

基盤整備・栽培漁業・資源回復に関する基礎調査－2

磯根資源調査（アワビ類・アカウニ調査）

（国庫補助）

金澤 健・井本有治

事業の目的

アワビ類やアカウニ、イセエビ、サザエなどの磯根資源について、海水温上昇などの影響により、産卵時期の変化が指摘されている。そこで、より効果的な資源管理措置を検討するために、成熟度や成長等の、基礎的知見を集積する。

なお、2011 年度は、アワビ類(クロアワビ、メガイアワビ)及びアカウニの生殖腺の成熟時期について重点的に調査を行い、その変化を明らかにすることを目的とした。

I アワビ類

調査の方法

1. 調査期間

2011 年 8 月下旬から 2012 年 3 月下旬の間に、26 回の検体の買取り及び特別採捕による検体の入手を行った。8 月～10 月及び 12 月 10 日～3 月の間は、県漁協白杵支店及び(有)丸二水産から入手し、アワビ類の禁漁期間である 11 月～12 月 10 日の間は、特別採捕により入手した。

なお、各調査月は、1～15 日を「上旬」、16～月末日を「下旬」に区切ってデータ処理を行った。



図1 調査場所(豊後水道 北部:白杵・南部:蒲江)
海洋状況表示システム (<https://www.msil.go.jp/>)を加工して作成

2. 調査場所

豊後水道の北部：白杵(泊ヶ内地先)及び南部：蒲江(入津湾地先)を調査場所とした(図1)。

3. 精密測定

殻長、殻付き総重量、軟体部重量、可食部重量、雌雄判別及び生殖腺成熟度の項目について測定を行った。

アワビの生殖腺は、中腸腺にとりまいて「角状突起」を形成するが、生殖腺の熟度の量的変動を比較することが困難であるため、生殖腺成熟度については、下記のとおり、猪野ら¹⁾の成熟度係数から求めた。

- 1) 角状突起を切り出し、ホルマリンで1週間程度固定した後、先端から 1cm、2cm、3cm (大型個体では 4cm) の位置で輪切りにした(図2)。

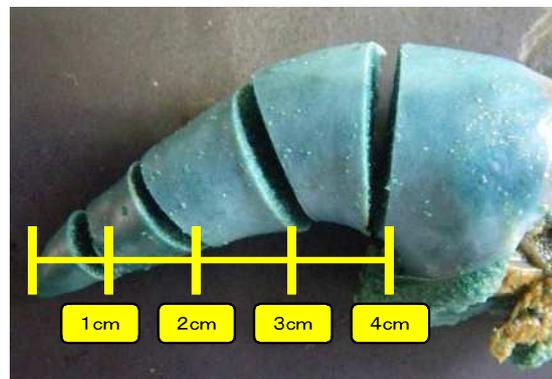


図2 角状突起の輪切り

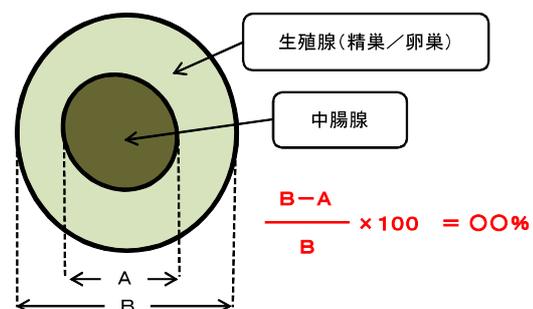


図3 横断面の測定と比率の算出方法

- 2) 輪切りした断面から、生殖腺と中腸腺の横断面(径)を測定し、その比率を求めた(図3)。
- 3) 輪切りした断面ごとの生殖腺と中腸腺の横断面比率を平均して、その個体の生殖腺成熟度係数とした。

4. 精密測定に供したアワビ類の種類と個体数、大きさ

表1に、精密測定に供したアワビ類の種類と個体数を示す。なお、精密測定に供した種類はクロアワビ及びメガイアワビであり、マダカアワビは含まれていない。また、エゾアワビと思われた個体は、正確に同定できなかったため、クロアワビに含めて扱った。

各月、上旬と下旬にそれぞれの調査場所から、クロアワビ及びメガイアワビを15個体ずつ入手する計画であったが、海況や漁模様などにより不足が生じた。

表1 精密測定に供したアワビの種類と個体数

	臼杵		蒲江	
	クロアワビ	メガイアワビ	クロアワビ	メガイアワビ
8月下旬	8	14	15	3
9月上旬	2	12	21	20
9月下旬	14	10	15	8
10月上旬	16	10	14	14
10月下旬	16	16	15	8
11月上旬	3	8	14	17
11月下旬	5	6	15	14
12月上旬	15	14	15	16
12月下旬	13	14	15	3
1月上旬				
1月下旬	15	5	12	9
2月上旬	15	7	15	15
2月下旬	16	15	8	3
3月上旬			14	13
3月下旬	7	7		
種類別合計	145	138	188	143
調査場所別合計	283		331	

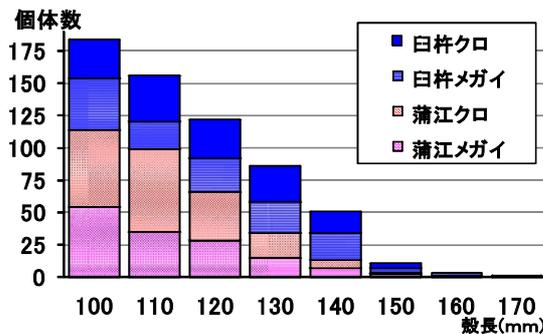


図4 精密測定に供したアワビ類の大きさ

図4に精密測定に供したアワビ類の大きさ(殻長組成)を示す。

当調査に供したアワビ類の大きさは、140mm以下の個体が約9割を占め、最大はクロアワビでは58.0mm、メガイアワビでは172.9mmであった。

なお、殻長100mm以下の個体については、漁業調整規則で採捕が制限されていることから、資源管理の対象外と考え、精密測定に供さなかった。

5. 調査場所における水温の測定

水温の測定は、各調査場所付近の水深約8mに、水温ロガー(TidbiD)を、ロープにより垂下して設置して、自動で測定した。水温は1時間ごとに測定し、1日の平均水温を、その日の水温とした。また、「上旬」水温は1~15日までの平均水温、「下旬」水温は16日~月末日の平均水温とした。

調査の結果

1. 生殖腺成熟度推移と水温推移

1) 臼杵地先

臼杵地先におけるクロアワビ及びメガイアワビの生殖腺成熟度推移と水温推移を図5に示す。

両種ともに8月下旬には、卵及び精子を持つ個体が確認された。9月下旬から生殖腺成熟度が上昇し、11月上旬に最大(クロアワビ71%、メガイアワビ53%)であった。その後、12月中旬までに、生殖腺成熟度は急に下降するが、1月以降は、クロアワビは15%前後で横ばい、メガイアワビは緩やかに下降した。

水温は、9月8日(上旬)に最高水温24.5℃を観測し、その後下降して、最低水温は3月5日(上旬)の12.4℃であった。

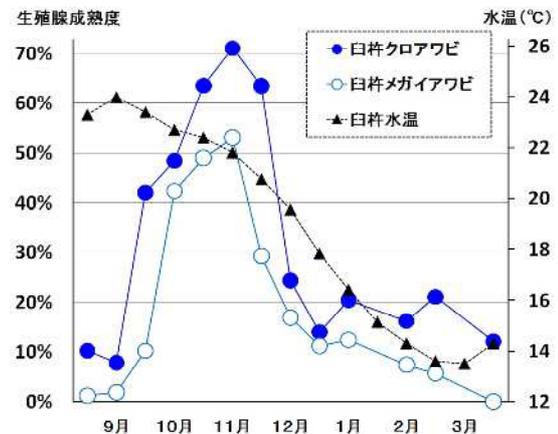


図5 臼杵地先におけるアワビ類の生殖腺成熟度推移と水温推移

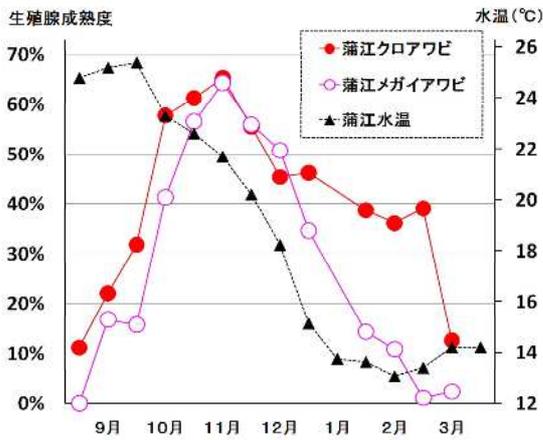


図6 蒲江地先におけるアワビ類の生殖腺成熟度推移と水温推移

臼杵地先におけるアワビ類の生殖腺成熟度の上昇は、水温が下降し始めた時期(9月下旬)と一致していた。

2) 蒲江地先

蒲江地先におけるクロアワビ及びメガイアワビの生殖腺成熟度推移と水温推移を図6に示す。

クロアワビでは8月下旬には、卵及び精子を持つ個体が確認され、9月上旬から両種とも生殖腺成熟度係数が上昇し、11月上旬に最大(クロアワビ65%、メガイアワビ64%)であった。その後、両種とも生殖腺成熟度は下降するが、クロアワビでは、12月上旬から2月下旬まで、係数は40%前後でほぼ横ばいで、3月上旬に急下降した。

水温は、蒲江地先においては、調査場所内のアワビ類主漁場から離れた場所で測定したため、次年度は、水温測定場所について、再度検討する。なお、参考値として、水温の傾向としては、9月21日(下旬)に最高25.8℃、2月4日(月上旬)に最低12.6℃であり、その後上昇して、3月31日には14.8℃を観測した。

蒲江地先におけるアワビ類の生殖腺成熟度は、水温が下降し始める前から上昇し始めていたが、水温が下降し始めた時期(10月上旬)に急激に上昇した。

2. 個体ごとの生殖腺成熟度推移

臼杵地先及び蒲江地先におけるクロアワビ、メガイアワビの個体ごとの生殖腺成熟度推移を、図7～10に示す。

1) 臼杵地先 — クロアワビ (図7)

8月下旬から11月上旬にかけて、生殖腺成熟度の高い個体が増加し、11月下旬以降は、生殖腺成熟度が低い個体が多くなった。これは、産卵及び放精によるものと考えられた。一方で、11月下旬以降も生殖腺成熟度の高い個体がみられた。これ

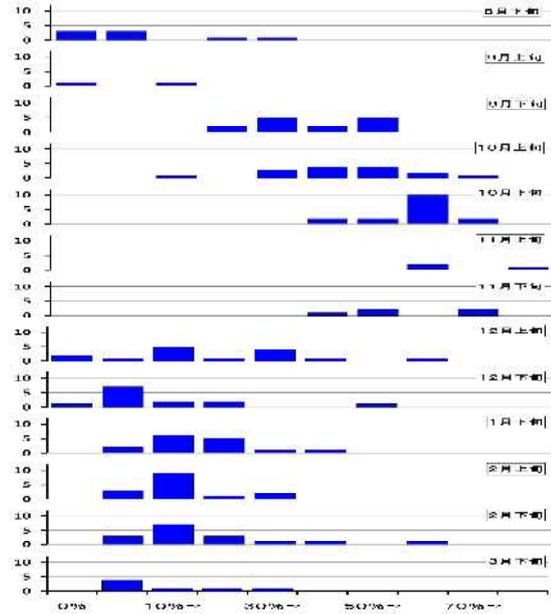


図7 個体ごとの生殖腺成熟度推移 (臼杵地先：クロアワビ)

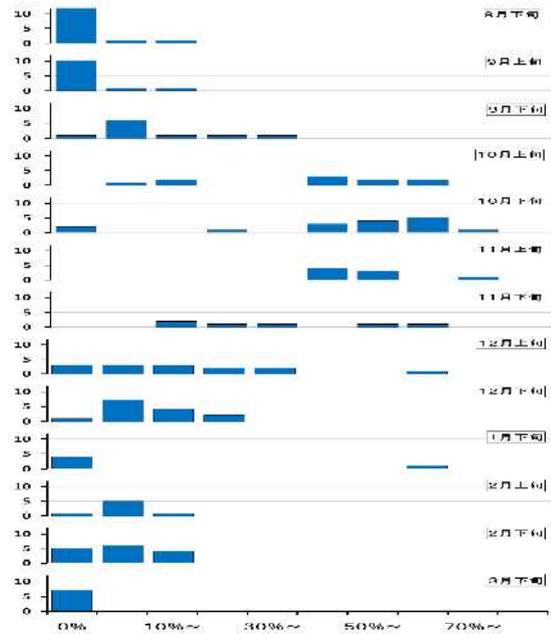


図8 個体ごとの生殖腺成熟度推移 (臼杵地先：メガイアワビ)

により、全個体を平均した生殖腺成熟度の11月下旬以降の推移は、見かけ上、15%前後の横ばいとなった(図5参照)。

2) 臼杵地先 — メガイアワビ (図8)

8月下旬から11月上旬にかけて、生殖腺成熟度の高い個体が増加し、11月下旬以降は、生殖腺成熟度が下降し、3月下旬には係数はゼロとなった。11月下旬以降も、生殖腺成熟度が高い個体が確認されたが、クロアワビよりは少なかった。これにより、

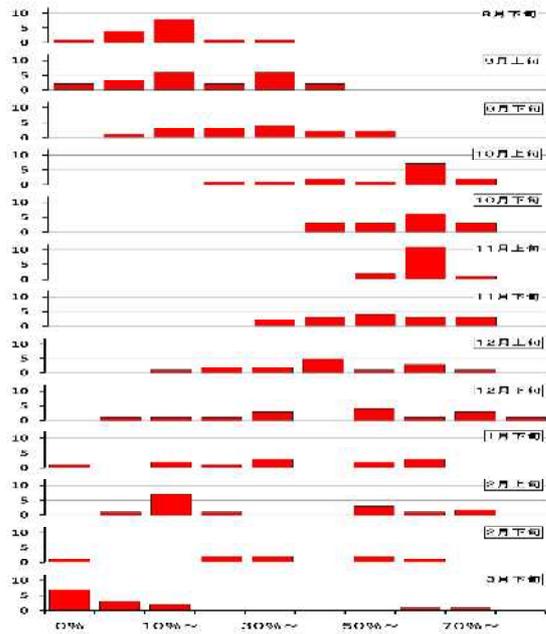


図9 個体ごとの生殖腺成熟度推移
(蒲江地先：クロアワビ)

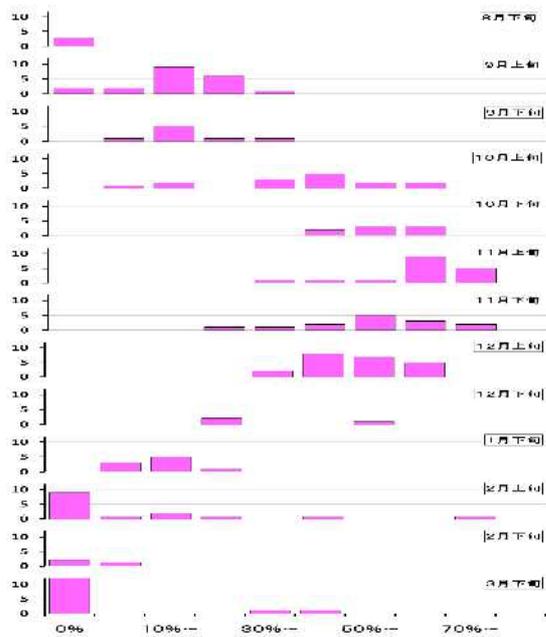


図10 個体ごとの生殖腺成熟度推移
(蒲江地先：メガイアワビ)

生殖腺成熟度の11月下旬以降の推移は、緩やかな下降を示した(図5参照)。

3) 蒲江地先 — クロアワビ (図9)

8月下旬から11月上旬にかけて、生殖腺成熟度の高い個体が増加し、11月下旬からは生殖腺成熟度の低い個体のみられ始めた。一方で、生殖腺成熟度の高い個体も多くみられ、白杵地先のクロアワビよりも顕著であった。これにより、全個体を平均した見かけ上の生殖腺成熟度の推移は、2月下旬まで

40%前後と高い水準を維持していた。

4) 蒲江地先 — メガイアワビ (図10)

8月下旬から11月下旬にかけて、生殖腺成熟度の高い個体が増加し、12月上旬から生殖腺成熟度の低い個体のみられ始めた。12月下旬以降も、生殖腺成熟度の高い個体は確認されたが、個体数は少なかった。これにより、全個体を平均した見かけ上の生殖腺成熟度の推移は、11月下旬以降、漸減した(図5参照)。

5) 個体ごと生殖腺成熟度のまとめ

各地先において、クロアワビ、メガイアワビともに、10月上旬から11月下旬にかけて、多くの個体の生殖腺成熟度が高くなり、その後、漸減していった。その中で、11月下旬以降も生殖腺成熟度が高い個体も確認され、各地先ともに、メガイアワビよりもクロアワビに多く見られた。これらは、放卵、放精をせず、卵、精子を持ち続けた個体なのか、1度放卵、放精をして、その後、もう一度成熟したものなのかは不明であった。

3. 各地先関係漁協支店における調査結果説明会

アワビ類の資源管理について、海水温の上昇等、現在の環境に合った、より良い方策を検討するために、調査結果の説明会を行った。今後、アワビ類の資源管理を考えていく上で、重要な点として、禁漁期前、約1ヵ月前の10月上旬から、多くの個体で生殖腺成熟度が高くなっている(卵、精子を多く持っている)ことを説明した。

1) 白杵地先における結果報告

日時：2012年3月26日(月)

場所：県漁協白杵支店 2階大会議室

参集：7名(潜水組合役員)

2) 蒲江地先における結果報告

日時：2012年3月21日(水)

場所：県漁協下入津支店 2階大会議室

参集：41名(下入津潜水組合員：31名、
上入津潜水組合員：10名)

文 献

- 1) 猪野 峻, 原田和民. 茨城県に於けるアワビ産卵期. 東海区水産研究所業績書 1961; 275-281.
- 2) 浮 永久 他 編. アワビ類の種苗生産技術. 栽培漁業技術シリーズ2. 社団法人日本栽培漁業協会. 1995.
- 3) 佐々木良. アワビ類. 「水産増養殖システム 貝類・甲殻類・ウニ類・藻類」(森 勝義 編) 恒星社厚生閣, 東京. 2005; 85-120.

2 アカウニ

調査の方法

1. 調査期間

2011 年 8 月下旬から 12 月下旬の間に、延べ 19 回の買取りなどにより、県漁協臼杵支店及び(有)丸二水産から入手した。

なお、各調査月は、1～15 日を「上旬」、16～月末日を「下旬」に区切ってデータ処理を行った。

2. 調査場所

アワビ類の調査と同様に、豊後水道の北部：臼杵（泊ヶ内地先）及び南部：蒲江（入津湾地先）を調査場所とした（図 1）。

3. 精密測定

殻径、殻を含んだ総重量、生殖巣重量、雌雄判別及び中間骨長径の項目について測定を行った。なお、個体ごとの相対的な生殖巣重量として、生殖巣重量/総重量×100 により、生殖巣指数を算出した。

4. 精密測定に供したアカウニの個体数と大きさ

表 2 に、精密測定に供したアカウニの個体数を示す。各月、上旬と下旬にそれぞれの調査場所から、30 個体ずつ入手する計画であったが、海況や漁模様により、過不足が生じた。臼杵地先からは、合計 226 個体、蒲江地先からは合計 229 個体入手して精密測定に供した。

図 11 に精密測定に供したアカウニの大きさ（殻径組成）を示す。

表2 精密測定に供したアカウニの個体数

	臼 杵	蒲 江
8月下旬	15	—
9月上旬	30	30
9月下旬	30	30
10月上旬	20	30
10月下旬	30	30
11月上旬	18	6
11月下旬	28	33
12月上旬	29	52
12月下旬	26	18
合 計	226	229

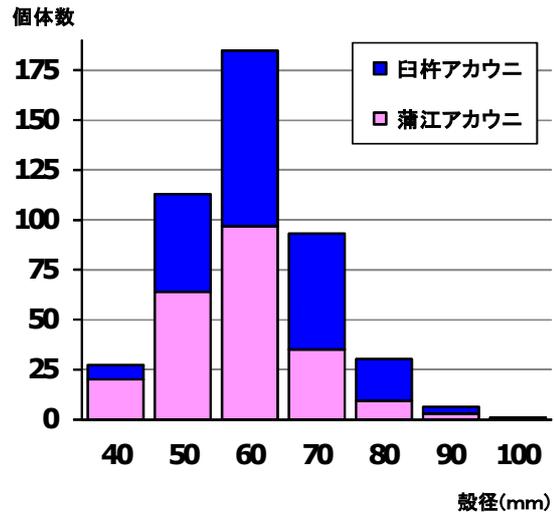


図11 精密測定に供したアカウニの大きさ

当調査に供したアカウニの大きさは、最小は 42.3mm、最大は 112.8mm であり、50mm から 70mm の個体が約 85%を占めた。

調査の結果

1. 生殖巣指数推移と水温推移

1) 臼杵地先

臼杵地先におけるアカウニの生殖巣指数推移と水温推移を図 12 に示す。なお、水温については、アワビ類調査と同じである。

水温の低下とともに、8 月下旬から 10 月下旬の間は、指数は 9%から 11%の間で微増傾向、10 月下旬に 11.0%と最大になり、その後、11 月下旬に 6.0%

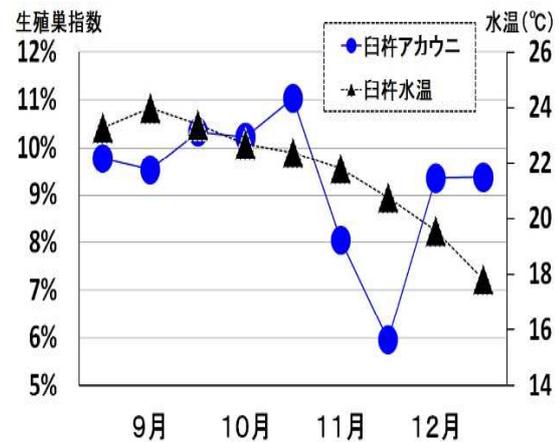


図12 臼杵地先におけるアカウニの生殖巣指数と水温推移

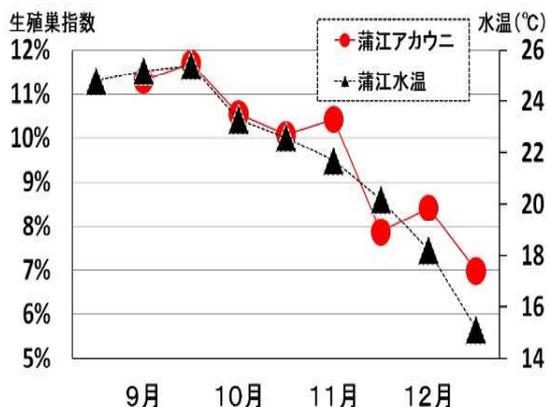


図13 蒲江地先におけるアカウニの生殖巣指数と水温推移

まで減少し、一転、12月は9月～10月と同水準の9%台まで増加、横ばいという推移を示した。

2) 蒲江地先

蒲江地先におけるアカウニの生殖巣指数推移と水温推移を図13に示す。

生殖巣指数は9月下旬に11.7%と最大になり、その後、水温の低下とともに、増減しながら12月下旬には7.0%まで漸減した。

9月上旬からの調査では、生殖巣指数の最大時期を明瞭に把握しにくかったので、もっと早い時期からの調査を検討する必要がある。

3) 生殖巣指数推移のまとめ

生殖巣指数は、臼杵地先では10月下旬にピークが認められ、蒲江地先では9月下旬に認められた。

臼杵地先では、水温の低下が始まってから指数が増加、その後、減少するものの、12月には再び増加し、水温推移と関連がないようにみられた。一方、

蒲江地先では、水温の推移とほぼ一致して、生殖巣指数も増減した。

今後の課題

アカウニの総重量及び殻から取り出した生殖巣を測定する上で注意しなければならないことは、精密測定前の「水切り」方法と時間であり、また、漁獲してから経過した時間及び海藻の繁茂状況等の生育環境、すなわち、胃内容物が多くあるかないかによっても、総重量が変わってくる。これら諸条件を統一しなければ、生殖巣指数（生殖巣重量/総重量×100）にも大きな差異が生じる可能性がある。

今回、その諸条件を統一していなかったため、生殖巣指数にも誤差が生じ、生殖巣指数の経月変化及び水温との関係にも影響があったと思われるため、今後の検討課題としたい。

文献

- 1) 渡邊庄一. 長崎県沿岸におけるアカウニの資源生物学的研究. 長崎県総合水産試験場研究報告 2008 ; 36 : 49-84.
- 2) 渡邊庄一, 夏苺 豊. 長崎県平戸島におけるアカウニの生殖周期と初成熟. 水産増殖 2009 ; 56 : 303-313.
- 3) 吾妻行雄. ウニ類. 「水産増養殖システム 貝類・甲殻類・ウニ類・藻類」(森 勝義 編) 恒星社厚生閣, 東京. 2005 ; 347-348.

基盤整備・栽培漁業・資源回復の推進に関する基礎調査－3 イサキ放流効果調査

中里礼大・景平真明・西山雅人

事業の目的

大分県ではイサキは重要な栽培漁業対象魚種の一つであるが、これまで放流後の追跡調査は行われておらず放流効果に関する知見はない。

そこで、沿整の漁村再生事業(保戸島)の中でイサキ放流効果調査を実施することになった。

事業の方法

1. 漁村再生事業(保戸島)の全体計画

2009年度から2011年度の3ヵ年に毎年5万尾のイサキを保戸島地先に放流する。その放流効果調査を2009年度から2012年度の間に実施する。

2. 標識放流

(社)大分県漁業公社(以下公社)が生産した尾又長約7cmのイサキ種苗5万尾に右腹鰭抜去標識を施し、2011年10月12日に保戸島の北東側に開けた砂浜沖合の消波ブロック際に放流した(図1)。



図1 放流地点

海洋状況表示システム (<https://www.msil.go.jp/>)を加工して作成

3. リボンタグ標識の装着手法の開発

現在腹鰭抜去による標識付けを行っているが、1年も経過すると鰭の再生が行われる個体が現れるため標識方法として確実ではない。また、小型サイズでの鰭抜きであるため稚魚へのダメージは大きく少

なからず標識付け作業後に死亡する個体が存在する。そこで、新たな標識としてリボンタグ標識を昨年度行った。しかし、リボンタグを付けた稚魚を飼育したところ数日後に標識箇所の皮膚がえぐれ、標識が脱落する例が多々みられた。そこで新たな標識方法の検討を行った。

4. 放流効果調査(市場調査)

放流魚を追跡するための方法として市場に集荷された漁獲物の中から標識魚を探索する、いわゆる市場調査をおこなった。

調査内容は、腹鰭抜去標識の確認を最優先し、人工採苗魚に特徴的にみとめられる鼻孔隔皮欠損^{1),2)}(以下、鼻孔異常という)も確認した。可能な場合は尾又長、体重の測定をおこなった。

1) 佐賀県市場

佐賀県では一本釣りで漁獲されたイサキを支店の小割生け簀に集荷し、出荷の度に陸揚げし活けるため、測定日と漁獲日は一致しない。また、活メーシャーベット氷漬け(プラスチックコンテナ)→箱詰め→保冷車積み込み、の流れの中で、氷漬けしている30分足らずの間に標識魚の確認と尾又長の測定を行うため、出荷全数の確認はできず、また活メ後にはサイズ毎に仕分けてコンテナに入れられるため、調査標本数が少なれば尾又長組成は実際の漁獲状況を反映していない可能性が高い。ただし、手に取って確認計測できるため、両側とも腹鰭および鼻孔異常の確認を確実にこなえる。

2) 臼杵市場

イサキのトロ箱にはパーチ(フィルム)が掛けられていないので、手に取って腹鰭と鼻孔の確認ができ、尾又長および体重の測定もおこなえる。また、保戸島周辺で漁獲(釣り)されたイサキがまとまった量で入荷する。

3) 津久見市場

イサキのトロ箱にはパーチを掛けないので両側の腹鰭と鼻孔の確認ができる。

4) 佐伯市場

イサキは大部分が活魚として扱われているため、腹鰭および鼻孔の確認は鮮魚があるときのみおこな

うが、その数は限られている。

5) 鶴見市場

イサキは周年水揚げされており、その量も群を抜いている。トロ箱にはパーチが掛かっているが、パーチを外して調査を行ったため鼻孔の両側確認および腹鰭の確認ができた。

事業の結果

1. 標識放流

1) 腹鰭抜去作業

10月4日から6日の3日間で合計5万尾のイサキ種苗の左腹鰭を小型ペンチを用いて抜去した。抜去作業をおこなった人員の総労働量は7,694分・人で、平均すると1人当たり458尾/時の処理速度であった。

2) 放流種苗の測定

10月3日に放流予定魚の中から無作為に50尾抽出し、尾又長および体重を測定した。各項目の平均値と標準偏差はそれぞれ74.0 ± 4.1 mm、5.5 ± 1.0gであった。50尾のうち鼻孔異常が確認されたのは25尾(50%)で、そのうち9尾は両側に、7尾は右側のみ、9尾は左側のみに異常があった。

参考までに公社に記録が残っている放流種苗の鼻孔異常率は2003年度が55.8%(平均全長55.6mm)、2004年度が29.0%(平均全長56.8mm)、2005年度が9.5%(平均全長85.3mm)であった。また、2009年度に当研究部で無作為に113尾確認したところ26%(平均全長88.3mm)、であった。2010年度も同様に無作為に101尾確認したところ15%(平均尾又長79.1mm)であった。

3) 標識魚の放流

県漁協鶴見支店から活魚運搬船「おおしま」を備船し、10月12日に2回に分けて保戸島地先に標識魚を運搬し放流した。放流作業を円滑に行うため、活魚槽には5m角のモジ網を敷き込み、ステンレスの金枠で網の浮き上がりを押さえたうえで、種苗を収容した。放流地先までの運搬時には活魚槽にはボンベで酸素を供給した。放流時には金枠を取り外し、網を絞ったうえでバケツで水ごと種苗を掬い取り、放流した。放流作業は円滑に実施できた。

2. 標識手法の検討

リボンタグを魚体に貫通させた状態にしておくと傷が癒えずに標識が脱落してしまった。そこで、リボンタグの一端を魚体に埋め込んだ標識手法(図2、便宜上片リボンタグ標識と記載する)の有効性を検討した。試験は10月6日から行い、片リボンタグ

区、リボンタグ区、コントロール区にそれぞれ100尾ずつ収容し12月21日まで飼育した。1回/日、週5日飽食給餌を行った。

試験開始から1週間程度で片リボンタグ区はすべて標識が脱落した。試験終了時の生残数は片リボンタグ区は70尾、リボンタグ区は96尾、コントロール区は99尾となった。それぞれの平均尾又長は89.6 ± 5.8mm、91.8 ± 5.4mm、87.6 ± 6.7mmとなった。

3. 放流効果調査(市場調査)

鼻孔確認を合計10,407尾(両側8,596尾、片側1,811尾確認)調べ、鼻孔異常個体が28尾確認された。腹鰭確認を合計10,515尾調べ、腹鰭抜去個体が37尾確認された。内訳は以下のとおりである。

1) 佐賀関市場

826尾を手持ち確認した結果、腹鰭抜去個体は見られず、鼻孔異常個体が2尾(右側異常、左側異常それぞれ1尾ずつ)確認された。

2) 臼杵市場

鼻孔を計2,391尾(両側:1,039尾、片側:1,352尾)確認した結果、鼻孔異常個体が1尾(右側異常)確認された。腹鰭を計2,321尾確認した結果、腹鰭抜去個体が1尾(右側異常)確認された。

3) 津久見市場

鼻孔を計881尾(両側:761尾、片側:120尾)確認した結果、鼻孔異常個体が3尾(右側異常)確認された。腹鰭を計870尾確認したが、腹鰭抜去個体は見られなかった。

4) 佐伯市場

鼻孔を計980尾(両側:975尾、片側5尾)確認した結果、鼻孔異常個体が3尾(両側異常1尾、右側異常2尾)確認された。腹鰭を計1,167尾確認した結果、腹鰭抜去個体が1尾確認された。

5) 鶴見市場

鼻孔を計5,329尾(両側:4,995尾、片側:334尾)確認した結果、鼻孔異常個体が19尾(右側異常5尾、左側異常14尾)確認された。腹鰭を5,331尾確認した結果、腹鰭抜去個体が28尾(右側異常1尾、左側異常25尾、両側異常2尾)確認された。

今後の課題

山田ら³⁾によると、大分県海域のイサキの成長の雌雄差は少なく、尾又長は満1歳で167mm、2歳で238mm、3歳で276mmになるとしている。そのため、2010年度放流群が保戸島周辺でのイサキの主たる漁法である一本釣りで漁獲されるのは、2012年以降になると思われる。

腹鰭抜去は再生がみられるなど完全な標識方法とは言えないが、7割以上が容易に識別可能(再生面積が半分以下)であり、今のところ最も有効な標識と思われる。今後は、より確実な標識方法の探索をする必要がある。

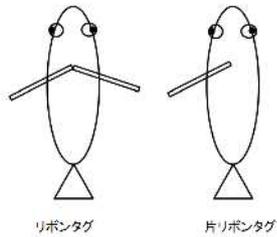


図2 リボンタグ装着上面図

文 献

- 1) 熊本県栽培漁業協会. イサキ人工種苗にみられた鼻孔隔皮異常について. 栽培漁業事例集(平成10年度版), 水産庁資源生産推進部栽培漁業課 1999: 53-54.
- 2) 松岡正信. カンパチ、イサキ、キジハタおよびヒラメにおける鼻孔隔皮欠損の出現状況. 水産増殖 2004; 52(3): 307-311.
- 3) 山田英俊・片山知史. 豊後水道西部海域におけるイサキの年齢と成長. 黒潮の資源海洋研究 2007; 8: 100.

基盤整備・栽培漁業・資源回復の推進に関する基礎調査－4 魚礁効果調査

西山雅人・行平真也

事業の目的

本県では県や市町村が事業主体となり漁場整備を実施している。整備した漁場の効果は、漁業者に漁場位置や漁獲物組成を記録してもらう標本船日誌や試験操業等で把握する。本年度は関崎北部漁場と高浜沖漁場を対象として釣獲試験操業を実施し、漁場の効果を検証した。

事業の方法

調査対象は図1に示す漁場である。

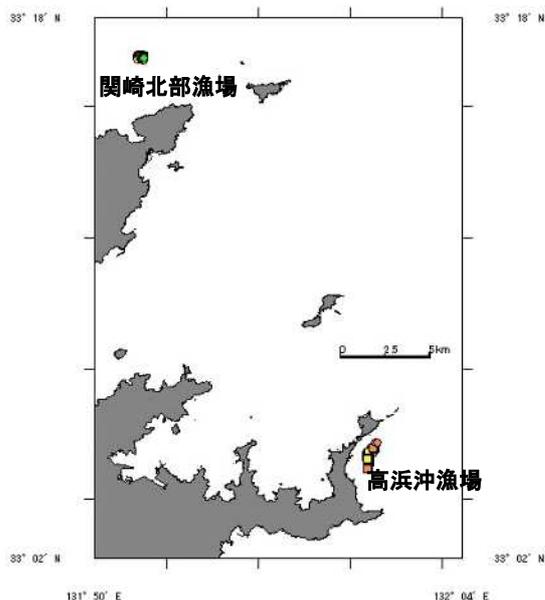


図1 調査対象漁場の位置

1. 関崎北部漁場

釣獲試験操業は、2011年11月4日に実施した。用船した漁船（大分県漁協佐賀関支店所属）に水産研究部職員3名、水産振興課漁場整備班職員2名、中部振興局職員1名の計6名が乗船し、釣獲試験操業を行った。調査は、06時～14時までの約8時間行った。試験操業は魚礁が設置された魚礁区と魚礁

の設置されていない対照区で実施した。対照区は魚礁区と同じ水深と底質である海域とした。

2. 高浜沖漁場

釣獲試験操業は、2012年3月7日に実施した。試験操業は、用船した漁業者1名（大分県漁協津久見支店所属）が日頃の操業で使用している漁具（手釣り道具）を用いて、漁業者自身が行った。当日は水産研究部研究員が1名乗船した。魚礁が設置された魚礁区と試験区として天然礁での操業を行った。調査は、06時～14時までの約8時間行った。

事業の結果

1. 関崎北部漁場

精密測定結果を表1に示す。魚礁区では、イサキ3個体（2.0kg）、ウマヅラハギ39個体（16.1kg）、タマガシラ1個体（0.2kg）が漁獲された。対照区では、ウマヅラハギ2個体（1.3kg）、タマガシラ1個体（0.2kg）が漁獲された。イサキ3個体の尾叉長は、37.0cm、34.0cm、36.8cmであった。イサキについては、豊後水道西部海域で漁獲された個体から成長式が推定されているが¹⁾、釣獲試験で漁獲された個体は10歳以上の高齢魚と推定された。

2. 高浜沖漁場

精密測定結果を表2に示す。魚礁区での漁獲はなかった。対照区では、イサキ7個体（4.1kg）が漁獲された。イサキの尾叉長は、29.1cm、36.6cm、38.0cm、35.2cm、33.5cm、32.0cm、34.6cmで2歳魚1個体、他の6個体は10歳以上の高齢魚と推定された。

今後の課題

魚礁の効果を検討するには、様々な手法があるが、釣獲試験操業は、実施時期により操業結果は大きく影響される。高浜沖漁場は3月に調査を実施したが、

水温の高い時期が釣獲が期待されるとの意見も用船した漁業者から聞き取った。そのため、複数年にわたる年間を通した調査実施体制が望まれる。

県下全域にわたり設置されている魚礁を全て調査することは現実的ではない。調査対象漁場を選定し、集中的に調査する体制も検討すべきである。

また、魚礁の効果を検証する際には、複数の手法を組み合わせることでより精度の高い結果を得ることが期待できる。

今後は少ない労力で継続的に実施できる効果調査を検討し、実施していく必要がある。

文 献

- 1) 山田英俊・片山知史・高田淳史・安楽康宏・真田康広. 豊後水道西部海域におけるイサキの年齢と成長および漁獲物の年齢組成. 水産海洋研究 2011 ; 75(3) : 161-169.

表1 釣獲試験操業結果 (関崎北部漁場)

No.	水揚年月日	漁獲時刻	測定年月日	魚種	全長	尾叉長	体重	漁場
1	2011/11/4	06:00-07:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	31.7		429.77	試験区
2	2011/11/4	06:00-07:00	2011/11/4	イサキ	39.8	37.0	664.00	試験区
3	2011/11/4	07:00-08:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	31.4		449.65	試験区
4	2011/11/4	07:00-08:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	34.2		475.00	試験区
5	2011/11/4	07:00-08:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	31.6		399.56	試験区
6	2011/11/4	07:00-08:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	32.5		410.00	試験区
7	2011/11/4	07:00-08:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	32.2		476.00	試験区
8	2011/11/4	07:00-08:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	33.3		498.00	試験区
9	2011/11/4	07:00-08:00	2011/11/4	イサキ	36.0	34.0	620.00	試験区
10	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	34.3		495.84	試験区
11	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	27.9		301.31	試験区
12	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	30.0		354.54	試験区
13	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	34.0		576.31	試験区
14	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	29.8		354.38	試験区
15	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	31.5		391.17	試験区
16	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	26.4		261.13	試験区
17	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	30.3		371.37	試験区
18	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	26.1		214.90	試験区
19	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	25.7		289.64	試験区
20	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	34.9		554.34	試験区
21	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	30.0		398.03	試験区
22	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	31.4		486.00	試験区
23	2011/11/4	08:00-09:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	32.4		571.18	試験区
24	2011/11/4	09:00-10:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	33.8		576.41	試験区
25	2011/11/4	09:00-10:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	31.0		443.42	試験区
26	2011/11/4	09:00-10:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	25.6		259.28	試験区
27	2011/11/4	09:00-10:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	26.2		230.51	試験区
28	2011/11/4	10:00-11:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	35.1		426.18	試験区
29	2011/11/4	10:00-11:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	26.1		243.05	試験区
30	2011/11/4	10:00-11:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	31.0		430.54	試験区
31	2011/11/4	10:00-11:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	32.0		377.24	試験区
32	2011/11/4	10:00-11:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	32.8		471.36	試験区
33	2011/11/4	10:00-11:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	35.3		584.62	試験区
34	2011/11/4	10:00-11:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	32.7		522.82	試験区
35	2011/11/4	10:00-11:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	30.1		346.33	試験区
36	2011/11/4	11:00-12:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	34.4		745.91	対照区
37	2011/11/4	11:00-12:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	33.2		547.00	対照区
38	2011/11/4	11:00-12:00	2011/11/4	タマガシラ	22.7		217.32	対照区
39	2011/11/4	12:00-13:00	2011/11/4	タマガシラ	22.2		238.91	試験区
40	2011/11/4	12:00-13:00	2011/11/4	イサキ	39.7	36.8	730.00	試験区
41	2011/11/4	13:00-14:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	32.1		472.74	試験区
42	2011/11/4	13:00-14:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	29.5		400.40	試験区
43	2011/11/4	13:00-14:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	27.1		290.76	試験区
44	2011/11/4	13:00-14:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	28.8		316.50	試験区
45	2011/11/4	13:00-14:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	34.1		540.86	試験区
46	2011/11/4	13:00-14:00	2011/11/4	ウマヅラハギ	34.1		428.76	試験区

表2 釣獲試験操業結果 (高浜沖漁場)

No.	水揚年月日	漁獲時刻	測定年月日	魚種	全長	尾叉長	体重	漁獲海域	漁場
1	2012/3/7	11:47	2012/3/7	イサキ	39.9	36.6	648.77	豊後水道	対照区(北の瀬)
2	2012/3/7	12:01	2012/3/7	イサキ	40.2	38.0	790.33	豊後水道	対照区(北の瀬)
3	2012/3/7	12:16	2012/3/7	イサキ	37.5	35.2	642.75	豊後水道	対照区(北の瀬)
4	2012/3/7	12:22	2012/3/7	イサキ	36.2	33.5	502.97	豊後水道	対照区(北の瀬)
5	2012/3/7	12:29	2012/3/7	イサキ	34.4	32.0	495.32	豊後水道	対照区(北の瀬)
6	2012/3/7	12:42	2012/3/7	イサキ	37.3	34.6	622.87	豊後水道	対照区(北の瀬)
7	2012/3/7	12:45	2012/3/7	イサキ	30.6	29.1	422.61	豊後水道	対照区(北の瀬)

基盤整備・栽培漁業・資源回復の推進に関する基礎調査－5

DNA 標識によるクルマエビ放流効果調査(2010年放流群)

景平真明・金澤 健・中里礼大・井本有治

調査の目的

これまで佐伯湾地区では、クルマエビの放流効果を高めるため全長 50mm サイズの稚エビを囲い網で馴致後に放流してきた。しかし、自治体の種苗放流予算が年々削減される中、放流規模を維持していくためには、放流サイズの小型化も検討せざるを得ない状況にある。

当調査では放流サイズを全長 30mm にした場合、50mm と比較してどの程度の放流効果があるのか知見を得ることを目的とした。

放流は 2010 年度に実施され、本年度も引き続き放流群を追跡した。

調査の方法

漁業公社で生産した、親エビの DNA 情報が既知な種苗を放流し、その後漁獲されたエビの DNA 情報を読み取り放流種苗か否かを判定した。

1) 2010年度放流種苗

放流種苗は全長 30mm と 50mm の 2 群とし、それぞれの親エビは他の放流用種苗の親とは独立したものを使用した。使用した親エビの数は 30mm 群が 66 個体、50mm 群が 33 個体であった。

当初の計画では DNA 情報が既知な 30mm 種苗を 100 万尾、50mm 種苗を 6～7 万尾の予定であったが、30mm 分の生産が不調であったため、30mm は一部 DNA 情報が不明のものが当試験とは別に当該水域に放流された(表 1)。

表1 2010年度種苗放流の概要

平均全長	受入尾数	受入日	放流日	DNA 情報
30 mm	53.3 万尾	7/15	7/23	既 知
32 mm	42.0 万尾	8/19	8/21	不 明
55 mm	11.6 万尾	8/25	8/26	既 知

佐伯湾地区で保有する潜砂馴致用の囲い網(目合い 5mm)は 50mm サイズ用で、30mm の種苗は囲い網を抜けてしまうため、囲い網の内側に農業用の防風ネット(目合い 4mm)を張り合わせた。

囲い網の設置場所を図 1 に示した。



図1 囲い網の設置場所

海洋状況表示システム (<https://www.msil.go.jp/>)を加工して作成

2) 漁獲物の標本採集

かつて、佐伯湾奥ではクルマエビの刺網漁が盛んであったが、近年は漁業者の高齢化にともないほとんど操業されていない。現在のクルマエビの水揚げのほとんどは小型機船底曳き網(以後、小底という)によるものである。

そのため、クルマエビ漁獲物標本を得る調査定点として、周年安定して小底によるクルマエビが水揚げされる大分県漁協鶴見支店の公設地方卸売市場(以後、鶴見市場という)を選んだ。鶴見市場では活エビのあがり(死亡もしくは衰弱したもの)の中から、無償で個体測定と尾肢の採取(DNA 検体)をさせていただいた。

本年度は昨年度に引き続き、毎月 150 個体を目処に個体測定及び DNA 検体を採取した。本年度に入り、明らかに当歳と思われるサイズのクルマエビが増えてきたので、調査は 2011 年 10 月で打ち切った。

2010 年に限定した調査として、小底が操業しない佐伯湾奥でのデータを得るため、佐伯支店の組合員の K 氏に依頼して、共同漁業権内で刺網漁をおこなってもらった。捕獲したクルマエビは全量検体として買い取った。

3) DNA 標識による追跡調査

標本エビは全長(額角先端から尾節末端)、体長(眼窩後端から尾節末端)、体重、性を測定後、尾肢の一部を切除し 99.5%エタノールに保存して DNA 検査用の検体とした。検体は DNA を抽出後、まず親

エビとミトコンドリア DNA(以後、mt-DNA という)の塩基配列が一致するものを選出して、マイクロサテライト DNA(以後、ms-DNA という)検査に回し、親子判定(放流したエビかどうか)した。DNA 抽出及び mt-DNA 検査を(株)バイオマトリックスに、ms-DNA 検査を(株)日本総合科学に依頼した。

昨年度に日程の都合で ms-DNA 検査ができなかった 4 個体(2011 年 3 月漁獲分のうち mt-DNA 検査で一致)の DNA を ms-DNA 検査し、放流群か否かを判定した。

2011 年の 4 月から 10 月の間に鶴見市場で採取した DNA 検体 1,034 個体分のうち、予算の都合上 5 ~ 7 月の 102 個体分を mt-DNA 検査に供した。

した。昨年度 mt-DNA が放流群と一致し、日程の都合で ms-DNA を未査定であった 2011 年 3 月採集の 4 個体は、検査の結果放流個体ではなかった。

本年度新たに mt-DNA 検査した 102 個体のうち 3 個体が放流群と一致した。このうち 1 個体のハプロタイプは累積で 10 個体が一致しており、クルマエビの mt-DNA の多様さから考えると、放流群由来ではないかとの疑問が生じる。本調査で DNA 検査に供した 1,152 個体に対して、1,057 のハプロタイプが存在した(図 2)ことから、漁獲日や漁獲場所が異なるクルマエビが、同一の mt-DNA ハプロタイプに集中するのは、自然界にそのハプロタイプが卓越して存在しているか、放流等の人為的影響若しくはその痕跡ではないかと思われる。いずれにしても、2010 年 8 月 21 日放流群の DNA 情報が無いため、由来の特定は困難である。

唯一言えるのは、2010 年放流の DNA 標識クルマエビに限るなら、佐伯湾周辺の地元漁業者に対しては放流効果が乏しかったということである。

調査の結果

DNA標識による追跡調査

表 2 に mt-DNA 検査と ms-DNA 検査の結果を示

表2 mt-DNA、ms-DNA検査結果

	9月		10月		11月		12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合計
	刺網	底曳	刺網	底曳	刺網	底曳												
採集サンプル数	100	88	61	79	9	112	223	173	251	154	150	150	150	130	150	150	154	2,284
検査サンプル数	100	88	61	79	9	112	150	150	150	151	-	16	50	38	-	-	-	1,152
mt-DNAが30mm放流群と一致	9	2	10	0	0	0	0	0	0	0	3	-	0	0	1	-	-	24
ms-DNAが30mm放流群と一致	7	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	16
mt-DNAが50mm放流群と一致	0	1	0	3	0	2	0	1	4	1	-	0	1	1	-	-	-	12
ms-DNAが50mm放流群と一致	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0

放流個体

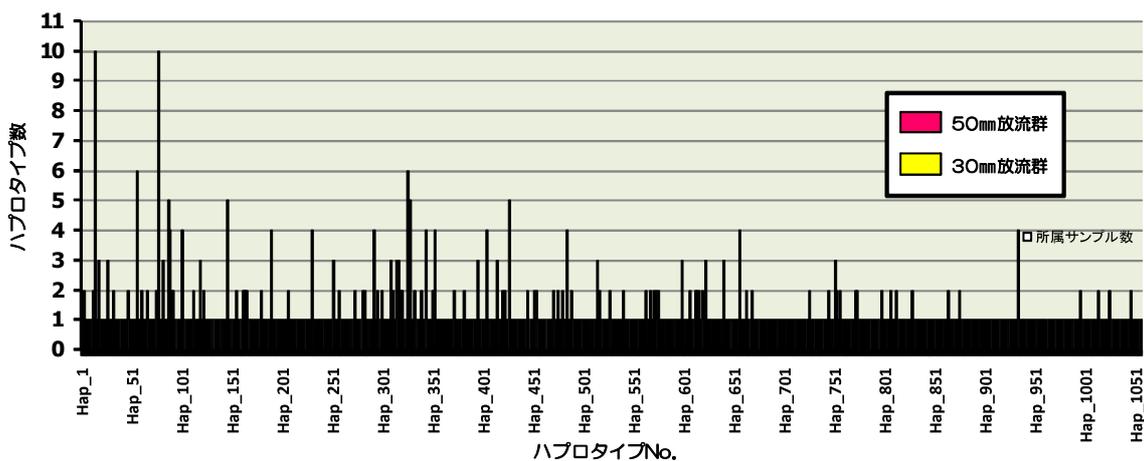


図2 調査で検出されたmt-DNAの1,057ハプロタイプとその頻度

基盤整備・栽培漁業・資源回復の推進に関する基礎調査－6

豊後水道南部小型機船底びき網漁業における試験的操業調査

行平真也

事業の目的

豊後水道南部の一部海域において、38kW以上の漁船を使用する小型機船底びき網漁業は漁業調整上、5月1日から8月31日までの間、操業が制限されている。しかし、近年、大分県漁業協同組合などの操業制限見直しの要望により、2010年度から2012年度において、図1の海域において試験的操業を実施することとなった。

本調査は、豊後水道南部小型機船底びき網漁業による試験的操業の操業実態を把握するため標本船日誌調査の解析を実施した。

事業の方法

調査は、2011年5月から7月にかけて、試験的操業に参加する漁業者を対象に標本船日誌調査を依頼した。標本船日誌には、操業日時、操業時間、漁獲物の重量、金額、操業位置を記載する項目を設けた。

試験的操業に申し込んだ漁業者全40名（前半、後半のみを含む）のうち、試験的操業に全期間参加した漁業者26名、前半のみ制限が解除された漁業者1名、後半のみ制限が解除された漁業者6名の計33名と試験的操業には参加していないが標本船日誌に協力を申し出ていただいた漁業者3名の計36名の標本船日誌について解析を実施した。なお、病気や他の漁業を営んだことで、ほとんど操業しなかった漁業者7名の標本船日誌は解析から除外した。

事業の結果

1. 漁場の分散についての検討

期間の後半のみ制限が解除された漁業者について、制限が解除されていない期間前半と制限が解除

された期間後半の操業を比較したところ、操業海域は期間前半は佐伯湾等の内湾域に偏っていたが、期間後半は、解除された沖合域での操業が多く、漁場が分散されていることが示唆された。

2. 漁獲量と魚種組成の検討

試験的操業の全期間に参加した漁業者26名について解析したところ、期間中の総漁獲量は26,057kg、うち解除海域は9,570.8kg（37%）、非解除海域は16,486.4kg（63%）であった。解除海域内においては、かに類、えそ、こち、くるまえび、うちわえびが多く漁獲されており、また非解除海域内においては、かわはぎ、うちわえび、えそ、まだい、こちが多く漁獲されていた。

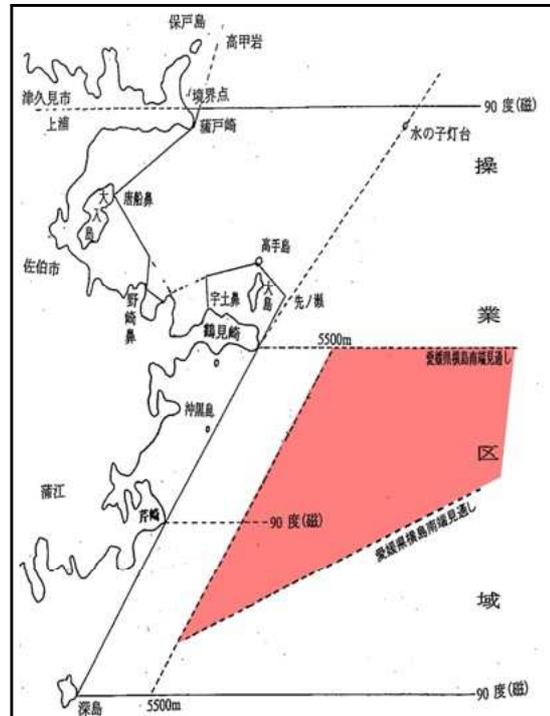


図1 試験的操業海域

フルボ酸鉄による藻場造成力実証試験

井本有治、景平真明・金澤 健

はじめに

近年、河川から供給されるフルボ酸鉄等の溶存態鉄が藻類の繁殖に効果があるとする説があるが、科学的なデータが不足しており、一般的な説とはなっていない。

大分県では 1996 年ころから磯焼けが問題となっており、現在までの調査で魚類による食害が大きな原因であることがわかっているが、その他の要因については不明な点は多い。

そこで、溶存態鉄を増加させることが磯焼け対策として有効であるのか確認するため、調査を実施した。今年度は、3 年間調査の 2 年目である。

I 溶存態鉄調査

事業の目的

佐伯湾で、溶存態鉄の量と海藻の量の相関を確認するための調査を行った。

また、県内全域の地区別の状況を確認するため、溶存態鉄の測定を行った。

事業の方法

1. 佐伯湾溶存態鉄調査

図 1 に示す佐伯湾内の 30 定点で、6 月～7 月に溶存態鉄の測定を行った。この 30 定点は前年度の調査で、2011 年 2 月に海藻の種類ごとの被度を確認している。今回は溶存態鉄の量と海藻の量の相関の有無を確認した。なお、海藻調査を冬期、溶存態鉄の測定を夏期に実施したのは、それぞれが最も多いと思われる時期を選んだためである。

2. 県内全域溶存態鉄調査

図 2 に示す県内の 30 定点で、8 月～9 月に溶存態鉄の測定を行った。



図1 佐伯湾溶存態鉄調査の定点

出典：国土地理院(旧・電子国土ポータル)ウェブサイトを加工して作成

事業の結果

1. 佐伯湾溶存態鉄調査

溶存態鉄の測定結果を表 1、及び図 3 に示す。また、2011 年 2 月に実施した海藻調査結果を表 2 に、溶存態鉄と海藻被度の相関を表 3 に、それぞれ示す。溶存態鉄と海藻合計被度との相関係数は 0.10 であり、相関はほとんどないと考えてよい。

ただし、この調査は溶存態鉄濃度が比較的多い夏

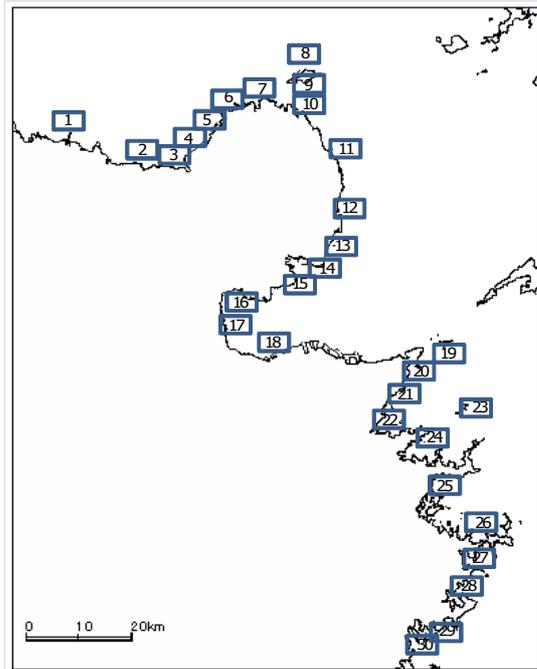


図2 県内全域溶存態鉄調査の定点

出典: 国土地理院(旧・電子国土ポータル)ウェブサイトを加工して作成

季に行ったものである。溶存態鉄の濃度が海藻の生長の制限要因となっているのであれば、比較的少ない冬季の溶存態鉄量が関係している可能性があり、来年度は冬季の調査を行う必要がある。

2. 県内全域溶存態鉄調査

溶存態鉄の測定結果を表 4、及び図 4 に示す。調査定点による差は大きい、海域による大きな差は認められなかった。また、磯焼けが問題となっている佐伯湾以南と、それ以外の地域の溶存態鉄の量に大きな差は見られなかった。

(井本有治)

表1 佐伯湾溶存態鉄調査結果

St	月日	緯度	経度	溶存態鉄 (ppb)	DIN ($\mu\text{mol/L}$)	PO4-P ($\mu\text{mol/L}$)
1	6月28日	N 32° 59.061'	E 132° 04.201'	4.1	3.63	0.19
2	6月28日	N 32° 58.012'	E 132° 04.745'	0.6	3.85	0.24
3	6月28日	N 32° 57.806'	E 132° 03.646'	0.8	2.10	0.13
4	6月28日	N 32° 57.201'	E 132° 04.236'	7.9	3.19	0.23
5	6月28日	N 32° 56.702'	E 132° 04.762'	8.6	2.46	0.17
6	6月28日	N 32° 56.749'	E 132° 03.758'	6.9	2.98	0.21
7	6月28日	N 32° 56.749'	E 132° 01.988'	1.8	1.87	0.20
8	6月28日	N 32° 56.167'	E 132° 00.845'	5.0	2.42	0.17
9	6月28日	N 32° 57.248'	E 131° 59.374'	1.5	2.53	0.19
10	6月28日	N 32° 56.659'	E 131° 58.609'	1.3	1.28	0.16
11	6月28日	N 32° 57.523'	E 131° 58.308'	3.8	2.00	0.26
12	6月28日	N 32° 58.229'	E 131° 57.173'	3.0	1.26	0.16
13	6月28日	N 32° 57.495'	E 131° 57.010'	1.4	0.85	0.10
14	6月28日	N 32° 57.318'	E 131° 56.502'	1.8	0.68	0.20
15	6月28日	N 32° 58.797'	E 131° 55.450'	3.3	1.52	0.18
16	6月30日	N 32° 58.569'	E 131° 56.367'	2.7	1.71	0.11
17	6月30日	N 32° 58.599'	E 131° 57.352'	5.8	0.64	ND
18	6月30日	N 32° 58.849'	E 131° 55.605'	2.1	0.85	0.08
19	6月30日	N 33° 00.978'	E 131° 56.142'	8.6	0.39	ND
20	6月30日	N 33° 00.894'	E 131° 55.604'	3.2	0.37	0.08
21	7月13日	N 32° 59.831'	E 131° 55.180'	1.3	1.12	0.20
22	7月13日	N 32° 59.629'	E 131° 54.037'	4.9	0.53	0.14
23	7月13日	N 33° 00.500'	E 131° 54.177'	4.4	0.60	0.16
24	7月13日	N 33° 01.533'	E 131° 55.241'	4.4	0.99	0.26
25	7月13日	N 33° 02.028'	E 131° 55.338'	7.5	0.71	0.15
26	7月13日	N 33° 02.924'	E 131° 55.616'	2.9	0.63	0.16
27	7月13日	N 33° 03.023'	E 131° 56.302'	2.1	1.30	0.26
28	7月13日	N 33° 03.005'	E 131° 56.952'	3.1	1.03	0.20
29	7月13日	N 33° 02.787'	E 131° 58.836'	4.0	2.59	0.44
30	7月13日	N 33° 03.391'	E 132° 00.711'	1.1	2.74	0.35

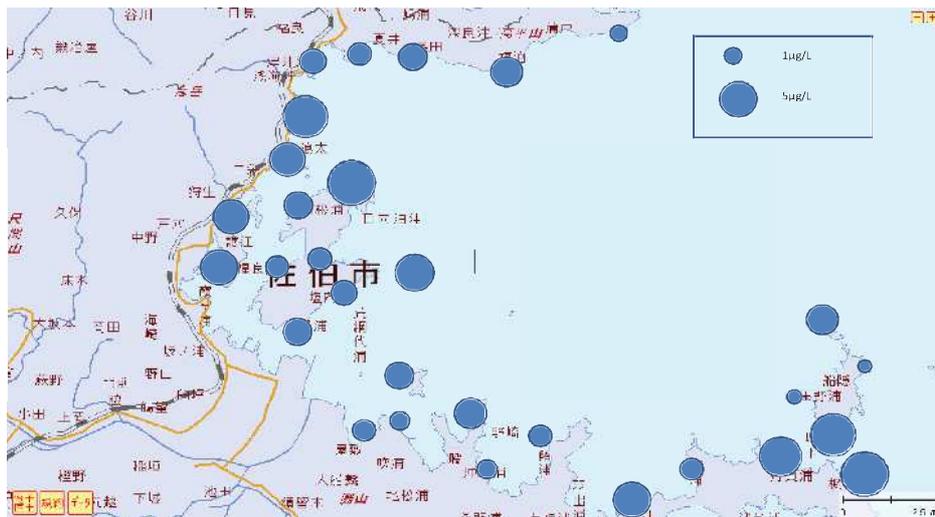


図3 佐伯湾の溶存態鉄調査結果

出典: 国土地理院(旧・電子国土ポータル)ウェブサイトを加工して作成

表2 海藻調査結果 (単位: 被度%)

St	クロメ類 A	ホンダワラ類 B	大型藻類 A+B	小型藻類 C	全計 A+B+C
1		7	7	57	63
2		10	10	70	80
3		20	20	60	80
4			0	77	77
5		50	50	25	75
6		2	2	73	75
7		3	3	67	70
8	36	16	53	38	90
9	5	26	31	44	75
10	34	36	70	14	84
11	52	27	78	7	85
12	38	40	78	9	85
13	22	58	80	10	90
14	15	32	47	20	67
15	25	15	40	8	48
16	41	26	68	8	75
17	15	41	56	30	86
18	13	30	43	13	57
19	10	63	73	7	80
20	18	3	22	60	82
21		20	20	25	45
22		2	2	63	65
23	18	2	20	47	67
24	35	30	65	18	83
25	44	26	70	14	84
26	35	23	58	15	73
27	45	38	83	5	88
28	26	49	75	11	86
29	31	41	73	10	83
30	18	48	65	23	88

表3 鉄濃度と海藻被度の相関

相関の対象	相関係数
鉄濃度とクロメ類(A)	-0.06
鉄濃度とホンダワラ類(B)	0.01
鉄濃度と大型海藻(A+B)	-0.03
鉄濃度と小型海藻(C)	0.08
鉄濃度と海藻合計(A+B+C)	0.10

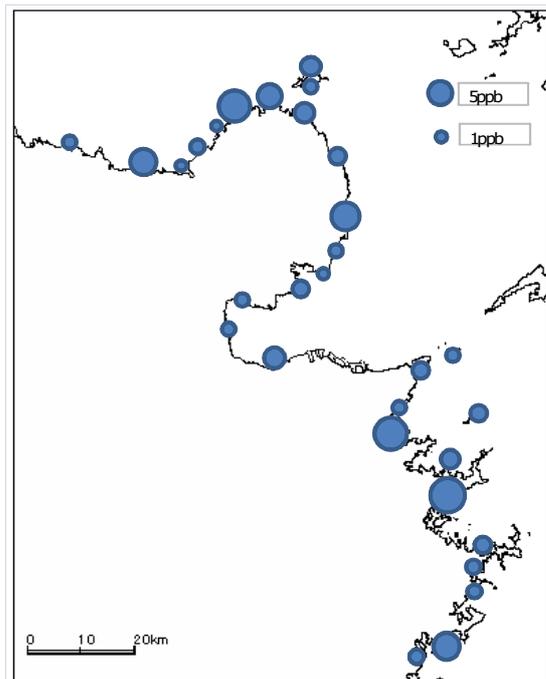


図4 県内全域の溶存態鉄結果

出典: 国土地理院(旧・電子国土ポータル)ウェブサイトを加工して作成

表4 県内全域の溶存態鉄調査結果

St	月日	緯度	経度	溶存態鉄 (ppb)	塩分 (‰)
1	8月26日	N 33° 38,300'	E 131° 12,246'	1.6	20.847
2	8月26日	N 33° 35,501'	E 131° 22,180'	6.2	31.010
3	8月26日	N 33° 35,788'	E 131° 25,254'	1.1	31.273
4	8月26日	N 33° 35,860'	E 131° 25,535'	2.6	31.324
5	8月26日	N 33° 37,645'	E 131° 27,988'	0.8	31.297
6	8月26日	N 33° 39,544'	E 131° 29,866'	8.9	30.957
7	8月24日	N 33° 41,230'	E 131° 33,602'	5.9	30.049
8	8月24日	N 33° 44,400'	E 131° 40,198'	3.8	32.429
9	8月24日	N 33° 43,130'	E 131° 39,617'	1.5	31.624
10	8月24日	N 33° 40,232'	E 131° 39,708'	3.9	31.956
11	8月24日	N 33° 33,883'	E 131° 44,555'	2.9	31.687
12	8月24日	N 33° 29,359'	E 131° 44,067'	7.7	31.209
13	8月24日	N 33° 27,494'	E 131° 43,403'	1.5	30.177
14	8月22日	N 33° 26,128'	E 131° 42,732'	1.0	32.072
15	8月22日	N 33° 22,432'	E 131° 37,713'	3.2	31.410
16	8月22日	N 33° 21,317'	E 131° 32,527'	1.5	30.394
17	8月22日	N 33° 19,077'	E 131° 30,164'	1.8	30.984
18	8月22日	N 33° 15,802'	E 131° 37,010'	4.0	30.044
19	9月9日	N 33° 16,302'	E 131° 57,666'	1.8	33.044
20	9月9日	N 33° 14,123'	E 131° 53,673'	3.0	33.267
21	9月9日	N 33° 11,271'	E 131° 50,928'	1.4	33.059
22	9月9日	N 33° 08,874'	E 131° 49,268'	9.6	33.062
23	9月9日	N 33° 04,817'	E 131° 56,457'	3.5	33.217
24	9月9日	N 33° 06,590'	E 132° 01,758'	3.3	33.391
25	9月26日	N 33° 02,913'	E 131° 59,142'	12.0	33.153
26	9月26日	N 32° 56,447'	E 132° 01,56'	3.3	31.578
27	9月26日	N 32° 54,269'	E 132° 00,380'	2.3	33.305
28	9月26日	N 32° 52,660'	E 131° 59,720'	1.8	33.517
29	9月8日	N 32° 46,795'	E 131° 54,127'	6.2	33.639
30	9月1日	N 32° 45,000'	E 131° 39,663'	2.3	33.806

II 藻類の溶存態鉄要求量調査 (フラスコ培養試験)

事業の目的

沿岸海水に溶存鉄を加えることが、海藻の生長に何らかの影響を与えるかを検証する。

事業の方法

試験には研究部内の流水水槽に大量に繁茂していたリボンアオサ(図1)を用いた。採集したリボンアオサ葉体から、穴空けポンチ(図2)で直径10mmの円盤状葉片を作成し1試験区当たり30枚を供試した(図3)。

試験区は当研究部前の海から採取した海水を濾過加熱滅菌した5μg/L区と、Fe(III)-EDTAを加えることによって濃度調整した、20μg/L、40μg/L、80μg/L、160μg/Lの合計5区を設定した。

培養には1Lの専用フラスコを用い、各区溶存鉄濃度を調整した培養水を定量ポンプで1L/日の量を滴下換水した(図4)。

恒温室は20℃に設定し、照度は12,000ルクスに統一した。照明は12時間照明/日にした。試験は11月1日に開始し、7日後の11月8日に終了した。

各試験区の生長量は葉片片面の増面積で求めた。試験終了後の供試葉片はガラス板でプレスし、葉片を最大限広げた状態で写真撮影(図5)し、画像データ(図6)を元にキーエンス社の「粒度解析アプレケーション」を用いて面積を数値化した(図7)。



図1 リボンアオサ



図2 穴空けポンチ打抜き



図3 各区30枚ずつ供試



図4 恒温室内の専用フラスコで1週間培養



図5 供試葉片を高解像度カメラで望遠撮影

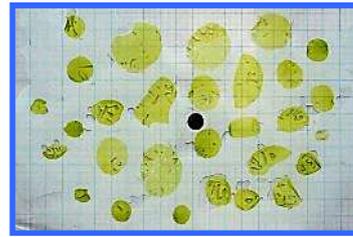


図6 撮影した画像 (中央黒円が開始時の面積)

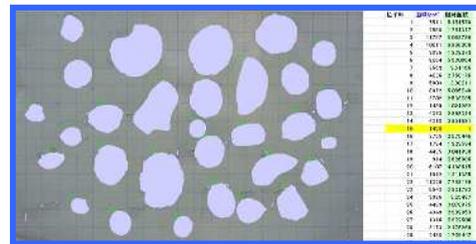


図7 画像解析ソフトで面積を数値化

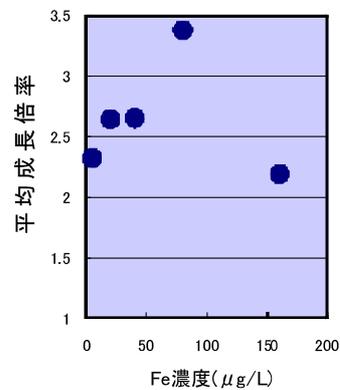


図8 各試験区葉片の平均生長倍率

事業の結果

各試験区の葉片の平均生長倍率を図8に示した。

各試験区の生長量を統計的に比較するため、等分散性についてバートレット検定をしたところ不等分散と判定されたため、クラスカル・ウォリス検定(数値ではなく順位を多重比較)を採用した。

その結果、 P 値は $0.072 > 0.05$ (5%危険率)となり試験区間に有意な差は認められなかった。

培養液の鉄濃度を増加しても海藻の生長に有意な差が見られないというのは、昨年度実施したヒジギの培養実験と同じ結果であった。今までの実験は鉄濃度を増加したら海藻の生長は早くなるかを確認するものであったが、明確な差は認められなかった。来年度は逆に培養液の鉄濃度を低下し、鉄濃度を減少させれば海藻の生長は遅くなるのかを確認する必要がある。

(景平真明)

Ⅲ ヒジキ陸上養成試験

事業の結果

事業の目的

ビバリーユニットは海水中への鉄分供給を目的とした新日本製鐵の海藻用施肥製品である。ビバリーユニットが海藻の生長と溶存態鉄量に及ぼす影響を調べる。

事業の方法

1. 試験（1）

試験は5月6日～6月9日の35日間実施した。試験は屋外1kL水槽を使用し、4試験区を表1のとおり設定した（図1）。昨年度の実験で明確な差が出なかったため、今回は添加する鉄鋼スラグと腐植土の量を6倍に増加した。ただし水槽容量を0.5kLから1kLとしたため、単位水量あたりの添加量は3倍となった。また、換水率を2回転から1回転に下げた。各試験区にロープに挟み込んだヒジキを収容し、試験開始時と終了時の重量を測定した。

2. 試験（2）

試験は2011年10月6日～2012年1月16日の103日間実施した。試験には屋内1kL水槽を使用し、4試験区を表2のとおり設定した（図2）。海藻は使用せず、溶存態鉄量の推移を確認することを目的とした。溶存態鉄の測定は新日本製鐵の関連会社であるニッテクリサーチが行った。

表1 試験（1）の設定

①ビバリーユニット区(鉄鋼スラグ15kg+腐植土15kg)
②鉄鋼スラグ区(鉄鋼スラグ15kg)
③腐植土区(腐植土15kg)
④対照区(何も設置せず)



図1 試験区全景

1. 試験（1）

供試ヒジキの重量測定結果を表3及び図3に示した。結果を基に2元配置分散分析を行ったところ、次の結果が得られた。

鉄鋼スラグの添加効果：有意差なし

腐植土の添加効果：強い有意差あり

交互作用：有意差なし

腐植土の添加が海藻の生長に効果があることはすでに認められていることであり本実験でも確認できたが、鉄鋼スラグの添加効果は認められなかった。しかし海藻の種類により鉄要求量が異なることも考えられるため、次年度は海藻の種類を変え、再現性を確認する必要がある。

表2 試験（2）の設定

①ビバリーユニット区(鉄鋼スラグ17.5kg+腐植土7.5kg)
②鉄鋼スラグ区(鉄鋼スラグ17.5kg)
③腐植土区(腐植土7.5kg)
④対照区(何も設置せず)



図2 試験区全景

表3 開始時と終了時の総重量(g)の変化

試験区	開始時	終了時	増重量
①	190	262	72
②	199	199	0
③	155	208	53
④	172	190	18

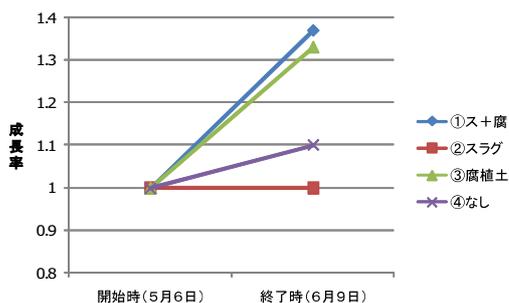


図3 開始時と終了時の総重量(g)の変化

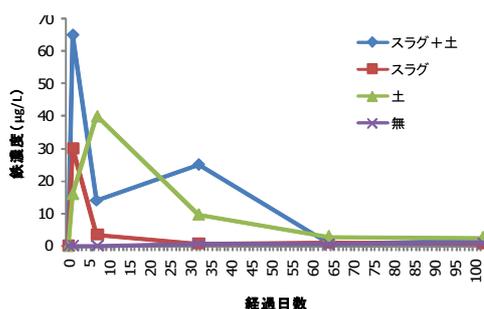


図4 溶解態鉄量の変化

2. 試験(2)

溶解態鉄の測定結果を図4に示した。試験区設定1ヵ月後には試験区1(鉄鋼スラグ+腐植土区)及び試験区2(腐植土区)で溶解態鉄量の増加が確認された。しかし2ヵ月後には確認されなかった。鉄鋼スラグ及び腐植土を添加すると溶解態鉄の増加は確認されるが、その効果は短期間しか継続しないことがわかった。

(金澤 健)

IV 海藻養殖における鉄鋼スラグの生長促進効果の検証

事業の目的

鉄鋼スラグの藻類生長促進効果を確認するために、佐伯市蒲江入津地区西野浦湾において、ワカメとヒジキの養殖試験を行った。

事業の方法

1. 海藻養殖試験区の設定

1) 鉄鋼スラグ

試験に用いた鉄鋼スラグユニットは、大型土嚢袋(通称フレコンパック、材質ポリプロピレン製)に、鉄鋼スラグ(転炉スラグ)と腐植土を1対1(容積比)に混合・充填したもの(100kg/袋)を(株)製鉄鉱業大分から16袋購入した。前年度の試験では溶解態鉄の溶出が確認されなかったため、今回は次の改良を加えた。

- ① 200kg 8袋→100kg 16袋とした(表面積を増加させた)。
- ② フレコンパックの側面下部に径5mmの穴を8個ずつあけた。
- ③ フレコンパック上部を紐で縛らず、開放状態とした。

2) 試験場所及び筏への鉄鋼スラグの垂下

試験は、佐伯市蒲江入津地区の西野浦湾で行った。試験には、魚類養殖用の10m×10m角の筏を用いた。

試験区の筏には、鉄鋼スラグユニット16袋を等間隔に、袋上部が水深0.9m程度になるように12月1日に垂下した。対照区の筏は、鉄鋼スラグ無垂下とした。

試験区と対照区の筏は、190m程度の距離を離れた。

3) 海藻の張り込み

試験に用いた海藻は、徳島県鳴門産ワカメと、大分県佐伯市上浦地先産のヒジキである。

ワカメは、幹縄(太さ12mm)10mに対して、種糸12mを巻き付けたロープを8本作成して、試験区と対照区に4本ずつ、12月1日に張り込んだ。ワカメ幼体は30個体測定し、平均が28.8mm、最大が55.0mm、最小が10.0mmであった。

ヒジキは、約5cmおきに20cmサイズの幼体2~3株(8~10本)を挟み込んだロープを2本作成し、試験区と対照区に1本ずつ張り込んだ。張り込みは12月7日に行った。張り込み時のサイズは、30個体測定して平均が19.2cm、最大が28.0cm、最小が10.0cmであった。

2. 生長促進効果確認調査

1) 水質

0.9m層の採水を行い、DIN、PO₄-P、溶解態鉄について分析を行った。

溶解態鉄の分析には、採水直後あるいは1日後に実験室で0.45µmのメンブレンフィルターで濾過後、海水1Lに対して硝酸を1ml添加して冷蔵保存したものを用いた。濾過海水中の溶解態鉄は、キレート交換樹脂(MetaSep IC-ME:GLサイエンス社)を用いた固相抽出による濃縮後、ICP-MSを用いて測定した。なお、溶解態鉄の分析は、社団法人大分県薬剤師会に依頼した。

2) 海藻の生長促進効果

1月10日、2月6日に現地調査を行い、海藻の生長を目視観察した。2月28日の最終調査時には海藻の取り上げを行い、幹縄1m当たりの取り上げ重量を測定した。

事業の結果

1. 水質調査

した。DINは、試験区が2.18～3.35 μ M、対照区が0.82～5.96 μ Mで推移した。PO₄-Pは、試験区が0.09～0.38 μ M、対照区が0.01～0.35 μ Mで推移した。

溶存態鉄の測定結果を図1に示した。溶存態鉄は、鉄鋼スラグ垂下前(12月1日)が、試験区は0.9 μ g/L、対照区は1.5 μ g/Lであった。鉄鋼スラグ垂下後の溶存態鉄濃度は、試験区が0.9～1.9 μ g/L、対照区が0.7～2.3 μ g/Lで推移し、試験区と対照区で明瞭な濃度差は見られず、鉄鋼スラグユニットからの溶存態鉄溶出は確認できなかった。

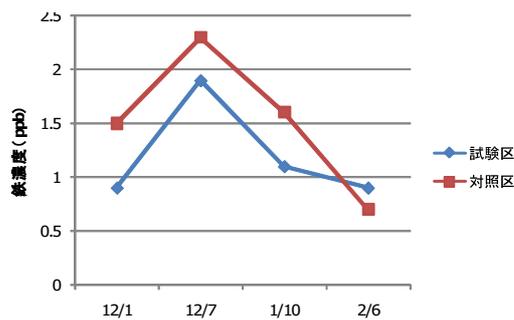


図1 溶存態鉄の測定結果

2. 海藻の生長促進効果確認調査

ワカメの幹縄1m当たりの取り上げ重量の結果を図2に、同様にヒジキの結果を図3に示した。

ワカメ、ヒジキともに対照区を取り上げ重量の方が試験区に比べて大きい傾向にあり、ヒジキでは両区間に有意な成長差が認められた(Mann-Whitney検定)。昨年度も同様の調査で、有意差はないものの対照区の方が生長がよい結果が出ている。その理由については、試験区と対照区の条件が同一でなかった可能性が高い。

(井本有治)

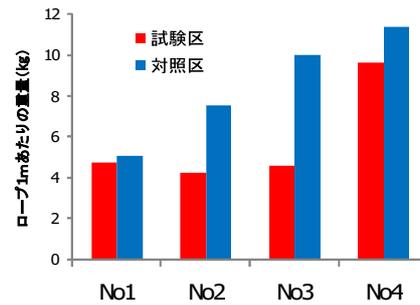


図2 試験終了時のワカメ取上重量の比較

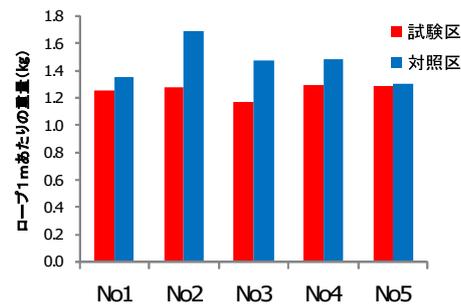


図3 試験終了時のヒジキ取上重量の比較

V 鉄鋼スラグ礁調査

事業の目的

鉄鋼スラグ礁の海藻に対する影響を確認する。

事業の方法

図1に示す下入津と姫島の2カ所で、新日本製鐵(株)が設定した鉄鋼スラグの試験区で潜水調査を行い、海藻の種類と量を確認した。試験区の設定を表1に示した。下入津は5月、8月、11月、2月に、姫島は7月、10月に調査を行った。

下入津は試験区(コンクリートブロックと鉄鋼スラグ)と対照区(コンクリートブロックのみ)を設定し、試験区、対照区とも、魚類による食害を防止する目的で半分を網で囲っている。また、下入津では海水の溶存態鉄の濃度を測定した。測定は(社)大分県薬剤師協会が行った。

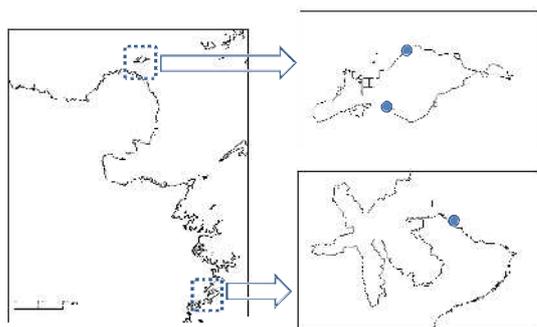


図1 調査地点

出典：国土地理院(旧・電子国土ポータル)ウェブサイトを加工して作成

	設置時期	鉄鋼スラグの種類	対照区の有無
下入津	平成21年10月	ビバリユニット	有
姫島(北部)	平成20年12月	ビバリボックス、ビバリロック	無
姫島(南部)	平成20年12月	ビバリボックス	無

事業の結果

1. 下入津

小型藻類のみが繁茂する海域であり、5月、8月、11月はマクサ、2月はマクサとトサカノリが優占種であった。上から見た被度は5月が70%、8月と11月が30%、2月が70%であった。8月と11月に海藻が少なかったのは8月の大型台風の影響が考えられた。

周年を通して鉄鋼スラグ設置区と対照区で海藻の種類と量に大きな差は見られなかった。

5月調査時にはクロメが網の内部で確認された。しかし8月の台風で網囲い試験区は大破し、その直後の調査では確認されなかった。このことから、この海域でクロメ等の大型海藻が少ないことは魚の食害が原因であると考えられた。

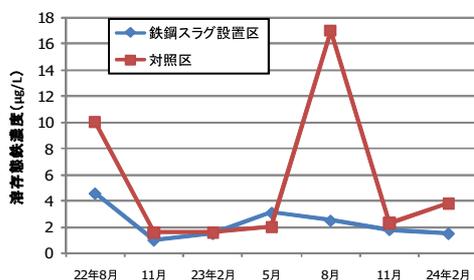


図2 下入津の溶存態鉄測定結果

前年度からの溶存態鉄の測定結果を図2に示した。2011年8月の対照区の飛び値は原因が不明で

あるが、それを除くと鉄鋼スラグ設置区と対照区で大きな差は見られず、鉄鋼スラグからの鉄の溶出は確認されなかった。

2. 姫島北部

海底は砂質で、水深は浅く、大潮時には干出する場所であった。

7月、10月とも、上から見た被度は10%であった。上部側面にはウミトラノオが多く、有用種のヒジキも一部に見られた。下部側面にはトゲモクが多かった。鉄鋼スラグ礁を設置した場所は周辺の砂質帯と比べて海藻の量は多かった。これは付着基質が増加したためと考えられ、したがって投石と同等の効果は認められる。しかし対照区がないこともあり、鉄鋼スラグの効果であるかどうかは確認できない。

3. 姫島南部

海底は砂と礫、石が混在する海域であり、北部に比べて水深は深い。また、付着基質が多い海域である。海藻類は北部に比べて多く、上から見た被度は7月が60%、10月が100%であった。ホンダワラ類が多く、トゲモクが優占種であった。他にノコギリモク、ジョロモクが多かった。周辺も藻類の多い海域であり、鉄鋼スラグ礁と周辺海域の差は認められなかった。

(井本有治)

VI 調査結果のまとめと今後の課題

大分県沿岸域の溶存態鉄濃度の測定を2年間行い、データを集めた。定点による差、季節による差は大きいですが、平均は3~4μg/Lと推定され、これは全国の他地区のデータと比較してほぼ平均的な数値であった。

この溶存態鉄濃度が海藻の要求量を満たしているかどうか大きな問題であり、確認するためにフラスコ実験を行った。鉄は海藻の必須栄養素であり、鉄フリー海水では海藻は生長できないことは知られている。鉄フリー海水に鉄を添加することにより海藻の生長はよくなり、しかしある濃度になったときに海藻の要求量を満たし、それ以上添加しても生長に差はなくなると想定される。そのときの濃度が3~4μg/Lより大きければ、大分県沿岸域では溶存態鉄の添加が海藻の増殖に有効であると推論できる。過去2年間は自然海水の溶存態鉄濃度を増加して海藻の生長がよくなるかどうかを確認したが、有意な差は見られなかった。今後は自然海水より鉄低濃度の培養液を用い、試験を継続する必要がある。

鉄鋼スラグ礁の効果を確認するため、水槽実験、現地海藻養殖試験、鉄鋼スラグ礁効果調査を行った。水槽実験の結果、鉄鋼スラグ+腐植土区で溶存態鉄の増加は認められたが、その期間は約1ヵ月と短かった。水槽実験の設定は海水1トンに対して鉄鋼スラグ 17.5kg、腐植土 7.5kg を添加、換水率 1.0 であり、これは海中に鉄鋼スラグ礁を設置した場合より鉄濃度は高くなりやすい設定であると考ええる。水槽実験で鉄高濃度の維持ができないのであれば、海中での効果も期待できないと考える。

実際、現地海藻養殖試験と鉄鋼スラグ礁調査の結果、溶存態鉄の増加は確認されなかった。水槽実験の結果から推測すると、鉄鋼スラグ設置直後は溶存態鉄を増加させる効果があったが、短期間で効力を失った可能性が強い。

溶存態鉄の増加が海藻の増殖に効果があるのか、まだ結論は出せないが、それを確認するためには溶存態鉄を継続して供給できる製品の開発が必要である。

(井本有治)