

北海道東部太平洋海域へ来遊したスルメイカの 体サイズと発生時期の経年変化

佐藤 充^{1,2†}, 坂口健司^{2,1}

Interannual changes in body size and hatching period of Japanese common squid *Todarodes pacificus* off the Pacific coast of Hokkaido

Toru SATO^{1,2†} and Kenji SAKAGUCHI^{2,1}

北海道東部太平洋海域へ来遊するスルメイカの体サイズは長期的に変動をしていた。この変動は、資源量が変動した時期、そしてレジームシフトと同様の時期に起きた可能性がある。さらに、体サイズの変化は発生時期が変化した影響が指摘されている。本報告では、1965–2008年に標本を採集し、体サイズの変化を明らかにするとともに、1999–2008年について体サイズと発生時期の関係を調べた。体サイズは、1974–1988年に、それ以前および以後よりも大きくなった。スルメイカの体サイズは、来遊資源量の長期的な変化と同じであり、その時期はレジームシフトと同様の時期であった。1999–2008年の発生時期は11–4月にかけてで、2–3月が主体であった。さらに発生時期と体サイズの間には負の相関関係があり、体サイズの変化は発生時期が影響したと考えられた。

The body sizes of Japanese common squid *Todarodes pacificus*, which migrated to waters off the Pacific coast of Hokkaido, exhibited long-term changes. It was hypothesized that the long-term body size changes corresponded to population dynamics and regime shift. In addition, the body-size changes might be attributed to changes in the hatching period. In the present study, we examined a long-term trend in body-size using the specimens that were collected off the Pacific coast of Hokkaido from 1965 to 2008. In addition, the relationship of body sizes to hatching dates was examined for the periods from 1999 to 2008. The annual mean body size tended to be larger during 1974–1984 than during the earlier (1965–1973) and later (1991–2008) periods. Such a decadal trend of body sizes seemed to correspond to the long-term trends in catch per unit effort and the regime shift. The hatching dates during 1999–2008 ranged from November to April, with a main season extending from February to March. Moreover, a negative relationship was found between the hatching dates and body sizes, suggesting the influence of the hatching period on changes in body-size.

Key words: *Todarodes pacificus*, body size, Pacific coast of Hokkaido, hatching period, statolith

はじめに

スルメイカ *Todarodes pacificus* は寿命が約1年であると考えられており (浜部・清水, 1966; 新谷, 1967), 毎年単一の年級群で構成される。北海道東部太平洋海域 (以下, 道東太平洋) に来遊するスルメイカは, 冬季発生系群 (新谷, 1967) と考えられており, 黒潮系北上暖水に沿って北上し,

7–8月に道東太平洋へ到達する (新谷, 1967; 森・中村, 2001)。道東太平洋へ来遊したスルメイカは, 8–9月に襟裳岬以西の北海道南部太平洋や三陸沖およびオホーツク海へ移動していることが報告された (森・中村, 2001; 坂口, 2010)。

冬季発生系群に秋季発生系群も加えたスルメイカ資源全体の漁獲量変動には, 気候レジームシフト (Minobe, 1997; 見延, 2003) と呼ばれる中長期的な気候変動に伴う資源量の変動が影響していると考えられており, スルメイカの資源量は, 温暖な気候レジームでは増加し, 寒冷な気候レジームでは減少すると考えられている (桜井, 1998; Sakurai et al., 2000; 木所ほか, 2003; Rosa et al., 2011)。

気候の変化はスルメイカの再生産に適した海域の消長に

2013年6月14日受付, 2015年1月5日受理

¹ 北海道立総合研究機構中央水産試験場 (坂口健司・現所属)
Hokkaido Research Organization, Central Fisheries Research Institute,
Hamanaka-cho, Yoichi, Hokkaido 046–8555, Japan

² 北海道立総合研究機構釧路水産試験場 (佐藤 充・現所属)
Hokkaido Research Organization, Kushiro Fisheries Research Institute,
Hama, Kushiro, Hokkaido 085–0024, Japan

† sato-toru@hro.or.jp

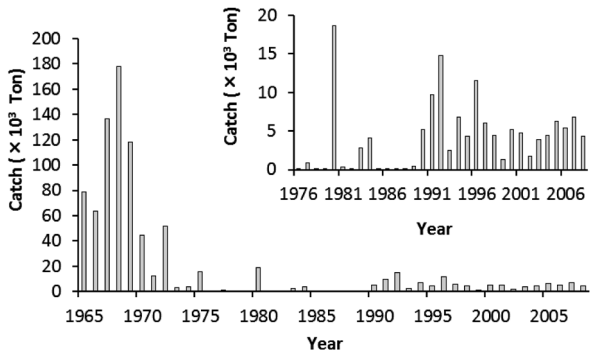


Figure 1. Interannual changes in catches of Japanese common squid off the Pacific coast of Hokkaido.

影響することによって、資源量の変動を引き起こしている」と指摘されているが（桜井, 1998; Sakurai et al., 2000; Rosa et al., 2011）、その詳細なメカニズムには不明なことも多い。気候の変化が資源量の変動に影響を及ぼす具体的な過程を明らかにすることで、中長期的な資源管理や漁況予測の考え方に資することができると考えられる。

道東太平洋の漁獲量（Fig. 1）も長期的に大きな変動をしてきた。漁獲量が減少した1970年代から1980年代にかけて、道東太平洋において体サイズの大型化や成熟の進行の早まりなどが観察されたことから、それ以前の豊漁年代に比べ発生時期の早い群が来遊した可能性が指摘された（Nakata, 1993）。一方で、漁獲量が回復した後の2000年代に入り、スルメイカの体サイズは再び小型化し、その発生時期が遅くなっている可能性が指摘されている（山下・森, 2009）。これらのことから、道東太平洋へ来遊するスルメイカの体サイズは長期的に変動しており、これには発生時期の変化が影響していた可能性が考えられる。加えて、これらの体サイズの変動が資源量の変動した時期、すなわち気候レジームシフトのあった時期に対応していた可能性も考えられるが、これまで長期的な変動での検討はされてこなかった。したがって、スルメイカの資源量変動のメカニズムを解明するには、資源量変動に伴う体サイズや発生時期などの変化を明らかにし、これらの関係を気候変化の影響と合わせて検討する必要がある。

スルメイカの体サイズの変化は発生時期の変化と密接に関連していると考えられているが、スルメイカは経験する環境によって、成長差が大きくなることも報告されている（木所・檜山, 1996; 坂口・高柳, 1996）。また、成熟に伴い成長が低下することも報告されている（三森・桜井, 2010）。したがって、体サイズの変化は必ずしも発生時期の変化のみによるのではなく、生活史初期の成長の違いや成熟に伴う成長の低下等に起因する可能性もある。体サイズの変化がどのような要因によるのかを明らかにするためには、正確な日齢と発生時期の推定が不可欠である。

スルメイカの平衡石に1日1本輪紋が形成されることが

確認され（Nakamura and Sakurai, 1991）、日齢解析の結果が数多く報告されるようになり、道東太平洋に分布するスルメイカを対象とした研究もあるが（今ほか, 2007; 坂口ほか, 2009）、中長期的な発生時期の変化を調べた例はない。釧路水産試験場では道東太平洋におけるスルメイカの来遊資源量の把握や漁況予測のため、1965年より8月にいか釣り漁船および調査船によるスルメイカの漁況や体サイズのモニタリング調査を開始した。さらに、1999年以降には、採集標本の日齢解析による発生時期のモニタリングも開始した。

そこで本報告では、1965年以降2008年までの40年間以上に渡って道東太平洋へ来遊したスルメイカの体サイズの経年変化を明らかにした。併せて、1999年以降2008年までの10年間の発生時期の経年変化を調べ、体サイズの変化が発生時期の変化に起因しているかについても検討を行った。

材料と方法

道東太平洋へ来遊したスルメイカの資源量水準の経年変化を調べるために、道東太平洋の中央部に位置し、比較的長期のデータが存在する、釧路港におけるいか釣り漁船のCPUEを1965年から2008年まで比較検討した。CPUEは、いか釣り漁船の1日1隻当たりの平均漁獲重量（トン）とした。ただし、漁船規模別のデータがないため、小型いか釣り船だけでなく中型いか釣り船も含む。中型いか釣り船の許可数は、1979年以前は62–48隻であった。1980年に43隻であったが、1981年には12隻へ、そして1982年には3隻へ減少した（釧路支庁経済部水産課, 1981–1983）。1982年以降は小型船が水揚げの中心となった。

1965年以降の体サイズの経年変化を調べるために、釧路水産試験場所属試験調査船北辰丸（216トン）およびいか釣り漁船によって8月17–31日にいか釣り漁船で採集された標本を用いた（Fig. 2）。ただし、1976, 1978, 1979, 1982, 1985–1990, 1993年については、道東太平洋でのスルメイカの漁獲量または来遊量が少なかったために標本が得られなかった。採集したスルメイカ標本について、1 mm単位で外套長を測定し、平均値を求め経年比較を行った。

日齢解析用の標本として、道東太平洋において1999–2008年に試験調査船北辰丸によっていか釣り漁船で採集されたスルメイカを用いた（Fig. 2, Table 1）。各年で複数の調査点でスルメイカを採集し、漁獲の多かった1–2調査点で採集したものを標本とした。これらの標本は、外套長組成を代表するように各年15–117検体を抽出し、平衡石による日齢解析を行った。2調査点から標本を採集した場合は検体数がほぼ同数になるようにした。1999年については、調査船による標本が得られなかったため、いか釣り漁船で漁獲されたスルメイカを用いた。この標本は銘柄別漁獲箱数で重み付けした外套長組成に比例するよう15検体を抽

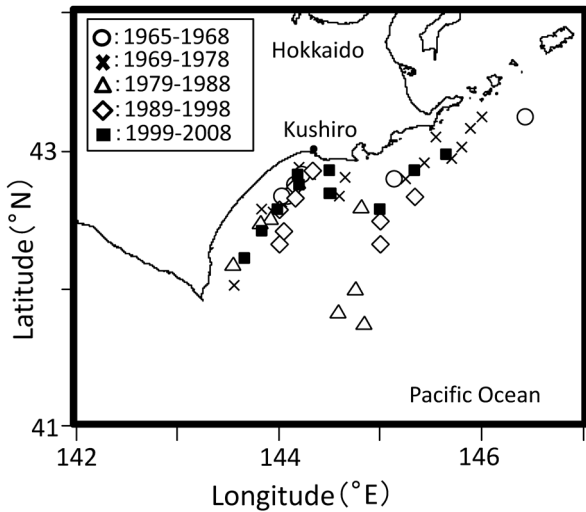


Figure 2. Sampling stations for Japanese common squid off the Pacific coast of Hokkaido.

Table 1. Sampling date, location, and the numbers of measured and aged specimens of Japanese common squid.

Sampling date	Location		Number of specimens	
	N	E	Measured	Aged
Aug. 31 1999	42°50'	144°18'	120	15
Aug. 21 2000	42°35'	143°59'	50	15
Aug. 24 2000	42°35'	145°00'	50	14
Aug. 21 2001	42°26'	143°50'	60	59
Aug. 22 2001	42°14'	143°40'	60	58
Aug. 28 2002	42°59'	145°39'	60	19
Aug. 29 2002	42°46'	144°12'	27	19
Aug. 18 2003	42°14'	143°40'	60	14
Aug. 27 2003	42°42'	144°30'	60	15
Aug. 19 2004	42°42'	144°31'	68	15
Aug. 24 2005	42°26'	143°50'	100	15
Aug. 24 2005	42°46'	144°12'	100	14
Aug. 22 2006	42°14'	143°40'	28	15
Aug. 29 2006	42°50'	144°11'	19	14
Aug. 22 2007	42°26'	143°50'	100	15
Aug. 27 2007	42°42'	144°31'	100	15
Aug. 25 2008	42°26'	143°50'	100	15
Aug. 28 2008	42°52'	145°20'	100	15

出した。1999–2008年の日齢解析個体数は364個体であった。この364個体は、性成熟の状態を調べるため、体重及び生殖腺の重量をグラム単位で量り、生殖腺重量指数を求めた。生殖腺重量指数は、雌雄それぞれ卵巣重量指数(OSI: 卵巣重量×100/体重)、精巣重量指数(TSI: 精巣重量×100/体重)とした(池田, 1991a, 1991b)。

発生時期の推定は、Nakamura and Sakurai (1991) によっ

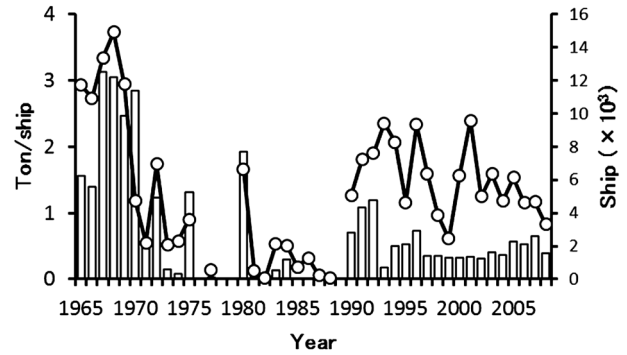


Figure 3. Interannual changes in the number of jigging boat as fishing effort (bar) and catch per unit effort (CPUE, circle and line) of Japanese common squid in Kushiro.

て日周期性が確認されている平衡石の輪紋計数によって行った。各検体の日齢解析は、中村(2000)および坂口(2005)に従い、以下の方法で行った。スライドガラス上に、平衡石の後部面が上になるように置き、接着剤で固定し、接着後、実態顕微鏡下で観察しながら、耐水性紙ヤスリおよび酸化アルミニウム研磨シートで研磨した。輪紋計数には、光学顕微鏡(OLYMPUS製, BX51)に接続した耳石輪紋計数システム(RATOCシステムエンジニアリング製)を用い、モニター画面上において3,000倍に拡大して計数した。平衡石の核から背丘部までの輪紋を、1個体につき計数值間の誤差が10本以内となるように、3回以上計数し、平均値を日齢とした。得られた日齢と漁獲日から発生日を逆算し、旬ごとに取りまとめた。また、発生日と外套長、生殖腺重量指数との関係を比較検討した。

結果

いか釣り漁船のCPUEの経年変化

釧路港に水揚げされた1965–2008年のいか釣り漁船の延べ隻数(Fig. 3)は、水揚げのなかった年を除き、4–12,506隻であった。1965–1970年には5,557–12,506隻であったのが、1971年に1,965に減少し、1972, 1975, 1980年と比較的高い年もあるが、1988年まで千隻を下回る状況であった。しかし、1990年以降に再び増加し、2008年まで725–4,788隻で推移した。

算出されたいか釣り漁船のCPUE(Fig. 3)は、1965–2008年にかけて、0.0–3.7トン/隻の間で推移し、1年間で大きく変動する年も見られた。CPUEの推移を見ると、1965年から5年間は、2.7–3.7トン/隻と高い値であったが、1970年に減少し、1975年まで0.5–1.7トン/隻で推移した。1976年以降、1989年まで漁獲のない年も多く、1980年の1.7トン/隻を除き、0.0–0.5トン/隻と低い値で推移した。1990年から1997年まで1.2–2.4トン/隻に回復したが、1998年に1.0トン/隻、1999年に0.6トン/隻と低下した。2000年以降は0.8–2.4トン/隻であった。CPUE

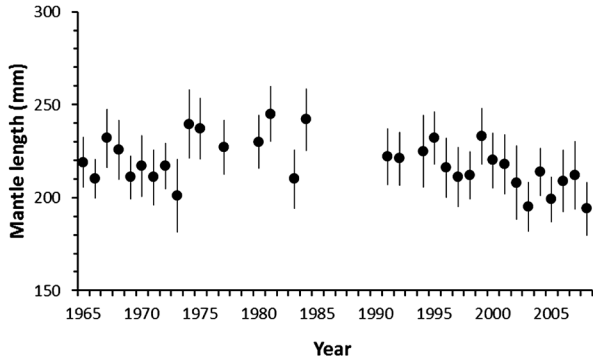


Figure 4. Mean mantle length of Japanese common squid off the Pacific coast of Hokkaido. Dots and bars indicate mean mantle length, and standard deviation, respectively.

のデータが得られなかった年は、スルメイカの水揚げがなかった年であるため、その来遊量は非常に少なかった年と見なせる。したがって、来遊量の変化が大きかったと考えられる前後の年は、1969/1970年、1975/1976年、1989/1990年であった。なお、1980年はCPUEが大きく増加したが、単年だけであった。

外套長の経年変化

平均外套長の経年変化を見ると (Fig. 4, Table 2), 1965–2008年にかけて194–245 mmの間で推移した。調査期間全体の平均外套長のトレンドは減少傾向を示した。しかし、1年間で39 mmと大きな違いが見られた1973年と1974年を区切りとし、1965年から1973年と、1974年から1984年の平均外套長を平均すると、それぞれ216 mmと233 mmとなり、1974年以降に大型となった傾向が見える。1991年以降、1998年までは211–232 mm、1999年に233 mmとなった後、2003年に190 mm台になるなど徐々に小型化していった。1991年から2008年にかけての値を平均すると214 mmで、1965–1973年の平均に近い値であった。

以上から、平均外套長が大きく変化した前後の年は、1973/1974年、1984/1991年であった。これらは、いか釣り漁船のCPUEの変化が大きかった1975/1976年、1989/1990年に近かった。ただし、1969/1970年には、平均外套長の大きな変化は見られなかった。

日齢および発生時期の経年変化

1999–2008年の平均日齢は171–254日で (Table 2), 各年の標準偏差は9.9–35.4と個体差の大きい年もあった。推定された発生時期は11月上旬から4月上旬であった (Fig. 5)。各年の発生時期組成をみると、1999年は11月下旬発生、2006年は1月中旬と比較的早い時期にモードがあった。それ以外の年では、2001年が2月中旬発生、2000, 2002, 2005, 2007年が2月下旬発生、2003, 2004, 2008年が3月上旬発生にモードがあった。2002年以前は2月発生の割合が多く、2003年以降では2006年を除いて3月発生の割合が多くなった。

Table 2. Mean mantle length and age of Japanese common squid collected off the Pacific coast of Hokkaido.

Year	Mantle length (mm) mean±s.d.	<i>n</i>	Age mean±s.d.	<i>n</i>
1965	219±13.5	50	—	—
1966	210±10.5	50	—	—
1967	232±15.7	50	—	—
1968	226±16.2	120	—	—
1969	211±11.7	210	—	—
1970	217±16.4	249	—	—
1971	211±14.8	70	—	—
1972	217±12.5	200	—	—
1973	201±19.5	161	—	—
1974	240±18.4	55	—	—
1975	237±16.3	210	—	—
1977	227±14.5	61	—	—
1980	230±14.5	126	—	—
1981	245±14.9	41	—	—
1983	210±15.7	275	—	—
1984	242±16.6	208	—	—
1991	222±15.1	90	—	—
1992	221±14.3	47	—	—
1994	225±19.3	58	—	—
1995	232±14.0	130	—	—
1996	216±15.9	100	—	—
1997	211±16.0	77	—	—
1998	212±12.9	114	—	—
1999	233±15.1	53	254±35.4	15
2000	220±14.7	100	191±19.2	29
2001	218±16.1	120	200±19.6	117
2002	208±19.8	87	188±15.1	38
2003	195±13.3	120	185±18.4	32
2004	214±12.8	68	171±10.2	15
2005	199±12.2	200	175±9.9	29
2006	209±16.7	47	206±19.8	29
2007	212±18.3	200	183±23.4	30
2008	194±14.3	200	176±12.5	30

発生日と外套長および生殖巣重量指数について

1999–2008年の10年間における、発生日と外套長の関係を見ると (Fig. 6), 全体として発生日が遅いほど外套長は小さくなる傾向が見られ、回帰直線の傾きも有意であった。

発生日と生殖巣重量指数との関係を雌雄別に見ると、まず雌の生殖巣重量指数 (OSI) は、最大でも1を超えず、そのほとんどが0.1以下で横ばいであった (Fig. 7 (A))。発生日との間に相関関係もみられなかった ($r=-0.099$, $df=185$, $p>0.1$)。雄の生殖巣重量指数 (TSI) については、2以上の個体も見られるがその多くは0.5以下であった (Fig. 7 (B))。発生日との間の相関は有意であった ($r=-0.381$, $df=173$, $p<0.001$)。OSIとTSIの値から、そのほと

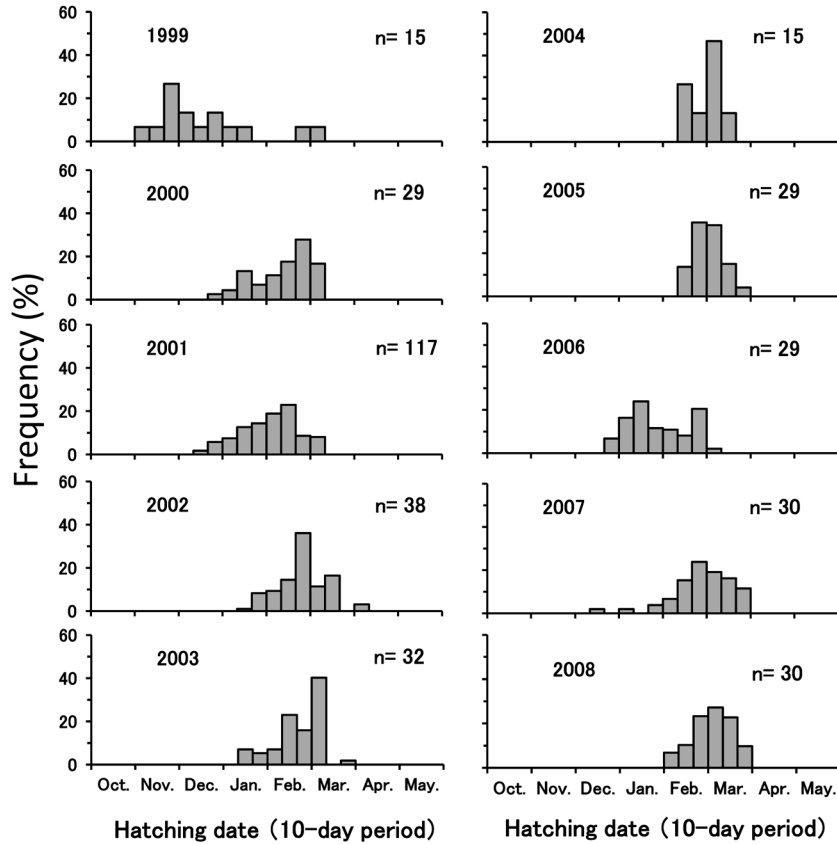


Figure 5. Estimated hatching date distributions of Japanese common squid collected off the Pacific coast of Hokkaido during 1999–2008.

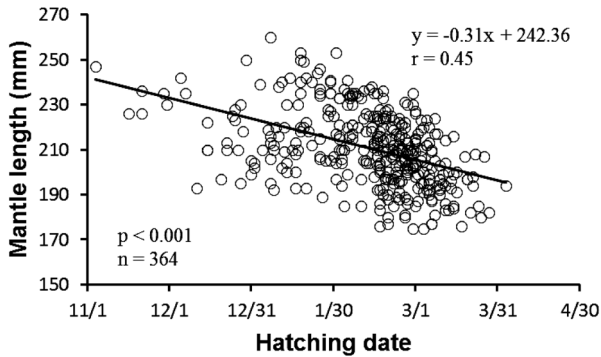


Figure 6. Relationship between hatching date and mantle length of Japanese common squid collected off the Pacific coast of Hokkaido during 1999–2008. Solid lines are regression lines and the regression equations are also shown.

んどが未成熟期であった (池田, 1991a, 1991b).

考 察

釧路港におけるいか釣り漁船のCPUEの経年変化は、小型いか釣り船が主体となった1979年以降は、道東太平洋の来遊量として相対的な指標となりうると考えられる。一

方、1978年以前については中型船の水揚げも含まれているため来遊量を過大評価している可能性も想定される。しかし、この時期のCPUEを船型で補正するデータはない。1960年代の水揚げ隻数は1990年代以降より非常に多く、その努力量を支えるに十分な来遊資源があったと推測される。よって、本研究ではいか釣り漁船のCPUEは来遊量の変動を示していると仮定した。

CPUEによって、道東太平洋の来遊資源水準を判断すると、資源水準の最も高い1965–1969年、比較的高い1970–1975年、低水準の1976–1989年、再び資源水準が高い1990–2008年となった。

道東太平洋へ来遊したスルメイカの平均外套長は、長期的に変化したことが本研究で明らかとなった。その変化は1965–1973年が小型、1974–1984年が大型、1985–1990年が不明、1991–2008年が小型であった。この期間区分は道東太平洋への来遊水準の期間区分とおおよそ対応していた。このことから道東太平洋へ来遊したスルメイカの体サイズは、来遊量の高い時期に小型化し、低い時期に大型化している可能性が考えられる。同様のことは、津軽海峡海域でも報告されている (Takayanagi, 1993)。また、マイワシでは密度依存的な成長速度の変化により、資源が高水準期に

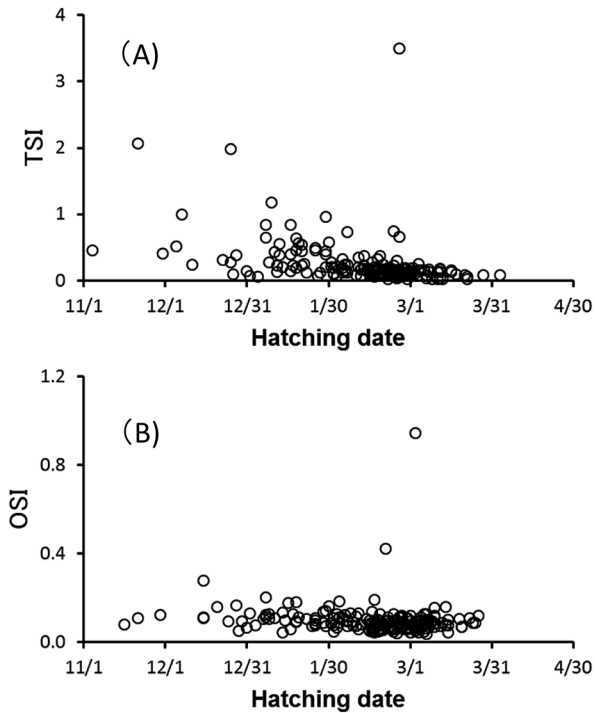


Figure 7. Relationship between hatching date and gonad index of Japanese common squid off the Pacific coast of Hokkaido during 1999–2008. (A) Testis weight per body weight ($\times 100$) (TSI) as a male gonad index. (B) Ovary weight per body weight ($\times 100$) (OSI) as a female gonad index.

水準に成長が低下することが報告されている (檜山, 1998; 和田, 1998).

一方で、1999–2008年の外套長と発生時期の関係や、ほとんどの個体が未成熟期であったことから成熟による成長停滞があったとは考えにくく、外套長の大きさは発生時期の差の影響が大きいと考えられる。この関係が1998年以前にも当てはまると仮定すると、道東太平洋へのスルメイカの来遊資源水準の変化には、道東太平洋へ来遊するスルメイカの発生時期の変化が関連していると考えられる。これらのことは、Nakata (1993) の仮説を支持するものである。一方、密度依存的な影響による成長速度の変化についてはスルメイカではまだ報告がない。また、生活史初期の成長が遅いスルメイカは加入までに死亡する確率が高いことが示唆されているため (今ほか, 2007)、成長と死亡率の変動が資源量変動に影響している可能性もある。しかし、もし単に成長と死亡率の変動のみで発生時期が変化しないならば、本研究結果とは逆に、資源水準の高い年は体サイズが大型で、資源水準が低い年は小型になると想定される。従って、本研究で見られた体サイズの変動は、単なる成長の変動のみではなく、発生時期の変化に起因すると考えられる。

スルメイカ資源は、温暖な気候レジームでは増加し、寒

冷な気候レジームの間では減少すると考えられている (桜井, 1998; Sakurai et al., 2000; 木所ほか, 2003; Rosa et al., 2011)。本研究の調査対象期間中に気候レジームシフトが発生した年は、1970/1971年、1976/1977年、1988/1989年と報告されている (Minobe, 1997; Yasunaka and Hanawa, 2002)。道東太平洋への来遊量が大きく変化した年は、1969/1970年、1975/1976年、1989/1990年であった。これらは、レジームシフトのあった年と1年ずれていた。気候レジームシフトは、用いる指標によって、発生年に1, 2年のずれが出ることから (見延, 2003)、気候レジームの発生と前後して、道東太平洋への来遊量が変化していたと考えてよいだろう。

一方、道東太平洋へ来遊したスルメイカの体サイズが小型であった1965–1973年と1991–2008年の道東太平洋の来遊水準は比較的高く、大型であった1974–1984年の来遊水準は比較的低かった。1970/1971年のレジームシフトでは、スルメイカの体サイズは大きく変化しておらず、1970年から1977年にかけて段階的に変化したのかもしれない。

本研究では、体サイズの小型化の原因として、発生時期の違いが大きいと考えられた。Rosa et al. (2011) の研究で、資源水準の高い温暖なレジームにおける産卵に好適な時期が、資源水準の低い寒冷なレジームでは不適になることが指摘された。この指摘が正しいなら、長期的な気候変動にともなって産卵場の好適な時期が変化することによって、道東太平洋へのスルメイカの来遊資源水準と発生時期が長期的に変化した可能性が推測される。

1998/1999年にも気候レジームシフトが起きた可能性が指摘された (Minobe, 2002)。しかし、道東太平洋では、当該年のCPUEが一時的に減少したにとどまった。一方で、スルメイカの外套長は1999年以降小型化しており (Fig. 4)、発生時期も遅くなっているように見える (Fig. 5) が、明確ではない。気候レジームシフトは北半球や北太平洋などの広範囲の指標の変化から検出されており、その影響がどのように道東太平洋に來遊するスルメイカの発生時期に影響するのか、より詳細な研究が必要になると考えられる。

本報告では、道東太平洋に分布するスルメイカの40年間以上の体サイズの変化と、10年間に亘る比較的長期の発生時期の変化を明らかにした。今後は、レジームシフトが起きた前後で、発生時期の変化を明らかにしていくことによって、スルメイカ資源がどのような変動をしているのかを検討する必要がある。そのためには、今後もスルメイカの体サイズや発生時期などの生態的特徴と産卵場周辺海域の海洋環境のモニタリングを継続していく必要がある。

謝辞

本研究をまとめるにあたって貴重なご助言を頂いた北海道区水産研究所の山下紀生博士、道総研釧路水産試験場の高

柳志朗場長に感謝申し上げます。平衡石の日齢査定技術をご指導頂いた北海道区水産研究所の中村好和氏ならびに海上調査に協力を頂いた北辰丸の乗組員の皆様にお礼申し上げます。本研究の漁獲データの一部は、水産庁による「我が国周辺水域資源評価等推進委託事業」の委託調査によるものである。

引用文献

- 新谷久男 (1967) 「スルメイカの資源」水産研究叢書 (16), 日本水産資源保護協会, 東京, 60 pp.
- 浜部基次・清水虎雄 (1966) 日本海西南海域を主にしたスルメイカの生態学的研究. 日水研報, **16**, 13–55.
- 檜山義明 (1998) 対馬暖流域での回遊範囲と成長速度. 「マイワシの資源変動と生態変化」渡邊良朗, 和田時夫編, 恒星社恒星閣, 東京, 35–44.
- 池田 譲・桜井泰憲・島崎健二 (1991a) 雄スルメイカの成熟にともなう精巣および付属腺の発達について. 日水誌, **57**, 2237–2241.
- 池田 譲・桜井泰憲・島崎健二 (1991b) 雌スルメイカの成熟にともなう卵巣および付属生殖器の発達について. 日水誌, **57**, 2243–2247.
- 木所英昭・檜山義明 (1996) 日本海におけるスルメイカの分布海域による成長の差異. 日水研報, **46**, 77–86.
- 木所英昭・森 賢・後藤常夫・木下貴裕 (2003) 我が国におけるスルメイカの資源評価. 資源管理談話会報, **30**, 18–35.
- 今 乙香・谷津明彦・森 賢・西田 宏・山下紀生・中神正康・坂口健司・佐藤 充 (2007) スルメイカ冬季発生群の2003年太平洋における分布・成長・加入. イカ類資源研究会議報告 (平成17年度・平成18年度), 日本海区水産研究所, 80–93.
- 釧路支庁経済部水産課 (1981) 釧路の水産 (昭和55年版). 釧路支庁, 釧路, 83 pp.
- 釧路支庁経済部水産課 (1982) 釧路の水産 (昭和56年版). 釧路支庁, 釧路, 101 pp.
- 釧路支庁経済部水産課 (1983) 釧路の水産 (昭和57年版). 釧路支庁, 釧路, 99 pp.
- Minobe, S. (1997) A 50–70 year climatic oscillation over the North Pacific and North America. *Geophys. Res. Lett.*, **24**, 683–686.
- Minobe, S. (2002) Interannual to interdecadal changes in the Bering Sea and concurrent 1998/99 changes over the North Pacific. *Prog. Oceanogr.*, **55**, 45–64.
- 見延庄士郎 (2003) 長期変動とレジーム・シフト. 月刊海洋, **35**, 86–94.
- 三森明人・桜井泰憲 (2010) スルメイカ *Todarodes pacificus* の成長と成熟に対する水温の影響. スルメイカ資源評価協議会報告 (平成21年度). 日本海区水産研究所, 53–54.
- 森 賢・中村好和 (2001) 標識放流から推定したスルメイカ太平洋系群の回遊経路. 北水研報告, **65**, 21–43.
- Nakata, J. (1993) Long-term changes in catch and biological features of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) in waters off the east coast of Hokkaido. In *Recent advances in cephalopod fisheries biology*, eds. T. Okutani, R. K. O'Dor & T. Kubodera, Tokai University Press, Tokyo, pp. 343–350.
- 中村好和 (2000) 平衡石によるいか類の日齢査定方法. 特定水産資源評価技術開発調査成果集1. いか類, 小型浮魚類日齢査定マニュアル. 中央水産研究所, 1–17.
- Nakamura, Y. and Y. Sakurai (1991) Validation of daily growth increments in statolith of Japanese common squid *Todarodes pacificus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 2007–2011.
- Rosa, A. L., J. Yamamoto and Y. Sakurai (2011) Effects of environmental variability on the spawning areas, catch, and recruitment of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), from the 1970s to the 2000s. *ICES J. Mar. Sci.*, **68**, 1114–1121.
- 坂口健司 (2005) スルメイカの平衡石の採取および輪紋計数マニュアル. 技術資料No. 4. 北海道立釧路水産試験場, 釧路, 60 pp.
- 坂口健司 (2010) 北海道周辺海域で標識放流されたスルメイカの移動. 北水試研報, **77**, 45–72.
- 坂口健司・佐藤 充・三橋正基・木所英昭 (2009) 北海道周辺海域におけるスルメイカの日齢と発生時期. 日水誌, **75**, 204–212.
- 坂口健司・高柳志朗 (1996) 1996, 1997年で道西日本海におけるスルメイカの体サイズが異なった要因. 北水試研報, **59**, 25–30.
- 桜井泰憲 (1998) 気候変化に伴うスルメイカ資源変動のシナリオ. 月刊海洋, **30**, 424–435.
- Sakurai, Y., H. Kiyofuji, S. Saitoh, T. Goto and Y. Hiyama (2000) Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. *ICES J. Mar. Sci.*, **57**, 24–30.
- Takayanagi, S. (1993) Changes in growth and maturity of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) related to differences in stock size in the Tsugaru strait, Northern Japan. In *Recent advances in cephalopod fisheries biology*, eds. T. Okutani, R. K. O'Dor & T. Kubodera, Tokai University Press, Tokyo, pp. 545–553.
- 和田時夫 (1998) 親潮域での回遊範囲と成長速度. 「マイワシの資源変動と生態変化」渡邊良朗, 和田時夫編, 恒星社恒星閣, 東京, 27–34.
- Yasunaka, S. and K. Hanawa (2002) Regime shifts found in the Northern hemisphere SST field. *J. Meteor. Soc. Jpn.*, **80**, 119–135.
- 山下紀生・森 賢 (2009) 太平洋沿岸におけるスルメイカ漁況の変化. スルメイカ資源評価協議会報告 (平成20年度), 日本海区水産研究所, 22–31.