資 料

Syunsaku NOGUSA 1943. On the chromosomes of four species of the Cyprinidae (Pisces). *Jap. Jour. Genet.* **19**: 282-287. (With English résumé, p. 286).

鯉科魚類數種の染色體

野 草 俊 作

北海道帝國大學理學部動物學教室

昭和 18 年 8 月 7 日受領

最近、脊椎動物の染色體研究は目覺しい發展を遂げて來たにも拘らず、魚類のみは遅々として研究の進歩を見ない現状にある。魚類に關して此方面の研究を顧みるに、前世紀の初めにかけて、受精並に發生に關する研究 (Oppermann '13), 或は精子形成過程及び卵子形成過程の研究 (Kastschenko 1890; Ranitz 1899; Schreiner '04; Rückert 1892 etc.) 等に染色體數の述べられてゐるのを見る。其後程んど忘れられた状態にあつたが、近年に至つて染色體の形態に關する研究が活潑に行はれるやうになり、コヒ科 (Cyprinidae), メダカ科 (Cyprinodontidae) に於て實驗遺傳學より得た事實の證明を、細胞學的に解決せんとする動向が見られる様になつた (Makino '33-'43; Prokofieva '34; Iriki '32; Friedman and Gordon '34 etc.)。吾人の衣食住に最も近い交渉を持つ淡水硬骨魚類のコヒ科に於てさへ Makino ('34-'41) のコヒ、フナ、キンギョ等 5 屬 6 種の報告あるのみにて、實に寥々たるものである。Matsui ('34) はワキンとフナの変種實驗より、又一方變異性の研究より、ワキンはフナから變化した事を明にしたが、一方 Makino ('35, '41) は細胞學の見地よりその近縁關係を實證し、又 Matsui ('30, '36) のコヒの変種實驗に相俟つて、Makino ('41) はコヒに於て核學的に的確なる研究をなし、又極く最近小島 ('43) はコヒの受精現象を細胞學的に觀察した業績は、此の方面の細胞遺傳學上又水産應用學上重要視されねばならない。

淡水魚の王座を占むるコヒ科魚類は經濟的價值は勿論、國民營養資源確保の上に重大なる價值をさげばれてゐる現今、この方面の品種改良並に生産擴充上、其の基礎的研究なる細胞學的知識を要求する事大である。一方又系統分類學上未だ種々の疑問を含むこれら魚類の解決と共に、染色體研究の必要性を痛感する次第である。本論文は 2, 3 コヒ科魚類の染色體數を明にせんとして行はれたものである。

本研究は小熊教授と牧野助教授の御指導によつて行はれたもので、研究中牧野助教授には手をとつて御教示を賜り、且數々の御助言を賜つた。茲に兩先生に謹んで感謝するものである。又材料採集に際し種々の御便宜を與へられた兵庫縣水産試験場場長松井佳一博士及内橋潔 技師に對し厚く感謝する次第である。

材料及び方法 本研究に用ひた 4 種類の淡水硬骨魚類はコヒ科 (Cyprinidae) に屬するもので、カワムツ (*Zacco temminckii* Temminck et Schlegel), オヒカワ (*Zacco platypus* Temminck

et Schlegel) 及び ムギツク (*Pungtungia hilgendorfi* Ishikawa) は 10 月中旬兵庫縣神崎郡寺前村の小川にて採集した。カラフトムツ (*Phoxinus percnurus sachalinensis* Berg) は 5 月中下旬にかけて、北海道札幌市郊外篠路村の小さな池で採集した。

何れも精巢を Champy 液で固定し良好なる結果を得た。切片製作は普通のパラフィン切片法に依り 6-7 μ の厚さとし、染色は Heidenhain's iron-haematoxylin と Light green による二重染色法に依つた。

挿圖は總てアツベ氏描畫装置を使用したもので、スンプ K.20 $\times$ 接眼鏡 及び 100 $\times$ 對物鏡の組合せて寫生し (約 3500 $\times$)、それを標本撮影器で約 5000 $\times$ に引伸した。

観 察

1. カワムツ *Zacco temminckii* (Temminck et Schlegel)

精巢中に精原細胞の分裂面が多數に發見されたが、良好なる分裂面は比較的少なかつた。幸ひ第 1-2 圖に示す如き、1 平面に殆んど重なり合ふことなく赤道板を形成した 2 個の分裂像を觀察

Figs. 1-2. Chromosomes of *Zacco temminckii*, spermatogonial metaphases. $\times 5000$.

Figs. 3-4. Chromosomes of *Zacco platypus*, spermatogonial metaphases. $\times 5000$.

Figs. 5-6. Chromosomes of *Pungtungia hilgendorfi*, spermatogonial metaphases. $\times 5000$.

Figs. 7-11. Chromosomes of *Phoxinus percnurus sachalinensis*.

7-9, primary spermatocyte metaphases. 10, secondary spermatocyte metaphase. $\times 5000$.

した。精密なる觀察の結果精原細胞に於ける倍數染色體數は疑ひもなく $2n=50$ と決定された。本種の核型は 4 個(2 對)の V 形 (syntelomitic) と、残り 46 個(23 對)の棒狀 (orthotelomitic) 染色體よりなつてゐる。V 形染色體は次中部 (submesomitic) の紡錘絲着點を有する比較的に大きいもので、これ等染色體相互の長さの差は少ないが、相同對をなす染色體を指摘する事はそう困難でない。残りの 23 對の中、2 個(1 對)は特に長大なる棒狀で、確然と他のものと區別出来るが、その他のものは各個間に於ける差異は少く次第に長さを減じてゐる。

本研究に使用した材料は何れも採集時期が早かつた爲、精母細胞の染色體に就ては觀察出来なかつた。

2. オヒカワ *Zacco platypus* (Temminck et Schlegel)

前種同様に精原細胞の分裂中期の赤道板に於て、倍數染色體數 ($2n$) は 50 と確定された (第 3-4 圖)。染色體を形態的に分析して見ると、4 個(2 對)の V 形 (syntelomitic) 染色體と 23 對の棒狀 (orthotelomitic) の染色體よりなること前種と變りない。やはり棒狀染色體中、1 對は特に長く明瞭に他のものから區別される。實際には見なかつたが上記の結果より半數染色體數 (n) は 25 と思はれる。

3. ムギツク *Pungtungia hilgendorfi* (Ishikawa)

第 5-6 圖に示す如く、精原細胞で明瞭に倍數染色體數 $2n=50$ が算定された。又その核型も前 2 種と全く酷似したものである。染色體は紡錘絲着點を中心に向けて、放射狀に竝んでゐる。核型を分析して見ると、2 對の V 形 (syntelomitic) 染色體と 23 對の太く短かい棒狀 (orthotelomitic) 染色體より成ることが明である。前 2 種に於けると同様、その中の 1 對は特に長大である。即ち本種も前述の 2 種と染色體數竝に核型に於て、何等異なる所を發見し得なかつた。精母細胞の分裂は全く見ることが出来なかつたが、以上 3 種と共に $n=25$ なる事は想像に難しくない。

4. カラフトムツ *Phoxinus phoxinus sachalinensis* (Berg)

採集時期が遅れたため、精原細胞の分裂像は發見出来なかつたが、第一精母細胞の分裂像は多數存在し、何れも例外なく半數 $n=27$ の染色體數を數へることが出来た (第 7-9 圖)。四分子染色體の形態は種々であるが、その中大體 4-5 個の大型のものが他に目立つて區別出来る。これ等の四分子の形態を詳細に見ると、その内少くとも 4 個のものは次中部 (submesomitic) 或は次端部 (subtelomitic) の紡錘絲着點を持つてゐる様に考へられる。又 1 個は極めて顯著な環狀を呈する。

第二精母細胞の分裂にはやはり同じく $n=27$ の染色體が見られ、この内 4 個のものは V 形をなして現はれる (第 10 圖)。その形狀より推して syntelomitic の構造を持つものと考へて恐らく誤はあるまい。故に倍數細胞には 8 個の V 形染色體の存在するであらうことは想像に難くない。これ等の結果より倍數染色體數 ($2n$) は 54 と考へられる。

考 察

魚類の染色體研究は脊椎動物中で一番遅れてゐる (Oguma and Makino '37 參照)。それは細胞の大きさが一般に非常に小さく、それに反して染色體數が相當に多いため研究上に困難を伴ひ、又一方テクニックの上にも種々の難點があつたことなどが研究不振の原因と考へられる。古典的な研究法によつた初期の研究は單に精子形成或は卵子形成の過程を追究しただけのもので染色體研究としては現在の進んだ智識から見てとるに足らぬものである。

まず染色體數の上より魚類の染色體的關係を考察する。コヒ科 (Cyprinidae) の唯一人の研究者 Makino ('33-'41) の研究を見ると、コヒ (*Cyprinus carpio*) の染色體數 ($2n=104$) は現在知られてゐる脊椎動物中の最高で、軟骨魚類のガンギエヒ科 (Rajidae) に屬するコモカスベ (*Raja meerdervoortii*) の染色體數 $2n=104$ (Makino '37) と同數である。又フナ (*Carassius carassius*)、キンギョ (*Carassius auratus*) の染色體數は $2n=94$ であるが、これらの結果に比し、本研究に於て報告した種類の染色體數は遙かに小數である。然し、同じコヒ科に屬するヤリタナゴ (*Acheilognathus lanceolatus*)、イシモロコ (*Pseudorasbora parva*) 及びウゲヒ (*Tribolodon hakuensis*) で Makino ('39) は 3 種とも染色體數を $2n=50$ と報告してゐるが、この結果は著者の觀察した 3 種即ち *Zacco temminkii*, *Zacco platypus*, *Pungtungia hilgendorfi* と同様である。これに反し *Phoxinus phoxinus sachalinensis* は $2n=54$ で、これは上記 6 種より 4 個多い。又同じ内顎亜目 (Suborder Eventognathi) に屬するドギヤウ科 (Cobitidae) の 2 種、ドギヤウ (*Misgurnus anguillicaudatus*) 及び フクドギヤウ (*Barbatula oreas*) で夫々 $2n=52$ 及び $2n=48$ が知られてゐる (Makino '41)。

次に染色體の形態から考察して見ると、*Z. temminkii*, *Z. platypus*, *P. hilgendorfi* 3 種の核型は外觀上殆んど相違が見られない。2 對の V 形 (syntelomitic) 染色體と 23 對の棒狀 (orthotelomitic) 染色體よりなつて居る。Makino ('39) の研究になる *A. lanceolatus*, *P. parva* の核型と殆んど一致してゐる。系統的に近縁關係にあるこれ等の種類の間に於ては當然なことと思はれるが、著者の觀察した 3 種では棒狀 (orthotelomitic) 染色體中に特に長い 1 對が存在することは、ここに特記しなければならない。*P. phoxinus sachalinensis* では倍數染色體の觀察は出来なかつたが、第 I 及び第 II 精母細胞の分裂像より推察して本種の核型は、4 對の V 形 (syntelomitic) 染色體と 23 對の棒狀 (orthotelomitic) 染色體より構成されてゐる事は想像出来る。以上要するに魚類の核型は相當複雑したもので、たとへ縁の近い魚群の間にあつても一樣性は求められないやうに思はれる。本研究に於る種類の間には Makino ('41) が Cobitidae で見た様な chromosome-linkage の現象は見られなかつた。

次に現在迄に研究された魚類の核型を分類して見ると大體次の三通りの大きな型に分析出来るようである。

(1) 全て棒狀 (orthotelomitic) 染色體よりなるもの

Cyprinodontidae に屬する *Aplocheilichthys* (Iriki '32), *Lebistes* (Winge '23; Vaupel '29; Iriki '32), *Xiphophorus*, *Platypharodon* (Ralston '34), Friedman and Gordon '34), *Gambusia* (Geiser '24), Cyprinidae に屬する *Carassius* (Makino '34, '35, '41), *Cyprinus* (Makino '34, '39), Cobitidae に屬する *Misgurnus* (Makino '41), Gasterosteidae に屬する *Pungitius* (Makino '34), Osphromenidae に屬する *Betta* (Bennigton '36), Pholidae に屬する *Pholis* (Makino '37)。

(2) 全て V 形 (syntelomitic) 染色體よりなるもの

Esocidae に屬する *Umbra limi* (Foley '26)。

(3) 棒狀染色體と V 形染色體の混合したもの

Salmonidae に屬する *Salmo*, *Salvelinus*, *Coregonus* (Prokofieva '34), *Oncorhynchus* (Makino '33, '37), Squalidae に屬する *Squalus* (Makino '37) 等複雑なるものもあれば、Cyprinidae に屬する *Acheilognathus*, *Pseudorasbora*, *Tribolodon* (Makino '39) 及び本研究の *Zacco*, *Pungtungia*, *Phoxinus* (Nogusa '43), Cobitidae に屬する *Barbatula* (Makino '41)。

等簡單なるものもある。

以上の如く魚類の染色體は一定の型を定める事は出來ず、核型に多くの異なつた種類のあることがわかる。

要 約

(1) 本論文は鯉科 Cyprinidae に屬する 4 種, *Zacco temminkii*, *Zacco platypus*, *Pungtungia hilgendorfi*, *Phoxinus phoxinus sachalinensis* の染色體研究である。固定は何れも Champy 液を用ひて良好な結果を得た。

(2) *Z. temminkii*, *Z. platypus*, *P. hilgendorfi* の 3 種は共に倍數染色體數 ($2n$) は 50 で、核型を分析して見ると、2 對の V 形 (syntelomitic) 染色體と 23 對の棒狀 (orthotelomitic) 染色體よりなり、後者の 1 對は特に長大である。

(3) *P. phoxinus sachalinensis* は第 I, 第 II 精母細胞で半數染色體數 (n) = 27 と決定した。これらの染色體形態より推して倍數は 54 で、4 對(8 個)の V 形 (syntelomitic) 染色體と 23 對の棒狀染色體より成る核型を有するものと考へられる。

引 用 文 獻

主要なるもののみを挙げる。その他は Oguma, K. and S. Makino: A new list of the chromosome numbers in Vertebrata. (Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser. VI. 5 (1937) を参照されたし。

Makino, S. 1934. Notes on the chromosomes of some fresh-water Teleosts. Jap. Jour. Genet. 9.

—— 1935. A close relationship between the 'Funa' and the gold-fish as seen in the morphology of the chromosomes. Kagaku (Tokyo) 5.

—— 1937. The chromosomes of two Elasmobranch fishes. Cytologia, Fujii Jubilee Volume.

—— 1939. The chromosomes of the carp, *Cyprinus carpio*, including those of some related species of Cyprinidae for comparison. Cytologia 9.

—— 1941a. A karyological study of gold-fish of Japan. Cytologia 12.

—— 1941b. The chromosomal relation between the two allied species of the loach (Cobitidae, Pisces). Cytologia 12.

Matsui, Y. 1930. Genetical studies on fresh-water fish. I. On the new mutants in carp (*Cyprinus carpio* L.). Jour. Imp. Fish. Exp. St. 1.

—— 1934. Genetic studies on gold-fish of Japan. I. On the varieties of gold-fish and the variations in their external characteristics. Jour. Imp. Fish. Inst. 30.

—— 1936a. On the genetical experiments in carp (in Japanese). Imp. Fish. Exp. St., 3.

—— 1936b. On the genetical studies in carp (A preliminary note in Japanese). Jap. Jour. Genet. 12.

Oguma, K. 1942. Observations de formes composées et de chromosomes et de disposition de ceux-ci en temps de division et de proposition de quelques nouvelles terminations. Jap. Jour. Genet. 18.

小島吉雄 1943. コヒ (*Cyprinus carpio* L.) に於ける受精現象の細胞學的觀察. 遺傳雜 19.

Résumé

The present paper deals with the chromosome numbers in the male complex of the following four species of fresh-water teleost fishes belonging to the Cyprinidae;

Zacco temminckii (Temminck et Schlegel), *Zacco platypus* (Temminck et Schlegel), *Pungtungia hilgendorfi* (Ishikawa) and *Phoxinus phoxinus sachalinensis* (Berg). The karyotypes of the former three species are very alike with each other and nearly identical in every respect of morphological characters. No numerical and morphological differences of chromosomes were found among these three species, as is clearly understood by reference to the accompanying figures (Figs. 1-6). The number of chromosomes was found to be uniformly 50 ($2n$) in the spermatogonial complex, of which at least two pairs are syntelomitic V-shape, while the remaining 23 pairs are orthotelomitic and simple rod-shape forming a well-graded series. From this evidence the supposition is possible that the haploid number is undoubtedly 25 in these species. In *Phoxinus phoxinus sachalinensis* the condition is quite different. The haploid number observed in the primary and secondary spermatocytes was proved to be 27, the number being two more than that in the former three forms (Figs. 7-10). The diploid number is supposed, therefore, to be 54 in this species. The evidence obtained seems to show that the complement of this species contain at least four pairs of syntelomitic V-shaped chromosomes.

The following table shows the numerical relation of the chromosomes in the cyprinid fishes so far studied.

Species	$2n$	n	Investigator
<i>Cyprinus carpio</i>	104 <i>spg</i>	52 (I, II)	Makino, '34, '39
<i>Carassius carassius</i>	94 <i>spg</i>	47 (I, II)	Makino, '34, '35, '41
<i>Carassius auratus</i>	94 <i>spg</i>	47 (I, II)	Makino, '41
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	50 <i>spg</i>	25 (I, II)	Makino, '39
<i>Pseudorasbora parva</i>	50 <i>spg</i>	25 (I, II)	Makino, '39
<i>Tribolodon hakuensis</i>	50 <i>spg</i>	25 (I, II)	Makino, '39
<i>Zacco temminckii</i>	50 <i>spg</i>	(25)	Nogusa, '43
<i>Zacco platypus</i>	50 <i>spg</i>	(25)	Nogusa, '43
<i>Pungtungia hilgendorfi</i>	50 <i>spg</i>	(25)	Nogusa, '43
<i>Phoxinus phoxinus sachalinensis</i>	(54) <i>spg</i>	27 (I, II)	Nogusa, '43

spg: spermatogonium. (I): primary spermatocyte. (II): secondary spermatocyte.