

(28) 河口干潟における二枚貝とゴカイの餌源の季節変動

Woo-Seok SHIN¹*, 藤林 恵¹, 長濱 祐美¹, 野村 宗弘¹, 中野 和典¹, 西村 修¹

¹東北大学大学院工学研究科/〒980-8579宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06

* E-mail: swoosuk@eco.civil.tohoku.ac.jp

河口干潟における底生無脊椎動物(*Nuttallia olivacea*とNereidae)の餌源の季節変動を炭素・窒素安定同位体比を用いて解析した。餌源としては干潟に流入可能な外来性有機物(河川粒子性有機物, 海洋粒子性有機物, 海藻, 陸上植物)と底生微細藻類を想定し, 河川両岸に位置して底質性状の異なる2地点の堆積有機物の由来および底生動物の餌源の解析を行った。その結果, 底生無脊椎動物の餌源は主に海洋粒子性有機物と底生微細藻類であることが分かった。しかしながら, 2月と11月には5月や8月と比べて陸由来有機物を高い割合で用いていることが分かった。

Key Words : stable isotope, food chain, seasonal variation, sediment, estuary ecosystem, benthic macrobenthos

1. はじめに

戦後, 人口の増加や産業の発展とともに多くの干潟が失われたが, 近年, 干潟生態系が持つ多様な機能が注目され, 全国で干潟の保全・再生・創出の取り組みが行われている。干潟生態系は生物の密度が高いため沿岸域の有機物収支において大きな役割を担っている¹⁾。一方, 底質の有機物含有量は底生動物の種類や量に影響を及ぼすこと²⁾から, 干潟堆積物の有機物制御メカニズムの解明は重要である。堆積物の有機物量は流速, 潮汐, 凝集およびイオン組成変化といった物理・化学的作用と底生生物による生物学的作用により変動することが知られている。生物学的作用においてバクテリアは底生動物より多くの分解量を担っていることが知られている^{3,4)}。Shin らによる堆積有機物の分解に果たすバクテリアの役割に関する研究では, 藻類由来の有機物は容易に分解される一方, 陸上植物由来の有機物の分解は起こりにくいという結果が示された⁵⁾。すなわちバクテリアが分解しにくい陸上植物由来の有機物の分解は他の生物が担っている可能性が示唆される。

一方, 底生動物も干潟において様々な由来の有機物を餌源として利用しているが, 陸上有機物は底生動物の餌源として非適合または消費者に対する有機物供給源として寄与度が小さく⁶⁾, 河口域に生育している貝類

(*Cerastoderma edule*)の餌源としては底生微細藻類が高い寄与を示している⁸⁾。したがって, これまでの研究では陸由来有機物および河川から流入する有機物を無視し, 底生微細藻類と海洋粒子性有機物だけを餌源と仮定した研究が多い。しかし, 最近, ヤマトシジミ(*Corbicula japonica*)等の一部生物が消化器官においてセルロースを段階的にグルコースまで分解する酵素活性を用いて直接的に利用していることが報告され⁹⁾, このような底生無脊椎動物による陸上植物の利用, 河口干潟の有機物循環に果たす役割を再評価する必要があると唆されている。

そこで, 本研究では底質性状の異なる河口干潟に生息している底生無脊椎動物(濾過性食者と堆積物食者)の餌源の季節変動を解析し, それぞれの動物およびその生息環境と餌源の関係を季節変動を考慮して解析した。そして, 底生無脊椎動物に対する陸由来有機物の寄与の可能性について検討した。

2 方法

(1) 調査地点の概要

調査を行った七北田川は宮城県仙台市北部を太平洋に流れる都市河川で, 七北田川の感潮域は河口から上流約5 kmまでであり, 潮差は0.4 - 1.4 mである(図-1)。地点A

(シルト含有率($< 64 \mu\text{m}$) = 88%)と地点B(同 123%)は砂泥質干潟が形成されており、有機炭素含有量は地点 A、B でそれぞれ 0.56%, 0.87%を示した。また、調査地域ではイソシジミとゴカイ(*Hediste* sp.種)が優占種として報告され、密度はそれぞれ 0~1000 個 m^2 と 10~780 個 m^2 が報告されている¹⁰⁾。なお七北田河口に近接している名取川河口のイソシジミとゴカイ(*Hediste* sp.種)の密度(1250 個 m^2 , 117 個 m^2)¹¹⁾と比較すると、イソシジミはほぼ同じであるがゴカイは名取川河口より高い密度を示している。また、降水量は気象庁の AMeDAS データから 2009 年月間降水量を用いた¹²⁾。

(2) 堆積有機物および底生無脊椎動物の安定同位体分析

2009年2, 5, 8, 11月に直径 12 cm×高さ 20 cmのアクリル材質コアサンプラーを利用して干潟表層(0.5 cm)の堆積有機物(SOM: sedimentary organic matter)と濾過性食者のイソシジミ(*N. olivacea*)および堆積物食者ゴカイ(*Nereidae*)種を採取した。SOMと底生無脊椎動物の空間的な不均一性による誤差を減らすため、調査地点に対して3回のサンプリングを実施した。採取した試料は凍結乾燥を行い保存した。その後、炭素・窒素安定同位体比の測定のために、SOMは塩酸で前処理を行い、イソシジミとゴカイはクロロホルムで前処理を行った後、それぞれ筋肉と体全体を粉末にし、その一部を分析に用いた。炭素・窒素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$)測定には安定同位体元素質量分析装置(Finnigan MAT社, Delta plus)を利用した。

炭素・窒素安定同位体比の値は次式(1)により決定した。

$$\delta^{13}\text{C}, \delta^{15}\text{N}(\text{‰}) = (R_{\text{試料}} - R_{\text{標準試料}}) / R_{\text{標準試料}} \times 10^3 \quad (1)$$

ここで、 $R_{\text{試料}}$ は測定対象試料の $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ および $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 比を、 $R_{\text{標準試料}}$ は国際標準試料(PDB: Pee Dee Belemnite)の $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ および空気中の $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 比を示している。

また、底生無脊椎動物すなわち消費者の安定同位体比は摂食する餌源に対して一つの栄養段階当たり $\delta^{13}\text{C}$ は $0.8 \pm 1.1 \text{‰}$, $\delta^{15}\text{N}$ は $3.4 \pm 1.1 \text{‰}$ が増加するという安定同位体分別効果を用いて解析をおこなった¹³⁾。

(3) 干潟に混入する有機物の採集および起源解析方法

2009年8月に底生無脊椎動物の餌源となる可能性が高い有機物として陸上植物(TP: terrestrial plant), 海洋粒子性有機物(MPOM: Marine particulate organic matter), 河川粒子性有機物(RPOM: Riverine particulate organic matter), 底生付着微細藻類(BMA: Benthic microalgae), 海藻(Seaweed)を選択した。まず、TPと海藻は調査地点周辺のヨシ(*Phragmites australis*)と干潟で採取したアオサ(*Ulva* sp.)で代表させた。MPOM測定においては河川の影響を受けない仙台湾の

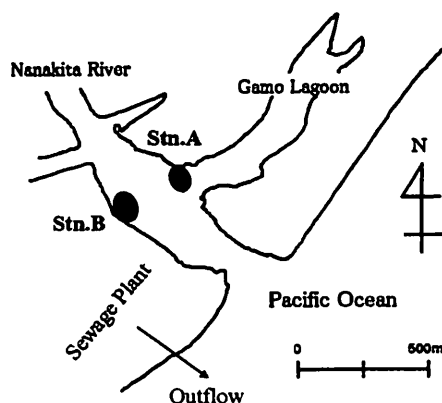


図-1 調査地点

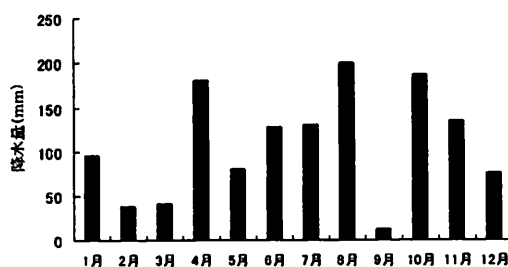


図-2 月間降水量の時間的変動¹²⁾

表層水を約 2L 採取し、フィルター(GF/F)でろ過した後、懸濁物の $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ を測定した。BMAの $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ は堆積物の表層付着藻類を Richard[1996]¹⁴⁾ 方法により培養して測定した。また、RPOMの測定には調査地点付近の干潮時の表層河川水を用いた。ただ、エンドメンバーの季節変化は考慮しなかった。底生無脊椎動物の餌源の解析および堆積有機物の起源の解析には MPOM, BMA, RPOMを用い、3個の寄与率を Phillipsらによって開発された混合モデル IsoSourceを用いて算出した¹⁰⁾。その際、Incrementと toleranceはそれぞれ 1, 0.5%とした。また、安定同位体比の平均値を比較するために one-way ANOVA testを用い、有意差 ($p < 0.05$) が検出された場合にはその後の検定として Tukey testを用いた。これらの統計分析は SPSS Statistical software 17.0 統計プログラムを用いた。

3. 結果および考察

(1) 流入餌源と底生無脊椎動物の安定同位体比の構成

陸由来有機物である TP ($\delta^{13}\text{C} = -26.6 \text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 3.6 \text{‰}$) と RPOM ($\delta^{13}\text{C} = -25.6 \text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 52 \text{‰}$)の安定同位体比は、海由来有機物である MPOM ($\delta^{13}\text{C} = -19.6 \text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 9.0 \text{‰}$)、ア

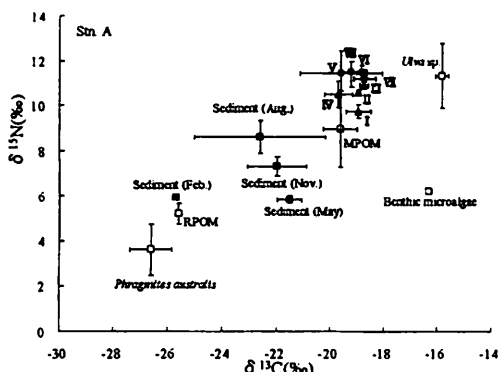


図-3 地点Aにおけるイソシジミ、ゴカイ、堆積物および流入可能な有機物の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ 、I=2月のイソシジミ、II=5月のイソシジミ、III=8月のイソシジミ、IV=11月のイソシジミ、V=2月のゴカイ、VI=5月のゴカイ、VII=8月のゴカイ、平均値(±SD)

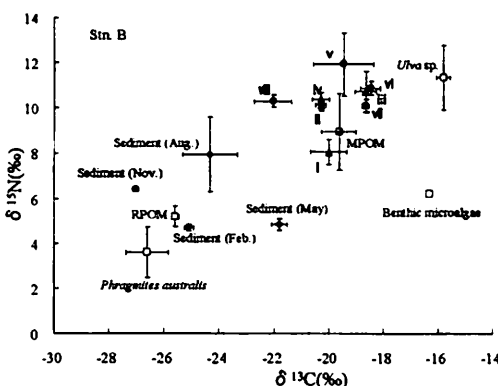


図-4 地点Bにおけるイソシジミ、ゴカイ、堆積物および流入可能な有機物の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ 、i=2月のイソシジミ、ii=5月のイソシジミ、iii=8月のイソシジミ、iv=11月のイソシジミ、v=2月のゴカイ、vi=5月のゴカイ、vii=8月のゴカイ、viii=11月のゴカイ、平均値(±SD)

表-1 調査地点における底生動物と堆積物の炭素・窒素安定同位体比

		<i>N. olivacea</i>	<i>Nereidae</i>	Sediment
Stn. A	C (‰)	-19.1* (-19.7 ~ -18.7)	-19.1 (-19.6 ~ -18.7)	-22.9 (-25.7 ~ -21.5)
	N (‰)	10.4 (9.8 ~ 10.9)	11.4 (11.2 ~ 11.5)	6.9 (5.8 ~ 8.6)
Stn. B	C (‰)	-19.8* (-20.3 ~ -18.6)	-19.7 (-22.0 ~ -18.5)	-24.6 (-27.0 ~ -21.8)
	N (‰)	9.8 (8.1 ~ 10.7)	10.8 (10.1 ~ 11.9)	6.0 (4.7 ~ 8.0)

平均値 (最小 ~ 最大), n=12. *: $p < 0.05$, 地点AとBの間に有意

オサ ($\delta^{13}\text{C} = -15.8\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 11.3\text{‰}$) や干潟で生産されたBMA ($\delta^{13}\text{C} = -16.3\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 6.2\text{‰}$) より低かった(図-3, 図-4)。RPOMは河川感潮域で採取したため陸由来有機物と潮汐によって移送されたMPOMの混合物と考えられるが、本調査地点のRPOMはMPOMよりTPに近い炭素安定同位体比を示しており(図-3, 図-4)、また金谷も七北田川下流

でRPOM($\delta^{13}\text{C} = -26.0\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 4.7\text{‰}$)を分析し、RPOMが植物プランクトンより主にデトリタスからなると判断しており¹⁷⁾、RPOMは陸上植物由来有機物(デトリタス)の影響をより多く受けていると考えられる。

SOMは地点A($\delta^{13}\text{C} = -22.9\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 6.9\text{‰}$)より地点B($\delta^{13}\text{C} = -24.6\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 6.0\text{‰}$)で低い値を示し、地点B(図-4)が地点A(図-3)よりRPOMおよびTPの影響があることを考えたが有意差はなかった(表-1, $p = 0.062$)。地点Bは地点Aに比べて有機炭素含有量が高く、比較的泥分が多い。このような特徴は七北田川河口域の水利条件と密接に関連していることが明らかになっている^{18,19)}、が地点Aより流速の緩やかな地点Bに陸由来有機物がたまりやすいことが本研究結果から明らかになった。

また、地点Aでイソシジミとゴカイの $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ はそれぞれ $\delta^{13}\text{C} = -19.1\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 10.4\text{‰}$, $\delta^{13}\text{C} = -19.1\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 11.4\text{‰}$ を示した。地点Bのイソシジミとゴカイの $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ はそれぞれ $\delta^{13}\text{C} = -19.8\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 9.8\text{‰}$, $\delta^{13}\text{C} = -19.7\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 10.8\text{‰}$ を示した(表-1)。すなわち地点Aの底生無脊椎動物が地点Bより高い安定同位体比を示したが、これは堆積有機物の地点間の特徴に類似している。さらに、安定同位体比の結果からは、濾過性食者のようなイソシジミにおいても地点間の差が大きいことが示された(表-1, $p < 0.05$)。しかし、堆積物食者のゴカイは地点間の差がなかった(表-1, $p = 0.27$)。このような地点A, Bのイソシジミとゴカイの $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ の特徴は、餌源の影響が強く反映されていると判断される。イソシジミと同様な濾過性食者は植物プランクトンのみならず潮汐による再浮遊現象によって底生微細藻類や陸由来有機物も利用していることが知られている²⁰⁾。したがって堆積有機物は濾過性食者にとっても、もちろん堆積物食者にとっても重要な餌源である。このようなことから、干潟に堆積する有機物の起源と底生無脊椎動物の餌源は密接な関係を有していることが予想される。

(2) 底生無脊椎動物と堆積有機物の安定同位体比の季節変動

a) 地点Aにおける底生無脊椎動物の安定同位体元素比の季節変化

地点Aでの底生無脊椎動物の $\delta^{13}\text{C}$ の季節変化を図-5(a)に示した。イソシジミは-19.7‰~-18.7‰(変動範囲: 1.0‰)の範囲を示した。2月から5、8月まで変化は認められず、8月から11月に若干減少する傾向を示したが有意差はなかった(図-5(a), $p = 0.052$)。地点Aにおいてイソシジミは全部aを示しており、有意差がない。

ゴカイは-19.6‰~-18.7‰(変動範囲0.9‰)の範囲を示し、イソシジミと同様な季節変化に対する有意差はなかった(図-5(a), $p = 0.582$)。地点Aにおいてゴカイは全部bを

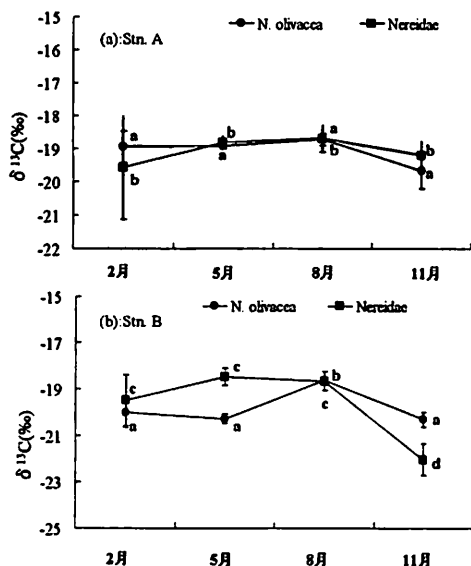


図-5 底生動物の $\delta^{13}\text{C}$ の季節変化。平均値 ($\pm$ SD)。各地点における同じ文字 (a, b, c, d) を共有するグループは有意差 ($p < 0.05$) はない

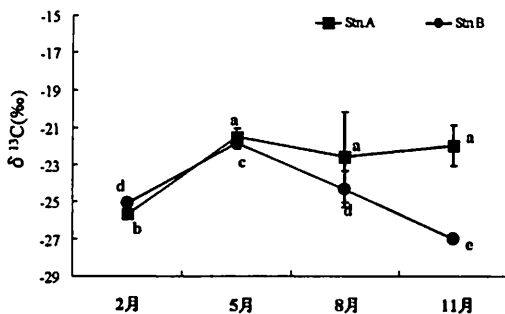


図-6 堆積有機物の $\delta^{13}\text{C}$ の季節変化。平均値 ($\pm$ SD)。各地点における同じ文字 (a, b, c, d, e) を共有するグループは有意差 ($p < 0.05$) はない

示しており、有意差がない)。イソシジミとゴカイの $\delta^{13}\text{C}$ の季節変動は炭素安定同位体分別効果を除去すると MPOM に近い値を示し、餌として MPOM の影響を大きく受けている可能性が示唆されている(図-3)。イソシジミに対する餌源の寄与率を算出すると、2 月から 8 月までの RPOM や BMA の寄与率は減少(RPOM: 6.8 % $\rightarrow$ 1.9 %, BMA: 71.6 % $\rightarrow$ 53.8 %)したが MPOM の寄与率は増加(13.5 % $\rightarrow$ 41.7 %)の傾向を示した。8 月から 11 月には MPOM や BMA が減少したが RPOM (1.9 % $\rightarrow$ 5.9 %)は増加する特徴を示した(図-7(a))。ゴカイに対する餌源の寄与率を算出した結果、2 月から 8 月までの RPOM (2.3 % $\rightarrow$ 1.2 %)や MPOM (63.4 % $\rightarrow$ 48.3 %)は減少したが、BMA (31.1 % $\rightarrow$ 48.9 %)は増加する傾向を示した。一方、11 月には逆に RPOM (1.2 % $\rightarrow$ 1.5 %)や MPOM (48.3 % $\rightarrow$ 60.9 %)

の寄与率が増加する特徴を示した(図-7(b))。

このような結果から地点 A において年間を通じてイソシジミとゴカイの主餌源としては MPOM と BMA と考えられる(図-7 (a,b))。さらに季節変化は季節にともなう餌源の現存量の変化によるものと考えられる。すなわち、5 月と 8 月には $\delta^{13}\text{C}$ が高い MPOM と BMA の寄与の増加により底生無脊椎動物の $\delta^{13}\text{C}$ が上昇したが、11 月と 2 月には BMA と MPOM の現存量の低下による RPOM の寄与が相対的に高まる、すなわち陸由来有機物の利用度が高まることが示唆された。

一方、地点 A での堆積有機物の $\delta^{13}\text{C}$ の季節変化は -25.7 ‰ $\sim$ -21.5 ‰ (変動範囲: 4.2 ‰) の範囲を示した(図-6)。2 月から 5 月に炭素安定同位体比が増加を示したが、5 月から 11 月まで変化は認められなかった。すなわち 2 月と 5 月の間に炭素安定同位体比が増加したことは MPOM と BMA のような炭素安定同位体比が高い有機物の堆積に起因したと考えられる(図-6, $p < 0.05$, 地点 A において a (5, 8, 11 月間)には有意差がないが b (2 月)は他季節と有意差がある)。

b) 地点 B における底生無脊椎動物の安定同位元素比の季節変化

地点 B でイソシジミとゴカイの $\delta^{13}\text{C}$ の季節変化を図-5 (b) に示した。イソシジミは -20.3 ‰ $\sim$ -18.6 ‰ (変動範囲 1.7 ‰) の範囲を示し、8 月に大きく 11 月に減少する傾向を示した(図-5 (b), $p < 0.05$, 地点 B において a (2, 5, 11 月間)には有意差がないが b (8 月)は他季節と有意差がある)。ゴカイは -22.0 ‰ $\sim$ -18.5 ‰ (変動範囲 3.5 ‰) の範囲を示し、イソシジミと同様な傾向を示した(図-5 (b), $p < 0.05$, 地点 B において c (2, 5, 8 月間)には有意差がないが b (11 月)は他季節と有意差がある)。イソシジミとゴカイの $\delta^{13}\text{C}$ の季節変動は炭素安定同位体分別効果を除去すると MPOM に近い値を示し、餌として MPOM の影響を大きく受けている(図-4)。イソシジミに対する餌源の寄与率を算出すると、2 月から 8 月までの RPOM (12.2 % $\rightarrow$ 2.2 %)は減少を示したが、MPOM (13.3 % $\rightarrow$ 36.6 %)は増加を示した(図-7(c))。

ゴカイに対する餌源の寄与率を算出した結果、2 月から 8 月までの MPOM (73.7 % $\rightarrow$ 20.7 %)は減少したが BMA (24.0 % $\rightarrow$ 69.9 %)と RPOM (1.0 % $\rightarrow$ 4.2 %)は増加する傾向を示した。一方、11 月には逆に MPOM (20.7 % $\rightarrow$ 46.1 %)の寄与率が増加する特徴を示した(図-7(d))。

以上、地点 B においてイソシジミとゴカイの主餌源は地点 A と同じように MPOM と BMA と判断され、イソシジミとゴカイの安定同位体比の季節変化も餌源の季節変化によるものであることが明らかになった。

一方、地点 B での堆積有機物の $\delta^{13}\text{C}$ の季節変化は -27.0 ‰ $\sim$ -21.8 ‰ (変動範囲: 5.2 ‰) の範囲を示した(図-6,

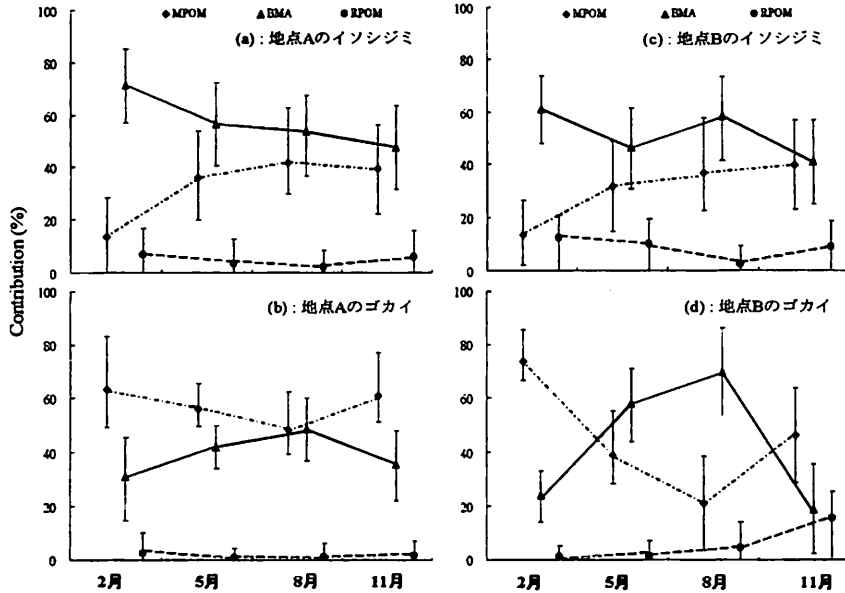


図-7 調査地点の底生動物における餌の寄与率。平均値（最小～最大）

$p < 0.05$, 地点 B において d (2, と 8 月間に) は有意差がないが c, d, e は有意差がある。2 月から 5 月に炭素安定同位体比が増加を示し, 5 月から 11 月までは減少する傾向を示した。5 月から 11 月までの炭素安定同位体比の減少は炭素安定同位体比が低い有機物が堆積した結果に起因したと考えられる。さらに月間降水量も 11 月 (134.5mm) に比較的高い傾向を示しており (図-2), 降水量増加とともに落ち葉などの陸上由来有機物が運搬・堆積の影響を受けたと考えられる。すなわち地点 B は地点 A に比べて泥分が多く, 地点 A より流速の緩やかな地点 B に陸由来有機物がたまりやすい特徴と季節変化の影響を受けていると考えられる。

(3) 底生無脊椎動物が干潟堆積物の有機物フローに果たす役割

干潟堆積有機物の分解はバクテリアが底生動物より大きな役割を担っていることが知られている³⁾。さらに, 多様な起源を有する河口干潟堆積有機物はバクテリアによる有機物起源毎の分解速度と利用量を求める研究も盛んに行われている⁴²⁾。特に, バクテリアと底生付着藻類の相互作用にともなう堆積有機物の分解による研究では底生付着微小藻類の生産物 (細胞外多糖類) によりバクテリアの分解活性度が高まり, 比較的分解しにくい有機物 (陸上植物由来有機物) も分解される結果を示している²⁹⁾。一方, 堆積有機物の回分式分解実験ではバクテリアによって底生付着微小藻類由来有機物が積極的に分解されるが, 陸由来有機物のような比較的分解しにくい有機物は分解がほとんど進行しない³⁾。本研究でもイソシジミとゴ

カイは底生付着微小藻類と海洋性粒子有機物を主餌源として利用していることが分かった。しかし, 冬には陸由来有機物も餌源として他季節より高い割合で利用していることが示唆された。底生動物の陸由来有機物の利用性は, 堆積有機物の起源, 動物種によっても大きな影響を受けている。したがって, このような観点から有機物フロー, 物質循環に及ぼす影響を明らかにしていく必要がある。

4. まとめ

炭素・窒素安定同位体比を用いて干潟に生息しているイソシジミとゴカイの餌源の季節変動を評価した。

- 1) 地点 A, B におけるイソシジミとゴカイの安定同位体比の測定から, 種差, 食性差に加えて地点間の餌源の差が底生無脊椎動物に影響を及ぼすことが明らかになった。
- 2) 地点 A, B のイソシジミとゴカイの主餌源は BMA と MPOM のことが明らかになった。一方, 餌源の季節的特徴は年間を通して底生微細藻類や海洋粒子性有機物の影響が高いものの, 冬には陸由来有機物の利用度が地点 A (6.8%, 2.3%), B (12.2%, 1.0%) でそれぞれ高くなった。

謝辞

本研究は科研費 (21360249, 21760413) ならびに河川環境管理財団の助成を受けたものである。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 門谷 茂：物質循環と生物生産から見た干潟生態系, 月刊海洋, 37(2), pp.97-106, 2005.
- 2) 栗原 康編著：河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー, 東海大出版会, 1988.
- 3) 李 正奎, 西嶋 渉, 向井徹雄, 滝本和人, 清木 徹, 平岡喜代典, 岡田光正：自然および人工干潟の有機物浄化能の定量化と広島湾の浄化に果たす役割, 水環境学会誌, 21, pp.149-156, 1988.
- 4) Middelburg, J. J., C. Barnanguet, H. T. S. Boschker, P. M. J. Herman, T. Moens and C. H. R. Heip : The fate of intertidal microphytobenthos carbon, An in situ ^{13}C -labeling study, Limnology and Oceanography, 45, pp.1224-1234, 2000.
- 5) Woo-Seok SHIN, 武地修一, 野村宗弘, 千葉信男, 中野和典, 西村 修, バクテリアが利用した干潟堆積有機物の起源推定, 第43回日本水環境学会年会講演集, p.323, 2009.
- 6) H. Yokoyama, A. Tamaki, K. Koyama, Y. Ishih, K. Shimoda, K. Harada : Isotopic evidence for phytoplankton as a major food source for macrobenthos on an intertidal sandflat in Ariake Sound, Japan, Mar. Ecol. Prog. Ser., 304, pp.101~116, 2005.
- 7) 富永 修, 牧田智弥：沿岸域の底生生物生産への陸上有機物の貢献, 森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産, 山下洋, 田中 克(編), 水産学シリーズ, 157, 恒星社厚生閣：pp.46-58, 2008.
- 8) Pierre-Guy, Sauriau, Chang-Kuen, Kang : Stable isotope evidence of benthic microalgae-based growth and secondary production in the suspension feeder *Cerastoderma edule*(Mollusca, Bivalvia) in the Marennes-Oleron Bay, Hydrobiologia, 440, pp.317-329, 2000.
- 9) Sakamoto, K., K. Touhara, M. Yamashita, A. Kasai and H. Toyohara : Cellulose digestion by common Japanese freshwater clam *Corbicula japonica*, Fisheries Science, 73, pp.675-683, 2007.
- 10) Sakamaki, T. and Nishimura, O. : Is sediment mud content a significant predictor of macrobenthos abundance in low-mud-content tidal flats? Marine and Freshwater Research, 60, pp.160-167, 2009.
- 11) Takeshi Tomiyama, Nobuhiro Komizumai, Tatsuya Shirase, Kimuko Ito, Michio Omori : Spatial intertidal distribution of bivalves and polychaetes in relation to environmental conditions in the Natori River estuary, Japan, Estuarine Coastal and Shelf Science, 80, pp.243-250, 2008.
- 12) www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php, Japan Meteorological Agency.
- 13) M., J., DeNiro and S. Epstein : Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. Geochim. Cosmochim. Acta, 42, pp.495-506, 1978.
- 14) M., Minagawa and E. Wada : 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, 48, pp.1135-1140, 1984.
- 15) P. Riera and P. Richard : Isotopic Determination of Food Sources of *Crassostrea gigas* Along a Trophic Gradient in the Estuarine Bay of Marennes-Oleron, Estuarine Coastal and Shelf Science, 42, pp.347~360, 1996.
- 16) Donald L. Phillips, Paul L. Koch : Incorporating concentration dependence in stable isotope mixing models, Oecologia, 130, pp.114~125, 2002.
- 17) 金谷 弦：炭素・窒素安定同位体比測定法による大型底生動物の餌資源推定—汽水域生態系への適用—, 日本ベントス学会誌, 65, pp.28-40, 2010.
- 18) Sakamaki, T. and Nishimura, O. : Physical control of sediment carbon content in an estuarine tidal flat system (Nanakita River, Japan) : A mechanistic case study, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 73, pp.781-791, 2007.
- 19) Julian Augley, Mark Huxham, Teresa F. Fernandes, Alastair R. Lyndon, Sarah Bury : Carbon stable isotopes in estuarine sediments and their utility as migration markers for nursery studies in the Firth of Forth and Forth Estuary, Scotland, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 72, pp.648-656, 2007.
- 20) 青木 茂：河口域周辺における動物の食物源の推定, 安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態, 富永 修, 高井則之(編), 水産学シリーズ, 157, 恒星社厚生閣, pp.58-69, 2008.
- 21) S. Enriquez, C. M. Duarte, K. Sand-Jensen : Patterns in decomposition rates among photosynthetic organisms: the importance of detritus C:N:P content, Oecologia, 94, pp.457-471, 1993.
- 22) 武地修一, 野村宗弘, Woo-Seok SHIN, 千葉信男, 中野和典, 西村 修：干潟堆積有機物の分解活性に及ぼす底生微細藻類の影響, 第44回日本水環境学会年会講演集, p.357, 2010.

(2010.5.21 受付)

Seasonal Variation of Food Sources on Bivalve and Nereidae in Estuary Tidal Flat

Woo-Seok SHIN¹, Megumu FUJIBAYASHI¹, Yumi NAGAHAMA¹, Munehiro NOMURA¹,
Kazunori NAKANO¹ and Osamu NISHIMURA¹

¹Graduate School of Engineering, Tohoku University/6-6-06, Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, Miyagi
980-8579

The seasonal variation in the food sources were measured by the stable isotope ratio of carbon and nitrogen at the estuary tidal flat. Potential exotic organic matter sources (riverine particulate organic matter, marine particulate organic matter, macroalgae, terrestrial plants), benthic macroalgae, sediment and benthic macrobenthos (*Nuttallia olivacea* and Nereidae) were sampled in two locations with different tidal flat type. The purpose of this study is to clarify the utilization of terrestrial organic matter and the seasonal variation of food sources in benthic invertebrate (*N. olivacea* and Nereidae) at an estuary tidal flat. As a result, the main food sources of benthic invertebrate mainly used marine organic matter and benthic microalgae. However, it has been understood that the terrestrial organic matter is used at a high rate in autumn(November) and winter(February), compared to spring(May) and summer(August).