

I. 洋野町における調査概要

吸収量把握のための対象生態系面積および吸収係数の算定を目的として、洋野町海域（直線距離で約 20 キロ）を対象に現地調査及び広域調査を実施した。

図 1：本文中で用いられるエリア名とそれが示す領域（丸印は現地調査を行った地点）

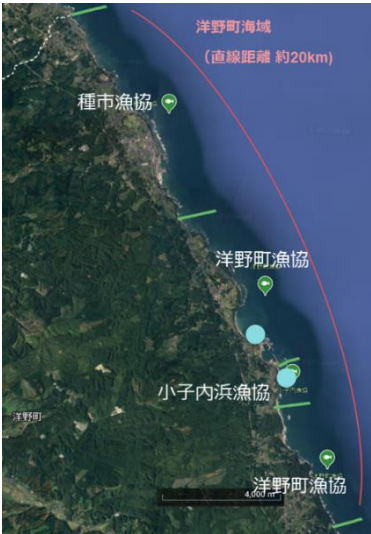
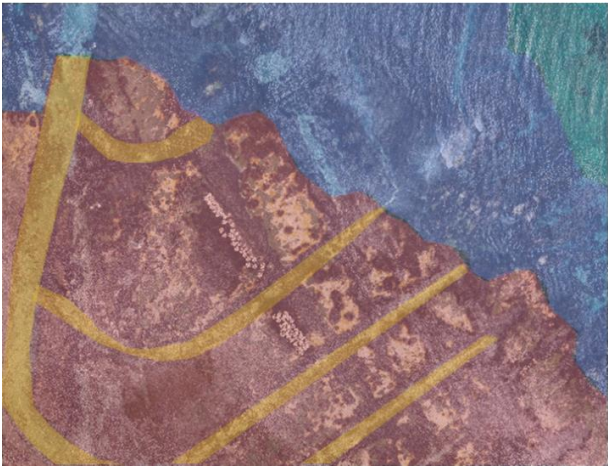
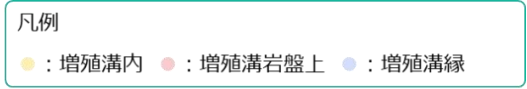


表 1：調査内容一覧

調査種類	調査名	対象項目	対象エリア
現地調査	潜水調査 （目視および刈り取り）	藻場有無、被度区分、植生、 湿重量測定	洋野町漁協、小子内浜漁協
現地調査	船上調査（水中カメラ撮影）	藻場有無、被度区分、植生	洋野町漁協
現地調査	増殖溝岩盤上調査 （目視および刈り取り）	藻場有無、被度区分、植生、 湿重量測定	洋野町漁協、小子内浜漁協
広域調査	ドローン空撮	藻場有無、大まかな植生	種市漁協、洋野町漁協、小子内浜漁協
広域調査	衛星画像撮影	藻場有無	種市漁協、洋野町漁協、小子内浜漁協

なお、本資料で「増殖溝」と呼ぶ場合、「増殖溝内」「増殖溝岩盤上」「増殖溝縁」の 3 つのエリアで構成される領域を指す。

図 2：「増殖溝内」「増殖溝岩盤上」「増殖溝縁」が指す領域例



現地調査としては、洋野町漁協エリアおよび小子内浜漁協エリアを対象に、潜水調査（目視および刈り取り）および増殖溝岩盤上調査（目視および刈り取り）を実施した。洋野町漁協エリアに関しては、左記に加えて船上調査（水中カメラ撮影）も実施した。なお、増殖溝岩盤上調査とは、干潮時の藻場が露呈したタイミングで増殖溝岩盤上を歩行し、目視で藻場の植生や分布を確認する調査を指す。

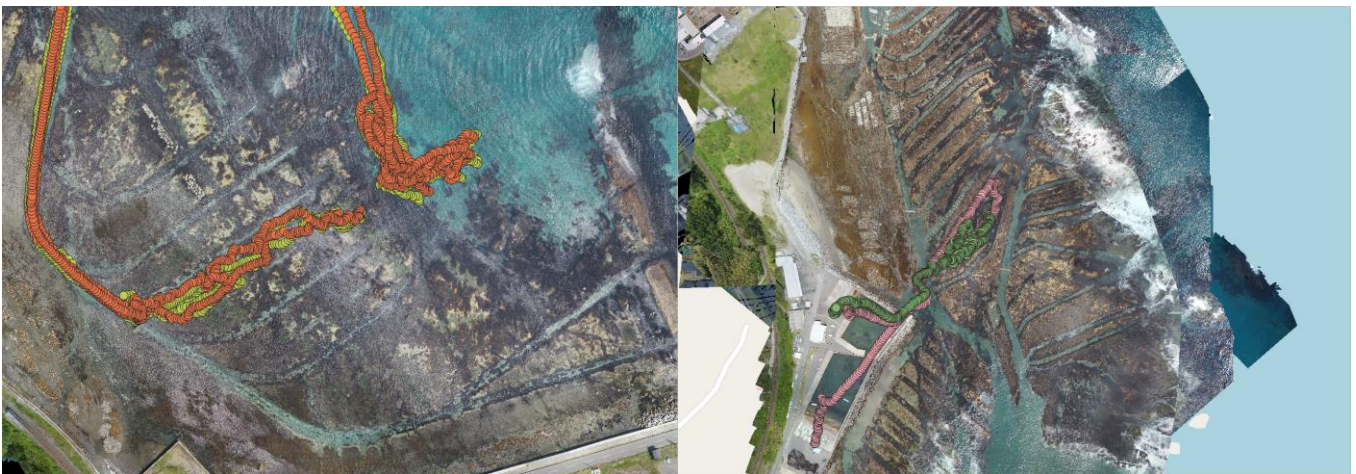
広域調査としては、洋野町沿岸全エリア（種市漁協エリア、洋野町漁協エリア、小子内浜漁協エリア）を対象として、ドローン空撮および衛星画像撮影を実施した。調査日は、潜水調査、増殖溝岩盤上調査、船上調査、およびドローン空撮については2022年6月16日～18日であり、衛星画像撮影については2022年6月21日である。同時期は洋野町におけるコンブ・ワカメの繁茂期であり、かつ干潮時に岩盤が露出する大潮と重なっていたため、調査時期として適切であると判断した。

II. 調査内容詳細

1. 現地調査

現地調査は、小子内浜漁協エリア（2022年6月16日）、洋野町漁協エリア（2022年6月18日）を対象として、潜水調査、船上調査（洋野町漁協エリアのみ）および増殖溝岩盤上調査を実施した。両エリアともに、干潮により岩盤が露出している、もしくはそれに近い時間帯を選んで調査を実施した。

図3：洋野町漁協エリア（左）、小子内浜漁協エリア（右）におけるドローン画像および現地調査（船上調査・増殖溝岩盤上調査）時のGPSログ



潜水調査および増殖溝岩盤上調査では「目視による藻場の記録」「動画撮影」「刈り取り調査」を実施した。また、船上調査では「動画撮影」を実施した。以下、それぞれの調査方法について追記する。

① 目視による藻場の記録

広域藻場モニタリングの手引きに準拠した調査票を作成し、藻場タイプ・主要な構成主・被度・底質を記録した。記録した内容は、ドローン画像で黒や緑に写っている領域に実際に生えている植生を確認する際に参照した。

② 動画撮影

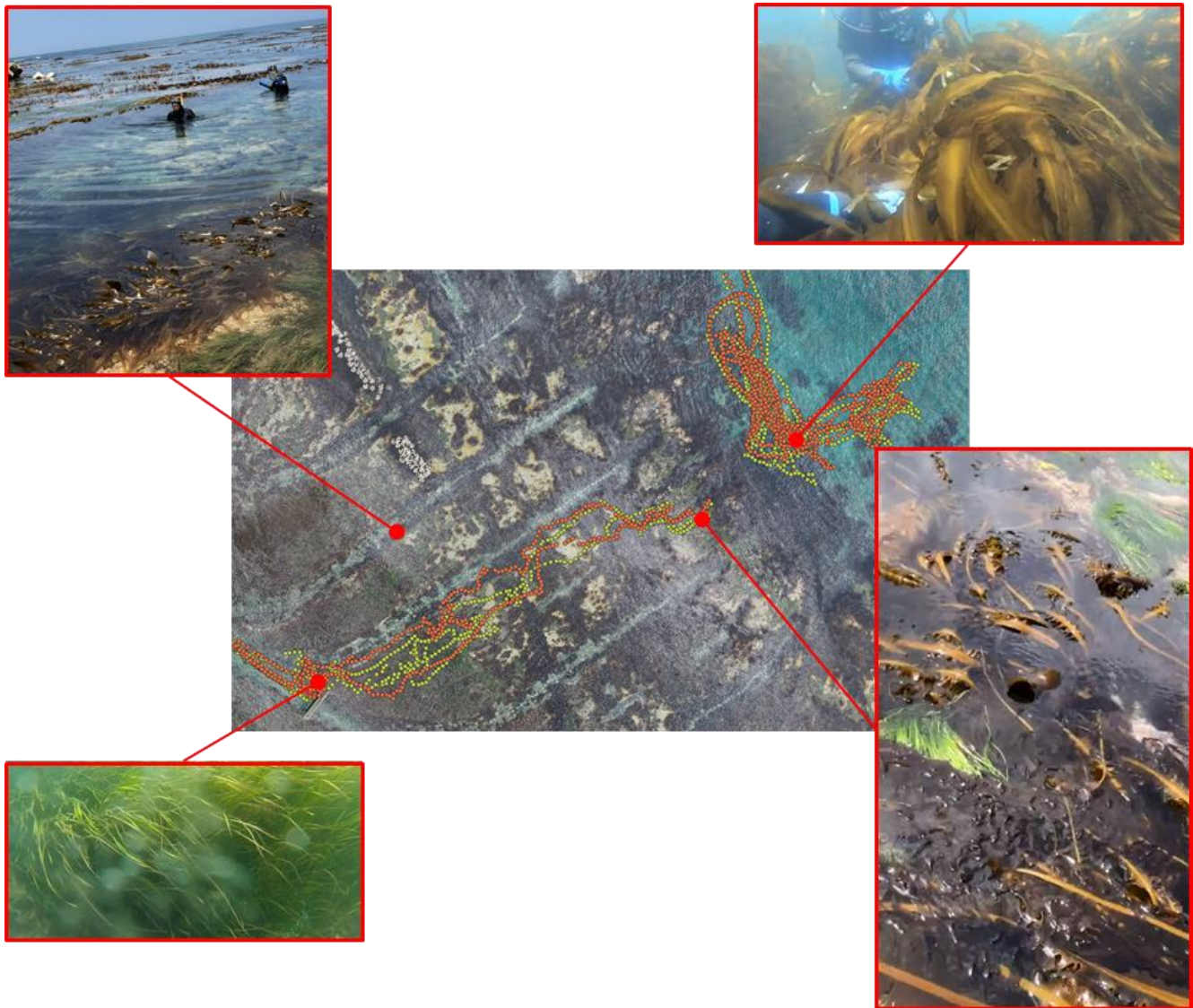
動画撮影は、増殖溝内、増殖溝岩盤上および増殖溝縁の水中について、GoProを用いて実施した。GoProは水中（増殖溝内および増殖溝縁）での調査を実施するダイバーが携帯したほか、増殖溝岩盤上および船上の調査員も携帯して使用した。

図 4：撮影された写真・動画キャプチャおよび増殖溝岩盤上調査時の動画撮影の様子



なお、撮影した動画は目視による藻場の記録と同様に、ドローン画像で黒や緑に写っている領域に実際に生えている植生を確認する際に参照した。

図 5：ドローン画像と現地調査で得られた写真・動画キャプチャの比較



2. 刈り取り調査

刈り取り調査は、増殖溝内、増殖溝岩盤上および増殖溝縁の水中について実施した。目視による藻場の記録を実施したポイントの一部に加えて、植生を網羅するよう調査点を選定した。

図 6：洋野町漁協エリア（上）および小子内浜漁協エリア（下）における調査点の位置情報（一部のみ）



調査点は合計で 17 点となった。刈り取り時には、調査点に置いた枠板の内側に生えている藻を全て刈り取った。

図 7：増殖溝岩盤上（左）および増殖溝縁の水中（右）における刈り取り調査の様子



その後、刈り取った藻の湿重量を計測した。

図 8：湿重量計測の様子



2. 広域調査

広域調査は、洋野町沿岸全エリア（種市漁協エリア、洋野町漁協エリア、小子内浜漁協エリア）を対象として、ドローン空撮および衛星画像撮影を実施した。同エリアは遠浅であり水深 10m 未満の領域が張り出している点が特徴であることから、ドローン画像による藻場調査が有効であると判断した（広域藻場モニタリングの手引き）。また、一部のドローン画像は干潮により岩盤が露出している時間帯に撮影されている。なお、藻場面積算定に際しては、ドローン画像・衛星画像ともにオルソ化処理を施しており、衛星画像に関してはパンシャープ処理による高解像度化を実施している。それぞれの画像の撮影範囲を図 9 に示す。また、それぞれの画像の特徴を表 2 に示す。ドローン空撮の様子は図 10 の通り。

図 9：衛星画像撮影範囲（左）、ドローン空撮範囲（右）



表 2：各画像の特徴

	ドローン画像	衛星画像
解像度	3.5cm	1.85m
バンド	RGB	RGB
撮影機体	AEROBO wing（エアロセンス社製）	WorldView-2
撮影日時	2022 年 6 月 16 日(木)～18 日(土)	2022 年 6 月 21 日(火)

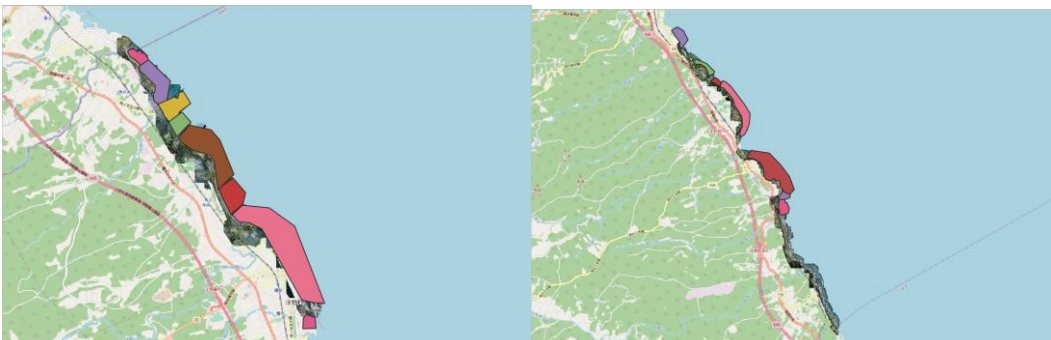
図 10：ドローン空撮の様子



III. 対象生態系面積の算定方法

対象生態系面積（＝藻場面積）の算定は、ドローン空撮で得られた空撮画像を基にした画像解析を補助的に活用しながら、目視確認により実施した。また、補助的に現地調査結果や衛星画像も使用した（詳細は後述）。画像解析では、各ピクセルの色情報や現地調査結果を基に、機械学習を用いてピクセル毎にラベル付けを実施した。なお、元の空撮画像には陸地や沖合の領域も含まれていたため、増殖溝及びその周辺に絞って藻場の算定を実施している。

図 11：洋野町北部（左）および南部（右）における藻場計測の対象領域



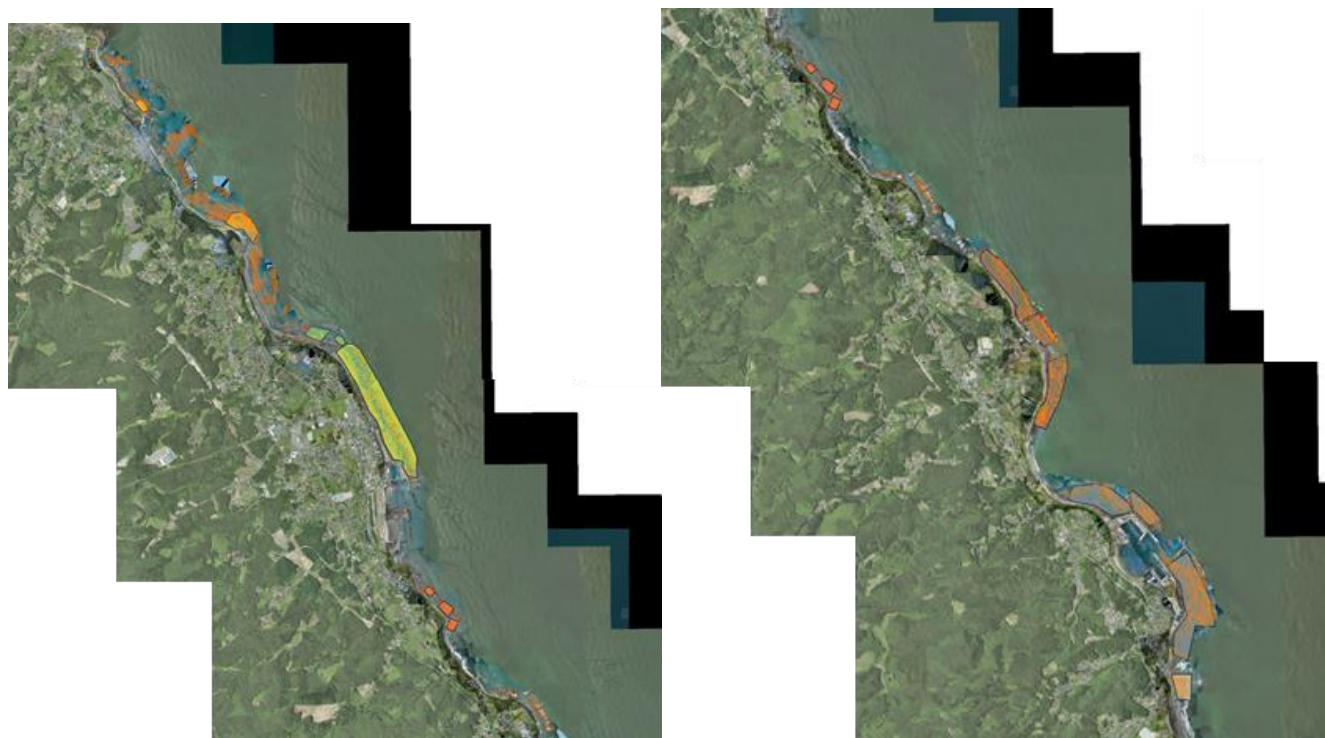
今回は、対象領域が広範囲に渡ることを背景として、エリアによってドローンの撮影条件（天候・時間）が異なっていたことから、画像を撮影条件が一樣とみなせるエリアに区切り、画像解析を実施して仮ラベルを作成した。また、白波や太陽光の照り返し等による誤判定を修正するため、最終的に人による目視確認・修正を実施した。その際、白波の映り込みが比較的少ない衛星画像を適宜参照した。最終的には、現地調査結果を適宜参照しながら、各ラベルと対応する植生を定め、表 3 の通り、植生ごとの藻場面積を算定した。なお、画像中の植生を 3 つのラベル（スガモ・アマモ、コンブ・ワカメ、その他）に分類する際に発生しうる誤差を考慮し、本手法で作成されたラベルを予測値、現地調査時の撮影画像から判定されるラベルを実測値とした際の精度評価を実施しており、高い確実性が示唆される結果を得ている。

増殖溝と、算定対象となった藻場の位置関係は図 12 の通り。

表 3：植生ごとの藻場面積

植生	合計 (ha)
スガモ・アマモ	8.58
コンブ・ワカメ	102.22
不明（クレジット申請からは除外）	0.29

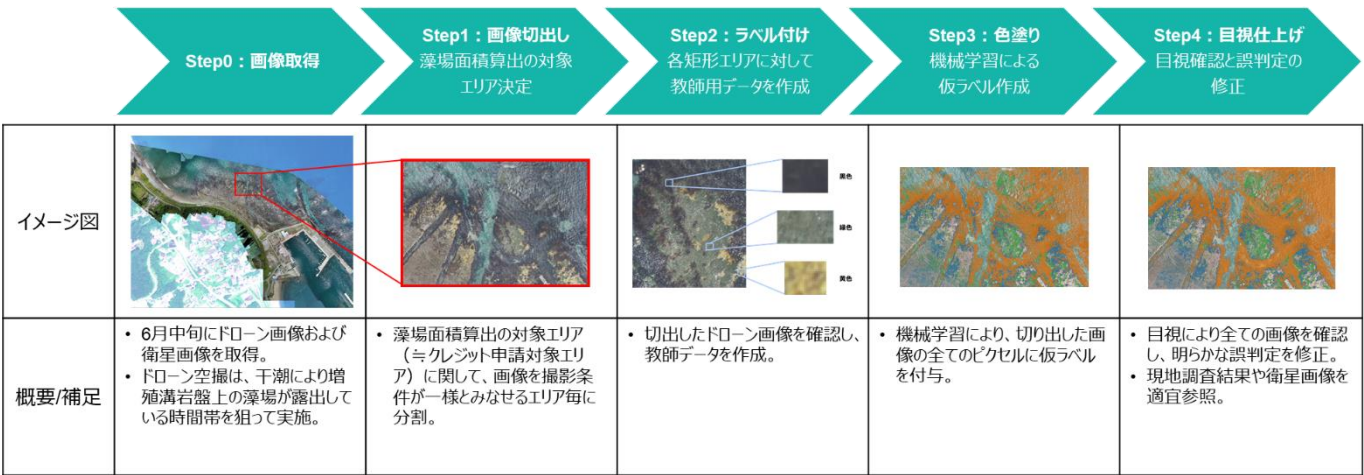
図 12： 増殖溝（枠囲み領域）と藻場と判断された領域（色付きドット）の配置



なお、増殖溝が途切れている一部の沿岸域においても、ワカメ・昆布藻場を回復させるため、秋の胞子が出る時期にコンクリートブロックや投石をする等、新基質を作る取り組みをしてきているエリアについては、本プロジェクトの対象としている。

図 13 は空撮画像を基にした画像解析による藻場分布の把握のフローである。なお、今回取得した空撮画像は分解能が 3.5cm であり、目視で被度を計測する際の枠版の大きさ（50-100cm）と比較して十分小さいと考えられるため、藻場のラベルを付したピクセル数を面積換算した値を実勢面積（被度を考慮した藻場面積）と解釈している。

図 13：藻場面積算定フローの全体像



IV. 吸収係数の算定方法

吸収係数の算定は、現地調査（潜水調査および増殖溝岩盤上調査）における刈り取り調査で得られた「単位面積当たりの湿重量」を基に実施した。吸収係数の算定式は以下の通り。なお、コンブ・ワカメについては、それぞれについて各種パラメータ（1-含水率、炭素含有率、P/B 比、残存率、生態系全体への変換係数）の値が得られたため、別々に吸収係数を算定した。また、ブルーカーボン量算定に当たっては、コンブの吸収係数とワカメの吸収係数の平均値を使用した。

$$\text{吸収係数} = \text{湿重量 (t/ha)} \times (1 - \text{含水率 (\%)}) \times P/B \text{ 比} \times \text{炭素含有率 (\%)} \times 44/12 \times (\text{残存率① (\%)} + \text{残存率② (\%)}) \times \text{生態系全体への変換係数}$$

湿重量については、各植生に該当する刈り取り調査結果の単純平均として、スガモ・アマモが 17.4t/ha、コンブが 156.2t/ha、ワカメが 277.8t/ha と算定された（表 4）。なお、刈り取り調査は、複数かつ増殖溝内・増殖溝岩盤上・増殖溝縁のそれぞれ典型的な地点を設定して実施しており、代表性・面的網羅性ともに担保されているものとする。

表 4：湿重量算定に用いた刈り取り調査結果

植生	調査エリア	湿重量 (t/ha)	湿重量の単純平均 (t/ha)	調査点数
スガモ・アマモ	洋野町（増殖溝岩盤上）	18.0	17.4	3
スガモ・アマモ	洋野町（増殖溝内）	18.0		
スガモ・アマモ	小子内浜（増殖溝岩盤上）	16.3		
コンブ	洋野町（増殖溝岩盤上）	320.0	156.2	5
コンブ	洋野町（増殖溝内）	172.0		
コンブ	小子内浜（増殖溝岩盤上）	155.4		
コンブ	小子内浜（増殖溝岩盤上）	88.8		
コンブ	小子内浜（増殖溝内）	44.6		
ワカメ	洋野町（増殖溝岩盤上）	392.0	278.8	5
ワカメ	洋野町（増殖溝縁）	268.0		
ワカメ	洋野町（増殖溝縁）	244.0		

ワカメ	洋野町（増殖溝縁）	334.0		
ワカメ	洋野町（増殖溝縁）	156.0		

また、各種パラメータ（1-含水率、炭素含有率、P/B 比、残存率、生態系全体への変換係数）は文献値を参考に表 5 の通り定めた。

表 5：植生ごとのパラメータ（含水率、炭素含量、生態系全体への変換係数、残存率）

植生	1-含水率 (%) *	炭素含有率 (%) *	P/B 比 ***	残存率① ****	残存率② ****	生態系全体への変換係数**
スガモ・アマモ	15.8	35	1.0	0.1620	0.0174	2.12
コンブ	20.0	30	1.9	0.0472	0.0312	1.50
ワカメ	20.0	30	1.3	0.0472	0.0459	1.50

*：ブルーカーボン 浅海における CO2 隔離・貯留とその利用

**：浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計

***：第 3 版 磯焼け対策ガイドライン【コラム 2-2-2】

****：J ブルークレジット®（試行）認証申請の手引き

上記を踏まえ、植生ごとの吸収係数を表 6 の通り算定した。なお、コンブの吸収係数とワカメの吸収係数の平均値は 9.40 と算定された。

表 6：植生ごとの吸収係数

植生	吸収係数 (t/年/ha)	参考：文献値(tCO2/年/ha)*
スガモ・アマモ	1.34	4.9
コンブ	7.7	10.3
ワカメ	11.1	

*：浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計

V. 吸収量の算定

2021 年度（2021 年 9 月 1 日～2022 年 8 月 31 日）の吸収量を、植生ごとに算定した藻場面積（表 3）および吸収係数（表 8）を基に、以下の通り算定した。尚、藻場面積の確実性評価は、Ⅲ章に記載の精度評価により、高い確実性が示唆されたため 95%とした。一方、吸収係数の確実性評価は、一部のパラメータについて実測値を使用していないことに対し 90%を適用した。

$$\text{吸収量} = \sum_{k=1}^{\text{植生分類数}=2} \text{藻場面積}_k \times \text{吸収係数}_k \approx 831.3 \text{ tCO}_2/\text{年}$$

	藻場面積	確実性評価	吸収係数	確実性評価	吸収量
アマモ・スガモ	(8.58 ha	× 95.0%)	× (1.34 t/ha	× 90%)	= 9.83 t/年
ワカメ・昆布	(102.22 ha	× 95.0%)	× (9.40 t/ha	× 90%)	= 821.54 t/年
合計					831.37 t/年

VI. 過年度における吸収量の算定

本申請では、申請対象期間を 2017 年度（2017 年 10 月 1 日～2018 年 9 月 30 日）から 2021 年度（2021 年 10 月 1 日～2022 年 9 月 30 日）の 5 か年としている。2017 年度～2020 年度の 4 か年分の藻場面積については、プロジェクト実施者からのヒアリング、インターネット上で一般に取得できる各年度の空撮画像を用いた繁茂状況の目視比較及びウニの身入り調査データの推移から、2021 年度と同量と算定した。一方、現地調査・計測を実施していないことに対し、藻場面積の確実性評価は 65%とした。また吸収係数の確実性評価については、湿重量を計測していないため、面積ベースの計算式に適用される吸収係数とみなし 90%を適用した。

$$\text{吸収量} = \sum_{k=1}^{\text{植生分類数}=2} \text{藻場面積}_k \times \text{吸収係数}_k \approx 568.8 \text{ tCO}_2$$

	藻場面積	確実性評価	吸収係数	確実性評価	吸収量
アマモ・スガモ	(8.58 ha ×	65.0%)	× (1.34 t/ha ×	90%)	= 6.72 t/年
ワカメ・昆布	(102.22 ha ×	65.0%)	× (9.40 t/ha ×	90%)	= 562.10 t/年
合計					568.82 t/年

図 14 では、三漁協における増殖溝内と増殖溝外の過去 5 年間のウニ身入り調査データの推移を示している。歩留まり率は殻付きウニの重量に対する剥き身ウニ（生殖腺）重量の割合を示しており、一般的には 17-18%を超えていると身入りが良いとされる。年によって多少のばらつきはあるものの、増殖溝内の歩留まり率は三漁協いずれも 20-22%を示しており、過去 5 年間全ての年で増殖溝内に潤沢な海藻が繁茂していたことが確認できる。また、どの調査エリアにおいても、増殖溝内の歩留まり率は常に増殖溝外を上回っており、これは増殖溝の効果により、増殖溝外に比して増殖溝内の海藻がより潤沢に繁茂していることを示している。

図 14：増殖溝内と増殖溝外のウニ身入り調査データ推移

