

キジハタ 0 歳魚の音響給餌による条件付けについて

山本章造・水戸 鼓*¹・田中丈裕*²The Effect of Sound on Schooling Behavior in Juvenile
Red Spotted Grouper, *Epinephelus akaara* Reared
by Feeding Methods Using Acoustic Conditioning

SYOZO YAMAMOTO, TSUZUMI MITO, and TAKEHIRO TANAKA

キーワード：キジハタ，0 歳魚，音響給餌，馴致

魚類は水中音に対する反応が敏感であることは古くから知られている¹⁾。この特徴を利用して音響給餌によって音に条件付ける試みが種々の魚種でなされ²⁻⁶⁾，音に馴致された魚は長期間同じ海域に滞留し，放流後の生き残りが高くなるのが，マダイ *Pagrus major*⁷⁻⁹⁾，ヒラメ *Paralichthys olivaceus*⁵⁾，クロソイ *Sebastes schlegeli*⁶⁾ などの魚種において実験海域で確認されている。

キジハタ *Epinephelus akaara* においても音響馴致をすることによって，放流後の生き残りを向上できることが予想され，その基礎資料を得るために，陸上水槽を用いてキジハタ幼魚の音に対する反応と馴致の能力及び馴致に影響する環境条件について検討した。その結果について報告する。

報告に当たり，貴重な供試材料を御提供いただいた香川県水産試験場小野知足場長及び職員の方々に厚くお礼申し上げます。

材料と方法

供試魚は香川県水産試験場で種苗生産と中間育成を行ない，当栽培漁業センターまで陸上輸送した 0 歳魚であり，実験開始時の平均全長 6.0 cm，平均体重 3.5 g の幼魚 2,208 尾を使用した。

飼育実験水槽と音響給餌装置の配置を図 1 に示した。水槽は屋内の長方形コンクリート製 35 kL 水槽（実水量 20 kL）を使用し，水槽には音響馴致のための音響発信器に連動した自動給餌装置（ゼニライトブイ製）及び観察用のテレビカメラを配置し，水面上方と水中から幼魚の行

動を観察できるようにした。また水槽底にはシェルターとして図 2 に示した瓦礁ユニット（80×33×33 cm，素焼瓦 14 枚をセットにした魚礁）3 基を設置した。飼育水にはろ過海水を使用し，1 日当たり換水量は水槽の 5～6 倍量にした。自然水温が 20℃ 以下にさがると加温を開始し，音響に十分条件付くまでは 20℃ 以上で実験した。

音響給餌のための音源は，周波数が 300 Hz，音圧が 117 dB とし，数秒間隔で発音する断続音の条件に設定した。音を発信して 75 秒後に自動給餌機が始動し，配合飼料を

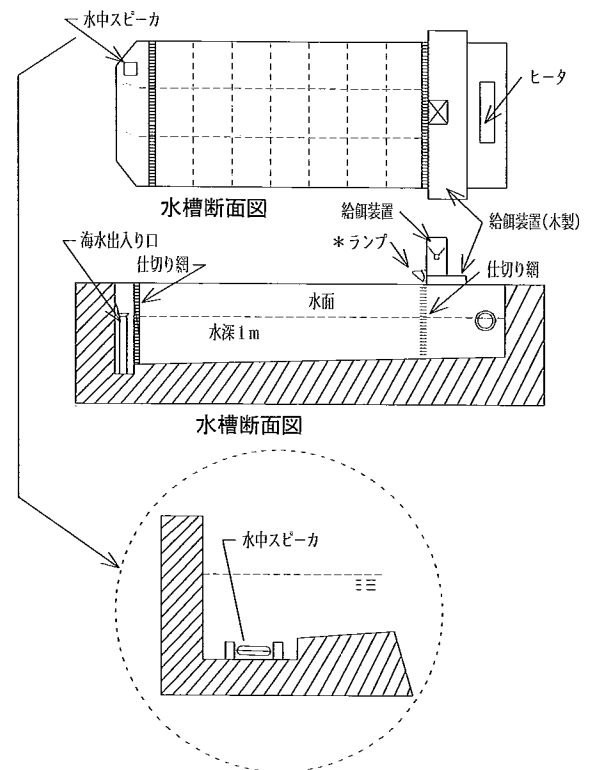


図 1 実験水槽の構造と音響給餌装置の配置

* 1 現岡山県水産課，* 2 岡山県水産課

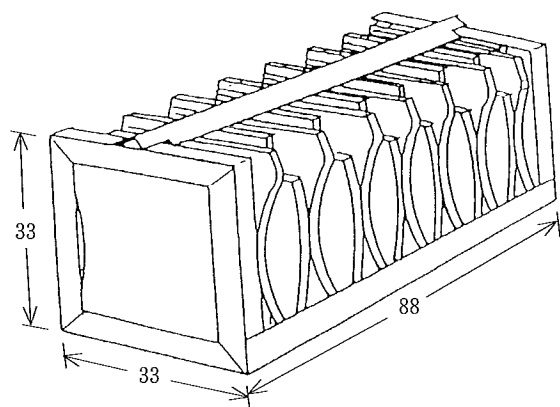


図2 瓦礁ユニットの構造
単位: cm

15秒間隔で3~4回給餌した。音響給餌は1日に4回、8:00、10:30、13:30及び16:30に行い、1日の給餌量は300~400g、日間給餌率は体重の4~5%に調整し、飼料は市販のペレット状配合飼料を使用した。

音に対する馴致の程度は、音響発信前、音響発信中、音響給餌中及び終了後に分けて、幼魚の移動、浮上状況及び餌場への集中割合を観察することによって調査した。観察は魚の行動に影響を与えないように別の場所に設置したテレビモニターで行った。音響馴致実験は1994年10月24日~12月19日までの57日間実施し、音響に十分馴致された52日目に、幼魚の最小感知音圧を調査した。

結果と考察

自動給餌機による給餌と幼魚の摂餌状況 キジハタ幼魚は行動が緩慢であることから、水槽内での中間育成期間中は手撒き給餌が一般的である。手撒きで給餌すると、近くの幼魚は水槽底から徐々に浮上し、水面近くに集まって摂餌する。幼魚が空腹時に、底面積 24m^2 ($3 \times 8\text{m}$) の水槽の1か所で時間をかけて少しずつ給餌すると、60~80%近くの幼魚が給餌場に集まった。しかし、毎日4回飽食量まで給餌すると30~50%の範囲まで低下し、5m以上離れた場所から給餌場に集まることは少なかった。そこで、音響馴致実験を開始する前に自動給餌機による摂餌状況を予備的に調査した結果、自動給餌機で1か所に給餌した場合にも、給餌場に集まる幼魚は全体の30~50%の範囲であった。マダイなどは給餌中に餌場の回りを活発に群泳回遊する⁷⁾が、キジハタ幼魚は餌場に浮上して群泳するだけで積極的に回遊することはなかった。したがって、自動給餌機を用いた音響馴致実験では、30~50%の幼魚が音響に反応して餌場に集中浮上するまでの期間を、馴致期間と見なすのが妥当と考えられた。

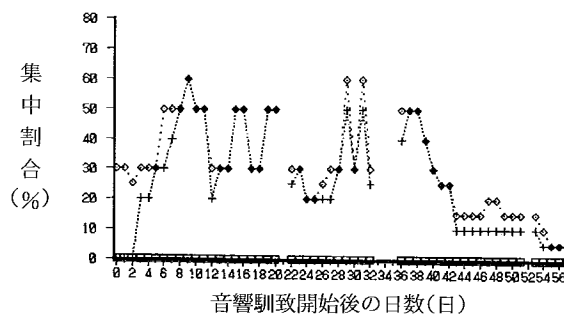


図3 0歳魚の音響馴致に伴う集中割合の推移(8:30音響発信前(□), 音響発信中(+), 音響給餌中(◇))

音響に馴致するまでに要する期間 音響発信前、音響発信中及び音響給餌中における幼魚の集中浮上割合を8時30分に調査した結果を、経日的に図3に示した。

音響馴致を開始してから2日間は、音響の発信によって一部の幼魚は方向転換や逃避行動の反応を一瞬示すが、反応しない幼魚が多く、音響給餌が始まると50%前後の魚が餌場に集中浮上した。3日後には音響が発信すると瞬間的に遊泳方向を転換し、餌場に浮上して索餌行動の反応を示す幼魚が現れたが、給餌が始まるまでの間に再びもとの水槽底に戻るものが多かった。それらは音響給餌が始まると、再び餌場に集中浮上した。5日後頃から馴致されたと思われる魚が現れ、音響の発信とほぼ同時に30%前後が餌場に集まり、その率は馴致日数とともに徐々に増えた。さらに、9~11日後になると50%前後が安定して餌場に集中浮上し、音響給餌時の集中割合とほとんど差がなくなった。また、餌場に集中浮上しない幼魚も瓦礁ユニット近くで方向転換をするなど明らかに行動に変化がみられ、ほとんどは音に対して反応を示していると考えられた。したがって、キジハタ幼魚の音響馴致に要する期間は9~11日間と考えられた。この期間は平均全長75mmのキジハタ幼魚を用いて実験した宮川らの結果ともほぼ一致した(私信)。平均体長4.5cmのクロダイ *Acanthopagrus schlegelii* 幼魚⁴⁾ は5~10日間、全長2cmのマダイ稚魚^{2・3・7)} は2日~2週間、平均全長10.8cmのクロソイ幼魚⁵⁾ は約8日間、全長8.4及び9.4cmのヒラメ幼魚⁶⁾ は11~12日間とされており、いずれの魚種も2週間以内に馴致が完了している。魚種による馴致期間の若干の差は、調査した魚体の大きさや環境条件の違いによる影響が大きいと考えられた。

次に、13時30分における馴致状況を図4に示した。音響に対する反応は3日後から認められ、4日後に集中割合は20%前後になった。しかし、その後の集中割合の上昇はわずかであり、8時30分における状況と比較するといずれも低く、この傾向は10時30分及び16時30分にお

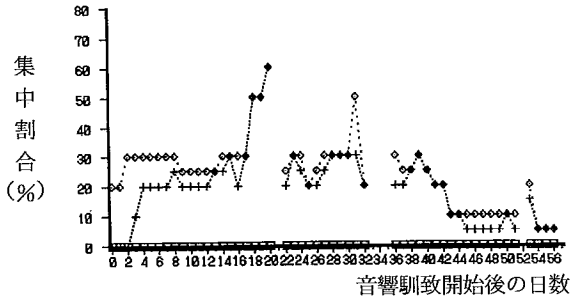


図4 0歳魚の音響馴致に伴う集中割合の推移(13:30) 音響発信前(□), 音響発信中(+), 音響給餌中(◇)

る結果ともほぼ同様であった。いずれの時刻にも水槽底に残餌が観察されたことから、幼魚はすでに飽食状態になり、音に対する反応が弱くなっていたと考えられ、音響に対する馴致の程度は幼魚の摂餌状態と大きく関係すると考えられた。また、馴致期間と学習した音に対する記憶の持続期間との関係については、今後検討が必要な課題である。

飼育環境条件と馴致状況 音響馴致されたと考えられる馴致10日以後においても、特に、22~26日目にかけて集中割合が30%以下に低下する日があった。これらの日はいずれも雨か曇の日であり、水面近くの照度は晴天時には800lux以上に上昇したものが、雨や曇天時には200lux以下であったことから、幼魚の音響馴致には周囲の明るさが影響を及ぼすと考えられた。

次に、飼育水温は38日目まで18℃以上を保っていたが、水温の低下につれて集中割合は徐々に低くなり、15℃近くになると10~20%の範囲に、さらに、15℃以下では5%前後に低下した。キジハタ幼魚は通常の飼育においても水温が14℃以下になると摂餌量が減少することが観察されており¹⁰⁾、その結果として、音に対する反応が鈍くなったと考えられた。ただ今回の実験においては水槽底に残餌が常に存在していたことから、幼魚はいつでも摂餌できる状態にあり、そのために集中割合が一層低下したとも考えられた。

最小感知音圧 幼魚が感知できる最小の音圧を音響馴致開始52日後に調査した。94dBの音圧に対して一部の幼魚が行動に変化を示して反応し、99dBの音圧に対しては実験に使用した117dBの音圧と同程度の魚が浮上する反応を示した。したがって、幼魚の最小感知音圧は94~99dBの範囲であると考えられた。

実験期間中の生残と成長 実験期間中の累積死亡率の推移を図5に示した。飼育37日後からわずかに死魚が認められ、終了時までの累積死魚数は46尾で、生残率は97.8%と高かった。実験期間中に大量死亡をまねくような疾

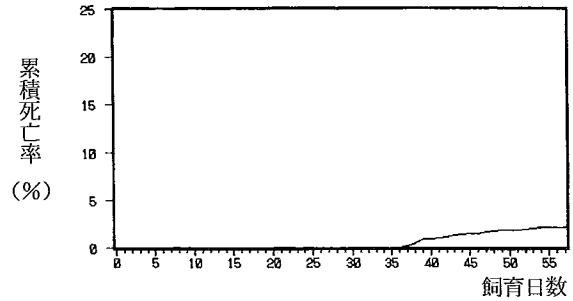


図5 累積死亡率の推移

表1 幼魚の成長

項目/月日	10. 24	11. 20	12. 20
平均全長 (cm)	6.0	8.0	8.3
平均体重 (g)	3.5	9.4	9.7
肥満度*	1.62	1.81	1.68

*肥満度 = (体重/全長³) × 10²

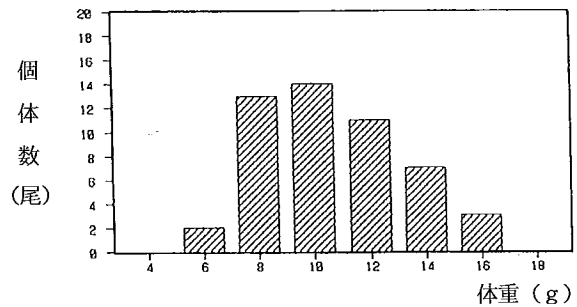


図6 実験終了時の体重組成

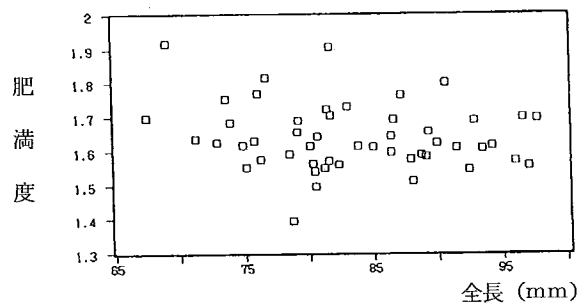


図7 実験終了時の全長と肥満度の関係

病などは発生しなかった。

表1に実験期間中の成長を、図6に終了時の体重組成を、図7に全長と肥満度の関係を示した。

飼育開始1か月間の成長に比べ、後半の成長は停滞し、幼魚の肥満度も低かった。これは主に水温が低下し摂餌量が減少した結果によると考えられた。

要 約

1. キジハタ 0 歳魚に対する音響馴致の可能性を検討するために、音響給餌実験を行った。音響給餌は、300 Hz, 117dBの音源を用い、音響を発信して75秒後に自動的に給餌される条件で実施した。
2. 平均全長 6 cmの幼魚は、音響給餌開始 3 日目から反応を始め、9～11日目で音響発信と同時に約50%が餌場に集中し、音響に馴致された。
3. 幼魚が感知できる最小の音圧は、94～99dBの範囲であると推定された。
4. 幼魚は雨や曇の日よりも晴の日に反応が活発であり、馴致の程度には照度が関与していると考えられた。
5. 幼魚は飼育水温が18℃以上で活発に反応したが、15℃以下になると反応は鈍くなり、音響馴致には水温が大きく影響すると思われた。

文 献

- 1) V. R. プロターソフ, 1971: 沈黙の世界の声, (浦川瓊子訳), 第1版, 156pp, 白揚社, 東京
- 2) 藤谷 超・坂口清次・福原 修, 1973: マダイ種苗の音響馴致のための研究. 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究(備後編), 3, 251-265
- 3) H. Ishioka, Y. Hatakeyama, S. Sakaguchi, and S. Yajima, 1986: The Effect of Sound Stimulus on the Behavioral Disturbance of Red Sea Bream, *Pagrus major*, Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 20, 59-71
- 4) 山本章造・福田富男・村田 守・和田 功・勝谷邦夫, 1975: クロダイの音響馴致に関する試験-I, 幼魚の馴致に適した音の種類と記憶の消去について, 岡山水試事報, 昭和49年度, 84-93
- 5) 大塚 修・関 泰夫・池田 徹・本間智晴・渡辺誠治, 1993: 11. 底生魚類を対象とする海底牧場造成技術の研究開発, 新潟県水産試験場報告, 51-54
- 6) マリノフォーラム21海洋牧場開発研究会, 1992: 音響馴致を利用した根付け魚類の資源管理システムの研究, 平成3年度, 2
- 7) 福田 稔, 1987: 音響馴致されたマダイの仕切り網内における行動, 大分県水試調査研報, 12, 70-75
- 8) 岡本峰雄, 1984: マダイ音響馴致漁場における魚群の行動について, 日水誌, 50, 211-218
- 9) 上城義信・寿 久文・大石 節・益田信之・橋本晋策, 1990: 音響馴致によるマダイの滞留効果, 大分県水試調研報, 14, 29-39
- 10) 松村眞作・福田富男, 1986: 刺網標本船によるキジハタの漁獲状況と若干の生物学的知見, 岡山水試報, 1, 27-32