

# 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

木所 英昭<sup>1)</sup>・檜山 義明<sup>1)</sup>

## Spatial Variation in Growth of Japanese Common Squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP in the Sea of Japan

Hideaki KIDOKORO<sup>1)</sup> and Yoshiaki HIYAMA<sup>1)</sup>

### Abstract

Relationship between body size and age of Japanese common squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP which were caught by squid jigging in the Sea of Japan from late June to early July 1994 was examined. From the difference in water temperature observed at stations, the investigated area was divided into the Tsushima current area (warm water area) and cold water area. For males in the maturing stage which were caught abundantly, dorsal mantle length (M.L.), body weight (B.W.), gonad weight and stomach contents were obtained, and their age were determined from daily statolith growth increments. Although there was no significant difference in the mean age (about 240 days) and maturity indices of the specimens, mean M.L. and B.W. of the specimens caught in the cold water area (about 230mm, and 265g) were significantly larger than those of in the Tsushima current area (about 210mm, and 190g).

**Key words** : squid, Ommastrephidae, growth, statolith, Sea of Japan

### 緒 言

日本海のスルメイカの分布域と魚体の大きさの関係について、沖合に分布する群は沿岸域に分布する群に比べ魚体が大きいことが、日本海沖合漁場の開発当時より知られている（伊東ら 1965）。また、木所（1995）は1989～1993年の7月に日本海沖合域で実施されたスルメイカ漁場一斉調査の結果をもとに、同じ成熟段階の雄のスルメイカでも極前線帯、およびその北と南では、体重で示される魚体の大きさが著しく異なることを報告し、その要因として、これらの海域に分布するスルメイカ間では成長、または発育が異なるものと推察している。この様にスルメイカの魚体の大きさは同じ時期、および同じ成熟段階の個体においても、分布する海域によっては異なることが指摘されている。

日本海に分布するスルメイカはこれまでの調査の結果、産卵時期、成長、分布・移動などの違いから、夏生まれ群、秋生まれ群、冬生まれ群の3つの季節発生群に分けられるとされている（新谷 1967；新谷・石井 1972；伊東 1972）。そしてこれらの季節発生群の間では成長が異

1996年1月11日受理 日本海区水産研究所業績A第503号

<sup>1)</sup> 〒951 新潟市水道町一丁目5939-22 日本海区水産研究所

(Japan Sea National Fisheries Research Institute, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

なるとされ、成長様式については季節発生群ごとに数多く検討されてきた（浜部・清水 1966；新谷 1967；新谷・石井 1972；村山 1987；安達 1988）。しかしスルメイカの成長に関する研究は、出現時期と外套背長モードの変化から発生時期を推定し、それに成熟度などの情報を加える方法を基に行われてきたため、成長様式の概要については明らかにされたものの、異なる環境条件下における成長の差異等について精度の高い解析は困難であった。そのため、同じ時期に発生したスルメイカの成長の差異についてはこれまでほとんど明らかにされてこなかった。

近年、NAKAMURA and SAKURAI (1991) によってスルメイカの平衡石の輪紋形成にも日周性があることが示され、スルメイカの成長に関しても精度の高い解析が可能となった。そしてこの手法を基に、発生時期や回遊経路の違いによる成長や発育の違いが示唆されるようになった（NAKAMURA and SAKURAI 1993）。本研究では木所（1995）が報告している、海域による魚体の大きさの違いの要因を明らかにすることを目的に、夏季に日本海沖合域で採集した雄の成熟前期の段階にある個体について、日齢と魚体の大きさの関係を海域間で比較検討した。

本文に先立ち、平衡石の日齢査定法について指導して頂いた日本海区水産研究所浮魚資源研究室の後藤常夫氏、統計処理についての助言を頂いた農業環境技術研究所の山村光司博士、海洋環境に関する文献を紹介して下さった日本海区水産研究所生物環境研究室長の平川和正博士、並びに本研究の内容について多忙な中、議論して頂いた日本海区水産研究所の諸研究員の方々に厚くお礼申し上げる。また、洋上調査の労にあたっていただいた、山形県加茂水産高等学校の伊藤誠船長をはじめとする鳥海丸の乗組員の方々、さらに本研究の基になったスルメイカ資源調査の基礎作りに尽力された、元日本海区水産研究所浮魚資源研究室長の笠原昭吾氏に心より感謝する。

## 材 料 と 方 法

試料には1994年6月下旬から7月上旬に、日本海沖合で行われたスルメイカの資源量調査において、釣獲試験で採集された標本のうち、特に日本海中部海域の6調査点で得られたスルメイカを用いた（Table 1, Fig. 1）。各調査点において、STD（アレック電子製、AST-1000）により水深300mまでの水温、塩分観測を行い、釣獲試験は水温の鉛直分布をもとに、イカ釣機の操業水深（最大水深）をStn. A, B, Cで60m, Stn. D, E, Fでは45mに設定して行った。試料としたスルメイカは各調査点において漁獲物から無作為に60尾抽出後、船上で冷凍保存し、帰港後、速やかに陸上で外套背長、体重、各生殖腺重量、胃内容物について測定した。各項目の測定は、外套背長は1mm、体重は1g、各生殖腺重量、および胃内容物重量は0.1gの精度で行った。胃内容物組成は、各個体の内容物中、最も多く観察された内容物によって、魚類、甲殻類、イカ類、の3つに区分し、内容物が観察されなかった個体は空胃とした。

本研究では同じ成熟段階のスルメイカにおいて、魚体の大きさが分布海域で異なる要因について検討するのを目的としたため、木所（1995）の報告と同様に雄の成熟前期の段階にあるスルメイカをさらに標本として抽出し、平衡石による日齢査定を行った。雄の成熟段階については、池田ら（1991）の報告をもとに生殖腺重量指数から、未成熟； $TSI \leq 0.5$ 、成熟前期； $TSI > 0.5$ かつ $AGSI \leq 1.0$ 、成熟； $AGSI > 1.0$ に区分した。ここで、 $TSI$ ；testis somatic index = 精巣重量 / 体重  $\times 100$ 、 $AGSI$ ；accessory gonad somatic index = (貯精のう重量 + 輸精管重量 + 精莖のう重量) / 体重  $\times 100$ を示す。

平衡石による日齢査定は魚住ら（1991）の方法を参考に、スライドグラス上に平衡石の後背面が上になるようにエポキシ系の接着剤で固定し、接着剤の完全硬化後、目合いが $9 \sim 0.3 \mu\text{m}$

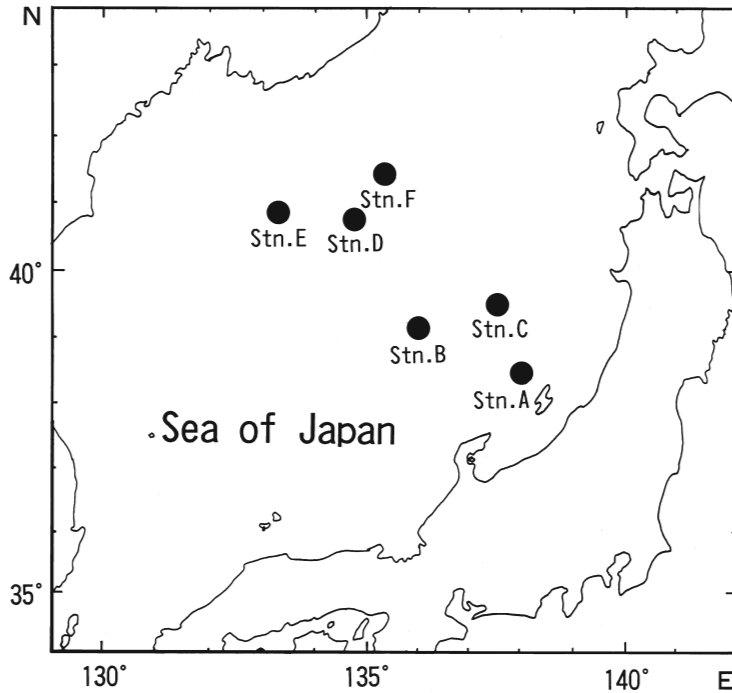
の耐水紙ヤスリを用いて平衡石の後面，背丘から側丘部にかけてを曲面に沿うように研磨して行った。平衡石の研磨は，研磨し過ぎぬように適宜顕微鏡で観察しながら日周輪の計数が可能と思われるまで行った。日周輪は研磨した平衡石の後背面部を光学顕微鏡に装着したCCDカメラより，テレビモニターにレンズ倍率1000倍の画像を映して計数した。計数は原則として3回行い，このうち差の少ない2回の計数値の平均を日齢とした。

なお本研究における統計計算は統計解析プログラム，マイクロソフト Stat 123/Win (柳井・長田 1994) を用いた。

**Table 1.** Date, location, catch, and c. p. u. e. of squid jigging experiment at each station.

Station	Stn. A	Stn. B	Stn. C	Stn. D	Stn. E	Stn. F
Date	Jun. 30	Jun. 29	Jun. 28	Jul. 06	Jul. 03	Jul. 07
Location N°	38.35	39.18	39.30	40.45	40.42	41.30
E°	138.05	136.02	137.30	134.46	133.18	135.26
Number of Catches	2780	1815	712	859	2886	1479
c. p. u. e. *	18.17	11.86	5.14	5.61	19.43	10.20

\*c. p. u. e.=Number of individuals caught per hour per squid jigging machine



**Fig. 1.** Location of stations where we caught *T. pacificus* by squid jigging, and observed water temperature with STD.

## 結 果

## 1. 海洋構造と区分

海洋観測の結果から調査海域における各層の水温を比較する (Fig. 2). 水深0m, および10mにおける水溫の範囲はそれぞれ16~20°C, 15~19°Cで, 本州沿岸寄りに位置する調査点 Stn. A, B, Cの方が沿海州寄りの調査点 Stn. D, E, Fに比べ水溫が高い傾向にあるものの, 調査点間に大きな差が認められなかった. しかし Stn. D, E, Fと Stn. A, B, Cでは水溫躍層の存在する水深が異なっており, Stn. A, B, Cでは水深30m および50mの水溫が約16°Cおよび約14°Cであるのに対し, Stn. D, E, Fではそれぞれ約5°C, 3°Cと10°C以上差があった. このことから Stn. A, B, Cと Stn. D, E, Fでは海洋構造が著しく異なっており, 木所 (1995) が行った水深50m, および30mの水溫10°Cの等温線による区分, および水溫が5~10°Cの海域を沖合前線帯とする笠原 (1972) の区分を基にすると, 調査を行った海域は暖水域の Stn. A, B, Cと, 冷水域 (亜寒帯水域) の Stn. D, E, Fの2海域に大きく分けられた.

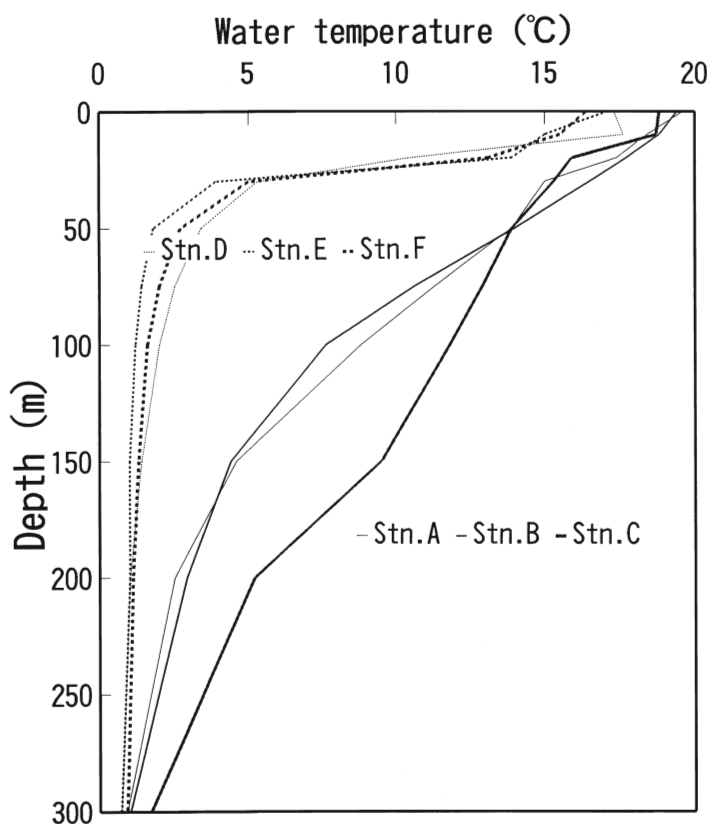


Fig. 2. Water temperature at each station. There were significant differences in the depth of the thermocline between Stn. A, B, C and Stn. D, E, F. Stn. A, B, C were classified as part of the Tsushima current area (warm water area), and Stn. D, E, F in the cold water area.

**Table 2.** Mean sizes, maturity indices, and age of male *Todarodes pacificus* in the maturing stage caught at each station. Stn. A, B, C are situated in the Tsushima Current area, and Stn. D, E, F are situated in the cold water area.

Station (number of samples)	Dorsal mantle length (mm)	Body weight (g)	Testis weight (g)	Accessory gonad weight* (g)	TSI**	AGSI***	Age (days)
Stn. A (n=11)	203.7	182.5	2.97	0.69	1.61	0.38	238.0
Stn. B (n=10)	213.9	205.1	3.19	0.76	1.60	0.39	235.2
Stn. C (n=12)	215.5	181.8	2.93	0.68	1.62	0.38	239.1
Stn. D (n=13)	227.1	260.5	4.17	1.12	1.64	0.44	236.9
Stn. E (n=12)	228.7	277.8	5.04	1.45	1.84	0.53	243.1
Stn. F (n=12)	226.8	262.1	4.53	1.16	1.70	0.43	242.0

\* Sperm duct, Spermatophoric organ and Spermatophoric sac weight.

\*\* Testis somatic index; Testis weight/Body weight  $\times 100$ .

\*\*\* Accessory gonad somatic index; Accessory gonad weight/Body weight  $\times 100$ .

**Table 3.** Frequency of dietary items and mean weight of stomach contents of male *Todarodes pacificus* in the maturing stage at each station.

Station (number of samples)	Fish (%)	Squid (%)	Crustacean (%)	Empty (%)	Total (%)	Mean weight (g)
Stn. A (n=11)	100				100	10.14
Stn. B (n=10)	10		50	40	100	1.11
Stn. C (n=12)	8	33	8	50	100	0.62
Stn. D (n=13)		8	85	8	100	3.60
Stn. E (n=12)	8	8	85		100	4.44
Stn. F (n=12)	25	17	25	33	100	3.58
Total (n=70)	24	11	44	21	100	3.90

## 2. 魚体測定結果

外套背長、体重、各生殖腺重量および生殖腺重量指数の各調査点における平均値を Table 2 に示す。外套背長はさきに区分した暖水域に位置する Stn. A, B, C では平均値がそれぞれ 203.7, 213.9, 205.5mm, 冷水域に位置する Stn. D, E, F の個体では平均値がそれぞれ 228.7, 227.1, 226.8mm と暖水域の個体に比べ大きかった。体重についても同様に、暖水域に位置する Stn. A, B, C では平均値がそれぞれ 182.5, 205.1, 181.8g, 冷水域に位置する Stn. D, E, F では平均値がそれぞれ 277.8, 260.5, 262.1g と暖水域の個体に比べ大きかった。また、生殖腺重量指数は暖水域の Stn. A, B, C では TSI が約 1.6, AGSI が約 0.4, 冷水域の Stn. D, E, F では TSI が 1.6~1.8, AGSI が 0.4~0.5 と、外套背長および体重で見られた程の差ではないが、冷水域に分布する個体の方がやや大きい値であった。

胃内容物の組成と重量を Table 3 に示す。暖水域において、Stn. A では全ての個体が魚類を捕食していたが、Stn. C ではイカ類を捕食していた個体が33.3%と、調査点によって異なっていた。また、冷水域に位置する Stn. D および Stn. E ではオキアミ類や端脚類等の甲殻類が80%以上を占めており、この海域では動物プランクトンが主要な餌料となっていた。全体としては甲殻類を捕食していた個体の占める割合が44.3%で最も多かった。

平衡石の日周輪より推定した日齢の各調査点における平均値を Table 2 に合わせて示した。日齢の平均はどの調査点でも約240日で、調査点による差はほとんどみられなかった。さらに日齢査定結果と調査を行った日からふ化日を求め、階級幅10日の度数分布で示した。試料に用いたスルメイカは10月から11月にかけてふ化したと推定される個体が主体となっていた (Fig. 3)。

以上のように水温の鉛直分布から区分した暖水域と冷水域において、それぞれの海域で採集した魚体の外套背長や体重には差がみられるが、日齢には大きな差は見られない。そこで海域による各測定値の差を検討するため、各海域における各項目の平均値の差を検定した。なお検定には、調査点の平均外套背長の分散が暖水域と冷水域では有意な差 ( $p < 0.05$ ) があることから、ウェルチの  $t$  検定を用いて行った。

検定の結果、外套背長 ( $p < 0.05$ )、体重 ( $p < 0.01$ ) については海域間で有意な差が認められたのに対し、生殖腺重量指数、および日齢については有意な差が認められなかった (Table 4)。有意な差が認められた外套背長、体重について、海域による平均値の差はそれぞれ約20mm、80gで、この差は日齢の差 (約3日) に比べ十分に大きく、海域間でみられた外套背長、および体重の違いは成長の違いによるものであると結論付けられる。

また、暖水域と冷水域で採集されたスルメイカの外套背長、および体重と日齢の関係を散布図で個体ごとに示す。両海域とも日齢に対する外套背長、体重の関係は個体差が大きいものの、日齢が220~260日の間に暖水域では外套背長180~220mm、体重150g~250g、冷水域では外套背長220~250mm、体重200g~350gと、海域間で成長が異なっているのがわかる (Fig. 4)。

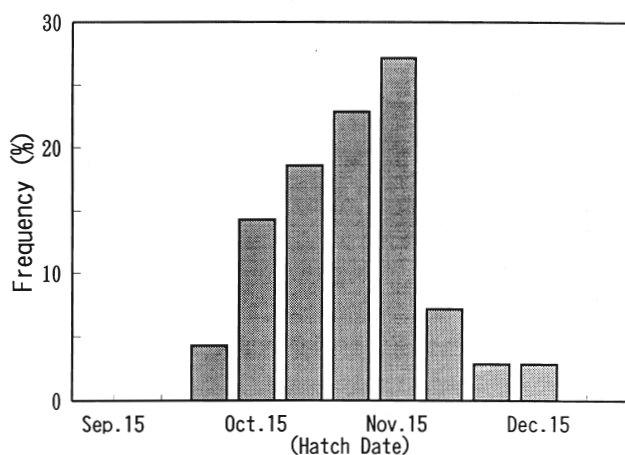
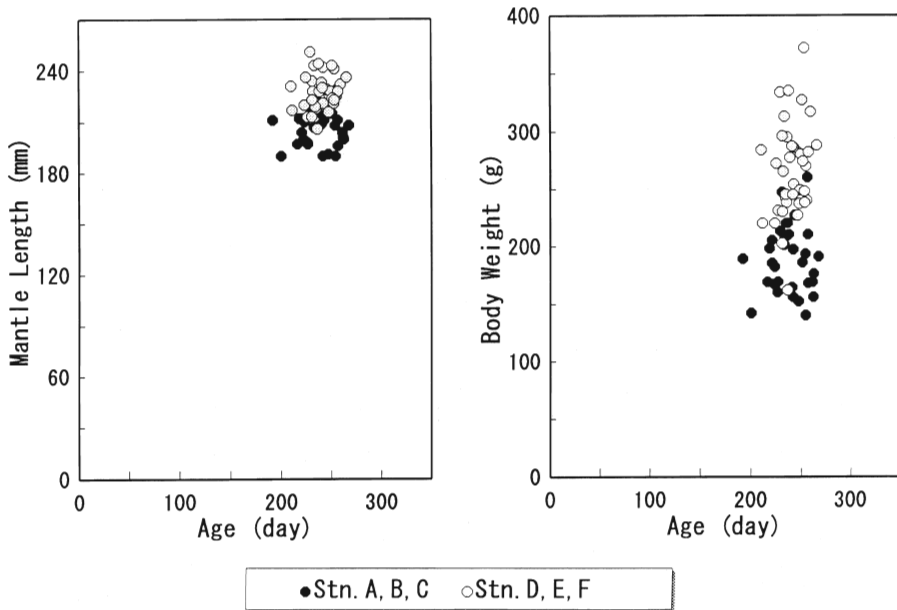


Fig. 3. Estimated hatch date distribution determined from statolith analysis of male *T. pacificus* sampled in the maturing stage. As most of specimens were determined to have hatched between October and November, the specimens were classified as the Autumn spawning group.

**Table 4.** Mean values of mantle length, body weight, testis somatic index (TSI), accessory gonad somatic index (AGSI), and age.

	Dorsal mantle length (mm)*	Body weight (g)**	TSI	AGSI	Age (Days)
Tsushima current area	211.0±3.7	189.8±7.7	1.61±0.01	0.38±0.00	237.4±1.16
Cold water area	227.5±0.6	266.8±5.5	1.73±0.06	0.47±0.03	240.7±1.91

Welch's t-test \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$



**Fig. 4.** Relationships between age and dorsal mantle length, and between age and body weight for male *T. pacificus* in the maturing stage.

## 考 察

これまで、日本海に分布するスルメイカは、夏生まれ群、秋生まれ群、冬生まれ群の3つの季節発生群に分けられるとされ、成長についても各季節発生群ごとに検討されてきた。しかし同じ発生時期の個体間における成長の差異については、解析の困難さからこれまでほとんど報告されてこなかった。その様な経緯のもと平衡石の日齢査定手法を用いた本研究の結果、同じ秋季に発生した個体でも暖水域に分布するスルメイカと冷水域に分布するスルメイカでは成長が異なることが示され、分布する海域によっては魚体の大きさが異なることが明らかになった。このことは、スルメイカの成長や魚体の大きさを検討するには発生時期による差異ばかりでなく、分布する海域による差異についても考慮する必要があることを示しており、資源水準や年の違いによる成長や魚体の大きさの差異を検討する上で重要である。

本研究でみられた成長の差異について、海域間における餌料環境や水温をもとにその要因に

ついて検討する。胃内容物組成は、暖水域では主に魚類やイカ類を、冷水域においては甲殻類を主体に捕食しており、沖山（1965）の報告と同様の傾向が見られた。魚類と甲殻類が餌料としてスルメイカの成長に与える質的な側面についての報告はまだされていないが、HIRTLE *et al.*（1981）がスルメイカの近縁種である *Illex illecebrosus* で行った研究では、魚類を餌とした方が甲殻類を餌とした場合よりも摂餌率がやや高い傾向が見られるものの、摂餌率あたりの成長率は同様であると報告している。よって嗜好性等により摂餌量が大きく変化しない限り、餌料の質的な違いによる成長への影響はないものと推察される。

餌料として最も多く見られた動物プランクトンの、日本海における分布域と年間平均現存量について森岡（1985）は、冷水域は  $1\text{m}^3$  当たり  $100\text{mg}$  前後、暖流域では  $50\text{mg}$  前後と見積もっており、これらの海域間では約2倍の差があるとしている。また、季節的な変化の傾向は両海域とも同じで、4—5月に分布量が最大、1月に最小を示し、秋季はその中間である。このように暖水域と冷水域では動物プランクトンの分布量が異なっており、この違いが各海域に分布するスルメイカの成長に差を与える要因の一つになったと推察される。

次に水温が成長に与える影響について、スルメイカでは実験を基にした明確な報告はまだされていないが、O'DOR and WELLS（1987）は *I. illecebrosus* の飼育実験による結果を基に報告している。O'DOR and WELLS（1987）は基礎代謝、および摂餌率の変化を水温と魚体の体重より推定し、さらに餌料の熱量を  $1\text{kcal/g}$  と仮定し、計算より予想される成長率を Growth Potential として求め、各体重ごとに成長に最適な水温について検討している。それによると、計算より予想される成長率は体重  $0.1\text{g}$  の個体では水温が約  $25^\circ\text{C}$  で最大になるが、体重  $200\sim 300\text{g}$  の個体では水温約  $10^\circ\text{C}$  で最大となっており、それ以上の水温では急激に低下し、成長に不利な環境となる。*I. illecebrosus* は魚体の大きさや分布環境、回遊、生態など、スルメイカと類似点が多く（HATANAKA *et al.* 1985）、また SAKURAI *et al.*（1993）による飼育実験の結果、同化率や生体の維持に必要な餌料の量もスルメイカと同様であるとされている。そこで *I. illecebrosus* の結果を基に、本研究で用いた大きさのスルメイカの水温と成長の関係について検討すると、水温の高い暖水域（水深  $0\text{m}$ 、および  $50\text{m}$  の水温がそれぞれ約  $18^\circ\text{C}$ 、 $15^\circ\text{C}$ ）は水温の低い冷水域（水深  $0\text{m}$ 、および  $50\text{m}$  の水温がそれぞれ約  $17^\circ\text{C}$ 、 $5^\circ\text{C}$ ）に比べ成長に不利な環境であると推定される。よって摂餌量、および運動によるエネルギーの消費が大きく異ならなければ、基礎代謝量の少ない冷水域に分布する個体のほうが成長の効率が良いと推察される。

一方、FORSYTHE（1993）は数種の頭足類の飼育実験による稚仔期の水温と成長率の関係をもとに、成長について数値シミュレーションを行い、稚仔期の水温による成長の違い（高水温ほど成長が良い）がその後の成長に大きく影響を及ぼす可能性を指摘している。スルメイカについてはこれまでの調査の結果、秋季の日本海における稚仔の分布域は山陰沿岸から、九州北西海域の広い海域にわたるものとされている（笠原 1991）。そしてこの分布域は、各年の稚仔の出現傾向から資源の高水準期には産卵場が南方向に広がると推察されている（後藤・笠原 1991）。この様にスルメイカの稚仔はかなり広い海域に分布しており、その分布域は年によって変動することが予想されている。そのため、稚仔期において分布する海域の水温等、環境の違いによって成長が異なると考えられ、FORSYTHE（1993）の説を基にすると、この成長の差異が親魚期の魚体の大きさにまで影響を及ぼすことも一方では予想される。また、イカ釣り漁業の対象となる以前における若齢期のスルメイカの分布域、および成長については、これまで断片的な報告（新谷 1967；村田 1983）しかされておらず、成長をはじめ、生態的に不明な点が多い。そのため稚仔期から若齢期における分布域、および成長の差異がその後の成長、および魚体の大きさに与える影響を明らかにすることが今後の課題として残されている。



以上のように本研究の結果で得られた分布海域によるスルメイカの大きさ、および成長の差異は、分布海域の環境をもとに考察するとその要因をある程度説明することが出来る。しかし稚仔期から若齢期にかけての生息環境と成長の関係については、まだ不明な点が多く残されたままであり、本研究の結果で示された分布海域による成長差の要因を確証するには今後、稚仔期および若齢期にかけても調査をすすめ、検証する必要がある。

## 文 献

- 安達二郎 (1988) 日本海西部海域におけるスルメイカ, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP, の漁業生物学的研究. 島根県水産試験場研究報告, (5), 1-93.
- 新谷久夫 (1967) スルメイカの資源. 水産研究叢書, (16), 1-60, 日本水産資源保護協会.
- 新谷久夫・石井 正 (1972) 北海道周辺海域におけるスルメイカの系統群. pp192-205. 農林水産技術会議編 スルメイカの漁況予測精度向上のための資源変動機構に関する研究, 研究成果, (57).
- FORSYTHE, J. W. (1993) A working hypothesis of how seasonal temperature change may impact the field growth of young cephalopods. pp133-143. In *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology*, ed. by OKUTANI, T., O'DOR, R. K. and KUBODERA, T., Tokai University Press, Tokyo.
- 後藤常夫・笠原昭吾 (1991) 九州西岸域における秋季スルメイカ稚仔の出現と分布. 平成2年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告, 15-34, 北水研.
- 浜部基次・清水虎雄 (1966) 日本海西南海域を主としたスルメイカの生態学的研究. 日水研報告, (16), 13-55.
- HATANAKA, H., KAWAHARA, S., UOZUMI, Y. and KASAHARA, S. (1985) Comparison of life cycles of five Ommastrephid squids fished by Japan: *Todarodes pacificus*, *Illex illecebrosus*, *Illex argentinus*, *Nototodarus sloani sloani* and *Nototodarus sloani gouldi*. *NAFO Sci. Coun. Studies*, **9**, 59-68.
- HIRTLE, R. W. H., DEMONT, M. E. and O'DOR, R. K. (1981) Feeding, growth, and metabolic rates in captive short-finned squid, *Illex illecebrosus*, in relation to the natural population. *J. Shellfish Res.* **1**, 187-192.
- 池田 譲・桜井泰憲・島崎健二 (1991) 雄スルメイカの成熟にともなう精巢および付属腺の発達. 日水誌, **57**, 2237-2242.
- 伊東祐方・中山宗雄・笠原昭吾 (1965) 日本海沖合におけるスルメイカについての2・3の考察. 日水研報告, (15), 55-70.
- 伊東祐方 (1972) スルメイカの漁業, 生活史および資源の現状の概要. pp4-9. 農林水産技術会議編 スルメイカの漁況予測精度向上のための資源変動機構に関する研究, 研究成果, (57).
- 笠原昭吾 (1972) 日本海沖合を中心としたスルメイカの生物特性 —分布と移動—. 水産海洋研究, (21), 48-58.
- 笠原昭吾 (1991) 日本海における有用イカ類の資源と利用. 平成2年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告, 1-11, 北水研.
- 木所英昭 (1995) 7月における日本海沖合スルメイカの体重と水温分布について. 平成5年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告, 16-22, 東北水研.
- 森岡泰啓 (1985) 日本海における動物プランクトン分布. 水産海洋研究, (47), 63-66.
- 村田 守 (1983) 春～初夏の本邦北部沖合海域におけるスルメイカ若齢群の分布および集魚灯下での行動. 北水研報告, (48), 37-52.
- 村山達郎 (1987) 日本海におけるスルメイカ秋生まれ群の群成長と成熟 I. 昭和62年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告, 39-49, 東北水研.
- NAKAMURA, Y. and SAKURAI, Y. (1991) Validation of daily growth increments in statoliths of Japanese common squid *Todarodes pacificus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 2007-2011.
- NAKAMURA, Y. and SAKURAI, Y. (1993) Age determination from daily growth increments in statoliths of some group of Japanese common squid *Todarodes pacificus*. pp337-342. In *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology*, ed. by OKUTANI, T., O'DOR, R. K. and KUBODERA, T., Tokai University Press, Tokyo.
- O'DOR, R. K. and WELLS, M. J. (1987) Energy and nutrient flow. pp109-134. In *Cephalopod life cycles* vol. II, ed. by BOYLE, P. R., Academic Press, London.
- 中山宗雄 (1965) 日本海におけるスルメイカ *Todarodes pacificus* (STEENSTRUP) の食性. 日水研報告, (14), 31-41.

SAKURAI, Y., IKEDA, Y., SHIMIZU, M. and SHIMAZAKI, K. (1993) Feeding and growth of captive adult Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, measuring initial body size by cold anesthesia. pp 467-476. In *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology*, ed. by OKUTANI, T., O'DOR, R. K. and KUBODERA, T., Tokai University Press, Tokyo.

魚住雄二・中村好和・谷津明彦・芝 千景 (1991) アカイカ科 3 種の平衡石を用いた日齢査定の可能性について, 平成 2 年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告, 97-107, 北水研.

柳井久江・長田 理 (1994) Lotus 1・2・3 医学生物学統計マニュアル, 真興交易医書出版部, 東京, 231.