

1983年から1993年における鹿児島湾でのマイワシ卵の出現

小澤貴和^{*1}, 内田 隆^{*1,2}

Occurrence and Abundance of Japanese Sardine Eggs from 1983 to 1993 in Kagoshima Bay, Southern Japan

Takakazu Ozawa^{*1} and Takashi Uchida^{*1,2}

Keywords : Sardine eggs, Abundance, Duration, Variation, Kagoshima Bay

Abstract

Occurrence and abundance were studied on the Japanese sardine eggs collected from 1983 to 1993 with a larval net at 9-14 stations in Kagoshima Bay, southern Japan, totalling 1554 collections from 121 cruises. Abundance of eggs showed extreme variations in space and time: for example, the annual abundance of eggs varied from 1 of 1985/86 to 11654 of 87/88 in the bay total, and from 0 to 7509 among stations in the most abundant year 87/88. The annual abundance of eggs was negligible in 85/86, nearly equal in 83/84 between the northern and southern parts of the bay, and higher in 84/85, 86/87, and 87/88 at the northern part and in the other years at the southern part. There was no significant correlation between annual landings of Japanese sardine from the bay and annual densities of eggs. During the period of occurrence of eggs from October to April, peaks of density appeared at the first half (November or December) and/or at the latter half (February or March). Densities and frequencies of occurrence of eggs showed roughly a positive correlation. According to the interview to fishermen in the bay, main fishing season of Japanese sardine was autumn to spring.

マイワシ *Sardinops melanostictus* 資源は1970年代の増大期と1980年代の極大期を経て、1990年代以降は崩壊の危機に直面している。20世紀2度目のこの資源大変動において、その機構に関し多くの研究がなされ、また仮説が提案された。しかしながら、確たる証拠をもってこの大変動を説明できる状況に到達していないように思われる^{1,2)}。

資源変動の研究において成熟・産卵はその出発点である。産卵・成熟は産卵数とその頻度、および卵質によって評価される。今回の大変動に際して、マイワシの成熟・産卵に関していくつかの注目される特徴が明らかにされた。例えば、卵の成熟に関与する血中ステロイドホルモン量の変化³⁻⁵⁾、卵の質と量に影響する栄養状態⁶⁾、水温や光周期の影響^{5,7)}、産卵時刻⁸⁾など、マイワシの成熟・

産卵に関する生理・生態的情報は蓄積された。一方、ネット採集により調査されたマイワシの産卵は主に産卵場と産卵量の変動が資源量の変動に関連して解析された⁹⁾と思われる。即ち、マイワシ個体群の産卵生態に結びつく方向からの研究は報告されていない。

1970年以降の鹿児島湾でのマイワシ漁獲量¹⁰⁾ (Fig. 1) は概略日本全体の変動に一致している。即ち、1970年代に増加し始め、1980年代に極大を迎え、1990年代に減少している。しかしながら、詳細に見ると日本全体での1975年以降の直線的増加、300万トン以上の1980年代、そして1990年代の直線的減少に対して、鹿児島湾では1981年や1990年の極端な低下に見られるように、漁獲量は一様な増加・減少をたどらなかった。この間の1983年10月から1993年12月までの10年間において、鹿児島大学

*1 鹿児島大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890-0056 Japan)

*2 現住所: 城山合産 (Present address: Shiroyama Gosan Ltd., 252 Amuro, Setouchi-cho, Kagoshima, 894-1742 Japan)

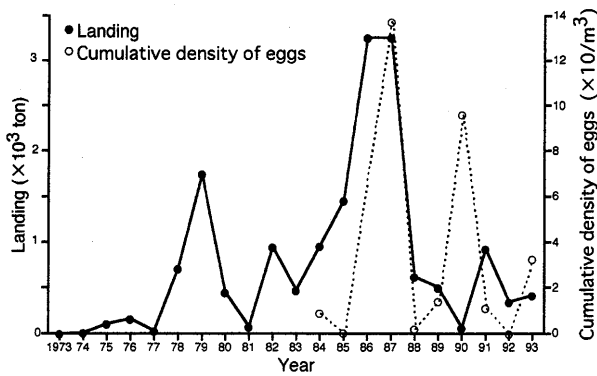


Fig. 1 Annual landings (ton) and cumulative densities of eggs ($\times 10/m^3$) of Japanese sardine in Kagoshima Bay.

水産学部水産資源学講座は同湾において定点、定期稚魚ネット採集を行った。本研究は、それらの採集物を用いてマイワシ卵の出現状態を調べるとともに、鹿児島湾におけるマイワシの漁獲状態に関し聞き取り調査を行い、マイワシ個体群の産卵生態に関し幾つかの知見を得た。

材料および方法

鹿児島大学水産学部水産資源学研究室調査船“しらなみ”(1.5トン)を用い、鹿児島湾において1983年10月から1993年12月までの10年間に、稚魚ネット採集を121航海行った。採集は昼間に、1984年10月までは月初めと月半ばの2回、それ以降は月半ばの1回としたが、1985年の2、10月、1984年と1986年~1993年の1月、および1986年の2月と9月は採集しなかった。採集定点 (Fig. 2) は、1983年12月までは西桜島水道以南の湾南部6定点 (4~9) と湾北部3定点 (10~12) の9定点、それ以降の1984年2月上旬までは湾南部に2定点 (4X, 6X) を加えた11定点、それ以降は湾南部に1定点 (5X) と湾北部に2定点 (10X, 11X) を加えた14定点であった。但し、悪天候その他の原因により、10年間で延べ96定点で採集できなかった。

1年間における航海数と各定点での採集回数を Table 1 に示す。本研究では1年を、後述するようにマイワシ卵は10~4月に出現したことにより9月から翌年8月とした (開始年の1983/84年度は10月から8月まで)。但し、漁獲量と卵採集量との比較においては前者が暦年データであるので、後者も暦年データとした。1年間航海数は、1983/84年度では月2回の採集であったため19航海と多く、また1993年度では12月までのため4航海と少ないが、他の年度では9~13で、主に11航海であった。10年間の総採集回数は湾南部972、北部582の合計1554回であった。各定点での採集回数は82~120の範囲で、採集開始が遅れたXを付した定点、特に5Xと天候に影響された湾南部、特に湾口部に近い定点で少なかった。

魚類プランクトンの採集は円筒円錐型稚魚ネット (口径1.3m, 円筒部側長1.5m, 円錐部側長3.0m, 目合い0.51mm) を用い、ワープ長50mと100mで各々5分、計10分間の水平ステップ曳きを船速約2ノットで行った。また、ネット口部中央に装着した濾水計の値により濾水量を算出し、海表面水温を測定した。採集物は船上にて5%海水中性ホルマリンで固定し、研究室で魚卵と仔稚魚に選別し、魚卵は5%中性ホルマリンで、仔稚魚は70%アルコールで保存した。

10年間の採集魚卵の中から真球形で囲卵腔が広く、か

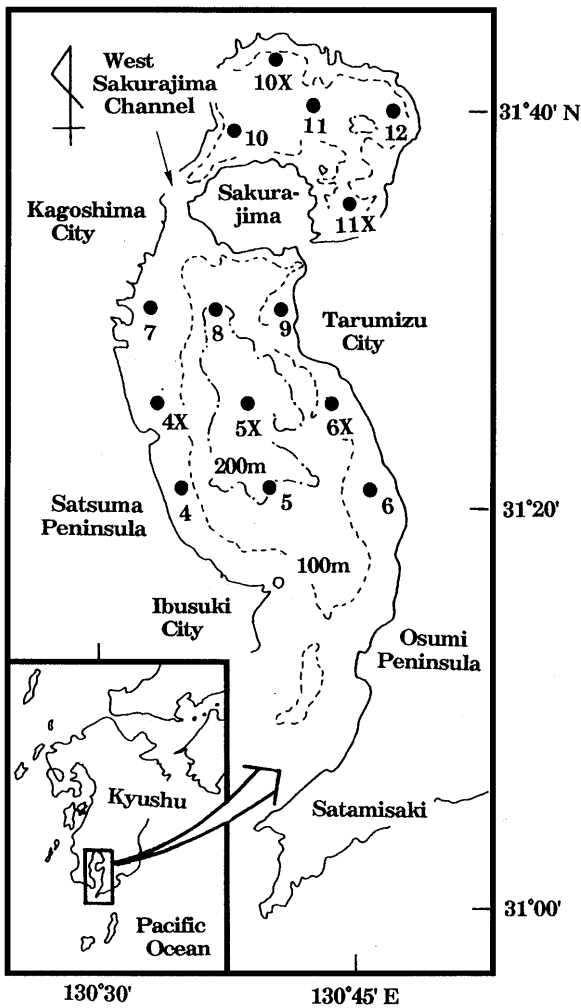


Fig. 2 Ichthyoplankton sampling stations in Kagoshima Bay.

Table 1 Number of ichthyoplankton collections at each station

Year/Month	No. of cruises	Southern part										Northern part					Total	
		4	4X	5	5X	6	6X	7	8	9	Subtotal	10	10X	11	11X	12		Subtotal
1983/10~84/ 8	19	18	14	17	0	18	14	19	19	19	138	19	13	19	13	19	83	221
84/ 9~85/ 8	13	13	11	10	4	11	11	13	13	12	98	13	13	13	9	13	61	159
85/ 9~86/ 8	9	8	9	7	6	7	8	9	9	9	72	8	9	9	9	9	44	116
86/ 9~87/ 8	10	9	10	9	8	9	9	10	9	9	82	10	10	10	10	10	50	132
87/ 9~88/ 8	11	8	10	8	9	8	9	10	9	9	80	11	9	10	11	11	52	132
88/ 9~89/ 8	11	10	10	10	9	10	10	10	9	10	88	11	11	10	11	11	54	142
89/ 9~90/ 8	11	10	11	9	11	9	11	11	11	11	94	11	11	11	11	11	55	149
90/ 9~91/ 8	11	9	11	8	10	10	11	11	11	11	92	11	11	11	11	11	55	147
91/ 9~92/ 8	11	9	11	11	10	11	11	11	10	11	95	11	11	11	11	11	55	150
92/ 9~93/ 8	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	98	11	10	11	11	10	53	151
93/ 9~93/12	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	35	4	4	4	4	4	20	55
Total	121	109	112	104	82	107	109	119	115	115	972	120	112	119	111	120	582	1554

つ卵径が約1.2~1.8 mmのマイワシ類似卵を選別し、それらの中から神谷¹¹⁾, 中井¹²⁾, 内田ら¹³⁾, および黒田ら¹⁴⁾によるマイワシ卵の特徴に基づきマイワシ卵を同定した。

聞き取り調査は1995年8月から翌年2月にかけて行った。まず、鹿児島湾内17および隣接する2, 合計19漁協でマイワシの漁獲状況(漁獲の有無, 量, 漁具など)と主な漁業者を聞き取った。次に, 主要な漁業者から漁場, 漁期, 漁法, 漁獲量, 漁獲サイズ, それらの年変動などを聞き取った。

結 果

10年間における121航海の1554採集で約28,600粒のマイワシ卵が採集された(Table 2)。湾南部(972採集で約15,600粒)と北部(582採集で約13,000粒)での全体的な採集量はほぼ等しいが, 定点間では最少が定点11Xの175粒, 最高が同12の7640粒とその違いは約44倍であった。定点間の相違は同じ採集年度で比較するとさらに大きくなり, 例えば90/91年度の湾南部では定点7で0, 同4で4,435粒採集された。経年的にみると湾全体では極端な年変動がみられ, 1985/86年度の1, そして91/92年度の11粒に対して, 87/88年度と90/91年度には1万粒以上, 即ち千~1万倍の違いがあった。海域的にみると83/84年度ではほぼ等しいが, 湾全体での採集量が無視される85/86年度を除き, 84/85, 86/87, および87/88年度の3年間では湾北部での採集量が多く, 後半の6年間では湾北部では殆ど採集されず, 圧倒的に湾南部で多かった。そのような海域的違いのため, 同じ海域での経年変動は全体と比べてさらに大きかった。例えば, 湾北部では88/89~92/93年度は殆ど採集されなかったといえるの

に対して, 87/88年度は1万粒以上も採集された。以上のように, 鹿児島湾での10年間におけるマイワシ卵の採集量は, 採集回数に大きな違いはなかったが極めて著しい年および海域的変動を示した。

10年間の採集期間において鹿児島湾の漁獲量も Fig. 1にみられるように大きな変動を示した。マイワシの卵採集量と漁獲量の関連を以下のように検討した。漁獲量データは暦年であるので, 卵採集量も暦年で集計した。その年間採集量は各航海における平均密度の累積とした。1983年は10月からの採集であり, 検討から除外した。その他の年間密度には殆どの年で採集がなかった1月は含まれていない。但し, 1985年では1月に採集し, 2月に採集しなかったため, 1月のデータを用い, また1, 2月に採集しなかった1986年のデータは用いなかった。さらに, 1984年は10月まで月2回採集であったので, それらの月の採集密度は2回の平均値とした。年間累積密度(Fig. 1)は採集量(Table 2)と同様著しい変動を示した。しかしながら, 同様に著しい変動を示した漁獲量との間には殆ど相関がみられず, 両者の相関係数0.550は有意でなかった。

各年度における湾南部, 北部の月別平均採集密度(/m³)を Fig. 3に示す。1983/84年度は12月までは湾南部6定点(4X, 5X, 6Xを除く)と北部3定点(10X, 11Xを除く)で, それ以降は南部8定点(5Xを除く)と北部5定点で, 1月を除き月2回の採集がなされた。湾北部では年末の12月上・中旬と年初の3月中旬, 4月上旬に各々出現がみられ, それぞれのピークは12月中旬(平均密度1.6×10⁻³)と3月中旬(同140×10⁻³)であった。1月には採集が行われなかったが, 2月の2回と3月上旬に出現しなかったことから判断すると, 湾北部で

Table 2 Number of Japanese sardine eggs collected at each station

Year/Month	Southern part									Northern part						Total	
	4	4X	5	5X	6	6X	7	8	9	Subtotal	10	10X	11	11X	12		Subtotal
1983/10~84/ 8	11	99	122	—	367	18	21	1	1	640	120	306	25	0	10	461	1101
84/ 9~85/ 8	0	0	0	4	0	0	0	1	0	5	40	99	2	0	7	148	153
85/ 9~86/ 8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
86/ 9~87/ 8	2	69	1	19	11	20	13	1	0	136	52	385	57	0	107	601	737
87/ 9~88/ 8	0	0	0	0	0	0	19	6	0	25	532	2286	1254	48	7509	11629	11654
88/ 9~89/ 8	0	0	149	0	40	26	0	0	0	215	0	0	0	0	0	0	215
89/ 9~90/ 8	35	57	65	342	114	17	586	229	156	1601	1	0	0	0	0	1	1602
90/ 9~91/ 8	4435	108	232	201	1540	211	0	3154	124	10005	0	0	0	0	0	0	10005
91/ 9~92/ 8	0	0	0	0	4	7	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	11
92/ 9~93/ 8	914	0	4	605	53	0	54	124	187	1941	0	0	0	0	0	0	1941
93/ 9~93/12	0	235	0	173	0	179	59	142	220	1008	2	21	0	127	6	156	1164
Total	5397	568	573	1344	2129	478	752	3658	688	15587	747	3097	1338	175	7640	12997	28584

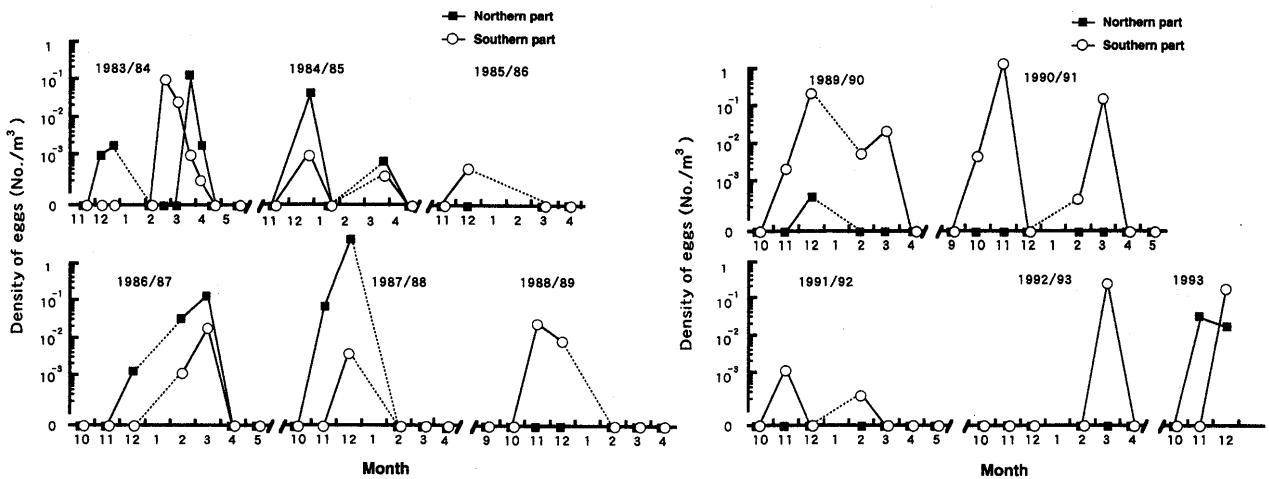


Fig. 3 Cruise average densities of eggs of Japanese sardine in northern and southern parts of Kagoshima Bay.

は2回の産卵期があったと思われる。南部では2月中旬から4月上旬にかけて4回の出現がみられ、ピークは2月中旬(密度 96.9×10^{-3})であった。

1984/85年度では2月に航海がなかった。また、1~3定点で採集がなされなかった月があった。湾南部および北部ともに12月(南部採集密度 1.0×10^{-3} 、北部同 45.6×10^{-3})と3月(南部採集密度 0.3×10^{-3} 、北部同 0.7×10^{-3})にのみ出現した。1月には全く出現せず、産卵期は前半と後半に2分されたと思われる。

1985/86年度では10, 1, および2月にまったく採集がなされなかった。その他の月では、12月と3月に湾南部3定点で、12月に北部1定点で採集がなされなかった。マイワシ卵は12月に定点4でのみ出現した(湾南部密度 0.5×10^{-3})。

1986/87年度では11月に湾南部7定点で、1月に全定

点で採集が行われなかった。卵は湾北部では12月から3月にかけて、南部では2, 3月にのみ出現し、それらのピークは3月(湾南部密度 20.3×10^{-3} 、北部同 144.8×10^{-3})であった。産卵期は北部では1月に採集がなかったため連続しているようにみられるが、多くの年と同じように前半の12月と後半の2, 3月に2分された可能性がある。

1987/88年度では10月に湾南部3定点と北部2定点、12月に南部1定点、1月に全定点、3月に南部8定点、そして4月に北部1定点で採集がなされなかった。卵は北部では11, 12月(ピーク密度 33.6×10^{-3})に、南部では12月(同 4.6×10^{-3})にのみ出現し、年初にはまったく出現しなかった。

1988/89年度では1月に全定点、2, 3, および4月に各々1定点で採集がなされなかった。卵は南部のみに

11月 (ピーク密度 24.2×10^{-3}), および12月に出現した。

1989/90年度では1月に全定点, そして南部で2月に3定点と3月に1定点で採集が行われなかった。南部での卵の出現は11月から3月にかけてみられ, ピークは12月 (密度 21.9×10^{-3}) であった。北部では12月にのみ出現した (同 0.4×10^{-3})。南部での卵の出現は連続しているようにみられるが, 1月に採集が行われなかったことを考慮すると, 他の多くの年度と同様, 2回の産卵ピーク (12および3月) が存在した可能性がある。

1990/91年度では1月に全定点, そして12月に湾南部3定点で採集がなされなかった。マイワシ卵は南部にのみ明瞭な2峰型を示して出現した。即ち10, 11月と2, 3月に出現し, 12月には出現しなかった。各ピークの密度は11月の 14.7×10^{-3} と3月の 17.1×10^{-3} であった。

1991/92年度では1月に全定点, 湾南部で10月1定点と3月3定点で採集がなされなかった。卵は南部にのみ2峰型を示して出現した。即ち, 11月 (密度 1.3×10^{-3}) に採集され, 12月には採集されず, 2月 (同 0.3×10^{-3}) に再び採集された。

1992/93年度では10月の南部1定点と1月の全定点を除き採集が行われた。卵は南部で2月 (密度 30.3×10^{-3}) にのみ出現した。

1993年度の採集は12月までであり, 全ての採集が行われた。湾北部では11, 12月に出現し, 前者での密度 (29.0×10^{-3}) が多かった。南部では12月のみに出現し, その密度は 18.3×10^{-3} であった。

鹿児島湾でマイワシ卵は最も早く10月 (1990年) に出現し, 遅くて4月 (1984年) まで出現した。その間の出現状況は年度により, そして海域により極めて変動したが, 以下のように基本的出現が認められる。1983/84年度の湾北部では12月下旬と3月下旬に, 90/91年度の湾南部では11月と3月に各々2回の明瞭なピークが出現した。84/85年度湾南部と北部, 91/92年度の南部でも2回のピークがあったと思われる。即ち, マイワシ卵の出現には年末と年初の2回のピークが基本的に存在すると思われる。それ故, そのピークの出現の可能性は本研究の調査期間では鹿児島湾としてみると21回 (10年 \times 2 + 1年 \times 1), そして南部と北部を別々にみると42回 (10年 \times 4 + 1年 \times 2) であった。言い換えると, 鹿児島湾での出現の変動はそれらピークが存在したか, しなかったかに関連している。そのような基本的出現からピークの存在しない年度と海域をみると, 1983/84年度南部年末, 85/86年度北部年末および南部・北部年初, 86/87年度南部年末, 87/88年度南部・北部年初, 88/89年度北部年末と南部・北部年初, 89/90年度北部年初, 90/91~92

/93年度北部年末・年初, そして92/93年度南部年末となり, 合計18回出現しなかったことになる (Fig. 3)。加えて, 85/86年度南部年末と91/92年度南部年末・年初は無視できる採集量であったので (Table 2), 合計21回も鹿児島湾の南部および北部のどちらかあるいは両海域で出現しなかったことになる。これは全出現可能ピーク42回の半分に相当する。無視できる採集量であった85/86年度南部年末と91/92年度南部年末・年初には出現しなかったとすると, 鹿児島湾では出現可能ピーク21回の中で7回 (年末では85, 91および92年, 年初では86, 88, 89, および92年) 出現しなかったことになる。

出現あるいは産卵期が2回に分離されるとすると, 各々の出現期間は極めて短かった。即ち, 湾全体としても長くは2ヶ月 (年末では87~90, 93年, そして年初では84, 87, 90, 91年) であった (Fig. 3)。各出現期間のピーク月は, 湾全体でみると年末では11 (1988, 90, 91年) あるいは12月 (83~87, 89, 93年) に, 年初では2 (92年) あるいは3月 (84, 85, 87, 90, 91, 93年) にみられた。

各採集回における対数表示した卵平均密度と出現頻度との関係を湾全体および海域別に Fig. 4に示す。湾北部では両者はほぼ正の直線関係にあり, 密度が $10^{-2}/\text{m}^3$ 以下であれば頻度は50%以下で, それ以上の密度であれば多くの採集回で50%以上で, 3例では100%であった。南部でもほぼ同じような関係がみられるが, 頻度の増加傾向は密度 $10^{-2}/\text{m}^3$ 以下の場合緩やかで, それ以上の密度では急激であるようにみられる。また, 全採集定点に出現した採集回は1例であった。湾全体の場合は南部での関係に類似している。即ち, 密度 $10^{-2}/\text{m}^3$ 以下であれば頻度の増加は殆どみられず, それ以上で急激に増加している。しかしながら, Fig. 3にみられたように卵の極端な出現変動のため, 卵の平均密度とともに出現頻度は各海域の場合と比べて明らかに減少し, 密度 $10^{-2}/\text{m}^3$ 以下では全て20%以下であり, また頻度50%以下は29例中26例であり, 80%以上の採集回は1例のみであった。

鹿児島湾と周辺合計19漁協への予備的聞き取り調査によれば, マイワシは12漁協で主に定置網, 刺網, あるいは旋網の混獲物として漁獲されていた。その調査で紹介された主なマイワシ漁業者5名 (湾内4漁協所属) からの聞き取り調査結果は以下のように要約される。マイワシの混獲される時期は共通して秋から春にかけてであり, 長くて9~4月, 短くて2~3月であった。卵がみられた時期を回答した漁業者によれば, それは12~3月であった。漁獲サイズは主に約15 cmの中羽で, 時には大羽あるいは小羽が漁獲された。漁獲量の推移を湾全体

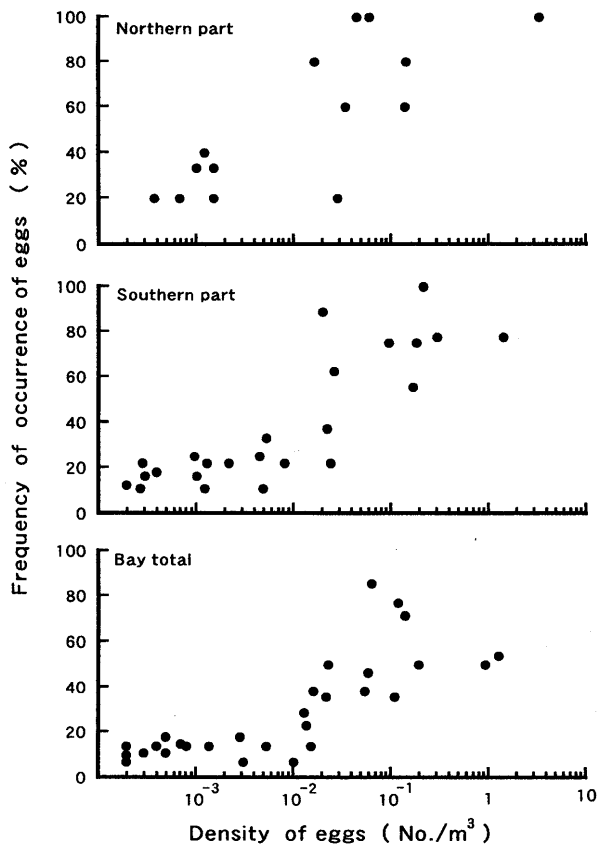


Fig. 4 Relationship between cruise average densities and frequencies of occurrence of eggs of Japanese sardine in northern and southern parts, and total of Kagoshima Bay.

として概観すると、1970年以前の約15年間は全く、そしてここ2年(1995, 96年)は殆ど漁獲がなく、その間では大量に漁獲された年があった。旋網漁業者によれば、漁獲海域は基本的に地先であるが、それら以外では共通して谷山 (Fig. 1の定点7周辺) から喜入 (同4 X 周辺) 沖にかけてであった。

考 察

日本周辺海域におけるマイワシの産卵期は10月に始まり6月末までである¹⁵⁾。この間の主産卵期は春先であるが、森ら¹⁵⁾、菊池、小西¹⁶⁾、石田、菊池¹⁷⁾、および銭谷ら¹⁸⁾によれば、四国沖 (Ⅲ海区) では年末にも明らかにピークが認められる。即ち、1978年から1993年における16年間の採集結果によれば、春先 (2あるいは3月) と比較すると明らかに少ないが、1979~83年、85~89年、および92年の11カ年での11あるいは12月の産卵量はそれらの前後の月よりも明らかに多かった。同じ資料によれ

ば、他の海域でも極めて稀に年末にピークが認められる。例えば、薩南海域 (上記資料ではⅣ海域) では1987年11月にピークが出現した¹⁶⁾。また、伊勢湾では10, 11月にまもなく産卵すると思われる成熟係数の高いマイワシが認められた¹⁹⁾。

以上のように、本研究を含めた報告によれば、一部のマイワシ個体群は産卵期の中に2回の産卵ピークを示す。マイワシが1産卵期中に複数回産卵するのは、血中ステロイドホルモン量の変化⁴⁾あるいは卵巣卵の成熟状態^{8, 20)}から明らかである。しかしながら、2回の産卵ピークが同じ個体によってもたらされるのか、あるいは別の個体によるのかを推定できる根拠は今のところない。

鹿児島湾での調査期間中におけるマイワシの産卵は時間的に極めて変動した。同時に測定した表面水温、また採集した湾内の優占仔稚魚であるハダカエソやキュウリエソの年間採集量には極端な変動はみられなかった²¹⁾。それ故、マイワシ産卵の著しい変動は産卵期における同湾での成魚の在・不在、あるいは成魚の産卵成功・不成功のいずれかに起因すると思われる。本研究では成魚を調査しなかった。湾内漁業者への聞き取りによれば、マイワシの漁期は産卵期に一致し、成熟サイズに達したマイワシも漁獲されたが、約15 cmの中羽、言い換えると未成魚²²⁾が主な漁獲物であった。それ故、産卵の著しい変動が成魚の在・不在に、あるいは産卵成功・不成功のどちらか、あるいは両者に起因するかどうか推測できない。それらの要因は年間漁獲量と卵採集量との間に有意な相関が認められなかった結果の主な理由でもあると思われる。

本研究における上記2つの結果、即ち2回の産卵ピークと産卵の極端な変動がマイワシ資源量の変動と密接に関連しているかどうか、不明である。しかしながら、マイワシ資源の大変動を説明できる根拠に乏しい現状において、これらの結果を単なるマイワシの1地方個体群でのものとして無視すべきでないと思われる。

謝 辞

本研究での魚類プランクトンの採集および選別、および漁協と漁業者への聞き取り調査では多くの学生諸君に、そして漁協関係者および漁業者の方々には聞き取り調査に際しご協力頂いた。以上の方々には厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 1) 河井智康 (1993): 魚種交替研究の背景と視点. 海洋, **25**, 379-385.
- 2) 松田裕之 (1993): マイワシ資源のダイナミクス. 4 - 環境変動説. 海洋と生物, **15**, 107-112.
- 3) M. Matsuyama, S. Adachi, Y. Nagahama, C. Kitajima, and S. Matsuura (1991): Annual reproductive cycle of the captive female Japanese sardine *Sardinops melanostictus*: relationship to ovarian development and serum levels of gonadal steroid hormones. *Marine Biol.*, **108**, 21-29.
- 4) M. Matsuyama, T. Fukuda, S. Ikeura, Y. Nagahama, and S. Matsuura (1994): Spawning characteristics and steroid hormone profiles in the wild female Japanese sardine *Sardinops melanostictus*. *Fish. Sci.*, **60**, 703-706.
- 5) T. Matsubara (1996): Vitellogenesis and its environmental control in the Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*). "Survival strategies in early life stages of marine resources" (ed. by Y. Watanabe, Y. Yamashita, and Y. Oozeki). pp. 21-26, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- 6) H. Morimoto (1996): Effects of maternal nutritional conditions on number, size and lipid content of hydrated eggs in the Japanese sardine from Tosa bay, southwestern Japan. "Survival strategies in early life stages of marine resources" (ed. by Y. Watanabe, Y. Yamashita, and Y. Oozeki). pp. 3-12, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- 7) M. Shiraiishi, K. Ikeda, and T. Akiyama (1996): Effects of water temperature and feeding rate on gonadal development in the Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in captivity. "Survival strategies in early life stages of marine resources" (ed. by Y. Watanabe, Y. Yamashita, and Y. Oozeki). pp. 13-19, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- 8) 森本晴之 (1993): 土佐湾のマイワシにおける卵母細胞の吸水完了および産卵開始時刻. 日水誌, **59**, 7-14.
- 9) Y. Watanabe, H. Zenitani, and R. Kimura (1996): Offshore expansion of spawning of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, and its implication for egg and larval survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **53**, 55-61.
- 10) 九州農政局鹿児島統計情報事務所 (編) (1973~1993): 第20~40次鹿児島農林水産統計年報, 鹿児島農林水産統計協会, 鹿児島.
- 11) 神谷尚志 (1916): 館山湾ニ於ケル浮性魚卵並ニ其稚仔. 水講試報, **11**, 1-92.
- 12) 中井甚二郎 (1948): マイワシとコノシロの浮遊卵の判別. 日水誌, **13**, 141-142, 149.
- 13) 内田恵太郎, 今井貞彦, 水戸 敏, 藤田矢郎, 上野雅正, 庄島洋一, 千田哲資, 田福正治, 道津善衛 (1958): 日本産魚類の稚魚期の研究. 第1集, 九大農学部水産学第二教室, 福岡.
- 14) 黒田一紀, 山本公夫, 平野保男 (1983): マイワシ・コノシロ・サッパの卵の同定. 東海水研報, **110**, 81-91.
- 15) 森慶一郎, 黒田一紀, 小西芳信 (編) (1988): 日本の太平洋岸 (常磐~薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別, 海域別産卵状況. pp.5-6, 1978年1月~1986年12月, 東海区水研, 東京.
- 16) 菊池 弘, 小西芳信 (編) (1990): 日本の太平洋岸 (常磐~薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別, 海域別産卵状況: 1987年1月~1988年12月, 中央水研, 南海海区水研, 東京, 高知, p.6.
- 17) 石田 実, 菊池 弘 (編) (1992): 日本の太平洋岸 (常磐~薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別, 海域別産卵状況: 1989年1月~1990年12月, 南海海区水研, 中央水研, 高知, 東京, p.6.
- 18) 銭谷 弘, 石田 実, 小西芳信, 後藤常夫, 渡邊良朗, 木村量 (1995): 日本周辺海域におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類, ウルメイワシ, およびマアジの卵仔魚とスルメイカ幼生の月別分布状況: 1991年1月~1993年12月, 中央水研資源管理研報, シリーズA-1, 東京, p.13.
- 19) 中尾尚之 (1978): 伊勢湾におけるマイワシの魚体組成について. 昭和51年度三重伊勢水試事報, 144-151.
- 20) 松浦修平 (1992): マイワシの生殖周期. 海洋, **24**, 289-294.
- 21) 渡邊 俊 (1996): 鹿児島湾産中層性3魚種の仔魚の出現と分布. 水産学修士論文, 鹿児島大学, 鹿児島, 27pp., 24 figs., 9 tabs.
- 22) 渡辺泰輔 (1981): マイワシの初期減耗について. 漁業資源研究会議報, **22**, 76-88.