

脱出リング付改良カゴ内のミズダコ脱出行動

森友彦*1・高梨愛梨*2

Time lapse camera reveals escaping behavior of north giant pacific octopus from cage rings

Tomohiko Mori*1 and Airi Takanashi*2

Abstract

We conducted fishing survey around 100m depth region in Kamaishi bay for north giant pacific octopus using two types of cages with escape rings and without ones. Furthermore, we deployed time lapse camera systems onto the cages with escape rings to observe the behavior of octopuses in captive and natural conditions. In results of fishing surveys, less than 2kg octopuses were no caught by cages with rings, nevertheless there was not significant difference of catch composition between cages with rings and without ones. In captive condition, four of 6 octopuses went away from cages through rings, and the time to escape ranged from 2 minutes to 4 days. The body size, octopus could escape or not, was divided by 2.8kg, then bigger individuals couldn't escape. In natural condition, time lapse cameras could not get any evidences which octopus escaped naturally. However, two (1.3 and 1.5kg) of 3 octopuses, put in cages after temporal captive condition, went away from cages through rings in natural condition. These escape durations were 73 and 94 minutes, respectively. All the octopuses escaped through rings from their tentacles to head in order. Therefore, north giant pacific octopuses detected the ring by the tactile of their tentacles.

Keywords: North giant pacific octopus, escape ring, fishing control, time lapse camera

キーワード: ミズダコ, 脱出リング, 漁獲抑制, 自動撮影カメラ

はじめに

ミズダコ *Enteroctopus dofleini* は、軟体動物八腕類上目マダコ科に属するタコ類の中で最大の種で、カリフォルニアからアラスカ・日本を含む北太平洋の亜寒帯沿岸域に広く生息している^{1,2)}。日本では北海道・東北地域を中心とした北日本において、主にタコ箱・カゴ・樽流し漁により漁獲されている。東北海域では青森県、岩手県、宮城県で全体の 80~90%を漁獲しており、2007~2020年までの漁獲量は 2,117~5,113 トンで、東日本大震災以後は、2,000~3,000 トンで推移している³⁾。岩手県では主にダルマカゴと呼ばれるカゴ漁具により漁獲されており、年間漁獲量は 2007 年の 1,482 トンをピークに減少し、直近 5 年では 600~1,000 トン程度で推移している⁴⁾。国による太平洋北部におけるミズダコの資源評価で

は、さらなる情報収集が必要としながらも漁獲量の動向から資源水準は低位、減少傾向とされている³⁾。

資源の減少要因については、詳しいことは分かっていないが、資源を適切に利用するためにも資源管理の取り組みが求められている。

岩手県では、2008 年から岩手県資源管理協議会の自主的資源管理のもとで漁獲体重制限が設けられ、2021 年から全県で 2 kg 未満の個体が再放流されている⁴⁾。

これまで、ミズダコ小型個体の漁獲抑制技術については、脱出リングを取り付けた改良カゴが有効であることが報告されている⁵⁾。青森県では、岩手県のダルマカゴとは形状が異なる円形のタコカゴが用いられており、タワー型のカゴや餌の有無に関わらず脱出リングによる小型個体の漁獲抑制効果が見られたが、ダルマカゴにおける効果の検証については十分ではないと報告されている

*1 岩手県水産技術センター (Iwate Fisheries Technology Center, Heita, Kamaishi)

*2 岩手県農林水産部水産振興課 (Iwate Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Fisheries Promotion Division)

6)。加えて、これらの報告では水槽内での脱出行動については観察されたが、実際の生息環境下においてミズダコがどのように脱出行動を行うかについては確認されておらず、適切な漁具の使用法の検討には至っていない。

本研究では、脱出口を取り付けた改良型のダルマカゴによりミズダコ小型個体の漁獲抑制効果を確認するとともに、連続撮影可能な水中カメラを装着し、飼育及び生息環境下においてミズダコが脱出するまでの行動を観察することを目的とした。

材料と方法

1) ミズダコ漁獲調査

岩手県水産技術センター漁業指導調査船「北上丸」(以下「北上丸」という。)により、釜石市三貫島周辺海域においてカゴ調査を実施した。カゴ調査では、2枚屋根型のダルマ籠(長さ 96cm, 幅 65cm, 高さ 48cm)を用いた(図 1)。小型個体の漁獲を抑制する改良カゴには、先行研究により 50%の確率で 3kg の個体が脱出可能なサイズとされている内径 55 mm のプラスチック製の円形リングをカゴ側面の対角線上に 2 か所取り付け付けた(図 1-a)。

2021 年 9 月から 2022 年 10 月に水深 100 m 帯に通常カゴ(対照区)と改良カゴ(試験区)を各 15 個計 30 個投入した。カゴ漁具には餌としてサンマ・サバを入れ、漁具投入の 2 日後、海況不良等の場合は 1~3 日後にカゴを回収した。カゴ回収後に船上で漁獲されたミズダコの尾数及び重量を測定し、1 カゴあたりの漁獲個体数及び平均漁獲重量を算出して通常・改良カゴのタイプ別に比較した。また、本県で再放流サイズとしている体重 2kg 未満の個体の漁獲割合もカゴのタイプ間で比較した。

解析には、統計解析ソフトウェア R ver.4.1.3 及び RStudio4.2 を使用し、漁獲調査によるカゴタイプ別の漁獲個体数及び重量の比較では Wilcoxon 順位検定、再放流サイズ(2kg 未満・以上)の漁獲割合の比較については Fisher の正確確率検定を行った。

2) 飼育及び生息環境下における脱出行動の観察

2021 年 1 月~2022 年 7 月にかけて、上記 1)の北上丸カゴ調査で漁獲したミズダコを岩手県水産技術センターの水槽に移送し、改良カゴからの脱出行動を観察した。

行動観察には、定点の映像記録に用いられる自動撮影式カメラ(Brinno 社, TLC200pro)を使用した(図 2-a)。カメラは、先行研究と同様に特注の塩ビ製パイプ

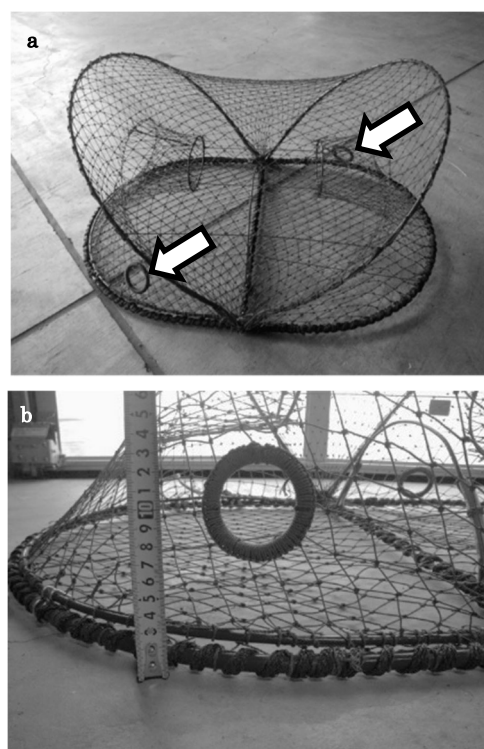


図 1 脱出口を装着したダルマカゴ(改良カゴ)

a : 内径 55 mm の脱出口(矢印)を対角線上に 2 箇所装着, b : 装着部の拡大図。

(φ 90mm, 長さ 175mm, <http://feis.fra.affrc.go.jp/seika/tayousei/fishdiv/housing.html>)又はアクリル製(φ 110mm, 長さ 200mm)円柱形のハウジングに封入した⁸⁾。ハウジングにはワイヤーバンド(φ 91・114mm x 幅 12mm)を用いて 3 本のスナップ(80mm)を脚立状に装着し、カメラが下向きになるように改良カゴ上部に取り付けた(図 2-b)。ハウジングに封入したカメラ(以下、水中カメラ)による飼育下の観察では、1,000L 角型水槽(長さ 2.2m, 奥行 1.2m, 深さ 0.5m)内に改良カゴを設置し、最大 7 日の間に脱出するかどうかを確認した。水中カメラは、5 秒又は 10 秒に 1 回の頻度で静止画を自動的に撮影するように設定し、撮影した静止画は AVI ファイル形式で動画データとして SD カードから PC にダウンロードした。ダウンロードした動画を動画再生ソフトウェア VLC メディアプレイヤーコピーライトで再生し、映像が不鮮明な場合は画像調整機能を行った。

また、2020 年 5 月~2022 年 10 月にかけて、上記 1)の北上丸のカゴ調査で設置した改良カゴ 2 個又は 3 個に水中カメラを各 1 台及び光源としてイカ釣り用 LED ライトを設置し、生息環境下におけるカゴ内の行動を観察した。

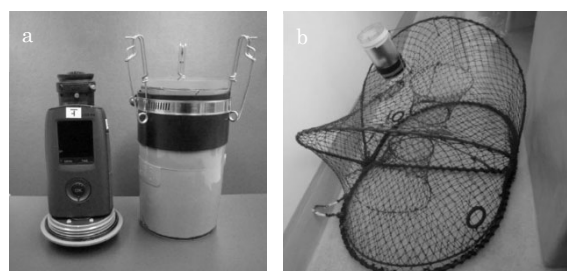


図2 調査に使用した水中カメラ

a: 自動撮影式カメラ (左) とハウジング (右), b: カゴに取り付けた水中カメラ。

加えて、生息環境下での脱出行動を撮影するために、2022年6～7月に北上丸のカゴ調査で漁獲した3個体を1,000L角型水槽で一時的に飼育し、再び改良カゴに入れてカゴ調査地点に設置する再投入実験を実施した。なお、再投入実験ではカゴ内に餌を設置しなかった。

水中カメラによる行動観察では、改良カゴの効果を確認するために、カゴが着底してからミズダコが脱出するまでの時間（以下、脱出時間）を1分単位で計測した。

結 果

1) 通常カゴとの漁獲組成比較

カゴ調査により、計15尾76.8kgのミズダコが漁獲された。ミズダコの1カゴあたりの平均漁獲個体数は、通常カゴでは、 0.06 ± 0.04 尾、改良カゴで 0.05 ± 0.06 尾であり、平均漁獲重量は通常カゴで 0.26 ± 0.24 kg、改良カゴで 0.25 ± 0.37 kg となった(図3-a, 図3-c)。通常カゴと改良カゴの1カゴあたりの漁獲個体数及び漁獲重量には統計学的に有意な差は見られなかった(Wilcoxon test, 個体数: $p=0.5963$, 重量: $p=0.5259$)。

また、漁獲されたミズダコの体サイズ組成を比較すると、通常カゴでは8尾中2尾が2kg未満であったが、改良カゴでは7個体全てが2kg以上であり、2kg未満の個体は漁獲されなかった(図3-c)。しかし、放流サイズである2kg未満の漁獲個体数にはカゴタイプ別に統計学的に有意な差は見られなかった(Fisher test, $p=0.4667$)。

2) 飼育下及び生息環境下における脱出行動の観察

飼育下における計6回の水槽内観察の内4回改良カゴからの脱出行動が観察された(表1)。なお、観察中の水温は冬季が $11.3 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$ で、夏季が $20.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ であった。体重が2.8kg以下の個体(C1, C2, C5, C6)ではリング

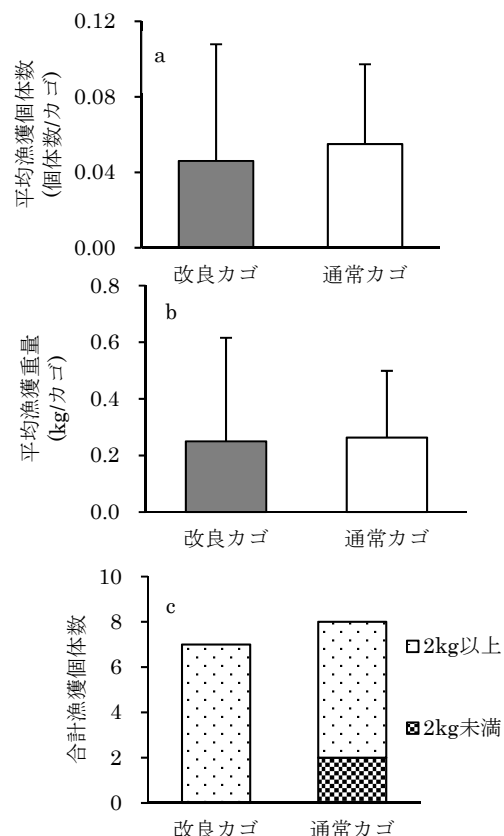


図3 カゴタイプ別の1かご当たりのミズダコ漁獲個体数及び漁獲重量

カゴタイプ別のa: 平均漁獲尾数, b: 平均漁獲重量及びc: 2kg未満・以上の合計漁獲個体数を示す。a及びbのエラーバーは標準偏差を表す。

からカゴ外への脱出が観察されたが、2.9kg(個体C3)及び3.7kgの個体(C4)では観察していた7日間以内に改良カゴからの脱出は観察されなかった。2kg未満の2個体(C5, C6)では、カゴに封入直後にカゴ内を少しくろついた後、リングを発見すると2～10分でスムーズに脱出していった(図4)。一方、2kg以上の1個体(C2)では、脱出までに4日間かかっていた。脱出行動を水中カメラで確認できた2個体(C5及びC6)では、まずリングから腕をカゴの外に伸ばした後、床に踏ん張るようにして体をカゴ外に出し、最後に頭の順で脱出していた(図4-b及び図4-e)。

表 1 水中カメラによる飼育下の行動観察結果

飼育水温：平均値±標準偏差，0内は水温範囲を表す。脱出の成否：○(水中カメラにより脱出を確認)，△(目視により確認)，×(脱出できず)。n.a.= not available

実施日	個体 no.	観察までの 飼育日数 (日)	体重 (kg)	飼育水温 (℃)	脱出の 成否	脱出時間
2021/1/14	C1	49	2.8	11.3 ± 2.1 (8.0 - 14.8)	△	n.a.
2021/1/14	C2	49	2.4		△	4 日
2021/1/25	C3	60	2.9		×	-
2021/1/25	C4	60	3.7		×	-
2022/7/13	C5	19	0.8	20.0 ± 0.5 (19.6 - 21.1)	○	10 分
2022/7/13	C6	10	1.3		○	2 分

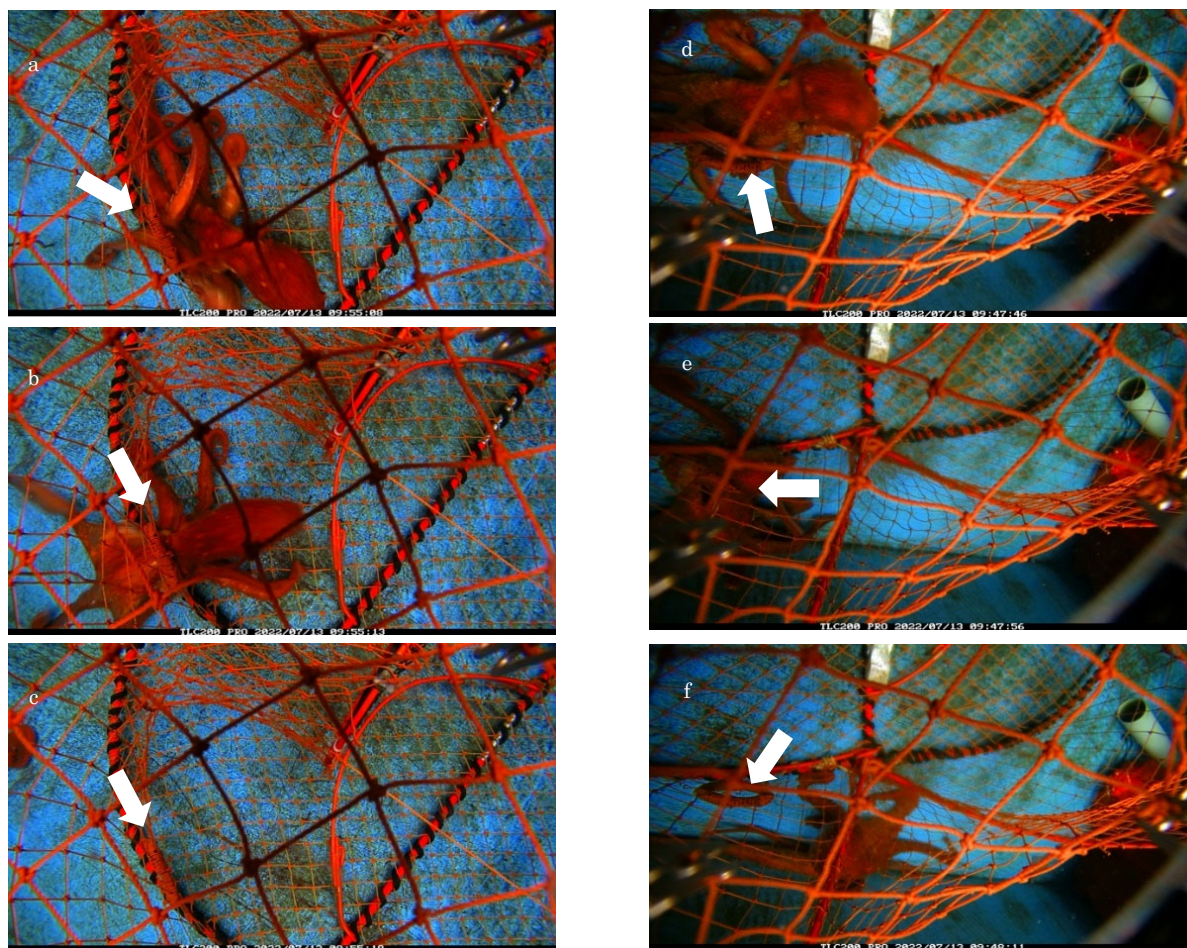


図 4 飼育環境下における水中カメラによるミズダコの脱出シーン

a, b, 及び c は個体 C5, d, e, 及び f は個体 C6 の脱出過程を示す。白矢印は脱出リングの位置を表す。

脱出リング付改良カゴ内のミズダコ脱出行動

北上丸によるカゴ調査では計 15 回延べ 34 台の水中カメラを設置し、内 29 台から画像データを取得した(表 2)。このうち、ミズダコが確認できたのは計 3 回であった(表 2)。このうち 2 個体は、餌に覆いかぶさるようにしてカゴ内の餌に食いつき、腕を動かし全身を使いながら 71 分及び 147 分間咀嚼するような行動が見られた(図 5-a)。なお、一部の個体(N1)では、口周辺の腕の根本で餌を保持したままカゴ内を遊泳していた。餌を咀嚼後、脱出を図るためにカゴの網目に追突するように活発に泳ぎ回る行動を頻繁に繰り返していた(図 5-b)。また、カゴ内部の天井や側面にはりつき、網目をつかんで揺るような個体も見られたが、網口の漏斗部分から脱出するような行動は確認されなかった。なお、1 日が経過するとほとんどの時間を底面で静止して過ごしていた。リングから腕を出して脱出を試みる個体(N3)も確認されたが(図 6-c)、いずれの個体(N1～N3)も回収時にカゴ内にとどまっており、カゴ回収後に測定した体重は 5.1～11kg と大型のサイズであった(表 2)。

一方、改良カゴへの再投入実験では、水中カメラにより 3 個体中 2 個体(W1 及び W2)でカゴ外への脱出が確認され(図 7)、残り 1 個体(W3)も漁具回収時にはカゴ内で見られなかった。なお、これら 3 個体の体重は全て 2kg 未満であった(表 3)。脱出が確認できた 2 個体では、カゴ着底後からミズダコがカゴ内を激しく動き回っている様子や時折静止している様子が見られた(図 6)。カゴ着底後、73～94 分が経過したところで脱出リングを発見すると、2 個体とも 1 分程度で腕から頭の順にリングからカゴ外へとスムーズに脱出した(図 6-c 及び図 6-e)。

表 2 生息環境下における水中カメラによる行動観察結果

ミズダコの入網の有無：○は水中カメラでカゴ内にミズダコが確認できたデータ、△はカゴ回収時にミズダコが入網していたデータ、×はミズダコが入網しなかったデータを示す。

カゴ投入日	カメラ台数	ミズダコ入網の有無	備考
2020/5/27	2	×	カメラ 1 台誤作動
2020/6/8	2	△	
2020/8/3	2	×	1 台はファイル破損
2020/8/24	2	○：1 尾 (個体 N1：5.3kg)	
2020/10/5	2	×	
2020/10/19	2	×	
2021/6/16	2	×	
2021/9/21	2	×	
2021/10/18	2	×	
2022/5/16	3	×	
2022/6/20	3	×	
2022/7/4	2	○：1 尾 (個体 N2：11.0kg) 再封入個体を除く	カメラ 1 台誤作動
2022/7/19	2	×	再封入個体を除く
2022/8/22	3	○：1 尾 (個体 N3：5.1kg)	
2022/10/6	3	×	

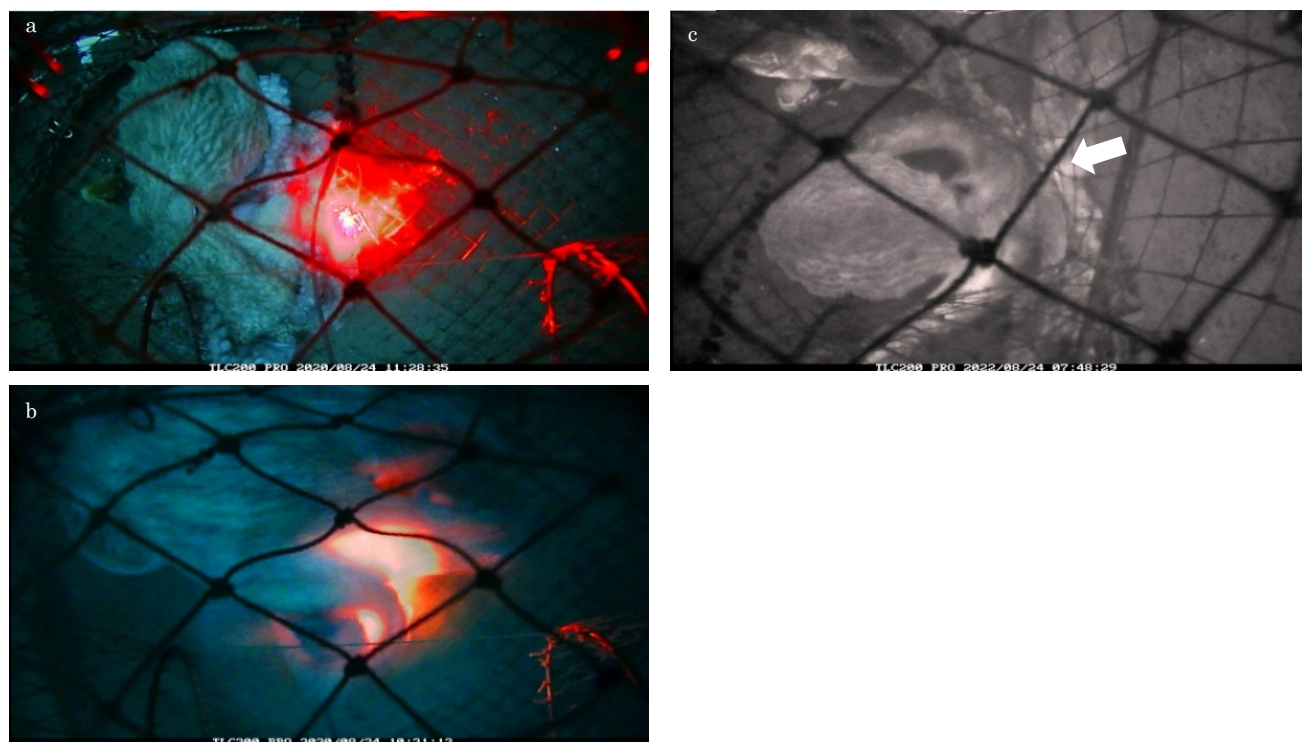


図 5 生息環境下におけるカゴ内のミズダコの行動

a : カゴ内で餌を咀嚼しながら静止するミズダコ(個体 N1), b : 砂を巻き上げて活発に泳ぎ回るミズダコ(個体 N1), c : 腕 2 本を外に出してカゴ内から脱出を図るミズダコ(個体 N3)。白矢印は脱出リングの位置を示す。

表 3 再投入実験結果

脱出の成否 : ○(水中カメラにより脱出を確認), △(カゴ回収時にミズダコ不在)。脱出時間 : 着底後から脱出までの時間。○は脱出リングに腕をかけてから脱出するまでの時間を表す。n.a.= not available

封入日	個体 no.	体重 (kg)	脱出の 成否	脱出時間 (min.)
2022/7/4	W1	1.3	○	73 分 (< 1 分)
2022/7/19	W2	1.5	○	94 分 (< 1 分)
2022/7/19	W3	0.8	△	n.a.

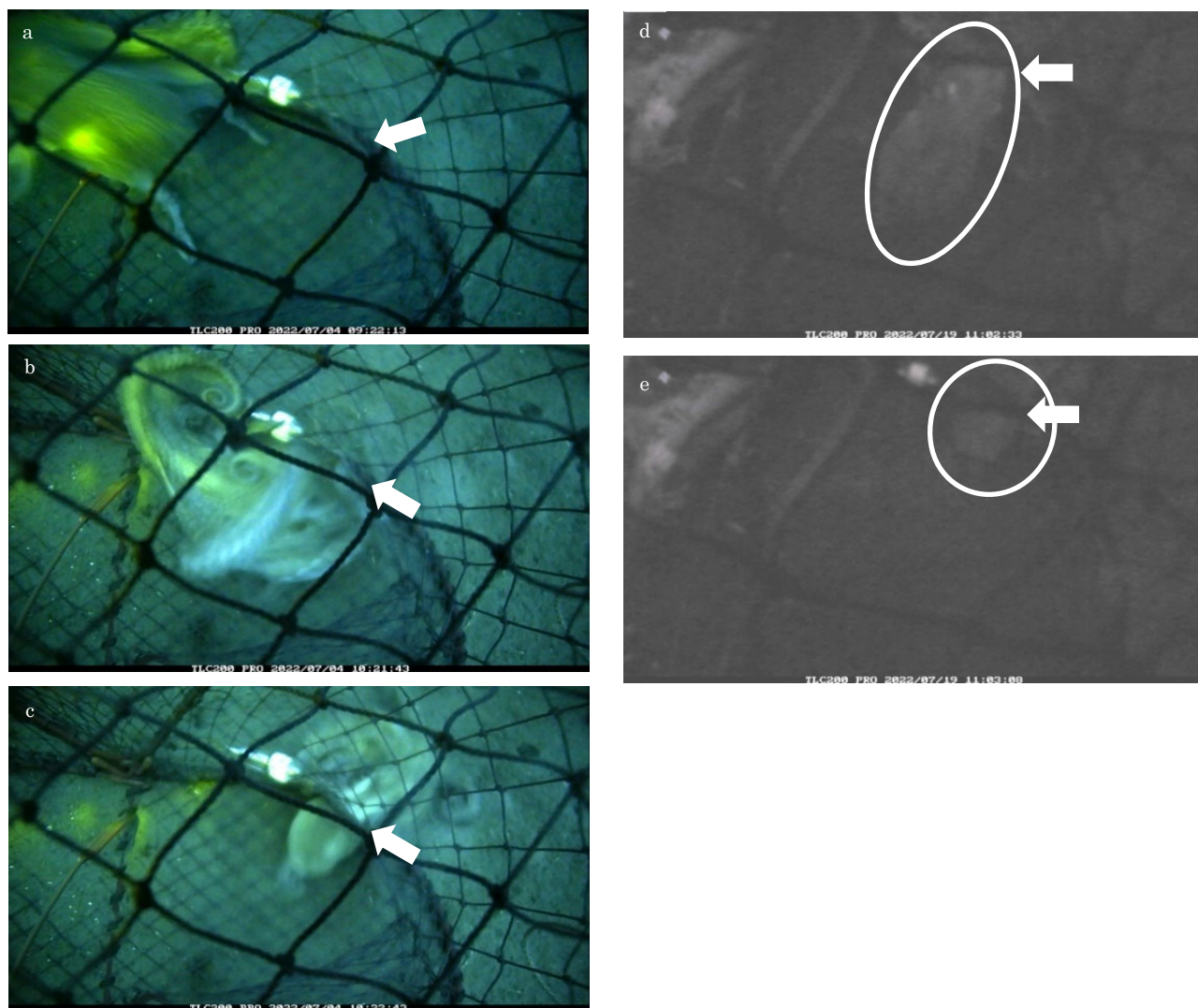


図6 生息環境下におけるカゴ再投入実験

a～c: リングを発見し、カゴ内から脱出中の個体 W1 (体重 1.3kg), d・e: リングから脱出する個体 W2 (体重 1.5kg)。白丸はミズダコ、白矢印は脱出リングの位置を示す。

考 察

本研究の試験区（改良カゴ）と対照区（通常カゴ）では、試験区のみズダコの漁獲が少ない傾向が見られたものの、1カゴあたりの漁獲個体数及び漁獲重量では有意な差が見られなかった。このことから、改良カゴを使用しても1カゴあたりのみズダコの漁獲個体数及び漁獲重量には大きく影響するとは言えない。また、本県の再放流サイズである2kg未満の漁獲個体数を比較すると、通常カゴと改良カゴに統計学的に有意な差は見られなかった。しかし、通常カゴでは2kg未満の個体が漁獲されたのに対して、改良カゴでは漁獲されなかった。青森県における先行研究においても脱出リングを取り付けた改良カゴで小型個体の漁獲割合が低下することが報告されている⁵⁾。これらのことから、岩手県で使用されているダルマカゴ型の改良カゴにおいても、みズダコの小型個体の漁獲抑制には一定程度効果があると考えられる。

水中カメラ及び目視で観察された脱出時間については、小型個体で短く、大型個体ほど遅くなる傾向が見られた。本研究で用いた直径55mmの脱出リングは3kgの個体が50%の確率で脱出できるサイズとして設計されている⁵⁾。そのため、体重が3kgに近い個体ほど、脱出までに要する時間が長くなると考えられる。

今回の実験に用いた1,000L角型水槽は海水かけ流し式の水槽であり、水温を一定に保つことができず、実施時期も夏季～冬季にまたがっていた。そのため、観察期間中の水温が8～21℃と広範囲にわたっていた(表1)。みズダコは、岩手県沖では15℃以下で主に漁獲され、青森県海域では15℃以上の水温帯では捕獲されないと報告されている⁹⁾。また、飼育下では19℃で衰弱が始まるとされている¹⁰⁾。実際、観察に供した一部の個体(C5及びC6)では、水槽に移した時点で水温が20℃近くあり、個体C5は再投入実験前日までほとんど餌を摂餌していなかった。このような個体では、冬季の観察個体に比べて脱出時間が短いことから(表1)、高水温から逃避するために短時間で脱出行動に移っていた可能性も否定できない。脱出時間に影響を与える要因については引き続き検証が必要である。

生息環境下における観察では、入網した2個体のみズダコが1時間以上餌の咀嚼に専念していることが確認された。一方、再投入実験では餌を入れていなかったにも関わらず、みズダコは1時間以上カゴ内に滞在していた。しかし、再投入されたみズダコが腕でリングを確認すると1分未満の短時間でカゴ外に脱出していた。一般的に

タコ類は視覚及び触覚が発達しており、特に多くの神経細胞が配置されている腕部が外界の知覚に大きな役割を果たしていると言われている¹¹⁾。本研究でカゴを設置した水深100m帯では、日中での水中カメラ映像は確認できたが、日没前後や日照条件が悪い際はLEDライトの光でも状況を判断することが困難な場合が多かった。このことから、カゴ内のみズダコも視覚ではなく触覚により周囲の状況を把握していると考えられ、生息環境下においては、リングから脱出可能な体重であっても触覚により脱出リングを認識するまで脱出に一定程度の時間がかかると考えられる。本県のカゴ漁業では、漁具投入から回収までを3日から1週間程度の周期で行っており、入網したみズダコが脱出するまでに十分な時間があると考えられる。

国による資源評価では、さらなる情報収集が必要としながらも漁獲量の傾向からみズダコの資源水準は低位、減少傾向とされている³⁾。みズダコは成長が早いことが知られており、1歳後半で体重10kg以上まで成長する個体もいる¹²⁾。また、青森県津軽海峡における標識放流調査からは、津軽海峡と北海道間での移動は見られるものの、放流場所での高い再捕割合から地域性が高く、広範囲に移動しない個体が多いと考えられている¹¹⁾。さらに、岩手県洋野町地区で実施された標識放流調査でも、放流場所から20km以内で再捕された個体が大半を占め、体重の増加率は月平均471gであった¹³⁾。これらのことから、本県海域においても脱出後の個体があまり広範囲に拡散せず、成長して同じ海域に留まる傾向が強く、脱出リングにより小型個体を再放流することで、成長乱獲を防ぎ比較的短期間で成長した個体を有効に活用することができると考えられる。本研究では先行研究と比較するために3kgの個体までが脱出できる直径55mmのものをを用いた。先行研究で報告されているリング直径R(mm)と脱出可能なみズダコの体重W(g)の関係式は以下のように報告されており⁵⁾;

$$R = \frac{(40.85 \cdot \ln(W)) - 159.95}{\pi}$$

岩手県の再放流サイズ(2kg)が50%の確率で脱出可能なリング直径(内径)は47.9mmと算出される。よって、岩手県の自主的資源管理のもとでの運用を考える場合、直径約50mmのリングを取り付けた改良カゴとするのが望ましいと言える。

改良カゴでは一定サイズ以上の漁獲をある程度維持しつつ放流サイズの小型個体を効果的に保護することが

可能であり、漁業経営の維持と資源保護の両立に資する有効な資源管理措置となることが期待される。

文 献

- 1) Jereb, P., C. F. E. Roper, M. D. Norma, J. K. Finn, Cephalopods of the world, An annotated and illustrate catalogue of cephalopod species known to date, Volume 3 Octopods and Vampire Squids, FAO, Rome, 1984, pp198-199, <https://www.fao.org/3/ac479e/ac479e00.htm>
- 2) 岡田要・内田清之助・内田亨, 新日本動物図鑑 中第四版, 北隆館, 1973, pp.326
- 3) 水産研究・教育機構水産資源研究所水産資源研究センター・青森県産業技術センター水産総合研究所・岩手県水産技術センター・宮城県水産技術総合センター・福島県水産海洋研究センター・茨城県水産試験場, ミズダコ太平洋北部, 令和3年度(2021)年度資源評価調査報告書. 水産庁・水産研究教育機構, 東京, pp5 2022, <http://www.abchan.fra.go.jp/digests2021/index.html>
- 4) 岩手県資源管理協議会, 岩手県漁業協同組合連合会, 岩手県水産技術センター, 令和3年度岩手県沖における漁業資源の生態と資源特性, 2021, pp.17
- 5) 長野晃輔・三浦太智・桜井泰憲, 青森県のタコ・鰐漁業における小型個体脱出用リングの有効性の検証, 水産工学, 56, 2019, pp. 27-33
- 6) 桜井泰憲・長野晃輔・三浦太智・伊藤欣吾・後藤友明, ミズダコ及び沿岸魚類資源の持続的利用に資する小型魚介類が脱出可能な改良籠の実用化研究, 調査研究論文集, 漁港漁場漁村総合研究所, 27, 2016, pp.47-51
- 7) 長野晃輔・三浦太智, 小型ミズダコの脱出リングを装着した改良籠の実用化. 東北底魚研究, 38, 2018, pp.6-10
- 8) 手塚尚明・梶原直人・小栗一将・喜安宏能・渡部祐志. 塩田浩二, 撮影手法を用いた紀・青のり養殖場における食害種の出現記録, 日本水産学会, 2022, DOI:10.2331/suisan.22-00025
- 9) 野呂恭成・桜井泰憲, 津軽海峡周辺海域におけるミズダコの移動と分布および成長, 水産増殖, 60(4), 2012, pp.429-443
- 10) 板野英彬, ミズダコの資源生態調査, 平成 10 年度新潟水産年報, 2000, pp122-135
- 11) 川島堇・池田譲, タコにおける視覚・触覚にもとづく行動: タコは世界をクロスモーダルに知覚しているのか?, 動物心理学研究, 69(2), 2019, pp91-99
- 12) 野呂恭成, 津軽海峡におけるミズダコとマダコの生態と資源管理に関する研究, 博士論文, 北海道大学, 北海道, 2012
- 13) 新谷隆, ミズダコ標識放流試験 - 漁業者のひとことから広がる資源管理 -, 第 3 回全国青年・漁性漁業者交流大会資料, 1998, pp7-14