

港内直立壁における海藻と 植食動物の関係に関する考察

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 ○松本 卓真
稲葉 信晴
的野 博行

防波堤直立壁面にウニ侵入防止フェンスを設置し、フェンス内外の植食動物密度と海藻被度を調査した。フェンスを設置した実験区では、対照区よりもウニの個体数密度が低く抑えられており、その結果、数種の海藻被度は実験区の方が高く、フェンス設置による効果が示唆された。しかし、ウニの餌料としても有用とされるホソメコンブの海藻被度は実験区・対照区ともに5%未満と他の優占した海藻よりも低い被度を示した。その一因としては、本調査において排除していない小型巻貝による摂餌の影響が考えられた。今後、直立壁への安定した海藻藻場造成のためには、ウニだけではなく植食性小型巻貝の影響も考慮した取り組みが必要と考えられる。

キーワード：藻場創出、直立壁、ウニ、小型巻貝

1. はじめに

北海道日本海沿岸では磯焼けが依然として問題視されており、コンブ等の大型海藻藻場の減少・消失が報告されている¹⁾。磯焼けの発生・持続要因のひとつに植食動物による摂餌があり、北海道日本海沿岸において問題となる主な植食動物はキタムラサキウニとクボガイなどの植食性巻貝と言われている¹⁾。海藻藻場の減少は、水産有用種であるウニやアワビなどの餌不足を引き起こし、磯根資源の減少につながるため、藻場の回復は水産業にとって喫緊の課題である。特にコンブ類はウニの餌として価値が高く²⁾、コンブ藻場の造成が強く求められている。さらに、藻場は水産生物の餌場となるだけでなく、稚魚の保護育成場や、多種多様な生物の生息場としての機能も有しているため³⁾、藻場造成は周辺海域の生物生産性の向上にもつながる。近年では、ブルーカーボンと呼ばれる藻場の炭素固定能が注目され、地球温暖化の緩和対策としても期待が高まっている⁴⁾。

海岸構造物の垂直面には海藻が着生する^{5) 6)}。海岸構造物の垂直面上に藻場を造成することができれば、特に管理の点でもメリットの多い漁港・港湾における核藻場の維持・増大、周辺海域への波及効果が期待される。しかしながら、漁港・港湾構造物の垂直面における海藻分布を調査した例は少なく、垂直面への海藻の着生条件や出現種の季節変化については未知の部分が多い。また、海岸構造物の垂直面における植食動物の分布に関しては、ウニについては研究例があるものの⁷⁾、植食性巻貝に関するものは見受けられず、そうした植食動物が垂直面に分布する海藻繁茂にどのような影響を及ぼすかについ

ても十分な知見は得られていない。そこで本調査では、北海道日本海北西部に位置する増毛港の防波堤直立壁の海藻および植食動物の分布を調査するとともに、直立壁面にウニ侵入防止フェンスを設置し、ウニによる食圧が直立壁面における海藻繁茂に与える影響を調べた。

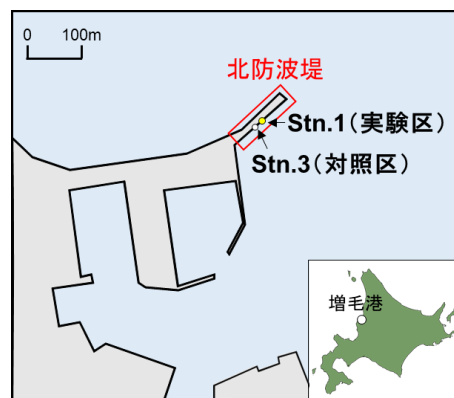


図1. 調査地点位置図(増毛港北防波堤)

2. 材料・方法

調査は、増毛港北防波堤の直立壁面に設けた実験区 Stn.1 と対照区 Stn.3 において行った(図1)。2019年1月20日に、ウニ侵入防止フェンスを Stn.1 に敷設した(図2)。フェンスには刺網を用い、防波堤直立壁面とフェンスの間に隙間が生じないような構造とした。フェンス内の植食動物はフェンス設置時にすべて除去した。その後、2019年3月11, 12日と2019年6月8, 9日に、Stn.1 および Stn.3 の5層の水深帯(0~1m, 1~2m, 2~3m, 3~4m, 4~5m)において1x1mの方形枠を水平方向に

10 個連結した 10 連方形枠により植食動物の同定・計数を水中で行った（図 2 の赤色で示した範囲）。ただし、巻貝に関してはクボガイ属と同定されるもののみを計数し、それらをまとめて「植食性小型巻貝」として扱った。また、海藻については植食動物と同じ 5 層の水深帯において 1x1 m の方形枠により各層 1 地点の海藻種の同定・被度測定を行った（図 2 の緑色の枠で囲んだ範囲）。さらに、6 月の調査時には、フェンス内外のホソメコンブの生長を比較するために、Stn.1 および Stn.3 に分布するホソメコンブを各地点 10 本ずつ採集し、それらの葉長および湿重量を測定した。

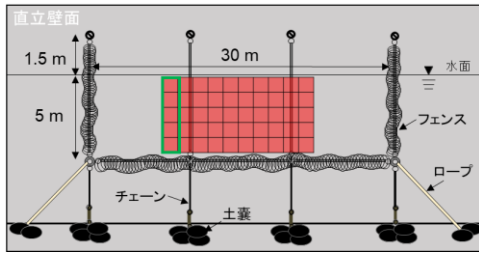


図 2. Stn. 1 におけるウニ侵入防止フェンス設置範囲および植食動物・海藻分布調査範囲

3. 結果

(1) 出現した植食動物および個体数

Stn.1、Stn.3 ともに、植食動物としてエゾバフンウニ、キタムラサキウニ、エゾアワビおよび植食性小型巻貝が出現した。植食性小型巻貝の Stn.1 と Stn.3 における地点全体での出現個体数はそれぞれ、3 月が 1553 個体と 1545 個体、6 月が 1185 個体と 1650 個体であり、6 月の出現個体数は Stn.1 のほうが少なかった。それに対して、キタムラサキウニの Stn.1 と Stn.3 における地点全体での出現個体数はそれぞれ、3 月が 71 個体と 198 個体、6 月が 64 個体と 148 個体であり、両季節ともにフェンスを設置した Stn.1 の方が出現個体数は少なかった。エゾバフンウニとエゾアワビの調査期間中の 3 月と 6 月の地点全体での出現個体数は、エゾバフンウニが 4~19 個体、エゾアワビが 3~8 個体であり、同じ大型植食動物であるキタムラサキウニと比較していずれも個体数は少なかった。

(2) キタムラサキウニの鉛直分布

3 月の各水深帯における平均個体数密度は、Stn.1 では 0.1~3.2 個体 m^{-2} 、Stn.3 では 2.4~7.9 個体 m^{-2} の範囲であった。鉛直分布は Stn.1 では 3~5 m の水深帯において密度が高く、Stn.3 と同程度の値であったのに対して、Stn.3 では 2~3 m の水深帯において密度が最大となっており、キタムラサキウニの鉛直分布は地点間で異なる傾向を示した（図 3）。6 月の各水深帯における密度は、Stn.1 で 0~2.5 個体 m^{-2} 、Stn.3 で 1.3~4.0 個体 m^{-2} であった。3 月の密度と比較すると、Stn.1 ではキタムラサキウニの密

度が高かった 3~5 m の水深帯における密度は減少し、1~3 m の水深帯で密度増加が見られた。Stn.3 では 1~2 m および 3~4 m の水深帯では 3 月と比較して密度が増加していたが、それ以外の水深帯では密度が低下していた。鉛直分布に関しては、3 月と異なり、地点間で類似した傾向が見られ、両地点ともに密度は 2~3 m の水深帯において最も高かった。

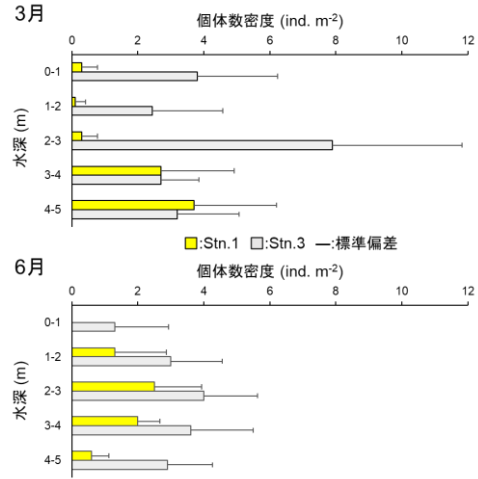


図 3. キタムラサキウニの密度および鉛直分布

(3) 植食性小型巻貝の鉛直分布

3 月の各水深帯の平均個体数密度は Stn.1 で 5.3~129.2 個体 m^{-2} 、Stn.3 で 12.6~85.5 個体 m^{-2} であった。密度は両地点ともに 0~1 m の水深帯において顕著に高く、鉛直分布は地点間で共通していた（図 4）。6 月の各水深帯の密度は Stn.1 で 16.9~28.8 個体 m^{-2} 、Stn.3 で 23.4~43.7 個体 m^{-2} であった。3 月の鉛直分布とは異なり、0~1 m の水深帯における個体数の明瞭なピークは見られず、各水深帯に幅広く分布していたが、両地点ともに 2 m 以深における密度が 2 m 以浅と比較して高い傾向にあった。

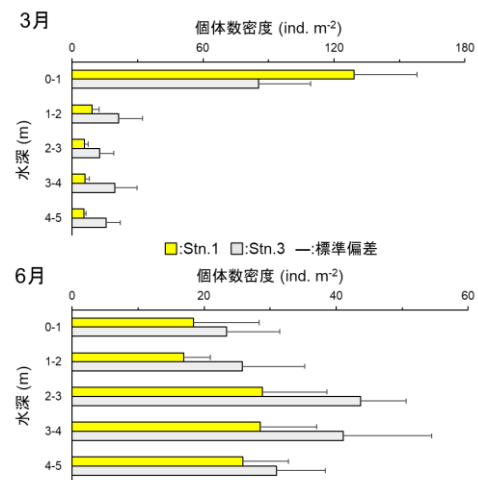


図 4. 植食性小型巻貝の密度および鉛直分布

(4) 海藻出現種および分布

Stn.1 と Stn.3 において出現した海藻種数は両地点ともに 19 種であった (表 1)。そのうち両地点に共通して出現した海藻は 14 種であり、海藻出現種は地点間で類似していた。また、Stn.1 における海藻出現種数は 3 月に 9 種、6 月に 17 種、Stn.3 においては 3 月が 8 種、6 月が 19 種であり、両地点ともに 6 月のほうが出現種数は多かった。海藻被度に関しては、エゾヒトエグサとモロイトグサでは Stn.1 において 30~80% の高被度で分布する水深帯が見られたものの、その他の海藻の被度は Stn.1・Stn.3 ともにほとんどが 5% 未満であり、フェンスの有無による被度の差は見られなかった (表 2)。唯一、サンゴモ目紅藻は、調査期間を通してすべての水深帯に出現し、6 月には Stn.1 で最大 40%、Stn.3 で最大 30% という高被度を示した。ホソメコンブは、Stn.1 では 0~1 m と 1~2 m、Stn.3 では 0~1 m の浅い水深帯にのみ出現し、ウニ侵入防止フェンスを設置した Stn.1 においては Stn.3 よりも分布範囲が広がったものの、その被度は両地点ともに 5% 未満と低い値であった。また、6 月の調査時に各地点から採集したホソメコンブの葉長および湿重量は、Stn.1 が平均葉長 26.7±3.2 cm、平均湿重量 2.1±0.7 g であったのに対して、Stn.3 では平均葉長 17.6±2.8 cm、平均湿重量 0.9±0.3 g であった。葉長・湿重量ともに地点間で有意に異なり ($p<0.001$, Mann-Whitney's U -test) (図 5)、ホソメコンブの生長はフェンスを設置した Stn.1 のほうが良好であった。

表 1. Stn. 1 と Stn. 3 における海藻出現種リスト (網掛けは地点間で共通して出現した種)

St.1		St.3	
紅藻		紅藻	
ハネイギス	<i>Ceramium japonicum</i>	ハイウスバノリ	<i>Acrosorium yendoi</i>
サンゴモ目	Corallinales	ハネイギス	<i>Ceramium japonicum</i>
マクサ	<i>Gelidium elegans</i>	サンゴモ目	Corallinales
キブリイトグサ	<i>Neosiphonia japonica</i>	マクサ	<i>Gelidium elegans</i>
クロソソ	<i>Falisada intermedia</i>	キブリイトグサ	<i>Neosiphonia japonica</i>
モロイトグサ	<i>Polysiphonia morrowii</i>	モロイトグサ	<i>Polysiphonia morrowii</i>
オバクサ	<i>Pterocladia tenuis</i>	スサビノリ	<i>Pyropia yezoensis</i>
スサビノリ	<i>Pyropia yezoensis</i>	イソムラサキ	<i>Symphocladia latiuscula</i>
緑藻		緑藻	
シオグサ属	<i>Cladophora</i> sp.	ハネモ	<i>Bryopsis plumosa</i>
エゾヒトエグサ	<i>Monostroma angicava</i>	シオグサ属	<i>Cladophora</i> sp.
アナアオサ	<i>Ulva pertusa</i>	エゾヒトエグサ	<i>Monostroma angicava</i>
褐藻		ウスバアオノリ	<i>Ulva linza</i>
フクロノリ	<i>Colpomenia sinuosa</i>	褐藻	
ウルシグサ	<i>Desmarestia japonica</i>	フクロノリ	<i>Colpomenia sinuosa</i>
ケウルシグサ	<i>Desmarestia viridis</i>	ウルシグサ	<i>Desmarestia japonica</i>
アミジグサ	<i>Dictyota dichotoma</i>	ケウルシグサ	<i>Desmarestia viridis</i>
セイヨウハバノリ	<i>Petalonia fascia</i>	セイヨウハバノリ	<i>Petalonia fascia</i>
ホソメコンブ	<i>Sacchararia religiosa</i>	イソガワラ属	<i>Ralfsia</i> sp.
カヤモノリ	<i>Soytosphon lomentaria</i>	ホソメコンブ	<i>Sacchararia religiosa</i>
ワカメ	<i>Undaria pinnatifida</i>	カヤモノリ	<i>Soytosphon lomentaria</i>

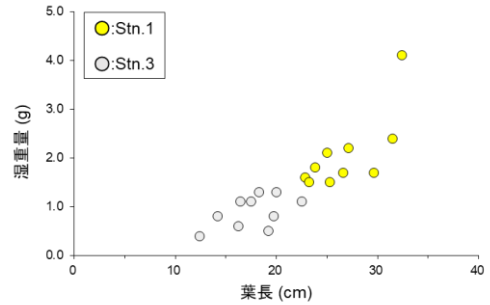


図 5. ホソメコンブの葉長・湿重量

表 2. 3月と6月の Stn. 1 および Stn. 3 における海藻の鉛直分布と海藻被度 (上: Stn. 1、下: Stn. 3)

		海藻被度 (%)																		
調査月	水深 (m)	ハネイギス	サンゴモ目	マクサ	キブリイトグサ	クロソソ	モロイトグサ	オバクサ	スサビノリ	シオグサ属	エゾヒトエグサ	アナアオサ	フクロノリ	ウルシグサ	ケウルシグサ	アミジグサ	セイヨウハバノリ	ホソメコンブ	カヤモノリ	ワカメ
3月	0-1		+				+		+		50			+			+	+	+	
	1-2		+				+		+		30						+	+	+	
	2-3		+				+		+		+			+			+	+	+	
	3-4		+				+		+		+						+	+	+	
	4-5		+				+		+		+	+					+	+	+	
6月	0-1	+	10	+	+	+	30				+		+	+	+		+	+	+	+
	1-2		+				80	+			+			+	+		+	+	+	+
	2-3	+	40	+	+		10	+			30					+	+	+	+	+
	3-4		20	+	+	+					40									
	4-5		20		+	+				+	60			+						

		海藻被度 (%)																		
調査月	水深 (m)	ハイウスバノリ	ハネイギス	サンゴモ目	マクサ	キブリイトグサ	モロイトグサ	スサビノリ	イソムラサキ	ハネモ	シオグサ属	エゾヒトエグサ	ウスバアオノリ	フクロノリ	ウルシグサ	ケウルシグサ	セイヨウハバノリ	インガワラ属	ホソメコンブ	カヤモノリ
3月	0-1				+		+	+				50		+	+		+		+	
	1-2				+		+	+			+						+			
	2-3				+		+	+			+						+			
	3-4				+		+	+			+						+			
	4-5				+		+	+			+						+			
6月	0-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	10	+	+	+	+
	1-2			30	+		+				+					+	+			
	2-3			20	+		+				+	+				+	+			
	3-4			20			+				+	+								
	4-5			20			+				+	+								

4. 考察

(1) ホソメコンブの生長・繁茂

ホソメコンブの海藻被度は **Stn.1**・**Stn.3** ともに 5%未満と低い値であった。ウニの食圧を制限した **Stn.1** においてもホソメコンブの海藻被度が低かったことから、ウニの摂餌以外の影響の存在も考えられる。ホソメコンブは通常 9~12 月に遊走子を放出し、着生した遊走子は雌性配偶体または雄性配偶体となる⁸⁾。その後、雌性配偶体が放出する卵に雄性配偶体が放出した精子が受精することにより接合子となり、接合子は幼孢子体へと生長する⁸⁾。北海道沿岸では、クボガイ、ヘソアキクボガイ、コシダカガンガラ、イシダタミ、タマキビ類などの植食性巻貝の分布が確認されている^{9) 10)}。室内実験により、植食性小型巻貝によるホソメコンブ配偶体¹¹⁾ および幼孢子体の摂餌¹²⁾ が確認されており、特にクボガイに関しては、ホソメコンブの幼孢子体を活発に摂餌することが報告されている¹²⁾。また、藻場創出機能を付加した構造物の機能評価指標¹³⁾ によると、植食性小型巻貝の密度が 40 個体 m^2 以上であると、その構造物の藻場創出機能は劣化していると診断される。3 月の植食性小型巻貝の平均密度の最大値は、**Stn.1** で 129.2 個体 m^2 、**Stn.3** で 85.5 個体 m^2 であり、その基準値を大きく上回っていた。本調査では植食性小型巻貝の詳細な種同定は行っていないが、植食性小型巻貝が高密度に分布していたことから、当該海域においても植食性小型巻貝による摂餌がホソメコンブの低被度をもたらした可能性が考えられる。

ホソメコンブの被度が低かった別の理由として、北防波堤周辺におけるホソメコンブ遊走子のそもそもの供給量が少なかった可能性もある。先行研究の結果から、ホソメコンブ遊走子の到達距離は、母藻場から 500 m の範囲内であることが示唆されている¹⁴⁾。本調査では周辺海域の遊走子量や対象とした直立壁面と母藻場の位置関係などは把握できていない。今後は、遊走子が放出される時期の現場周辺の遊走子量やホソメコンブの着生状況を調べた上で、配偶体・幼孢子体が出現する時期の植食動物に着目し、ホソメコンブの生長や被度に関する調査を実施する必要があるだろう。

さらに、ホソメコンブの葉長・湿重量については実験区と対照区で明確な差が見られた。実験区においてホソメコンブの生長が良好であったのは、ウニによる食圧が対照区と比較して低かったことがひとつの理由として挙げられる。しかし、生長が良好であった実験区であっても、平均葉長は 27 cm 以下であった。この値は同時期の北海道日本海沿岸におけるホソメコンブの葉長の既報値^{15) 16)} と比較して低い値であることから、ホソメコンブの生長は不十分であったことが窺える。ホソメコンブと同じ水深帯には植食性小型巻貝も高密度に分布していた。植食性小型巻貝はホソメコンブ成体を摂餌する際に葉状部に傷を付けることから¹¹⁾、こうした植食性小型巻貝

の摂餌による損傷がホソメコンブの生長に悪影響を及ぼした可能性が考えられる。また、3 月にホソメコンブが分布した水深帯では、実験区・対照区ともにエゾヒトエグサが 30~50%と優占していた。エゾヒトエグサの藻体は薄い膜状の形態を呈する。そのような形態の海藻は単位体積あたりの表面積が大きいいため栄養塩吸収において有利とされ¹⁷⁾、そのような膜状海藻は厚い藻体を有するコンブ類よりも単位藻体重量当たりの光合成速度が大きいことが報告されている¹⁸⁾。エゾヒトエグサは 3 月から 5 月にかけて生長するが¹⁹⁾、この期間はホソメコンブ孢子体の生長期と重なることから^{15) 20)}、高密度に分布したエゾヒトエグサとの栄養塩競争により、ホソメコンブの生長が妨げられたことも推測される。今後、ホソメコンブの生長と植食性小型巻貝の関係について更なる調査を行うとともに、同所的に分布するその他の海藻が与える影響についても調査する必要があると考える。

(2) 直立壁における植食動物と海藻分布

Stn.1 における 3 月のエゾヒトエグサの被度は 0~2 m の水深帯で 30~50%と高い値を示した。しかし、6 月になると同水深帯におけるエゾヒトエグサの被度は 0~5%未満にまで減少し、3 月の時点で被度が 5%未満であった 2~5 m の水深帯において 30~60%まで増加した。**Stn.3** においても、**Stn.1** と比較して被度は低いものの **Stn.1** と同様の分布水深の季節変化が見られた。植食性小型巻貝の鉛直分布を見ると、**Stn.1**・**Stn.3** ともに 3 月は 0~1 m の水深帯に多く、6 月は 2~5 m の水深帯に多いというエゾヒトエグサと同様の分布の季節変化が見られた。このことから、エゾヒトエグサと植食性小型巻貝の分布には何らかの関係があることが示唆される。植食性小型巻貝の主要な餌料生物である付着珪藻は多様な場所に生息しており、海藻の藻体上にも生息している²¹⁾。本調査では付着珪藻について調査はしていないが、植食性小型巻貝は高密度に分布するエゾヒトエグサの藻体上の付着珪藻を求めて、エゾヒトエグサの分布する水深帯へ移動した可能性が考えられる。小型巻貝による付着珪藻の摂餌は海藻の種多様性を増加させることが示唆されており²²⁾、藻場を造成する上では、植食性小型巻貝と海藻の関係についてさらなる調査を進めるとともに、その両者と関係する付着珪藻についても調べるのが重要である。

植食性小型巻貝とは異なり、キタムラサキウニの鉛直分布と海藻種の分布には明瞭な関係が見られなかった。防波堤壁面におけるキタムラサキウニの分布を調べた道津ら⁷⁾ によると、波浪の強さが防波堤上における分布帯を決定するとしている。6 月のキタムラサキウニの分布を見ると、**Stn.1** と **Stn.3** でキタムラサキウニの鉛直分布は同様の傾向を示していた。両地点共に同一の防波堤に位置し、地点間の距離も 30 m 程度と近いことから、流速等の流動環境の地点による差は小さいと考えられる。

これらのことから、防波堤周辺の流動環境がキタムラサキウニの直立壁面における分布を決定していたことが示唆されるが、本調査では防波堤周辺の物理環境については調査していないため、現場において今後検証していく必要がある。

(3) 侵入防止フェンスについて

ウニ侵入防止フェンスを設置した Stn.1 におけるウニの密度は対照区である Stn.3 よりも低く、エゾヒトエグサとモロイトグサの海藻被度は Stn.3 よりも Stn.1 の方が高い値であったことから、フェンスの侵入防止および食圧抑制効果がある程度窺えた。しかし、フェンス内においてもウニの分布が確認され、完全にはウニの侵入を防ぐことはできなかった。刺網を用いたフェンスによりウニの食圧を制限する手法は、他の研究においても用いられているが²³⁾、本調査の結果と同様にウニのフェンス内への侵入が見られた。本調査では、フェンスを複数の防波堤ケーソンにまたがって設置してしまったため、ケーソン間の溝を通過してフェンス内に侵入した可能性もあるが、そもそもウニは水平面・垂直面であっても容易に移動することが可能である²⁴⁾。刺網のような網地はウニの行動をある程度抑制するが²⁴⁾、ウニの移動能力を考慮すると、刺網を用いたフェンスであっても乗り越えることは物理的に可能であったと考えられる。侵入防止フェンスによりウニからの食圧を十分に制御するには、定期的なウニの除去が必須となるため、長期的なフェンスの効果の維持には労力を要する。桑原ら²⁵⁾はフェンス設置によるホソメコンブ群落の造成方法として、ホソメコンブの加入・発芽が起きる冬期の間はフェンスにより食圧を制御し、ホソメコンブの生長後は、フェンスを開放することでホソメコンブの新規加入を妨げる多年生海藻をウニの摂餌により除去するという手法を提案している。フェンスの維持・管理に要するコストを考慮すると、フェンスによる食圧制御は、標的の海藻種の生活史を考慮した上で設置期間を設定し、短期間かつ集中的に行うことが望ましいと考える。

5. 結論

本調査の結果では、ウニだけでなく植食性小型巻貝の分布と海藻繁茂との関係性が示唆された。一方で、海藻種と植食性小型巻貝との関係は、種によって異なる可能性が考えられるため、今後は、植食性小型巻貝の種同定を行ったうえで、それらが直立壁面における海藻繁茂とどのような関係性があるのかについて検証していく必要がある。また、当該海域における遊走子の供給や流動環境と海藻繁茂の関係などについても更なる調査を進めていきたい。

参考文献

- 1) 水産庁 (2021) : 第3版 磯焼け対策ガイドライン.
- 2) 名畑進一・干川裕・酒井勇一 (1990) : キタムラサキウニに対する数種海藻の餌料価値、北水試験報、54、33-40.
- 3) 小路淳・堀正和・山下洋 (編) (2011) : 浅海域の生態系サービス—海の恵みと持続的利用 恒星社厚生閣
- 4) Krause-Jensen, D., C. M. Duarte (2016) Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration.、Nature Geoscience、9、737-742.
- 5) Saito, Y., K. Taniguchi, S. Atobe (1971) : Phytosociological study of the intertidal marine algae II. The algal communities on the vertical substratum faces on several directions.、The ecological Society of Japan、20、230-232.
- 6) 藤田大介・櫻井克聡・平野央・桑原久実 (2015) : 漁港とその周辺における藻場の分布特性の解明とモニタリング手法の開発 漁港漁場漁村技術研究所調査研究論文集、25、147-152.
- 7) 道津光生・太田雅隆・斎藤二郎・山下和則 (1997) : 海岸構造物上におけるキタムラサキウニの分布密度と波浪との関係、水産増殖、45、445-450.
- 8) 船野隆 (1983) : ホソメコンブの生態 第1報 生活史と核相交番、および配偶体と幼胚体の生理生態、北水試験報、25、61-109.
- 9) 小野寺理恵・櫻井泉 (2018) : 北海道寿都町沿岸におけるクボガイ *Chlorostoma lischkei* の分布、生殖周期および食性、Nippon Suisan Gakkaishi、84、54-64.
- 10) 楊彩嘉・櫻井泉 (2017) : 北海道寿都町沿岸におけるイシダタミ *Monodonta confusa* の生殖周期と食性、東海大学紀要、6、7-23.
- 11) 中田和義・山崎友資・水田浩之・川井唯史・伊藤博・五嶋聖治 (2006) : ホソメコンブに見られる植食性小型巻貝 4種による摂餌痕跡、水産増殖、54、217-224.
- 12) 中田和義・山崎友資・水田浩之・川井唯史・伊藤博・五嶋聖治 (2006) : 植食性小型巻貝によるホソメコンブの摂食に及ぼす水温の影響、水産増殖、54、375-381.
- 13) 丸山修治・大橋正臣・伊藤敏朗 (2017) 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論文.
- 14) 秋野秀樹・川井唯史・四ツ倉典滋・河野時廣 (2015) : 北海道泊村表層におけるホソメコンブ遊走子の移送と空間的分布、水産工学、52、1-9.
- 15) 船野隆 (1983) ホソメコンブの生態 第2報 小樽市忍路湾の年齢と着生地異なる個体群の生態、および総合考察、北水試験報、25、115-186.
- 16) 阿部英二 (1984) : 忍路湾産ホソメコンブの葉面積推定方法について、北水試験報、26、25-37.
- 17) 吉田吾郎・新村陽子・樽谷賢治・浜口昌巳 (2011) : 海藻類の一次生産と栄養塩の関係に関する研

究レビューー および瀬戸内海藻場の栄養塩環境の相対評価一、水研センター研報、34、1-31.

18) Littler, M. M., K. E. Arnold (1982) : Primary productivity of marine macroalgal functional form groups from southwestern north America、Journal of Phycology、18、307-311.

19) Tatewaki, M. (1969) : Culture studies on the life history of some species of the genus *Monostroma*、北海道大學理學部海藻研究所論文報告、6、1-56.

20) 吾妻行雄・川井唯史 (1997) : 北海道忍路湾におけるキタムラサキウニの季節的移動、Nippon Suisan Gakkaishi、63、557-562.

21) 河村知彦 (1994) : 海産付着珪藻の分類と形態、付着生物研究、10、7-25.

22) 藤田大介 (2001) : 海洋深層水をかけ流した磯焼け地帯転石の植生回復、海洋深層水研究、2、57-64.

23) 川井唯史・金田友紀・新井章吾・桑原久実 (2002) : 磯焼け地帯におけるウニ侵入防止フェンスによるホソメコンブ群落の造成とキタムラサキウニ生殖巣の発達、水産工学、39、15-20.

24) 伊藤敏晃・高木力・平石智徳・鈴木健吾・山本勝太郎・梨本勝昭 (1995) : ウニの付着基質の違いによる移動特性および水平・鉛直壁面に対する行動能力、水産工学、32、39-43.

25) 桑原久実・川井唯史・金田友紀 (2001) : 北海道南西部磯焼け海域におけるホソメコンブ群落の形成機構、水産工学、38、159-165.