

ヒブナにおける誘引刺激としての水中音について

王 俊,* 竹 村 暘

On the Underwater Sound as the Attractive Stimulus for Gold Fish

Jun WANG* and Akira TAKEMURA

The use of the underwater sound stimulus is highly necessary to control fish in the managed fishery. Responses to frequencies and durations of the stimulus were investigated in gold fish. The most effective frequency coincided with the threshold of the fish. It was also found that the shorter the duration of the stimulus was, the more the sound stimulated the fish. Simultaneous feed is indispensable condition for the continuation of the attractive effect of the underwater stimulus.

Key words: 水中音 underwater sound; 周波数 frequency; 刺激 stimulus; 誘引効果 attractive effect.

近年、海洋生物資源を有効利用するために資源培養管理型漁業が行なわれている。この事業の一環として、種々の音刺激を用いた魚類放流技術の開発が注目されている。その技術は魚に対して音を条件刺激に餌との学習付けを行ない、特定の場所に魚類を滞留させようとする海洋牧場構想の一部に利用されている。条件刺激としての音は本来魚には意味の無いものなので、¹⁾対象魚にとって最も知覚しやすい音の特性を見いだすことがまず重要である。すなわち、水中音によって魚群を制御する場合、魚類の聴覚特性の解明並びに音刺激に対する反応の解明が必要であり、それらの研究がいくつかの魚種に対して行なわれてきた。¹⁻⁹⁾しかし、周波数や持続時間による誘引効果の比較はわずか数例について検討されているにすぎない。⁷⁾しかも、それらは海産魚である。

中国における音響馴致による養殖を考える場合、その主体をなす淡水魚に関する知見が必要である。そこで、周波数や持続時間の異なる水中音をヒブナ *Carassius auratus* の水槽に放射し、魚類の学習に有効な周波数と放射方法の究明を試みた。

材 料 と 方 法

音響馴致実験は体長67~130mmのヒブナ25個体を用いて1991年8月16日から10月2日にかけて、直径6m、水深0.5mの屋外円形水槽で行なった。

水槽中にあらかじめ水中スピーカー (ALTEC LANSING #UW-30) を設置し、実験者の存在が供試魚に及ぼす影響を排除するために、信号発生器 (古野 #454A) や出力増幅器 (ALTEC LANSING #9442) などの実験器材は水槽から5m離れた場所に置き、水槽から隔れて操作した。これらの装置の総合周波数特性は100~10,000Hz である。給餌についても雑刺激の影響を排除するため、餌は5m離れた場所の2.5mの高さからビニールパイプで水槽中央の給餌場所に落とし入れた。目視ならびにビデオカメラによって魚の行動を遠方から観察した。供試魚を実験環境に慣れさせるため水槽に収容一週間後に音響馴致実験を開始した。

音響馴致には周波数 300Hz のサイン波を用いた。放射刺激は断続音とし、1秒 on-1秒 off, 2秒 on-1秒 off, 3秒 on-1秒 off, 5秒 on-

*東海水産研究所 中国上海軍工路300号。

2秒 off, 7秒 on—2秒 off, 10秒 on—3秒 off の六種類を用いた。水中スピーカー直下の音圧は117 dBrel μ Paであった。給餌は音響の放射30秒後から行い、馴致が進むにつれその遅延時間を短くした。訓練はおおよそ午前, 正午頃および午後の各時間帯に一回づつ時刻を特定せず毎日行なった。

また, 水中スピーカー直下の音圧120dBrel μ Paで, 100Hz, 300Hz, 600Hz, 1000Hz の各周波数についても放射周波数による誘引効果の比較を行なった。

結果と考察

1. 音響馴致時間

実験の初日には音を放射しても何の反応も見られなかった。一週間の馴致の後, 音の放射30秒後に供試魚は水中スピーカーの近くに移動しはじめ, 摂餌の動作をするようになった。二週間の馴致期間の後には反応が速くなり, 放射後30秒以内に供試魚は給餌の場所に集まった。三週間目には学習がほぼ完成し, 反応が安定したので, 本実験にとりかかった。

2. 周波数の違いによる誘引効果の比較

一般に魚類の可聴範囲は16Hz~13kHzであり, 100Hz~1kHzの範囲で感度がよい。⁹⁾ 供試魚でも同様の特性を示し, 最適周波数は200~600Hzであった(王, 未発表)。実験では100Hz, 300Hz, 600Hz, 1kHzの4種類の音を用いた。刺激音の放射と休止の間隔は1秒の放射後, 1秒の休止とした。音圧は120 dBrel μ Paとした。

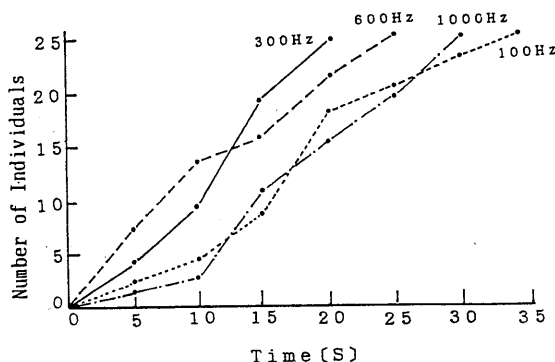


Fig. 1 The differences of attractive effect according to the frequency.

音の放射1分後, 音を放射しながら餌を与えた。各周波数について同様の実験を繰り返し, 魚の行動を観察した。周波数の違いによる馴致効果比較分析の結果を Fig. 1 に示した。300Hzと600Hzの時に全ての魚が餌場に集まるのに要する反応時間は20~25秒であり, 100Hzと1kHzでは30~35秒であった。なお, 信号間反応はほとんど観察されなかった。

このように, 100Hzと1kHzでの誘引は300Hzと600Hzの場合に比べ50%近く長い時間を要した。これは前述の本種の聴覚特性とほぼ一致している。限られた空間に一点から音を放射すると, 必ず場所による伝播の良否が生じる。したがって, 個々の魚のいる位置により, 各々音響環境は異なっている。学習が完成した段階での反応遅延時間はほとんど零に近くなると考えられるので, 反応時間に生じる差は刺激音の知覚可能な水域に遭遇出来るか否かによる。したがって, 知覚しやすい周波数の音の使用による有効範囲の拡大により, 誘引効果が大きくなったと考えられる。

3. 持続時間による誘引効果の比較

反応の良かった300Hzの音を用いて, 持続時間の異なる断続音を反復放射した場合の反応時間を Fig. 2 に示した。通常, 供試魚は水槽の周辺部を遊泳しており, 給餌場所までの距離を遊泳するのに通常の遊泳速度で5~6秒の時間を要する。Fig. 2 から明かなように, 早い個体は数秒内に, 遅い個体でも35秒以内に餌場に到達した。音響放射間隔に対する集集時間を比較すると, 1秒間の音で全ての供

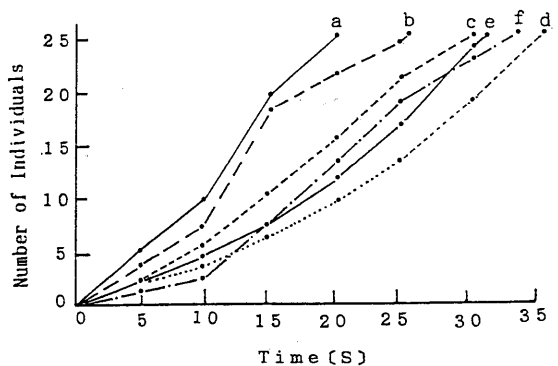


Fig. 2 The differences of attractive effect according to the sound emitting condition. a: 1s on - 1s off, b: 2s on - 1s off, c: 3s on - 1s off, d: 5s on - 2s off, e: 7s on - 3s off, f: 10s on - 3s off.

試魚が集まるまでの時間は約20秒、2秒間の場合約26秒であった。3, 5, 7および10秒間の放射では30から35秒を要した。このように、持続時間が長いほど刺激音の誘引効果は弱まる。このことはパルス音の持続時間が聴覚閾値に影響を及ぼすという畠山の報告⁷⁾と一致している。個体の刺激に対する反応をみると、いずれの放射時間でも蝟集時間はほぼ直線的に増加した。このことは個体の反応が他個体の行動に追従したものではなく、個々に反応した結果とみることができる。

4. 誘致に及ぼす給餌の効果

最適周波数300Hzの1秒放射1秒休止の繰り返しで、餌場への蝟集を学習させた。その後、無給餌で音響刺激を継続させると、1~3分(6回の平均)で遊泳方向が乱れ、遊泳速度が低下し、平常の遊泳状態に戻った。そこで、再び給餌を開始すると次第に遊泳速度を増し、密集して摂餌し始めた。しかし、給餌を停止したままの場合には、音響放射後6~8分(5回の平均)ほどで餌場から離れた。そのような魚群に刺激音を一旦停止した後、再び放射すると、再び集まった。しかし、無給餌のまま音刺激を続けると蝟集に要する時間は次第に長くなった。

以上のような供試魚の音刺激に対する反応から、餌と音の組合せで学習させた蝟集効果はその組合せを停止するとわずか1~3分で薄れてしまうと考えら

れる。

音と給餌による学習を行なう場合、反応した全ての魚に等しく摂餌の機会を与えることは大変難しい。学習効果を持続・強化させるためには反応が必ず摂餌に結びつくように餌の量、給餌時間と給餌範囲の設定が必要である。

文 献

- 1) 能津純治：大分県米水津湾におけるマダイ放流に関する文献集，大分県水産試験場，大分，1979，61-72.
- 2) 間庭愛信，畠山良巳：漁船研究技報，**24**，1-5 (1970).
- 3) 間庭愛信，畠山良巳：漁船研究技報，**28**，1-21 (1975).
- 4) 間庭愛信，畠山良巳：漁船研究技報，**29**，147-161 (1976).
- 5) 岡本峰雄：日水誌，**48**，1113-1119 (1982).
- 6) 小長谷庸夫：日水誌，**46**，125-128 (1980).
- 7) 畠山良巳：水産工学，**28**，111-119 (1992).
- 9) 竹村暁，西田知照，小林洋一：長崎大学水産学部研究報告，(63)，1-4 (1988).
- 10) 川本信之編：魚類生理，増改補版，恒星社厚生閣，東京，1977，pp.491-509.