

II-544

底泥表層部におけるマイクロサイトの形成とその分布に関する実験的研究

九州大学工学部 正 大石京子

九州大学工学部 学 井上 憲

九州大学工学部 正 楠田哲也

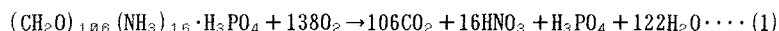
前田建設(株) 日野 浩

1. はじめに

従来、底泥における物質変換の評価は酸素の存在状態により酸化層、無酸素層、嫌気層に分けられ、水平方向に一樣な鉛直多層モデルでマクロな手法で行われてきた。しかし、底泥中にマイクロサイトと呼ばれる周囲とは環境条件の異なる微小領域が確認され、このような微視的棲みわけが好気条件下での脱窒や硝酸還元といった現象の原因ではないかと考えられるようになってきている。しかしながら、微生物の生活の場である底泥や生物膜内でその構造をミクロに捕らえた研究はほとんどない。そこで、微生物の集積に伴い、溶存酸素の消費が周囲からの供給を上回り、その結果として還元的なマイクロサイトが形成されると考え、テトラゾリウム塩の還元によるホルマザンの生成をマーカーとしてその分布を検討した。

2. 実験方法

マイクロサイト：NBTとTTCのテトラゾリウム塩を使用した。NBTとTTCを底泥の乾燥重量当り、それぞれ1mg、3mgを別々に加えてよく混合し(含水比250%)、直径3.5cmのアクリルパイプに5cm程度充填し、室温20℃でインキュベーションした。毎日、酸化還元電位(ORP)を電極による測定とテトラゾリウム塩の還元を観察した。TTCとNBTの標準酸化還元電位はそれぞれ約250mVと-50mV(pH=7)である。酸化還元電位：プラチナと銀-塩化銀の複合電極を使用した。間隙水のpHは約7.2であった。底泥の有機物量：底泥を表層から0-1.1-2.2-3.3-5.5-7cmに分画し、50℃以下で乾燥した。乾燥重量5~10gの底泥を用いて消費された酸素の量をクローメトリーで測定し、有機物の好氣的な分解式(1)から生分解性有機物の炭素量を推定した。



β -グルコシダーゼ活性：Hayano¹⁾の方法を用いた。

3. 結果および考察

人工底泥コア内のORPの経時変化が図-1である。4日目以後に急激なORPの低下が見られた。一方、ORPが急激に低下する前の3日目にはTTCとNBTの還元部位の密度が高いマイクロサイトがスポット状に分布するのが観察された。これらのマイクロサイトは時間の経過と共にある程度(mm)までは大きくなったが、層全体にわたって広がることはなかった。コア全体では、時間の経過と共にTTCとNBTは各々表層から2~3mm、6~7mm以下で全体的に平均に還元されたが、スポット状に存在するマイクロサイトは識別できた。このようにORPが200mV以上の底泥コア内に-50mV以下の還元的なマイクロサイトの存在が明らかになった。ORPの測定は電極による測定が一般的であり、かつ有効な手段ではあるが、底泥中のような固液混合で複雑な系ではバルクの平均値を測定していることになる。

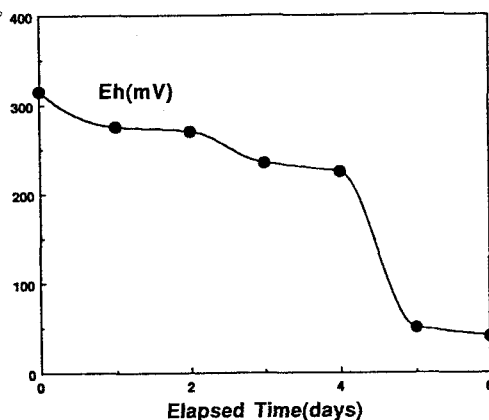


図-1 人工底泥コア内におけるORPの経時変化

マイクロサイトのサイズを推定するために、色抽出カメラを用いてTTCホルマザンとNBTホルマザンのそれぞれ赤色と青紫色のみを抽出し、画像解析システムによりマイクロサイトの面積と等円価直径を測定しその分布を求めた(図-2)。検出されたマイクロサイトは、最小で 0.034mm^2 、最大で 19mm^2 であった。 0.2mm^2 以下マイクロサイトが全体の約70%を占めていた。マイクロサイトを単純に球と仮定すると最小のもので直径 $200\mu\text{m}$ 程度であり、 $500\mu\text{m}$ 以下のものが全体の約70%であった。

このようなマイクロサイトが形成される要因のひとつとして有機物の存在が考えられる。人工底泥コア内に有機物として寒天液を加えた泥を一部加えると、寒天が添加された部位に、周囲より早くマイクロサイトが形成された。また、本実験でマイクロサイトは上層水からの有機物の供給を絶った底泥コア内部で形成されており、マイクロサイトの形成は底泥内部に存在する生分解性有機物の分布に関係していると考えられる。底泥の有機物含量は一般に強熱減量で表わしているが、必ずしも微生物による分解可能な有機物を表すものではない。そこでクーロメトリでBODを測定し、8日間に消費された酸素の量により生分解性有機炭素量を推定した。これを全炭素及び強熱減量と比較したものが表-1である。生分解可能な有機炭素量は全炭素や強熱減量と相関は認められなかった。さらに底泥の中で、微生物によって容易にエネルギーとなる可溶性多糖類の易分解性有機量を推定するために、これらの物質の代謝に関わる β -グルコシダーゼ活性を測定した結果、 $1\sim 10\mu\text{mole/min/g}$ 乾土であった。これを森林土²⁾の表層(0-4cm)の約 $1232\mu\text{mole/min/g}$ 乾土と比較すると、落葉等として毎年を負荷されている森林土壌に対しその酵素活性は非常に低かった。これらのことから底泥ではセルロース系の易分解性有機物は少なく、

難分解性有機物として存在し、その有機物周辺で微生物の集積が生じると考えられる。従って、マイクロサイトのサイズはこの有機物の量によると考えられる。実験的に形成されたマイクロサイトが $500\mu\text{m}$ 程度であることから有機物の分布もこのレベルで検討する必要がある。

底泥は水で飽和され土粒子表面に栄養塩類が多量に濃縮吸着されている。自然環境条件下において底泥内の栄養分は非常に少ないため、微生物はこのような土粒子や有機物に吸着することで増殖している。また微生物の代謝産物なども吸着されており、微生物はこれらも資化することが可能である。しかし、これらの栄養分が限られるので微小な集積、マイクロサイトを形成するに留まる。また、空隙が小さい底泥マトリックス内で微生物細胞の移動は困難であるため、底泥では微小なマイクロサイトとして存在していると考えられる。水で飽和された底泥内では酸素の拡散速度が低下し、かつ微生物の増殖による消費速度が高まることになり、その結果マイクロサイトは還元的になる。好気性条件下での脱窒はこのような還元的なマイクロサイトの分布によるものではないかと考えられる。

参考文献

- 1) Hayano K. Soil Sci. Plant Nutr., 19, 103-108, 1973
- 2) 金沢晋二郎・高井康雄、日本土壌肥科学雑誌、48, 534-539, 1977

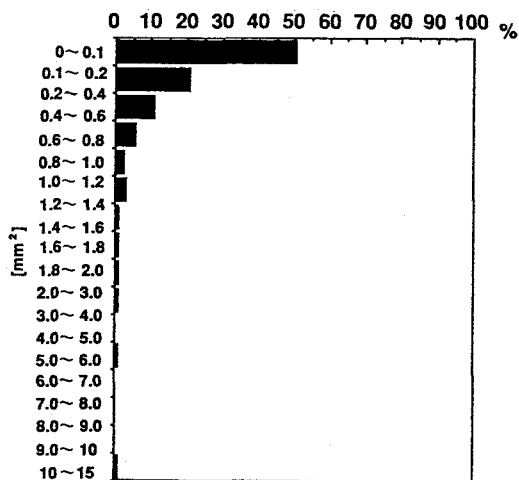


図-2 マイクロサイトのサイズ分布

表-1 底泥の有機物

cm	元素分析(%)			強熱減量 (%)	生分解性 有機炭素 (mgC/g)
	C	N	H		
0-1	3.28	0.17	0.85	11.7	0.010
1-2	3.62	0.18	0.94	12.3	0.034
2-3	3.44	0.22	0.98	12.8	0.013
3-5	3.54	0.21	0.96	12.9	0.010
5-7	3.11	0.20	0.98	13.9	0.010