九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

ピートモスによる油の保持と生分解

大坪, 政美
九州大学大学院農学研究院環境農学部門生産環境科学講座土環境学研究室

小西, 一貴
九州大学大学院農学研究院環境農学部門生産環境科学講座土環境学研究室

真玉, 洋彰
九州大学大学院農学研究院環境農学部門生産環境科学講座土環境学研究室

東, 孝寛
九州大学大学院農学研究院環境農学部門生産環境科学講座土環境学研究室

他

https://doi.org/10.15017/20231

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 66 (2), pp.11-20, 2011-09-20. 九州大学大学院農学研究院
バージョン：
権利関係：

九大農学芸誌（Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.）
第 66 巻　第 2 号　11–20　（2011）

ピートモスによる油の保持と生分解

大　坪　政　美*・小　西　一　貴[1]・真　玉　洋　彰[1]
東　　孝　寛・金　山　素　平
九州大学大学院農学研究院環境農学部門生産環境科学講座土環境学研究室

（2011 年 6 月 24 日受付，2011 年 6 月 27 日受理）

Retention and Biodegradation of Oil by Peat Moss

Masami Ohtsubo*, Kazutaka Konishi[1], Hiroaki Madama[1],
Takahiro Higashi and Motohei Kanayama
Laboratory of Environmental Soil Engineering, Division of Bioproduction Environmental Sciences,
Department of Agro-environmental Science, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812–8581, Japan

緒　　言

近年，海洋や河川における油の流出による汚染は深刻になりつつある．海洋への油の流出は，海を生活の場とする生き物に大きな被害を与える．また，油に含まれる難分解性の成分は長期間にわたって海中や海底に残留する．海岸に漂着した油は砂地にしみこむので分解にはさらに時間を要し，汚染は長期化する．海洋に流出した油を処理するために油吸着材が使われる．油吸着材を現場で使用するには，「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」に基づき，国土交通省から型式承認を得る必要がある．本報告で使用するピートモスも油吸着材としての承認を得ている．ピートモスは，自然由来の素材であり，地盤中の植物が部分的に泥炭化した物質であり，主成分はリグニンである．ピートモスは油を異的に吸着することから（Chohen et al. 1991），ピートモスの油の保持能は極めて高いと考えられている．これまでピートモスによる軽質油の保持に関する研究はあるが（Chohen et al. 1991; Viraraghavan and Mathavan, 1988;　松　原，2005; Mathavan and Viraraghavan, 1989），他の吸着素材も含めてピートモスの油吸着能の優位性について論じた報告はない．また，重油の保持に関する研究は見当たらない．著者らはこのような状況を考慮に入れて研究を行った．

わが国では，先に述べた法律に基づき，水域に油が流出すると円筒状やマット状の袋に詰めた油吸着材を水域に投入し，浮遊している油を吸収させて回収し，その後油を含んだ吸着材は産業廃棄物として処理される．一方，海外，例えばカナダでは，ピートモスは自然由来であることから袋状ではなく粉末状のものが使われ，油の流出現場にまくだけで，それを回収する必要はない．このような理由から，ピートモスに油の生分解機能を付加して，現場で油を生分解する方法が用いられている．わが国でも，自然由来の素材については，回収義務を付さないような措置が求められる．以上を考慮して，本研究では油の生分解機能をもつピートモスを使って，油分の減衰について調べる．

陸域での油の流出は，地下水や土壌汚染を引き起こしており，油汚染対策は急務である．地盤の油汚染の拡大を防止する技術として「封じ込め」と「浄化」があり，油や土の種類により種々の技術がある．上述のピートモスを使った手法として，油を封じ込めて浄化

[1] 九州大学大学院生物資源環境科学府生産環境科学専攻土環境学研究室
[1] Laboratory of Environmental Soil Engineering, Department of Bioproduction Enviroumental Sciences, Graduate School of Bioresource and Bioenviroumental Sciences, Kyushu University
* Corresponding author（E-mail: ohtsubo@bpes.kyushu-u.ac.jp

するためにピートモスの反応壁を設置し，地中水に含まれる汚染源からの油を吸着保持し，生分解する技術が考えられる．また，油の汚染土壌にピートモスを混合し，空気を注入して浄化するバイオベンティングでの利用も可能である．このように地盤環境の改善に本ピートモスを利用できる可能性は高い．

本研究では，室内実験によってピートモスの灯油と重油に対する保持能，および保持された重油の生分解効率を調べることにより，ピートモスの油吸着材および油浄化材としての性能を評価した．本報告では，吸着（Sorption）は，水中の油分が物理的・化学的なメカニズムにより吸着材の表面に移動すること，保持（Retention）は，一旦吸着材に取り込まれた油分が，放出されることなくピートモス中に留まり続けることと定義する．

試　　料

1．ピートモス

ピートモスは，植物が部分的に泥炭化した物質である（図1）．主要成分としてリグニンとセルロースを含んでおり，リグニンは化学結合に関係する極性の官能基（フェノール水酸基，エーテルなど）から成るため，遷移金属や極性の有機原子団のような溶存物質に対して高い特異的吸着能を示す．また，ピートモスの陽イオン保持能力は，溶液のpHに関係している．ピートモスの構造はpH 9.0以上で分解され，pH 3.0以下になるとキレート能が低下する（Couillard，1994）．ピートモスは繊維質の多孔構造をもつため（D'Hennezel and Coupal，1972），水を多量に保持する能力をもつ．一般に含水比は90%程度である．

本研究で用いたピートモスは，カナダアースケア社の製品（商標名：スファグソーブ）であり，カナダ産のミズゴケ泥炭を加工して作られる．加工法としては，

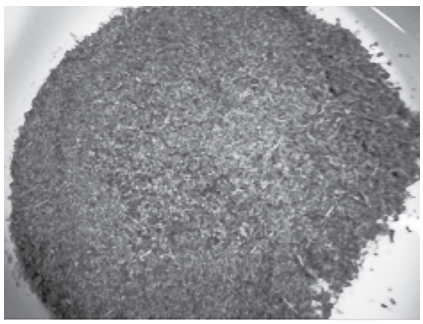

図1　ピートモスの外観

原料の泥炭を水で洗浄後，シュレッダーにかけ，篩により不純物を除く．その後，水分を55%から7%に低下させる乾燥工程を経て微生物を付加する．付加される微生物は，*Bacillus subtilis*（枯草菌），*Bacillus licheniformis*（脱窒細菌），*Bacillus polymxa*（ポリミキシン），*Bacillus Megaterium Pseudomonas fluorescens*（蛍光菌），*Pseudomonas putida*（プチーダ菌）である．これらの処理を行うことによって，ピートモスは一時的に疎水性になるため，水を媒介とする汚染物質を吸収する間は水面に浮いており，水上でそれを吸収して沈むまでに約2日を要する．本研究で用いたピートモスの含水比は，12.6%であった．図2は，用いたピートモスの電子顕微鏡図（SEM）である．単体中に多孔構造が確認できる．

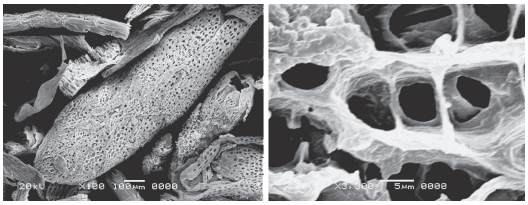

図2　ピートモスの走査型電子顕微鏡写真
写真の幅は，左が1.3mm，右が36mm

2．その他の材料

油の保持能を比較するために，現在，吸着材として使用されている他社の材料として珪藻土，活性炭，ポリプロピレン繊維を用いた．珪藻土は，珪藻の殻の化石からなる堆積物であり，主成分は二酸化ケイ素（SiO_2）である．固化した珪藻土は，殻を壊さない程度に粉砕して用いる．珪藻土（殻）の粒径は，大体100 μmから1mmである．この珪藻の殻は多孔質となっているため，比重は小さい．水分や油分を保持する性質を持つため，乾燥土壌の改良材や，流出した油の捕集に用いられる．珪藻土の産地は，石川県能登地方，秋田県，大分県等である．

活性炭は，特定の物質を選択的に分離，除去，精製するために吸着効率を高めるという目的で，化学的，物理的な処理（活性化，賦活）を施して作られる，多孔質の炭素を主な成分とする物質である．多孔質の微細な穴に多くの物質を吸着させる．表面が非極性の性質をもつため，水のような分子量の小さい極性分子は吸着しにくく，粒状の有機物を選択的に吸着しやすい．原材料はマツなどの植物質のもののほか，石炭質，石油質の物質も用いる．これらの物質を水蒸気や二酸化

炭素，空気などのガスを用いて800～950℃の高温で炭化する方法が一般的である．

ポリプロピレン繊維はプロピレンを重合させたポリマーである．吸水性が無く，親油性があり，軽く（比重0.91），薬品に強いという特徴をもつ．繊維が非常に細く，繊維の表面積が大きいため油に対し高い吸着能を示す．

3．油

油の吸着試験には重油と灯油を，生分解試験には重油を用いた．重油は，動粘度をもとにA重油とC重油に分類されており，A，B，Cの順に粘度が大きくなる．A重油は軽油90%に少量の残渣油を混ぜたもので，C重油は90%以上が残渣油である．残渣油と軽油を半量程度ずつ調合したものをB重油という．灯油は，原油を分留したものである．

実　験　方　法

1．重油の吸着試験

A重油とC重油を用いて，ピートモスによる重油の保持能を調べた．実験方法は以下の通りである．この実験は，水中に流出した重油がピートモスにより吸着，保持される過程を想定したものである．

まず，500mL容ビーカーに100mLの蒸留水を入れ，それにある質量の重油を混入した後，ピートモス2ｇを加えて軽くかき混ぜた（図3）．混入する重油の質量は2gから26gまでの範囲でいくつかの段階に変化させた．ピートモス量は2gに固定した．混入する重油の量が少ない段階では，ピートモスがほとんどの重油を吸着するが，重油の量が多くなるとピートモスがすべての重油を吸着できず，一部の重油が水中に残留した．

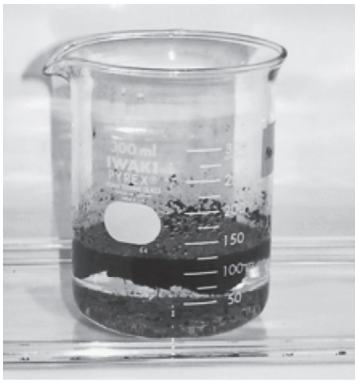

図3　重油を付加した粉末状のピートモス

重油を吸着したピートモスをフィルターに移し，吸着されない余剰の重油を除いた．フィルターとしては，A重油ではフィルターネット（目開き112 μmの布）（図4），C重油では金属製の網（目開き400 μm）（図5）を用いた．その後，80℃の炉乾燥機で30分加熱することで，ピートモスに吸着していない余分の重油と水分を揮発あるいは蒸発させた（重油はほとんど揮発しない）．最後にデシケータにピートモスを移し，観察により十分に乾燥したことを確認してから重量を測定し，ピートモスの重量（2g）を差し引いいて重油の保持量を算定した．

本実験において，重油の種類により異なるフィルターを用いたのは，2つの重油の粘性が大きく異なるためである．A重油については，フィルターネットに吸着していない重油を除くことができた．一方，C重油は粘性が大きいため，吸着していない重油はフィルターネット（図4）を通過することができず，余分な重油が残ってしまった．そのため金属製の網（図5）を用いた．

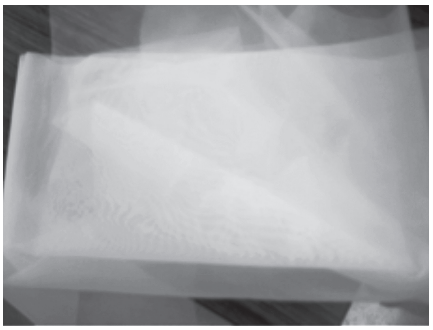

図4　フィルターネット

図5　金属製の網

2．灯油の吸着試験

ピートモスによる灯油の保持能を調べるために，土壌の毛管ポテンシャル測定法の一つである土柱法（土壌物理性測定法委員会，1972）を用いて灯油の吸着試験を行った（図6）．円筒カラムは，内径2.5cm，高さ2cmのアクリル製の円筒を重ねたものである．一つの円筒に所定量のピートモスを詰め，それを重ねて円筒カラム試料とした．ピートモスの密度は，試料を詰める際，締固めの程度を変えることにより，0.11，0.14，0.20g/cm^{3}の三種類に調製した．ピートモス以外の試料については，珪藻土が0.51g/cm^3，活性炭が0.12g/cm^3，ポリプロピレン繊維が1.06g/cm^{3}の密度とした．

このようにして準備した試料の灯油保持能を吸油過程と脱油過程について調べた．吸油過程ではカラムの下端を灯油に浸し，試料に灯油を吸収させた．このとき容器中の灯油面は，マリオット給油装置で灯油を供給することにより一定に保った．24時間後に円筒（2cm）を分離し，各円筒中の試料が保持している灯油の質量を秤量で求めた．脱油過程では，試料を詰めたカラムを水平にして灯油に完全に浸して飽和させ，それを垂直に立て，24時間後に円筒を分離し，各円筒中の試料が保持している灯油の質量を秤量で求めた．

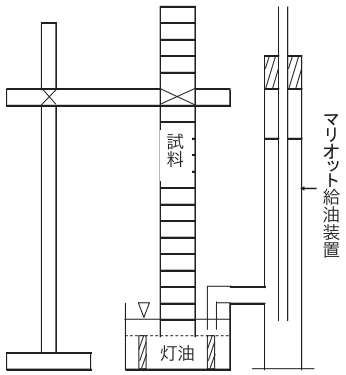

図6　灯油の保持試験装置

3. ピートモスに保持された重油の生分解試験

海水中に流出した重油をピートモスが吸着し，吸着された重油が生分解される過程を想定して実験を行った．まず，500mL容ビーカーに100mLの人工海水を入れ，それにA重油10gを混合した後，2gのピートモスを添加した（図3）．このような試料を複数個作成し，重油の生分解試験に供した．C重油についても同様な方法で試料を複数個作成した．重油の生分解に関与する要因として温度と酸素供給を考え，以下の3つの条件下で生分解を調べた．

（1）25℃

A重油とC重油について，前述の方法で作成した試料を25℃の恒温室内に静置した．蒸発した水分を補うために，定期的に蒸留水を加えた．

（2）3℃

A重油の試料を冷蔵庫内（3℃）に静置して，低温下での重油の生分解性を調べた．蒸発した水分を補うために，定期的に蒸留水を加えた．

（3）酸素の供給（25℃）

前述した方法で作った試料をフィルターネットで包んで水槽中に入れ，エアーポンプによって酸素を循環させた（図7）．この水槽も室温25℃の恒温室内に静置し，蒸発した水分を補うために，定期的に蒸留水を加えた．

これらの条件下の試料を数日おきに取り出し，ソックスレー抽出器を用いてピートモス中に残存する重油の重量を調べた．その際，試料中に多くの水分が含まれ，重油の抽出が難しくなるため，80℃に設定した炉乾燥機で30分加熱して水分を除いた後，重油の抽出を開始した．

図7　海水中の袋状ピートモスの曝気試験

4. ソックスレー抽出法による残留重油量の測定

ソックスレー抽出器は，最下部の溶媒（ここではヘキサン）を入れるフラスコ，その上の重油を含む媒体を入れるセル，および最上部の冷却管からなる（図8）．測定は以下の要領で行った（日本下水道協会，1984；小山・大山，2003）．重油を含むピートモスをフィルターで包んでセルに入れる．フラスコをマントルヒータで加熱することでヘキサンを揮発させ，それを冷却管で凝結させる．凝結したヘキサンは重油を含むピー

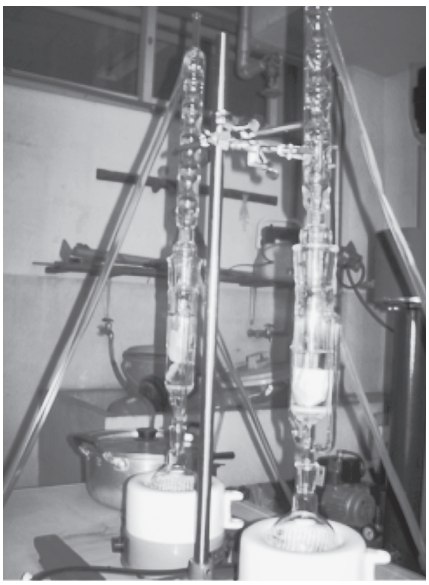

図８　ソックスレー抽出器

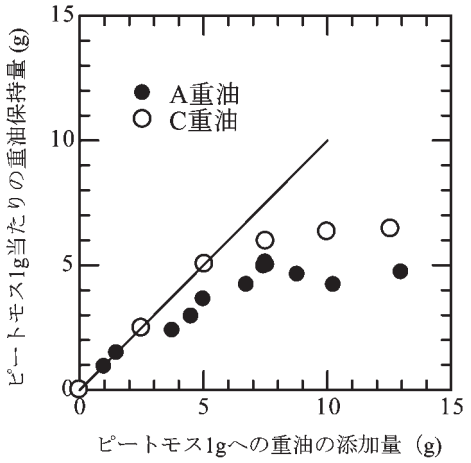

図９　重油の添加量と保持量の関係

トモスに滴り落ち，重油を溶かしこんでフラスコにもどる．ヘキサンの沸点（68.7℃）は重油の沸点（A重油で170 ～ 360℃，C重油で300℃以上）に比べ低いため，フラスコを80℃に加熱するとヘキサンだけが揮発する．フラスコを取り外し80℃で加熱することでヘキサンを完全に揮発させる．重油は80℃ではほとんど揮発しない．最後に重油の入ったフラスコをデシケータ中で冷却させ，重油の質量を測定する．これがピートモス中に残存する重油の質量に相当する．

結 果 と 考 察

１．ピートモスによる水中の重油吸着

図９は，A，C重油の添加量とピートモスによる重油の保持量の関係を，1gのピートモスに対する重油の質量で示している．図中の直線は45度の線を表している．A重油の保持量は，添加量の増加とともに増大し，7g程度の添加量のとき約5gの最大量に達して，それ以降は４～５gの間でほぼ一定値を示した．このことからピートモスは，自重の約４～５倍のA重油を保持する能力をもつことがわかる．保持の状況を詳しくみると，重油の添加量が2g程度までは，添加量と保持量の比は１：１に対応している．これは，ピートモスが水中のA重油をほとんど（93 ～ 98%）吸着することを意味している．添加量が2gを超えるとプロット点は45度線の下に位置するようになり，保持率は63 ～ 72％に低下した．

このように，添加量がピートモスの２倍程度までは，ピートモスは水中のA重油をほとんど吸着するが，添加量がそれを超えると，添加した重油の一部は吸着されずに水中に残るようになる．このような状態でA重油の添加量が増えると，保持量はほぼ直線的に増加して約7gの添加量で最大となり，それを超えると添加した重油は吸着されずにすべて水中に残留する．

C重油についてみると，保持量は添加量の増加とともに増大し，添加量が13g付近で保持量は6.5gに達している．これはピートモスが自重の6.5倍程度のC重油を保持する能力をもつことを示している．C重油でのプロット点は，保持量が5gまでは45°線上にあり，それを過ぎると下方に位置するようになる．即ち，ピートモスが自重の５倍程度までは水中のC重油をほぼ完全に吸着するが，それを過ぎると重油は吸着されずに水中に残留するようになる．

二つの重油の保持曲線を比べると，ピートモスはA重油よりC重油に対して高い保持能をもつことがわかる．その原因は，二つの重油の粘性の違いから生じる重油の保持形態の相違にあると考えた．つまり，粘性の小さいA重油は“サラサラ”の液状を呈するので，ピートモスが重油を吸着して保持するという形態をとる．これに対し粘性の大きいC重油は“ドロドロ”の状態を呈するので，ピートモスがC重油を保持するというより，加えたピートモスがC重油に付着するという形態をとり，より多くの重油を保持する結果となった．

このようにピートモスがC重油に対して高い保持力を示すのは，繊維質の多孔構造であることに加え，油を特異的に吸着するという特徴をもつためである．ピートモスの主成分はリグニンであり，この構造の一部が油の主成分であるベンゼンやキシレンと類似しており，そのため，油はリグニンで形成される繊維間に特異的に吸着される（Chohen et al. 1991）．

2．土柱法による灯油の保持

図10は，カラムによる土柱法から求めた吸油過程における灯油の油分特性曲線であり，ある高さの試料の体積含油率を示す．土壌の水分特性を表すために体積含水率が使われており，これにならって体積含油率を用いた．体積含油率（θ）は，$\theta = (V_o/V) \times 100$（%）で表され，$V$は試料の全体積（＝試料を入れた内径2.5cm，高さ2cmの円筒の体積）を，V_o は試料中の油の体積を表している．いずれの試料においても上層ほどθは低下した．同一高さでのθを比べると，最下層（3cm）では，珪藻土＞ポリプロピレン繊維≒ピートモス（0.11g/cm^3）＞ピートモス（0.2g/cm^3）＞活性炭となった．しかし，上層になるほどピートモスのθは他の試料に比べて大きくなり，高さ20 cmでのθの値は，ピートモス（0.20g/cm^3）＞ピートモス（0.11g/cm^3）＞ポリプロピレン繊維＞珪藻土＞活性炭となった．このようにピートモスはより多くの灯油を，より高い位置にまで引き上げる能力をもつことがわかる．これはピートモスの繊維質の多孔構造（図2右）に起因している．すなわち，灯油はピートモスの単体間の間隙（図2左）だけでなく，単体に存在する多孔質の空隙を，毛管力により上昇するので，毛管力の総和は他の試料に比べて大きくなり，その結果灯油は高い位置にまで上昇した．

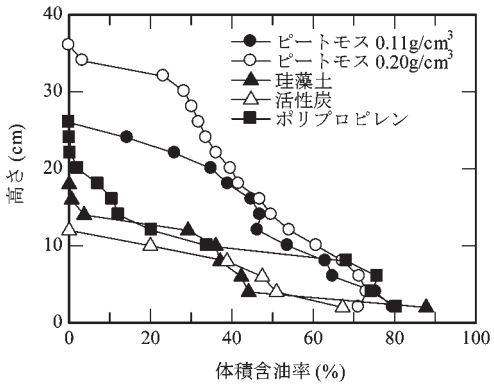

図10　吸油過程における油分特性曲線

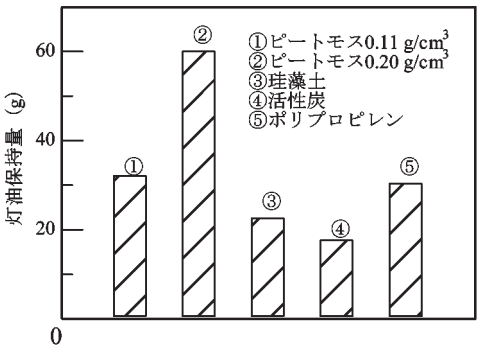

図11　吸油過程において各吸着材が保持する全灯油量

このような吸油試験から得られた結果をもとに算出した，カラム中の試料に含まれる全灯油量を図11に示す．その量は，ピートモス（0.20g/cm^3）が最大であり，ピートモス（0.11g/cm^3）≒ポリプロピレン繊維，珪藻土，活性炭の順序となった．密につめたピートモス（0.20g/cm^3）が疎に詰めたもの（0.11g/cm^3）より灯油を多く保持するのは，密な試料では，ピートモス単体間の間隙が小さいため毛管力は大きく，さらに単体が多く詰まるため単体中の多孔質の空隙の総和も大きくなるためである．

図12は，脱油過程における灯油の油分特性曲線を示す．最下層ではピートモス（0.20g/cm^3）とポリプロピレン繊維のθは同程度で，最も高い値を示した．しかし，上層になるほどポリプロピレン繊維のθは著しく低下するが，ピートモスのθはあまり低下せず，50cmの高さにおいてもかなりの量の灯油が保持されている．これは，ピートモスが一旦灯油を吸着すると，高いpFすなわち脱油力が作用しても，灯油はピートモスから排出されにくいことを意味している．このような優れた灯油保持能は，ピートモスが繊維質の多孔構造であることに加え，油を特異的に吸着することに起因する．特異的吸着は，ピートモスの主成分がリグニンであり，この構造の一部が，油の主成分であるベンゼンやキシレンと非常に類似していることから生じる．油はまた，リグニンで形成されるピートモスの繊維に特異的に吸着される（Chohen et al. 1991）．

脱油試験の結果（図12）をもとに算出した，カラム中の試料に含まれる全灯油量を図13に示す．ピートモスが保持する灯油量が，他の試料に比べて著しく多いことがわかる．二つのピートモス試料を比べると，吸

油過程の場合と同様，密につめたピートモス（0.20g/cm^3）が疎に詰めたもの（0.11g/cm^3）より灯油を大量に保持した．これも吸油過程の場合と同じ理由による．

3．ピートモスに保持された重油の生分解

（1）生分解量の評価法

ピートモス中の微生物によって生分解された重油量を評価するために，微生物の成長曲線の一つであるGompertzモデル曲線を用いた（Madigan et al. 2003）．微生物の増殖は，一般に図14に示すような曲線で模式的に表され，これは，$N = \exp[C\exp\{-\exp(Dt)\}]$というGompertz 曲線式で近似される．ここで，N=菌の個体数，C＝定常期の菌数と初菌数の差，D＝増殖速度定数，t＝時間である．生分解に伴い重油の残留割合は，実験結果（図17）をもとに，模式的に図15のように表される．これら二つの模式図をもとに，個体数Nと重油の残留割合の間に負の直線関係を仮定すると（図16），重油の残割合は（1）式で表わされる．

$$R = -AN + B \quad (1)$$

ここで，A，Bは定数である．本実験では，$N = 0$すなわち菌体の増殖がない段階では$R = 100\%$となるのでB＝100である．

（2）生分解試験の結果

図17は，3℃と25℃におけるピートモスに含まれるA重油の減衰を示している．残留割合の変化を（1）式により近似した．各温度における重油の残留割合は，（2）（3）式で表される．

$$R = -7.82\exp[0.024\exp\{-\exp(-0.061t)\}] + 100 \quad (2)$$

$$R = -7.82\exp[2.57\exp\{-\exp(-0.051t)\}] + 100 \quad (3)$$

ここで，Rは重油の残留割合，Nは経過時間tでの菌

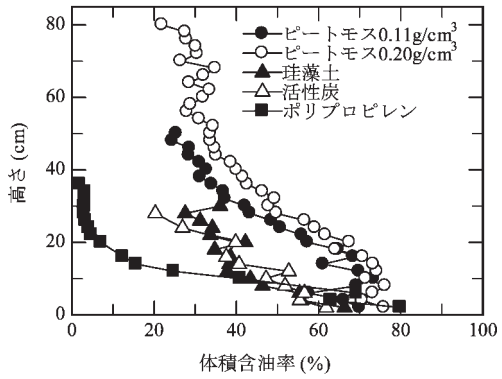

図12　脱油過程における油分特性曲線

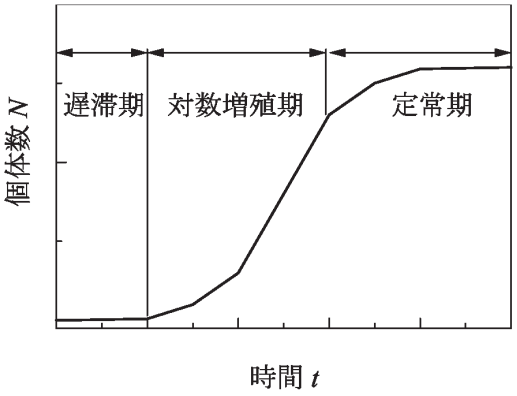

図14　微生物の増殖曲線

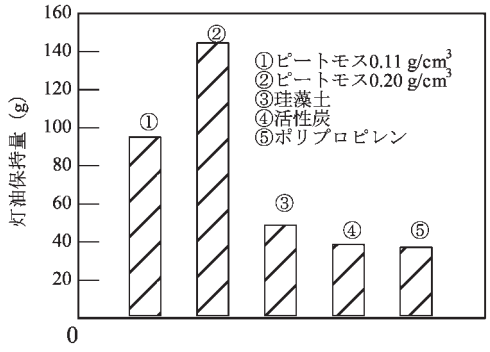

図13　脱油過程において各吸着材が保持する全灯油量

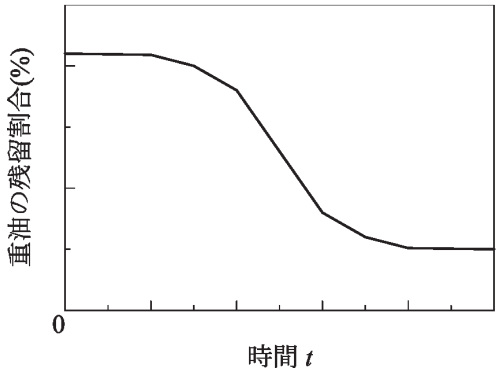

図15　残留重油の経時的減衰

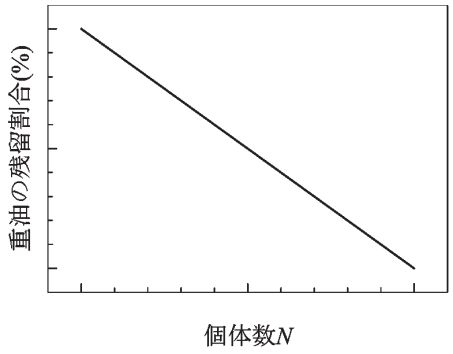

図16　重油の残留割合と微生物個体群の関係

数である．いずれの場合も，近似曲線は実測値の変化を正確に表している．二つの温度での傾向を比べると，微生物個体群の増殖が遅滞期（図14）に当たると思われる20日程度までは大きな差は見られなかった．それ以降の増殖期になると，25℃では油分量は急速に低下し，70日後には約30％なったが，3℃では約70％に留まった．この結果は，20日以降，25℃では微生物の個体群が増殖し，その結果生分解が活発に行われたのに対し，3℃での増殖活動は不活発であり，生分解も不活発であったことを示している．

次に25℃で行ったA，C重油の残留量の変化を図18に示す．A重油の残留量の変化に対し，C重油の残留量は20日付近まで低下したが，それ以降はあまり変化しなかった．このような違いは，重油とピートモスの接触形態が，両重油の間で異なることに起因している．すなわちA重油は，容易にピートモス単体の空隙（図2左）に侵入して繊維の表面に吸着して生分解を受けるが，C重油はピートモスの空隙に侵入しにくいので，A重油に比べて生分解の程度は小さくなる．

微生物の増殖およびそれよる油の分解の程度は，酸素濃度に大きく依存すると考えられる．そこで，A重油を保持したピートモスを海水に入れたとき（図3），25℃において海水中の溶存酸素濃度がどのように変化するかを調べた．その結果を図19に示す．溶存酸素濃度は初期の7.3mg/Lから7日目には2mg/L以下にまで低下した．これは微生物が水中の溶存酸素を消費したためである．このように溶存酸素が少ないにもかかわらず，重油の生分解はかなり進行したのは（図18），好気性だけでなく嫌気性の微生物がピートモスに添加されているためであろう．

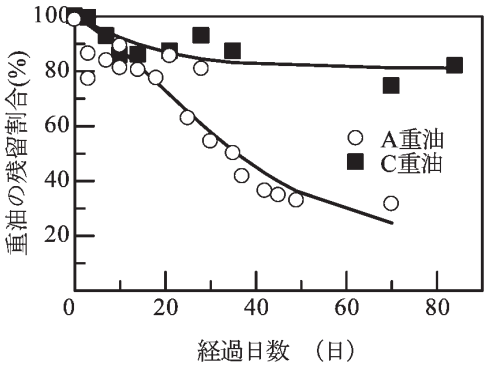

図18　粉末状ピートモスに残留するA，C重油の経時変化の比較

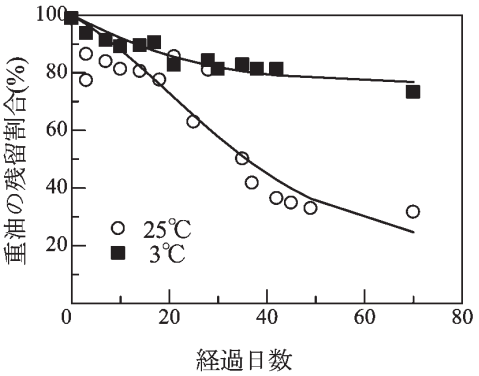

図17　粉末状ピートモスに残留するA重油の経時変化に及ぼす温度の影響

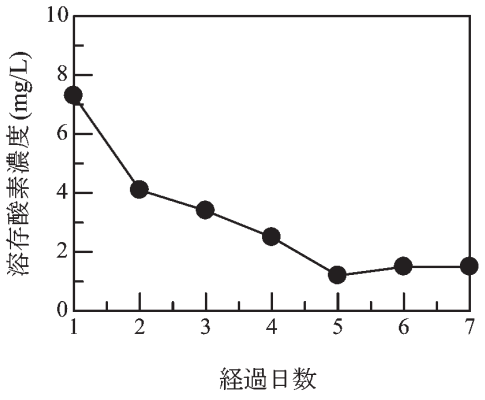

図19　水中の溶存酸素濃度の変化

本研究で用いたピートモスが現場で使用されるとき，現場の水域では水の移動があるので，常に酸素が供給され，溶存酸素濃度が低下することはないと考えられる．このような状況を想定して，ピートモスをフィルターネットで袋状にして水中に入れ，エアーポンプによって酸素を供給したとき（図7），重油がどの程度生分解されるかを調べた．袋状にしたのは，わが国では，ピートモスを袋に詰めたマット状のものが使われているためである．カナダでは，油の流出した水域に直接ピートモスが散布され油を吸収する．ピートモス中の油は生分解されることを前提に，散布したピートモスは回収されない．ピートモスは自然由来であることから，そのまま放置しても水域の生態系にほとんど影響を与えない．日本では，マット状のピートモスを油の流出水域に投入して油を吸収させ，その後回収することが義務づけられている．したがって現段階では，ピートモスによる生分解機能を活用することはできないが，将来の活用を想定して実験を行った．結果を図20に示す．バラツキはあるが，A重油の残留量は時間経過とともに確実に減少し，100日で50%にまで低下した．ただ，ここでの低下量は，粉体のピートモスによる実験結果（図18）に比べ少なかった．

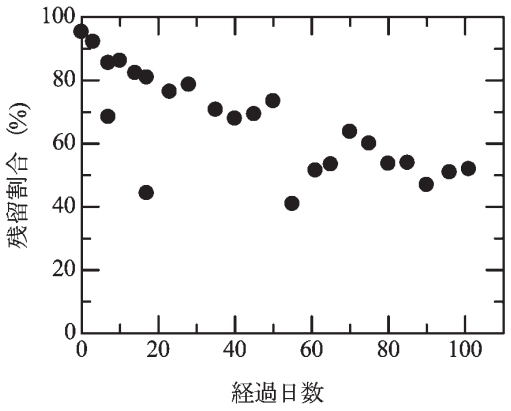

図20　曝気状態で袋状ピートモスに残留するA重油の経時変化（25℃）

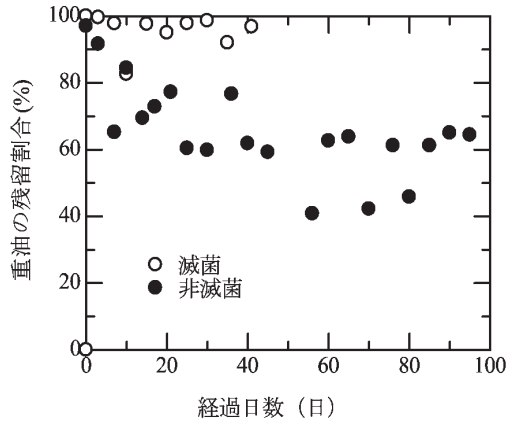

図21　曝気状態で袋状ピートモス（滅菌，非滅菌）に残留するB重油の経時変化（25℃）

図21は，B重油の生分解試験の結果を滅菌と非滅菌について示している．非滅菌では重油はほとんど減少していないことから，重油の減少は揮発ではなく生分解によることがわかる．B重油は，A重油とC重油を半分ずつ混合したものである．C重油の生分解の程度はA重油に比べて低いので（図18），B重油（非滅菌）の低下量は，A重油に比べて少なくなっている．

ま　と　め

本研究で得られた成果は以下のようにまとめることができる．

(1) 油の吸着保持に関しては，水中に混入した重油をピートモスにより吸着させる室内実験から，ピートモスは自重の4～5倍のA重油を，6.5倍程度のC重油を保持することがわかった．土柱法から求めた灯油の油分特性曲線によると，灯油面からある高さにおいて油吸着材が保持する灯油量，およびカラムに詰めた材料が保持する総灯油量は，吸油・脱油過程のいずれにおいても，密詰めのピートモス（密度0.20g/cm^3）が最大であった．ピートモスによる灯油の総保持量を両過程で比べると，脱油過程での保持量が吸油過程の2.5～3倍であった．このようピートモスが高い灯油保持能生を示すのは，多孔構造と油が特異的に吸着されることに起因する．

(2) ピートモスが保持する重油の生分解に関しては，粉末状ピートモスにおける25℃での重油の残留割合は，70日経過後A重油では30%，C重油では80%であり，3℃におけるA重油の残留割合は，70日経過後70%であった．一方，袋に詰めたピートモス中のA重油の残留割合は，曝気条件下で70日経過後50 %まで低下した．このようにして得られたピートモスに残留する重油の減衰曲線は，Gompertzモデル曲線から導いた近似式により表せることがわかった．

謝　　辞

ピートモスの電子顕微鏡図の撮影に際し便宜を図って頂いた，独立行政法人 港湾空港技術研究所の田中政典氏に謝意します.

文　　献

Chohen, A. D., M. S. Rollins, W. M. Zunic and J. R. Durig 1991 Effects of chemical and physical differences in peats on their ability to extract hydrocarbons from water, Water Research **25**(9): 1047-1060

Couillard, D. 1994 Review of the use of peat in wastewater treatment, Water Research, **28**(6): 1261-1274

D'Hennezel, F. and R. Coupal 1972 Peat moss: a natural adsorbent for oil spills. Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, **65**: 51-53

土壌物理性測定法委員会編 1972 土壌物理性測定法，養賢堂：134-157

小山 孝・大山 将 2002 油汚染土壌の油分抽出・定量法及び性状把握手法に関する検討，鴻池組技術研究報告，12：1-7

Madigan, M. T., J. M. Martinko and J. Parker（室伏きみ子ら訳） 2003 Brock微生物学：103-160, 478-481, 516-517

松原美里 2005 ピートモス含有媒体における軽質油の吸着および減衰，九州大学大学院生物資源環境学府修士論文

Mathavan, G. N. and T. Viaraghavan 1989 Use of peat in treatment of oily waters, Water, Air and Soil Pollution, **45**: 17-26

日本下水道協会 1984 下水試験方法-1984年版-：205-208, 346-347

Viraraghavan, T. and G. N. Mathavan 1988 Treatment of oil-in-water emulsion using peat, Oil & Chemical Pollution, **4**: 261-280

Summary

The performance of peat moss as an oil absorbent and a material for the biodegradation of oil has been assessed by laboratory tests. The tests of heavy oil sorption by the peat moss mixed with water indicated that the peat moss is capable of retaining heavy oil as much as 4 to 5 times and about 6.5 times of the peat moss on the mass basis for A-type and C-type heavy oil, respectively. The column tests for the sorption of kerosene by the peat moss showed that the amount of kerosene retained by the peat moss at the same height was greater than other oil absorbents in both the sorption and desorption process of kerosene. This indicates that the peat moss has the capability of absorbing oil more strongly and retaining the oil more tightly without releasing it into water body, compared with other oil absorbents. In the tests of biodegradation of the heavy oil retained in the powdered peat moss, the amount of heavy oil that remains in the peat moss decreased with time under constant temperatures, but the rate of decrease in heavy oil in the peat moss was different by the type of heavy oil and temperature. The A-type heavy oil present in the peat moss initially was reduced by 70% while the C-type heavy oil was reduced by 20% under 25℃ after 70 days. The decrease of A-type heavy oil in the peat moss after 70 days was only 30% under 3 ℃ . The A-type heavy oil in the peat moss packed in bags was reduced by about 50% after 70 days under aeration. The attenuation curve for the heavy oil that remains in the peat moss was found to be represented by the approximation derived from Gompertz model curve.