

大型耐久性浮魚礁と小型浮魚礁の 相互作用によるマグロ・カツオ類の滞留効果 向上に関する調査

独立行政法人 水産総合研究センター
西海区水産研究所 石垣支所 漁業資源研究室
矢野 和成・小菅 丈治

調査実施年度： 平成 15 年度～平成 17 年度

緒言

熱帯亜熱帯海域の浮魚礁にはマグロ・カツオ類等の回遊性魚類が蝟集し、滞留することから、各地でこれらの魚類を効率良く漁獲するために浮魚礁（パヤオ）の敷設が盛んに行われ、その周辺で曳き縄釣りによる漁業が営まれている。水産基盤整備事業による大型耐久性浮魚礁の設置効果は大きく、沖縄県における漁業種類別生産額において「ひき縄釣」は 12 億 9 千万円に上り、「近海マグロ延縄漁」に次いで第 2 位を占める重要な漁業に成長した（平成 15 年度「第 33 次沖縄農林水産統計年報」より）。

大型耐久性浮魚礁の周辺に小型浮魚礁を設置することによって、マグロ・カツオ類の蝟集効果が高まることが経験的に知られたため、漁業者が主体となって小型浮魚礁の設置が積極的に行われている。その背景に、大小両型の浮魚礁間の相互作用によってマグロ・カツオ類の魚礁周辺への滞留が促進され、漁獲効率が高まることがあると考えられる。これまで、小型浮魚礁の設置場所は漁業者の経験等に基づき決定されていたが、なぜ小型浮魚礁を設置することにより蝟集効果が高まるのかといった側面について科学的見地からのデータは得られていなかった。そこで本調査では、電子標識を用いて魚の遊泳行動を詳細に記録することにより、大型耐久性浮魚礁と小型浮魚礁との関連性を検証し、複数の魚礁を敷設する場合に効果的な魚礁間の距離、敷設場所、規模に関する調査を実施し、これらの定量化を行うことを目的とした。

調査方法

（1）調査海域

調査海域は沖縄県八重山諸島近海に敷設されている大型耐久性浮魚礁（ニライ）、中層型浮魚礁、およびこれら周辺に設置されたマグロ用小型浮魚礁周辺である（図 1）。このうち、漁業者による利用頻度の高い石垣島南東沖海上に設置されている「東側浮魚礁群」を主な調査対象海域とした。石垣西表両島の北方海域に設置されている「西側浮魚礁群」は、石垣港に出入港する大型船の航路とも近く、現状では漁獲の中心となっていない。東側浮魚礁群では、大型耐久性浮魚礁ニライ 6 号の北東約 7km に小型浮魚礁・東 1 が設置され、それ以外はニライ 6 号の西側に小型浮魚礁が 5～7km の間隔で設置され、その間に中層型浮魚礁が設置されている。

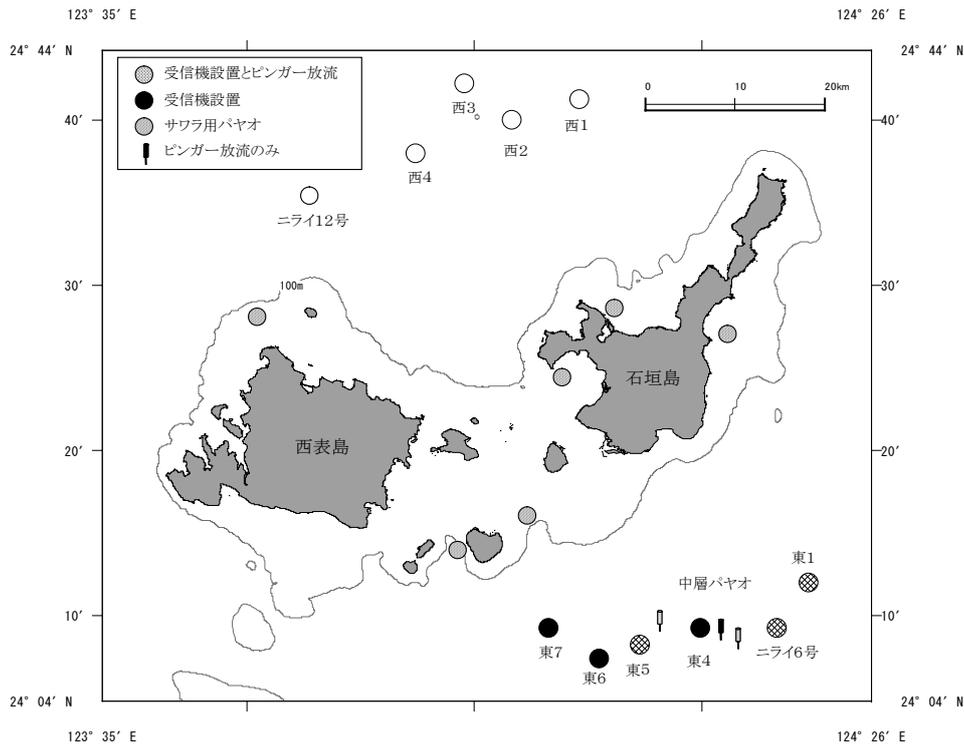


図 1. 沖縄県石垣島西表島（八重山諸島）近海に設置された浮魚礁群の位置。2004 年の調査時に受信機を設置した浮魚礁の位置と受信機の設置の有無等を記号で示す。

表 1. 2003 年から 2005 年に、コード化ピンガーを装着した放流魚に関するデータ。

魚種	放流日	尾数	尾叉長(cm)	放流位置(尾数)
キハダ	2003.7.29	18	46-65	東1(6)東6(5)中層(2)ニライ12(5)
カツオ	2003.7.29	1	68	東1(1)
メバチ	2003.7.29	1	61	東1(1)
キハダ	2004.9.18	11	48-85	東1(6)東5(2)中層(1)ニライ16(2)
カツオ	2004.9.18	1	65	東5(1)
キハダ	2005.10.5	6	35-56	東6(5)東7(1)
キハダ	2005.10.8	2	71-72	ニライ12(2)
カツオ	2005.10.5	1	64	東5(1)
Total		41		

(2) コード化ピンガー調査

2003 年～2005 年の各年、7 月～11 月期に浮魚礁周辺で曳き縄釣りによって釣獲したマグロ・カツオ類にコード化ピンガーを装着し放流した（表 1）。コード化ピンガー（カナダベムコ社製、長さ 90mm、直径 16mm、水中重量 14g）は釣り針で臀鰭基底部に取り付けられた。放流したピンガーと対応した受信機（カナダベムコ社製、VR2）4 台～6 台を浮魚礁に取り付けた（例、図 1）。その後、一定期間の後に、受信機を回収し、記録されていた情報を読み出した。回収の時期は、受信機の流失を回避するために、大型台風の接近や季節風の卓越に起因する波浪の影響を判断材料として決定した。

2003 年度には、東側と西側の 2 つの浮魚礁群に受信機を設置し、コード化ピンガーを装着した魚を放流したが、東側浮魚礁群でのみ魚の滞留が認められたため 2004 年と 2005 年には東側浮魚礁群にのみ受信機を設置した。

(3) 標識放流調査

回遊経路における石垣島近海の浮魚礁群の占める位置を把握するために、ダート型タグを用いた標識放流調査を実施した。各年とも、300尾を放流することを目標とし、目標数の魚を放流できるまで曳き縄釣りによって釣獲した。ダート型タグは背鰭後方に装着した。これら標識放流調査、受信機の設置と回収作業は、八重山漁業共同組合、浮魚礁研究会所属の漁船を用船して実施した。

調査結果

(1) コード化ピンガーによる調査

コード化ピンガーを装着した放流魚の、同一の浮魚礁への滞留期間は、11日間が最長で、2003年7月29日～8月8日と2005年10月5日～15日の2例、東6の浮魚礁で記録された(図2)。次いで8日間が1例、6日間が3例、5日間が2例、4日間が2例、3日間が4例であった。

一方で、同一個体が複数の浮魚礁間を移動した事例も2004年に4例確認された(図2)。いずれもキハダで、東1の浮魚礁で放流した翌日に大型魚礁(ニライ)で受信した例、東1で放流した2日後に東4に現れ、同日午後に東6に移動、さらに翌日に東5への移動が確認された例(図3)、東5で放流した個体が6日後に東7に移動した例、および中層型浮魚礁の表層付近で放流した同日午後に東5に移動しそのまま滞留した例である。2003年と2005年では、放流魚はいずれも放流した浮魚礁付近に留まった。

放流魚に装着したピンガーから発信された信号が浮魚礁に設置した受信機によって受信された頻度が、24時間の間にどのように変化したかをグラフに示した(図4)。受信が確認されたことは、魚が浮魚礁から半径約600～800m以内の範囲を遊泳していたことを示す。

同一の浮魚礁に24時間以上滞留したキハダ14尾について、浮魚礁の近くを泳いでいた時間帯の個体差を検討した。このうち終日浮魚礁の近くを遊泳していた個体(図4A)が3例(2004年のNo. 69、2005年のNo. 81と84)見られた他は、受信頻度の高い時間帯と低い時間帯が見られた。日中は浮魚礁の近くを遊泳していたが、夜間はやや離れたところを遊泳していた個体が7例(図4B、C)と最も多く、それ以外に、未明と夕方に受信頻度が高かった個体(2例)、夜間の方が浮魚礁近傍を遊泳していた個体が2例記録された。このように、浮魚礁周辺を遊泳するパターンには個体差が見られるが、日中浮魚礁近くを遊泳し、夜間には離れる行動をとる個体が多いという傾向が認められた。

水深情報付きコード化ピンガーを装着したキハダの浮魚礁周辺での遊泳水深の変化から、日中は水深50m以深250mまでの水深を遊泳する時間が長かったのに対し、夜間は水深50m以浅の表層付近を遊泳する時間が長い傾向が認められた(図5)。

2003年		放流日	2003年																																			
番号	魚種	放流位置	7/29	30	31	8/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	9/1	
236	YF	E8																																				
237	YF	E8																																				
238	YF	E8																																				
239	YF	E8																																				

2003年		放流日	2003年																																				
番号	魚種	放流位置	9/2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	10/1	2	3	4	5	6		
236	YF	E8																																					
237	YF	E8																																					
238	YF	E8																																					
239	YF	E8																																					

2003年		放流日	2003年																																				
番号	魚種	放流位置	10/7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	11/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
236	YF	E8																																					
237	YF	E8																																					
238	YF	E8																																					
239	YF	E8																																					

2004年		放流日	2004年																																			
番号	魚種	放流位置	9/18	9/18 a.m.	18 p.m.	19 a.m.	19 p.m.	20 a.m.	20 p.m.	21 a.m.	21 p.m.	22 a.m.	22 p.m.	23 a.m.	23 p.m.	24 a.m.	24 p.m.	25 a.m.																				
61	YF	E1																																				
62	YF	E1																																				
63	YF	E1																																				
64	YF	E1																																				
65	YF	E1																																				
75	YF	E1																																				
66	YF	Nirai 6																																				
67	YF	Nirai 6																																				
70	SK	E5																																				
73	YF	E5																																				
69	YF	E5																																				
68	YF	Mid-water																																				

2005年		放流日	2005年																																				
番号	魚種	放流位置	10/5	10/6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	11/1	2	3	4	5	6	7			
81	YF	E6																																					
82	YF	E7																																					
83	YF	E6																																					
84	YF	E6																																					
85	YF	E6																																					
86	YF	E6																																					
42	YF	Nirai 2(10/8)																																					
43	YF	Nirai 2(10/8)																																					
44	SK	E6																																					

図 2. コード化ピンガーを装着し放流したキハダ (YF) とカツオ (SK) の受信位置を日毎に示す (E1~E6 は東 1~東 6 の小型浮魚礁、Nirai6・12 は大型浮魚礁ニライ 6 号・12 号、Mid-water は中層型浮魚礁)。2004 年は放流後に大型台風が接近したために調査期間が 7 日に短縮されたので半日毎にデータを示した。

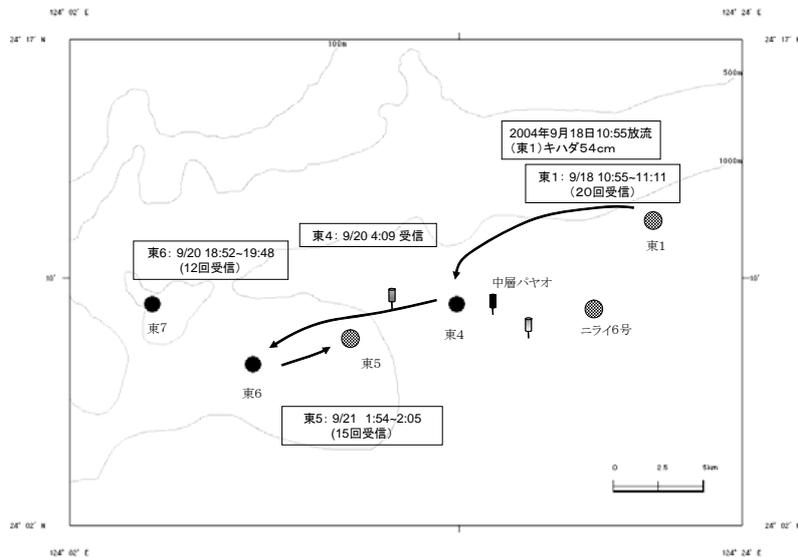


図 3. 2004 年に記録された、複数の浮魚礁間を移動したキハダの例。浮魚礁の記号は図 1 と同様。

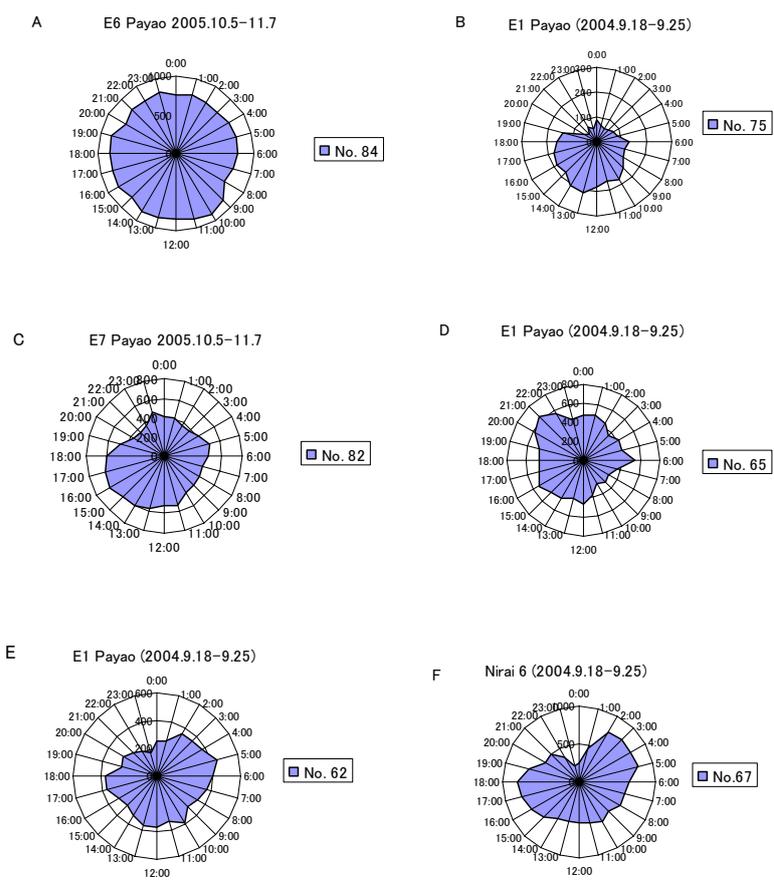


図 4. キハダに装着したコード化ピンガーの信号が浮魚礁に設置された受信機に受信された頻度の日周変化。

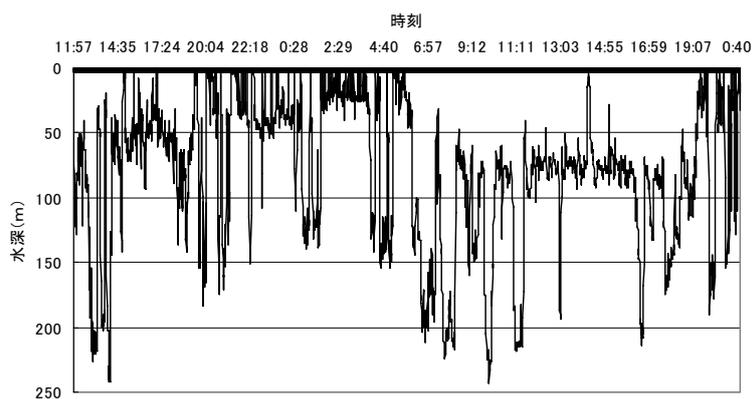


図 5. 水深情報付きコード化ピンガーにより得られたキハダの遊泳水深の変化。

(2) 標識放流調査

2002 年から 2005 年の間に放流した 1222 尾中、再捕報告が得られたのは 10 例で、再捕率 0.82%であった (表 2)。再捕されたキハダ 8 尾中石垣島近海の浮魚礁で再捕されたのが半数 (4 例) を占め、それ以外は宮古島、沖縄本島近海、および鹿児島県トカラ列島 (2 例) で再捕

された。カツオの再捕個体は宮城県沖で再捕された事例であった。

表 2. ダート型標識を装着し放流した標識魚の再捕事例。2002 年に放流した魚の再捕方向は翌年にまたがっていたため併せて本表に示した。

ダート型タグ	尾数	放流日	再捕数	再捕率	再捕位置	再捕日
キハダ	283	2002.10.1				
カツオ	7	2002.10.1				
シイラ	9	2002.10.1				
キハダ	34	2002.11.26	2	5.88%	①沖縄本島	2003.6.24
カツオ	1	2002.11.26			②宮古島	2004.1.18
ツムブリ	2	2002.11.26				
キハダ	254	2003.7.29	1	0.39%	石垣島	2003.8.25
カツオ	14	2003.7.29				
シイラ	9	2003.7.29	1	11.11%	石垣島	2003.8.25
メバチ	7	2003.7.29				
ツムブリ	2	2003.7.29				
ヨコシマサクラ	1	2003.7.29				
カツオ	69	2004.9.18	1	1.45%	宮城県沖	2005.6.21
キハダ	226	2004.9.18	4	1.77%	①石垣島	2005
メバチ	2	2004.9.18			②トカラ列島	2005.4.23
シイラ	1	2004.9.18			③トカラ列島	2005.8.29
ツムブリ	1	2004.9.18			④石垣島	2005.7
キハダ	269	2005.10.5	1	0.37%	石垣島	2006.1
カツオ	25	2005.10.5				
ヨコシマサクラ	6	2005.10.5				
Total	1222		10	0.82%		

考察

浮魚礁に魚が蟄集する理由について、一般には物陰を求めて蟄集する小型魚を捕食するために大型魚が集まってくるという説が広く知られている。しかし、本調査で調査海域とした石垣島東側浮魚礁群周辺で釣獲されたマグロ・カツオ類の消化管内容物として出現したのは、漁獲の際に使用される撒き餌（カタクチイワシなど）を除くと、イカ・タコ類の他、浮魚礁では見られないタカサゴ科、スズメダイ科などの沿岸性魚類が主体であった。さらに潜水観察により現存量を推定した結果、浮魚礁周辺に分布する小型魚は、大型魚の現存量を支えるだけの現存量を持っていないと推定された^{1) 2)}。魚食性が強く、大型の回遊性魚類を捕食するカジキ類などの場合には、餌となる魚を求めて浮魚礁周辺に来遊していると考えられるが、キハダやカツオに関しては餌以外の理由によって浮魚礁に蟄集する機構が存在すると考えられる。その機構については現在でも定説はなく明らかにされていない。

本研究課題では、集群効果を高める上で大型浮魚礁と小型浮魚礁との相対的位置関係に着目して調査を進めた。浮魚礁の設置位置や、魚礁間の距離と、魚礁を中心とした魚の遊泳範囲の関係について、以下に検討する。

過去の調査で目視観察や試験操業、ピンガー追跡によって確認されたキハダやカツオの遊泳範囲について見ると、浮魚礁の直近（魚礁本体から 100m 以内）を遊泳することはほとんど無く、150～1500m が遊泳範囲で、400m 前後が最も多かった^{1) 2) 3)}。この数値は、今回のコード化ピンガーを付けた放流魚の受信状況から推定した遊泳範囲とも符合しており、1 基の浮魚礁に滞留するキハダ、カツオの遊泳範囲は魚礁を中心とした半径 1500m 以内であると結論される。

ハワイ諸島のオアフ島近海に設置された浮魚礁で行われた研究では、日中浮魚礁付近に滞留していたキハダが夜間浮魚礁を離れて沿岸のドロップオフ地形付近に移動するという日周移動を示すことが報告されている⁴⁾。しかし、石垣島近海の浮魚礁の場合、夜間に受

信頻度が低くなった個体の場合でも、受信がゼロになったのではなく、受信範囲の縁辺部を遊泳していたと考えられる。このように、浮魚礁と沿岸部などの特定海域との間を日常的に往復するハワイのキハダの行動様式とは異なっていた。ハワイで調査対象とされた2つの浮魚礁は岸から約2.5kmと5km沖合に設置されていたのに対し、石垣島東側浮魚礁群は、最も近い陸地から約10~20km離れているおり、このことがキハダの行動様式の違いにも反映されていたと考えられる。一方で、石垣島近海の浮魚礁付近で漁獲されたキハダなどの消化管内容物中に沿岸性の小型魚類が出現したことから、沿岸部で摂餌していることも確実である。これらの事実と、今回記録された2日から11日間の連続滞留の後、浮魚礁群から離れたところに移動していたデータとを合わせて考察すると、石垣島近海の浮魚礁に蝟集するキハダでは、滞留中の摂餌活動は活発でなく、数日に1回沿岸部に移動して摂餌活動を行った後、再び浮魚礁に戻ってくるか、さらに別の海域に移動している可能性が考えられる。

漁獲効率を考慮した場合、魚が浮魚礁と他の海域との間を頻繁に移動しているよりも、継続して浮魚礁に滞留していた方が効率がよいと考えられる。したがって、浮魚礁の設置位置は、キハダなどが摂餌対象とする沿岸性小型魚類の生息する環境からの距離を考慮し、ある程度離岸距離をとった方がよい面があることが生物学的見地から推定できる。一方で漁場までの距離が遠くなると移動に要する経費、時間が増大するというマイナス面も存在する。ハワイの事例との単純な数値の比較ではあるが、離岸5km以上の位置に設置する方が、魚の長時間の滞留を促すという見地から蝟集効果の高い魚礁となる可能性が高いと考えられる。

今回記録された浮魚礁を中心としたキハダの遊泳範囲は半径約1.5km、直径にして3kmであった。従って、個々の浮魚礁が蝟集効果を発揮するためには3km以上の間隔を置いて設置することが効果的であると推定される。実際に、石垣島東側浮魚礁群では大型浮魚礁と小型浮魚礁の間隔は約7km、小型浮魚礁間の距離は5~7kmである。しかし中層型浮魚礁と表層型浮魚礁との相互の関連については今回十分なデータを得ることができなかった。

今回、ダート型標識を付けた標識魚が再捕されたのは、南西諸島および三陸沖（1例のみ）であった。沖縄県水産試験場が実施した標識放流調査の結果においても、一部は南下してフィリピン東岸で再捕されたものの、放流位置よりも北側の南西諸島水域または本州南岸、三陸沖などで再捕された個体が大半を占めていた⁵⁾。キハダ、カツオなどの高度回遊性魚類は、熱帯から温帯域にかけての西部太平洋を回遊している。こうした魚にとって浮魚礁は、滞留している間の餌料環境が良くないにもかかわらず、水中の構造物の周囲に蝟集するという習性に逆らえずに、回遊経路の途次一時期滞留する水域として位置づけられる。

浮魚礁が魚の行動に影響を及ぼす範囲は、半径9~18kmにも及ぶと言われている⁶⁾。浮魚礁の影響をうける海域に、回遊途中たまたましかかったマグロ・カツオ類がトラップされ、浮魚礁に滞留するようになると想定すると、複数の浮魚礁を間隔を置いて設置することによって魚に影響を及ぼす海域を拡大することは、より多くの魚をトラップする上で効果があると考えられる。石垣島東側浮魚礁群は東西約30kmの範囲に設置されており、単一の浮魚礁と比べた場合、魚に影響する範囲は増大していることは明らかである。石垣島西側浮魚礁群と比べて東側浮魚礁群の方に多くの魚が蝟集していることは、後者がマグロ・カツオ類の回遊経路に当たっているからであると推定され、マグロ・カツオ類の回遊経路を考慮して浮魚礁の設置位置を決定することが重要であると考えられる。

摘要

- 1) 大型浮魚礁の周辺に小型浮魚礁を設置する際に、どのような配置がマグロ・カツオ類をはじめとした有用魚の集魚効率を高める上で効果的かを検討する科学的資料を収集するために、沖縄県石垣島近海の浮魚礁群を調査海域として調査を実施した。
- 2) 調査手法として、電子標識（コード化ピンガー）を装着した魚を放流し、浮魚礁に設置した受信機に記録された情報から魚の遊泳行動を把握し、浮魚礁の集魚効果が及ぶ範囲などを推定した。
- 3) 浮魚礁周辺でのキハダの行動から、主な遊泳範囲は浮魚礁から 150m～1500mの範囲内で、2日から11日間継続して同一の浮魚礁に滞留した。
- 4) 複数の浮魚礁間を移動する個体も見られたが全体の中に占める割合は低かった
- 5) キハダ・カツオなどの魚類にとって浮魚礁は摂餌域ではなく、摂餌は別の海域（沿岸域を想定）で行っていると推定された。
- 6) 陸地から一定距離（5km以上と推定）を保った位置に浮魚礁を設置することによって、魚が継続して浮魚礁に滞留することを促し、漁獲効率を高める側面があると推定された。
- 7) 浮魚礁間の距離は、3km以上の間隔をあけることが効果的であると推定された。
- 8) 高度回遊性魚類の回遊経路に浮魚礁を設置することが、魚を浮魚礁に誘引する上で効果的であることから、回遊経路の把握のための基礎調査に基づく情報も重要である。
- 9) 集群効果が低い浮魚礁と、集群効果の高い浮魚礁間で、魚の鯖集状況を比較する調査を計画実施したが、集群効果の低い浮魚礁では滞留する魚の数が少なかった。このため、放流尾数を3倍程度に増やさなければ比較に十分なデータ数を集めることができないと見積もられ、投下できる労力と費用の制約を考慮して継続を断念した。
- 10) 表層型大型浮魚礁が、中層型浮魚礁に順次置換されつつある状況にあって、中層型浮魚礁における鯖集効果を検証することは重要である。今回表層型浮魚礁と同様の手法を用いて、中層型浮魚礁周辺での魚類の遊泳範囲や滞留日数に関するデータを集積できれば、中層型浮魚礁の鯖集効果、効率的な配置について検討できると考えられる。しかし中層型浮魚礁は、海面上に出る構造部を持たないため、受信機の設置が困難である。中層型浮魚礁から海面付近までロープなどを伸ばしてそれに受信機を設置することも想定できるが、波浪による影響を受け、流失が懸念される。中層型浮魚礁における鯖集効果を魚類の遊泳行動から検証する調査技術の開発が課題である。

引用文献

- 1) 矢野和成・清水弘文・小菅丈治・水戸啓一・加藤雅也・小林正裕、2001: 大水深域での大型浮魚礁集群機構の解明と効率的利用法の研究、平成11年度沿岸漁場整備開発調査（直轄）報告書、水産庁漁港漁場整備部計画課: 114-125.
- 2) 清水弘文、2005: パヤオ-浮魚礁、矢野和成編、南の島の自然誌、東海大学出版会、東京、223-231.
- 3) 矢野和成、2005: パヤオは魚の憩いの場？ 矢野和成編、南の島の自然誌、東海大学出版会、東京、233-246.
- 4) Holland, K. N.・Brill, R. W.・Chang, R. K.. C. 1990: Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices.

Fishery Bulletin, 88: 493-507.

5) 太田 格・松本隆之、2005: 琉球列島におけるマグロ類の回遊生態 IV. 平成 15 年度 沖縄県水産試験場事業報告書: 13-20.

6) Holland, K. N. 1996: Biological aspects of the association of tunas with FADs. SPC FAD Information Bulletin, 2: 2-7.