

## キジハタ人工種苗における形態異常率の推移 および椎体異常が成長に及ぼす影響

町 敬介・福西悠一\*<sup>1</sup>  
(2017年6月23日受理)

### **Changes in deformity rates with growth and influence of vertebral deformity on growth of juvenile red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*, under laboratory condition.**

Keisuke Machi and Yuichi Fukunishi

Occurrence rate of 5 common deformity, Saddleback syndrome (SBS), Opercular deformity (OD), Jaw deformity (JD), Lordosis (Lo) and Kyphosis (Ky) were observed from juvenile to adult stages of hatchery-reared red spotted grouper, *Epinephelus akaara*, between May 2014 and October 2016. The occurrence rates of SBS, OD, JD and Ky were constant throughout the examination period. However, Lo rate was significantly increased in fish which larger than 90 mm in total length from October 2014 to October 2015. Moreover, the average size of abnormal fish with more than 11 deformed centrums observed by Soft X-Ray radiographs was significantly smaller than that of normal fish. Therefore, if all of the deformed fish are removed by visual assessment at the release size, although the number of fishes with SBS, OD, JD and Ky will not increase after release to the sea, the number of Lo fish may increase and Lo retard growth as they grow.

Key words: Serranidae ; Red-spotted grouper ; Malformation ; Growth

キジハタ *Epinephelus akaara* は、全長50cmに達するハタ科の魚類であり、日本周辺では青森県以南から九州の沿岸にかけて分布し (瀬能 2013), その食味の良さから高級魚として取り扱われている。また、沿岸での漁獲が中心であることから、漁業者から栽培漁業による資源の維持、増大の強い要望があり、2012年度には西日本を中心に約60万尾の種苗が放流されている (水産庁ら 2014)。

これまでにキジハタの種苗生産技術については、卵発生に及ぼす水温の影響 (萱野・尾田 1991), 親魚の年齢組成と卵質の関係 (萱野ら 1998), 仔魚の浮上へい死防除 (Yamaoka *et al.* 2000, Setiadi *et al.* 2002), 仔稚魚の摂餌 (萱野ら 1990, 萱野 1992, 山本 1996, 萱野・何 1997, 與世田ら 2006), 閉鎖式循環飼育 (山本 2015), 種苗の大量生産および放流効果 (南部 2013) などの研究が行われ、現在は安定的な大量生産技術が確立されつつある。

---

\*<sup>1</sup> 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 (Toyama Prefectural Agricultural Forestry & Fisheries Research Institute, Fisheries Research Institute, 364, Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan).

しかし、生産したキジハタ種苗からはしばしば形態異常魚の出現が報告されており、形態異常の防除は全国のキジハタの種苗生産機関において大きな課題となっている(明石・安部 2011, Setiadi and Tsumura 2007)。キジハタの形態異常発生の要因や防除に関する知見は、Iwasaki (2017)において、初期の鰾の過開腔魚に背鰭陥没異常が多く発生するという報告が見られるのみであり、現状では形態異常発生の要因は解明されておらず、形態異常の防除は困難である。したがって、キジハタの種苗生産機関では、健苗性の観点から種苗放流を行う前に形態異常魚を目視による手選別で除去するという対策がとられている。しかし、この方法は多くの労力を要し、種苗を生かしたまま外部形態によって判断することから、軽微な異常は見落とされる可能性が高い。そのため、選別の精度によっては放流種苗には形態異常魚が多く混入すると考えられる。

鈴木ら(2004)は、ニシンの種苗放流において、椎体異常が6ヵ所以上確認された個体の回収率が低いことを報告している。また、Boglione *et al.* (2013)は、形態異常魚は正常魚と比較して摂餌量が少なく、遊泳力が弱いことから、成長が遅いと報告している。さらに、漁獲された形態異常魚の外見が正常魚と大きく異なる場合には、正常魚と比較して商品価値が低下することも懸念される。これらのことから、放流された形態異常魚の割合が多く、症状が重いほど、放流効果が低下する可能性がある。形態異常がキジハタ種苗の放流後の成長や生残に与える影響については、明石・安部(2001)が再捕されたキジハタ人工種苗の成魚1尾に背鰭陥没を確認し、背鰭陥没は成長しても治らない安定的な形質であると推察した報告があるのみで、情報は極めて断片的である。また、放流後に形態異常部位はどうなるのか、どの形態異常が種苗の生残や成長に影響するのかについては分かっていないため、放流後の形態異常の進行過程について追跡調査を行うことは極めて重要である。

そこで本研究では、キジハタ種苗の放流サイズの稚魚から成魚までの成長に伴う形態異常の症状、異常率の推移および形態異常が成長に与える影響を明らかにすることを目的とし、種苗生産施設において生産されたキジハタ稚魚を成魚になるまで継続飼育し、外見上の形態異常の定期的な観察を行った。併せて、試験開始時および終了時に、軟X線写真による内部骨格の観察し、内部骨格異常と外見上の形態異常の関係について検討した。

## 材料および方法

### 飼育試験

キジハタの親魚養成、種苗生産および飼育試験は、富山県農林水産総合技術センター水産研究所で行った。親魚には、2011年5月および2012年10月に、富山県内の氷見市場および黒部市場で水揚げされた個体を用いた。親魚の餌付け時には、ホタルイカおよびオキアミを給餌し、餌付け後はホタルイカおよびオキアミをミンチにし、トラフグマッシュM75(株式会社ヒガシマル)、ビタミンE100強化オイル(バイオ科学株式会社)およびパラミックスTU(株式会社科学餌料研究所)を2:2:3.8:0.1:0.1で混合したモイストペレット(MP)を給餌した。2013年6月下旬から7月上旬にかけて、養成した親魚の腹部を圧迫して精子が出た個体を雄、内径1mmのチューブを用いたカニューレーションにより卵を採取できた個体を雌とし、雄31尾および雌64尾の合計95尾を25kl八角形コンクリート水槽に収容した。収容した親魚は自然水温で飼育し、照明は蛍光灯の

みで午前8時半から午後2時まで点灯した。

採卵は、7月下旬に水槽上部の排水口に採卵ネットを設置し、水槽内で自然産卵された受精卵を飼育水と共にオーバーフローさせて行った。採卵した受精卵は、2013年7月23日～27日にかけて、FRP製の3.6kl角形水槽4槽と5kl円形水槽3槽の計7水槽に1klあたり約29,000～35,000粒収容した。収容した卵のふ化率は42.9～89.5%であった。

種苗生産の概要をFig.1に示した。仔魚の沈降死を防止するため、武部ら(2011)の底注水方式と同様の配管を各水槽に設置し、水槽底部に緩やかな流れを作った。底注水に用いた海水は、水槽横に設置した100ℓパンライトからポンプで圧送した。排水は、魚止めネットを設置した排水口から、100ℓパンライト内に送水され、100ℓパンライト内の立ち上げからオーバーフローさせた。底注水は、0日齢から約0.5回転/日で行い、その後徐々に回転数を増やししながら、25日齢以降に終了した。初期の浮上斃死を防止するため、0～2日齢まで、水槽の表面にビタミンE強化オイルを3～5ml滴下した。なお、生産中に油膜の除去は実施しなかった。初期の給餌にはタイ産SS型ワムシを用い、日齢2日の午前中に約20個体/mlになるように水槽内にカップで投入した。タイ産SS型ワムシは、前日からタウリン(Jiangyin Huachang Food Additive CO., LTD)およびスーパー生クロレラV12(クロレラ工業株式会社)によって栄養強化したものをを用いた。種苗生産水槽には、タイ産SS型ワムシの投入前に、スーパー生クロレラV12もしくはマリーンフレッシュ(マリンテック株式会社)の添加を微量ずつ開始した。初期の給餌を成功させるため、日齢2～約10日までの昼間に1,000wの水銀灯を点灯し、表層の照度を10,000lux以上に維持した。なお、2日齢のみ夜間も水銀灯を点灯させた。八重山産S型ワムシは、約10日齢から、午前8時と午後2時の2回に分けて給餌した。午前に給餌する八重山産S型ワムシは、前日夕方からスーパー生クロレラV12とタウリンによる栄養強化を行い、午後に給餌する八重山産S型ワムシは前日夕方からの栄養強化に加えて、スーパーカプセルパウダー(クロレラ工業株式会社)で6時間の栄養強化を行った。給餌量は、午前、午後ともに10～20個体/mlを水槽容量でかけた個体数とした。配合餌料はジェンマママイクロ300(スクレッティング株式会社)およびおとひめ(日清丸紅餌料株式会社)を用い、約15日齢から手撒きで給餌した。給餌は、午前7時～午後6時まで1日6回以上行った。アルテミアは北米産を用い、約25～40日齢まで給餌した。アルテミアの栄養強化はスーパーカプセルパウダーで6時間行い、給餌は午後2～3時頃に20～30万個体を水槽内にカップで直接投入した。種苗の取り上げは2013年9月6日から11日まで行い、7水槽で75,000尾の種苗を生産した。取り上げた種苗の平均全長は40mmで、水槽内の生残率は10.9～27.6%であった。

生産した種苗のうち、放流用に分けた37,000尾を角形水槽内で2013年10月8日

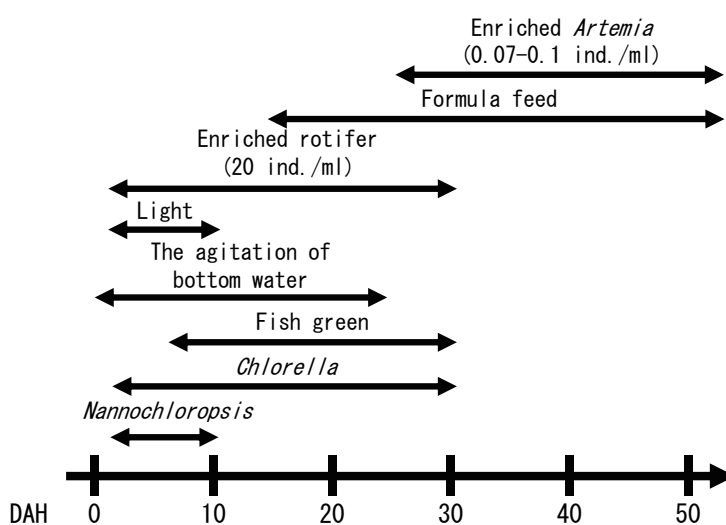


Fig.1 Feeding and water management scheme for rearing of red spotted grouper larvae.

まで飼育し、試験にはその中からランダムに抽出した平均全長72.4mmのキジハタ稚魚644尾を用いた。試験魚は、成長に合わせて1kl角形FRP水槽、3.6kl角形FRP水槽、5kl円形FRP水槽および15kl円形コンクリート水槽を用いて2016年10月まで飼育した。飼育水には、当所で取水している表層海水を砂ろ過した後、ウイルス性神経壊死症の防除のため、紫外線殺菌浄化装置フロンライザFDL-2（千代田工販株式会社）に通して使用した。飼育水温は自然水温とし、試験期間中の取水水温は9.2~27.7°Cの範囲であった。給餌は配合餌料のおとひめEP 3~6（日清丸紅株式会社）を飽食量で1日1回、週5日程度とし、摂餌行動が緩慢になる1月~3月はほぼ無給餌で飼育した。

試験魚のサンプリングと測定は、2014年5月、2014年10月、2015年5月、2015年10月および2016年10月の計5回実施した。サンプリングは、形態異常魚と正常魚で水槽内での分布が異なる可能性を考慮し、水槽内の全個体を水中に設置したカゴに収容してよく攪拌した後、タモを用いてランダムに行った。採取尾数は、2014年5月から2016年5月においては100尾、2016年10月は水槽内に残った116尾全てとした。なお、サンプル採取日および採取の翌日は、どのサンプリングにおいても死亡は見られなかった。サンプルは、採取後に速やかに2-フェノキシエタノール（和光純薬工業株式会社）で麻酔し、全長を測定後に外見から形態異常を判定した。

外見上の形態異常の観察項目は、背鰭陥没（SBS）、鰓蓋異常（OD）、顎の異常（JD）、前彎症（Lo）、後彎症（Ky）の5項目とした（Fig.2）。比較対象には、富山県黒部市地先で漁獲された6尾の天然魚（全長232~293mm）を用いた。背鰭陥没については、天然魚（Fig.2a）と比較し、外見から背鰭起部に陥没が確認された個体の異常率を調べた（Fig.2b）。鰓蓋欠損は、主鰓蓋骨もしくは下鰓蓋骨が体の内側に巻き込まれた状態を異常とした（Fig.2c）。顎の異常は、キジハタの下顎先端が上顎の先端と同位か、それよりも短い個体を異常個体とした（Fig.2d）。前彎症は、天然魚と比較して、体が背側に彎曲したも

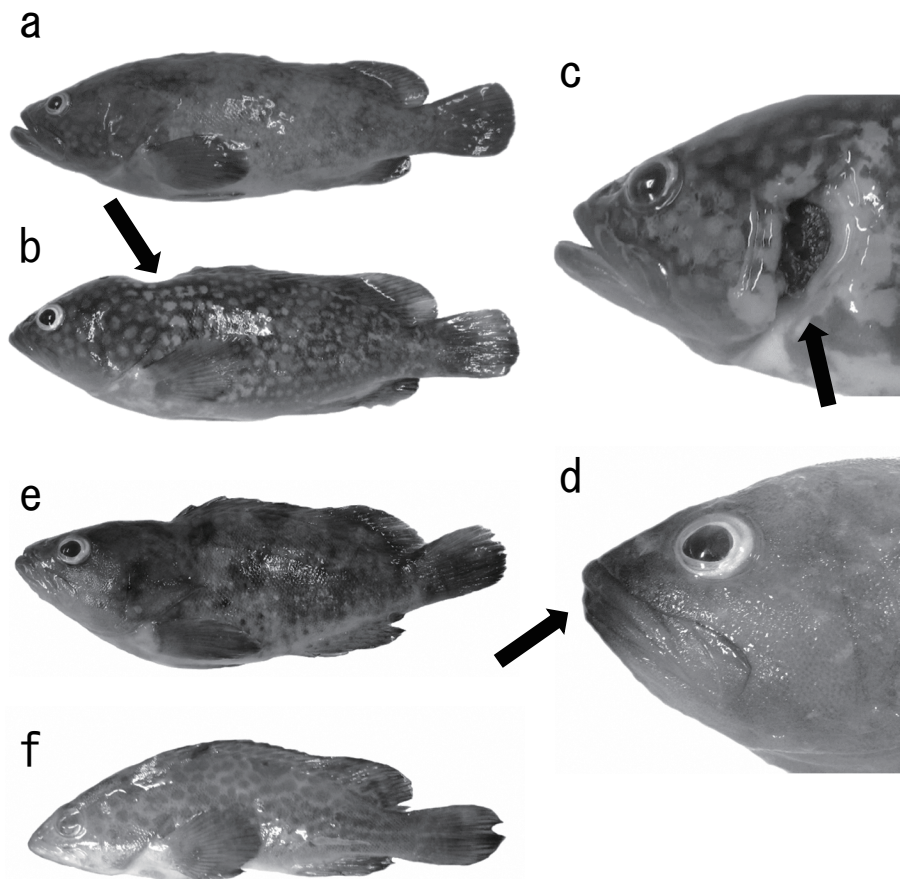


Fig. 2 Photographs of normal and deformed fishes in red spotted grouper. (a) Normal fish, (b) Saddleback syndrome (SBS), (c) Opercular deformity (OD), (d) Jaw deformity (JD), (e) Lordosis (Lo) and (f) Kyphosis (Ky).

のを異常個体とした (Fig.2e). 後彎症は, 天然魚と比較して, 体が腹側に彎曲したものを異常個体とした (Fig.2f). 異常が重複して出現した個体については, それぞれの異常項目について出現率に反映させた. なお, 担当者が異なることで外見上の形態異常に判定誤差が生じる可能性を考慮し, 外見上の異常の観察は全て同一の担当者が実施した.

2014年5月および2016年10月にサンプリングした個体については, 2-フェノキシエタノールで麻酔し, 10%中性ホルムアルデヒド溶液で固定した後, 軟X線写真を撮影して内部骨格の異常の有無も観察した (Fig.3). 前彎症や後彎症の出現に関連すると考えられる椎体異常については,

椎体が癒合, 変形, 椎体間の接合部がずれたものを異常とし, 24椎体それぞれの形態異常率を求めた. また, 明石・安部 (2011) は, 背鰭陥没部位に, 背鰭棘担鰭骨, 腹椎神経棘の異常を報告していることから, これらの部位についても観察し, いずれかの異常が認められた個体を軟X線写真による背鰭陥没異常個体として, その出現率を求めた. なお, 背鰭担鰭骨異常は, 第1~3背鰭棘担鰭骨が癒合, 変形した状態を異常とし, 腹椎神経棘異常は, 第1~3腹椎神経棘が変形した状態を異常とした.

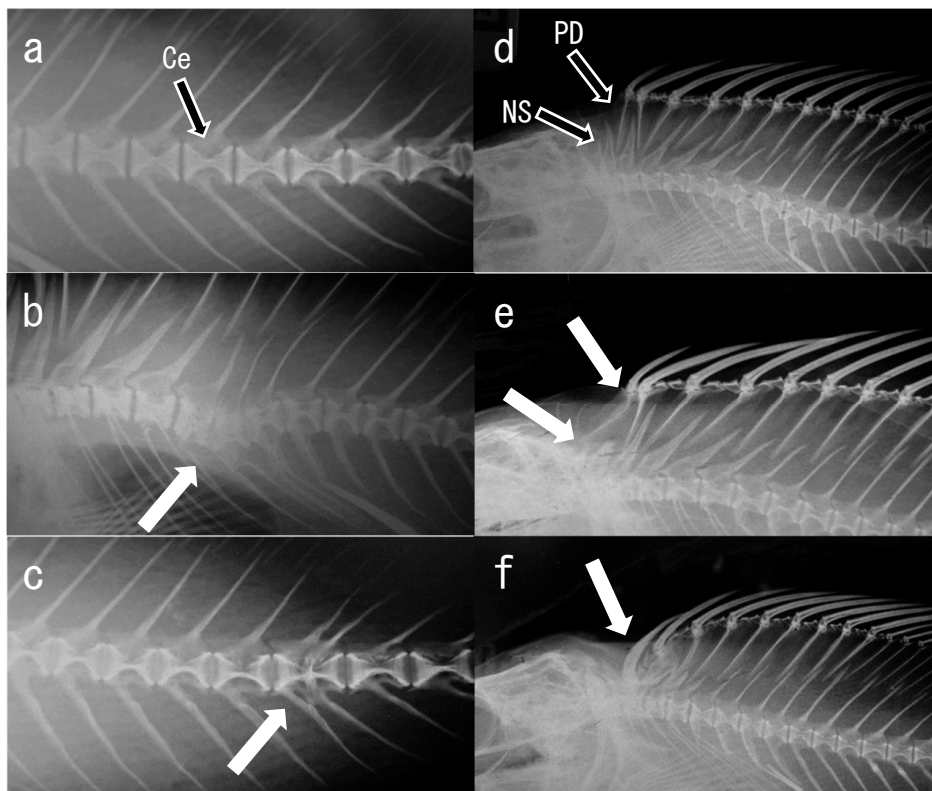


Fig.3 Soft X-Ray radiographs of centrum (Ce), neural spine (NS) and pterygiophore of dorsal fin (PD) in red spotted grouper. (a) and (d) show normal fish, (b) and (c) show fish with centrum deformities and (e) and (f) show fish with neural spines and pterygiophores of dorsal fin deformities, respectively.

### 統計解析

各形態異常率が飼育期間中にどのように推移したかを検証するため, まずはそれぞれの外見の形態異常について,  $\chi^2$ 検定により飼育期間中の異常率に有意差が認められるかを調べた. その後, 有意差が認められた形態異常について, どの期間に異常率が変化したかを明らかにするため, TukeyのWSD (wholly significant difference) 法により多重比較を行った. また, 背鰭陥没異常については, 外見の背鰭陥没の異常率に加えて, 2014年5月時と2016年10月時の軟X線写真の観察による背鰭陥没部位の異常率も併せてTukeyのWSD法により多重比較を行った. また, 2014年5月時と2016年10月時の試験魚について, 骨格の異常率がどのように変化したかを検証するため, 椎体, 第1~3背鰭棘担鰭骨, 第1~3腹椎骨神経棘の異常率について, それぞれ $\chi^2$ 検定を行った.

正常魚と椎体異常魚の成長を比較するため、2014年5月時および2016年10月時のサンプルを椎体の異常数で区分し、それぞれの区分の全長および体重についてBartlett検定により分散の均一性を確かめた後、椎体が正常な個体を基準としてDunnnett検定を行った。椎体異常数ごとの区分は、0 (正常)、1~5、6~10、11~15、15~20、21か所以上とした。

## 結 果

2013年10月からのキジハタの生残率は、2014年5月までで83.5%、2014年5月から2014年10月までで77.3%で、それ以降は1尾の死亡も見られなかった。2014年の主な死亡要因は、屋外の水槽で飼育したことによる、サギやカラスによる複数回の食害であった。

水槽内で飼育したキジハタの平均全長をFig.4に示した。2013年10月時に平均全長72.4mmであった試験魚は、2014年5月に $90.1 \pm 5.8$ mm SD, 2014年10月に $132.1 \pm 10.0$ mm, 2015年5月に $140.6 \pm 9.4$ mm, 2015年10月に $174.4 \pm 14.0$ mm, 2016年10月に $212.1 \pm 23.6$ mmに成長した。飼育下では、摂餌が緩慢になった11月から翌年4月の成長が停滞し、5月から10月にかけて成長する様子が観察された。

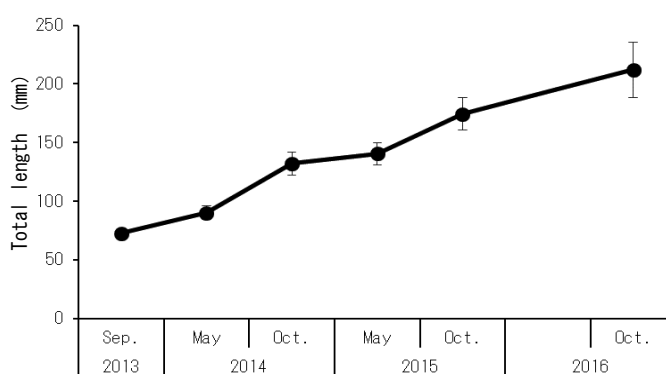


Fig. 4 The change of total length of red spotted grouper in each sampling period. Data are represented as mean ± SD.

キジハタを外見から判断した各形態異常率の推移と軟X線写真による背鰭陥没の出現率をFig.5に示した。外見上の背鰭陥没の出現率は、2014年5月時で13.0%、2014年10月時で16.0%、2015年5月時で13.0%、2015年10月時で15.0%、2016年10月時で19.8%と推移し、これらの間に有意な差は認められなかった ( $\chi^2$ -test,  $P > 0.05$ )。また、軟X線写真による背鰭陥没の出現率は、

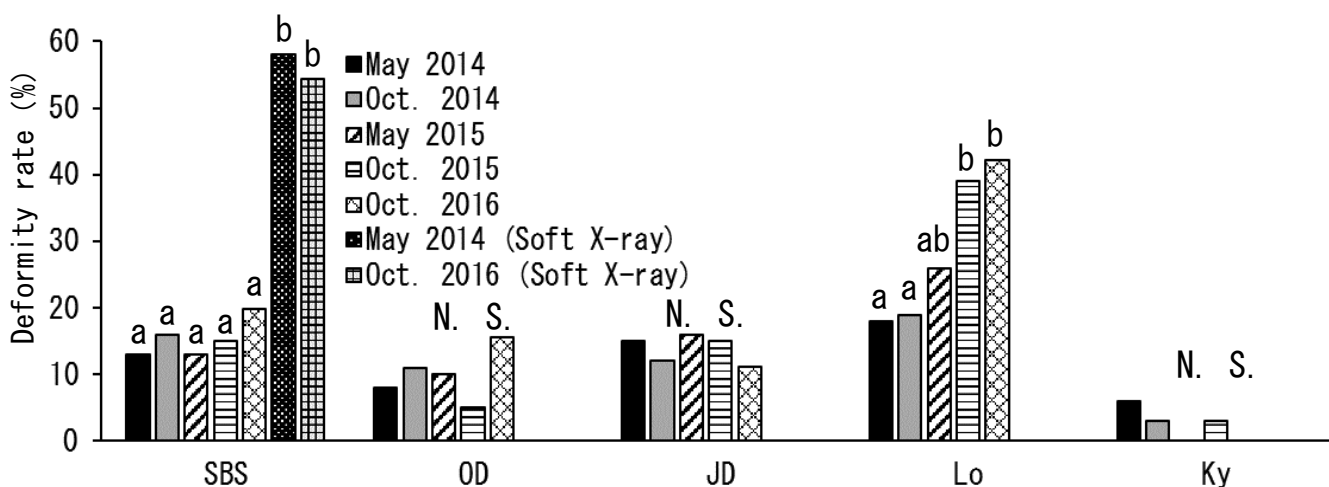


Fig. 5 Rates of Saddleback syndrome (SBS), Opercular deformity (OD), Jaw deformity (JD), Lordosis (Lo), and Kyphosis (Ky) of red spotted grouper in each sampling. Letters a and b show significant differences (Tukey's WSD test,  $P < 0.05$ ). N. S. shows no significant difference between May 2014 and October 2016.

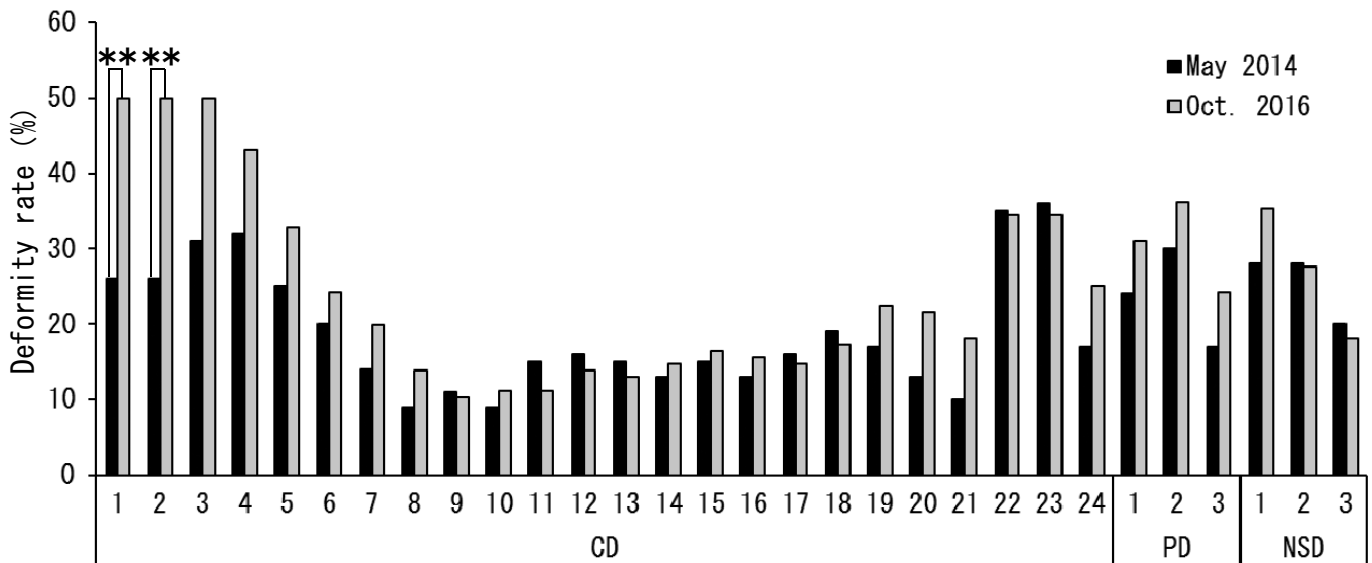


Fig.6 Rates of Centrum deformity (CD), Pterygiophore deformity (PD), and Neural spine deformity (NSD) observed by Soft X-Ray radiographs in May 2014 and Oct. 2016. Asterisk (\*\*\*) shows significant differences ( $\chi^2$ -test,  $P < 0.01$ ) between May 2014 and Oct. 2016.

2014年5月時は58.0%，2016年10月時は54.3%であり，共に各サンプリング時の外見上の異常率よりも有意に高かった (Tukey's WSD test,  $P < 0.05$ ). 鰓蓋欠損の出現率は，それぞれ8.0%，11.0%，10.0%，5.0%，15.5%と推移し，各サンプリング時の間に有意な差は認められなかった ( $\chi^2$ -test,  $P > 0.05$ ). 顎の異常の出現率は，それぞれ15.0%，12.0%，16.0%，15.0%，11.2%と推移し，各サンプリング時の間に有意な差は認められなかった ( $\chi^2$ -test,  $P > 0.05$ ). 前彎症は，2014年5月時で18.0%であり，その後19.0%，26.0%，39.0%，42.4%と推移し，2015年10月時は，2014年10月時以前よりも異常率が有意に高かった (Tukey's WSD test,  $P < 0.05$ ). 後彎症の出現率は，それぞれ4.0%，2.0%，0.0%，3.0%，0.0%と推移し，各サンプリング時の間に有意な差は認められなかった ( $\chi^2$ -test,  $P > 0.05$ ).

2014年5月時と2016年10月時に，軟X線写真により観察された各椎体，第1～3背鰭棘担鰭骨および第1～3腹椎神経棘の異常率をFig.6に示した。異常率は，2014年5月時と2016年10月時の両方で，第1～5椎体，第20～24椎体，第

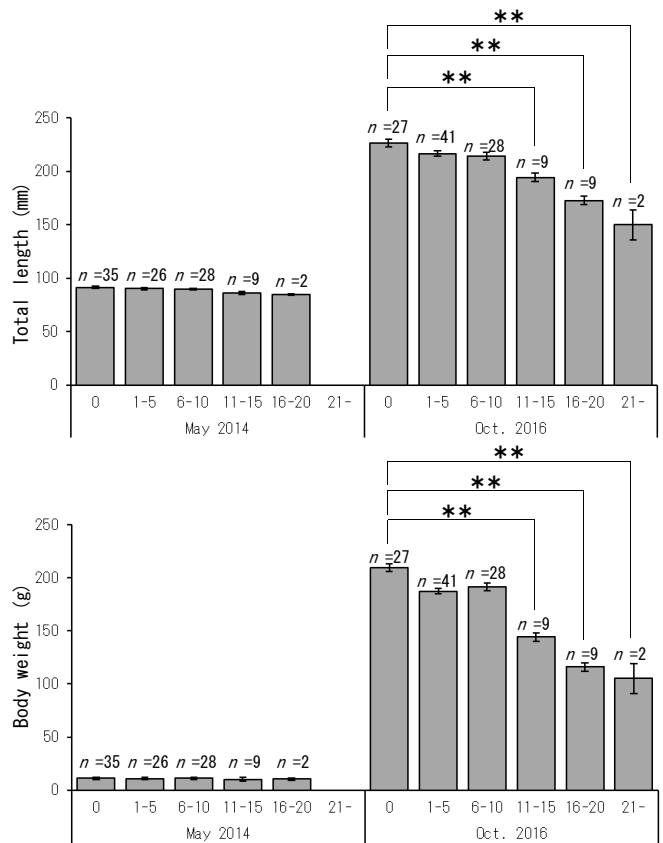


Fig.7 Average of total length and body weight of red spotted grouper with 0, 1-5, 6-10, 11-15, 16-20, and over 21 centrums showing deformity in May 2014 and Oct. 2016. Data are represented as mean  $\pm$  SE. Asterisk (\*\*) shows significant differences (Dunnett-test,  $P < 0.01$ ) between normal fish and fish with centrum deformities.

1, 2背鰭棘担鰭骨および第1, 2腹椎神経棘で高い傾向が見られた。また, 2016年10月時の第1および第2椎体の異常率はそれぞれ50.0%と50.0%で, 2014年5月時のそれぞれ26.0%と26.0%より有意に高かった ( $\chi^2$ -test,  $P < 0.01$ )。他の部位では, 2014年5月時と2016年10月時には有意差は認められなかった ( $\chi^2$ -test,  $P > 0.05$ )。

2014年5月時および2016年10月時の椎体異常数ごとに区分した平均全長および平均体重をFig.7に示した。2014年5月時には, 椎体正常魚と椎体異常魚の間には全長や体重での有意差は認められなかった (Dunnett test,  $P > 0.05$ )。しかし, 2016年10月時においては, 椎体異常数が11~15, 16~20, 21以上の椎体異常魚の方が, 椎体正常魚よりも全長および体重が有意に小さかった (Dunnett test,  $P < 0.01$ )。

## 考 察

本研究の試験魚は, 11月から4月は成長が停滞し, 5月から10月によく成長する様子が観察された (Fig.4)。飼育下のキジハタについて, 塚島ら (1984) は, 冬から春先の低水温期には摂餌が悪く, ほとんど成長せず, 夏から秋への高水温期には著しい成長が見られたと報告している。また, 萱野・尾田 (1994) は, 養成中のキジハタの摂餌活性は, 15°C以上では高くなるが, 12°C以下になると著しく下がることを報告している。以上のことから, 本研究に用いたキジハタの成長および摂餌活性は, 水温の影響を大きく受けたと考えられ, 既往の知見と一致した。

2014年5月時および2016年10月時の内部骨格の観察において, 外見から見た背鰭陥没の出現率より有意に高い背鰭陥没の出現率を確認した。また, 2014年5月時と2016年10月時の間には, 内部骨格の観察による背鰭陥没の出現率に有意差は認められず, 2014年5月時から2016年10月時までの外見上の背鰭陥没の出現率にも有意差は認められなかった (Fig.5)。したがって, 試験開始時の大きさである全長約90mmの時期に外見から背鰭陥没が確認されなければ, 腹椎, 腹椎神経棘および背鰭棘担鰭骨に, 外見上見分けがつかないほどの軽微な異常があったとしても, その後の成長による背鰭陥没の外見への発現は見られないと推察される。また, 鰓蓋欠損, 顎の異常および後彎症についても, 継続飼育をした期間では出現率に有意な差が見られなかったことから, 成長に伴う出現率の増加は見られないと考えられる。

前彎症については, 外見の出現率は2014年10月時の19.0%よりも2015年10月時の39.0%の方が有意に高かった (Fig.5)。また, 軟X線写真による観察では, 2014年5月時の第1, 第2椎体の異常率がともに26.0%であったのに対し, 2016年10月時には第1, 第2ともに50.0%と有意に高くなった (Fig.6)。腹椎の異常部位を観察すると, 2014年5月時の前彎症個体には, 第3~第4椎体を中心に異常が確認されたが, 2016年10月時の前彎症個体は, 第3~第4椎体の異常が重篤化するとともに, 第1~第2椎体にまで異常が拡大した個体が確認された。また, 2016年10月時の個体には, 第1~第3椎体に軽微な変形が認められる個体も確認されたことから, 本研究で確認された外見上の前彎症の増加は, 成長と共に椎体異常が新たに出現したか, 軟X線写真では写りきらない腹椎前部のごく軽微な異常が成長と共に顕在化した可能性が考えられる。飼育環境下での前彎症の増加要因として, ヨーロッパシーバス *Dicentrarchus labrax*, マダイ *Pagrus major*, マハタ *Hyporthodus septemfasciatus* では過度の水流による強制遊泳の影響や配合餌料の過給餌



による脊椎骨の圧迫が知られている (Divanach *et al.* 1997, Kihara *et al.* 2002, 辻 2016). 中でも, 辻 (2016) によるキジハタの近縁種マハタにおける調査では, 全長約70mmの稚魚に対して, 魚体重の2%量の配合餌料を1日1回給餌した区と, 魚体重の1.2%量を1日5回給餌した区で椎体異常の出現率を比較し, 試験開始時と終了時の前彎症の出現率には有意な差は認められなかったものの, 1日5回給餌区の方が, 1日1回給餌区よりも前彎症が多く出現したという知見がある. また, 異なる流速における椎体異常の出現率についても調査しており, 最大流速が45.6 cm/秒以上の飼育環境下において, 後彎症が多く出現したと報告している. キジハタ稚魚における配合餌料の過給餌の影響に関する知見はないが, 本研究では, 給餌量は季節により変動があるものの, 給餌頻度は試験期間を通して1日1回のみであったことから, 過給餌であった可能性は低いと考えられる. また, 本研究では辻 (2016) で確認された水流による稚魚の激しい旋回遊泳等は確認されず, 稚魚は浮遊定位もしくは着底定位の状態であったことから, 水流による椎体への影響はなかったものと考えられる. 以上のことから, 本研究で確認された前彎症は天然海域においても成長と共に異常の増加や顕在化が起ころうと考えられることから, 全長約90mmの種苗について, 目視選別を厳しく行ったとしても, 異常魚の完全な除去は困難と考えられる.

キジハタ形態異常魚の放流効果に関する知見は少ないが, 明石・安部 (2011) は, 全長278mmに成長した1尾の背鰭陥没魚の再捕を確認し, 軟X線写真により再捕魚の腹椎神経棘および背鰭棘担鰭骨が変形, 癒合した状態を観察したことで, 背鰭陥没の標識としての可能性を報告している. また, 本研究では, 水槽飼育下という状況ではあるが, カラスやサギによる食害を除けば, 2014年10月時以降は1尾の死亡も見られなかった. これらのことから, 放流された形態異常魚は, 自然界でも生残し, 漁獲される可能性があると考えられる. 形態異常魚が再捕された場合, その外見により市場での魚価が安くなることが懸念され, 資源の維持および増大を目的とした放流事業が漁業関係者の不利益を招く可能性がある. したがって, 特に成長とともに外見の異常が増加する前彎症については, 現場での目視選別により完全に異常魚を除去することは困難と考えられるため, 他の形態異常よりも優先的に防除技術の向上に努める必要があると考えられる. また, 前彎症以外の背鰭陥没, 顎の異常, 鰓蓋欠損および後彎症については, 放流前に目視選別の基準を厳しくすることで, 放流後に漁獲される形態異常魚の出現数を最小限にできると予想される. なお, 前彎症の防除に関する知見としては, マダイ (北島ら 1981), スズキ (林田ら 1984), マハタ (辻 2016) など, 様々な魚種について, 仔魚期に鰾が開腔しなかった個体に前彎症が多く出現することが報告されているため, 今後はキジハタの前彎症と鰾の開腔の関係について調査が必要であろう.

2014年5月時の椎体正常魚と椎体異常数で区分された群の全長および体重に有意な差は認められなかったが, 2016年10月時の椎体異常が11~15, 16~20および21か所以上に区分された群の全長および体重は, 正常魚よりも有意に小さかった (Fig.7). また, 椎体異常個体の多くが呈した前彎症は, 成長と共に外見での出現率が増加し, 内部骨格においても, 2016年10月時には2014年5月時よりも1~2椎体の異常率が有意に高かった (Fig.6). これらのことから, 椎体異常個体は成長と共に異常が重篤化し, その結果正常魚よりも成長が遅くなったと考えられる. Hansen *et al.* (2010) は, タイセイヨウサケ *Salmo salar* の脊椎骨異常数と成長の関係について調査を行い, 椎体異常が21か所以上の個体と5か所以下の個体の全長と体重について, 試験開始時には有

意差が見られなかったが、飼育試験終了時には椎体異常が21か所以上の個体の全長と体重が有意に小さく、成長が悪かったと報告している。したがって、椎体異常数が多いキジハタを放流した場合、椎体異常が回収時の魚体の大きさに悪影響を与えることが予想され、それにより正常魚を放流した時よりも放流の効果が低くなることが懸念される。

キジハタの正常魚と形態異常魚の放流後の成長や生残に関する知見は乏しいが、他魚種の事例として、鈴木ら(2004)は、ニシン *Clupea pallasii* の放流種苗について脊椎骨異常数と種苗の回収率の関係を調査し、6か所以上に脊椎骨異常が見られる種苗の回収率が著しく低下したと報告している。さらに、本研究の結果から、キジハタの前彎症の異常魚は手選別によって除去することが困難であることと、椎体異常魚の放流後の全長と体重は正常魚より小さくなる可能性が考えられる。以上のことから、もし椎体異常を含むキジハタ種苗が大量に放流された場合、ニシンで報告されたような回収率の低下を招く可能性が考えられる。今後は、各部位の形態異常の防除はもちろん、各部位の形態異常が放流魚の生残にどのような影響を及ぼすかについても調査が必要であり、特定の形態異常が天然海域において種苗の成長や生残に著しい悪影響を与えている場合は、放流効果を算出する際に種苗の形態異常率についても考慮する必要があると考えられる。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、富山俊二氏をはじめとするくろべ漁業協同組合の皆様、故広瀬達之氏をはじめとする氷見漁業協同組合の皆様、山下貴示氏をはじめとする国立研究開発法人水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所の皆様、富山県農林水産総合技術センター水産研究所の皆様には、本研究に関する多くのご助力並びにご助言を賜りました。富山県農林水産総合技術センター水産研究所の辻本良氏、富山県農林水産部水産漁港課の大場隆史博士には、終始にわたり丁寧な査読をいただきました。この場を借りて厚くお礼を申し上げます。

## 文 献

- 明石英幹・安部享利 2011. キジハタ人工種苗に多発する頭後部陥没を症徴とする形態異常魚の放流標識としての可能性. 香川県水産試験場研究報告, 12, 13-18.
- Boglione, C., E. Gilbert, P. Gavaia, P. E. Witten, M. Moren, S. Fontagné and G. Koumoundouros 2013. Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Part 2: main typologies, occurrences and causative factors. *Reviews in Aquaculture*, 5 (Suppl. 1) : 121-167.
- Divanach, P., N. Papandroulakis, P. Anastasiadis, G. Koumoundouros and M. Kentouri 1997. Effect of water currents on the development of skeletal deformities in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) with functional swimbladder during postlarval and nursery phase. *Aquaculture*, 156 : 145-155.
- Hansen, T., P. G. Fjellidal, A. Yurtseva and A. Berg 2010. A possible relation between growth and number of deformed vertebrae in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.).

Journal of Applied Ichthyology, **26** : 355-359.

- 林田豪介・塚島康生・松清恵一・北島 力 1984. 人工採苗スズキの鰓異常と脊柱前彎症の関連. 長崎県水産試験場研究報告, **10** : 35-40.
- Iwasaki, T., K. Teruya, S. Mizuta and K. Hamasaki 2017. Swim bladder inflation as a possible cause of saddleback-like syndrome malformation in hatchery-reared red spotted grouper *Epinephelus akaara*. Fisheries Science, **83** : 447-454. 萱野泰久 1992. キジハタ稚魚の摂餌量および胃食塊の経時変化. 水産増殖, **40** : 377-381.
- 萱野泰久・丁 達相・尾田 正・中川平介1990. キジハタ稚魚に対する至適給餌頻度. 水産増殖, **38** : 319-326.
- 萱野泰久・尾田 正 1991. キジハタ卵の発生に及ぼす水温の影響について. 水産増殖, **39** : 309-313.
- 萱野泰久・尾田 正 1994. 人工生産したキジハタの成長と産卵. 水産増殖, **42** : 419-425.
- 萱野泰久・何 玉環 1997. キジハタ仔魚の初期摂餌と成長, 水産増殖, **45** : 213-218.
- 萱野泰久・何 玉環・原 隆・福永丈人 1998. 年齢組成の異なるキジハタ親魚群の自然産出卵の卵質. 水産増殖, **46** : 213-218.
- Kihara, M., S. Ogata, N. Kawano, I. Kubota, and R. Yamaguchi (2002) Lordosis induction in juvenile red sea bream, *Pagrus major*, by high swimming activity. Aquaculture, **212** : 149-158.
- 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鰓の開腔および脊柱前彎症との関連. 日本水産学会誌, **47** : 1289-1294.
- 南部智秀 2013. 高級魚キジハタの栽培漁業推進に関する研究. 海洋と生物, **207** : 421-425.
- 瀬能 宏 2013. ハタ科Serranidae. pp. 757-802. 中坊徹次(編), 日本産魚類検索全種の同定第3版, 1.
- Setiadi, E. and S. Tsumura 2007. Observation on skeletal deformity in hatchery-reared red spotted grouper, *Epinephelus akaara* (Temmick et Schlegel) from larval to juvenile stage. Indonesian Aquaculture Journal, **2** : 35-45.
- Setiadi, E., S. Tsumura and K. Yamaoka 2002. Effect of water color and light intensity on water surface tension-related deaths in larval stage of the red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*. 水産増殖, **51** : 81-85.
- 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会2014. 平成24年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国), 101 pp.
- 鈴木重則・福永恭平・山本義久 2004. ニシン人工種苗脊椎骨癒合の重篤度と回収結果との関係. 栽培漁業センター技報**2** : 13-16.
- 武部孝行・小林真人・浅見公雄・佐藤 琢・平井慈恵・奥澤公一・阪倉良孝 2011. スジアラ仔魚の沈降死とその防除方法を取り入れた種苗量産試験. 水産技術, **3** : 107-114.
- 辻 将治 2016. 人工孵化マハタの形態異常低減に関する研究. 三重県水産研究所研究報告, **25** : 1-68.
- 塚島康夫・吉田範秋・北島 力 1984. キジハタの養成試験. pp. 144-150, 昭和58年度長崎県水

## 試事報.

- 山本章造 1996. キジハタ仔魚の摂餌日周性の検討ならびに日間摂餌量の推定. 日本水産学会誌, **62** : 399-405.
- 山本義久 2015. 水産増養殖での閉鎖循環飼育システムの展開. 日本海水学会誌, **69** : 225-237.
- Yamaoka, K., T. Nanbu, M. Miyagawa, T. Isshiki and A. Kusaka 2000. Water surface tension-related deaths in prelarval red-spotted grouper. *Aquaculture*, **189** : 165-176.
- 與世田兼三・照屋和久・菅谷琢磨・関谷幸生 2006. 初回摂餌の遅れがキジハタ *Epinephelus akaara* 仔魚の摂餌, 成長, および生残に及ぼす影響. 日本水産学会誌, **72** : 702-709.