

1 中型まき網漁業における集群量に基づく投網の意思決定  
2 Decision making of net shooting based on gathered fish school size in a coastal purse seine  
3 fishery

4

5

6 ランニングタイトル：中型まき網漁業の投網意思決定

7

8

9

10 松下吉樹\*, 東野透

11 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科

12

13 YOSHIKI MATSUSHITA\*, TORU AZUNO

14

15 *Graduate School of Fisheries Science and Environmental Studies, Nagasaki University,*

16 *Nagasaki, Nagasaki 852-8521, Japan*

---

17 \*TEL : 81-95-819-2803. FAX : 81-95-819-2803.

18 Email : yoshiki@nagasaki-u.ac.jp

19 中型まき網漁業における集魚量に基づく投網の意思決定

20

21 松下吉樹, 東野透 (長大院生・環)

22

23 中型まき網漁業の灯船のスキャニングソナー画像を解析して, 魚群反応の画素数から

24 漁獲結果を予測する実験式を得た。この式を用いて集魚中の魚群に投網した場合に期

25 待される漁獲量 (期待漁獲量) を算出し, 投網したときと投網しなかったときの期待

26 漁獲量を比較したところ, 期待漁獲量の増加とともに投網する確率が高くなった。漁

27 労長は期待漁獲量が 1.5 トン以上の集魚で必ず投網し, 50%の確率で投網を行う期待

28 漁獲量は 1.3 トンであった。期待漁獲量が 1.3 トンと 1.5 トン以上の集魚回数はそれぞ

29 れ全体の 32%と 24%であった。

30 (250 字)

31

32 キーワード: 意思決定, カタクチイワシ, 集魚灯, スキャニングソナー, 投網, まき

33 網

34

35 Abstract

36

37 Decision making of net shooting based on gathered fish school size in a coastal purse seine  
38 fishery

39 Yoshiki MATSUSHITA and Toru AZUNO (Nagasaki Univ.)

40 An empirical formula expressing the relationship between catch amount and number of pixels  
41 of fish echo displayed in the scanning sonar prior to net shooting was obtained in the coastal  
42 purse seine fishery with fishing light that targets Japanese anchovy *Engraulis japonica*. By  
43 using this formula, we compared expected catch amounts of fish abandoned at the end of  
44 luring process with expected catch amounts of fish that the fishing master decided to shoot the  
45 net. The fishing master always decided to capture a school when expected amount from sonar  
46 display exceeded 1.5 tons. The probability of net shooting was expressed by a logistic  
47 function of expected catch amount. The net was shot at 50% probability when catch more  
48 than 1.3 tons was expected. Number of luring processes that satisfied the expected amounts  
49 over 1.5 tons accounted for only 24% of total number of luring processes. Thus, present style  
50 of fishing depends on many attempts of fish luring by 3 lighting boats. Cost-saving measures  
51 such as energy and labor saving technology should be considered to provide for fluctuation in  
52 abundance of *E. japonica*, steady increase of fuel price, and labor shortage that are expected  
53 in future.

54 まき網漁業は我が国の年間漁業生産量の約 30%を生産する重要な漁業種類で、その  
55 多くはイワシ類, アジ類, サバ類といった多獲性の浮魚類を漁獲して鮮魚や加工原料  
56 として供給している。<sup>1)</sup>現在のまき網漁業の漁船規模や操業形態はマイワシ *Sardinops*  
57 *melanostictus* が豊漁であった 1980 年代とそれほど変わらないが, 1990 年以降, 卓越し  
58 た漁獲量が継続した魚種は無く, さらに魚価の低迷や燃油価格の高騰などの影響もあり,  
59 経営を維持するための水揚げを確保できない漁労体も多い。<sup>2,3)</sup>

60 我が国のまき網漁業の操業方法には, 探索した魚群に対して直接投網するものと灯  
61 火を利用して集魚した魚群に対して投網するものがある。北日本のまき網漁業は前者  
62 の方法で操業を行うが, 魚群を探索・捕捉・追尾しても投網しない場合がある。<sup>4,5)</sup>  
63 一方, 灯火を利用して集魚を行う西日本のまき網漁業でも集魚を行なっても投網しな  
64 い場合がある。本研究が対象とする長崎県橘湾の中型まき網漁業はカタクチイワシ  
65 *Engraulis japonica* の来遊が多い 6,7 月および 11,12 月とアジ・サバの漁獲が期待でき  
66 る 8,9 月を中心に年間 100 日間程度, 1 夜に 4~6 回の投網を行う操業を行っている。  
67 この漁業では最初に複数の船が魚群探知機やスキャニングソナー (以降, ソナー) と  
68 いった音響測器を用いながら魚群を探索し, その後有望な魚群の上で集魚灯を点灯し  
69 て集魚を行う。そして魚が十分に集まったことが音響測器の表示で確認できた場合に  
70 は, 最も小さな灯船 (5 トン未満) が焚き取り (集魚した魚群を他の灯船に移動させ  
71 ること)<sup>6)</sup>を行い, 網船 (14 トン) がこの灯船を包囲するように速やかに投網を行う。  
72 しかし, 魚群を発見しても集魚を行わない場合や, 集魚しても投網することなく次の

73 探索を行う場合も多い。こうした判断は、音響測器の表示とこれまでの経験を勘案し  
74 て漁労長が行なっている。すなわち、漁労長は投網を行った場合の漁獲量の期待値（以  
75 降、期待漁獲量）を、音響機器の表示から推量している。本研究ではまず、漁労長が  
76 投網の主な判断基準とするソナー表示と、投網後の漁獲量との関係を明らかにする。  
77 そしてこの資料を用いて、投網対象となった魚群と投網対象とならなかった魚群のソ  
78 ナー表示を比較して、漁労長が投網の意思決定を行う期待漁獲量を明らかにする。こ  
79 の判断基準は、限られた時間内における漁獲量の最大化と一定の漁獲量を得る時間の  
80 最小化を検討するための重要な知見であり、<sup>7)</sup> 中型まき網操業における生産効率と経  
81 済性の向上に資する。

82

83

### 材料および方法

84 **操業資料の収集** 本研究は長崎県橘湾（Fig. 1）でカタクチイワシを主対象として操  
85 業を行う中型まき網船団を対象に行った。この船団は、網船1隻、探索船1隻、灯船  
86 1隻、灯船兼運搬船2隻、探索船兼運搬船2隻、投網補助作業船1隻の計8隻で構成  
87 されている。2010年11月の間に、漁労長が操船するLED集魚灯（水中灯1灯；出力  
88 1kW，船上灯20灯；合計出力2kW）を装備した灯船兼運搬船<sup>8)</sup>（17トン，以降，試  
89 験船）が行う集魚作業について、点灯時刻・消灯時刻と点灯中のソナー画像の記録，  
90 そしてこの集魚を対象に投網を行なったときの投網時刻と漁獲量を記録した。なお漁  
91 獲量は、水揚げ時にカタクチイワシを収容した金属容器の数（缶，1缶は約750kgを

92 収容, 0.5 缶刻みで記録) を用いた。

93 また, 乗船調査時には漁獲されたカタクチイワシの魚体サンプルを採集して尾又長  
94 を計測するとともに, 乗船調査中と資料の取りまとめの後に漁労長に聞き取り調査を  
95 行い, 投網の意思決定をする際に重要と考えられる事項について情報を得た。

96 **ソナー表示に基づく期待漁獲量の推定** ソナー表示画像は, 試験船が搭載するソナー

97 (古野電気製 CH-300, 周波数 215 kHz) の RGB 信号を PC に出力して JPEG 画像 (640  
98 ×480 ピクセル) で記録した。このソナーには, 自船周囲のエコーを表示する「水平  
99 モード」と海面から海底までのエコーを表示する「断面モード」の二種類の表示方法  
100 があり, 漁労長は主に試験船の船首尾方向に対して真横方向の断面モードの表示画像  
101 を参考に投網の意思決定を行う。そこで本研究では, 集魚灯点灯から投網前の焚き取  
102 りのために消灯するまでの間 30 秒間隔で断面モード (60 m レンジ, 断面探索範囲  
103 180°, 断面探索中心 0° ) の表示画像を記録し続けた (Fig. 2)。解析に用いた表示画  
104 像は, 投網開始時刻から 25 分以内に記録できた焚き取り直前のソナー表示画像であ  
105 る。表示画像は画像解析ソフトウェア ImageJ (ver. 1.42q, 米国 National Institutes of  
106 Health) を用いて, 魚群反応と考えられる部分 (Fig. 2 の点線で囲まれた部分) だけを  
107 切り出して RGB256 階調の画像に変換した後, 強いエコーを示す赤系統と黄系統の  
108 画素 (RGB 値が  $R>127, G>127, B<127$  の条件を満たす画素) を計数した。一方, 魚  
109 群は試験船の周囲に立体的に分布している。そこで, ソナーの断面表示画像が立体的  
110 に分布する魚群を代表する, すなわち試験船周囲の魚群サイズは投網直前のソナー表

111 示画像の画素数の 3/2 乗に比例すると仮定すると、ソナー表示画像から予測する期待  
112 漁獲量  $C$  とソナー表示画像の画素数  $p$  は以下の関係となる。

$$113 \quad C = k \cdot p^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

114 ただし、 $k$  は定数である。この(1)式によりソナー表示画像の画素数が漁獲量の指標と  
115 なれば、投網を行わなかった集魚時の期待漁獲量を推定することが可能となる。

116 **投網決定確率の推定** 前述のとおり、漁労長はソナーの断面モードの表示画像により  
117 期待漁獲量を推量し、投網の意思決定をしている。漁労長は集魚中の魚群の期待漁獲  
118 量が判断基準となる量よりも少ない、あるいは潮流が悪い<sup>9)</sup>と判断した場合には投網  
119 は行わず、集魚を継続したり新たな探索を行ったりする。調査期間中には潮流が悪い  
120 ために投網を断念した操業はみられなかったため、集魚されたある魚群に対して投網  
121 が行われる確率 $\phi(C)$ は期待漁獲量  $C$  により決まると考えた。本研究では $\phi(C)$ を期待  
122 漁獲量  $C$  を変数とするロジスティック式で表した。

$$123 \quad \phi(C) = \frac{\exp(\alpha + \beta C)}{1 + \exp(\alpha + \beta C)} \quad (2)$$

124  $\alpha$  と  $\beta$  はロジスティック式のパラメータである。この関数で表現される曲線を本研究  
125 では、投網決定確率曲線と呼ぶこととする。

126 期待漁獲量  $C$  の魚群が蝟集した集魚のうち、 $N_C$ 回の集魚に対して投網が行われ、残  
127 りの  $n_C$  回には投網が行われなかったとき、全集魚回数に対する投網が行われた集魚  
128 回数の割合 $\phi C$ は次の(3)式で表現される。

$$129 \quad \phi C = \frac{N_C}{N_C + n_C} \quad (3)$$

130  $\phi C$ は、(2)式のロジスティック式として表される。そしてこの場合の対数尤度関数は

$$131 \quad \ln L(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^I \left[ \ln \frac{(N_{C_i} + n_{C_i})!}{N_{C_i}! \cdot n_{C_i}!} + N_{C_i} \ln \phi(C_i) + n_{C_i} \ln(1 - \phi(C_i)) \right] \quad (4)$$

132 となる。ただし  $i$  は 1 から  $I$  までの期待漁獲量の階級を表す。本研究では期待漁獲量  
133 を 1 缶ごとに階級分けして、階級値を代表値とした。この(4)式を最大とするパラメー  
134 タを MS-Excel のソルバーによって求めた。<sup>10)</sup>

135 集魚灯に集まる魚の行動は時間帯によって変化することが知られており、<sup>11)</sup>本漁業  
136 でも日出前の投網で最大の漁獲が得られることが多い。そこで時間帯によって投網の  
137 意思決定をする期待漁獲量が異なるかを検討するために、集魚が行われた時間帯を 0  
138 時を境に前半夜と後半夜に分け、以下のモデルを検討した。

139 モデル 1. (2)式のパラメータ、 $\alpha$  と  $\beta$  は前半夜と後半夜で変わらない。パラメータ  
140 数は 2 つで、投網決定確率曲線は 1 つである。

141 モデル 2. 前半夜と後半夜で  $\alpha$  は同じで  $\beta$  は異なる。パラメータ数は 3 つである。  
142 投網決定確率曲線の形状は相対的に同じ変化をする。

143 モデル 3. 前半夜と後半夜で  $\alpha$  が異なり、 $\beta$  は同じである。パラメータ数は 3 つで  
144 ある。投網決定確率曲線は形状を変えずに横軸方向に平行移動する。

145 モデル 4. 前半夜と後半夜で  $\alpha$ 、 $\beta$  ともに異なる。パラメータ数は 4 つで、前半夜  
146 と後半夜で異なる投網決定確率曲線となる。

147 以上の異なるパラメータ数を持つ 4 つのモデルに得られたデータを当てはめ、最小  
148 の AIC (赤池情報量規準) を持つモデルを最適として選択した。<sup>12,13)</sup>



149

150

## 結果

151 **操業および漁獲状況** 2010年11月に行われた操業における1網当たりの漁獲量の頻  
152 度分布を Fig. 3 に示した。18日間操業が行われ、90回の投網で411缶（308トン、平  
153 均4.6缶/投網）のカタクチイワシが漁獲された。1投網あたりの漁獲量を時刻別にみ  
154 ると深夜23時台と日出前の5時台に増加する傾向がみられた（Fig. 4）。このうち13  
155 日間の操業において漁獲とソナー画像のデータを得た。この13日間には計69回の投  
156 網が行われ、332缶（249トン、平均4.8缶/投網）のカタクチイワシが漁獲された。  
157 魚体計測結果と洋上および水揚げ時の目視観察から、カタクチイワシの尾叉長は5~7  
158 cm程度で（Fig. 5）、他の生物種の漁獲は非常に少なかった。

159 試験船はこの間に集魚灯による集魚を48回実施した。記録したソナー画像2例を  
160 Fig. 2 に示した。カタクチイワシと考えられる魚群は灯船を中心として同心円状に分  
161 布するが（Fig. 2a）、多くの魚が蟻集した場合には船と魚群の間の距離がほとんど無く  
162 なり、ある範囲内に強い反応が表示された（Fig. 2b）。48回の集魚のうち、9回は試  
163 験船が集魚した魚群を灯船が焚き取りした後に投網され、6回は他の灯船兼探索船が  
164 集魚した魚群を試験船が焚き取りして、さらに灯船が焚き取りした後に投網された。  
165 また7回は試験船が集魚した魚群を他の灯船兼探索船が焚き取りしたので、投網直前  
166 のソナー画像は記録できなかった。残りの26回の集魚に対して投網は行われなかつ  
167 た。すなわち、投網は集魚灯によって集めた魚群数の46%に対して行われた。試験船

168 が集魚に関係した 22 回の集魚後の漁獲量は最大 34 缶，最小 0.5 缶，平均 6.9 缶であ  
169 った。

170 **期待漁獲量** 投網直前に記録できた 15 回のソナー画像（試験船で集魚 9 回，引き継  
171 いで集魚 6 回）の画素数とその後の漁獲量を(1)式に当てはめたところ，得られた回帰  
172 式の係数は 5%有意水準では有意でなかった（Fig. 6,  $r^2=0.26$ ,  $P=0.07$ ）。試験船の魚群  
173 探知機が魚群からの反射を水深として誤表示するような密な集群がみられた 2 回の集  
174 魚のデータ（26 缶と 34 缶の漁獲データ，Fig. 6 中の▲）を除外した場合には，得ら  
175 れた回帰式の係数は有意となった（Fig. 6,  $r^2=0.73$ ,  $P<0.01$ ）。期待漁獲量  $C$  は，次の式  
176 により画素数  $p$  で表現できた。

$$177 \quad C = 1.56 \times 10^{-6} \cdot p^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

178 以上より，投網直前のソナー画像の画素数は 12 缶（9 トン）以下の期待漁獲量の指  
179 標として使用できると考えた。投網直前の画素数を(5)式で換算した前半夜と後半夜の  
180 期待漁獲量を比較したところ（Fig. 7），後半夜の集魚で期待漁獲量が高くなる傾向が  
181 みられたが，その差は有意ではなかった（Two-sample Kolmogorov-Smirnov test,  $P=0.88$ ）。  
182 一方，投網対象となった集魚の投網直前の期待漁獲量と投網対象とならなかった集魚  
183 の集魚灯消灯直前の期待漁獲量の比較を前半夜・後半夜でそれぞれ行ったところ，投  
184 網対象となった場合と，投網の対象とならずに集魚を終了した場合の期待漁獲量の頻  
185 度分布にはいずれの時間帯も有意差がみとめられ（ $P<0.05$ ），期待漁獲量が 2 缶を超  
186 えたすべての集魚において投網が行われていた。

187 **投網決定確率** 以上のデータをモデル1-4の仮定のもと(2)式に当てはめて、投  
188 網決定確率曲線のパラメータ $\alpha$ と $\beta$ を最尤推定した。その結果、前半夜と後半夜で同  
189 一のパラメータを採用するモデル1のAICが最小であり、このモデルにより表現され  
190 る曲線を投網決定確率曲線として採用した(Fig. 8, Tables 1 and 2)。投網が行われる確  
191 率 $S_C$ は期待漁獲量が大きくなるにつれて高くなり、投網を行うか否かの判断が50%  
192 の確率となる期待漁獲量は1.7缶(1.3トン)と推定された。

193

194

### 考察

195 浮魚資源調査では、計量ソナーと呼ばれる特別なソナー<sup>14)</sup>の利用が期待されている  
196 が、本研究のように漁船に一般的に装備される汎用ソナーでも、魚群探知機が魚群か  
197 らの反射を水深として誤表示するような密な魚群でない場合に限り、表示画像から期  
198 待漁獲量を予測できた。しかし汎用ソナーを用いた魚群量の推定には、問題点もある。  
199 本研究では断面表示画像から立体的に分布する魚群量の推定を試みた。灯船周囲の魚  
200 群の分布形状が魚群量にかかわらず相似であれば、断面表示画像は魚群の容積を代表  
201 すると仮定できる。しかし試験船の集魚灯の配光は均一ではないので、<sup>8)</sup>例えば魚群  
202 の蟻集が試験船周囲の比較的明るい部分だけで増加するなど、魚群の水平的な分布形  
203 状が蟻集量の多寡によって変化する場合には本研究の解析方法では誤差が生じるこ  
204 ととなる。今後、魚群量が異なる集魚において断面表示画像と水平表示画像を同時に  
205 取得・解析することで、集魚灯の配光と魚群の分布形状の関係を検討する必要がある。

206 また、断面表示画像や魚群の容積<sup>15)</sup>を魚群量の指標とするためには、魚種とその大き  
207 さおよび魚群内の密度が変化しないという仮定が必要である。実際に漁労長への聞き  
208 取り調査では、魚体が小さいときにはソナー反応が濃くなければ、期待したほどの漁  
209 獲量が得られないとの経験則を聞くことができた。本研究では、漁獲物中の混獲生物  
210 はわずかで、カタクチイワシの尾叉長は5~7 cm とほぼ同じであったので (Fig. 5),  
211 魚種とその大きさは変化しなかったと考えた。一方、魚群内の密度については、表示  
212 画像から魚群からの強いエコーと考えられる赤・黄系統の画素だけを抽出し、Fig. 2a  
213 の魚群反応の周辺部にみられるようなその他の色 (青や緑色) で表示されるエコーは  
214 解析から除いた。まき網漁業の現場で言われる「灯付き」の悪い状態の場合には、魚  
215 群は密集しないでソナーには青や緑色で表示されるので、ソナー表示に対して期待漁  
216 獲量が過小評価され、その結果、両者の相関を低下させた可能性がある。Fig. 6 をみ  
217 ると、ソナー表示画像の赤と黄色の画素数が 15000 以下と算出された集魚において、  
218 実際の漁獲量が期待漁獲量を上回った場合が多い。今後、さらに資料を蓄積して、重  
219 回帰分析や一般化線型モデル解析によって画像表示色や魚種とその大きさなどを要  
220 因とした推定方法を検討することが望ましいと考える。また、本研究の対象としたま  
221 き網漁業で使用される網漁具の浮子綱長は 315 m であり、真円を描くように投網され  
222 た場合に試験船から約 50 m の範囲の魚群が網に包囲されることになる。したがって  
223 蟻集した魚群が広く分布した場合には、たとえ魚種組成と大きさおよび魚群内の密度  
224 が変わらなくても蟻集した魚群を獲りきれずに漁具の漁獲効率が変化してしまい、漁

225 獲量を精度良く推定できない可能性も考えられる。本研究では、期待漁獲量と画素数  
226 の関係を検討する際に 2 回の集魚のデータ（26 缶と 34 缶の漁獲，Fig. 6 中の▲）を  
227 除外して検討したが、これらのデータの(1)式への当てはまりが良くなかったことには、  
228 こうした漁獲効率の変化の影響も考えられる。

229 本研究の対象としたまき網漁業では、投揚網と魚汲み作業に短くても 1 時間程度を  
230 要するため、投網数は日没から日出までの間に平均 5.0 回、最多で 6 回であった。こ  
231 うした操業時間の制約の中で、漁労長は利益が大きくなるように、ソナーや魚群探知  
232 機の表示と経験から、一定量以上の漁獲が期待できる魚群を選択していた。集魚灯を  
233 用いないベネズエラのマグロまき網漁業でも同様に、漁業者は 2 kg 以下の魚体である  
234 場合あるいは魚群量が 5 トン以下である場合には投網を行わず、鳥見レーダーの画像  
235 と魚群の性状を検討することで、一定量以上の水揚げ金額が期待できる魚群を選択し  
236 て投網の意思決定を行っていた。<sup>16)</sup>本研究においても、漁労長は収益の確保を目指  
237 して魚群の hi-grading<sup>17)</sup>を行っている状況であったが、その選択には煮干原料を漁獲  
238 する漁業特有の要因が考えられる。煮干加工用のカタクチイワシの水揚げ単価は、漁  
239 獲されるカタクチイワシの品質に加えて、加工場の受け入れ許容量やそれまでの供給  
240 量（直前に多くの魚を供給した場合、加工が間に合わない、逆に一旦加工を始めた場  
241 合、原料の供給を止められない）など、多岐の要因に左右される。また、漁獲された  
242 カタクチイワシが大きかったり、脂肪量が多かったりすれば、これらは煮干加工では  
243 なく、単価の安い養殖餌料へと仕向けられることがある。このように水揚げ金額を見

244 積ることは非常に難しい状況であるが、聞き取り調査では漁労長は1 缶あたりおおよ  
245 そ 34,000 円の販売金額を期待していた。また漁労長は、氷代、燃油代、人件費など総  
246 額 450,000 円を1 操業に要する経費と見込んでおり、最低でもこの金額に見合う漁獲  
247 量を確保しようと考えていた。したがって1 操業で5 回の投網が行われるとすると、  
248 1 投網あたり2.6 缶の漁獲を確保しなければならない。漁労長はソナーの表示画像を  
249 参照して、期待漁獲量が2 缶を超える場合には必ず投網して (Fig. 7) 収益の確保を  
250 目指し、2 缶に満たないと判断した場合にも魚価や努力量 (投網数) を勘案しながら、  
251 投網すべき魚群を決定していることがわかる (Fig. 8)。期待漁獲量が1.7 缶 (50%の  
252 投網決定確率) と2 缶 (必ず投網) を超えるようなソナー表示画像は、試験船の41  
253 回の集魚のうち、それぞれ13 回 (32%) と10 回 (24%) で記録された。すなわち必  
254 ずしも投網の対象とはならない期待漁獲量 (2 缶以下) と推定された集魚が、集魚回  
255 数全体の約3/4 を占めていた。日本のまき網漁業は、その大量漁獲能力から他の漁業  
256 種との調整問題となることが多い。そのため集魚灯に使用する電力の上限値などが調  
257 整規則などで決められており、集魚能力を高めることは難しい。こうした中で橘湾の  
258 中型まき網漁業は複数の灯船を用いた集魚により魚群の Hi-grading を行い、さらに投  
259 網の回数を多くすることで経営を維持しようとしていると考えられる。しかし近年の  
260 燃油価格の高騰と今後予測される高止まり<sup>18)</sup>が、橘湾の中型まき網漁業のように多数  
261 の船を使用するまき網漁業の経営へおよぼす影響は大きいと考えられる。さらに聞き  
262 取り調査からは乗組員の高齢化と必要人数の確保も問題としてあげられ、現状の操業

263 形態（多くの船数と多数の投網）を今後も維持できるか、疑問も生じる。したがって、  
264 現在実施されている新型漁船の導入，船団構成隻数や乗組員数の削減など，操業の合  
265 理化，省人化，省力化，省エネルギー化のための技術開発<sup>9,19,20)</sup>は現実的な対応とい  
266 える。

267 橘湾で漁獲されるカタクチイワシは湾外から来遊し，<sup>21)</sup>その漁況には天草灘と五島  
268 灘の流れの状況が深く関係する。<sup>22)</sup>五島灘の海況は年変動が大きく，<sup>23)</sup>カタクチイワ  
269 シの漁況はこうした海況の年変動の影響を受けることが考えられる。例えば 2008 年  
270 の長崎県のカタクチイワシの生産量は 59,333 トンであったが，2009 年には 20,115 ト  
271 ンと大きく変化した（農林水産省九州農政局 Web:  
272 <http://www.maff.go.jp/kyusyu/toukei/hensyu/nenpo.html>）。このような漁況の変動による経  
273 営収支の変化を上述した技術開発がすべて解決できるとは考えづらい。こうした問題  
274 には，Hi-grading を行わなくとも，あるいはその判断基準が低くなっても経営が持続  
275 できるように，柔軟な許認可システムによる漁法の転換や資源状態の良好な魚種の漁  
276 獲許可などを含めて検討する必要があるだろう。

277

278

## 謝辞

279 本研究は長崎県雲仙市の天洋丸船団の協力により実施した。漁労長の竹下千代太氏  
280 に厚くお礼を申し上げます。

281

282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300

文献

- 1) 農林水産省統計部. 平成 21 年漁業・養殖業生産統計年報. 2011. 東京.
- 2) 中神正康. 日本近海の多獲性浮魚資源の変動とその漁業の歴史・問題点. 「新しい漁業のデザイナー—沖合漁業の問題とその改善」(上野康弘・熊沢泰生・稲田博史編). 恒星社厚生閣, 東京. 2010; 11-24.
- 3) 浅野謙治. 東シナ海の浮魚資源と現状. 水産海洋学会研究発表大会シンポジウム「日本海西部～東シナ海のまき網漁業の未来について」. 水産海洋研究 2010; **74**: 214-216.
- 4) 和田時夫. 道東海域におけるまき網対象マイワシ資源の来遊動態に関する研究. 北水研報 1988; **52**: 1-138.
- 5) 松石隆. まき網漁業漁獲統計資料による資源量推定法. 北大水産彙報 1993; **44**: 116-126.
- 6) 保田井真, 花井慎一郎. 旋網漁業. 「漁灯を活かす技術・制度の再構築へ」(稲田博史・有元貴文・長島徳雄・飯田浩二編) 恒星社厚生閣, 東京. 2005; 134-144.
- 7) 原一郎. 効率の良いまき網漁業のあり方. 水産海洋学会研究発表大会シンポジウム「日本海西部～東シナ海のまき網漁業の未来について」. 水産海洋研究 2010; **74**: 225-227.
- 8) 東野透, 松下吉樹, 竹下千代太. LED 集魚灯の長崎県中型まき網漁業への導入. 海洋水産エンジニアリング 2011; **97**: 26-32.



- 301 9) 鉛進. 旋網漁業の漁撈形態と技術. 漁船 2000; **349**: 459-476.
- 302 10) 東海正. 曳網漁具の選択性曲線パラメータ最尤推定における適合性の検定に  
303 ついて. 水産工学 2009; **1**: 69-80.
- 304 11) 長谷川英一, 小林裕, 石倉勇, 内田誠, 前川陽一. 水中灯下での魚類の集合・  
305 離散過程. 日水誌 1991; **57**: 1307-1311.
- 306 12) Millar RB, Fryer RJ. Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets  
307 and hooks. *Rev. Fish Biol. Fisheries*. 1999; **9**: 89-116.
- 308 13) 濱邊優祐, 原田誠一郎, 山下秀幸, 東海 正. 角目網ウインドー長さが沖合  
309 底曳網のコッドエンド選択性に及ぼす影響. 水産工学 2012; **3**: 173-182.
- 310 14) 飯田浩二. スキャニングソナーの特徴と資源調査への応用. 「音響資源調査の  
311 新技術—計量ソナー研究の現状と展望」(飯田浩二・古澤昌彦・稲田博史編)  
312 恒星社厚生閣, 東京. 2007; 9-21.
- 313 15) Misund OA. Abundance estimation of fish schools based on relationship between  
314 school area and school biomass. *Aquat. Living. Resour.* 1993; **6**: 235-241.
- 315 16) Gaertner D, Pagavino M, Marcano J. Influence of fishers' behaviour on the  
316 catchability of surface tuna schools in the Venezuelan purse-seiner fishery in the  
317 Caribbean Sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1999; **56**: 394-406.
- 318 17) Alverson DL, Freeberg MH, Pope JG, Murawski SA. A global assessment of fisheries  
319 bycatch and discards. *FAO Fish. Tech. Pap.* 1994; **339**: 5-8.

- 320 18) International Energy Agency. Medium-Term Oil and Gas Markets 2011. International  
321 Energy Agency, Paris. 2011..
- 322 19) 本田敦司. 長崎県における中・小型まき網の構造改革. 水産海洋学会研究発表  
323 大会シンポジウム「日本海西部～東シナ海のまき網漁業の未来について」. 水  
324 産海洋研究 2010; **74**: 220-222.
- 325 20) 出村雅晴. 漁船漁業構造改革対策事業の現状と課題. 農林金融 2009; **62**:  
326 56-65.
- 327 21) Tanaka H, Ohshimo S, Takagi N, Ichimaru T. Investigation of the geographical origin  
328 and migration of anchovy *Engraulis japonicus* in Tachibana Bay, Japan: A stable  
329 isotope approach. *Fish. Res.* 2010; **102**:217-220.
- 330 22) 高木信夫, 森永健司, 中田英昭. 冬春季に天草灘・五島灘南部陸棚縁辺部で観  
331 測された北-北東向きの流れの構造と変動. 水産海洋研究. 2009; **73**: 172-180.
- 332 23) 山本憲一, 中田実, 水田浩二. 水温・塩分の鉛直分布からみた五島灘の海況の  
333 特徴. 長崎水試研報. 1999; **25**: 1-8.
- 334

335 Figure captions

336

337 Fig.1 Fishing ground where the coastal purse seine fishery operates.

338

339 Fig.2 Sonar images. Original color images were converted to gray-scale images. a: recorded at

340 02:43 on Nov. 14 2010, 6 minutes before net shooting, 4 containers catch; b: recorded at

341 05:35, 12 minutes before net shooting, 12 containers catch.

342

343 Fig.3 Distribution of catch amount of Japanese anchovy *Engraulis japonica* per haul by the

344 coastal purse seine during November 2010. Total 90 hauls were done. One container

345 holds approximately 750 kg.

346

347 Fig.4 Catch amount of *E. japonica* per haul of the coastal purse seine by time during

348 November 2010. Solid circle designates average value for every time period (1h), bar for

349 standard deviation. One container holds approximately 750 kg.

350

351 Fig.5 Fork length distribution of *E. japonica* captured in each operation during November

352 2010.

353

354 Fig. 6 Relationship between number of pixels (red + yellow) in sonar image taken prior to net

355 shooting and catch of *E. japonica*. Large catch data depicted as ▲ were excluded from

356 analysis because influence of acoustic shadow was suspected. One container holds

357 approximately 750 kg.

358

359 Fig.7 Frequency distributions of expected catch amount of *E. japonica* from sonar images in

360 fish-luring procedures. Top; fish-luring procedures conducted before midnight, Bottom;

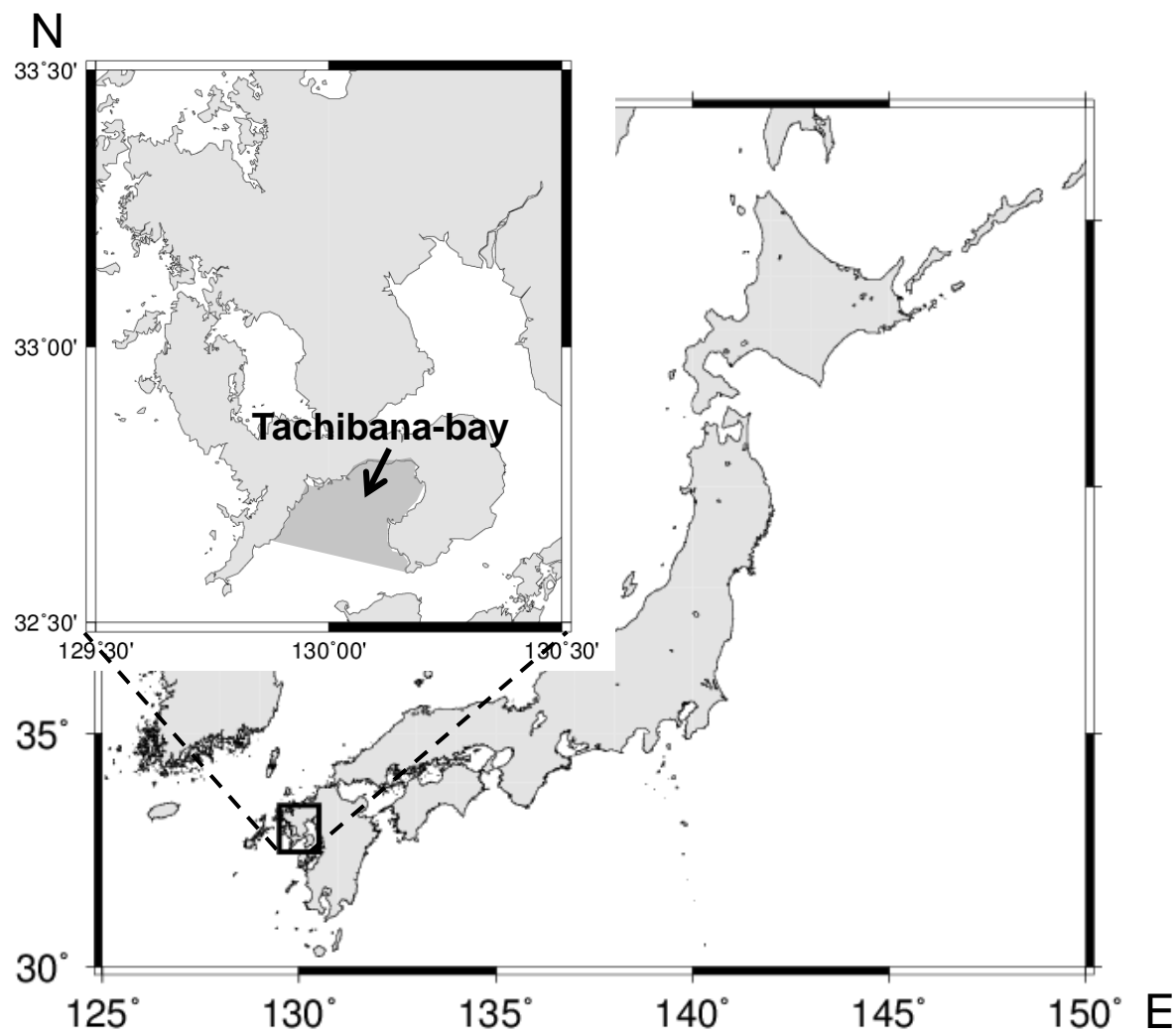
361 after midnight, Light gray histograms designated expected amounts in which the net was  
362 not shot, dark grays, when the net was shot. One container holds approximately 750 kg.

363

364 Fig.8 Probability of net shooting in relation to expected catch amount of *E. japonica*. ●; data

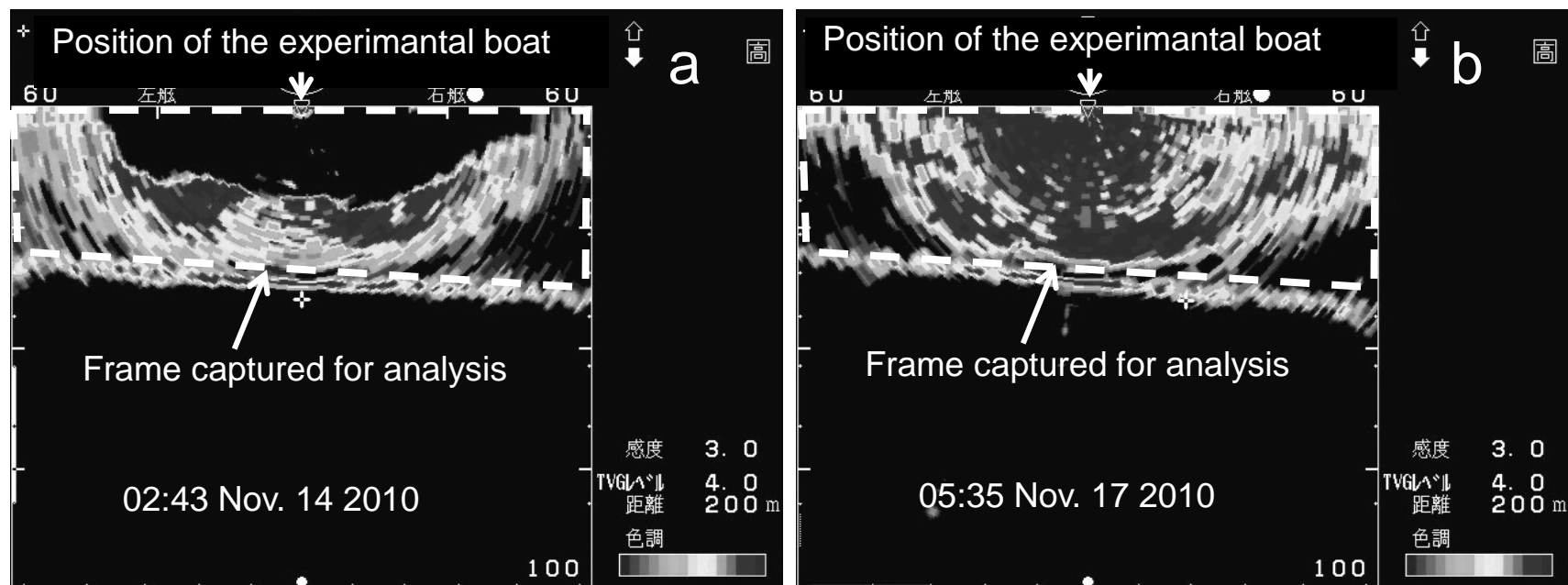
365 before midnight, ○; data after midnight. One container holds approximately 750 kg.

366



369 Fig.1 Matsushita and Azuno

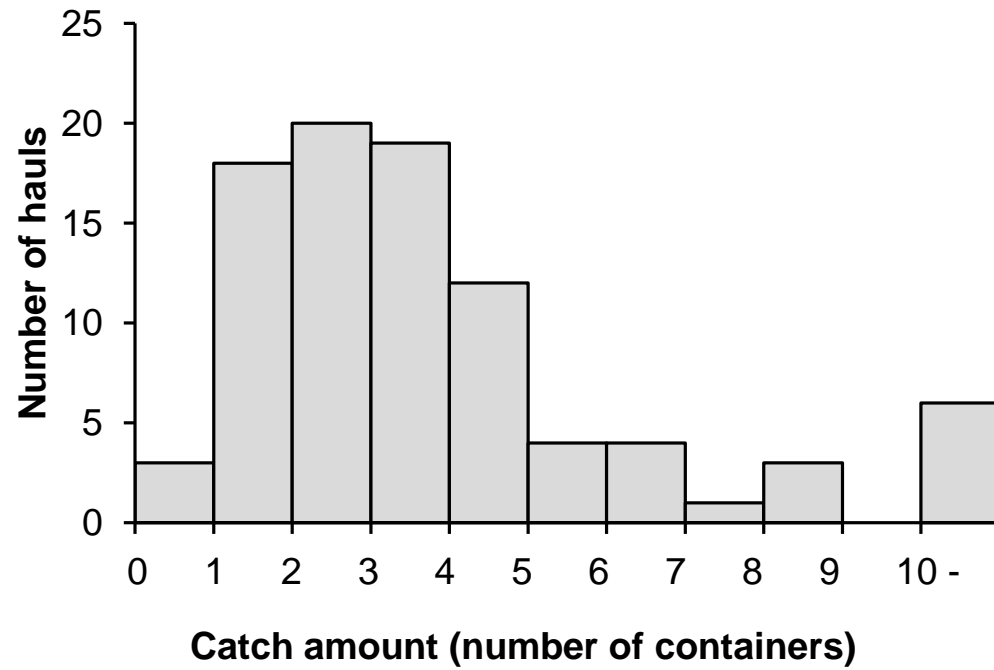
370  
371  
372



373  
374  
375  
376  
377  
378  
379

380 Fig.2 Matsushita and Azuno

381  
382  
383

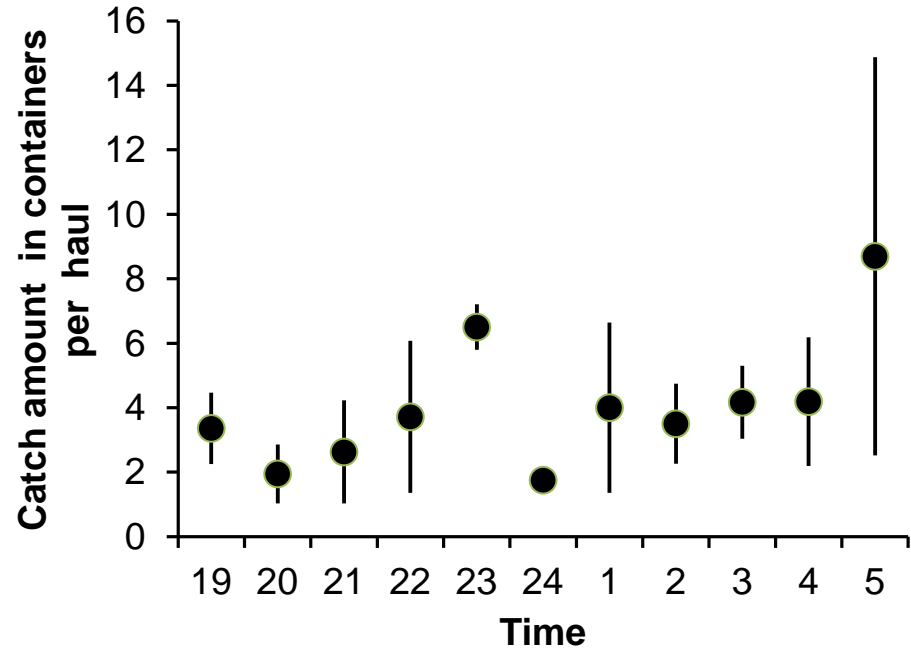


384  
385  
386  
387  
388

389 Fig.3 Matsushita and Azuno

390

391  
392  
393



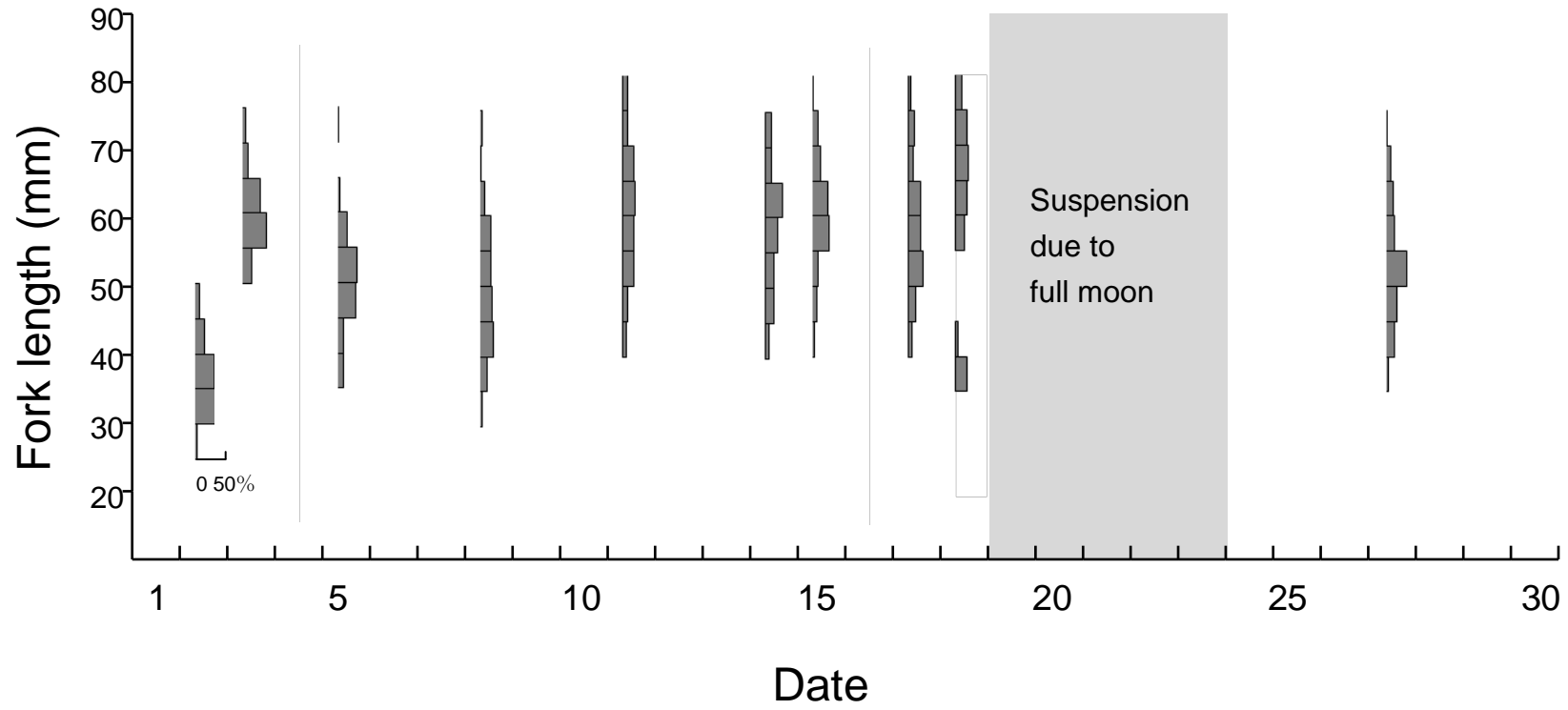
394  
395  
396  
397  
398

399 Fig.4 Matsushita and Azuno

400



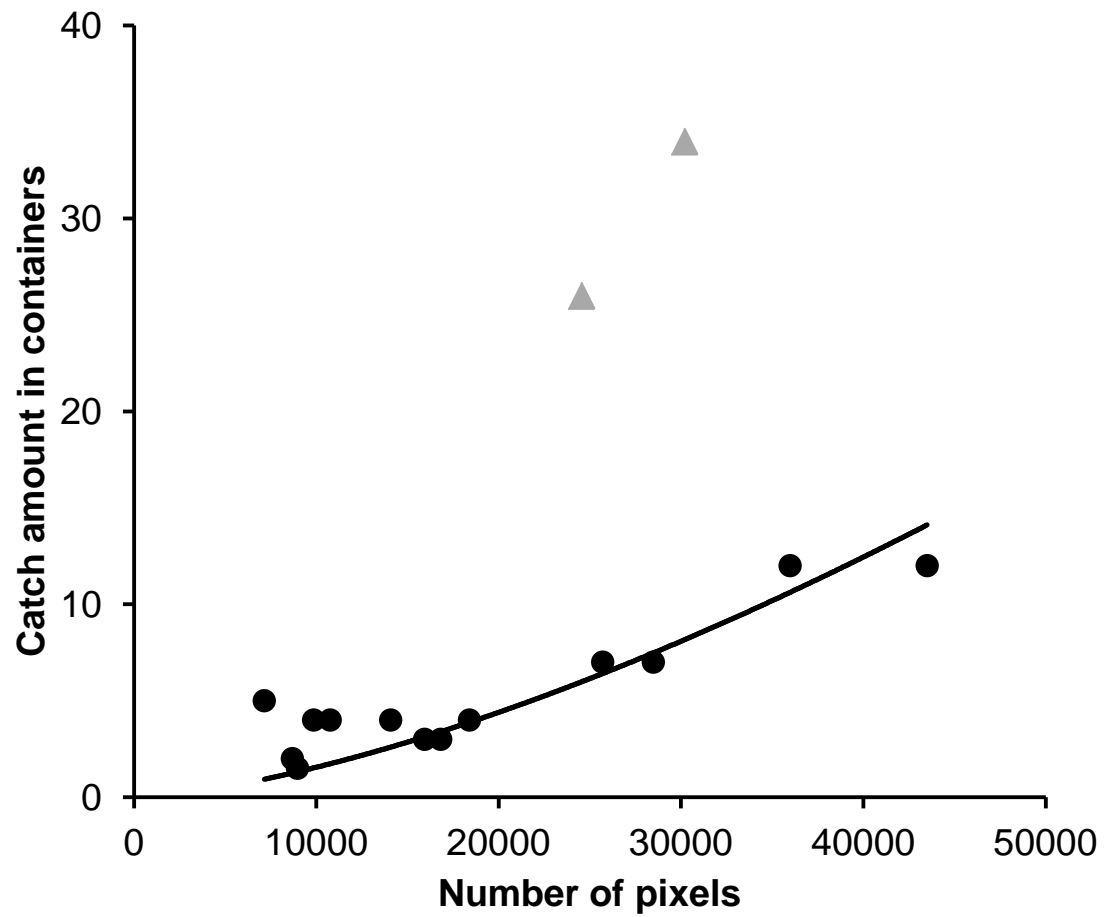
401  
402



403  
404  
405  
406  
407  
408

Fig.5 Matsushita and Azuno

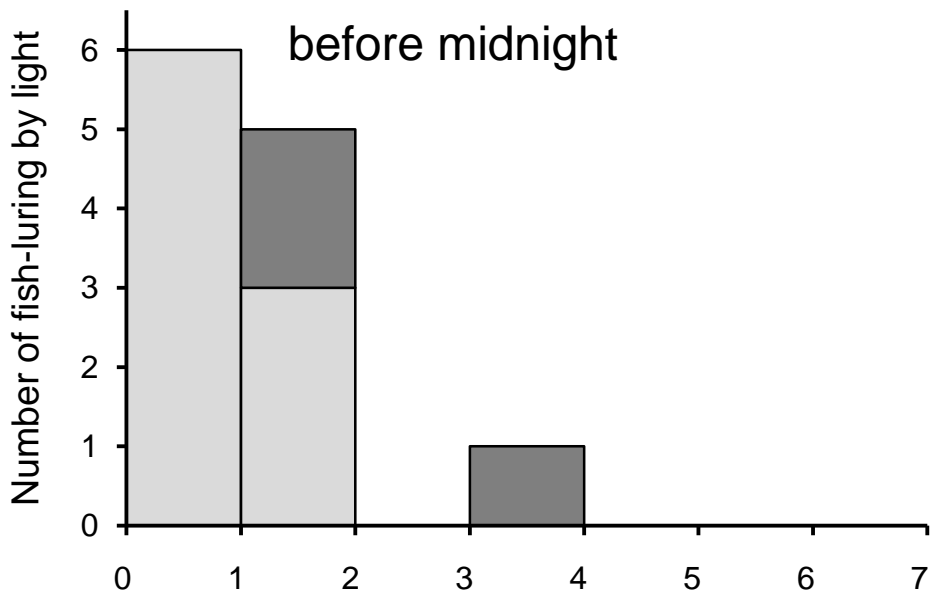
409



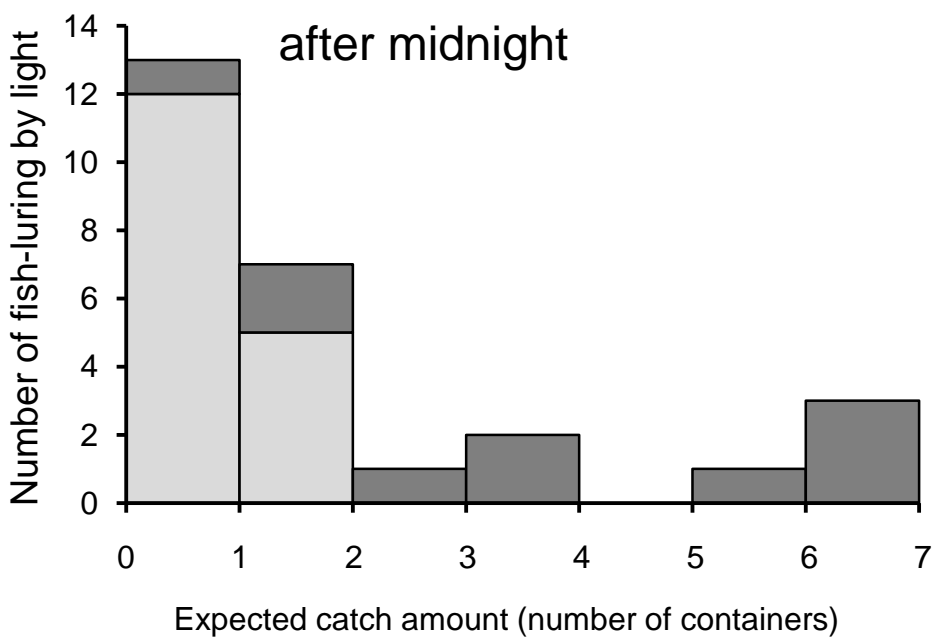
410

411 Fig.6 Matsushita and Azuno

412



413



414

415

416

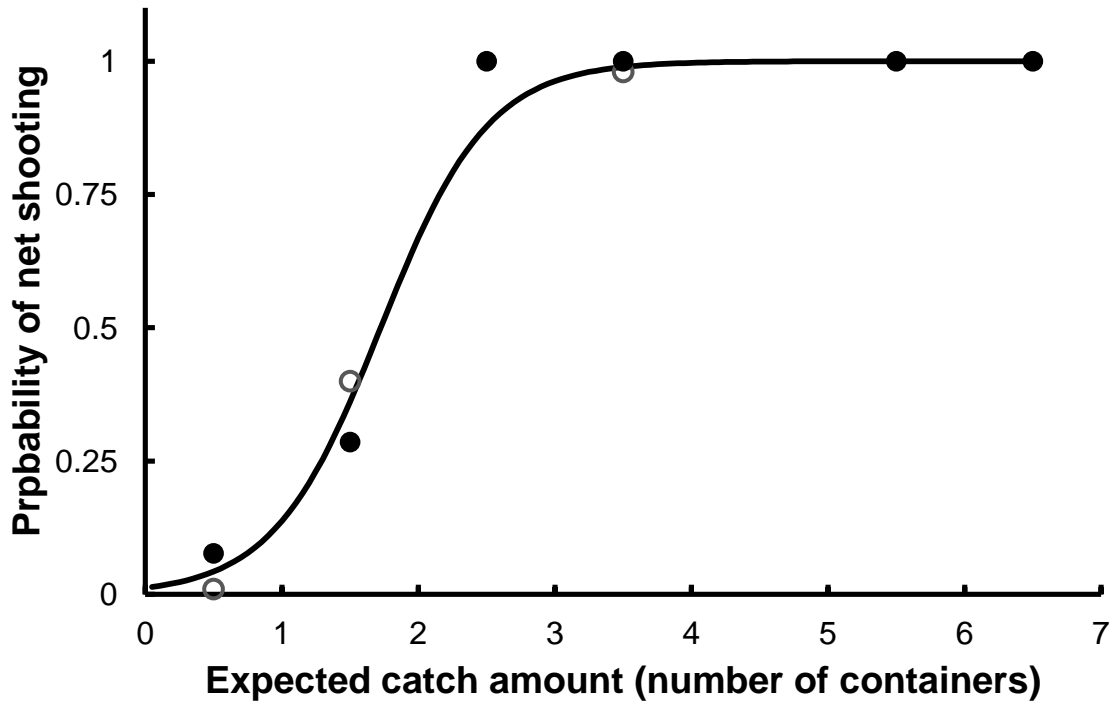
417

418 Fig.7 Matsushita and Azuno

419

420

421



422

423

424

425

426

427

428 Fig.8 Matsushita and Azuno

429

430 Table 1 Parameter estimates and AIC for shooting probability

Model	Before midnight				After midnight				AIC
	$\alpha$	$\beta$	$C_{50}^*$	$SR^{**}$	$\alpha$	$\beta$	$C_{50}^*$	$SR^{**}$	
1	2.54	-4.38	1.72	0.86	2.54	-4.38	1.72	0.86	11.70***
2	2.54	-4.42	1.74	0.86	2.54	-4.36	1.71	0.86	13.69
3	2.62	-4.40	1.75	0.84	2.51	-4.40	1.75	0.88	13.68
4	14.03	-21.45	1.53	0.16	2.20	-3.90	1.78	1.00	15.03

431 \*Expected catch amount (number of containers) from sonar image that the net is shot at 50 % probability,  
 432 \*\* selection range (the difference between the expected catch amounts at which 25 and 75 % probabilities  
 433 of net shooting), \*\*\* adopted in this study.

434

435

436

437 Table 2 Parameter estimates and their standard errors (S.E.) for shooting probability adopted  
 438 in this study

Logistic parameters	Estimates	S.E.
$\alpha$	2.54	1.49
$\beta$	-4.38	1.05
$C_{50}^*$	1.72	0.15
$SR^{**}$	0.86	0.12

439 \*Expected catch amount (number of containers) from sonar image that the net is shot at 50 % probability,  
 440 \*\* selection range (the difference between the expected catch amounts at which 25 and 75 % probabilities  
 441 of net shooting)