

元稲府漁港二重堤間の藻場に関する考察 ～空撮画像を用いた藻場の現状把握～

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水産土木チーム ○丸山 修治
伊藤 敏朗
網走開発建設部 紋別港湾事務所 工務課 田村 友行

毎年リシリコンブ藻場が形成されている元稲府漁港の二重堤間は、コンブ漁やエゾバフンウニの増殖場として活用されているため、藻場の持続的な活用にあたっては、毎年藻場の現状を把握することが重要である。本報文では、ドローンで撮影した空撮画像と潜水調査結果を関連付けた画像解析を行った。さらに、この手法を活用して経年的な現状把握の適用性について検討するとともに、コンブ漁後の藻場の変化について考察する。

キーワード：元稲府漁港、二重堤、藻場、リシリコンブ、空撮画像

1. はじめに

北海道雄武町に位置する元稲府漁港（第4種）は、港内を拡幅する際、外郭施設の港内側である二重堤間（北防波堤と北護岸との間）にマウンドを造成し、藻場環境の創出を図っている。造成されたマウンドでは、毎年、オホーツク海側に代表される大型海藻のリシリコンブが繁茂し、平成19年からコンブ漁場として活用されている。また、漁港内で採取したエゾバフンウニの実入り向上を目的として、平成18年から当該箇所へ移植放流し、ウニ増殖場としても活用されている¹⁾。

平成21年から平成29年に実施した藻場調査によって、リシリコンブとエゾバフンウニの分布水深から、リシリコンブ被度とエゾバフンウニ個体数との関係が明らかとなった。また、二重堤間の藻場創出機能の低下はみられず、夏季にリシリコンブ群落が形成されるという傾向は平成29年も継続していることが確認された²⁾。しかし、藻場は食害の他、水温や波浪などの環境の変化によっても影響を受けるため、二重堤間の持続的な活用にあたっては、毎年、藻場の現状を把握・評価することが重要である。潜水調査結果を基にした藻場の現状を把握・評価する手法は提案されているが³⁾、経年的な現状把握を長期間行う場合、簡易的でも費用を抑え短時間でできる手法があれば柔軟な使い分けが可能となる。

本報文では、リシリコンブの繁茂期である平成30年6月を対象に、ドローンで撮影した空撮画像と潜水調査結果を関連付けた画像解析（無償公開の画像処理ソフト活用）を試み、二重堤間全体の藻場の現状を把握する。次に、この画像と潜水調査との関連付けを用いて、平成29年8月と平成30年9月に撮影した空撮画像を解析して、その適用性を検討する。これにより、今後、潜水調査を実施しなくても、空撮のみで簡易に短時間で藻場の

現状を画像解析により把握可能になると考えられる。さらに、この手法を活用してコンブ漁後の藻場の変化について考察する。

2. 藻場の潜水調査

(1) 調査方法

調査箇所図および二重堤の標準断面図を図-1に、調査内容を表-1に示す。

藻場調査は、二重堤間の測線1～4の4測線（L=90m）を対象として、潜水技師が北護岸（直立堤）（SP.0）から北防波堤（傾斜堤）（SP.90）に向かって5m間隔に方形枠（1.0m×1.0m）を設置し、海藻被度と付着生物の目視観察、及び各測線ごとに最も海藻被度が高い1地点の海藻を採取して海藻現存量を把握した。

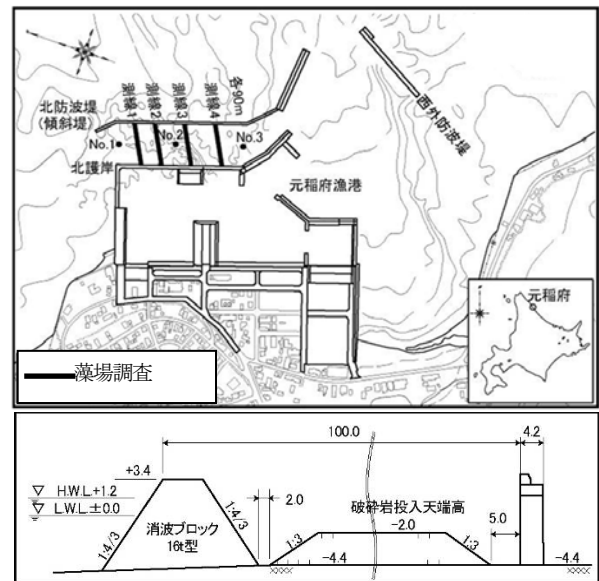


図-1 調査箇所図、二重堤標準断面図

表-1 調査内容

方法	項目	箇所	時期
目視及び採取 (潜水技師)	海藻被度 海藻現存量 1) 付着生物	4測線 (各90m) 2)	平成21年7月、8月、12月 平成22年7月、8月、12月 平成23年8月、12月 平成29年6月、8月、12月 平成30年6月、9月

1) 海藻現存量調査は、平成29年度は実施していない。
2) 平成29年6月調査は測線1,3(各90m)のみ実施した。

(2) 調査結果の概要

無節サンゴ藻等の殻状海藻を除く海藻を対象とした全4測線平均の海藻被度と被度組成の推移を図-2に示す。二重堤間では平成19年以降毎年7月にコンブ漁(リシリコンブ漁獲)が行われており、その後の海藻被度に対して直接的な影響が考えられるものの、平成30年6月の平均被度は52.5%で平成29年までの夏季と同様に高く、水産庁の改訂磯焼け対策ガイドライン⁴⁾で示されている海藻被度区分(表-2)を指標とした場合「密生」に該当するため、良好な藻場が継続していると判断される。また、平成30年6月の被度組成は、コンブ漁後(H30.9)においても平成29年度までと同様に水産有用種のリシリコンブが優占し、コンブ藻場が継続している(写真-1)。

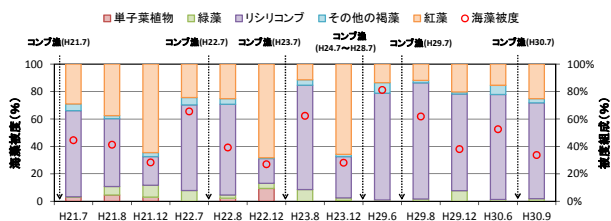
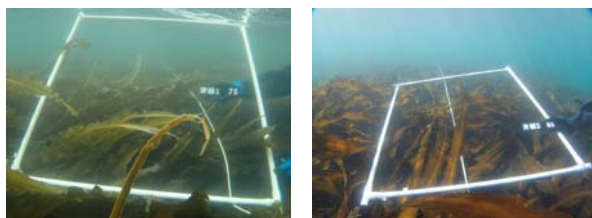


図-2 海藻被度と被度組成の推移(全測線の平均)

表-2 海藻被度の区分⁴⁾

被度階級	区分	区分の基準	被度(%)	写真でみる被度の状況	被度階級	区分	区分の基準	被度(%)	写真でみる被度の状況
5	濃生	海底面がほとんど見え ない	>75		2	点生	植生はまばら らである	5~25	
4	密生	海底面より 植生の方が 多い	50~75		1	極く 点生	植生は極く まばら	<5	
3	疎生	植生より海 底面の方が 多い	25~50		0	なし	植生はない	0	



【H30.6.21 測線1-75】 【H30.9.12 測線3-85】
写真-1 リシリコンブ繁茂状況

調査測線別の海藻被度とエゾバフンウニ個体数の推移を図-3に示す。測線1,2は、夏季冬季ともに海藻被度が比較的高く、エゾバフンウニ個体数は比較的低く推移し、平成30年も同様の傾向がみられた。一方、測線

3,4は、平成21,22年の海藻被度が測線1,2に比べて低く推移していたが、平成29,30年の夏季の海藻被度は測線1,2の被度に近づいてきている。この要因の1つとして、平成29,30年のエゾバフンウニの個体数が平成23年までと比べて少ないことが挙げられるが、他にも基質の移動に伴う水深変化や環境変化なども考えられるため、現在のところ要因の特定には至っていない。今後、測線3,4の夏季の海藻被度が低く変化し、継続した場合には詳細調査による要因の解明が課題となる。

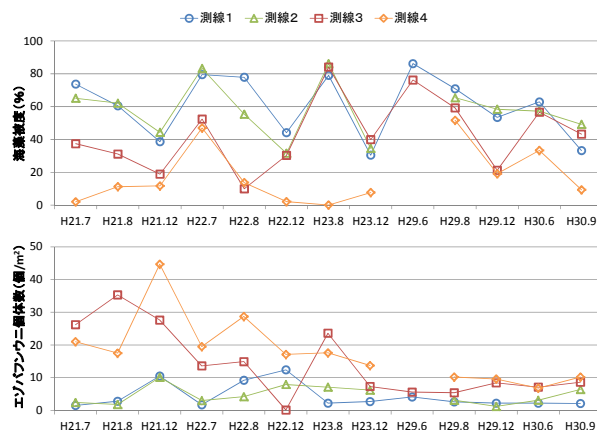


図-3 測線別の海藻被度とエゾバフンウニ個体数の推移

3. 空撮と画像解析による藻場の現状把握

(1) 空撮による画像作成

潜水士による藻場調査と並行して、平成30年6月21日にドローンによる二重堤間の空撮を行った(写真-2)。撮影条件は、高度100m、1回の撮影範囲100m×130mとし、撮影した複数枚の写真をラップ率85%でつなぎ合わせて二重堤間の画像を作成した。



写真-2 離陸直後のドローン(元稲府漁港二重堤間)

(2) 画像解析の手順

空撮画像の解析には、リモートセンシング画像処理ソフトウェア「RSP Ver2.11」を使用した。このソフトウェアは、(株)建設技術研究所がリモートセンシングの裾野を広げるため、リモートセンシング画像処理用に開発したソフトウェア「RSP」を、誰でも手軽にリモートセンシング画像処理が体験できるように2008年に無償公開され、順次バージョンアップされているものである⁵⁾。今回、このソフトウェアを使用したのは、動作環境(OS)がWindows7対応で教師付き分類画像の作成がで

きること、さらに、無償公開であり利用マニュアル（日本語）も整備されているため、今後の空撮画像を用いた藻場の現状把握の普及を想定した場合、適していると考えたことが理由である。

空撮画像解析の手順は、まずはじめに、作成した二重堤間の画像をRSPで読み込み、防波堤の角を任意に4点選んで、その東経緯度をRSP上での座標に変換する（幾何補正）。これにより、潜水調査地点（東経緯度）がRSP上での位置（座標）としてわかるようになる。次に、幾何補正後の画像を289°回転させ、漁港計画平面図と同じ向きにする（座標も回転させて回転後の画像における潜水調査地点の座標も計算しておく）。最後に、クラス分けした被度階級と同じ階級の潜水調査地点を、RSPの画像上に指定することで（教師付け）、その被度階級を表現した分類画像が作成される（1画素の大きさを0.1m×0.1mとした色調をもとに最尤法により作成）。なお、被度階級は、水産庁の改訂磯焼け対策ガイドライン⁴⁾で示されている海藻被度区分（表-2）を参考に、25%未満、25～50%、50%以上の3クラスに設定した。

(3) 分類画像の作成

幾何補正・回転後の空撮画像を写真-3に、教師付けした地点を写真-4に、教師データ分析結果を図-4に、作成された二重堤間の分類画像を図-5に示す。

潜水調査全76地点の内、空撮画像上での濃淡の境界部分となった地点は、作成される分類画像の精度向上のため除いて教師付けを行った。画像の色は、基本色であるRGB（赤、緑、青）で構成され、黒はRGBが全て0（最小値）、白は全て255（最大値）の組み合わせとなる。教師付けしたデータの分析結果では、被度階級が低い場合は色調が高く、被度階級が高い場合は色調が低くなり、概ね教師付け地点の空撮画像の濃淡が表現されていると考えられる。

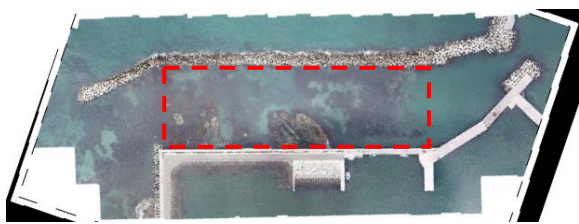


写真-3 幾何補正・回転後の空撮画像 (H30. 6. 21撮影)

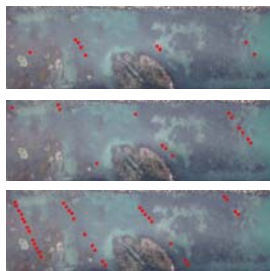


写真-4 教師付け地点

(上段：25%未満、中段：25～50%、下段：50%以上)

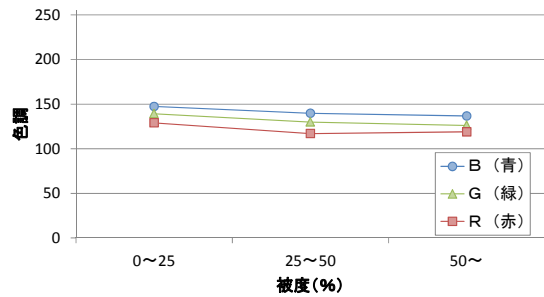


図-4 教師データ分析結果

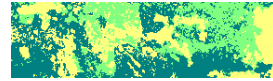


図-5 二重堤間の分類画像【H30. 6. 21撮影】

(黄色：25%未満、黄緑：25～50%、緑：50%以上)

(4) 藻場の現状把握（平成30年6月調査）

作成された分類画像を用いて、二重堤間全体の藻場の現状を把握するため、分類画像作成時に設定した被度階級に該当する「被度の平均値（潜水調査）」と「面積（分類画像）」を整理し（表-3）、以下に記載する式で計算すると二重堤間全体の平均被度は46.7%であることがわかった。なお、測線1,2,3,4（全76地点）の潜水調査結果から、単純に平均被度を計算すると52.5%となり、分類画像から求めた平均被度の方が約6%低い値となった。これは、分類画像によって潜水調査地点を含めた二重堤間全体の被度を評価できた結果と考えられる。

$$\text{平均被度} = \{ \text{被度階級に該当する平均被度 (潜水調査)} \times \text{面積 (分類画像)} \text{ の和} \} \div \text{全面積 (分類画像)} \quad \text{【式1】}$$

表-3 平均被度（潜水調査）と面積（分類画像）

被度階級	潜水調査		分類画像
	地点数	平均被度 (%)	面積(m ²)
25%未満	19	8.6	7,222
25～50%	20	36.1	6,635
50%以上	37	83.9	9,309
合計	76	—	23,166

(5) 画像解析の精度確認

画像解析結果の精度を確認するため、潜水調査結果との比較を行った（表-4）。潜水調査全76地点のうち、潜水調査の被度が画像解析の被度階級と一致していた地点数は42（◎）、画像解析の隣接地点の被度階級と一致していた地点数は13（○）、一致していない地点数は21（×）であった。精度を以下に記載する式で計算すると、整合率は72.4%となる。環境省では、藻場の衛生画像解析の精度検証の際、合理的な精度の指標を60～80%としている⁶⁾。この率を指標とした場合、本画像解析結果は、合理的な精度の範囲内であることが確認された。

$$\text{整合率} = \{ \text{潜水調査と画像解析の一致地点数}(\text{◎}) \} \div \{ \text{全調査地点数} \} \times 100\%$$

表-4 潜水調査と画像解析との比較結果【H30.6.21】

測点	測線1			測線2			測線3			測線4		
	被度(階級) 潜水	画像	比較	被度(階級) 潜水	画像	比較	被度(階級) 潜水	画像	比較	被度(階級) 潜水	画像	比較
0	40.0	50-	×	87.5	50-	○	45.0	50-	×	2.5	0-25	◎
5	17.5	0-25	○	77.5	50-	○	75.0	50-	○	35.0	0-25	×
10	20.0	25-50	×	2.5	25-50	×	60.0	50-	◎	5.0	0-25	◎
15	7.5	50-	×	47.5	50-	×	30.0	50-	×	32.5	0-25	×
20	75.0	50-	◎	112.5	50-	◎	45.0	25-50	○	7.5	0-25	◎
25	75.0	50-	◎	97.5	50-	◎	17.5	0-25	○	17.5	0-25	◎
30	85.0	50-	◎	75.0	50-	◎	32.5	25-50	◎	5.0	0-25	◎
35	77.5	50-	◎	0.0	50-	×	90.0	25-50	×	7.5	0-25	○
40	70.0	50-	◎	105.0	50-	◎	40.0	25-50	◎	27.5	25-50	◎
45	17.5	50-	×	5.0	50-	×	25.0	0-25	×	40.0	25-50	◎
50	72.5	50-	○	2.5	0-25	○	10.0	0-25	○	12.5	25-50	×
55	52.5	50-	◎	2.5	50-	×	2.5	0-25	◎	37.5	25-50	◎
60	80.0	50-	◎	77.5	50-	◎	95.0	50-	◎	27.5	25-50	◎
65	97.5	50-	◎	77.5	50-	◎	90.0	50-	◎	62.5	50-	○
70	85.0	50-	◎	77.5	25-50	×	95.0	50-	◎	67.5	25-50	×
75	107.5	50-	◎	87.5	50-	◎	90.0	50-	◎	40.0	25-50	◎
80	87.5	50-	◎	82.5	25-50	×	100.0	50-	◎	42.5	25-50	◎
85	100.0	50-	◎	27.5	25-50	○	95.0	50-	◎	65.0	25-50	×
90	27.5	25-50	○	42.5	25-50	○	37.5	25-50	◎	95.0	25-50	×

◎：潜水調査＝画像解析(地点が一致)・・・42地点
○：潜水調査＝画像解析(隣接地点が一致)・・・13地点
×：潜水調査≠画像解析・・・21地点

4. 画像解析手法の活用

二重堤間では、平成30年もこれまで同様にコンブ漁後においてもコンブ藻場が継続しているものの、コンブ漁やウニ増殖場など持続的な活用にあたっては、毎年、藻場の現状を把握することに加え、コンブ漁が藻場の形成に与える影響について検討することが重要である。そこで、画像解析手法を活用して、長期的な藻場の現状把握への適用性を検討するとともに、コンブ漁後の藻場の変化の把握を行った。

(1) 長期的な藻場の現状把握への適用性

(1-1) 検討手法

画像の色は波長の反射量で発色が決まるが、撮影日時が異なると、大気や海水の状態(水温、水質等)によって反射量も異なってくる。このため、撮影日時が異なる画像を解析するには、平成30年6月に実施・撮影した潜水調査結果と空撮画像を関連づけた色調データを補正する必要がある。この補正後の色調データを用いて、平成29年8月18日と平成30年9月13日の空撮画像の解析を行い、作成される分類画像と潜水調査結果を比較することで適用性を検討した。

(1-2) 色調補正

今回の色調の補正方法は、今後簡易に画像を解析していくことに配慮し、基準となる潜水調査と関連づけた平成30年6月21日の空撮画像と、平成29年8月18日及び平成30年9月13日の空撮画像において、被度がほとんど0%に近い地点と100%に近い地点を、画像の濃淡

表-5 色調の補正割合

撮影年月日	被度	色調			補正割合		
		B(青)	G(緑)	R(赤)	B(青)	G(緑)	R(赤)
H30.6.21 (基準)	25%未満	147	139	129	-		
	25~50%	140	130	117	-		
	50%以上	137	126	119	-		
H29.8.18	25%未満	113	107	74	0.77	0.77	0.57
	25~50%	108	100	67			
	50%以上	105	97	68			
H30.9.13	25%未満	106	107	86	0.72	0.77	0.67
	25~50%	101	100	78			
	50%以上	98	97	80			

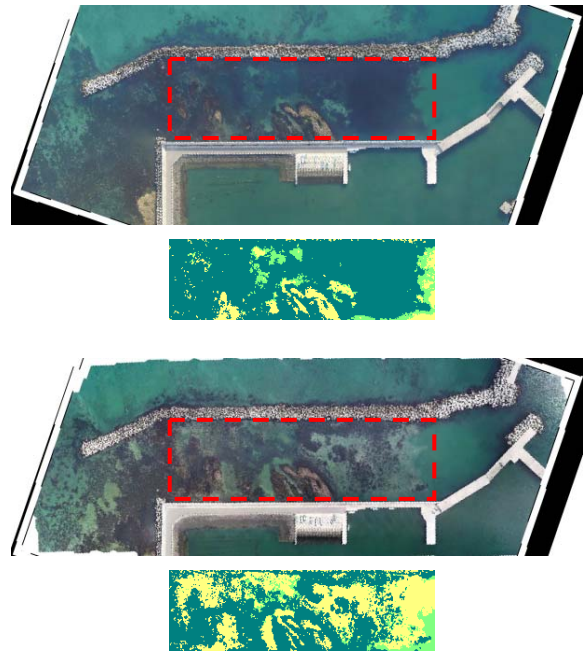


写真-5 空撮画像と分類画像

【上段：H29.8.18撮影、下段：H30.9.13撮影】
(黄色：25%未満、黄緑：25~50%、緑：50%以上)

表-6 潜水調査と画像解析との比較結果

【上段：H29.8.18、下段：H30.9.13】

平成29年8月18日

測点	測線1			測線2			測線3			測線4		
	被度(階級) 潜水	画像	比較	被度(階級) 潜水	画像	比較	被度(階級) 潜水	画像	比較	被度(階級) 潜水	画像	比較
0	17.5	0-25	○	10.0	0-25	○	55.0	50-	◎	10.0	0-25	◎
5	52.5	50-	◎	65.0	50-	◎	95.0	50-	◎	20.0	0-25	◎
10	35.0	50-	×	80.0	50-	◎	100.0	50-	◎	2.5	0-25	◎
15	90.0	50-	◎	47.5	25-50	○	35.0	50-	×	0.0	0-25	◎
20	105.0	50-	◎	75.0	50-	◎	55.0	50-	◎	50.0	25-50	×
25	105.0	50-	◎	42.5	25-50	○	40.0	25-50	◎	37.5	25-50	◎
30	100.0	50-	◎	100.0	50-	◎	27.5	50-	×	0.0	25-50	×
35	47.5	50-	×	62.5	50-	◎	27.5	25-50	○	7.5	50-	×
40	57.5	50-	◎	70.0	50-	◎	90.0	25-50	×	5.0	50-	×
45	85.0	50-	◎	10.0	50-	×	87.5	50-	◎	82.5	50-	◎
50	57.5	50-	◎	75.0	50-	◎	95.0	50-	◎	82.5	50-	◎
55	40.0	50-	×	77.5	50-	◎	82.5	50-	◎	85.0	50-	◎
60	37.5	50-	×	45.0	50-	×	52.5	50-	◎	85.0	50-	◎
65	57.5	50-	◎	87.5	50-	◎	62.5	50-	◎	85.0	50-	◎
70	92.5	50-	◎	77.5	50-	◎	75.0	50-	◎	85.0	50-	◎
75	97.5	50-	◎	85.0	50-	◎	95.0	50-	◎	77.5	50-	◎
80	92.5	50-	◎	90.0	50-	◎	20.0	50-	×	102.5	50-	◎
85	92.5	50-	◎	85.0	50-	◎	5.0	50-	×	102.5	50-	◎
90	82.5	50-	◎	57.5	50-	◎	30.0	25-50	◎	62.5	50-	◎

◎：潜水調査＝画像解析(地点が一致)・・・55地点
○：潜水調査＝画像解析(隣接地点が一致)・・・6地点
×：潜水調査≠画像解析・・・15地点

平成30年9月13日

測点	測線1			測線2			測線3			測線4		
	被度(階級) 潜水	画像	比較	被度(階級) 潜水	画像	比較	被度(階級) 潜水	画像	比較	被度(階級) 潜水	画像	比較
0	7.5	0-25	◎	12.5	50-	×	17.5	50-	×	2.5	25-50	×
5	17.5	0-25	◎	67.5	50-	◎	35.0	25-50	◎	2.5	25-50	×
10	10.0	0-25	○	85.0	50-	◎	45.0	25-50	◎	0.0	25-50	×
15	27.5	50-	×	32.5	50-	×	25.0	25-50	○	0.0	25-50	×
20	37.5	50-	×	12.5	50-	×	20.0	0-25	○	2.5	0-25	○
25	42.5	50-	×	37.5	50-	×	27.5	25-50	○	0.0	0-25	◎
30	62.5	50-	◎	52.5	50-	◎	40.0	50-	×	5.0	0-25	◎
35	57.5	50-	◎	62.5	50-	◎	25.0	50-	×	0.0	0-25	◎
40	40.0	50-	×	40.0	50-	×	10.0	0-25	○	0.0	0-25	◎
45	32.5	50-	×	75.0	50-	◎	17.5	0-25	◎	2.5	0-25	◎
50	37.5	50-	×	52.5	50-	◎	65.0	50-	◎	0.0	0-25	◎
55	30.0	50-	×	50.0	50-	◎	17.5	0-25	◎	2.5	0-25	◎
60	70.0	0-25	×	85.0	50-	◎	22.5	0-25	◎	5.0	0-25	◎
65	17.5	0-25	◎	22.5	0-25	◎	17.5	0-25	◎	7.5	0-25	◎
70	20.0	0-25	◎	25.0	0-25	×	85.0	50-	◎	2.5	0-25	◎
75	27.5	0-25	×	65.0	50-	◎	80.0	50-	◎	60.0	0-25	×
80	22.5	50-	×	45.0	50-	×	85.0	50-	◎	65.0	50-	◎
85	52.5	50-	○	45.0	0-25	×	90.0	50-	◎	12.5	0-25	◎
90	17.5	0-25	○	65.0	50-	◎	95.0	50-	◎	7.5	50-	×

◎：潜水調査＝画像解析(地点が一致)・・・35地点
○：潜水調査＝画像解析(隣接地点が一致)・・・14地点
×：潜水調査≠画像解析・・・27地点

を基に識別した任意の 50 地点を抽出・比較し、その平均値を補正割合として適用することとした（表-5）。

(1-3) 分類画像の作成

平成 29 年 8 月 18 日と平成 30 年 9 月 13 日に撮影した空撮画像（幾何補正・回転後）と作成した分類画像を写真-5 に示す。

平成 30 年 6 月 21 日の分類画像と比較すると、平成 29 年 8 月 18 日の分類画像は、被度階級の高い箇所が多く分類・作成されている。二重堤間全体の平均被度は、式 1 を用いると 64.8%と計算される（被度階級に該当する平均被度を単純に階級の間値（被度階級 25%未満を 12.5%、25~50%を 37.5%、50%以上を 75%）に設定）。リシリコンブの生活史では、6 月は成長後期、8 月は成熟期に該当することから⁷⁾、単純に経年的な比較はできないが、潜水調査結果（図-2）と同じく、平成 29 年の方が海藻被度が高い結果であった。また、平成 30 年 9 月 13 日の分類画像は、二重堤間全体の平均被度が 46.5%と計算され（式 1 を用いて同様に計算）、6 月の平均被度と同等であった。これは 9 月はリシリコンブの末枯初期に該当することから⁷⁾、6 月以降の成長の後に末枯れが始まったためと考えられる。

(1-4) 適用性の検討

画像解析結果と潜水調査結果との比較結果を表-6 に示す。平成 30 年 6 月 21 日の精度確認と同様の方法で整合率を計算すると、平成 29 年 8 月 18 日は 80.3%、平成 30 年 9 月 13 日は 64.5%となり、合理的な精度の範囲内であることが確認され、潜水調査結果と関連付けた色調を、他の空撮画像へ適用して分類画像を作成できると考えられる。

今回、藻場調査を実施して空撮画像と関連付けを行ったことにより、今後潜水調査を実施しなくても空撮画像のみで画像解析ができ、短時間で二重堤間全体の藻場の現状を把握できることがわかった。これにより無償公開されている画像処理ソフトを利用して、長期的に藻場の経年変化を把握していくことが可能になると考えられる。

(2) コンブ漁後の藻場の変化の把握

(2-1) 検討手法

平成 30 年に二重堤間でコンブ漁が行われた区域を対象に、コンブ漁前（平成 30 年 6 月 21 日）の空撮画像からリシリコンブ現存量を求めてリシリコンブ漁獲量と比較し、漁獲に伴い低下する海藻被度を算出する。次に、平成 30 年 6 月と 9 月の空撮画像を用いて、コンブ漁の実施区域と未実施区域別に海藻被度を算出・比較する。これらから、コンブ漁が藻場の形成に与える影響について考察する。

(2-2) リシリコンブの漁獲に伴う海藻被度の低下

(2-2-1) 二重堤間の活用状況

二重堤間におけるリシリコンブ漁獲量とエゾバフンウ

ニ漁獲量及び移植放流量の推移を図-6 に、平成 30 年度の漁獲場所と重量を表-7 に示す⁸⁾。

リシリコンブ漁は、7 月上旬に行われている。漁獲量は、資源保護の観点から 2 年目（リシリコンブは 2 年生海藻）を対象に、毎年採取期間及び時間を限定しているため変動がみられる。また、漁獲場所は二重堤間の中で繁茂している場所を中心に行い、平成 30 年度は北側の藻場調査測線 1, 2 付近のみで 3,400kg 漁獲している⁸⁾。なお、エゾバフンウニは漁獲・移植放流ともに大きな年変動はみられない。

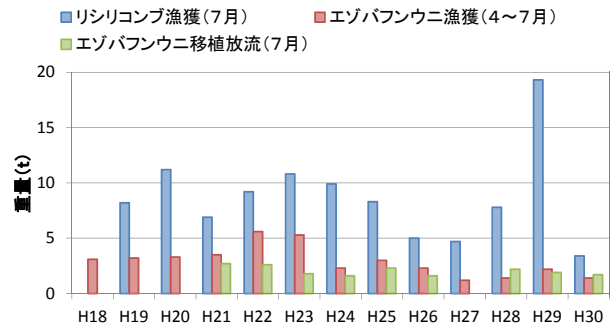


図-6 漁場としての活用状況（二重堤間）⁸⁾

表-7 漁獲場所・重量（平成 30 年度 二重堤間）⁸⁾

	二重堤北側		二重堤南側		合計	備考
	測線1 付近	測線2 付近	測線3 付近	測線4 付近		
リシリコンブ漁獲量	2,800	600	0	0	3,400	7/9~8/7
エゾバフンウニ漁獲量	600	480	20	330	1,430	4/24~7/10

単位:kg

(2-2-2) リシリコンブの現存量（湿重量）

平成 30 年にリシリコンブ漁が行われた二重堤間北側（測線 1, 2 付近）のリシリコンブの現存量（湿重量）を、調査全 76 地点（全 4 測線）の潜水調査結果から近似式を用いて以下に示す方法で算出する。

①海藻被度に占めるリシリコンブ被度を求める（図-7）。

$$\text{リシリコンブ被度}(\%) = 0.8002 \times \text{海藻被度}(\%) \quad \text{【式 2】}$$

②リシリコンブの被度に対する本数を求める（図-8）。

$$\text{リシリコンブ本数 (6 月)} = 0.5832 \times \text{リシリコンブ被度}(\%) \quad \text{【式 3】}$$

③リシリコンブ 1 本当当たりの湿重量を求める（表-8）。

④これらを整理して得られる下記に示す関係式により、二重堤間北側のリシリコンブ現存量を求めると 23,460kg と計算される（表-9）。

$$\text{現存量} = \text{リシリコンブ本数}(\text{本}/\text{m}^2) \times 114(\text{g}/\text{本}) \times \text{面積} \quad \text{【式 4】}$$

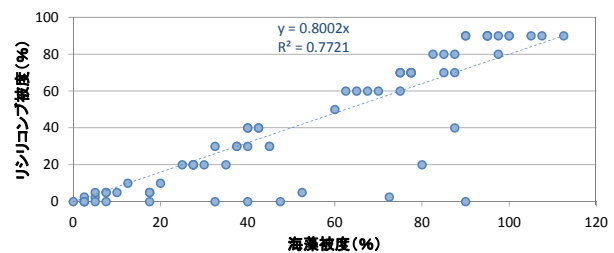


図-7 海藻の被度とリシリコンブの被度との関係

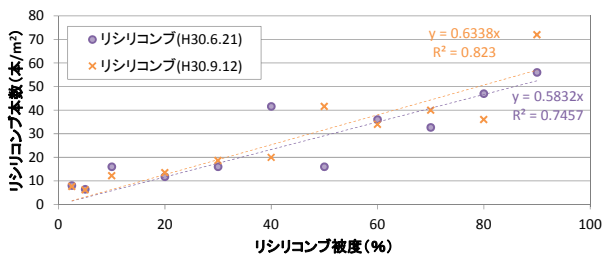


図-8 リシリコンブの被度と本数との関係

表-8 リシリコンブの1本当たり湿重量 (g/本)

リシリコンブ(H30.6.21)				リシリコンブ(H30.9.12)					
測線	測点	本数	湿重量 (g)	平均湿重量 (g/本)	測線	測点	本数	湿重量 (g)	平均湿重量 (g/本)
測線1	75	96	6,706	—	測線1	60	16	5,692	—
測線2	75	76	21,809	—	測線2	75	60	10,964	—
測線3	75	200	13,312	—	測線3	85	96	30,386	—
測線4	70	88	10,504	—	測線4	75	52	7,032	—
合計	—	460	52,332	114	合計	—	224	54,072	241

表-9 リシリコンブ現存量 (二重堤間北側 H30.6.21)

二重堤間全体 海藻平均被度 【画像解析】 (%)	リシリコンブ 平均被度 (%)	リシリコンブ 本数 (本/m²)	1本当たり 平均湿重量 【潜水調査】 (g/本)	二重堤間 北側面積 (m²)	リシリコンブ現存量 【二重堤間北側】 (kg)
46.7	37.4	21.8	114	9,440	23,460

(2-2-3) 海藻被度の算出

平成30年にコンブ漁が行われた二重堤間北側を対象として、平成30年6月21日(コンブ漁前)の空撮画像解析結果、リシリコンブ漁獲量⁸⁾及び式1~4を用いて計算した海藻被度を表-10に示す。リシリコンブの漁獲によって海藻被度が48.0%から39.9%に8.1%低下した。

表-10 漁獲前後のリシリコンブと海藻(平成30年)

名称	漁獲前	漁獲量	漁獲後
リシリコンブ	重量(kg)	23,460	20,060
	算出根拠	(画像解析)	(漁組資料)
	被度(%)	—	32.0 (式3.4)
海藻	算出根拠	—	—
	被度(%)	48.0	39.9
	算出根拠	(式1)	(式2)

(2-3) 6月から9月への藻場(海藻被度)の変化

コンブ漁前でリシリコンブ成長後期の空撮画像(平成30年6月21日)とコンブ漁後でリシリコンブ末枯初期の空撮画像(平成30年9月13日)を用いて、その解析結果から求めた海藻被度を表-11に示す(式1より計算。被度階級に該当する平均被度は単純に階級の間中値)。6月と9月の海藻被度を比較すると、コンブ漁未実施区域は概ね同等であるのに対し、逆にコンブ漁実施区域の方が漁獲しているにもかかわらず増加している。これは、一般に秋季の藻場(コンブ藻場)の被度低下は、主に採取、先枯れ、食害、流失等が考えられるが、エゾバフウノの生息個体数はコンブ漁実施区域が3.4個/m²で未実施区域が8.2個/m²(ともに藻場潜水調査6,9月の平均値)であった。仮に、6月以降の海藻の成長と先枯れが同程度であったと仮定すると、藻場に与える影響は、リシリコンブの漁獲よりも食害や流失等の方が大きかったと考えられる。

表-11 海藻被度(平成30年6,9月)

海藻被度 (%)	平成30年6月21日 リシリコンブ成長後期(コンブ漁前)		平成30年9月13日 リシリコンブ末枯初期(コンブ漁後)	
	北側:測線1.2付近 (コンブ漁未実施区域)	南側:測線3.4付近 (コンブ漁未実施区域)	北側:測線1.2付近 (コンブ漁実施区域)	南側:測線3.4付近 (コンブ漁未実施区域)
	45.7	44.1	51.3	43.2

(2-4) コンブ漁が藻場の形成に与える影響

コンブ漁実施区域では、リシリコンブの漁獲による海藻被度の低下が約8%であった。また、6月から9月への藻場の被度低下の要因は、現段階では特定はできないが、リシリコンブの漁獲よりも他の要因の方が大きいと考えられた。しかも、コンブ漁実施区域はコンブ漁後の9月に藻場は回復していた。これらのことから、平成30年はコンブ漁が藻場の形成に与える影響は小さかったと考えられる。

5. おわりに

主要な結果を以下に記載する。

- 平成30年夏季も過年度同様にリシリコンブを優占種とした良好な藻場が形成されている。
- ドローンで撮影した空撮画像と潜水調査結果を関連付けた画像解析により、二重堤間全体の藻場の現状を把握することができた。
- 画像解析手法を活用した結果、長期的な藻場の現状把握が可能になると考えられた。また、平成30年はコンブ漁が藻場の形成に与える影響が小さかったと考えられる。

藻場の現状を把握する場合、空撮と潜水調査の関連付けにより、その後、簡易的な手法にはなるが、潜水調査を実施しなくても空撮画像のみで無償公開されているソフトを利用して画像解析し、短時間で藻場の現状把握が可能になると考えられる。今後は、他の港湾・漁港への適用について検討していきたい。最後に、本調査(藻場、空撮)の実施に際しては、雄武漁業協同組合及び雄武町に資料提供も含めご協力いただいた。

参考文献

- 網走開発建設部紋別港湾事務所HP
- 丸山修治, 伊藤敏朗, 田村友之: 元稲府漁港二重堤間の藻場に関する考察, 第61回北海道開発技術研究発表会, 2017.
- 丸山修治, 大橋正臣, 伊藤敏朗: 藻場創出機能に関する機能診断手法の改良, 第60回北海道開発技術研究発表会, 2016.
- 水産庁: 改訂磯焼け対策ガイドライン, pp. 151, 2015.
- (株)建設技術研究所HP
- 環境省: 瀬戸内海における藻場・干潟分布状況調査結果(西部海域), pp. 19, 2018.9
- 地方独立行政法人北海道立総合研究機構稚内水産試験場HP
- 雄武漁業協同組合漁業関係資料(速報値)