

飼育実験によるカタクチイワシの雌1尾当り 年間産卵数の推定

高尾 亀次・岸田 達・上田 和夫

Number of Eggs of Japanese Anchovy Produced
per Female per Year Estimated by a Rearing Experiment

Kameji TAKAO, Tatsu KISHIDA and Kazuo UEDA

Since 1978 the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory has estimated the abundance of adult anchovy (*Engraulis japonica* (HOUTTUYN)), based on the egg census, in addition to the analysis of catch and effort statistics (TAKAO 1980). The average number of eggs spawned per female is indispensable for conversion of the abundance of eggs in the sea to number of the adult anchovy that produced them. Attempt was made to determine the number of ovarian ova. The long-lasting spawning activities over nine months in the Seto Inland Sea makes it difficult to obtain the number of spawned eggs per female based on merely the counts of ovarian ova. Furthermore the number of eggs in the ovary were found differing from area to area within the distribution range of the species.

The authors have commenced rearing experiments of adult anchovy in an outdoor tank of 2×2×3m to determine actual number of spawned eggs. Fish of 0-age group that hatched in the autumn 1980 were brought to the tank on 23 June 1981, and then kept until October 1982.

The fish spawned continuously from late July to early November 1981 and again discharged eggs since April 1982. The death rate stayed at low-level below 0.02% per day except 15 to 18 August 1981 when over-feeding caused mass mortality of 11 to 65%. Nevertheless, the fish actively discharged eggs even on 17, 18 August just in the disastrous decrease in number.

During the period of three months since late July, the average eggs production per day per female varied from one to 1,031, and the accumulated counts reach 15,400 eggs. A detailed observation were conducted from 19:00 on 17 August to 06:00 on 18 August. The counts for every one-hours were less than ten eggs discharged on the preceeding day before 22:00 and increased since then, having reach a peak of 1,500 newly spawned eggs at 23:00. After midnight the eggs decreased in number, having dropped to 40 at 04:00 and about 300 at 05:00 and 06:00. The data indicate that the anchovy discharge eggs most actively at 22:00 to the midnight.

The long-lasting spawning of the same school in the tank confirms that a single fish spawns more than one batch of a year, even if the activity of reproduction varies remarkably from

season to season. The anchovy eggs collected by plankton nets are found most abundant in June in the nearby spawning grounds of the Hiroshima Bay. Thus the accumulated count of 15, 400 eggs per female obtained from the rearing experiment that started on 23 June is definitely an underestimate of the average fecundity of the species. Taking the seasonal change of egg abundance in the sea and the duration of the rearing experiment into account, the authors propose that a female anchovy produces about 21, 000 eggs per year.

高尾(1980)が1978年から行っているカタクチイワシ親魚量推定においては、漁獲統計の解析による方法のほかに卵分布量にもとづく方法も併用している。卵分布量を親魚量に換算する際に用いる雌1尾当りの平均産卵数については、十分な知見が得られていなかったため、従来、卵巢内卵数つまり抱卵数が用いられてきた。カタクチイワシの抱卵数については、TAKESHITA and AIKAWA(1960)が日向灘で、宇佐美・杉山(1962)が陸奥湾で調査しているが、体長11cm以上では前者は卵径0.4mm以上で約3,500~4,200粒、後者は卵径0.8mm以上で6,000~26,000粒となっている。瀬戸内海においては、井上(1949)、前川・八柳(1951)、巻田(1954)が抱卵数を求めているが、その推定値は体長8cm前後で2,500~18,000粒である。いっぽう、カタクチイワシは卵巢内卵の卵径が多峯型の度数分布をしている(浅見1953, 巻田1954, 相川1954)ことから多回産卵と想定される。したがって、雌1尾が海中に放出する卵数を決定するには抱卵数のみでは不十分である。筆者らは産出卵数の知見を得るために1980年から親魚の飼育を行ってきた(高尾・岸田1981)。1981年には長期飼育に成功し、海中に放出した卵数について知見を得たので報告する。

本報告のとりまとめに当っては南西海区水産研究所企画連絡室長林繁一および同内海資源部長尾形哲男両氏に原稿を校閲していただいた。また日本海区水産研究所企画連絡室長服部茂昌氏には貴重な助言をいただいた。記して深謝の意を表する。

材 料 と 方 法

1981年6月23日、大竹市阿多田漁業協同組合所属のいわし機船船びき網漁船が広島湾で漁獲したカタクチイワシ活魚約1,000尾を調査船せと(5.6ト)で当研究所に輸送し、屋外20ト水槽に收容した。水槽收容後3日以内に半数以上が死亡し、飼育実験に供したのは326尾であった。

斃死魚のうち130尾を測定した結果、体長範囲7.2~9.3cm、平均体長7.8cm、平均体重4.6g、平均脊椎骨数44.94であった。

産卵開始は1981年7月12日で32粒、その後は途切れて7月22日に283粒が採集されたのみであった。継続的な産卵が認められたのは7月31日から11月2日までの95日間続いた。その後は水温の低下と共に年内の産卵を休止した。1982年4月30日以降に再度産卵を始め、7月現在もなお約30尾が生残って産卵を継続している。本報告では1981年7月31日から11月2日までの資料を用いた。

カタクチイワシの雌雄を外観から区別することは困難である。したがって飼育群のなかの雌の尾数は、斃死魚が生じた都度判定した雌雄個体数の累計値から性比を求め推定した。

カタクチイワシの年間産卵数

飼育海水には当研究所沖合40mから常時ポンプで汲み上げたものを使用した。海水はゴミや天然卵の混入を防ぐためにNGG52のネットで濾過され1日当たり約100トンが使用された。

毎日9時に投餌、卵採集、および天候と表面水温の測定を行ったが、日曜日および休日の一部には欠測した。なお塩分については1980年の予備調査で20~30%の範囲内で変動幅が小さいことが判っていたので(高尾・岸田1981)測定しなかった。

卵は、表・中層からはサイフォンで海水とともに集めて寒冷紗でこし、底層からは飼育水槽の排水口にネットを装置して採集した(Fig. 1)。集められた卵は翌朝回収して計数し、飼育魚の総産卵数とした。日曜日と月曜日および欠測した休日と翌日の各採集卵数はそれぞれ2等分した。1回の卵数が1,000粒までは全数をかぞえ、それ以上の場合、1ccのステンベルピペットにより6~10回の計数を行いその平均値を用いて卵数を推定した。

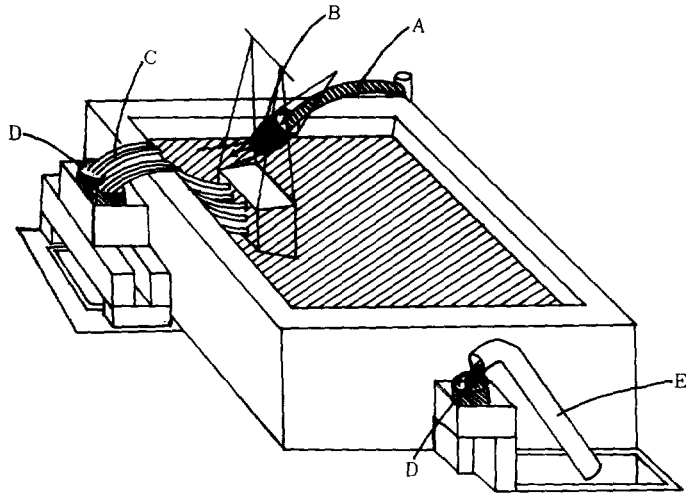


Fig. 1 Rearing tank of anchovy and apparatus for egg collection (after TAKAO and KISHIDA 1981).

- A: Inlet of sea water B: Filter net
C: Syphons for surface egg collection
D: Egg collection nets E: Control pipe for water level

産卵時刻を知るため、8月17日19時から8月18日6時まで連続観測を行った。この観測では20時から2時までは30分間隔、それ以前および以後は1時間間隔で表・中層から卵を採集した。卵の発育期区分は服部(1958)による。

なお天然における産卵状況については1981年に広島県水産試験場が実施した卵稚仔分布調査の資料を用いた。

結 果

1. 飼育経過

Table 1に継続的に産卵を開始した7月31日からの日別水温、1尾当り投餌量、生残り親魚尾数、

Table 1 The records spawning in the captivity for anchovy from July 31 to November 2, 1981.

Date	Water temp. at 0900 (°C)	Food per fish (g)	Number of adults	Estimated number of female (a_i)	Number of eggs collected (b_i)	Average egg counts per female ($G_i = b_{i+1}/a_i$)
July 31	23.8	4.10	293	124	3,256	26
Aug. 1	22.5	2.05	"	"	11,459	92
2	—	3.75	"	"	3,383	27
3	23.2	4.10	"	"	3,373	27
4	23.6	4.12	291	"	8,660	70
5	22.5	"	"	"	8,180	66
6	22.7	"	"	"	2,835	23
7	22.1	3.79	290	"	8,944	72
8	22.7	3.81	289	123	15,150	123
9	23.2	"	"	"	15,900	129
10	22.8	3.82	288	"	5,350	44
11	22.5	"	"	"	13,830	112
12	22.4	"	"	"	15,400	125
13	22.9	"	"	"	8,400	68
14	—	"	"	"	15,026	122
15	23.1	3.85	286	122	13,800	113
16	—	4.66	236	106	6,875	65
17	23.9	1.68	208	95	6,875	72
18	24.2	0	73	30	29,901	997
19	24.4	0	65	"	26,260	875
20	24.5	1.56	64	"	11,050	368
21	24.3	2.38	63	"	11,800	393
22	24.5	3.22	62	29	4,365	151
23	—	2.42	"	"	2,105	73
24	23.7	3.22	"	"	2,105	73
25	24.3	2.42	"	"	24,700	852
26	24.4	2.10	"	"	20,000	690
27	23.7	1.61	"	"	25,950	895
28	23.2	"	"	"	29,910	1031
29	23.6	"	"	"	16,080	555
30	—	"	"	"	8,040	277
31	24.1	"	"	"	8,040	277
Sep. 1	24.6	"	"	"	7,020	242
2	24.5	"	"	"	4,288	148
3	24.2	"	"	"	4,736	163
4	24.7	"	"	"	2,752	95
5	23.4	"	"	"	7,800	269
6	—	"	"	"	4,048	140
7	23.4	"	"	"	4,048	140
8	23.7	"	"	"	9,308	321
9	23.8	"	"	"	5,920	204
10	23.2	1.94	"	"	3,801	131
11	22.9	1.61	"	"	3,360	116
12	22.7	"	"	"	4,160	143
13	—	2.26	"	"	864	30
14	22.7	"	"	"	864	30
15	—	—	"	"	2,928	101
16	22.0	2.42	"	"	2,928	101

カタクチイワシの年間産卵数

(continued)

Date	Water temp. at 0900 (°C)	Food per fish (g)	Number of adults	Estimated number of female (a_i)	Number of eggs collected (b_i)	Average egg counts per female ($G_i = b_{i+1}/a_i$)
Sep. 17	22.1	2.26	62	29	2,544	88
18	22.3	"	"	"	6,762	233
19	22.4	"	"	"	5,092	176
20	—	"	"	"	876	30
21	22.7	"	"	"	876	30
22	22.7	3.23	"	"	3,857	133
23	—	—	"	"	2,591	89
24	22.9	2.26	"	"	2,591	89
25	23.0	2.10	"	"	344	12
26	23.0	2.26	"	"	1,976	68
27	—	—	"	"	2,840	98
28	22.4	2.30	61	"	2,840	98
29	21.7	"	"	"	4,864	168
30	21.6	"	"	"	1,690	58
Oct. 1	22.1	1.64	"	"	1,632	56
2	22.1	"	"	"	5,872	203
3	21.9	2.30	"	"	3,918	135
4	—	—	"	"	3,475	120
5	21.7	1.64	"	"	3,475	120
6	21.4	"	"	"	3,146	109
7	21.7	"	"	"	1,739	60
8	21.4	"	"	"	4,149	143
9	21.5	"	"	"	4,845	167
10	21.4	"	"	"	239	8
11	—	"	"	"	628	22
12	20.9	"	"	"	628	22
13	20.8	"	"	"	15	1
14	20.9	"	"	"	1,442	50
15	20.5	"	"	"	7,192	248
16	20.6	"	"	"	6,125	211
17	20.5	"	"	"	2,562	88
18	—	—	"	"	1,454	50
19	21.0	1.64	"	"	1,454	50
20	20.4	"	"	"	1,941	67
21	20.3	"	"	"	2,758	95
22	20.7	1.67	60	"	2,722	94
23	19.8	"	"	"	2,255	78
24	19.4	"	"	"	887	31
25	—	—	"	"	793	27
26	18.8	1.67	"	"	793	27
27	18.9	1.33	"	"	36	1
28	17.0	"	"	"	243	8
29	19.4	1.67	"	"	9,125	315
30	18.2	"	"	"	1,930	67
31	18.5	2.17	"	"	920	32
Nov. 1	—	—	"	"	613	21
2	17.7	2.50	"	"	613	21

採集卵数，1尾当り平均産卵数を示す。飼育魚は収容直後には餌をとらなかったが6月26日から攝餌を開始した。餌は主に冷凍オキアミを用い，1ヵ月に5～10回はイカナゴすり身を計1日1尾当り1g前後投与し，飼育開始32日後の7月29日からは3.75～4.66gに増加させた。その後17日を経過した8月15日から大量の斃死が起った。この時期の日別死亡率は8月15日17%，8月16日12%，8月17日65%，8月18日11%を示した。8月17日には投餌量をそれまでの約以下の1尾当たり1.68gに減らし，翌18，19日には投餌を中止した。8月20日からは1日1尾当りの投餌量を約2gとして飼育を継続したが，その後は8月20日，21日，9月27日，10月21日に各1尾斃死したのみであった。飼育水温は8月15日，16日には若干昇温して24℃前後となったが，この程度の温度は7月31日および8月19～26日，8月31～9月4日にも現われている。斃死魚の胃が膨満していたことから，死亡の主因は過剰投餌と昇温の複合作用によるものと考えられる。

2. 雌1尾当り日別産出卵数

日別総産出卵数 (b_i) の最高値は8月28日の29,910粒，最低値は10月13日の15粒であった。この間に産卵に参与していた雌の推定尾数 (a_i) は124尾から29尾に減少しているので産卵数の日別変化は雌1尾当り平均産出卵数 $G_i = b_{i-1}/a_i$ によって比較する必要がある。雌1尾当り平均産出卵

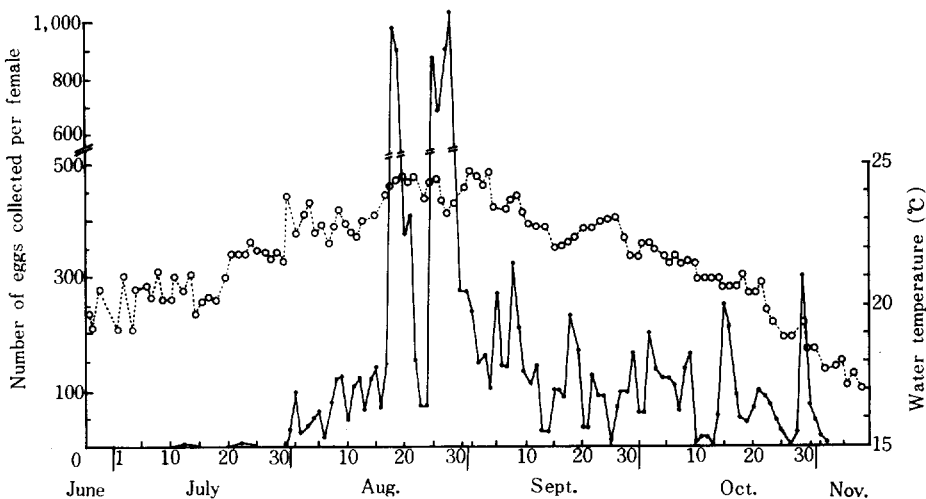


Fig. 2 Water temperature in the rearing tank and number of collected eggs per female during June 26 through November 7, 1981.

Closed and open circles denote number of eggs and water temperature, respectively.

数を Fig. 2 に示した。この値は8月28日の1,031粒から10月13日の1粒の間に広がっている。全期間をつうじての雌1尾1日当りの平均産出卵数は，162粒，標準偏差214粒，変動係数132%であった。さらに細かくみると7月31日～8月16日は23～125粒で少なかった。大量斃死が起った8月17，18日にはそれぞれ997粒，875粒を記録して第1のピークを示した。その後5日間は400粒以下に低下したが，8月24～27日には再度690～1,031粒と増加して第2のピークを示した。9月になって水温は下降期に入ったが，第2のピーク以降の産卵数は，およそ300粒以下の範囲で増減を繰返した。8月29日以降 $G_i \geq 200$ の日は12日， $200 > G_i \geq 100$ の日は18日， $G_i < 100$ の日は36日であった。

このように、1尾当り産出卵数は、8月中～下旬にピークを示したがその後は減少し、小さな増減を繰り返しながらも産卵は長期間継続することが知られた。全産卵期間内の雌1尾当り総産出卵数は、15,400粒と推定された。

3. 産卵時刻

8月17日19時から18日6時までの時間毎の採集卵数を Fig. 3 に示す。採集卵数は19時から21時までは10粒以下で、後期卵 (stage C) が多かった。22時から急激に増加し、22時に220粒、23時までに1,536粒、0時までに720粒を示した。その後は減少し1～3時には243～480粒、4時には僅か40粒、5～6時には300粒であった。22時以降の採集卵は殆んど前期卵 (stage Aa*) であった。

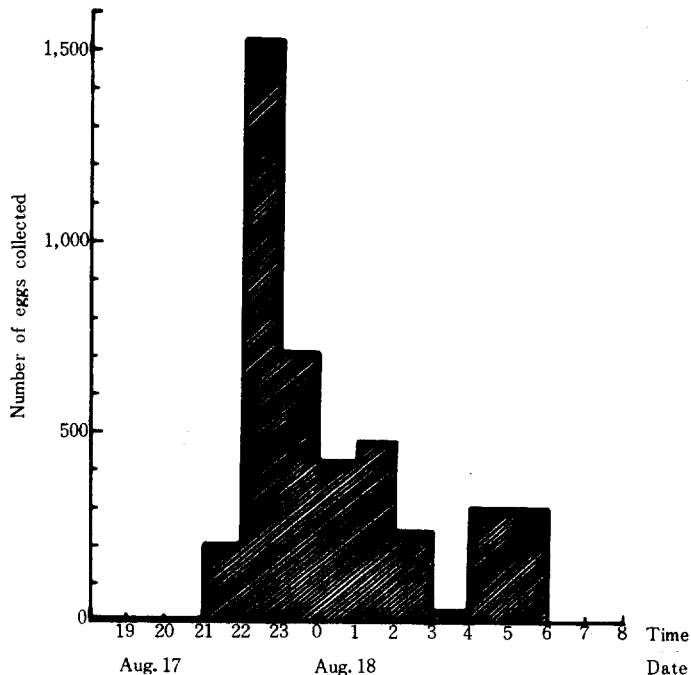


Fig. 3 Number of eggs collected from surface layer of the rearing tank at one-hour interval, 1900 on 17 to 0600 on 18 August 1981.

考 察

1. 産卵の回数と条件

Fig. 2 に示すとおり本実験におけるカタクチイワシの継続産卵期間は7月31日から11月2日に至る95日間であった。特に雌が僅か30尾に減少した8月18日以降も引続いて卵が採集されていることから、カタクチイワシはこの期間中何回にも分けて産卵していると考えることができよう。カタクチイワシの多回産卵については、これまで卵径組成に3～4個のピークがみられることから推定されていた (浅見1953, 巻田1954, 相川1954)。今回の実験では日別1尾当り平均産出卵数は8月18

*前期卵 (A-stage) は Aa, Ab および Ac に細分される 服部 (1958) .

日、19日、25～29日に555～1,031粒の著しいピークを記録したほかは多い場合でも300粒程度にとどまっている。このことは、このピークの時期には多くの雌が産卵行動に参加したか、あるいは1回の放卵数が多かったか、あるいはその両方が作用したか、3通りの可能性が考えられる。

産卵と水温との関係を見ると産卵開始時は23.8℃を示した。その後はしばらくの間22.1～23.6℃で推移し、最大の産卵ピークを示した8月中～下旬には23.2～24.4℃を示した。その後は水温は徐々に低下し、産卵終期では17.7℃であった。このように本種はほぼ18℃以上で産卵を行っている。

なお、飼育に供した成魚は、高尾(1964)によれば前年の秋生れ群と推定された親魚群である。この群は従来の見解では発生翌年の6～7月に産卵し、産卵後は逸散もしくは死亡すると考えられていた。今回の結果からは11月上旬まで産卵を継続し、さらに翌年2年魚となって春から夏にかけても産卵することが確認されたが、これらの詳細については稿をあらためて報告する予定である。

1981年に広島県水産試験場が毎月上旬に実施した広島湾内14定点の卵採集結果をTable 2に示す。(特) ネット垂直びきによる1定点当り卵採集数は、6月に220粒できわめて高く、ついで7月に105粒を記録したが、5月および8～11月では37粒以下できわめて少なく、1～4月と12月は皆無であった。本実験供試魚は6月23日に採集されたが、この群と広島湾の産卵親魚群は同一系群と想定されるので、供試魚群は採集される以前での5～6月ごろすでに産卵を始めていたことが予測される。水槽に収容後1カ月以上もの間産卵が殆んど行われなかったのは、収容後わずか3日間に半数以上が死亡したことから考えて、人為的に加えられた傷害や環境の変化によってストレスをひきおこしたためで、環境に馴化してきた7月末から再度産卵を開始したものと考えられよう。

Table 2 Number of anchovy eggs collected at 14 stations in the Hiroshima Bay, April to December, 1981.

Month	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Total number of eggs	0	38	3076	1465	521	435	277	17	0
Egg counts per tow	0	2.7	219.7	104.6	37.2	31.3	19.8	1.2	0

2. 雌1尾当り産出卵数

7月31日から11月2日の間における雌1尾当りの産出卵数は約15,400粒であった。今回の実験期間が全産卵期を包含しているとすればこの値は年内総産出卵数とみなすことができる。しかし前述のように自然界では6月を中心に産卵が行われているので、今回の飼育実験によって求めた値は過小評価となっている可能性がある。広島水試の調査結果によると、5、6月の採集卵数と7月以降の採集卵数の比は1.2:1となっている。一方、親魚量は漁獲、逸散、死亡などの要因により時間の経過と共に減少していく。大阪湾のカタクチイワシ資源解析の報告(土井他 1979)によると、資源量の変動傾向から推定された最も妥当な旬別生残率は5月中旬～7月上旬0.61、7月中旬～8月中旬0.48、8月下旬～10月上旬0.76となっている。広島湾では漁獲効率の高いまき網漁業が皆無のため、旬別生残率をこれより高い0.8と仮定して5、6月の各月平均親魚量の和に対する7～11月の各月平均親魚量の和の比を求めると3:1になる。したがって、6月以前と7月以降の1尾当り累積産出卵数の比は0.4:1となる。これを用いて実験値を修正すると1尾の年内にお

ける総産出卵数は約21,000粒と計算される。高尾 (1980) は、前川・八柳 (1951), 巻田 (1954), 井上 (1949) の報告により、瀬戸内海の6~7月におけるカタクチイワシ卵巣内の長径0.6mm以上の熟卵および完熟卵と思われる卵数を5,000粒と仮定したが、今回の結果では、産卵期間中の雌1尾当り総産卵数はその値の4倍以上になることを示した。更に1日ごとの総採集卵数をみると、雌の数が30尾に減少した後の9, 10月期には、1日の総採集卵数が5,000粒を下回っている日が多い。このことは成熟に達したおよそ5,000粒の卵群は1度には放卵されないことを示している。したがって、個々の雌の産卵は何回にもわたって行われていると考えられる。なお、今回の飼育実験で求めた産卵数はサイフォンで採集した卵の数であるので、回収される前に親魚に食べられて過小評価されている可能性がないわけでもないが、産出された大多数の卵は速やかに夜のうちにネットに採集されていると思われる。

今回の実験ではオキアミおよびイカナゴのすり身を与え、その投与量は当初1尾当り1gからやがて3~4g, 大量斃死後は1~2gとした。天然ではカタクチイワシはおもに動物性プランクトンを攝っているとされており、また天然魚の成長速度が飼育魚ほど速くないことから、今回の飼育における餌の質を含む総投与量は天然のそれよりもかなり多かったものと考えられる。

NIKOLSKY (1965), BAGENAL (1969) は産卵数は食物供給量によって変化すると指摘している。BAGENAL は brown trout の飼育実験を行い、食物条件のよいものほど抱卵数が多い傾向があると述べている。したがって実験から求めた産出卵数が天然の場合とは異なる可能性もあるので、この点に関してはさらに検討を行う予定である。

3. 産卵時刻

天然海域における本種の産卵について、中井 (1955), 山中・伊東 (1957) は20~0時の前夜

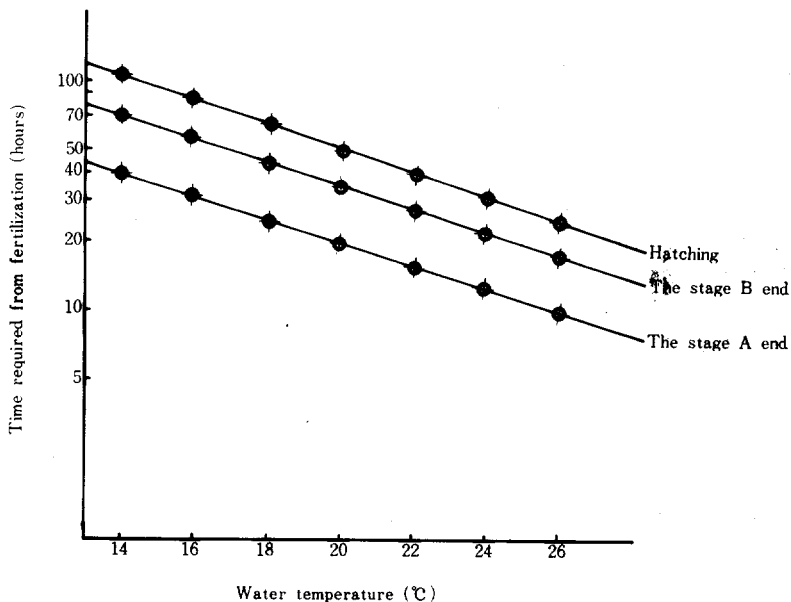


Fig. 4 Relation of development of anchovy eggs and water temperature after Hattori (in press).

半, 山田 (1958) は23~4時の主として後夜半に行われると述べている。

飼育条件下での本種の産卵は, 21時までは後期卵 (stage C) が多く, その後の採集卵は殆んどが前期卵 (stage Aa) であった。服部 (1982) の卵発育速度と温度との関係についての資料を Fig. 4 に示す。今回の飼育期間中の産卵数の多い時期の平均水温は22~24℃であり, この水温では, 服部の資料によれば中期卵 (stage B) に達するまでの経過時間は12~15時間とされるので, 後期卵 (stage C) は前々夜のものとして推定される。また0時以後はそれ以前に産出した卵の回収もれも含まれるから, 産卵は主として22時~0時の前夜半のきわめて短時間に行われると考えてよい。

摘 要

カタクチイワシ成魚の飼育実験を行い, 産卵行動や産卵数について以下の結果を得た。

1) 飼育した成魚は前年の秋生れ群と推定される。従来, この群は発生した翌年の6, 7月に産卵すると考えられていたが, 秋まで産卵することが明らかになった。飼育期間中の主たる産卵時期は7月31日から11月2日までであった。

2) 飼育に供した群は, 3ヵ月以上にわたって産卵を持続した。また集団としての産出卵数は季節によって大きく異った。

3) 本種の産卵時刻は22時~0時の前夜半と推定された。

4) 年間における雌1尾の産出卵数は21,000粒前後と推定された。

文 献

- 浅見忠彦, 1953: イワシ類の卵巣卵に関する研究, 日本誌, 19 (4), 398~404.
- 相川広秋, 1954: カタクチイワシの資源生物学的研究, 九大水産学教室謄写版, 1~20.
- BAGENAL, T. B., 1969: The Relationship Between Food Supply and Fecundity in Brown Trout *Salmo trutta*. L., J. Fish. Biol., 1, 167~182.
- 土井長之・高尾亀次・石岡清英・吉田俊一・林凱夫・辻野耕実・鍋島靖信 1979: カタクチイワシの資源解析, 関西国際空港漁業環境影響調査報告, 第3分冊漁業生物編 (上), 794~805.
- 服部茂昌, 1958: 海産魚の卵稚仔査定の手引き, 東海地区水産資源担当者研修会, 10~11.
- , 1982: カタクチイワシ卵の発育速度と温度との関係, 南海海区ブロック内海漁業研究会報告 (印刷中).
- 井上 明, 1949: 洲本附近の漁獲カタクチイワシについて, 日本誌, 15 (8), 385~390.
- 前川兼佑・八柳健郎, 1951: カタクチイワシの生態学的研究, 日本誌, 16 (12), 174~178.
- 巻田一雄, 1954: 大阪湾重要魚類生態調査1, カタクチイワシ, 大阪水試報, 1~20.
- 中井甚二郎 1955: 昭和24~26年鰯資源協同研究経過報告, 東海水研, 1~84.
- NIKOLSKY, G. V., 1965: Fish Population Dynamics (Translated from Russian by J. E. S. BRADLEY), Oliver and Boyd, Edinburgh, 323 pp.
- TAKESHITA, K. and H. AIKAWA, 1960: Biology of Japanese Anchovy in the Nankai Region, (11), Records Oceanogr. Wks. Japan. Spec. NO. 4, 159~164.
- 高尾亀次, 1964: 瀬戸内海のカタクチイワシ *Engraulis japonica* (HOULTYIN) の生態について, 内海水研報 C輯, 2, 1~50.

カタクチイワシの年間産卵数

- ・岸田達, 1981: カタクチイワシ飼育環境下における産卵状態, 第13回南西海区ブロック内海漁業研究会報, 53~57.
- 宇佐美修造・杉山久治, 1962: カタクチイワシ *Engraulis japonica* (HOULTUYN) の再生産力について—I. 陸奥湾におけるカタクチイワシ卵巣卵の卵径組成からみた成熟と卵数, 東海水研報37, 1~9.
- 山中一郎・伊東祐方, 1957: 昭和29年鱈資源協同研究経過報告, 日水研, 91.
- 山田鉄雄, 1958: 大村湾内カタクチイワシの産卵生態, 長崎大学水産学部研報6, 73~82.