

## マダイの脊柱と尾骨の発達

松 岡 正 信

### Development of Vertebral Column and Caudal Skeleton of the Red Sea Bream, *Pagrus major*

Masanobu Matsuoka

(Received June 15, 1982)

Development of the vertebral column and caudal skeleton of the red sea bream, *Pagrus major*, is described from laboratory-reared series and wild specimens. Cartilage formation in these structures takes place at about 4.5 mm TL and ossification starts at about 6.0 mm TL. The sequence of cartilage formation and ossification in *P. major* is compared with other species already described. Accessory cartilages found in the caudal region are described in detail. The number and arrangement of these cartilages are almost constant. The laboratory-reared specimens are more variable than wild ones in number of bones, e.g. vertebrae. It is likely that there are some differences between these two stocks in size of larvae at the stage of the appearance of accessory cartilages. Laboratory-reared postlarvae have many abnormalities in neural and haemal arch cartilages, and this may be related to the malformation of the centrum at later stages.

(Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan)

近年、魚類の種苗生産技術は著しく進歩したが、まだ多くの体形異常魚が出現し、問題となっている。このうち、マダイ *Pagrus major* (Temminck et Schlegel) の前彎症については、仔魚期に鰾にガスが蓄積されないことに起因するとされ、餌料中の  $\omega 3$  高度不飽和脂肪酸 ( $\omega 3$  HUFA) 含量を十分に保つことによってかなり防除し得ることが明らかにされた(北島ほか, 1977; 藤田・北島, 1978; 渡辺, 1978; 北島ほか, 1981)。前彎症は脊椎骨が二次的に変形作用を受けて生じるものであるが、直接の骨形成異常によると思われる短軀症等については、まだ効果的な対策は確立されていない。また、外観の変形を伴わない骨格異常はほとんど問題にされていない状態である。しかし、たとえ軽度であっても、骨格異常は種苗放流後の生残率に影響を与える可能性があり、できる限りこれらを少なくする努力が払われるべきであろう。

骨格異常の解明には、基礎的知見として、骨の発達に関する詳細な研究が必要である。マダイの骨化過程については、すでに、北島(1978)がその概要を示し、隆島(1978)が椎体形成異常との関連において報告しているが、骨化以前の知見はまだ乏しい。Dingerkus and Uhler

(1977)によって簡便な軟骨染色法が開発されて以来、魚類の骨の初期発達に関する詳細な知見が得られるようになった(Balon, 1980a, b, c, d; Fritzsche and Johnson, 1980; Powell and Gordy, 1980)。本研究は、マダイの中軸骨格系のうち、骨格異常の生じやすい脊柱と尾骨について、その出現から完成に至る過程を明らかにしようとしたものである。

#### 材料および方法

観察には、次の人工採苗魚と天然魚を用いた。人工採苗魚: 長崎県水産試験場増養殖研究所でふ化した107尾(ふ化仔魚~全長 78.5 mm)、福井県栽培漁業センターでふ化した326尾(ふ化仔魚~全長 40.0 mm)。天然魚: 長崎県志々伎湾産105尾(全長 21.0~51.5 mm)、広島県尾道産14尾(全長 36.1~84.0 mm)、京都府久美浜産10尾(全長 18.5~27.5 mm)、若狭湾産漁獲物39尾(全長 111.0~188.5 mm)。

本研究では天然仔魚が得られなかったため、全長 18.5 mm 以下の観察はすべて人工採苗魚によるものである。

透明標本作成にあたっては、Dingerkus and Uhler

(1977) による軟骨・硬骨二重染色をやや簡略化して施した。ただ、この方法では標本が多少脱灰されるため、Taylor (1967) によるアリザリンレッド単独染色も別に行った。

骨格の名称は上野 (1975) および Houde and Potthoff (1976) に従った。

## 結 果

**脊柱と尾骨の概要** タイ型魚類では脊椎骨数はすべて  $10+14=24$  となっている (赤崎, 1962)。天然魚では脊椎骨数の変異はほとんどなく、若狭湾産マダイ幼魚・未成魚 39 尾ではすべて、また、志々伎湾産稚魚 100 尾では、98 尾が  $10+14=24$  であった。残りの 2 尾は  $10+15=25$  で、うち 1 尾は癒合椎体を持つ骨格異常魚であった。また、人工採苗魚では、 $9+14=23$ ,  $10+13=23$ ,  $10+15=25$  といった個体がかかなり頻繁に出現した。

マダイの尾骨は Houde and Potthoff (1976) が報告した *Archosargus rhomboidalis* のそれとほとんど同様に、以下の骨から構成されている：椎体 3 個 (このうち最後端は尾部棒状骨)、神経棘 1 本、血管棘 2 本、準下尾骨 1 個、下尾骨 5 個、尾神経骨 2 対、上尾骨 3 個、変形神経弓門 1 個、 $9+8=17$  の主鱗条。この他に、多くの場合尾縁部に 8 個の軟骨 (accessory cartilage または radial cartilage) が存在する (Fig. 4E)。これらの存在場所と便宜上の軟骨番号は以下の通りである：第 22 神経棘末端部の前方 (Ac 1)、第 12 血管棘末端部の前方 (Ac 2)、第 12 と第 13 血管棘末端部の間に 2 個 (Ac 3, Ac 4)、第 13 血管棘末端部後方 (Ac 5)、下尾骨 5 の末端部後方 (Ac 6)、脊索末端の左右両側に 2 個 (Ac 7, Ac 8)。この中で Ac 3 が最も大きく、主鱗条以外の分節不分枝鱗条 3 本を支持している。また、個体によっては、準下尾骨末端部後方に非常に小さな軟骨が 1~3 個存在する。

肋骨は軟骨性骨で第 3~第 10 脊椎骨に対応して 8 対存在する。前方 7 対の肋骨の腹側先端部には軟骨組織があるが、第 8 肋骨の先端は骨化し尖っている。天然魚では肋骨の数に変異はなかった。しかし、人工採苗魚ではまれに 7 対のものもあった。また、第 8 肋骨以外で腹側先端が骨化し尖っているものもあった。上肋骨は結合織性骨であり、比較的数の変異の多い骨である。志々伎湾産稚魚 17 尾 (全長 27.0~51.5 mm) を調べたところ、左右とも 12 のもの 13 尾、12・11 のもの 3 尾、13・12 のもの 1 尾であった。したがって、上肋骨の基本数は 12 対と考えられる。これらは第 1~第 12 脊椎骨に対応している。人工採苗魚では、飼育例によっては、12

対の上肋骨を持つ個体が非常に少なく、12・11 あるいは 11・11 の個体が大半を占める場合もあった。

**軟骨形成 (Fig. 1)** 脊柱と尾骨の軟骨形成は全長 4.5 mm 前後に始まり、全長 5~6 mm 頃が最も盛んである。その間、この部位では、尾鱗条以外の骨化組織は全く出現しない。

最初、下尾骨 1 の軟骨が直線状の脊索後方下面に現われ (Fig. 1A)、次に、その両側に準下尾骨と下尾骨 2 が形成される。初生時には、これらは各々独立している。また、同じ頃に、第 2、第 3 神経弓門軟骨が脊索背面から上方に伸長し始める (Fig. 1B)。

全長 5.2 mm の個体 (Fig. 1C) では、第 1~第 9 血管弓門軟骨が脊索腹面に接して形成されている。それらの長さから見て、第 5 血管弓門軟骨が最も早く出現するようである。また、下尾骨 3 も現われている。

全長 5.3 mm の個体 (Fig. 1D) では、多くの神経弓門軟骨が形成されている。第 1 神経弓門軟骨は第 2、第 3 より遅れて、やはり脊索背面から上方へ伸長する。ところが、第 4~第 14 神経弓門の形成では、まず脊髄背面近くに軟骨が現われ下方へ伸びる。また、第 15~第 18 前後の神経弓門は脊髄背面と脊索背面にほぼ同時に軟骨が現われ、後に中央部で結合する。第 19 以降の神経弓門軟骨は、第 1~第 3 神経弓門軟骨と同様に、脊索背面から上方に伸長するようである。血管弓門軟骨は後方に数を増す。最前部の血管弓門より前方では横突起も軟骨として現われる。第 13 血管弓門軟骨はやや早く形成される。また、3 個の上尾骨のうち、中央の軟骨がこの時期に出現する。

全長 5.35 mm の個体 (Fig. 1E) では、4 対の横突起軟骨が存在し、後方の血管弓門軟骨とは長さの違いにより明瞭に識別される。すなわち、この時期以降では腹椎部と尾椎部が区別できるようになる。最初、脊髄背面に現われた第 4~第 14 神経弓門軟骨は、脊髄側面の約 2/3 まで伸長した頃に、脊索背面に新たに軟骨が形成され、やがて両者は連絡する。この部位の神経弓門軟骨の発達には前部と後部で早く、第 7 付近が最も遅れる。脊髄の両側面を覆った神経弓門軟骨は、脊髄背面中央で左右が結合し、更に上方へ伸長して神経棘軟骨を形成する。血管棘の場合も同様である。なお、図には示されていないが、この個体には 4 本の尾鱗条が形成されている。

全長 6.0 mm の個体 (Fig. 1F) では、3 個の上尾骨軟骨が認められ、下尾骨 5 を除いて基本的な軟骨はほぼ出そろっている。尾鱗条は 8 本認められるが、まだ、分節も分枝もしていない。

**骨化過程 (Figs. 2, 3)** 骨化は全長 6 mm 前後か

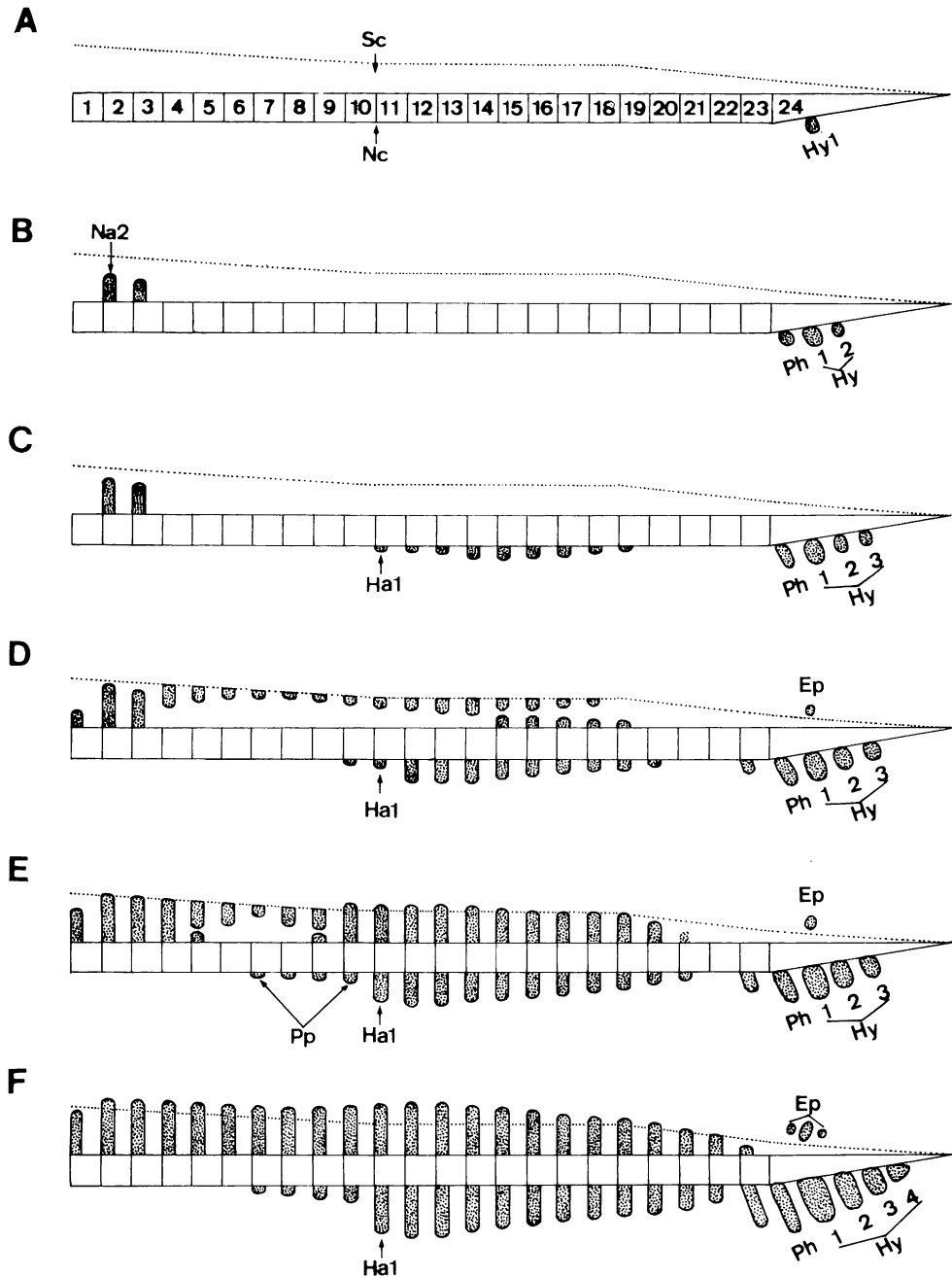


Fig. 1. Schematic representation of cartilage development of vertebral column and caudal skeleton in *Pagrus major*. A: 4.50 mm in total length. B: 4.85 mm. C: 5.20 mm. D: 5.30 mm. E: 5.35 mm. F: 6.00 mm. Ep, epural; Ha, haemal arch; Hy, hypural; Na, neural arch; Nc, notochord; Ph, parhypural; Pp, parapophysis; Sc, spinal cord. Number in notochord region shows myomere number attached to notochord. Stippled areas show cartilage.

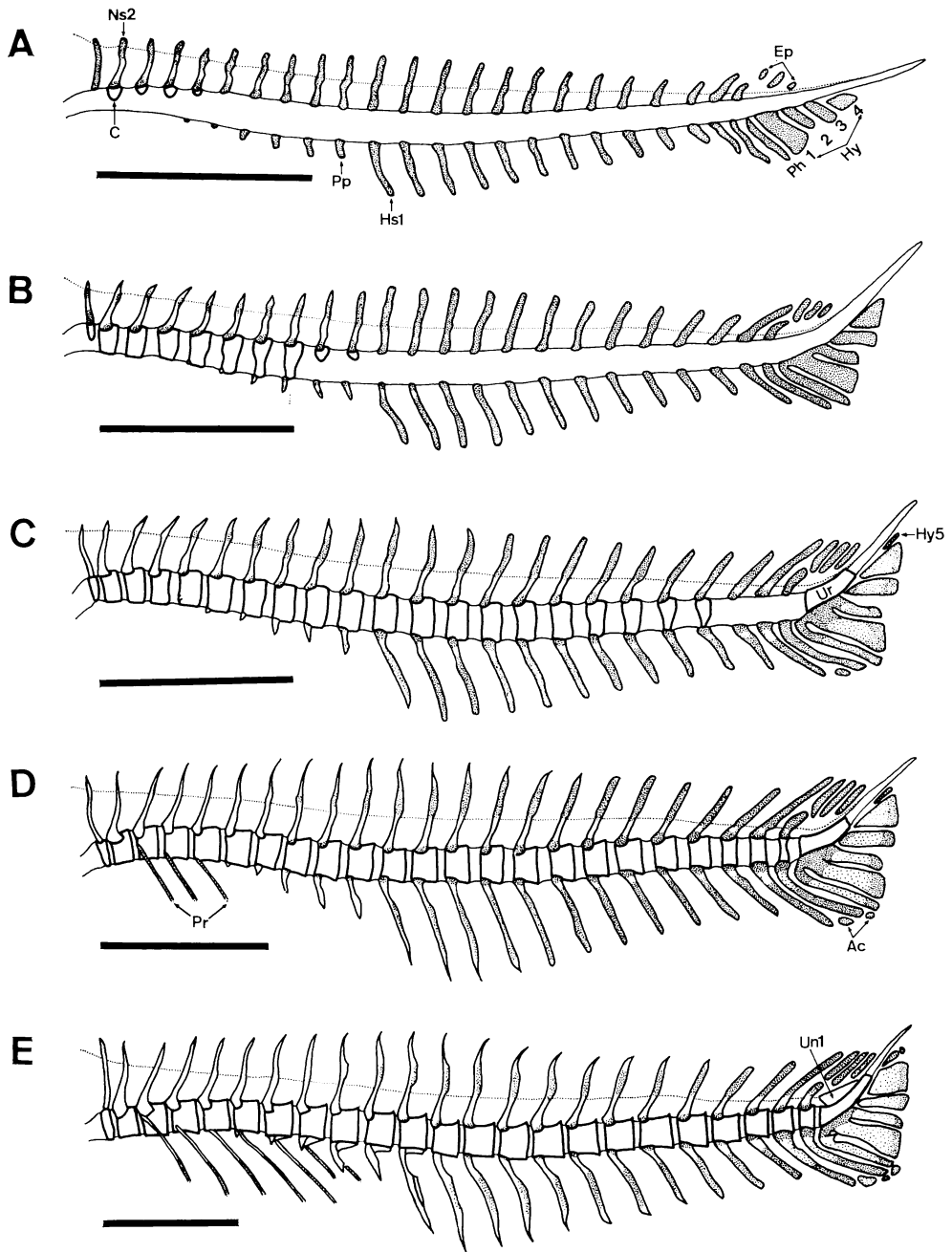


Fig. 2. Ossification sequence of vertebral column and caudal skeleton in *Pagrus major*. A: 5.85 mm in total length. B: 7.05 mm. C: 7.25 mm. D: 8.80 mm. E: 11.8 mm. Ac, accessory cartilage; C, centrum; Hs, haemal spine; Ns, neural spine; Pr, pleural rib; Un, uroneural; Ur, urostyle. For other abbreviations, see Fig. 1. Stippled areas show cartilage. Rough stippled areas and open areas show weak and developed ossification, respectively. Scales indicate 1 mm.

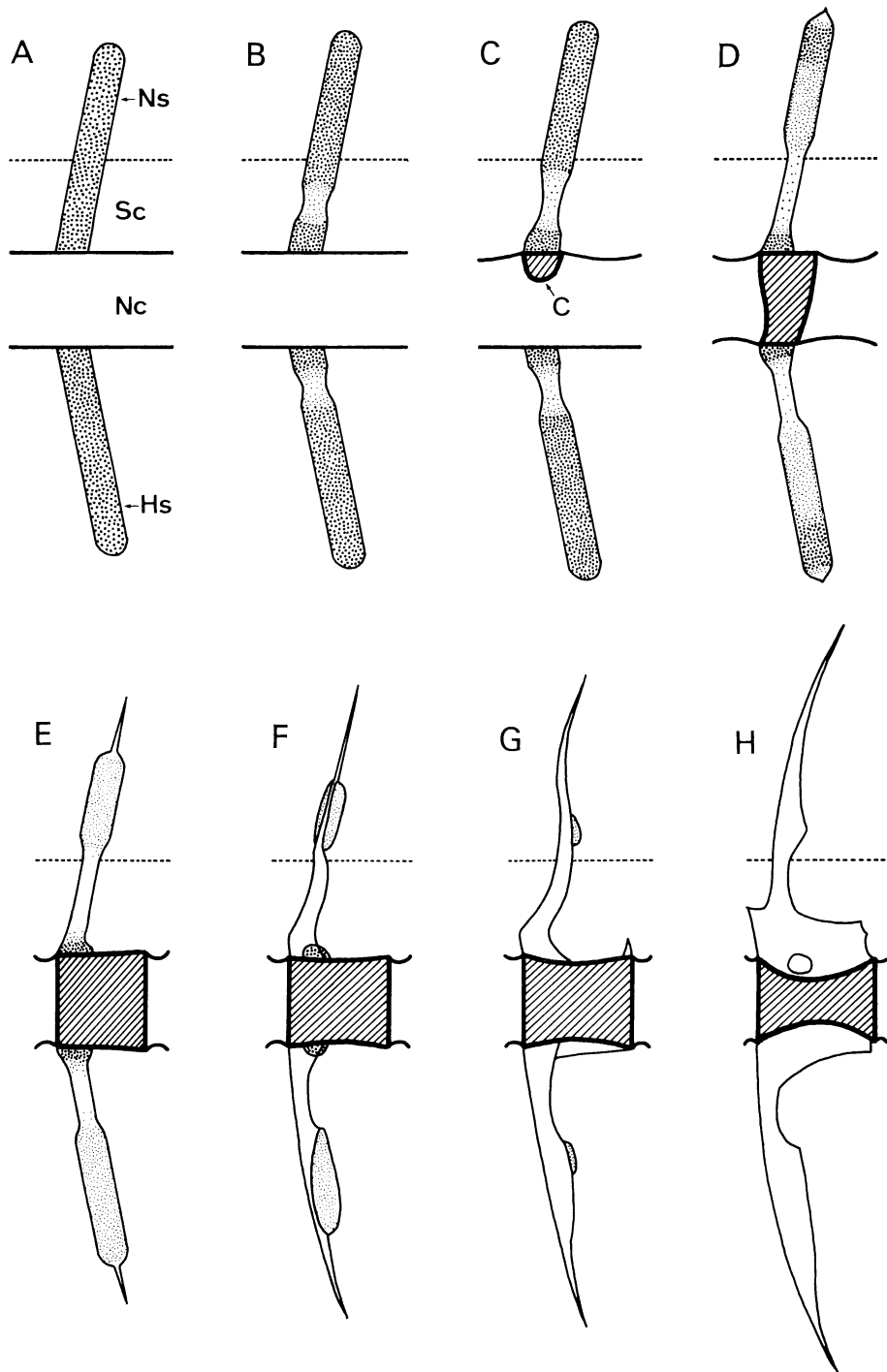


Fig. 3. Schematic representation of development of the 11th vertebra in *Pagrus major*. For abbreviations, see Figs. 1 and 2. Stippled areas show cartilage. Rough stippled areas and open areas show weak and developed ossification, respectively.

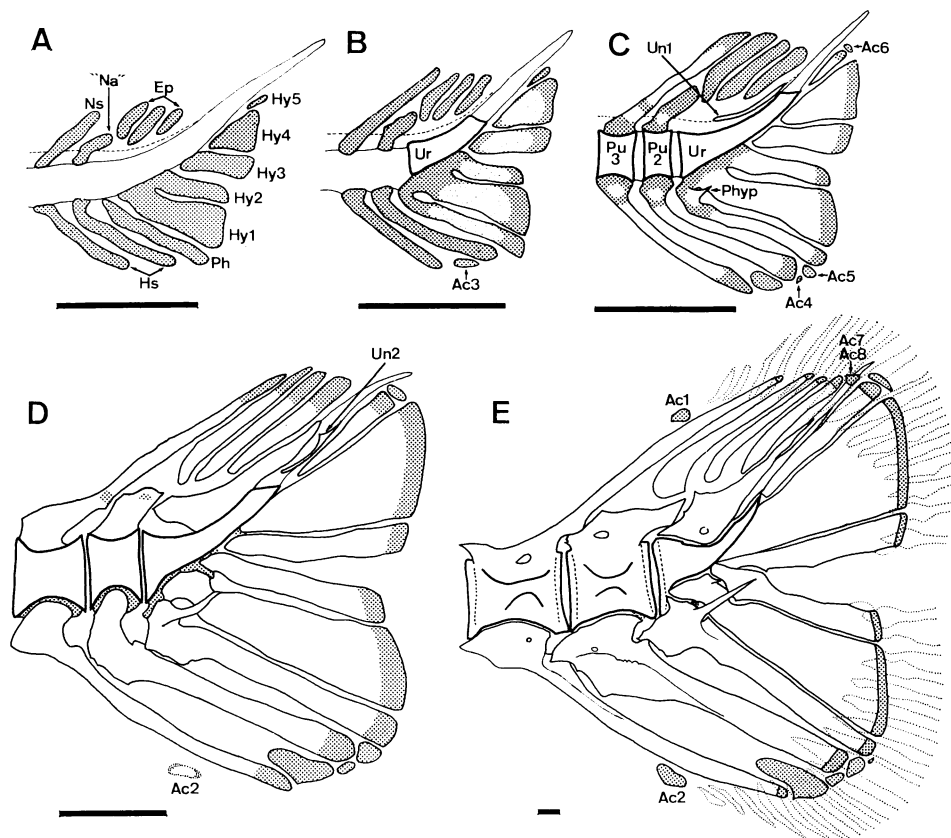


Fig. 4. Development of caudal skeleton and accessory cartilage in *Pagrus major*. A: 7.05 mm in total length. B: 7.25 mm. C: 10.3 mm. D: 23.0 mm. E: 111.0 mm. "Na", specialized neural arch; Phyp, parhypurapophysis; Pu, preural centrum. For other abbreviations, see Figs. 1 and 2. Stippled areas show cartilage. Rough stippled areas and open areas show weak and developed ossification, respectively. Scales indicate 0.5 mm.

ら開始される。また、この頃から脊索の末端部は次第に上方に曲がり始める。骨化は、まず第2神経弓門の脊椎側面中央部に始まり、後方の神経弓門に向かって順に進む。その後、神経弓門の骨化を追うようにして、第2番目から順に椎体が形成され始める (Fig. 2A)。第1神経弓門の骨化および第1椎体の形成はその後部数個の脊椎骨より遅れる。横突起および血道弓門軟骨も神経弓門と同様に、その部位の椎体が形成される以前に骨化を始める (Fig. 2B)、第16または第17椎体が現われる頃に尾部棒状骨が形成される。この場合も、それに先立って準下尾骨および下尾骨 1~4 の左右両側面が骨化する (Fig. 2C)。全長 9 mm 前後には、最後の第 23 椎体が形成されて椎体は定型を示すようになる (Fig. 2D)。Fig. 2E は全長 11.8 mm の稚魚のものであるが、尾部の椎弓にはまだ多くの軟骨組織が存在している。

Fig. 3 は第 11 脊椎骨を例にして、その発達過程を横

式的に示している。神経弓門および血道弓門軟骨の骨化中心は、各々、脊椎側面中央部、尾動脈側面中央部にあり、ここから上下に進行する。椎弓内部の軟骨細胞が次第に消失し、骨基質で置換されてゆくに従って、その部位はだんだん細くなる (Fig. 3A, B)。神経弓門の骨化が脊椎背面近くまで進んだ頃、神経弓門基部周辺の脊索表面に椎体骨化部が形成される。同時に、骨化部の前後の脊索が少しへこみ、椎間部を形成する (Fig. 3C)。椎体の骨化は、さらに脊索の背面および側面へ進み、脊索の周囲を取り囲む (Fig. 3D)。ただし、尾部棒状骨前の 2 椎体では、最初に血道弓門基部周辺に骨化部が現われる。神経棘軟骨の下半分がごく弱く骨化する頃には、先端が骨化し、下方へ進行して非常に細い神経棘を形成し始める。血管棘の場合も同様である (Fig. 3D)。椎体骨化部は後方へ伸長し、その結果、椎間部は狭くなる (Fig. 3E)。軟骨は次第に少なくなり、椎弓基部の内側

(Fig. 3F), 左右の椎弓の結合部 (Fig. 3G) の順に消失する。また、中央部はくびれて鼓のような形を呈するようになる。同時に、椎弓の後半部が軟骨を経ないで形成されて、脊髄および尾動静脈を取り囲むようになる (Fig. 3G, H)。

**尾骨の発達 (Fig. 4)** 尾骨の初期形成については先に触れたが、ここではその後の過程について述べる。

下尾骨 5 の形成は尾骨を構成する軟骨性骨のうち最も遅く、全長 6.5~7.0 mm 頃に現われる (Fig. 4A)。下尾骨 1, 2 および準下尾骨は初生時には各々独立しているが、まず前二者の軟骨基部が癒合し、次に準下尾骨も加わって、三者が連続する (Fig. 4A, B)。全長 10 mm 前後には、結合織性骨の尾神経骨 1 が尾部棒状骨上の脊髄を覆うようにして発達し始める。また、準下尾骨突起も明瞭になってくる (Fig. 4C)。上尾骨の骨化は遅く、全長 12 mm 前後に始まる。全長 20 mm までには脊索後端部を下から支えるような形で、結合織性骨の尾神経骨 2 が現われる (Fig. 4D)。この段階では、第 12, 第 13 血道弓門、準下尾骨、下尾骨 1, 2 はそれぞれ対応する椎体あるいは尾部棒状骨に軟骨を介して関節しているが、成長に伴ってこの部位の軟骨は次第に少なくなる (Fig. 4E)。

マダイの尾部にはふつう 8 個の付属軟骨が存在するが、これらは後期仔魚期から稚魚期の間にほぼ一定の順序で形成される。まず、全長 7 mm 前後に Ac 3 が、やや遅れて Ac 5 ができる。全長 9 mm には Ac 4 と Ac 6 ができる。Ac 1 と Ac 2 の形成時期は人工採苗魚では個体によりかなり異なり、早いものでは全長 23.0 mm で Ac 2 が、全長 30.5 mm で Ac 1 が認められた。また、天然魚ではやや早く、全長 18.5 mm で Ac 2 が、全長 22.0 mm で Ac 1 が認められた。Ac 7 と Ac 8 の形成はさらに遅れるが、全長 50 mm までには顕著になる。また、準下尾骨末端の微小軟骨もこの頃に形成されるようである。

**肋骨と上肋骨の発達** 肋骨軟骨は全長 8 mm 前後に前方のものから順に形成される (Fig. 2D)。これらは各筋節間の腹腔側に脊椎骨からやや離れて現われ、その後両端が伸長する。骨化は全長 8.5 mm 頃に、やはり前方のものから始まる。ただし、第 1~3 肋骨はほとんど同時に骨化するようである。骨化中心は軟骨中央よりやや脊椎骨側にあり、両端に向かって進む。肋骨軟骨の脊椎骨側末端は早々に硬骨に置換される。最も形成の遅れる第 8 肋骨は、全長 18 mm 頃に軟骨が現われ、全長 19 mm で骨化が始まり、全長 21 mm にはその腹側先端まで骨化する。この時期をもって肋骨の完成というこ

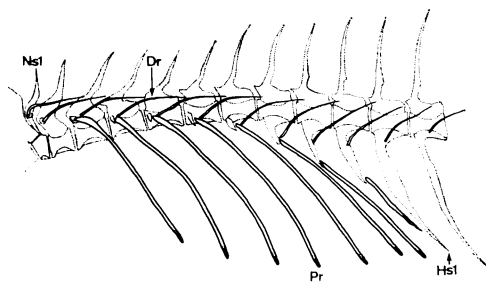


Fig. 5. Ventro-lateral view of abdominal region of vertebral column with dorsal and pleural ribs in *Pagrus major*, 27.5 mm in total length. Dr, dorsal rib. For other abbreviations, see Fig. 2. Scale indicates 1 mm.

とができる。

上肋骨は肋骨よりやや遅れて全長 9 mm 頃に第 1 脊椎骨から順に後方へ向かって形成され始め、全長 24 mm までには 12 対が出そろふ。これらは水平隔壁と各筋節の間に、やや体表寄りに現われ、両端が伸長する。

Fig. 5 は全長 27.5 mm の個体の肋骨と上肋骨を腹側やや斜め下から見たものである。第 1, 第 2 上肋骨は、それぞれ、第 1, 第 2 脊椎骨の神経弓門側面に関節し、第 3~8 上肋骨はそれぞれに対応する肋骨基部の上に関節し、第 9~第 12 上肋骨は横突起あるいは血道弓門の側面に関節する。

## 考 察

脊柱と尾骨における軟骨の出現過程に関する報告は断片的なものが多い。これらの報告によると、尾端部の軟骨形成が比較的早期に行われることは多くの魚種で共通しているようであり (Gwyn, 1940; Potthoff, 1975; Houde and Potthoff, 1976; Balon, 1980a, c; Fritzsche and Johnson, 1980; Potthoff, 1980)、ニシン *Clupea pallasii* では下尾骨が最初に形成されることが確かめられている (Gwyn, 1940)。マダイでは下尾骨 1 が最も早く、準下尾骨および下尾骨 2 がこれに続くことが観察された。マダイに近縁の *Archosargus rhomboidalis* では、全長 3.5~3.6 mm ですでにこれら 3 軟骨が現われており、前者よりかなり早く形成が開始されるようである (Houde and Potthoff, 1976)。神経弓門軟骨の出現過程は魚種によって異なり、ニシンでは尾鰭椎前椎体の部分から前方へ進むとともに、頭部から後方へも進み、腹部で最も遅れるが (Gwyn, 1940)、*Morone* 属 2 種では前方から後方へ向かって形成され、第 23 番目が最も遅れるという (Fritzsche and Johnson, 1980)。マダイは基本的には後

者に近いが、第2神経弓門軟骨が最も早く形成され、第1神経弓門はやや遅く出現すること、腹椎後半部の神経弓門の完成が遅れることなどの点で異なっている。また、ニシンの血道弓門軟骨は神経弓門軟骨とほぼ同じ順序で形成されるが (Gwyn, 1940), *Morone* 属2種では全く異なり、体の中央部から前後の方向に進むという (Fritzsche and Johnson, 1980)。この点については、マダイは後者と同様であった。

魚類の椎弓軟骨が脊髄や脊索との位置関係において、どこに最初に発生するかという点については、これまでほとんど触れられていない。マダイでは横突起や血道弓門軟骨が一樣に脊索腹面に接して現われるのに対し、神経弓門軟骨は部位によって異なり、第1~第3神経弓門は脊索背面に、第4~第14神経弓門は脊髄背面に、第15~第18神経弓門は脊髄背面と脊索背面に同時に現われるようである。両生類の脊椎軟骨は脊髄や脊索が体節に作用して誘導することが明らかにされている (Holtzer and Detwiler, 1953)。真骨魚類でも同様であるとすれば、マダイの神経弓門軟骨の初生位置が部位によって異なることは、脊髄や脊索の軟骨誘導様式が部位によってやや異なるためではないかと推定されるが、詳細は明らかでない。

軟骨の形成順序に比べて骨化順序はやや単純であり、マダイでは第2神経弓門から前後に進み、いずれの場合も、椎弓はその部位の椎体形成に先立って骨化が始まる。このように椎弓がまず骨化するという例は多く、マサバ *Pneumatophorus diego* (= *Scomber japonicus*) (Kramer, 1960)、カムルチー *Channa argus* (Itazawa, 1963)、*Archosargus rhomboidalis* (Houde and Potthoff, 1976)、イワナ属 *Salvelinus* (Balon, 1980a, b, c, d) などに認められるが、これと反対に、コイ *Cyprinus carpio* (Itazawa, 1963)、*Opisthonema oglinum* (Richards et al., 1974)、アユ *Plecoglossus altivelis* (隆島, 1976)、ヨウジエソ *Pollichthys maui* (Ozawa, 1976) などでは、一般に、前端部の形成が遅れるのに対し、スズキ目に属する魚類では尾端部を除いて前方から後方へ順に形成されるようである (Kramer, 1960; Itazawa, 1963; Potthoff, 1975; Houde and Potthoff, 1976; Mook, 1977; Fritzsche and Johnson, 1980; Potthoff, 1980)。隆島 (1978) はマダイでも同様の結果を得ているが、本研究では最初に形成されるのは第2椎体であり、第1椎体の形成はかなり遅れることが明らかになった。これは

第1神経弓門軟骨の出現および骨化が第2以降より遅れることと関連していると思われる。*Leiostomus xanthurus* の体長 5.1 mm の標本でも、やはり第1椎体の形成が遅れている図が示されており (Powell and Gordy, 1980)、詳細に観察すればこのような現象は他のスズキ目魚類においても認められるかもしれない。椎体骨化部が最終的に脊索を取り囲むに至る過程も、魚種によってあるいは部位によって異なるようである。スズキ目魚類のうち、マサバ (Kramer, 1960) やタイセイヨウマダロ (Potthoff, 1975) では、神経弓門と血道弓門基部周辺ではほぼ同時に骨化が始まり、脊索側面中央で結合するが、*Morone* 属2種では初生時から全体を取り囲んでいるという (Fritzsche and Johnson, 1980)。マダイではこれらと異なり、第1~第21椎体はいずれも、まず、神経弓門基部周辺から骨化し、第22と第23椎体は血道弓門基部周辺から骨化が始まった。

真骨魚類の尾部付属軟骨については、現在までのところ知見が少なく、Marathe and Bal (1956) がミナミツバメコノシロ *Eleutheronema tetradactylum* の稚魚について、Rosen (1973) がキュウリエソ *Maurolicus mueleri* 他4種について図示しているが、発達過程の詳細は *Morone* 属2種について調べられているにすぎない (Fritzsche and Johnson, 1980)。マダイと *Morone* 属の尾骨はほとんど異なるところがなく、尾部付属軟骨の配置もよく似ている。相違点として以下の3点があげられる。(1): 前者では第12と第13血管棘末端間に必ず2個の軟骨 (Ac 3, Ac 4) が存在するのに対し、後者では1個か2個。(2): 後者には Ac 7, Ac 8 に相当するものが認められない。(3): *Morone saxatilis* の約半数では第1上尾骨の前に1個の軟骨が形成されるが、前者では全く認められない。このうち、マダイの Ac 7, Ac 8 はかなり遅れて形成されるため、*Morone* 属の標本ではまだ出現していなかった可能性もある。いずれにしても、尾部付属軟骨は硬骨と同様に種として固有の数と存在位置を示すので、分類学的にも興味深い形質と思われる。これらの多くは尾骨縁辺部に位置しており、機能的には上尾骨や下尾骨末端の軟骨組織と同様に、尾鰭条を支持する役割を持っているものと考えられる。マダイの Ac 3 は最初に形成され、最も大きく、3本の分節不分枝軟条を支持している。しかし、Ac 1 と Ac 2 は鰭条を支持しておらず、その機能については不明である。

本研究に用いたマダイ標本のうち、人工採苗魚では天然魚に比べて非常に多くの骨格異常が認められた。また、前者の仔魚においてはかなり多くの軟骨形成異常が認められた。Fig. 6A はその一例であり、前後の血道弓



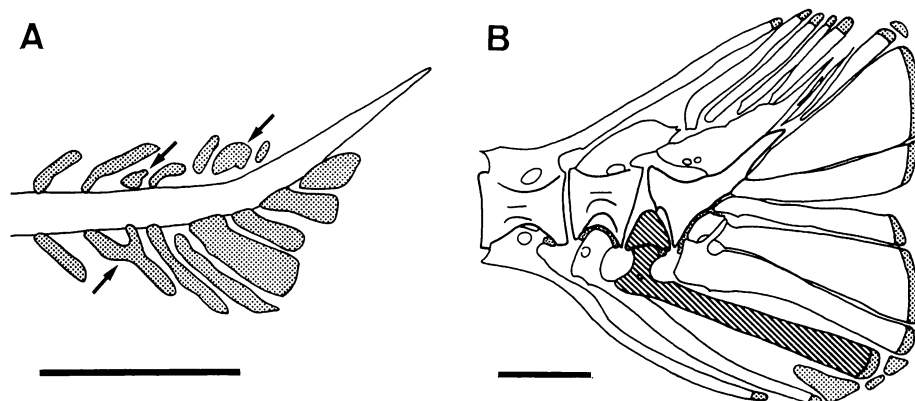


Fig. 6. Examples of anomalous caudal skeleton in *Pagrus major*. A: 5.80 mm in total length. B: 26.3 mm. Arrows show abnormal cartilages. Shaded area shows abnormal vertebra. Scales indicate 0.5 mm.

門軟骨の癒合あるいは神経弓門軟骨の発育不全などが認められる。前述のように、椎弓の骨化は椎体形成に先立つこと、椎体の形成は椎弓基部周辺から始まることなどから考えて、このような椎弓軟骨の異常部位においては、後に癒合椎体などが生じる可能性がある。Gabriel (1944) は *Fundulus heteroclitus* において、尾端部の2椎体が癒合している場合にはほとんど椎弓も癒合していると報じている。Fig. 6B は尾端部に発育不全椎体が認められる例で、隆島 (1978) の A 型異常に酷似している。この個体は25個の椎体を持ち、尾骨の構成から考えて、この発育不全椎体およびそれに付随する血道弓門は過剰形成された可能性がある。この場合、まず、血道弓門軟骨が過剰に分化し、脊索との付着点より椎体が形成され始める。しかし、これに対応する神経弓門を持たず、脊索を完全に取り囲むことができないまま、先に発達した前後の椎体によって発育が阻害されたものと考えられる。隆島 (1978) は、マダイの発育不全椎骨では、第2次脊索鞘、骨組織、骨芽組織がいずれも薄く、椎弓の発達が極めて不良であったことから、仔魚における脊椎骨異常は第2次脊索鞘や椎弓軟骨の形成不全にもとづいているとしているが、このうち、後者の方がより強く作用しているのではないかと思われる。

#### 謝 辞

本論文をまとめるにあたり御指導と助言を賜った京都大学岩井保教授に心からお礼申し上げる。また、貴重な標本を提供して下さった長崎県水産試験場増養殖研究所、福井県栽培漁業センター、西海区水産研究所、南西海区水産研究所、京都府海洋センターの関係各位に深く感謝の意をささげる。

#### 引用文献

- 赤崎正人. 1962. タイ型魚類の研究—形態, 系統, 分類および生態. 京都大学みさき臨海研究所特別報告, (1), 368 pp., 58 figs.
- Balon, E. K. 1980a. Early ontogeny of the lake charr, *Salvelinus (Cristivomer) namaycush*. In: Balon, E. K., ed.: Charrs, salmonid fishes of the genus *Salvelinus*. Dr. W. Junk bv Publishers, Hague, (pp. 485~562, figs. 1~43).
- Balon, E. K. 1980b. Early ontogeny of the North American landlocked arctic charr—sunapee, *Salvelinus (Salvelinus) alpinus oquassa*. In: Balon, E. K., ed.: Charrs, salmonid fishes of the genus *Salvelinus*. Dr. W. Junk bv Publishers, Hague, (pp. 563~606, figs. 1~28).
- Balon, E. K. 1980c. Early ontogeny of the European landlocked arctic charr—altricial form, *Salvelinus (Salvelinus) alpinus alpinus*. In: Balon, E. K., ed.: Charrs, salmonid fishes of the genus *Salvelinus*. Dr. W. Junk bv Publishers, Hague, (pp. 607~630, figs. 1~14).
- Balon, E. K. 1980d. Early ontogeny of the brook charr, *Salvelinus (Baione) fontinalis*. In: Balon, E. K., ed.: Charrs, salmonid fishes of the genus *Salvelinus*. Dr. W. Junk bv Publishers, Hague, (pp. 631~666, figs. 1~23).
- Dingerkus, G. and L. D. Uhler. 1977. Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. *Stain Technol.*, 52(4): 229~232, figs. 1~3.
- Fritzsche, R. A. and G. D. Johnson. 1980. Early osteological development of white perch and striped bass with emphasis on identification of their larvae. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 109: 387~406, figs. 1~10.

- 藤田矢郎・北島 力. 1978. マダイ稚仔魚期における変形魚の出現. 海洋科学, 10(9): 721~727, figs. 1~4.
- Gabriel, M. L. 1944. Factors affecting the number and form of vertebrae in *Fundulus heteroclitus*. J. Exp. Zool., 95: 105~147, figs. 1~4, pls. 1~2.
- Gwyn, A. M. 1940. The development of the vertebral column of the Pacific herring (*Clupea pallasii*). J. Fish. Res. Bd. Can., 5(1): 11~22, figs. 1~5.
- Holtzer, H. and S. R. Detwiler. 1953. An experimental analysis of the development of the spinal column. III. Induction of skeletogenous cells. J. Exp. Zool., 123: 335~366, figs. 1~14, pl. 1.
- Houde, E. D. and T. Potthoff. 1976. Egg and larval development of the sea bream *Archosargus rhomboidalis* (Linnaeus): Pisces, Sparidae. Bull. Mar. Sci., 26(4): 506~529, figs. 1~15.
- Itazawa, Y. 1963. The ossification sequences of the vertebral column in the carp and the snake-head fish. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 29(7): 667~674, figs. 1~4.
- 北島 力. 1978. マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究. 長崎県水産試験場論文集第5集, 92 pp., 74 figs.
- 北島 力・岩本 浩・藤田矢郎. 1977. 人工採苗マダイの脊柱屈曲と鰾の未発達との関連. 長崎県水産試験場研究報告, (3): 23~32, figs. 1~8.
- 北島 力・塚島康生・藤田矢郎・渡辺 武・米 康夫. 1981. マダイ仔魚の空気呑み込みと鰾の開腔および脊柱前彎症との関連. 日本水産学会誌, 47(10): 1289~1294, figs. 1~2.
- Kramer, D. 1960. Development of eggs and larvae of Pacific mackerel and distribution and abundance of larvae. Fish. Bull., 60: 393~438, figs. 1~22.
- Marathe, V. B. and D. V. Bal. 1956. Observations on the development of the caudal skeleton in *Eleutheronema tetradactylum* (Shaw.) and *Trichopodus trichopterus* (Pall.). J. Univ. Bombay, 25(3): 1~12, figs. 1~8.
- Mook, D. 1977. Larval and osteological development of the sheepshead, *Archosargus probatocephalus* (Pisces: Sparidae). Copeia, 1977(1): 126~133, figs. 1~6.
- Ozawa, T. 1976. Early life history of the gonostomatid fish, *Pollichthys maui*, in the oceanic region off southern Japan. Japan. J. Ichthyol., 23(1): 43~54, figs. 1~8.
- Potthoff, T. 1975. Osteological development and variation in young tunas, genus *Thunnus* (Pisces, Scombridae), from the Atlantic Ocean. Bull. Mar. Sci., 25(2): 205~231, figs. 1~13.
- Potthoff, T. 1980. Development and structure of fins and fin supports in dolphin fishes *Coryphaena hippurus* and *Coryphaena equiselis* (Coryphaenidae). Fish. Bull., 78(2): 277~312, figs. 1~35.
- Powell, A. B. and H. R. Gordy. 1980. Egg and larval development of the spot, *Leiostomus xanthurus* (Scaenidae). Fish. Bull., 78(3): 701~714, figs. 1~11.
- Richards, W. J., R. V. Miller and E. D. Houde. 1974. Egg and larval development of the Atlantic thread herring, *Opisthonema oglinum*. Fish. Bull., 72(4): 1123~1136, figs. 1~8.
- Rosen, D. E. 1973. Interrelationships of higher euteleostean fishes. In: P. H. Greenwood, R. S. Miles and C. Patterson, eds.: Interrelationships of fishes. Academic Press, London, (pp. 397~513, figs. 1~128).
- 隆島史夫. 1976. 人工採苗アユの体形異常について. II. 仔魚における骨格形成異常. 東京水産大学研究報告, 62(2): 99~112, figs. 1~3, pls. 3~9.
- 隆島史夫. 1978. 人工採苗マダイの椎骨形成異常について. 日本水産学会誌, 44(5): 435~443, fig. 1, pls. 1~4.
- Taylor, W. R. 1967. An enzyme method of clearing and staining small vertebrates. Proc. U.S. Nat. Mus., 122(3596): 1~17.
- 上野輝彌. 1975. 魚類. 鹿間時夫編: 新版古生物学Ⅲ. 朝倉書店, 東京, (pp. 181~242, figs. 1~43).
- 渡辺 武. 1978. 脂質からみた仔稚魚用生物餌料の栄養価. 日本水産学会編: 養魚と飼料脂質. 水産学シリーズ, 22, 恒星社厚生閣, 東京, (pp. 93~111, figs. 1~5).

(606 京都市左京区北白川追分町 京都大学農学部水産学教室)