

ネズミイルカの流し網への羅網過程に関する実験

誌名	水産工学研究所技報. 漁業生産
ISSN	02895153
著者名	赤松,友成 畠山,良己 石井,憲
発行元	水産庁水産工学研究所
巻/号	5号
巻号補足	
掲載ページ	p. 25-36
発行年月	1991年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ネズミイルカの流し網への羅網過程に関する実験

赤松友成*・畠山良己*・石井 憲**

目 次

1. はじめに.....	25	4. 考察.....	32
2. 実験方法.....	25	4.1 データの意味.....	32
2.1 実験場所・期間.....	25	4.2 羅網のメカニズム.....	32
2.2 捕獲・畜養・搬入.....	26	4.3 漁具素材以外の疑似漁具に対する反応.....	34
2.3 疑似漁具に対する行動.....	26	4.4 羅網防止対策.....	34
2.4 観察と記録.....	27	5. まとめ.....	34
3. 実験結果.....	27	謝辞.....	35
3.1 行動データ.....	27	参考文献.....	35
3.2 水中音データ.....	31	Summary.....	36

1. はじめに

サケ・マス流し網漁業では、使用されている流し網の構造上、他の海洋生物の混獲は避けられない。そのため野生生物の保護並びに資源の有効利用を図る見地から世界的に流し網漁業に対する非難が強まっている。特に北洋サケマス流し網漁業によるイシイルカの混獲が大きな問題になっている。

流し網へのイルカ類の混獲のメカニズムは、いまだに不明な点が多い。しかしその主な原因は、

- ① 流し網の網地が、水中では極めて見えにくいこと。
- ② 流し網の網地は超音波の反射率が小さく、イルカのエコーレーションでの認知距離が短いこと¹⁾。

が挙げられる。①は流し網の特性でもあり、認知しやすくするための改良は漁業にとっては改悪であるという難しさがある。②については、中空糸を用いて超音波の反射率を高めた実験²⁾があるが、混獲について目だった改善はなされなかった。

またこれまで報告された実験の多くについての問題点は、

- ① イシイルカの捕獲、飼育が極めて難しく³⁾。異種のイルカでの実験が多いこと。
- ② 水槽実験では、水槽が小さいためフィールドでのイ

ルカの行動を再現しているのか疑わしいこと。

- ③ イシイルカの流し網への混獲割合は千反当り約1頭であり、洋上実験では、データ数が少なく結論の有意性の検定が難しいこと⁴⁾。

が挙げられる。

筆者らはイルカ類の流し網への混獲防止技術を開発するために必要な、イルカの流し網認知能力、認知箇所、羅網条件などの基礎データを得ることを目的に新たにセミフィールド的条件下で実験を行った。

本実験では、実験場近くの定置網に紛れ込んだネズミイルカ(*Phocoena phocoena*)を使用した。ネズミイルカはイシイルカと同じネズミイルカ科に属する。また、できるだけフィールドに近い状態でネズミイルカの行動を観察するため、実験場はその生息海域の定置網の箱網部分を利用した。

2. 実験方法

2.1 実験場所・期間

実験場所 北海道南茅部郡臼尻町 臼尻港地先の定置網箱網部分(図1)

及び北海道大学臼尻水産実習所

実験期間 1989年5月18日～5月26日

2.2 捕獲・畜養・搬入

臼尻の定置網にかかったネズミイルカ（以下では単にイルカと記す）を譲り受け、実習所内の水槽（図2）でイルカが採餌するようになるまで畜養した。イルカのプロフィールを（表1）に示す。

水槽ではクリックスの録音を行った。録音中は必要に応じて餌を与えた。

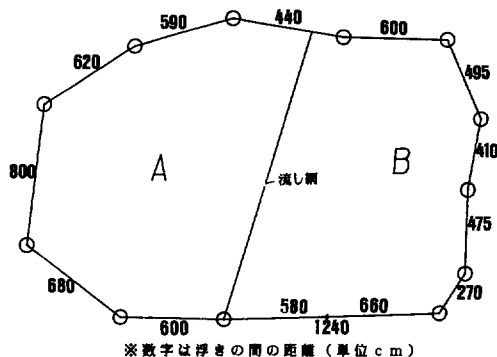


図1 実験場の概観と実験用機材の配置

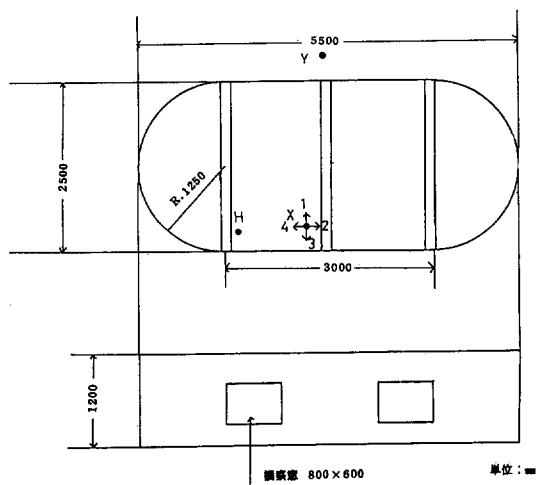


図2 回遊水槽

表1 イルカのプロフィール

イルカ	捕獲年月日	性別	体長 (cm)	実験試供期間
イルカ1	'88 4/26	雄	138	5/19~5/22
イルカ2	'89 4/26	雌	160	5/23~5/26

イルカ1 体色は白っぽく、背ビレがイルカの遊泳方向に向かって左側に傾いていた。身体的障害はなかった。

イルカ2 体色は黒っぽく、吻の先端が白くなっていた。これは水槽飼育中しばしば、吻が水槽の壁に当たったためである。

イルカを実験場に搬入する際イルカの背びれにプラスチックの標識と夜間識別用の発光標識をつけた。搬入の際はイルカの皮膚が乾かないようクリームを塗り、毛布でくるみ、海水をかけた。

2.3 疑似漁具に対する行動

イルカの流し網への羅網状況を観察するため、実験場に色々な疑似漁具ならびに威嚇物（表2）を設置しイルカの行動を観察した。

また流し網などを張った状態で、餌をあたえたり水面を竹竿で叩いたときの対網行動を観察した。これらの実験は昼夜とも行った。他に実験生簀内でのイルカのクリックスの録音や、羅網防止対策として流し網に白いビニール紐を取り付けたり音波発生器による威嚇実験を

表2 疑似漁具ならびに威嚇物

種類	データ
流し網	長さ13m, 網丈6m。網地の糸の太さ 0.5mm, 目合121mm。緑色
仕切網	長さ9m, 網丈6m。2種の網をつなげた。太糸2.8mm, 太糸の目合65mm, 細糸1.5mm, 細糸の目合100mm。太糸は黒色, 細糸は灰色。どちらもイルカには十分認知できると思われる。
浮子棚	長さ13.8m, 浮子の数13個, 浮子網の太さ6.6mm, 浮子と浮子の間隔910mm。浮子の直径52mm, 長さ165mm, 長さ13.6m, 太さ16mm。浮子の色は青色
白いビニールひも	市販されている荷造り用のひも（ポリプロピレン製）。長さは流し網(13m)より若干長め, 太さ10~14mm
音波発生装置	本機は疑似エコロケーションクリックスを発射する装置である。イルカを威嚇するために使用した。疑似エコロケーションとは、周波数、パルス間隔、パルス幅をランダムに変化させた超音波パルスである。本機の周波数範囲は20~50kHz, 出力は絶対音圧で186dB。水平方向には無指向性であり、垂直方向は、30kHz以下の時に無指向性、50kHzの時半減半角60°である。

行った。

流し網・ロープ・浮子棚などはボート2隻で実験場に張った(図1)。流し網の寸法は、幅13m、網丈6mである。この幅は、AB境界の長さより4m短いためイルカは、流し網の脇をすり抜けることが出来る。また実験場の水深は13m以上あるので、イルカは流し網の下もくぐることが出来る。

なお実験海域の透明度は約10mであったが水中の流し網の視認は困難であった。潮流によって網が吹かれているときは実験を行わなかった。

2.4 観察と記録

2.4.1 行動の記録

イルカの疑似漁具に対する行動は、8mmビデオカメラで作業船上から録画した。浮上地点または水中でも見える範囲でイルカの目視位置をアナウンスし、8mmビデオに録音した(図3)。イルカの位置は、区画AB、区画内でのエリア(上中下)、AB境界からの距離の順にアナウンスした。(例えばAの中の5、Bの上の10など)

2.4.2 水中音の記録

高周波用(B&K8103)と低周波用(沖電気ST1001)

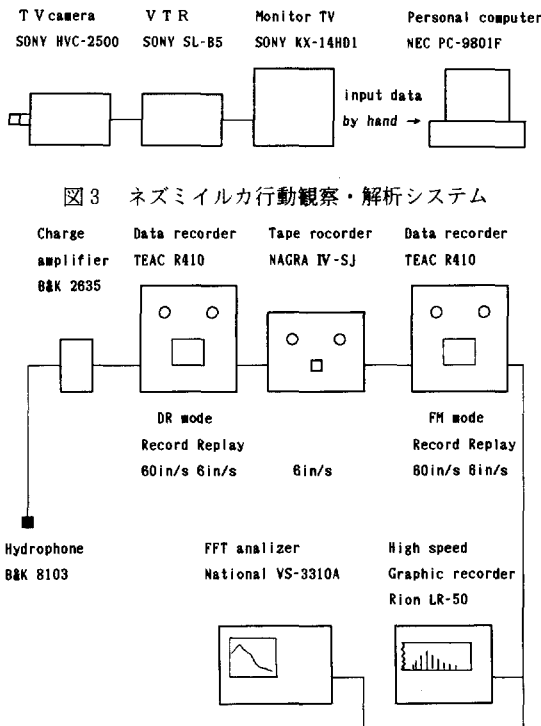


図4 ネズミイルカクリックス観察・解析システム

の水中マイクを用い、イルカのカリックスをデータレコーダー(TEAC R410)に記録した(図5)。水中マイクは竹竿に吊るし実験場内にいた。カリックスは周波数が高いため、データレコーダーのテープスピードは毎秒60inchとした。

3. 実験結果

実験日時、実験イルカ、天候、気温を表3に示す。また疑似漁具の設置や威嚇などの刺激を加えた経過を図5に示す。

3.1 行動データ

・行動データの実験番号について

行動データは、疑似漁具の種類や昼夜の別などの条件毎に実験をまとめ番号と記号をつけた。その意味は例え

表3 実験日と天候

年月日	イルカ	天候	気温 MAX/MIN	水温
'89 5/21	1	曇	20.0/3.0	7.0
'89 5/22	1	曇	19.5/6.5	7.6
'89 5/23	2	曇	20.5/4.5	9.2
'89 5/24	2	曇	12.5/4.0	9.1
'89 5/25	2	霧	19.5/1.1	9.2

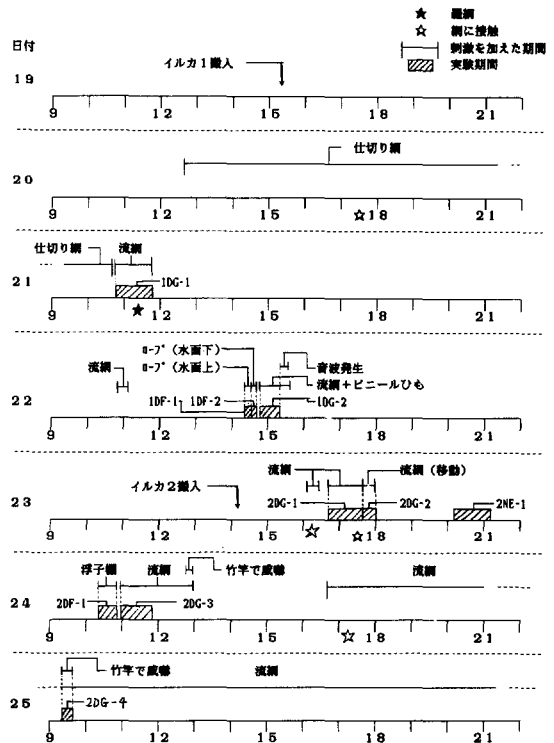


図5 加えた刺激の履歴

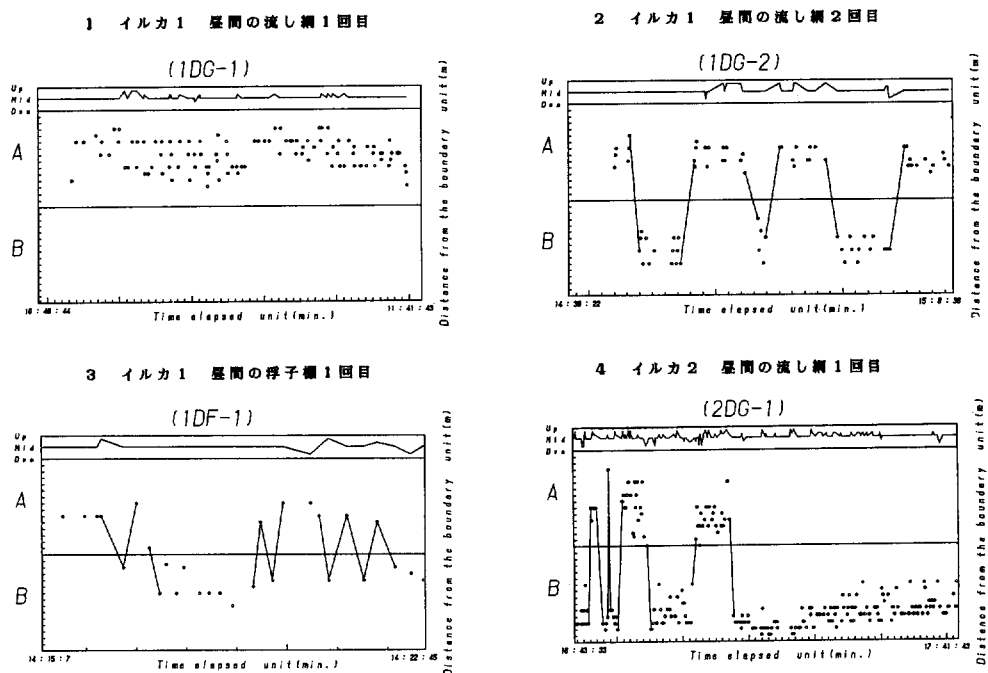


図6 ネズミイルカの擬似漁具に対する行動

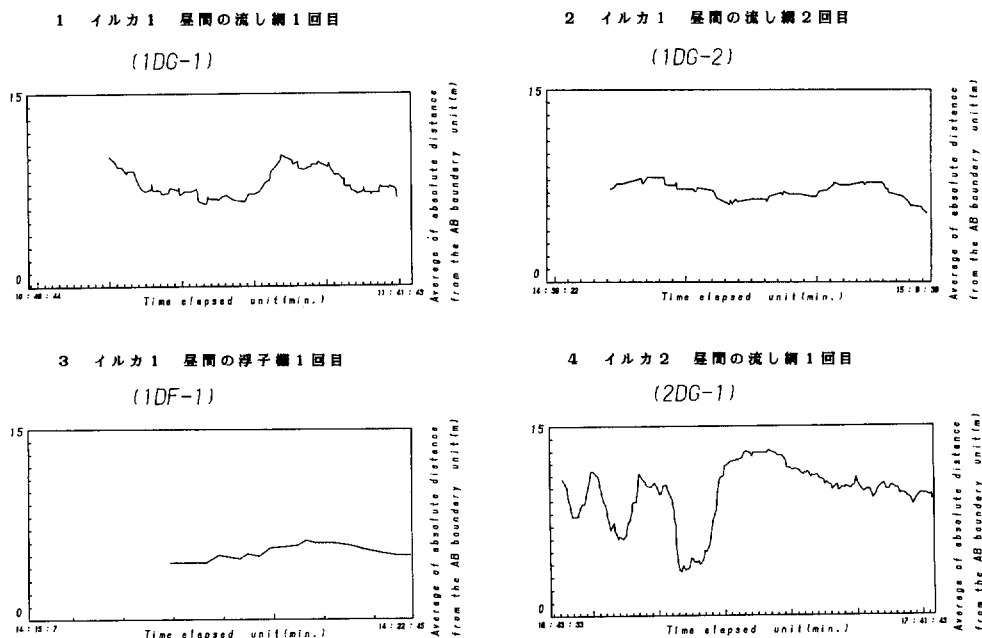
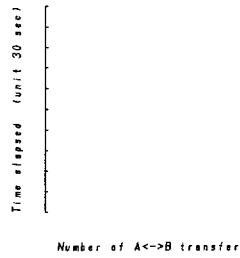


図7 ネズミイルカの擬似漁具からの距離の部分平均

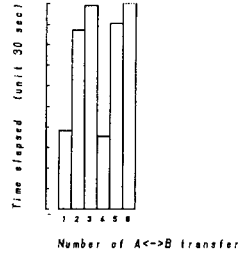
1 イルカ1 星間の流し網1回目

(1DG-1)



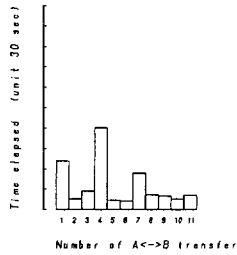
2 イルカ1 星間の流し網2回目

(1DG-2)



3 イルカ1 星間の浮し網1回目

(1DF-1)



4 イルカ2 星間の流し網1回目

(2DG-1)

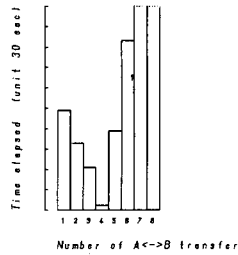


図8 ネズミイルカの区画移動間隔

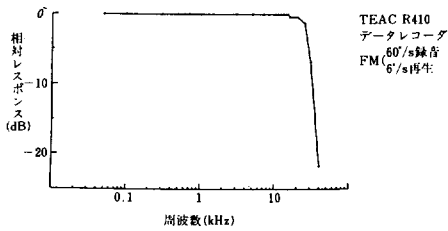
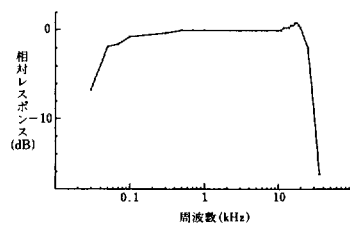
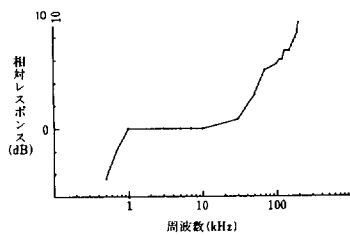


図9 クリックス解析システムの周波数特性

は次の通りである。

[1 DE-2]

1: イルカの番号

D: 昼夜 (D=昼間, N=夜間)

E: 疑似漁具の種類

(E=疑似漁具無し, F=浮子ロープ等, G=流し網)

2: 各実験毎の通し番号

図5は、イルカの確認された位置と時刻をプロットして表してある。縦軸は、設置した疑似漁具(流し網など)またはAB境界からの距離とし、中央の線を境に縦

表4 ネズミイルカの行動データ

実験番号	昼夜 日付	START END	刺激	経過 時間 (秒)	AB 移動 回数 /時	平均 移動 間隔 (秒)	平均 距離 (m)
------	----------	--------------	----	-----------------	----------------------	-----------------------	-----------------

昼間・浮子棚等

1DF-1	昼 22	14:15:07 14:22:43	ロープ (水面より上げる)	458	86.4 (11)	36	5.02 (28)
1DF-2	昼 22	14:22:45 14:34:15	ロープ (水面につける)	690	10.4 (2)	195	6.13 (39)
2DF-1	昼 24	10:22:30 10:50:00	浮子棚	1650	21.8 (10)	123	8.00 (77)
DF				2798	29.6 (23)		6.91 (144)

昼間・流し網

1DG-1	昼 21	10:48:44 11:41:43	流し網	3179	0 (0)	...	8.01 (106)
1DG-2	昼 22	14:39:22 15:08:38	流し網 +ビニールひも	1756	12.3 (6)	229	7.05 (76)
2DG-1	昼 23	16:43:33 17:41:28	流し網	3490	8.25 (8)	180	9.52 (221)
2DG-2	昼 23	17:41:43 18:00:00	流し網 (移動)	1097	16.4 (5)	214	5.27 (62)
2DG-3	昼 24	10:55:43 11:40:10	流し網	2667	16.2 (12)	203	5.92 (116)
2DG-4	昼 25	9:21:54 9:35:31	流し網 +竹竿による威嚇	817	4.4 (1)	691	8.03 (37)
DG				13006	8.9 (32)		7.77 (618)

夜間・ノーマル

2NE-1	夜 23	20:38:58 21:07:16	なし	1698	40.3 (19)	61	6.79 (196)
-------	---------	----------------------	----	------	--------------	----	---------------

AB移動回数/時: ()内は、実験中の全移動回数
平均距離: AB区間の境界からの距離の平均
平均呼吸間隔: ()内は、A側呼吸回数/B側呼吸回数
NNなど英字だけの実験番号は、その刺激条件の実験群まとめた結果である。

表5 特筆すべき観察例表

観察例実験番号	月日	発生時刻	イルカ	刺激の種類
①	---	5/20 17:08:20	イルカ 1	仕切り網+餌 曇
仕切り網の隙間(上中下の部分)をAからBへ抜けようとした際、網の端に接触した。(距離が遠く、ビデオでの詳細な記録は出来なかった)				
②	1DG-1	5/21 11:38:19	イルカ 1	曇
A側で時計回りに施回し、流網の中央部の水深1.8mで頭部と左胸ビレが網に接触した。右に施回し網と平行に1mほど遊泳したが再び頭部が接触した。網がイルカの上下に覆いかぶさるようになり背ビレが羅網した。				
③	1DF-1	5/22 14:15:03 14:34:15	イルカ 1	曇
ロープを水面上に張っているときも、体を横にしながら泳いでロープの下を通過した。またロープが水に瞬ついたときイルカはちょうどロープのしたを泳いでいたが、急にすばやく泳いでロープから遠ざかった。				
④	---	5/23 16:08:30	イルカ 2	流網 曇
19秒A中10で呼吸。まっすぐ泳いで30秒A上中境目の流網の下で右回りにターン、浮子に添って上側に1m泳ぎ31秒A下0で右回りにターン。32.5秒頭をターンと反対方向に左側に振ってもがく様子。33秒浮子に対して直角の方向に泳ぎ始める。36.5秒A中5に達する。46秒A中6で呼吸。網はB側に吹かれていたため、ひっかかったのか接触のみかはわからない。				
⑤	---	5/24 17:13:50	イルカ 2	流網+餌 曇
B下1に餌をつるした。イルカはA側から浮子に対して45度の角度でまっすぐ泳いでくる。50秒左回りにターン同時に尾ビレが網にかかる。51秒ターンの勢いで腹がわを上にする。尾ビレがひっかかったまま2回ドルフィンキックを行い網から外れる。53.7秒流網に対して70度程度の角度で離れる。				
⑥	---	5/24 17:25-5/2 59:21	イルカ 2	流網
夕方から朝にかけて流し網を入れっぱなしにした。25日朝の時点でイルカは生きており、夜でも羅網しなかったことがわかる。但し、イルカ2にとっては4回目の流し網でありだいぶ慣れていることが考えられる。				

軸の上方向をA側の距離、下方向をB側の距離にとった。横軸は、時刻である。実験番号は図の上に書いた。また、上中下の時系列データは図の上部に折れ線グラフで付け加えた。

図7は図6のデータを部分的に平均して滑らかにした図である。この図によりイルカの疑似漁具からの距離の時間的推移の傾向がわかる。

図8は、実験中の、イルカの区画移動間隔を順次ヒストグラムで示したものである。

なお図6、図7、図8は紙面の都合上、実験[1DG-1]、[1DG-2]、[1DF-1]、[2DG-1]の4つの実験データのみ示した。

表4は、行動データを各実験毎にまとめたものである。表中には実験番号、実験日時、疑似漁具の種類、実験時間と、AB移動回数/時、平均移動間隔、平均距離を記した。AB移動回数/時とは実験場のA区画B区画をイルカが移動した回数を1時間当りに換算したもので

ある。平均移動間隔とは区画の移動を行う間隔の平均値である。平均距離とはイルカの疑似漁具からの距離の平均値である。

実験中、前記の図表では記録できなかった観察例を、実験環境・基礎データと共に（表5）に示す。

3.2 水中音データ

水中音データについても実験番号をつけた。その意味は例えば次のとおりである。

[1C-2]

1：イルカの番号（1または2）

C：クリックのデータ

2：各イルカでの実験の通し番号

表6 ネズミイルカのクリックスの頻度

実験番号	テープ番号	日付	開始時刻 終了時刻	餌の 与え方	刺激	クリック ス（回数 ／10分）
------	-------	----	--------------	-----------	----	-----------------------

＊えさなし・網なし

1C-4	5	22	10:11:17 10:22:26	えさなし	なし	26.9 (マイクに 興味?)
------	---	----	----------------------	------	----	-----------------------

＊えさあり・網なし

1C-1	2	19	17:11:38 17:21:26	投入れ	なし	35.7
1C-2	3	20	11:08:40 11:16:18	投入れ	なし	0
1C-5	6	22	10:33:39 10:43:56	投入れ+ 棒に吊す	なし	7.8
2C-1	10	23	16:27:40 16:30:52	投入れ	なし	62.5
2C-2	10	23	21:04:37 21:12:08	投入れ	なし	2.7
2C-3	11	23	21:15:45 21:26:57	棒に吊す	なし	7.1
2C-4	12	24	10:02:34 10:10:42	投入れ+ 棒に吊す	なし	2.5

＊えさなし・網あり

2C-5	13	24	11:19:35 11:39:57	えさなし 486秒中 断あり	流し 網	0
------	----	----	----------------------	----------------------	---------	---

＊えさあり・網あり

1C-3	4	21	10:21:40 10:33:09	投入れ80 秒中断あ り	仕切 網	0
2C-6	14	24	12:26:47 12:41:31	棒に吊す	流し 網	0
2C-7	15	24	16:58:	投入れ	流し 網	0

表7 ネズミイルカのクリックスの波形特性

実験条件	えさなし・網なし		えさあり・網なし	
実験番号	1C-4-①	1C-4-②	1C-5-①	1C-5-②
ピーク N	13	14	69	21
周波数 max. (KHz)	145	141	129	135
min.	138	126	116	118
ave.	140.2	134.6	125.5	123.0
s.d.	1.97	6.99	2.02	6.97
帯域幅 N (KHz)	13	14	69	21
max.	21	21	14	21
min.	10	5	4	6
ave.	17.3	18.9	7.6	9.7
s.d.	3.28	4.26	2.19	4.05
パルス N	23	17	94	369
間隔 max (ms)	49.0	31.0	26.0	4.4
min.	28.0	22.0	11.0	0.9
ave.	36.9	26.8	16.8	1.88
s.d.	6.97	2.93	4.28	0.79
パルス N	17	15	66	31
幅 max. (μs)	39.3	31.4	94.0	38.1
min.	2.4	17.1	25.0	17.9
ave.	29.7	25.9	42.2	22.2
s.d.	8.80	4.17	13.2	5.72
絶対音圧(dB)	124	129	128	140
音源レベル(dB)	139	144	138	140
総数	24	18	95	370
総時間(sec)	0.87	0.46	1.60	0.68

N：サンプル数 max.：最大値 min.：最小値
ave.：平均 s.d.：標準偏差

ネズミイルカのクリックスは周波数が100～150kHzと高く、普通の音響関係の分析器では受けつけないことが多い。そのため、畠山らの用いた方法³⁾により周波数を1/100に低下させて解析した。解析システムのブロックダイアグラムは図8に示した。

畠山らの用いた方法は、テープスピードを変えてダビングを繰り返す。従って絶対音圧を求めるためには、このようなダビングに対する周波数特性がわかっていなければならない。本実験のクリックス解析システムの周波数特性を図9に示す。

クリックスはハンドウイルカの例で約30度の範囲に放出される（ピーク音圧から19dB減の範囲）。本実験では高周波用水中マイクは2本使用したが、2本とも同じ位置で録音している。そのため、記録されたクリックスは、イルカが頭をマイクロホン側に向けかつ背景ノイズ以上の信号がマイクロホンに届いた場合であることに注意しなければならない。表6に、実験条件ならびに記録されたクリックスの発生頻度を示す。

表7は、各実験毎に2つ選んだクリックスの音源レベル、絶対音圧、ピーク周波数、帯域幅、パルス間隔、パルス幅、総数、総時間である。なお音圧の単位はdB/re $1\mu\text{Pa}$ である。

4. 考察

4.1 得られたデータの意味

AB移動回数/時と疑似漁具からの平均距離について実験[1 DG-1]と[1 DG-2]を比較してみる。実験[1 DG-1]は、初めての流し網に対するイルカ1の昼間の行動の実験である。イルカは、流し網に対して3m以内には近づこうとしなかった(図6)。実験中はA区画にあり、いちどもB区画には移動しなかった。

一方実験[1 DG-2]は、26時間後[1 DG-1]と同様の実験を行ったものである。疑似漁具からの平均距離は8.01から7.05と小さくなり、AB移動回数/時は0から12.3に増えている(表4)。これはイルカが2度目の流し網で警戒をゆるめ流し網に慣れてきたことを示していると考えられる。

また実験[1 DF-1]と[1 DF-2]を比較してみると、ロープを水面上に上げた場合の[1 DF-1]より水面につけた方[1 DF-2]の方が平均距離は大きく、AB移動回数は小さい(表4)。この違いは、疑似漁具による刺激の度合いが大きくなることによって警戒の強さも大きくなるものと考えられる。

以上の実験結果から次のような推測ができる。

- 1) イルカと疑似漁具との距離が大きいほど、イルカの警戒は強い。
- 2) AB移動回数/時が小さいほど、イルカの警戒は強い。

逆に、この2つの値をイルカの警戒の度合、その逆の慣れ度合とみることが出来る。以下の考察の中で、イルカが警戒を緩めた。イルカが慣れた。という言葉を使うがこれは、イルカと疑似漁具との距離が短くなった。イルカのAB移動回数が多くなったということと同じである。

4.2 羅網のメカニズム

4.2.1 行動パターン

目視観察の結果、実験場内での疑似漁具に対するイルカの行動パターンは、大きく3つに分類できる。

「警戒」 流し網から離れて遊泳し平均距離(図7)でみて近づいて行かない状態。これは実験[1 DG-1]にみられる。なお2回目以降の疑似漁具に対して

は、「警戒」が数分か、または、次の「接近」と区別がつかないこともある(実験[1 DG-2], 図7参照)。

「接近」 区画の移動はないが流し網に徐々に近づいて行く状態。これは図7の実験[2 DG-1]の17時10分頃から20分間程度にみられる。

「慣れ」 網に近づき、区画の移動をする。これは図6の実験[1 DG-2], 実験[1 DF-1]にみられる。

なお実験[2 DG-1]で流し網を入れてから10分程度はイルカ2は区画の間を自由に移動している(図6)。最初の10分間は、イルカが危険を認識しておらず自由遊泳に近い状態であったと思われる。しかし実験開始後30分に尾ビレが羅網してから、区画の移動間隔は図8の実験[2 DG-1]に示すように長くなり、流し網からの距離も大きくなった。

実際のイルカの行動は、以上に述べた分類に当てはまらないことも多い。しかしその推移は概ね次のようなものである。初めて疑似漁具を設置したときは自由遊泳→疑似漁具の設置→危険の認識→「警戒」→「接近」→「慣れ」という経過をとる。

「慣れ」の後、新たな疑似漁具(網をロープに取り替える)や危険の再認識(網に引っかかる)等があると「慣れ」→新たな疑似漁具または危険の再認識→(「警戒」)→「接近」→「慣れ」のように行動する。

4.2.2 流し網の認知について

イルカは流し網を認知できるのか否か、は羅網メカニズムを考える上で重要である。

昼間の実験[1 DG-1], [2 DG-1]はそれぞれのイルカにとって、初めての流し網の実験である。実験[1 DG-1]では流し網に羅網したものの、それは実験を始めてから45分後である。またイルカ2は、網に接触したが羅網には至らなかった。はじめての流し網にも容易にかからなかったことから、イルカは昼間は流し網を認知できると考えられる。

また表5の観察例⑤によれば、イルカは夜でも羅網しなかったことがわかる。

実験[2 DG-2]では流し網を移動しイルカのいる区画を狭めた。するとイルカは網の下をくぐり、広い区画へ逃げた。このため表4では[2 DG-1]に比べAB移動回数/時が大きくなっている。これは流し網を認知し移動したものと考えられる。

以上のことから、昼間は十分注意していれば、イルカは流し網を認知できる。また、夜間は予め網の存在がわかっていたれば、イルカは流し網を認知できることが解った。

但し夜の観察例は、流し網を夕方から張っておいたため慣れの効果が無視できない。

また以上の実験では、網を張る前には作業船が実験場の中に入ったこと。また実験中も船を実験場脇に横付けしたため、イルカに注意を喚起した可能性がある。

4.2.3 流し網の認知部分

DF系の実験（昼間、浮子棚等）とDG系の実験（昼間、流し網）を比較してみる。表4よりAB移動回数/時では、DG系の方が小さい。つまりイルカは浮子棚より流し網を警戒している。この違いは網の有無による通り道の大きさの違いという物理的な差異も反映している。表5の観察例③をみても、浮子棚がイルカにとって認識しやすいことを示唆している。

表5の観察例②や⑤で尾ビレが接触した状況等から、網地そのものは、よく認識できていないようである。

以上のことから、イルカは、流し網の浮子棚をよく認識していると思われる

4.2.4 流し網の認知手段

流し網の認知に関わるイルカの認知手段は二つある。一つは視覚であり、もう一つはエコロケーションである。イルカは、クリックと呼ばれる超音波パルスを発射し、その反射波を受けて障害物等の位置を検知することができる。この能力をエコロケーション（反響定位）という。エコロケーションは暗闇でも使えるので、夜間や透明度の小さい時でも捕食や障害物の回避に役だっていると考えられる。

これらの二つの認知手段をどの様に使い分けしているのかを知ることは羅網防止対策を構ずる上で重要である。

視覚は、少なくとも昼間は重要な認知手段である。マイクロホンや作業船に興味を示し、体を傾けてそれらが視野にはいるように遊泳するところが観察された。また昼間は何度も網の直前でUターンするところが観察された。このような“きわどい”ターンが出来るための位置情報はエコロケーションでは得られないと思われる。

一方エコロケーションについては奇妙な結果が得られ

た。餌の有無、流し網の有無によるクリックスの頻度をまとめたものが表6である。この表から、クリックスは、餌の有無に関わらず網があるときには発生していないことがわかる。

網があるときは網がないときに比べエコロケーションを行う必要があるはずだが、実験結果はその逆であることを示している。その理由としては、流し網のような疑似漁具があるとかえってエコロケーションをしなくなる可能性。また、流し網に向かってクリックスを発射しているため、超音波パルスのビーム内にマイクロホンが入らない可能性がある。このクリックスの指向性については3.2を参照。本実験では以上のいずれの理由によるものかは特定できない。

4.2.5 クリックスの特性

イルカのクリックスの音源レベルは、125dBから150dBの範囲にあり（表7）、この最大音圧の全サンプルの相加平均は132dBである。

表8に、ネズミイルカで行われた過去のクリックスの測定についてまとめた。平均音源レベル、平均パルス間隔は、それぞれの文献に記されている全てのサンプルで相加平均したもの。但し参考文献7)の羅網後のデータは除いた。

大きな水槽では目標物からの反射波に比べ水槽の壁からの反射波が小さいため、大きな音圧のクリックスでも混信しないと考えられる。1987年の畠山らの測定した音源レベルが高いことは⁸⁾、水槽が大きいことが原因の一つと考えられる。

しかし今回は実験場の大きさが26m×16m×13m以上であり上記のいずれの実験よりも大きいにも関わらず、音源レベルは小さい水槽と変わらない。

パルス間隔も水槽の大きさを反映すると思われる。あるパルスの反射波は次のパルスを放射するまでに受波しなければならない。目標物までの距離が長いと反射波が返ってくるまで多くの時間を要し、パルス間隔を大きくしなければならない。上記の表では、データ数が少なく実験場の大きさとパルス間隔に相関があるか否かはわからない。

4.2.6 羅網過程

実験中、イルカの羅網または接触が観察されたのは全部で4回である（表5）。但し表5の観察例①は、詳細不明のため以下の議論から除く。

イルカ1、2とも羅網・接触直前には流し網の手前でターンした。またいずれも、網に接触するまでは普通の遊泳スピードで泳ぎ、特に網を避ける動作がみられなかった。また、羅網するときは体の向きは網に対して斜

表8 ネズミイルカのクリックス測定結果

研究者	年	ref.	音源レベル	パルス間隔	実験場の大きさ
Møhl	1973	6)	140dB	...	9m×5m×1m
畠山ら	1987	7)	160dB	50.5ms	17m×12m×3.5m
畠山ら	1989	8)	134dB	4.4ms	5.5m×3m×2.5m
本研究	1990	...	132dB	18.4ms	26m×16m×13m

めであり、羅網部位はヒレであった。観察例②に見られるように。頭から垂直に網に向かって羅網しない。

イルカが実験開始後いきなり羅網、接触した観察例はない。4つの例では羅網の前に数十分遊泳している。昼間の羅網は、網の存在に慣れてから起こると思われる。

以上のことから、イルカは、ヒレに羅網する。イルカが羅網するときは、網に対して斜めにつっこんだ時であることが明らかになった。さらに、昼間の羅網は網の存在に慣れてから起こると思われる。

イルカ1の羅網部位は背ビレである。これは1度目の接触の後、網から離れず網に対して平行に泳いだためである。イルカ2の羅網・接触部位は2例とも尾ビレである。これは接触または目で認識の後、網から急に離れようとしたためである。(以上詳細は表5)。この違いの原因は次の様なものが考えられる。イルカ1の場合網がイルカ側に吹かれており、網がイルカ1の上から覆いかぶさるようになっていたため背ビレにかかった。また、イルカ2は接触する前に何度か網の下や脇をくぐり抜けていた(図6)ため網の存在と危険性をイルカ1より良く認識していた可能性があることなどである。

4.3 疑似漁具以外の刺激に対する行動

4.3.1 餌

イルカの羅網原因として、餌を追いかけている時に不注意で羅網することが考えられる。実験[2NE-1]では流し網を入れない状態で船から餌を投げ入れた。このときは激しく船の周辺を往復した(表4, AB移動回数/時)。また、25日17時からの実験では、網を入れた状態で餌を投げ入れた。このとき網があるにもかかわらずAB間を頻繁に移動した。これらの実験結果は、餌がイルカの行動を活発にしイルカの警戒を弱めることを示している。但しこの実験は餌を投げ入れたものであり実験海域で魚を捕食する場合とは、かなり状況は違うと考えられる。餌を流し網の直前に吊した場合、イルカは近づくと流し網の手前で旋回し、食べようとしなかった。

4.3.2 竿で水面をたたく

実験[2DG-4]では、流し網を張った状態でイルカのいる区画の水面を竹竿でたたいた。イルカは網をくぐり反対側の区画へ逃げた。流し網はすでに前日から張ってある(図3)ため十分慣れているはずだが威嚇を警戒し網からの平均距離は8.03と全実験中最も大きい。したがってこの場合も網に絡まったり接触したりすることはない。

この実験結果は、実験海域で船のエンジン音などに驚いた場合でも流し網の位置さえわかっているならば、羅網し

ない可能性があることを示唆している。

4.4 羅網防止対策

4.4.1 超音波

同じ威嚇でも竹竿に比べ超音波には、非常に鋭い反応を示した。

超音波は周波数が20~50kHzまでランダムに変わるパルス波で、音圧は168~186dBであった。この超音波を約1秒放音1秒休止を繰り返したところ、イルカは超音波発生器から最も遠い生簀の角まですばやく泳ぎ、頭をこの音源と反対の方向に向け水面上に出した。

しかし海中では距離に反比例して音圧が減少するため流し網のような長い漁具に対しては音波発生器の数を増やさなければならない。すなわち超音波による威嚇は有効だが到達距離に問題がある。

4.4.2 ビニールひも

実験[1DG-2]では流し網に白いビニールひも(表2)を取り付けた。前日の同様な実験[1DG-1]と比較すると、AB移動回数/時は大、平均距離は小である。従ってビニールひもは特に警戒度を強める働きをしていない。但し[1DG-2]は、すでに[1DG-1]、[1DF-1]、2で流し網や浮子を経験した後なので、慣れの効果も入っている。今回の実験では、ビニールひもの威嚇効果についての判断できない。

5. まとめ

ネズミイルカによる生簀内での行動実験で次のことがわかった。以下ではネズミイルカを単にイルカと記す。

イルカの行動パターン

- ① 自由遊泳→疑似漁具の設置→危険の認識→「警戒」→「接近」→「慣れ」
- ② 「慣れ」→新たな疑似漁具または危険の再認識→(「警戒」)→「接近」→「慣れ」

流し網の認知

- ① 昼間は、十分注意していれば、イルカは流し網を認知できる。
- ② 夜間は、予め網の存在がわかっているならば、イルカは流し網を認知できる。
- ③ イルカは、流し網の浮子棚をよく認識していると思われる。

羅網過程

- ① イルカは、ヒレに羅網する。
- ② イルカが羅網するときは、網に対して斜めにつっこんだ時である。

- ③ 昼間の羅網は、網の存在に慣れてから起こると思われる。

疑似漁具以外の刺激に対する行動

- ① 餌は、イルカの警戒を弱められる。
② 超音波による威嚇は有効だが到達距離に問題がある。

謝 辞

本実験を行うにあたり、日本大学農獣医学部の添田秀男教授・嶋村哲也講師・小島助手に御協力を賜りました、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 畠山良己, 石井憲: ハンドウイルカの対網行動の観察, 北太平洋漁業国際委員会, 海産哺乳動物特別小委員会, 科学分科会 1987年3月提出文書
2) 添田秀男, 嶋村哲也, 畠山良己, 石井憲: イルカ類

の漁具素材認知に関する基礎的考察, 同分科会, 1986年3月提出文書

- 3) 畠山良己, 清水宏: 生け捕りイシイルカの飼育と音響学的調査, 同分科会, 1985年3月提出文書
4) 長谷川英一, 吉川康夫, 石井憲: 1986年第38黒森丸混獲回避調査報告, 1987年3月提出文書
5) W.E.Evans: Echolocation by marine dolphins and one species of fishwater dolphin, J. Acoust. Soc. Am. 54(1), pp.191-199, 1973
6) B. M. Møhl and S. Andersen: Echolocation: high-frequency component in the click of the Harbour Porpoise, *ibid.* 54 (5), pp. 1368-1372, 1973
7) 添田ほか: 昭和62年度漁業公害(イルカ被害)対策調査委託事業報告書 日本大学農獣医学部, 1987
8) 添田ほか: 昭和63年度漁業公害(イルカ被害)対策調査委託事業報告書 日本大学農獣医学部, 1989

Process of Harbor Porpoise's Entanglement in the Gill Net

By

Tomonari AKAMATSU, Yoshimi HATAKEYAMA and Ken ISHII

Summary

In the Bering sea and Northern Pacific Ocean, Dall's porpoises *Phocoenoides dalli* get entangled in gill nets. To reduce the number of entangled porpoises, we researched the mechanism of porpoise's entanglements. We used Harbor porpoises *Phocoena phocoena* in the coastal area of Hokkaido, Japan. Harbor porpoises are of the same family as Dall's porpoises. We observed the porpoise's behavior in the net enclosure in which we set the gill net, the float line, as well as the rope.

The results may be summarized as follows: Harbor porpoises can recognize the gill net at daytime, if they are aware of it. At night, porpoises can also recognize the gill net, if they have already know the existence of it.

Porpoises can easier recognize a line than a netting. The fin of porpoises get entangled in the gill net. When they obliquely thrust into the gill net, they get entangled in it. The food causes reduction of porpoises' cautiousness.

The source level of porpoise's clicks is in the range 125 to 150dB.