

孵化用水の温度変化がドジョウ卵孵化 に及ぼす影響に就いて*

久保田善二郎・松井 魁

Influence of Temperature on the Embryonic Development of the Loach,
Misgurnus anguillicaudatus (CANTOR)

By

Zenzirō KUBOTA and Isao MATSUI

Fertilized eggs of the common loach, *Misgurnus anguillicaudatus*, were put in 20 glass vials with water. Two of them were then placed in each one of 10 compartments (NoS. 1—10) of a TAUTI'S serial incubator. They ran at temperatures differing from each other by nearly three degrees, No.1 at the highest (33.8 °C) and No.10 at the lowest (8.2 °C). With a view to determine the effects of variations of temperature on the developing eggs one of the two glass vials in each compartment was interchanged with the corresponding one in another, but the other glass vial in respective section was kept in compartment as control. The interchange of the glass vials were 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, respectively.

The results are as follows:

1) The range of water temperature which is possible for hatching is from 12 to 31°C, and the suitable water temperature is from 20 to 28°C. The optimum temperature is about 25 °C.

2) The relation between the temperature (θ) and time in hours (T) required for hatching may be expressed, as given by HIGRASHI and TAUTI with following formula.

$$Te^{a\theta} = C$$

And then, we obtained $a=0.102$, $C=2.646$.

The temperature coefficient for the embryonic development of the loach was found to be $Q_{10}=2.7$.

3) Within the range of mean deviations 1.2—12.8 °C in the series of temperatures 8.2—33.8 °C, the larger the temperature deviation the less in both the hatching rate of the fry and the time required for hatching.

4) TAUTI'S formula concerning the relations between the mean deviations of the water temperature (M) and time in hours (τ_M) and that between the former and the percentage of the hatched fry $\left(\left(\frac{N}{N_0} \right)_M \right)$, viz.,

* 水産講習所研究業績第96号, 1953年11月, 日本水産学会昭和28年秋季大会(三重)にて発表.

$$\frac{\tau_0}{\tau_M} - 1 = \frac{a^2}{2} M^2, \text{ and } \left(\frac{N}{N_0}\right)_M = \left(\frac{N}{N_0}\right)_0 e^{-CM^2},$$

where τ_0 and $\left(\frac{N}{N_0}\right)_0$ are the time and the percentage when $M=0$ respectively, hold true for our material with the values of the constants $C=0.014, a=0.100, Q_{10}=2.718$.

緒 言

魚卵の孵化に及ぼす水温の影響に関して、コイは日暮・中井²⁾、山本¹²⁾、アユは日暮・中井³⁾、ニシンは諫早・平野・高橋⁴⁾、マダイは梶山⁵⁾、ニジマスは川尻⁶⁾、ウグノは中井⁸⁾、ブダイは妹尾・海老名・岡田¹⁰⁾、メダカ、キンギョ、欧州フナ、ワカサギ、マコガレイ、タラは山本¹³⁾ ¹⁴⁾ ¹⁵⁾ ¹⁶⁾ ¹⁷⁾ が夫々実験を行つた。然しドジョウでは未だ報告されていないし、又増殖の基礎資料として必要と認め本研究を行つた。

材 料 及 び 方 法

1953年5月19日より同24日に亘り水産講習所増殖学教室で実験を行つた。親魚は実験の前日、附近の溝で採捕した体長15.5cmの雌及び11.6cmの雄を使用し、雌魚の腹腔内にアセトン処理による食用ガエルの乾燥脳下垂体3個を注射して採卵し、等調人工受精法を行つた。即ちキャベツの葉の上に精子含有液を50cc用意し、その中に卵を搾り出した後、卵の均一を計る為、鶏の羽で充分攪拌した。次に水温21.3°Cの池水2lを入れた直径28.5cm、深さ12.5cmのガラス水槽底上のスライドガラス20枚にスポイドで一様に受精卵を附着させた。受精後30分して、40ccの水を入れた60cc入りのガラスの管瓶20本に、卵の附着したスライドガラスを夫々一枚宛挿入し、予め水温を調整しておいた田内式恒温槽⁹⁾(電熱式)の各室に、その2本宛を収容した。その後3時間毎に水温の観測及び調整並びに死卵、孵化仔魚を検査し、又6時間毎に各室の管瓶の各1本を左右両端より順次中央に向つて交互に置き換えて水温の変化を与えた。各室の残りの各1本の管瓶は、定位置に維持して可及的に水温変化を与えなかつた。各管瓶の水は24時間毎に同水温の水で換水した。

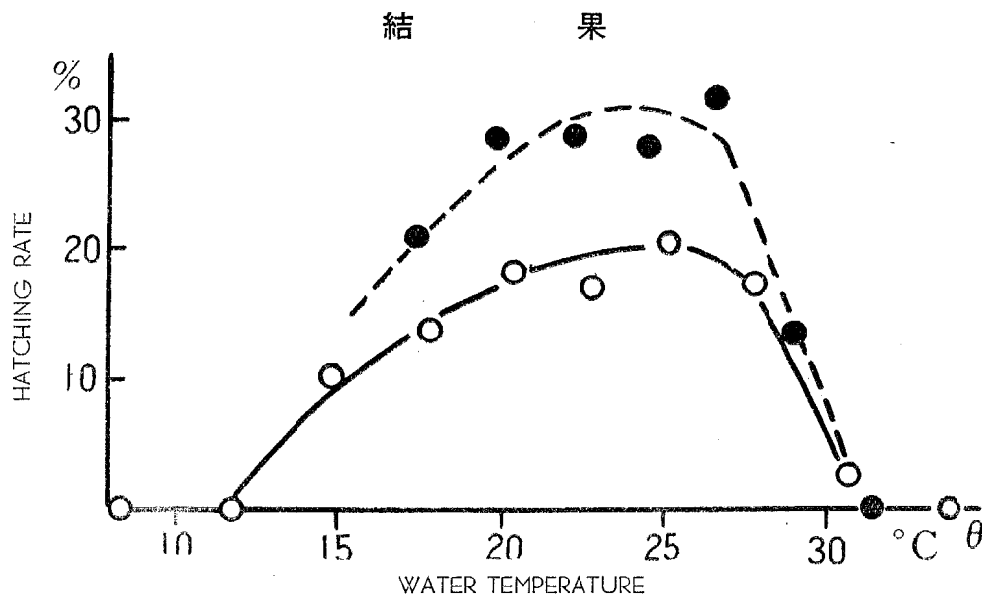


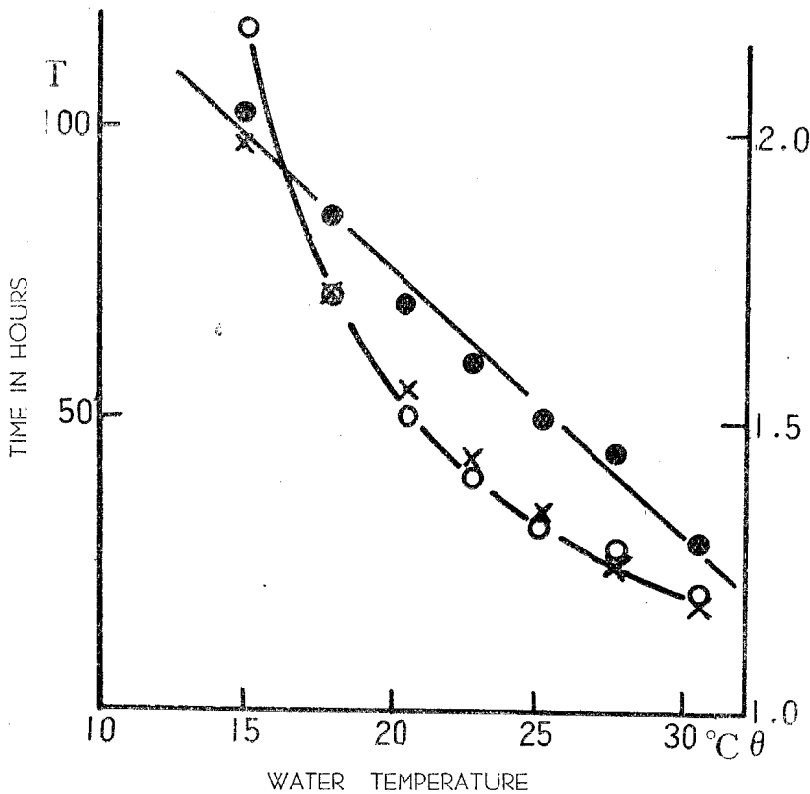
Fig. 1. Relation between water temperature and hatching rate, where hollows being present experiment in 1953: blacks; experiment in 1952.

I) 対照試験卵の実験成績 孵化可能水温は 12~31°C で適水温は 20~28°C, 就中 25°C 前後が最も孵化率が大きい (第 1 図, 第 1 表, 第 6 表)。死卵は孵化所要時間の前半に最も多

Table 1. Experimental results of control in the hatching of the common loach.

No. of compartment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Average water-temperature (θ)	33.8	30.6	27.8	25.2	22.7	20.4	17.8	14.8	11.9	8.2
Average deviation of water-temperature	0.5	0.3	0.6	0.7	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4
Average hours required for hatching (T)	—	20.0	28.5	31.5	40.0	50.5	71.5	117.0	—	—
Average deviation of hours required for hatching	—	1.5	4.0	7.0	10.5	15.0	10.0	9.0	—	—
Number of eggs	29	35	34	34	35	38	29	58	32	30
Number of hatched fry	0	1	6	7	6	7	4	6	0	0
Hatching rate (%)	0	2.9	17.6	20.6	17.1	18.4	13.8	10.3	0	0

く, 又孵化時期に多少出現した (第 6 表)。水温に対する孵化所要時間 (第 2 図, 第 1 表,



第 6 表) は他の温水性魚類に比べて短い。

即ち山本によれば, 水温 20°C ではコイ¹²⁾, 欧州フナ¹⁴⁾, メダカ, 金魚¹⁵⁾ の孵化所要時間は 夫々 100 時間, 115 時間, 410 時間, 110 時間 (孵化日数を時間に換算) であるが, ドジョウでは 55 時間である。次に水温と孵化所要時間の対数との関係は直線で現され (第 2 図, 第 2 表), これより適温の範囲内では水温 θ と孵化所要時間 T との間に $Tea^\theta = C$ (a, C はドジョウに固有の常数)

Fig. 2. Relation between water temperature and hours required for hatching, where hollows being experimental values represented by curve: crosses; theoretical: blacks; Temp./log T represented by line.

Table 2. Relation between water temperature and logarithm of hours required for hatching.

Water-temperature	30.6	27.8	25.2	22.7	20.4	17.8	14.8
Hours required for hatching (T)	20.0	28.5	31.5	40.0	50.5	71.5	117.0
Log T	1.30	1.45	1.50	1.60	1.70	1.85	2.07
Calculated value of hours required for hatching	19.36	25.77	33.62	43.41	54.92	71.64	97.36

の関係式が成立する。この公式より諸係数値を求め $a=0.102, Q_{10}=2.780, C=2.646$ を得た。

II) 水温変化を与えた卵の実験成績 水温位置を交換した管瓶の水温変化の幅は, 互いに略同一だから, その各々を合して計算し, 夫々孵化率及び孵化所要時間を求めた (第 3 表)。こ

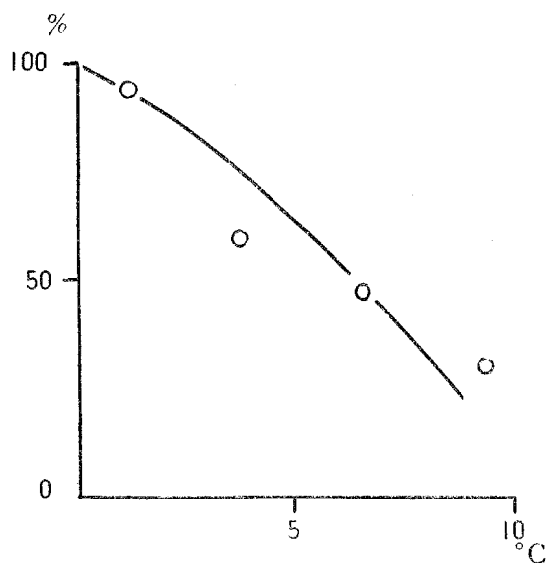
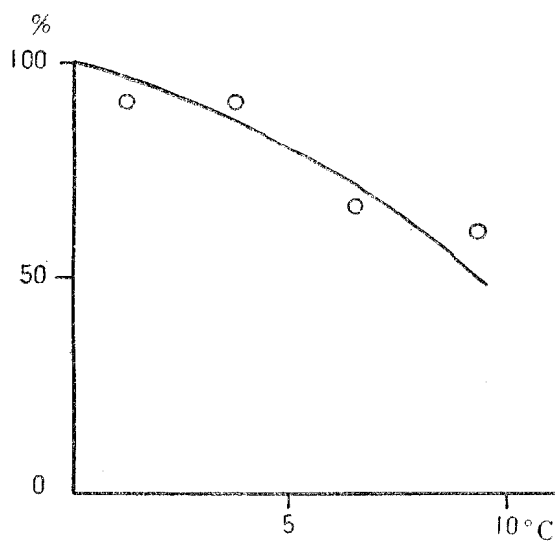
Table 3. Experimental results of the eggs given the variation of water temperature.

No. of compartment	1 ; 10	2 ; 9	3 ; 8	4 ; 7	5 ; 6
Range of the variation of water temperature	33.8—8.2	30.6—11.9	27.8—14.8	25.2—17.8	22.7—20.4
Average water temperature	21.0	21.3	21.3	21.5	21.5
Average deviation of water temperature	12.8	9.3	6.5	3.7	1.2
Average hours required for hatching	—	35.5	38.5	44.5	44.5
Number of eggs	72	88	79	72	63
Number of hatched fry	0	8	7	8	11
Hatching rate(%)	0	5.7	8.9	11.1	17.5

の成績を対照のそれ等と比較する為、平均水温を求め、同水温の孵化率及び孵化所要時間を第1、第2図より計算した(第4表、第3、第4図)。この結果では急激な水温変化の範囲の

Table 4. Comparison between the eggs given the variation of water temperature and controlled ones.

No. of compartment	1 ; 10	2 ; 9	3 ; 8	4 ; 7	5 ; 6
Range of the variation of water temperature	33.8—8.2	30.6—11.9	27.8—14.8	25.2—17.8	22.7—20.4
Average water temperature	21.0	21.3	21.3	21.5	21.5
Average deviation of water temperature	12.8	9.3	6.5	3.7	1.2
Hatching rate of the eggs given the variation of water temperature (F)	0	5.7	8.9	11.1	17.5
Hatching rate of the controlled eggs in the average water temperature in case of giving the variation of water temperature (F')	18.3	18.5	18.5	18.6	18.6
$\frac{F}{F'} \times 100$	0	30.8	48.1	59.7	94.1
Hours required for hatching of eggs given the variation of water temperature (T)	—	35.5	38.5	44.5	44.5
Hours required for hatching of controlled eggs in the average water temperature in case of giving the variation of water temperature (T')	—	50.1	50.1	49.1	49.1
$\frac{T}{T'} \times 100$	—	70.9	76.8	90.6	90.6

Fig. 3. Relation between average deviation of water temperature (M) and $\frac{F}{F'} \times 100$ Fig. 4. Relation between average deviation of water temperature (M) and $\frac{T}{T'} \times 100$

広い程孵化率は悪く、孵化時間は短い。これは川尻⁷⁾がニジマス、又山本¹²⁾がコイで実験した結果と一致する。

田内¹¹⁾は魚卵の孵化率及び孵化日数に及ぼす水温の影響に就いて、孵化に対する適水温の範囲内では、水温を終始 $\bar{\theta}$ に保つた時と、 $\bar{\theta}$ を中心として $M^{\circ}\text{C}$ 昇温及び降温した時との孵化率と孵化日数とを夫々 $\left(\frac{N}{N_0}\right)_O$, τ_0 ; $\left(\frac{N}{N_0}\right)_M$, τ_M とすれば、次の理論式が成立することを報告した。

$$\text{即ち } \frac{\tau_0}{\tau_M} - 1 = \frac{a^2}{2} M^2 \dots (1)$$

$$\left(\frac{N}{N_0}\right)_M = \left(\frac{N}{N_0}\right)_O e^{-CM^2} \dots (2)$$

この理論式がドジョウ卵に適用されるか否かを検討する為に M^2 と $\log \left[\left(\frac{N}{N_0}\right)_M / \left(\frac{N}{N_0}\right)_O \right]$ 及び $\frac{\tau_0}{\tau_M} - 1$ との関係を求めると、夫々直線を示す(第5表, 第5, 第6図)。以上の結果より

Table 5. The values of $\log \left[\left(\frac{N}{N_0}\right)_M / \left(\frac{N}{N_0}\right)_O \right]$ or $\frac{\tau_0}{\tau_M} - 1$ and M^2 calculated from the data given in Table 4.

M^2	163.8	86.5	42.3	13.7	1.4
$\log \left[\left(\frac{N}{N_0}\right)_M / \left(\frac{N}{N_0}\right)_O \right]$	—	1.489	1.632	1.776	1.974
$\frac{\tau_0}{\tau_M} - 1$	—	0.411	0.301	0.103	0.103

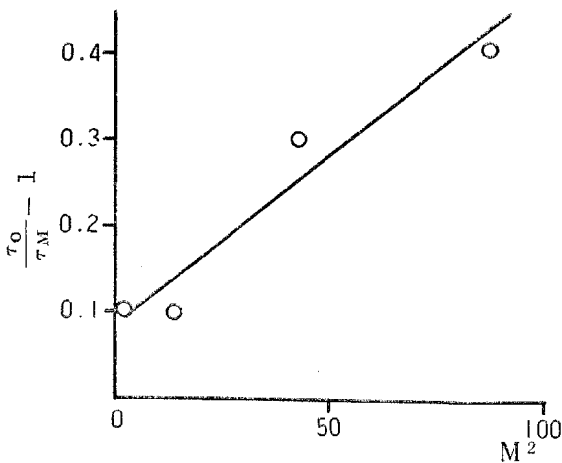


Fig. 5. Relation between M^2 and $\frac{\tau_0}{\tau_M} - 1$.

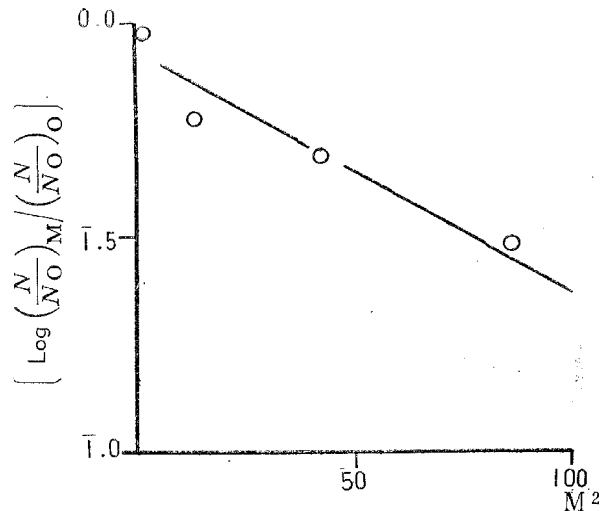


Fig. 6. Relation between M^2 and $\log \left[\left(\frac{N}{N_0}\right)_M / \left(\frac{N}{N_0}\right)_O \right]$

理論式は適用され、図の直線の勾配から $a=0.100$, $Q_{10}=2.718$, $C=0.014$ を得た。この a , Q_{10} の値と対照試験のそれ等とが、略等しいことから本理論式はドジョウ卵に適用されると思う。尙本実験以外に2回同様の方法により実験を繰り返した結果は、孵化率は異なる

が、諸係数值及び孵化適水温並びに孵化可能水温範囲に於いて略同じ結果を示した。

摘 要

1) 孵化可能水温は 12~31°C で、適水温は 20~28°C, 就中 25°C 前後が最も孵化率が良い。

2) 適水温の範囲内では、水温 θ と孵化時間 T との間に $T e^{a\theta} = C$ の関係式が成立し $a = 0.102$, $Q_{10} = 2.780$, $C = 2.646$ を得た。

3) 水温差が大きい程孵化率は悪く、孵化所要時間は短縮される。

4) 魚卵の孵化率及び孵化日数に及ぼす孵化用水の水温変化の影響に就いて田内が与えた理論式

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

$$\left(\frac{N}{N_0}\right)_M = \left(\frac{N}{N_0}\right)_0 e^{-CM^2}$$

はドジョウ卵にも適用され、この式より

$a = 0.100$, $Q_{10} = 2.718$, $C = 0.014$ を得た。

Table 6. Details of the experiment.

No. of compartment Hours after fertilization	Experimental results of the control										Experimental results of the eggs given the variation of water temperature										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0-6	H										H	D									
6-12		29										23									
12-18												13									
18-24																					
24-30																					
30-36																					
36-42																					
42-48																					
48-54																					
54-60																					
60-66																					
66-72																					
72-78																					
78-84																					
84-90																					
90-96																					
96-102																					
102-108																					
108-114																					
114-120																					
120-126																					
Total	(0)	29(1)	34(6)	28(7)	27(6)	29(7)	31(4)	25(6)	52(0)	32(0)	30	(0)	37(5)	43(1)	29(4)	36(5)	26(4)	28(6)	43(0)	40(0)	35

Note: H.....Number of hatched fry D.....Number of died egg.

文 献

- 1) 日 暮 忠：1925. 鮎卵孵化適温試験，水産講習所試験報告，20 (4)，129～131.
- 2) 日 暮 忠・中井信隆：1925. 鯉卵孵化適温試験，水産講習所試験報告，21 (2)，35～41.
- 3) —————・—————：1926. 低温度の鮎卵発育に及ぼす影響，水産講習所試験報告，21 (6)，219～223.
- 4) 諫 早 隆 夫・平野義見・高橋武司：1934. にしん卵孵化水温の変化が孵化に及ぼす影響に就いて，北海道水産試験場事業旬報，(245)，441～450.
- 5) 梶山英二：1928. 真鯛卵の孵化に及ぼす海水の温度の影響に就いて，水産講習所試験報告，24 (5)，135～148.
- 6) 川 尻 稔：1927. 虹鱒卵の孵化適温に就て，水産講習所試験報告，23 (3)，89～96.
- 7) —————：1928. 魚卵の孵化用水の温度の変化が孵化に及ぼす影響について，水産講習所試験報告，24 (1)，1～5.
- 8) 中井信隆：1927. うぐい卵の孵化適温に就て，水産講習所試験報告，22 (4)，262～276.
- 9) 妹尾秀実・田内森三郎：1926. 同時に数個の恒温度を得る装置，水産講習所試験報告，20 (4)，119～122.
- 10) 妹尾秀実・海老名謙一・岡田卓雄：1926. ブダイ卵の孵化と温度及比重との関係，水産講習所試験報告，21 (4)，141～148.
- 11) 田内森三郎：1928. 孵化用水の温度の変化が魚卵の孵化日数と孵化率に及ぼす影響，水産講習所試験報告，24 (1)，22～28.
- 12) 山本孝治：1933. 孵化用水の温度の変化の鯉卵孵化に及ぼす影響に就いて，日本水産学会誌，2 (4)，167～174.
- 13) —————：1937. 孵化用水の温度の変化のワカサギ卵孵化に及ぼす影響に就いて，日本水産学会誌，5 (5)，326～332.
- 14) —————：1937. 孵化用水の温度の変化の欧州フナ卵孵化に及ぼす影響に就いて，日本水産学会誌，5 (6)，375～381.
- 15) —————：1937. メダカ及金魚卵の孵化日数と水温との関係，日本水産学会誌，6 (2)，105～109.
- 16) —————：1939. マコガレヒ卵の発生に及ぼす水温及塩分の影響に就いて，日本水産学会誌，8 (2)，102～106.
- 17) —————：1939. 朝鮮産タラ卵の発生に及ぼす水温の影響に就いて，植物及び動物，7 (8)，1377～1383.