

研究ノート

高知県安芸郡奈半利町沖の離岸堤でみられる魚類と有藻性イシサンゴ類

柴田温子¹⁾・目崎拓真²⁾・中村洋平^{1,3)}*

要旨

高知県安芸郡奈半利町では、消波効果と砂浜回復を図る目的で設置した10基の離岸堤に有藻性イシサンゴが着生・発達したことで、そこをシュノーケリングなどの環境教育の場として活かしている。本研究では、そのうち3基の離岸堤でみられる有藻性イシサンゴ類と魚類の群集構造を2015年10月にスキューバによる潜水観察によって調べた。その結果、2基の生サンゴ被度はおよそ60%で、残り1基の被度は10%未満であった。確認された有藻性イシサンゴ類は合計9科16属31種で、各離岸堤で優占していた種はクシハダミドリイシなどの卓状ミドリイシ類であった。魚類は、合計17科41種が確認された。種数・個体数ともにベラ科、スズメダイ科、チョウチョウウオ科、ニザダイ科が優占していた。各離岸堤間で魚類の種数と個体数に有意な違いは認められなかったが、熱帯性魚類は生サンゴ被度の高い離岸堤に多く出現する傾向にあった。

キーワード：離岸堤、魚類群集、有藻性イシサンゴ

高知県安芸郡奈半利町の海岸線には、かつて砂礫などで構成された砂浜が広がっていた。しかし、1960年以降、奈半利町西側に位置する奈半利川に平鍋ダム、久木ダム、魚梁瀬ダムの3基のダムが建設され、以前まで奈半利沖に流れ込んでいた土砂がダム湖へ堆積するようになった(上森ほか、1981;大垣、2010)。その結果、海岸への土砂の流入減少による海岸浸食が進み、堤防に直に波が打ちつけるようになったことで、越波や水しぶきの飛散が問題となっていた(玉井・天野、2003)。そこで、奈半利町では1975年以降、消波効果と砂浜の回復を図る目的で、離岸堤の設置が断続的に行われてきた。離岸堤は1975年から1~4年の間隔で西側から設置されており、現在では合計10基が奈半利沖に設置されている。その後、2002年に一部の離岸堤のブロック上に多くの有藻性イシサンゴ(以下、サンゴ)が着生していることが初めて確認された。これら離岸堤のサンゴの被度は年々増加傾向にあり、種数においては2013年の時点で67種(隣接する田野町の離岸堤のサ

ンゴも含む)が確認されている(目崎・小笠原、2013)。

沖の人工構造物の設置によってサンゴがそこに着生することは世界的にも珍しい事象であり、貴重性の高い奈半利のサンゴ群集を保護してほしいという声が高まった。そこで、天然資源の見直し・活用を目的とした天然資源活用委員会が2002年に地元住民を中心に組織され、サンゴ遊覧船の運航やシュノーケリングのツアー、サンゴのスポットチェックなどの活動が始まった(竹崎、2007)。その後、ツアーや調査のための拠点となる施設の必要性から、天然資源活用委員会が主体となって、国土交通省の許可のもとに2010年に奈半利町海浜センター(海辺の自然学校)が開設された。海浜センターは奈半利町が所有し、なはり観光文化協会に委託管理している。海浜センターは4月~10月末まで施設を一般に開放しているだけでなく、シーカヤックやシュノーケリングなどの環境体験ツアーを主催している。

奈半利沖の離岸堤のサンゴ群集については環境省モニタリングサイト1000にも選定されているため、天然資源活用委員会と黒潮生物研究所によるモニタリング調査が、2004年から毎年行われている。その調査によって、サンゴの被度の経年変化やオニヒトデやサンゴ食巻貝などによるサンゴの被害状況が明らかにされているが(目崎・小笠原、2013)、各離岸堤に出現する魚類の群集構造や、それとサンゴの発達度合いとの関係については調べられていない。

1) 高知大学農学部水族生態学研究室
〒783-8502 高知県南国市物部乙200

2) 公益財団法人黒潮生物研究所
〒788-0333 高知県幡多郡大月町西泊560番イ

3) 高知大学教育研究部総合科学系黒潮圏科学部門
〒783-8502 高知県南国市物部乙200

*連絡責任者 e-mail address: ynakamura@kochi-u.ac.jp
高知大学農学部水族生態学研究室
〒783-8502 高知県南国市物部乙200

そこで、本研究では高知県安芸郡奈半利町において、設置年数の異なる3基の離岸堤におけるサンゴの被度・種数及びそこに出現する魚類の種数・個体数について調査を行い、各離岸堤のサンゴと魚類の群集構造の特徴を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

調査場所 調査は高知県安芸郡奈半利町(北緯33°24'44、東経134°01'53)の、奈半利町海浜センター前の離岸堤で行った(図1)。本調査地は、砂や転石からなる海岸線が約2km続いており、西側には奈半利川が流れ込んでいる。奈半利沿岸は波あたりが強く、離岸堤設置以前からも岸側の岩に卓状ミドリイシ類が点在していたものの、現在のようなサンゴ群集が発達するようになったのは離岸堤の設置が始まってからである。これは、離岸堤を設置したことで、従来砂礫が中心の海岸でサンゴが分布できる底質ではなかったところに、捨石やブロックによる硬い基質が提供されたことに加え(岩瀬ほか、2004)、サンゴの生育に適した波あたりの穏やかな環境が創

出されたためであると考えられている。しかし、奈半利川に近接していることで、降雨時やダム放流時の濁水の影響を受けやすい(大垣、2010)。加えて、土佐湾の外洋に面しているため、台風接近などにより海が荒れた際に巻き上げられた砂で水が濁ることもある(岩瀬ほか、2004)。また、サンゴ食巻貝によるサンゴへの被害も出ている。このような様々な攪乱を受けながらも、サンゴの被度は高い状態を保っている。本調査地はミドリイシ属を中心とした造礁性イシサンゴ類がよく発達しており、サンゴは主に離岸堤を囲うように発達しているが、岸側の転石や砂礫底上にも枝状ミドリイシ類が点在していた。

離岸堤は奈半利川河口域から東へ向かって、全部で10基設置されている(現在、1号堤と2号堤はつながっている)(図1)。1基の全長は約200m、幅は約15mあり、捨石などで海底に土台を築いた上に消波ブロックを積み上げ、消波ブロックを囲むように沖の全面と内側の両端に被覆ブロックが設置されている。被覆ブロックを離岸堤の内側中央部に設置しないことで、その空間に砂を溜め込むことができる構造となっており、離岸堤内側に溜め込んだ砂が



図1. 調査地である高知県安芸郡奈半利町地先。右上の写真は7号堤を、赤色の部分は調査地点を示す。

Fig.1. Map of the study site (Nahari town, Kochi Prefecture) showing the locations of the transect survey areas (highlighted in red). The upper right photograph shows an offshore breakwater (No.7) at the study site.

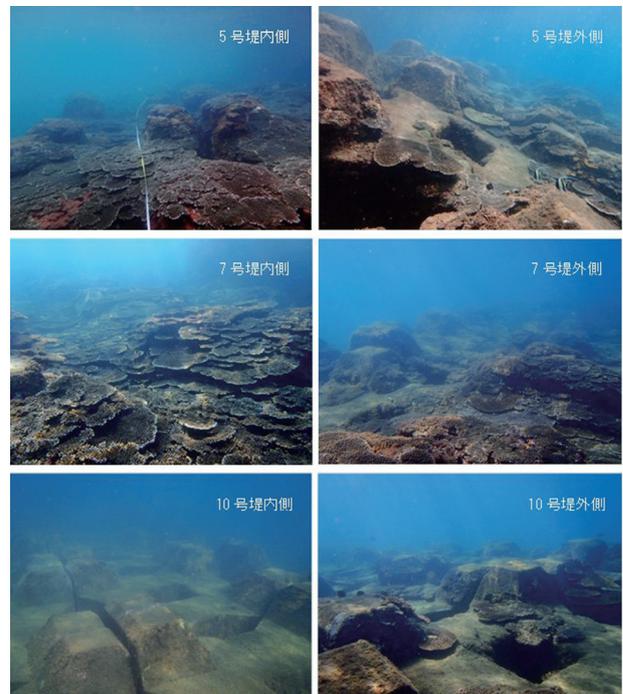


図2. 各離岸堤の海中景観。

Fig.2. Underwater views inside (left side) and outside (right side) each offshore breakwater.

徐々に堆積し、岸に向かって逆三角形に砂浜が形成されていくトンボロ効果を引き起こすことで砂浜の回復を図っている。1～3号堤までは、トンボロ形成により砂が離岸堤の周囲に堆積しているためサンゴの発達は良好ではない。そのため本調査は、4～10号堤の中から、隣接していない5号堤、7号堤、10号堤の3基の離岸堤を調査地点として選定した。なお、各離岸堤が設置された年はそれぞれ、1984年、1988年、1992年である。

魚類群集調査 高知県沿岸のサンゴ群集域では、そこに出現する魚類の種数が9～12月に最も多いことが報告されている(平田ほか, 2011)。そこで、調査は2015年10月14～15日に行った。各離岸堤の外側(外洋側)と内側(岸側)に2m×20m(40m²)のトランセクトをそれぞれ2本、計4本設置し、スキューバ潜水による目視観察で、30分間に各トランセクトに出現した各種の個体数と全長を記録した。調査は10時から16時までの間に行った。魚類各種の名称と記載順は中坊(2013)に準じた。各種の地理分布(熱帯性魚類・亜熱帯性魚類・温帯性魚類)及び食性(魚食、デトリタス食、ベントス食、プランクトン食、植食、ポリプ食、寄生虫食、雑食)についてはFishBase(Froese and Pauly, 2015)を参考にした。

底質調査 魚類調査時に設置したトランセクトに2mごとにコドラート(1m×1m)を設置し、底質を写真撮影した(各トランセクト10地点)。コドラート内の底質を①卓状生サンゴ、②枝状生サンゴ、③被覆・塊状生サンゴ、④卓状死サンゴ、⑤枝状死サンゴ、⑥被覆・塊状死サンゴ、⑦岩礁、⑧不明(被覆ブロックの穴などで底質の特定ができない影の部分)の8つに分類し、各底質の割合を求めた。各底質の割合の求め方は次の様に行った。始めに、撮影した写真のコントラストを画像処理ソフトで強め、底質の判別がしやすいように加工した上でプリントアウトした。次にプリントアウトした写真のコドラート内の底質を上記のいずれかに分類し、写真の上の方眼紙をあて、底質の境目を写し取った。各底質の面積は方眼メモリを数えることで出し、総面積に対する割合を算出した。その際、コドラートの総面積から不明部分の面積を差し引いた。この作業を各離岸堤40地点に対して行った。サンゴ類の名称と記載順は杉原ほか(2015)に準じた。

水温 調査時の水温は、7号堤の内側、水深3mに設置されている水温ロガー(HOBO U22 ウォーター

テンププロv2)のデータを用いた。調査日10月14～15日の10～16時の水温は23.6～24.3℃であった。**解析方法** トランセクトあたりの魚類の平均種数と平均個体数を離岸堤間で比較するために、一元配置分散分析を用いた。分析の結果、離岸堤間で有意な差が存在した場合は、多重比較法検定(Tukey検定)を用いて各離岸堤間での有意差の有無を検定した。なお、分析の前にすべてのデータを $\sqrt{X+0.5}$ に変換した。サンゴの種数、生サンゴ被度、各底質の割合についても上記と同様の解析を行った。その際、生サンゴ被度と各底質の割合については、分析の前にすべてのデータを逆正弦変換 $\arcsin\sqrt{X}$ した。

結果

有藻性イシサンゴの群集構造 各離岸堤における生サンゴ被度(平均値)は5号堤が51.5%、7号堤が58.0%、10号堤が7.8%と、5号堤と7号堤が10号堤に対して有意に高かった(Tukey検定, それぞれ $p < 0.05$, $p < 0.01$)。また、離岸堤の内側と外側の生サンゴ被度は、5号堤ではそれぞれ65.5%と37.5%、7号堤では70.8%と45.3%のように内側の方が高かったが、10号堤では0.6%と14.9%と外側の方が高かった。各底質の割合は、5号堤では卓状生サンゴが46.8%と最も高く、次いで卓状死サンゴが23.3%、岩場が21.9%であった(図3)。7号堤では、卓状生サンゴが54.8%と最も高く、次いで卓状死サンゴが25.8%、岩場が15.6%であった。10号堤は、岩場が79.8%と最も高く、次いで卓状死サンゴが12.4%、卓状生サンゴが7.3%であった。卓状生サンゴの割合は、5号堤と7号堤が10号堤に対して有意に高かった(Tukey検定, ともに $p < 0.05$)。被覆・塊状生サンゴの割合は、5号堤が10号堤に対して高い傾向にあった(Tukey検定, $p = 0.07$)。また、岩場の割合は10号堤が5号堤と7号堤に対して有意に高かった(Tukey検定, ともに $p < 0.01$)。

本調査で確認されたサンゴ類は9科16属31種であった(付表1)。そのうち、5号堤では8科15属27種、7号堤では5科10属18種、10号堤では4科5属7種が確認された。各離岸堤で確認されたサンゴ類の種数は5号堤が10号堤に対して有意に多く(Tukey検定, $p < 0.05$)、7号堤は10号堤に対して多い傾向がみられた(Tukey検定, $p = 0.09$)。各離岸堤において、クシハダミドリイシが最も優占しており、

5号堤と7号堤では、次いでエンタクミドリイシやニホンミドリイシなどの卓状サンゴの占める割合が高かった。枝状サンゴのスギノキミドリイシは離岸堤内側だけで確認された(付表1)。また、離岸堤の内側と外側のサンゴの種数は、5号堤ではそれぞれ13種と21種、7号堤では6種と16種のように外側の方が多かったが、10号堤では6種と4種と内側と外側で大きな違いは認められなかった(付表1)。被覆・塊状サンゴの種類は3地点の中で5号堤において最も多く確認された。

魚類群集構造 本調査期間中、17科41種390個体の魚類が確認された(付表2)。また、5号堤では12科26種132個体、7号堤では11科28種159個体、10号堤では14科24種99個体が確認された。優占する科をみると、全ての離岸堤で種数・個体数ともにベラ科、スズメダイ科、チョウチョウウオ科、ニザダイ科が優占していた。

優占する種をみると、5号堤ではニザダイが19%で最も優占しており、次いでソラスズメダイ15%、チョウチョウウオ12%、ニシキベラ11%、セダカスズメダイ7%、メジナ6%、ナガニザ4%、フウライチョウチョウウオとニジハギがそれぞれ3%、アカササノハベラ・ヤマブキベラ・ツノダシがそれぞれ2%であった(付表2)。7号堤ではソラスズメダイが35%で最も多く、次いでニシキベラ15%、ナガニザ8%、チョウチョウウオ6%、ニザダイ4%、トノサマダイ・メジナ・ニジハギがそれぞれ3%、トゲチョウチョウウオ・アケボノチョウ

チョウウオ・イスズミ・カミナリベラ・ヤマブキベラ・オトメベラがそれぞれ2%であった。10号堤ではニザダイが最も多く19%、次いでオヤビッチャとソラスズメダイがそれぞれ11%、ニシキベラ10%、チョウチョウウオ8%、イスズミ7%、カミナリベラ6%、ボラとブダイがそれぞれ3%、クロダイ・タカノハダイ・テンジクスズメダイ・セダカスズメダイ・メジナ・ナガニザがそれぞれ2%であった。

出現した魚類のうち、熱帯性魚類に分類されたものは10科24種218個体、亜熱帯性魚類は9科13種145個体、温帯性魚類は4科4種27個体であった(付表2)。熱帯性魚類についてみると、5号堤では8科14種61個体、7号堤では8科18種109個体、10号堤では8科12種48個体が出現した。亜熱帯性魚類は、5号堤では6科9種60個体、7号堤では4科7種42個体、10号堤では8科10種43個体が出現した。温帯性魚類は、5号堤では3科3種11個体、7号堤では3科3種8個体、10号堤では2科2種8個体が出現した。各離岸堤に出現した魚類の平均種数・個体数について、全体・熱帯性・亜熱帯性・温帯性魚類にわけて離岸堤間でそれぞれ比較したところ、全体については種数と個体数ともに離岸堤間で有意な差は認められなかった(一元配置分散分析、ともに $p>0.05$) (図4)。熱帯性魚類については、平均種数においては7号堤が10号堤に対して有意に多かったが(Tukey検定, $p<0.05$)、それ以外に有意な差は認められなかった(Tukey検定, いずれも $p>0.05$)。また、平均個体数においても、離岸堤間で有意な差は

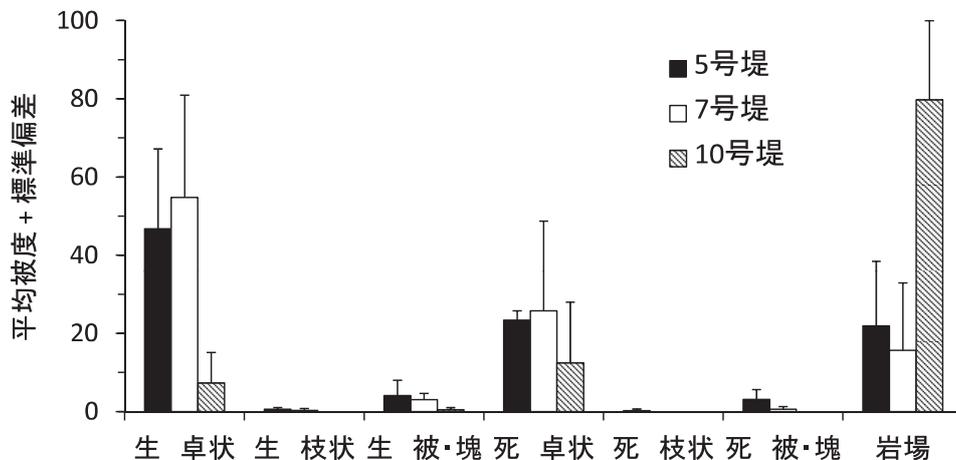


図3. 各離岸堤における10コドラート (10m² n=4) あたりの、底質ごとの平均被度 (%)。

Fig.3. Mean percent coverage of each substrate category per 10 quadrats (10m², n=4) in each offshore breakwater. The error bars represent one standard deviation.

存在しなかった（一元配置分散分析, $p>0.05$ ）。亜熱帯性魚類と温帯性魚類においては、種数・個体数ともに離岸堤間で有意な差は存在しなかった（一元配置分散分析, いずれも $p>0.05$ ）。

考察

有藻性イシサンゴの群集構造 岩瀬・福田（1994）によると、本調査地より南東3 kmに位置する室戸市羽根岬西岸では1993年の時点でサンゴ被度30%、サンゴの種数25種のサンゴ群集が確認されている。したがって、少なくともこの頃には本調査地周辺でもサンゴの供給があったと推察される。現在、本調査地のサンゴ被度は約60%で、種数も本調査で31種、モニタリング調査では67種確認されている（目崎・小笠原, 2013）ことから、離岸堤を設置したことで着生基盤の提供と静穏な環境が創出され、サンゴ群集が急速に発達したと考えられる。一方、サンゴの種数が20年前と比べて大幅に増加した理由として、温暖化に伴う熱帯種の移入・定着が考えられる。例

えば、本調査で確認されたサンゴには、20~30年前には土佐湾でほとんどみられず、南方系として扱われてきたスギノキミドリイシが含まれていた。また、1980年代以降の水温上昇により土佐湾では優占種が、温帯域に分布するエンタクミドリイシ（現在のミドリイシ）から、熱帯域から温帯域に分布するクシハダミドリイシへ変遷していることも報告されている（目崎・久保田, 2012）。したがって、奈半利沖の離岸堤でみられるサンゴ群集は、着生基盤の提供と近年の水温上昇の相乗効果によって成立したものと考えられる。

サンゴ被度は、5号堤より7号堤の方が高かった。目崎・小笠原（2013）によると、サンゴ食巻貝による食害は、7号堤よりも5号堤の方が大きいことが報告されている。また、5号堤は奈半利川との距離が3地点の中で最も近く、底質調査時には砂を被っている場所が多くみられた。モニタリング調査でも、泥に覆われて斃死した卓状ミドリイシ類が確認されており（目崎・小笠原, 2013）、5号堤は7号堤よりも砂や濁水の流入の影響を受けやすいと考えら

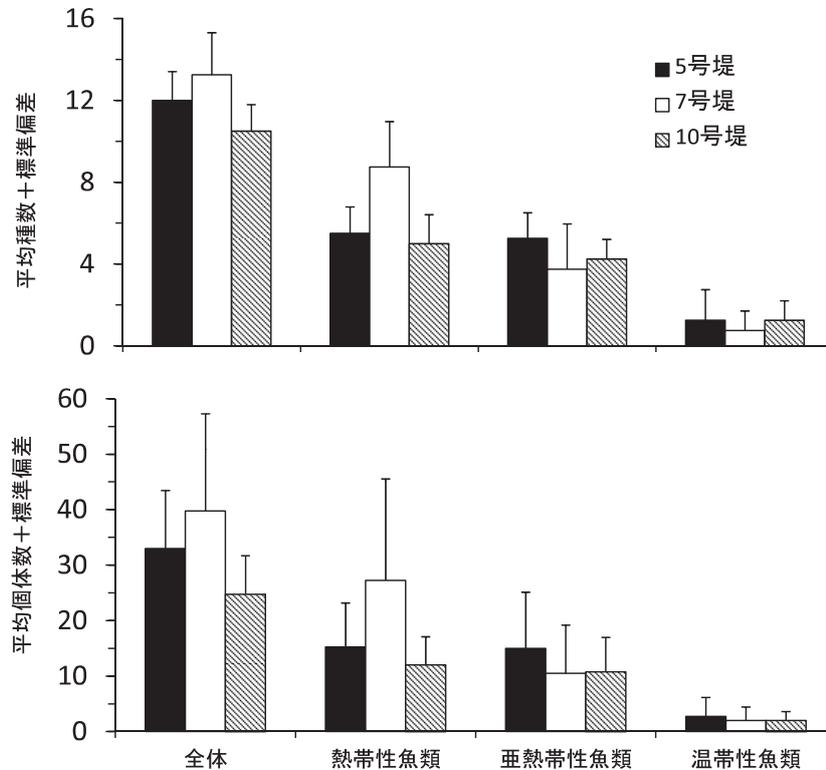


図4. 各離岸堤におけるトランセクト1本 (40m², n=4) あたりの熱帯・亜熱帯・温帯性魚類の平均種数と平均個体数.
 Fig.4. Mean species richness and abundance of tropical/subtropical/temperate fishes per transect (40m², n=4) in each offshore breakwater. The error bars represent one standard deviation.

れる。一方、10号堤のサンゴ被度は、他の2地点と比べて明らかに低かった。奈半利川からの距離は3地点の中で最も遠いものの、10号堤東側付近には須川が流れ込んでおり、淡水の流入による塩分濃度の低下や、降雨時の水の濁りなどの影響を受け、サンゴが成長しにくい環境となっている可能性が高い。モニタリング調査でのサンゴ被度の経年的な推移をみても、10号堤は5号堤と7号堤と比べて明らかに低い状態が続いている（目崎・小笠原、2013）。

一般的な傾向として、クシハダミドリイシやエンタクミドリイシなどの卓状ミドリイシ類は波あたりの強い場所に、スギノキミドリイシなどの枝状ミドリイシ類は波あたりの弱い場所に発達する（西平・Veron、1995）。本調査でも、枝状ミドリイシ類は波あたりの弱い離岸堤の内側だけで確認することができた。本調査において、サンゴの種数は5号堤で最も多かったが、サンゴの被度は7号堤が最も高かった。Connell（1978）によると、サンゴ群集が攪乱を受けることで既存種の消失と、そこにできた空間に新たな種の移入が起り、サンゴの種多様性が高くなるという。5号堤は奈半利川からの砂や濁水などの攪乱を受けやすいため、卓状ミドリイシ類以外の種も入りこみやすい可能性がある。一方、濁水などの攪乱を受けにくい7号堤では、恒常的に卓状サンゴが優占することで、他の種が入り込みにくいかもしれない。この仮説の検証には、5号堤と7号堤における長期間のモニタリングが必要である。

魚類群集構造 木村ほか（2013）やNakamura *et al.*（2013）の高知県須崎市横浪半島での調査によると、岩礁域では温帯性魚類が多く、サンゴ群集域では熱帯性魚類が多いことが明らかにされている。本調査でも、熱帯性魚類はサンゴ被度の高い5号堤と7号堤で多かった。一方で、温帯性魚類の種数・個体数においては、各離岸堤間で有意な違いはみられなかった。その理由の一つとして、離岸堤の内側と外側における出現パターンの違いが挙げられる。5号堤と7号堤に出現した温帯性魚類のメジナやイシダイの多くはサンゴ被度の低い離岸堤外側に出現していた（付表2）。イシダイは波あたりの強い場所を、また、岩の上の糸状藻類をすき取るようにして食べるメジナ（Kanda and Yamaoka, 1995）はサンゴ被度の低い岩場を好むために離岸堤外側に多く出現したと考えられた。

本調査で出現したベントス食性の熱帯性魚類は5

号堤と7号堤では離岸堤の内側で、10号堤では外側で多く出現した。サンゴには魚類だけでなく、エビ・カニなどの多様な生物が棲みついため（西平ほか、1995）、それらを餌として利用するベントス食性魚類がサンゴ被度の高い所で多く出現したと思われる。また、本調査で出現したチョウチョウウオ科の7種は、餌の一部としてポリプを利用する（Sano, 1989）。これらの種は生サンゴ被度の高い5号堤と7号堤の内側で多く出現した。特にポリプ専食魚であるスミツキトノサマダイ、トノサマダイ、アケボノチョウチョウウオの3種は、サンゴ被度の最も高かった7号堤内側で多くみられた。

平田ほか（2011）によると高知県須崎市横浪半島のサンゴ群集域では168種が確認されている。本調査で確認された魚類は41種であるものの、平田ほか（2011）が3年間の経月調査であったことを考慮すると、他の季節に調査を行うことでこの種数は増える可能性が高い。今回は温帯性魚類も熱帯性魚類も観察できる秋に調査を行ったが、熱帯性魚類の加入が始まる前の春先に調査を行うと、離岸堤間の魚類の種数と個体数の出現パターンは今回と異なるかもしれない。より正確な全体像の把握のためにも他の季節での調査が必要である。

奈半利沖の離岸堤に発達したサンゴ群集は、天然資源活用委員会や海浜センターに関わる多くの人の協力によって継続的な調査・保護と、観光への有効利用がされている。ここまで各組織と地元住民がボランティアとして自然環境の保全に取り組んでいることは珍しい。天然資源活用委員会などの住民団体による活発な活動と緑地公園などの施設に恵まれている点が国土交通省四国地方整備局に評価され、2004年には奈半利港周辺が四国初の「みなとオアシス」（みなとの施設やスペースを活用し、住民参加型の地域振興に係わる取り組みが行われている地区）として登録された（国土交通省、2011）。離岸堤などの人工構造物の設置は、海岸の景観を損ねるため地域住民に受け入れられないことや（沿岸域総合管理研究会、2003）、汚濁拡散が悪くなるため陸上から有機汚濁物や汚水が放出された際に海水が汚染されやすく、海岸利用に負の影響を及ぼすこともある（佐藤、1976、1977）。しかし奈半利町では、離岸堤設置による沿岸生態系の変化をレジャー産業として有効に活用し、町の活性化につなげている。この資源を継続的に保全・活用していくためにも本調査によっ

て得られた基礎情報をもとに、今後も活発な教育研究活動が行われることを期待したい。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご協力を賜りました天然資源活用委員会事務局長小笠原良氏ならびに奈半利町海浜センター所長伊藤隆氏に心から感謝いたします。本研究は、公益財団法人黒潮生物研究財団・平成27年度研究助成により行われました。

引用文献

- 上森千秋・玉井佐一・土屋義人・安田孝志. 1981. 台風7617, 7916, 7920号による高知海岸の災害について, 京都大学防災研究所年報, 24(B-2):485-508.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs, *Science*, 199:1302-1310.
- 沿岸域総合管理研究会. 2003. 防災対策と利用の問題, 沿岸域総合管理研究会提言～未来の子供達へ美しく安全で生き生きした沿岸域を引き継ぐために～, 国土交通省, pp.72-75.
- Froese, R. and Pauly, D. (Eds). 2015. FishBase, World Wide Web electronic publication. <http://www.fishbase.org/>, version (10/2015), Accessed 2015 December.
- 深見裕伸. 2013. キクメイシ科およびオオトゲサンゴ科の分類体系の改変の理由, 日本サンゴ礁学会誌, 15:107-113.
- 平田智法・小栗聡介・平田しおり・深見裕伸・中村洋平・山岡耕作. 2011. 高知県横浪半島のサンゴ群集域にみられる魚類群集の季節的变化, 魚類学雑誌, 58:49-64.
- 岩瀬文人・福田照雄. 1994. 手結岬西岸海域のイシサンゴ相, 手結サンゴ調査報告書, 財団法人海中公園センター, 東京, pp. 238-277.
- 岩瀬文人・林徹・目崎拓真・栢山雄一・岩瀬洋一郎. 2004. 平成16年度安港委(みなと)第1号奈半利港サンゴ分布調査委託業務報告書, 高知県安芸土木事務所・天然資源活用委員会.
- Kanda, M. and Yamaoka, K. 1995. Tooth and gut morphology in relation to feeding in three girellid species (Perciformes: Girellidae) from southern Japan, *Neth. J. Zool.*, 45:495-512.
- 木村翼・阿部航太郎・松本卓也・中村洋平. 2013. 高知県横浪林海実験所前の海底環境と魚類群集, *黒潮圏科学*, 6:194-206.
- 国土交通省四国地方整備局港湾空港部. 2011. 四国地方整備局四国みなとオアシス. <http://www.pa.skr.mlit.go.jp/useful/oasys/about.html>, Accessed 2015 December.
- 目崎拓真・久保田賢. 2012. 高知県沿岸海域における造礁サンゴ群集の変遷, *海洋と生物*, 201:332-337.
- 目崎拓真・小笠原良. 2013. 奈半利・田野沖サンゴ群集調査報告書～スポットチェック10年の歩み～, 天然資源活用委員会, 高知.
- 中坊徹次(編). 2013. 日本産魚類検索全種の同定第三版, 東海大学出版会, 東京.
- Nakamura, Y., David, A.F., Kanda, M. and Yamaoka, K. 2013. Tropical fishes dominate temperate reef fish communities within western Japan, *PloS One*, 8:e81107.
- 西平守孝・J.E.N. Veron. 1995. 日本の造礁サンゴ類, 海遊舎, 東京.
- 西平守孝・酒井一彦・佐野光彦・土屋誠・向井宏. 1995. サンゴ礁-生物がつくった〈生物の楽園〉, 平凡社, 東京.
- 大垣俊一. 2010. 高知県下のダムと河口海域の漁業被害, *Argonauta*, 17:31-42.
- Sano, M. 1989. Feeding habits of Japanese butterflyfishes (Chaetodontidae). *Env. Biol. Fish.*, 25:195-203.
- 佐藤昭二・加藤始・木村久雄・高松恭文. 1976. 須磨レクリエーション海浜における突堤・離岸堤の海水交換にあたる影響, 港湾空港技術研究所資料, No. 243.
- 佐藤昭二・木村久雄・高松恭文. 1977. レクリエーション海浜における突堤・離岸堤の汚濁拡散に対する影響, 港湾空港技術研究所報告, 16:27-62.
- 杉原薫・野村恵一・横地洋之・下池和幸・梶原健次・鈴木豪・座安佑奈・出羽尚子・深見裕伸・北野裕子・松本尚・目崎拓真・永田俊輔・立川浩之・木村匡. 2015. 日本の有藻性イシサンゴ類～種子島編～, 国立環境研究所生物・生態系環境研究センター, 茨城県.

竹崎和伸. 2007. 奈半利港を拠点とした交流空間形成, WAVE Quarterly, 財団法人港湾空間高度化環境研究センター, 東京, 70:26-27.

玉井佐一・天野玉雄. 2003. 高知県奈半利港海岸の離岸堤にサンゴの群生~その保護と地域振興に向けて, 土木学会誌, 188:87-88.

Fish and hermatypic coral fauna observed in offshore breakwaters in Nahari town, eastern Kochi

Atsuko Shibata, Takuma Mezaki, Yohei Nakamura

Hermatypic corals have been developing in 10 offshore breakwaters in Nahari town, eastern Kochi. In October 2015, we investigated the assemblage structure of fish

and hermatypic corals of three of these offshore breakwaters by scuba diving. The live coral coverage of two breakwaters was approximately 60%, whereas that of the third one was less than 10%. A total of 31 coral species belonging to 16 genera in nine families were observed, and tabular corals, such as *Acropora spicifera*, were found to be dominant. In addition, a total of 41 fish species from 17 families were observed, and Labridae, Pomacentridae, Chaetodontidae, and Acanthuridae families were found to be dominant, both in terms of species and individual numbers. The species richness and abundance were not significantly different among the three offshore breakwaters, but tropical fishes tended to be more abundant in breakwaters with high live coral coverage.

Key words: Offshore breakwater, fish assemblage, hermatypic corals

付表 1. 各離岸堤の内側と外側の計20コドラート (計20m²) で確認されたサンゴの種類.

Table S1. List of coral species observed in 20 quadrats (20m²) inside and outside each offshore breakwater.

科名	属名	和名	Species	5号堤			7号堤			10号堤		
				内側	外側	全体	内側	外側	全体	内側	外側	全体
ミドリイシ科 Acroporidae	ミドリイシ属 Acropora	エンタクミドリイシ	<i>Acropora aff. gemmifera</i>	○		○	○	○	○	○	○	○
		ニホンミドリイシ	<i>Acropora cf. glauca</i>	○		○	○	○	○	○	○	○
		スギノキミドリイシ	<i>Acropora japonica</i>	○		○	○	○	○	○	○	○
		クシハダミドリイシ	<i>Acropora muricata</i>	○		○	○	○	○	○	○	○
		ホシエダミドリイシ	<i>Acropora solitaria</i>	○		○	○	○	○	○	○	○
		ホシドトゲミドリイシ	<i>Acropora spicifera</i>	○		○	○	○	○	○	○	○
		コイボコモンサンゴ	<i>Acropora valida</i>	○		○	○	○	○	○	○	○
		モリスコモンサンゴ	<i>Montipora aff. hispida</i>	○		○	○	○	○	○	○	○
		ムラサキコモンサンゴ	<i>Montipora monasteriata</i>	○		○	○	○	○	○	○	○
					<i>Montipora mollis</i>	○		○	○	○	○	○
ヒラフキサンゴ科	シロコサンゴ属	シロコサンゴ				○					○	
Akariidae	<i>Pavona</i>		<i>Pavona decussata</i>								○	
キサンゴ科	スリバチサンゴ属	オオスリバチサンゴ									○	
Dendrophiidae	<i>Turbinaria</i>		<i>Turbinaria peltata</i>								○	
オオトゲサンゴ科	コオオトゲキクメイシ属	ヨコミノスリバチサンゴ									○	
サザナミサンゴ科	<i>Micromussa</i>		<i>Micromussa amakusensis</i>								○	
Merulinidae	トゲキクメイシ属 Cyphastrea カメノコキクメイシ属 Favites	フカトゲキクメイシ	<i>Cyphastrea serailia</i>			○			○			○
		ゴカクキクメイシ	<i>Favites pentagona</i>			○		○	○			○
		タカクキクメイシ	<i>Favites valenciennesi</i>			○		○	○			○
		ニセタカクキクメイシ	<i>Favites aff. valenciennesi</i>			○		○	○			○
		オオカメノコキクメイシ	<i>Favites virens</i>			○		○	○			○
		コカメノコキクメイシ	<i>Goniastrea pectinata</i>			○		○	○			○
		バリカメノコキクメイシ	<i>Goniastrea aspera</i>			○		○	○			○
		トゲイボサンゴ	<i>Hydnophora exesa</i>			○		○	○			○
		ミダレカメノコキクメイシ	<i>Paragoniastrea deformis</i>			○		○	○			○
		ミダレノウサンゴ	<i>Platygyra contorta</i>			○		○	○			○
サザナミサンゴ科の一種	Merulinidae sp.			○		○	○			○		
ハナヤサイサンゴ科	ハナヤサイサンゴ属	ハナヤサイサンゴ									○	
Pocilloporidae	<i>Pocillopora</i>		<i>Pocillopora damicornis</i>								○	
ハマサンゴ科	ハマサンゴ属	コブハマサンゴ									○	
Poritidae	<i>Porites</i>		<i>Porites lutea</i>								○	
アミサンゴ科	アミサンゴ属	ベルベツトサンゴ									○	
Psammocoridae	<i>Psammocora</i>		<i>Psammocora albopicta</i>								○	
キクメイシ科*	トゲルリサンゴ属	トゲルリサンゴ									○	
Faviidae	コマルキクメイシ属 <i>Plesiastrea</i>	コマルキクメイシ	<i>Leptastrea aff. pruinosa</i>								○	○
			<i>Plesiastrea versipora</i>								○	○
種数				13	21	27	6	16	18	6	4	7

*トゲルリサンゴ属及びコマルキクメイシ属は、Budd et al. (2012) により現状での科は未定であるため、改変以前の科名をつけた (深見、2013)
The genera *Leptastrea* and *Plesiastrea* are tentatively assigned to the family Faviidae according to Fukami (2013) as their respective families have not yet been established by Budd et al. (2012)

奈半利町の離岸堤でみられる魚類とサンゴ類

付表2. 各離岸堤におけるトランセクト1本 (40m², n=4) あたりの魚類の平均個体数±標準偏差
 Table S2. Mean individual numbers (±standard deviation) of each fish species per transect (40 m², n=4) in each offshore breakwater.

科名	Family	和名	Species	地理分布	5号堤	7号堤	10号堤	体長 (cm) Max-Min	食性
ウツボ科	Muraenidae	ウツボ	<i>Gymnothorax kidako</i>	Tro	0.3±0.5	0.3±0.5	—	40-45	肉食
ボラ科	Mugilidae	ボラ	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	Subtro	—	—	0.8±1.5	30	デトリタス食
スズキ科	Lateolabracidae	スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	Subtro	—	—	0.3±0.5	23	ベントス食
クロサギ科	Gerreidae	クロサギ	<i>Gerres equulus</i>	Tem	0.3±0.5	—	—	14	ベントス食
イサギ科	Haemulidae	クロダイ	<i>Diagramma picta</i>	Tro	—	—	0.3±0.5	30	ベントス食
タイ科	Sparidae	クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	Subtro	—	—	0.5±1.0	25	肉食
ヒメジ科	Mullidae	オジサン	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Tro	0.3±0.5	0.8±1.0	—	6-8	ベントス食
		マルクチヒメジ	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Tro	0.3±0.5	—	—	12	ベントス食
		オキナヒメジ	<i>Parupeneus spilurus</i>	Tro	0.3±0.5	—	0.3±0.5	11	ベントス食
チョウチヨウウオ科	Chaetodontidae	スミツキトノサマダイ	<i>Chaetodon plebeius</i>	Tro	—	0.3±0.5	—	8	ボリアブ食
		トグチヨウウオ	<i>Chaetodon auriga</i>	Tro	—	1.3±1.0	—	6-8	ベントス食
		トノサマダイ	<i>Chaetodon speculum</i>	Tro	—	1.3±1.0	—	4-7	ボリアブ食
		フウライチョウウオ	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Tro	1.0±1.2	0.3±0.5	0.3±0.5	4-10	ベントス食
		ニセフウライチョウウオ	<i>Chaetodon lineolatus</i>	Tro	—	0.5±0.6	—	7-8	ベントス食
		アケボノチョウウオ	<i>Chaetodon melanoatus</i>	Tro	—	0.8±1.0	—	6	ボリアブ食
		チョウチヨウウオ	<i>Chaetodon auripes</i>	Tro	—	2.3±1.7	—	6-12	ベントス食
		タカノハダイ	<i>Goniistius zonatus</i>	Tro	4.0±3.9	—	2.0±2.3	23-24	ベントス食
タカノハダイ科	Cheilodactylidae	タカノハダイ	<i>Goniistius zonatus</i>	Tro	—	0.5±0.6	0.5±0.6	9-11	ベントス食
スズメダイ科	Pomacentridae	テンジクスズメダイ	<i>Abudefduf bengalensis</i>	Tro	0.5±1.0	—	0.5±0.6	7-9	ベントス食
		オヤビツチャ	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	Tro	—	—	2.8±4.2	2-7	ベントス食
		ソラスズメダイ	<i>Pomacentrus coelestis</i>	Tro	—	14.0±16.9	2.8±5.5	7-11	ベントス食
		セダカスズメダイ	<i>Pomacentrus coelestis</i>	Subtro	5.0±3.7	—	0.5±1.0	7-11	ベントス食
		イシダイ	<i>Stegastes altus</i>	Tem	2.3±1.0	0.5±0.6	—	12-25	肉食
		イソズミ	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	Tro	0.5±0.6	0.3±0.5	—	13-30	肉食
		メジナ	<i>Kyphosus vaigiensis</i>	Tem	0.5±1.0	0.8±1.0	1.8±1.5	7-28	肉食
		クロメジナ	<i>Girella punctata</i>	Tem	2.0±2.4	1.0±2.0	0.5±0.6	17	肉食
		ホンソメワケベラ	<i>Girella leonina</i>	Subtro	0.3±0.5	—	—	6-7	寄生虫食
		アカサノハベラ	<i>Labroides dimidiatus</i>	Tro	0.3±0.5	0.3±0.5	0.3±0.5	7-16	ベントス食
		カニナリベラ	<i>Pseudolabrus eoethinus</i>	Subtro	0.8±1.0	—	1.5±1.7	6-11	ベントス食
		ヤマブキベラ	<i>Stethojulis interrupta terina</i>	Tem	—	0.8±1.5	2.5±1.3	6-12	ベントス食
		オトメベラ	<i>Thalassoma lutescens</i>	Subtro	3.5±0.6	6.0±5.2	0.3±0.5	8-13	ベントス食
		ムナシベラ	<i>Thalassoma lunare</i>	Subtro	0.8±0.5	0.8±1.5	—	7-13	ベントス食
		シチセンムスメベラ	<i>Halichoeres melanocheir</i>	Tro	—	0.3±0.5	0.3±0.5	10-12	ベントス食
		アオブダイ	<i>Coris batuensis</i>	Tro	0.3±0.5	—	—	3	肉食
		ヒブダイ	<i>Calotomus japonicus</i>	Subtro	0.3±0.5	—	0.8±1.0	12-21	肉食
		ツノダシ	<i>Scarus oviifrons</i>	Subtro	0.3±0.5	—	—	40	肉食
		ナガニガ	<i>Scarus ghobban</i>	Tro	0.5±1.0	0.3±0.5	—	28-33	肉食
		ニジハギ	<i>Zanclus cornutus</i>	Subtro	0.8±1.0	0.5±0.6	0.3±0.5	7-12	肉食
		ニセカランハギ	<i>Prionurus scalprum</i>	Subtro	6.3±8.6	1.5±1.9	4.8±4.3	10-35	肉食
		ニセカランハギ	<i>Acanthurus nigrofasciatus</i>	Tro	1.3±1.3	3.0±2.8	0.5±0.6	4-11	肉食
		ニセカランハギ	<i>Acanthurus lineatus</i>	Tro	1.0±2.0	1.0±1.4	—	3-7	肉食
		ニセカランハギ	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Tro	—	0.3±0.5	0.3±0.5	4-6	肉食
			総種数		26	28	24		
			総個体数		132	159	99		