

れ、沖合いの方から沖合い区、中区、岸区の計 3 台 240,000 個を海中垂下法により中間育成を行った (図 2)。

鉄筋カゴは、鉄製の枠に目合い 924mm のメッシュ強力網を使用した。また、鉄筋カゴ 1 台に 4 試験区 (アンスラサイト有り+洗浄、アンスラサイト有り+洗浄無、アンスラサイト無し+洗浄、アンスラサイト無し+洗浄無) を設け、アサリの成長および生残率を調査した。なお、鉄筋カゴを測定水深が 20cm になるよう沈め、その位置にデータロガーを設置して水温の連続測定を行った。

なお、育成中、水道水で 10 日に 1 回の程度の割合で、アサリ稚貝の洗浄や網掃除を行った。

3. 小祝沖での中間育成試験

試験に使用した種苗は、当グループで 2010 年の秋に採卵した人工種苗で、そのうち殻長 10mm 以下稚貝 (平均殻長 4.5mm 前後) を使用した。

中間育成は小祝沖で実施し (図 3)、鉄筋カゴ (2m × 2m × 2m) 1 台当たり人工稚貝 80,000 個入れ、計 5 台 400,000 個を埋設法により中間育成を行った (写真 4)。鉄筋カゴは、鉄製の枠に目合い 924mm のメッシュ強力網を使用した。また、各鉄筋カゴに小石 (径 2 ~ 5cm) を均一に散布した。



写真 3 中間育成の位置 (小祝漁港)

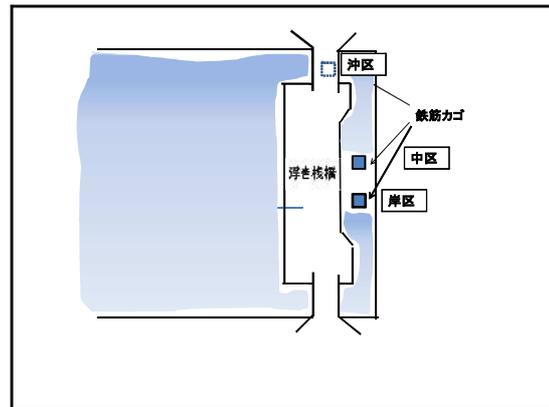


図 2 中間育成の位置 (小祝漁港)



写真 3-1 鉄筋カゴ設置風景

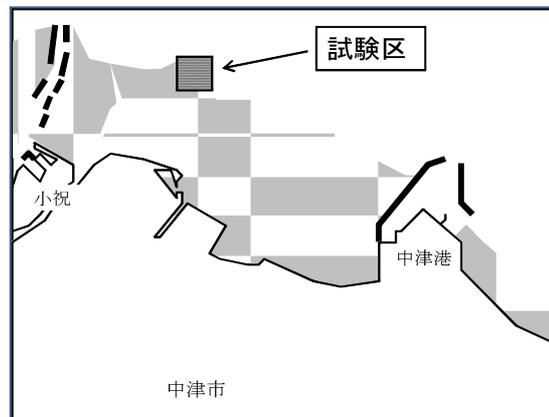


図 3 中間育成の位置 (小祝沖)



写真 3-2 鉄筋カゴ設置風景



写真 4 鉄筋カゴ設置風景

4. 真玉養殖場での中間育成試験

試験に使用した種苗は、当グループで 2011 年に採卵した人工種苗で、そのうち殻長 10mm 以下稚貝（平均殻長 1.3mm 前後）46,000 個を使用した。中間育成は、アサリを海中で育成させる「海中垂下法」で行った。アサリ稚貝を養殖場の海中に浮かばせた鉄筋カゴに野菜カゴ 1 台（43.4cm × 27.2cm × 13cm）を載せ、その中に 46,000 個入れ、砂を敷設しないで中間育成を行った（写真 2）。野菜カゴは、目合い 376mm のメッシュ強力網を覆った。試験設定は表 1 に示した。また、真玉養殖場の水深が 1.2m になるまで外海水を取り入れ、水深が 20cm に当たる所の鉄筋カゴにデータローガを設置して、水温の連続測定を行った。なお、育成中、真玉養殖場の所有者の井戸水で 1 週間に 1 回の程度の割合で、アサリ稚貝の洗浄や網掃除を行った。

事業の結果

1. 真玉養殖場での中間育成試験

2010 年 12 月 10 日に中間育成を開始し、126 日後の 4 月 15 日では、試験区（砂敷設）で平均殻長は 1.7mm から 3.8mm に成長し、生残率は 98%であった（図 4）。また、対象区（砂無し）では、平均殻長 1.6mm から 3.7mm、に成長し、生残率は 96%であった。この間、両試験区とも水温が低い 2 月中旬までは、殻長はそれ程成長してないが、その後水温の上昇とともに成長した。また、中間育成期間中の水温を図 5、6 に示した。砂水温は、1 月 17 日に最

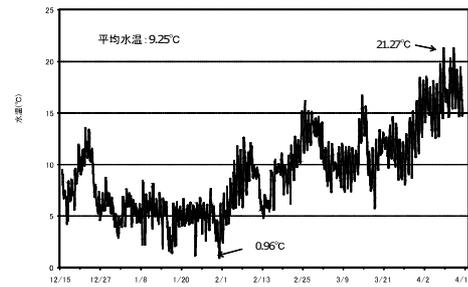


図 5 海水の水温

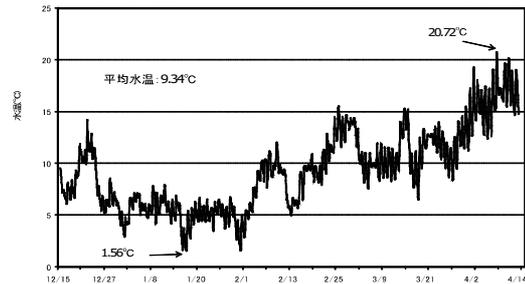


図 6 砂中の水温

も低く 1.56 °C で、最も高かったのは 4 月 7 日で 20.72 °C であった。海水温は、1 月 31 日に最も低く 0.96 °C で、最も高かったのは 4 月 7 日で 21.27 °C であった。

表 1 アサリの成長と生残率

測定日		12月10日	1月20日	2月15日	3月10日	4月15日
砂無し	生残数	5,000		5,200		4,800
	生残率	100%		104%		98%
	出現密度(個/m ²)	42,356		44,050		40,661
	殻長(mm)	1.60	1.61	1.64	2.17	3.68
	経過日数	0	41	67	90	126
	日間成長率(mm)	-	0.00024	0.00060	0.00633	0.01651
砂有り	生残数	5,000		5,100		4,900
	砂有(生残率)	100%		102%		98%
	出現密度(個/m ²)	42,356		43,203		41,509
	殻長(mm)	1.67	1.68	1.64	2.17	3.82
	経過日数	0	42	67	90	126
	日間成長率(mm)	-	0.00024	-	0.00556	0.01706

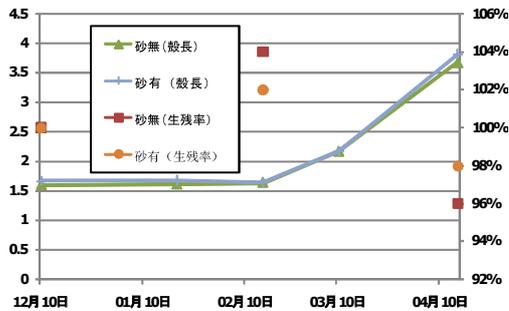


図 4 アサリの成長と生残率（殻長：mm）

2. 小祝漁港での中間育成試験

2011 年 6 月 9 日に中間育成を開始し、70 日後の 8 月 18 日では、平均殻長は 3.5mm から 7.7mm に成長し、生残率は 81%であった。沖区の月別のアサリの成長をみると、6 月までは成長は早かったものの、7 月では成長は鈍化し、8 月に入って再び成長は早くなった（表 2、図 7）。

また、8 月 18 日における沖・中・岸ごとの試験区別アサリの平均殻長を比較すると、沖区で大きい方から、アンストラサイト+洗浄>アンストラサイト無+洗浄無>アンストラサイト+洗浄無>アンストラサイト無+洗浄の順であった（図 8 - 沖区）。

多重比較検定により、アンストラ・洗浄とアンストラ・洗浄無しとの間、アンストラ・洗浄とアンストラ無し・洗浄との間、アンストラ・洗浄無しとアンストラ無し・洗浄との間、アンストラ無し・洗浄と、アンストラ無し・洗浄無しとの間に有意差 (<0.05) があつた。

さらに、中区で大きい方から、アンストラサイト+洗浄無>アンストラサイト無+洗浄無>アンストラサイト+洗浄>アンストラサイト無+洗浄の順であった（図 8 - 中区）。

表 2 アサリの成長と生残率

	6月9日	6月19日	6月29日	7月9日	8月3日	8月18日
アンスラ・洗浄	殻長 3.50 経過日数 — 日間成長率 —			6.73 29 0.112	7.09 55 0.095	9.41 70 0.094
アンスラ無・洗浄	殻長 3.50 経過日数 — 日間成長率 —			6.09 29 0.098	7.27 55 0.098	6.10 70 0.093
アンスラ・洗浄無	殻長 3.50 経過日数 — 日間成長率 —	4.84 10	5.10 19 0.084	6.15 29 0.091	6.86 55 0.091	8.71 70 0.074
アンスラ無・洗浄無	殻長 3.50 経過日数 — 日間成長率 —	4.79 10	5.58 19 0.105	6.79 29 0.113	7.31 55 0.099	8.89 70 0.217

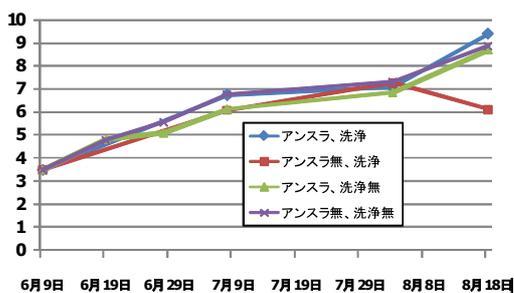


図 7 アサリの試験区別成長（殻長：mm）

多重比較検定により、アンスラ・洗浄とアンスラ・洗浄無しとの間、アンスラ・洗浄とアンスラ無し・洗浄との間、アンスラ・洗浄無しとアンスラ無し・洗浄との間、アンスラ・洗浄無しとアンスラ無し・洗浄無しとの間、アンスラ無し・洗浄とアンスラ無し・洗浄無しとの間に有意差 (<0.01) があった。

岸区で大きい方から、アンスラサイト+洗浄無>アンスラサイト+洗浄>アンスラサイト無+洗浄無>アンスラサイト無+洗浄の順であった（図 8 - 岸区）。

多重比較検定により、アンスラ・洗浄とアンスラ・洗浄無しとの間、アンスラ・洗浄とアンスラ無し・洗浄との間、アンスラ・洗浄無しとアンスラ無し・洗浄との間、アンスラ・洗浄無しとアンスラ無し・洗浄無しとの間に有意差 (<0.01) があった。

8月18日における沖・中・岸ごとの試験区別アサリの生残率を比較すると、沖区で生残率の高い方から、アンスラサイト+洗浄無>アンスラサイト+洗浄>アンスラサイト無+洗浄無>アンスラサイト無+洗浄の順であった（図 9 - 沖区）。

中区で生残率の高い方から、アンスラサイト無+洗浄無>アンスラサイト無+洗浄>アンスラサイト+洗浄無>アンスラサイト+洗浄の順であった（図 9 - 中区）。

岸区で生残率の高い方から、アンスラサイト+洗浄>アンスラサイト無+洗浄>アンスラサイト無+洗浄無>アンスラサイト+洗浄無の順であった（図 9 - 岸区）。

区域別の試験区別アサリの生残率を χ^2 独立性の検定により検定すると、沖区、中区および岸区全区において、有意差 (<0.05) が認められた。

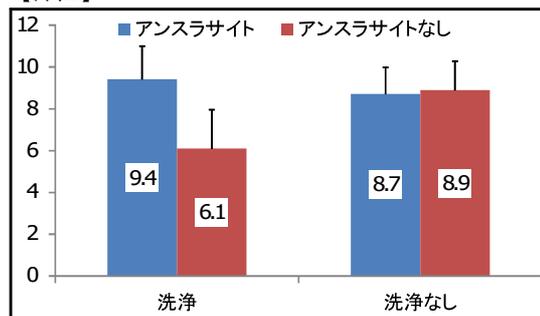
中間育成期間中の水温を図 10 に示した。水温は、6月16日に最も低く 17.7℃で、最も高かったのは 8月12日で 32.0℃であった。

また、3試験区のうち、最も海水交換が良好であった試験区は沖区で、次に岸区、中区と続いた。特に、中区は海水交換が不良で、鉄筋カゴを覆う被覆網に多くの汚れが観られ、アンスラサイト内にも浮遊物の混入が見られた。

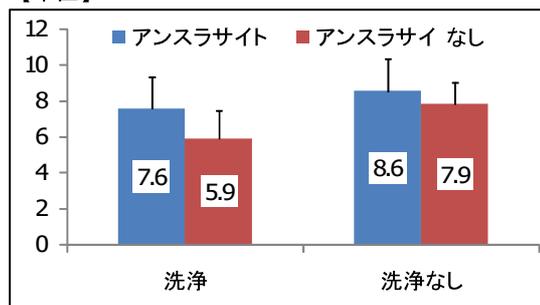
3. 小祝沖での中間育成試験

2011年6月3日に中間育成を開始し、89日後の8月31日では、平均殻長は 4.5mm から 16.8mm に成長し、生残率は 52.6%であった（表 3、図 11、12、13）。

【沖区】



【中区】



【岸区】

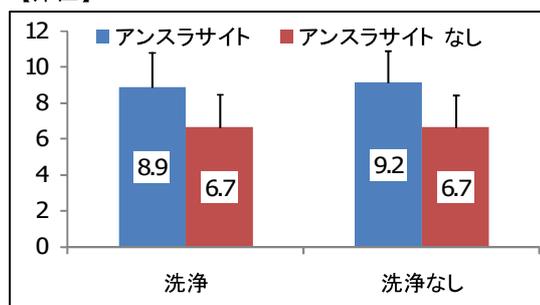
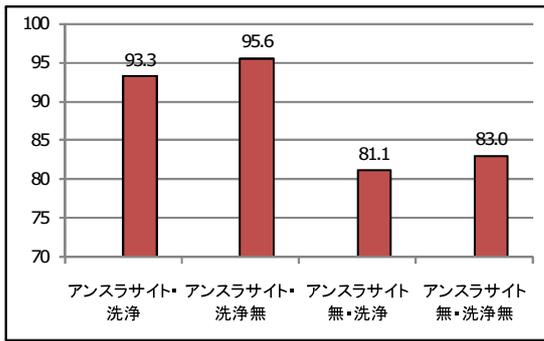
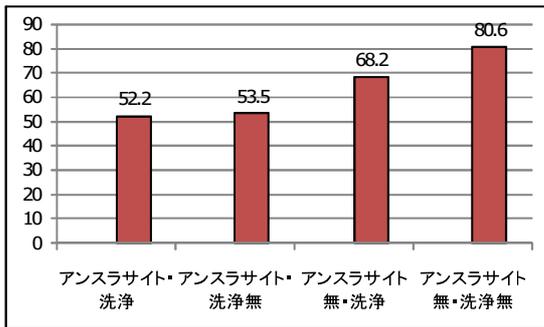


図 8 試験区別の平均殻長の比較（殻長：mm）

【沖区】



【中区】



【岸区】

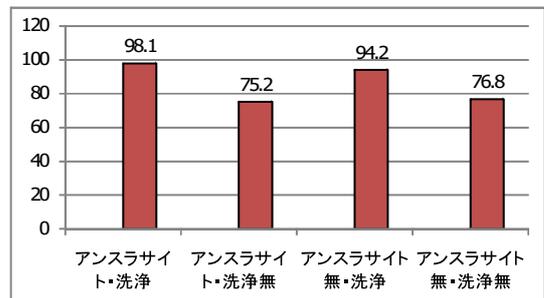


図9 試験区別生存率の比較 (単位: %)

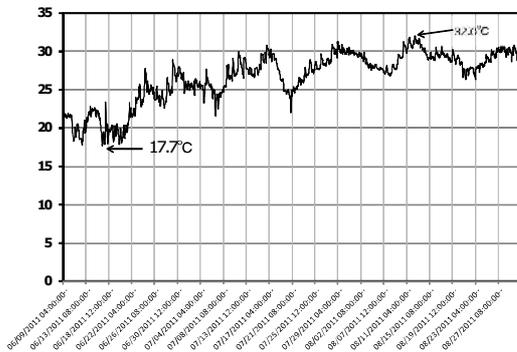


図10 小祝漁港の水温

表3 アサリの成長と生存率

月日	6月3日	7月13日	8月31日
殻長(mm)	4.45	7.58	16.83
経過日数(日)	0	40	89
日間成長率(mm/日)	-	0.07825	0.139101
生存率	100%	97%	53%

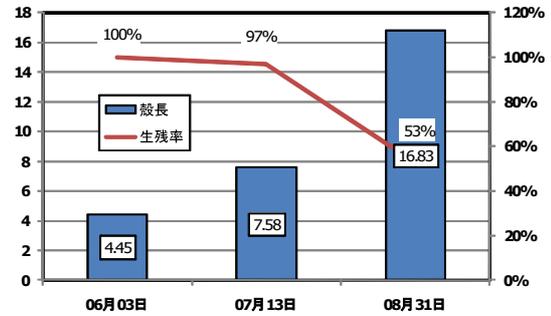


図11 アサリの成長と生存率 (殻長: mm)



図12 試験区別アサリの平均殻長

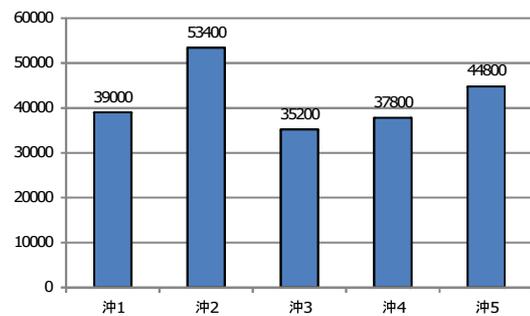


図13 試験区別アサリの生存数(単位: 個)

4. 真玉養殖場での中間育成試験

2011年11月1日に中間育成を開始し、155日後の4月4日には、平均殻長は1.3mmから4.0mmに成長し、生存率は76%であった。この間、両試験区とも水温が低下する2月中旬までは、殻長はそれ程成長してないが、その後水温の上昇にともない成長した(図14、表4)。また、中間育成期間中の水温を図15に示した。

表 4 アサリの成長と生残率

月日	11月1日	12月16日	1月18日	2月16日	4月4日
生残数	46,000	38,500	44,481	43,951	37,733
生残率	100%	84%	89%	88%	76%
出現密度(個/m ²)	389,672	326,139	376,804	372,315	319,641
殻長(mm)	1.26	1.83	2.72	2.3	4.01
経過日数(日)	0	45	78	107	155
日間成長率(mm)	—	0.012667	0.018718	0.00972	0.017742

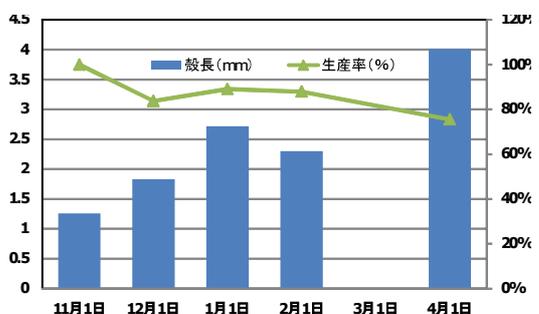


図 14 アサリの成長と生残率（殻長：mm）

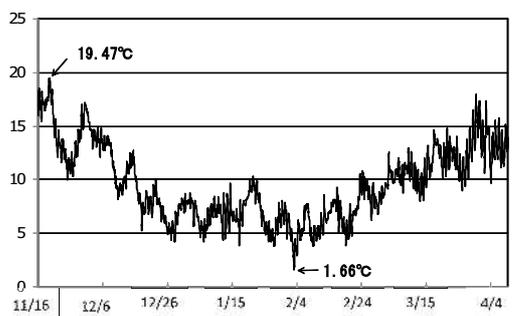


図 15 真玉養殖場の水温

考察および今後の問題点

1. 真玉養殖場での中間育成試験

冬期は低水温であるため、アサリはそれ程成長しなかったが、生残率は 90%以上を示した。この要因として、期間中の最低水温が -2°C を下回ることがなかったことと、週に一度の野菜カゴ、アサリの掃除等の管理を行ったことによるものだと考えられる。

また、海水温と砂中の水温を比較をすると、砂中の水温が期間中、最も低下した 1 月 17 日に 1.56°C を示した一方で、そのときの海水温は 1.53°C 、最も高かった 4 月 7 日に 20.72°C であった一方で、その時の海水温は 20.94°C であったことから、砂中では水温変化を抑制することが推測された。

2. 小祝漁港での中間育成試験

8 月 18 日の沖区でのアンスラサイト無+洗浄区の殻長が 8 月 8 日より小さくなったのは、測定に

問題があったことが考えらる。

8 月 18 日のアサリの殻長を観ると、沖区では、アンスラサイトの使用・使用せずとの間に有意差が認められていることから、アンスラサイトの使用は、アサリの成長を促すことが推測された。また、洗浄・洗浄無しとの間に有意差が認められ、洗浄しない方が成長が良かった。これは、1 週間に 1 回程度の洗浄では、洗浄による成長効果よりも、洗浄作業にともなうストレスによる成長抑制効果が増したため、結果として成長が抑制されたのではないかと考えられる。また、中区・岸区も沖区と同様な検定結果を示し、同様なことが考えられた。

次に、8 月 18 日のアサリの生残率を観ると、沖区と岸区から、アンスラサイトの使用は、不使用よりもアサリの生残率を高めることが推測された。

また、中区では、アンスラサイトを使用しない方が使用するよりも逆に生残率が高かった。これは、中区のアンスラサイト内に多く見られた浮遊物がアサリの生残に何らかの影響を及ぼしたことが考える。

一方、淡水による洗浄効果を見ると、沖区と中区の結果から洗浄しない方が洗浄するよりも生残率が高かったが、岸区では逆に、洗浄した方が洗浄しないよりも生残率が高い結果となった。1 週間に 1 回程度の淡水洗浄では、アサリの生残率を高める効果を発揮できるとは言えない。

3. 小祝沖での中間育成試験

7 月 13 日～8 月 31 日の間で、生残率が低下した要因として、 30°C 以上の水温上昇とこの間のアサリの急成長にともなう餌不足が考えられる。

4. 真玉養殖場での中間育成試験

本試験は、以前に実施した試験(1. 真玉養殖場での中間育成試験(2010.12.1～4.15))と比較すると、約 9 倍の放養密度で試験を行ったものの、生残率を 76%を維持し、日間成長率も 0.017742mm と以前の調査結果(0.01706mm (砂有り)、 0.01651mm (砂無し))よりも高かった。このことから、さらに放養密度を高めても、今回の試験で得られた成長以上のものを期待できる可能性もでてきた。

5. まとめ

殻長 10mm 以下のアサリを 10mm までに育成する効果的な中間育成法について考察し、図 16 に示した。殻長 1mm の稚貝を 5mm までに育成する方法として、野菜カゴ使用による海中垂下法を行った。この方法により、放養密度を 40 万個/m²にした場合、週に一度の野菜カゴ、アサリの掃除等の管理を行えば、80%以上の生残率が得られる可能性

がでてきた。

殻長 5mm の稚貝を 10mm までに育成する方法として、鉄筋カゴ使用による海中垂下法を行った。この方法により、放養密度を 2 千個/m² にした場合、アンストライトを使用し、週に一度以上の鉄筋カゴ、アサリの海水洗浄による管理を行えば、90%に近い生残率が得られる可能性がでてきた。

一方、もう一つの間育成方法として、鉄筋カゴ使用による埋設法がある。今回の調査結果で、生残率は約 50%程度であるが、成長は海中垂下法よりも早いことがわかった。以上両者の特長の違いを表 5 に示した。

海中垂下法は、漁港内等といった陸の近場に行うものなので、設置に要する時間が短く、管理しやすい。

一方、埋設法は、干潟の沖合い域で設置することになり、鉄筋カゴを船に積載したり、スコップを使って鉄筋カゴを埋設する為、設置に要する時間が長く、管理しにくい。

また、8 月に入ると海中垂下法は埋設法と比べ水温が高くなるので、斃死が起こりやすくなる。このため、30℃以上の高水温になるまでに 10mm サイズまで成長させておかなければならず、早期にアサリの間育成を開始する必要がある。

最後に、海中垂下法による中間育成期間中（殻長 1mm ～ 10mm）のアサリの生産原価（アサリ 1 個

を生産するのに要する経費で人件費を除く）を試算してみた。

・野菜カゴを使用しての中間育成（殻長 1 ～ 5mm）

野菜カゴ 1 台当たり 80,000 個収容し、1 台を海中に吊るした場合、この間の経費は表 6 のとおり、2,133 円となる。

・鉄筋カゴを使用しての中間育成（殻長 5 ～ 10mm）

野菜カゴで育成したアサリ稚貝（殻長 5mm）を鉄筋カゴ 1 台に収容し 10mm まで中間育成した場合、この間の要する経費は表 7 のとおり、20,000 円となる。

したがって、殻長 1mm ～ 10mm の間に関わる施設経費としては、

$$2,133 \text{ 円} + 20,000 \text{ 円} = 22,133 \text{ 円となる。}$$

一方、アサリ稚貝（殻長 1mm）80,000 個を中間育成し、最も良い生残率を $0.97 \times 0.8 = 0.78$ としたときの生残数は、 $80,000 \times 0.97 \times 0.8 = 62,080$ 個となる。このときのアサリの生産原価は、

$$22,133 \text{ 円} \div 62,080 \text{ 個} = 0.36 \text{ 円/個となる。}$$

また、最も悪い生残率を $0.97 \times 0.5 = 0.49$ としたときの生残数は、 $80,000 \times 0.97 \times 0.5 = 38,800$ 個となる。このときのアサリの生産原価は、

$$22,133 \text{ 円} \div 38,800 \text{ 個} = 0.57 \text{ 円/個となる。}$$

海中垂下法および埋設法のいずれにおいても、中間育成の規模を拡大するには、さらなる設置および管理に要するコスト削減を図る必要がある。

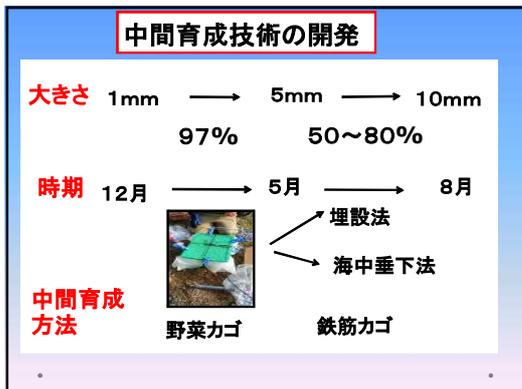


図 16 中間育成方法

表 5 海中垂下法と埋設法の比較

中間育成方法	メリット	デメリット
海中垂下法	・生残率が高い ・設置時間が短く、管理しやすい	・成長が遅い ・早期に中間育成を開始する必要がある
埋設法	・成長が早い	・生残率が低い ・設置時間が長く、管理しにくい

表 6 野菜カゴ使用しての中間育成に要する経費

	単価	個数	計
野菜カゴ	1,130	1	1,130
メッシュ強力網	458	2	916
ロープ等一式	87	1	87
計			2,133

表 7 鉄筋カゴ使用しての中間育成に要する経費

	単価	個数	計
鉄筋カゴ	3,000	1	3,000
メッシュ強力網	7,000	1	7,000
ポリ漁網	2,000	1	2,000
ロープ等一式	8,000	1	8,000
計			20,000

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 天然稚貝保護対策

片野晋二郎・米田一紀・岩野英樹・木村聡一郎

事業の目的

豊前海でのアサリ資源回復をはかる一環として、アサリ *Ruditapes philippinarum* の天然発生稚貝の保護研究及び対策を行った。

本県の過去の調査で、拳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とされている。一方で、2011 年春期に、中津市小祝の転石帯に稚貝の発生が確認された。

本年度は、転石帯で発生したアサリ稚貝を被覆網方式により保護し、漁獲サイズまでの成長及び生残を調査し、アサリ稚貝の有効利用を検討した。

ところで砂質漁場への放流方法は、被覆網方式であると網の内部や上部に砂が堆積し、アサリが斃死するため生残率が低い。またステンレスカゴ(鉄筋の枠にステンレス製の網を貼り付けたもの)、網カゴ(鉄筋の枠に防風網を貼り付けたもの)では経費及び人手がかかるため大規模実施に課題がある。そこで、砂原での安価で有効な放流方法の開発を行った。

事業の方法

1. 転石帯における天然稚貝保護の検討

本年度の転石帯における試験は、表 1 に示したとおり 1 試験区の面積を $2\text{m} \times 2\text{m} = 4\text{m}^2$ とした。場所は、図 1 に示す小祝地先の地盤高 0.8m の転石帯で実施した。被覆網方式で 9mm 目合い(石 9mm 区)、4mm 目合い(石 4mm 区)、2mm 目合い(石 2mm 区)とそれぞれ変えた 3 区と網無区(石網無区)の 4 試験区をそれぞれバラツキを考慮し、同じ条件の試験区を各 3 区ずつ設定した(合計 12 試験区: 図 2)。

被覆網は縁辺に鋼製の長さ 30cm の杭を 30cm 間隔に打ち込んで網を押さえつけた。網無区の周囲には 50cm 間隔に杭を打ち込んで目印とした。

試験設定は石 9mm 区及び石網無区は 4 月 6 日に、石 4mm 区と石 2mm 区は 6 月 16 日に行った。追跡



図1 試験位置

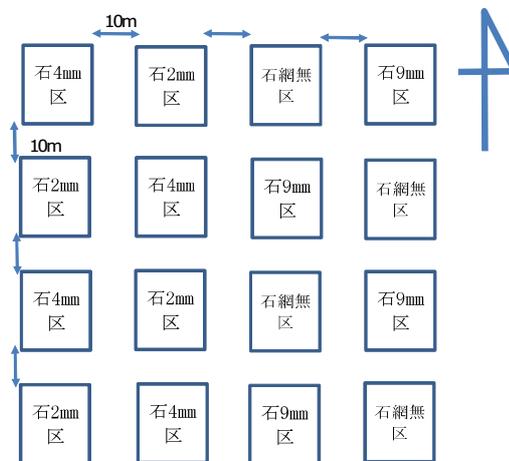


図2 転石帯試験設定図

調査は 1 ヶ月毎に $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ の坪刈りを各試験区 6 カ所行い、目合い 2mm 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、試験区毎に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 $\text{g}/(\text{殻長 cm} \times \text{殻高 cm} \times \text{殻幅 cm})$)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。試験の間、網の交換は行わなかった。

表1 天然稚貝保護試験設定

試験場所	試験設定 年月日	放流地の 底質	試験区 面積 (m ²)	試験方法	放流 年月日	放流時 平均 殻長 (mm)	放流密度 (個/区)	放流個数 (個/区)	試験区数	被覆網の 目合い (mm)	環境調査 の有無	試験区名	試験項目
中津市小祝	4月6日	転石帯	4	被覆網	-	-	-	-	3	9	-	石9mm区	基本区
中津市小祝	6月11日	転石帯	4	被覆網	-	-	-	-	3	4	-	石4mm区	目合い比較
中津市小祝	6月11日	転石帯	4	被覆網	-	-	-	-	3	2	-	石2mm区	目合い比較
中津市小祝	4月6日	転石帯	4	網無	-	-	-	-	3	-	-	石網無区	網の有無比較
中津市小祝	4月6日	砂質帯	4	被覆網	-	-	-	-	3	9	○	砂9mm区	基本区
中津市小祝	4月6日	砂質帯	4	網無	-	-	-	-	3	-	○	砂網無区	網の有無比較
中津市小祝	4月6日	砂質帯	4	土糞	4月6日	10.5±1.82	2,000	8,000	3	9	○	土糞区	浮子網区との比較
中津市小祝	4月6日	砂質帯	4	浮子網	4月6日	10.5±1.82	2,000	8,000	3	9	○	浮子網区	土糞区との比較

表2 成熟度判定基準

熟度	身入り	外見		生殖巣切開時	
		生殖腺 色	状態	生殖巣の にじみ方	生殖巣 の状態
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	切開と同時にドットにじみ出る。	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	ドットでない。	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。	-

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
 (2011年大分県漁業管理課)の私信による。

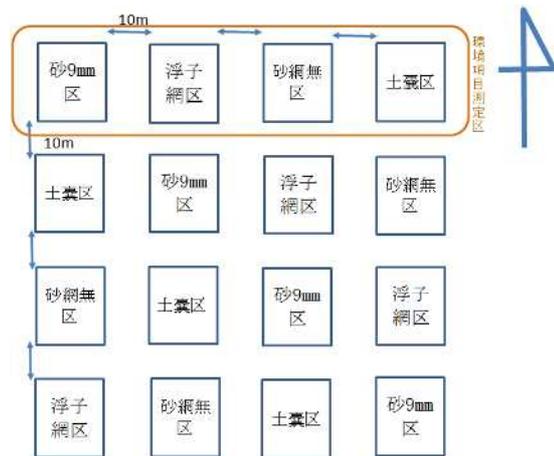


図3 砂質帯試験設定図

2. 砂質帯における天然稚貝保護の検討

砂質帯における試験は表1に示したとおり1試験区の面積を2m × 2m = 4m²とした。被覆網方式で9mm目合い(砂9mm区)、と網無区(砂網無区)の2試験区をそれぞれバラツキを考慮し、同じ条件の試験区を各3区ずつ設定した(合計6試験区: 図3)。

試験の場所は、図1に示す小祝地先の地盤高約70cmの砂質帯で行った。砂質帯では被覆網は鋼製の長さ70cmの杭を50cm間隔に打ち込んで網を押さえつけた。なお、網無区の周囲には50cm間隔に杭を打ち込んで目印とした。

試験は4月6日に開始し、追跡調査の方法は1. 転石帯における天然稚貝保護の検討と同様とした。

なお、図3の環境項目測定区とした試験区では、アサリのサンプリング時に、現地干潟上の砂泥(表層から2cmまで)を採集し、粒度組成、強熱減量、底質表層中の全色素量を測定した。強熱減量および全色素量は-30℃で冷凍保存の後、測定した。また、1区ずつの中心に、データロガー(ONSET社、Tidbitv2)が地面より10cmに埋設されるように固定

した鉄製杭(30cm)を設置した。

地盤高の推移は、試験区を真中とし、横に2mの鉄杭8本(4対)を1m50cmの深さになるように打ち込み、杭間に2mmKPロープを張りすぎぬ様、また緩まぬ様に張り、そのロープと試験区の地面との高さを1辺4箇所を4辺の計16箇所を測定し、その平均値を試験区の平均地盤高とした(図4)。ロープは調査毎に付け外した。

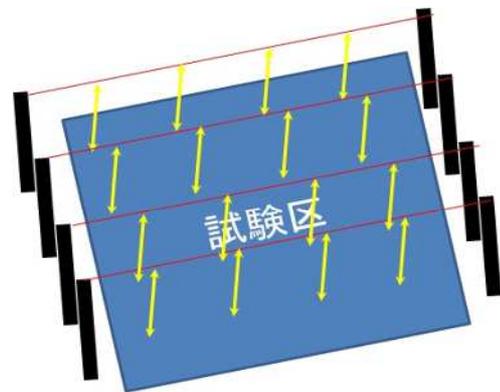


図4 地盤高推移の計測方法

3. 砂質帯における放流方法の検討

本年度の砂質帯における放流方法の試験は表 1 に示したとおり 1 試験区の面積を $2\text{m} \times 2\text{m} = 4\text{m}^2$ とした。全ての試験で使用した被覆網は全て 9mm 目合いで四隅及び辺の中心を 70cm の鉄筋杭で固定した。立体的な被覆網を行うことを目的とし、土嚢（7 個/辺 \times 2 段 \times 4 辺）を口の字に組み、その上から防風網（ $4\text{m} \times 4\text{m}$ ）を被せ、網の弛みが無いよう、また網が波浪により浮動しない様、土嚢 7 個/辺で網の縁をおさえた（土嚢区）。また、被覆網に浮子を中心 1 個及び中心からそれぞれの角を結ぶ直線上の中心に 4 個つけた網を土嚢 7 個/辺で網の縁をおさえた（浮子網区）、2 試験区をそれぞれバラツキを考慮し、同じ条件の試験区を各 3 区ずつ設定した（合計 6 試験区：図 3）。場所は、図 1 に示す小祝地先の地盤高約 70 cm の砂質帯で行った。

放流は 4 月 6 日に開始し、追跡調査の方法は 1. 転石帯における天然稚貝保護の検討と同様とした。

環境項目測定区の調査は、2. 砂質帯における天然稚貝保護の検討と同様にした。放流に供した種苗は、主に当チームで 2009 年春に採卵し、2011 年 4 月 1 日に取り上げた人工種苗である。そのうち平均殻長 $10.5\text{mm} \pm 1.82$ の種苗をラッカーズプレーで標識を行った後、放流試験に供した。放流は密度が $2000 \text{個}/\text{m}^2$ になるよう、土嚢区、浮子網区で行った。

事業の結果

1. 転石帯における天然稚貝保護の検討

図 5 に密度の推移を示した。石 9mm 区は 8 月 31 日まで密度が増加し $3,444 \text{個}/\text{m}^2$ となった後、10 月に大きく減少し、再び 11 月に増加したが、1 月及び 2 月にかけて減少し、3 月 21 日では $1,092 \text{個}/\text{m}^2$ となった。石網無し区は 6 月にかけて密度が増加したが $2,119 \text{個}/\text{m}^2$ 、その後 10 月まで減少を続け $183 \text{個}/\text{m}^2$ 、11 月から横ばいとなった。石 4mm 区及び石 2mm 区は 7 月 4 日から試験終了までの間、緩や

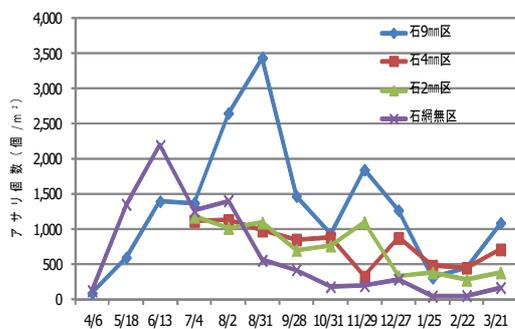


図5 試験区別密度の推移

かな減少傾向であった。有意差があったのは 5 月 18 日の石 9mm 区と石網無し区 (t-test : $P < 0.05$)、8 月 31 日の石 9mm 区と石網無し区 (t-test : $P < 0.05$) であった。

図 6 に平均殻長の推移を示した。全ての区で 8 月まで平均殻長は増加し、石網無し区では 10 月以降減少傾向を示した。石 9mm 区、石 4mm 区、石 2mm 区では、10 月以降横ばい傾向を示し、2 月以降減少傾向を示した。

図 7 に肥満度の推移を示した。9mm 区では 13.2 ~ 17.7、石 4mm 区では 12.1 ~ 18.6、石 2mm 区では 11.2 ~ 18.0、石網無し区 13.8 から 15.6 の範囲で推移した。

図 8 に群成熟度の推移を示した。9mm 区では 0.0 ~ 0.6、石 4mm 区では 0.0 ~ 0.5、石 2mm 区では 0.0 ~ 0.6、石網無し区 0.0 から 0.8 の範囲で推移した。

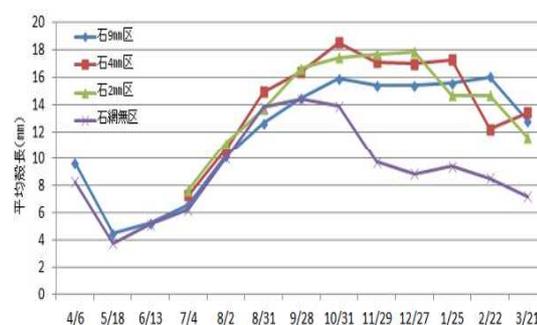


図6 試験区別平均殻長の推移

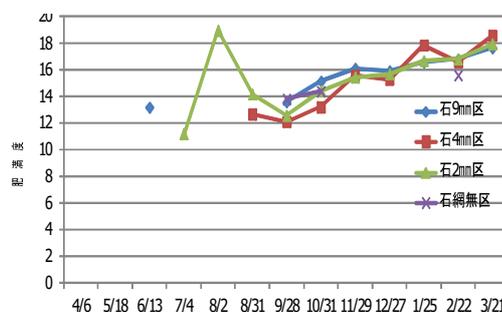


図7 試験区別肥満度の推移

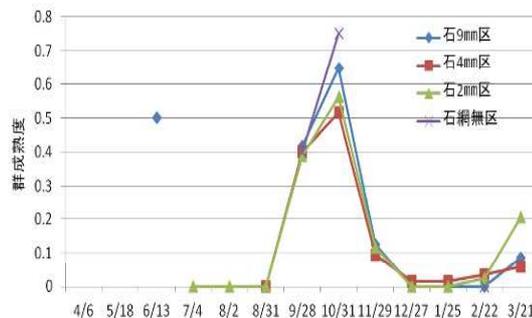


図8 試験区別群成熟度の推移

2. 砂質帯における天然稚貝保護の検討

図 9 に密度の推移を示した。砂 9mm 区は 28 ~ 125 個/m²、砂網無区 17 ~ 178 個/m² で推移した。

図 10 に平均殻長の推移を示した。砂 9mm 区は 3.4 ~ 11.6mm、砂網無区 3.5 ~ 12.5mm で推移した。有意差があったのは 5 月 18 日 (t-test : P<0.05)、8 月 31 日 (t-test : P<0.05) であった。

粒度組成の推移を、砂 9mm 区は図 11、砂網無区は図 12 に示した。砂 9mm 区は 9 月に 63μm 以下の割合が 17.5% となり、500μm 以上の割合が 23.2% と減少した。その後、63μm 以下の割合が減少し、3 月には 250μm 以下の割合が 44.7% と高い値を示した。

砂網無区は砂 9mm 同様に 9 月に 125μm 以下の割合が 48.1% となり、500μm 以上の割合が 27.6% と減少した。その後、125μm 以下の割合が減少し、3 月には 500μm 以下の割合が 32.0% と高い値を示した。

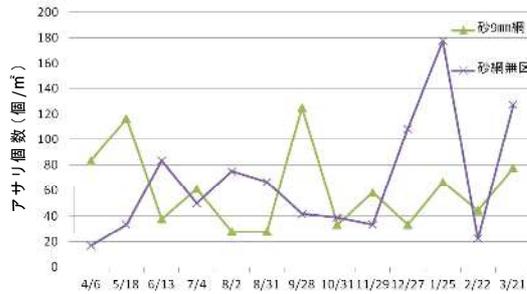


図9 試験区別密度の推移



図10 試験区別平均殻長の推移

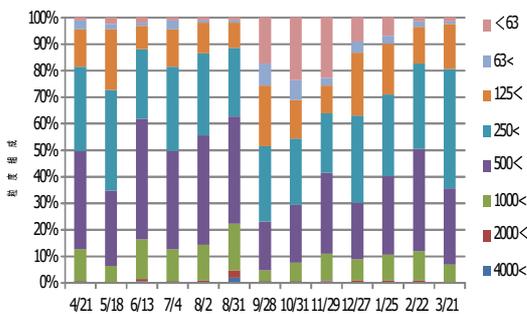


図11 砂9mm区の粒度組成の推移

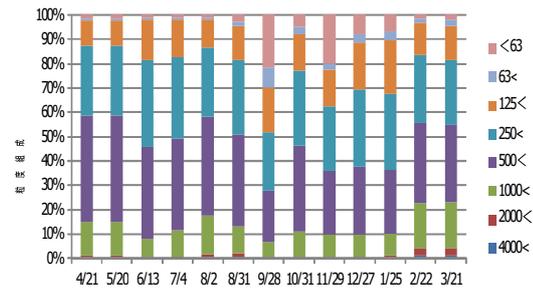


図12 砂網無区の粒度組成の推移

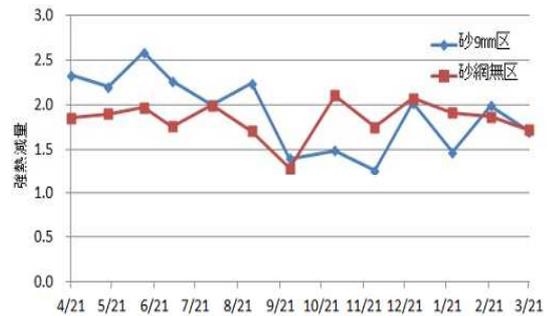


図13 試験区別強熱減量の推移

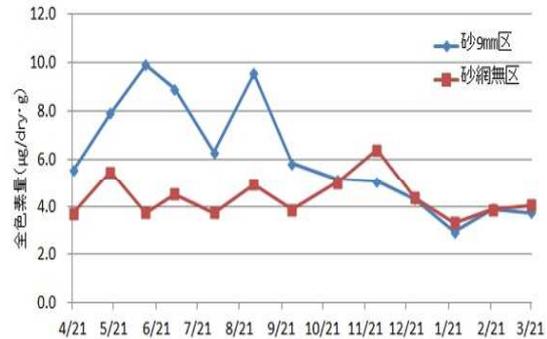


図14 試験区別底質表層中の全色素量の推移

強熱減量の推移を図 13 に示した。砂 9mm 区は 1.3 ~ 2.6、砂網無区 1.3 ~ 2.0mm で推移した。全ての区で有意差はなかった (t-test : P>0.05)。

底質表層中の全色素量の推移を図 14 に示した。砂 9mm 区は 2.9 ~ 9.9μg/dry · g、砂網無区 1.3 ~ 2.0μg/dry · g で推移した。全ての区で有意差はなかった (t-test : P>0.05)。

泥温の推移を図 15 に示した。砂 9mm 区、砂網無区は同様の推移を示し、砂 9mm 区 5.3 ~ 30.9 °C、砂網無区 4.9 ~ 31.0 °C で推移した。

開始時を 0 とした時の試験区別地盤高の推移を図 16 に示した。砂 9mm 区は - 1.5 ~ 6.1cm、砂網無区 - 0.7 ~ 5.2cm で推移した。

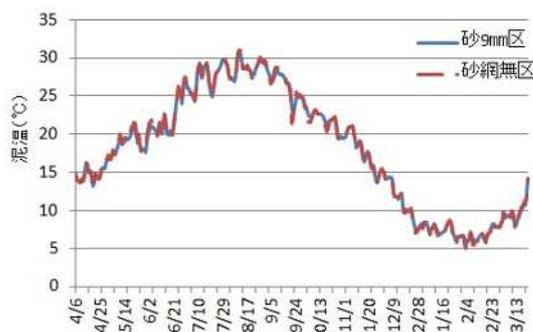


図15 試験区別日平均泥温の推移



図16 開始時を0とした時の試験区別地盤高の推移

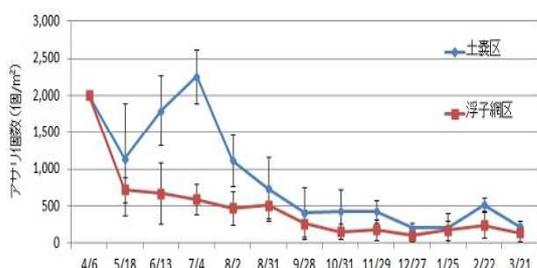


図17 試験区別密度の推移

3. 砂質帯における放流方法の検討

密度の推移を図 17 に示した。土囊区では 7 月 4 日まで大きな減少は見られなかったが、8 月 2 日では 1116.7 個/m² となり、その後も減少傾向を示し、試験終了時 3 月 21 日では 227.8 個/m² であった。

浮子網区では 1 ヶ月後の 5 月 18 日に大きく減少し 716.7 個/m²、その後も緩やかに減少し、3 月 21 日では 133.3 個/m² であった。

図 18 にアサリ平均殻長の推移を示した。土囊区では試験開始から 9 月 28 日まで順調に成長し (26.9mm)、その後緩やかな成長を示し、試験終了時 3 月 21 日では 29.9mm となった。浮子網区では土囊区と同様の傾向を示し、9 月 28 日まで順調に成長し (28.6mm)、その後緩やかな成長を示し、試験終了時 3 月 21 日では 30.6mm となった。

粒度組成の推移を、土囊区は図 19、浮子網区は図 20 に示した。土囊区は 9 月 28 日では 63μm 以下の割

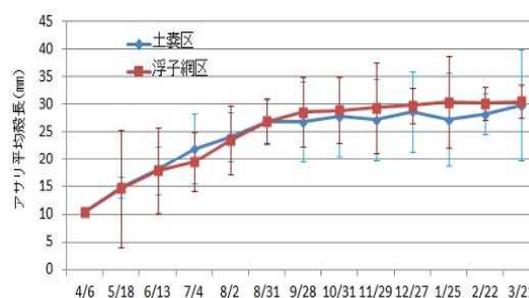


図18 試験区別アサリ平均殻長の推移

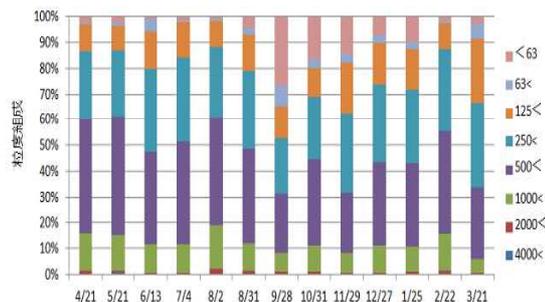


図19 土囊区粒度組成

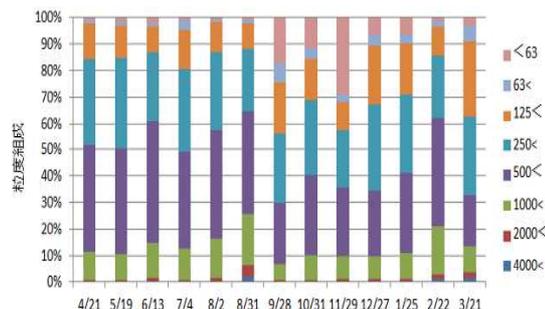


図20 浮子網区粒度組成

合いが 26.6%となり、500μm以上の割合が 31.2%と減少した。その後、63μm以下の割合が減少し、3 月には 2.6%となった。浮子網区の 9 月 28 日では 63μm 以下の割合が 17.7%となり、500μm以上の割合が 30.0%と減少した。11 月 29 日の調査では 63μm以下の割合が 28.8%と再び増加し、3 月 21 日には 3.0%となった。

強熱減量の推移を図 21 に示した。土囊区は 1.6 ~ 6.7、浮子網区 1.6 ~ 3.6mm で推移した。



図21 試験区別強熱減量の推移

底質表層中の全色素量の推移を図 22 に示した。土嚢区は 3.0 ~ 13.2 $\mu\text{g}/\text{dry} \cdot \text{g}$ 、浮子網区 3.4 ~ 13.1 $\mu\text{g}/\text{dry} \cdot \text{g}$ で推移した。

泥温の推移を図 23 に示した。土嚢区、浮子網区は同様の推移を示し、土嚢区 4.7 ~ 29.9 $^{\circ}\text{C}$ 、浮子網区 4.9 ~ 29.9 $^{\circ}\text{C}$ で推移した。

開始時を 0 とした時の試験区別地盤高の推移を図 24 に示した。土嚢区は 4.0 ~ 19.8 cm 、浮子網区 0.7 ~ 15.1 cm で推移した。

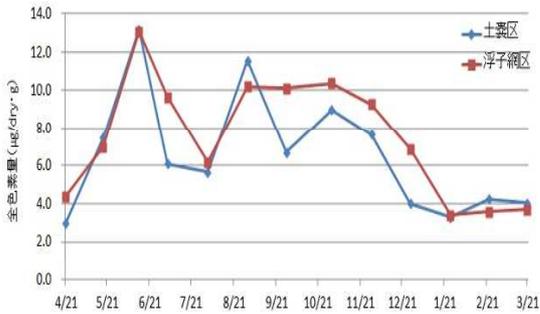


図22 試験区別底質表層中の全色素量の推移

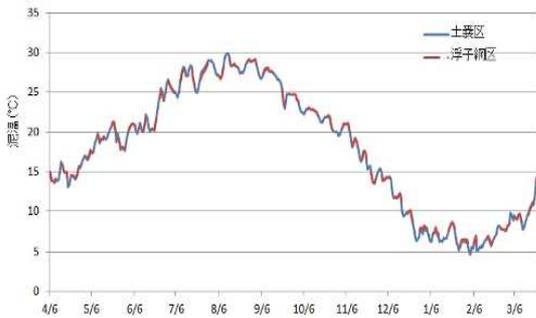


図23 試験区別日平均泥温の推移



図24 開始時を0とした時の試験区別地盤高の推移

経費の比較について表 3 に示した。砂質漁場の従来の放流方法である網カゴ式と比較して、網カゴを 100 とすると、土嚢式では 16.4、浮子網式では 14.1 と低コスト化が図れた。

表3 試験区別の経費比較

100 m^2 の経費 (円/ m^2)	土嚢区	浮子網区	網カゴ (参考)
網代	237	237	-
網カゴ (2 $\text{m} \times 2\text{m} \times 0.3\text{m}$)	-	-	5,000
杭 土嚢区・浮子網区 9 $\text{mm} \times 70\text{cm}$ 480円/本	960	960	940
網カゴ 9 $\text{mm} \times 60\text{cm}$ 470円/本			
人件費 (7,000円/日)	70	70	5,600
土嚢	480	280	-
雑費	100	100	100
合計	1,847	1,647	11,640
網カゴを100としたとき	15.9	14.1	100

今後の問題点

1 転石帯に発生した稚貝は、どの試験区も夏期まで成長し、密度も増加及び維持したが、それ以降は大型個体の減耗、小型個体の加入などで成長が停滞した。夏期のアサリ減耗機構の解明が必要である。

2 土嚢区及び浮子網区では、過去の石原被覆網の成績と比較すると生残が劣った。原因としては、10月～12月にかけて被覆網上にホトトギスがマットを形成し、海水交換の阻害していた可能性がある。また、使用した土嚢が3ヵ月から4ヵ月で崩壊する状況が確認できた。そのため、砂の流入により、地盤高が高くなる事が観察された。また、食害生物の侵入も確認された。土嚢の材質の見直し及びホトトギスマット除去について検討する必要がある。

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 に造成された人工石原において、隣接する砂質帯（以後、砂原）に比べて多くのアサリ着底稚貝が生息していることがわかった。¹⁾しかし、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 年度は今後、人工石原を造成する際の参考資料とするために人工石原帯の物理環境（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、石原での被覆網設置により、被覆時期によって稚貝の集積状況が変化することが考えられたため、²⁾ 1 ヶ月毎に被覆を行い、天然稚貝を集積させるためにより効率的な被覆時期を検討した。

事業の方法

1. 人工石原の物理環境調査

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帯（以後、沖石原）と同河口沖約 200m

に造成された人工石原帯（以後、陸石原）の 2 つの人工石原において、2011 年 11 月に沖石原で 24 点、陸石原で 12 点、定点を設置し、調査を行った(図 1)。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、表面に露出している石の面積、泥分率、強熱減量を求めた。それぞれの石原について上記の物理環境を説明変数、アサリ着底稚貝量を応答変数とした一般化線型モデルによって解析を行った。解析には R2.11.1 を用いた。

2. 人工石原における被覆網試験

上記の沖石原において、2011 年 4 月～7 月、9 月～11 月に 3 種類の目合い（2mm、4mm、9mm）を 1 ヶ月毎に被覆し（図 2）、2011 年 8 月と 12 月に前述のアクリルコアを用いた着底稚貝調査及び 20cm 四方のコデラートを用いて枠取り調査を行った。

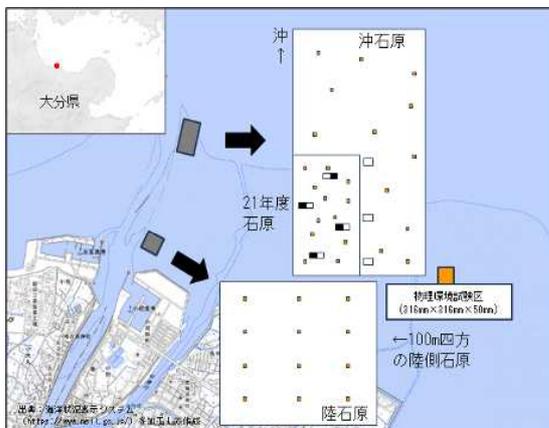


図1 調査定点

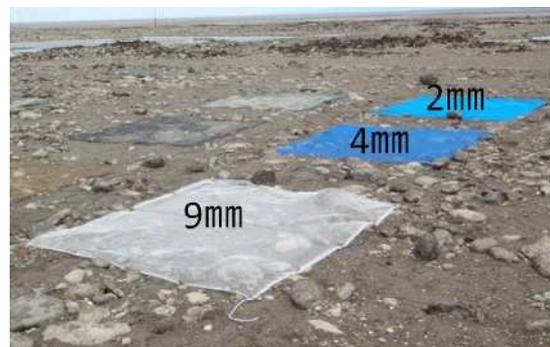


図2 被覆網試験定点画像

事業の結果と考察

1. 人工石原の物理環境調査

一般化線型モデルによる解析を行ったところ、沖石原では地盤高、石の体積、沖陸方向が説明変数として選択された。また、陸石原では石の体積、河川からの距離が選択された。今回の調査から 800m 離れた 2 つの石原においてもアサリ着底に影響を及ぼす要因が異なっていた。これらのことから、今後石原造成を行う際は場所による特性に留意しながら造成を行うべきである。特に、石原造成のような大規模な工事の場合、事前に予定地の物理環境を調査し、周辺もしくは過去にアサリが多かった場所の物理環境に極力近づけるように造成を行うべきである。本試験で調査を行った沖石原は周辺のアサリが生息している石原と物理環境（石の大きさ、量）に似せて造成したため、造成後にアサリが増加したと考えられる。また、今回の調査で両石原ともに塩分環境が作用していることが伺えた（沖石原では沖陸方向＝河口からの距離、陸石原では河川からの距離）。これらのことから、今後は塩分環境とアサリの生息についての調査が必要になってくると考えられる。

2. 人工石原における被覆網試験

被覆網試験では春被覆に関しては、95%信頼区間からはずれたものの、時期の後半（6月、7月）に被覆することが効果的であると示唆された（図 3）。目合いに関しても細かい目合い（2mm、4mm）の被覆をすることで天然稚貝を多く残すことが示唆されたが、いずれの目合いも被覆なしの区に比べると有意に多く残すことができた（ $p < 0.05$ 図 4）。秋被覆に関しては 9mm 目合いが一番アサリを残すこ

とができた（ $p < 0.05$ 図 5）。被覆時期に関しては明確な結果が出なかったが、9月に被覆することが効果的であると示唆された（図 6）。このように被覆する時期（春、秋）によって目合いやタイミングが異なる理由としては、春被覆の場合は 5 月後半から 6 月前半まで雨の影響で河川の水が大量に流出し、その結果網の下の環境が悪くなったために 4、5 月被覆区においてアサリが少なかったと考えられる。逆に秋被覆の場合、10 月以降風当たりが非常に強いことから、砂質に比べて底質が安定している石原といえども、砂が巻き上げられ、その結果アサリが逸散したと考えられる。

また、目合いに関しては秋被覆では夜潮になるため、網にノリ等の付着物がついてしまい、目合いの細かい網の場合目が詰まってしまうため 9mm 目合いが一番効果的であったと考えられる。このように、石原に被覆する場合にはその場所の環境要因によって被覆するタイミングや目合いが変わってくるため、現場にあった方法を行うべきである。

文 献

- 1) 三代和樹, 福田祐一, 齊藤 肇, 秋山吉寛. アサリ資源回復にむけての人工転石帯の有効性. 大分県農林研究指導センター研究報告（水産研究部編）2011；1：23-27.
- 2) 三代和樹, 樋下雄一. 豊前海におけるアサリ資源回復に関する調査研究－8. 平成 23 年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告 2011；224-225.

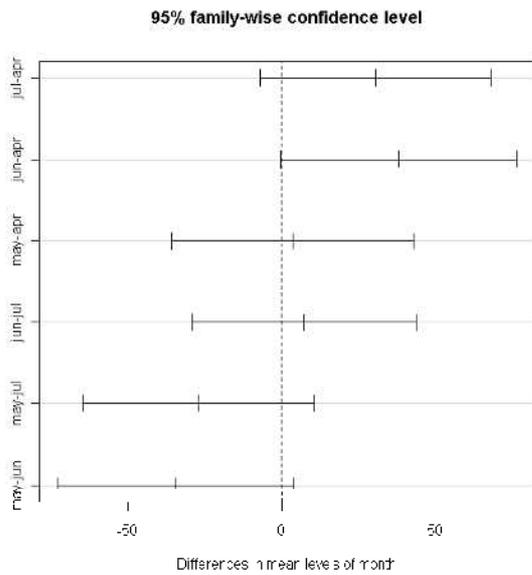


図3 春被覆における被覆月の比較

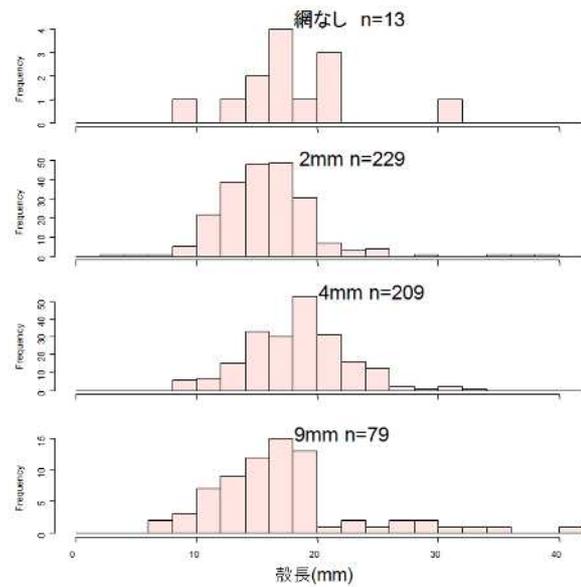


図4 6月被覆区における目合い比較

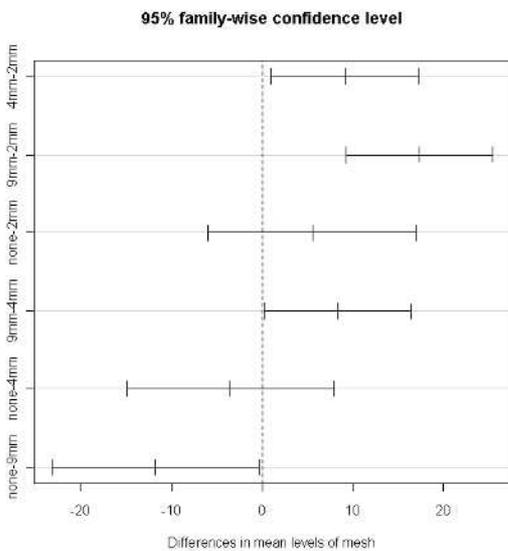


図5 秋被覆における被覆目合いの比較

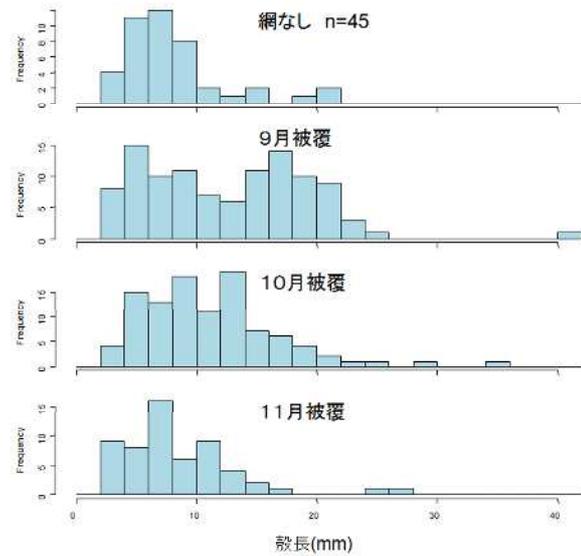


図6 秋被覆における9mm被覆の被覆月比較

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）

（国庫委託金）

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と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（上月）1 回、漁船「武丸」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「武丸」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 4 月と 8 月と翌年 1 月と 2 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、PO₄-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「武丸」、破線部が「豊洋」。

表1 2011年度調査実施日

	武丸		豊洋	
第 1 回	2011年	4月11日	2011年	欠測
第 2 回		5月9日		5月25日
第 3 回		6月6日		6月8日
第 4 回		7月4・5日		7月6日
第 5 回		8月4日		欠測
第 6 回		9月1日		9月8日
第 7 回		10月4日		10月5日
第 8 回		11月1日		11月8日
第 9 回		12月6日		12月6日
第 10 回	2012年	1月6日	2012年	欠測
第 11 回		2月3日		欠測
第 12 回		3月1日		3月6日

表2 平年較差の評価基準

階級	平年較差の範囲
「平年並み」	$\delta < 0.6\sigma$
「やや〇〇」	$0.6\sigma \leq \delta < 1.3\sigma$
「かなり〇〇」	$1.3\sigma \leq \delta < 2.0\sigma$
「甚だ〇〇」	$2.0\sigma \leq \delta$

δ は平年較差の大きさを表し、「〇〇」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6月中旬は「かなり低め」であった。一方、6月下旬は「甚だ高め」、9月中旬は「かなり高め」、11月上旬は「甚だ低め」であった。

旬別降水量を図3に示した。5月下旬、6月中旬、9月中旬、10月下旬、11月中旬、12月上旬、2月下旬は「甚だ多め」、2月上旬は「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6月中旬、12月上旬、2月上旬、3月上旬は「甚だ少なめ」、11月上旬、2月下旬は「かなり少なめ」であった。一方、3月下旬は「かなり多め」であった。

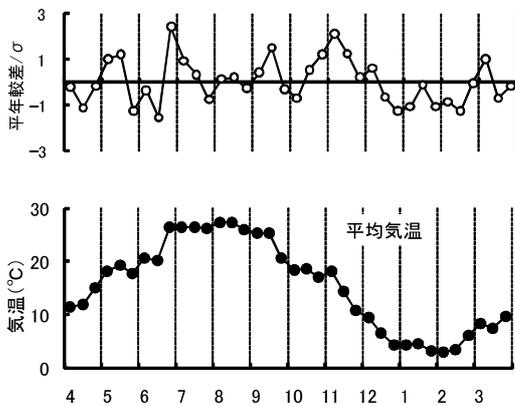


図2 豊後高田地先における2011年度旬別平均気温 (大分地方気象台地域気象観測(豊後高田市))

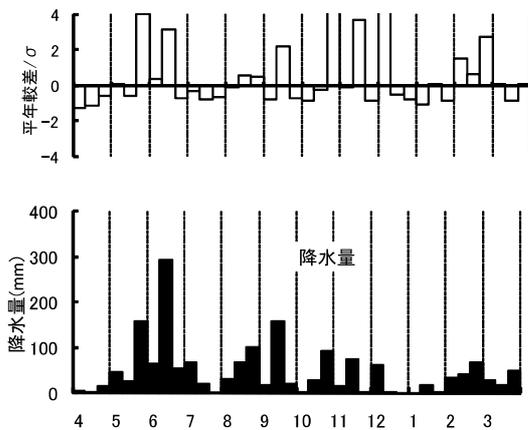


図3 豊後高田地先における2011年度旬別降水量 (大分地方気象台地域気象観測(豊後高田市))

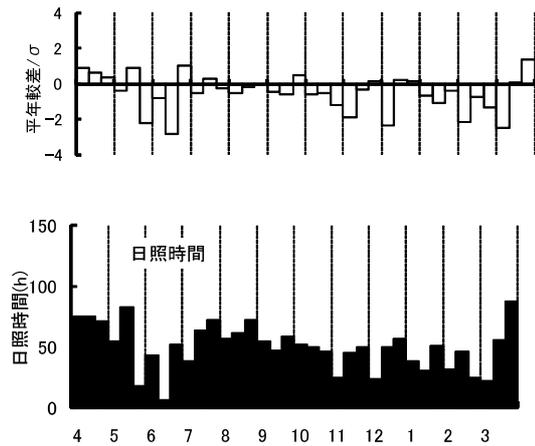


図4 豊後高田地先における2011年度旬別日照時間 (大分地方気象台地域気象観測(豊後高田市))

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。11月、12月の水温は「やや高め～かなり高い」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。

5月の塩分は、「やや高め～かなり高め」、11月は「平年並み～かなり低め」、12月は「やや低め～かなりかなり低め」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。12月の透明度は、「かなり高め」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6月だけは「やや高め」～「甚だ高め」であった。

PO₄-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5月は「やや高め」～「甚だ高め」、6月の低層は「甚だ高め」、3月は「やや高め」～「甚だ高め」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11月は「平年並み～かなり低め」、12月は「やや高め～かなり高め」に推移した。夏期(7月のみ、8月、9月は欠測)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。6月は「やや高め～かなり高め」であった。11月は「やや高め～甚だ高め」であった。

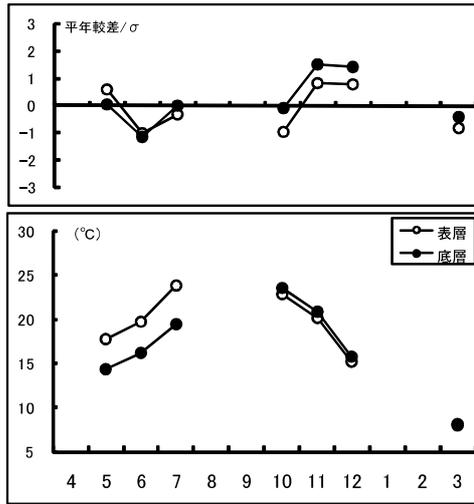


図5 水温の推移と平年較差

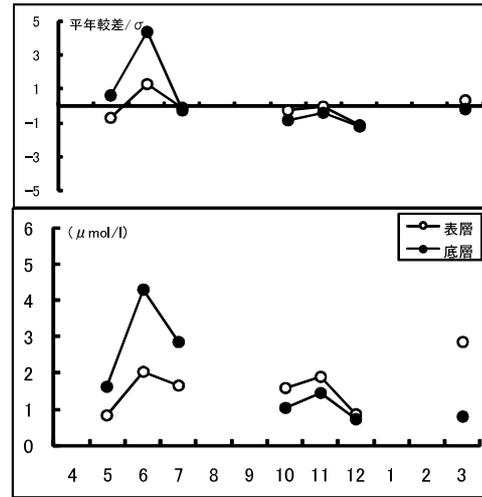


図8 DINの推移と平年較差

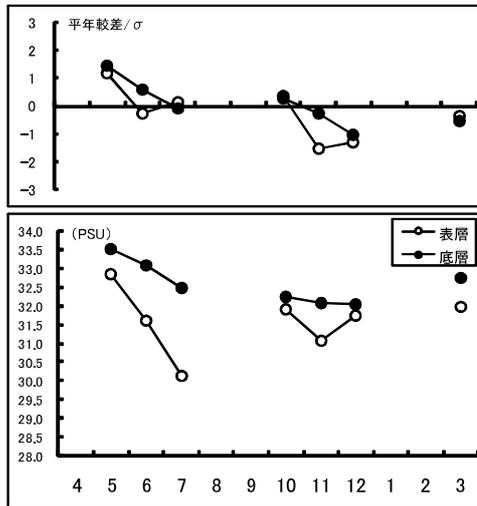


図6 塩分の推移と平年較差

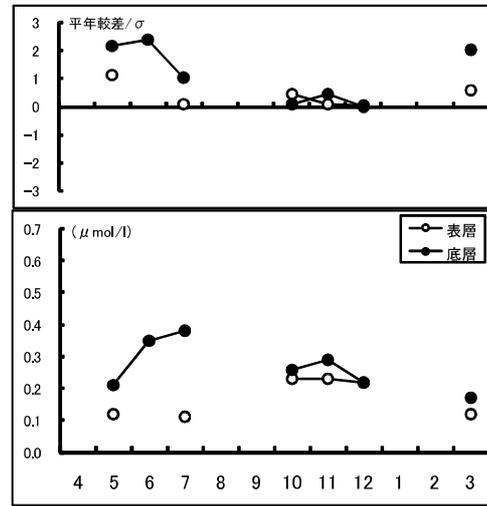


図9 PO₄-Pの推移と平年較差

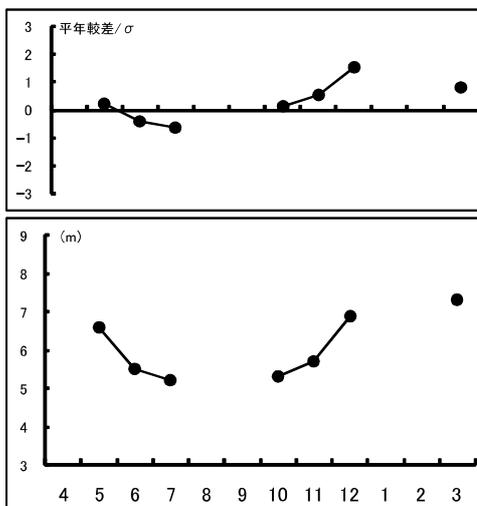


図7 透明度の推移と平年較差

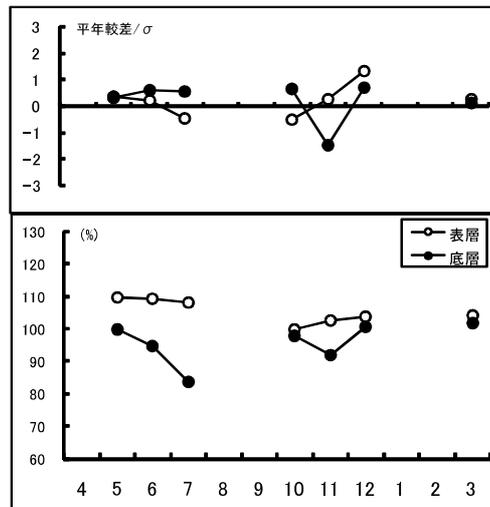


図10 溶存酸素飽和度の推移と平年較差

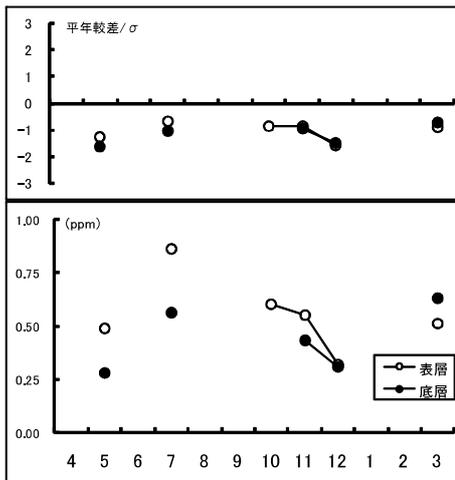


図11 CODの推移と平年較差

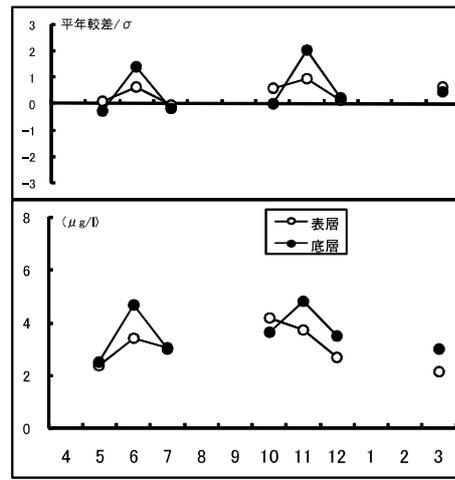


図12 クロロフィルaの推移と平年較差

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）

米田一紀・樋下雄一・原 朋之

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23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。

1. 平成23（2011）年度の養殖結果

1) 採苗

採苗は中津市は10月9日、宇佐市は10月7日および10日に開始された。採苗期の水温は21～22℃と、平年並か1℃前後低めで、好天も続いたため、胞子の放出日は10～12日の短期間で終了した。芽付きは濃いめが多かった。

2) 養殖および病害状況

10月：肉眼視は早い網で20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、珪藻の付着が目立った。下旬には軽度の芽いたみも見られた。

11月：水温は高めに転じた。特に11月2日以降は、平年と比べ2～3℃高い水温が頻繁に観測された。期間の中旬は中津、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。色調は良いものの、引き続き珪藻の付着が目立った。中津で4日、宇佐で7日頃から冷凍入庫が開始され、ピークは7～8日、17日までには完了した。入庫枚数は中津1,300枚、宇佐60枚であった。7日に中津でバリカン症状が発生し、その後柳ヶ浦（17日）でも確認された。テレホンサービスで、ノリ網を沈ませる、ネットをかけるなどの対策を指導した。その後、バリカン症が中津市の漁場全体に拡大したため、18日にFAX病害情報にて状況と対策を周知した。17日には中津市で赤ぐされ病を初認し、FAXにて病害情報を発行した。その後、赤ぐされ病の拡大は見られなかった。宇佐市では27日より摘採が開始された。

12月：月の中旬は水温がやや高めであったが、中旬に入りやや低めに転じた。中津市では11月末から12月の中旬にかけて冷凍網の出庫が行われた。中

津市のバリカン症は12月の中旬には一部で終息を見せ始め、特に沖側では順調な伸びが見られたが、初摘採は12月20日頃と約1ヵ月の遅れとなった。15日には中津市で赤ぐされ病が確認され、FAXにて病害情報の発行を行った。

1月以降：月を通じて平年より1～2℃低い低水温傾向が続いた。ノリの色調は一時的に低下することもあったが、概ね良い状態となった。全国的な秋芽の不調で値が入り、4月まで生産が続けられた。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14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6回であった。生産枚数700万枚（対前年比92%）、生産金額4,990万円（同104%）、平均単価7円13銭（同89銭高）、1経営体あたりの生産金額は238万円（同39万円増）であった。生産枚数は昨年度を下回ったものの、全国的な生産不調から平均単価が上昇し、生産金額は昨年を上回った。結果、1経営体あたりの生産金額も240万円近くに達し、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1～3℃程度低めで推移した。
10月：月の中旬より平年並みで推移した。
11月：月を通して平年より1～3℃高めで推移した。
12月：月の中旬は平年より1～3℃高めであったが、中旬よりやや低めに転じた。
1月以降：2月までは平年より1～2℃低めで推移していたが、3月に入ってから平年並みで推移した。

表1 平成23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 H23.12.8	第2回 H23.12.25	第3回 H24.1.12	第4回 H24.1.26	第5回 H24.2.9	第6回 H24.2.23	第7回 H24.3.8	第8回 H24.3.22	第9回 H24.4.12	1～9回 累計	前年度累計 (平成22年度)	対前年比 (%)	
中津市 小祝①										0	0	-	
中津市 小祝②		出		876,700 6,628,813 7.56	751,300 4,872,317 6.49	771,700 5,174,559 6.71	877,400 5,974,514 6.81	975,900 6,928,416 7.10	201,100 748,278 3.72	4,454,100 30,326,897 6.81	4,918,700 29,695,174 6.04	91 102 113	
中津市 中津東②				128,900 1,274,812 9.89	396,100 3,286,859 8.30	527,200 4,056,002 7.69	631,500 4,856,536 7.69	512,000 3,784,718 7.39	17,200 87,548 5.09	2,212,900 17,346,475 7.84	2,503,300 16,745,157 6.69	88 104 117	
中津市 和田②		品				中津東②に含まれる				0	0	-	
宇佐市 柳ヶ浦①							154,800 958,522 6.19	75,400 549,322 7.29	94,800 652,212 6.88	10,800 2,223,668 6.62	335,800 1,123,982 5.95	188,900 1,233,982 5.95	178 198 111
宇佐市 長洲②		な								0	14,400 74,736 5.19	- -	
宇佐市 和間②										0	0	-	
杵築市①		し								0	21,300 109,917 5.16	- -	
杵築市②										0	0	-	
大分県 計	0	0	0	1,005,600 7,903,625 7.86	1,147,400 8,159,176 7.11	1,453,700 10,189,083 7.01	1,584,300 11,380,372 7.18	1,582,700 11,365,346 7.18	229,100 899,438 3.93	7,002,800 49,897,040 7.13	7,646,600 47,748,966 6.24	92 104 114	

表 2 大分県の乾ノリ共販結果 過去14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
23	21	7,003	49,897	2,376

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。

1月以降：上記同様であった。今漁期は降水量の増加により、一時的な低比重が数回観測された。

3) 降水量

図3および図4に平成23(2011)年9月～24(2012)年3月までの月別降水量を示した。

平成24年1月を除き、全ての月で平年を上回っ

た。特に10～11月は平年の約1.5倍、2月は平年の約2倍の降水量となった

4) 栄養塩量（溶存性無機態窒素量、DIN）

図5に高田港先端、中津港西側および長洲における平成23(2011)年9月末～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：引き続き高い値で推移した。

11月：長洲では引き続き高い値が観測された。中津、高田では値の低下が見られ、全体的には中津で40～60ガンマー、高田で20～30ガンマーの低い値で推移した。

12月：いずれの観測地点でも10～50ガンマーの低い値で推移した。

図6には、平成2(1990)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(2004)年度までは100ガンマーを超える年も見られたが、17(2005)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であるが、今期のような低比重の頻発する状況下では注意が必要である。

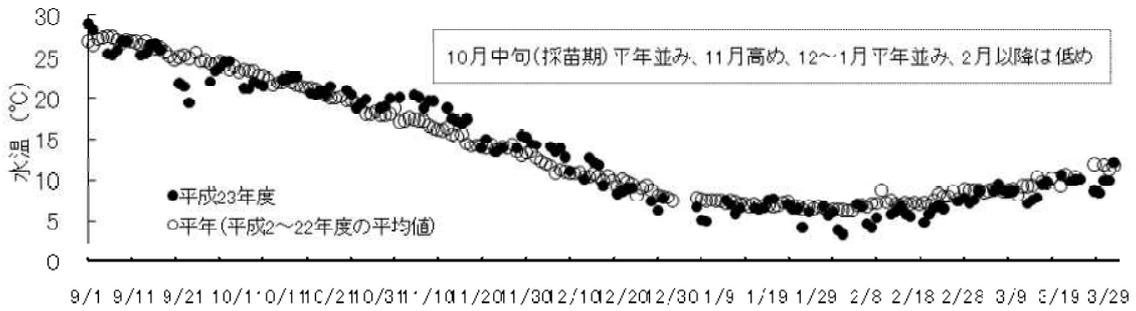


図1 高田港先端の水温 (9月1日~3月31日)

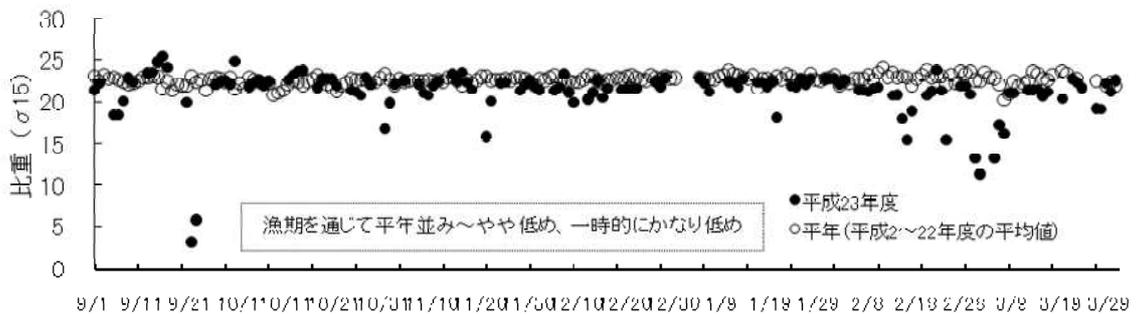


図2 高田港先端の比重 (9月1日~3月31日)

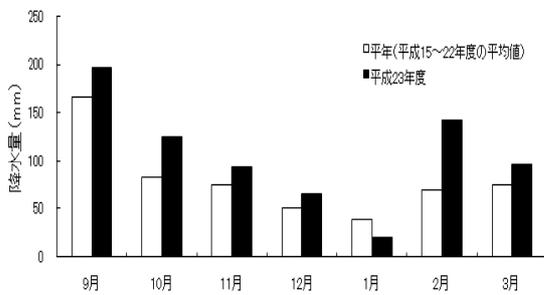


図3 月別降水量 (高田)

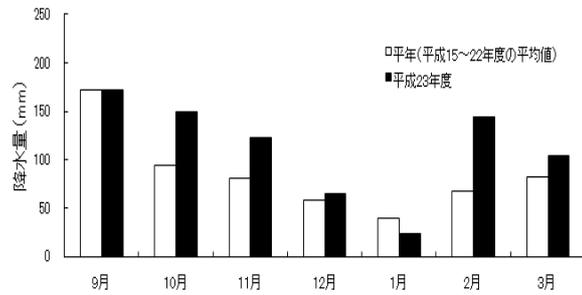


図4 月別降水量 (中津)

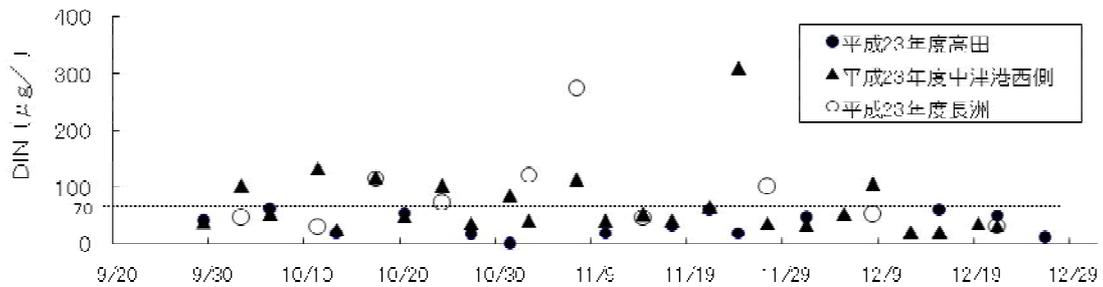


図5 栄養塩量 (DIN) の変化 (9月29日~12月26日)

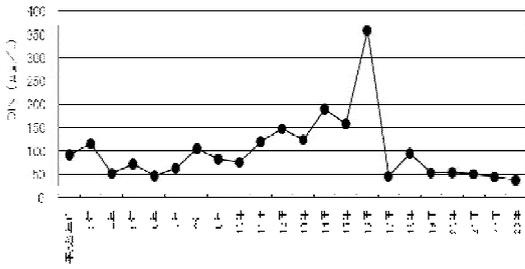


図6 高田港先端の平均栄養塩量の推移
18年度までは10～1月、19年度以降は10～12月

5) DINとDIP

図7に示した。DIPは6.1～51.4μg/l、平均20.0μg/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、平均すると2.3:1となり、N不足の減少が目立った。この傾向は昨年度と同様であった。¹⁾

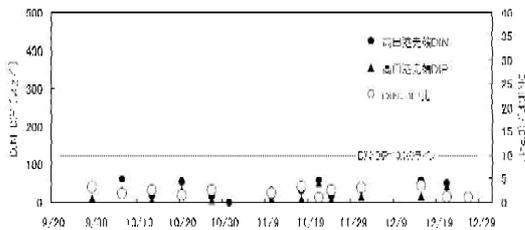


図7 高田港先端のDIN、DIP、DIN:DIP比
(9月29日～12月26日)

3. 情報活動

1) テレホンサービス

平成 23(2011)年 9 月 30 日から平成 24(2012)年 2 月 3 日までの間、気象・海況・養殖管理・病害発生

状況や対策などの情報を第 31 号まで発信した。また、DIN(溶存性無機態窒素量)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このべ353回、1日平均2.8回であった。

2) ノリ病害情報の発行

11月17日および12月15日に中津での赤ぐされ病発生、11月のバリカン症の拡大に伴い、FAXにてノリ病害情報を発行した。

3) 検査及び指導

漁期中には各地の種糸提供者をはじめ依頼者からの種糸を検鏡し、芽付きの確認や病害の有無を判断するとともに、現地で幼芽の生育状況や病害発生状況などを調査した。これらの結果は協議会会員を通じ生産者及び漁協へ速やかに連絡した。検査依頼人数はこのべ93人であった(表3)。

表3 平成23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	13	4	3	0	0	20
西中津	0	8	1	1	0	0	10
東中津	0	7	3	1	0	0	11
和 田	0	8	6	1	0	0	15
中津市(計)	(0)	(36)	(14)	(6)	(0)	(0)	(56)
柳ヶ浦	0	6	6	5	1	0	18
和 間	0	7	7	4	1	0	19
宇佐市(計)	(0)	(13)	(13)	(9)	(2)	(0)	(37)
合 計	0	49	27	15	2	0	93

文 献

- 1) 伊藤龍星, 原 朋之, 樋下雄一, 岩本郁生. 資源・環境に関するデータの収集・情報の提供ー5ノリ養殖安定対策推進事業(情報の提供と技術指導). 平成22年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告2011; 230-233.

有害赤潮・貝毒プランクトン調査ー 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）

岩野英樹・宮村和良・原 朋之

事業の目的

瀬戸内海西部に位置する周防灘及び豊後水道・別府湾周辺海域では、*Karenia mikimotoi*をはじめとする有害赤潮が頻繁に発生し、周防灘では赤潮発生前後にたびたび貧酸素水塊が形成されるなど、深刻な漁業被害が発生している。また、瀬戸内海で発生する赤潮による漁業被害の大半は、この瀬戸内海西部海域に集中しており、とくに養殖業の盛んな豊後水道周辺海域における赤潮対策は緊急かつ喫緊の課題となっている。

これらのことから、*Karenia mikimotoi*をはじめとする有害プランクトンの初期発生から増殖・消滅に至るまでの全容を把握すること、*Karenia mikimotoi*赤潮の初期発生域とされる周防灘沿岸域での貧酸素水塊と赤潮発生規模の関係を解明することを目的に山口県・福岡県・大分県・宮崎県・愛媛県が共同でモニタリング調査を行った。

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。

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。

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。

以上の調査を、表3に示す日程で実施した。

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

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

表3 調査実施日

海域	担当県	6月		7月			8月	
		下旬	中旬	下旬	中旬	下旬	中旬	
周防灘	山口県	29日		12日	27日	4日	10日	
	福岡県	28日	5日	14日	29日	8日	16日	
	大分県(浅海)	27日	4日	14日	29日	4日	18日	
豊後水道・別府湾	大分県(上浦)	28日		14日	22日	7月28日	11日	
	宮崎県	27日	4日	15日	25日	1日		
	愛媛県	23日	4日	15日	26日	4日		



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

事業の結果

1. 有害プランクトンの出現状況

1) *Karenia mikimotoi*

A. 周防灘

6 月下旬に西部沿岸と南部沿岸で、7 月上旬に南部沿岸で 1cells/ml 未満の低密度で確認された。7 月中旬に分布域が拡大し細胞密度は 0.33 ~ 1.00cells/ml の範囲であった。7 月下旬にはさらに分布域が拡大したが、10cells/ml 未満と低密度であった。8 月上旬には北部沿岸と西部沿岸で認められなくなり、細胞密度も 1cells/ml 未満と減少した。8 月中旬にはさらに分布範囲は縮小し、南部沿岸で最高 23.00cells/ml 認められたのみであった。調査期間中の最高細胞密度は 8 月中旬に認められた O17 の 23.00cells/ml であった。

B. 豊後水道・別府湾

6 月下旬に別府湾で 1cells/ml 未満認められた。7 月上旬になると同湾と南部海域で 10cells/ml 未満認められた。7 月中旬には、別府湾全域で 10cells/ml 未満認められた。7 月下旬と 8 月上旬には豊後水道西部海域と東部海域でも認められ、このときの細胞密度は 0.33 ~ 1.66cells/ml の範囲であった。8 月中旬には分布域は縮小し、別府湾で 10cells/ml 未満、豊後水道北部海域で 1cells/ml 未満認められたのみであった。

2) *Cochlodinium polykrikoides*

A. 周防灘

7 月中旬と 7 月下旬に主に西部から北部で 0.67 ~ 2.67cells/ml の範囲で認められたのみであった。

B. 豊後水道・別府湾

6 月下旬に豊後水道東部海域で 2.67cells/ml, 7 月下旬に別府湾で 0.70cells/ml 認められたのみであった。

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 月中旬までにかけて北部と南部で 1 cells/ml 未満の低密度で確認された。7 月下旬には分布域が灘全域に拡大し細胞密度も増加した。このときの細胞密度は 0.33 ~ 5.00cells/ml の範囲であった。その後、8 月上旬から 8 月中旬にかけて分布域は縮小し、細胞密度も 1cells/ml 未満に減少した。

B. 豊後水道・別府湾

未検出であった。

5) *Heterosigma akashiwo*

A. 周防灘

6 月下旬にはほぼ全域で 0.33 ~ 600cells/ml の範囲で認められ、細胞密度は西部と南部で高かった。7 月上旬には分布域が縮小するとともに細胞密度も減少し、南部で 1cells/ml 未満認められたのみであった。7 月中旬に再度分布域が拡大したが 10cells/ml 未満と低密度であった。7 月下旬と 8 月上旬には北部と南部で 10cells/ml 未満認められ、8 月中旬には認められなくなった。

B. 豊後水道・別府湾

6 月下旬に別府湾から豊後水道東部海域と西部海域の広い範囲で 10cells/ml 未満の低密度で認められた。このときの細胞密度は別府湾で 1.67 ~ 5.00 cells/ml、豊後水道で 0.33 ~ 0.67cells/ml の範囲であった。7 月上旬には検出されず、7 月中旬に別府湾から豊後水道北部海域にかけて 1cells/ml 未満、豊後水道南部海域で 10cells/ml 未満の低密度で認められた。7 月下旬には豊後水道南部海域でのみ 10cells/ml 未満で認められた。8 月上旬には別府湾と豊後水道東部海域、および南部海域で認められたが、10cells/ml 未満と低密度であった。8 月中旬には別府湾と豊後水道北部海域で 10cells/ml 未満認められた。

2. 環境要因

1) 水温

周防灘の 5m 層は 20.8 ~ 28.4 °C、豊後水道・別府湾の 10m 層は 17.7 ~ 26.3 °C の範囲で観測された。

水平分布を見ると、6 月下旬に別府湾口から豊後水道を除いて 20 °C 以上で分布していた。7 月上旬を除いて周防灘沿岸と豊後水道東部海域で高い傾向にあった。全点平均値の推移をみると、周防灘では緩やかな上昇傾向を示した。豊後水道・別府湾では 7 月上旬から中旬にかけてほぼ横ばいで推移したが、その後は緩やかな上昇傾向を示した(図 2)。

2) 塩分

周防灘の 5m 層は 29.7 ~ 32.7、豊後水道・別府湾の 10m 層は 30.9 ~ 34.4 の範囲で観測された。

水平分布をみると、周防灘では 6 月下旬と 7 月中旬に北部沿岸で 30 を下回った。6 月下旬から 7 月下旬にかけては灘中央から沖合にかけて 31 以上の水塊が観測された。豊後水道・別府湾では 6 月下旬に別府湾奥で比較的顕著な低塩分水塊が認められたが、これを除くと調査期間中を通じて 32 以上で分布していた。全点平均値の推移をみると、周防灘では 6 月下旬から 7 月上旬にかけて低下し、7 月中旬以降上昇した。豊後水道・別府湾の塩分変動は小さく、7 月下旬に低下が認められたが、調査期間中 33 ~ 34 の範囲で推移した(図 3)。

3) 溶存酸素濃度

溶存酸素濃度の最低値は山口県海域で 4.1 ~ 4.6ml/L、福岡県海域で 3.0 ~ 4.4ml/L、大分県海域で 3.2 ~ 4.6ml/L の範囲で観測された(図 4)。

水平分布をみると、7 月下旬に灘中央部の福岡県海域の狭い範囲で溶存酸素飽和度 60%以下が観測された。このときの溶存酸素濃度は 3.0ml/L であった。今年度は、顕著な貧酸素水塊の発生は認められなかった。

4) 鉛直安定度 (成層の発達度)

周防灘の鉛直安定度は、山口県海域で 0.0 ~ 56.0 ($\times 10^5$)、福岡県海域で 0.3 ~ 111.2 ($\times 10^5$)、大分県海域で 9.0 ~ 47.6 ($\times 10^5$) の範囲であった。

海域別の全点平均値の推移をみると、山口県海域で 6 月下旬と 7 月中旬、および 8 月中旬に高かった。福岡県海域と大分県海域では同様の変動傾向を示し、7 月上旬と 7 月下旬に高かった(図 5)。

(※鉛直安定度=上層と下層の海水密度差÷水深差 $\times 10^3$)

5) 栄養塩

A. DIN : 周防灘、豊後水道・別府湾の代表点 鉛直平均値

周防灘代表点では、山口県海域で 0.2 ~ 3.8 μ M、福岡県海域で 0.3 ~ 4.1 μ M、大分県海域で 0.2 ~ 49.5 μ M、豊後水道・別府湾では大分県海域で 0.2 ~ 19.3 μ M、宮崎県海域で ND(< 0.01) ~ 1.0 μ M、愛媛県海域で ND(< 0.01) ~ 3.8 μ M の範囲で観測された。別府湾奥に位置する O6 では常に高い値が観測された。

鉛直平均値の推移をみると、周防灘では、山口県海域と福岡県海域では 7 月上旬に 2 μ M 以上の値が観測された以外は 2 μ M 以下で推移した。大分県海域で 8 月上旬に 18 μ M の高い値が観測された以外は 4 μ M 以下で推移した(図 6)。豊後水道・別府湾では、大分県海域で最も高く 1 μ M 以上で推移し、7 月下旬と 8 月上旬には 2 μ M を超えた。次に愛媛県海域で高く、宮崎県海域で最も低い値で推移した。愛媛、宮崎両海域とも、愛媛県海域で 6 月下旬と 8 月上旬に 1 μ M を超えた他は、1 μ M 以下で推移した(図 7)。

B. DIP : 周防灘、豊後水道・別府湾の代表点 鉛直平均値

周防灘代表点では、山口県海域は 0.02 ~ 0.18 μ M、福岡県海域は 0.02 ~ 0.22 μ M、大分県海域は 0.09 ~ 0.67 μ M の範囲で観測された。豊後水道・別府湾では、大分県海域で 0.03 ~ 0.44 μ M、宮崎県海域で ND (< 0.01) ~ 0.10 μ M、愛媛県海域で ND (< 0.01) ~ 0.26 μ M の範囲で観測された。

鉛直平均値の推移をみると、周防灘では、山口県海域では 6 月下旬以降に 0.1 μ M 以下で推移した。福岡県海域では 7 月上旬に 0.1 μ M を超える値が認められた以外は 0.1 μ M 以下で推移した。大分県海

域では 8 月上旬に 0.3 μ M を超えた以外は 0.2 μ M 以下で推移した(図 8)。豊後水道・別府湾では、DIN と同様に、大分県海域で最も高く、次に愛媛県海域で高く、宮崎県海域で最も低い値で推移した。大分県海域では 0.2 μ M 前後、愛媛県海域では 0.1 μ M 前後、宮崎県海域では 0.1 μ M 以下で推移した(図 9)。

3. 全珪藻類細胞数 (周防灘代表点の鉛直平均値)

全珪藻類は山口県海域で 699 ~ 15,436cells/ml、福岡県海域で 35 ~ 933cells/ml、大分県海域で 19 ~ 2,750cells/ml の範囲で確認された。

鉛直平均値の推移をみると、山口県海域では期間を通して 1,000cells/ml 以上で推移し、福岡県海域では調査期間中 1,000cells/ml 以下で推移した。山口県海域では 7 月中旬に、大分県海域では 7 月上旬に高い値を示し、7 月下旬には両県海域ともに減少したが 8 月中旬に再び増加する傾向が認められた。福岡県海域は 7 月上旬にピークを示し、その後はやや減少し横ばいで推移した(図 10)。

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によると、降水量は、6 月中旬に平年の 315%、7 月上旬から 8 月上旬にかけては平年の 7 ~ 51% で推移し、8 月中旬は平年並であった。日照時間は、6 月中旬に平年を大きく下回り、他は平年並もしくは平年よりも短めで推移した(図 12)。

考 察

今年度は特徴として、*Heterosigma akashiwo* を除き、いずれの有害プランクトンも低密度で推移し、瀬戸内海西部の調査海域において赤潮は発生しなかったことが挙げられる。特に、周防灘を起源として豊後水道まで移流拡散し広範囲に漁業被害をもたらす *Karenia mikimotoi* は、7 月下旬に広い範囲で分布が認められたものの、最高細胞密度は 23.00cells/ml と低かった。その原因を以下のとおり検討した。

1. 気象条件と漁場環境

今年度は平年値よりも多いまとまった降雨が 6 月中旬に認められたが、7 月中旬に発生した台風 6 号による影響で、周防灘の成層化が維持されず、顕著な貧酸素水塊も発生しなかった。

2. 珪藻細胞密度と有害プランクトン出現状況との関係

周防灘代表点 3 点における全珪藻類の全点全層

平均値は、1,000cells/ml 前後で推移した一方、有害プランクトンは低レベルで推移していた。このときの全珪藻類は、休眠期細胞を形成する種である *Skeletonema spp.* や *Chaetoceros spp.* が優占していた。

3. 冬季水温と *K.mikimotoi* 細胞密度の関係

K.mikimotoi には越冬細胞が存在し、これらが夏季赤潮の起源となっていること¹⁾²⁾ や、周防灘で通常観測される水温条件下(6.5 ~ 9.0 °C)では生存しうるが、より低水温になると生存が困難になること³⁾ が指摘されている。2006年から2011年までの福岡県宇島地先における1~2月の旬別水温が6°C以下を観測したのは、2011年のみで、その期間も1月中旬から2月中旬までと長期間であった。

4. *K.mikimotoi* 分布指標と最高細胞密度の関係

昨年度に、周防灘の *K.mikimotoi* 赤潮の発生予察の可能性について、6~8月の最高細胞密度と分布指標(遊泳細胞が出現した定点数/全調査点数×100)を用いて検討した。その結果、広域赤潮発生年(最高細胞密度1,000cells/ml以上)である2006年と2008年は、6月中下旬の最高細胞密度が10cell/ml以上で、かつ分布指数が75%以上であり、6月中下旬の鉛直安定度が高い傾向にあることが認められた。広域赤潮が発生しなかった今年度6月下旬の *K.mikimotoi* 最高細胞密度は0.66cells/mlで、分布指標は17.6%と低く、鉛直安定度も低い値で推移した。

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が知られている。³⁾ また、1985~1987年に実施した山口による調査⁴⁾ では、周防灘における *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。従って、上記1~4の検討結果から、今年度に広域的な赤潮が発生しなかった原因として、波浪による上下混合が促進され鉛直安定度が低い値で推移したことや、6月中旬の降水により陸域から栄養塩供給がなされた後に下層から上層へ供給された珪藻類休眠期細胞が発芽増殖し海域の栄養塩が消費され、有害プランクトンの増殖に不利な環境条件にあったことが考えられた。また、*K.mikimotoi* については、

冬季水温が低めで長期間推移したために越冬細胞が少なく、これらが夏季赤潮のシードポピュレーションとして機能し得なかった可能性も示唆された。

5. 今後の検討課題

今年度の調査では、周防灘で全珪藻類が調査期間中1,000cells/ml前後で推移した一方で、有害プランクトンは低レベルで推移する傾向が認められた。さらに、冬季水温と夏季の *K.mikimotoi* の細胞密度との間に関係があることが示唆された。周防灘西部における有害プランクトン、特に *K.mikimotoi* の増殖については、まとまった降雨による栄養塩の供給、増殖初期の細胞密度、および鉛直安定度(成層発達)の程度や貧酸素水塊の発達等が影響していることがわかっている。

今後、有害赤潮による漁業被害を防止するにあたっては、有害プランクトンの初期発生や珪藻類の増殖とそれに影響する環境要因を整理すると同時に、*K.mikimotoi* については冬季の環境条件と遊泳細胞の出現状況についても整理し、これらの関係を総合的に解析することで、より精度の高い予察を行うことが必要である。

文 献

- 1) 中田憲一, 飯塚昭二. 赤潮渦鞭毛藻 *Gymnodinium nagasakiense* の越冬に関する研究—観察. 日本プランクトン学会報 1987; **34**: 199-201.
- 2) 寺田和夫, 池内仁, 高山晴義. 冬季の周防灘沿岸で観察された *Gymnodinium nagasakiense*. 日本プランクトン学会報 1987; **34**: 201-204.
- 3) Polligher, U. and E. Zemel. In situ and experimental evidence of the influence of turbulence on cell division processes of *Peridinium cinctum* forma *westii* (Lemm.) Lefevre. Br. Phycol. J. 1981; **16**: 281-287.
- 4) 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.

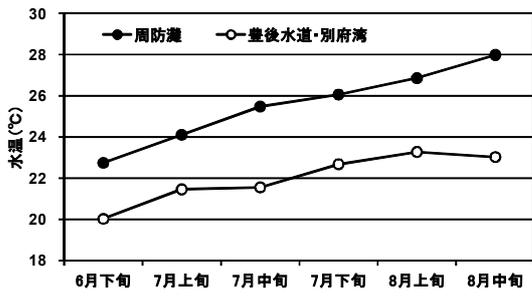


図2 水温の推移

(周防灘5m層、豊後水道・別府湾10m層の全点平均)

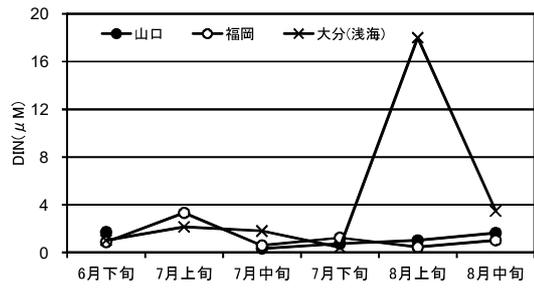


図6 DINの推移

(周防灘代表点0.5, 5, B-1m層の鉛直平均)

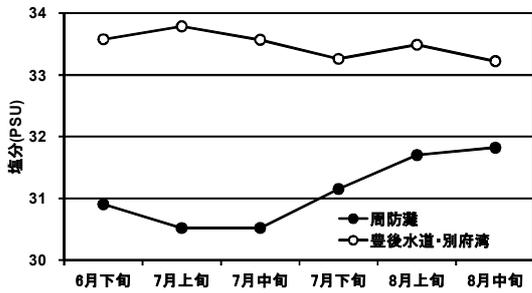


図3 塩分の推移

(周防灘5m層、豊後水道・別府湾10m層の全点平均)

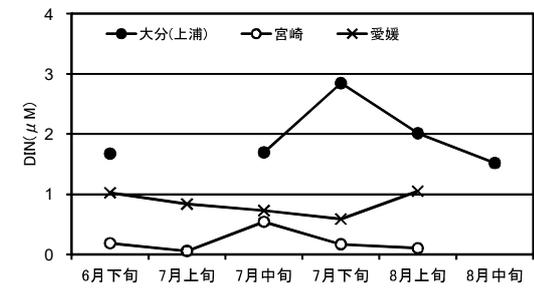


図7 DINの推移

(豊後水道・別府湾0.5, 10m層の鉛直平均)

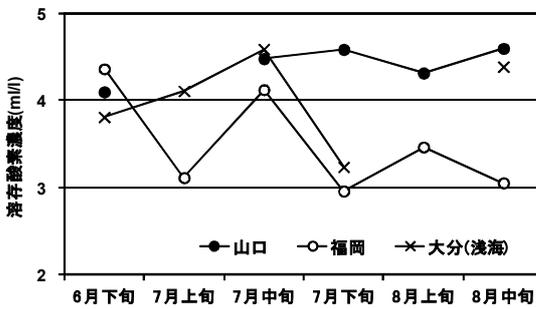


図4 周防灘における溶存酸素濃度の推移

(底層溶存酸素濃度の最低値)

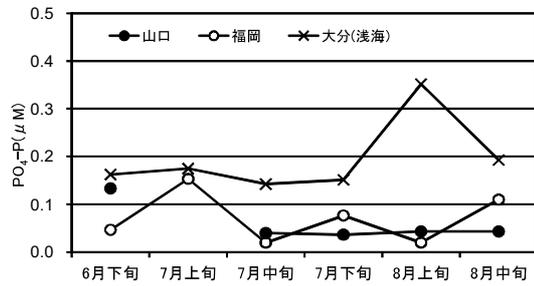


図8 DIPの推移

(周防灘代表点0.5, 5, B-1m層の鉛直平均)

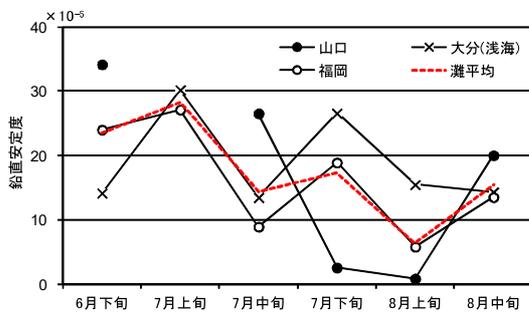


図5 周防灘における鉛直安定度の推移

(全点平均値)

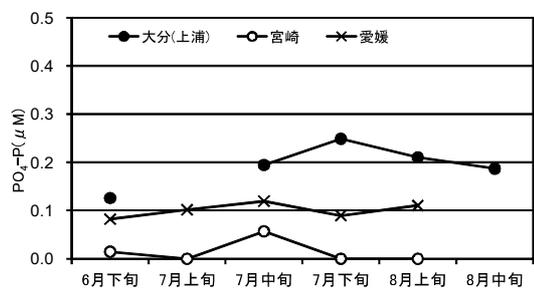


図9 DIPの推移

(豊後水道・別府湾0.5, 10m層の鉛直平均)

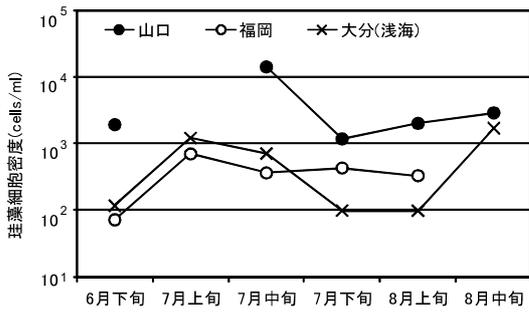


図10 全珪藻類細胞数の推移(代表点の鉛直平均値)

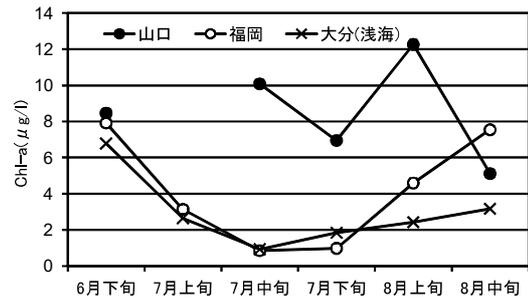


図11 クロロフィル a の推移(代表点の鉛直平均値)

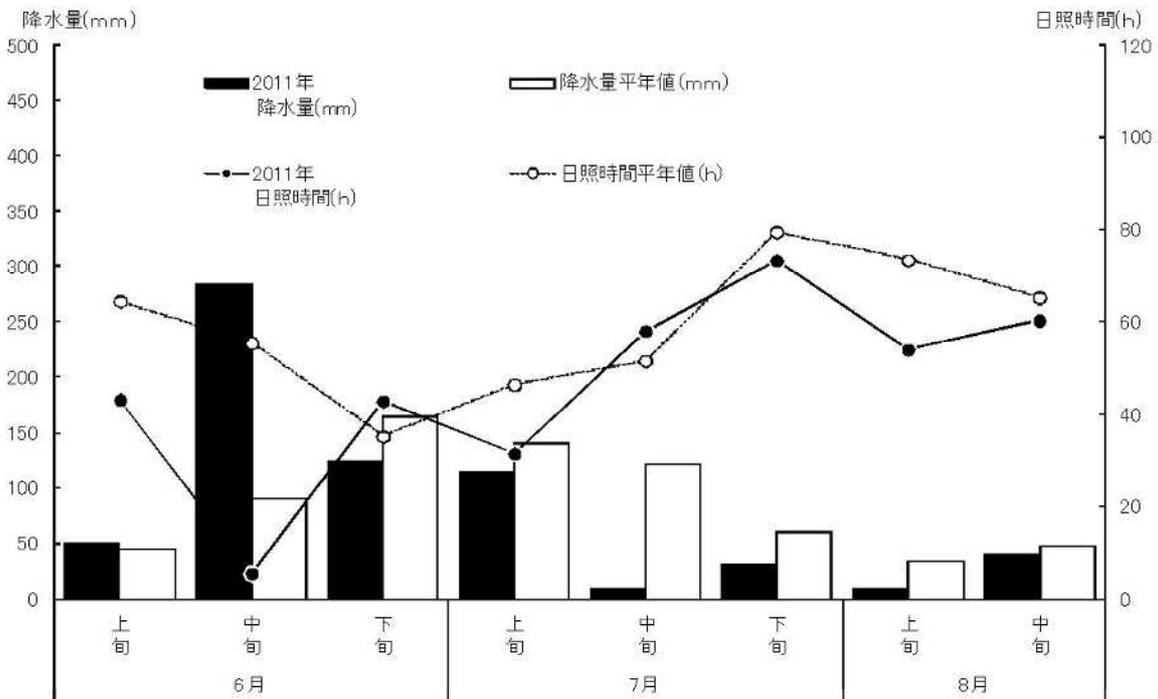


図12 行橋気象観測点における降水量と日照時間の推移(旬別積算値)

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）

岩野英樹・原 朋之

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。

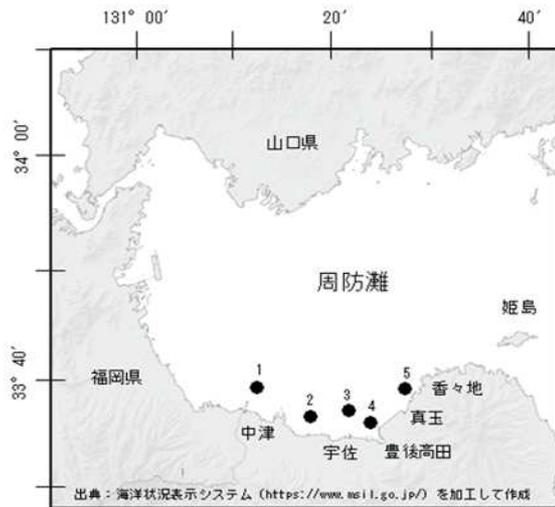


図1 調査定点図

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

本年度の赤潮発生状況は、表 2 のとおり 8 件であり、内訳は *Heterosigma akashiwo* による赤潮が 6 件（周防灘 3 件、別府湾 3 件、うち 1 件は *Skeletonema sp.* との混合赤潮）、*Noctiluca scintillans* による赤潮が 2 件（別府湾）で、いずれも漁業被害は無かった。

表2 2011年度の赤潮発生状況

発症番号	発生期間			発生場所		構成プランクトン	最高密度 (細胞/ml)	漁業被害
	発生日	終息日	日数	海域	地名等			
1	6月3日	～ 6月6日	3	周防灘	中津市小祝漁港	<i>Heterosigma akashiwo</i>	5,387	無し
2	6月3日	～ 6月8日	5	別府湾	大分市大在埠頭	<i>Heterosigma akashiwo</i>	6,287	無し
3	6月8日	～ 6月17日	9	別府湾	別府市国慶観光港	<i>Heterosigma akashiwo</i> <i>Skeletonema sp.</i>	1,550 8,000	無し
4	6月15日	～ 7月13日	28	別府湾	大分市大在埠頭	<i>Heterosigma akashiwo</i>	10,000	無し
5	6月27日	～ 6月29日	2	周防灘	中津市小祝漁港	<i>Heterosigma akashiwo</i>	12,900	無し
6	6月28日	～ 7月1日	2	周防灘	豊後高田市高田港	<i>Heterosigma akashiwo</i>	28,500	無し
7	7月28日	～ 8月30日	33	別府湾	別府市北浜沖	<i>Noctiluca scintillans</i>	1,280	無し
8	11月28日	～ 12月5日	7	別府湾	高水分付近	<i>Noctiluca scintillans</i>	—	無し

2. 有害赤潮等のプランクトン出現状況

図 2 に有害赤潮等のプランクトンの出現状況と気象、海況の経過を示した。

1) *Heterosigma akashiwo*

Heterosigma akashiwo は 5 月 24 日に初めて確認 (1 ～ 5 細胞/ml) され、6 月 6 日には 0 ～ 225 細胞/ml

表1 調査定点の位置、調査項目

調査定点の位置	定点	北緯 東経 (日本測地系)		(該当する浅海定線調査定点)
		北緯	東経	
調査位置	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)
調査項目	月/日	調査項目		調査内容
	5/24	気象・海象		天候、雲量、風向、風力、透明度、水色、水温、塩分
	6/27	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
調査内容	7/25	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
	8/18	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			

まで増加した。6月27日には最高密度（133～800細胞/ml）を示し、6月上旬から下旬にかけて小祝漁港、高田港で赤潮を形成した。7月4・5日には0～0.3細胞/mlまで減少した。

2) *Karenia mikimotoi*

Karenia mikimotoi の初確認は、赤潮を形成した2008年（5月23日で0.004細胞/ml）に比べて1ヵ月程度遅く、6月27日（0.66細胞/ml）であった。7月4・5日、14日、25日、8月4日の間は0～4細胞/mlの範囲で推移し、8月18日に最高密度（23細胞/ml）に達した。その後、9月1日には確認されなくなった。

3) *Chattonella spp.*

Chattonella spp. は、6月27日に初めて確認（1細胞/ml）され、その後、0～5細胞/mlで推移し、8月18日には確認されなくなった。

4) 珪藻類

珪藻類の出現密度は、7月4・5日、14日、8月18日に高く、Stn1とStn3の全層平均でそれぞれ1,490細胞/ml、940細胞/ml、1,920細胞/mlであり、*Chaetoceros spp.* が主体であった。

3. 気象・海況等の特徴

水温は、5月下旬～6月下旬、8月上旬が「低め傾向」に推移した。

塩分は、6月中旬のまとまった降水（292mm）の影響を受けて、下旬が「低め傾向」であった。7月の降水量（88mm）は少なく、塩分は「平常並み」に推移した。

7月の栄養塩（DIN）は、小雨の影響で「低め傾向」に推移した。

溶存酸素量は、9月上旬が最も低く、60%台の調査点が2箇所見られた。その他の期間は、70%を下回る調査点は無かった。

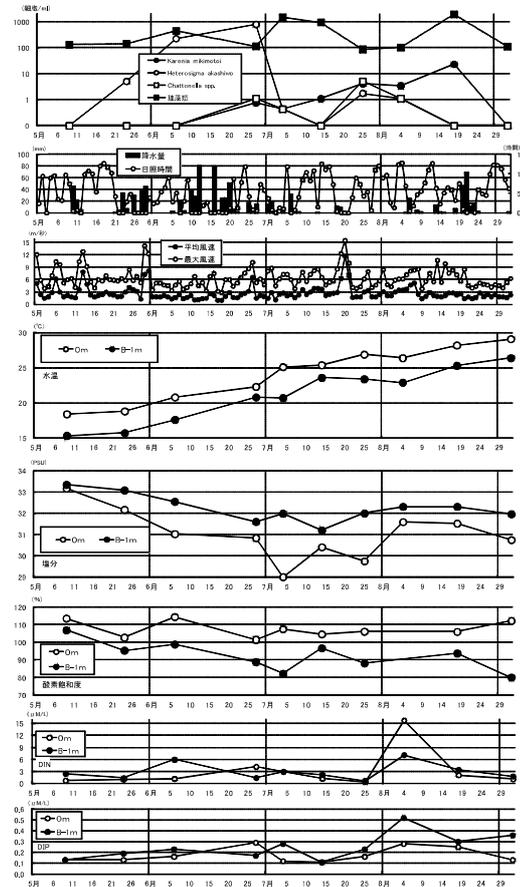


図2 有害赤潮等のプランクトンの出現状況と気象、海況の経過

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）

岩野英樹・原 朋之

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、1953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と貝毒検査を実施した。

事業の方法

1. 貝毒原因プランクトンのモニタリング

プランクトンのモニタリングは、図1に示す8調査定点で原則として1～2回/月の頻度で実施した。

各調査点の所定層で海水 1L を採水し、研究室に持ち帰り、目合い 10 μ m の濾布を用いて 500ml の生海水を 3～5ml 程度まで濃縮し、その全量を計数した。

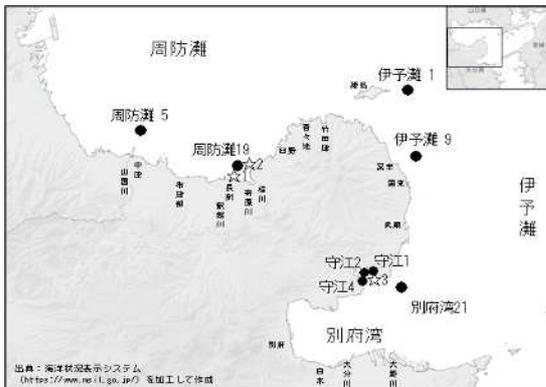


図1 貝毒発生監視調査の定点

●：プランクトン調査定点

☆：貝毒検査用二枚貝採集地点

2. 貝毒検査

麻痺性貝毒の検査は、公定法（マウス試験）を大分県衛生環境研究センターに、ELISA 法を水産研究部に依頼して実施した。対象二枚貝は、養殖マガキ、養殖イワガキ、天然アサリである。

事業の結果

1. 貝毒原因プランクトンのモニタリング

麻痺性貝毒原因プランクトンの *Alexandrium* 属、*Gymnodinium catenatum* は、ともに確認されなかった。なお守江湾では、無毒種と言われている *Alexandrium fraterculus* が一時期増加した（11月11日、水温 20.6℃、302 細胞/L）。

2. 麻痺性貝毒検査

麻痺性貝毒は表1に示したとおり全ての検体で検出されなかった。

表1 麻痺性貝毒検査結果

二枚貝名	採取場所	検査月日		毒力 (MU/g)	平均重量 (g/個)	分析方法	検査機関
		月	日				
養殖イワガキ	豊後高田	12	7	N.D.	13.0	公定法	衛環研セ
養殖マガキ	高田港	1	25	N.D.	9.7	エライザ	水産研究部
養殖マガキ	高田港	2	21	N.D.	8.8	エライザ	水産研究部
養殖マガキ	高田港	3	6	N.D.	16.8	エライザ	水産研究部
養殖マガキ	守江	11	9	N.D.	17.4	公定法	衛環研セ
養殖マガキ	守江	12	7	N.D.	23.7	エライザ	水産研究部
養殖マガキ	守江	1	12	N.D.	23.8	エライザ	水産研究部
アサリ	宇佐市和間	3	29	N.D.	1.9	公定法	衛環研セ

今後の留意点

大分県北部海域においても、過去に4種 (*G. catenatum*、*A. catenella*、*A. tamarense* 及び *A. tamiyavanichii*) の麻痺性貝毒原因プランクトンが確認されており、2000年には周防灘において *A. catenella* による養殖マガキの貝毒が検出され、出荷自主規制（27日間継続）がとられている。引き続き慎重なモニタリング調査を継続する必要がある。