

フナ属魚類の染色体の比較研究(続報): 特にニゴロブナ,
ナガブナ, ギンブナについて

小林 弘・越智 尚子・竹内 直政

(1972 年 11 月 15 日受領)

Chromosome studies in the genus *Carassius*: Comparison of
C. auratus grandoculis, *C. auratus buergeri*, and
C. auratus langsdorfii

Hiroumu Kobayasi, Hisako Ochi, and Naomasa Takeuchi

Somatic chromosomes of the nigorobuna (*C. auratus grandoculis*) obtained from Lake Biwa, two local varieties of the nagabuna (*C. auratus buergeri*) from Lake Suwa and the Hokkaido district, and two local varieties of the ginbuna (*C. auratus langsdorfii*) from the Okayama Prefecture and Lake Biwa were studied and compared. Chromosome preparations was performed by the same methods previously described (Kobayasi et al., 1970).

The results showed that the nigorobuna and nagabuna of Lake Suwa and the ginbuna of the Okayama Prefecture had the same diploid chromosome number of 100. Their karyotypes consisted of 10 pairs of metacentrics, 20 pairs of submetacentrics and 20 pairs of acrocentric elements. There was no morphological difference between the male and female karyotypes. On the other hand, 5 females of the nagabuna collected from the Hokkaido district and 4 females of the ginbuna (hiwara) from Lake Biwa had the chromosome number of 156, consisting of 17 pairs of metacentrics, 31 pairs of submetacentrics and 30 pairs of acrocentrics. The populations of the ginbuna and nagabuna in these regions consisted mostly or almost entirely of females. It was proved from these evidences that the nagabuna and ginbuna with triploid state occur not only in the Kantō district but also in the Hokkaido district and Lake Biwa. These triploid females might be arisen by gynogenesis, as has been reported in the ginbuna obtained from the Kantō district by Kobayasi (1971) and Kobayasi and Ochi (1972). [Japan Women's University, Bunkyo-ku, Tokyo, 112, Japan (H. K. and H. O.); National Science Museum, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo, 160, Japan (N. T.)]

フナ属 *Carassius* 魚類の染色体について, Ojima et al. (1966) はゲンゴロブナ, マブナ, ワキン, リュウキンなどの体染色体数を 100 とし, これらの核型分析の結果が一致することを報告した. 前回の研究で, 小林ら (1970) はワキン, ヨーロッパブナ, 宮崎系ギンブナなどの体染色体数はいずれも 100 で, これらの核型分析の結果も一致するが, 雄のみられない関東地方産ギンブナの体染色体数は 100 ではなく 156 か 206 であることを発見し, 核型分析の結果と考え合せて, ギンブナの体染色体には $2n, 3n, 4n$ の 3 系列のあることを指摘した. その後, 小林 (1971, 1972) および小林ら

(1972) は $3n$ の関東産ギンブナが gynogenesis により繁殖する事実を, 交雑の結果やギンブナ精子で媒精した卵の細胞学的研究, さらにギンブナやドジョウの精子の媒精により生じた仔魚と母親魚の体染色体の関係から明確にした. このような gynogenesis によるフナの繁殖は, すでに, 北海道産のナガブナと思われるフナの交雑実験によって小林・山林 (1958), Kobayasi (1963a) らにより報告されている. しかし, Kobayasi (1963b, 1965) が引続いて行なったこれらのフナの交雑の細胞学的研究では, $3n$ の関東産ギンブナにみられるような結果は得られていない. これは北海道のフナ

にも $2n$ と $3n$ との両系列があり、両者の外観上の区別が困難なために生じた混乱ではないかと思われる。ソ連圏からヨーロッパに分布する *C. auratus gibelio* 中にも gynogenesis をするものがあり (Berg, 1949; Balon, 1966), Cherfas (1966) は白ロシアの Volmin population でこれを行うものは $2n$ 個体ではなく $3n$ 個体であると述べ、さらに Cherfas (1972) はこの関係が他地域の *C. auratus gibelio* にも当はまるのではないかと考えている。また最近 Hensel (1971) は、*C. auratus gibelio* と日本産フナの関係について幾つかの疑問を投げかけている。このようにフナの中には受精により繁殖をするものと、gynogenesis により繁殖をするものがあり、これがフナ類の染色体構成と関連をもつことは明白な事実となった。しかし、我が国のフナの種類上の区分と体染色体の関係については、まだ完全に調査が終了していない。今回、筆者らは中村 (1969) の分類学上の区分に基づき、ニゴロフナ、諏訪湖系のナガフナ、北海道産のナガフナ、岡山産のギンフナ、琵琶湖産のギンフナについて、これらの体染色体の観察を行なった。これによって我が国に生息するフナの 6 亜種全部の体染色体を一応調べることができた。

染色体の観察は前回同様の方法を用い、材料魚の腹

腔にコルヒチン液を注入し、その後この魚の腎臓と鰓の遊離細胞を低調液処理し air-drying 法でプレパラートを作り、ギムザ氏液で染色した。鏡検は 1000 倍で行い、核型分析には顕微鏡写真を用いた。染色体の観察には腎臓と鰓の両器官の細胞で、重複や崩壊のない良好な分裂中期の核板を選出し、染色体数算出には少なくとも 1 個体について 10~20 個の細胞を観察し、これを材料魚全体について繰返した。さらに核型分析には各個体より最も良好な核板数個を選び、各個体の分析結果を総合判断して 1 亜種または 1 系列の核型を決定した。この研究でも核型分析は記載と比較の都合上、相同と思われる染色体を 1 対とし、また centromere の位置により metacentric, submetacentric, acrocentric の 3 グループに分け、各グループはその中に含まれる染色体の長さの順に排列した。

ニゴロフナ *C. auratus grandoculis* (Fig. 1): 琵琶湖で 1971 年 3 月に採集されたものの中から全長 121~244 mm の 4 (雌 2, 雄 2) 個体を材料とした。これらの各個体について調べた染色体数はいずれも 100 であり、核型分析の結果よりみて雌雄の間で差異は認められず、metacentric は 10 対で 20 個、submetacentric は 20 対で 40 個、acrocentric は 20 対で 40 個の染色体からなり、各グループとも長さの差は

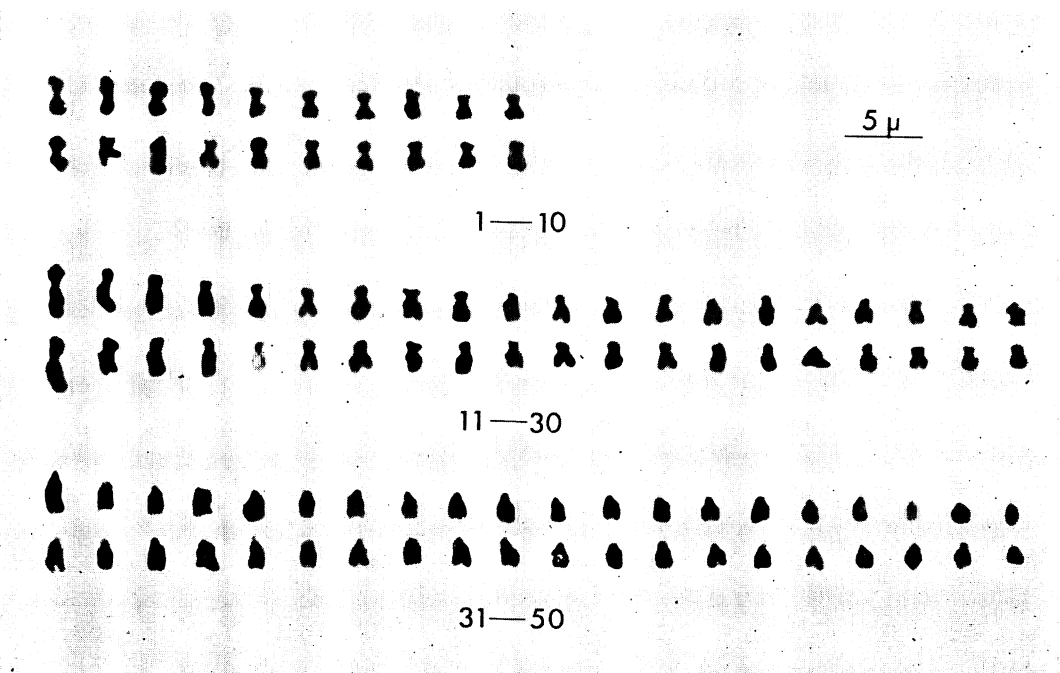


Fig. 1. Karyotype of the nigorobuna (*C. auratus grandoculis*) from Lake Biwa, with 100 chromosomes.

僅少で漸次的排列をなしていた、ただ submetacentric の1番目の1対は他に比しやや長く、数個の核板には acrocentric の5番目辺りの染色体に satellite らしいものが認められた、この結果はキングヨ、キンブナ、宮崎系キンブナなどの 2n 系列のフナの場合と全く一致した。

ナガブナ *C. auratus buergeri*: この研究では、使

用したナガブナを生息地により、2系に分けて扱った。その一つは諏訪湖系であり、他は北海道系である。両系の外観はきわめて類似しているが、諏訪湖系では雌雄の比がほとんど等しく現われるのに対し、北海道系においては雌が多く、雄の出現率は一般に僅かであった。

諏訪湖系ナガブナ (Fig. 2, a), 1962年に諏訪湖で

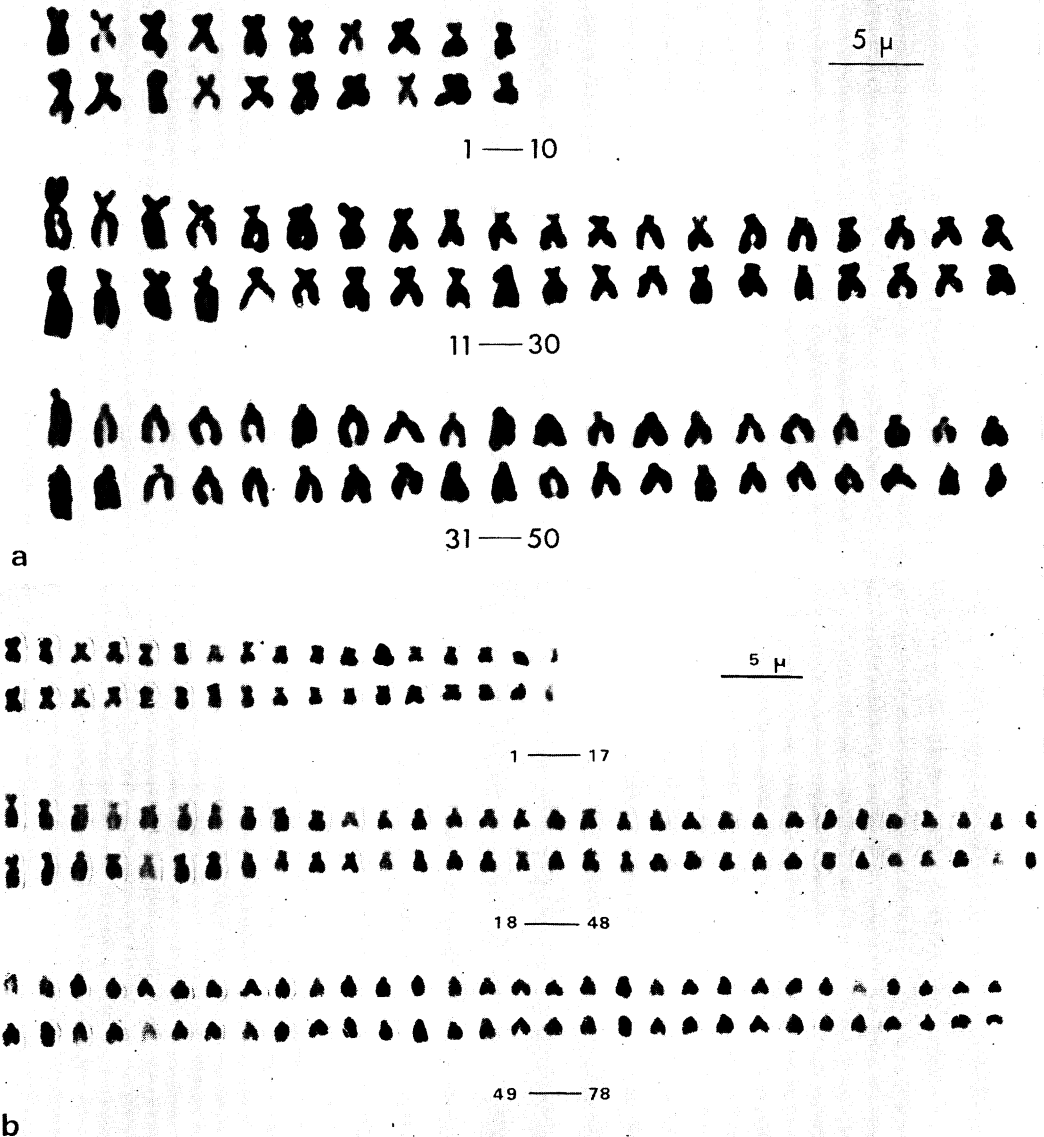


Fig. 2. Karyotypes of the nagabuna (*C. auratus buergeri*). a, Lake Suwa race with 100 chromosomes; b, Hokkaido race with 156 chromosomes.

Table 1. Number of chromosomes in the nigorobuna, nagabuna, and ginbuna.

Subspecies and race	Number of chromosomes			
	Metacentric	Submetacentric	Acrocentric	Total
<i>C. auratus grandoculis</i> (Lake Biwa)	20	40	40	100
<i>C. auratus buergeri</i> (Lake Suwa race)	20	40	40	100
<i>C. auratus buergeri</i> (Hokkaido race)	34	62	60	156
<i>C. auratus langsdorfii</i> (Okayama race)	20	40	40	100
<i>C. auratus langsdorfii</i> (Lake Biwa race)	34	62	60	156

採集されたナガブナが資源科学研究所の池で飼育され、その後自然繁殖によって4代から5代を経過した。これらの中から全長82~97mmの5(雌2, 雄3)個体を取り出し材料とした。これらについて調べた染色体数はいずれも100で核型分析の結果からみても雌雄の間で差異はなく、metacentricは10対で20個、submetacentricは20対で40個、acrocentricは20対で40個の染色体からなり、その排列状態や形態上の特徴はニゴロブナと一致し、2n系列のフナの定型を現わした。

北海道系ナガブナ (Fig. 2, b), 材料として使用したフナは1971年7~8月に北海道の日高地方の平取川流域で採集された5個体、石狩川流域の旭川市郊外で採集された1個体、および天塩川流域の名寄市近郷で採集された1個体であり、これらの全長は136~176mmで、すべてが雌であった。これらの7個体の染色体数は152から158の間である。それらの中で核型分析に用いた良好な核板中には1部に154のものも認められたが、多くは156であった。metacentricは17対で34個、submetacentricは31対で62個、acrocentricは30対で60個の染色体で構成され、3グループに分けられた染色体はそれぞれのグループ内で僅少な長さの差で漸次的に排列していたが、metacentricの17番目の1対は他に比し一段と短小であった。この結果は3nの関東系ギンブナの結果とほぼ一致した。

ギンブナ *C. auratus langsdorfii*: ギンブナについても材料魚の生息地によって2系に分けた。その一つは岡山系で、この地のギンブナには明らかに雄が含まれているのに対し、琵琶湖系のギンブナ(現地名、ヒワラ)では関東系ギンブナ同様に雄が確認されていない。しかし外観上は岡山系と琵琶湖系の魚を区別する

ことは困難であった。

岡山系ギンブナ (Fig. 3, a), 岡山県の吉井川周辺で1971年に採集したものの中から全長136~166mmの7(雌5, 雄2)個体を材料とした。これらについて調べた染色体数はいずれも100であり、核型分析の結果からみて雌雄の間で差異はなくmetacentricは10対で20個、submetacentricは20対で40個、acrocentricは20対で40個の染色体よりなり、その排列状態や形態上の特徴も2n系列のフナの定型を現わした。

琵琶湖系ギンブナ (Fig. 3, b), 琵琶湖で1971年採集されたものの中から全長108~147mmの雌4個体を材料とした。これらについて調べた染色体数は152から156の間であり、核型分析に用いた最良の核板からは156を現わすものが最も多く、metacentricは17対で34個、submetacentricは31対で62個、acrocentricは30対で60個の染色体よりなり、関東系ギンブナの3n系列と全く等しい結果を現わした。

本実験結果とこれまで行なわれてきた観察結果を総合して我が国のフナの繁殖法と染色体の関係を考えてみると、キンギョ、キンブナ、ゲンゴロブナにはかなりの数の雄個体が存在し、交雑実験で雑種を生じ(松井, 1950; 小林, 1972), これらの体染色体数はいずれも100で、核型分析の結果も一致した(小林ら, 1970; Kobayasi and Kawashima, 1971)。このような事実から推して、上記の3亜種は受精により繁殖する2n系列のグループに属し、また、本実験で観察したニゴロブナも体染色体数が100で、核型分析の結果も他の2n系列のフナと一致し、しかも、雄魚が多数存在するところから、この亜種も上記のグループに入るものと考えた、これに対しナガブナは、諏訪湖系のよう

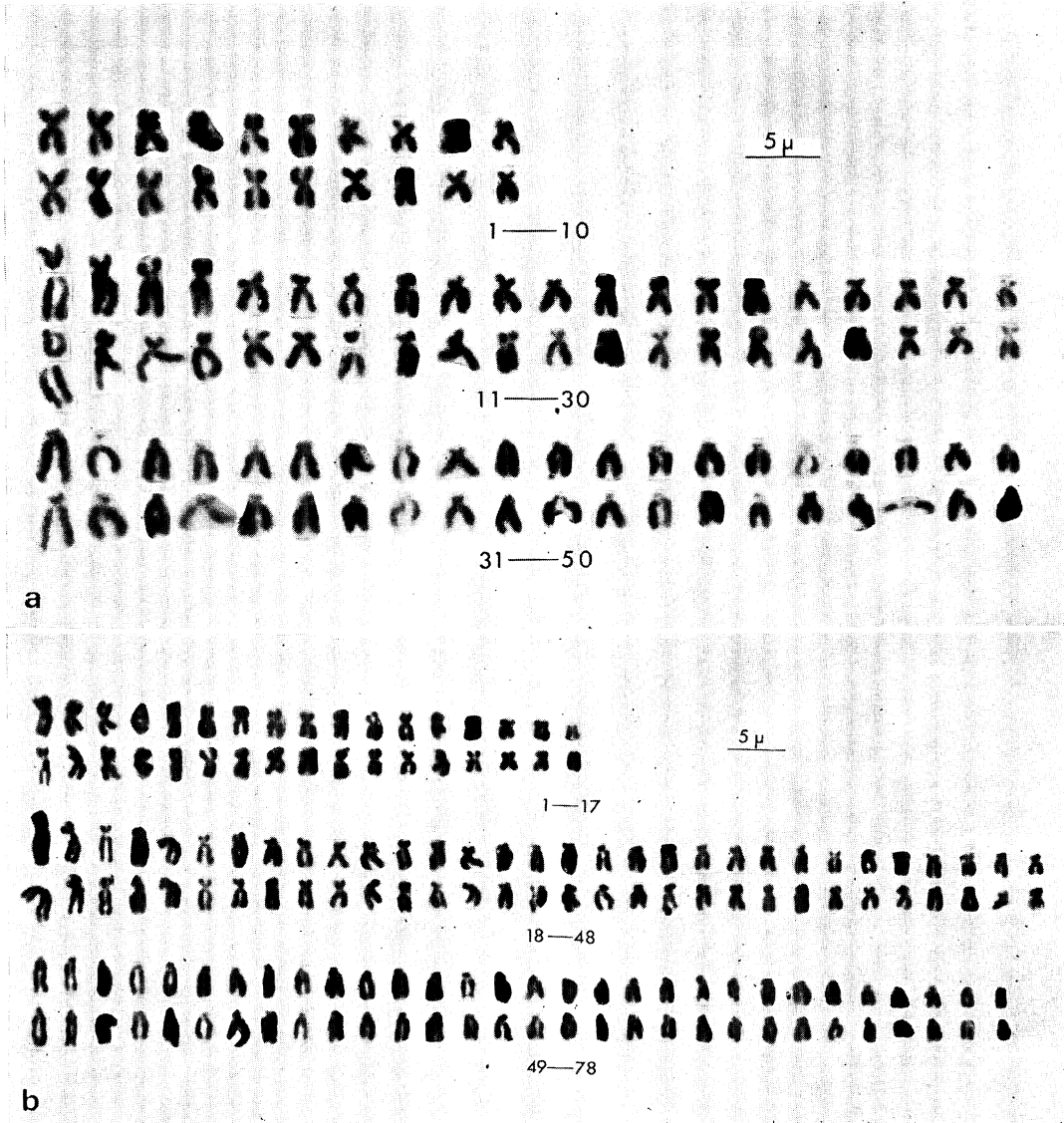


Fig. 3. Karyotypes of the ginbuna (*C. auratus langsdorfii*). a, Okayama race with 100 chromosomes; b, Lake Biwa race (hiwara) with 156 chromosomes.

に、体染色体数が雌雄とも 100 で、核型分析の結果も上記 4 亜種と一致するものと、北海道系のように雌魚の体染色体数が 156 で核型分析の結果も関東系ギンブナの 3n 系列と一致するようなものと 2 通りのものが現われた。前者は受精により繁殖する 2n 系列であり、後者は染色体ばかりでなく、交雑実験の結果 (小林・山林, 1958; Kobayasi, 1963a) からも gynogenesis により繁殖する 3n 系列と考えられた。これによりナガブナにも 2n 系列, 3n 系列のあることが明らかとな

った。ギンブナ中に 2n 系列と 3n 系列, 希に 4n 系列のあることは前回の小林ら (1970) の報告により指摘されたところであるが、本研究の岡山系と琵琶湖系ギンブナの体染色体の比較によりこの事実が一層明確なものとなった。しかし、ギンブナやナガブナは我が国において最も広い地域に多数分布する亜種であり、これに対し、これまでの実験で扱った材料はごく一部にすぎない。もし各地域の自然生息群を広く一層詳細に調べれば、2n 系列, 3n 系列との混生する地域もある

であろう。最近、新潟市で採集されたナガブナ中に体染色体 206 (4n) をもつ雌 1 個体が発見され、また大阪府の羽曳野市で採集されたギンブナ中に体染色体を 156 (3n) もつ雄 1 個体が発見された。3n の雄魚の出現は、フナの繁殖機構に対する従来の考え方に大きな影響をあたえるものであるため、現在慎重な検討を続行中である。

さらに、以上の結果から我が国産の 6 亜種のフナと *C. auratus gibelio* との類縁関係を考察してみると、ギンブナやナガブナは形態的に類似しているばかりでなく、同一亜種内で受精により繁殖する 2n 系列と gynogenesis により繁殖する 3n 系列とをもつ点から、*C. auratus gibelio* に最も近い関係にあると判断した。

謝 辞

御助言と御援助を賜った国立科学博物館の中村守純博士並びに東京医科大学の外村晶教授に心から感謝の意を表する。また材料魚の採集に御協力下さった藤学園旭川高校の山林勇氏に深謝する。

なおこの研究には文部省科学試験研究費を使用した。

引用文献

- Balon, E. K. 1966. Ryby Slovenska, s kresbami a fotografiami autora. Obzor Bratislava, 1~413, figs. 1~61, pls. 1~100.
- Berg, L. S. 1949. Freshwater fishes of the U. S. S. R. and adjacent countries, 2. Guide to the fauna of the U. S. S. R., 29: 1~496, figs. 288~946.
- Cherfas, N. B. 1966. Natural triploidy in females of the goldfish (*Carassius auratus gibelio* Bloch). Genetika, (5): 16~24, figs. 1~6.
- Cherfas, N. B. 1972. Results of a cytological analysis of unisexual and bisexual forms of silver crucian carp. Genetics, selection, and hybridization of fish, Israel program for scientific translations, Jerusalem, 79~90, figs. 1~3.
- Hensel, K. 1971. Some notes on the systematic status of *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782) with further record of this fish from the Danube river in Czechoslovakia. Věst. Čs. spol. zool., 35: 186~198, figs. 1~6.

- Kobayasi, H. 1963a. Morphological and genetical observations in hybrids of some teleost fishes II. J. Hokkaido Gakugei Univ. Sec. 2, B. 14: 1~23, figs. 1~28.
- Kobayasi, H. 1963b. Some cytological aspects of fertilization in the cross between the funa (*Carassius carassius*, Cyprinidae) and the loach (*Misgurnus anguillicaudatus*, Cobitidae). Biol. Bull., 125: 114~124, figs. 1~30.
- Kobayasi, H. 1965. A chromosome study in inter-family hybrids between the funa and the loach. Nucleus, 8: 1~6, figs. 1~11.
- 小林弘. 1971. 3 倍体ギンブナの gynogenesis に関する細胞学的研究. 動物学雑誌, 80: 316~322, figs. 1~15.
- 小林弘. 1972. 日本産フナの交雑実験について. 日本女子大学紀要 (家政), (19): 35~62, figs. 1~7.
- 小林弘・川島康代・竹内直政. 1970. フナ属魚類の染色体の比較研究, 特にギンブナに現われた倍数性について. 魚類学雑誌, 17: 153~160, figs. 1~4.
- Kobayasi, H. and Y. Kawashima. 1971. On the chromosome studies of the funa-carp hybrids, 1: Gengorobuna (*Carassius auratus cuvieri*) Carp (*Cyprinus carpio*). Jap. Women's Univ. J., (18): 55~58, figs. 1~2.
- 小林弘・越智尚子. 1972. キンブナとドジョウの精子の媒精により生じた 3 倍体ギンブナの仔魚の染色体について. 動物学雑誌, 81: 67~71, figs. 1~3.
- 小林弘・山林勇. 1958. フナとドジョウの相互媒精後の経過について. 北海道学芸大学紀要, 第 2 部, 9: 137~143, figs. 1~3.
- 松井佳一. 1950. 日本水産コイ, フナおよびその雑種について. 現代生物学の諸問題, 増進堂, 東京, 152~188, figs. 1~18.
- 中村守純. 1969. 日本のコイ科魚類 (日本産コイ科魚類の生活史に関する研究). 資源科学シリーズ, 4: 1~135, figs. 1~16, pls. 1~149.
- Ojima, Y., S. Hitotsumachi and S. Makino. 1966. Cytogenetic studies in lower vertebrates, 1. A preliminary report on the chromosome of the funa (*Carassius auratus*) and goldfish (A revised study). Proc. Japan Acad., 42: 62~66, figs. 1~4.

[112 東京都文京区目白台 日本女子大学 (小林・越智)・160 東京都新宿区百人町 国立科学博物館 (竹内)]