

## サルボウ剥き身混入底泥からの栄養塩の溶出

吉田賢二・藤崎 博・中牟田弘典

Diffusion of Soluble Nutrients from Mud Sediments  
Mixed Shelled, *Scapharca kagoshimensis*

Kenji YOSHIDA, Hiroshi FUJISAKI and Hironori NAKAMUTA

## はじめに

有明海湾奥部は、全国でも有数のノリ養殖場であり、その生産力を支えている要因の一つは、豊富な栄養塩にある。栄養塩の供給源としては、筑後川をはじめ、六角川や矢部川などからの河川水の流入および河川水を起源とする底泥からの溶出などがあげられる。有明海湾奥部に流入する河川水が栄養塩に及ぼす影響については、村上<sup>1)</sup>、河辺<sup>2)</sup>、吉田<sup>3)</sup>が報告している。また、底泥からの溶出については、河辺<sup>2)</sup>、飯盛<sup>4)</sup>、首藤・吉本<sup>5)</sup>の報告がある。

近年、夏季においては高水温、貧酸素水塊およびシャトネラ赤潮の発生等が顕著となり、同時にサルボウの大量斃死も確認されている。このような貝類の大量斃死によって底泥に蓄積された有機物が、その後分解されて、水温が低下したノリ養殖漁期にどのように溶出してくるかは明らかでない。

そこで今回、サルボウの夏季の大量斃死、分解、秋季から冬季にかけての栄養塩の溶出環境を人工的に設定し、体腔液を含んだサルボウの剥き身（以下、剥き身とする。）を混入した底泥からの栄養塩（窒素、燐）の溶出量を測定したので、その結果を報告する。

## 材料および方法

## 1. 供試サルボウ、泥および海水

サルボウは、2010年10月18日に佐賀県有明海域のサルボウ養殖漁場で採取した平均殻長32.7mm (28.1~37.0mm)、平均重量9.9g (5.1~14.9g) を剥き身にして使用した。泥は、2010年10月18日に佐賀県有明海域のサルボウ養殖漁場で採取し、浮泥としての巻き上げを軽減するために、約1ヶ月間静置させたものを使用した(表1)。海水は、佐賀県有明海域の比較的栄養塩が少ない沖合域から採水した。

表1 試料泥の分析結果 (H22.11.15)

含水率 (%)	含泥率 (%)	Md (μm)	Mdφ	AVS (mg/g 乾泥)
67.82	99.60	7.4	7.08	0.274

## 2. 設定条件および方法

試験は、2010年、夏のサルボウの斃死状況<sup>6)</sup>を考慮して表2のとおり各試験区2例ずつの5試験区を設定した。まず、溶出試験前の2010年11月15日から12月13日まで、1ℓのプラスチック容器に、サルボウの剥き身を所定の量混入した泥を400ml目盛りまで堆積させ、

表2 試験区設定表およびサルボウ斃死密度

試験区	サルボウ剥き身混入量	サルボウ斃死密度 (剥き身)	サルボウ斃死密度 (殻付き)
1-1, 1-2	0 g	0 g/m <sup>2</sup>	0 個/m <sup>2</sup>
2-1, 2-2	0.0866 g	10 g/m <sup>2</sup>	2 個/m <sup>2</sup>
3-1, 3-2	0.866 g	100 g/m <sup>2</sup>	20 個/m <sup>2</sup>
4-1, 4-2	8.66 g	1,000 g/m <sup>2</sup>	200 個/m <sup>2</sup>
5-1, 5-2	86.6 g	10,000 g/m <sup>2</sup>	2,000 個/m <sup>2</sup>

\*サルボウ剥き身（体腔液を含む。）重量は、5g/個として換算した。

\*底泥面積は、86.6 cm<sup>2</sup>として換算した。

海水を泥が巻き上がらないように1000ml目盛りまで注ぎ込み(図1-A)、泥が巻き上がらない程度の通気条件下に置いた(図1-B)。この間の水温は、1週間毎に25℃→30℃→25℃→20℃へと変化させるとともに、全換水を週2回の頻度で泥が巻き上がらないように行った。水温の調整はウォーターバス方式(200Vセラミックヒーター)で行った(図1-C)。

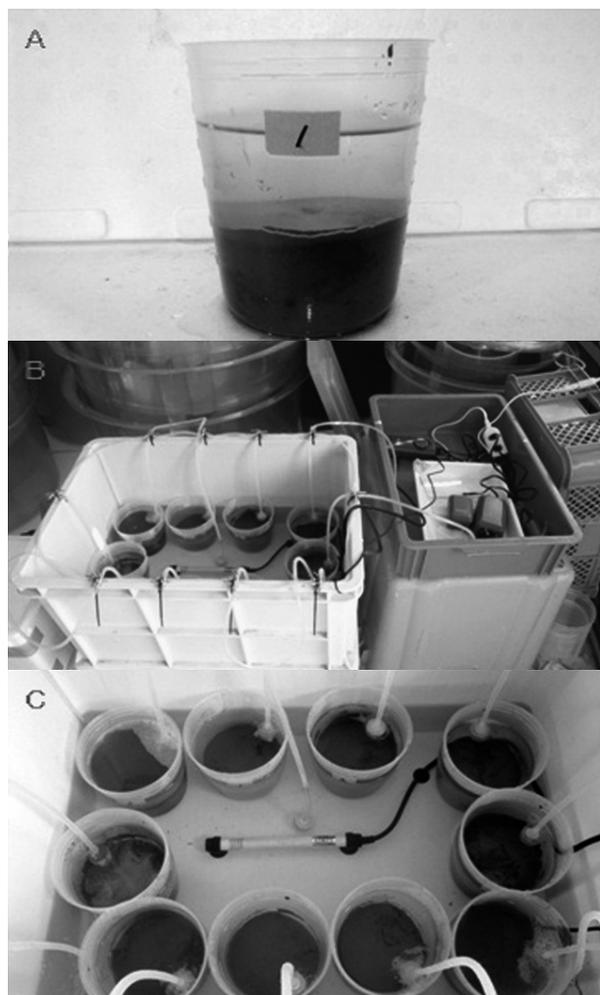


図1 栄養塩類溶出試験の状況  
A: 試験用サンプル B: エアレーション装置  
C: 水温調整装置(ウォーターバス方式)

このようにしてサルボウ漁場における夏季から秋季における有機物の分解過程を再現して、有機物の分解を促進させたのち得られた泥を溶出試験に供した。

### 3. 栄養塩の溶出試験

溶出試験は、秋季ノリ採苗直後の底泥からの栄養塩の溶出状況を想定した水温20℃条件、冷凍網張込み後を想定した15℃条件および冬季の低水温時を想定した8℃条件を設定し実施した。まず、水温20℃条件において、12月13日に底泥が巻き上がらないように全換水し

た後、12月14日～16日に1日毎に、海水を50ml採取し、直ちにメンブランフィルター(孔径0.45μm)で濾過し、-20℃で凍結保存した。引き続き、この試験区の水温を15℃に低下させた後、12月21日に底泥が巻き上がらないように全換水した。更に12月22日～24日に1日毎に、試験区毎に同様に海水を凍結保存した。引き続き、同様に水温を8℃に低下させた後、12月24日に底泥が巻き上がらないように全換水した。最後に12月27日～29日に1日毎に、先と同様に実施した。

後日、凍結保存した濾過海水の栄養塩(DIN, DIP)はオートアナライザー(BRAN + LUEBBE 製 TRAACS2000)を用いて分析した。

## 結 果

### 1. DINの溶出量の経時変化

連続して実施した試験区毎の底泥からのDINをNH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-Nに分けて溶出量の経時変化として図2-1, 2に示した。

水温20℃条件(12/13～16)の1日後(12/14)は21.40 mg/m<sup>3</sup>(試験区3-2)～1,451.02 mg/m<sup>3</sup>(試験区5-1), 2日後(12/15)は41.78 mg/m<sup>3</sup>(試験区3-2)～1,864.06 mg/m<sup>3</sup>(試験区5-1), 3日後(12/16)は41.96 mg/m<sup>3</sup>(試験区3-2)～2,093.69 mg/m<sup>3</sup>(試験区5-1)であった。全て経過時間とともに増加傾向或いは平衡状態で推移した。

続いて水温15℃条件(12/21～24)の9日後(12/22)は18.10 mg/m<sup>3</sup>(試験区2-1)～1,081.74 mg/m<sup>3</sup>(試験区5-2), 10日後(12/23)は26.49 mg/m<sup>3</sup>(試験区2-1)～1,465.72 mg/m<sup>3</sup>(試験区5-2), 11日後(12/24)は29.31 mg/m<sup>3</sup>(試験区2-1)～1,462.63 mg/m<sup>3</sup>(試験区5-2)であった。試験区4-1, 試験区4-2で11日後に減少した以外は経過時間とともに増加傾向或いは平衡状態で推移した。

水温8℃条件(12/24～29)の14日後(12/27)は34.20 mg/m<sup>3</sup>(試験区2-1)～1,937.52 mg/m<sup>3</sup>(試験区5-1), 15日後(12/28)は34.98 mg/m<sup>3</sup>(試験区2-1)～1,950.60 mg/m<sup>3</sup>(試験区5-2), 16日後(12/29)は42.31 mg/m<sup>3</sup>(試験区2-1)～2,145.14 mg/m<sup>3</sup>(試験区5-1)であった。試験区5-1で15日後に減少した以外は経過時間とともに増加傾向或いは平衡状態で推移した。

何れの水温下においても、試験区1～4については、DIN組成はNO<sub>3</sub>-Nが主成分であったが、試験区5ではNH<sub>4</sub>-Nが主成分となっていた。また、DIN溶出量は試

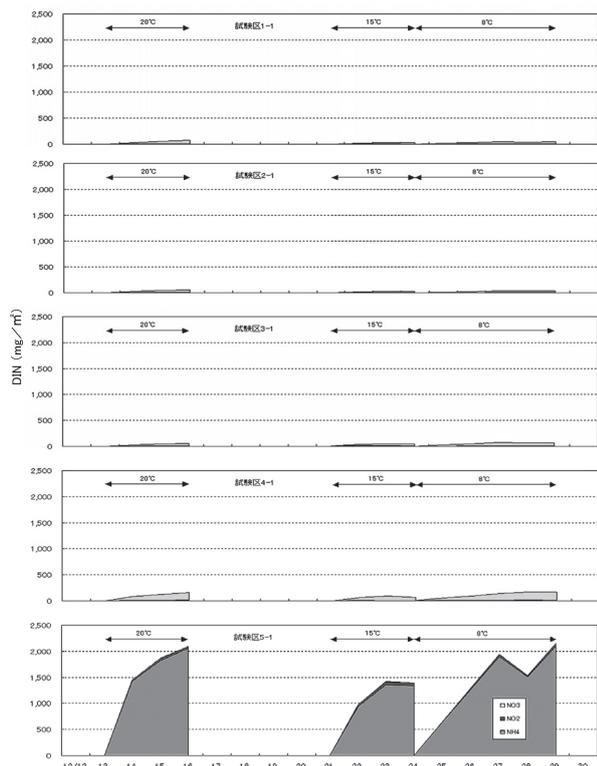


図2-1 DIN 溶出量の経時変化(1)

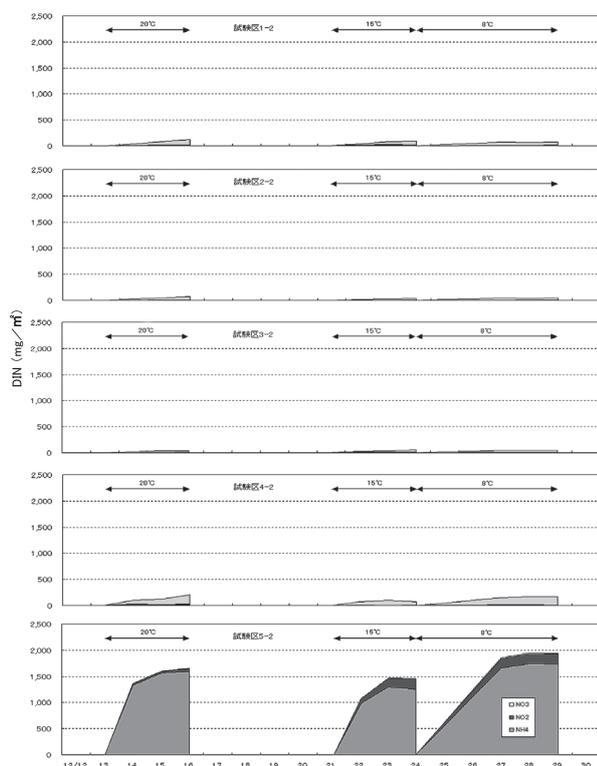


図2-2 DIN 溶出量の経時変化(2)

験区4では試験区1の1～3倍程度，試験区5では試験区1の10倍以上であった。

一方，水温別に同一試験区を比べてみると，水温が低

下するに伴って同一経過時間の DIN 溶出量が極端に減少するという傾向は見られなかった。

## 2. DIP の溶出量の推移

連続して実施した試験区毎の底泥からの DIP 溶出量の経時変化を図3-1，2に示した。

水温 20℃条件 (12/13～16) の1日後 (12/14) は 1.44 mg/m<sup>2</sup> (試験区 4-1) ～58.20 mg/m<sup>2</sup> (試験区 5-1)，2日後 (12/15) は 1.76 mg/m<sup>2</sup> (試験区 4-1) ～73.87 mg/m<sup>2</sup> (試験区 5-1)，3日後 (12/16) は 2.06 mg/m<sup>2</sup> (試験区 4-1) ～80.19 mg/m<sup>2</sup> (試験区 5-1) であった。全て経過時間とともに増加傾向或いは平衡状態で推移した。

続いて水温 15℃条件 (12/21～24) の9日後 (12/22) は 1.71 mg/m<sup>2</sup> (試験区 4-1) ～46.56 mg/m<sup>2</sup> (試験区 5-2)，10日後 (12/23) は 1.46 mg/m<sup>2</sup> (試験区 4-1) ～64.08 mg/m<sup>2</sup> (試験区 5-2)，11日後 (12/24) は 1.15 mg/m<sup>2</sup> (試験区 4-2) ～68.04 mg/m<sup>2</sup> (試験区 5-2) であった。試験区 2-2，試験区 4-1，試験区 4-2 では10日後 (12/23) 以降，減少傾向で推移し，試験区 5-1 では11日後 (12/24) に減少したが，それ以外は経過時間とともに増加傾向或いは殆ど平衡状態で推移した。

水温 8℃条件 (12/24～29) の14日後 (12/27) は 1.82 mg/m<sup>2</sup> (試験区 4-1) ～62.08 mg/m<sup>2</sup> (試験区 5-2)，15日

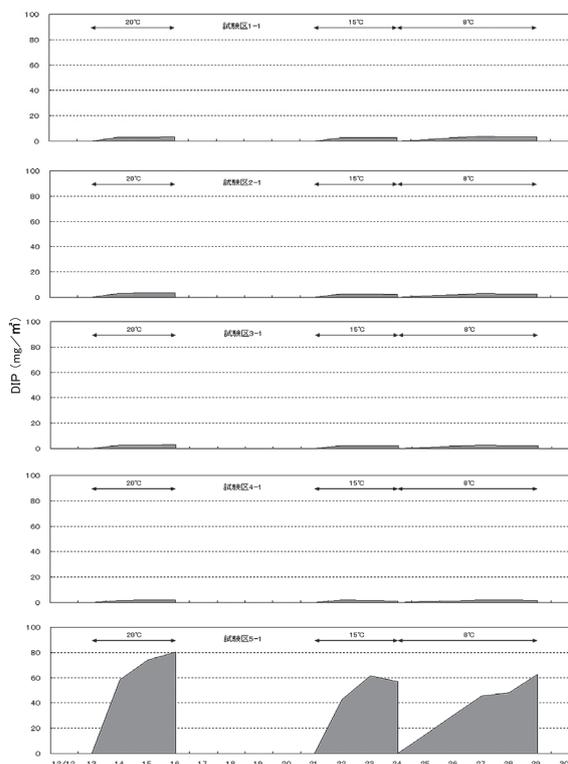


図3-1 DIP 溶出量の経時変化(1)

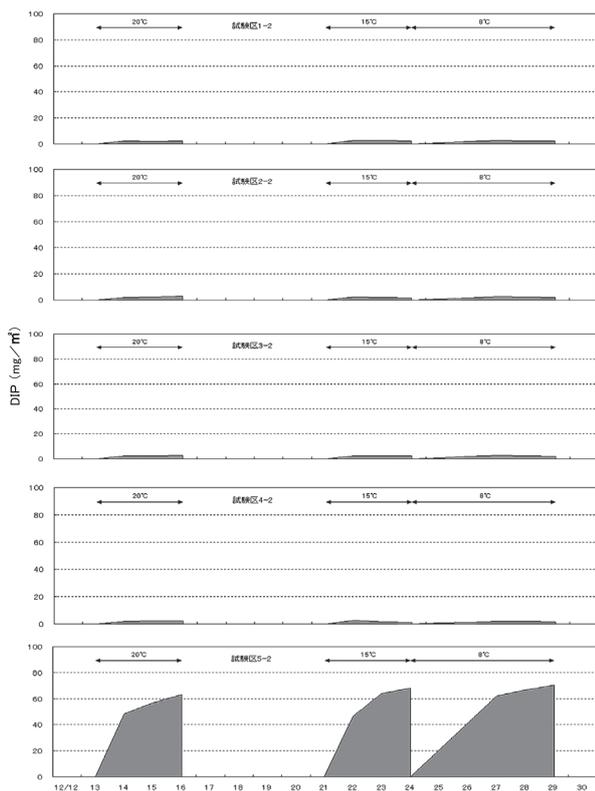


図3-2 DIP 溶出量の経時変化(2)

後 (12/28) は  $1.74 \text{ mg/m}^3$  (試験区 4-1) ~  $66.75 \text{ mg/m}^3$  (試験区 5-2), 16 日後 (12/29) は  $1.51 \text{ mg/m}^3$  (試験区 4-2) ~  $70.47 \text{ mg/m}^3$  (試験区 5-2) であった。試験区 5-1, 試験区 5-2 は経過時間とともに増加傾向で推移したが, その他の試験区は 15 日後 (12/28) 以降, 減少傾向或いは平衡状態で推移した。

何れの水温下においても, DIP 溶出量は試験区 5 では試験区 1 の 10 倍以上であった。

また, 水温別の同一試験区を比べてみると, 水温が低下するに伴って同一経過時間の DIP 溶出量が極端に減少するという傾向は見られなかった。

## 考 察

首藤・吉本<sup>5)</sup>は, 静置法による底泥からの DIN 溶出試験の結果, 試験開始直後に増加する DIN 組成は  $\text{NH}_4\text{-N}$  であり, その後, 海水中に溶出した  $\text{NH}_4\text{-N}$  が, 硝化細菌の作用を受けて,  $\text{NH}_4\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{NO}_3\text{-N}$  へと変化, いわゆる硝化作用が進むと報告している。今回の試験では, まず, 有機物の分解をある程度促進させた後に栄養

塩の溶出試験を実施したので, 試験区 1 ~ 4 では有機物量が少なかったことから分解に使用された酸素の量は少なく, 容器内には硝化作用を進めるのに十分な量の酸素が供給されていたものと考えられた。そのため試験区 1 ~ 4 の DIN 組成は, 試験開始直後から  $\text{NO}_3\text{-N}$  が殆どの割合を占めていたものと考えられた。

一方, 有機物量が極端に多い試験区 5 では, サルボウ剥き身混入量が非常に多く, この大量の有機物を分解するのに容器内の大部分の酸素が使用されてしまい, 硝化作用を進行させるための酸素が供給されず,  $\text{NH}_4\text{-N}$  が殆どの割合を占めていたものと推察された。

更に, 首藤・吉本<sup>5)</sup>が行った試験の St.C の地点は, 今回の試験で使用した泥を採取した地点と殆ど同じ場所であり, 今回の試験区 1 の水温  $20^\circ\text{C}$ ,  $8^\circ\text{C}$  下における DIN 溶出量は, 首藤・吉本<sup>5)</sup>が行った St.C の水温  $20^\circ\text{C}$ ,  $9^\circ\text{C}$  下における同一経過時間の DIN 溶出量と同程度であった。このことから, 試験区 4 および試験区 5 の DIN 溶出量については, サルボウの剥き身が泥中で分解されて, 底泥からの DIN 溶出量に添加されたものと考えられた。つまり, 夏季に  $200 \text{ 個/m}^2$  以上のサルボウの大量斃死が起きた場合, 水温が低下するノリ漁期においても底泥からの栄養塩溶出に寄与していることが推察された。

## 文 献

- 1) 村上彰男 (1969) : 有明海ノリ漁場における窒素収支. 筑後川調査報告付属資料, (3), 17-29.
- 2) 河辺克己 (1969) : 有明海の底土を中心とする窒素源. 筑後川調査報告付属資料, (5), 2-31.
- 3) 吉田賢二 (2004) : 有明海佐賀県海域に流入する主要河川感潮域における水質環境の長期変動. 佐有水研報, (22), 81-89.
- 4) 飯盛喜代春 (1985) : 有明海海水及び底泥間隙水中の化学成分. 佐賀大学干潟実験施設研究紀要, 241-260.
- 5) 首藤俊雄・吉本宗央 (1999) : 有明海湾奥部における底泥からの栄養塩類の溶出 - I - 溶存態窒素. 佐有水研報, (19), 9-16.
- 6) 平成 22 年度有明海特産魚介類生息環境調査 (佐賀県沖) サルボウ適正生息環境調査結果報告書 (九州農政局委託事業)