現場飼育実験による ヤマトシジミの成長と食物環境の関係の解明

片山 亜優¹・伊藤 絹子²・片山 知史³

¹非会員 東北大学大学院特任助教 農学研究科 (〒986-2242 宮城県牡鹿郡女川町小乗浜字向 15)

E-mail: ayu.katayama.b2@tohoku.ac.jp

²非会員 東北大学大学院助教 農学研究科 (〒981-8555 宮城県仙台市青葉区堤通雨宮町 1-1)

E-mail: itokn@bios.tohoku.ac.jp

³非会員 東北大学大学院教授 農学研究科 (〒981-8555 宮城県仙台市青葉区堤通雨宮町 1-1)

E-mail: skata@m.tohoku.ac.jp

ヤマトシジミの成長と食物環境との関係を明らかにするため、同一河川内に3定点を設けて現場飼育実験を行った。同時に生息場所に供給される懸濁態粒状有機物(POM)の捕集・測定を試みた。ヤマトシジミの成長は生息場所により異なったが、POMの供給量と成長速度の間には明瞭な関係はみられなかった。下流側河口域の定点でPOM供給量が最大であったが、成長速度は最も低かった。最も成長が良かったのは、3定点の中間であり、漁業の中心域のSt. 2で、堆積有機物(SOM)中の陸上植物由来有機物の寄与が高い場所であった。ヤマトシジミの成長にとって、陸上植物由来有機物は炭素源として非常に重要な意味を持つことが示された。また、ヤマトシジミの食物環境の指標として、SOMの量と陸上植物由来有機物含有量の考慮の必要性が示唆された。

Key Words: *Corbicula japonica*, food source, sediment trap, stable isotope, growth rate

1. はじめに

汽水域は淡水域と海域を繋ぐ重要な場であり、多くの生物の生産を支えている。ヤマトシジミはその汽水域に幅広く分布する二枚貝であり、北海道から九州にわたり生息している。ヤマトシジミは高い水質浄化機能を持つことから、汽水域生態系における物質循環の要であるが^{1),2)}、ヤマトシジミ資源は減少の一途を辿っている。汽水域は、人間生活と隣接する環境であることから、人間活動の影響を顕著に受ける場である。減少要因の特定は難しく解明されていないが、河川における減少要因の一つとして、1970年代に増加した河口堰などの人工構築物により、ヤマトシジミの食物である懸濁有機物の供給が減少したなどの食物環境の悪化があげられており³⁾、環境保全策を講じる場合には、物理的環境だけでなく、食物環境に対する十分な配慮が必要である。

食物環境を正しく評価するためには、まず食物を知る必要がある。ヤマトシジミの食物に関しては現在までにいくつかの報告があり、ヤマトシジミは微細藻類を主に利用しており、加えて、セルロース分

解酵素を自身で持つことから、陸上植物由来有機物をも利用できると考えられている⁴⁾。また、汽水域に幅広く生息するヤマトシジミは生息環境によっても利用する食物が異なる可能性が示唆されてきた^{5),6)}。著者らは炭素・窒素安定同位体比による解析から、宮城県名取川のヤマトシジミは、どの場所でも窒素源は微細藻類の寄与が高いが、上流側では炭素源として陸上植物の寄与が高いことを明らかにしてきた。また、このような場所では生息密度が高く、食物環境がヤマトシジミの生物生産に大きく影響する可能性を示した⁷⁾。このように本種の食物に関する研究は多々みられるものの、食物供給機構とヤマトシジミの生物生産力との関係について実証的に研究した例はほとんどない。

ヤマトシジミの生息域は塩分勾配が大きい汽水域に広く分布することから、物理環境と強く結びついていることが予測される。著者らはヤマトシジミの生残、成長が物理環境、特に塩分条件と密接に関わっていることを、ケージを用いた現場飼育実験で明らかにした⁸⁾。しかし、塩分条件がほぼ同じ定点において、成長速度に差異が認められ、物理環境だけで

Fig. 1 Map of study sites in the Natori River, northeastern Japan. Closed circles show sampling stations.

は説明できないことも示した。本稿では、生息場所による食物環境の違いに注目して解析する。

2. 調査方法

ヤマトシジミの食物環境に関する観測と分析は、現場飼育実験と平行して、同時期に実施した。従って、成長実験に関する手法は前報⁸⁾と同じであり、成長速度については、元データが同じである。

(1) 調査地および期間

ヤマトシジミの漁場である宮城県名取川河口域を調査地とした (Fig. 1)。名取川河口は宮城県仙台市と名取市に接し、仙台湾へと流れ込む。河口から約 10 km 上流地点まで潮汐の影響を受ける汽水域である。この汽水域内に成長速度が異なる 3 定点を設定した。主漁場 (St. 2) を中心として、それより下流側 (St. 1) と上流側 (St. 3) とにそれぞれ 1 定点ずつ設定した。St. 1, St. 2, St. 3 は河口からの距離がそれぞれ、1.5 km, 3.5 km, 4.5 km である。ヤマトシジミの高成長期間に当たる⁹⁾ 2013 年 5 月 23 日から 7 月 22 日の 61 日間を調査期間とした。

(2) 成長速度の推定

ケージは目合 4 mm のナイロン製モジ網を用い、サイズ 30 × 30 × 15 cm (縦, 横, 高さ) を用いた。ケージ設置はその上面が川底表面と一致するように、底質中に約 13 cm の深さまで埋めた。1 ケージ中に 20 個体のヤマトシジミを収容した。ヤマトシジミは青森県小川原湖産の殻長 9 mm サイズの個体を用いた。本水域は東日本大震災により大きな被害を受け、稚貝の確保が困難であったこと、また炭素・窒素安定同位体比の変化を捉えるため、本水域とは

炭素・窒素安定同位体比が異なる小川原湖産を用いた。ヤマトシジミの産地による成長差はないことが、現場飼育実験により証明されている⁸⁾。小川原湖における成熟最小サイズは雌で殻長 13 mm, 雄で殻長 10 mm 以上であり¹⁰⁾、成熟による成長への影響を避けるため、殻長 10 mm 未満でマーキングの可能な最小サイズである殻長 9 mm とした。個体別の成長速度を算出するために、全ての個体にマーキングした。

殻長測定は約 15 日間隔で全個体の殻長を個体別に測定した。成長速度の算出は以下の式により求めた。

$$\text{成長速度} (\mu\text{m/day}) = (\text{測定日殻長} - \text{開始時殻長}) \div \text{飼育日数} \quad (1)$$

成長速度は、各実験区の個体データを全て合わせて平均値を求めて示した。定点間の差の検定には、Tukey-Kramer test を用いて多重比較を行った。

(3) 食物供給量の推定

食物供給量を測定するため、3 種の懸濁物捕集トラップを考案した (Fig. 2)。潮汐変動に伴う粒状有機物 (POM) の供給量を把握するため、上流側に開口部を設けた水平型流下トラップ (A) と、河口側に開口部を設けた水平型遡上トラップ (B) を作成した。また、沈降有機物をトラップするために表層に向かって開口部を設けた垂直型沈降物トラップ (C) を設置した。水平型トラップは、物理環境観測用データロガーの設置枠の両端にセットした。データロガーは 2 基のみと限りがあるため、2 定点ずつに時期を分けて、捕集実験を実施した。いずれも大潮時に 24 時間設置とした。St. 2 を基準として、St. 1 と St. 2 は 2013 年 5 月 23 日, 6 月 6 日, St. 2 と St. 3 については 6 月 24 日, 7 月 8 日の 24 時間とした。これらトラップされた POM は有機炭素量, 全窒素量を測定することで供給量を算出した。サンプルは各調査日の各トラップ 1 検体とした。

プランクトンネット (目合い 20 μm) にトラップされた懸濁有機物のすべてを、蒸留水を用いてポリ容器に回収し、懸濁水の全量を量った。そのうち 30 mL を動物プランクトンネット地 (目合い 150 μm) で濾過し、ヤマトシジミが摂食できないと考えられる 150 μm 以上¹¹⁾ の大きさの有機物を除去した後、Currin et. al.¹²⁾ の方法に基づき、1 mol L⁻¹ 塩酸で炭酸塩除去を行い、GF/F フィルターに捕集した。これらを試料とし、分析直前まで -30°C で冷凍保存後、分析直前に 60°C で一晩乾燥した後、分析に供した。有機炭素量, 全窒素量は元素分析計 (Thermo Scientific

Fig. 2 The sediment traps (horizontal trap (A), (B) and vertical trap (C)) used in this study.

社製 FlashEA1112) により測定した。

次にデータロガー (YSI6100OMS) で観測した塩分および水深データを基に引き潮時間、満ち潮時間を判断した。これらの値を用いて引き潮時に上流から供給される有機物はトラップ (A) に、満ち潮時に下流から供給される有機物はトラップ (B) にトラップされていると考え、それぞれの単位時間あたりに供給された有機炭素量、全窒素量を算出した。

定点ごとの堆積有機物量の指標として、底質中の有機物量 (SOM) を解析した。著者らが調査してきた 2009 年～2013 年、月に一度、直径 3 cm のアクリル製コアサンプラーを用いて表層 1 cm 深まで採取した底質について、常法の有機物分析に従い¹³⁾、有機炭素量および全窒素量を元素分析計 (Thermo Scientific 社製 Flash2000) により測定した結果のデータを解析した。

(4) 炭素・窒素安定同位体比による食物解析

炭素・窒素安定同位体比は捕食=被食の関係により、栄養段階が 1 段階上がることに $\delta^{13}\text{C}$ は 0～2‰、 $\delta^{15}\text{N}$ は 3～5‰ 高くなることが知られている^{14)–17)}。また、 $\delta^{13}\text{C}$ は陸上植物と微細藻類との間での差異が大きく^{5), 6)}、食物の起源の推定に有効である。

ヤマトシジミの安定同位体比分析には、胃内容物の影響をさけるため足部筋肉のみを用いた。前処理法はヤマトシジミの分析に多く用いられている方法に従い^{5)–7)}、分析直前に 60℃ で一晩乾燥後、粉末化して分析試料とした。ヤマトシジミは、スタート時 10 個体、実験期間中は各定点 15 日間隔で 5 個体ずつ採集し、実験期間中の安定同位体比の変化をみた。トラップされた有機物の試料は、上述した有機炭素量、全窒素量の前処理と同様に行い、分析に供した。トラップに採取された有機物試料は、各トラップ 1 検体とした。

炭素・窒素安定同位体比は、質量分析計 (Finnigan 社製 MATDELTA Plus) によりヤマトシジミは個体

Fig. 3 Means and standard deviations of growth rate ($\mu\text{m}/\text{day}$) of *C. japonica* in the Natori River. Different letters (a and b) show significant difference among stations ($p < 0.05$).

別に、有機物は各定点トラップ別に測定した。炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$) は、次式により標準試料からの相対千分率で示した。

$$\delta^{13}\text{C}, \delta^{15}\text{N} = \left[\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right] \times 1000 (\text{‰}) \quad (2)$$

ここで、 R は $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ あるいは $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ である。標準試料は、 $\delta^{13}\text{C}$ は Pee Dee Belemnite (PDB)、 $\delta^{15}\text{N}$ は大気中の窒素を用いた。トラップされた有機物 (POM) の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の定点間の比較を行うため、全種のトラップをまとめて、Tukey-Kramer test を用いて多重比較を行った。

3. 結果と考察

(1) ヤマトシジミの成長とトラップ捕集有機物量の差異

ヤマトシジミの成長速度は、飼育開始 30 日目以降で定点間に有意な差が表れた。St. 1 は有意に他の定点より低く (Tukey-Kramer test, $p < 0.05$)、St. 3 は時期により成長速度が変動した (Fig. 3)。最も成長速度が高かったのは St. 2 であり、30 日目以降は $100 \mu\text{m}/\text{day}$ 前後で推移した。

全ての定点は潮汐の影響を受けるため、水温、塩分、水深が周期的に変動していた (Fig. 4)。しかし、水温は定点間で明瞭な差はなく、本実験期間においては水温が成長差を生む要因ではないと考えられる。また、7 月 15 日の降雨量の増大により塩分の低下がみられたが、ヤマトシジミは淡水条件下でも成長可能であり、成長への影響はほとんどないと考えられる。

次に、食物の供給量の差を検討するため、水平型

Fig. 4 Changes in water temperature, salinity and depth during experimental period at each stations.

トラップ有機物量について示す。出来る限り調査時の潮の条件を合わせたが、捕集有機物量は同定点 (St.

2) においても調査時期により大きく異なった (Table 1)。河川水量などで POM が大きく変動すると考え

Table 1 Organic carbon, nitrogen and C/N ratio collected by traps at each station, which are upward (A) and downward (B) horizontal traps and vertical trap (C).

		Upward horizontal trap			Downward horizontal trap				Vertical trap		
		mg	C h ⁻¹	mg	N h ⁻¹	CN ratio	mg	C h ⁻¹	mg	N d ⁻¹	CN ratio
23 May	St. 1	0.08	0.01	8.0	0.07	0.01	7.0	1.40±0.48	0.12±0.04	11.4±0.3	
	St. 2	0.05	0.01	5.0	0.07	0.01	7.0	0.89±0.19	0.11±0.03	8.6±1.2	
6 June	St. 1	0.65	0.08	8.1	0.59	0.06	9.8	24.8±4.23	2.59±0.49	9.6±0.3	
	St. 2	0.62	0.08	7.8	0.34	0.04	8.5	3.54±0.53	0.42±0.08	8.5±0.6	
24 June	St. 2	1.54	0.20	7.7	1.89	0.25	7.6	7.80±1.47	1.05±0.29	7.5±0.8	
	St. 3	2.30	0.32	7.2	2.37	0.35	6.8	5.44±0.90	0.88±0.17	6.2±0.3	
8 July	St. 2	1.89	0.27	7.0	2.72	0.40	6.8	4.85±1.33	0.42±0.14	11.5±0.7	
	St. 3	1.38	0.18	7.7	2.44	0.31	7.9	5.87±0.50	0.47±0.05	12.4±0.3	

られるが¹⁸⁾, 実験期間中の河川流量や降水量などの情報を収集, 検討したが, この変動要因については明らかにすることは出来なかった. 本研究では, トラップ捕集有機物量の定点間の違いを比較するため, St. 2 を基準として同調査時期の定点間の比較を行った. St. 2 と比較して, St. 1 は流下, 遡上トラップ (Fig. 2A,B) では大きな違いはないが, 沈降物トラップ (C) では, St. 1 が 2 回の調査ともに高い値を示した.

懸濁物は海水と淡水の境界域で Floc 化し急速に沈降するため¹⁹⁾, 河口ほど有機物の沈降量が多いと考えられる. St. 1 は最も河口に位置しており, 海水の入り込みが強い場である (Fig. 4). 従って, 沈降する有機物量が St. 2 よりも高い値を示したと考えられる. このように St. 1 は供給される有機物量は St. 2 よりも高い傾向がみられるにもかかわらず, 成長速度は他の定点と比較して有意に低い. また, St. 2 と St. 3 の成長速度は, 最も上流側の St. 3 が St. 2 より低かったが, 上流側の 2 定点の有機物量は, 全てのトラップで定点間に明瞭な差は認められなかった. 以上の事実は水平型トラップで捕集される POM の多寡により成長差が生じているのではないことを示唆している. そこで, 食物の質的な差異に注目してみる. 炭素・窒素安定同位体比によりヤマトシジミの利用する食物および供給された食物の質と成長との関係を次に検討した.

(2) ヤマトシジミの成長と食物の質的差異

現場飼育期間中のヤマトシジミの炭素・窒素安定同位体比の変化をみると, 実験開始 15 日目の $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ は共に低下していた (Fig. 5). $\delta^{13}\text{C}$ の変化のパターンは定点により異なっていた. スタート時にヤマトシジミの $\delta^{13}\text{C}$ は約 -19% であったが, St. 1 は -21% 前後へと変化し, St. 2 や St. 3 では 30 日以降は -25% 前後で推移した. 一方, $\delta^{15}\text{N}$ は全定

点で同様の変化を示し, 初期値 11% から 9% へと変化した.

実験開始 15 日目には利用した食物が体組織へ反映し始めていたと考えられる. 炭素・窒素安定同位体比は共に 30 日目にフィールド調査で採集されたヤマトシジミの値に漸近した. また, 定点間の成長速度の差異は, 実験開始後 30 日以降に現れた. 故に, 殻長約 9mm のヤマトシジミの場合, 食物の影響が成長に反映するまでには約 30 日を要すると考えられる. 現場実験において食物と成長の関係を検討するためには 1 カ月以上の期間が必要であると考えられる. 本研究では, 飼育 61 日目のヤマトシジミの炭素・窒素安定同位体比と成長との関係を比較する.

飼育 61 日目のヤマトシジミの St. 1 の炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$) は, $-21.0 \pm 0.4\text{‰}$, $8.9 \pm 0.4\text{‰}$ であった (Fig. 6). St. 2 および St. 3 の $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ は, それぞれ $-24.4 \pm 0.6\text{‰}$, 8.9 ± 0.4 , -25.5 ± 0.7 , 9.2 ± 0.4 であり, $\delta^{15}\text{N}$ は定点間で有意な差はなかった (Tukey-Kramer test, $p > 0.05$). 一方, ヤマトシジミの $\delta^{13}\text{C}$ に定点間で有意な差があり, 成長速度が高い上流側の St. 2 および St. 3 では, St. 1 より有意に低い値を示した (Tukey-Kramer test, $p < 0.05$). 同地点で 1 年間追跡したヤマトシジミの炭素・窒素安定同位体比に関する調査結果⁷⁾と同様の結果であった. また, 片山ら⁷⁾は炭素・窒素安定同位体比を用いたヤマトシジミの食物推定には炭素と窒素を分けて議論する必要性を提案しており, 本研究においても別々に検討する. St. 1 の $\delta^{13}\text{C}$ は -21% であり, 微細藻類 ($\delta^{13}\text{C} = -21 \sim -15\text{‰}$ ^{5),6),20)} の寄与が高いと考えられる. 一方, St. 2 や St. 3 では -25% であることから, 陸上植物由来有機物 ($\delta^{13}\text{C} = -30 \sim -25\text{‰}$ ^{21),22)} の寄与が高いと推定された.

$\delta^{15}\text{N}$ は定点間に差がなく全定点で 9% 前後であることから, 濃縮係数を約 3% とすると, 微細藻類

Fig. 5 Temporal changes in $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ of *C. japonica* during 61 day's experiment. Different letters (a, b and c) show significant difference among stations ($p < 0.05$)

Fig. 7 Relationship between carbon stable isotope ratio and growth rate of *C. japonica*.

($\delta^{15}\text{N}$: 約 7‰²⁰⁾) の寄与が高いと推定され、全定点でヤマトシジミの窒素源は主として微細藻類であると考えられる。つまり窒素源は全定点で微細藻類が主であり、成長速度が高い St. 2 や St. 3 は炭素源として主に陸上植物を利用していると考えられる。以上のことも片山らの報告⁷⁾と同様である。ヤマトシジミの場合、炭素源として陸上植物由来有機物の寄与が高い一方で、窒素源としての寄与が低い理由として、陸上植物由来有機物の含有窒素量が著しく低いことがあげられる²³⁾。また、消化吸収率が低い窒素化合物が主成分である可能性も考えられる。ヤマトシジミは窒素源については微細藻類から得て、炭

Fig. 6 Plots of carbon and nitrogen stable isotope ratios of *C. japonica* in the Natori River. The data for benthic microalgae and phytoplankton are from previous reports^{5), 6), 22) - 24)}. Bars indicate standard deviations.

素源については陸上植物由来有機物をメインとするが、その量が少ない場合には、微細藻類からも取り入れていると考えられる。

生息場所により利用する炭素源が異なる結果が示されたので、ヤマトシジミの $\delta^{13}\text{C}$ と成長速度との関係をプロットした (Fig. 7)。 $\delta^{13}\text{C}$ が低い場合、成長速度は高い傾向にあり、ヤマトシジミの成長には炭素源として陸上植物が関与していることが示唆された。すなわち炭素源として陸上植物由来有機物の寄与が高い場所が成長の良好な生息場であることが示された。 St. 1 において、POM 量が多いにもかかわらず、成長速度が低い要因としては、炭素源として重要である陸上植物由来有機物を利用できない場所であることが考えられる。さらに St. 1 は St. 2 や St. 3 よりも高塩分条件であることも成長抑制の要因と考えられる。ヤマトシジミは塩分 20 psu 以上になると著しく濾水量が低下するといわれており²⁴⁾、物理環境のデータからも St. 1 は上流側の定点と比較して、塩分 20 psu 以上に曝露される時間が長く⁸⁾、塩分による摂食阻害も大きな要因であると考えられる。すなわち、St. 1 は塩分の条件に加えて、炭素源として重要な陸上植物由来有機物量の不足の 2 つの要因が重なり、成長が抑制されたと推定された。

(3) ヤマトシジミの成長を支える食物供給機構

実験期間中に捕集された POM の炭素・窒素安定同位体比には水平型および沈降物トラップのいずれにおいても、定点間に明瞭な差はなく (Tukey-Kramer test, $p > 0.05$)、 $\delta^{13}\text{C}$ では $-25 \sim -23\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ は $2 \sim 6\text{‰}$ の間に位置し、バラツキも大きかった (Fig. 8)。一方、ヤマトシジミの炭素安定同位体比には定点間に明らかな差異があった。本実験のトラップ採集物 POM の特性がヤマトシジミの食物供給源に直接的に反映していないことを意味している。

そこで、ヤマトシジミの摂食生態を見直し、堆積

Fig. 8 Plots of carbon and nitrogen stable isotope ratios of *C. japonica* (diamonds), particle organic matter (POM) collected by horizontal trap (squares) and vertical trap (circles), and primary producers (triangles).

物中の有機物 (SOM) を考慮する必要があると考え、単位堆積物中の有機物含有量との関係について検討した (Fig. 9)。上流側の St. 2 や St. 3 は炭素・窒素安定同位体比およびトラップされた POM の量や組成に大きな違いはなかったが、SOM の有機炭素量、全窒素量は共に St. 1 の定点よりも高く、特に St. 2 は最も高かった。成長速度との関係は、SOM の量が多いほど成長速度が高い傾向がみられた。さらに、堆積物中の C/N 比との関係では、St. 2 で最も高い値を示した。陸上植物由来有機物の含有量が高いほど C/N 比が高くなることから^{21)-23),25)}、St. 2 では陸上植物由来有機物の供給が高いと推定される。C/N 比と成長速度との関係では、C/N 比が高いほど成長速度が高くなる傾向がみられ、炭素安定同位体比による解析結果と同様の傾向が得られた。

ヤマトシジミは水中懸濁物を濾過して食物を摂取する懸濁物食者である。干潟に分布するサビシラトリガイのような堆積物食者はまれであり、二枚貝類の多くは懸濁物食者である。潜砂性の二枚貝類は川底表面の直上数 mm (境界層) のところに水管を伸ばし、食物を摂取している²⁶⁾。ヤマトシジミの現場での観察においても、水管は 2~3 mm 出ているのみである。つまり、川底直上の懸濁物を取り入れており、堆積物表層の浮泥と呼ばれる物質も利用されている可能性が高い。Sasaki et al.²⁷⁾ は懸濁物食者である

ホッキガイの食物供給に関する研究において、ホッキガイの胃内容物組成が、水中懸濁物の微細藻類組成と一致せず、堆積物中の微細藻類組成と酷似していることを報告している。食う・食われる関係の解析には、食う側と食われる側との生活域の接点が、どこで形成されているかが重要な視点であり、ホッキガイの場合には海底直上に形成されていることを、胃内容物組成の特徴から裏付けている。河川汽水域のヤマトシジミの胃内容物組成について観察を試みたが、その多くがデトリタスで不定形であるため、由来を特定することは難しかった。しかし、胃内容物中のデトリタスのほとんどが陸上植物由来であることは、炭素・窒素安定同位体比解析から推定することができた⁷⁾。安定同位体比および C/N 比の結果から総合的に判断すると、ヤマトシジミの食物環境の判断指標として、POM よりも SOM の方が適当であると考えられた。ヤマトシジミの物質代謝あるいはエネルギー代謝における陸上植物由来有機物の具体的な役割の解明が今後の課題のひとつである。

Fig. 9 Relationships of sedimentary organic carbon and nitrogen and C/N ratio with growth rate of *C. japonica* at each station in the Natori River from 2009 to 2013.

4. 結論

ヤマトシジミの成長には、炭素源としての陸上植物由来有機物の量が最も重要であることが、2カ月間の現場飼育実験により示された。名取川汽水域におけるヤマトシジミ漁業の中心域(St. 2)で最大の成長速度($214 \pm 42.4 \mu\text{m/day}$)を示し、この場所はSOMの量、特に陸上植物由来有機物量が多い場所である。POM供給量と成長速度には明瞭な関係が認められず、食物環境の指標としてSOMの重要性が示唆された。これはヤマトシジミとその食物の接点がか川底直上数mmの範囲に形成されることに起因する。

謝辞：ヤマトシジミの採集にご協力頂きました青森県小川原湖漁業協同組合 細井 崇氏に深く感謝申し上げます。また、ケージ設置などにご協力頂きました宮城県広瀬名取漁業協同組合理事 穴戸 宗

氏、遠藤幸夫氏に厚く御礼申し上げます。この研究の一部は文部科学省・海洋生態系研究開発拠点機能形成事業「東北マリンサイエンス拠点形成事業」の一環として行われている。

参考文献

- 1) Nakamura, Y. and Kerciku, F. : Effects of filter-feeding bivalves on the distribution of water quality and nutrient cycling in eutrophic coastal lagoon, *Journal of Marine Systems*, Vol. 26, pp. 209-221, 2000.
- 2) Yamamuro, M., Hiratsuka, J., Ishitobi, Y., Hosokawa, S. and Nakamura, Y. : Ecosystem shift resulting from loss of eelgrass and other submerged aquatic vegetation in two estuarine lagoons, Lake Nakaumi and Lake Shinji, Japan, *Journal of Oceanography*, Vol. 62, pp. 551-558, 2006.
- 3) 佐々木克之: ヤマトシジミの減少原因と対策, 水産振興, Vol. 48, pp. 69-83, 2014.
- 4) Sakamoto, K., Touhata, K., Yamashita, M., Kasai, A. and Toyohara, H. : Cellulose digestion by common Japanese freshwater clam *Corbicula japonica*, *Fish. Sci.*, Vol. 73, pp. 675-683, 2007.
- 5) Kasai, A. and Nakata, A. : Utilization of terrestrial organic matter by the bivalve *Corbicula japonica* estimated from stable isotope analysis, *Fish. Sci.*, Vol. 71, pp. 151-158, 2005.
- 6) Kasai, A., Toyohara, H., Nakata, A., Miura, T. and Azuma, N. : Food sources for the bivalve *Corbicula japonica* in the foremost fishing lakes estimated from stable isotope analysis, *Fish. Sci.*, Vol. 72, pp. 105-114, 2006.
- 7) 片山亜優, 伊藤絹子, 佐々木浩一, 片山知史: 名取川における安定同位体比を用いたヤマトシジミ *Corbicula japonica* の炭素源と窒素源の推定, 日水誌, Vol. 79, pp. 649-656, 2013.
- 8) 片山亜優, 伊藤絹子, 片山知史: 現場実験によるヤマトシジミの成長と物理環境の関心の解明, 土木学会誌(海岸工学), Vol. 71, pp. 23-29, 2015.
- 9) 高田芳博, 園田武, 中村幹雄, 中尾繁: 宍道湖のヤマトシジミ個体群の成長および着底稚貝, 日水誌, Vol. 67, pp. 678-686, 2001.
- 10) Fuji, A. : Growth and breeding season of the brackish-water bivalve, *Corbicula japonica*, in Zyusan-gate inlet, *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, Vol. 8, pp. 178-184, 1957.
- 11) 大谷修司, 辻井要介, 江原亮, 草田和美, 板倉俊一, 山口啓子, 品川明, 秦明德, 中村幹雄: 神西湖人工池におけるヤマトシジミの摂餌, 排出と消化過程, LAGUNA (汽水域研究), Vol. 11, pp. 109-124, 2004.
- 12) Currin, C. A., Newell, S. Y. and Paerl, H. W. : The role of standing dead *Spartina alterniflora* and benthic microalgae

- in salt marsh food webs: considerations based on multiple stable isotope analysis, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 121, pp. 99-116, 1995.
- 13) 佐竹久男: 沿岸環境調査マニュアル (底質・生物篇) 「堆積物分析」, pp. 31-99, 恒星社厚生閣, 1986.
 - 14) Deniro, M. and Epstein, S. : Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, Vol. 42, pp. 495-506, 1978.
 - 15) Deniro, M. and Epstein, S. : Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, Vol. 45, pp. 341-351, 1981.
 - 16) Fry, B. and Sherr, E. B. : $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystem, *Contrib. Mar. Sci.*, Vol. 27, pp. 13-47, 1984.
 - 17) Minagawa, M. and Wada, E. : Stepwise enrichment of $\delta^{15}\text{N}$ along food chains: Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, Vol. 48, pp. 1135-1140, 1984.
 - 18) 吉村千洋: 河川における物質の流れー有機物の流れー, 河川生態学, pp. 34-47, 講談社, 中村太士編, 2014.
 - 19) Sakamoto, W. : Study on the process of river suspension from flocculation to accumulation in estuary, *Bull. Ocean Inst. University of Tokyo*, Vol. 5, pp. 1-46.
 - 20) 山本民次, 橋本俊也, 辻けい子, 松田治, 樽谷賢治: 1991~2000 年の広島湾海水中における親生物元素の時空間的変動, 特に植物プランクトン態 C : N : P 比のレッドフィールド比からの乖離, 沿岸海洋研究, Vol. 39, pp. 163-169, 2002.
 - 21) 伊藤絹子: 浮遊性および底生性珪藻類の炭素・窒素安定同位体比について, 日本陸水学会誌, Vol. 63, pp. 166-168, 2002.
 - 22) Meyers, P. A. : Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter, *Chem. Geol.*, Vol. 114, pp. 289-302, 1994.
 - 23) Cloern, J. E., Canuel, E. A. and Harris, D. : Stable carbon and nitrogen isotope composition of aquatic and terrestrial plants of the San Francisco Bay estuarine system, *Limnol. Oceanogr.*, Vol. 47, pp. 713-729, 2002.
 - 24) 田中彌太郎: ヤマトシジミの塩分耐性について, 養殖研報, Vol. 6, pp. 29-32, 1984.
 - 25) 河田弘: 森林土壌学概論, pp. 259-292, 博友社, 2000.
 - 26) 伊藤絹子, 佐々木浩一, 南卓志: 河口・汽水域生態系における底生微細藻の果たす役割, 沿岸海洋研究, Vol. 47, pp. 51-60, 2009.
 - 27) Sasaki, K., Sanematsu, A., Kato, Y. and Ito, K. : Dependence of the surf clam *Pseudocardium sachalinense* (Bivalvia: Mactridae) on the near-bottom layer for food supply, *J. Moll. Stud.*, Vol. 70, pp. 207-212, 2004.

(2016. 4. 22 受付)

A FIELD EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF FOOD ENVIRONMENT ON THE GROWTH OF CAGED *CORBICULA JAPONICA*

Ayu KATAYAMA, Kinuko ITO and Satoshi KATAYAMA

The purpose of this study is to disclose relation of the food source with the growth of bivalve *Corbicula japonica* through a 61 day's caging experiment in the riverine field. The experiment at three stations in the Natori River indicated marked differences in growth of the bivalve among stations, that the highest growth was recorded at St. 2 where the major fishery grounds were formed. No relation between growth rate and supplied POM were detected at each station. No significant difference in stable isotope ratios of POM was observed among stations. The C/N ratio and the carbon content of SOM were higher at St. 2. SOM would be the important factors on food condition for *C. japonica* feeding on sediments. These results suggested that high contribution of the terrestrial organic matter in the bottom layer to *C. japonica* as a carbon food source.