

撒餌に対する魚の反応行動

川 村 軍 蔵*

Reaction of Fish to the Scattered Chum Bait

Gunzo KAWAMURA*

Abstract

Scattered chum bait is very available in line fishing, and it has been defined as the bait to be scattered at the fishing spot to attract the fishes from far to come close to the spot. And up to now only the attracting effect of this bait has been discussed by many fisheries biologists. But the significant effectiveness of the scattered chum bait in line fishing can not be considered to depend only on the attracting factor. The author carried out the tank experiments on the reaction of fish to the extract of food to find out how the scattered chum bait allures fish to the fishing bait sewed to a hook. The results are summarized as follows:

1. The fishes used, spotted mackerel, perch and sweep lips, showed avoiding reaction to the colored sea water introduced into the experimental tank. On the otherhand, when these fishes were exposed to the extract of food, their swimming became very active, and they disrupted the schooling, showing a feeding frenzy.

2. The clear social facilitation was observed in the reaction of spotted mackerel to the extract of food, *i. e.* the respons of a group of 5 individuals was most active than the other groups of less individuals, when an individual was kept solitary in a tank there was no positive reaction to the extract of food

3. When in a feeding frenzy these three fishes indiscriminately tried to take any small inedible objects in the water or at the water surface.

4. Furthermore when the sweep lips was exposed to the extract of food, it actively picked the bottom board of the tank even though there was no object on the board. This remarkable behaviour was also observed in other bottom fishes in an aquarium. And so the reaction of fish to an extract of food is considered to have close relationship with its feeding habit.

5. From these observations it is concluded that the scattered chum bait evokes very active feeding behaviour of fishes; an reaction of an individual enhances that of the schooling companions; the success of line fishing and pole-and-line fishing depends on this activity. When in such a state fishes indiscriminately take any small object in the water and thus are vulnerable to line fishing and pole-and-line fishing.

撒餌は多種の一本釣漁業で使用されているが、サバ跳ね釣では特に多量の撒餌を使用するためサバ釣漁業で用いられる撒餌に関してはこれまで多数の研究があり、これらは小倉(1970)によって良くまとめられている。そしてその論文の中で小倉は“撒餌に対するサバ

* 鹿児島大学水産学部漁法学研究室 (Laboratory of Fishing Technology, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima Japan 980)

の行動については、今後も基礎実験を積み重ねる必要があるが、撒餌の有効な条件については、静岡水試の報告でも指摘しているように、1. 沈降、拡散を良くすることにより、魚群の浮上が早くなり、しかも魚群の滞留が良くなる。2. 経済的であること、3. 調餌が簡便で、とくに船上作業が少ないこと、などがあげられよう。人工撒餌についてはサバの誘引物質に対する嗜好性をさらによく調べる必要があろう”と述べているが、これまでの撒餌と魚の行動に関する研究は、撒餌でいかに魚を集め、あるいは浮上せしめ且つ長時間そこに滞泳せしめるか、すなわち撒餌の集魚誘引効果のみを論じてきた。撒餌に集まった魚は釣り餌を発見しそれを捕食する機会が増加し、さらに浮上した魚を釣る場合には中下層の魚の場合よりも漁具の操作時間を短縮することができる。これが撒餌の持つ漁撈効果といえよう。しかし撒餌の釣果に持つ効果は著しく、撒餌をした直後にのみ釣獲があるということは良く経験するところであり、これは単に魚が釣り餌に出会う確率だけでは説明され得ない。また生簀で飼育中のハマチに投餌すると魚は狂乱状態を呈して捕食するが、これは餌付けの良いサバ群が水面の撒餌を捕食する状態に似ており、この行動は明らかに撒餌によってもたらされたものであるが、集魚誘引効果とは異なるものである。

撒餌がなぜ漁撈効果を高めるのかを知ることは、今後開発が期待される人工撒餌が備えるべき条件を知ることにもなるが、本研究では撒餌に対する数種の魚の反応行動の観察から、これまで論じられなかった集魚誘引以外の漁撈効果について論ずる。

TESTER *et al* (1953) はマグロ類の化学刺激に対する反応行動を調べるために、飼育池の“attraction area”の中の個体数とその area の中に居た時間という基準を設定し、HIYAMA *et al* (1955) はアジを用いた“コマシ”の誘引効果の実験で、餌料投与域への集魚状態を5段階に表わすことにより基準設定した。しかしKLEEREKOPER (1967) も実験的に明らかにしているように魚は嗅刺激物質の濃度勾配だけでは嗅源を見つけることはできないので、水槽あるいは池の中の流れの条件設定が困難である。またここでは集魚誘引以外の効果を扱うのでこれまでの観察方法は目的に合わない。従ってここでは撒餌投与前後における遊泳行動の変化と擬餌への食いつき頻度の変化を目安として、撒餌に対する反応行動を調べた。

観 察 方 法

操業中と試料魚飼育中の観察で撒餌の効果は視覚刺激よりも化学刺激にあると考えられたので、撒餌は魚肉ではなく魚肉汁を用いた。この方が夜間の水槽実験に適し、また同じ個体を繰返し使用できるという利点をもつ。この刺激液はキビナゴ *Stolephorus japonicus*, マアジ *Trachurus japonicus* の肉およびアミ (*Mysis* sp.) を海水を加えながら手で碎き、ガーゼで繰返し濾過して作ったもので、100gr の材料から 500cc の肉汁を作った。

これらの肉汁に対する反応行動を観察するために2種類の実験を行った。

実験 I. 水槽内への刺激液注入前後の魚の遊泳行動の変化を観察した。魚の遊泳行動の数量的表現は遊泳速度で表わすのが一般的であるが、サバの場合は活動的な時は遊泳が速いとともに遊泳方向を頻繁に転ずるという特徴を持ち、水槽内では特に後者が顕著である。従ってここでは魚の遊泳行動の強さを遊泳速度 V と単位時間当りの方向転換の頻度 F/t の積をもって表わし、これを遊泳活性指数 (IsA) と呼ぶこととする。

すなわち

$$I_{SA} = A \cdot V \cdot F / t \quad (1)$$

A は指数化のための定数である。 V を魚体長の関係で表わすことが多いが、ここでは V の相対的变化を問題とするので V を魚体長の関数としなかった。また V の実際の求め方としては測定を容易にするために魚の変位量を Step length (ターンとターンの間の距離) にとった。従って V は近似的に

$$V \doteq \sum L_i / t \quad (2)$$

で求められる。

但し

$$L_i = \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2} \quad (3)$$

$$dx_i = x_{i+1} - x_i \quad (4)$$

$$dy_i = y_{i+1} - y_i \quad (5)$$

i はターンの番号であり、 x, y は水槽内に定義した座標上で原点からの x, y 方向の距離を示し、 t は観察時間である。

この方法では魚に長水路を直線的な往復遊泳をさせた方が測定が容易であり且つ計算値はより実際の遊泳速度に近くなる。この場合水路幅が問題となる。肥後 (1968) は金魚を用いて正常に U-ターン運動をできる水路幅として魚体幅の π 倍の値を得ているが、本実験で用いられたゴマサバ *Pneumatophorus tapeinocephalus* の場合は魚体幅が 1.2~2.0cm で水路幅を約 25cm 以下とすると魚の直線的往復遊泳が阻害されて、水槽の片すみで回転遊泳をするようになる。従って遊泳行動の観察には長さ 170cm, 幅 70cm, 深さ 50cm の木製水槽を用いた。この水槽の 1 対の壁は自然に換水させるために網とし、底には 5cm 毎に座標を書き入れた白色プラスチック板を置いた。これを海水に浮かべると水深約 41cm となる。この水槽に 1, 2 および 5 尾のゴマサバ若令魚 (尾叉長 9.3~12.2cm) を入れ 2 時間順施せしめた後水槽中央にロートを介して静かに刺激液を注入した。遊泳行動の観察と記録は順施時の 2 時間 (これをコントロールとした) および刺激液注入後 30 分以上続けた。実験個体群の大きさを 3 種としたのは反応行動に及ぼす社会的影響を知るためである。観察は鹿児島桜島水族館の海水池で夜間自然光下で行った。

実験 II. 暗室内の 126×122×128cm の木製水槽を用い、これに水深 108cm まで海水を満たし、水槽内に刺激液を注入した時の遊泳行動と水面および水中の擬餌への食いつき行動の頻度を観察した。観察は水槽前面のガラス窓から行い、食いつき頻度の記録には自製の記録機* を用いた。また肉汁は有色であるため視覚で反応することも考えられるので、刺激液には肉汁の他にモナフィラシン (黄色) とメチレンブルー (青色) の海水溶液 (4gr/500cc) をも使用した。実験は夜間行い、水槽内は室内灯と水槽両側の 20W 蛍光灯で照明した。この時の水槽中央の照度分布を Fig. 1 に示した。また水面に浮かべた擬餌は 0.5cm 角の発泡スチロール 5 個であり、水中の擬餌は白色絹糸に 7gr の鉛の重りを付けたもので、これを 1 号テグスで水槽中央付近の水深 30cm あるいは水底から 20cm の位置に 3 個垂下した。これらの擬餌を Fig. 2 に示した。

用いた魚はゴマサバ若令魚の他にコショウダイ *Plectorhynchus cinctus* とヒラスズキ

* 記録機については昭和50年日本水産学会秋季大会にて発表。

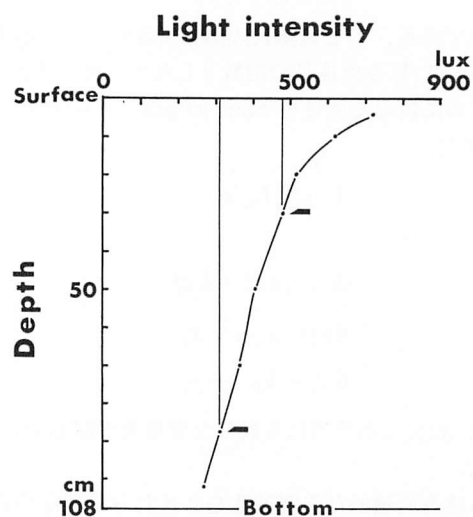


Fig. 1. Vertical distribution of light intensity at the center of the tank used.
Arrows show the levels at which the lures were pendent.

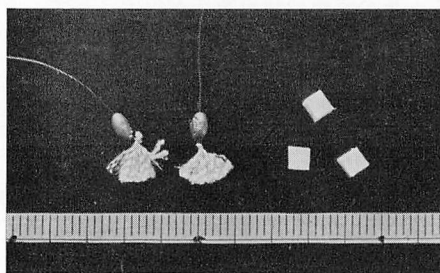


Fig. 2. Two kinds of lures used in this experiment.

Table 1. Summarized explanation of the materials used in the experiments and in the previous cultivation.

| Experiment | Fish used | | | Bait used during the previous cultivation | Materials to which fish was exposed |
|------------|------------------|--------------------|--------------|---|---|
| | Species | No. of individuals | Fish length | | |
| I | Spotted mackerel | 1, 2, 5 | 14.6–17.7 cm | Silvery anchovy | Extract of silvery anchovy flesh, horse mackerel flesh and <i>Mysis</i> sp. |
| II | Spotted mackerel | 23 | 9.3–12.2 | Silvery anchovy | Extract of silvery anchovy flesh, horse mackerel flesh and <i>Mysis</i> sp. |
| | Sweep lips | 30 | 9.0–17.2 | <i>Mysis</i> sp. | <i>Mysis</i> sp. |
| | Perch | 9 | 19.5–22.2 | <i>Mysis</i> sp. | Methylen blue dye solution Monafuracin solution |

Lateolabrax latus の若令魚である。

実験 I および実験 II の実験条件を要約して Table 1 に示した。いずれの実験でも12時間以上絶食した個体を用いた。

結 果

実験 I. 魚が1尾および2尾のときの肉汁注入前後の遊泳活性を Isa で Fig. 3 に示した。

1尾のときは魚は水槽内を不規則な泳ぎをし、網目に頭部をこすりつけたり、遊泳停止をすることが多く Isa の値は小さく、キビナゴ肉汁を注入しても顕著な遊泳行動の変化はみられない。

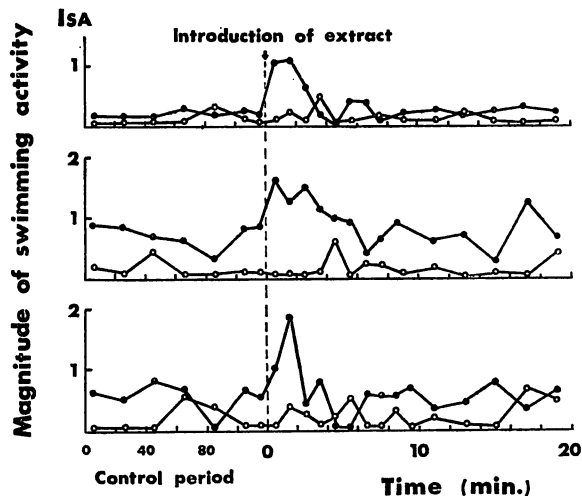


Fig. 3. Swimming activity change of spotted mackerel in response to the extract of silvery anchovy flesh when a fish was kept solitary (open circle) and two individuals were kept (closed circle) in a tank.

2尾のときは1尾が他に追従して遊泳する場合がみられ、遊泳停止が少なくなるので、Isa の値は1尾のときより高くなった。肉汁を注入するとその十数秒後突発的に活発な遊泳をすることがあり、2分間程それまでとは異った遊泳をするがその後次第にもとの緩慢な状態に戻った。この間の Isa の値の変化は1尾のときとは異なっており、3回の実験結果とも肉汁注入後 Isa の値は高くなっている。

5尾のときは5尾が一团となって水槽内を略決ったコースを定速で緩慢な直線的往復運動を繰返した。これにロートより海水を注入したが何らその行動に変化はみられなかった。しかしそれぞれ3種の肉汁を注入した後は明瞭な行動変化がみられた。すなわち魚は3種類のいずれの肉汁に対しても遊泳速度が速くなり、5尾が分散し、遊泳方向を頻繁に転じ狂乱状態ともいえる状態が1分間程続く。その後次第に遊泳状態が平常に戻り、2分後はほぼ肉汁注入以前の状態に戻り5尾一团となって往復運動を繰返した。キビナゴ肉汁の場合について

その注入前後の Isa の値の変化を Fig. 4 にみると、コントロールの Isa 値は0.6であるが肉汁注入後1分間の Isa 値は3.1とコントロールの5倍となった。同様にマアジ肉汁で0.3から2.6へ約9倍、アミ肉汁で0.5から3.8へ約8倍となった。

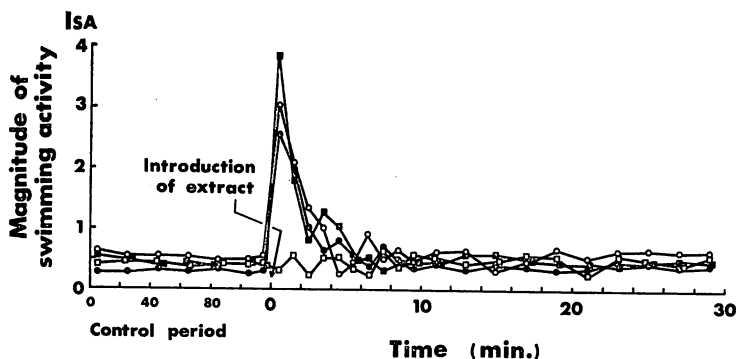


Fig. 4. Swimming activity change of spotted mackerel in response to the extract of silvery anchovy flesh (open circle), *Mysis* sp. (closed square) and horse mackerel flesh (closed circle) and the sea water (open square) when five individuals were kept in a tank.

3回の実験のコントロールと肉汁注入直後の3分間の step length の分布を総合して比較したものを Fig. 5 に示した。図で明らかな様にコントロールでは略 120~145cm の step length であるが、肉汁注入後はそれぞれが 10~145cm の間にランダムに分布し、その運動に規則性がみられない。しかしこの時5尾は分散し、一見 group の統一性が失われたかのようにであるが、1尾が強い突進行動をするとそれに追従する個体がみられ、常に group 構成員相互間の追従反応が維持されていた。

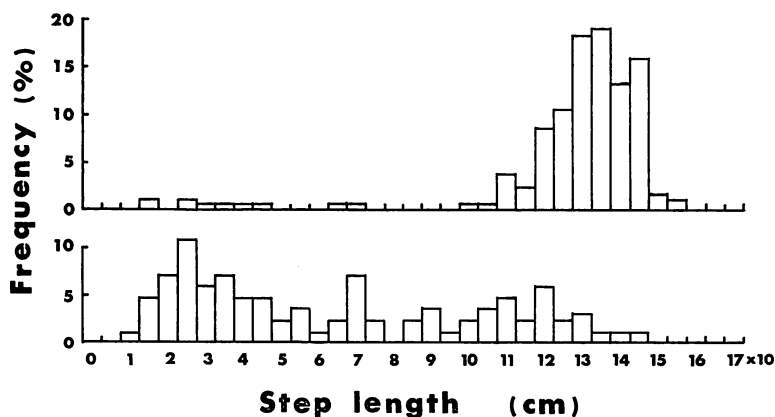


Fig. 5. Step length distribution in the control period (upper) and when fish was exposed to the extract of food (lower).

実験 II. ゴマサバ 試験液が海水の場合は何ら遊泳行動に変化はなかった。刺激液がモナフィラシンあるいはメチレンブルーの場合はそれまで比較的分散しながら遊泳していた魚が

試験液注入点と反対側の水槽の片すみで団塊状を呈しながら中層から下層へと沈下する。そして試験液が水槽内に十分拡散する約2分後には団塊状を呈していた魚が次第に個体間距離を広げながら下層から中層へと浮上し、4分後には試験液注入以前に近い状態に戻った。

刺激液が肉汁の場合には、注入直後魚は注入点とは反対側の片すみに集合して団塊状を呈しながら中層から下層へと沈下する。肉汁が水槽の1/3～1/2程度に拡散する40～50秒経過後団塊状を呈していた group から突然一部の個体が突進して離れる。さらにその直後団塊状を呈していた group は分散し、各個体はそれぞれランダムな方向へ突進し“狂乱状態”となる。この時各個体は水中の擬餌と水面の発泡スチロールに突進して盛んな食いつき行動を示す。このときの突進行動は擬餌のない方向へも行なわれ、ある個体のこの vacuum rushing が激しい場合にはそれに追従する個体が見られ、それぞれの個体の行動が互いに他の個体の突進行動と食いつき行動を解発し合っているように見受けられた。この時の供試魚は魚体長に個体差があるが、この行動には顕著な size hierarchy が見られなかった。この vacuum rushing を伴う激しい遊泳と食いつき行動は30秒程続き、その後次第に魚の行動は緩慢になり、個体間距離を狭めながら水槽の中層から下層へと沈下する。稀にその後も突発的に group を離れて食いつき行動を示す個体とそれに追従する個体があるが、これらの行動は緩慢で途中で方向転換して group に戻る場合が多い。沈下した魚は肉汁注入後15分経過しても注入以前の状態に戻らなかった。この時の沈下の様子はサバを生簀で飼育中に、生簀の竹柵や水面を強打した時にみせた魚の行動と全く同じと見受けられた。

肉汁注入前後の食いつき行動の出現頻度を3種の肉汁について Fig. 6 に示した。その頻度分布は3種の肉汁とも同様なパターンを示し、水中の擬餌への食いつき頻度は合計で、キビナゴ肉汁の場合が28回、アジ肉汁の場合が23回そしてアミ肉汁の場合が27回であった。

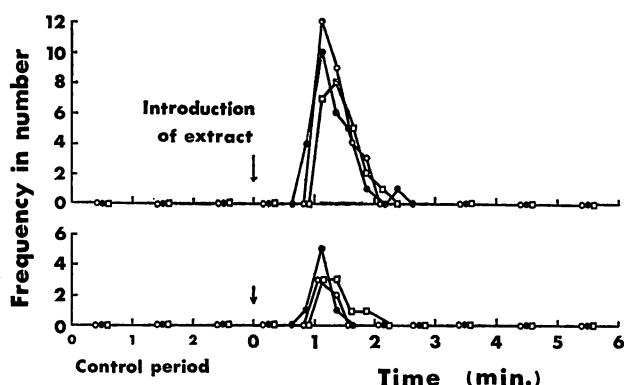


Fig. 6. Frequencies of the biting behaviour of spotted mackerel toward the lures in the water (upper) and at the water surface (lower) when the fish was exposed to the extract of flesh of food, open circle, silvery anchovy flesh; open square, horse mackerel flesh; closed circle, *Mysis* sp..

ヒラスズキ アミ肉汁を水面から注入するとそれを避けるかの様に肉汁注入点の反対側に集まるが、ゴマサバの場合程極端ではなく遊泳層は変化しない。その後肉汁が水槽の半分程拡散すると魚は急に遊泳行動が活発になり、盛んな vacuum rushing と擬餌への食いつき行

動がみられる。この状態が30秒続き肉汁注入から約1.5分後は略注入以前の緩慢な遊泳状態に戻る。しかし擬餌は魚の遊泳層に垂下されているので稀に緩慢な食いつき行動がみられ、この状態が観察終了時まで続いた。また活発な遊泳時に激しい突進をする個体には追従者があり、ゴマサバと同様に肉汁に刺激された魚は互いに擬餌への食いつき行動を解発しあっているように見受けられた。この時の魚の擬餌への食いつき頻度を Fig. 7 に示した。

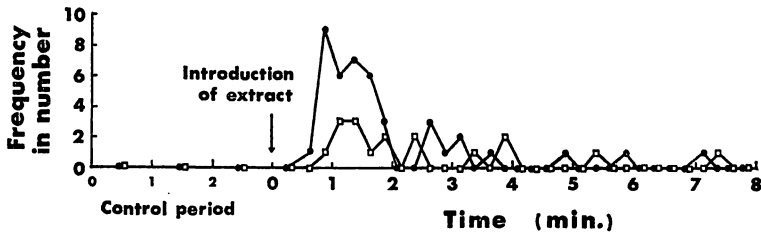


Fig. 7. Frequencies of the biting behaviour of the sweep lips (closed circle) and perch (open square) toward the lures in the water when the fish was exposed to the extr act of *Mysis* sp..

コショウダイ 魚は通常は水槽の中層から水底を緩慢に分散遊泳している。肉汁をロートと導管を通して水槽の底から 10cm の所に注入すると最初魚は何らそれに反応行動を示さない。しかし約15秒後には先ず導管の下端に近い個体が頭部を下に約 40~90° の角度で水槽の底板をつつき始め、その直後には全個体が同様に水槽の底板をつつき始めた。それが約15秒続いた。その後水底付近を活発に遊泳し始め、さらに中層まで広く分散しながらゴマサバおよびヒラスズキと同様な vacuum rushing と擬餌への食いつき行動を示した。この間にも一部の個体は底板をつつき続けた。底板の上には餌の残留物その他の異物は全く無かったので魚のつつき行動は底板上の物体に対するものではなく、また底板の木目模様に対するものとも見受けられなかった。この活発な行動は1分程続き、その後次第にこれらは緩慢な分散遊泳にとってかわられた。しかし底板のつつきと擬餌への食いつきは観察終了後も緩慢ではあるが断続的にみられた。この時の魚の擬餌への食いつき頻度を Fig. 7 に示した、ヒラスズキおよびコショウダイいずれの場合も観察は肉汁注入後15分間行なったが、注入4分後以降の擬餌への食いつきは散発的であり、15分経過まで同様な傾向を示すので図では注入8分後まで示し、注入後の食いつき行動の出現頻度は15秒間毎の回数で示した。

考 察

実験 I. および II. の結果は、被験魚は肉汁の化学刺激により遊泳活動が活発化し、そして強い摂餌行動が解発され、この時の摂餌行動の解発には必ずしも視覚刺激を必要としないことを示している。しかし化学刺激のみで解発された摂餌行動は vacuum activity というべきもので、その時視覚刺激が加わるとそれが directional movement となる。この視覚刺激は可食物でなくとも擬餌のような不可食物でも十分効果的である。その結果撒餌を使用することにより擬餌でも釣獲成績が向上することは疑いない。そして撒餌のもつ最も重要な効果の

1つとして強い摂餌行動の解発を指摘することができる。

ゴマサバの場合、肉汁への反応行動の強さに及ぼす schooling companion の存在 およびその数の影響、すなわち社会的促進、は顕著であった。著者は同様な水槽観察でコトヒキ *Therapon jarbua*, メジナ *Girella punctata* およびクサフグ *Fugu niphobles* の場合は1尾でも肉汁への明瞭な反応行動を認めているが、この様な行動にはゴマサバのような成群性の強い種程 schooling companion という社会的要因が強く働くのであろう。MILANOVSKII・REKUBRATSKII (1960) は魚の摂餌行動の後には常に恐怖行動が続くと述べているが、ゴマサバに顕著に見られた一時的な活発な摂餌行動の後の再成群と沈下は彼等の考えを裏付けるものであろう。また堀田 (1960) はホンサバ群内の空腹魚の割合を変えて群の餌付の状態を観察し、ある程度餌を摂った魚は「餌へのひきつけ」よりも「群へのひきつけ」が強く働くとして述べているが、彼の説明した「群へのひきつけ」は恐怖行動と同質のものと考えられる。

コショウダイは肉汁の刺激により水槽の底板をつつく行動を示したが、これと同じ行動を著者はメジナとコトヒキでも観察している。これらの種は岩礁表面の付着生物や海底の砂や泥の中の生物を捕食するという共通した摂餌生態を持つが、これは化学刺激によって解発される摂餌行動がその種の摂餌生態と密接な関係にあることを覗がわせる。自然条件の海中では魚の摂餌行動の化学的 releaser は全て餌料と関連すると考えられ、水槽でみられた vacuum activity は海中で常に摂餌の機会に結びつく可能性が高い。サバ釣操業に用いられている撒餌は海中で溶解拡散する部分と固形物とから成るので、vacuum activity の releasing stimuli と directional stimuli の両者を兼ね備えている。岡林 (1966) は天然餌料にソーメンを混合した撒餌を用いて好成績を得たが、この場合は天然餌料が魚の摂餌行動の releasing stimuli になったのであり、ソーメンは単なる directional stimuli であったことも考えられる。

撒餌をした時の群を崩しながらの活発な狂乱状態ともいうべき遊泳状態は、竿釣操業時のカツオについて STRASBURG・YUEN (1958) が“feeding frenzy”として報告している。また NAKAMURA (1967) は竿釣操業で釣獲直後のカツオの胃内容物を調べ、その中に操業中船から捨てられたと思われるタバコの吸いさし、紙片さらに木片が混っていたことから、“feeding frenzy”にあるカツオは見さかいなく水中の小さな物体には何にでも食いついてしまうと述べており、撒餌により解発された激しい摂餌行動とその際に起る見さかいのない食いつき行動は海産魚に広く見られるようである。撒餌を用いた釣り漁法はこの魚の見さかいのない食いつき行動を利用した漁法といえよう。餌料の化学刺激に対する魚の反応は、その魚の摂餌経験の積み重ねの中で自然に形成された学習付けの影響が強いといわれ (VAN WEEL, 1952; MCBRIDE *et al*, 1962), どの様な撒餌が最も効果的であるかを見つけることは容易ではないが、今後の撒餌の研究では集魚効果のみならず、摂餌行動解発効果も考慮されるべきと考える。

要 約

これまで撒餌のもつ漁撈効果は集魚誘引効果のみ論じられてきたが、撒餌を用いた時の釣獲率増大は集魚誘引効果のみでは説明できない。集魚誘引以外の撒餌の効果を明らかにするために、ゴマサバ、ヒラスズキおよびコショウダイそれぞれの若令魚を用いて餌料の肉汁に

対する反応行動を水槽観察した。その結果は次のように要約される。

1. 3種の魚はいずれも水槽に注入された有色液（モナフィラジおよびメチレンブルーの海水溶液）に対しては忌避反応を示すのみであるが、餌料の肉汁に対しては激しい突進遊泳をし狂乱状態を呈するという顕著な反応行動を示す。

2. ゴマサバのこの反応行動には明瞭な社会的促進がみられ、1尾のみの時には明瞭な反応行動が観察されないが、5尾の場合には狂乱状態の時の遊泳活性の大きさは平常時の5～9倍となった。

3. 狂乱状態にある魚は水中の擬餌あるいは水面の発泡スチロールに見さかいのない食いつきを示した。

4. この他コショウダイは肉汁に刺激されると水槽の底を盛んにつつくという反応行動を示す。これと同じ行動は他の底棲性の魚でも観察され、撒餌に対する反応として現われる行動はその種の摂餌生態と密接な関係があると考えられた。

5. 以上の観察から撒餌の化学刺激は魚に対して摂餌行動解発効果があり、このために撒餌を用いると釣獲成績が向上する。そしてこれは集魚誘引効果とともに撒餌のもつ最も重要な効果であると結論された。

文 献

- HIYAMA, Y., S. YOSHIKAWA and H. NAKAI (1955): An analysis of fish attracting effect of Komashi of fish attracting bait. *Jap. J. Ich.*, 4 (4/5/6), 139-152.
- KLEEREKOPER, H. (1967): Some aspects of olfaction in fishes, with special reference to orientation. *Am. Zoologist*, 7, 385-395.
- MCCABE, J. R., D. R., IDLER R. E. E. JONAS and N. TOMLINSON (1962): Olfactory perception in juvenile sockeye to extract of foods. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 19, 327-334.
- MILANOVSKII, Yu. E. and V. A. REKUBRATSKII (1960): Methods of studying the schooling behaviour of fishes. *Nauchnye Doklady Vysshei Shkoly, Biologicheskie Nauki*, No. 4, 77-81.
- NAKAMURA, E. L. (1967): A review of field observation on tuna behaviour. FAO conference on fish behaviour in relating to fishing techniques and tactics. 1-8.
- 小倉通男 (1970): サバ釣り漁業に関する研究の現状と問題点。水産海洋研究会報, 17, 109-117.
- STRASBURG, D. W. and H. S. H. YUEN (1958): Preliminary results of underwater observations of tuna schools and practical applications of these results. *Pro. Indo-Pacif. Fish. Coun.*, 8, sect 3, 84-89.
- TESTER, A. L., H. YUEN and M. TAKATA (1953): Reaction of tuna to stimuli, 1953. *U. S. Fish and Wildlife Service, Spec. Rpt.: Fish*. No. 134, 1-33.
- VAN WEEL, P. B. (1952): Reaction of tuna to stimuli, 1951. Part II. Observations on the chemoreception of tuna. *U. S. Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rpt.: Fish*. No. 91, 8-35.