

【天然カジメ】CO2吸収量算定に関する資料

1.調査概要

対象としたエリアは、藻場保全活動を実施している長井地区とした(図1-1)。天然カジメの調査は2025年6月20日に実施し、実施内容は水中ドローン測定・空中ドローン測定である。(表1-2、図1-3)。



図1-1 申請対象としたエリア(長井地区：エリアA～C)

表1-2 天然カジメの調査内容とスケジュール

作業日	調査エリア	対象藻場	作業内容
2025/06/20	A：長井(黒砂)	天然カジメ	水中ドローン測定
	B：長井(ツブ根)	天然カジメ	空中ドローン撮影、水中ドローン測定
	C：長井(暮浜)	天然カジメ	空中ドローン撮影、水中ドローン測定



図1-3 水中ドローン測定の様子

## 2.境界線の把握

### 2.1 調査概要

長井地区には岩盤域と砂質域が存在し、天然カジメは主に岩盤域に分布していると考えられる。境界の判断として、分布範囲を面的に、そして精度良く判断するため、空中ドローンやGoogleEarthを用いて、岩場と考えられるエリアを推定した。また、水中ドローンのカメラによる境界線付近の水中観察結果から、該当岩盤域にカジメ場が広がっていることを確認できたため、磯焼け対策が実施されている岩盤域を本測定の対象エリアとした。

### 2.2 境界線把握

DJI Mini 3 Fly(DJI社製)の空中ドローンを用いて、風速1.5 m/s 以下かつ雲量1割以下の快晴条件下で空撮を実施した。高度100mを維持しながら各エリアを撮影し、得られた画像データを簡易オルソ化した。



図2-1 データ解析の概要

さらに岩場の面積を算出するため、画像解析を行い、岩場と思われるピクセルを抽出し、面積の推定を行った。画像解析の手順としては、まずオルソ化された画像(図2-2①)に対して、OpenCV(Python 3.9.6, OpenCV 4.7.0)を用いて岩場と推定されるピクセルの抽出を行った(図2-2②)。この過程では、不要なオブジェクトの除去、太陽光反射によって飽和した高輝度ピクセルの白色化およびヒストグラム平坦化、ホワイトノイズ除去、さらに輪郭抽出による岩場領域の検出を実施した。次に、抽出結果を2値化することで岩場のマスク画像を生成し(図2-2③)、これを元画像と重ね合わせることで、岩場の分布を視覚的に把握できる画像を作成した(図2-2④)。

また、抽出した岩場領域に対応するピクセル数を算出し、さらに事前に求めた1ピクセルあたりの面積( $\text{m}^2/\text{pixel}^2$ )を乗じることで、岩場の面積を推定した。1ピクセルあたりの面積は、GoogleEarthのパス作成ツールを利用し、固定物の長さを計測することで算定した。例えば図2-3で示す場合、エリアBでのピクセル数は462.33px、実測長は26.14mであるため、1pxあたり0.056539mであり、pixelを正方形と仮定すると1px<sup>2</sup>あたり0.003197と算出することができる。この導出過程により、画像上の対象領域が地表上でどの程度の面積を占めているかを定量的に評価することが可能である。

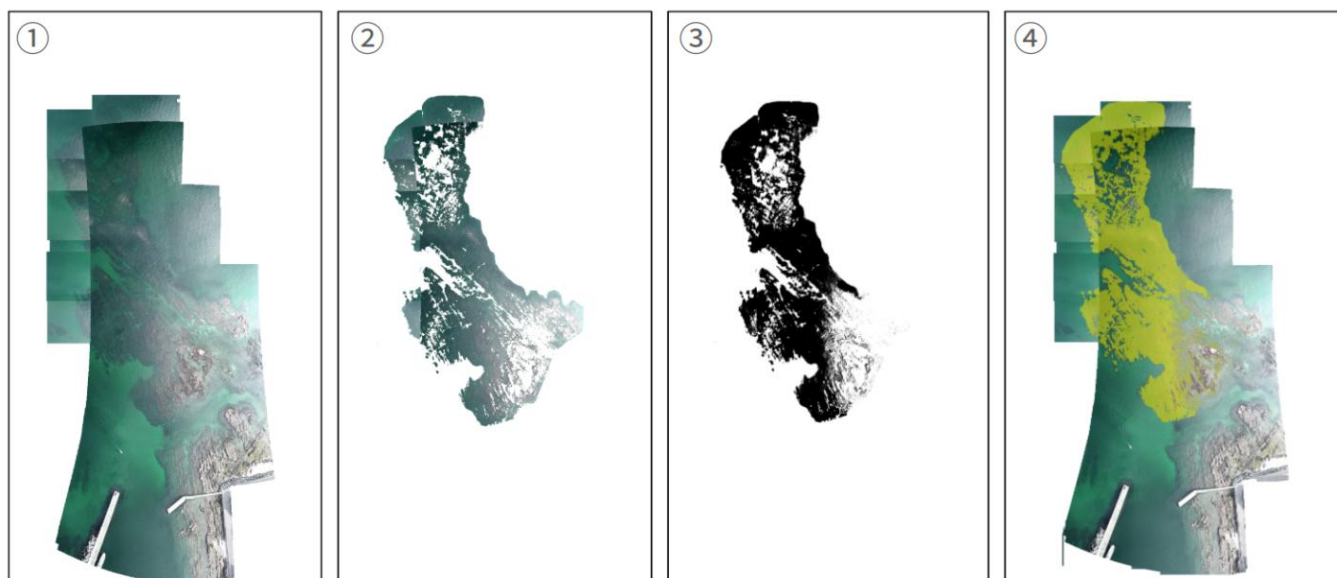
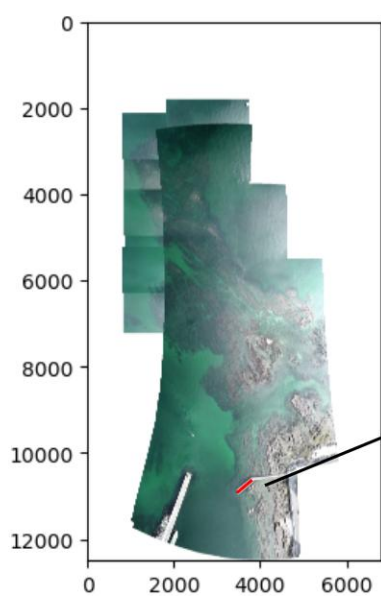
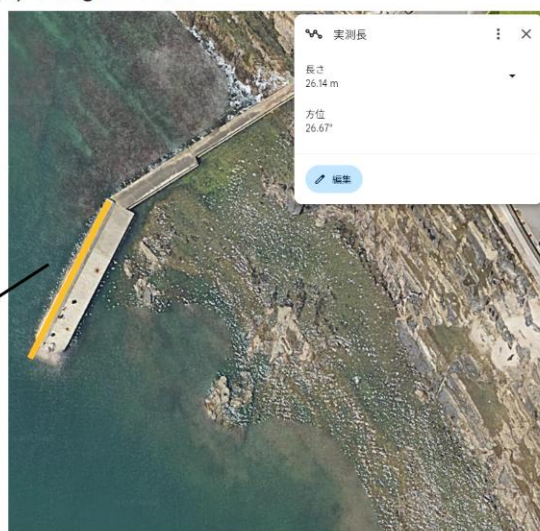


図2-2 データ解析の手順 (例: B ツブ根)  
 ((①オルソ化、②対象ピクセルの抽出、③2値化、④元画像への合成))

(a) オルソ画像



(b) Google Earth



比較した固定物

462.33px

Google Earthによる固定物ABの実距離 : 26.14m  
 オルソ画像での固定物ABの距離(px) : 462.33px

→  $1\text{px}^2 = 0.003197\text{m}^2$

図2-3 エリアBにおける固定物長のピクセル数・実測長  
 (a)オルソ画像 (b) Google Earth

以上を踏まえ、エリアA～Cにおいて、衛星データ・空撮データに基づく画像解析を実施し、岩場の実勢面積を可視化した(図2-4、図2-5)。とくにエリアAおよびCについては、Google Earthによる衛星画像の解析により、岩場と推定される領域を明瞭に特定できたため、空中ドローンによる撮影ではなく、衛星画像の解析結果を採用した(表2-6)。

解析の結果、岩場と推定されるピクセル領域が的確に抽出されており、カジメ場の分布境界を明確に把握できることが確認された。さらに、衛星データや空撮データから得られた境界線周辺については、水中ドローンを用いたカメラ観察を行った。その結果、繁茂が確認された領域は岩場であり、境界線の外側は主に砂地であることが明らかとなった。

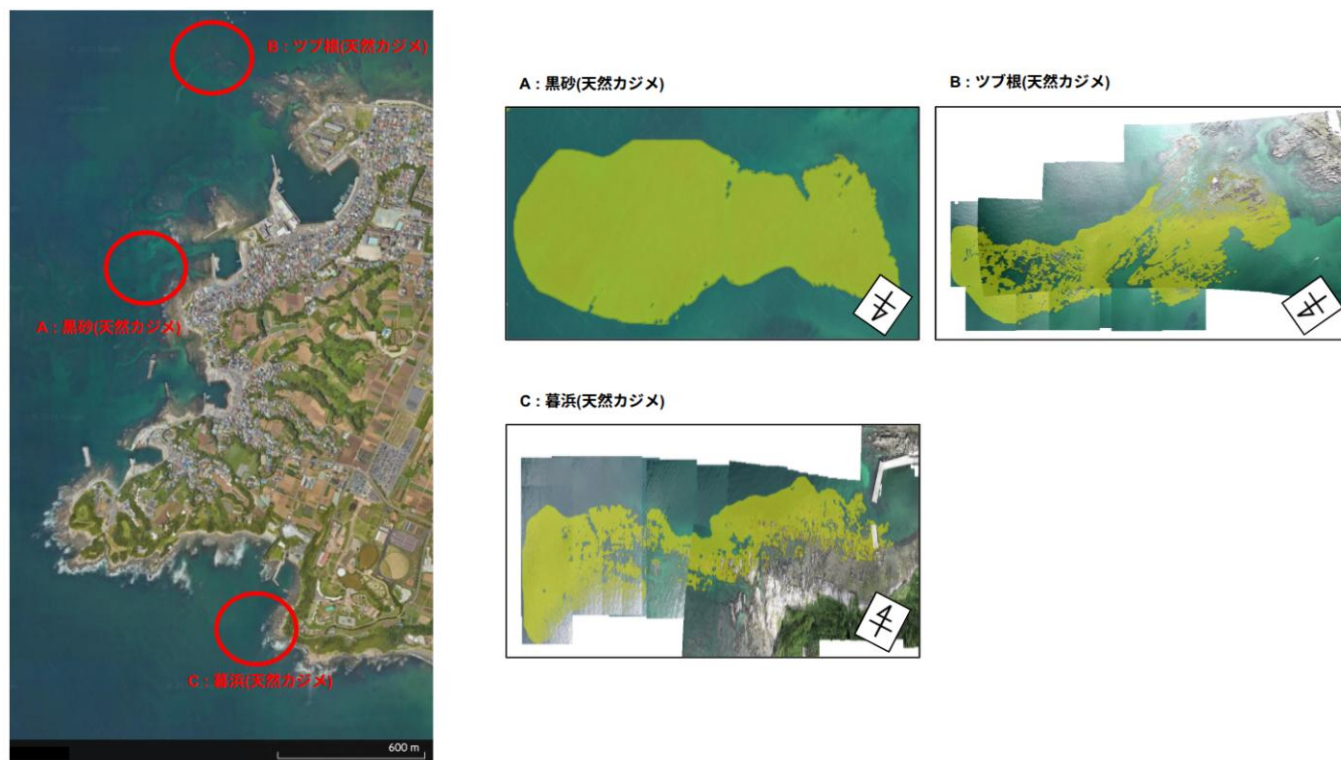
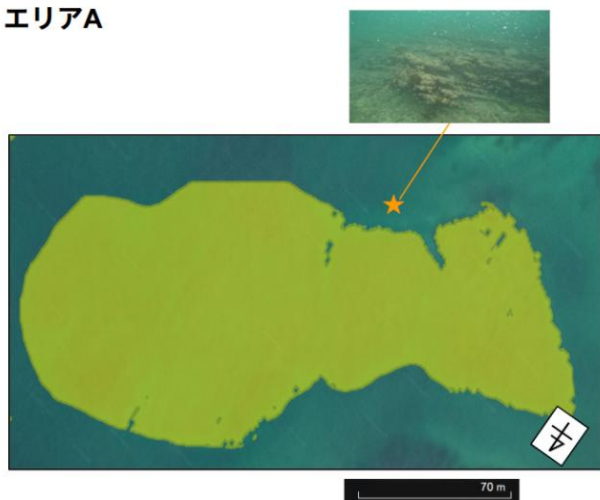
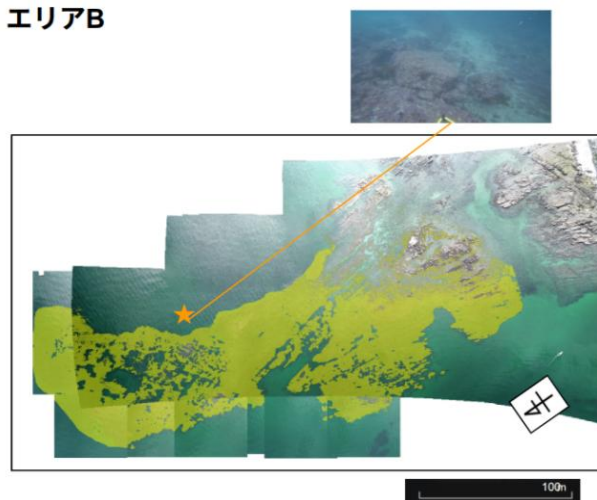


図2-4 エリアA～Cの境界線

エリアA



エリアB



エリアC

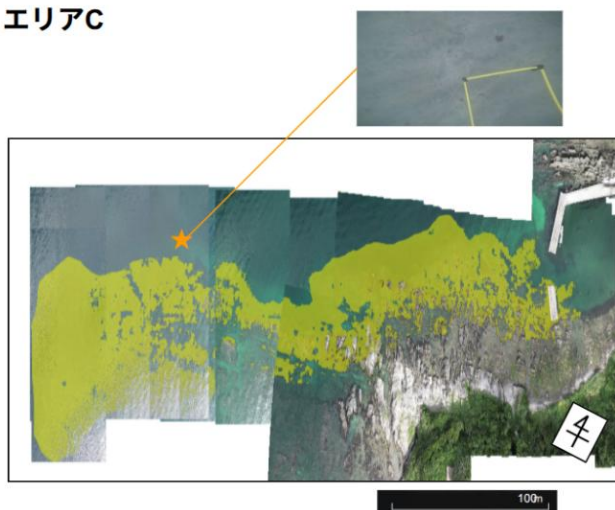


図2-5 岩場及び砂場の境界線および境界外における水中写真

表2-6 画像解析により抽出したピクセス値を元に算出した各エリアの面積

エリア	エリアA	エリアB	エリアC
画像取得方法	Google Earth	空中ドローン	空中ドローン
面積(m <sup>2</sup> )	13,675.05 m <sup>2</sup>	17,850.16 m <sup>2</sup>	10669.29 m <sup>2</sup>

天然カジメは水深5～15m帯で群落を形成することが多く、複数の調査研究において報告されている(参考文献:『水温環境の異なる2つの生育地のカジメ群落における現存量・密度・年齢組成の比較』)。

申請対象エリアにおける水深環境を確認するため、航空レーザ測深機による詳細な海底地形図を参照し、天然カジメが生息可能な水深帯に該当するかを検証した(参考資料:釣リドコ、図2-7〈黒砂付近〉、図2-8〈暮浜付近〉)。図2-7に示される黒砂およびツブ根周辺の水深は概ね10m以内であり、図2-8の暮浜エリアにおいても同様に10m以内であることが確認できる。これらの結果から、当該エリアは天然カジメの生息深度域に該当すると推察される。

以上より、申請エリア全体において大きな水深変化は見られず、水深条件によって藻場の形成が制限されている可能性は低く、藻場が連続的に繁茂し得る環境であると考えられる。

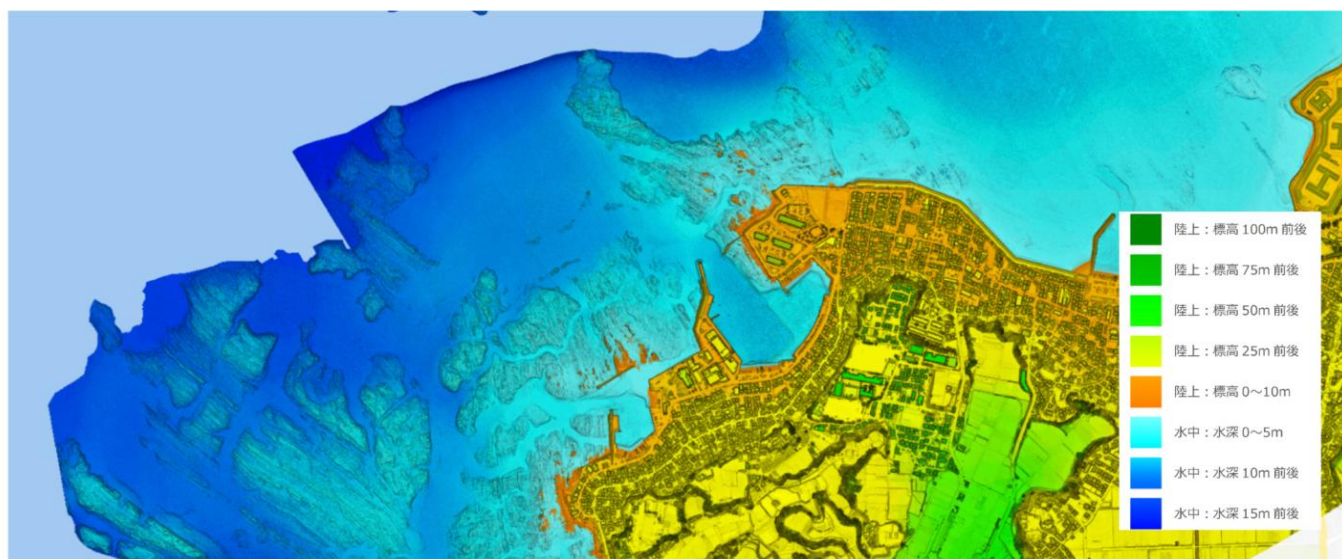


図2-7 航空レーザ測深機による海底地形図 (出所:「釣リドコ」)〈黒砂付近〉

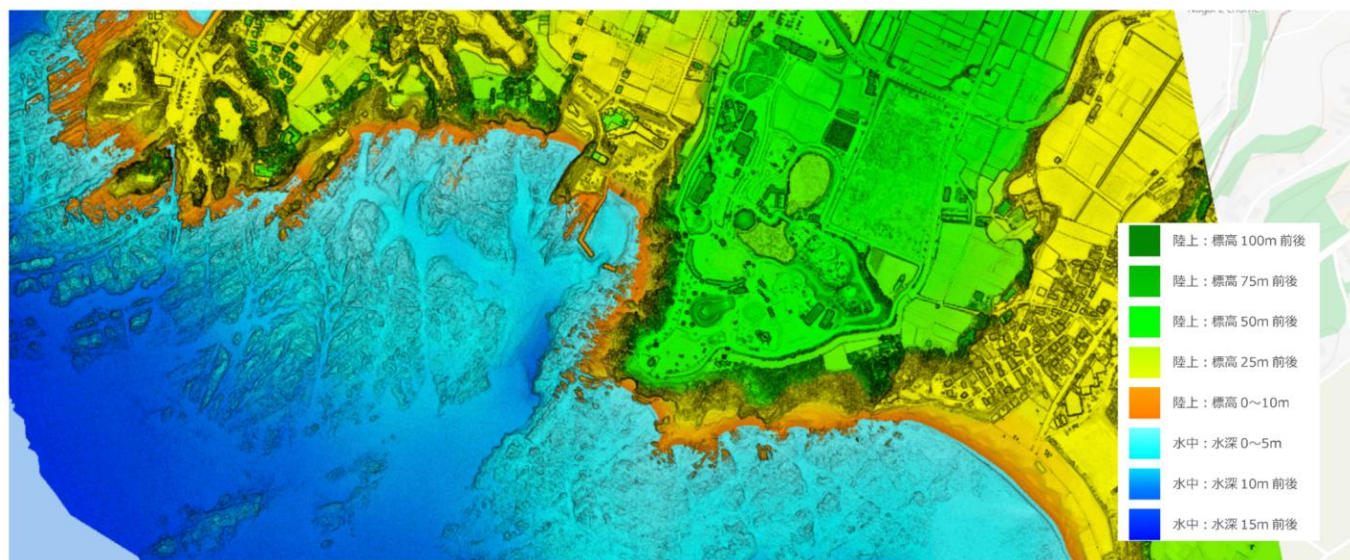


図2-8 航空レーザ測深機による海底地形図 (出所:「釣リドコ」)〈暮浜付近〉

# 3.被度の把握

## 3.1 水中ドローンでの被度調査

保全活動の中で藻場が観測されたエリアに対して、岩場から50mほど離れて停船し、岩盤域のエリアを参考に、水中ドローンを用いてカジメ場の植生を観察した。測定の際は、水中ドローンに1辺50cmのコドラート(方形枠)を装着し、機体に取り付けた水中カメラで写真を撮影した。被度データの取得にあたっては、代表点まで船を移動させたうえで、船上でGPSによる位置情報を確認しながら、水中ドローン(ROV)を垂直に潜航させ、対象となる藻場を撮影する方法である(特許番号:524294862)。

撮影データを元にセマンティックセグメンテーションをベースとしたAIモデルを用いて対象の藻場の被度を算出した(図3-1)。AIモデルと実写真を比較したところ、目視でのエッジ検出とほとんど変わりなく、コドラート(方形枠)及び藻場領域を捉えていることを確認した。

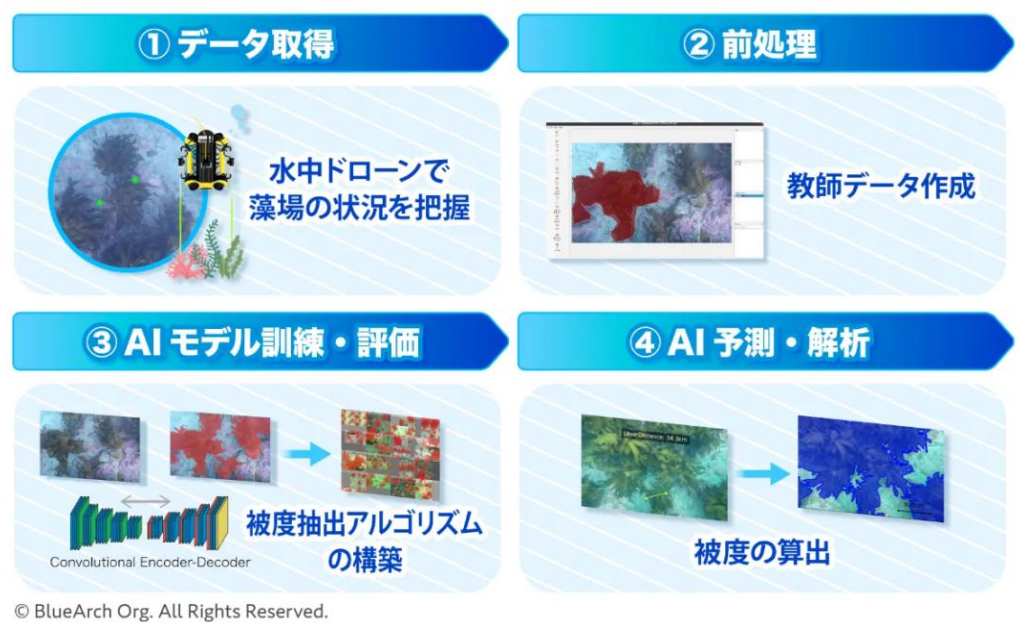


図3-1 AIモデルを用いた被度算出の概要

## 3.2 天然カジメの被度調査

水中ドローンで撮影した画像をもとに、エリアAにおける藻場の被度を算定した(図3-2)。境界線内を観察した結果、場所によって被度階級が異なることが明らかとなった。ROVによる目視確認と被度階級の評価に基づき、図3-2に示すとおりエリアを分割した(白破線が分割線を示す)。エリアAでは藻場が斑状に繁茂しており、明確な分割線を設定することが困難であった。そのため、緯度経度線(35°12'16"N 139°36'13"E～35°12'12"N 139°36'06"E)を基準軸として長方形を二分し、さらにその軸に垂直な方向に6等分(1等分あたり約35m)することで区画を設定した。各区画の分割線付近では、水中ドローンで植生を撮影・確認したところ、被度階級が変化している様子が確認された。被度算定の結果および各エリアの面積、被度階級、被度の詳細については、表3-2にまとめて示す。

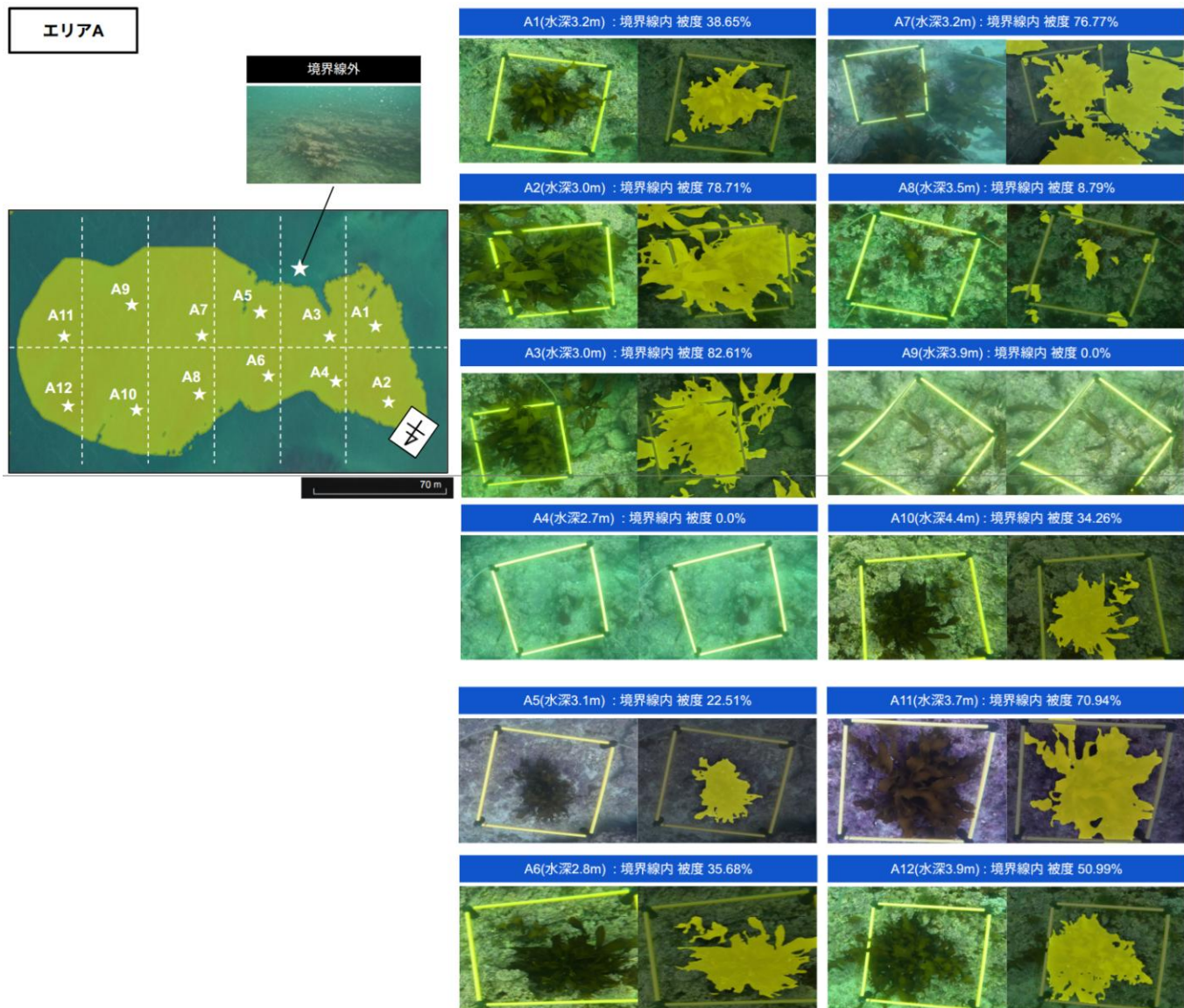


図3-2 エリアA：代表点の被度

表3-2 各エリアの被度・実勢面積

エ リ ア	面積(m <sup>2</sup> )	被度階 級	被度(%)	藻場実勢面積(ha)	藻場実勢 面積合計(ha)	吸収係数(t-co <sub>2</sub> /ha)	co2吸収量 合計(t-co <sub>2</sub> )
A1	1,084.30	3	38.65	0.041908195	0.566516546	4.2	2.379369493
A2	1,158.02	5	78.71	0.0911477542			
A3	973.72	5	82.61	0.0804390092			
A4	936.86	0	0	0			
A5	1,194.88	2	22.51	0.0268967488			
A6	1,010.58	3	35.68	0.0360574944			
A7	1,341.32	5	76.77	0.1029731364			
A8	1,231.74	2	8.79	0.0108269946			
A9	1,268.60	0	0	0			
A10	1,305.46	3	34.26	0.0447250596			
A11	1,048.41	4	70.94	0.0743742054			
A12	1,121.16	4	50.99	0.0571679484			

同様に、水中ドローンで撮影した画像をもとに、エリアBにおける藻場の被度を算定した(図3-3)。境界線内を観察した結果、場所によって被度階級が異なることが明らかとなった。ROVIによる目視確認と被度階級の評価に基づき、図3-3に示すとおりエリアを分割した(白破線が分割線を示す)。境界付近では、水中ドローンで植生を撮影・確認したところ、被度階級が変化している様子が確認された。被度算定の結果および各エリアの面積、被度階級、被度の詳細については、表3-4にまとめて示す。

また、天然カジメの藻場の広域調査の撮影の様子は下記より確認が可能である。  
[https://drive.google.com/file/d/17iDehrbEMclHaHLgXzr\\_EkHHEk6HESyE/view](https://drive.google.com/file/d/17iDehrbEMclHaHLgXzr_EkHHEk6HESyE/view)

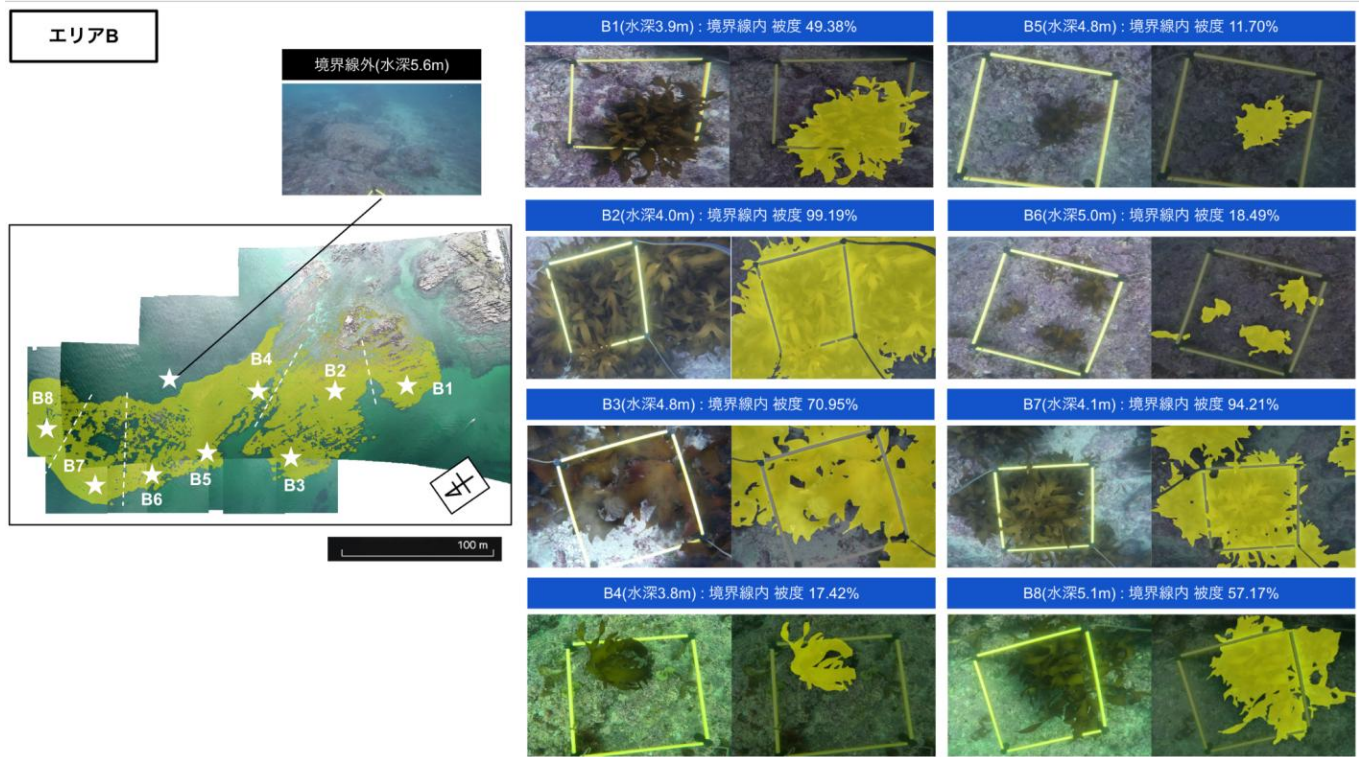


図3-3 エリアB：代表点の被度

表3-4 各エリアの被度・実勢面積

エリ ア	面積(㎡)	被度階 級	被度 (%)	平均被度(%)	藻場実勢面積 (ha)	藻場実勢 面積合計(ha)	吸収係数 (t-co <sub>2</sub> /ha)	co2吸収量 合計(t-co <sub>2</sub> )
B1	1,672.49	3	49.38	49.38	0.0825875562	0.9990714415	4.2	4.196100054
B2	6,741.14	5	99.19	85.07	0.5734687798			
B3			70.95					
B4	6,019.01	2	17.42	15.87	0.0955216887			
B5			11.7					
B6			18.49					
B7	1,406.96	5	94.21	94.21	0.1325497016			
B8	2,010.56	4	57.17	57.17	0.1149437152			

同様に、水中ドローンで撮影した画像をもとに、エリアCにおける藻場の被度を算定した(図3-5)。境界線内を観察した結果、場所によって被度階級が異なることが明らかとなった。ROVIによる目視確認と被度階級の評価に基づき、図3-8に示すとおりエリアを分割した(白破線が分割線を示す)。エリアCは被度階級が大きく異なり、明確な分割が難しかったため、水中ドローン映像から植生の変化が大きい境界を基準に分割線を設定し、C1～C6に区分した。各区画の分割線付近では、水中ドローンで植生を撮影・確認したところ、被度階級が変化している様子が確認された。被度算定の結果および各エリアの面積、被度階級、被度の詳細については、表3-6にまとめて示す。

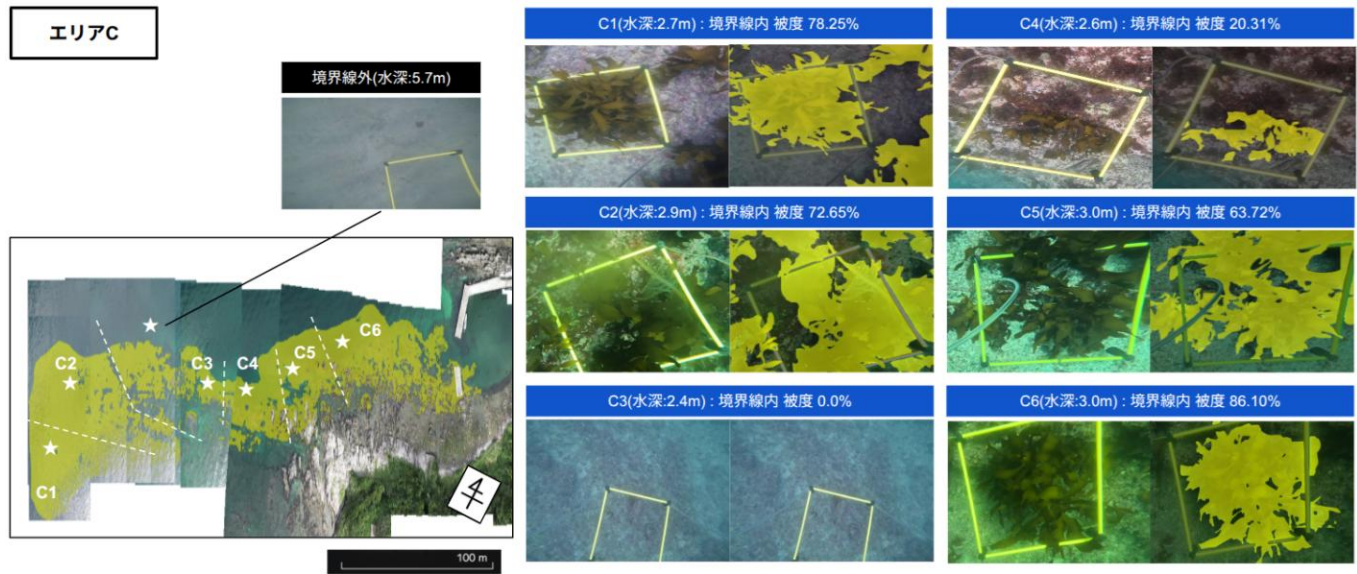


図3-5 エリアC：代表点の被度

表3-6 各エリアの被度・実勢面積

エリ ア	面積(㎡)	被度階 級	被度(%)	藻場実勢面積(ha)	藻場実勢 面積合計(ha)	吸収係数(t-co <sub>2</sub> /ha)	co2吸収量 合計(t-co <sub>2</sub> )
C1	2,242.27	5	78.25	0.1754576275	0.6820823045	4.2	2.864745679
C2	1,834.58	4	72.65	0.133282237			
C3	1,089.33	0	0	0			
C4	1,127.88	2	20.31	0.0229072428			
C5	1,173.91	4	63.72	0.0748015452			
C6	3,201.32	5	86.1	0.275633652			

## 4. CO2吸収量の算出

### 4.1 ベースライン

ベースラインの取り扱いは、プロジェクトを行っている区域(以下、活動区)とプロジェクトを行っていない区域(以下、対照区)に分けて評価した。対照区はプロジェクトを実施していないため、時間経過による自然な藻場変化を観察する役割を持つ。これにより、プロジェクトによる影響と自然変動を明確に区別することが可能となる。なお、本プロジェクトは継続プロジェクトであるため、前年度と同等のベースラインを設定する。

2013年より藻場保全に取り組んだが、磯焼けの進行を抑止できず、2020年時点で保全実施の有無にかかわらず、黒砂地区および暮浜地先の藻場は全て消失した。また、ツブ根エリアでは2015年の時点で大部分の藻場が磯焼けしており、北東部にわずかに藻場が残存していたものの、本申請対象エリアでは完全に消失した(図4-1)。そのため、本プロジェクトではツブ根では2015年時点、黒砂地区および暮浜地先では2020年時点の状況をベースラインとして設定する。

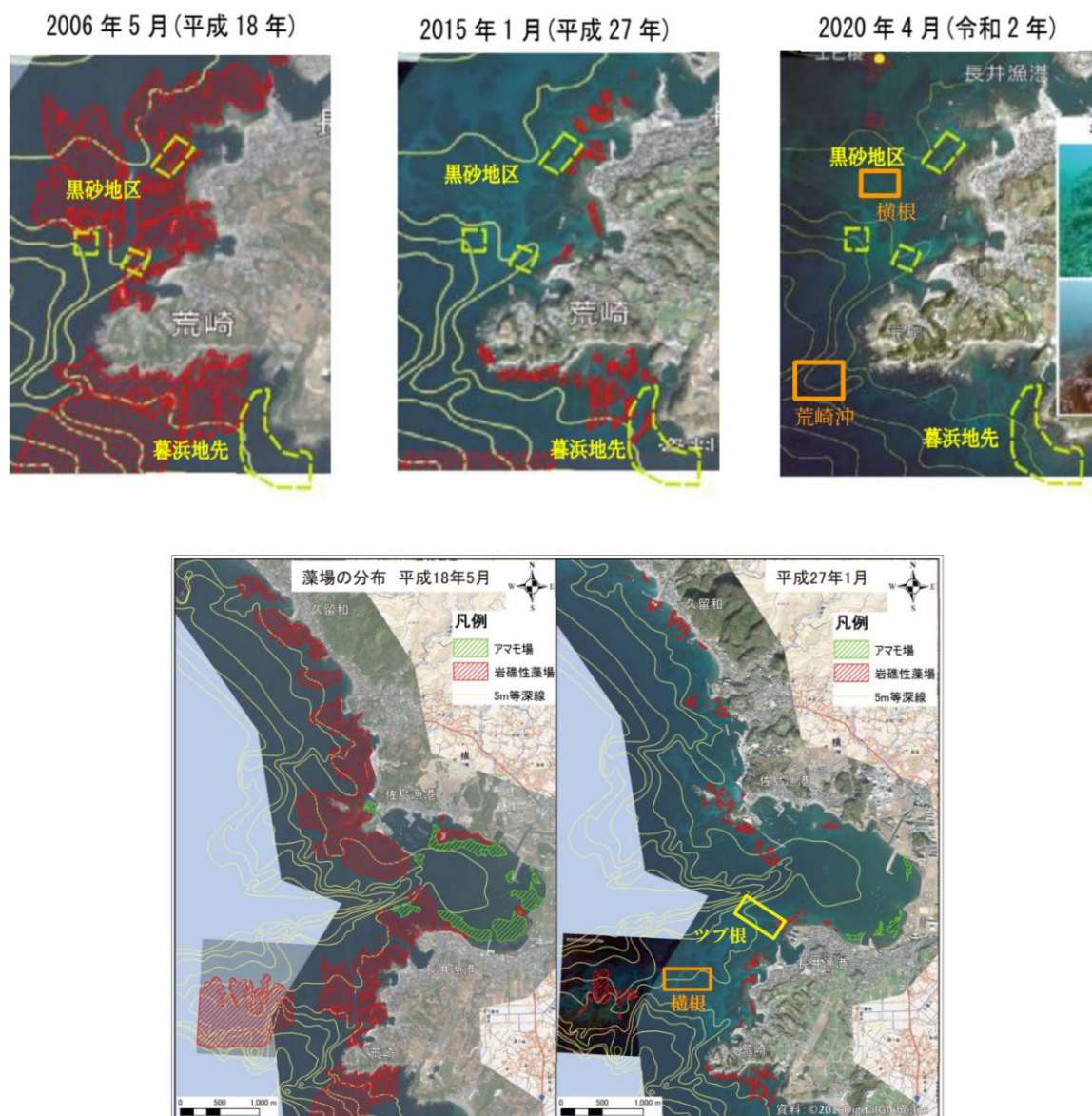


図4-1 藻場の変遷(上図:黒砂/暮浜、下図:ツブ根)

出典:(一財)横須賀西部水産振興事業団 HP 小田和湾の藻場環境より

#### 天然カジメ対照区 (横根エリア、荒崎沖エリア)

対照区は、図4-2に示すツブ根および黒砂に近い横根エリア、さらに暮浜に近い荒崎沖エリアとした。図4-1より、横根エリアおよび荒崎沖エリアでは、2020年度に藻場が完全に消失していることが確認される。また、2025年10月10日に撮影した画像においても、両エリアの岩場には天然カジメが見られず、磯焼け状態であることが明らかとなった。これらの結果から、対照区ではBefore-Afterの両時点で磯焼けが継続しており、自然変動による藻場の再生は認められないと判断できる。さらに、活動区においても図4-1の通り藻場の消失が確認された。以上を踏まえ、ベースライン値はゼロに設定する。



図4-2 保全活動時期後の対照区の様子

4.2 吸収係数

吸収係数は、J ブルークレジット認証申請の手引き\_Ver2.5「浅海域における年間二酸化炭素吸収量の全国推計」に記載されているカジメの吸収量(4.2 t-CO2/ha/年)を用いた。

4.3 船舶によるCO2排出量

調査時に用いた船舶は昨年度と同様であり、船外機船で、合計 3.0時間(天然カジメ計測:3.0時間)の稼働であったことから、船舶によるCO2 排出量は、以下の通りである。

船舶による CO2 排出量

=稼働時間 3.0(hour)×出力 11(kw)×燃料消費率 0.209×排出係数 2.32÷1000

=0.01600t-CO2/年

4.4 昨年度との比較

昨年度は、黒砂および暮浜において天然カジメの実勢面積を算定した。本年度の結果を昨年度と比較すると、黒砂ではおおむね同水準の実勢面積が維持されている一方で、暮浜では大幅な増加が確認された。暮浜で実勢面積が拡大した要因としては、平均被度の向上、空中ドローンによるより広範囲な面積推定の実施などが考えられる。昨年度は船による巡回観測により、限られた範囲でしか境界線の把握ができず、保全エリア全体を測定することができなかった。一方で本年度は、空中ドローンを活用して広域的な藻場の推定を行い、保全エリア全域を対象とした境界線の把握を実施した。また、昨年度は台風の影響等もあり被度階級の0~3であったのに対し、本年度は被度階級が2~5と、藻場の繁茂がより顕著に確認された。

エリア	藻場実勢面積(ha)	
	昨年度	今年度
黒砂(天然カジメ)	0.59296693	0.566516546
暮浜(天然カジメ)	0.0251536	0.6820823045

図4-3 昨年度との藻場実勢面積の比較

## 5. プロジェクトの活動実績について

### 5-1 昨年から本年度(2024年-2025年度)にかけた食害生物除去の活動実績

本調査における保全活動の実績は、表5-1および表5-3に整理した。実施した主な活動は、食害生物の除去、モニタリング、そして5.2節で詳述する藻体の種まきおよび漁礁ブロックによる食害防止対策である。各保全活動における停船位置はほぼ一定であり、同一の地点で作業を実施した。具体的な位置情報については、表5-1に示す2025年6月28日、7月8日、7月19日の観測点を、表5-2に対応付けて記載している。

また、4.1節で示した比較区域(同一水深帯で保全活動を実施していないエリア)では、食害生物による磯焼け現象が確認され、藻場の生息は認められなかった。一方、保全活動を実施したエリアA～Cでは、第3章で報告したとおり藻場の繁茂が確認されており、保全措置の効果が示唆される結果となった。

表5-1 活動実績(食害生物の除去・モニタリング)

日付	活動実績	活動場所
2024年6月4日	食害生物除去(ウニ類)4,500個	暮浜
2024年6月27日	食害生物除去(ウニ類)5,000個	暮浜
2024年7月4日	食害生物除去(ウニ類)4,500個	暮浜
2024年7月23日	母海藻のモニタリング	暮浜、黒砂
2024年7月25日	食害生物除去(ウニ類)5,500個	暮浜
2024年7月30日	食害生物除去(ウニ類)3,375個	黒砂
2024年8月6日	食害生物除去(ウニ類)3,750個	黒砂
2024年9月10日	食害生物除去(ウニ類)3,375個	黒砂
	母海藻のモニタリング	黒砂
2024年11月25日	母海藻のモニタリング	黒砂
2025年6月17日	食害生物除去(ウニ類)4,500個	黒砂
2025年6月24日	食害生物除去(ウニ類)4,125個	黒砂
2025年6月28日	食害生物除去(ウニ類)4,125個	黒砂
2025年7月5日	食害生物除去(ウニ類)3,375個	ツブ根
2025年7月8日	食害生物除去(ウニ類)3,750個	暮浜
2025年7月12日	食害生物除去(ウニ類)2,625個	暮浜
	モニタリング	黒砂
2025年7月19日	食害生物除去(ウニ類)4,125個	ツブ根

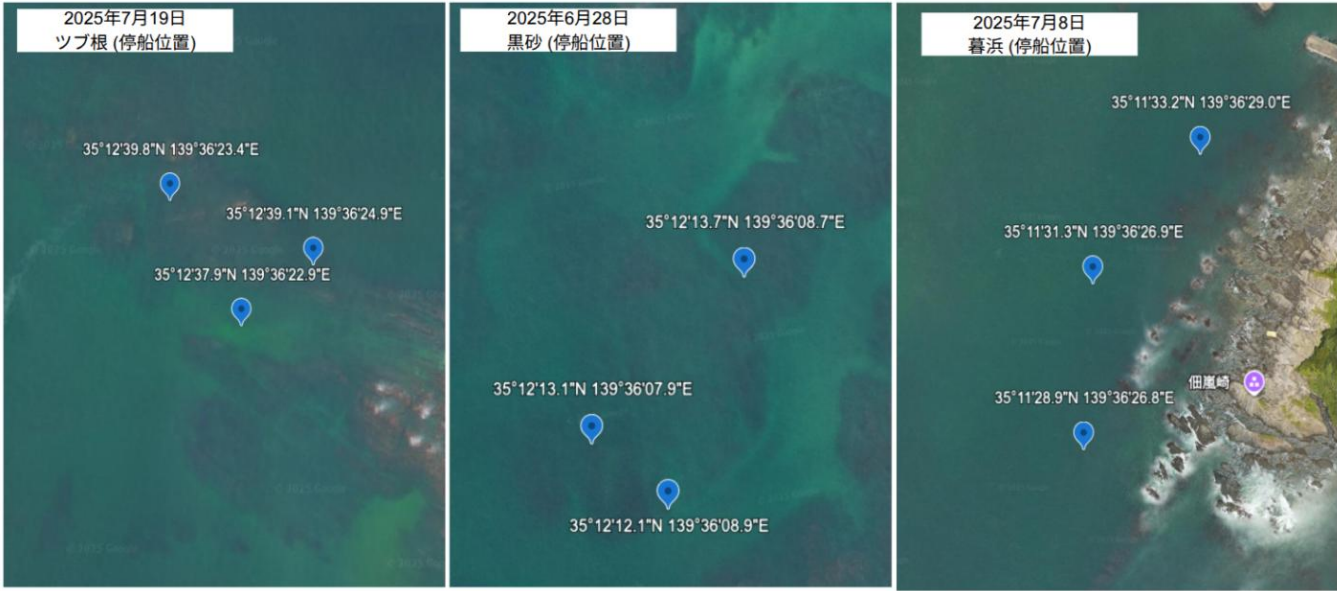


表5-2 食害生物除去の際の停船位置の例(2025年6月28日、7月8日、7月19日)  
※他の実施日においてもおよそ同じ場所にて食害生物除去を実施

表5-3 活動実績(藻場造成)

日付	活動実績	活動場所
2024年10月29日	セルロース溶液による藻体の種まき	黒砂
2025年3月11日	マイクロストーンを取り付けた藻場礁20基を設置 (1つの藻場礁につき6基のマイクロストーンが設置されているため、計120基のマイクロストーンが設置されている)	黒砂
	マイクロストーンの設定 35基	ツブ根

5-2 藻礁ブロック(ミニストーン等)の概要と実績について

令和 3~5年度は、ミニストーン(図5-5)による藻場造成の取組を実施している。この取り組みでは、食害防止籠の有り無しでの試験を行い、魚類等による食害を防除できることを確認した。令和6年度はマイクロストーン(図 5-6)による藻場造成の取組を実施した。過年度の取り組みから食害防止籠の有効性を確認したため、食害防止籠で覆ったマイクロストーンを黒砂で 120 基(マイクロストーン6基設置したアワビ礁を 20 個)、ツブ根で 35 基設置した(図 5-4)。

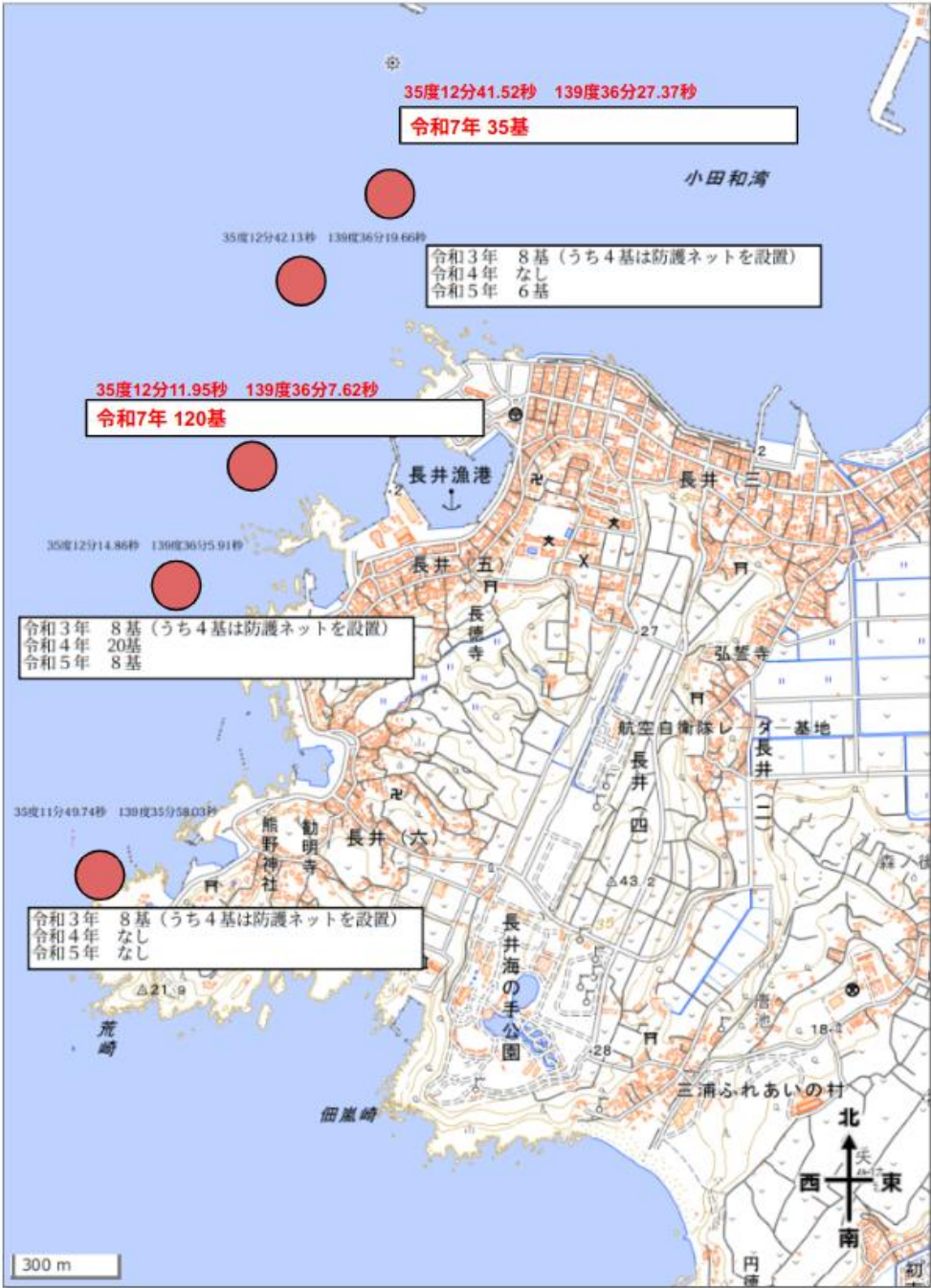
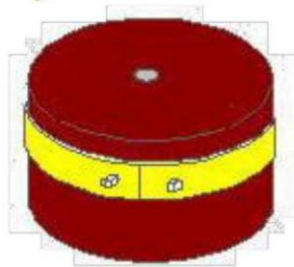


図5-4 藻礁ブロック(ミニストーン等)の設置位置



高：50mm、直径：200mm、重量：5 kg

図5-5 ミニストーン(昨年度同様)



図5-6 マイクロストーン設置の様子  
(提供：岡部株式会社)