

# 高知県沖浮魚礁におけるカツオ産卵場効果の検討

當舎親典\*・伊藤 靖\*\*・三浦 浩\*\*\*・猪狩勝一郎\*\*\*\*・鈴木 航\*\*\*\*

\* (一財)漁港漁場漁村総合研究所 第2調査研究部 主任研究員

\*\* (一財)漁港漁場漁村総合研究所 常務理事

\*\*\* (一財)漁港漁場漁村総合研究所 第2調査研究部 部長

\*\*\*\* 水産庁漁港漁場整備部

## 1. はじめに

カツオ(*Katsuwonus pelamis*)は、太平洋、インド洋、大西洋の熱帯から温帯域にかけて、世界中で漁獲されている。日本近海はカツオの分布の北限となっており、複数の回遊経路が想定されている<sup>1)</sup>。

我が国では、カツオ等が漂流物に集まる習性を利用し、高知県や沖縄県等で浮魚礁が整備され、漁場探索にかかる燃料(CO<sub>2</sub>排出)削減や漁獲機会の増大に寄与している。一方、浮魚礁の増殖効果については不明である。筆者らによるカツオの炭素・窒素安定同位体比の季節変化、体サイズと安定同位体比の変化の関係から、高知県沖浮魚礁でカツオが摂餌し、成長していることが示唆され、カツオが利用する餌料の寄与率を定量的に評価した<sup>2)</sup>。

本研究では、高知県沖の浮魚礁におけるカツオの産卵場の効果について検討し、その効果を試算した。

## 2. 材料と方法

### 2.1 調査海域

調査海域は、高知県沖に整備された表層型浮魚礁(土佐黒潮牧場、以下、「黒牧」という)とした(図-1)。

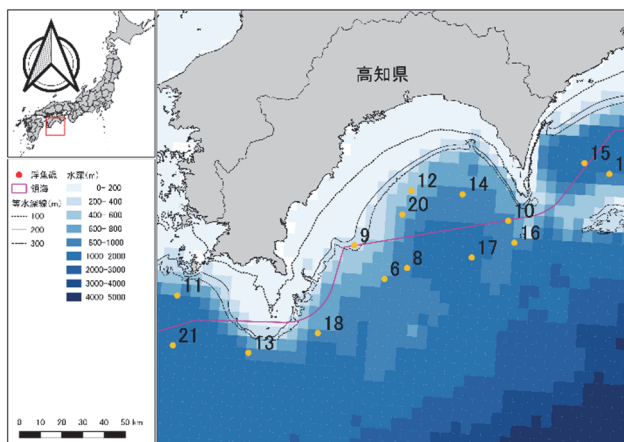


図-1 調査海域

## 2.2 高知県沖浮魚礁におけるカツオの成熟状況

高知県沖浮魚礁において、2018年4月から2023年5月まで原則的に毎月採捕されたカツオの尾叉長、体重、生殖腺重量データを高知県水産試験場より収集した。これを基に月別の尾叉長組成や、成熟度指数(GI; Gonad Index, 生殖腺重量/魚体重×100)を整理した。

## 2.3 高知県沖浮魚礁における水温

足摺沖の黒牧13号において、2010年1月から2022年12月まで1時間ごとに観測された表面水温データを高知県水産試験場より収集した。各年の月別の平均値から、13年間の月別平均水温を整理した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 高知県沖浮魚礁におけるカツオの成熟状況

高知県沖の浮魚礁におけるカツオの尾叉長組成を図-2に示す。浮魚礁で採捕されたカツオの大半は尾叉長40-70cmの個体である。組成は季節によって異なり、3-4月では尾叉長40cm台のカツオが大半であるが、5月以降になると、40-60cm台のカツオが主体となる。

日本周辺海域を含む中西部太平洋のカツオの成長については、生後6か月で尾叉長30cmに達し、満1歳で44cm、2歳で62cmに達するとされる<sup>3)</sup>。カツオの成熟サイズについては、研究者によって成熟の基準が異なる。永沼(1979)は、GI8以上を完熟魚とし、完熟魚の割合が高まる尾叉長46cm以上を本格的な産卵群としている<sup>4)</sup>。また、Ohashiら(2019)は生殖腺の組織学的研究から、カツオの成熟サイズは高緯度海域ほど大きく、50%成熟体長は温帯域、亜熱帯域、熱帯域でそれぞれ、尾叉長55.9cm、53.7cm、50.1cmと報じている<sup>5)</sup>。永沼およびOhashiらより、年齢と尾叉長の関係からカツオの成熟年齢は1.5歳前後と考えられる。これらのことを踏まえると、高知県沖浮魚礁には、成熟年齢以上のカツオが当該海域に周年分布していると考えられる。

高知県沖浮魚礁で採捕されたカツオの成熟状況を図-3に示す。カツオのGIは1-3月までは0.6以下と低水準で

推移し、4月頃から徐々に増加し始める。7月には平均2.4となつて最高を示し、8月も高水準で推移する。9月には1.1まで低下し、その後12月までは低水準で推移する。

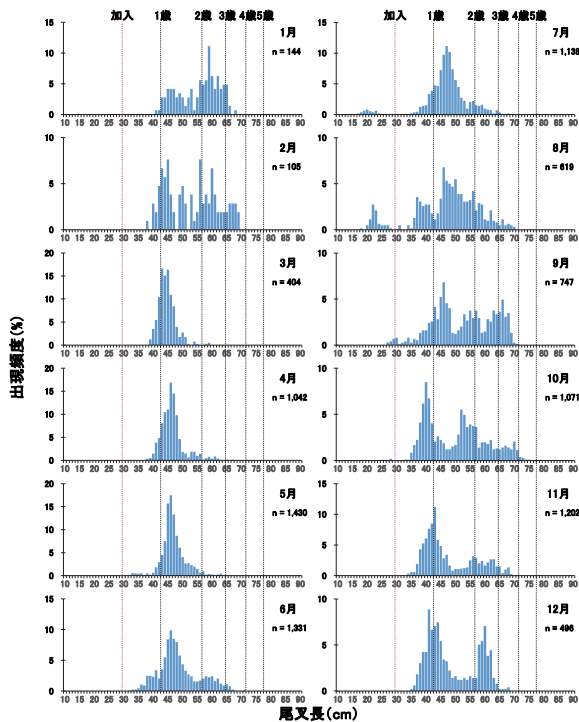


図-2 高知県沖浮魚礁における尾叉長組成の季節変化

芦田ら(2007)<sup>6)</sup>は、GI 2-3の個体の約6割が成熟していることから、GI 2以上を成熟個体とみなしている。GI 2以上となるカツオは、6-9月に比較的多く出現しており、平均GIは、7月、8月で2以上となった。この期間における雌の成熟割合を魚体サイズ別にみると50-55cmの個体の40%が成熟し、55-60cmの個体では80%が成熟していた。

この結果は、Ohashiらの温帯域における50%成熟尾叉長55.9cmと概ね合致する。

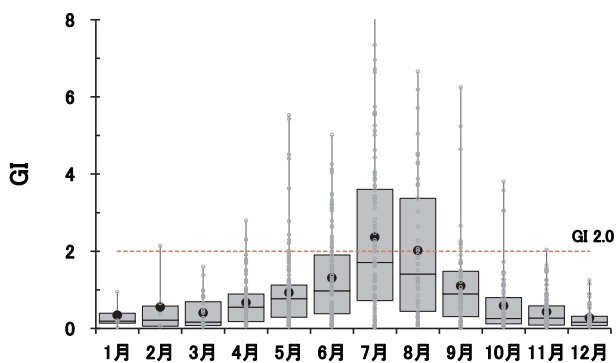


図-3 高知県沖浮魚礁におけるカツオGIの季節変化

### 3.2 高知県沖浮魚礁における水温

高知県沖浮魚礁13号における平均表面水温は、1-4月までは20°C前後で推移し、5月頃から上昇し、8月には28.7°Cとなつて最高を示す。10月まで緩やかに低下して26.4°Cとなり、11月には24.3°Cとなった。

カツオの産卵は表面水温24-25°C以上の海域で行われ、熱帯、亜熱帯域では周年行われるが、日本近海では夏季に限定される<sup>3)7)</sup>。夏季水温25°Cの等温線とカツオ仔魚の分布域はほぼ一致しており<sup>7)</sup>、水温25°C以上の水域でカツオの産卵が行われていると考えられる。

高知県沖浮魚礁における7月から10月までの表面水温は25°C以上であり、産卵海域の水温条件を満たす。

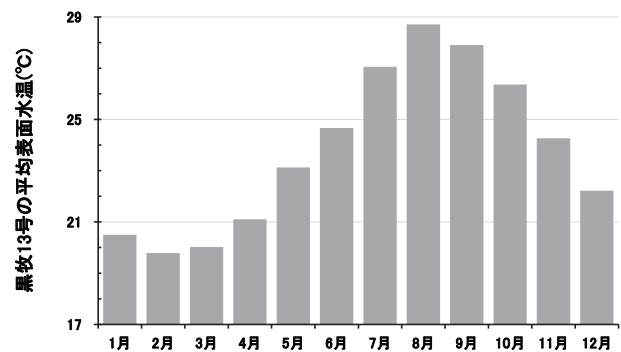


図-4 高知県沖浮魚礁における表面水温の季節変化

### 3.3 高知県沖浮魚礁におけるカツオの産卵

高知県沖浮魚礁の水温より、7月から10月の期間ではカツオが産卵可能な環境にあったと考えられる。また、カツオの成熟状況をみると、7月、8月では平均GIが2以上であり、成熟したカツオが当該海域に分布していると考えられる。筆者らは、当該海域におけるパイオテレメトリー調査より、カツオは浮魚礁に4日間滞留することを確認しており<sup>8)</sup>、少なくとも7月、8月には、高知県沖の浮魚礁でカツオが滞留している間に産卵している可能性がある。

### 3.4 高知県沖浮魚礁における産卵効果の推定

高知県沖の浮魚礁における産卵の効果を検討する上で次の仮定を設けた。浮魚礁が整備されない一般海域におけるカツオの産卵状況については不明であるが、浮魚礁がなければ、カツオは高知県沖海域に留まることなく東進し、産卵する確率が低下すると仮定した。

浮魚礁におけるカツオの産卵効果の試算の流れを図-5に示す。産卵期の浮魚礁へのカツオ量に産卵親魚率を乗じて、産卵親魚量を推定した。産卵親魚率は、「体長組成から推定した産卵親魚の割合」と「日本近海における資源に占める産卵親魚の割合」の2通りにより親魚由来の加入量と期待漁獲量を算定した。

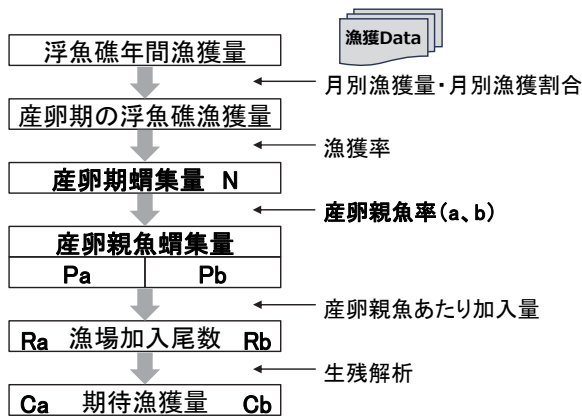


図-5 浮魚礁における産卵効果の算定のフロー

**年間蝟集量**：2022年6月28-30日に実施した計量魚探調査より、黒牧13号へのカツオの蝟集量は7.98tであった。カツオの浮魚礁への滞留期間を4日とすると、式(1)より年間の蝟集量は728tと推定される。

$$\text{現地調査によるカツオ年間推定蝟集量} = 7.98 \text{ t} \times 365 \text{ 日} / 4 \text{ 日} = 728 \text{ t} \quad (1)$$

また、浮魚礁における漁獲量からは次のように推定される。10年平均(2009-2018年)の浮魚礁(13号)の漁獲量は251.4tであり、これをカツオの漁獲率0.313より蝟集量を求めると803tと算定される。

$$\text{漁獲量から求めたカツオ年間推定蝟集量} = 251.4 \text{ t} / 0.313 = 803 \text{ t} \quad (2)$$

これら2つの推定結果は近似しており、両者の平均値である766tを高知県沖浮魚礁(黒牧13号)1基あたりの年間蝟集量とする。

**産卵期蝟集量**：生殖腺の成熟状況および海面水温から、当海域のカツオ産卵期は7-8月と考えられる。この間の漁獲量は年間漁獲量の20.5%(2016-2021平均値)であり、蝟集量と漁獲量が比例関係にあるとすれば、7-8月の浮魚礁への蝟集量は157tと推定される。

$$\text{産卵期蝟集量} = \text{年間蝟集量} \times \text{産卵期漁獲割合} = 766 \text{ t} \times 0.205 = 157 \text{ t} \quad (3)$$

**産卵親魚蝟集量 a (体長組成から推定)**：高知県沖浮魚礁で7月に採捕されたカツオ成熟個体の平均尾叉長50.4cm以上を成熟個体とするて、7-8月の浮魚礁漁獲量に占める成熟魚の割合は50.2%であった。これより、浮魚礁に蝟集する産卵親魚量は79tと推定される。

$$\text{産卵親魚蝟集量 Pa} = \text{産卵期蝟集量} \times \text{産卵親魚割合} = 157 \text{ t} \times 0.502 = 79 \text{ t} \quad (4a)$$

**産卵親魚蝟集量 b(資源量あたり産卵親魚量から推定)**：WCPFC(中西部太平洋まぐろ類委員会)科学小委員会のSPC(太平洋共同体事務局)専門家グループの資源評価では、2016-2021年の日本近海における資源量あたり産卵親魚量の平均は0.73である。これより、式(4b)のとおり、産卵期の高知沖13号浮魚礁に蝟集した産卵親魚量は115tと推定される。

$$\text{産卵親魚蝟集量 Pb} = \text{産卵期蝟集量} \times \text{資源量当り}$$

$$\text{産卵親魚量} = 157 \text{ t} \times 0.73 = 115 \text{ t} \quad (4b)$$

**漁場加入尾数**：WCPFC科学小委員会のSPC専門家グループの資源評価によれば、2016年から2020年の日本近海における産卵親魚量1tあたりの平均加入尾数は519尾である。この数は回遊しながら1年間に産んだ全ての卵から生産されたものである。これを基に、浮魚礁滞留中に産んだ卵に由来する加入尾数を基に計算した。カツオの産卵間隔は2日とされていることから、浮魚礁に滞留する4日間の産卵回数は2回である。一方でカツオ1個体の産卵回数は分かっていない。ここでは1個体の産卵期間を2か月として(高知沖の7-8月)、産卵回数を30回とした。これより、浮魚礁における産卵数を総産卵数の1/15と考え、体長組成より求めた浮魚礁産卵親魚量(Pa)79tから生産される浮魚礁由来の加入尾数(Ra)を2,727尾と算定した。

産卵親魚比率より求めた産卵親魚量(Pb)115tから生産される加入尾数(Rb)を3,976尾と算定される。

**期待漁獲量**：解析に用いた資源特性値および諸元を表-1、表-2に示す。日本近海には尾叉長30cm台後半以上のカツオが来遊する。高知県沖浮魚礁においても20cm程の小型個体も稀に漁獲されるが資源評価の加入量モデルでは稚魚や小型個体を含まない33cmまでを加入魚としていることから、ここでは加入魚のサイズを尾叉長30cmに設定した。漁獲対象となるのは主に尾叉長40cm、年齢にして1歳弱からであり、ここまでは漁獲による間引きは殆どなく、減耗の全ては自然死亡と考える(漁獲前自然死亡)。満1歳になるとほぼ完全な漁獲対象となるが、1.5歳までの未成魚期とそれ以降の成魚期では漁獲率が異なるものとした。

表-1 カツオの資源特性値

カツオ	未成魚	成魚	備考
全減少係数	Z 0.54	0.75	Z = M + F
自然死亡係数	M 0.25	0.25	田中の方法 M=2.5/最高年齢
漁獲係数	F 0.29	0.50	R4国際漁業資源の現況
生残率	S 0.583	0.472	S = exp(-Z)
全減少率	1-S 0.417	0.528	
自然死亡率	D 0.193	0.176	D = (1-S)M/Z
漁獲率	E 0.224	0.352	E = (1-S)F/Z
漁獲前自然死亡率	D' 0.221		D' = 1-exp(-M)

表-2 生残解析における計算諸元

	尾叉長	年齢	
加入魚	30cm	0.5歳	
生物学的最小形	51cm	1.5歳	
	漁獲年齢	平均年齢	平均体重
未成魚	1.0-1.5	1.25	2,199
成魚	1.5-2.0	1.75	4,393
	2.0-3.0	2.5	6,393
	3.0-4.0	3.5	8,159
	4.0-5.0	4.5	10,240

高知沖浮魚礁 13 号におけるカツオの産卵により、2,727 尾が漁業資源として加入し、その期待漁獲量(Ca)は 6.5 t と算定された(表-3)。

表-3 生残解析における計算諸元

年齢	体重 g	期首資源 尾数	生残率	全減少尾数	自然死亡 尾数	漁獲尾数	漁獲重量 t
0.5-1.0	1,000	2,727	0.882	320	320	0	0.0
1.0-1.5	2,199	2,407	0.763	569	264	306	0.7
1.5-2.0	4,393	1,837	0.687	574	266	309	1.4
2.0-3.0	6,393	1,263	0.472	666	308	358	2.3
3.0-4.0	8,159	596	0.472	315	146	169	1.4
4.0-5.0	10,240	282	0.472	149	69	80	0.8
				合計	1,373	1,221	6.5

生残解析の結果は加入尾数に比例することから、期待漁獲量(Cb)は下記のとおり 9.5 t と算定された。

期待漁獲量 Cb = 期待漁獲量 Ca × 加入尾数 Rb /

加入尾数 Ra = 6.5 t × 3,976 尾 / 2,727 尾 = 9.5 t

#### 4. まとめ

高知県沖の浮魚礁では、7 月、8 月に成熟したカツオが分布し、水温も産卵条件を満たしていることから、カツオが産卵している可能性が示された。

高知県沖浮魚礁 13 号で産卵されたカツオからは、2,700-4,000 尾が漁業資源として加入し、この期待漁獲量は 6.5-9.5t (年間漁獲量の 3-4%) と試算された。

当該海域におけるカツオの産卵の蓋然性を高めるために、今後卵や仔魚の確認が必要である。また、カツオ以外の浮魚類についても、人工魚礁の産卵場としての増殖効果の算定や保護効果の検討が期待される。

#### 謝辞

本研究は、2018 年度から 2023 年度まで水産基盤整備委託事業で実施した浮魚礁に関する調査の一部をとりまとめたものである。

浮魚礁周辺のカツオの生殖腺重量等の各種資料のご提供に当たっては高知県水産試験場に、産卵場の効果の算定等については水産レポートの深瀬氏にご協力を賜りました。ここに記して御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 二平章:カツオの回遊生態と資源. 東北区水産研究所研究報告, 58, 137-233, 2009.
- 2) 當舎親典・伊藤靖・三浦浩・猪狩勝一郎・梅津啓史・鈴木航: 高知県沖浮魚礁におけるカツオの回遊履歴とカツオの餌料. 2023 年度日本水産工学会学術講演会, 115-118, 2023.
- 3) 国際水産資源研究所(2020): 令和元年度国際漁業資源の現況 31 カツオ 中西部太平洋.
- 4) 永沼璋(1979): 西部太平洋におけるカツオの産卵行動について, 東北区水産研究所研究報告 40.
- 5) Ohashi, S.・Aoki, Y.・Tanaka, F.・Kiyofuji, H. (2019): Reproductive traits of female skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* in the western central Pacific Ocean(WCPO), WCPFC-SC15-2019.
- 6) 芦田拓士・田邊智唯・鈴木伸洋(2007): 卵巣の組織学的観察による中西部熱帯太平洋におけるカツオの成熟と産卵生態の推定, 日本水産学会誌 73.
- 7) 嘉山定晃(2006): 西部太平洋におけるカツオ当歳魚の成長と回遊生態に関する研究, 東京大学農学生命科学研究科博士論文.
- 8) 當舎親典・伊藤靖・三浦浩・佐藤英雄・梅津啓史・宮園千恵: 浮魚礁とその周辺におけるカツオの行動. 2021 年度日本水産工学会学術講演会, 147-150, 2021. .