

水槽実験および潜水調査による マダコ産卵礁の入口サイズの検討

INVESTIGATION OF THE ENTRANCE SIZE OF OCTOPUS SPAWNING POT BY TANK EXPERIMENT AND FIELD SURVEY

江幡恵吾¹・伊藤卓洋²・東 輝²・税所誠一³・塩満暁洋³・池田利光³
末永律男⁴・上野貴治⁵

Keigo EBATA, Takuhiro ITO, Akira HIGASHI, Seiichi SAISHO, Akihiro SHIOMITSU,
Toshimitsu IKEDA, Ritsuo SUENAGA and Takaharu UENO

¹正会員 博(水産科学) 鹿児島大学水産学部水産学科 (〒890-0056 鹿児島市下荒田4丁目50-20)

²鹿児島大学水産学部水産学科 (〒890-0056 鹿児島市下荒田4丁目50-20)

³鹿児島県共和コンクリート工業株式会社 (〒892-0821 鹿児島市名山町1-3)

⁴錦海漁業協同組合 (〒899-5221 鹿児島県始良市加治木町港町189-9)

⁵鹿児島県始良・伊佐地域振興局 (〒899-5212 鹿児島県始良市加治木町諏訪町12)

Many pots were placed along the Japanese coast on an octopus fishing ground in order to protect spawns of octopus eggs and provide a suitable condition for spawning. In general, a pot with an entrance diameter of approximately 10 to 12cm is used. Octopus is thought to be easily attacked by predators, and this size of the entrance is thought to be large. Therefore, the entrance size of the pot should be reduced. The entrance size of the octopus pots was examined by conducting a tank experiment and field survey. The following results of the tank experiment were obtained: an octopus weighing less than 1700g could pass through the entrance with a diameter of 5cm. The field survey revealed that the octopus reduced the size of the entrance by using stones and shells, when octopus pots with an entrance diameter of 12cm were used. However, the octopus remained inside the pot and spawned eggs without reducing the size of the entrance, when octopus pots with an entrance diameter of 7cm were used. Thus, we concluded that the entrance size of the octopus pot should be smaller than the usual size.

Key Words : octopus, spawning, pot, den, entrance size, tank experiment, field survey

1. 研究の背景と目的

マダコ *Octopus vulgaris* は重要な漁業対象種のひとつで、熱帯、亜熱帯から温帯までの広い範囲に分布し、日本周辺では本州から台湾までの海域に生息している。

マダコの産卵は周年を通じて行われ、春と秋の年2回のピークがあるとされている¹⁻²⁾。全国各地のマダコ漁場では、毎年、夏から秋にかけて産卵場の造成を目的として産卵礁の設置が行われている³⁾。産卵礁には、陶器やプラスチック製のタコつぼが使用されることが多く⁴⁾、入口部分に蓋があるものとなるものの2種類がある(図-1)。有蓋タコつぼは、マダコがタコつぼの中に入って餌に触れると自動的に入口の蓋が閉まる構造になっており、マダコを捕獲する漁具として使用されている。一方、無蓋タコつぼは、マダコを捕獲する漁具として、または産卵

を保護するための産卵礁として用いられている。

マダコ漁業が盛んに行われている鹿児島県、熊本県、大分県などの九州各地で、漁業者に対する聞き取り調査を行ったところ、捕獲用タコつぼは基本的に2～3日に一度、長くても1週間に一度は船上に揚げられ、漁獲物の回収が行われる。産卵用タコつぼは海中に投入されると、その後は回収されることなく長期間にわたって海底に設置され、翌年には、再び新しいタコつぼが投入されることが多い。

マダコは柔らかい体を持つために魚類などの害敵からの攻撃を受けやすく⁵⁻⁶⁾、特にウツボ類によって多く捕食されていることが報告されている⁷⁾。そのため、マダコは身を守るために隠れ場の中で過ごすことが多く、その隠れ場を自ら選択して、さらに改良することが知られている⁸⁻⁹⁾。産卵期になると、雌マダコは陰に隠れて産卵し、孵化するまでは卵から離れないで海水を吹きかけ続けるとされている¹⁰⁾。

全国各地で使用されている産卵礁としての無蓋タコつぼの形状や入口サイズは、長年の経験によって決められているのが現状で、現在では入口が円形で直径が約10～12cm程度のものが多く使用されている。

海中でのマダコの行動観察によると、タコ類の生息場には最小限の大きさで光を通さない空間が適していることから¹¹⁾、現在のタコつぼではマダコが入りしやすい反面、害敵からの攻撃を受けやすい構造であると考えられる。これまでに産卵礁の形状について調査が行われているが¹¹⁻¹²⁾、入口サイズを定量的に検討した例は見られない。

そこで本研究では、水槽実験および現場海域における調査によって、タコつぼの入口サイズについて検討を行った。

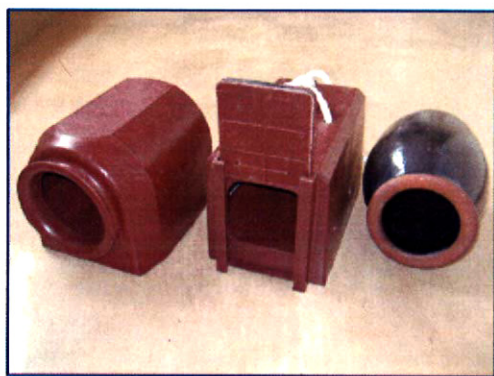


図-1 タコつぼ（左：プラスチック製無蓋タコつぼ，中央：プラスチック製有蓋タコつぼ，右：陶器製無蓋タコつぼ）

2. 研究内容

産卵礁の入口サイズを検討するために、水槽実験で、マダコの体重とマダコが通過できる円形孔のサイズの関係を明らかにした。次に、実際のマダコ漁場に入口サイズの異なるタコつぼを設置して、定期的な潜水観察を行うことで、入口サイズを小型化したことによる効果を検証した。

(1) 水槽実験

実験は、2007年9月、12月に本学部の東町ステーション内にあるコンクリート水槽（長さ250cm、幅175cm、深さ150cm）で行った。実験時の水深は約40cmとして、東町ステーション沖で汲み上げた濾過海水を水槽内に連続流入してオーバーフローさせ、水質環境を良好に保った。

実験に使用したマダコは、東町漁協に水揚げされた個体と本学部が行った試験操業で捕獲した個体で、体重が130～2440gの合計28個体であった。マダコを水槽に搬入した後、水槽の環境に慣れさせるために1～2日間、アサリを給餌しながら飼育した。

図-1の中央に示す有蓋プラスチック製タコつぼ（長さ31.0cm、幅18.5cm、高さ19.0cm）の入口蓋

を穿孔して円形孔を開け、実験用のタコつぼとした。円形孔の直径を1cm間隔で1～9cmで変化させ、合計9種類の入口蓋を作製した。

実験を開始する前に、マダコ1個体を水槽の中に入れ、その中にアサリを入れた有蓋プラスチック製タコつぼを設置して、マダコをタコつぼの中に誘引した。この時、マダコがタコつぼの中に入りやすいように入口蓋を取り付けなかった。入口蓋がない状態では、入口の形状は矩形でサイズは縦10cm、横10cmであった。マダコがタコつぼの中に入ってしばらくした後、マダコをタコつぼの中から取り出して、再び同様な方法でマダコをタコつぼの中に誘引することを繰り返し、マダコが自発的にタコつぼの中に入るように馴致させた。

実験では、はじめに直径9cmの入口蓋を蓋が閉じた状態でタコつぼに取り付けて、マダコがタコつぼの中に入った時には、徐々に入口サイズの小さい蓋に取り替えて、タコつぼの中に入ることができる最小の入口サイズを求めた。この方法では、マダコを餌で誘引した条件の下で、自発的にタコつぼの中に入る行動から入口サイズを求めているため、本来通過できる入口サイズはさらに小さい可能性があると考えた。そこで次の実験では、マダコをタコつぼ内に入れて入口蓋を取り付けた後、タコつぼを空中に吊り下げてタコつぼ内の海水を排出し、マダコを強制的に脱出させて通過できる最小直径を測定した。

実験終了後には、マダコを死亡させて、体重 W を測定した。また、マダコを外套部で吊るした状態にして各部位¹³⁾の周長を測定したところ、腕部の付け根部分の周長が最も大きかったことから、この部位を腕部最大周長 G_{max} として測定した。

(2) 潜水調査

産卵礁の設置場所として、マダコの隠れ場になる岩や石などがほとんどない場所が適していることから¹²⁾、鹿児島湾内の数ヶ所のマダコ漁場を事前に潜水調査して調査海域を選定した。

調査には有蓋プラスチック製タコつぼとコンクリート製タコつぼを用いた。有蓋プラスチック製タコつぼ（図-1中央）の入口蓋に円形孔を穿孔し、入口直径が4cm、5cm、6cmの3種類のタコつぼをそれぞれ6個ずつ製作した。

また、入口直径を7cm、12cmとした2種類のコンクリート製タコつぼをそれぞれ50個ずつ製作した。漁業者が産卵場の造成を行うときには、タコつぼを単体でそのまま海中に投入しているが、本実験では調査期間中にタコつぼが大きく移動して逸失することを防ぐために、入口直径が4cm、5cm、6cmのプラスチック製タコつぼの背面部を紐で繋いで1組とし、それぞれの組が10m間隔になるようにロープで連結した。また、入口サイズが7cmと12cmのコンクリート製タコつぼについてもプラスチック製タコつぼと同様に各1個を紐で結んで1組とし、各組を10m間隔でつなぎ合わせた。

2007年9月7日にプラスチック製タコつぼを、2008年3月8日にコンクリート製タコつぼを、それぞれ鹿児島湾奥部に位置する重富沖および加治木沖に設置した(図-2)。いずれの海域も底質は細砂で水深は重富沖で約20m、加治木沖で約8mであった。



図-2 潜水調査を行った海域

タコつぼを設置した後、12~20ヶ月間にわたって、プラスチック製タコつぼについて合計10回、コンクリート製タコつぼについて合計11回の調査を行ない、タコつぼ内の状態を観察した。前述したように産卵用タコつぼは、設置された後は引き揚げられることなくそのままの状態にされる。また、タコつぼ内にマダコが生息している状態や産卵した状態で船上に引き上げると、マダコが逃避したり、タコつぼ内に産み付けられた卵に損傷を与えることになるため、本調査はすべて潜水して直接観察する方法で行った。なお、調査期間中は、可能な限り外的な要因が加わるのを軽減するために、調査用のタコつぼの周辺には商業用の捕獲用タコつぼやタコかごなどの漁具を設置しないようにした。

3. 研究結果

(1) 水槽実験

マダコの行動観察の結果、自発的および強制的の何れの場合においても、マダコは体をくねらせて収縮させながら腕部、頭部、腹部の順に円形孔を通過することが確認された(図-3、図-4)。

自発的にマダコがタコつぼに入る実験では、実験開始前にマダコをタコつぼの中に入るように十分に馴致させたこともあり、タコつぼを設置した水槽の中にマダコを入れるとすぐに水槽の底面を這うようにして動き回り、タコつぼを見つけると腕部をタコつぼの中に入れた。その後、マダコが入口の円形孔を

通過可能な場合には、頭部、腹部の順に円形孔を通過させてタコつぼの中に入った。

9月に実験を行った時の水温は27.9~29.1℃で、マダコを水槽内に入れてからタコつぼの中に入るまでに要した時間は約1~2分間であった。しかしながら、12月に行った実験では水温が14.0~17.8℃

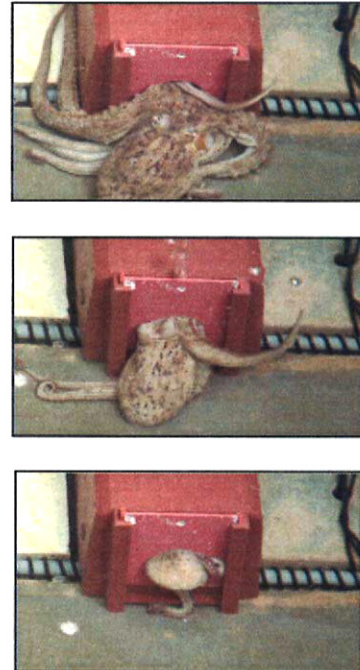


図-3 マダコが自発的にタコつぼに入る時の行動パターン(腕部(上)、頭部(中)、腹部(下)の順に入る)



図-4 強制的に脱出させた時の行動パターン(腕部(上)、頭部(中)、腹部の順に出て、脱出が終了(下))

で低かったため、マダコの動きは9月の実験の時よりも鈍く、時々、水槽内を動き回るものの水槽の隅で静止する時間が長く、タコつぼに入るまでに多くの場合で約1時間を要した。

マダコが入口の円形孔を通過できない場合でも、実験を開始してから、マダコはタコつぼの存在を確認すると、何度も腕部をタコつぼの中に入れて、タコつぼの中に入ろうとした。本実験では、24時間以上経過してもマダコがタコつぼの中に入らなかった時には、そのサイズの円形孔を通過できないものと判断した。

マダコを強制的にタコつぼから脱出させた実験では、9月および12月の何れの場合でも、マダコは速やかに脱出した。円形孔が小さくて脱出ができない場合には腕部のみをタコつぼの外に出して、そのままの状態動きが止まった。

マダコの体重と通過できた最小直径の関係(図-5)から、自発的にタコつぼに入った場合と強制的に脱出させた場合で最小直径を比較すると、強制的の方がやや小さい値となった。

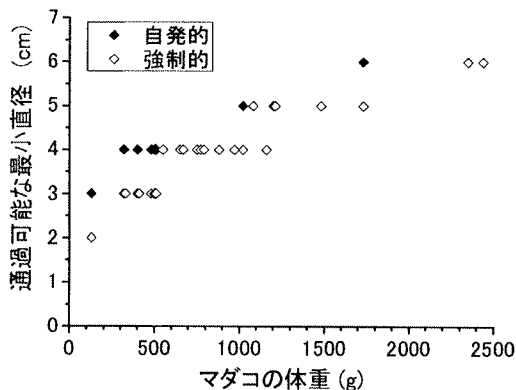


図-5 マダコの体重と通過可能な円形孔の最小直径

マダコが円形孔を通過する際、円形孔のサイズに対してマダコがどれくらい体を収縮しているかを調べるために、通過できた最も小さい円形孔の周長 C と腕部最大周長 G_{max} の比 C/G_{max} を算出した。 C/G_{max} の平均値を算出すると、マダコが自発的にタコつぼに入った場合で 0.81、強制的にタコつぼから脱出させた場合で 0.75 であった。

次に、マダコの体重 W と腕部最大周長 G_{max} との関係を調べた結果(図-6)、両者の関係は(1)式で表すことができた。

$$G_{max} = 1.79 \times W^{0.33} \quad (1)$$

(1) 式と C/G_{max} の平均値からマダコが通過可能な円形孔の直径 R とマダコの体重 W の関係を自発的にタコつぼに入るときと強制的にタコつぼから脱出

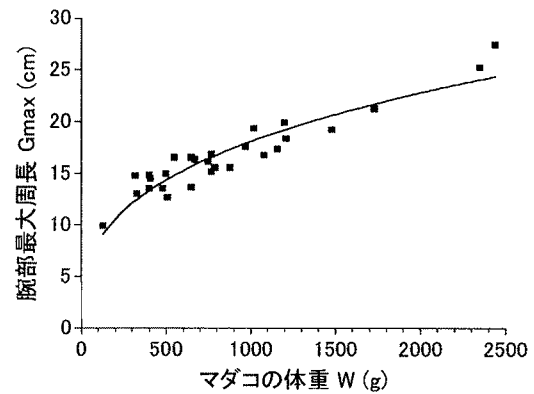


図-6 マダコの体重と腕部最大周長の関係

させた場合について、それぞれ求めると(2)式、(3)式のようになった。

$$\text{自発的に入る場合} \quad R = 0.46 \times W^{0.33} \quad (2)$$

$$\text{強制的に脱出させた場合} \quad R = 0.43 \times W^{0.33} \quad (3)$$

マダコが通過できる円形孔の最小直径は、マダコが自発的にタコつぼに入る場合よりも、強制的にタコつぼから脱出させた場合の方が小さくなった。

例えば、タコつぼの入口の円形孔の直径が 5cm の場合、(2) 式から通過できるマダコの体重を求めると 1400g 以下となり、(3) 式から求めると 1700g 以下となる。また、直径が 6cm の場合では、(2) 式から 2400g 以下、(3) 式から 2900g 以下となり、自発的と強制的との間には体重 300g から 500g の違いがみられた。

(2) 潜水調査

プラスチック製タコつぼおよびコンクリート製タコつぼでの調査結果をそれぞれ表-1、表-2 に示す。

プラスチック製タコつぼでは、入口直径が 5cm と 6cm のタコつぼでマダコの生息が確認され、4cm のタコつぼではマダコの生息は確認されなかった。また、マダコの生息が確認されたいずれのタコつぼでも産卵は見られなかった。

コンクリート製タコつぼでは、入口直径が 7cm、12cm の何れの場合でもマダコの生息が確認され、2009 年 11 月 19 日の調査では、マダコが生息していた 3 個のタコつぼすべてにおいて産卵が確認された。産卵が確認された入口直径 12cm のタコつぼでは、マダコが石や貝殻で入口を塞ぐ様子⁸⁻⁹⁾が観察されたが、入口直径が 7cm のタコつぼではそのような現象は観察されなかった(図-7、図-8)。また、入口サイズが大きい直径 12cm のタコつぼの方が、タコつぼの中にウニ類が侵入しているのが多く見られ、その個数は入口サイズが小さい直径 7cm のタコつぼよりも有意に多かった($p < 0.05$)。

表-1 プラスチック製タコつぼでの観察結果

調査日	2007年									2008年								
	10/4			11/1			12/12			1/10			2/7			5/15		
入口サイズ(cm)	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
マダコ	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
カサゴ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ゴンズイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
アカオビハナダイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

調査日	2008年														
	6/12			7/18			8/25			9/25			合計		
入口サイズ(cm)	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
マダコ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
カサゴ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ゴンズイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
アカオビハナダイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

表-2 コンクリート製タコつぼでの観察結果

調査日	2008年											
	3/14		4/25		5/15		6/12		7/28		8/25	
入口サイズ(cm)	7	12	7	12	7	12	7	12	7	12	7	12
マダコ(産卵)	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
カサゴ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ゴンズイ	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	1	1
スズメダイ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ウニ類	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1

調査日	2008年				2009年							
	9/25		12/11		2/5		6/5		11/19		合計	
入口サイズ(cm)	7	12	7	12	7	12	7	12	7	12	7	12
マダコ(産卵)	1	0	1	0	0	0	0	1	1(1)	2(2)	3(1)	2(2)
カサゴ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
ゴンズイ	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	8	1
スズメダイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ウニ類	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	1	8



図-7 産卵が観察されたタコつぼ（入口直径7cm）

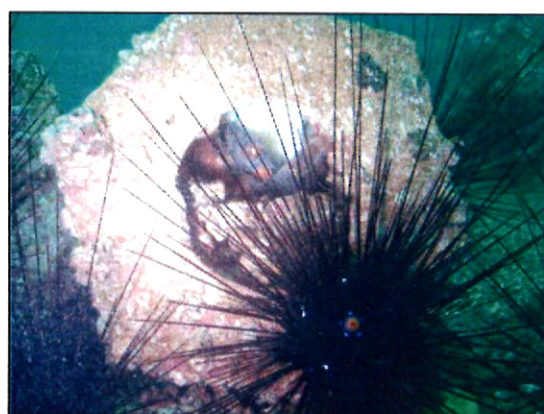


図-8 産卵が観察されたタコつぼ（入口直径12cm）

マダコ以外で観察された生物には、プラスチック製ではカサゴ、ゴンズイ、アカオビハナダイで、コンクリート製ではカサゴ、ゴンズイ、スズメダイ、ウニ類があったが、マダコの害敵となる魚類などの生物は観察できなかった。また、調査を開始してから日数が経過するにつれて、タコつぼの中に砂が入り込んでいるのが見られた。

4. 考察, まとめ

タコつぼには、マダコを漁獲するための漁具としての機能と、産卵を保護するための産卵礁としての機能がある。海底に隠れ場が多い海域の方が、マダコの生息密度は高くなり、タコつぼのような生息場を提供することはマダコの分布に対して重要な役割を持つとされている¹²⁾。本研究では、産卵礁としてのタコつぼを対象として、これまで長年の経験に基づいて決められてきた入口サイズについて、水槽実験および現場海域での潜水調査から検討した。

水槽実験において、タコつぼの入口サイズを変化させて、マダコの行動を観察した結果、体重と通過できる円形孔のサイズの関係を求めることができた。マダコは大型の個体では、体重が約 3.5kg まで成長するとされているが¹⁴⁾、一般的なサイズである体重 2kg 以下で考えると、入口直径が最も小さい場合で約 6cm の円形孔を通過できると推定される。

潜水調査では、プラスチック製タコつぼの入口サイズを直径 5cm, 6cm とした場合でマダコの生息が見られ、コンクリート製タコつぼでは、入口サイズが直径 7cm, 12cm の何れの場合でもマダコの生息と産卵が確認された。しかしながら、両調査ともに観察できたマダコの生息数、産卵数は少なかったため、さらに調査を継続して検証することが課題として残された。マダコは隠れ場を自ら選択するとされており⁸⁻⁹⁾、調査では直径が 4cm, 5cm, 6cm のプラスチック製タコつぼを 1 組として、直径 7cm と 12cm のコンクリート製を 1 組として海底に設置したので、おそらくマダコはこれらのタコつぼを認識した上で、自ら選んでタコつぼの中に入ったものと推測される。入口サイズが直径 12cm のタコつぼでは、マダコはタコつぼの入口を貝殻や石で塞ぎ、害敵から身を守る様子が見られた。また、タコつぼの中に生息していたマダコ以外の生物として、ウニ類の生息が確認され、入口サイズの大きい直径 12cm のタコつぼでは直径 7cm のタコつぼを比べて、その生息数は多かったことから、直径 7cm のタコつぼでは、入口サイズが制限要因となってウニ類がタコつぼの中に入りにくくなったものと推測される。

マダコが産卵した後、卵が孵化するまでの日数は水温によって変化し¹⁵⁾、例えば夏期の水温 25℃では 22 日間、冬期の水温 15℃では 76 日間であると推定される。卵が孵化するまでの間、雌ダコは卵から離れることなくずっと守り続けるため¹⁰⁾、この

期間、雌ダコと卵は害敵からの危険にさらされることになる。従来のタコつぼでもマダコは貝殻や石などで入口を塞ぐこと⁸⁻⁹⁾ができるが、入口サイズが小さい方が、より安全に害敵からの攻撃に対して身を守ることができると考えられる。

また、調査期間中にタコつぼの中に砂が入り込んでいるのが観察されたことから、入口サイズが小さい方が、タコつぼの中に砂が入り込むことが少なくなり、産卵礁としての機能が長く続くものと予想される。マダコが十分に通過できるサイズの範囲内で、従来のタコつぼの入口サイズを小型化することで、マダコが害敵から身を守りやすくなり、より安全な産卵礁に改良できると考えられる。

謝辞

水槽実験において多大なご協力をいただいた鹿児島大学水産学部東町ステーションの加世堂照男氏、尾上敏幸氏、試験操業においてご尽力をいただいたマダコ漁業者のみなさまにお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 坂口秀雄, 浜野龍夫, 中園明信: 伊予灘東部海域におけるマダコ浮遊期稚仔の出現状況, 水産海洋研究, 63, pp. 181-187, 1999.
- 2) V. Hernandez-Garcia, J.L. Hernandez-Lopez, J.J. Castro-Hdez: On the reproduction of *Octopus vulgaris* off the coast of the Canary Islands. *Fisheries Research*, 57, pp.197-203, 2002.
- 3) 清水詢道: 東京湾のマダコ資源の研究-I 漁獲統計からみた資源の変動, 神奈川県水産試験場研究報告, 5, pp. 35-40, 1984.
- 4) 金田禎之: 日本漁具・漁法図説, 成山堂書店, pp. 573-576, 1977.
- 5) Aronson R. B.: Ecology, paleobiology and evolutionary constraints in the octopus, *Bulletin of Marine Science*, 49, pp.245-255, 1991.
- 6) Dos Santos R.A. and M. Haimovici: Cephalopods in the diet of marine mammals stranded or incidentally caught along southeastern and southern Brazil (21-34S), *Fisheries Research*, 52, pp.99-112, 2001.
- 7) Randall J. E.: Food habits of reef fishes of the West Indies. *Studies in Tropical Oceanography*, 5, pp.665-847, 1967.
- 8) Kayes R. J.: The daily activity pattern of *Octopus vulgaris* in natural habitat, *Marine Behavior & Physiology*, 2, pp.337-343, 1974.
- 9) Mather J.A.: Daytime activity of juvenile *Octopus vulgaris* in Bermuda, *Malacologia*, 29, pp.69-76, 1988.
- 10) 田中二良: 養魚学各論, 恒星社厚生閣, pp. 711-718, 1967.
- 11) Richard B. Aronson: Life history and den ecology of *Octopus briareus* Robson in a marine lake, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 95, pp.37-56, 1986.
- 12) Stelios K. and George V.: Den ecology of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, on soft sediment: availability and types of shelter, *Scientia Marina*, 68(1), pp.147-157, 2004.
- 13) 奥谷喬司: 頭足類の生物学 底棲八腕形類の分類と生態, 海洋と生物, pp. 257-263, 1984.
- 14) 土屋光太郎: イカ・タコガイドブック, ティービーエス・ブリタニカ, pp. 90-91, 2002.
- 15) 坂口秀雄, 浜野龍夫, 中園明信: マダコ卵のふ化日数と水温の関係, 水産海洋研究, 63, pp. 188-191, 1999.