

ドジョウとフナ又はキンギョに於ける 科間交雑仔魚に就いて

鈴木 亮

(愛知学芸大学生物学教室)

Note on the interfamilial hybrid larvae between mud loach (*Misgurnus anguillicaudatus*)
and crucian carp (*Carassius carassius*) or goldfish (*Carassius auratus*)

Ryō SUZUKI

(Department of Biology, Aiti Gakugei University)

緒 言

硬骨魚卵は科を異にした精子の人工加精によつて発生することがしばしばある。MOENKHAUS (1904), MORRIS (1914), PINNEY (1918, '22), LOEB (1912), G. & P. HERTWIG (1914), NEWMAN (1915, '17, '18) 等が行つた科間交配はすなわちこれである。これら諸氏の研究に対しては、それが異種の精核と卵核の真の合体によつて卵が発生したものであるか、或は単に異種の精子の刺戟によつて卵が発生したものであるかという点について論議されてきた。NEWMAN (1918) 及び RUSSEL (1939) は *Fundulus heteroclitus* と *Scomber scombrus* の交配に於て、交雑仔魚の胚に現われた色素細胞の形態及び色調によつて父系の形質を観察した。

筆者 (1953) はドジョウとキンギョの交配を行い、胚を孵化させることができた。そして孵化仔魚の色素細胞の数、筋節数、核の大きさ等の諸点に於て、父系及び母系の形質の出現したことを認め、両魚の交雑仔魚は、明らかに科間雑種であることを結論した。

以上の研究から見て、硬骨魚類の科間交配に於ては、科を異にした精子によつて、多くは受精が行われたと言う事はほぼ明らかになつた。そして科間交配により発生した仔魚は体の各部分に著しい発生障害を受け、殆んどの孵化仔魚は奇型になつた。又これらの交雑に於て、交雑卵は孵化以前に死亡するものや、孵化して間もなく斃死するものが多い。NEWMAN (1915, '17, '18) 及び LOEB (1912) は、交雑仔魚の外部形態、特に循環系統の異常について記載しているが、しかし、未だそれらの内部形態については手をふれていない。

筆者は、ドジョウとフナ又はキンギョの交配を行い、多くの仔魚を孵化させることができたがやはり何れの組合せの交配に於ても孵化後10~20日間ですべて斃死した。しかもそれらは、著しい発生障害を受けていた。そこで筆者はこれらの交雑卵及び仔魚の内部形態について詳細な観察を行い、そして仔魚の死因について考察を進めたのでここに報告する次第である。

本文に入るに先立ち、この研究について御懇切なる御指導と、本文の御校閲を賜つた愛知学芸大学助教授小林久雄先生に厚く感謝の意を表する次第である。

1. 材料及び実験方法

実験に使用したドジョウは岡崎市近郊より採集したマドジョウ (*Misgurnus anguillicaudatus*) で、キンギョ (*Carassius auratus*) は市販の3年魚であつた。フナ (*Carassius carassius*) は愛知県渥美郡野田村芦ヶ池附近より採集したものである。ドジョウの採卵はトノサマガエルの脳下垂体前葉ホルモンの注射によつて行い、フナ及びキンギョは産卵期を待つて熟卵を得た。そ

して、ドジョウ♀×フナ♂、ドジョウ♀×キンギョ♂、キンギョ♀×ドジョウ♂の組合せによつて人工加精を行い、実験中の水温は定温器で常に20~21°Cに保つて置いた。

II. 観 察

1) 死 亡 率

上述したような方法で人工加精をした卵はどの組合せのものもほとんどが発生した。しかし科間交雑卵は、ドジョウ及びキンギョの正常卵に比べて発生途中で死卵の増加が著しかった。卵が死亡すると間もなく白色不透明となり、卵黄が分解する。それに比べて生活卵は、透明で粘性がかり、卵黄は一定の形に整っている。それ故顕微鏡下で容易に死卵と生活卵とを識別することができる。これら交雑卵の死亡は、初期の分割期にはあまり多くはなかつた。例えば桑実期に

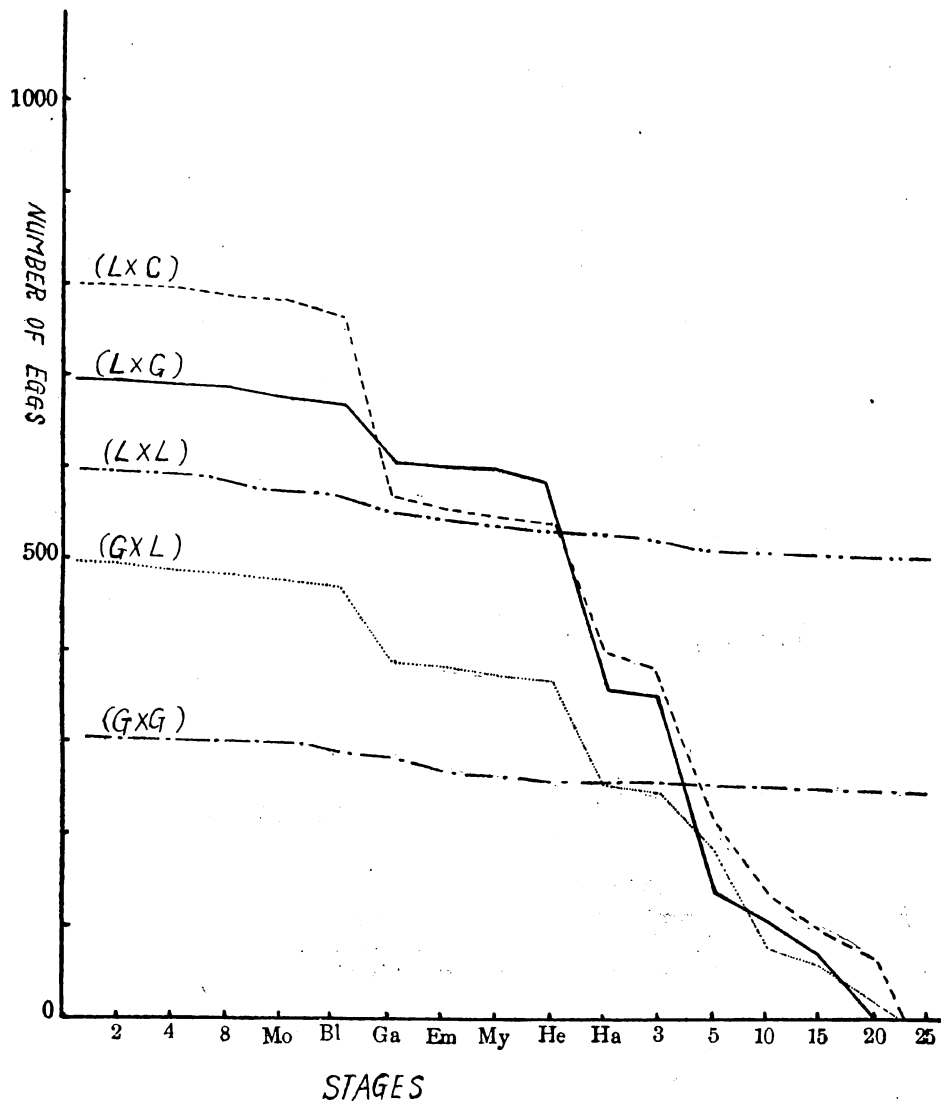


Fig. 1. Mortalities in eggs and larvae. 2-8.2 to 8 cell stages; Mo. Morula; Bl. Blastula; Ga. Gastrula; Em. Formation of embryo; My. Formation of myotomes; He. Pulsation of heart; Ha. Hatching stage; 3-25. Days after hatching; L. *M. anguillicaudatus*; G. *C. auratus*; C. *C. carassius*.

於けるドジョウ♀×フナ♂の死亡率は始めの受精卵に比べて約5%、胞胚期には10%で、囊胚期には30~40%であつた。囊胚形成以後は殆んど死卵の増加は観察されなかつた。しかし孵化期には更に増加し、60~70%が死卵となり、最後に孵化した卵は、最初の受精卵に対して30~40%にしか過ぎなかつた。

又、ドジョウ♀×キンギョ♂も、キンギョ♀×ドジョウ♂に於ても、やはり死卵の増加はドジョウ♀×フナ♂の場合と同じであつた。即ち胞胚期までは除々であり、囊胚期に進むと急激に増加した。胚楕期からは、死亡率の増加は除々となり、又孵化期になつて更に増加した(Fig. 1)。

2) 奇型仔魚

ドジョウ♀×キンギョ♂は受精後65時間で孵化し、ドジョウ♀×フナ♂は67時間後に、キンギョ♀×ドジョウ♂は128時間後にそれぞれ孵化を始めた。これらの組合せによつて、孵化した仔魚は、著るしい発生障害を受けて、すべて奇型であつた。特に鰭及び尾部は、その著しい障害を受けた。又顕著な奇型としては、交雑仔魚がしばしば edema を生じたことである。edema は卵黄と表皮の間に或る種の液体が充満したもので、それは筋節期頃では未だ観察されなかつたが心臓が搏動を開始して胸鰭のでき始めた頃から出現した。この段階では、edema の巾(卵黄と表皮の間)は狭く、50~100 μ 位であつた。そして孵化期にはやや広くなり、200~300 μ となつた。

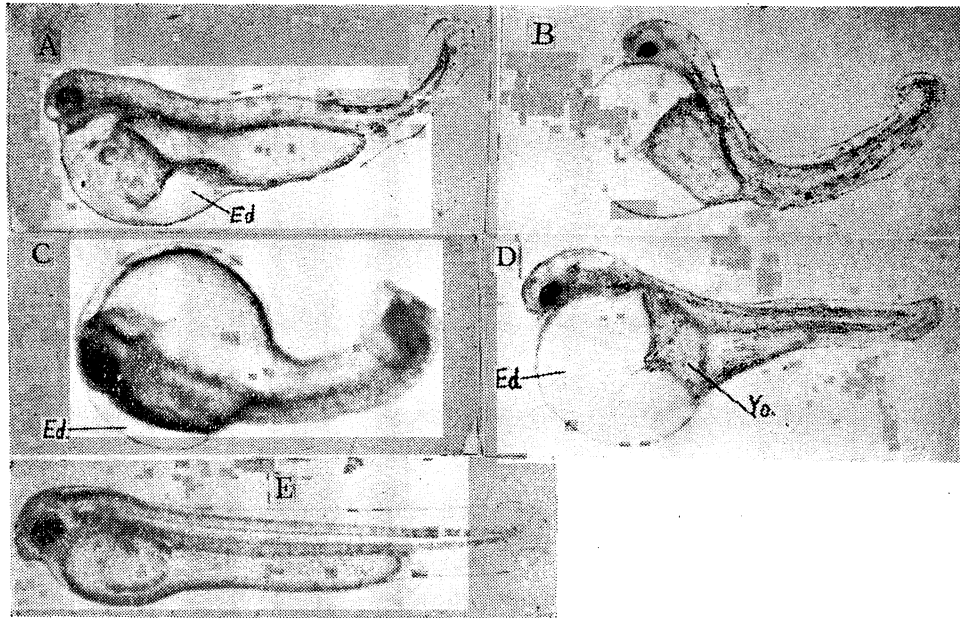


Fig. 2. Edematous hybrids and normal larvae.

- A. *M. anguillicaudatus*♀ × *C. carassius*♂;
 B. *C. auratus*♀ × *M. anguillicaudatus*♂;
 C. & D. *M. anguillicaudatus*♀ × *C. auratus*♂;
 E. *M. anguillicaudatus*♀ × *M. anguillicaudatus*♂.
 Ed. Edema; Yo. Yolk.

edema になつた仔魚はすべて孵化後3~5日間で死亡したが、edema はこのような仔魚の死亡する直前が一番大きく、400~500 μ 程度になつた。これらの仔魚の患部を鋭利なガラス針で傷つけることによつて、その中にある液体を外部に排泄せしめ、その結果として edema ではなくすることができる。edema は、顕微鏡によつて観察すると、無色透明に見えた。しかし、正常交配

によつて孵化した仔魚は、このようなものは全く観察されなかつた。又交雑仔魚では卵黄の消化が部分的であつたり、眼及び頭の発達が悪いものや、全く尾部の伸長していないものが見受けられた。

ドジョウの正常胚は受精後30~34時間で心臓が盛んに搏動する。交雑仔魚に於てはそれが正常仔魚程盛んではなく、しかもそのリズムが非常に不規則であつた。又交雑仔魚の心臓は一般に細長く伸びていたり、萎縮した形態を示していた。

更に交雑仔魚には、しばしば血管系統の異常が発見せられた。孵化後3日目の観察で、正常仔魚に於ては尾鰭の基部まで血管が分布しており、血液が盛んに流動しているのが見られるが、一部の交雑仔魚に於ては、尾部に血管の分布しているものは少い。ただわずかに肛門以後に分布しているものが見られるが、血液が流動しているのは心臓の附近のみに過ぎなかつた。しかも血液の循環速度は正常仔魚に比べて、交雑仔魚は非常に遅く、或るものは、心臓が搏動しているにもかかわらず全く血液の循環していないものもあつた。

正常仔魚は血液の循環が始まる頃から筋肉及び体を盛んに動かして運動するが、発生のおくれた多くの交雑胚は体軸及び尾部の運動は行わず、ただ単に筋肉の運動が行われるだけであつた。そして、これらは卵膜を溶解して孵化することができた。しかし特に著しい奇型仔魚は受精後かなりの時間が経過したにもかかわらず孵化することができずに死卵となつた。

筆者は更に孵化後3日目の交雑仔魚を切片によつて正常仔魚のそれに比較し観察した。交雑仔魚は正常仔魚に比べて、腸、神経系統にはあまり異常が認められなかつたが、脊索が尾部に於て癒着しているものが見出された。そして特に興味あることは、交雑仔魚の前腎系統の異常であつた。ドジョウの正常仔魚の前腎は、胚楕期では未だ形成されなかつたが、筋節ができ始めて、心臓の搏動が開始する頃(受精後30~40時間)から明瞭に認められた。孵化後3日目では、ドジョウ

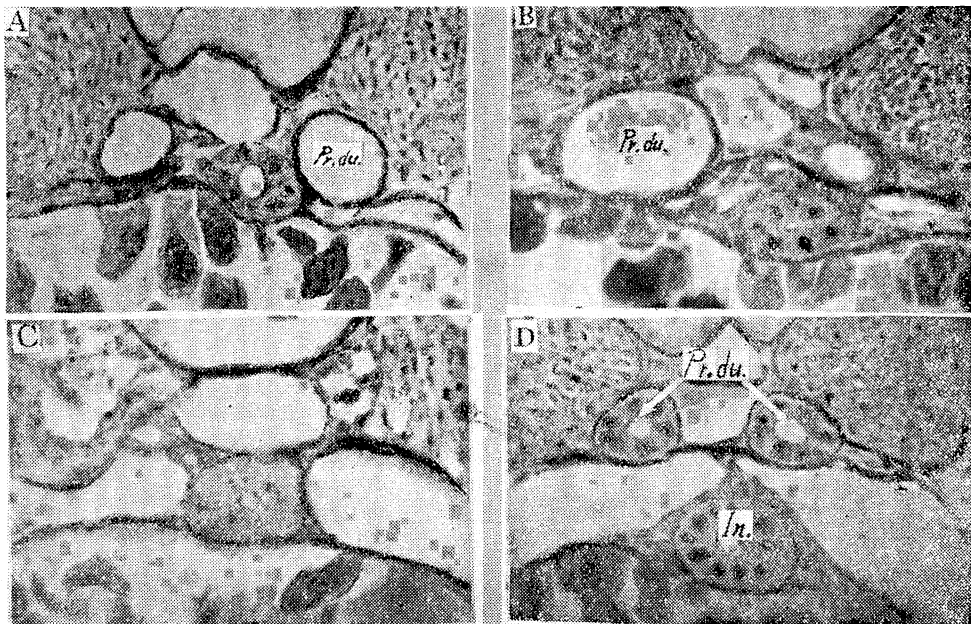


Fig. 3. Sections of hybrids and normal larvae.

A. & C. *M. anguillicaudatus*♀ × *C. auratus*♂;

B. *C. auratus*♀ × *M. anguillicaudatus*♂; D. *M. anguillicaudatus*♀ × *M. anguillicaudatus*♂;

Pr. du. Pronephric duct; In. Intestin.

ウの仔魚の前腎は胸鰭の基部辺より前腎室が観察され、その後方に続いて肛門まで前腎輸管が通じている。又交雑仔魚も前腎輸管は正常仔魚と同じ頃の発生段階に於て見られた。正常仔魚に見られる前腎輸管は、Delafield's haematoxylin によつて核が非常に明瞭に染色されるのに対し

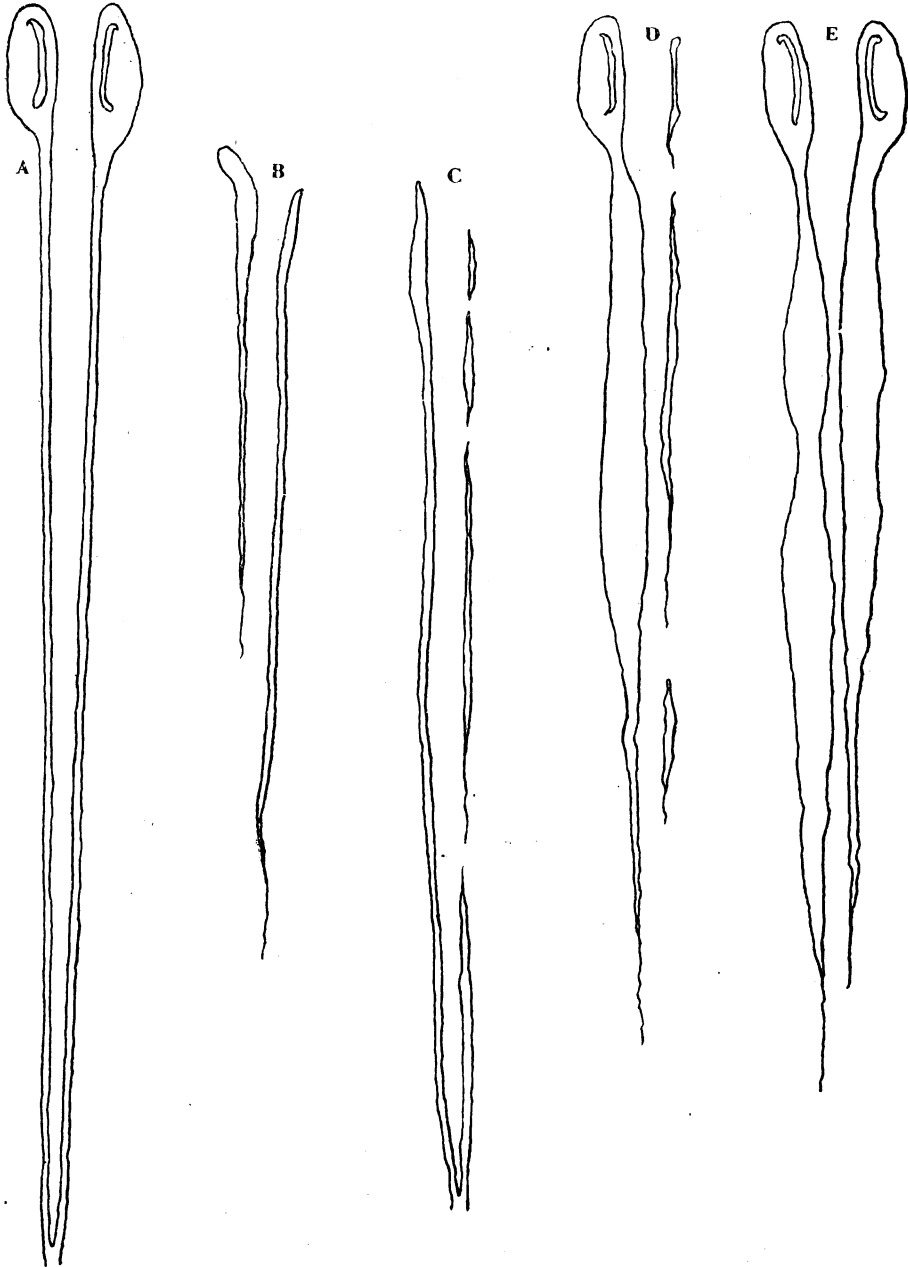


Fig. 4. Pronephros of hybrids and normal larvae, drew by reconstruction method.

- A. *M. anguillicaudatus*♀ × *M. anguillicaudatus*♂;
- B. *M. anguillicaudatus*♀ × *C. auratus*♂;
- C. *C. auratus*♀ × *M. anguillicaudatus*♂;
- D. *M. anguillicaudatus*♀ × *C. carassius*♂.

て、科間交雑仔魚の切片に於ては、前腎輸管が極度な異常肥大をしているもの、又はその両方が全く閉鎖しているもの、或は部分的に欠如して、肛門までとどいていないものなどが非常に多く見受けられた。特に尾部は著るしい発生障害を受けているため、前腎輸管が完全に肛門まで開通しているものが少い (Fig. 4)。又前腎室も全くつぶれているものや、存在しないものがあった。このような前腎系統の異常であつた仔魚は、腹部が著るしい edema であつた。しかし、あまり発生障害を受けなかつた仔魚は、前腎系統も正常であり、これらの仔魚は edema になっているものは見受けられなかつた。

III 論 議

筆者の行つた科間交雑卵は囊胚期に高い死亡率を示したが MOENKHAUS (1904) は *Fundulus* と *Menidia* に於て、やはり囊胚期に斃死するものが多いことを記載している。即ちこの発生段階が科間交雑卵の発生過程に於ける第一の危険期であつた。次に交雑卵の第二の危険期は孵化期であり、発生の遅れたものは孵化することができずに、卵膜内で斃死した。かような結果から見れば、孵化に際して当然孵化酵素腺の異常ということも考えられるが、筆者は未だ科間交雑卵に於てそのような孵化酵素腺は観察していない。

第二の危険期を通過した仔魚は孵化後3-20日間で斃死し、仔魚の多くは edema を生じ、これらの仔魚はすべて前腎系統が異常であつた (Table 1)。両棲類に於て、孵化期以後に生ずる edema の原因については、前腎の除去や結紮の実験から前腎の機能障害に起因することが多く

Table I. Abnormality of pronephros.

Cross	Indivi. No.	Item	Pronephric chamber	Pronephric duct		Note	
				Front	Back		
Hybrid larvae	L×C	1	Right Left	● ●	○ ●	● ×	Edema
		2	R. L.	× ○	● ○	● ●	"
		3	R. L.	○ ●	○ ●	○ ×	Not edema
		4	R. L.	● ○	× ○	● ●	Edema
	L×G	1	R. L.	● ○	● ○	× ●	"
		2	R. L.	○ ○	● ○	● ○	Not edema
		3	R. L.	○ ×	○ ○	● ○	Edema
		4	R. L.	○ ●	○ ●	× ×	"
	G×L	1	R. L.	○ ○	○ ○	● ○	Not edema
		2	R. L.	○ ×	○ ○	● ○	Edema
		3	R. L.	○ ○	○ ○	● ×	"
		4	R. L.	○ ○	● ○	× ●	"
Cont.	L×L	1	R. L.	○ ○	○ ○	○ ○	Not edema
		2	R. L.	○ ○	○ ○	○ ○	"

○. Normal; ○. Hypertrophy; ●. Closing; ×. Not present; L. *M. anguillicaudatus*; G. *C. auratus*; C. *C. carassius*.

の人によつて証明せられている(McCLURE, 1919, 新池, '43, '50, 藤原 '52)。

又 ARMSTRONG (1932) は *Fundulus* の 2 種に於て、色素の排泄を目標として前腎機能を調べた。それによれば、胸鰭が尖つた突起として出現した段階から機能が起ることを報じている。筆者の行つた交雑仔魚に於ては、前腎褶が見出されたのは、筋節や眼ができた頃からであり、まだこの段階では、交雑仔魚は全く edema にならなかつた。ドジョウの仔魚に於ては、心臓の搏動が開始して、胸鰭ができた頃から、液体が充満を始め、孵化後それが増大した。この結果から見ると、ARMSTRONG の *Fundulus* に於ける前腎機能の起原と、交雑仔魚に病理的現象として現われる edema の出現時期がほぼ一致しているように思われる。

筆者の観察に於て、交雑仔魚の前腎輸管が異常肥大をしているものが数多く発見されたが、一側部の前腎輸管が閉鎖されているか、或は欠如されていると、他側の前腎輸管が必ず異常肥大をしている。この場合、異常肥大をしている方のものが肛門まで開通している時には edema を生じない。これは一側部の前腎輸管の欠損のために残存側のものが代償肥大をしたものと思われる。又一部の仔魚に於て左右両方の前腎輸管が異常肥大をしている場合があるが、これらは肛門の附近で必ず左右両方ともつぶれているか、或は欠如している。これは前腎輸管の異常のためにその中に排泄物が充満して、両方の輸管が異常肥大をしたものと思われる。又前腎輸管が整つていても前腎室がつぶれているか、或は欠如しているような場合は、上述したような前腎輸管の異常肥大は見られなかつた。ところが、このような仔魚も腹部には edema を生じていた。これは、前腎輸管の中に排泄物が排泄されないために、異常肥大が起らなかつたものであろう。前腎輸管の異常肥大をしていたものは殆んどのが前腎室は正常であつた。

前腎の機能は、老排物を腎口から腎室を通つて肛門に排泄するはずである。その場合に、左右両方の前腎室及び前腎輸管が欠如しているならば、排泄物は排泄されることができず必然的に edema の増大をきたしたものである。

更に交雑仔魚が正常仔魚に比べると、血管系統が異常であつた。edema の成因は循環系統の異常ということも考えられるが、しかし前腎系統の正常な交雑仔魚のうちでも血管系統が著しく異常なものもあり、片側は全く血液の流動していなようなものが数多く観察された。それでありながらこのような仔魚が edema にはなつていない。若し edema が循環系統の異常によつて生ずるならば、当然これらの仔魚も edema になるはずである。

このことから、ドジョウとフナ又はキンギョの交雑仔魚の edema の現象は循環系統の異常や血球の数が少いことに原因があるのではなく、前腎機能の障害にあるものと考えられる。又交雑仔魚のうちで edema にならなかつたものは、孵化後 10~20 日間も生存することができたのに対して、edema であつた仔魚は孵化後 3~5 日間で全て死亡している。このことから edema は交雑仔魚の一つの死因であると考えられる。しかし、筆者は交雑仔魚の死因がすべて edema に関係すると断言するわけではない。これら仔魚の死因としては、勿論血管系統の異常、心臓の衰弱、索餌不能といったようなことから考察すれば、交雑仔魚の死因は単に一・二のことにのみによるものではなくて、幾つかの原因がこれに関与しているものと考えられる。

IV. 要 約

(1) ドジョウとフナ又はキンギョの交配を行い、交雑卵の死亡率を調べ、孵化した仔魚の内部及び外部の形態について観察を行つた。

(2) 科間交雑卵は、正常卵に比べて囊胚期と孵化期に著しい死亡率を示し、更に孵化した仔魚は、孵化後 3~20 日ですべて斃死した。

(3) 多くの交雑仔魚は尾部、腹部、心臓、前腎系統、脊索、血管などが発生障害を受けた。

(4) 前腎輸管や、前腎室が発生障害を受けた交雑仔魚は edema になつたが、その障害を受けなかつたものは edema にはならなかつた。このことから edema の成因は前腎機能に関係しているものと思われる。

(5) 交雑仔魚に於ては、前腎輸管の異常肥大をしているものがあり、これは一側部の前腎系統が肛門の附近でつぶれているか、或はそれが欠如している場合に限つてみられた。しかし、前腎室がつぶれていた場合には、このような肥大は見られなかつた。

(6) edema になつた仔魚は、孵化後 3~5 日ですべて死亡したが、edema にならなかつたものは、孵化後 10~20 日間も生存することができた。このことから、edema は交雑仔魚の一つの死因となつているものと考えられる。

(7) 交雑仔魚は正常仔魚に比べて、心臓の衰弱、游泳及び索餌不能といったようなことが観察された。従つて交雑仔魚の死因は単に edema のみではなく、それ以外にも幾つかのことが関与しているものと思われる。

参 考 文 献

- (1) ARMSTRONG, P. B. 1932: The embryonic origin of function in the pronephros through differentiation and parenchyma-vascular association. Amer. Jour. Anat., li, pp. 157-188.
- (2) HERTWIG, G. & P. 1914: Kreuzungsversuche an Knochenfishen. Arch. mikr. Anat., lxxxvi, pp. 49-88.
- (3) 藤原正武. 1952: 前腎摘出によるヒキガエルの腹水蝌蚪. 動雑, lxi, pp. 225-226.
- (4) LOEB, J. 1912: Heredity in heterogeneous hybrids. Jour. Morph., xxiii, pp. 1-16.
- (5) McCLURE, C. F. W. 1919: On the experimental production of edema in larvae and adult anura. Jour. Gen. Physiol., i, pp. 261-267.
- (6) MINAMORI, S. 1951: The lethal phenomena in the second generation of the spinous loach hybrid. Jour. Sic. Hiroshima Univ. xii, pp. 57-66.
- (7) MOENKHAUS, W. J. 1904: The development of the hybrids between *Fundulus heteroclitus* and *Menidia notata* with especial reference to the behavior of the maternal and paternal chromatin. Amer. Jour. Anat. iii, pp. 29-66.
- (8) MORRIS, M. 1914: The behavior of the chromatin in hybrids between *Fundulus* and *Ctenolabrus*. Jour. Exp. Zool., xvi, pp. 501-521.
- (9) 武藤義信・尾崎正忠. 1953: ヒキガエル, *Bufo vulgaris formosus* (BOULENGER), の半数体及びモザイク個体に於ける前腎の異常について. 愛知学芸大学研究報告. ii, pp. 60-65.
- (10) NEWMAN, H. H. 1915: Development and heredity in heterogenic teleost hybrids. Jour. Exp. Zool., xvii, pp. 511-576.
- (11) — 1917: On the production of monsters by hybridization. Biol. Bull., xxxii, pp. 306-321.
- (12) — 1918: Hybrids between *Fundulus* and *Macherel*. Jour. Exp. Zool., xxvi, pp. 391-421.
- (13) — 1923: Hybrids vigor, hybrid weakness, and the chromosome theory of heredity. Jour. Exp. Zool., xxxvii, pp. 169-206.
- (14) PINNEY, E. 1918: A study of the relation of the behavior of the chromatin to development and heredity in teleost hybrids. Jour. Morph., xxxi, pp. 225-261.
- (15) — 1922: The initial block to normal development in cross-fertilized eggs. Jour. Morph., xxxvi, pp. 401-415.

- (16) RUSSEL, A. 1939: Pigment inheritance in the *Fundulus* — *Scomber* hybrid. Biol. Bull., lxxvii, pp. 423-431.
- (17) 新池保. 1943: 前腎系の発生に関する 2・3 の実験. 動雑, lv, p. 361.
- (18) — 1950: 両棲類の前腎及び中腎の発生に関する実験(1). 動雑, lix, p. 53.
- (19) 鈴木亮. 1953: ドジョウとキンギョに於ける科間交配の研究, 魚雑, iii, pp. 7-14.

R é s u m é

This is the report of my research made to examine the mortality of the eggs and larvae as the progeny from the crossing between *M. anguillicaudatus* and *C. carassius* or between the former and *C. auratus*, and to observe morphologically external and internal characters of hatching larvae.

At the gastrula and the hatching stage, more striking increase of mortality was shown in interfamilial crossing eggs and larvae than in normal ones; moreover, all these hybrids died in 3-20 days after hatching.

In almost all of these hybrids, some kind of sap began to fill in between the epidermis and the yolk, causing the edema. Observing the sections of these hybrids, I found that these were conspicuous obstacles of development in the pronephric duct and pronephric chamber, the results being either collapsed ones or their non-existence. However, in those hybrids which were free from the edema, the pronephric system was found normal.

Again, in some hybrids I observed the hypertrophy of pronephric duct, though in the case only where one side of the pronephric duct was closed or not present at all. But, in the case where hypertrophy of pronephric duct continued to the anus, the larva was found free from the edema.

From the above mentioned facts, I think that the factor that causes the edema is the obstacle in the excretory function of pronephros. On the other hand, hybrids which had not obstacles of development in the pronephric system could live for 10-20 days after hatching, while all the edematous larvae died in 3-5 days. From this, I think that the edema is one factor of the death in these hybrids. Again in many hybrids, I found striking obstacles of development in the tail, abdomen, heart, notochord and blood vessel causing a great irregularity in the pulsation of heart, and the inability of swimming and feeding in the hybrids. From this I think that the death of the hybrid is caused not by the edema solely, but many other factors are working at it.