

## カツオ、マグロ類の水槽内飼育に伴う頭部の変形

鈴木 克美・岸本 浩和・田中 洋一

(1972年11月8日受領)

## Head Deformity in Tunas Kept in the Aquarium

Katsumi Suzuki, Hirokazu Kishimoto, and Yoichi Tanaka

Details of morphological changes in tunas kept in confinement, have rarely been reported. The present paper reports on deformities appearing on heads of 3 species of tunas kept in an aquarium up to 172 days: *Sarda orientalis*, 5 specimens 314~340 mm in fork length and kept for 1~56 days; *Euthynnus affinis yaito*, 11, 272~382 mm, 10~72 days; *Thunnus thynnus*, 4, 229~328 mm, 1~51 days. The water, in a nearly closed system, was led by an inlet-pipe into the tank at the rate of 100 l/min, and was accelerated by two airlifting pipes in the tank. A translucent acryl-resin plate was inserted along the wall to prevent injuries to the fishes (Fig. 1). The fishes were initially fed with chopped raw meat of the horse mackerel followed by the meat of penaeid shrimp; the daily ratio was under 20% in weight of tunas.

The deformation appeared as a swelling of the skin in the head region excepting a triangular area posterior to the eye (Fig. 3). The feature of the deformity showed specific differences but were similar among individuals of the same species. The swelling of the skin was especially prominent on the snout to nape, and on the branchiostegal membrane. The deformity appeared earlier in the period of confinement and with more prominent skin swelling in the order of *Sarda*, *Euthynnus*, and *Thunnus* (Fig. 2). Macro-anatomical observation revealed that the swelling of the skin was caused by thickening of the dermis accompanied by some development of lumps of the subcutaneous adipose tissue (Fig. 4).

Often, the periosteum of the membrane bones near the ventral border grew rough, associated with the development of adipose tissue, which coagulated with the periosteum. Among factors leading to the deformity of head, the confined space in which specimens were kept was believed to be highly responsible, because it was experienced that the same species of the tuna kept in round tank (6 m in diameter; holding capacity 31 m<sup>3</sup>; surface area 25.5 m<sup>2</sup>) showed similar head deformation but in lesser extent during more extended periods.

Additional discussion is made on the author's experience and other information concerning *Engraulis japonica*, *Scomber japonicus*, *Scomber scombrus*, *Coryphaena hippurus*, *Trachurus japonicus*, *Alectis ciliaris*, *Seriola quinqueradiata*, and *Seriola purpurascens*. All are neritic pelagic species and show similar deformation in head when kept under confinement. Feeding, vitamin deficiency, flowing of water, surface area of tank etc., also play important roles in morphological abnormalities of fishes reared in tanks.

(Marine Science Museum, Tokai University, Miho, Shimizu-shi, 424, Japan)

カツオ・マグロ類の養成を目的とする飼育研究に関する報告は必ずしも少なくはない (Tester, 1952; Barrett and Conner, 1962; Nakamura, 1962, 1972; Magnuson, 1965; 井上ら, 1967, 1971; 竹内ら, 1970; 松島ら, 1971; 鈴木ら, 1972; その他) が, 飼育に伴う外部形態の変化については未知の点が多い。著者ら

は水族館の展示水槽を利用して 1970 年 8 月以降 218 日にわたって延べ 5 種 32 個体の本類幼魚の飼育を行なったが, その結果明らかに異常と看做される変形が主として頭部に例外なく発生するのを認めた。これらの病変ないし異常形態に関しては, 上記の竹内ら (1970), 鈴木ら (1972), Nakamura (1972) が言及して

いるに過ぎない。しかし、著者らの経験の他にも、主として私信や談話等によって得られた情報により、水槽内で飼育された本類およびその他の一部魚種に外見上同様な頭部変形の発生があることが確認され、とくに本類の長期飼育に関してこれら異常形態の研究の重要性が示唆された。本報告では上記 32 個体の本類幼魚のうち、変形発生の経過が比較的明瞭であった 3 種 20 個体についてなされた主として頭部形態の観察結果を中心に述べる。

### 材料および方法

#### 飼育魚および飼育条件

飼育し頭部の変形が観察されたのはハガツオ *Sarda orientalis* (Temminck and Schlegel), スマ *Euthynnus affinis yaito* Kishinouye, クロマグロ *Thunnus thynnus* (Linnaeus), ヒラソウダ *Auxis thazard* (Lacépède), マルソウダ *Auxis tapeinosoma* (Bleeker) の 5 種類である。これらのうち前 3 種 20 個体、すなわちハガツオ 5 個体 314~340 mm FL., スマ 115 個体 272~382 mm FL., クロマグロ 4 個体 229~328 mm FL. の頭部変形について詳細な観察がなされた。飼育魚はすべて 1970 年 8 月 15 日から 9 月 12 日の間に駿河湾沿岸部（焼津—御前崎沖、三保沖、大瀬崎沖、妻良沖）で曳繩によって採集され、船生簀およびキャンバス水槽に収容、輸送されたものである。

飼育水槽は 1 面ガラス張りのコンクリート製で、表面積 5.52 m<sup>2</sup>, 容積 7.5 m<sup>3</sup> である。コンクリート面には透明なアクリル板をとりつけ、飼育魚が衝突損傷するのを防ごうとした (Fig. 1)。水槽への注水量は約 100 l/min であるが、一方向への注水によって定向流が作られ、さらに 2 本のエアーリフトによってこの定向流は加速されている。その流速は水表面で約 10 cm/sec であった。エアーリフトの揚水量は合計約 150 l/min で、水流加速の他に飼育水の曝気効果を期待した。もっぱら閉鎖循環方式によって飼育が継続されたが、必要に応じて少量の新海水が補給された。

飼育期間中の条件は水温 23.4~28.2°C (多くは 25~27°C), pH 7.5~7.9, S‰ 33.3~35.3, DO<sub>2</sub> 74.0~98.0%, NH<sub>3</sub>-N 0.0067 ppm 以下, NO<sub>2</sub> 0.003 ppm 以下であった。

餌付けのためにはアジ鮮魚肉を用いたが、脂肪蓄積予防の目的で間もなくコウライエビ冷凍肉に切り替えた。摂餌量は正確ではないが、1 日に魚体重の 20% 以上は給餌しなかった。

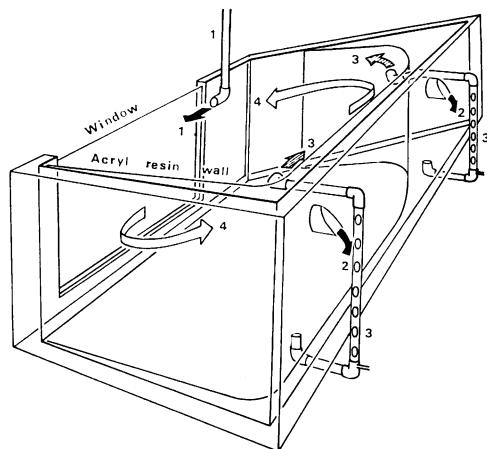


Fig. 1. Diagram of the tank in which tunas were kept. 1. Water inlet. 2. Water outlet. 3. Air lift. 4. Flowing.

#### 変形部の観察

全対象魚は死亡した都度新鮮なうちに外部形態を観察記録したのち 10% ホルマリン液に浸漬保存した。前述 3 種について長期間飼育個体と比較対照のための最短期間飼育個体とを各 1 個体、合計 6 個体を 5% 冰酢酸溶液に 15 日間浸漬し、頭部を前後に約 20 等分してその切断面を観察した。細部の観察は鏡検 (100, 400 倍) により、脂肪の有無は Sudan III 染色法によって判定した。これ等の標本は東海大学海洋科学博物館に保管されている。

### 結 果

飼育開始後間もなく対象魚全個体の頭部に隆起部が生じ、飼育期間の経過に伴って顕著な変形が発生していくのが観察された。外観からは頭部変形の発生経過および形態は基本的には全個体を通じて一定の傾向が認められると判断された。これらの顕著な変形は頭部にのみ限定され、軸幹部その他にはほとんど及んでいない。最長期間飼育されたスマ 2 個体の頭部より後方には少量の皮下脂肪の蓄積が認められたが、短期間内に死亡したハガツオおよびクロマグロの頭部の変形肥大は明らかであるにもかかわらず、その後方はやせ細り、一見して飢餓状態にあったことがわかる。これら頭部より後方の栄養状態による変化は本論に述べる頭部変形との直接の関連はないものと考えられた。

#### 1. 外見による変形の経過

1. ハガツオ： 水槽に収容した翌日死んだ 2 個体 (307, 314 mm FL.) にすでに下顎腹側面の肥厚がわづ

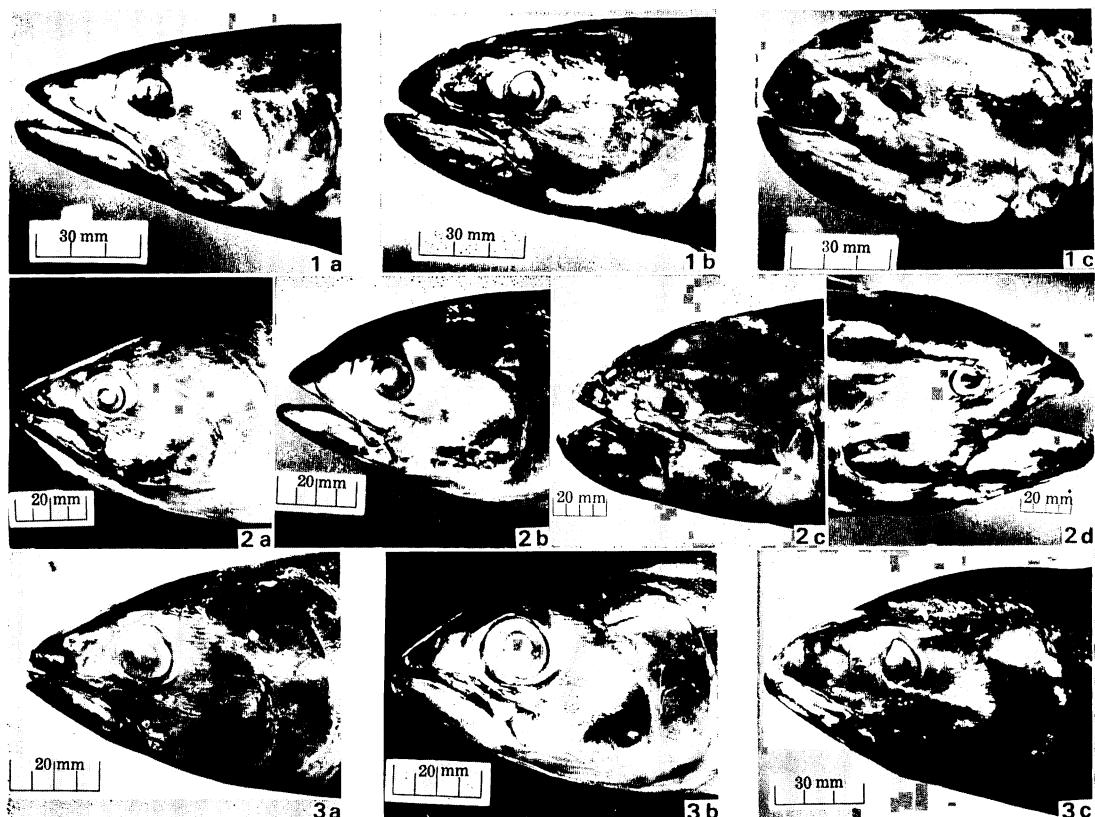


Fig. 2. Progressive deformities on heads of tunas.

1. *Sarda orientalis*: a. Died 1 day after received. b. 15 days after. c. 56 days after.
2. *Euthynnus affinis yaito*: a. Died immediately after received. b. 10 days after. c. 120 days after. d. 172 days after.
3. *Thunnus thynnus*: a. Died 1 day after received. b. 14 days after. c. 51 days after.

かに認められたが、これ等の個体は数日間採集船の魚槽に収容してあったことも考慮に入れなければならぬ(Fig. 2, 1a)。水槽収容15日後に死んだ1個体(316 mm FL)では下顎および鰓膜の腹側部の肥厚が著しく、左右の鰓膜が峡部で重なる。吻部・前頭部も肥厚し側面から見た前頭部は異常に丸みを帯びる(Fig. 2, 1b)。42, 56日間飼育個体(316, 340 mm FL)では頬部の後方に幅広い三角形の部分を残して頭部全面に肥厚が著しく、側面から見て眼より前方の頭部はほぼ半円形となる。腹側も顕著に肥厚し、左右の鰓膜が峡部から喉部にかけて相接する(Fig. 2, 1c)。

2. スマ: 採集直後に死んだ個体(273 mm FL)には異状は認められなかった。10日後に死んだ2個体(274, 286 mm FL)では下顎および前頭部が肥厚し、後頭部の左右両側にも肥厚部を生じてその中央(後頭頂部)がややくぼんで見えた(Fig. 2, 2a, 2b)。13, 16,

19日後に死んだ3個体(272, 273, 277 mm FL)では、それら個体間には顕著な相違は認められなかつたが、収容10日後に死んだ個体よりは肥厚の程度が進み、新たに先端を除く両顎側面、鰓膜腹側部、眼の後方その他に肥厚を生じていた。40~50日間飼育の4個体(292~315 mm FL)では肥厚はさらに顕著で、頭部は左右とも体軸に沿った3肥厚帶によって区分される。すなわち、第1帶は頭部背面に、第2帶は眼前部より眼後部を経て鰓蓋の背部後端におよび、第3帶は上下顎から鰓蓋腹側部におよぶ。第2, 第3の肥厚帶で囲まれ、頬部で後方に広がる三角形のくぼみがあるが、ここに別の肥厚部を生じた個体もある。左右の鰓膜は喉部より前方で重なる。

120, 172日間飼育の2個体では上述した第3の肥厚帶に続いて胸鰭と腹鰭の中間に三角形の肥厚部形成が観察された。120日間飼育個体(321 mm FL)では

上述の肥厚帯形成がとくに顕著で、他の個体ではくぼみとなる頭部背中線に新たな肥厚が生じ、頭背部は二次的に平坦となり、背鰓起点付近が高かった。172日間飼育個体(382 mm FL)は120日間飼育個体よりも肥厚程度はやや軽微であったが、もちろんより短期間の飼育個体よりは肥厚は顕著であった(Fig. 2, 2c, 2d)。

**3. クロマグロ:** ハガツオ同様、水槽に収容した翌日に死んだ2個体(249, 254 mm FL)にすでに変形が認められた。ハガツオと同様漁船の魚槽に数日間収容されていたためであろう(Fig. 2, 3a)。14日間飼育個体(247 mm FL)ではさらに変形が明らかで、下頸、吻、上顎後方および頭背部に肥厚が認められた(Fig. 2, 3b)。51日間飼育個体(310 mm FL)にはハガツオ、スマと同傾向の変形が認められた(Fig. 2, 3c)が、変形の程度は3種のうちで最も軽微であった。

**4. 3種相互の比較:** 40~60日間飼育個体相互の比較では、肥厚の程度はハガツオで最も著しく、クロ

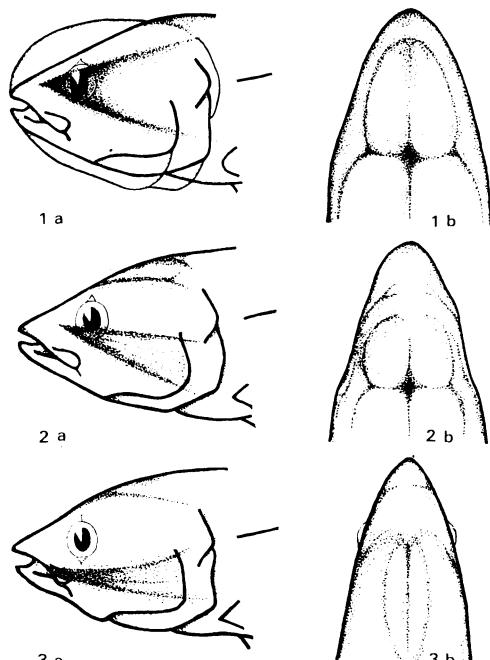


Fig. 3. Diagrammatic view of the deformed heads of tunas.

1. *Sarda orientalis*
2. *Euthynnus affinis yaito*
3. *Thunnus thynnus*

a. Lateral view (showing triangular concavity on the cheek or near the eye). b. Dorsal view.

マグロが最も軽微である。ハガツオの肥厚は背腹に著しく側方に軽微であって、とくに腹面の肥厚が顕著であるため、変形したハガツオの頭部横断面は腹側を底辺とする三角形となる。また、眼より前方が著しく肥厚するため頭部は半円形に変形するが、スマとクロマグロでは頭部は原形を保ったまま肥大する。

前頭部と後頭部の肥厚はハガツオとスマでは連続し、その境界が明確ではないが、クロマグロでは前後の境界が明らかであった。

左右の鰓膜はハガツオとスマでは本来峡部で相接するが、変形の進んだ個体では肥厚した鰓膜が峡部から喉部にかけて接するか重なり、一方クロマグロでは本来峡部から喉部にかけて相接しているのであるが、変形個体ではこの接触面が著しく厚くなっている。

頬部には三角形のくぼみとなって肥厚せずに残る部分があることは先に述べたが、ハガツオではこの中に眼が含まれ、スマでは眼の約半分がかかり、クロマグロではなくみばの中に眼は全く含まれない(Fig. 3)。

3種を通じて変形の進んだ個体には眼の前後の皮膚が広がり、角膜におおいかぶさるようになった例も認められた。

## 2. 解剖所見

最も正常形に近い最短飼育期間の個体(ハガツオとクロマグロでは収容翌日の、スマでは採集直後の死亡個体)と、長期間飼育された変形個体(ハガツオ56日、スマ120日、クロマグロ51日間飼育)の頭部横断面を比較した結果、肥厚部の主体は異常に肥大した真皮であることが判明した。真皮の下には部分的に皮下脂肪の蓄積があり、腹面に近い膜骨の骨膜表面が粗雑化し海綿状となって真皮と不規則に粗雑に結合した部分もあわせて観察された。

眼を中心を通る横断面では、3種とも正常形またはそれに近い個体の真皮の厚さはほぼ一様で、0.8 mm以下であった。また皮下脂肪はきわめて薄く測定不能であった。一方、長期間飼育個体の真皮の厚さは魚種によってはもちろん、同一個体でも部位によってまちまちであるが、ハガツオでは背側筋周辺で1.5~4.1 mm、眼窩上部付近で1.1~2.6 mm、眼下腹側一帯で4.1~10.4 mm; スマではそれぞれ3.7~6.9 mm, 2.0~4.5 mm, 0.8~9.0 mm; クロマグロで同じく0.4~1.2 mm, 0.8~2.3 mm, 0.8~3.8 mmであった。

また、皮下脂肪の蓄積は3種を通じて背側筋上方で最も著しく、その厚さはハガツオ1.1~7.4 mm、スマ1.6~5.3 mm、クロマグロ1.9~5.4 mmであった。

眼窩上部付近の皮下脂肪の厚さはハガツオ0.7~1.9

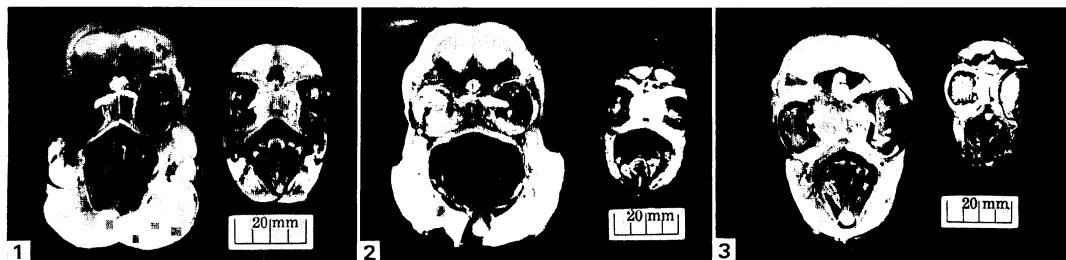


Fig. 4. Comparison of the heads of tunas by cross sections through the center of eyes between each two specimens died on an early and a later dates in their rearing.

1. *Sarda orientalis*: 1 day and 56 days after received.
  2. *Euthynnus affinis yaito*: Immediately and 120 days after.
  3. *Thunnus thynnus*: 1 day and 51 days after.
- Right: Specimens died on an early date. Left: Died on a later date.

mm、スマ 0.4~1.2 mm、クロマグロ 0.8~1.5 mm; 眼下腹側一帯でスマ 0.4~1.6 mm、クロマグロ 0.8~であったが、ハガツオの腹側部では皮下脂肪が真皮層内に混在し測定不能であった。

心臓後端付近の横断面における真皮および皮下脂肪の厚さも正常形またはそれに近い個体では眼の中心を通るそれと同様であって 3 種間に相違はないが、長期間飼育個体ではスマで約 2 mm の厚さの真皮肥厚と、背側竜骨筋上に約 5 mm の厚さの皮下脂肪蓄積が認められたのに対して、他の 2 種ではともに約 1 mm の厚さの真皮を測定し得たのみで、脂肪蓄積はほとんど認められず、肥厚はきわめて軽微であった。

### 論 議

著者らの経験によれば、水槽内で飼育されたカツオ・マグロ類幼魚の頭部は例外なく顕著な変形を生ずる。しかし、竹内ら、1970; 鈴木ら、1972; Nakamura, 1972 を除いて過去の研究報告例を参考することができず、一方私信や談話等の情報によって水槽内で飼育された本類を含む若干の魚類に外見上類似の変形を生ずる数例が確認されたことはすでに冒頭でも触れた。さらに Nakamura (1962) の標本については Otsu により、井上 (1972) の標本については著者らによって同様な変形が確認されている。

従来カツオ・マグロ類の飼育は困難とされ飼育例はまだきわめて少ない。飼育された場合でも一般に短期間飼育に終っていたため、変形例が生じても重視されず注目を引かなかったとも考えられる。しかし、今後本類の長期間飼育の技術向上に伴う普遍化によって、このような顕著な頭部変形が重大な問題となる可能性も大きい。変形の原因等については未だ不明な点が少

なくないが、現在までの知見をとりまとめ参考に資したい。

本報告の対象魚と同時に採集され、別の飼育水槽 (円形、直径 6 m 深さ 1.2 m、表面積 25.5 m<sup>2</sup>) に収容された、ほぼ同大、同種の別の個体にも同様な変形が認められた (鈴木ら、1972) が、この場合は症状が比較的軽微であって、変形が外見上確認されるまでに比較的長期間を要し、かつ変形発生の程度や時間的経過との関連に個体差が著しいなど、本報告の個体との間にかなりの相違が認められた。相互の飼育条件を比較すると、飼育海水の水質、水温、流速、餌料の種類および量等にはほとんど相違はなく、飼育密度にもとくに有意な相違があるように思えないが、水槽の大きさと形状には明らかな相違がある、例えばこの円形水槽の表面積は本報告の約 4.6 倍であることが指摘される。また表面積 50.2 m<sup>2</sup> の円形水槽内で変形を生じたカツオと同じく 176 m<sup>2</sup> の円形水槽に移動させたところ、正常な体形に回復させ得たという例 (Otsu, 談話; Nakamura, 1972) は注目に値する。著者らの例でもカツオ・マグロ類の頭部変形は飼育水槽表面積の狭小が主因となるものと推察され、表面積の比較的大きな飼育水槽では変形程度が軽微となる傾向がうかがわれる。また、前述の諸情報によれば、表面積 4.7 m<sup>2</sup> の角形水槽で約 3 週間飼育のクロマグロ; 同 13.7 m<sup>2</sup> の角形水槽で 3 カ月飼育のクロマグロ、ハガツオ、マルソウダ; 同 50.2 m<sup>2</sup> の円形水槽で 3 カ月飼育のカツオ; 同 98 m<sup>2</sup> の角形水槽で 3 カ月飼育のヒラソウダ (収容 1 週間後に外見上変形の発生を認めたという); 海面に設置された同 100 m<sup>2</sup> の網生簀で 7 カ月飼育のクロマグロ等の頭部にも変形を生じたことを知った。もちろん、頭部変形の発生に対しては水槽表面積の

大小の他に適切な飼育水温、換水率、流速、餌料の量と種類、飼育密度等諸条件の関与が考えられ、あわせて魚種による活動性、成長速度、飼育魚の大きさなどの相違が考え合わされなければならない。上述の諸資料の範囲では比較論及できない。ここでは著者らの飼育例をもとに餌料について得た多少の知見を述べるに止める。

カツオ・マグロ類の変形部を構成する内部組織は頭著に肥厚した真皮のほかに、部分的に多量の皮下脂肪の蓄積があることは先に述べた。著者らは脂肪蓄積防止の目的で、水族館で一般に餌料とされるアジ鮮魚肉に代えコウライエビ冷凍肉（大磯（1953）によればアジ鮮魚肉 100 g 中の脂肪 6.4 g、シバエビムキ身同 0.7 g、クルマエビ同 0.3 g）を主として与えたが、それにもかかわらず多量の皮下脂肪蓄積を防ぐことはできなかつた。頭部変形と餌料成分との因果関係については水族館水槽で長期間飼育された結果、その頭部に外見上本報類似の変形を生じたマサバの筋肉中にビタミン A 含有量が著しく少なく、天然産のそれに比べて約 1/200 であったという資料（平尾、私信）がある。

これまで飼育環境下においてカツオ・マグロ類と類似の頭部変形が確認された本類以外の魚類は次の 8 種で、いずれもいわゆる表層遊泳性魚類である：カタクチイワシ *Engraulis japonica*、マサバ *Scomber japonicus*、アトランティックマッケル *Scomber scombrus*、シイラ *Coryphaena hippurus*、マアジ *Trachurus japonicus*、イトヒキアジ *Alectis ciliaris*、ブリ *Seriola quinqueradiata*、カンパチ *Seriola purpurascens*（内田、私信；荒賀、私信；鈴木ら、1972；Nakamura, 1972）。

これらの事実からは、頭部変形は表層遊泳性魚類の長期飼育に当つて発生する共通現象であるような印象を受ける。しかし、変形の程度、外部形態、変形の発生と経過等には魚種相互間にかなりの差異があるようである。これらについての従来の研究もないが、著者の観察によれば、内部構造にはいっそう頭著な相違が認められ、従来経験的に言われてきたような単なる皮下脂肪の蓄積によるものばかりではないことがわかつた。すなわち、カタクチイワシでは脂瞼に限定された真皮の肥厚が頭著で他に皮下脂肪の蓄積ではなく、マサバではカツオ・マグロ類の例に似て頭部全体にわたる真皮の肥厚とそれに伴う皮下脂肪の部分的な蓄積とが認められ、ブリ、カンパチでは真皮の肥厚が主体である例と、逆に真皮の肥厚は頭著でなく、皮下脂肪の比較的一様な蓄積だけが認められる別の例との両方が

確認された。ただし資料不充分のため、これら諸例の比較検討の詳細な記述については他日にゆずりたい。

頭部変形の認められた全魚種を通じて、カツオ・マグロ類において、その程度は最も顕著であり、変形の発生時期、時間経過に伴う悪化傾向も本類において最も急速であった。

なお村上（1967）は体長 5~6 cm 以下のコイ稚魚の頭部変形を報じ、これを 10% ミネラル添加餌料によって治癒させた例を報じているが、この例は骨格の発育不全をその原因としているので、類似の症例とともに本論とは異質の病変と考えられる。

## 要 約

水族館の観覧水槽（1面ガラス張りコンクリート製、表面積 5.5 m<sup>2</sup>、容積 7.5 m<sup>3</sup>）に 5 種 32 個体のカツオ・マグロ類幼魚を飼育したところ、収容後短期間内に明らかに異常な頭部変形が例外なくあらわれ、この変形は時間経過の延長に伴つて頭著となる傾向が確認された。そのうち比較的長期間飼育することができ、変形の傾向および経過の明瞭であったハガツオ、スマ、クロマグロの変形の外部形態は基本的に共通であり、頬部の後方に広がる三角形の部分を残して頭部全体に頭著な肥厚隆起が認められた。変形はハガツオに最も早く、スマ、クロマグロの順におくれて発生し、変形の程度もハガツオで最も顕著であった。変形の主体は真皮の肥厚であつて、さらに部分的な皮下脂肪の蓄積とそれに連して頭部腹面付近の膜骨・骨膜の粗雑化が認められたが、従来他魚種を含めて経験的に言つてきたような皮下脂肪の多量な蓄積だけによって変形が生ずるのではないことがわかつた。

変形の原因には飼育水槽の狭小が主因と考えられ飼育水槽の表面積が大であれば変形発生の時期は遅延し、かつ軽微となる傾向がうかがわれる。

カツオ・マグロ類の他、水槽内で飼育された魚類のうち 8 種に外見上類似の頭部変形が確認された。この 8 種はいずれもいわゆる表層遊泳性魚類である。ただし、その変形の組織構造はまちまちであった。

## 謝 辞

研究指導を受けた観音崎水産生物研究所の四竈安正博士、本稿校閲の勞をとられた日本ルーテル神学大学の上野輝弥教授、元東京水産大学黒沼勝造教授、および実験の機会を与えられた東海大学の岩下光男教授、同じく井上元男教授、有益な助言を与えられた米国海洋漁業局ホノルル研究所の Tamio Otsu 氏、京都大

学瀬戸臨海実験所の荒賀忠一氏、姫路市立水族館の内田至氏、東海区水産研究所の平尾秀一氏らに厚くお礼を申し上げる。また、協力援助を惜しまれなかつた東海大学海洋科学博物館の西源二郎、塩原美敵ほか諸兄にも併せて謝意を表したい。

### 引用文献

- Barrett, I. and A. B. Conner. 1962. Blood lactate in yellowfin tuna, *Neotunnus macropterus* and skipjack, *Katsuwonus pelamis*, following capture and tagging. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 6(6): 234~236 (not seen).
- 井上元男・天野良平・岩崎行伸・青木光義. 1967. 飼育によるマグロ類の生態研究—I. 長時間飼育と生態観察. 東海大紀要海洋, 2: 197~200, figs. 1~7.
- 井上元男・岩崎行伸・青木光義・宮下明・矢富洋道. 1972. カツオ・マグロ類およびカジキ類他外洋性大型魚の馴致と養成に関する研究—I. 生簀および陸上水槽によるクロマグロ・カツオ・ハガツオ・ソーダガツオ・スマ・バショウカジキ・シイラの馴致と飼育. 東海大紀要海洋, 6: 69~78, figs. 1~5.
- Magnuson, J. J. 1965. Tank facilities for tuna behavior studies. *Prog. Fish-Cult.*, 27(4): 230~233, figs. 1~3.
- 松島又十郎・松原壯六郎・佐々木正・吉田正男. 1953. クロマグロ幼魚(ヨコワ)の養殖試験. 水産庁昭和46年度マグロ類養殖技術開発企業化試験中間報告: 33~39, fig. 1.
- 村上恭祥. 1967. コイ稚魚に発生する頭部変形の研究. 魚病研究, 2 (1): 1~9, figs. 1~6.
- Nakamura, E. L. 1962. Observations on the behavior of skipjack tuna, *Euthynnus pelamis*, in captivity. *Copeia*, 1962 (3): 499~505, figs. 1~3.
- Nakamura, E. L. 1972. Development and uses of facilities for studying tuna behavior. In Winn, H. E. and B. L. Olla ed. *Behavior of Marine Animals*, Vol. 2, Plenum Press, 245~277, figs. 1~17.
- 大磯敏雄. 1953. 日本食品標準成分表. 第一出版. 東京, 104 pp.
- 鈴木克美・西源二郎・塩原美敵・井上元男・岩崎行伸. 1972. カツオ・マグロ類およびカジキ類他外洋性大型魚の馴致と養成に関する研究—II. 陸上飼育水槽におけるカツオ・マグロ類の長期飼育について. 東海大紀要海洋, 6: 79~88, figs. 1~7.
- 竹内経久・西林茂博・堤俊夫・磯貝高弘・樺沢洋・三上成次・渡部秀実・岸幸弘・大井繁・鈴木英夫・池田熊蔵. 1970. 外洋性魚類の飼育について (I) マグロ *Thynnus thynnus* の飼育について. 京急油壺マリンパーク水族館年報, 3: 22~29, figs. 1~5, pls. 1~2.
- Tester, A. L. 1952. Establishing tuna and other pelagic fishes in ponds and tanks. U. S. Fish Wildlife Serv., Spec. Sci. Rep. Fish., 7: 1~20.  
(東海大学海洋科学博物館研究業績第17号)  
(424 清水市三保 東海大学海洋科学博物館)