

ヤツマタモク幼体の初期減耗へ与える植食性巻貝類の摂餌の影響

Effect of herbivorous snails feeding on mortality in the early life stage
of juvenile *Sargassum patens*

濱岡秀樹

Hideki Hamaoka

新潟県水産海洋研究所, 新潟県新潟市西区五十嵐3の町13098-8

Aquaculture Environment Division, Niigata Prefectural Fisheries and Marine Research Institute, 13098-8
Sannomachi, Ikarashi, Niigata 950-2171, Japan

e-mail: hamaoka.hideki@pref.niigata.lg.jp

Abstract

The feeding by snails on juvenile seaweed contributes to the decline of seaweed beds; however, few studies have investigated the feeding pressure of snails on juvenile *Sargassum* species. In this study, we investigated the effects of snail feeding pressure on the mortality rate of *Sargassum* species at an early life stage. A water-tank experiment was conducted using four snail species (*Turbo sazae*, *Tegula pfeifferi carpenteri*, *Astraliium haematragum* and *Cantharidus japonicus*) and *Sargassum patens* to clarify these effects. Our results demonstrated that the feeding pressure of snails on juvenile *S. patens* differed among snail species. Among the four species, *T. sazae* exerted the strongest pressure, consuming most of the juvenile sargassums by the end of the experiment. For *T. pfeifferi carpenteri*, the number of juvenile sargassums also significantly decreased compared to the control site. In contrast, for *A. haematragum* and *C. japonicus*, the number of juvenile sargassums did not significantly decrease compared to that at the control site. These results can serve as a basis for prioritizing the prevention and removal of specific snail species in the conservation of *Sargassum* seaweed beds mainly composed of *S. patens* and will contribute to the efficient implementation of seaweed bed conservation activities.

Key words: feeding pressure; *Sargassum patens*; snails; water-tank experiment

緒言

海藻藻場は魚介類の産卵場や育成場として機能するだけでなく、水質浄化やレクリエーション、二酸化炭素の吸収・固定など人々の生活を豊かにする機能を持っている（小路ら 2011）。しかしながら、近年の気候変動による環境変化によって、藻場を構成する海藻の生産力に対して植食動物の摂餌圧が上回る「植食動物を介した藻場の衰退」が全国的に起こるようになってきた（水産庁 2021）。磯焼け対策の実践的なガイドラインでは、このような海藻藻場の衰退を引き起こす代表的な植食動物として魚類やウニ類とともに腹足類を挙げている（水産庁 2021）。巻貝類による藻場の衰退については、魚類やウニ類に比べると知見が少ないものの、東北の三陸沿岸域（河村 1997）

や北海道南西部（小野寺・桜井 2018）、新潟県粟島（吉田・内田 2015; 濱岡 2022）では、巻貝類の摂餌が海藻藻場の衰退に関係していると推察されている。

海藻類において生活史初期は最も植食者による摂餌圧の影響を受けやすく（De Wreede 1978）、幼体数の急激な減耗は海藻藻場の衰退に繋がる（新井・新井 1984; 吉田 2005）。一方で、天然海域には多種多様な植食者が生息しており、その摂餌圧の強さや影響の有無は巻貝種によって異なる（例えば中田ら 2006a; 金丸ら 2007）。そのため、海藻類幼体への植食者の摂餌圧を定量評価し、食害対策として優先順位の高い種を選定することは海藻藻場の衰退を防ぐうえで重要と考えられる。海藻幼体に対する巻貝類の摂餌の影響につ

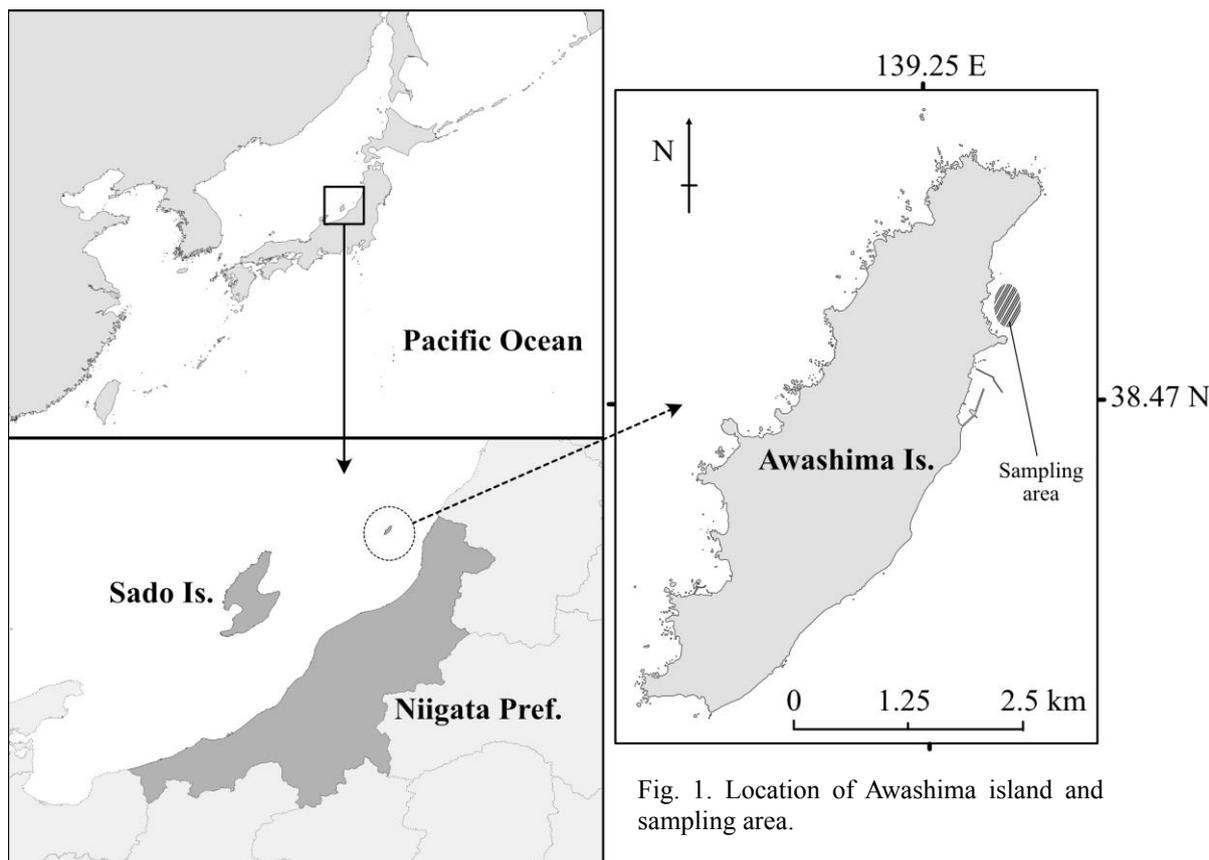


Fig. 1. Location of Awashima island and sampling area.

いてはコンブ類を対象にした研究が進んでおり、微小な個体サイズの小型巻貝から大型のサザエ *Turbo sazae* まで多くの巻貝種の摂餌活動がコンブの幼体を減耗させることが明らかになっている (例えば浅野ら 1990; 河村 1997; 小野寺・櫻井 2018)。一方、コンブ類と並んで主要な藻場構成種であるホンダワラ類の幼体については、巻貝の種類によってはホンダワラ類幼体数の減耗に顕著な影響を及ぼさない (尾形ら 2016) との報告があるが、研究事例が少なく、未解明な部分も多い。そのため、ホンダワラ類については巻貝種ごとの摂餌圧に関する基礎的な知見の集積が望まれている。

褐藻類を対象にした研究により、巻貝類の摂餌圧の強さには水温 (中田ら 2006a) や植食者の密度 (河村 1997) など複数の要因が関係していることが報告されている。そして、天然海域ではこれら要因が複雑に絡み合っていると考えられる。そのため、巻貝種ごとの海藻類幼体に対する摂餌の影響の定量的な評価・比較には、要因を操作でき

る水槽実験が有効である。本研究では、植食性巻貝類の摂餌とホンダワラ類海藻藻場の衰退の関係性を理解する第一歩として、4種類の巻貝類とホンダワラ類の一種ヤツマタモク *Sargassum piluliferum* 幼体を用いた水槽実験を実施した。その結果、水温と密度を統一した環境下で、巻貝類によるヤツマタモク幼体の減耗への影響に巻貝の種類による違いがあることを明らかにしたので報告する。

材料および方法

巻貝種ごとのホンダワラ類幼体への摂餌圧を比較するため、プラスチック製のケージ内で各巻貝種に幼体を摂餌させる水槽実験を行った。水槽実験に用いた生物はすべて新潟県北部に位置する粟島の沿岸域で実験の約 1 か月前である 2019 年と 2023 年の 6 月に採集し、採集後は研究室に移送した (Fig. 1)。研究室では種ごとにプラスチック製のかごに収容し、砂ろ過海水をかけ流した水槽に浮かべることで水環境へ馴致させた。馴致

Table 1. Summary of experimental condition.

Experiment	Experiment start date	Species name of snail in cage	Replication number	Mean number of snail in cage (S.D.)	Wet weight (g) of the snail in cage		Shell height (mm) of the snail in cage		Number of juveniles on the panel at the start of the experiment	
					mean (min - max)	S.D.	mean (min - max)	S.D.	mean (min - max)	S.D.
Exp. 1	Jul 18, 2019	None (control)	3	-	-	-	-	-	4968 (3460 - 5867)	1241
		<i>Omphalius pfeifferi carpenteri</i>	6	1	6.3 (4.6 - 8.5)	1.1	20.7 (20.0 - 21.9)	1.0	4013 (485 - 8890)	1764
		<i>Astralium haematragum</i>	3	1	6.4 (4.4 - 9.1)	1.5	20.8 (18.2 - 22.7)	2.3	3967 (3137 - 4393)	415
Exp. 2	Jul 12, 2023	None (control)	6	-	-	-	-	-	1374 (738 - 2601)	441
		<i>Turbo sazae</i>	3	1	7.1 (5.8 - 8.7)	0.9	28.2 (26.0 - 30.9)	2.5	1531 (899 - 2146)	447
		<i>Cantharidus japonicus</i>	3	46 (1)	5.1 (3.7 - 5.8)	0.7	0.7 (0.3 - 1.7)	0.1	1230 (794 - 1887)	545

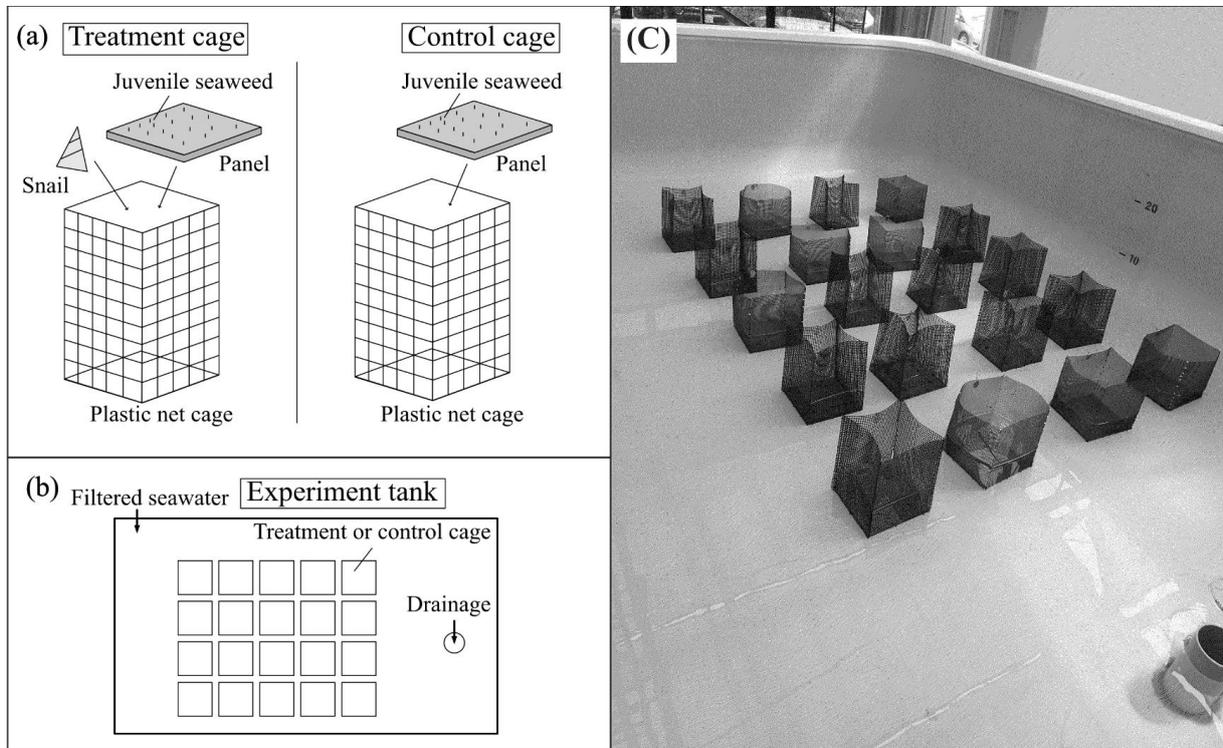


Fig. 2. Schematic diagram of the experiment and a photo of the experimental tank.

している間にヤツタモクに成熟がみられたため、水槽の直下にコンクリート製パネル (30 cm × 30 cm × 5 mm) を敷き詰め、パネル上にヤツタモクの幼体を発芽させた。発芽したヤツタモク幼体は約2週間、自然光下の水槽内で約2.0 mmに生長させた。野外から水槽に移送した巻貝類は水槽内で乾燥ワカメを給餌させ、実験の1週間前からは無給餌とした。実験では、巻貝の密度の効果を排除するために、巻貝類各種の個体数や個体

サイズを調整してケージ内の巻貝類の現存量を統一した (Table 1)。実験は合計で2回行った (2019年と2023年) が、実験間で水温に大きな差異が生まれないようにするために実験開始時期を近づけて実験を実施した (Table 1)。1回目の実験ではオオコシダカガンガラ *Tegula pfeifferi carpenteri* とウラウズガイ *Astralium haematragum* を、2回目の実験ではサザエとチグサガイ *Cantharidus japonicus* を用いて実験を行った。実

験では、まず水深 30 cm になるように 20 ton 水槽 (630 cm × 430 cm × 145 cm) の排水溝の高さを調整し、毎時約 900 L の砂ろ過海水をかけ流すことで時間当たりの換水率を約 11 % に保持した。そして、20 ton 水槽内にトリカルネット (ピッチ幅 10 mm) でできたケージ (30 cm × 30 cm × 50 cm) をならべ、ケージ内にヤツマタモク幼体が発芽したパネルを入れた (Fig. 2)。その後、ランダム表に従い各ケージに巻貝を 1 種類のみ入れた (以下、サザエ区、オオコシダカガンガラ区、ウラウズガイ区およびチグサガイ区とする)。また、対照区として巻貝類を入れないケージも配置した。そして、実験開始から 1 週間後と 2 週間後、4 週間後にパネル上に生育しているヤツマタモクの幼体を目視で計数した。実験期間中は水温の変動を把握するために注水の水温を平日の 9 時と 16 時に測定し、それらの平均値も算出した。なお、実験は屋内で行い、採光は天窗からの自然光を利用した。日照および日長については自然環境下の条件のもと実験を行った。

幼体数の減耗モデルについては、生物の個体数が時間とともに減耗していく現象のモデル化で用いられる指数減衰方程式を採用した (Jennings et al. 2001)。本研究では、ヤツマタモク幼体数の減耗を以下の式に示した指数減衰方程式で表現し、各巻貝種によるヤツマタモク幼体数の減少係数への影響を推定した。

$$Y_t = Y_0 * \exp(- (a + b_i * SP_i) * t)$$

ここで、 Y_t は実験開始から t 週間経過後のヤツマタモク幼体数、 Y_0 は実験開始時のヤツマタモク幼体数を表している。 SP_i は i 番目の巻貝種 ($i = 1$: サザエ, 2 : オオコシダカガンガラ, 3 : ウラウズガイ, 4 : チグサガイ) を表しており、パラメータ推定の際にはバイナリダミー変数に変換した値を用いた。なお、 a と b_i はパラメータであり、 a は対照区におけるヤツマタモク幼体数の減少係数、 b_i は巻貝種 i による減少係数への影響を表す。なお、本モデルではヤツマタモク幼体の初期密度は実験中の減耗に影響を与えないと仮定した。時間減少モデルによる推定には R 4.3.2 (R Core Team 2023) と nls パッケージを使い、パラメータ

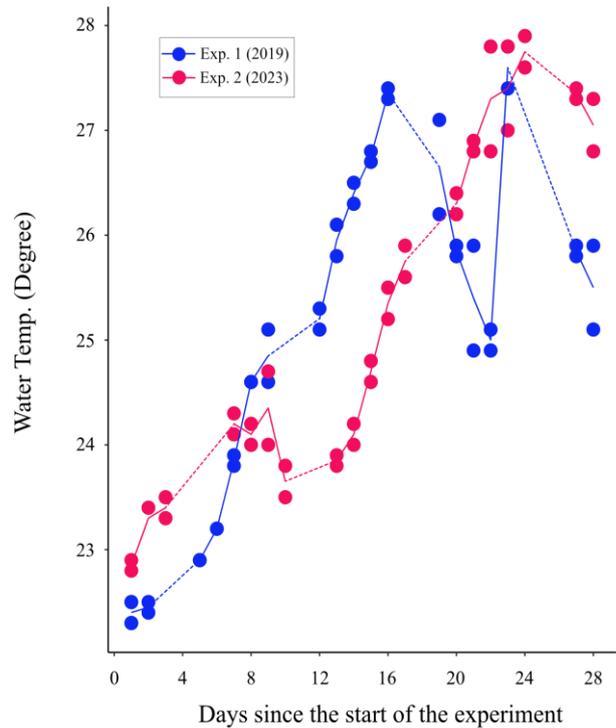


Fig. 3. Changes in the water temperature in the tank during the experiments. Closed circles and solid lines represent raw data and daily average water temperature, respectively. The dashed lines indicate periods of missing data.

は最小二乗法で求めた。

実験に用いた巻貝類の影響を評価するため、すべての巻貝種を要因として組み込んだモデル (フルモデル) と特定の巻貝種を取り除いたモデル (帰無モデル) を作成した。各巻貝種について、帰無モデルとフルモデルの残差平方和の差から F 統計量を求め、「特定の巻貝種による効果は 0 である」という帰無仮説の下に実験結果が得られる確率 (p 値) を Partial F 検定によってモデルごとにそれぞれ求めた。巻貝種数 (4 種) に応じて検定を繰り返しているため、多重検定の調整のために Bonferroni 補正によって有意水準を $0.0125 (0.05/4 = 0.0125)$ に設定した。

結果

2 回行った試験の水温の範囲は、それぞれ $22.2 \sim 27.8 \text{ } ^\circ\text{C}$ と $22.8 \sim 27.9 \text{ } ^\circ\text{C}$ であった (Fig. 3)。また、実験中に巻貝類が死亡した試験区はなかった。実験開始時に発芽していたヤツマタモク

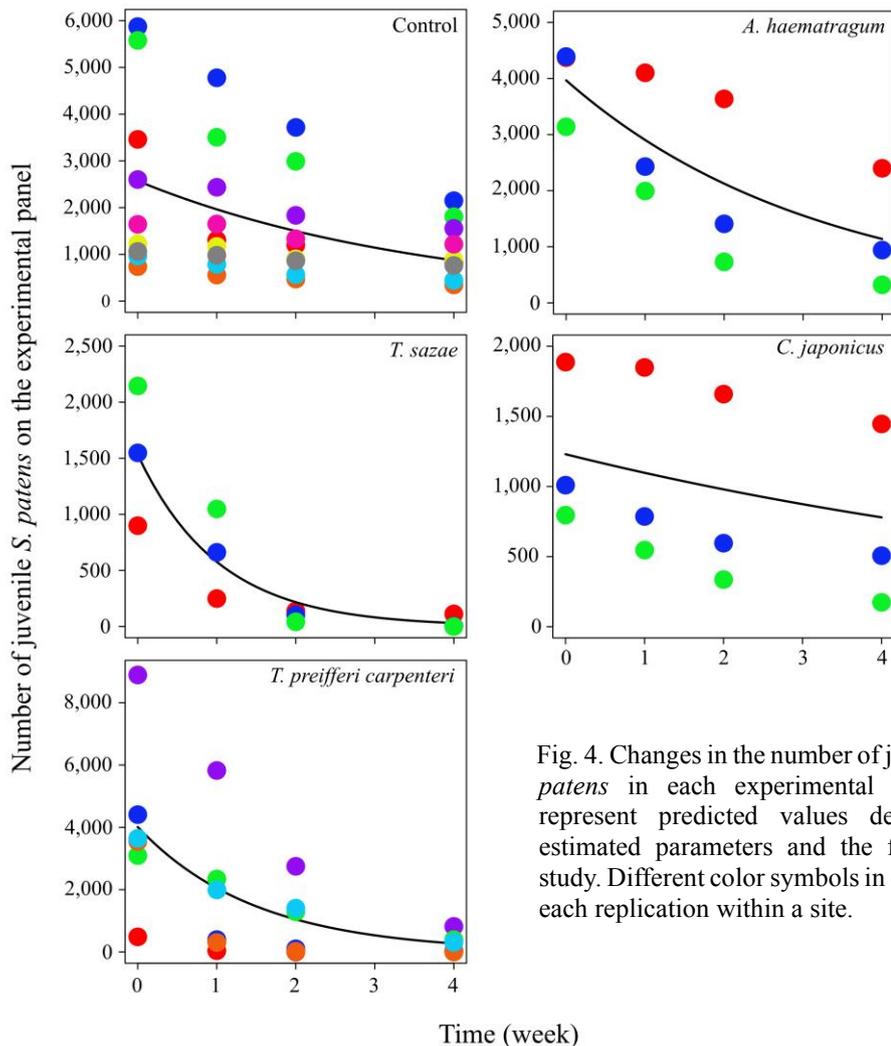


Fig. 4. Changes in the number of juvenile *Sargassum patens* in each experimental cage. Solid lines represent predicted values determined by the estimated parameters and the full model in this study. Different color symbols in each panel indicate each replication within a site.

幼体数はどのパネルにおいても日数の経過とともに減少したが (Fig. 4)、その傾向は試験区によって異なっていた。減耗の最も激しかった試験区はサザエ区であり、実験終了時にはほとんどの幼体は生残していなかった (Fig. 4)。それに対し、チグサガイ区の幼体の減耗は最も緩やかであり、実験終了時においても多くのヤツマタモク幼体が観察された。一方、対照区のみ実験終了時にパネルやヤツマタモク幼体上に珪藻類の繁茂が観察された。

フルモデルにおける推定されたパラメータとその基本統計量を Table 2 に示す。対照区の減少係数 a は 0.270 であり、巻貝類が存在しない場合でも 4 週間後には幼体数が平均的に 34 % ($\exp(-0.270 \times 4) = 0.34$) まで減少することが示された。また、チグサガイを除くすべての試験区で推定さ

Table 2. Estimated mean values and standard error of parameters in the full model.

Species name	Parameter name	Estimated mean value	Standard error
None (control)	a	0.270	0.027
<i>Turbo sazae</i>	b_1	0.707	0.382
<i>Omphalius pfeifferi carpenteri</i>	b_2	0.402	0.063
<i>Astraliium haematragum</i>	b_3	0.042	0.050
<i>Cantharidus japonicus</i>	b_4	-0.156	0.076

れたパラメータ b_i が正の値であり、その大きさはサザエ、オオコシダカガンガラ、そしてウラウズガイの順で大きかった。一方、チグサガイ区では推定されたパラメータ b_i が負の値であった。F 検定の結果、サザエとオオコシダカガンガラについては p 値が有意水準を下回っていたが、ウラウズガイとチグサガイについては有意水準を上回っていた (Table 3)。

Table 3. Summary of results in each partial F test.

Species name	Parameter name	Estimated mean value	Standard error
None (control)	a	0.270	0.027
<i>Turbo sazae</i>	b1	0.707	0.382
<i>Omphalius pfeifferi carpenteri</i>	b2	0.402	0.063
<i>Astralium haematragum</i>	b3	0.042	0.050
<i>Cantharidus japonicus</i>	b4	-0.156	0.076

考察

浅海域に生息する植食性動物による摂餌圧の強さは密度（浅野ら 1990; 河村 1997）や水温（浅野ら 1990; 中田ら 2006a）の影響を受けることが知られている。本研究では、密度と水温条件を統一した環境下で、ホンダワラ類の一種であるヤツマタモク幼体の減耗に与える巻貝種の影響を定量的に比較することができた。その結果、サザエやオオコシダカガンガラは同じ密度であってもウラウズガイやチグサガイよりもヤツマタモク幼体の生残数を減少させる効果を持つことが明らかとなった。また、サザエとオオコシダカガンガラについては F 検定でも p 値が有意水準を大きく下回っており、それら 2 種が存在することでヤツマタモク幼体の生残数が減少したことが統計学的にも示された。これらの結果はサザエやオオコシダカガンガラが藻場衰退の継続に関与している可能性を示しており、藻場回復活動における除去や防除の対象としてウラウズガイやチグサガイよりも優先度が高いと考えられた。ただし、F 検定で P 値が小さかったにもかかわらず、フルモデルにおけるサザエの b_i の 95 %信頼区間は 0 を含んでいたことから、今後十分な追試によるデータの蓄積と再検討が必要である。

一方、ウラウズガイの推定パラメータ b_i はサザエやオオコシダカガンガラに比べると小さく、F 検定の結果も P 値が有意水準を超えていた。また、フルモデルにおけるウラウズガイの b_i の 95 %信頼区間が 0 を含んでいたことから、ヤツマタモク幼体の減耗においてウラウズガイの摂餌の影響は少ないと考えられた。ウラウズガイについては、これまでの研究で藻長 7 mm 程度のホンダワラ類幼体は食害を受けにくいとした野外実験の

結果（尾形ら 2016）が示されている。本研究で用いたヤツマタモク幼体はこの報告のものよりも小さかった（2 mm 程度）が、尾形ら（2016）の結果と一致していた。これらのことから、2 mm 以上に生長したヤツマタモクの生残についてはウラウズガイの摂餌圧の影響は少ないと推察され、そのような場合において除去や防除の対象としての優先度は低いと考えられた。ただし、本実験で用いたヤツマタモクよりも葉長の小さい個体や幼胚については、ウラウズガイによる摂餌の影響を受ける可能性もあり、更なる知見の集積が必要である。

これまでの研究では、小型巻貝類であるエゾチグサが高密度に生息することでコンブ目藻類群落の衰退要因になることが示されている（浅野ら 1990; 河村 1997）。一方で、本研究では同属のチグサガイを用いて三陸沿岸の磯焼け域と同程度の密度（総湿重量 50 g/m²: 浅野ら（1990）, 56.7 g/m² = 5.1 g/30*30 cm²: 本研究）で実験を行ったが、実験終了後のチグサガイ区のパネル上には多くのヤツマタモク幼体が生残していた。また、フルモデルにおけるチグサガイの推定パラメータ b_i は負の値であり、対照区よりもチグサガイ区のほうがヤツマタモク幼体の減耗が緩やかであることが示された。これらの結果から、2 mm 程度まで生長したヤツマタモクの生残についてはチグサガイの摂餌圧の影響は少ないと推察された。この結果についても、ウラウズガイ同様に葉長の小さい個体や幼胚について更なる知見の集積が必要である。一方で、小型巻貝類の食害とは反対に、それらの摂餌が海藻類の生長を助長することを示唆した研究報告もある（藤田 2001; 藤田 2003）。このメカニズムは海藻類の生長を阻害する付着藻類を小型巻貝が取り除くことによるものであるとされている（浅野ら 1990; 藤田 2001）。本研究においても、実験終了時の対照区におけるパネル上には付着藻類が観察されたが、チグサガイを含む巻貝類が入られた試験区では付着藻類は肉眼的には見られなかった。このため、本研究の実験条件下ではチグサガイがヤツマタモク幼体やその幼胚よりもそれらを覆う付着藻類を

多く摂餌したために、対照区に比べてヤツマタモク幼体の減耗が緩和したのかもしれない。

本研究では水槽実験を用いて、4種の巻貝類の摂餌がヤツマタモク幼体の減耗に与える影響を評価した。そして、2 mm 程度に生長したヤツマタモク幼体の減耗へ与える影響は本実験の条件下では巻貝種間で大きく異なることが明らかになった。これら結果は、ヤツマタモクを主体とする海藻藻場の保全活動において防除・除去の優先順位を決定するための検討材料として活用でき、効率的な藻場保全活動の実施に貢献するものと考えられる。ただし、本研究では巻貝類の現存量を一定にするため、各巻貝種の成長段階は統一していなかった。特に、一般的なこれら巻貝種の殻高(サザエ: 12 cm、オオコシダカガンガラ: 4 cm、ウラズガイ: 2.8 cm、チグサガイ: 1.7 cm; 奥村 2000)から考えると本実験に用いたサザエは成長段階初期の小型個体であったが、チグサガイは十分に成長した個体を用いていた (Table 1)。巻貝類では成長段階や体サイズによってその食性や嗜好性が大きく変化することが知られており、特にサザエやクロアワビ *Haliotis discus discus* では小型個体の段階で非選択的に摂餌が行われることが報告されている(山川・林 2004; 小島 2005)。そのため、成長段階の違いが本研究結果における巻貝種間での摂餌圧の差を生じさせた可能性もある。また、本研究では実験中に 5 °C 程度の水温上昇が観察された。浅野ら (1990) や中田ら (2006a) は水温によって巻貝類の摂餌量が異なることを報告しており、種によって至適な温度帯は変わると予想される。このため、本研究結果に見られた巻貝種間でのヤツマタモク幼体への摂餌圧の差は、実験中の水温が影響しているのかもしれない。このため、実験中の物理的な環境要因や用いる巻貝類の生物的特性などをコントロールした再試験の実施による知見の蓄積が望まれる。なお、本研究ではわずか4種類の巻貝種と1種の海藻についてしか評価していないため、今後の巻貝類や海藻を含む生物相の変化への対応や更なる精度向上のためにより多くの巻貝種と海藻種について評価する必要もあるだろう。一方で、

摂餌圧における種間差を説明できる要因を明らかにすることができれば、様々な種について天然海域での摂餌圧の比較や海藻藻場に与える影響を大まかに予測することができることに繋がる(金丸ら 2007)。海藻幼体への摂餌圧における種間差について、中田ら (2016b) は種に特有の歯舌の形や摂餌行動が影響していると推察しており、進化系統との関係について考察している。また、これら歯舌や摂餌行動も成長段階によって変化することが知られている(例えば Kawamura et al. 2001; Onitsuka et al. 2004)。小野寺・櫻井 (2018) は成熟や生息地選択の季節的なパターンが摂餌圧の種間差に影響していることを考察している。本研究では巻貝種ごとに歯舌や摂餌行動、成熟のパターンを観察していないため、これら要因と摂餌圧との関係性について言及はできないが、今後種ごとの生物的特性と摂餌圧の関係性を明らかにすることで、精度の向上や保全活動の対象海域の拡大が見込まれる。

謝辞

研究を進めるうえで、粟島浦漁業協同組合の宮川敏夫氏および坂下光正氏には多くの協力を賜った。新潟県水産海洋研究所の清水綾氏には実験ケージの作成について多くの協力を賜った。ここに記してお礼申し上げる。また、原稿の改訂にあたり、有益なコメントを頂いた新潟県水産海洋研究所の樋口正仁氏、佐藤修氏および2名の匿名の査読者に感謝する。なお、本研究は農林水産省委託プロジェクト研究 (JPJ008722) 「ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発」によって行われた。

引用文献

- 浅野昌充・菊地省吾・河村知彦 (1990). コンブ類繁茂に対する小型植食巻貝の影響. 東北区水産研究所研究報告 52: 65–71.
- 新井章吾・新井朱美 (1984). 海藻の遷移に及ぼす採食の影響 I. 藻類 32: 43–51.
- 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.

- 藤田大介 (2003). 海洋深層水をかけ流した磯焼け地帯転石の植生回復 II. 海洋深層水研究 4: 1-9.
- 濱岡秀樹 (2022). 粟島における海藻藻場の長期変動と衰退要因. 新潟県水産海洋研究所研究報告 7: 3-11.
- Jennings, S., Kaiser, M. J. and Reynolds, J. D. (2001). Marine Fisheries Ecology. Blackwell Publishing, Malden, MA.
- 金丸彦一郎・荒巻 裕・古川泰久 (2007). 陸上水槽における植食性ベントス 5 種の海藻摂餌量の比較とその標準化による天然海域における摂餌圧推定の試み. 玄海水産振興センター研究報告 4: 15-20.
- 河村知彦 (1997). 磯焼けに及ぼす小型巻貝の摂餌選択性と摂餌圧の影響. 研究成果 317, 磯焼けの発生機構の解明と予測技術の開発, 農林水産技術会議事務局, 東京, pp. 60-70.
- Kawamura, T., Takami, H., Roberts, R. D. and Yamashita, Y. (2001). Radula development in abalone *Haliotis discus hannai* from larva to adult in relation to feeding transitions. Fisheries Science 67: 596-605.
- 小島 博 (2005). クロアワビの資源管理に関する生態学的研究. 徳島水研報 3: 1-120.
- 奥谷喬司 (2000). 日本近海産貝類図鑑, 東海大学出版会, 神奈川.
- 中田和義・山崎友資・水田浩之・川井唯史・伊藤博・五嶋聖治 (2006a). 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.
- 中田和義・山崎友資・水田浩之・川井唯史・伊藤博・五嶋聖治 (2006b). 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.
- 尾形梨恵・高木康次・御宿昭彦・藤田大介 (2016). 静岡県内浦湾における中層網式母藻移植によるガラモ場回復の試み. 水産工学 52: 177-184.
- Onitsuka, T., Kawamura, T., Ohashi, S., Horii, T. and Watanabe, Y. (2004). Morphological changes in the radula of abalone *Haliotis diversicolor aquatilis* from post-larva to adult. Journal of Shellfish Research 23: 1079-1086.
- 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. 日本水産学会誌 84: 54-64.
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL: <http://www.R-project.org/>
- 小路 淳・堀 正和・山下 洋 (2011.) 浅海域の生態系サービス—海の恵みと持親的利用. 恒星社厚生閣, 東京.
- 水産庁 (2021). 磯焼け対策ガイドライン, 全国漁港漁場協会, 東京.
- 山川 紘・林 育夫 (2004). 新潟県粟島におけるサザエの消化管内容物と海藻植生の関係. 水産増殖 52: 57-63.
- 吉田吾郎 (2005). 広島湾における褐藻アカモクのフェノロジーとその個体群間分化に関する研究. 水研センター研報 15: 27-126.
- 吉田友和・内田直樹 (2015). 新潟県における磯焼けの現状と対策. 海洋 47: 345-350.

Received: 5 July 2024 | Accepted: 6 August 2024 | Published: 9 August 2024