

上湾症発症養殖ブリの脊椎骨に見られる変形

木本圭輔

The Deformation of Vertebrae of Cultured Yellowtail, *Seriola quinqueradiata*, Showing KyphosisKeisuke Kimoto^{*1}

養殖ブリ *Seriola quinqueradiata* の上湾症は尾部が背方に曲がる変形であり（写真 1）、その特徴的な外観症状から、養殖現場では「ヒコウキ」とも呼ばれている。上湾症でブリが死亡することはないと言われるが、商品価値が著しく損なわれることから、産業的被害が無視できないと考える。本症の研究は 1990 年頃に林¹⁾や江草²⁾によりなされ、症状の特徴がいくつか報告されているが、発生原因や予防・治療対策は明らかにされていない。これまで、県内における本症の被害は、他の細菌性疾病等に比べわずかであったため大きな問題にはならなかったが、近年、ワクチンによる疾病対策により特に大きな被害をもたらしてきた細菌性疾病等による被害が軽減された結果、これまで被害量が小さかったために十分な対策がとられていない疾病の被害が浮き彫りとなっており³⁾、県内のブリ養殖業者からはそれら疾病への対策が求められている。本症はそのような疾病の一つであるが、その予防・治療対策を確立するためには発生原因の究明が必要不可欠である。本症は外見の変形を伴うものであることから、その変形状態を正確に把握することにより変形をもたらした原因を推察することが可能であると考え。そこで、上湾症発症ブリの脊椎骨の変形について調査を行った。

材料と方法

検体 上浦町地先で養殖されたブリ 1 才魚 31 尾を調査対象とした。これらは 1998 年 4 ~ 5 月に天然種苗として採捕されたのち蒲江町で育成され、同年 6 月から上浦町地先で養殖された同一生簀内に由

来する個体である。1999 年夏期から上湾症魚の増加が認められたが、2000 年 2 月に生簀内の全数が処分された。検体は処分された魚の脊椎骨で、肉眼的に上湾症と判断されるものを意図的に多く採取した。養殖業者によると、発生率は約 2 割程度であった。

試料の作製 検体は 95%エタノールに保存後、30 ~ 40%KOH 水溶液に 12 ~ 18 時間浸漬して筋肉や結合組織を溶解させ、個々の脊椎骨に分離した。各脊椎骨に個体番号と脊椎骨番号の標識を付け、流水あるいは止水中に 1 ~ 2 日浸漬して KOH を除去したのち、風乾して骨標本とした。このうち、第 5 ~ 23 脊椎骨を試料とした。

試料の測定 全ての試料について、上辺、下辺、前径、後径をノギスを用いて測定した（図 1）。上辺、下辺は体軸方向の関節突起を含まない椎体部分の長さとし、前径、後径はそれぞれ椎体部分の前面および後面の水平方向における最大幅とした。

正常個体群と上湾個体群における下辺長の比較 全ての試料について、上辺/下辺、前径/後径、前径/下辺の値を算出し、脊椎骨番号ごとにその分散を比較して、全ての脊椎骨の中で最も形態の個体差が少ない脊椎骨を基準骨として選択した。個体ごとに、全ての脊椎骨の下辺長を、同一個体の基準骨の上辺、下辺、前径、後径の長さで除した比を正常個体群と上湾個体群間で比較した。平均値の比較は Welch の t-検定を用いて行った。

脊椎骨の台形化と横幅の増大との関係 全ての試料について、上辺/下辺、および大径/下辺を算出した。大径は、各脊椎骨について前径と後径のうち大きな方とした。第 5 ~ 23 脊椎骨のそれぞれについ

*1 現所属：内水面研究所

*2 福田穰：魚病診断日誌、「養魚情報」182 号，大分県海洋水産研究センター養殖環境部（2002）。

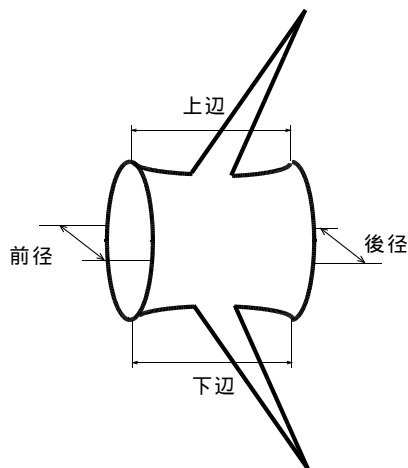


図1. 椎体の測定部位

て、上辺/下辺を横軸、大径/下辺を縦軸にした座標平面上に全ての個体の値をプロットし、正常個体群と上湾個体群の値の分布を比較することにより、上湾個体群における台形化と横幅の関係を調べた。

結 果

検体の屈曲部位 目視による判断で、全 31 検体のうち正常個体は 12 個体、上湾個体は 19 個体であった。屈曲部位は第 16-19 脊椎骨間に集中していた。上湾個体のうち第 16-17 脊椎骨間で屈曲していた個体が 8 個体（以下、16-17 上湾群）、第 17-18 脊椎骨間が 9 個体（17-18 上湾群）、第 18-19 脊椎骨間が 2 個体（18-19 上湾群）であった。

正常個体群と上湾個体群における下辺長の比較 全個体における上辺/下辺、前径/後径、前径/下辺の脊椎番号ごとの分散は、第 13 脊椎骨において最も小さかった（図 2 ~ 4）。全ての試料の下辺長と、同一個体の第 13 脊椎骨の上辺、下辺、前径および後径の比（以下、下辺/13 上辺、下辺/13 下辺、下辺/13 前径および下辺/13 後径）を算出し、正常個体群と各上湾個体群別に脊椎番号ごとの平均値を比較した結果は、表 1 ~ 4 に示したとおりである。16-17 上湾群では、第 16 脊椎骨の下辺/13 上辺および下辺/13 下辺が正常個体と比較して有意に ($p < 0.05$) 短く、17-18 上湾群においても同様に第 16 脊椎骨の下辺/13 上辺が有意に短かった。18-19 上湾群では、下辺/13 上辺および下辺/13 前径に有意差が見られたが、有意差が現れる脊椎番号は不規則であった。また、全ての上湾群において、下辺/13 後径に有意な差は認められなかった。

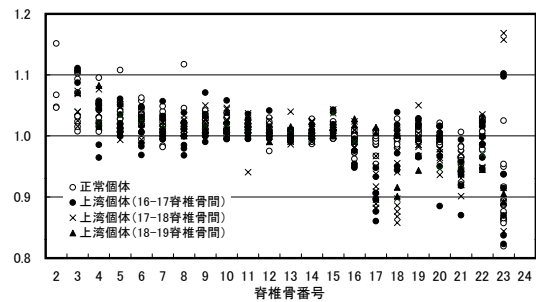


図2. 上辺長 / 下辺長

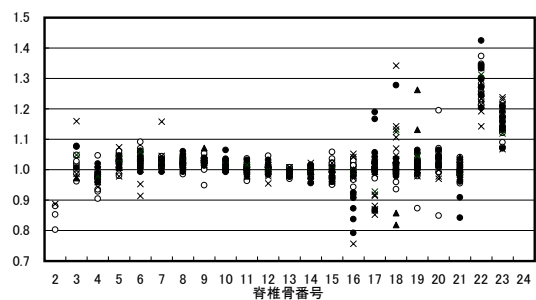


図3. 前径 / 後径

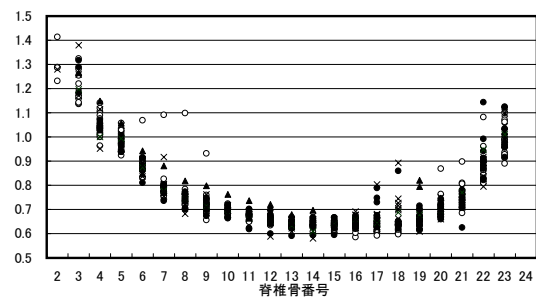


図4. 前径 / 下辺長

脊椎骨の台形化と横幅の関係 全試料について作成した散布図のうち、第 5, 10, 15 ~ 20, 22 脊椎骨の図を抜粋して図 5 ~ 13 に示した。脊椎骨の台形化が起こっていない第 5, 10, 15 脊椎骨では、全ての個体について上辺長と下辺長がほぼ同じ長さであるので上辺/下辺はほぼ 1.0、大径/下辺は脊椎骨ごとにある一定の値を示し、正常個体群と上湾個体群の値が分離することなく狭い範囲に集中していた（図 5 ~ 7）。一方、屈曲が観察された第 16 ~ 19 脊椎骨では、該当部位に屈曲が見られた個体の値が、屈曲の見られない個体の値から分離する傾向が見られた（図 8 ~ 11）。すなわち、第 16 脊椎骨では、正常個体と 17-18 及び 18-19 上湾群の値は、上辺/下

養殖ブリの脊椎骨の変形

表1. 各個体群における脊椎骨番号別下辺 / 13上辺の平均値

脊椎骨番号	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
正常個体	0.71	0.78	0.84	0.88	0.91	0.93	0.94	0.97	1.00	1.02	1.03	1.04	1.04	1.04	1.00	0.90	0.81	0.66	0.45
16-17上湾群	0.72	0.79	0.85	0.89	0.90	0.92	0.94	0.97	1.00	1.01	1.01	1.01*	1.04	1.02	0.98	0.89	0.80	0.65	0.43
17-18上湾群	0.69	0.77	0.84	0.88	0.89	0.91	0.94	0.97	1.00	1.01	1.02	1.02*	1.03	1.03	0.98	0.89	0.80	0.66	0.45
18-19上湾群	0.70	0.79	0.84	0.88	0.89*	0.90*	0.93	0.98	0.99	1.00	1.04	1.05	1.04	1.05	0.99	0.89	0.83	0.68	0.45

*p<0.05

表2. 各個体群における脊椎骨番号別下辺 / 13下辺の平均値

脊椎骨番号	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
正常個体	0.71	0.78	0.84	0.87	0.91	0.93	0.94	0.97	1.00	1.02	1.03	1.04	1.04	1.04	1.00	0.90	0.81	0.66	0.45
16-17上湾群	0.72	0.79	0.85	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	1.00	1.01	1.02	1.02*	1.04	1.02	0.98	0.89	0.80	0.65	0.43
17-18上湾群	0.70	0.77	0.84	0.89	0.90	0.92	0.94	0.97	1.00	1.01	1.03	1.02	1.03	1.03	0.99	0.90	0.80	0.66	0.45
18-19上湾群	0.70	0.79	0.85	0.89	0.90	0.91	0.93	0.99	1.00	1.01	1.04	1.06	1.05	1.06	1.00	0.90	0.84	0.69	0.45

*p<0.05

表3. 各個体群における脊椎骨番号別下辺 / 13前径の平均値

脊椎骨番号	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
正常個体	1.10	1.21	1.32	1.37	1.41	1.45	1.47	1.51	1.56	1.59	1.60	1.62	1.62	1.62	1.56	1.41	1.26	1.02	0.70
16-17上湾群	1.13	1.24	1.34	1.40	1.42	1.46	1.49	1.52	1.57	1.59	1.59	1.60	1.65	1.61	1.55	1.41	1.26	1.02	0.68
17-18上湾群	1.07	1.19	1.32	1.39	1.41	1.44	1.48	1.53	1.57	1.59	1.61	1.61	1.63	1.63	1.55	1.41	1.25	1.04	0.70
18-19上湾群	1.06*	1.20	1.28	1.34	1.36	1.38*	1.41*	1.49	1.51	1.52*	1.58	1.60	1.59	1.60	1.51	1.35*	1.27	1.04	0.69

*p<0.05

表4. 各個体群における脊椎骨番号別下辺 / 13後径の平均値

脊椎骨番号	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
正常個体	1.10	1.22	1.31	1.36	1.41	1.44	1.47	1.51	1.56	1.58	1.60	1.62	1.62	1.62	1.57	1.41	1.26	1.02	0.70
16-17上湾群	1.13	1.24	1.33	1.40	1.42	1.45	1.48	1.52	1.57	1.59	1.59	1.59	1.64	1.59	1.54	1.40	1.25	1.02	0.68
17-18上湾群	1.06	1.19	1.31	1.38	1.41	1.43	1.47	1.52	1.57	1.59	1.61	1.60	1.62	1.62	1.55	1.40	1.25	1.04	0.70
18-19上湾群	1.07	1.21	1.31	1.36	1.39	1.39	1.42	1.51	1.55	1.54	1.59	1.61	1.59	1.61	1.55	1.37	1.28	1.04	0.68

*p<0.05

辺ではほぼ 1.0, 大径/下辺で 0.6 ~ 0.7 で, 狭い範囲に集中していたのに対し, 16-17 上湾群の値は, 上辺/下辺ではほぼ 1.0 であったが, 大径/下辺において 0.7 ~ 0.9 であり, 第 16 脊椎骨に屈曲が見られない個体の値よりも上方に分布するという傾向が見られた(図 8)。第 17 脊椎骨では, 正常個体および 18-19 上湾群の値は, 上辺/下辺ではほぼ 1.0, 大径/下辺で 0.6 ~ 0.7 と狭い範囲にまとまっていたが, 16-17 及び 17-18 上湾群の値は, 上辺/下辺が 1.0 より小さく, 大径/下辺は 0.6 ~ 0.9 であり, 第 17 脊椎骨に屈曲が見られない個体の値に対して左上方に分布する傾向が見られた(図 9)。第 18, 19 脊椎骨においても, 第 17 脊椎骨と同様に, 屈曲が見られた個体の値だけが, 見られない個体の値に対して左上方に分布した(図 10, 11)。なお, 第 20, 22 脊椎骨では, 全体的にばらつきが大きかったものの, 正常個体と上湾個体の値は分離していなかった(図 12, 13)。

考 察

本県では, 1975 年に上湾症大発生記録が残っている¹⁾。三重県では 1987 年に大発生があり, 上湾症の研究は, この事例について行われたのが最初である。林²⁾は, 上湾症魚では脊柱が屈曲していること, 屈曲は第 16 ~ 19 脊椎骨の間のある一か所だけに集中していること, 屈曲部の脊椎骨では椎体部分の幅が増大していることを報告している。江草³⁾も同じ事例について症状の観察を行い, 林²⁾が報告した症状のうち前二者について同じ見解であることに加え, 屈曲部脊椎骨は上辺が下辺より短く, 側面観で台形に変形していること, 下辺は変化がないかあるいは少し伸長していることを報告している。しかし, 屈曲部脊椎骨の幅の増大が上湾症の症状であることには疑問が残されている。

今回入手した上湾個体および正常個体の脊椎骨を観察した結果, 屈曲部位および脊椎骨の台形化については林²⁾および江草³⁾の報告と一致し(写真 2 ~ 5), 下辺の伸長については明らかでなく, 屈曲部脊椎骨の横幅は, 林²⁾の報告のように増大しているように思われた(写真 6, 7)。なお, 上湾個体のう

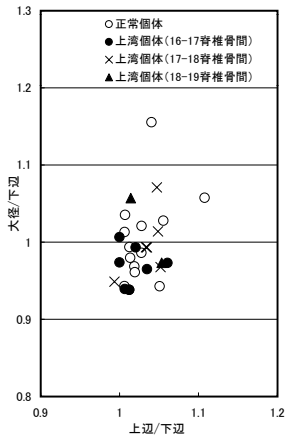


図5. 第5脊椎骨

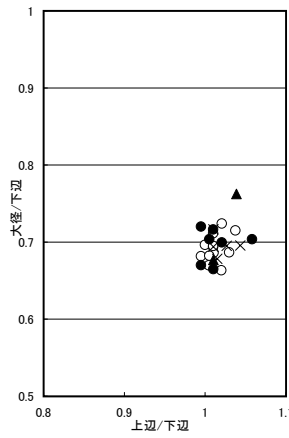


図6. 第10脊椎骨

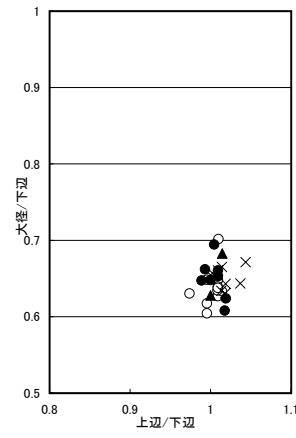


図7. 第15脊椎骨

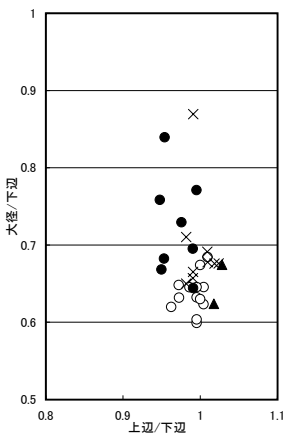


図8. 第16脊椎骨

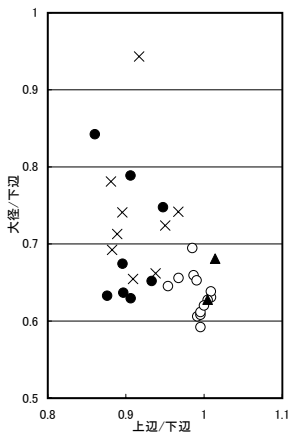


図9. 第17脊椎骨

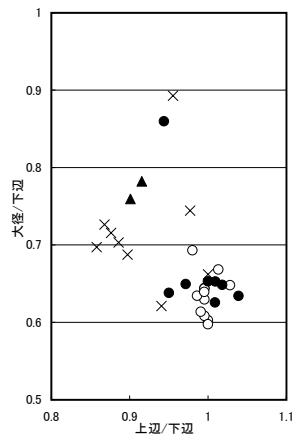


図10. 第18脊椎骨

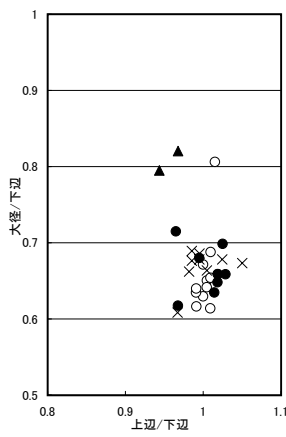


図11. 第19脊椎骨

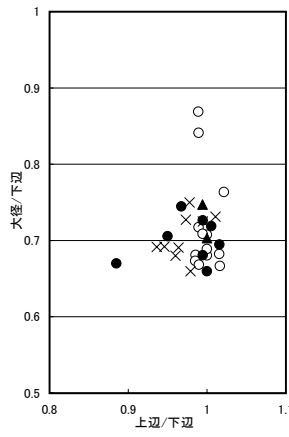


図12. 第20脊椎骨

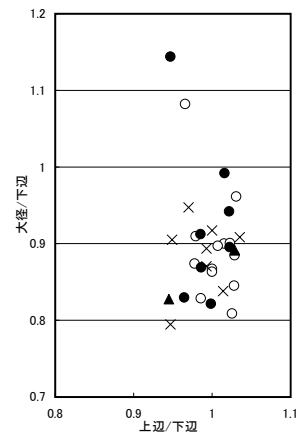


図13. 第22脊椎骨

ち、屈曲集中部位より後ろの脊柱が下方にやや屈曲している個体が散見されたが、今回はこの変形については検討しなかった。

症状から上湾症の原因を推定する上で、上湾症の症状の正確な把握が極めて重要であると考えられる。そこで本研究では、屈曲部位脊椎骨の上辺、下

辺、横幅を測定して、正常個体群と上湾個体群を比較することにより、症状の正確な把握を試みた。

正常個体群と上湾個体群を比較するにあたり、各個体の大きさが異なるので、試料脊椎骨の測定値を個体間で直接比較することはできない。そこで、本研究では、試料各部位の測定値の比（相対長）を比

養殖ブリの脊椎骨の変形



写真1. 上湾症ブリ *Seriola quinqueradiata* 1歳魚
(左側面観)

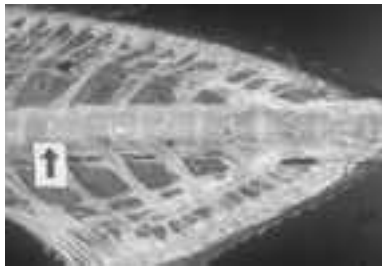


写真2. 正常魚の脊柱 (左側面観)
(矢印は第15脊椎骨)



写真3. 上湾症魚の脊柱 (左側面観)
(矢印は第15脊椎骨)



写真4. 正常魚の第16,17脊椎骨
(左側面観)

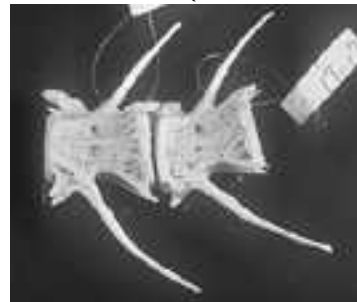


写真5. 上湾症魚の第16,17脊椎骨
(左側面観)



写真6. 正常魚の第17脊椎骨
(前面観)

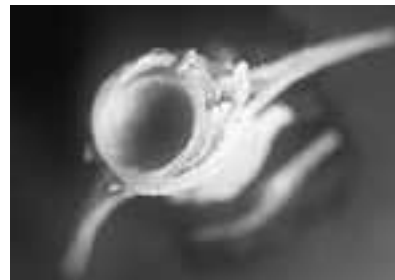


写真7. 上湾症魚の第17脊椎骨
(前面観)

較した。生物では一般的に、体各部の相対長は成長段階ごとに異なることが知られ、山田⁴⁾によればマアジの脊柱長とそれを構成している個々の脊椎骨長の比も、成長段階によって異なる。従って、成長段階が大きく異なる個体間で相対長を比較することは危険であるが、本研究で用いた検体は飼育履歴が等しい上、出荷までは同じ生簀で飼育されていたこと

から、成長段階に大きな差がないと考えられる。従って、相対長の比較により、間接的に試料の測定値を比較することは可能であると判断した。

本研究結果から、上湾症ブリにおける屈曲部位脊椎骨の特徴として、林²⁾および江草³⁾が報告した屈曲部位の集中と脊椎骨の台形化が追認されたことに加え、下辺長の短縮を伴うのは第16脊椎骨だけで

あり、それは第 16-17 及び第 17-18 脊椎骨間で上湾が起こった場合に限られること、第 16 ~ 19 脊椎骨の台形化は横幅の増大を伴うが、特に第 16 脊椎骨では台形化よりもむしろ横幅の増大が顕著であることが示唆された。

これらの症状から、上湾症の発症機構を推測すると、脊椎骨の背側において、体軸方向への骨組織の形成が、脊椎骨の背側だけを体軸方向に圧迫する何らかの力によって阻害されることにより、骨組織が横方向へ形成され、その結果脊椎骨が台形化すると考えられる。また、屈曲部位脊椎骨のうち、第 16 脊椎骨だけが上辺の短縮と横幅の増大以外に下辺長の短縮を伴うことから、第 16-17 脊椎骨間においては背側だけではなく腹側も何らかの力により圧迫されると考えられる。

上湾症の原因について林²⁾は、上湾症魚からは側湾症の原因とされる脳内の粘液胞子虫⁵⁾や連鎖球菌⁶⁾は必ずしも分離されないことを調べ、その他農薬⁷⁾、サルファ剤⁸⁾、爆発物⁹⁾、ビタミン欠乏¹⁰⁾等で起こる変形とは、症状が異なることを報告している。また、第 16 ~ 19 脊椎骨の長さや幅が全脊椎骨中最大であることから、この部位が遊泳に重要な役割を果たす可能性が高いと推測しており、この部位と屈曲部位とが一致することから、上湾症状発症の直接原因に筋力が考えられるとしている。一方、江草³⁾は原因の一つに筋力を想定しているものの、屈曲部位の集中を説明できないとしている。

三谷¹¹⁾によるとブリの第 16 ~ 19 脊椎骨は、大きいだけでなくその成長率も他の脊椎骨に比して高いことが報告されている。上湾症発症時期が、初夏から秋にかけてのブリの高成長時期と同じであることから、第 16 ~ 19 脊椎骨の急激な成長が上湾症発症の背景にあるのかもしれない。

Backiel et al.¹²⁾は、発電所温排水排水口付近で養殖されたコイ稚魚に見られた上湾様症状について、その原因は流速であり、強い水流に無理に逆らって遊泳することで筋肉が異常な収縮を繰り返し、脊椎骨の台形化が起こった、と原因および発症機構を考察している。

一方、聞き取り調査によると県下の養殖業者の多くは、経験的に酸素欠乏を原因と考えている。魚類の体側筋には、大量に酸素を消費し巡航遊泳等の持続的な運動に用いられる血合筋と、嫌氣的解糖によりエネルギーを得て短期間の激しい運動に用いられる普通筋がある¹³⁾。TSUKAMOTO¹³⁾によると、ブリの遊泳に使用される筋肉は、ある一定の速度までは血合筋だけであるが、その速度を超えると普通筋も

使用される。仮に、第一原因が酸素欠乏で、上湾症状の直接的な発症機構が何らかの異常な筋収縮であるとした場合、大量に酸素を消費する血合筋の筋収縮は、酸素欠乏によって何らかの影響を受けると考えられる。酸素欠乏により血合筋の収縮が抑制された場合に、普通筋が補償的に長時間収縮するという異常な筋収縮が起こるならば、脊椎骨が変形する可能性も考えられる。

今後は、上湾部位筋肉の病理組織学的観察を行うとともに、実験的酸素欠乏状態でブリを飼育し、人工的な上湾症ブリの作出を試みる必要がある。

摘 要

上湾症発症および正常な養殖ブリ 1 才魚 31 尾の第 5 ~ 23 脊椎骨について、上辺、下辺、前径、後径を測定するとともに、上辺/下辺、大径/下辺等の比を算出し、これらの値を正常個体群と上湾個体群間で比較した結果、上湾個体の屈曲部脊椎骨の変形について以下のことが示唆された。

- 1) 第 16 脊椎骨の下辺長は、第 16-17 及び 17-18 脊椎骨間で上湾が起こった場合に限り短くなること。
- 2) 第 16 脊椎骨以外の下辺長は上湾症発症の有無によらず変化しないこと。
- 3) 第 16 脊椎骨では台形化より横幅の増大が顕著であること。
- 4) 第 17 ~ 19 脊椎骨の台形化は横幅の増大を伴うこと。

文 献

- 1) 小野真一：ハマチ奇形原因究明の一例。月刊かん水, 155, 7-10(1977).
- 2) 林政博：養殖ブリに発生した変形魚について。三重水技研報, 4, 1-12(1990).
- 3) 江草周三：上湾症ブリにおける脊椎骨変形。魚病研究, 26(3), 155-156(1991).
- 4) 山田鉄雄：マアジの椎体長曲線の研究。長大研報, 10, 192-209(1961).
- 5) 坂口清次, 原武史, 松里寿彦, 柴原敬生, 山形陽一, 河合博, 前野幸男：養殖ハマチの粘液胞子虫寄生による側湾症。養殖研報, 12, 79-86(1987).
- 6) 界外昇, 宮崎照雄, 窪田三郎：ブリ稚魚変形症の原因菌および病理組織。19(3), 173-179(1984).

養殖ブリの脊椎骨の変形

- 7) 馬場啓輔, 奈良正人, 岩橋義人, 佐々木正, 大須賀穂作: 農薬の海水魚に対する毒性. 静岡水試研報, **11**, 51-58(1977).
- 8) 窪田三郎, 小島清一, 石田昭夫: サルファ剤の副作用. 魚病研究, **4**(2), 98-102(1970).
- 9) 藤谷超: 爆発物によって漁獲された魚類に見られた症状. 水産増殖, **11**(3), 167-174(1963).
- 10) 北村佐三郎: ニジマスのビタミン C 欠乏症概説. 魚病研究, **3**(2), 73-92(1969).
- 11) 三谷文夫: ブリの成長と年齢に関する研究-年齢形質としての脊椎骨の検討. 日水試, **24**, 626-631(1958).
- 12) T.Backiel, B.Kokurewicz and A.Ogorzalek: High incidence of skeletal anomalies in carp, *Cyprinus carpio*, reared in cages in flowing water. *Aquaculture*, **43**, 369-380(1984).
- 13) K.Tsukamoto: Direct evidence for functional and metabolic differences between dark and ordinary muscles in free-swimming yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **47**(5), 573-575(1981).

