

# ドジョウとキンギョに於ける科間交配の研究

鈴木亮

(愛知學藝大學生物學教室)

Studies on the interfamiliar crossing between loach

*Misgurnus anguillicaudatus* and goldfish (*Carassius auratus*)

Ryō SUZUKI

(Department of Biology, Aiti Gakugei University)

## 緒言

硬骨魚類の科間交配の研究については、古くから多くの業績がある。MOENKHAUS (1904) は、*Fundulus heteroclitus* と *Menidia notata* の交配を行つたが、胞胚期頃から次第に発生速度が遅れ、殆んどが胚孔閉鎖期以前に斃死した。そして同氏はその卵割初期の細胞學的研究を行い、卵核と精核の融合することを観察している。MORRIS (1914) は *F. heteroclitus* ♀ と *Ctenolabrus adospersus* ♂ の交配で、又 PINNY (1918, '22, '28) も *F. heteroclitus* 他 4 種を材料とした組合せで、それぞれ交配を行い、卵割初期の細胞學的研究を行つてゐる。LOEB (1912) は、*F. heteroclitus* ♀ へ *M. notata* ♂、*C. adospersus* ♂、*Stenotomus chrysops* ♂ の各々を交配したが、何れも発生障害を受けた。これ等の胚は純母系の形質のみで、父系の形質の認められない事實から、只異種の精子によつて單爲生殖的に発生したものであると記載している。G. & P. HERTWIG (1914) も *Gobius* の二種に、*Crenilabrus pavoninus* ♂ を交配させて、大多數は囊胚期に斃死し、少數のみ胚体が形成されたことを報じ、NEWMAN (1914, '15, '17) は *F. heteroclitus* 他 14 種の硬骨魚類を用いて交配を行い、これ等多くは発生初期に停止したが、一部は発生障害を受けた胚が孵化した。又同氏 (1918) 及び RUSSEL (1939) は、雑種胚に現は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ている。

しかし、これ等諸氏の研究では、NEWMAN 及び RUSSEL の色素細胞の遺傳を除いては、未だ魚類の科間雑種の遺傳形質の発生についてはあまり明らかでない。筆者は 1951 年より、ドジョウとキンギョの相反交配を行つた。分類學的に見て、ドジョウはドジョウ科に屬し、キンギョはコイ科の魚であり、即ち兩者は別科に屬し比較的縁の遠い魚であるが、人工受精を容易に行うことができ、発生も進んだ。しかも兩魚の交雑に於ては、発生初期の卵及び孵化仔魚に興味ある遺傳形質を確認することができたのでこゝに報告する次第である。

稿を進めるに當り、この研究について御指導と御校閲を賜つた愛知學藝大學助教授小林久雄先生と、御助言御鞭撻を賜つた名古屋大學教授山本時男博士、愛知學藝大學教授蒲生英男先生に對し厚く感謝の意を表する次第である。

## 1. 材料及び方法

實驗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* (C.) で、キンギョは飼育し易い和金 *Carassius auratus* (L.) を用いた。實驗中の水温は 19°—21°C で、pH は 7.8 であつた。あらかじめ精子の混入を除ぐためドジョウ及びキンギョの雌雄は實驗の 1 日前より分けて別々の水槽に飼育しておき、人工受精には何れも防ぐ用水の水を用いた。ドジョウ及びキンギョの採卵はすべてトノサマガエルの脇下垂体前葉ホルモンの懸濁液を調製し、これを魚体の腹腔内に注射して、10—13 時間後に成熟卵を得た。そして、等調法によつて次

のような組合せで人工受精を行つた。

1. ドジョウ♀×ドジョウ♂
2. キンギョ♀×キンギョ♂
3. キンギョ♀×ドジョウ♂
4. ドジョウ♀×キンギョ♂

## 2. 発生

このような組合せで人工受精した卵は 3—5 分後には卵膜があがり、15 分後には胚盤が形成された。25—30 分後には第一分割をなし、50 分—1 時間 10 分後には第二分割をなした。ドジョウ及びキンギョの未受精卵も水中に出ると賦活されて、卵膜があがり胚盤を形成する。しかし分割は起らない。人工受精した各組合せとも、第一分割期に於ける Percentage は 95 % で何れも差異はなかつた。しかし桑實期からドジョウ及びキンギョの正常交配に比較して、ドジョウ♀×キンギョ♂もキンギョ♀×ドジョウ♂も死卵の増加が観察された。この時期に於ける交雑卵の死卵率は各々とも初めの受精卵に對して約 5 % であつた。胞胚期には 10 % が、囊胚期には 50 % が死卵となつた。体節出現期には約 55 % が死卵となり、最後に孵化した卵は、受精卵の約 40 % にしか過ぎなかつた。しかし正常交配した卵に於ては、胞胚期に 3 % が、体節出現期に 10 % が、最後に孵化した卵は受精卵の約 75—80 % であつた。この結果から見て死卵の増加は、胞胚期迄は徐々であるが、囊胚期に進むと急激に増加する。しかし胚樁期からは、その増加率は徐々になる。このことは、MOENKHAUS, PINNY, MORRIS もやはり同様の結果を得ており、この時期が交雑卵の発生上に於ける危険期で、囊胚期を通過すると、ほとんどが孵化迄進むことができたのである。

体節出現期になると筆者も交雑胚に多くの発生障害を受けた。その著るしい場所は頭部、尾部、卵巣である。特に卵巣に於ては殆どの胚が Edema (水腫) を生じた。又筋肉運動期になつても、ドジョウ及びキンギョの正常交配に比較して、兩魚の交雑胚の運動は不活潑であつた。キンギョ♀×ドジョウ♂の交配により孵化した仔魚は孵化後最も長く生存したものは 24 日、ドジョウ♀×キンギョ♂の場合は 14 日間で全て斃死した。

卵の發育速度は溫度によつて異なることは言うまでもないが、定溫器にて同一溫度に保つて置きながら、筆者の交雑實驗に於ては發育速度に興味ある結果を得た。ドジョウ卵の正常交配は、19°—21°C に於ては受精してより孵化迄 55 時間以上を要する。キンギョ卵の正常交配では 140 時間以上を要する。従つて、キンギョの卵はドジョウの卵に比較して孵化までに 2 倍以上の日數を要するのである。しかしながら、ドジョウ♀×キンギョ♂に於ては受精してより 65 時間で、キンギョ♀×

Stages	Cross			
	M♀×M♂ (hour)	C♀×C♂ (%)	C♀×M♂ (%)	M♀×C♂ (%)
2 celled	0.55	1.15	1.10	0.50
4 celled	1.20	1.35	1.40	1.20
8 celled	2.30	2.30	2.20	2.30
16 celled	3.00	3.20	3.20	3.10
Morula	6.20	7.50	7.00	6.00
Blastura	8.00	14.00	14.00	8.00

Begining of Gastrula	10.10	25.00	24.00	10.30
Formation of embryonic shield.	14.50	26.00	26.00	15.00
Formation of embryo	18.30	31.00	32.00	19.00
Appearance of optic vesicle	20.00	44.00	45.00	21.00
Appearance of myotomes	23.00	54.00	54.00	24.00
Movement of heart	30.00	56.00	55.00	33.00
Blood circulation	33.00	62.00	60.00	36.00
Movement of muscle	41.00	96.00	89.00	44.00
Hatching	55.00	140.00	128.00	65.00

Table 1. Developmental rate in normal larvae and hybrids between *Misgurnus anguillicaudatus* (M) and *Carassius auratus* (C).

ドジョウ♂では 128 時間で孵化を始める。従つて、キンギョ♀ × ドジョウ♂はキンギョの正常交配より約 12 時間早く孵化している。Table 1 はその発生の受精より各時期に到達するまでの時間であるが、各組合せた卵が 1 つの発生段階に、最初に到達したものゝ時間で、しかも発生の正常なものを標準とした。従つて各組合せとも、この時間にすべての卵が到達しているものではなく、多くの卵は未だそれより發育が遅かれている。キンギョの正常交配のものに比較して、キンギョ♀ × ドジョウ♂の孵化が、12 時間速かつたのは、全生存卵のうち約 20 % に過ぎず、他の卵はキンギョの正常交配のものと同時刻か、或はそれより遅れて孵化した。

以上の實驗結果から見て、キンギョ♀ × ドジョウ♂がキンギョの正常交配に比較して孵化が 12 時間も速かつたことは、父系の遺傳子の影響によるものと考えられ、ドジョウの正常交配に比較して遅れて孵化していることは母系の遺傳子の影響によるものであると考えられる。ドジョウ♀ × キンギョのものがドジョウの正常交配のそれより孵化が 10 時間も遅延したことはキンギョの遺傳子の影響によるものであり、又キンギョの正常交配のものに比較して 72 時間も孵化の早いことはドジョウ♀の遺傳子の影響によるものと考えられる。

しかし、キンギョ♀ × ドジョウ♂のそれがキンギョの正常交配のものに比較して發育が促進されたのも、すべての卵ではなくて、一部はキンギョの正常交配のそれと同時刻に孵化したものもあり又一部の卵は正常交配より 20 時間も遅れたものもあつた。従つて科間交雑に於ける發生速度は、單に上述した如き遺傳學的なものゝみに影響されるのではなくして、更にもう一つの要因は異種の精細胞及び卵細胞の生理學的差異にも關與していると考えられる。

### 3. 核の大きさ

核の大きさは魚の種類によつてほど一定の筈である。筆者は孵化前の胚及び孵化直後の最も發育の良好な仔魚を Bouin 氏液にて固定し、Delafield's haematoxylin と Eosin で染色し、Preparat を作つて核の長徑と短徑を測定して比較してみた。Table 2 はその結果であるが、各數値は仔魚の 10 個体より 1 個体につき 20 個宛の核を測定したゝめ 200 個の核の平均値である。

ドジョウの正常交配により發育した仔魚とキンギョの正常交配により發育した仔魚に於ける核の大きさは、兩者に於て著るしい差異がある。例えは筋肉細胞に於てはドジョウの仔魚では平均短徑が  $3.0\mu$ 、長徑が  $4.8\mu$  であるのに比較して、キンギョの仔魚では短徑が  $5.9\mu$ 、長徑が  $7.2\mu$  でキンギョの仔魚のそれはドジョウのものゝ約 2 倍の大きさの核を持つている。しかし、ドジョウ♀ × キンギョ♂に於ては、ドジョウの正常交配に比較して、短徑が約  $0.9\mu$ 、長徑が  $0.6\mu$  大きく、又キ

ンギョの正常交配に比較すると短径が約 $1.7\mu$ 、長径が $1.8\mu$ 小さい。キンギョ♀×ドジョウ♂の仔魚のものに於ては、キンギョの正常交配のそれに比較して短径が約 $0.8\mu$ 長径が $0.8\mu$ 小さく、ドジョウの正常交配のそれに比較すると、短径が約 $1.8\mu$ 、長径が $1.6\mu$ 大きい結果が得られた。

Tissue or organ	Diameter	Cross			
		M♀ × M♂ ( $\mu$ )	C♀ × C♂ (")	C♀ × M♂ ("")	M♀ × C♂ ("")
Muscle	Shorter	3.0	5.6	4.8	3.9
	Longer	4.8	7.2	6.4	5.4
Intestine	Shorter	4.4	5.9	5.2	4.8
	Longer	5.4	8.6	7.3	5.8
Blood	Shorter	2.8	2.7	2.7	2.8
	Longer	3.1	4.0	3.5	3.5
Nerve	Shorter	4.0	4.8	5.0	4.3
	Longer	4.7	5.6	5.4	4.9

Table 2. Size of nucleus in normal and hybrids between *M. anguillicaudatus* (M) and *C. auratus* (C).

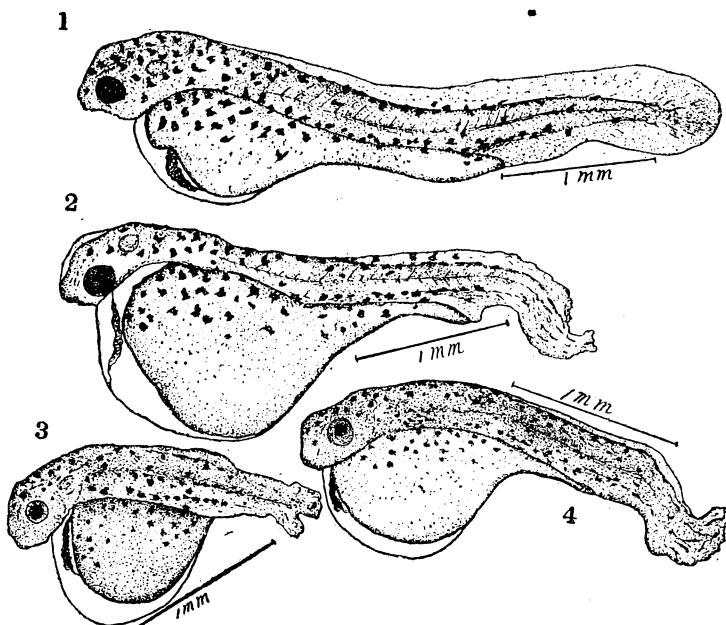


Fig. 1 & 2. Hybrid larvae of *C. auratus* ♀ × *M. anguillicaudatus* ♂, 9 days after insemination. 3 & 4. Hybrid larvae of *M. anguillicaudatus* ♀ × *C. auratus* ♂, 12 days after insemination.

のことから、ドジョウ♀×キンギョ♂により発育した仔魚がドジョウの正常交配により発育した仔魚と比較して核の大きい結果の得られたことは、キンギョ♂の遺傳子の影響によるものと考えられ、キンギョの正常交配に比較して、核の小さかつたことは、ドジョウ♀の遺傳子の影響による

ものと考えられる。キンギョ♀×ドジョウ♂のものがキンギョの正常交配のそれに比較して核の小さい結果の得られたことは、ドジョウ♂の遺傳子の影響によるものと考えられ、又ドジョウの正常交配のそれに比較して核の大きいことは、キンギョ♀の遺傳子の影響によるものであると考える事ができる。従つてこれら魚の科間交雑の仔魚の核の大きさには母系及び父系の遺傳子の影響を及ぼしていることを確認することができたのである。

#### 4. 仔魚の筋節數

ドジョウとキンギョの仔魚では筋節數に著しい差異がある。即ちドジョウは 43—44 であるのにキンギョでは 29—31 であった。(親魚の筋節數はドジョウでは 43, キンギョでは 30 であった) Table 3 は各組合せとも、孵化後 12 日目に調査したもので、調査個体數は 100 個体宛行つたものである。しかしながら前述したように、ドジョウとキンギョの交雑仔魚は発生障害を受けたものが多くつたため、特に發育の正常なる仔魚を材料としたものである。これらの著しい奇型仔魚を除いて、筆者の観察した所から見ると、ドジョウ♀×キンギョ♂の仔魚では、ドジョウの正常交配のものに比較して筋節數が 6—15 も少く、キンギョの正常交配のものに比較すると 1—9 も多かつた。キンギョ♀×ドジョウ♂の仔魚ではキンギョの正常交配のものに比較して 0—5 多く、ドジョウの正常交配のものに比較すると 10—14 少い。

Cross	M♀×M♂	C♀×C♂	C♀×M♂	M♀×C♂
Number of myotomes	43~44	29~31	31~34	30~38

Table 3. Number of myotomes in normal larvae and hybrids between *M. anguillicaudatus* (M) and *C. auratus* (C).

この結果からしてドジョウ♀×キンギョ♂の仔魚に於てはドジョウの正常交配のそれに比較して筋節數の少いことはキンギョ♂の遺傳子の影響によるものと考えられ、更に又この組合せがキンギョの正常交配のそれに比較して筋節數の多い事はドジョウ♀の遺傳子の影響によるものと考えられる。キンギョ♀×ドジョウ♂の仔魚がキンギョの正常交配のそれに比較して、筋節數の多い事は、ドジョウ♂の遺傳子の影響によるものと考えられ、ドジョウ♂の正常交配のものに比較して數の少い事はキンギョ♀の遺傳子の影響によるものと考えられる。従つてこれらの魚の交雫仔魚の筋節數にも、父系及母系の遺傳子の影響を確認することができた。

#### 5. 孵化直後の仔魚に於ける色素細胞の數

ドジョウとキンギョの色素細胞は仔魚期に於ては、NEWMAN (1918) 及び RUSSEL (1939) の観察した如き形態及び色調には兩者の差異を認めることができなかつた。しかし孵化直後に於ける仔魚の色素細胞の數は、ドジョウとキンギョに於ては著しい差異がある。即ちドジョウの仔魚に於ては孵化直後では未だ色素細胞は現われず、孵化してから 9—12 時間前後に現われる所以である。キンギョに於ては孵化以前に最早や出現し、血液循環期に既に体側片側に 25—40 個が數えられ、孵化直後の仔魚では 120—240 個が數えられた。しかしながらドジョウ♀×キンギョ♂の仔魚に於ては孵化以前に胚の体表に色素細胞ができるものがおり、孵化直後では 1—50 個が数えることができた。キンギョ♀×ドジョウ♂の仔魚では、キンギョの正常交配のそれに比較して孵化直後の観察では非常に數が少なかつた。Table 4 は孵化直後の最も正常に發育した仔魚の片側の体表及び卵巣の色素細胞の數の比較を示すもので、各組合せとも 50 個体を調査したものである。

Number of melanophores	Cross			
	M♀×M♂ (Idnivi num)	C♀×C♂ (〃)	C♀×M♂ (〃)	M♀×C♂ (〃)
0	46	0	0	2
1 ~ 20	4	0	0	7
21 ~ 40	0	0	0	32
41 ~ 60	0	0	3	9
61 ~ 80	0	0	15	0
81 ~ 100	0	0	30	0
101 ~ 120	0	0	2	0
121 ~ 140	0	3	0	0
141 ~ 160	0	3	0	0
161 ~ 180	0	14	0	0
181 ~ 200	0	19	0	0
201 ~ 220	0	10	0	0
221 ~ 240	0	1	0	0
240 more	0	0	0	0

Table 4. Number of melanophores in a half side of body of normal larvae and hybrids between *M. anguilloaudatus* (M) and *C. auratus* (C). M♀×M♂ and M♀×C♂ observed 68 hours after insemination, C♀×C♂ and C♀×M♂ observed 144 hours after insemination.

以上の結果から、ドジョウ♀×キンギョ♂のものがドジョウの正常交配のそれより早期に色素細胞が出現したことは、キンギョ♂の遺傳子の影響によるものと考えられ、キンギョの正常交配に比較して数の少いことはドジョウ♀の遺傳子の影響によるものと考えられる。更に又キンギョ♀×ドジョウ♂のものがキンギョの正常交配のそれに比較して色素細胞の数が少いことは、ドジョウ♂の遺傳子の影響によるものと考えられ、ドジョウの正常交配のそれより色素細胞の数の多いことは、キンギョ♀の遺傳子によるものと考えられる。従つてこれらの交雑仔魚の色素細胞の数に於ても父系及び母系の遺傳子の影響を確認することができたのである。

## 6. 摘要

- この研究は科を異にするドジョウとキンギョの相反交配を行い、その発生及び遺傳子の影響を明らかにしたものである。
- 科間交雑卵は正常交雑のものに比較して、発生初期に死卵が増加し、特に囊胚期にその増加が著るしかつた。
- ドジョウ♀×キンギョ♂の仔魚に於ては、孵化後最長 14 日間、キンギョ♀×ドジョウ♂のそれに於ては 24 日間生存せしめることができたが、これら仔魚の多くは、頭部、尾部、卵巣に著しい発生障害を見受けた。
- 交雑卵を同溫度に保つて發育せしめたところ、發生速度に父系及び母系の遺傳子の影響のあ

ることが確認できた。

5. 交雑卵から孵化した仔魚の核の大きさ、筋節數、色素細胞の數にも、父系及び母系の遺傳子の影響をそれぞれ確認することができた。

6. 以上の結果から、筆者の行つたドジョウとキンギョの科間交雫に於て得られる仔魚のうち良好に發育したものは LOEB の考えたような單爲生殖的なものではなく、受精に際し、卵核と精核が融合して生じた科間雜種であることを確認することができると考える。

### 参考文献

1. BANCROFT, F. W., 1912: Heredity of pigmentation in *Fundulus* hybrids, Jour. Exp. Zool., xii, pp. 153-178.
2. HERTWIG, G. & P., 1914: Kreuzungsversuche an Knochenfishen. Arch. mikr. Anat., Ixxxiv, p. 49
3. KASANSKY, W. J., 1928: Der erste Falloiner Beweglichkeit der Fischembryonen in frühen Entwicklungsstadien, bald nach der Furchung des Eies. Zool. Anz. Ixxv, pp. 235-240.
4. LOEB, J., 1912: Heredity in heterogeneous hybrids. Jour. Morph., xxiii, p. 1.
5. MINAMORI, S., 1951: The lethal phenomena in the second generation of the spinous loach hybrid. Jour. Sic. Hiroshima Univ. xii, pp. 57-66.
6. 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, p. 29.
7. MORRIS, M., 1914: The behavior of the chromatin in hybrids between *Fundulus* and *Ctenolabrus*. Jour. Exp. Zool., xvi, pp. 501-521.
8. NEWMAN, H. H. 1910: Further studies of the process of heredity in *Fundulus* hybrids. Jour. Exp. Zool., Iii, pp. 143-161.
9. —— 1914: Modes of inheritance in teleost hybrids. Jour. Exp. Zool., xvi, pp. 447-499.
10. —— 1915: Development and heredity in heterogenic teleost hybrids. Jour. Exp. Zool., xviii, pp. 511-576.
11. —— 1917: On the production of monsters by hybridization. Biol. Bull., xxxii, pp. 306-321.
12. —— 1918: Hybrids between *Fundulus* and mackerel. Jour. Exp. Zool., xxvi, pp. 391-421.
13. —— 1923: Hybrid 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. —— 1928: Developmental factors in teleost hybrids. Jour. Morph., xl, pp. 579-598
17. RUSSEL, A., 1939: Pigment inheritance in the *Fundulus-Scomber* hybrid. Biol. Bull., Ixxvii, pp. 423-431.
18. 山本時男, 1943 : 魚類の発生生理 東京(養賢堂)。

### Résumé

This research was made to examine the reciprocal cross between mud loach (*Misgurnus anguillicaudatus* (C.)) and goldfish (*Carassius auratus* (L.)) which is of a different family, and to explain the development and the effect of the genes.

At the early stage of development, it was found that more dead eggs were among

the interfamiliar hybrid ones than in the case of the normal cross, and the number of them were much more increased at the gastrula stage.

The larvae which were produced from *M. a.* (=mud loach) ♀ × *C. a.* (=goldfish) ♂ survived for 14 days and those produced from *C. a.* ♀ × *M. a.* ♂ survived for 24 days, but many of these larvae had an obstacle of development in the head, the tail and the yolk sac.

The time needed for hatching *C. a.* of the normal development was twice as long as that for hatching *M. a.* of the normal development, when both of them had been kept under the same condition of temperature (19-21°C) by the thermostat. But *C. a.* ♀ × *M. a.* ♂ hatched faster than *C. a.* of the normal development, and *M. a.* ♀ × *C. a.* ♂ hatched slower than *M. a.* of the normal development.

The nuclei of the normal larvae of *M. a.* were found to be very small compared with that of *C. a.* In the case of *M. a.* ♀ × *C. a.* ♂, however, the nuclei were bigger than those of the normal larvae of *M. a.*, while the nuclei of the larvae hatched out of *C. a.* ♀ × *M. a.* ♂ were smaller than those of the normal larvae of *C. a.*

The number of the myotomes of normal larvae of *M. a.* were greater than those of the normal larvae of *C. a.* But through the experiment of *M. a.* ♀ × *C. a.* ♂, it was known that the number of the myotomes were less than those in the case of the normal larvae of *M. a.* *C. a.* ♀ × *M. a.* ♂ showed that the number of the myotomes was bigger than in the case of the normal larvae of *C. a.*

The normal larvae of *M. a.* had no melanophores immediately after having been hatched, but the normal larvae of *C. a.* had already melanophores ranging from 120 to 240 as soon as they were hatched. More melanophores, however, appeared in the case of *M. a.* ♀ × *C. a.* ♂ than in the normal larvae of *M. a.*, and in the case of *C. a.* ♀ × *M. a.* ♂ they appeared less in number as compared with the normal larvae of *C. a.*

From the facts mentioned above, I think I can conclude that the size of nucleus of larvae, developmental rate of the egg, the number of myotomes, and that of melanophores are effected by the paternal as well as maternal genes. Therefore, I can not approve of the parthenogenesis which LOEB had publicized, and I am convinced from the facts of my experiments that the interfamiliar hybrids can be produced by the fusion of the egg nucleus and the sperm nucleus concerned at the moment of the insemination.