

# メダカの臀鰭軟条数の変異に関する研究

## II. 鰭条数についての交配実験

江上 信雄

(東京大学理学部動物学教室)

Studies on the variation of the number of the anal fin-rays in *Oryzias latipes*

II. Cross experiments

Nobuo EGAMI

(Zool. Inst., Fac. Sci., Tokyo Univ.)

魚類分類学において鰭条数とその変異性は必ず問題とされる形質であるが、遺伝的分析はあまり行われていない。古く SCHMIDT (1919) が *Lebistes* を用いて背鰭の条数の多いものと少ないものを選択淘汰すると夫々淘汰の効果がみられることを報告し、最近では SVÄRDSON (1945) が同じく *Lebistes* の背鰭並に臀鰭について淘汰の実験を行い、やはり僅かではあるが淘汰が有効であるから遺伝性をもつ形質であつて、MATHER (1941) 等のいわゆる polygenic system の支配下にあるものとのべている。この他にコイについては GOLOVINSKAYA (1940) が同一の遺伝子が鰭条数や鱗数や鰓肥などに対して多面的に作用することを指摘している。しかし *Lebistes* では背鰭・臀鰭ともに鰭条数が少ないため変異の中が狭く、かつ単なる淘汰の実験であつて結論も明確でない。

筆者はメダカ臀鰭の鰭条数上に出現する雄の第2次性徴に関する実験に際し、条数の変異に興味を感じ、1949年以來その条数を目標として交配実験を行つた。しかるに1652年病氣のため、その年度の交配計画は mass culture によつて子孫を得た一部を除いて失敗した上、淘汰した系統の大部分を失つたため、一時中絶を余儀なくされた。そこで今回既に、1950、1951年度に予報したものを含めて従来までに得た結果を発表する。

本研究は岡田要教授のもとで行われた。常日頃御指導御鞭撻をいただく先生に対して厚く御礼申し上げる。秋田地方の材料の採集には、秋田大学学芸学部生物学教室の方々特に内田ハチ氏の御世話になつた。

### 実験方法並に結果

以下のべる実験結果の大部分は、雌雄各1個体を一つのシャーレー中に入れて (pair culture) 交配させて得られた卵を屋上においた大型の水蓮鉢に入れて発育させたものである。(メダカは体外受精をするから、用いた雌の非処女性は問題にならない)。また最後にのべた野生メダカの実験では、大きな水槽中に mass culture してある個体が産んだ沢山の卵塊を上記水蓮鉢に移し、略々同一条件下で飼育した。各々の水蓮鉢中の温度其の他の条件は厳密に同様ではないけれども、各実験区毎に同じ季節に採卵したからそれほど大きな環境的差があるとは考えられない。

このようにして発育させ孵化後2ヶ月足らずで条数の算定をはじめた。その時までには実は多数の稚魚が死滅するがそれらの数は調べてない。以下記載を簡略にするため、臀鰭軟条数をAで示し、交配実験の番号は後に整理して一聯番号をつけ直したものを○の中に示すことにした。

#### (A) ヒメダカによる淘汰実験

東京大学理学部動物学教室の岡田要教授のところまで飼育が続けられ、実験室的に繁殖したヒメダカと、毎年新しく実験用に購入したヒメダカとの混在した一群について、1949年条数を調査して次の結果を得た。

## ① red (mass)

(1949)

A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	S.	M.	S. D.
0	0	1	6	47	80	58	11	2	0	205	19.11±0.070	1.00±0.049

(以下 S. は個体数合計、M. は条数平均、S. D. は標準偏差を示す)

これらのうちから A の少ないもの及び多いものについて淘汰することにし、得た系統を夫々 L, H とした。先ず少ないものとして、A<sub>16</sub>(♀)×A<sub>17</sub>(♂), A<sub>17</sub>(♀)×A<sub>17</sub>(♂), A<sub>18</sub>(♀)×A<sub>17</sub>(♂) と 3 組の交配をした。ところが前 2 者は多数の子孫を得ることができず、結局最後の 1 組だけが下の結果を得た。

## ② r. L

A<sub>18</sub>(♀)×A<sub>17</sub>(♂)

(1950)

A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	S.	M.	S. D.
0	0	2	16	22	9	0	0	0	0	49	17.89±0.124	0.87±0.088

即ち A の平均値は低下した。

逆に A の多い方としては、A<sub>22</sub>(♀)×A<sub>22</sub>(♂) 及び A<sub>21</sub>(♀)×A<sub>21</sub>(♂) の 2 組をつくつたが前者は産卵以前に雄が死亡したので後者についてだけ F<sub>1</sub> を得た。結果は次に示す。

## ③ r. H

A<sub>21</sub>(♀)×A<sub>21</sub>(♂)

(1950)

A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	S.	M.	S. D.
0	0	0	0	0	0	7	19	10	3	39	21.24±0.133	0.83±0.094

この場合も淘汰の影響は極めて顕著であつた。以上の結果に力を得てさらに実験を進めた。L のうちから A の少ないもの同志を選んで交配したもの (LL) を ④, L のうちから A の多いものを交配したもの (LH) を ⑤ として結果をまとめて示す。

## ④ r. LL

A<sub>16</sub>(♀)×A<sub>17</sub>(♂)

(1951)

A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	S.	M.	S. D.
0	0	2	16	9	1	0	0	0	0	28	17.32±0.125	0.66±0.088

## ⑤ r. LH

A<sub>19</sub>(♀)×A<sub>19</sub>(♂)

(1951)

A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	S.	M.	S. D.
0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3	18.67	—

このうち ⑤ は個体数不足で何ともいえないが、④をみると、A の少ない方向に対しての淘汰の効果はさらに進んでいるけれども、F<sub>1</sub> に際してみられたほど著るしくはない。

一方 ③ によつて行われた A の多い方向に対する淘汰をくりかえし、H のうちから A の多いもの同志を交配させた。これは A<sub>23</sub>(♀)×A<sub>22</sub>(♂) と A<sub>22</sub>(♀)×A<sub>22</sub>(♂) の 2 組を行い前者のみ子孫を得た。⑦ がこれである。③ のうち A の少ないもの同志を交配したのが ⑥ である。

## ⑥ r. HL

A<sub>20</sub>(♀)×A<sub>20</sub>(♂)

(1951)

A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	S.	M.	S. D.
0	0	0	0	0	0	3	19	6	3	31	21.29±0.137	0.77±0.098

## ⑦ r. HH

A<sub>23</sub>(♀)×A<sub>22</sub>(♂)

(1951)

A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	S.	M.	S. D.
0	0	0	0	0	0	0	13	8	3	24	21.58±0.143	0.70±0.100

つきに上述の L, H のうちから 1 個体宛をとつて交配したものは次の結果を得た。

## ⑧ r. L×H

A<sub>17</sub>(♀)×A<sub>22</sub>(♂)

(1951)

A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	S.	M.	S. D.
0	0	0	1	3	24	14	1	0	0	43	19.26±0.109	0.72±0.078

このように A の値は中間を呈したけれども標準偏差はさほど大きくなかった。  
以上 ①~⑧ に至る交配結果を第 1 図に模式的に示した。

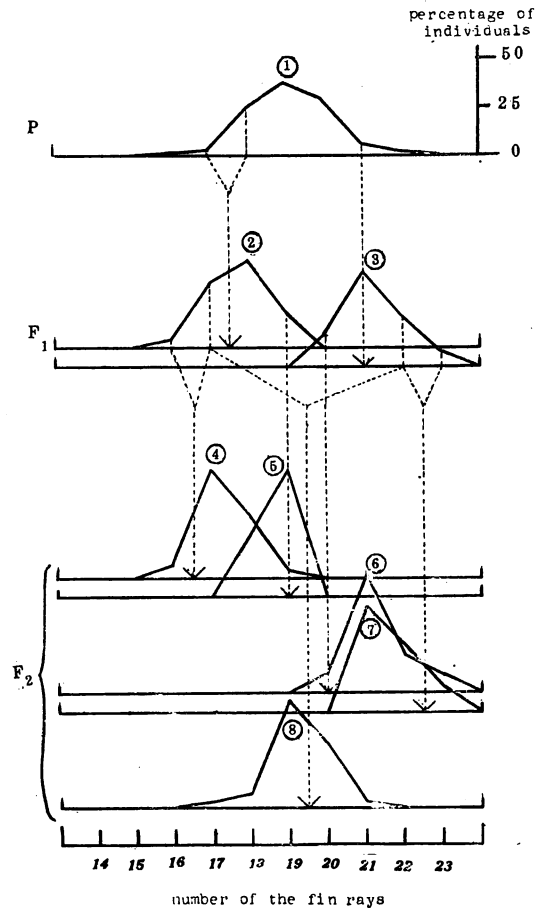


Fig. 1 Variations in selected strains (red variety)  
① original population of red variety, ② L, ③ H,  
④ LL, ⑤ LH, ⑥ HL, ⑦ HH, ⑧ L×H.

(B) 突然変異 *fused* を用いた交配実験

*fused* というのは会田 (1930) が得た潜性突然変異で、メダカの全体にわたって脊椎骨に癒合がおこり、そのため体高は変らぬけれども体長が短い形質である。この突然変異体においては A が少い。東大動物学教室で飼育しているこの系統についての A の観察結果は次の通りであった。

⑨ *fused* (mass)

(1950)

A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	S.	M.	S. D.
3	7	16	2	0	0	0	0	0	0	28	15.61±0.145	0.77±0.103

いまこれと先に得た、L, H 系統に属する個体との支配結果を示す。この実験に際しても死亡により結果不明のものもあつたが、H のうち A の少い A<sub>20</sub> (♀) と⑨のうちモードの A をもつ A<sub>16</sub> (♂) との子は次の結果を示した。

⑩ r. f. H×f											A <sub>20</sub> (♀)×A <sub>16</sub> (♂)		(1951)	
A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	S.	M.	S. D.		
0	0	0	2	7	25	10	0	0	0	44	18.98±0.112	0.75±0.080		

また ⑨ のうち A<sub>16</sub> (♀) と L のうちモードの A をもつ A<sub>18</sub> (♂) との間では

⑪ r. f. f×L											A <sub>16</sub> (♀)×A <sub>18</sub> (♂)		(1951)	
A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	S.	M.	S. D.		
0	0	0	3	12	16	5	0	0	0	36	18.64±0.126	0.76±0.105		

上の様子を生じた。これらの結果は *fused* という遺伝子が潜性であるとして説明できるが、特に後者即ち ⑪) において F<sub>1</sub> の A の値の平均が両親のいずれよりも大きいことは著しい結果である。第2図は、⑨、⑩、⑪) の各交配結果を説明する模式図である。

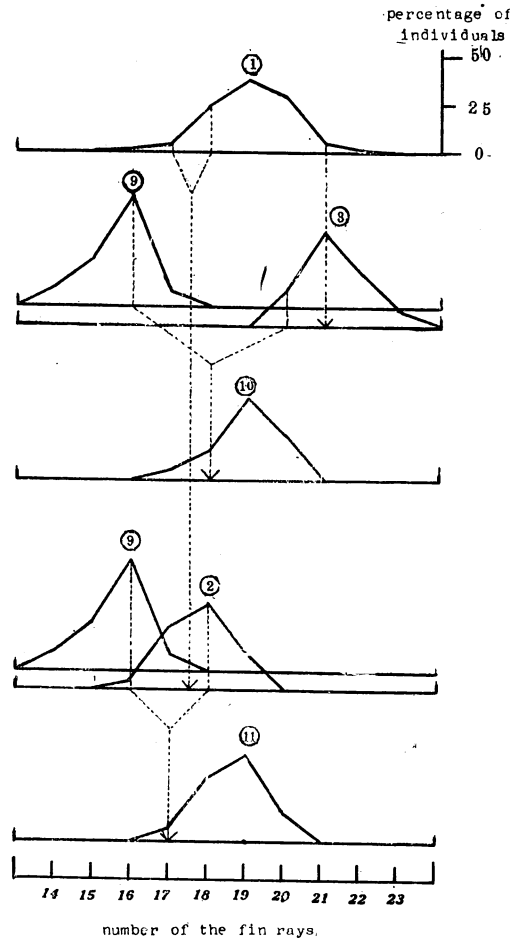


Fig. 2 Variations in the mutant "*fused*", "*fused*"×H or "*fused*"×L  
 ① original "red", ② L, ③ H, ④ "*fused*," ⑤ "*fused*"×H, ⑥ "*fused*"×L.

(C) 埼玉・秋田産野生メダカの次代

筆者は各地産野生メダカの A の値が地域的に異なることを知つたので、これが主として発育地の環境条件の差にもとづくものか、遺伝的なものかを知るため実験した。この場合にも各地産の個体の間や、上述のヒメダカ L, H 系統との pair culture を行つたけれども、いずれも子を成

育させることに失敗したので、埼玉県浦和市近郊で得た集団と、秋田市近郊で採集した集団の mass culture によつて得た卵を夫々同一条件下で飼育して得られた次代の A を記す。⑫は埼玉産の集団 Sa, ⑬はその次代 Sa', ⑭は秋田産の集団 Ak, ⑮はその次代 Ak' である。

⑫ wild Sa (mass) (1951)											S.	M.	S. D.
A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>				
0	0	0	4	17	21	2	0	0	0	44	18.41±0.114	0.76±0.081	
⑬ wild Sa' (mass) (1952)											S.	M.	S. D.
A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>				
0	0	0	0	9	15	2	0	0	0	26	18.73±0.135	0.69±0.096	
⑭ wild Ak (mass) (1951)											S.	M.	S. D.
A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>				
0	0	1	13	15	0	0	0	0	0	29	17.48±0.105	0.57±0.075	
⑮ wild Ak' (mass) (1952)											S.	M.	S. D.
A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>				
0	0	2	8	4	0	0	0	0	0	14	17.14±0.179	0.67±0.126	

野生集団では埼玉産のものが秋田産のものより A の値が大きいのが、同一条件下で卵から飼育した次代にもこの傾向は見られた。第3図に結果を度数分布多角形を用いて示す。

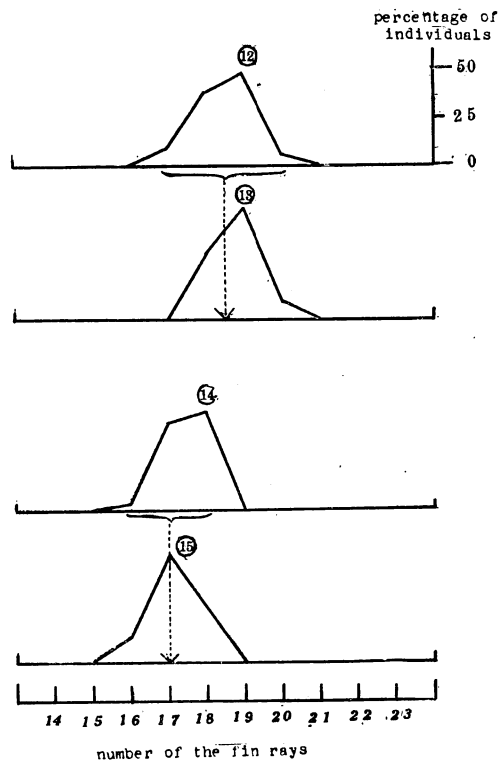


Fig. 3 Variations in wild populations and their next generations

⑫ collected in Saitama, ⑭ at Akita; ⑬, ⑮ offsprings of ⑫, ⑭ respectively.

## 考 察

以上の実験結果について考察する。

ヒメダカを用いて個体淘汰法によつて、鰭条数の多少に対する淘汰を行えば、その多い方向に対しても (H), 少ない方向に対しても (L), 第1代目に甚だ有効であることが統計学的に証明できる。しかし淘汰をくりかえした第2代目には効果が著しく減少した。これは淘汰した L, H のうちから夫々条数の多いものと少ないもの同志を交配させた ④, ⑤, ⑥, ⑦ の実験結果を比較することによつてわかる。しかしこの1回の交配実験だけからはこのようなことが事実として正しいのか又は単なる偶然の機会に得られたことであるかは不明であり、たとえ事実としても、最初に取り扱つた集団が少数の純系の集合体であつたためか否かは論ずることができない。従つて条数に関係する遺伝子が比較的少いためであるかどうかは予想すらできない。標準偏差をみると淘汰前の集団 ① では大きく、pair culture によつて淘汰したものでは小さかつたけれども、この差は統計学的にまだ無意味なものにすぎない。系統 L と H との交雑では中間の A の値を示した。以上の結果は多くの生物の数量的形質について試みられた結果と一致しており、明らかに鰭条数は遺伝性の形質で恐らく MATHER (1941) のいう polygene の支配下にあるものといつて間違いないものと思われる。

SVÄRDSON は *Lebistes* について鰭条数の極端に多いものや少ないものは生活力弱く、これらを淘汰しようとするすると妊性が低下することをみて、この事実は MATHER 等が *Drosophila* の剛毛数淘汰の実験によつて説明したように、染色体中に平衡を保つて存在していた生活力・妊性等を支配する遺伝子が染色体の交叉などの結果平衡を破られたものと予想している。今回の実験に際しても、H や L の系統をつくる際 L については、 $A_{16} \times A_{17}$ ,  $A_{17} \times A_{17}$  が成功せず  $A_{18} \times A_{17}$  だけが成功したことや、H についても  $A_{22} \times A_{22}$  が不成功に終り、 $A_{21} \times A_{21}$  が成功したことの外に、 $A_{16}$ ,  $A_{23}$  をもつヒメダカの死亡する例を観察したから Svärdson の場合に似ているけれどもこれだけのことから上掲の *Drosophila* の場合のようなことはいえないと思う。

つぎに *fused* という潜性遺伝子は魚の体長を短くするがその作用が結果として A の値にも影響を及ぼしている。⑩, ⑪ の結果からこの突然変異は完全な潜性であることがわかる。特に⑪では L の中からとつた  $A_{18}$  個体と *fused* 中の  $A_{16}$  のものを交配して平均  $A=18.64$  を得ており、両親のいずれより A の多い子を生じた。この事実は *fused* の population ではヒメダカで問題とした条数に関する polygene については全く淘汰が行われていないため、これと L を交配することにより polygene の方の淘汰は逆行し、一方 *fused* 遺伝子は潜性であるため表面に作用があらわれなかつたためと考えれば明快に説明できる。即ち *fused* 遺伝子は polygene とは別なものであることがわかる。あたかも *Drosophila* の腹部剛毛について MATHER が指摘した polygene と major gene の関係のようなものであると云えよう。

最後に前報において条数が地理的変異を示すことをのべた。これは野生のメダカそのものについての観察にすぎないから、変異の原因が魚群のもつ遺伝子構成の差異にあるか発育地の環境要因の不同にあるかは明らかでない。条数に対する環境の影響は SCHMIDT (1919) が *Lebistes* について低温が条数を少くすることを報告した後、数々の論議がある (この問題については後報の予定)。一方これが遺伝的形質であることは今回の実験で明らかである。そこで地方変異のうちどれだけの部分が環境の影響によるものであり、どれだけが遺伝性のものであるかを明かにする

必要がある。今回は単にAの多いものとして埼玉産、少ないものとして秋田産のものを用いて、それらの集団から生じた次代を比較するにとどまつたけれども、その差の大部分が遺伝的差異によることが確からしくなった。即ち各々のAの値：

$$Asa = 18.41 \pm 0.114$$

$$Asa' = 18.73 \pm 0.135$$

$$AAk = 17.48 \pm 0.105$$

$$AAk' = 17.14 \pm 0.179$$

を比較すると、Sa, Sa' 及び Ak, Ak' 間では A の値に有意な差がないのかかわらず、Sa, Ak; Sa, Ak; Sa', Ak; Sa', Ak' の夫々の間の差は有意義であるからである。但しこの子孫を生じた親個体が不明であるから、この問題については更に pair culture による実験をくりかえす必要がある。けれども前報の様に地理的変異の傾向とその地域の環境条件との間には相関関係が認められず、主として水域が連続性であるか隔離性かによつて地理的変異がみられたことと、今回の結果とを合わせ考えると、やはり遺伝子構成の差が地理的変異の主因であるように思われる。

## 要 約

メダカの臀鰭軟条数を目標として交配実験を行い次の結論を得た。

- (1) 軟条数は明瞭に遺伝性をもつ形質で、polygene system の支配をうけるとも思われる。
- (2) 突然変異 fused は体長が短くなる形質で同時に軟条数が著るしく減少する。これは上記 polygene とは全く別な major gene にもとづくものである。
- (3) 条数にみられる地理的変異は棲息地の環境よりも遺伝子構成の差異によつておこるものと思われる。

## 文 献

- AIDA, T. 1930: Further genetical studies of *Aplocheilichthys latipes*. *Genetics*, xv, 1-16.
- 江上信雄 1950: メダカ臀鰭の鰭条数の遺伝(予報)。遺伝雑、xxv, 252.
- 1951: メダカ臀鰭の鰭条数に関する遺伝的環境的諸要因(日本動物学会関東支部講演)。
- 1953: メダカの臀鰭軟条数の変異に関する研究 I. 日本各地産野生メダカの軟条数の変異。魚雑、iii, pp 33-35, 87-89.
- GOLOVINSKAYA, K. 1940: Pleiotropic effect of scale genes in carp. *C. R. Acad. Sci. URSS. N.* xxviii, 553-536.
- MATHER, K. 1941: Variation and selection of polygenic characters. *Jour. Genetics*, xxxxi, 159-193.
- SCHMIDT, J. 1919: Race-undersøgelser. III. Experimentelle konstans- og arvelighedsundersøgelser med *Lebistes reticulatus*. *Regan. Medd. fra Carlsberg Lab. Kjøbenhavn*, v, 1-7.
- SVÄRDSON, G. 1945: Polygenic inheritance in *Lebistes*. *Arkiv för Zoologi*, xxxvi (1) A (6) 1-9.

## Résumé

Studies on the variation of the number of the anal fin-rays in *Oryzias latipes*

## II. Cross experiments

(1) Some cross experiments were made to explain the inheritance of the number of rays in anal fin in *Oryzias latipes*.

(2) The effect of selection was observed in the first two selective generations. The inheritance of the character seems to follow the scheme of polygenes.

(3) The number of the rays is also subject to a drastic change by a major recessive gene, "fused."

(continued from p. 170)

B. A record of *Nomeus albula* from Hachijo Island. Mrs. T. SHIGETA, Hachijo Branch Station, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, has purchased a fresh example of *Nomeus albula* (MEUSCHEN) on April 29, 1954, from a fisherman at Hachijo Island, and sent it to the writer along with adult and young examples of *Cypselurus pinnatibarbatus japonicus* (FRANZ), *Danichthys* sp. and a few other fishes. Although there have been a few records of this famous fish from Japanese waters (UCHIDA, 1930; SAKAMOTO, 1931; KATŌ, 1933; KURODA, 1939) the present writer has examined the fish for the first time because of its scarcity there. The present specimen measures 100 mm in total length, 79 mm in fork length and 71 mm in standard length.

D. XII, 27; A. ca. 28; P. ca. 24 (left), ca. 23 (right); V. I 5. Gill-rakers 7/1/ca. 16 (left), 7/1/16 (right); pseudobranchiae well developed. The pectoral fin is long, longer than the ventral fin; the length of the former is 18.8 mm, and the length of the latter is 17.5 mm. The tongue is very wide, concave dorsally, and has a notch at its anterior margin. The teeth of the upper jaw are canines of moderate size, and arranged in a single row. The teeth of the lower jaw are mostly covered proximally by a semitransparent continuous membrane. The palatines and vomer bear a few teeth of moderate size. The posterior part of the pharynx has a pair of hard lateral sacs, each of which, when seen from below, resembles the abdomen of a coiled insect larva, or light-colored isopod. There are weak teeth on the inside of the sac. The coloration is much nearer to the figure given by GOODE and BEAN than to that of HERRE and HERALD. In the buccal cavity is found an egg measuring ca. 2 mm in diameter, which is probably of *Cypselurus pinnatibarbatus japonicus* (FRANZ) or *Danichthys* sp.

## References

- The publications cited by SAKAMOTO (1931) have been omitted.
- BERG, L. S. 1940 (1947). Classification of fishes, both recent and fossil. Trav. Inst. Zool. Acad. Sci. URSS, v, no. 2, pp. 87-517.
- HERRE, A. W. and HERALD, E. S. 1951. Noteworthy additions to the Philippine fauna with descriptions of a new genus and species. Philip. Journ. Sci., lxxix, no. 3, pp. 309-340.
- JORDAN, D. S. A classification of fishes including families and genera as far as known. Stanford Univ. Publ. Univ. ser., Biol. Sci., iii, no. 2, pp. 77-243+x pp.
- KAMOHARA, T. 1941 (1940). Scombroidei. In Fauna nipponica, xv, fasc. ii, no. 5. 8+225 pp. In Japanese. Tokyo.

(continued to p. 192)