

福岡湾におけるテナガダコの成熟と成長

中岡 歩・宮内 正幸^a・杉野 浩二郎
(研究部)

福岡湾における重要な漁獲対象種のテナガダコ *Octopus minor* について、資源管理に必要な基礎情報である生物学的知見を得るため、成熟及び成長に関する調査、解析を行った。その結果、漁獲物の雌雄比は雄に若干偏り、有意な差があった。また、9月は雄が大半を占め、雌が産卵のために巣穴に入り漁獲されなくなるためと考えられた。雌の生殖腺重量と卵径の経月変化より、産卵盛期は8~9月であり、本海域では夏産卵群のみが存在するものと推測された。さらに外套腹面長組成をもとに混合正規分布への分解を行った結果、大小2群が9月前後に存在し、これらは発生年の異なる群と考えられた。その後10月には大群が消失し、小群は翌年9月まで成長を続けたが、その年の10月に消失した。9月に産卵された卵が11月に7.3mmで孵化すると仮定し、成長式を求めたところ、テナガダコは約2年の寿命であることが示唆された。

キーワード：福岡湾，テナガダコ，成長，成熟，混合正規分布

テナガダコは八腕形目マダコ科 *Octopus*属の一種であり、北海道以南、鹿児島県以北の日本沿岸、朝鮮半島西海岸、中国山東省の浅海の泥底に生息している。¹⁾ 福岡県筑前海の福岡湾では、小型底びき網漁業やかご漁業により漁獲される重要種となっている。漁獲されたテナガダコは主に韓国へ食用として輸出され、その他県内では延縄漁業の餌としても需要がある。

福岡湾では、テナガダコの漁獲量は隔年で豊凶を繰り返しており、安定した漁獲を維持するためには、資源管理の取組が必要である。テナガダコに関しては、これまで飼育観察¹⁾や朝鮮半島西海岸における産卵生態の報告²⁾

がなされているが、特定個体における一時期の習性等を把握したのみであり、生活史を通じた生態に関する知見は乏しい。

そこで、本研究では福岡湾におけるテナガダコの資源管理の基礎情報となる成熟、成長等の生態を明らかにするための調査を実施した。

方 法

1. 成熟

2011年1月から2013年8月の期間（2011年10月、12月、2012年1月は生殖腺データ欠測）に原則月1回の頻度で、図1に示す福岡湾で操業する福岡市漁協代表1支所の小型底びき漁業、かご漁業で漁獲されたテナガダコを50~200尾程度購入し、外套腹面長（外套後端から外套腹面開口部までの長さ）、体重、生殖腺重量（雄は精巣及び生殖腺付属器官（精莖囊+貯精囊+輸精管）、雌は卵巣）を測定した。

これらの測定値を用いて雄の性成熟度指数（MIM³⁾）、雌の生殖腺重量指数（GSI）を以下のとおり求めた。

$$\text{MIM}(\%) = (\text{生殖腺付属器官重量} / \text{生殖腺重量}) \times 100$$

$$\text{GSI}(\%) = (\text{生殖腺重量} / \text{体重}) \times 100$$

また、雌については2011年1月から2013年8月の期間（2011年10~12月、2012年1月、9~12月、2013年1~3月は

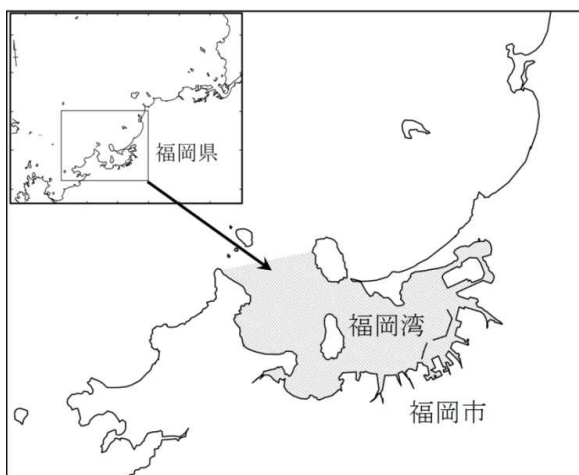


図1 調査海域図

^a 現所属：豊前海研究所

卵径データ欠測)に卵径を測定した。テナガダコの卵はひまわりの種のような形状をしているため、測定箇所はその短径とし、万能投影機を用いて、一視野の中から卵母細胞をランダムに20個測定した上で平均値を求めた。

2. 発生群

外套腹面長の月別の推移を把握するとともに、発生群の確認を行うため、1. 成熟で得られたデータに2008年1月から2010年12月の期間(2009年9月, 2010年10, 11月は欠測)の外套腹面長測定結果(供試個体の入手方法も1. 成熟と同様)を追加し、外套腹面長組成に正規分布を当てはめた。

正規分布への当てはめに関しては、五利江の解析シート⁴⁾を一部改変した上田の方法⁵⁾を使用し、各パラメータ(混合比, 平均外套腹面長, 標準偏差)はソルバーを用いて、非線形最小二乗法及び最尤法により求めた。

発生群の分解の手順を以下に示す。

各月ごとに、外套腹面長を2mm刻みでヒストグラムに分解した。ヒストグラムの作成に当たっては測定誤差を考慮し、また、発生群を視覚的に区別しやすいように、前後の階級を含め3項移動平均による平滑化を行った。これらのデータをもとに、最小二乗法ではモデルによる確率密度の期待値と度数分布の実測値の残差平方和が最小となり、かつ最尤法では同時確率密度(各階級の確率密度の積)の対数が最大となるパラメータを求めた。

モデルシート, 本文中で用いた記号, 計算式は以下のとおりである。

p_i : 発生群 i の混合比

μ_i : 発生群 i の平均外套腹面長

σ_i : 発生群 i の外套腹面長の標準偏差

L : 同時確率密度

h : 外套腹面長の階級幅

F : 総個体数

S : 残差平飽和

$F(x_j)$: 外套腹面長階級 x_j に属する個体数

$f(x_j)$: 外套腹面長 x_j の相対度数分布, $f(x_j)=F(x_j)/F$

ソルバーの制約条件としては, $\sum p_i=1, 0 \leq p_i, 0 \leq \mu_1,$

$\mu_1 \leq \mu_2, \mu_2 \leq \mu_3, \mu_3 \leq \mu_4, \mu_4 \leq \mu_5, \mu_5 \leq \mu_6, \mu_6 \leq \mu_7, 0 \leq \sigma_i$ を設定した。また, 各発生群の μ_i, p_i については, ヒストグラムのグラフからおおよその数値を読み取り, 初期値として設定した。

分解する正規分布の数(発生群数)については, まず最大7で計算し, その後グラフの当てはまり等から判断し, 必要に応じて6以下に減少させながら, ソルバーを動かした。

なお, 最小二乗法, 最尤法による推定値の結果の妥当

性については, AIC(赤池情報量規準)並びに, 混合正規分布のグラフの当てはまり具合によって判断した。

3. 成長

テナガダコの成長については, 2. 発生群で得られた各正規分布のパラメータである平均外套腹面長を使い, 同じ八腕形目マダコ科の伊予灘のマダコにおいてもっとも当てはまりが良かったロジスティック式⁶⁾を用いて本海域での成長を以下の式により求めた。

$$Lt=L \infty / (1 + \exp(-A \sin(2\pi(t-s) / 12) - b + ct))$$

ただし Lt : 月齢 t 時の推定外套腹面長 (cm)

$L \infty$: 最大到達外套腹面長 (cm)

A : 成長の季節変動周期

t : 月齢

s : 周期関数の原点からのずれ

b : 定数

c : 定数

各パラメータは, ソルバーを用いて最小二乗法により求めた。

月齢 t 時の推定外套腹面長は, 2. 発生群の発生群分解で得られた2006年発生群から2011年発生群の6ヵ年分の平均外套腹面長を月別に平均したものをを用いた。また, 発生時(月齢0)の外套腹面長は, 山本⁵⁾の報告より0.73cmと仮定した。

結果

1. 成熟

(1) 雌雄比

月別雌雄比の推移を図2に示した。これによると, 雌の比率はおおむね1~2月, 6~7月, 10月頃に高まったが, 全般には雄の比率が高く, 両者がほぼ同率となったのは2012年2, 6, 10月のみであった。また, 9月には2011年, 2012年ともに雄がほとんどを占めた。

期間をとおしてみると, 雌雄比は雄63%, 雌37%で, 若干雄に偏っており, 有意な差が見られた (t -test, $p < 0.01$)。

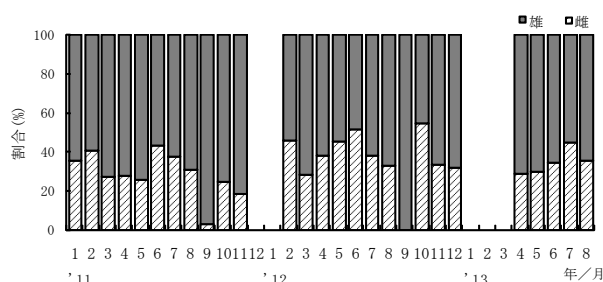


図2 年別月別の雌雄比

(2) 性成熟度の推移

成熟度の指標である雄の MIM, 雌の GSI について, 月別の平均値の推移を図3に示した。雄の MIM をみると, 各年の傾向はほぼ一致し, 1~4月は低水準であったが, 5月から徐々に上昇し, 9~10月頃にピークを迎えた後, 11~12月には再び低水準となった。2012年は1~6月の値が他の年より値が高かったが, 7月には3ヵ年ともおおむね同じ値となった。雌の GSI についても各年ほぼ同様で, 1~6月は低水準であったが, 7~9月にかけて急激に上昇した後, 急降下し, 10~12月には低水準となった。

雌雄を比較すると, それぞれの値はともに9月にピークを示したが, 雌は雄に比べ激しい変化を示した。

卵径の月別の推移を図4に示した。卵径は各年とも1~3月が約0.6mm 前後で推移したが, 4~6月に徐々に大きくなり, 7月に急激に増大し, 8月に最大となった。また, 人工飼育で産みつけられた卵の短径が4~6mm⁷⁾であったという報告から, 短径4mm 以上の卵を持つ雌を成熟個体とみなし, その出現率を図5に示した。成熟個体の出現率は7月から急激に高まるとともに, 2011年では8~9月に100%となるなど, GSI や卵の短径と似た傾向を示したものの, より急激な変化が伺えた。

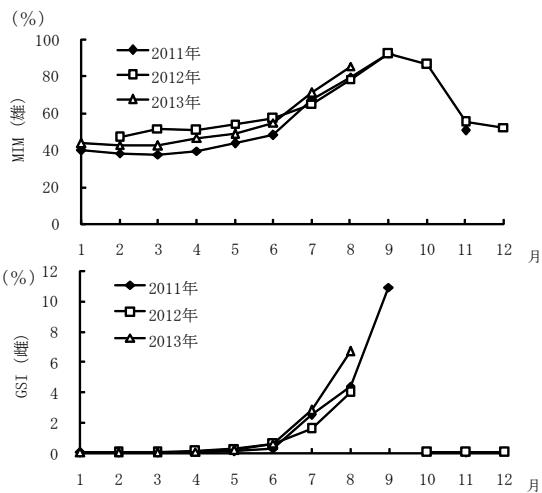


図3 MIM (上段) と GSI (下段) の推移

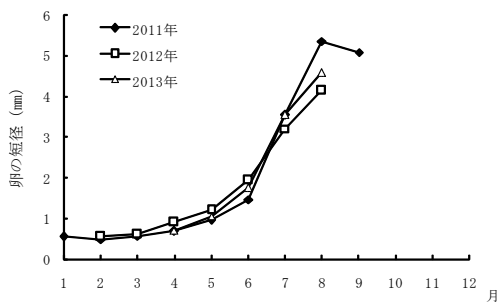


図4 卵径の月別推移

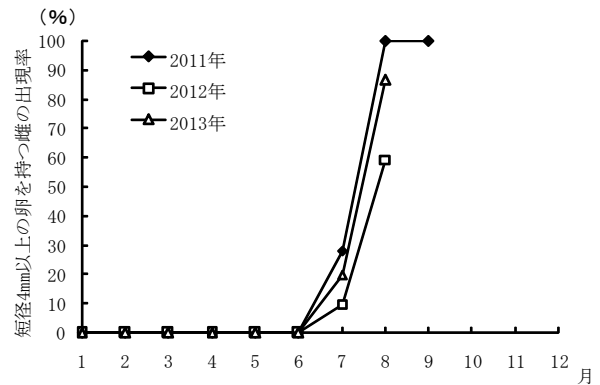


図5 短径4mm以上の卵を持つ個体(雌)の出現率

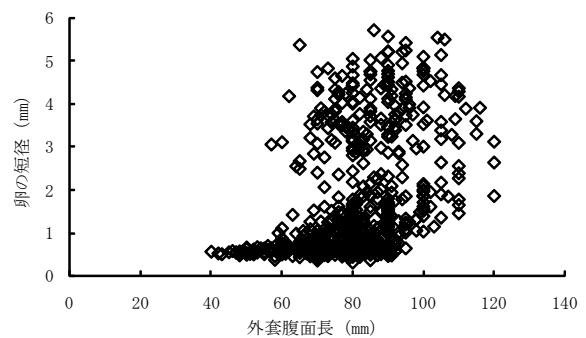


図6 雌の外套腹面長と卵の短径の関係

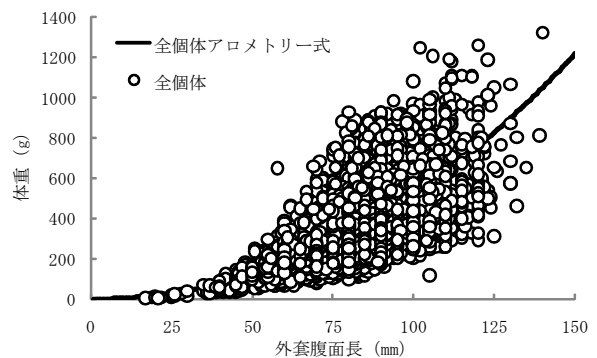


図7 雌雄別外套腹面長-体重関係

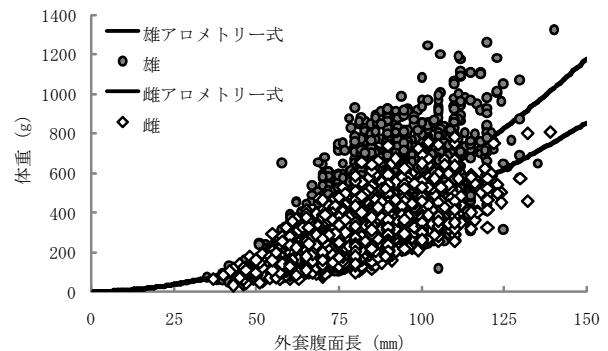


図8 全個体の外套腹面長-体重関係

次に、雌の外套腹面長と卵の短径との関係を図6に示した。これによると、短径4mm以上の卵は外套腹面長75mm程度の個体で認められ、90mm以上になると個体数の増加とともに、短径が増大する傾向が伺えた。

2. 発生群

(1) 外套腹面長と体重の関係

測定で得られた外套腹面長と体重のデータより、雌雄別の外套腹面長と体重の関係を図7に示した。一般に重量(Y)と体長(X)の関係は、アロメトリー(相対成長)式 $Y=aX^b$ (a, bは定数)で示されることから、ソルバーを用いて最小二乗法により係数 a, bを求め、雄、雌の外套腹面長と体重の関係式を以下に示した。

$$\text{雄: } Y=0.07X^{1.94} \quad (a=0.07, b=1.94)$$

$$\text{雌: } Y=0.122X^{1.77} \quad (a=0.122, b=1.77)$$

外套腹面長の範囲は雌雄共に40~120mmの範囲にあり、雌雄差はなかった(t-test, $p>0.05$)。

一方、最大体重は雄は1,321g、雌は810gで、雄の方が大きくなる傾向がみられた。なお、雌雄あわせた外套腹面長と体重の関係を図8に、関係式を以下に示した。

$$\text{雌雄: } Y=0.029X^{2.12} \quad (a=0.029, b=2.12)$$

(2) 発生群の分解

年別月別の外套腹面長組成並びに、最小二乗法、または最尤法により得られた混合正規分布を図9に示した。各月の外套腹面長組成をみると、明らかに組成が離れた大小2群が混在する月が2009年1月、2010年9月、2011年9月、2012年7~10月、2013年6月の計8回あり、その頻度は9月に多かった。この2群は、それぞれの組成の月推移や、前述の成熟時期が単峰型であることから判断して、発生年が異なる群と判断された。その他の月にも正規分布が比較的狭い範囲で複数に分かれる事例があり、原因として誕生月が異なるか、あるいは測定誤差も想定されたが、これも成熟状況からみて、同一時期に発生した群であり、各年一発生群として整理できると判断された。そこで、先の大小2群を異なる年の発生群として分離した上で、各年の発生群の傾向をよく示す正規分布を選択し、その平均外套腹面長を表1に示した。これによると、9月は平均外套腹面長41~44mmの小群と77~93mmの大群が存在し、10月には大群がほぼ消失した。その後残った群は翌年の9月まで成長を続け、翌月には消失した。

なお、外套腹面長が最小の群は2013年6月に20mmで出現した。

3. 成長

2006~2011年発生群の平均外套腹面長を月ごとに平均

して、月齢t時の推定外套腹面長を求めた。さらに産卵期を卵径4mm以上の個体が最も多く出現した9月と仮定し、孵化日はQIAN *et al.*⁷⁾、Kim and Kim⁸⁾の報告より2ヶ月後の11月とし、それを成長の起算月とした。また起算月の外套腹面長として孵化直後のサイズが必要であるが、本研究で得られた個体では、外套腹面長が最小17mmまでしか得ることができなかったため、これまでの報告(外套腹面長:7.3~8.4mm,²⁾8.5~11.5mm⁷⁾)をもとに、ここでは7.3mmと仮定した。これらのデータより、ソルバーを用いてロジスティック式を推定した。推定された各パラメータを表2に、上記の月別平均外套腹面長と推定された成長曲線を図10に示した。成長式の推定結果より、本海域のテナガダコの寿命は約2年と推定された。月齢1~7は成長式を求める際にデータがなかったが、2013年6月に出現した20mmの群が成長式の成長曲線によく一致していた。また水温の低い1~3月にかけて成長が鈍化していること、寿命が近づくにつれて成長が頭打ちになるなど、成長の変動を再現していた。

考 察

1. 成熟

雌雄比の月別変化をみると、雌の割合は2012年2, 6, 10月に多かったのみで、調査期間を通じて雄の割合が多く、全体の雌雄比には有意な差があった。また、雌の比率が7月から減少し、9月には雌がほぼなくなる特徴的な現象も認められた。韓国南西海産テナガダコに関する報告⁹⁾では7, 8, 9, 11, 12月のみ雄が多く、さらに全体の雌雄比に有意な差はなく、本研究の結果と異なった。しかし比率の変動傾向をみると、6月から雄が増加し、9月に雄の比率が年間最大となるなど、本研究と同様の傾向も示されていた。雌の比率が7月から9月にかけて減少する現象は、雌が交接後に巣穴に入って産卵し卵を保護する行動を有する⁸⁾ため、漁獲されにくくなるのが原因と考えられた。

雌のGSIは7~9月にかけて上昇し、10月に急減した。また、卵径は8~9月に平均値が最大となった。さらに過去の報告⁷⁾から、短径4mm以上の卵を持つ雌を成熟個体とした場合、その出現率が8~9月に急激に高まったことから、本海域のテナガダコの産卵期は7~9月、その盛期は8~9月であると推測された。一方、雄のMIMは5月頃から徐々に増加し、雌よりも早く成熟が始まる傾向が認められた。このように雄の成熟が雌に先行して始まっているという傾向はマダコでも報告³⁾されている。

福岡湾におけるテナガダコの成熟と成長

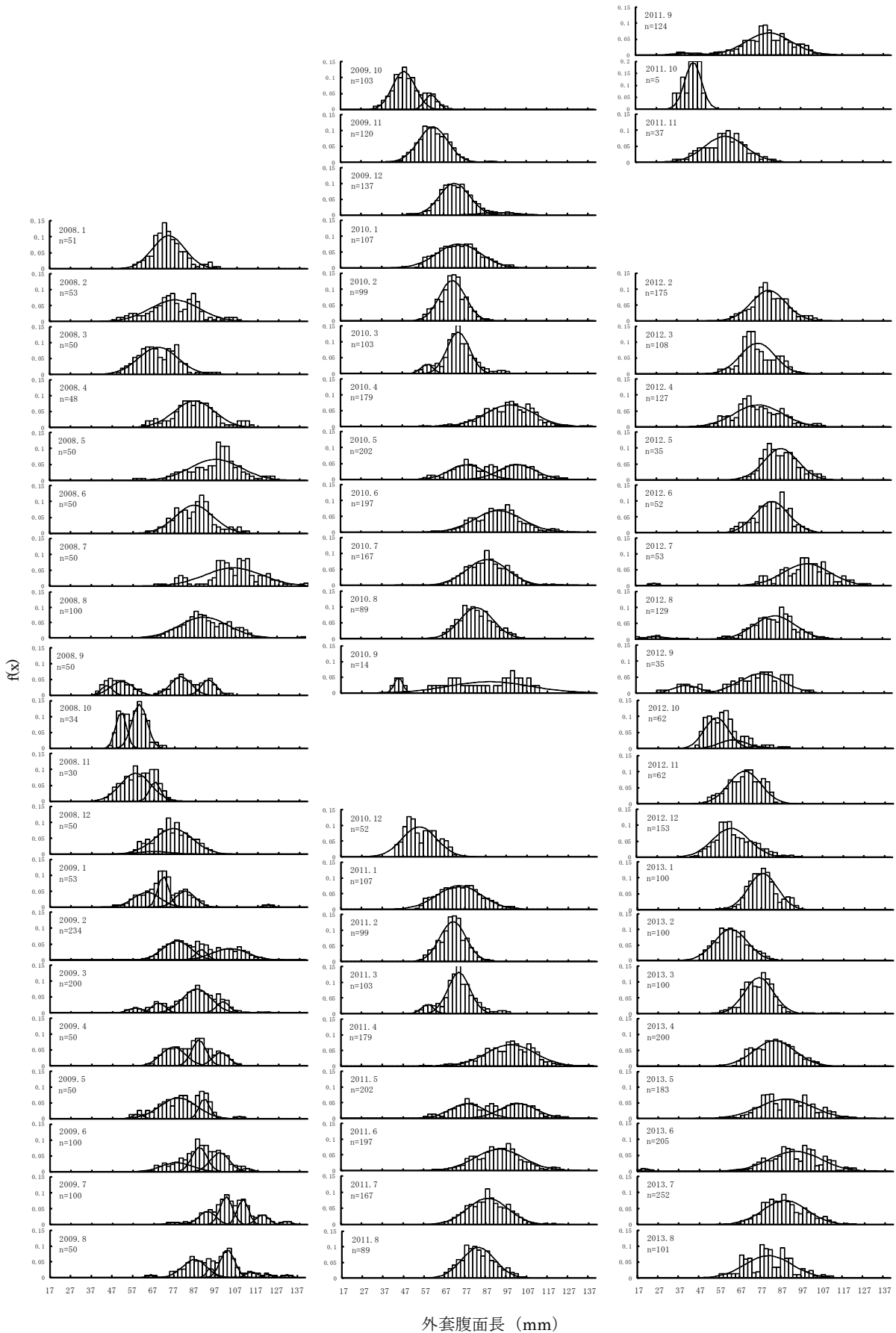


図9 外套腹面長組成及び混合正規分布

表1 正規分布から推定した発生群別平均外套腹面長の推移

'06年発生群		'07年発生群		'08年発生群		'09年発生群		'10年発生群		'11年発生群	
月	外套腹面長 (mm)	月	外套腹面長 (mm)	月	外套腹面長 (mm)	月	外套腹面長 (mm)	月	外套腹面長 (mm)	月	外套腹面長 (mm)
'07.7	-	'08.7	-	'09.7	-	'10.7	-	'11.7	-	'12.7	25.5
8	-	8	-	8	-	8	-	8	-	8	26.1
9	-	9	43.9	9	-	9	44.4	9	41.5	9	41.0
10	-	10	50.7	10	47.0	10	-	10	43.5	10	57.6
11	-	11	57.6	11	61.4	11	-	11	59.9	11	68.6
12	-	12	67.0	12	71.8	12	55.5	12	-	12	64.2
'08.1	73.6	'09.1	70.9	'10.1	74.5	'11.1	55.2	'12.1	-	'13.1	77.3
2	76.3	2	89.8	2	70.8	2	79.1	2	81.7	2	62.5
3	68.6	3	87.1	3	74.2	3	60.9	3	75.7	3	75.4
4	86.2	4	88.1	4	97.7	4	64.6	4	76.1	4	83.2
5	96.2	5	90.7	5	102.4	5	74.8	5	87.0	5	89.5
6	86.2	6	98.1	6	93.1	6	86.2	6	82.6	6	93.0
7	104.7	7	101.2	7	88.0	7	82.7	7	99.5	7	88.1
8	92.4	8	102.6	8	83.1	8	89.5	8	84.2	8	81.4
9	92.7	9	-	9	88.3	9	81.1	9	77.2	9	-
10	-	10	-	10	-	10	-	10	87.0	10	-

表2 推定された成長曲線のパラメーター

L∞ (cm)	A	s	b	c
9.0	0.0	1.3	4.1	0.4

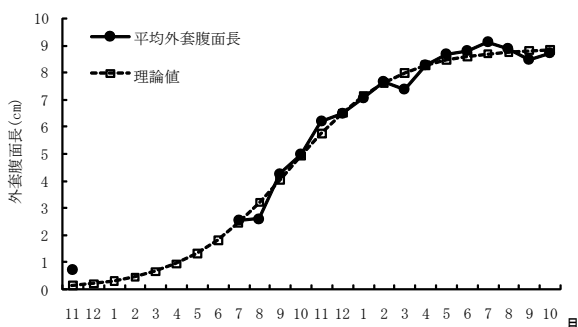


図10 推定された成長曲線と実測値

テナガダコの産卵期については各地でいくつかの報告がある。瀬戸内海のテナガダコは5~7月が産卵期¹⁰⁾と報告されている。これは本研究の結果より2ヶ月程度早い。また、韓国南海産テナガダコの産卵期は4月、¹¹⁾南東海産は5~6月、²⁾さらに南西海産では6~7月⁹⁾という報告と、それに加えて10~11月¹²⁾にも産卵期があると報告されており、地域によって産卵期の違いがあると考えられた。韓国南西海産のテナガダコは春産卵群と秋産卵群の2群がある¹²⁾と推測されているが、本海域のテナガダコは雌の GSI や卵径の経月変化等から夏産卵群のみと考えられる。

外套腹面長と卵の短径との関係を調べたところ、短径4mm以上の卵を持つ成熟個体とされる雌は、外套腹面長90mm以上で多くなることから、これらが産卵の主体になると考えられた。

なお、卵の短径は2012年7月に漁獲された個体の6.7mmが最高で、産卵盛期である8~9月の卵の短径は、平均4.8mmであった。山本は干潟の巣穴に産みつけられ

た短径7.0~7.9mmの卵を採集しており、²⁾本海域ではその卵よりも小さかった。本研究の供試個体は漁獲物であるため、雌が巣穴に入り漁獲されにくくなった後に、卵が大きくなる可能性が示唆された。

2. 発生群

外套腹面長と体重の関係式について、雄と雌の傾きの違いの有無を共分散分析によって検定した結果、99%水準で有意な差があった。これは外套腹面長の増加に伴う体重の増加率が雌よりも雄が大きいことを示している。雌は生殖に投資するエネルギーが多く、相対的に成長に投資するエネルギーが少ないため、成長が遅い⁹⁾という報告があり、本研究の結果からもこの報告の考察が支持される。

3. 成長

成長の基礎情報となる孵化までの日数については数件の報告がある。韓国南西海産の室内実験では、孵化まで20.9~21.5℃で73~90日間と報告され、⁸⁾中国では21~25℃で72~89日間であった。⁷⁾福岡湾では、産卵盛期である8~9月の水温が24~28℃¹³⁾で、孵化までの日数は他の報告とほぼ同じ2ヶ月程度だと考えられた。

以上のことから、本海域におけるテナガダコは、9月前後に生まれた卵が11月頃に外套腹面長約7mmで孵化し、その後、翌年の6月頃に20mm程度で混獲され、9月には40mm以上で本格的に漁獲され始める。さらに翌々年の7月には約90mm以上となり産卵に加わるとともに、10月頃には死亡し、約2年間の寿命であると推察された。韓国南西海産のテナガダコは7月に孵化して翌年7月に死亡する(寿命1年)と報告されている⁹⁾が、一方で韓国釜山のテナガダコは1年で成体となり、寿命は2年と報告²⁾されており、本研究と一致している。

本海域においてテナガダコは年に1回夏期に産卵し、これが翌々年まで成長し、産卵後に死亡すると考えられた。

テナガダコは浮遊期間がない⁸⁾ことから、本海域で生活史が完結しているものと思われる。そのため、他の海域から資源が供給されることはなく、対象海域を限定し資源管理に取り組みやすい魚種であるともいえる。今後、テナガダコ資源を維持していくためには、今回明らかとなった福岡湾特有の産卵期や寿命を考慮した上で、漁獲量の管理等に取り組むことが重要である。

文 献

- 1) 瀧 巖.テナガダコ. 新日本動物図鑑(中)(岡田要, 内田清之助, 内田淳編). 北隆館, 東京. 323(1965).
- 2) 山本孝治. テナガダコの生態, 特にその産卵習性について. *VENUS*, 12, 1-2(1942).
- 3) 坂口秀雄, 荒木晶, 中園明信. 伊予灘北東海域におけるマダコの性成熟. *水産海洋研究*, 67(2), 254-260(2003).
- 4) 五利江重昭. MS-EXCEL を用いた混合正規分布のパラメータ推定. *水産増殖*, 50(2), 243-249(2002).
- 5) 上田拓. 関門地区におけるマダコの成熟ならびに成長. *福岡水産海洋技術センター研究報告*, 20, 1-9(2010).
- 6) 坂口秀雄. 伊予灘東部海域におけるマダコの資源生物学的研究. *愛媛県水産試験場研究報告*, 12, 25-94(2006).
- 7) QIAN Yao-Sen,ZHENG Xiao-Dong,LIU Chang,WANG Pei-Liang, LI Qi.Studies on The Reproductive Habit and Embryonic Development of *Octopus minor* under the Artificial Conditions. *Ocean ologia et Limnologia Sinica*, 44(1), 165-170(2013).
- 8) Dong-Soo Kim, Jaeman Kim. Spawning and Hatching of *Octopus minor*. *Journal of the Korean Fisheries Society*,40(4), 243-247(2007).
- 9) Dong-Soo Kim, Jaeman Kim. Sexual Maturity and Growth Characteristics of *Octopus minor*. *Journal of the Korean Fisheries Society*,39(5), 410-418(2006).
- 10) 東出遼介. 瀬戸内海におけるテナガダコ *Octopus minor* の資源生態学的研究. 修士論文, 広島大学大学院, 広島県. 2007.
- 11) Kim, S. T. , J. Y. Kim, J. I. Kim and S. D. Hwang. Growth and spawning of common octopus (*Octopus minor*) in southern coast of Korea. *Proceeding Symposium Fisheries Science Society*, 362-363(2004).
- 12) Dong-Soo Kim. Development of breeding technique for *Octopus minor*. Case Reports on the Propagation of Outstanding Fisheries Techniques. *Ministry of Maritime Affairs and Fisheries , Korea*, 5-24(2000).
- 13) 片山幸恵, 江藤拓也. 貝毒成分・有害プランクトン等モニタリング事業(1)赤潮調査. 平成23年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, 82-86(2011).

