

## I 調査課題名

# 沖合漁場整備における水産資源の培養及び 増養殖機能に関する調査のうち 水産基盤整備におけるカツオ・マグロ等の 増殖可能性調査

## II 調査実施機関及び担当者

財団法人漁港漁場漁村技術研究所	漁場と海業研究室	伊藤 靖
	漁場と海業研究室	三浦 浩

## III 調査の実施年度

平成 19 年度～平成 21 年度

## IV 緒言

本調査の目的は、我が国の沖合漁業における重要魚種であるカツオ・マグロ類等の高度回遊性魚類について、直轄漁場整備事業を実施する場合の技術的な課題を抽出し、想定される増殖手法について検討することである。

具体的には、1)生物学的知見の収集・整理、2)高度回遊性魚類の漁場造成および増殖効果を目的に整備された魚礁などについての知見を収集・整理し、これをふまえ、増殖施設等における増殖手法の改善に資する基礎資料として取りまとめる。

## V 調査方法

### 1 生態的な既存知見の収集・整理

既存の文献を利用して、カツオ・マグロ類の生態特性(①分布域、②成熟・産卵、③成長、④食性、⑤生活・回遊など)について 20 年度報告書の内容を補足した。

### 2 浮魚礁周辺におけるカツオ・マグロ類の行動特性に関する知見の収集・整理

浮魚礁を利用した漁業は、カツオやマグロ類等が浮魚礁に蜻集する習性を利用した漁法である。従って、これら魚類の浮魚礁周辺での行動様式を把握することは、漁獲効率の向上につながるだけでなく、滞留期間や餌料生物分布から増殖効果の推定に加え、施設の設置においても貴重な資料となる。そこで、既存資料および関係機関へのヒアリング調査によって、カツオ・マグロ類の浮魚礁への滞留期間、日周行動、摂餌行動等に関する知見を収集・整理した。

### 3 浮魚礁を利用する漁業の事例調査

平成 19 年度調査における沖縄県八重山漁協の曳縄漁業、平成 20 年度調査における宮崎県日南市漁協および外浦漁協のカツオ一本釣漁業、高知県土佐清水支所の曳縄漁業、佐賀支所のカツオ一本釣漁業に加え、鹿児島県枕崎漁協の曳縄漁業を営む漁業者へのヒアリング調査を実施し、浮魚礁の利用状況やその利用上の課題について把握するとともに、漁業活動を通じて確認されるカツオ・マグロ類の浮魚礁への蜻集状況や行動特性についての新たな見解を整理した。

#### 4 浮魚礁の効果の把握

浮魚礁の効果については、漁業の生産活動に関する効果と漁業資源に関する効果が考えられる。既存資料と上記ヒアリング調査の結果から、それぞれの効果について整理した。

#### 5 浮魚礁の効率的な設置

浮魚礁は、その設置海域の条件によって、魚類の蝟集効果に違いがあることが確認されている。魚類の蝟集あるいは漁業活動においてより効率的な設置方法について、既存資料とヒアリング調査結果より、設置位置、設置水深、設置間隔の3つの条件からの見解を整理した。

### VI 調査結果

#### 1 マグロ類の生態的知見の整理と浮魚礁周辺における行動特性

##### 1-1 マグロ類の生態的知見の整理

マグロ類はスズキ目サバ亜科サバ科に属する大型魚で、肉質が優れており、経済的価値が極めて高い魚種の一つである。分類学的には、クロマグロ、メバチ、キハダ、ビンナガ、ミナミマグロ、コシナガ、タイセイヨウマグロの7種に分類され、このうち、クロマグロ、メバチ、キハダ、ビンナガの4種が日本の近海を回遊する。以下に、これら4種について、現在把握されている生態的な知見を示す。

##### (1) クロマグロ

##### ① 分布

これまで太平洋のクロマグロは、大西洋に分布するクロマグロの地理的亜種とされてきたが、近年の研究からこれらを別の種として扱うことが主流となっている。太平洋クロマグロは主に北緯20～40度の温帯域に分布するが、一部熱帯域や南半球でもその分布が確認されている。

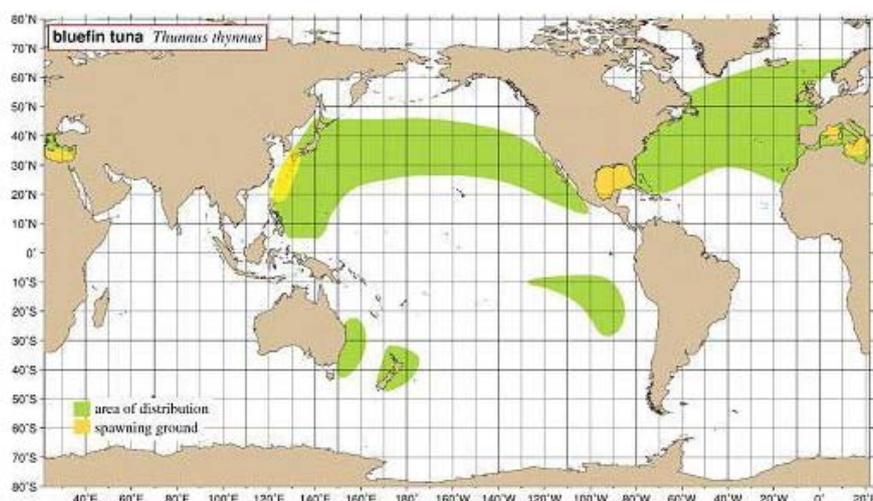


図1 クロマグロ(太平洋)の分布域と産卵域

資料：(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所

## ② 成熟・産卵

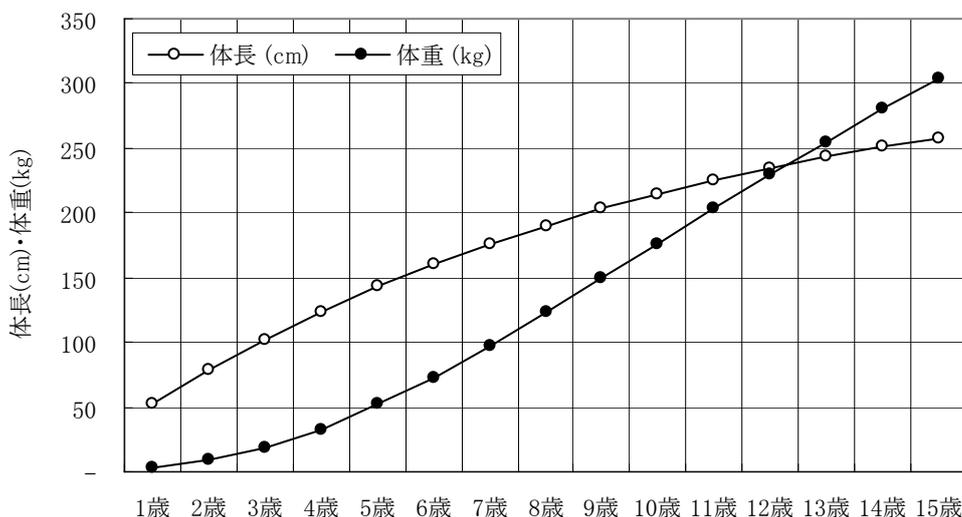
成熟年齢は、従来5歳頃と考えられていたが、近年の組織学的観察から、3歳頃には8割程度が成熟していることが明らかとなった<sup>1)</sup>。

クロマグロの主な産卵場は北緯30°以南、伊豆諸島以西からフィリピン近海に至る範囲にほぼ限定されている<sup>2)</sup>。一方、仔魚の出現や生殖腺の発達状況から、日本海や三陸沖等、日本沿岸域における産卵の可能性も報告されている<sup>3)</sup>。

産卵期は日本の南方海域で6～7月であるが、北上に従い遅くなり、日本沿岸域ではこれより2ヵ月前後遅れる<sup>4)</sup>。

## ③ 成長

クロマグロは、初期の成長こそキハダに劣るものの、寿命が長くかつ高齢期においても高い成長度を維持することから、体長が4mを上回るものもある。クロマグロの年齢と体長・体重との関係は図2に示すとおりである。満1歳で体長(尾叉長)は50～60cm、2歳で80～90cmにまで成長する。その後も成長を続け、10年で200cm位に達すると考えられているが、200cm以上の大型魚については年齢が明らかでない。近年、耳石による年齢査定の調査が進められているが、クロマグロの寿命は20歳以上と推定されている。



	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳	14歳	15歳
体長 (cm)	0.0	52.0	78.0	102.0	124.0	143.0	160.0	176.0	190.0	203.0	215.0	225.0	234.0	243.0	251.0	257.0
体重 (kg)	0.0	2.8	9.9	19.0	33.0	52.0	73.0	97.0	123.0	149.0	176.0	203.0	229.0	255.0	280.0	304.0

①田中(2006)の研究による

図2 クロマグロの年齢と体長・体重との関係

資料:「平成19年度国際漁業資源の現況」

## ④ 食性

仔稚魚は日中にかいあし類や枝角類をよく摂餌し、幼魚はカタクチイワシやスルメイカを摂餌している。成魚の胃袋からは、イカ類の他、トビウオ類、キントキダイ類、カツオなど魚類が多く見られる。ただし、特定の魚種を選択的に捕食するのではなく、その海域に多い生物を機会的に捕食していると考えられている<sup>5)</sup>。

## ⑤ 回遊

太平洋クロマグロの回遊経路は次のとおりである。

日本の南方～フィリピン沖あるいは日本海で生まれた太平洋クロマグロは、夏季に日本沿岸を北上し、冬季に南下する。2～3歳魚は北太平洋を主な分布域とし、春季に黒潮続流域を西に進み、夏季に三陸沖を北上、秋季には親潮前線に沿って東進し、冬季に日付変更線付近の黒潮続流域に向かって南下するといった時計回りの回遊をすることがアーカイバルタグ調査により明らかとなった<sup>6)</sup>。しかし、日付変更線付近まで移動しないものや、半年～数年間沿岸域に滞在し続けるものなど、回遊パターンには個体差も確認されている。また、太平洋を横断して太平洋東部に渡り、北米西海岸に数年間滞在した後、産卵のため再び太平洋を渡って太平洋西部に回帰するものもある。

## (2) メバチ

### ① 分布

メバチは、地中海を除く温・熱帯域に広く分布する。太平洋では北緯45°～南緯40°に至る全域に分布するが、東部太平洋の方が分布密度が高い。また、メバチは、マグロ類の中で最も生息深度が深いことが知られている<sup>7)</sup>。

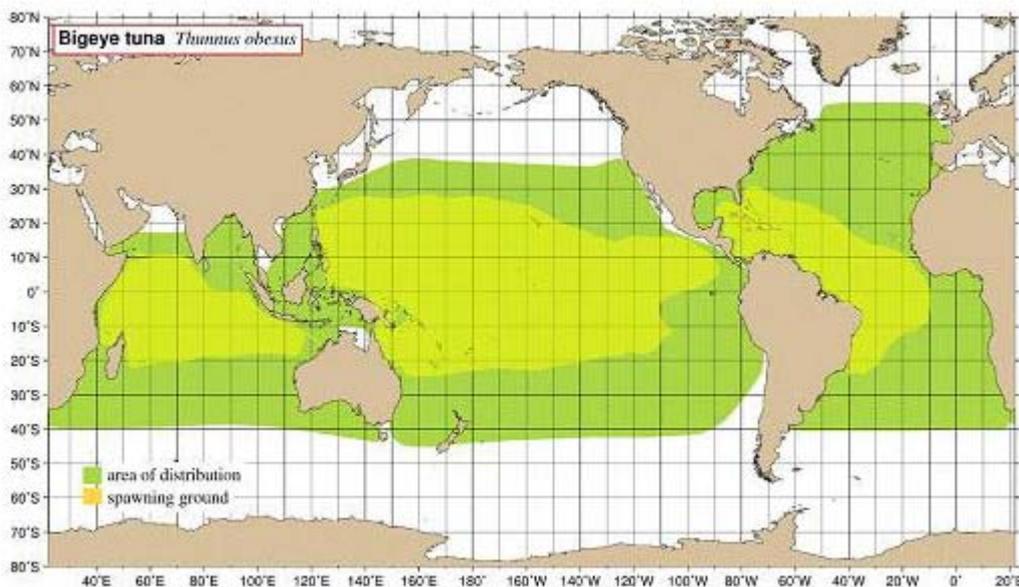


図3 メバチの分布域と産卵域

資料：(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所

### ② 成熟・産卵

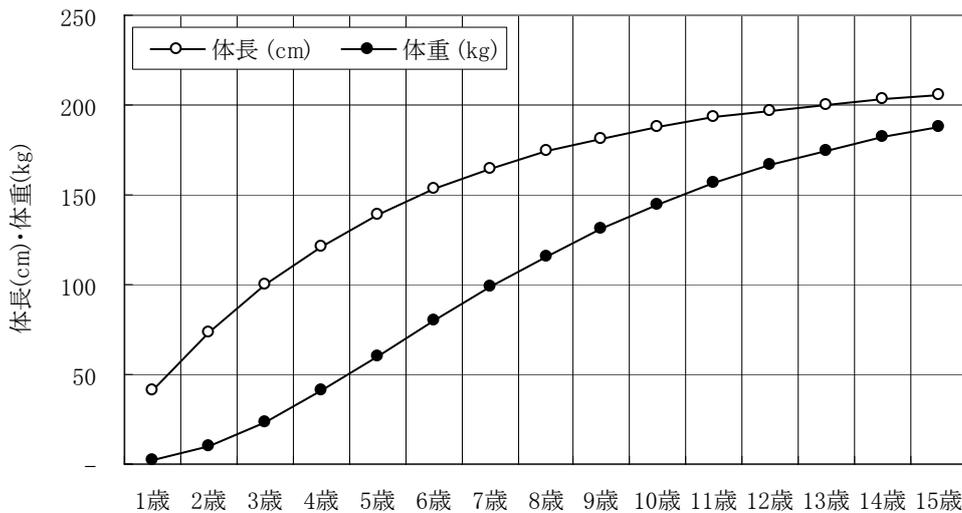
メバチは、満3歳頃から一部のものが成熟し、満5歳で全てが成熟する。成熟期の体長は100～140cmである。

稚魚の分布から、メバチの産卵は、熱帯・亜熱帯域の水温24℃以上の海域でほぼ周年行われていると考えられている。ただし、場所によって産卵時期のピークが異なり、中西部太平洋では、赤道の北側で4～5月、南側で2～3月、東部太平洋では、赤道の北側で4～10月、南側で1～6月が盛期である。産卵は夜間～深夜にかけて行われ、産卵期にはほぼ毎日産卵する。

### ③ 成長

メバチの年齢と体長については幾つもの研究報告があり、研究者間で合意されたものはない。須田・久米の成長モデルによると、満1歳で41.0cm、2歳で73.4cm、3歳で99.8cmと成長が早く、10歳で187.7cmに達する。近年研究が進められている耳石を用いた研究によると、成長率には大きな差は見られないが、1歳児の体長は約60cmと推定され、これまでの研究結果とほぼ半年のずれがある<sup>8)</sup>。

寿命に関しては、これまで8～10歳と考えられていたが、オーストラリアのサンゴ海で15歳のメスと12歳の雄が捕獲されており、15年以上と推定される。



	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳	14歳	15歳
体長 (cm)	0.0	41.0	73.4	99.8	121.3	138.7	152.9	164.5	173.9	181.5	187.7	192.8	196.9	200.2	203.0	205.2
体重 (kg)	0.0	1.8	9.5	23.2	40.8	60.2	79.9	98.7	116.0	131.4	144.8	156.5	166.4	174.6	181.8	187.6

①年齢時体長はSuda and Kume(1967)の研究による

②体重はNakamura and Uchiyama(1966)の体長体重関係式  $W(\text{kg})=3.661 \times 10^{-5} \times L(\text{cm})^{2.90182}$  を用いている

図4 メバチの年齢と体長・体重との関係

資料：「平成19年度国際漁業資源の現況」

### ④ 食性

メバチの餌生物は他のマグロ類と本質的に変わらず、魚類、甲殻類、イカ類が主体である。餌に対する特別な選択性はないが、生息域がやや深層であるため、ハダカエソやミズウオ等中深海性の魚類が多い。また、昼間より夜間に積極的に索餌すると考えられている。

### ⑤ 回遊

太平洋東部の赤道付近で孵化した仔魚は、北太平洋もしくは南太平洋で生育し、成熟すると再び太平洋東部の赤道付近に移動すると考えられている。また、日本近海では小型のメバチが春季に漁獲されることから、日本列島沿いに北上し、その後東方海域に移動し、北太平洋海域に加わる魚群もあると考えられる。しかし、標識放流の結果からは、他のまぐろ類ほど明瞭な回遊の方向性は認められていない。なお、日本近海を回遊するメバチは、流木に付く木付き群が多く、瀬付き群は小笠原と西南海区に、サメ付き群は

東北海区にみられる。

### (3) キハダ

#### ① 分布

キハダは、メバチ同様熱帯域から温帯域にかけて広く分布するが、適水温が低いためメバチの分布に比べて南北方向にやや狭く、赤道を中心に南北 25° の範囲を回遊する。また、鉛直分布はメバチよりやや浅く、主に表海水層を遊泳する。

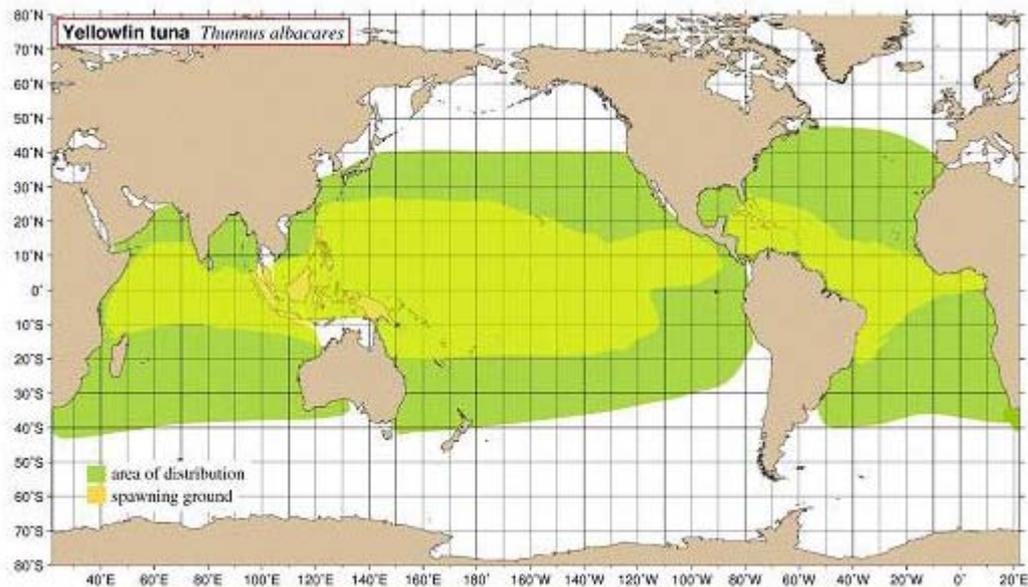


図5 キハダの分布域と産卵域

資料：(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所

#### ② 成熟・産卵

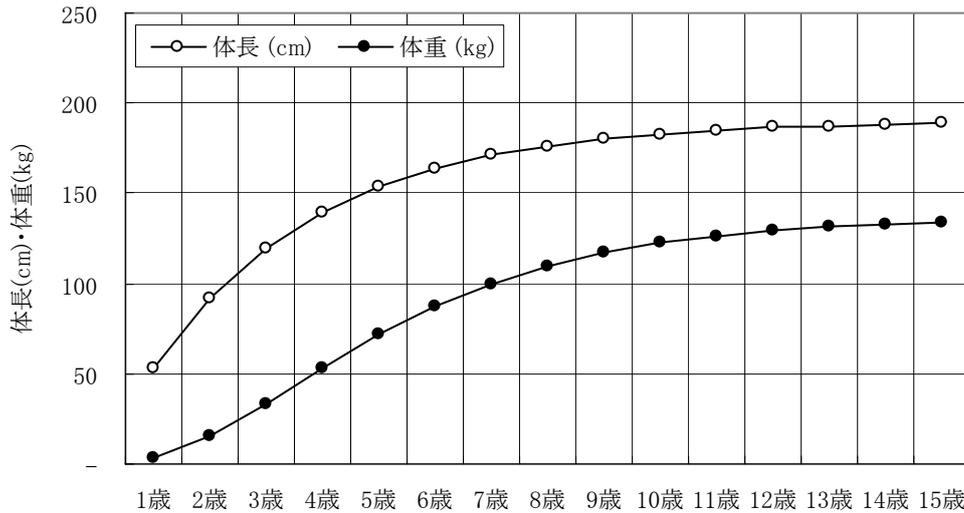
メバチは生後満3年頃から一部のものが成熟し、満5年で全てが成熟する。

太平洋での産卵場は 30° N~35° S の水温 24~25°C にわたる海域で行われる。産卵期は海域によって長短があり、水温が高く餌が豊富な海域では産卵期間が長いと推定されている。フィリピン近海から日本南部海域では4~8月、産卵の北限にあたる日本近海では6~7月と推定される。また、産卵は夜間に行われ、産卵期にはほぼ毎日産卵することが判明している。

#### ③ 成長

キハダの年齢と成長の関係については藪田らほか幾つかの報告がある。藪田らによると、満1歳で53.4cm、2歳で91.8cm、3歳で119.4cmと初期の成長が極めて早い。しかし、寿命は、クロマグロやメバチに比べて短く、7~10年程度と推定される。

雄は雌より大型になると考えられ、体長が120cmを超えると雄の割合が徐々に高くなり、150cm以上の個体の大部分は雄である。この性比の偏りは成熟に伴う自然死亡率の差によるとの考えが主流である。



	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳	14歳	15歳
体長 (cm)	0.0	53.4	91.8	119.4	139.2	153.5	163.8	171.1	176.4	180.3	183.0	185.0	186.4	187.4	188.1	188.7
体重 (kg)	0.0	2.9	14.9	33.3	53.1	71.6	87.2	99.6	109.3	116.9	122.3	126.4	129.3	131.4	133.0	134.2

①年齢時体長は藪田ら(1960)の研究による  
 ②体重はNakamura and Uchiyama(1966)による体長体重関係より推定

図 6 キハダの年齢と体長・体重との関係

資料: 「平成 19 年度国際漁業資源の現況」

④ 食性

キハダの主な餌生物は表中層の魚類、甲殻類、イカ類でこれらが無作為に摂餌している。餌の種類は成長段階によって異なり、小型魚ではイカ類を最も多く食べ、大型魚になると魚類を多食する。

⑤ 回遊

日本近海の島や礁のまわりに生息するキハダは余り移動しない。薩南海区や台湾沖ではカツオやツムブリ、シイラなどと共に流木に付く。またイルカ類に付くことも多い。回遊については詳しいことは明らかにされていないが、西部太平洋の若齢魚は成長するにつれ、東方の中部太平洋に移動するといわれている。

(4) ビンナガ

① 分布

太平洋のビンナガは 50° N~45° S まで広く分布するが、赤道海域には分布が少ない。なお、北太平洋と南太平洋では系群が異なるとの見解が強い。北太平洋のビンナガは、高緯度域において渡洋回遊することが標識放流調査によって実証されている。

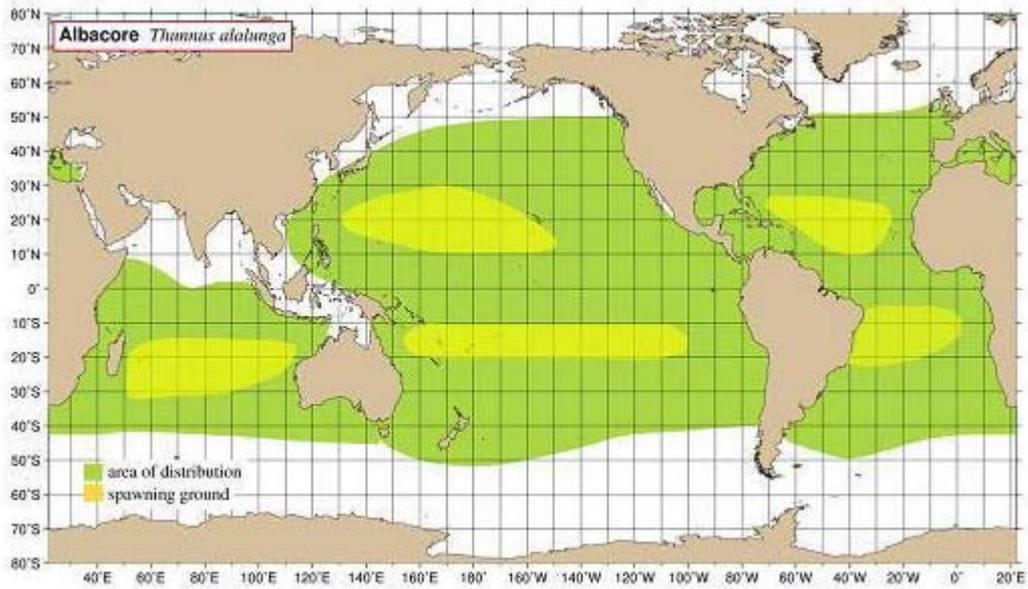


図7 ビンナガの分布域と産卵域

資料：(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所

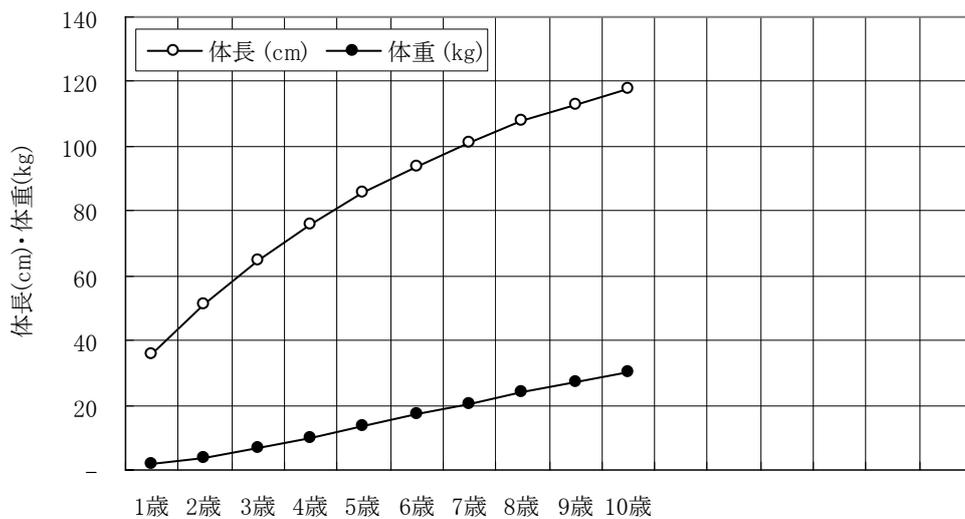
② 成熟・産卵

ビンナガの成熟年齢は5歳以上と考えられている。性比は海域や年により変化するが、西部太平洋においては産卵期には7割が雄である。また、キハダ同様、体長が大きくなるに伴い雄の割合が高くなる。

仔魚の分布から判断して、北太平洋のビンナガは周年産卵していると推定される。

③ 成長

ビンナガの成長は他のマグロ類に比べて遅い。日本近海のビンナガは、満1歳で36cm、2歳で51cm、3歳で65cmに成長する。その後も年間成長量は大きくは減少せず、10歳で118cmとなる。寿命は16歳以上と推定される。



	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳
体長 (cm)	0.0	36.0	51.0	65.0	76.0	86.0	94.0	101.0	108.0	113.0	118.0
体重 (kg)	0.0	1.6	3.8	6.9	10.2	13.8	17.2	20.6	24.3	27.2	30.2

①年齢と体長の関係は須田(1966)の研究結果による

②体重はWatanabeら(2006)の体長体重関係式  $W(\text{kg})=2.20 \times 10^{-4} \times L(\text{cm})^{2.48}$  を用いている

図 8 ビンナガの年齢と体長・体重との関係

資料：「平成 19 年度国際漁業資源の現況」

#### ④ 食性

メバチやキハダ同様、ビンナガも魚類や甲殻類、頭足類を無選択に摂餌している。東北近海のビンナガは魚類ではカタクチイワシを多く食べている。摂餌は夕方と夜間に行われるようである。

#### ⑤ 回遊

北太平洋のビンナガは東西に大きく回遊する。満 2 歳までは北米沿岸を回遊し、秋季以降西方沖合に移動、その後再び北米沿岸に戻る。しかし、西方に移動した魚群の一部は北西太平洋に入る。年齢と共に、北米から日本海側に移動する魚群が増加し、6 歳魚では全てが日本側に移動する。その後産卵のため亜熱帯海域に南下する。

なお、日本の東北海区のビンナガの回遊群はほとんどが鳥付き群であり、流木やサメ・クジラにつくものは少ない。

## 1-2 浮魚礁周辺におけるマグロ類の行動特性

### (1) 滞留期間

これまでの調査結果より、キハダやメバチはカツオに比べてパヤオへの滞在期間が長く、移動性が低いと考えられる。滞留期間は概ね1～数週間であるが、長いもので5ヶ月程度滞留したという報告もある。また、観測点の流速と滞在期間には負の相関が認められている。流速の速い状況においては、滞留のためのエネルギー消費を回避するため、滞留期間が短くなることの指摘がある。

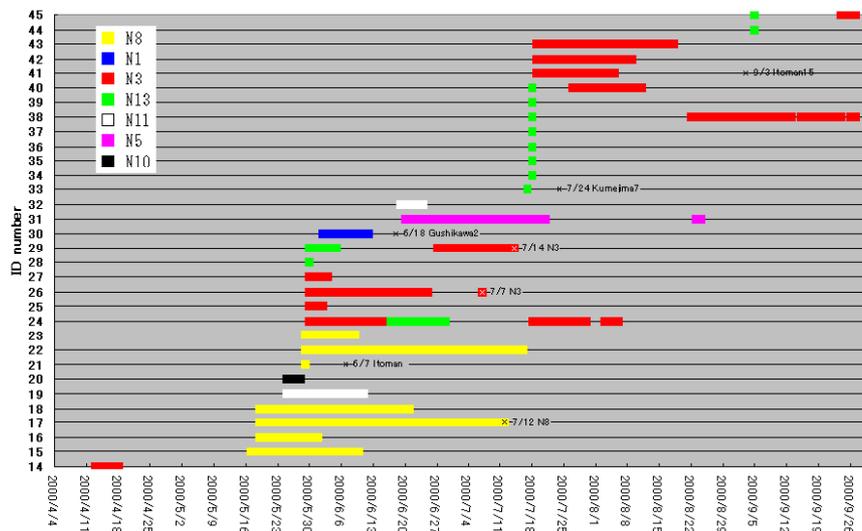


図9 浮魚礁周辺へのマグロ類の滞留状況

資料：太田格氏提供

### (2) 日周行動

#### (水平移動)

パヤオに蛸集するキハダやメバチは、長時間1つのパヤオに滞在するのではなく、1～数日の周期でパヤオから離れたり、別のパヤオに移動したりすることが確認されている。また、夕方から日没頃にかけて一定時間パヤオから離れる行動が頻繁に観測されている<sup>9)10)</sup>。

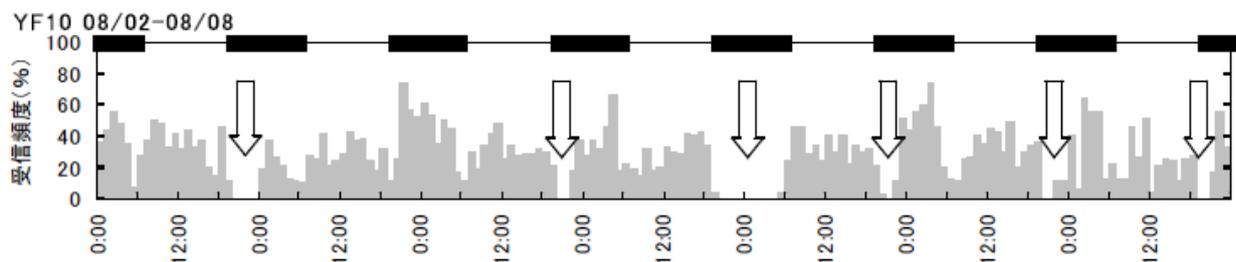


図10 標識魚(キハダ)の音波受信状況

資料：パヤオ周辺でのマグロ類の遊泳行動IV

#### (鉛直移動)

キハダ、メバチは両種共に、昼間は水深300-500m以深の深層にまで分布し、夜間浅層を遊泳することが確認されている。マグロ類の潜水深度の制限は、絶対温度でなく、表層からの相対的な温度変化(8℃)によることが報告されている<sup>11)12)</sup>。

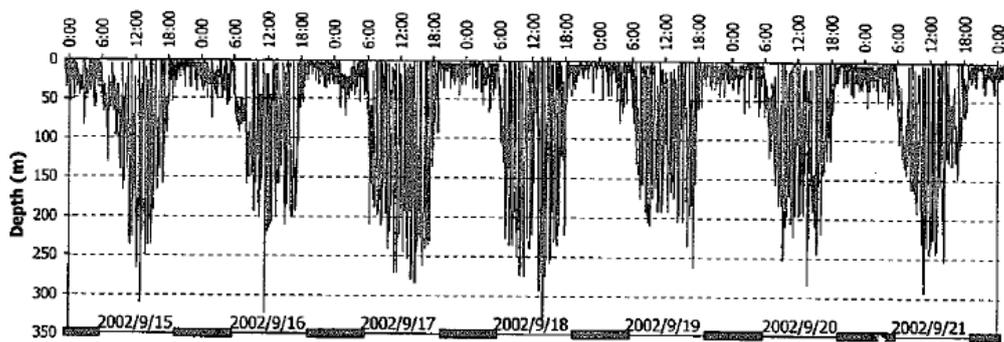


図 11 浮魚礁周辺でのキハダの遊泳水深の時系列データ

資料：パヤオ周辺でのマグロ類の遊泳行動Ⅱ(2002)

### (3) 摂餌行動

浮魚礁周辺で漁獲されるキハダに空胃個体が多いことやカツオの肥満度が低いことが報告されており、浮魚礁周辺は過酷な餌料環境であることが予想される。そのため、マグロ類の日周的に行なわれる一定時間以上の浮魚礁からの離れる行動は索餌行動に伴う移動との見解が主流である。また、昼間の深層への潜行行動についても DSL(深海散乱層)\*の分布と一致していることから、深層での摂餌行動の可能性が示唆される。なお、こうした短時間の鉛直移動は体温がある程度低下した時起こっていることから、低水温層への適応のための体温調整行動との見解もある<sup>12)13)</sup>。

※DSLとは主に外洋域の中深層からで魚群探知機に頼れる層状の映像である。これは1~10cm程度の魚類、頭足類、甲殻類等マイクロネクトンの群集が魚探に反応したもので、マグロ類の重要な餌であるとされる。

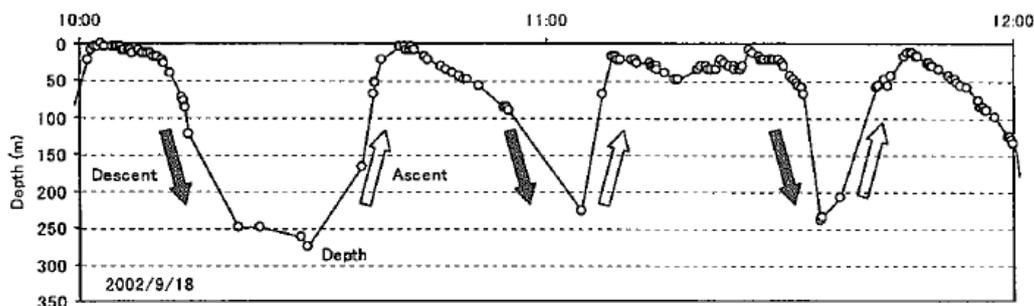


図 12 浮魚礁周辺でのキハダの昼間の鉛直移動

資料：パヤオ周辺でのマグロ類の遊泳行動Ⅱ(2002)

### (4) 離脱行動

浮魚礁に唳集するキハダが1~数日のスケールで浮魚礁から離れたり、別の浮魚礁に移動したりすることが確認されている。

### (5) 移出時期

浮魚礁からの移出時期については、個々の移出と非生物的環境要因(潮流、水温、台風など)との関係は認められず、また同時期に複数個体が移出する状況も確認できなかったことから、物理的環境要因よりも個体の内的要因による影響が強いと考えられている<sup>14)</sup>。

## 2 カツオの生態的知見の整理と浮魚礁周辺における行動特性

### 2-1 カツオの生物学的知見の整理

#### (1) カツオ

##### ① 分布

カツオは1種のみでスズキ目サバ科カツオ属を形成し、3大洋全ての熱帯～温帯水域(表層水温15℃以上の海域)に広く分布している。これら3大洋の系群は別系群と考えられている。太平洋における分布域は、西側では45°N～40°Sと範囲が広いが、東側では40°N～30°Sとやや狭くなる。一般に大型魚ほど南北方向の分布域は狭く、若年魚ほど広くなるといわれる。日本近海は分布の縁辺域にあたり、主に体長30cm台後半以上のものが北海道以南の太平洋側各地及び九州の西岸に来遊する。

カツオの主たる産卵場は表面水温24℃以上の赤道を挟んだ熱帯水域であるが、季節によっては伊豆諸島付近の温帯水域でも産卵が行われる<sup>17)</sup>。

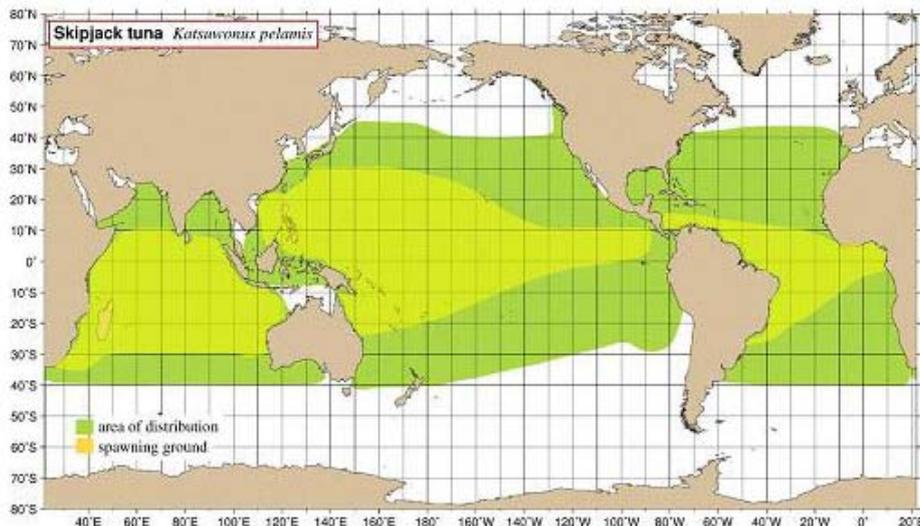


図13 カツオの分布域と産卵域

資料：(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所

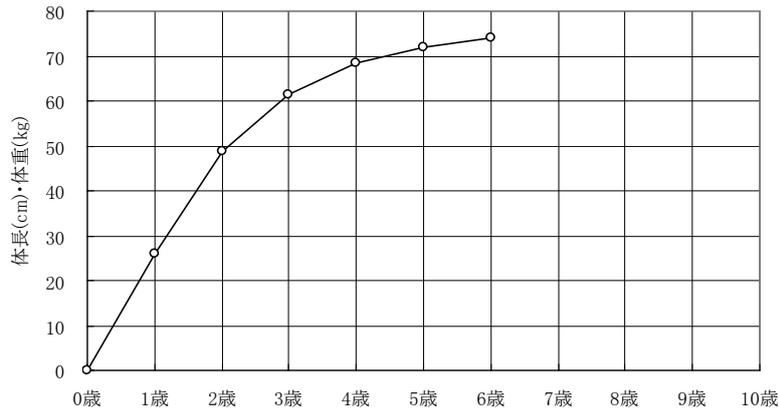
##### ② 成熟・産卵

カツオは45cm程度から成熟するとされ、日本近海から南下したものは産卵に関与すると考えられている<sup>18)</sup>。

産卵期は、熱帯水域では周年、亜熱帯水域では春から初秋が中心となる。日本近海では沖縄周辺、更には伊豆諸島から35°N付近で仔魚が確認されており、この辺りでも産卵が行われていると考えられている。

##### ③ 成長

カツオの成長については耳石の観察により近年その成長が明らかにされつつある。カツオは初期の成長が早く、全長2.6mm程度でふ化した幼魚は1ヵ月に40mm以上成長する。生後満1歳で25.9cm、2歳で48.8cm、3歳で61.4cmに達すると推定される。はえ縄漁業等で80cmを超える大型魚が漁獲されることがあり、最大100cmにも達するとされる。



	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳
体長 (cm)	0.0	25.9	48.8	61.4	68.3	72.0	74.1				

Yao, M. 1981. Growth of Skipjack Tuna in the Western Pacific Ocean. 東北海区水産研究所研究報告, (43):71-82.

図 14 カツオの年齢と体長・体重との関係

資料: 「平成 19 年度国際漁業資源の現況」

#### ④ 食性

稚魚期の主要な餌生物は魚類仔魚であるが、マグロ類と比べて魚食性は弱く、甲殻類や頭足類も捕食する。成長に従って捕食する魚類、甲殻類、頭足類のサイズは大型化するが、餌の選択性は弱く、海域の餌環境と遊泳能力、口の大きさ等が餌生物を規定していると考えられている。

また、カツオは典型的な視覚捕食者であり、仔魚、成魚ともに摂餌活動を行うのは夜明け～日没までといわれる。

#### ⑤ 回遊

日本近海を回遊するカツオは、幾つかのルートで夏～秋に常磐・三陸の沖合に現れる。この海域は黒潮と親潮が交錯する混合水域と呼ばれ、カツオの餌が豊富に存在することが知られている。最も回遊量が多いのは伊豆諸島沿い、伊豆諸島東沖(145° E)を北上するルートで、7～8月に常磐・三陸沖に達する。2つめは黒潮沿いに北上するルート。4～5月に沖縄諸島・奄美諸島から鹿児島県に近づき、四国沖、紀伊半島沖を經由し、5～6月に遠州灘、伊豆諸島周辺に達する。その後、常磐・三陸沖に北上する魚群もある。また、一部の魚群は黒潮から分岐する対馬暖流沿いに九州西岸・五島付近に達する。3つめは、小笠原諸島から伊豆諸島を北上するルートである。このルートで房総沖にたどり着いた魚群は、その後紀伊半島沖に西進する魚群と、常磐・三陸沖に北上する魚群に分かれる。三陸沖に北上した魚群は9月頃には南下する。

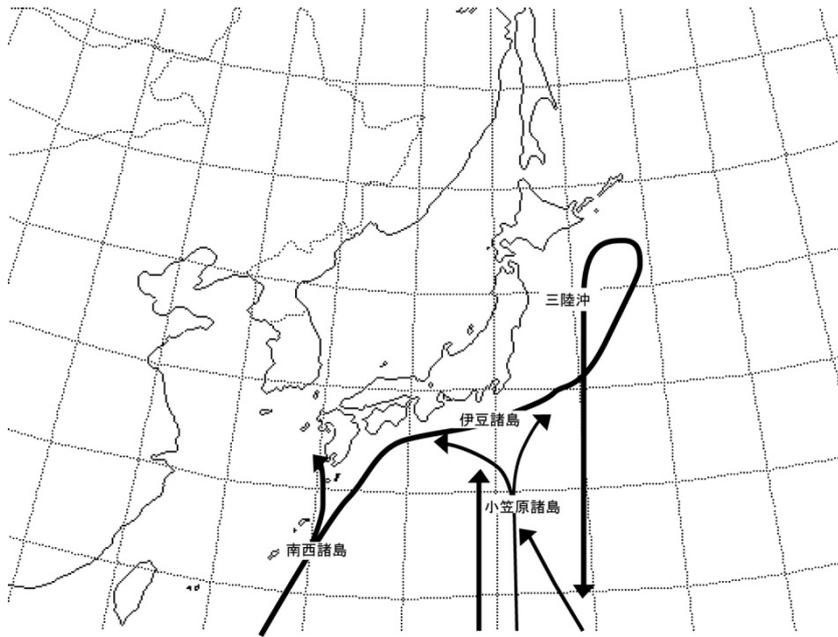


図 15 日本近海におけるカツオの回遊ルート

## 2-2 浮魚礁周辺におけるカツオの行動特性

浮魚礁周辺に滞留するカツオの遊泳行動については、(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所が平成 17 年 6 月 21 日から 9 月 9 日に中部熱帯太平洋において人工筏 (FAD) を使用して実施された調査において明らかにされている。同調査で使用された FAD (アルゴス社製 SC-40) は 8 基であり、同年 5 月 25~6 月 5 日にかけて調査用に放流されたものである。なお、FAD は浮魚礁のようにロープ等で海底のアンカーに固定されてはおらず、漂流している。また、調査魚は人工浮魚礁周辺で釣り、曳縄操業にて釣獲された魚が用いられている。

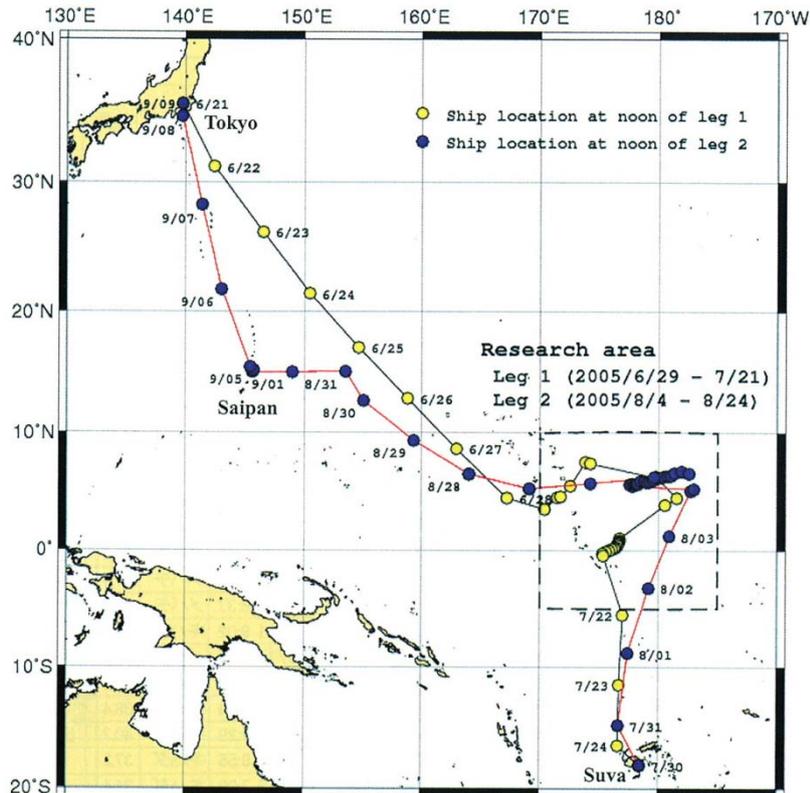


図 16 調査の航路図 (2005. 6. 21-9. 9)

資料:水産庁・(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所「平成 17 年度 照洋丸 第 1 次調査航海報告書」

### (1) 滞留期間

人工浮魚礁へのカツオの滞留期間はキハダやメバチに比べて短く、特にキハダは放流された 18 個体の半数に 7 日間以上の滞留が確認されたが、カツオは最長で 6 日間余り、放流された 14 個体のうち 3 日以上滞留したものは 4 個体のみであった。これら 4 個体の体長は 38.6~64.0cm と広範囲にわたり、個体サイズと滞留期間の関係性は認められない。なお、同追跡調査ではいったん浮魚礁から離れたカツオが、約 1 日後、5 マイル離れた後に浮魚礁に戻る状況が確認されている。

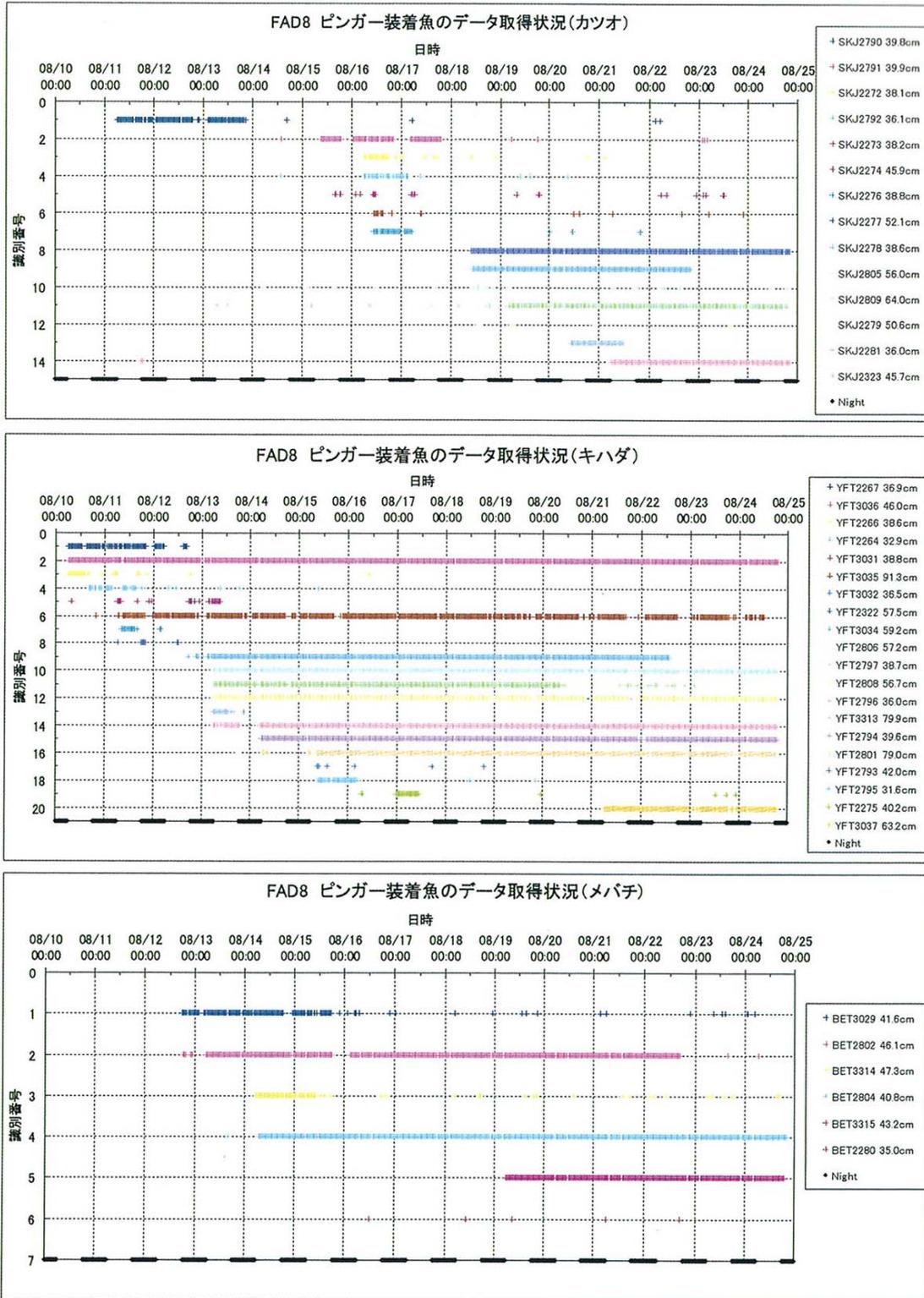


図 17 カツオ・キハダ・メバチの浮魚礁への滞留期間の比較(2005.8.10-25)

資料:水産庁・(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所「平成 17 年度 照洋丸 第 1 次調査航海報告書」

(2) 遊泳水深

ピンガー装着による4日間の追跡調査から、人工浮魚礁周辺にいる間は概ね100m以浅を遊泳するが、人工浮魚礁から離れると遊泳水深は100~150mとやや深くなっていることが確認された。また、人工浮魚礁周辺を遊泳する間は、夜間は昼間に比べて浅い層(50m以浅)にいる頻度が高い傾向も認められている。

また、松本ら(2006)<sup>19)</sup>による個体識別可能な超音波発信機を用いた中部太平洋熱帯域での人工浮魚礁周辺に形成されたカツオ、キハダおよびメバチの遊泳行動の調査からも、カツオがキハダやメバチに比べて浅い水深を遊泳する様子が観察されている。

FAD8 :5° N, 177° E

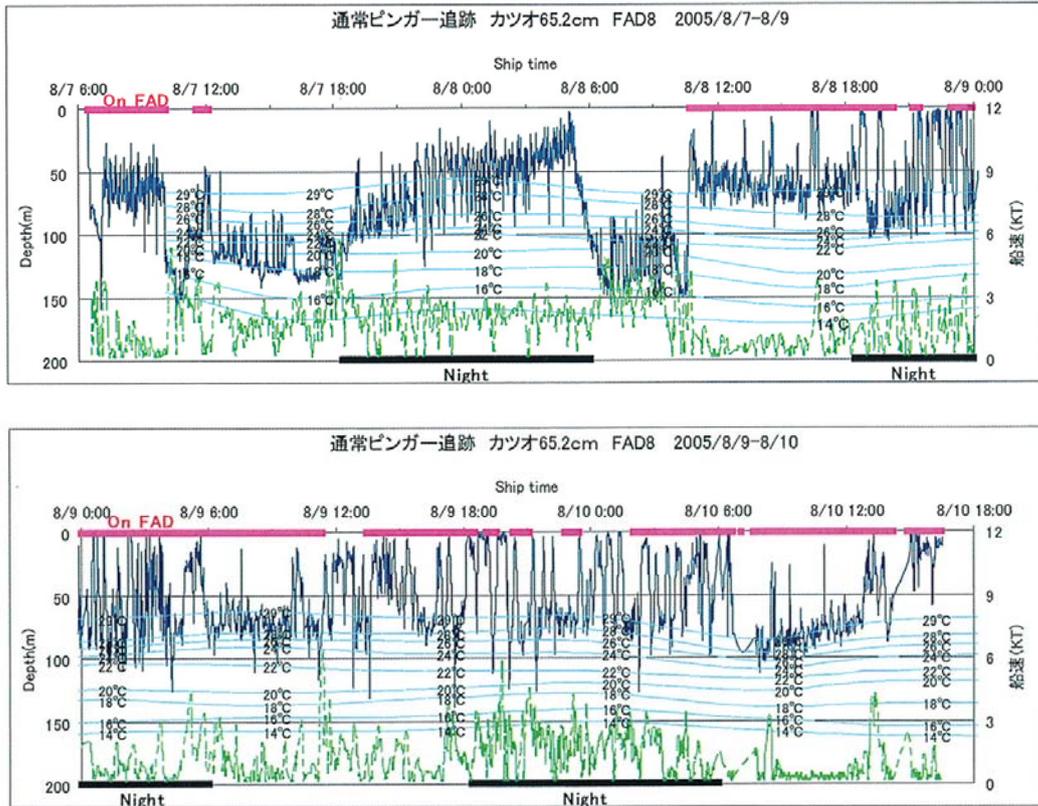


図 18 浮魚礁周辺海域でのカツオの遊泳水深(2005.8.7-10)

資料:水産庁・(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所「平成17年度 照洋丸 第1次調査航海報告書」

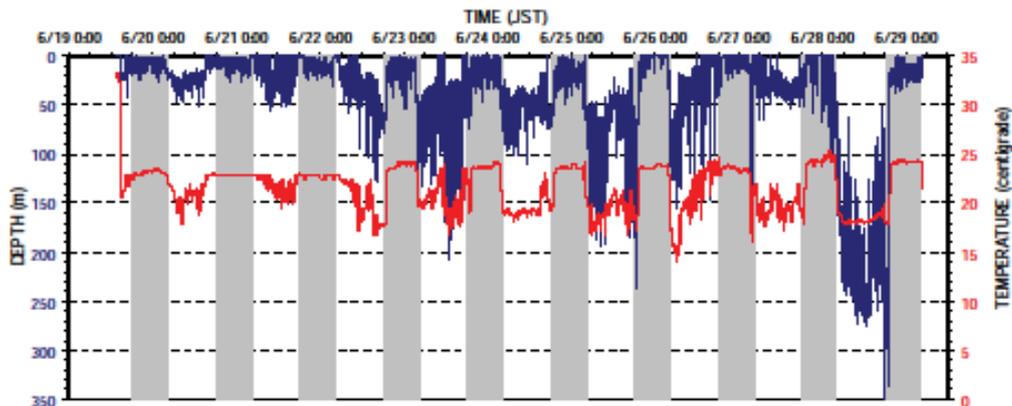


図 19 メモリータグによる常磐沖におけるカツオの遊泳行動

資料:小倉未基(2002)「遠洋」No.110

### (3) 昼夜別遊泳水深分布

ピンガー装着による6個体の追跡調査から、昼間は50~70mを中心に概ね100m以浅に滞在する傾向が確認されている。一方、夜間は水深範囲は昼間とほぼ同様であるが、平均的な遊泳水深は、個体差はあるものの昼間より浅く、100mを超える水深への分布割合は非常に低い結果が示されている。

こうした昼夜による遊泳水深の違いについては、松本ら(2006)<sup>19)</sup>による中部太平洋熱帯域の人工浮魚礁周辺でのカツオの遊泳行動の調査、更には小倉(2002)<sup>17)</sup>による常磐三陸沖でのカツオのメモリータグ放流調査でも確認されている。

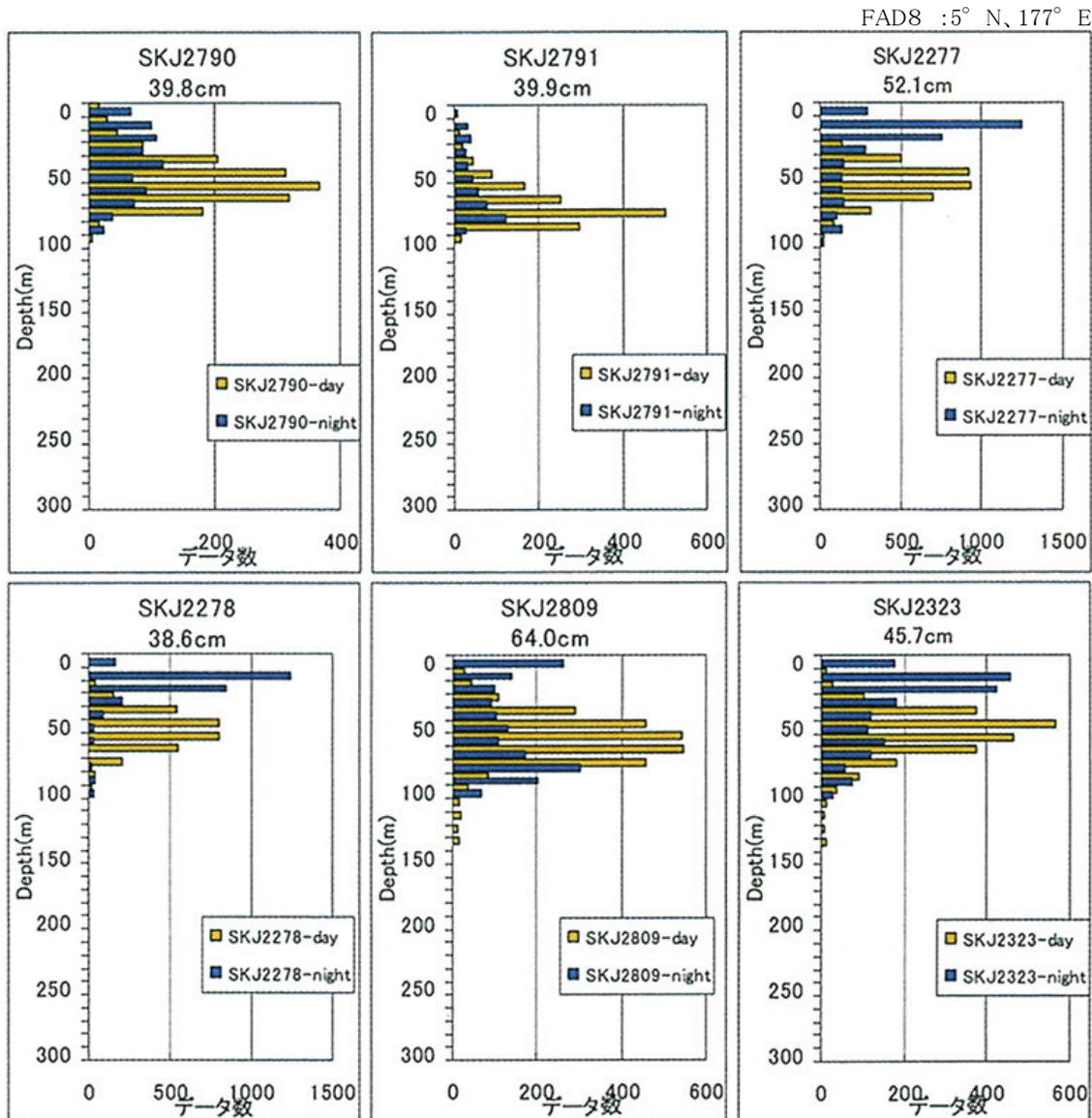


図 20 浮魚礁周辺海域でのカツオの昼夜別遊泳水深分布(2005.8.7~)

資料:水産庁・(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所「平成17年度 照洋丸 第1次調査航海報告書」

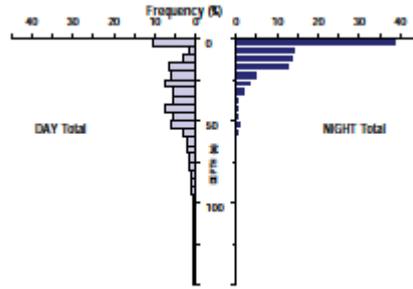


図 21 カツオの遊泳深度の昼夜別頻度分布

### 3 浮魚礁に蜻集する魚種・体長

#### 3-1 浮魚礁に蜻集する魚種

西海区水産研究所では、石垣島沖合の大型浮魚礁において平成 9、10 年に計 10 回の潜水調査を実施し、大型浮魚礁周辺の魚類の分布状況を調査している。大型浮魚礁周辺で確認された魚種は 20 種であり、これらの分布様式は下表に示すとおりであった。キハダ、カツオについては大型浮魚礁近傍～周辺域の水深 30m 付近に分布しており、また同時に実施された釣獲調査からは大型浮魚礁から 150m の範囲までその分布が広がっていることが確認されている。

また、仔稚魚については大型浮魚礁周辺域で 28 分類 95 個体が採取された。キハダについては全長 4.9mm の仔魚が採取されており、浮魚礁の近傍で産卵している可能性が示唆された<sup>15)16)</sup>。

I 大型浮魚礁近傍	a 浮体～人工海底	オヤビッチャ ツバメウオ ソウシハギ イシダイ
	b 浮体～連結部	テンジクイサク ミナミイサズミ ホイスズミ ヒレナカカンパチ ウスハハギ クロヒラアシ
	c 連結部～水深30m	メジロサメ科 フリモトキ
II 大型浮魚礁近傍 ～周辺	a 表層	シイラ カマスサワラ
	b 表層～連結部	クサヤモロ ツムブリ アミンカラ
	c 表層から水深30m	キハダ カツオ クロカジキ

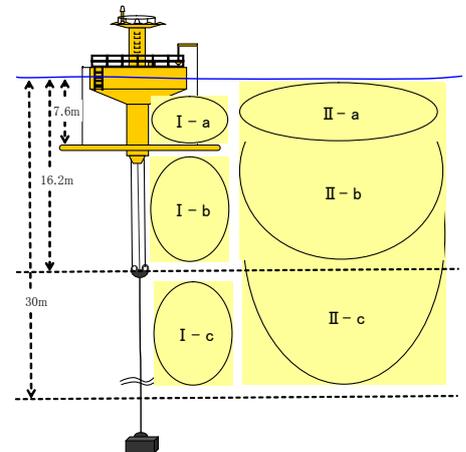


図 22 浮魚礁に蜻集する魚種

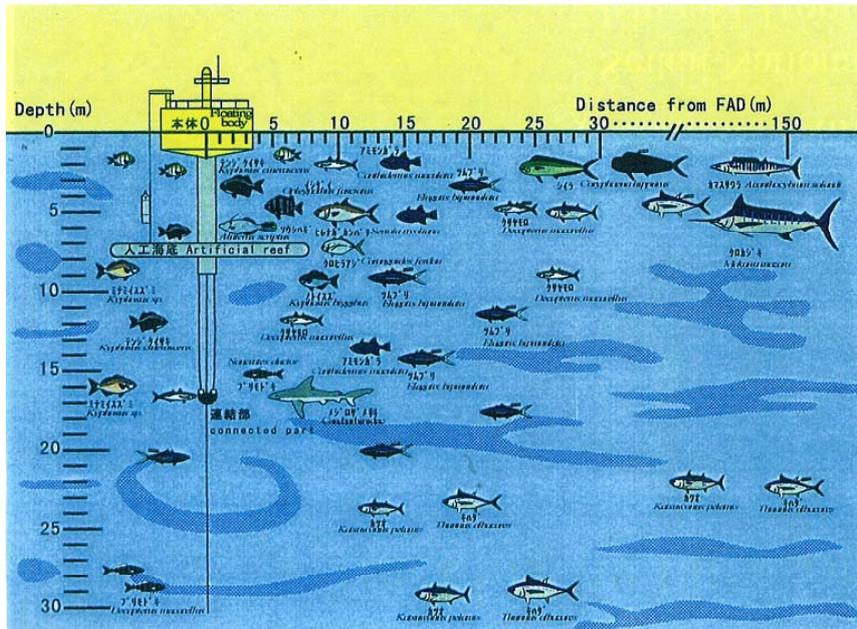


図 23 浮魚礁周辺における魚類の分布

資料：西海区水産研究所石垣支所「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」

### 3-2 浮魚礁に蟄集する魚種の体長

石垣島沖合の大型浮魚礁に蟄集する魚種の体長範囲は表 1 のとおりであった。同調査報告書によると、97 年 10/9～98 年 5/22 の 4 回の調査で確認されたイシダイは 1 尾のみで同一個体としている。したがって、このイシダイは浮魚礁周辺に約 7 ヶ月間滞留し、この間 18cm から 25cm に成長していることになる。

表 1 浮魚礁周辺における魚類の体長

調査年月日	1997年						1998年					
	5/8	7/17	7/28	8/14	10/9	11/20	4/28	5/22	6/24	7/28	8/28	9/18
オヤビツチャ	10	12	10-12	8-13	8-13	12-13	10-13	4-10	6-13	5-12	5-12	5-10
ツバメウオ	25		25	25	10-20	20-25	25	30		15	20	30
ソウシハギ			40		30	40						
イシダイ					18	20	25	25				
テンジクイサキ	20-25	20-25	15-30	15-30	12-20	20	15-25	15-20	12-25	10-25	20-25	10-20
ミナミイソズミ	20-25	20-25	15-30	15-30	12-20	20	15-25	15-20	12-25	10-25	20-25	10-20
トイソズミ									20	20	20	15
ヒレナガカンパチ		20	20	25		25		20	25			
ウスバハギ				20-30	30				30	20-25	25-30	25
クロヒラアジ			20	25							25	25
メジロザメ科			120									
ブリモドキ			40						25	25		
シイラ				40						60-70	40-60	
カマスサワラ										90	90	
アミモンガラ	30	30	30-40	20-30	20-30	30-40	25-40	30	30-40	18-25	30-40	
クサヤモロ	30-40	30	30	30-40	30	30	30-40	30-40	30-40			30
ソムブリ	30-50	30-50	20-70	20-60	20-50	25-40	30-40	30-40	30-60	15-30	20-60	25-50
キハダ	40-50	40-70	50-60	70	60-70		50-60	50-60	50-60		50-70	
カツオ		40-50		40					30-40		50-60	
クロカジキ			250									

資料：西海区水産研究所石垣支所「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」

#### 4 魚類の感覚器と魚礁への蝟集行動について

キハダやカツオの遊泳範囲については、目視観察や試験操業、バイオテレメトリーによって研究が進められているが、研究者によっても意見が分かれており、統一的な見解は示されていない。例えば、超音波発信器を用いて浮魚礁周辺でのカツオの遊泳行動を調査した矢野(2005)<sup>25)</sup>は、浮魚礁から約19~3,234mの範囲をカツオが遊泳し、400m前後の距離を泳いでいることが最も多かったと報告している。また、Holland(1990)<sup>26)</sup>は、ハワイ諸島のオアフ島近海に設置された浮魚礁でバイオテレメトリーを用いた研究により、マグロ類は日中浮魚礁に滞留し、夜間は2.5~5km離れた沿岸のドロップオフ地形付近に移動するといった日周移動をすることを明らかにし、浮魚礁が魚の行動に影響を及ぼす範囲を9~18kmと推定している。

このように、浮魚礁がマグロ類やカツオに及ぼす距離には研究者により異なった見解が示されるものの、陸上に比べて視程が小さい海中に存在する浮魚礁をかなり遠い距離で感知していると考えられる。

一般に、魚類が魚礁の存在を感知する方法として、魚礁等が視界に入っていないときには、それから発生する振動やそこに分布している生物が発生する摂餌音等の振動刺激、分布している生物を起源とする臭い刺激が考えられる<sup>23)</sup>。また、魚礁が視界内にある時には視覚刺激、魚体が魚礁に接触した時には接触刺激の受容がこれに加わる<sup>23)</sup>。このように魚類には聴覚、嗅覚、味覚、視覚、触覚といった、いわゆる五感で魚礁の存在を感知していると思われる<sup>20,23)</sup>。魚類は視程が小さい水中で行動するため、物体の存在を感知する手段として振動を感知する聴覚器官が発達している。聴覚器官には、うきぶくろ、内耳、側線が関与し、可聴域は魚種によって異なるが、およそ16~7,000Hzであり、うきぶくろ>内耳>側線で高い周波数を受け持ち、300~1,000Hzの内耳領域が最もよく聞こえる<sup>22,23)</sup>。また、嗅覚や味覚は水中に溶けた臭い物質等の刺激を受容するものであり、潮上側には届かない。視覚は水中視程距離に左右されるが、最大でも30m程度<sup>21)</sup>であると考えられる。以上から、感覚器の受容範囲の相対的序列は以下のとおりと推定される。

聴覚 > 味覚・嗅覚 > 視覚 > 触覚

これらの感覚器によって魚礁の存在を直接的あるいは間接的に感知し、蝟集すると考えられる。以上から、魚類は種それぞれが持っている特有の感覚器官によって、魚礁や蝟集生物から発せられる刺激を感知して、その刺激をより強く受けるよう行動した結果、魚礁に接近、定位すると推察される。

マグロ類やカツオ等の浮魚類の魚礁における日中の分布様式は、主として魚礁から離れた表中層に位置していることから、主に振動刺激、流れや水温変化の刺激に反応しているものと考えられる。また、大型浮魚礁では、チェーン等がぶつかる際に重低音が発せられる。これらの低周波音は遠距離まで届くことから、浮魚礁の発する音に誘引されて蝟集しているとも考えられる<sup>24)</sup>。

以上から、マグロ類やカツオは、魚礁等の構造物から発生する低周波振動を側線器官で捉えて定位している可能性があるものと推測される。

## 5 浮魚礁を利用した漁業の実態

### 5-1 沖縄県のパヤオ漁業

#### (1) 石垣島周辺の浮魚礁の設置状況

石垣島及び西表島周辺には、サワラ用浮魚礁 6 基、マグロ用浮魚礁 13 基、マグロ用大型浮魚礁(ニライ)1 基、中層型魚礁 3 基、の 4 種計 23 基の浮魚礁が設置されている。このうち、サワラ用浮魚礁とマグロ用浮魚礁の 19 基は八重山漁協が設置したものであるが、マグロ用大型浮魚礁と中層型魚礁は沖縄県により設置されたものである。

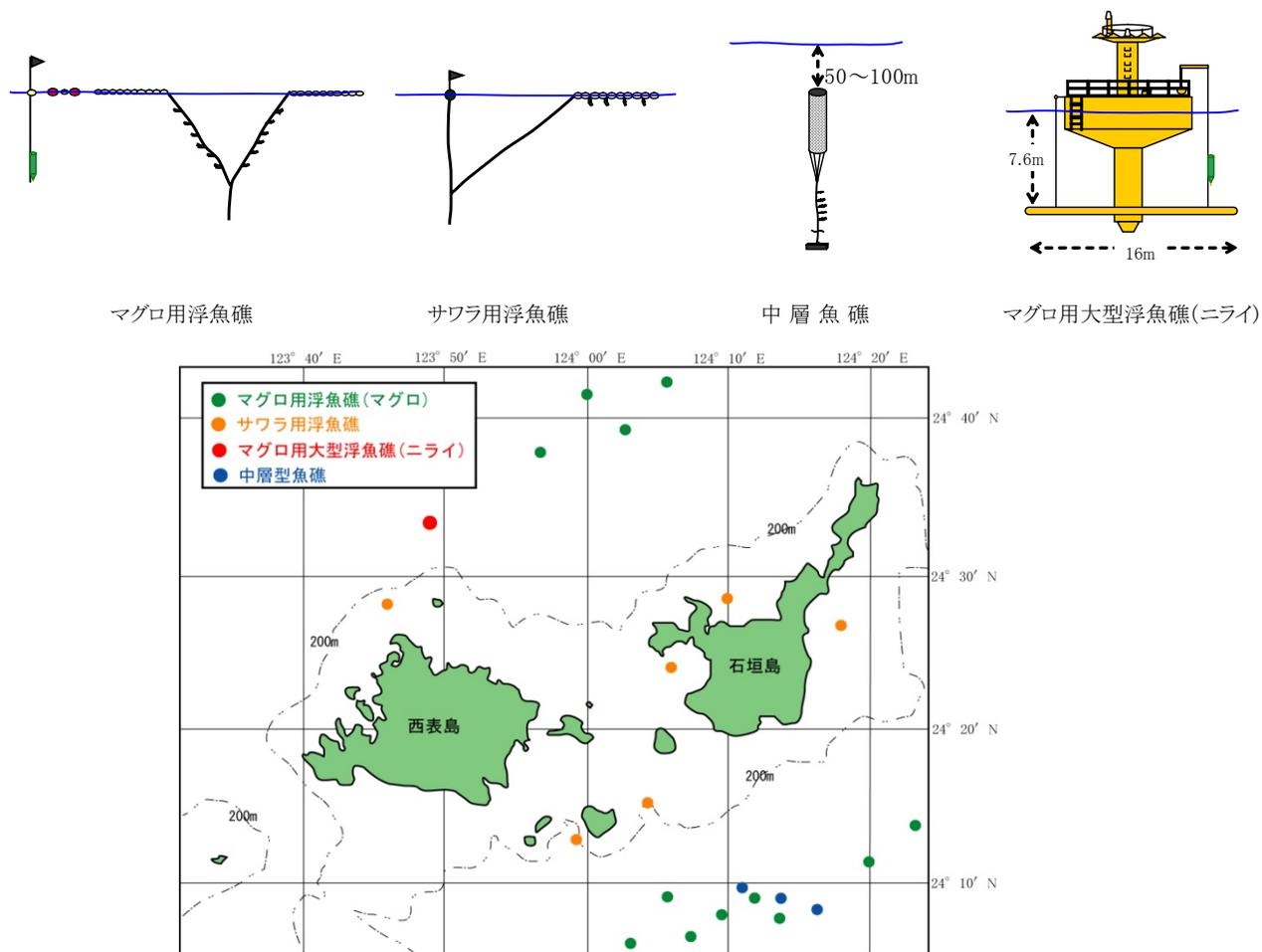


図 24 沖縄県石垣島・西表島周辺の浮魚礁の設置状況

#### (2) パヤオ漁業の操業スケジュール

八重山漁協でパヤオ漁業を営む漁業者は約 60 名であり、内 30 名がこれを専業とする。残り 30 名の兼業者の多くは 12~5 月にソデイカの旗流し漁業を営む。パヤオ漁業者の年間操業スケジュールは大まかに表 2 のとおりである。

なお、八重山漁協では、資源管理のため、パヤオ漁業の操業時間を早朝 4:00 から昼 12:00 までの約 8 時間に自主規制している。

表 2 八重山漁協のパヤオ漁業者の操業スケジュール

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
専業者	パヤオ漁業											
	カツオ			クロマグロ		キハダ				シイラ		
兼業者	旗流し漁業				パヤオ漁業							
	ソデイカ				クロマグロ		キハダ				シイラ	

(3) パヤオ漁業による漁獲物

パヤオ漁業による主な漁獲物はカツオ、キハダ、シイラ、ツムブリである。この他、クロカジキやクロマグロがまれに漁獲される。

(4) 浮魚礁の利用状況

八重山漁協のパヤオ漁業者の多くは操業時間の8割以上を浮魚礁周辺で過ごす。1つの浮魚礁では通常4~5隻程度が操業するが、大型浮魚礁は魚類の集まりが良いことから、ピークの時間帯には10数~20隻の漁船が集まり漁場は混雑する。平成17年までは、石垣島の南部沖合海域にもう1基大型浮魚礁が設置され、魚類の蝟集が良く、漁業者の利用度も高かったが、現存する大型浮魚礁は「クリアランス船」と呼ばれる外国貿易船の航路上に設置されているため、漁具の破損等のトラブルが頻繁に発生することから操業しにくいとの声がある。

また、漁業者の間では、中層魚礁は表層魚礁に比べて魚類の蝟集効果が低いとの見解が大勢を占め、表層魚礁に比べて中層魚礁の利用度は低い。中層魚礁は水深50~100mに沈んでいるため、肉眼で確認できないことも利用度が上がらない一つの要因である。

浮魚礁に蝟集するマグロ類は、夜間は浮魚礁の近傍表層域に集まるが、夜明けとともに水深150mあたりに移動することが経験的に知られている。また、大型魚については浮魚礁から潮上に500mほど離れた海域に移動するといわれ、大物狙いの漁業者は浮魚礁から一定距離離れた海域で操業する。

(5) 浮魚礁利用上の課題

① 遊漁問題

沖縄本島を中心に、浮魚礁の利用において漁業者と遊漁者間でのトラブルが多発している。特に、大型浮魚礁は遊漁者の利用度が高くトラブルの原因となるため、沖縄県では、遊漁者の多い沖縄本島では今後は中層魚礁を増設していく方向を検討している。

② 集魚灯問題

浮魚礁周辺の夜間操業においては、5kw以上の集魚灯は調整規則において禁止されているが、十分に守られてはいないのが実情である。夜間集魚灯を利用した漁業を行った場合、翌日の昼間は漁獲が極端に低下するといわれる。

(6) 漁業現場からの新たな見解

① 浮魚礁への蝟集・滞留効果の向上

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、大小両型の浮魚礁間の相互作用によってマグロ・カツオ類の蝟集効果が高まることが経験的に知られていることから、漁業者が主体となり、大型浮魚礁の周辺への小型浮魚礁の設置が積極的に進

められている。

これまでの調査から、浮魚礁が魚の行動に影響を及ぼす範囲は半径 9～18km にも及ぶことが知られているが、複数の魚礁を設置し魚礁群を形成することで回遊途中のマグロ・カツオ類が浮魚礁に遭遇する機会が拡大することから、蛸集効果が高まることが推測される。

## ② 浮魚礁の効果の範囲について

石垣島南東沖海上に設置されている東側浮魚礁群で行われたコード化ピンガーによるキハダの追跡調査では、1 基の浮魚礁に滞留するキハダの遊泳範囲は魚礁を中心とした半径 1,500m 以内であることが明らかにされている。同調査報告では、同海域に蛸集するキハダの滞留中、数日に 1 回沿岸部に移動し、摂餌活動を行った後、再び浮魚礁に戻ってくるか、或いは別の海域に移動していることが示されており、浮魚礁の設置状況によって滞留期間が長期化する可能性が考えられる。

## 5-2 宮崎県のカツオ一本釣漁業

### (1) 宮崎県の浮魚礁の設置状況

宮崎県の沖合には、表層型 5 基、中層型 8 基の合わせて 13 基の浮魚礁が設置されている(図 25 参照)。表層型は平成 7 年以降、中層型は平成 14 年以降設置されたものである。



	場 所	緯 度	経 度	水 深	設置年月
うみさち1号	油津港東 30km	N 31° 34' 52"	E 131° 44' 23"	508 m	H7 年 4 月
うみさち2号	川南漁港東 37km	N 32° 09' 50"	E 131° 56' 45"	900 m	H9 年 2 月
うみさち3号	細島東 37km	N 32° 25' 10"	E 132° 04' 50"	825 m	H10 年 3 月
うみさち4号	戸崎鼻東 33km	N 31° 45' 37"	E 131° 50' 09"	679 m	H15 年
うみさち5号	都井岬東南 42km	N 31° 03' 47"	E 131° 36' 48"	1,063m	H17 年 3 月

図 25 宮崎県沖の浮魚礁の設置位置

## (2) 漁業の概要

平成 20 年現在、宮崎県では 36 隻のカツオー一本釣漁船が操業している。このうち、19 隻はフィリピン沖で操業する遠洋カツオー一本釣漁船(120 トン以上)であり、残り 17 隻が浮魚礁周辺で操業を行う沿岸・近海カツオー一本釣漁船である。

### ① 日南市漁協のカツオー一本釣漁業

日南市漁協にはカツオー一本釣漁船が 11 隻所属している。1 隻あたりの乗組員は 20 人程度で、いずれの船も 5～6 人の外国人研修生(研修期間 3 年)を乗せている。平均年齢は 50～60 歳代である。船齢 25 年以上の漁船が多く、また機関換装には 5,000～6,000 万円かかるため、ほとんどの漁船が機関換装を行っていない。

一本釣漁船の年間の操業スケジュールは表 3 のとおりである。かつては 4～11 月の 7 ヶ月間操業し、冬場は休漁していたが、近年は不漁と燃油高による収益の低下から、操業は周年化している。

日南市漁協に所属するカツオー一本釣漁船の操業パターンは大きく 2 つのタイプがある。A タイプに分類した 8 隻は奄美諸島周辺および九州西部を主漁場とする漁船である。1～5 月までの 5 ヶ月間奄美諸島沖合で操業した後、長崎県沖合に移動し 10 月末まで操業する。その後、地元に戻り、11～12 月の 2 ヶ月間を宮崎県沖で操業する。B タイプに分類した 3 隻は三陸沖に出漁する漁船である。1～4 月に奄美諸島南方海域で操業した後、5～11 月の 7 ヶ月間房総沖あるいは三陸沖に移動する。いずれも年間の航海数は 70 回程度で、操業日数は 200 日を超える。

冬～春季の主要漁場である奄美諸島南方海域までの移動時間は約 24 時間。夜明け頃出向し、漁場に到着後浮魚礁周辺に餌をまいて操業を開始する。釣れなければ移動する。操業の終了時間は特に決まっておらず、漁模様によって判断される。1 回の航海日数は長くても 4 日程度で、漁模様がよい時には 1 日で終了する。基本的に水揚げは自港で行われる。

長崎県沖での操業は比較的新しい。男女群島の西側の海域にまき網船が放棄した漁網があり、これにカツオが蟄集して好漁場を形成していたようである。現在は、この漁網は取り除かれたため、鳥付き群(「なだいお」と呼ばれる)を探しての操業となる。長崎県沖までの航行時間は約 12 時間と、奄美諸島南方漁場に比べて短く、燃料費が節約できる利点があると言われる。また、長崎県沖で操業する場合には、長崎港に水揚げされるのであるが、地元の水揚げするよりも魚価水準が高いことも魅力である。

表 3 日南市漁協所属一本釣漁船の操業スケジュール

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Aタイプ (8隻)	奄美諸島南方					長崎県沖					宮崎県沖	
Bタイプ (3隻)	奄美諸島南方				房総沖・三陸沖							休み

資料：ヒアリング調査による

### ② 外浦漁協のカツオー一本釣漁業

外浦漁協にはカツオー一本釣漁船が 9 隻所属し、うち 5 隻が浮魚礁周辺で操業する。乗組員等については日南市漁協と概ね同様であるが、操業スケジュールには若干の違いがみられる。A タイプとした漁船は、日南市漁協の A タイプと概ね同様であるが、B タイプ

はかなり広い範囲で操業する。1～4月は小笠原沖～南西諸島で操業した後、カツオあるいはビンチョウを求めて房総沖に移動する。その後、金華山沖、三陸東方海域にまで北上する。つまり、Bタイプは浮魚礁を全く利用しない漁船である。ちなみに、年間漁獲金額は、九州・沖縄海域で周年操業するAタイプで約2億円、三陸沖まで出漁するBタイプで約4億円である。ただし、Bタイプは経費も多く、収益ではどちらが多いとはいえない。

表4 外浦漁協所属一本釣漁船の操業スケジュール

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Aタイプ	奄美諸島南方				長崎県沖			奄美諸島南方			休み	
Bタイプ	小笠原沖～南西諸島				房総沖 カツオ・ビンチョウ		金華山沖	三陸東方			休み	

資料：ヒアリング調査による

### (3) 浮魚礁の利用状況

宮崎県の沖合に設置されている浮魚礁は、主に5ト未満の地元曳縄漁船5～6隻が利用している。一本釣漁船については、11～12月に数隻が利用する程度である。浮魚礁で最もカツオが釣れるのは日の出後1時間程度であるが、一本釣漁船はこの時間帯に浮魚礁を利用することは許可されておらず、このことが、一本釣漁船の低い利用度の一因となっているようである。表層型浮魚礁については、シイラまき網漁船も利用するが、他の漁業船が操業していると、まき網漁船は操業が許可されない。また、他県船も入漁料を支払えば、3隻を上限に利用することを認めているが、近年は県外船によるこれら浮魚礁の利用は高知県船(19ト型)1隻のみに限られている。

なお、宮崎県水産試験場の調査報告によると、平成10年度の青島、内海、日南市の3漁協に所属する曳縄漁船の浮魚礁における漁獲量は235トであった。これは、同漁船の総漁獲量の65.8%を占める値であり、地元曳縄漁船においては利用度が高いことが確認される。

一方、宮崎県所属のカツオ一本釣漁船の多くが利用する奄美諸島周辺の浮魚礁については、地元沖縄県の曳縄漁船(5～10ト型)のほか、鹿児島県、宮崎県、高知県、三重県など複数県の一本釣漁船が利用している。

### (4) 浮魚礁利用上の課題

平成20年5月に奄美諸島南方海域の浮魚礁に関係する主要3県(沖縄県、鹿児島県、宮崎県)で浮魚礁利用調整に関する協議が行われ、沖縄県より、鹿児島県および宮崎県所属船の奄美諸島南方海域における浮魚礁の利用を禁止する考えが示された。近年、同海域の浮魚礁の数が減少し、また高知県や静岡県所属船(19ト型)による利用が増えたことから、浮魚礁周辺の漁場が混雑し、漁場の取り合いが起こっていることへの対応である。

一方、同海域は従来宮崎県所属漁船が開拓した漁場であり、同船団が自費で浮魚礁を設置したこともあるなどから、既得権を主張する意見もあり、利用の調整は困難を極める状況にある。

## (5) 漁業現場からの見解

### ① 浮魚礁の効果について

浮魚礁が設置される以前は、鳥付き群を探しての操業が主流であり、魚群探索に丸 1 日船を動かすこともあった。しかし、浮魚礁が設置されたことで、曳縄漁船や、三陸沖に出港するグループを除く大半の一本釣漁船は、ほぼ周年にわたり浮魚礁を利用することから、魚群探索のための航行時間は大幅に削減され、燃油代の節約効果が生まれている。

また、浮魚礁周辺で操業する場合、船団内で各船の水揚日の調整がなされている。従来の漁業活動においては、操業海区にカツオの群れが出現すると、漁港への水揚が集中し、魚価が暴落する事態がみられたが、水揚日の調整によりこうした事態の回避にもつながっているようである。

### ② 魚礁周辺でのカツオの行動特性について

カツオ一本釣漁業の場合、餌をまいて魚を集めることから、浮魚礁の効果範囲を正確に捉えることはできないが、中層魚礁の場合、カツオの群れは魚礁のほぼ真上に蝟集しており、魚礁の効果範囲は 100m 以内というのが大方の漁業者の意見であった。

浮魚礁周辺でのカツオの摂餌行動については、これを把握する材料に乏しい。ただし、一本釣漁業者には、漁獲物の胃内容物には餌で使うイワシ以外の餌生物はあまり見られないという意見が多い。

なお、浮魚礁の周辺でカツオやマグロ類が産卵している様子はみられず、浮魚礁を産卵場として利用していることは考えづらい。

### ③ 表層型と中層型の効果の違い

カツオ一本釣漁業の場合、各漁船がソナーを搭載しており、水深 300m 位までなら魚群の位置は確認できるようである。したがって、中層型魚礁でも表層型魚礁に匹敵する効果があると考えられる。また、カツオに限れば、表層型は夏場の蝟集が少ないが、中層型は周年蝟集しているとの意見があり、中層型がより高い効果を生み出す可能性がある。ただし、小型船が搭載する魚群探知機では水深数 10m 以深に設置された中層型浮魚礁を確認することはできない。

### ④ 浮魚礁周辺における魚の蝟集について

宮崎県水産試験場の調査では、表層型浮魚礁では表層～水深 160m 付近まで魚群の反応が確認されている。中でも浮魚礁のごく周辺では表層～水深 80m 付近まで、やや離れた 4～8 マイル付近では表層～60m 付近までに魚群反応が集中していた。ただし、この水深はいずれもカツオやキハダの遊泳水深ではあるが、魚種の特定にまでは至っていない。

また、中層型浮魚礁では、礁体水深が 30～60m のものが最も蝟集効果が高いようである。宮崎県沖には礁体水深が 220m の中層型浮魚礁もあるが、カツオ、メバチ、キハダはほとんどついておらず、利用度は低い。ただし、潮の流れが速い海域では、礁体は 100m 位浮き沈みする。礁体の浮き沈みが小さい魚礁ほど漁獲成績が良いようである。

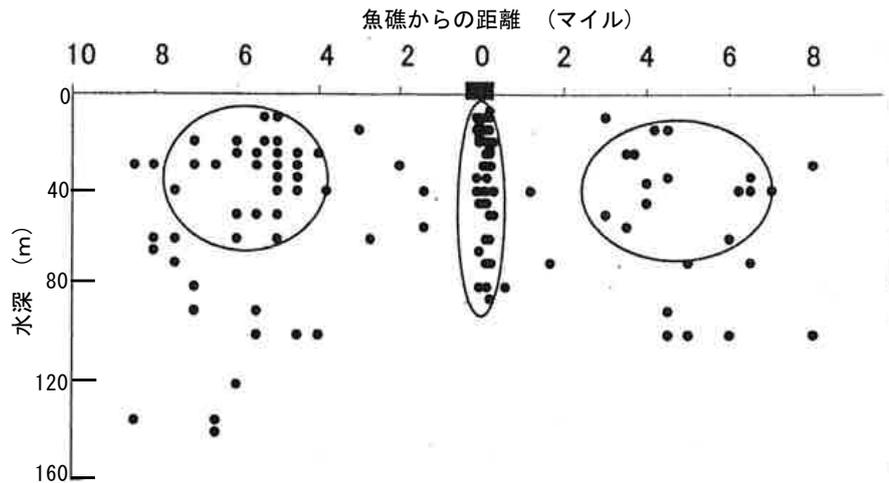


図 26 うみさち 2 号周辺での定点観測における魚群の反応の分布(平成 9,10 年)

資料：宮崎県水産試験場「浮魚礁の漁獲効果」

⑤ その他

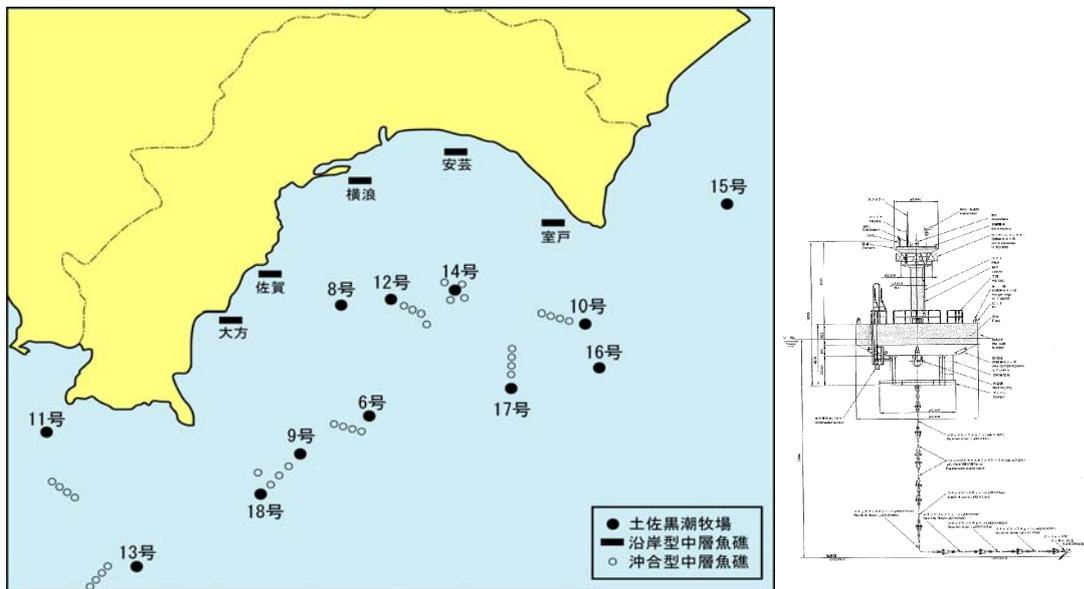
浮魚礁につくカツオは、鳥に付くカツオに比べて全体的に小ぶりであり、型も不揃いであるといわれる。また、奄美諸島の東側に設置された浮魚礁に蛸集するカツオは、西側に設置された浮魚礁に蛸集するカツオに比べて型が小さいとの意見がある。西側に蛸集するカツオには南下してきた群れが混じっているとも考えられる。

また、奄美諸島周辺に大量の浮魚礁が設置されたことにより、カツオの回遊が変化したとの指摘がある。奄美諸島周辺の浮魚礁に滞留したカツオは、以前は数週間程度滞留した紀伊半島沖を 1 週間程度で通過し、房総沖に移動するようになったと言われる。

### 5-3 高知県の曳縄漁業・カツオ一本釣漁業

#### (1) 高知県の浮魚礁の設置状況

平成19年4月現在、高知県の沖合には11基の表層型浮魚礁「土佐黒潮牧場(以下、黒牧ブイという)」が設置されている。平成13年度からは中層型浮魚礁の設置も始められ、5カ所各10基の沿岸型中層魚礁、8カ所各4基の沖合型中層魚礁の設置が完了している(図27)。



	設置場所		緯度	経度	設置年月
黒牧6号	足摺岬灯台真方位 88°	25.0 海里	N 32° 44' 2"	E 133° 31' 0"	H 4 年 2 月
黒牧8号	興津崎灯台真方位 109°	14.0 海里	N 33° 04' 8"	E 133° 29' 0"	H 7 年 2 月
黒牧9号	足摺岬灯台真方位 115°	13.6 海里	N 32° 37' 5"	E 133° 16' 2"	S62 年 3 月
黒牧10号	室戸岬灯台真方位 193°	14.0 海里	N 33° 01' 2"	E 134° 07' 2"	H 1 年 3 月
黒牧11号	沖の島灯台真方位 206°	7.0 海里	N 32° 36' 0"	E 132° 29' 0"	H 8 年 2 月
黒牧12号	高知灯台真方位 174°	22.8 海里	N 33° 07' 2"	E 133° 37' 2"	S63 年 3 月
黒牧13号	足摺岬灯台真方位 201°	22.1 海里	N 32° 22' 8"	E 132° 51' 7"	H 2 年 2 月
黒牧14号	室戸岬灯台真方位 244°	16.7 海里	N 33° 07' 2"	E 133° 52' 8"	H10 年 3 月
黒牧15号	室戸岬灯台真方位 82°	16.2 海里	N 33° 17' 2"	E 134° 29' 2"	H10 年 12 月
黒牧16号	室戸岬灯台真方位 183°	19.4 海里	N 32° 55' 6"	E 134° 09' 3"	H 5 年 3 月
黒牧18号	足摺岬灯台真方位 147°	17.1 海里	N 32° 29' 1"	E 133° 12' 1"	H13 年 3 月

図27 高知県沖の浮魚礁の設置位置

#### (2) 漁業の概要

##### ① 高知県漁協土佐清水支所の曳縄漁業

土佐清水支所の曳縄漁業は、サバやメジカ等を狙うたて網漁業との兼業体が多く、周年曳縄漁業を営む漁船は少ない。曳縄漁業の年間操業日数は100~200日で、基本的に日帰操業である。23:00頃出港し、2:00頃から操業を開始する。昼頃に操業を終了して帰港することが多いが、水揚が少ない時には夕方まで操業を続けることもある。土佐清水支所では8:30~15:30まで1時間ごとにセリが行われることから、セリ時間が操業の終

了時間を規定することはない。

曳縄漁業の着業者は60～70歳台が中心である。年間水揚金額は約200～600万円であり、燃油価格の高騰により所得は減少している。現状の所得水準では後継者の獲得は難しい。

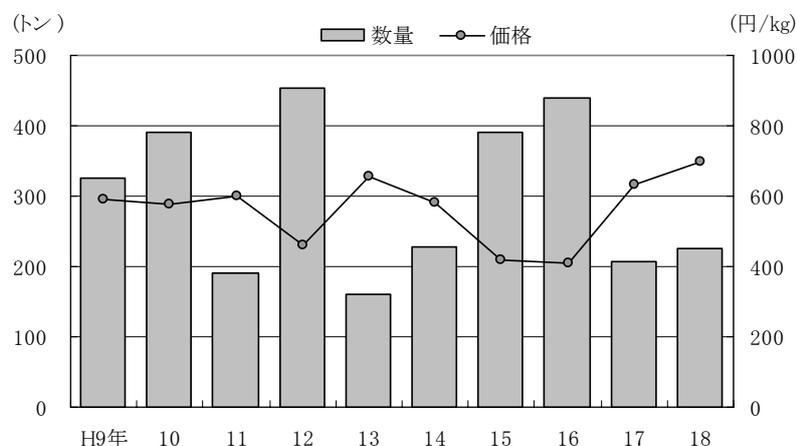


図 28 土佐清水漁港のカツオ(生鮮)の水揚量の推移

資料：水産物流通統計年報

## ② 高知県漁協佐賀支所のカツオ一本釣漁業

佐賀支所にはカツオ一本釣漁船が19隻在籍する。このうち、奄美諸島周辺あるいは高知県沖を主体に操業する漁船(19ト型)は11隻であり、残り8隻は小笠原諸島周辺～三陸沖を主漁場とするいわゆる大型船である。大型船については、黒潮ブイを含め浮魚礁を利用するのは3～4隻程度であり、しかも春先の一時期に限られる。

19ト型の本一本釣漁船は、かつては4～6月頃には地元高知県沖で操業していたが、近年は屋久島あるいは奄美諸島周辺での操業が多く、高知県沖での操業は12月頃のわずかな期間に限られている。1航海は2～3日で、年間約90航海、したがって年間操業日数は約200日である。屋久島・奄美諸島周辺で操業する場合、漁獲物は基本的に鹿児島港あるいは枕崎港に水揚げされるが、4～5月は高知県の相場がよいため、地元で水揚げすることも多い。7～9月は脂ののりが悪く、加工用として枕崎港に水揚げされることが多い。

なお、佐賀支所にも約50隻の曳縄漁船が在籍するが、土佐清水支所同様、他漁業との兼業が大半を占める。7～8月にヨコワ、シイラ、9月にイセエビを狙う漁船が多い。

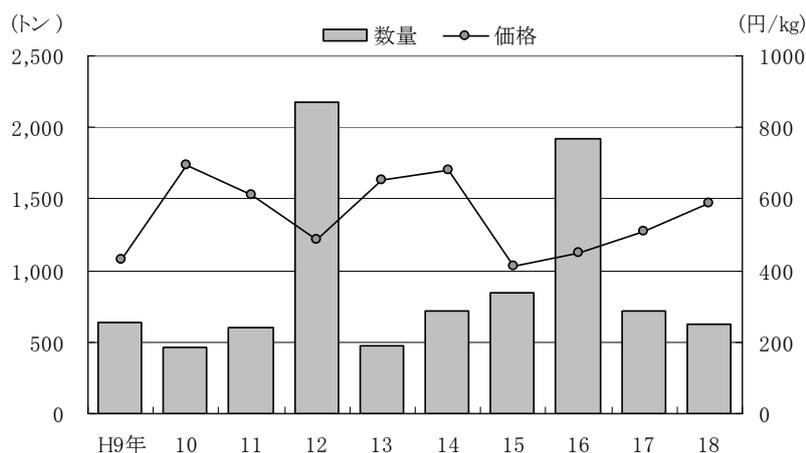


図 29 佐賀町漁港のカツオ(生鮮)の水揚量の推移

資料：水産物流通統計年報

表 5 高知県漁協佐賀支所所属一本釣漁船(19トン型)の操業スケジュール

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
一本釣 (19トン型)	休漁	屋久島周辺				奄美諸島 周辺		屋久島周辺		高知 県沖		

資料：ヒアリング調査による

### (3) 浮魚礁の利用状況

高知県沖に設置される浮魚礁の利用については、ブイ毎の利用度の違いから、その年間水揚金額には大きな格差がある。高知県水産試験場の調査報告によると、13号ブイ(H2～14年は5号)の水揚金額が飛び抜けており、同ブイだけで年間約174百万円もの水揚げがある。18号ブイがこれに次いで多く、約109百万円水揚げされる。これらはいずれも足摺岬南方沖に設置されたブイである。この他のブイの年間水揚金額は概ね20～50百万円である。

これら黒牧ブイを利用する漁業は、曳縄漁業とカツオ一本釣漁業である。曳縄漁業については、土佐清水支所に所属するほぼ全船が浮魚礁を利用している。浮魚礁は魚群に遭遇する確率が高いこと、燃料費が節約されること等のメリットがある。一方、カツオ一本釣漁業については、近年カツオやマグロ類の来遊が減っていることから、利用度はやや低下しているようである。なお、高知県所属船以外に、県外船にもその利用を認めているが、愛媛県や宮崎県の本一本釣漁船が若干利用する程度である。

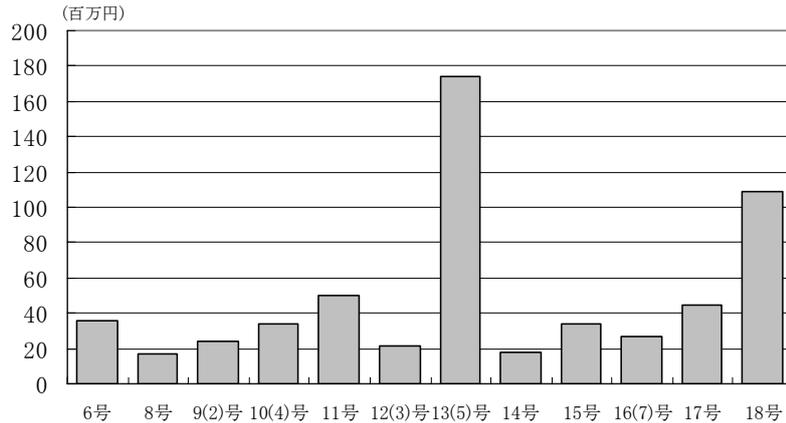


図 30 高知県沖に設置される黒牧ブイの年間水揚金額(S61-H17 年の平均値)

資料：高知県水産試験場「表層型及び中層型浮魚礁による漁場造成技術研究」

また、中層型魚礁については、黒牧ブイに比べて利用度は低いようである。高知県の沖合は潮の流れが速く、礁体水深が大きく変化することが一因であると考えられる。中層型浮魚礁は礁体水深が 70cm 位になるように設置されているが、流れが速い時には水深 200m 程度まで沈む。この水深では魚群探知機はいうに及ばず、ソナーでもとらえることが難しいようである(これについては宮崎県での調査結果と異なる)。そもそも、曳縄漁業は、潜行板を使って水深 20~40m で疑似餌を泳がせ、これを追う魚を採る漁法であり、水深 100m 以深の魚を釣ることはできない。

中層型浮魚礁の中では、沖の島灯台の南方沖に設置された 11 号ブイの利用度が高く、漁獲量も多いようである。比較的潮の流れが遅い海域に設置されていることをその理由にあげる漁業者が多い。

佐賀支所でも浮魚礁の利用は曳縄漁船が中心であり、カツオ一本釣漁船の利用は限定的である。最も利用度が高いのは足摺岬南方沖に設置されている 13 号ブイである。漁港から 13 号ブイまでは航行時間が約 4~5 時間と近くはないが、いつでも魚が付いていると漁業者の評価は高い。どちらかという沖合に設置されたブイ(6 号、11 号、18 号)の利用度が高いようである。ただし、9 号ブイには魚が蟄集しないとされる。戻りカツオについては、特定のブイに偏って蟄集をする状況はなく、分散する傾向がある。

また、マグロ類はほぼ 1 日中釣れるが、カツオは日の出前後(朝まづめと呼ばれる)によく釣れるため、浮魚礁周辺はこの時間帯は一本釣漁船との競争になる。

なお、佐賀支所では、浮魚礁の位置が漁港からやや離れているため、現在でも沿岸域で魚群(なぶらと呼ばれる)を探して操業する曳縄漁船も少なくない。

#### (4) 浮魚礁利用上の課題

高知県では、遊漁船業者には浮魚礁に利用を基本的に認めていない。しかし、比較的沿岸域に設置されている 8 号や 11 号の黒潮ブイは遊漁船による利用も多い。遊漁船業者の中には漁協の組合員でない者も多く、調整が難しい。

また、曳縄漁船とカツオ一本釣漁船とのトラブルもある。カツオ一本釣漁業は餌をまいてカツオを集め、漁獲する漁業である。黒潮ブイの周辺に餌がまかれると、カツオがこれに集まり、漁船の移動とともにカツオも船について移動する。ブイから 2~3 マイル離れたカツオは再び元のブイに戻ることは少なく、せつかくブイに蟄集したカツオがし

ばらく姿を消すこともある。

#### (5) 漁業現場からの新たな見解

##### ① 流速と操業との関係について

カツオ一本釣漁業の場合、餌をまいてカツオを集めるが、流速が3kt以上の場合には、まいた餌がすぐに潮下に流されてしまい操業ができない。また、流速が極端に小さい場合には、表層にシイラが蛸集していることが多く、これが邪魔になってカツオが捕れないことがある。

##### ② 浮魚礁周辺でのカツオの蛸集

浮魚礁周辺では潮上数100m以内の範囲にカツオが蛸集していることが多い。潮が弱い時には2~3マイルまで行動範囲が広がる。水深20~30mを遊泳するカツオが最もよく釣れ、50m以深のカツオは釣れにくい。

また、早朝の暗いうちは比較的ブイに近いところを遊泳するが、この時間帯はあまり餌を食わない。明るくなってくると、次第に行動範囲を潮上に広げ、餌を食い始める。

##### ③ 浮魚礁周辺の餌環境

浮魚礁にイワシの群れが蛸集する光景が確認されており、必ずしも餌環境が悪いとはいえないとの意見が聞かれた。

##### ④ ヨコワ・カンパチの稚魚の蛸集について

比較的沿岸域に設置された8号ブイと12号ブイでは餌釣でヨコワが獲られている。また、漁業者の間では、水深100m以浅の沿岸域に設置された簡易浮魚礁に、近年ヨコワやカンパチの稚魚が蛸集していることが知られている。これら稚魚は畜養向けにマルハやニチロに販売され、漁業者の貴重な収入源となっているようである。

##### ⑤ 春季のカツオ来遊量の減少

春季に高知県沖を通過するカツオが減少しているといわれる。これについては、東南アジアのまき網が影響している、あるいは南方海域に大量の浮魚礁が投入されたことにより回遊が変化したなど、様々な見解がある。

## 5-4 鹿児島県の曳縄漁業

### (1) 鹿児島県の浮魚礁の設置状況

現在、鹿児島県には薩摩地区に 12 基、奄美地区に 29 基(漁協等が独自で設置したものを除く)の浮魚礁が設置されている。表層型浮魚礁は 9 基で、うち 3 基は AK 表層型と呼ばれる浮沈式魚礁である。AK 型浮魚礁は、従来の表層型浮魚礁に比べて礁体(浮体部)が軽量化・耐圧化されたことから、通常の緩やかな潮流では礁体は海面に位置するが、流速が増すにつれて礁体は徐々に海中に引き込まれ、2.5 ノット付近で礁体が完全に水没する仕組みとなっている。浮魚礁の設置水深は奄美地区が約 1,000m であるのに対し、薩摩地区は 300~600m と若干浅い。また、鹿児島県では浮魚礁の設置数には制限を設けていないが、設置する際には海区調整委員会の承認が必要となる。この他、奄美地区には漁協が独自で数多く魚礁を設置している。

魚礁の利用については、県内の漁業者のみに承認を与えており、遊漁船や県外漁業者は基本的に魚礁を利用することはできない。

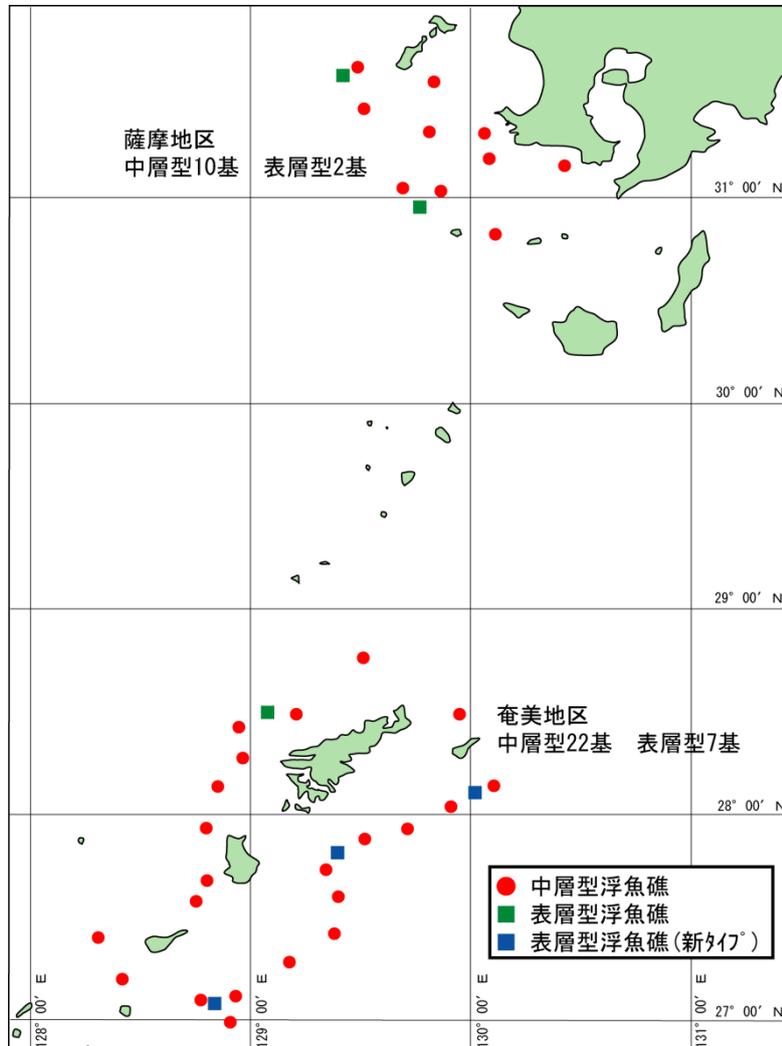


図 31 鹿児島県沖の浮魚礁の設置位置

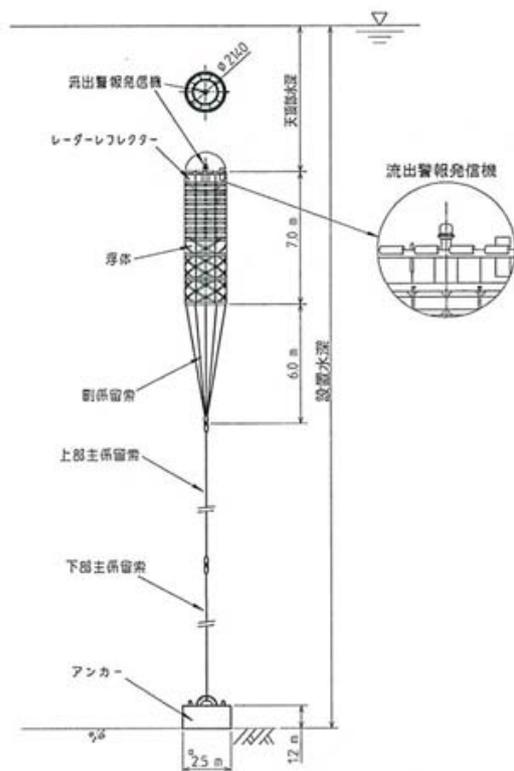


図 32 AK 表層浮魚礁

### (2) 枕崎漁協の曳網漁業の概要

浮魚礁周辺での操業については、操業を希望する漁業者が毎年県に申請する必要がある。申請は薩摩地区と奄美地区で個別に必要であるが、地理的な条件から両地区ともに利用申請を行う漁業者はほとんどいない。以下では、薩摩地区に設置されている浮魚礁の主たる利用者である曳網漁業について、枕崎市漁協所属船の実態を報告する。

枕崎市漁協には現在約 40 隻の曳網漁船があるが、うち 20～30 隻が浮魚礁での操業の許可を保有している。曳網漁船の漁船規模は 4～7 トンで、1 人操業が主体である。ほとんどの漁船が魚群探知機を装備するが、ソナーを装備する漁船は 1 隻のみである。多くの船が周年曳網漁業を営んでおり、年間操業日数は 100～120 日である。

浮魚礁が設置される以前は天然礁もしくは鳥山を狙って魚群を探索していたが、設置後は操業の大半を浮魚礁周辺で行っている。

### (3) 浮魚礁の利用状況

薩摩地区には 10 基の中層型浮魚礁と 2 基の表層型浮魚礁が設置されているが、中層型の利用度は低く、2 基の表層型にその利用は集中している。中層型の利用度が低い理由については、次の 2 点が上げられる。1 つは中層型浮魚礁が魚探に映らないことである。同地区で操業する曳網漁船は 4～7 トンと漁船規模が小さく、ソナーを搭載する船はほとんどない。そのため、魚探に映らない中層型浮魚礁を敬遠する漁業者が多いためと考えられる。2 つは中層型の機能的な課題であるが、礁体水深の変化による魚類集度の低下である。中層型浮魚礁は潮流によっても当然その水深は変化するが、基本的には礁体自体の重さとそれにかかる浮力によって水深位置が定まっている。しかし、設置からの時

間経過と共に、礁体への付着物により礁体重量が増し、礁体水深は毎年深くなっていると漁業者は捉えている。

表層型は下甌と黒島の2箇所に設置されている。枕崎漁港からの距離はそれぞれ50マトル、33マトルであり、下甌までは片道約4時間、黒島までは2～2.5時間の移動時間を要する。かつては下甌まで向かう漁船も数隻あったが、近年の燃油高騰をうけ、長距離移動は経済的な負担が大きいことから、現在はほとんど見られなくなった。

なお、魚礁での魚の蛸集が少ない時には天然礁で操業することになる。鳥山を捜して操業することはほとんどない。

#### (4) 浮魚礁への蛸集の状況

薩摩地区黒島に設置されている表層型浮魚礁へのカツオ・マグロ類の蛸集状況については表6に示すとおりである。3～5月にかけては魚のつきが悪く、6～2月が浮魚礁における盛漁期である。魚種別にはヨコワやキハダが多く、カツオやメバチは蛸集が少ない。また、11月にサンマが魚礁につくことがあるが、その時にはヨコワやカツオの蛸集も多いようである。

蛸集範囲については不明であるが、操業範囲としては、ヨコワで礁体から150m、カツオで400m以内である。基本的に礁体に近いほどよく獲れるが、夜間に比べて昼間はやや分散する傾向にある。また、魚種に関係なく、魚礁の潮上に集まる傾向が強く、潮下では極端に釣獲が低下する。

潮の流れと魚の蛸集との関係については、漁業者の経験上、潮の流れが東向きの場合よりも西向きの場合の方が浮魚礁への魚の蛸集はよいといわれている。

表6 表層型浮魚礁(黒島)におけるカツオ・マグロ類の月別蛸集状況

魚種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
ヨコワ	■	■				■						■
キハダ						■	■	■	■	■	■	■
メバチ						■						
カツオ								■	■	■	■	■

#### (5) 浮魚礁の課題

##### ① 利用の集中

薩摩地区では10基の中層型浮魚礁が設置されているが、これらの利用度は低く、漁業者の利用は2基の表層型浮魚礁に集中する状況にある。しかも、これら2基についても、漁業者が選択的に利用できるということではなく、地理的な側面から限定されているのが実態である。利用者間では、魚礁の周りでは右回りで操業するといったルールをつくり、操業の安全と効率的な漁獲に努めているが、多い時には1箇所に10隻以上が集中することもあり、新たな表層型浮魚礁の設置を求める声強い。

## ② 違法操業

鹿児島県の浮魚礁の利用については設置者である県の許可が必要であり、地元漁船にしかその利用許可は与えられていない。したがって、遊漁船が浮魚礁を利用することはほとんどみられない。しかし、県外船については監視の届きづらい夜間を狙って違法操業をしている状況が少なからずみられる。ルールを持たない違法船の操業は、許可船が享受すべき魚礁の効果を低下させ、許可船の経営にも悪影響を及ぼしているとの意見も聞かれる。

## (5) 漁業現場からの新たな見解

### ① 浮魚礁の設置水深と魚の蝸集との関係について

深場を漂流する天然の流木にカツオが付いてる状況を漁業者は確認しているが、流木が浅場(沿岸部)に移動するにつれてカツオはいなくなる。こうした経験から、浮魚礁の設置水深と魚の蝸集には強い関係性があると考える漁業者も多く、なるべく深い水深に浮魚礁を設置してほしいといった要望が聞かれた。

### ② 中層型浮魚礁の設置について

薩摩地区の場合、表層型浮魚礁の利用度が極端に高く、中層型はほとんど利用されていない。その理由の一つは設置位置の特定が困難である点にあった。つまり、現状の漁船設備で設置場所が特定できれば利用度が上がる可能性がある。漁業者の中には表層型と中層型の組合せで魚礁群を作ることによって設置場所の特定が容易になり使いやすくなるとの意見が聞かれた。但し、中層型浮魚礁の設置水深については、魚の蝸集状況に関係なく、ソナーを搭載しない現状の漁船では水深 20m 位が限界であり、これ以上だと利用度は期待できない。

## 6 浮魚礁の効果の把握

### 6-1 漁業生産活動に関する効果

#### (1) 水揚量の増大

浮魚礁を利用することによって、操業1回あたりの漁獲量が増大する、あるいは、削減された魚群探索時間を漁獲活動に当てられることなどから、水揚量が増大している可能性がある。しかし、今年度の調査では、浮魚礁の利用によって水揚量が増大したことを示すデータを得ることはできなかった。

#### (2) 漁業経費の削減

浮魚礁を利用した操業では、魚群探索の作業が大幅に削減されるため、この作業に要する燃油量等が節約されることが予想される。

開発センターの調査報告によると、南西諸島海域で操業するカツオー本釣漁業の場合、浮魚礁への依存度が約37%の漁船(タイプA)は、同依存度が約10%の漁船(タイプB)に比べて、燃油費や餌代等を含む運航費が約30%節約されていることが示されている。

表7 カツオー本釣漁船の操業タイプ別年間収支の比較(平成16年1～12月)

	A	B
	南西諸島/九州西方水域 6隻平均	南西諸島/九州西方 本州南～東方水域 2隻平均
総漁獲量	619.7トン	602.4トン
中層型浮魚礁での漁獲量	229.2トン	58.4トン
南西諸島、九州西方水域での漁獲量	390.5トン	227.3トン
本州南～東方水域での漁獲量	0トン	316.7トン
中層型浮魚礁での漁獲依存度	37.0%	9.7%
総水揚金額	172,310千円	162,361千円
中層型浮魚礁での水揚金額	63,183千円	14,053千円
南西諸島、九州西方水域での水揚金額	109,293千円	46,613千円
本州南～東方水域での水揚金額	0千円	101,695千円
中層型浮魚礁での水揚金額依存度	36.7%	8.7%
支出合計	173,437千円	165,154千円
運航費	53,828千円	77,259千円
燃油費	21,854千円	34,826千円
餌代	16,438千円	21,299千円
他	15,536千円	21,134千円
販売経費	28,584千円	15,980千円
労務費	59,858千円	45,542千円
減価償却費	2,807千円	4,501千円
一般管理費	21,161千円	11,973千円
その他	7,199千円	9,899千円
収支	-1,127千円	-2,793千円

資料：平成17年度大水深沖合漁場造成開発事業報告書

#### (3) 操業期間の延長

浮魚礁の設置により、カツオやマグロ類がその海域に滞留する期間が長くなることから、従来に比べて操業期間が延長される地域がみられる。

本年度調査を実施した高知県では、同県の沖合に浮魚礁が設置されるまでは、採算性の問題から多くの曳縄漁船が12月を休漁期にあてていた。しかし、魚礁が設置されて以降、操業あたりの漁業経費が節約されたこともあり、12月も操業する漁船が増えている。

### 6-2 漁業資源に関する効果

#### (1) マグロ類の資源に関する効果

### ① 餌場としての効果

浮魚礁周辺で漁獲されるキハダに空胃個体が多いことから、カツオ・マグロ類が浮魚礁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。一方で、Schaefer・Fuller(2005)<sup>28)</sup>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あり、潜在的な偏りがあることを指摘している。かれらの調査報告では、浮魚礁に蟄集するマグロ類の胃内容物について、夜間採取した標本からは主にヨコエソ科、ハダカイワシ科、頭足類がみられた一方、日中採取した標本は空胃が多いことが示されている。これはマグロ類の夜間の索餌行動を示唆するものであり、浮魚礁周辺域でのマグロ類の索餌行動について新たな事実が生まれる可能性を与えている。

また、高知県の曳縄漁業を営む漁業者から、高知県の沿岸部に設置した小型浮魚礁の沈子(直径 1.5m のコンクリート)に小魚が付いているとの報告があった。この魚礁ではヨコゴやヨコワが獲れることから、これらが沈子に付く小魚を餌としていることが確認できれば、浮魚礁の餌場としての効果が明らかとなる。さらに、これよりやや沖合に設置される 8 号ブイ、12 号ブイ、14 号ブイでは近年ヨコワが漁獲される。これらは 7 月～翌 4 月頃と比較的長い期間ブイ周辺に蟄集しており、4 月頃には 3～4kg サイズまで成長しているといわれる。魚礁周辺でのヨコワの行動を調査することで、新たな見解が生まれる可能性がある。

### ② 産卵場としての効果

昨年度の報告書では、浮魚礁周辺域でキハダとクロカジキの仔魚が採取されたことから、浮魚礁の産卵場効果についてはその可能性を指摘したが、その他の研究報告、今回のヒアリング調査では肯定的な見解を得ることはできなかった。

### ③ 隠れ場・休息場としての効果

マグロ類は群れをつくって回遊することが知られているが、こうした行動は自身の生残率を向上させるためという説がある。Dagorn L. (1999)<sup>29)</sup>は浮魚礁がミーティングポイントとして利用されていることを指摘している。

## (2) カツオの資源に関する効果

### ① 餌場としての効果

昨年度の調査では、浮魚礁に集まるカツオやマグロ類に空胃体が多いことから、浮魚礁の餌場効果については否定的な見解が多いことを報告したが、今年度実施した高知県の漁業者へのヒアリング調査では、黒牧ブイ(18号)の周辺で漁獲された一部カツオの胃からはウルメイワシやイカ、トビウオ等が見つかることがあるとの報告があった。ただし、同ブイの北西海域はイワシの漁場であり、ここで餌を食ったカツオがブイに移動して漁獲されたとの考え方もできる。

### ② 産卵場としての効果

カツオが浮魚礁を産卵場として利用しているとの報告はなく、当効果については期待できない。

### ③ 隠れ場・休息場としての効果

マグロ類同様、カツオについてもミーティングポイント説が指摘されている。

## 7 浮魚礁の効果的な設置

浮魚礁への蛸集・滞留効果の向上については、開発センターが実施した「浮魚礁による漁場造成事業」に効果的な設置方法が報告されている。但し、同調査の結果は、竿釣りによる漁獲結果をもとに分析したものであり、蛸集効果を直接測ったものではない。以下に、同センターの調査結果を中心に、浮魚礁の効果的な設置位置、設置水深、設置間隔を示す。

### 7-1 設置位置

南西諸島西側水域で東西に等間隔に設置した中層型浮魚礁の操業1回あたりの漁獲量から、浮魚礁の設置位置と魚類蛸集効果の関係を分析した結果、黒潮流域の東縁付近から流域東外側に設置した浮魚礁の漁獲量が最も多いことが示された。

また、このことが黒潮との相対位置によるものか、流速の違いのみによるものかを検討した結果では、表層流速2kt以上、あるいは0.5kt以下の時には漁獲量が少なくなる傾向が認められている。しかし、流速と漁獲量の関係は流向によって異なっており、流速のみが漁獲量に影響を及ぼすとはいえず、黒潮との相対位置による違いが影響している可能性が高い。

また、高知県の研究者からは、カツオの群れは海底山脈の山肌に移動していると言われており、その通り道に設置した黒潮ブイは利用度が高く、漁獲量が多いとの報告があったが、海底地形との効果的な設置位置の関係はまだ明らかではない。

更に、中層型浮魚礁の場合、礁体水深の振れが魚礁の利用度に大きな影響を及ぼすことが確認されていることから、潮の流れが穏やかな海域に設置することも重要であると考えられる。

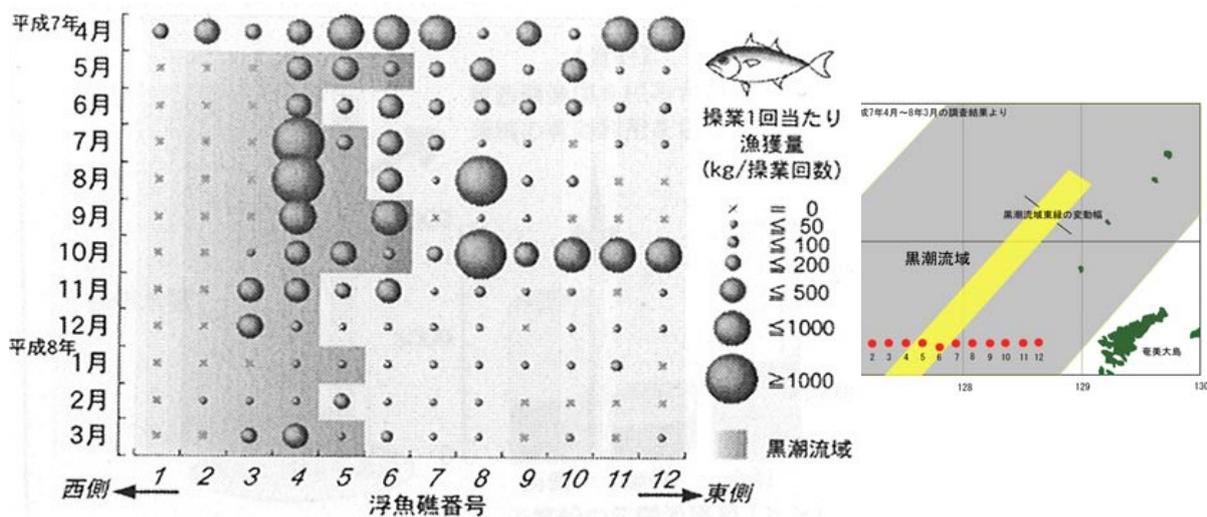


図 33 浮魚礁別の竿釣りによる操業1回あたりカツオ漁獲量(南西諸島海域)

資料：海洋水産資源開発センター調査報告

## 7-2 設置水深

水深 2,000m 以浅に設置した中層型魚礁と 2,000m 以深に設置した中層型魚礁を比べると、魚種構成や主要魚種の尾叉長、操業 1 回あたりの漁獲量に顕著な違いは確認されておらず、設置水深が魚類の蛸集に及ぼす影響は小さいとの考えが主流である。

ただし、中層型浮魚礁の場合、水深が大きい海域に設置した魚礁は流速に対する礁体の振れが大きくなることが確認されている。例えば、高知県沖合に設置された中層型魚礁の場合、水深 764~819m に設置された中層型魚礁群(9 工区)と水深 1,588~1,606m に設置された中層型魚礁群(11 工区)を比較すると、表層流速が 1kt の時にはアンカーから礁体までの水平距離は、前者が約 100m、後者が約 150m であるが、3kt の時には、前者が約 250m に対して、後者は 480m と 2 倍以上流されることが確認されている。

つまり、大きな水深に設置された中層型魚礁の場合、礁体が予想外の位置にある可能性があり、ソナーが搭載されていない漁船では、礁体位置の把握はかなり困難な場合があることが指摘されている。

また、中層型魚礁に蛸集した魚群を竿釣りによって漁獲することが可能な礁体水深の下限は約 100m、季節的には約 150m まで漁獲することが可能であるとの結果が示されている。

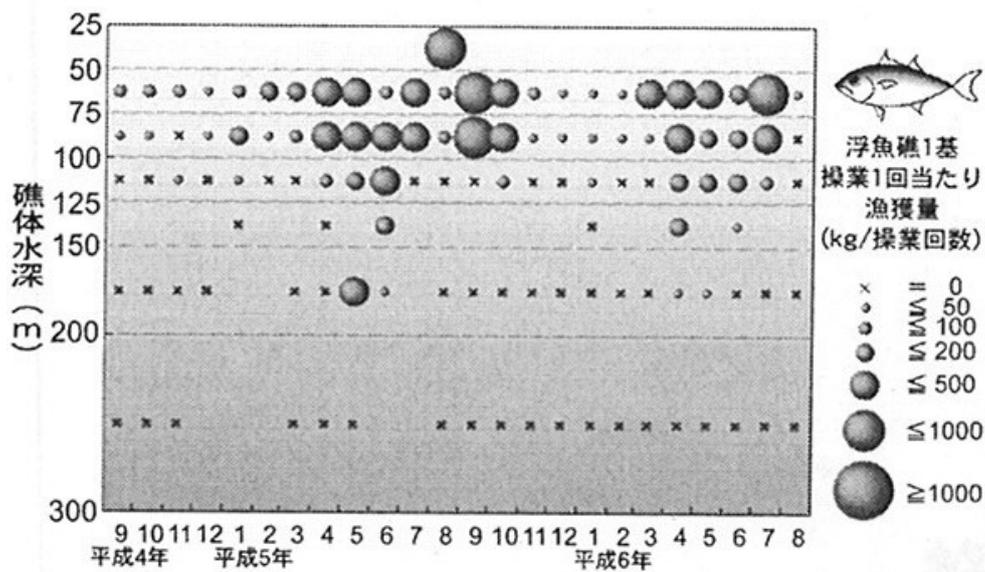


図 34 中層型浮魚礁の礁体水深と竿釣りによる操業 1 回あたりカツオ漁獲量

資料:海洋水産資源開発センター調査報告

### 7-3 設置間隔

中層型浮魚礁の影響範囲を2海里と仮定し、6基の浮魚礁をそれぞれ2海里(魚礁群G: 互いの影響範囲が重なる間隔)、6海里(魚礁群H: 互いの影響範囲が重ならない間隔)の間隔で正三角形に配置した浮魚礁群の漁獲量を比較した結果、設置間隔については魚類の蛸集効果に影響を及ぼさないと結論づけている。したがって、設置の容易さや作業効率等に留意して中層型浮魚礁の設置間隔を決定すればよいということになる。

ただし、設置間隔が小さすぎると、蛸集した魚が分散してしまうことから、魚礁群全体として漁獲量の増大にはつながらないとの意見もあり、研究者の中では、魚礁の設置間隔については10マイル以上が望ましいとの考えが主流である。一方、宮崎県の漁業者からは、魚礁間の移動にかかる時間が節約できるという理由から、5マイル程度の間隔で幾つかの魚礁を並べて設置するのが望ましいとの意見も聞かれた。

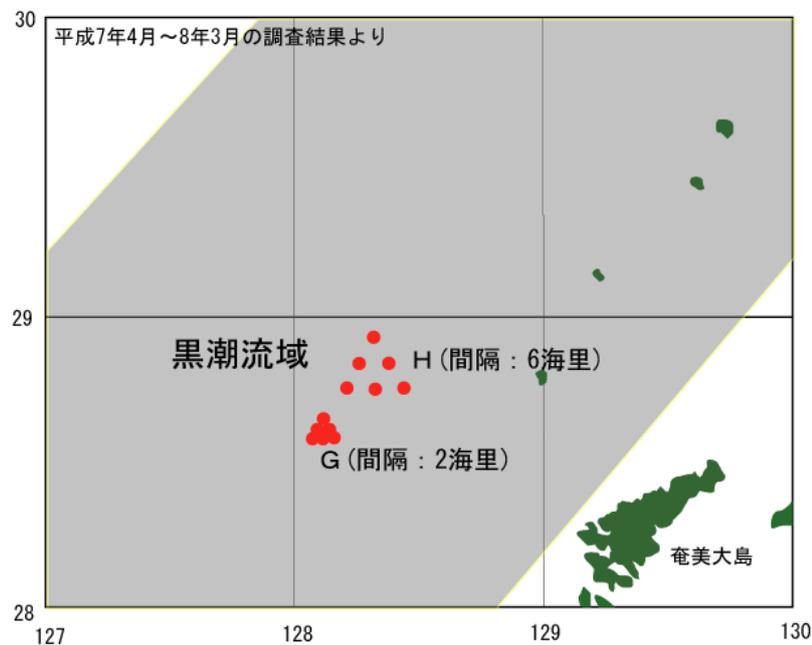


図 35 中層型浮魚礁群 G と H の位置

## 8 マグロ養殖業の浮魚礁利用の可能性

### 8-1 マグロ養殖業の現状

マグロの養殖業は1970年頃から始められ、既に約40年の歴史がある。2002年には近畿大学が世界で初めて人工ふ化から育てた成魚が産卵し、卵を人工ふ化、仔魚から稚魚、幼魚、成魚に育て、またその魚が卵を産むことに成功し、完全養殖の技術を確立している。その後、クロマグロの養殖生産量は急速に増大し、2008年には約8,000トンが生産されている。養殖地は西日本の温暖な海域であり、特に奄美大島には全国生産量の約半分が集中している。

現在のところ、クロマグロの養殖は100%天然種苗に依存しているが、人工種苗の生産技術は急速に進歩しており、技術的には更なる増産が可能な状況にある。しかし、マダイやブリ等の養殖に比べて後発であるため、好条件の養殖場所の確保が難しく、今後の生産拡大には沖合海域への展開が課題のひとつであるといわれている。



図 36 奄美栽培漁業センターのクロマグロ養殖施設

### 8-2 沖合養殖における浮魚礁の利用の可能性

現在のマグロ養殖は海岸から数百mの沿岸部で行われるのが一般的であるが、最適な海域の確保が困難になりつつある。そこで、日東製網はマルハニチログループと共同で、クロマグロの沖合養殖の実用化に向け、高知県沖で研究を進めている。

実施されている沖合養殖の方法は、海岸から2~3kmの沖合域で、養殖網を10m程度の深さに沈め、海洋で取った幼魚を3年間かけて出荷サイズ(50~60kg)まで育てるといったもの。海中に網が沈んだ状態でマグロが餌を食べて大きくなるかが課題とされている。こうした課題の解決策の一つとして、音響給餌(音響発信によって摂餌行動を習慣づける)の仕組みが活用できる可能性がある。マダイやヒラメの養殖では、既に音響給餌機能を備えた浮魚礁の事例がある。

## 9 魚礁メーカーによる浮魚礁の設置条件・蛸集効果向上のための工夫等

### 9-1 魚礁の種類とその特徴

#### (1) 表層型浮魚礁

表層型魚礁の最大の特徴は、礁体が海面に位置していることであり、そのためソナー等を搭載しない小型漁船でもその設置位置が目視で特定できる点にある。その一方で、航路が設定されている海域では、礁体が障害となるため設置することはできない。また、潮流による過度な圧力で係留索(ワイヤー)が切断した場合に備えた保険や定期的なメンテナンス費など維持管理費は中層型浮魚礁に比べて大きい。最近新たに設置された表層型浮魚礁の中にはAK型と呼ばれる浮沈式のものがある。礁体部が軽量化され、一定の潮流圧を受けると礁体が水没する仕組みになっている。維持管理費も従来型に比べて大幅に節約されている。

#### (2) 中層型浮魚礁

中層型魚礁の特徴は、設置が容易であり、通信費以外の維持管理費用が基本的に必要ない点にある。また、礁体が水深20～50mの海中にあるため、船舶航行の障害にならないことも利点としてあげられる。また、中層型魚礁で漁獲された魚は「身やけ」が少なく、表層型浮魚礁で漁獲された魚に比べて商品価値がやや高いといわれる。

但し、礁体が海面にないため、設置場所を目視で把握することは困難であり、ソナー等を搭載しない小型漁船にとっては利用しづらいといったデメリットも漁業者から指摘されている。なお、「身やけ」の原因については明らかにされていないが、表層の高水温が影響しているとの意見がある。

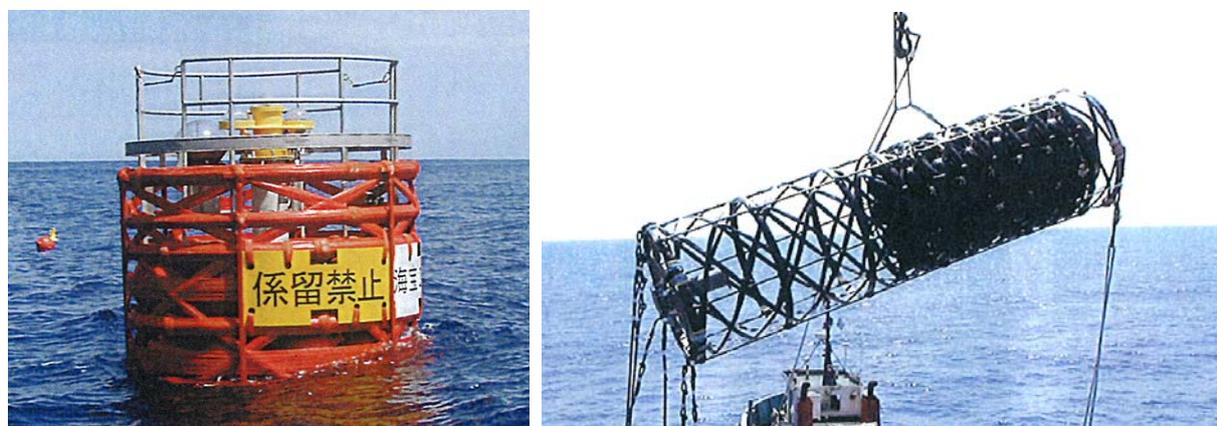


図 37 AK 表層浮魚礁(左)と AK 中層浮魚礁(右)

表 8 浮魚礁の年間維持管理費(概算)

	表層型浮魚礁	AK 型(浮沈式)浮魚礁	中層型浮魚礁
通信費	○	○	○
保険料	○	—	—
メンテナンス費ほか	○	○	—
概算費用(千円)	1,725	537	22

資料: 岡部株式会社

## 9-2 魚礁メーカーによる効果調査

魚礁メーカーで実施されている魚礁の効果調査については、カメラ・ビデオ撮影、釣獲調査、標本船調査等により、魚礁周辺における魚類の一時的な蛸集状況を把握する程度にとどまり、蛸集する魚類の行動を継続的に捉えた調査はほとんど実施されていない。

図 38 は、AK 表層浮魚礁および AK 中層浮魚礁におけるメーカーの効果調査で蛸集が確認された魚種である。

AK 表層型魚礁では、カンパチ、ツムブリ、カツオ、シイラ、マグロ類、カジキ類、カマスワラ、ムロアジ、ヒラアジ、カワハギ類などの蛸集がみられ、特にシイラやサワラ類、カツオは表層型浮魚礁に多く蛸集することが確認されている。

AK 中層型魚礁に蛸集するのは、カンパチ、ツムブリ、カツオ、シイラ、マグロ類、オキアジ、アジ類、メダイ、イシダイ、イシガキダイ、ウスメバル類などである。表層型浮魚礁に比べて大型の魚が付くといわれる。そもそも大型魚は小型魚に比べて環境適応能力が高く、生息水深が深いためと推測されている。

### 【AK 表層浮魚礁への蛸集魚種】



### 【AK 中層浮魚礁への蛸集魚種】



図 38 魚礁メーカーの効果調査(ビデオ撮影)で蛸集が確認された魚種

資料提供：岡部株式会社

### 9-3 浮魚礁の設置条件

浮魚礁の設置場所の選定においては、海底地形が平坦であること、海底ケーブルなどの障害物がないことなどが最優先される。更に、表層型浮魚礁については、航路等の調整から設置場所を事業主体から指定される場合も多い。また、当然ながら、魚類のより高い蛸集効果が見込める海域であることも重要視される。

#### (1) 潮流条件

表層型浮魚礁の場合、潮流が早い海域に設置することは、係留索に過剰な圧力がかかり、切断の危険性が高い。中層型浮魚礁の場合、礁体水深が不安定になり、魚類の高い蛸集効果が期待できないだけでなく、礁体位置を把握することも困難となる。そのため、浮魚礁の設置においては、潮流の早い海流の中心部に設置することは避け、海流縁辺部に設置することが多い。

#### (2) 海流条件

中層型浮魚礁の場合、1箇所複数基を設置することもあるが、その場合、海流のよって移動する魚がいずれかの魚礁に遭遇するように、海流や等深線に垂直になるように設置されることが多い。

#### (3) 沿岸・沖合条件

魚礁メーカーでは、沿岸か沖合かといった条件よりも、設置水深が魚類の蛸集度により強い影響を与えていると考えている。大水深域に設置された浮魚礁は潮流による礁体の沈み込みが大きくなり、水深が不安定になることで蛸集度が低下するというのが魚礁メーカーの一般的な見解である。

### 9-4 効果向上のための工夫

#### (1) 礁体水深の維持

中層型浮魚礁では礁体の水深が魚の蛸集を規定する。したがって、礁体が一定の水深を維持することが重要となる。沖縄県では礁体水深 30m、その他海域では 20m 以深かつ 100m 以浅が蛸集効果一つの目安とされている。しかし、現在の技術では潮流に逆らって礁体水深を維持することは難しく、漁業者の経験と勘で潮流の変化がなるべく少ない海域に設置しているのが実情である。

#### (2) 人工海藻の取り付け

浮魚礁への人工海藻の取り付けも蛸集向上のための工夫の一つである。人工海藻を取り付けることで、これを隠れ場として小魚が棲み着き、これら小魚を餌とする魚が浮魚礁の周辺で増殖すると考える漁業者もいる。但し、魚礁メーカーによる調査からは小魚が人工海藻に直接蛸集している状況は確認できておらず、人工海藻により不規則な潮の流れ生み出すことで蛸集効果をあげることを狙っている。

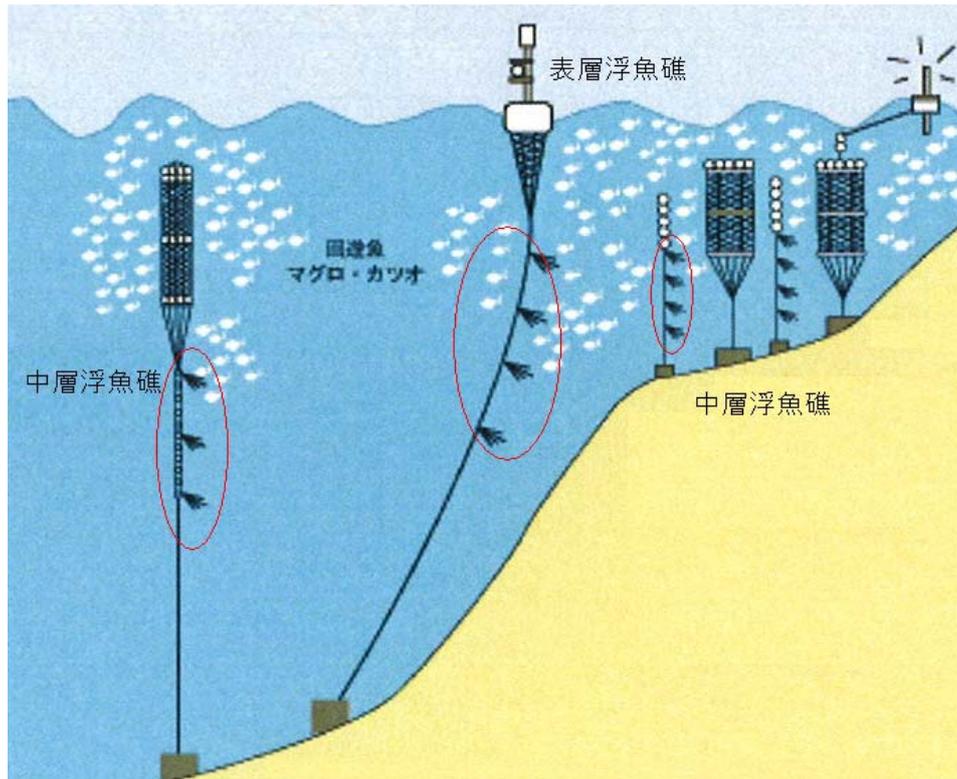


図 39 浮魚礁に取り付けられる人工海藻の模式図

資料提供: サカイオーパックス株式会社

### (3) 効果的な設置間隔

魚礁メーカーでは、浮魚礁の効果的な設置間隔については 1,000m 以上離すというのが一般的な考え方とされている。魚礁の効果範囲は、表層型で 800m 以内、中層型で 500m 以内と経験的に捉えられており、これが一つの根拠となっている。一方で、これより狭い間隔で設置した場合には、相乗効果が生まれ、群体全体としてより多くの魚が蛸集するとの意見もある。

### (4) 浮魚礁への増殖効果の付与

浮魚礁に湧昇流を発生させる機構を付加する技術開発が進められている。「テーパ円柱における湧昇原理」を利用して、構造物の後流域に鉛直の流れ(湧昇流または下降流)を発生させるというもの。この湧昇流発生構造物をマウンド礁と組み合わせることで、マウンド礁からひきあげられた栄養塩を更に湧昇させ、設置海域の基礎生産力の増大、魚介類の増殖効果を狙っている。

また、閉鎖性内湾などでは、気温が高い時期に表層と底層の間に著しい水温差が生じ、上下層の混合が行われない「水温成層」が形成され、これにより底層は酸素が供給されず貧酸素状態になるが、湧昇流発生構造物を水温躍層水深に設置することで、温度躍層を破壊し、水質環境を改善できる可能性がある。

## VII 考察

平成 19～21 年度の 3 ヶ年に及び実施した水産基盤整備におけるカツオ・マグロ等の増殖可能性調査において、カツオ・マグロ類が浮魚礁周辺に一定期間滞留し、そのことが漁業生産活動において極めて重要な役割を果たしている実態が明らかにされた。

また、浮魚礁周辺には多様な小魚が蝟集している状況も確認されており、カツオ・マグロ類にとって有益な餌場環境が創出されている可能性は十分に考えられる。しかし、浮魚礁周辺におけるカツオ・マグロ類のこれまでの行動調査からは、浮魚礁周辺での摂餌行動や産卵行動を裏付ける十分な調査結果は得られておらず、浮魚礁の増殖効果を確認するまでには至らなかった。

一方で、研究者からは、将来的には、①音響給餌によるマグロ類の沖合養殖業の展開、②湧昇流発生による温度躍層の混合等において、浮魚礁の活用を期待する声も聞かれた。今後も、増殖機能を解明するための現地調査を積み重ねて実施することにより、効果が明らかになるものと思われた。

## VIII 摘要

- ・カツオ・マグロ類の生態的知見を整理した。
- ・石垣島沖合いの大型浮魚礁において潜水調査を実施した結果、20 種の魚種を確認した。稚仔魚については周辺大型浮魚礁周辺で 28 分類群 95 個体が再捕された。
- ・マグロ類のうちキハダ、メバチは浮魚礁への滞在期間が長く、移動性が低いと考えられる。滞留期間は概ね 1～数週間であるが、長いもので 5 ヶ月滞留したという報告もある。カツオ類はマグロ類に比べると滞留期間が短く、これまで記録された最長のものが 6 日間である。
- ・浮魚礁における超音波発信器の結果、キハダ、メバチは両種共に、昼間は水深 300-500m 以深の深層にまで分布し、夜間浅層を遊泳することが確認されている。カツオは、キハダやメバチに比べて遊泳水深が浅く、昼夜では夜間により浅い水深帯を遊泳することが明らかになっている。
- ・浮魚礁周辺で漁獲されるキハダに空胃個体が多いことやカツオの肥満度が低いことが報告されており、浮魚礁周辺が過酷な餌料環境であると考えられている。一方で、浮魚礁に蝟集するマグロ類について夜間採取した個体の胃内容物からはヨコエソ科、ハダカイワシ科、頭足類がみられ、データの潜在的な偏りの結果とも考えられた。
- ・浮魚礁を利用した漁業の実態についてとりまとめた。
- ・魚礁メーカーによる浮魚礁の設置条件や蝟集効果向上に対する取り組みについてとりまとめた。

## 区 引用文献

- 1) Tanaka, S 2005 : Maturation of Bluefin Tuna in the Sea of Japan. ISC PBF-WG/06/Doc. 9. 7 pp.
- 2) 小野征一郎編 2004 : マグロの科学-その生産から消費まで- 成山堂書店 1-37
- 3) 依田隆 1981 : 道西日本海のクロマグロの卵巣の成熟状態について 北水試月報 38(7) 211-221
- 4) 中村広司 1949 : マグロ類とその漁業 竹内書房刊
- 5) 山中 一 1982 : 太平洋におけるクロマグロの生態と資源, 水産研究叢書 34, 日本水産資源保護協会, 140
- 6) Inagake, D., H. Yamada, K. Segawa, M. Okazaki, A. Nitta and T. Itoh. 2001. Migration of young bluefin tuna, *Thunnus orientalis* Temminck et Schlegel, through archival tagging experiments and its relation with oceanographic condition in the western North Pacific. Bull. Nat. Res. Inst. Far Seas Fish., 38: 53-81.
- 7) 川村軍蔵 1994 : マグロ類の生理 月刊海洋 26(9) 529-533
- 8) Matsumoto, T. 1998. Preliminary analyses of age and growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the western Pacific Ocean based on otolith increments. IATTC Special Report, 9: 238-242.
- 9) 近藤忍、2004 : パヤオ周辺でのマグロ類の遊泳行動調査IV、平成 16 年度沖縄県水産試験場事業報告書、24-33
- 10) 近藤忍、2006 : 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)、平成 18 年度沖縄県水産海洋センター事業報告書、15-27
- 11) 太田格・下條武・福田将数・松本隆之、2001 : パヤオ周辺でのキハダ、メバチの遊泳行動生理、平成 13 年度沖縄県水産試験場事業報告書、41-51
- 12) 太田格・渡辺利明、2002 : パヤオ周辺でのマグロ類の遊泳行動II、平成 14 年度沖縄県水産試験場事業報告書、24-34
- 13) 近藤忍、2006 : 与那国島パヤオ周辺のDSL(深海散乱層)の分布特性(パヤオ周辺でのマグロ類の餌料環境調査)、平成 18 年度沖縄県水産海洋センター事業報告書、28-30
- 14) 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
- 15) 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、神奈川、224-231
- 16) 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、西海区水産研究所研究成果集第 2 号、14-15
- 17) 小倉未来 2002 : カツオの遊泳行動調査 遠洋 110 2-7
- 18) 小倉未基 2003 : カツオの行動生態の日周性 アクアネット 6 36-39
- 19) 松本隆之・佐藤圭介・仙波靖子 2006 : 中部太平洋熱帯域の海外まき網漁業で利用されるFADs 周辺における小型まぐろ類の行動調査 134
- 20) 松原喜代松他 1979 : 新版魚類学(上), 恒星社厚生閣
- 21) 新潟県水産試験場 1984 : 新潟県における沿岸域の人工魚礁漁場における魚類の行動学的研究
- 22) (社)日本水産資源保護協会 1997 : 水中音の魚類に及ぼす影響, 水産研究叢書

- 23) (社)全国沿岸漁業振興開発協会 2000 : 人工魚礁漁場造成計画指針(平成12年度版)
- 24) 矢野和成編著 2005 : 南の島の自然史, 東海大学出版会
- 25) 矢野和成・小菅丈治 2005 : 大型耐久性浮魚礁と小型魚礁の相互作用によるマダラ・カツオ類の滞留効果向上に関する調査, 水産庁提出資料
- 26) Holland KN, RW Brill, RKC Chang. 1990 Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. Fish. Bull. US. 46:28-32.
- 27) 矢野和成・小菅丈治 2005 : 大型耐久性浮魚礁と小型浮魚礁の相互作用によるマダラ・カツオ類の滞留効果向上に関する調査
- 28) Schaefer K.・M., Fuller D. W. 2005 : Behavior of bigeye and kipjack tunas within aggregations associated with floating objects in the equatorial eastern Pacific. Marine Biology. 146, 781-792
- 29) Dagorn L.・Freon P. 1999 : Tropical tuna associated with floating objects: a simulation study of the meeting point hypothesis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 56:984-993