ティラピアの野生魚と養殖魚の釣られ易さの個体差

米山兼二郎, 松岡達郎, 川村軍蔵

(1994年1月12日受付)

Catchability of Individual Tilapia from Wild and Domestic Groups^{*1}Kenjiro Yoneyama,^{*2} Tatsuro Matsuoka,^{*2}
and Gunzo Kawamura^{*2}

An outdoor-tank angling experiment was conducted for wild and domestic groups of *Tilapia mossambica* to clarify the cause of different catchabilities of fish. A series of release-recapture trials was conducted, in which angled fish were counted for release and subsequent recapture; three times for the wild group and twice for the domestic group. Angling experiences of individuals were examined based on the marks after each series. Pellets taken by fish were weighed after the experiment to examine the potential relationship between feeding intensity and catchability. It was significant that wild fish angled in the first trial were hooked repeatedly in the subsequent trials, while domestic fish were hooked at random in any trial, demonstrating that catchability can be altered by rearing. In addition, the catchable wild individuals were hooked quickly and the uncatchable fish remained unhooked for a longer period in each trial. Large fish took more pellets but there was no correlation between fish size and catchability, implying that the hierarchy in feeding is not related to differences in catchability. Individual differences in the catchability were ruled by precaution behavior, which may change with culture conditions.

キーワード: 釣獲, 個体差, ティラピア, 残存率

ティラピア *Tilapia mossambica* では釣られ易さに個体差があることが確認されているが,¹⁾ 釣られ易い個体とはどのような個体であるのかは明らかになっていない。一方これと類似の他の魚種を用いた実験では,²⁻⁴⁾ 釣られ易さの個体差はみつかっていない。ティラピアの結果とは矛盾するように思われる。この原因として考えられるのは魚種の違いだけではない。本実験で使用したティラピアの場合は野生の魚であったが、他の実験の場合は養殖魚あるいは長期蓄養魚を使用したといった差異もある。コイ *Cyprinus carpio* を何代にもわたって飼育すると野生魚よりもはるかに釣られ易くなることが知られている⁵⁾ ことから、比較的短期の飼育であっても釣られ易さに影響を及ぼすだけでなく、釣られ易さの個体差にも影響を与える可能性が考えられる。魚は摂餌の動機、釣り餌への接近、食い付きと嚥下という過程を経て釣獲される。³⁾ しかし、これら一連の摂餌様式は魚種ごとに固定的なものではない。魚種によっては育成環境に応じてそれは変更可能であったり、⁶⁾ 同じ魚種でも養殖魚と野生魚の間にも差がみられる。⁷⁻¹⁰⁾

本研究では、野生ティラピアと養殖ティラピアを用い

た釣獲試験を行い、飼育が魚の釣られ易さとその個体差に与える影響を調べた。

実験方法

実験魚と実験池 養殖ティラピアは、鹿児島大学水産学部構内の屋外コンクリート水槽（10 m×6 m、水深0.65 m、以後実験池と称す）で産まれたもので、親魚は鹿児島県指宿市内の港川で捕獲した。この稚魚（全長8～35 mm）を屋内のパンライト水槽（容量0.5トン）に収容して4カ月半飼育した。餌は市販のティラピア育成用配合餌料で、主に午前中に給餌した。飼育開始約2週間後には魚は水槽に近づく人に寄ってくるようになった。野生魚群は上記の港川で投網で捕獲した。

供試尾数は養殖魚群が126尾（全長50～105 mm）、野生魚群が92尾（全長75～185 mm）であった。両魚群はそれぞれ実験池に移した後2日および7日実験池に慣らし、少量のベレット餌料の投与に対して魚が正常な摂餌行動を行うことを確認してから釣獲を開始した。

釣獲方法 釣獲の手順は両群ともに米山ら¹⁾ に従った。釣られた個体は、標識をした後ただちに実験池の隅

^{*1} 本論文の概要は平成5年度日本水産学会春季大会において発表した。^{*2} 鹿児島大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Shimoarata, Kagoshima 890, Japan).

Fig. 1. Results of capture-recapture angling experiments.

The numbers in two boxes branched from a previous trial are respectively for hooked fish (un-hatched) and unhooked (hatched) at each trial.

The numbers in parentheses are hypothetical values if recapture is independent of previous hooking experience.

の生け簀 (2 m × 1.4 m, 水深 0.65 m) に移した。収容尾数の半数を釣り上げた後、生け簀の魚を実験池に戻し釣れ残った魚と混ぜた (以後これを事前釣獲とする)。同様の釣獲試行を1日半の休止期間をおいて養殖魚では2回、野生魚では3回繰り返した (それぞれ再釣獲試行1・2・3とする)。魚がどの試行で釣られたかを知るための標識として、各試行ごとに鰭の異なる部位を切除した。野生魚で再釣獲試行3を追加したのは、再釣獲試行2の時点で独立性が棄却されたので、繰り返しデータを増やし実験精度を高めるためである。

釣獲は昼間行った。養殖魚群の全試行と野生魚群の事前釣獲・再釣獲試行1は1日で済んだが、野生魚群の再釣獲試行2・3では魚が釣られにくくなり魚群の半数を釣り上げるのに3日を要した。

各試行とも釣り手の数は2~4人で、竿釣りを行った。仕掛けはミチイト2号テグス、ハリス1.5号テグス、チヌ針0.8号 (野生魚)、タナゴ針極小 (養殖魚) を使用し、釣り針は“あぐ”を潰した。実験池に発生した藻のために水は濁っていて魚の分布の様子はわからず、釣り手は適当に分散して釣った。釣り餌に対する嗜好性の違いが釣獲結果に及ぼす影響を考慮して、釣り手は釣り餌にサツマイモの練り餌、冷凍オキアミ *Euphausia* sp., 活餌と

Fig. 2. Time series of survival ratio observed every 30 min for wild group.

(0) initial trial, (1) recapture trial 1, (2) recapture trial 2, and (3) recapture trial 3. Fish caught once (closed circles), twice (closed squares), three times (closed triangles), four times (open triangles), and total of the above fish (open circles).

してスジエビ *Perinereis paucideus*, ゴカイ *Perinereis brevicirris* を無作為に換えて使った。

釣獲現象の独立性の検定 釣獲結果について再釣獲試行に釣れるか否かが、それ以前に釣られたか否かに独立な現象かあるいは依存するかを調べるために、 χ^2 検定によって独立性の検定を行った。野生魚の再釣獲試行2と3では、実測尾数が5以下になったためイエツの修正¹¹⁾をほどこした。

釣獲回数ごとの残存率 釣られ易さの違いは釣獲率 (単位時間当たりの釣獲尾数) の差でも示され得る。供試魚総数を N , 釣獲開始後 t 分までの注目とする群の総釣獲尾数を $n(t)$ とおき、残存率は $[(N - n(t)) / N] \times 100$ と定義する。釣られ易さに個体差がある魚群では、釣られ易い個体が先に釣られていくため、釣獲経験個体群の残存率は、非釣獲経験個体群の残存率に先行して減少するはずである。釣られ易い個体の残存率の減少に伴い、全供試魚を対象とした残存率は、あまり低下しなくなると予想される。一方、釣られ易さに個体差のない魚群では釣獲経験とは無関係にいずれの個体もほぼ同様の残存率の推移を示すため、全供試魚の残存率は終始ほぼ一定の率で低下すると予想される。これらの仮説を検証するために、すべての釣獲個体について標識の有無と部位およ

び釣獲時刻を記録し、釣られた回数ごとの残存率の時系列を求めた。

供試釣り針の全長階級別釣獲割合 使用した釣り針が特定の体長の魚を選択的に釣獲するならば、それが原因で見かけ上の個体差が生じる可能性がある。この可能性を検証するために、各全長階級ごとの供試魚数に対する釣獲尾数の割合を調べた。

摂餌量測定 摂餌欲の差が釣られ易さの個体差の原因となり得るか否かの検証を行った。魚は等重量のペレット餌料を1粒ずつ摂餌するので、ここでは摂餌欲の強さを、ペレット餌料を与えた時の摂餌量で評価した。釣獲実験終了3日後にそれぞれの魚群総重量の2%の重量のペレット餌料を投与し、全個体を回収・即殺して、胃重量を調べた。投与量の魚体重に対する割合は1日1回の投餌におけるティラピアの飽食量¹²⁾を基準にして決めた。魚群総重量は釣獲実験開始前にランダム抽出した20個体の平均体重に供試魚数を掛けて求めた。胃内容物がごく微量であるか空胃の時の胃重量は0.1 g以下と小さかったので、胃袋重量を含む胃重量で胃内容量を代表させた。魚の餌への遭遇確率が均一になるように実験池全面に均等分散させて投餌した。ハンドリングによって餌を吐き出すことがないように投餌から10~20分後に魚を回収した。

結 果

釣られ易さの個体差 野生魚の再釣獲試行1では事前釣獲の結果との独立性が棄却されなかったが、再釣獲試行2・3ではその前の試行の釣獲結果との独立性が棄却され (Fig. 1), 釣獲を経験した個体は次の試行でも続けて釣られる傾向が示された (非釣獲経験個体はその次も釣られにくい)。したがって野生魚では釣られ易さに個体差があると結論した。養殖魚では再釣獲試行1・2で共にその前の試行の釣獲結果との独立性が棄却されず (Fig. 1), 魚はランダムに釣られたことから、釣られ易さに個体差がないことが示唆された。

釣られ易さの個体差と残存率 野生魚の結果をみると (Fig. 2), いずれの試行でも非釣獲経験個体の方が釣獲経験個体よりも終始残存率が高かった。釣られ易さの個体差が顕著にみられた再釣獲試行2・3では、非釣獲経験個体がほとんど釣られなかったためにこれらの個体の残存率は終始高いレベルに保たれた。釣獲経験個体は残存率が約50%に達するまでは急激に減少したが、それ以降はあまり低下しなくなった。全供試魚の残存率は、釣獲経験個体のそれにほぼ依存して変化した。

養殖魚の結果をみると (Fig. 3), 再釣獲試行1では釣獲経験個体と非釣獲経験個体の残存率の変動傾向はほぼ一致し、終始一定の減少傾向を示した。再釣獲試行2で

Fig. 3. Time series of survival ratio observed every 10 min for domestic group.

(0) initial trial, (1) recapture trial 1, and (2) recapture trial 2.

Fish caught once (closed circles), twice (closed squares), three times (closed triangles), and total of the above fish (open circles).

Fig. 4. Capture ratio of the tested hooks over the total-length range for the experimental fish population.

Wild group (closed circles), and domestic group (open circles).

は釣獲経験の少ない個体ほど終始残存率が高かったが、釣獲開始直後と中盤以降には非釣獲経験個体も残存率の急激な減少を示した。全供試魚の残存率はいずれの試行でも終始ほぼ一定の減少傾向を示した。

これらの結果から、魚群の個体差の有無によって残存率の推移の様子が異なることが明らかになった。

全長階級別釣獲割合 両魚群とも釣獲割合は供試魚の全長分布のほぼ全域に対して50%以上であった (Fig. 4)。また、釣獲割合が50%以上の階級では釣獲割合の変動は小さかった。野生魚では釣獲割合が50%未満の全長の小型魚が5尾存在したのでそれらの個体を除外して釣獲結果の独立性を再検定した結果、独立性は棄却され、釣られ易さの個体差が認められた ($\chi^2=5.46, df=1, p<0.025$)。したがって、釣られ易さの個体差に釣り針の釣獲割合は影響していない。

釣られた回数と摂餌量および全長との関係 野生魚の場合、釣獲終了後に投与された餌の摂餌量と全長の関係では、大きな個体ほど摂餌量が多い傾向がみられた (Fig. 5)。また、4回連続して釣られた個体の平均摂餌量

Table 1. Differences in food intake between hooked and unhooked fish groups from wild and domestic fish

Group	Number of hooking experience	Number of samples	Food intake (g)	
			Mean	(95% confidence limit)*
Wild	0	14	0.22	(0.15-0.29) ^v
	4	10	0.47	(0.32-0.62) ^w
Domestic	0	20	0.32	(0.23-0.41) ^z
	3	15	0.33	(0.27-0.40) ^z

* v, w, z: Values marked with the same letters are not significantly different at $\alpha=0.05$.

Fig. 5. Linear relationship between total length and food intake by sampled fish from wild and domestic groups.

Fig. 6. Total length distributions for tested fish groups with different hooking experiences.

(0) fish not caught, (1) caught once, (2) twice, (3) three times, and (4) four times.

は1回も釣られなかった個体のそれよりも有意に多かった (Table 1). これらの結果から、釣られ易い個体とは摂餌競争に有利な大きな個体である可能性が考えられた

め、釣られた回数ごとの魚の全長分布を調べた。結果をみると (Fig. 6), 釣られた回数が多いと全長が大きくなる傾向はみられなかった。さらに、4回連続して釣られた個体と1回も釣られなかった個体の全長の分散に差はなく ($F=1.90, df_1=13, df_2=9, p<0.05$), 平均値にも差はなかった ($t=-2.01, df=22, p<0.05$)。したがって、全長の大きな個体ほど摂餌欲が強いために釣られ易い個体になり得るとした仮説はここでは成り立たなかった。

養殖魚では、大きな個体ほど摂餌量が多い傾向がみられた (Fig. 5)。しかし、釣獲経験個体の方が非釣獲経験個体よりも摂餌量が多いとはいえず (Table 1), また、供試魚の全長分布には釣られた回数ごとの差はみられなかった (Fig. 6)。これらの結果から孵化期が同じ養殖魚では、大きな個体ほど摂餌欲が強い成長の速い個体であるとは考えられるが、これらの個体が釣り餌にも強く反応したとはいえない。すなわち、成長の速さの個体差は釣られ易さに影響を与えないと結論した。

考 察

野生魚では、投与された餌を多く摂餌した個体が必ずしも釣られ易い個体ではないとした結果は、餌に対する魚の反応が投与餌と釣り針に付いた餌では異なることを意味し、投与餌への反応から釣り餌に対する反応を知ることではできない。このことは、魚が釣り餌に付いている釣り針を釣り餌から識別する能力を持つことで2種の餌

を区別したことを示している。したがって、釣られ易さの個体差の原因として、識別した釣り針に対する警戒行動の個体差が考えられる。警戒行動の個体差とは釣り針に対して用心深く反応するか大胆に反応するかの差である。このような反応の個体差を調べた Huntingford¹³⁾の結果によると、繁殖期でない時期のイトヨ *Gasterosteus aculeatus* には捕食者であるバイク *Esox lucius* に対して大胆に振舞う個体と臆病に振舞う個体とが存在した。さらに、イトヨが新しい環境に移された時に初めて経験する場所を警戒するか否かを調べたところ、バイクに対して大胆に振舞った個体は新しい環境でも大胆な行動を示し、逆にバイクに対して臆病に振舞った個体は新しい環境では用心深い行動を示した。Ferno³⁾ は釣り針に対するタイセイヨウダラ *Gadus morhua* の行動観察から、釣られた経験を持たない個体であっても、釣り針を釣り餌から識別してそれを回避するようようになることを報告している。今回の実験から、養殖魚に釣られ易さの個体差がみられなかったことを考えると、野生ティラピアが初めて遭遇した釣り針に対して大胆に振舞うか用心深く振舞うかといった行動の差が釣られ易さの個体差の原因につながったものと考ええる。

警戒行動の個体差は生得的なものと学習によって形成されたものとの両方の可能性がある。前者の場合は、遺伝的な制御によって生じる個体差であり、後者の場合は、野生魚の摂食経験が個体によって異なったために生じた個体差と考えられる。生得的あるいは学習による形成のいずれであっても、今回の実験では個体差を持つ親魚から孵化した個体が長期間養殖されることによってその性質を変更したことより、この性質は固定的なものではないことは疑いない。

文 献

- 1) 米山兼二郎, 八木昇一, 川村軍蔵: ティラピア *Tilapia mossambica* の釣られ易さの個体差. 日水誌, **58**, 1867-1872 (1992).
- 2) J. J. Beukema: Angling experiments with carp *Cyprinus carpio* L. I. Difference between wild, domesticated, and hybrid strains. *Neth. J. Zool.*, **9**, 81-92 (1969).
- 3) A. Ferno: The effect of experiments on the behaviour of cod *Gadus morhua* L. towards a baited hook. *Fish. Res.*, **2**, 19-28 (1983).
- 4) P. A. Hackney and T. E. Linkous: Striking behaviour of the largemouth bass and use of the binomial distribution for its analysis. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **107**, 682-688 (1978).
- 5) J. J. Beukema: Angling experiments with carp *Cyprinus carpio* L. II. Decreasing catchability through one-trial learning. *Neth. J. Zool.*, **20**, 81-92 (1970).
- 6) T. J. Ehlinger: Learning and individual variation in bluegill foraging: habitat-specific techniques. *Anim. Behav.*, **38**, 643-658 (1989).
- 7) P. E. K. Symons: Greater dispersal of wild compared with hatchery-reared juvenile Atlantic salmon released in stream. *J. Fish. Res. Bd Can.*, **26**, 1867-1876 (1969).
- 8) A. J. Sosiak, R. G. Randall, and J. A. McKenzie: Feeding by hatchery-reared and wild Atlantic salmon *Salmo salar* parr in streams. *J. Fish. Res. Bd Can.*, **36**, 1408-1412 (1979).
- 9) P. E. Moyle: Comparative behaviour of young brook trout of domestic and wild origin. *Progr. Fish. Cult.*, **31**, 51-56 (1969).
- 10) R. E. Vincent: Some influence of domestication upon three stocks of brook trout *Salvelinus fontinalis* Mitchill. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **89**, 35-52 (1960).
- 11) 北川敏男, 稲葉三男: 基礎数学統計学通論, 共立出版, 東京, 1987, pp. 153-154.
- 12) 矢田敏晃: ティラピア・ニロチカの投餌回数と一回当たりの飽食量・日摂食量及び餌料効率との関係. 大阪府淡水魚試験所研究報告, **8**, 11-16 (1982).
- 13) F. A. Huntingford: The relationship between anti-predator behaviour and aggression among conspecifics in the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. *Anim. Behav.*, **24**, 245-260 (1976).