

4. ベースラインの考え方と禁漁による二酸化炭素吸収効果

(1) ベースラインの考え方

「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.2.5（令和7年3月）」では、ベースラインの設定において、「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）および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」が求められている。

ここでいう「プロジェクト実施場所と実施していない場所との比較」については、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とし、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設定し、それぞれの地点におけるアマモ群落の生育状況を調査し比較した。

また、「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8月6日に「藻場・水産資源マップ作成事業」として実施した潜水調査（馬門中地先・水深2.5～5.3m）をプロジェクト実施前のデータとし、今回の認証申請に際して2024年8月20日から9月2日に実施したアマモ場およびその直近の桁曳操業区での調査をプロジェクト実施後のデータとして、各時点でのアマモ群落の生育状況を比較を試みた。



図1 野辺地町地先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、投棄される. 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.

(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

野辺地漁業協同組合では、刺網、底見、小型汽船底曳網（桁曳）によってナマコの漁獲が行われている。アマモ群落には、ナマコが高密度に生息するため、アマモ場でナマコの桁曳漁業が行われることが多い。このうち、桁曳漁業では、操業を通じてアマモ群落が破壊されることがある(図1)。漁船に引き上げられた桁曳網に混獲されるアマモは、ナマコを分別後に海中へ戻されるが、栄養繁殖し群落の形成に寄与することはほとんどないとみなされる。

桁曳操業によってアマモ場が破壊されることがあるため、野辺地町漁業協同組合では、ナマコ資源およびアマモ場を保全するため、桁曳漁業について出漁日（いわゆる「口開け」）を定めるとともに、桁曳漁業の禁漁区を設定し、操業を制限してきた。近年、桁曳漁業禁漁区には、桁曳が操業される漁場に比べて高密度のアマモ群落が形成されるようになった。このような禁漁区に形成されたアマモ場は、漁業者による桁曳操業を制限し保全に務めた成果によるものとみなされる。

そこで、桁曳操業区域におけるアマモ群落の生育密度を「ベースライン」と位置づけ、禁漁区におけるアマモ群落の生育密度との差を、漁業者によるアマモ場保全効果とみなし、二酸化炭素吸収効果の算定を行うこととした（図2）。

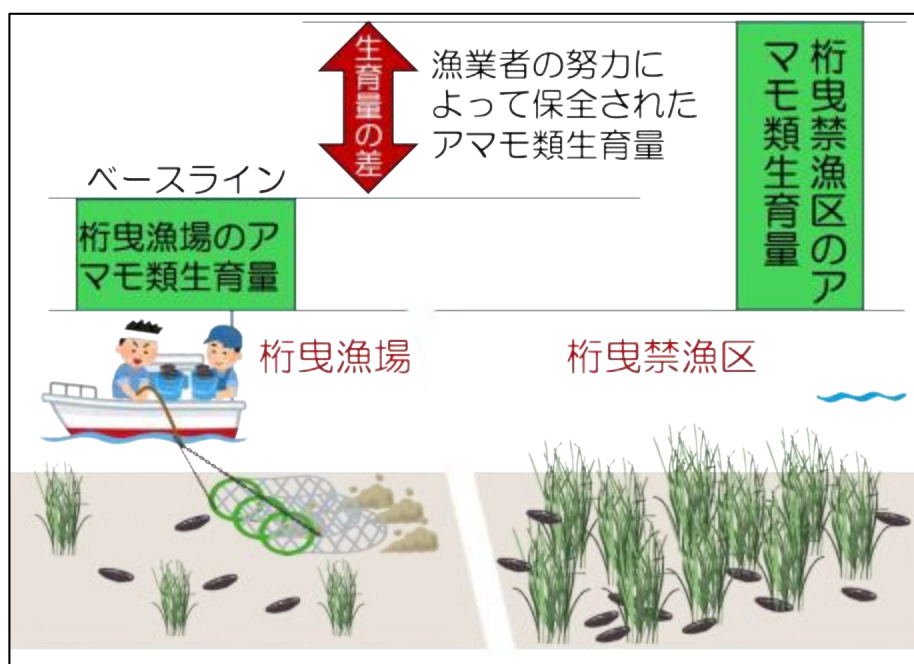


図2 ベースラインの考え方の模式図.

① 調査方法

禁漁区が設定され、桁曳操業が全く行われることのない馬門中地区の離岸堤内側海面に形成されたアマモ場を、ブルーカーボン・クレジットの申請対象とするため、その沖側にあって桁曳操業が行われる直近の海域、即ち、馬門中地区の離岸堤から数十メートル沖に離れた位置に設置されている潜堤の外側海面を、ベースラインを把握するための調査場所に設定した（図3）。



図3 ベースラインの調査対象に設定した桁曳操業区の調査場所. 赤色の破線で囲んだ範囲.

2024年7月9日にベースライン調査場所にある水深3.9–4.3mの5地点（図4，St.6–10）に潜水し，2m四方のコドラートを用いて，生育するアマモ類が海底を覆う範囲をスケッチするとともに，コドラート内のすべての草体を地上部，地下部を含めて採取した。採取した草体は地上部と地下部に切り分けたのち，海水でよく洗浄し，各々の湿重量および105°C下で48時間送風乾燥した後の乾燥重量を求めた。

また，スケッチの画像解析により，各コドラートにおけるスゲアマモの生育面積と海底に占める割合から，被度を算出した



図4 ベースライン調査場所における生育密度と被度の調査地点の位置.

② 調査結果
・被度

各調査地点のコドラートには、直径数cmから15cm程度の10～24株のスゲアマモのクランプが散見された（図5）。

スゲアマモクランプが海底を覆った範囲を示したスケッチを図6に示した。画像解析から求めたスゲアマモ群落の生育面積は、各地点で0.093㎡～0.384㎡の範囲にあり、平均は0.229㎡であった。これにより、海底に占めるスゲアマモの被度は、2.32%～9.60%の範囲にあり、平均は5.72%と計算された（表1）。

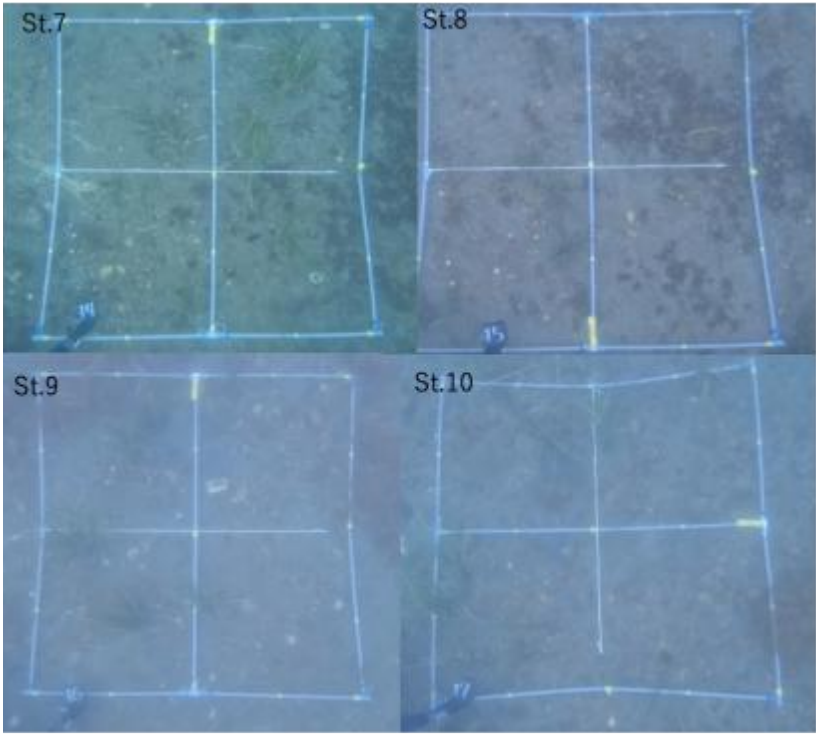


表1 各調査地点のコドラート内のスゲアマモ生育面積と被度.

St	株数	生育面積 (㎡)	被度
6	10	0.093	2.32%
7	24	0.384	9.60%
8	10	0.168	4.20%
9	12	0.232	5.80%
10	18	0.268	6.70%
平均	14.8	0.229	5.72%

図5 ベースラインの各調査地点に設置した2m四方のコドラート.

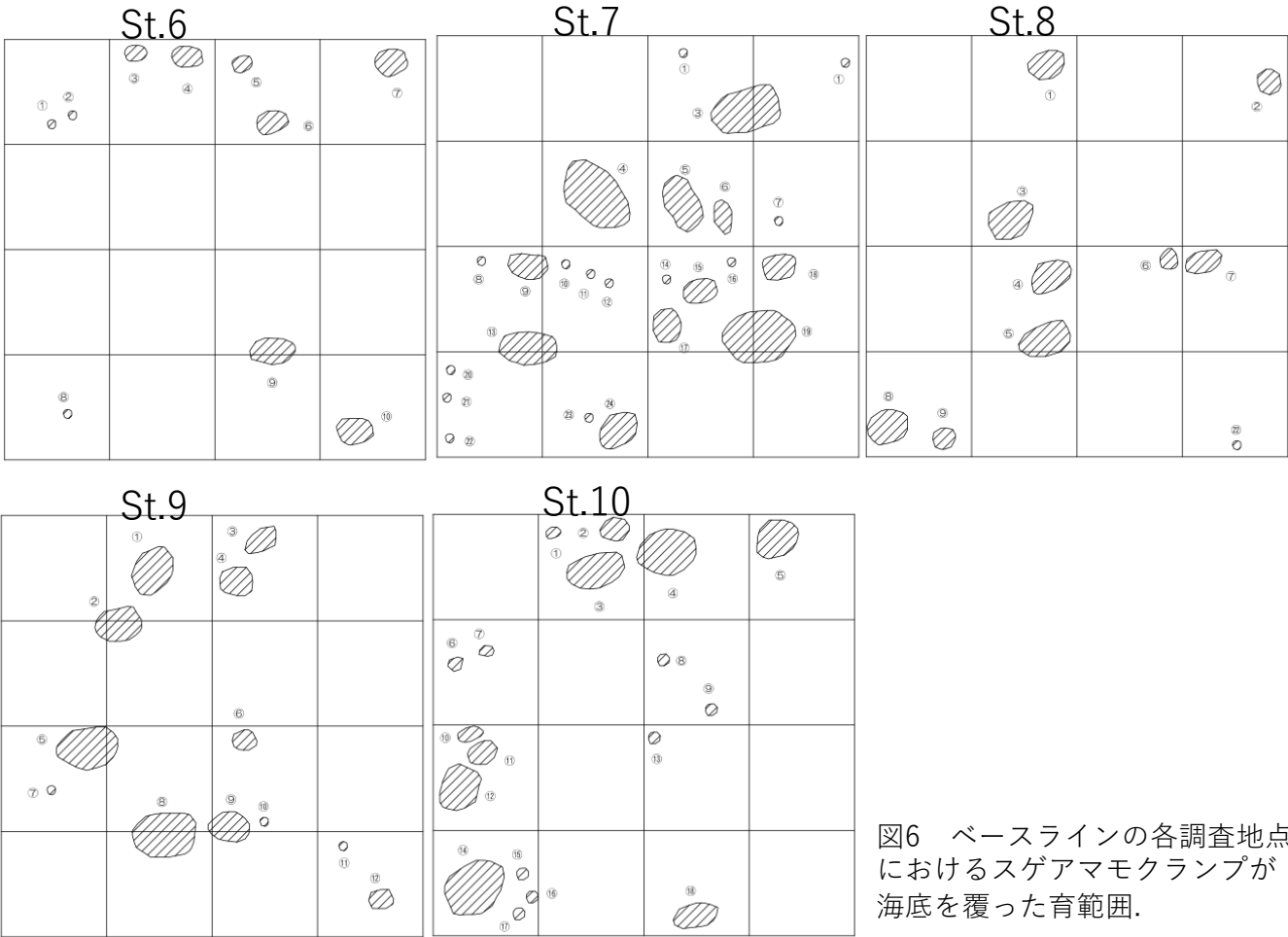


図6 ベースラインの各調査地点におけるスゲアマモクランプが海底を覆った育範囲.

・生物量

各調査地点での2m四方（4㎡）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192.8g～489.0g、地下部が43.4g～102.8gの範囲にあり、各々の平均は308.2g、288.7gであった。湿重量と乾燥重量の比から求めた含水率は、地上部、地下部でそれぞれ平均79.18%、77.23%であった（表2）。

湿重量と乾燥重量をそれぞれ4で除することで、1平方メートルあたりのスゲアマモの生育密度を求めた。この結果、地上部および地下部の生育密度は、湿重量でそれぞれ48.2g/㎡～122.2g/㎡、38.7g/㎡～111.6g/㎡の範囲にあり、平均は77.0g/㎡、72.1g/㎡であった。また、乾燥重量では、それぞれ10.4g/㎡～25.7g/㎡、6.2g/㎡～27.9g/㎡の範囲にあり、平均は15.9g/㎡、16.3g/㎡であった。地上部と地下部を合わせたスゲアマモの5地点の生育密度は、湿重量で100.7g/㎡～204.9g/㎡の範囲にあり、平均値は149.2g/㎡、乾燥重量で25.0g/㎡～47.0g/㎡の範囲にあり、平均値は32.3g/㎡であった。

表2 ベースライン調査地点から採取されたスゲアマモの重量，含水率と各地点の生育密度.

St	調査 月日	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)		地上部	地下部	湿重量(g/㎡)			乾燥重量(g/㎡)		
			地上部	地下部	地上部	地下部			地上部	地下部	計	地上部	地下部	計
6	7月9日	4.3	231.8	255.5	41.8	77.4	82.0%	69.7%	57.9	63.8	121.7	10.4	19.3	29.7
7	7月9日	4.2	254.5	376.8	55.9	57.4	78.0%	84.8%	63.6	94.2	157.8	13.9	14.3	28.2
8	7月9日	3.9	192.8	210.2	43.4	56.9	77.5%	72.9%	48.2	52.5	100.7	10.8	14.2	25.0
9	7月9日	4.0	489.0	154.9	102.8	25.1	79.0%	83.8%	122.2	38.7	160.9	25.7	6.2	31.9
10	7月9日	4.3	373.2	446.5	76.6	111.7	79.5%	75.0%	93.3	111.6	204.9	19.1	27.9	47.0
平均			308.2	288.7	64.1	65.7	79.18%	77.23%	77.0	72.1	149.2	15.9	16.3	32.3

③ ベースラインとするアマモ場の生育密度

以上の結果から、アマモ場による二酸化炭素吸収量の算出に供する、ベースラインのアマモ場の生育密度は、表2に示したベースラインの調査対象場所のスゲアマモの地上部と地下部を合計した平均生育密度（乾燥重量）である 32.3 g/㎡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

野辺地町では、中国向けナマコ輸出の増大に伴い価格が高騰し、桁曳によるナマコの漁獲圧が高まり、同時に稚ナマコや稚魚の生息場、育成場となるアマモ場の減少が認められるようになった。これを受けて、野辺地漁業協同組合では、1999年2月の理事会において組合が指示する場合を除く馬門地区（野辺地港防波堤突端より西側の海域）のナマコ場における一切の桁曳漁業を禁止することを理事会で決定し、アマモ場の保全とナマコ資源の保護に取り組むこととした。

なお、野辺地町漁業協同組合では大型漁具（八尺）と小型の手曳き漁具でナマコ桁曳操業が行われており、このうち小型漁具ではごく浅所でも操業が可能である。このため、禁漁設定前は、馬門地区を含め全域の浅所までナマコ桁曳漁業が行われていた。

さらに、馬門地域の中でも特に離岸堤と海岸に囲まれた野辺地中地区の海域については、2000年から稚ナマコの放流が行われるようになったため、口開け日であってもここでの桁曳漁業が完全に禁漁とされ、アマモ場の保全が図られている。

② 禁漁区設定後の野辺地中地区地先の状況

禁漁設定直後の野辺地中地区の海底の状況についての調査は見当たらないが、禁漁区設定後の2009年8月6日に、青森県が藻場・水産資源マップ作成事業として、海岸線沿いに約500m間隔で水深2.5および10m前後の海底で、50cm四方の枠を用いて海藻草の地上部を採取し、生育密度を求めている。この調査では、馬門中地区地先では、禁漁区とされる離岸堤内側海面および桁曳漁場に相当する外側水面のそれぞれ2地点で調査が行われた（表3）。

調査の結果、馬門中地口先から緑藻ミル、褐藻ツルモ、海産種子植物アマモの3種が採取された。離岸堤内側海面ではミルの群落が形成され、アマモは東側に当たる水深2.5m地点から244.7g/㎡が採取された（図7）。離岸堤外側海面では、東側の1地点からミルとツルモが各々38.7g/㎡、12.4g/㎡が採取されたが、アマモ類は認められなかった。

表3 2009年8月6日に馬門中地区地先で行われた潜水調査地点の位置と海藻草の生育密度.調査地点は図7参照.

調査地点	水深(m)	緯度・経度	現存量(g/㎡)			調査場所
			ミル	ツルモ	アマモ	
f5-2.5	2.6	40° 52.601'N 141° 06.884'E	988.7	0	0	離岸堤内側海面
f6-2.5	2.5	40° 52.481'N 141° 06.164'E	166.1	0	244.7	離岸堤内側海面
		平均	577.4	0	122.3	
f5-5	5.2	40° 52.681'N 141° 06.984'E	0	0	0	離岸堤外側海面
f6-5	5.2	40° 52.571'N 141° 06.304'E	38.7	12.4	0	離岸堤外側海面
		平均	19.3	6.2	0	

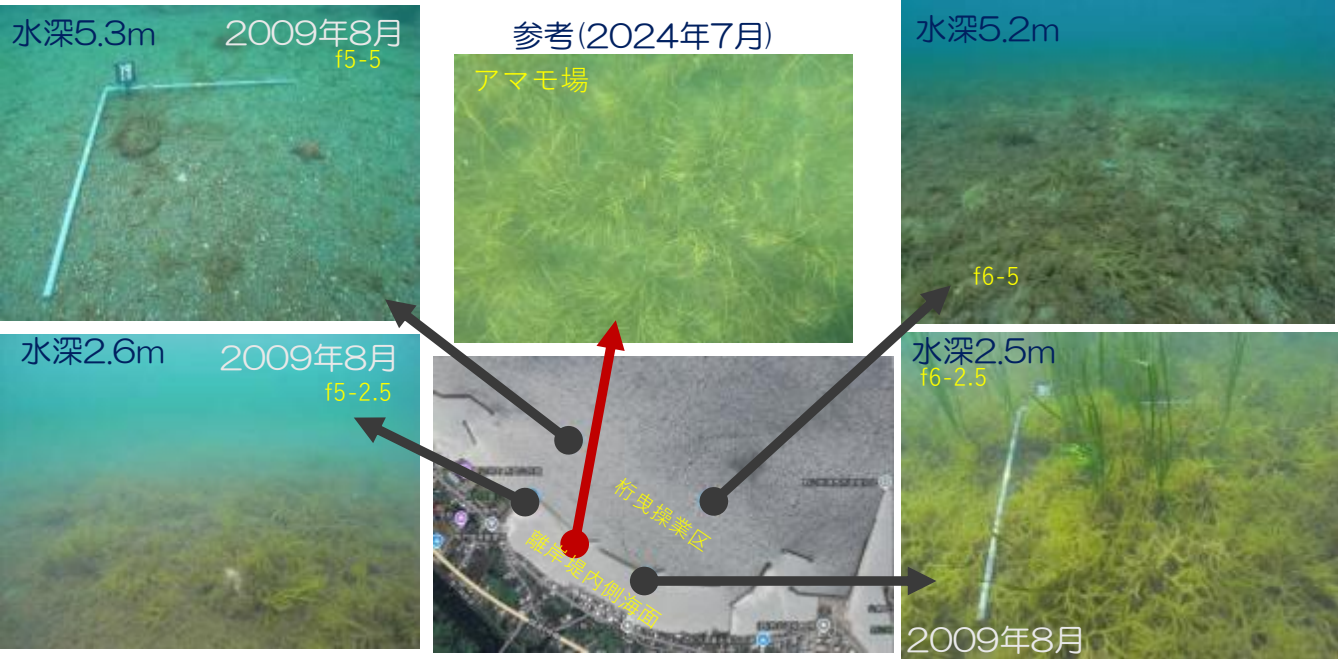


図7 2009年8月6日の馬門中地区地先の状況.

2009年8月の結果及びそれから約15年後の2024年7月9日に馬門中地区地先で実施されたアマモ類の地上部の平均生育密度（湿重量）を表4に比較した。

この結果、2009年の禁漁区におけるアマモ類の生育密度は、2024年の6.00%にとどまること、桁曳操業区では2009年、2024年ともにアマモ類の生育密度が低い値にとどまることわかったが明らかとなった。

表4 2009年、2024年に馬門中地区地先で行われたアマモ類の生育密度の比較.

区分	2009年調査(Before)		2024年調査(After)		2024年に対する 2009年の生育密 度の比の値 a/b	調査場所
	水深	生育密度 a	水深	生育密度 b		
	(m)	(湿重量g/m ²)	(m)	(湿重量g/m ²)		
桁曳禁漁区 アマモ場, Impact	2.5-2.6	122.3*	2.6-5.2	1849.4**	6.00%	離岸堤内側海面
桁曳操業区 対照区, Control	5.2-5.3	0	3.9-4.3	77.0***	0%	離岸堤外側海面

*表3 水深2.5m,2.6m地点のアマモの平均現存量を引用, **添付ファイル2, 表2の1㎡あたり地上部の湿重量を引用, ***表2の1㎡あたり地上部の湿重量を引用

(4) ベースラインの二酸化炭素吸収量

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2024年にかけてのアマモ場の形成過程が不明である。しかし、両時期のアマモ場（離岸堤内側海面）とその沖側直近にある桁曳操業区でのアマモ群落の現存量や海底写真の比較からは、野辺地町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年には禁漁区とした離岸堤内側海面に122.3g/m²（地上部、湿重量）のアマモが生育していた。この時期は禁漁から数年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類が馬門中地区地先の離岸堤内側海面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、①2024年の桁曳操業区（対照区）とのアマモ類生育密度に加え、②2009年調査で離岸堤内側水面に認められたアマモ類の生育密度を勘案することとした。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年における離岸堤内側海面のアマモ類の生育密度（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2に示した2024年調査で求められたアマモ類の含水率、アマモ類の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5に示すとおり計算し、58.9 dry-g/m²を得た。

表5 2009年の離岸堤内側海面におけるアマモ類の生育密度（乾燥重量）の算出.

時期	項目	値	引用
2024年	地上部の生育密度（湿重量, wet-g/m ² ） -a	1849.4	表4（添付ファイル2, 表2）
	総生育密度（湿重量, wet-g/m ² ） -b	4064.96	添付ファイル2, 表2 地上部と地下部の湿重量の合計値
	地上部の割合 -c=a/(a+b)	45.49%	計算値
	含水率 -d	78.06%	添付ファイル2, 表2
2009年	地上部の生育密度（湿重量, wet-g/m ² ） -e	122.3	表3, 4
	総生育密度（湿重量, wet-g/m ² ） -f=e*/c	268.8	計算値
	生育密度（乾燥重量, dry-g/m ² ） -f=e*(1-d)	58.9	計算値

(5) 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2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（32.3 dry-g/m²）に表5に示した2009年の離岸堤内側海面のアマモ類の生育密度（58.9 dry-g/m²）を合計した91.2 dry-g/m²の値を基に「手引き」の式2にしたがって表6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類による年間の群落の1平方メートルあたりの乾燥重量の値、アマモ草体の炭素濃度、アマモ場の二酸化炭素吸収量は7.0731 ton-CO₂/yearと計算された。

表6 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
2024年の桁曳操業区（対照区）のアマモ生育密度 dry-g/m ² -a	32.3	表2
2009年の離岸堤内側海面のアマモ生育密度 dry-g/m ² -b	58.9	表5
ベースラインにおけるアマモ生育密度 -c=a+b	91.2	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	27.74	添付ファイル3 アマモ場の二酸化炭素の吸収量の表1を引用
残存率① -f	0.162	
残存率② -g	0.0181	Jブルークレジット®認証申請の手引き p41から引用
生態系全体への変換係数 -h	2.12	
二酸化炭素換算係数 -i	3.667	CO ₂ /C=44/12
単位面積当たり年間CO ₂ 吸収量(ton-CO ₂ /ha/year) -j=a*b*c*(d+e)*f*g	1.4167	計算値
アマモ場の面積(ha) -k	4.9927	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 ₂ /year) - j*k	7.0731	計算値