

氏名・(本籍)	さ やま みき お 左 山 幹 雄
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 8 3 3 号
学位授与年月日	昭 和 58 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科専攻	東北大学大学院理学研究科 (博士課程) 生物学専攻
学位論文題目	河口域底泥における有機物の嫌氣的分解に関する研究
論文審査委員	(主査) 教 授 栗 原 康 教 授 飯 泉 茂 助 教 授 菊 池 多 賀 夫

論 文 目 次

第1章 序 論

第2章 河口域底泥における有機物の分解速度とその垂直構造

1. 有機物分解活性の測定法とその評価

(1) 方 法

(2) 結果および考察

2. 河口域底泥における有機物の分解速度とその垂直構造

(1) 調査地域

(2) 方 法

(3) 結 果

(4) 考 察

第3章 底泥中の硝化・脱窒反応におよぼすゴカイの影響の実験的解析

(1) 方 法

(2) 結 果

(3) 考 察

第4章 総合討論

要 約

謝 辞

参考文献

論文内容要旨

河口域とは潮汐作用の影響を受ける半閉鎖性の水域をさすが、ここでいう河口域とは潮汐の影響を受ける下流河川をいう。

河口域では潮汐に応じて水位が周期的に上下するため、河川の両岸には周期的に冠水・露出をくり出す平坦な場所(干潟部)ができる。河口域底泥はこのような干潟部と、たえず湛水状態にある場所(河川部)のふたつに分けることができる。

本研究は宮城県仙台市の北を流れる七北田川の河口域を対象として行なった。七北田川河口域は二層流型であり、干潟部は淡水河川水の、河川部は海水の影響を強く受ける。

また干潟部には餌となる有機物、酸素が常に豊富に供給されるので多数の大型底生動物が生活している。七北田川河口域では、ゴカイ(*Neanthes japonica*)が優占しており、その密度は $1000\sim 2000\text{m}^{-2}$ に達する。

本研究では有機物の分解について、河口域底泥を干潟部と河川部にわけて考え、各々の場所における有機物の分解速度をその過程とともに測定し、その垂直構造を調べることによって各分解過程相互の関係を明らかにし、また大型底生動物とのかかわりについても研究を行なうことにより、河口域底泥における有機物分解の特性を明らかにすることを試みた。

河口域底泥は水によって大気と遮断されており、底泥への酸素の供給が制限されているため、底泥は表層の酸化層と下層の還元層に分化している。従って、このような底泥における有機物の分解を考える際には、好氣的過程(酸素呼吸)とともに嫌氣的過程も考慮しなければならない。嫌氣的過程も含め、有機物の分解過程を最終電子受容体の種類によって(i)酸素呼吸、(ii)酸化態窒素の還元(脱窒)、(iii)発酵、(iv)硫酸還元、(v)メタン生成、の5つに分け、各々の活性を測定した。

有機物の分解速度は二酸化炭素の生成速度により測定した。好氣的過程による分解の速度は好気条件下、嫌氣的過程による分解の速度は嫌気条件下での二酸化炭素の生成速度により測定した。河口域底泥では底泥中の無機の炭酸物質の現存量が多いので、二酸化炭素の生成速度を全炭酸の増加量として測定することはできない。それで気相の二酸化炭素の増加量として測定することにしたが、この値には底泥中の無機の炭酸物質から気相へ拡散してきた二酸化炭素も含まれている。そこで気相の二酸化炭素の増加量のうち生物反応に由来するものの割合について検討を行なった。 0°C で培養する実験(生物反応はほとんど抑制されると考えられる)、あるいはオートクレーブすることにより酵素活性を失活させる実験を行なった結果、 20°C で30分間に気相に蓄積した二酸化炭素のうち生物反応に由来するものの割合は約60%であり(嫌気条件の場合)、試料によってその割合が大きく異なるということはなかった。従って、気相の二酸化炭素の増加量によって有機物分解活性を測定できると考えられる。

脱窒活性はアセチレン阻害法を用い、硝酸態窒素を添加して測定した。硫酸還元活性は $^{35}\text{SO}_4$

を用いて測定し、メタン生成活性は一定時間培養後気相に蓄積したメタンの量より求めた。発酵については、嫌気条件下での二酸化炭素の生成量から発酵以外の嫌氣的過程に由来する量を除き、発酵に由来する二酸化炭素の生成速度を求めることにより活性を評価した。

1. 有機物分解活性は、干潟部も河川部も常に嫌気条件下の方が好気条件下より高いという結果が得られた。従って、河口域底泥における有機物の分解では嫌氣的過程が重要な役割を果たしていると考えられる。
2. 有機物の嫌氣的分解過程の各活性を二酸化炭素の生成速度に換算し、嫌氣的分解における各過程の比率を求めると、発酵の比率が非常に高いという結果が得られた。従って、嫌気条件下での有機物分解活性を発酵の活性とみなすことができると考えられる。脱窒の比率は干潟部で高かったが、硫酸還元とメタン生成の比率は干潟部も河川部も非常に低かった。
3. 単位面積あたりの有機物分解活性は、好気条件、嫌気条件にかかわらず河川部が干潟部の約3倍高かった。単位面積あたりの脱窒活性は干潟部が河川部の約4倍高く、硫酸還元活性も干潟部が河川部の約7倍高かった。単位面積あたりのメタン生成活性は干潟部と河川部で同程度であった。
4. 有機物含量、C/N比は干潟部と河川部で同程度であった。それにもかかわらず有機物分解活性が河川部で著しく高い理由としては、干潟部と河川部ではC/N比では示されない有機物の質的相違がある可能性などが考えられる。
5. ゴカイは底泥中にU字型の巣穴をつくり、呼吸のために巣穴内で活発なぜん動運動を行ない上層水を還流させている。巣穴の深さは10~20cmに達するが、巣穴の表面は還元層内でも常に酸化的に保たれている。室内実験によると、還元層内の巣穴の表面でも高濃度の酸化態窒素が検出され、活発な硝化反応のおこっていることが示唆された。従って、脱窒活性が干潟部で高いのは、干潟部には淡水河川水から酸化態窒素が豊富に供給されるとともに、干潟部ではそこに多数生息しているゴカイのbioturbationによって、底泥の深い部分まで酸化態窒素が供給されるためと考えられる。またゴカイは底泥表面に堆積した有機物を摂食し、未消化物を糞粒として再び底泥表面に排泄しているが、そのようなゴカイの糞粒は好気条件下でも高い脱窒活性を示した。このことも干潟部で脱窒活性が高い理由のひとつと考えられる。
硫酸還元活性が干潟部で高いのも、干潟部ではゴカイのbioturbationによって硫酸イオンが底泥の深い部分まで活発に供給されているためと考えられる。このことは、干潟部底泥間隙水中の硫酸イオンと塩素イオンのモル比の垂直分布からも裏付けられた。
6. 乾土あたりの嫌気条件下での有機物分解活性とメタン生成活性との間には、干潟部と河川部の各々で高い相関が認められ、有機物の嫌氣的分解により生成された発酵産物のメタンへの転換効率は干潟部の方が河川部より約10倍高いことが示唆された。しかし、嫌気条件下での有機物分解活性は河川部の方が干潟部より高いので、単位面積あたりのメタン生成活性は干潟部と河川部で同程度になるという結果が得られたものと考えられる。ただし河川部にお

いてはメタン生成活性は深くなるに従って高くなるという結果が得られたので、河川部の単位面積あたりのメタン生成活性はもっと高くなる可能性がある。

発酵産物のメタンへの転換効率が干潟部に比べて河川部で著しく低い理由としては、硫化物によるメタン生成反応の阻害などが考えられるが、この点については今後の検討が必要である。

7. 有機物の嫌氣的分解における各過程の活性の垂直構造相互の関係は、干潟部と河川部で大きく異なり、干潟部では各活性は同じ深さ(2~4 cm)でピークをもつが、河川部では脱窒活性および硫酸還元活性は表層のみに限られ、逆に嫌気条件下での有機物分解活性およびメタン生成活性は表層で低く深くなるに従って増加していくという結果が得られた。

有機物の嫌氣的分解における各過程相互の関係については、水田、湖沼、沿岸域の底泥などで研究が行われてきたが、これらは各過程の相互関係を底泥表面からの垂直方向への環境勾配と対応させて解析している。河川部における各活性の垂直構造相互の関係は他の水域の底泥で得られた知見とよく一致しているが、干潟部で得られた結果は全く異なっていた。このことは、干潟部では垂直方向への環境勾配以外に水平方向への環境勾配も形成されていることを示唆するものである。そのような水平方向への環境勾配が干潟部で形成される機構としては、干潟部に多数生息しているゴカイの存在が重要であると考えられる。すなわち、ゴカイの巣穴の表面はゴカイの bioturbation による上層水の還流によって還元層内でも酸化的であり、このことは、還元層内の巣穴の表面でも活発な硝化反応がおこっているという前述の結果からも支持される。従って、ゴカイの巣穴形成と bioturbation によって水平方向への環境勾配が形成され、それが干潟部における各活性の垂直構造相互の関係に大きな影響をおよぼしている可能性を指摘することができる。

論文審査の結果の要旨

左山幹雄提出の論文は、潮汐の影響を受ける下流河川に形成される干潟部と、湛水状態にある河川部の底泥において、有機物の嫌氣的分解速度とその過程および嫌氣的分解パターンの垂直構造を調べることによって各分解過程の相互関係を明らかにし、また干潟に生息する大型底生動物とのかかわりを研究することにより、河口域底泥における有機物分解の特性を明らかにすることを意図したものである。そのために著者は有機物の嫌氣的分解過程を最終電子受容体の種類によって(i)酸素呼吸、(ii)酸化態窒素の還元(脱窒)、(iii)発酵、(iv)硫酸還元、(v)メタン生成の5つに分け、各々の活性の底泥における水平および垂直分布を創意に富んだ方法を駆使して測定した。

その結果、干潟部、河川部共に発酵の比率が非常に高いこと、脱窒の比率は干潟部で高く、硫酸還元とメタン生成の比率は干潟部、河川部ともに低いという結果を得た。また活性の垂直構造は、干潟部では各活性のピークがすべて表層部近傍に収斂するという興味ある結果を得ている。筆者は、このことに対して干潟においては垂直方向への環境勾配の外に水平方向への環境勾配の存在を指摘した。そしてそのような水平方向への環境勾配に対して、干潟部に、多数生息しているゴカイが底泥中のU字型の巣穴内で活発なぜん動運動を行ない上層水を還流させることによって、上層水中の物質を還元層に溢透させ、また巣穴の表面を酸化的にすることによって巣穴表層より水平方向への環境勾配が形成されるという仮説を提唱し、このことを干潟部還元層内の巣穴の表面での硝化反応および表土に存在する糞粒における脱窒反応によって裏付けた。

以上のように本論文はバクテリアの活性と底生動物の行動との関連について新知見をもたらした。

以上のごとく、本論文は著者が自立して研究を行なうに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。よって左山幹雄提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。