

# パヤオ周辺でのマグロ類の遊泳行動\*1

太田 格・鹿熊信一郎

## 1. 目的

パヤオ漁業は本県の沿岸漁業生産量の20%以上を占める重要な漁業である<sup>1)</sup>。その中でもマグロ類(主にキハダ, メバチ)は生産量, 生産額ともに最も大きく, パヤオ漁業の最重要種である。しかし, パヤオへの蝟集要因, 効果範囲, 滞在期間, 来遊および移出のタイミングなどパヤオに集まるマグロ類の生物特性についてはよく分かっていない。本調査は, このような生物特性を解明し, 適切なパヤオ漁場の造成, 漁業の効率化およびマグロ類資源の持続的利用を図ることを目的としている。

## 2. 材料および方法

本調査では, 平成11年度からコード化超音波発信機(VEMCO社 V16R-4H-R256, 69 kHz)と自動記録型受信機(VEMCO社 VR1)による行動観測システムを用いている<sup>2)</sup>。コード化超音波発信機は, 個体識別できる発信機である。このシステムは, マグロ類に埋め込んだ発信機からの音波信号を, 耐久性浮魚礁ニライ号(N)に設置したVR1受信機によって受信し, パヤオでの標識マグロの滞在を記録するものである。

平成11年度に使用したコード化超音波発信機は約60秒に1回発信するように設定された21ヶ月間の電池寿命もつもの(type Aとする)であった。平成12年度からは, 約90秒に1回発信するよう設定し

たもの(type B)を使用し, 電池寿命を28ヶ月に延ばした。

調査および操業は, 主に水産試験場調査船「図南丸」(176トン)で沖縄諸島周辺海域のニライ号で行った。漁法は主に一本釣(流し釣り, たて縄など)と曳縄を用い, 釣獲されたマグロには速やかに発信機を埋め込み, 放流した。発信機はマグロの腹腔内に挿入した。このときの手術による傷口は, 外科用瞬間接着剤(3M社製 vetbond)か, 吸収性合成縫合糸(ETHICON社製, Coated VICRYL)のどちらかを用いて閉じた。受信機は1999年5月に設置したN1号(知念沖)とN8号(糸満沖)の2箇所

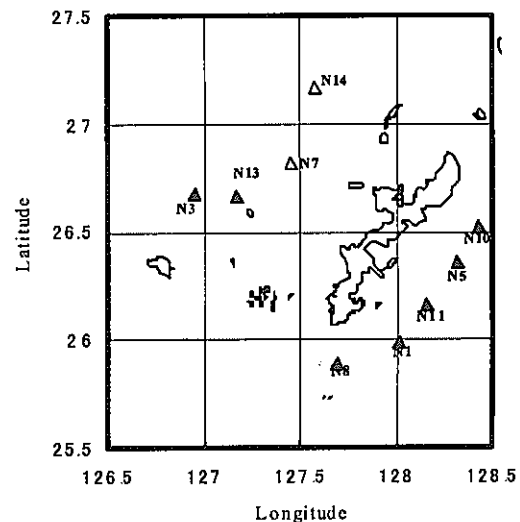


図1. ニライ号の位置および受信機の配置

▲受信機設置 △受信機なし

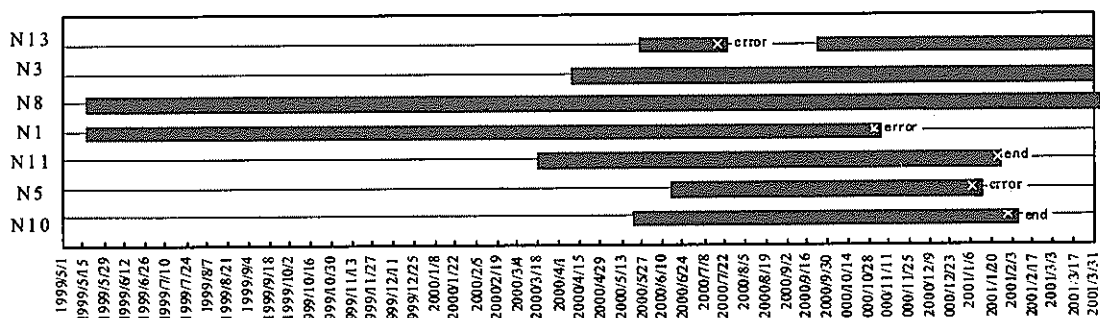


図2. 1999年5月-2001年3月の各ニライ号のVR1受信機設置状況

end: 観測調査終了, error: 機器の不調のため中断

\*1 パヤオ漁業効率化試験の一環

Tag & Release				Monitoring							
Site	ID# - CRD#	FL (cm)	Date	Site	Beginning of detection	End of detection	Residence days	Detection	Moving to other FAD	Recapture at	Pattern of behavior
N1	YF3-1	47.5	1999/8/18	N1	1999/8/18	1999/8/18	1	ok	To N8		
	YF3-2	-	-	N8	1999/9/30	1999/9/7	5	ok			A
	YF4-1	95.0	1999/9/30	N1	1999/9/30	1999/10/14	15	interrupt		N1	B
	YF5-1	51.5	1999/9/30	N1	1999/9/30	1999/10/16	17	ok			A
	YF30-1	50.5	2000/6/2	N1	2000/6/2	2000/6/12	11	ok		Kin bay	E
	YF49-1	45.2	2000/9/22	N1	2000/9/22	2000/9/24	3	ok			
	YF50-1	46.0	2000/9/22	N1	2000/9/22	2000/10/3	12	ok			A
N3	YF14-1	93.0	2000/4/13	N3	2000/4/13	2000/4/18	6	ok			E
	BE24-1	59.5	2000/5/30	N3	2000/5/30	2000/6/15	17	ok	To N13		D
	BE24-2	-	-	N13	2000/6/17	2000/6/29	13	ok	To N3		D
	BE24-3	-	-	N3	2000/7/18	2000/7/30	13	ok			D
	BE24-4	-	-	N3	2000/8/3	2000/8/6	4	ok			
	YF25-1	53.5	2000/5/30	N3	2000/5/30	2000/6/2	4	ok			
	YF26-1	51.5	2000/5/30	N3	2000/5/30	2000/6/25	27	interrupt		N3	B
	YF27-1	91.0	2000/5/30	N3	2000/5/30	2000/6/3	5	ok			E
	YF41-1	58.0	2000/7/19	N3	2000/7/19	2000/8/5	18	ok		Itoman	B
	YF42-1	53.5	2000/7/19	N3	2000/7/19	2000/8/9	22	ok			C
YF43-1	50.5	2000/7/19	N3	2000/7/19	2000/8/18	31	ok			C	
N5	YF31-1	53.0	2000/6/20	N5	2000/6/20	2000/7/21	32	ok			A
	YF31-2	-	-	N5	2000/8/23	2000/8/24	2	ok			
	YF48-1	53.5	2000/9/21	N5	2000/9/21	2000/10/7	17	interrupt		N5	A
	YF58-1	92.3	2000/10/17	N5	2000/10/17	2000/10/26	10	interrupt		N5	E
	YF59-1	56.8	2000/10/17	N5	2000/10/17	2000/10/17	1	ok		Nakagusuku	
	YF60-1	60.8	2000/10/17	N5	2000/10/17	2000/10/17	1	ok		N5	
N8	YF2-1	59.8	1999/10/13	N8	1999/10/13	1999/11/5	24	ok			A
	YF6-1	99.0	1999/10/14	N8	1999/10/14	1999/10/14	1	ok			
	BE7-1	56.0	1999/10/14	N8	1999/10/14	1999/10/29	16	ok			A
	YF8-1	61.0	1999/10/15	N8	1999/10/15	1999/10/24	10	ok			A
	BE9-1	64.0	1999/10/15	N8	1999/10/15	1999/10/15	1	ok			
	BE10-1	64.0	1999/10/15	N8	1999/10/15	1999/10/15	1	ok			
	YF11-1	66.0	1999/10/15	N8	1999/10/15	1999/10/21	7	interrupt		N8	B
	YF12-1	84.0	1999/10/15	N8	1999/10/15	1999/10/29	15	ok	To N1		A
	YF12-2	-	-	N1	1999/11/8	1999/11/9	2	ok			
	YF13-1	59.0	2000/1/13	N8	2000/1/13	2000/2/1	20	ok			A
	YF15-1	50.0	2000/5/17	N8	2000/5/17	2000/6/10	25	ok			E
	YF16-1	51.5	2000/5/19	N8	2000/5/19	2000/6/1	14	ok			E
	YF17-1	48.5	2000/5/19	N8	2000/5/19	2000/7/12	55	interrupt		N8	C
	BE18-1	51.0	2000/5/19	N8	2000/5/19	2000/6/21	34	ok			A
	YF21-1	97.5	2000/5/29	N8	2000/5/29	2000/5/29	1	ok		Itoman	
	YF22-1	50.0	2000/5/29	N8	2000/5/29	2000/7/16	49	ok			A
	YF23-1	50.5	2000/5/29	N8	2000/5/29	2000/6/9	12	ok			E
	YF51-1	60.3	2000/9/28	N8	2000/9/28	2000/9/28	1	ok			
	YF52-1	54.5	2000/9/28	N8	2000/9/28	2000/9/28	1	no			
YF53-1	57.0	2000/9/28	N8	2000/9/28	2000/10/15	18	ok			A	
YF54-1	40.5	2000/9/28	N8	2000/9/28	2000/10/3	6	ok			A	
YF55-1	57.5	2000/9/29	N8	2000/9/29	2000/10/3	5	ok		Itoman	E	
YF62-1	46.0	2001/3/22	N8	2001/3/22	2001/4/1	11	ok			E	
N10	YF20-1	50.5	2000/5/25	N10	2000/5/25	2000/5/28	4	ok			
	YF46-1	58.8	2000/9/21	N10	2000/9/21	2000/10/5	15	ok		Yoron Is.	A
	YF47-1	58.0	2000/9/21	N10	2000/9/21	2000/9/21	1	ok			
N11	BE19-1	51.6	2000/5/25	N11	2000/5/25	2000/6/11	18	ok			A
	YF32-1	72.5	2000/6/19	N11	2000/6/19	2000/6/24	6	ok			E
	YF56-1	58.0	2000/10/3	N11	2000/10/4	2000/10/20	17	ok			A
	YF57-1	56.5	2000/10/3	N11	2000/10/5	2000/10/5	1	ok			
	YF61-1	60.6	2000/10/17	N11	2000/10/17	2000/11/4	19	ok			C
	YF61-2	-	-	N11	2000/12/12	2000/12/13	2	ok			
	YF61-3	-	-	N11	2000/12/16	2000/12/19	4	ok			
N13	YF28-1	76.5	2000/5/30					no			
	YF29-1	71.0	2000/5/30	N13	2000/5/30	2000/6/5	7	ok	To N3		E
	YF29-2	-	-	N3	2000/6/27	2000/7/14	18	interrupt		N3	C
	YF33-1	96.5	2000/7/17	N13	2000/7/17	2000/7/17	1	ok		Kume Is.	
	YF34-1	51.5	2000/7/18	N13	2000/7/18	2000/7/18	1	er			
	YF35-1	58.0	2000/7/18	N13	2000/7/18	2000/7/18	1	er			
	BE36-1	51.0	2000/7/18	N13	2000/7/18	2000/7/18	1	er			
	YF37-1	51.0	2000/7/18	N13	2000/7/18	2000/7/18	1	er			
	BE38-1	50.2	2000/7/18	N13	2000/7/18	2000/7/18	1	er			
	BE38-2	-	-	N3	2000/8/22	2000/9/13	23	ok	To N3		D
	BE38-3	-	-	N3	2000/9/15	2000/9/22	8	ok			D
	BE38-4	-	-	N3	2000/9/24	2000/9/24	1	ok			
	BE38-5	-	-	N3	2000/9/26	2000/10/2	7	ok			D
	BE38-6	-	-	N3	2000/10/8	2000/10/10	3	ok			
	YF39-1	50.6	2000/7/18	N13	2000/7/18	2000/7/18	1	er			
	YF40-1	102.5	2000/7/18	N13	2000/7/18	2000/7/18	1	er			
	YF40-2	-	-	N3	2000/7/27	2000/8/11	16	ok	To N3		C
	YF44-1	54.0	2000/9/5	N13			1	er			
	YF45-1	62.5	2000/9/5	N13			1	er	To N3		
	YF45-2	-	-	N3	2000/9/24	2000/9/30	7	ok			C
I2*	YF1-1	94.5	1999/6/21					no			

表1. 標識魚データ

1) ID# - CRD#  
種 (YF: キハダ, BE: メバチ) および個体・観測番号  
2) Detection 観測状態  
ok: 問題なし,  
interrupt: 再捕等による受信中断,  
er: 受信機等の不調による観測不良,  
no: 受信なし

に加え、2000年4月から6月までにN3号（久米島沖）、N5号（金武沖）、N10号（国頭東沖）、N11号（中城沖）、N13号（粟国島沖）の合計7カ所に設置し、観測を開始した（図1、2、3）。

### 3. 結果

#### 1) 放流

1999年8月－2001年3月に、キハダ YF 54尾（モード51.5 cm FL, 範囲40.0－102.5 cm FL）、メバチ BE 13尾（モード64.0 cm FL, 範囲50.2－64.0 cm FL）にコード化音波発信機を埋め込み、沖縄諸島周辺海域の7基のニライ号周辺で放流した（表1、図3）。

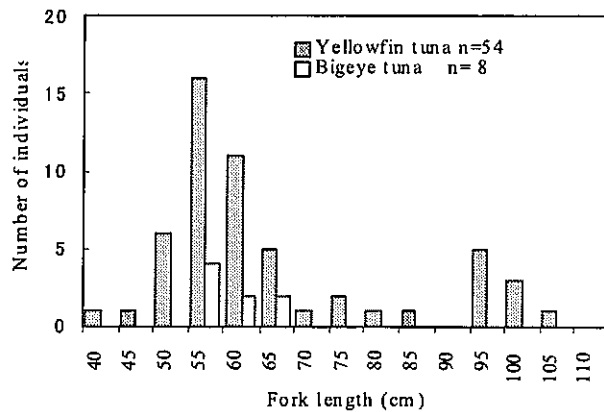


図3. コード化音波発信機標識魚の尾叉長頻度分布

#### 2) 滞在および移動

2000年5月－12月の各ニライ号での受信記録を図4－図6に示す。合計67尾の標識魚のうち、キハダ46個体、メバチ7個体についての観測データを回

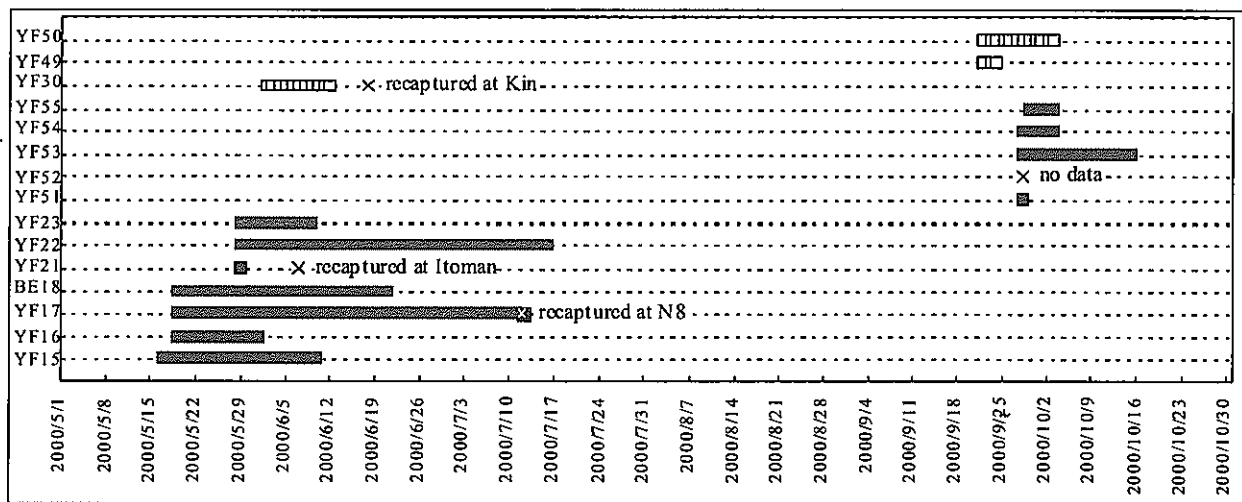


図4. 2000年5月－10月の沖縄島南部ニライ1号（□）・8号（■）での受信記録

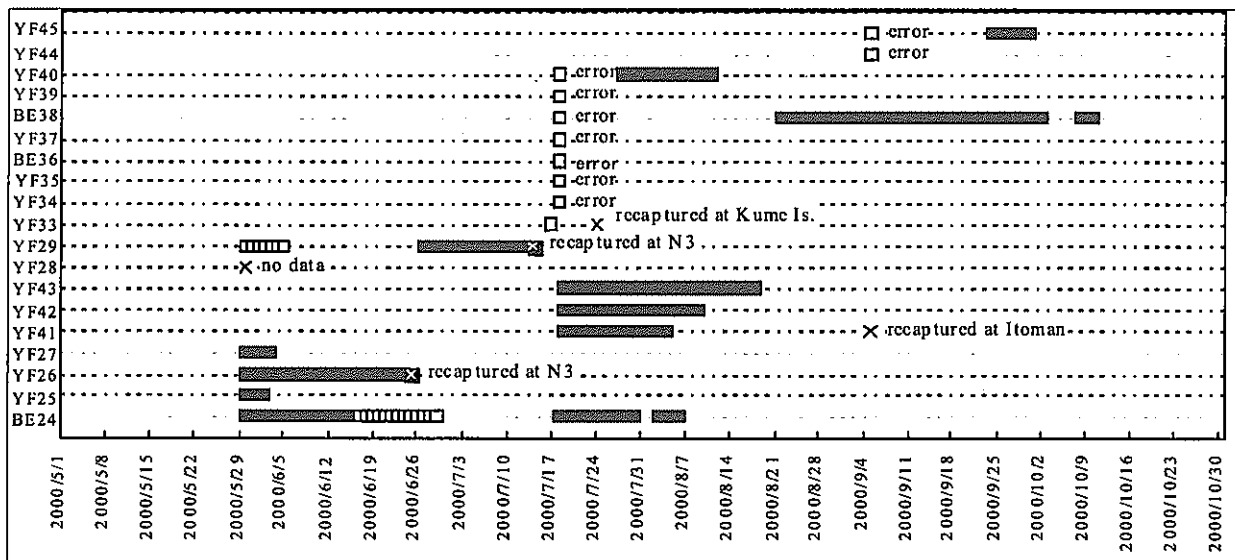


図5. 2000年5月－10月の沖縄島西部ニライ13号（□）・3号（■）での受信記録

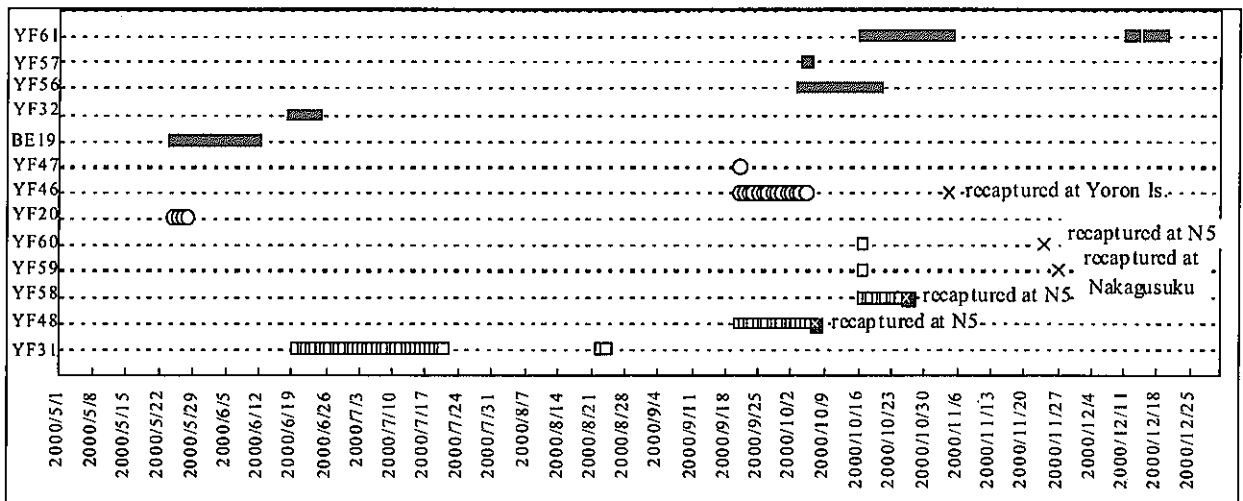


図6. 2000年5月-12月の沖縄島東部ニライ5号(□)・10号(○)・11号(■)での受信期間

収した。各標識魚の最初の信号受信は、放流直後-4 h 21 min (中央値4 min) で、60 %は10 min 以内に受信が開始された。受信機の不調以外で、受信信号が得られなかったのは全標識魚のうちわずか3個体であった(表1)。全体的にみるとパヤオでの滞在期間、移出のタイミング、ニライ間の移動の有無については各標識魚によって様々であったが、標識魚のほとんどが、放流したニライ号に留まり、移出までの間は1日以上受信が途絶える事なく連続的に滞在していた(図4, 5, 6)。

沖縄島南部のN1号(知念沖)とN8号(糸満沖)では、2000年5月-10月に、キハダ14尾、メバチ1尾を放流した(図4)。1999年<sup>2)</sup>にはN1-N8間で双方向の移動が受信記録によって認められたが(YF#3とYF#12, 表1)、2000年には認められなかった(図4, 表1)。しかしYF#21とYF#30では、再捕報告により、それぞれ金武湾沖、糸満沖漁協所属パヤオへの移動が認められた(図4)。N8での各標識魚の滞在期間は比較的長く、最長であったYF#17は放流してから同パヤオで再捕されるまでの55日間、連続的に滞在した(図4)。

沖縄諸島西部のN3号(久米島沖)とN13号(粟国島沖)では、2000年5月-10月に、キハダ16尾、メバチ3尾を放流した(図5)。N13では受信機の不調のため7/18-9/27の期間、9個体の放流後の受信記録が得られなかった(図2, 4)。N3とN13の受信記録により、N13で放流したキハダ3尾(YF#29, #40, #45)とメバチ1尾(BE#38)がN3へ移動したことが分かった(図5, 表1)。また、メバ

チ1尾(BE#24)がN3-N13間を往復移動した(図5, 表1)。放流後、BE#24はN3に17日間滞在した後移出し、2日後にN13で受信された。さらにN13で13日間滞在した後移出し、19日後に再びN3に戻った。始めのN3からN13への移動の経過時間は54 h 25 minで、距離11.5マイルであったので、みための移動速度は5.07 nm/day (9.39 km/day)であった。N3では、BE#24とBE#38の受信記録において2-6日間ほどの受信ブランクが数回みられた(図5, 表1)。

沖縄島東部のN5号(金武沖)、N10号(国頭沖)、N11号(中城沖)では、2000年5月-12月に、キハダ12尾、メバチ1尾を放流した(図6)。受信記録からはこれらのニライ間では互いに移動が認められなかった(図6)。N5のYF#31とN11のYF#61は、それぞれの放流パヤオにしばらく滞在した後移出し、1ヶ月以上経過した後、再び戻った(図6, 表1)。

### 3) 滞在期間

ある個体がひとつの観測パヤオに、24時間以上の受信欠如がなく連続して滞在した期間を連続滞在期間(Continuous Residence Duration: CRD)と定義し、受信記録の得られた53個体についての合計78のCRDデータを解析した。このとき、再捕による観測中断データ(53個体のうち7個体)を考慮した生存時間分析法を用いた。その結果CRDは、キハダ、メバチそれぞれ最長55日間、34日間、滞在率の50%点はそれぞれ9.89日、7日で、キハダ、メバチのCRDに有意な差は認められなかつ

た (図7A)。

また、各個体が限られた範囲・期間内で移動、移出-再来、再捕されたことを考慮した放流パヤオ周辺海域での断続的な滞在期間を、断続滞在期間 (Intermittent Residence Duration: IRD) と定義した。再捕率は観測ニライ以外のパヤオを含めると、27.8%に達し、そのうち25マイル以内の範囲内のものをある海域内での滞留とみなした。また、ここでは期間を90日間に限り、個体ごとのIRDを求め、生存時間分析法で解析した。その結果、IRDにおいても種間の有意差は認められず、IRDはキハダ、メバチそれぞれ最長66日間、85日間で、滞在率の50%点はそれぞれ17日、16日であった (図7B)。

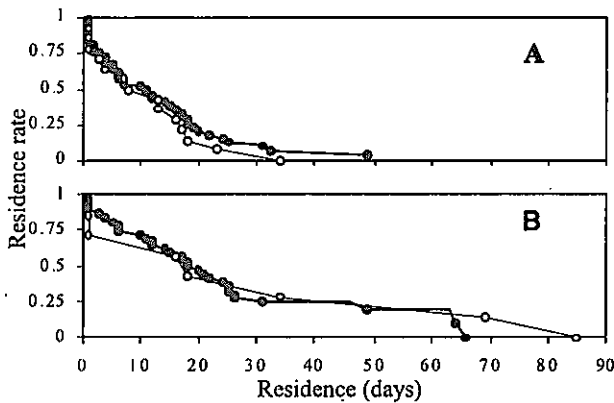


図7. 生存時間分析によるパヤオでの滞在日数

キハダ (●) メバチ (○)

A)ニライでの滞在期間 (CRD)

B)ニライ周辺25マイル以内での滞在期間 (IRD)

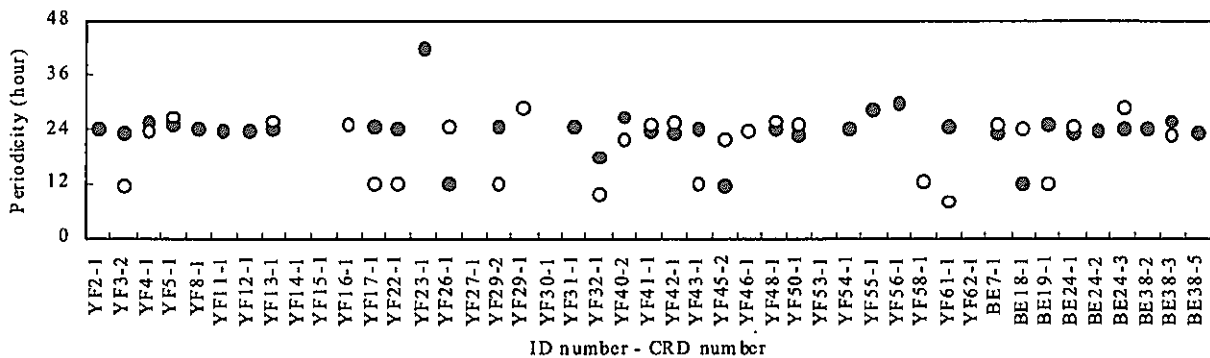


図8. 5日間以上滞在した個体の受信頻度変動の周期

スペクトル解析の結果得られた第1周期 (●) と第2周期 (○) を示す。

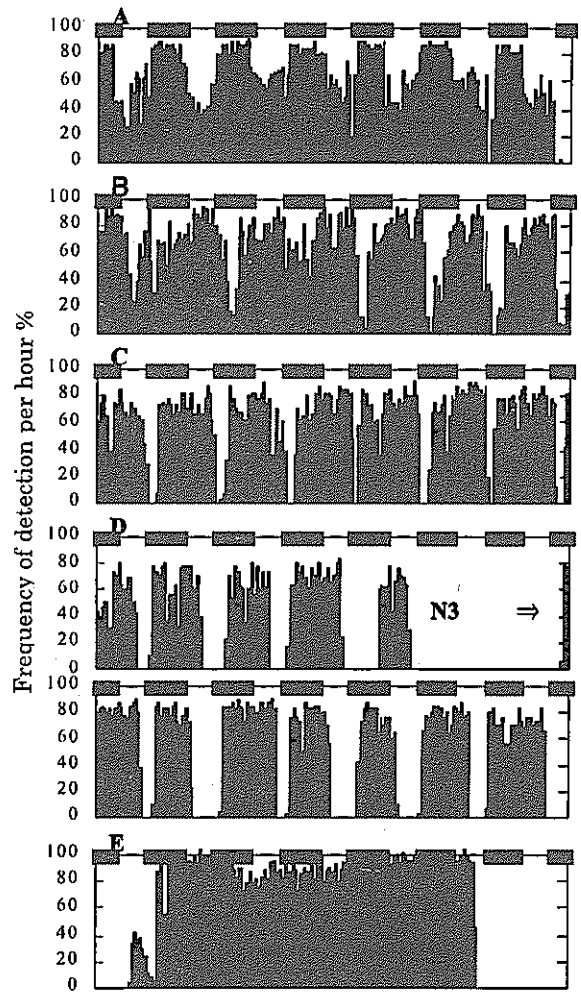


図9. 1時間あたりの受信頻度の変化パターン

各図7日間のデータ。黒横棒は夜間 (19:00-6:00) を示す。

- |          |     |                |
|----------|-----|----------------|
| A) YF#48 | N5  | 2000/10/1-10/7 |
| B) YF#4  | N1  | 1999/10/3-10/9 |
| C) YF#26 | N3  | 2000/6/18-6/24 |
| D) BE#24 | N3  | 2000/6/11-6/15 |
|          | N13 | 2000/6/17-6/24 |
| E) YF#14 | N3  | 2000/4/13-4/19 |

#### 4) 受信頻度の日周期性

標識魚の多くは滞在期間中、長時間パヤオから離れることはなかった。しかし、1日スケールでは受信頻度が規則的に変動しているようだった。そこでキハダ35尾、メバチ5尾のCRD5日間以上の45データ群を詳しく解析した。スペクトル解析法による周期分析の結果、キハダではCRD数の69.4%、個体数の68.6%に、またメバチでは全てにおいて1時間あたりの受信頻度の変動におよそ24時間の周期性が認められた(図8)。さらに受信頻度の変動は日周期性、昼夜の受信頻度比較(1標本のt検定)、受信の途絶える時間帯などから5つのパターンに類型化できた(図9)。第一に、夜間の受信頻度が有意に高く、夕方の1-数時間受信が途絶える場合をパターンAとした(図9A)。パターンAはキハダ14尾、メバチ3尾で認められた(表1)。第二に、昼間の受信頻度が有意に高く、夜間に1-数時間しばしば受信されない場合をパターンBとした(図9B)。パターンBはキハダ4尾で認められた(表1)。第三に、昼夜の受信頻度に有意差がなく、夕方に1-数時間受信のない場合をパターンCとした(図9C)。パターンCはキハダ7尾で認められた。第四に、午後から夜中にかけて受信が途絶える場合をパターンDとした(図9D)。パターンDはメバチ2尾で認められた。第五に、日周期性がなく、受信頻度の変化にパタンのないものをパターンEとした(図9E)。パターンEはキハダ10尾で認められた。パターンAはキハダ・メバチ両種に認められたが、それ以外はどちらか一方の種にのみ認められた。

#### 5) 受信頻度の変動

N8とN3それぞれで、同時に複数個体を観測した期間について、ニライに設置した潮流計(RCM9: AANDERAA社製)から得られた潮流データと受信頻度の変化との関係を分析した。2000年5月17日-7月16日のN8における6尾(YF5尾, BE1尾)の1時間あたりの受信頻度とそれに対応する流速との間には相関は認められなかった(図10A)。2000年6月27日-9月27日のN3における6尾(YF4尾, BE2尾)と流速についても同様であった(図10B)。それぞれの平均流速はN8で60.0 cm/s, N3で26.3

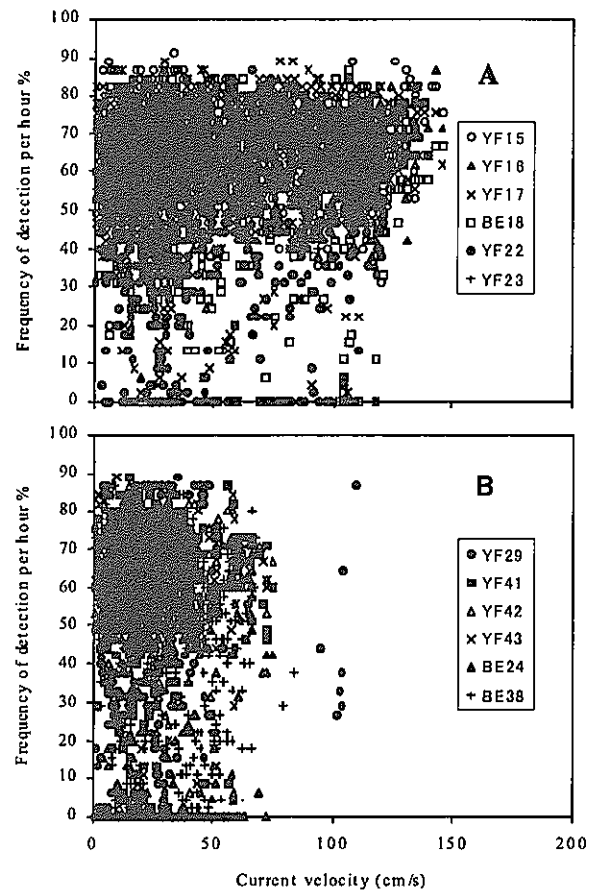


図10. 潮流の速度と1時間あたりの受信頻度

- A) 2000年5月17日-7月16日にN8に滞在した6尾  
B) 2000年6月27日-9月27日にN3に滞在した6尾

cm/sであり、流速には有意な差(2標本のt検定:  $P < 0.001$ )が認められた。しかし、それぞれの尾叉長(平均FL N8: 50.3 cm, N3: 57.1 cm)と受信頻度(平均頻度% N8: 61.1, N3: 58.4)には有意差が認められなかった。

また、同時観測個体の受信頻度の変化はN8, N3それぞれでよく同調していた(図11)。5月29日の16:00-17:00にはN8にハシナガイルカの群れが来遊したことを目撃した。このときN8で観測中の4個体の受信頻度は急激に減少した(図11)。このようなイルカ出現と受信頻度の減少は他にも2例認められた。受信頻度の変化が同調している個体は、概ね同じ受信頻度の変化パターンを示したが、必ずしも同じではなかった(表1)。また、このパターンと魚体サイズ、潮流、海域の違いとの関連性は認められなかった。

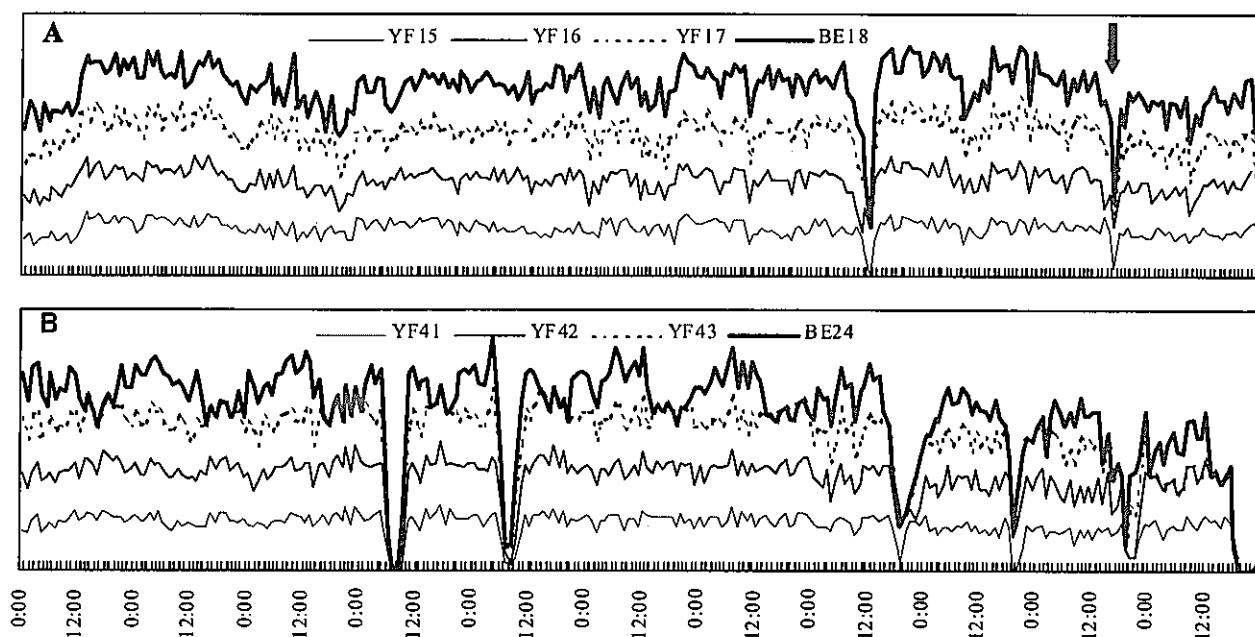


図11. 同時観測個体の受信頻度の変化

A) 2000年5月20日-5月30日のN8. 矢印はハシナギイルカ出現を示す.

B) 2000年7月20日-7月30日のN3.

#### 4. 考察

##### 1) パヤオでの滞在, 移動

コード化音波発信機放流による再捕率は22.4%で、沖縄諸島で行われたダート型タグ用いた標識放流の再捕率21.9%とほぼ同じであった<sup>3)</sup>。また再捕魚の観察から、短期間で傷口はふさがり、腹腔内には異常が認められなかった<sup>2)</sup>。本調査で行った発信機埋め込みによる生残への影響は少ないと考えられた。

本研究によって、データが得られた標識魚の多くが、移出するまでの間、放流したパヤオから長時間離れることなく連続的に滞在したことが分かった。ハワイでも本研究と同じ手法を用いたパヤオ周辺でのキハダの行動調査が行われたが、その結果は本研究とはかなり異なった。ハワイでは、標識魚の多くが1日に数回、1時間未満の短い間、受信機のあるパヤオに訪れ、それが最長では9ヶ月間も断続的に続いたと報告されている<sup>4)</sup>。これらの違いは、沖縄とハワイでは、キハダがパヤオに蟄集する行動に影響する要因に何らかの違いがあることを意味すると思われる。

このことは、キハダの蟄集行動に影響する要因に、海域間での違いがあることを示唆する。

潮流や水温など物理的な環境変化はマグロ類のパ

ヤオでの滞在に影響するひとつの要因であると考えられる。ここでは沖縄とハワイでの海洋環境についての比較はできないが、沖縄ではマグロ類のパヤオからの移出タイミングおよび滞在期間は個体によって様々であり、潮流の速さや向きの変化、台風の来襲とは関係が認められなかった<sup>5)</sup>。マグロ類がなぜパヤオに集まるかという基本的な疑問についてはよく分かっていないが、パヤオに集まる餌生物を求めて蟄集するという仮説には否定的な報告が多い<sup>6,7)</sup>。しかし、パヤオでの餌料環境および個体の栄養状態は滞在期間に影響する重要な要因と考えられる。パヤオで漁獲されるキハダは空胃個体が多く<sup>6)</sup>、またパヤオで漁獲されるカツオは肥満度が低いことが報告されており<sup>8)</sup>、パヤオは過酷な餌量環境であると予想できる。ハワイでは、キハダは長時間にひとつのパヤオに滞在することはなく、パヤオから離れたり、別のパヤオや島縁辺のリーフへ移動したり、1-数日スケールで頻繁に移動することが知られており、摂餌行動との関連が示唆されている<sup>4,9,10)</sup>。石垣島沖のニライ6号で行われた食性調査では、漁業活動による餌がキハダ、カツオ、シイラ、ツムブリの胃内容物のそれぞれ27.7%、51.5%、43.9%、65.5%にもおよぶことが報告されている<sup>7)</sup>。ハワイではパヤオは主にスポーツフィッシングに利用されており

<sup>11)</sup>、主に漁業に利用されている沖縄とは様相が異なる。沖縄では多量の撒き餌を使った漁法が盛んであり、このような漁業活動が沖縄におけるマグロ類のパヤオでの連続的で長期におよぶ滞在を可能にしているのかもしれない。

## 2) パヤオ周辺でのマグロ類の行動

本研究において、CRDが5日以上データを解析したうち、キハダの約70%、メバチの全てにおいて、1時間あたりの受信頻度に日周期的な変動パターンが認められた。さらに、受信頻度の変動パターンは5つに類型化することができた。1時間あたりの受信頻度は、受信範囲内にどのくらいの時間滞在したかを示し、その変動は遊泳範囲や位置など遊泳行動の変化を反映していると考えられる<sup>2)</sup>。

海上でのテストの結果、受信範囲は水平方向半径550 mまで、水深300 m以上(300 m以深は確かめていない)であることを確かめた<sup>2)</sup>。パヤオ周辺半径370-600 m内で魚群密度が高いとの報告があり<sup>12)13)</sup>、受信範囲は概ねこの範囲をカバーしている。キハダが主に混合層内を遊泳すること<sup>9,10,14)</sup>を考慮すると、キハダについての受信頻度の変動は、水平移動を強く反映すると考えられた。また、メバチは昼間の遊泳水深は深く、水深500 mを超えて潜行することもあるが、夜間はほとんど100 m以浅を遊泳していること<sup>9,15,16)</sup>から主に水平移動を反映するものと考えられた。ゆえに受信頻度の変動は、1) 受信頻度が100%に近い場合、その個体はほとんどの時間をパヤオから半径550 m以内に滞在、2) 受信頻度が低い場合、パヤオから半径550 m付近を遊泳または高速で広範囲を遊泳、3) 受信されない場合、パヤオから離れて遊泳、というように大まかに3つの水平移動の変化として解釈される。さらに5つの受信頻度の変化パターンは、主に前述した3つの水平移動変化の組み合わせであると考えられる。しかし、本研究では、その移動の程度は不明である。追跡調査により、キハダやメバチが夕方パヤオを離れたり、夜間パヤオから離れ翌朝再び戻ったりする規則的で水平的な行動変化は実際に確認されており<sup>9,17)</sup>、その範囲は5マイル程度と報告されている。本研究においても、数時間の受信ブランクや隣接した

パヤオへの移動が認められおり、5マイル程度の移動もあると考えられる。しかし、ほとんどの受信頻度の変化はもっと短い時間スケールで起こっており、受信範囲内外を出入りするような、パヤオ周辺での小規模で規則的な遊泳行動を反映していると考えられる。ここで興味深いのは、これらの行動が全てパヤオを中心に起こっている事である。このような規則的周期的な行動パターンを示した個体は、パヤオの位置を何らかの方法で認識しているものと考えられる。

このような行動変化を引き起こす物理的な要因として潮流の変化が考えられる。マグロ類が、パヤオの潮上に集まることは、経験的に漁業者に広く知られ<sup>13)</sup>、また追跡調査<sup>9)</sup>や魚群探知機の反応によっても確かめられており、潮流がマグロ類に何らかの影響を与えていることは間違いない。しかし、本研究では、潮流と受信頻度すなわち遊泳行動との関係は見出せなかった。同時観測個体のなかには、受信頻度の変動が同調しているものもみられた。これは同じ群れに属し行動をともにしているためと思われる。N8にイルカの群れが来遊したとき、観測中の4個体はパヤオから一時的に離れた。これは、パヤオが捕食者からの隠れ場としての効果がないことを示唆した。また、イルカが去るとすぐにパヤオに戻ることからパヤオの強い蝸集効果、反対にマグロのパヤオへの強い依存性を示すと考えられた。行動の変化を引き起こす要因としては、物理的要因よりも、捕食者や餌生物の行動など、マグロの群れ行動に与える生物的影響が強いのもかもしれない。

## 5. 今後の課題

今後も継続して発信機およびダート型タグを用いた標識放流を実施し、パヤオ周辺でのマグロ類の滞留や移動の定量的なデータを収集する。さらに遊泳行動と物理的・生物的環境要因との解析を進め、パヤオでの滞留や移動の要因解明に努める。

## 文 献

- 1) 沖縄開発庁沖縄総合事務局農林水産部. 第29次 沖縄農林水産統計年報. 2001; 177-256.
- 2) 太田格・鹿熊信一郎. 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. 2001; 17-26.
- 3) 太田格, 鹿熊信一郎, 金城清昭. 琉球諸島におけるマグロ類の回遊生態. 平成12年度沖縄県水産試験場事業報告書. 2002; 17-24
  - 4) Klimeley, A. P. and Holloway, C. F. School fidelity and homing synchronicity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. Mar. Biol. 1999; 133, 307-317.
  - 5) 鹿熊信一郎, 太田格, 金城清昭. パヤオ周辺のキハダ・メバチの行動と流況の関係. 平成11年度沖縄県水産試験場事業報告書. 2001; 62-64.
  - 6) Brock, R. E. (1985) Preliminary study of the feeding habits of pelagic fish around Hawaiian fish aggregating devices or can fish aggregation devices enhance local fisheries productivity? Bull. Mar. Sci. 1985; 37(1), 40-49.
  - 7) Shimizu, H., Mito, K., Kobayashi, M., Yano, K., and Kosuge, T. Fishes aspect around large-scale fish aggregating device. Main research result collection of Seikai National Fisheries Research Institute. Supplement from 1994 to 2000 of Ishigaki Tropical Station. 2000; 22-23.
  - 8) Marsac, F., Fonteneau, A. and Menard, F. Drifting FADs used in tuna fisheries: an ecological trap? In: Peche thoniere et dispositifs de concentration de poisson. Le Gall J-Y., Cayre, P., Taquet M. (eds). Ed Ifremer, Actes Colloq. 2000; 28, 537-552.
  - 9) Holland, K. N., Brill, R. W., and Chang, R. K. C. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. Fish. Bull. 1990; 88(3), 493-507.
  - 10) Brill, R. W., Block, B. A., Boggs, C. H., Bigelow, K. A., Freund, E. V., and Marcinek, D. J. Horizontal movements and depth distribution of large adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) near the Hawaiian Islands, recorded using ultrasonic telemetry: implications for the physiological ecology of pelagic fishes. Mar. Biol. 1998; 133, 395-408.
  - 11) Holland, K. N., Jaffe, A., and Cortez, W. The fish aggregating devices (FAD) system of Hawaii. In: Peche thoniere et dispositifs de concentration de poisson. Le Gall J-Y., Cayre, P., Taquet M. (eds). Ed Ifremer, Actes Colloq. 2000; 28, 55-62.
  - 12) Josse, E., Bertrand, A., and Dagorn, L. An acoustic approach to study tuna aggregated around fish aggregating devices in French Polynesia: methods and validation. Aquat. Living Resour. 1999; 12(5), 303-313.
  - 13) マリノフォーラム21. 平成4年度人工礁漁場造成効果調査事業報告書. 1993; pp56.
  - 14) Cayre, P. Behaviour of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) around fish aggregating devices (FADs) in the Comoros Islands as determined by ultrasonic tagging. Aquat. Living Resour. 1991; 4, 1-12.
  - 15) Dagorn, L., Bach, P., and Josse, E. Movement patterns of large bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the open ocean, determined using ultrasonic telemetry. Mar. Biol. 2000; 136, 361-371.
  - 16) 太田格. 琉球諸島におけるメバチの遊泳生態. 平成12年度沖縄県水産試験場事業報告書. 2002; 34-42
  - 17) 小井土隆, 宮部尚純. マグロ類. 添田秀男編. テレメトリーによる水棲動物の行動解析. 恒星社厚生閣, 東京, 1990; 55-66.