

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24658164

研究課題名(和文) ミズダコの行動特性を利用した持続型タコ籠漁業の創成

研究課題名(英文) Initiation of sustainable trap cage fisheries improved by observation of behaviors of North Pacific giant octopus

研究代表者

桜井 泰憲 (Sakurai, Yasunori)

北海道大学・大学院水産科学研究院・教授

研究者番号：30196133

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：ミズダコは北日本沿岸(主に、青森、岩手)ではタコ籠で漁獲されている。しかし、その漁獲量は2000年以降減少を続けており、この原因として3kg以下の小型個体の混獲、籠内での共食いが推定されている。そこで本申請研究は、小型タコが脱出可能な籠の改良と実用化を目的とした。飼育下で、籠内への侵入行動、籠内での共食いを含む行動を精査した。次に、サイズの異なる円形リング籠の側面に装着して、3kgサイズのタコが脱出可能なリング径を調べ、内径55mmのリングを一对底面近くの側面につけるのが有効であった。次に、実際のタコ籠操業現場でのバイオロギングによる行動追跡、改良籠による操業試験を実施し、実用可能と判断した。

研究成果の概要(英文)：North Pacific giant octopus is caught by the trap cage for octopus in the coast water of northern Japan. However, the catch is gradually decreasing after 2000. The causes were estimated by the bycatch of small octopus under 3kg BW and cannibalism between octopuses in cage.

The aim of this study is to develop improved trap cage for escaping the small octopus. We observed some behaviors of giant octopus in captivity, such as entering into cage, positioning in cage, aggressive behavior and cannibalism between octopuses in cage. After that, we attached the several size of circular ring in the side net of cage. We found that small octopus under 3 kg can escape through the ring of 55 mm in diameter in the side net from cage. We also examined octopus behavior around the setting trap cages by biologging methods. Then, we confirmed that 3 kg octopus was not caught by the improved trap cage. This new trap cage will be more useful for the local octopus fisheries management in the northern Japan.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：ゴーストフィッシング タコ籠漁 ミズダコ 飼育実験 脱出口装着 バイオテレメトリ 改良型タコ籠 資源管理型漁業

1. 研究開始当初の背景

ミスダコ *Enteractopus dofleini* は、北日本、オホーツク海、アリューシャン列島、アラスカ湾からカルフォルニア州の沿岸の水深 1-200m に生息している。ミスダコは、野外では捕食者から身を隠すために夜行性であり (Hartwick 1981)、強い縄張り性を持ち縄張り内では他個体を排除する (Robin 2004)。また、ミスダコは年に 2 回の季節的深浅移動を行なっている。その要因としては、適水温以外では行動や成長の効率が悪くなり、深層へ移動するためであると考えられている (Robin 2004)。

北日本では主要な漁獲対象種であり、水温が 5-12 の春や晩春に漁獲される。青森県でのたこ類の漁獲量は、平成 14 年の 3,426 トン以降減少傾向で、平成 21 年においては 1,857 トンである (平成 23 年青森県資源管理指針)。青森県では、平成元年よりミスダコの資源管理が行われており、津軽海峡沿岸の漁業者は 3kg 未満の小型のミスダコを再放流しているが、漁獲量は資源管理直前とあまり変わっていない。その要因は、海流や気候の影響で適水温以外の時期が長くなることで、ミスダコ漁ができる期間が減ることの他に、現在の漁法に問題があるため資源管理が十分機能していない可能性が挙げられる。

青森県の下北半島から岩手県沿岸域では、主にミスダコを対象とした網籠によるタコ漁が自由漁業として盛んに行われている。しかし、このタコ籠は、籠内に入ったタコが出られないため、そのまま放置された場合には、入網する魚類、カニ類を捕食する他、複数のタコが入網すると、他のタコへの攻撃によって 1 個体のみ生存し、他のタコが死亡する。今回の大津波によって沿岸の小型漁船と使用漁具の大半が流失したが、比較的操業が容易で広域な漁獲を行うことができる籠漁業は早期の漁船漁業再開に当たっては、利便性が高い漁法の一つである。東北沿岸のミスダコは、夏の高水温期には水温の低い深層に移動するが、秋～春には沿岸に生息している。今回の大津波により、沿岸の海底には無数の瓦礫が散在しており、タコ籠のように、そうした場所でも安全に操業できる漁法は、利便性が高いと判断される。

しかし、現状の地獄籠に近いタコ籠は、単一漁船が多くの漁具を同時に敷設でき、ゴーストフィッシングによるタコ自体または混獲生物資源に対する悪影響を及ぼしかねない。本種は縄張り性が強く、それぞれホームレンジを持つことが知られている。申請代表者らは、3 次元的な送受信システム (RAPT システム) によって、複数のミスダコの行動追跡をし、沿岸の底刺し網に沿って個々のミスダコが縄張りを作り、網にかかった魚を捕食する、つまり漁具を利用した摂餌行動を明らかにしている (Rigby & Sakurai, 2005)。また、ミスダコの摂餌と成長に対する水温の影響を飼育実験から調べてきた (Rigby &

Sakurai, 2004)。

2. 研究の目的

東北沿岸域では、主にミスダコを対象としたタコ網籠漁が盛んであるが、東日本大震災による大津波により、特に岩手県沿岸では、多数のタコ籠が海中に放置され、ゴーストフィッシングが問題となっている。本申請研究では、現在使用しているタコ籠を、ミスダコ資源の持続的利用に資する網籠に改良することを目的に、(1)タコ籠によるゴーストフィッシングの実態調査、(2)大型飼育水槽での複数のミスダコ飼育実験の実現と、水槽にタコ籠を設置しての行動の確認実験、(3)資源保護の対象となっている小型のタコが逃避できる網籠の作成、(4)飼育実験下での逃避行動の確認と実際の漁業現場での操業試験の実施、(5)実際の操業現場でのバイオテレメトリによる籠への入網行動追跡を実施して、小型のタコが逃避可能な網籠の実用化を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、次のようなフィールド調査と水槽飼育実験、小型のタコが逃避可能な籠の製作と操業試験を行った。(1)タコ籠による漁獲物、周辺に廃棄された残滓の状況調査を実施した。(2)大型飼育水槽内での複数のミスダコの飼育手法を確立し、既存および逃避可能な籠を設置し、入網、他の個体への攻撃・捕食、籠からの逃避行動を観察して解析した。(3)飼育実験結果に基づいて、資源保護の対象となっている小型のタコが逃避できる網籠を作成した。(4)実際の漁業現場での新型タコ籠の操業試験を実施して、小型のタコが逃避可能かを調べた。(5)実際の操業現場で、一部の個体に送信ロガーを装着し、バイオテレメトリーによって、入網までの行動を追跡した。この時も、項目(4)の新型籠による 3kg 以下のタコの漁獲の有無を調べた。以下に、項目ごとの成果の概要を記す。

4. 研究成果

(1)タコ籠による漁獲物、周辺に廃棄された残滓の状況調査

青森県下北半島 (佐井村漁協、石持漁協) にて、タコ籠漁の聞き取り調査を実施した。その結果、マダコは 7 月-1 月、ミスダコは 11 月-6 月の間に沿岸域で漁獲され、夏季の高水温時と、冬季の低水温時に漁獲が減ること、7-8 月に禁漁期間を設定し、3kg 以下のタコは放流していた。籠には、ミスダコ、マダコ以外に、アイナメ類、キアンコウが混獲され、アイナメ類は内臓部をタコ類が摂餌していた。また、籠内に 2 個体以上のタコ類が入っていることはなく、必ず大型の個体が生存し、小型ダコの残滓が残ることもあった。以上のことから、籠内での大型ミスダコによる小型ダコの捕食が実際に起きていると判断された。

(2) 飼育水槽内での複数のミスダコの飼育手法の確立、既存および逃避可能な籠への入網、他個体への攻撃・捕食、籠からの逃避行動の解析

飼育実験を通して、水槽内での複数個体のミスダコの昼夜の行動の差や、タコ籠におけるミスダコの行動生態を精査し、タコ籠にミスダコ小型個体の脱出口を作るための基礎的な知見を得ることを目的とした。

【材料・方法】

2012年6月11日より、青森県産のミスダコ亜成体4個体(A:2240g、B:2145g、C:1730g、D:1295g 各個体は以下A、B、C、Dと呼ぶ)を円形飼育水槽(直径4m 深さ1m)にて飼育した。ミスダコの住処としてセラミック製のタコ箱や岩を準備し、水槽の4隅に設置した(図1)。06-18時を昼条件としてビームライトを、18-06時を夜条件として赤色LED灯(平均照度 $1.27 \mu\text{W}/\text{cm}^2$)照明を施し、水槽上部に設置した超高感度カメラで観察した。



図1 .10トン円形水槽内のタコ箱他の設置状況

・実験1-a 昼夜の行動比較

ミスダコは夜行性と言われているが、水槽内での活動時間を調べるために、昼夜の行動比較実験を行った。00-03時、03-06時、06-09時、09-12時、12-15時、15-18時、18-21時、21-24時に分けて観察を行った。

超高感度カメラで撮影した映像にて、移動を伴う行動を1個体以上が行なっている時間を活動時間(t と置く)とし、活動割合(%)を算出した。

$$\text{活動割合} = t \div \text{時間帯毎の観察時間} \times 100$$

4個体飼育中の飼育水槽内で発生する1時間毎の排他的行動(攻撃・威嚇)数の平均値を算出した。

一時間毎の排他的行動の回数の平均 = 撮影中に観察された排他的行動数 ÷ 撮影時間(min) × 60

・実験1-b 排他的行動の観察

水槽内でのミスダコの個体毎の排他的行動や行動を観察するため、個体毎の排他的行動の勝敗確認や、超高感度カメラで撮影した映像でのマッピングを行った。勝敗は、逃避行動の有無によって判断した。

・実験2 タコ籠での行動観察

実験には、タコ籠漁業によく利用されている丸タコ籠とタコ・カニ籠を使用した。各タコ籠を水槽の中央に配置し、入網したミスダコの行動観察を行った。餌として、タコ籠内にサンマの切り身、生きているクリガニやホタテを投入した。ミスダコが1個体または2個体以上入網した時の動きをマッピングした。タコ籠内での動きを観察し、またタコ籠には2匹以上の個体が入網するか、タコ籠内部でも排他的行動が見られるかを確認した。

【結果・考察】

・実験1-a 昼夜の行動比較

ミスダコの活動割合は15-24時にかけての活動時間が長く、50%以上であった。次いで、00-09時までが15-20%、09-15時は0%であった。これらのことから、ミスダコは15-09時の薄暮時～夜間～薄明時にかけて活動していると判断された。また、1時間ごとの排他的行動の回数の平均も、15-18時と21-24時に約6回と多く観察された。いずれも09-15時には活動はなく、夜間に移動・排他的行動を行っていた。以上のことから、水槽内でもミスダコは夜行性であることが明らかにできた。

・実験1-b 排他的行動の観察

ミスダコの動きをマッピングした結果、動き方や移動距離は、個体ごとに異なっていた。特に、大型個体が排他的行動を頻繁に行なっていることが観察された。また、大型個体は、接近する他個体を攻撃して追いかけ、その被攻撃個体の占拠する場所を乗っ取り、その場所を排他的行動の拠点としていることが観察された。これらのことから、ミスダコはタコ籠に入網した場合には、その内部を排他的行動の拠点とする可能性が考えられた。

・実験2 タコ籠での行動観察

タコ籠漁業によく利用されている丸タコ籠とタコ・カニ籠とも、入り口からの脱出は確認されなかった。また、入網したミスダコは、丸タコ籠では底にいる時間が長かった。一方、タコ・カニ籠では、入り口の上部に座る、周囲をよじ登るなど三次元的に動き回っていた。タコ籠によってミスダコの行動が異なった要因として、タコ籠の入り口の形や内部空間の広さなどが関係していると考えられる。これらのことから、タコ籠の内部構造はミスダコの動きに影響する可能性があり、タコ籠に脱出口をつける場合は、タコ籠の種類と形状によって脱出口の設置位置を検討する必要があると判断した。

なお、丸タコ籠とタコ・カニ籠では、それぞれ2回、複数の個体が入網した。各タコ籠とも、後から入網した大型個体が先に入網していた小型個体を追いかけ続ける、攻撃・排他的行動が観察された。このことから、ミスダコがタコ籠内でも排他的行動を行なっていることが確認できた。特に、タコ・カニ籠では、1時間に平均19.2回の攻撃行動が確認された。これは、4匹を飼育している水槽内で最も排他的行動が多く見られた時間帯

の6回(実験 1-a)を大きく上回っていた。したがって、小型個体が逃避することができないタコ籠内においては、大型個体による小型個体への攻撃が増加し、攻撃による致死や共食いが起こる可能性が考えられた。

(3)飼育実験による 3kg 未満のミスダコが脱出可能なタコ籠の開発

水槽内にタコ籠を装着し、籠内でのミスダコの行動観察と、既成のタコ籠にサイズの異なるリング(脱出リング)を取り付け、どのサイズのリングで3kg未満のミスダコが脱出できるかを検証した。

【材料と方法】

2012年、2013年の6~8月に、北海道大学水産学部の円形水槽(内径3.8m・水深0.9m・容量10t)にて、ミスダコ4-5個体を同時飼育した。水温は9.5℃、光周期は12L/12Dに設定し、暗条件時には観察のために赤色灯を点灯した。タコ籠は丸タコ籠(神漁網社製)を用いた。

タコ籠内でのミスダコの行動観察では、既成の丸タコ籠(既成籠)に餌を入れて中央に装着し、入網からその後の行動を水槽中央上部および側面からビデオカメラで撮影した。また、脱出リングを装着した実験籠(図2)にミスダコを入れ、異なるサイズの脱出リングからの脱出行動と、その際のミスダコのサイズ(体重)を計測した。脱出リングには、DGK社製の円形のタフバケリング(内径40・50・60・70・80mm)を用いた。丸タコ籠の側面の底部より10cm以内に同じサイズのリング8個を網に結束させた5種類の実験籠を用意した。脱出の可否の判定には、タコ籠漁業での籠の最短浸水時間(24時間)以内に脱出できない場合を、脱出不可能とした。なお、実験終了時にミスダコの体重を記録し、体重と脱出可能な脱出リングの口径との関係を求めた。



図2. サイズの異なる脱出用リングを装着した丸籠

【結果と考察】

既成籠に入網後のミスダコは、籠内の底を側面の網に沿って移動する行動が確認された。つまり、丸タコ籠の底近くの側面に脱出

リングを装着すれば、その脱出リングからの逃避行動を促すと判断した。また、同じ籠内に複数個体が入網した場合、「追い掛ける」、「絡みつく」といった行動が確認され、脱出できない既成籠では小型個体が籠の外に脱出できずに共食いされると推定された。脱出行動の観察では、ミスダコを実験籠の中に入れたところ、側面底部を移動して脱出リングを発見した。まず最初に、脱出リングに腕を数本通してから少しずつ他の腕を外に出し、腕を全て、または腕と同時に頭を通し、最後に外套を収縮させて脱出した。リングのサイズ別の脱出の可否の確認では、3kgのミスダコは内径50mmのリングからは脱出できず、60mm以上のリングで脱出可能と推定された



(図3)

図3 .50mmのリングを装着した3kg以下のミスダコが脱出可能な改良タコ籠

3kg未満の個体が脱出可能なリングの最小内径を求めた。Robin(2004)より、体重(W(g))と外套長(VML)の関係式、外套長と最大外套周長(Mcer)の比が求められている。ミスダコの外套直径の推定値(MD)と体重(W)の関係式を作成した。この式より求めた外套直径(MD)と脱出リングの内径(R)の比 R/MD を求めた。脱出可能な R/MD の下位5つの平均値は0.527、脱出不可能な R/MD の上位5つの平均値は0.519であった。そこで、両値の間値0.523以上の場合には脱出可能、未満の場合には脱出不可能であると推定した。 $R/MD=0.523$ と体重と外套長の関係式より、体重(W)と脱出可能な脱出リングの最小内径(R)の関係式を得た。

この式を用いて、青森県での再放流サイズである体重3kgの個体が脱出できる脱出リングの最小内径は53.3mmとなった(表1 図4)。

次に、この結果に基づいて、実際の操業現場で、3kg以下のミスダコが脱出しているかの確認試験を実施した。

表1. 重量別の脱出リングサイズによる脱出の可否

	脱出口の直径				重量 (g)
	40mm	50mm	60mm	70mm	
1群	×	○	○	○	2400-2510
2群	×	×	○	○	2390-3000
3群	×	×	○	○	3000-4845
4群	×	×	×	○	4945-5900

※ ○:脱出可, ×:脱出不可

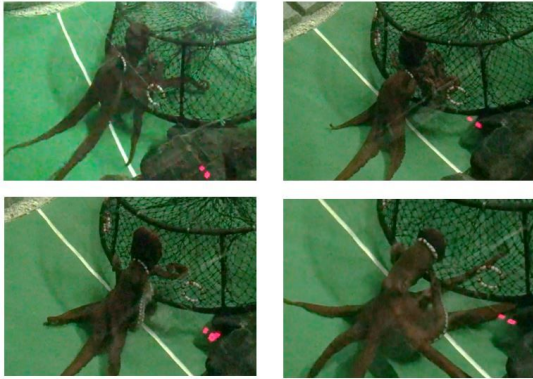


図4. 籠の底近くの側面に装着した 55mm リングから籠外へ脱出する 3kg サイズのミスダコ

(4) 漁業現場での改良型タコ籠の操業試験とバイオテレメトリーによるミスダコの行動解析

飼育実験により、55mm のリング一對を丸籠に取り付けることによって、3kg 以下のミスダコが籠内から脱出できることが、本研究から明らかにできた。そこで、ミスダコ漁を実施している函館市みなみかやべ漁協白尻支所、青森県の下北半島に位置する易国間漁協、石持漁協の漁業者に依頼して、改良籠の操業試験を実施した。なお、バイオテレメトリーによるタコ籠設置海域でのミスダコの行動追跡は、函館市白尻沿岸で実施した。

【材料と方法】

・下北半島での改良型タコ籠の実証試験

2014 年 1-3 月の間、青森県の下北半島に位置する易国間漁協、石持漁協のタコ籠漁業者に依頼し、従来籠と改良籠を交互に取り付け、2-3 日間隔で揚げた籠内のミスダコのサイズを計測した。

・函館市白尻での実証試験とバイオテレメトリー追跡試験

まず、サイズの異なるミスダコを入手し、北大白尻水産実験所内の 15 トン水槽に収容し、ロガーを外套内に装着して、それがどの程度離脱しないかをテストした。

その後、実際のタコ漁の操業現場に受信用ラジオブイ 4 基を設置し、送信ロガーを装着したミスダコ 4 個体を放流した。

なお、白尻支所では、タコ籠漁を実施しているため、その幹縄に改良籠を交互に取り付け操業試験を行った。

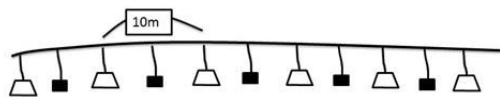


図5. タコ箱漁の幹縄に、改良籠を交互に装着

【結果と考察】

上記の実証試験は、3 月末以降も継続しており、ここでは、本萌芽研究の申請年度内の

成果を記載する。

・下北半島での改良型タコ籠の実証試験

2014 年の 1-3 月の下北半島沿岸の水温は、著しく低く、既存の籠と改良籠でのミスダコの漁獲は、延べ 6 回の操業で改良籠では 8 個体を採集した。2014 年 3 月末時点では、3.5kg 以上の個体の入網を確認し、3kg 以下の個体は皆無であった。

・函館市白尻での実証試験とバイオテレメトリー追跡試験

白尻沿岸の水温も、下北半島同様に低く、改良籠で採集されたミスダコは僅か 4 個体であった。こちらでも、3kg 以下の小型個体の入網は認められなかった。

一方、送信ロガーを装着した 4 個体からの受信は、2014 年 3 月末時点では、操業海域付近に、それぞれホームレンジを形成し、定着している様子が認められた。ただし、籠内へ入網しての、採捕はなかった。

(5) 改良籠の実用化に向けて

本申請研究では、55mm の脱出用リングの装着によって、これまで籠内に入って、その後大型のミスダコが入網した際に起きる共食い避けることができると判断した。

現在、青森県では、平成 26 年度内に、前述の下北半島の易国間漁協、石持漁協の漁業者に委託して、追跡試験を継続させている。この試験は今年度 11 月まで実施し、その成果を分析し、効果が認められた場合には、青森県内すべてのタコ籠に 55mm リングの装着を義務付け、小型のミスダコの保護を行うことにしている。

もし、すべてのタコ籠漁業者が、このリングを購入し、タコ籠に装着することになれば、リングの購入単価も数百円となるため、普及が期待される。さらに、岩手県、宮城県でも、タコ籠漁は自由操業として実施されており、青森県でのミスダコ保護条例の制定がなされた場合には、両県にも波及する可能性が高い。タコ籠への小型ミスダコ脱出リングの装着は、漁業者自身が手軽にできるため、実用化は近いと期待している。

文献

野呂恭成(2012): 津軽海峡におけるミスダコとマダコの生態と資源管理に関する研究, 北海道大学博士論文, 260pp
 P. R. Robin (2004): Ecology of immature octopus *Enteroctopus dofleini*: growth, movement and behavior. Doc. Thesis of Hokkaido Univ., 109pp.
 P. R. Rigby and Y. Sakurai(2004): Temperature and feeding related growth efficiency of immature octopuses *Enteroctopus dofleini*. SUISANZOSYOKU, 52(1): 29-36.
 P. R. Rigby and Y. Sakurai (2005): Multidimensional tracking of giant Pacific octopuses in northern Japan reveals unexpected foraging behaviour. Marine Technology Society

Journal, 39(1): 64-67.

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

長野晃輔・桜井泰憲・山本潤・野呂恭成：
ミズダコ籠網からの3kg以下のタコの脱出について、H25年度スルメイカ資源協議会報告，
日本海区水産研究所，2014：45-46。(査読無)

〔学会発表〕(計 1件)

長野晃輔・桜井泰憲・山本潤・野呂恭成：
3kg未満のミズダコが脱出可能なタコ籠の改良，2013年度水産海洋学会研究発表大会，
2013年11月14日～11月17日，京都大学農学部（京都市）

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

桜井 泰憲 (SAKURAI, Yasunori)
北海道大学・大学院水産科学研究院・教授
研究者番号：30196133

(2) 研究分担者

野呂 恭成 (NORO, Kyosei)
青森県産業技術センター・水産総合研究所・
総括研究管理員
研究者番号：00508343

(3) 研究分担者

山本 潤 (YAMAMOTO, Jun)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学セン
ター・助教

研究者番号：10292004