

氏 名 桑 江 朝 比 呂
 学位(専攻分野) 博 士 (農 学)
 学 位 記 番 号 論 農 博 第 2396 号
 学位授与の日付 平 成 13 年 11 月 26 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
 学位論文題目 Biogeochemical Roles of Benthic Microorganisms in Intertidal Sandflats
 (砂質干潟における底生微生物の栄養塩循環に果たす役割)

(主 査)
 論文調査委員 教 授 中 原 紘 之 教 授 坂 本 亘 教 授 内 田 有 恆

論 文 内 容 の 要 旨

陸と海との境界にある干潟は、潮の干満による大きな環境変化を受ける過酷な条件にもかかわらず、海洋環境の中でもっとも高い生物生産力を有する場である。従来より干潟は、漁業やアメニティー（例えば潮干狩り・バードウォッチング）の場として利用されてきた。さらに近年、干潟生物の様々な活動がもたらす水質浄化機能に期待が寄せられている。しかし、その機能の定量的な評価は殆どなされないままに、各地で埋め立て等により消失している。本論文は、砂質干潟における栄養塩循環の特性とそのメカニズムの把握を目的とし、バクテリアや微細藻類などの定量方法の確立と、微生物による沿岸域からの栄養塩除去機能の定量的解明を目指して行った一連の研究をとりまとめたものである。内容は以下のように要約される。

1. 干潟で重要な働きをなす、底生バクテリアの機能の定量化に必要な不可欠である細胞数と、細胞体積の測定に関する方法論について検討し、以下の結果を得た。本研究で開発された二重染色法により、従来法よりも明瞭かつ客観的にバクテリアと他物質とを区別することが可能となった。その場合、付着基質である微粒子と分離することが必要であるが、ホモジェナイザーを用いた分散処理では細胞破壊の可能性、超音波洗浄器による処理では短時間では分散の不十分性を示し、超音波破碎器の使用が望ましいことを明らかにした。また、小さなバクテリアほど分散されるのに時間を要するため、細胞体積のサイズ分布を把握するためには、長めの分散処理時間の方が好ましいことを示した。

2. 砂質干潟の冠水時における、栄養塩の底泥→直上水間フラックスについて周年にわたる観測を行い、以下の結論を得た。夏季の暗条件におけるアンモニア態窒素フラックスを除き、栄養塩フラックスはほとんどのケースにおいて吸収の方向（直上水→底泥）であった。また、栄養塩フラックスの大きさは光条件に左右された。これには底泥表面に存在する微細藻類による、明条件下での活発な栄養塩の取り込みが大きく寄与することを明らかにした。

底生微細藻類により取り込まれた溶存無機窒素のうち、31%は直上水由来であることを明らかにした。また、アンモニア態窒素フラックスに見られた季節性や、コアサンプル間のばらつきといった時空間的変動には、アサリによるアンモニア態窒素の排泄が大きく寄与していた。脱窒の直接的な供給源である直上水由来の硝酸態窒素は、最大でも27%にとどまったことから、底泥間隙水中の硝酸態窒素が脱窒の主要な供給源であることを示した。

3. 砂質干潟の干出時、および冠水直後における間隙水栄養塩の動態について測定した。干出時間が短く、地形勾配の緩い干潟では、干潟底泥が干出した後も含水率の低下がみられなかったことから、間隙水位の変動によってもたらされる間隙水栄養塩の輸送は無視できることを示した。しかし、底泥表層における硝酸態窒素濃度の急な勾配により、大きな下向きの拡散フラックスが発生し、これが底泥表層の濃度変化をもたらした。

底泥亜表層における脱窒や異化的アンモニア生成といった硝酸還元反応は、底泥表層からの下向きの硝酸態窒素拡散フラックスによって支えられていた。そして、干出後の時間経過に伴い、底泥亜表層における硝酸態窒素の生成が促進され、アンモニア態窒素の生成が抑制されることを明らかにした。さらに、冠水直後に、外力による乱流混合やバイオターベーションなどにより、底泥中の栄養塩量が激減する現象を明らかにした。

以上のように、本研究において、砂質干潟における栄養塩循環において、冠水時および干出時の両相における、バクテリアおよび底生藻類に関連する栄養塩のストック、およびフローを初めて定量化し、その相対的な寄与および重要性が明らかにされた。

論文審査の結果の要旨

多くの干潟が埋め立て等により消失した中で、現存している干潟の機能の健全化は重要な課題である。特に、干潟の管理・利用に関して近年頻発している問題の解決には、干潟の水質浄化といった諸機能の定量的な評価が必要であり、それには生物の働きを明らかにすることが非常に重要である。本論文は、砂質干潟に生息するバクテリアや底生微細藻類などの微生物による、沿岸域からの栄養塩除去機能に焦点を当て、干潟における栄養塩循環の特性とそのメカニズムを把握することを試みたものであり、その評価できる内容は以下のとおりである。

(1)底生バクテリアの機能の定量化に必要な不可欠である、細胞数と細胞体積の測定に関する新たな二重染色法を開発し、蛍光顕微鏡を用いての検鏡時に明瞭かつ客観的にバクテリアと他物質とを区別することに成功している。さらに、底生バクテリアの定量化に必要な、分散のための最適条件を明らかにしている。

(2)干潟が冠水している間、直上水中の栄養塩は干潟底泥によって除去されることを示し、この除去作用が明条件下で特に顕著であり、底泥表面に生息する微細藻類による、明条件下での栄養塩の取り込みが大きく寄与していることを実証している。

(3)アンモニア態窒素フラックスに見られた季節性や、コアサンプル間のばらつきといった時空間的変動には、アサリなどの底生動物によるアンモニア態窒素の排泄が大きく寄与していることを示している。

(4)干潟底泥の干出に伴う酸化還元環境の変化により、底泥中で硝酸態窒素の生成が促進され、アンモニア態窒素の生成が抑制される。そして、底泥内での脱窒反応には、硝化により生成された硝酸態窒素が主要な供給源であり、直上水からの硝酸態窒素の直接供給の寄与が小さいことを明らかにしている。

(5)底泥が冠水した直後に、外力による乱流混合やバイオターベーションなどにより、間隙水中の栄養塩が直上水へ大量に流出する現象を明らかにしている。

以上のように本論文は、砂質干潟において、冠水時および干出時の両相における底生バクテリアおよび微細藻類に関連する、栄養塩のストックおよびフローを初めて定量化し、そのメカニズムおよび相対的な寄与を明らかにしたものであり、海洋微生物生態学、海洋生物地球化学、沿岸環境学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成13年9月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。