

#### 4. ベースラインの考え方と二酸化炭素吸収量

##### (1) ベースラインの考え方

Jブルークレジット®認証申請の手引き ― ブルーカーボンを活用した気候変動対策 ― Ver. 2.4 (令和 6 年 3 月) (以下, 「手引き」) には, ベースラインについて, 「自主的な活動の結果、吸収量が増加したことが, プロジェクトの実施前後の比較 (Before-After), かつプロジェクト実施場所と実施していない場所との比較 (Control-Impact) の両側面から示されること」を求めている。

本申請で「プロジェクト実施場所と実施していない場所との比較」は, アマモ場が形成された瀬辺地地先の桁曳操業禁漁区をプロジェクト実施場所に, その直近にある桁曳操業区をプロジェクトを実施していない場所とし, 各々でアマモ群落の生育状況を調査し比較した。

「プロジェクトの実施前後の比較」については, 青森県が2009年9月17日に青森県が藻場・水産資源マップ作成事業として行った潜水調査のうち, 瀬辺地地先の水深2-5mの調査結果をプロジェクト実施前, 本認証申請のために2024年8月20から9月2日に行ったアマモ場とその直近の桁曳操業区での調査をプロジェクト実施後として, 各々でのアマモ生育状況を比較した。

##### (2) プロジェクトを実施していない場所 (桁曳操業区) でのアマモ群落の状況

砂泥が卓越する陸奥湾ではアマモ群落がナマコの住み場となっているため, ナマコが高密度に生息するアマモ場でナマコの桁曳漁業が行われることが多く, 操業を通じてアマモ群落が破壊されることがある (図1)。蓬田村漁業協同組合では, ナマコ資源を保護しアマモ場を保全するため, 水深7m以浅の海域で小型汽船底曳網 (桁曳) 漁業を禁漁としている。この沿岸では, 桁曳禁漁区にアマモ類の濃密な群落が見られる反面, 桁曳が操業される漁場 (桁曳操業区) では一般に疎生している。そのような禁漁区に形成された濃密なアマモ群落は, 漁業者が桁曳操業を行わず, 漁場保全によって形成されたと考えられた。



図1 陸奥湾のナマコ桁曳操業風景. アマモ場を桁曳するため多量のアマモ草体が混獲される. A, 桁曳漁具の引き上げ; B, C, 漁具からのアマモの取り出し; D, E, アマモとナマコの選別; F, 漁獲したナマコの洗浄.

そこで、瀬辺地地先の禁漁区に形成されたアマモ場をプロジェクト実施場所とし、これに対して、アマモ場の直近にあって桁曳が操業される漁場（桁曳操業区）をプロジェクトを実施していない場所と規定，ここにベースラインを設定し，アマモ群落の状況を調査した（図2）。

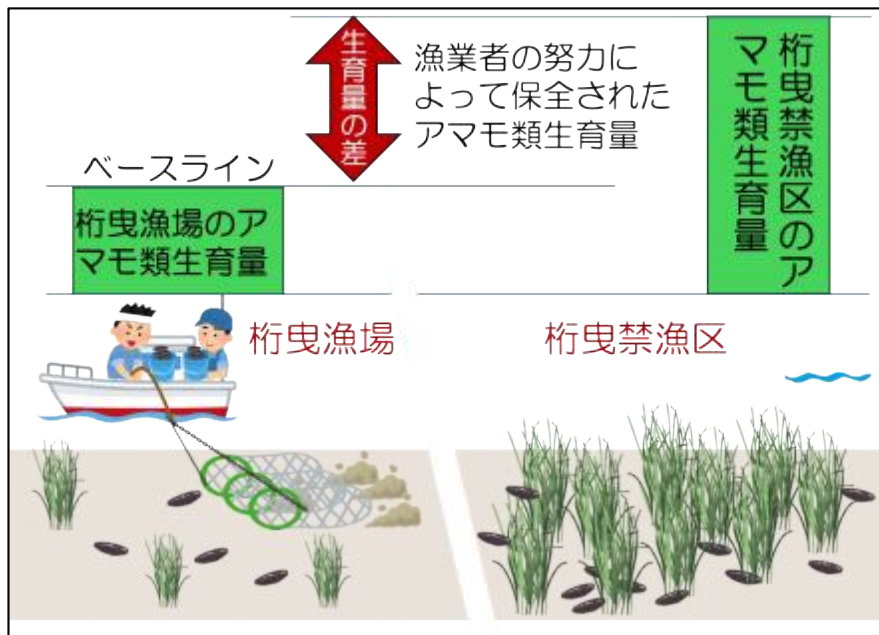


図2 ベースラインの考え方の模式図.

### ① 調査方法

2025年7月3日に，図3に示した蓬田村瀬辺地地先から玉松地先にかけて沖で桁曳が操業される水深7 m帯の沖に位置する3地点（図3，St. 4-6）に潜水し，2 m四方のコドラートを用いてアマモ群落が海底を覆う範囲をスケッチするとともにコドラート中の草体の地上部，地下部の全て採取した（図4）。海水を用いて草体をよく洗浄後，地上部と地下部に切り分け，各々の湿重量及び105℃下で48時間送風乾燥後の重量を求めた。

スケッチの画像解析から各コドラート内のアマモ群落が海底を覆う面積を算出し，コドラートの面積(4 m<sup>2</sup>)に対するそれら面積の割合からアマモ群落の被度を求めた。



図3 ベースラインの調査場所とした蓬田村地先(A)及び調査地点の位置(B). 線で囲まれた範囲は，調査場所に認められたアマモ場の範囲.

## ② 調査結果

各調査地点の水深と位置を表1に示した。水深は7.3 m - 7.6 mの範囲にあった。いずれの地点ともに、ナマコ桁曳が行われる漁場に位置した。

表1 各調査地点の水深と位置.

St.	水深(m)	位置
4	7.3	41° 00.3657N 140° 39.4861E
5	7.6	41° 00.1557N 140° 39.5254E
6	7.5	41° 00.0047N 140° 39.5223E

### i 被度

コドラートの外観を図5に、アマモ群落が生息する範囲、群落の面積を図6に示した。

各地点のコドラートには、6-10株のスゲアマモが観察された。他の海藻草種やウニ類、ナマコ類は認められなかった。

スゲアマモ群落の生育面積は、各地点で0.225 m<sup>2</sup> - 0.416 m<sup>2</sup>の範囲にあって平均0.296 m<sup>2</sup>であった。各地点における群落の被度は、それら生育面積がコドラートの全面積(4m<sup>2</sup>)に占める割合から、5.62% - 10.40%の範囲にあって平均7.40%と求められた(表2)。

表2 各地点のコドラート内のアマモ生育面積と被度.

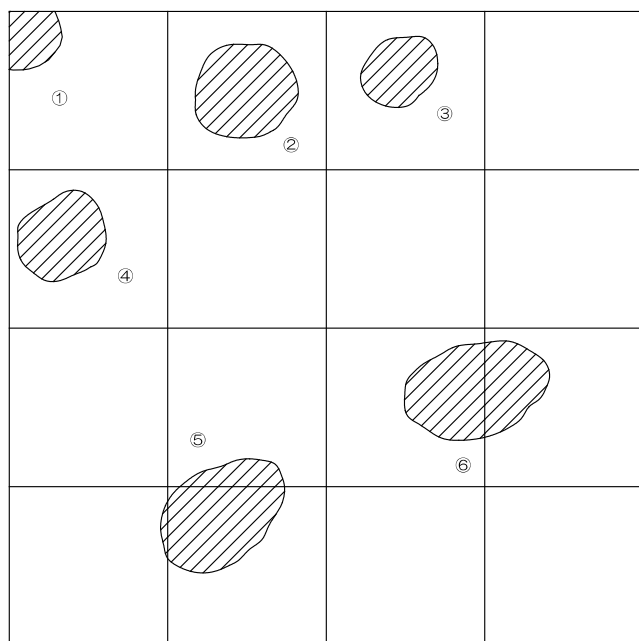
St	群落面積(m <sup>2</sup> )	被度
4	0.416	10.40%
5	0.248	6.20%
6	0.225	5.62%
平均	0.296	7.40%



図4 コドラート観察風景.

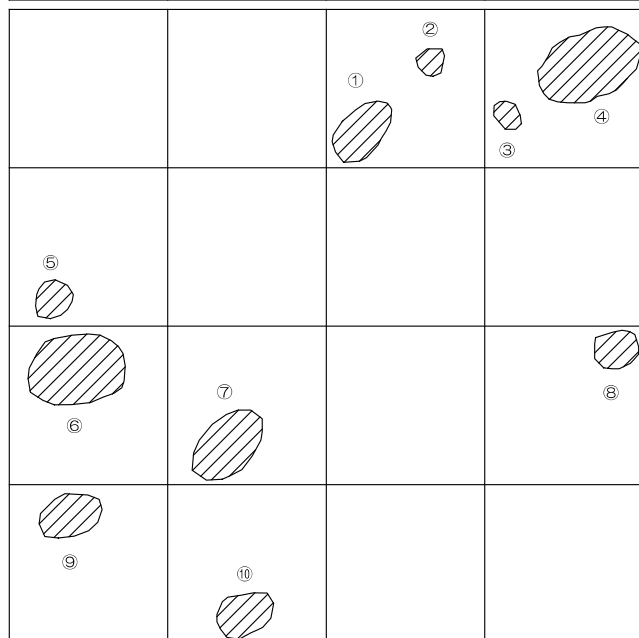


図5 各調査地点に設置した2m四方のコドラートの外観.



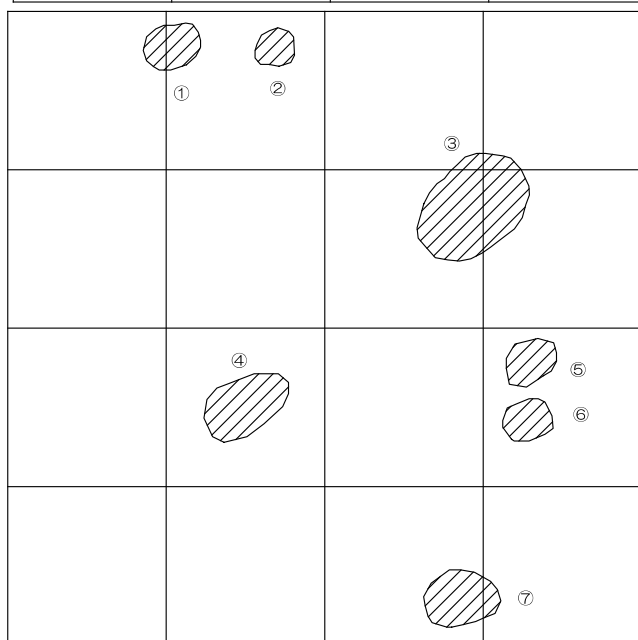
St.4

①	0.027
②	0.078
③	0.042
④	0.060
⑤	0.102
⑥	0.107
合計	0.416



St.5

①	0.024
②	0.006
③	0.006
④	0.056
⑤	0.011
⑥	0.056
⑦	0.034
⑧	0.014
⑨	0.021
⑩	0.020
合計	0.248



St.6

①	0.021
②	0.012
③	0.085
④	0.040
⑤	0.018
⑥	0.016
⑦	0.033
合計	0.225

図6 アマモ群落が各地点のコドラートの海底を覆った範囲(着色部分). 図脇の数値は海底の裸地面の広さ(m<sup>2</sup>)を表す.

## ii 生物量

各調査地点から採取されたスゲアマモの外観を図7に示した。

2m四方(4m<sup>2</sup>)のコドラートから採取されたスゲアマモの湿重量は、地上部が317.5 g - 883.0 g, 地下部が181.5 g - 440.0 gの範囲にあって平均が各々575.8 g, 273.7 gであった。また、乾燥重量では、地上部が49.1 g - 236.3 g, 地下部が13.6 g - 44.2 gの範囲にあって平均が各々118.2 g, 26.0 gであった。湿重量に対する乾燥重量の割合から求めた含水率は、地上部, 地下部で各々平均81.54%, 90.70%, 両部位の単純平均が86.12%であった(表3)。

湿重量と乾燥重量をそれぞれ4で除することで生育密度(1平方メートルあたりのスゲアマモの生物量)を求めた。この結果、地上部及び地下部の生育密度は、湿重量で各々79.4 g/m<sup>2</sup> - 220.8 g/m<sup>2</sup>, 45.4 g/m<sup>2</sup> - 110.0 g/m<sup>2</sup>の範囲にあって平均が各々143.9 g/m<sup>2</sup>, 68.4 g/m<sup>2</sup>であった。また、乾燥重量では、各々12.3 g/m<sup>2</sup> - 59.1 g/m<sup>2</sup>, 3.4 g/m<sup>2</sup> - 11.1 g/m<sup>2</sup>の範囲にあって平均が各々29.6 g/m<sup>2</sup>, 6.5 g/m<sup>2</sup>であった。

地上部と地下部を合わせた3調査地点の平均生育密度は、湿重量で124.7 g/m<sup>2</sup> - 330.8 g/m<sup>2</sup>の範囲にあって平均値が212.3 g/m<sup>2</sup>, 乾燥重量15.7 g/m<sup>2</sup> - 70.1 g/m<sup>2</sup>の範囲にあって平均値が36.0 g/m<sup>2</sup>であった。

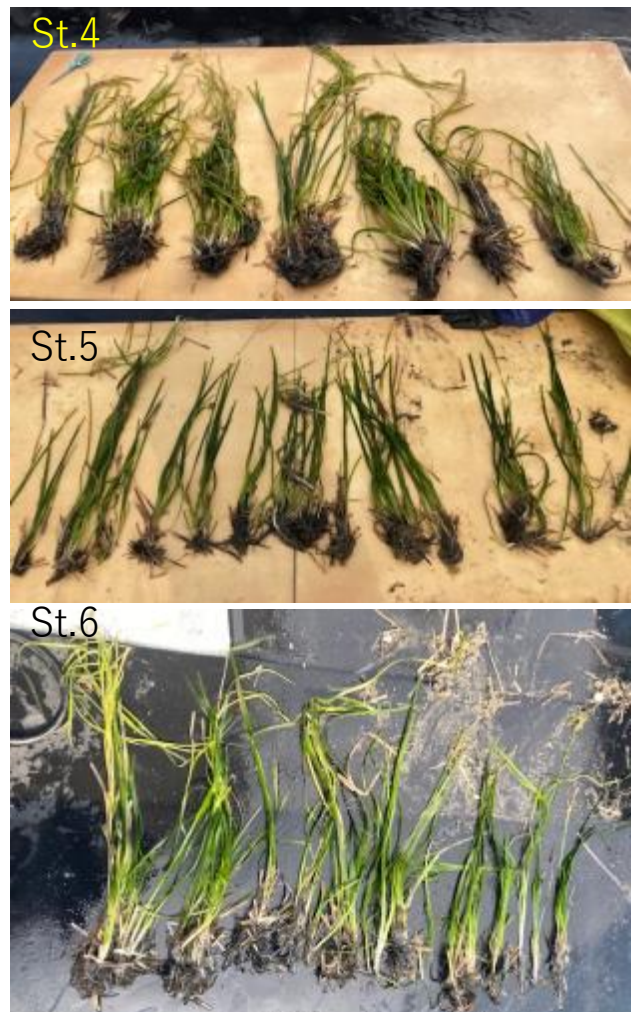


図7 各調査地点から採譜された草体の外観.

表3 各調査地点から採取されたスゲアマモの生物量と生育密度.

St	水深 (m)	4㎡から採取された生物量				含水率(%)			1㎡あたりの生物量					
		湿重量(g)		乾燥重量(g)					湿重量(g/m2)			乾燥重量(g/m2)		
		地上部	地下部	地上部	地下部	地上部	地下部	平均	地上部	地下部	計	地上部	地下部	計
4	7.3	883.0	440.0	236.3	44.2	73.24%	89.95%	81.59%	220.8	110.0	330.8	59.1	11.1	70.1
5	7.6	526.9	199.7	69.3	20.2	86.85%	89.88%	88.36%	131.7	49.9	181.6	17.3	5.1	22.4
6	7.5	317.5	181.5	49.1	13.6	84.54%	92.51%	88.52%	79.4	45.4	124.7	12.3	3.4	15.7
	平均	575.8	273.7	118.2	26.0	81.54%	90.70%	86.12%	143.9	68.4	212.3	29.6	6.5	36.0

## iii ベースラインとする桁曳操業区でのスゲアマモ生育密度

以上の結果から、ベースラインのアマモ場の生育密度は、表3に示したスゲアマモの地上部と地下部の乾燥重量の平均値である36.0 g/m<sup>2</sup>を用いることとした。

### (3) プロジェクトの実施前のアマモ場と桁曳操業区の状況

#### ① 禁漁区の設定

蓬田村沿岸では、2004年の中国向けナマコ輸出の自由化に伴い魚価が1000円/kgを超え高騰するようになり、稚ナマコが生息する浅所のアマモ場においてもナマコ桁曳が操業されるようになった。このため、アマモ場の保全及び稚ナマコ資源の保護を目的に、平成18年12月6日付け蓬漁発第157号で水深6mラインにブイを設置すること、それ以浅を禁漁とすることを組合員に通知した。こののち、組合の漁場管理委員会による水深6mラインへのブイ設置とそれ以浅での桁曳操業禁漁が続けられてきた。

なお、令和5年2月21日に蓬田村漁業協同組合漁場管理委員会が開催され水深7mライン(図8)でのブイ入れが行われており、禁漁区を拡大している。

#### ② プロジェクト実施前後のアマモ群落の比較

2006年の禁漁時のアマモ場やその周辺の海底写真や調査記録は見当たらない。一方、禁漁区設定から2年9か月後の2009年9月17日に青森県が藻場・水産資源マップ作成事業として底生生物の現存量調査を行っている。当該調査は、本承認申請のために2025年7月に行った調査場所での潜水調査とは16年間の隔たりがあり、この間、蓬田村漁業協同組合が水深6m(後に7m)以浅の桁曳操業禁漁を続けてきた。

そこで、プロジェクト実施後のアマモ群落の状況を把握するため、2009年と2025年に調査場所で行われた二つの潜水調査結果の比較を試みた。



図8 調査場所の水深7mの等深線.

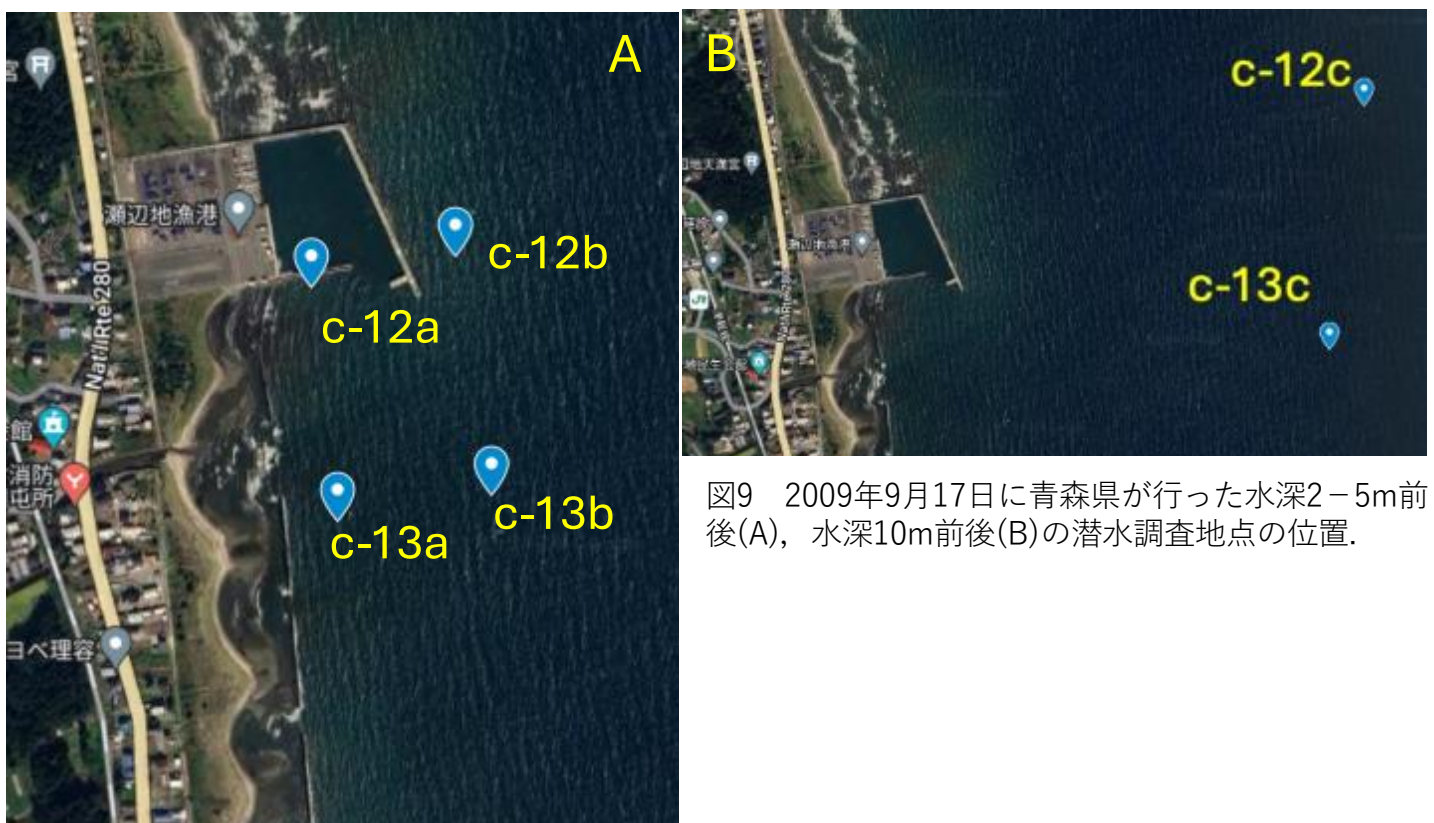


図9 2009年9月17日に青森県が行った水深2-5m前後(A)、水深10m前後(B)の潜水調査地点の位置.

i 2009年の調査場所のアマモ場の状況

2009年9月17日に図9, Aに示した瀬辺地地先の水深2-10mにある計6地点に潜水し、海底の状況を写真撮影するとともに、生育するアマモ類の地上部を50cm四方の枠を用いて採取し湿重量を測定している（表4）。これら調査のうち、水深5m以浅にあるc-12a及びb, c-13a及びbの計4地点は桁曳禁漁区に、水深10m前後にあるc-12c, c-13cの2地点は桁曳操業区にあたる。

調査の結果、桁曳禁漁区の調査地点のうちc-13b地点（水深5.0m）に現存量(湿重量)が1.4 g/m<sup>2</sup>のアマモの小群落が認められた(表4, 図10)。これに対して、桁曳操業区にあたる水深10m前後では(図9, B), いずれの調査地点にもアマモ群落は観察されなかった(表4, 図10)。

表4 2009年9月17日瀬辺地地先の潜水調査地点の位置とアマモ群落の地上部の現存量(湿重量, g/m<sup>2</sup>) .

調査場所	調査地点	水深 (m)	現存量 (g/m <sup>2</sup> )	緯度及び経度
桁曳禁漁区	c-12a	2.4	0	41° 00.049N 140° 39.216'E
	c-12b	4.8	0	41° 00.059N 140° 39.356'E
	c-13a	2.6	0	41° 00.339N 140° 39.196'E
	c-13b	5	1.4	41° 00.355N 140° 39.317'E
	平均		0.35	
桁曳操業区	c-12c	10	0	41° 00.139N 140° 39.796'E
	c-13c	10.1	0	41° 00.409N 140° 39.7776'E
	平均		0.00	

ii 2009年調査と2025年調査の比較

本認証申請のために2025年7月1日にアマモ群落の生育密度調査（添付ファイル2）と青森県が2009年に桁曳禁漁区で行った調査の結果を表5に比較した。

この結果、アマモ場の地上部の1平方メートルあたりの生物量（湿重量）は、桁曳禁漁から2年9か月後に行われた水深2.2 m-5.0 mにある計4地点(c-12a, c-12b, c-13a, c-13b)では平均0.35 g/m<sup>2</sup>であったのに対し、2025年7月に行われたアマモ場での調査では1458.3 g/m<sup>2</sup>であり、この約16年間で著しく増加した。一方、アマモ場の沖側の直近にあって桁曳操業が行われる地点では、2009年の2地点(c-12c, c-13c)にはアマモ群落が認めらず（表5, 図10），2025年の調査ではスゲアマモが採取されたもののその生物量が143.9 g/m<sup>2</sup>と低い値に留まった（表3, 図5）。

以上の結果から、現在、調査場所に認められた濃密なアマモ群落は、禁漁を継続中の最近の十数年間に禁漁区で形成されたものと考えられた。

表5 2009年、2025年に調査場所のアマモ場と桁曳操業区で行われたアマモ群落の1平方メートルあたりの地上部の生物量（地上部の湿重量, g/m<sup>2</sup>）の比較.

区分		2009年調査(Before)		2025年調査(After)		2024年に対する2009年の生育密度の比の値 a/b
		水深	生育密度 a (湿重量g/m <sup>2</sup> )	水深	生育密度 b (湿重量g/m <sup>2</sup> )	
桁曳禁漁区	アマモ場, Impact	2.2-5.0 m	0.35*	2.9-3.7 m	1458.3**	0.024%
桁曳操業区	対照区, Contorol	10.0-10.2 m	0	7.3-7.6 m	143.9***	0%

\*表4 桁曳禁漁区のアマモ群落地上部の平均現存量を引用, \*\*添付ファイル2, 表3の1m<sup>2</sup>あたり地上部の湿重量を引用, \*\*\*表3の1m<sup>2</sup>あたり地上部の湿重量を引用

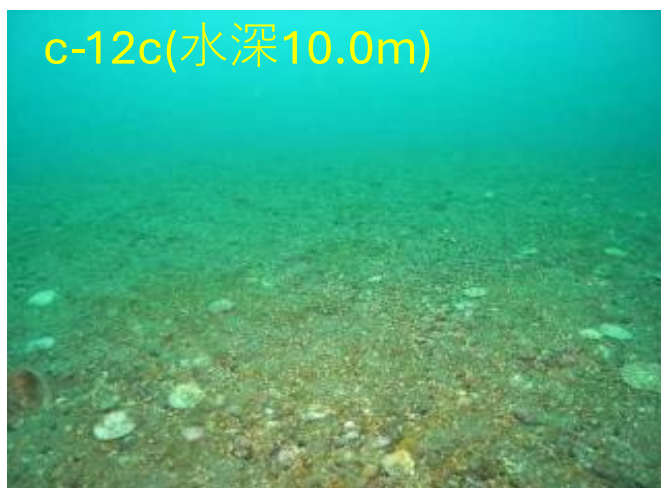
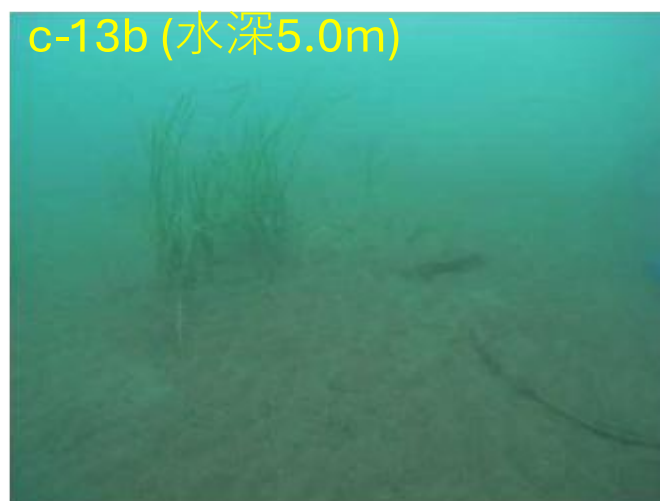
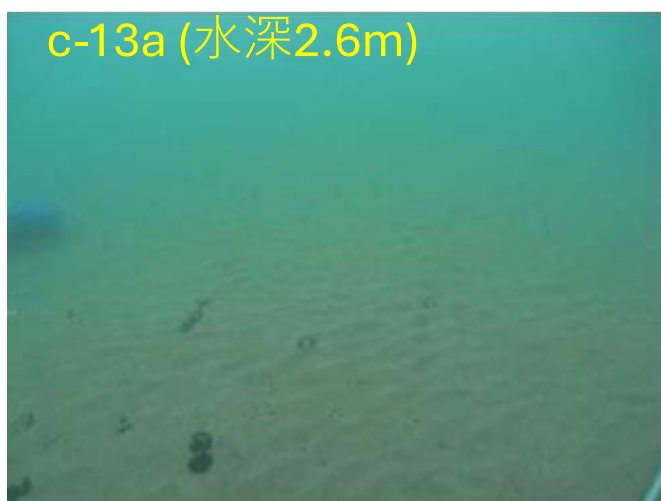
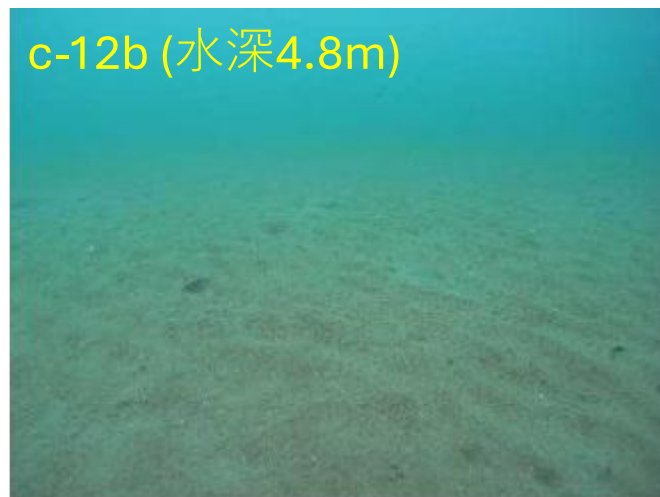


図10 2009年9月17日に瀬辺地地先の水深2-10m前後で撮影された海底の状況.

#### (4) ベースラインの二酸化炭素吸収量の計算

##### ①方法

アマモ場の沖側にあたる桁曳操業漁場に設定した3調査地点（図3）から採取されたスゲアマモについて地上部にあたる葉，地下部に当たる地下茎と根を乾燥後，各部位から3箇所ずつ約15mgの組織を摘出し，元素分析装置（Sumigraph NC-22F）を用い，乾式焼却法によって炭素濃度を測定した。

地上部と地下部の試料の平均炭素濃度とアマモ場におけるアマモの総生物量との積から，アマモ場に吸収されている炭素吸収量を求めた。さらに，それら値に44/12を乗することで二酸化炭素吸収量の値を求めた。

##### ② 炭素濃度の測定結果

桁曳操業漁場から採取された草体の各部位の炭素濃度は，表6に示したとおり，地上部（葉）が32.44%-33.88%の範囲にあって平均値が33.23%であった。また，地下部は30.25% - 33.80%の範囲にあって平均が31.90%であった。

全測定試料から求めた草体の平均炭素濃度は，32.56%と計算された。

表6 桁曳漁場に設定した調査地点から採取されたスゲアマモの各部位の炭素濃度。括弧内の数値は標準偏差を表す。

St.	地上部(葉)		地下部(地下茎，根)		平均濃度(%)
	試料量(mg)	炭素濃度 (%)	試料量(mg)	炭素濃度 (%)	
4	15.06	33.88	15.10	31.90	32.85
	14.95	33.73	14.90	31.55	
	15.03	33.71	15.09	32.35	
5	14.98	32.45	15.01	33.80	32.89
	14.97	32.44	14.91	33.01	
	14.91	32.69	15.05	32.93	
6	14.97	33.18	14.90	30.25	31.94
	15.00	33.53	15.01	30.26	
	15.07	33.45	15.04	31.00	
平均濃度(%)		33.23 (0.57)		31.90 (1.25)	32.56 (1.16)

#### (4) ベースラインの二酸化炭素吸収量

##### ① 2009年の桁曳禁漁区におけるアマモ生育密度（乾燥重量）の推定

調査場所では継続的な潜水調査や海底の観察が行われていないため、2009年から2025年にかけてのアマモ場の形成過程が不明である。しかし、両時期の桁曳禁漁区（アマモ場）とその沖側直近にある桁曳操業区（対照区）でのアマモ群落の現存量や海底写真の比較からは、蓬田村漁業協同組合が自主的に取り組んだ桁曳の禁漁活動がアマモ場形成に寄与したと判断された。

一方、2009年には桁曳禁漁区とした4調査地点には平均 $0.35\text{g}/\text{m}^2$ （地上部、湿重量）のアマモが生育していた（表5）。この時期は禁漁から2年9か月が経過しているものの、禁漁開始前にあってもその程度のアマモが瀬辺地地先に生育していた可能性を排除できない。

このことから、ベースラインの対象には、①2025年の桁曳操業区（対照区）とのアマモ類生育密度に加え、②2009年調査で桁曳禁漁区に認められたアマモの生育密度も勘案する必要があると判断した。なお、2009年調査では、アマモ類の地上部の湿重量の測定に留まり、含水率も求められていない。このため、2009年における桁曳禁漁区のアマモ生育密度（乾燥重量）は、添付ファイル「2 アマモ場のスゲアマモの総生物量」の表3に示した2025年調査で求められたアマモ類の含水率、アマモ総生育量に占める地上部の割合（重量比）の各数値を用いて、表7に示す $0.073\text{ dry-g}/\text{m}^2$ の計算値を用いることとした。

表7 2009年の桁曳禁漁区におけるアマモ生育密度（乾燥重量）の計算。

調査時期	項目	値	引用
2025年	地上部の生育密度（湿重量，wet-g/ $\text{m}^2$ ）-a	1458.3	表5（添付ファイル2，表3）引用
	総生育密度（湿重量，wet-g/ $\text{m}^2$ ）-b	1819.2	添付ファイル2，表3 地上部と地下部の計の値を引用
	地上部の割合 -c=a/(a+b)	80.16%	計算値
	含水率 -d	81.58%	添付ファイル2，表3 引用
2009年	地上部の生育密度（湿重量，wet-g/ $\text{m}^2$ ）-e	0.35	表5，6桁曳禁漁区のアマモ群落地上部の平均現存量を引用
	総生育密度（湿重量，wet-g/ $\text{m}^2$ ）-f=e*/c	0.40	計算値
	生育密度（乾燥重量，dry-g/ $\text{m}^2$ ）-f=e*(1-d)	0.073	計算値

### ③ ベースラインの二酸化炭素吸収量

ベースラインの二酸化炭素吸収量は、表3に示した2024年の桁曳操業区（対照区）のアマモ類の生育密度（36.0 dry-g/m<sup>2</sup>）及び表5に示した2009年の桁曳禁漁区のアマモ生育密度（0.073 dry-g/m<sup>2</sup>）を合計した36.07 dry-g/m<sup>2</sup>の値を基に「手引き」の式2にしたがって表8に示すとおり計算した。

この結果、ベースラインでのアマモ場の二酸化炭素吸収量は、9.0198 ton-CO<sub>2</sub>/yearと計算された。

表8 ベースラインでの年間の二酸化炭素吸収量の計算.

項目	値	参照
2025年の桁曳操業区（対照区）のアマモ生育密度 dry-g/m <sup>2</sup> -a	36.0	表3 参照
2009年の桁曳禁漁区のアマモ生育密度 dry-g/m <sup>2</sup> -b	0.073	表7 2009年の生育密度（乾燥重量）を参照
ベースラインにおけるアマモ生育密度 dry-g/m <sup>2</sup> -c=a+b	36.07	計算値
P/B比 -d	4	村岡大祐「三陸沿岸の藻場における炭素吸収量把握の試み」.水産研究・教育機構水産技術研究所,東北水研ニュースNo.65 2003 を引用
炭素濃度 -e	32.56%	表6 参照
残存率① -f	0.162	Jブルークレジット®認証申請の手引き p41から引用
残存率② -g	0.0181	
生態系全体への変換係数 -h	2.12	
二酸化炭素換算係数 -i	3.666	CO <sub>2</sub> /C=44/12
単位面積当たり年間CO <sub>2</sub> 吸収量(ton-CO <sub>2</sub> /ha/year)- j=a*b*c*(d+e)*f*g	65.7555	計算値
アマモ場の面積(ha)-k	13.7173	添付ファイル1. アマモ場面積に記載
アマモ場の年間二酸化炭素吸収量(ton-CO <sub>2</sub> /year) - j*k	<b>9.0198</b>	計算値