孵化用水の温度の變化の歐洲フナ卵 孵化に及ぼす影響⁽¹⁾

山 本 孝 治

(朝鮮總督府水産試験場)

Influence of Temperature on the Embryonic Development of the European Carassius, *Carassius carassius* (LINNAEUS)

Takaharu YAMAMOTO

SYNOPSIS

Soon after fertilization eggs of the European carassius, *Carassius carassius* (LINNAEUS), were put in 20 vials with water. Two of them were then placed in each of 10 compartments (Nos. 1-10) of a SENÔ-TAUTI's serial incubator. They ran at temperatures differing from each other by nearly 2 degrees, No. 1 at the highest (31.5°C) and No. 10 at the lowest (11.8°C.). With a view to determine the effects of temperature variations on the developing eggs one of the two vials in each compartment was interchanged with the corresponding one in another, but the other vial in respective section was kept *in situ* as control. The interchange was made in 5 pairs, viz., No. 1 with No. 10, No. 2 with No. 9, No. 3 with No. 8, No. 4 with No. 7, and No. 5 with No. 6. The results obtained may be summarized as follows:—

1) Water temperature for normal development of the eggs ranges from 15° to 25°C., the optimum for it being at about 20°C.

2) The relation between the temperature (θ) and time in days (T) required for the hatching of the eggs may be expressed, as given by HIGURASHI and TAUTI, by the formula

$$Te^{a\theta} = \text{constant},$$

in which $a=0.11$. The temperature coefficient for the embryonic development of the European carassius was found to be $Q_{10}=3.01$.

3) Within the range of mean deviations 1.0°~9.8°C. in the series of temperatures 31.5°~11.8°C., the larger the temperature deviation the less the hatch-rate of the fry and the less the time required for hatching.

4) TAUTI's formula concerning the relation between the mean deviations of the water temperature (M) and time in days (τ_M) viz.,

$$\frac{\tau_0}{\tau_M} - 1 = \frac{a^2}{2} M^2$$

where τ_0 is the time when $M=0$, holds true for the writer's materials with the values of the constants $a=0.09$, $Q_{10}=2.46$.

孵化用水の温度の變化のフナ卵孵化に及ぼす影響に就いては、曩に川尻氏⁽²⁾の本邦産フナ *Carassius auratus* (LINNAEUS) 卵についての實驗がある。著者は之と比較のため朝鮮咸鏡北道に産する歐洲フナ *Carassius carassius* (LINNAEUS) 卵について川尻氏の實驗と同一の方法で實驗して、歐洲フナに於ても本邦産フナと略々同様の結果を得た。

(1) 朝鮮總督府水産試験場業績

(2) 川尻 稔 (昭和2年、1927): 水産講習所試験報告 23 (3) pp. 96~105.

本篇を報するに當り本實驗に關し諸般の御便宜と御指導を賜はりたる本場内田惠太郎技師並に恒溫槽の水溫觀測及調節をされたる鎮海養魚場員諸氏に深謝する。

實驗の方法 供試卵は昭和九年(1934)四月朝鮮咸鏡北道藩浦より鎮海養魚場に移植した歐洲フナから得たものであつて、移植滿1ヶ年後の昭和十年(1935)五月十七日午前五時に産卵したものを用いた(産卵當時の池水溫 18.5°C)。容量約 80 cc 入の管瓶 20 個に各々約 60 cc 宛の清水を入れ、約 30 粒宛の卵を魚巢(日蔭蓼)に附着したまゝ收容し、同時午前九時豫め水溫を調節しておいた妹尾・田内式恒溫槽(電氣式)⁽³⁾の各室に2本宛懸垂收容して、一組を試験群となし、他の一組を對照群とした。收容當時の卵は Morula 期であつた。爾後3時間毎に水溫の觀測及調節をなし、毎日午前七時及午後七時の2回に死卵及孵化仔魚を検し、孵化仔魚は之を摘出した後、試験群は左右兩端の室より順次に中央に向つて左右の管瓶を交互に入れ換へて(例へば No. 1 と No. 10; No. 2 と No. 9 の如し)水溫の變化を與へ、又對照群は同一室に懸垂したまゝ可及的溫度の變化を與へずして孵化狀況を觀た。管瓶内の用水は2日目毎に豫め溫度を調節して置いた等溫水を以てその約 2/3 量を交換した。

實驗の結果 a) 對照群 對照群の孵化明細は別表(A)の如く、之を取り纏めて第1表を得た。之を圖示すれば第1圖及第2圖の如くであつて、之より歐洲フナ卵の孵化適溫範圍は $15^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{C}$ に亘つて相當に廣く、就中 20°C 前後が最適であることを知る。川尻氏の實驗⁽²⁾

第1表 對照群の成績

恒溫槽番號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
平均水溫(θ)	31.1	28.6	26.5	24.3	22.2	20.2	18.2	16.6	14.7	12.1
平均差	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.6	0.7
平均孵化日數(T)	2.0	2.2	2.5	3.2	4.2	4.8	5.9	7.9	10.7	15.3
平均差	0.2	0.2	0.1	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.8
平均出數	17	21	17	27	24	22	25	24	25	23
平均死數	11	8	13	3	6	8	5	6	5	6
孵化率	60.7	72.4	56.7	90.0	80.0	73.3	83.3	80.0	83.3	79.3

第1圖 水溫と孵化日數との關係
(黑點は實驗値、線は計算値)

によれば、木崎湖産本邦フナ卵に於てはその孵化適溫範圍は $10^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 就中 13°C 前後が最適であるが、本種にてはこれよりも適溫範圍が遙かに高く且つ廣い。

第2圖 水溫と孵化率との關係
(○は本邦産フナ、川尻氏論文より轉載)

(3) 妹尾秀實・田内森三郎(大正14年、1925): 水産講習所試験報告 20(4) pp. 119~122.

次に孵化日数の對數と水温との關係を示せば第2表及第3圖の如くであつて、孵化日数の對數と水温との關係を示す點が大體直線上に分布してゐるから、實驗の範圍内に於ては、孵化日数 T と水温 θ との間には、日暮・田内兩氏⁽⁴⁾が VAN'T HOFF の式から誘導された

$$\log T + (a \log e)\theta = C \quad \therefore T e^{a\theta} = C$$

(但し a, C は歐洲フナ卵に固有の定數)

の關係が成立することを知る。

第2表 温度と孵化日数の對數

水温 °C	31.1	28.6	26.5	24.3	22.2	20.2	18.2	16.6	14.7	12.1
孵化日数 (T)	2.0	2.2	2.5	3.2	4.2	4.8	5.9	7.9	10.7	15.3
$\log T$	0.301	0.342	0.398	0.505	0.623	0.681	0.771	0.898	1.029	1.185
孵化日数計算値	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.4	6.7	8.0	9.9	13.1

而して最小自乗法によつて次の諸係數を得た。
 $a \log e = 0.0479, a = 0.11$

$$Q_{10} = 3.01, C = 1.698$$

b) 試験群 水温の變化を與へた試験群の孵化明細は別表(B)の如くであつて、その内交互に同様の水温變化を受けた2個の管瓶の卵(例へば No. 1 と No. 10, No. 2 と No. 9 の如し)は別々の容器に入つてはゐるけれども、毎日2回その位置を交換せられたものであつて、水温變化の影響を受けたことが略等しいものであるから、之等2個の管瓶の結果は之を合せて計算して第3表を得た。第3表の結果と對照群の結果とを比較するために、試験群の

第3圖 水温と孵化日数の對數との關係

第3表の結果と對照群の結果とを比較するために、試験群の

第3表 試験群の成績

恒温槽番號	1(No. 1; No. 10)	2(No. 2; No. 9)	3(No. 3; No. 8)	4(No. 4; No. 7)	5(No. 5; No. 6)
水温變化の範圍	31.5~11.8	28.9~14.5	26.6~16.3	24.5~18.0	22.2~20.2
同上 平均水温	21.7	21.7	21.5	21.2	21.2
水温 平均差	9.8	7.2	5.2	3.2	1.0
平均孵化日數	3.4	3.4	3.8	4.0	4.1
孵出數	49	54	51	53	56
斃死數	11	6	9	7	4
孵化率	81.7	90.0	85.0	88.3	93.3

第4表 對照群の孵化率と孵化日數(計算値)

番 號	1	2	3	4	5
平均水温	21.7	21.7	21.5	21.2	21.2
孵化率	87	87	87	87	87
平均孵化日數	4.6	4.6	4.7	4.8	4.8

(4) 日暮 忠・田内森三郎(大正14年、1925): 水産講習所試験報告 21 (1) pp. 11~16.

平均温度に對應する對照群の孵化日數及孵化率を第1圖及第2圖から求むれば第4表の如くである。

第4表と第3表とを比較して、温度の變化即ち水温平均差と孵化日數及孵化率との關係を觀るため第5表を得、之を圖示して第4圖及第5圖を得た。

第5表 試驗群と對照群との比較

番 號	1	2	3	4	5
水温變化の範圍	31.5~11.8	28.9~14.5	26.6~16.3	24.5~18.0	22.2~20.2
同上平均水温	21.7	21.7	21.5	21.3	21.2
水温平均差 (d)	9.8	7.2	5.2	3.2	1.0
試驗群の孵化率 (F)	81.7	90.0	85.0	88.3	93.3
同上等温度に於ける對照群の孵化率 (F')	87	87	87	87	87
$F/F' \times 100$	93.9	103.4	97.7	101.5	107.2
試驗群の孵化日數 (T)	3.4	3.4	3.8	4.0	4.1
同上等温度に於ける對照群の孵化日數 (T')	4.6	4.6	4.7	4.8	4.8
$T/T' \times 100$	73.9	73.9	80.9	83.3	85.4

之によれば歐洲フナ卵も川尻氏の本邦フナ並にウグヒ⁽²⁾及びニジマス⁽⁵⁾、諫早・平野高橋3氏のニシン⁽⁶⁾、筆者のコヒ⁽⁷⁾及びワカサギ⁽⁸⁾卵等と同様に水温の變化を受けること大なるもの即ち水温平均差の大なるもの程孵化率悪くなり、孵化日數も短縮されることがわかる。然し本種は孵化適温範圍相當廣いため、水温の變化が孵化率に及ぼす影響は前記の諸種に較べ餘り顯著でない。

第4圖 水温平均差と $F/F' \times 100$ との關係

第5圖 水温平均差と $T/T' \times 100$ との關係

次に孵化明細表 (B) から容器が高温室内にある間の孵化仔魚數と低温室内にある間の孵化仔魚數とを集計して第6表を得た。之により同一時間内に孵化する卵の數は本種に於ても前記諸種の魚卵と同様に高温度に保たれる場合には低温度に保たれる場合よりも多いことを知る。

第6表 高低兩温度に於ける孵出數の割合

番 號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計	百分率
高温室内の孵出數	24	23	20	17	15	25	26	25	28	21	224	85
低温室内の孵出數	0	3	3	8	15	1	2	3	0	4	39	15
合 計	24	26	23	25	30	26	28	28	28	25	263	100

田内博士⁽⁹⁾によれば、温度の變化が急激でない場合には孵化適温 $\bar{\theta}$ より定温度 M だけ高

(5) 川 尻 稔 (昭和3年, 1928): 水産講習所試験報告 24 (1), pp.1~5.

(6) 諫早隆夫・平野義晃・高橋武司 (昭和9年, 1934): 北海道水産試験場事業旬報 (245) pp. 449~450.

(7) 山本孝治 (昭和8年, 1933): 日本水産學會誌 2 (4) pp. 167~174.

(8) — (昭和12年, 1937): 日本水産學會誌 5 (5) pp. 326~332.

(9) 田内森三郎 (昭和3年, 1928): 水産講習所試験報告 24 pp. 22~28.

い高温度 $\bar{\theta}+M$ と、 $\bar{\theta}$ より M だけ低い低温度 $\bar{\theta}-M$ とに交互に一定時間宛保つときの孵化日数と孵化率とを夫々 τ_M と $(N/N_0)_M$ とし、始終 $\bar{\theta}$ に保つたときの孵化日数と孵化率とを夫々 τ_0 と $(N/N_0)_0$ とすれば、理論上

$$(\tau_0/\tau_M)-1=a^2M^2/2 \quad (1)$$

$$(N/N_0)_M=(N/N_0)_0e^{-cM^2} \quad (2)$$

(但し a, c は魚卵の種類による定数)

なる関係がある。

歐洲フナ卵にもこの関係式成立するや否やを検せんとするに、先づ孵化日数及孵化率と水温の平均差との関係を第5表から摘録すれば第7表の如く、第7表から計算した $\log \frac{(N/N_0)_M}{(N/N_0)_0}$ 及 $(\tau_0/\tau_M)-1$ と M^2 との関係を示せば第8表及第6・第7 兩圖の如くである。

第 7 表 水温平均差と孵化日数及孵化率との關係

θ_m °C	21.7	21.7	21.5	21.2	21.2
$M^\circ C$	9.8	7.2	5.2	3.2	1.0
$(N/N_0)_M$	0.317	0.900	0.850	0.883	0.933
$(N/N_0)_0$	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
τ_M days	3.4	3.4	3.8	4.0	4.1
τ_0 days	4.6	4.6	4.7	4.8	4.8

第 8 表 M^2 と $\log [(N/N_0)_M/(N/N_0)_0]$ 及 τ_0/τ_M-1 との關係

M^2	96.0	51.8	27.0	10.2	1.0
$\log [(N/N_0)_M/(N/N_0)_0]$	1.973	0.015	1.990	0.006	0.030
τ_0/τ_M-1	0.35	0.35	0.24	0.20	0.17

第 7 圖から孵化率と水温の平均差との関係を示す (2) 式を検證すること困難であるが、第 6 圖からは孵化日数と水温の平均差との関係を示す (1) 式は大體に於て成立することを知る。(但し孵化日数の割合に長かりし $\times$ を除外す。) 而して圖の直線の勾配から定数 a , Q_{10} を求めれば

$$a^2/2=0.004, \quad \therefore a=0.09$$

而して $\log Q_{10}=10 a \log e$ なるが故に

$$\log Q_{10}=0.391 \quad \therefore Q_{10}=2.46$$

對照試験の結果から求めた a , Q_{10} と (1) 式から求めた a , Q_{10} とは殆ど近似値であるから (1) 式の理論は歐洲フナ卵についても大體適用される。

摘 要

(1) 歐洲フナ *Carassius carassius* (LINNAEUS) 卵の孵化適温は $15^\circ\sim 25^\circ C$ に互つて範圍相當に廣く、就中 $20^\circ C$ 前後が最適である。

第 6 圖 M^2 と $(\tau_0/\tau_M)-1$ との關係

第 7 圖 M^2 と $\log \frac{(N/N_0)_M}{(N/N_0)_0}$ との關係

(2) 水温 (θ) と孵化日数 (T) との関係は実験範囲内に於ては $T_e^{a\theta} = C$ に適合し、之より

$$a \log e = 0.0479, \quad a = 0.11$$

$$Q_{10} = 3.01 \quad C = 1.698$$

の値を得た。

(3) 歐洲フナ卵を平均水温 $31.5^{\circ} \sim 11.8^{\circ}\text{C}$ の範囲内に於て、平均差 $1.0^{\circ} \sim 9.8^{\circ}\text{C}$ によつて表はされる温度の變化を與へるときは、その平均差の増加するに従つて孵化率不良となり且つ平均孵化日数短縮する。

(4) 孵化用水の温度の變化が孵化日数に及ぼす影響に就いての理論上の公式

$$\tau_c/\tau_M - 1 = a^2 M^2/2$$

は歐洲フナ卵に於ても適用され、之より

$$a = 0.09, \quad Q_{10} = 2.46$$

を得た。

(A) 孵化明細表 (對照群)

番 號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	孵 死	孵 死	孵 死	孵 死	孵 死	孵 死	孵 死	孵 死	孵 死	孵 死
V- 17 pm	— 2	— 2	— 8	— —	— 1	— 2	— —	— —	— —	— —
18 am	— 3	— 1	— —	— 2	— 4	— 4	— 4	— 3	— —	— —
pm	3 —	— 1	— —	— —	— —	— —	— —	— 1	— 3	— —
19 am	11 —	12 2	2 —	— —	— —	— 1	— —	— 1	— 1	— —
pm	3 —	9 —	14 3	4 —	— —	— —	— —	— 1	— 1	— 1
20 am	— 3	— 1	— 1	11 —	1 1	— —	— —	— —	— —	— —
pm	— —	— —	— 1	10 —	2 —	1 1	— —	— —	— —	— —
21 am	— —	— 1	1 —	2 1	14 —	— —	— —	— —	— —	— —
pm	— —	— —	— —	— —	2 —	6 —	— —	— —	— —	— —
22 am	— —	— —	— —	— —	5 —	13 —	— 1	— —	— —	— —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	2 —	— —	— —	— —	2 —
23 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	9 —	— —	— —	— —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	13 —	— —	— —	— —
24 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	2 —	— —	— —	— —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1 —	— —	— —	— —
25 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1 6	— —	— —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	13 3	— —	1 —
26 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	3 —	— —	— —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1 —	— —	— —
27 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1 —	— —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	20 —	— —
28 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	2 —	— —
29 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	2 —	1 —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1 —
30 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
31 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
VI- 1 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1 9 2
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	4 —
2 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	5 —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
3 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
pm	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
4 am	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	2 —
計	17 11	21 8	17 13	23 7	24 6	22 8	25 5	24 6	25 5	23 6

(B) 孵化明細表(試験群)

番 號	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	孵	死	孵	死	孵	死	孵	死	孵	死	孵	死	孵	死	孵	死	孵	死	孵	死
V- 17 pm	—	1	—	2	—	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18 am	—	2	—	—	—	2	—	—	—	—	—	3	—	2	—	2	—	2	—	1
pm	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19 am	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
pm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20 am	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	14	—	26	—	16	1
pm	24	1	20	—	6	—	6	1	1	—	—	—	2	—	3	—	—	—	4	1
21 am	—	1	2	1	1	—	8	1	14	—	24	—	25	—	11	—	2	—	5	1
pm	—	—	3	—	14	—	11	1	14	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22 am	—	—	1	—	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
pm	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
計	24	6	26	4	23	7	25	5	30	0	26	4	28	2	28	2	28	2	25	5