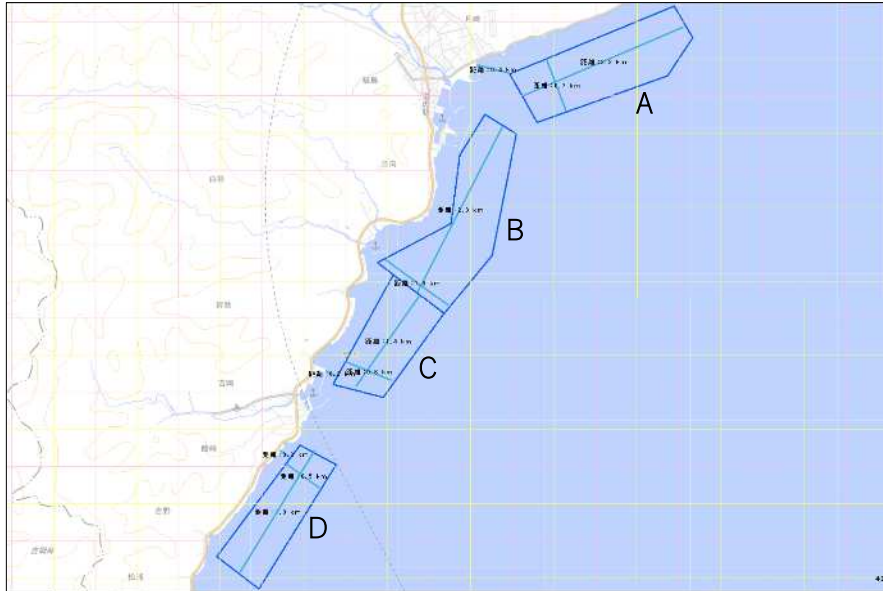


1. ロープ長調査

【福島町のマコンブ養殖施設の構造】

- ・福島町沖でマコンブ養殖に使用可能な海面は4区に区画されている。
- ・本調査では、区画を北側から A、B、C、D と設定した。(図1)。

図1. 福島吉岡漁協 マコンブ養殖4区画の位置図(出典:海しる)



- ・各区画内の漁業者毎の養殖施設の配置ならびに割り当ては、漁協と漁業者との協議により定められる(図2)。
- ・養殖事業を辞める漁業者が出た場合、漁協関係者が協議し、他の漁業者に割り当てを変更することができる。
- ・福島町沖のマコンブ養殖施設は、海底に複数の係留ブロックを沈め、両端と中央の係留ブロックをロープで直結し、そこからロープを浮き玉で中層～表層に浮かべることで自然下ではコンブ類などの海藻が繁茂しない空間を立体的に利用する(図3)。
- ・養殖施設の基礎となる係留ブロックは、新規に設置する他は、割り当てられる漁業者が変更されても過去に設置されたものを再利用する。
- ・係留ブロックは一度沈めた後、ほぼ同位置にとどまる。

図2. 養殖施設配置図(参考:A区画)

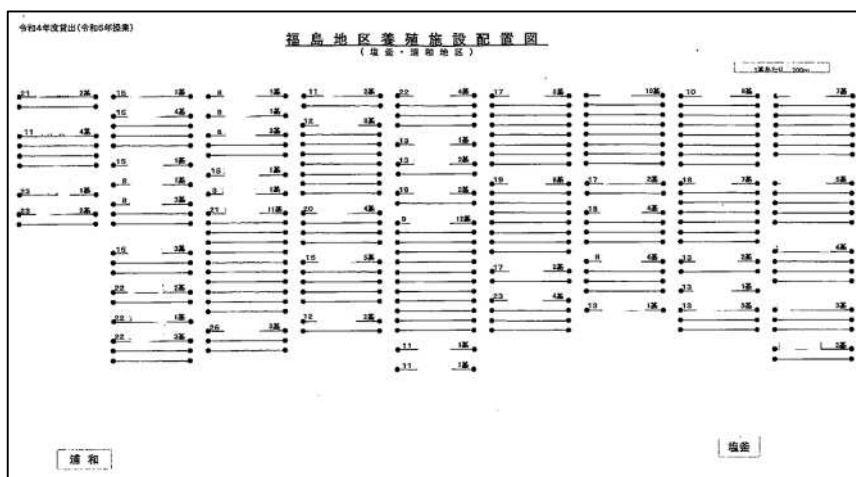
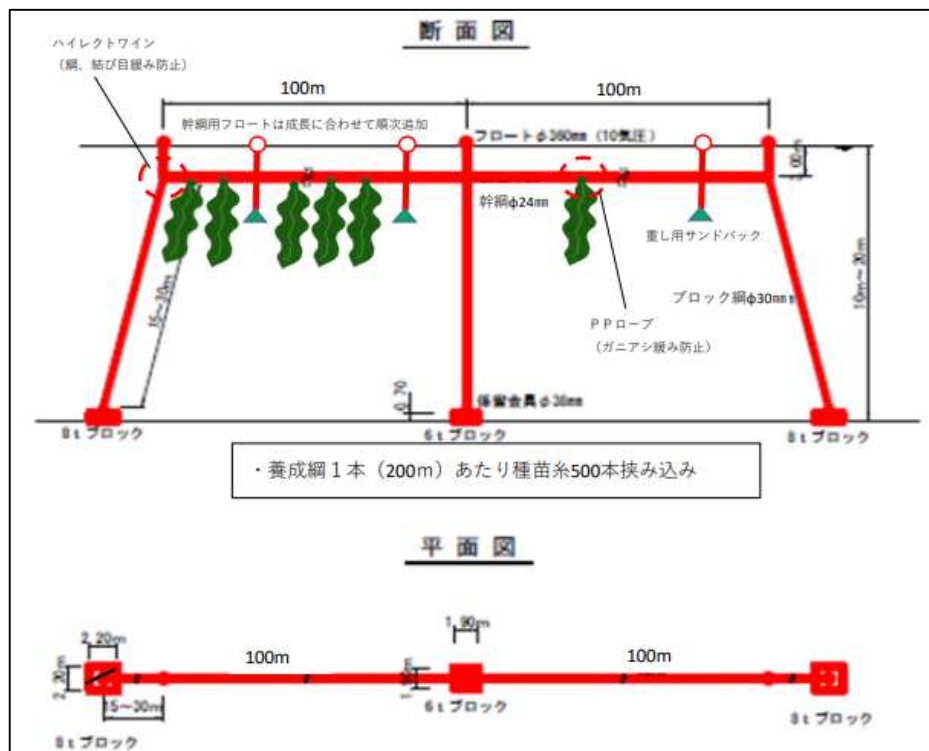


図3. 養殖施設の基本構造(福島町提供資料)



- ・養殖施設の基本単位は「基」数により管理されている。
- ・養殖施設は両端と中央の係留ブロックで構成され、1基あたり養殖ロープが1本設置される。
- ・1基あたりの基本的な養殖施設の長さはA、B区画は200m、C、D区画は100mと定められている。
- ・漁協は、A、B区画は「単張り」、C、D区画は「セット」と「単張り」の2つの形態で漁業者へ割り当てする。
- ・今回の調査における養殖施設に関する各用語の定義は下記のとおり。

コ ン ブ: 北海道沿岸には複数種のコンブが分布しているが、本調査においてコンブと記載するものは、基本的にマコンブを指す。

養 殖 施 設: コンブ養殖を行うために設置されたロープ等の施設一式。

浮 き 玉: ロープを海中に浮かせるためのフロート。

係 留 ブロック: 海中に沈設された6～8トンのコンクリートブロックで、養殖施設の基礎となる。

種 苗 糸: 種苗を付けている糸。

養 殖 ロープ: 種苗糸を打ち込んだロープ。

枠 ロープ: 種苗糸を付けていないロープ。

連 (れ ん): 浮き玉毎に区切られる養殖ロープの単位。

基 (き): 両端と中央の係留ブロックで構成される養殖施設の単位。

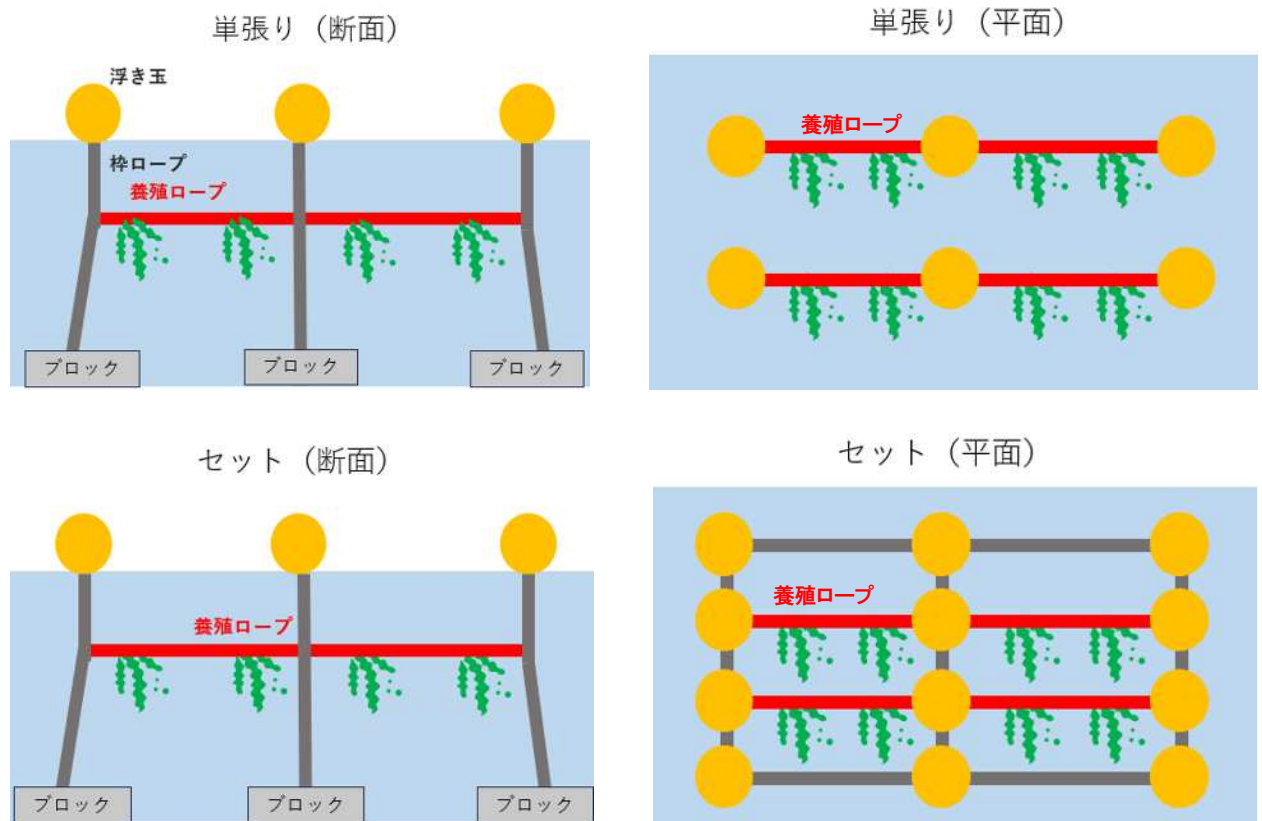
単 張 り: 両端と中央の係留ブロックで養殖施設が構成され、1基あたりに設置する養殖ロープは1本(図4の上段2図)。

セ ッ ト: 外縁が枠ロープで囲われ、その中に単張りと同様に施設が設置される。1セットあたりの養殖施設数は10基であり、1セットあたりの養殖ロープの本数は10本(図4の下段2図)。

浜 な り: 海岸線と並行方向

沖 丘: 海岸線に垂直方向

図4. 養殖施設の基本模式図(上図は単張り、下図はセット、左は断面図、右は平面図)



【養殖ロープの長さの試算】

- ・1基あたりの養殖ロープの長さは概ね養殖施設の長さとも一致することから、基数に養殖施設の長さを乗じることで基本的な養殖ロープの長さの試算が可能である。
- ・令和5年度の施設配置図上の養殖施設数は、単張り432.5基、セット52組(520基)、合計で952.5基となっている。
- ・各区画の養殖施設数に1基あたりの基本的な長さを乗じた養殖ロープの合計の長さは123.8kmと試算された(表1)。

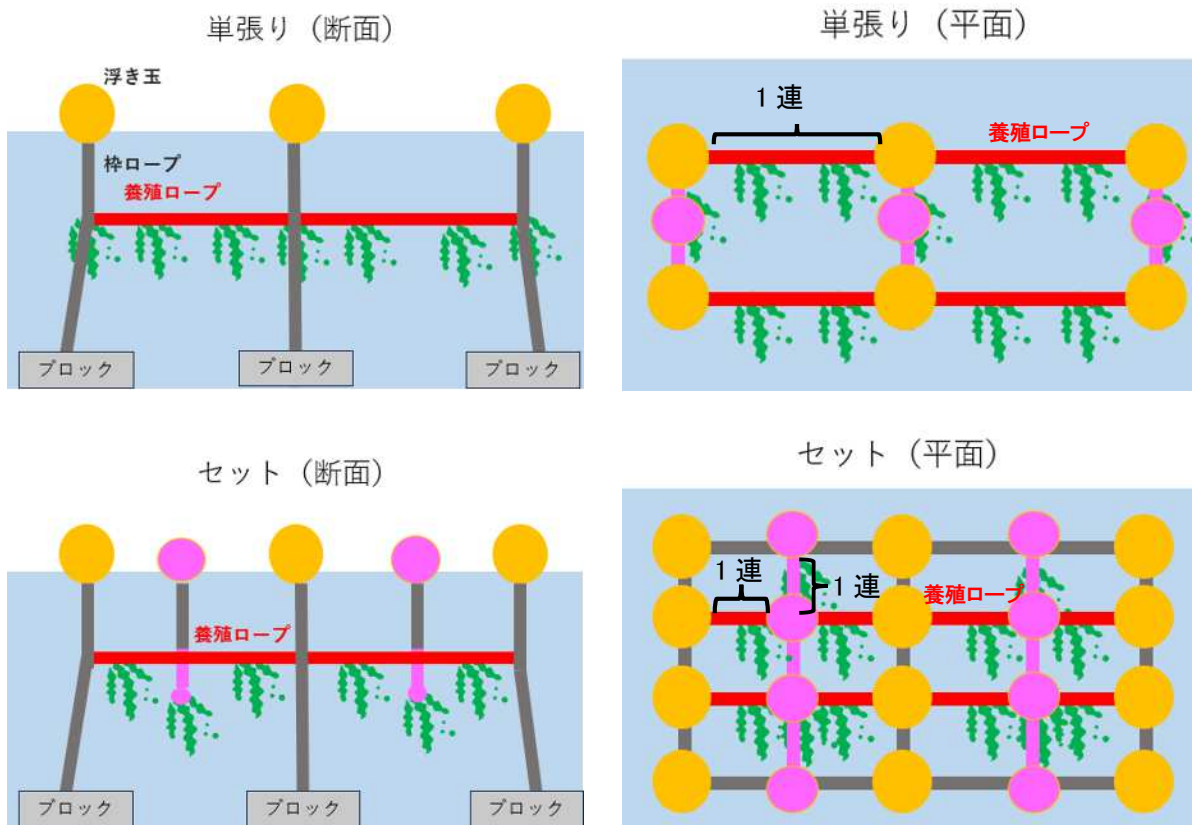
表1. 施設配置図上の養殖施設数に1基の長さを乗じた結果

区画	1基の長さ	単張り	セット	合計(基数)	合計の長さ
A	200m	178.0 基	—	178.0 基	35.6 km
B	200m	107.5 基	—	107.5 基	21.5 km
C	100m	89.0 基	22 組(220 基)	309.0 基	30.9 km
D	100m	58.0 基	30 組(300 基)	358.0 基	35.8 km
合計		432.5 基	52 組(520 基)	952.5 基	123.8 km

- ・養殖施設を割り当てられた漁業者は、「単張り」、「セット」のいずれにおいても、養殖作業やコンブの品質に影響を及ぼさない範囲で、自身が管理する養殖施設内に養殖ロープを追加設置することができる(図5)。

図5. 養殖施設に養殖ロープを追加した場合の模式図

(上図は単張り、下図はセット、左は断面図、右は平面図、紫線は追加した養殖ロープ)



- ・今回の調査では、実際の養殖ロープ本数を算出するため、4月5日（以降4月）と6月20日（以降6月）にドローンを用いて各養殖施設の空撮を行った（図6）。
- ・飛行高度は、養殖施設全体を捉えるためドローンの最大飛行高度に近い140～149m程度、カメラの角度を50度前後に設定し撮影を行った。
- ・6月には高度50m付近で低空撮影を実施し、より詳細な情報収集を行った。
- ・飛行方向は、各区画内の沖丘方向に設定し、4k動画での撮影を行った。
- ・なお、養殖施設の位置が最長で陸から1kmほど沖合で目印が無いこと、養殖施設1基あたりの長さが長くカメラの画角から漏れる場合があること、直下方向に撮影した場合、海面の光の乱反射でコンブの繁茂状況の把握が困難であることから、オルソモザイク画像の作成は行わなかった。

図6. ドローン mavic3 による空撮調査風景(左:離陸前、右:フライト中)



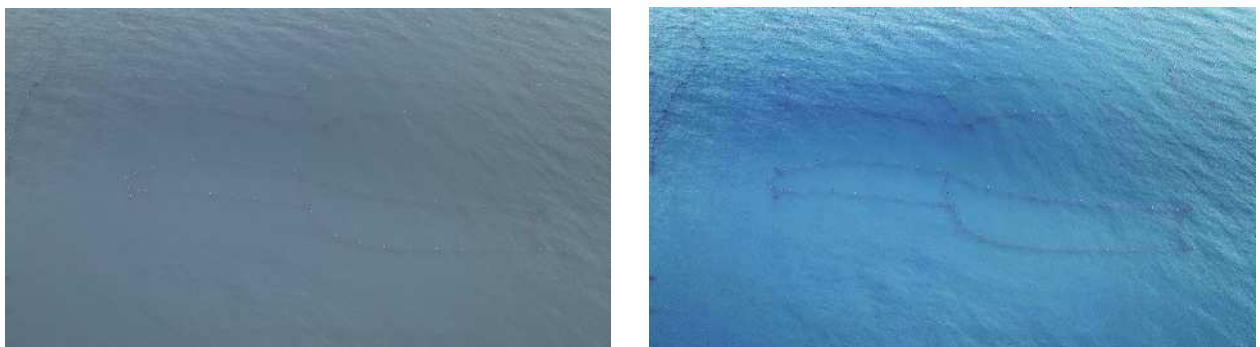
- ・A～D 区画の全ての養殖施設を撮影後、動画および施設配置図に基づき、沖丘方向のフライトライン毎に番号を付与した(図7)。

図7. フライトラインの番号付与の例(A 区画、4 月、左はドローンフライトマップ、右は施設配置図との照合)



- ・動画から各養殖施設の画像を切り抜き、詳細把握が困難な場合は色調等を補正した(図8)。

図8. 補正参考画像(B-8、4 月 左は元画像、右は補正後の画像)



【養殖ロープ数の計数】

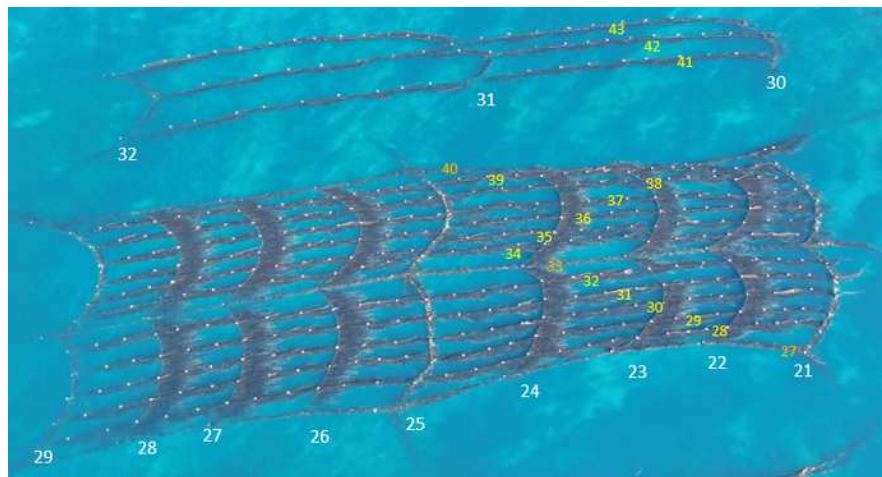
【算出手法】

- ① 切り抜いた画像データに基づき実際のロープの本数を計数し、フライトライン番号、各ロープ番号を付与した(表2、図9)。

表2. 各区画のロープの番号

区画	フライトライン 番号	浜なりロープ 番号	沖丘ロープ 番号
A	A-1	1～14	1～5
	A-2	1～26	1～12
	A-3	1～22	1～6
	A-4	1～24	1～18
	A-5	1～24	1～15
	A-6	1～22	1～22
	A-7	1～30	1～19
	A-8	1～28	1～8
	A-9	1～32	1～20
B	B-1	1～6	1～3
	B-2	1～11	1～13
	B-3-①	1～10	1～3
	B-3-②	1～13	1～3
	B-4	1～11	1～2
	B-5	1～16	1～6
	B-6	1～27	1～11
	B-7	1～32	1～11
	B-8	1～33	1～15
C	C-1	1～78	1～28
	C-2	1～95	1～43
	C-3	1～57	1～24
	C-4	1～59	1～13
	C-5	1～44	1～23
	C-6	1～62	1～42
	C-7	1～63	1～44
	C-8	1～59	1～41
D	D-1	1～37	1～22
	D-2	1～47	1～32
	D-3	1～57	1～50
	D-4	1～75	1～48
	D-5	1～52	1～32
	D-6	1～40	1～17
	D-7	1～53	1～40
	D-8	1～59	1～37
	D-9	1～43	1～20
	D-10	1～44	1～28
	D-11	1～44	1～32

図9. 参考画像(D-11、6月、黄数字は浜なりロープ番号、白数字は沖丘ロープ番号)



- ② 各ロープを養殖ロープと枠ロープに判別した。
- ③ 養殖ロープと枠ロープの判別は、4月と6月それぞれの画像をもとに以下の基準で目視判別を行った。
 養殖ロープ：4月、6月両方でコンブの繁茂を確認できる、もしくは4月にコンブの繁茂を確認できるが、6月のコンブの繁茂は部分的もしくは無い。
 枠ロープ：4月、6月いずれにおいてもコンブの繁茂が確認できない。
- ④ 判別が困難な箇所については、飛行高度を下げた6月の画像の確認や、養殖施設の一部を水中カメラで撮影することで追加確認を行った(図10、図11)。

図10. ロープの判別調査(ドローンでの確認)

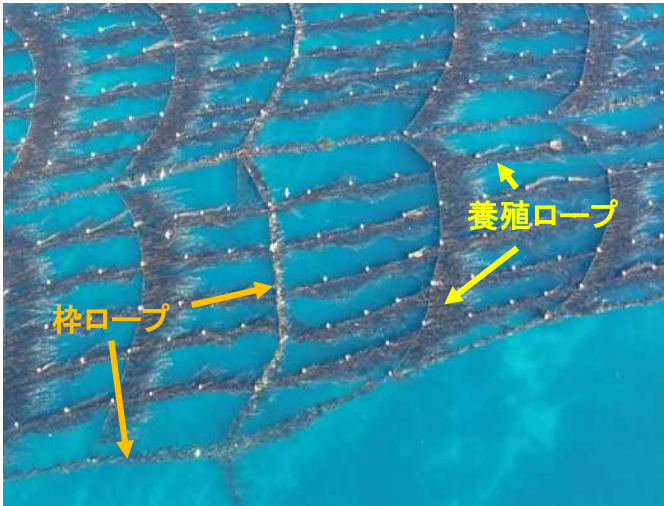
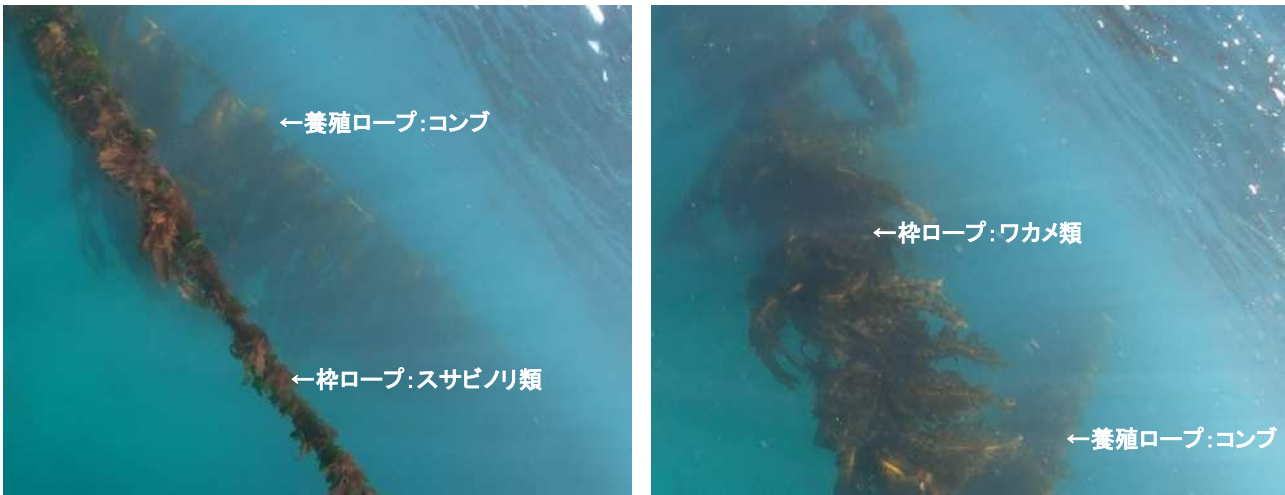


図11. 水中カメラによる確認作業



〔養殖ロープ数の計数結果〕

- ・養殖ロープの本数について、A、B 区画では507本、C、D 区画では1, 252本が確認された。(表3)
- ・養殖施設配置図上、A、B 区画は285. 5基、C、D 区画は667基となっており(表1)、1基あたり養殖ロープ1本が基本となるため、令和5年度の実際の養殖ロープの本数は A、B 区画では1. 8倍、C、D 区画では1. 9倍程度設置されていることが明らかになった。

表3. 福島町沖のロープ計数ならびに判別結果

区画	浜なり		沖丘		合計	
	養殖ロープ	枠ロープ	養殖ロープ	枠ロープ	養殖ロープ	枠ロープ
A	222 本		102 本	23 本	324 本	23 本
B	159 本		24 本	43 本	183 本	43 本
C	442 本	75 本	152 本	106 本	594 本	181 本
D	445 本	106 本	213 本	145 本	658 本	251 本
合計	1,268 本	181 本	491 本	317 本	1,759 本	498 本

【養殖ロープの種類分け】

- ・添付「2.コンブモニタリング調査」で示すコンブの水揚げ量の試算にあたり「管理手法」や「水揚げ時期」の違いによるコンブの成長差を考慮し、算出される湿重量の過大評価を避ける必要がある。
- ・そのため、下記基準に基づき養殖ロープを区別した。

1. 管理手法の違い

- ・福島町沖では、大部分の養殖施設をコンブ養殖漁業者が管理しているが、マグロ・イカ漁業を営む漁業者へも養殖施設が割り当てられ管理している(添付 プロジェクト概要資料 p.5)。
- ・コンブ養殖漁業者は主に乾燥コンブ向け(6月下旬以降)に水揚げを行う他、養殖工程の中で発生するコンブの一部を生コンブ向け(4月～5月)に水揚げするが、マグロ・イカ漁業者は水揚げする全てのコンブを生コンブ(主に6月上旬以降)として出荷するため、コンブ養殖漁業者とは管理手法(1連あたりの株数や間引き枚数)が異なる(添付 2. モニタリング調査 p.6参照)。
- ・前述のドローンでの調査において、個別の漁業者への割り当ては把握できているため、「コンブ養殖漁業者が管理する養殖ロープ」と「マグロ・イカ漁業者が管理する養殖ロープ」に分けた。

2. 水揚げ時期の違い

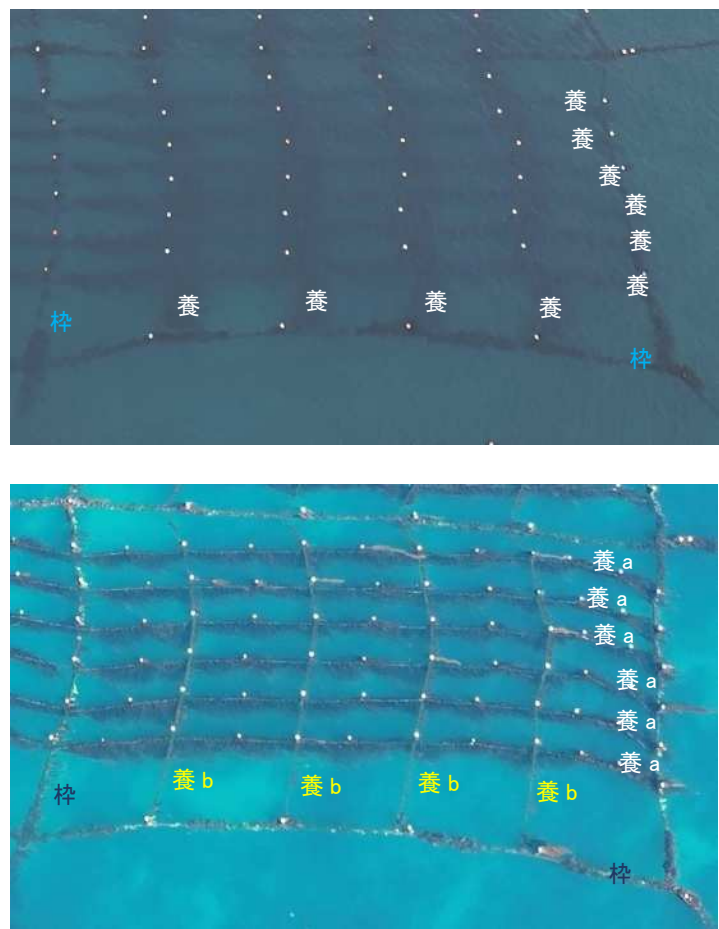
- ・コンブ養殖漁業者が管理する養殖ロープについて、ドローンでの撮影の結果、4月と6月の両方でコンブの付着が確認できた養殖ロープと、4月に付着を確認できたが6月時点で水揚げ済みまたは一部しか残っていない養殖ロープが確認された(図12)。
- ・コンブ1枚あたりの湿重量は7月頃まで継続的に増加することが知られており、全ての養殖ロープに対して最大時の1枚あたりの湿重量(本調査では7月)を適用した場合、水揚げ量の試算値が過大評価になる可能性がある。
- ・この問題を解決するため、各ロープ別の水揚げ時期の違いを考慮する必要があり、前述の管理手法の区分の他、養殖ロープ1本あたりのコンブの付着状況を基準に、下記の2つに区分けした。
 - ①6月20日を基準として1本あたりに半分以上のコンブが残っている養殖ロープ
 - ②6月20日を基準として1本あたりに残っているコンブが半分以下の養殖ロープ

- ・以上の管理手法と水揚げ時期の違いに基づき、養殖ロープの種類を a、b、c の3つに区分した(表4)。

表4. 養殖ロープの種類区分

養殖ロープの種類	管理する漁業者	6月20日 ロープあたりの 養殖コンブ
養殖ロープ a	コンブ養殖漁業者	半分以上
養殖ロープ b	コンブ養殖漁業者	半分以下
養殖ロープ c	マグロ・イカ漁業者	—

図12. 養殖ロープ a と養殖ロープ b の参考画像(上図は 4 月、下図は 6 月の画像)



〔結果〕

・結果、養殖ロープ a は1, 609本(養殖ロープの全本数のうち91. 5%)、養殖ロープ b は124本(養殖ロープの全本数のうち7. 0%)養殖ロープcは26本(養殖ロープの全本数のうち1. 5%)となった(表5)。

表5. 養殖ロープの種類区分結果

区画	養殖ロープ a	養殖ロープ b	養殖ロープ c	合計本数
A	256 本	42 本	26 本	324 本
B	156 本	27 本		183 本
C	563 本	31 本		594 本
D	634 本	24 本		658 本
合計	1,609 本	124 本	26 本	1,759 本

【養殖ロープの長さ】

- ・撮影画像のオルソ画像化を行わなかったため、養殖ロープの長さについて Google Earth Pro の福島町沖の過年度の衛星画像を用いて算出した。

〔算出手法〕

- ① Google Earth Pro にアップデートされている福島町沖衛星画像で視認可能なロープや浮き玉の情報をもとに、過去の養殖施設の外観をトレースし、位置情報から表2のフライトライン番号およびロープ番号に対応するように番号を付与した(図13)。

※なお、福島町沖の衛星画像について2020年6月13日が最新となっているが、一部視認できない場所があった。

※それらの場所については、さらに過年度の衛星画像に遡り、同様の手法で養殖施設の外観把握を行った(詳細 p.14－15、表9、表10)。

図13. 参考画像①

A-9 01-13 2020 年 6 月



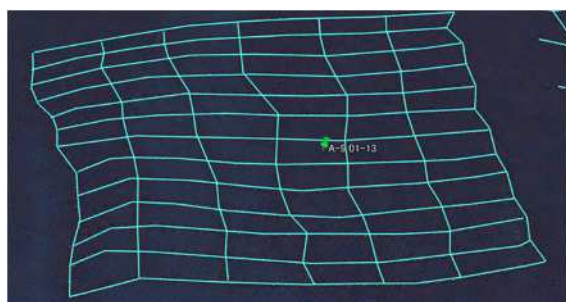
D-11 27-40 2018 年 10 月



- ② 次に、ロープが視認できる場所はロープと浮き玉の情報をもとに各ロープをトレースし、養殖施設外観のみ視認可能なものについては浮き玉の情報をもとに外周をトレースした(図14)。

図14. 参考画像②

A-9 01-13 2020 年 6 月



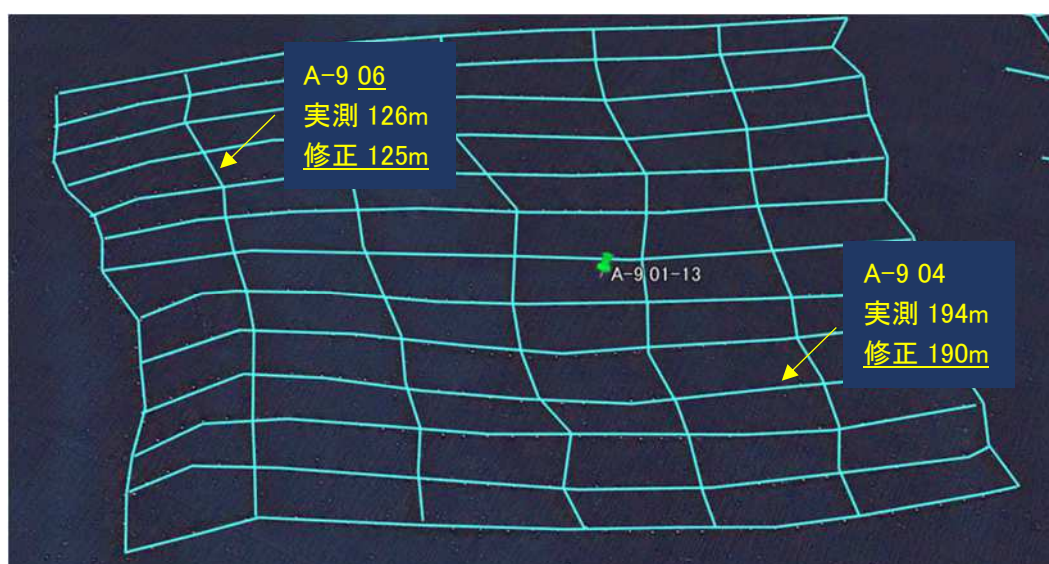
D-11 27-40 2018 年 10 月



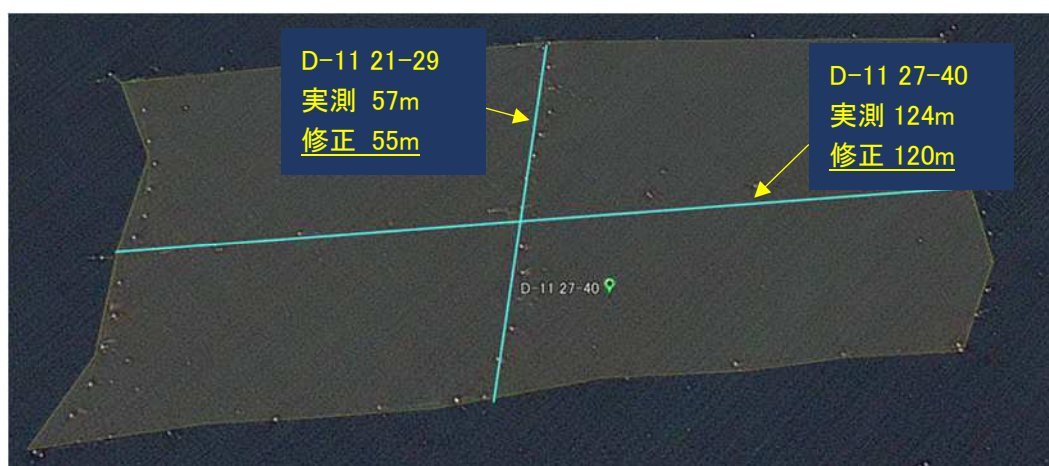
- ③ トレース後、ドローンの画像と外観や配置に極端な変化がないことを確認し、浜なり方向と沖丘方向のそれぞれの長さを Google Earth Pro の高度プロファイルをもとに計測した。
- ④ 計測する際、各ロープをトレースした箇所についてはロープ 1 本毎の長さを算出し、養殖施設の外観をトレースした箇所については、浜なりと沖丘側の方向に沿って長さを算出した。
- ⑤ 算出する際は、過大評価を避けるため5m単位で切り捨て処理した(図15)。

図15. 参考画像③

A-9 01-13 2020 年 6 月 ※水色の線に沿って長さを算出



D-11 27-40 2018 年 10 月 ※水色の線に沿って長さを算出



- ⑥ 衛星画像で長さを計測できなかったロープの長さの算出のため、ドローンの画像をもとに各ロープの連数を計数(図16)し、衛星画像で計測した各ロープの長さを連数で割ることで1連あたりの平均長を算出した。(表6)

※なお、連数の計数にあたっては、視認が容易である6月の養殖ロープ a のデータを用いた。

図16. A-9 01-13 浜なり方向に各ロープの連数を数えた参考図

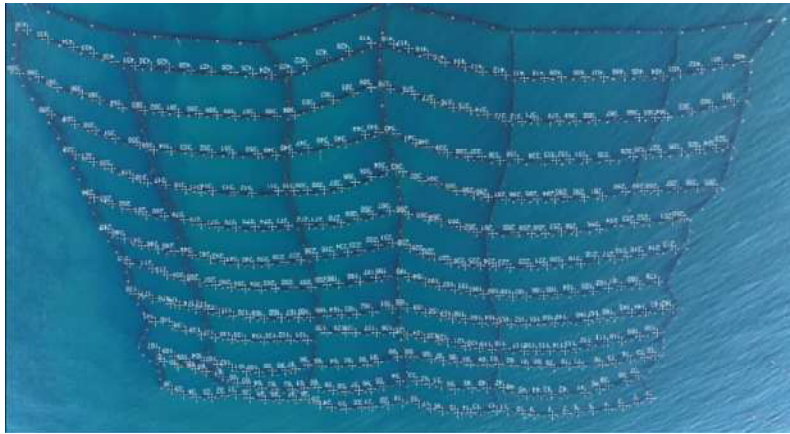


表6. 養殖ロープ a の連数に基づく1連あたりの平均長

区画	浜なり		沖丘	
	N=	平均	N=	平均
A	176 本	5.2m	40 本	4.1m
B	134 本	5.1m	10 本	3.6m
C	417 本	5.1m	118 本	3.8m
D	433 本	4.9m	189 本	3.5m
合計	1,160 本	5.0m	357 本	3.7m

⑦ 衛星画像でロープの長さが算出できなかったロープについて、ドローンの画像から計数した各ロープの連数に1連あたりの平均長(全区画の平均値)を乗じることで算出した。

〔結果〕

〔養殖ロープの種類別の長さ〕

- ・表4で区分した養殖ロープの種類別の長さを算出した。
- ・結果として、令和5年度の養殖ロープ a は187. 7km、養殖ロープ b は12. 3km、養殖ロープ c は4. 9km となった(表7)。

表7. 養殖ロープの種類別の長さの算出結果

区画	養殖ロープ a		養殖ロープ b		養殖ロープ c		合計	
	本数	長さ	本数	長さ	本数	長さ	本数	長さ
A	256 本	43.8km	42 本	5.5 km	26 本	4.9 km	324 本	54.2 km
B	156 本	29.3 km	27 本	2.9 km			183 本	32.2 km
C	563 本	56.3 km	31 本	2.5 km			594 本	58.8 km
D	634 本	58.3 km	24 本	1.4 km			658 本	59.7 km
合計	1,609 本	187.7 km	124 本	12.3 km	26 本	4.9 km	1,759 本	204.9 km

・福島町沖の養殖ロープは全長204. 9km、枠ロープは全長40. 7km、合計距離245. 6kmと算出された(表8)。

表8. 福島沖のマコンブ養殖に用いるロープ長の算出結果

区画	養殖ロープ		枠ロープ		合計	
	本数	長さ	本数	長さ	本数	長さ
A	324 本	54.2 km	23 本	1.8 km	347 本	56.0 km
B	183 本	32.2 km	43 本	3.2 km	226 本	35.4 km
C	594 本	58.8 km	181 本	15.9 km	775 本	74.7 km
D	658 本	59.7 km	251 本	19.8 km	909 本	79.5 km
合計	1,759 本	<u>204.9 km</u>	498 本	40.7 km	2,257 本	245.6 km

【参考データ】

表9. ロープ長算出用データ(浜なり方向)

区画	フライト ライン番号	浜なり方向の各ロープの番号	ロープの長さの算出に用いたデータ				
			2004/3/24	2014/9/26	2018/10/4	2020/6/13	連数
A	1	1-14	○				
	2	1-26	○				
	3	1-22	○				
	4	1-24	○				
	5	1					○
		2-17	○				
		18-24				○	
	6	1-22				○	
	7	1-30				○	
B	8	1-28				○	
	9	1-28、30-32				○	
		29					○
	1	1-6				○	
	2	1-11				○	
	3-①	1-10				○	
	3-②	1-10、12-13				○	
		11					○
	4	2-11				○	
	4	1					○
	5	1-16				○	
C	6	1-23、25-27				○	
	6	24					○
	7	1-32				○	
	8	1-30、33				○	
	8	31-32	○				
	1	1-78				○	
	2	1-95				○	
	3	1-7					○
		8-25	○				
	4	26-57			○		
		1-59				○	
	5	1-17				○	
		18-44			○		
	6	1-19		○			
		20-62			○		
	7	1-5		○			
		6-63			○		
D	8	1-3	○				
		4-9		○	○		
		10-49			○		
		50					○
		51-52	○				
		53-59			○		
	1	1-37			○		
	2	1-47			○		
	3	1-57			○		
	4	1-75			○		
	5	1-10					○
		11-52			○		
	6	1-40			○		
	7	1-53			○		
	8	1-59			○		
	9	1-43			○		
	10	1-44			○		
	11	1-44			○		

表10. ロープ長算出用データ(沖丘方向)

区画	フライト ライン番号	沖丘方向の各ロープの番号	ロープの長さの算出に用いたデータ				
			2004/3/24	2014/9/26	2018/10/4	2020/6/13	連数
A	1	1-5					○
	2	1-6、8					○
		7、9-12	○				
	3	1-3					○
		4-6	○				
	4	1-18					○
	5	1-15				○	
	6	1-22				○	
	7	1-19				○	
B	8	1-8				○	
	9	1-18				○	
		19-20					○
	1	1-3				○	
	2	1-13				○	
	3-①	1-3				○	
	3-②	1-3				○	
	4	1-2				○	
	5	1-6				○	
C	6	1-11				○	
	7	1-11				○	
	8	1-15				○	
	1	1-8、10、14、19、26-28				○	
		9、11-13、15-18、20-25					○
	2	1-30、32-43				○	
		31					○
	3	1-24				○	
	4	1-3、8-13				○	
		4-7					○
	5	1-6				○	
		7-23			○		
D	6	1-15		○			
		16-42			○		
	7	1-3		○			
		4-32、34-44			○		
		33					○
	8	1-3	○				
		4-31、37-41				○	
		32-36					○
	1	1-22			○		
	2	1-32			○		
	3	1-50			○		
	4	1-48			○		
	5	1-32			○		
	6	1-17			○		
	7	1-40			○		
	8	1-37			○		
	9	1-20			○		
	10	1-28			○		
	11	1-32			○		