

## フグかご入口におけるサバフグ類の行動と漁獲機構\*1

平山 完, 不破 茂, 石崎宗周, 今井健彦

(1998年8月10日受付)

Behavior of Puffer *Lagocephalus* and the Fishing Mechanism of the Pot TrapMamoru Hirayama,\*2 Shigeru Fuwa,\*2  
Munetchika Ishizaki,\*2 and Takehiko Imai\*3

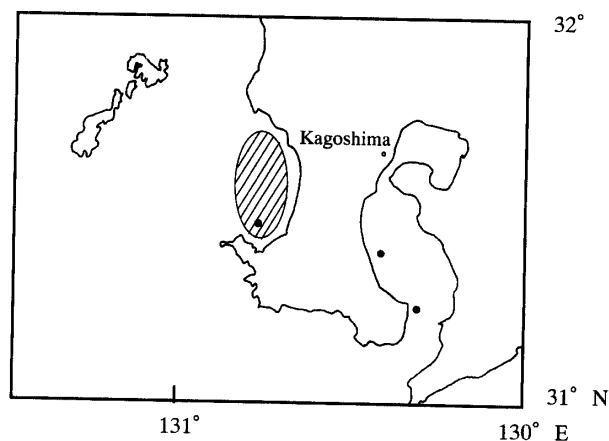
The purpose of this paper is to consider the fishing mechanism of the pot trap. Fish behavior was observed in and around the trap using underwater CCD cameras in the sea and in an experimental tank. Two types of underwater observation were conducted at the fishing ground and open air experimental tank. Total of observation time was 3240 minutes in field experiments and 1440 minutes in experimental tank. Authors examined the puffer behavior in experiments and considered the fishing mechanism of the pot trap. The results showed that the catching ratio was 2%. The posture of fish while approaching the trap entrance were different between the egress and those caught. The snout was always pointed downward for egress. In captured fish, the snout direction changed upward rapidly. It was determined that a fish was captured when 0.4-0.6 of the length of its body passed through the trap entrance.

キーワード：かご, 漁獲機構, かご入口, 行動解析

かご漁具は雑漁具の誘導陥穽具類に分類され,<sup>1)</sup> その漁獲機構は対象生物の行動と、対象生物を漁具に陥穽させる入口の構造に依存していると考えられる。かご入口構造と対象生物の行動に関する研究は、エビかごについては Yamane and Iitaka,<sup>2)</sup> Yamane,<sup>3)</sup> 山根, 飯高<sup>4)</sup>が行っており、そして魚かごについては杉本ら<sup>5)</sup>が行っている。フグかごについては、不破ら<sup>6-9)</sup>がサバフグ類（シロサバフグ *Lagocephalus wheeleri* とクロサバフグ *Lagocephalus gloveri*. 以下、サバフグと呼ぶ）のかご入口内部での遊泳運動が漁獲機構に大きく影響していることを報告している。しかし、フグかご入口でのサバフグの行動は明らかにされていない。そこで、本研究ではかご入口におけるサバフグの行動を詳細に観察し、かご入口に対するサバフグの姿勢とかご入口に対するサバフグの進入位置を定量的に解析し、フグかごの漁獲機構を明らかにすることを目的とした。

## 実験方法

**海中実験** 海中でのフグかご入口におけるサバフグの行動観察は Fig. 1 に示す鹿児島県西岸の吹上浜沖、鹿



**Fig. 1.** Map showing the fishing ground and area of underwater observation was conducted. Shaded area shown the fishing ground and hatched area shown the area of underwater observation was conducted.

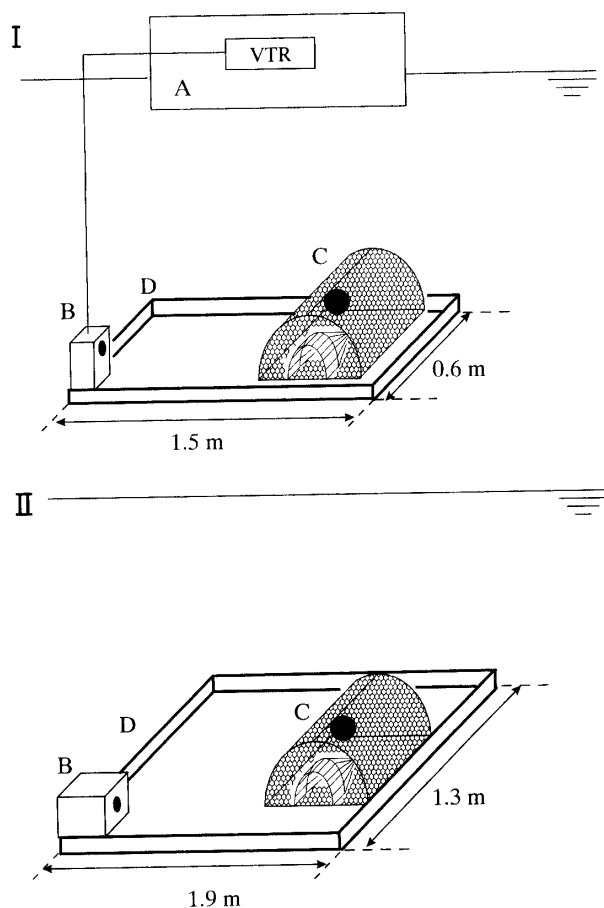
児島湾口部、および鹿児島湾内で1997年10月20日から23日までに4日間、延べ18回行った。観察は2種類の水中 CCD カメラを用いて鹿児島大学水産学部練習

\*1 平成10年度日本水産学会春季大会において口頭発表した。

\*2 鹿児島大学水産学部 (Faculty of Fisheries Kagoshima University, Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan).

\*3 元鹿児島大学水産学部 (Former address: Faculty of Fisheries Kagoshima University, Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan).

船南星丸で行った。観察装置の概略を Fig. 2 に示した。フグかごを固定し、かご入口中央部がカメラ視野の中央に映るように水中 CCD カメラ (QI 社製, FM-2000) を設置した台座を水深 22~35 m の海底に設置し、かご入口に対するサバフグの行動を観察した。水中 CCD カメラからの映像は水中ケーブルを介し、水面に設置した水密容器内のビデオカセットレコーダー (SONY 社製, GV-UX7) に録画した (Fig. 2-I)。また、耐圧容器に収納したビデオカメラ (シャープ社製, VL-HL55) を台座に設置して観察する方法も行った (Fig. 2-II)。海中実験で使用したフグかごは当該漁業で使用されているステンレス金網 (脚長, 3 cm) 製のかごである。それぞれの実験に使用したフグかごの入口の大きさは入口幅 ( $E_w$ ) が 15.5 cm, 14.7 cm, 入口高さ ( $E_H$ ) が 14.7 cm, 14.0 cm, 入口奥行き ( $E_D$ ) が 8.5 cm, 7.0 cm であった。かご入口底面には当該漁業と同様に冷凍サバの切り身を餌料として装着した。観察は使用機器の撮影能力



**Fig. 2.** Experimental arrangement for underwater observation of puffer behavior to the trap. Underwater observation carry out at the bottom of the sea (depth: 22~35 m).

A, Water proof container with VTR system; B, Underwater CCD camera C, Puffer trap; D, Flame.

と当該漁業の作業時間を考慮し午前 9 時から午後 4 時の間に行った。1 回の観察時間は 180 分で、延べ観察時間は 3,240 分であった。

**水槽実験** 海中実験で用いた装置は、かご入口に対し側方からしか観察できないので、かご入口に対するサバフグの行動を長さ、幅、および深さがそれぞれ 9.4 m, 7.4 m, および 1.0 m の屋外の大型水槽において詳細に観察した。その概要を Fig. 3 に示した。実験には定置網およびフグかごで漁獲されたシロサバフグ (体長 20.3~34.8 cm, 16 尾), およびクロサバフグ (体長 24.4~26.0 cm, 4 尾) を使用した。水槽実験で使用したフグかごは、かご入口の幅、高さ、および奥行きがそれぞれ 15.5 cm, 14.7 cm, 8.5 cm であった。このかごを台座に固定し、かご入口に対するサバフグの行動をかご入口側方から観察ができるように水中 CCD カメラ (QI 社製, FM-2000) をかご入口側方から 150 cm の場所に設置した。また、かご入口に対するサバフグの行動を上方からも同時に観察が行えるようにかご入口上方 160 cm に CCD カメラ (富士写真フイルム社製, FH-80) を設置した。それぞれのカメラから得られた映像は水槽から隔離された観察室内に設置したモニターテレビに常時映し出し、ビデオカセットレコーダー (松下電器産業社製, NV-SX50W) に随時記録した。1 回の試行時間は餌料の誘引効果を考慮し浸漬開始から 60 分を上限とした。漁獲があった場合にはかごによる魚体の損傷を考慮し、そこで試行を終了した。また、1 回の試行が終了する度に餌料を付替え、各カメラの視野の中央にフグかご入口中央部が映るようにカメラの位置を調整した。実験は 1997 年 9 月 30 日から 10 月 10 日までの 11 日間行い、延べ試行回数は 300 回で、延べ観察時間は 1,440 分であった。実験は、当該漁業の作業時間帯とカメラの撮影能力を考慮して、午前 7 時から午後 2 時の間に行った。実験時の平均水温は 23.0°C であった。シロサバフグとクロサバフグの行動には特に差異はみとめられなかったので両者を区別せず一括して取り扱った。それぞれの実験から得られた映像から、サバフグの行動を不破ら<sup>9)</sup>と同様に以下のように分類した。①観察視野内へ出現 (APA: Appearance), ②かご入口へ接近 (APR: Approach), ③かご入口に進入 (ING: Ingress), ④かごに装着した餌を摂餌 (FED: Feeding), ⑤摂餌後後退遊泳を行ってかご入口から逃出 (EGR: Egress), ⑥摂餌後前進遊泳を行って漁獲 (CAP: Capture), および⑦観察視野内から消失 (DIS: Disappear)。また、それぞれの実験から得られた映像はサバフグの吻端がかご入口前端を通過してから、漁獲または逃出までの一連の行動の推移が終了するまでビデオキャプチャーインターフェイスを介して 0.2 秒ごとの

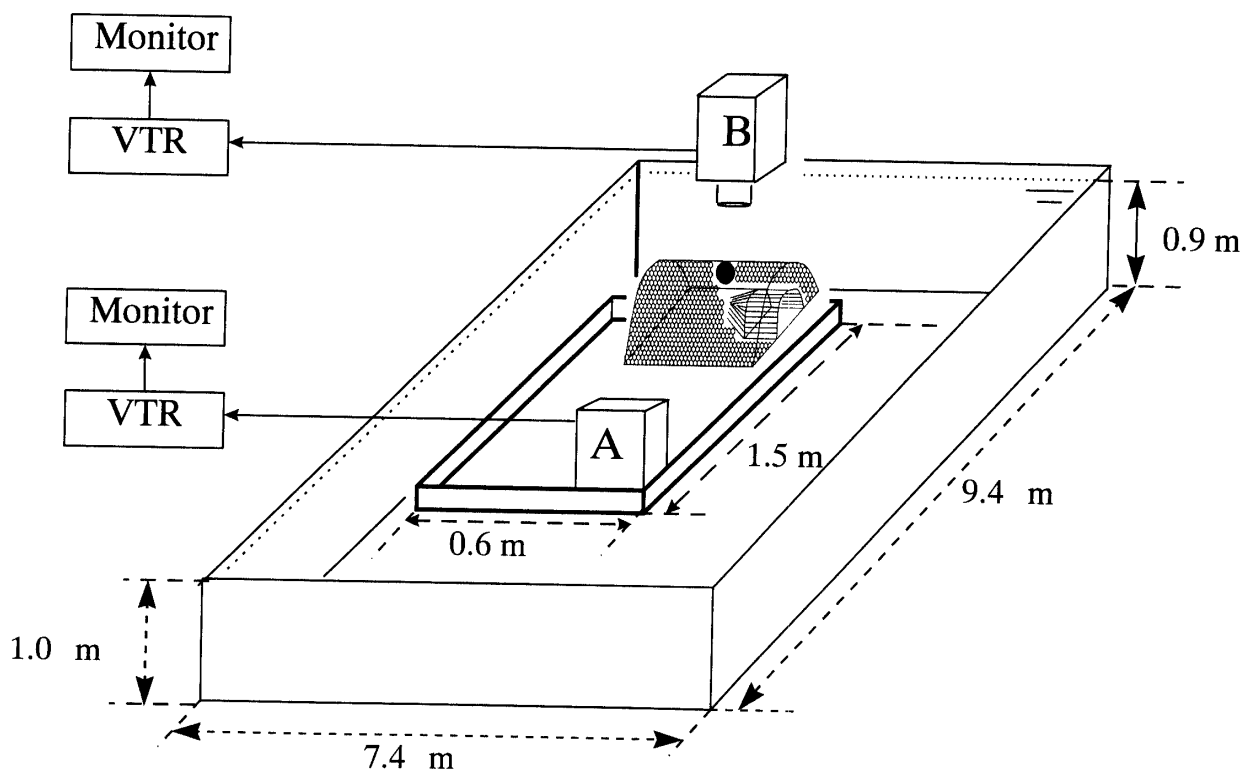


Fig. 3. Schematic drawing of tank experimental apparatus.  
A, Underwater CCD camera; B, CCD camera.

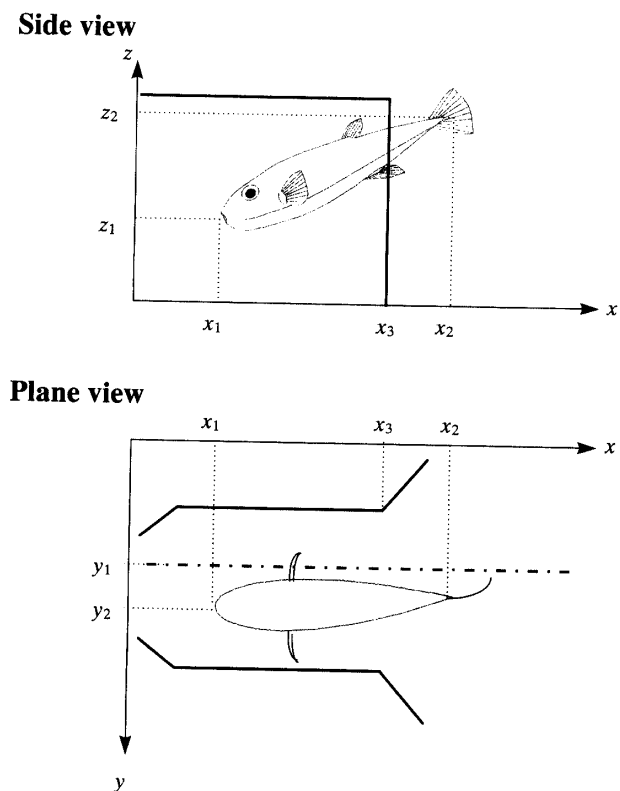


Fig. 4. The coordinates for analysis. Thick lines showing the trap entrance.

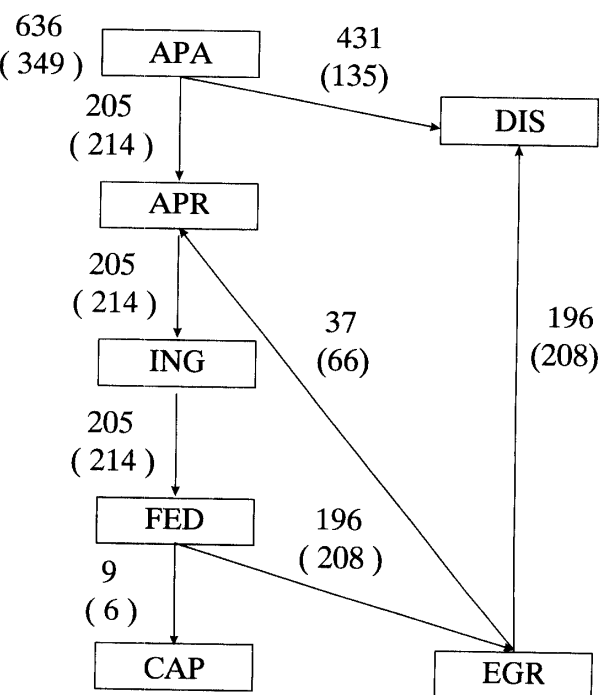


Fig. 5. Behavior sequence chart of puffer to the trap. Bracketed numbers shows the result of tank experiments and make it possible to show to the trap.

静止画像としてパソコンに取り込んだ。かご入口側方から観察した画像からはサバフグの吻端の座標 ( $x_1, z_1$ ), およびサバフグの尾柄部の座標 ( $x_2, z_2$ ) を, かご入口上方から観察した画像からはサバフグの吻端の座標 ( $x_1, y_2$ ), およびサバフグの尾柄部の座標 ( $x_2, y_2$ ) を測読した。それぞれの座標から(1)式から(4)式のようにサバフグの体長 ( $B_L$ ) サバフグの姿勢 (体長軸とかご入口底面とがなす角:  $\theta^\circ$ ), かご入口前端部からサバフグの吻端までの距離 ( $l$ ), かご入口中心線からサバフグ吻端までの距離 ( $D$ ), およびかご入口に対するサバフグの進入度 ( $l/B_L$ ) を求めた。

$$B_L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad (1)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{z_1 - z_2}{x_2 - x_1} \right) \quad (2)$$

$$l = |x_3 - x_1| \quad (3)$$

$$D = |y_2 - y_1| \quad (4)$$

なお, それぞれの測定点を Fig. 4 に示した。

### 結果および考察

APA, APR, ING, FED, EGR, CAP, および DIS に分類されたサバフグの行動の延べ観察回数を2種の実験ごとに求め Fig. 5 に示した。なお, 括弧内の数字は水槽実験の結果を, 矢印は行動の流れを示している。海中実験および水槽実験とも, かご入口に対するサバフグの行動はこれまでに報告されている<sup>9)</sup>ように連続的に推移し, 行動の流れは3つ以上に分岐しなかった。海中実験では636回の出現が確認され, そのうち漁獲まで行動連鎖が推移したものは9回であった。水槽実験では349回の出現が確認されそのうち漁獲まで行動連鎖が推移したものは6回であった。観察視野内への出現尾数に対して漁獲され得る頻度は海中実験で1.4%, 水槽実験では1.7%であった。これらの値はこれまでの報告<sup>9)</sup>

## Egress

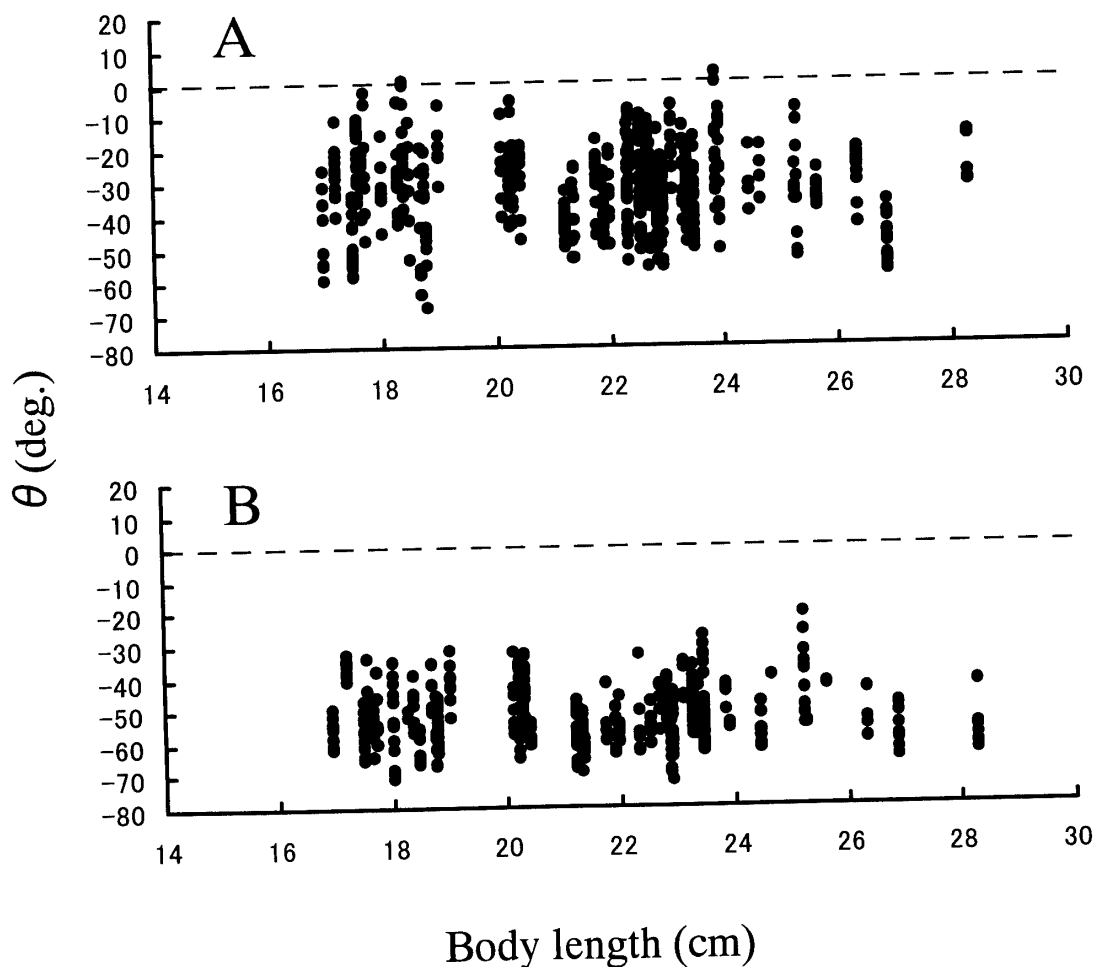
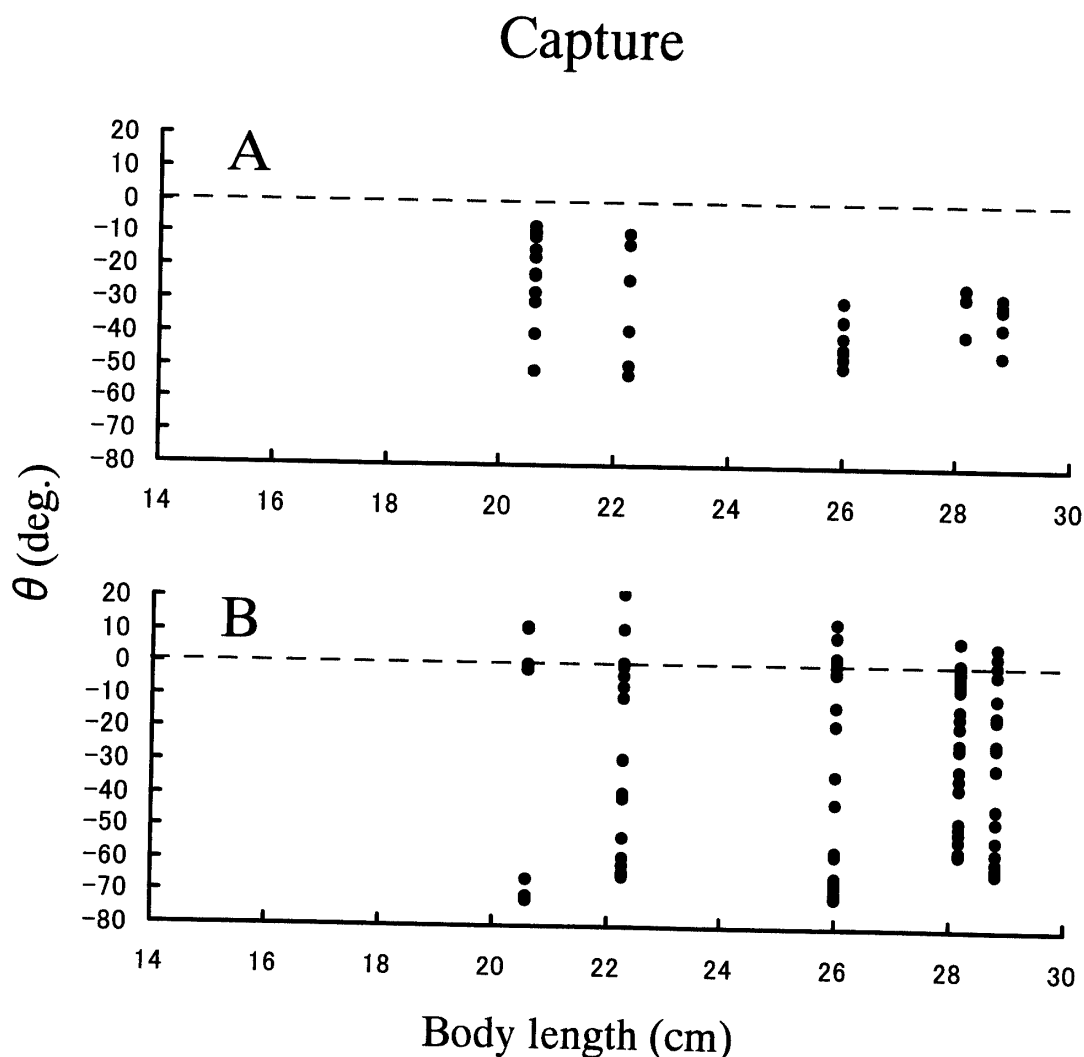


Fig. 6. Relationship between body length and posture of puffer in the trap entrance ( $\theta$ ) at egress.

Top figure (Fig. 6-A) showing that the pectoralfin was moving at the outside of entrance. Bottom figure (Fig. 6-B) showing that pectoralfin was moving at the inside of entrance.



**Fig. 7.** Relationship between body length and posture of puffer in the trap entrance ( $\theta$ ) at capture. Top figure (Fig. 7-A) showing that the pectoralfin was moving at the outside of entrance. Bottom figure (Fig. 7-B) showing that the pectoralfin was moving at the inside of entrance.

や秋山ら<sup>10)</sup>が報告している曳縄漁具での最終的に漁獲される頻度とはほぼ等しいものであった。

**かご入口におけるサバフグの姿勢** かご入口でのサバフグの姿勢は胸鰭の運動によって制御されていることが報告されている<sup>9)</sup>が、定量的に評価したものではない。そこで、胸鰭基部がかご入口の外にあり胸鰭が自由に動かせる状態と、胸鰭基部がかご入口の内部にあって胸鰭の運動が制限を受ける可能性がある状態とに分け、かご入口に対するサバフグの姿勢 ( $\theta$ ) をサバフグの体長ごとに求めた。かご入口から逃出した場合を Fig. 6 に、漁獲された場合を Fig. 7 に示した。

逃出した場合におけるサバフグの姿勢 ( $\theta$ ) は、胸鰭基部がかご入口の外にあり胸鰭が自由に動かせる状態では  $-67.9 \sim 2.3^\circ$  の範囲であり、胸鰭基部がかご入口の内部にあって胸鰭の運動が制限を受ける可能性がある状態では  $-72.1 \sim -20.7^\circ$  の範囲であった。両状態で

のサバフグの姿勢について比較した。なお、サバフグの姿勢については、母集団である  $\theta$  の分布が正規分布ではないことから  $U$  検定法を用いて比較した。その結果、両状態でのサバフグの姿勢は有意に異なっていた ( $U=24504, p<0.05$ )。一方、漁獲された場合におけるサバフグの姿勢 ( $\theta$ ) は、胸鰭基部がかご入口の外にあり胸鰭が自由に動かせる状態では  $-52.2 \sim -7.7^\circ$  の範囲であり、胸鰭基部がかご入口の内部にあり胸鰭の運動が制限を受ける可能性がある状態では  $-72.1 \sim 21.5^\circ$  であった。両状態でのサバフグの姿勢について比較した結果、有意差は認められなかった ( $U=1449, p<0.05$ )。次に、逃出した場合と漁獲された場合で比較すると、胸鰭基部がかご入口の外にあり胸鰭が自由に動かせる状態では有意差が認められなかった ( $U=10012, p<0.05$ ) が、胸鰭基部がかご入口の内部にあって胸鰭の運動が制限を受ける可能性がある状態では、有意差は認められ

た ( $U=11101, p<0.05$ )。これは、両場合とも摂餌までは吻端は常に下向きの姿勢であったが、摂餌以降の姿勢が異なったためと考えられる。つまり、逃出した場合においては摂餌以降のサバフグの姿勢は摂餌前と同じように吻端を下向きにした姿勢のままであったが、漁獲された場合においては摂餌以降急速に吻端を上向きの姿勢に変化させていったためと考えられ、結果的に胸鰭基部がかご入口内にある状態では  $\theta$  の分散が大きくなったと考えられる。

フグかごの入口構造は不破ら<sup>7)</sup>によって定量化されており、その断面形状は最大高さ ( $E_H$ ) の2倍を長径とし入口幅 ( $E_W$ ) を短径とする半楕円で近似できることが報告されている。サバフグの胸鰭の位置がかご入口底面付近にある場合には胸鰭を動かす空間は確保されやすく、胸鰭の位置がかご入口上面付近にある場合では胸鰭を動かす空間は確保されにくいことが考えられる。つまり、吻端を下向きにした状態ではサバフグの胸鰭は比較的底面付近に位置すると考えられる。また、吻端を上向きにした状態ではサバフグの胸鰭は比較的上面に位置しその胸鰭の運動は制約されやすい状態にあると考えられる。このことから、フグかごの漁獲機構は入口底面に設置された餌料等の作用により、吻端を下向きにし胸鰭を十分に動かすことができる状態でサバフグを入口奥部へ誘導し、そのうち吻端を上向きにし胸鰭の運動が制約されたサバフグのみを漁獲していることが考えられる。

**かご入口に対する進入位置** 前述したように、サバフグの姿勢は胸鰭基部がかご入口の外にある状態とかご入口内にある状態では異なることが明らかになり、かご入口に対するサバフグの進入の割合によってその行動が変化することが示唆された。そこで、サバフグの吻端からかご入口前端までの距離 ( $l$ ) を体長 ( $B_L$ ) で除して無次元化した値 ( $l/B_L$ ) をサバフグの進入度と定義し、体長と進入度の関係を Fig. 8 に示した。かご入口に対するサバフグの進入度 ( $l/B_L$ ) は逃出した場合、漁獲された場合とも体長に無関係であり、逃出した場合においては0から0.6までの範囲に分布し、漁獲された場合においては0から1.0の範囲で分布していた。このことから、サバフグが体長0.6倍以上かご入口に進入した場合はほぼすべてが漁獲されることが示唆された。

かご入口に対するサバフグの進入度が0.6以下の範囲におけるサバフグの遊泳運動に着目してみると、逃出した場合は進入時の姿勢のまま胸鰭を吻端方向に動かし後退遊泳を行っていた。一方、漁獲された場合は吻端を徐々に上向きに姿勢を変化させ、胸鰭を尾鰭方向に動かしながら入りかごした。この2つの場合における遊泳運動は胸鰭の運動の自由度に左右されている。胸鰭を尾鰭方向に動かしながら前進遊泳してきたサバフグが、胸鰭

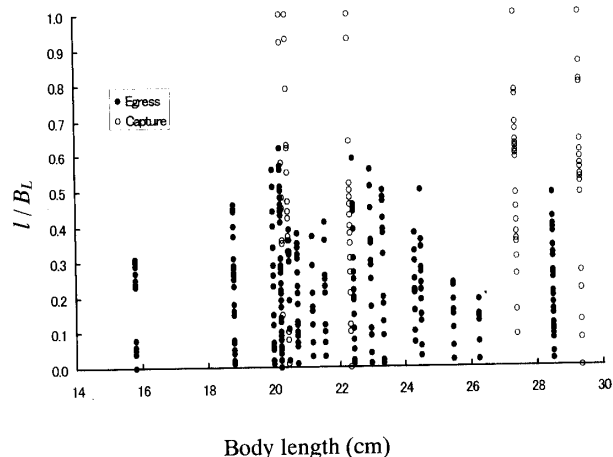


Fig. 8. Relationship between body length and degree of ingress to trap entrance ( $l/B_L$ ).

を吻端方向に動かし後退遊泳を行うためには胸鰭を最大限に開かなければならない。つまり、サバフグが後退遊泳を行うためには、かご入口側壁とサバフグとの間に空隙が必要である。そこで、かご入口中心線からサバフグの吻端までの距離 ( $D$ ) を体長 ( $B_L$ ) で除して無次元化し、かご入口に対するサバフグの進入度ごとに求め Fig. 9 に示した。このとき、 $D/B_L$  が0の場合にはサバフグはかご入口中心線上を遊泳していることになる。サバフグの吻端から胸鰭基部までの長さは体長の約0.2倍である。つまり、進入度が0.2以下では胸鰭基部がかご入口の外にあり、自由に胸鰭を動かせる状態にある。この状態では  $D/B_L$  の平均は逃出した場合、漁獲された場合ともに0.09で等しい値であった。また、サバフグが胸鰭を体側に沿わせた時の胸鰭先端部から吻端までの最大長さは体長の約0.4倍であり、進入度0.2から0.4までの範囲では、胸鰭基部はかご入口内にあるが胸鰭は完全にかご入口内に入っていない状態にある。この状態での  $D/B_L$  の平均は両状態とも0.13と等しくなった。しかし、胸鰭が完全にかご入口内部に入った状態である進入度0.4以上では両場合の  $D/B_L$  は異なり、逃出した場合、漁獲された場合ではそれぞれ0.09, 0.16となった。この状態での両場合における進入度 ( $l/B_L$ ) と  $D/B_L$  との関係を見てみると、逃出した場合においては  $l/B_L$  の増加に従い  $D/B_L$  は減少していく傾向にあった。一方、漁獲された場合においては  $D/B_L$  はほぼ一定であるが、その値は進入度0.4以下よりも大きな値となっている。このことから進入度0.4以上において、かご入口中心線に接近して進入したもの ( $D/B_L$  が小さい場合) は後退遊泳を行って逃出が可能であるが、かご入口中心線から離れて進入したもの ( $D/B_L$  が大きい場合) は後退遊泳が出来ず逃出することが不可能であることが考えられる。また、進入度0.6以上では逃出していない

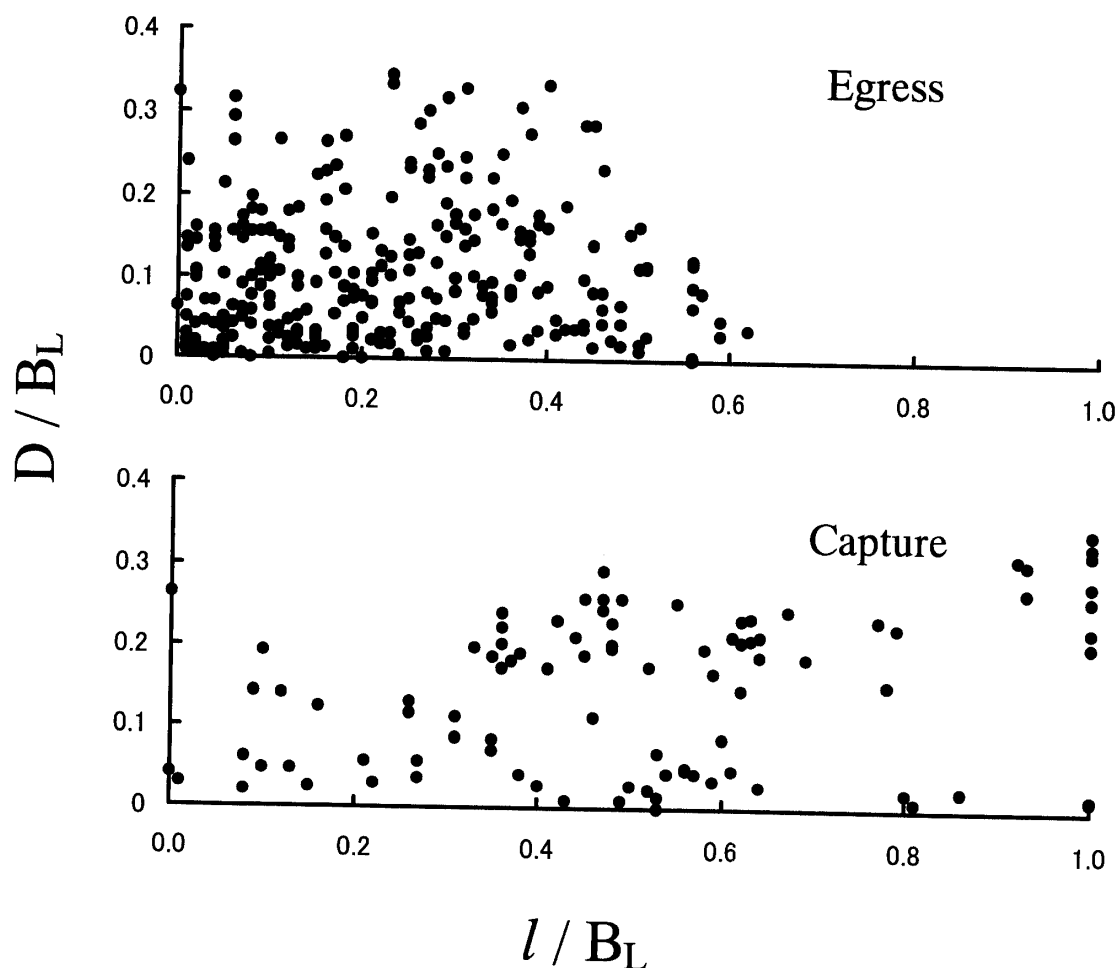


Fig. 9. Relationship between degree of ingress to trap entrance ( $l/B_L$ ) and distance from snout of puffer to centerline of trap entrance ( $D$ ).

Top figure showing the case of egress. Bottom figure showing the case of capture.

Table 1. Angle of body axis in degrees

|         | Condition of pectoralfin | Mean $\pm$ s.d.    | F value            | t value      |
|---------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| Egress  | outside* <sup>1</sup>    | $-32.21 \pm 12.34$ | 1.87               | $28.44^{*3}$ |
|         | inside* <sup>2</sup>     | $-52.17 \pm 9.02$  |                    |              |
| Capture | outside* <sup>1</sup>    | $-31.40 \pm 13.62$ | 0.23* <sup>3</sup> | 1.00         |
|         | inside* <sup>2</sup>     | $-27.64 \pm 28.23$ |                    |              |

\*<sup>1</sup> Pectoralfin was moving at the outside of entrance.

\*<sup>2</sup> Pectoralfin was moving at the inside of entrance.

\*<sup>3</sup> significant at  $p < 0.05$ .

こと、および進入度 0.2 から 0.4 までの範囲では両場合とも  $D/B_L$  が等しいことから、サバフグがフグかご入口に体長の 0.4~0.6 倍進入した位置でフグかごの漁獲の可否が決定していると考えられる。

フグかごの漁獲機構は餌料の化学物質の誘引効果およびかごの構造によってかご入口内部へサバフグ類を進入させているが、入口内部で胸鰭の運動が制限されて後退遊泳を行うことができなかったサバフグのみを選択的に

漁獲していると考えられる。また、このような漁獲機構がフグかごの低い漁獲効率の原因と考えられる。

今後は、このようなフグかごの漁獲機構をふまえた上でフグかごの体長選択機構について早急に検討を行う予定である。

おわりに本研究を遂行するにあたり多大なご協力を頂いた鹿児島大学水産学部丸儀雅孝技官、笠沙町役場職員中島清貴氏、および串木野市漁業協同組合中村純明氏に厚くお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 谷川英一, 田村 正, 金森政治, 新川伝助: 水産学通論, 恒星社厚生閣, 東京, 1977, pp. 92-210.
- 2) T. Yamane and Y. Iitaka: Relation between Ingress and Population Density. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **51**, 881-885 (1985).
- 3) 山根 猛, 飯高勇之助: エビの脱かご行動についての一考察. 近大農紀要, **19**, 17-21 (1986).
- 4) T. Yamane: Effect of Different Funnel Designs on the Catching Ability of Small Pots for Prawns *Macrobrachium nipponense*. *Fisheries Sci.*, **61**, 187-191 (1995).

- 5) 杉本祐司, 不破 茂, 石崎宗周, 今井健彦: 魚かごの形状と漁獲性能. 日水誌, **62**, 51-56 (1996).
- 6) 不破 茂, 霜村佳孝, 石崎宗周, 今井健彦: フグ籠網の漁獲機構に関する二, 三の知見. 日水誌, **60**, 455-460 (1994).
- 7) 不破 茂, 石崎宗周, 迫 和隆, 今井健彦: フグかごの漁獲モデルについて. 日水誌, **61**, 356-362 (1995).
- 8) 不破 茂, 石崎宗周, 山口健介, 今井健彦: フグかごの体長選択性. 日水誌, **62**, 722-732 (1996).
- 9) 不破 茂, 大石卓哉, 石崎宗周, 今井健彦: かごに対するサバフグ類の行動観察. 日水誌, **64**, 171-177 (1998).
- 10) 秋山清二, 安田浩二, 有元貴文, 田原陽三: 曳縄漁具に対する魚の行動の水中観察. 日水誌, **61**, 713-716 (1995).