

自然干潟における環境因子の空間分布特性 ——広島県賀茂川河口干潟について——

陸田秀実*・中村健一**・網谷貴彰***
内田誠一郎****・土井康明*****

生物多様性に富んだ干潟の保全機能の維持・向上に重要な役割を担っているのが、メイオベントス以下の底生生物であることが近年明らかとなってきた。本研究は、著者の一人が開発した新たな生化学分析法によって、準絶滅危惧種の生息可能な自然干潟について現地観測及びそれに基づく植生ゾーニングを行ったものである。その結果、面的かつ詳細な生化学、物理及び水質因子の空間分布特性を明らかにした。特に、ハクセンシオマネキは浄化能力の高い活発なメイオベントスが生息する領域を好んで生活していることが明らかとなった。また、本生化学分析法は、メイオベントス以下の底生生物量及び干潟の浄化量、さらには各種栄養塩類との関連づけを行う上で有用であることを示した。

1. はじめに

干潟は河口や潮間帯の物理環境、更にはその場所特有の水質環境によって、生物多様性に富んだ複雑な生物間相互作用システムが成り立っている。この連鎖システムを下支えし、かつ干潟保全機能の維持・向上に重要な役割を担っているのが、メイオベントス以下の微生物（細菌・菌類・原生生物・線虫など）であることが近年明らかになってきた。これまで干潟観測は主に水質、底質、マクロベントス調査により行われているが、著者の一人が開発した干潟土壌に生息するメイオベントス以下の微生物代謝活性の生化学的分析法（Nakamura ら, 2001）は干潟の機能と構造を把握する上で有用であることが分かってきた。

そこで本研究では、干潟全域の面的かつ詳細な環境因子（生化学因子、物理因子、水質因子）の空間分布特性を把握するために、従来の観測項目に加え、前述の生化学的分析法を用いて、人為的攪乱の少ない絶滅危惧種（ハクセンシオマネキ）の生息可能な天然干潟の環境因子について、高解像な空間分布を把握することにより、その環境特性を明らかにすることを目的とする。

2. 観測方法と分析方法

（1）観測干潟の特徴

現地観測を行った賀茂川河口干潟の概略およびゾーニングを図-1 に示す。この干潟は二級河川賀茂川河口部に位置し、大潮干潮時の干出面積約 8.5 ha、勾配 1/270 の自然干潟である。また、干潟 A（東側）の高潮位線付近には準絶滅危惧種に指定されているハクセンシオマネキが生息し、低潮位線側には夏季においてアオサ・アマモが繁茂する。一方、干潟 B（西側）の土壌は嫌気性粘土

質であり、ほぼ全域にアオサ・アマモ群落が見られる。

（2）土壌採取地点

土壌採取は大潮干潮時となる夏季 2002 年 7 月 24 日と冬季 2002 年 12 月 9 日にそれぞれ行った。なお、冬季の干潟 B については潮位の関係上、観測不可能であった。環境因子の詳細な面的分布の把握を目的としていることから、土壌採取地点は、干潟全域において扇状に計 40 測点（図-1）とし、環境変動の激しい河川沿いおよび高潮位線付近を重点的に干潟のほぼ全領域で土壌採取を行った。また、同測点において、後述の環境因子を測定・分析した。

（3）生化学分析法

a) ATP バイオマス法

ATP バイオマス法は、全生物の体内に含まれている共通の最終的なエネルギー源 ATP 量を測定する方法で、メイオベントス以下の総生物量を定量化するものである。この方法は、干潟土壌から ATP を強酸で抽出し、中和した後、ATP 量を定量化する方法であり、操作が比較的簡便で高感度という利点を有している。ここでは、ATP の分子量と係数によって単位体積あたりの微生物量 (g/m^3) に換算した。

b) フォスファターゼ活性測定法

著者の一人である Nakamura ら（2001）が開発したフォスファターゼ活性測定法は、干潟に生息する底生生物のリン酸分解活性（以下、浄化量）を定量化する新たな生化学分析法である。この方法はフェノールフタレイ

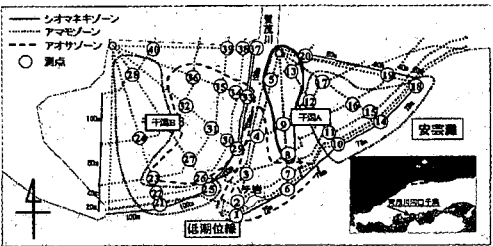


図-1 賀茂川河口干潟の概略図とゾーニング

* 正会員 博(工) 広島大学助教大学院工学研究科社会環境システム専攻
** 理 博 県立広島女子大学教授生活科学部健康科学科
*** 修(工) (株)海洋開発技術研究所
**** 広島大学工学部研究生
***** 正会員 工 博 広島大学大学院工学研究科社会環境システム専攻

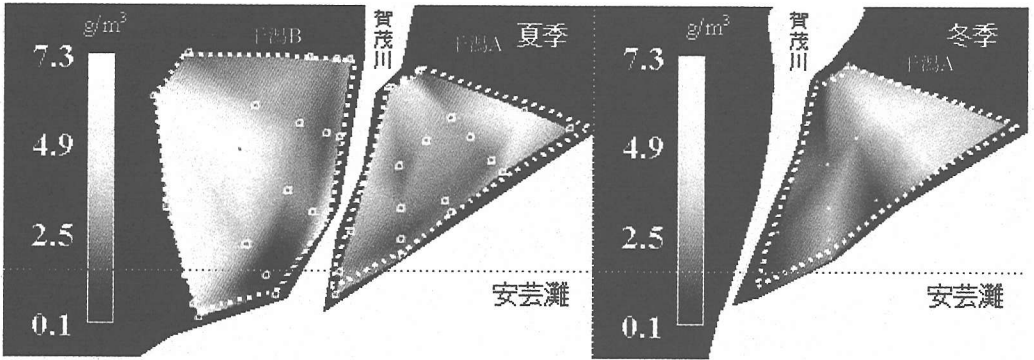


図-2 夏季と冬季における底生生物量の空間分布

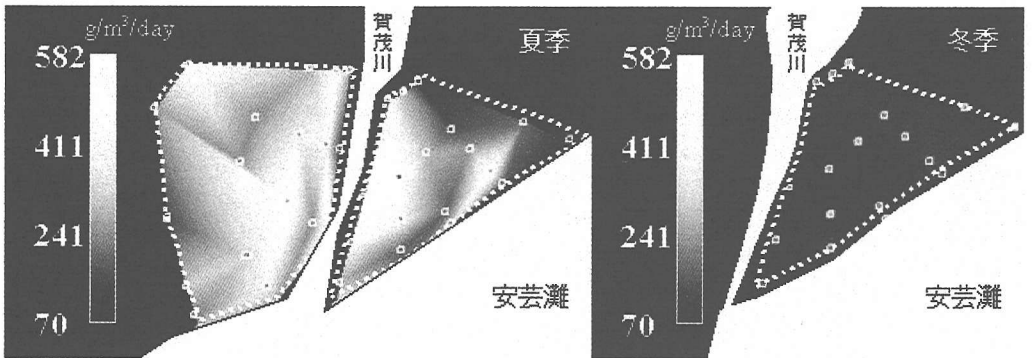


図-3 夏季と冬季における浄化量の空間分布

ンモノフォスフェイトを基質として用い、遊離したフェノールフタレインをアルカリリン酸溶液で赤色に発色定量する方法であり、簡便かつ高感度、さらに短時間測定が可能といった特徴を有している。ここでは、リン酸の分子量と係数によって単位体積および単位時間当たりの浄化量 ($\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$) に換算した。この方法によって、Nakamura ら (2001) は瀬戸内海における干潟のクラスター分析を行い、新たな干潟分類法を提案している。

(4) 水質と栄養塩類の分析法

水質は、土壌採取と同一測点における土壌からの溶出水を採水し、分析を行った。水質因子として、pH、溶存酸素、塩分、水温、酸化還元電位をマルチ水質モニタリングシステム (W-22XD, HORIBA 社) によって測定した。また、干潟土壌表面の海水中に含まれる溶存態窒素 (アンモニア態窒素 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、亜硝酸態窒素 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、硝酸態窒素 $\text{NO}_3\text{-N}$) および溶存態リン (リン酸態リン $\text{PO}_4\text{-P}$) をオートアナライザー (TRAACS800, BRAN-LUBBE 社) によって分析した。

3. 観測結果

(1) 底生生物量と浄化量の空間分布

ここでは、観測干潟の底生生物量と浄化量について、その空間分布特性を明らかにする。

図-2は観測干潟におけるメイオベントス以下の底生生物量の空間分布を示したものである。図より、夏季(左図)と冬季(右図)において潮間帯中央より高潮位線(岸側)で生物量が多く、低潮位線(沖側)で生物量が少なくなる傾向にあり、これは著者ら (2002) による広島湾内の干潟の現地観測結果と合致する。また、夏季における干潟 B の西側の底生生物量は多い傾向にあることが分かる。これは、流動が穏やかな領域にアマモ群落が発達し、その結果として、底生生物群の生息に有利な好条件が整ったためであると考えられる。

図-3は観測干潟におけるメイオベントス以下の浄化量の空間分布を示したものである。図より、夏季において浄化量はシオマネキゾーン付近で高い値を示しており、底生生物が活発に浄化を行っていることが推察される。また、夏季に比べ冬季のそれは観測干潟全域で一様に低い値を示す。これは、生物量が夏季と冬季でほぼ同

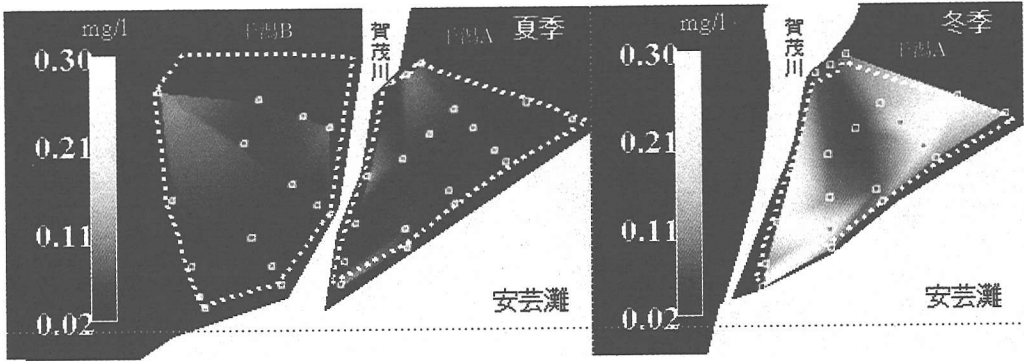


図-4 夏季と冬季におけるアンモニア態窒素の空間分布

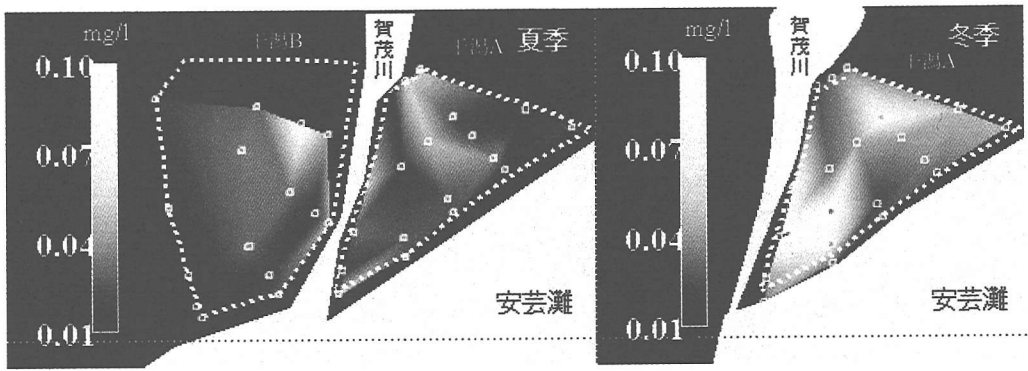


図-5 夏季と冬季におけるリン酸態リンの空間分布

程度であるにも関わらず、水温低下によって活性量が抑えられ、結果として浄化能力が低下したためであると考えられる。

(2) 栄養塩の空間分布

ここでは、観測干潟 A における無機態栄養塩（硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素、リン酸態リン）の空間分布特性を明らかにする。

図-4 および図-5 は夏季と冬季におけるアンモニア態窒素およびリン酸態リンの空間分布を示したものである。両図より、栄養塩は冬季において干潟全域で高くなる傾向にあり、海域の栄養塩の季節変動にほぼ対応した変化を示している。また、夏季のアオサゾーンにおいて栄養塩が高くなる傾向を示している。これは、アオサゾーンに生息する干潟生物の糞塊やアオサの枯死などによって干潟土壌にアンモニア態窒素が供給されたためであると考えられる。特に、観測時において、干潟 B のアオサゾーンでは高濃度の硫黄臭が確認されたことから、このことは裏付けられる。

(3) 生化学因子による各ゾーンの特徴

ここでは、観測干潟 A における夏季・冬季における底生生物量および浄化量の各ゾーンの特徴を明らかにす

る。

図-6 は夏季・冬季における各ゾーンの底生生物量の平均値を比較したものである。図より、夏季の底生生物量はゾーンによる差異はそれほど大きくはないものの、冬季の生物量は川沿いで極端に減少することが分かる。また、アマモゾーンの生物量は夏季に比べ冬季に増加しており、他のゾーンと異なる傾向にあることが分かる。

図-7 は夏季・冬季における各ゾーンの浄化量の平均値を比較したものである。図より、いずれのゾーンも底生生物の浄化量は夏季に多く、冬季に少ない傾向を示している。また、夏季のシオマネキゾーンにおいて、浄化量は顕著に高くなっており、このゾーンのリン酸代謝活性が高いことを示す結果となっている。

(4) 栄養塩による各ゾーンの比較

干潟の浄化機能および構造を把握する上で、各ゾーンの栄養塩の特徴を明らかにする事は重要である。

図-8 は各ゾーンの夏季・冬季におけるアンモニア態窒素の平均値の比較を示したものである。図より、ハクセンシオマネキ・アマモゾーンでは、夏季も冬季もアンモニア態窒素の量は変わっていない。一方、他のゾーンでは、冬季の方が夏季のその 2 倍以上となっており、

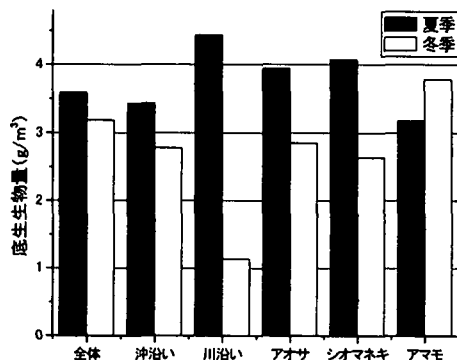


図-6 各ゾーンの底生生物量の比較

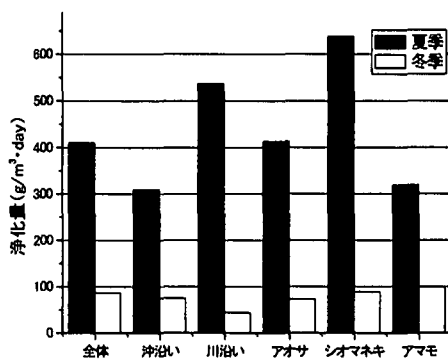


図-7 各ゾーンの浄化量の比較

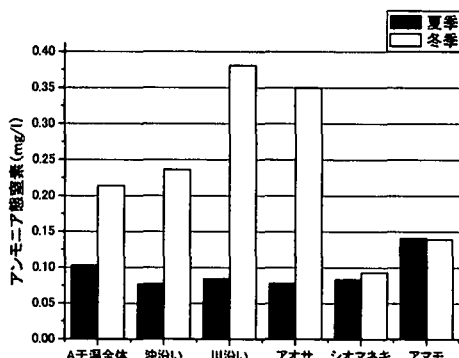


図-8 各ゾーンのアンモニア態窒素の比較

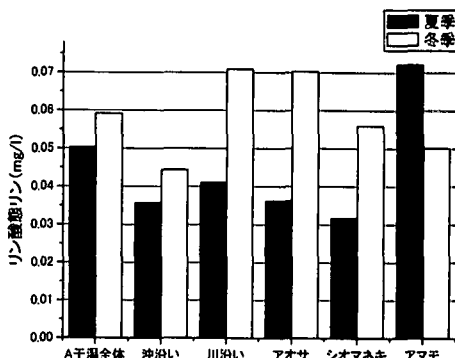


図-9 各ゾーンのリン酸態リンの比較

一般的な沿岸の傾向に近い。本研究では、メイオベントス以下の生物種の選定を行っていないが、シオマネキ・アマモゾーンに生息する底生生物の浄化能力が、他のゾーンに生息する底生生物のそれに比べ、冬季においても比較的高い傾向にあることを意味している(図-7)。

図-9は各ゾーンのリン酸態リンの平均値を比較したものであり、アマモゾーンを除いて冬季よりも夏季のリン濃度が低い傾向にある。これは、夏季における底生生物群の活発な浄化作用によってリン分解が行われたことによるものと考えられる。

(5) 生化学因子と栄養塩の関係

ここでは、生化学因子と無機態栄養塩類の関係について考察する。図-10は夏季の干潟Aにおける底生生物量と各無機態栄養塩類との相関について、各ゾーンで比較したものであり、植生分布や物理的条件によって、その特徴に顕著な差が見られる。特に、アマモ・シオマネキゾーンでは浄化量において負相関を示し、その他のゾーンでは正相関を示している。また、硝酸態窒素では先に述べた2つのゾーンは正相関を示し、その他のゾーンでは負相関を示している。これらのことは、アマモ・シオマネキゾーンでは好気的環境下において多くの底生生物が硝酸化等の代謝反応を活発に行っており、この領

域で浄化作用が活発であることを示唆している。

図-11は夏季の干潟Aにおける浄化量と各無機態栄養塩類との相関について各ゾーンで比較したものである。図より、シオマネキ・アマモゾーンでは全ての要素で負相関という大きな特徴が見られた。特に、リン酸態リンと負相関の関係にある理由は、無機態リン酸の多い領域で細菌類の酵素活性が抑えられ、有機リン酸化合物から無機リン酸が放出されることが原因と考えられる。なお、これらの傾向は、自然干潟特有のものであり、全ての干潟で見られる傾向とは限らない。しかしながら、著者の一人が開発した生化学分析法(Nakamura, 2001)は、干潟の生物量及び浄化量、さらには各種栄養塩類との関連づけを行う上で有用であることを示すと言える。

(6) ハクセンシオマネキの生息に関わる環境因子

ここでは、準絶滅希少種に指定されているハクセンシオマネキの生息に関わる環境因子について検討する。底生生物量及び浄化量に関する図(図-2, 3及び図-6, 7)から、シオマネキゾーンに生息する底生生物量は、他のゾーンに比べて顕著な差異はないものの、浄化量は比較的高い傾向にある。また、栄養塩類に関する図(図-4, 5及び図-8, 9)から、シオマネキは浄化能力の高い活発な底生生物群が生息する領域を好んで生活していると言

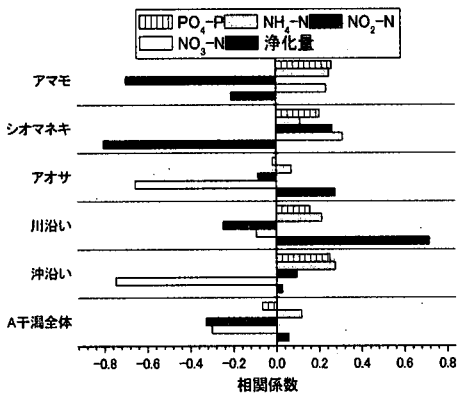


図-10 底生生物量と無機態栄養塩との相関

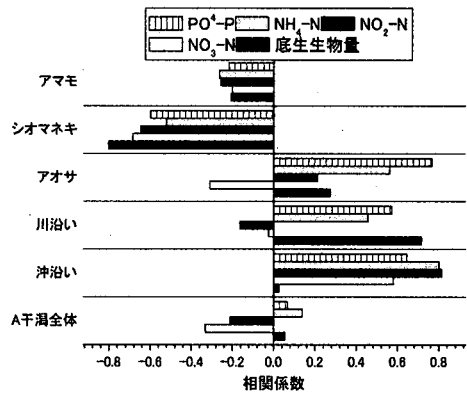


図-11 浄化量と無機態栄養塩との相関

える。中村ら (2002) は、ハクセンシオマネキの生息する底質に有機物負荷を加え、底生生物の活性量が増加することを確かめることにより、この領域に生息する底生生物の特徴を考察している。本研究では、メイオペントス以下の底生生物群とハクセンシオマネキとの生物間相互作用、生活史および生物戦略など不明な点が多く、希少種保護という観点から、希少種の生息に最適な干潟環境を特定するには至らなかった。これらの観点も含めた干潟環境の定量的な把握をしない限り、人工干潟、人工海浜を造成・維持することは困難であろう。

4. おわりに

本研究では、干潟全域の面的かつ詳細な生化学因子、物理因子、水質因子の高解像な空間分布特性を把握することを目的として、ハクセンシオマネキの生息可能な自然干潟について現地観測及びゾーニングを行い、各ゾーン特有の環境因子の高解像な空間分布特性が明らかとなった。特に、ハクセンシオマネキは浄化能力の高い活

発な底生生物群が生息する領域を好んで生活していることが分かった。また、本研究の生化学分析法は、メイオペントス以下の底生生物量及び浄化量、さらには各種栄養塩類との関連づけを行う上で有用であることを示した。

謝辞：栄養塩の分析は、広島大学大学院工学研究科尾崎則篤氏の援助を受けた。ここで謝意を表す。

参 考 文 献

- 陸田秀実・土井康明・中村健一・網谷貴彰・杉 芳典・石川 博・沢田和秀 (2002): 観測に現地観測に基づく広島湾の干潟の底生生物量と活性量の時空間分布。海岸工学論文集, 第 49 巻, pp. 1131-1135.
- 中村健一・高谷知恵子・齊藤 博・網谷貴彰・陸田秀実 (2002): 土壌フォスファターゼ活性値と ATP バイオマス値に基づく干潟土壌環境類型化回帰式の応用, 土木学会論文集, 投稿中.
- Nakamura, K., C. Takaya and K. Hiraoka (2001): A method for assay of phosphatase activity in tideland soils. J. Environ. Chem. Vol. 11, pp. 827-834.