東北地方太平洋沖地震で被災した織笠川河口におけるサキグロタマツメタの分布と同所に生息する貝類群集への捕食の影響

Distribution of the invasive snail *Laguncula pulchella* and the effect of its predation on the mollusk populations in the Orikasa River Estuary after the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake

木下今日子^{1),*}・佐々木 尚²⁾・關 明日香²⁾・松政正俊³⁾・竹原明秀²⁾

¹⁾ 岩手大学三陸復興推進機構. 〒020-8550 岩手県盛岡市上田 3-18-8

²⁾ 岩手大学人文社会科学部. 〒020-8550 岩手県盛岡市上田 3-18-34

³⁾ 岩手医科大学全学教育推進機構教養教育センター生物学科. 〒028-3694 岩手県紫波郡矢巾町西徳田 2-1-1

Kyoko KINOSHITA^{1),*}, Naoshi SASAKI²⁾, Asuka SEKI²⁾, Masatoshi MATSUMASA³⁾ and Akihide TAKEHARA²⁾

¹⁾ Organization of Revitalization for Sanriku-region, Iwate University, 3-18-8 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan

²⁾ Faculty of Humanities and Social Sciences, Iwate University, 3-18-34 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan

³⁾ Department of Biology, Center for Liberal Arts and Sciences, Iwate Medical University, 2-1-1 Nishitokuta, Yahaba, Iwate 028-3694, Japan

Abstract: The present study was conducted to elucidate the distribution of the invasive alien snail *Laguncula pulchella* and its effect on the native mollusk populations in the Orikasa River Estuary, Iwate Prefecture after the 2011 Great East Japan Earthquake. *Laguncula pulchella* was the most abundantly distributed in the area with sandy sediment among the three survey areas. Although the number of *L. pulchella* increased in an area with gravelly sediment during the second year of the study period, the higher gravel content (>54%) might have inhibited the distribution of *L. pulchella* in another gravelly area. The clam *Ruditapes philippinarum* was the dominant species and main prey of *L. pulchella* in the study area. There was a positive correlation between predator and prey sizes, and the coefficient (0.53) tended to be lower than that reported by the earlier studies. In the estuary, *L. pulchella* might have preyed on clams smaller than its preferred size. The density of *R. philippinarum* decreased within the distribution area of *L. pulchella*; however, its density was maintained in the areas with gravelly sediment. These results indicate that the heterogeneity of sediment with gravel after the earthquake limited the distribution of *L. pulchella*, and thereby contributed to the maintenance of the native mollusk populations.

Key Words: alien predator, Iwate, mollusk, Naticidae, sediment, tsunami

はじめに

サキグロタマツメタ *Laguncula pulchella* (鳥越・稲葉 2011) は、生きた巻貝や二枚貝の貝殻に穴を開けて、その軟体部を食べるタマガイ科の貝食性巻貝である。本種は日本ベントス学会では絶滅危惧 IA 類に指定され、本来の分布域は瀬戸内海、有明海、韓国、中国とされており、東日本太平洋沿岸域には生息していなかった (佐藤・田北 2000; 日本ベントス学会 2012)。しかし、アサリ *Ruditapes philippinarum* の移植放流とともに持ち込まれて増殖し、宮

城県や福島県のアサリ漁場において、アサリの食害が報告されている (酒井 2000; 大越 2004; 富山ら 2011; 大越・大越 2011)。

岩手県山田町織笠川の河口干潟は県内有数の潮干狩り場であったが、潮干狩り用に放流したアサリとともにサキグロタマツメタが移入され、2005 年にアサリの食害が確認された (山田町 私信)。その後、サキグロタマツメタとその卵塊の駆除が行われたが、食害の影響により 2007 年と 2008 年には潮干狩りが中止された (山田町 私信)。織笠川の河口域は 2011 年の東北地方太平洋沖地震 (以下、東北沖地震と略する) が発生した時に、約 9 m の津波が襲来し (原口・岩松 2011)、さらに 50 cm 以上の地盤沈下が生じた (三冬社編集部 2013) 影響により、干潟の面積が減少した (環境省自然環境局 2013)。その後の底生生物の生息状況については、東北沖地震直後の 2011 年より調査が

Received 2 February 2017 Accepted 17 June 2017

* Corresponding author

E-mail: kinoshita.kyoko@mbn.nifty.com

行われ、底生生物の種数は2011年に地震の前よりも著しく減少したが、2012年には出現種数の増加傾向が認められた(木下2016; Kinoshita & Matsumasa 2016). サキグロタマツメタも2011年に生息が再確認された(環境省自然環境局2013). 本種のような外来性の上位捕食者は、被食者へのトップダウン効果大きい(例えばBuhle & Ruesink 2009; Chiba & Sato 2013)ことから、地震や津波の影響を受けた貝類群集にさらなる影響を与えることが予想された。また織笠川の潮干狩りは、地域にとって重要な観光イベントのひとつであったが、東北沖地震の後にはイベントが中止されており(木下2016)再開を望む声大きい。三陸沿岸では東北沖地震の後、織笠川と同様に潮干狩りが中止されている地域が多く、アサリの回復状況やそれを取り巻く生物環境を明らかにすることは、潮干狩り再開に向けた情報を地元の漁業者や地方自治体に提供できると考えられる。

そこで本研究では、東北沖地震で被災した織笠川の河口域において、サキグロタマツメタの分布と環境要因、特に底質の粒度組成との関係について調査を行った。さらに本種の被食対象である巻貝・二枚貝の生息状況を調査し、本種の貝類群集への影響を検討した。

材料と方法

調査地の概要と調査範囲

調査を行った織笠川の河口域(39°26'N, 141°57'E)は、山田湾の南西部に位置する。東北沖地震が発生する前の織笠川の干潟は、織笠大橋(Fig. 1)よりも海側まで出現したが、地震直後から織笠大橋の手前までしか干出しなくなった。調査範囲は2013年3月の大潮の最大干潮時に干出した場所を中心に、河口域の北部から南部にかけて約9,000 m²を設定した。調査範囲は南北に3つの区画に均等に分け(Fig. 1, Area A~C),それぞれの調査区画内に調査地点を設定した(Fig. 1, Stn A~C)。なお、調査地周辺は災害復旧事業が進められており、2013年10月には調査範囲の南部でかさ上げ工事が、2014年4月には調査範囲の北西部で水門建設のための地盤改良工事が始まった。これらの工事にともない調査区画の一部(Fig. 1)は埋め立てられたが、その規模はわずかであることから、調査範囲の修正は行わなかった。

底質の粒径分析

サキグロタマツメタの分布を規定する環境要因として底質に着目し、調査地の堆積物を採集して粒度分析を行った。堆積物の採集は2013年4月から3ヵ月毎、ならびに調査終了時の2015年3月に行った。各調査地点において、内径5 cmの円形の筒を海底に1回差し込み、深さ5 cmまでの堆積物を採集して実験室内に持ち帰った。実験室内において、堆積物中に過酸化水素水を加えて有機物を分解

Fig. 1. Survey area. Broken lines indicate the search area. Broken-and-dotted lines indicate the range of reconstruction work. Solid circles indicate sites where the sea snails were observed before 2011 (Yamada Town personal communication).

し、湿式ふるいわけ法にて堆積物の粒径を7つ(0.063 mm以下, 0.063~0.125 mm, 0.125~0.25 mm, 0.25~0.5 mm, 0.5~1 mm, 1~2 mm, 2 mm以上)に区分した。

サキグロタマツメタの分布とサイズ構造, 捕捉した貝類

サキグロタマツメタの分布状況を明らかにするために、目視による分布調査を、2013年4月~2015年3月にかけて毎月1回、大潮干潮時に実施した(以下、「分布調査」と称する)。分布調査は原則として2名で実施し、調査範囲(Area A~C)内を1人が1時間搜索し、発見した個体の位置を記録し、その個体を採集した。調査人数が2名以上(最高6名)の場合は、人数の増加に応じて調査時間を短縮した。分布調査で得られたサキグロタマツメタは、調査区画ごとに採集個体数を算出した。

分布調査では、サキグロタマツメタの小型個体の発見が難しいこと(大越・大越2011)から、一定面積の堆積物を掘り出して搜索する定量調査も実施した(以下、「定量

調査」と称する)。調査範囲内に 50 cm×50 cm の方形枠を設け、その中の堆積物を目合い 1 mm の網を張ったジョレン（株式会社スノーピーク製：貝取りジョレン（中））を用いて深さ 10 cm まで掘り出し、これを目合い 1 mm のふるいでふるい、残渣からサキグロタマツメタを採集した。この調査は 2013 年 4 月と 5 月では毎月 16 回（4 m²）、2013 年 6 月～2015 年 3 月では毎月 20 回（5 m²）で行った。なお、定量調査は調査範囲内において、特定の場所に偏らないように実施した。その他、調査範囲外（浜に打ち上げられた生貝）や、分布調査の時間外に発見された個体も採集し、特記事項として記録した。全ての調査で採集したサキグロタマツメタの殻高をノギスにて 0.01 mm 精度で測定した（株式会社ミットヨ製：CD67-S15PM）。サキグロタマツメタは貝類を捕捉すると、粘液の膜で包み込み、そのまま移動することが知られている（大越・大越 2011）ことから、サキグロタマツメタが粘膜を出して貝類を捕捉していた場合、その貝の種類を同定した。捕捉された個体のうち、貝殻に穴を開けられた個体はサキグロタマツメタが捕食に成功した個体であると判断した（以下、「被食個体」と称する）。被食個体がアサリの場合、アサリの殻長を測定し、捕食していたサキグロタマツメタの殻高との関係を求めた。さらに、田邊（2012）が示した被食捕食係数（アサリの殻長（mm）/サキグロタマツメタの殻高（mm））を求め、アサリの殻長とサキグロタマツメタの殻高との関係を明らかにした。

貝類と被食痕のある貝殻の種組成とサイズ構造

調査は 2013 年 4 月から 2015 年 3 月に、1 月を除いた毎月 1 回実施した。各調査地点（Stn A～C）において、内径 15 cm（面積 176.6 cm²）の塩ビパイプ製の採泥器（自製）を用いて、堆積物を深さ 20 cm まで円柱状に掘り出し、これを目合い 1 mm のふるいにかけて、残渣を試料とした（以下、「現存量調査」と称する）。この作業を、調査地点ごとに 5 回ずつ実施した。試料は 10% 中性ホルマリンで固定した後、サキグロタマツメタの被食者の可能性がある巻貝と二枚貝、さらに本種による被食痕のある貝殻を採集した。なお、山田湾ではタマガイ科のツメタガイ *Glossaulax didyma* が発見されており、ツメタガイが捕食した貝の貝殻が調査範囲に流入した可能性はあるが、本研究の調査範囲におけるタマガイ科の生貝はサキグロタマツメタのみであったことから、被食痕のある貝殻は本種によるものとして扱った。また、被食痕のある貝殻については、殻長や殻高が確認できるものを対象とし、破損しているものは除外した。サキグロタマツメタによる食害の影響を調査した既報では、両殻が揃った貝殻から被食痕のある貝殻を対象としている（大越・大越 2011）が、本研究では堆積物をふるいにかける際に両殻が分離する事例があり、本種による被食の影響を過小評価することが懸念されたため、片殻のみの貝殻も対象とした。貝類のうち、個体数がもっとも

多いアサリを対象に、生貝および被食痕のある貝殻の殻長をノギスで測定した。

統計解析

2 群の比較においては Welch の t-test を用い、3 群の比較では Kruskal-Wallis 検定の後、Steel-Dwass の多重比較を行った。解析には Microsoft Excel およびアドインソフト Statcel 3 を用いた。

東北沖地震の前に採集記録がある海域の生息状況の調査

東北沖地震の前に行われたサキグロタマツメタの生息調査によって個体が確認され（山田町 私信）、地震後に潮下帯となった海域の同じ地点（Fig. 1, 黒丸印）において、2014 年 5 月に船上からジョレンを用いて海底を掘削した。掘り出した堆積物から、サキグロタマツメタやアサリ、被食痕のある貝殻の有無を調べた。

結 果

底質の粒度組成

調査地の粒度組成は礫（粒径 2 mm 以上）が主体であったが、その比率は地点によって異なった（Fig. 2）。Stn A では礫の割合は調査期間を通じて 54% 以上（54.1～91.9%、平均 76.6%）を占め、礫以外は、各粒径で平均 9% 未満（最大 18% 未満）であった。Stn B では礫の割合は Stn A よりも低かった（44.4～86.0%、平均 62.4%）。礫以外では粗砂（0.5～1 mm）と極粗砂（1～2 mm）の割合が、それぞれ平均で 12.6% と 11.2% であった。Stn C では礫の割合は調査期間を通じて 48% 未満（9.3～48.0%、平均 26.2%）であった。礫以外では中砂（0.25～0.5 mm）と粗砂の割合が、それぞれ平均で 17.8% と 17.2% であった。

サキグロタマツメタの分布とサイズ構造

分布調査の結果、サキグロタマツメタが多く発見された区画は Area C で総個体数は 538 個体、以下 Area B で 217 個体、Area A で 5 個体であった（Fig. 3）。全ての調査期間で得られた毎月の個体数をもとに、調査区画の間で比較した結果、有意な違いが認められた（Kruskal-Wallis test, $H=34.5$, $P<0.001$, Steel-Dwass test, 全ての組み合わせについて $P<0.001$ ）。同様に、全ての調査区画において、2014 年～2015 年に採集された個体数の方が、2013 年～2014 年に採集された個体数よりも多かった。分布調査において、採集月による個体数の変動はみられたものの、明瞭な季節変化の傾向は認められなかった。そこで Area B と Area C を対象に、毎月の個体数を年ごとに比較したところ、Area B でのみ有意な違いが認められた（Welch の t-test, $t_{11}=2.60$, $P<0.05$ ）。

全ての調査によって、サキグロタマツメタが最も多く採集されたのは 2014 年 12 月の 180 個体（Fig. 4）で、分布

Fig. 2. Grain-size composition of the sediment.

Fig. 3. Mean and positive standard deviation (SD) of number of *Laguncula pulchella* in the study area. The number above the bars indicates the total number of individuals in the distribution survey.

調査で採集された割合が高かった。なお、2013年11月の調査では前日までの荒天の影響で浜に打ち上げられた生貝が多く、また2013年12月の調査では荒天で視界が悪く、サキグロタマツメタは採集されなかった。定量調査に基づくサキグロタマツメタの平均密度は2.1個体/m²で、最も多く採集されたのは2013年10月の33個体、密度に換算すると6.6個体/m²であった。サキグロタマツメタの最小

個体は2013年6月の殻高5.24 mm、最大個体は2015年1月の51.03 mmであった。殻高10 mm未満のサキグロタマツメタは、すべて定量調査で採集された。

サキグロタマツメタが捕捉していた貝類

貝類を捕捉していたサキグロタマツメタは31個体で、捕捉された貝類はアサリが28個体、ヒメシラトリ *Macoma incongrua* が2個体、イソシジミ *Nuttallia japonica* が1個体であった。このうち被食個体は、アサリが13個体、ヒメシラトリとイソシジミは各1個体であった。サキグロタマツメタの殻高とアサリの殻長との間には有意な正の相関が認められた (Fig. 5A, $y=0.419x + 2.780$, $R^2=0.633$, $P<0.01$)。アサリーサキグロタマツメタの被食捕食係数は、平均 0.53 ± 0.09 (標準偏差) で、サキグロタマツメタの殻高と被食捕食係数の間には相関が認められなかった (Fig. 5B, $R^2=0.070$, $P=0.383$)。

貝類の種組成とアサリのサイズ構造

現存量調査の結果、全ての調査地点においてアサリの密度は最も高かったが、その変動は地点によって異なった (Fig. 6)。アサリの密度はStn AとStn Bでは2013年10月に最も高く (Stn A: 2,242 個体/m², Stn B: 2,174 個体/m²)、その後は変動しながらStn Aでは平均密度669 個体/m²で、Stn Bでは平均密度470 個体/m²で推移した。Stn Cのアサリの密度は調査を開始した2013年4月は他の地点よりも高く、2013年5月に1,540 個体/m²を記録したが、その後は減少し、2014年2月以降は60 個体/m²未満、2014年12月以降は採集されなかった。アサリ以外の貝類は、全ての地点でエゾチグサ *Cantharidus jessoensis* とヒメシラトリが採集され、エゾチグサはStn Bの平均密度が66 個体/m²で最も高かった。ヒメシラトリはStn Cの平均密度が123 個体/m²で最も高かったが、2014年2月以降は100 個体/m²以下であった。各地点の優占種は、Stn Aではホトトギスガイ *Arcuatula senhousia*, Stn Bではホトトギスガイとホソウミニナ *Batillaria attramentaria*, Stn Cではホソウミニナとウメノハナガイ *Pillucina pisidium* であった。なお、現存量調査に基づくサキグロタマツメタの平均密度は、Stn Aで0.5 個体/m², Stn Bで1.5 個体/m², Stn Cで10.3 個体/m²であった。

アサリの殻長組成は、2013年4月は殻長1~16 mmの割合が高く (97%)、2014年5月は殻長11~26 mmの割合 (92%)、調査終了時の2015年3月は殻長19~31 mmの割合 (82%) がそれぞれ高かった (Fig. 7)。Stn Cでは、2013年12月までは殻長20 mm以上の個体が採集されていたが、2014年2月以降は殻長18.76 mmの個体が2014年5月に採集されたのを除いて、殻長11 mm未満の個体しか採集されなかった。

Fig. 4. Frequency distribution of the shell height of *Laguncula pulchella*.

被食痕のある貝殻の種組成とアサリのサイズ組成

被食痕のある貝殻は1,009個が発見され、そのうち982個(97%)はアサリであった(Table 1)。アサリ以外の貝殻はヒメシタトリの18個を除き、3個未満であった。アサリの貝殻はStn Cで806個と最も多く、Stn Bでは170個、Stn Aでは6個であった。2年間の調査期間において、アサリの貝殻はStn BとStn Cでは、2014～2015年の方が2013～2014年よりも多く発見された。貝殻の殻長では、

2013～2014年のStn Bは 14.0 ± 4.0 mm (平均±標準偏差)、Stn Cは 12.6 ± 3.4 mm、2014～2015年のStn Bは 20.0 ± 5.7 mm、Stn Cは 8.5 ± 3.6 mmで、いずれの期間もStn BとStn Cの間に有意な違いが認められた(Fig. 8, Welchのt-test, 2013～2014年: $t_{79,2}=2.48$, $P<0.05$, 2014～2015年: $t_{128,1}=20.51$, $P<0.01$)。同様に、両調査地点とも2014～2015年と2013～2014年の間に有意な違いが認められた(Welchのt-test, Stn B: $t_{154,2}=7.99$, $P<0.01$, Stn C: $t_{473,3}=15.26$, $P<0.01$)。

Fig. 5. Relationship between the shell height of *Laguncula pulchella* and shell length of *Ruditapes philippinarum* (A), and the prey-predator coefficient (B).

Fig. 6. Seasonal fluctuations in the density of gastropods and bivalves. G, Gastropoda; B, Bivalvia.

Fig. 7. Frequency distribution of the shell length of *Ruditapes philippinarum*.

Table 1. Number of drilled seashells found at Stn A–C. The total survey area of each station was 0.97 m²/year.

Class	Species	Stn A			Stn B			Stn C			Total		
		Apr. 2013– Mar. 2014	Apr. 2014– Mar. 2015	Total	Apr. 2013– Mar. 2014	Apr. 2014– Mar. 2015	Total	Apr. 2013– Mar. 2014	Apr. 2014– Mar. 2015	Total	Apr. 2013– Mar. 2014	Apr. 2014– Mar. 2015	Total
Bivalvia	<i>Ruditapes philippinarum</i>	5	1	6	59	111	170	236	570	806	300	682	982
	<i>Macoma incongrua</i>	0	0	0	0	0	0	7	11	18	4	14	18
	<i>Nuttallia japonica</i>	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	3
	<i>Pseudocardium sachalinense</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
	<i>Protothaca euglypta</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
	<i>Mya arenaria oonogai</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
Gastropoda	<i>Nassariidae</i> sp.	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2
	<i>Batillaria attramentaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
	Total	5	2	7	60	112	172	246	584	830	306	700	1,009

東北沖地震の前に採集記録がある海域の生息状況の調査

現在は潮下帯であり、東北沖地震の前にはサキグロタマツメタの採集記録があった海域では、本種と被食痕のある貝殻は採集されなかったが、アサリは採集された。調査時の水深は 0.2 m～1.4 m の範囲であった。

考 察

サキグロタマツメタの分布

分布調査の結果、サキグロタマツメタは底質に砂の割合が高い Area C で多く発見された (Fig. 3) が、調査期間の後半になると、Area C よりも礫の割合が高い Area B で発見される個体が増加した。この理由として、Area C ではサキグロタマツメタが捕食する貝類、特にアサリの密度が著しく減少した (Fig. 6) ために、アサリの密度が高い Area B に分布を拡大させたことが考えられる。しかし、底質に礫の割合が最も高い Area A ではアサリの密度が高いにもかかわらずサキグロタマツメタの発見頻度が低かったことから、底質に占める礫の割合が高いことは本種の分布を阻害する要因の一つになっていると推定された。また、すべての区画において、2014 年～2015 年に発見されたサキグロタマツメタの個体数の方が、2013 年～2014 年に発見された個体数よりも多かったことから、本種は増加傾向にあることが示唆された。ただし、分布調査では殻高 10 mm 未満の小型個体は発見できないという、手法上の課題も明らかになった。

サキグロタマツメタの小型個体は目視での発見が難しいことは、大越・大越 (2011) によって報告されている。また、サキグロタマツメタの分布と底質条件については、宮城県万石浦のアサリ漁場で調査され、底質が粒径 2～20 mm の砂利や貝殻が混在した干潟では、砂質の干潟に比べて本種の生息数が少ないことが報告されている (酒井・須藤 2006)。本研究では、従来の知見と一致する結果が得られた。須藤 (2011) は、粉碎カキ殻を混合させた砂床を用いてサキグロタマツメタの室内飼育試験を行い、カキ殻を混合させた砂床では、餌として与えたアサリの被食数が減少したことから、底質が本種の捕食に影響を及ぼすことを示している。底質がサキグロタマツメタの分布に及ぼす要因として、捕食行動への影響の他に、卵塊の形成への影響が考えられる。本種を含むタマガイ科の貝は、砂と自身が出す粘液を使って「砂茶碗」と呼ばれる卵塊を形成する。大越・山内 (2011) は、宮城県松島湾内の 2 地点で採集したサキグロタマツメタの卵塊の粒径を計測した結果、いずれも粒径 0.075～0.425 mm (原文では細砂) の割合が高いことを報告している。本調査地においてサキグロタマツメタの卵塊を 10 月～12 月に確認しており (木下・松政 未発表)、また調査範囲内で卵塊を形成途中の成貝も発見していることから、本調査地内でサキグロタマツメタが再生産を行っていると考えられる。したがって、サキグロタマツメタが Area C に多く分布する理由として、卵塊の形成に用いる砂の割合が調査範囲内で最も高いことが考え

Fig. 8. Frequency distribution of drilled seashells of *Ruditapes philippinarum*.

られる。今後は、織笠川で採集された卵塊の粒度組成を調べ、本種の分布域の粒度組成との比較を行う必要がある。

サキグロタマツメタが貝類群集に与える影響

織笠川の河口域における貝類の優占種はアサリであった。サキグロタマツメタが最も多く発見された Area C ではアサリの密度が減少し、被食痕のある貝殻が最も多く発見された (Table 1)。これらの結果から、サキグロタマツメタはアサリ個体群に影響を及ぼしていることが明らかになった。一方で、Stn A ではサキグロタマツメタの捕食によると考えられるアサリの密度の減少は認められなかった (Fig. 6; Table 1) ことから、織笠川の河口域のアサリはサキグロタマツメタによる被害を受けていても、個体群は維持されていることが示された。東北沖地震の津波被害を受けた干潟において、地震後にアサリの調査を行った報告によると、福島県松川浦のアサリの平均密度は 796 個体/m² (ただし、殻長 15 mm 未満の稚貝のみを対象。密度が最も高い地点では 2,606 個体/m²) (佐藤ら 2016)、東北沖地震によって干潟と化した宮城県舞根湾の平均密度は 381 個体/m² (千葉ら 2013) であった。織笠川のアサリの密度は、サキグロタマツメタの影響が小さい Stn A であっても、他の被災地の干潟と比べて高いとはいえない。これが東北沖地震からの回復過程であるためなのか、アサリの増殖を妨げる要因があるのかは不明である。アサリの資源管理を行なう上で、アサリの生活史や生息環境の情報が必要である (石岡ら 1999; 柿野 2002; 斉藤ら 2007) が、本海域では知見がない。織笠川で潮干狩りイベントを再開するためには、アサリの生態や干潟環境の調査が必要になるだろう。

捕食痕のあるアサリの貝殻の平均殻長は、調査期間と調査地点 (Stn B, C) ごとに異なり、特に Stn C では 2014~2015 年に採集された被食痕のある貝殻の平均殻長は 8.5 mm と小さかった (Fig. 8)。これは、アサリの殻長分布が調査地点によって異なること (Fig. 7) が反映されたと考えられる。Chiba & Sato (2012) は室内実験によって、サキグロタマツメタの捕食を受けやすいアサリの殻長は 10~25 mm であることを示している。また本研究では、サキグロタマツメタの殻高と被食個体のアサリの殻長に相関は認められた (Fig. 5A) が、サキグロタマツメタの殻高と被食捕食係数の間には相関が認められず、被食捕食係数の平均は 0.53 であった (Fig. 5B)。田邊 (2012) は、宮城県のアサリ漁場 2 地点において被食痕 (原文では穿孔痕) のある貝殻を採集し、穿孔径からサキグロタマツメタの殻高を推定して貝殻の殻長との関係を調べ、本種の被食捕食係数は 0.7~0.8 であると報告した。酒井・須藤 (2005) はサキグロタマツメタが自身の殻高と同サイズ~10%ほど小型の殻長のアサリを捕食することを報告した。これらにより、織笠川河口のサキグロタマツメタは餌に最適なサイズのアサリよりも小型の個体を捕食していることが示唆される。サキグロタマツメタは捕食に最適なサイズ

の餌生物の密度が低下し、代替可能な生物がいれば、捕食対象種を変えることが知られている (Chiba & Sato 2013; 2014)。しかし本調査地では、アサリの代わりになる貝類の密度が低いことから、サキグロタマツメタは最適な大きさよりも小型であってもアサリを捕食していると推測された。アサリは日本の重要な水産生物であるが、アサリの国内の漁獲量は 1984 年から減少している (松川ら 2008)。このため、アサリ資源の回復に向けたさまざまな事業が実施されている (例えば堤ら 2002; 生田ら 2009)。特にアサリの資源の減少要因として食害による影響も大きく、食害を防除することにより、アサリの生残に大きな効果をもたらすことが知られている (重田・薄 2012)。本研究の結果から、礫の底質はサキグロタマツメタによるアサリの食害を抑制することが示唆されたことから、サキグロタマツメタの食害対策として礫の活用を検討することは有効であると考えられる。

東北沖地震後の底質環境がサキグロタマツメタを含む貝類群集に与えた影響

東北沖地震前にサキグロタマツメタが分布していた海域では、地震後の 1 回の調査ではあるものの、アサリは発見されたが、本種と被食痕のある貝殻は確認されなかった。サキグロタマツメタは水深 15 m までの浅海域に分布することが知られている (奥谷 2000)。したがって、東北沖地震前の分布域で本種を確認できなかったことは、地盤沈下にもともなう地盤高の変動以外の要因であると考えられる。本種の東北沖地震前の分布域を調査するにあたり、エクマンバージ採泥器 (離合社製、ウェート付) を用いて堆積物の採集を試みたが、礫が多いために採集できず、粒度組成を調べるための試料を得ることはできなかった。東北沖地震前にサキグロタマツメタが分布していた海域の底質は、情報が不足しているために十分な議論を行うことは難しいものの、地震後に変化した可能性がある。

本研究により、東北沖地震後の織笠川の河口域の底質は、砂質から礫の割合が高い場所まで異質性に富んでいることが明らかになった。この底質の異質性は、サキグロタマツメタ個体群の東北沖地震の影響からの回復に寄与したとも言えるが、アサリなどの貝類にとっては捕食者を排除する効果をもたらし、地震後の個体群の回復に貢献していると考えられる。津波などの攪乱による底生生物群集への影響は、攪乱直後の物理的な環境変化に対する個体群の応答が注目される (金谷ら 2012; Seike et al. 2013; Urabe et al. 2013) が、攪乱後の長期的な回復状況は環境要因によって変化することが示されている (Whanpetch et al. 2010)。攪乱後の底生生物群集の遷移過程を明らかにするためには、対象生物と生息環境のモニタリングを併せて実施する必要がある。さらに防潮堤や水門の建設などの災害復旧事業にともない、沿岸環境の変化が予想される。今後、織笠川の砂の割合が増加すれば、サキグロタマツメタの分布域が拡大し貝類へ

の捕食の影響が大きくなる可能性があることから、東北沖地震後の人為的な環境変化がサキグロタマツメタを含む底生生物群集に及ぼす影響について明らかにする必要がある。

謝 辞: 本研究の調査を進めるにあたり、調査へのご協力とご配慮をいただいた三陸やまだ漁業協同組合、船越湾漁業協同組合、山田町役場水産商工課、株式会社山下組に御礼申し上げます。内田明氏、萬文俊氏、佐々木浩徳氏、蛇石準哉氏には織笠川のサキグロタマツメタに関する情報をいただいた。内野敬氏には採泥器を作成いただき、使用方法についてご指導をいただいた。澤井雅幸氏および岩手大学の学生諸君には野外調査の補助をいただいた。昆昌氏には船上調査の際にご協力いただいた。大越健嗣博士にはサキグロタマツメタの調査方法に関する有益な助言と、本論文の校閲をいただいた。また、査読者2名には多くの有益な指摘をいただいた。皆様に心より御礼申し上げます。本研究は東北マリンサイエンス拠点形成事業（海洋生態系の調査研究）およびSANRIKU（三陸）水産研究教育拠点形成事業の一環として実施した。

引用文献

- Buhle, E. R. and J. L. Ruesink 2009. Impacts of invasive oyster drills on Olympia oyster (*Ostrea lurida* Carpenter 1864) recovery in Willapa Bay, Washington, United States. *Journal of Shellfish Research*, 28: 87–96.
- Chiba, S. and S. Sato 2012. Size-selective predation and drillhole-site selectivity in *Euspira fortunei* (Gastropoda: Naticidae): implications for ecological and paleoecological studies. *Journal of Molluscan Studies*, 78: 205–212.
- Chiba, S. and S. Sato 2013. Invasion of *Laguncula pulchella* (Gastropoda: Naticidae) and predator-prey interactions with bivalves on the Tona coast, Miyagi prefecture, northern Japan. *Biol. Invasions*, 15: 587–598.
- Chiba, S. and S. Sato 2014. Invasion of a naticid predator and associated changes in death assemblages of bivalve prey in northern Japan: implications for palaeoecological studies. *Lethaia*, 47: 4–14.
- 千葉 晋・園田 武・藤浪祐一郎・浜口昌巳 2013. 舞根湾に蘇った干潟におけるアサリの出現と動態。津波の海に生きる未来創生Ⅱ—その後の気仙沼舞根湾調査—。海洋と生物, 35: 575–581.
- 原口 強・岩松 暉 2011. 東日本大震災津波詳細地図 上巻 青森・岩手・宮城, 古今書院, 東京, 167 pp.
- 生田和正・日向野純也・桑原久実・辻本哲郎 2009. アサリと流域圏環境—伊勢湾・三河湾での事例を中心として。水産学シリーズ 161, 恒星社厚生閣, 東京, 162 pp.
- 石岡宏子・浜口昌巳・薄 浩則・立石 健・山本 翠・井手尾寛・岩本哲二 1999. アサリ育成漁場の環境特性。瀬戸内海区水産研究所研究報告, 1: 15–37.
- 柿野 純 2002. アサリの生息と物理環境。日本ベントス学会誌, 57: 158–167.
- 金谷 弦・鈴木孝男・牧 秀明・中村泰男・宮島祐一・菊地永祐 2012. 2011 年巨大津波が宮城県蒲生潟の地形、植生および底生動物相に及ぼした影響。日本ベントス学会誌, 67: 20–32.
- 環境省自然環境局 2013. 平成 24 年度東北地方太平洋沿岸地域自然環境調査等業務報告書。環境省自然環境局生物多様性センター, 山梨, http://www.shiokaze.biodic.go.jp/24sokuhou_h24report.html (閲覧日 2016 年 2 月 1 日)
- 木下今日子 2016. リアス海岸の干潟の底生動物は震災後にどうなったのか。日本生態学会 (編), 生態学が語る東日本大震災, 文一総合出版, 東京, pp. 89–95.
- Kinoshita, K. and M. Matsumasa 2016. Effects of the Great East Japan Earthquake on intertidal macrobenthos in Iwate Prefecture. In *Ecological Impacts of Tsunamis on Coastal Ecosystems*, Urabe, J. and T. Nakashizuka (eds.), Springer Japan, Tokyo, pp. 133–149.
- 松川康夫・張 成年・片山知史・神尾光一郎 2008. 我が国のアサリ漁獲量激減の要因について。日本水産学会誌, 74: 137–143.
- 日本ベントス学会 (編) 2012. 干潟の絶滅危惧動物図鑑—海岸ベントスのレッドデータブック, 東海大学出版会, 神奈川, 285 pp.
- 大越健嗣 2004. 輸入アサリに混入して移入する生物—食害生物サキグロタマツメタと非意図的移入種。日本ベントス学会誌, 59: 74–82.
- 大越健嗣・大越和加 (編) 2011. 海のブラックバス サキグロタマツメタ 外来生物の生物学と水産学, 厚生社厚生閣, 東京, 244 pp.
- 大越健嗣・山内 束 2011. 成熟と産卵, 初期発生と成長, 大越健嗣・大越和加 (編), 海のブラックバス サキグロタマツメタ 外来生物の生物学と水産学, 厚生社厚生閣, 東京, pp. 50–86.
- 奥谷喬司 2000. 日本近海産貝類図鑑, 東海大学出版会, 東京, 1173 pp.
- 齊藤英俊・泊野洋治・山地幹成・河合幸一郎・今林博道 2007. 広島県沿岸域におけるアサリの資源特性と生息環境。水産増殖, 55: 331–345.
- 酒井敬一 2000. 万石浦アサリ漁場におけるサキグロタマツメタの食害について。宮城県水産研究開発センター研究報告, 16: 109–110.
- 酒井敬一・須藤篤史 2005. サキグロタマツメタの初期生態について。宮城県水産試験場研究報告, 5: 55–58.
- 酒井敬一・須藤篤史 2006. サキグロタマツメタ防除のためのアサリ漁場の改良。宮城県水産試験場研究報告, 6: 83–86.
- 三冬社編集部 2013. 災害と防災・防犯統計データ集 東日本大震災保存版, 三冬社, 東京, 352 pp.
- 佐藤正典・田北 徹 2000. 有明海の生物相と環境。佐藤正典 (編), 有明海の生きものたち, 海游舎, 東京, pp. 10–35.
- 佐藤太津真・岩崎高資・阿部博和 2016. 松川浦におけるアサリ浮遊幼生と稚貝の発生状況。福島県水産試験場研究報告, 17: 83–89.
- Seike, K., K. Shirai, and Y. Kogure 2013. Disturbance of shallow marine soft-bottom environments and megabenthos assemblages by a huge tsunami induced by the 2011 M9.0 Tohoku-Oki earthquake. *PLoS ONE*, 8: e6541.
- 重田利拓・薄 浩則 2012. 魚類によるアサリ食害—野外標本に基づく食害魚種リスト—. 水産技術, 5: 1–19.
- 須藤篤史 2011. 食害防除・駆除対策。大越健嗣・大越和加 (編), 海のブラックバス サキグロタマツメタ 外来生物の生物学と水産学, 厚生社厚生閣, 東京, 135–156.
- 田邊 徹 2012. サキグロタマツメタの殻高とアサリを捕食時の穿孔径との関係。日本水産学会誌, 78: 37–42.
- 富山 毅・鈴木孝男・佐藤利幸・加藤 靖・亀岩翔太・杉林慶明・大越健嗣 2011. 外来性巻貝サキグロタマツメタの松川浦における移入および分布。日本水産学会誌, 77: 1020–1026.
- 鳥越兼治・稲葉明彦 2011. 西宮市貝類館研究報告 第7号, 西宮市貝類館, 兵庫, 133 pp.+図版4 pls, 索引15 pp.
- 堤 裕昭・石澤紅子・富重美穂・森山みどり・坂元香織・門谷茂 2002. 緑川河口干潟における盛砂後のアサリ (*Ruditapes philippinarum*) の個体群動態。日本ベントス学会誌, 57: 177–187.
- Urabe, J., T. Suzuki, T. Nishita and W. Makino 2013. Immediate ecological impacts of the 2011 Tohoku earthquake tsunami on intertidal flat communities. *PLoS ONE*, 8: e62779.
- Whanpetch, N., M. Nakaoka, H. Mukai, T. Suzuki, S. Nojima, T. Kawai and C. Aryuthaka 2010. Temporal changes in benthic communities of seagrass beds impacted by a tsunami in the Andaman Sea, Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87: 246–252.