中旬に顕著な塩分低下が観測された。塩分の分布では、周防灘で 6 月下旬には灘中央に高塩分の水塊が観測された。7 月上旬には西部で沿岸を中心に低塩分の水塊が観測され、同月中旬には更に西部を中心に塩分の低下が進行し、灘中央に顕著な濃度勾配が形成された。7 月下旬には低塩分の水塊が湾中央で観測され、8 月上旬には低塩分の水塊が東部沖合で観測された。豊後水道・別府湾では別府湾で低く、豊後水道で高かった。別府湾口付近で顕著な濃度勾配が形成された。6 月下旬、7 月中旬～ 8 月上旬の豊後水道では愛媛県側で塩分が高かった。

３）溶存酸素（飽和度%）

周防灘における溶存酸素濃度の分布を図 6 に示す。7 月上旬～下旬の期間に周防灘南西部沿岸を中心として 3.0 ml/l 以下の貧酸素水塊が形成されていた。8 月下旬は灘中央西側に貧酸素水塊が観測された。

４）鉛直安定度（成層の発達度）

各県海域の鉛直安定度の平均値の推移を図 7 に示した。また、鉛直安定度は以下のように求めた。

鉛直安定度＝上層と下層の密度差÷水深差× 10^{-3}

山口県海域は 2.6 ～ 23.7、福岡県海域は 9.2 ～ 53.3、大分県海域は 10.6 ～ 55.2 で推移した。福岡県海域と大分県海域では 7 月下旬より急激に上昇した。

５）栄養塩（代表点の３層平均値）

（DIN，DIP：周防灘，豊後水道・別府湾）

DIN の推移を図 8、9 に示す。周防灘代表点（Y4、F6、O13）では、山口県海域は 0.7 ～ 10.7μM、福岡県海域は 0.3 ～ 6.6μM、大分県海域は 0.3 ～ 4.0μM の範囲であった。6 月下旬から 7 月上旬の期間は山口県海域で高く、7 月中旬は福岡県海域で高かった。7 月下旬～ 8 月上旬の期間は概ね低く推移した。

豊後水道周辺では大分県海域では 0.8 ～ 4.0μM、愛媛県海域では 0.6 ～ 1.0μM、宮崎県海域では 0.1 ～ 2.1μM の範囲であり、大分県海域では、特に別府湾で高かった。

DIP の推移を図 10、11 に示す。周防灘代表点（Y4、F6、O13）では、山口県海域は 0.02 ～ 0.18μM、福岡県海域は N.D.（＞ 0.01μM）～ 2.26μM、大分県海域は 0.02 ～ 0.15μM の範囲であった。7 月上旬から 8 月上旬の期間は福岡県海域で顕著に高かった。豊後水道周辺では大分県海域、特に別府湾では 0.09 ～ 0.22μM、愛媛県海域では 0.08 ～ 0.15μM、宮崎県海域では 0.02 ～ 0.15μM の範囲であり、大分県海域で高かった。

３．全珪藻類細胞数（代表点の３層平均）

（周防灘代表点の全層の平均）

珪藻類は山口県海域で 46.0 ～ 14,175.0cells/ml、福岡県海域で 30.0 ～ 2,630.0cells/ml、大分県海域で 16.0 ～ 2,697.0cells/ml で推移した。7 月上旬～下旬の期間に各調査点で 1,000.0cells/ml 以上の高密度で確認された（図 12）。

４．気象（降水量、日照時間）

気象庁気象統計情報電子閲覧サイトから得た福岡県行橋市における降水量と日照時間の旬別積算値の推移を図 13 に示した。

降水量は、6 月上旬～中旬の期間は少なく、下旬に梅雨前線の影響によって平年を上回る降雨が観測された。その後 7 月上旬には平年の半分以下であったが、7 月中旬にはまとまった降雨によって 485mm が観測された。7 月下旬以降は太平洋高気圧に覆われ晴れの日が多く降雨が少なかった。日照時間は 6 月中旬～ 7 月中旬の期間は平年より少なく推移した。

考　察

１．2010年夏季の有害プランクトンと珪藻類について

今年度は、有害プランクトンは各調査海域全域において低密度で推移し、漁業被害に至る赤潮形成は観測されなかった。特に周防灘を起源とし度々大発生する *K.mikimotoi* 赤潮は、遊泳細胞の広範囲での出現は確認されたが、密度増加および中層での濃密度水塊も確認されなかった。

周防灘で有害プランクトンによる赤潮が発生しなかった原因として、同海域では 6 月下旬に珪藻類が優占し、その後の栄養塩濃度の上昇した際にも、珪藻類の増殖（一部で赤潮形成）が観測されていることから、競合種である珪藻類が海域の栄養塩を利用したことによって、有害プランクトンの増殖が抑えられ低密度に推移したと推測される。

珪藻類が 6 月下旬から 7 月中旬まで断続的に優占していた要因として、6 月上・中旬に降水量が少なく、沿岸域の塩分低下による密度成層が発達しなかったことによって、海域では擾乱による珪藻シストの供給や珪藻類個体群密度が維持できやすい環境であり、その後の適度な降雨によって栄養塩が供給され、珪藻類が卓越しやすい環境であったことが考えられる。

２．周防灘*K.mikimotoi*赤潮予察
（2006 年～2010 年観測結果から）

K.mikimotoi 赤潮予察について、過去 5 ヵ年（2006 ～ 2010 年）の観測結果より検討した。周防灘における 6 月～ 8 月の *K.mikimotoi* の最高細胞密度および分布指標（遊泳細胞が出現した定点数／全調査点数× 100）の推移を図 23 に示した。その結果、1000.0 cells/ml 以上で赤潮が観測された年は 2006 年、2008 年であり、赤潮発生年は赤潮化する前の 6 月中・下旬は最高密度が 10.0 cells/ml 以上でかつ分布指標が 75%以上であった。この結果から、赤潮発生には 6 月中・下旬に出現する本種の細胞密度と分布が赤潮形成のシードポピュレーションとして強く寄与していると考えられた。そこで 6 月中・下旬の出現環境について検討した。

渦鞭毛藻の赤潮の形成には水塊の鉛直安定度の増加が寄与していること[1]が知られていることから、各年 6 月中・下旬の鉛直安定度について検討した（図 24）。その結果、赤潮を形成した 2006 年、2008 年は灘西・南部海域を中心に鉛直安定度が高いことが窺われ、6 月中・下旬の灘西・南部海域の鉛直安定度の増加が赤潮形成のシードポピュレーションの形成に関係していると考えられた。1985 ～ 1987 年に実施した山口[2]による調査でも周防灘の *K.mikimotoi* の大規模赤潮は 6 月下旬の灘全域に分布している栄養細胞がシードポピュレーションとして寄与していることが報告されている。以上のことから、周防灘で夏季に発生する *K.mikimotoi* 赤潮は 6 月中・下旬の *K.mikimotoi* の出現密度、分布および鉛直安定度を調査することによって、その後の赤潮の発生を予測できると考えられる。

３．今後の検討課題

過去の観察においても、周防灘では珪藻類と有害プランクトンとは競合関係あることを示すパターンが多く、両者の出現と海域環境との関係について総合的に検討する必要がある。また、*K.mikimotoi* については現在の観測では 6 月中・下旬の観測結果から、赤潮発生を予測する、今後予察精度を上げるためには冬季、春季の遊泳細胞がシードポピュレーションとして、赤潮形成にどのように関与しているかについて調査・検討する必要があり、高感度分析法を用いての *K.mikimotoi* の出現メカニズムの解明が必要である。さらに赤潮規模や隣接する海域へ影響について、重回帰分析をもちいた赤潮規模の予測[3]や流動場によるシミュレーション解析を使用し、現在、実施している赤潮監視体制を強化し、早期に迅速な赤潮対応が実施できる体制を構築することによって赤潮被害の軽減を図る必要がある。

文　献

1) Polligher, U., E. Zemel. In situ and experimental evidence of the influence of turbulence on cell division processes of Peridinium cintum forma westii (Lemm.) Lefevre. Br.Phycol. J. 1981 ; **16** : 281-287.

2) 山口峰生. *Gymnodinium nagasakiense* の赤潮発生機構と発生予察に関する生理生態学的研究. 南西水研研報 1994 ; **27** : 251-394.

3) 大内 晟. 重回帰式による赤潮発生予測. 日本水産学会誌 1982 ; **48**(9) : 1245-1250.

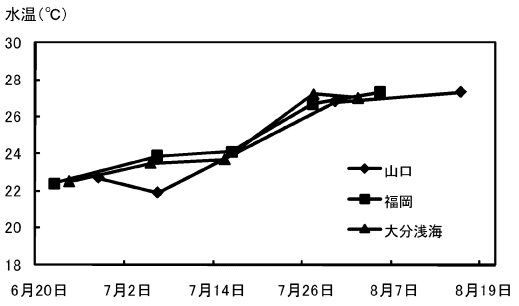


図2　水温の推移（周防灘5m層の平均）

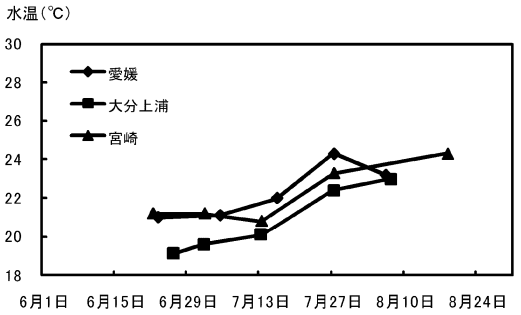


図3　水温の推移（豊後水道・別府湾10m層の平均）

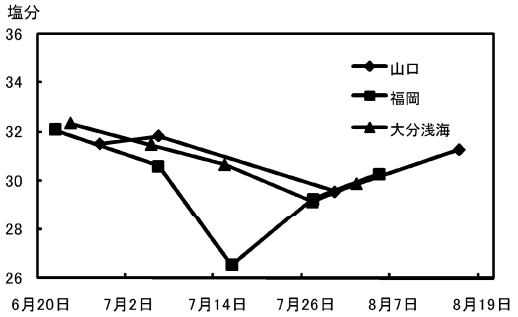


図4　塩分の推移（周防灘5m層の平均）

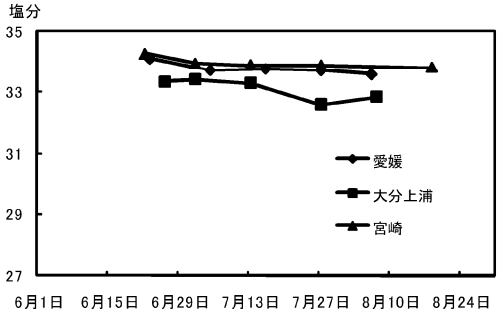


図5　塩分の推移（豊後水道・別府湾10m層の平均）

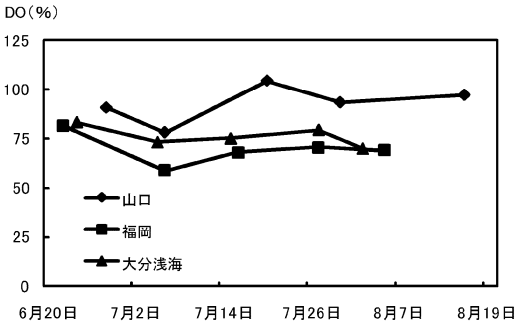


図6　周防灘における溶存酸素飽和度の推移
（底層の平均）

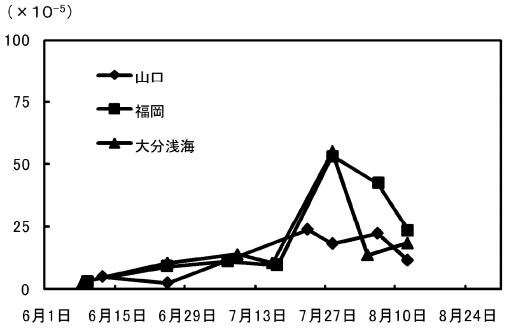


図7　周防灘における鉛直安定度の推移
（各海域の平均）

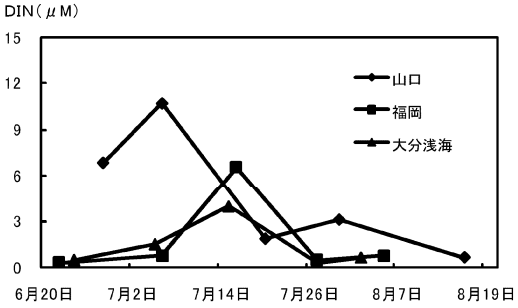


図8　DINの推移
（周防灘代表点0.5，5，B-1m層の平均）

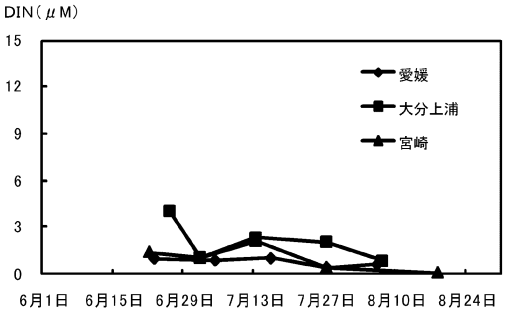


図9　DINの推移
（豊後水道・別府湾0.5，10m層の平均）

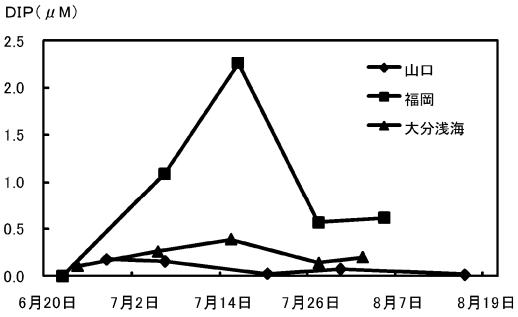


図10　DIPの推移
（周防灘代表点0.5，5，B-1m層の平均）

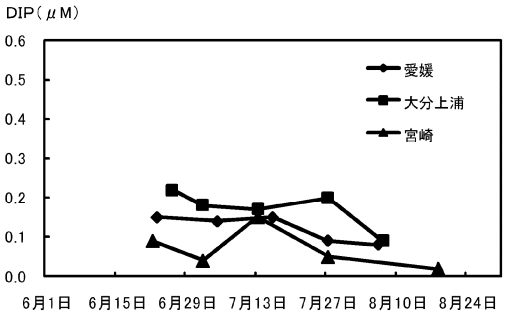


図11　DIPの推移
（豊後水道・別府湾0.5，10m層の平均）

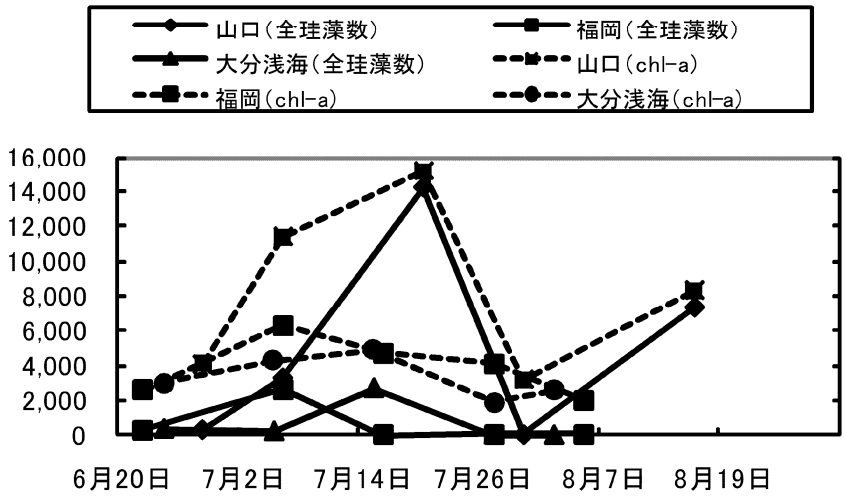


図12　全珪藻類細胞数とｸﾛﾛﾌｨﾙa量の推移（代表点全層平均）

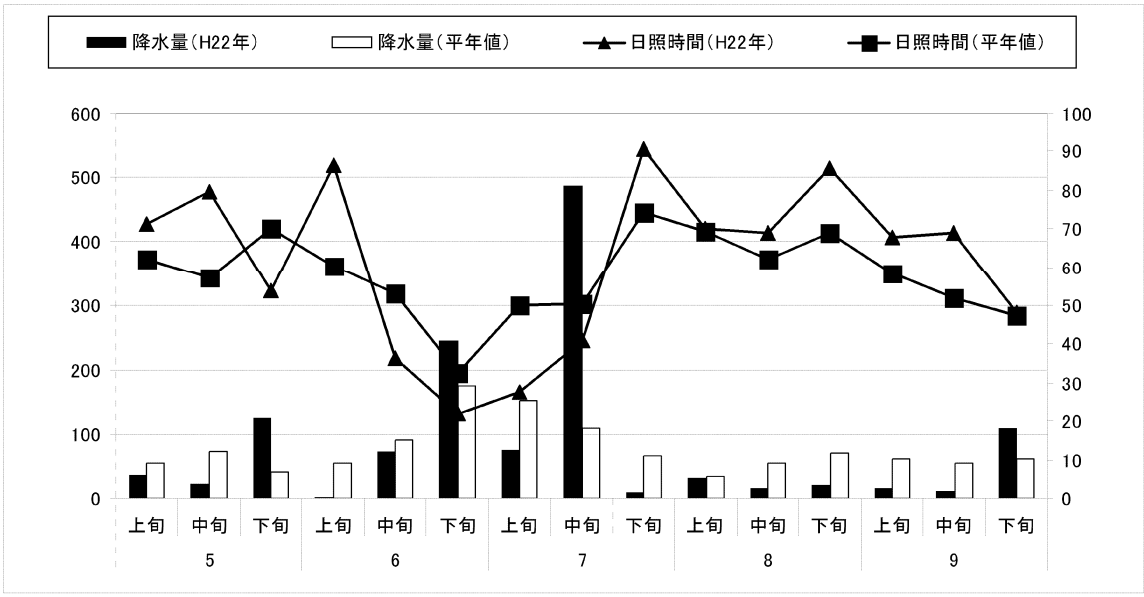


図13　行橋気象観測点における5月から9月までの降水量と日照時間の推移（旬別積算値）

有害赤潮、貝毒プランクトン調査－２

漁場環境保全推進事業①（赤潮発生監視調査）

原 朋之・樋下雄一

事業の目的

赤潮による漁業被害の軽減及び被害の未然防止を図ることを目的に、周防灘南部を対象として赤潮調査を実施し、調査結果を関係機関に情報提供した。

また、赤潮発生機構の解明と予察手法の確立に資するための基礎資料を収集するために、気象や海象、水質調査も合わせて実施した。

事業の方法

図１に示す周防灘南部の５定点において、５～９月の毎月中旬に、表１に示した調査を実施した。また、毎月上旬に実施する浅海定線調査時に同様の調査を実施し、本調査結果の補完を行った。なお、本調査の観測・分析方法は、浅海定線調査の各方法に準拠した。

表1　調査定点の位置、調査項目

調査定点の位置	定点	北緯（日本測地系）	東経（日本測地系）	（該当する浅海定線調査定点）
	St.1	33° 39′	131° 12′	(St. 5)
	St.2	33° 37′	131° 18′	(St.16)
	St.3	33° 36′	131° 22′	(St.11)
	St.4	33° 36′	131° 28′	(St.19)
	St.5	33° 38′	131° 28′	(St.12)

調査月日と調査項目・内容	月/日	調査項目	調査内容
	5/17	気象・海象	天候、雲量、風向、風力、透明度、水色、水温、塩分
	6/3		
	7/5	水　質	溶存酸素、NH_4-N、NO_2-N、NO_3-N、PO_4-P、クロロフィル-a
	8/2		
	9/15	プランクトン出現量	採水によるサンプリング
観測層		0．5m、5m、底上1m	

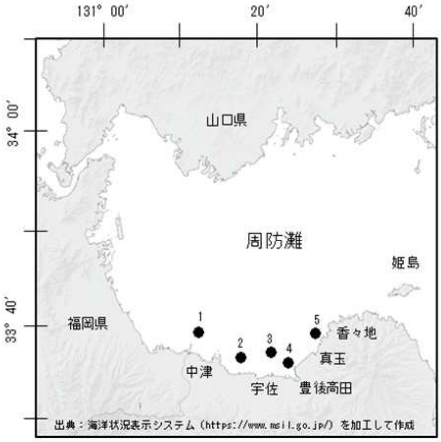


図1　調査定点図

事業の結果

本年度の調査結果の概要は、以下のとおりである。

１．赤潮発生状況

本年度は以下の５件の赤潮が発生し、いずれも漁業被害は無かった。

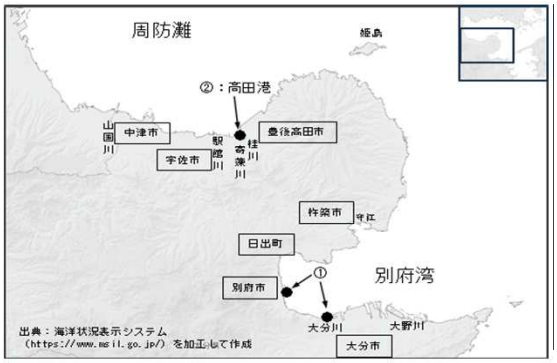


図2　2010年の赤潮発生状況

１）*Heterosigma akasiwo*

（6 月 29 日～ 7 月 3 日、4 日間、宇佐市地先、最高密度 277,250cells/ml、漁業被害無し、7 月 1 日～ 7 月 14 日、13 日間、豊後高田市高田港、最高密度 18,500cells/ml、漁業被害無し、8 月 6 日～ 8 月 20 日、14 日間、姫島北浦港、最高密度 18,000cells/ml、漁業被害無し）

２）*Karenia mikimotoi*
(8 月 5 日～ 8 月 20 日、15 日間、国東市沖、最高細胞 250cells/ml、漁業被害無し)

３）*Chattonella antiqua+marina*
(8 月 2 日～ 8 月 19 日、17 日間、豊後高田市・宇佐市・中津市地先、最高細胞 132cells/ml、漁業被害無し)等による赤潮が発生した。

２．気象

気温は 4 月下旬は「かなり低め」であった。一方、8 月中下旬は「かなり高め」、9 月上旬は「甚だ高め」、1 月下旬は「甚だ低め」、3 月下旬は「甚だ低め」であった。

降水量は 4 月下旬は「甚だ多め」、7 月中旬は「かなり多め」のまとまった降雨があった。

日照時間は 4 月中旬、10 月下旬は「甚だ少なめ」であった。

３．海象、水質

水温は 9 月は「平年並み～かなり高い」、1 ～ 2 月は「やや低め～かなり低め」であった。

塩分は 8 月は、「平年並み～やや低め」、2 月は「平年並み～やや高め」であった。

透明度は 8 月は、「やや高め」であった。

溶存酸素は「平年並み」に推移した。夏期に酸素飽和度が 50%を下回る調査点は見られなかった。

DIN は全般に低め基調で推移した。その中で 4 月、8 月、1 月、2 月は「やや低め」、5 月は「やや低め～かなり低め」であった。

PO_4-P は全般に「高め基調」で推移した。その中で 8 月、10 月は「やや高め」～「甚だ高め」、2 月は「やや高め～かなり高め」であった。

COD は全般に低め基調で推移した。

Chl-a は 5 月は「やや低め～やや高め」であった。9 月、10 月、11 月は「平年並み～やや高め」であった。

４．赤潮発生の特徴

今年度は、有害プランクトンは各調査海域全域において低密度で推移し、漁業被害に至る赤潮形成は観測されなかった。特に周防灘を起源とし度々大発生する *K.mikimotoi* 赤潮は、遊泳細胞の広範囲での出現は確認されたが、密度増加および中層での濃密度水塊も確認されなかった。

周防灘で有害プランクトンによる赤潮が発生しなかった原因として、同海域では 6 月下旬に珪藻類が優占し、その後の栄養塩濃度の上昇した際にも、珪藻類の増殖（一部で赤潮形成）が観測されていることから、競合種である珪藻類が海域の栄養塩を利用したことによって、有害プランクトンの増殖が抑えられ低密度に推移したと推測される。

珪藻類が 6 月下旬から 7 月中旬まで断続的に優占していた要因として、6 月上・中旬に降水量が少なく、沿岸域の塩分低下による密度成層が発達しなかったことによって、海域では擾乱による珪藻シストの供給や珪藻類個体群密度が維持できやすい環境であり、その後の適度な降雨によって栄養塩が供給され、珪藻類が卓越しやすい環境であったことが考えられる。

５．主要な有害プランクトンの出現状況

１）*Heterosigma akashiwo*

5 月 17 日に初めて確認（1 細胞/ml）され、6 月 29 日には、最高密度（277,250 細胞/ml）で確認された。

２）*Karenia mikimotoi*

6 月 24 日に初めて確認（0.33 細胞/ml）され、8 月 5 日には、最高密度（250 細胞/ml）で確認された。

３）*Chattonella antiqua+marina*

5 月 17 日に初めて確認（0.66 細胞/ml）され、8 月 2 日には、最高密度（132 細胞/ml）で確認された。

４）珪藻類

大分県海域は，概ね 16.0 ～ 2697.0cells/ml で推移した。優占種は調査期間を通じて *Chaetoceros* spp.，*Skeletonema* spp.，*Nitzschia* spp.であった。

有害赤潮、貝毒プランクトン調査－２
漁場環境保全推進事業②（貝毒発生監視調査）

原 朋之・樋下雄一

事業の目的

広大な干潟を有する本県周防灘海域では、アサリ等の二枚貝を対象にする採貝漁業が営まれている。さらに、豊後高田市から香々地町の地先では、マガキやアカガイ等の貝類養殖業も行われている。

また、別府湾北部の杵築市守江地先でも、1958年頃からカキ養殖業が行われている。

本事業では、これら有用貝類の食品としての安全性を確保し、水産業の経営安定を図るために、貝毒原因プランクトンのモニタリング調査、マウス試験による貝毒検査を実施した。

事業の方法

１．水質環境・プランクトン調査

図 1 に示す周防灘南部の宇佐市和間地先の定点（S-19）及び別府湾北部の杵築市守江湾の定点（守江 1）で表 1 に示す採水層から海水 1L を採取し、水温、塩分、透明度を測定した。

採水層は、S-19 は 0.5m、5m 及び底上 1m、守江 1 は 0.5m と 2m である（表 1）。

表1　各調査点での採水層

調査点	採水層		
豊前海 和間地先(S-19)	表層（0.5m）	5m層	底層 （底上1m）
守江湾 杵築地先(守江1)	表層（0.5m）	2m層	―

海水は固定せずに持ち帰り、目合い 10μm の濾布を用いて 500mL を 3 ～ 5mL 程度に濃縮し、その全量を計数した。定点調査は原則として 1 ～ 2 回／月の頻度で行った。

なお、参考として伊予灘（浅海定線調査 Stn.1、Stn.9）の検鏡結果も記載した。

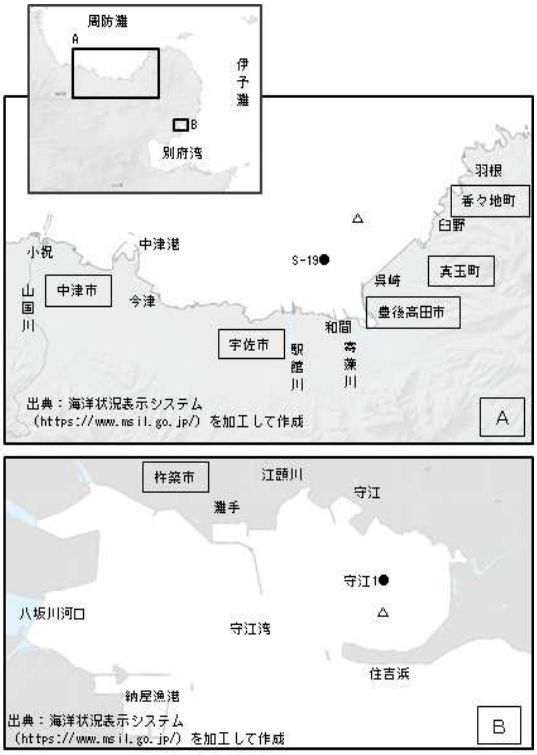


図1　貝毒成分等モニタリング事業調査定点
A：周防灘、B：守江湾
●：水質環境・プランクトン調査定点
△：マガキ（養殖）採集地点

２．貝毒検査

マウス試験による麻痺性貝毒の検査は、大分県衛生環境研究センターに依頼した。対象二枚貝は、周防灘及び守江湾の養殖マガキとした。

事業の結果

１．水質環境・プランクトン調査

主な貝毒原因プランクトンの出現状況は、以下のとおりである。

１）周防灘

Ａ．*Alexandrium*属

Alexandrium 属（*A.tamarense*）の可能性があるプランクトンが出現し、最高 18 細胞/L（2 月 23 日、WT8.7 ℃）確認された。

Ｂ．*Gymnodinium catenatum*

本年度は出現しなかった。

２）伊予灘・別府湾

Ａ．*Alexandrium*属

伊予灘・別府湾で *Alexandrium* 属（*A.tamarense*）の可能性があるプランクトンが出現した。

伊予灘では、*Alexandrium* 属（*A.tamiyavanichii*）の可能性があるプランクトンが、20 細胞/L（11 月 11 日、WT18.7 ℃）確認された。

別府湾では有毒種である *A.catenella* が出現し、最高 1,330 細胞/L（7 月 8 日、WT25.4 ℃）確認された。

Ｂ．*Gymnodinium catenatum*

本年度は出現しなかった。

Ｃ．*Dinophysis*属

別府湾で *Dinophysis sp.*が、最高 184 細胞/L（8 月 25 日、WT28.1 ℃）確認された。

２．貝毒検査

貝毒検査結果を表 2 に示した。

１）麻痺性貝毒

周防灘（豊後高田市沖）と杵築市守江地先の養殖マガキおよび中津市地先の天然アサリの麻痺性貝毒検査を合計 13 回行ったが、全て検出限界以下（ND）であった。

今後の留意点

過去に、大分県北部海域においても、麻痺性貝毒原因種の *G.catenatum*、*A.catenella*、*A.tamarense* 及び *A.tamiyavanichii* が出現することが確認されており、本年度も伊予灘において *A.catenella* もしくは *A.tamiyavanichii* の可能性があるプランクトンが確認されている。したがって今後も、引き続き慎重なモニタリング調査を実施する必要がある。

表2　2010年度貝毒検査結果

種　名	採取場所	採取年月日	個体数	重量（g）		検査年月日	麻痺性貝毒（MU/g）	
				中腸腺	可食部		中腸腺	可食部
マガキ	周防灘（豊後高田市地先）	2010.11.8	129	92.21	1138.84	2010.11.18	ND	－
		2010.12.6	100	122.20	1305.20	2010.12.16	ND	－
		2011.1.11	134	96.40	935.91	2011.1.20	ND	－
		2011.2.16	128	95.70	1013.67	2011.2.24	ND	－
	守江湾（杵築市地先）	2010.10.22	140	91.80	1198.81	2010.10.28	ND	－
		2010.11.26	91	93.75	1274.32	2010.12.2	ND	－
		2011.1.4	90	105.25	1345.44	2011.1.6	ND	－
		2011.1.31	55	100.58	1274.83	2011.2.3	ND	－
アサリ	周防灘（中津市地先）	2011.3.7	123	－	229.60	2011.3.10	－	ND

麻痺性貝毒のND：1.75MU/g未満、規制値:4MU/g（可食部）