

図5-1 輸卵管重量と輸卵管腺重量の合計値と輸卵管重量の関係

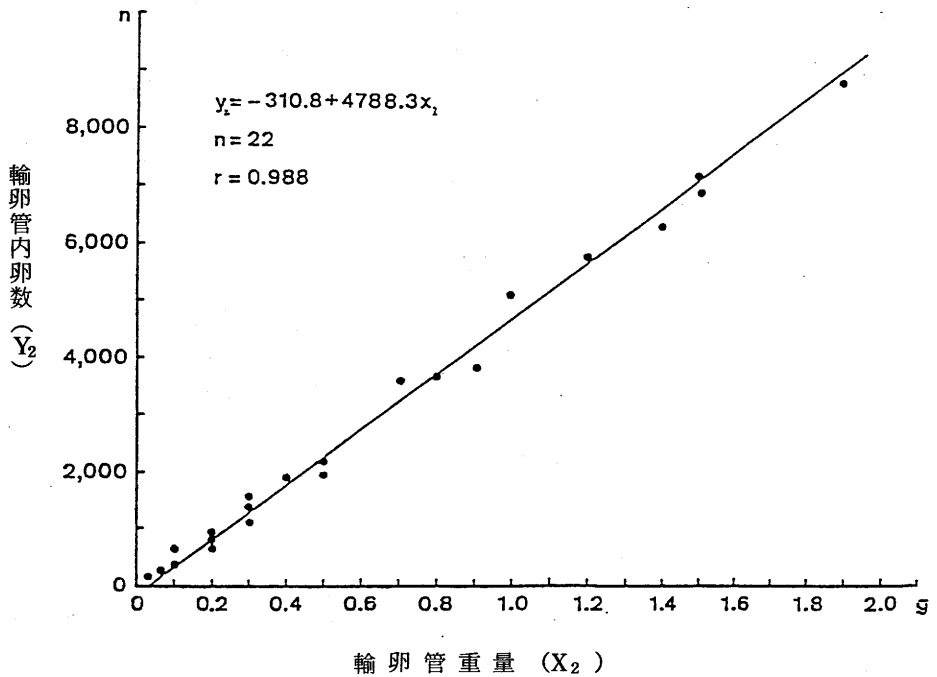


図5-2 輸卵管重量と輸卵管内卵数の関係

r_2 は輸卵管卵の平均半径 (cm) である。また、1粒の卵巣卵重量 W_{E1} は $W_{E1} = \frac{4}{3}\pi r_1^3 \cdot a$ で表わされる。ただし r_1 は卵巣卵の平均半径 (cm) である。

ここで $r_2 = \frac{0.1199}{2}$, $r_1 = \frac{0.0821}{2}$ (安達, 1985) なので, $W_{E2} = 0.0009026a$, $W_{E1} = 0.0002896a$ となる。比をとると $\frac{W_{E2}}{W_{E1}} = 3.11671 \dots (2)$ である。

次に輸卵管重量 x_2 , 輸卵管内卵数 y_2 , 卵巣重量 x_1 , 卵巣内卵数 y_1 とすると, 輸卵管重量 x_2 は, $x_2 = y_2 \cdot W_{E2}$, 卵巣重量 x_1 は, $x_1 = y_1 \cdot W_{E1}$ と表わされる。これより $W_{E2} = \frac{x_2}{y_2}$, $W_{E1} = \frac{x_1}{y_1}$, この比をとると $\frac{W_{E2}}{W_{E1}} = \frac{x_2}{x_1} \cdot \frac{y_1}{y_2}$ となり, (2)式より $\frac{x_2}{x_1} \cdot \frac{y_1}{y_2} = 3.11671$ となる。また, これより $y_1 = 3.11671 y_2 \cdot \frac{x_1}{x_2} \dots (3)$ が得られる。(1)式を(3)式に代入すると,

$$y_1 = 3.11671 (-310.8 + 4778.3 x_2) \cdot \frac{x_1}{x_2}$$

$$y_1 = 3.11671 (-310.8 \frac{x_1}{x_2} + 4778.3 x_1) \dots (4)$$

この関係式により各個体の卵巣内卵数を推定した。

5-2 熟度と卵径組成の関係

図5-3に未熟イカ12個体の卵径分布を示した。未熟卵の卵径分布は大まかには正規型の分布をするものと考えられる。熟度と平均卵径の関係をみると、熟度指数 (G.S.I) が大きくなるにしたがって平均卵径も大きくなるという関係がうかがわれ ($0.05 > P > 0.025$), 両者の間には回帰関係が認められる。このことはスルメイカの場合において, G.S.I を用いて熟度を表現することが妥当であることを示すものである。

次に成熟個体 (G.S.I = 2以上) の熟度指数 (G.S.I) と卵巣卵の平均卵径の関係を示したものが図5-4である。肉眼観察によると, 成熟個体の卵巣内には未熟卵を主体に一部成熟卵が混在している。図中の回帰直線および回帰式をみると直線に若干の傾斜がみられるが, 回帰係数は有意ではない ($0.25 > P > 0.10$)。すなわち, 成熟個体の卵巣卵径はほぼ一定であり, 卵巣重量の大小に関係なく, 平均卵径は0.8mm位であることを表わしている。したがって, 卵巣卵径は成熟状態に達するまでは増大し, 成熟に達するとほぼ一定になることがわかる。

一方, 輸卵管卵の場合(図5-5)は輸卵管内の卵のすべてが熟卵であり, 熟度指数 (G.S.I) と卵径の関係は有意ではない ($P > 0.50$), したがって, 輸卵管卵の卵径はほぼ一定であり, 平均卵径は1.2mm位であると判断される。図5-5の中の個体数が39であるのは, 24個体については固定に失敗し, それらを除いたためである。

5-3 成熟個体の卵巣卵と輸卵管卵の卵径組成

成熟個体では卵巣卵径も輸卵管卵径も, ほぼ一定であることが明らかになったので, 前述の39個体の卵巣卵径と輸卵管卵径の度数分布を求め, これを一括して図5-6に示した。分布は正規型の

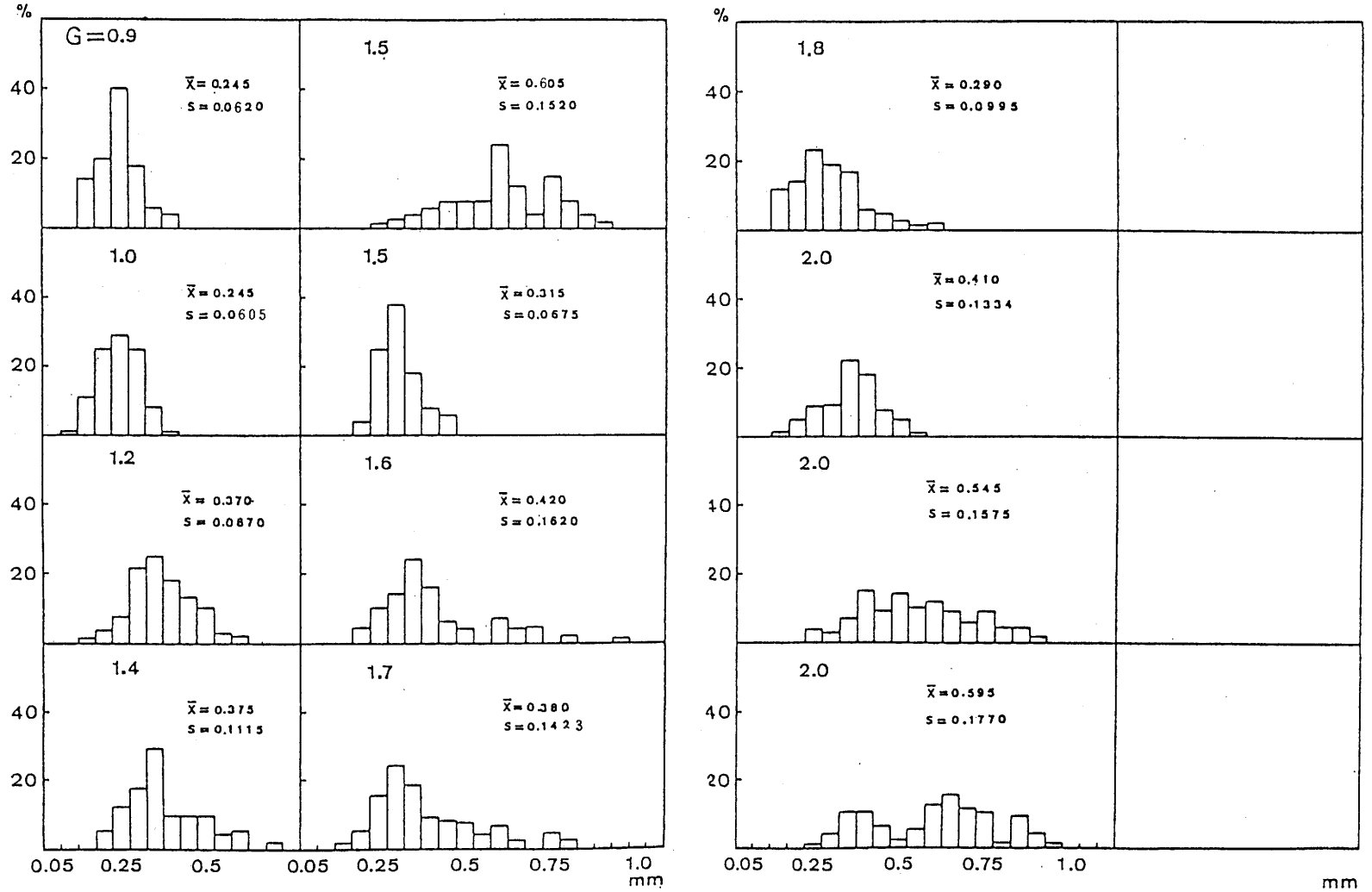


図5-3 未熟個体の卵巣卵径分布 (未熟卵)

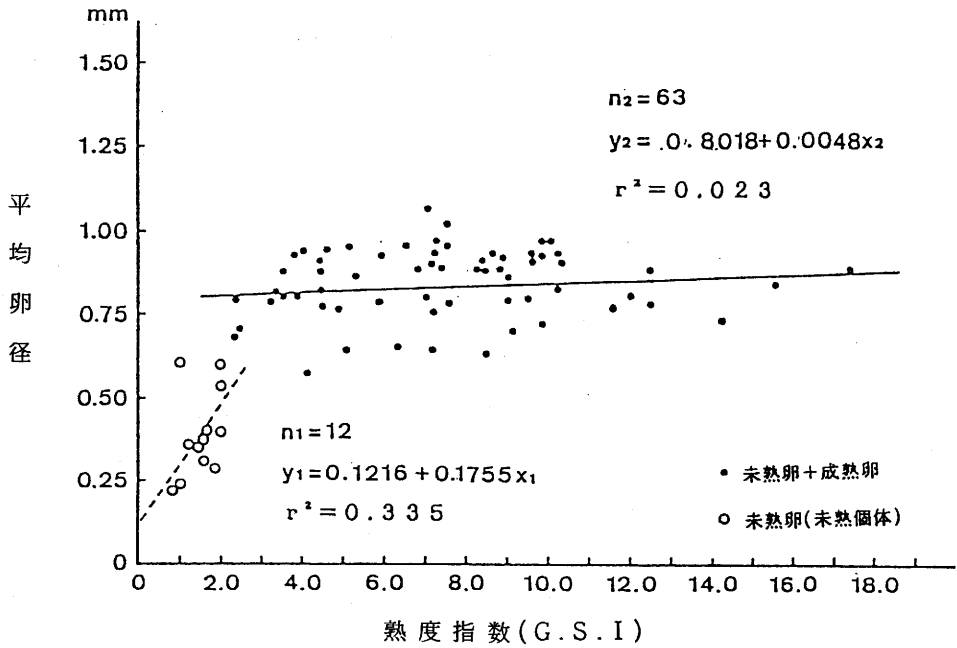


図5-4 熟度と平均卵径の関係 (卵巣卵)

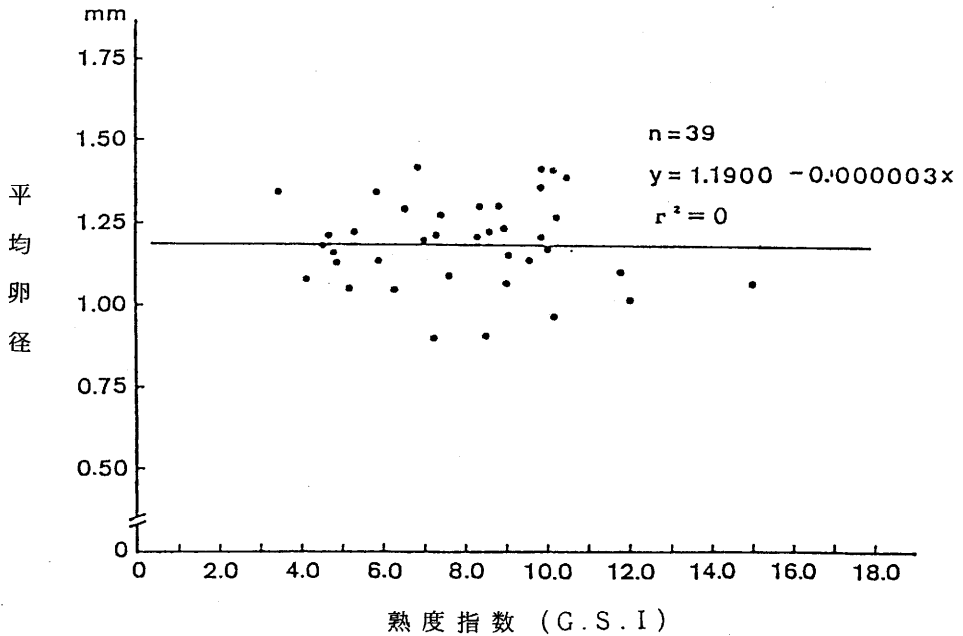
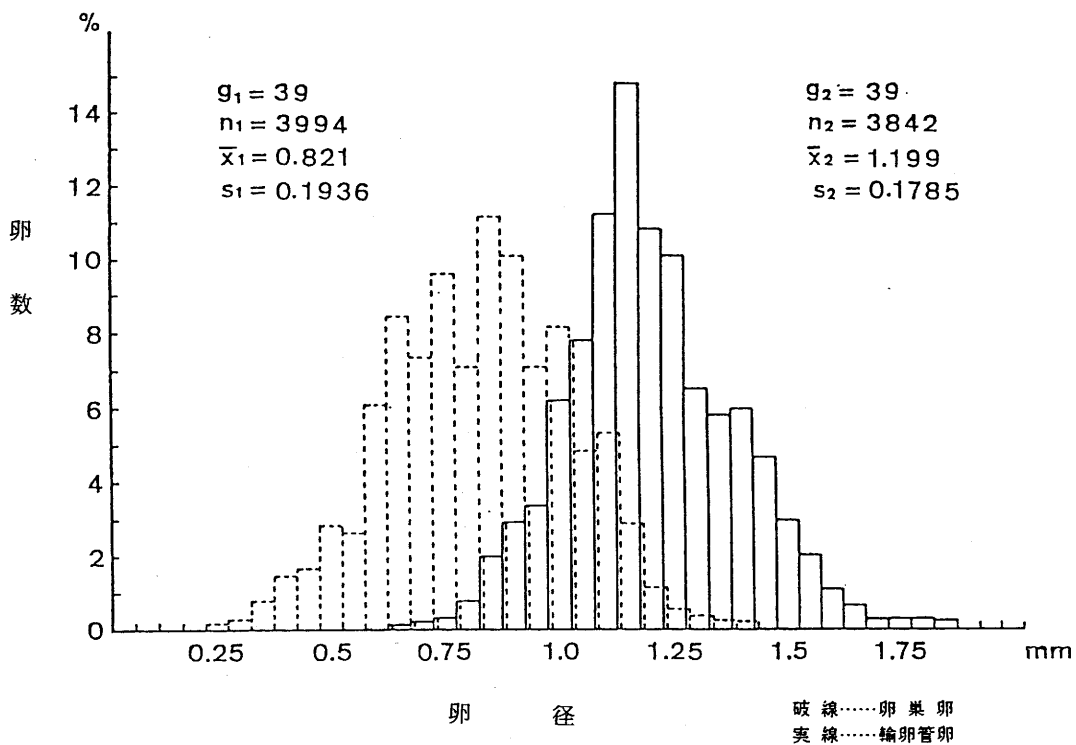


図5-5 熟度と平均卵径の関係 (輸卵管卵)



g_1 : 標本数 (卵巣)

g_2 : 標本数 (輸卵管)

n_1 : 卵巣卵径の測定数

n_2 : 輸卵管卵径の測定数

\bar{x}_1 : 卵巣卵の平均卵径

\bar{x}_2 : 輸卵管卵の平均卵径

s_1 : 標準偏差

s_2 : 標準偏差

図5-6 成熟個体の卵巣卵と輸卵管卵の卵径分布

分布と考えられ、そのバラツキは輸卵管卵よりも卵巣卵の方が若干大きい。平均卵径は卵巣卵が0.82mm、輸卵管卵が1.20mmで図5-2~3に示した回帰式の定数とほぼ一致している。

輸卵管卵径の最小値は0.65mm位にあり、おそらく一部の卵はこの大きさと熟卵になるのであろう。また、卵巣内には若干の成熟卵が認められることから、成熟が進むにつれ、除々に卵巣から輸卵管へ卵が移行するものと考えられる。卵巣卵径の分布の最大値は1.4mm位にあり、この大きさの卵は熟卵である。

また、卵巣および輸卵管、それぞれの卵径が正規型の分布をすることから、成熟スルメイカ1個体のもつ、卵巣、輸卵管の卵径もまた正規型の分布をすることと考えられる。このことはかなり熟度の進んだ個体では、それぞれの平均卵径を異にする未熟卵と成熟卵の2つの卵群が存在することを示している。

5-4 成熟イカの輸卵管の熟卵収容量の推定

図5-7は熟度指数(G.S.I)と輸卵管内卵数の関係を示したものである。熟度指数(G.S.I)が大きくなるにしたがって、輸卵管内卵数は増加する。しかし、この関係から卵数が無限に増加していくことは現実的でなく、輸卵管に収容される卵数には限界があると考えられる。そこで図中に示したように、

$l_n y = 11.4340 \cdot 0.1384^{0.6977^x}$ という実験式を求めた。(ただし、 x は熟度指数、 $l_n y$ は輸卵管内卵数である)。

この実験式の母数11.4340は熟度指数(G.S.I)が無限大になった時の値で、輸卵管内卵数の理論的極限值である。真数に変換すると極限值は約92,400となる。したがって、この極限值が輸卵管の熟卵収容能力であり、この極限值近くになって産卵を開始するものと考えられる。また、図5-8は体重と輸卵管内卵数の関係をみたものであるが、体重の重いものほど輸卵管内の卵数は多くなる(0.005>P)。

浜部(1963)は皮イカの産卵開始について自己の達し得る体重の極限に至った時と述べ、また、浜部(1962)が産卵実験に用い、産卵に成功した成熟イカの平均体重は約317gであった。図5-7をみると、体重317gでの輸卵管内卵数は約10万粒となり、輸卵管の熟卵収容能力に近い数となっている。このことからスルメイカは輸卵管の熟卵収容能力の限界に達した時、産卵を行ない、1回目の産卵では平均的に約10万粒を産卵すると推定される。

5-5 成熟イカの卵の増加様式

表5-1に成熟イカの熟度別に計算した平均的な卵巣内、輸卵管内卵数およびそれらを合計した総卵数を示した。これらの卵数はいずれも熟度が進むにしたがって増加している。このことはまだ

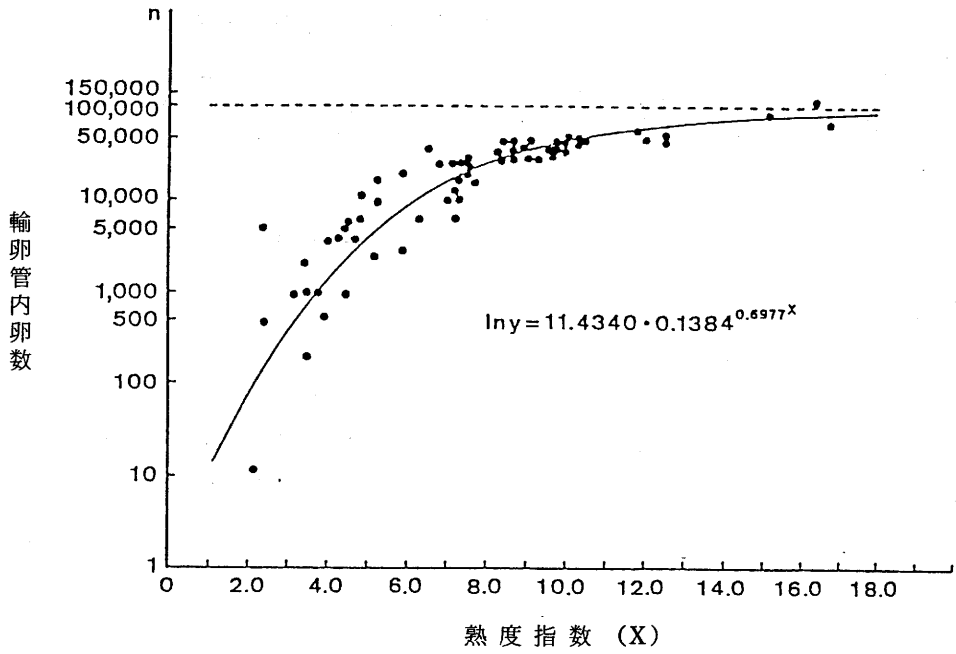


図5-7 熟度と輸卵管内卵数の関係

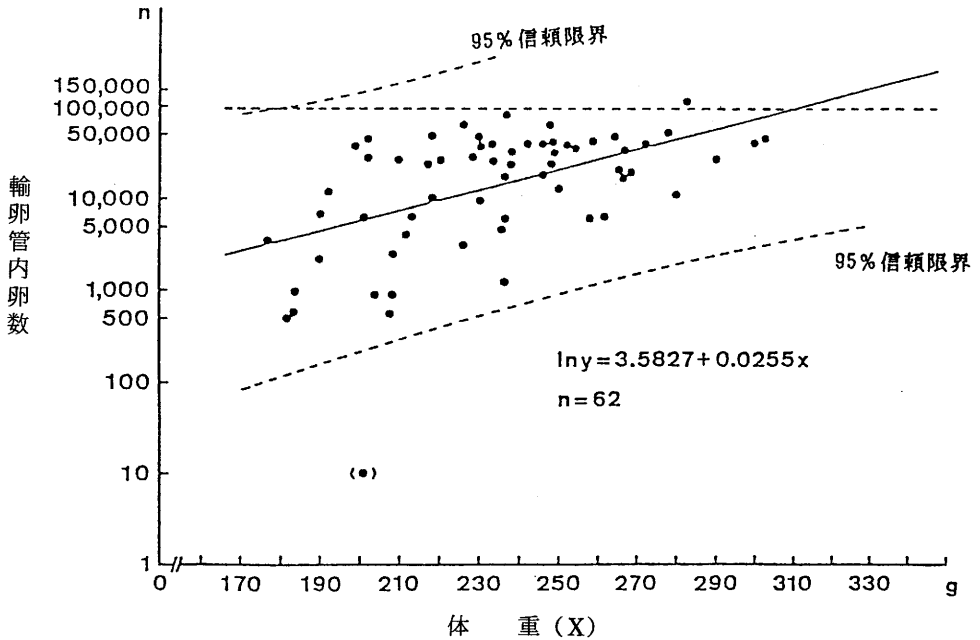


図5-8 体重と輸卵管内卵数の関係

表5-1 成熟イカの熟度別の卵巣内および輸卵管内卵数

G. S. I (G. W/B. W)	平均卵巣内卵数 E_1 および総卵数に対する比率(%)	平均輸卵管内卵数 E_2 および総卵数に対する比率(%)	総卵数 E_T 相対値(%)
2.0 — (成熟)	$n = 10$ $\bar{X}_1 = 78723.4$ $S_1 = 16561.64$ 97.9	$n = 10$ $\bar{X}_2 = 1670.8$ $S_2 = 1789.12$ 2.1	80394.2 100.0
4.0 — (成熟)	$n = 12$ $\bar{X}_1 = 130235.2$ $S_1 = 25242.09$ 94.3	$n = 12$ $\bar{X}_2 = 7846.9$ $S_2 = 6061.50$ 5.7	138082.1 100.0
6.0 — (成熟)	$n = 14$ $\bar{X}_1 = 187282.6$ $S_1 = 30522.00$ 90.6	$n = 14$ $\bar{X}_2 = 19517.3$ $S_2 = 8958.48$ 9.4	206799.9 100.0
8.0 — (成熟)	$n = 17$ $\bar{X}_1 = 189790.9$ $S_1 = 43192.60$ 83.4	$n = 17$ $\bar{X}_2 = 37694.6$ $S_2 = 5892.95$ 16.6	227485.5 100.0
10.0 — (完熟)	$n = 5$ $\bar{X}_1 = 198113.0$ $S_1 = 38144.85$ 79.9	$n = 5$ $\bar{X}_2 = 49744.4$ $S_2 = 8605.74$ 20.1	247857.4 100.0
12.0 — (完熟)	$n = 5$ $\bar{X}_1 = 249152.2$ $S_1 = 44479.12$ 76.5	$n = 5$ $\bar{X}_2 = 76709.4$ $S_2 = 34806.05$ 23.5	325861.6 100.0

\bar{X} : 平均, S : 標準偏差

表5-2 成熟イカの熟度別の卵巣内および輸卵管内卵数（相対値）と熟度に対応する発生後の経過時間

(G. S. I = 12.0 以上の総卵数を100とする)

G. S. I (G. W./B. W)	E ₁ 卵巣内卵数	E ₂ 輸卵管内卵数	ET 総卵数	t (月) 発生後の経過時間 (安達 1982)
2.0 — (成熟)	24.153	0.518	24.671	7
4.0 —	39.832	2.543	42.375	8 *
6.0 —	56.862	6.601	63.463	9 *
8.0 —	58.222	11.589	69.811	10 *
10.0 — (完熟)	60.773	15.289	76.062	11
12.0 —	76.459	23.541	100.000	12 *

$$*E_1 = -35.691 + 9.306t \quad (r = 0.956^{**})$$

$$*E_2 = -32.965 + 4.524t \quad (r = 0.983^{**})$$

$$*ET = -68.656 + 13.830t \quad (r = 0.981^{**})$$

$$ET = 14.325 + 6.915 \text{ G. S. I} \quad (r = 0.981^{**}) \quad ** \text{有意水準} 1\%$$

$$t = 6.0 + 0.5 \text{ G. S. I} \quad (r = 1.000)$$

$$dE_1/dt = 9.306 \quad dE_2/dt = 4.524$$

$$9.306 / 4.524 = 2.057$$

表5-3 完熟イカ (G. S. I = 10 以上) の産卵可能回数の推定

標本 番号	外套長 M. L mm	体重 B. W g	G. S. I		ET (卵巣+輸卵管) 内卵数	E ₂ 輸卵管内 卵数	ET/E ₂ 産卵可能 回数
			G. W B. W	×100			
1	218	244	12.5		349620	40176	8.7
2	213	232	12.0		297259	44525	6.7
3	228	248	10.2		251491	48005	5.2
4	218	230	10.3		230972	45395	5.1
5	213	218	12.5		266533	54093	4.9
6	216	226	16.7		301000	69751	4.3
7	214	202	10.4		192605	45830	4.2
8	231	248	11.8		266960	64967	4.1
9	221	236	15.1		301139	90192	3.3*
10	235	284	17.4		411966	129335	3.2*

産卵の経験がなく、卵巢の発達が続いていることを示している。また、各成熟段階の総卵数に対する卵巢内卵数と輸卵管内卵数の割合をみると、成熟が進むにつれて輸卵管内卵数の占める割合が大きくなり、卵巢内卵数の占める割合が小さくなっている。このことは熟度が進むにしたがって熟卵が増加していくことを示している。

前節で検討したように輸卵管の熟卵収容量の限界に達した時、産卵を開始するのであれば、その限界は表5-1でいえばG.S.I=12.0以上の完熟状態にあるであろう。そこで表5-1のG.S.I=12.0以上の総卵数を100として、相対的な卵巢内卵数と輸卵管内卵数および総卵数を計算した(表5-2)。すなわち、成熟イカはこのような卵の増加を示しながら1回目の産卵に至ることになる。したがってもし、G.S.Iが12.0以上で産卵するのならば、卵巢内に残った未熟卵はある時間を経過した後、成熟し、輸卵管に移行して再び体外に産出されることになる。

また、表5-2の右端の欄に熟度に対応した発生後の経過時間を示してある。これは2章によるとスルメイカの雌は成熟に達するのが発生後7ヶ月、完熟になるのが発生後11ヶ月であることから、それぞれの熟度に対応した8, 9, 10ヶ月という時間を内挿し、12ヶ月を外挿したものである。もし、この発生後の経過時間と各器官内の卵数との関係が直線関係にあることを示すことができるならば、内挿、外挿した8, 9, 10, 12ヶ月という経過時間はほぼ妥当とみなしてもさしつかえないであろう。したがって、発生後の経過時間(t)と卵巢内卵数(E_1)、輸卵管内卵数(E_2)、総卵数(E_T)との関係式を計算し、相関係数を検定することにより直線性を確めた。表5-2の欄外に示したように、いずれの関係も有意水準1%で有意である。この結果から内挿、外挿した発生後の経過時間は妥当である。

次に成熟イカが完熟に達して、始めて産卵するのならば、前節で検討したとおり輸卵管の収容能力に対して完熟時の総卵数がどれ位であるのかを知れば、産卵可能回数の推定ができるはずである。このような考え方から表5-3にG.S.Iが10.0以上の完熟イカについて E_T/E_2 の値を示した。この値は8.7~3.2となるが、標本番号9, 10, では3.3, 3.2である。この章の初めに示した2つの仮定のために卵巢内卵数が過大評価されていると考えられ、実際には E_T/E_2 が2.0以下になった時初めて1回目の産卵を行うのであろう。

5-6 皮イカの卵の増加様式

成熟イカの輸卵管内卵が熟度段階に応じて、前節で述べたような卵の増加様式を示すのならば、2回目の産卵をすると考えられる皮イカについても、輸卵管内卵は同じ増加様式を示すはずである。このような考え方から、表5-4に皮イカの外套膜肉重量の消耗度合別の卵巢内および輸卵管内卵数の計算結果を示した。皮イカは外套膜の厚さが薄くなり、またその重量の軽くなったイカなので、外套膜肉重量の指数値を消耗度と仮称した。この消耗度($\frac{M.L.W.}{B.W.}$)を4段階に分類し、その分類した標本についてG.S.Iを計算した。また総卵数を100とした場合の各器官内の相対卵数も計算して表5-4に示した。

表5-4 皮イカの外套膜重量の消耗度合別卵巢内および輸卵管内卵数

消耗度 $\frac{M.L.W}{B.W}$	G. S. I \bar{X} S	平均卵巢内卵数 E_1 および総卵数に対する比率(%)	平均輸卵管内卵数 E_2 および総卵数に対する比率(%)	総卵数 E_T 相対値(%)
> 0.42	n = 23 \bar{X} = 6.98 S = 1.137	n = 23 \bar{X}_1 = 213283.2 S ₁ = 55551.93 94.4	n = 23 \bar{X}_2 = 12635.4 S ₂ = 5280.53 5.6	225918.6 100.0
0.42 ~ 0.40	n = 9 \bar{X} = 8.13 S = 1.534	n = 9 \bar{X}_1 = 241789.8 S ₁ = 71866.46 91.8	n = 9 \bar{X}_2 = 21477.6 S ₂ = 10298.68 8.2	263267.4 100.0
0.40 ~ 0.38	n = 9* \bar{X} = 10.00 S = 2.088	n = 10 \bar{X}_1 = 193337.0 S ₁ = 74209.1 85.8	n = 9* \bar{X}_2 = 32038.0 S ₂ = 15970.45 14.2	225375.0 100.0
< 0.38	n = 6* \bar{X} = 12.28 S = 7.244	n = 7 \bar{X}_1 = 179607.6 S ₁ = 40951.95 76.0	n = 6* \bar{X}_2 = 56584.1 S ₂ = 86799.35 24.0	236191.7 100.0

$$E_T = 223541.975 + 35365.5 \left(\frac{M.L.W}{B.W} \right) \quad r = 0.051$$

E_T の平均 = 237688.2

* 産卵後の個体があるため
 \bar{X} : 平均
 S : 標準偏差

表5-5 産卵直前と産卵したと推定される皮イカの多項目測定記録

	外套長体 mm	重 g	てんらん腺 長さ mm	重量 g	卵巢重量 g	輸卵管 重量 g	外套膜肉 重量 g	外套膜 の厚さ mm	肝臓重量 g	胃内容物 重量 g
産卵直前	240	262.0	95	8.9	13.6	54.4	92.0	3.1	10.2	0
産卵後①	245	190.0	100	13.4	1.5	2.1 (卵なし)	75.0	2.4	15.6	2.3
産卵後②	260	204.0	92	10.0	8.8	2.1 (卵なし)	75.0	2.0	10.9	0

表5-4をみると、消耗度が0.42以上では平均G.S.Iが6.98、0.42~0.40では8.13、0.40~0.38では10.00、0.38以下では12.28となっており、これは表5-2の成熟イカの場合のG.S.I=6.0以上の4段階とほぼ一致している。このことは成熟イカが1回産卵した後はG.S.Iが6.0台に下がり、ある時間を経過すると、再び12.0以上の完熟状態に達することである。さらに平均輸卵管内卵数の相対値をみると、これも表5-2の成熟イカの場合の値に近い。また、皮イカの総卵数は、成熟イカが輸卵管内の熟卵だけを産卵するのであるから、産卵後残された卵巣内の未熟卵は、それほど増加することもなく、ほぼ一定と考えられる。このことは3章での肝臓の役割が卵巣の発達のためであることと、4章での皮イカの特徴として、肝臓重量がほぼ一定であることから、皮イカの熟度が進んだとしても、卵巣卵の増加はあり得ないことが説明される。したがってスルメイカの産卵は個体が初めて完熟に達した時、1回目の産卵をし、皮イカとなって完熟状態になった時、さらに2回目の産卵を行なうことになる。このことをより明らかにするものとして、産卵直前、産卵後と推定される皮イカの多項目測定記録を表5-5に示した。産卵直前の皮イカの輸卵管重量は54.4gもあるが、産卵後の皮イカでは2個体とも輸卵管腺が残っているだけで卵はみられない。したがって皮イカには産卵前のものと、産卵後の2種類があると推定される。

5-7 2回目の産卵に要する時間の推定

スルメイカが2回産卵することを示したが、この節では1回目の産卵を終えた後どれ位の時間を経て2回目の産卵を行なうのかを皮イカの輸卵管卵の増加率を検討することにより推定した。

表5-6に成熟イカと皮イカの熟度段階別の卵巣内卵数、輸卵管内卵数、総卵数の相対値を示した。この表の左端の欄には成熟イカの熟度に対応した発生後の経過時間(月齢)も示してある。表5-6をみると、熟度が進むにしたがって卵が増加しているのは皮イカの場合は輸卵管だけ、成熟イカの場合は卵巣と輸卵管、つまり総卵数である。このことは成熟イカと皮イカの熟度の進行がほぼ同じであることから推して、成熟イカの総卵数の増加率と皮イカの輸卵管卵の増加率がほぼ等しいことを示していると考えられる。すなわち $\frac{dE_T}{dt} = \frac{dE_2'}{dt}$ (1) である。また、成熟イカの総卵数の増加率 ($\frac{dE_T}{dt}$) と輸卵管卵の増加率 ($\frac{dE_2'}{dt}$) の関係は $\frac{dE_T}{dt} = x \cdot \frac{dE_2'}{dt}$ (2) で表わされる。表5-2より $\frac{dE_T}{dt} = 13.830$ 、 $\frac{dE_2'}{dt} = 4.524$ となるから $x = 3.057$ (3) となる。(1)、(3)式を(2)式に代入すると $\frac{dE_2'}{dt} = 3.057 \cdot \frac{dE_2'}{dt}$ である。つまり皮イカの輸卵管卵の増加率は成熟イカの輸卵管卵の増加率の約3倍である。したがって皮イカは、成熟イカが輸卵管の熟卵収容量の限界に達する時間の約 $\frac{1}{3}$ で完熟状態に達することになる。成熟イカは月齢9~12ヶ月の3ヶ月間を要して完熟状態に達することから、皮イカでは1ヶ月間で同じ状態になると推定される。

このように1回産卵後から2回目の産卵までに要する時間が1ヶ月と推定されたので、皮イカの輸卵管卵の増加様式を表5-7に示した。1ヶ月間で3ヶ月間と同じ増加をするのならば、その増加様式は指数関数的になると考えられる。そこで月齢(t)と皮イカの輸卵管内卵数(E_2')を表中の実験式で表わし、直線回帰させた場合の相関係数 $r = 0.997$ を得た。すなわち皮イカの輸卵管

表5-6 成熟イカと皮イカの熟度段階別相対卵数

t 成熟イカ の月令	G.S.I.		卵巣内卵数		輸卵管内卵数		総卵数	
	成熟イカ	皮イカ	成熟イカ E_1	皮イカ E'_1	成熟イカ E_2	皮イカ E'_2	成熟イカ E_T	皮イカ E'_T
9	6.0 -	6.98	56.9	94.4	6.6	5.6	63.5	100.0
10	8.0 -	8.13	58.2	91.8	11.6	8.2	69.8	100.0
11	10.0 -	10.00	60.8	85.8	15.3	14.2	76.1	100.0
12	12.0 -	12.28	76.5	76.0	23.5	24.0	100.0	100.0

表5-7 皮イカの産卵に至るまでの時間と輸卵管内卵数の関係
(12.0 < t < 13.0)

t 月令	12.0	12.33	12.66	12.99	関係式および相関係数
輸卵管内卵数 E'_2	5.6	8.2	14.2	24.0	$E'_2 = 9.256 \cdot 10^{-8} e^{1.489t}$ $r = 0.997$

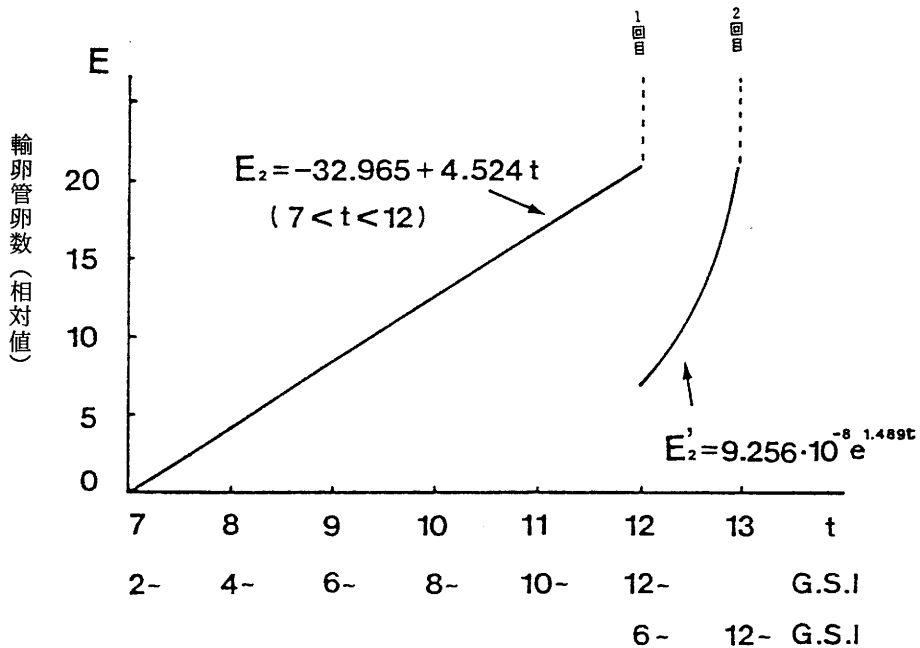


図5-9 2回産卵のパターン模式

卵の増加様式は指数関数で表わすことができる。

これまでのことを整理したものが図5-9の2回産卵の模式である。スルメイカは約12ヶ月で1回産卵し、その後1ヶ月でさらにもう1回、合計2回の産卵をし、2回目の産卵後、死亡すると推定される。

5-8 産卵数の推定

スルメイカは2回産卵なので、産卵数は単純には1回の産卵数を2倍することによって推定できることになる。しかし4章で述べたように皮イカの体重は成熟イカのそれよりも軽いため、産卵期のG.S.Iの値が1回目と2回目が同じであっても、生殖器官重量は軽く、皮イカの卵数は少ないはずである。このため1回目の産卵数は5-4節で推定した平均10万粒としても、2回目の産卵数はそれよりも少ないことになる。この節では2回目の産卵数を推定する。表5-1の成熟イカの平均輸卵管内卵数は、G.S.Iが12.0以上では76,709粒で、表5-4に示した皮イカの平均輸卵管内卵数は56,584粒である。これは1回目の産卵で76,709粒、2回目の産卵で56,584粒、合計133,293粒が平均的な産卵数ということになる。しかし、この値は成熟イカ5個体、皮イカ6個体の平均で、この大きさの資料では偏りが入っていると考えられる。このため成熟イカの産卵数と皮イカの産卵数の比をとり、先に推定した成熟イカの平均産卵数10万粒に対する皮イカの産卵数を求めるのがより良いと考えられる。その考え方によって計算した皮イカの産卵数は73,760粒となる。したがってスルメイカの平均的な産卵数は2回の産卵数の合計173,760粒となる。

5-9 論議と考察

成熟イカと皮イカの卵の増加様式から、スルメイカが一生に2回産卵することを示したが、松浦(1972)は海産魚類の産卵様式を卵巢卵の卵径分布における峰の数と一生殖期間中の産卵回数によって、1峰1回産卵型、2峰数回産卵型、多峰多回産卵型の3型に分類している。

この章においてスルメイカは卵巢卵群に1峰、輸卵管卵群に1峰をもつ2峰型であることを示したが、松浦(1972)の考え方にしたがつと、スルメイカの産卵様式は2峰2回産卵型となる。松浦(1972)は2峰数回産卵型を代表するものとして、インガレイをあげており、これは成熟期の卵巢卵群の中に未熟卵群と成熟卵群の2峰があり、卵径の大きい峰(熟卵)を1回産卵後も、残った未熟卵は増加を続け、ある時間の経過後、再び2峰型となって熟卵を産卵し、この様式を数回繰り返すと述べている。スルメイカが輸卵管の熟卵を1回産卵した後は、卵巢に残った未熟卵の増加はないのに対し、インガレイは熟卵を1回産卵した後も未熟卵の増加が続くことにスルメイカとの相違があり、このことが2回産卵と数回産卵の相違を表していると考えられる。

また、松浦(1972)は1峰1回産卵型として、マコガレイをあげているが、これは卵巢において、成熟卵群が未熟卵群から分離して、1つの峰をもつ成熟卵群の卵径がしだいに大きくなり、完熟に達して、そのほとんどを産卵し、残った未熟卵は周年存在し、産卵期にのみ成熟するとしている。

スルメイカでは卵巣卵をみると、卵巣卵群（未熟卵）に1つの峰があり、成熟卵群が未熟卵群から分離して、輸卵管に蓄積され、完熟状態に達して、そのほとんどを産卵し、残った未熟卵は2回目の産卵に備えている。この点でスルメイカの1回目の産卵はマコガレイの1峰1回産卵に類似しているが、マコガレイの場合熟卵数が一定で、熟度の進行とともに卵径が大きくなっていくのに対し、スルメイカの場合は熟卵の卵径が一定で、熟度が進むにつれて熟卵数が増加していくという相違がある。

イカ類では産卵様式を検討したものがなく、浜部(1962)がスルメイカの産卵実験をしているが、これはスルメイカの産卵行動を観察し、得られた卵塊の性状を観察しただけである。

この章で検討したように、スルメイカの産卵回数現象的には2回と認められるが、このような生殖生態に関する問題は、本来、生殖細胞の形成過程を細胞組織学的に追求して結論を出すべきであるので、現段階では、スルメイカは2回産卵の可能性が極めて強いということにとどめたい。しかし、本研究の目的は適切な漁業管理の方策を見出すことにあり、そのためには土井(1972)が述べた再生産の概念を考慮した資源診断を行わなければならないと考えられる。したがって、次章では産卵回数をとりあえず2回とし、それに基づく産卵数を再生産力の指標(土井, 1977)としてとり扱うことにする。

6. 秋生まれ群資源の解析

この章ではこれまでに明らかにした生物学的諸特性に基づいて秋生まれ群を対象に資源の現状を解析し、漁業管理の方法を検討する。

6-1 資料と方法

資料は1984年5～10月の浜田港における月別漁獲尾数のうち、1章で推定した秋生まれ群の月別漁獲尾数である。

資源解析には土井(1977)の方法を適用した。まず、スルメイカの寿命を皮イカを含めて13ヶ月、産卵数 $E=17$ 万粒とし、卵から幼イカまでの生残率を S_0 、幼イカ以降の月間生残率を S 、性比を1:1(伊東ほか, 1965)とすると、雌1個体から産出された卵から産卵期までに生き残る雌親イカの数は次のように表わされる。

$$\frac{1}{2} \times E \times S_0 \times S_1 \times S_2 \times \dots \times S_{12} = \frac{E S_0 S^{12}}{2}$$

処女資源でしかも安定状態にあるならば $\frac{E S_0 S^{12}}{2} = 1$ となる。したがって S_0 と S^{12} の積は $S_0 \cdot S^{12} = \frac{2}{E}$ である。

スルメイカ雌1個体の産卵数は17万粒であるから、 $S_0 \cdot S^{12} = 1.17647 \times 10^{-5}$ となる。この関係式から処女資源における自然死亡係数(M)を見積るための要素である S_0 と S の理論値の範囲を推定することができる。

6-2 自然死亡係数(M)の推定

前節で示した $S_0 \cdot S^{12} = 1.17647 \times 10^{-5}$ においては S の値は $0 \sim 1.0$ の間の値しかとり得ないことと、 $S_0 < S$ という条件があることから、 S に 0.1 きざみで $0.1 \sim 0.9$ までの値を入れて S_0 の計算をすると、表6-1のようになる。先の条件を満たす S の値は 0.5 以上、 S_0 の値は 0.0482 以下となる。また、同じ条件でその極限の S の値を求めると、 $E \cdot S^{13} = 2$ より、 $S = \left(\frac{2}{E}\right)^{\frac{1}{13}} = 0.418$ となり、この値が S の最小極限值となる。すなわち、 S の値は 0.418 より大きく、 S_0 の値は 0.418 よりも小さいことになる。

このような資源に対して漁業が行われ、漁業の解禁が5月である場合、その時期の秋生まれ群は十分に成長し、生残率はすでに安定状態にあると考えられる。そこで、5月つまり発生後7ヶ月目の資源尾数を N_7 とし、その後の月間生残率を S とすると、生後7ヶ月の資源重量(P_t)は次の式で示される。

表6-1 SoとSの関係

S	So
0.1	11,764,000.0
0.2	2,872.0
0.3	22.14
0.4	0.701
0.5	0.0482
0.6	0.00540
0.7	0.000849
0.8	0.0001712
0.9	0.00004165

表6-2 月令別相対資源量の変化

月令	歴上の月	体重	S = 0.5		S = 0.6		S = 0.7		S = 0.8		S = 0.9	
			N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
7	5	129.6	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
8	6	163.1	5,000	6,292	6,000	7,551	7,000	8,809	8,000	10,068	9,000	11,000
9	7	183.2	2,500	3,534	3,600	5,089	4,900	6,927	6,400	9,047	8,100	11,450
10	8	207.6	1,250	2,002	2,160	3,460	3,430	5,494	5,120	8,201	7,290	11,677
11	9	262.9	625	1,267	1,296	2,692	2,401	4,871	4,096	8,309	6,561	13,307
12	10	319.5	312	769	778	1,918	1,681	4,144	3,277	8,079	5,905	14,557
13	11		156		467		1,177		2,622		5,315	

表6-3 秋生れ群の月令別漁獲尾数

(浜田港)

月令(t)	歴上の月	漁獲尾数(N)
7	5	462,486
8	6	2,246,408
9	7	1,428,034
10	8	304,219
11	9	225,282
12	10	129,630
13	11	0

$$\ln N = 20.655 - 0.755t \quad (r = 0.970)$$

$$Z = 0.755$$

$$F = 0.755 - 0.431 = 0.324$$

$$P_t = N_t \cdot S^{t-7} \cdot W_t$$

ただし、 W_t は体重であり、 t 齢での各月の平均外套長と秋生まれ群の外套長と体重の関係式(安達, 1977) から求められる。

ここで N_7 を10,000とし生残率を0.5~0.9まで変化させた場合の資源重量を計算すると、表6-2, 図6-1が得られる。表6-2で寿命にあたる月齢13ヶ月の皮イカは平均体重を推定することができないので、資源重量は計算できない。しかし、スルメイカは生後12ヶ月で1回目の産卵をすることから、その時の資源重量がわかれば、生残率の見積りは可能であると考えられる。ここでは、処女資源でしかも安定状態を考えているのであるが、生物学一般の常識として図6-1の相対資源重量の変化において寿命に近い月齢の資源重量は小さいはずである。図6-1をみると、 $S=0.9$, 0.8 では寿命近くでも資源重量が大きくて常識に反しているようにみえる。また、 $S=0.5$ では産卵に加わる高齢群が非常に小さくて種の維持が不可能である。このような推論より S は $0.6\sim 0.7$ の近傍であろうと推定しても、生物学的常識を逸脱していないであろう。そこで、ここでは $S=0.65$ を採用する。すなわち、漁獲対象になってからの秋生まれ群の自然死亡係数 M は、 $M = -\ln S = 0.431$ となる。時間単位は月単位である。

6-3 全死亡係数(Z)および漁獲係数(F)の推定

表6-3に浜田港における秋生まれ群の月齢別漁獲尾数(N)を示した。皮イカは漁獲されていないので表から除いた。5月の漁獲尾数が少ないのは秋生まれ群が完全加入していないためであるが、6月には加入が完了したものと考えられ、それ以後は指数関数的に減少している様子が見られる。1章で示したように漁獲量の峰が6月にあり、季節を通して秋生まれ群の占める割合が最大であること、また、漁場の季節的な推移(図1-1)で示される秋生まれ群の回遊状況からみて、6月以降の漁獲尾数の減少は秋生まれ群の生残状態を示している。したがって、6月以降の生残曲線は $N = N_0 e^{-Zt}$ で示すことができる(ただし、 N は月齢 t における資源尾数、 N_0 は初期資源尾数、 Z は全死亡係数である)。対数回帰法によって Z を推定すると、 $Z=0.755$ が得られる。また、前節で得られた自然死亡係数 $M=0.431$ を用いると、 $Z=M+F$ によって漁獲死亡係数 F は 0.324 と推定される。

これらの資源特性値を推定するにあたっては、本来、日本海全体の秋生まれ群の月別漁獲尾数が必要であると考えられるが、浜田港の漁獲量の季節変化が日本海全体のそれとよく似ていること、また、他の主要漁港たとえば境港の漁獲量の季節変化も日本海全体のそれとよく似ている(日本研, 1985)ことから、浜田港の漁獲記録が日本海全体の漁獲量という母集団からの標本になっていると考えられるので、上述の資源特性値はある精度をもって使用に耐え得るであろう。

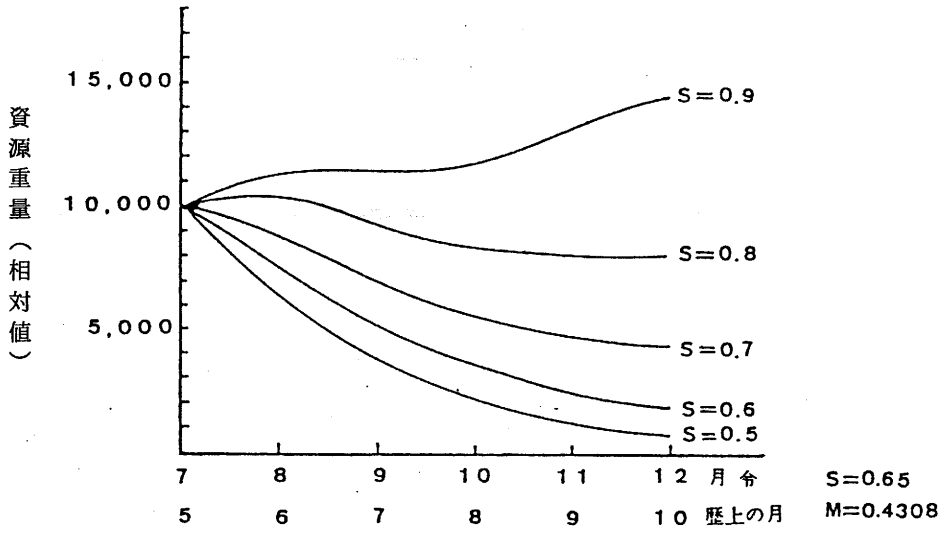


図6-1 月令別相対資源重量の変化

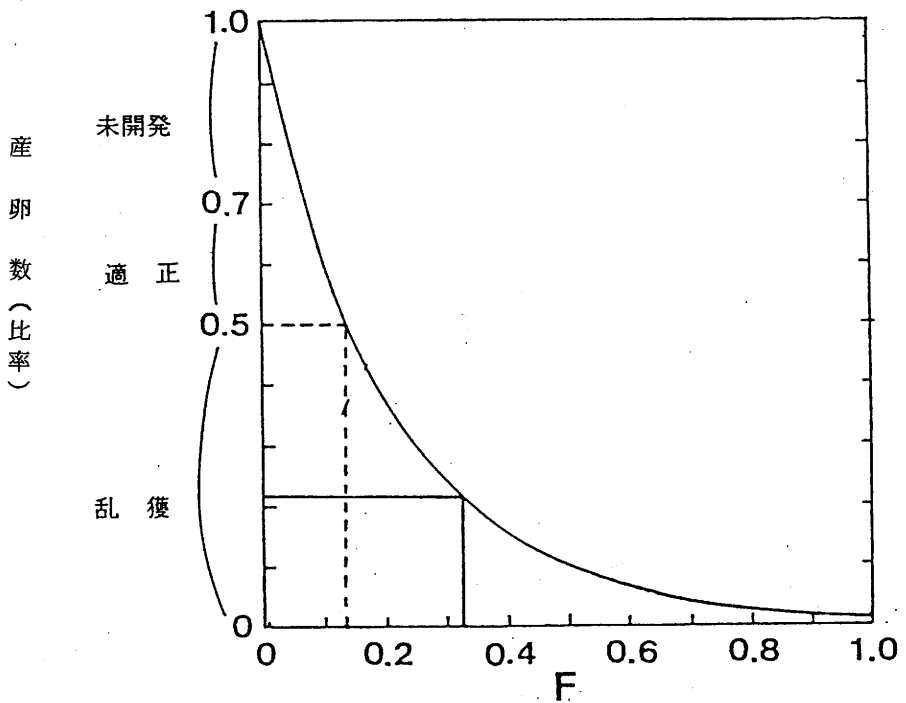


図6-2 秋生まれ群漁獲係数と産卵数の水準との関係

表6-4 漁獲の影響による資源尾数, 資源重量, 再生産力の計算

(M=0.4308)			F=0, M+F=0.4308		F=0.1, M+F=0.5308		F=0.2, M+F=0.6308		F=0.3, M+F=0.7308		F=0.4, M+F=0.8308		F=0.5, M+F=0.9308	
月令	歴上の月	(W) 体重	S=0.65, U=0		S=0.5881, U=0.0776		S=0.5322, U=0.1483		S=0.4815, U=0.2128		S=0.4357, U=0.2717		S=0.3942, U=0.3254	
			N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
7	5	129.6	10,000	1,296,000	10,000	1,296,000	10,000	1,296,000	10,000	1,296,000	10,000	1,296,000	10,000	1,296,000
8	6	163.1	6,500	1,060,150	5,881	959,191	5,322	868,018	4,815	785,327	4,357	710,627	3,942	642,940
9	7	183.2	4,225	774,020	3,459	633,689	2,832	518,822	2,319	424,841	1,898	347,714	1,554	284,693
10	8	207.6	2,746	370,070	2,034	422,258	1,507	312,853	1,116	231,682	827	171,685	613	127,259
11	9	262.9	1,785	469,277	1,196	314,428	802	210,846	538	141,440	360	94,644	242	63,622
12	10	319.5	1,160	370,620	704	224,928	429	137,066	259	82,751	157	50,161	95	30,353
13	11		754		458		279		168		102		62	
再生産力			1.00		0.61		0.37		0.22		0.14		0.08	
産卵数 × 10 ³			84,390		51,230		31,215		18,830		11,420		6,920	

(M=0.4308)			F=0.6, M+F=1.0308		F=0.7, M+F=1.1308		F=0.8, M+F=1.2308		F=0.9, M+F=1.3308		F=1.0, M+F=1.4308	
月令	歴上の月	(W) 体重	S=0.3567, U=0.3745		S=0.3228, U=0.4192		S=0.2921, U=0.4601		S=0.2643, U=0.4975		S=0.2391, U=0.5318	
			N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
7	5	129.6	10,000	1,296,000	10,000	1,296,000	10,000	1,296,000	10,000	1,296,000	10,000	1,296,000
8	6	163.1	3,567	581,778	3,228	526,487	2,921	476,415	2,643	431,073	2,391	389,972
9	7	183.2	1,272	233,030	1,042	190,894	853	156,269	699	128,057	572	104,790
10	8	207.6	454	94,250	363	75,359	249	51,692	185	38,406	137	28,441
11	9	262.9	162	42,589	117	30,759	73	19,192	49	12,882	33	8,676
12	10	319.5	58	18,531	38	12,141	21	6,709	13	4,154	8	2,556
13	11		38		25		14		8		5	
再生産力			0.05		0.03		0.02		0.01		0.007	
産卵数 × 10 ³			4,230		2,775		1,540		930		575	

N…資源尾数

P…資源重量

6-4 資源の現状と漁業管理方策

日本海の沖合スルメイカ漁業は5月1日に解禁となる。秋生まれ群を対象に考えるならば、5月以降に秋生まれ群の漁獲が始まる。産卵は前年の10月頃と考えられるので、4月までの死亡は自然死亡係数 M だけが関与する。したがって、5月以降の月当りの漁獲率 U は、 $U = \frac{F}{M+F}(1-S)$ で計算される。このような考え方により、表6-4に漁獲係数 F の値を0から1.0まで、0.1きざみに変化させた場合の各月の資源尾数（5月を10,000尾とした相対値）、資源重量を示した。この表の場合も月齢13ヶ月にあたる皮イカの資源重量は平均体重が不明のため試算できないが、現実には皮イカはほとんど漁獲対象になっていないので問題にはならない。

表6-4の最下段に示した産卵数は1回目の産卵数が10万粒、2回目の産卵数が7万粒なので、産卵群の産卵数は $(\frac{N_{12}}{2} \times 10万 + \frac{N_{13}}{2} \times 7万)$ 粒となる。この数値は再生産力の指標となる。また、再生産力の指数は漁獲係数 $F=0$ の時の産卵数を1.00として求めた。それらを図示したものが図6-2であるが、これをみると漁獲係数 F が大きくなるにしたがって産卵数は指数曲線的に減少する。

次に、再生産力の低下割合から秋生まれ群の資源状態が健全であるのか乱獲であるのかを検討する。土井(1972)によると、他に判断基準がない場合、再生産力が処女資源の50~70%にあたる時は資源が適正な状態、70~100%ならば未開発の状態、50%以下ならば乱獲であるとされている。したがって、前節で推定した現在の漁獲係数 $F=0.324$ を図中を実線で示すと再生産力は0.20位になる。すなわち、現在の漁獲の力では乱獲状態にあると判断される。したがって、それを正常な状態にし、再生産力を50%以上にするためには（図中の破線以上）、漁獲係数 F の値を0.14以下にしなければならない。日本海の沖合イカ釣漁業における中型漁船（30~100トン）は日本海および北海道沿岸での操業は許されておらず、すべて日本海沖合域で操業している。したがって上述の結果から判断すると、現在の段階では中型イカ釣漁船の隻数約50%の削減が必要であろう。

6-5 論議と考察

日本海におけるスルメイカ秋生まれ群の資源水準は、この系群の主分布域が沖合域にあるとして、沖合水域の漁獲量、漁船の1日1隻あたりの平均漁獲量、漁場一斉調査による魚群量指数および稚子の発生状況などの経年変化からみて、現在は低水準にある（日本海イカ類研究チーム、1986）。このような資源水準の低下が乱獲によるものか、自然要因によるものなのかは、今までのところ明らかにされていないが、ここで初めて乱獲によるものと判断された。

スルメイカの寿命は1年前後（浜部 1965；新谷 1967）なので、親の量がある水準以上に保たれている時は、その早い世代の交代から、たとえ漁獲の圧力が強く働いたとしても、次の世代のスルメイカの量は減少することはなく、親の量がある水準以下に減少すると自然要因が働かなくなり、資源が急速に減少していく可能性が大きいと考えられる。このことを逆に考えると、漁獲の圧力が弱まれば、資源は急速に回復する可能性をもっているとも考えられ、その意味から早急な

漁船数の規制が必要である。

日本海では夏生まれ、秋生まれ、冬生まれの3群が時空的に重複して分布しているのであるが、その混合割合は秋生まれ群がもっとも大きいことから、秋生まれ群の資源が3系群の中では最大であると考えられ、秋生まれ群に対する漁獲努力を減少させることは、他の系群の資源回復にもつながることになる。

要 約

日本海における沖合スルメイカ漁業は1967年に開始され、順調に発展してきたが、1972年に約29万トン漁獲したのを峰として、衰退の道をたどり始め、現在では年間10万トン前後を漁獲するに止まり、完全な衰退期に入っている。これは、増大した漁獲努力量によって資源が乱獲に陥り、漁獲量が減少していったものであり、すでに漁業の管理が必要な時期に達していると考えられる。

このような漁業の発展期から衰退期にかけて、研究面では多くの漁業生物学的研究が行われた。本研究はその一部を含んでいるが、主として日本海西部海域における系群の分離、成熟、産卵、および秋生まれ群資源の現状を解析したものである。得られた結果は次のように要約される。

1. 日本海西部海域における系群の分布構造

浜田港における銘柄別漁獲量と銘柄別外套長組成から日本海西部海域における系群の分布構造を推定した。

- 1) スルメイカには夏生まれ、秋生まれ、冬生まれの3系群が存在するが1984年の5～12月では、どの季節においても、いずれかの系群が時空的に重複していた。
- 2) 秋生まれ、冬生まれ、夏生まれの3系群が時空的に重複していたのは1984年の10月であった。しかし、季節によっては漁獲対象になり得ない系群の存在も考えられ、長期間3系群が重複しているものと考えられる。
- 3) 時空的に重複する各系群の混合割合は、秋生まれ群の占める割合が最大であり、年によって混合割合は変化すると推察される。
- 4) 3系群を質、量的に分離したので、資源解析が可能である。
- 5) 分離した各系群の外套長の成長式は次のように推定される。

$$\text{夏生まれ群} \cdots \cdots l_t = 223.2 \{1 - e^{-0.413(t-1.706)}\}$$

$$\hat{S}(l_\infty) = 0.93$$

$$\hat{S}(K) = 0.1798$$

$$\hat{S}(t_0) = 1.0751$$

$$\text{秋生まれ群} \cdots \cdots l_t = 243.1 \{1 - e^{-0.484(t-3.5417)}\}$$

$$\hat{S}(l_\infty) = 1.93$$

$$\hat{S}(K) = 0.2796$$

$$\hat{S}(t_0) = 1.6983$$

$$\text{冬生まれ群} \cdots \cdots l_t = 230.1 \{1 - e^{-0.494(t-3.458)}\}$$

$$\hat{S}(l_\infty) = 5.07$$

$$\hat{S}(K) = 0.6418$$

$$\hat{S}(t_0) = 3.4254$$

(ただし, lt : 外套長, l_{∞} : 理論的極限外套長, K : 成長係数, t_0 : $l = 0$ の時の月齢,
 S : 標準偏差)

2. 体成長に伴う生殖腺の発達

スルメイカの体重と生殖腺重量の関係から雌雄の生殖腺発達の相違について検討した。

- 1) 体重 (B.W) と生殖腺重量 (O.W.T.W) の関係は直線回帰し, その関係式は次のように表わされた。

雌は未熟期について

$$O.W. = 0.021(B.W. - 50.5)$$

成熟期について

$$O.W. = 0.033(B.W. - 200.0) + 5.785$$

雄は未熟期について

$$T.W. = 0.038(B.W. - 54.3)$$

成熟期について

$$T.W. = 0.021(B.W. - 150.0) + 6.684$$

- 2) これらの回帰式から生殖腺の発達開始平均体重は雌が50.5g, 雄は54.3gと推定される。生物学的最小型は雌が200g, 雄は150gで, その時の平均生殖腺重量は卵巣が5.8g, 精巣は6.7gと推定される。

- 3) 雄の成熟時期は雌よりも, ほぼ1ヶ月早いことが推定される。これは, 雄の体重の最大成長時期が雌のそれよりも1ヶ月早いことにあるためと考えられる。

3. 生殖器官の発達に伴う肝臓の役割

スルメイカが成熟するにしたがって, 肝臓重量がどのように変化していくのか, また, 肝臓がどのような役割を果しているのかを検討した。

- 1) スルメイカの雌はG.S.I = 2.0以上で成熟し, 雄はG.S.I = 3.5以上で成熟に達する。
- 2) 雌の肝臓重量は未熟初期から初めて成熟に達する時までは, しだいに増加し, 成熟時を峰として減少していく。また, 肝臓重量の最大時期以降は, 卵巣重量の増加に伴って減少し, 輸卵管重量の増加とは無関係である。
- 3) 雄の肝臓重量は, 雌と同様に, 未熟初期からしだいに増加していくが, 最大になるのは成熟直前時で, その後しだいに減少していく。その最大時期以降は, 精腺の増加に伴って減少していき, 精巣重量の増加とは無関係である。
- 4) したがって, 雌雄が成熟に達してからの肝臓は, 雌は卵巣の発達, 雄は精腺の発達に密接な

関係があると考えられる。

4. 成熟イカと皮イカ

日本海西部海域で漁獲された1度産卵を経験したと考えられる皮イカと、これから産卵をすると考えられる成熟イカについて、体重、外套長、生殖器官重量等を比較し、成熟イカと皮イカの産卵について考察した。

- 1) 皮イカは成熟イカに比較して体重が軽く、その傾向は雌の方が著しい。
- 2) 皮イカの外套膜は、その厚みに関しては雌雄とも成熟イカよりも薄く、体重に関係なくほぼ一定である。厚みは平均的に3.6mm位である。外套膜肉重量は雌雄とも成熟イカよりも軽い、雄は雌ほどの差がない。
- 3) 皮イカの肝臓重量は、雌では成熟イカよりも軽い。雄も雌と同様に成熟イカよりも軽い、雌ほどの差はない。
- 4) 皮イカの生殖器官重量は体重との関係が雌雄とも直線関係にあり、成熟イカの雌雄と同じ傾向にある。このことは皮イカの産卵の可能性を示している。
- 5) 成熟イカが1回目、皮イカが2回目の産卵を行うことが、浜部(1962, 1963)の報告から推定された。

5. 産卵様式と産卵数

スルメイカの産卵様式と2回産卵を卵径組成と成熟イカおよび皮イカの卵の増加様式から示し、2回産卵に基づいて産卵数を推定した。

- 1) 未熟個体の卵巣卵の平均卵径は、熟度が進むにしたがって大きくなり、成熟個体の卵巣卵の平均卵径は、熟度に関係なく一定である。
- 2) 成熟個体における輸卵管卵の平均卵径は、熟度に関係なく一定である。
- 3) 成熟個体における卵巣卵と輸卵管卵の卵径分布は、それぞれ正規型の分布をし、平均卵径は0.82mmと1.20mmである。
- 4) 卵巣卵は未熟卵主体、輸卵管卵は熟卵であることと、卵径分布が2峰型であることから産卵様式は2峰2回産卵型である。
- 5) 成熟イカの卵の増加様式は、卵巣卵も輸卵管卵も熟度が進むにしたがって増加する。また、熟度と輸卵管内卵数の関係から、輸卵管の熟卵収容量の限界に達した時、産卵すると考えられ、1回目の産卵数は約10万粒と推定される。
- 6) 皮イカの卵の増加様式は熟度が進むにしたがって卵巣卵は減少し、輸卵管卵が増加する。また、輸卵管卵の増加は成熟イカの輸卵管卵と同じ様式をとり、2回目の産卵に至ると推定される。
- 7) 1回目の産卵から2回目の産卵に至るまでに要する時間は、1ヶ月と推定される。

- 8) 2回目の産卵数は、1回目の産卵数の73%位と推定される。したがって、スルメイカの産卵数は1回目と2回目の合計産卵数となり、平均的に17万粒と推定される。

6. 秋生まれ群資源の解析

秋生まれ群資源の現状を解析し、漁業管理の方法を検討した。

- 1) 1984年の資源特性値は、それぞれ次のように推定される。

月あたり自然死亡係数 $M=0.431$

全死亡係数 $Z=0.755$

生残率 $S=0.469$

漁獲係数 $F=0.324$

漁獲率 $U=0.226$

- 2) 秋生まれ群の資源水準は低く、現在の漁獲圧力のもとでは乱獲状態にある。
- 3) 秋生まれ群を正常な資源状態にするためには、現在の漁獲努力量を約半分以下にする必要がある。
- 4) 秋生まれ群に対する漁獲努力を減少させることは、冬生まれ群、夏生まれ群の資源回復にもつながることになると考えられる。

文 献

- 安達二郎 (1972): スルメイカの肥満度についての検討, 日本海ブロック漁況・海況連絡会議研究報告, 1, 57-69, 日本海区水産研究所
- 安達二郎 (1978): スルメイカの資源学的研究-Ⅲ, 日本海におけるスルメイカ秋生まれ群の資源水準の推定と予測の方法について, 水産海洋研究会報, 27, 15-28
- 安達二郎 (1980): 日本海西部海域におけるスルメイカ分布の集中度について, 昭和54年度イカ類資源漁海況検討会議研究報告, 日本海区水産研究所
- 安達二郎 (1982): スルメイカの生殖腺発達についての統計学的考察, 水産海洋研究会報, 40, 9-15
- 安達二郎 (1985): スルメイカの産卵様式と産卵数の推定, イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 (昭和59年度), 7-13, 北海道区水産研究所
- 安達二郎 (1985): 日本海西部海域におけるスルメイカの資源構造および秋生まれ群の資源診断, イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 (昭和59年度), 15-27, 北海道区水産研究所
- 安達二郎 (1987): スルメイカの皮イカについて, イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 (昭和61年度) 8-16, 東北区水産研究所八戸支所
- Allen K.R. (1966): A Method of fitting Growth curves of von Bertalanffy type to Observed Data, J. Fish, Res, Bd. Ca., 23, 163-169
- 新谷久男 (1957): 日本海底曳網に混獲される斃死イカについて, 北水試月報, 14, 7, 27-29
- 新谷久男 (1967): スルメイカの資源, 水産研究叢書, 16, 1-66, 日本水産資源保護協会
- 土井長之 (1972): 実戦数理資源学概論, 第3部, 61-98, 東海区水産研究所
- 土井長之 (1977): メキシコ産アワビの資源診断, 日本水産資源保護協会月報, 154, 5-13
- 深滝 弘 (1972): 卵の採集結果からみた日本海におけるスルメイカの夏季産卵, 農林水産技術会議研究成果, 57, 50-60
- 浜部基次 (1958): 隠岐島におけるスルメイカの計測調査, 島根水試事業報告, 昭和29-31年度, 183-235
- 浜部基次 (1962): 日本海西南海域におけるスルメイカの発生学的研究, 日水研報, 10, 1-45
- 浜部基次 (1963): スルメイカの生殖腺衰弱から斃死にいたる経過, 日水研報, 11, 53-56
- 浜部基次 (1965): 日本海産スルメイカの発生と生態に関する研究, 京都大学学位請求論文, 1-189
- 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
- 林 泰行 (1970): スルメイカの熟度に関する研究-I, 成熟状態数量化の一方法, 日水誌, 36 (10), 995-999
- 林 泰行 (1971a): 同上一II, 日本海における秋生まれ群の熟度, 日水誌, 37 (5), 387-390

- 林 泰行 (1971b): 同上一Ⅲ, 成熟と衰弱に伴う肥満度と内臓諸器官重量比の変化, 日本誌, 37 (10), 960-963
- Iles.T.D (1974): The tactics and strategy of growth in fishes. in Sea Fisheries Research (ed. Harden Jones. F. R) ,Elek Science, London, 331-345
- 伊藤勝千代(1952): 佐渡両津湾におけるスルメイカの測定学的観察, 日本水産学会創立3周年記念論文集, 43-50
- 伊東祐方・沖山宗雄・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, 日本水産学会誌, 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, 農林水産技術会議研究成果, 57, 4-9
- 笠原昭吾 (1967): 日本海におけるスルメイカ群の移動に関する研究-I, 1965年夏季に佐渡近海へ来遊した群の性状とその移動, 日本水産学会誌, 17, 99-110
- 笠原昭吾・伊東祐方 (1968): 日本海におけるスルメイカ群の移動に関する研究-II, 1966・1967年秋季の沖合分布群の性状とその移動, 日本水産学会誌, 20, 49-69
- 笠原昭吾・伊東祐方 (1972): 日本海沖合域におけるスルメイカの分布と回遊, 農林水産技術会議研究成果, 57, 115-143
- 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, 水産海洋研究会報, 21, 48-57
- 笠原昭吾 (1977): 日本海スルメイカ秋生まれ群資源の現状と問題点, スルメイカ資源漁海況検討会議シンポジウム報告, 25-37, 日本海区水産研究所
- 笠原昭吾・南 卓志 (1985): 対馬暖流系スルメイカの孕卵数について, イカ類資源, 漁海況検討会議研究報告(昭和59年度), 37-41, 北海道区水産研究所
- 加藤源治 (1959): 生態面からみたスルメイカ系統群の追跡-I, 日本水産学会誌, 5, 1-17
- 加藤源治 (1960): 同上一Ⅱ, 同上, 6, 127-137
- 加藤源治 (1964): 同上一Ⅲ, 同上, 13, 31-42
- 町中 茂・宮下民部・宮島英雄・笠原昭吾 (1980): 1979日本海沖合水域におけるスルメイカの標識放流の再捕と資源特性値の推定, 石川水試研報, 3, 37-52
- 村田 守・小野田豊・田代征秋・山岸吉広 (1971): 北部日本海沖合域におけるスルメイカの生態学的研究 (1970), 北水研報, 37, 10-31
- 村田 守・小野田 豊・田代征秋・山岸吉広・鈴木孝行 (1973): 北部日本海沖合域におけるスルメイカの生態学的研究 (1971)北水研報, 39, 1-25
- 村田 守 (1978): スルメイカの体長・体重関係について, 北水研報, 43, 33-45
- 松浦修平 (1972): マダイ卵巣卵の成熟過程と産卵数, 九大農芸学誌, 26, 203-215
- 名角辰郎 (1967): スルメイカの南下機構に関する共同調査報告, 日本海沖合と兵庫県沿岸の秋スルメイカについての2, 3の考察, 72-95, 島根県ほか5水試

- 日本海区水産研究所 (1971): 昭和46年度漁況・海況予報事業調査指針 (日本海ブロック関係)
- 日本海区水産研究所 (1977): 日本海スルメイカ共同調査報告集, 1-292
- 日本海区水産研究所 (1977): スルメイカ調査実施の手引, 1-54
- 日本海区水産研究所 (1984): 昭和59年5~8月日本海スルメイカ漁況の経過, 昭和59年度日本海スルメイカ長期漁況海況予報に関する資料-Ⅱ
- 日本海イカ類研究チーム (1984): 1983年日本海のスルメイカ資源, 日本海区水産研究所
- 大槻俊秋・新谷久男 (1957): スルメイカに関する研究, 対馬暖流開発調査報告書, 4, 26-32
- 沖山宗雄 (1965): 日本海沖合におけるスルメイカ *Todarodes pacificus* (STEENSTRUP) の食性, 日本研報, 14, 31-41
- 鈴木弘毅・浜部基次 (1976): 日本海沖合に分布するスルメイカ *Todarodes pacificus* (STEENSTRUP) の生態に関する研究-I, 北上期の分布と群構造からみた対馬暖流前線越えの実態, 東海水研報, 86, 71-80
- 鈴木弘毅 (1980): 同上-II, カラフト西岸水域の分布と移動について, 神奈川水試研報, 1, 99-105
- 田代征秋・山岸吉弘・鈴木孝行 (1972): 1970年夏, 秋の北部日本海沖合におけるスルメイカの標識放流結果について, 北水試報告, 14, 1-16
- 通山正弘・花田藤雄・工藤晋二・浅見忠彦・浜部基次 (1972): スルメイカ漁況予測精度向上のための資源変動機構に関する研究, 南西海域におけるスルメイカの系統群, 農林水産技術会議研究成果, 57, 154-167