

令和 3 年度

水産基盤整備調査委託事業

浮魚礁周辺における回遊魚の保護増殖
の検討調査

報告書

令和 4 年 3 月

一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所

目次

a. 課題名	1
b. 実施機関及び担当者名	1
c. ねらい	1
d. 方法	2
(1) 高知県沖の浮魚礁における蛸集・増殖効果の解明	2
1) 浮魚礁における蛸集・増殖効果に係る現地調査	2
2) 現地調査結果を踏まえた浮魚礁における蛸集・増殖効果の解明	17
(2) 検討会の設置	17
(3) 業務工程	17
e. 結果	18
(1) 高知県沖の浮魚礁における蛸集・増殖効果の解明	18
1) 浮魚礁における蛸集・増殖効果に係る現地調査	18
1)-1 水質鉛直観測	18
1)-2 植物プランクトン調査	20
1)-3 動物プランクトン調査	25
1)-4 魚卵・稚仔調査	30
1)-5 漁獲調査	32
1)-6 計量魚探による観察調査	36
1)-7 浮魚礁周辺におけるカツオの餌魚類調査	41
1)-8 まとめ	45
2) 黒潮離接岸による調査結果の比較（過年度調査結果との比較）	46
2)-1 調査時の黒潮流軸の状況	46
2)-2 水質鉛直観測	47
2)-3 植物プランクトン調査	53
2)-4 動物プランクトン調査	54
2)-5 魚卵・稚仔調査	55
2)-6 環境 DNA 調査	57
2)-7 漁獲調査	59
2)-8 計量魚探による観察調査	63
2)-9 安定同位体比分析結果の比較	64
3) 現地調査結果を踏まえた浮魚礁における蛸集・増殖効果の解明	65
3)-1 高知沖におけるカツオの分布・回遊	65
3)-2 高知沖の浮魚礁におけるカツオの蛸集・滞留	71
3)-3 高知沖の浮魚礁におけるカツオの増殖・増肉効果	76
(2) 検討会の設置	80
f. 今後の課題	83

a. 課題名

浮魚礁周辺における回遊魚の保護増殖の検討調査

(1) 高知県沖の浮魚礁における蛸集・増殖効果の解明

b. 実施機関及び担当者名

一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所

伊藤 靖・三浦 浩

c. ねらい

漁港漁場整備長期計画においては、重点課題の一つとして「豊かな生態系の創造と海域の生産力の向上」が掲げられている。具体的には、沖合域においては、漁場整備による効果を的確に把握しつつ、新たな知見や技術を活かし、資源管理と合わせて効率的に整備を展開していくことが目標の一つとされている。

しかしながら、黒潮流域など沖合域で整備される漁場における効果の発現状態などの知見は十分に把握されていない状況にあることから、浮魚礁により整備された漁場において、漁場環境や漁業操業等の利用状況、対象魚種の資源状況、生態等に関する知見を収集・分析し、回遊魚を対象とした漁場整備の効果を定量的に把握する必要がある。

昨年度、高知県沖における浮魚礁周辺での調査を実施し、浮魚礁周辺でカツオが餌魚類を摂餌している可能性が示唆された。そこで、令和3年度は、令和2年度の調査結果を踏まえつつ、高知県沖においてカツオに関する浮魚礁の蛸集・増殖効果を解明することを目的とする。

d. 方法

本業務は、以下の業務フローに基づき実施した。

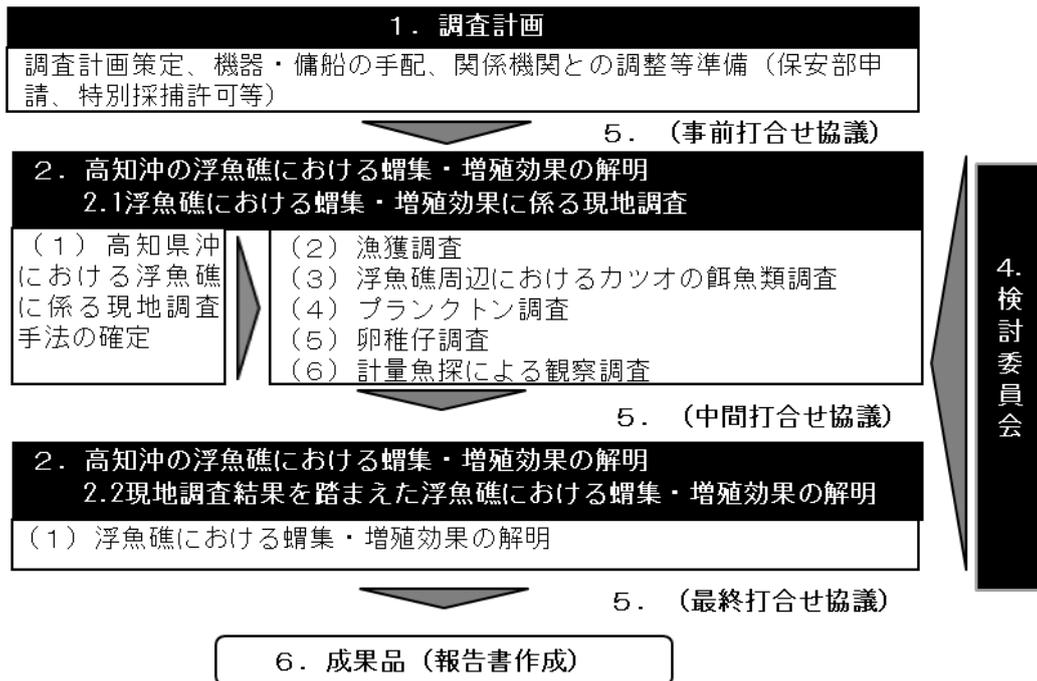


図 d-(1)-1 業務フロー

(1) 高知県沖の浮魚礁における蛸集・増殖効果の解明

1) 浮魚礁における蛸集・増殖効果に係る現地調査

1)-1 調査内容

調査内容を表 d-(1)-1 に、各調査の目的は以下に示す。

①カツオの蛸集

浮魚礁にカツオが蛸集していることを明らかにするために、カツオの漁獲量が多い浮魚礁周辺で、漁獲調査、計量魚探調査により確認をする。

②餌生物の蛸集

カツオの餌となる小魚が蛸集していることを明らかにするために、計量魚探調査、魚卵・稚仔調査（高知県による実施）により確認をする。

③餌生物の捕食

カツオが浮魚礁に蛸集している魚（あるいは動物プランクトン）を捕食していることを明らかにするために、漁獲したカツオの胃内容物で確認をする。

④餌生物の餌料環境

蛸集している小魚の餌が豊富にあることを明らかにするために、動・植物プランクトン調査で確認するとともに、躍層の状況を確認するために水質鉛直観測に

よりクロロフィル（蛍光強度）、水温、塩分を測定する。

表 d-(1)-1 調査内容

工種名称	調査内容			摘要
	設計仕様	単位	数量	
調査準備	調査準備	式	1	1季
	機材運搬	式	1	1季
水質鉛直観測	蛍光強度鉛直測定 記録解析	地点	2	2地点×1季
		式	1	1季
プランクトン（植物）調査	採水 試料運搬 分析試験	検体	4	2地点×2層×1季
		式	1	1季
		式	1	1季
プランクトン（動物）調査	ネット採取 試料運搬 分析試験	検体	4	2地点×2層×1季
		式	1	1季
		式	1	1季
魚卵・稚仔調査 （高知県による採取）	ネット採取 試料運搬 分析試験	検体	2	2地点×1層×1季
		式	1	1季
		式	1	1季
漁獲調査	釣り・曳き縄等 試料運搬 分析試験	検体	30	1地点×20尾×1季+1地点×10尾×1季
		式	1	1季
		式	1	1季
計量魚探による観察調査	測線調査 記録解析	地点	2	2地点×1季
		式	1	1季
餌魚類調査	ネット採取 試料運搬 分析試験	検体	9	1地点×3魚種×3検体
		式	2	1季×2回
		式	2	1季×2回

1)-2 調査位置

調査地点は、高知県沖合の浮魚礁番号第 13 号及び浮魚礁が設置されていない対照区周辺海域において、春季に 2 地点で実施した。対照区の設定条件は以下に示す。

・対照区 2 : 周辺に浮魚礁がなく、黒潮の影響がある（黒潮流軸上）

※ 黒潮の影響範囲については、海上保安庁「海洋速報」より想定した

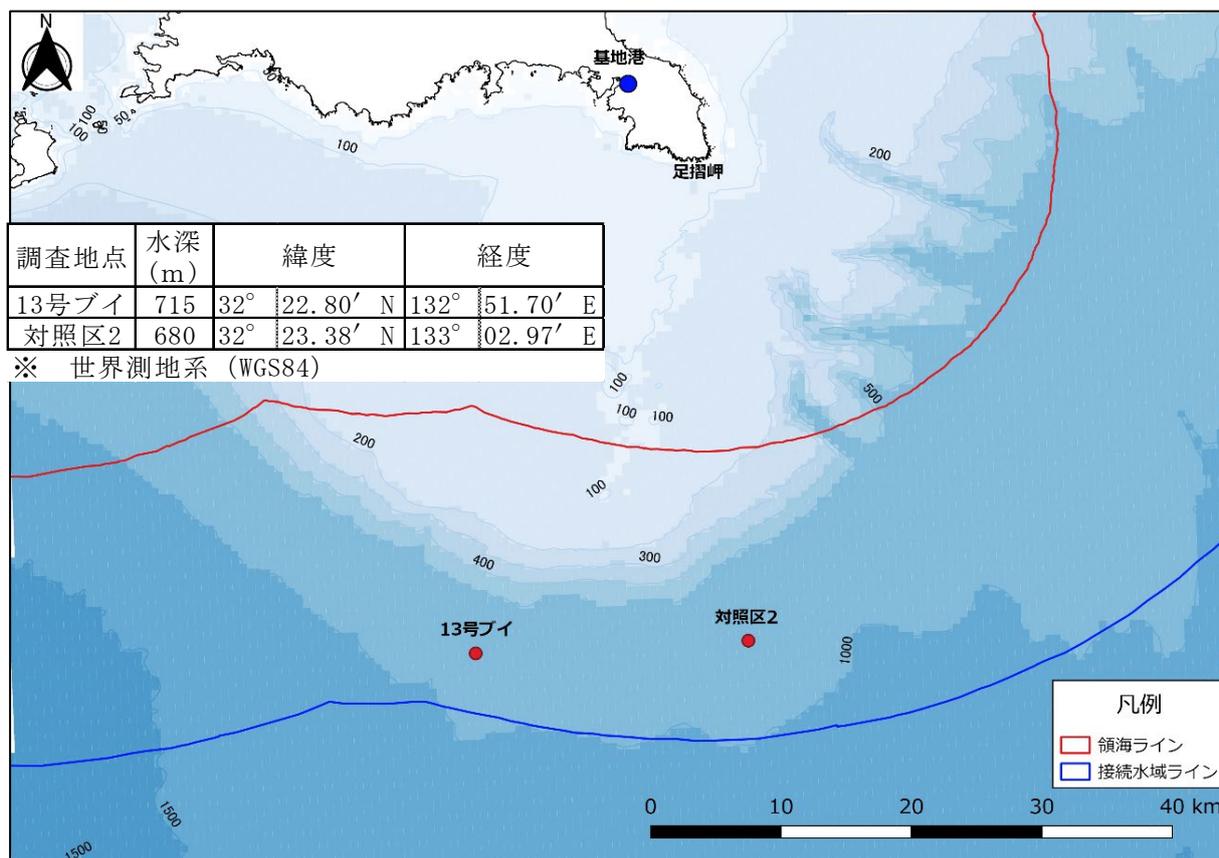


図 d-(1)-2 調査場所

1)-3 調査方法

a. 計画準備

本調査を実施するにあたり、令和 3 年 4 月 7 日に調査日程・内容・手法等を水産庁漁港漁場整備部整備課調整班に提出し、必要な調査準備（関係機関等との調整を含む）を 4 月 18 日までに行った。

なお、調査工程及び調査地点は、調査前に黒潮流軸の状況を確認し、調査地点の条件を可能な限り満たすよう留意して調整した。

b. 水質鉛直観測

水質鉛直観測は、プランクトン調査の採水層を決定するために、多項目水質計による水温・塩分・クロロフィル（蛍光強度）の鉛直観測を実施した。

①調査地点

浮魚礁番号 13 号及び対照区 2 の 2 地区

②調査日

春季：令和 3 年 4 月 19 日

③観測機器

計器名	機種名	仕様
メモリー式総合水質計	JFE アドバンテック社製 ASTD151	図 d-(1)-13 参照

④調査方法

メモリー式総合水質計を図 d-(1)-3 に示す方法で調査船より垂下し、海面から水深 100m 程度まで 0.5m 毎に水温・塩分・蛍光強度・濁度を計測した。

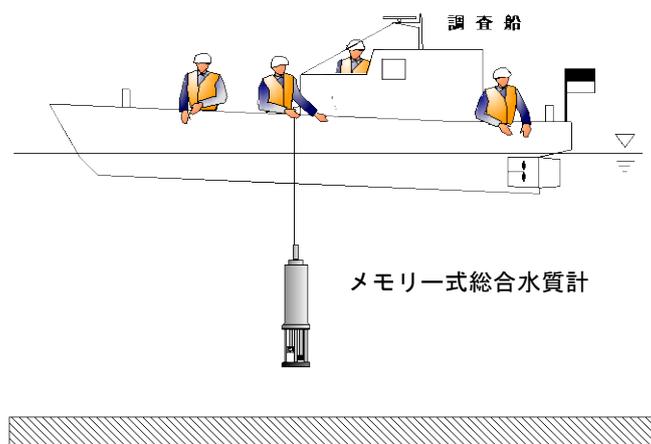


図 d-(1)-3 水質鉛直観測の概要

c. 植物プランクトン調査

植物プランクトン調査は、調査地点周辺海域の餌生物の餌料環境を明らかにするために、小魚、動物プランクトンの餌となる植物プランクトンの調査を実施した。

①調査地点

浮魚礁番号 13 号及び対照区 2 の 2 地区

②調査日

春季：令和 3 年 4 月 19 日

③観測機器

計器名	機種名	仕様
バンドーン型採水器	離合社製	図 d-(1)-12 参照

④調査方法

水質鉛直観測で蛍光強度が大きい水深を中層とし、表層と中層（水深 30m）において、バンドーン型採水器を図 d-(1)-4 に示す方法で調査船より垂下し採水を行った。採取した試料は、中性ホルマリンを添加して固定し、冷暗所に保存して分析室に持ち帰り分析を行った。

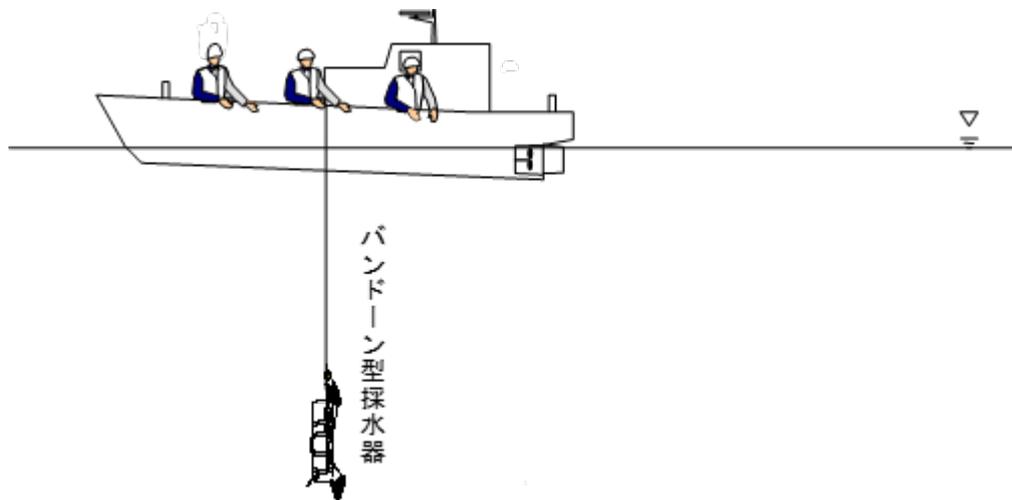


図 d-(1)-4 植物プランクトン調査方法の概要

d. 動物プランクトン調査

動物プランクトン調査は、植物プランクトンと同様に調査地点周辺海域の餌生物の餌料環境を明らかにするために、小魚等の餌となる動物プランクトンの調査を実施した。

①調査地点

浮魚礁番号 13 号及び対照区 2 の 2 地区

②調査日

春季：令和 3 年 4 月 19 日

③観測機器

計器名	機種名	仕様
北原式プランクトンネット	離合社製	図 d-(1)-14 参照

④調査方法

植物プランクトン調査と同様に、水質鉛直観測で蛍光強度が大きい水深を中層とし、表層（海面～水深 10m）と中層（水深 25～35m）において、北原式プランクトンネットを図 d-(1)-5 に示す方法で調査船より垂下し所定の水深帯で鉛直曳きを行った。採取した試料は、中性ホルマリンを添加して固定し、冷暗所に保存して分析室に持ち帰り分析を行った。

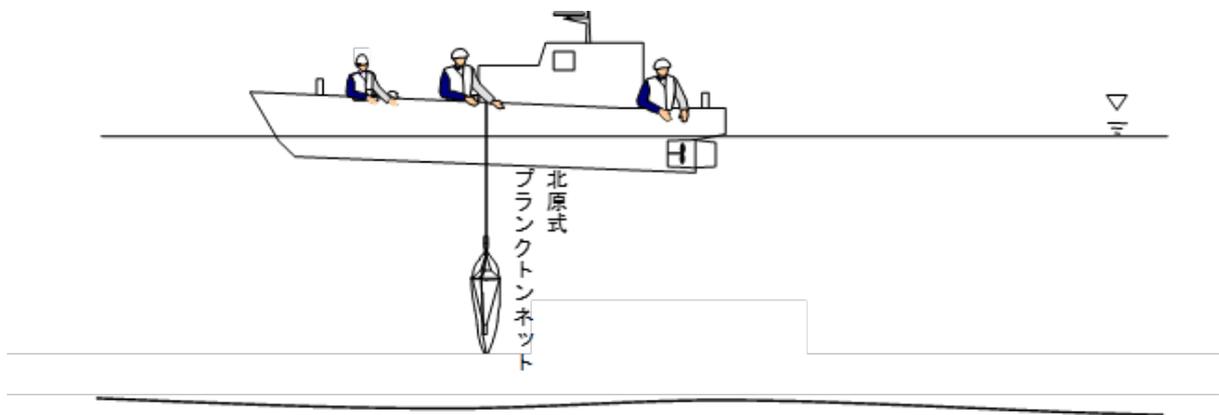


図 d-(1)-5 動物プランクトン調査方法の概要

e. 魚卵・稚仔調査（高知県による採取）

魚卵・稚仔調査は、調査地点周辺海域のカツオの餌となる小魚等魚種の情報を明らかにするために、高知県水産試験場の土佐海洋丸により魚卵・稚仔調査を実施した。

①調査地点

浮魚礁番号 13 号及び対照区 2 の 2 地区

②調査日

春季：令和 3 年 4 月 19 日

③調査方法

調査船「土佐海洋丸」に搭載されたマルチネットを図 d-(1)-6 に示す方法で調査船より垂下し表層で水平曳き（船速約 4knot で 5 分間）を行った。採取した試料は、中性ホルマリンを添加して固定し、冷暗所に保存して分析室に持ち帰り分析を行った。

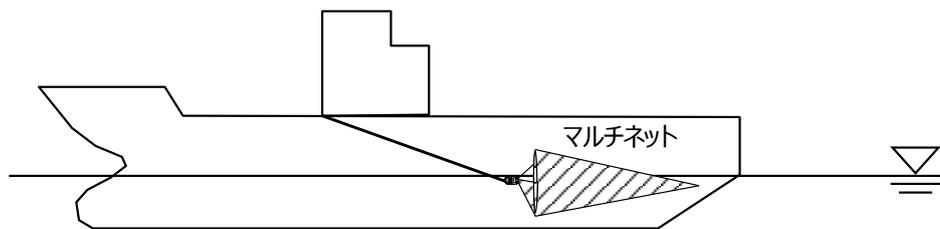


図 d-(1)-6 魚卵・稚仔調査方法の概要

f. 漁獲調査

漁獲調査は、調査地点周辺海域のカツオの蛸集状況及びカツオの餌となる小魚等魚種の情報を明らかにするために、釣り及び曳き縄による漁獲調査を実施した。

①調査地点

浮魚礁番号 13 号及び対照区 2 の 2 地区

②調査日

春季：令和 3 年 4 月 13 日、15～16 日、20～21 日、7 月 7 日

③調査方法

一本釣り漁船及び曳き縄漁船を使用して図 d-(1)-7 に示す方法で曳き縄を垂下し、カツオ及びその他魚種を対象として浮魚礁地区では 1 地点につき 20 検体（カツオ 10 検体、その他魚種 10 検体）、対照区では 1 地点につき 10 検体（カツオ 5 検体、その他魚種 5 検体）漁獲した。漁獲した個体は、全長及び体長、体重量の計測を行い、計測後に胃及び生殖腺を取り出し計量後、10%ホルマリンを用いて固定した。固定した胃及び生殖腺は分析室へ搬入し、胃内容物の顕鏡を行った。計 30 検体の胃内容物の分析（内容物の種類、重量の計測、胃充満度の測定、餌料生物重要度指数（IRI））及び生殖腺熟度指数（GSI）により産卵状況を把握した。また、採捕された大型魚類の筋肉を分析試料とし、CN 安定同位体比分析を行った。なお、漁獲調査で検体数を確保できなかった場合は、調査地点付近で操業していた漁業者による漁獲物の買付により検体数を確保した。

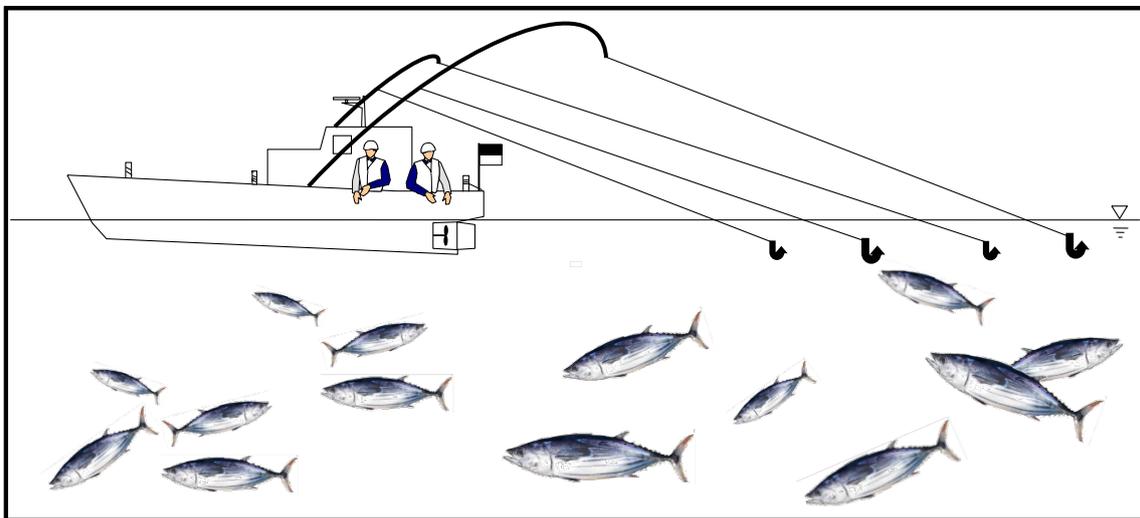


図 d-(1)-7 漁獲調査方法の概要

g. 計量魚探による観察調査

計量魚探による観察調査は、調査地点周辺海域に生息する魚類とプランクトン類の現存量を把握し、浮魚礁の蝟集効果及び増殖効果を検証するため、計量魚探による測線調査を実施した。

①調査地点

浮魚礁番号 13 号及び対照区 2 の 2 地区

②調査日

春季：令和 3 年 4 月 19～20 日

③観測機器

計器名	機種名	仕様
計量魚群探知機 (ES70)	Simrad 社製	図 d-(1)-15 参照

④調査方法

調査船に計量魚群探知機を図 d-(1)-8 に示す方法で曳航し、海面から水深 100 m より深い水深までの魚類及びプランクトン類の分布状況を調査した。調査測線は、流れの流軸方向を現地で確認した上で図 d-(1)-9 に示す広領域とし、測線長 6～8km (調査地点中心に半径 3～4km) の測線を 2 測線 (90 度間隔) を設定した。調査船の船速は、約 5knot とし、使用する計量魚群探知機は、魚類とプランクトン類の現存量を判別するため、38kHz と 200kHz の 2 周波を使用して実施した。また、浮魚礁番号 13 号については、日中と夜間の 2 回実施した。

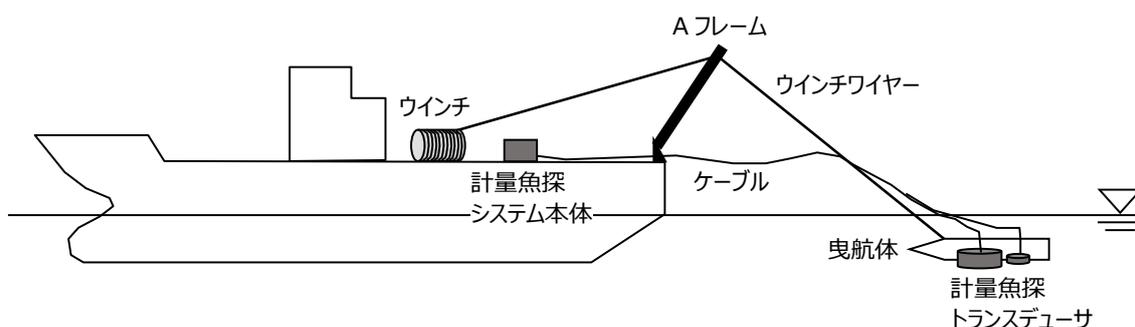


図 d-(1)-8 計量魚探による観察調査方法の概要

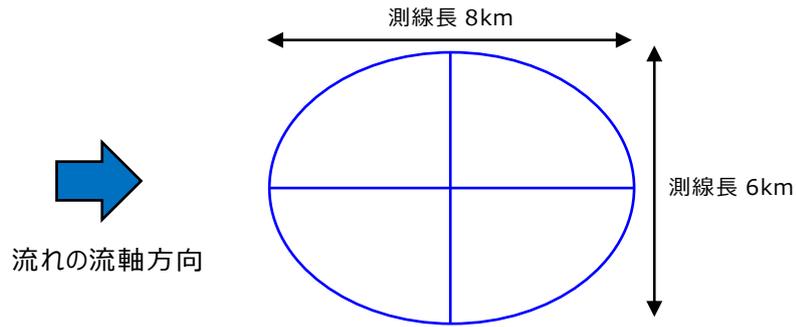


図 d-(1)-9 測線設定イメージ

h. 浮魚礁周辺におけるカツオの餌魚類調査

浮魚礁周辺におけるカツオの餌魚類調査は、浮魚礁周辺に生息するカツオ等大型回遊魚と餌料生物との関係を把握し、浮魚礁の蝟集効果及び増殖効果を検証するため、流し刺網調査を実施した。

①調査地点

浮魚礁番号 13 号の 1 地区

②調査日

春季：令和 2 年 4 月 15 日、20 日、7 月 6～7 日

③調査方法

調査船より流し刺網を図 d-(1)-10 に示す方法で投入し、土佐海洋丸の作業灯により網周辺に魚群を誘導して、カツオ等大型回遊魚類の餌料生物（アジ類、サバ類、イワシ類、その他小型魚類）を 5 検体程度採捕した。採捕した個体の全長及び体長、体湿重量の計測を行い、3 検体の筋肉を分析試料とし、CN 安定同位体分析を行った。

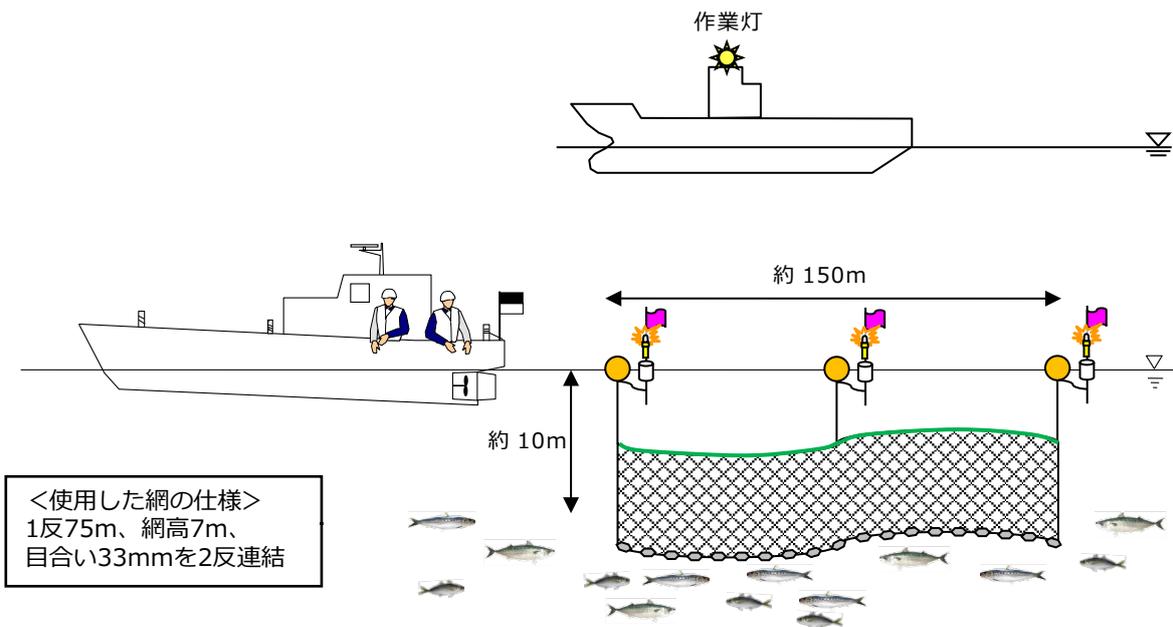


図 d-(1)-10 餌魚類調査方法の概要

1)-4 主要機器

以下に使用した主な機器を示す。



名称	GPS航法装置 (GP33)
製造	古野電気株式会社
アンテナ	GPS : 12チャンネル・WAAS : 2チャンネル
測位	オールインビーム、8ステートカルマンフィルタ
測位精度	GPS 10m以下 (2drms)
	MSAS 7m以下 (2drms)
	WAAS 3m以下 (2drms)
追尾速度	999.9kt
ビーム周波数範囲	1575.42kHz
表示部	4.3型カラー液晶
表示モード	プロッタ、ハイウェイ、航法データ、ユーザー画面
航跡・目的地登録	航跡 3000点
	目的地 10000点
	ルート 100ルート (目的地各30点)
防水	受信演算部 (IP56)、アンテナ (IPx6)
電源	DC12V-24V、240~120mA (照明最大時)

図 d-(1)-11 GNSS の仕様



採水量	6L、10L
全長	60cm
材質	ポリエチレン
蓋	ゴム

図 d-(1)-12 バンドーン型採水器の仕様



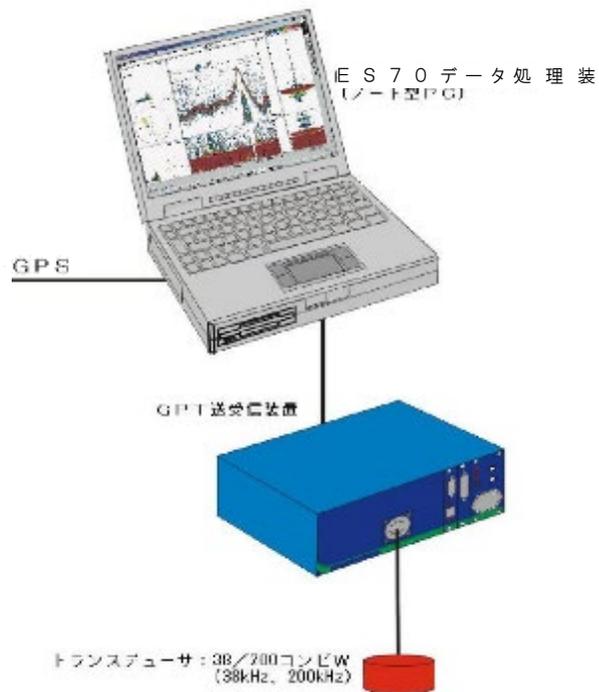
名 称		RINKO-Profiler (ASTD151)			
製 造		JFEアドバンテック株式会社			
測定項目	タイプ	測定レンジ	分解能	精度	時定数
深度	半導体圧力センサ	0~600m	0.01m	0.3%FS	0.2秒
水温	サーミスタ	-5~40℃	0.001℃	±0.01℃	0.2秒
塩分	実用塩分式 電極式	0~40	0.001	±0.01	0.2秒
濁度	後方散乱方式	0~1000FTU ホルマジン基準	0.03FTU	測定値の±2%	0.2秒
クロロフィル	蛍光測定	0~400 p p b ウラニン基準	0.01 p p b	±0.1%FS	0.2秒

図 d-(1)-13 メモリー式総合水質計 (ASTD151) の仕様



口 径	上部リング 約24cm 中部リング 約48cm
全 長	約110cm
ネット地	頭錐部 キャンバス地 ろ過部 NXX13 (100 μ m)
付属品	おもり (1.5kg)

図 d-(1)-14 北原式プランクトンネットの仕様

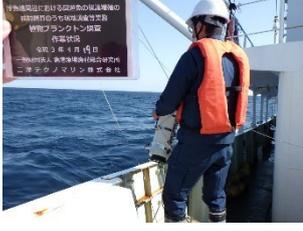
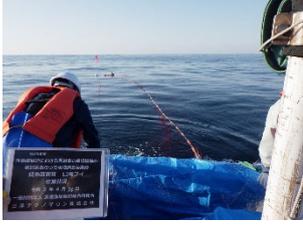
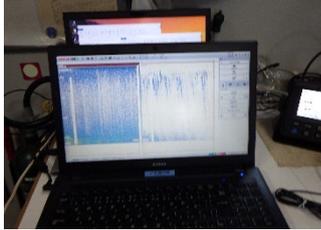


周波数	38kHz、200kHz
ビーム幅	31°
サイズ	直径 180mm、高さ 100.2mm、重量 5kg

図 d-(1)-15 計量魚群探知機 (ES70) の仕様

1)-5 作業状況

作業状況を以下に示す。

		
<p>使用船舶 (漁船：隆丸)</p>	<p>使用船舶 (土佐海洋丸)</p>	<p>水質鉛直測定</p>
		
<p>植物プランクトン採水</p>	<p>動物プランクトン採取</p>	<p>魚卵・稚子採取</p>
		
<p>漁獲サンプル</p>	<p>胃内容物・生殖腺採取</p>	<p>流し刺網</p>
		
<p>流し刺網投入</p>	<p>餌魚類採取</p>	<p>餌魚類サンプル</p>
		
<p>計量魚探テスト</p>	<p>計量魚探航走</p>	<p>計量魚探画面</p>

2) 現地調査結果を踏まえた浮魚礁における蛸集・増殖効果の解明

浮魚礁における蛸集・増殖効果の解明については、本年度の調査結果及び過年度調査結果を踏まえ、有識者の意見を聴き、浮魚礁における魚類等の蛸集状況、分布量や増殖機能を定量的に分析し、浮魚礁における採餌場機能、餌料増大機能や育成機能などの蛸集・増殖効果を解明するための基礎資料について整理を行った。

(2) 検討会の設置

発注者を含む検討委員による検討会を開催し、本業務の課題や問題点について解決策を提示し、検討会での議論を経て成果に反映した。

検討委員を表 d-(2)-1 に示す。

表 d-(2)-1 検討会委員一覧

役職	氏名	所属	専門分野
委員長	中田 英昭	長崎大学名誉教授	水産海洋
委員	中泉 昌光	東京海洋大学 先端科学技術研究センター (漁業地域再生プロジェクト)特任教授	水産土木 水産行政
委員	岩田 繁英	東京海洋大学 海洋生命科学部海洋生物資源学科 助教	水産資源
委員	阪地 英男	国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター 底魚資源部 主幹研究員	水産資源

(3) 業務工程

本調査の業務工程を表 d-(2)-2 に示す。

表 d-(2)-2 業務工程

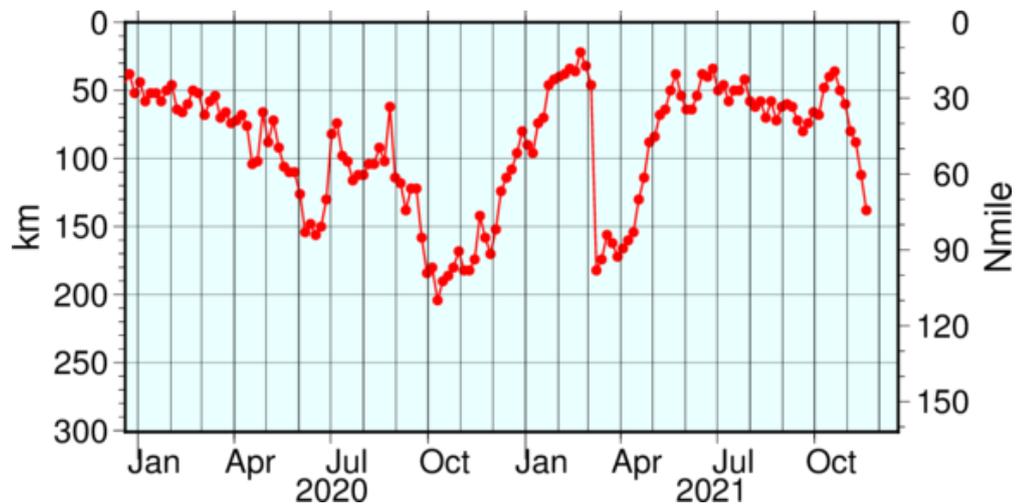
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1. 計画準備	■											
2. 浮魚礁における蛸集・増殖効果に係る現地調査												
(1) 現地調査手法の確定	■											
(2) 漁獲調査	■			■								
(3) 浮魚礁周辺におけるカツオの餌魚類調査	■			■								
(4) プランクトン調査	■											
(5) 計量魚探による観察調査	■											
3. 現地調査結果を踏まえた浮魚礁における蛸集・増殖効果の解明												
(1) 浮魚礁における蛸集・増殖効果の解明				■	■	■	■	■	■	■	■	■
4. 検討委員会の設置				○						○		
5. 年度末報告会											○	
6. 報告書とりまとめ								■	■	■	■	■
7. 協議・打ち合わせ	○					○					○	

e. 結果

(1) 高知県沖の浮魚礁における蛸集・増殖効果の解明

1) 浮魚礁における蛸集・増殖効果に係る現地調査

本年度の4月調査時は、調査海域付近で黒潮が大きく離岸しており、全ての調査地点が黒潮内側域であった。その後、4月下旬頃から接岸に転じ、7月調査時は、全ての調査地点が黒潮流軸上であった。足摺岬から黒潮までの距離を図 e-(1)-1 に示す。



出典) 気象庁 HP「足摺岬から黒潮までの距離」

図 e-(1)-1 足摺岬から黒潮までの距離

1)-1 水質鉛直観測

水質調査結果を図 e-(1)-2 に示す。

水質鉛直構造は、春季には、全地点の全項目で鉛直分布に顕著な差はみられず、クロロフィル蛍光強度は、水深約 30m 付近に極大層がみられた。

浮魚礁地区と対照区では顕著な差はみられず、浮魚礁の有無による水質への影響はないと考えられる。また、加えて本年度は黒潮が大きく離岸し、全ての調査地点が黒潮内側域であったため、地点間で大きな差がみられなかったものと考えられる。

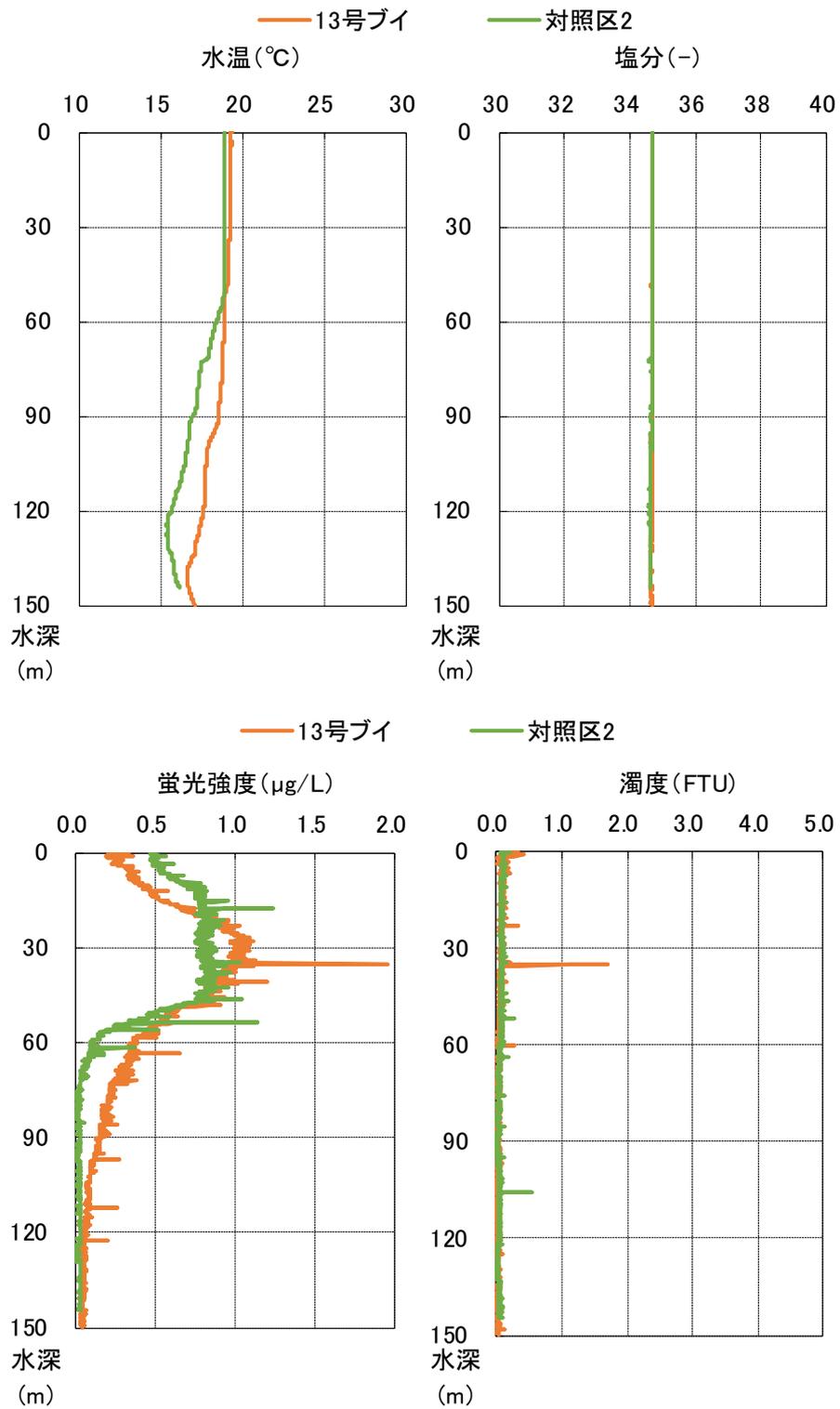


図 e-(1)-2 水質鉛直観測結果 (春季)

1)-2 植物プランクトン調査

植物プランクトン調査結果を、表 e-(1)-1、表 e-(1)-2、 図 e-(1)-3 に示す。

植物プランクトンの種類数の変動幅は、30～31 種類であり、水深及び地点間による大きな差異はみられず、珪藻類が多い傾向がみられた。

植物プランクトンの細胞数の変動幅は、8,950～21,450 細胞/L であり、13 号ブイではクロロフィル極大層付近の中層に比べて表層で細胞数が多い傾向がみられたが、対照区 2 は水深による差異はみられなかった。また、種類数と同様に地点間の大きな差異はみられなかった。

植物プランクトン群集の分類群組成は、13 号ブイ及び対照区 2 とともに珪藻類が多い傾向がみられ、水深及び地点間の顕著な差異はみられなかった。

以上のように、浮魚礁地区と対照区では顕著な差はみられず、浮魚礁の有無による植物プランクトンの出現種や出現量への影響はないと考えられる。

表 e-(1)-1 植物プランクトン分析結果一覧（春季）

調査期日：令和3年4月19日

調査方法：バンドーン型採水器による採水

単 位：細胞/L

番号	門	綱	学名	13号パイ		対照区2			
				表層	中層	表層	中層		
1	クリプト植物	クリプト藻	CRYPTOPHYCEAE	350	200	100	200		
2	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Gymnodinium</i> spp.	550		250	150		
3			<i>Gyrodinium</i> spp.	100	100	200	200		
4			Gymnodiniales	100	475	250	250		
5			<i>Noctiluca scintillans</i>			50	50		
6			<i>Ceratium breve</i>		75				
7			<i>Ceratium tripos</i>		25				
8			<i>Scrippsiella</i> sp.	150	175	300	50		
9			<i>Heterocapsa rotundata</i>			350	400		
10			<i>Diplopsalis</i> sp.			50			
11			<i>Protoperidinium pellucidum</i>		75	50	50		
12			<i>Protoperidinium</i> spp.	50	25	150	50		
13			Peridinales			200			
14			不等毛植物	黄金色藻	<i>Dictyocha speculum</i>				100
15	珪藻	<i>Skeletonema</i> sp.		350	175	300	150		
16		<i>Thalassiosira</i> spp.		100	225	100	250		
17		Thalassiosiraceae		350	200	300	200		
18		<i>Corethron</i> sp.		50		50			
19		<i>Leptocylindrus danicus</i>		6,600	2,200	2,200	2,350		
20		<i>Leptocylindrus minimus</i>		400					
21		<i>Dactyliosolen blavyanus</i>		50	150	50			
22		<i>Dactyliosolen phuketensis</i>			325	100	50		
23		<i>Guinardia striata</i>		150			250		
24		<i>Proboscia alata</i>		50			100		
25		<i>Rhizosolenia imbricata</i>				50	50		
26		<i>Rhizosolenia setigera</i>				100			
27		<i>Hemiaulus sinensis</i>		300	100				
28		<i>Bacteriastrum</i> spp.		1,350	250	350	750		
29		<i>Chaetoceros affinis</i>			50	150	650		
30		<i>Chaetoceros danicus</i>		100	100	250	200		
31		<i>Chaetoceros decipiens</i>		200					
32		<i>Chaetoceros didymus</i>		250	250	600	600		
33		<i>Chaetoceros diversus</i>			75	150			
34		<i>Chaetoceros messanensis</i>			50				
35		<i>Chaetoceros paradoxus</i>			150				
36		<i>Chaetoceros peruvianus</i>		100					
37		<i>Chaetoceros</i> spp.		3,550	2,450	850	1,850		
38		<i>Thalassionema nitzschioides</i>		100	125				
39		<i>Thalassiothrix</i> sp.		50	200		50		
40		<i>Meuniera membranacea</i>		100	75		100		
41		<i>Navicula</i> sp.		50	25	50	100		
42		<i>Pleurosigma</i> sp.					50		
43		<i>Cylindrotheca closterium</i>		100	425	300	250		
44		<i>Nitzschia</i> sp.		2,450	950	300	500		
45		<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>		200	300		300		
46		ハプト植物		ハプト藻	HAPTOPHYCEAE	3,150	975	700	
47		不明			UNIDENTIFIED FLAGELLATA			50	50
					種類数	30	31	31	31
				合計	21,450	10,975	8,950	10,350	

表 e-(1)-2 植物プランクトン分析結果概要（春季）

調査日：令和3年4月19日

調査方法：バンドーン型採水器による採水

項目	分類	13号パイ		対照区2	
		表層	中層	表層	中層
種類数	クリプト藻綱	1 (3.3)	1 (3.2)	1 (3.2)	1 (3.2)
	渦鞭毛藻綱	5 (16.7)	7 (22.6)	10 (32.3)	8 (25.8)
	珪藻綱	23 (76.7)	22 (71.0)	18 (58.1)	20 (64.5)
	その他	1 (3.3)	1 (3.2)	2 (6.5)	2 (6.5)
	総種類数	30	31	31	31
細胞数 (細胞/L)	クリプト藻綱	350 (1.6)	200 (1.8)	100 (1.1)	200 (1.9)
	渦鞭毛藻綱	950 (4.4)	950 (8.7)	1,850 (20.7)	1,200 (11.6)
	珪藻綱	17,000 (79.3)	8,850 (80.6)	6,250 (69.8)	8,800 (85.0)
	その他	3,150 (14.7)	975 (8.9)	750 (8.4)	150 (1.4)
	総細胞数	21,450	10,975	8,950	10,350
主な 出現種 細胞/L (%)	クリプト藻綱	<i>Leptocylindrus danicus</i> 6,600 (30.8)	<i>Chaetoceros</i> spp. 2,450 (22.3)	<i>Leptocylindrus danicus</i> 2,200 (24.6)	<i>Leptocylindrus danicus</i> 2,350 (22.7)
	渦鞭毛藻綱	<i>Chaetoceros</i> spp. 3,550 (16.6)	<i>Leptocylindrus danicus</i> 2,200 (20.0)		<i>Chaetoceros</i> spp. 1,850 (17.9)
	珪藻綱	HAPTOPHYCEAE 3,150 (14.7)			
	その他				

注：1. ()内の数値は、総細胞数に対する組成比率(%)を示す。

2. 細胞数の組成比率は、四捨五入の関係で合計値が100%にならない場合がある。

3. 主な出現種は各調査点の出現量の上位3種（ただし、種別組成比が10%以上）を示す。

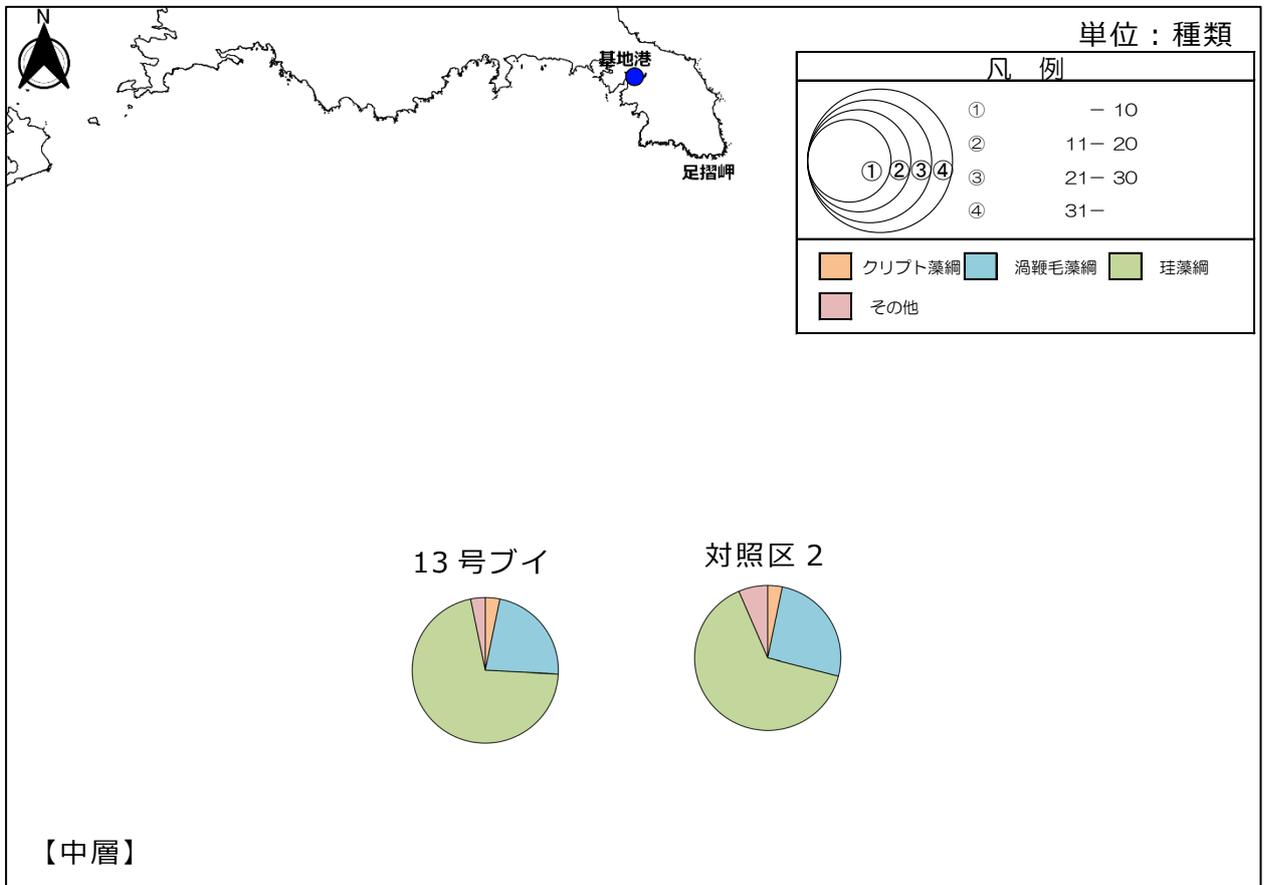
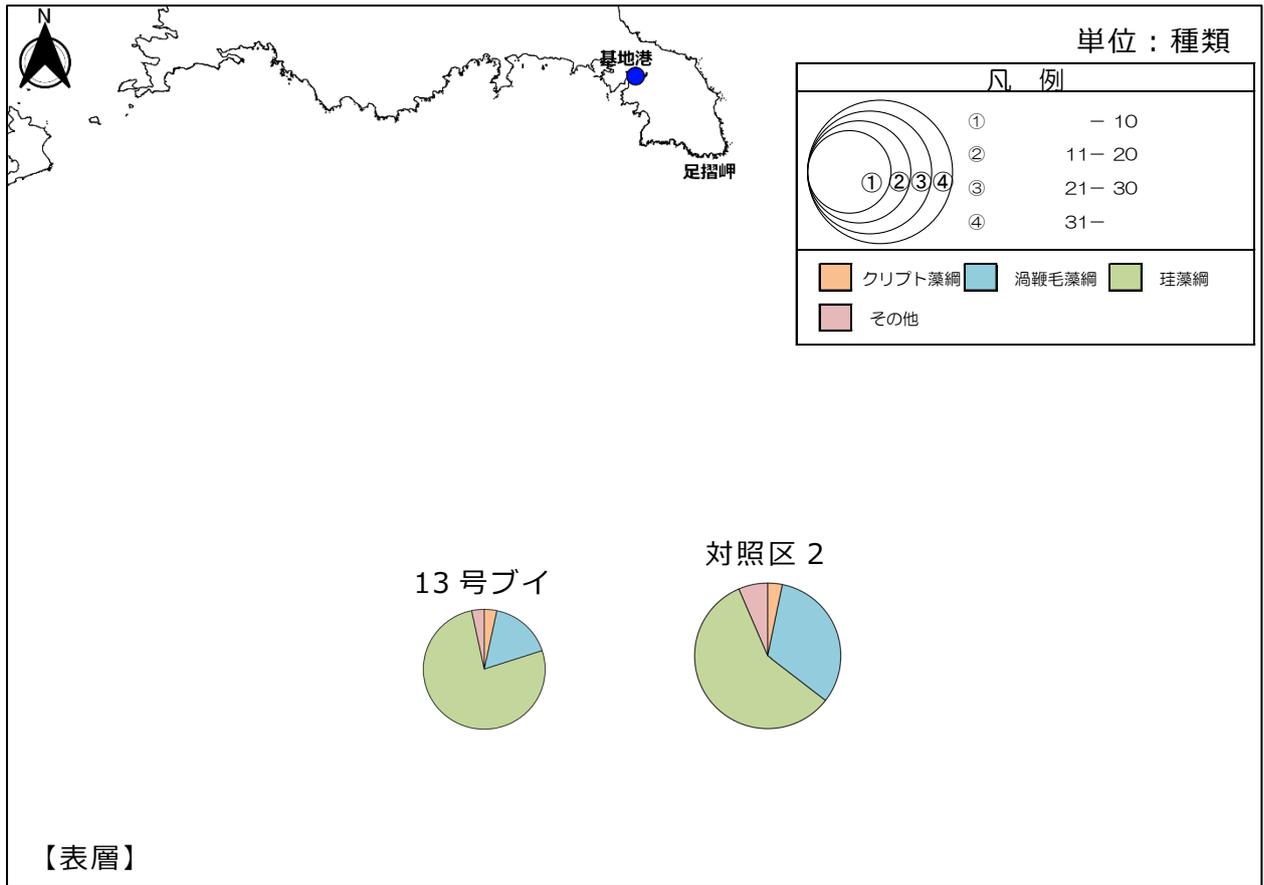


図 e-(1)-3(1) 植物プランクトン調査結果 (春季：種類数)

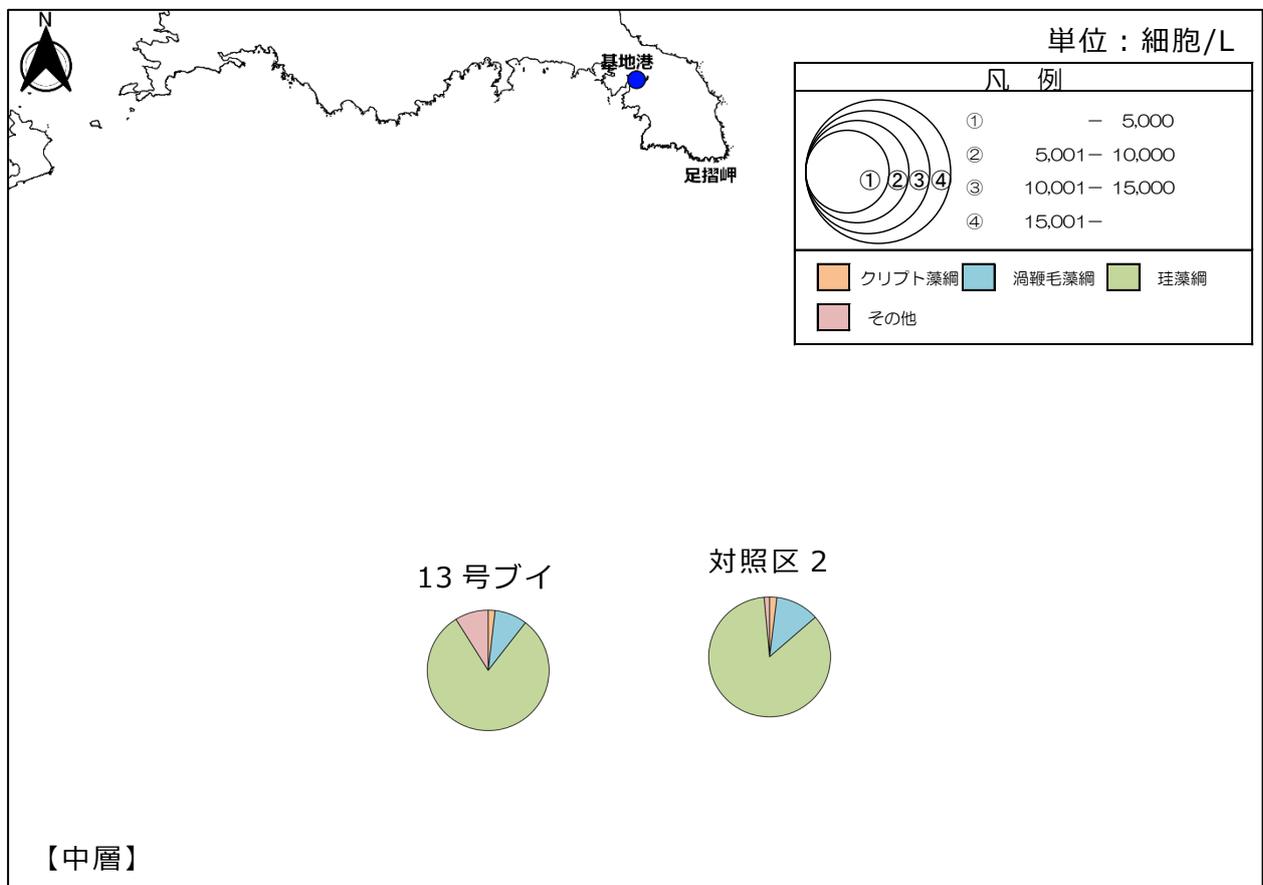
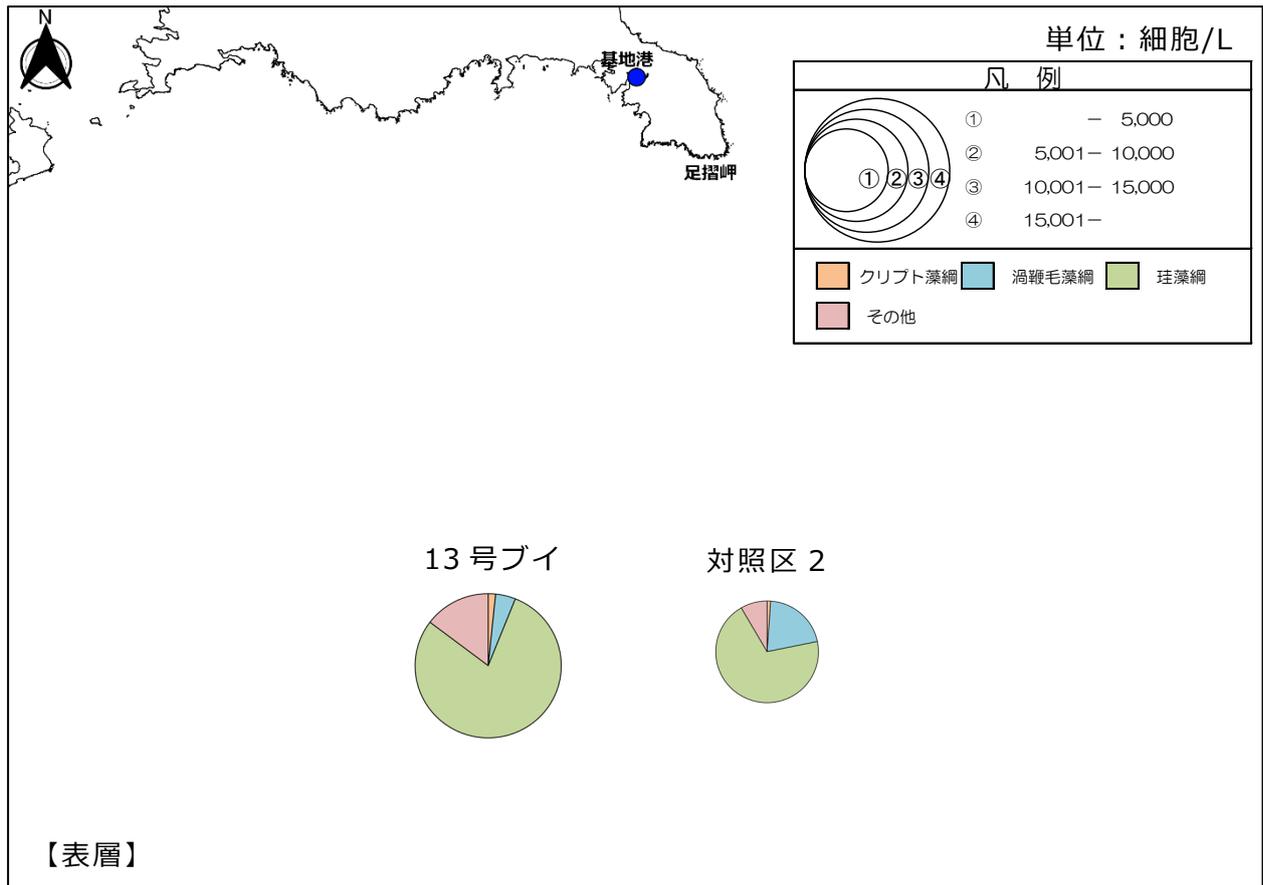


図 e-(1)-3(2) 植物プランクトン調査結果 (春季：細胞数)

1)-3 動物プランクトン調査

動物プランクトン調査結果を、表 e-(1)-3、表 e-(1)-4、図 e-(1)-4 に示す。

動物プランクトンの種類数の変動幅は、22～26 種類であり、水深及び地点間による大きな差異はみられず、節足動物門が多い傾向がみられた。

動物プランクトンの個体数の変動幅は、2,163～12,280 個体/m³であり、地点による大きな差異はみられなかったが、中層よりも表層で個体数が多い傾向がみられ、いずれの地点及び層で節足動物門が卓越していた。

以上のように、浮魚礁地区と対照区では顕著な差はみられず、浮魚礁の有無による動物プランクトンの出現種や出現量への影響はないと考えられる。

表 e-(1)-3 動物プランクトン分析結果一覧（春季）

番号	門	綱	学名	13号パイ		対照区2	
				表層	中層	表層	中層
1	原生動物	アカンタリア	Acantharea	171	67	200	
2		フェオタリア	Protocystis sp.		22		8
3			Phaeodarea	57		40	
4		根足虫	Globigerinidae	229	156	200	115
5			Foraminiferida	29	22	80	8
6		有軸仮足虫	<i>Gazelletta hexanema</i>	114			
7			<i>Sticholonche zanclea</i>	29	44	280	
8			Actinopoda				8
9		多膜類繊毛虫	<i>Tintinnopsis aperta</i>			40	
10	刺胞動物	ヒトコ虫	Larva of <i>Solmundella</i>		44		
11			Siphonophora	29	22	40	
12			Hydrozoa	29	22	40	
13	軟体動物	腹足	Gastropoda (Larva)*	29		40	8
14		二枚貝	Bivalvia (Umbo larva)*		22		
15	環形動物	多毛	Polychaeta (Larva)*	29		40	8
16	節足動物	甲殻（鯉脚亜綱）	<i>Penilia avirostris</i>		22		
17		甲殻（カイソ下綱）	<i>Calocalanus</i> spp.(Copepodite)		89	40	8
18			<i>Centropages</i> spp.(Copepodite)		22		
19			Clausocalanidae (Copepodite)	29	67	40	8
20			Paracalanidae (Copepodite)	1, 229	911	1, 160	300
21			<i>Oithona decipiens</i>			40	
22			<i>Oithona longispina</i>	29		40	
23			<i>Oithona nana</i>	171	156	40	15
24			<i>Oithona similis</i>		67		8
25			<i>Oithona</i> sp.		22		
26			<i>Paroithona pulla</i>			40	8
27			Oithonidae (Copepodite)	1, 171	844	3, 840	908
28			<i>Microsetella norvegica</i>				8
29			<i>Microsetella</i> spp.(Copepodite)				15
30			<i>Euterpina</i> sp.(Copepodite)				8
31			Corycaeidae (Copepodite)	29	44	120	15
32			<i>Oncaea</i> spp.(Copepodite)	257	111	40	23
33		Copepoda (Nauplius)	4, 029	600	5, 760	646	
34	毛顎動物	現生矢虫	<i>Sagitta</i> sp.	29	22	40	8
35	棘皮動物	クモヒトデ	Ophiuroidea (Ophiopluteus)*		22		
36		ウニ	Echinoidea (Echinopluteus)*		22		
37	脊索動物	タリ	Doliolidae	29			
38		尾虫	<i>Oikopleura fusiformis</i>	29			
39			<i>Oikopleura longicauda</i>	486	89		15
40			<i>Oikopleura</i> sp.	86	22		
41			<i>Appendicularia sicula</i>	29			
42			<i>Fritillaria</i> sp.			80	15
種類数				24	26	23	22
合計				8, 377	3, 553	12, 280	2, 163
沈殿量 (mL/m ³)				2.96	0.99	3.06	0.48

表 e-(1)-4 動物プランクトン分析結果概要（春季）

調査日：令和3年4月19日

調査方法：北原式プランクトンネットによる鉛直曳き

項目	分類	13号パイ		対照区2	
		表層	中層	表層	中層
種類数	原生動物門	6 (25.0)	5 (19.2)	6 (26.1)	4 (18.2)
	節足動物門	8 (33.3)	12 (46.2)	11 (47.8)	13 (59.1)
	脊索動物門	5 (20.8)	2 (7.7)	1 (4.3)	2 (9.1)
	その他	5 (20.8)	7 (26.9)	5 (21.7)	3 (13.6)
	総種類数	24	26	23	22
個体数 (個体/m ³)	原生動物門	629 (7.5)	311 (8.8)	840 (6.8)	139 (6.4)
	節足動物門	6,944 (82.9)	2,955 (83.2)	11,160 (90.9)	1,970 (91.1)
	脊索動物門	659 (7.9)	111 (3.1)	80 (0.7)	30 (1.4)
	その他	145 (1.7)	176 (5.0)	200 (1.6)	24 (1.1)
	総個体数	8,377	3,553	12,280	2,163
主な 出現種 個体/m ³ (%)	原生動物門	Copepoda (Nauplius) 4,029 (48.1)	Paracalanidae (Copepodite) 911 (25.6)	Copepoda (Nauplius) 5,760 (46.9)	Oithonidae (Copepodite) 908 (42.0)
	節足動物門	Paracalanidae (Copepodite) 1,229 (14.7)	Oithonidae (Copepodite) 844 (23.8)	Oithonidae (Copepodite) 3,840 (31.3)	Copepoda (Nauplius) 646 (29.9)
	脊索動物門	Oithonidae (Copepodite) 1,171 (14.0)	Copepoda (Nauplius) 600 (16.9)		Paracalanidae (Copepodite) 300 (13.9)
	その他				

注：1. ()内の数値は、総個体数に対する組成比率 (%) を示す。

2. 個体数の組成比率は、四捨五入の関係で合計値が100%にならない場合がある。

3. 主な出現種は各調査点の出現量の上位3種（ただし、種別組成比が10%以上）を示す。

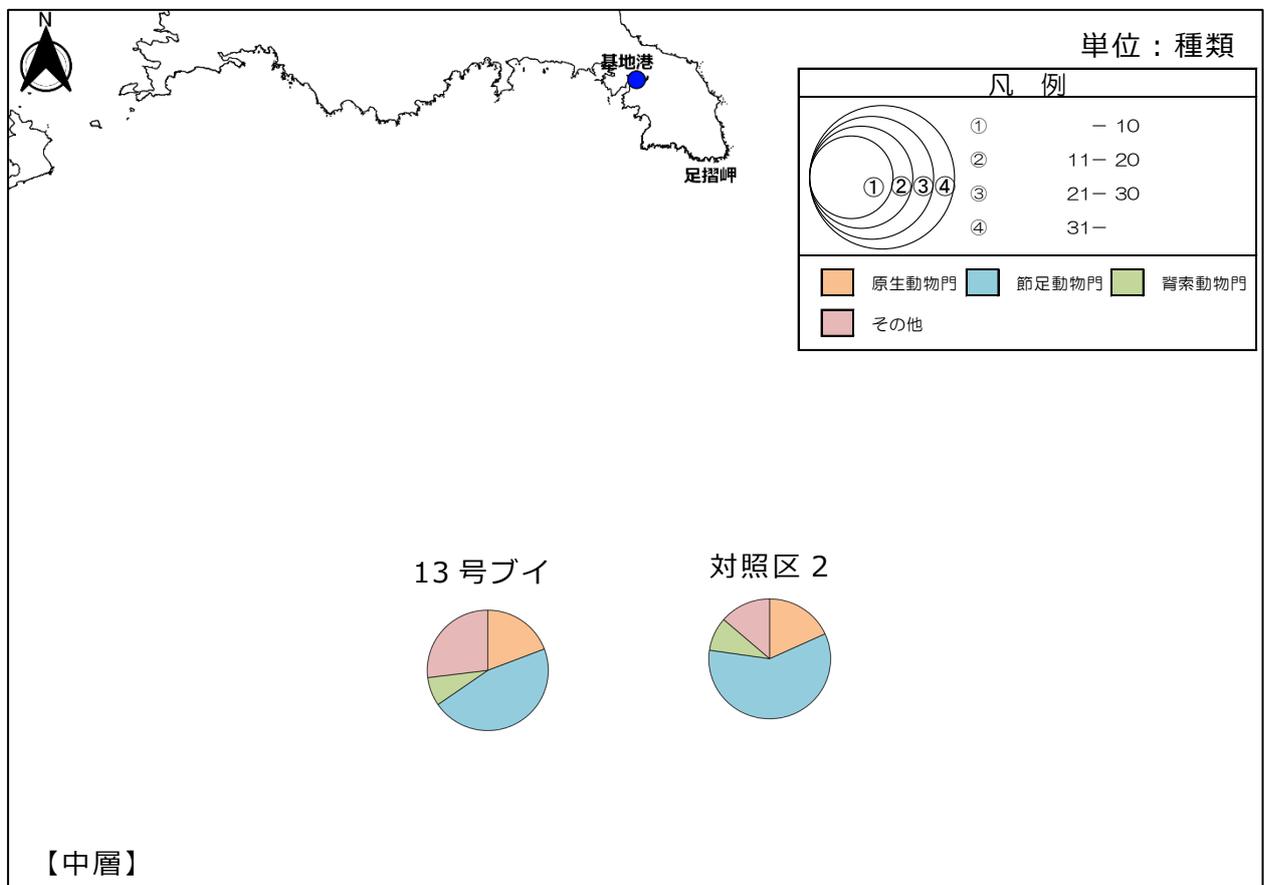
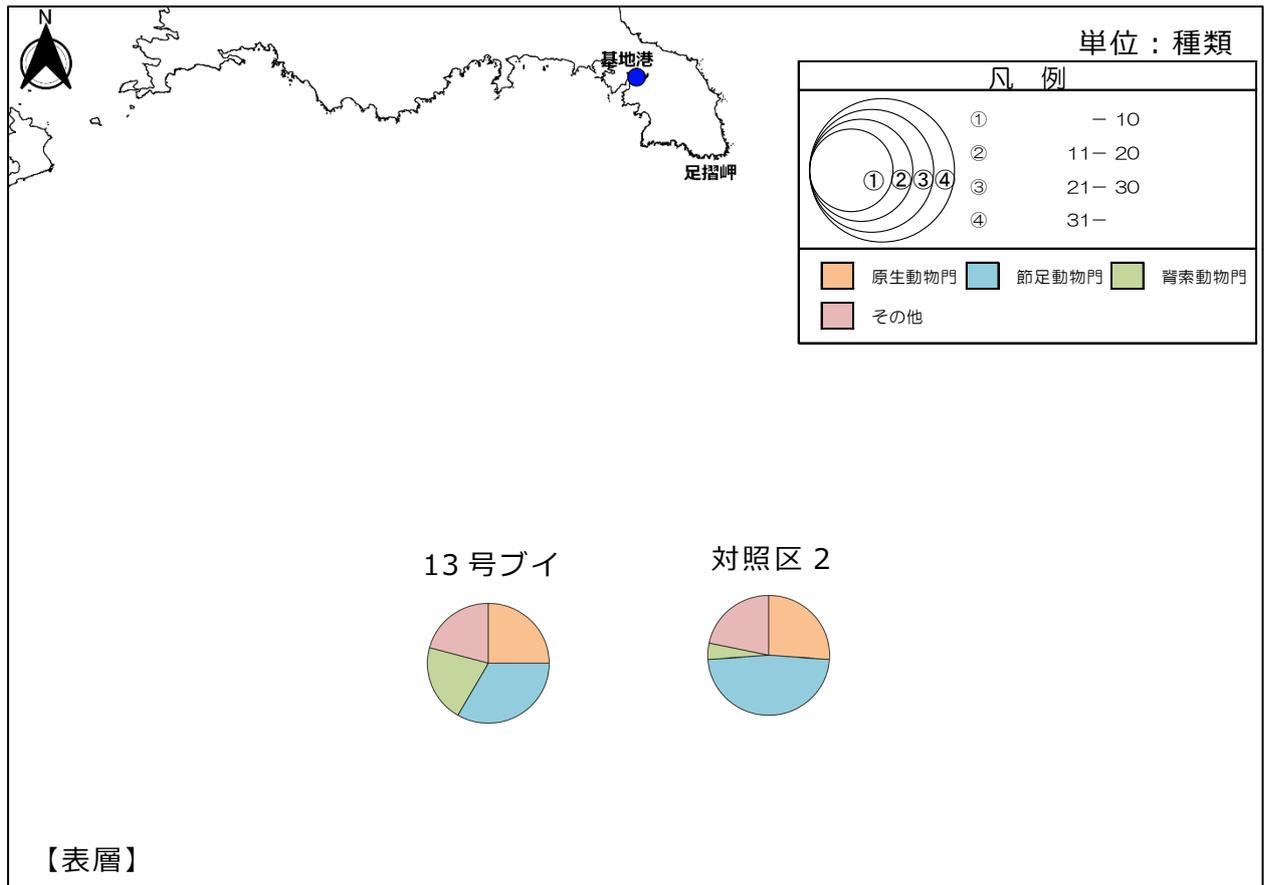


図 e-(1)-4(1) 動物プランクトン調査結果 (春季：種類数)

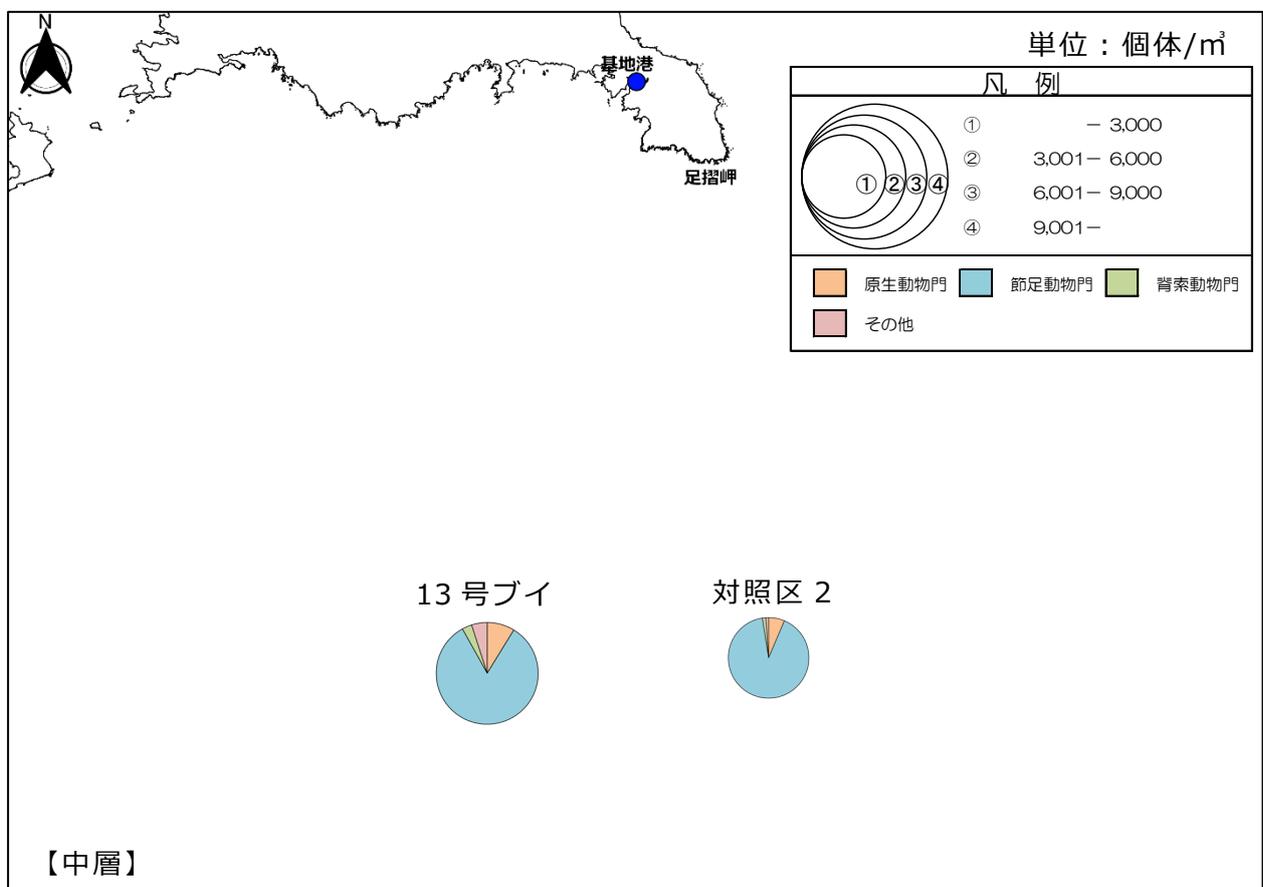
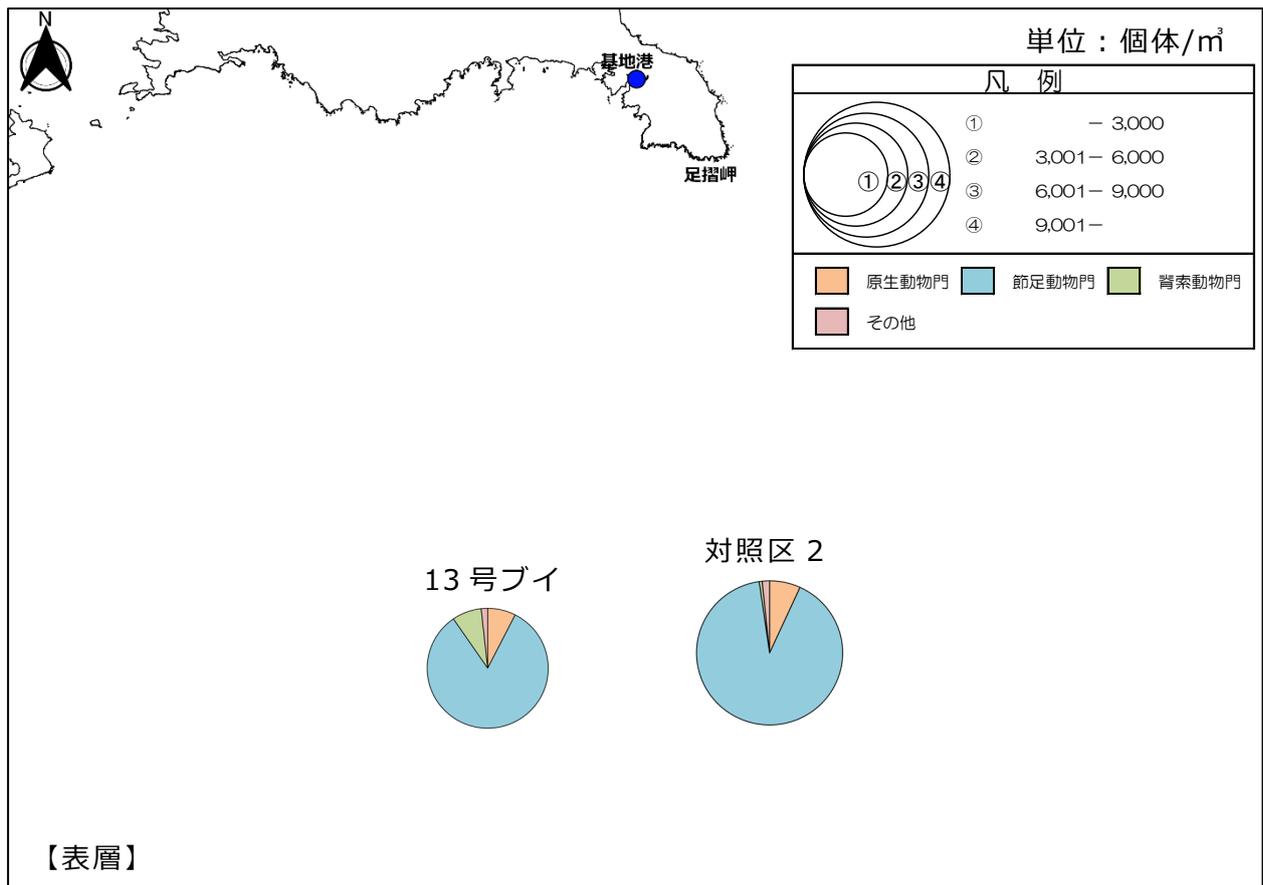


図 e-(1)-4(2) 動物プランクトン調査結果 (春季：個体数)

1)-4 魚卵・稚仔調査（高知県による採取）

魚卵・稚仔調査結果を、表 e-(1)-5、図 e-(1)-5 に示す。

種類数は、対照区2では稚仔よりも魚卵で多い傾向がみられ、特に単脂球形卵の個体数が顕著に多かった。一方、13号ブイでは種類数及び個体数ともに魚卵よりも稚仔で多い傾向がみられ、特にカタクチイワシの個体数が多かった。また、仔の分類群組成が魚卵の組成よりも多様である傾向がみられた。なお、単位の個体/全量とは、口径130cmのマルチネットを5分間水平曳きして得られたサンプル全ての事であり、単位の換算等は行っていない。

以上のように、浮魚礁地区と対照区でやや差がみられたものの、浮魚礁の有無による魚卵・稚仔の出現種や出現量への影響はないと考えられる。

表 e-(1)-5 魚卵・稚仔分析結果一覧（春季）

【魚卵】

【稚仔】

調査期日： 令和3年4月19日

調査方法： マルチネットによる水平曳き

単 位： 個体/全量

調査期日： 令和3年4月19日

調査方法： マルチネットによる水平曳き

単 位： 個体/全量

番号	門	綱	種名等	13号ブイ	対照区2	合計
1	脊椎動物	硬骨魚	エソ科 1		20	20
2			エソ科 2		2	2
3			サバ属		25	25
4			ネズボ科		1	1
5			無脂球形卵 1	27	5	32
6			無脂球形卵 2	1		1
7			単脂球形卵 1		29	29
8			単脂球形卵 2		4	4
9			単脂球形卵 3		93	93
10			単脂球形卵 4		7	7
11			単脂球形卵 5	5	2	7
12			単脂球形卵 6		1	1
13			単脂球形卵 7		1	1
14			単脂球形卵 8		180	180
15			単脂球形卵 9		533	533
16			単脂球形卵 10		1	1
17			単脂球形卵 11		6	6
18			単脂球形卵 12		1	1
19			単脂球形卵 13		1	1
20			単脂球形卵 14		4	4
21			多脂球形卵 1		1	1
22			多脂球形卵 2		1	1
種類数				3	21	22
合計				33	918	951

番号	門	綱	種名等	13号ブイ	対照区2	合計	
1	脊椎動物	硬骨魚	カタクチイワシ	64	4	68	
2			サンマ		1	1	
3			トビウオ科		3	3	
4			サギフエ		1	13	14
5			ブリ		1	28	29
6			メジナ属		3	6	9
7			ヒメジ科		1	5	6
8			サバ属			1	1
種類数				5	8	8	
合計				70	61	131	

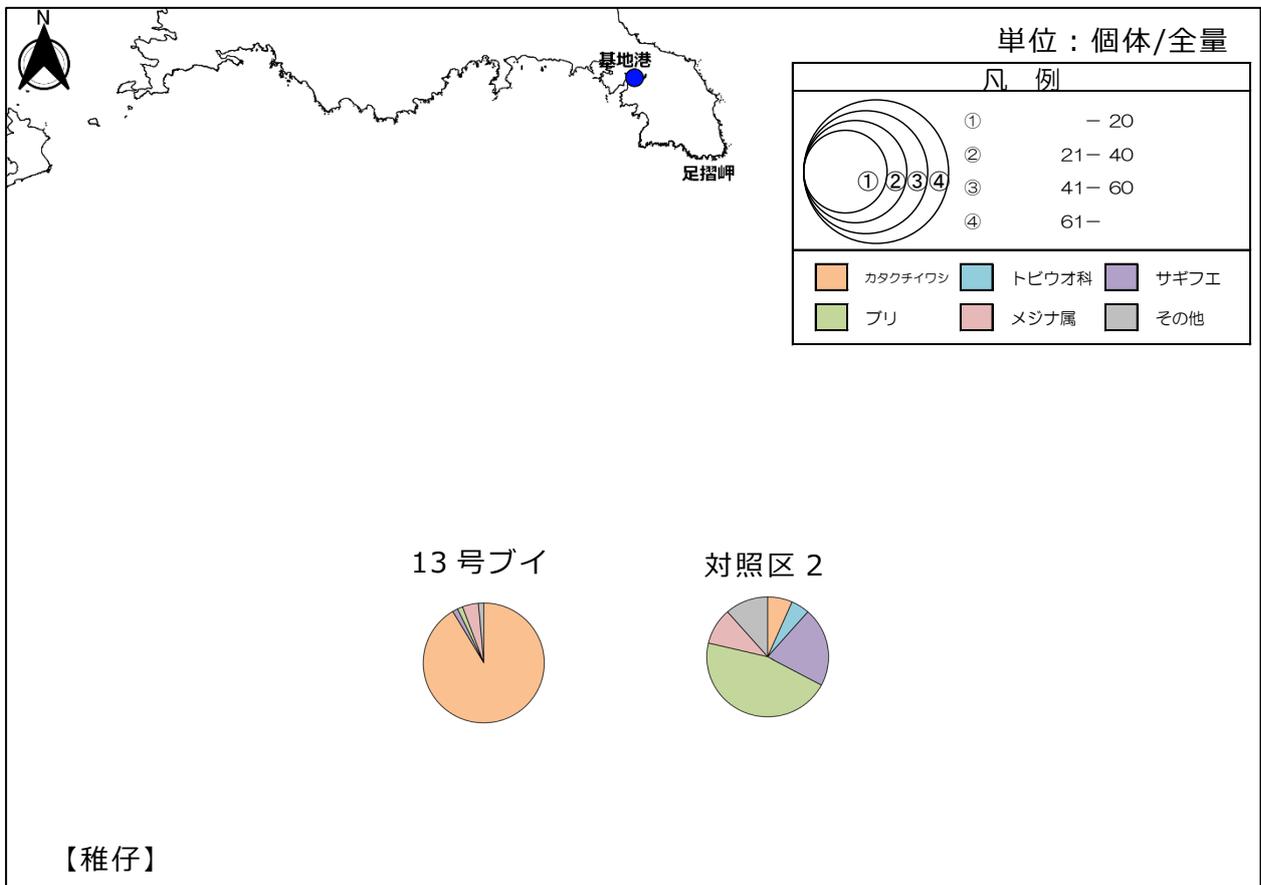
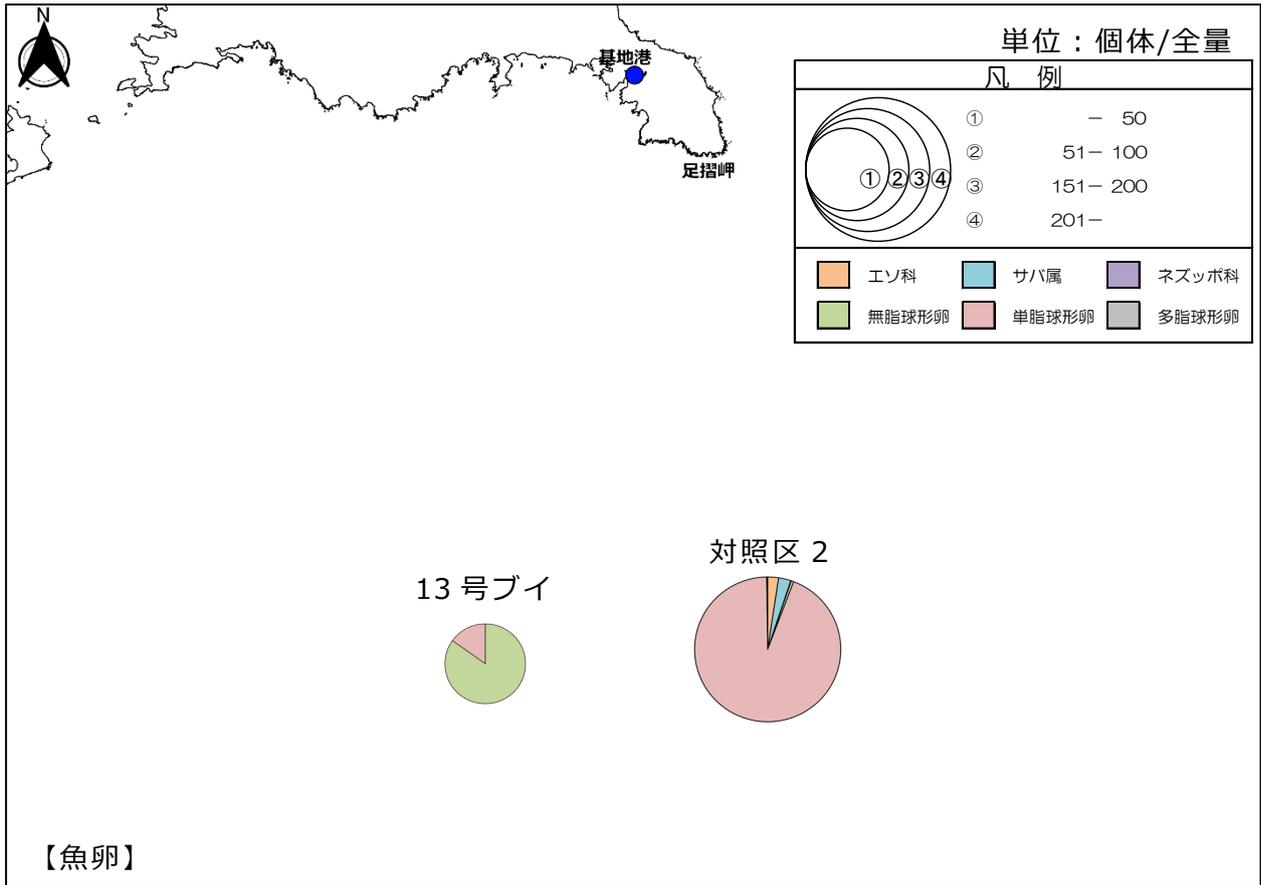


図 e-(1)-5 魚卵・稚仔調査結果（春季）

1)-5 漁獲調査

漁獲物一覧を表 e-(1)-6 に、カツオ等魚類の胃内容物分析結果を表 e-(1)-7 に示す。また、カツオ等魚類の胃充満度及び生殖腺重量指数 (GSI) を、表 e-(1)-6、図 e-(1)-6、図 e-(1)-7 に、餌料生物の重要度指数 (IRI) を割合 (以下、%IRI という) で図 e-(1)-8 に示す。

漁獲したカツオ等魚類の体長、体重、GSI 及び胃充満度は、それぞれ、39.8～88.5cm、1,400～14,250g、0.01～1.64 及び 0.01～12.17%であり、浮魚礁地区と対照区で明確な差はみられなかった。

漁獲した魚類のうち、カツオは GSI でみると 0～1 歳の未成熟個体と考えられたが (GSI2.8 以上で成熟^{*7})、大きさでみると 7 月に採捕した個体は、概ね成熟個体と考えられ、(尾叉長 45cm 以上で成熟^{*8}) GSI も 4 月に採捕した個体より高かった。

カツオ等の胃内容物分析結果をみると、カツオ及びキハダマグロは多様な種類の餌生物を摂餌している傾向がみられた。また、%IRI をみると、空胃の個体を除くと、13 号ブイのカツオは、脊椎動物門のほか、節足動物門や軟体動物門を摂餌している個体がみられ、多様な種類の餌生物を摂餌していることが示唆された。

以上のように、採捕時期及び地点間による差が若干みられたものの、カツオ等魚類の成熟に浮魚礁の有無による影響はないと考えられる。

*7: 嘉山定晃.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.2006

*8: 水産庁・国立研究開発法人水産研究・教育機構.令和元年度国際漁業資源の現況.2020.
<http://kokushi.fra.go.jp/index-2.html>

表 e-(1)-6 漁獲物一覽 (春季)

調査地点	魚種	全長 (cm)	体長 (cm)	体重 (g)	消化管重量 (g)	胃内容物重量 (g)	生殖腺重量 (g)	胃充満度 (%)	生殖腺重量指数(GSI)	漁獲日
13号ブイ	カツオ	47.2	41.8	1800	52.0	0.00	3.0	0.00	0.17	4月15日
	カツオ	45.6	39.8	1440	43.0	3.60	1.0	2.50	0.07	4月15日
	カツオ	46.4	41.2	1610	59.9	0.00	1.0	0.00	0.06	4月15日
	カツオ	47.0	41.4	1720	65.0	2.64	7.0	1.53	0.41	4月15日
	カツオ	46.4	41.2	1400	47.0	1.12	7.0	0.80	0.50	4月15日
	カツオ	46.4	41.6	1710	74.3	20.81	5.2	12.17	0.30	4月15日
	カツオ	49.1	43.3	1820	49.6	0.00	0.6	0.00	0.03	4月15日
	カツオ	46.7	41.8	1550	66.8	7.98	5.5	5.15	0.35	4月15日
	カツオ	47.5	41.2	1710	44.9	0.00	2.4	0.00	0.14	4月15日
	カツオ	45.5	41.6	1650	45.5	0.71	5.0	0.43	0.30	4月15日
	カツオ	51.5	46.5	2330	35.0	0.10	35.0	0.04	1.50	7月7日
	カツオ	53.0	47.5	2500	41.1	0.18	41.1	0.07	1.64	7月7日
	カツオ	51.2	47.0	2330	30.6	0.00	30.6	0.00	1.31	7月7日
	カツオ	52.3	47.2	2360	30.2	0.02	30.2	0.01	1.28	7月7日
	カツオ	53.7	49.2	2680	39.2	0.15	39.2	0.06	1.46	7月7日
	カツオ	52.0	46.4	2540	33.8	0.00	33.8	0.00	1.33	7月7日
	カツオ	51.8	45.7	2380	34.2	0.22	34.2	0.09	1.44	7月7日
	カツオ	49.9	45.2	2080	32.2	0.18	32.2	0.08	1.55	7月7日
	カツオ	52.0	46.5	2480	34.4	0.10	34.4	0.04	1.39	7月7日
	カツオ	57.7	51.5	3000	34.2	0.17	34.2	0.06	1.14	7月7日
	キハダマグロ	59.0	50.5	1900	49.1	0.00	0.8	0.00	0.04	4月20日
	キハダマグロ	59.2	51.1	3060	53.5	1.11	1.5	0.36	0.05	4月20日
	キハダマグロ	63.2	53.5	3640	83.0	2.21	1.5	0.61	0.04	4月20日
	キハダマグロ	52.1	45.1	2100	49.5	15.19	0.7	7.23	0.03	4月20日
	キハダマグロ	53.5	45.4	2400	40.7	0.20	1.8	0.08	0.08	4月20日
	キハダマグロ	52.1	44.3	2110	51.2	5.50	2.0	2.60	0.09	4月20日
	キハダマグロ	55.4	47.0	2520	53.8	0.00	0.6	0.00	0.02	4月20日
	キハダマグロ	53.4	44.7	2200	59.4	14.31	0.6	6.51	0.03	4月20日
キハダマグロ	48.8	41.5	1790	59.5	12.98	0.7	7.25	0.04	4月20日	
キハダマグロ	48.1	40.1	1640	37.8	8.21	0.2	5.00	0.01	4月20日	
対照区2	カツオ	50.3	45.2	2190	56.4	5.70	2.2	2.60	0.10	4月16日
	カツオ	51.8	46.4	2440	37.2	0.55	12.0	0.23	0.49	4月16日
	カツオ	56.2	49.2	3050	62.0	1.86	11.1	0.61	0.36	4月16日
	カツオ	55.1	48.4	2890	38.7	3.55	13.4	1.23	0.46	4月16日
	カツオ	50.4	44.3	2260	39.8	5.14	12.5	2.27	0.55	4月16日
	ヒラソウダ	46.0	40.3	1400	33.0	5.21	3.0	3.72	0.21	4月15日
	ヒラソウダ	46.3	40.5	1420	27.0	1.59	3.0	1.12	0.21	4月15日
	ヒラソウダ	47.6	42.8	1720	26.0	0.00	11.0	0.00	0.64	4月15日
	キハダマグロ	104.5	88.5	14250	318.5	13.39	5.1	0.94	0.04	4月21日
	キハダマグロ	92.3	76.8	11440	178.6	1.88	14.3	0.16	0.13	4月21日

表 e-(1)-7 カツオ等魚類の魚種別胃内容物分析結果一覽 (春季)

番号	門	綱	目	科	種名	和名	カツオ	キハダマグロ	ヒラソウダ		
1	軟体動物	腹足	中腹足	ウツキ目	Atlantidae	ウツキ目科		○			
2			翼足	—	Thecosomata	有殻垂目	○				
3			頭足	—	—	CEPHALOPODA	頭足綱		○		
4	節足動物	甲殻	端脚	—	Amphipoda	端脚目	○	○			
5			十脚	—	Brachyura	短尾下目	○	○	○		
6			口脚	—	Stomatopoda	口脚目		○	○		
7	脊椎動物	硬骨魚	ニシン	ニシン	<i>Sardinops melanostictus</i>	マイワシ		○			
8					<i>Etrumeus teres</i>	ウルメイワシ		○			
9			スズキ	アジ	アジ	Carangidae	アジ科			○	
10						サバ	Scombridae	サバ科	○	○	
11						サバ	Trichiuridae	サバ科	○		
12	—	—	—	—	OSTEICHTHYES	硬骨魚綱	○	○	○		
13	—	—	—	—	—	不明消化物	○	○	○		

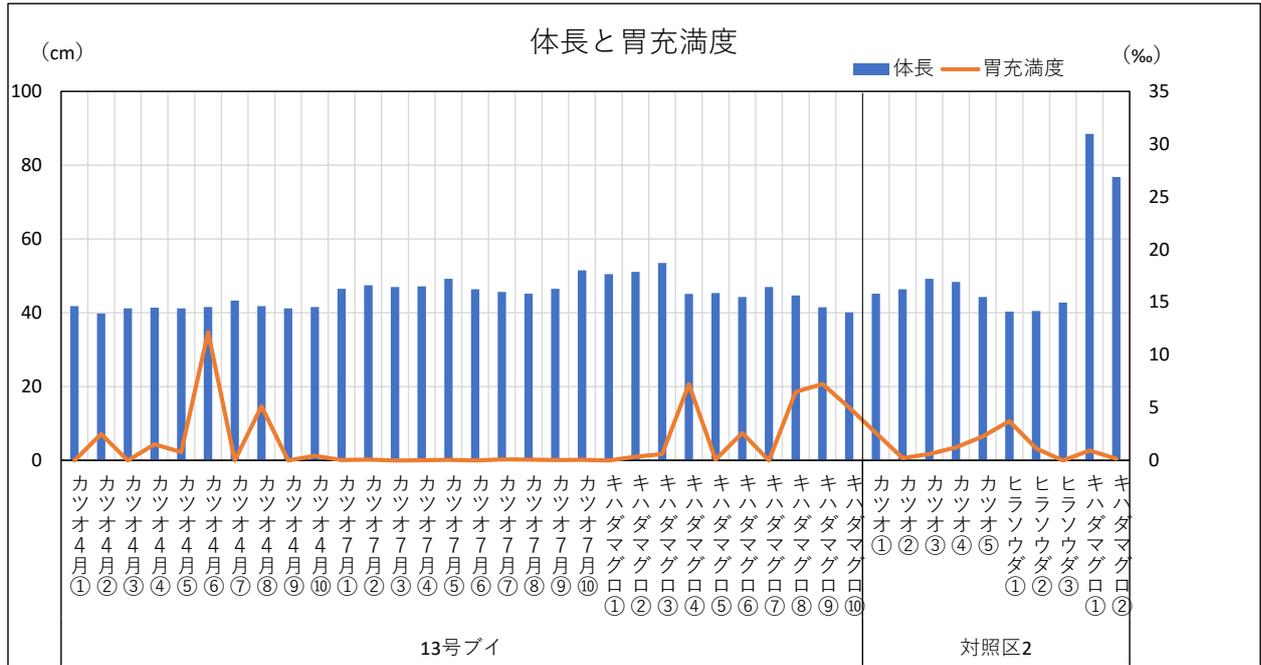


図 e-(1)-6 カツオ等魚類の体長と胃充満度（春季）

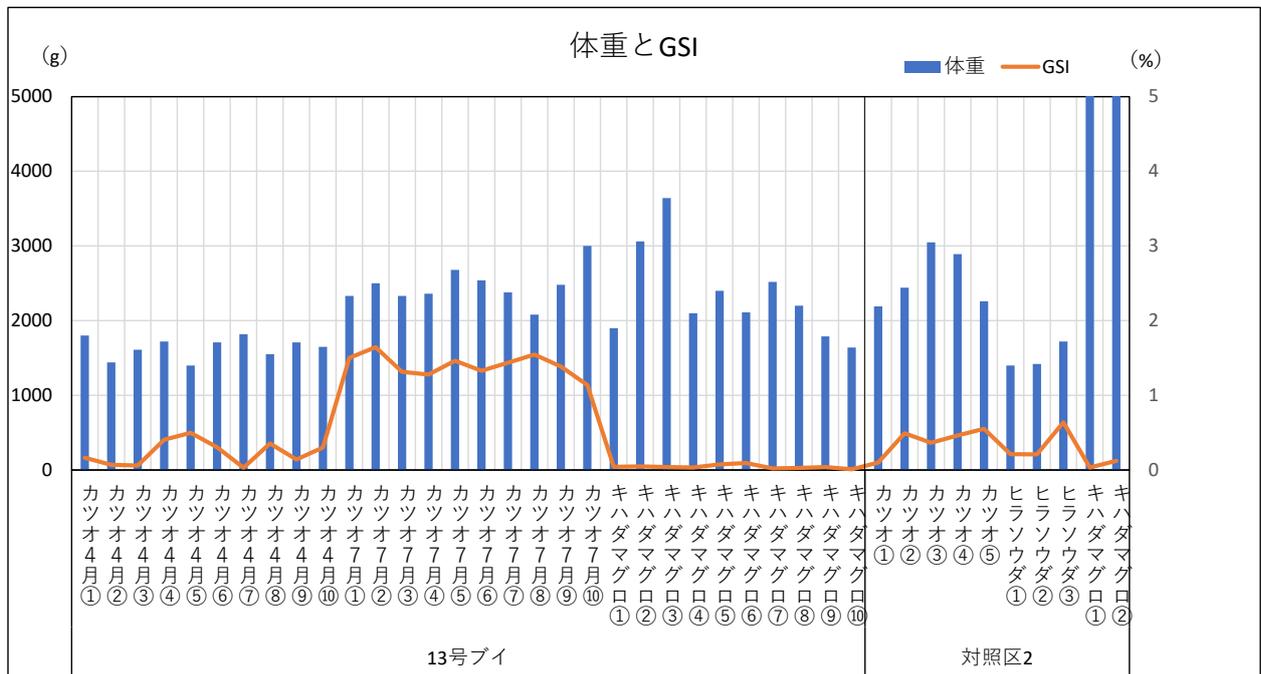


図 e-(1)-7 カツオ等魚類の体重と GSI（春季）

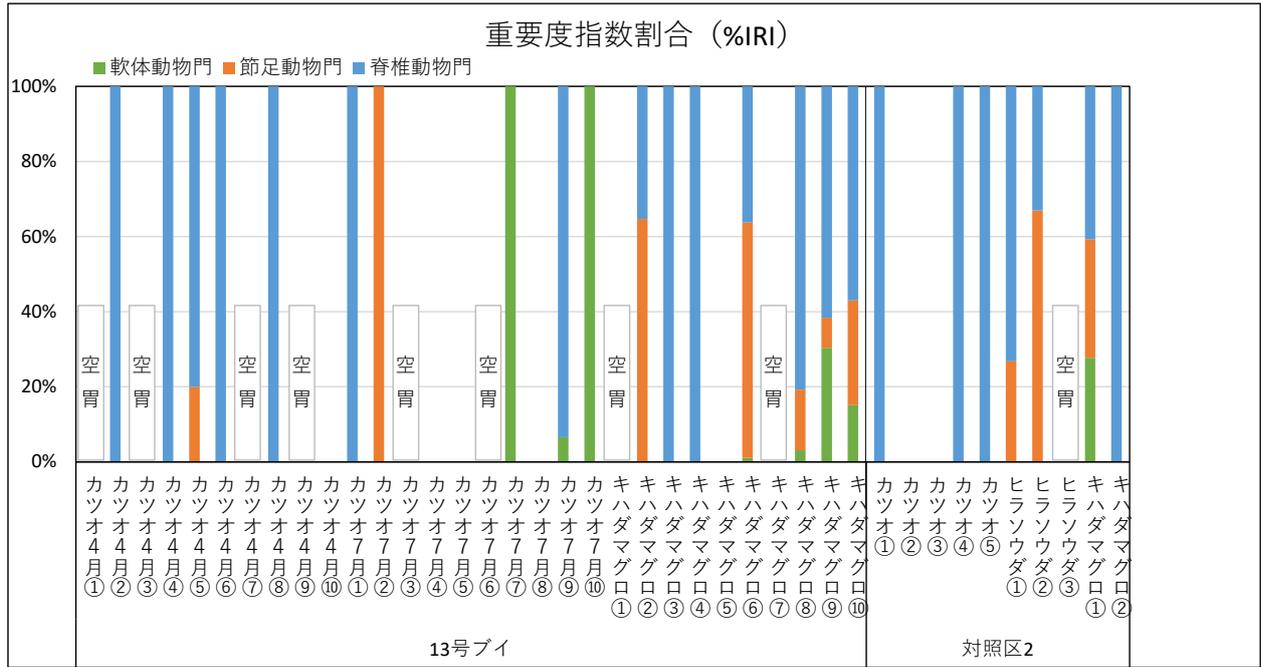


図 e-(1)-8 カツオ等魚類の%IRI (春季)

1)-6 計量魚探による観察調査

計量魚探は、図 e-(1)-9 に示す測線を各地点で設定し、調査地点周辺海域の魚類及びプランクトン類の水平分布を観測した。解析は、図 e-(1)-10 に示すフローに従い、得られた音響データからノイズを除去した後、音響反射レベルの閾値によって魚類とプランクトン類の判別を行った。また、漁獲調査及びプランクトン類の調査結果から得られた平均個体サイズより、魚類及びプランクトン類の個体密度を算出した。

魚群については、13号ブイで魚群が確認され、特に夜間に多く確認された。一方、対照区2では魚群は確認されなかった。また、流れと同じ方向で魚群が確認される傾向がみられ、流れと直交方向では魚群はほとんど確認できなかった。なお、水中カメラでは魚群は確認できなかった。

魚類及びプランクトン類の個体密度を図 e-(1)-12～図 e-(1)-14 に示す。

動物プランクトンの個体密度は、13号ブイでは夜間よりも昼間にやや高い傾向がみられたが、いずれの地点も中心点からの距離及び地点による明瞭な傾向はみられなかった。稚仔魚の個体密度は、13号ブイでは昼間よりも夜間に高い傾向がみられたが、いずれの地点も中心からの距離及び地点による明瞭な傾向はみられなかった。魚類の個体密度は、13号ブイでは昼間よりも夜間に高い傾向がみられ、中心点からの距離及び地点による明瞭な傾向はみられなかった。

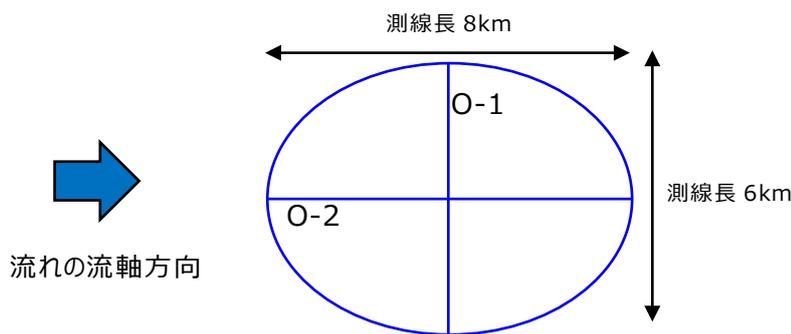


図 e-(1)-9 調査測線の設定



図 e-(1)-10 解析フロー

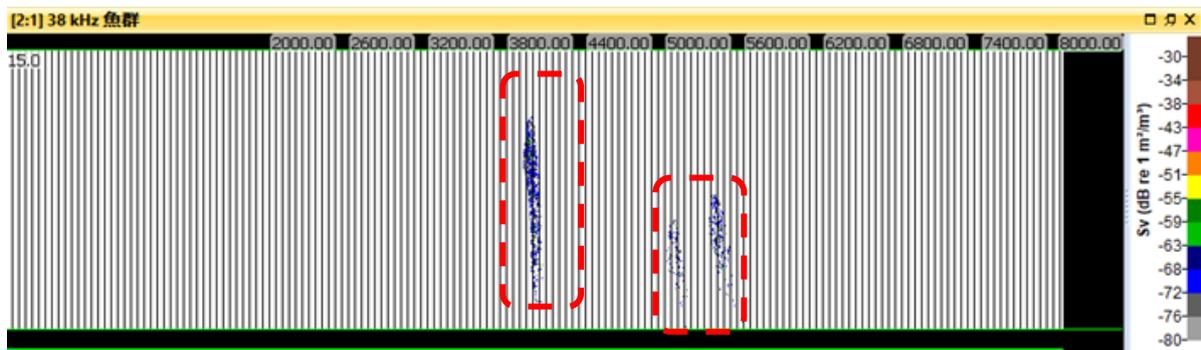
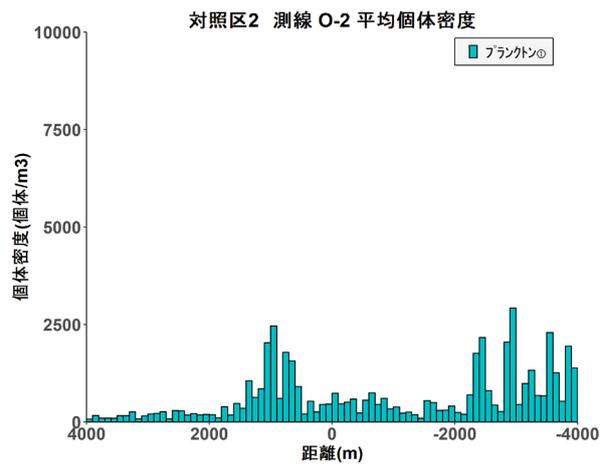
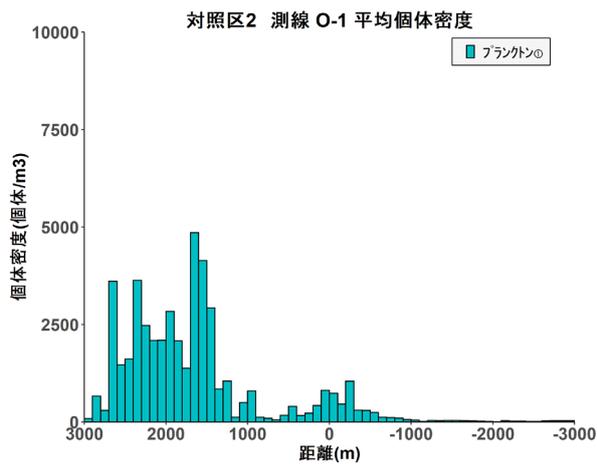
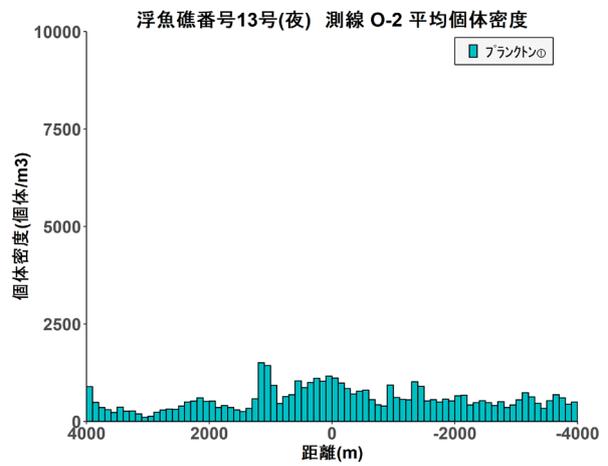
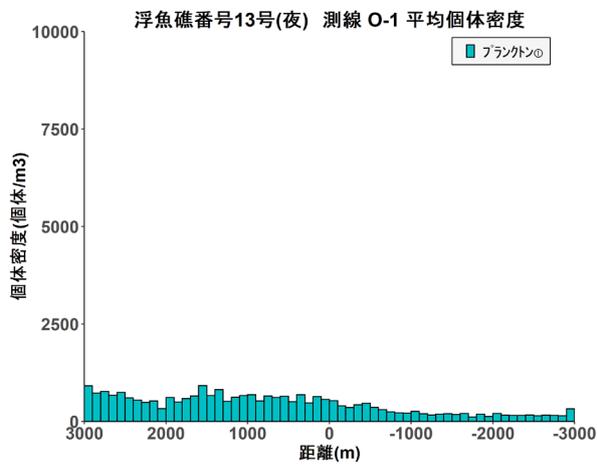
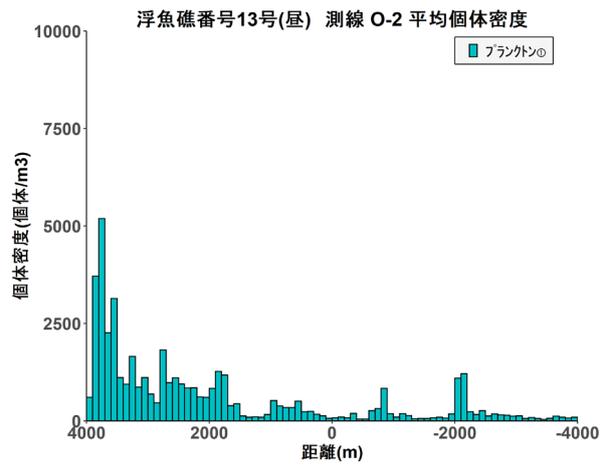
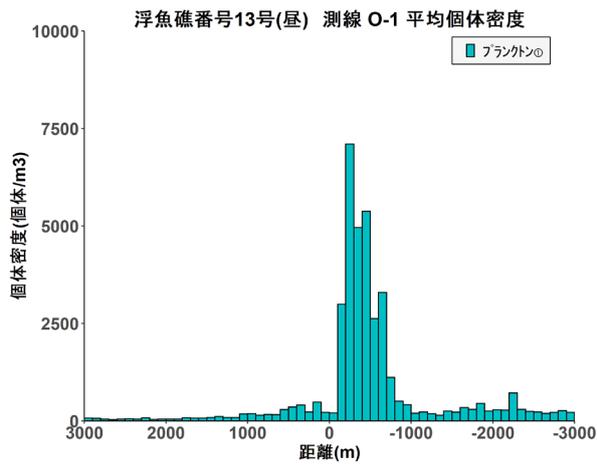
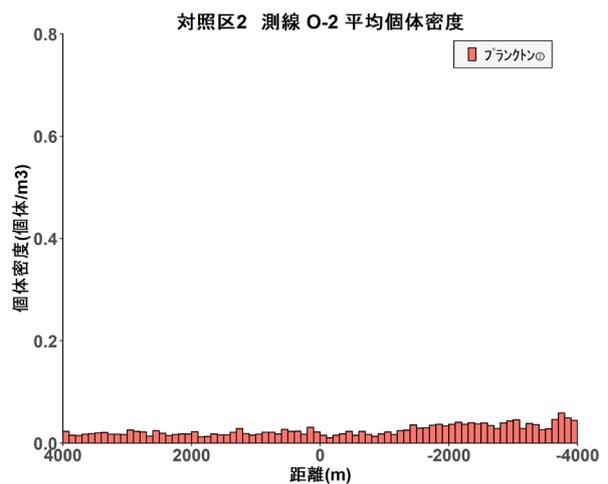
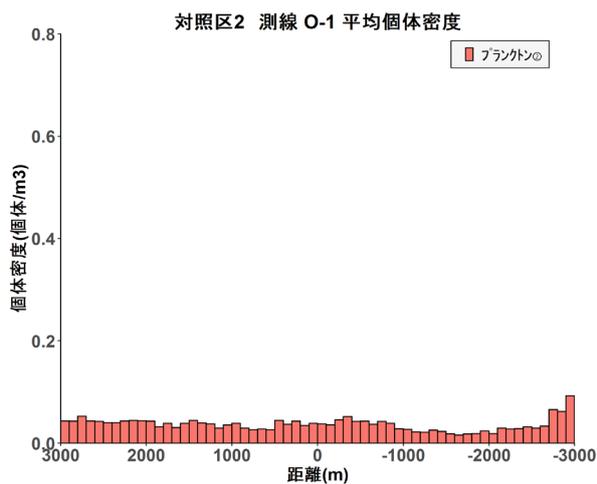
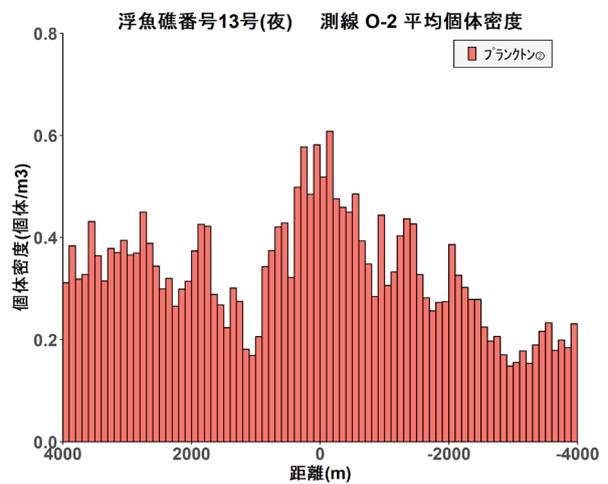
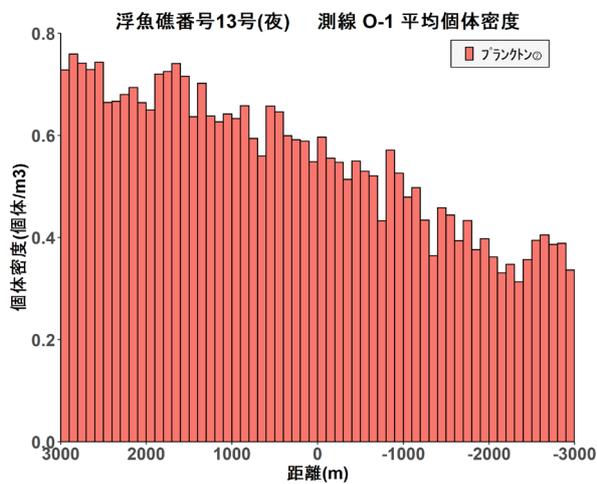
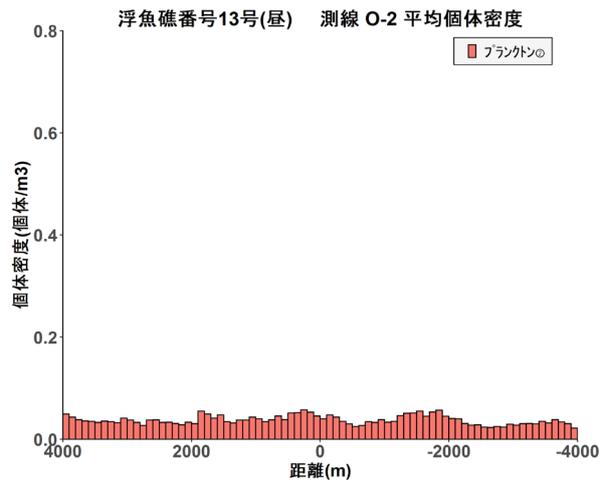
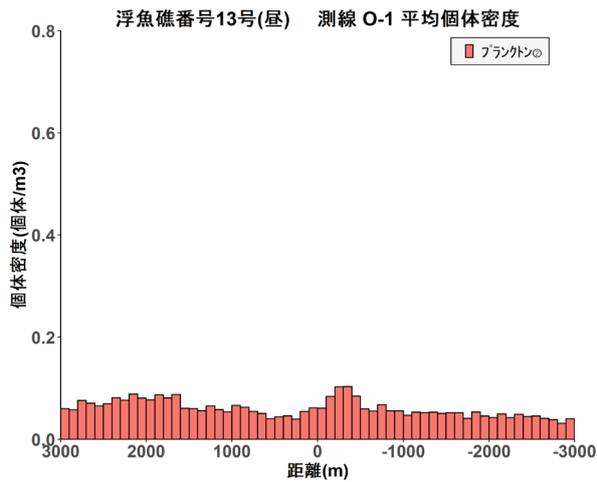


図 e-(1)-11 13号ブイ (昼間) 周辺の魚群エコーグラムの一例 (春季)



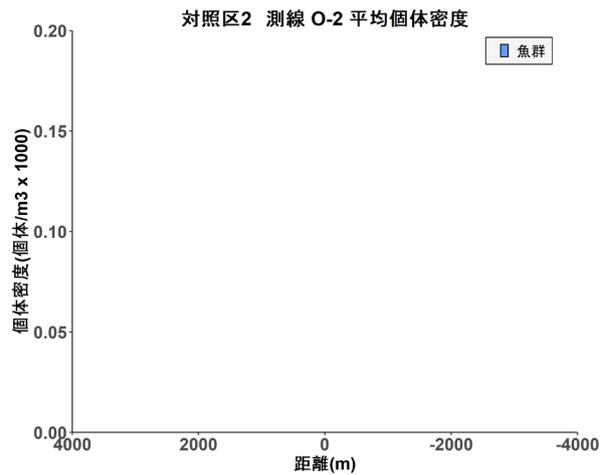
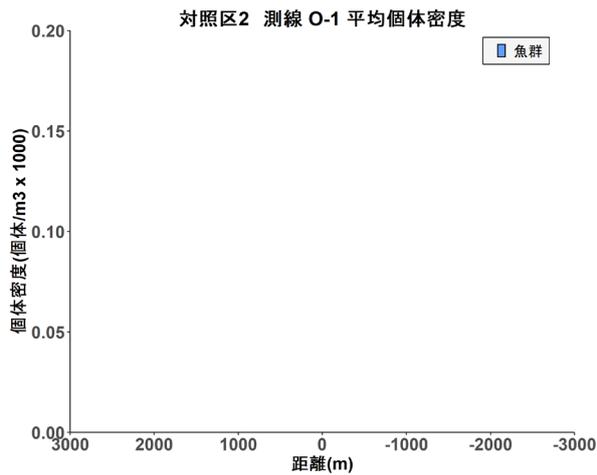
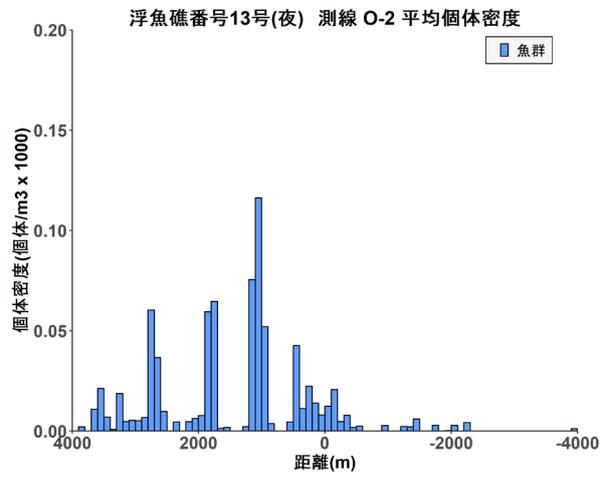
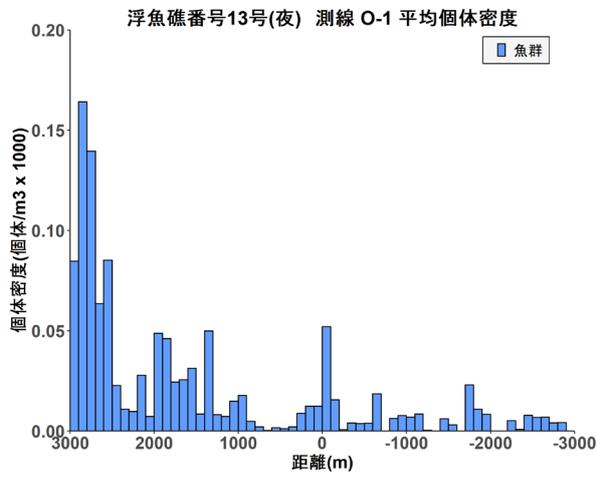
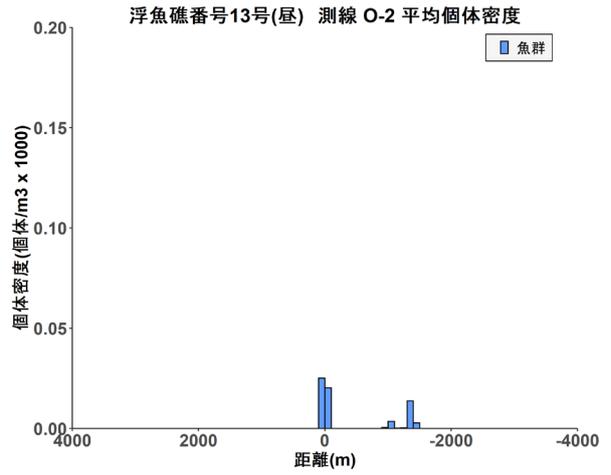
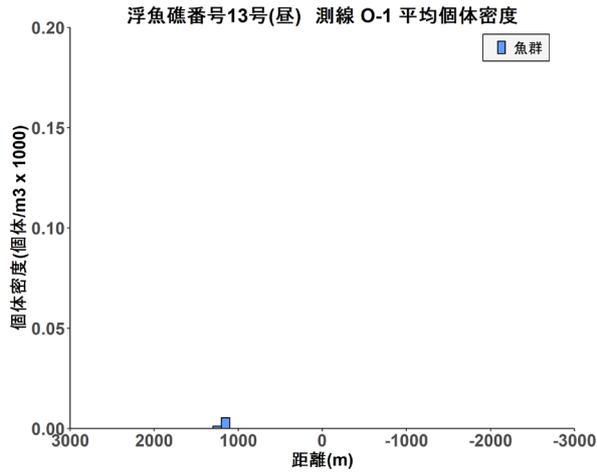
※ 中心位置を0として、北・東方向が+、南・西方向が-

図 e-(1)-12 動物プランクトンの個体数密度 (春季)



※ 中心位置を 0 として、北・東方向が+、南・西方向が-

図 e-(1)-13 稚仔魚の個体密度 (春季)



※ 中心位置を 0 として、北・東方向が+、南・西方向が-

図 e-(1)-14 魚類の個体密度 (春季)

1)-7 浮魚礁周辺におけるカツオの餌魚類調査

餌魚類調査時の状況を図 e-(1)-15 に、採捕した魚類を表 e-(1)-8 に示す。また、採捕した魚類のうち、代表的な採捕個体（トビウオ 3 検体）と漁獲調査で 4 月と 7 月に採捕したカツオ各 3 検体、キハダマグロ 3 検体、動物プランクトン 3 検体について安定同位体比分析を行った結果を図 e-(1)-16 に示す。

4 月はトビウオ 1 尾、7 月はトビウオ 5 尾が採捕された。

安定同位体比分析結果をみると、カツオ及びキハダマグロ、トビウオが同じ食物連鎖網で、4 月に採取した動物プランクトンは別の食物連鎖網であることがわかった。

また、カツオの 4 月と 7 月のサンプルで $\delta^{15}\text{N}$ の値に差がみられ、4 月のカツオは 7 月のカツオに比べて $\delta^{15}\text{N}$ の値が低かった。これは、4 月は調査地点付近では黒潮が大きく離岸して黒潮内側域だったこと、7 月は黒潮が接岸して黒潮流軸上にあったことから、回遊経路が異なる個体群と推測される^{*9}。

^{*9}：二平章（2009）．カツオの回遊生態と資源．東京水産振興会第 497 号、58pp.

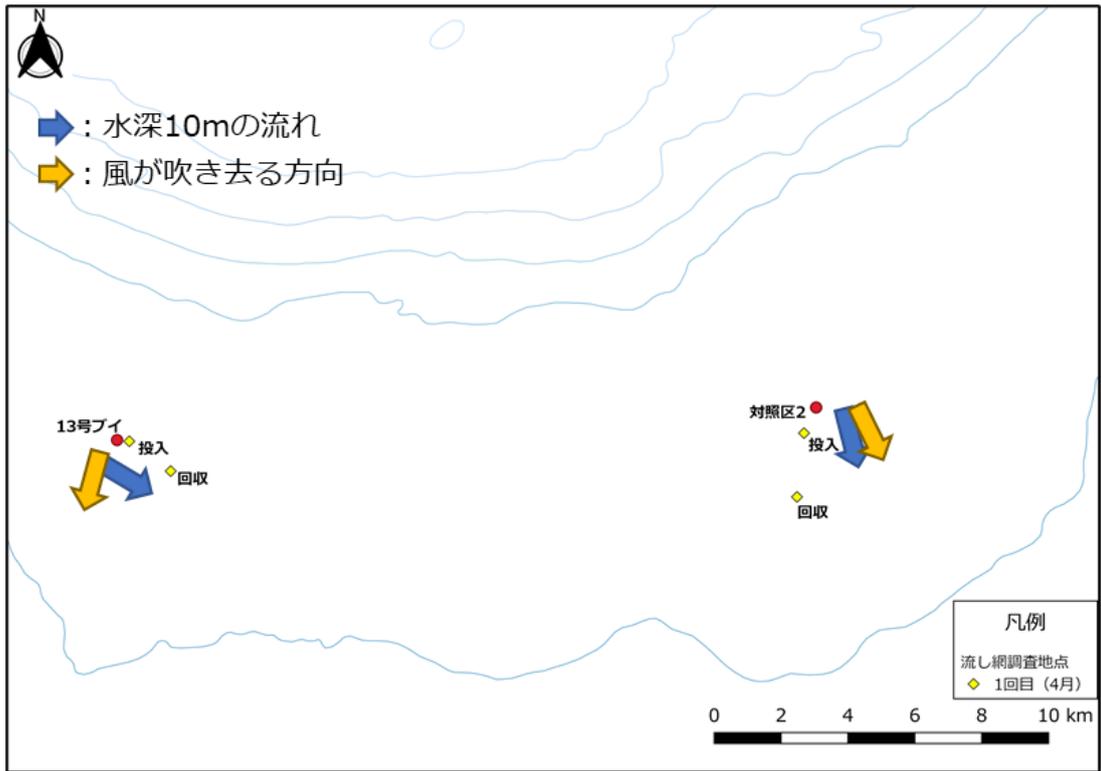


図 e-(1)-15(1) 流し網調査時の状況 (4月調査時)

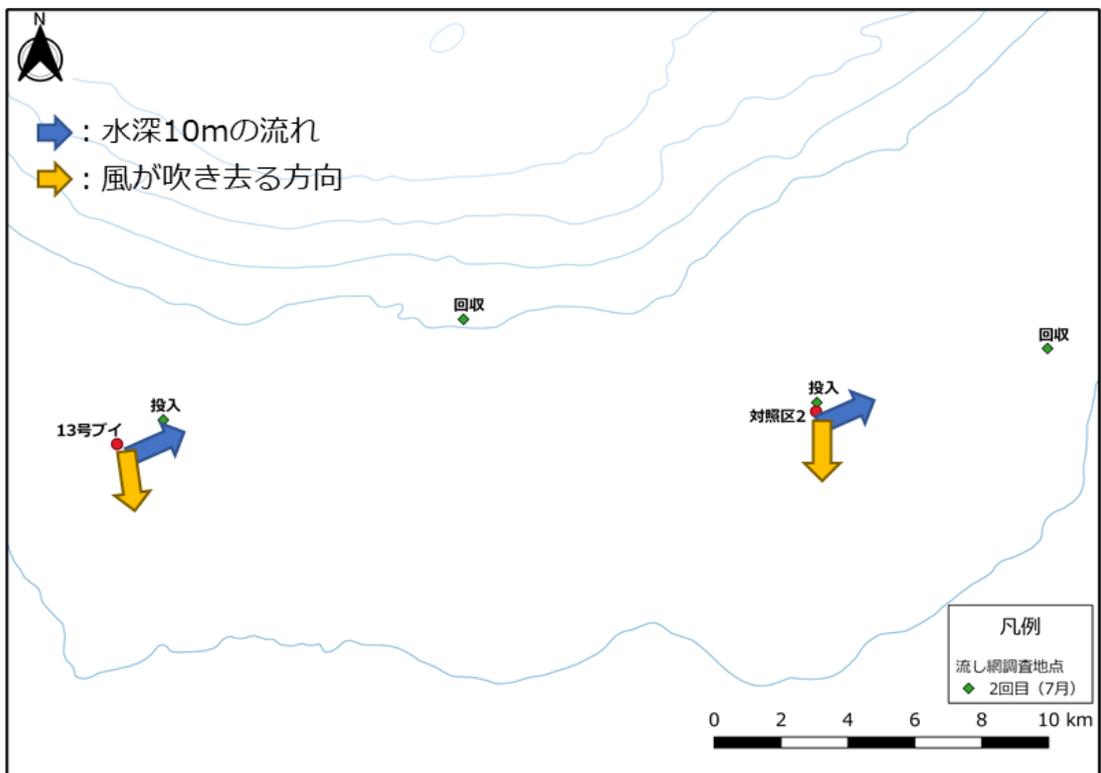


図 e-(1)-15(2) 流し網調査時の状況 (7月調査時)

表 e-(1)-8 漁獲物一覧 (春季)

番号	魚種	全長 (cm)	体長 (cm)	体重 (g)	備考
1	トビウオ	34.5	27.3	286.0	4/15 対照区2
2	トビウオ	23.5	19.0	56.1	7/6 対照区2
3	トビウオ	23.7	19.2	98.0	7/7 13号ブイ
4	トビウオ	22.2	18.4	86.4	7/7 13号ブイ
5	トビウオ	22.6	18.6	93.8	7/7 13号ブイ
6	トビウオ	22.7	18.3	99.2	7/7 13号ブイ
7					
8					
9					
10					

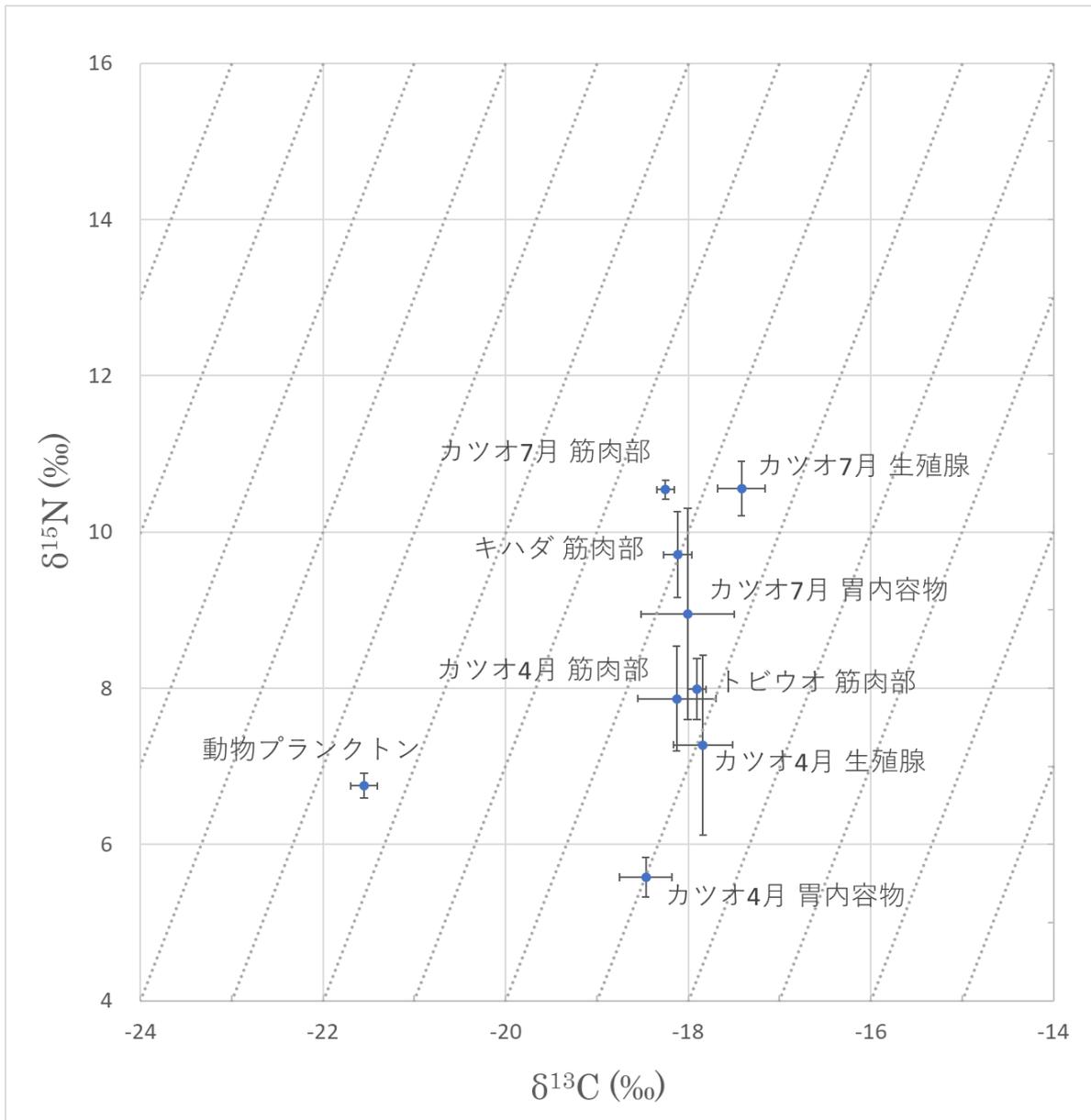


図 e-(1)-16 安定同位体比分析結果

1)-8 まとめ

本年度の調査結果を以下にまとめた。

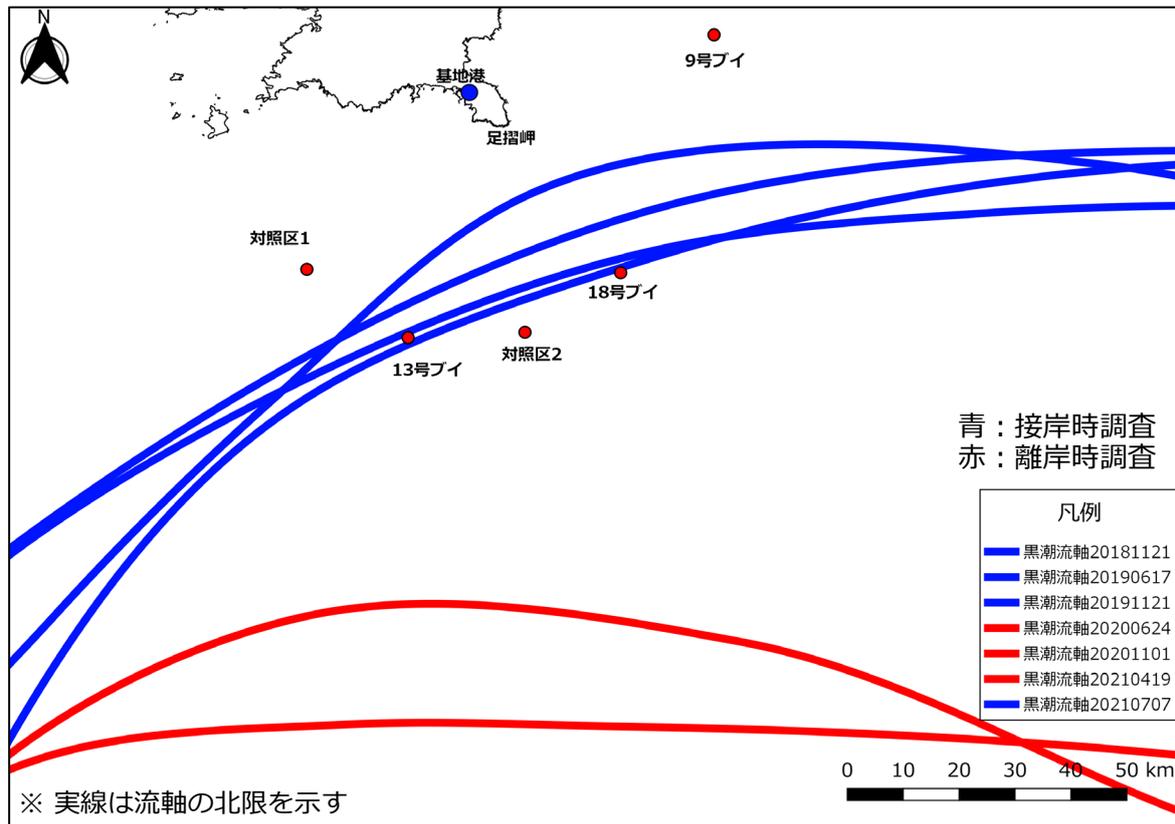
- 調査地点について、4月調査時は全て黒潮内側域であり、7月調査時は全て黒潮流軸上であった。
- クロロフィル極大層は、水深30m付近であった。
- 植物プランクトンは珪藻綱が優占し、水深及び地点間の顕著な差異はみられなかった。
- 動物プランクトンは節足動物門が優占し、水深及び地点間の顕著な差異はみられなかった。
- 魚卵は対照区2で単脂球形卵の個体数が特に多かった。
- 稚仔は13号ブイでカタクチイワシの個体数が特に多かった。
- 漁獲調査では、胃充満度やGSIに浮魚礁と対照区で顕著な差はみられなかった。
- 計量魚探調査では、13号ブイの流れと同じ方向の測線で夜間に魚群が多く確認され、対照区2では魚群は確認されなかった。
- 個体密度は、動物プランクトン及び稚仔魚、魚類のいずれも中心点からの距離及び地点による明瞭な傾向はみられなかった。
- 安定同位体比分析結果より、カツオ及びキハダマグロ、トビウオが同じ食物連鎖網であると考えられた。

2) 黒潮離接岸による調査結果の比較（過年度調査結果との比較）

2)-1 調査時の黒潮流軸の状況

平成 30 年度～本年度の調査時期における代表的な黒潮流軸の状況を図 e-(1)-17 にまとめた。

- 平成 30 年度～令和元年度及び令和 3 年 7 月調査時は黒潮流軸上であった。
- 令和 2～3 年度（令和 3 年 7 月）除くは黒潮内側域であった。



出典) 海上保安庁「海洋速報」より

図 e-(1)-17 調査時の黒潮流軸の状況

2)-2 水質鉛直観測

平成30年度～令和元年度の調査時期（黒潮接岸時）と令和2年度～令和3年度の調査時期（黒潮離岸時）における水質鉛直観測の結果を図e-(1)-18に示す。

- 令和元年度及び令和2年度、本年度の春季は30～40m付近にクロロフィル極大層がみられた。
- 平成30年度及び令和元年度の秋季は60～80m付近にクロロフィル極大層がみられた。
- 令和2年度の秋季は明確なクロロフィル極大層はみられなかった。
- 黒潮の離接岸による顕著な水質の差はみられなかった。

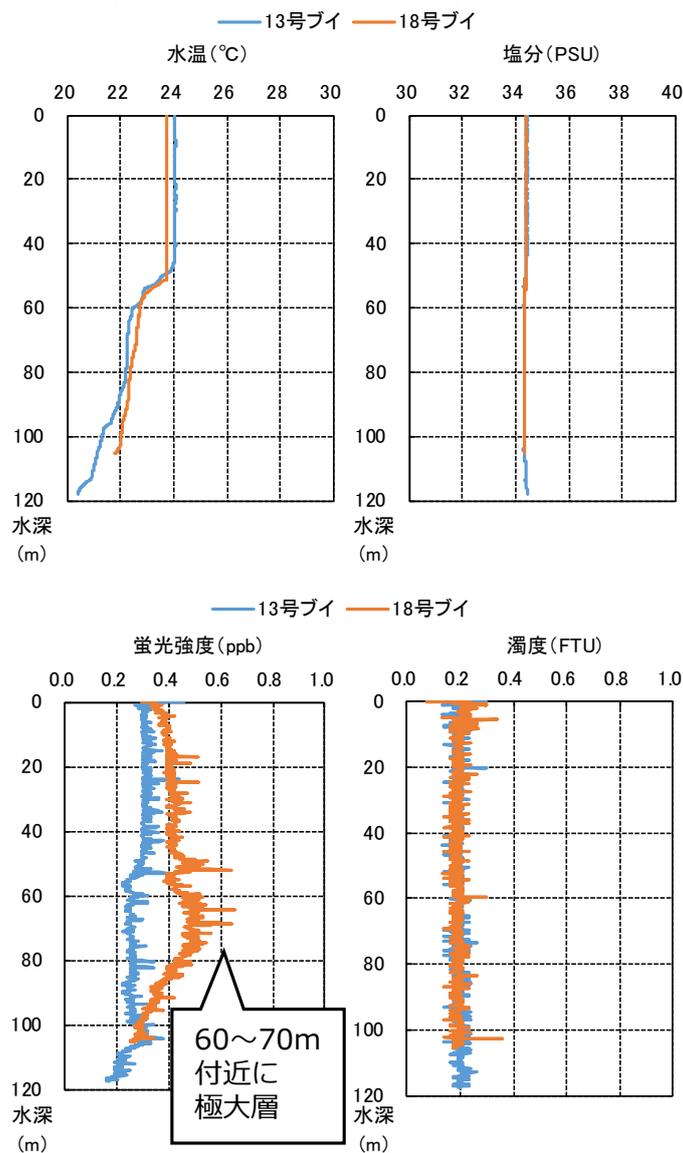


図 e-(1)-18(1) 水質鉛直観測結果（平成30年11月21日）

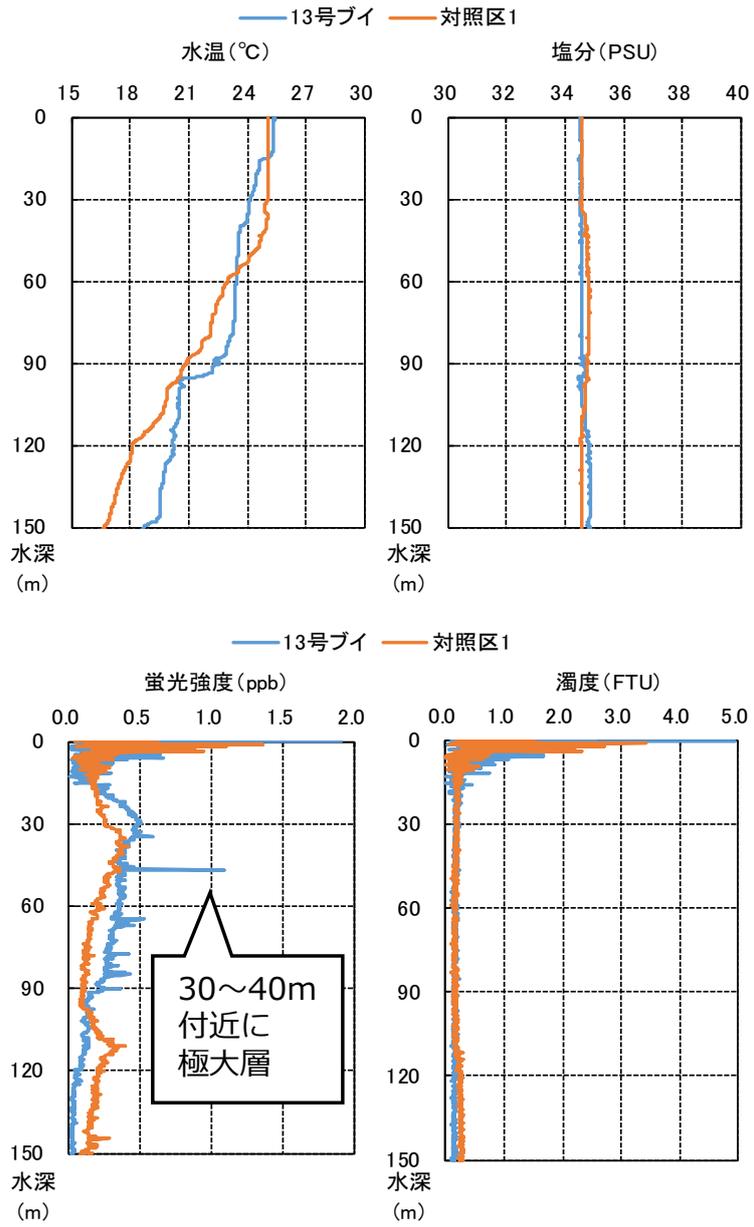


図 e-(1)-18(2) 水質鉛直観測結果 (令和元年 6 月 5 日)

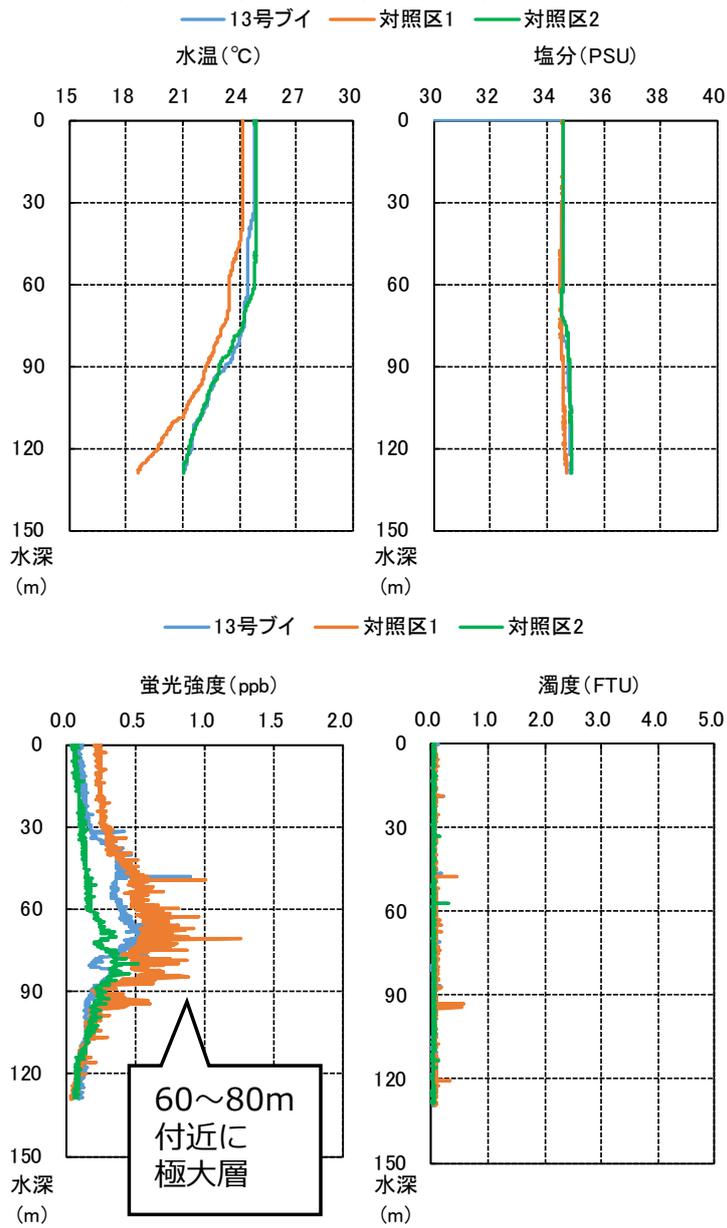


図 e-(1)-18(3) 水質鉛直観測結果 (令和元年 11 月 17 日)

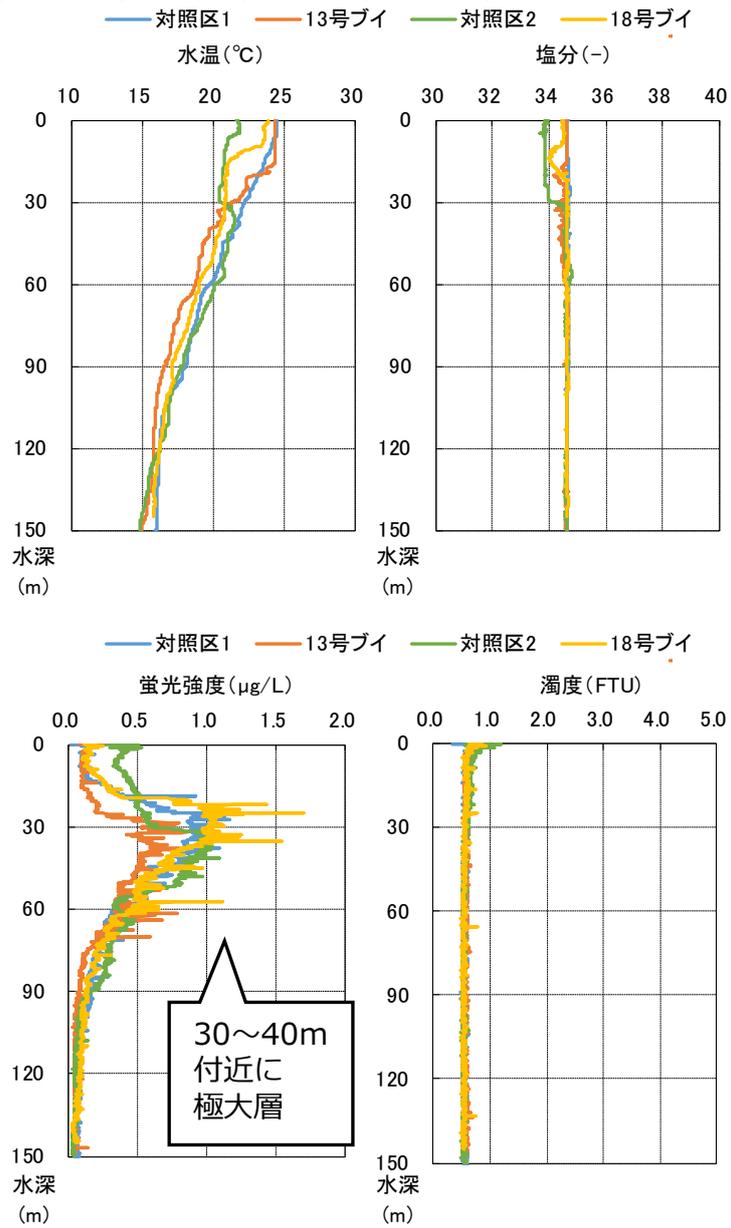


図 e-(1)-18(4) 水質鉛直観測結果 (令和2年6月3日)

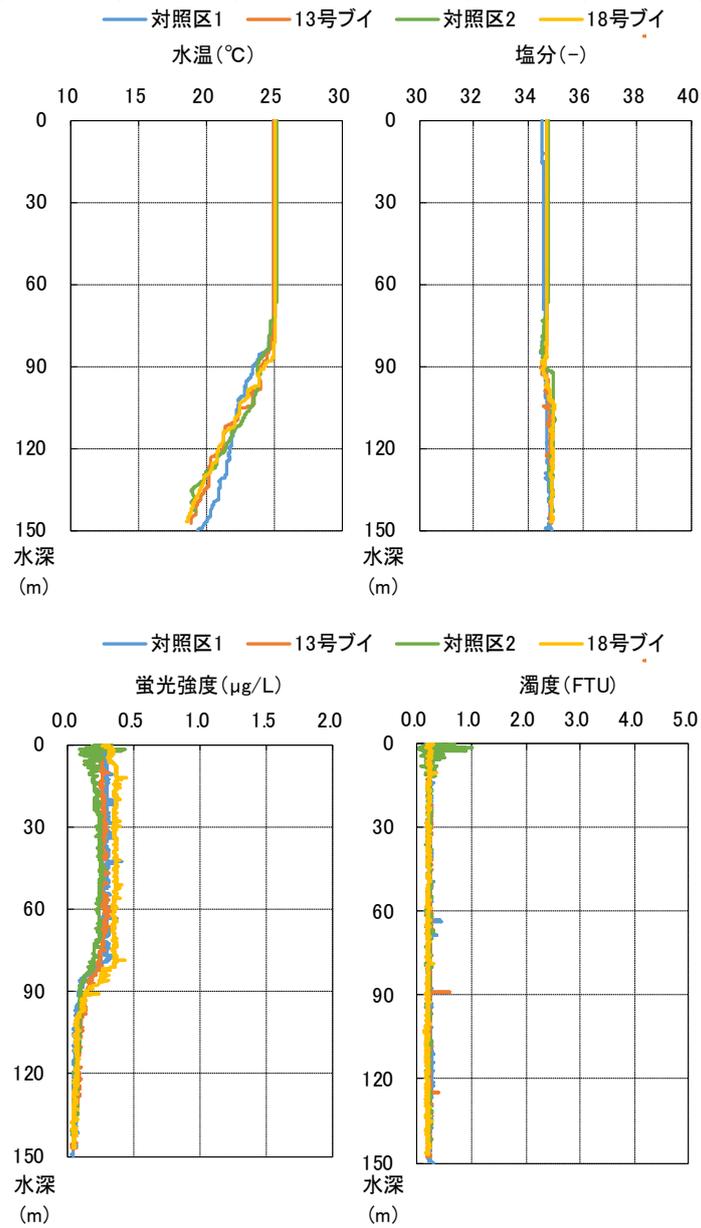


図 e-(1)-18(5) 水質鉛直観測結果 (令和2年10月31日)

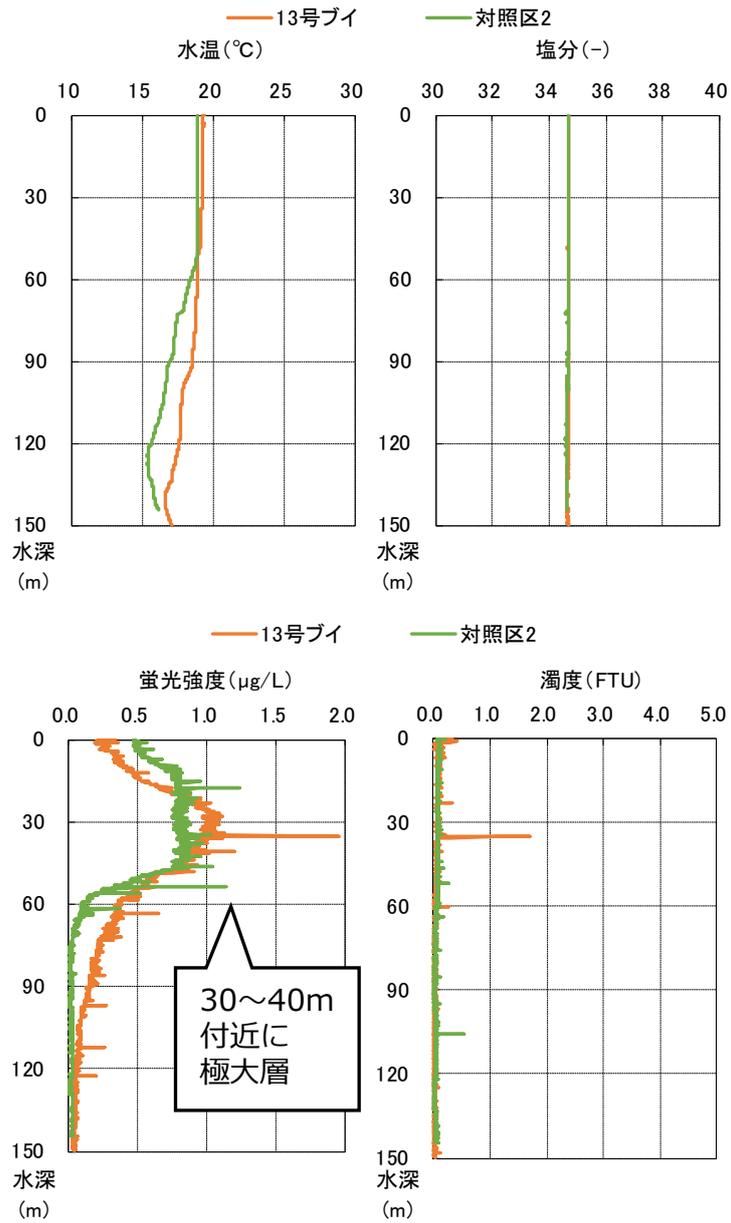


図 e-(1)-18(6) 水質鉛直観測結果 (令和3年4月19日)

2)-3 植物プランクトン調査

平成30年度～令和元年度の調査時期（黒潮接岸時）と令和2年度～令和3年度の調査時期（黒潮離岸時）における植物プランクトンの細胞数を図 e-(1)-19 に示す。

- 春季は、接岸時に比べて離岸時に細胞数が多い傾向がみられた。
- 秋季は、黒潮の離接岸で明確な差はみられなかった。

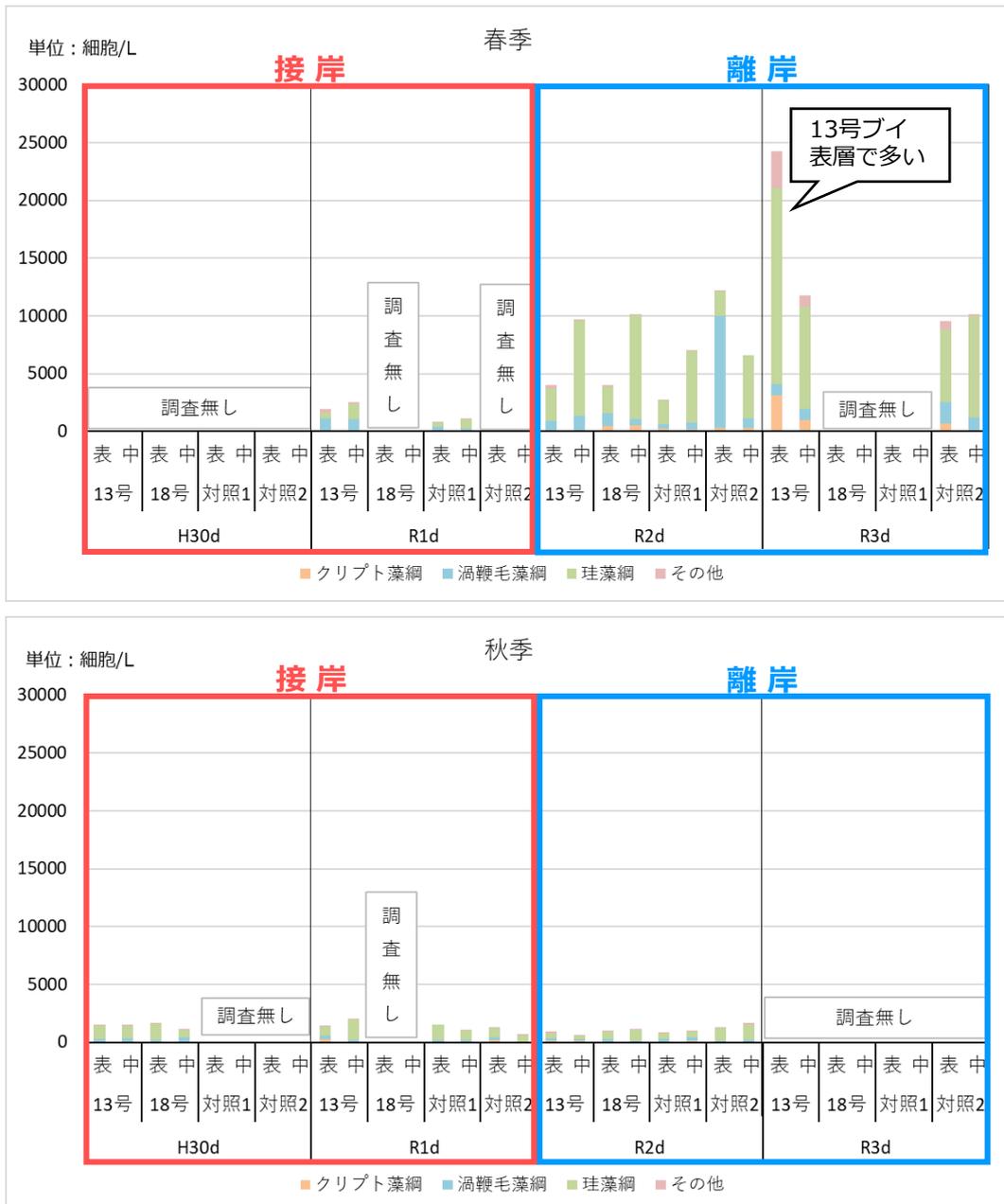


図 e-(1)-19 植物プランクトン細胞数の比較

2)-4 動物プランクトン調査

平成30年度～令和元年度の調査時期（黒潮接岸時）と令和2年度～令和3年度の調査時期（黒潮離岸時）における動物プランクトンの個体数を図 e-(1)-20 に示す。

- 春季、秋季ともに黒潮の離接岸で明確な差はみられなかった。

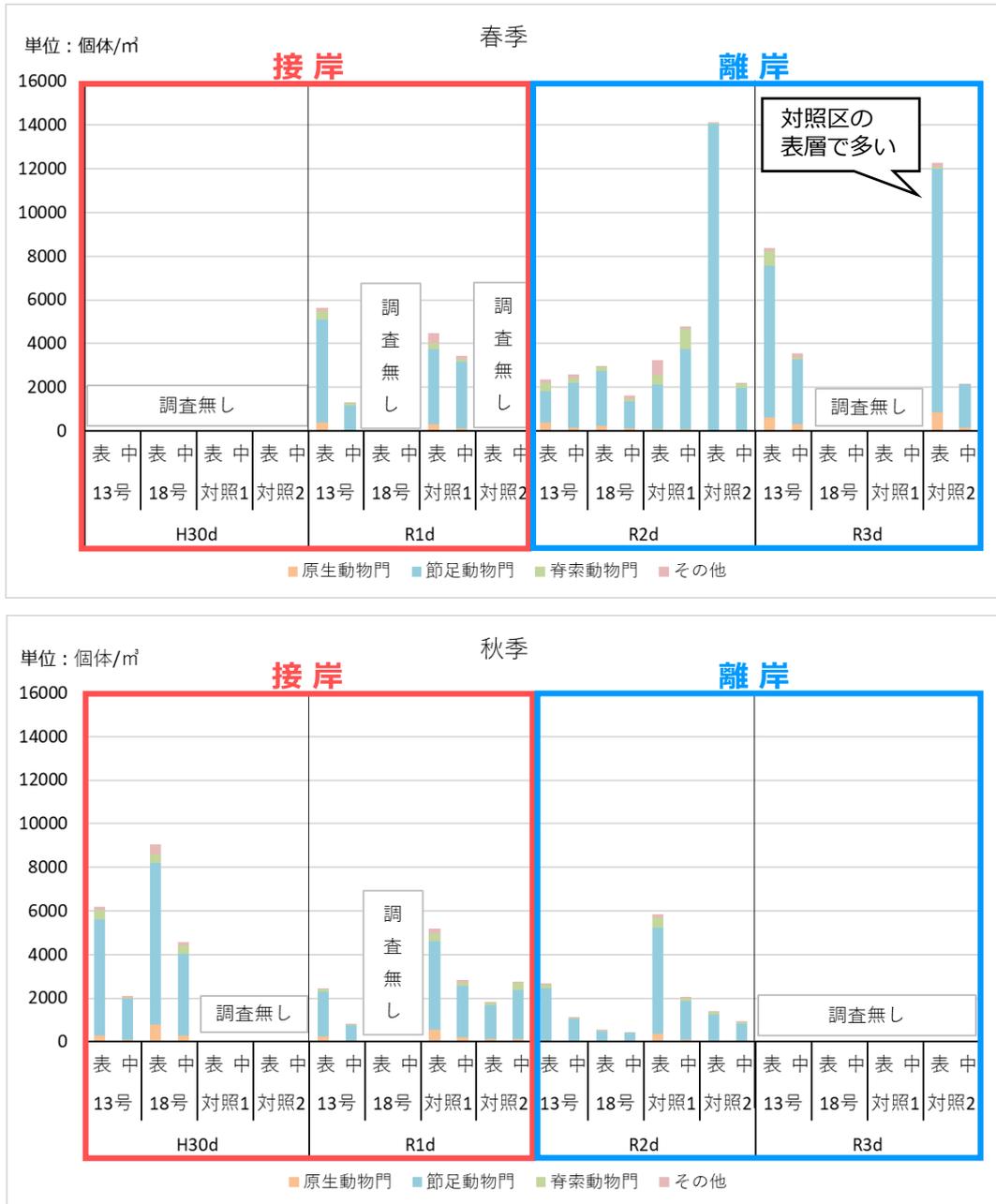


図 e-(1)-20 動物プランクトン個体数の比較

2)-5 魚卵・稚仔調査

平成30年度～令和元年度の調査時期（黒潮接岸時）と令和2年度～令和3年度の調査時期（黒潮離岸時）における魚卵・稚仔の個体数を図 e-(1)-21 に、稚仔の出現種一覧を表 e-(1)-9 に示す。

- 魚卵は、春季、秋季ともに黒潮の離接岸で明確な差はみられなかった。
- 稚仔は、接岸時にスズキ目（ヒメジ科）の個体数がやや多く、離岸時にニシン目（カタクチイワシ）の個体数が多い傾向がみられた。

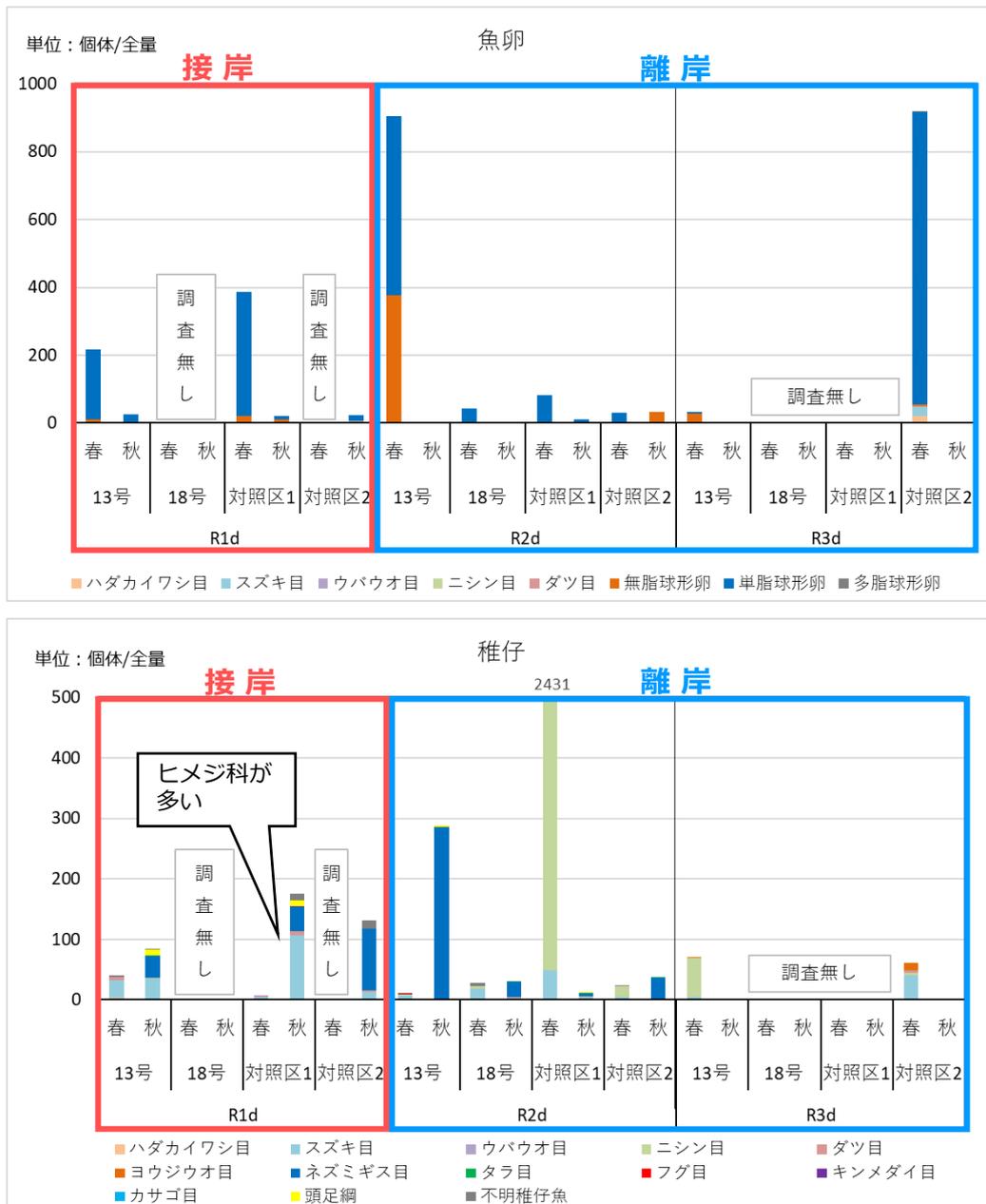


図 e-(1)-21 魚卵・稚仔個体数の比較

表 e-(1)-9 稚仔出現種一覧

単位：個体/全量

番号	門	綱	目	科	種名等	13号ブイ					18号ブイ		対照区1				対照区2				
						R3.4.19	R2.10.31	R2.6.3	R1.10.7	R1.6.5	R2.10.31	R2.6.3	R2.10.31	R2.6.3	R1.10.7	R1.6.5	R3.4.19	R2.10.31	R2.6.3	R1.10.7	
1	軟体動物	頭足	ツツイカ	アカイカ	アカイカ科						1		2								
2					鞘形亜綱		3		10			2	13	10							
3	脊椎動物	硬骨魚	ネズミギス	ネズミギス	ネズミギス		286		36		25		4	39			34			102	
4			ニシン	カタクチイワシ	カタクチイワシ	64		2	1			3			2,352		4		18		
5			ハダカイワシ	ハダカイワシ	ハダカイワシ科											1					
6			エソ	エソ	エソ科				3												
7			ダツ	サンマ	サンマ												1				
8				トビウオ	トビウオ科				3			2		3			3	1		1	
9				サヨリ	サヨリ科						2							1			
10					サヨリトビウオ属				3												
11					ダツ目									5						1	
12				タラ	サイウオ	サイウオ属					1		1					1			
13					サイウオ科				1												
14			キンメダイ	イットウダイ	イットウダイ科									2							
15			ヨウジウオ	サギフエ	サギフエ	1											13				
16			スズキ	カマス	カマス属								1							1	
17				アジ	アジ科			4			1										
18					ブリ																
19					ツムブリ												28				
20				アカタチ	アカタチ科								1		2						
21				シイラ	シイラ属				2				1		1		2				
22				メジナ	メジナ属												6				
23				ベラ	ベラ科						1				1					1	
24				フエダイ	フエダイ科				1						1						
25				ユゴイ	ユゴイ属														1		
26				ヒメジ	ヒメジ科	1		4	26	24	3	14	1	5	78	2	5			9	
27				ハタンボ	ハタンボ科															1	
28				スズメダイ	スズメダイ科									32	9				1	1	
29				シマイサキ	コトヒキ				1						2					1	
30				カゴカキダイ	カゴカキダイ							1									
31				ハタ	ハタ科								2	1							
32				イソギンボ	エジギンボ				1						5					1	
33					イソギンボ科										2						
34				サバ	ソウダガツオ属										9						
35					サバ属																
36				ハゼ	ハゼ科			2	2							4					
37			カサゴ		カサゴ目															1	
38			ウバウオ	ネズッポ	ネズッポ科											1					
39			フグ	カワハギ	カワハギ科		1														
40					不明稚仔魚				1	1	2		5	15	10					2	
					種類数		5	2	5	11	8	4	9	7	10	17	5	8	4	6	10
					合計		70	289	11	84	40	31	28	13	2,431	175	8	61	37	24	132

2)-6 環境 DNA 調査

平成 30 年度～令和元年度の調査時期（黒潮接岸時）と令和 2 年度の調査時期（黒潮離岸時）における環境 DNA の分析結果を図 e-(1)-22 に、出現種一覧を表 e-(1)-10 に示す。

- カツオの DNA 相対量は、接岸時は春に多く、離岸時は秋に多い傾向がみられた。
- 出現種数は、黒潮の離接岸で明確な差はみられなかった。

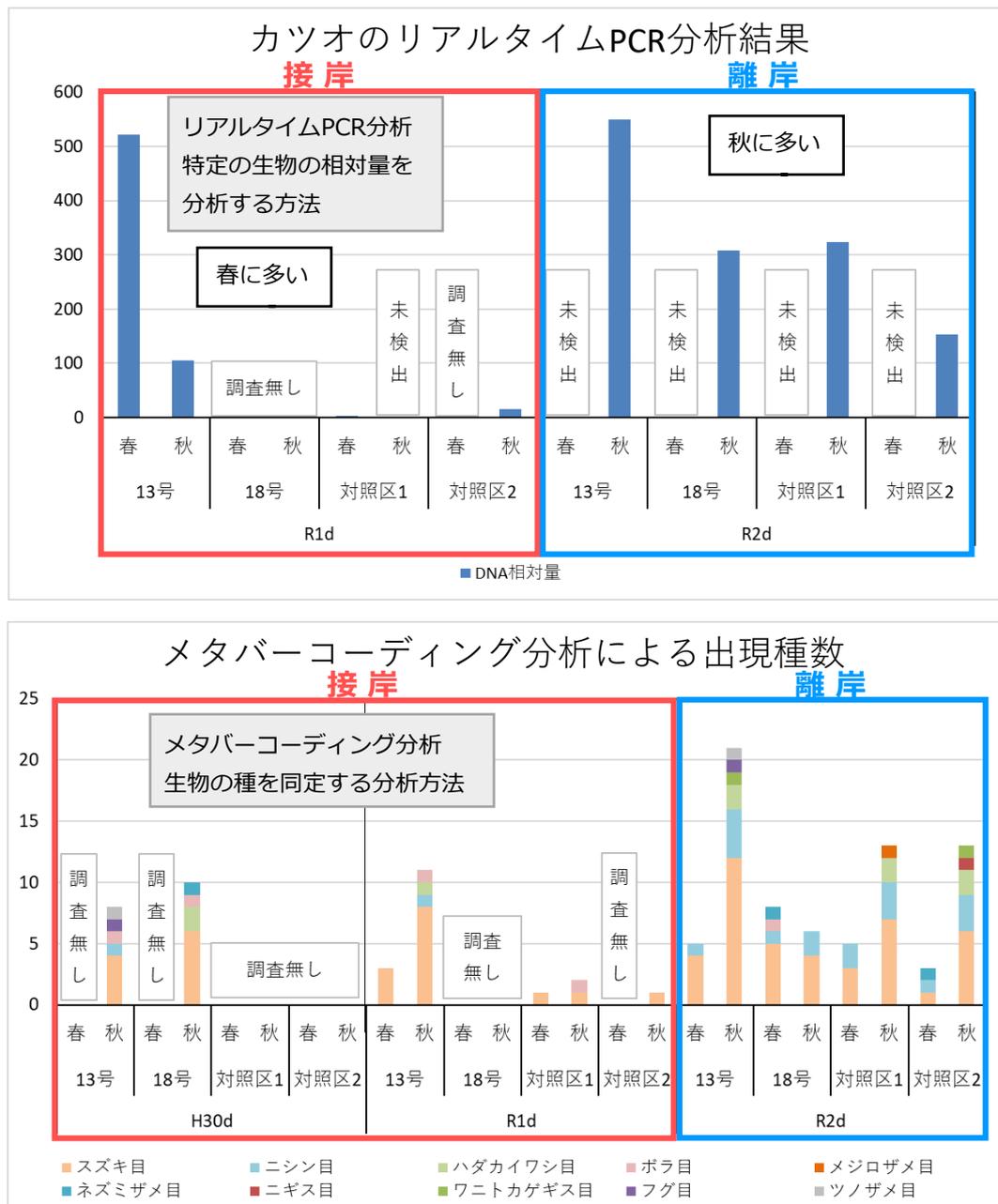


図 e-(1)-22 環境 DNA 分析結果の比較

2)-7 漁獲調査

平成 30 年度～令和元年度の調査時期（黒潮接岸時）と令和 2 年度～令和 3 年度の調査時期（黒潮離岸時）における漁獲調査の結果を図 e-(1)-23～26 に、魚種別胃内容物の出現種一覧を表 e-(1)-11 に示す。

なお、図 e-(1)-23～24 は魚種別に平均した値を用いた。

- 漁獲したカツオは、大きさでみると接岸時に成熟個体と思われる個体が多く、GSI も高い傾向がみられ、離岸時は 0～1 歳魚が多い傾向がみられた（尾叉長 45cm 以上で成熟）。ただし、GSI でみるとカツオは全て未成熟個体（GSI2.8 以上で成熟）であった。
- カツオの%IRI は、接岸時・離岸時ともに脊椎動物門（魚類）が高い傾向がみられ、接岸時より離岸時に多様な餌生物を摂餌していると考えられた。
- カツオの体長を地点別に比較すると、接岸時の令和元年度春及び離岸時の令和 2 年度秋で対照区に比べて浮魚礁地区で大きい傾向がみられたが、その他時期では地点別に明確な差はみられなかった。
- 浮魚礁地区のカツオの体長を年別に比較すると、令和 3 年度は 1 歳魚以上の成熟個体（尾叉長 45cm 以上）と思われる大きさの個体が多く、季節別では春より秋に体長が大きい傾向がみられた。
- 浮魚礁地区で漁獲した魚類の胃内容物を魚種別にみると、カツオとキハダマグロはその他魚種に比べて多様な種類の餌生物を摂餌していた。

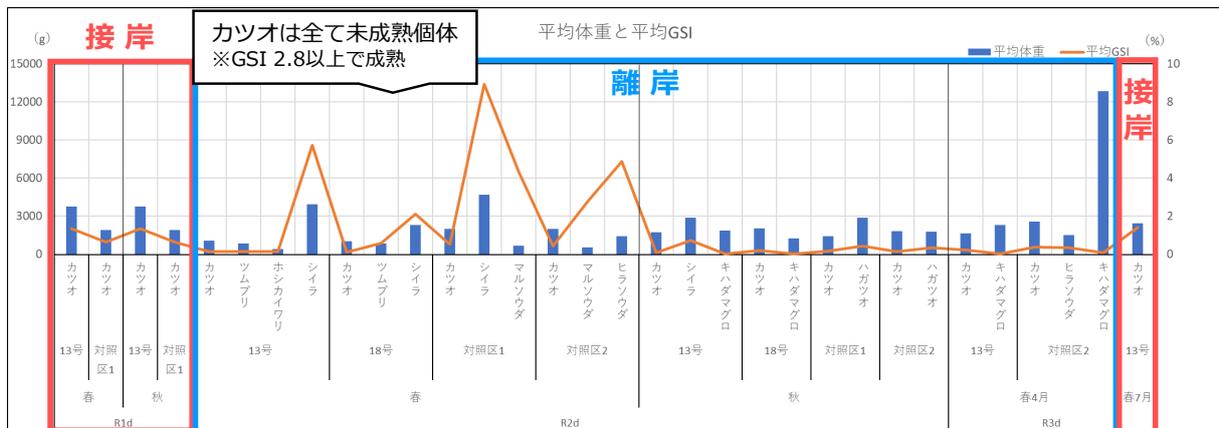
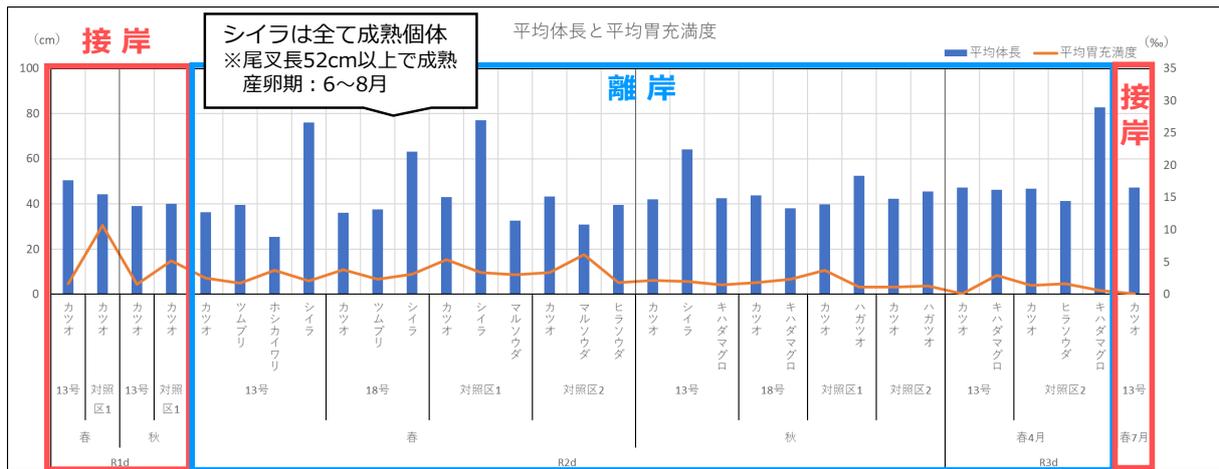


図 e-(1)-23 平均体長と平均胃充満度及び平均体重と平均 GSI の比較

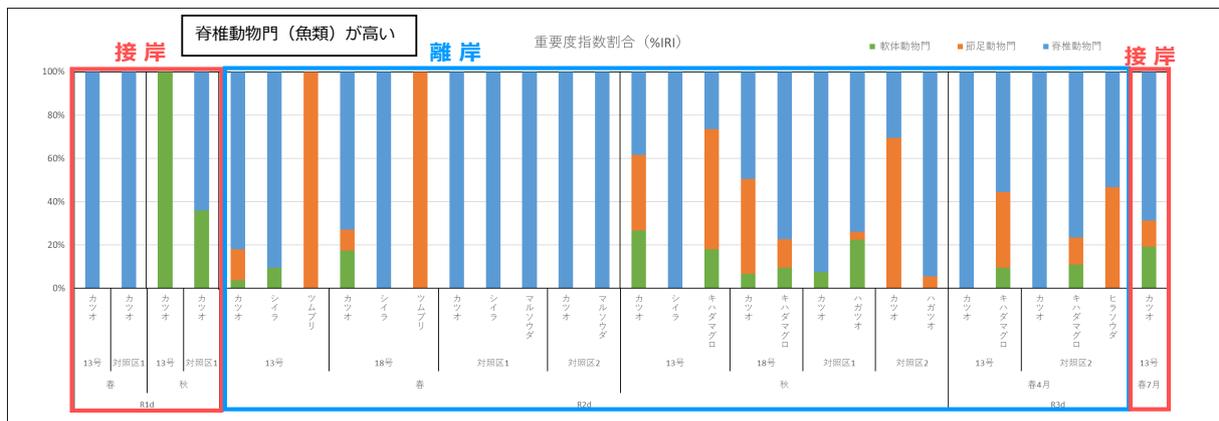


図 e-(1)-24 重要度指数割合の比較

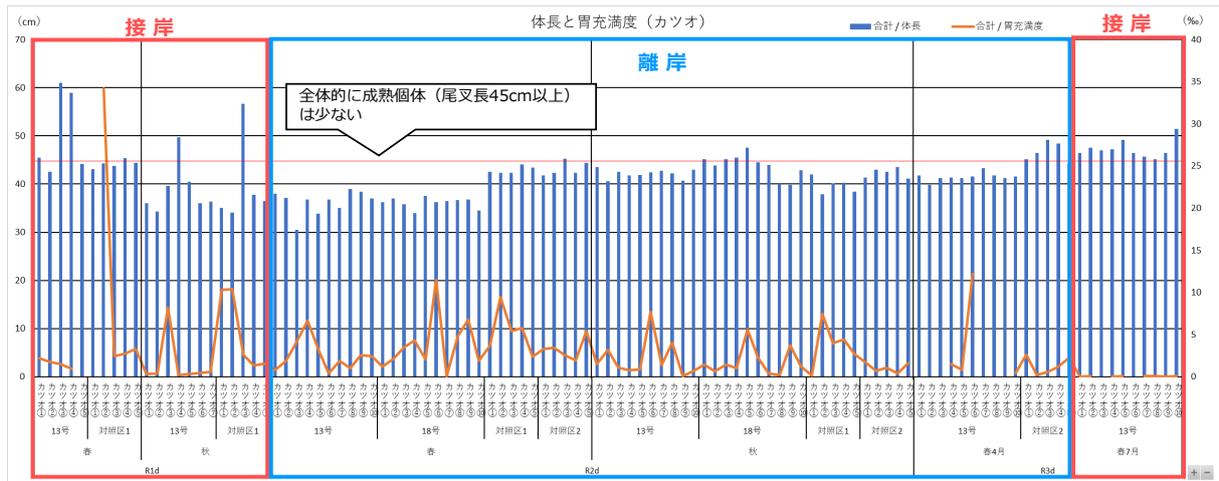


図 e-(1)-25 カツオの体長と胃充満度

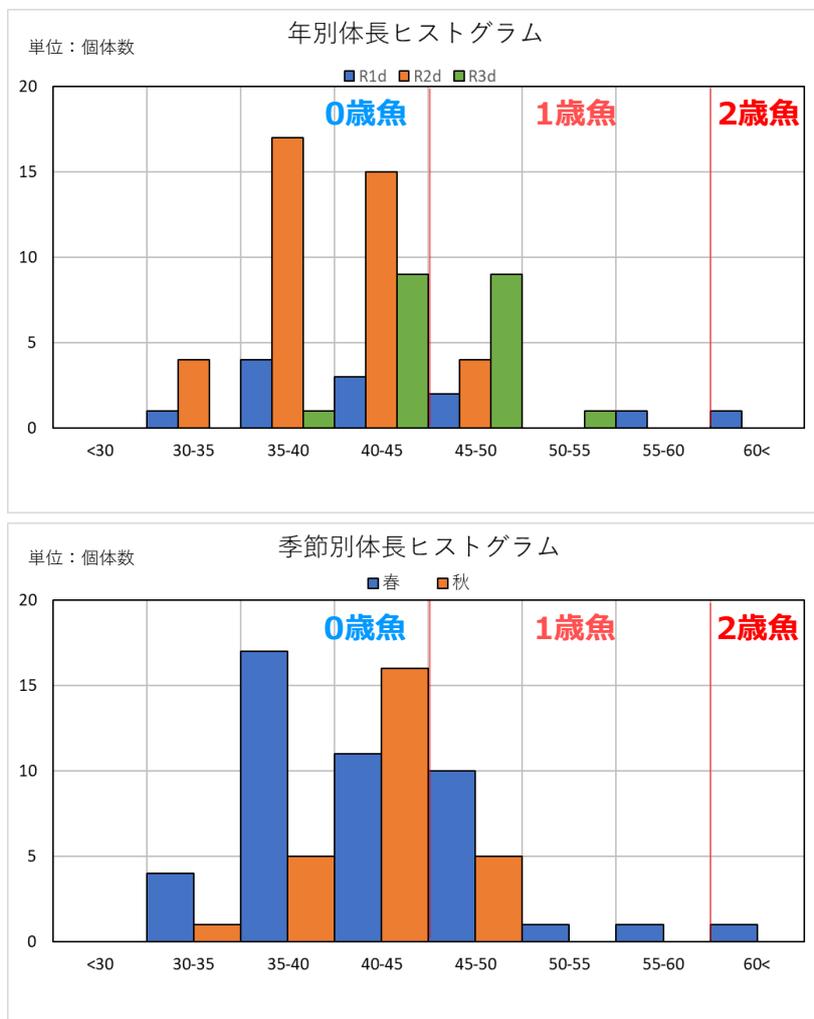


図 e-(1)-26 年別及び季節別体長ヒストグラム

表 e-(1)-11 魚種別胃内容物出現種一覧

番号	門	綱	目	科	種名	和名	カツオ		キハダマグロ		ツムブリ		ホシカイワリ		シイラ		マルソウダ		ヒラソウダ		ハガツオ				
							浮魚礁	対照区	浮魚礁	対照区	浮魚礁	対照区	浮魚礁	対照区	浮魚礁	対照区	浮魚礁	対照区	浮魚礁	対照区	浮魚礁	対照区	浮魚礁	対照区	
1	軟体動物	頭足	ツツカ	—	Teuthoidea	ツツカ目	●	●	●																
2			—	—	CEPHALOPODA	頭足綱	●	●	●	●													●		
3		腹足	翼足	—	Pteropoda	翼足目	●		●																
4			中腹足	カチレウキガイ	Atlantidae	カチレウキガイ科				●															
5			—	—	Thecosomata	有殻亜目	●																		
6	節足動物	甲殻	等脚	—	Isopoda	等脚目	●	●	●		●														
7			オキアミ	—	Euphausiacea	オキアミ目	●	●	●		●												●		
8			端脚	—	Amphipoda	端脚目	●		●	●															
9			十脚	—	—	Macrura	長尾類	●	●	●															
10				—	—	Brachyura	短尾下目	●		●	●													●	
11		—		—	Megalopa of Brachyura	短尾下目 ムカロハ幼生	●																		
12		—	—	Decapoda	十脚目	●	●	●																	
13		口脚	シヤコ	—	Squillae	シヤコ科	●		●																
14			—	—	Stomatopoda	口脚目	●		●																
15			—	—	Alima larva of Stomatopoda	口脚目 アリマ型幼生	●																		
16		—	—	—	—	ARTHROPODA	節足動物門	●	●	●		●		●		●		●		●		●			
17	脊椎動物	硬骨魚	ニシン	ニシン	Clupeidae	ニシン科	●	●																	
18					<i>Sardinops melanostictus</i>	マイワシ		●	●																
19					<i>Etrumeus teres</i>	ウルメイワシ		●																	
20			カクチイワシ	—	Engraulis japonica	カクチイワシ		●																●	
21			—	—	—	—																			
22		スズキ	アジ	—	Carangidae	アジ科																	●		
23			サバ	—	Scombridae	サバ科	●	●	●	●													●		
24			サウオ	—	Trichiuridae	サウオ科	●																		
24		フグ	—	—	Tetraodontiformes	フグ目		●																	
25		—	—	—	—	OSTEICHTHYES	硬骨魚綱	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
26	—	—	—	—	—	不明消化物	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			

2)-8 計量魚探による観察調査

平成 30 年度～令和元年度の調査時期（黒潮接岸時）と令和 2 年度～令和 3 年度の調査時期（黒潮離岸時）における計量魚探による観察調査結果から、水平方向階級別（0～500m、500～2,000m、>2,000m）に水深 100m までの測線毎の個体数比較を図 e-(1)-26 に示す。

- 特に、離岸時の令和 2 年度秋の 18 号ブイ昼で 0～500m での蛸集量が多いが、その他は離接岸による明確な差はみられなかった。
- 中心から 100m 毎の個体数を全体の個体数との比（個体率）でみると、黒潮の離接岸に関わらず浮魚礁地区では中心～500m の蛸集量が多い事がわかった。

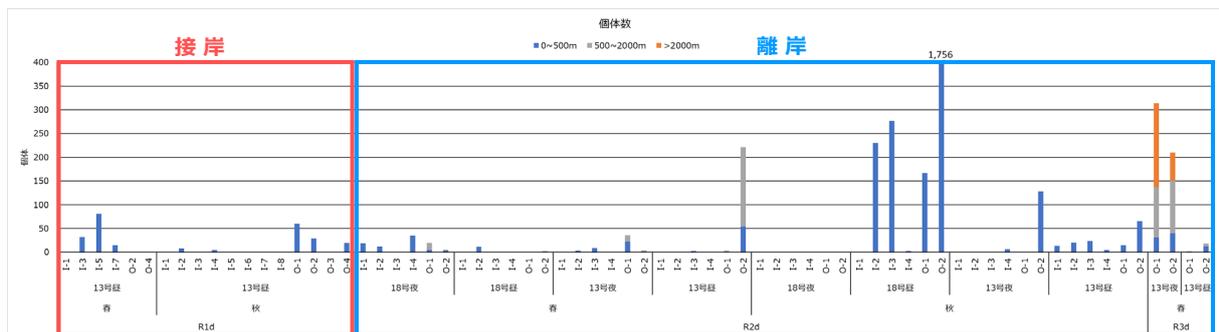


図 e-(1)-27 測線毎の魚類個体数

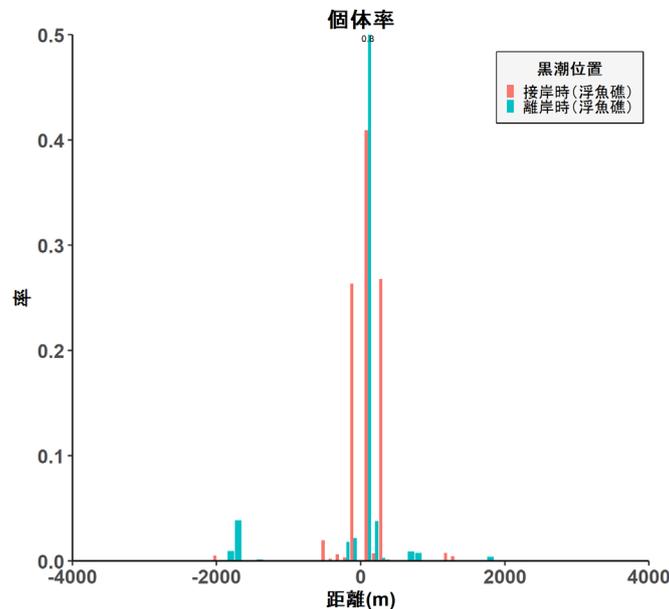


図 e-(1)-28 中心からの距離別個体率

2)-9 安定同位体比分析結果の比較

令和2年度～本年度の餌魚類調査及び流し網調査、漁獲調査結果の安定同位体比分析結果を図 e-(1)-28 に示す。

- 令和3年度は、動物プランクトンを除くカツオ及びキハダマグロ、トビウオは同じ食物連鎖網であることがわかった。
- 令和2年度は、カツオ及びゴマサバ(春)、マイワシ、ウルメイワシ、マサバ(秋)、カタクチイワシ、カツオ胃内容物が同じ食物連鎖網で、ゴマサバ(秋)はカツオとは別の食物連鎖網であることがわかった。
- 令和2年度と令和3年度で、カツオのN15に差異がみられたが、自然変動の範囲内と考えられる。令和2年度のカツオのN15が高いのは、前年秋に成長しきれず(うまく索餌できなかったか北上が遅れたか)、南下できずに高知沖で越冬した個体の可能性があり、高知沖で滞留している時間が長ければ、高知沖に生息する生物との食物連鎖の関連性がより顕著に現れると考えられる。

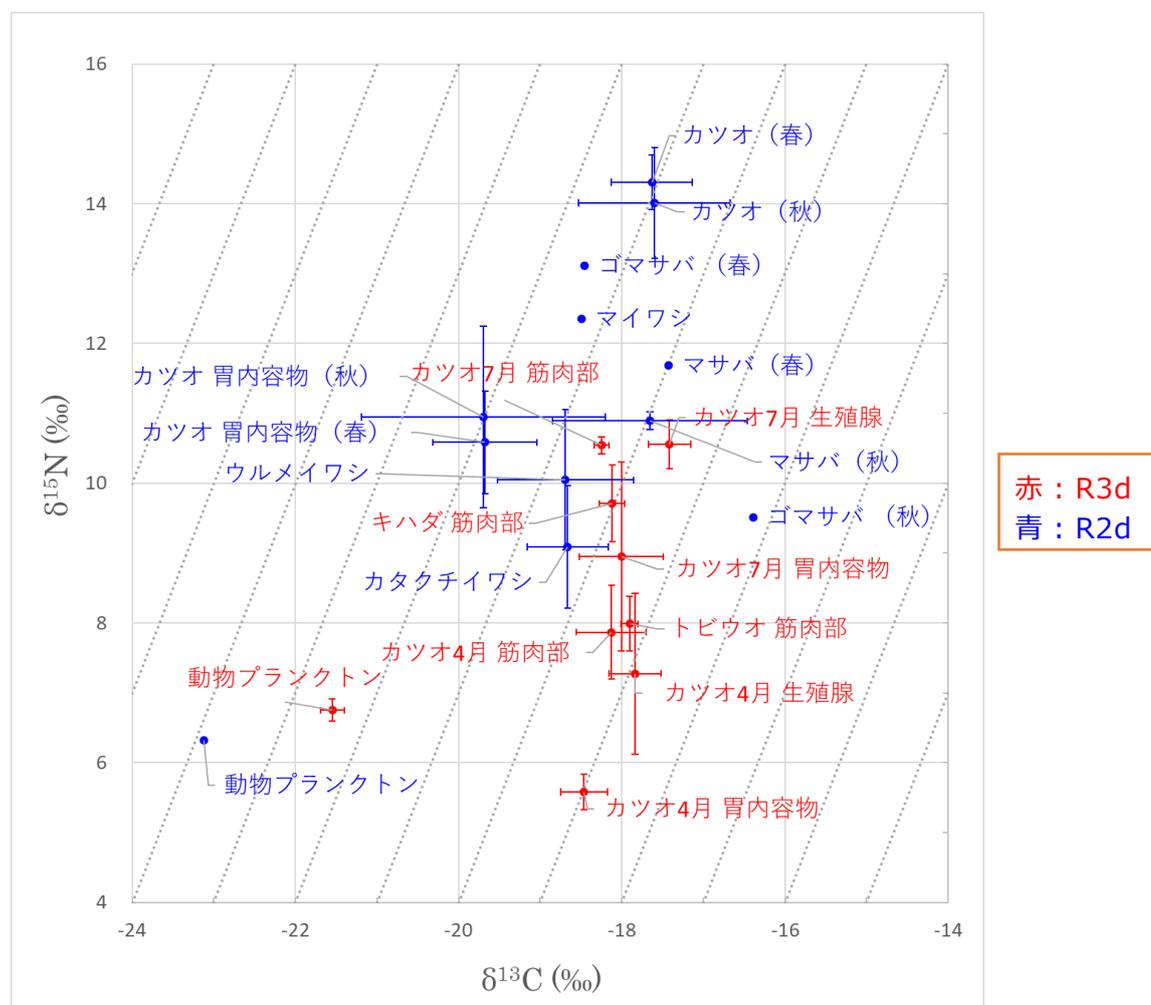


図 e-(1)-29 安定同位体比分析結果

3) 現地調査結果を踏まえた浮魚礁における蝸集・増殖効果の解明

3)-1 高知沖におけるカツオの分布・回遊

高知沖におけるカツオの分布・回遊に関するまとめを図 e-(1)-30 に示した。

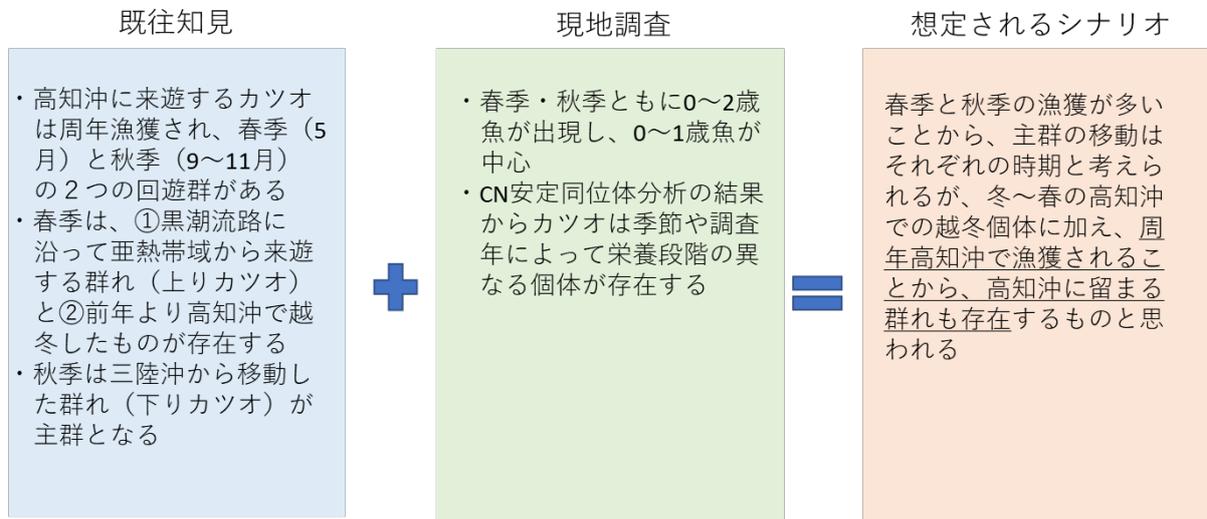


図 e-(1)-30 高知沖におけるカツオの分布・回遊に関するまとめ

<既往知見>

- カツオは春季（上りカツオ）と秋季（下りカツオ）の回遊群のほか、周年漁獲される。
- 春季の回遊群には高知沖で越冬する群も含まれる。
- 漁獲実績から、春季の群れは3ヵ月程度の回遊、秋季の群れは3～4ヵ月に亘って出現する。

<現地調査>

- CN安定同位体分析結果から、春季には栄養段階の異なる群れが混在し、亜熱帯域からの来遊群に加えて、高知沖で越冬する群の存在を確認。

<想定されるシナリオ>

- 春季と秋季の回遊群は高知沖に回遊している期間（3～4ヶ月程度）。
- 高知沖で越冬する群は、春季の回遊までの（3～6ヵ月程度）を高知沖で過ごすものと推察される。
- 高知沖では、これらの他にも春季、秋季の回遊を行わず、周年留まる個体もいるものと推察される。
- 浮魚礁周辺では、一定程度の量のカツオ資源が回遊すると考えられる。

既往知見によるカツオの分布・回遊に関する知見を表 e-(1)-12～13、図 e-(1)-31～33 に示す。

高知沖に来遊するカツオは、春季に黒潮に沿って亜熱帯域から来遊する群れ（上りカツオ）と、秋季に三陸沖から移動した群（下りカツオ）の2つの回遊群に加え、下りカツオの一部は高知沖で越冬し、再び北上する等、沿岸域に留まる群れも存在すると考えられる。

表 e-(1)-12 既往知見によるカツオの分布・回遊に関する知見

対象	方法	内容
カツオ	標識放流	日本近海への主要な来遊ルートは、①黒潮沿い、②紀南・伊豆諸島沿い、③伊豆諸島東沖があると考えられ、三陸沖漁場では沖合から現れる魚群もある。（浅野 1984、田代・内田 1989、川合 1991） 日本近海へは、主に尾叉長 30 cm 台後半（1 歳弱）以降の魚が来遊する。（渡辺ほか 1995）
カツオ 尾叉長 40 cm 前後	記録型電子標識	南から日本近海へのカツオの来遊経路は大まかに、①東シナ海黒潮沿い経路（トカラ周辺海域止まり）、②九州・パラオ海嶺経路、③伊豆・小笠原列島沿い経路の 3 経路。 日本近海へのカツオの来遊に影響する要因の一つとして水温18°Cが限界生息水温と考えられ、水平的にも鉛直的にもこの水温によって分布範囲が制限されていることが示唆（Kiyofuji et al. 2019a）
カツオ	標識放流 三陸沖	三陸沖で8～10月に標識放流した結果、①10月には北緯20° 付近の亜熱帯反流域まで、一気に南下して、翌年は亜熱帯反流域以南海域にとどまる②10～11月に伊豆近海から高知県沿岸に移動・越冬し、翌年の春には、日向灘から房総沖の沿岸に出現し、夏には三陸沖合に北上して再捕獲の2つのパターンがある。カツオ未成魚の一部は南下経路として、黒潮と日本列島間に挟まれる黒潮内側域を選択している可能性が高い。（二平 2009）

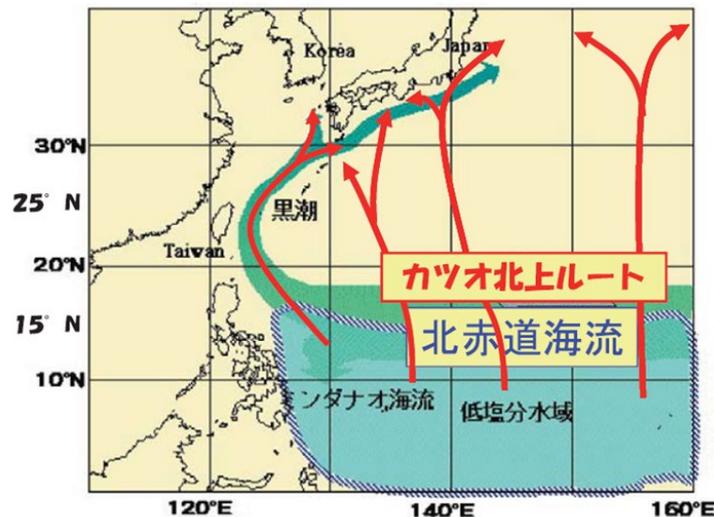


図 e-(1)-31 カツオの北上ルート

出典：二平章：カツオの回遊生態と資源、水産振興第 497 号（2009）

表 e-(1)-13 日本に現れるカツオの体長群

季節	群	体長 (cm)	体重 (kg)
春	A	50~55	3 (冬生まれ)
	B	45~50	1.7~2.0 (夏生まれ)
	C	40~45	1.2~1.5 (冬生まれ)
夏	D	40~45	1.2~1.5 (夏生まれ)
	E	~40	~1 (冬生まれ)

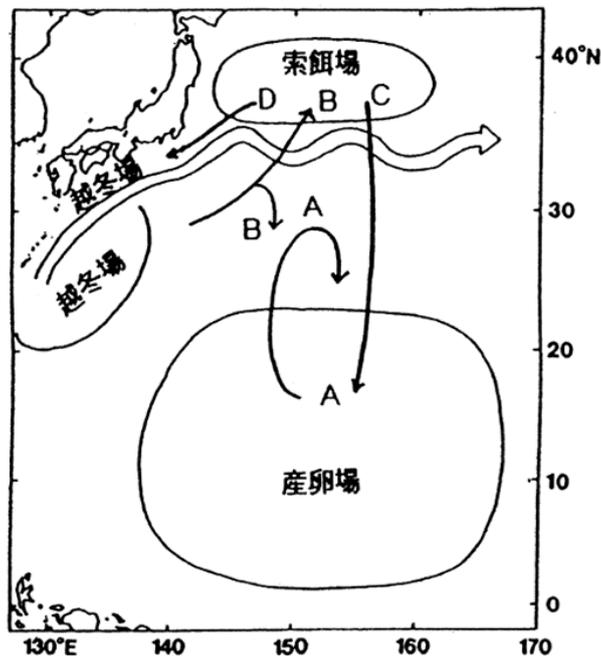


図 e-(1)-32 体長群別カツオの南下移動と翌年の再北上

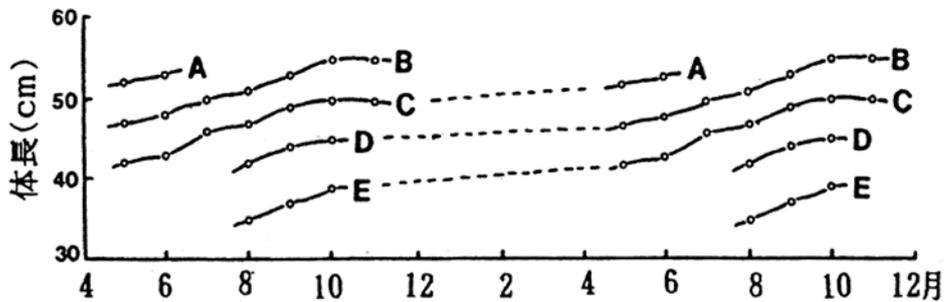


図 e-(1)-33 日本近海に出現するカツオの5つの体長群の成長

出典：二平章：カツオの回遊生態と資源、水産振興第497号（2009）

高知沖に設置されている浮魚礁の漁獲状況を表 e-(1)-14 に、月別水揚げ量を図 e-(1)-34 に示す。

高知県沖では、カツオの漁獲は主に曳縄釣り、一本釣りでを行っている。漁場は、黒潮流路の辺縁及び土佐湾への黒潮分枝流に沿って形成される。また、高知県沖に整備された浮魚礁のうち、足摺岬沖の 13 号と 18 号は水揚げの 1 位、2 位を占めている。主な漁期は春季の 4～6 月、秋季を中心とした 9～12 月であるが、周年漁獲を行っている。

表 e-(1)-14 黒潮牧場における漁獲金額の推移

表 3 黒牧ブイの設置状況と漁獲金額の推移 (単位: 百万円)

ブイ	高知沖 1号	足摺岬沖 9(2)号*	高知沖 12(3)号*	室戸岬沖 10(4)号*	足摺岬沖 13(5)号*	足摺岬沖 6号	室戸岬沖 16(7)号*	興津沖 8号	沖ノ島沖 11号	安良沖 14号	芸東沖 15号	中長沖 17号	安摺岬沖 18号	窪川沖 20号	大月沖 21号	半津沖 19号	合計	種別 基数	1基平均 漁獲高				
S.59 (1984)	S59.12設置																		57	1	57		
S.60 (1985)	0																			8	2	4	
S.61 (1986)	21	S62.3設置	S63.3設置																				
S.62 (1987)	S61.12回収	57	H9.3更新	H1.2設置																			
S.63 (1988)	S63.3回収	8	H19.4更新	H2.2設置																			
H.1 (1989)	0	0	18	6	H9.3更新																		
H.2 (1990)	0	0	130	4	H4.2設置																		
H.3 (1991)	0	0	3	6	140	H16.1更新																	
H.4 (1992)	0	101	0	12	331	148	H5.3設置																
H.5 (1993)	0	17	0	5	75	4	0																
H.6 (1994)	0	H7.2更新	0	2	178	27	38	H7.2設置															
H.7 (1995)	1	24	1	83	11	2	2	H18.1更新															
H.8 (1996)	0	7	10	1	171	6	1	44	H10.3設置														
H.9 (1997)	0	0	0	1	185	8	7	0	H20.7更新	H10.12設置													
H.10 (1998)	H10.3回収	81	0	2	221	36	69	0	45	6	H24.5更新												
H.11 (1999)	15	39	2	298	50	H10.12回収	H11.12設置	9	11	79	34.58	H11.12設置	H13.3設置										
H.12 (2000)	2	54	6	103	44	19.24	2	66	14	H12.3回収	H13.4回収	2	H23.11更新										
H.13 (2001)	4	74	H13.6更新	181	13	3	33	117	7	6	1	62											
H.14 (2002)	44	20	H17.8回収	254	31	20	78	41	6	14		88											
H.15 (2003)	33	1	8	H15.1更新	3	27	1	24	6	13	2	82											
H.16 (2004)	43	29	6	240	128	95	15	137	25	40	20	291											
H.17 (2005)	1	2	4	150	0	41	0	H16.10更新	3	94		20											
H.18 (2006)	2	0	2	268	2	12	0	H19.2回収	7	16	H17.9更新	191											
H.19 (2007)	3	7	1	365	29	5	6	112	3	90	H20.8回収	43											
H.20 (2008)	22	8	1	260	18	H20.3更新	5	37	5	11		95											
H.21 (2009)	0	1	3	175	1	H22.3回収	1	27	21	9	6	35											
H.22 (2010)	5	44	1	375	2	0	0	7	9	42	59	H22.10設置	H22.11設置	H23.3設置									
H.23 (2011)	2	63	0	380	12	10	0	57	7	47	47	0	5	1	655	15	42						
H.24 (2012)	1	3	0	277	5	3	0	46	7	2	46	7	18	20	436	15	29						
H.25 (2013)	0	4	0	338	5	0	0	8	3	54	10	1	49	58	530	15	35						
H.26 (2014)	20	59	0	208	32	24	7	7	2	6	1	25	24	80	62	571	15	38					
H.27 (2015)	H27.3設置	0	8	409	13	23	0	8	2	46	1	13	1	139	3	679	15	45					
H.28 (2016)	5	30	6	134	H28.3更新	1	0	21	6	62	2	79	0	119	11	495	15	33					
H.29 (2017)	39	H29.3更新	26	227	14	71	21	H29.12回収	12	17	8	4	84	9	212	7	796	15	53				
H.30 (2018)	1	19	2	234	27	8	0	10	H31.3更新	3	67	2	15	32	13	457	15	30					
累計	22	537	653	608	6,267	672	480	225	803	238	662	44	1,272	57	654	175	13,743	312	44				
年平均	2	19	22	2	232	26	22	10	40	12	37	2	75	8	93	25	※括弧内は旧黒牧番号						

出典：平成 30 年度高知県水産試験場事業報告書、高知県 HP

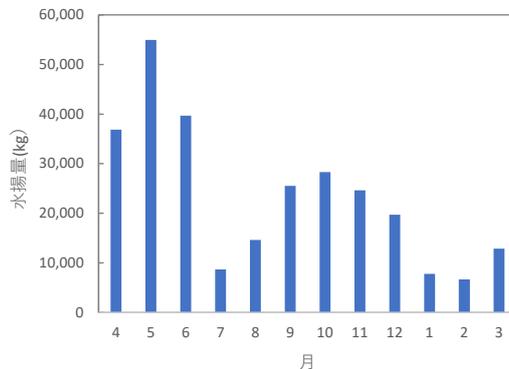


図 e-(1)-34 黒牧 13 号ブイにおけるカツオの月別水揚げ量 (H21～30 年の 10 年平均)

出典：漁獲成績報告書 (高知県)

現地調査は（H30～R3年）は、H29年8月から継続中の黒潮大蛇行期の中で、黒潮接岸時（H30～R元年）、離岸時（R2～3年）に調査を実施している（表 e-(1)-15）。

表 e-(1)-15 調査年度毎の調査地点と黒潮接岸状況

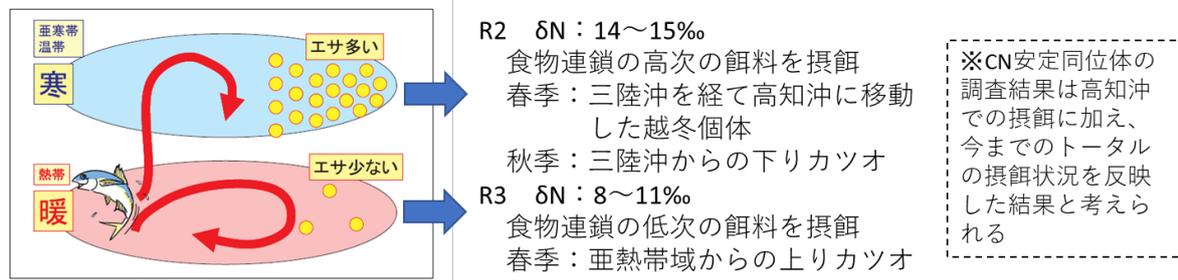
調査年度	時期	調査地点	調査項目	黒潮接岸状況
平成30年度	11/21	13号、18号	水質、プランクトン、環境DNA	接岸
令和元年度	6/5	13号、対照区1	水質、プランクトン、環境DNA、卵稚仔	接岸
	6/5～6	13号	漁獲（胃内容物・GSI）	
	6/17～19	13号、対照区1	漁獲（胃内容物・GSI）、計量魚探	
	10/7		卵稚仔	
	11/15～16		漁獲（胃内容物・GSI）	
	11/17		水質、プランクトン、環境DNA	
	11/21～22		計量魚探	
令和2年度	6/3	13号、18号、 対照区1、対照区2	水質、プランクトン、環境DNA、卵稚仔	離岸
	6/3、5		漁獲（胃内容物・GSI・CN安定同位体）	
	6/23～25	13号、対照区1	計量魚探	
	7/23～24	18号、対照区2		
	7/27～28	9号	流し網	
	7/29	対照区1、対照区2	漁獲（胃内容物・GSI・CN安定同位体）	
	10/28～29	13号、18号、 対照区1、対照区2		
	10/29	9号		
	10/31	13号、18号、 対照区1、対照区2	水質、プランクトン、環境DNA、卵稚仔	
	11/1～2	13号、対照区1	計量魚探	
	11/4～5	18号、対照区2		
令和3年度	4/13	13号、対照区2	漁獲（胃内容物・GSI・CN安定同位体）	離岸
	4/15～16		水質、プランクトン、卵稚仔、計量魚探 漁獲（胃内容物・GSI・CN安定同位体）、 計量魚探	
	4/19			
	4/20～21			
令和3年度	7/6～7	13号、対照区2	流し網	接岸

CN安定同位体分析結果から推定したカツオの群れの回遊経路を図 e-(1)-35 に、CN安定同位体分析結果を図 e-(1)-36（再掲）に示す。

CN安定同位体分析の結果、年度によって $\delta 15N$ の値が異なっており、R2dの春季は高知沖の越冬群、秋季は下りカツオ、R3dの春季は亜熱帯域からの移動の可能性が示唆された。

高知沖の浮魚礁における群れの形成パターンとして、春季は黒潮流路に沿って、亜熱帯域からの上りカツオと、高知沖で越冬したカツオの2群が存在するものと考えられる。また、秋季には三陸沖からの下りカツオが主群を形成すると考えられる。ま

た、浮魚礁での漁獲は春季と秋季の2つのピークがあることから、主群の移動は各時期と考えられるが、冬～春の高知沖での越冬個体に加え、周年高知沖で漁獲されることから、海域に留まる群れも存在するものと思われる。



※大西洋の調査結果では、δNは高緯度帯で $12.2 \pm 1.3\text{‰}$ と高く、低緯度帯で $9.7 \pm 1.5\text{‰}$ と低い。(Coletto et al 2021)

図 e-(1)-35 CN 安定同位体分析結果から推定したカツオの群れの回遊経路

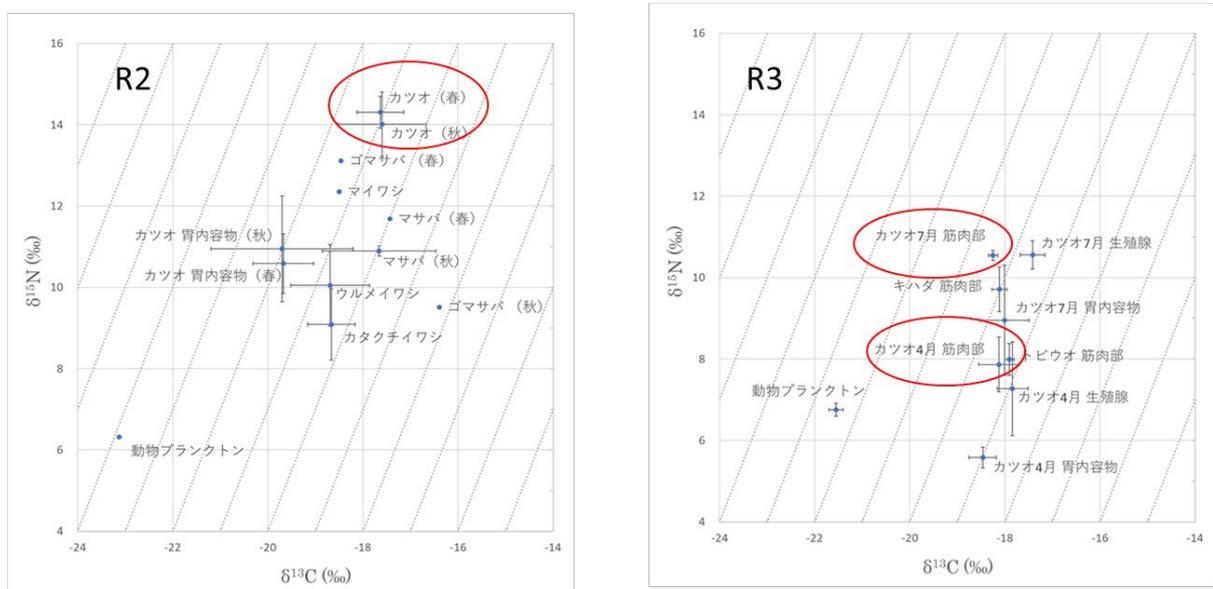


図 e-(1)-36 CN 安定同位体分析結果 (左 : R2 年、右 : R3 年)

3)-2 高知沖の浮魚礁におけるカツオの蛸集・滞留

高知沖の浮魚礁におけるカツオの蛸集・滞留に関するまとめを図 e-(1)-37 に示した。

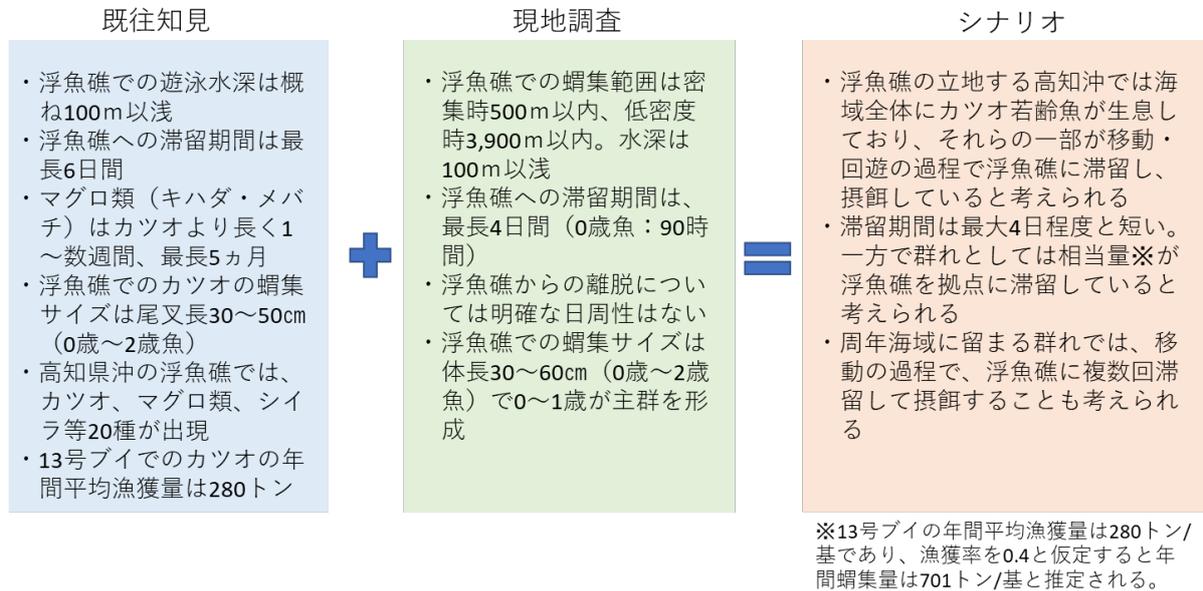


図 e-(1)-37 高知沖におけるカツオの蛸集・滞留に関するまとめ

<既往知見>

- ・浮魚礁でのカツオの遊泳水深は100m以浅。滞留期間は最長6日間。マグロ類（キハダ、メバチ）の滞留期間はカツオよりも長く、1～数週間で最長5ヵ月。
- ・浮魚礁でのカツオの蛸集サイズは尾叉長30～50cmで0～2歳魚と考えられる。
- ・13号ブイのカツオの年間平均漁獲量（H21～30）は280トン/基である。

<現地調査>

- ・計量魚探結果や水中カメラ結果等から、浮魚礁周辺にカツオが蛸集していることを確認。
- ・カツオの群れの形成範囲は浮魚礁から水深方向では100m以浅で、水平方向では、500m以内が多い。また、低密度時には3900mまで範囲が拡大する場合もあった。
- ・浮魚礁での標識放流の結果、滞留期間は4日間（0歳魚で最長90時間）であった。

<想定されるシナリオ>

- ・高知沖では浮魚礁周辺で0～1歳（最長2歳）のカツオの若齢魚が蛸集し、浮魚礁には最長4日程度滞留していると考えられる。
- ・高知沖に周年留まる群れも存在すると考えられることから、浮魚礁に複数回滞留することも考えられる。
- ・浮魚礁でのカツオの滞留範囲は水深100m以浅、水平方向では概ね500m以内と考えられる。

既往知見によるカツオの浮魚礁の蝟集・滞留に関する知見を表 e-(1)-16 に示す。

カツオの遊泳水深については、記録型の標識放流の結果が整理されており、東部熱帯域での結果では、夜間は 98.6% が水温躍層（44m）より浅い水深を遊泳する一方で、昼間は、同水温躍層よりも深い水深を遊泳し、音響散乱層（DSL）の日周変動と一致することから、昼間は索餌行動をしていると考えられている。また、浮魚礁での遊泳水深は概ね 100m 以浅であり、夜間は昼間に比べて浅い層（50m 以浅）を遊泳するとされる。

浮魚礁への滞留期間については、カツオでは最長 6 日間、マグロ類（キハダ、メバチ）では、1～数週間、長いもので 5 ヶ月に及ぶことがわかっている。

摂餌行動については、典型的な視覚捕食者と考えられており、昼間に摂餌しピークは朝方と夕方の 2 つあるとされている。

表 e-(1)-16 既往知見によるカツオの浮魚礁の蝟集・滞留に関する知見

	対象	方法	内容
遊泳水深	カツオ 東部熱帯域 体長60cm前後	5尾 記録型 電子標 識	夜間の98.6%が水温躍層（44m）より浅い深度 昼間は37.7%が水温躍層より深い深度を遊泳し、音響産卵 層(DSL)の日周変動と一致することから索餌行動に起因す る行動が示唆（Schaefer and Fuller 2007）
	カツオ 北太平洋亜熱帯海域 体長40cm前後	記録型 電子標 識	95%以上が23.8℃以上の表層（120m以浅）に分布（岡本ほ か2013）
浮魚礁で の遊泳 水深	カツオ 体長38.6～64.0cm	14尾 超音波 発信機	浮魚礁周辺では概ね100m以浅を遊泳。浮魚礁を離れると 100～150mとやや深い 夜間は昼間に比べて浅い層（50m以浅）にいる頻度が高い （遠洋水研 2005）
	カツオ	6尾 超音波 発信機	昼間は50～70mを中心に概ね100m以浅を遊泳。夜間は昼 間とほぼ同様であるが、昼間より浅い（松本ほか 2006）
浮魚礁へ の滞留 期間	カツオ 体長38.6～64.0cm	14尾 超音波 発信機	かつ：最長6日。個体サイズと滞留期間の関係性は認められ ない。浮魚礁から離れたものが約1日後、5マイル離れた後 に浮魚礁に戻る状況を確認（遠洋水研 2005）
	マグロ類 （キハダ、メバチ）	超音波 発信機	キハダやメバチはかつより滞留期間が長く、1～数週間、長いも ので5ヵ月滞留（漁村総研 2010）

高知沖の 13 号ブイにおけるカツオの月別漁獲量（H21～30 年）を表 e-(1)-17 に、既往知見による高知沖の浮魚礁における蝟集魚の種類を表 e-(1)-18 に示す。

13 号ブイでの漁獲量は年によって異なるものの、年間平均で 280 トンのカツオが漁獲されている。仮に漁獲率を 0.4 と仮定すると、年間 701 トン/基が蝟集していることが想定される。また、高知沖の浮魚礁に蝟集する魚種としては、カツオ類の他、マグロ類では、キハダ幼魚、クロマグロ幼魚、メバチ幼魚であり、シイラ、カマスサワラ、ツムブリ等の 20 種が挙げられている。

表 e-(1)-17 黒牧 13 号ブイにおけるカツオの月別漁獲量 (H21~30 年)

暦年	13号ブイにおける月別カツオ漁獲量 (kg)												合計
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
H21	12,228	31,278	55,259	16,398	33,188	57,573	55,691	59,917	34,295	28,370	52,991	21,047	458,235
H22	3,651	10,696	395	939	616	2,476	20,181	12,668	7,244	7,771	1,375	7,800	75,812
H23	51,362	46,497	29,390	6,014	5,308	4,309	6,870	7,468	3,643	137	20	0	161,018
H24	6,815	40,157	46,246	6,027	110	112	14,168	37,842	32,929	11,795	1,523	10,710	208,434
H25	71,334	81,097	75,531	2,338	13,367	29,748	128,830	48,834	37,756	9,010	1,013	196	499,054
H26	58	30,858	24,087	2,691	3,895	44,936	25,514	43,509	48,520	1,704	34	5,054	230,860
H27	70,274	74,013	56,681	16,133	5,241	8,106	17,772	3,906	17,675	6,366	3	2,936	279,106
H28	21,652	34,847	9,657	14,560	8,345	21,160	9,075	6,100	8,027	1,387	9,349	79,746	223,905
H29	23,247	40,348	51,491	5,689	56,236	76,439	1,831	21,236	985	574	534	126	278,736
H30	107,825	159,650	47,853	16,228	20,029	10,443	3,085	4,729	6,158	10,816	59	1,167	388,042
10年平均	36,845	54,944	39,659	8,702	14,634	25,530	28,302	24,621	19,723	7,793	6,690	12,878	280,320

表 e-(1)-18 既往知見による高知沖の浮魚礁における蛸集魚の種類

種別	出現種	備考
文献情報	20種：カツオ、キハダ幼魚、クロマグロ幼魚（よこわ）、メバチ幼魚、シイラ、カマスサワラ、ツムブリ、ヒラマサ、シマアジ、ギンガメアジ、ムロアジ、サバ、マイワシ、ウルメイワシ、イシダイ、イシガキダイ、イスズミ、ウスバハギ、オヤビッチャ、ブリモドキ	上岡他：土佐黒潮牧場1号の魚群蛸集効果、水産海洋研究会報、第52巻、1号、1988.

現地調査による高知沖の浮魚礁における蛸集魚の種類とカツオの蛸集範囲について表 e-(1)-19~20 に示す。

浮魚礁での曳き縄釣りおよび水中カメラの映像では、カツオ、シイラ、キハダ、ツムブリ、ホシカイワリ、カマスサワラの6種が確認された。また、流し網による浮魚礁周辺の海面付近では、マイワシ、ウルメイワシ、マサバ、オアカムロアジ、トビウオ、ハリセンボン、マルソウダの7種が確認されている。なお、環境DNA調査においては、蛸集範囲が不明であるものの、カツオ、シイラ、キハダをはじめとする44魚種が確認された。

本調査で実施した計量魚探調査結果では、浮魚礁への蛸集魚としてカツオを中心とした大型魚類について1航走(6km)あたりの蛸集量は、最大1700尾、3300kgと推定された。蛸集範囲については、浮魚礁から最大3900mであり、群れが密集している場合には200m以内に形成される場合もあった。水深方向には16~100m以浅であった。なお浅い水深については振動子の設置水深の関係でこれより浅いのデータが測得できないことによる。

一方、カツオへの標識放流の結果では0歳魚では1~30m、1歳魚では、1~40mを遊泳していた。蛸集範囲は浮魚礁から400m(誤差±200m)であった。滞留期間は0歳魚で最長4日、1歳魚で半日であった。また、浮魚礁からの離脱時刻については、明瞭な日周期性は認められず、日出~日中で多い結果となった。

カツオの漁業情報についてヒアリングした結果では、浮魚礁の潮上数100mに蛸集することが多く、潮流が弱い場合には2~3マイルまで広がるとされている。

表 e-(1)-19 高知沖の浮魚礁における鯖集魚の種類

種別	出現種	備考
現地調査 (曳き縄釣り ・水中カメラ)	6種：カツオ、シイラ、キハダ、ツムブリ、ホシカイワリ、カマスサワラ	浮魚礁近傍
現地調査 (流し網)	7種：マイワシ、ウルメイワシ、マサバ、オアカムロアジ、トビウオ、ハリセンボン、マルソウダ	浮魚礁周辺の海面 付近の魚類
現地調査 (環境DNA)	44種：オナガザメ科、ツノザメ科、ウルメイワシ、カタクチイワシ、ハダカイワシ科、ヨコエソ科、ボラ科、マカジキ科、スズキ、マハタ、ツムブリ、カンパチ、カイワリ、ハチビキ、アオダイ、クロダイ、マダイ、キダイ、メダイ、メバル属、オヤビッチャ、ゴマサバ、マサバ、ヒラソウダ、マルソウダ、コシナガ、ハガツオ、マグロ属、メパチ、カツオ、スマ等、バンドウイカ	環境水中のDNAから種を判別。浮魚礁からの距離が不明であるため、参考データ

表 e-(1)-20 高知沖の浮魚礁におけるカツオ類の鯖集範囲

	計量魚探調査	標識放流	漁業情報
対象	カツオ・シイラ・ムロアジ・カマスサワラ	カツオ0歳、1歳魚 ※黒潮離岸時、流速40 c m/s	カツオ ※聞き取り
鯖集量	浮魚礁で観測されたカツオ等の大型魚の鯖集量は1航走(6 km)あたりの鯖集量は最大1,700尾、3,300kg		
鯖集範囲 (水平方向)	鯖集範囲：0～3,900m 密集時：200m以内 低密度時：3,900m以内	0歳魚：0～400 (±200) m	潮上数100mに鯖集することが多い。潮流が弱いと2～3マイルまで広がる
鯖集範囲 (水深方向)	水深16～100m	0歳魚：1～30m 1歳魚：1～40m	水深20～30mが良く釣れる。50m以深のカツオは釣れにくい
滞留期間		0歳魚：最長4日(90時間) 1歳魚：最長半日(12時間)	
浮魚礁からの離脱	昼間と夜間で群れの大きさが異なるため個体単位で出入りをしているものと思われる。	明瞭な日周期性は認められず浮魚礁からの離脱時刻は日の出～日中で多い	近傍にイルカやサメが出現すると釣れなくなる

既往知見及び現地調査をふまえた高知沖の浮魚礁における分布パターンを図 e-(1)-38 に示す。

黒潮牧場における鯖集魚の分布パターンについては、上岡ら(1988)による潜水目視観察や釣獲試験結果に基づいてとりまとめた結果に、本調査の結果を追記したものである。魚類の鯖集は水平・鉛直方向への分布により4パターンに区別されている。カツオはⅢ型に分類された。また、カツオの餌料と考えられるアジ・サバ・イワシ類等の多獲性魚類については、カツオよりも更に広範囲に分布していると考えられる。

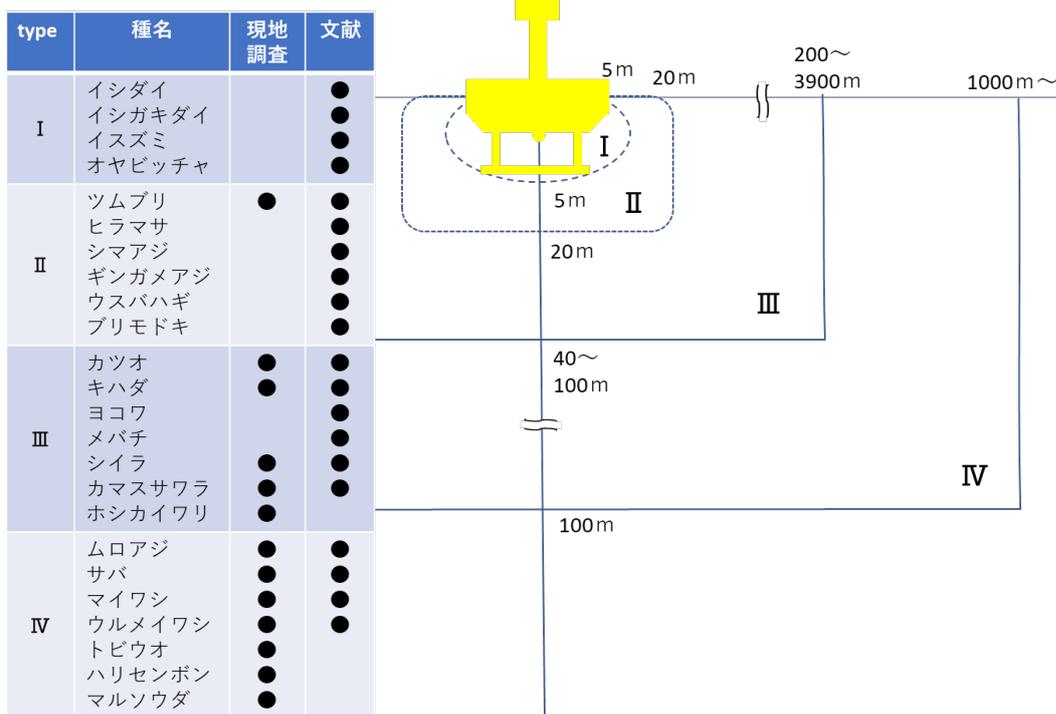


図 e-(1)-38 高知沖の浮魚礁における鯖集魚の分布パターン

出典：上岡一兄他：土佐黒潮牧場 1 号の魚群鯖集効果、水産海洋研究会報第 52 巻 1 号（1988）を改変

3)-3 高知沖の浮魚礁におけるカツオの増殖・増肉効果

高知沖の浮魚礁におけるカツオの増殖・増肉効果に関するまとめを図 e-(1)-39 に示した。

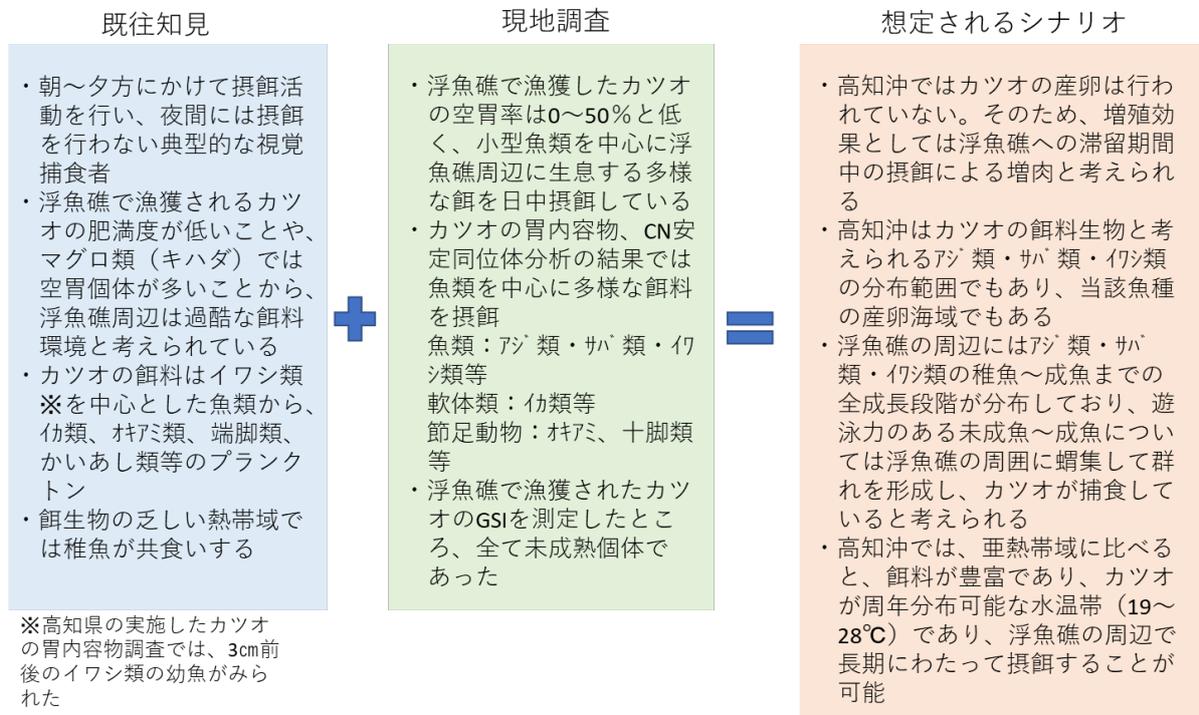


図 e-(1)-39 高知沖におけるカツオの増殖・増肉効果に関するまとめ

<既往知見>

- カツオは、朝～夕方にかけて摂餌活動を行い、夜間には摂餌を行わない典型的な視覚捕食者。
- カツオの餌料はイワシ類を中心とした魚類から、イカ類、オキアミ類、端脚類、かいあし類等のプランクトン。

<現地調査>

- 浮魚礁で漁獲したカツオの空胃率は0～50%と低く、浮魚礁周辺に生息している小型魚類（アジ・サバ・イワシ類等）をはじめ、イカ類等の軟体動物やオキアミ、十脚類等の節足動物等の多様な餌料を摂餌している。
- 浮魚礁に蟄集するカツオのGSIを測定したところ、全て未成熟個体であった。

<想定されるシナリオ>

- カツオは、浮魚礁に滞留している間、餌生物を捕食し、増殖していると考えられる。
- 高知沖の海域は、アジ・サバ・イワシ類等の小型魚が周年分布しており、カツオの餌料環境としては良好な海域であり、浮魚礁周辺では、これらの小型魚類が蟄集しているものと考えられた。

既往知見におけるカツオの摂餌生態に関するまとめを表 e-(1)-21 に示す。

カツオの食性については、魚類を含めた雑食性と考えられている。また、カツオは視覚捕食者のため、摂餌は日中に行われると考えられている。浮魚礁周辺ではカツオの肥満度が低いことや、マグロ類では、空胃個体が多いことから、餌生物が少ないものと考えられている。

表 e-(1)-21 既往知見におけるカツオの摂餌生態に関するまとめ

	対象	内容
食性	カツオの餌生物	<ul style="list-style-type: none"> ・餌生物の乏しい熱帯域では、カツオは自分よりも小型の個体を共食いする(二平、2009) ・イワシ類を中心とした魚類、イカ類、オキアミ類、端脚類、かいあし類等のプランクトン等の多様な餌料を摂餌する
摂餌生態	カツオ仔魚～成魚	<ul style="list-style-type: none"> ・朝～夕方にかけて摂餌活動を行い、夜間には摂餌を行わない典型的な視覚捕食者と考えられている(田辺 2002) ・摂餌には朝方と夕方に2つのピークがみられ、餌生物の日周鉛直移動と関連する(魚類学(下))
浮魚礁での摂餌	カツオマグロ類(キハダ)	<ul style="list-style-type: none"> ・沖縄県の浮魚礁周辺で漁獲されるカツオの肥満度が低い。 ・沖縄県の浮魚礁周辺で漁獲されるキハダに空胃個体が多い。 ・浮魚礁周辺は過酷な餌料環境であることが予想される(漁村総研、2010)

現地調査による増殖・増肉効果について表 e-(1)-22 に示す。

植物プランクトンでは、珪藻綱が優占しており、黒潮接岸時に比べて、離岸時の春季には、細胞数が多くなる傾向がみられた。動物プランクトンはカイアシ類が優占しており、出現量は表層が中層よりも多かった。また、黒潮の離接岸による明確な差はみられなかった。

卵稚仔では、黒潮接岸時にはスズキ目(ソウダガツオ属、アジ、サバ等)がやや多く、離岸時にはニシン目(カタクチイワシ)が多かった。

餌料生物調査として、流し網による調査の結果、春季ではマイワシ、トビウオ、ムロアジ、サバ類が、秋季にはウルメイワシ、サバ類が採捕された。また、これらの群れは夜間には水深40m以浅で確認された。

浮魚礁での漁獲調査の結果、カツオは0歳魚と1歳魚(未成魚)が漁獲の主体であり、GSIの結果より高知沖で産卵している可能性は低いことが示唆された。また、カツオの浮魚礁の空胃個体の割合は最大でも50%程度であり、浮魚礁周辺で摂餌していることが示唆された。また、胃内容物の結果から、黒潮の離接岸にかかわらず、魚類の利用が多かった。一方で離岸時には、魚類の他に節足動物(十脚目、オキアミ類)、軟体動物(イカ類)など多様な餌料を利用していた。また、CN安定同位体分析の結果から、カツオの食物網として、小型魚類(マイワシ、カタクチイワシ、マサバ、ゴマサバ)が考えられた。

表 e-(1)-22 高知沖の浮魚礁における増殖・増肉効果（現地調査まとめ）

調査項目	解析内容		調査結果まとめ
プランクトン調査	種	植プラ：細胞数	<ul style="list-style-type: none"> ・春季は黒潮接岸時に比べて離岸時に細胞数が多い傾向 ・秋季は黒潮接岸時と離岸時で明確な差はみられない ・春・秋季ともに珪藻綱が優占
		動プラ：個体数	<ul style="list-style-type: none"> ・春季・秋季ともに黒潮の離接岸による明確な差はみられない ・春・秋季ともにかいあし類が優占 ・出現量は表層>中層
卵稚仔調査	卵：種	個体数	<ul style="list-style-type: none"> ・黒潮接岸時と離岸時で明確な差はみられない ・個体数：春季>秋季
	稚仔：種	個体数・サイズ	<ul style="list-style-type: none"> ・黒潮接岸時にはスギ目（ソウダガツオ属、アジ、サバ等）の個体数がやや多く、離岸時にはニシ目（カクイワシ）の個体数が多い ・サイズは0.9～28.5mm

調査項目	解析内容	調査結果まとめ
餌魚類調査 （流し網調査）	<ul style="list-style-type: none"> ・魚種 ・群れの形成状況（エコーグラム） 	<p>R2d（9号ブイで実施）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・春季はマイワシ、トビウオ、ムロアジ、サバ類 ・秋季はウルメイワシ、サバ類を採捕 ・夜間の群れは水深20～40mに形成されていた <p>R3d（13号ブイで実施）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・春季にトビウオが僅かに出現した。 ・夜間の群れは水深10m以浅に僅かにみられた
漁獲調査	<ul style="list-style-type: none"> ・全長・体重 ・カツオ胃内容物（胃充満度・IRI） ・生殖腺重量（GSI） ・CN安定同位体分析 	<ul style="list-style-type: none"> ・カツオは0歳魚と1歳魚（未成魚）が漁獲の主体 ・GSIの結果より高知沖での産卵の可能性は低い ・カツオの浮魚礁での空胃個体の割合はR1：0～10%、R2：0%、R3：50%であり、浮魚礁周辺で摂餌していることが示唆された。 ・カツオの胃内容物から、%IRIは接岸時・離岸時ともに魚類が高かった。離岸時には魚類の他に、節足動物（十脚目、オキアミ目）、軟体動物（イソ類等）の多様な餌料を利用 ・安定同位体分析の結果から、カツオの食物網として小型魚類（マイワシ、カクイワシ、サバ、ゴマサバ）が考えられた ・安定同位体分析の結果、年度によってN15の値が異なっており、R2dの春季は高知沖の越冬群、秋季は下りカツオ、R3dの春季は亜熱帯域からの移動の可能性が示唆された

高知沖のカツオの増殖シナリオについて図 e-(1)-36 に、カツオの餌料と考えられる魚類の漁業情報を表 e-(1)-23 に示す。

高知沖の浮魚礁における群れの形成パターンとして、春季は黒潮流路に沿って、亜熱帯域からの上りカツオと、高知沖で越冬したカツオの2群が存在するものと考えられる。また、秋季には三陸沖からの下りカツオが主群を形成すると考えられる。また、浮魚礁での漁獲は春季と秋季の2つのピークがあることから、主群の移動は各時期と考えられるが、冬～春の高知沖での越冬個体に加え、周年高知沖で漁獲されることから、海域に留まる群れも存在するものと思われる。

また、カツオの浮魚礁での摂餌生態として、0～1歳魚を主体とし、浮魚礁周辺に滞留している間は、周辺に分布する餌生物を捕食するものと考えられる。また滞留期間は最大4日程度と短いため、1個体あたりの増肉量は僅かと考えられる。一方で群れとしては相当量が浮魚礁を拠点に滞留し、その間は摂餌して増肉すると考えられる。高知沖はカツオの餌料生物と考えられるアジ類・サバ類・イワシ類の分布範囲でもあり、当該魚種の産卵海域でもある。そのため、浮魚礁の周辺には、これらの稚魚～成魚までの成長段階が周年分布しており、遊泳力のある未成魚～成魚については、浮魚礁の周囲に蟄集して群れを形成し、カツオは日中これらを摂餌して増肉しているものと考えられる。

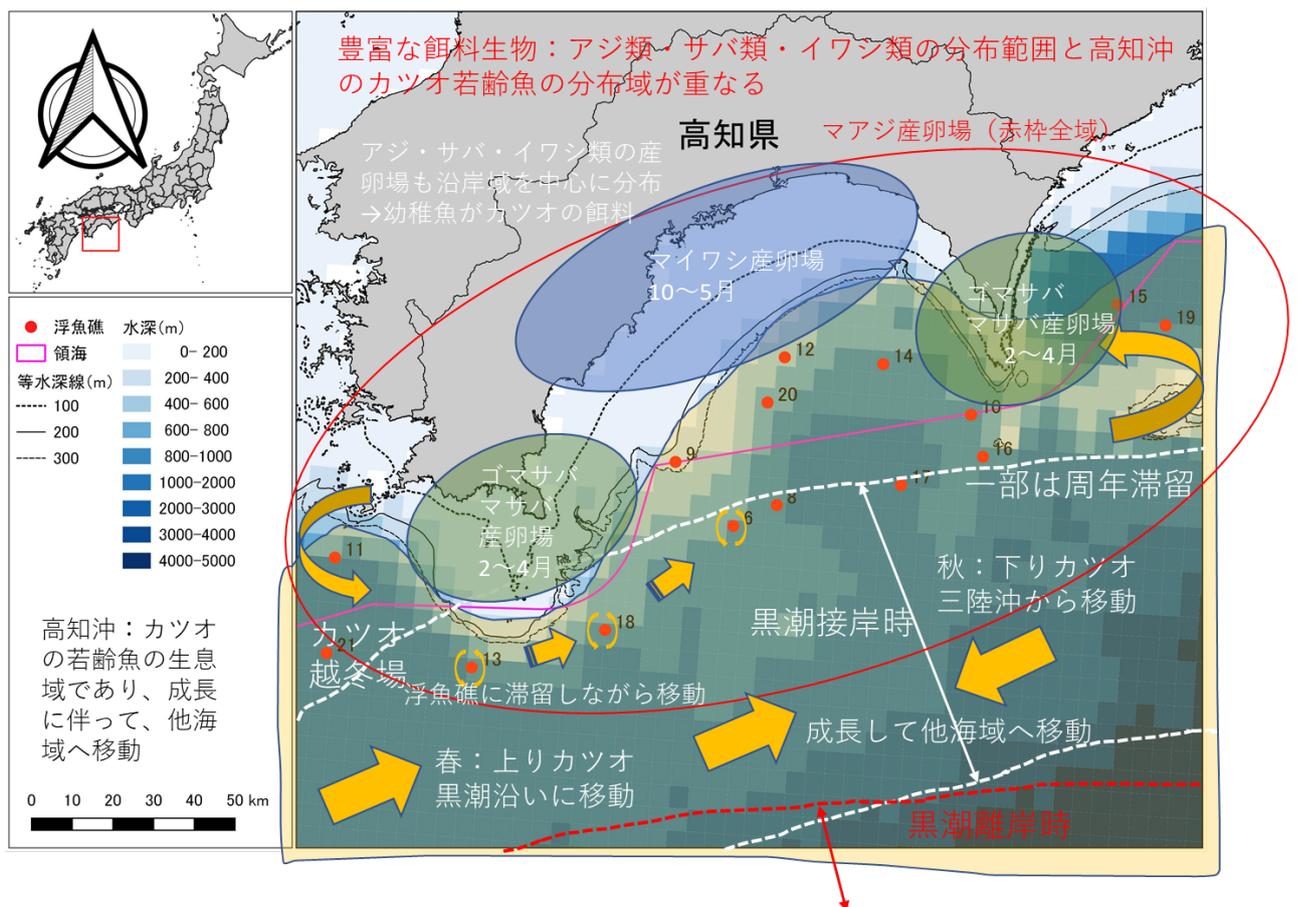


図 e-(1)-40 高知沖のカツオの増殖シナリオ

表 e-(1)-23 高知県におけるカツオの餌料と考えられる魚類の漁業情報

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
アジ類	マアジ 漁期 産卵期												
サバ類	ゴマサバ 漁期 産卵期												
	マサバ 漁期 産卵期												
イワシ類	ウルメイワシ 漁期 産卵期												
	カタクチイワシ 漁期 産卵期												
	マイワシ 漁期 産卵期												
	しらす（稚仔魚） 漁期												

出典：高知県水産試験場、高知県海域における漁海況と主要魚種の資源生態（平成29年3月）

(2) 検討会の設置

事業計画ならびに調査・検討結果等について専門分野の知見を有する学識経験者を委員とする検討会を開催した。また、本業務の課題や問題点について解決策を提示し、その結果を本年度の成果として、取りまとめた。

第1回検討会は令和3年7月26日に、第2回検討委員会は令和4年1月14日に開催した。

1) 第1回

日時：令和3年7月26日（月）10：00～12：00

場所：アーバンネット神田カンファレンス（対面・WEB併用）

出席者（委員のみ）：中田委員長、中泉委員、岩田委員、阪地委員

配布資料：

議事次第、出席者名簿、配席表

資料1 令和2年度調査結果概要

資料2 令和3年度 調査計画及び実施方針

資料3 令和3年度 高知県沖における浮魚礁に係る現地調査結果（速報）

参考資料1 令和2年度第2回検討委員会の指摘と対応

議事：

- ①令和2年度の調査結果概要について
- ②令和3年度 調査計画及び実施方針について
- ③令和3年度 高知県沖における浮魚礁に係る現地調査結果について

2) 第 2 回

日時：令和 4 年 1 月 14 日（金）14：00～16:00

場所：アーバンネット神田カンファレンス（対面）

出席者（委員のみ）：中田委員長、中泉委員、岩田委員、阪地委員

配布資料：

議事次第、出席者名簿、配席表

資料 1 令和 3 年度第 1 回検討委員会の指摘と対応

資料 2 高知県沖における浮魚礁に係る現地調査結果

資料 3 現地調査結果を踏まえた浮魚礁における蛸集・増殖効果のまとめ

資料 4 令和 3 年度 仕様書（案）について

議事：

- ①令和 3 年度第 1 回検討委員会の指摘と対応
- ②高知県沖における浮魚礁に係る現地調査結果について
- ③現地調査結果を踏まえた浮魚礁における蛸集・増殖効果のまとめ
- ④令和 4 年度 調査計画及び実施方針について



図 e-(2)-1 第2回検討会（対面）の開催状況



図 e-(2)-2 中田委員長による議事進行



図 e-(2)-3 水産庁との意見交換

f. 今後の課題

既往知見や現地調査により、浮魚礁の立地する高知沖では海域全体にカツオ若齢魚が生息しており、それらの一部が移動・回遊の過程で浮魚礁に滞留し、摂餌していることが明らかとなった。

これまでの調査においてカツオの主たる餌料生物である魚類のうちアジ類・サバ類・イワシ類の未成魚～成魚は浮魚礁に蟄集していると考えられ、浮魚礁に蟄集したカツオ類は日中これらを捕食しているものと推察される。また、成長したカツオは、他海域へと移動するため、高知沖では産卵は行われていない。周年海域に留まる群れでは、移動の過程で、浮魚礁に複数回滞留して摂餌することも考えられる。

なお、増殖を目的とした浮魚礁整備の有効性を明らかにするためには、浮魚礁に蟄集・滞留するカツオがどの程度増殖するのかを定量的に明らかにすることが重要であり、そのためには特に、浮魚礁があることによるカツオの餌場効果（カツオの摂餌量の増加効果）を把握することが必要である。このため、次年度以降は、カツオの摂餌量の定量化に向けた以下の調査の実施が考えられる。

- ・浮魚礁周辺におけるカツオの餌料生物分布の把握と分布量、分布範囲の定量化
- ・浮魚礁周辺におけるカツオ以外のマグロ類等の大型魚類の蟄集と餌料生物分布に関する既往知見を含めた再整理