

I 調査課題名

平成 23 年度水産基盤整備調査委託事業
湧昇マウンド礁整備による漁業生産活動に
及ぼす影響把握調査

II 実施機関、担当者名

財団法人 漁港漁場漁村技術研究所 伊藤靖、松本卓也、三浦浩、田中浩生
株式会社 シャトー海洋調査 吉田司、中村憲司、芝修一、當舎親典、吉川彰

III 実施年度 平成 23 年度

IV 背景

昨今の我が国水産業をめぐっては、沖合漁業の漁獲量が急激に減少する中、世界的な水産物需給の逼迫等を背景に沖合海域の漁場整備の推進が喫緊の課題となっている。このため、近年、保護礁、高層魚礁、湧昇マウンド礁といった保護・育成を目的とした漁場整備が、沖合域において展開されている。その中でも湧昇マウンド礁は、水産資源を蟠集するのみならず、栄養塩の豊富な底層水を湧昇させて海域の基礎生産力を上げ、水産資源の増大を図る増殖機能を持つ施設として注目され、近年その整備が各地で進められている。

湧昇マウンド礁の効果を持続的に発現させるためには、資源保護に向けた利用上の調整が円滑に行われることが重要。そのため、既存の湧昇マウンド礁を対象に調査を行い、それらの効果を持続させる上での問題点を把握するとともに、隠岐海峡地区において湧昇マウンド礁を整備する場合に実施する資源保護措置等の有効性を確認し、それを踏まえた費用対効果分析を行うことが必要である。

V 目的

隠岐海峡での整備効果を確認するため、長崎県(生月島沖、五島西、対馬沖、宇久北)と鹿児島県(阿久根沖)で整備された既設湧昇マウンド礁における、海域環境情報、操業実態、漁獲データを調査し、それらを踏まえ、その費用対効果を算出する。

VI 調査内容

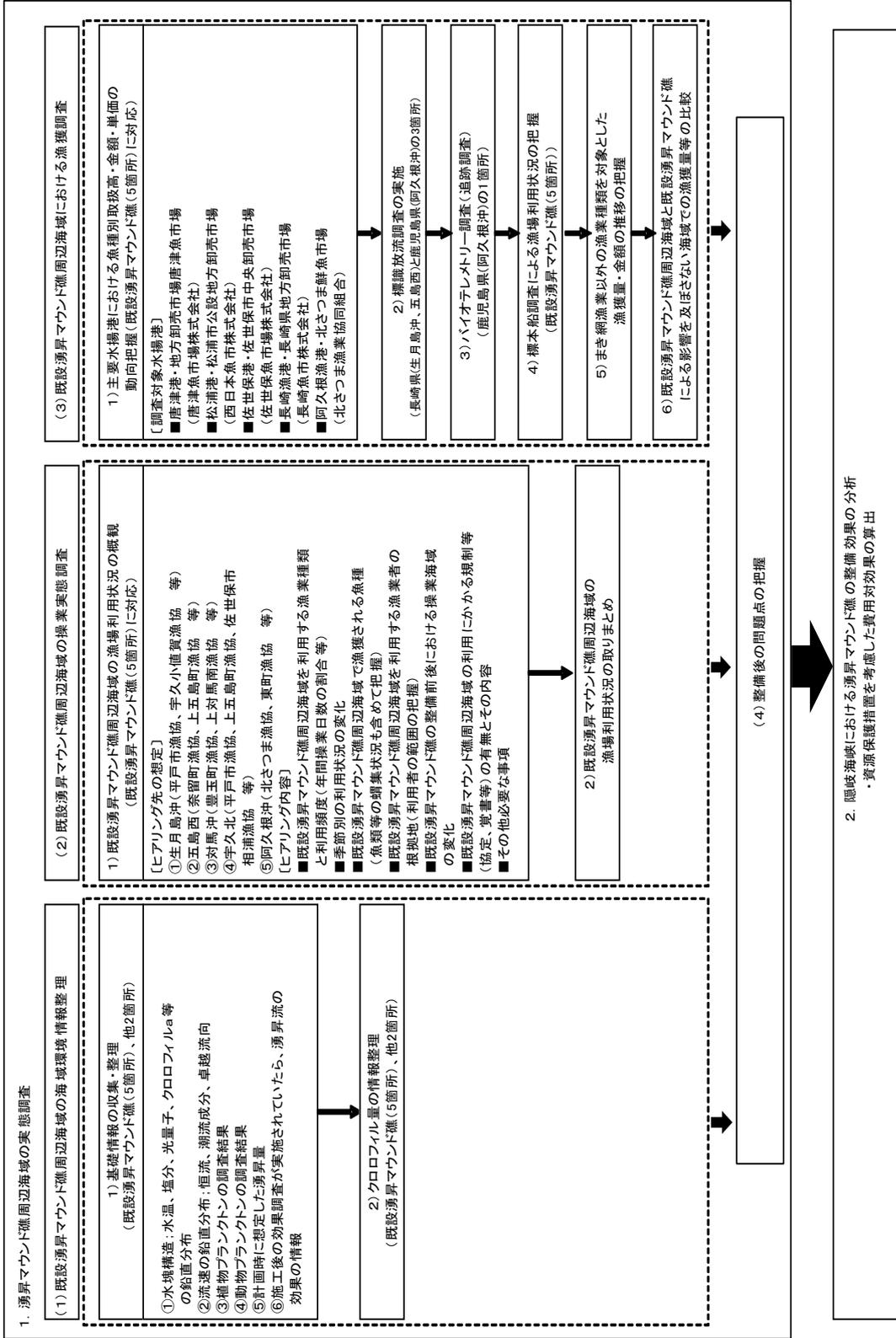


図 1 調査フロー

1. 湧昇マウンド礁周辺海域の実態調査

(1) 既設湧昇マウンド礁周辺海域の海域環境情報整理（海域環境情報調査）

既設湧昇マウンド礁と今後の整備予定地区の隠岐海峡等（日本海西部海域の予定箇所を対象とする）および五島西方沖直轄特定漁港漁場整備事業周辺海域における海域環境情報（クロロフィル量、主要資源の生息状況、操業状況等）を収集・整理する。

操業状況については、「(2) 既設湧昇マウンド礁周辺海域の操業実態調査」において収集整理する。

まず、各マウンド礁の計画時に調査した物理環境や期待した湧昇量、主要魚種、漁獲方法などを整理し、既設マウンド礁のクロロフィル a 量の増大効果を衛星画像から抽出する。想定される流動や水塊構造と衛星画像から得たクロロフィル a の増大範囲や増大量を比較し、湧昇マウンド礁の効果に物理的な解釈を加える。また、漁業者へのヒアリング調査時の参考資料とする。具体的な内容を以下に示す。

1) 基礎情報の収集・整理

既往の湧昇マウンド礁の計画時の調査結果、施工時の物理環境データ、施工後の効果調査結果を整理し、各湧昇マウンド礁の海域環境情報を整理する。

具体的な調査項目は以下のとおりである。

- ①水塊構造；水温、塩分、光量子、クロロフィル a 等の鉛直分布
- ②流動構造；流速の鉛直分布、恒流・潮流成分、卓越流向
- ③植物プランクトンの分布調査結果
- ④動物プランクトンの分布調査結果
- ⑤計画時に想定した湧昇量（鉛直混合の度合い）
- ⑥施工後の効果調査がある場合は湧昇流の効果に関する情報

2) クロロフィル a 濃度の情報整理

湧昇マウンド礁は、底層の栄養塩を上層に湧昇させることで海域の生産力を上昇させる。したがって、秋から春の鉛直混合が盛んな時期は生物生産機能の向上への効果は小さいが、春から秋の日射によって表層付近が暖められ成層する時期には、マウンド礁で強制的に上下混合させることで栄養塩の枯渇した上層に下層の栄養塩を供給することで、植物プランクトンが増殖し大きな生物生産効果をもたらす。

これまでの調査結果では、夏季の海洋構造は水深 30~40m に密度躍層が発達し、上層では植物プランクトンに栄養塩が消費されている。躍層のすぐ下の光の補償深度より浅い水深帯にクロロフィル a 濃度がピークとなる。湧昇マウンド礁による湧昇効果は、底層の流れがマウンド礁を乗り越える際に発生する内部波による上下層の水平流速の

鉛直方向シア（水平流速の分布が鉛直方向に差が生じること）による鉛直混合、あるいはこの際に下層水が連行されることによる鉛直混合などが考えられている（中山ら、2010）。これらの栄養塩濃度の高い下層水が上層水と混合することと、数mから数十mの波高になる内部波が下層の栄養塩を有光層に運ぶことで、光の補償深度より浅い層でクロロフィルa濃度が増大することが推察されている。

広範囲のクロロフィル a 濃度を把握するには人工衛星による画像解析が使用されている。MF21の技術資料では、湧昇マウンドの施工前後（概ね10年程度）のクロロフィルaの衛星画像データを比較し、14km四方の海域が周辺海域に比べ明らかにクロロフィルa濃度が高いことを明らかにした。しかしながら、クロロフィルaの画像は海面輝度データを用いて算出するため雲があると判別できない。MODIS（Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer）のデータでは概ね1日1シーンのデータが入手できるが、雲のない画像は年間で十数枚しかとれない。クロロフィルaの比較をする場合、少なくとも同じ時期の施工前後の画像を比較する必要がある。そこで、本調査では対象海域で雲の少ない画像を出来るだけ選び、雲やノイズをとるための適切な処理の方法（情報エントロピー理論等）を検討し、周辺よりクロロフィル濃度の高い領域を抽出する。類似した試みは東北大学で海面水温情報に対して実施し、周辺海域より表面水温が低い領域の抽出に成功している（桑原ら、2009）。湧昇マウンド礁の効果は海水温の低下まで期待できそうにないため、今回のクロロフィルa濃度の差を求める作業が重要となる。本調査で評価手法を構築し、クロロフィルa濃度の増加量から、基礎生産量や回遊性魚類増加生産量の推定し、資源増殖効果を算定する。

(2) 既設湧昇マウンド礁周辺海域の操業実態調査（ヒアリング調査）

既設湧昇マウンド礁周辺海域で操業する漁業者に対し、湧昇マウンド礁周辺海域の操業実態について現地踏査・ヒアリング等を行う。

1) 既設湧昇マウンド礁周辺海域の漁場利用状況の概観（漁獲状況調査）

長崎県及び鹿児島県における既設湧昇マウンド礁周辺海域の漁場利用状況を巨視的に把握すべく、各海域の利用度が高いと推察される地域の漁協等、漁業関係者にヒアリングを実施し、当該海域の漁場利用状況を概観する。主要な利用主体は中小型まき網漁業と考えられることから、中小型まき網漁業経営体が所属する以下の漁協をヒアリング先として想定する。

〔ヒアリング先の想定〕

- ①生月島沖（平戸市漁協、宇久小値賀漁協 等）
- ②五島西（奈留町漁協、上五島町漁協 等）
- ③対馬沖（豊玉町漁協、上対馬南漁協 等）
- ④宇久北（平戸市漁協、上五島町漁協、佐世保市相浦漁協 等）
- ⑤阿久根沖（北さつま漁協、東町漁協 等）

[ヒアリング内容]

- 既設湧昇マウンド礁周辺海域を利用する漁業種類と利用頻度（年間操業日数の割合等）
- 季節別の利用状況の変化
- 既設湧昇マウンド礁周辺海域で漁獲される魚種（魚類等の蛸集状況も含めて把握）
- 既設湧昇マウンド礁周辺海域を利用する漁業者の根拠地（利用者の範囲の把握）
- 既設湧昇マウンド礁の整備前後における操業海域の変化
- 既設湧昇マウンド礁周辺海域の利用にかかる規制等（協定、覚書等）の有無とその内容
- その他必要な事項

2) 既設湧昇マウンド礁周辺海域の漁場利用状況の取りまとめ

上記の調査結果に基づき、各既設湧昇マウンド礁の周辺海域における漁場利用状況を漁場利用図として取りまとめる。上記（1）で作成したクロロフィル a の増加範囲と対照させて、漁場機能の向上効果を判定する。

(3) 既設湧昇マウンド礁周辺海域における漁獲調査

既設湧昇マウンド礁周辺海域で営まれる主要漁法について、以下の必要な調査を実施し、漁獲量等について、付近海域と他の海域との比較を行う。

必要な調査の実施にあたっては、調査対象となる既設湧昇マウンド礁の利用実態等を踏まえ、標本船調査や周辺の定置網の漁獲量調査など、既設湧昇マウンド礁の増殖機能が周辺海域の漁業生産活動に及ぼす影響が適切に把握されるよう、調査手法を計画する。

図2に既設湧昇マウンド礁周辺海域における漁獲調査の全体像を示す。まず、マアジのバイオテレメトリー（追跡）調査を行い、マアジの湧昇マウンド礁の滞留期間、滞留範囲の確認を行う。さらに、マアジの標識漂流調査、標本船調査、水揚げ港における聞き取り調査等を行い湧昇マウンド礁が及ぼす漁業生産活動とその影響範囲などの効果を把握する。

以降に、具体的な調査内容を示す。

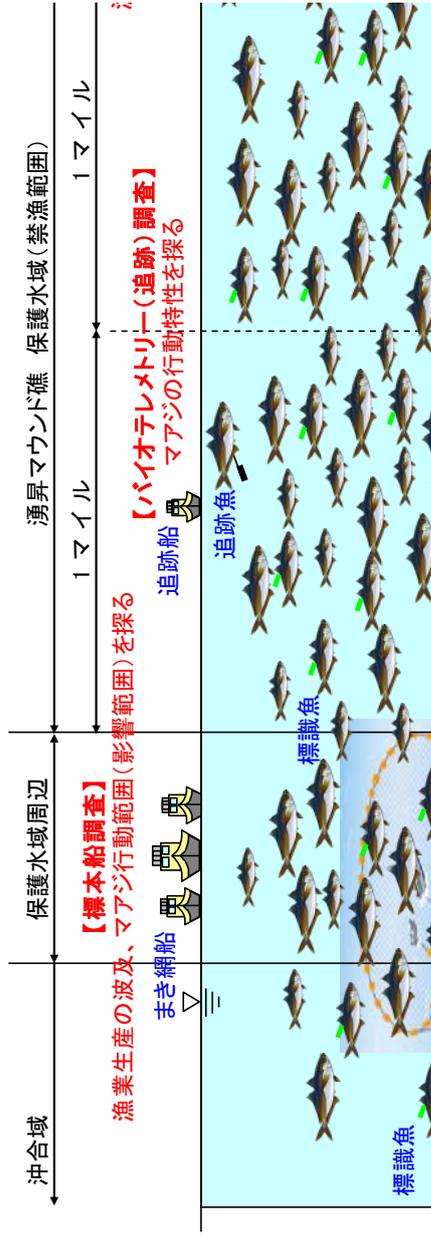


図2 既設湧昇マウンド礁周辺海域における漁獲調査（現地調査）全体像

1) 主要水揚港における魚種別取扱高・金額・単価の動向把握

既設湧昇マウンド礁周辺海域の主な利用主体となる中小型まき網漁業の水揚港は、九州北西部の主要港数港に限定される。よって、これらの水揚港における魚種別取扱動向を把握し、既設湧昇マウンド礁に関連する魚種の漁獲動向を整理する。

〔調査対象水揚港〕

- 唐津港・地方卸売市場唐津魚市場（唐津魚市場株式会社）
- 松浦港・松浦市公設地方卸売市場（西日本魚市株式会社）
- 佐世保港・佐世保市中央卸売市場（佐世保魚市場株式会社）
- 長崎漁港・長崎県地方卸売市場（長崎魚市株式会社）
- 阿久根漁港・北さつま鮮魚市場（北さつま漁業協同組合）

2) 標識放流調査の実施

①実施日

調査の実施日の一覧を表1に示す。

7月25日に生月島沖湧昇マウンド礁で4,494尾、8月9日に五島西沖湧昇マウンド魚礁で4,191尾のマアジの標識放流を行った。

表1 標識放流の実施日および放流尾数

放流場所	放流日	供試魚の入手	放流尾数(尾)		全長(cm)	体長(cm)	湿重量(g)
生月島沖湧昇マウンド魚礁	7月25日	定置網	2,571	計4,494	21.2±1.7	18.2±1.5	87±27
		買い上げ	1,923		25.1±1.7	21.5±1.4	140±23
五島西沖湧昇マウンド魚礁	8月9日	定置網	4,191		21.7±1.5	18.7±1.2	78±16

注) 測定結果は、平均±SDを示す。

測定尾数：生月島定置網24尾、買い上げ11尾、久賀島定置網23尾

測定には、作業中の死亡等により、放流に用いなかった個体を用いた。

②放流場所

放流は、長崎県生月島沖湧昇マウンド魚礁および五島西沖湧昇マウンド魚礁で行った(図3参照)。



図3 調査地点

③調査方法

供試魚（マアジ）については、事前に地元の定置網により漁獲された個体を生月島および久賀島の漁港内の生け簀に放流日まで蓄養した。なお、生月島では放流当日までの漁獲尾数が少なかったため、平戸島で蓄養されていたマアジを買い上げ、放流に用いた。

供試魚への標識の装着は、定置網船を生け簀に横付けし、生け簀からタモ網を用いて供試魚を取り上げ、船上に設置した掛け流しや曝気を行っている水槽に入れ、タグガンを用いて背鰭基部に標識を装着し、標識装着後は定置網の船槽に入れた。輸送トラックについても同様に行った。

標識装着後、定置網船をGPSで誘導し、湧昇マウンド魚礁上において、海面からタモ網等を用いて放流した。

標識は赤、黄、緑のスパゲッティタグ（標識部2cm、軸2cm）を用いた（図4）。

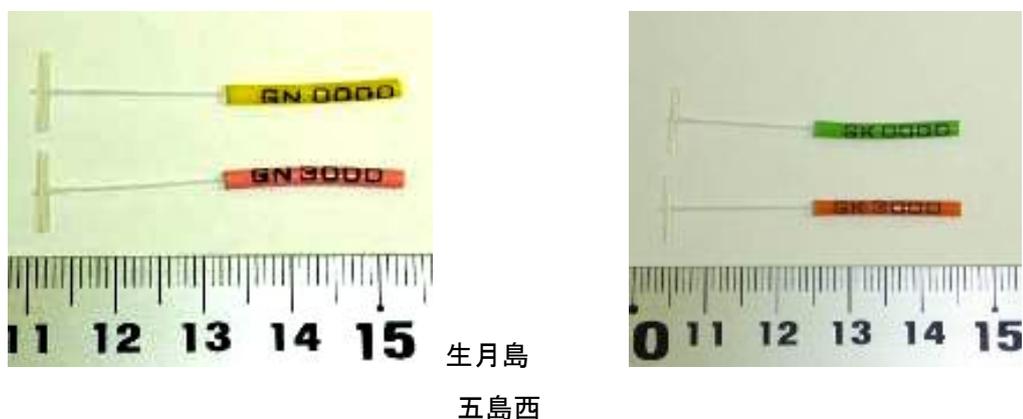


図4 標識放流に用いたスパゲッティタグ



作業船(定置網船)



蓄養生け簀



輸送トラック



輸送トラック



標識装着状況



船槽



GPS・魚探による誘導



放流



標識の装着状況

写真1 生月島における標識放流の作業状況



作業船(定置網船)



蓄養生け簀



標識装着状況



船槽



GPSによる誘導



放流



放流



放流



標識の装着状況

写真2 五島西における標識放流の作業状況

標識マアジをさがして下さい!!

標識魚

アジ類に標識をつけ、放流する予定です。

標識のついたマアジを漁獲された方は、下記までご連絡をお願いします。ご連絡をして頂いた方には、粗品を差し上げます。

放流時期 : 平成23年6月中旬頃
追跡期間 : 平成24年2月まで

放流場所	スバヅツイタグの色	標識の番号 (スバヅツイを切り出したような形の標識)	
長崎県生月島沖 深茅マウンド産	スバヅツイタグの 黄色、ピンク色	GN0000 ○は4桁の連続番 号を刻印(0000~9999)	
長崎県五島西 深茅マウンド産	スバヅツイタグの 黄緑色、オレンジ色	GN0000 ○は4桁の連続番 号を刻印(0000~9999)	

報告をお願いしたい事項:

- 1) 採捕の年月日と場所(漁法)
- 2) 採捕者の氏名と所属組合
- 3) 標識の色と番号

< 連絡先 >

(財)漁港漁場漁村技術研究所 : 03-5833-3224 (松本、石井)
長崎県北水産業普及指導センター : 0956-25-5902
長崎県五島水産業普及指導センター : 0959-72-2121
長崎県総合水産試験場 : 095-850-6293

図5 標識放流リーフレット

3) 現地調査_バイオテレメトリー調査 (追跡調査) の実施

①実施期間および予定期間

調査の実施期間一覧を表 2 に示す。

表 2 バイオテレメトリー調査の実施期間

項目	調査回	実施期間 (予定期間)	潮汐
1 昼夜 連続	1	5/31 15:11~6/1 8:00, <u>6/1 16:25</u>	5/31~6/1:大潮
	2	6/2 16:46~6/3 8:30, <u>6/4 16:27, 6/5 8:43</u>	6/2~3:大潮
	3	6/4 17:18~6/5 8:00	6/4~5:中潮
3 昼夜 連続	4	7/1 16:24~7/3 21:00 (荒天のため中止)	7/1~2:大潮、7/3:中潮
	5	7/14 17:10~7/17 8:00	7/14~17:大潮
	6	7/27 16:54~7/30 8:00	7/27~28:中潮、 7/29~7/30:大潮

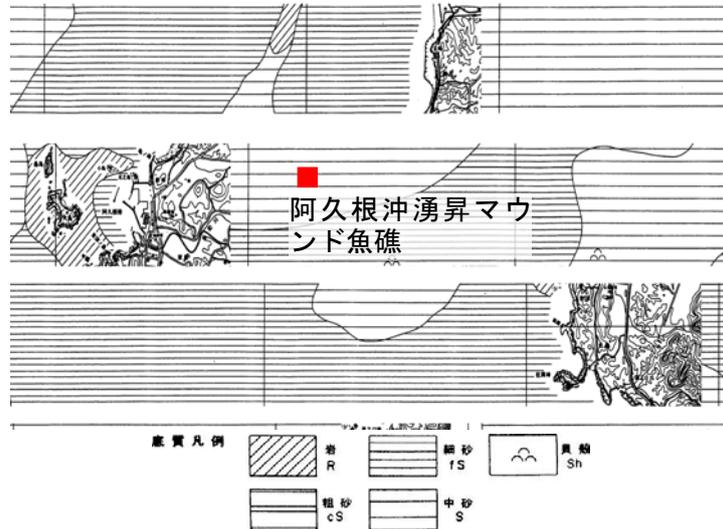
注) アンダーラインについては、連続追跡終了後に追跡個体を確認した時刻を示す。

②調査場所

調査は、鹿児島県 (阿久根沖) の既設湧昇マウンド魚礁 (図 6 参照) および周辺海域で実施した。海上保安庁水路部 (2001) によると湧昇マウンド魚礁周辺の底質は細砂となっており、底質が岩の範囲は岸側にみられる (図 7 参照)。



図 6 調査地点



海上保安庁水路部(2001)より

図7 底質分布

③調査方法

供試魚（マアジ）については、地元漁師に依頼し、阿久根地先の海域において釣により漁獲された個体を蓄養し（写真3参照）、その中から30cm以上の個体を追跡用とし、その他の個体を放流時のお供アジとした。調査に用いた供試魚のサイズおよび放流時の表層水温を表3に示す。

供試魚の放流にあたっては、放流当日に、あらかじめ装着用の紐を取り付けた連続超音波発信機を、手術用針を用いて尻鰭基部に装着した（写真3参照）。

発信機装着後は、30分～1時間程度、船槽において遊泳異常がみられないことを確認した後、無標識のマアジ8～9尾とともに湧昇るマウンド魚礁において放流した（写真3参照）。超音波発信機の仕様を次に示す。

VEMCO 社製：V9P-1H、直径 9mm、長さ 40mm、水中重量 2.7g、空中重量 5.2g、発信間隔 1 秒、周波数 63、75、78kHz の 3 種、水圧センサー装備（水深 200m まで測定可能）、電池寿命約 4 日間



表3 供試魚（マアジ）の全長および放流時の表層水温

項目	調査回	全長 (cm)	表層水温 (°C)
1 昼夜連続	1	36.8	21.5
	2	37.5	22.1
	3	33.8	21.2
3 昼夜連続	4	33.0	24.5
	5	35.4	26.3
	6	31.5	27.8

※陸上水槽での蓄養時の水温は 19°C程度



写真3 供試魚の陸上水槽での蓄養状況(左上)、腹部への装着状況(右上)、発信機装着後の状況(左下)、放流状況(右下)

連続超音波発信機を装着したマアジの追跡は、1素子のハイドロフォンにより指向性を持たせた追跡型受信機 VR100 (VEMCO 社製) と、急激な行動の変化に対応するため 4素子のハイドロフォンにより全周囲のモニターが可能な追跡型受信機 VR28 (VEMCO 社製) を併用し、それぞれの受信機の受信部は、船底以深 (水深 1m 程度) に下げ、調査船の舷に固定した (写真4参照)。



写真4 調査船（左上）、VR100 受信部（中上）、VR100 受信機本体（右上）、
VR28 受信部（中下）、VR28 受信機本体（右下）

4) 標本船調査による漁場利用状況の把握

本調査において、生月島沖、五島西沖、宇久北、対馬沖、阿久根沖の既設湧昇マウンド礁について、当該海域を漁場として利用する中小型まき網船団 2~3 カ統を抽出し、標本船調査を実施する。標本船の抽出にあたっては、前掲表 1 の経営体の分布を参考とし、ヒアリング時に協力依頼を行うほか、長崎県旋網漁業協同組合等の関係機関の協力を得て進める。

調査内容は、操業日、漁場位置、水揚日、水揚港、漁獲量等の情報を調査票に記述してもらい、1~2 カ月に一度のペースで調査票の回収を行い、その都度、操業実態のヒアリングも行って情報の補完を行う。

①対象標本船

標本船調査の対象は、マウンド礁周辺海域の漁場利用が想定され、漁獲規模が大きい中・小型まき網漁業とし、表 4 に示す船団を対象とした。このうち、マウンド礁周辺で

の操業が確認された五島奈留地区船団を中心として分析を行うこととした。

表 4 標本船調査対象船団

会社名	本船名	本船規模	主な水揚港・市場	想定利用マウンド礁
(有) 柏木水産	88 哲丸	58	長崎漁港(長崎魚市)	長崎西
	第二十八 哲丸	19		
	第十八 哲丸	19		
エテルナワコー(株)	53 共漁丸	80	佐世保漁港(佐世保魚市場)	宇久北
	第十八 海皇	19	松浦・調川港(西日本魚市)	生月沖(MF21)
	祐生丸	19	長崎漁港(長崎魚市)	
	第三十二 飛燕	19		
(有) はまだ漁業	55 奈々丸	19	佐世保漁港(佐世保魚市場)	宇久北
	第52 奈々丸	19		
高漁水産(有)	第八十八 高漁丸	19		宇久北
共栄水産(有)	第十八 共栄丸	19		宇久北
(有) 喜久丸水産	第一 喜久丸	19	長崎漁港(長崎魚市)	五島西
(有) 恵比須水産	恵比須丸	19	佐世保漁港(佐世保魚市場)	五島西
(有) 順洋水産	第八 順洋丸	19	奈留漁港(奈留町漁協)	五島西
	第八十八 順洋丸	19	※恵比須丸は佐世保主体	五島西
(有) 鎌田水産	第二十八 満漁丸	19		五島西
(株) 樹漁水産		19		五島西
上対馬町南都まき網(有)	第三十八 大豊丸	14	唐津港(唐津魚市場)	対馬東
上対馬町小鹿まき網(有)	第三十八 吉福丸	14	唐津港(唐津魚市場)	対馬東

②五島奈留町漁協所属 4 船団のマウンド礁利用状況の分析

②-1 取得データの概要

奈留漁協では、漁協が中心となって漁船漁業構造改革事業(もうかる漁業創設支援事業)を実施中である。取り組みの内容は、所属 5 船団の共同操業による灯船の削減、及び漁獲位置の情報共有化による操業の効率化を図るもの。取り組みに至る流れは以下のとおりで、漁獲位置情報の蓄積を平成 22 年 6 月から行っていることから、これらの情報を収集し、本調査の分析資料とした。

[共同操業までの流れ]

- 平成 22 年 6 月→既存の漁船を使用した経営改善を図ることを目的としたもうかる漁業創設支援事業に着手。灯船の数を削減するべく、灯船 2 隻体制で輪番で操業を行う事とした。
- 平成 23 年年 6 月→2 年目となり、漁獲位置の情報共有化を進める予定である。最初は 4 船団で取り組んでいたが、恵比須水産が加わり、全 5 船団での取り組みとなった。恵比須水産は網船を改良型漁船とし、運搬船を一隻とする。よって灯船と運搬船で計 2 隻ずつの計 4 隻となっている。
- 操業日報は、位置を細分化したものを記述させ、漁協に蓄積している。日報は平成 22 年 6 月から蓄積されている。なお、漁獲量のデータは漁獲段階での推定水揚量で

ある。

- ・漁場利用の調整：2011年3月に漁業者間で合意。県に仲介をしてもらい、一本釣はマウンド周辺で操業を行ってもらっている。昔は紛争がなかったが、漁獲量減少のために紛争が多発するようになった。

②-2 分析の方法

既往知見及び放流調査等の結果に基づき、マウンド礁の影響範囲について、①礁を中心とした14km四方（半径7km＝約3.7マイルの同心円）、②礁を中心とした半径20kmの同心円の2ケースを設定し、これらの同心円に係る農林漁区メッシュを影響範囲として操業回数及び漁獲量を抽出し、図示することとした。なお、参考として農林漁区下1けた単位での操業回数、及び漁獲量も集計、図示することとした。

また、マウンド礁整備後の比較対象として整備前の状況を想定して図示することとし、以下の手順で過去漁獲量のCPUEを推定した。

- 1)平成15年～平成18年4カ年の奈留地区船団の平均漁獲量を用い、本調査で得られた農林漁区メッシュ毎の漁獲量の割合で比例按分する
- 2)本調査で得られた各メッシュごとの操業回数で、比例按分した漁獲量を除し、各メッシュ毎のCPUEを算定

③阿久根沖マウンド礁利用状況の分析

五島奈留町漁協所属4船団のマウンド礁利用状況の分析と同様の方法で、中小型まき網、棒受け網について分析を行った。

5) まき網漁業以外の漁業種類を対象とした漁獲量・金額の推移の把握

①定置網漁業

既設湧昇マウンド礁の設置位置に近い定置網漁業の漁獲量・金額の推移について、漁協や水揚先の販売資料（仕切り伝票等）を用いて把握する。また、必要に応じて既存統計資料等も活用する。

②その他の漁業種類

上記（2）、1）で把握した、既設湧昇マウンド礁周辺海域の利用状況に応じた漁業種類について、既存統計資料等による漁獲量の動向を収集、整理する。

6)既設湧昇マウンド礁周辺海域と既設湧昇マウンド礁による影響を及ぼさない海域での漁獲量等の比較

既設湧昇マウンド礁による影響を及ぼさない海域において、漁獲量等の基礎データを既存統計資料等により収集し、既設湧昇マウンド礁周辺と、漁獲量のトレンド、CPUE

(生産効率)、漁場利用回数等について比較する。

(4) 整備後の問題点の把握

上記で得られた結果を基に、湧昇マウンド礁の費用対効果を持続させる上での資源保護上の問題点を把握する。

2. 隠岐海峡における湧昇マウンド礁の整備効果の分析

上記調査結果を基に、資源保護措置等の有効性を確認し、それを踏まえた費用対効果分析を行う。

整備効果の分析にあたっては、①漁業経費削減効果、②増殖効果、③資源保護効果、④生産量の増加効果、⑤水産加工付加価値効果、⑥流通付加価値効果の分析を行う。

Ⅶ 結果

Ⅶ.1 既設湧昇マウンド礁周辺海域の海域環境情報整理（海域環境情報調査）

海底に設置された湧昇流を励起する海底マウンド礁は、鉛直混合により下層の栄養塩濃度が高い海水が有光層に巻き上げ、周辺海域に比べクロロフィル a の濃度を高くする可能性がある。そこで、長期間撮影された人工衛星画像を用いて、水色からクロロフィル a を求め、マウンド礁を中心とした海域において、周辺海域のクロロフィル a 濃度との差分から、影響範囲やクロロフィル a の上昇量を把握することで、海底マウンドの効果を検証することとした。

2002 年～2011 年までの衛星画像から、海底マウンドの設置位置を中心に海面上の高クロロフィル域を判定したが、明瞭な差は見られなかった。海底マウンドによる湧昇は密度躍層の水深帯（外海域では概ね水深 30～40m）に限定され、水深 10m 以浅の海表面までは大きく影響しないものと考えられた。そこで、衛星画像から、各海底マウンドの表層のクロロフィル a 値の時系列データを作成し、海底マウンドの施工の前後でクロロフィル a 値の変化を見ることとした。

その結果、長崎県を中心とする海域では、クロロフィル a 値が上昇傾向にあるものの、海底マウンドを設置した海域については、周辺の対照海域に比較して、クロロフィル a 値の上昇率が高いことが判明した。これにより、海底マウンドによる生物生産量の増大効果を算出するための基礎資料を得ることが出来た。

1 基礎情報の収集・整理

過去に施工された海底マウンド礁や今後計画されている海底マウンド礁の諸元と過去の現地調査結果の概要を表 1.1.1 に示す。

表 1.1.1 海底マウンド礁の諸元および現地調査結果の概要

区分	海域	長崎県沖												鹿児島県沖			フロンティア漁場整備																
位置・形状・場所	地区名	長崎県生月島	対馬東	対馬東	宇久北	五島西	壱岐西工区	長崎西区	阿久根	五島西方海域	隠岐海峡(予定)																						
	施工年	1997~2001	2003.11~2005.4	2003.11~2005.4	2003.11~2005.4	2004~2006	2009.3~2011.1	2007.8着工	2005.10~2006.6	2011~	計画中																						
	水深m	82	89	89	85	85	94	76	63	150	80																						
	高さm	11.5	15	15	15	15	-	15	14	30	16																						
	山頂間距離m	60	60	60	60	75	-	75	120	250	80																						
	底面長m	130			120	150	-	-	190	?	160																						
	斜面勾配	1:3	1:2 及び 1:2.41	1:2 及び 1:2.41	1:2 及び 1:2.41	1:2.5	-	01:02.5	1:2.5	?	01:02.5																						
	期待される湧昇塩量																																
	湧昇軸	北北東-南南西	北-南	北-南	北北西-南南東	北-南	北北東-南西	北-南	北西-南東		西-東																						
	造成素材	石炭灰コンクリート 1.6m角、6t/個	石炭灰コンクリート 1.6m角、6t/個	石炭灰コンクリート 1.6m角、6t/個	石炭灰コンクリート 1.6m角、6t/個	捨石1t内外	捨石1t内外	捨石1t内外	捨石500kg内外	施工中	-																						
北緯	33° 28' 07"	34° 24' 42.20"	34° 24' 42.20"	33° 21' 09.66"	32° 51' 57.00"	33° 48' 22.8"	32° 41' 24"	31° 59' 33.02"	33° 08'	35° 49' 30"																							
東経	129° 25' 37"	129° 29' 09.10"	129° 29' 09.10"	129° 10' 13.73"	128° 48' 12.00"	129° 30' 39.6"	129° 40' 46.8"	130° 05' 42.29"	128° 31'	133° 23' 00"																							
住所	生月町大ノエ西北西 海域(北松海域)	対馬三津島町東沖合	対馬市峰町佐賀浦地 先	佐世保市宇久町沖合	五島西地区福江島沖	長崎県壱岐市西海域	長崎県長崎市西沖 合	鹿児島県薩摩地区阿久 根港沖	五島西地区福江島沖	隠岐海峡																							
事前・事後調査の結果	調査時期	2005.7, 8, 9, 10		2001.9, 11		2006.6, 8, 10		2006.5~8, 10		2002.9, 11, 2003.5		2007.8, 10		2005.8, 10		2007.5, 7		2008.9~10		2008.7, 8, 10													
	事前・事後	事後		事前		事後		事後		事前		事前		事前		事後		事前		事前													
	表層流速	u _{max}	100		65		98		80		85		106.1		37		60		120		36												
		u _{mean}	40		20		20		27.5		26		20		12		18		24		24.9												
	表層流向			SSW, NNE		S~SW, NE~N		NW, E~SE		SW, SE~SSW		N, NE, NNE, ENE, SW		NW~N, NNW~NNE		N, SW, NW, SE		NW~NE, SE		NE~E, E, W~WS													
	底層流速	u _{max}	70		39		66		60		71		64.2		31		50		70		19												
		u _{mean}	10		13		17		17		18		10		11.3		13		16		8.1												
	栄養塩	2005.7	表層	底層	2001.9	表層	底層	2006.6	表層	底層	2006.5	表層	底層	2002.9	表層	底層	2007.8	表層	底層	2005.8	表層	底層	2007.5	表層	底層	2008.9	表層	底層	2008.7	表層	底層		
		NO3	0.0	6.0	DIN	3.0	12.7	DIN	12.0	20.0	DIN	-	-	DIN	0.5	5.4	DIN	0.1	0.2	DIN	0.4	7.6	DIN	0.1	0.1	DIN	0.1	0.2	DIN	0.1	0.2		
		PO ₄ -P	0.1	0.3	PO ₄ -P	-	0.3	PO ₄ -P	0.1	0.3	PO ₄ -P	-	-	PO ₄ -P	-	0.2	PO ₄ -P	0.0	0.0	PO ₄ -P	-	0.4	PO ₄ -P	0.01	0.02	PO ₄ -P	0.00	0.02	PO ₄ -P	0.0	0.0		
		Chl.a	-	-	Chl.a	0.2	-	Chl.a	0.3	0.3	Chl.a	0.3-1.0	-	Chl.a	0.6	-	Chl.a	0.2	0.2	Chl.a	0.2	-	Chl.a	0.2	0.1	Chl.a	0.3	0.1	Chl.a	0.2	0.5		
		2005.8	表層	底層	2001.11	表層	底層	2006.8	表層	底層	2006.6	表層	底層	2002.11	表層	底層	2007.10	表層	底層	2005.10	表層	底層	2007.6	表層	底層	2008.10	表層	底層	2008.8	表層	底層		
		NO3	0	4	DIN	4.6	12.6	DIN	9	25	DIN	7.5	10.0	DIN	4.1	7.5	DIN	0.02	0.14	DIN	-	7.2	DIN	0.12	0.2	DIN	0.09	0.18	DIN	0.07	0.09		
		PO ₄ -P	0.1	0.3	PO ₄ -P	-	0.6	PO ₄ -P	0.2	0.7	PO ₄ -P	0.4	0.6	PO ₄ -P	0.3	0.5	PO ₄ -P	0.00	0.01	PO ₄ -P	-	0.4	PO ₄ -P	0.01	0.02	PO ₄ -P	0	0.02	PO ₄ -P	0	0.009		
		Chl.a	-	-	Chl.a	0.62	-	Chl.a	0.5	0.5	Chl.a	1.2	0.2	Chl.a	0.7	-	Chl.a	0.15	0.15	Chl.a	0.2	-	Chl.a	0.8	0.2	Chl.a	1	0.5	Chl.a	0.4	0.5		
		2005.10	表層	底層				2006.10	表層	底層	2006.7	表層	底層	2003.5	表層	底層							2007.7	表層	底層						2008.10	表層	底層
		NO3	1	8.5				DIN	11.0	24.0	DIN	0.7	14	DIN	4.1	7.5							DIN	-	-				DIN	0.04	0.29		
		PO ₄ -P	0.15	0.6				PO ₄ -P	0.1	0.5	PO ₄ -P	0.1	0.7	PO ₄ -P	0.3	0.5							PO ₄ -P	-	-				PO ₄ -P	0	0.02		
		Chl.a	0.9	0.5				Chl.a	0.3	0.3	Chl.a	0.2	0.1	Chl.a	0.7	-							Chl.a	0.1	-				Chl.a	0.4	0.2		
Chl.aのピーク水深		2~8		20~40m		30		15(春), 35(夏)		10~40m		40m		10~25m		15~45m		20~40m		30~50m													
植物プランクトン	ピコシアノバクテリア		キートセラス、ニッチャ、タラシオシラ		ニッチャ、クリプト藻、ブラシノ藻		ハプト藻、ニッチャ、レフトシリンドラス		ニッチャ、ハプト藻、スケルトネマ		-		ハプト藻、スケルトネマ		ニッチャ、ストルトネマ、バクテリアストラム、キートセラス		ニッチャ、キートセラス		キートケロス、メロシーア、キムノイニウム、ニッチャ、ハプト藻														
動物プランクトン			コペポード、オイトナ、ハラカラス		オイトナ、ハラカラス、コペポード		コペポード、ハラカラス、オイトナ		コペポード、ノルベシカ、ハラカラ		-		ハラカラス、オイトナ		オイトナ、ハラカラス、コペポード、ピウアルグイア、ペニアアピロストリス		コペポード、ハラカラス、オイトナ		ウスカワジシコ、ハラカラス科、オンケア科														
底質	砂、泥、一部転石		細粒土混じり砂(SF)		砂		-		細粒土混じり砂(SF)		シルト混じり細砂		シルト混じり砂		シルト混じり砂		細砂		-														
中央粒径mm			0.1		-		-		0.21		-		0.195		0.23		0.24		-														
ペントス重量g/m ²			2.9~41.1		-		-		3.5~9.0		-		10.9~22.7		14.9~23.9		38.95~329.92		-														
ペントス個体数/m ²			340~520		-		-		70~190		-		450~930		843~2013		18.5~38.6		-														
(注)	u _{max} :測定期間中の最大流速、u _{mean} :測定期間中のスカラー流速の平均値、栄養塩の単位はμM/l、栄養塩は数点の平均値																																

2 クロロフィル a 濃度の情報整理

2. 1 海底マウンド周辺海域の海面上のクロロフィル a の拡がりの把握

海底マウンドによる湧昇効果によって、底層の栄養塩が表層付近まで影響すれば海面のクロロフィル a 濃度を上昇させる可能性がある。そこで、海底マウンド設置海域の海面のクロロフィル a 値を衛星画像から求め、周辺海域のクロロフィル a 値との差分により、海域の生産力の増加率を求める。

2. 1. 1 解析結果

(1) 画像の収集

2002 年の 8 月以降から MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) のデータが使用できる。MODIS では概ね 1 日 1 シーンのデータが入手できるが、雲のない画像を極力選ばなくてはならない。2011 年の 4 月までの画像で、解析に使用可能な画像を選定した。表 1 に結果を示す。この 10 年で 1,599 画像が使用可能な画像であった。なお、0.01 度 (約 1 km) の格子の画像データである。

表 2.1.1 各年のシーン数 (2002 年 8 月～2011 年 4 月)

Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	all
No. of data	38	144	209	249	222	202	178	152	131	74	1599

(注) MODIS (中分解能撮像分光放射計) とは、NASA の地球観測衛星 Terra/Aqua に搭載されている NASA/GSFC により開発された光学センサの名称。0.4～14 μ m の範囲を 36 バンドで観測し、「雲、放射エネルギー束、エアロゾル、土地被覆、土地利用変化、植生、地表温度、火災、噴火、海面温度、海色、積雪、気温、湿度、海氷」等の観測を行うのに利用されている。

(2) クロロフィル a の分布

クロロフィル a の 1,599 データの平均値とし、検討する各マウンド礁の位置を示す。1, 4, 6 の点以外では、平均クロロフィル値は比較的高い場所が設定されている。

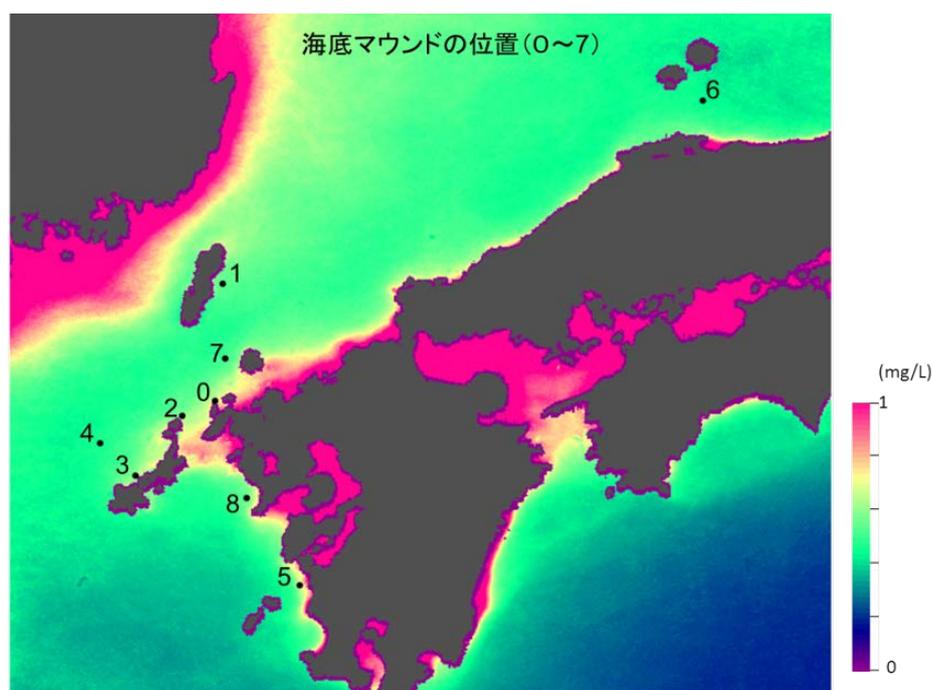


図 2.1.1 10 年の 1,599 シーンのクロロフィル値の平均値

(3) クロロフィル a 値の出現頻度図

40×40 画素 (約 40km 四方) の領域内でのクロロフィル出現頻度を求めた (図 2.1.2)。

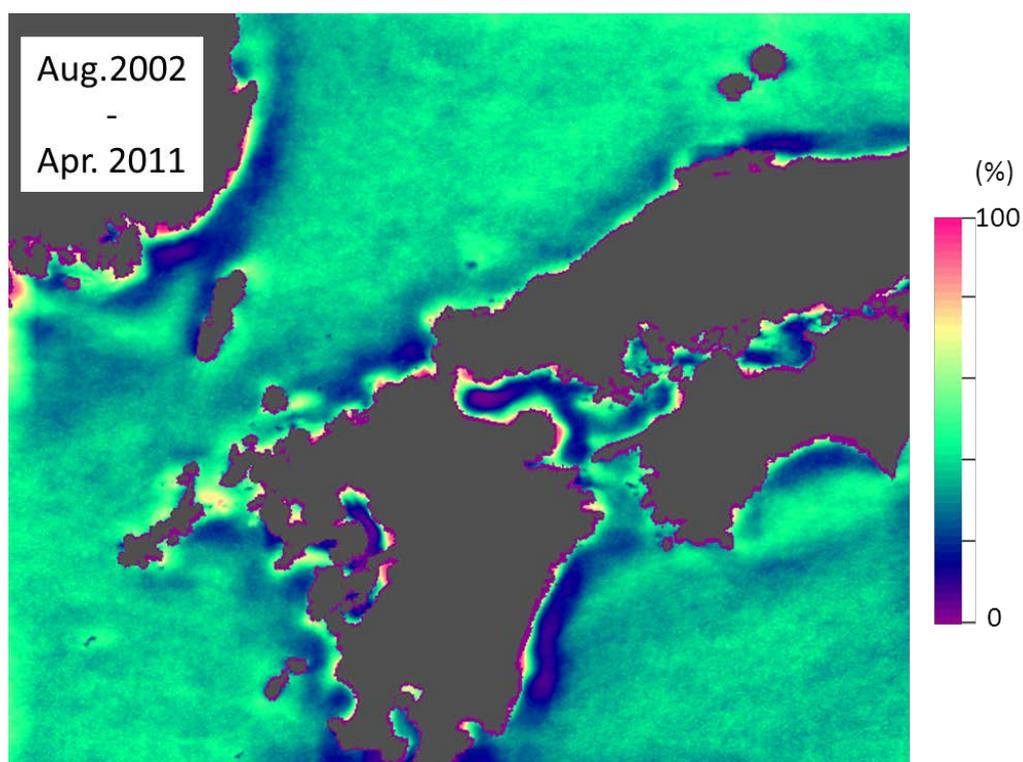


図 2.1.2 10 年の 1,599 シーンのクロロフィル値の出現頻度

(4) 季節を考慮した解析

海洋の成層は春から秋に形成され、上下層の混合が阻止される。一方、水温が低くなる冬季は上下混合が活発なので、表層近くまで栄養塩濃度は高くなる。したがって、海底マウンド礁に期待される効果は、春から秋の間に水温躍層が形成される時期に、底層を表層近くまで湧昇させることである。そこで、6～9月の画像を対象に出現頻度を算出した。各年の画像も処理しているが、図 2.1.3 に 2010 年の結果を示す。

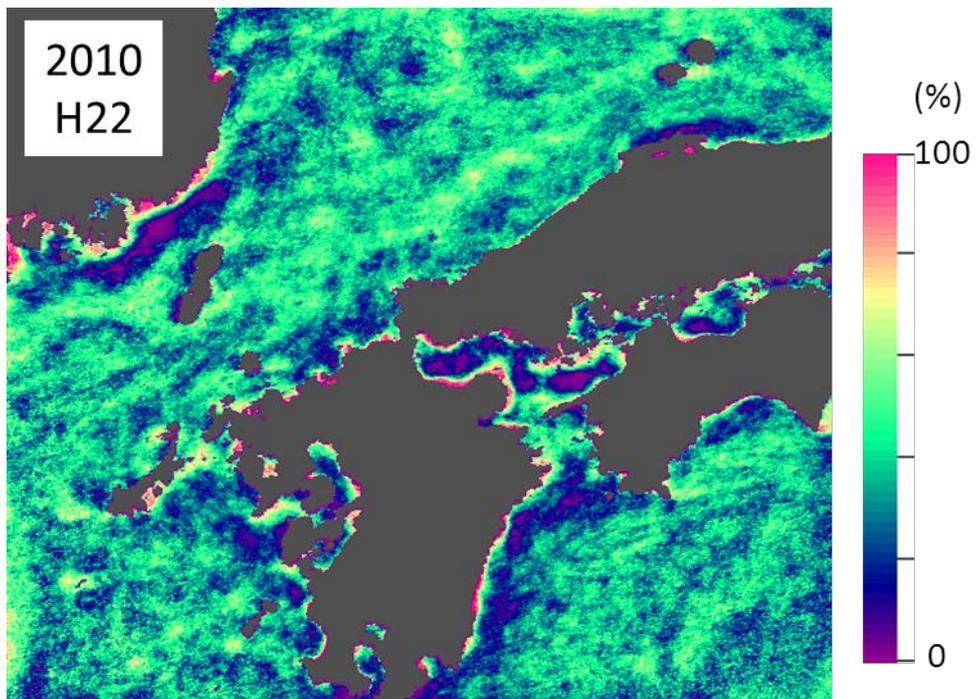


図 2.1.3 2010 年 6～9 月の高クロロフィル値の出現頻度図

2. 2 海底マウンド設置海域のクロロフィル a 量の経時変化による基礎生産量の推定

2. 2. 1 海底マウンド設置海域のクロロフィル a 量の変化

海底マウンド礁を中心としたクロロフィル画像をもとに、クロロフィル a 値を求め、時系列グラフとして示した。地区毎に結果を示す。

①長崎県西部海域・五島西地区

全体的に見ると、全期間を通して微増の傾向である。海底マウンド礁の完成時の前後でクロロフィル a 値を分けて表示し、完成前後の平均クロロフィル a 値を求めた。施工前から施工中の平均値は 0.283mg/l で完成後から 2010 年末までの平均値は 0.345mg/l である。マウンド礁の造成によって、クロロフィル a 値が 1.22 倍増大した。

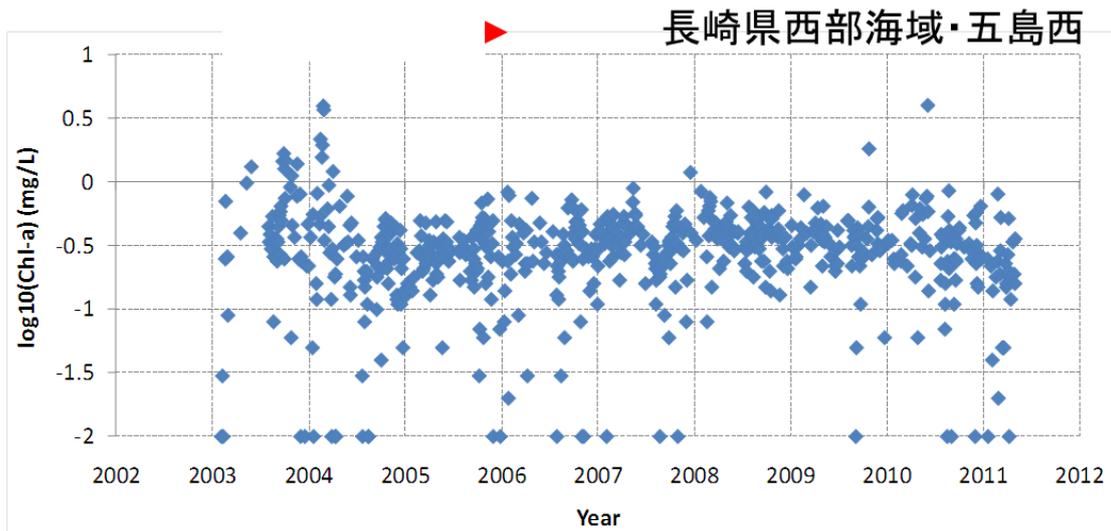


図 2. 2. 1 五島西のクロロフィル a の変化

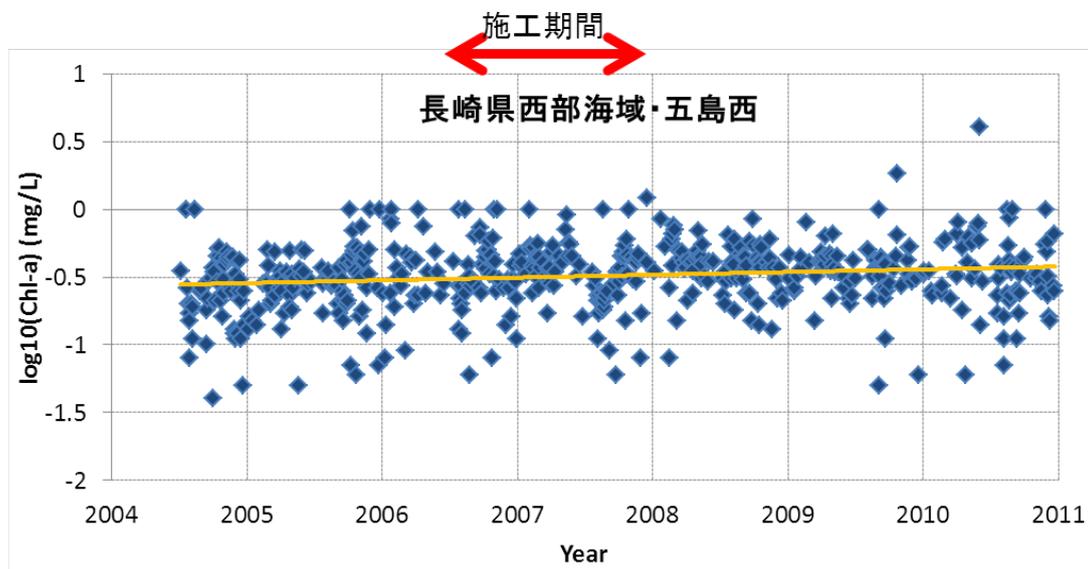


図 2. 2. 2 2004. 5 以前、2011 年以降のデータを削除した五島西のクロロフィル a の変化

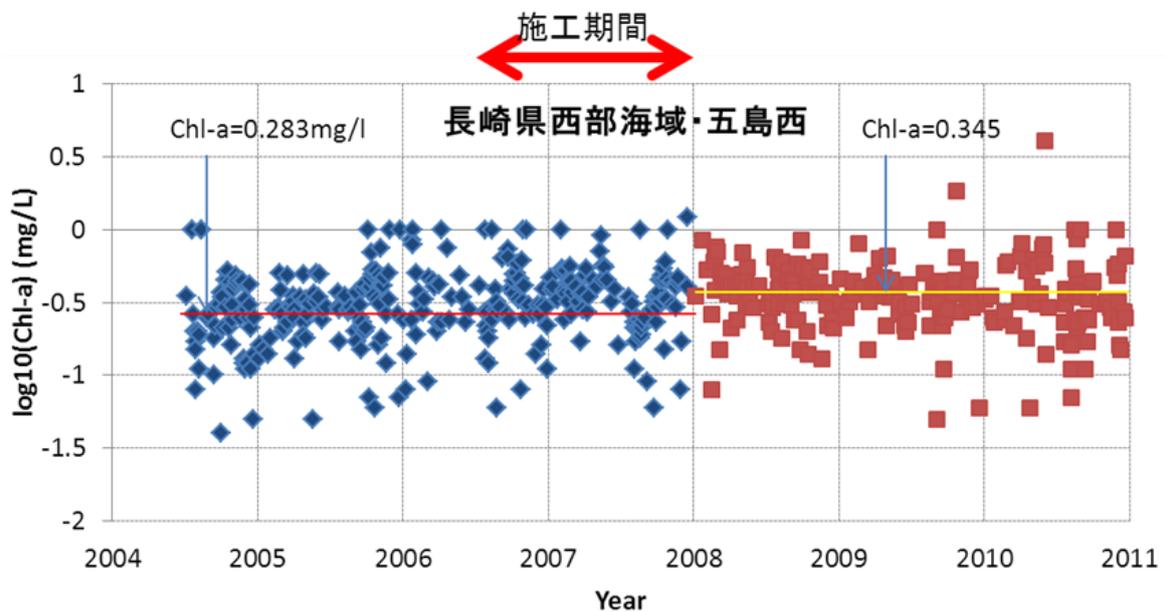


図 2. 2. 3 施工の前後で比較した場合の五島西のクロロフィル a 量の変化

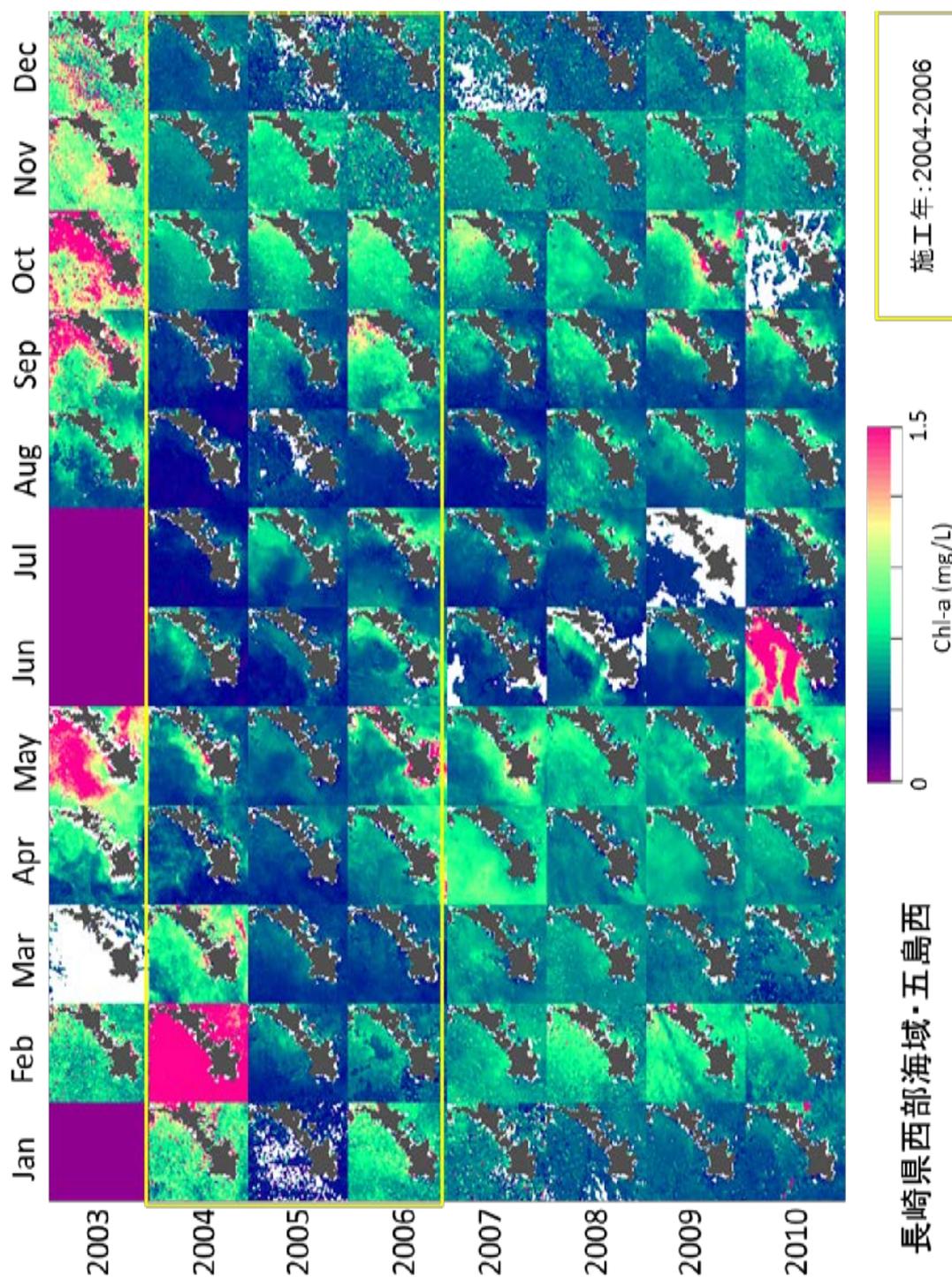


図 2.2.4 五島西の海底マウンド付近の画像（年×月マトリックス）

②鹿児島県・阿久根地区

全体的に見ると、全期間を通して微増の傾向である。海底マウンド礁の完成時の前後でクロロフィル a 値を分けて表示し、完成前後の平均クロロフィル a 値を求めた。施工前から施工中の平均値は 0.314mg/l で完成後から 2010 年末までの平均値は 0.373mg/l である。マウンド礁の造成によって、クロロフィル a 値が 1.19 倍増大した。

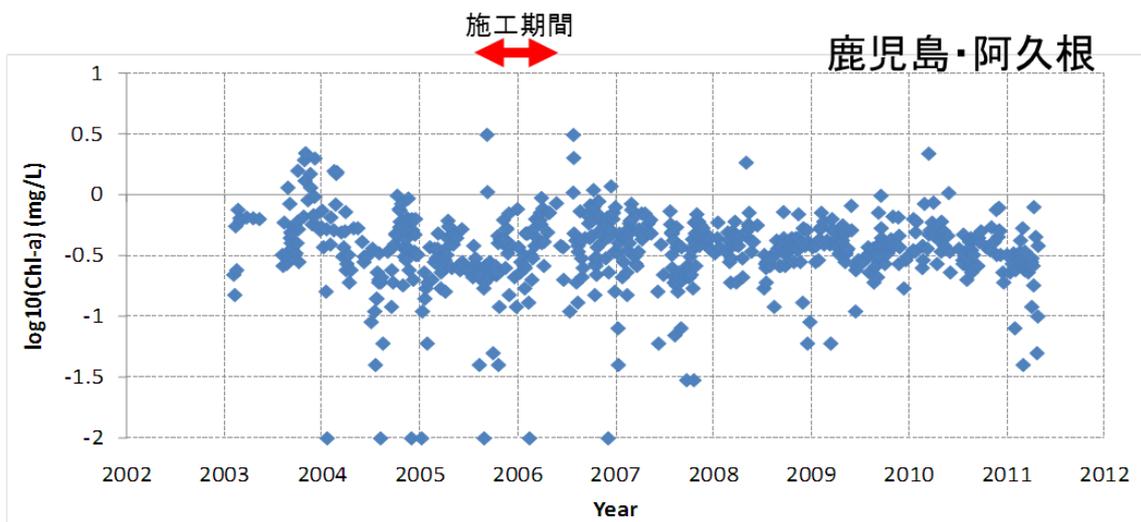


図 2.2.5 阿久根のクロロフィル a の変化

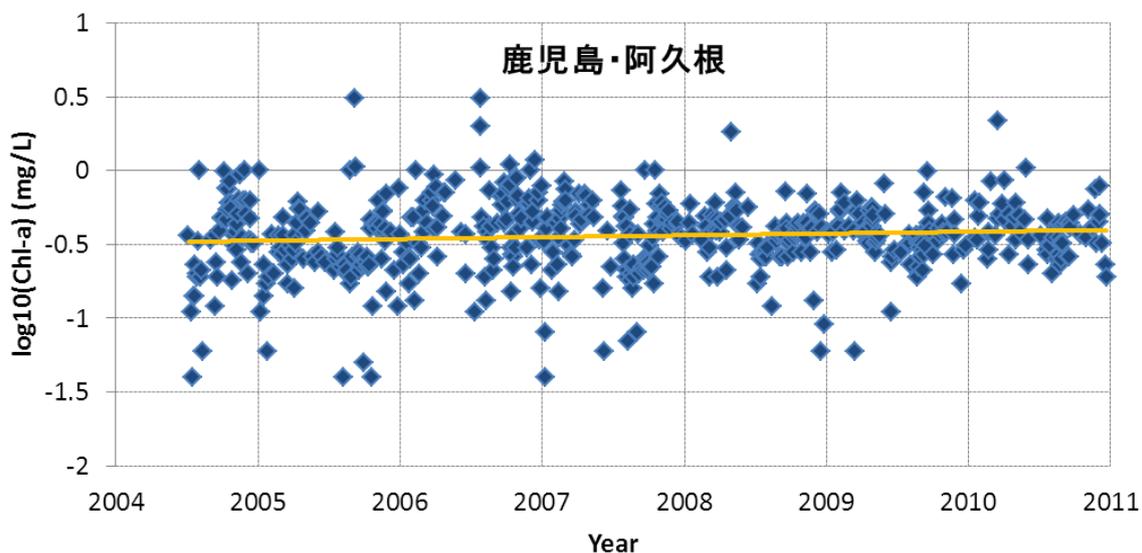


図 2.2.6 2004.5 以前、2011 年以降のデータを削除した阿久根のクロロフィル a の変化

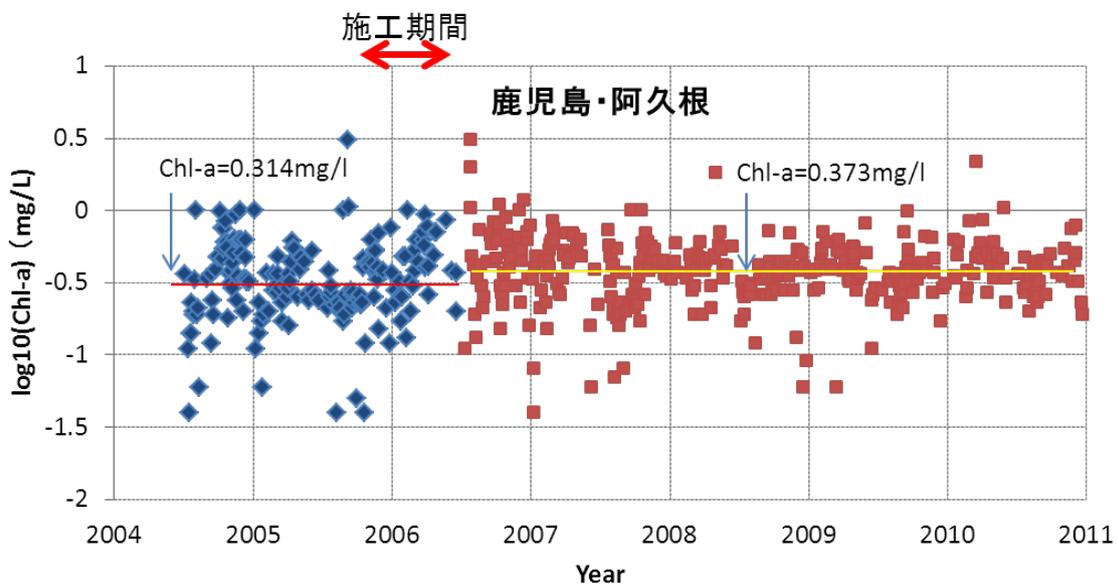


図 2.2.7 施工の前後で比較した場合の阿久根のクロロフィル a の変化

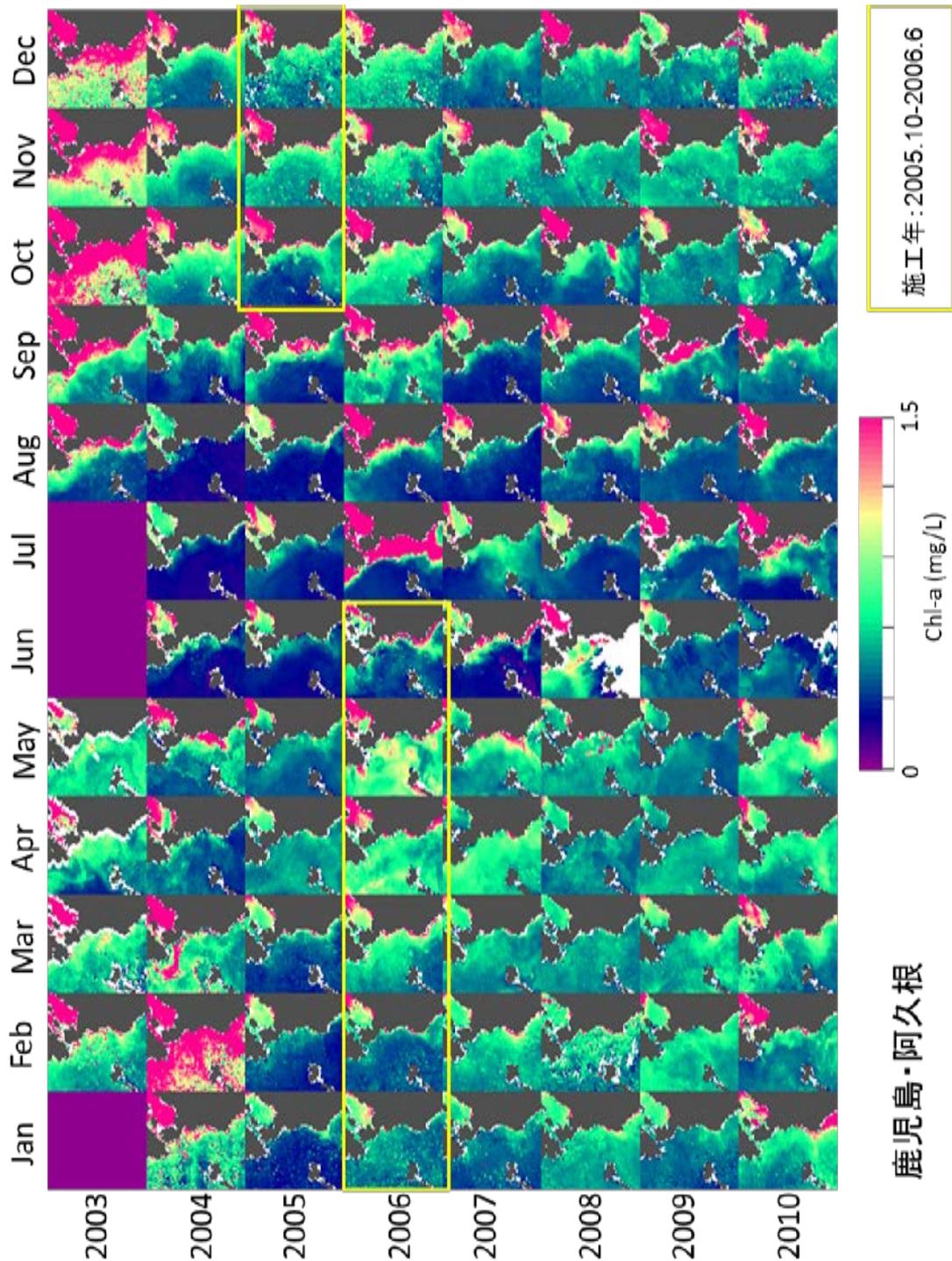


図3. 8 阿久

図2.2.8 阿久根の海底マウンド付近の画像（年×月マトリックス）

③長崎県北部海域・対馬東

この海底マウンド礁は施工年度が早く、施工前のクロロフィル a 値がない。施工期間中のクロロフィル a 値は 2004 年 7 月～2005 年 4 月であり 10 ヶ月間のデータがある。施工中から 2010 年末までの全体傾向を見ると次第にクロロフィル a 値が上昇しているように見える。上記①、②と同様に、施工中と施工後の平均値を求めてみた。施工中は 0.252mg/l、施工後は 0.357mg/l であるので、1.42 倍の増大である。ただし、施工前の値との比較ではないので、参考値である。

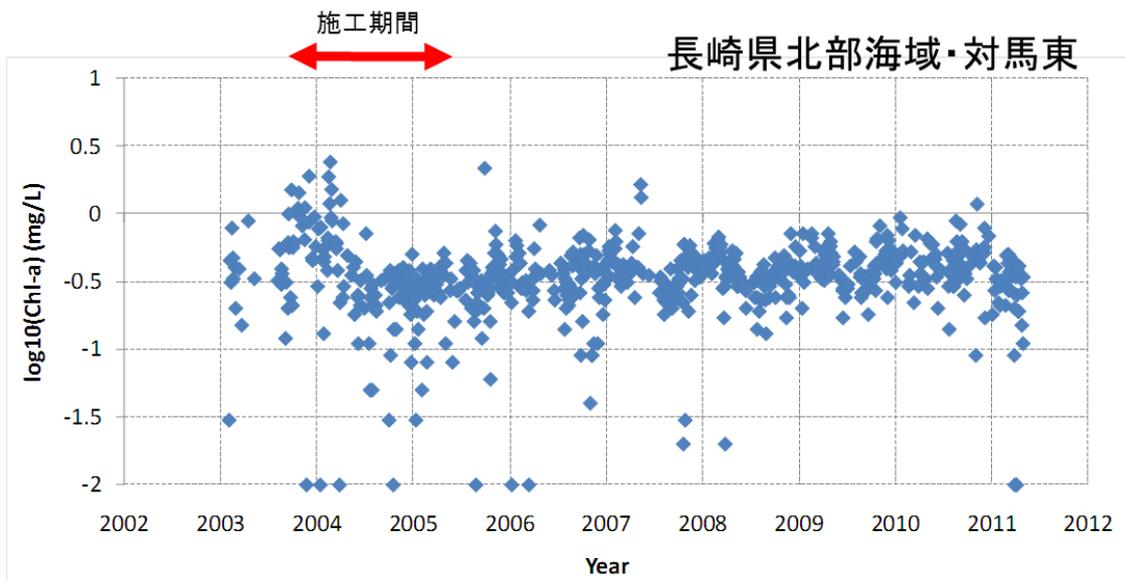


図 2.2.9 対馬東のクロロフィル a の変化

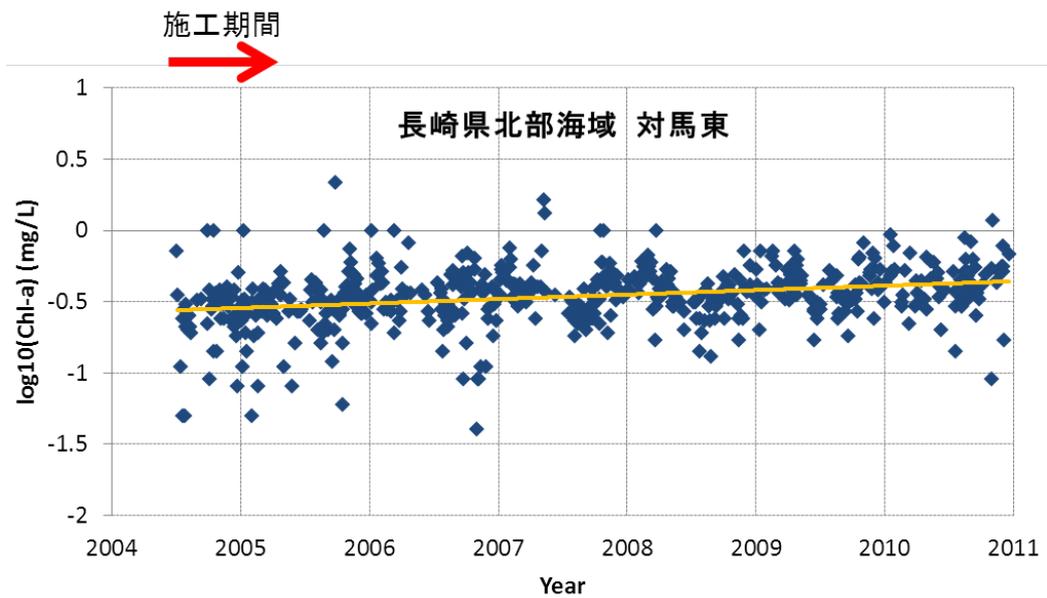


図 2.2.10 2004.5 以前、2011 年以降のデータを削除した対馬東のクロロフィル a の変化

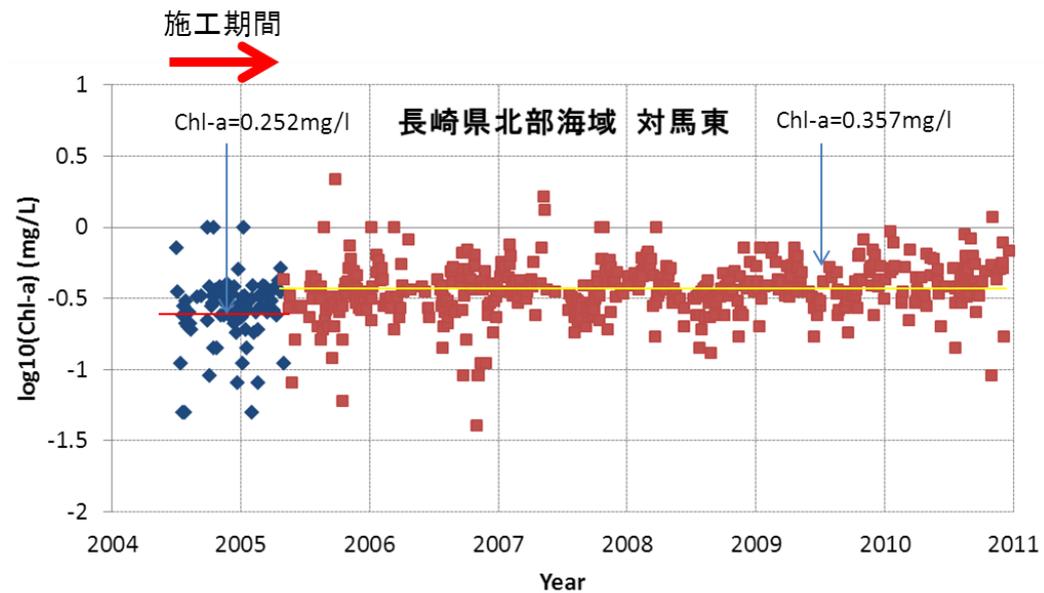


図 2.2.11 施工の前後で比較した場合の対馬東のクロロフィル a の変化

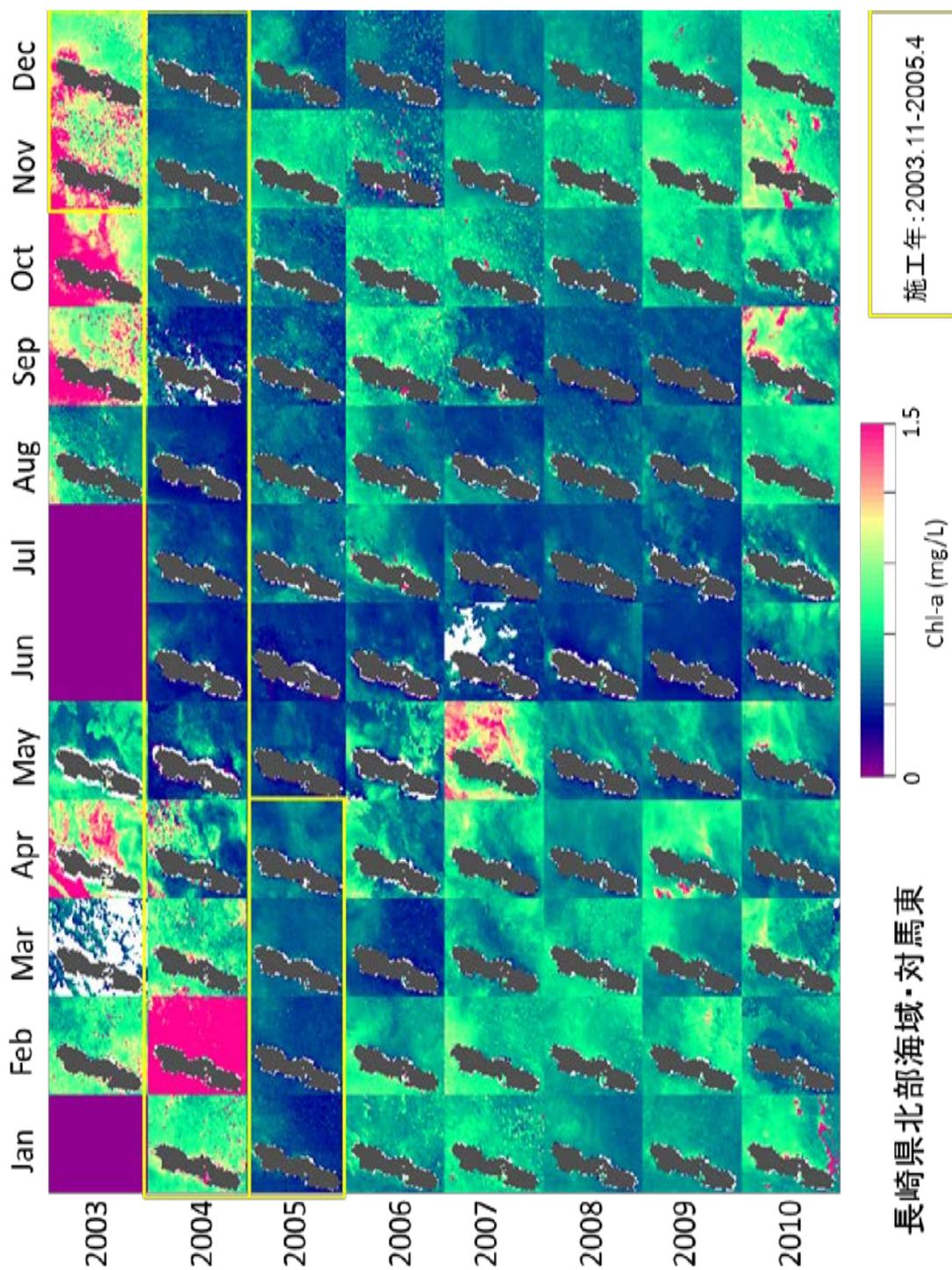


図 2.2.12 対馬東の海底マウンド付近の画像（年×月マトリックス）

2.2.2 まとめ

今回、3地区の海底マウンド礁の施工前あるいは施工中と施工後のクロロフィル a 値を求めたところ、概ね増加している傾向が見られた。そこで、各海底マウンド礁の影響の及ばない海域に対照区を設定し、そこでのクロロフィル a 値の時系列変動との差を検討する。

図 3.12 阿久根の

2. 3 対照区との対比で湧昇効果を判定

2. 3. 1 これまでの経緯と解析方法

海底マウンドの設置海域のクロロフィルの長期変動を見ると、クロロフィルが次第に上昇するように見える。しかしながら、長崎の周辺海域は大陸の大河川からの栄養塩供給により、透明度が低下しているという調査結果が出ている。すなわち、クロロフィル a 量が海域全体で上昇している可能性がある。

そこで、海底マウンドのクロロフィル a 量と周辺の海域のクロロフィル量との相関をとり、相互に関係していないと判断された海域を対照区に選定した。対照区と海底マウンド礁の設置海域のクロロフィル a 量との比較から、海底マウンドの湧昇による一次生産量の増大量を求める事とする。

2. 3. 2 検討結果

①五島西海域

五島西では、海底マウンドから北に 15km、東に 17km の地点を対照区に設定した。海底マウンド礁と対照区のクロロフィル a の経年変化を図 4. 2. 2 に示す。海底マウンド礁の完成時の前後をみると、施工前から施工中の平均値は、 $0.293 \mu\text{g}/\text{l}$ であり、完成後から 2010 年末までの平均値は、 $0.356 \mu\text{g}/\text{l}$ であり、クロロフィル a 値が 1.22 倍になったように解析した。

マウンド礁から北に 15km、東に 17km 離れた地点を対照区として同様な解析をしたところ、全般的にクロロフィル a 値は高いが、2007 年までの値と 2008 年以降の平均値は 1.12 倍 ($=0.370/0.329$) であった。

海域のクロロフィル a 値は微増する傾向にあるが、マウンド礁でのクロロフィルの上昇率が高くなる結果となった。



図 2. 3. 1 五島西の対照区

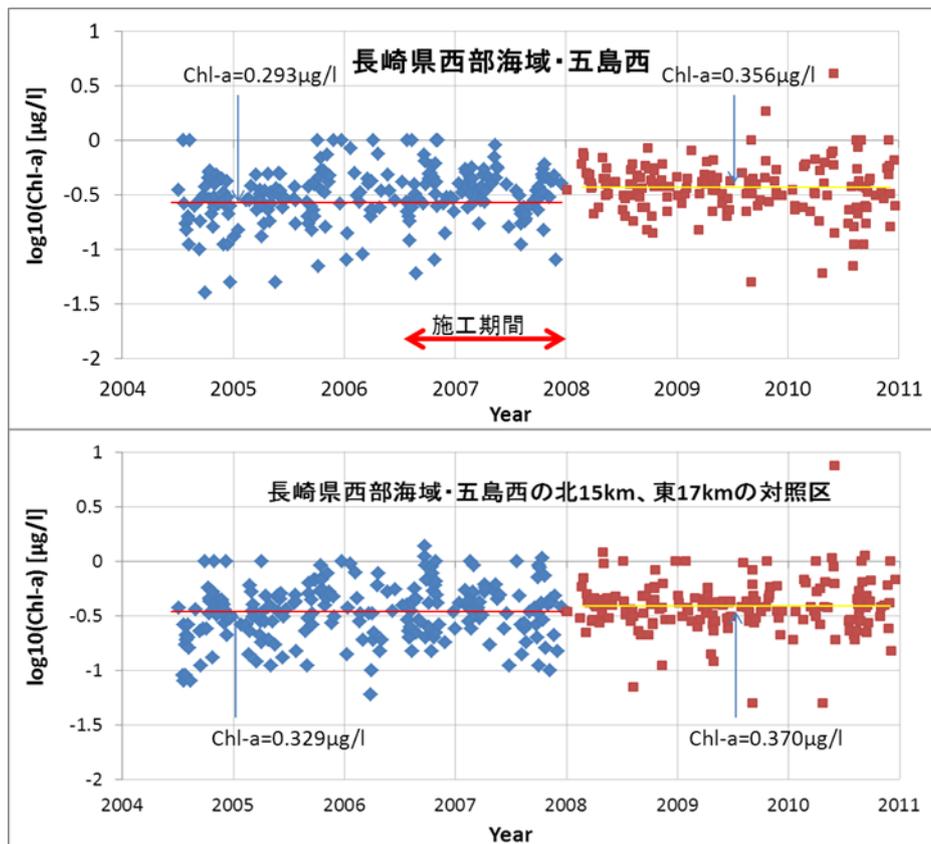


図 2.3.2 五島西および対照区のクロロフィル a 量の経年変化

観測期間中のクロロフィルの傾向の比較を図 2.3.3 に示す。海底マウンド礁の位置および対照区でのクロロフィル量は共に微増している。地点毎に一次回帰直線で近似すると、マウンド礁の勾配が 0.0204 に対し、対照区は 0.0176 である。これから、経年変化ではマウンド礁の方がクロロフィルの増加量が高い。海域のクロロフィル a 値は施工前ではマウンド礁の施工位置のクロロフィル a 値は対照区に比較して低い傾向だが、2010 年にはほぼ同程度まで上昇している。

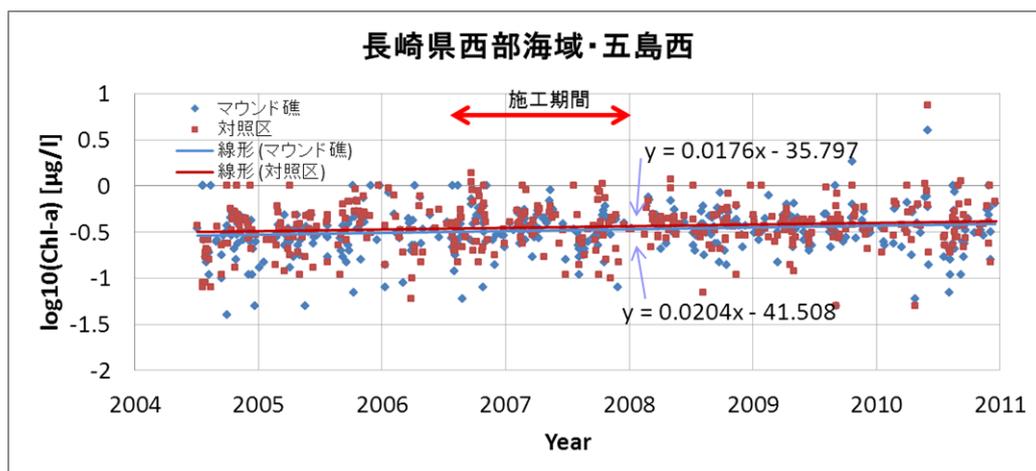


図 2.3.3 五島西と対照区のクロロフィル a 量の推移

②阿久根

阿久根では、海底マウンドから南に 11 km の地点を対照区に設定した。

海底マウンド礁の完成時の前後 (図 2.3.5) でみると、施工前から施工中の平均値は 0.314 $\mu\text{g}/\text{l}$ であり、完成後から 2010 年末までの平均値は 0.373 $\mu\text{g}/\text{l}$ である。マウンド礁の造成によって、クロロフィル a 値が 1.19 倍増大した。マウンド礁から南に 11km 離れた点を対照

区に選定した。同時期を同様な解析を行ったところ、対照区の方が全般的にクロロフィル a 値が高いが、2006 年の夏以前の平均値は $0.322\text{mg}/1$ で、それ以降は $0.377\text{mg}/1$ であり、1.16 倍増大している。海域全体にクロロフィル a 値が微増傾向にあるが、マウンド礁での増加率の方が大きい。

観測期間中のクロロフィルの傾向の比較を図 2.3.6 示す。海底マウンド礁の位置および対照区でのクロロフィル量は共に増加している。地点毎に一次回帰直線で近似すると、マウンド礁の勾配が 0.0097 に対し、対照区は 0.0071 である。図面では、回帰直線が重なって対照区の直線しか見えない。このように、経年変化ではマウンド礁の方がクロロフィルの増加量が高い。

鹿児島 阿久根



図 2.3.4 阿久根の対照区

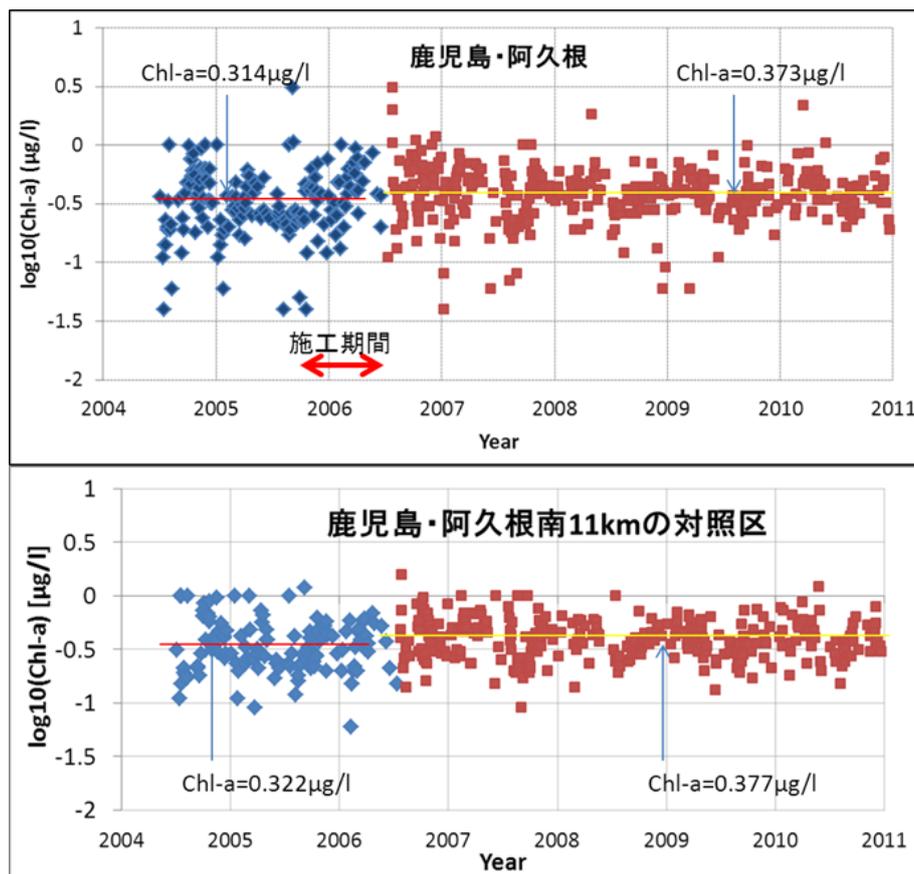


図 2.3.5 阿久根および対照区のクロロフィル a 量の経年変化

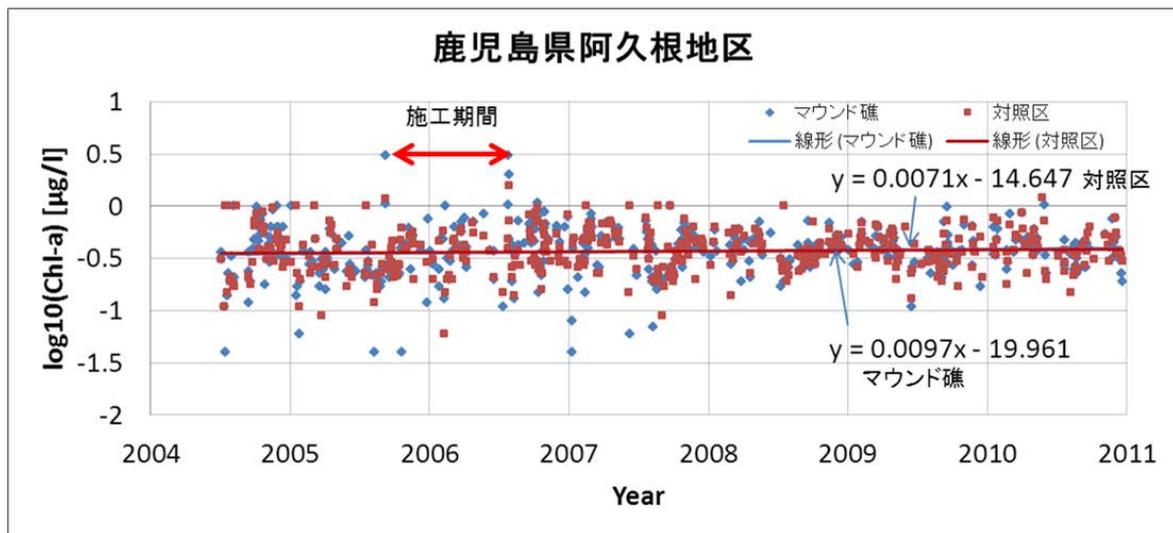


図 2.3.6 阿久根と対照区のクロロフィル a 量の推移

③対馬東

海底マウンド礁は 2005 年に完成しているのので、完成後のクロロフィルの変化を見た。対照区はマウンド礁の東 7km、北 22km に設定した。

クロロフィルの平均値での比較を図 2.3.8 に示す。マウンドが完成した 2005 年ころはマウンド礁でクロロフィル a 値が大きく変動したが、その後、安定してきている。一方、対照区では 2005 年頃に大きく変化し、その後も変動幅が大きい特徴がある。施工中のクロロフィル観察期間が短いので精度に課題はあるが、施工中では $0.254 \mu\text{g}/\text{l}$ であったクロロフィル量は、完成後には $0.364 \mu\text{g}/\text{l}$ となり、1.43 倍に増加している。対照区も施工期間中のデータが少ないので精度に課題はあるが、施工期間中の平均値は $0.313 \mu\text{g}/\text{l}$ であったが、その後の平均は $0.404 \mu\text{g}/\text{l}$ であり、1.29 倍である。

マウンド礁の完成前のクロロフィルのデータが少ないので、次に、全体の傾向で検討する。

クロロフィルの傾向の比較を図 2.3.9 に示す。対馬東のクロロフィルはマウンド礁や対照区で年とともに微増している傾向にある。マウンド礁の設置位置は 2005 年頃は対照区に比べクロロフィル a 値は小さい傾向になっているが、次第にクロロフィルが増大し、2011 年には対照区とほぼ同等になっている。これから、マウンド礁は、クロロフィルの低い海域で、クロロフィルを高めていることが推測される。海域全体にクロロフィル a 値が微増傾向にあるが、マウンド礁での増加率の方が大きい。

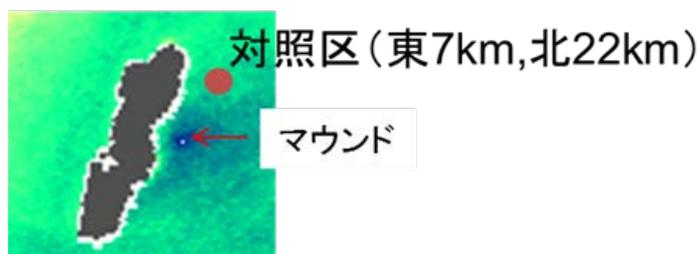


図 2.3.7 対馬東の対照区

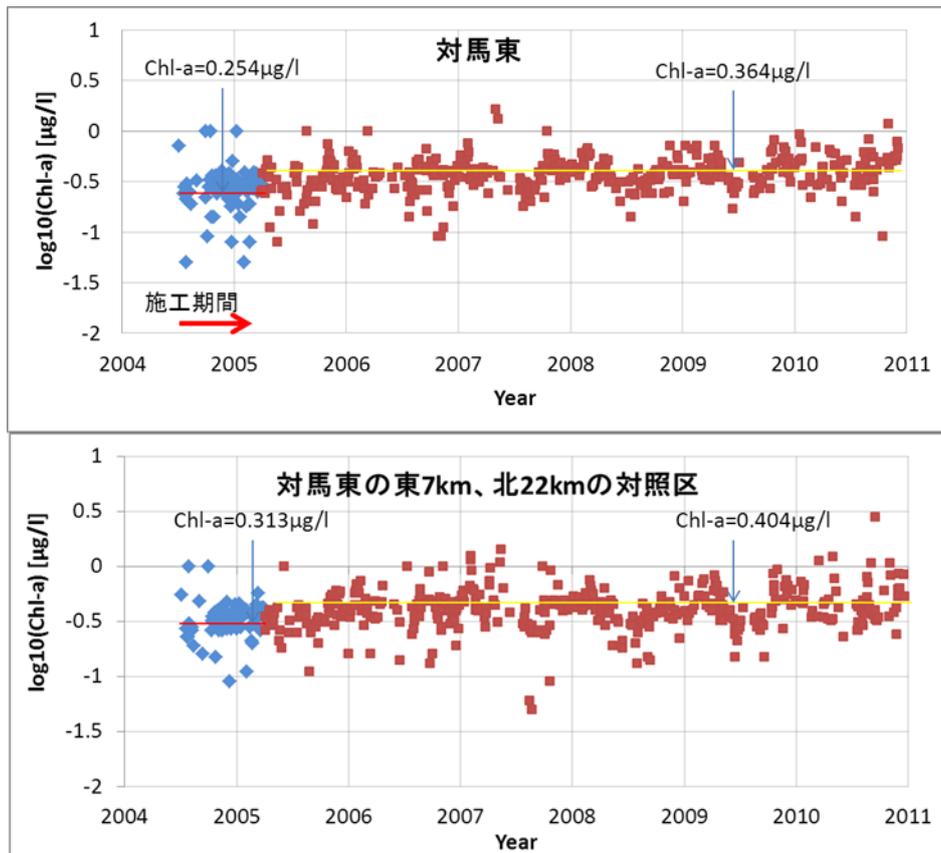


図 2.3.8 対馬東および対照区のクロロフィル a 量の経年変化

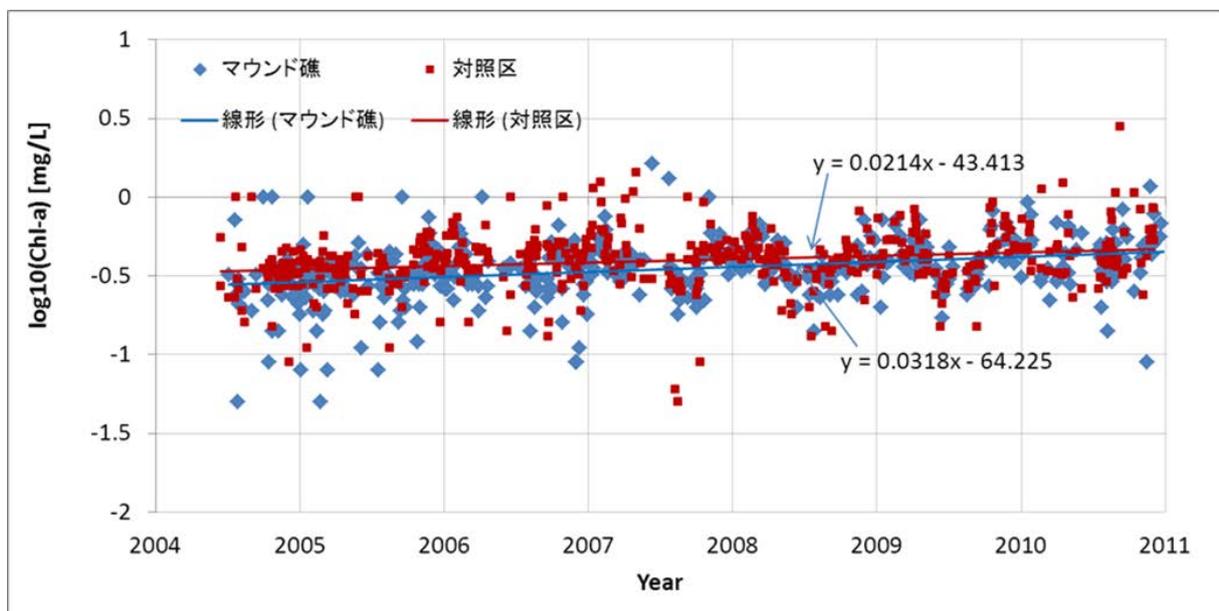


図 2.3.9 対馬東と対照区のクロロフィル a 量の推移

2. 4 マウンド漁場による海域の肥沃化の効果について

2. 4. 1 基本的な考え方

湧昇マウンド礁の整備により、人工湧昇流が発生し、海域が肥沃化されている。肥沃化の効果によって植物プランクトンが増殖する。植物プランクトンは、一次消費者である回遊性魚類（カタクチイワシ、マイワシ等）の重要な餌料であり、プランクトンの増大が回遊性魚類の資源量を増大させる。

クロロフィル a の増加生産量、植物プランクトン増加年間生産量の計算方法は「マウンド漁場造成事業に係わる技術資料, No. 41, H13. 3, (社) マリノフォーラム 21」に紹介されているので、その方法に沿って検討する。

2. 4. 2 クロロフィル a の増加生産量の推定

(1) 効果海域の仮定

人工衛星によるクロロフィル a の上昇範囲は明瞭にできなかったが、後述するマアジのバイオテレメトリー調査結果や既往知見から 14km 四方を効果海域と設定する。

(2) クロロフィル a の増加生産量の推定

①マウンド施設の設置により、対象海域に比べ、対馬東で 1.155 倍、阿久根で 1.026 倍、五島西で 1.089 倍のクロロフィル a 濃度が高いことが、今回の人工衛星画像の解析により明らかになった。

②人工衛星によるクロロフィル a 濃度の観測水深は 10m 程度であるが、有光層（水深 30 m）内が同じ濃度と仮定すれば、効果海域全体の効果体積は、 $14\text{km} \times 14\text{km} \times 30\text{m} = 5.88 \times 10^9 \text{m}^3$ となる。

③したがって、各対照区との比較で増加クロロフィル a の現存量は、表 5.1.1 から、

$$\text{対馬東} ; 0.042 \times 5.88 \times 10^9 \text{m}^3 = 0.2470 \text{ t}$$

$$\text{阿久根} ; 0.005 \times 5.88 \times 10^9 \text{m}^3 = 0.0294 \text{ t}$$

$$\text{五島西} ; 0.062 \times 5.88 \times 10^9 \text{m}^3 = 0.3646 \text{ t}$$

ここで、実際には一次消費者による消費が差し引かれているが、消費量の推計が困難なので、この値は過小評価となっている。

表 2.4.1 施工前後のクロロフィル a

地区	施工前クロロフィル					施工後クロロフィル		濃度の差分		比率
	採取日	位置	水深m	平均chl-a μg/l	全数 μg	対照区 mg/m3	マウンド礁 mg/m3	mg/m3	平均値	
対馬東	2001/9/5	St.1	88	0.20	17.5	0.268	0.309	0.041	0.042	1.155
		St.2	90	0.21	18.6	0.278	0.321	0.043		
		St.3	92	0.22	20.2	0.295	0.340	0.046		
		St.4	91	0.19	16.9	0.250	0.289	0.039		
		St.5	92	0.20	18.3	0.267	0.308	0.041		
阿久根(春)	2004/5/27	A	63	0.18	11.4	0.209	0.214	0.005	0.005	1.026
		F	64	0.18	11.3	0.205	0.210	0.005		
		G	58	0.16	9.5	0.189	0.194	0.005		
		H	67	0.18	12.3	0.212	0.218	0.005		
		I	71	0.16	11.6	0.190	0.194	0.005		
阿久根(夏)	2004/7/26	A	63	0.18	11.1	0.204	0.210	0.005	0.005	1.026
		F	64	0.19	12.1	0.218	0.224	0.006		
		G	58	0.18	10.5	0.210	0.215	0.005		
		H	58	0.13	7.3	0.146	0.150	0.004		
		I	70	0.19	13.2	0.219	0.224	0.006		
五島西	2002/9/9	St.1	93	0.50	46.5	0.561	0.611	0.050	0.062	1.089
		St.2	91	0.70	63.5	0.781	0.851	0.070		
		St.3	87	0.65	56.9	0.733	0.798	0.065		

④植物プランクトンの回転率（年間生産量/現存量）は、「昭和 62 年度周辺海域漁場基本図作成事業報告書」（水産庁研究部研究課）から、135.5 と推定されたので、増加クロロフィル a 年間生産量は以下ようになる。

対馬東； 33.5 t (135.5×0.2470 t)
 阿久根； 4.0 t (135.5×0.0294 t)
 五島西； 49.4 t (135.5×0.3646 t)

⑤クロロフィル a 1 に対する炭素の割合を 40 とすると年間基礎生産量 (C) は、

対馬東； 1,340 t (33.5 t ×40)
 阿久根； 160 t (4.0 t ×40)
 五島西； 1,976 t (49.4 t ×40)

⑥年間基礎生産量(C) 1 に対する乾燥重量の割合を 30/12 (CH₂O/C)、乾燥重量に対する湿重量の割合を 10 とすると、植物プランクトンの年間生産量（湿重量）は、

対馬東； 33,500 t (1,340 t × 30/12×10)
 阿久根； 4,000 t (160 t × 30/12×10)
 五島西； 49,400 t (1,976 t × 30/12×10)

⑦植物プランクトン年間生産量の増加により、「植物プランクトン食性魚類増加」、「動物プランクトン食性魚類増加」、「魚食性魚類増加」、「ベントス増加による効果」が図 2.4.1 に示すフローで発現され、増加資源量は表 5.2.2 に示すとおりとなり、対馬東では 2,141t、阿久根では 258t、五島西では 3,206 t の資源増となる。

表 2.4.2 年間増加資源量

	対馬東	阿久根	五島西
①植物プランクトン食性魚類増加	292	35	430
②動物プランクトン食性魚類増加	852	102	1,256
③魚食性魚類増加	24	3	36
④ベントス増加による効果	83	10	123
計	1,251	150	1,845

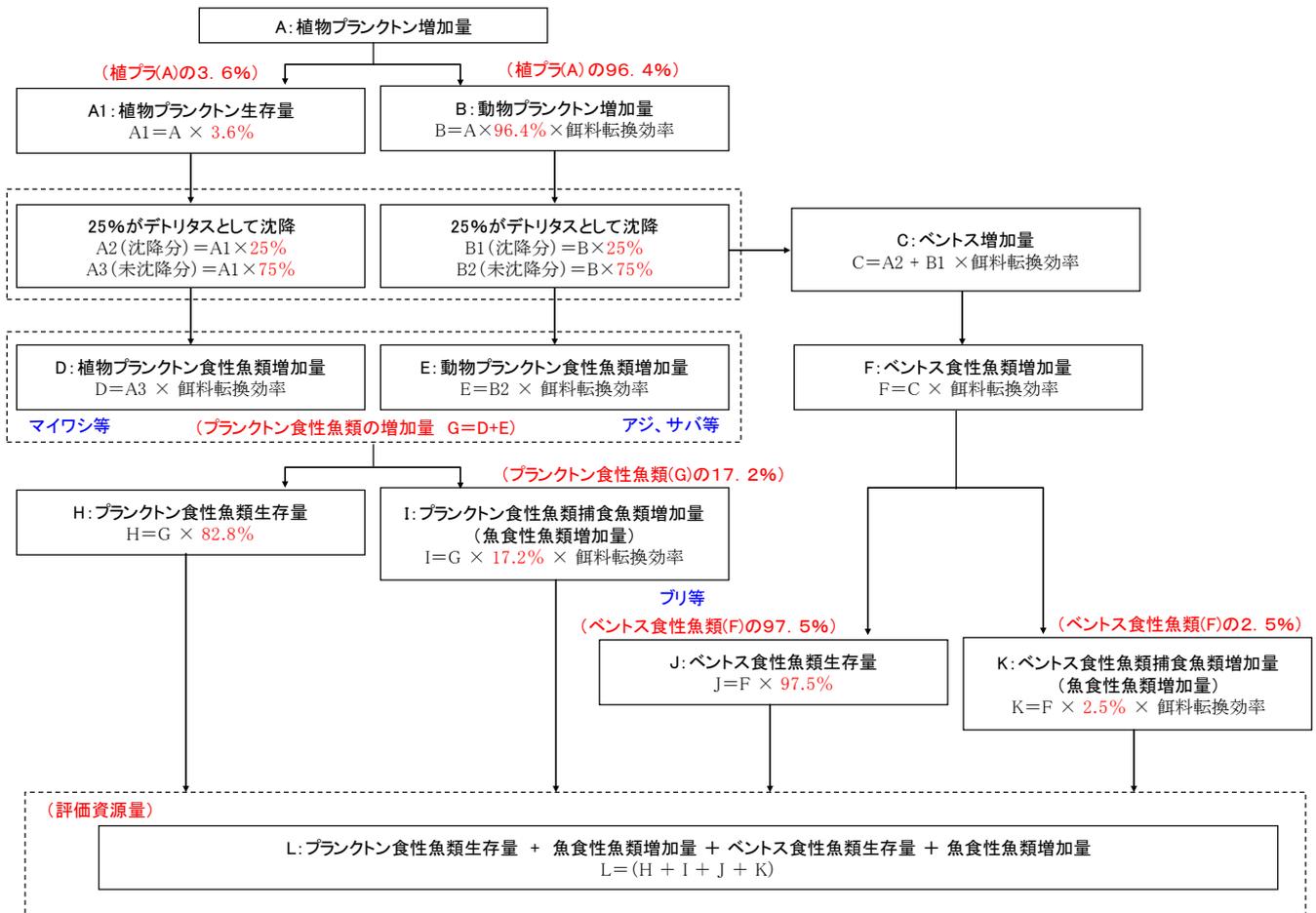


図 2.4.1 植物プランクトン増加に伴う資源増加量

Ⅶ.2 既設湧昇マウンド礁周辺海域の操業実態調査（ヒアリング調査）

1 既設マウンド礁周辺海域の漁場利用状況の概観

1.1 長崎県における既設湧昇マウンド礁の位置

長崎県における既設マウンド礁の位置を図 1.1.1 に示す。

このうち、本調査で対象としたマウンド礁は、23 年 1 月に竣工したばかりで効果の発現状況を捉えにくい壱岐西工区を除く 5 施設である。

長崎県の既設マウンド礁は比較的岸寄りに設置されているが、沿岸漁業と中・小型まき網漁業との協定による中小型巻き網漁業操業可能区域（距岸 3 マイル）の境界より若干沖側である。そのため、沿岸漁業、中・小型まき網漁業ともにマウンド礁周辺で操業可能となっている。

1.2 長崎県における既設湧昇マウンド礁周辺海域の操業概況

調査対象とした 5 施設について、利用が見込まれる漁協を対象として電話による事前調査を実施し、操業概況を整理した。

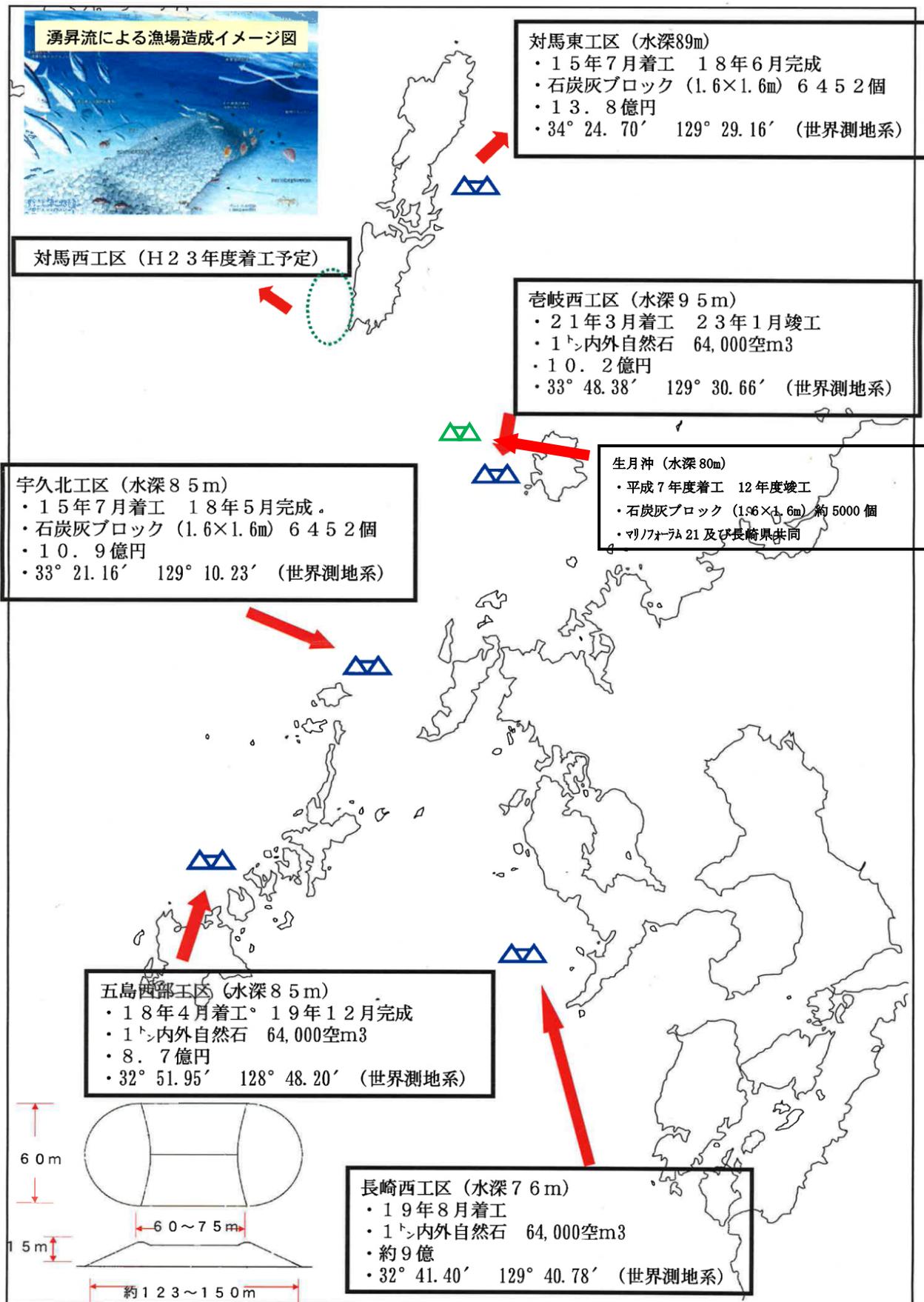
前節で述べたとおり、マウンド礁が比較的沿岸寄りに設置されていることから、地先漁協の沿岸漁業者によって直接的に利用されている場合が多い。よって、事前調査先は、マウンド礁を地先漁場として利用する可能性のある漁協を対象とした。

表 1.2.1 に示すとおり、沿岸漁業層では主に魚類を対象とした釣り漁業でよく利用されていることが明らかとなった。一方で、まき網漁業での利用を指摘する地域も多い。既設マウンド礁の直接的な漁場利用は、釣り漁業とまき網漁業によるものが主体と見られる。

表 1.2.1 既設湧昇マウンド礁周辺海域の操業概況

調査先	対象マウンド礁	マウンド礁周辺の操業状況(事前調査段階での情報)	
峰町東部漁協	—	対馬東	イカ釣り主体でマウンド礁を利用する漁家はいない。
豊玉町漁協	日高参事	対馬東	イカ釣り主体でマウンド礁を利用する漁家はいない。
美津島町漁協	神宮参事	対馬東	東海支所の釣り漁家(メダイ樽流し)が利用している。
野母崎三和漁協	浅川組合長	長崎西	マウンド礁周辺で操業をした組合員は一本釣り延べ縄を営む2人だけであった。マウンドが完成し、試しに行ってみた程度であるとのこと。
生月漁協	橋口氏	生月沖(MF21)	マウンド礁周辺では、巻き網が操業しているために、水揚がなく操業はしていないとのこと。
館浦漁協	柳原参事	生月沖	ヨコワひき縄・タチウオ一本釣等が利用している模様。
平戸市漁協	豊嶋氏	生月沖	マウンド礁周辺での操業はない(まき網が利用しているのでは)。
志々伎漁協	松瀬会計主任	生月沖	マウンド礁周辺での操業はない(まき網が利用しているのでは)。
奈留町漁協	宿輪組合長・大久保理事 ・出口参事	五島西部	まき網を中心に周辺漁場で操業。
五島漁協	川上総務・指導部長	五島西部	岐宿支所・三井楽支所のひき縄・一本釣の漁家が利用している模様。
五島ふくえ漁協	山田参事代行	五島西部	奥浦支所のひき縄・一本釣の漁家が利用している模様。
宇久小値賀漁協本所	馬田	宇久北	操業はなし(まき網が操業しているのでは)。
宇久小値賀漁協宇久支所	里村支所長	宇久北	一本釣り漁家が利用している。

事前調査によりマウンド礁の利用が認められた各漁協（表 1.2.1 の網掛け）には、聞き取り調査を実施し、マウンド礁周辺海域での操業実態や漁場利用状況、水揚動向等を把握した。次項に示す。



人工海底山脈の規模・概念図

図 1.1.1 既設マウンド礁の位置 (長崎県提供図に MF21 共同事業分を追記)

1. 3 美津島町漁協・東海支所における操業実態

(1) 利用する漁業者の概要

対馬東工区のマウンド礁は、美津島町漁協のうち東海支所の組合員が利用している。設置位置が峰町東部漁協の佐賀沖で、東海支所が漁場に近いためである。東海支所の組合員のうち、メダイ樽流し漁業への従事者が主として利用しており、利用者は10人程度である。これらの組合員の利用漁船はいずれも5トン未満船（おおむね4.0～4.9t）で、1人乗り操業である。

平成18年から2～3年はマウンド礁周辺でのメダイの豊漁が続き、利用頻度が高かった。現在は、魚群の反応を確認した上で、反応があれば操業する状況である。

(2) 漁業種類と対象魚種

マウンド礁を利用する漁業種類は、東海支所の漁業者の場合は一本釣りや樽流しのみである。延縄等はマウンド礁に引っ掛かるために利用しない。また、対馬東工区のマウンド礁は岸寄りであり、ヨコワ等の回遊魚もあまり蝟集しないことから、ひき縄釣りも利用しない。

ただし、豊玉漁協や峰町東部漁協では、知事許可の固定式刺網漁業を行う漁業者がいることから、マウンド礁周辺で操業している可能性が高い（マウンド礁周辺で揚網作業を見かけたことがあるとの情報）。

刺網等はマウンド礁に引っ掛かりやすいのであまり近くには設置しないと思われるが、東海支所の漁業者は、マウンド礁には相当の刺網が引っ掛かっているのではないかと予想している。また、マウンド礁周辺での漁獲が減少したのも、この放置漁具が一因ではないかと指摘している。

マウンドで漁獲される魚種はメダイがメインで、竣工当初はアマダイも比較的釣れた。しかし、現在はほとんど利用されていない。現状でも魚群の反応をみると、ブリ、ヤズ（ブリの未成魚）、ヒラス（ヒラマサ）も蝟集していることが分かっているが、商売になるほどの魚群ではない。

(3) 利用者の年間操業パターン

面談者の7名は、メダイ樽流し釣り漁業の部会を組織しており、類似した操業パターンとなっている。7月～11月中旬までが主力のメダイ樽流し釣り、11月～2月がヨコワのひき縄釣り、2月～3月がカサゴ、メバル、レンコダイ等を対象とした延縄である。

マウンド魚礁の利用時期は7月～11月中旬までのメダイの樽流し時期が主体である。ただし年中、魚群の反応を確認するために出漁の途中や帰港の途中で立ち寄ってはいる。

なお、近年は7月、8月にマグロ養殖用の種苗釣りを委託契約で請け負うケースも出ている。特に今年（平成23年）は、他の魚種が芳しくないこともあり、ヨコワ稚魚釣りに従事する人が増えた。現地の漁業者は、マグロ養殖が拡大基調にある中で、当面はこうした傾向が続くと想定している。

(4) マウンド礁での漁法

マウンド礁は港から4～5マイル程度の近場にあり漁場までは30分程度である。メダイの樽流しの場合、夕方18:00位から明朝まで操業する。

マウンド礁でのメダイ樽流しは、樽1個当たり8～10本程度のハリ数をつけた立て縄を2個用いる。潮上から樽を投入して潮流にまかせて流し、潮下で回収するという手順を繰り返す。1時間に5～10回程度の投入・回収を行う。餌はイカのワタを主力で使用するが、イカの切り身やイワシを使うこともある。

(5) 主な漁場位置とマウンド魚礁への依存度

東海支所の漁業者が利用している漁場位置は後掲図に示す通り。対馬の南側の海域を主体としている。竣工当初のマウンド礁への依存度が高かった。

現在は、まき網による利用、刺網による利用と放置漁具の問題があるとされている。

1. 4 館浦漁協における操業実態

(1) 利用する漁業者の概要

館浦漁協の一本釣り漁業者約 10 名が利用している。このうち、よく利用する漁業者が 6～7 名である。残りはイカ釣を主体とした兼業で一本釣りを行う漁業者である。利用漁船は 4.0～4.9 トンで、いずれも 5 トン未満船である。

(2) 漁業種類と対象魚種

マウンドを利用する漁業種類は、館浦漁協の漁業者の場合は一本釣りのみである。刺網や延縄等の設置式漁具では利用していない。生月漁協との共有共同漁業権の関係もあり、これらの設置式漁具を用いた漁業種類は生月の南側海域で行うこととなっている。

生月漁協のタコツボ漁業による利用はあるかもしれない。また、鹿町や小佐々地区のまき網漁業者が生月まで来て、生月の漁港を根拠港のように利用しながら操業する場合も見受けられる。

マウンドで漁獲される魚種は、ブリ、ヤズ（ブリの未成魚）、ヒラス（ヒラマサ）がメインであり、これらの魚種の盛漁期にしか操業しない。生月沖のマウンド礁は、これらの魚種の魚道にあたっているようで、時期的によく蟄集する。

(3) 利用者の年間操業パターン

マウンド魚礁の利用時期は限定的で、冬場 11 月～翌 1 月までの 3 ヶ月間である。この時期はブリ、ヒラマサの盛漁期で、マウンド礁周辺によく蟄集している。

(4) マウンド礁での漁法

本地域の一本釣り漁業は夜明け前に出向し、夕方 16:00～17:00 位に帰港する昼間操業である。マウンド礁周辺での操業についても、通常の本釣りの漁法で、活餌や疑似餌を使用する。

(5) 主な漁場位置とマウンド魚礁への依存度

館浦漁協の一本釣り漁業者の主な漁場位置は後掲図に示す通り。イカ釣を行う漁業者は壱岐沖まで出漁する場合もある。

マウンド礁は、一本釣り漁業者にとって冬場のブリ類の盛漁期に重要な漁場となっている。また、湧昇流の発生効果は地元の漁業者にも認識されている一方で、まき網漁業による利用が多い。

1. 5 五島ふくえ漁協・奥浦支所及び五島漁協・岐宿支所、三井楽支所における操業実態

(1) 利用する漁業者の概要

五島市内の 7 漁協が合併した五島漁協（正 583 名、准 818 名）のうち、マウンド礁を利用するのは岐宿、三井楽の 2 支所の組合員である。また、五島ふくえ漁協のうち、マウンド礁を利用するのは奥浦支所の組合員である。

五島漁協岐宿支所・三井楽支所では 40～50 人の一本釣り漁業者がいる。これらの漁業者の大部分が時期的にマウンド礁を利用している。また、五島ふくえ漁協奥浦支所の組合員のうち、一本釣りの着業者は 40 人前後で、よくマウンド礁を利用するのは 10 人程度である。

利用漁船は 4.0～4.9 トンで、いずれも 5 トン未満船で 1 人乗り操業である。

(2) 漁業種類と対象魚種

五島漁協岐宿・三井楽支所では、通常の本釣り、ひき縄による利用が主体で、レンコダイの延縄もやる場合がある。ここ数年はサワラが増加しており、ひき縄釣りの対象として重要度が増している。マウンド礁周辺でもサワラのひき縄を操業する漁業者がいる。

五島ふくえ漁協奥浦支所では、マウンド礁を利用する漁業種類は一本釣りのみである。五島ふくえ漁協奥浦支所では延縄や刺網のような設置式漁具を用いる漁業は、マウンド礁に漁具が引っかかるためマウンド礁至近では行わない。

なお、管外船ではまき網漁業や底びき網漁業の利用もあるとの指摘があった。底びき網漁業は、マウンド礁の周りを曳網することがある。

主力の魚種は、秋から冬場のヒラマサ、タカバ（マハタ）である。この他、春にはアラカブ（カサゴ）やレンコダイも対象とする。前述のとおり、ここ数年はサワラが増加しており、以前はマダイもよく釣れた年があった。毎年の漁場環境で蛸集する魚種も変わるものと思われる。

近年、蛸集している魚種では、ヤズ・ブリが多い。5年ほど前から、1年中マウンド礁周辺に蛸集しているが、単価が安いために誰も釣らない。

(3) 利用者の年間操業パターン

両地区とも、一本釣り漁業者は周年対象魚種を変えながら周年操業する。このうち、マウンド礁を利用する一本釣り漁業の主力時期は9月～12月の4ヶ月間で、ヒラマサ、タカバ（マハタ）の盛漁期となる。その他、アラカブ（カサゴ）やレンコダイの盛漁期となる3月～4月も利用する。

なお、近年は、7月～8月くらいにかけてマグロ養殖用種苗を養殖事業者からの委託契約で釣る漁業への着業者が増えている。

(4) マウンド礁での漁法

本地域の一本釣り漁業は夜明け前に出向し、夕方16:00～17:00位に帰港する昼間操業である。マウンド礁周辺での操業についても、通常のひき縄、一本釣りの漁法である。活餌や疑似餌を使用する。

(5) 主な漁場位置とマウンド魚礁への依存度

一本釣りの場合、1日の操業で漁場を何回も変えることが多い。その際には、天然礁や人工魚礁が目印となり、マウンド礁は有力な目印の一つとして認識されている。また、五島西工区のマウンド礁は、潮通りがよい場所に設置されており、魚がよく蛸集していると評価されている。利用する漁業者からは、マウンド礁ができたことで一本釣り漁業者にとっての漁場の選択肢が広がり、計算できる漁場が増えたと評価されている。一方で、マウンド礁周辺には天然礁も散在しており、これらと併せて効果が出ていると認識されている。

1. 6 宇久小値賀漁協・宇久支所における操業実態

(1) 利用する漁業者の概要

宇久小値賀漁協のうち宇久支所の組合員のみが利用している。小値賀地区（本所）の組合員は利用していない。

宇久支所のうち一本釣り漁業への従事者が多い平地区の組合員が主として利用しており、利用者は30～50人程度である。一本釣り漁業者のほとんどが利用している。神浦地区は延縄漁業が中心のため利用者は少なく、10人程度である。

利用漁船は4.0～4.9トンで、何れも5トン未満船である。

(2) 漁業種類と対象魚種

マウンド礁を利用する漁業種類は、宇久地区の漁業者の場合は一本釣りのみである。刺網や延縄では利用していない。一本釣りの漁場はマウンドの南側が主で、北側では操業していない。

なお、マウンド礁の北側にはタコツボが入っているが、平戸の漁業者のものと思われる。

マウンド礁で漁獲される魚種は、ブリ、ヤズ（ブリの未成魚）、ヒラス（ヒラマサ）がメインで、この他にイサキ、チダイ、アジ、タカバ等である。マウンドの南側はイサキの夜釣りの主要漁場となっている。なお、昼間のイサキはマウンドにはつかない。アジはまき網に獲られるためか、あまり多くない。

(3) 利用者の年間操業パターン

面談者の2名は、以前はタチ縄、レンコダイ延縄や海士もやっていたが、現在は周年一本釣に従事している。

11～4月は主としてヨコワを対象とした一本釣漁業に従事しており、漁場は対馬～山口、下五島と広範囲に及ぶ。漁場近くの漁港を基地として操業し、寄港地に水揚げしている。なお、伝票は漁協を経由しているため漁獲実績は把握されている。3～5月は昼間のイサキ釣り、6～10月はイサキの夜釣り（19～夜明け）に従事する。なお、8月の1ヶ月間はイサキの夜釣りを中断し、マグロ養殖用の種苗釣りを委託で請け負っている（下記参照）。

以上が1年間の代表的な操業パターンであるが、3月～10月にかけてヨコワやイサキの漁獲がおもわしくないときは、マウンド魚礁を漁場として利用している。

マウンド魚礁の利用時期は限定的。ヨコワ釣りから帰ってきてからイサキ釣りの期間の3～6月の利用がメインで、この間に10～20回ほど利用している。ブリ、ヒラマサに比較するとイサキの単価が高いため、イサキ釣りを優先するが、イサキの漁が芳しくない時にマウンド魚礁を利用する。

<マグロ種苗採捕委託の仕組み>

地元マグロ養殖企業からの委託でマグロ種苗（200～800g）を採捕している。燃油は委託元企業負担で、日当は20,000円、歩合は種苗1尾あたり1,000円の設定となっている。8月の1ヶ月間は宇久周辺でマグロ種苗を採捕する。釣果は最大で40尾/日程度。操業時間帯は4～15時。なお、対馬では1尾4,000円で買い上げているとのこと。

(4) マウンド礁での漁法

マウンド礁は港から3マイル程度の近場にあり、漁場までは30分程度である。早朝から利用するが、操業時間帯は潮に左右され、引潮時に利用する。利用時間は2～3時間程度である。

マウンド魚礁での一本釣は、「水中心々」と呼ぶ漁法で、疑似餌を35本程度つけて、ブリ、タイを釣る。

(5) 主な漁場位置とマウンド魚礁への依存度

宇久支所の漁業者は宇久島周辺を主漁場としており、あまり遠くの漁場には行かない。マウンド礁の南側から宇久島周辺がイサキの漁場となっている。マウンド礁の東側は天然の好漁場であり、マウンド礁はもともと漁場として優れていた場所に造成されている。このため、マウンド礁の効果を明確に区分して評価することが難しい。ただ、多い人では1日にヒラマサを100kg獲った実績がある。

マウンド礁の直上海域では刺網が入っていないため「水中心々」の漁法が可能である（マウンド以外ではヒラメ刺網がたくさん入っているため、「水中心々」の操業ができない）。つまり、一本釣漁業が他の漁業と競合しないで利用可能な状況となっており、操業しやすい漁場が造成されたという点で評価されている。

1. 7 中・小型まき網漁業による操業実態

(1) 佐世保・小佐々地区船団

佐世保・小佐々地区を拠点とする中・小型まき網船団は、カタクチイワシ等の煮干し加工原料を主対象とした操業を行う船団と、外洋域でアジ、サバ、イワシ類を主対象とした操業を行う船団に区分される。

本調査では、外洋域でアジ・サバ・イワシ類を漁獲する船団を調査対象として操業日誌の記載及び聞き取り調査を行った。外洋域で操業する船団は、周年、アジ・サバを主体に、対馬西沖海域からEEZの範囲内で操業している。

主要な漁場は船団によって若干異なるが、主に宇久島～上月沖が中心となる。農林漁区で示すと213、223、224、225、234、235海区で、対馬と五島の中間の海域が主体となる（図.1赤枠内）。この海域は、海底地形が複雑で大規模な瀬（天然礁）があり、周辺にも点在していることから、従来から優良な漁場として知られている。また、船団の中には2月～4月にかけて、タレ（カタクチイワシ）狙いで平戸の北あたり（214海区）で操業している場合もあ

る。

近年は、アジ・サバの魚群が接岸せず、かなり沖合の漁場で操業しないと漁獲量がまとまらない状況が続いている。そのため、ほとんど12マイル以上の沖合の瀬で操業している。また、以前は壱岐水道を主体に操業をする船団もあったが、近年、壱岐水道での漁獲が全くなり、行かなくなった（船団の認識として、海砂を採取したために魚が取れなくなったとの指摘があった）。

出漁サイクルは、おおむね日曜～土曜までの1週間操業が基本サイクルとなっており、年間180～200日の出漁日数となる。平均すると月に17～18日の出漁となり、多い時では月に20日程度である。1晩の入網数は2回程度である。

沿岸漁業との競合を避けるため、操業範囲が沖合化している傾向がある。

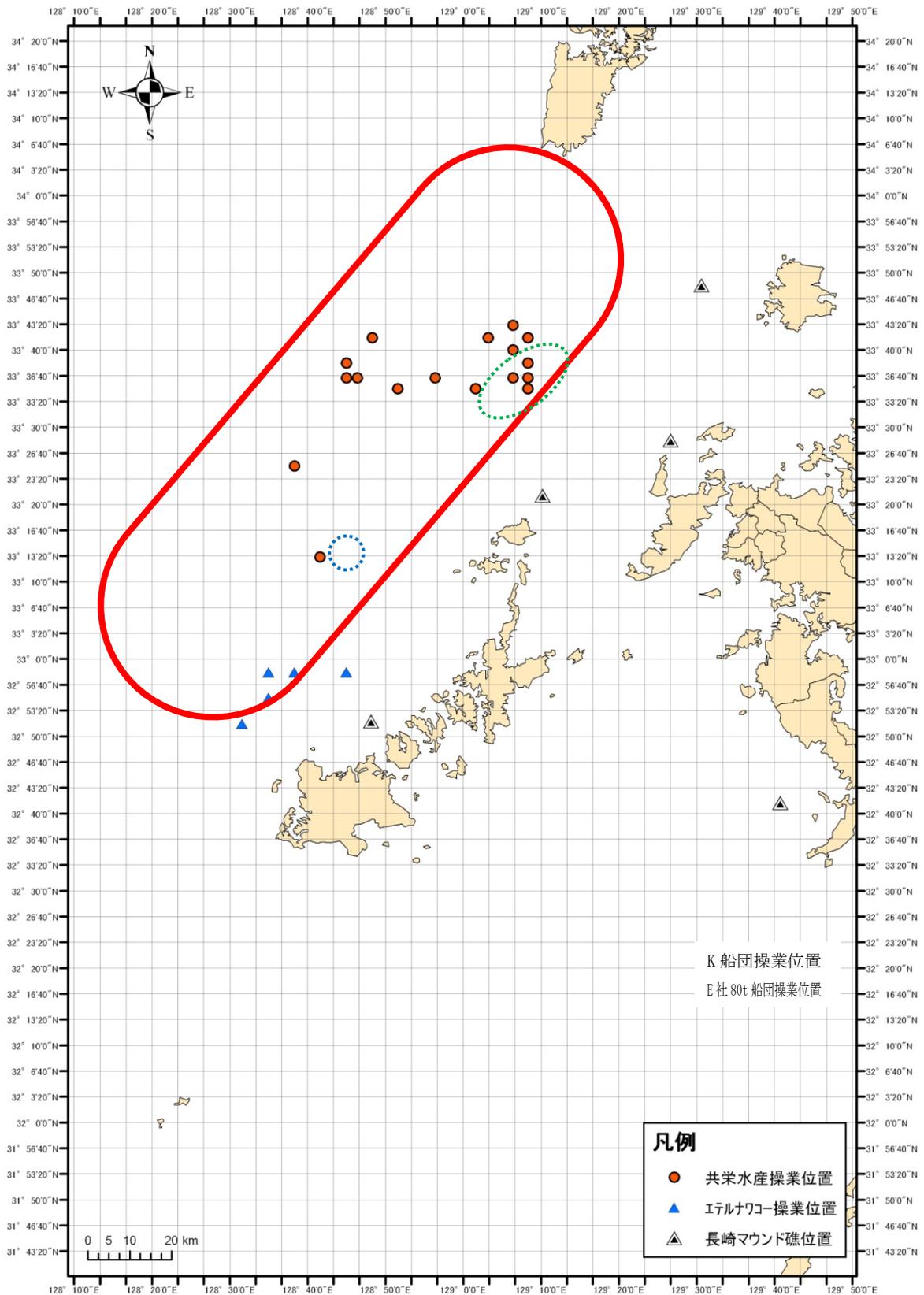


図 1.7.1 佐世保・小佐々地区を根拠地とする中・小型まき網船団の主要漁場

注：操業位置は、操業日誌に記載いただいた平成 23 年 5 月～6 月の位置をプロットした。なお、E 社の操業位置は、5 月に比較的沿岸寄りでの操業した時の位置のみをプロットした。概ね 19 t 型船団は類似した漁場で操業している。

表 1.7.1 E社の操業におけるマウンド礁への依存度

大臣許可 80t 型

月	項目	出漁日数	操業回数		マウンド 依存度
				マウンド	
H23	4月	13	39	0	0.0%
	5月	16	42	2	4.8%
	6月	18	36	0	0.0%
	7月	17	34	0	0.0%
	8月	20	39	0	0.0%
	9月	15	34	0	0.0%
	10月	17	33	0	0.0%
	11月	19	40	0	0.0%
	12月	16	31	0	0.0%
H24	1月	12	23	0	0.0%
	2月	16	31	0	0.0%
	3月	12	23	0	0.0%
計		191	405	2	0.5%

知事許可 19t 型 (1 船団分)

月	項目	出漁日数	操業回数		マウンド 依存度	
				マウンド		
H23	4月	13	39	0	0.0%	
	5月	16	42	5	11.9%	
	6月	18	36	10	27.8%	
	7月	17	34	10	29.4%	
	8月	20	39	4	10.3%	
	9月	15	34	0	0.0%	
	10月	17	33	0	0.0%	
	11月	19	40	0	0.0%	
	12月	16	31	0	0.0%	
	H24	1月	12	23	0	0.0%
		2月	16	31	0	0.0%
		3月	12	23	0	0.0%
計		191	405	29	7.2%	

注：19t型船団は2カ統あるが、両方とも同様の操業行動であることから、1船団分のみを表示した。

③マウンド礁周辺での漁獲量

E社3マウンド礁周辺で操業した際の漁獲量について表.2に示す。

80t型船団は天然礁も含め、礁周辺で操業する際には魚礁性の強い魚種を狙っての操業となることから、その他の魚種が漁獲されている。

一方、19t型船団は、主としてアジを狙っての操業である。5月～8月にかけてのアジの最盛期にマウンド周辺で操業していることが分かる。

表 1.7.2 E社のマウンド礁周辺操業時の漁獲量

大臣許可 80t 型

月	項目	マウンド周辺での漁獲量(箱)				
		アジ	サバ	イワシ	その他	合計
H23	4月					0
	5月				630	630
	6月					0
	7月					0
	8月					0
	9月					0
	10月					0
	11月					0
	12月					0
H24	1月					0
	2月					0
	3月					0
計		0	0	0	630	630

知事許可 19t 型 (1 船団分)

月	項目	マウンド周辺での漁獲量(箱)					
		アジ	サバ	イワシ	その他	合計	
H23	4月					0	
	5月	500			2.5	503	
	6月	1,000	10		2.5	1,013	
	7月	1,000	10		2.5	1,013	
	8月	400	5		2.5	408	
	9月					0	
	10月					0	
	11月					0	
	12月					0	
	H24	1月					0
		2月					0
		3月					0
計		2,900	25	0	10	2,935	

(2)長崎地区船団

長崎地区の中小型まき網船団の主漁場は「五島灘」と称される海域（五島東側海域から本土の間の海域）が中心である。なお、大臣許可の大中型まき網では、鹿児島県沖まで南下することもある。

かつて五島灘海域は瀬が多く、優良な漁場だったが、近年は水揚げが全体的に減少している。船団は、その理由として操業範囲内での海流の影響や五島灘の沿岸部における海砂の採

取が原因となって資源が枯渇しているのではないかとの認識を持っている。

近年は、五島灘の水揚げが減少していることから、従来よりも沖合の漁場で操業する傾向が強まっている。

中小型まき網船団の出漁サイクルは、おおむね2～3日を1サイクルとして年間180日前後の出漁日数となる。平均すると月に17～18日の出漁となり、多い時では月に20日程度である。

(3) 五島奈留地区船団

五島奈留地区の中小型まき網船団の主漁場は、五島周辺である。長崎県の許可による操業可能海域は北松海区全域となるが、周年五島周辺で操業している。このうち、五島南部での操業が多い。マウンド礁の設置前後でまき網船団の操業位置に大きな変化は見られないが、

- ①各船団とも「もうかる漁業プロジェクト」で探索船を1船減らしたことで1船団当たりの戦闘力が落ちている
- ②その分を共同探索することで補っているが、戦闘力が落ちたために探索範囲が狭まった
- ③結果として限られた漁場で過去の実績等を重視した漁場利用となりつつある
- ④マウンド礁周辺は、比較的計算できる漁場として捉えられている

といった傾向があるとの指摘があった。

一方、船団の漁労長はマウンド礁を意識して操業しているが、一本釣との漁場競合のため、まき網が操業を控える事態になっている。まき網漁業者側からの希望としては、現在設置されているマウンド礁に加え下五島南部に設置が必要と考えている。

水揚漁港は、比率にして佐世保が6、長崎3、奈留が1である。カタクチイワシやサバの水揚げが多く、小ぶりではあるが需要はある。しかし平成23年はカタクチイワシが不漁である。北松北部海区で取り過ぎの可能性があり、最近では豊漁が続かないとの指摘もあった。

五島船団の出漁サイクルは日帰り操業が基本となる。4月～6月はアジが主体、冬はイワシ類が主体である。最近では出漁できても漁がまとまらず、荒天等で出漁日数も少ない。北東の風が吹いてくると操業が難しくなる。平成21年の年間出漁日数は180日であったが、22年は150日であった。以前と比較して時化が多くなっている。

2 既設湧昇マウンド礁周辺海域の漁場利用状況の取りまとめ

上記調査結果を踏まえ、長崎県における既設マウンド礁周辺海域の漁場利用状況について図 2.1.1 にまとめた。

(1) マウンド礁の利用度が高い漁業種類

■釣リ漁業（一本釣り、ひき縄）

■中・小型まき網漁業

※一部で刺網、延縄

(2) マウンド礁の利用時期と対象魚種

■釣リ漁業：メダイ、ブリ・ヒラス（ヒラマサ）、イサキ、タカバ（マハタ）、アマダイ、レンコダイ、マダイ、チダイ、アジ、サワラ

■まき網漁業：イワシ・アジ・サバ、若干混獲魚

(3) 漁場利用調整問題

■比較的岸寄りではあるものの、中・小型まき網漁業の操業可能区域に設置されているため中小型まき網漁業でも利用されている。ただし、一本釣り等の沿岸漁業との利用調整問題がくすぶっており、中小型まき網漁業側が利用を譲歩するといった状況が生じている。

■また、知事許可漁業のヒラメ固定式刺網の時期は、優良な漁場が刺網の浮標だらけで、一本釣り、中小型まき網漁業とも操業しにくい状況となるが、一本釣り漁業者からはマウンド礁周辺は比較的操業しやすい海域として認知されている。沿岸漁業層間の漁場利用調整問題の解決の一助となっている側面もあるが、この場合でも中小型まき網漁業との利用調整問題は残されている。

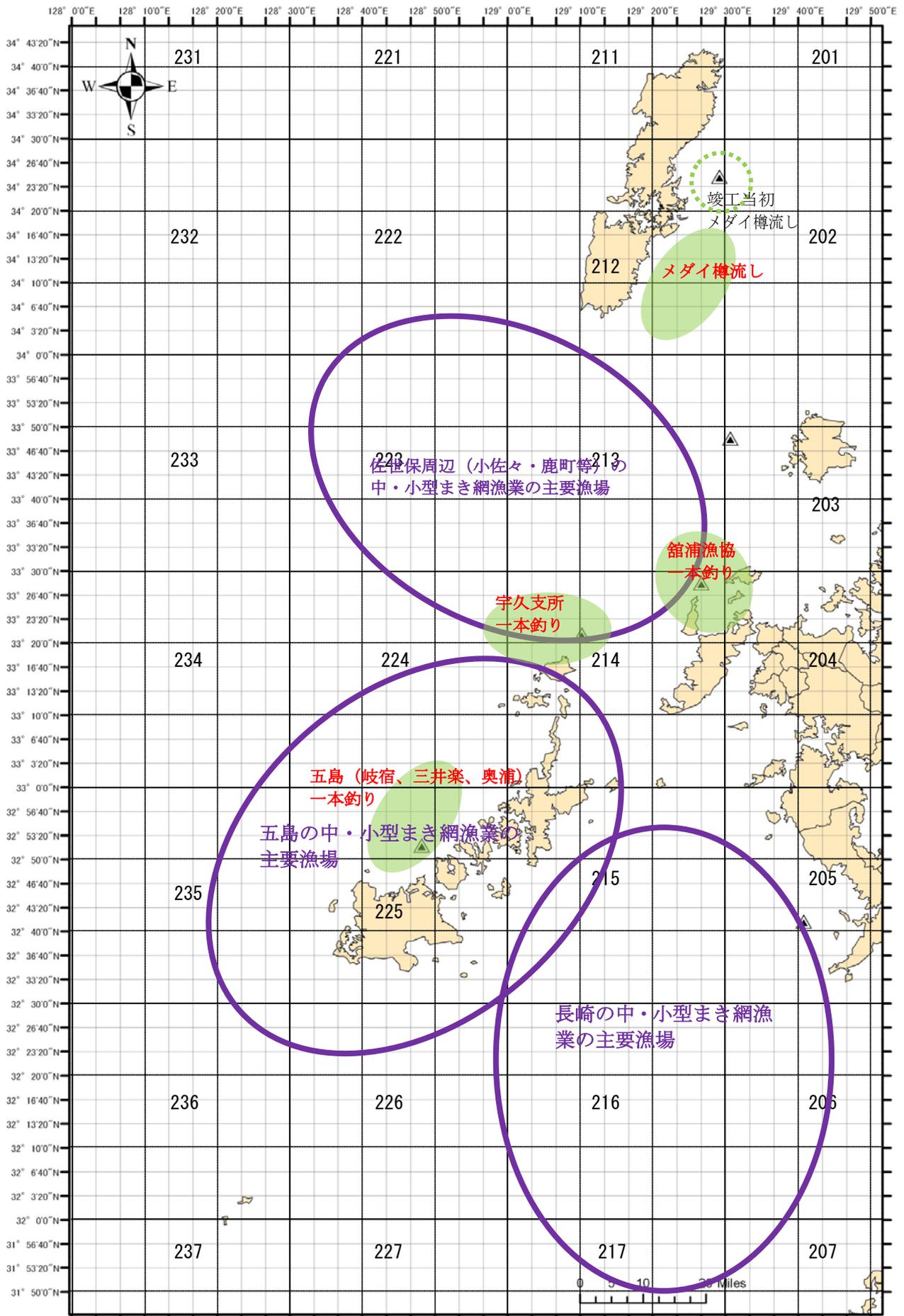


図 2.1.1 長崎県における既設湧昇マウンド礁周辺海域の利用状況

Ⅶ.3 既設湧昇マウンド礁周辺海域における漁獲調査（漁獲状況調査）

1 主要水揚港における魚種別取扱高・金額・単価の動向把握

1.1 東シナ海域における主要魚種の資源動向

(1) マアジ資源の評価

東シナ海・日本海のマアジ漁獲の約80%は、まき網漁業による。主漁場は東シナ海から九州北～西岸・日本海西部である。マアジは東シナ海及び日本海で操業する大中型まき網漁業による漁獲の23%を占める（2010年）。

対馬暖流域での我が国のマアジ漁獲量は、1970年代後半に減少し、1980年に4万トンまで落ち込んだ。その後増加傾向を示し、1993～1998年には20万トンを超えたが、1999～2002年は13万～16万トンに減少した。2003年から漁獲量は再び増加し、2004年には19万トンであったが、2006年以降は減少して13万トン前後で推移している。

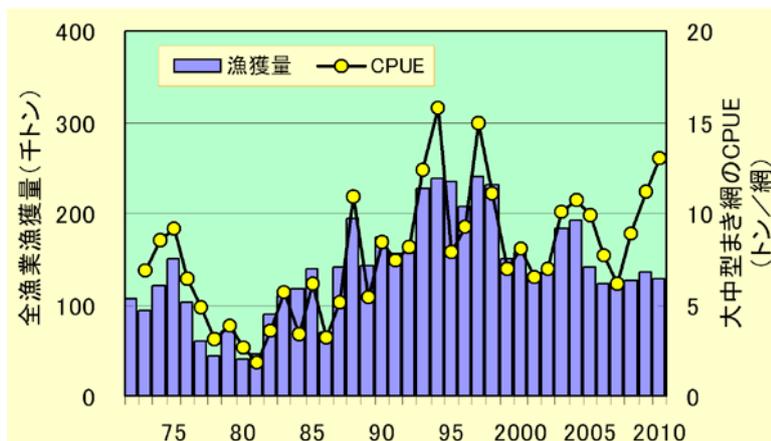


図 1.1.1 対馬暖流域での我が国のマアジ漁獲量

出典：水産庁「平成23年度資源評価ダイジェスト版」より引用

(2) 大中型まき網漁業の生産動向

大中型まき網漁業の生産量の推移を図 2.1.2 に示す。平成19年までアジ類の漁獲量が減少傾向を示していたが、その後若干回復し、現在は横ばいとなっている。

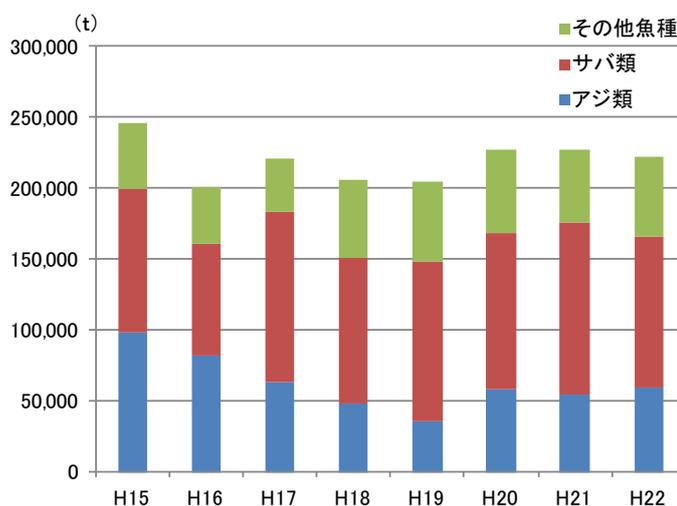


図 1.1.2 大中型まき網漁業の生産量推移

資料：漁獲成績報告書データ

(3) 大中型まき網漁業の生産動向と五島奈留船団の生産動向の比較

後述する中小型まき網五島奈留船団の生産動向と大中型まき網漁業の生産動向を比較すると、おおむね比例していると評価できる(図 1.1.3)。平成 15 年以降、平成 16 年から 19 年にかけて、大中型まき網漁業は 21 万トンを超え、その間、五島奈留船団も 9,500 トンから 6,000 トン台(H16)→5,000 トン台(H17)→4,000 トン台(H18)と大きく減少してきた。

近年は、大中型まき網漁業の生産量が回復してきた一方で五島奈留船団の生産量が減少している。これは、船団数の減少等も一因と考えられる。

このため、大中型まき網の生産量の推移と比較すると、中小型まき網の生産量の方が減少傾向が顕著であることが示されている。

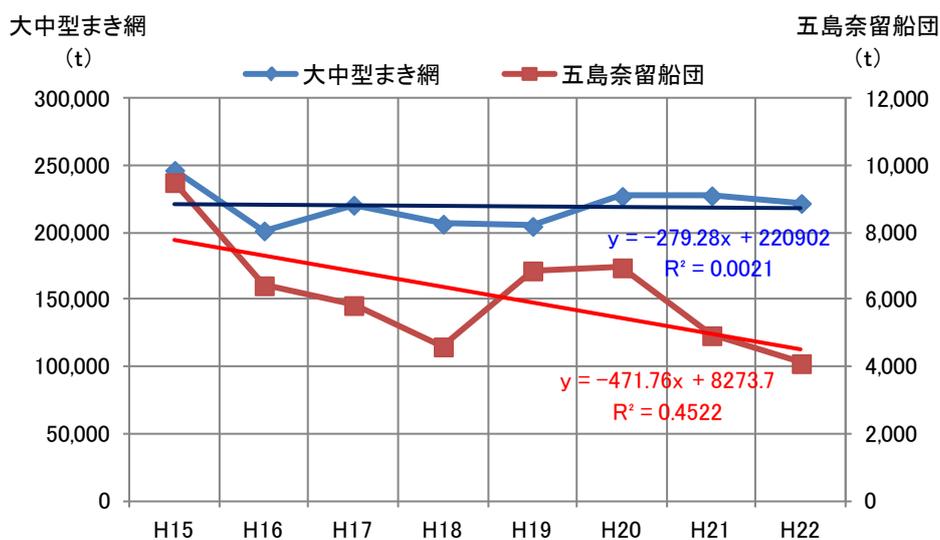
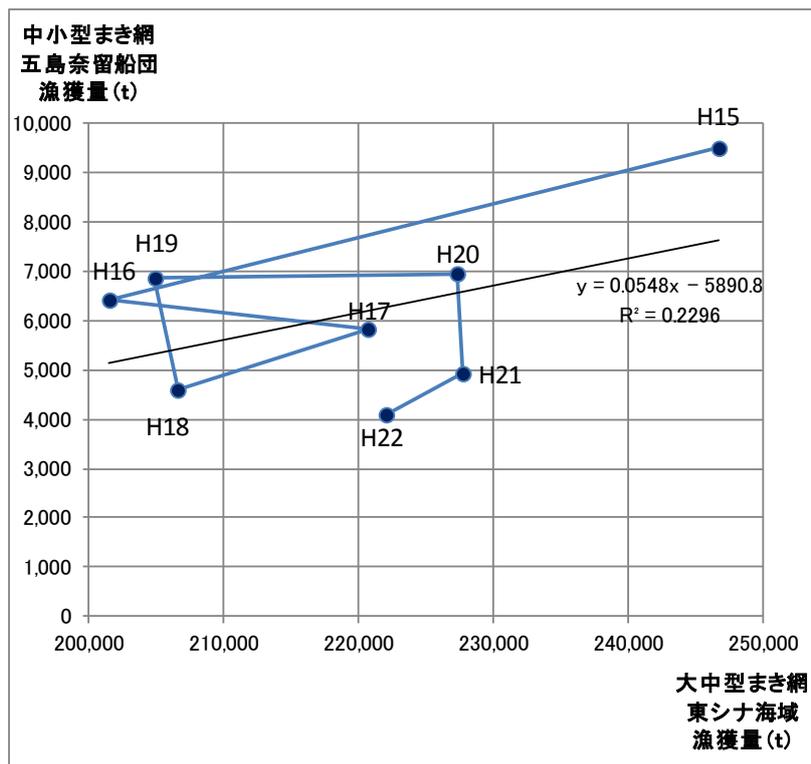


図 1.1.3 大中型まき網漁業及び五島奈留船団の生産量の関係
資料：漁獲成績報告書データ、奈留町漁協提供データ

1. 2 主要水揚港における魚種別取扱高・金額・単価の動向把握

(1) 唐津魚市場

① 水揚概況

中小型まき網の唐津魚市場への水揚は対馬2船団が主体である。この他、大中型まき網による水揚もある。唐津魚市場での大中型まき網と中型まき網の水揚量の割合は9:1である。

魚種別にみると、サバは済州島や対馬周辺で漁獲されたものが多く、秋から冬場が主体。アジは、3月～6月が対馬周辺で漁獲されたもので、脂の乗りがよく品質が良い。夏場を過ぎると東海ものが水揚の中心となり、大中型まき網が主体となる。

② 水揚動向

唐津魚市場の水揚量は、ここ2～3年ほど伸びている。福岡市場と異なり、加工原料向けも水揚されるためである。福岡は消費地市場の性格が強く、生鮮向けには強いが冷蔵庫施設の能力が低い。

唐津は、加工原料向けに強いが、燃油の高騰等の影響もあり、南からの入船が減った。特に平成20年はその影響が出て、水揚量が減少している。

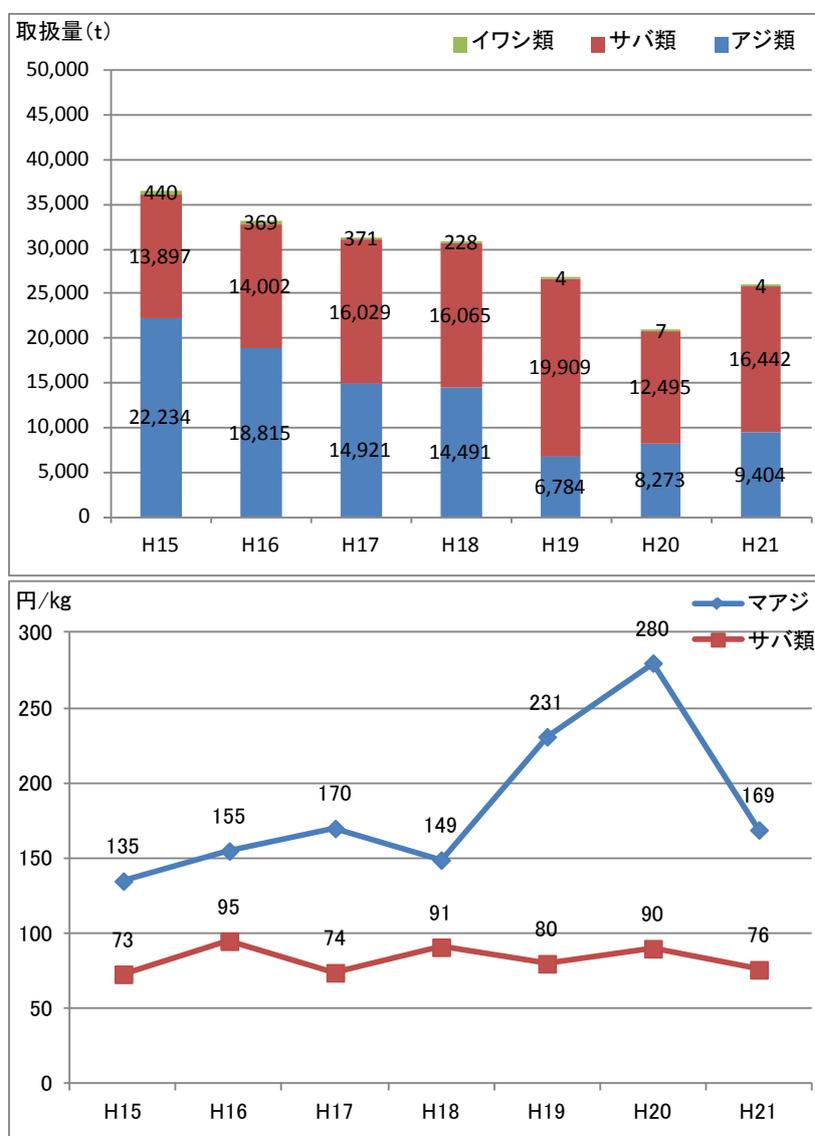


図 1.2.1 唐津魚市場におけるアジ類、サバ類、イワシ類の水揚量と単価の推移
資料：水産物流通統計年報

(2) 松浦魚市場

①水揚概況

近年は、イナダ・ワラサの資源が増加しており水揚も増えている。大中型まき網でも1年中漁獲されている状況。従来は、季節で回遊してくる魚種だったが、現在は東シナ海からいなくなる。一方で、特定の魚種が増加することに危惧も感じる。食物連鎖で他の魚種が減少している恐れがある。アジ、サバ、イワシなどの資源を含め他の魚種も資源量が増加している可能性がある。

平成23年のまき網漁業の状況は、水温が低いせいかサバの脂のノリが良い。その一方でアジが不漁である。例年は5月になるとアジが主体となるが、まだサバが続いている（調査時4月末現在）。

マウンド礁は、効果があると感じている。湧昇流の発生によって、イカ資源の増殖の可能性があるのではないかと感じている。

②水揚動向

1990年代前半のイワシ漁の豊漁が続いた時期をすぎてから、1997年まで中小型まき網の水揚減少が続いた。その後は回復基調で、2000年代に入ってから、1.5万トン～2万トンの水準で推移している。

参考までに、大中型まき網による水揚量の推移を図1.2.3に示す。2000年代に入っからは横ばい傾向で推移しているものの、ピーク時と比較すると半減している。

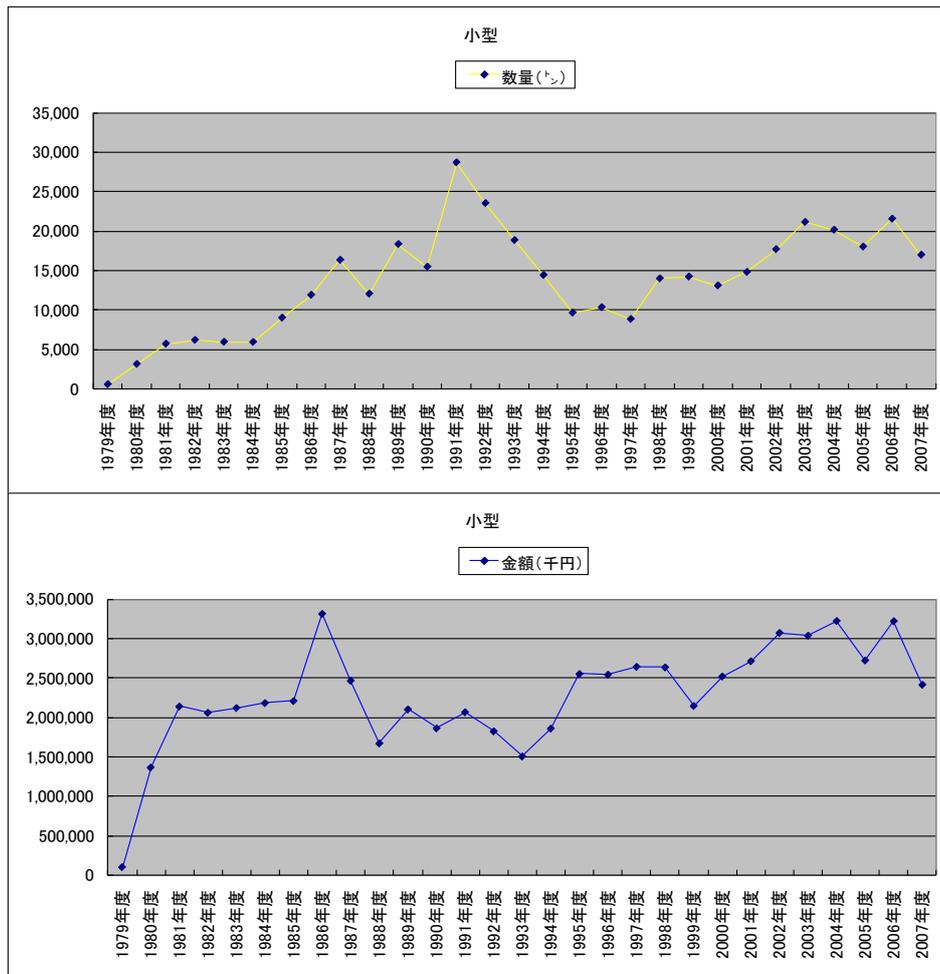


図 1.2.2 松浦魚市場における中小型まき網漁業の取扱量推移

資料：西日本魚市(株)提供資料

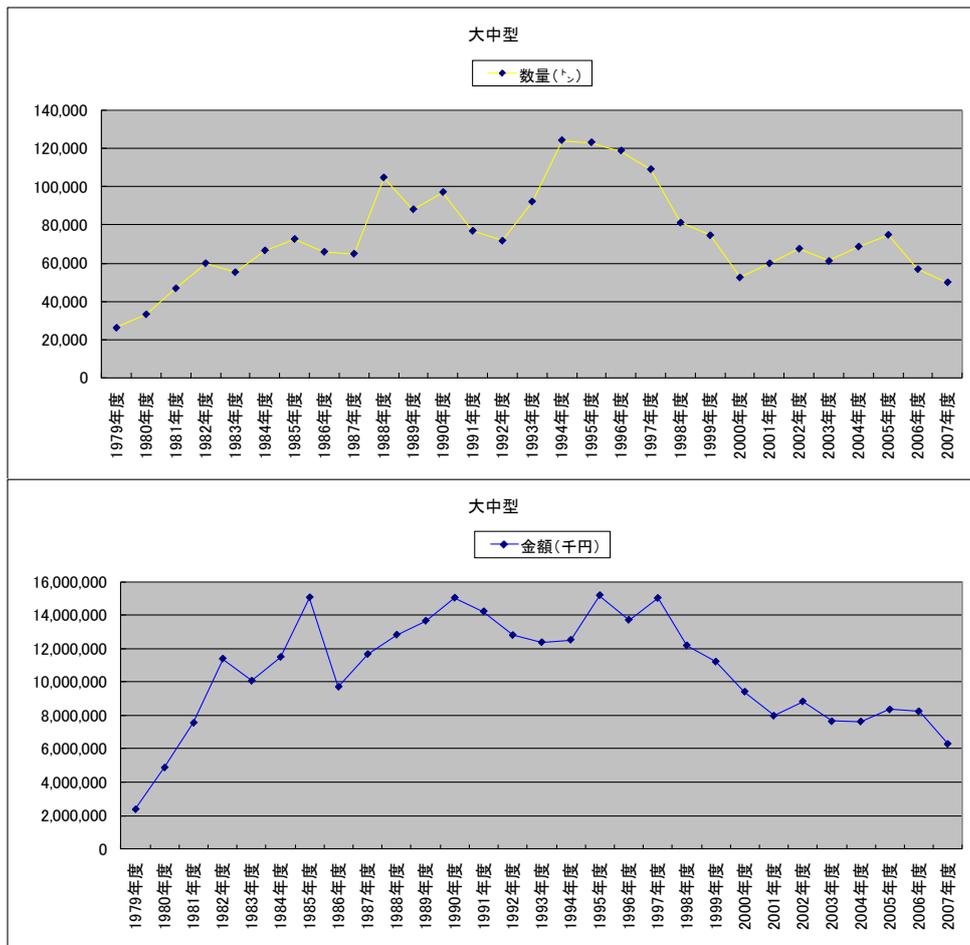


図 1.2.3 松浦魚市場における大中型まき網漁業の取扱量推移 (参考)
資料：西日本魚市(株)提供資料

(3) 佐世保魚市場

①水揚概況

佐世保魚市場への水揚する中小型まき網船は佐世保周辺の船団及び、五島奈留船団である。特に、地元佐世保の船団は主力であり、まき網水揚量の30%は地元船団である(3ヶ統)。養殖用餌料向けと加工原料向けで出荷している。

魚種別水揚量は、アジ、カタクチイワシ、サバが主体である。魚種別の季節変動をみると、1月～3月：スルメイカ、4月～6月：カタクチイワシ、7月～9月：アジ、秋はサバといった具合である。

水揚量は21年度を100とすると、20年度と22年度は120%くらい。21年度の水揚の低迷はカタクチイワシとアジの減少であった。アジは質も悪かった。

定置網漁業では、ほぼ上五島・有川湾からで、若干生月からの水揚もある。定置網は、水揚が減少しており、回遊魚の回遊経路(魚道)が変わった可能性がある。

他の市場からの転送はなく、水揚する船の所属は、ほとんどが五島が中心で、福岡の船は多少来る程度である。集荷範囲は、漁業者が直接持ち込める範囲である。長崎は針生、地元は生月までが集荷範囲となっている。地元の漁師は軽トラで運搬をしてくる。

セリの開始は4時半(一般の魚)、6時(まき網)である

②水揚動向

まき網漁業の水揚げを所管する営業2部の水揚は、平成22年度で1,200トン、46億円くらいである。21年度は44億円で、定置網の水揚が良く、逆にまき網は良くなかった。なお、営業2部の所管する漁業種類は定置、まき網、はえ縄である。

水揚の動向では、近年増加している魚種はツバス、ヤズである。定置網での増加も見られる。逆にサワラ、サゴシは減少気味である。

カタクチイワシはポンプで水揚しており、油の含有量で出荷先が決定される。油が多いのはミール、油なしは煮干し加工向けに供される。煮干し加工業者は小佐々に多く所在している。価格は昔に比べると高くなっている。また震災後にも上昇が見られる。小サバは食用にもなるが、養殖マグロの餌向けが標準的な仕向け先となりつつある。マグロ餌料向けは 200～250g で、価格はkg 50 円前後くらいである。輸出处と競合する場合もある。

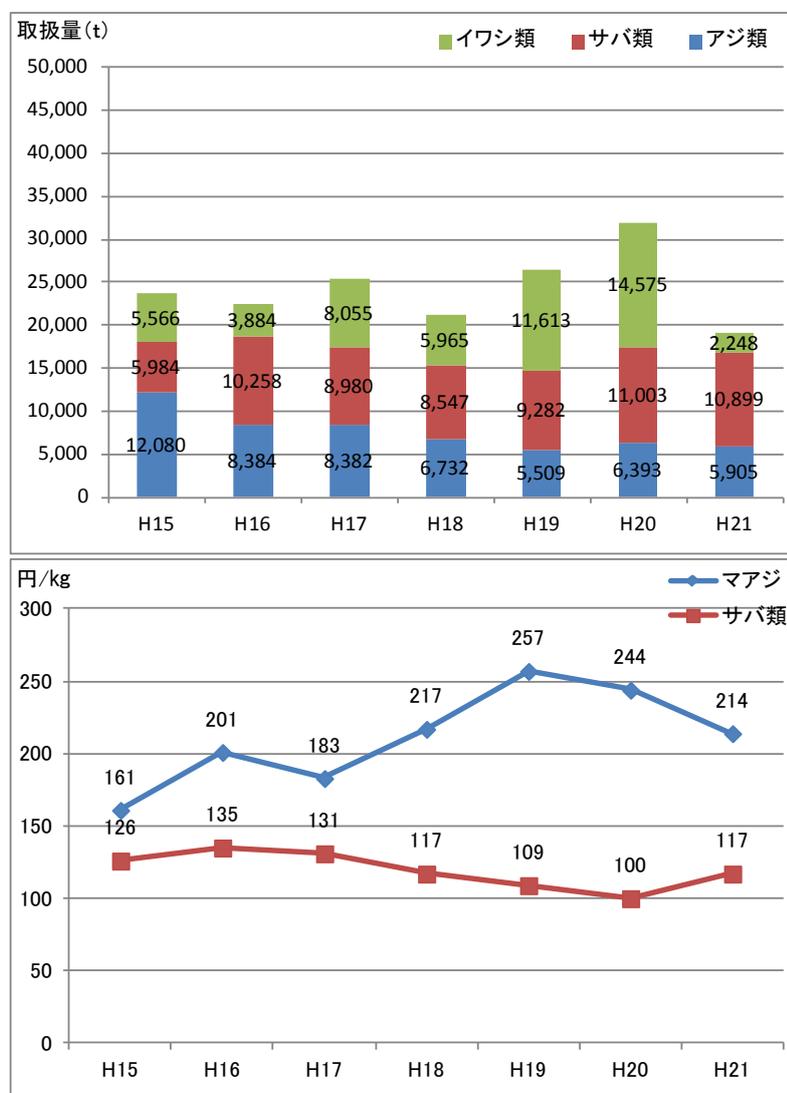


図 1.2.4 佐世保魚市場におけるアジ類、サバ類、イワシ類の水揚量と単価の推移
資料：水産物流通統計年報

(4) 長崎魚市場

① 水揚概況

近年は、長崎魚市場の水揚量が増加している。燃油の高騰のため、大中型まき網が南へ下った時には最も近くて、価格も高い長崎漁港に入船するケースが増えている。大中型まき網は東海漁場物が主体。中小型まき網は奈留船団と地元の船が入ってくる。

ここ数年は、小型のウルメイワシ、カタクチイワシが好調で、資源の回復が見られる。近年の特徴としてヤズ（ブリの若魚）が多いことが挙げられる。連日漁獲されるので価格も安い。平成 23 年は、スルメイカが豊漁で、定置網物がコンスタントに入荷されている。アジはかなり水揚が減った時期もあったが、現在は若干持ち直している。

② 水揚動向

長崎魚市場では、平成 17 年移行安定した水揚量が確保されており、アジ類、サバ類で 4 万トンを超える水準がキープされている。価格的にも、入荷量の割に高い水準がキープされていると評価できる。

特に、サバ類の取り扱いが伸びていることが特徴的である。

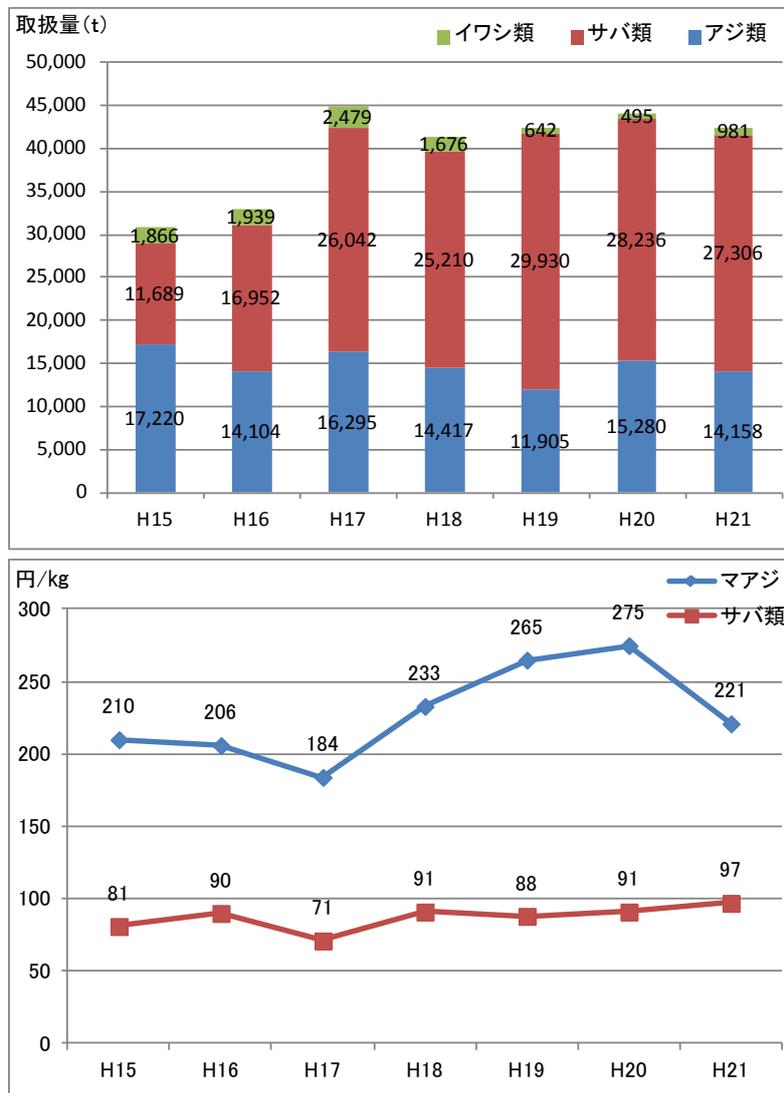


図 1.2.5 長崎魚市場におけるアジ類、サバ類、イワシ類の水揚量と単価の推移
資料：水産物流通統計年報

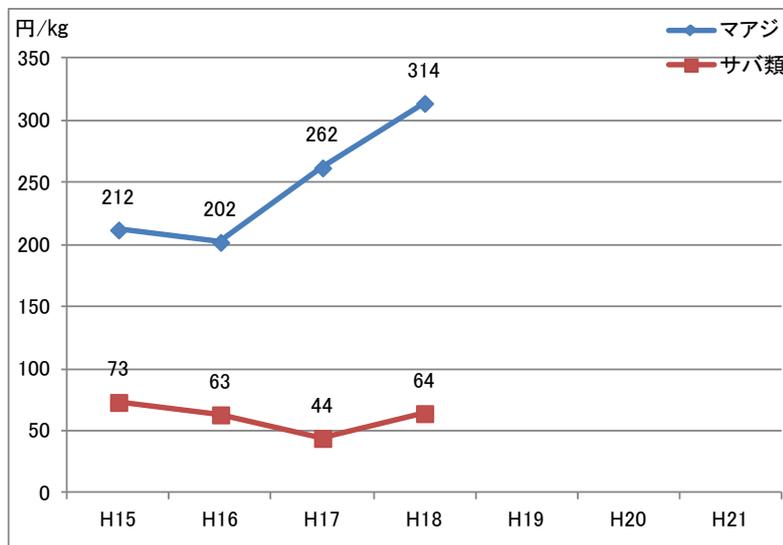
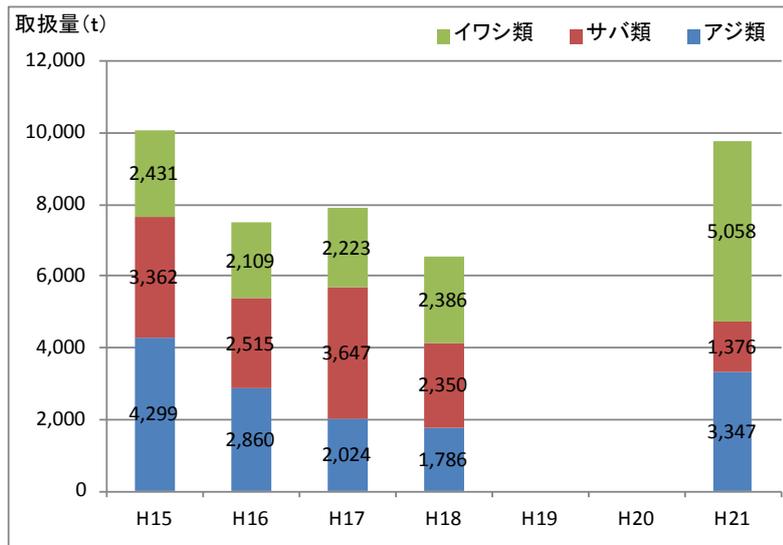
(5) 北さつま漁協魚市場

①水揚概況

かつて相当量の水揚があった大中型まき網船は、ほとんど入船しなくなっている。水揚の主力は中型まき網と棒受網漁業である。なお、マアジは一本釣りのものも水揚される。「華アジ」のブランド名を付けて売り出しているところである。

②水揚動向

棒受網によるイワシ類が主体で、アジは中型まき網で漁獲される。平成 18 年までは減少傾向であったが、イワシ類が豊漁で、平成 21 年は持ち直している。



注) 平成 18 年までのデータは水産物流通統計年報。平成 19 年以降データ欠

図 1.2.5 阿久根（北さつま漁協）魚市場における
アジ類、サバ類、イワシ類の水揚量と単価の推移

資料：水産物流通統計年報、平成 21 年取扱量データは漁協提供

2 標識放流調査の実施

標識放流の再捕結果を示す。

①生月島沖湧昇マウンド礁

定置網で 26 個体、一本釣りで 2 個体、まき網で 3 個体、漁業種類不明 2 個体、遊漁 1 個体、採捕場所不明 1 個体の計 35 個体され、採捕率は 0.78%であった。

なお、生月島の定置網は 7/25～8/月上旬まで休漁での実績である。

沿岸での採捕が大半で、湧昇マウンド礁から概ね 20 km の範囲で採捕されている。

2/9 時点での最終採捕日は 12/23 であり、放流後 142 日湧昇マウンド礁周辺でマアジが滞留していることを確認。

②五島西沖湧昇マウンド礁

定置網で 36 個体、一本釣りで 12 個体、計 48 個体採捕され、採捕率は 1.15%であった。

沿岸での採捕が大半で、湧昇マウンド礁から概ね 20 km の範囲で採捕されている。

2/9 時点での最終採捕日は 10/1 であり、放流後 53 日湧昇マウンド礁周辺でマアジが滞留していることを確認。

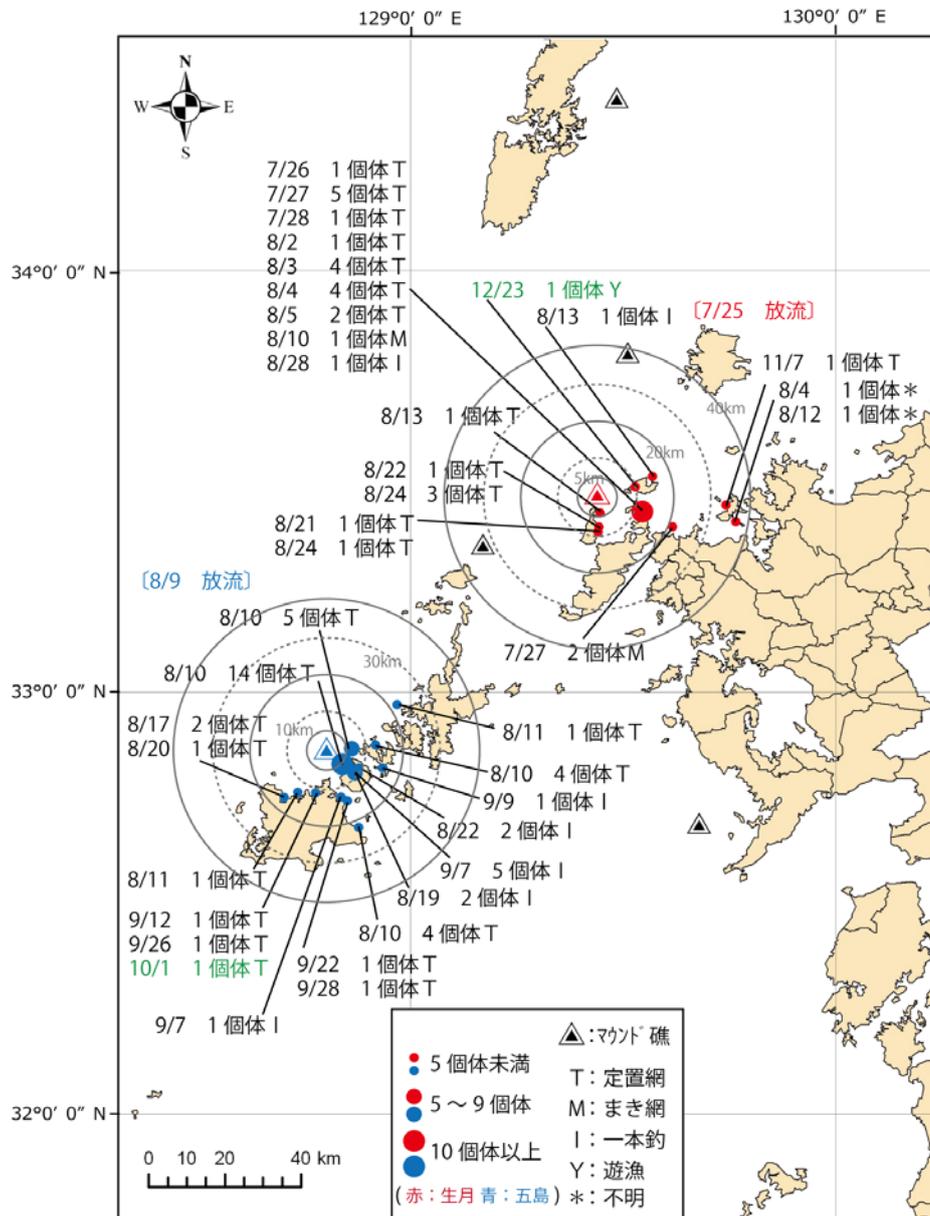


図 2.1.1 標識放流調査結果

表 2.1.1 生月の標識放流調査結果

放流場所	タグNo.	全長/cm	体重/g	回収場所
生月	GN-4426	20	80	長崎県平戸市一六海岸海水浴場沿岸
生月	GN-5144	19	70	長崎県平戸市一六海岸海水浴場沿岸
生月	GN-4827	21		長崎県平戸市 度島
生月	GN-0730	26.5	153.7	長崎県平戸市 度島
生月	GN-4786	19.5	67.6	長崎県平戸市 度島
生月	GN-3844	20.5	89.3	長崎県平戸市 度島
生月	GN-3791	19	75.6	長崎県平戸市 度島
生月	GN-3033	19.5	77.4	長崎県平戸市 度島
生月	GN-5548	20	66.7	長崎県平戸市 度島
生月	GN-3735	20	69.9	長崎県平戸市 度島
生月	GN-5203	20.5	67.3	長崎県平戸市 度島
生月	GN-4717	19	69.5	長崎県平戸市 度島
生月	GN-5130	19	54.2	長崎県平戸市 度島
生月	GN-3154	21	77.1	長崎県平戸市 度島
生月	GN-3823	20	62.9	長崎県平戸市 度島
生月	GN-3173	21	78.6	長崎県平戸市 度島
生月	GN-3234	19.5	67	長崎県平戸市 度島
生月	GN-4161	21	85.1	長崎県平戸市 度島
生月	GN-3947	23	116.9	長崎県平戸市 度島
生月	GN-5378	21	77.7	長崎県平戸市 度島
生月	GN-5138	18	82.2	
生月	GN-5161			
生月	GN-3025	17.5		
生月	GN-3292	17	未測定	平戸市大島村大根坂漁港坂棧橋
生月	GN-3304	20	未測定	平戸市度島西方1km
生月	GN-3262	22.3	未測定	元浦漁場
生月	GN-4220	19.4	未測定	松本漁場
生月	GN-4219	21.5	未測定	
生月	GN-3302	20	67	松本漁場
生月	GN-4767	21	71	正前漁場
生月	GN-3988	19.5	67	正前漁場
生月	GN-1550	25.9	153	正前漁場
生月	GN-5290	未測定	未測定	正前漁場
生月	GN-4179	22.5	85	鷹島町阿翁浦地先
生月	GN-4993	22	82	的山大島旧棧橋

表 2.1.2 五島の標識放流調査結果

放流場所	タグNo.	全長/cm	体重/g	回収場所
五島	GK-4981	22	120	長崎県串島水足浦地先
五島	GK-0647	21.5	未測定	定置網(野首)
五島	GK-0515	24	未測定	定置網(野首)
五島	GK-3063	20.4	未測定	定置網(野首)
五島	GK-3325	23	未測定	定置網(野首)
五島	GK-4146	21.2	未測定	定置網(野首)
五島	GK-3796	26.1	未測定	定置網(野首)
五島	GK-3913	23.6	未測定	定置網(野首)
五島	GK-4164	20.2	未測定	定置網(野首)
五島	GK-5573	18.6	未測定	定置網(野首)
五島	GK-5042	21.6	未測定	定置網(野首)
五島	GK-3435	22.5	未測定	定置網(野首)
五島	GK-3865	21.2	未測定	定置網(野首)
五島	GK-3529	18.5	未測定	定置網(野首)
五島	GK-3614	20.2	未測定	定置網(野首)
五島	GK-3990	20	50	奈留島内小型定置網(早房定置)
五島	GK-5169	21	60	奈留島内小型定置網(早房定置)
五島	GK-0563	25	120	奈留島内小型定置網(早房定置)
五島	GK-4717	25	120	奈留島内小型定置網(早房定置)
五島	GK-5206	20.5	110	岐宿小型定置網
五島	GK-0354	21.1	未測定	長手地先
五島	GK-3300	21	未測定	長手地先
五島	GK-4657	20	未測定	長手地先
五島	GK-3432	23	未測定	長手地先
五島	GK-4605	26	未測定	岐宿小型定置網(白浜定置)
五島	GK-3332	24	未測定	岐宿小型定置網(白浜定置)
五島	GK-1178	19.2	未測定	久賀島折紙鼻地先
五島	GK-0575	18.3	未測定	久賀島折紙鼻地先
五島	GK-3762	20.4	未測定	久賀島折紙鼻地先
五島	GK-3506	20.8	未測定	久賀島折紙鼻地先
五島	GK-3150	21.2	未測定	久賀島折紙鼻地先
五島	GK-4006	15	未測定	久賀湾(内幸泊)
五島	GK-3524	15	未測定	久賀湾(内幸泊)
五島	GK-3765	未測定	未測定	岐宿小型定置網(白浜定置)
五島	GK-4057	20	57	久賀湾
五島	GK-4819	21	77	久賀湾
五島	GK-4515	21	100	奥浦湾(釣り)
五島	GK-4699	20	160	久賀湾(内幸泊)釣り
五島	GK-4699	20	160	久賀湾(内幸泊)釣り
五島	GK-4349	20	160	久賀湾(内幸泊)釣り
五島	GK-3669	20	160	久賀湾(内幸泊)釣り
五島	GK-0087	20	160	久賀湾(内幸泊)釣り
五島	GK-3491	21	未測定	奈留町浦漁港内(さお釣り)
五島	GK-3053	22	110	岐宿地先(御船定置)
五島	GK-3003	20	未測定	奥浦地先(定置)
五島	GK-3527	20	未測定	
五島	GK-4863	22	110	岐宿地先(御船定置)
五島	GK-4583	19	80	岐宿地先(御船定置)

3 バイオテレメトリー調査（追跡調査）の実施

3. 1 バイオテレメトリー調査結果

1 昼夜連続追跡の結果を図 3.1.1～3.1.2、3 昼夜連続追跡の結果を図 3.1.3～3.1.4 に示す。放流日の潮汐は、5月31日、6月2日、7月1日、7月14日が大潮、6月4日、7月27日が中潮であった。

なお、日中は、日出から日没まで、夜間は日没から日出までとした。

①1回目（1昼夜連続）

放流は、5月31日15時11分に行い、放流翌日まで湧昇マウンド魚礁にとどまった。また、放流日から2日後では、湧昇マウンド魚礁の北側約1kmにある天然礁で確認した。遊泳水深は、日中は海底付近を遊泳し、夜間は30～50m層を遊泳する傾向がみられた。

②2回目（1昼夜連続）

放流は、6月2日15時11分に行い、放流当日の日中は、湧昇マウンド魚礁にとどまったが、21時頃湧昇マウンド魚礁から離脱し、東に向かった。その後、21時30分に見失ったが、翌朝7:30に湧昇マウンド魚礁の北東側約7kmにある既存礁で確認できた。また、放流日から2日後、3日後では、湧昇マウンド魚礁の北側約6kmにある既存礁近傍で確認した。

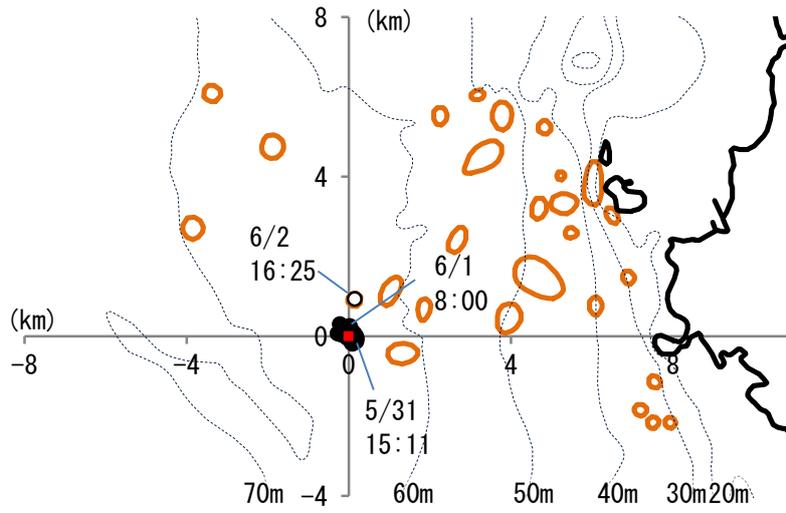
遊泳水深は、日中は海底付近を遊泳し、夜間は5m層から50m層まで上下方向に遊泳する傾向がみられた。

③3回目（1昼夜連続）

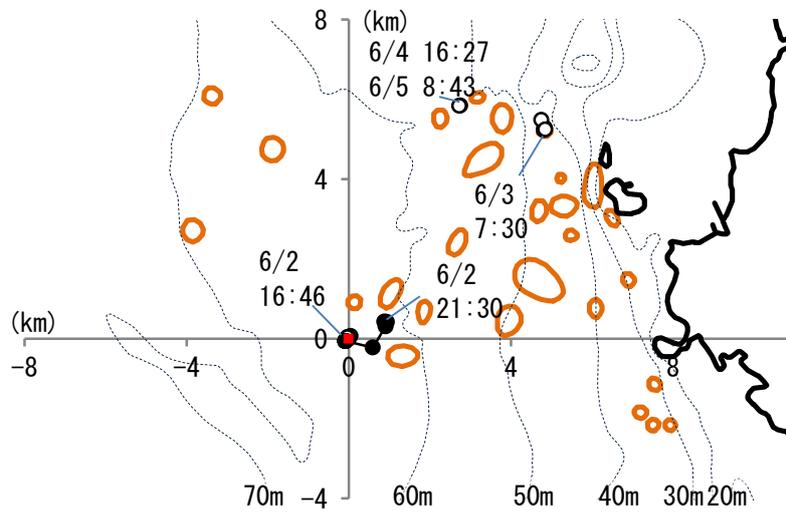
放流は、6月4日17時18分に行い、放流当日は湧昇マウンド魚礁にとどまらず、南東方向に移動した後、日入後に北東方向に方向を変えて移動した。翌朝、湧昇マウンド魚礁から北東に約4kmの地点でとどまったが、魚礁等はみられず、魚探では海底付近に魚影が確認された。

遊泳水深は、日中は海底付近を遊泳し、夜間は10m層から海底付近まで上下方向に遊泳する傾向がみられた。

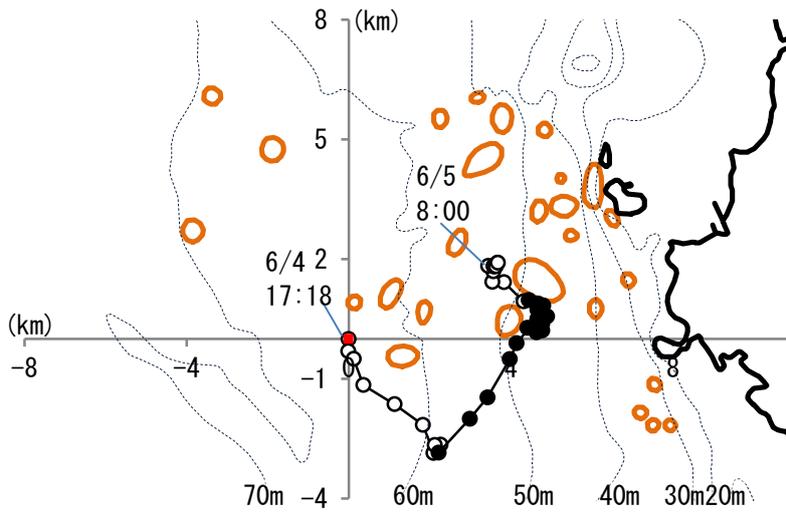
1 回目



2 回目

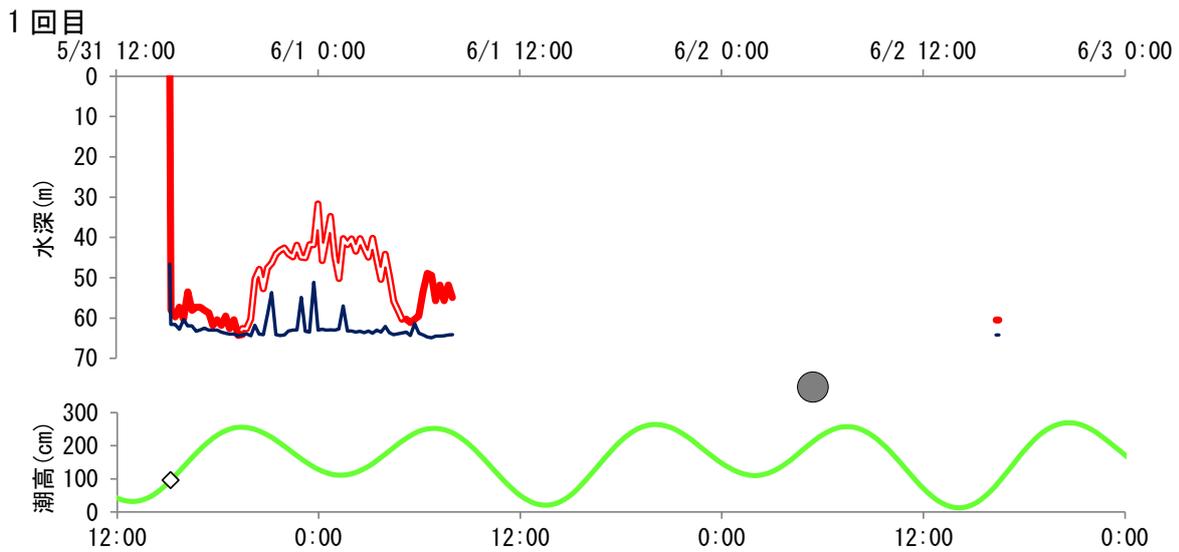


3 回目

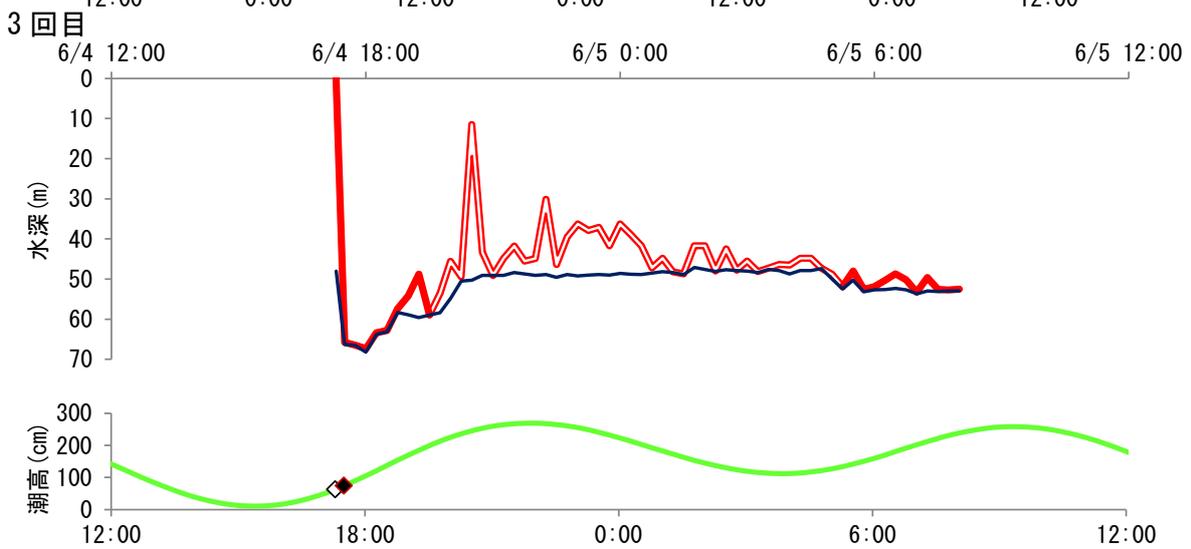
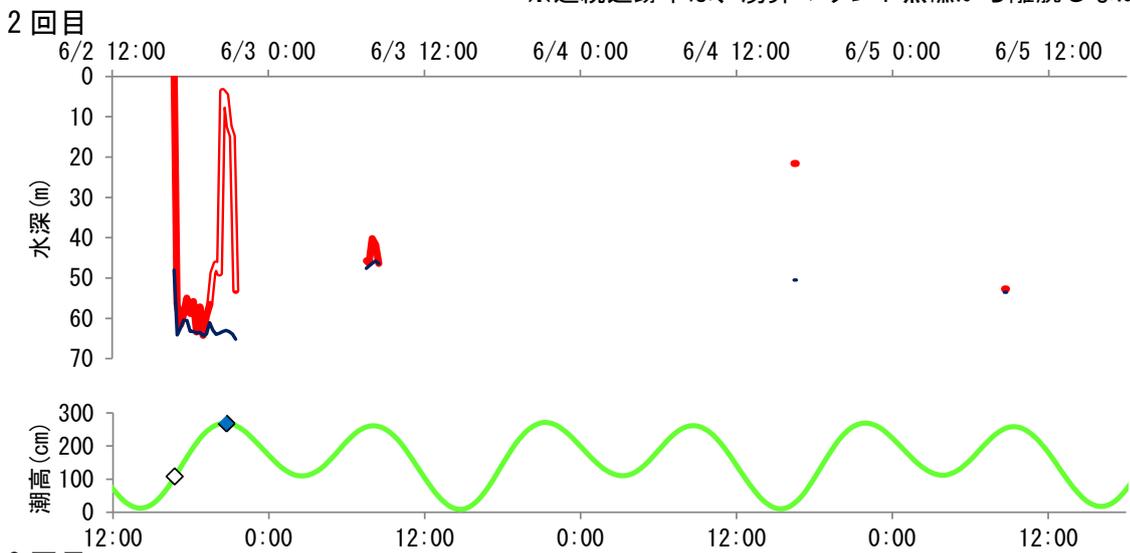


- : 日中
- : 夜間
- : マウンド魚礁
- (orange) : 人工魚礁・天然礁

図 3. 1. 1 マアジの移動経路 (1 昼夜 3 ケース)



※連続追跡中は、湧昇マウンド魚礁から離脱しなかった。



※3回目は、放流直後、湧昇マウンド魚礁にとどまらず、離脱した。

- 遊泳水深 (日中)
- 遊泳水深 (夜間)
- 水深
- 潮高
- ◇ 放流時の潮高
- ◆ 湧昇マウンド魚礁からの離脱時の潮高
- 満月
- 新月

図 3.1.2 マアジの遊泳水深と潮高の推移 (1昼夜3ケース)

④4 回目 (3 昼夜連続)

放流は、7月1日16時24分に行い、荒天のため作業を中止する7月3日21時まで湧昇マウンド魚礁にとどまった。なお、7月3日21時頃に湧昇マウンド魚礁から東方に発信機からの発信音が聞こえなくなるのが確認され、湧昇マウンド魚礁を離脱し、東方に移動したとみられる。

遊泳水深については、日中では海底付近を、夜間では40～50m層を主に遊泳し、時折60m付近まで上下方向に遊泳する傾向がみられた。

⑤5 回目 (3 昼夜連続)

放流は、7月14日17時10分に行い、放流当日の日中は湧昇マウンド魚礁にとどまった。その後、20時頃湧昇マウンドを離脱し、北東方向に移動を開始し、翌朝、湧昇マウンド魚礁から北東側に約7kmの既存礁や天然礁のみられる海域に到達した。7月15日の日中は概ね到達した海域にとどまり、夜間になると南東方向に移動を開始し、7月16日朝には湧昇マウンド魚礁から東側に約7kmの海域に到達し、夜間になると、ほぼ7月15日の夜間と同様の経路で北上し、7月17日朝には、7月15日と同様の海域に到達した。

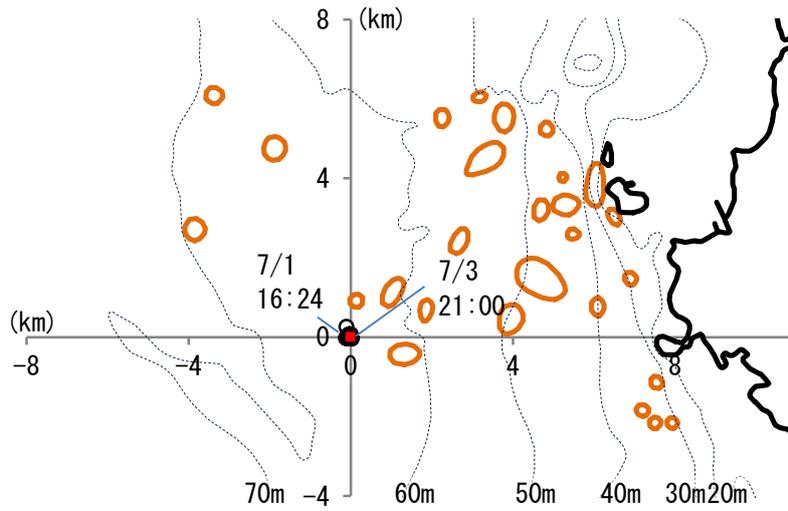
遊泳水深については、放流当日の夜間は20～50m層と放流日および放流日翌日の日中より浅い水深帯を遊泳する傾向がみられた。放流日から2日後の夜間から3日後の夜間にかけては日中も夜間も同様の水深帯を遊泳する傾向にあった。

⑤6 回目 (3 昼夜連続)

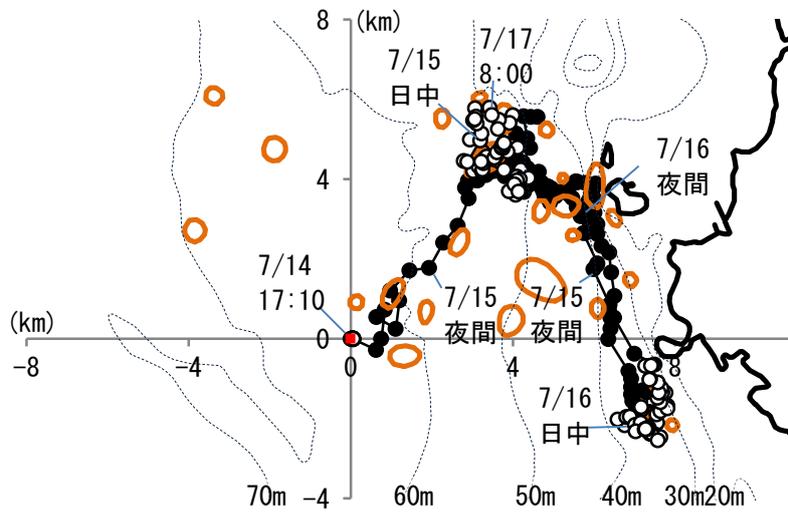
放流は、7月27日16時54分に行い、放流直後30分程度は湧昇マウンド魚礁にとどまったが、その後離脱し、日中は湧昇マウンド魚礁周囲の海域にとどまった。その後、20時45分頃その海域を離脱して、北西方向に移動を開始し、翌朝、湧昇マウンド魚礁から北東側に約8kmの海域に到達した。7月28日は日出後も一定の箇所にとどまらず、徐々に移動し、14時30分頃湧昇マウンド魚礁から北東側に約2kmの海域に到達し、とどまった。夜間になると南方向に移動を開始し、その後、北東方向に向きを変えて移動し、7月29日日中には、湧昇マウンド魚礁から東側に約6kmの海域に到達した。7月29日の夜間は、ほとんど動かず、翌7月30日の日中では7月29日と同様の海域にとどまった。

遊泳水深については、放流当日の夜間は10～70m層と大きく上下に移動する傾向がみられた。放流翌日の日中では、湧昇マウンド魚礁から沖側に移動し、水深が60～80mと深い傾向にあり、遊泳水深も海底付近ではなく、海底から20m程度上層を遊泳しており、時折、海底付近に下りる傾向にあった。放流から2日後の夜間には水深が40～50mの海域に到達し、翌日の日中には海底付近を遊泳する傾向がみられた。

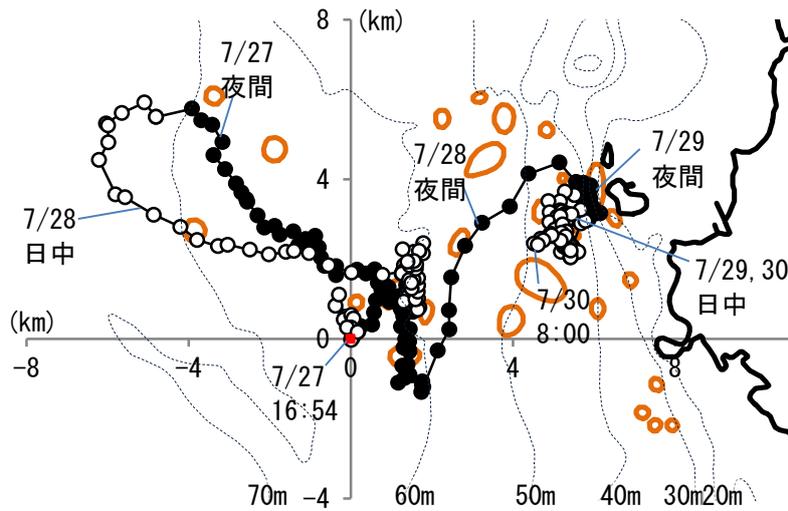
4 回目



5 回目



6 回目



- : 日中
- : 夜間
- : マウンド魚礁
- (orange) : 人工魚礁・天然礁

図 3.1.3 マアジの移動経路 (3 昼夜 3 ケース)

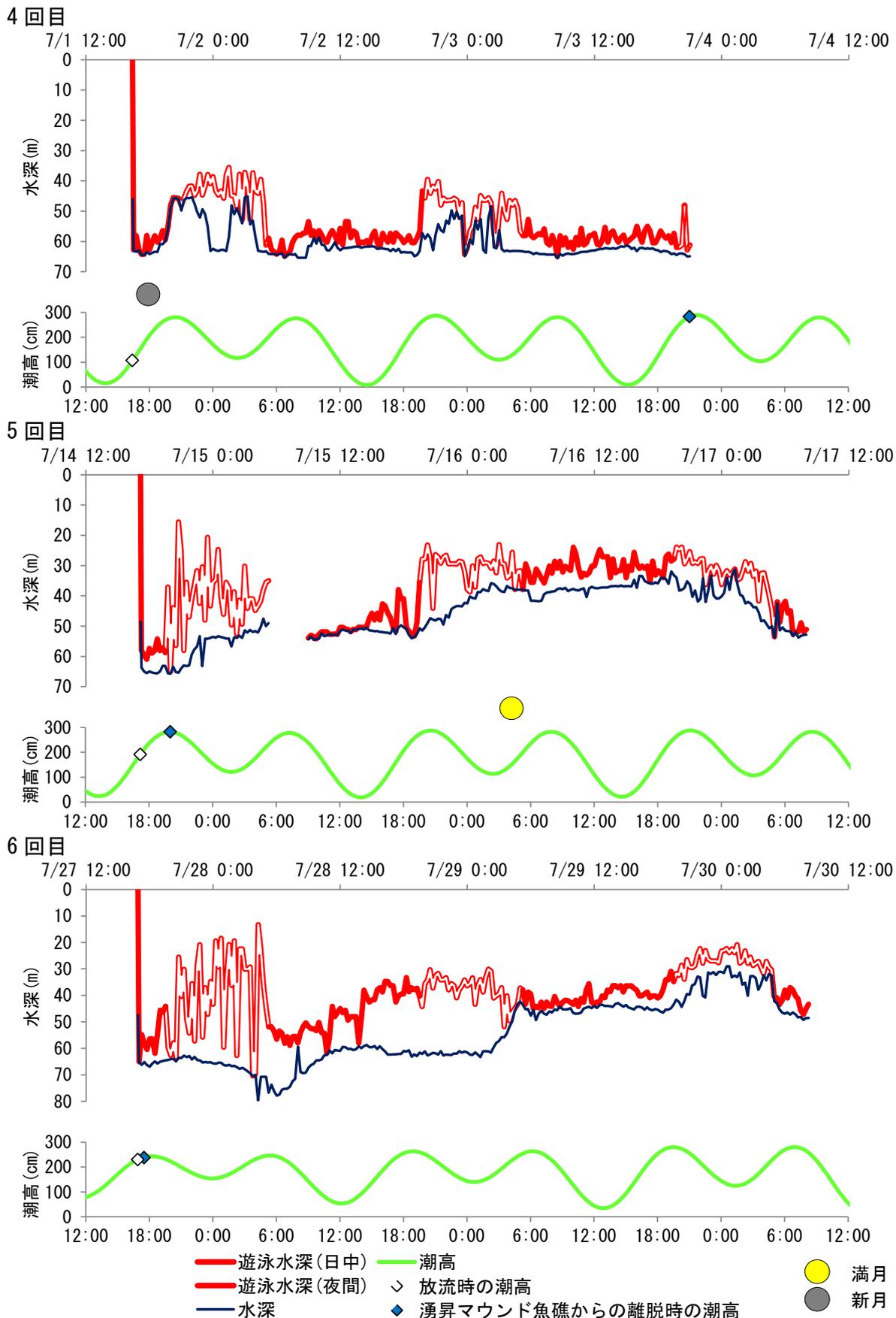


図 3.1.4 マアジの遊泳水深と潮高の推移 (3 昼夜 3 ケース)

3. 2 湧昇マウンド魚礁におけるマアジの遊泳行動

①日中

- ・放流直後は3回目のケースを除き、湧昇マウンド魚礁にとどまった。
- ・2日目以降では、1回目のケースが2日目まで、4回目のケースが3日目まで湧昇マウンド魚礁にとどまった。
- ・湧昇マウンド魚礁以外の海域では、日中、概ね一定の範囲内にとどまる傾向を示したが、6回目の個体については、夜間に沖合（水深70m台）の海域へ到達した後、日中でも水深60m程度の海域に到達するまでとどまらずに移動した。
- ・6回目の個体が放流から2日後の日出後に到達した海域の底質は、海上保安庁水路部（2001）では中砂とされており、岩・礫等がなく、とどまれなかったものとみられる。
- ・傭船した漁業者への聞き取りの結果、日中とどまった範囲近傍には、天然礁や魚礁もしくは礫等がみられる海域であった。
- ・夜間に大水深へ移動し、とどまる場所が見つけれなかった個体は、日中においてもとどまることができる場所まで移動することがうかがえられる。

表3.1.1 日中において各個体がとどまった場所

調査回	追跡期間				遊泳場所； ●：湧昇マウンド魚礁 ◎：湧昇マウンド魚礁から1km程度までの海域 △：" から1km以上離れた岸(北～東)側 □：" から1km以上離れた岸(南～東)側 -：調査実施せず ()：連続追跡終了後の確認
	放流から日没まで		日出から日没まで		
	1日目(放流当日)	2日目	3日目	4日目	
1	●	●	(◎)	-	
2	●	△	(△)	(△)	
3	□	△	-	-	
4	●	●	●	-	
5	●	△	□	△	
6	●◎	△	△	△	

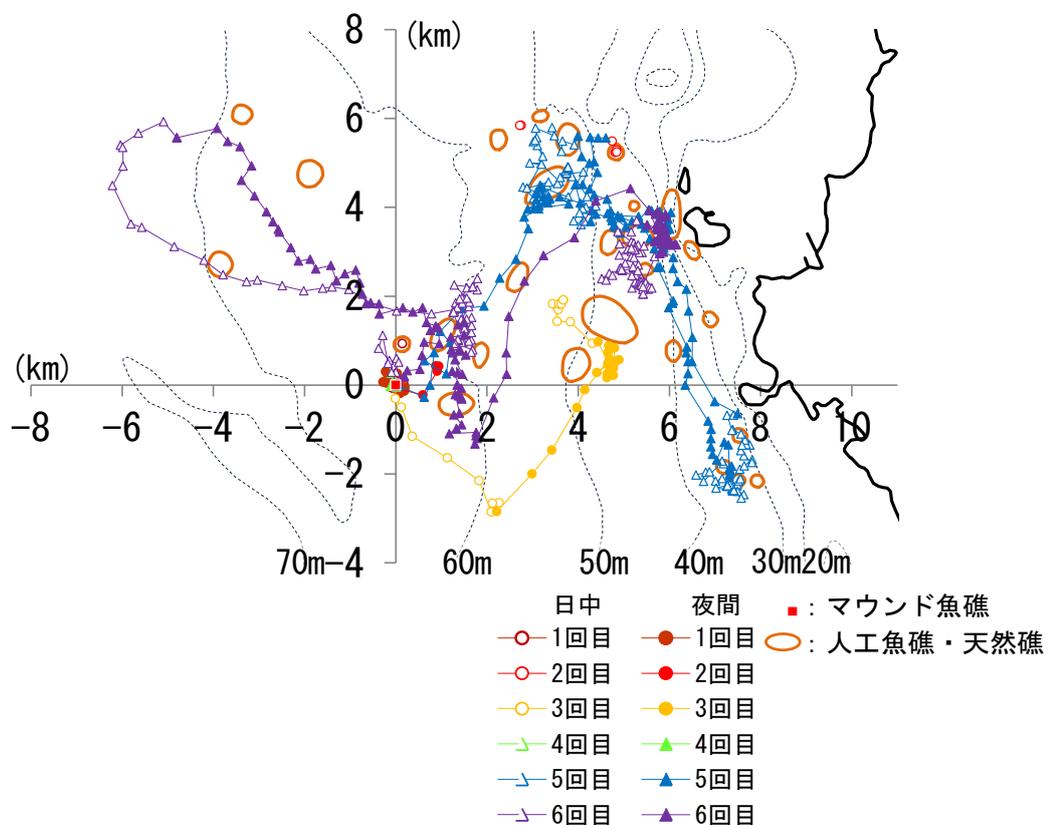


図 3.1.5 マアジの移動経路

②湧昇マウンド魚礁からの離脱

- ・湧昇マウンド魚礁から離脱した方角は、3回目を除き概ね北から東であった。
- ・湧昇マウンド魚礁から離脱したのは、大潮もしくは中潮の満潮前後であった。
- ・いずれのケースも、日没後に満潮を迎えており、干潮時に離脱するのかわは不明であるが、満潮前後の潮流が遅くなるとみられる時間帯に離脱する傾向にあった。
- ・鹿児島県・(社)水産土木建設技術センター(2008)によると、湧昇マウンド魚礁設置後に実施された15昼夜連続の潮流観測の結果、平均流速は春季、夏季ともに10~20cm/sec程度で、春季の上・中層では最大50cm/sec以上、底層では最大40cm/sec程度、夏季の上層では最大60cm/s以上、中層・底層では最大50cm/s程度の流速値が記録されている。また、中層では底層に比べ北流が多くみられている。また、中層では底層に比べ、北流が多くみられている。
- ・また、湧昇効果をみるシミュレーション結果では、転流時を除き、マウンド中央の後背域で流速が大きくなっている。
- ・安永・日向野(1985)によると、環流水槽で行った実験から、体長14.7~16.8cmのマアジの巡航速度を42.9cm/secと求めている。
- ・過去の調査では、マアジの巡航速度を上回る流速も観測されていることから、流速が大きい時には湧昇マウンド魚礁にとどまり、流速が小さくなる満潮時前後に湧昇マウンド魚礁から離脱したと考えられる。
- ・一度湧昇マウンド魚礁から離脱し、再び戻った個体はみられなかった。
- ・放流直後、湧昇マウンド魚礁にとどまらなかった3回目と、直ぐに離脱した6回目については、放流日の潮汐が中潮で、放流時間帯が前者では干潮後、後者では満潮前であったことから、放流時の潮流が遅かったことが推測され、そのことにより離脱した可能性も考えられる。

表3.1.2 湧昇マウンド魚礁からの離脱

調査回	湧昇マウンド魚礁からの離脱			離脱前後の潮汐			備考
	方向	時刻	潮高(cm)	時刻	干潮満潮	潮高(cm)	
1	-	-	-	-	-	-	※1
2	東	20:45	265	20:41	満潮	265	-
3	(南)	(17:30)	(74)	15:26	干潮	9	※2
4	東	21:00	283	21:41	満潮	287	-
5	東	20:00	279	19:54	満潮	279	-
6	北	17:30	239	18:16	満潮	245	※3

注)※1: 連続追跡中に湧昇マウンド魚礁から離脱しなかった。

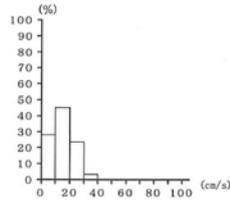
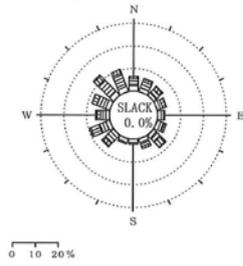
※2: 放流直後、湧昇マウンド魚礁にとどまらず、湧昇マウンド魚礁から離脱した。

※3: 湧昇マウンド魚礁から離脱した時点で荒天により作業を中止した。

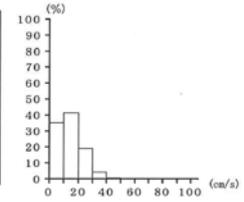
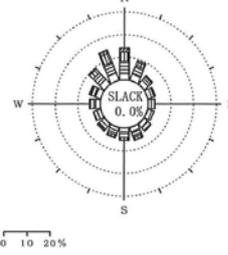
※海上保安庁水路部(2001) 5万分の1沿岸の海の基本図 海底地形地質調査報告 阿久根
鹿児島県・(社)水産建設土木センター(2008) 平成19年度薩摩地区広域漁場整備事業(調査委託)
報告書

安永義暢・日向野純也(1985) 2,3の海産魚の走流性状に関する基礎的考察

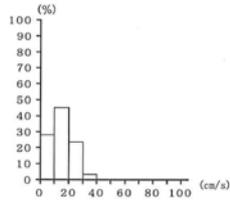
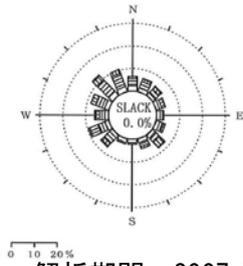
湧昇マウンド魚礁北側
海底上 5.0m



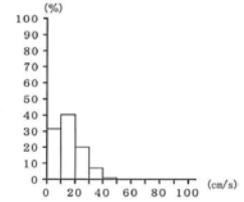
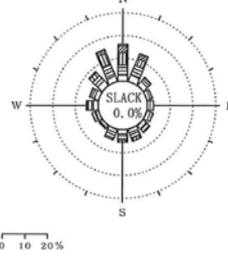
海底上 25.0m



湧昇マウンド魚礁南側
海底上 5.0m



海底上 25.0m



解析期間: 2007年7月26日~8月10日

鹿児島県・(社)水産土木建設技術センター(2008)より

図 3.1.6 湧昇マウンド魚礁における流向・流速出現頻度分布

③夜間

- ・湧昇マウンド魚礁にとどまった場合は、夜間についてもほとんど移動せず、湧昇マウンド魚礁から離脱した場合は、日中に比べ大きく移動する傾向にあった。
- ・放流日に湧昇マウンド魚礁にとどまらなかった3回目のケースについては、日没後は北東に移動を開始したが、6回目のケースでは北西方向に移動を開始した。
- ・夜間の移動は、概ね一定の方向を示す傾向にあった。
- ・流れに対しては、5回目のケースでは、同時時間帯に2日目の夜間は南方向に、3日目の夜間は北方向に移動しており、一定の方向を示す傾向がみられなかった。
- ・6回目のケースでは、放流当日の夜間は沖側に移動したが、2日目の夜間は岸側に移動し、3日目の夜間はほとんど移動しなかった。
- ・夜間における移動距離は、4~7km程度となった。
- ・夜間について、湧昇マウンド魚礁にとどまったときはほとんど移動せず、その他の箇所でも6回目の3日目では夜間にもほとんど移動しなかったことから、夜間においてもとどまろうとする行動もあったとみられる。
- ・夜間の移動の方向に関しては、主に岸側に向いており、また、2晩にわたって同様の潮汐で往復する移動もみられたことから、夜間の移動についても潮流に流されて拡散するのではなく、阿久根沖の海域にとどまろうとする移動もあったと考えられる。

表 3.1.3 夜間の移動方向

調査回	夜間の移動方向		
	1日目	2日目	3日目
1	湧昇マウンド魚礁から離脱せず	—	—
2	北東	—	—
3	北東	—	—
4	湧昇マウンド魚礁から離脱せず	湧昇マウンド魚礁から離脱せず	—
5	北東	南東	北東
6	北東→北西	南→北東	ほとんど移動せず

④阿久根海域と佐渡海域でのマアジの行動について

- ・過去に実施された佐渡海域での高層魚礁を対象としたバイオテレメトリー調査の結果を用いて、海域別のマアジの行動を比較した。
- ・阿久根海域は、佐渡海域は阿久根海域に比べ、流速が大きく、流れの変化は、佐渡海域でみられた海流によるものではなく、潮汐によるものであった。
- ・阿久根海域および佐渡海域とも、数日間連続して日中対象魚礁にとどまることが確認された。
- ・対象とする魚礁に日中、連続してとどまった場合、阿久根海域では夜間に対象魚礁からほとんどは離れなかったが、佐渡海域では夜間に最大で 2km 程度対象魚礁より離れ、戻っていた。
- ・阿久根沖海域では、満潮時前後の流速が遅くなるとみられる時間帯に対象魚礁から離脱しており、マアジの遊泳に潮汐が影響しているとみられる。
- ・佐渡海域では、対象魚礁から離脱し、数日後に再び戻るといったことが確認されたが、阿久根海域では確認できなかった。
- ・夜間の移動距離については、阿久根海域が佐渡海域に比べ大きかった。
- ・マアジの日周行動として、日中には底層にとどまり、夜間は表層から中層を遊泳しながら移動するといったことは、阿久根海域でも佐渡海域と同様な傾向がみられた。

⑤総括

- ・最大 3 日間の追跡調査の結果、既往知見（マウンド漁場造成事業に係わる技術資料，No. 41 平成 13 年 3 月 （社）マリノフォーラム）でのマウンド礁の影響範囲となる 14km 四方においてマアジが滞留していることが明らかとなった。

4 長崎県における標本船調査による漁場利用状況の把握

4.1 五島奈留町漁協所属4船団のマウンド礁利用状況の分析

①礁を中心とした14km四方(半径7km)を影響範囲とした場合

マウンド礁の効果範囲を半径7km(バイオテレメトリー調査結果および既往知見)の同心円として設定し、効果範囲に含まれる農林漁区番号下2桁までのメッシュで操業回数、漁獲量、CPUEを集計、算出した結果を図4.1.1~4.1.3に示し、図4.1.4に過去漁獲量のCPUEを示した。

マウンド礁周辺漁場における操業回数では、五島列島の西側海域では、マウンド礁が設置されているメッシュが周辺のメッシュよりも高い操業回数を示した。また、同様に漁獲量についてもマウンド礁が設置されているメッシュが周辺のメッシュよりも多い結果となった。一方で、CPUE(1操業回当たりの漁獲量)は低い傾向となっている。こうした現象は、漁場利用の観点から、漁場探索に経費や労力をかけて大きな漁獲量を求めるよりも、一定の漁獲量が計算できる漁場を優先することを示していると評価しうる。すなわち、単純な生産量・金額の増加だけでなく、漁業経営面での効果が出ていると考えられる。

②礁を中心とした半径20kmを影響範囲とした場合

マウンド礁周辺漁場における操業回数を図4.1.5~7に示す。

20km(標識放流調査結果)を影響範囲と設定した場合、マウンド礁周辺漁場における操業回数では、マウンド礁が設置されているメッシュが最も高い操業回数を示した。また、漁獲量は、従来からの主漁場である五島南部海域には及ばないものの、マウンド礁が設置されているメッシュは周辺のメッシュと比較してもかなり高い水準にあることが示された。CPUE(1操業回当たりの漁獲量)は低いものの、優先度の高い漁場として認識されていることは間違いなく、一定の成果が期待できる漁場の存在が、漁業経営を安定化させることに大きく寄与していることは間違いないと考えられる。

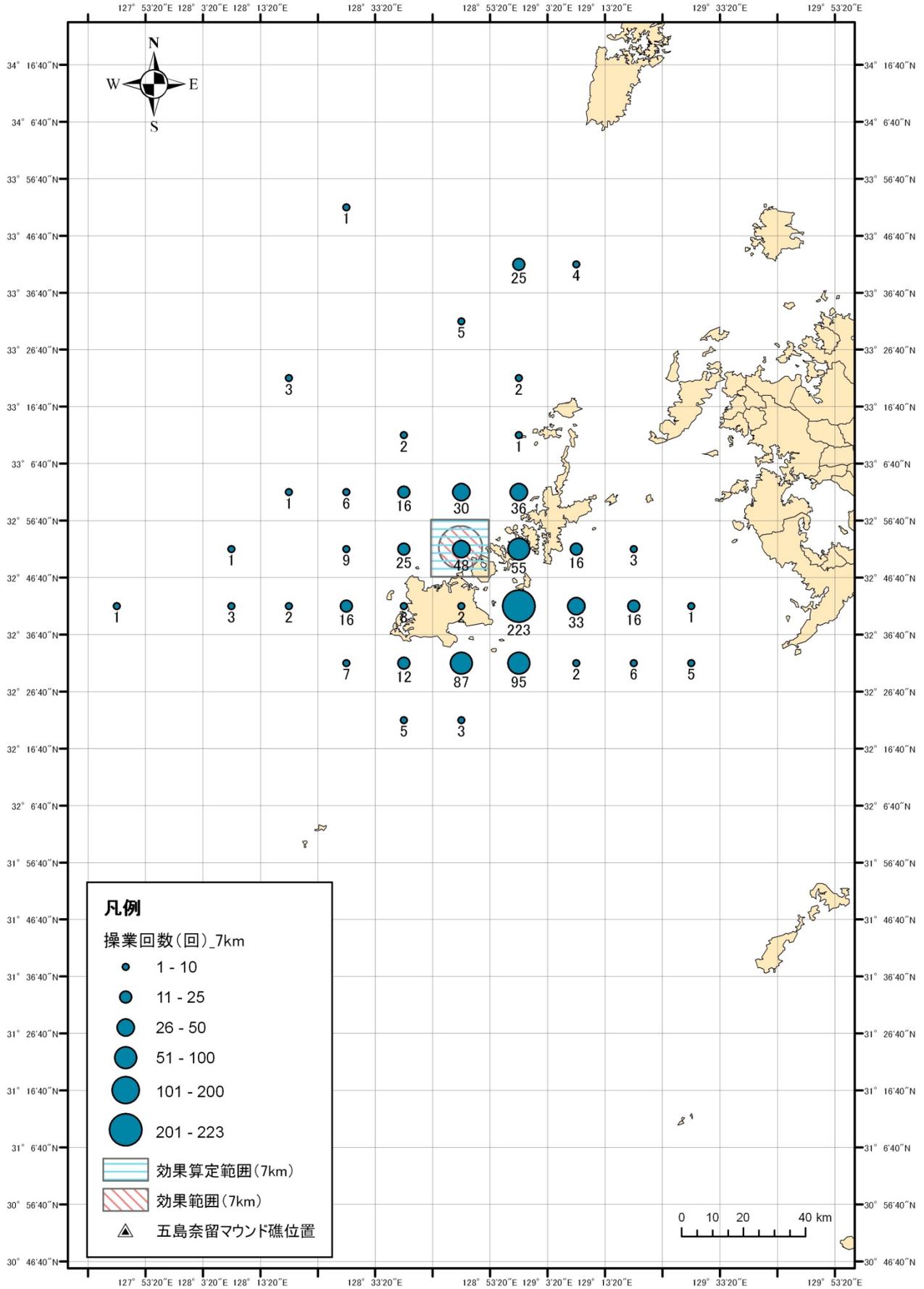


図 4.1.1 五島西沖マウンド礁周辺の操業回数（半径 7km を効果範囲とした場合）

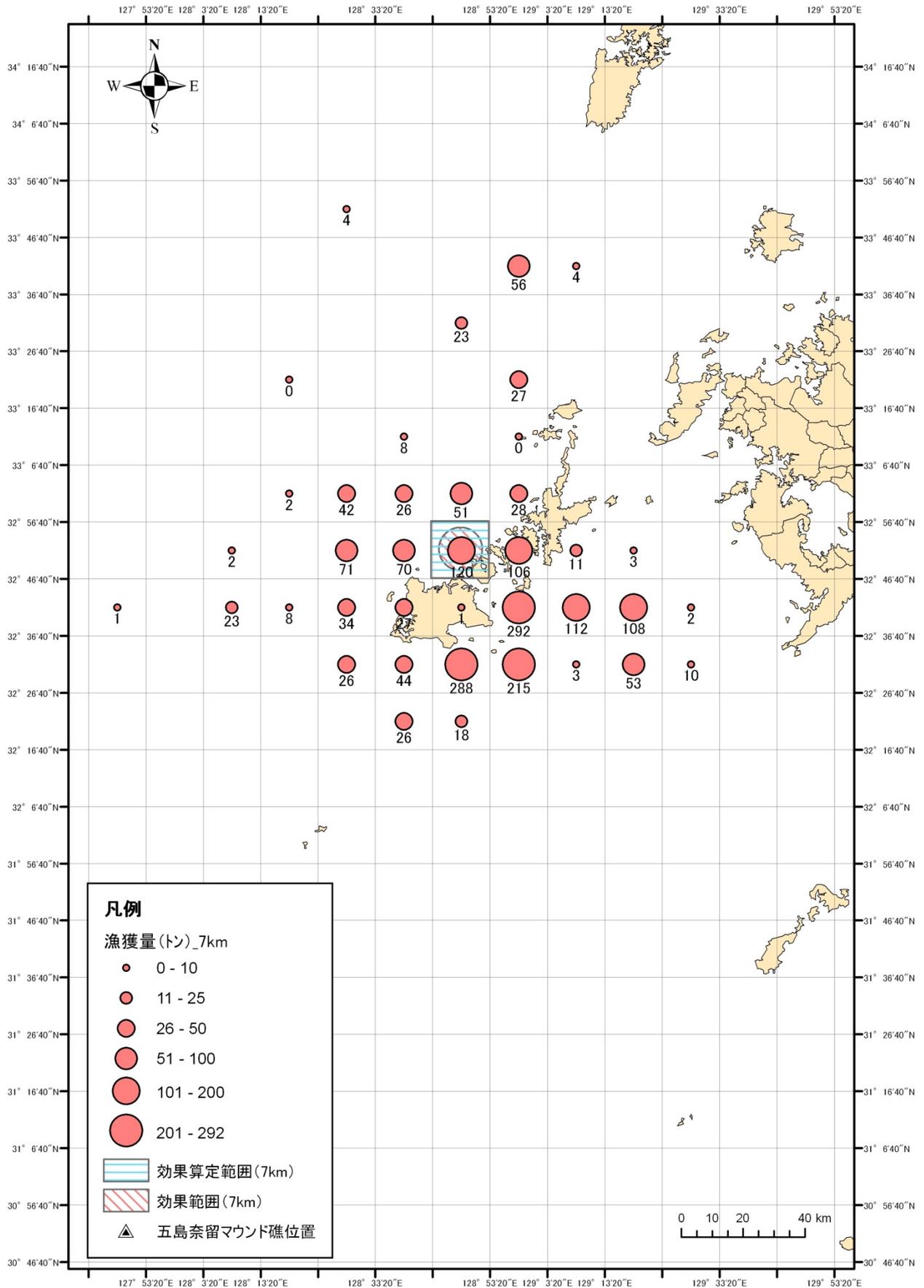


図 4. 1. 2 五島西沖マウンド礁周辺の漁獲量（半径 7km を効果範囲とした場合）

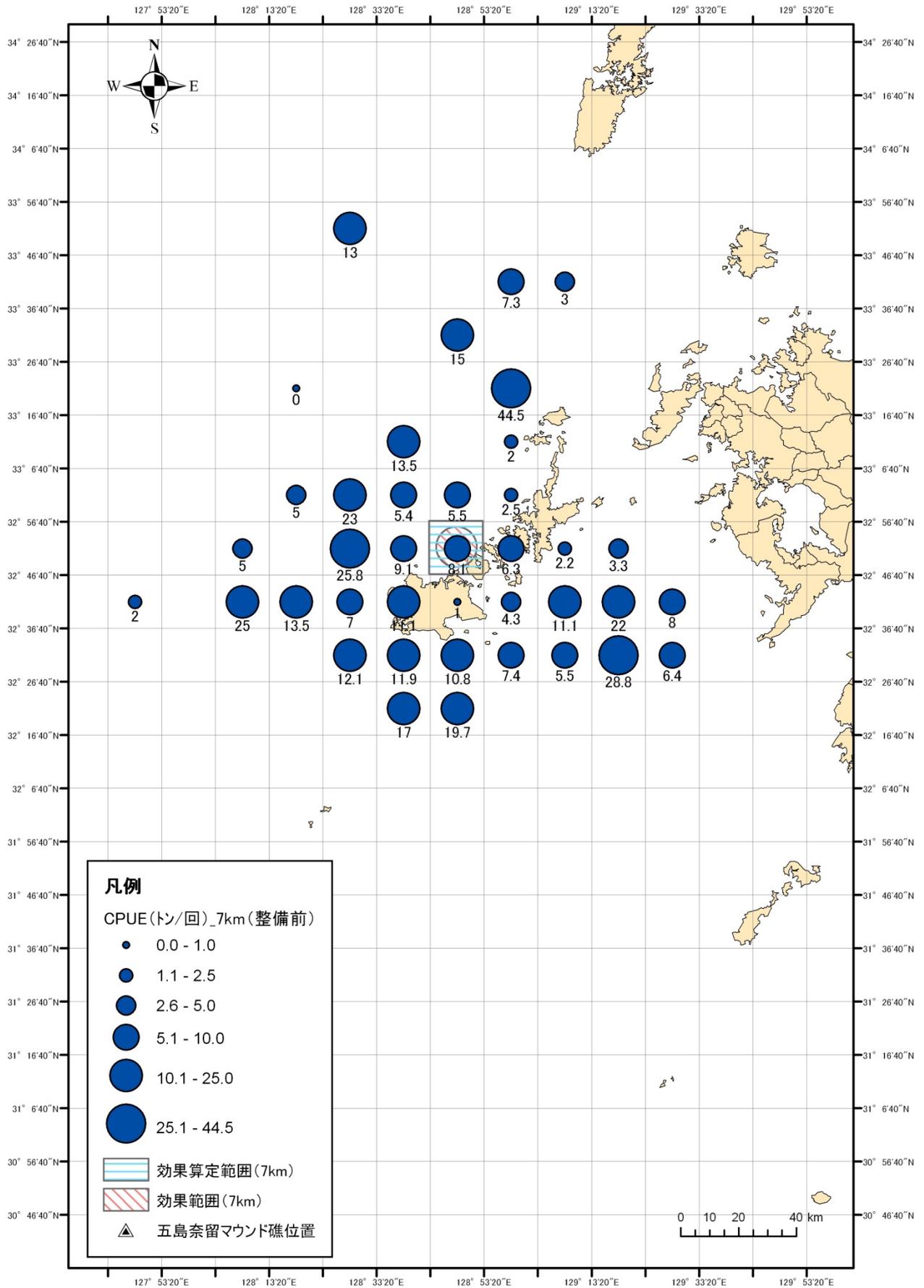


図 4. 1. 3 五島西沖マウンド礁周辺の CPUE (半径 7km を効果範囲とした場合)

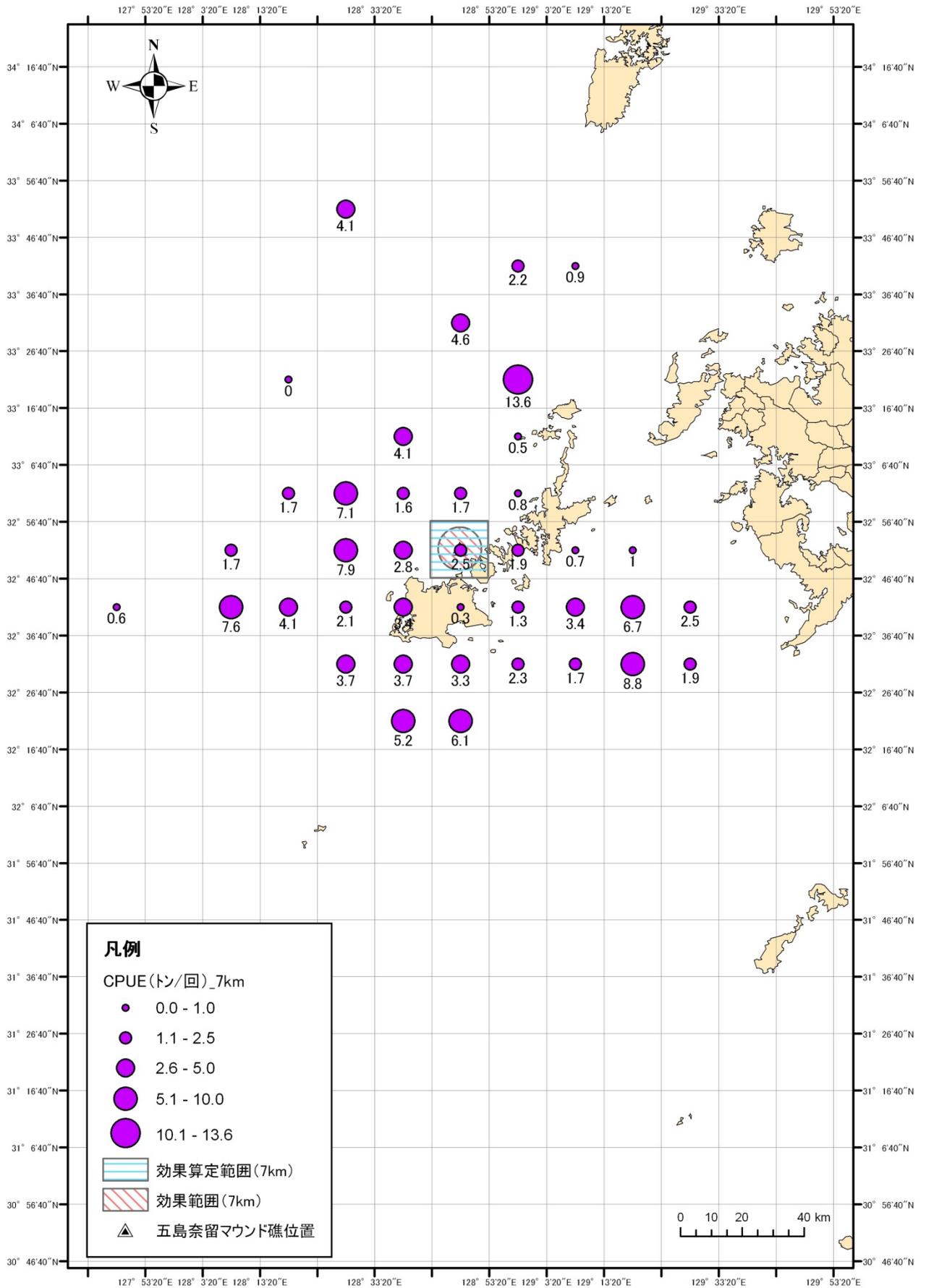


図 4.1.4 五島西沖マウンド礁周辺の過去漁獲量の CPUE (参考: 半径 7km を効果範囲とした場合)

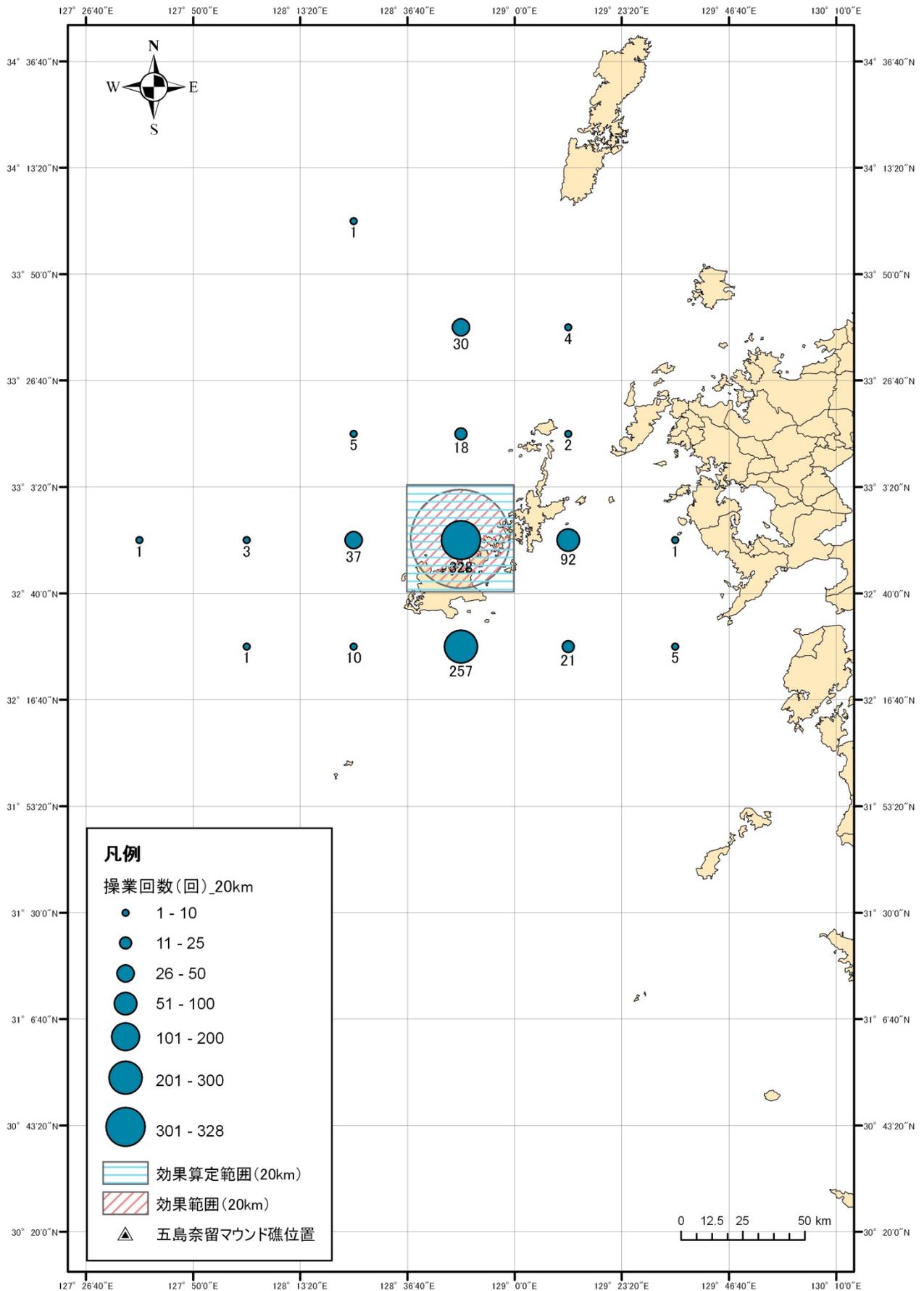


図 4. 1. 5 五島西沖マウンド礁周辺の作業回数（半径 20km を効果範囲とした場合）

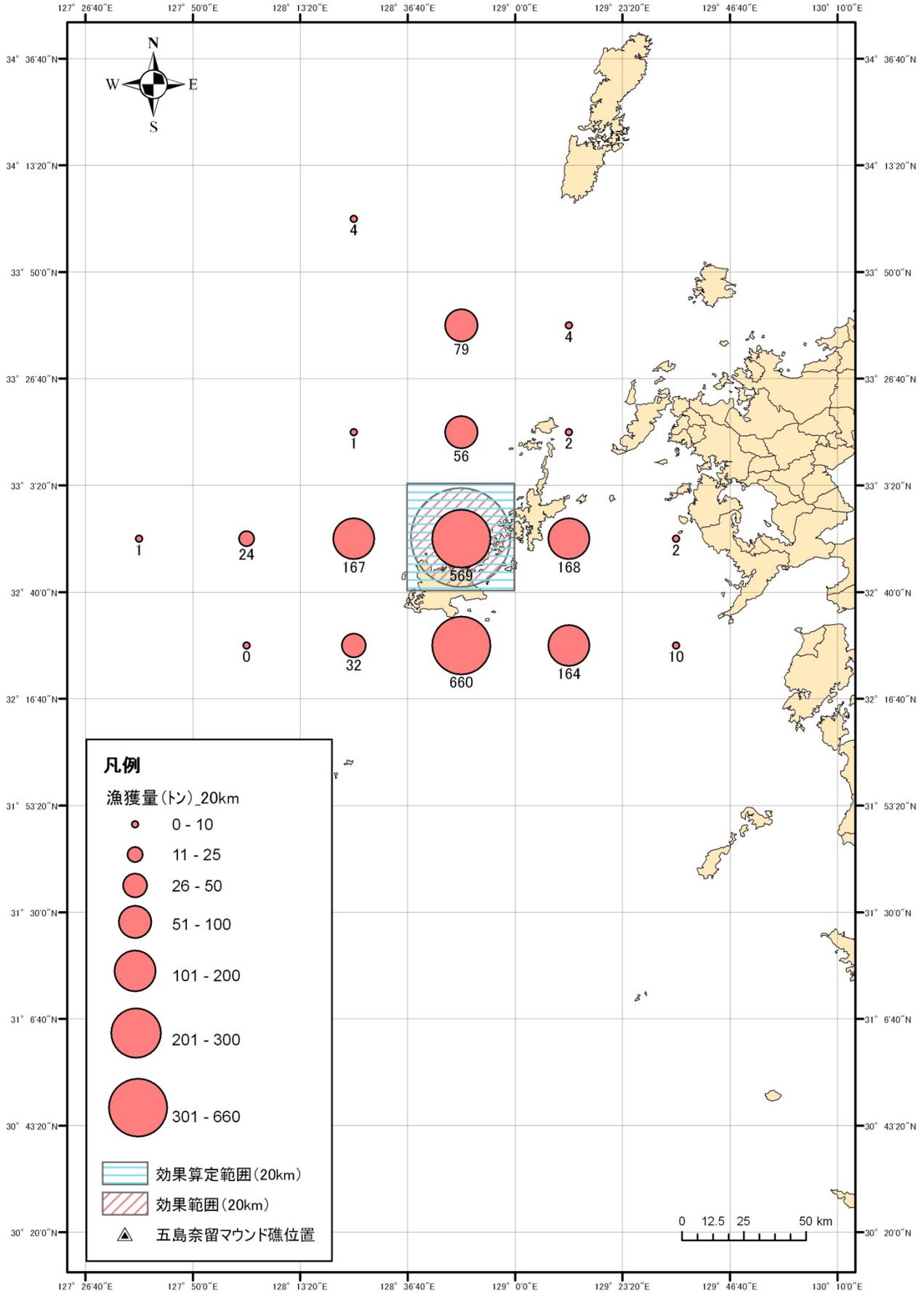


図 4. 1. 6 五島西沖マウンド礁周辺の漁獲量 (半径 20km を効果範囲とした場合)

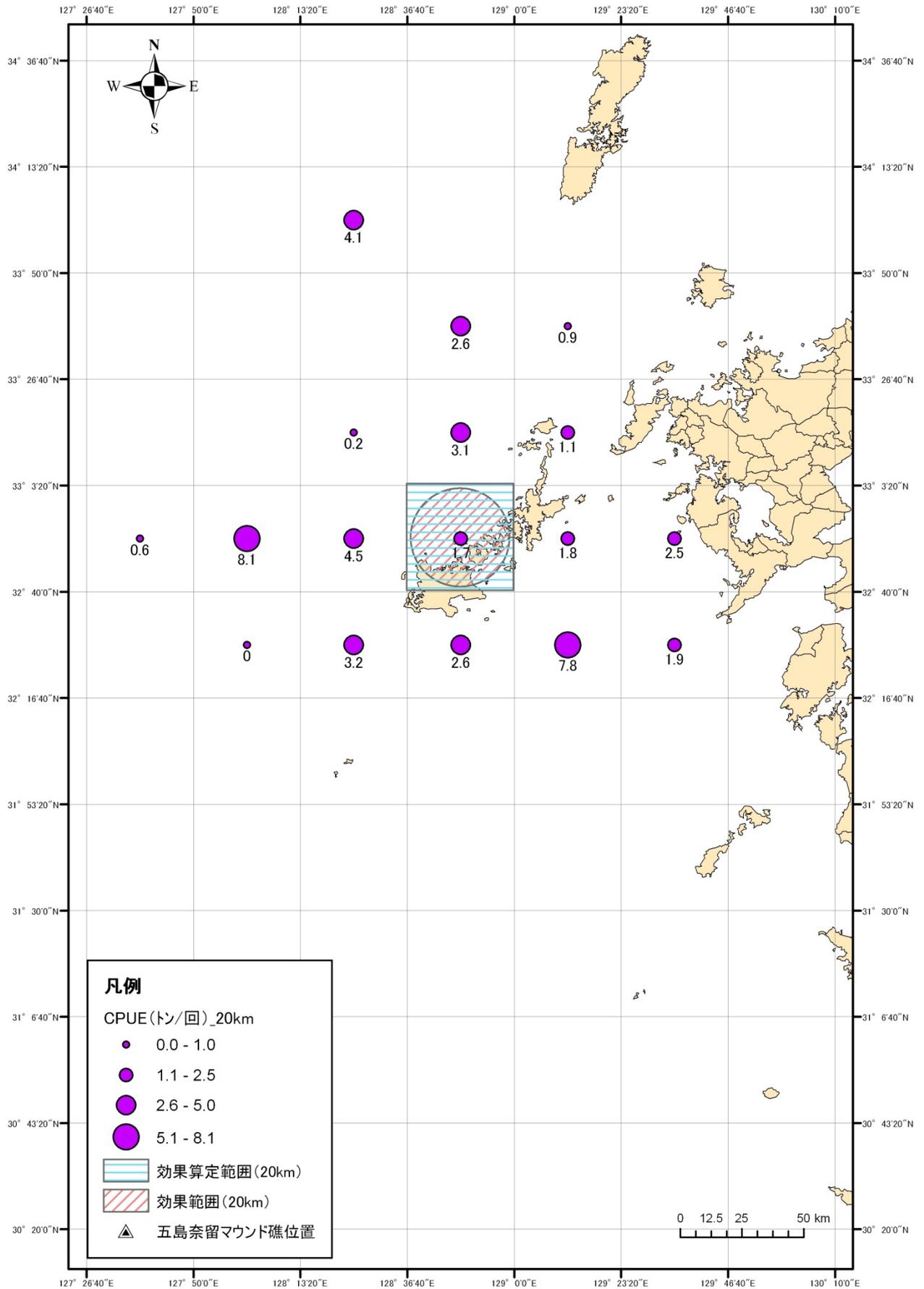


図 4.1.7 五島西沖マウンド礁周辺の CPUE (半径 20km を効果範囲とした場合)

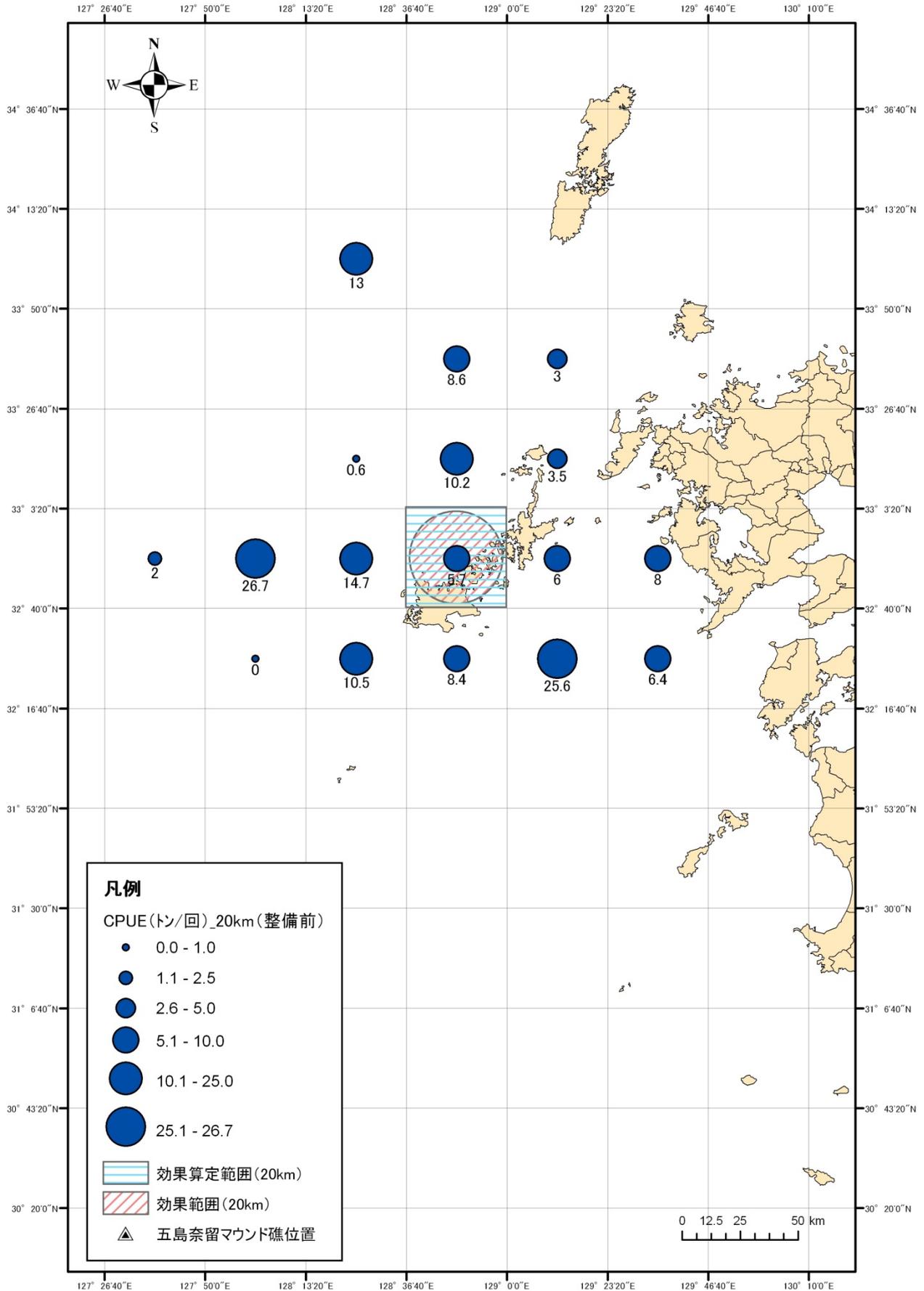


図 4. 1. 8 五島西沖マウンド礁周辺の過去漁獲量の CPUE (参考：半径 20km を効果範囲とした場合)

③マウンド礁周辺漁場への依存度

■奈留町漁協所属 4 船団のマウンド礁への依存度を表 4.1.1 に示す。

■船団ごとに漁場利用の特徴が見られ、五島の東側海域を得意とする船団もあるが、ヒアリング調査の結果により、マウンド礁を意識して操業しているが一本釣と漁場が競合しているため、4 船団の平均では、操業回数、漁獲量ともに 6%程度の依存度となっている。

表 4.1.1 奈留町漁協所属 4 船団のマウンド礁への依存度

効果範囲	船団	分析対象期間	出漁 日数	操業回数		漁獲量(kg)		マウンド依存度		生産効率		
					マウンド		マウンド	操業回数	漁獲量	マウンド以外	マウンド	
半径7km	A	平成22年6月～平成23年4月	107	199	11	473,402	21,533	5.5%	4.5%	2270.7	1957.5	
	B	平成22年6月～平成23年12月	185	302	4	738,837	42,075	1.3%	5.7%	2307.2	10518.8	
	C	平成22年6月～平成23年2月	98	138	17	356,219	36,135	12.3%	10.1%	2319.4	2125.6	
	D	平成22年6月～平成23年2月	97	177	16	375,623	19,949	9.0%	5.3%	2009.5	1246.8	
	計			487	816	48	1,944,080	119,691	5.9%	6.2%	2235.8	2493.6
	平均			122	204	12	486,020	29,923	—	—	—	—
半径20km	A	平成22年6月～平成23年4月	107	199	88	473,402	129,113	44.2%	27.3%	1730.1	1467.2	
	B	平成22年6月～平成23年12月	185	302	98	738,837	189,932	32.5%	25.7%	1817.6	1938.1	
	C	平成22年6月～平成23年2月	98	138	70	356,219	145,926	50.7%	41.0%	1523.9	2084.7	
	D	平成22年6月～平成23年2月	97	177	72	375,623	104,445	40.7%	27.8%	1532.1	1450.6	
	E	平成22年5月～平成22年7月	9	10	5	78,045	34,320	50.0%	44.0%	4372.5	6864.0	
	F	平成22年5月～平成22年6月	18	27		83,820		0.0%	0.0%	3104.4	—	
	計			514	853	333	2,105,945	603,735	39.0%	28.7%	1761.1	1813.0
平均			86	142	67	350,991	120,747	—	—	—	—	

※位置情報が不明なデータ(出戻りなどの出漁)については、操業回数としてカウントしなかった。

× 224円/kg (H15～H19年水産物流通統計年報長崎市場平均単価)

効果範囲	船団	金額換算(千円)	
半径7km	A	106,042	4,823
	B	165,499	9,425
	C	79,793	8,094
	D	84,139	4,468
計		471,732	26,811

効果範囲	年度	金額換算(千円)	
半径20km	A	106,042	28,921
	B	165,499	42,545
	C	79,793	32,687
	D	84,139	23,396
計		471,732	135,237

4. 2 阿久根沖マウンド礁利用状況の分析

4. 2. 1 中小型まき網漁業

①中小型まき網漁業のマウンド礁周辺漁場の利用状況

■鹿児島県における中小型まき網漁業標本船の操業位置を図 4.2.1 に示す。マウンド礁整備前とマウンド礁整備後と比較すると、整備後の方が漁場範囲が拡大している。これは、アジ類等の魚礁性の比較的強い魚種ではなく、比較的回遊性の強いウルメイワシ等の漁場が形成されたことが影響していると考えられる。

■また、効果範囲 7km メッシュ、効果範囲 20km として整備前後の操業回数及び漁獲量と比較した図 4.2.2～4.2.8)。これも操業範囲が拡大していることが影響して、必ずしもマウンド礁周辺海域の操業回数が高くはなっていない。

②中小型まき網漁業のマウンド礁周辺漁場の漁獲量

■整備後の方が漁場位置が分散しており、マウンド礁周辺海域での漁獲量が高いわけではない。これは、中小型まき網の操業範囲が広範にわたっていて、漁場形成や対象魚種の年変動に合わせた操業をしていることが大きい。

③マウンド礁周辺漁場への依存度

■鹿児島県の中小型まき網漁業標本船におけるマウンド礁への依存度を表 2.3.1 に示す。

■整備後、平成 18 年度には出漁日数が少なく、一時的に総漁獲量が減少している。その中で、マウンド礁への依存度も下がっている。マウンド礁供用開始直後であり、資源の増集状況が認識されていなかったこと、漁場としての実績がなかったこと等も影響していると考えられる。

■その後、平成 19 年度、20 年度には、回遊性資源の漁場が鹿児島県沖合に広く形成されたために、操業範囲が拡大し、総漁獲量は増加したものの、マウンド礁への依存度はそれほど上がっていない。

■平成 21 年度は、従来と同様、礁周辺の操業が主体となり、マウンド礁への依存度が上昇している。ただし、平成 22 年度は、平成 19～20 年度水準に下がっており、回遊性資源の漁場形成状況によって、マウンド礁への依存度が大きく異なることが示唆される。

表 4.2.1 鹿児島県の中小型まき網漁業標本船におけるマウンド礁への依存度

効果範囲	日誌データ取得期間	分析対象期間	出漁日数	操業回数		漁獲量(kg)		マウンド依存度		生産効率	
				マウンド		マウンド		操業回数	漁獲量	マウンド以外	マウンド
半径7km	平成16年度	平成16年8月～平成17年3月	102	246	32	1,123,998	203,300	13.0%	18.1%	3742.7	6353.1
	平成17年度	平成17年4月～平成18年3月	169	378	49	1,915,112	138,448	13.0%	7.2%	4700.2	2825.5
	平成18年度	平成18年4月～平成19年3月	129	296	7	1,549,032	35,040	2.4%	2.3%	5114.8	5005.7
	平成19年度	平成19年4月～平成20年3月	187	468	26	3,744,336	51,880	5.6%	1.4%	7889.9	1995.4
	平成20年度	平成20年5月～平成21年3月	184	447	26	2,155,621	52,976	5.8%	2.5%	4703.9	2037.5
	平成21年度	平成21年4月～平成22年3月	177	449	80	2,557,054	410,732	17.8%	16.1%	4780.2	5134.2
	平成22年度	平成22年5月～平成23年3月	166	343	15	2,282,126	59,232	4.4%	2.6%	6480.7	3948.8
	平成23年度	平成23年4月～平成23年8月	67	142	15	1,115,311	159,920	10.6%	14.3%	6728.1	10661.3
	計			1,181	2,769	250	16,442,590	1,111,528	9.0%	6.8%	5536.7
平均			148	346	31	2,055,324	138,941	—	—	—	—
半径20km	平成16年度	平成16年8月～平成17年3月	102	246	115	1,123,998	783,115	46.7%	69.7%	1385.7	6809.7
	平成17年度	平成17年4月～平成18年3月	169	378	151	1,915,112	636,884	39.9%	33.3%	3381.6	4217.8
	平成18年度	平成18年4月～平成19年3月	129	296	95	1,549,032	234,373	32.1%	15.1%	4441.4	2467.1
	平成19年度	平成19年4月～平成20年3月	187	468	77	3,744,336	351,480	16.5%	9.4%	7249.7	4564.7
	平成20年度	平成20年5月～平成21年3月	184	447	133	2,155,621	338,864	29.8%	15.7%	4064.3	2547.8
	平成21年度	平成21年4月～平成22年3月	177	449	158	2,557,054	666,922	35.2%	26.1%	4209.6	4221.0
	平成22年度	平成22年5月～平成23年3月	166	343	85	2,282,126	289,780	24.8%	12.7%	5808.6	3409.2
	平成23年度	平成23年4月～平成23年8月	67	142	34	1,115,311	375,640	23.9%	33.7%	5209.0	11048.2
	計			1,181	2,769	848	16,442,590	3,677,058	30.6%	22.4%	4610.2
平均			148	346	106	2,055,324	459,632	—	—	—	—

※位置情報が不明なデータ(出戻りなどの出漁)については、操業回数としてカウントしなかった。



×70円/kg

平成20年水産物流通統計年報、枕崎漁港、うるめ、ま
あじ、むろあじ、さば類の加重平均価格

効果範囲	年度	金額換算(千円)	
半径7km	H16	78,680	14,231
	H17	134,058	9,691
	H18	108,432	2,453
	H19	262,104	3,632
	H20	150,893	3,708
	H21	178,994	28,751
	H22	159,749	4,146
	H23	78,072	11,194

効果範囲	年度	金額換算(千円)	
半径20km	H16	78,680	54,818
	H17	134,058	44,582
	H18	108,432	16,406
	H19	262,104	24,604
	H20	150,893	23,720
	H21	178,994	46,685
	H22	159,749	20,285
	H23	78,072	26,295

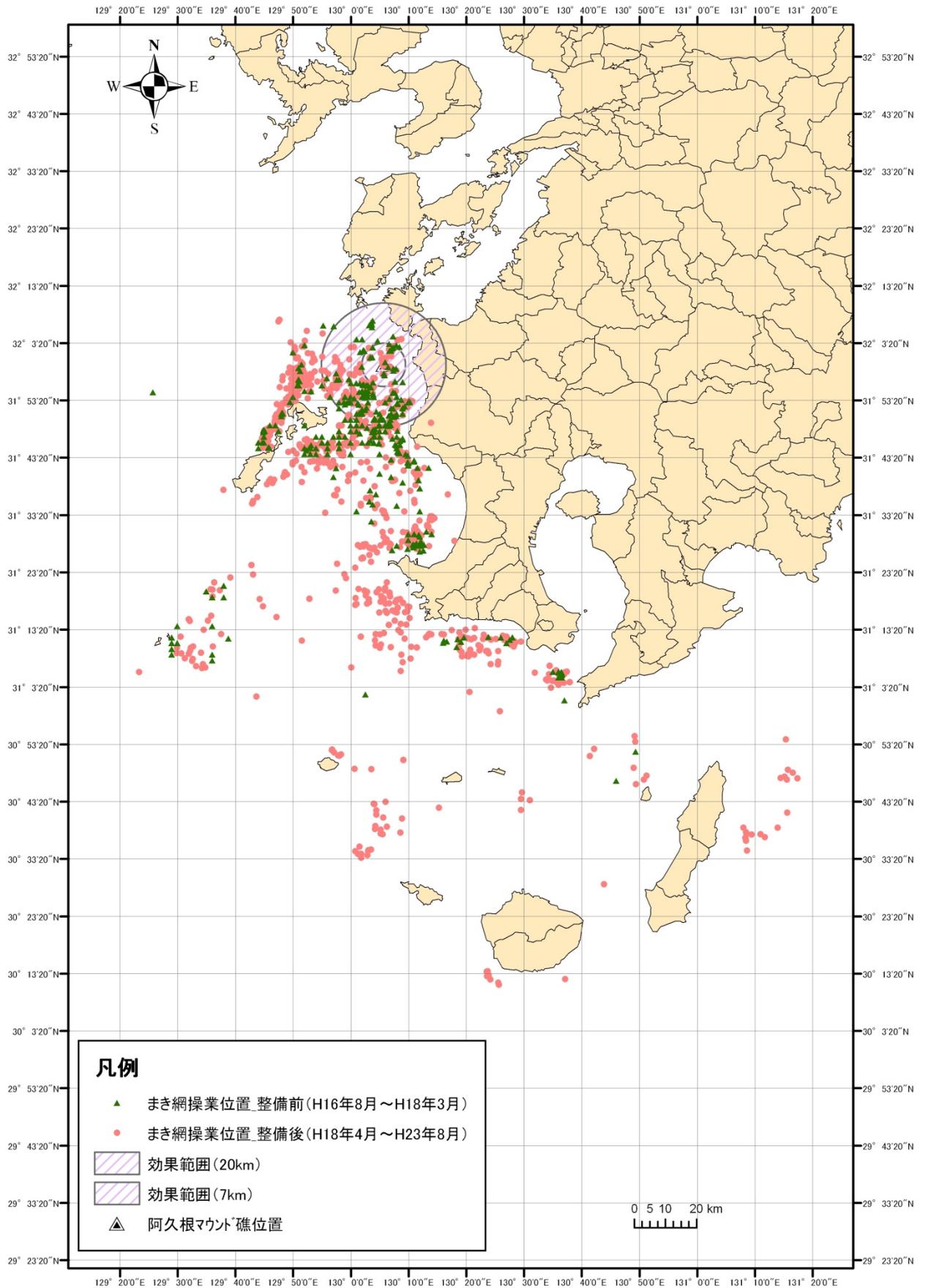


図 4. 2. 1 鹿児島県における中小型まき網漁業標本船の操業位置

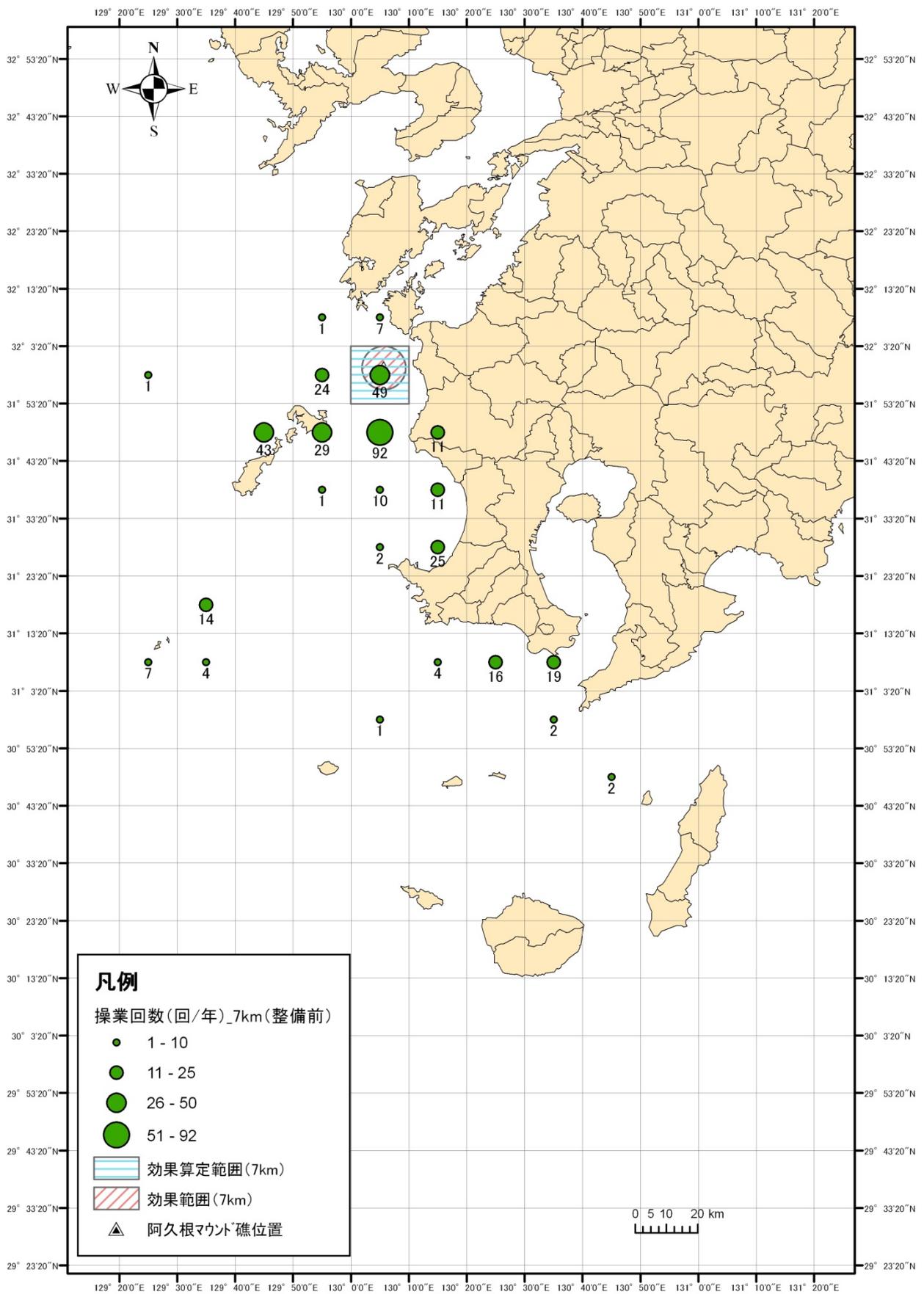


図 4.2.2 阿久根沖マウンド礁周辺の作業回数（礁周辺 7km を効果範囲とした場合：整備前）

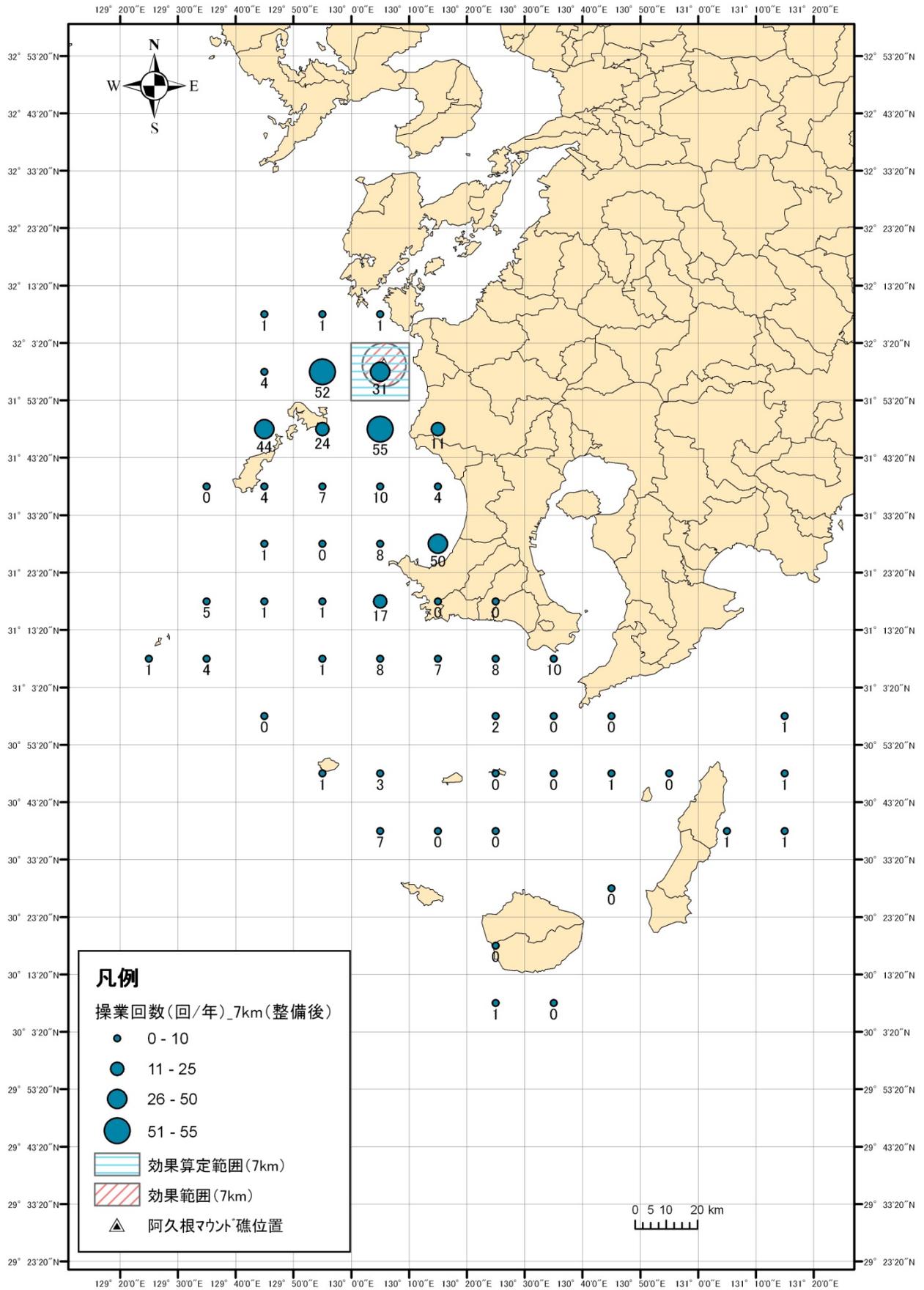


図 4. 2. 3 阿久根沖マウンド礁周辺の操業回数（礁周辺 7km を効果範囲とした場合：整備後）

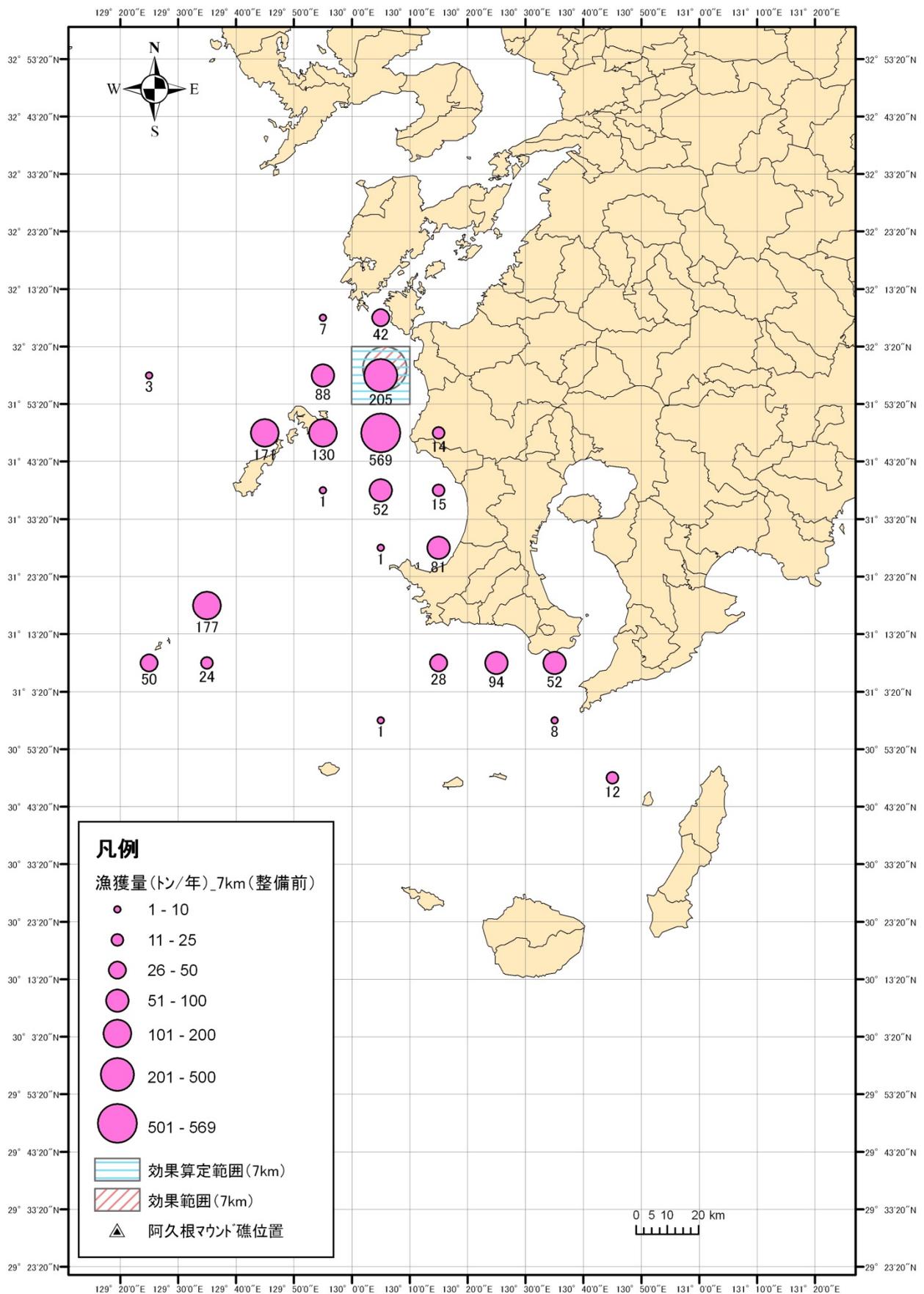


図 4. 2. 4 阿久根沖マウンド礁周辺の漁獲量（礁周辺 7km を効果範囲とした場合：整備前）

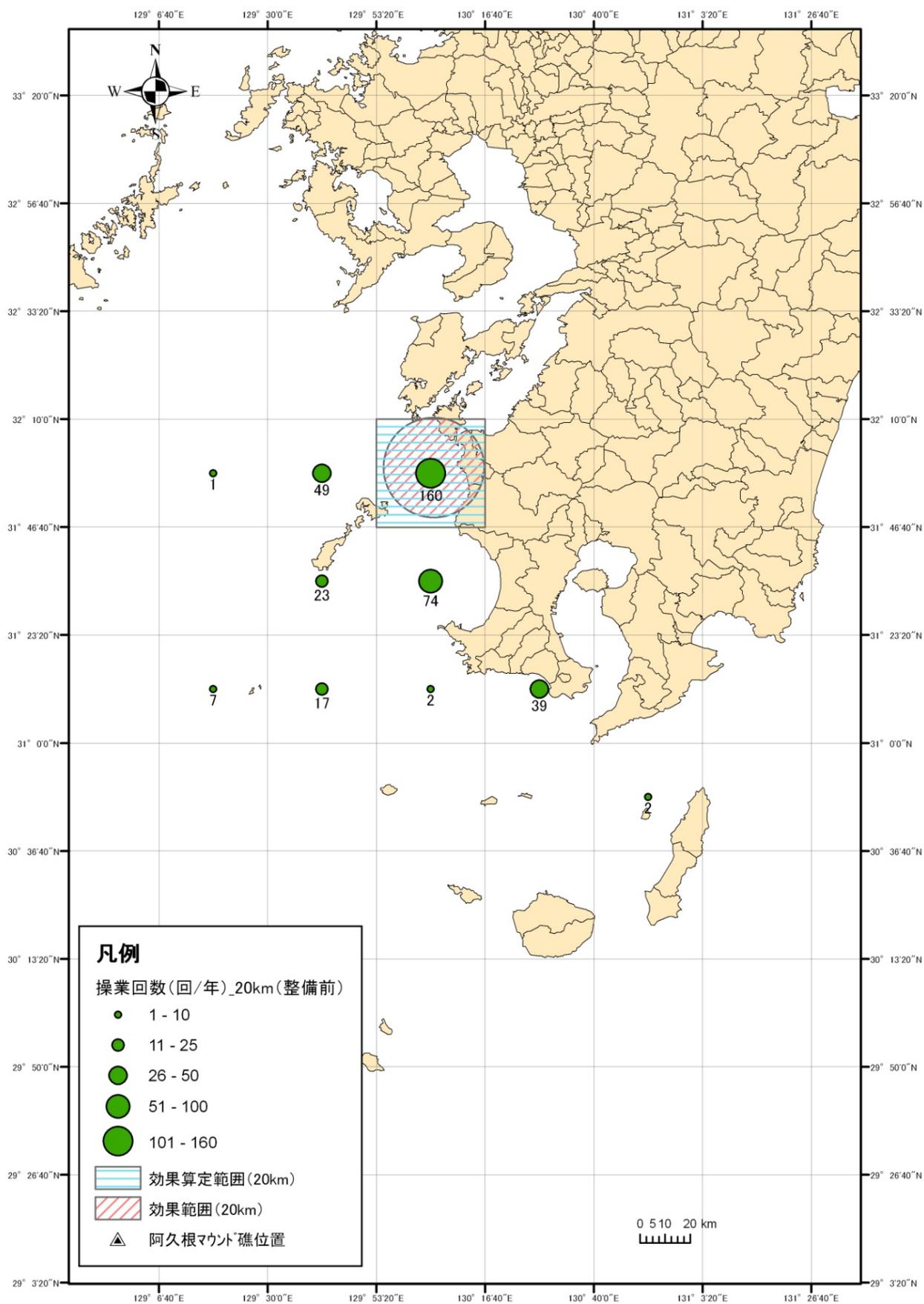


図 4.2.5 阿久根沖マウンド礁周辺の操業回数（礁周辺 20km を効果範囲とした場合：整備前）

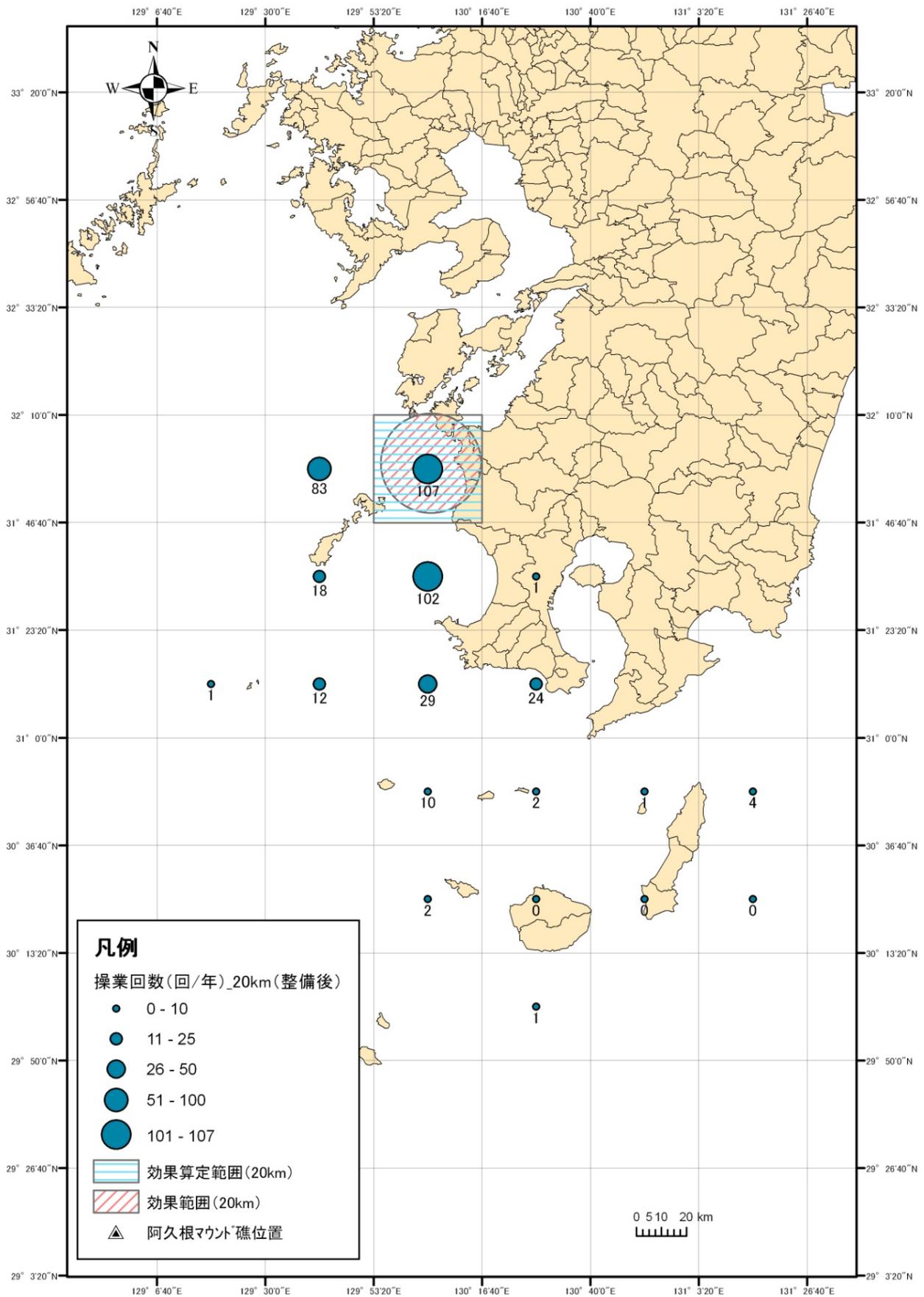


図 4.2.6 阿久根沖マウンド礁周辺の操業回数（礁周辺 20km を効果範囲とした場合：整備前）

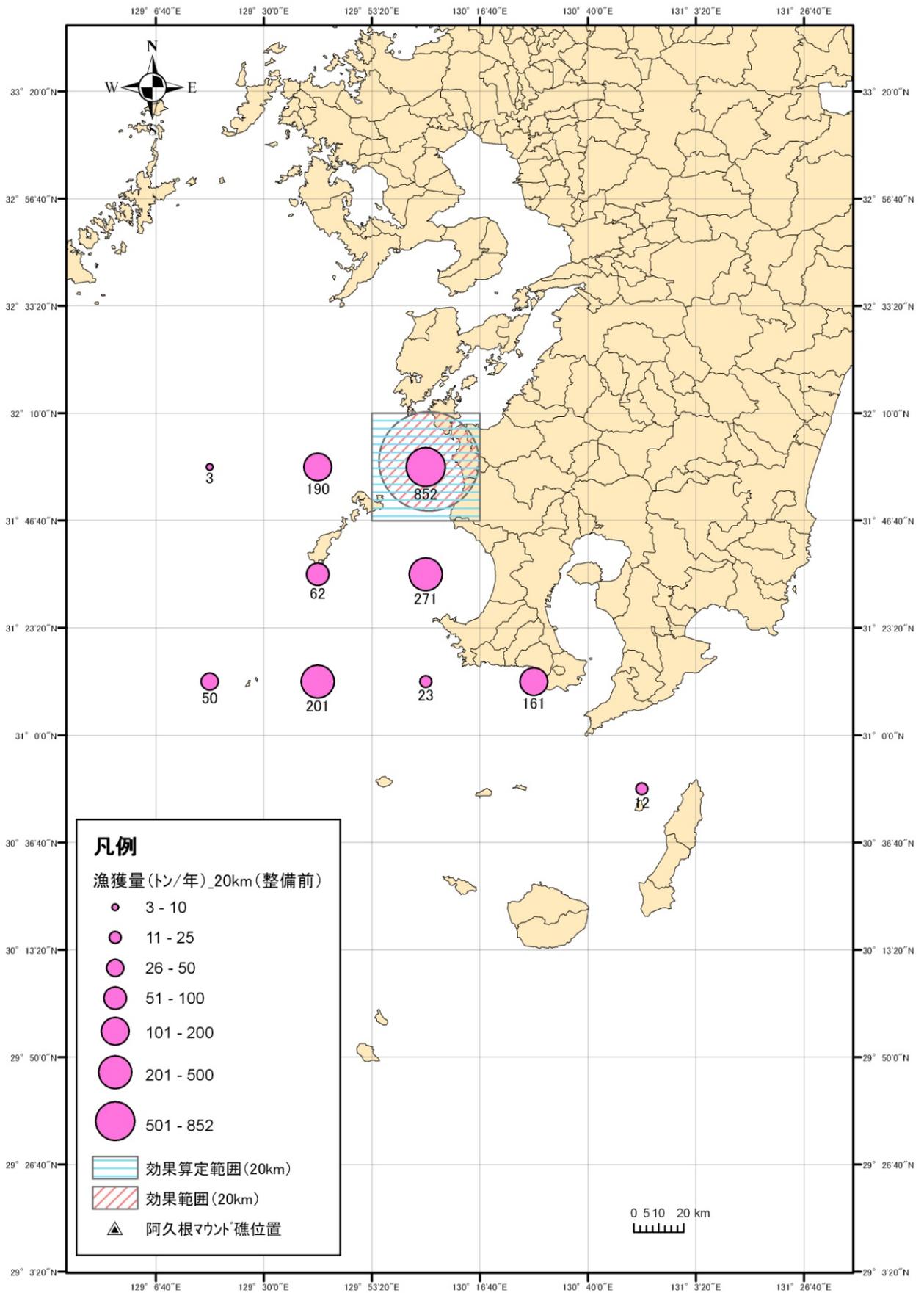


図 4.2.7 阿久根沖マウンド礁周辺の漁獲量（礁周辺 20km を効果範囲とした場合：整備前）

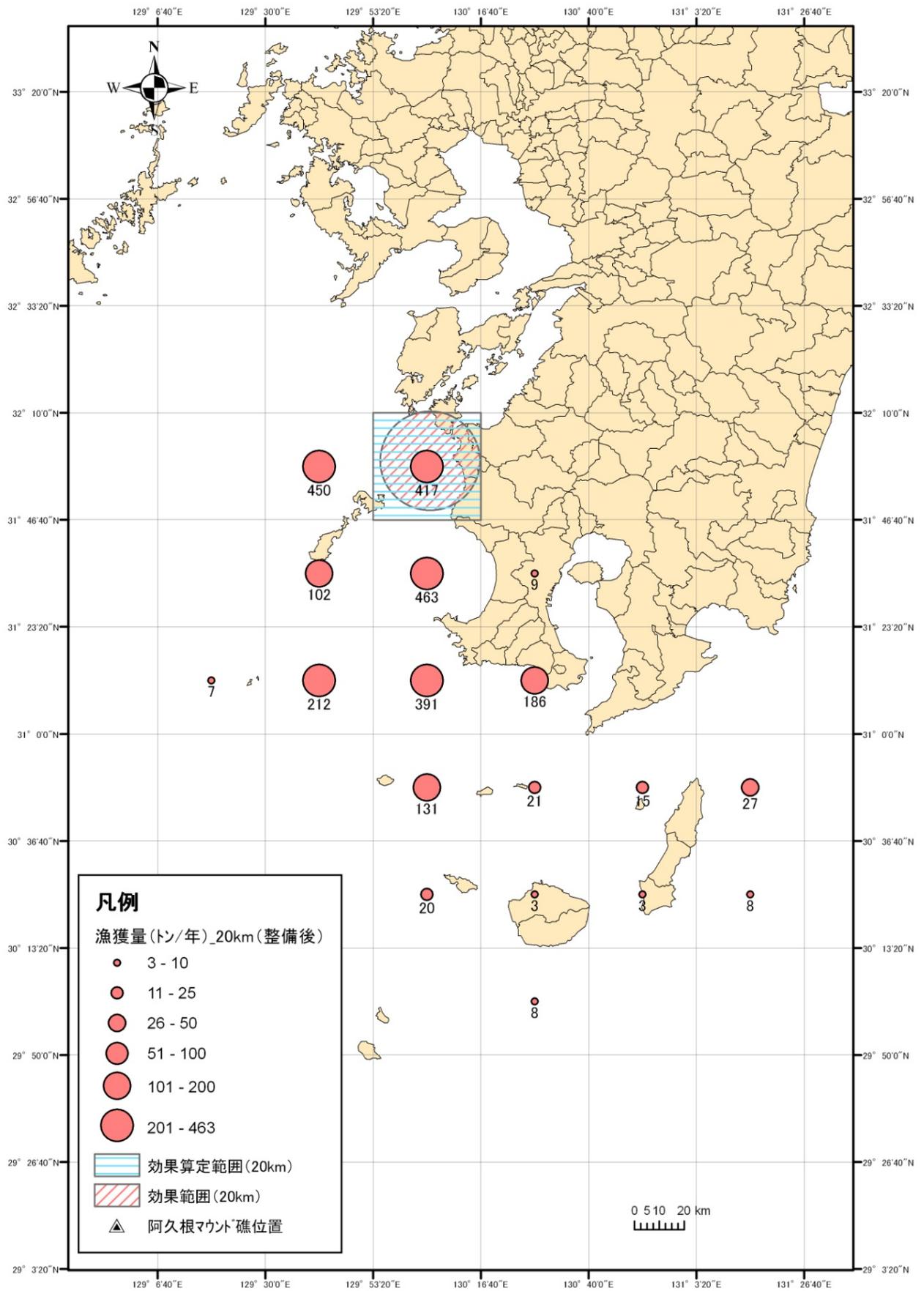


図 4.2.8 阿久根沖マウンド礁周辺の漁獲量（礁周辺 20km を効果範囲とした場合：整備後）

4. 2. 2 棒受網漁業

(1) 棒受網漁業のマウンド礁周辺漁場の利用状況

- 棒受網漁業の操業位置を図 4.2.9 に示す。中小型まき網漁業と比較して、操業可能範囲が狭いことから、阿久根沖～甌島北部沖周辺に漁場が集中している
- マウンド礁整備前後をみると、操業位置に大きな変化は見られないが、整備後の方が、マウンド礁周辺での操業回数が多くなっている。特に、効果範囲を 7km の同心円としてみた場合に操業回数の増加が顕著である。
- 効果範囲を 7km の同心円で見えた場合、整備前はマウンド礁周辺での操業回数の割合が 11% (33 回/292 回)、整備後は 19% (50 回/269 回) と 8%操業割合が増えている。
- 中小型まき網漁業ほど操業可能範囲が広くないことから、限られた漁場の中で、マウンド礁周辺での操業が増加したことが伺える。

(2) 棒受網漁業のマウンド礁周辺漁場の漁獲量

- 操業回数の増加とともに、整備後のマウンド礁周辺漁場での漁獲量が増加している。
- 効果範囲を 7km の同心円で見えた場合、整備前のマウンド礁周辺での漁獲割合は 13% (41 t / 328 t)、整備後は 21% (81 t / 394 t) と 8%漁獲割合が増えている。

(3) マウンド礁周辺漁場への依存度

- 整備中だった平成 17 年度を除き、比較的依存度が高いことが示されている (表 4.2.2)。特に平成 21～22 年度にかけては、総漁獲量の 30%弱をマウンド礁周辺漁場で漁獲しており、重要な漁場として位置づけられていることが示唆されている。

表 4.2.2 鹿児島県の中小型まき網漁業標本船におけるマウンド礁への依存度

効果範囲	日誌データ取得期間	分析対象期間	出漁日数	操業回数		漁獲量(kg)		マウンド依存度		生産効率	
				マウンド		マウンド		操業回数	漁獲量	マウンド以外	マウンド
半径7km	平成15年度	平成15年4月～平成16年3月	271	287	59	292,167	79,166	20.6%	27.1%	742.2	1341.8
	平成16年度	平成16年4月～平成17年3月	262	285	30	320,090	33,611	10.5%	10.5%	1005.2	1120.4
	平成17年度	平成17年4月～平成18年3月	285	305	10	370,780	9,345	3.3%	2.5%	1185.0	934.5
	平成18年度	平成18年4月～平成19年3月	254	270	32	376,084	41,444	11.9%	11.0%	1239.4	1295.1
	平成19年度	平成19年5月～平成20年3月	226	252	31	314,489	50,611	12.3%	16.1%	1047.1	1632.6
	平成20年度	平成20年4月～平成21年3月	265	310	40	358,083	73,490	12.9%	20.5%	918.0	1837.3
	平成21年度	平成21年5月～平成22年3月	239	268	82	474,937	129,723	30.6%	27.3%	1288.1	1582.0
	平成22年度	平成22年4月～平成23年1月	210	248	66	445,756	121,786	26.6%	27.3%	1306.3	1845.2
	計			2,012	2,225	350	2,952,386	539,176	15.7%	18.3%	1084.6
平均			252	278	44	369,048	67,397	—	—	—	—
半径20km	平成15年度	平成15年4月～平成16年3月	271	287	213	292,167	226,483	74.2%	77.5%	228.9	1063.3
	平成16年度	平成16年4月～平成17年3月	262	285	201	320,090	191,242	70.5%	59.7%	452.1	951.5
	平成17年度	平成17年4月～平成18年3月	285	305	180	370,780	125,845	59.0%	33.9%	803.1	699.1
	平成18年度	平成18年4月～平成19年3月	254	270	195	376,084	194,941	72.2%	51.8%	670.9	999.7
	平成19年度	平成19年4月～平成19年11月	226	252	174	314,489	194,381	69.0%	61.8%	476.6	1117.1
	平成20年度	平成20年4月～平成21年3月	265	310	235	358,083	249,693	75.8%	69.7%	349.6	1062.5
	平成21年度	平成21年4月～平成22年3月	239	268	211	474,937	334,308	78.7%	70.4%	524.7	1584.4
	平成22年度	平成22年4月～平成23年1月	210	248	191	445,756	310,777	77.0%	69.7%	544.3	1627.1
	計			2,012	2,225	1,600	2,952,386	1,827,670	71.9%	61.9%	505.5
平均			252	278	200	369,048	228,459	—	—	—	—

※位置情報が不明なデータ(出戻りなどの出漁)については、操業回数としてカウントしなかった。

効果範囲	年度	金額換算(千円)	
		マウンド	マウンド以外
半径7km	H15	20,452	5,542
	H16	22,406	2,353
	H17	25,955	654
	H18	26,326	2,901
	H19	22,014	3,543
	H20	25,066	5,144
	H21	33,246	9,081
	H22	31,203	8,525
半径20km	H15	20,452	15,854
	H16	22,406	13,387
	H17	25,955	8,809
	H18	26,326	13,646
	H19	22,014	13,607
	H20	25,066	17,479
	H21	33,246	23,402
	H22	31,203	21,754

×70円/kg 平成20年水産物流通統計年報、枕崎漁港、うるめ、ま
あじ、むろあじ、さば類の加重平均価格

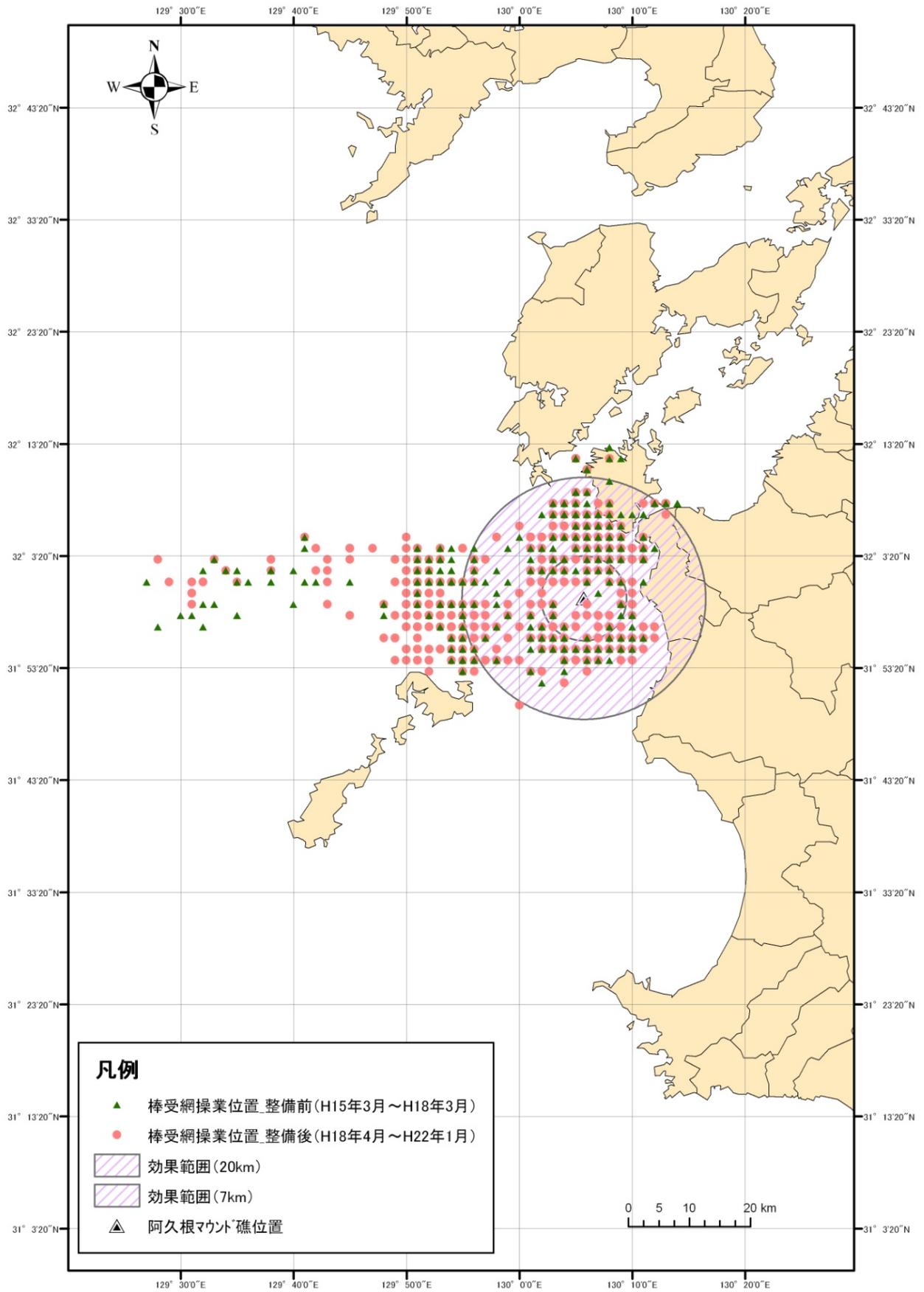


図 4. 2. 9 鹿児島県における棒受網漁業標本船の操業位置

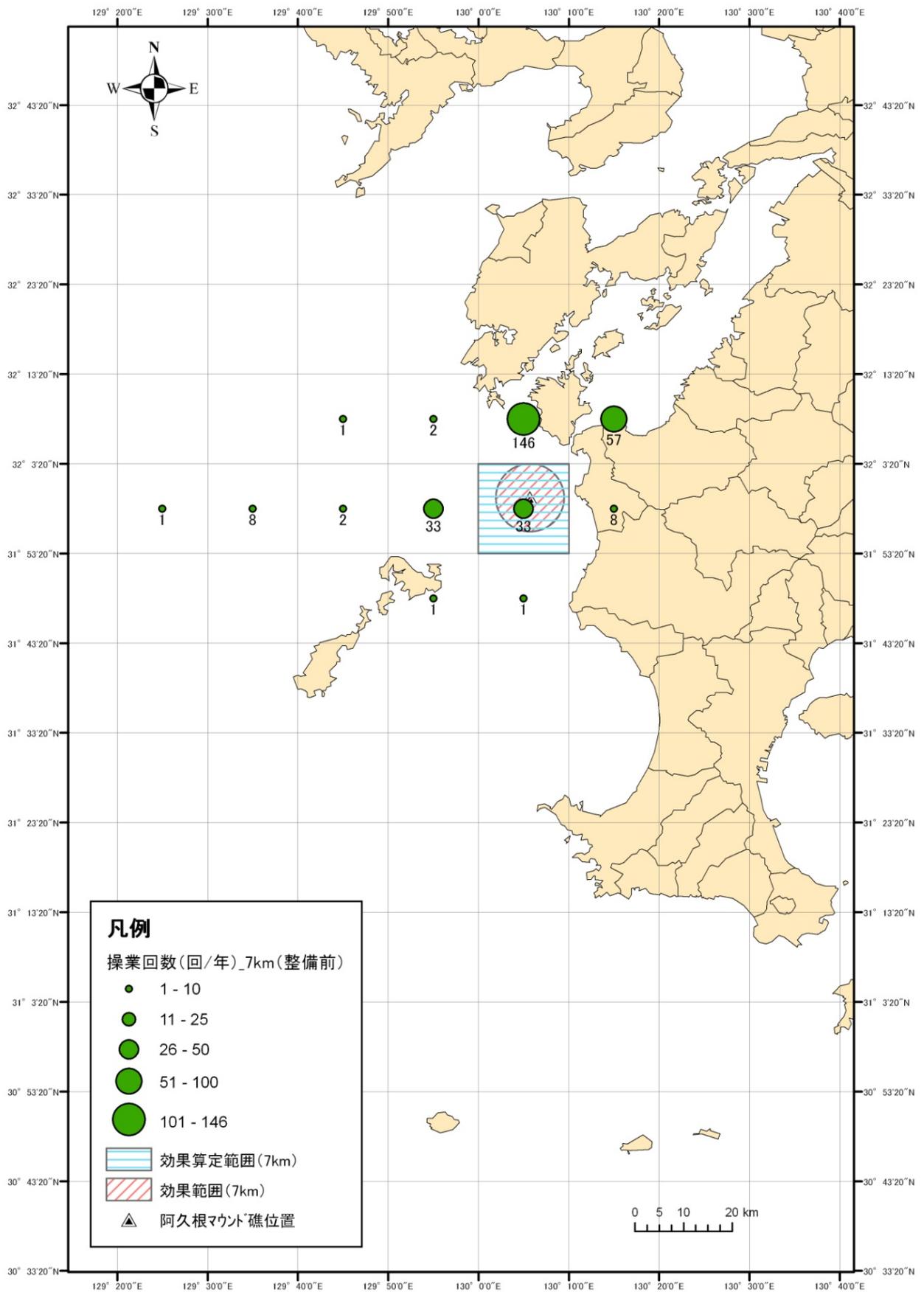


図 4.2.10 阿久根沖マウンド礁周辺の操業回数（礁周辺 7km を効果範囲とした場合：整備前）

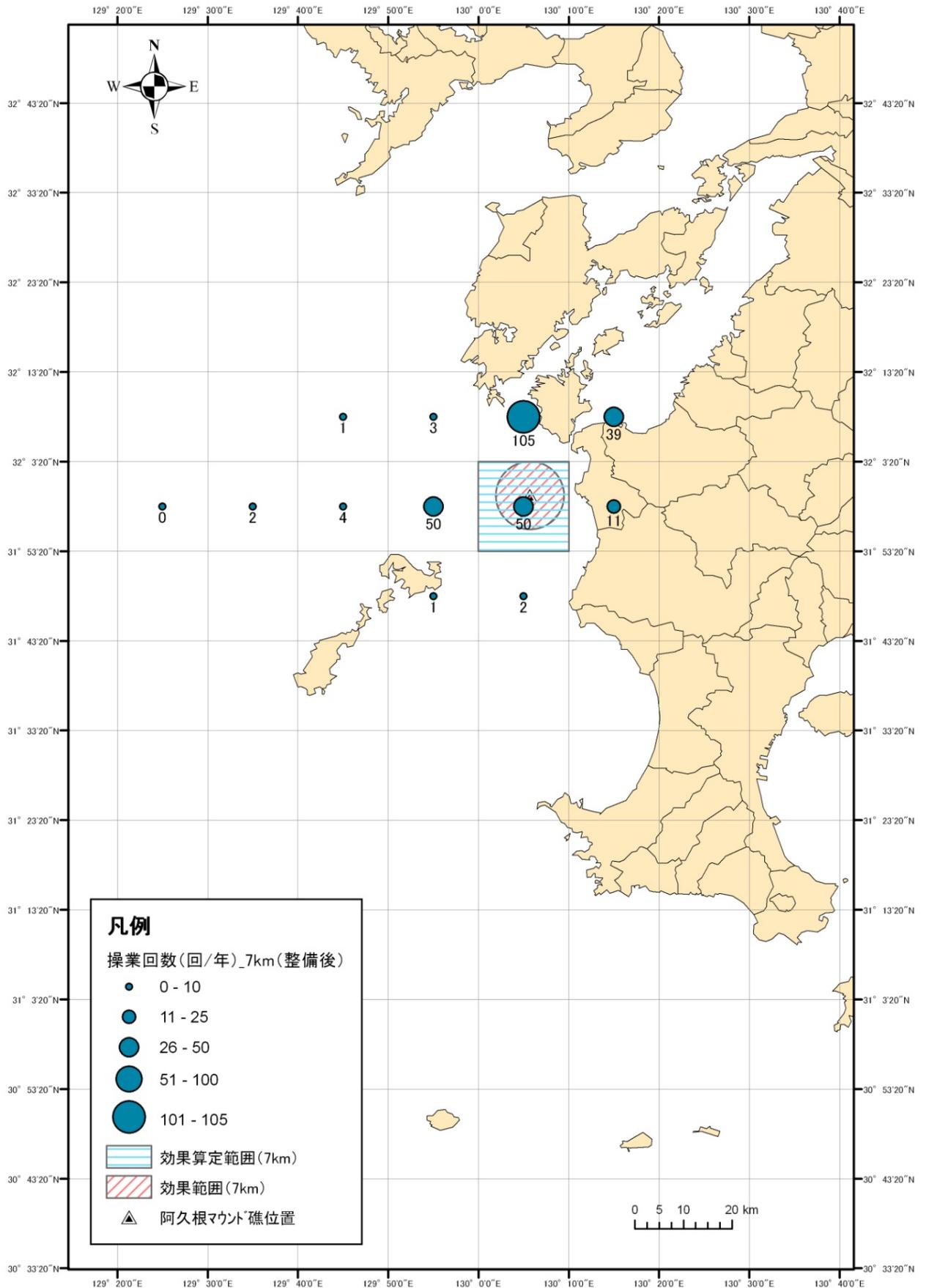


図 4.2.11 阿久根沖マウンド礁周辺の作業回数（礁周辺 7km を効果範囲とした場合：整備後）

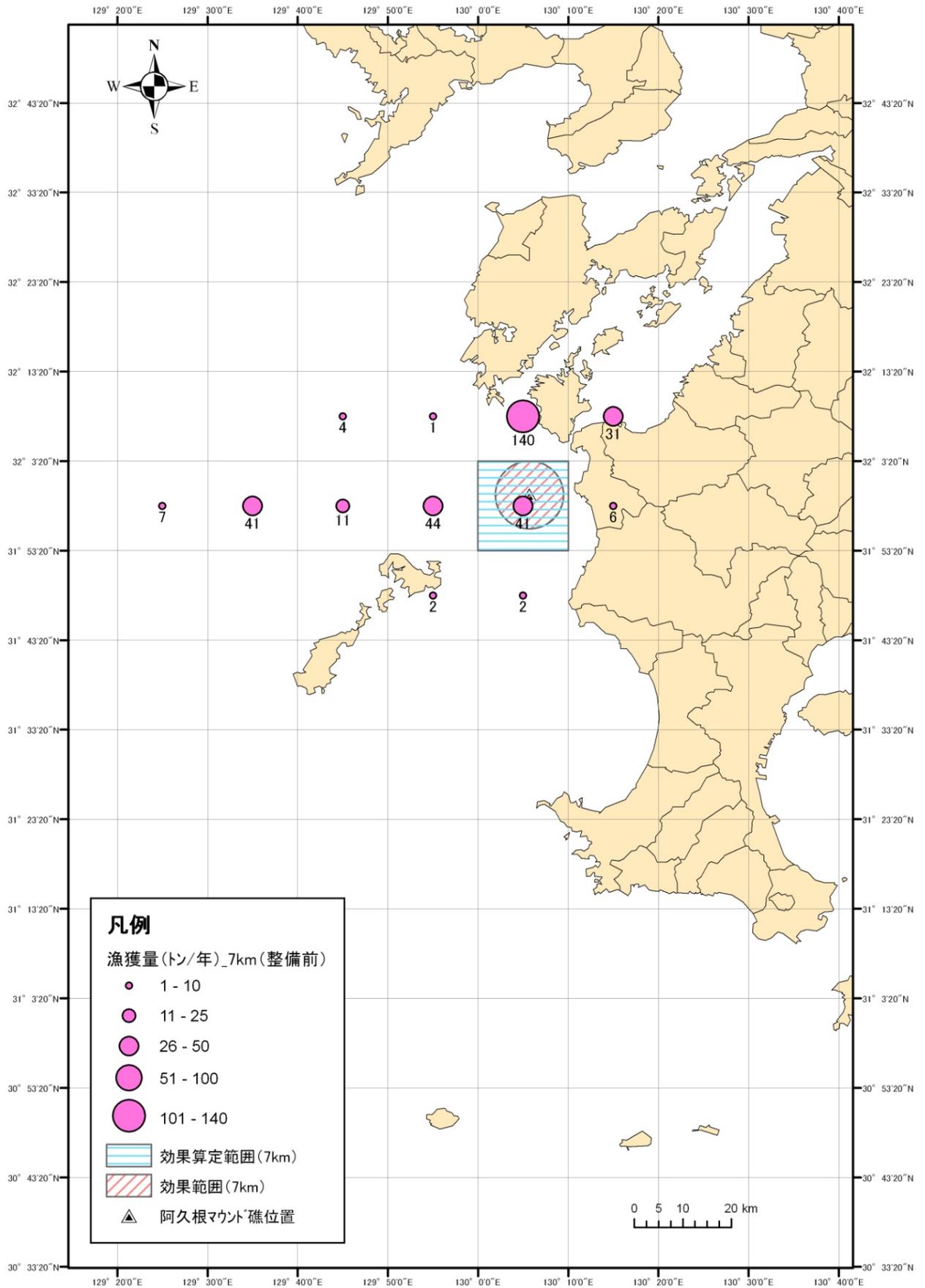


図 4.2.12 阿久根沖マウンド礁周辺の漁獲量（礁周辺 7km を効果範囲とした場合：整備前）

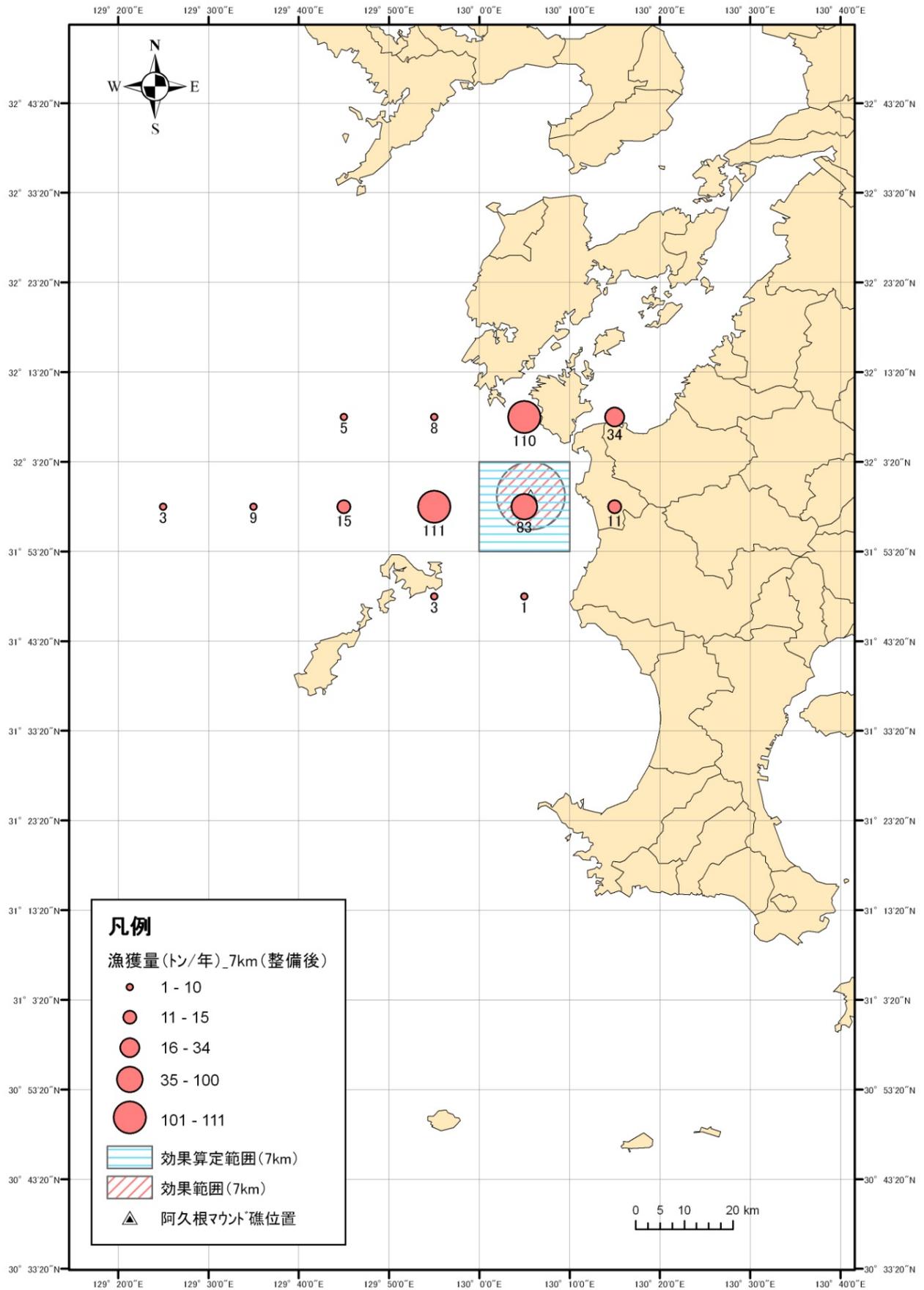


図 4. 2. 13 阿久根沖マウンド礁周辺の漁獲量（礁周辺 7km を効果範囲とした場合：整備後）

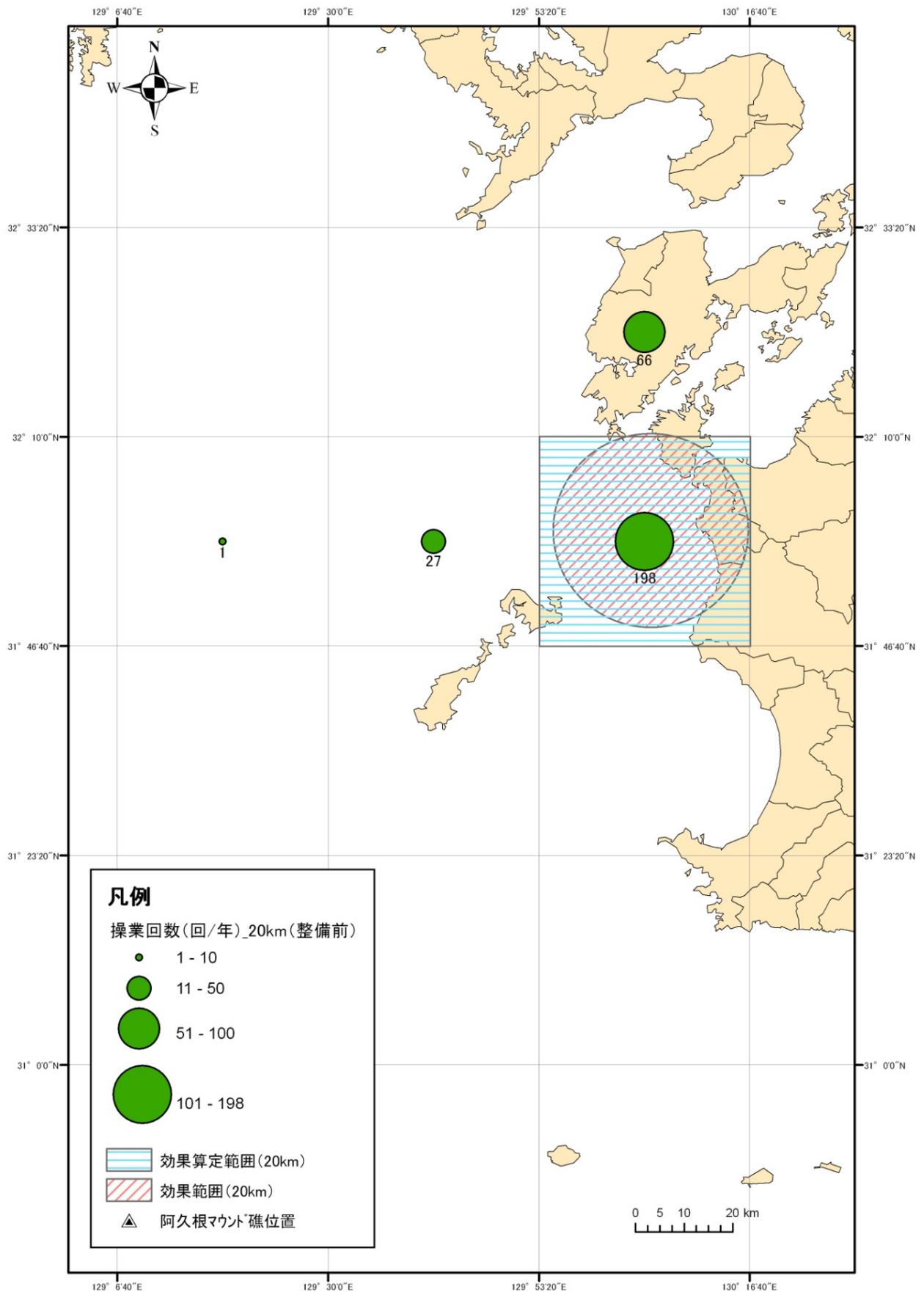


図 4. 2. 14 阿久根沖マウンド礁周辺の操業回数（礁周辺 20km を効果範囲とした場合：整備前）

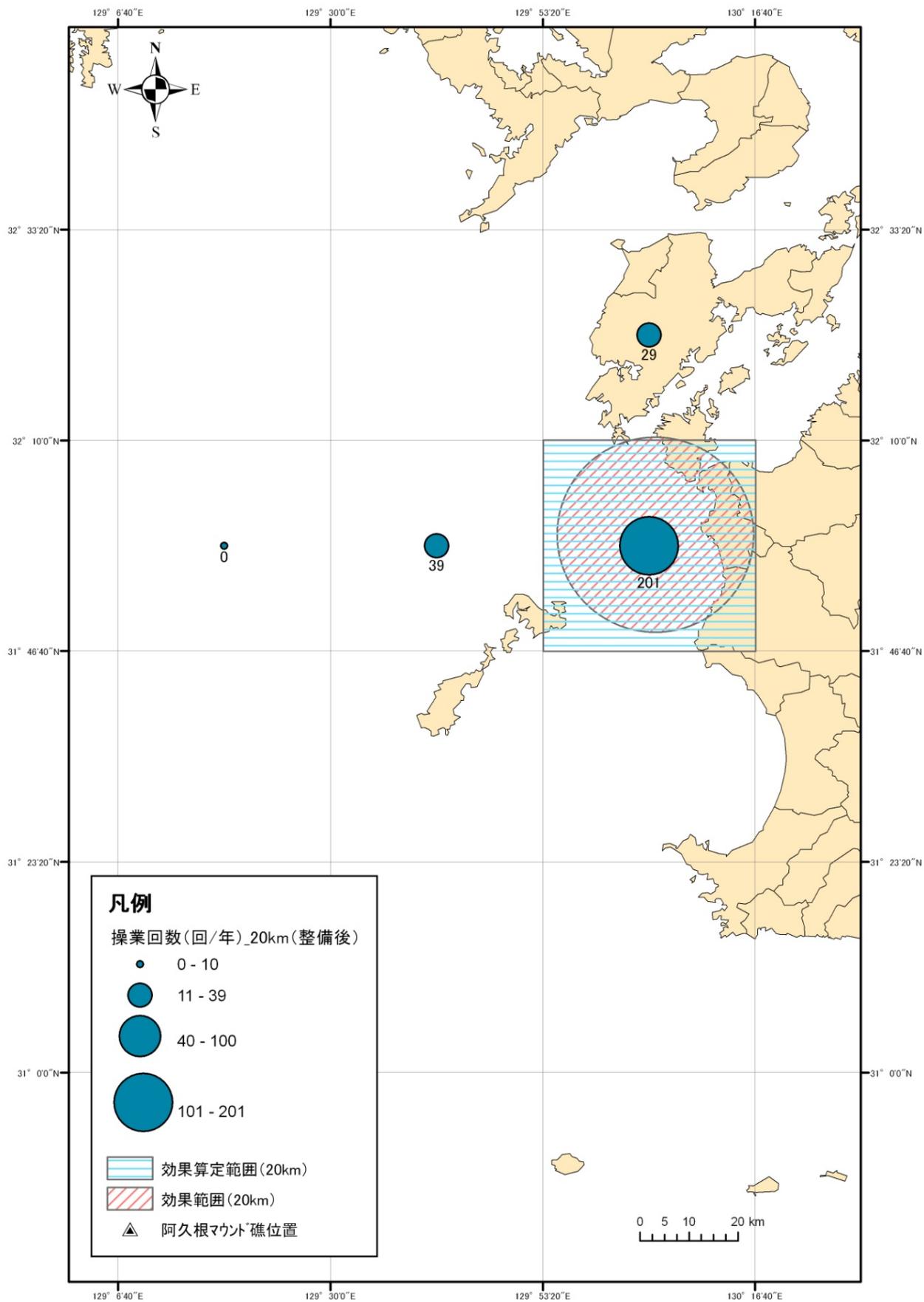


図 4. 2. 15 阿久根沖マウンド礁周辺の操業回数（礁周辺 20km を効果範囲とした場合：整備後）

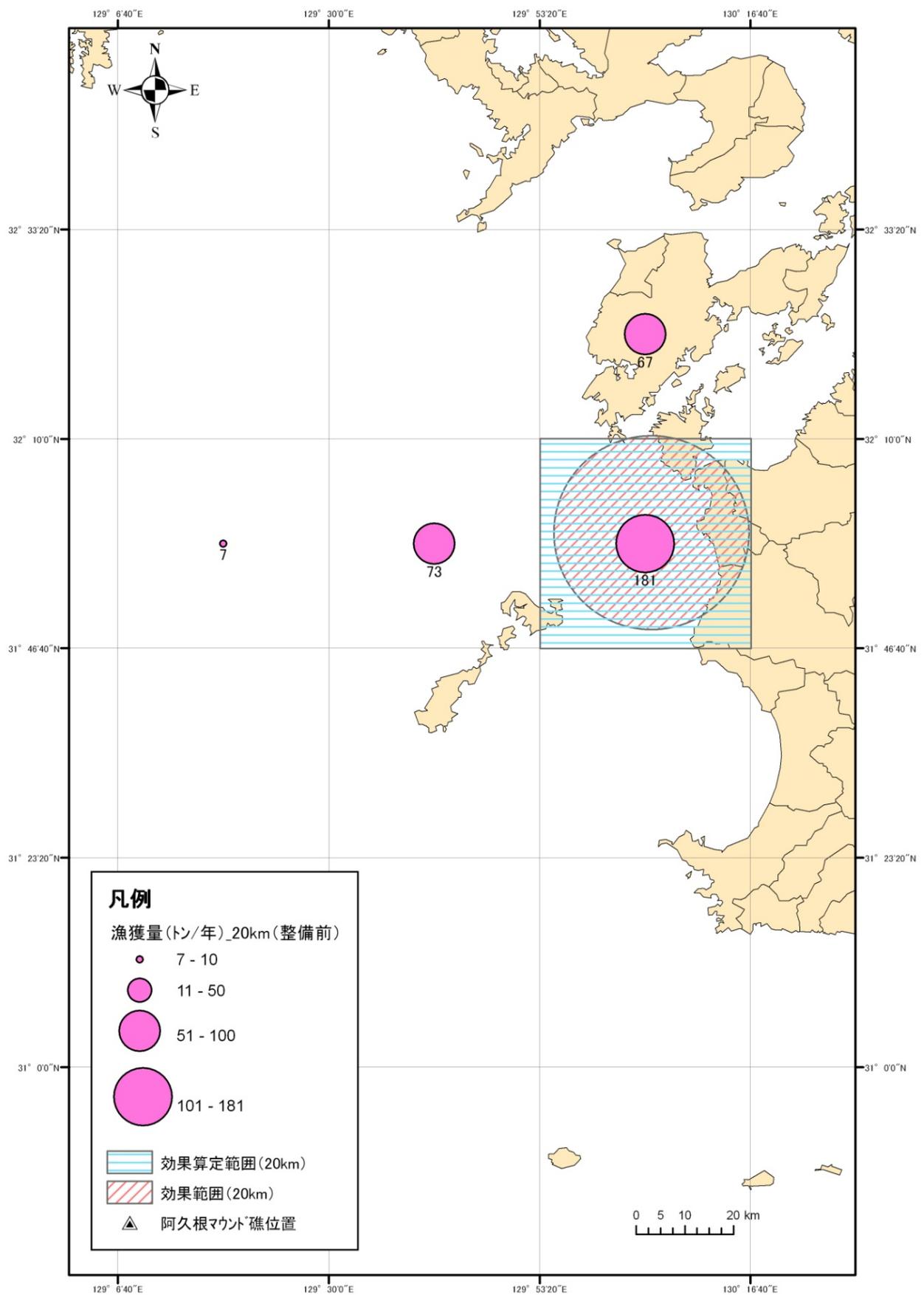


図 4. 2. 16 阿久根沖マウンド礁周辺の漁獲量（礁周辺 20km を効果範囲とした場合：整備前）

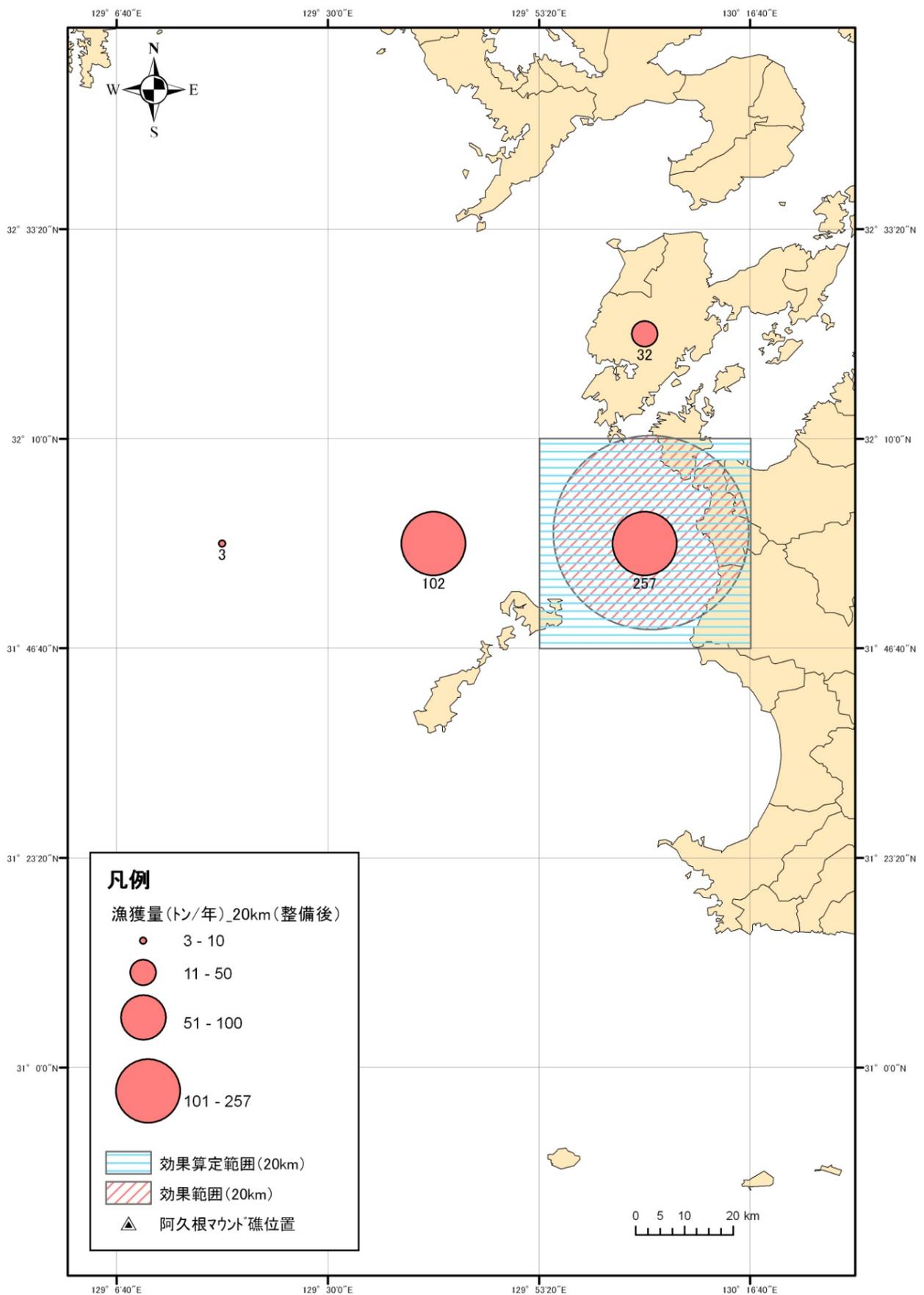


図 4. 2. 17 阿久根沖マウンド礁周辺の漁獲量（礁周辺 20km を効果範囲とした場合：整備前）

5 まき網漁業以外の漁業種類を対象とした漁獲量・金額の推移の把握

長崎県における小海區別定置網漁獲量の推移を図 5.1.1 に示す。

漁獲量は各海区とも年変動がある。この変動要因は対象魚種の資源変動や対象魚種の変化によるものと思われる。平成 12 年をピークに年々減少傾向であったが、平成 20 年に大きく生産量が増大した。しかし、平成 21 年は元の水準（1.3 万トン前後）となっている。

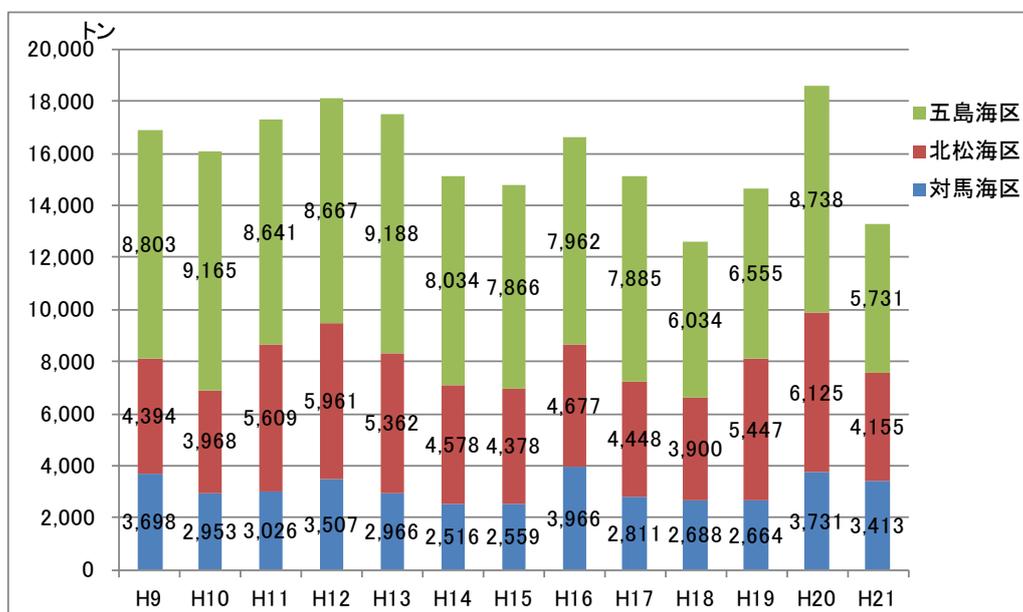


図 5.1.1 長崎県における小海區別定置網漁獲量の推移

6 既設湧昇マウンド礁周辺海域と既設湧昇マウンド礁による影響を及ぼさない海域での漁獲量等の比較

(1) 五島奈留船団の生産効率の差

前掲表 4.1.1 に示した奈留町漁協所属 4 船団のマウンド礁周辺での生産効率とマウンド礁以外での生産効率を比較する。

マウンド礁の生産効率 : 2,493.6 kg/操業 1 回

マウンド礁以外の生産効率 : 2,235.8 kg/操業 1 回

∴ 操業 1 回あたりの漁獲量の差 = 2,493.6 kg/操業 1 回 - 2,235.8 kg/操業 1 回
= 257.8 kg/回

(2) 鹿児島県の中小型まき網標本船の生産効率の差

前掲表 4.2.2 に示した鹿児島県北さつま漁協所属中小型まき網漁船のマウンド礁周辺での生産効率とマウンド礁以外での生産効率を比較する。

マウンド礁の生産効率 : 1,540.5 kg/操業 1 回

マウンド礁以外の生産効率 : 1,084.6 kg/操業 1 回

∴ 操業 1 回あたりの漁獲量の差 = 1,540.5 kg/操業 1 回 - 1,084.6 kg/操業 1 回
= 455.9 kg/回

Ⅶ.4 整備後の問題点の把握

「(2) 既設湧昇マウンド礁周辺海域の操業実態調査」によると、一本釣りなどの沿岸漁業者及びまき網漁業者は湧昇マウンド礁は重要な漁場として位置づけているが、そこが良い漁場となっていることから漁場が競合し、トラブルを回避するため操業を譲歩している状況が確認された。

また、「(3) 既設湧昇マウンド礁周辺海域における漁獲調査」によると、湧昇マウンド礁周辺において、操業回数や漁獲量が増加している事例があり、湧昇マウンド礁に集まる魚類を全て漁獲してしまえば資源の減少につながる。

これらのことから、整備した施設を有効かつ適切に利用するためには、関係漁業者の理解の下、施設周辺に禁漁区や禁漁期間を設定するなどの資源管理措置を講じる必要がある。

なお、禁漁区については過去の事例をもとに、半径1マイル程度が妥当であると考えられる。

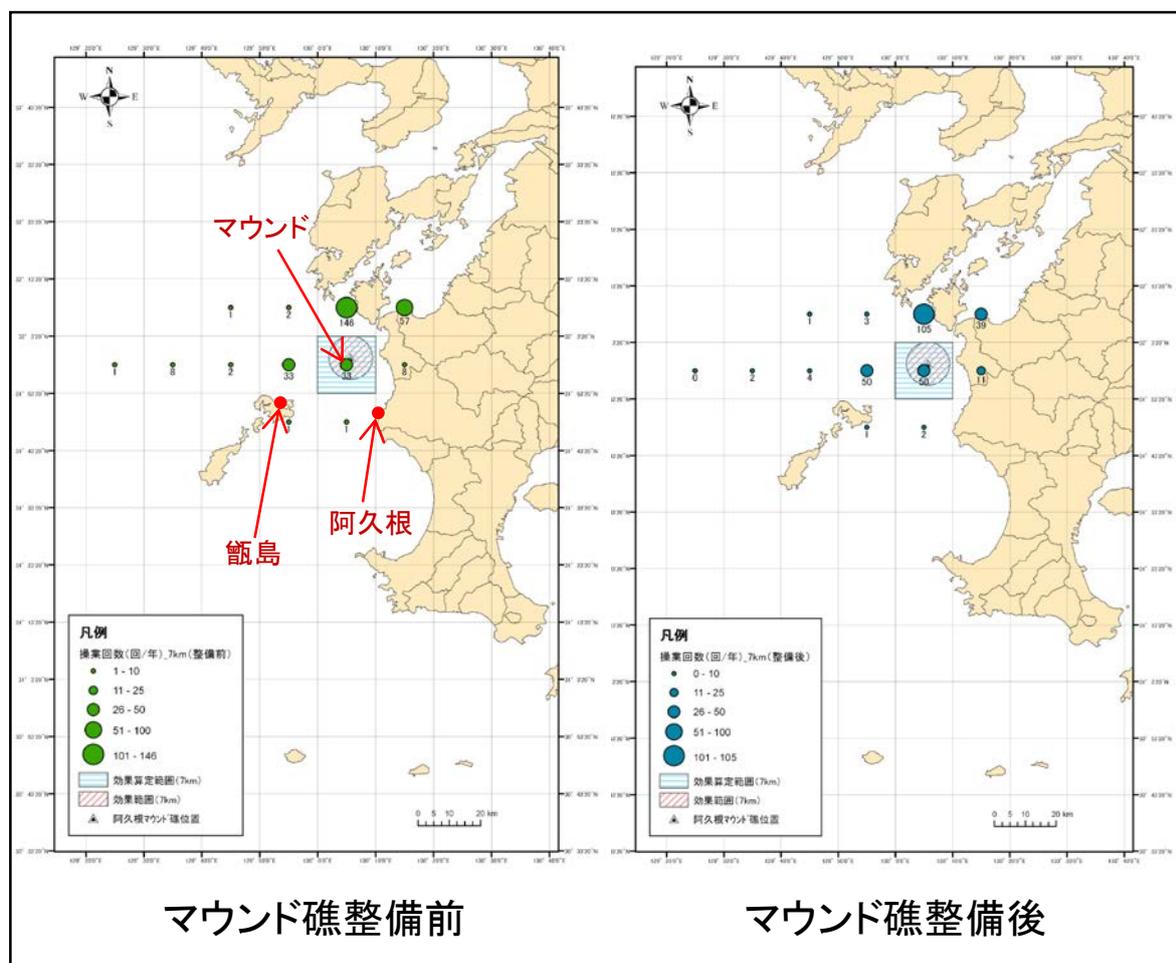


図1 マウンド礁整備前後の棒受網の操業回数

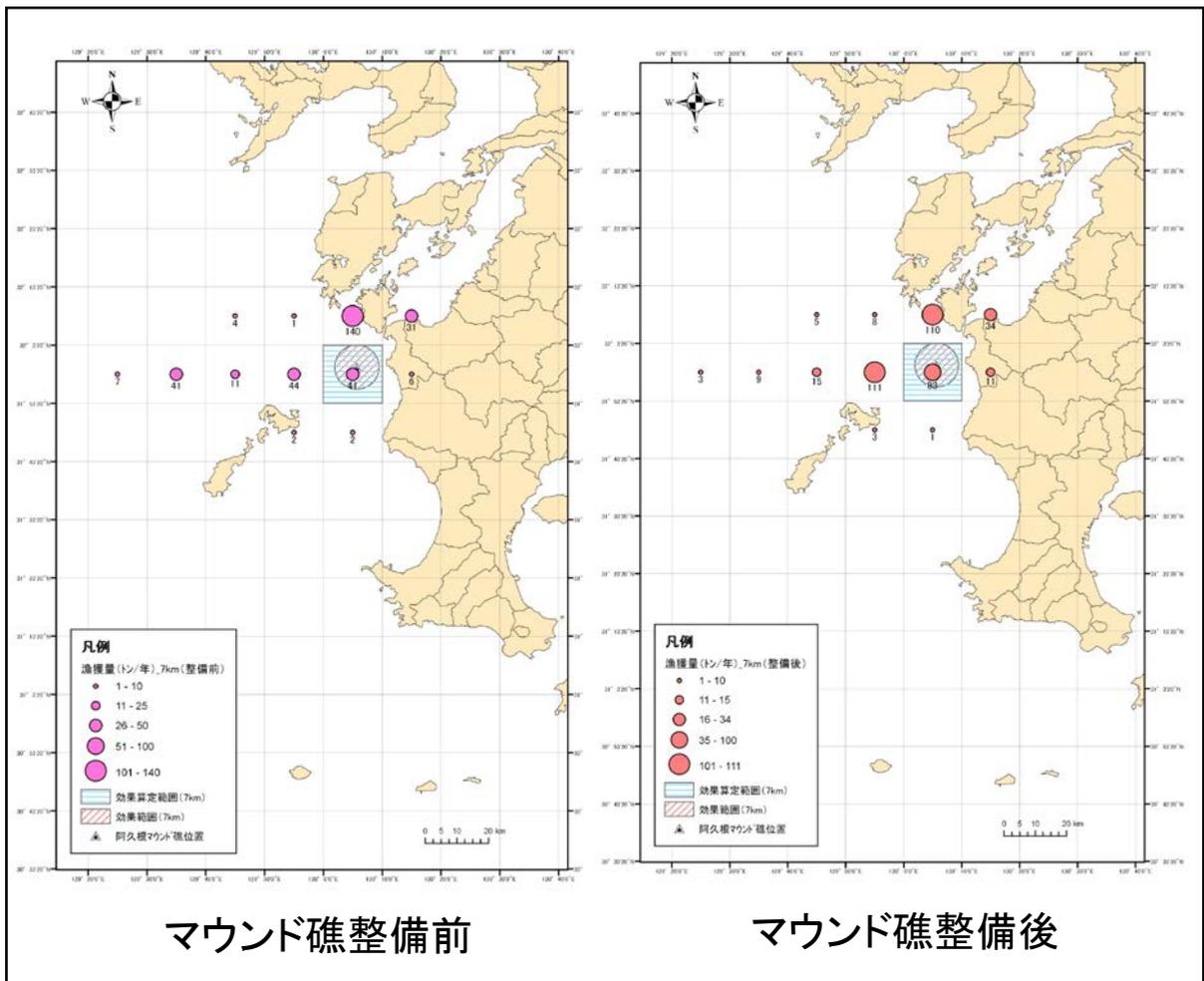


図2 マウンド礁整備前後の棒受網の漁獲量

VIII 隠岐海峡における湧昇マウンド礁の整備効果の分析

1. 便益項目の設定と便益算定の考え方

今回の調査により、一本釣りなどの沿岸漁業者及びまき網漁業者は湧昇マウンド礁は重要な漁場として位置づけているが、そこが良い漁場となっていることから漁場が競合し、トラブルを回避するため操業を譲歩している状況が確認された。また、湧昇マウンド礁周辺において、操業回数や漁獲量が増加している事例があり、湧昇マウンド礁に集まる魚類を全て漁獲してしまえば資源の減少につながることを把握された。このため、整備した施設を有効かつ適切に利用するためには、関係漁業者の理解の下、施設周辺に禁漁区や禁漁期間を設定するなどの資源管理措置を講じる必要がある。

フロンティア漁場整備事業で整備するマウンド礁の便益項目及び各便益算定の考え方は、図1および表1の通り。ここでは、マウンド礁の保護育成礁としての効果が維持・発揮されるようにするために、マウンド礁の周辺1マイルを禁漁区（保護水域）として設定し、保護水域で保護・増加した資源の効果を考慮し便益の評価を行う。

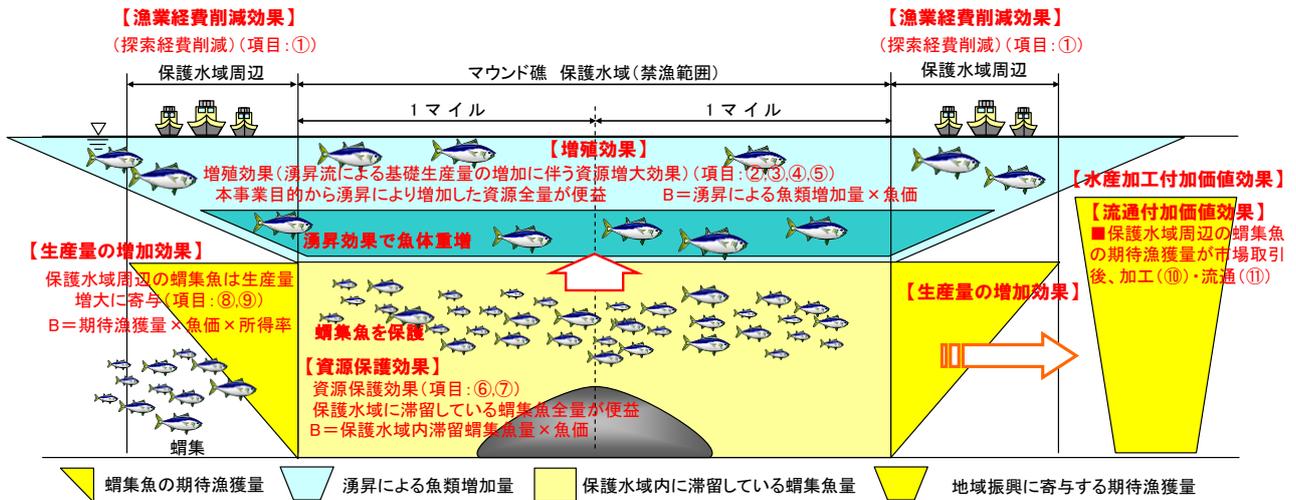


図1 フロンティア漁場整備による湧昇マウンド礁漁場整備の効果の模式図

表1 マウンド礁の整備による便益項目の設定及び各便益算定の考え方

便益大項目	便益大項目	小項目	便益算定の考え方
漁業経費削減効果	漁業経費削減効果	①探索経費削減	新たに漁場を整備することにより魚群の探索が短縮され、それに伴い航行経費（燃油経費）を削減する便益を計上
保護育成効果	増殖効果	②植物プランクトン食性魚類増加	湧昇による一次生産量（植物プランクトン）に植物性プランクトン食性魚類への配分率、植物プランクトン沈降量を考慮した値に餌料転換効率を乗じて得た植物プランクトン食性魚類の増加量（魚体重増）に魚食性魚類への配分率を考慮して計上※1
		湧昇流による基礎生産量の増加に伴う資源増大効果	湧昇による一次生産量（植物プランクトン）に植物性プランクトン食性魚類への配分率を考慮し、餌料転換効率を乗じて算定した動物プランクトン量を、更に動物プランクトン沈降量を考慮し餌料転換効率を乗じた動物プランクトン食性魚類の増加量（魚体重増）に魚食性魚類への配分率を考慮して計上※2
	資源保護効果	③動物プランクトン食性魚類増加	②、③により算出された魚食性魚類による魚類捕食量に餌料転換効率を乗じて、魚食性魚類の増加量（魚体重増）を計上
		④魚食性魚類増加	②、③により算出されたプランクトン沈降量（デトリタス）に餌料転換効率を乗じて算定したベントス増加量に餌料転換効率を乗じて得たベントス食性生物の増加量（魚体重増）に魚食性魚類への配分率を考慮して計上
		⑤ベントス増加による効果	「漁獲原単位（kg/空m ³ ）×マウンド礁有効体積/対象魚種毎の漁獲率」により算定したマウンドの蛸集資源量（蛸集する魚類の量）に魚食性魚類への配分率を考慮した上で保護期間率（26日/365日）を乗じた保護資源量を計上
生産量増大効果	生産量の増加効果	⑥滞留蛸集魚の保護	⑥により算出された魚食性魚類による魚類捕食量に餌料転換効率を乗じて算定された魚食性魚類の増加量（魚体重増）を、更に保護期間率（26日/365日）を乗じて保護資源量（魚食性魚類の増加量（魚体重増）の保護分）を計上
		⑦保護水域内での魚食性魚類の蛸集魚捕食	⑥により算出された魚食性魚類による漁獲相当量（対象魚種毎の漁獲率を乗じる）を計上
地域振興効果	水産加工付加価値効果	⑧魚類の蛸集	蛸集資源量から保護資源量を差し引いた資源量に、魚食性魚類への配分率を考慮した上で、漁業者による漁獲相当量（対象魚種毎の漁獲率を乗じる）を計上
	流通付加価値効果	⑨保護水域周辺での魚食性魚類の蛸集魚捕食	⑧により算出された魚食性魚類による魚類捕食量に餌料転換効率を乗じて得た魚食性魚類の増加量（魚体重増）のうち漁業者による漁獲相当量（対象魚種毎の漁獲率を乗じる）を計上
地域振興効果	水産加工付加価値効果	⑩水産加工付加価値効果	増加漁獲量を基に水産加工業の生産量が増加する便益を計上
	流通付加価値効果	⑪流通付加価値効果	増加漁獲量を基に出荷過程における流通業に対する生産量が増加する便益を計上

※1, 2 上記②及び③の便益算定に当たっては、ベントス増加に起因するプランクトン沈降量、魚食性魚類による植物及び動物プランクトン食性魚類捕食割合を考慮して算定。

2. 便益算定の基礎条件

(1) マウンド礁設置地点

日本海西部海域におけるマウンド礁①及びマウンド礁②の設置地点は図2に示す2地点。

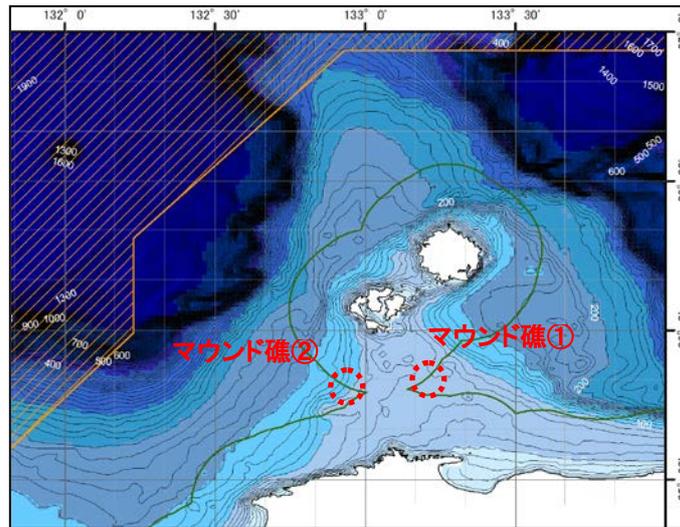


図2 マウンド礁設置地点

(2) マウンド礁の構造

マウンド礁①及び②の構造は共通であり図3のとおり。

マウンドの構造から算出される蝟集効果が期待できる表層の体積（マウンド礁有効体積）は、36,640空m³。

■マウンドの空m³ 計算

表面積			
面積1:	$82.4\text{m} \times \sqrt{(36.6\text{m})^2 + (18.3\text{m})^2} =$		3,372 m ²
面積2:	$\pi \times 36.6\text{m} \times \sqrt{(36.6\text{m})^2 + (18.3\text{m})^2} / 2 =$		2,353 m ²
マウンドの空m ³			
マウンドの表面積 × 使用するブロック若しくは石材2層分 と設定			
面積1の空m ³			
アッシュクリートブロックを使用	$h = 1.6\text{m}$		
	$3,372 \times 1.6 \times 2 =$		10,790 m ³
面積2の空m ³			
アッシュクリートブロックを使用	$h = 1.6\text{m}$		
	$2,353 \times 1.6 \times 2 =$		7,530 m ³
マウンド全体の空m ³ :	面積1の空m ³ × 2 + 面積2の空m ³ × 2 =		36,640 m ³

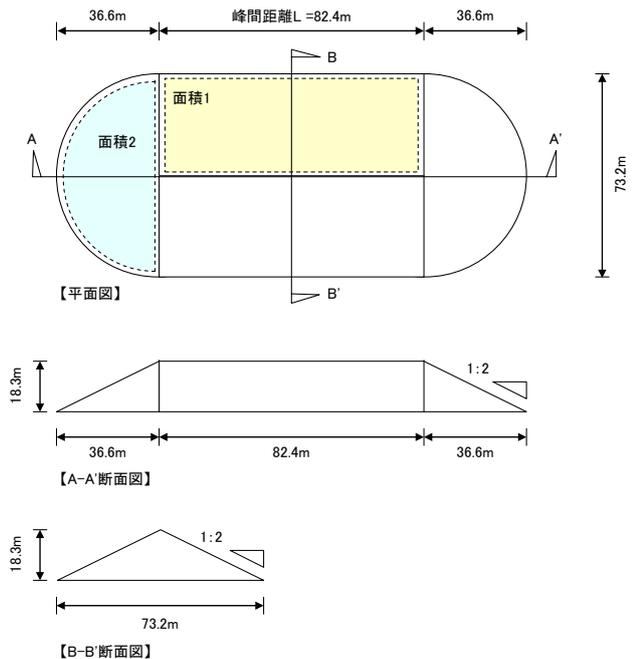


図3 マウンド礁の構造図

(3) 湧昇による植物プランクトン増加量

湧昇マウンド礁の整備により、人工湧昇流が発生し、海域が肥沃化され、植物プランクトンが増殖する。植物プランクトンは、一次消費者である回遊性魚類（カタクチイワシ、マイワシ等）の重要な餌料であり、プランクトンの増大が回遊性魚類の資源量を増大させる。したがって、増殖効果を算定するため、湧昇による一次生産量である植物プランクトン増加量を算出する。

ここでは、「マウンド漁場造成事業に係わる技術資料, No. 41, H13. 3, (社) マリノフォーラム 21」に基づき、以下の基礎データと隠岐海峡地域の現状におけるクロロフィル値を基に植物プランクトンの年間生産量（湿重量）を計算する。その結果は表2のとおり。

(基礎データ)

①効果海域 礁を中心とした14km四方

②効果海域全体の効果体積（光合成が可能となる範囲） $14\text{km} \times 14\text{km} \times 30\text{m} = 5.88 \times 10^9 \text{m}^3$

③マウンド礁の施工前後のクロロフィル a 値の増加率 1.22 倍

（対象区（マウンド礁の影響を受けない地点）ではクロロフィル a 値の増加率 1.12 倍）

④植物プランクトンの回転率（年間生産量/現存量） 135.5

⑤クロロフィル a 1 に対する炭素の割合（年間基礎生産量(C)） 40

⑥年間基礎生産量(C) 1 に対する乾燥重量の割合（CH20/C） 30/12

⑦乾燥重量に対する湿重量の割合 10

（計算式） $5.88 \times 10^9 \text{m}^3 \times 135.5 \times 40 \times 30/12 \times 10 \times$ 表2の濃度の差分

表2 施工前後のクロロフィル a と植物プランクトン年間生産量

地区	施工前クロロフィル			施工後クロロフィル		濃度の差分 mg/m3	植物プランクトン年間生産量 t
	採取日	水深m	平均 chl-a μg/l	対照区 mg/m3	マウンド礁 mg/m3		
隠岐マウンド礁①	2008/10/4	81	0.48	0.538	0.586	0.048	38,200
隠岐マウンド礁②	2009/8/21	106	0.67	0.750	0.817	0.067	53,400

(4) 魚種組成の設定

「増殖効果」、「資源保護効果」、「生産量の増加効果」の便益算定に適用する魚種組成は、日本海西部の大中型まき網による関連漁区における平成19年から平成23年までの大中小型まき網漁獲実績（水産庁統計資料）から表3、表4の通り。表4は、食性区分（植物プランクトン食性魚類、動物プランクトン食性魚類、魚食性魚類）毎に表3の魚種組成を各食性区分に該当する魚種の構成率の計が100%になるよう再設定したものの。

表3 蝸集魚魚種組成

	魚種	構成率(%)
植物プランクトン食性魚類	イワシ	5.1%
	その他	0.0%
動物プランクトン食性魚類	マアジ	37.5%
	サバ類	22.1%
	その他	14.7%
魚食性魚類	ブリ等の魚類	10.7%
ベントス食性魚類	底魚	10.0%

表4 食性区分ごとの魚種組成

	魚種	構成率(%)
植物プランクトン食性魚類	イワシ	100.0%
	その他	0.0%
	計	100.0%
動物プランクトン食性魚類	マアジ	50.6%
	サバ類	29.7%
	その他	19.7%
	計	100.0%
魚食性魚類	ブリ等の魚類	100.0%
ベントス食性魚類	底魚	100.0%

(5) マウンド礁保護水域での捕食・被捕食関係

日本海西部の大中型まき網による関連漁区における漁獲実績から増殖効果（湧昇流による基礎生産量の増加に伴う資源増大効果）の便益算定に必要なマウンド礁保護水域内の捕食・被捕食関係は図4の通り。

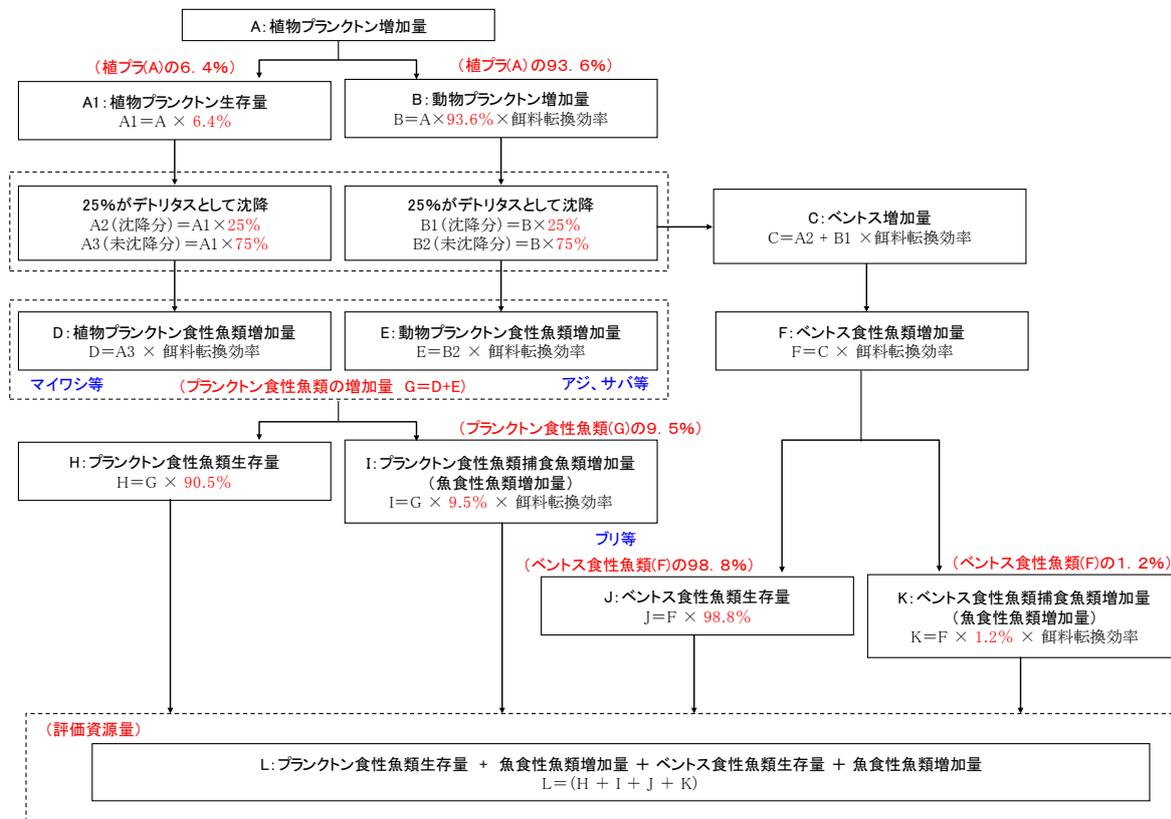


図4 マウンド礁内での捕食・被捕食関係

(6) 水揚げ港（産地市場）、用途別出荷比率

対象海域で漁獲された水産物の水揚げ比率は境港のみで100%であり、境港の産地市場の魚価で生産量増加便益を算定し、水産物流通統計年報の漁港別主要品目別用途別出荷量から用途別出荷比率を算定する（図5）。

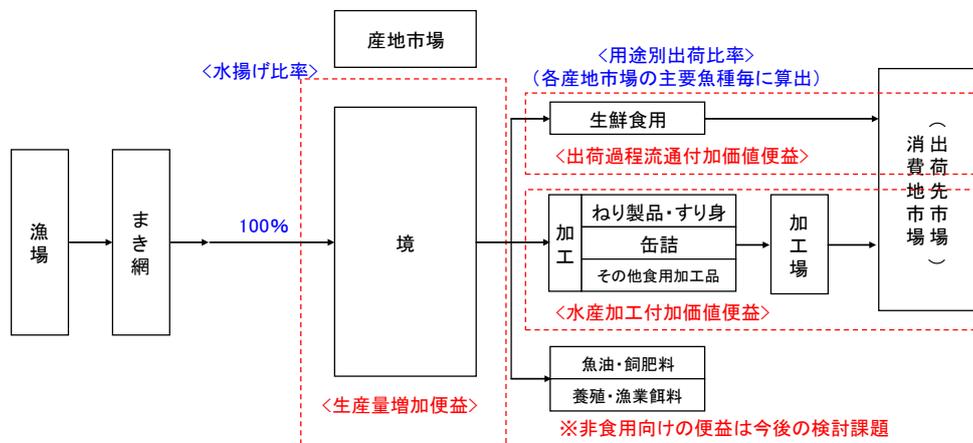


図5 産地市場における生産増加及び用途別出荷のフロー

(7) マウンド礁保護水域周辺での蛸集魚の漁獲原単位

平成 20 年度から実施している日本海西部でのまき網標本船調査結果に基づき以下の通り算定した結果、マウンド礁保護水域周辺での蛸集魚の漁獲原単位は 79.50 kg/空 m³。

(基礎データ)

- ① 人工魚礁漁場の周囲 1.5 マイルで操業するまき網船団数 8 船団 (延べ 560 網操業)
- ② 1 船団あたり延べ網回数 70 回/年 (560/8)
- ③ マウンド礁利用率 3.9%
- ④ 1 船団あたり候補地マウンド礁利用回数 (=1 船団あたり延べ網回数×マウンド礁利用率)
2.73 回/年
- ⑤ 人工魚礁漁場周辺での 1 船団操業 1 回あたりの単位漁獲量 3.64 kg/空 m³ (表 5 参照)
(計算式) 漁獲原単位 = 船団数 × 1 船団あたり候補地マウンド礁利用回数 × 単位漁獲量
= 8 船団 × 2.73 回/年 × 3.64 kg/空 m³ = 79.50 kg/空 m³

表 5 対象魚礁周辺(1.5 マイル以内)での操業状況

人工魚礁概要	1.5マイル範囲						
	規模(空m ³) (a)	累積漁獲量(t) (b)	kg/空m ³ (b/a)	1船団あたり kg/空m ³ (b/a/7)	延べ 利用頻度 (c)	1船団1回あたり kg/空m ³ d(b/a/7/c)	原単位 kg/空m ³ d*e*f
265	88.0	332.1	47.4	3	15.81	345.36	
432	29.0	67.1	9.6	1	9.59	209.44	
439	39.7	90.4	12.9	2	6.46	141.08	
465	78.3	168.4	24.1	4	6.01	131.34	
506	336.6	665.2	95.0	18	5.28	115.30	
843	464.0	550.4	78.6	38	2.07	45.19	
931	165.0	177.2	25.3	10	2.53	55.30	
1,165	40.0	34.3	4.9	6	0.82	17.85	
2,084	10.0	4.8	0.7	2	0.34	7.49	
2,543	297.1	116.8	16.7	23	0.73	15.85	
7,848	296.0	37.7	5.4	8	0.67	14.71	
12,354	18.0	1.5	0.2	4	0.05	1.14	
13,682	170.0	12.4	1.8	4	0.44	9.69	
21,240	95.5	4.5	0.6	4	0.16	3.51	
	平均					3.64	79.50

※魚礁周辺で操業した実船団数は7船団であるため、1船団あたりkg/空m³は7で除している

船団数 e	8 船団
延べ網回数	560 回/年
網/船団	70
マウンド魚礁選択率	0.039
マウンド利用回数/船団 f	2.73

(8) 魚食性魚類の蛸集魚捕食率

魚食性魚類による蛸集魚捕食率は表6の通り。蛸集資源量は、一時的に蛸集した資源量から魚食性魚類による捕食分を減じ、魚食性魚類が捕食した魚類の餌料転換効率分の魚体重増加量を加えた値となる。

表6 魚植性魚類の蛸集魚捕食率

	魚種	捕食率
植物プランクトン食性魚類	イワシ	11.9%
動物プランクトン食性魚類	マアジ	
	サバ類	
	その他	
ベントス食性魚類		1.6%

(9) 餌料転換効率 0.2 (マリノフォーラム 21 技術資料より)

(10) 漁獲率

マアジ	: 0.360	} 対馬暖流系群の漁業資源評価 (平成 18 年~22 年平均) より
マサバ	: 0.394	
マイワシ	: 0.306	
その他	: 0.313 (マリノフォーラム 21 技術資料より)	

(11) 所得率 0.46 (平成 17 年度広域漁場整備開発調査より)

(12) 魚種組成及び魚価 表7の通り

表7 魚種組成及び魚価一覧

	魚種	構成率 (%)	産地価格 (円/kg)	消費地価格 (円/kg)
			境	
蛸集魚 (漁獲原単位 (kg/空m ³))	イワシ	5.1%	54	372
	サバ類	22.1%	49	391
	マアジ	37.5%	72	498
	ブリ等(魚食性魚類)	10.7%	118	807
	底魚(ベントス食性)	10.0%	118	807
	その他	14.7%	118	807
植物プランクトン 食性魚類	イワシ	100.0%	54	372
	その他	0.0%	118	807
	計	100.0%		
動物プランクトン 食性魚類	サバ類	29.7%	49	391
	マアジ	50.6%	72	498
	その他	19.7%	118	807
	計	100.0%		
魚食性魚類	ブリ等の魚類	100.0%	118	807
ベントス食性魚類	底魚	100.0%	118	807

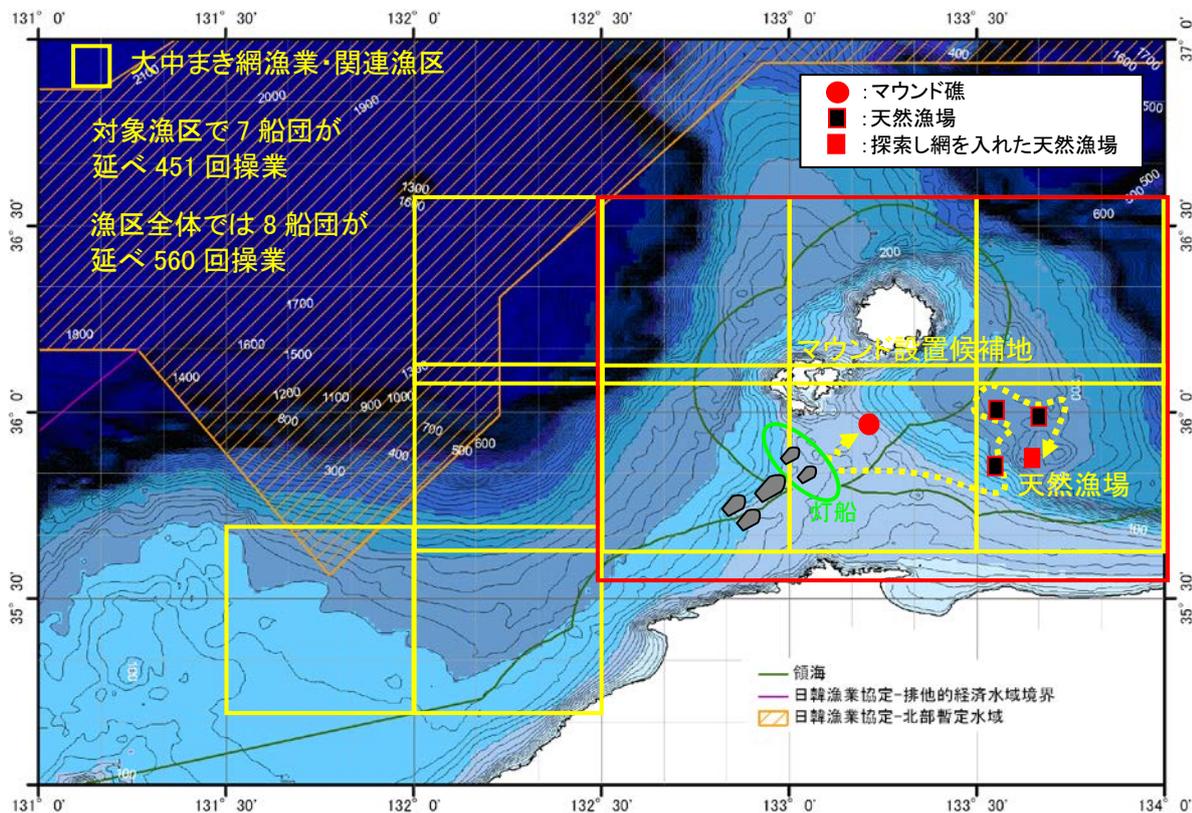
3. 便益の算定

(1) 漁業経費削減効果

① マウンド礁①の漁業経費削減効果（探索経費削減）

〈基礎条件〉	
・赤線で枠囲みした6つの漁区で操業している船団が候補地のマウンド礁を利用	
・対象漁区で7船団が延べ451回操業	
・1船団は、網船(1隻)、灯船(2隻)、運搬船(2隻)の計5隻	
・マウンド礁利用率 3.9%	
・1船団あたり消費燃油量にしめる灯船(2隻)の消費燃油量は4割	
・マウンド礁を利用した場合、対象漁区内での探索時間が削減され、灯船(2隻)の燃油経費が5割削減	

パラメータ	数値
①対象漁区利用船回数(2007~2011年平均)	7.0
②対象漁区(赤枠囲み範囲)の1船団あたり延べ網回数(年)	64
③マウンド礁利用率	0.039
④1船団あたり候補地マウンド礁利用回数(②*③)(回/年)	2.5
⑤1船団あたり年間消費燃油量(ℓ/年)(H17年度広域漁場整備開発調査より)	4,000,000
⑥⑤に対する年間平均出漁日数(日)(H17年度広域漁場整備開発調査より)	92
⑦燃油単価(H23年1月~12月の平均:水産庁資料より)(ℓ/円)	82
⑧1船団あたり年間消費燃油費(⑤*⑦)(千円/年)	328,000
⑨1船団1網(1日)あたり消費燃油費(⑧/⑥)(千円/回)	3,565
⑩1船団あたり消費燃油量にしめる、灯船(2隻)の消費燃油率	0.4
⑪マウンド礁を利用した場合の灯船燃油経費削減率	0.5
⑫マウンド礁設置による探索経費削減(①*④*⑨*⑩*⑪)(千円/年)	12,458

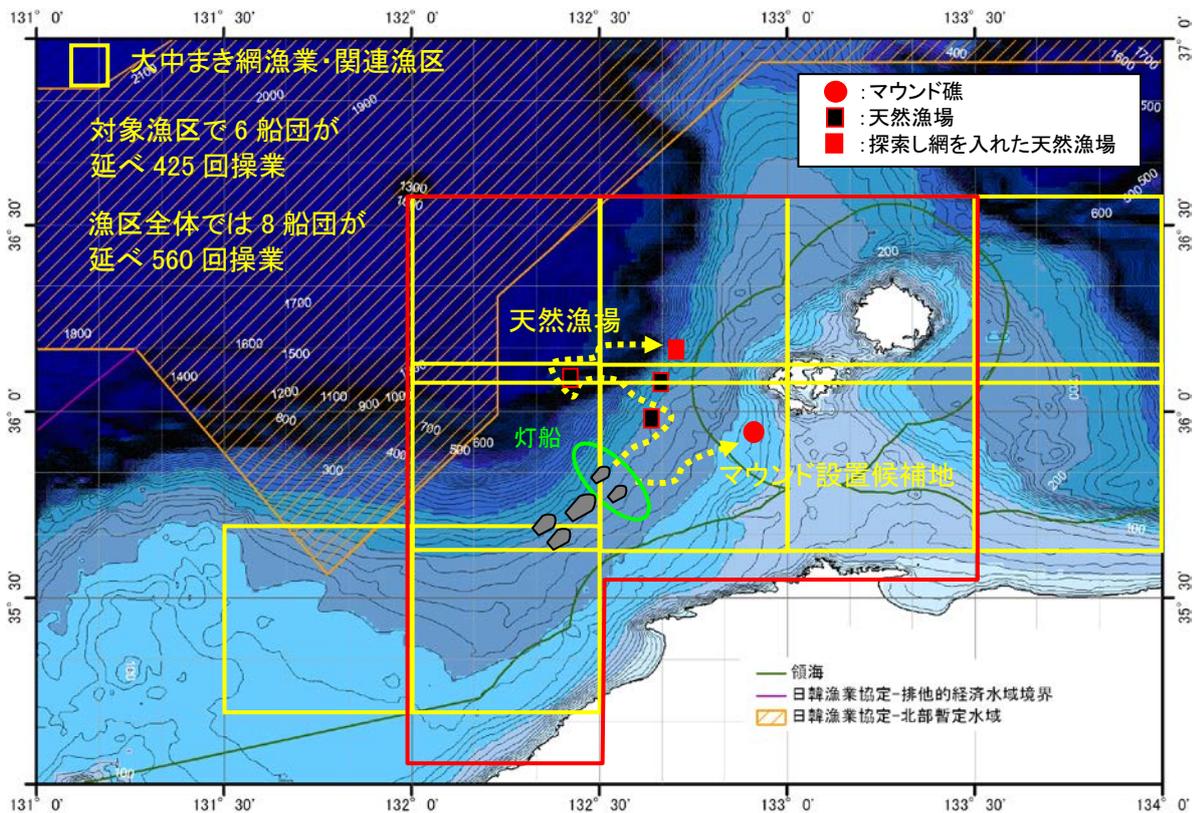


② マウンド礁②の漁業経費削減効果（探索経費削減）

<基礎条件>

- ・赤線で枠囲みした7つの漁区で操業している船団が候補地のマウンド礁を利用
- ・対象漁区で6船団が延べ425回操業
- ・1船団は、網船(1隻)、灯船(2隻)、運搬船(2隻)の計5隻
- ・マウンド礁利用率:3.9%
- ・1船団あたり消費燃油量にしめる、灯船(2隻)の消費燃油量は4割
- ・マウンド礁を利用した場合、対象漁区内での探索時間が削減され、灯船(2隻)の燃油経費が5割削減

パラメータ	数値
①対象漁区利用船団数(2007~2011年平均)	6.0
②対象漁区(赤枠囲み範囲)の1船団あたり延べ網回数(年)	71
③マウンド礁利用率	0.039
④1船団あたり候補地マウンド礁利用回数(②*③)(回/年)	2.77
⑤1船団あたり年間消費燃油量(ℓ/年)(H17年度広域漁場整備開発調査より)	4,000,000
⑥⑤に対する年間平均出漁日数(日)(H17年度広域漁場整備開発調査より)	92
⑦燃油単価(H23年1月~12月の平均:水産庁資料より)(ℓ/円)	82
⑧1船団あたり年間消費燃油費(⑤*⑦)(千円/年)	328,000
⑨1船団1網(1日)あたり消費燃油費(⑧/⑥)(千円/回)	3,565
⑩1船団あたり消費燃油量にしめる、灯船(2隻)の消費燃油率	0.4
⑪マウンド礁を利用した場合の灯船燃油経費削減率	0.5
⑫マウンド礁設置による探索経費削減(①*④*⑨*⑩*⑪)(千円/年)	11,846



(2) 増殖効果

① マウンド礁①の増殖効果 表8の通り。

表8 水揚げ産地市場別の「増殖効果」

便益 大項目	小項目	対象魚種	評価 魚類量 (t/年)	水揚げ産地市場名			便益額計 (千円/年)
				境			
				配分量 (t/年)	単価 (円/kg)	便益額 (千円/年)	
増殖効果 湧昇流による基礎 生産量の 増加	②植物プランクトン食 性魚類増加	イワシ	332.6	332.6	54	17,958	17,958
	③動物プランクトン食 性魚類増加	マアジ	490.9	490.9	72	35,346	35,346
		サバ類	288.4	288.4	49	14,131	14,131
	④魚食性魚類増加	その他の魚類 (ブリ等)	191.7	191.7	118	22,626	22,626
		その他の魚類 (ブリ等)	27.5	27.5	118	3,242	3,242
	⑤ベントス増加による 効果	その他の魚類 (底魚)	94.8	94.8	118	11,192	11,192
計			1,425.9	1,425.9		104,495	104,495

※便益額:評価魚類量×産地価格

② マウンド礁②の増殖効果 表9の通り。

表9 水揚げ産地市場別の「増殖効果」

便益 大項目	小項目	対象魚種	評価 魚類量 (t/年)	水揚げ産地市場名			便益額計 (千円/年)
				境			
				配分量 (t/年)	単価 (円/kg)	便益額 (千円/年)	
増殖効果 湧昇流による基礎 生産量の 増加	②植物プランクトン食 性魚類増加	イワシ	464.9	464.9	54	25,103	25,103
	③動物プランクトン食 性魚類増加	マアジ	686.3	686.3	72	49,411	49,411
		サバ類	403.1	403.1	49	19,754	19,754
	④魚食性魚類増加	その他の魚類 (ブリ等)	268.0	268.0	118	31,630	31,630
		その他の魚類 (ブリ等)	38.4	38.4	118	4,532	4,532
	⑤ベントス増加による 効果	その他の魚類 (底魚)	132.6	132.6	118	15,645	15,645
計			1,993.3	1,993.3		146,074	146,074

※便益額:評価魚類量×産地価格

(3) 資源保護効果 (マウンド礁①、②共通) 表10の通り。

表10 水揚げ産地市場別の「資源保護効果」

便益 大項目	小項目	対象魚種	評価 魚類量 (t/年)	水揚げ産地市場名			便益額計 (千円/年)
				境			
				配分量 (t/年)	単価 (円/kg)	便益額 (千円/年)	
資源保護 効果	⑥滞留蜻集魚の保護	イワシ	31.1	31.1	54	1,681	1,681
		サバ類	104.8	104.8	49	5,136	5,136
		マアジ	195.3	195.3	72	14,059	14,059
		その他の魚類	87.7	87.7	118	10,351	10,351
		その他の魚類 (底魚)	65.3	65.3	118	7,704	7,704
		その他の魚類 (ブリ等)	70.4	70.4	118	8,307	8,307
	⑦保護水域内での魚 食性魚類の捕食	その他の魚類 (ブリ等)	8.9	8.9	118	1,052	1,052
計			563.5	563.5		48,289	48,289

※便益額:評価魚類量×産地価格

(4) 生産量の増加効果 (マウンド礁①、②共通) 表11の通り。

表11 水揚げ産地市場別の「生産量の増加効果」

便益 大項目	小項目	対象魚種	評価 魚類量 (t/年)	水揚げ産地市場名			便益額計 (千円/年)
				境			
				水揚量 (t/年)	単価 (円/kg)	便益額 (千円/年)	
生産量 増大効 果	⑧魚類の蜻集	イワシ	111.3	111.3	54	2,766	2,766
		サバ類	482.7	482.7	49	10,881	10,881
		マアジ	821.8	821.8	72	27,217	27,217
		その他の魚類	321.0	321.0	118	17,423	17,423
		その他の魚類 (底魚)	238.9	238.9	118	12,967	12,967
		その他の魚類 (ブリ等)	257.6	257.6	118	13,982	13,982
	⑨保護水域周辺での 魚食性魚類の捕食	その他の魚類 (ブリ等)	32.6	32.6	118	1,770	1,770
合計			2,265.9	2265.9			87,005

※便益額:評価魚類量×産地価格×所得率(0.46)

(5) 水産加工付加価値効果、流通付加価値効果（マウンド礁①、②共通）

表 1 2 に示す境港の用途別出荷比率に基づき算定した水産加工による付加価値増加効果及び出荷過程における流通付加価値増加効果は表 1 3 及び表 1 4 の通り。

表 1 2 用途別出荷比率（H17-21 平均）

		生鮮食用向け	ねり製品・すり身向け	缶詰向け	その他の食品加工向け	魚油・飼肥料向け	養殖用又は漁業用餌料向け
境	まいわし	24.2%	0.0%	0.0%	44.9%	0.0%	30.9%
	さば類	3.3%	0.0%	0.4%	8.4%	0.0%	88.0%
	まあじ	9.3%	0.0%	0.0%	26.1%	0.0%	64.5%
	その他	45.8%	0.0%	0.0%	10.2%	0.0%	44.0%

表 1 3 水産加工による付加価値増加便益

	水揚げ産地市場名		境	
	加工品分類		ねり製品	その他
水産加工増量	イワシ	ton/年	0.0	50.0
	サバ類	ton/年	0.0	42.5
	マアジ	ton/年	0.0	214.5
	その他魚類	ton/年	0.0	86.7
	計	ton/年	0.0	393.7
	加工品単価	円/kg	500	729
	加工経費率	%	75	75
	年間便益額	千円/年	-	71,744
	年間便益額計	千円/年	71,744	

※「その他」には「缶詰め向け」と「その他の食品加工向け」を含む。

表 1 4 出荷過程における流通付加価値増加便益

		イワシ	サバ類	マアジ	その他魚類	
境	鮮魚仕向け量	ton/年	26.9	15.9	76.4	389.3
	消費地価格	円/kg	372	391	498	807
	産地価格	円/kg	54	49	72	118
	出荷過程付加価値率	%	31	31	31	31
	年間便益額	千円/年	2,656	1,689	10,093	83,158
	年間便益額計	千円/年	97,595			

※1 加工経費率 マリノフォーラム 2 1 資料より

※2 出荷過程付加価値率 中国・四国地区 卸売業・小売業における売上利益率（個人企業経済調査報告（平成 23 年））

(6) 便益算定の結果

① マウンド礁①の便益 表15の通り。

表15 マウンド礁①の便益

便益大項目	小項目	施設による魚類増加量 (t/年)	評価魚類量 (t/年)	便益額 (千円/年)	備考	
漁業経費削減効果	①探索経費削減	—	—	12,458	7船団が2.50回/船団利用	
増殖効果 湧昇流による基礎生産量の増加に伴う資源増大効果	②植物プランクトン食性魚類増加	332.6	332.6	17,958	イワシ	
		0.0	0.0	0	その他の魚類	
	③動物プランクトン食性魚類増加		779.3	779.3	49,477	マアジ、サバ類
			191.7	191.7	22,626	その他の魚類
	④魚食性魚類増加	27.5	27.5	3,242	その他の魚類(ブリ等)	
	⑤ベントス増加による効果	94.8	94.8	11,192	その他の魚類(底魚)	
小計			1425.9	104,495		
資源保護効果	⑥滞留蛸集魚の保護	—	331.2	20,875	マアジ、サバ類、イワシ	
		—	223.4	26,362	その他の魚類	
	⑦保護水域内での魚食性魚類の捕食	8.9	8.9	1,052	その他の魚類(ブリ等)	
	小計		563.5	48,289		
生産量の増加効果	⑧魚類の蛸集	—	1415.8	40,863	マアジ、サバ類、イワシ	
		—	817.5	44,372	その他の魚類	
	⑨保護水域周辺での魚食性魚類の捕食	125.5	32.6	1,770	その他の魚類(ブリ等)	
	小計		2265.9	87,005		
水産加工付加価値効果	⑩水産加工による増加効果	—	—	71,744		
流通付加価値効果	⑪流通付加価値効果	—	—	97,595		
合計		1560.4	8510.7	421,586		

② マウンド礁②の便益 表16の通り。

表16 マウンド礁②の便益

便益大項目	小項目	施設による魚類増加量 (t/年)	評価魚類量 (t/年)	便益額 (千円/年)	備考	
漁業経費削減効果	①探索経費削減	—	—	11,846	6船団が2.77回/船団利用	
増殖効果 湧昇流による基礎生産量の増加に伴う資源増大効果	②植物プランクトン食性魚類増加	464.9	464.9	25,103	イワシ	
		0.0	0.0	0	その他の魚類	
	③動物プランクトン食性魚類増加		1089.4	1089.4	69,164	マアジ、サバ類
			268.0	268.0	31,630	その他の魚類
	④魚食性魚類増加	38.4	38.4	4,532	その他の魚類(ブリ等)	
	⑤ベントス増加による効果	132.6	132.6	15,645	その他の魚類(底魚)	
小計			1993.3	146,074		
資源保護効果	⑥滞留蛸集魚の保護	—	331.2	20,875	マアジ、サバ類、イワシ	
		—	223.4	26,362	その他の魚類	
	⑦保護水域内での魚食性魚類の捕食	8.9	8.9	1,052	その他の魚類(ブリ等)	
	小計		563.5	48,289		
生産量の増加効果	⑧魚類の蛸集	—	1415.8	40,863	マアジ、サバ類、イワシ	
		—	817.5	44,372	その他の魚類	
	⑨保護水域周辺での魚食性魚類の捕食	125.5	32.6	1,770	その他の魚類(ブリ等)	
	小計		2265.9	87,005		
水産加工付加価値効果	⑩水産加工による増加効果	—	—	71,744		
流通付加価値効果	⑪流通付加価値効果	—	—	97,595		
合計		2127.8	9645.5	462,553		

B/Cの算定

隠岐海峡地区のB/Cは表17の通り（評価項目は標準年間便益額）。

表17 隠岐海峡地区のB/C（総括表）

（金額単位：千円）

	施設名	整備規模	事業費	備考
	(I) 分析の対象 施設の内容	1.漁場施設		
マウンド魚礁①（新設）		V= 81,000m ³	1,900,000	
マウンド魚礁②（新設）		V= 81,000m ³	2,100,000	
2.関連事業		なし		
投資期間 H25～H32	事業費合計		4,000,000	
	維持管理費		0	
(II) 便益の評価 項目 及び 年間便益額	評価項目			標準年間便益額
	漁業経費削減効果	①探索経費削減		24,304
測定期間	増殖効果	②植物プランクトン食性魚類増加		43,061
		③動物プランクトン食性魚類増加		172,897
		④魚食性魚類増加		7,774
		⑤ベントス増加による効果		26,837
		小計		250,569
効果の発現 以降30年間	資源保護効果	⑥滞留蛸集魚の保護		94,474
		⑦保護水域内での魚食性魚類の捕食		2,104
		小計		96,578
効果の発現 以降30年間	生産量の増加効果	⑧魚類の蛸集		170,470
		⑨保護水域周辺での魚食性魚類の捕食		3,540
		小計		174,010
効果の発現 以降30年間	水産加工付加価値効果	⑩水産加工による増加効果		143,488
		流通付加価値効果	⑪流通付加価値効果	195,190
		標準年間便益額 ^{*3} の合計		884,139
総費用額 ^{*1} (C)	3,340,100	千円	割引率を4.0%として事業費を現在価値化したものの合計である。	
総便益額 ^{*2} (B)	12,077,126	千円	割引率を4.0%として便益額を現在価値化したものの合計である。	
費用便益 比率	(B/C) = 12,077,126 / 3,340,100 = 3.62			
参 考	純現在価値：(B-C) = 12,077,126 - 3,340,100 = 8,737,026			
	内部収益率：(IRR) = 17.5%			

注) *1の金額は、(I)を基に、現在価値化した額。

*2の金額は、(II)を基に、現在価値化した額。

*3の金額は、表中「分析の対象施設の内容」に示す施設の整備により、便益を貨幣化して算出できる項目の年間便益額（標準年間便益額）の合計金額を表す。

貨幣化して便益額を算出した項目以外で整備効果として考えられる項目	操業や航行の輻輳が解消することによる操業の安全確保
	漁獲量の安定による水産物の安定供給

表 総費用額算定表

分析の対象施設の規模、各年度の事業費を下表に示す。各年度における事業費の合計を割引率4.0%で現在価値化し、それを合計して総費用額を算出した。

大分類	施設分類		対象の施設	年間費用額の現在価値化と総費用額の算定 (千円)																
	中分類	小分類		年 度 (年)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
I	漁場施設		マウンド魚礁① V= 81,000m ³	0	100,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	300,000								
			マウンド魚礁② V= 81,000m ³																	
II	施設維持管理費用			0	100,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	300,000	0	0	0	0	0	0		
年度合計	Cn(千円)			1,000	0,962	0,925	0,889	0,855	0,822	0,790	0,760	0,731	0,703	0,676	0,650	0,625	0,601	0,577		
割引率(4.0%)	Rn=1/(1.04) ⁿ			0	96,200	555,000	513,000	474,000	439,200	404,400	370,600	337,800	305,000	272,200	239,400	206,600	173,800	141,000		
現在価値金額	TCn=Cn×Rn			0	96,200	555,000	513,000	474,000	439,200	404,400	370,600	337,800	305,000	272,200	239,400	206,600	173,800	141,000		
合 計	C=Σ(TCn)			0	96,200	651,200	1,184,600	1,697,600	2,190,800	2,664,800	3,120,800	3,340,100	3,340,100	3,340,100	3,340,100	3,340,100	3,340,100	3,340,100		

大分類	施設分類		対象の施設	年間費用額の現在価値化と総費用額の算定 (千円)																
	中分類	小分類		年 度 (年)	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	
I	漁場施設		マウンド魚礁① V= 81,000m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			マウンド魚礁② V= 81,000m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
II	施設維持管理費用			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
年度合計	Cn(千円)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
割引率(4.0%)	Rn=1/(1.04) ⁿ			0.555	0.534	0.513	0.494	0.475	0.456	0.439	0.422	0.406	0.390	0.375	0.361	0.347	0.333	0.321		
現在価値金額	TCn=Cn×Rn			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
合 計	C=Σ(TCn)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

大分類	施設分類		対象の施設	年間費用額の現在価値化と総費用額の算定 (千円)																
	中分類	小分類		年 度 (年)	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	
I	漁場施設		マウンド魚礁① V= 81,000m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			マウンド魚礁② V= 81,000m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
II	施設維持管理費用			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
年度合計	Cn(千円)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
割引率(4.0%)	Rn=1/(1.04) ⁿ			0.308	0.296	0.285	0.274	0.264	0.253	0.244	0.234	0.225	0.217	0.208	0.200	0.193	0.185	0.178		
現在価値金額	TCn=Cn×Rn			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
合 計	C=Σ(TCn)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

総費用額 3,340,100 千円

表 総受益額算定表
 評価項目の小分類毎の年間便益額を下表に示す。現在価値金額は、年間便益額の年度合計を割引率4.0%で現在価値化したものであり、現在価値金額を累計したものが最終年度に示す総便益額である。
 (注1) 各年度の年間便益額は、施設整備の進捗に伴う便益発生割合を乗じて算出している。

大分類	中分類	小分類	年間便益額の現在価値化と総便益額の算定 (千円)														
			2012 H24 0	2013 H25 1	2014 H26 2	2015 H27 3	2016 H28 4	2017 H29 5	2018 H30 6	2019 H31 7	2020 H32 8	2021 H33 9	2022 H34 10	2023 H35 11	2024 H36 12	2025 H37 13	2026 H38 14
漁業経営削減効果		① 漁業経営削減	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304
増殖効果		② 植物プランクトン養性魚類増殖	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061
毎		③ 動物プランクトン養性魚類増殖	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897
の		④ 魚食性魚類増殖	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774
年		⑤ ベントス増殖による効果	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837
間		⑥ 保護種魚類の保護	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474
便		⑦ 保護種魚類内での魚食性魚類の増殖	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470
益		⑧ 魚類の増集	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
額		⑨ 水産加工による増殖効果	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139
		⑩ 流通付加価値効果	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587
年		⑪ 流通付加価値効果	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697
度		⑫ 流通付加価値効果	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
合		計	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899

大分類	中分類	小分類	年間便益額の現在価値化と総便益額の算定 (千円)														
			2027 H39 15	2028 H40 16	2029 H41 17	2030 H42 18	2031 H43 19	2032 H44 20	2033 H45 21	2034 H46 22	2035 H47 23	2036 H48 24	2037 H49 25	2038 H50 26	2039 H51 27	2040 H52 28	2041 H53 29
漁業経営削減効果		① 漁業経営削減	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304
増殖効果		② 植物プランクトン養性魚類増殖	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061
毎		③ 動物プランクトン養性魚類増殖	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897
の		④ 魚食性魚類増殖	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774
年		⑤ ベントス増殖による効果	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837
間		⑥ 保護種魚類の保護	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474
便		⑦ 保護種魚類内での魚食性魚類の増殖	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470
益		⑧ 魚類の増集	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
額		⑨ 水産加工による増殖効果	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139
年		⑩ 流通付加価値効果	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587
度		⑪ 流通付加価値効果	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697
合		計	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899	5,186,899

大分類	中分類	小分類	年間便益額の現在価値化と総便益額の算定 (千円)														
			2042 H54 30	2043 H55 31	2044 H56 32	2045 H57 33	2046 H58 34	2047 H59 35	2048 H60 36	2049 H61 37	2050 H62 38	2051 H63 39	2052 H64 40	2053 H65 41	2054 H66 42	2055 H67 43	2056 H68 44
漁業経営削減効果		① 漁業経営削減	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304	24,304
増殖効果		② 植物プランクトン養性魚類増殖	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061	43,061
毎		③ 動物プランクトン養性魚類増殖	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897	172,897
の		④ 魚食性魚類増殖	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774	7,774
年		⑤ ベントス増殖による効果	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837	26,837
間		⑥ 保護種魚類の保護	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474	94,474
便		⑦ 保護種魚類内での魚食性魚類の増殖	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470	170,470
益		⑧ 魚類の増集	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
額		⑨ 水産加工による増殖効果	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139	884,139
年		⑩ 流通付加価値効果	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587	552,587
度		⑪ 流通付加価値効果	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697	490,697
合		計	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573	10,645,573

Ⅸ 考察

○ 既設湧昇マウンド礁周辺海域の海域環境情報の整理

2002年～2011年までの衛星画像から、各海底マウンドの表層のクロロフィルa値の時系列データを作成し、海底マウンドの施工の前後でクロロフィルa値の変化を分析した。その結果、長崎県を中心とする海域では、クロロフィルa値が上昇傾向にあるものの、海底マウンドを設置した海域については、周辺の対照海域に比較して、クロロフィルa値の上昇率が高いことが判明した。これにより、海底マウンドによる生物生産量の増大効果を算出するための基礎資料を得ることが出来た。

○ 既設湧昇マウンド礁周辺海域の操業実態調査

マウンド礁の利用度が高い漁業種類は、釣り漁業（一本釣り、ひき縄）、中・小型まき網漁業（一部で刺網、延縄）であり、対象魚種は釣り漁業としてメダイ、ブリ・ヒラス（ヒラマサ）、イサキ、タカバ（マハタ）、アマダイ、レンコダイ、マダイ、チダイ、アジ、サワラ、まき網漁業としてイワシ・アジ・サバ等、フロンティア漁場整備を対象とした場合は、資源の保護増大とあわせ、対象となる漁業種類は大中型まき網が主体となると考えられる。

○ 既設湧昇マウンド礁周辺海域における漁獲調査

・ 標識放流調査

生月島沖湧昇マウンド礁、五島西沖湧昇マウンド礁で調査を実施した結果、採捕率は1%程度、湧昇マウンド礁から概ね20kmの範囲で採捕されていることが明らかとなった。生月島沖湧昇マウンド礁では放流後142日、五島西沖湧昇マウンド礁では放流後53日湧昇マウンド礁周辺でマアジが滞留していることが確認され、今後の湧昇マウンド礁を整備していく上での影響範囲（最大）と影響期間の基礎資料を得ることが出来た。

・ バイオテレメトリー調査結果

阿久根沖湧昇マウンド礁において、1昼夜連続追跡3ケース、3昼夜連続追跡3ケース、計6ケースのバイオテレメトリー調査を実施した結果、最大3日間の追跡期間において、既往知見（マウンド漁場造成事業に係わる技術資料、No.41 平成13年3月（社）マリノフォーラム）でのマウンド礁の影響範囲となる14km四方においてマアジが滞留していることが明らかとなり、今後の湧昇マウンド礁を整備していく上での影響範囲（最小）の基礎資料を得ることが出来た。

・ 標本船調査による漁場利用状況の把握（五島奈留）

マウンド礁周辺漁場における操業回数では、五島列島の西側海域では、マウンド礁が設置されているメッシュが周辺のメッシュよりも高い操業回数を示した。また、同様に漁獲量についてもマウンド礁が設置されているメッシュが周辺のメッシュよりも多い結果となった。一方で、CPUE（1操業回当たりの漁獲量）は低い傾向となっている。こうした現象は、漁場利用の観点から、漁場探索に経費や労力をかけて大きな漁獲量を求めるよりも、一定の漁獲量が計算できる漁場を優先することを示していると評価しうる。すなわち、単純な生産量・金額の増加だけでなく、漁業経営面での効果が出ていると考えられる。

○ 隠岐海峡における湧昇マウンド礁整備効果の分析

資源保護措置として施設周辺半径1マイルの保護水域を設定することを考慮し、効果を算定した結果、年間便益額は884,139千円、B/Cは3.62となった。

貨幣化した便益は、①漁業経費削減効果②増殖効果③資源保護効果④生産量の増加効果⑤水産加工付加価値効果⑥流通付加価値効果である。

これらのことから、対象資源の増殖が図られ、水産物の安定供給、漁業生産コストの縮減、地域の活性化を図ることが期待される。

X 摘要

本調査の結果は、隠岐海峡でフロンティア漁場整備を推進していく上で重要な基礎資料となるが、今後更なるフロンティア漁場整備の推進を図っていく上では、今回、禁漁区の設定時期および禁漁区の範囲などが把握されたことから、それらの知見を活用し、費用対効果の確保につなげていくことが必要であると考えている。

その対応としては、事業を進めつつ、以下の①～⑤に従って、順応的管理を実施していくことが有効であると考えられる。

- ① 物理環境調査（湧昇効果の解明）
- ② 標識放流調査（フロンティア海域での滞留期間の解明）
- ③ バイオテレメトリー調査（フロンティア海域での滞留期間の解明）
- ④ 標本船調査（漁獲実績の詳細把握（一部漁獲成績報告書も活用）
- ⑤ 事前評価へのフィードバック

X I 引用文献

- 1) (社) マリノフォーラム 21, H13. 3, マウンド漁場造成事業に係わる技術資料, No. 41
- 2) 水産庁研究部研究課, 和 62 年度周辺海域漁場基本図作成事業報告書
- 3) 海上保安庁水路部(2001) 5万分の1沿岸の海の基本図 海底地形地質調査報告 阿久根
- 4) 鹿児島県・(社)水産建設土木センター(2008) 平成19年度薩摩地区広域漁場整備事業(調査委託) 報告書
- 5) 安永義暢・日向野純也(1985) 2, 3の海産魚の走流性状に関する基礎的考察

(参考) 五島西沖湧昇マウンド礁をモデルとした整備効果の分析

五島西沖湧昇マウンド礁をモデルに漁業生産活動の効果の分析を行う。

フロンティア漁場整備による湧昇マウンド礁漁場整備の効果は図 1.1.1 に示す通りであり、保護範囲（保護水域）設定による保護育成効果を算出することが、一般的なマウンド礁整備の効果と異なる特徴である。

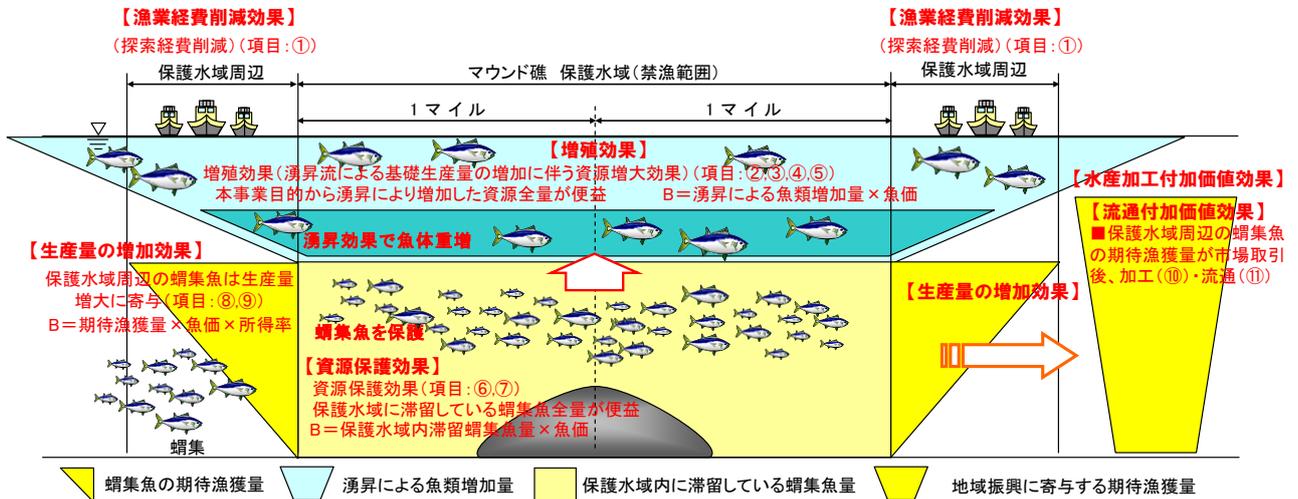


図 1.1.1 フロンティア漁場整備による湧昇マウンド礁漁場整備の効果の模式図

①湧昇マウンド礁周辺（保護水域外）における生産量増大効果

従来、魚礁漁場設置事業は漁業生産活動として利用されていない海域（以降：未利用海域）に魚礁を設置しているため、そこでの漁獲量は全て増産量となる。湧昇マウンド礁は未利用海域に設置されるため、中小型まき網の標本船結果により湧昇マウンド礁周辺において操業し漁獲したアジ、サバ、イワシ類の漁獲実績は湧昇マウンド礁の直積的な整備効果と捉えられる。

アジ、サバ、イワシ類の湧昇マウンド礁周辺年間期待漁獲量 (t/年)	
= 奈留 4 船団の標本船調査漁獲実績	
= 120t/年	
= 26,880 千円/年	
年間便益額 (千円/年) = 年間期待漁獲量 (t/年) × 所得率 = 12,365 千円/年	

②沿岸域（定置網等）に及ぼす生産量増大効果

マアジ標識放流調査結果より、湧昇マウンド礁整備の効果は、湧昇マウンド礁周辺のみならず、沿岸域で操業する漁業生産活動（特に定置網）に波及する。

標識放流の定置網等による採捕率は 1.15% であることから、最低でも湧昇マウンド礁に蛸集している魚類の 1.15% が五島の沿岸漁業に波及すると考えられる。

このことから、五島の定置網の漁獲実績より整備効果を算出する。

$$\begin{aligned}
 \text{沿岸域に及ぼす年間期待漁獲量 (t/年)} &= (\text{整備前後}) \div \text{漁獲率} \times \text{採捕率} \\
 &= 1,460\text{t} \div 0.313 \times 1.15\% \\
 &= 54\text{t/年} \\
 &= 12,096 \text{ 千円/年} \\
 \text{年間便益額 (千円/年)} &= \text{年間期待漁獲量 (t/年)} \times \text{所得率} = 5,564 \text{ 千円/年}
 \end{aligned}$$

※産地市場価格：H15～H19 年水産物流通統計年報長崎市場鮮魚平均価格の 224 円/kg、所得率は 0.46 を使用

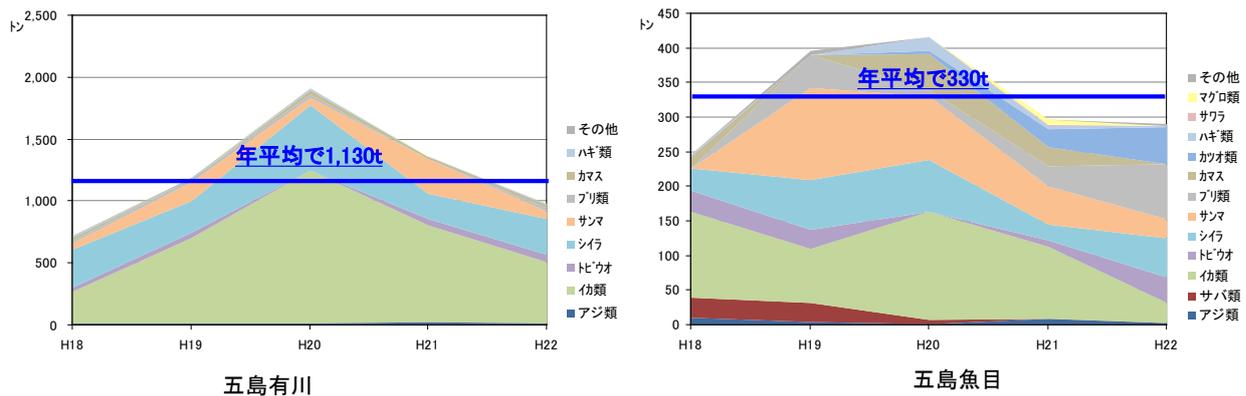


図 1.1.2 五島西湧昇マウンド礁が影響を及ぼす定置網平均年間漁獲量

③産地水揚水産物の出荷過程における流通業に対する生産量の増加効果

産地で水揚げされた水産物は、仲買人・運送業者、小売商等を通して消費者に届けられるが、この出荷過程の間に流通業者等に帰属する便益が発生するため、その便益を整備効果として算出する。

$$\begin{aligned}
 \text{年間便益額 (千円/年)} &= \text{産地水揚水産物 (t)} \times (\text{出荷先市場価格} - \text{産地市場価格}) (\text{kg/円}) \\
 &\quad \times \text{出荷過程付加価値率} \\
 &= 174\text{t} \times (780 \text{ 円/kg} - 224 \text{ 円/kg}) \times 0.34 \\
 &= 32,893 \text{ 千円/年}
 \end{aligned}$$

※出荷先市場価格：H15～H19 年水産物流通統計年報 消費地鮮魚平均価格

出荷過程付加価値率：九州地区 卸売業・小売業における売上利益率(個人企業経済調査報告(平成 17 年))

④保護水域設定による資源保護効果

マアジのバイオテレメトリー(追跡)調査を行った結果、湧昇マウンド礁に定位又は効果影響範囲内に滞留していることが確認できた。また、標識放流調査により、現時点での湧昇マウンド礁周辺での滞留期間(53日)が確認できた。

これらの結果を踏まえ、保護水域を設定した場合の資源保護効果を算定する。

ここで、保護水域内に蟄集している魚類は、滞留期間中は漁獲圧がかからず、将来的に系外で漁獲される資源となる。

$$\begin{aligned}
\text{年間便益額 (千円/年)} &= \text{年間保護資源量 (t/年)} \times \text{産地市場価格 (kg/円)} \\
&= 174\text{t/年} \div 0.365 \times (1-0.365) \times \\
&\quad 0.145 \times 224 \text{ 円/kg} \\
&= 38\text{t} \times 224 \text{ 円/kg} \\
&= 8,512 \text{ 千円/年}
\end{aligned}$$

ここで、

$$\text{年間保護資源量 (kg/年)} = \text{湧昇マウンド礁の年間蛸集魚類量 (kg/年)} \times \text{保護水域滞留率 (\%)}$$

保護水域滞留率 (%) : 湧昇マウンド礁周辺での滞留期間 (53 日) / 365 日 = 0.145

湧昇マウンド礁の年間蛸集魚類量 (kg/年) : 湧昇マウンド礁周辺年間期待漁獲量 (kg/年) / (1-漁獲率)

主要魚種の漁獲率 : マアジ 39.2%、マサバ 42.0%、マイワシ 28.3%、その他 31.3%

⑤湧昇流による基礎生産量の増加効果

湧昇マウンド礁の整備により、人工湧昇流が発生し、海域が肥沃化されている。肥沃化の効果によって植物プランクトンが増殖する。植物プランクトンは、一次消費者である回遊性魚類（カタクチイワシ、マイワシ等）の重要な餌料であり、プランクトンの増大が回遊性魚類の資源量を増大させる。

これらの結果を踏まえ、保護水域滞留期間における資源増大効果を算定する。

ここで、保護水域内に体重が増加した魚類は、滞留期間中は漁獲圧がかからず、将来的に系外で漁獲される資源となる。

$$\begin{aligned}
\text{年間便益額 (千円/年)} &= \text{評価対象年間増加資源量 (t/年)} \times \text{産地市場価格 (kg/円)} \\
&= 1,845\text{t} \times 0.145 \times 224 \text{ 円/kg} \\
&= 268\text{t} \times 224 \text{ 円/kg} \\
&= 60,032 \text{ 千円/年}
\end{aligned}$$

ここで、

$$\text{評価対象年間増加資源量 (kg/年)} = \text{湧昇流による年間増加資源量 (kg/年)} \times \text{保護水域滞留率 (\%)}$$

保護水域滞留率 (%) : 湧昇マウンド礁周辺での滞留期間 (53 日) / 365 日 = 0.145

⑤分析結果のまとめ

分析結果は表 1.1.1 に示すとおりであり、年間便益額の計は 119,366 千円/年となる。

ここで、五島西沖の湧昇マウンド礁の事業費は 8.7 億円であり、工事期間は 2 年である。

整備後 30 年間便益が発生する際の現在価値化の換算値は 15.989 であり、この値を年間便益額に乗じて B/C を算出すると 2.20 なる。

総費用額 (C)	:	8.7 億円
総便益額 (B)	:	19.1 億円
B/C	:	2.20

表 1.1.1 分析結果一覧

便益項目	生産量等 (t/年)	年間便益額 (千円/年)
①湧昇マウンド礁周辺(保護水域外)における生産量増大効果	120	12,365
②沿岸域(定置網等)に及ぼす生産量増大効果	54	5,564
③産地水揚水産物の出荷過程における流通業に対する生産量の増加効果	174	32,893
④保護水域設定による資源保護効果	38	8,512
⑤湧昇流による基礎生産量の増加効果	268	60,032
年間便益額計		119,366