

豊予海峡周辺におけるマアジ、マサバの資源生態に関する研究 (国庫交付金)

西山雅人・徳光俊二・行平真也

事業の目的

豊予海峡周辺海域では、マアジ・マサバは複数の漁法で漁獲される。釣りとき網の操業海域が一部重複することから、漁業調整上の問題が発生している。漁業調整上の問題解決を図るために、同海域におけるマアジ・マサバの資源生態などの科学的な知見が関係業界団体（県漁協やまき網協議会等）から強く求められている。現在、漁業者・行政機関・試験研究機関が三位一体となって問題解決に向けての取組を行っているところである。

水産研究部には、同海域におけるマアジ・マサバの科学的な知見の提示が求められている。そこで、資源管理施策を立案・検討する際に必要となるマアジ・マサバの資源生態を解明するための調査・研究を行った。本年度は、標識放流調査、産卵・成熟調査、飼育実験、飼育実験から推定されたマアジ水温別発生所要時間のパラメータを基に大分県沿岸域におけるマアジ産卵量試算等を行った。

なお、同海域に生息するマアジ・マサバの資源生態調査は、2007年度より継続的に実施している。

事業の方法

1. 標識放流調査

マサバの中長期的な行動生態を把握する目的で、2013年2月に1回、豊予海峡の佐賀閑地先においてタグ標識による放流調査を実施した。供試魚は一本釣りによって漁獲され、活かしておいたものを使用した。マサバの一部は海面近くで群れていたものを一本釣りにより釣獲して直ぐに標識し、再びマサバの群れの中に放流するようにした。放流尾数は10尾であった。

2. 産卵・成熟調査

1) 卵稚仔調査

伊予灘から豊後水道にかけて毎月調査船で実施している卵稚仔調査のサンプルの内、2012年4月～2013年3月まで計20回、延べ282点のネット調査（定線調査点を含む）により、卵稚仔の濃密出現箇所及び

産卵期のピークを調べた。卵稚仔の分析は日本エヌ・ユー・エス(株)に委託した。

2) 成熟および産卵親魚調査(バッチ産卵数の推定)

2012年4月から2013年3月までに用船漁船による釣獲試験操業、漁業者からの買取り、大分県漁協佐賀閑支店からの買取り等から、サバ類92個体（マサバ：29個体、ゴマサバ：63個体）、マアジ268個体入手した。なお、一部個体については、豊後水道や伊予灘で漁獲された個体も含まれる。

雌については精密測定後に卵巣を摘出し、10%ホルマリン液で固定した。ホルマリン固定した試料の一部（雌のマアジ）は、バッチ産卵数（1回の産卵当たりの雌1尾当たり産卵数）を推定するための試料として、常法により卵巣組織切片を作成し、組織標本とした。標本作製及び組織学的な観察は日本エヌ・ユー・エス(株)に委託した。

3. マアジ人工授精卵を用いた飼育実験

卵稚仔調査で採集したマアジ卵数から、調査対象海域におけるマアジ産卵量を試算するためには、水温別の発生所要時間のパラメータが必要となる。そこでマアジ卵水温別発生所要時間を推定するための飼育実験を実施した。今年度の飼育試験に先立ち、昨年度予備試験を実施している。本年度の飼育実験では、予備試験において明らかとなった改善点を踏まえて実施した。

採卵には、大分県漁業協同組合佐賀閑支店より購入した雌1個体、雄4個体を用い、雄3個体についてはホルモン投与（HCG）した。人工授精は、平成23年度に明らかにした天然海域に生息するマアジの産卵時間帯（午後7時～翌01時）に合わせ、2012年6月1日の午後6時から開始した。人工授精は乾導法により行い、授精時間は午後7時30分であった。得られた受精卵をウォーターバスした1リットルピーカー内に收容した。設定した試験区は16℃、18℃、20℃、22℃および24℃の5区で、收容した授精卵数は各試験区で約1,600粒とした。試験区への收容は午後8時であった。卵收容後の翌6月2日の午前10時から5日午前12時にかけて、卵のサンプリングを14回

実施した。1回のサンプリングでは表層に浮かんだ卵とピーカーに沈殿した死卵を分け、5%ホルマリン固定した。ホルマリン固定卵の同定は、日本エヌ・ユー・エス（株）で行った。

4. 大分県沿岸域におけるマアジ産卵量の試算

大分県沿岸域でのマアジ産卵量を飼育実験から得られたパラメータを基に試算した。試算では2007～2011年の期間中に調査船においてLNPネットで採集したマアジ卵数を用いた。査定はA期、B期およびC期の3ステージ別とし、内部破損により卵黄の亀裂が確認できない卵は、産卵量の集計には含まなかった。産卵量の計算は、本県沿岸域を5分メッシュの海区に分けて、河野ら（2008）¹⁾の式に従い求めた。マアジ卵期の生残率は不明なため、便宜的に0.6を用いた。なお、海区別の海上面積は(株)環境シミュレーション社製の海洋版GISソフトMarine Explorerに装備されている面積計算機能を用いて計算した。

5. 定置網に入網するマアジおよびマサバ当歳魚の日齢査定

本県沿岸域におけるマアジおよびマサバ当歳魚のふ化日を推定するために、日齢査定を行った。日齢査定対象サンプルはマアジ180検体、マサバ20検体とした。なお、サンプリングは2012年4月から2013年3月までの期間中、週1回程度の間隔で行った。3,891個体について生物測定を実施した。

事業の結果

1. 標識放流調査

今年度の再捕報告はなかった。

2013年1月に標識放流したマサバの尾叉長範囲は、23.2cm～27.2cmで、平均尾叉長は25.3cmであった。

2. 産卵・成熟調査

1) 卵稚仔調査

マサバ マサバ卵は5月中旬から6月中旬まで出現した。出現のピークは6月上旬の別府湾における定点で確認された。

マアジ マアジ卵は4月下旬から7月中旬まで出現した。出現のピークは6月中旬で豊予海峡周辺海域での定点であった。

2) 成熟および産卵親魚調査(バッチ産卵数の推定)

精密測定したマアジ雌164尾について、生殖腺熟度指数（卵巣重量÷体重×100）の変化を図1に示した。マサバ雌は15尾であった。

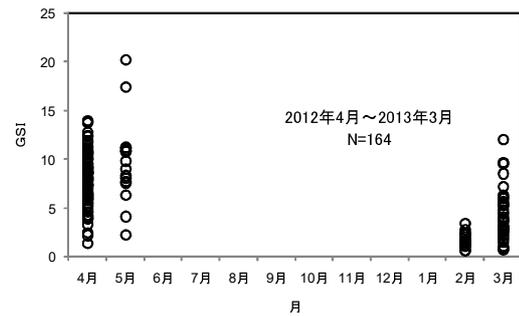


図1 マアジ雌の熟度指数の変化

卵巣組織切片には39個体のホルマリン固定した卵巣標本を用いた。平成23年度の研究成果よりマアジの産卵時間帯は午後7時～翌1時の間であることが明らかにされたので、その時間帯に絞めた個体（もしくは漁獲時間帯が産卵時間帯に該当する個体）からGSIが高い個体を選別して試料とした（最大GSI：23.6、最小GSI：10.0、平均GSI：12.7）。作成した卵巣組織切片を顕微鏡下で詳細に観察し、「産卵の状態を示す組織学的特徴」を示した17個体の卵巣標本をバッチ産卵数推定のための試料とした。17個体のうち、6個体はマアジ人工授精卵を採取するために親魚候補として用いた個体で、HCGを投与した個体である。HCGを投与していない個体の推定されたバッチ産卵数は、1,912～168,798粒であった。一方HCG投与個体のバッチ産卵数は、2,603～318,104粒であった。

3. マアジ人工授精卵を用いた飼育実験

水温別発生所要時間の推定実験では設定した5試験区全てで、ふ化仔魚が得られた。授精からふ化までに要する時間は下記の式から推定された（図2）。ここでこのふ化とはCb期に到達する時間とした。

$$Y_{it}=113.019 \times \exp(-0.133 \times t + 0.049 \times i) \times i^{0.501}$$

i : ステージ、t : 水温 (°C)

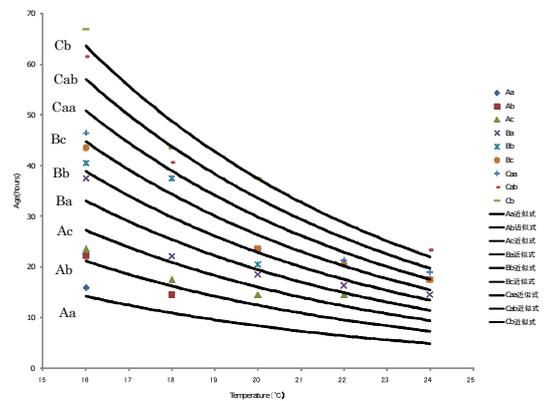


図2 人工授精卵の水温別発生所要時間

4. 大分県沿岸域におけるマアジ産卵量の試算

調査期間中に採集されたマアジ卵は、A期990粒、B期127粒、C期146粒、類似卵2,483粒であった。産卵は3～8月の期間継続したが、産卵量が多い時期は4～6月、海域は豊予海峡周辺海域で、佐賀関半島の南部および北部海域とそれに接続する海域であった。主な産卵期である4～6月の産卵量の経年変化を図3に示す。2007年は4月の産卵量が最も多く、4,150億粒、2008年は5月が多く3,952億粒、2009年は6月に2,628億粒、2010年は5月に3,939億粒、2011年は6月に1,048億粒であった。2010年5月に産卵量が多いのは、豊後水道域での1定点においてのマアジ卵の分布密度が高いことによる。2007年は4月、2008年は5月の産卵量が多かったが、2009年、2011年は6月に産卵量が多くなる傾向が示唆された。

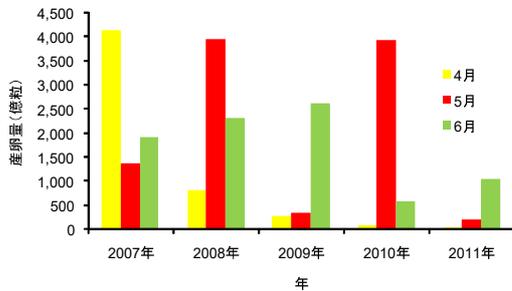


図3 主産卵時期における産卵量の経年変化

5. 定置網に入網するマアジおよびマサバ当歳魚の日齢査定

8月は漁獲が少なかったため、生物測定用のサンプルが入手できなかった。4～5月の尾叉長モードは14～17cmであったが、7～10月には11～13cmにモードが確認された。11～3月には13～15cmにモードが確認された。7月に漁獲されたマアジの尾叉長組成を図4に示す。7月には尾叉長モードが2つあることが明瞭である。

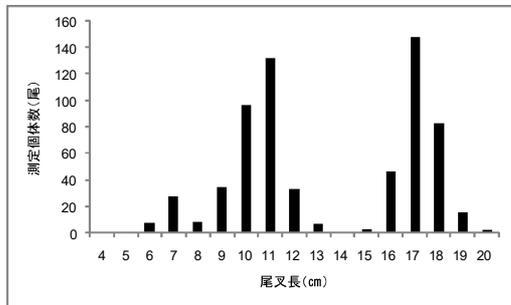


図4 7月に漁獲されたマアジの尾叉長組成

マアジ当歳魚の成長は以下の式で推定された。尾叉長と輪紋数の関係を図5に示す。

$$Y=0.081 \times X+1.800 \quad (1式)$$

X:輪紋数、Y:尾叉長 (cm)

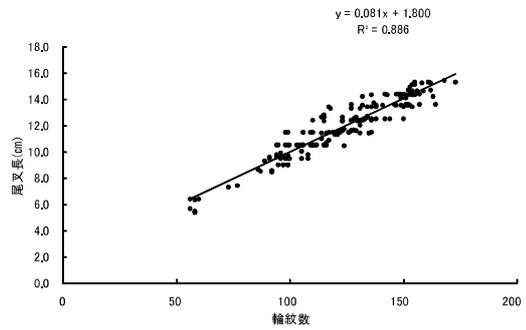


図5 尾叉長と輪紋数の関係

マサバ当歳魚については以下の式で示された。尾叉長と輪紋数の関係を図6に示す。

$$Y=0.113 \times X+5.785 \quad (2式)$$

X:輪紋数、Y:尾叉長 (cm)

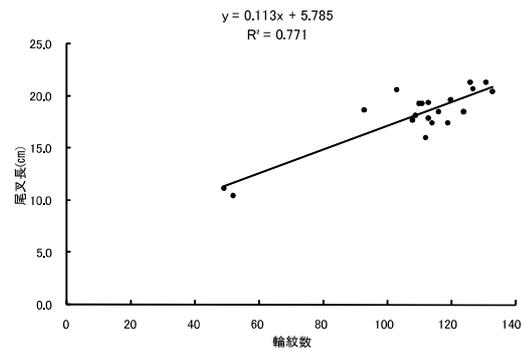


図6 尾叉長と輪紋数の関係

マアジについては、7～10月に測定した1,594個体を対象に推定された1式を用いて、ふ化日を推定した結果を図7に示す。推定ふ化日のピークは6月上旬～中旬にかけて確認された。

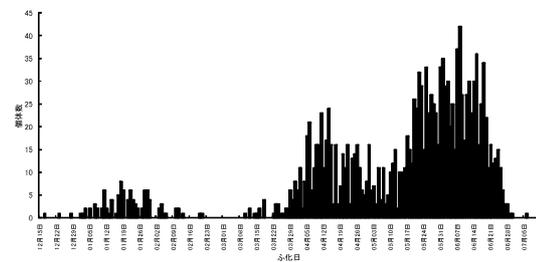


図7 推定ふ化日の分布

今後の課題

2010年6月には、佐賀関一本釣りと臼津まき網漁業者間でマアジ・マサバの親魚保護を目的とした休漁日協定が締結された。その結果として産卵時期に該当する4～6月の期間中に3日間の休漁が実施された。2012年度も引き続き、協定が締結されており、漁業調整上の問題解決に向けて確実に進展している。今後は、休漁効果の試算や実行可能な管理方策の提示が求められる。これらの課題解決には、同海域におけるマアジ・マサバの資源生態調査を継続して実施していく必要がある。

資源量を推定する際には様々な仮定を置いて計算する。そのため仮定が大きく間違っていた場合には誤った資源量を導く恐れがある。誤った資源量推定値を基に管理方策を検討・提示すると、資源管理政策をミスリードする可能性がある。そのようなことを回避するために、資源量を推定する際に異なった手法を組合せ行うことが望ましいとされている。

マアジについては、漁獲情報に基づいたコホート解析 (Virtual Population Analysis: VPA) や漁業から独立した卵数法 (Daily Egg Production Method: DEPM) を用いた資源量推定を行っていくことが望まれる。VPAには精度の高い銘柄別の漁獲情報が必要である。

またDEPMでは、当該海域におけるマアジ産卵量やバッチ産卵数、産卵頻度等のパラメータを整備する必要がある。本年度の研究では産卵量およびバッチ産卵数の一部について整備できた。産卵量については、マアジ卵期の生残率が不明であるため、暫定値である0.6を計算に用いた。日本周辺海域ではネット曳網による卵稚仔採集調査が広く実施されている。今後、ホルマリン固定したマアジ卵査定技術が広域で適応され、マアジ卵が査定できる体制が構築され、マアジ卵数データが蓄積されると卵期の生残率の推定が可能となる。卵期の生残率が推定される

とマアジ産卵量の精度向上が期待される。バッチ産卵数は年齢により異なることから、次年度以降は小型個体～大型個体まで幅広く親魚をサンプリングし、バッチ産卵数を推定することが求められる。平成23年度の研究成果より豊予海峡周辺海域に生息するマアジの産卵時間は午後7時～翌1時の間であることが明らかになっている。産卵直前の個体は釣獲が困難であることが、これまでの釣獲試験操業等で明らかになっている。しかし産卵時間帯を推定できていることから、日中 (早朝～夕方) 漁獲された個体を畜養し、産卵時間帯前に絞めることで産卵直前個体を確保できる可能性を高めることはできる。併せて産卵頻度を推定することでDEPMによるマアジ資源量推定手法を確立する予定である。

定置網等に入網する「豆アジ」銘柄や「小サバ」銘柄の日齢査定からふ化日を推定するための推定式が得られた。推定式を用いて、7～10月にかけて定置網で漁獲された個体のふ化日を推定した結果、そのピークは、6月上旬～中旬であった。この時期は豊予海峡でのマアジ分布密度が高い時期と一致することから、産卵時期の親魚を保護することで、少なくとも津久見地先への新規加入には繋がると推測された。今後も引き続き、定置網等に入網する上記銘柄を継続的にサンプリングし、生物測定することで、保護効果の試算や新規加入量指数の検討を行う必要がある。

マサバ、マアジの移動範囲、中長期的な移動を把握するには継続してタグ標識放流を実施し、再捕報告の精度を高める必要がある。

参考文献

- 1) 河野 悌昌・銭谷弘：1980～2005年の瀬戸内海におけるカタクチイワシの産卵量分布，日本水産学会誌74 (4)，636-644. 2008

基盤整備・栽培漁業・資源回復の推進に関する基礎調査 - 1 新漁業管理体制整備事業（TAC・TAE） （国庫交付金）

行平真也・西山雅人・徳光俊二

事業の目的

本事業は水産資源の適切な利用と管理を行うため、これまで資源管理関連事業で行ってきた資源管理に、効率的操業や漁業経費の削減、魚価対策など質的管理を取り込み、持続可能な漁業の振興を行うことを目的としている。

今年度は、前年に引き続いてTAC集計および管理、TAE管理に関する調査、豊後水道域の小型底びき網漁業の漁獲状況について調査した。

事業の方法

1. TAC集計および管理

1) 漁獲管理情報処理

「大分県の海洋生物資源の保存及び管理に関する計画」および「海洋生物資源の採捕の数量等の報告に関する規則」に基づき、TAC対象魚種のマアジ、マイワシ、サバ類について、大分県漁業協同組合からメール、ファックス等を通じて漁獲水揚げ情報を収集した。

収集した情報は、対象魚種別に解析して1ヶ月ごとに水産振興課へ報告した。また、対象魚種を含む水産上重要な魚種の漁獲量情報については、漁況海況情報として定期的に発行している速報に利用した。

2) 遊漁船日誌調査

TAC対象魚種のうちマアジおよびサバ類については、漁業者以外の一般遊漁者の漁獲比率が高いことから、これらの遊漁船業を営む大分県遊漁船業協同組合所属の2経営体に標本船日誌（4月～3月）の記帳を依頼し、操業実態等を把握した。

2. TAE管理

国が作成し、関係府県において資源回復計画を実践している瀬戸内海域のサワラを対象に、豊後水道および周辺域における漁獲状況に関して取りまとめた。

3. 標本船日誌調査

特定の漁業種類を対象とした包括的な資源回復計画の作成に資するため、豊後水道域における小型底びき網漁業を対象として漁獲動向を調査した。

事業の結果

1. TAC集計および管理

1) 漁獲管理情報処理

メール、ファックス等により、大分県内の主要漁協22支店から採捕報告があった。2012年における大分県のマアジTAC配分量（若干量）に対してマアジは1,192トン採捕された（図1）。マイワシは配分量（若干量）に対し、682トン採捕された（図2）。サバ類（マサバ・ゴマサバ）は配分量（若干量）に対し、2,248トン採捕された（図3）。

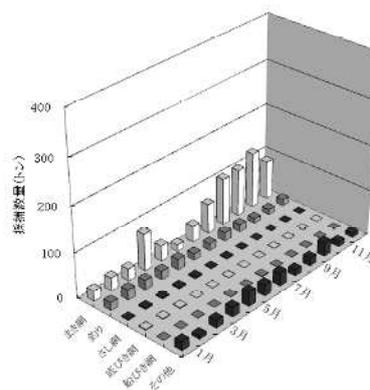


図1 マアジの漁業種類別採捕数量（2012年）

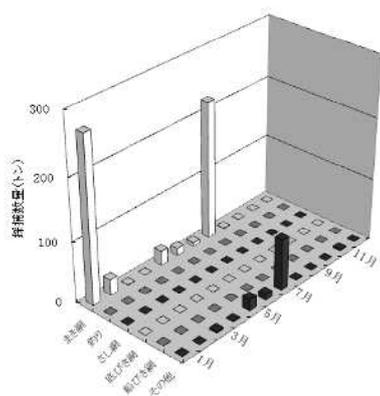


図2 マイワシの漁業種類別採捕数量（2012年）

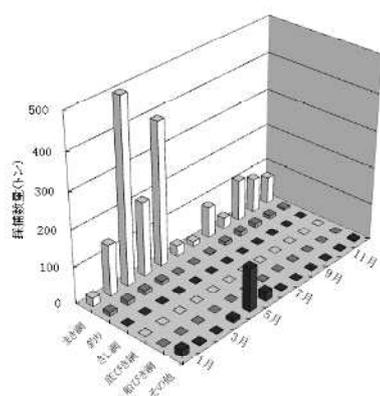


図3 サバ類の漁業種類別採捕数量（2012年）

2) 遊漁船日誌調査

標本船2経営体における2012年4月から2013年3月までの操業状況を整理して表1に示した。また、同標本船2経営体における2000年度から2012年度までの乗船人数および操業日数（合計値）の推移を図4に示した。

いずれの標本船も営業形態は日中の船釣りをしており、マアジを主に漁獲していた。1日1人当たりの漁獲尾数は昨年度をやや上回っていた。乗船人数および操業日数は、2001年度以降ゆるやかな減少傾向にあったが、2003年度を境にして大きく減少しており、2012年度も大きな増加はみられなかった。

表1 標本船の操業状況

	標本船A	標本船B
操業日数(日)	53	48
乗船人数(人)	283	312
漁獲尾数(尾)	7,525	6,313
1日1人当たりの漁獲尾数(尾/人・日)	26.6	20.2

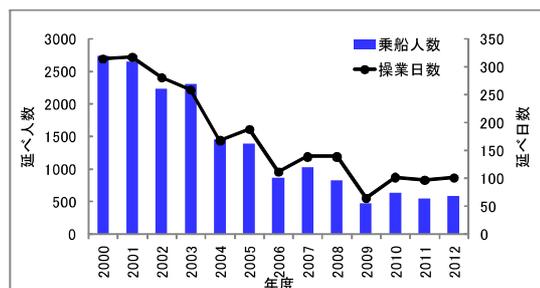


図4 標本船2隻における乗船人数・操業日数の推移

2. T A E 管理

サワラの漁獲量および市場調査による体長測定を実施している佐賀関支店の資料を解析し、取りまとめた結果を水産振興課へ報告した。

3. 標本船日誌調査

小型底びき網漁業を営む大分県漁業協同組合臼杵、佐伯、米水津、上入津支店所属の計7経営体に標本船日誌（4月～3月）の記帳を依頼し、漁獲・操業実態等を把握した。

基盤整備・栽培漁業・資源回復の推進に関する基礎調査－２

磯根資源調査（アワビ類・アカウニ・イセエビ調査）

（国庫補助）

堀切保志・金澤健・井本有治

事業の目的

本県におけるアワビ類やアカウニ、イセエビなどの磯根資源について、資源のあり方を検討するために成熟等の知見を集積し、漁獲期や漁獲サイズ等の資源管理指針の見直し及び提案を行うことを目的として調査を行った。

平成24年度は、アワビ類、アカウニ及びイセエビ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。

1 アワビ類

調査の方法

1. 調査期間及び検体の入手方法

蒲江においては、平成24年9月12日から10月31日及び12月27日から平成25年3月12日の間に、(有)丸二水産から買取りにより検体を入手し、アワビ類禁漁期間中である11月1日から12月10日の間は、特別採捕許可により入手した。また、禁漁明けの口開け時には、下入津潜水組合から買取りにより入手した。

国見においては、9月26日から12月20日の間に、県漁協国見支店から買取りにより検体を入手し、アワビ類禁漁期間中である11月1日から12月10日の間は、特別採捕許可により入手した。なお、国見では、1月以降、買取りによる検体の入手は行わず、県漁協国見支店蓄養施設内で、出荷前のクロアワビ生殖腺の目視観察を行った。

2. 調査場所

佐伯市蒲江(入津湾地先)及び国東市(国見地先)を調査場所とした(図1)。



図1 調査場所(国東市・佐伯市蒲江)

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

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 他(1961)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)。

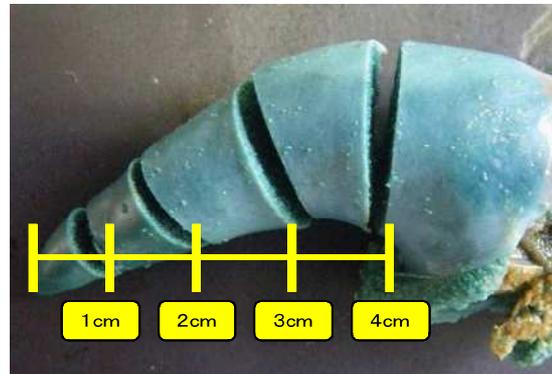


図2 角状突起の輪切り

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)。

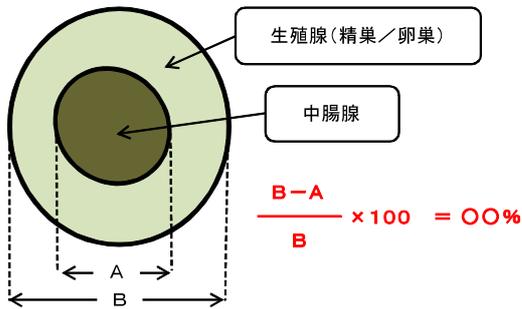


図3 横断面の測定と比率の算出方法

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。なお、国見についてはクロアワビのみを調査対象とした。

表1 精密測定に供したアワビの種類と個体数

	国見	蒲江	
	クロアワビ	クロアワビ	メガイアワビ
9月上旬	9	8	
9月下旬	2	5	15
10月上旬	13	6	
10月下旬	25	19	15
11月上旬	15	20	15
11月下旬	14	15	15
12月上旬	15	15	
12月下旬	10	10	15
1月上旬	10	10	
1月下旬	7	7	
2月上旬	10	5	
2月下旬	15	15	
3月上旬	6	10	
種類別合計	151	145	75
調査場所別合計	151	220	

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。

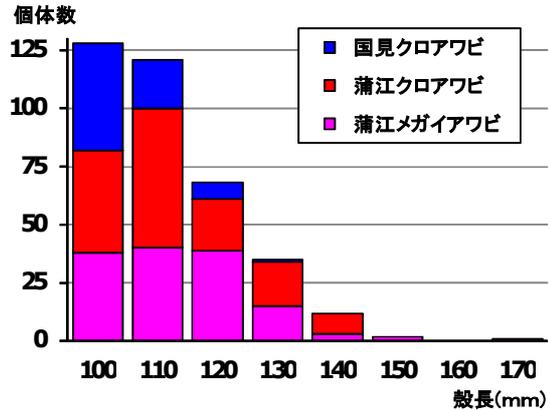


図4 精密測定に供したアワビ類の大きさ

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

水温の測定は、蒲江では入津湾口付近の鉄鋼スラグ礁(水深約5m)に、水温ロガー(T i d b i D)を設置して自動で測定した。測定期間は平成24年2月6日から平成25年1月8日までである。

国見の水温については、姫島村北浦地先海底付近に水温ロガーを設置し、その水温を参考値として用いた。測定は1時間ごとに行い、1日の平均水温をその日の水温とした。

調査の結果

1. 調査場所における水温

蒲江(入津湾口付近)及び姫島(北浦)における水温の推移を図5に示す。



図5 蒲江(入津湾口付近)及び姫島(北浦)における水温変化

2. 蒲江地先における生殖腺成熟度推移

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の推移をを図6に示す。

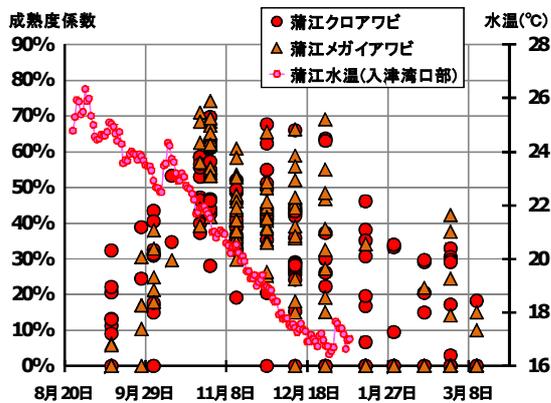


図6 蒲江地先におけるアワビ類の生殖腺成熟度と水温推移

調査を開始した9月12日では、クロアワビは調査したほとんどの個体で成熟度係数が上昇しており、メガイアワビでも精密測定を行った8個体のうち2個体での上昇を確認した。10月下旬から12月上旬では成熟度係数は最大となり、12月下旬以降、両種ともに、概ね下降した。なお、1月以降も成熟度係数が6.8～46.1%の個体を確認した。

水温は、平成24年8月30日に最高水温26.4℃を測定し、その後下降して、水温測定終了時の平成25年1月8日では、17.0℃を測定した。

3. 国見地先における生殖腺成熟度推移

国見地先におけるクロアワビの生殖腺成熟度推移と水温の推移をを図7に示す。

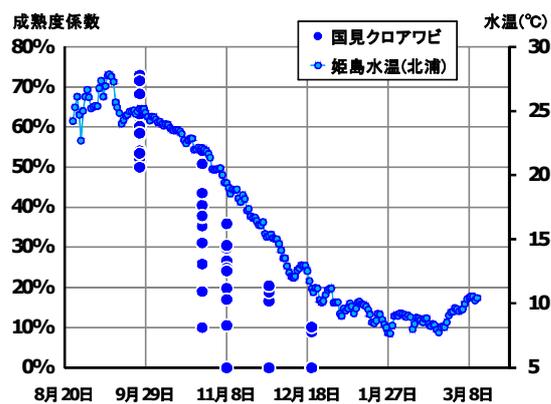


図7 国見地先におけるクロアワビ類の生殖腺成熟度と水温推移

調査を開始した9月26日では、クロアワビの成熟度係数は、すでに50.0～72.9%と高い値を示した。その後、12月下旬までに下降し、精密

測定を行った15個体のうち13個体は0%であった。1月以降は、買取りによる精密測定を行っていないが、県漁協国見支店蓄養施設内において、目視による生殖腺の成熟を確認した。生殖腺が成熟していれば、雄では乳白色、雌では濃い緑色であるが、この目視調査では、全ての個体で、生殖腺の色は濃い茶色(=中腸腺の色)であり、成熟は確認されなかった。

水温は、国見地先において、継続的に測定できなかったため、浅海・内水面グループが、平成23年9月1日から継続的に測定を行っている姫島(北浦)地先の水温を参考値として用いた。最高水温は9月11日の27.9℃、最低水温1月27日の7.7℃であり、その後、ほぼ横ばいで推移し、2月下旬から上昇に転じた。

4. まとめ

本調査は、アワビ類の資源管理指針等の見直し及び提案を行うための基礎的知見の集積を目的として行ったが、資源管理を行う上で重要な「産卵期(生殖腺成熟期)」について、いくつかの知見を得ることができた。特に、蒲江地先と国見地先とでは、大きな違いを確認することができた。図8により、蒲江地先及び国見地先におけるクロアワビの成熟度係数と水温の推移を合わせて示す。

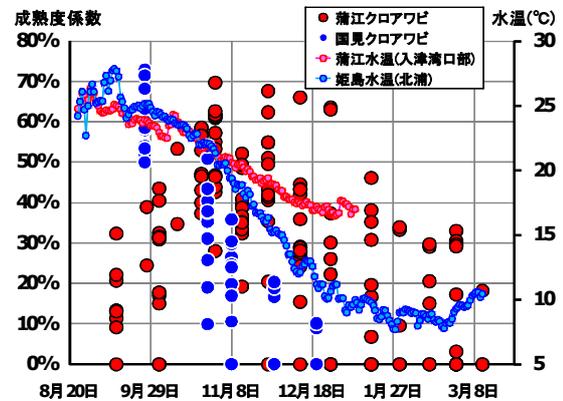


図8 蒲江地先及び国見地先におけるクロアワビの成熟度係数と水温の推移

アワビの成熟には、水温が大きく関わっているが(アワビ類の種苗生産技術(1995)他)、水温の高い蒲江地先では、成熟状態の長期化もしくは複数回の産卵の可能性が示唆され、一方、冬季に水温が7℃台にまで低下する国見地先では、12月下旬以降、生殖腺は成熟状態にない、と推測された。

なお、成熟のピークについては、国見地先のほうが蒲江地先より、少なくとも1ヶ月間早いことが明らかとなったが、その原因については不明であった。

以上のことから、県内においても、成熟開始時期

や成熟期間の違いが確認され、これらを考慮して、親貝(産卵期)を保護する時期の再検討を行うべきである。

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. 栽培漁業技術シリーズNo. 2 アワビ類の種苗生産技術. 社団法人 日本栽培漁業協会 1995
- 3) 森 勝義 編. 水産増養殖システム 貝類・甲殻類・ウニ類・藻類. 恒星社厚生閣 2005; 85-120

2 アカウニ

調査の方法

1. 調査期間

平成24年5月下旬から平成25年3月上旬の間に、県漁協白杵支店及び(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

白杵市(泊ヶ内地先)及び佐伯市蒲江(入津湾地先)を調査場所とした(図9)。



図9 調査場所(白杵市・佐伯市蒲江)
海洋状況表示システム (https://www.msil.go.jp/)を加工して作成

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。成熟度については生殖腺重量/総重量×100によりGSI(生殖腺指数)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。白杵地先からは435個体、蒲江地先からは609個体入手して精密測定に供した。

表2 精密測定に供したアカウニの個体数

	白杵	蒲江
5月下旬	42	30
6月上旬	44	30
6月下旬	-	30
7月上旬	34	30
7月下旬	29	30
8月上旬	-	
8月下旬	34	30
9月上旬	-	29
9月下旬	28	39
10月上旬	30	20
10月下旬	37	30
11月上旬	30	30
11月下旬	32	33
12月上旬	31	38
12月下旬	35	37
1月上旬	-	29
1月下旬	29	30
2月上旬	-	30
2月下旬	-	54
3月上旬	-	30
合計	435	609

図10に精密測定に供したアカウニの大きさ(殻径組成)を示す。

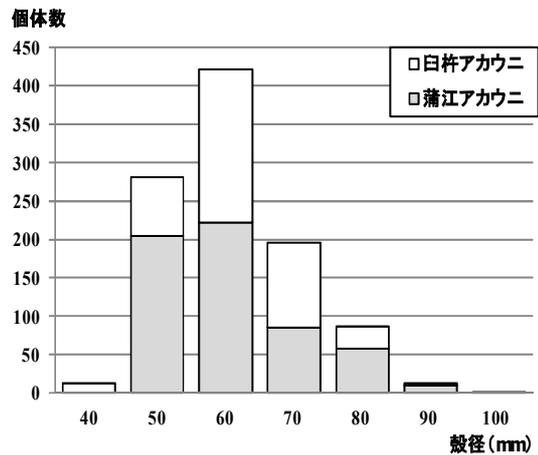


図10 測定に供したアカウニの殻径

5. 調査場所における水温

水温の測定は、蒲江ではアワビ調査と同じ入津湾口部で測定した。測定期間は平成24年2月から平成24年9月までである。

白杵の水温については、泊ヶ内地先に水温ロガーを設置して測定した。測定は1時間ごとに行い、1

日の平均水温をその日の水温とした。

調査の結果

1. 調査場所における水温

蒲江（入津湾口付近）及び臼杵（泊ヶ内地先）における水温の推移を図11に示す。

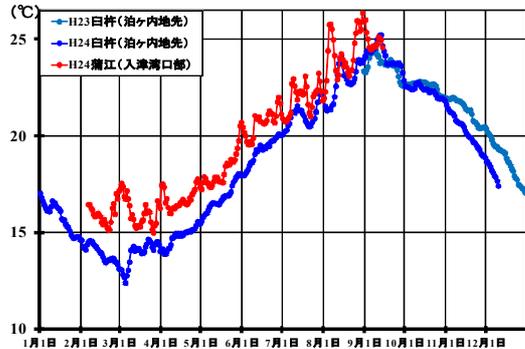


図11 蒲江(入津湾口付近)及び臼杵(泊ヶ内地先)における水温変化

2. 臼杵地先における生殖腺成熟度推移

調査開始時期である5月下旬のGSIは 6.9 ± 3.0 (平均±標準偏差, $N=42$)で8月下旬まで増減した。9月上旬から11月上旬にかけてGSIは微増していき、11月上旬で 11.6 ± 4.4 ($N=30$)となった。12月上旬までGSIは低下したが、12月下旬で 11.9 ± 5.4 ($N=35$)となり最大であった。1月下旬では 4.4 ± 1.7 でGSIは減少した。(図12)

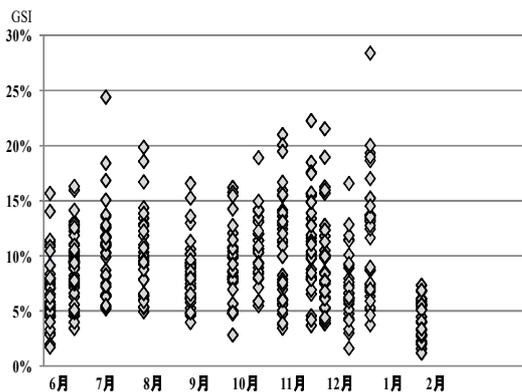


図12 臼杵地先におけるアカウニの成熟度推移

3. 蒲江地先における生殖腺成熟度推移

調査開始時期である5月下旬のGSIは 6.8 ± 2.2 ($N=30$)で11月上旬まで増減し、11月上旬のGSIは 13.9 ± 6.6 ($N=30$)で

あった。11月下旬でGSIは低下したものの再度上昇し、12月上旬で 16.7 ± 6.7 で最大であった。1月上旬で低下し、以降は横ばいで推移した。(図13)

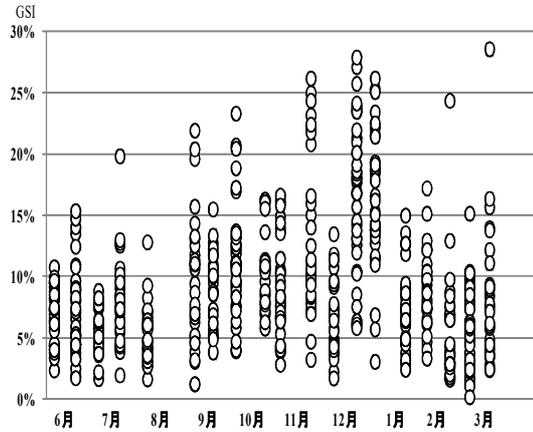


図13 蒲江地先におけるアカウニの成熟度推移

4. まとめ

臼杵地先においては明確な成熟度のピークが確認できなかったが、蒲江地先においては8月下旬から12月にかけて途中のGSIの増減はあったものの、この時期に成熟が進行している可能性が示唆された。今後アカウニを対象とした資源管理措置を検討していく場合、より正確な成熟時期の把握は重要な検討課題である。

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 第36号 2008; 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) 森 勝義 編. 水産増養殖システム 貝類・甲殻類・ウニ類・藻類. 恒星社厚生閣 2005; 347-348

3 イセエビ

調査の方法

1. 調査期間

サンプルは2012年4月下旬から2013年3

月上旬の間に県漁協臼杵支店及び(有)丸二水産から入手した。イセエビの禁漁期間である6月~8月にかけて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。

2. 調査場所

臼杵市(風成地先)及び佐伯市蒲江(入津湾地先)を調査場所とした。(図14)



図14 調査場所(臼杵市・佐伯市蒲江)
海洋状況表示システム (https://www.msil.go.jp/) を加工して作成

3. 精密測定

測定は全長、体長、頭胸甲長、体重、雌雄判別、生殖腺重量の項目について行った。成熟の解析にあたっては、松田(2006)を参考に雌のGSI値(生殖腺指数)を次式から求め用いた。またMinagawa and Sano(1997)の方法により、雌イセエビの生殖腺の色調から生殖腺の成熟の程度を判断した。

$$I = W \times 10^3 / L^3 \quad (I:GSI, W:生殖腺重量, L:頭胸甲長)$$

なお、雌については、内子卵重量と外子卵重量を足した値を生殖腺重量とした。

4. 精密測定に供したイセエビの個体数と大きさ

表3に、精密測定に供したイセエビの個体数を示す。臼杵地先からは131個体、蒲江地先からは200個体入手して精密測定に供した。

図15に精密測定に供したイセエビの大きさを示す。

5. 調査場所における水温

水温の測定はアカウニ調査と同じである(図11)。なお、風成の水温については、泊ヶ内の水温を参考値として用いた。

表3 精密測定に供した個体数

	臼杵		蒲江	
	♂	♀	♂	♀
4月下旬	-	-	3	3
5月上旬	8	11	10	9
5月下旬	25	15	10	10
6月上旬	-	-	10	10
6月下旬	8	13	12	
7月上旬	-	-	12	5
7月下旬	3	4	15	4
8月上旬	7	9	10	11
8月下旬	5	7	-	-
9月上旬	-	-	10	10
9月下旬	11	9	-	-
雌雄別合計	71	60	95	105
地区別合計	131		200	

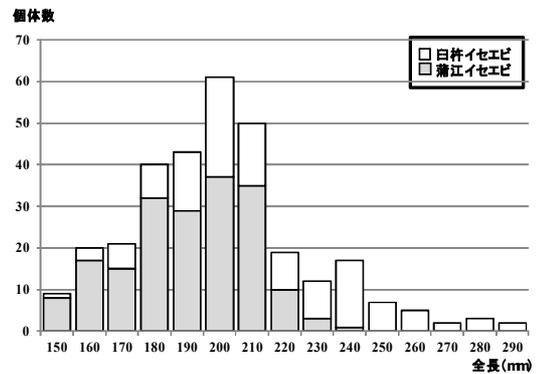


図15 精密測定に供したイセエビの全長組成

調査の結果

1. 臼杵地先における生殖腺成熟度推移

調査開始時期である平成24年5月上旬のGSI値は7.0 ± 1.0 (平均±標準偏差, N=11)、生殖腺の色調は全ての個体で濃オレンジであったため、産卵間近であると推測された。6月下旬では全ての個体で抱卵(産卵)が確認され、7月下旬でGSI値19.3 ± 3.5 (N=4)で最大であった。8月上旬になるとGSI値は低下したが、ほぼ全て抱卵個体であった。8月下旬でGSI値は再度上昇し、9月下旬になるとGSI値は0.5 ± 0.2 (N=9)、生殖腺色調も全ての個体で白色であったため成熟を終えたことが推測された。翌年の3月においては生殖腺の色調が薄ピンク、薄オレンジ色であったことから成熟前であることが確認された。(図16)

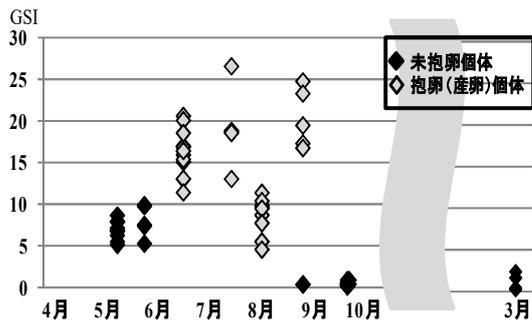


図16 白杵地先におけるイセエビの成熟度推移

2. 蒲江地先における生殖腺成熟度推移

調査開始時期である平成24年4月下旬のGSI値は 5.1 ± 2.4 ($N=3$)、生殖腺の色調は全ての個体で濃オレンジ色であったため、産卵間近であることが推測された。5月上旬で9個体中1個体抱卵個体が確認された。5月下旬には抱卵個体が10個体中4個体確認され、6月上旬になると全ての個体で抱卵が確認され、GSI値は 17.3 ± 4.1 ($N=10$)で最大であった。7月上旬になると抱卵個体は確認されず、GSI値も低下したが、生殖腺の色調はほぼ全ての個体で濃オレンジ色であったため、産卵間近の個体群であることが推測された。8月上旬までGSI値は再度上昇し9月上旬になるとGSI値は 0.6 ± 0.09 ($N=10$)、生殖腺色調も全ての個体で白色であったため成熟を終えたことが推測された。

翌年の3月下旬においては生殖腺の色調がピンク、薄オレンジ色であったことから成熟前であることが確認された。(図17)

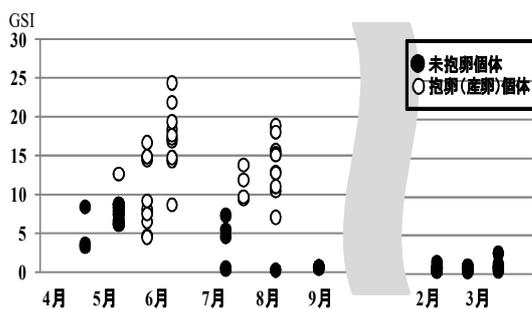


図17 蒲江地先におけるイセエビの成熟度推移

3. まとめ

今回調査した2地区で5月には既に成熟を開始していることが明らかとなった。また、両地区とも2度のGSIのピークが確認されたが、これが個体差によるものなのか2度の産卵によるものであるかは不

明である。白杵と蒲江では蒲江の方が先にGSIのピークが見られることから水温の違いによるものであることが考えられる。成熟に重要な要因である水温は平成24年3月から5月において蒲江の方が約3~5℃高かった(図11)。

今後の課題

今回の研究で成熟時期が明らかとなった。より効果的な資源管理措置を検討していくためにはサンプル数を増やし今回成熟が確認された時期に重点的に調査をする必要がある。また、イセエビの雌が産卵してからどのくらいの期間抱卵しているのかを調査をし保護する時期を検討していく必要がある。

文献

- 1) 松田浩一.イセエビ属 (*Panulirus*) 幼生の生物特性と飼育に関する研究.三重県科学技術振興センター水産研究部研究報告2006; 14: 8-15.
- 2) 伊藤篤・古谷野太一・岡本佑樹・大野正夫・和田哲.イセエビプエルルス幼生の着底場所選択.水産増殖2005; 51: 23-30.

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・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

平成21年度から23年度は毎年50,000尾、平成24年度は19,000尾のイサキを保戸島地先に放流を行った。その放流効果調査を平成21年度から24年度の間実施する。

2. 標識放流

漁業公社が生産した尾叉長約12cmのイサキ種苗19,000尾に左腹鰭抜去標識を施し、平成25年2月6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。放流したイサキの平均全長は120.5±7.2mm、平均体重は23.7±3.7g、鼻腔異常率は12%(N=50)であった。



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

3. 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。可能な場合は尾叉長、体重の測定をおこなった。

・佐賀関市場－佐賀関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〆するため、測定日と漁獲日は一致しない。また、活〆メーシャーベット氷漬(プラスチック容器)→箱詰め→保冷車積み込み、の流れの中で、氷漬している30分足らずの間に標識魚の確認と尾叉長の測定を行うため、出荷全数の確認はできず、また活〆後にサイズ毎に仕分けてコンテナに入れられるため、調査標本数が少なければ尾叉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おこなえる。

・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、尾叉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。

・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。

・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。

・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. 放流効果調査(市場調査)

鼻孔確認を合計10,728尾(両側10,436尾、片側292尾確認)調べ、鼻孔異常個体が13尾確認された。腹鰭確認を合計10,623尾調べ、腹鰭抜去個体が5尾確認された。内訳は以下のとおりである。

・佐賀関市場－373尾を手持ち確認した結果、腹鰭抜去個体が1尾(右側異常)確認された。鼻孔異常

個体は確認されなかった。

・臼杵市場－鼻孔を計1,942尾（両側：1,650尾、片側：292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1,841尾確認した結果、腹鰭抜去個体が2尾（右側異常）確認された。

・津久見市場－鼻孔を計738尾（すべて両側確認）確認した結果、鼻孔異常個体が2尾（右側異常）確認された。腹鰭を計738尾確認したが、腹鰭抜去個体は見られなかった。

・佐伯市場－鼻孔を計1,257尾（すべて両側確認）確認した結果、鼻孔異常個体が1尾（左側異常）確認された。腹鰭を計1,250尾確認したが、腹鰭抜去個体は見られなかった。

・鶴見市場－鼻孔を計6,418尾（すべて両側確認）確認した結果、鼻孔異常個体が9尾（右側異常6尾、左側異常3尾）確認された。腹鰭を6,421尾確認した結果、腹鰭抜去個体が2尾（右側異常1尾、左側異常1尾）確認された。

今後の課題

山田(2007)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、平成21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、平成24年以

降と考えられているが、現時点での標識魚の漁獲は少ない。今後も市場調査を継続して放流効果の把握が必要である。

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 : 307-311.
- 3) 山田英俊 (大分水試)・片山知史 (中央水研). 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 第8号 2007:100

基盤整備・栽培漁業・資源回復の推進に関する基礎調査－ 4

豊後水道南部小型機船底びき網漁業における試験操業調査

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、平成22年度から平成24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。

本調査では、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、2012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。試験的操業に参加した漁業者全39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、実際に操業を行った漁業者27名の標本船日誌について解析を実施した。

事業の結果

I. 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27名について解析したところ、期間中の総漁獲量は37,255.3kg、うち解除海域は14,881.6kg（40%）、非解除海域は22,373.7kg（60%）であった。出漁日数は延べ882日（1隻あたり平均32.7日）であった。

解除海域内においては、深海エビ、エソ類、カニ類、コチ、クルマエビが多く漁獲されており、また非解除海域内においては、エソ類、ウチワエビ、ハモ、カワハギ、タイ類が多く漁獲されていた。

II. 魚種別の漁獲割合

重要魚種について、解除海域と非解除海域の漁獲

量の割合について検討を行った。

クルマエビの期間中の全漁獲量は1,504.9kgであった。うち、解除海域での漁獲量は924.1kg（61.4%）、非解除海域は580.8kg（38.6%）であった。

ムシガレイの期間中の全漁獲量は631.8kgであった。うち、解除海域での漁獲量は383.1kg（60.6%）、非解除海域は248.7kg（39.4%）であった。

ヒラメの期間中の全漁獲量は67.2kgであった。うち、解除海域での漁獲量は4.6kg（6.8%）、非解除海域は62.6kg（93.2%）であった。

コウイカやモンゴウイカを除く、イカ類の期間中の全漁獲量は855.4kgであった。うち、解除海域での漁獲量は238.2kg（27.9%）、非解除海域は617.2kg（72.1%）であった。

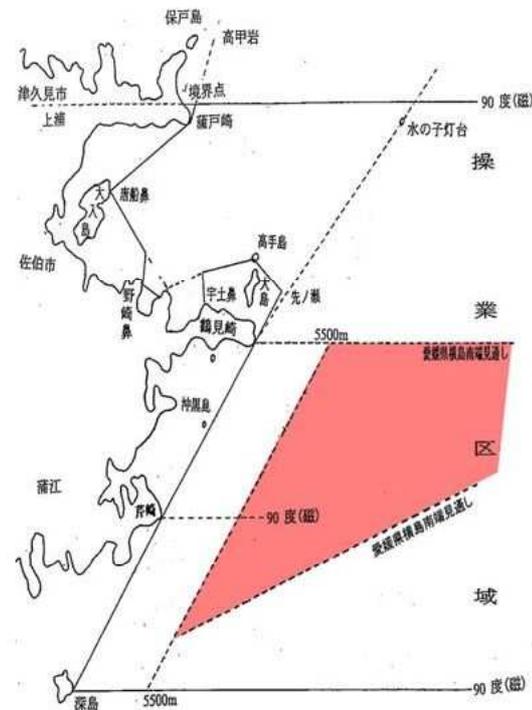


図1 試験的操業海域

イボダイの期間中の全漁獲量は10.4kgであった。

うち、解除海域での漁獲量は9.1kg（87.2%）、非解除海域は1.3kg（12.8%）であった。

エソ類の期間中の全漁獲量は5,876.5kgであった。

うち、解除海域での漁獲量は2,507.4kg（42.7%）、非解除海域は3,369.1kg（57.3%）であった。

ハモの期間中の全漁獲量は1683.8kgであった。う

ち、解除海域での漁獲量は349.9kg（20.8%）、非解除海域は1,333.8kg（79.2%）であった。

フルボ酸鉄による藻場造成力実証試験

井本有治・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。

大分県では平成 8 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の一つであることがわかっているが、その他の要因について不明な点は多い。

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を確認するため、調査を実施した。今年度は、3 年間調査の最終年である。

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。

方法

図 1 に示す佐伯湾内の 30 定点で、1 月に溶存態鉄の測定を行った。この 30 定点は 22 年度の調査で海藻の種類ごとの被度を確認しており、23 年度の調査では溶存態鉄の量を測定し、海藻の量との相関の有無を確認した。23 年度の結果では、溶存態鉄の量と海藻の量との間に明瞭な関係は認められなかった。23

年度は溶存態鉄の量が多い夏季（6～7 月）に調査を行っており、今回は溶存態鉄の量が少ない冬季に調査を行った。なお、溶存態鉄の測定は公益社団法人大分県薬剤士会が行った。

1 溶存態鉄調査



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

結果

今年度実施した溶存態鉄の測定結果を表 1、および図 2 に示した。また、23 年 2 月に実施した海藻調査結果を表 2 に、23 年 6～7 月に実施した溶存態鉄の測定結果を図 3 に、それぞれ示した。

今年度の測定結果(図 2)と昨年度の測定結果(図 3)を比較すると、今年度の溶存態鉄の量が極端に少ない。30 定点の平均が昨年度は $3.7 \mu\text{g/L}$ 、今年度は $1.2 \mu\text{g/L}$ であり、約 1/3 に減少している。昨年度は 6～7 月、今年度は 1 月に調査を実施しており、溶存態鉄は夏季に多く冬季に少ないという過去の調

査結果を裏付ける結果となった。また、昨年度と今年度の測定結果の相関を図4に示した。相関係数は-0.31であった。相関はないと考えてよいだろう。このことから、同じ定点であっても時間の経過とともに、あるいは季節の変化とともに溶存態鉄の量は複雑に変化することがわかった。

今年度の溶存態鉄の測定結果と23年2月に実施した海藻調査結果の相関を表3、図5にそれぞれ示した。溶存態鉄量と海藻量との相関係数は0.09であり、相関はほぼないと考えられた。カジメ類と溶存態鉄、大型藻類と溶存態鉄の相関を図5に示した。カジメ類と溶存態鉄の相関係数は0.41、大型藻類と溶存態鉄の相関は0.37であり、一見相関がありそうに見える。これが偶然の結果なのか、それとも冬季の溶存態鉄量がカジメ類及び大型藻類の制限要因となっているのか、今回の調査から断定はできない。

表1 佐伯湾溶存態鉄調査結果

St	月日	緯度	経度	溶存態鉄 ($\mu\text{g/L}$)	DIN ($\mu\text{mol/L}$)	PO4-P ($\mu\text{mol/L}$)
1	1月16日	N 32° 59,061'	E 132° 04,201'	0.6	7.18	0.44
2	1月16日	N 32° 58,012'	E 132° 04,745'	0.8	5.98	0.43
3	1月16日	N 32° 57,806'	E 132° 03,646'	0.8	5.65	0.43
4	1月16日	N 32° 57,201'	E 132° 04,236'	0.6	5.56	0.44
5	1月16日	N 32° 56,702'	E 132° 04,762'	0.6	5.50	0.43
6	1月16日	N 32° 56,749'	E 132° 03,758'	0.6	6.15	0.46
7	1月16日	N 32° 56,749'	E 132° 01,988'	0.7	5.53	0.50
8	1月16日	N 32° 56,167'	E 132° 00,845'	0.8	5.55	0.45
9	1月16日	N 32° 57,246'	E 131° 59,374'	1.3	5.64	0.46
10	1月16日	N 32° 56,659'	E 131° 58,609'	3.7	5.32	0.39
11	1月16日	N 32° 57,523'	E 131° 58,308'	1.6	5.42	0.41
12	1月16日	N 32° 56,225'	E 131° 57,173'	0.8	5.81	0.45
13	1月16日	N 32° 57,495'	E 131° 57,010'	2.0	4.95	0.45
14	1月16日	N 32° 57,318'	E 131° 56,502'	1.0	5.39	0.44
15	1月16日	N 32° 58,797'	E 131° 55,450'	1.4	7.31	0.48
16	1月17日	N 32° 59,569'	E 131° 56,367'	2.1	5.48	0.47
17	1月17日	N 32° 59,599'	E 131° 57,352'	1.2	5.55	0.49
18	1月17日	N 32° 59,849'	E 131° 55,605'	1.2	7.17	0.47
19	1月17日	N 33° 00,978'	E 131° 56,142'	1.1	6.17	0.43
20	1月17日	N 33° 00,894'	E 131° 55,604'	1.7	6.79	0.44
21	1月17日	N 32° 59,831'	E 131° 55,180'	1.3	4.97	0.43
22	1月17日	N 32° 59,629'	E 131° 54,037'	1.3	3.83	0.43
23	1月17日	N 33° 00,500'	E 131° 54,177'	1.3	5.19	0.52
24	1月17日	N 33° 01,533'	E 131° 55,241'	1.2	5.43	0.51
25	1月17日	N 33° 02,028'	E 131° 55,338'	1.3	4.69	0.42
26	1月17日	N 33° 02,924'	E 131° 55,616'	1.4	4.55	0.51
27	1月17日	N 33° 03,023'	E 131° 56,302'	1.0	6.41	0.55
28	1月17日	N 33° 03,005'	E 131° 56,952'	1.0	5.52	0.45
29	1月17日	N 33° 02,787'	E 131° 58,836'	1.0	5.35	0.43
30	1月17日	N 33° 03,391'	E 132° 00,711'	1.1	5.86	0.48



図2 佐伯湾の溶存態鉄調査結果 (25年1月) 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



図3 佐伯湾の溶存態鉄調査結果 (23年6~7月) 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	86
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	86

表3 鉄濃度と海藻被度の相関

相関の対象	相関係数
鉄濃度とカジメ類(A)	0.41
鉄濃度とホンダワラ類(B)	0.19
鉄濃度と大型海藻(A+B)	0.37
鉄濃度と小型海藻(C)	-0.39
鉄濃度と海藻合計(A+B+C)	0.09

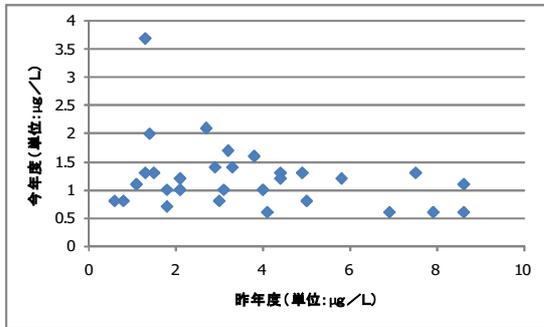


図4 昨年度と今年度の溶存態鉄量の相関

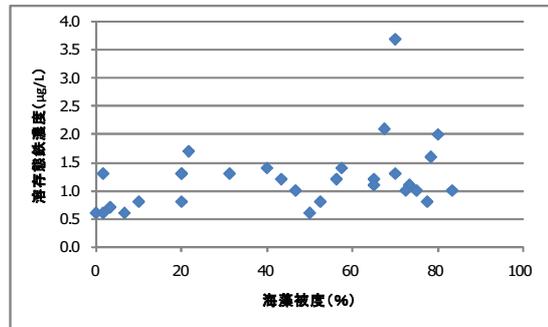
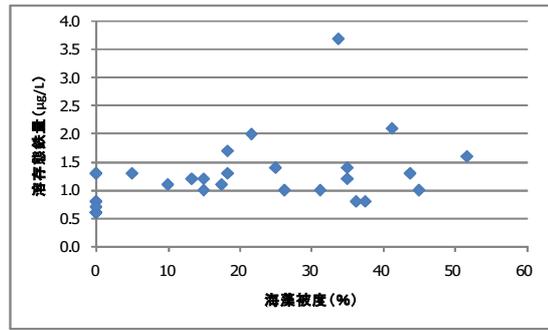


図5 溶存態鉄量と海藻被度の相関
(上段:大型海藻 下段:カジメ類)

2 フラスコ実験

目的

培養液中の溶存態鉄濃度を変えることにより、海藻（アナアオサ）の生長に差が生じるかどうかを確認する。

方法

(1) 実験 1

試験には研究部内の流水水槽に繁茂していたアナアオサを用いた。採集したアナアオサ葉体から、穴空けポンチで直径 10 mm の円盤状葉片を作成し 1 試験区当たり 10 枚を供試した。

試験区は大分県薬剤士会が作成した鉄フリー海水区（実際には完全な鉄フリーではなく、 $0.8\mu\text{g/L}$ ）と、 Fe(III)-EDTA を加えることによって濃度調整した、 $2\mu\text{g/L}$ 、 $3\mu\text{g/L}$ 、 $4\mu\text{g/L}$ 、 $5\mu\text{g/L}$ の合計 5 区を設定した。

培養には 300 mm L のフラスコを用い、3 日に一度、全換水を行った。恒温室は $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 20 日に開始し、7 日後の 11 月 27 日に終了した。

各試験区の生長量は葉片の増面積比で求めた。試験終了後の葉片は透明なファイルでプレスし、葉片を最大限広げた状態で写真撮影し、画像データを元にアメリカ国立衛生研究所の「Image J」を用いて面積を数値化した。試験に用いたアナアオサ及び切り取った葉片を図 1 に、恒温室内の状況を図 2 に、それぞれ示した。



図 1 上段：試験に用いたアナアオサ
下段：切り取った葉片



図 2 恒温室内の状況

(2) 実験 2

実験を 2 月 18 日に開始し、2 月 27 日までの 9 日間行った。水温は $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ に設定した。今回は薬剤士会が作成した鉄フリー海水は実際は $0.4\mu\text{g/L}$ であった。ここに述べた条件以外は、全て実験 1 と同様とした。

結果

(1) 実験 1

撮影した写真の一例を図 3 に示した。また、実験結果を図 4 に示した。試験区によって異なるが 2.36 ～ 3.09 倍に生長した。

非等分散と見なしてクラスカル・ウォリス検定を行ったところ、試験区ごとの生長に有意な差が見られた。しかし、なぜ鉄濃度が最も低い 0.8 $\mu\text{g/L}$ 区で成長がよかったのか、不明であった。



図3 5 $\mu\text{g/L}$ 区の結果
(赤丸が試験開始時の大きさ)

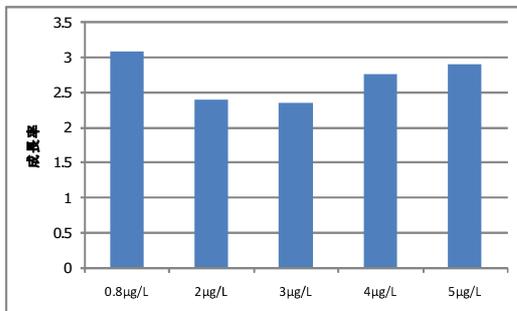


図4 実験1の結果

(2) 実験2

実験結果を図5に示した。実験1に比べて培養期間が長いにもかかわらず成長率が低いのが、原因は水温差と推定している。試験区により、成長に有意な差は見られなかった。

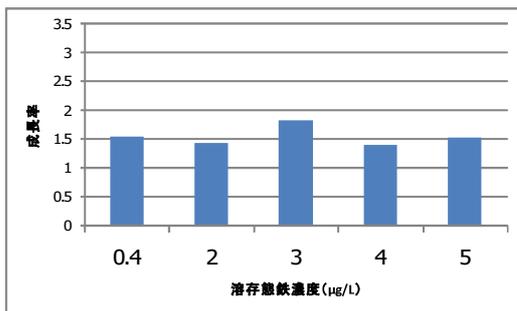


図5 実験2の結果

考察

今回の試験結果では、溶存態鉄の濃度を下げてもアナオサの成長は悪くならなかった。つまり、0.4 $\mu\text{g/L}$ 程度の低濃度でも、制限要因とはなっていないと推定された。

ただし、今回のような鉄低濃度域での実験は、鉄の混入を完全に防止できたかどうか問題である。さらに、現状の技術レベルでは完全な鉄フリー海水を作ることができず、またエアレーションによる影響等が確認できていないなか、この試験結果をもって海藻類の鉄要求量は 0.4 $\mu\text{g/L}$ 以下であると断定することはできないと考える。

3 水槽実験

目的

鉄鋼スラグのノコギリモクの生長に対する影響を水槽の中で確認する。

方法

試験は5月21日～6月22日の32日間実施した。試験には屋外0.5トン水槽を使用し、4試験区を表1のとおり設定した。

各試験区にロープに挟み込んだノコギリモクを5個体ずつ設置し、換水率2回転で培養し、開始時と終了時の重量を測定した。また、5月28日（試験設定7日後）に大分県薬剤士会に依頼して溶存態鉄の測定を行った。試験に用いたノコギリモクの写真を図1に示す（試験終了時、試験区①のもの）。

表1 試験区の設定

試験区	内容
試験区①	鉄鋼スラグ(17.5kg)＋腐植土(7.5kg)
試験区②	鉄鋼スラグ(17.5kg)
試験区③	腐植土(7.5kg)
試験区④	—



図1 試験に用いたノコギリモク

結果

ノコギリモクの重量測定結果を表2及び図2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：有意差あり
交互作用：有意差なし

また、試験設定7日後の溶存態鉄の濃度を図3に示した。少なくとも実験初期には、鉄鋼スラグ及び腐植土から鉄が溶出していることは確認された。

表2 ノコギリモクの水槽試験結果(単位:g)

試験区	開始時平均重量	終了時平均重量	増重量
試験区①	8.8	15.5	6.6
試験区②	8.4	13.1	4.7
試験区③	8.3	16.4	8.1
試験区④	7.6	11.1	3.5

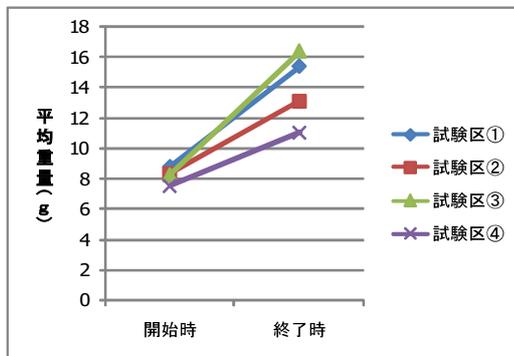


図2 ノコギリモク水槽試験結果

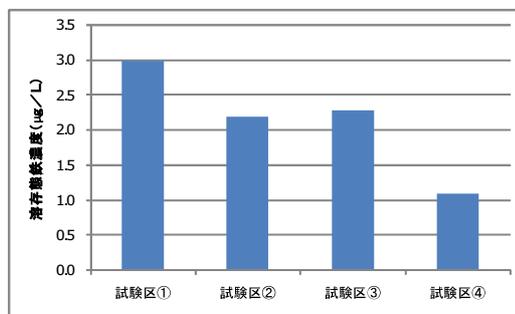


図3 試験開始7日後の溶存態鉄量

4 鉄鋼スラグ礁調査

目的

鉄鋼スラグ礁の海藻に対する影響を確認する。

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、9月、1月に、姫島は4月、9月、12月に調査を行った。姫島の4月は北部のみの調査であった。

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)を設定している。姫島は対照区はない。また、下入津では海水の試験区と対照区の溶存態鉄濃度を9月と1月に測定した。

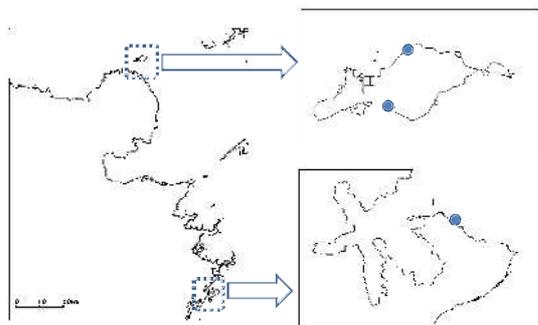


図1 調査地点

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	ビバリーユニット	有
姫島(北部)	平成20年12月	ビバリーボックス、ビバリーロック	無
姫島(南部)	平成20年12月	ビバリーボックス	無

結果

(1) 下入津

小型藻類のみが繁茂する海域であり、ホンダワラ類は見られない。カジメ類は5月調査時に小型のものが確認されたが、9月調査時には消滅していた。ブダイが多い海域であり、食害が原因と推定された。優占種は5月はマクサ、トサカノリ、フシツナギ、9

月と1月はマクサであった。上から見た被度は5月が80%、9月が50%、1月が75%であった。周年を通して試験区と対照区では、海藻の種類と量に大きな差は見られなかった。

調査を開始した22年度からの溶存態鉄の測定結果を表2、図2に示した。23年8月は対照区で17.0 μg/Lと異常に高い数字が出ており、原因は不明である。これを除いて考えると、試験区と対照区の溶存態鉄量に差はないと考えてよい。

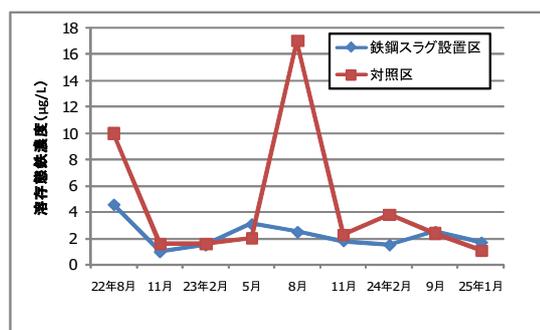


図2 下入津の溶存態鉄測定結果

(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。

上から見た被度は4月50%、9月10%、12月20%であった。上面、上部側面の優占種はウミトラノオであり、有用種のヒジキも一部に見られた。下部側面の優占種はトゲモクで、他にアカモク、ジョロモクが多かった。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く、投石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が難しい。

(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。海藻類は北部に比べて多く、上から見た被度は9月、1月とも100%であった。ホンダワラ類が多く、優占種はトゲモク、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特に認められなかった。

表2 下入津の溶存態鉄測定結果(単位: μg/L)

	22年8月	12月	23年2月	5月	8月	11月	24年2月	9月	25年1月
試験区	4.6	1.0	1.5	3.1	2.5	1.8	1.5	2.5	1.7
対照区	10.0	1.6	1.6	2.0	17.0	2.3	3.8	2.4	1.1

3年間のまとめ

(1) 大分県沿岸域の溶存態鉄の現状

大分県沿岸域の溶存態鉄調査を3年間行ったところ、いくつかの知見を得ることができた。溶存態鉄の量は夏季に多く、冬季に少ないことが確認され、その原因は降雨量に影響されると推定された。具体的には夏季は3～4 $\mu\text{g/L}$ 、冬季は1～2 $\mu\text{g/L}$ が一般的な値であると推定された。佐伯湾の調査では河口域から湾口部へ向かうにしたがって溶存態鉄の濃度は低下する傾向があり、溶存態鉄が河川を通して供給されるという従来の説を裏付ける結果を得た。また、佐伯湾内で溶存態鉄の量と海藻量との関係を調べたところ、明瞭な相関は見られなかった。佐伯湾で溶存態鉄の量を測定したのは夏季と冬季の2回であるが、夏季に濃度が高かった定点で冬季にも高いという結果にはなっていない。特定の海域の溶存態鉄の量を正確に確認するためには、調査期間の間隔を狭くした調査が必要であると推定された。

(2) 溶存態鉄が海藻の生長に及ぼす影響

大分県沿岸域の溶存態鉄濃度について把握することはできたが、この濃度が海藻の要求量を満たしているかどうかは大きな問題である。それを確認する目的でフラスコ実験を3年間行った。1年目と2年目は通常海水にEDTA鉄を添加することにより鉄高濃度海水を作り、濃度別の海藻の生長を比較した。1年目はヒジキ、2年目はリボンアオサを用いたが、どちらも鉄を添加することによる明瞭な生長促進効果は見られなかった。3年目は鉄フリー海水（実際には完全にゼロではない）にEDTA鉄を添加することにより0.4～5 $\mu\text{g/L}$ の海水を作り、鉄低濃度域での実験を行った。アナアオサを用いて実験を行ったが、鉄濃度の変化による明瞭な生長差は認められなかった。このことから鉄は0.4 $\mu\text{g/L}$ 程度の微量でも海藻の制限要因とはならないと推定された。ただ、実験中に鉄の混入を完全に防止できたかという疑問はあり、これらの実験結果から鉄の添加効果の有無や海藻類の鉄要求量を単純に結論づけることはできない。

(3) 鉄鋼スラグからの鉄分溶出と海藻の生長効果

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。水槽実験は3年間実施した。鉄鋼スラグ礁は通常鉄鋼スラグと腐植土を組み合わせたものを海中に設置する。水槽実験では①鉄鋼スラグ+腐植土、②鉄鋼スラグのみ、③腐植土のみ、④対照区（添加なし）の4試験区とした。1年目はヒジキを用いて実験し

たが、明瞭な差は確認できなかった。原因は添加した鉄鋼スラグと腐植土の量が少ないためと推定した。設定を変更し、2年目はヒジキ、3年目はノコギリモクを用いて実験した。分散分析の結果、腐植土の添加効果は有意に認められたが、鉄鋼スラグの添加に有意な効果は認められなかった。腐植土が藻類の生長により影響を与えるということは一般的に認められており、今回はそれを裏付ける結果となったが、鉄鋼スラグの効果は認められなかった。また、2年目に海藻を用いずに溶存態鉄の動向を確認する実験を行った。その結果、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ヶ月と短かった。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られる。水槽実験で鉄高濃度状態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であろう。

海藻養殖試験は22年度と23年度の2回実施した。養殖筏の一つには鉄鋼スラグ+腐植土を垂下し、垂下しない養殖筏（対照区）との間でロープに挟み込んだワカメとヒジキの生長に差が出るかどうかを確認した。結果は2回とも、対照区の方が成長がよいという結果であった。また、鉄鋼スラグを垂下した試験区で、溶存態鉄の増加は確認されなかった。

鉄鋼スラグ礁調査は姫島と下入津の試験区で、3年間定期的に調査を行った。姫島北部では鉄鋼スラグ礁を入れた場所で海藻が多いことは確認されたが、これは着底基質が増加したことが原因の一つであると推定された。したがって鉄鋼スラグ礁には通常の投石と同程度の効果は期待できると思われるが、対照区がないこともあり、それ以上のことはいえない。下入津では鉄鋼スラグ区と対照区で海藻の種類、量とも差は認められなかった。また、溶存態鉄の量にも差は認められなかった。

(4) まとめと今後の磯焼け対策

今回の調査結果からは、鉄鋼スラグの海藻の生長に対する効果は認められなかった。鉄鋼スラグを入れても鉄が増加しないという問題もあるが、それ以前の問題として、大分県の海域では鉄は制限要因となっていない可能性が強い。

県内では現在も磯焼けが問題となっている場所があり、各種の対策がとられている。その中で漁業者が自ら取り組むことが容易であり、かつ効果が確実に期待できるのは母藻移植とウニ駆除である。磯焼けの原因は場所により異なり、どこでも通用するマニュアルはない。その場所に適した対策を考える必要があり、水産研究部も地元漁業者、関係団体とと

もに対応していきたい。