

鹿児島県海域で採集されたモジャコ（ブリ稚魚）の日齢と成長

宍道弘敏^{1†}, 水野紫津葉², 小松輝久^{2,3}

Age in days and growth of juvenile yellowtail, *Seriola quinqueradiata*, caught in waters off Kagoshima Prefecture, southwestern Japan

Hirotoishi SHISHIDOU^{1†}, Shizuha MIZUNO² and Teruhisa KOMATSU^{2,3}

我々は、ブリの主産卵場である東シナ海から鹿児島県海域へのモジャコ（ブリ稚魚）来遊予測技術の開発を行っている。この一環として、2010～2012年3～4月に鹿児島県海域で採集されたモジャコ計343尾の尾叉長と耳石日輪解析結果から日齢と孵化日を推定し、成長を調べた。耳石解析で得られたモジャコの日齢範囲は22～69日齢で、孵化日は、3月採集群が1月中旬～2月中旬、4月採集群が2月上旬～3月中旬と推定され、孵化日範囲に年による大きな差はなかった。日齢と尾叉長の関係に基づいた成長速度は、2012年4月採集群、2010～2011年4月採集群、2010～2012年3月採集群の順に速かった。さらに、本研究で用いた採集群の成長速度は、先行研究で報告された例（1992年5月、東シナ海の五島周辺採集）よりも速かった。発生時期及び発生海域の違いに起因する経験水温の違いが、採集群間及び先行研究との標本間における成長差の一因であると考えられる。

キーワード：モジャコ、ブリ稚魚、耳石日齢査定、成長

We are developing a system to estimate a migration period of juvenile yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) in waters off Kagoshima Prefecture. As a part of this research, ages in days and growths of juvenile yellowtail associated with floating seaweeds were examined with an analysis of otolith daily increments. Sagittal otoliths were obtained from 343 juvenile yellowtails caught in waters off Kagoshima Prefecture in March and April from 2010 to 2012. The analysis suggested that ages in days of specimens were between 22 and 69. By grouping specimens into collection month groups of each year, birth months of those collected in March and April were estimated to be from mid-January to mid-February and early February to mid-March, respectively. Growth rates of the specimen groups in order starting with the fastest were in April of 2012, April of 2011 and 2012, and March of 2010 to 2012. The slowest growth rate was in March of 2010 to 2012 in this study, and greater than that reported in the previous study on growth rates of juvenile yellowtail collected in May 1992 around Goto Islands in the East China Sea. It is estimated that growth rates of juvenile yellowtail groups by months and areas are positively related to their water temperature environments, which they experience, depending on their hatching periods and growing areas.

Key words: juvenile yellowtail, otolith increments, age in days, growth

はじめに

春季、流れ藻とともに鹿児島県海域に来遊するモジャコ（ブリ *Seriola quinqueradiata* 稚魚）は、県内の沿岸漁業者に採捕

され、養殖用種苗に供されることから、ブリ養殖生産量日本一を誇る鹿児島県にとって極めて重要であるとともに、漁船漁業者にとっても重要な漁業資源となっている（宍道、

2016年3月1日受付、2019年2月14日受理

¹ 鹿児島県水産技術開発センター

〒891-0315 鹿児島県指宿市岩本字高田上160-10

Kagoshima Prefecture Fisheries Technology and Development Center, 160-10 Iwamoto, Ibusuki, Kagoshima 891-0315, Japan

² 東京大学大気海洋研究所

〒277-8564 千葉県柏市柏の葉5-1-5

Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8564, Japan

³ 横浜商科大学

〒230-8577 神奈川県横浜市鶴見区東寺尾4-11-1

Faculty of Commerce, Yokohama College of Commerce, 4-11-1 Higashiterao, Tsurumiku, Yokohama, Kanagawa 230-8577

† E-mail: shishidou-hirotoishi@pref.kagoshima.lg.jp

2014). モジャコ漁業は, 春季のわずか23日間のみ操業が許可される知事許可漁業である. 近年の流れ藻来遊時期の早期化(宍道ほか, 2014, 2015)及び燃油高騰の状況下, 効率的な操業を担保するため, これまで以上に最適な解禁日設定が求められている. 東シナ海沖合においてモジャコが随伴する流れ藻は中国沿岸を起源とするアカモク (*Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh) (小西, 2000; Komatsu et al., 2007, 2008, 2014; Mizuno et al., 2014) であると考えられる. 東シナ海の陸棚縁辺部において産卵され発生し(山本ほか, 2007), 稚魚にまで成長したモジャコがアカモク流れ藻に遭遇し, 随伴しながら鹿児島県海域に輸送されてくると考えられるが, その詳細なメカニズムは解明されていない. 流れ藻およびモジャコの来遊を予測するには, このメカニズムを把握することが有効であると考えられるが, その基礎となるモジャコの日齢と成長に関する研究は, 長崎県五島産モジャコに関する Sakakura and Tsukamoto (1997) の報告, 石川県能登半島東岸産0歳魚に関する辻ほか(2013)の報告など, ごくわずかであり, 鹿児島県海域において採集されるモジャコに関する知見は皆無である. そこで本研究では, 鹿児島県海域で採集されたモジャコの耳石を用いてモジャコの日齢を推定し, 成長を調べた. また, モジャコの成長に関する既往知見と本研究の結果を比較した.

材料と方法

日齢査定

鹿児島県水産技術開発センターが漁業指導取締兼調査船「おおすみ」(総トン数67t)で2010~2012年の毎年3~4月に実施したモジャコ調査(宍道ほか, 2015)延べ6航海において, 右舷側から掬い網漁具(ナイロン製4本撚り×35節, 浮子方最大幅約4m, 沈子方最大水深約3m)により採集された流れ藻中から得たモジャコ計343尾を解析に用いた. 全てのモジャコサンプルの尾叉長を0.5mm単位で計測し, 耳石(扁平石)を摘出した. 摘出した耳石は透明マニキュア(ORBIS社製)によりスライドガラス上に包埋し, 耳石日輪計測システム(ラトック社製 Jiseki software ver. 6.34)により微細輪紋数を計数した. 耳石の厚みによって計数が困難な場合は, ラッピングフィルム(住友スリーエム社製, #1000, #4000, #10000)によって適宜表面を研磨し, 日周輪を可視化した. 計数は同一観察者により各個体につき2回以上行った. 1回目と2回目の計数結果が一致しなかった場合は3回目以降の計数を行い, 計数結果が2回一致した値を採用した. プリ耳石の微細輪紋の形成には日周性があるとされている(Sakakura and Tsukamoto, 1997)ことから, 得られた輪紋数を日齢とみなして各サンプルの孵化日を推定し, 旬ごとにまとめた. また, 日齢と尾叉長の関係から成長を調べた. 採集年月別に成長式を求

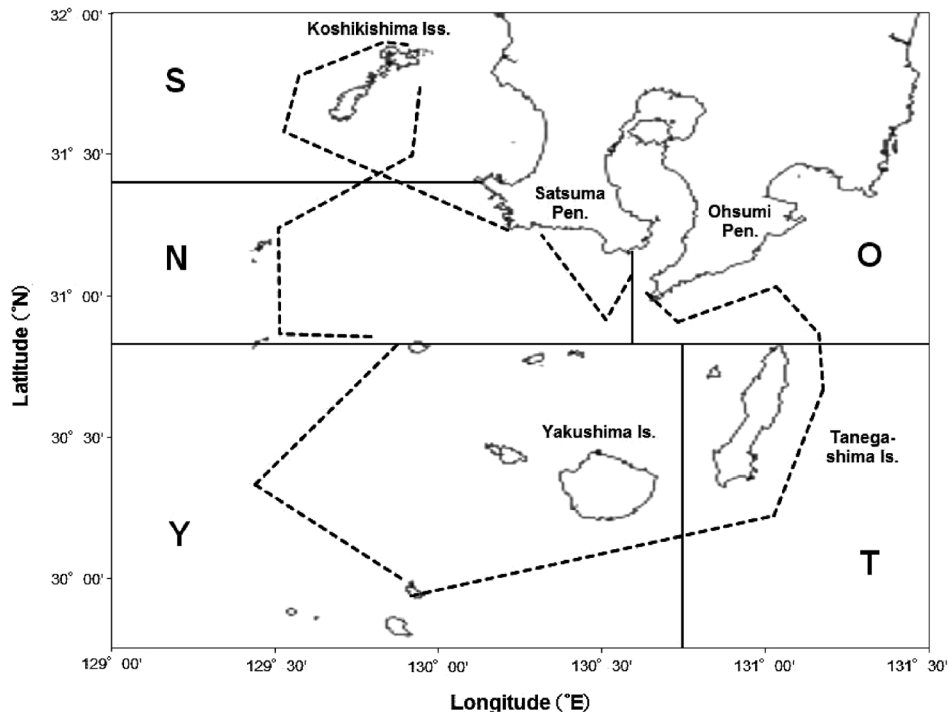


Figure 1. Map showing survey lines of visual observation, and net sampling of floating seaweed rafts and yellowtail juveniles (broken lines) by Kagoshima Prefectural Fisheries Research Vessel, R/V Ohsumi, and boundaries of sea areas in waters off Kagoshima Prefecture (bold solid lines) with capital letters of S, N, Y, T and O that correspond to sea areas of Seisatsu, Nansatsu, Yakushima, Tanegashima and Ohsumi, respectively.

Table 1. Details of specimens collected in waters off Kagoshima Prefecture in March and April from 2010 to 2012.

Month	Day	Area	Latitude (°N)	Longitude (°E)	SST (°C)	Samples for analyzing		Collected individuals
						<i>n</i>	FL (mm) Ave. (Max.–Min.)	
2010								
Mar.	7	N	31.22	130.01	19.1	6	28.2 (41.0–19.0)	25
Mar.	7	N	31.21	129.69	18.9	3	20.7 (23.0–17.0)	3
Mar.	7	N	31.03	129.58	18.5	6	27.0 (33.0–21.0)	20
Mar.	12	T	30.25	130.82	20.3	7	40.7 (56.0–25.0)	81
Mar.	12	T	30.23	131.01	20.3	13	44.0 (55.0–38.0)	201
Mar.	13	O	30.90	131.01	17.7	10	28.5 (32.0–26.0)	136
Mar.	13	O	30.89	130.71	18.3	10	35.9 (66.0–25.0)	40
Apr.	7	S	31.59	129.92	16.2	11	43.6 (67.0–24.0)	13
Apr.	8	S	31.64	129.43	18.3	8	51.6 (61.0–39.0)	202
Apr.	11	N	31.07	129.57	22.3	15	41.3 (48.0–36.0)	581
Apr.	15	Y	30.50	129.59	22.9	23	41.1 (56.0–31.5)	167
Apr.	15	Y	30.37	129.44	23.2	3	39.3 (42.0–38.0)	31
Apr.	15	Y	30.32	129.47	22.8	3	40.0 (47.0–34.0)	85
2011								
Mar.	3	N	31.13	130.41	18.9	1	21.0 (21.0–21.0)	2
Mar.	5	S	31.65	129.34	17.9	1	23.0 (23.0–23.0)	1
Mar.	5	N	31.02	129.51	20.7	2	33.0 (33.0–33.0)	2
Mar.	5	N	30.90	129.50	20.2	4	21.8 (30.0–16.0)	5
Mar.	5	N	30.85	129.57	19.6	3	21.3 (24.0–16.0)	6
Mar.	6	Y	30.02	129.82	22.6	11	23.3 (26.0–21.0)	37
Mar.	10	Y	30.04	130.49	21.1	8	27.9 (34.0–19.0)	8
Mar.	10	T	30.56	131.14	21.0	11	29.5 (40.0–19.0)	11
Mar.	11	O	31.02	131.01	18.4	10	26.1 (33.0–18.0)	19
Apr.	5	N	31.28	130.12	17.5	6	31.5 (37.0–23.0)	8
Apr.	5	N	31.38	129.93	17.2	3	43.7 (51.0–36.0)	5
Apr.	5	S	31.52	129.62	16.3	7	35.3 (47.0–25.0)	7
Apr.	5	S	31.77	129.60	16.6	1	26.0 (26.0–26.0)	1
Apr.	6	S	31.40	129.92	17.3	12	40.7 (49.0–36.0)	64
Apr.	9	Y	29.96	130.10	21.3	10	50.8 (66.0–35.0)	17
Apr.	9	T	30.31	131.05	18.7	14	49.2 (62.0–33.0)	17
Apr.	10	O	31.02	131.04	16.6	4	49.3 (71.0–15.0)	4
Apr.	10	O	30.91	130.72	19.1	6	36.8 (48.0–12.0)	6
2012								
Mar.	3	N	31.41	129.89	20.6	10	24.3 (38.0–17.0)	21
Mar.	4	S	31.59	129.93	21.2	2	21.0 (22.0–20.0)	2
Mar.	4	S	31.50	129.86	21.2	2	19.0 (20.0–18.0)	2
Mar.	4	S	31.44	129.77	19.7	6	30.7 (37.0–27.0)	7
Mar.	4	N	30.88	129.71	21.2	10	27.0 (37.0–19.5)	26
Mar.	6	Y	30.38	129.48	19.0	10	26.0 (36.0–21.0)	143
Mar.	7	T	30.49	131.10	20.7	7	47.1 (70.5–37.0)	7
Mar.	7	T	30.73	131.18	19.6	4	19.3 (22.0–17.5)	28
Mar.	8	O	30.91	131.01	20.9	9	31.7 (52.0–25.0)	51
Apr.	6	N	31.06	130.49	17.1	3	59.3 (78.0–50.0)	3
Apr.	9	S	31.57	129.87	16.6	6	50.6 (74.0–34.5)	7
Apr.	9	S	31.48	129.80	16.4	2	27.0 (28.0–26.0)	15
Apr.	9	N	31.25	129.53	16.7	7	41.1 (48.5–33.0)	29
Apr.	12	Y	30.08	130.69	19.3	10	56.0 (116.5–28.5)	20
Apr.	12	T	30.15	130.93	19.3	2	78.8 (84.5–73.0)	60
Apr.	12	T	30.39	131.09	19.7	7	53.9 (75.0–40.0)	8
Apr.	13	O	30.92	131.02	18.1	9	53.1 (78.0–35.0)	22
Apr.	13	O	30.93	130.69	16.6	5	40.8 (75.0–28.0)	38
Total						343	37.7 (116.5–12.0)	2,294

Abbreviations of areas are shown in Fig. 1

Table 2. Birth dates classified into early, mid- and late month groups estimated with an analysis on sagittal otolith increments of specimens collected in March and April from 2010 to 2012.

Sample	Birth month							Total
	Jan.		Early	Feb.		Mar.		
	Middle	Late		Middle	Late	Early	Middle	
Mar.2010	5	28	18	4	—	—	—	55
Mar.2011	—	17	31	3	—	—	—	51
Mar.2012	3	31	24	2	—	—	—	60
Apr.2010	—	—	3	7	14	32	7	63
Apr.2011	—	—	3	20	29	9	2	63
Apr.2012	—	—	2	16	15	17	1	51
Total	8	76	81	52	58	58	10	343

めた上で、各年の3月と4月の間の成長差、また月別の年間の成長差の有無をF検定により調べた。この年間比較は多重比較となるため、Bonferroni補正により有意水準を調整した。月別の成長に差がない年については、それらのデータをプールし、まとめて成長式を求めた。

一般に、魚類の成長は極限体長に向かって頭打ちとなるため、成長式にはゴンペルツ曲線等が用いられる(赤峰ほか, 2004)。しかしながら、本研究で用いた標本の日齢範囲では、尾叉長は日齢に伴って指数関数的に増加しており、成長は変曲点に達していないと考えられた。さらに、先行研究(Sakakura and Tsukamoto, 1997)では指数関数を用いていたことから、その比較の便宜上、本研究では成長式に指数関数を採用した。したがって、本研究で示す成長式は、標本の日齢範囲に対してのみ適用可能であり、外挿的には適用できないことに注意が必要である。

水温データ

モジャコは18–22°Cの範囲では経験水温が高いほど成長が速い(井関・吉田, 2010)ことから、Sakakura and Tsukamoto (1997) が用いた1992年採集のモジャコと、本研究で用いた2010–2012年採集モジャコのそれぞれが経験した水温環境を調べるため、気象庁ウェブページ(http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html, 2015年2月26日)より、「東シナ海北部海域」及び「東シナ海南部海域」の1992年及び2010–2012年の冬季(1–3月)と春季(4–6月)の平均海面水温値を入手し、比較した。

結果

サンプリング海域及び海域区分をFig. 1に示す。モジャコの尾叉長範囲は12.0–116.5 mm, サンプル採集地点の表面水温は16.2–23.2°Cであった(Table 1)。推定された日齢範囲は22–69日齢で、孵化日は、3月採集群については1月中旬から2月中旬、4月採集群については2月上旬から3月

中旬の範囲にあり、年による孵化日の範囲の違いはほとんどなかった(Table 2)。

成長式は、いずれの年も3月採集群と4月採集群の間で統計的に有意な差が認められ(2010–2011年： $p < 0.001$, 2012年： $p < 0.01$)、同日齢における尾叉長は4月採集群が3月採集群よりも常に大きかった。3月採集群では成長に年間差が認められなかったが、4月採集群では年間差が認められ、同日齢における尾叉長は2012年採集群が2010–2011年採集群より大きかった($p < 0.001$)。すなわち、同日齢における尾叉長は、2012年4月採集群、2010–2011年4月採集群、2010–2012年3月採集群の順に大きかった。それぞれの成長式は以下ようになった(Fig. 2)。

$$2012年4月採集群 : FL = 11.25e^{0.031D} \tag{1}$$

$$2010\sim 2011年4月採集群 : FL = 15.02e^{0.024D} \tag{2}$$

$$2010\sim 2012年3月採集群 : FL = 7.76e^{0.035D} \tag{3}$$

ここで、Dは日齢、FLは尾叉長(mm)を表す。

東シナ海北部海域(NECS: Fig. 3)における平均海面水温は、Sakakura and Tsukamoto (1997) がモジャコを採集した1992年の冬季(1–3月)が13.9°C, 春季(4–6月)が17.7°Cであったのに対し、2010–2012年の冬季が12.4–13.2°C, 春季が16.6–17.9°Cと、各季節で年代による違いはほとんどなかった。おなじく東シナ海南部海域(SECS: Fig. 3)では、1992年の冬季が19.4°C, 春季が22.7°Cだったのに対し、2010–2012年の冬季が18.9–20.0°C, 春季が22.5–23.4°Cと、東シナ海北部海域同様、年による違いはほとんどなかった。いずれの年においても、東シナ海南部海域における冬季の平均海面水温は、同北部海域における春季の平均海面水温よりも高かった(Table 3)。

考察

本研究の結果、いずれの年も同日齢における尾叉長は、4

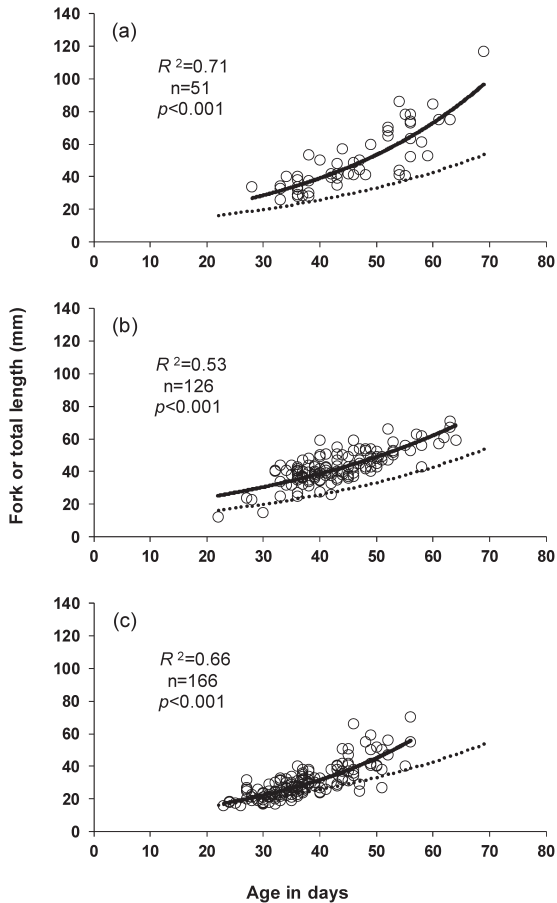


Figure 2. Relationship between age in days (D) and fork length (FL) of yellowtail juveniles caught in waters off Kagoshima prefecture, southwestern Japan. Solid lines show the estimated growth curves in fork length of specimens caught in April of 2012 (a: $FL=11.25e^{0.031D}$), April of 2010 and 2011 (b: $FL=15.02e^{0.024D}$) and March of 2010–2012 (c: $FL=7.76e^{0.035D}$) obtained in this study. Dotted lines show the estimated growth curve in total length of wild yellowtail juveniles reported by Sakakura and Tsukamoto (1997).

月採集群の方が3月採集群よりも大きかった。井関・吉田 (2010) によると、モジャコの成長は飼育水温により変化し、18–22°Cの間では高水温の試験区ほど成長が速くなる。3月採集群は、1月中旬から2月中旬に発生したと推定されたことから (Table 2)、発生から採集までの間、年最低水温期である2月を含む期間を経験したことになる。一方、4月採集群は、2月上旬から3月中旬に発生したと推定されたことから (Table 2)、発生から採集までの間、年最低水温期から上昇する水温環境を経験したことになる。これらのモジャコの輸送経路は不明であるため、実際の経験水温を比較することはできない。しかし、北部および南部海域を含む東シナ海における海面水温分布の旬ごとの変化については気象庁発表の東シナ海旬平均海面水温 (

Figure 3. Map showing main spawning months and areas of Tsushima Warm Current stock (dotted area) and Pacific stock (shaded area) of yellowtail according to Yamamoto et al. (2007). Zones indicating northern (NECS) and southern (SECS) East China Sea with solid lines defined by the Japan Meteorological Agency are used for referring to mean sea surface temperatures of the two areas.

data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/jun/sst_HQ.html?areano=3#kaisetu, 2018年2月12日) が利用できる。これによると、2010–2012年では、北緯27–32度かつ東経124–130度の範囲において、ブリの産卵好適水温帯かつブリ仔稚魚主分布水温帯である19–21°C (山本ほか, 2007) の等温線が、3月中旬から4月中旬にかけて北上しており、4月採集群の経験水温の方が3月採集群より高かった可能性を示唆している。

本研究で得られた成長式を、1992年5月に長崎県五島周辺で採集されたモジャコを用いて日齢と全長の関係式として報告された成長式 (Sakakura and Tsukamoto, 1997) と比較すると、本研究で得られた成長式の中で最も成長が遅かった2010–2012年3月採集群でも、1992年5月の五島産モジャコより成長が速かった (Fig. 2(c)). Sakakura and Tsukamoto (1997) は、解析に用いたモジャコサンプルの推定孵化日を3月中旬から4月上旬と推定しており、1月中旬から3月中旬に発生したと推定された本研究のサンプルよりも発生時期が遅い。村山 (1992) は、東シナ海の産卵場周辺海域の流況特性から、産卵期前半の2月から3月に東シナ海で産卵された卵および卵から発生した仔稚魚は太平洋沿岸域へ、産卵期後半の4月から5月に産卵された卵および卵から発生した仔稚魚は対馬暖流域へ輸送される可能性が高いとしている。この知見も踏まえて山本ほか

Table 3. Sea surface water temperatures in northern (NECS) and southern (SECS) East China Sea (see Fig. 3) in winter from January to March and spring from April to June of 1992 and from 2010 to 2012. Sea surface water temperatures were obtained from the web pages of Japan Meteorological Agency.

Area	Year	Winter (Jan.–Mar.)	Spring (Apr.–Jun.)
NECS	1992	13.9	17.7
	2010–2012	12.4–13.2	16.6–17.9
SECS	1992	19.4	22.7
	2010–2012	18.9–20.0	22.5–23.4

(2007) が整理したブリの産卵期及び産卵場 (Fig. 3) の情報を考慮すると、孵化日が1月中旬から3月中旬であった本研究のモジャコサンプルは主に東シナ海中南部で発生したと推察される。一方、孵化日が3月中旬から4月上旬であると推定された Sakakura and Tsukamoto (1997) のモジャコサンプルは主に東シナ海中北部で発生したと推察される。この東シナ海中北部を含む東シナ海北部海域 (NECS) における1992年春季 (4~6月) の平均海面水温に対し、東シナ海中南部が含まれる東シナ海南部海域 (SECS) の2010~2012年冬季 (1~3月) の平均海面水温は約1~2°C高かった (Table 3)。したがって、Sakakura and Tsukamoto (1997) が解析に用いたモジャコサンプルが発生から採捕までに経験した水温が本研究のサンプルが経験した水温より低かったことが両者の成長差の要因となったものと推論される。今後、直接的な経験水温履歴を検証するには、耳石輪紋間隔を用いた水温と成長の関係の解析、酸素安定同位体比 (Hoie et al., 2004) による経験水温の推定といった方法がある。

本研究では、これまで未確認であった鹿児島県海域におけるモジャコの日齢や発生時期、成長に関する情報を得た。これらの情報は、鹿児島県海域への流れ藻及びモジャコの来遊予測に有効な基礎的知見となる。モジャコ漁業の効率的な経営を担保するため、本研究での知見をもとに、モジャコ発生海域や流れ藻との遭遇海域及び来遊経路の推定を行うことが今後の課題である。

謝 辞

東京大学大気海洋研究所の渡邊良朗教授、張愷氏、林晃氏には、耳石日齢解析の実験に際し、格別のご指導、ご助言、ご協力を賜った。ここに記し、心より深謝の意を表す。日本NUS (現 水土舎) の齋藤真美氏には、耳石日齢査定に関する適切なアドバイスを頂いた。心より御礼申し上げます。本研究に必要な試資料の使用を承諾して下さった国立研究開発法人水産研究・教育機構関係者の皆様に感謝申し上げます。モジャコサンプルの採集にご協力頂いた鹿児島県

漁業指導取締兼調査船「おおすみ」乗組員の皆様及び立石章治氏、また本研究の機会を与えて頂き、貴重なご助言を賜った鹿児島県関係者の皆様に御礼申し上げます。なお、本研究で用いた試資料には、水産庁の我が国周辺水域資源評価等推進委託事業により鹿児島県に委託されて得られたものが含まれている。本研究の一部は、日本学術振興会基盤研究 (A) 22255010 および2011~2013年の東京大学大気海洋研究所共同利用研究の成果である。

引用文献

赤嶺達郎・石田行正・上野康弘・小倉未基・加藤秀弘・北川大二・木所英昭・銭谷 弘・辻 祥子・時村宗春・永井達樹・檜山義明・平松一彦・南 卓志・谷津明彦・矢吹圭三・和田時夫 (2004) 3章 水産資源管理。「水産海洋ハンドブック」竹内俊郎, 中田英昭, 和田時夫, 上田 宏, 有元貴文, 渡部終五, 中前 明編, 生物研究社, 東京, 134.

Hoie, H., E. Otterlei, and A. Folkvord (2004) Temperature-dependent fractionation of stable oxygen isotopes in otoliths of juvenile cod (*Gadus morhua* L.). ICES J. Mar. Sci., **61**, 243–251.

井関智明・吉田一範 (2010) 日本海における成長段階別の回遊様式の把握 (3) 対馬暖流沿岸における加入主群の構造の把握. 水研センター研報, **30**, 25–33.

Komatsu, T., D. Matsunaga, A. Mikami, T. Sagawa, E. Boisnier, K. Tatsukawa, M. Aoki, T. Ajisaka, S. Uwai, K. Tanaka, K. Ishida, H. Tanoue and T. Sugimoto (2008) Abundance of drifting seaweeds in eastern East China Sea. J. Appl. Phycol., **20**, 801–809.

Komatsu, T., S. Mizuno, A. Natheer, A. Kantachumpoo, K. Tanaka, A. Morimoto, S. T. Hsiao, E. A. Rothausler, H. Shishidou, M. Aoki and T. Ajisaka (2014) Unusual distribution of floating seaweeds in the East China Sea in the early spring of 2012. J. Appl. Phycol., **26**, 1169–1179.

Komatsu, T., T. Tatsukawa, J. B. Filippi, T. Sagawa, D. Matsunaga, A. Mikami, K. Ishida, T. Ajisaka, K. Tanaka, M. Aoki, W. D. Wang, H. F. Liu, S. Y. Zhang, M. D. Zhou and T. Sugimoto (2007) Distribution of drifting seaweeds in eastern East China Sea. J. Mar. Sys., **67**, 245–252.

小西芳信 (2000) 流れ藻は中国からもやってくる. 西海区水研ニュース, **103**, 11–15.

Mizuno, S., T. Ajisaka, S. Lahbib, Y. Kokubu, M. N. Alabsi and T. Komatsu (2014) Spatial distributions of floating seaweeds in the East China Sea from late winter to early spring. J. Appl. Phycol., **26**, 1159–1167.

村山達朗 (1992) 日本海におけるブリの資源生態に関する研究. 島根水試研報, **7**, 1–64.

Sakakura, Y. and K. Tsukamoto (1997) Age composition in the schools of juvenile yellowtail, *Seriola quinqueradiata*, associated with drifting seaweeds in the East China Sea. Fish. Sci., **63**, 37–41.

宍道弘敏 (2014) 鹿児島県海域におけるブリ類の魚種別漁獲量. 鹿児島水技セ研報, **5**, 1–6.

宍道弘敏・水野紫津葉・小松輝久 (2015) 鹿児島県海域における流れ藻とモジャコの来遊量の近年の傾向. 月刊海洋, **47**, 248–252.

宍道弘敏・水野紫津葉・小松輝久・田井野清也・梶 達也 (2014) 鹿児島県及び高知県海域における近年のアカモク流れ藻来遊動向 (要旨). 黒潮の資源海洋研究, **15**, 107–108.

辻 俊宏・田 永軍・斉藤真美 (2013) 能登半島東岸海域で漁獲されたブリ0歳魚のふ化日組成とその季節変化. 水産海洋研究, **77**, 266–273.

山本敏博・井野慎吾・久野正博・阪地英男・檜山義明・岸田 達・石田行正 (2007) ブリ (*Seriola quinqueradiata*) の産卵, 回遊生態及びその研究課題・手法について. 水研センター研報, **21**, 1–29.