

# 与那国島のパヤオにおけるマグロ類の行動Ⅱ (パヤオ周辺でのマグロ類の餌料環境調査)

近藤 忍

## 1. 目的

パヤオ漁業は本県の重要な漁業である。しかしパヤオに蟄集するマグロの生態特性についてはよく分かっていない。そのため生態学的知見を収集し、その特性について考察することはパヤオ漁業の効率的且つ持続的利用を考える上で必要である。そこでパヤオ周辺でのマグロの行動情報を得るため、超音波テレメトリーシステムを用いた行動調査を昨年度に引き続き実施した。またパヤオでの餌料環境は滞留期間等の行動に影響する重要な要因と考えられる(太田・鹿熊, 2003; Dagorn, 2000)ことから、パヤオ周辺の餌生物情報を得るため、パヤオで漁獲されたマグロの胃内容物調査を実施した。昨年度の行動調査は与那国島海域のパヤオで9月から12月の間にキハダ42尾メバチ3尾を標識放流した。これらは最短で1日間、最長で85日間パヤオに滞留し、12月下旬までに受信が途絶えたことから、秋期に与那国島海域に滞留していたキハダ・メバチの多くが冬期に他海域へ移動すると考えられた。またキハダでパヤオに滞留している間はほぼ1日中パヤオ近傍にいるが、夕方から夜間に数時間程度パヤオを離れる行動が頻繁にみられた。パヤオは餌料環境がよくないため(Brock, 1985)、パヤオに蟄集するマグロはパヤオに付く餌生物に依存せず(清水, 1999)、索餌のためパヤオから離れる(Menard, 2000)とされ、昨年度得られたキハダの行動情報で、パヤオを離れる行動は主に索餌行動を反映したものと考察した。一方で、マグロ類の摂餌時間についてはこれまで統一した見解が得られていない。マグロは有視捕食者で主に日中摂餌する(Roger, 1994・Maldeniya, 1996)。キハダは夜間摂餌しないが、日没時に鉛直移動する中深層生物を摂餌する(Bucley・Miller1994)。小型マグロは夜間わずかに摂餌する

か全くしない(Menard, 2000)。日の出前にパヤオで漁獲されたマグロは空胃であった(Roger, 1994)。巻き網で早朝漁獲されたマグロはまだ摂餌していなかったり、夜明け頃に漁獲されたものは摂餌していたりした(Menard, 2000)。またSchaefer・Fuller(2005)はパヤオに蟄集するメバチ・カツオの夜間の胃内容物に中深層生物がみられ、日中は空胃が多いことから夜間の摂餌を示唆している等その知見は様々である。すなわち摂餌行動特性は種固有のものではなく餌料環境に応じて変化しうるものと推察される。そこで本調査では与那国島海域に設置されたパヤオにおいて行動調査によりマグロの滞留期間を明らかにし、また滞留中の行動、特にパヤオから数時間程度離れる行動について情報を収集する。胃内容物調査ではパヤオに滞留するマグロの胃内容物組成を明らかにし、その経月変化の有無について検討する。これらの情報からパヤオに滞留するマグロが周辺の餌料環境をどの様に利用しているのか、そしてそれらがマグロの滞留行動にどのような影響を与えるのかを理解しようとする試みである。昨年度の調査ではメバチの標識放流数が少なく十分な行動情報を得られていないため今回はメバチを主に調査した。特に与那国島海域は他の沖縄周辺海域と比較して、標識放流したマグロが同海域内で操業漁船に再捕される割合が小さい(近藤ほか, 2007)ことから、調査の中断が少なく調査地に適していると考え選定した。胃内容物標本は現在琉球大学理学部において分析中で、結果がまとまり次第別途報告したい。ここでは行動調査の結果のみ報告する。

## 2. 材料及び方法

### 1) テレメトリーシステムでの行動調査

与那国島海域においてコード化音波発信機と自動

記録型受信機を用いた超音波テレメトリーシステム（システムの特徴については太田・鹿熊（2001, 2002）に詳しい）により行動調査を実施した。大型鋼製浮魚礁（ニライ9号）で、2006年5月25日から26日及び8月2日と17日にあわせてキハダ5個体、メバチ9個体に発信機を付けて放流した（表1）。太田・鹿熊（2001）によると当観測システムの受信範囲は水平方向に550m以内、鉛直方向に300m以上で、標識魚はいずれも受信範囲内に放流した。受信機は5月25日から9月28日まで水面下7mのニライ9号浮体基部に設置した。

### 2) 周辺パヤオでの追跡調査

与那国島海域周辺にはニライ9号の他にパヤオが5基設置されている（図1）。ニライ9号から受信の途絶えたマグロは他のパヤオへ移動、滞留している可能性がある。そこでパヤオでの受信の有無を8月17日9:03～9:18に西（いり）パヤオ、9:32～9:47に中（なか）パヤオ、14:43～14:58に中層1、15:05～15:20に中層2、15:38～15:53に中層3で、各々受信機を船から水中2mに垂下して確認した。

### 3) 標識魚の尾又長組成

標識放流したキハダ5尾の平均尾又長は47.6cm、またメバチ9尾の平均尾又長は50.0cmであった（図2）。

## 3. 結果

### 1) 受信期間

各標識魚の受信状況を図3に示した。標識魚の受信が開始された日から、最後に受信が途絶えた日までを受信期間とすると、5月25～26日に放流したキハダ2尾、メバチ8尾の受信期間はキハダで1～2日間、メバチは2～81日間で、8月13日までに全ての標識魚の受信が途絶えた。8月2日と17日に放流したキハダ3尾、メバチ1尾の受信期間はキハダで2～16日間、メバチは2日間で、8月26日までに全ての受信が途絶えた。以後9月28日までに同パヤオで再受信された個体はいなかった。全標識魚の受信期間は以下の3つに分類できた。1. 放流後1～3日の短期間で受信が途絶えたもの（キハダ標識No. 1, 2, 12, メバチ標識No. 3, 13）。2. 10～22日間1

表1. 標識魚の放流情報

NO.	標識番号	種名	放流日	放流時刻	尾又長 (cm)
1	ID212	キハダ	2006. 5. 25	15:14	50.5
2	ID84	キハダ	2006. 5. 26	8:18	51.0
3	ID227	メバチ	2006. 5. 26	7:12	53.0
4	ID233	メバチ	2006. 5. 25	15:50	49.3
5	ID24	メバチ	2006. 5. 25	14:53	50.0
6	ID17	メバチ	2006. 5. 25	15:02	53.0
7	ID23	メバチ	2006. 5. 25	14:52	52.0
8	ID253	メバチ	2006. 5. 25	15:20	53.0
9	ID218	メバチ	2006. 5. 25	15:37	51.8
10	ID18	メバチ	2006. 5. 25	15:04	49.0
11	ID85	キハダ	2006. 8. 2	6:25	56.1
12	ID87	キハダ	2006. 8. 17	5:50	40.5
13	ID88	メバチ	2006. 8. 17	7:55	39.0
14	ID86	キハダ	2006. 8. 17	8:37	40.0

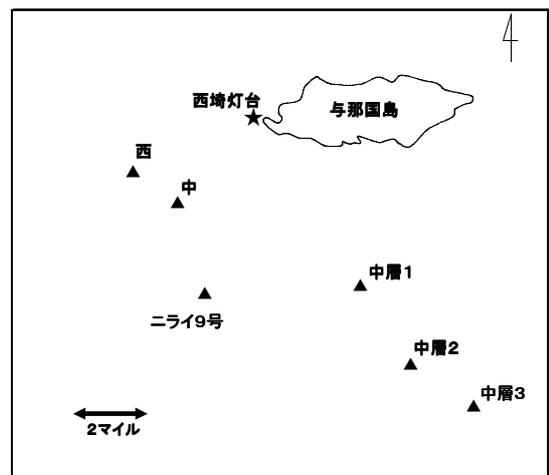


図1. 与那国島周辺海域のパヤオ配置図

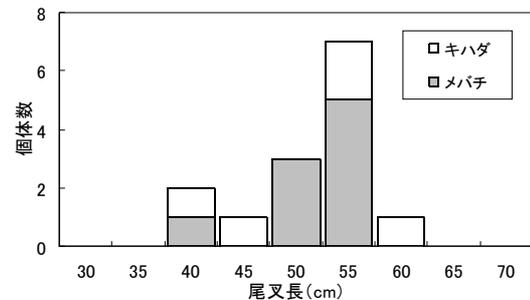


図2. 標識魚の尾又長組成

日以上途絶えることなく連続的に受信があったもの（キハダNo.11,14, メバチNo. 4, 5, 6）。3. 75～81日間の長期間で断続的に受信があったもの（メバチNo. 7, 8, 9, 10）。これは5月に放流したメバチ4尾で、受信期間中に数日～数十日間（1.5～39.3日）受信が途絶えることが時折あった。

### 2) 受信状況

全標識魚（キハダ5尾、メバチ9尾）について1時間当たりの受信頻度の変化をみると、うちキハダ1

尾、メバチ7尾に数時間程度受信が全く途絶えることが時折あった。図4に全標識魚（標識魚No.1のキハダは放流直後に散逸したので割愛した）の受信期間の1時間当たりの受信頻度の変化を個体毎に示し、うち数時間程度（1時間以上24時間未満）受信が途絶えた際は白矢印で図示した。今回使用した発信器の発信間隔はおよそ99秒間に1回で、1時間当たり約36回発信する。仮にある標識魚が発信する音波を1時間で18回受信すると1時間当たりの受信頻度は50%となり、また1度も受信しなければ受信頻度は0%となる。キハダは標識魚No.2とNo.12は受信期間が2日間で、その間受信が途絶えることはなかった（図4-1, 2）。標識魚No.11とNo.14は受信期間が15日間で7日間で、その最後日に受信の途絶えがあった（図4-3, 4）。メバチは標識魚No.3とNo.13は受信期間が2～3日間で、その間受信の途絶えはなかった（図4-5と6）。標識魚No.4～6は受信期間が12～22日間で、放流後数日間は受信の途絶えは殆どなかったが、6月4日以降時折み

られた（図4-7, 8, 9）。標識魚No.7～10は受信期間が74～81日間で、放流後数日間は受信の途絶えは殆どなかったが、放流後6～21日以降頻繁にみられた。いずれの個体も受信期間の途中で数日～数十日間受信が途絶えた後再受信し、その後8月中旬に最後に受信がなくなるまでの間、数時間程度の受信の途絶えは頻繁にみられ、いくつかの個体で日周期的な規則性があった（図4-10, 11, 12, 13）。今回標識放流したキハダ5尾の延べ受信時間の合計は671.2時間で、その間1日以上受信が途絶えることはなく、数時間程度受信の途絶えることが2尾で延べ3回あった。一方、メバチ9尾の延べ受信期間349.8日（8,396時間）から1日以上受信が途絶えた期間121.1日間（2907.3時間）を除いた（延べ受信期間に対する1日以上受信が途絶えた期間の割合は34.6%）受信時間の合計は5,488.7時間で、その間うち7尾のメバチに数時間程度（1時間以上24時間未満）の受信の途絶えが延べ330回あり、その合計は1,272時間で、受信時間の合計に対する割合は23.1%であっ

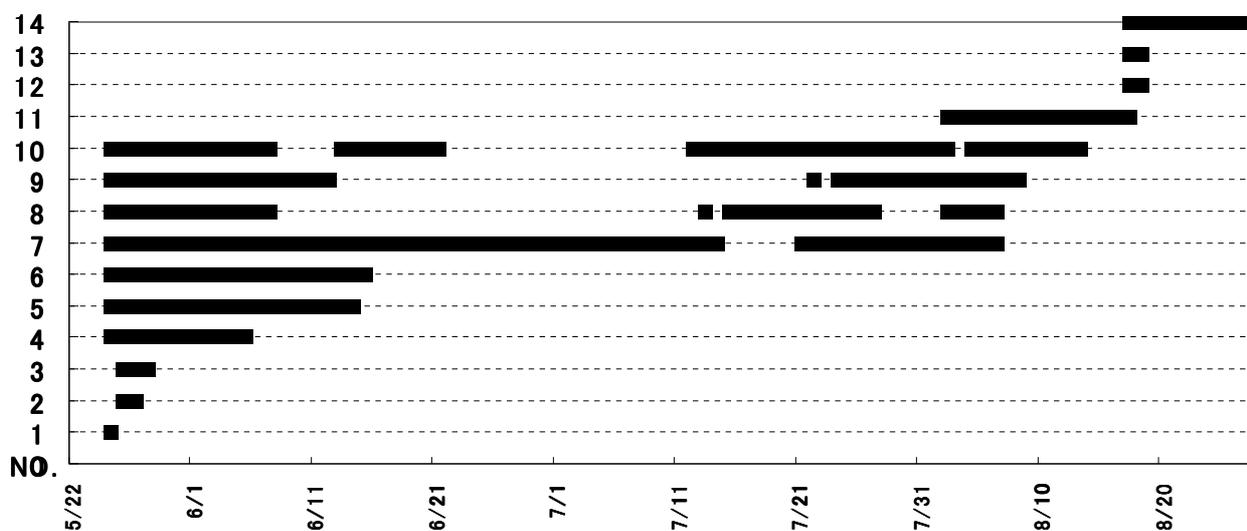


図3. 標識魚の音波受信状況（NO.1～14は表1に示した標識魚の番号，黒横棒■は24時間以内に継続して受信があったことを示す。受信機は5月24日から9月28日まで設置した。）

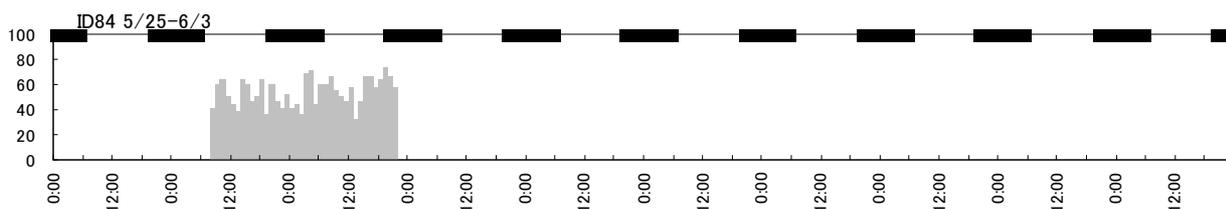


図4-1. 標識魚（キハダNO.2, ID84）の1時間当たりの受信頻度の変化，2日間のデータ（黒横棒は夜間を示す。）

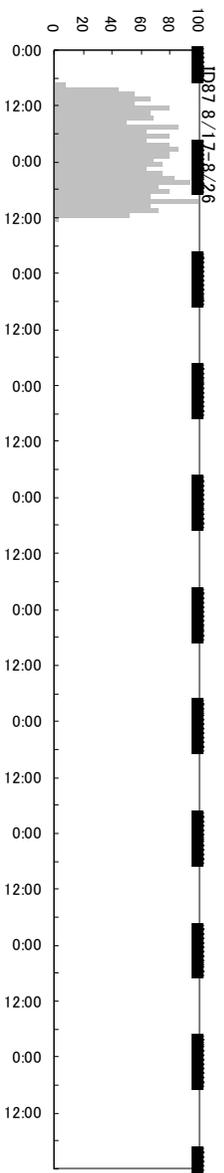


図4-2. 標識魚（キハダNO.12, ID87）の1時間当たりの受信頻度の変化，2日間のデータ（黒横棒は夜間を示す。）

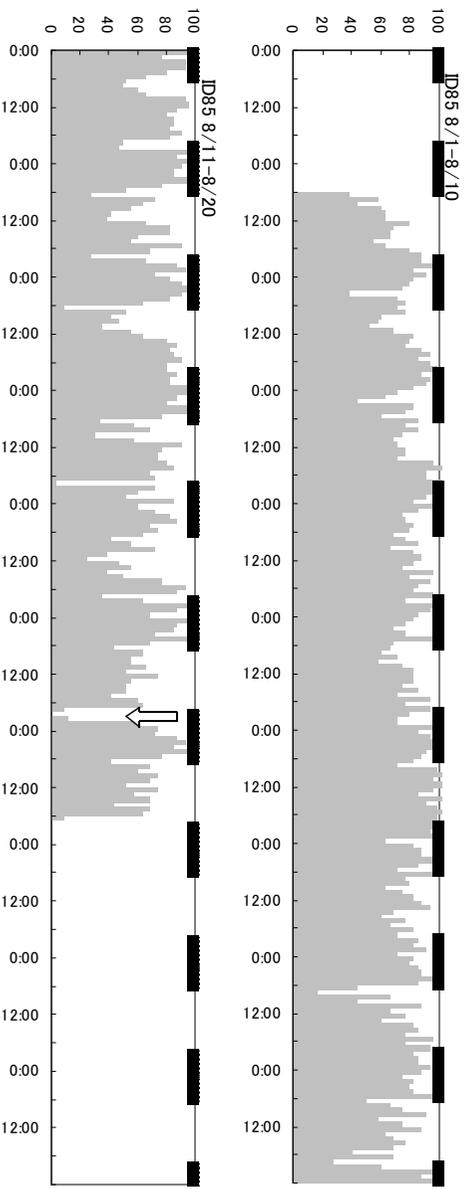


図4-3. 標識魚（キハダNO.11, ID85）の1時間当たりの受信頻度の変化，15日間のデータ（黒横棒は夜間を，白矢印は1時間以上24時間未満の受信の途絶を示す。以下図4-4，5，6も同様。）

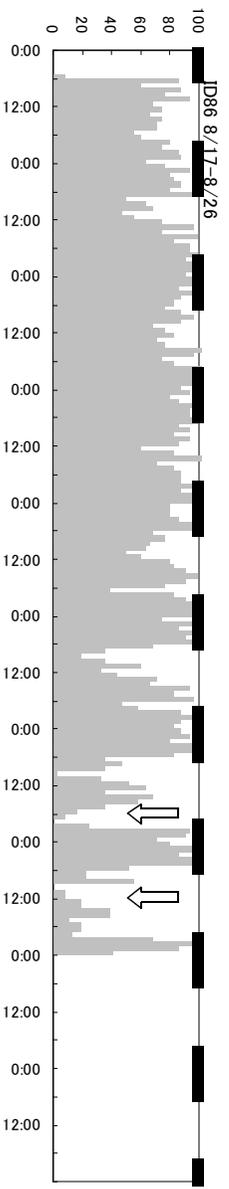


図4-4. 標識魚（キハダNO.14, ID86）の1時間当たりの受信頻度の変化，7日間のデータ

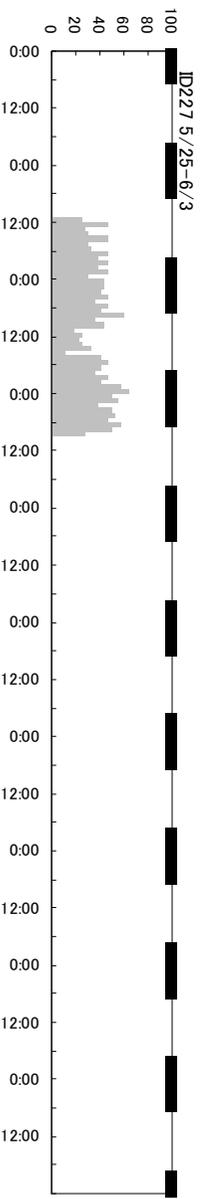


図4-5. 標識魚（メバチNO.3, ID227）の1時間当たりの受信頻度の変化，2日間のデータ

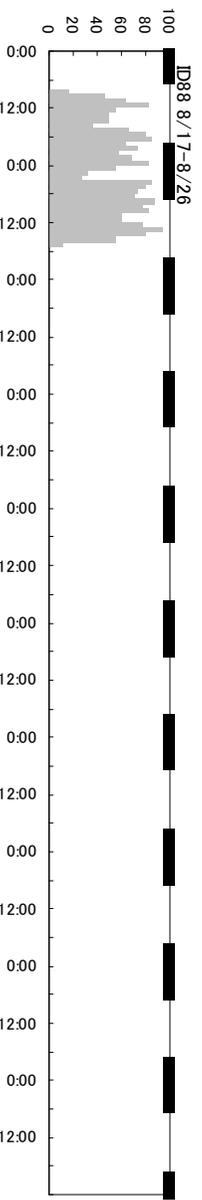


図4-6. 標識魚（メバチNO.13, ID88）の1時間当たりの受信頻度の変化，2日間のデータ

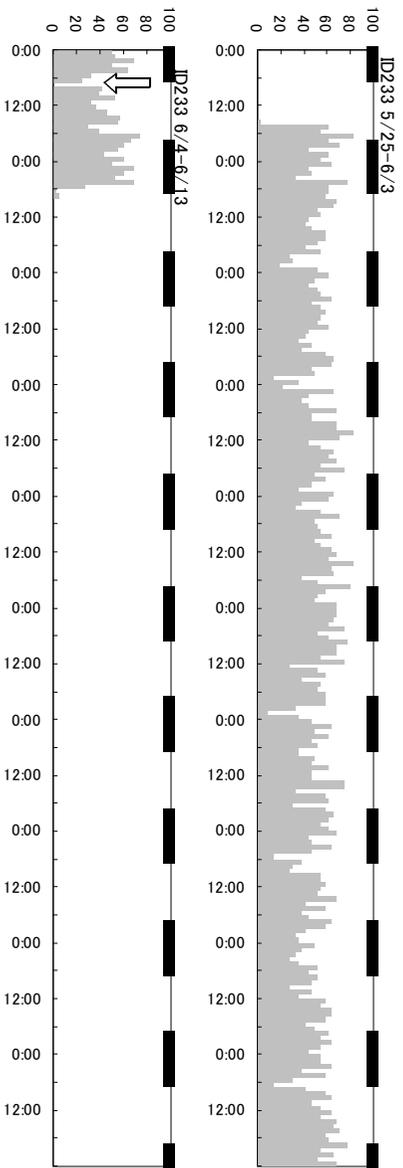


図4-7. 標識魚（メバチNO.4，ID233）の1時間当たりの受信頻度の変化，12日間のデータ（黒横棒は夜間を，白矢印は1時間以上24時間未満の受信の途絶を示す。以下図4-8から図4-13まで同様。）

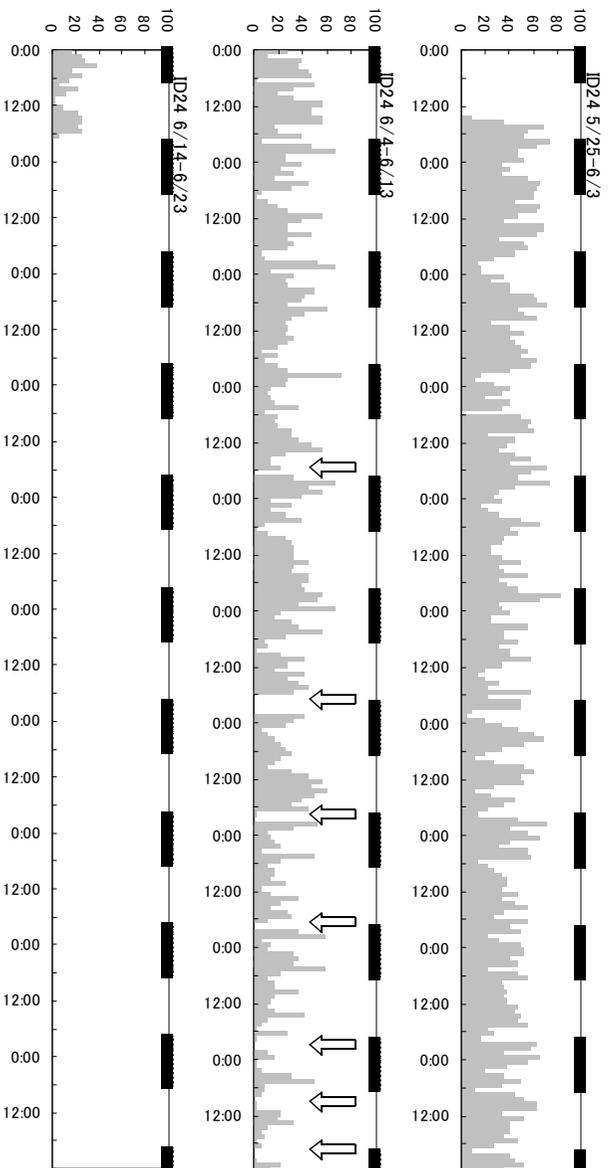


図4-8. 標識魚（メバチNO.5，ID24）の1時間当たりの受信頻度の変化，21日間のデータ

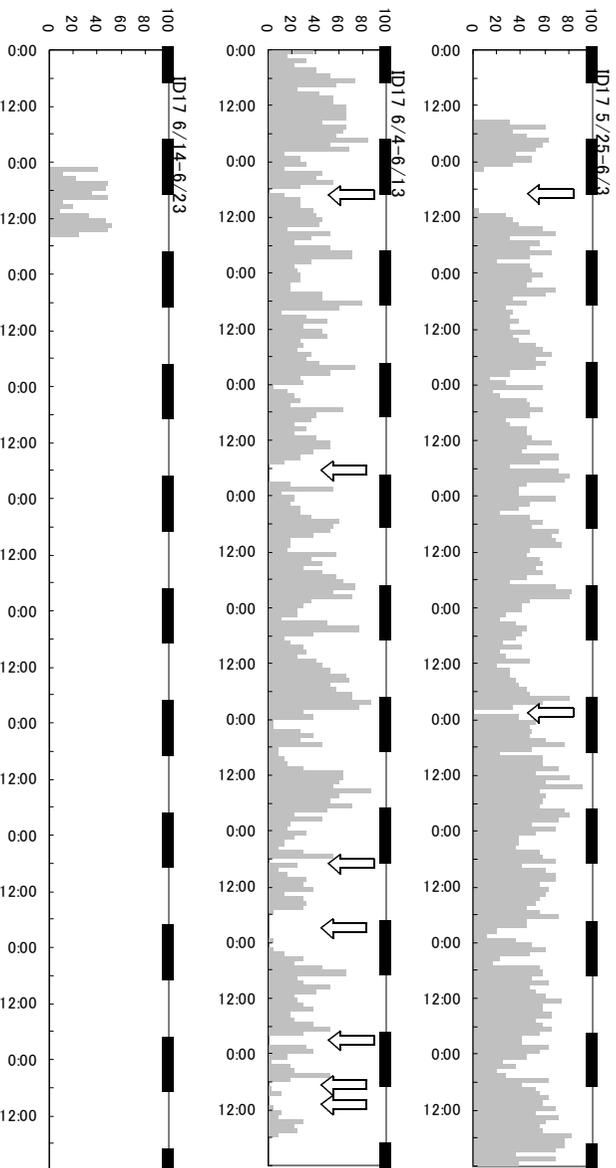


図4-9. 標識魚（メバチNO.6，ID17）の1時間当たりの受信頻度の変化，22日間のデータ

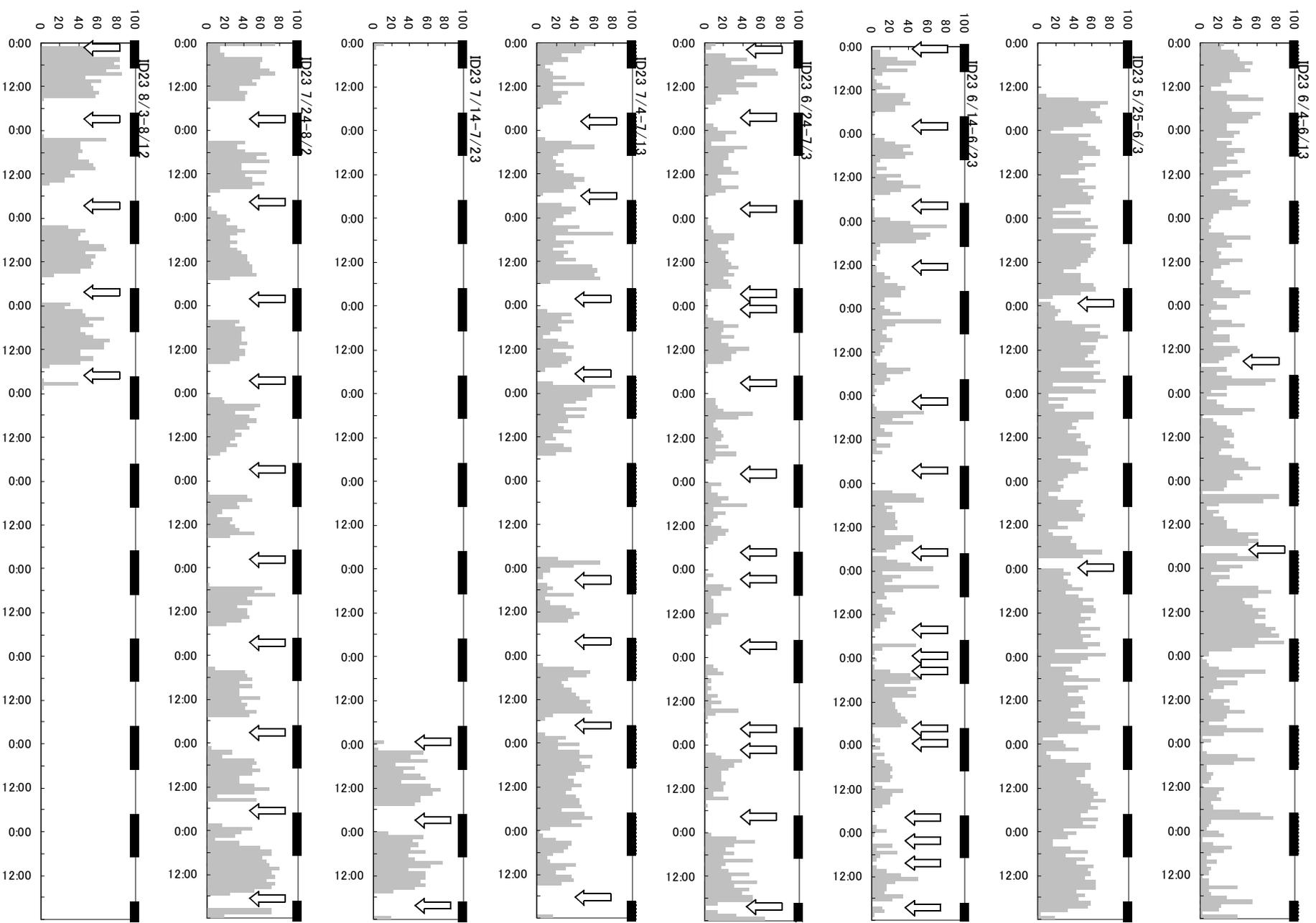


図4-10. 標識魚（メバチNO.7，ID23）の1時間当たりの受信頻度の変化，74日間のデータ

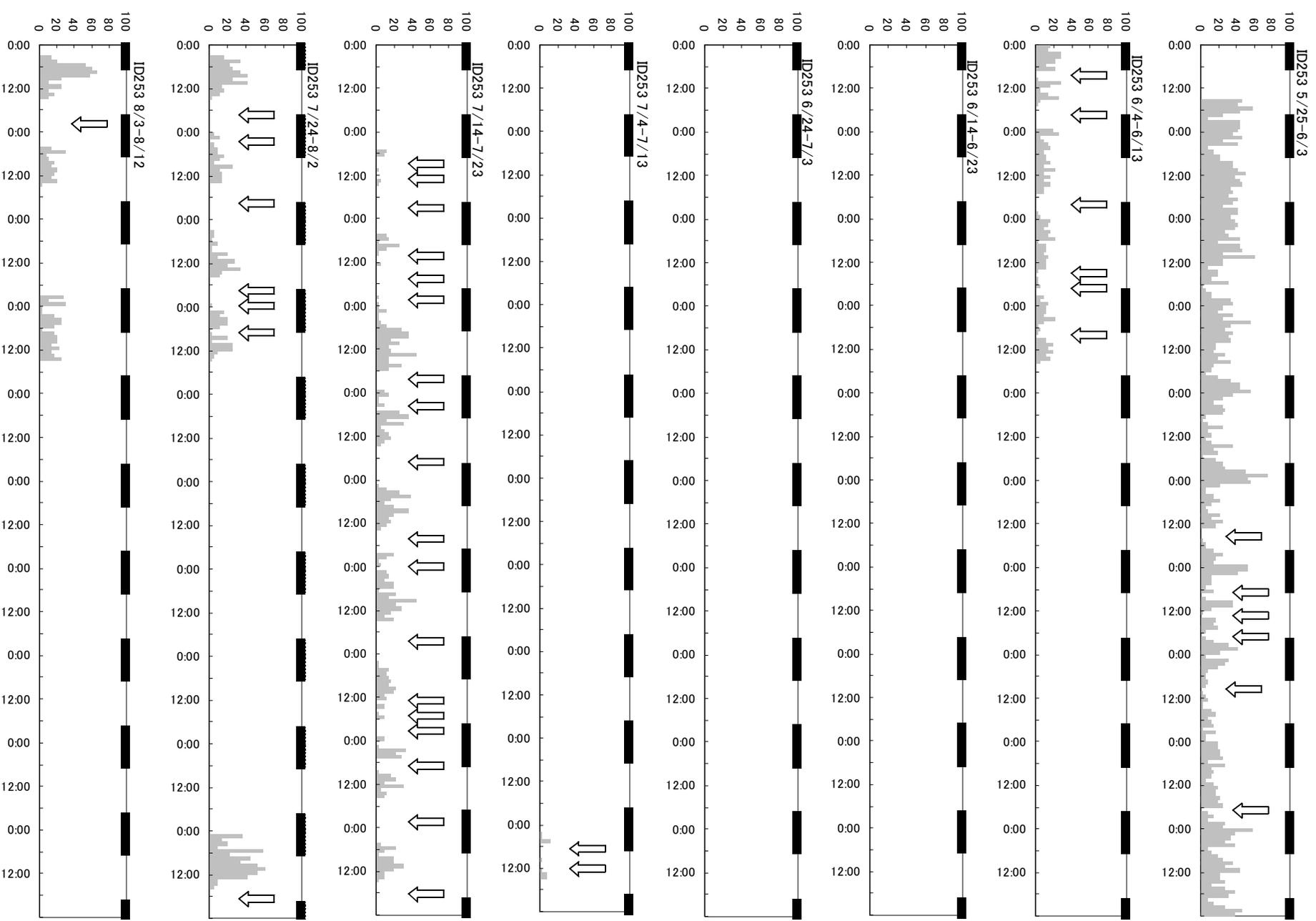


図4-11. 標識魚（マハチNO.8，ID253）の1時間当たりの受信頻度の変化，74日間のデータ

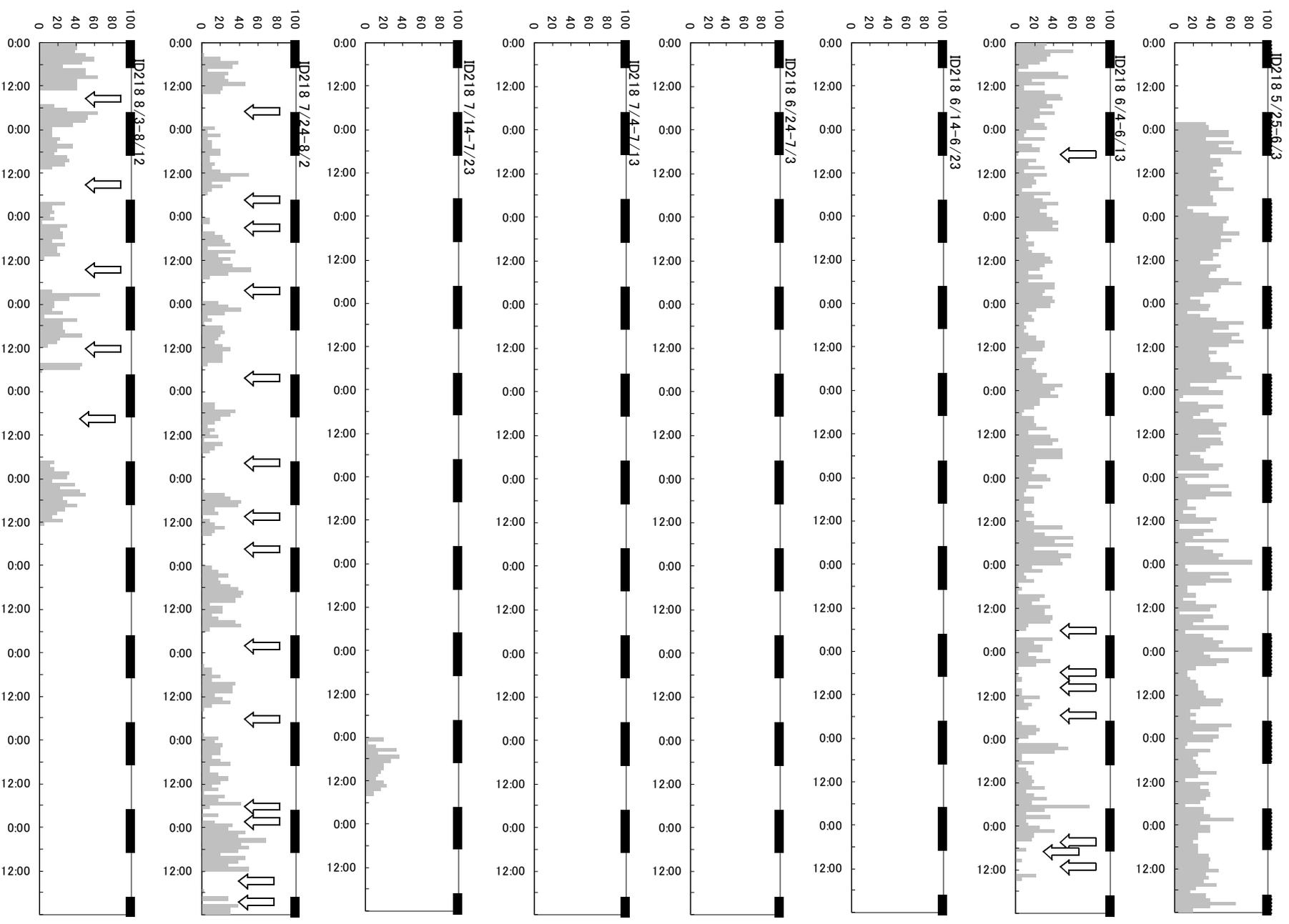


図4-12. 標識魚（メバチNO.9, ID218）の1時間当たりの受信頻度の変化，76日間のデータ

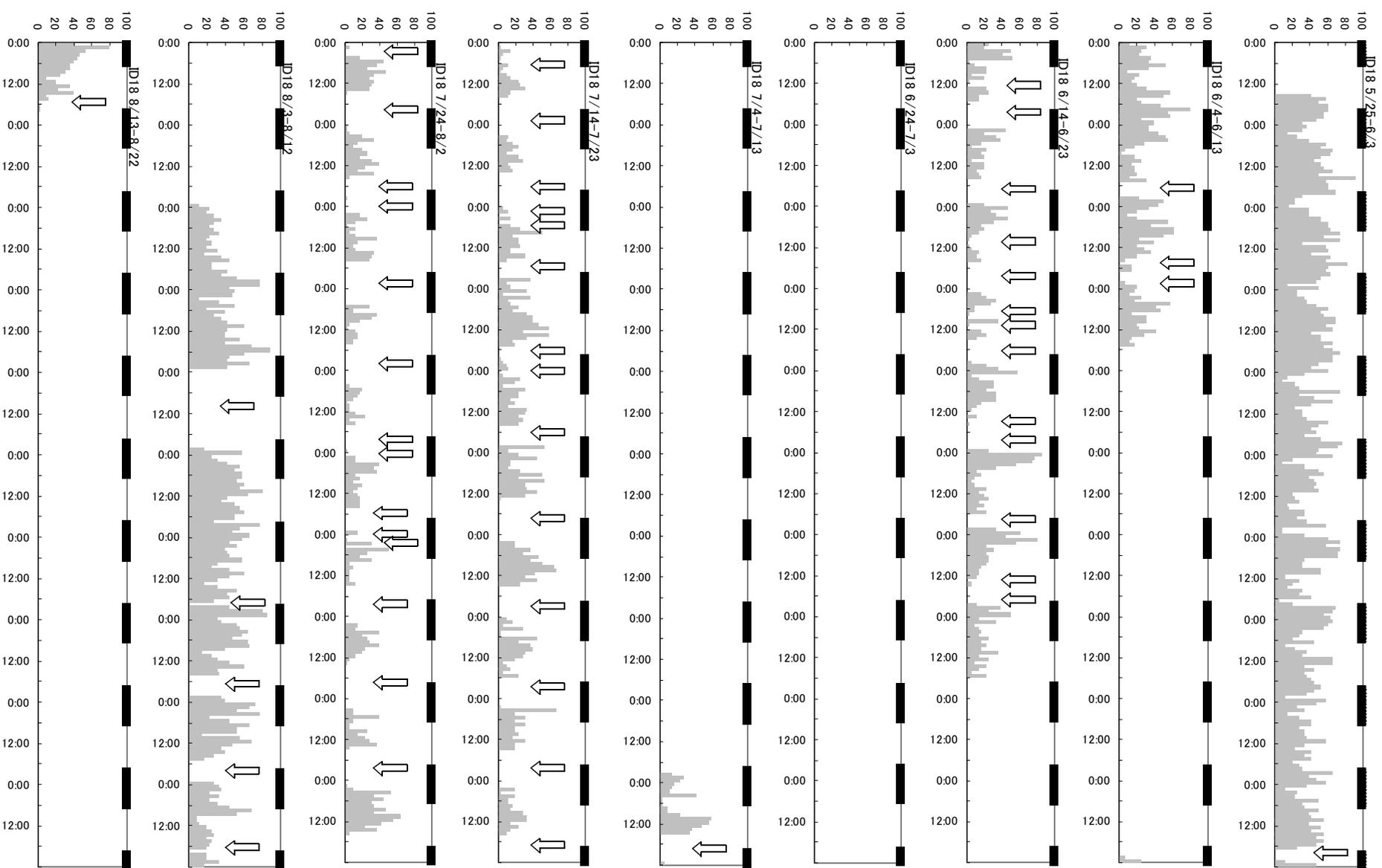


図4-13. 標識魚（メバチNO.10, ID18）の1時間当たりの受信頻度の変化，81日間のデータ

た。図5にメバチのこれら受信の途絶が個々どれくらいの時間であったか、時間別頻度分布を個体毎に示した。データ数の少なかった標識魚No. 4以外でみると1時間以上2時間未満が49～83%を占める一方、10時間以上が0～15%あった。図6にメバチで延べ330回あった受信の途絶回数について、受信の途絶が始まった時刻の時間帯別頻度分布を個体毎に示した。データ数の少なかった標識魚No. 4, 5, 6以外でみると各個体はほぼどの時間帯にも受信の途絶えがあったが、2時間未満のものは深夜から早朝（1時台～6時台）に比較的頻度が高く、標識魚No. 7, 8では夜間（21時台～23時台）も高かった。2時間以上のものはいずれの個体も午後から夕方（14時台～17時台）に比較的高かった。図7にメバチで延べ1,272時間（≒76,319分）あった受信の途絶の時間帯別頻度分布を個体毎に示した。データ数の少なかった標識魚No. 4以外でみるといずれの個体も夕方から夜間（18時台～21時台）で比較的頻度が高く、標識魚No. 6では早朝（6時台～8時台）も高かった。図8にメバチの受信の途絶回数（330回）について、受信の途絶が始まった時刻の時間帯別頻度分布を全個体あわせて示した。どの時間帯にも受信の途絶えがあったが、各時間帯毎の受信の途絶回数を1時間以上2時間未満と2時間以上に分けて統計学的に比較したところ（母平均の差の複数項目比較、 $P < 0.05$ ）、1時間以上2時間未満の受信の途絶は深夜（1時台）と早朝（5時台～6時台）の時間帯が午前から夜間（9時台～20時台、ただし11時台除く）より有意に高く、2時間以上は午後から夕方（14時台から17時台）が他の時間帯より有意に高かった。図9にメバチの受信の途絶の延べ時間（1,272時間≒76,319分）について、時間帯別頻度分布を全個体あわせて示した。各時間帯毎の延べ時間数を統計学的に比較したところ（母平均の差の複数項目比較、 $P < 0.05$ ）、夕方から夜間（18時台～21時台）が17時台と22時台を除く他の時間帯より有意に高かった。

#### 4) 周辺パヤオでの追跡調査

いずれのパヤオでも受信はなかった。

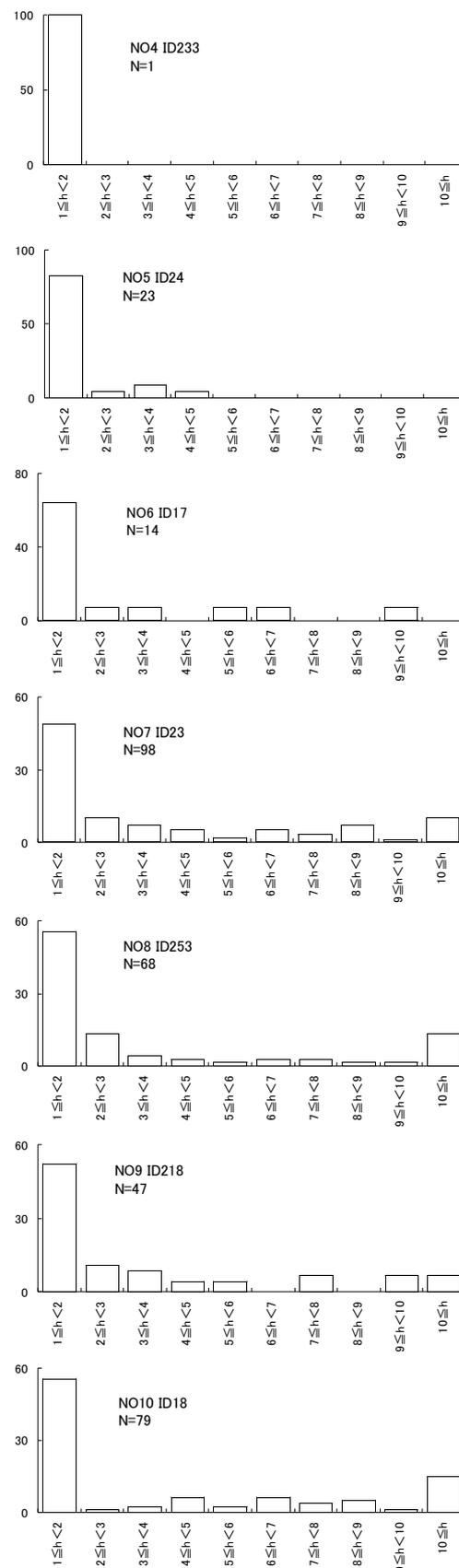


図5. メバチ個体別の数時間程度の受信の途絶の時間帯別頻度分布

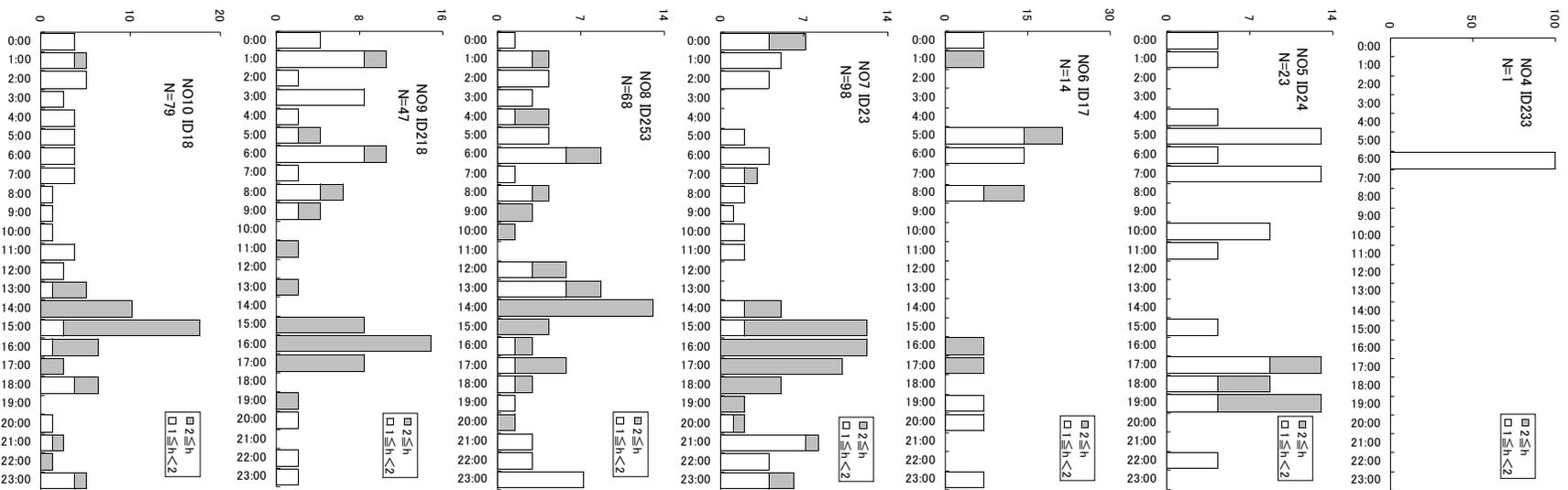


図6. メンバチ個別別の受信の途絶回数の時間帯別頻度分布 (例えば14:50から16:50まで2時間の受信の途絶えがあった場合は14時台に2時間以上の受信の途絶が1回あったと計数した)

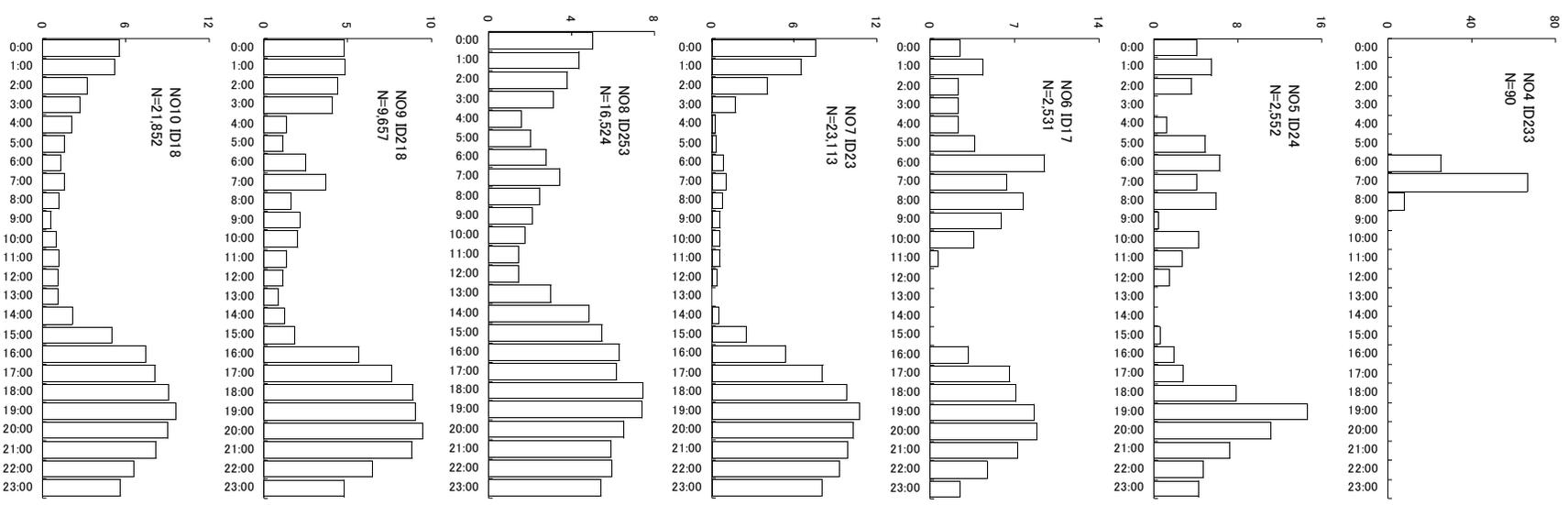


図7. メンバチ個別別の延べ受信の途絶時間の時間帯別頻度分布 (例えば14:30から1時間の受信の途絶があった場合は14時台に30分間、15時台に30分間あったと計数した)

#### 4. 考察

##### 1) 滞留と移動

各標識魚は受信のあった期間中は与那国島海域に滞留していたと考えられた。ただし、5月に放流したメバチ4尾は受信期間が74~81日間の長期におよび、この間各個体には1週間から1ヶ月間以上受信が途絶えることがあったが、その際当海域に留まったか否か移動の範囲はわからない。5月に放流した標識魚は8月中旬までに全ての個体の受信が途絶えた。また8月に放流した標識魚は8月下旬までに全て受信が途絶えた。また8月17日の追跡調査では他のパヤオで受信がなかったことから、それ以前に受信の途絶えた標識魚が他のパヤオに移動、滞留していたとは考えられない。これらのことから、春期に与那国島海域のパヤオに滞留していたキハダ・メバチの多くは夏期に他海域に移動することが示唆された。

##### 2) パヤオへの滞留行動

今回は特にパヤオに滞留する複数個体のメバチについて長期間の行動情報を得ることができた。一方、キハダは総じて放流後短時間で受信が途絶えたことから滞留行動を考察するに十分なデータを得ることができなかった。メバチは受信時間に対する受信の途絶時間の割合が小さいことから、パヤオへ滞留していた日にはその近傍からほとんど離れることなく周辺550mの範囲に分布していたと考えられた。一方、太田・鹿熊(2002)は同様のテレメトリーシステムを使用した行動調査の中で、受信頻度の変動は水平移動距離の変化で、受信がない場合パヤオから離れて行動しているとしている。このことから今回の調査で観測された数時間程度の受信の途絶えはメバチがパヤオから一時的に離れて遊泳した行動を反映したと考えられた。これらのメバチは同じパヤオに同時期に滞留しており、また受信の途絶パターンが似ていたことから(図5, 6, 7), 得られた行動情報をあわせて解析し、群レベルの行動特性を評価できると考えられた。受信の途絶回数の増加はパヤオから水平方向への移動が頻繁にあったことを示しており、深夜と早朝に短時間(1時間以上2時間未満)且つ頻繁にパヤオから離れる行動が発現

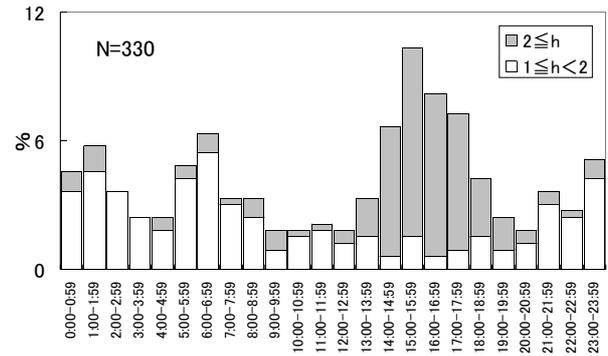


図8. メバチ全個体(7尾)の受信の途絶回数の時間帯別頻度分布

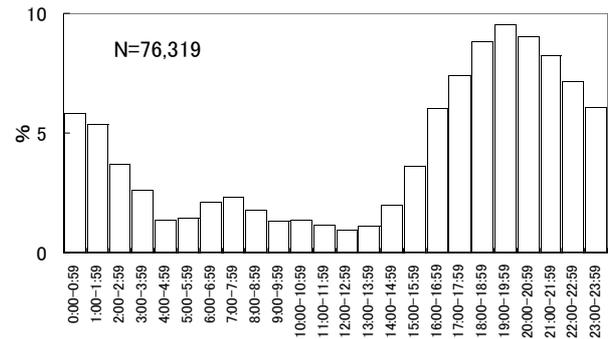


図9. メバチ全個体(7尾)の延べ受信の途絶時間の時間帯別頻度分布

し、また午後から夕方は長時間(2時間以上)且つ頻繁にパヤオから離れる行動が発現するが(図8), その結果パヤオから最も長時間離れる時間帯は夕方から夜間であった(図9)。これはパヤオに滞留するメバチ群がこの時間帯にパヤオから比較的離れて遊泳していることを示唆しており、操業の際はこのような行動特性に留意が必要である。また短時間と長時間の受信の途絶が発現する時間帯が異なることはこれら2つのパヤオから離れる行動はその内的もしくは外的要因が異なることを示唆しており興味深い。今回の調査では数時間程度受信が途絶えた際メバチがパヤオからどの程度離れたのか、その範囲はわからない。Hollandほか(1990)はバイオテレメトリーを用いた追跡調査の結果から、メバチ(1個体, 体長57cm)の平均遊泳速度は2.84km/hとしている。受信の途絶の多くが10時間未満であったことから(図5), 仮に直線的に往復移動するとパヤオからの移動範囲は14.2km未満である。

Brock (1985)はパヤオで漁獲されるキハダに空胃が多いことから、パヤオの餌料環境がよくないことを示唆している。清水ほか(1999)はパヤオで漁獲されたキハダの胃内容物を調べたところ、パヤオに集まる小魚等をほとんど食べていなかった。Menardほか(2000)はパヤオに蝟集する小型のキハダ・メバチについて、空胃が多いとともにヤベウキエソ等の中深層性魚や頭足類(これらはパヤオに付いた生物ではない)を食べており、索餌のためパヤオから離れる必要があるとしている。またSchaefer・Fuller(2005)はマグロ類の食性に関する過去の研究はその標本の多くが日中漁獲されたもので、潜在的に偏りがあると指摘した上で、パイオテレメトリー調査で、パヤオに蝟集するメバチ・カツオが夜間分散し、夜明けにパヤオに再び蝟集する行動がみられ、夜間の胃内容物は主にヨコエソ科、ハダカイワシ科、頭足類がみられた一方、日中は空胃が多かったとしている。これらの報告はパヤオに蝟集するマグロ類が、パヤオに付く餌生物に依存しておらず、索餌の際はパヤオから分散または離れること、特にSchaefer・Fuller(2005)はメバチ・カツオの夜間の索餌を示唆しており興味深い。今回観測された数時間程度の受信の途絶えは主に索餌行動を反映したものかもしれない。

## 文 献

Brock R. E., 1985 : Preliminary study of the feeding habits of pelagic fish around Hawaiian fish aggregation devices or can fish aggregation device enhance local fisheries productivity? . Bull. Mar. Sci. 37(1), 40-49.

Buckley T. W., Miller B. S., 1994 : Feeding habits of yellowfin tuna associated with fish aggregation devices in American Samoa. Bull. Mar. Sci. 55, 445-459.

Dagorn L., Josse E., and Bach P., 2000 : Individual differences in horizontal movements of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in nearshore areas in French Polynesia, determined using ultrasonic telemetry. Aquat. Living Resour. 13,

193-202.

Holland K. N., R. W. Brill and R. K. C.

Chang., 1990 : Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. Fish. Bull. US. 46, 28-32.

近藤忍, 松本隆之, 仙波靖子, 2007 : 沖縄周辺のマグロ類の移動(マグロ類回遊行動生態調査). 平成17年度沖縄県水産試験場事業報告書, 20-25.

Menard F., Stequert B., Rubin A., Herrera M. and Marchal E., 2000 : Food consumption of tuna in the Equatorial Atlantic ocean : FAD-associated versus unassociated schools. Aquat. Living Resour. 13, 233-240.

Maldeniya R., 1996 : Food consumption of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in Sri Lankan waters. Env. Biol. Fish. 47, 101-107.

太田格, 鹿熊信一郎, 2001 : パヤオ漁業効率化試験. 平成11年度沖縄県水産試験場事業報告書, 17-26.

太田格, 鹿熊信一郎, 2002 : パヤオ周辺でのマグロ類の遊泳行動. 平成12年度沖縄県水産試験場事業報告書, 25-33.

太田格, 鹿熊信一郎, 2003 : パヤオ周辺でのマグロ類の行動長期モニタリング. 平成13年度沖縄県水産試験場事業報告書, 27-40.

Roger C., 1994 : Relationships among yellowfin and skipjack tuna their prey-fish and plankton in the tropical western Indian Ocean. Fish. Oceanogr. 3, 133-141.

Schaefer K. M., Fuller D. W., 2005 : Behavior of bigeye (*Thunnus obesus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) tunas within aggregations associated with floating objects in the equatorial eastern Pacific. Marine Biology. 146, 781-792.

清水弘文, 水戸啓一, 小林正裕, 矢野和成, 小菅丈治, 1994 : 大型浮魚礁周辺の魚類相. 西海区水産研究所主要研究成果集第2号, 14-15.