

日水研年報 (4): 25-31, 1958.

Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. (4): 25-31, 1958.

## マイワシの孵化時間と水温との関係

伊 東 祐 方

### On the Relation between Water Temperature and the Incubation Time of Sardine (*Sardinops melanosticta*)

BY

SUKEKATA ITO

#### Abstract

1. The present paper deals with the studies of the relation between water temperature and the incubation time of Sardine (*Sardinops melanosticta*), the percentage ratio of time required to reach respective stages of different development to the whole incubation time, and estimation of the spawning time of the fish from the egg samples obtained during the hauling surveys made at the lattice cruising in the Noto region, Japan Sea.

2. Concerning the ratio of time required for developing to respective stages to the whole incubation time, we have obtained a result as shown in Table 1.

3. The main spawning time of Sardine is conceived to be 20.00 to 24.00 (Fig. 1). It coincides with the result already reported by the present author *et al.* (1954).

4. The relation between water temperature and the incubation time of Sardine is formulated by the following equation:

$$\log T = 2.7400 - 0.05703 \theta$$

where T is the hours required for hatching, and  $\theta$  is the water temperature in degrees centigrade.

#### I. は し が き

孵化時間と水温との関係といった問題はマイワシの資源的研究を進めていくうえには、当然解明されていなければならない基礎問題である。しかし、これについては、小林 (1944) が孵化実験から水温20°Cで約40時間、中井 (1950) が水温15.2, 17.5, 20.3°Cでそれぞれ85, 58, 34時間前後で、また早野 (1953) が14~15°Cで72~80時間で孵化するとの報告があるにすぎない。中井、小林両氏の求めた値は実際の産卵時の水温に比して高い場合のものであつて、実際の採集資料の検討に際しては不便を感じる場合が多い。

そこで、筆者は昭和27年以来能登近海でイワシ類の卵・稚仔の水平的・垂直的の分布をしるため、小海域を詳細、かつ連続的に行つた調査資料をえているので、それらの資料の一部に基いて孵化時間と水温の関係式を求めたのでここに報告する。

なお、本調査に助言と協力を賜つた日本海区水産研究所西村三郎技官、及び助言と校閲を賜つた資源部長加藤源治技官に深謝の意をあらわすものである。

## Ⅰ. 材料と方法

今回使用した資料は1952～1956年の5ヶ年に亘つて能登近海でマイワシの卵・稚仔の発生段階別垂直・水平分布調査のため、おこなつた定点での10分～2時間間隔の連続採集、及び柵目状調査資料によつたもので、その詳細は附表1に示した。なお、柵目状調査は大体能登半島北岸に対して略直角にいくつかの定線を設け、潮下より順次移動採集したもので、線間の間隔は2.5～3哩、点間は2～2.5哩とし、一線に5～7点を設けて行つたものである。今回用いた資料は網ネットによる50m層から表面までの垂直曳網によつたものだけを用いた。使用船舶は本所試験船第二旭丸(37トン)により、曳網は電動、あるいは手動によつて大体 1m/sec の速度でおこなつたものである。

採集資料はホルマリン固定後、実験室にもち帰り、検鏡し stage 別の区分は中井の基準(附表2参照)によつた。

今回検討した資料は全資料でなく、最初に用いた資料の採集時刻から約2時間置きに当る時刻に採集した標本について、stage 別、発生日別に比較検討したものである。

## Ⅱ. 結果と考察

### 1. 孵化時間に対する発生 stage 別所要時間の比率

比較的充実した6回\*の柵目状調査資料から、各発生 stage の時刻出現、および発生推移状況から、孵化時間に対する各 stage の平均比率を求め、Table 1に示した。表をみれば、明らかのように Aa stage が22%でもつとも長く、ついで Ca, Cb とつづき AA, Ac の stage がそれぞれ5, 4%で短くなつている。

Table 1. Percentage ratio of time required for developing to respective stages to the whole incubation time.

Item \ Stage	A				B			C		Remarks
	A	a	b	c	a	b	c	a	b	
Ratio	5%	22	4	11	7	10	10	17	14	Author
Cumulative ratio	5	27	31	42	49	59	69	86	100	
Ratio	4	21	11	7	9	8	14	23	3	HAYANO
Cumulative ratio	4	25	36	43	52	60	74	97	100	

これを早野(1953)が小林(1944)の資料から求めた比率と比較すると、筆者の求めた Ac, Ca, Cb の比率が早野の求めた値より多少大きい。事実、早野も Cb の所要時間の比率が小さくできすぎていることを指摘している。

### 2. 産卵時刻

産卵時刻については早野(1953)、中井ほか(1955)によつて前夜半であることが知られ、また、能登近海のマイワシについては伊東ほか(1954)によつて大体20～24時に主として産卵がおこなわれることが報告されている。

今回、y 軸に各 stage の孵化時間に対する累積比率をとり、x 軸に時刻をとつて、各調査資料から、時刻別、発生日別の出現状況を Fig. 1に示した。さらに、わかり易くいえば、ある点のある時刻の採集資料の中には、発生時刻、あるいは発生日を異にするいくつかの卵群が含まれている。そのもつとも発生の若い stage の卵群のモードを第1日目の時刻上に記入し、次の stage の卵群のモードを24時間ずらして記入したものが図となつて示されている。

図をみれば明らかのように、放卵直後の AA stage は20～2時の間に多く出現し、時刻の推移とともにその発生 stage が成長していく状態が連続的に表示されている。これから、発生時刻を異にする卵群の出現分布はみられず、特定時刻に産卵された卵群によつて占められていることがうかがわれる。

\* 1953, IV, 25-26; IV, 27-23; V, 19-11, 1954, V, 17-18; 1955, IV, 21-22; V, 5の資料。

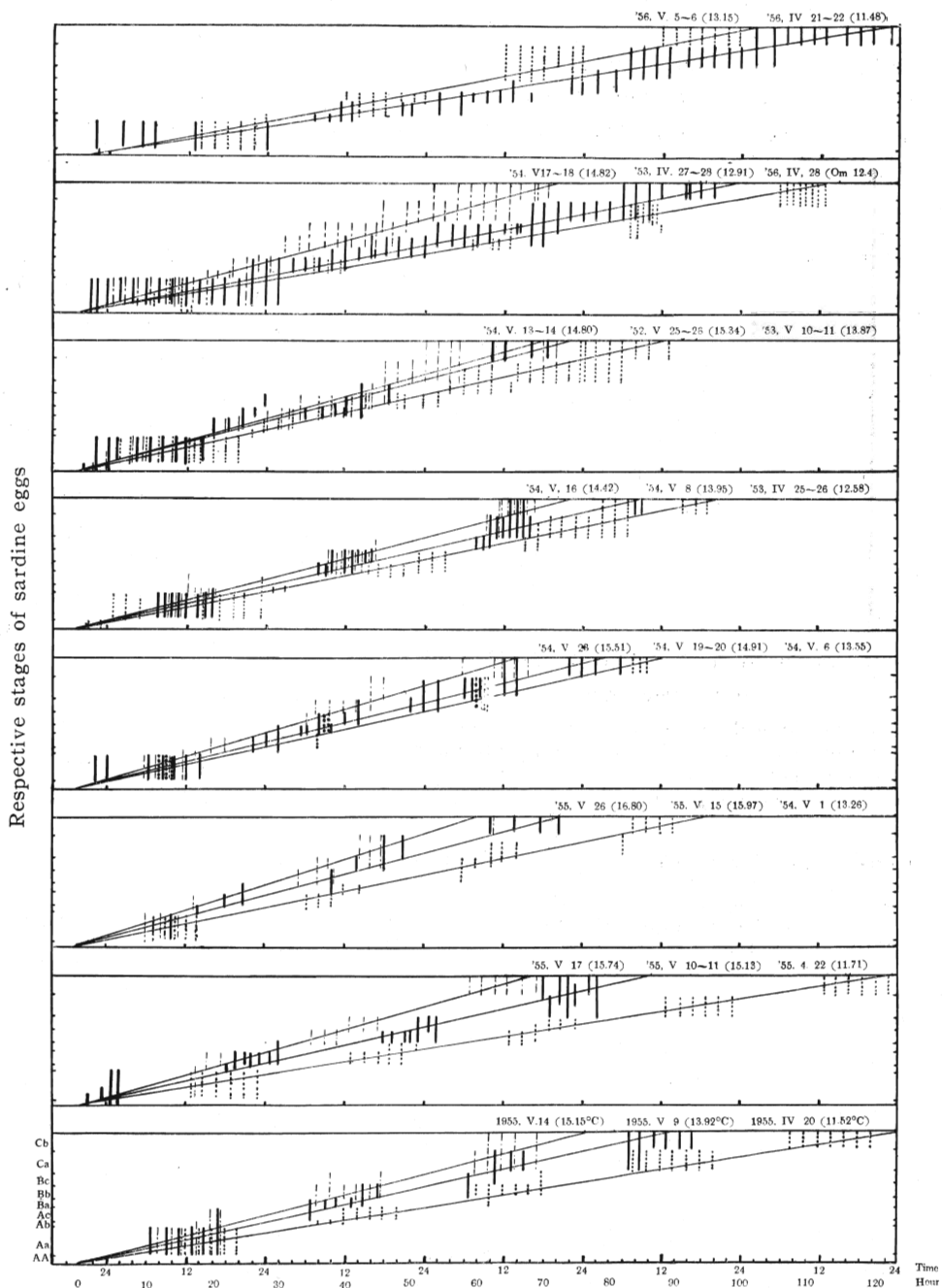


Fig. 1. Diagram showing the relationship between the developmental stages and the developing time in sardine eggs, constructed taking use of the egg samples obtained on the spawning area of sardine off Noto Peninsula during the period 1952 to 1956.

The ordinate is the cumulative percentage ratio of time required to reach respective nine stages to the whole incubation time, the abscissa denoting the hour. The egg samples were grouped into several age-categories and put on the diagram with 24-hour interval against their respective developmental stages. The straight lines were drawn from the time-point considered to be the spawning time of sardine, *i. e.*, 20hr through the modes of developmental stages of successive age-categories.

以上のことから、産卵時刻は前夜半の特定時刻と推定され、すでに、筆者らの求めた時刻と大略的に一致することが確認された。

### 3. 孵化時間と水温との関係

前述の時刻別、発生日別の各 stage の出現状況から、産卵時刻を20時として、各 stage の分布モードをたどると、ほぼ直線がえがかれる (Fig. 1). その直線と Cb の末期を示す直線との交点の示す時刻と産卵時刻すなわち20時との時間をそのときの孵化時間とみた。

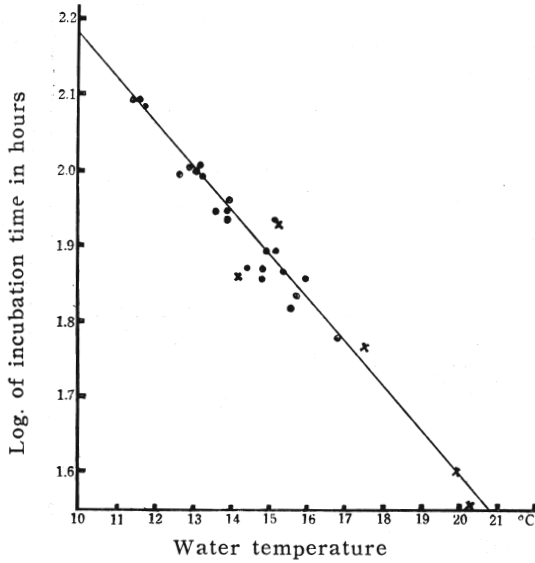


Fig. 2. Regression diagram showing the influence of temperature (°C) on the time required for hatching of sardine eggs.

x-NAKAI and KOBAYASHI's data

時刻すなわち20時との時間をそのときの孵化時間とみた。

つぎに、能登近海の卵の垂直分布調査から、一般に卵は放卵時の水深を相対的に保ちながらも、卵の発生が進むにつれて浮上し、また孵化前の stage 頃には沈降する傾向をもっている。

また、卵の比重は海水のそれと大差がないから、海水の流動に支配されやすい (西村・伊東, 1953). それで野外での資料から孵化時間を取扱う場合、どの水層の水温をとつた場合現実と一致するか極めて難しい問題である。しかし、卵の垂直分布は 30m 以浅に多いこと、及び前述の卵自体の垂直移動などを考慮して、今回は調査海域の 10m 層の水温の平均値をとつて検討を進めた。

それで各資料の水温と孵化時間の関係資料を Table 2 に示した。

Table 2. Records of water temperature and incubation time estimated from Fig. 1.

Date	Water temperature (°C) (10m layer)	Incubation time (Hour)	Date	Water temperature (°C) (10m layer)	Incubation time (Hour)
1952, V, 25-26	15.34	74	1955, V, 10-11	15.13	86
1953, IV, 25-26	12.58	98	" " , 14	15.15	78
" " , 27-28	12.91	100	" " , 15	15.97	72
" V, 10-11	13.87	88	" " , 17	15.74	68
1954, V, 1	13.26	98	" " , 21	16.80	60
" " , 6	13.55	88	1956, IV, 21-22	11.48	124
" " , 8	13.95	86	" " , 28	Om 12.4	112
" " , 13-14	14.80	72	" V, 5-6	13.15	102
" " , 16	14.42	74		14.2	72
" " , 17-18	14.82	74	NAKAI (1950)	15.2	85
" " , 19-20	14.91	78		17.5	58
" " , 23	15.51	66		20.3	34
1955, IV, 20	11.52	124	KOBAYASHI (1944)	20.0	40
" " , 22	11.71	122			
" V, 9	13.92	90			

孵化時間と水温の関係式を日暮・田内 (1925) の式, すなわち  $\log T = a + b\theta$  (ただし,  $T$  は孵化時間,  $\theta$  は水温) によつて, 係数を求め, 次式をえた (Fig. 2).

$$\log T = 1.7400 - 0.05708 \theta$$

この式から求めた水温と孵化時間の関係を Table 3 に示した. なお, 危険率 0.05 のときの, 水温 10, 15, 30°C の信頼限界はそれぞれ, 145.3~149.9, 74.3~78.7, 37.3~41.9 時間である.

Table 3. Time in hours after spawning required for hatching at different water temperatures.

Water temperature (°C)	Incubation time (hour)		Water temperature (°C)	Incubation time (hour)	
	Present author	AHLSTROM+		Present author	AHLSTROM+
10.0	148	129	15.5	72	64
10.5	138	121	16.0	67	60
11.0	130	114	16.5	62	56
11.5	121	107	17.0	59	53
12.0	114	100	17.5	55	49
12.5	106	94	18.0	52	46
13.0	100	88	18.5	48	43
13.5	93	83	19.0	45	41
14.0	87	77	19.5	42	48
14.5	82	73	20.0	40	36
15.0	78	68			

+ Time required to reach the stage of development immediately preceding to hatching. Based on AHLSTROM (1954).

いまこれを AHLSTROM (1954) がカルホルニヤ・サーヂン (*Sardinops caerulea*) について求めた関係式\*  $\log T = 2.67 - 0.0558\theta$  と比較すると, 孵化直前までの時間を求めたものであるという点を考慮にいれても, 低水温の場合の所要時間に多少相違があり, 筆者の方が長くなつている.

水温と孵化時間の関係を現場の資料から求める場合, 幾多の仮定, すなわち, 卵自身が垂直移動することが知られているのに 10m 水温の平均値をとつたこと, 産卵時刻を 20 時と仮定したこと, 出現時刻と各 stage の発生段階の関係を直線で結んだことなど——の上にとつたものであり, また, 検鏡時の測定誤差なども含まれるので得られた値そのものに多少の誤差が介入することは認めなければならない.

Fig. 2 で低水温の場合より, 高水温の場合に孵化時間にばらつきが大きいのは, 低水温の資料は 4 月中のものが多く, その時期はその海域の対流期に当り, 各層の水温差も小さいが, 高水温の資料は 5 月中のもので成層期にあたり, 上層の各層の水温差が大きく, 卵自身も垂直移動をしているので 10m 層水温をとつた場合当然大きな誤差がでてくることになるものと推定される.

## 文 献

- AHLSTROM, E. H. (1954). Distribution and abundance of egg and larval populations of Pacific sardine. U.S. Dept. Interior, Fish and Wildlife Service, Fishery Bull. 93 Vol. 56.  
 早野 孝 教 (1953). 産卵調査の検討としての基礎調査. いわし資源調査報告書 (昭27), 西海水研.  
 日暮忠・田内森三郎 (1925). 魚卵の孵化日数と温度との関係. 水講報告, Vol. 21 No. 11.

\* 水温は 10~20m 層の平均値をとり, 孵化時間は孵化直前までの時間をとつている. したがって, 孵化時間を求めるときは, 高水温の場合で, 2~3 時間を加えなければならないことを指摘している.

- 伊東祐方・渡辺和春・西村三郎・笠原昭吾 (1954). 能登近海におけるマイワシの産卵時刻と夜間の行動.  
 日水研年報, No. 1.
- 小林久雄 (1944). 鱒卵人工孵化の研究. 海洋の科学, Vol 4, No. 7.
- 中井甚二郎 (1950). イワシ資源に関する調査研究概要. 東海水研.
- ・宇佐美修造・服部茂昌・本城康至・林繁一 (1955). 昭和24~26年鱒資源協同研究経過報告.  
 東海水研.
- 西村三郎・伊東祐方 (1955). 能登近海における卵・稚仔の分布調査中間報告. 日本海イワシ資源調査概要,  
 日水研.

附表 1. 供試資料一覧表

年 月 日	時 間	位 置	採集点数	調 査 項 目	摘 要
1952, V, 25~26	15: 10~15: 00	37° 32.4' N 136° 47.2' E	95	連 続 採 集	10~20分間隔
1953, IV, 25~26	15: 00~ 7: 20	37, 30 136, 58	50	”	20 ”
” ” 27~28	16: 00~16: 00	37, 30.5 137, 1.7	49	”	30 ”
” V, 10~11	13: 30~ 1: 30	37, 35.8 136, 45.7	25	”	30 ”
1954, V, 1	5: 23~14: 40	輪 島 沖 合	20	柵 目	点間間隔 2 裡 線間 ” ” 3 ”
” ”, 6	7: 38~ 9: 34	”	5	”	”
” ”, 8	7: 30~16: 05	”	20	”	”
” ”, 13~14	17: 20~ 5: 25	37, 31 136, 57	7	垂 直 分 布	2 時 間 間 隔
” ”, 16	9: 25~16: 32	輪 島 沖 合	20	柵 目	点間 2' 線間 3'
” ”, 17~18	16: 12~17: 14	37, 26.4 137, 25.8	13	垂 直 分 布	2 時 間 間 隔
” ”, 19~20	6: 22~ 2: 46	飯 田 沖 合	39	柵 目	点間 2' 線間 3'
” ”, 23	6: 23~18: 45	37, 21.8 137, 20.8	7	垂 直 分 布	2 時 間 間 隔
1955, IV, 20	8: 23~20: 05	輪 島 沖 合	20	柵 目	点間 2.5' 線間 2.5'
” ”, 22	13: 04~23: 30	37, 27.6 136, 56.2	6	垂 直 分 布	2 時 間 間 隔
” V, 9	6: 15~17: 52	輪 島 沖 合	20	柵 目	点間 2.5' 線間 2.5'
” ”, 10~11	18: 01~ 5: 40	37, 28.8 136, 54.6	6	垂 直 分 布	2 時 間 間 隔
” ”, 14	6: 37~17: 20	輪 島 沖 合	16	柵 目	点間 2.5' 線間 2.5'
” ”, 15	9: 55~21: 15	37, 28.8 136, 56.0	6	垂 直 分 布	2 時 間 間 隔
” ”, 17	7: 05~17: 32	輪 島 沖 合	20	柵 目	点間 2.5' 線間 2.5'
” ”, 21	10: 05~17: 55	37, 27.6 136, 50.2	4	垂 直 分 布	2 時 間 間 隔
1956, IV, 21~22	16: 24~12: 56	能登北部海域	45	柵 目	点間 2' 線間 3'
” ”, 28	6: 21~13: 36	輪 島 沖 合	18	”	”
” V, 5~6	12: 05~ 0: 31	”	29	”	”

附表 2. 発生 stage の区分<sup>+</sup>

名 称	記 号	説 明
1. 前 前 期	AA	放卵後から卵膜が控拳するまでの期間.
2. 前 期 前	Aa	卵膜が控拳してから、側面からみて胚膜の部分がその外縁に直交する卵黄の直径の $\frac{1}{4}$ を占めるまでの期間.
3. 前 期 中	Ab	Aa 以後、卵黄の直径を前述の方法により観察し、その $\frac{2}{3}$ が胚膜によつて占められるまでの期間.
4. 前 期 後	Ac	Ab 以後、胚膜が卵黄の全面を蔽い、胚口が閉鎖するまでの期間.
5. 中 期 前	Ba	胚口が消失し、尾芽の末端が油球に達しない期間.
6. 中 期 中	Bb	尾芽が油球附近に達し、まだ尾芽が顕著に隆起していない期間から Bc に至るまでの期間.
7. 中 期 後	Bc	尾芽が顕著に隆起し、その腹側の付根の終末点における切線に対してこの付根の終末点と尾芽の末端を結ぶ直線が直角になるまでの期間.
8. 後 期 前	Ca	尾芽が卵黄から離れて伸長し、その遊離した部分の長さがその前部の長さより短い期間.
9. 後 期 後	Cb	Ca 以後から孵化するまでの期間.

<sup>+</sup> 中井基準は 8 stages であるが、筆者は前々期 AA を加えて 9 stages とした.