

熊本県アサリ・ハマグリ資源管理リファレンス
～ナルトビエイ対策編～



熊本県水産研究センター

平成 29 年 3 月

発刊にあたって

有明海及び八代海は、かつて豊穰の海でした。特に本県干潟漁場でのアサリ・ハマグリ漁獲は日本一の生産量を誇り、日本各地のアサリ生産の礎ともなっていました。また、ハマグリも国内で希少な本ハマグリ生産地として、名を馳せていました。しかし、平成元年頃から、資源量が極端に減少し、現在に至るまでかつての盛況を取り戻すには至っていません。

この間、地元漁業者の皆さんは、漁場環境の改善のための清掃活動や耕うん、ツメタガイ等の食害生物の駆除や、保護区や休漁期等を設定しての資源管理等、地道に資源再生のための取り組みを実施されてきました。当水産研究センターでも、アサリ・ハマグリ資源状況の把握のための基礎的なモニタリング調査をはじめ、資源再生のための砕石を用いた漁場造成策や網袋を用いた稚貝収集方法の検討等に取り組んできました。さらにそれらの成果をもとに、平成17年に「アサリ資源管理マニュアル」を、平成25年には「ハマグリ資源管理マニュアル」を取りまとめ、漁業者の皆さんの資源管理に対する取り組みの、基礎的な情報を提供させていただきました。それぞれのマニュアルを発行して久しくなりましたが、内容については、基本的な取り組みの必要性は変わらないものの、その後さらに、新たな情報等も蓄積されてきました。そこで、今回は特に食害生物として対策を講じることが必須となっている「ナルトビエイ」について、参考書＝リファレンスとして取りまとめました。平成28年秋に当水産研究センターで実施した飼育試験の成果をはじめとして、国・県及び大学等の研究成果や報告書の情報を、現場での実践に役立てていただけることを念頭において、写真等を多用しわかりやすく紹介しています。

アサリ・ハマグリ再生へは未だに道半ばではありますが、本書が皆さんの取り組みに少しでも役立ち、有明海・八代海のアサリ・ハマグリが、未永く全国の消費者の皆さんに愛され続けることを祈念しています。

平成29年3月

熊本県水産研究センター所長 平山 泉

目 次

1 有明海・八代海におけるナルトビエイの出現	1
2 ナルトビエイはどのような生物か	4
2-(1)ナルトビエイの大きさ	4
2-(2)口部の形態	4
2-(3)探索行動	5
2-(4)摂餌行動	7
2-(5)食痕	8
2-(6)アカエイの潜砂痕	10
2-(7)アサリの殻を噛砕く	13
2-(8)二枚貝を好んで食べる	16
2-(9)どのくらいの量のアサリを食べるのか	18
3 ナルトビエイからアサリを守る	20
3-(1)捕獲	20
3-(2)防護柵	24
3-(3)立て坑	28
3-(4)囲い網	31
3-(5)被覆網	33
3-(6)浮かせ網	35
3-(7)碎石	36
3-(8)網袋	42

1 有明海・八代海におけるナルトビエイの出現

有明海・八代海の二枚貝漁場となっている干潟域には、多くの種類のエイ類が出現します。

同海域の干潟域には、菊池川・白川・緑川及び球磨川等の大きな河川から豊富な栄養分の流れ込みがあり、プランクトンや付着珪藻などの小さな生物が大量に育まれています。そして、それらの小さな生き物を食べる二枚貝、エビ・カニなどの甲殻類及び小魚等が豊富に存在します。我々にとって、有明海・八代海が貴重な水産物を産する恵の海たる所以です。



図1 有明海・八代海の主な二枚貝漁場

これら、二枚貝、エビ・カニなどの甲殻類及び小魚等はエイ類にとっても格好の御馳走になります。そのなかでもナルトビエイは、アサリ・ハマグリ等の二枚貝を特に好んで捕食しています。近年、その個体数は相当多く、アサリ等の有用な二枚貝がかなりの被害を受けているものと推定されています¹⁾。本県において、アサリやハマグリ資源の再生を講じるにあたり、ナルトビエイの被害対策は必須といえます。

ナルトビエイは、アサリ・ハマグリ資源が減少してきた平成12年頃より被害生物として注目され始めました。漁業者の皆さんからは、それ以前からナルトビエイが有明海・八代海に生息していたとの話を聞くことができますが、やはり平成12年頃から個体数が増えて、目にする機会が多くなったとお聞きします。ナルトビエイという名前の由来は五島列島の奈留島近海で捕獲されたトビエイということですが、近年では、有明海・八代海及び瀬戸内海等の二枚貝漁場に出現し、大きな問題となっています。

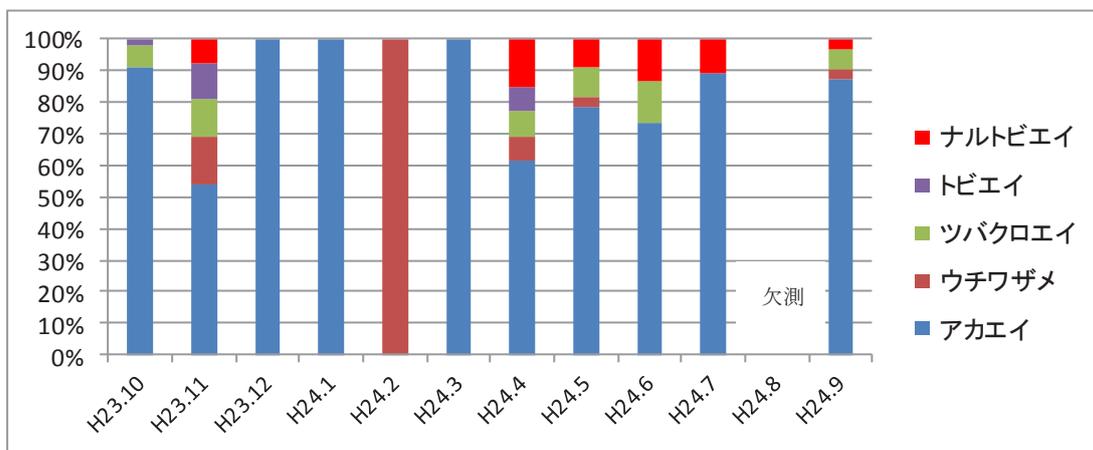


図2 八代海湾奥部の定置網におけるエイ類の出現頻度



ナルトビエイ



ウチワザメ



トビエイ



ツバクロエイ



コモンサカタザメ



アカエイ

図3 有明海の干潟漁場で見られる主なエイ類

*マリノフォーラム21提供。平成23年調査。

ナルトビエイが有明海・八代海に出現するのは、春から秋の水温が高い時期です。図2に八代海湾奥部の定置網に入ったエイ類の出現頻度を示します(平成23年10月から平成24年9月までの調査)。ナルトビエイは、12月から3月までの低水温期を除き、出現が観察されました。平成23年に最後に確認されたのは11月8日で、この日の八代海中部の田浦沖の自動観測ブイの日平均水温は22.5℃でした。また、平成24年に最初に確認されたのは4月23日で、この日の日平均水温は16.6℃でした。この結果からは、ナルトビエイの出現する水温の境界は、秋の水温低下時期では約20℃前後、春の水温上昇時期では約15℃前後ではないかと想定されます。海苔を養殖されている漁業者の皆さんは、肌身で感じておられるかと思いますが、近年特に秋の水温の低下の時期が遅くなってきています。これにより、有明海・八代海においてナルトビエイの活動期間が長くなってきているものと思われる。このことも、ナルトビエイによる二枚貝の食害の増大につながってきているものと懸念されます。

春先に有明海・八代海の干潟域に出現したナルトビエイは、6～7月の梅雨の時期には塩分が低下する河口干潟域を避けてやや深みに移動し、塩分が回復する盛夏の頃にはまた干潟に出現するようになります。また、ナルトビエイは体内受精し、盛夏の頃に、親と同じ形態をした仔魚を産出します。そのころになると極小型のナルトビエイが干潟漁場近くで散見されるようになります。



図4 ヤジリエイ*(平成27年 有明海で捕獲)

*ヤジリエイは、有明海で最も大きなエイ類ではないかと思われていますが、その詳しい生態についてはよくわかっていません。

2 ナルトビエイはどのような生物か

2-(1)ナルトビエイの大きさ

ナルトビエイの大きさは、一般的に胸鰭の端から端、鳥に例えると両翼の端の距離で体盤幅とよばれる長さで表されます(図5)。メスでは体盤幅 150 cm、オスでは体盤幅 100 cm程まで成長します。最大のメスでは体重が 50 kg程になります。寿命はメスが長寿で、最高 19 歳の個体が確認されています。体の小さいオスは 9 歳までの個体しか確認されていません¹⁾。



図5 ナルトビエイの測定部位

図6に平成21年～平成27年の有明海及び八代海にて捕獲されたナルトビエイの平均体重の推移を示します。八代海のナルトビエイは有明海に比較して大型の個体が多く、両者は異なる系群ではないかと考えられています²⁾。

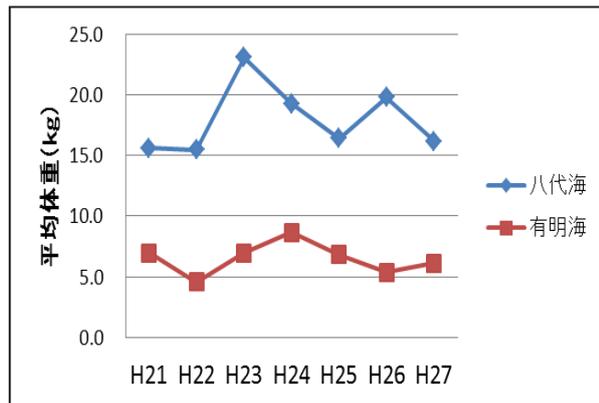


図6 有明海及び八代海にて捕獲されたナルトビエイの平均体重の推移

2-(2)口部の形態

ナルトビエイは、二枚貝を好んで食べます。胃内容物を調べても、アサリ等の二枚貝のやわらかい軟体部のみが大量に出てくることが多いのです。ナルトビエイはこのように二枚貝を専門に食べるために非常に特徴的な口部の形態をしています(図7)。ナルトビエイの口部を見ると、下顎から歯が突出しています。この下顎の歯は、干潟のアサリなどを掘り出すためのスコップの様な役割をしているものと思われます。図8の左側に示しています下顎の歯の先端は三角形で尖っていますが、一枚のように見える歯は、ブーメランの様な形をした歯が密に敷詰められている状態です。この先



図7 ナルトビエイの口部の形態

端部分はある程度使用した後は自然に抜け落ち、すぐ後ろの歯と入れ替わり更新されます。交換用の歯はのどの奥まで整然とならんでおり、常に先端は鋭い歯が使用できるようになっています。また、**図8**の右側に示しています上顎歯も、交換用の歯が並んでいる等の基本的な形態は同じですが、こちらは口に啜えたアサリ等の二枚貝の殻をかみ砕くため、歯に厚みがあり、作用している箇所は少しすり減っています。こちらも、すり減った歯は常に更新されるようになっています。**図8**の右側の上顎歯の写真は下が喉の奥部で上が唇側になりますが、喉の奥部(下)から新しい歯が唇の方向(上)に進んでいき、すり減った部分が外れかけている状態となっています。このように、ナルトビエイは特に二枚貝を掘り出し、かみ砕くという食性に特化した歯の形態をしています。

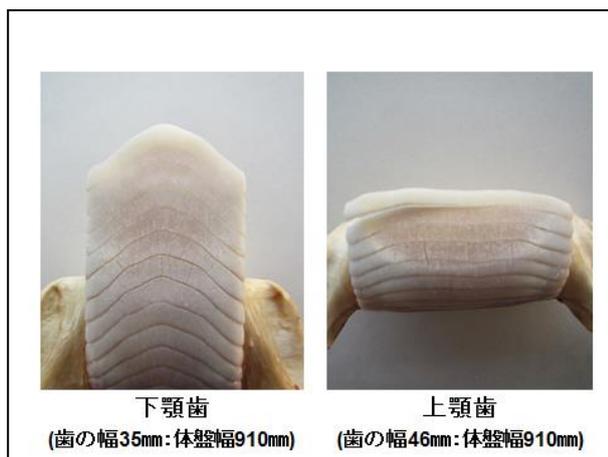


図8 上顎歯と下顎歯の形態



図9 腹側から観察した頭部

2-(3)探索行動

ナルトビエイが餌を探す行動は、探索行動と呼ばれます。

当水産研究センターでは、平成28年9月に所内の実験池において、予めアサリを潜砂させた餌場を準備し、ナルトビエイがアサリを捕食する様子を観察しました。試験に用いたナルトビエイは、同年8月に緑川河口地先で刺網により捕獲された、体盤幅91cm・体重10.1kgのメス個体です(**図10**)。



図10 飼育試験に供したナルトビエイ

餌場を認知したナルトビエイは、ゆっくりと泳ぎながらアサリが潜砂している砂泥の表面に鼻先を近づけ、においをかぐような動作をします。一般に魚類等の口から鼻先にかけては、吻と呼ばれていますが、ナルトビエイの吻は柔らかく柔軟な動きが可能で、匂いをかぐような動作をするときは、吻部をかなり海底面に密着させています(図11の上)。

吻部には鼻がついていますので、探索する場合は餌の匂をかいでいるものと思われます。また、サメ・エイ類には吻部にローレンチニ氏器官とよばれる生物が発する微弱な電気を感じる感覚器官があって、この器官により砂に潜って殻を閉じた二枚貝も探し出すことができるのではないかと思います。

また、ナルトビエイは眼の位置にも特徴があります。アカエイなど一般的なエイ類は、眼が体盤の背中側に位置しており、腹部や自分の体の直下はほとんど目視することができない形態です。しかし、ナルトビエイの頭部は体盤から前方に突出し、その両側に眼が位置しており、前方や下方でも両眼で目視できるような形態です(図9)。同様の形態をしているトビエイとともに、視軸が外敵の察知より、摂餌生態に適していると考えられています³⁾。このため、海底に潜っているアサリ(入出両水管)等も探しながら遊泳することもできるのではないかと思います。

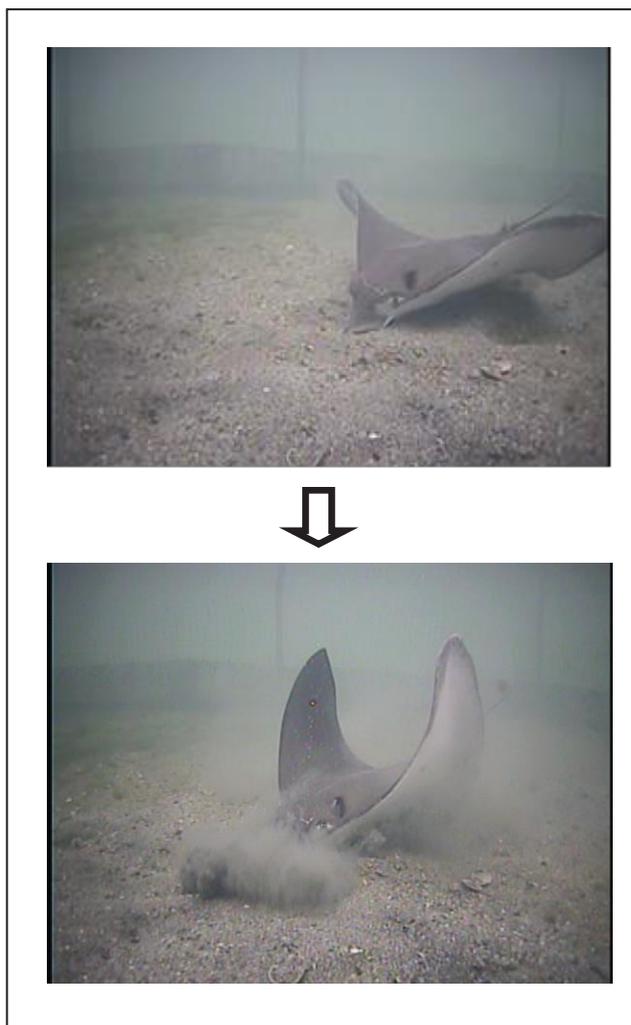


図11 探索から摂餌への行動



図12 摂餌の様子(上部からアップ)

2-(4)摂餌行動

ナルトビエイがアサリの所在を確認し口を底泥に突っ込む様子を**図12**に示します。この際、口の周りに砂煙が舞っているところから、前述した下顎で貝を掘り出す際には、口から海水を吹きかける動作も行っているのではないかと思います。

一旦、砂に口を突っ込んだナルトビエイは、やや体勢を立て直し、少し前進し、海水を吹きかけ、口部を砂に突っ込む動作を数度に渡り繰り返します。この間に、アサリを小石や貝殻等も含め口に咥えていくものと思われます(**図13**の上)。ある程度アサリが口に含まれると、それまでの動作をいったん終了させ、海中を泳ぎ始めます(**図13**の下)。泳ぎ始める際には、口内に溜まった小石や貝殻等を吐き出します(**図14**)。なお、後述しますが、この際には、口の中に殻付の状態のアサリを残しているものと思われます。

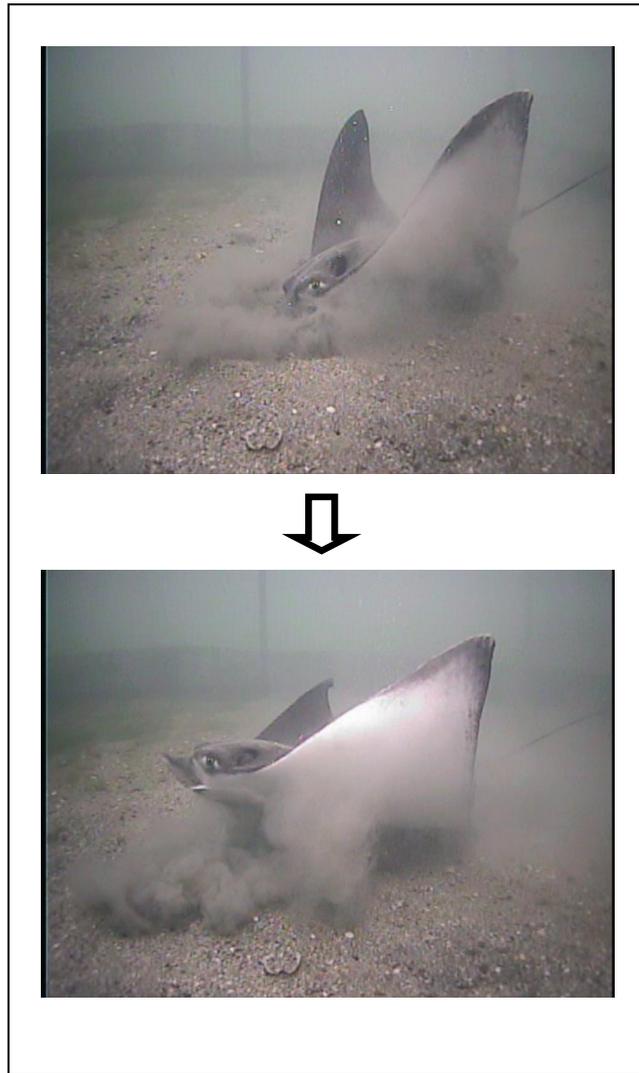


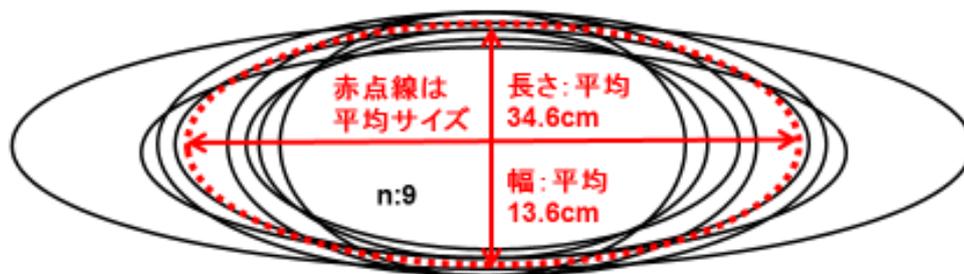
図13 摂餌から遊泳への行動



図14 小石等を吐き出している様子



図15 ナルトビエイの食痕（ナルトビエイ飼育後の池の底面）9月21～26日



幅:13～16cm(平均13.6cm)、長さ:23～52cm(平均34.6cm)

図16 ナルトビエイの食痕計測の模式的な形状

2-(5)食痕

摂餌における一連の動作により、餌場の表面には、ナルトビエイがアサリを食べた跡が、明らかに残されています。ナルトビエイが餌を食べた跡は、「食痕」と呼んでいますが、この食痕は、干潟漁場等でアサリ等の二枚貝がナルトビエイに被害されてしまった証拠になるものです。図15に4m×4mの囲いの中で、平成28年9月21日から27日までの約一週間ナルトビエイを飼育した池の底面の様子を示します。前述したように、ナルトビエイは口部を突っ込んだまま口の中にある程度のアサリが溜まるまで前進していったので、底面には概ね口の幅に前進した長さの帯状もしくは楕円の痕が残って

います。飼育期間はほぼ1週間程度ですが、囲いの中全面に食痕が広がっています。形状が確認できる食痕(n=8)を測定したところ、幅の平均は13.6 cm、長さの平均は34.6 cm、深さの平均は2.9 cmでした。図16に食痕を測定した値を模式的に楕円形にトレースした図を示します。この図から、食痕の幅(楕円の短径)はほぼ一定で、長さ(楕円の長径)には変動があることがわかります。今回この場所には、一尾のみのナルトビエイを飼育していましたので、短径は飼育しているナルトビエイの頭部の大きさとの関係があるのではないかと想定されます。飼育に供したナルトビエイの頭部の幅(図9)は15 cmでした。食痕の幅は、平均13.6 cmでしたので、頭部の幅と食痕の幅は、ほぼ同じサイズであったといえます。同様の試験が、2006年(平成18年)に大分県農林水産研究センター水産試験場浅海研究所で行われており、その試験では両眼間隔84 mm(体盤幅530 mm)及び両眼間隔65 mm(体盤幅445 mm)のナルトビエイの摂餌痕(食痕)もやはり楕円形で、平均短径が85.5 mmであったとのことです⁴⁾。

楕円形の食痕の幅と頭部の幅(両眼間隔)はほぼ同じであり、サイズや雌雄により若干の変動はあるかと思いますが頭部の幅と体盤幅の比率はほぼ一定であると仮定すると、もし干潟漁場で楕円形のナルトビエイの食痕が確認されれば、その食痕を残したナルトビエイのおおよそのサイズ(体盤幅)を次の式に充てて推定することができます。

y = 干潟に食痕を残したナルトビエイの推定サイズ(体盤幅)

x = 干潟に残された食痕の幅(楕円の短径)

$$y = 6.7x$$

*** 係数の6.7は、水研の試験結果から、供試魚の体盤幅(91 cm) ÷ 食痕の幅(13.6 cm)**

さらに、上の式を用いることによって、ナルトビエイの大きさによりどの程度の大きさの食痕ができるかも算出することができます。例えば、ナルトビエイの最大サイズといわれている体盤幅150 cmを y とすると、食痕の短径 x は22.4 cmになることが推定されます。

なお、上の式については、大分県の試験結果⁴⁾も参考に当水研での試験結果から算出しましたが、両者の試験では餌には活アサリを用いています。アサリは比較的潜砂深度が浅いので、ナルトビエイもあまり深く掘ることはないかと思われませんが、仮にタイラギ等、捕食対象となる貝のサイズが大きい場合やより深く潜砂している場合は、ナルトビエイが摂餌するためにより深く掘ることになりますので、食痕は比較的大きなものになることが想定されます。

2-(6)アカエイの潜砂痕

図2にも示していますが、本県の干潟で最も出現頻度が高いのはアカエイです。ナルトビエイは、水温の低い冬期には、干潟域には出現しませんが、アカエイは周年をとおして干潟漁場に出現します。しかし、アカエイによるアサリ資源への食害等の影響についてはこれまであまり調査されていません。そこで、当水産研究センターでは、アカエイの摂餌行動の観察を試みました。試験に用いたアカエイは、平成28年9月に八代海湾奥部鏡地先で定置網により捕獲された体盤幅38cmのオス個体です(図17)。上記したナルトビエイと同様、底泥にアサリを潜砂させた囲いの中に、アカエイを放養し、摂餌の様子を観察しました。

10月中旬から二週間程度の観察を継続しましたが、肝心のアカエイがアサリを摂餌している様子は確認することができませんでした。しかし、アカエイが底泥に潜り、そ



図17 試験に供したアカエイ

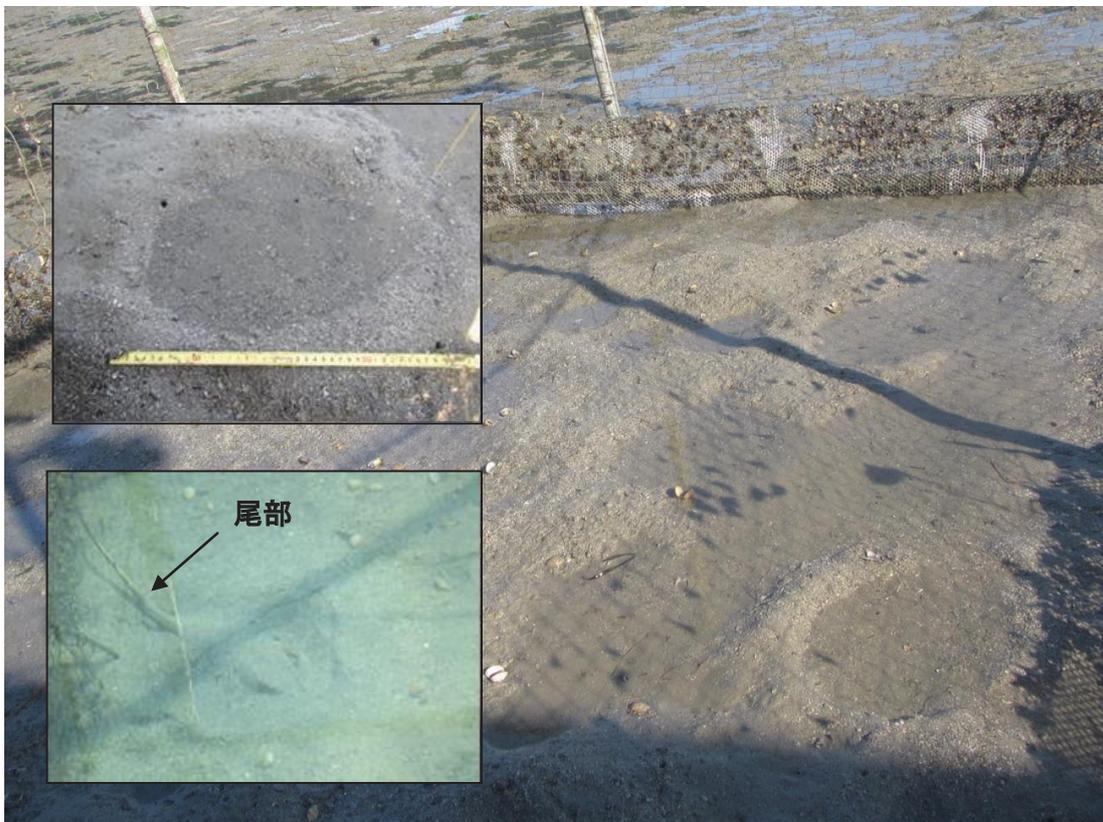


図18 アカエイの潜砂痕と潜砂状態の様子

の痕跡が残ることを確認することができましたので紹介します。

試験池は、潮の干満により水位の高低が発生するのですが、アカエイは潮が高位の時間帯は、網囲いに添って胸鰭を波打つようにして遊泳し、潮が低位の時間帯は砂の中に潜って身を潜めていました。砂に潜る際には、底泥に体全体を密着させ、ほぼ体盤全体の円周部分にあたる胸鰭全体を波立たせながら、体の下の部分の泥を掻き出して、体全体に泥をかぶせるようにします。泥はほぼ体盤全体を覆いますが、呼吸するための噴水孔と呼ばれる両眼のすぐ後ろの穴と尾部だけは隠しきれていません(図18)。余談ですが、まだ潮の残る干潟域で気づかないままアカエイを踏みつけてしまい、尾柄部の棘によって足首等を刺されてしまうという事故が発生しますが、泥中に身を潜めているアカエイは、このように何かあったらすぐに自分の武器である棘を使用可能な状態にしているものと思われます。

潜砂したアカエイは、時折位置を変えることはありましたが、干潮時間帯の2時間程度はそのまま身を潜めていました。潜砂から泳ぎ始める際は、体盤に乗せた砂を振り払うようにより激しく胸鰭全体をばたつかせるような動作をしました。泳ぎ去った後の底には、ほぼアカエイの体盤と同じ大きさのクレーターの様な円形の潜砂痕がありました。この潜砂痕は、アカエイが体全体を潜らせた後、泳ぎ始める際に体を覆っていた泥を体盤の周りに振るい落とすために穴の周辺にその泥が盛られることで形成される様子が観察されました。

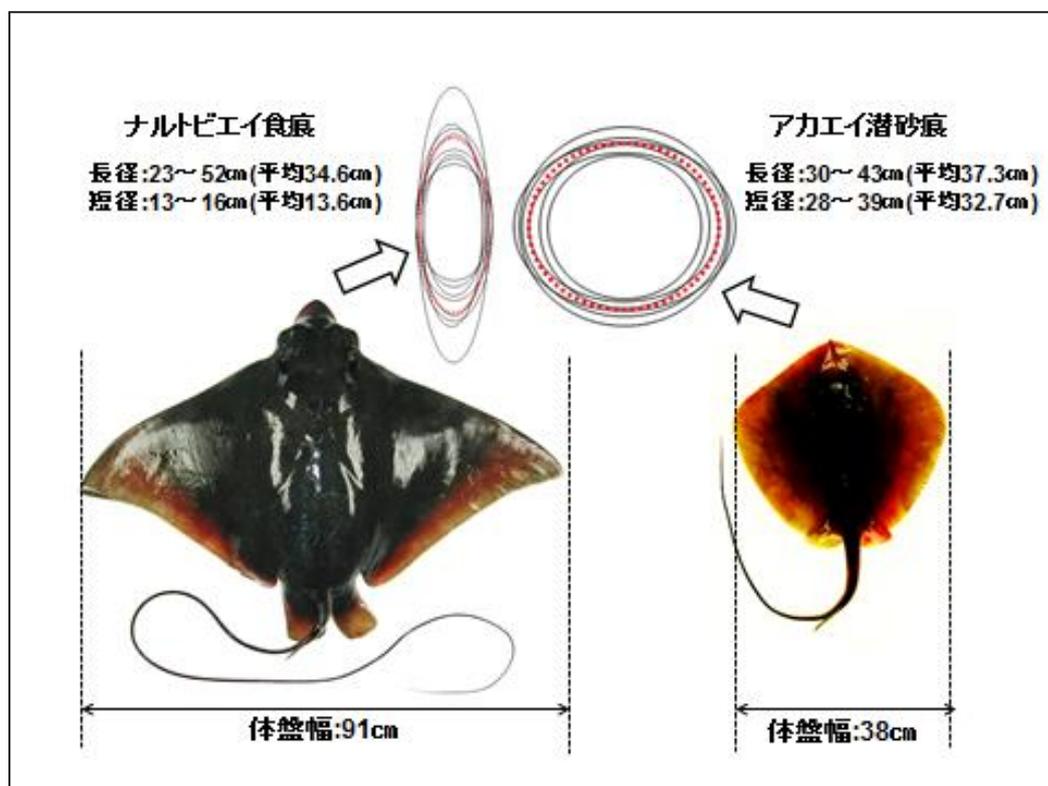


図19 ナルトビエイの食痕およびアカエイの潜砂痕の相対的なスケール(イメージ)

アカエイ飼育後の池の底面の状態を**図 18**に示します。ナルトビエイと比較して大きく、円に近い潜砂痕が確認されました。形状が確認できる潜砂痕(n=6)の長径と短径を測定したところ、長径の平均は37.3 cmで、短径の平均は32.7 cm、深さの平均は7.2 cmでした。若干楕円径になっていましたが、これはアカエイの体盤の形状と砂を被せまた振り払う際の動作によるものと思われるのですが、体軸に対してどちらが長くなるのかは不明です。また、クレーターの円周上の盛り上がっている部分の一角にやや低い箇所がみられることがありましたが、これは尾部があった部分ではないかと思われます。

図 19に今回の試験で観察された、ナルトビエイの食痕とアカエイの潜砂痕の相対的なスケールのイメージを示しています。今回試験に用いたナルトビエイ及びアカエイは有明海において生息しているほぼ平均的なサイズであったと思われます。干潟漁場においてこのような、食痕や潜砂痕を観察することによって、ナルトビエイやアカエイ等の出現状況を推定できるものと思われます。



図 20 ナルトビエイ調査中に混獲されたアカエイ*(平成 22 年 有明海)

マリノフォーラム 21 提供

*アカエイは、有明海・八代海の干潟域にも多く生息していますが、アサリに対しての食害等生態的な影響調査は十分ではありません。今後の調査が待たれます。

2-(7)アサリの殻を嚙砕く

図13で、アサリを口に咥えたまま泳ぎ始めたナルトビエイのその後の様子に話題を戻します。ナルトビエイは、飼育試験の4m×4mの囲いの周囲に添うようにしばらく遊泳を続けます。この際に、口を閉じたままもぐもぐと盛んに動かしていますが、これは、口の中でアサリを嚙砕き軟体部と砕かれた貝殻を選別しているものと思われます。そして、遊泳を続けながら、十数秒から数十秒間隔で、口から細かく嚙砕かれた貝殻を吐き出します(図21)。吐き出された貝殻は、囲い網の縁辺部にばらばらと散在していました。嚙み砕かれた貝殻は、アサリを掘り口に咥えた所、つまり食痕が残る所にはなく、その周辺にかなり広範囲に撒き散らされているのです。

干潟漁場で、アサリ等の食害があった場合、前述した食痕と嚙砕かれた貝殻により、食害生物がナルトビエイであるかどうかを推定することも可能であると思われる。しかし、もし、食痕が発見された場合でも、周辺をかなり注意して探さなければ、嚙砕かれた貝殻を確認するのは困難であるものと思われます。なお、ガザミやイシガニ等もアサリ等の二枚貝を粉砕して食害しますので、ナルトビエイと同様にそれらの砕かれた貝殻が食害の痕跡となることも留意する必要があります。

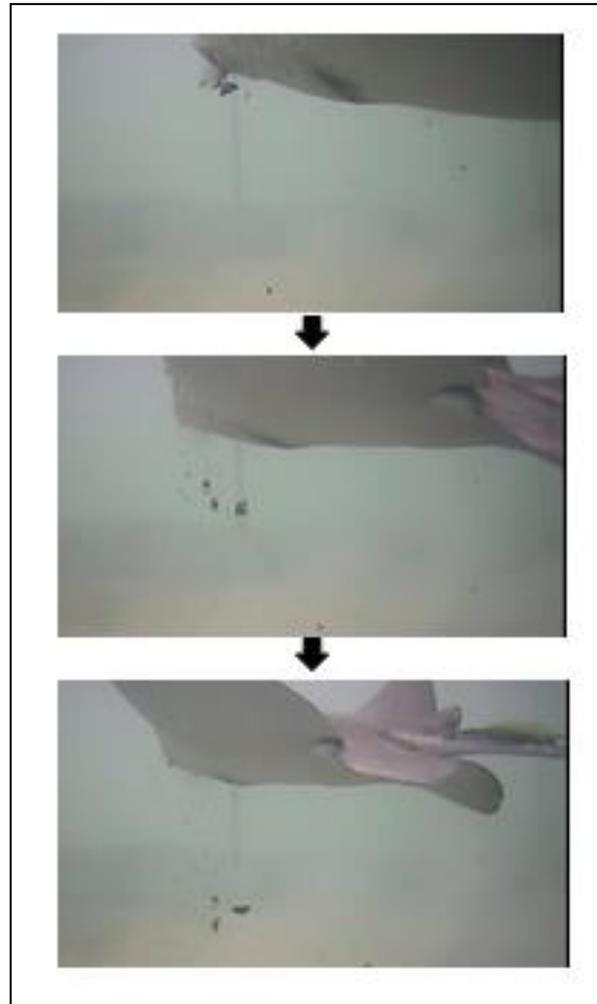


図21 貝殻を吐きだす様子



図22 嚙砕かれた貝殻

図23に、ナルトビエイの消化管の写真を示します。図24は、八代海湾奥部で捕獲されたナルトビエイの胃内容物です。口の中で軟体部だけきれいに選別され、胃に運ばれますので、軟体部のみが検出されます。ナルトビエイの腸は他のエイやサメ類と同じく螺旋腸と呼ばれ、一見して太く短いことが特徴です(図23)。この腸の内部の構造は、螺旋弁と呼ばれる薄い膜がぐるぐるとらせん状に回っており、この中で、非常に効率的に食物の吸収が行われています(図25)。このように、ナルトビエイは餌の探索能力から、口や消化管の形態等、二枚貝を専食するための特異な能力・形態を持っています。

当水産研究センターで飼育していたナルトビエイは、潮が満ちこみ始める一定の時間帯において、アサリを探し、口に入れ、砂や貝殻等を吐き出し、泳ぎながら殻を噛砕き吐き出すという動作を3～5分間隔で十数回～数十回繰り返しました。アサリ等の二枚貝漁場にナルトビエイが襲来する際には、刺し網等で捕獲された状況等から推察すると数十尾レベルで群れを成しているものと思われる。

以上のことから、二枚貝漁場でアサリ等が食害を受ける場合は、比較的広範囲に多回数の被害を受けているものと想定されます。



図23 ナルトビエイの消化管



図24 漁場で捕獲されたナルトビエイの胃内容物

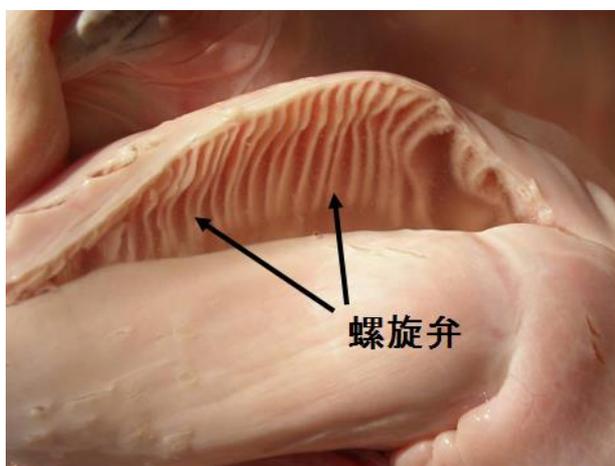


図25 ナルトビエイの腸の内部形態



図26 ナルトビエイの摂餌パターン

コラム



図27 アカエイの顎骨の標本

図7のナルトビエイの顎と比較するとアサリ等の厚い殻を砕くには適しておらず、エビやカニ等を丸飲みにすることが多いようです。

表1 八代海湾奥部で捕獲されたエイ類の胃内容物

種類	調査個体数	胃内容物 検出固体数	胃内容物	空胃の 固体数	空胃率 (%)
アカエイ	83	8	魚類 甲殻類(エビ、カニ)	75	90
ナルトビエイ	27	6	イカ類 二枚貝,巻貝	21	78
ツバクロエイ	7	1	イカ類	6	86
トビエイ	1	0		1	100
ウチワザメ	1	0		1	100
計	119	15		104	87.4%

2-(8)二枚貝を好んで食べる

表1に八代海湾奥部の定置網で捕獲されたエイ類の胃内容物調査結果(調査期間：平成23年10月～24年9月)を表します。アカエイ及びツバクロエイからは、魚類・エビやカニなどの甲殻類、イカ類等が検出されましたが、ナルトビエイからは、巻貝らしいものが混入していましたが、そのほとんどは二枚貝でした。このことから、干潟に出現するエイ類はそれぞれの種類で食性が異なっており、二枚貝資源に与える影響はナルトビエイが最も大きいことが容易に想定されます。

さらに、二枚貝の中でも、どの種類が最もナルトビエイに捕食されやすいかについて、当水産研究センターでは、平成14年9月に10tのFRP水槽を用いて、体盤幅50cm・体重2kgの小型のナルトビエイ(図29)を用いた飼育試験を行っています。

まず、このナルトビエイの馴致中に、アサリ・ハマグリ・シオフキ・ムラサキイガイ・カキ・サルボウ及びツツメタガイを与えたところ、すべての貝類を食べたことが確認されました。

さらにこれらの二枚貝のうち、特に好んで食べる種類があるのかどうか、試験を行いました。具体的には、馴致のすんだ供試魚の水槽に、アサリ・ハマグリ及びシオフキを

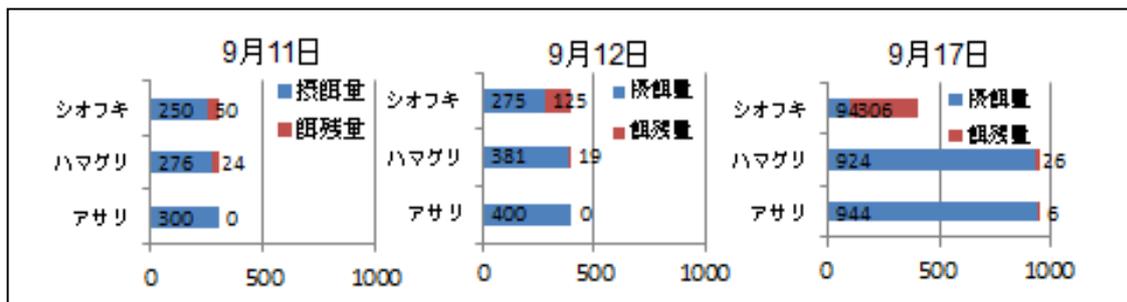


図28 貝種毎の24時間後の摂餌量と残餌(単位g)

初回の9月11日にそれぞれ300gを、9月12日にそれぞれ400gを、9月17日にアサリ及びハマグリを950g、シオフキを400g給餌し、翌日にその餌の残りを計量し、どの貝をどのくらい食べているかを調べてみました。

その結果を図28に示します。3回の試験を行って、3回ともアサリはほぼ完食でしたが、ハマグリは3~8%、シオフキは17~76%の残餌が確認されました。残餌はシオフキが多く、アサリ・ハマグリ・シオフキの順に好みがあるように思われました。

しかし、試験に用いたアサリ・ハマグリ及びシオフキは、かなりサイズのバラツキがありましたので、残餌の多かった9月17日の試験の結果について、殻長分の摂餌個数と残餌個数のヒストグラムを各貝種毎に作成しました(図30)。残餌が多かったのはシオフキで、殻長35mm以上の個体はほとんど食べられていませんでしたが小型の個体は摂餌されていました。また、アサリは殻長40mm程までほとんど摂餌していましたが、殻長40mm以上の残餌が確認されました。ハマグリは給餌個体がアサリ及びシオフキに比較して小型であったため、殻長による摂餌の傾向は不明瞭でした。以上のことから、シオフキのうち、殻長の大きなサイズがナルトビエイの摂食を免れる傾向にあることがわかりました。また、シオフキだと摂餌を免れる殻長35mm以上のサイズでもアサリでは摂餌されていますが、この要因としてアサリはシオフキに比較して殻幅が薄く全体の質量が小さいために、ナルトビエイが口に入れやすいためではないかと思われました。今回の試験に



図29 試験に供したナルトビエイ
(体盤幅50cm、体重2kg)

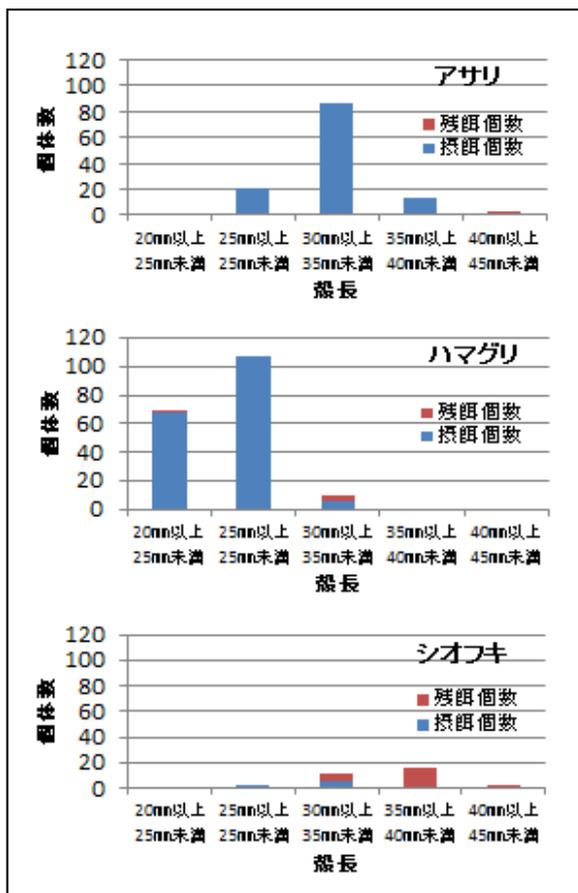


図30 殻長毎の摂餌個数と残餌個数

供したナルトビエイのサイズは体盤幅 50 cm と小型であったため、二枚貝を捕食する際に餌となる貝の殻長が 35 mm を超えるのであれば、大きな制限要因になるものと思われます。これらのことから、ナルトビエイによる餌の嗜好性については、今回試験に供したアサリ・ハマグリ及びシオフキについては、食べやすさのサイズによる差異はあるものの、種類による大きな違いはないものと思われます。長崎大学による有明海での調査では、小型のナルトビエイは主にアサリを、中型のナルトビエイはサルボウやアサリなど、大型のナルトビエイはタイラギを食べており、ナルトビエイのサイズによって餌が異なる傾向にあることが指摘されています。ナルトビエイはサイズによって食べやすいサイズの二枚貝を食べているものと思われます。

2-(9)どのくらいの量のアサリを食べるのか

平成 28 年の飼育試験において、ナルトビエイがどのくらいのアサリを食べるのか調べてみました。

直径 4m のコンクリート水槽に馴致を終えたナルトビエイ(体盤幅 91 cm : 体重 10.1 kg) を遊泳させ、緑川河口干潟において漁獲された活アサリをコンテナに入れて給餌し、翌日にその残餌を計量して摂餌量を算出



試験に供したアサリ

- ・漁獲時期: 平成 28 年 9 月
- ・漁獲場所: 緑川河口域
- ・平均殻長: 32.9 mm
- ・平均殻付重量: 7.2g
- ・平均肥満度: 11.03

図 3 1 摂餌量試験の状況と試験に供したアサリ

しました。調査の期間は馴致が終了して、餌食いが良好になった 9 月 1 から 9 月 15 日までの期間です。

その結果は次のとおりでした。

- ・供試ナルトビエイ(10.1 kg)の給餌条件下での捕食量
平均で **3.4 kg/日**(最大 6.2 kg/日)
- ・体重に対して一日あたり
殻付きアサリで**平均 33.7%**(最大 61.0%)
軟体部で**平均 5.7%**(最大 10.3%)

試験のために、餌止めをした後は一日あたり 6.2 kg のアサリを食べましたが、平均すると、一日あたり 3.4 kg でした。これは体重に対して 33.7% のアサリを食べたことになります。70 kg の成人に例えると毎日およそ 23.6 kg (10 kg を 2 ネット) の殻付きアサリ

を食べることになります。ナルトビエイは大変な量のアサリを食べているのです。

表2に他の機関も調査結果も含めて、ナルトビエイの飼育試験によるアサリ摂餌量を表します。

表2 各試験によるナルトビエイのアサリ補食量

体盤幅	体重	捕食量 ／日	捕食量／日 ／体重	調査者
445 mm 530 mm	1.3kg 2.5 kg (3.8 kg)	2.0 kg	52.6%	伊藤(大分県農林水産研究センター)ら、2010
50 cm	2kg	1 kg	50%	熊本水研、2009
70 cm	5kg	2kg	40%	薄(独法・水産総合研究センター)ら、2012
91 cm	10.1 kg	3.4 kg	33.7%	熊本水研、2016

体盤幅 50 cm 体重 2 kg 程度の小型のナルトビエイでは、一日に体重の 50% 程度のアサリを食べますが、体盤幅 70 cm 体重 5 kg のナルトビエイでは 40% 程度、今回試験に供した 91 cm 10.1 kg のナルトビエイでは 33.7% と、ナルトビエイが大きくなるにつれて体重に対しての摂餌率は少なくなります。やはり小型のものほど成長のためか、よく食べる傾向にあります。しかし、大型のナルトビエイ程、一尾あたりのアサリの摂餌量が多いことには間違いありません。特に、大型の雌は 8 月頃の産卵を終えた後は、体力を回復させるために摂餌量が増えると言われていています。また、8 月から 9 月にかけては、アサリは夏場の高水温時期にあたり、肥満度が下がっています。つまり、殻付きの全体重量に対して軟体部が痩せているのです。ナルトビエイは、前述したように軟体部のみを胃の中に入れますので、満腹になるためには太った時期のアサリに比較して、より大量のアサリをかみ砕く必要に迫られます。8 月以降はアサリにとっては、ナルトビエイの食害のリスクが高まることが想定されるのです。

3 ナルトビエイからアサリを守る

ナルトビエイからアサリやハマグリを守るために、現在、様々な対策がとられています。

それぞれにある程度の効果があっていることは、漁業者の皆さんは肌で感じ取っておられると思います。しかし、本県の広大な干潟漁場でのことですので、実際にどのくらいの対策の効果があっているのか、具体的にその効果を把握するのは困難です。そこで、今後さらに効果的なナルトビエイ対策を進めるために、本水産研究センターで行った飼育試験の結果を踏まえて、具体的な駆除方法について検討します。

3-(1)捕獲

3-(1)-①漁法と漁場

熊本県においては、平成 8 年頃に県北部のタイラギ漁場においてナルトビエイの食害が問題視され始め、捕獲が試みられるようになりました。さらに平成 13 年頃からは、白川・坪井川河口域のアサリ漁場を初めとして有明海の二枚貝干潟漁場において広くナルトビエイの捕獲が行われるようになり、平成 18 年頃からは八代海においても実施されるようになりました。また、本県の有明海・八代海両海域では主にアサリ漁場を対象としているため、干潟域もしくはその周辺の比較的浅い海がナルトビエイを捕獲する漁場となっていますが、有明海の佐賀県や福岡県では、タイラギ漁場を対象とすることもあり、比較的深場の海域が漁場となることが多いようです。



図 3 2 刺網による捕獲(八代海)

漁法は、各地先の漁船漁業者の皆さんの得意な漁法で行われており、少しずつ形態が異なっていますが、刺網が主体となっています。

3-(1)-②捕獲の効果の試算

当水産研究センターにおける飼育試験の結果から、10.1 kgのナルトビエイが一日平均約 3.4 kg (体重の 33.7%) の殻付きアサリを食べたことはすでに紹介しました。仮にこのサイズのナルトビエイが、現場干潟で好きなだけアサリを食べられる状況にあったとしたら、本県海域に来遊する 5 月から 10 月までの半年間(184 日)の期間に捕食されるアサリの殻付き重量を試算すると、下のようになります。

・ 10 kg のナルトビエイが半年に食べるアサリの重量

$$3.4 \text{ kg} \times 184 \text{ 日} = 625.6 \text{ kg} \cdot \text{日}$$

同様の計算を、平成 28 年度に本県海域で捕獲されたナルトビエイの総重量(約 70t)

で行うと、下のようになります。

・ 70 t のナルトビエイが半年に食べるアサリの重量

$$70 \text{ t} \times 33.7\% \times 184 \text{ 日} = 4,340 \text{ t}$$

平成 28 年度に捕獲したナルトビエイが、干潟海域でアサリを自由に食べることができるといった状態であったら、4,340 t のアサリを食べていた可能性があるという試算です。驚くことに、平成 28 年度の熊本県におけるアサリの漁獲量(熊本県取りまとめ、246t)の 10 倍以上になってしまいます。

しかし、現実的にはそこまでの被害は大きくないものと思われます。実際の漁場にて捕獲されたナルトビエイの平均胃内容物重量は体重の 0.7% という報告があります⁶⁾。前述しましたが、胃内容物からは、二枚貝の軟体部のみが検出されます。例えば、10 kg のナルトビエイから、0.7% であれば 70 g の二枚貝の軟体部が検出されることとなります。70 g の軟体部は、もともとの殻付の活アサリの重量に換算するためには、殻付アサリの重量と軟体部の重量比のデータが必要になります。アサリは、産卵期等時期によって太ったり痩せたりしますが、一般にナルトビエイの食害を受ける夏期はアサリの春の産卵後で比較的痩せた時期になります。この時期は殻付重量に対して、軟体部重量の割合は比較的小さいこととなります。具体的な値としては、平成 28 年 9 月の飼育試験に供したアサリについては、殻付重量に対する軟体部の重量比は 16.8% でした。この重量比を用いると、胃内容物として検出された 70 g の軟体部のもともとの殻付重量は以下のとおりであったことが算出されます。

・ 10 kg のナルトビエイの胃内容物から検出された 70 g の軟体部のアサリ殻付重量。

$$70 \text{ g} \times (100\% / 16\%) \approx 438 \text{ g}$$

漁場で捕獲されたナルトビエイの胃内容物から試算すると 10 kg のナルトビエイが 438 g の殻付アサリを食べていることとなります。水研の飼育試験に供された 10.1 kg のナルトビエイが毎日 3.4 kg の殻付アサリを食べていたことと比較するとかなり少ない量です。飼育試験中での摂餌量は、24 時間の平均ですが、捕獲されたナルトビエイの胃内容物は既に消化吸収が進んでおり、実際の摂餌量と比較して胃の中に残っているものが少ないことも想定されますし、やはり自然環境下ではナルトビエイとしても餌に恵まれる機会はかなり少ないものとも思われます。したがって、胃内容物から捕食された殻付アサリの量の推定には、現時点では「少なく見積もって」という但し書きがつくこととなります。



図 3 3 アサリ軟体部(平成 28 年 9 月)

前述の式から、捕獲された 10 kg のナルトビエイは少なく見積もって一日 (24 時

間)に 438 g の殻付アサリ、つまり体重の約 4.4% のアサリを食べていたことになりま
す。さらに試算を続けて、つぎには捕獲されたナルトビエイの胃内容重量から、平成
28 年度に本県で捕獲された 70t のナルトビエイから補食されるアサリ殻付重量を試算
すると、以下のようにになります。

・(捕獲されたナルトビエイの胃内容物から換算した)

70 t のナルトビエイが半年に食べるアサリの重量

$$70 \text{ t} \times 4.4\% \times 184 \text{ 日} \approx 566.7 \text{ t}$$

少なく見積もったはずのこの量も平成 28 年度の県下のアサリ漁獲量よりも多いこと
になります。

以上は、本県海域に現れたナルトビエイがアサリだけを食べているものと仮定して話
を進めています。前述したように、ナルトビエイは二枚貝であれば、シオフキやハマグ
リ等、特に選り好みはなく食べるようですし、さらに残念なことにアサリ資源そのもの
が減少している現状ではナルトビエイもそう簡単にはアサリを食べる機会にも恵まれ
ないものと思われます。しかし、ナルトビエイによるアサリ食害のリスクは潜在的にか
なり大きいという認識を持つ必要はあるものと思われます。

また、この 566.7 t は、見方を変えれば、平成 28 年度に熊本県海域で捕獲されたナ
ルトビエイにより食害を免れたアサリの量と仮想することもできます。つまり、捕獲の
取組の効果として、アサリ 566.7 t を守ることができるという想定になります。しかし
この想定は、捕獲の時期によって話は違ってきます。極端に言えば、5 月に二枚貝漁場
にやってきたナルトビエイをすぐにその月のうちに捕獲すれば、この想定はまるまる期
待できるのですが、10 月頃に捕獲をすれば、すでにナルトビエイの食害にあってしま
った後となってしまいます。捕獲の効果は 1 シーズンで考慮すると早ければ早いほどよ
いということになります。

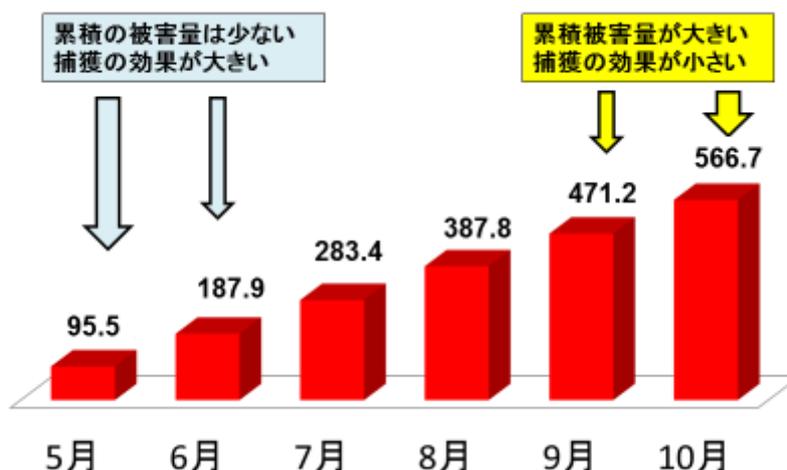
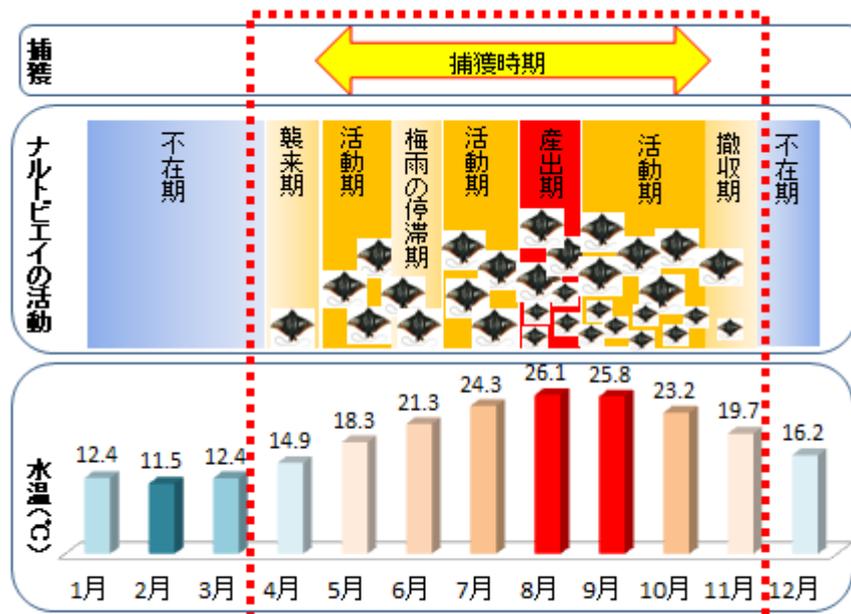


図 3 4 70t のナルトビエイが来遊期間中に食べるアサリの推定積算量
(単位 : t)



*水温は、過去30年の有明海における浅海調査の5m層の平均

図35 ナルトビエイの活動と捕獲時期及び水温の状況

3-(1)-③捕獲の時期

ナルトビエイが二枚貝漁場に出現するのは4月から11月頃になり、基本的にはできるだけ早い時期に捕獲した方が二枚貝の食害防止の効果を期待できる度合いは高いと言えますが、数が増え動きも活発になる5月から10月いっぱいまでが捕獲の効率は良くなります。水温が上昇傾向にある5月頃はナルトビエイの動きが活発になり群れを成して頻繁に干潟漁場に出現し、6月から7月の梅雨の時期には、干潟漁場の塩分が低下し、塩分低下に敏感なナルトビエイは深場に潜むようになります。したがって、5月頃の捕獲がアサリを防護するためには、もっとも効果的な時期であると思われます。

そして塩分濃度が回復し、水温がさらに高くなる8月頃には、再び活発に活動し始めます。前述しましたが、このころの大型の雌は仔魚を産出します。産出された仔魚は親と同じ形態をしていますが、小型であるため成魚を対象とした刺網では捕獲が困難です(図36)。また、産出を終えた雌は、体力の回復を目指して食欲が増進しているものと思われます。したがって、産出前に捕獲することが肝要です。同じ、捕獲努力(漁船の延べ出漁総数)でも、産出前に捕獲するこ



図36 産出された仔魚(平成15年8月)

とにより、ナルトビエイの現存量が減り、貝類の被害量を減らすことができるとの個体群モデルによる検討結果も報告されています⁷⁾。

さらに、10月になっても有明海・八代海の干潟漁場はまだ水温は20℃以上あり、ナルトビエイの動きは活発です。冬に向かって栄養を蓄えるためか、干潟域にナルトビエイの大型の群れが大挙して押し寄せることが頻繁にあるようです。捕獲の効率性を考慮すれば、この群れの捕獲も効果が高いものと思われます。

以上のことから、ナルトビエイを捕獲する時期は、アサリの被害防止の観点からは梅雨前の5月頃、ナルトビエイの再生産の抑制の観点からは8月頃まで、さらに捕獲の効率性等の観点からは9月から10月頃がそれぞれに効果が期待されるものと思われます。

3-(2)防護柵

3-(2)-①材料と方法

アサリの母貝場や稚貝の育成場等、比較的限られた区域でナルトビエイの被害から二枚貝を守るために、防護柵を建てて、ナルトビエイの侵入を防止する対応策がとられます。

防護柵の材料としては、FRPパイプが使用されています。このFRPパイプは、ノリ養殖の支柱として使用されているもので、有明海等のノリ養殖漁業者の皆さんにとっては普段から建て込み作業等の取り扱いに慣れておられるので、防護柵の材料としての活用も進んでいます。

設置方法としては、基本的に海底に垂直に等間隔でFRPパイプを並べて立てていきます。間隔が均一になることが必要で、間隔が揃わないと大きな隙間がありナルトビエイの侵入を許してしまいます。下部はしっかり刺さっていれば比較的安定していますが、上部は風・潮流及び漂流物等の力がかかり、傾きやすいため、等間隔でロープ等により結束されているものもあります。パイプの間隔は、狭ければ狭い程ナルトビエイやその他の被害生物の侵入防止を図ることができますが、あまり狭くすると柵の内側の水流

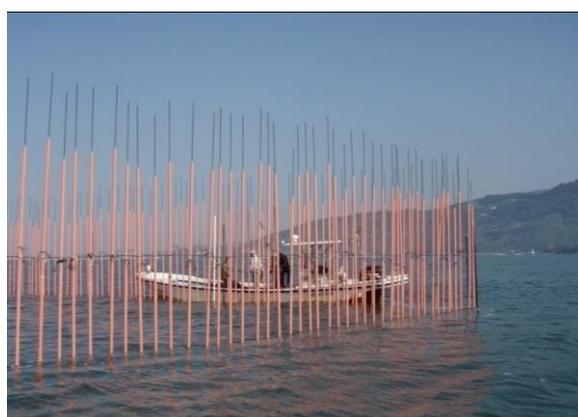


図37 FRPパイプの防護柵(有明海)



図38 FRPパイプの建立作業
(平成27年 有明海：住吉地先)

が淀んでしまって水質や底質の悪化につながったり、FRPパイプの購入費や設置費用等のコストが過剰にかかったりしますので、適当な間隔で設置する必要があります。

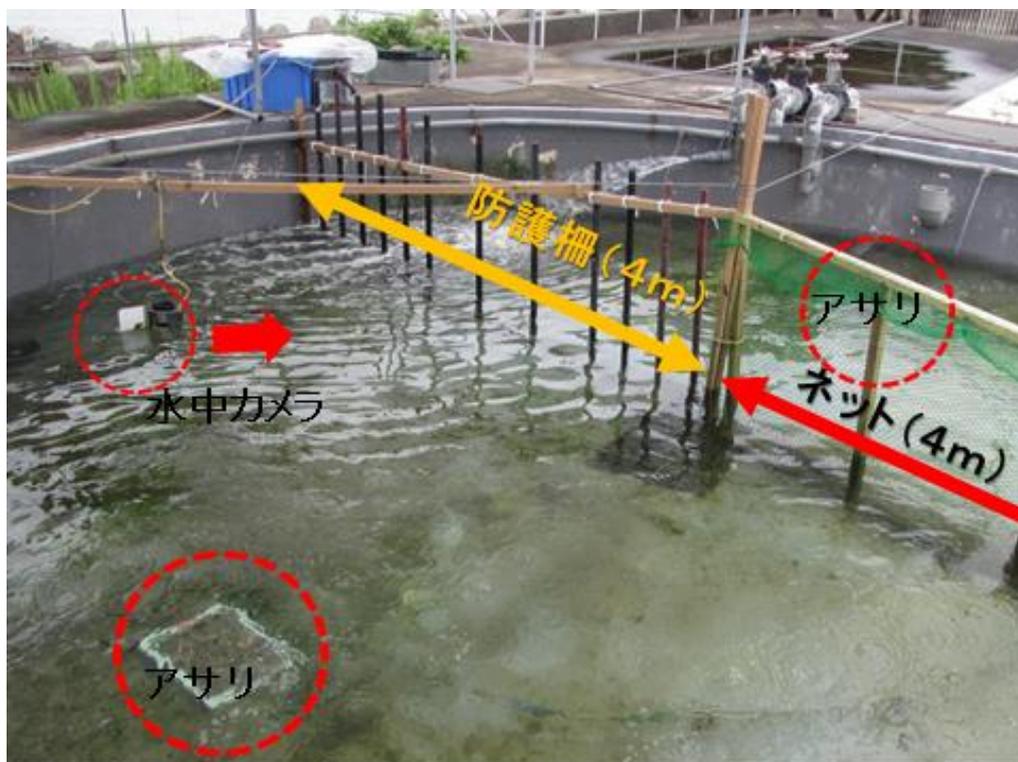


図 3 9 防護柵の間隔試験の状況 (H 2 8 熊本県水産研究センター)

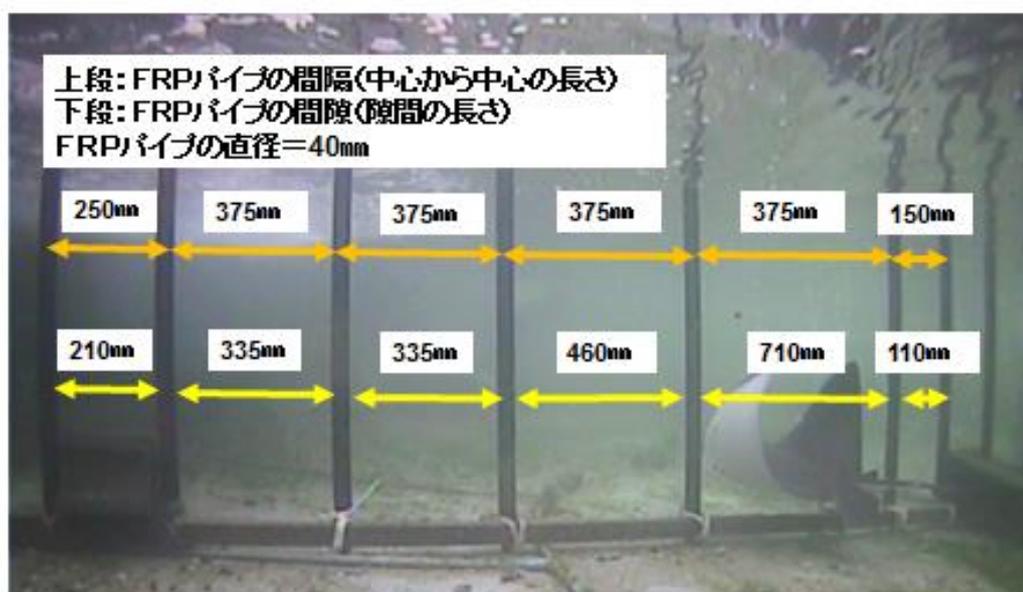


図 4 0 防護柵の間隔試験の試験区の設置状況

3-(2)-②防護柵の間隔

熊本県水産研究センターでは、ナルトビエイの侵入を防止するためには、防護柵の材料となるFRPパイプの間隔設置はどのくらい必要なのか、飼育試験を行って検討してみました。

試験方法については、以下のとおりです。

- i 試験時期：平成 28 年 9 月 14 日（午前設定、午後観察）
- ii 調査場所：熊本県水産研究センター屋外の直径 8m 円形コンクリート水槽。水深は、約 1 m。水温は、25℃～26℃。常時注水し、海水交換は 4～5 回／日。
- iii 供試魚：平成 28 年 8 月に有明海にて捕獲された体盤幅 91 cm、体重 10.1 kg の雌個体。一か月程アサリを給餌し馴致した後に試験に供した
- iv 試験方法：コンクリート水槽の半径分をネットで遮断し、半径分を径 40 mm の FRP パイプによる防護柵とした。試験区として、防護柵の間隔は、210 mm・335 mm・460 mm・710 mm 及び 150 mm とした（**図 40**：カメラの位置から中央部が広く見えます）。防護柵の両側に餌のアサリを置き、ナルトビエイが餌を求めて、防護柵の隙間を通過する様子を水中カメラで撮影・録画し、防護柵の間隔を通過する様子を観察した（**図 39**）。

図 41 に、ナルトビエイが防護柵の間隔をすり抜ける様子を示します。狭い間隔を通過するときは、体軀を水平に保ち、胸鰭を跳ね上げるようにして、体の幅を狭くする体勢をとっています。ほぼ必ず、このような状態で、体を横にしたり、頭を上下させて、体軀を垂直にするような体勢はとりませんでした。

また、通過する場所は水面近くの場合や底近くの場合もありましたが、比較的中層以浅の方が多いようでした。このことから、ナルトビエイが餌場から餌場へ移動する場合は、中層から表層近くを遊泳するのではないかと推察されます。

また、飼育水は注水によりゆっくりと回転しており、試験柵の並びに垂直に水流があ

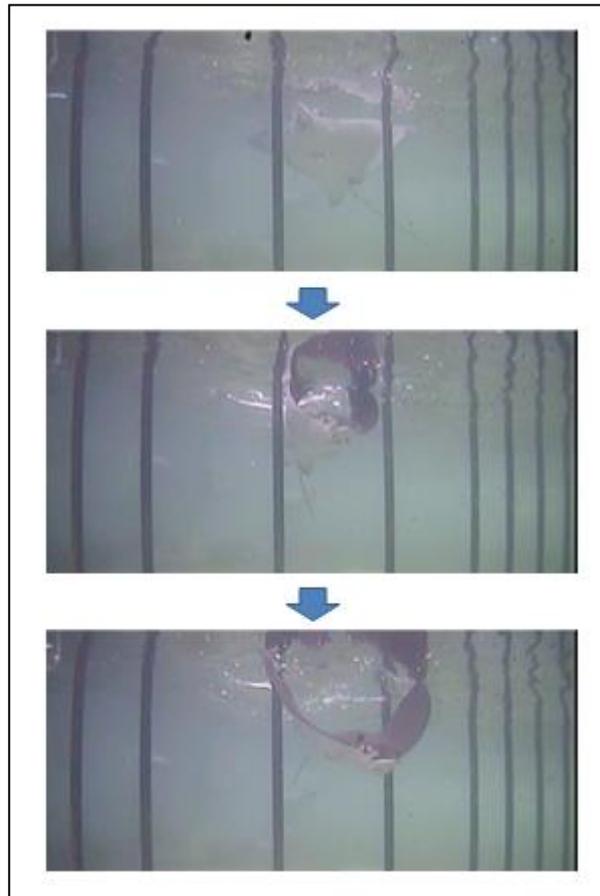


図 41 間隔をすり抜ける様子

ったのですが、この流れに向かって間隙を通り抜けるときは比較的スムーズな動きでしたが、水流に押される向きからの際は、体勢をとる余裕がないのか、動きがぎこちなく、観察している中で一度だけですが柵にぶつかってしまい、やり直す場面もありました（図42）。



図42 すり抜け失敗の様子

図43に各試験区の通り抜け回数を示します。一番広い間隙 710 mmの試験区を

最も多く通過し、335 mmの試験区を3回、

210 mmの試験区は、一度も通過すること

がありませんでした。335 mmの試験区は先述した海水の流れに押される際は失敗した試験区ですので、この 335 mmという間隙が今回の供試魚がやっと通り抜けることができる限界に近いことが想定されます。

前述しましたように、ナルトビエイは狭い隙間を通り抜ける際は、両方の胸鰭を同時に上方に跳ね上げ、体の幅を狭くする体勢をとります。これは胸鰭の両端の長さである体盤幅を狭める体勢となりますので、ナルトビエイの体盤幅と通り抜けることができる間隙の幅には、この体盤幅とある程度の関係があることが想定されます。今回試験に供したナルトビエイは、体盤幅が 91 cmで、通り抜けることができた間隙は 335 mmでしたので、体盤幅の 36%の幅があれば、ナルトビエイは通り過ぎる危険があります。以上のことから、**防護策の間隙は少なくとも対象となるナルトビエイの体盤幅の 1/3 以下にする必要がある**ものと思われます。具体的には、当年生まれの極小型のものを除くと、

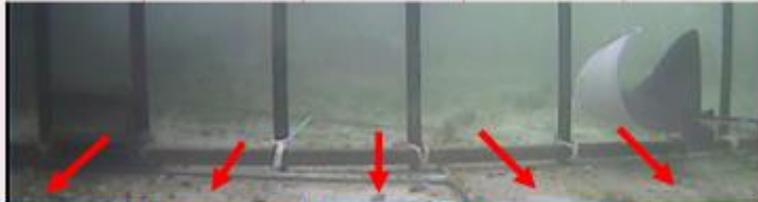
試験区 (9月14日 午前 試験区設定)					
	間隙210mm	間隙335mm	間隙335mm	間隙460mm	間隙710mm
通過回数 (9月14日 午後)	(0回)	●●● (3回)	(0回)	● (1回)	●●●●●●●● (16回)

図43 各試験区の通り抜け回数

干潟二枚貝漁場に出現するナルトビエイは、およそ体盤幅 45 cm程からのサイズになりますので、間隙は 15 cm程度あれば、ある程度の侵入防止効果が期待できるのではないかと思います。

なお、間隙を 15 cmとするためには、直径 40 mmの F R P パイプであれば、パイプの中心から中心までの距離は 19 cmとなりますので、1 mあたり 5 本を建立することが一応の目安となります。

また、防護柵の設置期間はナルトビエイの侵入防止という観点では、5月から10月までとなりますが、特に10月頃のアサリの産卵時期は是非とも母貝を保護する必要があります。また、防護柵の設置・撤去には人手とコストもかかりますし、冬場の防護柵は冷たい風波からアサリ漁場を守るという効果も期待されますので、年間をとおして、設置を継続する場合もあるかと思います。しかも、設置が必要な場所はノリ養殖場と重なる場合もありますので、防護柵設置場所の選定には十分な検討が必要となることは言うまでもありません。

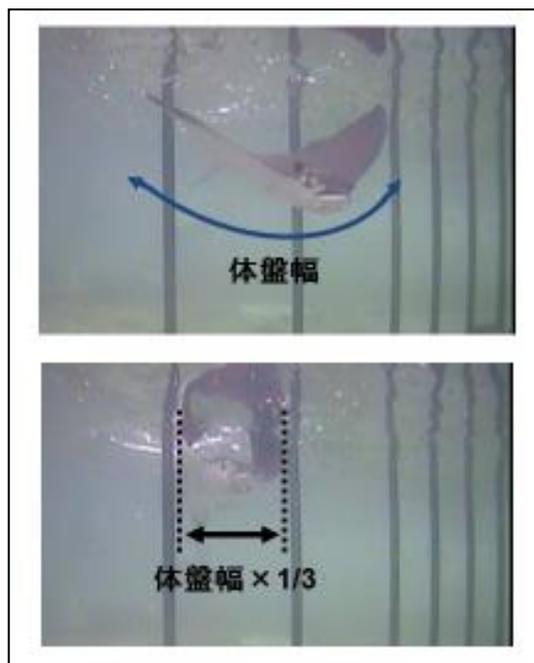


図 4 4 体盤幅と通り抜けの間隙

3-(3)立て杭

3-(3)-①材料と方法

被害防除の手法として、漁場に比較的短い棒を密に立てる方法があり、立て杭と呼ばれています⁵⁾。具体手的には、1 m程の F R P 製の棒を二枚貝漁場に剣山のように立て、ナルトビエイの摂餌行動を阻止するものです。

設置には、短くて軽い棒を砂泥質の干潟に突き刺すようにすればよいので、作業は簡単ですが、対象干潟全面をまんべんなく覆うために棒の数は非常に多く、多くの人数が必要となります。

3-(3)-②立て杭の間隔

立て杭の棒の間隔については、狭ければ



図 4 5 立て杭の設置状況
(有明海北部)

狭いほど効果があるのは容易に想定できますが、基本的に非常に多くの数が必要となるために、どの程度の間隔で棒を立てれば、ナルトビエイの摂餌防護対策がとれるかが重要となります。

この間隔については、瀬戸内海区水産研究所で試験が行われています⁵⁾ので紹介します。ここでは、1 m 四方のスペース

に縦横それぞれ、50 cm・30 cm・20 cm及び10 cmの間隔で径8 mmの杭が砂上30 cmとなるように並ぶ試験区を設定し、その

中にアサリを投入し、2~6 日後にどの試験区のアサリの生残率が高いか、3回の実験が行われています。なお、エイは体盤幅 85 cmの雌が用いられています。その結果、50 cmと 30 cmの試験区では回を重ねるに従い残存率が低下し、20 cmと 15 cmの試験区では残存率は高く、回を重ねても低下する傾向は見られなかったとのことです。また、50 cm間隔区では「エイが左右の胸鰭を上方に屈曲させて杭の間に侵入してゆくのが観察された」と報告されています。さらに、「体盤幅 45 cm程度のナルトビエイから食害を防除するためには、約 16 cm間隔での立て杭が必要になると考えられる」とも言及されています。

立て杭試験で、効果が期待される 16 cmという間隔は、当方の防護柵試験の 15 cmとほぼ同じ数値となっています。立て杭では、対象としている小型エイの体盤幅を 45 cm、防護柵でも 45 cmとしていますので、概ねこの 15~16 cmという数値が有効であるものと思われます。



図 4 6 立て杭の設置作業
(平成 1 6 年網田地先)

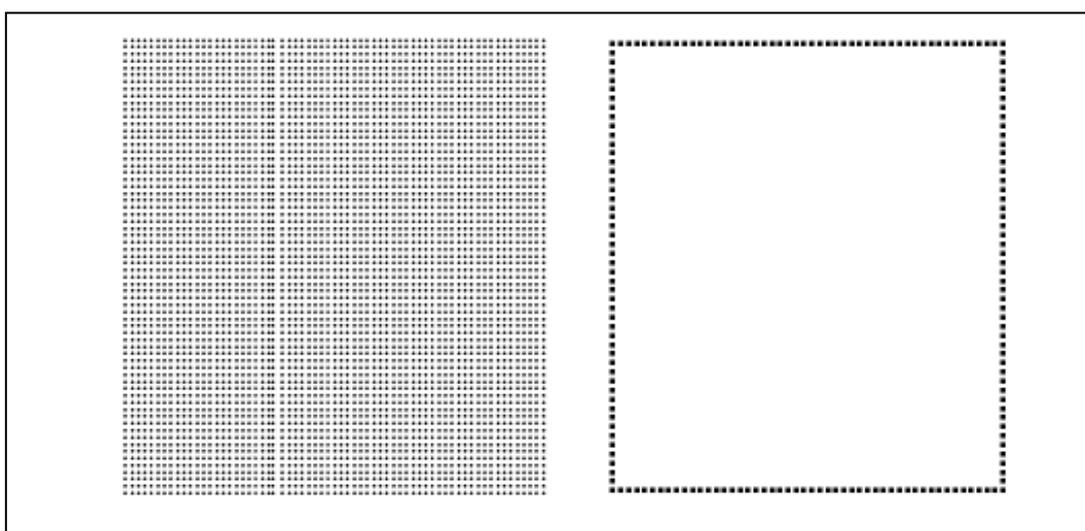


図 4 7 100 m²あたり必要材料数 (左は立て杭、右は防護柵)

ここで、設置作業及びコストについて検討してみます。

ナルトビエイの食害から保護したい二枚貝漁場の面積を、仮に 10m 四方として 100 m²とします。立て杭ならば、棒の径は数ミリ程度ですので無視をして計算すると、一辺 10m あたりに、 $1,000 \text{ cm} \div 16 \text{ cm} \doteq 64$ 、基点に 1 本加えて 65 本となるので、100 平方メートルあたりに必要数は、 $65 \times 65 = 4225$ 本となります。防護柵の場合は、径を 40 mm とすると、15 cm の間隙を取るためには 20 cm 間隔(正確には 19 cm ですが、計算をわかりやすくする為に 20 cm とします)で設置すればよく、10m 四方の周囲 $4,000 \text{ cm} \div 20 \text{ cm} = 200$ 本となります(図 4 7)。

立て杭は、面積に応じて膨大な数が必要となりますが、防護柵であれば、周囲を囲むだけです。比較的本数は少なく済みます。1 本あたりの単価は防護柵の FRP パイプが高いですが、作業性を考慮すると比較的狭い範囲であれば立て杭が、広くなると防護柵が効率的であるものと想定されます。

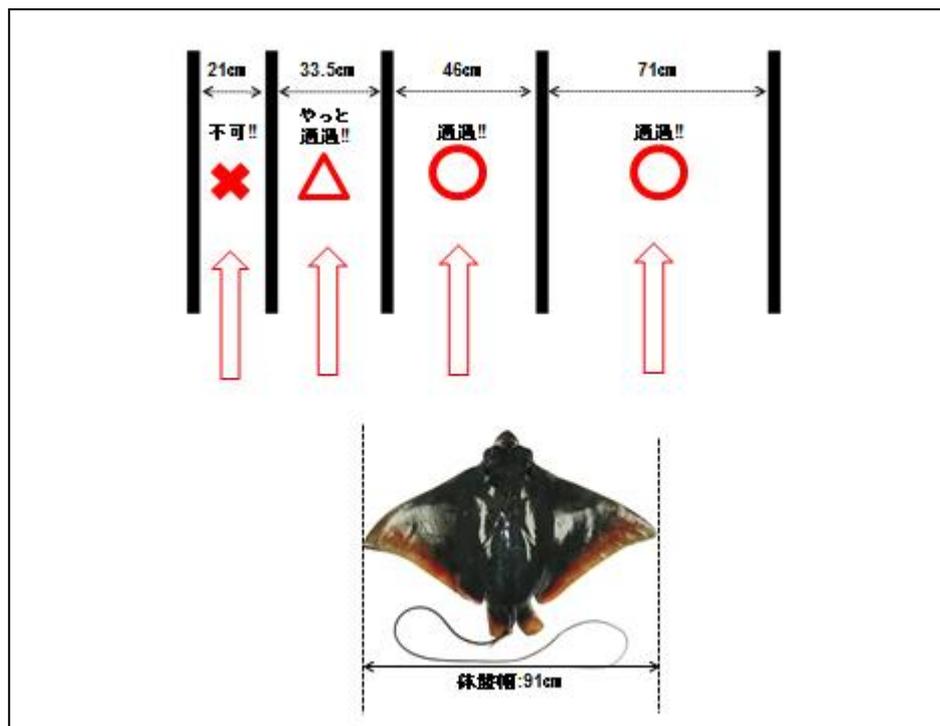


図 4 8 ナルトビエイが通過する間隙の相対的なスケール(イメージ)

*防護柵試験も立杭試験ともに、体盤幅の 1 / 3 程度の間隔があれば侵入する危険があることが分かりました。

3-(4) 囲い網

3-(4)-① 材料と方法

囲い網は、基本的に防護柵と同じく、母貝や稚貝の育成箇所を保護するために、一定の範囲を網で囲い、ナルトビエイの侵入を阻止するためのものです。「囲い刺し網」等、ナルトビエイを捕獲する漁法としての用語もありますが、ここでは、アサリ漁場を囲ってナルトビエイから守るという目的で使用される網について記載します。



図 4 9 囲い網の設置状況 (平成 15 年頃 有明海横島地先)

材料には、イグサ倒伏防止用の網やノリ網等が流用されることがあります。立て杭や防護柵の効果的な間隔が 16 cm 程度であったことから、使用される網の脚の長さも 16 cm (2 節=目合だと約 30 cm) より短ければよく、上記のイグサ網やノリ網等の流用が目合のサイズだけでなく、コストの面や耐久性からも使用に適しているものと思われます。網の素材は、漁網に使われるような細い透明のモノフィラメントではなく、ナルトビエイに網の存在そのものを知らしめるために、太くて着色されたものがよいものと思われます。細い漁網だと、刺し網状態になり、あちこちにナルトビエイやその他の魚が絡まったりすることも考えられ、取り外したりメンテナンスが大変になります。

網を支える支柱は、柵と同じノリ養殖に用いられている FRP パイプが適しているものと思われます。基本的にナルトビエイの動きを制御するのは網の役目で、支柱はその網を支える役目ですので、支柱同士の間隔は網が弛まない程度であれば十分です。しかし、潮が満ちてきた場合は、網だけだとその存在そのものがどこにあるかもわかりにく

くなりますので、支柱の間隔も適宜狭めれば、ナルトビエイの行動の制御にもなりますし、人にとっては網を設置した場所の目印にもなるものと思われます。したがって、支柱の間隔は目的や網の材質、潮流の速さなどを考慮して、1 m程度から数 m程度の範囲で適宜考慮する必要があります。



図50 囲い網の設置状況（平成15年頃 有明海滑石地先）

3-(4)-②効果

網を設置する際には、網地そのものの侵入防止効果は十分に期待されるのですが、問題はいかに隙間なく囲むことができるかであると思われます。網下部と海底の隙間、網上部と海水面までの隙間が広いとナルトビエイの侵入を許してしまいます。特に通常の移動の場合、ナルトビエイは中層から上層を泳いでいますので、網の高さが重要になります。干潮から満潮にかけての上げ潮時には特にナルトビエイの動きが活発になりますので、理想的には満潮時でも網上部が水面から沈んでしまわない高さがある方が安心です。また、網下部も潮流に吹かれて数cm程度巻き上がる分は特に問題はないかと思われませんが数十cm以上になると、すりぬけるリスクが発生します。

囲い網は、コストの割には広範囲の防止効果が期待できます。しかし、網そのものは漂流物等が絡まることにより、物理的な力には破損しやすいのが難点です。日頃から漂着物等を除去したり、定期的な網の洗浄や網そのものの交換等、メンテナンスを行うことにより、手間はかかるものの大きな効果が期待できます。

3-(5)被覆網

3-(5)-①材料と方法

被覆網は、干潟漁場に網をかぶせることによって、ナルトビエイの食害を防止するものです。また、被覆網の場合は、ナルトビエイの食害防止だけでなく、アサリの拡散防止・稚貝着底促進効果等いくつかの複合的な効果を期待して設置される場合があります。したがって、目的に応じて、網の目合や設置方法等が異なってきます。

設置のための材料は、網と網を固定する杭等だけとなります。



図 5 1 囲い網の設置状況（平成 15 年頃 有明海網田地先）

3-(5)-②効果

被覆網では、網目が小さければ小さいだけ食害防除効果が大きくなるであろうことは容易に想定されます。成貝サイズのアサリについて、ナルトビエイの食害からの防護を目的とする場合の被覆網の網目のサイズについて、以下に瀬戸内水研の試験を紹介します⁵⁾。同水研では、1 m 四方の正方形に殻長 25.5 mm ± 3.6 mm のアサリ 20 個を砂中に埋め、正方形の網目一辺の長さが、1.6 cm ・ 3.0 cm ・ 4.5 cm ・ 10.0 cm ・ 15.0 cm および 24.0 cm の網で覆い、体盤幅 50 cm 及び 65 cm の雌のナルトビエイを供試魚として、3～5 日後のアサリの残存率を求める試験を 3 回繰り返されています。その結果 1.6 cm 試験区では、残存率が 85% と高く、3 cm 以上の試験区では平均残存率は 17% 以下であったことから、**被覆網の効果の有無は、アサリが網を通過可能かどうかにかかっている**と推察されてい

ます。アサリそのものが網目から取り出せない程の目合であれば、ナルトビエイだけでなくクロダイやイシガニ等からの食害防除効果も期待できます。

つまり、被覆網を用いる場合は、防護すべきアサリのサイズによって、目合いを選定する必要があることとなります。ナルトビエイは、前述しましたが大型の個体はタイラギ等の大型の二枚貝を食べ、小型の個体はアサリ等の小型の二枚貝を食べる傾向にあります。さらに、ナルトビエイの飼育試験により、10 mm程度の小型のアサリも摂餌対象としているという報告もあります⁵⁾。母貝場を防護するのであれば、1.6 cm角目程度の目合いの網で効果が期待できますが、10 mm程度の稚貝を防護するためには、数mmサイズの目合いの網が必要になります。しかし、数mmサイズの稚貝も通らないような網目では、比較的短期間で、付着生物の発生等により網が汚れたり、網目がふさがったりすることになります。そうすると、網の下では水質の悪化や餌生物の減少等により、アサリそのものの生残が脅かされる事態に陥りかねません。もちろん、どうしても小型の稚貝を守る必要がある状況下では、目合の小さな網を用意して、網の洗浄や定期的な交換等こまめなメンテナンスをすることにより、その活用は効果を発揮するものと思われます。やはり、防護すべきアサリのサイズ、その漁場の特性またメンテナンスをどの程度行えるか等、総合的に踏まえながら設置計画を立てることが必要になるものと思われます。



図5 2 被覆網の設置状況
(平成 28 年 八代海郡築地先)



図5 3 被覆網の設置状況
(平成 28 年 八代海八千把地先)



図5 4 被覆網の設置状況
(平成 28 年 八代海鏡町地先)

図52・53は、平成28年の八代海湾奥部での9mm角目のラッセル網による被覆の状況です。同海域でも、近年アサリの資源回復のために、様々な取組が行われていますが、この取り組みは、ナルトビエイの食害防止に加え、ナルトビエイが不在の冬場に頻繁に目撃されているカモ類からの食害防止効果、また冬場の波浪等による稚貝の逸散等の効果も期待されています。

図54は、やはり9mm角目のラッセル網を用いた被覆の網の設置状況です。ここでは、およそ1ヘクタールの被覆網が設置されています。被覆網は、状況によっては比較的簡易な手法で設置が可能となります。

3-(6)浮かせ網

3-(6)-①材料と方法

被覆網は、網地を干潟上に直に置いていきますので、設置場所や時期によっては、網目がふさがったり、砂泥が網の上に積もったりする場合があります。また、目合いが小さいものを使用する必要がありますので、風や波の影響を受けやすい干潟では、破損のリスクもあります。そのような場所では、浮かせ網と呼ばれる網地を少し浮かせる方法がとられます。被覆網では、アサリ等二枚貝が通過しない程の目合いが必要になりますが、網を浮かせることによって、ナルトビエイが泥中のアサリに近づく行動を制御するための大きさの目合を用いればよいことになります。これは、囲い網と同程度の目合を用いることでその効果が期待できるものとなります。このほか、材料としては網を浮かせるためのフロートや支柱及びロープ等が必要となります。また高さの調整次第では、縁辺部の間隙を塞ぐための囲い部分が必要となります。



図55 浮かせ網の設置状況 (平成24年頃 八代海竜北地先)

3-(7) 砕石

3-(7)-① 材料と方法



図56 砕石を用いた試験漁場(平成14年 有明海網田地先)

砕石は、一般に稚貝の着底促進や母貝の生育場として地盤を安定させることを目的として漁場に敷設されています^{8,9,10,11,12)}。一方では、砕石が敷設されていることで摂餌の妨害となり、ナルトビエイからの食害防除の効果も期待されています。

余談ですが、漁場造成の材料として砕石を用いられることとなったのは、本県地先のアサリの生息がそれほど多くない砂質の干潟に敷設された砕石の海床路の周辺にまとまったアサリの生息がみられることにヒントを得た当時(平成14年頃)の当センターのアサリ担当者らが、砕石が漁場造成に利用できないか試験を開始したことが発端となっています。当初のそのような事情もあり、漁場に敷設する際の砕石は、コストの面等から、土木工事の骨材等に用いられるものが利用されることが多いものと思われます。砕石は、その呼び名のとおりに人工的に砕かれた石で、



図57 海床路(宇土市長浜地先)

表面は角張って荒々しいものですが、目的に応じて、サイズを用意することが可能です。サイズには、クラッシュランと呼ばれる一定の規格からふるい落とされた不揃いのものと、単粒度砕石と呼ばれるある程度粒径をそろえたものがあります。当水産研究センターにおいて、平成 19 年度に漁場造成試験を行った際に用いた砕石を図 5 8 に示します。アサリを漁獲する際に、選別が容易になることを考慮し、単粒度砕石のなかでやや大きめのサイズとして、40 mm のものと、小さめのサイズとして 13 mm のものを用いています。ナルトビエイからの食害防除という観点からは、使用する砕石は大きければ、大きい程よいと思われれますが、現場での敷設の作業性やアサリ漁獲時の選別の利便性を考慮すると、40 mm より小さいサイズが扱いやすいものと思われれます。後述の食害防除試験も、単粒度砕石の 13 mm のものを用いています。なお、アサリ稚貝の着底促進という観点からは、より小さいサイズのものが効果があるようですが、成長促進という観点からは、大きな違いはないようです^{10,11,12)}。



図 5 8 漁場造成試験に用いた砕石
(平成 14 年)

設置方法としては、規模が大きければ大型の台船等を用いたり、小規模であれば手作業で行う等、従来行われている覆砂と同様の手法で可能ですが、地盤が軟泥の場所では、厚さが必要になったりするなど、候補地の選定等、事前の計画は慎重に行う必要があります。また、地盤が固くなることもあるために、耕耘等の維持管理が必要になることもあります¹³⁾。

3-(7)-②効果

熊本県水産研究センターでは、砕石によるナルトビエイからのアサリ食害防止効果について、飼育試験を行って検討しました。試験方法については、以下のとおりです。

i 試験時期：平成 28 年 9 月 7～10 日

ii 調査場所：熊本県水産研究センター屋外の直径 8m 円形コンクリート水槽。水深は、約 1 m。水温は、25℃～26℃。常時注水し、海水交換は 4～5 回／日。

iii 供試魚：平成 28 年 8 月に有明海にて捕獲された体盤幅 91 cm、体重 10.1 kg の雌個体。一か月程アサリを給餌し馴致した後に試験に供した。



図 59 各試験区の基質とアサリ（碎石はマリノフォーラム 21 提供）

iv 供試したアサリ：試験には平成 28 年 9 月に緑川河口域において、漁獲されたアサリを用いた。供試アサリの 20 個体サンプリングでは、殻長 (30.7~36.6 mm、平均 32.9 mm) 殻付重量 (5.4~9.6g、平均 7.2g)、肉重量/殻付重量 (14.6~19.5%、平均 16.8%)、肥満度 (9.24~11.78、平均 11.03) であった。夏場の高水温時期でやややせ気味であったが、試験に用いる数日前は屋外水槽等にて静養させ、活力を回復させて各試験に用いた。



図 60 FRP 水槽内で各試験区のアサリを潜砂させている状況

iv 試験方法：容量約 30 L（幅 75 cm×奥行 35 cm×高さ 12 cm）のコンテナに、試験区①：径約 13 mm の単粒度碎石を 20 L、試験区②：碎石 (10 L) + 海砂 (10 L)、試験区③：海砂 20 L を敷き詰め、9 月 7 日午後 5 時頃、各 5 kg（約 700 個）のアサリをそれぞれの基質の表面に均等になるように置き、海水を注水した 2 t

表 3 各基質によるアサリの潜砂状況（18 時間後の潜砂量:kg）

	試験区① (碎石)	試験区② (碎石+砂)	試験区③ (砂)
アサリ散布量	5	5	5
取り上げ量	3.8	2.7	2
アサリ潜砂量	1.2	2.3	3
アサリ潜砂量/m ²	4.5	8.8	11.4

* 容器中の各基質の表面積は 0.75m × 0.35m = 0.26 m²

FRP水槽に安置し、自ら潜砂させた。15時間後の9月8日午前8時頃に潜砂できずに各試験区の表面に残っていたアサリを取り上げ計量することにより、潜砂したアサリの量を確認したところ、試験区①(碎石)で1.2 kg、試験区②(碎石+海砂)で2.3 kg、試験区③(海砂)で3.0 kgのアサリが潜砂しており、試験区③(海砂)が最も潜砂したアサリの量が多かった(表3)。海砂区では、



図6-1 コンクリート水槽での試験区の設置状況

基質の粒度が小さいことが要因となり、アサリが密着して潜砂することが可能になったものと思われた。

これら潜砂させたアサリがナルトビエイによる食害を比較検討するために、試験区①：径約15 mmの碎石20 L(アサリ1.2 kg)、試験区②：碎石10 L+海砂10 L(アサリ2.3 kg)、試験区③：海砂20 L(アサリ3.0 kg)を9月8日朝9時頃にナルトビエイ飼育水槽に投入し、水上からの目視及び水中カメラを用いて摂餌状況の観察・記録を行い、2日後の9月10日10時頃に取り上げ、捕食されたアサリの量を確認した。

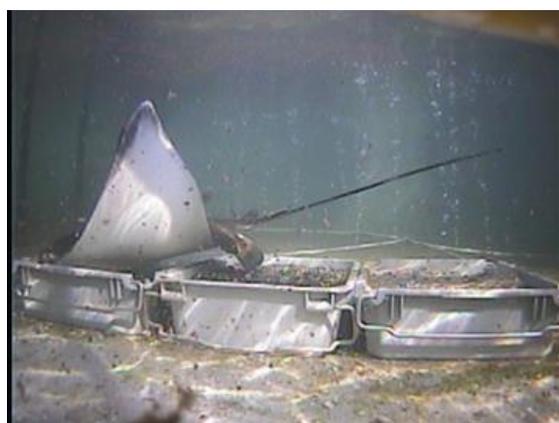


図6-2 試験区①での摂食状況

観察の結果は仮説に反するものでした。当初の仮説としては、碎石はナルトビエイ



図 6.3 試験区②での摂食状況

石)から摂食し始め、試験区①(碎石)を食べ終わって同日夕方頃に試験区②(碎石+砂)で摂餌し、試験区②(碎石+砂)を食べ終わって2日目の9月10日早朝から試験区③(砂)を摂食するという結果となりました(表4)。

試験区での捕食量/試験開始時のアサリ量は、試験区①(碎石)で92%、試験区②(碎石+砂)で82%、試験区③(砂)で30%でした。試験期間をあらかじめ短めに設定して

ましたので、試験区③では残餌がありました。これは均等に各試験区で摂食したため、もともとアサリの量が多い試験区③で食べ残しが存在したのではなく、まず、ナルトビエイにとって餌としての認知が容易であったか、もしくは食べやすい状態にあった試験区①から順に試験区②さらに試験区③へと摂食したためであると思われます。また、試験区①でアサリを摂食する際は、一旦碎石ごとア

にとってアサリを摂食する際の障害になるとしていました。また、各コンテナに潜砂しているアサリの量(密度)は、試験区③(砂) > 試験区②(碎石+砂) > 試験区①(碎石)でしたので、最もアサリの量が多い(密度の高い)試験区③(砂)をまず摂食するのではないかと予想していましたが、試験開始当日の9月8日には明らかな摂餌行動は見られなかったものの、翌9月9日の正午頃からまず試験区①(碎



図 6.4 試験区③での摂食状況

表 4 各試験区の摂餌回数

試験区 (基材) (9月8日設置)	試験区① (碎石)	試験区② (碎石+砂)	試験区③ (砂)
摂餌回数(9月9日)	●●●●●●●●●●●●●●●● (19回)	●●●●●●●●●●●●●●●●●● (12回)	●● (2回)
摂餌回数(9月10日)		●●●●● (4回)	●●●●● (4回)
摂餌回数(2日間計)	19回	16回	6回
補食率 (補食kg/潜砂kg)	92% (1.1kg/1.2kg)	82% (1.9kg/2.3kg)	30% (0.9kg/3.0kg)

* 図 2.6 における 1 パターンを● 1 回と計数した。

サリを口に咥え、碎石だけを吐き出して泳ぎ始める様子も観察されました(図65)。

13 mmという比較的小さいサイズの碎石であれば、砂等と同様に比較的容易に口に咥え、口の中でうまく選り分けて吐き出しているようです。また、瀬戸内水研の食害防除に関する水槽実験⁵⁾での観察結果でも、アサリと同じサイズの30 mmの玉石を咥え去った後に吐き出すことが推察されるとの報告があります。

以上の結果から、今回試験に用いたサイズの碎石では食害防除の効果は期待できない結果となりました。さらには、試験に供したような碎石に潜らせた直後のアサリは、砂に潜らせたアサリに比較して、ナルトビエイにその存在を認識されるリスクが高まっていることも懸念されます。一方で、碎石はアサリの稚貝着底の促進や碎石散布の箇所及びその周辺まで、地盤を安定させアサリの生息に適した環境を提供する基材としての有効性についても、明らかになっています^{8,9)}。5 mm以下のごく初期のアサリ稚貝の着底促進を目的とした碎石の活用に関しては、ナルトビエイの食害の心配は過度に必要ありませんし、冬場の季節風による漁場の安定を図るための碎石利用に関しては、ナルトビエイが干潟に出現することはありません。したがって、碎石を漁場造成用の基材として有効活用するためには、具体的な目的や時期等を十分に検討した後に、使用防護柵や被覆網等の対策を併せて実施することにより、ナルトビエイによる食害のリスクを減じることが可能となります。

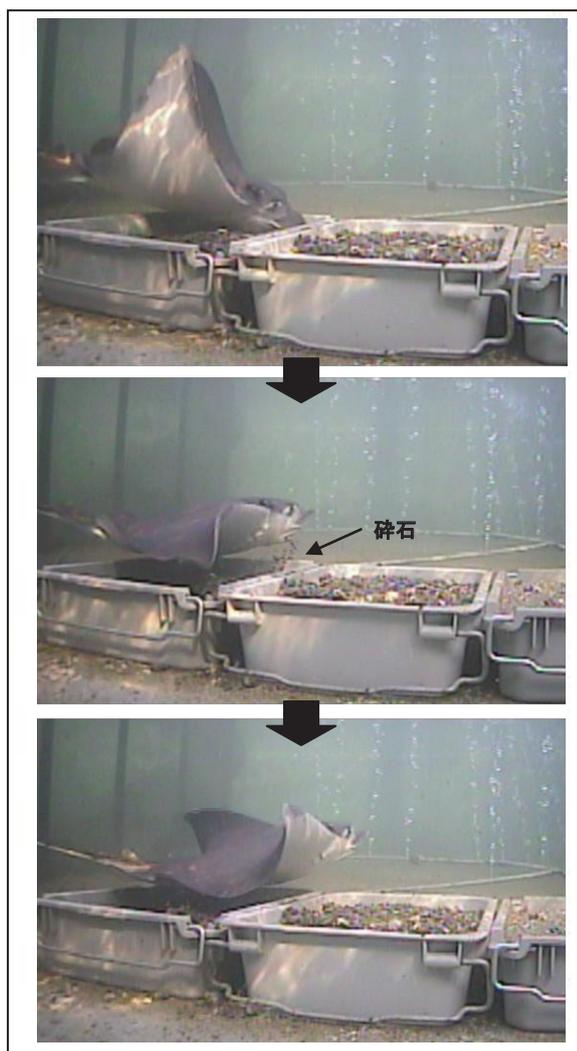


図65 試験区①で碎石を吐き出している状況



図66 碎石に着底したアサリ稚貝

3-(8)網袋

3-(8)-①材料と方法

ここで取り上げる網袋は、角目4mmのラッセル網地の縦60cm×横30cmの袋状になったもので、中に基質として砂利や貝殻等を投入し、主に稚貝を収集する目的で干潟等に置かれるものです。稚貝の収集の実績はもちろんナルトビエイ等からの食害の防除効果もあり、稚貝収集後もアサリを袋の中で生育させることが可能で、現在では有明海や八代海の多くの漁協で活用されています。

現在のところ、**図67**の網袋が効果や耐久性等の実績もありスタンダードとなっていますが、網地の素材や大きさ等は使用場所や試用期間等により適宜使いやすさやコスト等を考慮されれば、特にこだわる必要はないかと思われます。

3-(8)-②食害防除の効果

網袋には、基質として袋の中に砂利等を入れます。また、干潟等に設置した際には、網目をとおして袋の中に砂が混入してきます。砂利や砂による稚貝等の着底推進効果とその後の成育向上効果があります。これは、前述しました漁場造成に砕石を使用することと同じ効果が発現しているものと思われます。さらに、それを網袋に入れることによって、アサリと砂利等の基質の安定と流出を防ぐ効果と食害防除の効果も期待されます。これは目合いの小さい被覆網を使用するのと同じ効果となります。網袋の使用は、一つ一つの規模こそ小さいですが、砕石や覆砂を被覆網で覆うことと同様の効果を発揮していることとなります。

砕石等は、敷設して期間が長くなると、

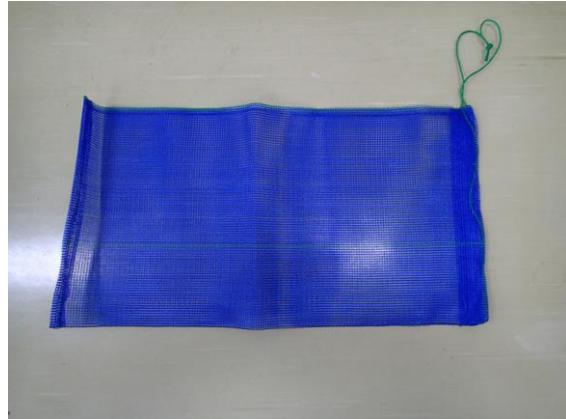


図67 網袋



**図68 基質を袋に入れる作業
(八代海松合地区)**



**図69 網袋の設置状況
(平成26年頃 有明海網田地先)**

埋まったり、流出したり、地盤が固くなったりします。網袋でも設置する場所が軟泥であったり潮流が速い場所等であれば、埋没してしまうことがありますが、一つ一つは小さいため、掘り起こしたり等のメンテナンスが比較的容易にできることがメリットになります。また、被覆網は、波浪等により大きな被害を被る場合がありますが、網袋は風や波に強く、袋が破れたりするリスクはかなり小さいと思われます。

このように網袋は、ナルトビエイ等の食害防除効果も含めて、アサリ資源を管理し、生産性を高めるためには、有効な手段の一つであると思われます。しかし、一つ一つの規模が小さいことが、メリットでもあります、デメリットにもなります。より広い干潟漁場での造成等を考慮すると、砕石の敷設と被覆網の併用がより効率的な場合もあるかもしれません。以上のことから、覆砂や被覆網及び網袋等を活用する際は、漁場の特性やその漁場への維持管理の労力をどれだけかけることができるのかを事前に検討し、最適な手法を導入することが肝要であるものと思われます。



図70 網袋の設置状況 (平成26年頃 有明海玉名地先)

あとがき

ナルトビエイ対策として、これまで熊本県海域の漁業者の皆様によっても、捕獲や様々な防除対策等が実施されてきました。本書にはその取組の写真や貴重な体験等の聞き取り情報を引用させていただいています。この場を借りて御礼を申し上げます。

一方で、国・各県水試及び大学等の研究機関でも、ナルトビエイに関する調査研究は進められてきています。今回、それらの情報を収集し、また解りにくいところは新たに飼育試験等を行ってデータや写真等を整理し、漁業者の皆様のナルトビエイ対策の実施に少しでもお役に立てればという思いで本書の取りまとめを行いました。

その過程で、アサリを摂餌した後のナルトビエイの食痕の形状とアカエイの潜砂痕の証拠写真を収める等、新たな収穫もありました。一方で、ナルトビエイが摂餌の際に底泥へ口を突っ込んだりアカエイが体ごと潜砂したりする行動は、少なからず干潟表面を攪拌しており、そのこと自体がアサリやハマグリにどのような影響しているのか、というような新たな疑問も抱えてしまいました。我々は、ナルトビエイの被害のみをクローズアップしてきましたが、有明海の二枚貝資源の再生という観点からすると、有明海の生態系全体でのナルトビエイやアカエイについてより深く検討する必要もあるように思えてきました。本書においては、ナルトビエイに関して一応体系的にまとめてはいますが、まだまだ断片的な事柄を寄せ集めたものにすぎないのかもしれない。

漁業者の皆様が、実際の二枚貝漁場でナルトビエイ対策を行う場合は、その都度、その漁場の特性と時期に応じた具体的手法の検討が必要になってきます。そのためにも、対象となるナルトビエイのことをよく知ることが重要なことであると思われます。

本書が、有明海・八代海でアサリ・ハマグリ資源の再生に向けて汗を流されている漁業者の皆さんのために、少しでもお役にたてれば幸いです。

〈執筆者〉

川崎信司^{*1}

栃原正久^{*1}

諸熊孝典^{*1}

内川純一^{*1}

那須博史^{*2}

生嶋登^{*3}

*1 熊本県水産研究センター浅海干潟研究部

*2 熊本県漁港漁場整備課

*3 熊本県県南広域本部水産課

文 献

- 1) 山口敦子(2006)日本の沿岸域へのナルトビエイ *Aetobatus flagellum* の出現と漁業への影響. 月間海洋号外、45、75-79
- 2) 川崎信司(2012)八代海湾奥部におけるナルトビエイの出現状況. 日本板鰈類研究会シンポジウム(発表要旨)
- 3) 小笠原弘樹(2007)ナルトビエイトビエイの視軸と視精度について. 板鰈類研究会報、第43号、3-13
- 4) 伊藤ら(2010)飼育下におけるナルトビエイの摂餌行動と摂餌痕形成. 水産技術、2(2)、73-77
- 5) 薄ら(2012)ナルトビエイによるアサリに対する食害の防除に関する水槽実験. 水産技術、5(1)、57-66
- 6) 川原ら(2004)有明海のタイラギ資源に及ぼすナルトビエイの影響. 佐有水研報、22、29-33
- 7) 横山ら(2014)二枚貝類の保全に向けたナルトビエイ個体群モデルの開発と効果的な駆除方法の検討. 水環境学会誌、Vol. 37, No. 3, 111-117
- 8) 那須ら(2004)アサリ増殖手法開発調査Ⅰ. 平成16年度熊本県水産研究センター事業報告、282-286
- 9) 那須ら(2005)二枚貝資源回復調査Ⅱ. 平成17年度熊本県水産研究センター事業報告、257-256
- 10) 生嶋ら(2006)二枚貝資源回復調査Ⅱ. 平成18年度熊本県水産研究センター事業報告、241-245
- 11) 生嶋ら(2007)二枚貝資源回復調査Ⅱ. 平成19年度熊本県水産研究センター事業報告、143-149
- 12) 生嶋ら(2008)二枚貝資源回復調査Ⅱ. 平成20年度熊本県水産研究センター事業報告、143-149
- 13) 水産庁増殖推進部(2013)有明海漁場造成技術開発事業、二枚貝漁場環境改善技術導入のためのガイドライン、77-84



ナルトビエイ(雌:体盤幅 37 cm:平成 24 年 9 月 5 日、八代海湾奥部採捕)

熊本県アサリ・ハマグリ資源管理リファレンス ―ナルトビエイ編―

発行 平成29年3月

発行所 熊本県水産研究センター

〒 869-3603 熊本県上天草市大矢野町中2450-2

印刷所 株式会社 印刷センター

発行者：熊本県

所 属：水産研究センター

発行年度：平成29年度