

ウグイの椎体の成長について

駒田 格 知

Growth of Vertebral Centra in the Cyprinid Fish, *Tribolodon hakonensis*

Noritomo Komada

(Received July 11, 1979)

Malformations of vertebra and curvature of the spinal column have been frequently reported for various species of fishes throughout the world (e.g. Dawson, 1964, 1966, 1971; Dawson and Heal, 1976). This paper reports on sexual difference and the growth of vertebral centra in the cyprinid fish, *Tribolodon hakonensis*, to establish a basis for differentiating normal and abnormal structures. Young specimens were collected from the Nagara River, Gifu Prefecture, in the period from 1975 to 1978. Adults were collected from the Mugi River, Gifu Prefecture, in May, 1979. Length and diameter of centra of 359 specimens were measured for different growth stages and sexes.

Ossification of vertebrae begins in the postlarval stage, at about 12.0 mm in standard length (SL). In fish smaller than 25.0 mm SL, all centra are almost equal in length. At 35.0~40.0 mm SL, lengths of centra located at the posterior part of the abdominal region and anterior part of the caudal region are longer than those in the other regions. As the fish grow, growth rate becomes higher in the middle part of the column than in the other regions. The diameter of centra in fish of 12.0~25.0 mm SL shows no difference associated with the position of centra throughout the vertebral column. In larger specimens, the diameter of centra located at the anterior part of the abdominal region and around the transitional area between the abdominal and caudal regions is larger than those in the other regions. As for sexual difference, it was found that in adults of the same body size the diameters of centra are larger in females than in males.

(Department of General Anatomy, Gifu College of Dentistry, 1851 Takano, Hozumi-cho, Motosu-gun, Gifu Prefecture, 501-02, Japan)

最近、天然、養殖の区別なく、脊椎骨に異常のみられるいわゆる変形魚が多数見出され、その発現率、変形の類型等についての報告がなされている (Dahlberg, 1970; Dawson, 1964, 1966, 1971; Dawson and Heal, 1976; Moore and Hixon, 1977; 松里, 1978; Komada, in press). ウグイ *Tribolodon hakonensis* Günther に関しても例外ではない (池田, 1936; 今田・吉住, 1973; 駒田, 1978). しかし、これら変形魚につき出現場所別、時期別の発現状況および症状などを魚種間または同一魚種内で比較検討する際の基準とすべきデータはほとんどない。

本研究は河床附着性餌料を食し、半底性の生活を行うといわれる (水野ら, 1958; 中村, 1969) ウグイに関して、その脊椎の形態異常発現の時期を明らかにするに先立ち、正常個体の脊椎骨の成長を明らかにする目的で、

成長段階別および雌雄別に椎体の長さおよび直径を測定し、成長のようすを検討したものである。

材料および方法

1975~1978年の5~8月に長良川 (岐阜市) のウグイ産卵場付近で標準体長 12.0~125.0 mm のウグイ 199尾を手網および投網により、また 1979年5月、長良川支流・武芸川 (武芸川町) のウグイ産卵場で標準体長 140.0~310.0 mm の成魚 160尾を投網により、それぞれ採捕した。標本は採捕直後に中性ホルマリン溶液 (市販の 10%) で固定し、標準体長別に区分した。

標準体長 60.0 mm 以上の標本の一部は、左体側筋と内臓を除去して脊椎骨を露出してアリザリン・レッド S で染色し、残余は軟X線撮影を行い、それぞれの椎体に

頭部から順に番号を付して、椎体の長さや椎体前部の直径をノギスで 1/20mm まで測定した。この場合、第一脊椎骨は外部からはその境界が不明瞭なため、実際の計測は第二脊椎骨から実施した。体長 12.0~60.0 mm のウグイでは、アリザリン・レッド S 染色の透明骨格標本を作製し、顕微鏡下で同様の測定をした (Table 1, Fig. 1)。武芸川で採捕された成魚および産卵中であった成熟魚 (標準体長 140.0~310.0 mm) の性の決定は、追星の発現状況 (中村, 1969) および生殖腺の肉眼的観察に基づいた。全脊椎骨数 (尾部棒状骨を含む)、腹椎骨数 (第一脊椎骨から第一血管棘の起こる椎体の前までの脊

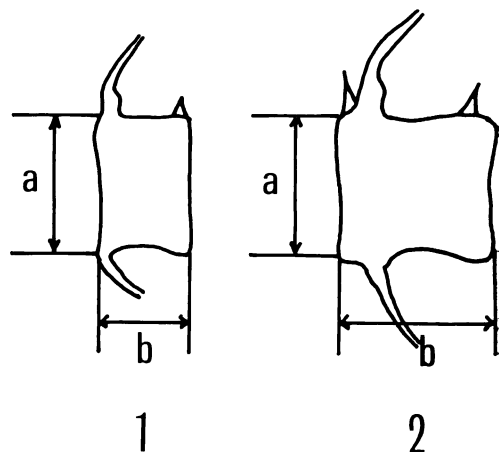


Fig. 1. Diagrams showing the methods of measurements of centra in the middle part of the column. 1: Larval stage (24.0 mm SL). 2: Adult stage (150.0 mm SL). a, vertical diameter; b, longitudinal length.

Table 1. Number of specimens examined during the years of 1975~1979.

Growth stage (Standard length in mm)	Alizarin Red stained	X-Ray photographed
Larva (12.0~14.0)	20	0
(14.0~17.0)	20	0
(17.0~20.0)	20	0
(20.0~25.0)	21	0
Juvenile (35.0~40.0)	20	0
(60.0~70.0)	10	10
Young (70.0~80.0)	10	10
(90.0~105.0)	10	10
Subadult (105.0~115.0)	5	18
(115.0~125.0)	5	10
Adult (140.0~160.0)		
Male	5	15
Female	5	15
(190.0~210.0)		
Male	5	15
Female	5	15
(240.0~260.0)		
Male	5	15
Female	5	15
(290.0~310.0)		
Male	5	15
Female	5	15
Total	181	178

椎骨数)、尾椎骨数 (尾部棒状骨を含む血管棘を有する後部の脊椎骨数) の計数は Clothier (1950) に従った。全脊椎骨長は全脊椎骨長の総和、脊柱長は第一脊椎骨から尾部棒状骨末端までの長さである。

本研究に用いたウグイ稚魚の種の同定は、同一個体群の一部を研究室内の水槽 (60×30×35 cm) で1年以上飼育した後に確認した。

実験結果

脊椎骨数 本研究に用いた長良川産および武芸川産ウグイの脊椎骨数は Table 2 に示す通りである。両河川の個体群差、また体長や雌雄による差はみられず、腹椎骨数、尾椎骨数および全脊椎骨数はそれぞれ平均 26, 22, 48 であった。

成長に伴う椎体長および椎体径の変化 ウグイ稚魚における脊椎骨の石灰化は、標準体長 12.0 mm に達した時に脊柱前半部で進行し始め、まもなく (体長 12.4 mm

Table 2. Vertebral counts (including urostyle) of *Tribolodon hakonensis*: Mean±S.D. AV (abdominal vertebrae), vertebrae without haemal spines; CV (caudal vertebrae), vertebrae bearing haemal spines, including urostyle.

Locality	Standard length (mm)	Sex	n	AV	CV	Total
Nagara R.	60.0~ 80.0		30	26.18±0.53	22.29±0.70	48.43±0.73
Mugi R.	140.0~160.0	♂	20	26.13±0.70	22.35±0.60	48.44±0.70
		♀	20	26.50±0.67	22.19±0.72	48.70±0.78
Mugi R.	290.0~310.0	♂	20	26.50±0.50	22.25±0.60	48.75±0.83
		♀	20	26.07±0.46	22.29±0.70	48.36±0.48

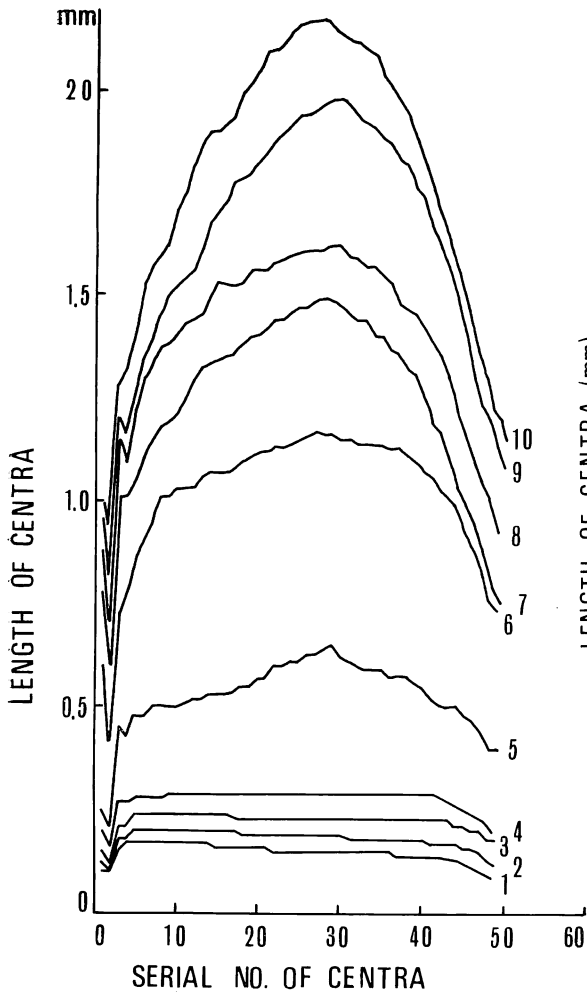


Fig. 2. Length of each centrum of young of *Tribolodon hakonensis*. Figures on right (1~10) indicate size groups in standard length: 1, 12.0~14.0 mm; 2, 14.0~17.0 mm; 3, 17.0~20.0 mm; 4, 20.0~25.0 mm; 5, 35.0~40.0 mm; 6, 60.0~70.0 mm; 7, 70.0~85.0 mm; 8, 90.0~105.0 mm; 9, 105.0~115.0 mm; 10, 115.0~125.0 mm.

以上) 全脊椎骨におよぶ。その直後、すなわち、体長 12.0~14.0 mm の時期には、第 2・第 3 脊椎骨および尾椎後部の椎体長は他の脊椎骨よりやや短い、全体的にはほぼ同長である。この傾向は体長 20.0~25.0 mm の時期まで維持される。しかし、体長 35.0~40.0 mm に達すると、腹椎後部および尾椎前部の椎体が他より伸長しているのが確認された。それ以後、この傾向はますます強まり、体長 100.0 mm 以上に達すると脊柱中央部の椎体長は両端の椎体の約 2 倍にも達する。そして、体

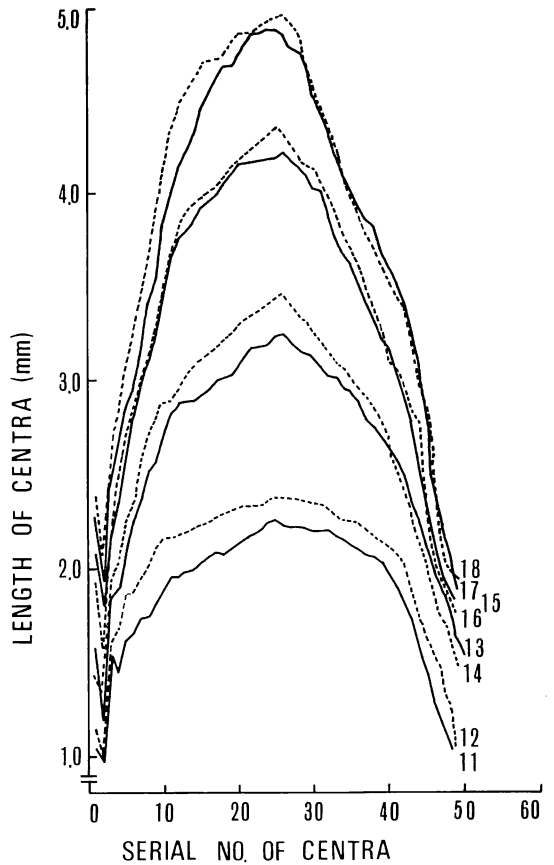


Fig. 3. Length of each centrum of adults of *Tribolodon hakonensis*. Figures on right (11~18) indicates size groups in standard length: 11, 140.0~160.0 mm, male; 12, 140.0~160.0 mm, female; 13, 190.0~210.0 mm, male; 14, 190.0~210.0 mm, female; 15, 240.0~260.0 mm, male; 16, 240.0~260.0 mm, female; 17, 290.0~310.0 mm, male; 18, 290.0~310.0 mm, female.

長 300.0 mm の成熟魚では、脊柱中央部の椎体長は約 5.0 mm にも達する (Figs. 2, 3).

次に、椎体径について成長段階別に比較すると、体長 12.0~25.0 mm の間はほとんどその径は変化せず、また、椎体の位置の違いによる差異もみられない (Figs. 4, 5)。しかし、体長 35.0 mm 以上に達すると、第 2~第 5 脊椎骨、腹椎後半部および尾椎前半部の椎体の径が伸長して他よりやや長くなる。この傾向はその後も維持されるが、全脊椎骨を通じて最大径と最小径の差は椎体長の場合に比較すると著しく小さく、体長 300.0 mm に成育した成熟魚では、最大径約 5.0 mm、最小径約 4.0 mm であった。

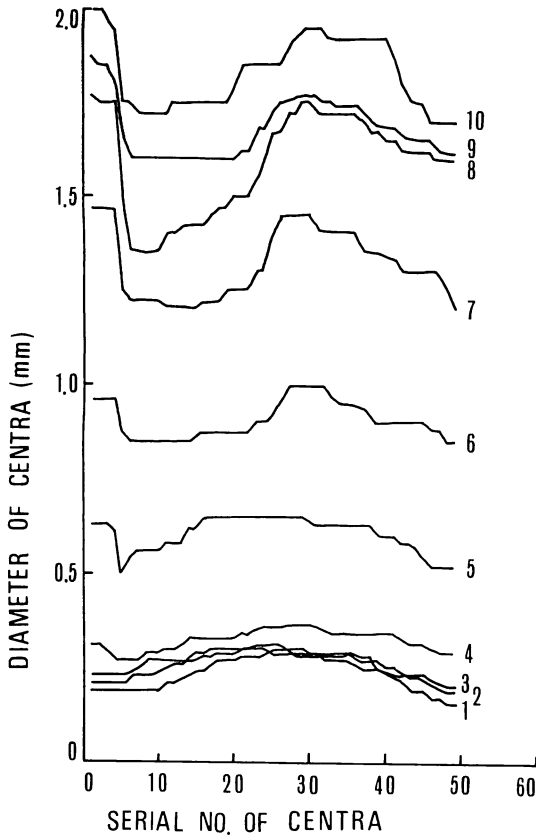


Fig. 4. Diameter of each centrum of youngs of *Tribolodon hakonensis*. See Fig. 2 for legend.

椎体長および椎体径から椎体の形状をみると次のようになる。体長 12.0~25.0 mm の期間は、全脊椎骨を通じて椎体径は椎体長を上回り、側面からみると細長い角柱状を呈する。体長 35.0~40.0 mm になると、椎体長と椎体径はほぼ等しくなる。そして、体長 55.0~85.0 mm の期間は椎体長が椎体径よりも長くなるが、体長 90.0 mm に達すると再び椎体径が椎体長よりも長くなる。しかし、体長 105.0 mm に成長すると、腹椎後半部および尾椎前半部では、椎体長が椎体径よりもやや長くなるが、脊柱の両端部では、椎体径が椎体長を著しく上回るようになる。その後、この傾向はますます顕著になり、体長 300.0 mm の成熟魚では、脊柱中央部の椎体長は約 5.0 mm、径は約 4.0~5.0 mm に達し、その形状は大型で強固なものとなる。また、脊椎両端部の椎体では、径は中央部のものと差がみられないが、長さは 2.0~4.0 mm で、その形状は太く短い型を呈する。

椎体長および椎体径の雌雄差 長良川支流・武芸川のウグイ産卵場から採捕された成熟ウグイの体長は 140.0

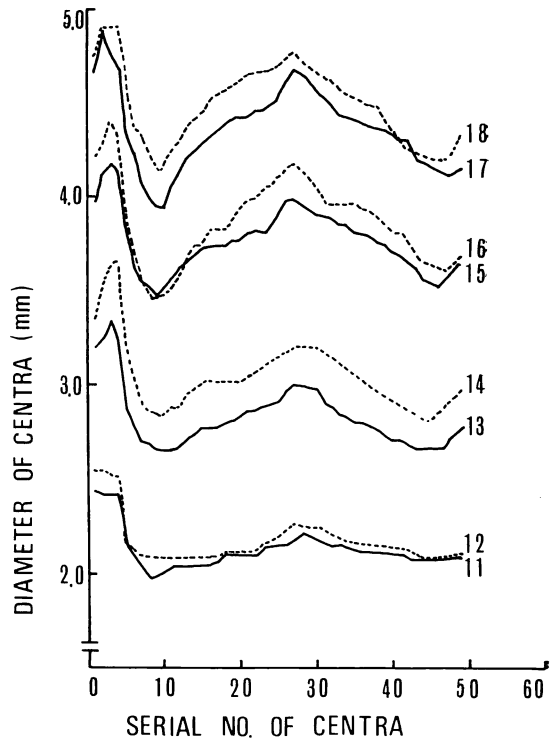


Fig. 5. Diameter of each centrum of adults of *Tribolodon hakonensis*. See Fig. 3 for legend.

~310.0 mm であった。これらのウグイを追星および性殖腺の状態から雌雄に区分し、椎体長および椎体径の性差を検討した。まず、体長の等しい雌雄間で椎体長の性差をみると、全般的に雌魚の方が雄魚よりも長い傾向が認められた (Fig. 3)。しかし、雌雄間で有意差が認められたのは、体長 140.0~160.0 mm の腹椎前半部 (第 5 脊椎骨~第 15 脊椎骨)、体長 240.0~260.0 mm の脊椎中央部 (第 22 脊椎骨~第 27 脊椎骨)、そして体長 290.0~310.0 mm の腹椎前半部 (第 5 脊椎骨~第 15 脊椎骨) においてであり、他では認められなかった (*t*-検定, $0.01 < p < 0.05$)。椎体径に関しても、椎体長の場合とはほぼ同様の傾向がみられた。しかし、両者間で有意差が確認されたのは、体長 190.0~210.0 mm の全脊椎骨においてのみであった (*t*-検定, $0.01 < p < 0.05$)。次に、標準体長に対する脊柱長および椎体長に対する全脊椎骨長の総和の相対比を雌雄間で比較すると、前者に関しては性差が認められなかったが、後者に関しては雌魚が雄魚よりもやや大きな値を示した。このことから、雄魚では雌魚よりも椎体間隔が広いことがわかる。また、標準体長に対する頭長の比を雌雄間で比較したところ、

差異は全く認められなかった (Table 3).

考 察

一般的に魚類では、体を構成する各部分は同一比率で成長していくものではなく、仔・稚魚期に急速な変化をなし、成魚になるとその変化は鈍くなると言われている。しかし、このことは魚種によってかなり差異がみられ、それぞれの種の生活様式等と深く関連していると思われ、さらに、形態異常の発現時期等もそのことに深い関係があると考えられる。

魚類の脊椎骨の形状変化の程度は、若年魚と成魚の間に差があると言われている (Clothier, 1950)。脊椎骨の成長に伴う形態や大きさの変化に関する研究 (Ford, 1937; Clothier, 1949; 山田, 1961a, 1961b; Ganguly and Mitra, 1962; 駒田, 1977) が行われる一方、脊椎骨を年令形質や体長復原の手段に用いようとした研究 (三谷, 1958; 多々良ほか, 1962) 等がみられる。しかし、各魚種別に化骨直後の稚魚期から成魚期まで、成長に伴う形態や大きさの変化に関して記載した報告は少ない。山田 (1961a, b) は、硬骨魚類の椎体長曲線について調査した結果、前峯型・後峯型・双峯型の3型を認め、しかもこれらは体の成長に伴って変化し、型の全く変化しない場合、同一型内で変化する場合、型の移行する場合に区分されるとしている。

ウグイ稚魚における脊椎骨の石灰化の時期および椎体の成長は前述の如くであるが (Figs. 2, 3)、脊柱における部位によって椎体の成長差が現われる体長25.0~34.0 mm の時期は7~8月で、本種の産卵期が4月であることから、3~4ヶ月令に相当し、これは孵化後河川の浅瀬で群集生活をしていた仔・稚魚期から、群集を解消して、活動範囲の広い単独生活に移行する時期である。

アユ *Plecoglossus altivelis* の場合にも基本的に同じであり、体長 80.0 mm までは椎体長・径ともに全脊椎骨ではほぼ同じであるが、体長 110.0 mm の頃には脊柱中央部およびそれよりやや後部の椎体で他より伸長する。このような変化が起こる時期は、アユが河川を溯上、定着して河床の藻類を食み、成長の著しい時期に相当している (駒田, 1977)。すなわち、魚類における脊椎骨の成長変化時期や位置の違いによる大きさの差は、魚種それぞれの游泳、摂餌行動などの生活様式を反映しているものと思われる。

6月下旬に長良川で採捕した1~2ヶ月令のウグイ稚魚を水槽内で飼育した場合に、飼育後1ヶ月半を経過した頃から脊柱彎曲異常魚が出現し始め、この時の体長は20.0~30.0 mm であった (駒田, 1978)。この場合の発現原因には、栄養条件を含め飼育環境等いろいろ考えられるが、ウグイの脊椎骨の成長に変化の現われる時期が体長 25.0~35.0 mm であることとの関連も考えられる。さらに、天然河川アユの場合、脊柱の両端に位置する椎体は中央部のものに比べてかなり小さい (駒田, 1977) が、ゆ合椎体や短小椎体の出現率は両端の方がかなり高く、また、体幹短縮症を呈する魚体では脊柱中央部に異常椎体が多いことが判明している (Komada, in press)。このことは、ウグイにおいて得られた結果 (駒田, 1979) と同じである。

なお、ウグイ成魚において椎体長および椎体径を体長の同じ雌雄間で比較すると、雌魚の方が雄魚よりも大きい傾向がみられるが、椎体間隔は雌魚より雄魚の方が広い傾向がみられた。この結果はアユの場合 (駒田, 1977) とは異なり、その原因は現在のところ不明である。

Table 3. Ratios of length of head and vertebral column to standard length, and total of length of each centrum to length of vertebral column in *Tribolodon hakonensis*: Mean±S.D. SL, standard length; HL, head length; VCL, length of vertebral column, from the origin of the 1st centrum to the end of the urostyle; TCL, total length of each centrum.

Standard length (mm)	Sex	n	HL/SL	VCL/SL	TCL/VCL
140.0~160.0	♂	20	0.234±0.006	0.746±0.011	0.851±0.012
	♀	20	0.242±0.008	0.730±0.011	0.881±0.011
190.0~210.0	♂	20	0.240±0.008	0.741±0.016	0.872±0.015
	♀	20	0.231±0.009	0.752±0.010	0.789±0.016
240.0~260.0	♂	20	0.227±0.008	0.758±0.009	0.836±0.014
	♀	20	0.226±0.009	0.769±0.011	0.865±0.015
290.0~310.0	♂	20	0.222±0.009	0.769±0.016	0.772±0.014
	♀	20	0.224±0.009	0.758±0.017	0.829±0.016

謝 辞

終始ご指導, ご鞭撻を賜わった岐阜歯科大学の堀井五十雄教授, ならびに岐阜大学の出浦滋之教授に深謝の意を表します。

引用文献

- Clothier, C. R. 1946. Vertebral variation with size in *Clevelandia ios*. *Copeia*, 1946(3): 113~116, figs. 1~6.
- Clothier, C. R. 1950. A key to some southern California fishes based on vertebral characters. *Calif. Div. Fish and Game, Fish Bull.*, (79): 1~83, figs. 1~22, pls. 1~23.
- Dahlberg, M. D. 1970. Frequencies of abnormalities in Georgia estuarine fishes. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 99(1): 95~97.
- Dawson, C. E. 1964. A bibliography of anomalies of fishes. *Gulf. Res. Rep.*, 1: 308~399.
- Dawson, C. E. 1966. A bibliography of anomalies of fishes. Supplement 1. *Gulf. Res. Rep.*, 2: 169~176.
- Dawson, C. E. 1971. A bibliography of anomalies of fishes. Supplement 2. *Gulf. Res. Rep.*, 3: 215~239.
- Dawson, C. E. and E. Heal. 1976. A bibliography of anomalies of fishes. Supplement 3. *Gulf. Res. Rep.*, 5: 35~41.
- Ford, E. 1937. Vertebral variation in teleostean fishes. *J. Mar. Biol. Assoc.*, 22(1): 1~60, text-figs. 1~18, pls. 1~16.
- Ganguly, D. N. and B. Mitra. 1962. On the vertebral column of the teleostean fishes of different habits and habitats 1. *Mugil corsula*, *Pama pama*, *Triacanthus brevisrostris* and *Andamia heteroptera*. *Anat. Anz. Bd.*, 110: 289~311, figs. 1~16, pls. 1~2.
- 池田兵司. 1936. 北海道阿寒湖ウグイ *Tribolodon* sp (♀) の一畸形. *動物及植物*, 4(9): 55~58, figs. 1~6.
- 今田和史・吉信喜好. 1973. 魚類の脊椎骨異常 I. 道内で発見された奇形魚について. *水産孵化場研究報告*, (28): 45~55, figs. 1~8.
- 駒田格知. 1977. 海産・湖産・人工孵化アユにおける椎体の成長. *魚類学雑誌*, 24(2): 128~134, figs. 1~7.
- 駒田格知. 1978. ウグイ (*Tribolodon hakonensis*) の骨格の異常成長に関する研究. (1) 水槽内飼育における成長および外部形態異常の発現について. *成長*, 17(1): 28~35, figs. 1~11.
- 駒田格知. 1979. ウグイ (*Tribolodon hakonensis*) の骨格の異常成長に関する研究. (4) 天然および水槽内飼育ウグイにおける脊椎骨異常の発現について. *成長*, 18(2・3): 49~59, figs. 1~6.
- Komada, N. (In press). Incidence of gross malformations and Vertebral anomalies of ayu, *Plecoglossus altivelis*, in nature and at a hatchery. *Copeia*, 1980(1): 29~35.
- 松里寿彦. 1978. 天然水域における骨異常魚とその環境指標性. 農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究報告書, 183~252, figs. 1~9, pl. 1.
- 三谷文夫. 1958. ブリの成長と年令に関する研究—I. 年令形質としての脊椎骨の検討. *日本水産学会誌*, 24(8): 626~631, figs. 1~4.
- 水野信彦, 他7名. 1958. 川の魚の生活. 1. コイ科4種の生活史を中心にして. *京都大学生理生態学研究業績*, 81: 1~48, figs. 1~13.
- Moore, C. J. and J. H. Hixon. 1977. Incidence of crooked vertebral column in adult Potomac River white perch, *Morone americana*. *Copeia*, 1977(2): 384~387, fig. 1.
- 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. 資源科学研究所*, 455 pp., 19 figs., 149 pls.
- 多々良薫・山口義昭・林知夫. 1962. 脊椎骨椎体長による体長体重復原のための研究. *内海区水産研究所研究報告*, 16: 199~228, figs. 1~9.
- 山田鉄雄. 1961a. マアジの椎体長曲線の研究. *長崎大学水産学部研究報告*, 10: 192~209, figs. 1~14.
- 山田鉄雄. 1961b. 硬骨魚類の椎体長曲線について. *日本水産学会誌*, 27(6): 510~515, figs. 1~3.
- (501-02 岐阜県本巣郡穂積町高野 1851 岐阜歯科大学解剖学教室)