

宮城県沿岸域で漁獲されたヤリイカの日齢と成長

増田義男^{1†*}, 小野寺恵一¹, 片山知史²Age and growth of spear squid (*Heterololigo bleekeri*) caught in the coastal water off Miyagi PrefectureYoshio MASUDA^{1†*}, Keiichi ONODERA¹ and Satoshi KATAYAMA²

2014年7月から2015年6月の1年間に宮城県沿岸域で漁獲された288個体のヤリイカについて、平衡石を用いた日齢解析を行い、孵化時期の推定及び成長様式を明らかにした。

日齢と外套長の関係について、ロジスティックの成長式が適合し、雄及び雌の成長式は、それぞれ $M.L.=312/(1+e^{4.87-0.0294t})$ 、 $M.L.=225/(1+e^{4.68-0.0317t})$ で示された。雌雄の成長差について、 F 検定を行った結果、有意な差が検出され($F=44.2, p<0.01$)、雄のほうが雌より成長が良いことが確認された。日齢解析から推定されたヤリイカの孵化時期は2月から9月であり、その主な時期は4月から6月であることが明らかとなった。

Age and growth of the spear squid, *Heterololigo bleekeri*, from 288 squids caught in the coastal water off Miyagi Prefecture from July 2014 to June 2015 were examined using a statolith microstructure.

The logistic growth equation was well fitted to examine the relationship of age and mantle length. The growth equations were shown as follows, $M.L.=312/(1+e^{4.87-0.0294t})$ for male and $M.L.=225/(1+e^{4.68-0.0317t})$ for female, where M.L. is mantle length in mm and t is age in days. A significant difference in growth equations between males and females was detected, which confirmed that males grew bigger than females ($F=44.2, p<0.01$). The hatching periods of *H. bleekeri* were estimated to be from February to September, with the main periods being from April to June.

Key words: *Heterololigo bleekeri*, spear squid, statolith microstructure analysis, growth

はじめに

ヤリイカ (*Heterololigo bleekeri*) は、北海道東海域を除く日本周辺に広く分布し、スルメイカやアカイカと比較すると沿岸性が強く、大規模な回遊は行わずに産卵場と索餌場を往復する深淺移動を行うと考えられている (通山, 1987)。宮城県で漁獲されるヤリイカについては、太平洋北部個体群と太平洋南部個体群を合わせた太平洋系群に含

まれ、毎年資源評価が行われているが (酒井ほか, 2016)、伊藤 (2007) によれば、宮城県から茨城県で漁獲されるヤリイカは、同一資源の太平洋北部個体群であると考えられている。東日本大震災後、千葉県以北の太平洋北部において、ヤリイカの漁獲量が急増しており (益子, 2014; 服部ほか, 2015)、宮城県のヤリイカ資源については中位から高位水準にある (増田, 2015b)。

ヤリイカは、宮城県では冬季において、底びき網漁業をはじめとする沿岸漁業の重要魚種であり、特に10トン以上50トン未満の底びき網漁業者に対しては、ヤリイカの好不漁が漁家経営に大きな影響を及ぼす。また、2012年から2016年にかけて本県では釣りスルメイカの不漁が続いていることから、小型イカ釣り漁業者もスルメイカから資源が豊富なヤリイカやマダラへと対象魚種の変更を行っており、それらの資源動向についての関心が非常に高い。本県を含むヤリイカ太平洋北部個体群の資源に関する研究については、過去に数例存在するのみであったが (松井, 1973; 松井, 1974)、近年の資源量の増加により、ヤリイカ

2016年6月17日受付, 2016年12月6日受付

¹ 宮城県水産技術総合センター

Miyagi Prefecture Fisheries Technology Institute, Ishinomaki, Miyagi 986-2135, Japan

* 現所属: 宮城県農林水産部水産業振興課

Present address: Fishery Industry Promotion Division, Agriculture, Forestry and Fisheries Department, Miyagi Prefecture, Sendai, Miyagi 980-8570, Japan

² 東北大学大学院農学研究科水産資源生態学分野

Laboratory of Fisheries Biology and Ecology, Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Sendai, Miyagi 981-8555, Japan

† masuda-yo943@pref.miyagi.jp

資源への関心が高まったことから、徐々に知見が蓄積しつつある（益子, 2014; 長谷川, 2015; 服部ほか, 2015; 益子ほか, 2015; 増田2015a; 増田2015b; 佐久間, 2015）。また, 2014年以降, 千葉県, 茨城県, 福島県及び宮城県の4県の各水産試験場では, ヤリイカの漁獲情報等について共有化を図り, 生息水温とともに分析し, 太平洋北部に生息するヤリイカ資源の分布回遊を明らかにする取り組みが開始されたばかりである（益子ほか, 2015）。

魚類や頭足類の資源構造を明らかにするためには, 成長や成熟等の基礎的な生物学的データの蓄積が不可欠であり, 頭足類については, 平衡石を用いた日齢解析によって, 成長や発生時期等を推定することができる。頭足類の日齢解析は, 個体の日齢を直接推定するため, 漁獲物の外套長組成に基づく方法に比べ, 高い精度での成長推定が可能であるとされている（菅原ほか, 2013）。ヤリイカの平衡石を用いた日齢解析については, 日本海側を中心に行われてきたが（木下, 1989; 村山・北沢, 2004）, 太平洋北部にお

ける本系群の成長については, 外套長組成の経時変化に基づく解析しか行われていない（松井, 1973; 益子, 2014）。そこで本研究では, 宮城県で漁獲されたヤリイカの日齢解析を行い, 孵化時期及び成長様式を明らかにすることを目的とした。

材料と方法
サンプリング

2014年7月から2015年6月の間, 月に1から4回程度, 沖合底びき網（以下; 沖底）, 定置網で漁獲され, 石巻魚市場及び女川魚市場に水揚げされたヤリイカ2,159個体を購入し, 標本とした（Table 1）。なお, これらの標本は「我が国周辺水域資源評価等推進委託事業」において入手したものである。また, 2014年9月及び10月に県の漁業調査指導船「みやしお」による着底トロール調査において採取されたヤリイカ104個体についても標本として使用した（Table 1）。採取したサンプルは, 宮城県水産技術総合セン

Table 1. Samples used for age determination of spear squid caught in the coastal water off Miyagi Prefecture from July 2014 to June 2015.

Sampling date	Sampling gear	Sampling location			Sample size for body measurement (n)	Sample size for age determination (n)
		Latitude (N)	Longitude (E)	Sampling depth (m)		
July 14	Set net	38° 17'	141° 35'	60	50	18
July 17	Set net	38° 17'	141° 35'	60	50	
Aug. 4	Set net	38° 14'	141° 29'	40	100	
Aug. 27	Set net	38° 14'	141° 29'	40	100	22
Sep. 12	Bottom trawl by research vessel	38° 10'	141° 24'	70	66	
Sep. 16	Bottom trawl	38° 43'	141° 40'	150	137	29
Sep. 17	Set net	38° 17'	141° 35'	60	14	13
Oct. 16	Set net	38° 14'	141° 29'	40	11	
Oct. 16	Bottom trawl by research vessel	38° 10'	141° 24'	70	16	
Oct. 16	Bottom trawl by research vessel	38° 05'	141° 19'	50	22	
Oct. 21	Bottom trawl	38° 01'	141° 31'	130	50	23
Oct. 23	Set net	38° 19'	141° 33'	40	41	
Nov. 13	Bottom trawl	38° 30'	141° 41'	150	148	38
Nov. 28	Set net	38° 23'	141° 35'	60	100	
Dec. 10	Bottom trawl	38° 16'	141° 43'	150	189	33
Dec. 19	Set net	38° 23'	141° 35'	60	100	
Jan. 13	Bottom trawl	38° 57'	141° 39'	130	138	27
Jan. 20	Set net	38° 23'	141° 35'	60	70	
Feb. 12	Set net	38° 23'	141° 35'	60	100	
Feb. 24	Bottom trawl	38° 22'	141° 39'	80	177	21
Feb. 26	Set net	38° 18'	141° 35'	50	131	
Mar. 13	Set net	38° 18'	141° 35'	50	160	20
Apl. 16	Set net	38° 17'	141° 33'	40	127	10
May. 15	Set net	38° 14'	141° 29'	40	100	19
June 15	Bottom trawl	38° 08'	141° 25'	80	27	
June 16	Set net	38° 18'	141° 35'	50	39	15
Total					2,263	288

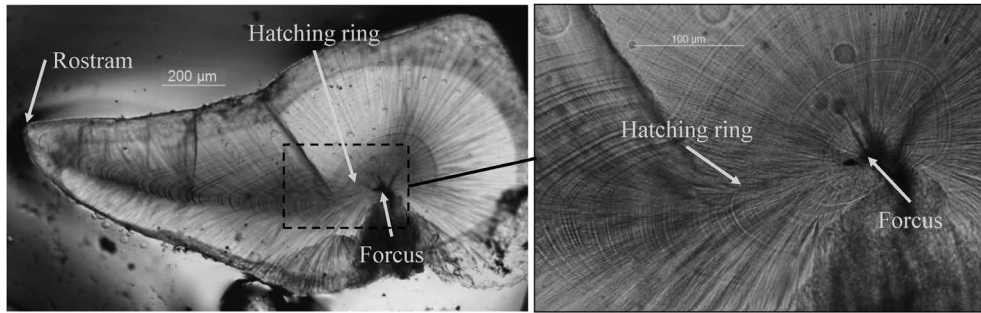


Figure 1. Photomicrograph of spear squid statolith with a ground surface.

ターの生物測定室へ持ち帰り, 外套長 (M.L.), 体重, 雌雄ごとの生殖腺重量を測定した。

平衡石の研磨及び検鏡

各月に測定したヤリイカから, 外套長範囲を網羅するように一部個体 (14から50個体) を選択し, 左右の平衡胞から平衡石を摘出した。採取した平衡石は, 蒸留水で洗浄した後, 99%エタノールで脱水し, 熱可塑性樹脂 (Crystal bond 509 Amber Aremeo Products Inc.) によってスライドガラスに固定した。固定した平衡石は, 耐水性サンドペーパー (#2000) 及び酸化アルミニウム研磨シート (9µm, 1µm) を用いて, 実体顕微鏡 (OLIMPUS SZX7) 及び正立顕微鏡 (OLIMPUS DX53) 下で核付近が明瞭になるまで両面研磨を行った。なお, 平衡石の研磨は基本的に右側から採取した平衡石を使用したが, 紛失や破損した場合には左側の平衡石も使用した。輪紋の計数は, 正立顕微鏡 (LEICA DM2500) に接続された画像解析システム (LAS: Leica Application Suite) を用いた。輪紋の読み取りは, 木下 (1989) と同様に平衡石の焦点付近に存在する孵化輪から吻部方向へ向かって実施し (Fig. 1), 1標本につき2回以上計数した。日齢は, 輪紋の計数値の標準偏差が平均値の5%以下となる2つまたは3つの計数値の平均値とした。孵化日は, 漁獲日から査定した日齢を差し引いて推定し, それを基に推定孵化時期を月単位でまとめた。なお, ヤリイカの日輪の形成については, 孵化以前の輪紋には日周性はないが, 孵化後の輪紋に日周性があることが知られており (古川・桜井, 2007), 本研究で採用した孵化輪からの輪紋計数による日齢解析は妥当であると言える。

成長曲線の当てはめ

平衡石の輪紋の計数が可能であった雄164個体, 雌116個体を用いた。性別不明な8個体については, 雌雄双方の成長式推定に用いた。外套長と日齢の関係をMicrosoft Excelのsolver機能を使用し, 非線形最小2乗法によりロジスティック, ゴンペルツの成長式に当てはめた。適合度の比較には, 赤池情報量規準 (AIC) を用いた。また, 雌雄間での成長の差を明らかにするため, *F*検定を行った。

結果

外套長組成

Fig. 2に2014年漁期 (2014年7月から2015年6月) に宮城県沿岸で漁獲されたヤリイカの月別雌雄別の外套長組成を示す。

ヤリイカの雄は, 7月に外套長70 mmモード, 8月に90 mmモードの小型のヤリイカが定置網によって混獲された。9月になると, 性別不明の30 mmモードの非常に小さな個体が定置網で混獲されたが, 調査船や沖合底びき網では90 mmモードの小型群と160 mmモードのやや大型の群れが漁獲の主体となった。10月になると外套長はいったん小型化し, 90 mmモードの小型群が漁獲されたが, 11月になると180 mmと210 mmモード, 12月には190 mmと240 mmモードの2峰型となり, 外套長は徐々に大型化した。また, 12月には300 mm以上の大型の個体も混じるようになった。1月になると, 180 mm, 230 mm, 290 mmモード, 2月には170 mm, 210 mm, 290 mmモードの多峰型となった。また, 2月には調査期間中最大となる外套長405 mm, 体重493.9 gの非常に大きな個体も漁獲された。3月になると, 外套長は小型の群れが混じり, 140 mm, 180 mm, 240 mm, 280 mmモードの多峰型となった。4月以降もモードは多峰型で推移し, 4月は200 mm, 280 mm, 340 mmモード, 5月は160 mm, 250 mm, 300 mmモード, 6月は190 mm, 290 mm, 320 mmモードとなった。

一方, ヤリイカの雌は, 7月に外套長70 mmモード, 8月に80 mmモードの小型のヤリイカが定置網によって混獲された。9月になると, 性別不明の30 mmモードの非常に小さな個体が定置網で混獲されたが, 調査船や沖合では90 mmモードの小型群と140から150 mmモードのやや大型の群れが漁獲の主体となった。10月になると雄同様に外套長はいったん小型化し, 90 mmモードの小型群が漁獲された。11月になると外套長は大型化し, 180 mmモードのヤリイカが漁獲され, 以降2月まではほとんど大きさが変わらず, モードは180 mmから200 mmの範囲の単峰型で推移した。また, 1月には調査期間中最大となる外套長309 mm, 体重348.3 gの非常に大きな個体が漁獲されたが, 外套長が300 mmを超える雌は, 調査期間中この1個体の

ヤリイカの日齢と成長

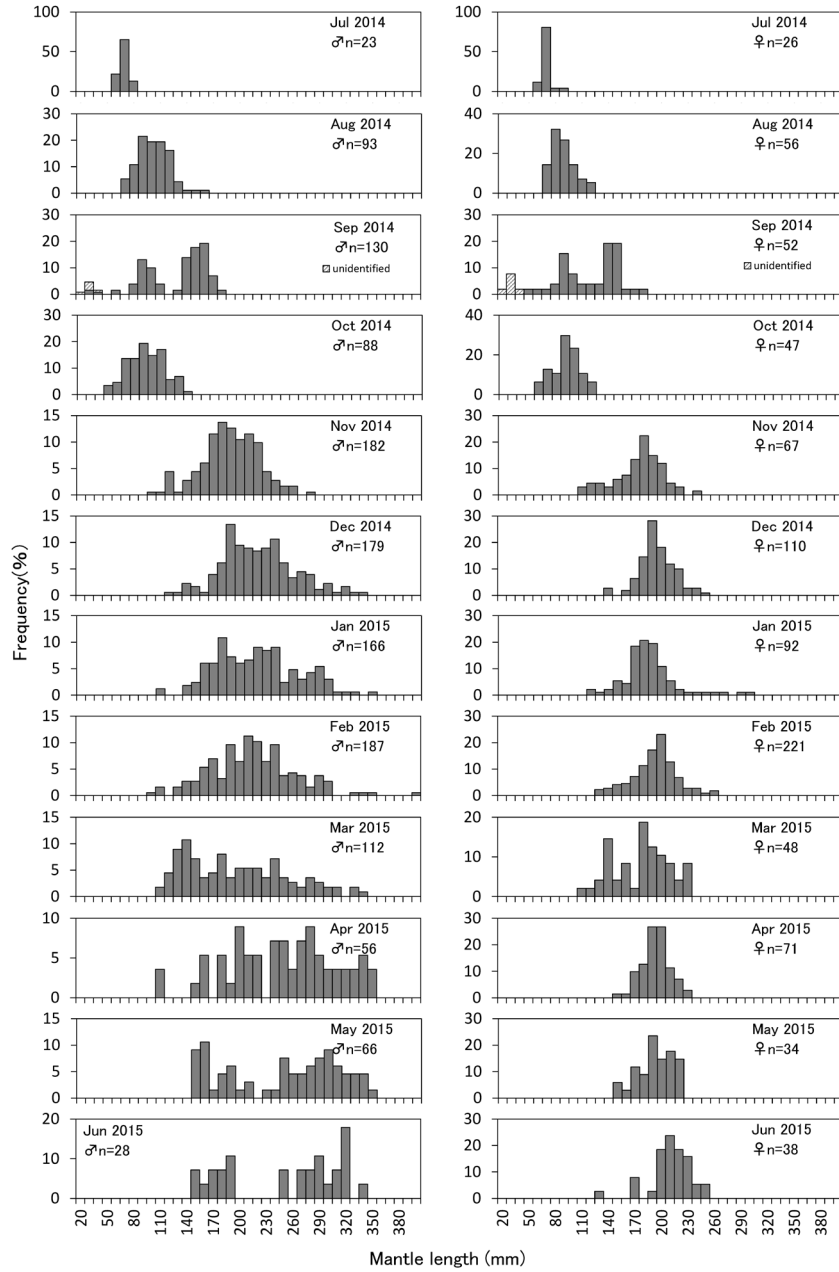


Figure 2. Mantle length distributions of spear squid caught in the coastal water off Miyagi Prefecture from July 2014 to June 2015. Left and right figures show male and female, respectively.

みであった。3月になると、外套長は小型の群れが混じり、140 mm, 180 mm モードの2峰型となったが、4月以降は再び190から210 mmの範囲の単峰型で推移した。

日齢解析による成長様式

査定された日齢と外套長の関係について、AICによる成長モデルの適合度を比較した結果、ロジスティックの成長式が最も適合した (Table 2)。得られた雌雄ごとの成長式は以下のとおりである。

$$\text{雄} : M.L. = 312 / (1 + e^{4.87 - 0.0294t})$$

$$\text{雌} : M.L. = 225 / (1 + e^{4.68 - 0.0317t})$$

ここで、M.L.は外套長 (mm)、 t は日齢を表す。

成長式から推定された雄の外套長は、100日齢で40 mmになり、100日齢以降急激に成長が早まり、140日齢で100 mm, 163日齢で150 mm, 186日齢で200 mm, 213日齢で250 mmに達し、240日齢以降は成長が緩やかとなり、275日齢で300 mm以上となった (Fig. 3)。また、雄の最大日

Table 2. Result of fitted relationship between estimated age and mantle length to candidate growth models for spear squid caught in the coastal water off Miyagi Prefecture from July 2014 to June 2015.

Sex	Growth equation	AIC
Male	Logistic	1,748
	Gompertz	1,754
Female	Logistic	1,170
	Gompertz	1,180

AIC: Akaike's information criterion.

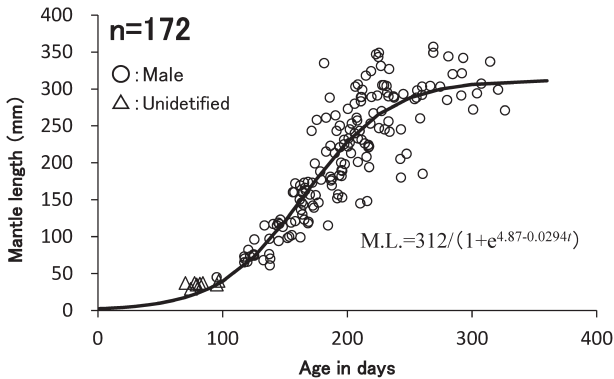


Figure 3. Relationship between age and mantle length for the male spear squid caught in the coastal water off Miyagi Prefecture from July 2014 to June 2015.

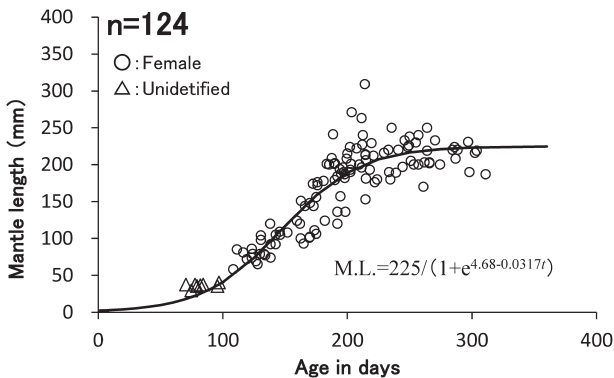


Figure 4. Relationship between age and mantle length for the female spear squid caught in the coastal water off Miyagi Prefecture from July 2014 to June 2015.

齢は、5月に採取された外套長271 mmの327日齢であった。

一方、雌の外套長は、100日齢で41 mmとなり、雄と同様に100日齢以降から急激に成長が速まり、140日齢で101 mm、170日齢で151 mmに達し、210日齢以降は成長が緩やかとなり、213日齢で200 mmとなった (Fig. 4)。また、

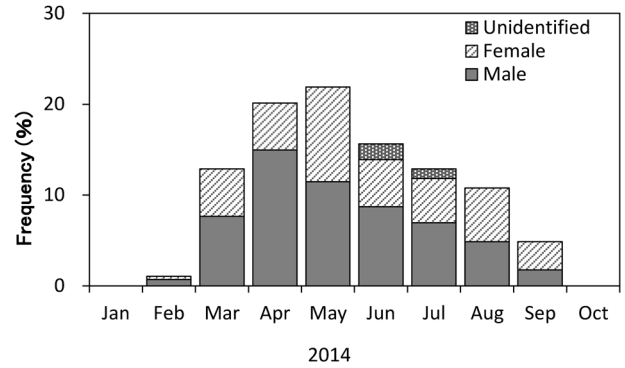


Figure 5. Estimated hatching month of spear squid caught in the coastal water off Miyagi Prefecture from July 2014 to June 2015.

雌の最大日齢は、5月に採取された外套長187 mmの311日齢であった。

雌雄の成長差を赤嶺 (2004) に従って *F* 検定を行った結果、有意な差が検出され ($F=44.2, p<0.01$)、雄のほうが雌より大型になることが確認された。また、雌雄ともに個体によって成長差にばらつきがみられるが、特に雄ではその差が大きく、日齢の経過とともに増大する傾向が見られた。

孵化時期の推定

Fig. 5に漁獲日から日齢を差し引いて求めた推定孵化月を示す。本研究で得られたヤリイカの孵化時期は、2月から9月の長期間に及ぶことが認められた。また、本県におけるヤリイカの孵化のピーク時期は、4月から6月であった。

考察

成長様式

本研究の日齢解析の結果、ヤリイカの最大日齢は雄が327日齢、雌が311日齢であったことから、既往の知見 (木下, 1989) と同様にヤリイカの寿命は約1年であることが再確認された。

ヤリイカの外套長は、一般的に雄のほうが大きくなることが知られており、本県で漁獲されたヤリイカでは11月以降に外套長の大きな雄が漁獲され、雌雄差が明瞭となり、雌雄差には統計的な有意な差が見られた。また、10月以降、雄のヤリイカは多峰型を示すようになり、外套長のばらつきが大きくなる傾向にあったが、雌のヤリイカは10月から6月までほぼ単峰型のモードで推移し、外套長の個体差は雄に比べ小さかった。このことは、常磐海域、日本海や青森県沿岸域で漁獲されるヤリイカでも同様に報告されている (松井, 1973; 村山・北沢, 2004; 伊藤, 2007)。村山・北沢 (2004) は、漁期終盤の雄の平均外套長の小型化と体長組成に現れる複数モードについて、あまり移動しない成長の遅い雄の小型群と、漁場外から加入してくる成長速度の大きい雄の大型群の存在によるものと推察してい

る。本研究での平衡石による輪紋解析の結果、漁期後半にみられた雄の外殻長組成の複数モードについては、日齢による差異は見られなかったことから、個体の成長速度の差が外殻長組成に影響するものと考えられる。また、Iwata *et al.* (2005) が指摘するように、雄の場合、異なる繁殖戦略を持つ大型雄と小型雄 (sneaker) が存在することも外殻長に複数モードが現れた要因のひとつであると考えられる。

本研究で得られたヤリイカの成長は、雌雄ともに木下 (1989) が報告したヤリイカの成長式 (雄: $M.L.=299/(1+e^{3.99-0.0194t})$, 雌: $213/(1+e^{4.80-0.0258t})$) より高成長となった。村山・北沢 (2004) によると、日本海南西海域 (対馬から島根沖) よりも能登半島以北の沿岸で採取されたヤリイカは成長が良いと指摘されており、北日本に位置する本県でもヤリイカは高成長である可能性がある。この原因については、低水温下での胚発生は孵化時の体長が大型化し、初期摂餌および捕食者からの逃避に有利であること (Arkhipkin *et al.*, 2000)、ヤリイカの孵化後の幼生の成長は水温に依存すること (古川・桜井, 2007)、餌密度により成長差があること (Ikeda *et al.*, 2005) などから、水温環境や餌料環境が影響しているものと考えられる。海域間の漁獲量の月別推移を比較したところ、宮城県から茨城県で漁獲されるヤリイカは同一資源の太平洋北部個体群であり (伊藤, 2007)、近年の研究では宮城県から千葉県の間を適水温帯の影響を受けて移動回遊していると考えられている (益子ほか, 2015)。また、同個体群の産卵場は底層の水温 (適水温: 8°C前後) の分布によって左右されるが、主産卵場は、茨城県鹿島灘沿岸の水深20 mから80 mの岩礁域や同海域沖の水深65 mから100 mの転石が散在する砂泥域であると推定されている (益子, 2014; 益子ほか, 2015)。2014年4月から6月のヤリイカ孵化ピーク時には同海域において、黒潮からの暖水波及 (表層水温: 20°C前後) が見られたものの、6月以降に沿岸の低層には7°Cから9°Cの親潮系冷水が入り込んだことから (<http://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/suishi/kaiyu/kaikyosokuho/h26kaikyo.html>, 2016年6月26日)、ヤリイカは海底の岩礁に産みつけられた卵の胚発生時には低水温の影響で大型の稚仔として生まれ、浮遊稚仔として表層へ移動した際には水温の高い表層水の影響を受けて初期成長が良かった可能性が考えられる。また、2014年5月には仙台湾に位置する網地島周辺においてもヤリイカの産卵が確認されており (増田, 2015a)、同時期の網地島周辺の表層水温 (13.4°C) は平年より0.4°C高く、一方で底層水温 (7.1°C) は平年より0.7°C低く推移していたことから (<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/mtsc/gyokaikyo.html>, 2016年6月26日)、同様に卵の胚発生及び浮遊稚仔の初期成長にとって好適な水温環境にあったと言える。一方、餌料環境については、ヤリイカ稚仔のほとんどがカイアシ類を捕食していることが知られており

(通山ほか, 1987; 佐藤, 1991)、常磐から三陸にかけての黒潮水域、移行水域及び親潮水域におけるカイアシ類の生産量は5月から8月まで高いこと (奥村ほか, 1997) を加味すると、ヤリイカ孵化ピーク時には十分な量の食物生物が分布しているものと考えられる。また、ヤリイカは外殻長50 mmから90 mm以上になると魚食性が強くなることが知られている (佐藤, 1991)。本研究で示した成長曲線から推定した外殻長90 mmのヤリイカの孵化日は雌雄ともに135日であり、孵化ピーク時 (4月から6月) から135日後は、おおよそ8月から11月となる。2014年8月から11月の本県沿岸定置網では、ヤリイカの餌となっていたであろう8 cmから12 cm程度のカタクチイワシや10 cmから14 cm程度のマイワシが数多く漁獲されていたことから、本県沿岸のヤリイカは産卵期前まで十分な量の餌環境にあったと言える。以上のことから、孵化から稚仔期の好適な水温環境及び餌料環境、その後の成長に必要な十分な量の餌料環境という条件が続いたことが2014年漁期に漁獲された本県で漁獲されたヤリイカが日本海南西海域のヤリイカよりも高成長となった要因であると考えられる。ただし、本研究では、2014年7月から2015年6月の1年間に漁獲されたヤリイカの成長様式を明らかにしたものであり、年変動によってもヤリイカの平均外殻長は変化することが報告されていることから (伊藤, 2007)、海洋環境や餌料環境とともに各年級群の日齢解析を行うことにより、より詳細な成長様式を明らかにしていく必要がある。

孵化時期と産卵時期

本研究の日齢解析から推定されたヤリイカの孵化時期は、2月から9月となった。浜部 (1960) によると、ヤリイカの卵が産卵されてから孵化に要するまでの日数は30日から50日程度とみられており、その日数を40日と仮定し、本研究で推定された孵化日から産卵日を推定し、月別にまとめたところ、産卵時期は1月から8月の長期に及び主産卵時期は2月から5月と考えられた。松井 (1973) によれば、ヤリイカの生殖腺係数と肥満度から、常磐海域のヤリイカの産卵時期は12月下旬から5月までの比較的長期間にわたると推定している。また、益子 (2014) は、ヤリイカの漁獲情報と産卵適水温から、茨城県沖で漁獲されるヤリイカの産卵時期は4月から6月であり、漁船や調査船の底びき網へ付着したヤリイカの卵塊、卵の形状等から孵化時期は5月から8月頃と推定している。同一資源とされる常磐海域でのヤリイカの産卵時期におけるこのような過去の知見から、本研究の日齢解析から推定した孵化時期は妥当なものと考えられた。

今後の課題

宮城県の底びき網漁業者にとって、ヤリイカは冬場の重要な収入源であり、漁業者や市場関係者からのヤリイカの資源動向についての関心は非常に高い。また、2012年から続く釣りスルメイカの不漁により、高値で取引される釣り

ヤリイカに活路を見出す小型イカ釣り漁業者も多く、ヤリイカの漁場形成に関する知見を収集し、漁業者へ情報提供することは、本県の水産業の振興にとっても重要である。宮城県沿岸域におけるヤリイカの資源研究については、最近になってようやく行われ始め、生活史や回遊経路などについては未知な点が多かったが、本研究の結果、本県沿岸で漁獲されるヤリイカの成長や孵化時期等についての知見を初めて得ることができた。また、本研究で行ったヤリイカの日齢解析は、太平洋側での初の試みであり、今後も日齢解析を継続し、ヤリイカの成長様式を明らかにすることにより、本県で漁獲されるヤリイカの資源構造を解明し、漁況予測や資源管理手法の精度向上に役立てていく必要がある。一方で、ヤリイカが孵化した後に浮遊稚仔がどのように本県沿岸へ来遊するのかといった知見が不足しており、ヤリイカ太平洋北部個体群の初期の回遊経路と加入量が明らかにできていない。太平洋北部個体群の主産卵場と考えられる常磐海域で生まれた浮遊稚仔は、黒潮系暖流によって本県沿岸域へ流され、7月以降に本県沿岸に設置された定置網等で漁獲されると思われるが、今のところ有力な情報に欠けており、推測の域を脱していない。今後は常磐から本県沿岸までの浮遊稚仔分布調査を行うことにより、ヤリイカの回遊経路を明らかにし、初期のヤリイカの加入量を推定することで、資源動向や漁況予測の有力なツールとなりうるだろう。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、標本採取、漁獲情報提供にご協力いただいた株式会社山根漁業部、石巻魚市場株式会社、株式会社水川魚市場、宮城県近海底曳網漁業協同組合の皆様にご多大なるご協力を賜り厚く感謝申し上げます。また、頭足類の平衡石の研磨・検鏡技術の習得に当たり、研修を快く引き受けていただいた北海道区水産研究所の中村和好博士、山下紀夫博士、加賀俊樹博士にお礼申し上げます。精密測定、平衡石の研磨やデータ入力に際し、宮城県水産技術総合センター業務補助員阿部大樹氏には多大なるご助力を賜り、記して感謝申し上げます。

引用文献

- 赤嶺達郎 (2004) 魚類の成長式における検定とモデル選択. 水産海洋研究, **68**, 44-51.
- Arkhipkin, A. I., V. V. Laptikhovsky and D. A. Middleton (2000) Adaptations for cold water spawning in Loliginid squid: *Loligo gahi* in Falkland waters. *J. Moll. Stud.*, **66**, 551-564.
- 古川絃子・桜井泰憲 (2007) スルメイカとヤリイカの胚およびふ

- 化幼生の平衡石形成に対する水温の影響. 平成17年度イカ類資源研究会報告, 26.
- 浜部基次 (1960) ヤリイカ *Loligo bleekeri* KEFERSTEINの初期発生について. 日本海区水産研究所研究年報, **6**, 149-155.
- 長谷川淳 (2015) 銚子漁港におけるヤリイカの漁獲動向. 東北底魚研究, **35**, 165-166.
- 服部 努・柴田泰宙・成松庸二・伊藤正木 (2015) 宮城県から千葉県沖におけるヤリイカの移動回遊経路の推定. 東北底魚研究, **35**, 170-175.
- Ikeda, Y., I. Sakurazawa, K. Ito, Y. Sakurai and G. Matsumoto (2005) Rearing of squid hatchings, *Heterololigo bleekeri* (KEFERSTEIN 1866) up to 2 months in a closed seawater system. *Aquacul. Res.*, **36**, 409-412.
- 伊藤欣吾 (2007) 北日本ヤリイカ個体群の分布回遊と資源変動要因に関する研究. 青森県水産総合研究センター研究報告, **5**, 11-75.
- Iwata, Y., H. Munehara and Y. Sakurai (2005) Dependence of paternity rates on alternative reproductive behaviors in the squid *Loligo bleekeri*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **298**, 219-228.
- 木下貴裕 (1989) ヤリイカの日齢と成長について. 西海区水産研究所研究報告, **67**, 69-68.
- 益子 剛 (2014) 茨城県沖における震災後のヤリイカの漁獲動向について. 東北底魚研究, **34**, 81-94.
- 益子 剛・増田義男・佐久間徹・長谷川淳・服部 努 (2015) 茨城県におけるヤリイカ漁獲動向 (2013年漁期, 2014年漁期前半) と適水温について. 東北底魚研究, **35**, 158-164.
- 増田義男 (2015a) 宮城県沿岸で漁獲されたヤリイカの孵化時期の推定. 東北底魚研究, **35**, 138-145.
- 増田義男 (2015b) 宮城県におけるヤリイカの漁獲動向. 東北底魚研究, **35**, 146-154.
- 松井 勇 (1973) 常磐海域におけるヤリイカの産卵期および成長. 日本水産学会東北支部会報, **24**, 7-12.
- 松井 勇 (1974) 福島県沿岸産ヤリイカ資源の漁業生物学-II. 分布及び移動. 福島農業試験場研究報告, **2**, 9-18.
- 村山達朗・北沢博夫 (2004) 日本海におけるヤリイカの成長と成熟. 平成15年度イカ類資源研究会報告日本海のヤリイカ, 31-42.
- 奥村 裕・下田 徹・佐々木克之 (1997) 三陸沖-房総沖における橈脚類による生産力の季節変化について. 中央水産研究所研究報告, **10**, 97-122.
- 酒井光夫・加藤慶樹・服部 努・梨田一也 (2016) 平成27年度ヤリイカ太平洋系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁増殖推進部・(独) 水産総合研究センター, 1911-1927.
- 佐久間徹 (2015) 福島県沖のヤリイカ資源状況. 東北底魚研究, **35**, 155-157.
- 佐藤雅希 (1991) ヤリイカの食性について. 平成2年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告, 84-90.
- 菅原美知子・山下紀生・坂口健司・佐藤 充・澤村正幸・安江尚孝・森 賢・福若雅章 (2013) 太平洋を回遊するスルメイカ冬季発生系群の成長に及ぼす孵化時期と性差の影響. 日本水産学会誌, **79**, 823-831.
- 通山正弘 (1987) 土佐湾におけるヤリイカの産卵期の推定. 漁業資源研究会議西日本底魚部会報, **15**, 5-18.
- 通山正弘・坂本久雄・堀川博史 (1987) 土佐湾におけるヤリイカの分布と環境との関係. 南西外海の資源・海洋研究, **3**, 27-36.