



流出油回収処理材の微生物分解処理技術 実用化に関する調査研究報告書 I

平成 1 8 年 3 月



独立行政法人海上災害防止センター

目 次

I	調査研究の概要	1
II	杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術の実用化	6
II-1	実験の経緯（昨年度までの調査研究について）	6
II-2	油および杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理実験	15
II-3	臨海部での微生物分解処理実験	29
III	微生物分解処理サイト周辺環境への影響調査	37
IV	実海域における油回収性能及び微生物分解処理技術の調査	42
V	油吸着材の環境負荷に関する考察	47
VI	研究成果の普及	57
VI-1	エコプロダクツ 2005 での展示発表	57
VI-2	その他の展示・出品など	60
VI-3	普及啓発、研究発表など	62
VII	まとめ	64
	参考文献	65

資 料

杉樹皮製油吸着材に関するこれまでの主な成果

杉樹皮製油吸着材（杉の油取り）に関する調査研究の経緯

杉の油取り 製品カタログ

I 調査研究の概要

杉樹皮を原料とする油吸着材は、平成9年のナホトカ号事故を契機に大分県産業科学技術センターで基礎的な研究が開始された。この成果をベースに、(独)海上災害防止センターの指導・共同研究のもと、平成10年度から日本財団の調査研究事業として本格的な開発研究が始まり、特許出願などを経て平成12年度に実用化に成功し、民間メーカーにおいて製造・販売が開始された(資料参照)。

杉樹皮製油吸着材の製品は、現在、ぶんご有機肥料株式会社(大分県竹田市)によって製造され、「杉の油取り(すぎのゆとり)」の品名で商社を通じて全国的に販売されている(写真-I. 1. 1~2)。

油の回収・除去の手段には、主に物理的回収(油回収装置、油吸着材など)、油分散(油分散剤すなわち界面活性剤による化学的分散、航走攪拌による物理的分散など)、微生物分解(バイオレメディエーション)、海上燃焼がある。それぞれに特徴と適性があり、油流出事故の状況をもとに、油の種類、経過時間、海域の状況、気象海象などを総合判断して最適の手段が採られる。

油吸着材は、それら対策資機材の一つであり、簡便かつ手軽に使用できる特徴から広く普及し、各防災機関などに備蓄されている。国内の市場は一説によると年間20~30億円と言われ、9割以上がポリプロピレンなどの石油原料製品とされる。

流出油は基本的にゴミであり、それをバージンの石油原料製品で回収することへの抵抗感が、杉樹皮製油吸着材の着想につながっている。もっと価値が低くて環境負荷の小さい原料で、石油原料の油吸着材と同等の機能を果たすものが開発できないか、ということから本研究開発が開始された。

杉は我が国の代表的な針葉樹で、剥皮により生ずる樹皮は杉材の生産量749万m³から推定すると年間50万m³程度と考えられている。現在の用途としては堆肥原料や畜舎敷料などがあるが、全国では全樹種の樹皮のうち52%について焼却処分がなされており、杉樹皮に限った統計では大分県で約29%が未利用で焼却処分されているとの報告がある。社会情勢の変化から、焼却処分がより困難になりつつあり、今後はさらに供給過剰の状態になると考えられる。

いわば、杉樹皮は「山のゴミ」と言える。流出油という「海のゴミ」を、「山のゴミ」すなわち杉樹皮で回収するのが「杉樹皮製油吸着材」であると言える。

杉樹皮製油吸着材の最大の特徴は、バイオマス廃棄物である杉の皮を原料とする100%天然素材製という点であり、従来品並みの吸油性能、価格を実現した点にある。製造、使

用、処分という製品の生涯における環境負荷は、試算によりいずれも石油原料製品に比較して小さいと考えられている。

例えば、工程が自然乾燥・粗粉碎・縫製とシンプルで熱処理を伴わないために、製造時における炭酸ガス排出量は少なく済む。使用時には、全量回収が原則の油吸着材を万一、回収し損ねた場合であっても吸着材自体が生分解性のため、環境に与える影響は小さくて済む。処分時には、焼却の際のダイオキシン類発生は環境基準よりはるかに小さく（800℃焼却時で0.00049ng-TEQ/m³_N以下。基準は10ng-TEQ/m³_N以下*）、また炭酸ガス排出量も石油原料製品より少なく済む。* ng-TEQ（ナノグラム・ティー・イー・キュー）

ng:10億分の1グラム

TEQ:ダイオキシン類は複数の異性体が混在しているため全体の毒性を表す場合、最も毒性が強い異性体の量に換算した結果にTEQを付記して表す。



写真-I. 1. 1 杉樹皮製油吸着材「杉の油取り」
マット型（左）と万国旗型（右）



写真-I. 1. 2 事故で使用される「杉の油取り」

一方、せっかくの生分解性を持ちながら焼却処分するのでは十分に特徴が活かされていないという声がユーザーから寄せられていた。

実際の油流出事故では、多くの場合は海水や様々なゴミと共に油が回収される。場合によっては、油が少量付着した木切れや油がしみ込んだ砂などが回収物の多くを占めるということもある。事実、海洋油濁事故での使用後の油吸着材（マット型）における油の占める割合は、ある事故の実測値で 14～21%程度であった。ナホトカ号事故における回収物に含まれる油分は「10%以下の数%」だったという報告もある。

このような状況で、焼却処分が必ずしもよい方法であるとは考えられない。油と油吸着材以外の回収物、例えば砂などは原則としてその環境にもともと存在したものであり、油さえ除去できれば、もとの環境に戻してやればよいのではないかと考えるのが自然である。この考え方を発展させたものが、バイオレメディエーションによる現場での油処理である。つまり、回収そのものを始めから行わず、新たに付加された厄介者である油だけを微生物の力で分解処理してやろうという考え方である。しかし、この方法は未だ実験段階にあり、かつ我が国では実施のための手続きが確立されておらず、我が国で実用化および定着するには、今後、一定の期間を要すると思われる。

本調査研究で検討する処理方法とは、生分解性である杉樹皮製油吸着材によって一旦、現場から油を回収し、閉鎖された空間である処理サイトまで回収物を運搬し、その中で油と油吸着材の両方について微生物分解を行い、油分が基準値以下になった後に残存物を環境中に戻すというモデルである。いわば、一種の *ex situ* バイオレメディエーションと考えられ、開放系の *in situ* で行われるバイオレメディエーションに比して周囲の生態系に影響を与えず安全であり、温度や水分量などの環境をコントロールしやすいことが期待される。

平成 13 年度までの日本財団調査研究事業をもとに、14～15 年度に海上災害防止センター委託事業「杉樹皮製油吸着材の有効利用及び微生物分解処理技術に関する調査研究」（日本財団補助事業）が行われ、使用後の油吸着材と吸着した油とを、微生物活動によって分解処理する技術の開発が本格的に開始されている。一連の杉樹皮製油吸着材の研究開発は第二段階へと進み、動脈産業から静脈産業へと研究対象をシフトしたこととなる。これまでの基礎的な調査研究により本着想の有効性と実用化可能性が確認され、すでに実用をにらんだフィールドでの実験が複数回行われてきた。

昨年度（16 年度）は、実験室及び小規模、中規模レベル（36m³）での微生物分解処理技術をさらに規模を拡大し、100 m³の実用規模における分解パイルでの油分解実験を中心に、本着想に基づく研究開発を行った。あわせて、実際の油流出事故で使用した杉樹皮製油吸着材（マット型、万国旗型）を用い、100 m³の実用規模分解パイルでの分解実験を行った。

また、本技術の実用化に向けて分解工程の安定化および再現性確保に資するため、変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法（D G G E）の手法を用いて油分解処理・堆肥化に用いる微生物相の変化について研究を行った。

特に、昨年度の調査研究では、台風によりカンボジア船籍の木材運搬船ブルー・オーシャン号（BLUE OCEAN、3,249 トン）が広島県廿日市市木材港岸壁に沈没し、油が流出する事故が発生したため（平成 16 年 9 月 7 日）、実海域での油回収実験および微生物分解処理実験を行い、杉樹皮製油吸着材の実用性を確認すると共に、実際の流出・回収油が微生物分解により油分濃度を減少させることが出来ることを確認した（写真-I. 1. 1）。

これまでの結果を踏まえ、今年度（17 年度）は本技術の実用化の際に避けて通れない産業廃棄物処理認可などの社会的な条件整備に向け、杉樹皮製油吸着材の微生物分解による油分減少量の調査、分解サイト周辺環境への影響（バーク堆肥周辺の油の飛び散り、小川、水溜りでの油の有無）などの調査を行った。また、油で汚染された海岸・土壌の現場での浄化についての検討として、臨海部の遊休地においてバーク堆肥による現場実験を行った。

また、実海域における油回収性能及び微生物分解処理技術の調査を行う予定にしていたが、実験を行うに適する条件の事故が発生しなかったため、昨年度の実験結果をもととして考察を行い、この微生物分解による油処理方法の環境負荷を L C A（ライフサイクルアセスメント）の観点から評価を行った。

このほか、研究成果の普及および社会還元を目的で、各種の会議、展示会および学会などにおいて成果の発表やサンプルの展示などを行った。油濁専門家向けの行事としては、海上災害防止センター研究成果報告会（東京、名古屋、神戸）での発表をはじめ、利根川（茨城県）、筑後川（大分県）、木曾川水系（岐阜県）における当該地域の水質汚濁対策連絡協議会主催の水質事故対策訓練などに出展した。また、一般的な展示会については、エコプロダクツ 2005（東京）、ニューアース 2005（大阪）などに出展を行った。学術面においては、日本船舶海洋工学会の秋季大会において口頭発表を行ったほか、同学会の論文集第 2 号に投稿するなど、研究成果の普及・広報活動を行った。

II 章以降にそれぞれ、内容を記述するものとする。

杉皮の油吸着材が威力

沈没船の油流出処理に 現場作業員が高評価



沈没船の油流出事故現場で杉皮の油吸着材(海面に浮かぶ白いマット)を使って行われる油回収処理

県産業科学技術センター(大分市)と海上災害防止センター(横浜)の被害で沈没した船から流出した油の処理に使用。〇〇一年に商品化された。杉皮を乾燥、粉碎した。だが吸着能力に對する

て本船の袋で包み、自重の九割以上の吸着能力がある。今月七日法庫県竹田市市の港で、沈没船から重油が流出。同製品を使用した船の回収処理は十一日に始まった。十五日現在、作業は続いており、同日までにマットタイプは四千三百五十枚、オイルフェンスタイプは四百九十枚がそれぞれ使われた。今回の利用は当初、使用済みの同製品を微生物分解実験するためのサンプルを採取する目的だった。だが吸着能力に對する現場作業員の高評価が高かったため、本格的に採用された。

県産業科学技術センターによると、同製品が海洋での油流出事故の処理に使われた実績の中で、今回が過去最大の規模。現場で普及が期待できるといふ。今後は、微生物による分解技術を確立し、天然素材でできた環境負荷が小さい流出油の吸着材として付加価値を高める。

写真-I. 1. 1 実海域事故での実験を紹介する記事

II 杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術の実用化

今年度は、本システムの実用化において必要となる産業廃棄物処理認可に向けたデータ取得を見据え、昨年度に実施した 100 m³ の実用規模分解パイルでの微生物による油分解実験 (8,600ppm-dry、6,000ppm-wet) をもとに、同規模における比較的高濃度 (39,000ppm-dry、15,000ppm-wet) の油分解実験を行い、再現性の確認と微生物分解の条件について検討した。

これまでの経緯につき II-1 に概要を述べた後、今年度に実施した吸油後の杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理実験の内容について II-2 に、油で汚染された海岸・土壌の現場での浄化を想定した微生物分解処理実験の内容について II-3 にそれぞれ記述する。

II-1 実験の経緯 (昨年度までの調査研究について)

杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術の開発は、平成 13 年度に日本財団調査研究事業で行われた「杉の皮を使った流出油回収技術の機能向上と微生物分解処理技術の開発研究」において基本的な可能性調査を実施し、杉樹皮と畜糞を原料とする「パーク堆肥」の製造工程の好気発酵微生物を用いることが有望であるとの感触を得た。平成 14 年度には、海上災害防止センター委託事業「杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術に関する調査研究」にて、小型および中型好気発酵処理装置による油分分解実験、および小規模分解パイルにおける油分分解実験を行い、その可能性調査を更に推し進めた。

これをもとに、平成 15 年度は同委託事業において、36 m³ の中規模分解パイルでの油分分解実験を行い、実用を念頭に置いたフィールドにおいても油分が減少することを明確にした。平成 16 年度は分解パイルを実用規模に近い 100 m³ とし、油分解実験のスケールアップモデルによる実用化を見据えた実験を行い、36 m³ の中規模分解パイルと同様の油分減少傾向と、より安定したデータを得ることに成功した。なお、平成 15~16 年度の実験データについては信頼性をより増すために誤差評価の観点から見直しを行ったため、少々煩瑣になるが新たに報告を行うものである。

1 平成 14 年度までの研究成果

(日本財団調査研究事業「杉の皮を使った流出油回収技術の機能向上と微生物分解処理技術の開発研究」および海上災害防止センター委託事業「杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術に関する調査研究」)

ビーカー (約 20g 規模)、好気発酵処理装置 (約 20kg 規模)、フィールド (数十 kg 規模) の三種の実験が行われ、ビーカーでの実験は有意のデータが得られなかったものの、中型好気発酵処理装置の実験データでは、比較対象のオガクズに対して 2 週間後で 23%、4 週間後で 15% まで残留油分が減少していた。また、フィールドにおいては 8 週間経過後に臭気や蝕感で油分を感知できない程度になっており、油分が微生物により分解されたことを示す結果であると考えられた。

次に、小型好気発酵処理装置（家庭用生ゴミ処理装置）にて、活性なバーク堆肥中に投入したC重油について、8週間の実験期間における油分濃度（当初0～100000ppm-wetの4検体）の変化を追ったが、いずれのサンプルの測定値からも傾向らしきものは読み取ることとはできなかった。原因として、サンプル採取の問題（槽内が均質でない）、微生物活動の問題（温度、装置規模など）、装置間の遮蔽の問題などが考えられた。

そこで、より大きな規模で安定した条件で微生物活動が行えると想定される中型好気発酵処理装置（産業用生ゴミ処理装置）による油分分解実験を行った。C重油0.6kgを杉樹皮製油吸着材（マット型15×15cm）8枚に吸着させたものを堆肥原料とともに投入し、サンプル全体で12kg（油分濃度計算値50000ppm-wet）としたところ、1週経過時の濃度で10000ppm-wet、その後2～8週ではいずれも5000ppm-wet以下のレベルに保たれており、油分濃度が減少したことが確認された。

また、小規模フィールドでの油分分解実験として、約10m³（約5t）の堆肥原料をコンクリート基礎上に盛り、その中にC重油、A重油、植物油をそれぞれ800gずつ吸着させた油吸着材（製品版「杉の油取り」45×45cmマット型、乾燥自重約200g）を埋め込んだサンプルセットを2組ほど設置した。設置後1ヶ月を経過した段階では、C重油吸着サンプルがすでに原型をとどめておらず、5ヶ月経過時においては、C重油、A重油吸着サンプルともに原型をとどめず、分解が進行していた。堆肥内部の温度の推移を調べたところ、設置から1週間後にかけては通常のバーク堆肥発酵時の温度とされる70℃に近い高温を保たれているが、徐々に温度は低下し、5ヶ月経過時においては40～50℃程度となり、好気発酵を示す熱の発生が低下しているものと推測された。

このほか、志布志湾コープ・ベンチャー号重油流出事故での実験で使用し、C重油を吸着した油吸着材を以上と同様に分解処理実験を行った。3ヶ月経過時においてこれまでの実験同様、C重油の痕跡は目視や触感、臭気感知では認められないレベルであった。また、分解したサンプルを用いて芝および二十日大根の生育を試みたところ、障害は認められず、通常の堆肥同様に生育した。

2 平成15～16年度の研究成果（海上災害防止センター委託事業「杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術に関する調査研究」）

平成15～16年度の2年間では、バーク堆肥約36m³（約18t）および約100m³（約50t）中に吸油後の油吸着材を埋め込み、円錐形パイル状に被覆した後、定期的に攪拌（切り返し）を行い、油分濃度の変化を調査した。

それぞれのオリジナルデータについては各年度の調査報告書に詳細に記述しているとおりであるが、バーク堆肥パイルの油分濃度の推定値について、どの程度の信頼性があるのかを明確化するため、新たに誤差評価方法を見直したので、改めてここに報告する。

(1) 溶媒による油分抽出について

平成15年度に実施した実験では、本実験で分解対象とするC重油をサンプルであるバ

ーク堆肥からどれだけの量を抽出できるかを測定した。溶媒には各種公定法に用いられる一般的な溶媒である n-ヘキサンを用い、ソックスレー抽出（4 時間）および脱水・ろ過後、80℃のホットプレートにて重量が平衡状態になるまで溶剤揮散させ、乾燥・保冷後に重量変化を測定した。

C 重油そのものを n-ヘキサンで抽出した場合、回収率は投入量の 81%（標準偏差 $\sigma = 0.6\%$ ）であった。バーク堆肥に C 重油を添加し（油分濃度 7.1%-dry）、十分に攪拌した状態から n-ヘキサンにて上記方法で抽出した場合、C 重油回収率は投入量の 76%（ $\sigma = 3\%$ 、相対誤差=4%）であった。また、バーク堆肥そのものからも、430ppm-dry（ $\sigma = 140\text{ppm-dry}$ ）ほどの n-ヘキサン可溶物が検出されることが判明した（いずれも 3 サンプル）。なお、これらはいずれも全量分析であり、サンプリング動作による誤差は生じない。（例えば 100m³ パイルから少量サンプリングする場合はパイルに油の濃いところ、薄いところがあり一様でないため、測定値にバラつきが生じる。それが「サンプリング動作による誤差」である。）

また、標準偏差 σ については標本標準偏差すなわち二乗偏差の合計を（サンプル数-1）で除し平方根を取り求める方式で計算した^(*)。

(2) 各測定値の誤差評価

各測定値における誤差評価を行った。実験室における実験と異なり、フィールドでの比較的大きな規模のものであること、また油分測定対象がバーク堆肥という繊維長が数 mm から数 cm の範囲にある一様でない材料であることなど、誤差の要因が多くあると考えられるため、それぞれの要因につき検討を行った。

- ・バーク堆肥の水分率は実験により $30 \pm 10\%$ （相対誤差 32%）とした。

採取したバーク堆肥を 105℃の乾燥機に入れて絶対乾燥状態とし乾燥重量を測定して当初の水分量を推算し、水分量/当初重量により算出した。

- ・バーク堆肥の嵩比重は実験により $0.46 \pm 0.12 \text{ g/cm}^3$ （相対誤差 26%）とした。

採取したバーク堆肥を 2L 容器に入れ重量を測定し、算出した。

- ・ホイールローダのバケット容積は、バケット型式から、 $2 \pm 0.2 \text{ m}^3$ （相対誤差=10%）とした。数値はメーカーカタログによる。

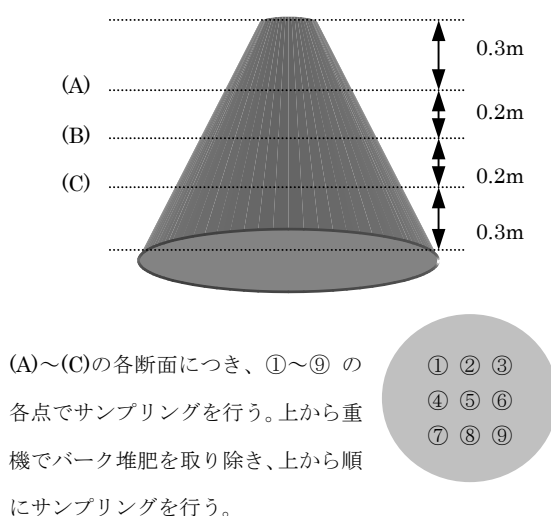
C 重油および吸着マット浸漬用の大型容器の計量は十分精度の高い機材を用いたため、誤差は無視できるものとした。なお、以下文中の測定値は簡単のため原則として最良推定値のみを記載するが、上記誤差を含むものとする。

(3) サンプリング精度（サンプリングが原因の測定値の誤差）の検証

3.1 実験の方法

この一連の実験においてバーク堆肥の油分濃度の経時変化の測定は、27 地点からのサンプリングにより測定する。この際のサンプルにおける油分濃度のバラつきを検証するため、2m³パイルにおける実験を行った（平成 15 年度）。本実験の 1/18~1/50 のスケールに相当する、2 m³（1t-wet, 0.7t-dry, ホイールローダで計量）のバーク堆肥のパイルから、27 箇所でのサンプリングを行った。バーク堆肥を計量しながら小さな山を作った後、C 重油を投

入し、ショベルにて攪拌を行った。計算上の油分濃度は 10,000ppm-wet（相対誤差=10%）、14,300ppm-dry（相対誤差=27%）である。10 分間程度攪拌した段階で、パイルの上、中、下層（Section(A), (B), (C)）においてそれぞれの断面円の直径を四等分する点を基とする格子点 9 箇所、すなわち合計 27 箇所からサンプリングを行った（図－Ⅱ． 1． 2）。サンプリングは一箇所 50g 程度とした。また、油分濃度はいずれも wet での測定値を、バーク堆肥の水分率を基に dry 換算したものである。



図－Ⅱ． 1． 2 バーク堆肥パイルからのサンプリング概念図
(2m³ サンプル実験)

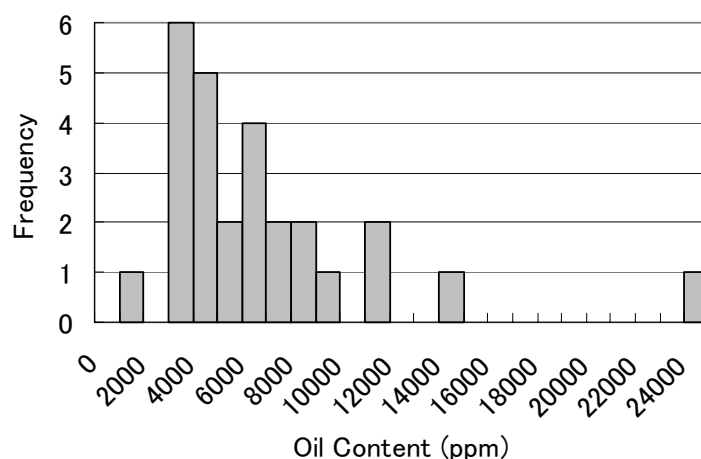
3.2 結果

結果を図－Ⅱ． 1． 3に示す。

油分濃度の測定値におけるバラつきは大きく、平均値 6,900ppm-dry に対して、標準偏差 $\sigma = 4,700\text{ppm-dry}$ （相対誤差=68%）と大きな数値となった。

目視においてほぼ攪拌されたと思われたが、粘調なC重油の油滴の周囲に雪だるま状にバーク堆肥がまぶされて生成したと思われる直径 1～5cm 程度の塊状の物体が多く観察された。これらは油分抽出器具の構造上、取り扱い困難なためピックアップしなかったこと、また、サンプリング可能な直径 2cm 以下の塊についても小さなサジですくい上げる際にピックアップされにくいこと等が原因で、測定値の油分濃度が低めに出ていると思われる。事実、計算上は 14,300ppm-dry であるはずの油分濃度は平均値で 6,900ppm-dry すなわち投

入した油分の48%にあたり、バーク堆肥からのC重油回収率76%よりもかなり低い測定値となっていた。なお、この塊状の物体は時間が経過するほど観察されることが少なくなり、開始後120日ではほぼ観察されなくなった。



図ーⅡ． 1． 3 バーク堆肥パイル油分濃度の度数分布

このことから、この実験で得られたC重油回収率（48%）を油分濃度の補正に直接用いる方式は、平成15～16年度の調査報告では採用していたものの、バラつきの大きなデータ群の平均値をそのまま使用することは適当でないとも判断されるため、本実験の結果は、あくまでサンプリングにおけるバラつきの度合いのみを利用し、このたび改めて報告するものとする。

すなわち、標本標準偏差から求めた相対誤差を各測定値に適用する。ただし、C重油投入後、スコップによる手作業での10分間の攪拌という段階でのサンプリングであり、水飴状の高粘度の液体がパイル全体に一樣に混合されているとは考えにくく、塊状に点在していると考えられる。2週間ごとの切り替えしや、微生物分解が進むにつれ、この油塊は小さくなり分散・均一化が進行すると考えられるため、図ーⅡ． 1． 3に示すデータのバラツキの度合いは実験開始直後には適用可能であっても、それ以後は時間経過とともに小さくなると推測され、あくまで参考と考えることが妥当である。

(4) 油分濃度の誤差評価

これまで述べた各誤差要因を総合する。独立な複数要因が重なるときは誤差を二乗和で

算出している。

初期油分濃度は、ホイールローダのバケツ（相対誤差=10%）での作業回数（100 m³の場合 50 回）により求めたバーク堆肥パイル容積、バーク堆肥の嵩比重（相対誤差=26%）、投入C重油の重量（相対誤差=0）から求めているため、相対誤差=27%と考えられる。

各測定時点における推定油分濃度は、n-ヘキサン抽出重量法により得られた実測値から、バーク堆肥からのC重油回収率 76%（相対誤差=4%）で除し、水分率（相対誤差 32%）から dry 換算することによって求めるため、相対誤差=32%と考えられる。

参考までに(3)において求めたサンプリングにおける誤差を算入すると、各測定時点における推定油分濃度は相対誤差=75%となる。恐らく、この数値は考えられうる最大に近いものである。

また、バーク堆肥自身の持つ溶媒溶出分（430±140ppm-dry）も誤差を考慮し、グラフ上で帯表示とした。油分濃度の低い測定値では影響が大きいため、結果の評価において注意が必要である。

(5) 実験

先述のとおり、本項(5)では平成 15~16 年度に行った 36 m³および 100 m³パイルでの油分解実験につき、(1)~(4)で述べた誤差評価の手法に基づき、再度検証するものとする。これは一連のバーク堆肥による微生物分解実験が、バーク堆肥の形状や高粘度油を用いることからデータに誤差が出やすいため、実験結果の信頼性を高めることが目的である。

5.1 実験の方法

バーク堆肥原料の中に吸油後の油吸着材を埋め込み、円錐形パイル状に被覆した後、定期的に攪拌（切り返し）を行い、油分濃度の変化を調査した。実験のフィールドは、ぶんど有機肥料(株)（大分県竹田市）内に設けた。攪拌およびサンプリングの方法などはⅡ-2に述べる実験と同様の方法で行った。

5.1.1 実験 1（平成 15 年度，36 m³）

用いた油はC重油 180kg で、製品版の「杉の油取り」マット（45cm x 45cm）合計 180 枚に吸着させて実験に供した。バーク堆肥はホイールローダのバケツで容積を計量した約 36 m³（相対誤差=10%）ほどを用いた。嵩比重が約 0.46（相対誤差=26%）であることから約 18±2t（12.6±1.4t-dry に相当）であると推定される。パイルの形状はやや膨らんだ円錐台状で、上面φ2m、底面φ5m、高さ 3.5m 程度となった。バーク堆肥原料は発酵開始から数ヶ月経過した微生物活動の活発なものを使用した（油分濃度 430ppm，σ=140ppm，相対誤差 33%）。パイル全体の実験開始時の油分濃度は約 14,300±1,600ppm と推定される。

5.1.2 実験 2（平成 16 年度，100 m³）

用いた油はC重油 300kg で、製品版の「杉の油取り」マット型（45cm x 45cm）合計 300 枚に吸着させて実験に供した。バーク堆肥はホイールローダのバケツで容積を計量した約 100 m³（相対誤差=10%）ほどを用いた。嵩比重が約 0.5（相対誤差=5%）であること

から約 $50 \pm 6t$ ($35 \pm 4t$ -dry に相当) であると推定される。パイルの形状はやや膨らんだ円錐台状で、上面 $\phi 4m$ 、底面 $\phi 8m$ 、高さ $3.5m$ 程度となった。バーク堆肥原料は発酵開始から数ヶ月経過した微生物活動の活発なもの(油分濃度 $430ppm$, $\sigma=140ppm$, 相対誤差 33%)と、実験1の油分分解実験に供した分解残留物(分解開始後約1年が経過;油分濃度 $1,300ppm$, $\sigma=400ppm$, 相対誤差 33%)を、 $9:1$ で混合したものを実験に使用した(油分濃度 $520ppm$, 相対誤差 33%)。パイル全体の実験開始時の油分濃度の平均値は約 $8,600 \pm 900ppm$ と推定される。

なお、前回使用した分解残留物を少量混入するのは、油分分解に馴化した微生物相により、通常のバーク堆肥原料より高い油分分解機能が発揮されるのを期待してのことである。

5.1.3 測定項目

測定項目は以下のとおりとした。

①油分濃度 (n-ヘキサン抽出重量法) :

2週間に1回程度(攪拌時毎)、油分濃度がほぼ一定になる時期まで計測

②油種の調査(ガスクロマトグラフィー(GC)定性分析;実験2のみ):8週間に1回程度

③微生物相の調査(変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法(DGGE);実験2のみ):6週間に1回程度

④目視観察など(油の臭気、手指への油分付着など)

⑤パイル内の温度(週1回程度)

油分の測定は n-ヘキサン抽出重量法によった。①および②の分析作業は(株)住化分析センターに、③については広島大学生物圏科学研究科に依頼した。⑤はぶんご有機肥料(株)が行った。①の油分濃度については(4)で述べた誤差評価に照らした数値で検討した。

温度の測定は、4箇所の測定点におけるパイル表面から $70cm$ の深さ地点にて行った。

5.2 実験の結果

実験開始時(0日、油投入直後)における計算上の油分濃度は、実験1(H15年度の精度検証)で約 $14,300 \pm 1,600ppm$ 、実験2(H16年度の精度検証)で約 $8,600 \pm 900ppm$ である。その後、約2週間ごとに行う攪拌時にサンプルを採取し、それぞれの油分濃度を測定した。実験1の油分濃度の変化を図-Ⅱ. 1. 3(相対誤差= 32% で表記)、図-Ⅱ. 1. 4(同 75%)に、実験2の油分濃度の変化を図-Ⅱ. 1. 5(同 32%)、図-Ⅱ. 1. 6(同 75%)に示す。

相対誤差 32% で表記した図-Ⅱ. 1. 3および図-Ⅱ. 1. 5では30日以前の値ではバラつきが大きく各地点の値のエラーバーが重ならない部分がある。測定値から真の値を推測する上では、サンプリング要因を加味して相対誤差 75% で表記した図-Ⅱ. 1. 4および図-Ⅱ. 1. 6を採用した方が妥当と思われる。特に、実験2では初期の計算値より高い油分濃度値が測定されているが、図-Ⅱ. 1. 4および図-Ⅱ. 1. 6では油分の減少

傾向をエラーバーの範囲内で読み取ることができ、サンプリング要因によるバラつきと解釈することが可能である。一方、120日以降については概ね値のバラつきが小さくなっていた。原因として、微生物分解が進んで油塊が小さくなることや攪拌回数が増えてパイル内の油分濃度がより均一になることなどが考えられる。

両実験とも開始直後の各地点における油分濃度の最良推定値はバラつきが大きいものの、50日程度まで急速に減少し、60日付近で2,000~4,000ppmを中心とする範囲に移行した。その後は主に同範囲を推移しながら漸減し、180日付近で1,500~2,000ppm程度となった。120日以降に大きな変化は見られなかった。

(6) まとめ

開始直後の油分濃度（約0.6%）は60日後に約1/2程度に、120日後に約1/5~1/6に低下していることが判明した。一方、120日後以降には油分濃度に大きな変化は見られなかった。また、開始から30日後までは値が大きく外れたものが見られるが、それ以降はほぼ安定した値となった。

36 m³パイルによる実験（15年度）との比較においては、油分濃度の減少傾向は共通する結果が得られた。また、今回の実験の方が油分濃度はより安定に減少する傾向があるほか、各時点における油分濃度測定値のバラつきがより小さいことが確認された。

(* 標準偏差について

今回の一連の実験では測定値にバラつきが出るため、個々のデータが平均値（最良推定値とする）からどの程度の開き（偏差）があるかを、主に標準偏差を用いて評価している。標準偏差は、一回の測定値が（真の値±標準偏差）の範囲にある確率が約68%であることが知られており、ランダム誤差の統計的取り扱いに一般的に用いられる。

標準偏差には「母集団標準偏差」と「標本標準偏差」があり、それぞれ（Ⅱ・1）式および（Ⅱ・2）式で表される。本実験ではサンプル数が多くないことを考慮し、（Ⅱ・2）式すなわち「標本標準偏差」を採用し、評価するものとする。

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Ⅱ} \cdot 1)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Ⅱ} \cdot 2)$$

σ_x : 標準偏差, N : サンプル数, x_i : 測定値, \bar{x} : 平均値

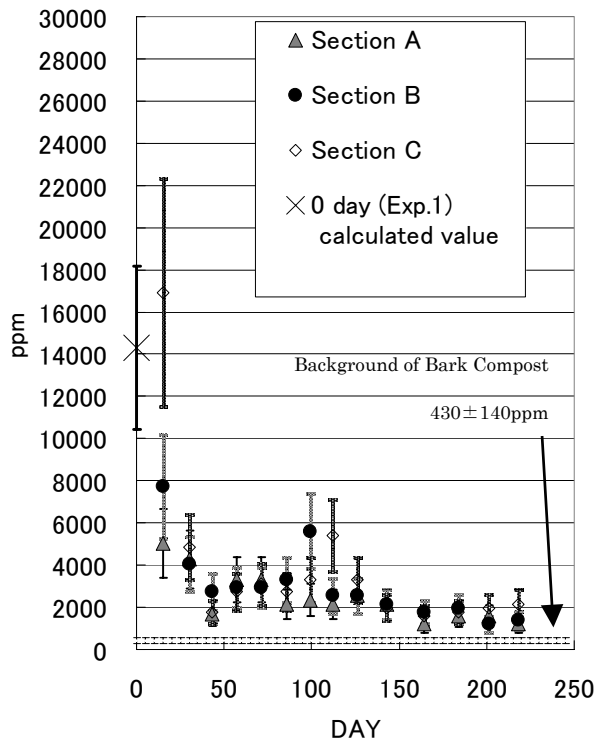


図-Ⅱ. 1. 3
油分濃度の変化
(実験 1, H15, 相対誤差 32%)

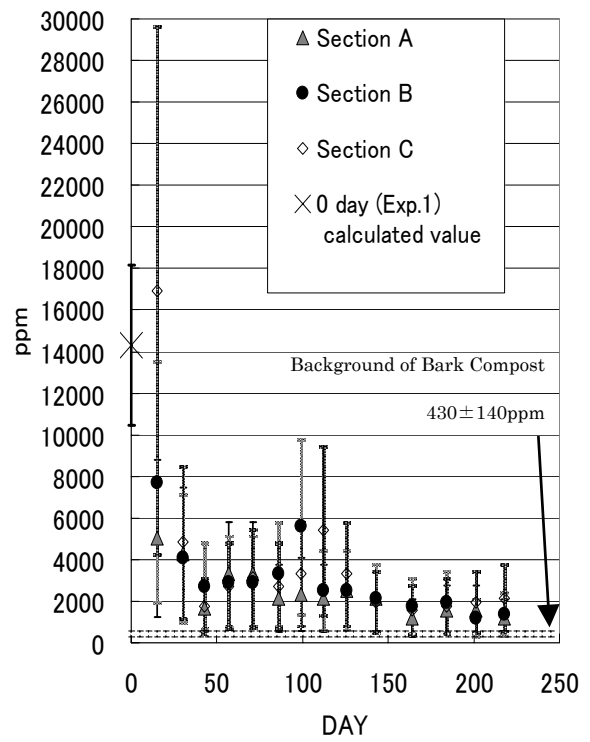


図-Ⅱ. 1. 4
油分濃度の変化
(実験 1, H15, 相対誤差 75%)

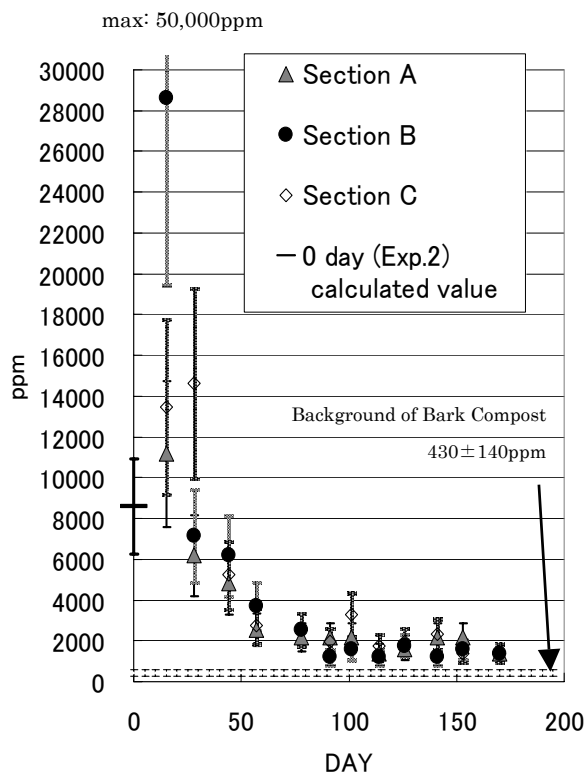


図-Ⅱ. 1. 5
油分濃度の変化
(実験 2, H16, 相対誤差 32%)

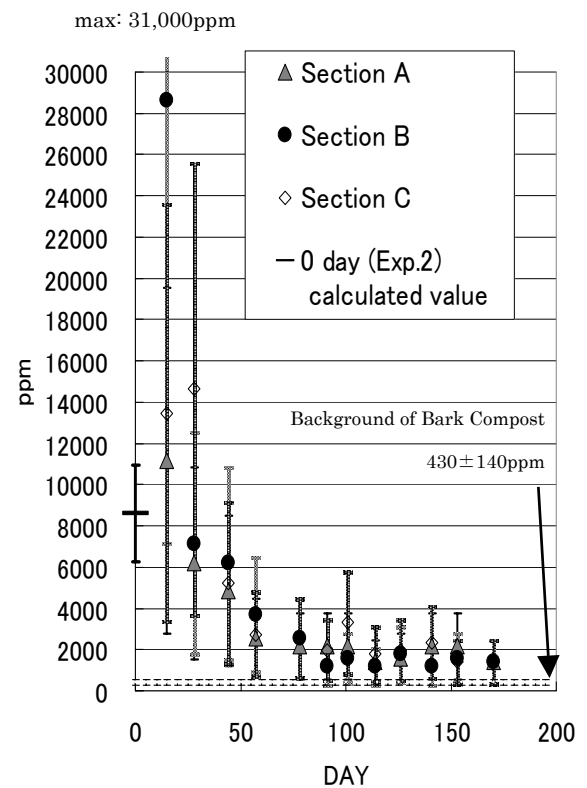


図-Ⅱ. 1. 6
油分濃度の変化
(実験 2, H16, 相対誤差 75%)

II-2 油および杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理実験

これまで一連の事業で実施している調査研究における最終的な目標は、生分解性を持つ杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術・システムの確立である。すなわち、油濁発生現場から運搬されてきた使用後の油吸着材を、「閉鎖された空間」において必要量の微生物、栄養源、および活動に適した環境を与えて、速やかに分解処理を行い、安全基準範囲内に達した残留物を環境（例えば土壌）に戻す、というものである。一連の調査研究においては、バーク堆肥製造工場における微生物活動ヤードをそのまま適用することを実用モデルとして捉え、昨年度まで実験を重ねてきたところである。

今年度は、本システムの実用化において必要となる産業廃棄物処理認可に向けたデータ取得を見据えた実験を行った。

まず、II-1 に述べた 36 m³ (H15 年度、14,300ppm-dry、10,000ppm-wet、「実験 1」)、および 100 m³ (H16 年度、8,600ppm-dry、6,000ppm-wet、「実験 2」) の実用規模分解パイルでの微生物による油分解実験の知見をもとに、事故での大量の油処理を念頭におき、100 m³ 規模におけるより高濃度 (39,000ppm-dry、15,000ppm-wet) の油分解実験を行い、再現性の確認と微生物分解の条件について検討を行った。なお、II-1 で述べた実験 1、実験 2 と一連のシリーズと捉え、この実験を「実験 3」とし、II-2 に述べる。

加えて、今年度は II-1 の実験 2 と同じ条件で、実験地を臨海サイトに設けて実施した（これを「実験 4」とする）。この実験につき、II-3 に述べる。

1 誤差評価

(1) 各測定値の誤差評価

各測定値における誤差評価を行った。II-1 に述べた方法と同様に、それぞれの要因につき検討を行った。

- ・ バーク堆肥の水分率は実験により $61 \pm 3\%$ (相対誤差 5%) とした。
採取したバーク堆肥を 105°C の乾燥機に入れて絶対乾燥状態とし乾燥重量を測定して当初の水分量を推算し、水分量 / 当初重量により算出した。
- ・ バーク堆肥の嵩比重は実験により $0.46 \pm 0.03 \text{g/cm}^3$ (相対誤差 6%) とした。
採取したバーク堆肥を 2L 容器に入れ重量を測定し、算出した。
- ・ ホイールローダのバケット容積は、バケット形状から、 $2 \pm 0.2 \text{m}^3$ (相対誤差 = 10%) とした。数値はメーカーカタログによる。

C 重油および吸着マット浸漬用の大型容器の計量は十分精度の高い機材を用いたため、誤差は無視できるものとした。なお、以下文中の測定値は簡単のため最良推定値のみを記

載するが、上記誤差を含むものとする。

また、サンプリングに起因する誤差についてはⅡ－1での検討結果を用い、相対誤差 68%とした。

(2) 油分濃度の誤差評価

これまで述べた各誤差要因を総合する。独立な複数要因が重なるときは誤差を二乗和で算出している。

初期にC重油を投入したことにより付加された油分は、ホイールローダのバケット（相対誤差=10%）での作業回数（100 m³の場合 50 回）により求めたバーク堆肥パイル容積、バーク堆肥の嵩比重（相対誤差=6%）、投入C重油の重量（相対誤差=0）から求めているため、相対誤差=12%と考えられる。

また、実験期間における油分測定には n-ヘキサン抽出重量法を用いるが、バーク堆肥そのものが含んでいる n-ヘキサン可溶物も同時に「油分」として検出されるため、C重油投入前のバーク堆肥についても「油分濃度」を測定しておく必要がある（これをバックグラウンドと呼ぶ）。今回の測定値は、3,500ppm -dry、1,200ppm -wet（相対誤差 21%）と高めの数値を示している。

以上より、実験開始段階すなわち初期の油分濃度は、投入C重油によるものとバックグラウンドを合計した値と考えることが出来るが、この相対誤差は二乗和平均により、11%と算出される。

各測定時点における推定油分濃度は、n-ヘキサン抽出重量法により得られた実測値から、バーク堆肥からのC重油回収率 76%（相対誤差=4%）で除し、水分率（相対誤差 5%）から dry 換算することによって求めるため、相対誤差=6%と考えられる。

また、参考までにⅡ－1において求めたサンプリングにおける誤差を算入すると、各測定時点における推定油分濃度は相対誤差=68%となる。恐らく、この数値は考えられうる最大に近いものである。

また、バーク堆肥自身の持つ溶媒溶出分（3,500±800ppm-dry）も誤差を考慮し、グラフ上で帯表示とした。油分濃度の低い測定値では影響が大きいため、結果の評価において注意が必要である。

2 実験の方法（平成 17 年度，100 m³，実験 3）

(1) 概要

バーク堆肥原料の中に吸油後の油吸着材を埋め込み、円錐形パイル状に被覆した後、定期的に攪拌（切り返し）を行い、油分濃度の変化を調査した。実験のフィールドは、ぶんどご有機肥料株式会社（大分県竹田市）内に設けた。攪拌はパワーショベルなどの重機を用い、バーク堆肥パイルの上側からすくい取ったものを隣接するサイトに順次移動させる方法で行った。頻度は約 2 週間に 1 回であり、この際に油分測定のためのサンプリングも同時に行

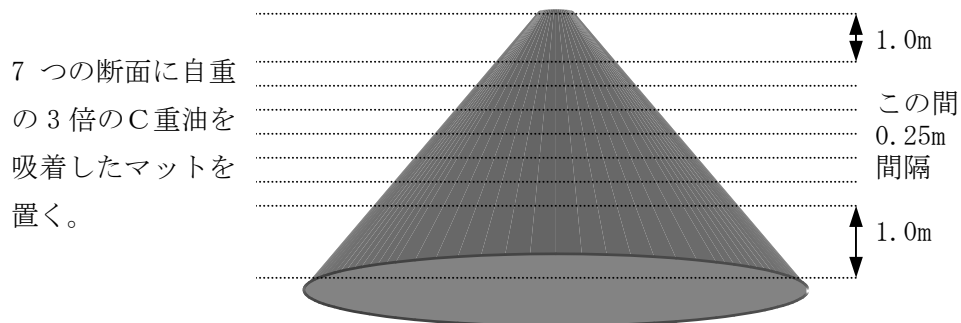
った。

以下の手順に従って、吸着マットをバーク堆肥パイルに埋め込んだ。

- ・大型容器（ドラム缶）を計量する
- ・大型容器（ドラム缶）に吸着マットを入れる
- ・大型容器（ドラム缶）に計量したC重油を注ぎ、吸着マットに吸着させる
- ・吸油後の吸着マットを大型容器（ドラム缶）から取り出し各パイル断面に規定枚数並べる
- ・大型容器（ドラム缶）の減量分を計量する
- ・パイル断面に吸着マットを並べ終わるとバーク堆肥で規定の間隔（高さ）だけ被覆し、順次上のパイル断面に移り、同様の作業を行う



写真－Ⅱ． 2． 1 C重油を吸着マットに吸わせる様子



それぞれの断面に、外輪縁を50cmあけ、中央部に重ならないように合計800枚のマットを置く。(パイル外寸：上面φ4m、底面φ8m、高さ3.5m程度、容積約100 m³)

図ーⅡ． 2． 1 バーク堆肥パイル断面への吸着マット設置の概念図

用いた油はC重油700kgで、製品版の「杉の油取り」マット型(45cm x 45cm)合計800枚に吸着させて実験に供した。バーク堆肥はホイールローダのバケットで容積を計量した約100 m³(相対誤差=10%)ほどを用いた。嵩比重が約0.46(相対誤差=6%)であることから約46±5t(18±2t-dryに相当)であると推定される。パイルの形状はやや膨らんだ円錐台状で、上面φ4m、底面φ8m、高さ3.5m程度となった。バーク堆肥原料は発酵開始から数ヶ月経過した微生物活動の活発なものと、昨年度までの油分分解実験に供した分解残留物を混合したものを実験に使用した(油分濃度3,500ppm, 相対誤差21%)。パイル全体の実験開始時の油分濃度の平均値は約39,000±4,300ppmと推定される。

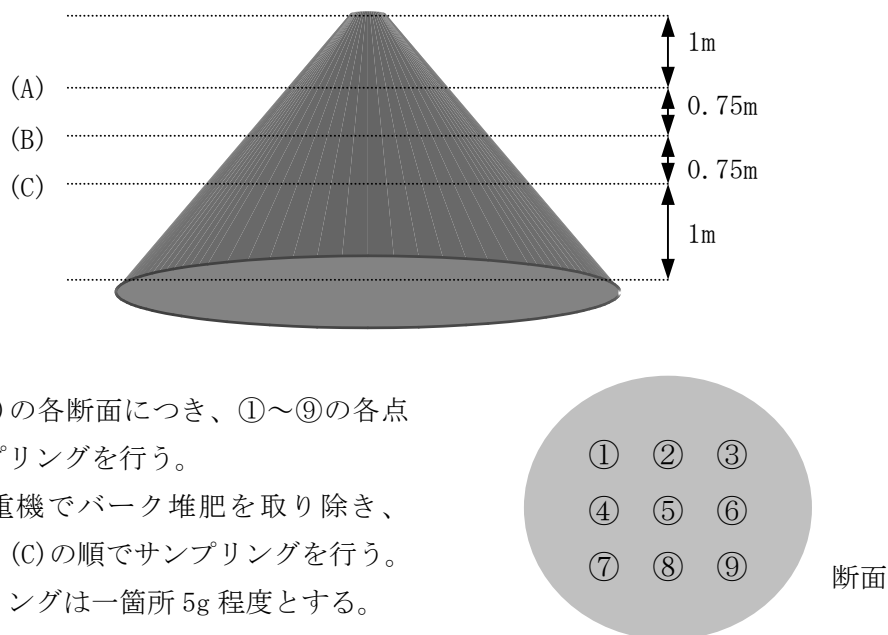
なお、前回使用した分解残留物を少量混入するのは、油分分解に馴化した微生物相により、通常のバーク堆肥原料より高い油分分解機能が発揮されるのを期待してのことである。



写真－Ⅱ． 2． 2 パイル断面に吸着マットを並べる様子



写真－Ⅱ． 2． 3 パイル断面に並べた吸着マットを被覆する様子



(A)～(C)の各断面につき、①～⑨の各点
でサンプリングを行う。

上から重機でバーク堆肥を取り除き、
(A), (B), (C)の順でサンプリングを行う。
サンプリングは一箇所 5g 程度とする。

①～⑨は採取後によく混合し、各 50g ず
つ取りだし、(A)～(C)の 3 検体とする。

図ーⅡ． 2． 2 バーク堆肥パイルからのサンプリング概念図

(2) 攪拌およびサンプリング

バーク堆肥は製造工程において、好気発酵に要する酸素供給のために定期的に攪拌（切り返し）を行っている。活発な微生物活動に資するため、本実験においても約 2～4 週間に 1 回の頻度で攪拌を行った。パワーショベルなどの重機を用い、バーク堆肥パイルの上側からすくい取ったものを隣接するサイトに順次移動させる方法で行った。なお、バーク堆肥と埋め込まれた吸着マットは同様に扱って攪拌した。また、攪拌の際に油分測定のためのサンプリングも同時に行った。

(3) 測定項目

測定項目は以下のとおりとした。

①油分濃度（n-ヘキサン抽出重量法）：

2 週間に 1 回程度（攪拌時毎）、油分濃度がほぼ一定になる時期まで計測

②油種の調査（ガスクロマトグラフィー(GC)定性分析）：8 週間に 1 回程度

③目視観察など（油の臭気、手指への油分付着など）

④パイル内の温度（週 1 回程度）

油分、油種の測定とも n-ヘキサンによるソックスレー抽出を用いた。①および②の分析作業は(株)住化分析センターに、④はぶんご有機肥料(株)が行った。①の油分濃度については「1」で述べた誤差評価に照らした数値で検討した。温度の測定は、4箇所の測定点におけるパイル表面から 70cm の深さ地点にて行った。

3 実験の結果 (実験 3)

(1) 油分濃度

実験開始時 (0 日, 油投入直後) における計算上の油分濃度は、約 39,000±4,300ppm である。この時点では、油は原形を保つ吸着マットの中に含まれており、パイル内の油分濃度が均一にならないため測定をしていない。

1 回目のサンプリングは最初の攪拌が行われた開始後 2 週間時点に行った。既に吸着マットの原形はほとんど留めておらず、マット内に含まれるパーライトの存在により、原位置が判明する状況であった。が、今回の実験はマット枚数が 800 枚と多量のため、一部で十分にバーク堆肥に被覆されていないものがあり、それについてはこの時点でマット形状を留めているものも散見された。

この後、約 2~4 週間ごとに行う攪拌時にサンプルを採取し、それぞれの油分濃度を測定した。油分濃度の変化を図-Ⅱ. 2. 3 (相対誤差=6%で表記)、図-Ⅱ. 2. 4 (同 68%) に示す。

相対誤差 6%で表記した図-Ⅱ. 2. 3 ではバラつきが大きく各地点の値のエラーバーが重ならない部分がある。測定値から真の値を推測する上では、サンプリング要因を加味して相対誤差 68%で表記した図-Ⅱ. 2. 4 を採用した方が妥当と思われる。特に、1 回目の測定では初期の計算値より高い油分濃度値が測定されているが、図-Ⅱ. 2. 4 では油分の減少傾向をエラーバーの範囲内で読み取ることができ、サンプリング要因によるバラつきと解釈することが可能である。一方、150 日以降については概ね値のバラつきが小さくなっている。原因として、微生物分解が進んで油塊が小さくなることや攪拌回数が増えてパイル内の油分濃度がより均一になることなどが考えられる。

開始直後の各地点における油分濃度の最良推定値はバラつきが大きいものの、徐々に減少し、50 日付近で 10,000~20,000ppm を中心とする範囲に移行する。その後は主に同範囲を推移しながら漸減し、150 日付近で 6,000~8,000ppm 程度となることがわかる。

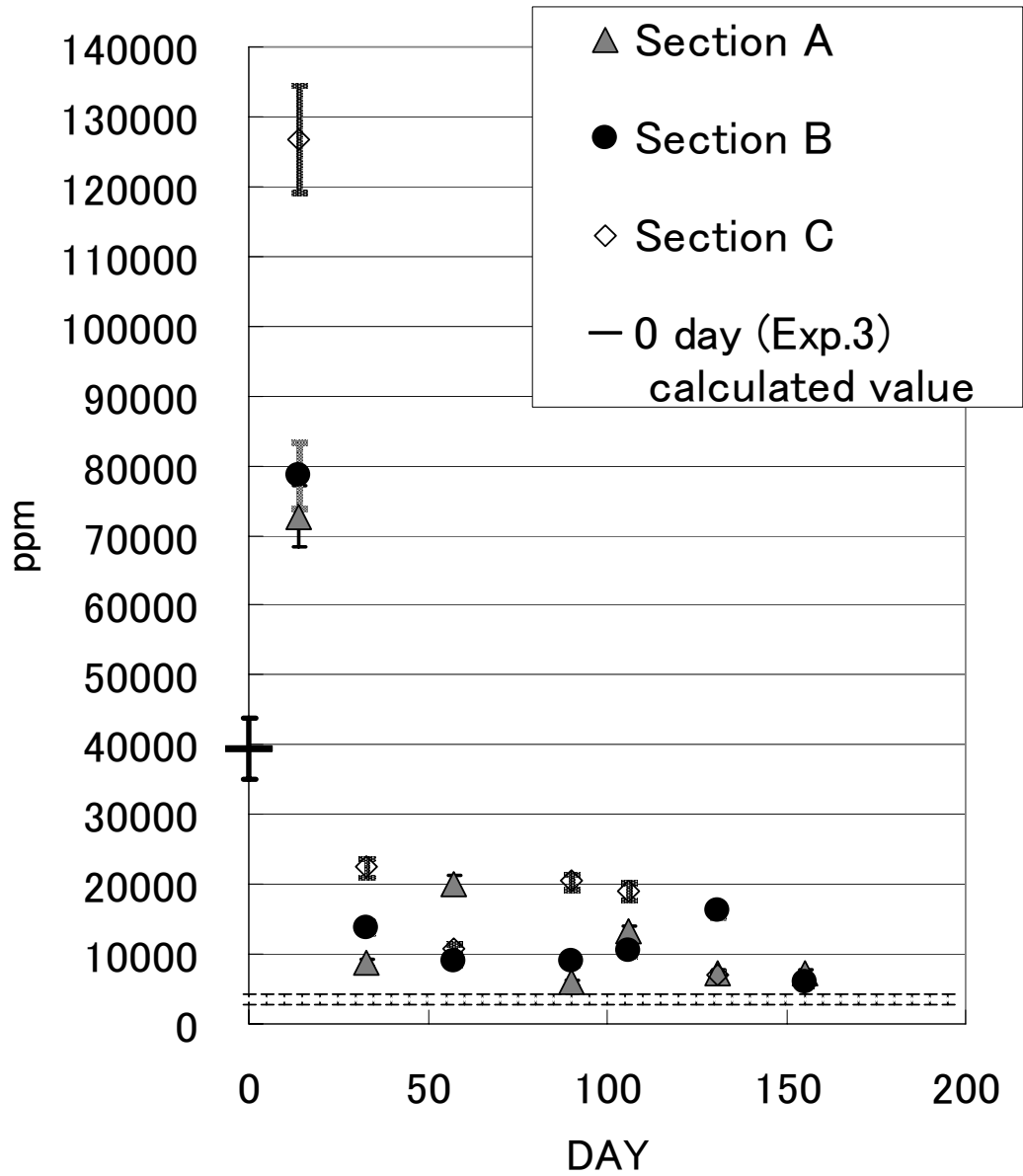


図-Ⅱ. 2. 3 油分濃度の変化 (実験 3, 相対誤差 6%)

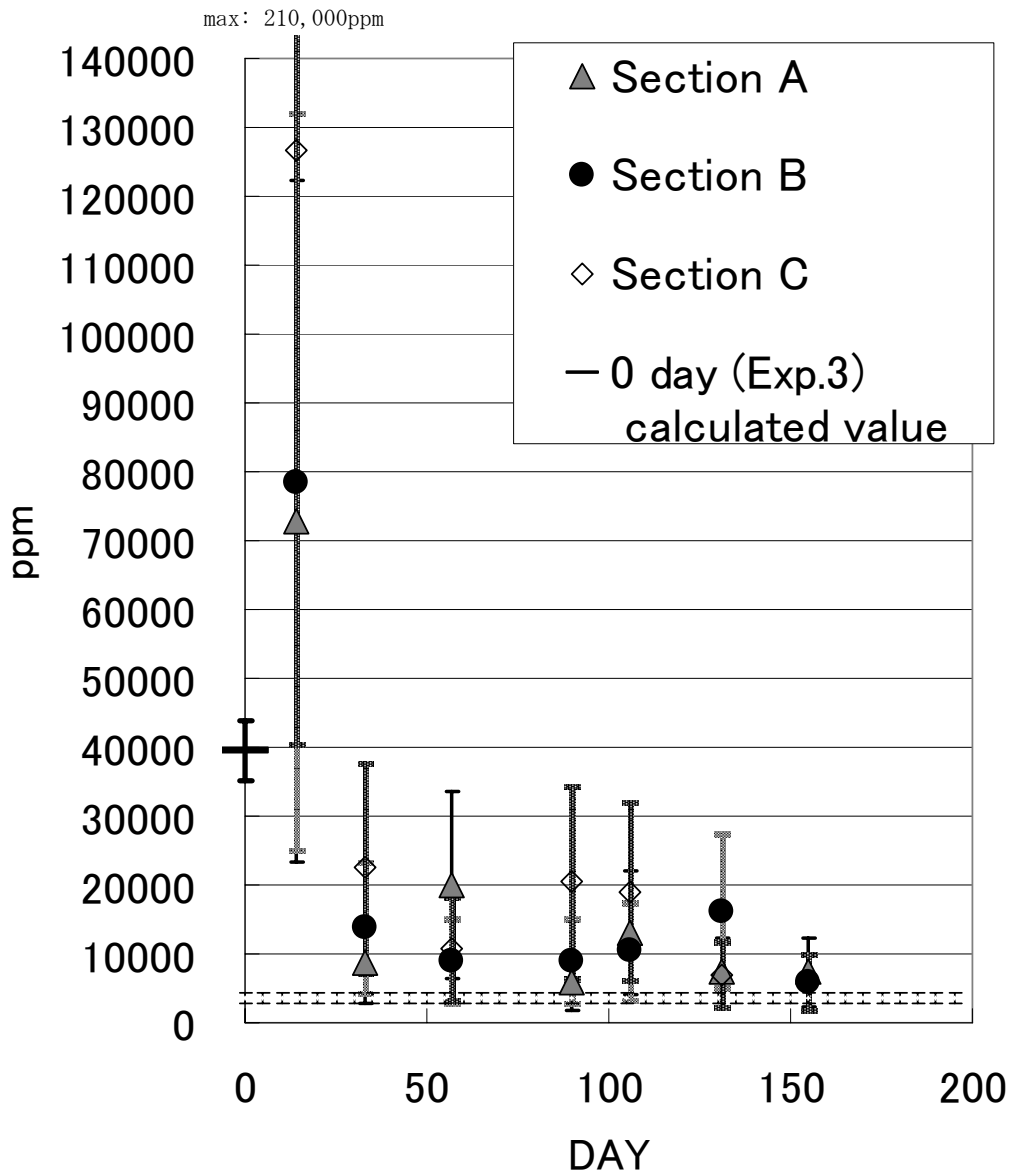


図-Ⅱ. 2. 4 油分濃度の変化 (実験 3, 相対誤差 68%)

(2) 油種の調査

投入したC重油が微生物分解によりどのように変化するかを、ガスクロマトグラフィー(GC)による定性分析により調査した。

図-Ⅱ. 2. 5に今回実験に使用したC重油のクロマトグラムを、参考として図-Ⅱ. 2. 6に軽油のクロマトグラムの例を示す。規則性のあるシャープなピークは直鎖の炭化水素とみられる。ピーク分布の中央付近でベースラインが山のように盛り上がっているが、これは枝分かれした炭化水素などの成分ピークが重なりあって形成したものと考えられる。

以下、バーク堆肥パイルの残留油分の定性分析結果を示す。図-Ⅱ. 2. 7に57日経過時点、図-Ⅱ. 2. 8に131日経過時点における残留油分のクロマトグラムをそれぞれ示す。また、油を投入する前のバーク堆肥そのもののクロマトグラムを図-Ⅱ. 2. 9に示す。

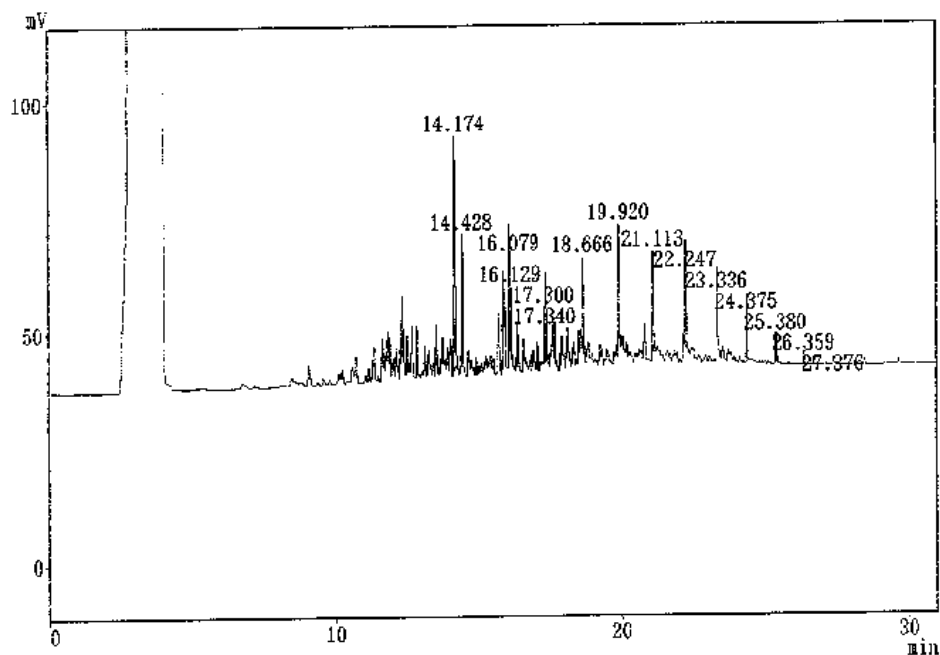


図-Ⅱ. 2. 5 投入したC重油のクロマトグラム

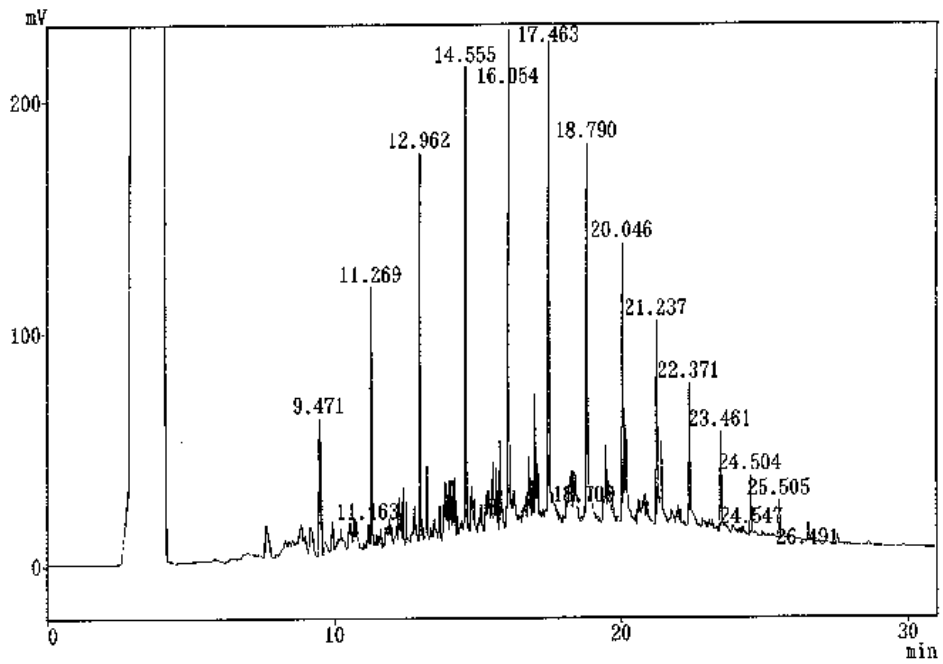


図-Ⅱ. 2. 6 軽油のクロマトグラム の例 (参考)

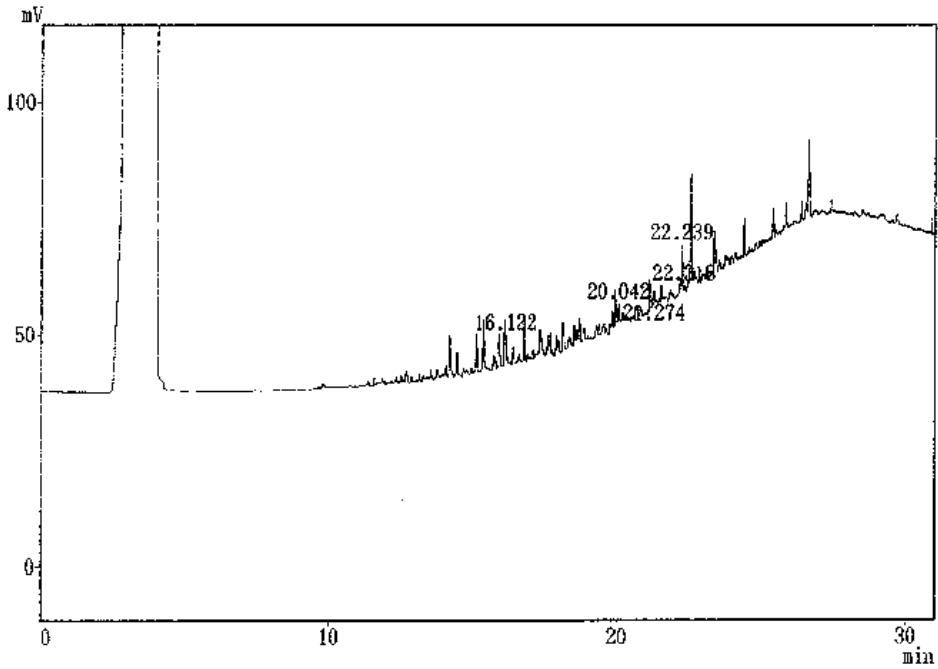


図-Ⅱ. 2. 7 57日経過時点のクロマトグラム
(バーク堆肥パイルの油分)

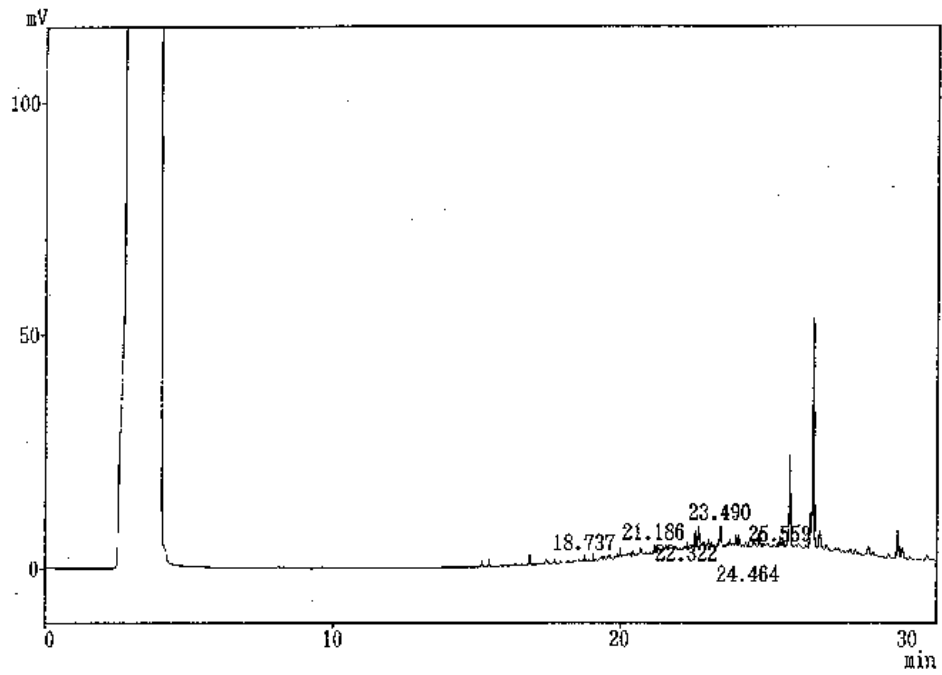


図-Ⅱ. 2. 8 131日経過時点のクロマトグラム
(バーク堆肥パイルの油分)

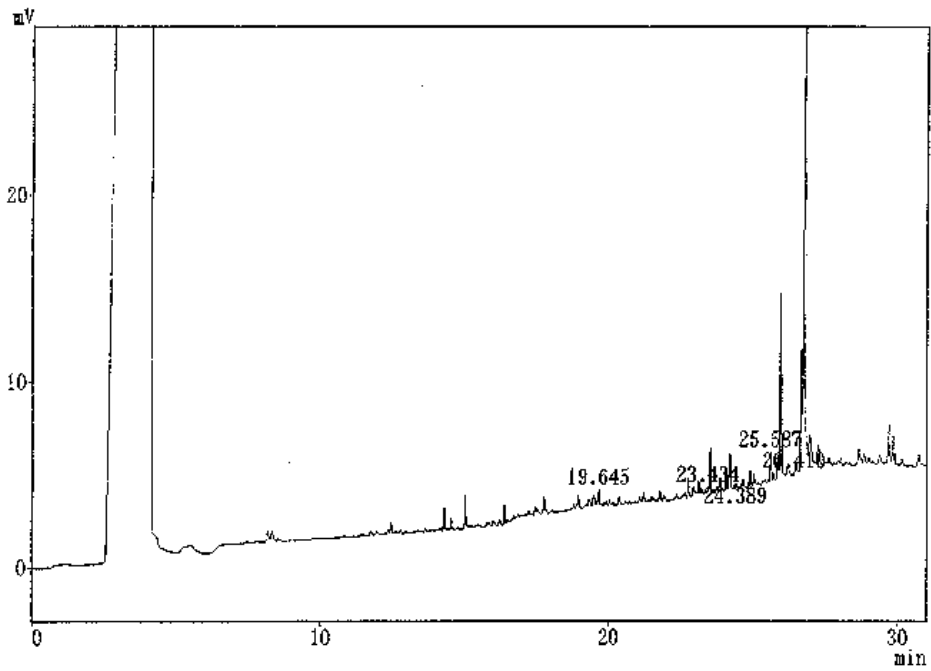


図-Ⅱ. 2. 9 油投入前バーク堆肥パイル抽出分のクロマトグラム

図－Ⅱ． 2． 7～8の、油分解が進行している過程のクロマトグラムを見ると、投入したC重油そのもの（図－Ⅱ． 2． 7）のピーク分布と比して、低分子側の成分を中心にピーク強度は減少していることが確認される。

図－Ⅱ． 2． 8の、131日経過時点におけるクロマトグラムを見ると、高分子側にピークがあり、特異成分の残留が確認できる。これは使用した堆肥自体からも検出されており、堆肥中にC重油投入前から含まれていたものの可能性もある。或いはC重油に含まれる難分解性の物質などが可能性として考えられる。なお、同様の現象は昨年度の同様の実験でも観察されているほか、他のバイオレメディエーションによる油分解研究にも報告があり、本実験のみに見られる特殊な現象とは考えられない。

(3) 目視観察など

油の臭気については、40～100日後程度までは、本来のC重油の臭気から若干変質した感じを受けるものの、いまだ明確に油の臭気であると判別可能な程度に感じられた。その後は徐々に臭気の変質し、もとの投入物が重油であることを知らない人間には油の臭気どうか判別がつかない状態に変化した。

また、60日経過時点で手指への油の付着は感じられず、周囲の水溜りにおける油膜も観察されなかった。

(4) パイル内の温度

バーク堆肥パイル内の温度変化を図－Ⅱ． 2． 10に示す。実験当初はバーク堆肥の活性な状態とされる60～70℃前後を保っていたが、徐々に温度が低下する傾向が見られた。開始後100日経過時点からはほぼ60℃以下を推移し、150日経過時点でほぼ40℃程度となった。この傾向はこれまでの実験1や実験2と比して、ほぼ同じであるものの、100日経過時点までの温度が10℃程度高めに推移しているのが今回の実験3に特徴的に観察される点である。理由は明確ではないが、実験1および2に比べて初期の油分濃度が高いこと、水分率が高いことなどが異なっており、これらが関係している可能性がある。

また、温度が低下する原因は、微生物活動の低下、外気温の低下などが考えられる。また、切り返し直後は温度が一旦低下し、その後上昇する傾向があるが、この現象は通常のバーク堆肥製造過程でも同様であり、好気発酵が酸素供給により活発化することを示していると考えられる。

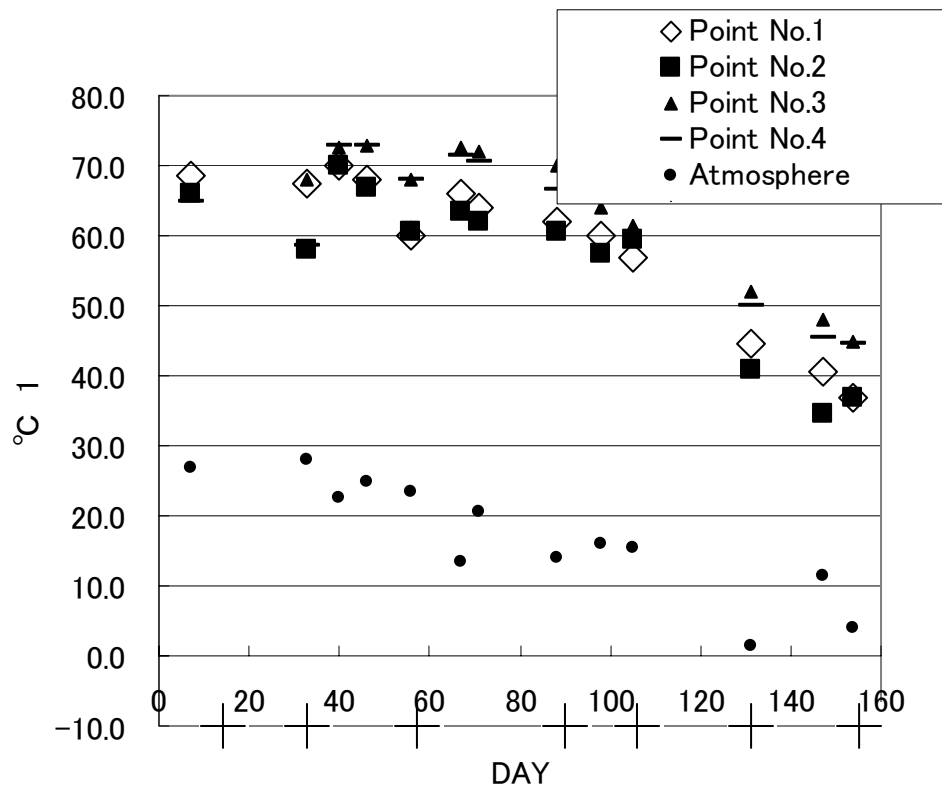


図-Ⅱ. 2. 13 バーク堆肥パイル内の温度変化 (実験3)
(+印は切り返し時点を示す)

II-3 臨海部での微生物分解処理実験

これまで行ってきた実験（1～3）は、すべて同じ場所（大分県竹田市のバーク堆肥工場敷地内）で行っているものである。すなわち、このバーク堆肥を用いた微生物分解処理方式の有効性、実用性を確認するものであるとともに、油流出事故現場から回収物をバーク堆肥工場などの分解サイトまで運搬して処理するモデルを検証しているとも言える。

一方、分解サイトが近隣にない場合などはこの方式はあまり現実的とは言えず、むしろ逆に、油流出現場近くまでバーク堆肥をデリバリーし、その場所で油分解・処理を行う方が経済的にも環境負荷の面からも望ましく、より実用に近い方法であると考えられる。

そこで、本項では「実験4」として、海岸近くの遊休地を借り受けて実験場所とし、分解に資するバーク堆肥を臨海部まで運び、吸着マットに吸わせたC重油を投入して油分解を試みることにした。

1 実験の方法（実験4）

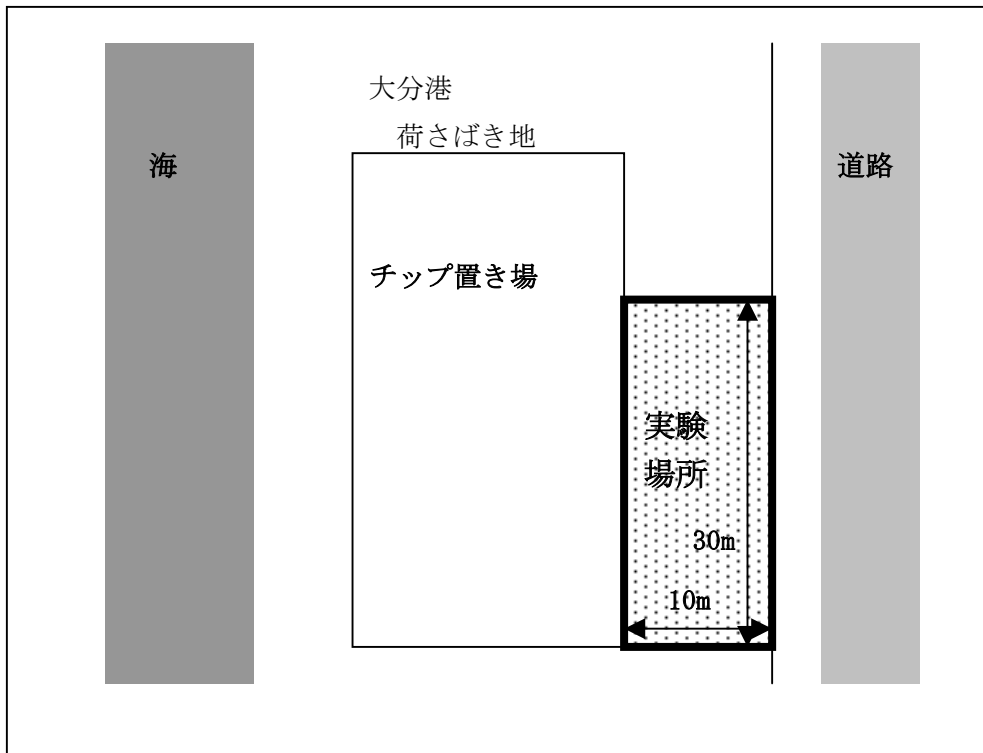
(1) 概要

実験3と同様に、バーク堆肥原料の中に吸油後の油吸着材を埋め込み、円錐形パイル状に被覆した後、定期的に攪拌（切り返し）を行い、油分濃度の変化を調査した。実験のフィールドとして、大分港の荷さばき地（大分市日吉原）の一部を借り受け使用することとした（図・写真-Ⅱ. 3. 1）。攪拌はホイールローダなどの重機を用い、バーク堆肥パイルの上側からすくい取ったものを隣接するサイトに順次移動させる方法で行った。頻度は約2週間に1回であり、この際に油分測定のためのサンプリングも同時に行った。

なお、吸着マットのバーク堆肥パイルへの埋め込み、攪拌、サンプリングなどの手順や測定項目については実験3と同様であるため、詳細は省略する（写真-Ⅱ. 3. 2～3）。

用いた油はC重油300kgで、製品版の「杉の油取り」マット型（45cm x 45cm）合計300枚に吸着させて実験に供した。バーク堆肥はホイールローダのバケツで容積を計量した約100m³（相対誤差=10%）ほどを用いた。嵩比重が約0.46（相対誤差=6%）であることから約46±5t（18±2t-dryに相当）であると推定される。パイルの形状はやや膨らんだ円錐台状で、上面φ4m、底面φ8m、高さ3.5m程度となった。バーク堆肥原料は発酵開始から数ヶ月経過した微生物活動の活発なものと、昨年度までの油分分解実験に供した分解残留物を混合したものを実験に使用した（油分濃度3500ppm、相対誤差21%）。パイル全体の実験開始時の油分濃度の平均値は約19,000±2,000ppmと推定される。

なお、実験開始後は周辺へのバーク堆肥が飛散しないようネットを掛け、浸出水などが流出しないようブルーシートを敷き、地面より高さ10cm程度の囲いで包囲した（写真-Ⅱ. 3. 4）。



図－Ⅱ． 3． 1 実験場所のイメージ図



写真－Ⅱ． 3． 1 実験場所の全景（開始前）



写真－Ⅱ． 3． 2 パイル状にバーク堆肥を積む様子



写真－Ⅱ． 3． 3 パイル断面に並べた吸着マットを被覆する様子



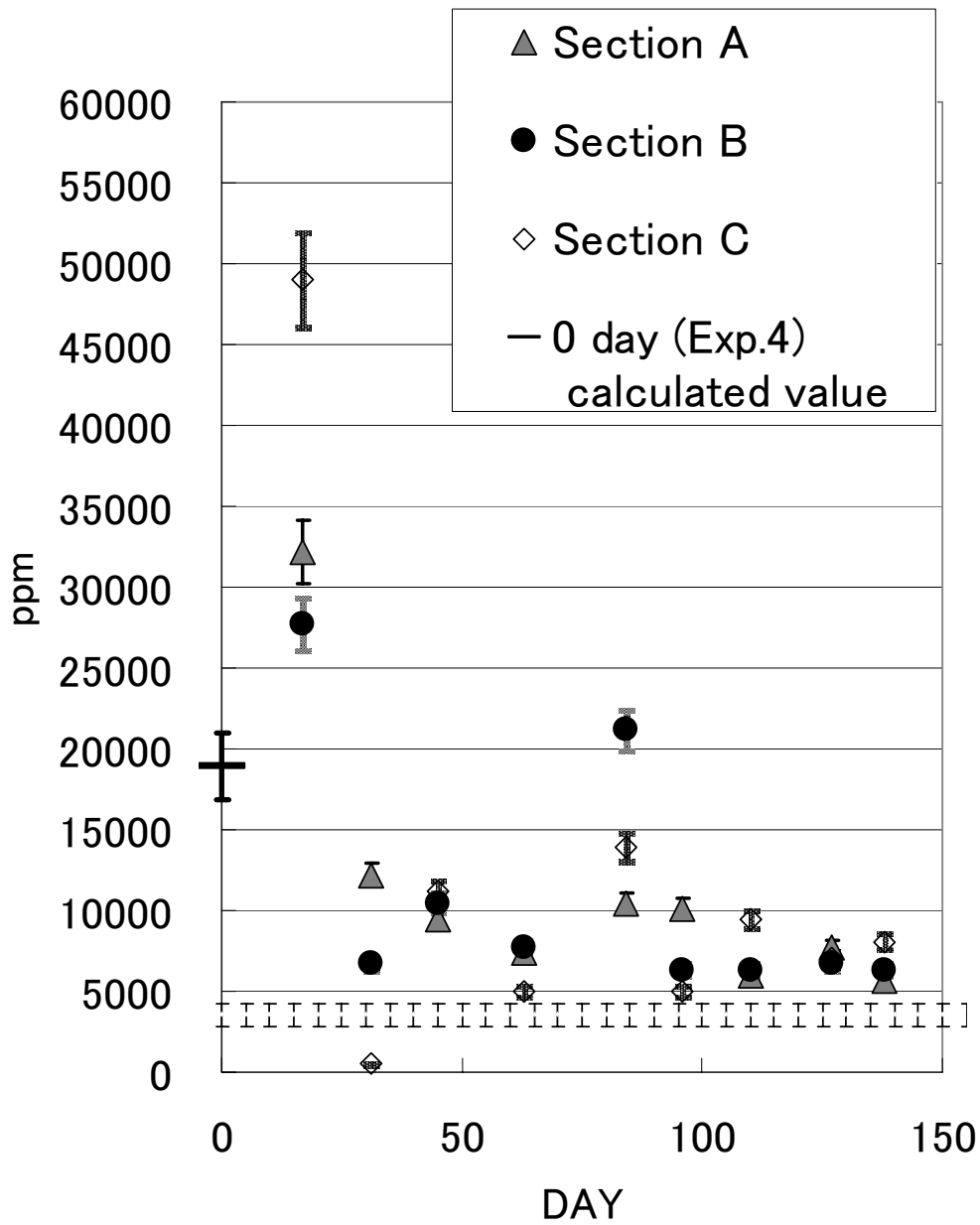
写真－Ⅱ． 3． 4 実験開始後のパイルの様子

3 実験の結果（実験4）

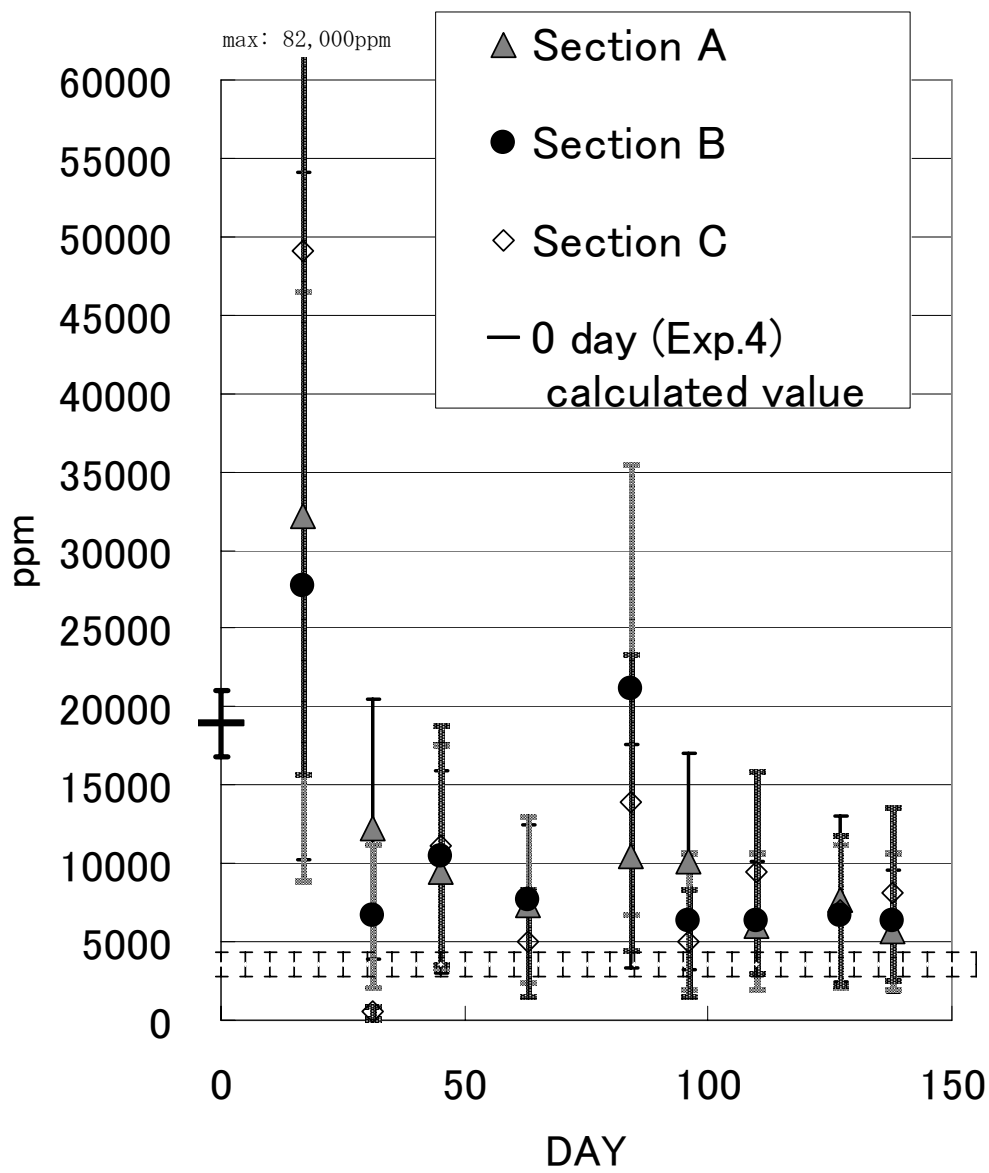
(1) 油分濃度

実験開始時（0日、油投入直後）における計算上の油分濃度は、約 $19,000 \pm 2,000$ ppmである。この時点では、油は原形を保つ吸着マットの中に含まれており、パイル内の油分濃度が均一にならないため測定をしていない。この後、約2週間ごとに行う攪拌時にサンプルを採取し、それぞれの油分濃度を測定した。油分濃度の変化を図－Ⅱ． 3． 2（相対誤差＝6%で表記）、図－Ⅱ． 3． 3（同68%）に示す。

実験3と同様に、相対誤差6%で表記した図－Ⅱ． 3． 2ではバラつきが大きく各地点の値のエラーバーが重ならない部分があり、サンプリング要因を加味して相対誤差68%で表記した図－Ⅱ． 3． 3を採用した方が妥当と思われる。特に、1回目の測定では初期の計算値より高い油分濃度値が測定されているが、図－Ⅱ． 3． 3では油分の減少傾向をエラーバーの範囲内で読み取ることができ、サンプリング要因によるバラつきと解釈することが可能である。100日付近まではバラつきが大きく傾向を読み取りにくい、それ以降は $5,000 \sim 10,000$ ppmを中心とする範囲に移行し、その後は比較的安定したデータが得られている。最終的には138日付近で $6,700 \pm 4,600$ ppmとなっている。



図－Ⅱ． 3． 2 油分濃度の変化（実験 4， 相対誤差 6%）



図一Ⅱ. 3. 3 油分濃度の変化 (実験 4, 相対誤差 68%)

なお、実験 3 (100 m³パイル、初期 39,000±4,300ppm) および実験 4 (100 m³パイル、初期 19,000±2,000ppm) における平均油分濃度の推移を、Ⅱ-1の実験 1 (36 m³パイル、初期 14,300±1,600ppm) および実験 2 (100 m³パイル、初期 8,600±900ppm) と比較してみると、最も低濃度の実験 2 ではバラつきが少なく安定して油分濃度が減少しており、次に低濃度の実験 1 がパイル規模の小ささにも関わらず、安定して油分濃度が減少している。一方、実験 3 は 130 日経過時点付近までかなりのバラつきが見られる。これは、この時点でまだ 6,000~16,000ppm という高濃度の油分が検出されており、分解に時間を要しているためにバラつきが収束する時期が遅い、或いは、油の量が多く油塊が壊れるのに時間を要し、サンプリング誤差を大きくする要因となっている、などの理由が考えられる。実験 4 については、実験 3 よりも低濃度であるにも関わらず、特に 100 日経過時点までバラつきが大きく出ている。理由は明確ではないが、攪拌機材 (ホイールローダ) が実験 1~3 に比して小型であることから十分に攪拌が出来ていない、周辺環境の相違などが原因として考えられるが、パーク堆肥工場以外での実用規模の分解実験は、この実験 4 が初めてであり、今後も慎重に検討を加える必要がある。

それぞれの実験における初期値との比較においては、実験 1 では 0 日での計算上の値 14,300±1,600ppm (15 日平均測定値 9,900±7,500ppm, 相対誤差 75%の場合) が 164 日時点で 1,500±500ppm (相対誤差 32%の場合) に、実験 2 では 0 日での計算上の値 8,600±900ppm (15 日平均測定値 17,800±13,400ppm, 相対誤差 75%の場合) は 170 日時点で 1,400±400ppm (相対誤差 32%の場合) に、それぞれ減少している。バックグラウンド (パーク堆肥そのものからの溶出分) が 430±140ppmであることを考慮すると、初期に投入された C 重油の油分は実験 1,2 とともに最良推定値で数百~千数百 ppm 程度の値に至ったと推定される。

実験 3 では 0 日での計算上の値 39,000±4,300ppm (14 日平均測定値 92,000±63,000ppm, 相対誤差 68%の場合) が 155 日時点で 5,800±3,900ppm (相対誤差 68%の場合) に、実験 4 では 0 日での計算上の値 19,000±2,000ppm (17 日平均測定値 36,000±15,000ppm, 相対誤差 68%の場合) は 138 日時点で 6,700±4,600ppm (相対誤差 68%の場合) に、それぞれ減少している。バックグラウンド (パーク堆肥そのものからの溶出分) が 3,500±800ppmであることを考慮すると、初期に投入された C 重油の油分は実験 3, 4 とともに最良推定値で数千 ppm 程度の値に至ったと推定される。

なお、参考までに開始時の計算値と終了時の油分濃度の差を分解日数で除して、油の分解速度を試算してみると、実験 1 では 78ppm/日、実験 2 で 44ppm/日、実験 3 で 214ppm/日、実験 4 で 89ppm/日となった。

4 まとめ

今回の一連のバーク堆肥パイルによる実用フィールド実験において、投入したC重油の油分濃度は減少傾向となることが明確になった。

実験3においては、実験開始時の油分濃度 $39,000 \pm 4,300$ ppm は、徐々に減少し、50日付近で $10,000 \sim 20,000$ ppm を中心とする範囲に移行し、その後は主に同範囲を推移しながら漸減し、150日付近で $6,000 \sim 8,000$ ppm 程度となった。

実験4においては、バラつきが大きく信頼性がいまだ十分ではないものの、実験開始時の油分濃度 $19,000 \pm 2,000$ ppm は、138日付近で $6,700 \pm 4,600$ ppm となった。

実験3および4については、バックグラウンドが $3,500 \pm 800$ ppm であることを考慮すると、初期に投入されたC重油の油分は実験3、4とも最良推定値で数千ppm程度の値に至ったと推定される。これは、実験3では初期油分濃度の $1/5 \sim 1/10$ に、実験4では $1/3$ 程度にそれぞれ減少していると考えられる。

今回の実験(3)により、 $39,000$ ppm という高い油分濃度でも本技術が有効であり、昨年度までの実験(1および2)よりも速い分解速度を実現していることが判明した。

実験1 (36 m^3 パイルによる実験, 15年度)、実験2 (100 m^3 パイルによる実験, 16年度)、そして実験3 (100 m^3 パイルによる実験, 17年度)と、油分濃度の減少傾向は共通する結果が得られ、この微生物分解処理技術の再現性が確認された。産業廃棄物処理認可など、今後の実用化に不可欠な社会的合意形成の条件の一つがクリアされたと考えられる。

また、実験4 (100 m^3 パイルによる実験, 17年度)のバーク堆肥運搬による臨海部での実験ではバラつきが大きいものの、同様の傾向が得られた。分解処理する場所を変えてもこれまでの実験1~3と同様に、C重油の微生物分解処理が可能であることが確認され、「バーク堆肥のデリバリー方式」の実現への期待が高まった。

また、油分の定性分析により、分解過程の油分は投入したC重油そのもののピーク分布と比して、低分子側の成分を中心にピーク強度が減少していることが確認された。また、油分解後に特異的に残留する成分があることが確認されたが、他のバイオレメディエーションによる油分解実験にも見られるものであり特殊な現象とは考えられない。

Ⅲ 微生物分解処理サイト周辺環境への影響調査

杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術を実用化するにあたり、バーク堆肥を用いた処理サイト周辺への環境面での影響を調査した。具体的には、周辺の地面や水環境などへの油の飛散、土壌への残留の有無の確認を行った。

Ⅲ-1 サンプル採取と測定方法

現在、中心的に実験を行っている大分県竹田市のバーク堆肥工場敷地の土壌および、小川・流れ周辺の土壌につき、10箇所サンプルを採取した（写真Ⅲ-1. 1～2および写真Ⅲ-1. 1）。採取の対象は、地表より深さ5cm程度の土壌とした。実験開始前（油投入前）と、実験途中（131日経過時点）における油分濃度を、n-ヘキサン抽出重量法（ソックスレー抽出）にて測定した。

また、その更に周辺地域9箇所についても実験終了後（開始後167日経過時点）における油分濃度を同様の方法で測定した（写真Ⅲ-1. 3）。



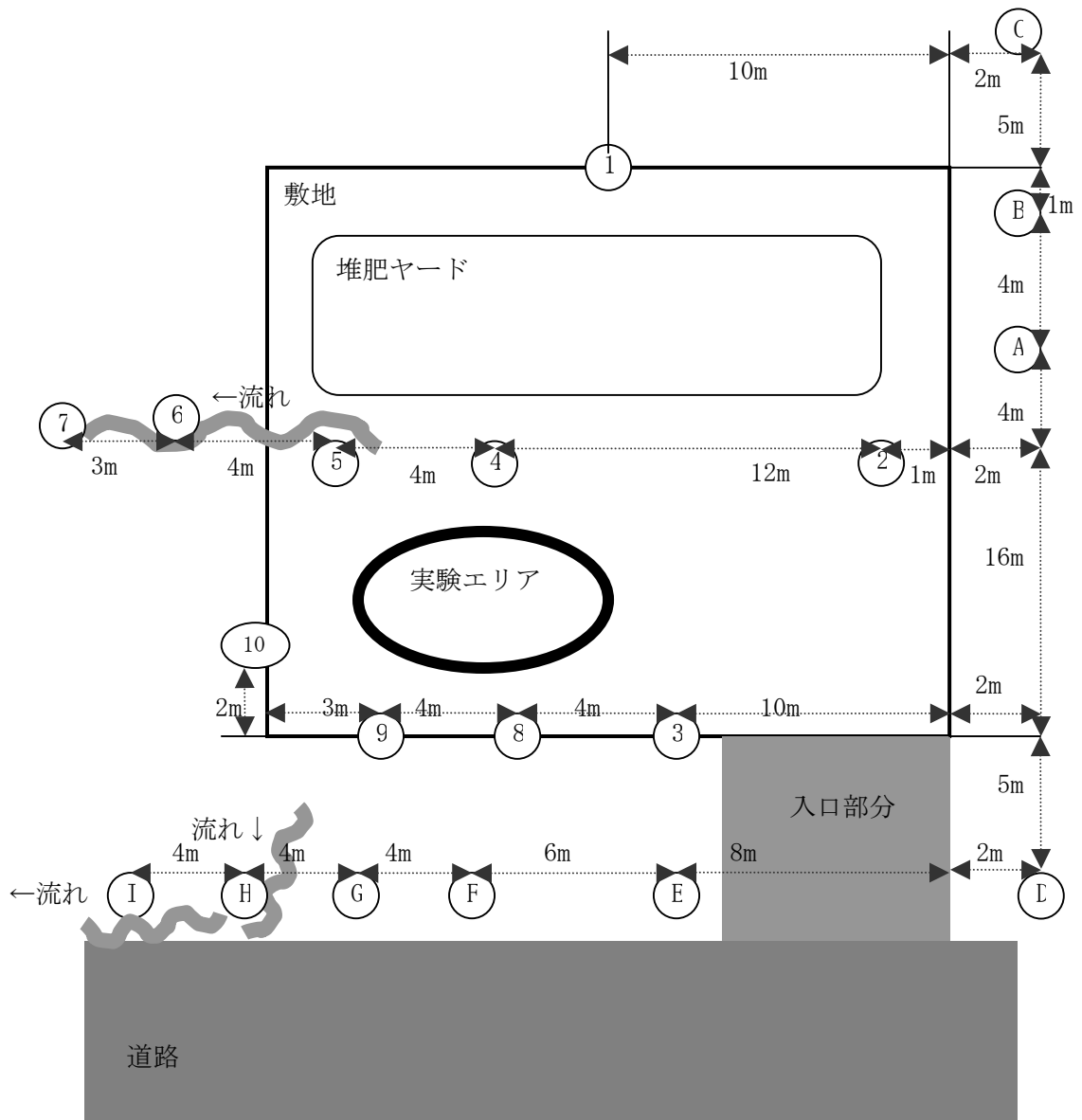
写真Ⅲ-1. 1 サンプル採取場所の例（敷地内 No. 1）



写真Ⅲ－1. 2 サンプル採取場所の例（敷地内 No. 6）



写真Ⅲ－1. 3 サンプル採取場所の例（周辺地域 C）



図III-1. 1 実験場周辺とサンプル採取場所のイメージ図
 (No. 1~10 : バーク堆肥工場敷地内、A~I : 周辺地域)

Ⅲ－２ 測定結果

各地点における油分濃度の測定結果を表Ⅲ－１．１に示す。パーク堆肥工場および周辺地域でそれぞれ一箇所の地点のみ、油分濃度の上昇が見られた。上昇が見られた地点（No. 3 および C）についてはパーク堆肥に近い性状の有機物を多く含む土壌である。パーク堆肥には油分を添加しなくても、430ppm 程度の n-ヘキサン抽出物がもともと含まれており（詳細はⅡ－１参照）、土壌中の成分が検出された可能性もある。いずれにせよ、土壌汚染対策法における今後の油分濃度基準になると目される 1,000ppm の半分以下の濃度に留まった。

また、パーク堆肥工場および周辺地域の双方に水たまりにおける油膜は全く確認されなかった（写真Ⅲ－１．４～５）。

表Ⅲ－１．１ 各地点における油分濃度

地点 No.	実験開始前	131 日後
1	100ppm 未満	100ppm 未満
2	100ppm 未満	100ppm 未満
3	100ppm 未満	200ppm
4	100ppm 未満	100ppm 未満
5	100ppm 未満	100ppm 未満
6	100ppm 未満	100ppm 未満
7	100ppm 未満	100ppm 未満
8	100ppm 未満	100ppm 未満
9	100ppm 未満	100ppm 未満
10	100ppm 未満	100ppm 未満

地点 No.	実験開始前	167 日後
A	100ppm 未満	100ppm 未満
B	100ppm 未満	100ppm 未満
C	100ppm 未満	400ppm
D	100ppm 未満	100ppm 未満
E	100ppm 未満	100ppm 未満
F	100ppm 未満	100ppm 未満
G	100ppm 未満	100ppm 未満
H	100ppm 未満	100ppm 未満
I	100ppm 未満	100ppm 未満

Ⅲ－２ まとめ

実験開始前に比して、油分が増加した地点はあったものの、安全な範囲内であり、本実験における周辺環境への油分を含む堆肥の飛散および、浸出液などの流出による油分汚染は観察または検出されなかった。ただし、これは一定の条件における実験結果であり、今後、安全性や周辺環境への影響については引き続き、注意深く検討を行っていきたい。



写真Ⅲ－1. 4 実験サイト周辺の水たまりの例（その1）



写真Ⅲ－1. 5 実験サイト周辺の水たまりの例（その2）

IV 実海域における油回収性能及び微生物分解処理技術の調査

本調査研究において、当初は実海域における油回収性能及び微生物分解処理技術の調査を行う予定にしていた。しかし、実験を行うに適する条件や規模の事故が発生しなかったため、本章では昨年度実験の概略を紹介すると共に、寄せられている杉樹皮製油吸着材の使用感アンケートを例示し、あわせて本年度に新たに開発を行った「河川用小型オイルフェンス」について述べる。

IV-1 木材運搬船転覆に伴う油流出事故での油回収性能及び微生物分解処理技術の調査

平成16年9月7日、カンボジア船籍の木材運搬船が広島県廿日市市木材港岸壁で沈没し、A重油とC重油が流出した。オイルフェンス型、万国旗形、マット型（45cm角）の杉樹皮製油吸着材を使用した（写真-IV. 1. 1）。吸着性については、オイルフェンス曳航で集められて厚い油膜の部分でその本領を発揮することが出来ており、みるみる黒々と油が吸着され、マットの厚みすべてに油が充たされていく様子が観察された。契約防災措置実施者の作業員からも「これは良く吸う」と賞賛の声が聞かれた。また、外包材、ロープ、縫製部分ともに全く問題が発生しなかった。特に、吸着マットは、カギ付きの棒でかなり手荒に扱われたにも関わらず、破れや穴開きが生じず、作業員などから高い評価を受けた。

この回収作業において使用された杉樹皮製油吸着材の合計枚数は、マット型：4,350枚、オイルフェンス型：490mであり、回収された一部が油分分解処理実験に供され、微生物分解技術により油分濃度が減少することが確認された。



写真-IV. 1. 1 沈没した木材運搬船と油回収作業の様子

IV-2 サンプル配布による使用感の調査

昨年度までに海上油防除関係者にサンプル配布された杉樹皮製油吸着材につき、使用感のアンケートが寄せられており、一部を紹介する（図-IV. 2. 1）。

また、使用の様子の写真についても提供があったので、写真-IV. 2. 1～3を紹介する。アンケートに記入されているとおり、いずれも「よく吸う」様子がうかがわれる。

以下につき、ご意見をお聞かせください。

- ① 使用日時 平成 18 年 月 日 時頃～ 時頃まで
② 使用場所 海洋 (河川) 地面 その他 ()
③ 杉の油取り使用量 合計 (マット型 450 枚、万国旗型 20 m)
④ 吸着性能 (よく吸う) まずまず あまり吸わない
⑤ 全体的な使用感 (使い易い) 他の吸着材と同じ程度 使いにくい

➤ それはどんな点ですか？

・大きさはコンパクトだが、型がしっかりしている(厚みがある)為、扱い易いと思います。

(油種) 軽油 (約 100L) エンジンオイル (約 20L)
➤ 比較対照した油吸着材の名称

- ⑥ 今後 (続けて) 使用したい 使用しない

⑦ その他ご意見又ご要望

・万国旗型も使用したか
マットの向きが広まると思います。

ご協力ありがとうございました。

図-IV. 2. 1 杉樹皮製油吸着材の使用感アンケート回答の例



写真-IV. 2. 1
杉樹皮製油吸着材の使用の様子



写真-IV. 2. 2
吸油後の杉樹皮製油吸着材



写真-IV. 2. 3 杉樹皮製油吸着材の使用の様子

IV-3 河川用小型吸着型オイルフェンスの試作・実験

杉樹皮製油吸着材には、基本型のマット型（45cm角）、万国旗型（マット型を連結したもの；45cm×10m）、オイルフェンス型（45cm×5m, 10m）があり、海上流出油回収など各種用途に使用されている。

一方、河川における油流出事故は、水路への農業機械の転落やガソリンスタンドからの油漏出など小規模のものが多くの件数発生しており、流れのある水面での使用に適する河川用の吸着型オイルフェンスについて開発を求める声が寄せられていた。

そこで、昨年度に比較的大型の河川用の杉樹皮製油吸着材（写真-IV. 3. 1）を開発し、実用化していたが、小型化を求める声があったため、メーカーと共同開発に着手した。試作品（写真-IV. 3. 2）は、平成17年10月18～19日に茨城県取手市の利根川で行われた関東地方水質汚濁対策連絡協議会の平成17年度水質事故対策訓練で展示され、好評を博した。現在は既に実用化され、製造・販売が行われている。



写真-IV. 3. 1 河川用杉樹皮製油吸着材（従来型）



写真-IV. 3. 2 試作中の河川用小型杉樹皮製油吸着材（新開発品）

V 油吸着材の環境負荷に関する考察

本調査研究において、当初予定していた実海域における油回収性能及び微生物分解処理技術の調査に変え、昨年度の調査研究の内容を基として、油吸着材を用いた油回収における環境負荷に関する考察を行い、この微生物分解による油処理方法の環境負荷について評価を行った。

杉樹皮製油吸着材は、いわば「ポリプロピレン製品など従来品と同等の性能、同等の価格で、環境負荷が低い」ことを特徴とする製品である。多くの油吸着材がある中での存在意義の最大のもの、環境性能であると言えることができる。事実、杉樹皮製油吸着材の開発を行うに際しては、天然原料（主に廃棄物）で生分解性を有し、熱処理工程を経ずに製造を行っており、製造・使用・処分時における環境負荷が小さいことがその特徴であると主張してきた。事実、杉樹皮製油吸着材では製造時のエネルギー消費が石油原料製品の1/3以下であることを昨年の調査研究で報告した。また、製品版である「杉の油取り」は製造原料の70%以上が木質系廃棄物であることが評価され、平成16年12月に「エコマーク」を取得している。

本章では、ライフサイクルアセスメント（LCA）の手法を用いてバイオマス原料（杉樹皮製）の油吸着材と、従来広く使われている石油原料製品について、原料調達、製品製造、使用后処理を通じたCO₂排出量の試算を行った。LCAとは、製品やサービスの生産・使用・廃棄にわたる環境影響を、製品生涯あるいはサービス全体について評価する手法である。なお、環境負荷試算の結果は根拠となるデータや計算方法が仮定に基づくものや十分な議論がされていないものが多いため、必要な説明を認識せず結果のみを解釈することは避けるべきであることをご留意いただきたい。

V-1 評価の方法

1 目的

杉樹皮製油吸着材（生分解性のバイオマス原料製品）と、従来広く使われるポリプロピレン製油吸着材（石油原料製品）の両者につき、製造、使用、処理段階までをLCAの手法で定量化し、原材料の違い、処理方法の違いによる環境負荷を明らかにする。

2 評価手法

(1)境界の設定

システムの機能範囲は、「海上に流出したC重油1tを吸着マットで回収し、処理サイトに運搬し、処理するまで」とする（図-V. 1. 1）。

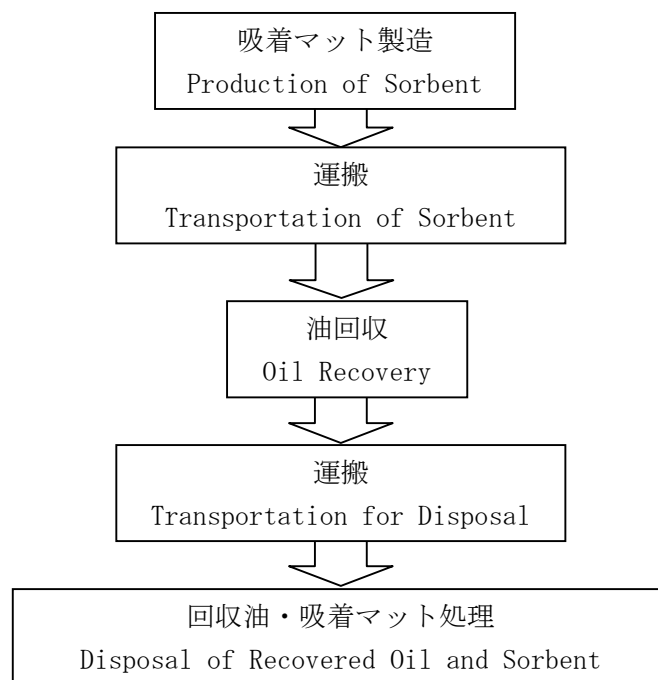


図-V. 1. 1 システムの機能範囲

(2) 環境負荷項目

CO₂ 排出量とする。ただし、微生物分解によって生ずる CH₄ は温暖化係数 (21) を乗じて CO₂ 相当として算入する。

(3) 積算基準と使用するデータベース

積み上げ方式とし、企業からの情報提供などにより積算し、重油や軽油など一般的工業製品については産業連関表³⁾や(社)産業環境管理協会などのデータベースを利用する。

(4) 評価対象システム

シナリオ A~C では杉樹皮製油吸着材を使用し、それぞれバーク堆肥を用いた微生物分解処理 (嫌気)、同 (好気)、焼却処理とする。シナリオ D としてポリプロピレン (PP) 製油吸着材を焼却処理する合計 4 種類 (表-V. 1. 1) とする。各プロセスの運用段階を対象とし、処理施設の建設、運搬車両、作業船などの製造段階は対象外とする。これは油吸着材の市場がさほど大きくないため、特に杉樹皮製については製造~処理を通じて専用施設・設備を持つ場合がほとんどなく、別用途の施設・設備を必要時のみ借り受けて使用していることが理由である。ポリプロピレン製の製造時についてはこの限りではないが、同条件とするため今回は対象外としている。

表-V. 1. 1 本LCAの各シナリオ

シナリオ \ 工程	製造 (原料)	処理
シナリオ A	Sugi Bark 杉樹皮	Biodegradation (Anaerobic) 微生物分解 (嫌気性)
シナリオ B	Sugi Bark 杉樹皮	Biodegradation, Aerobic 微生物分解 (好気性)
シナリオ C	Sugi Bark 杉樹皮	Incineration 焼却
シナリオ D	Polypropylene (PP) ポリプロピレン	Incineration 焼却

(5) 回収物の組成に関する条件と仮定

油吸着材の性能指標である油吸着率は良好な一定条件下で測定されるが、実際の現場においては浸漬時間、波や風、オペレータの熟練度などの制約により吸油量は公称値を通常下回る。また、油と共に海水やゴミも回収され、I章で紹介したようにナホトカ号事故における回収物に含まれる油分は「10%以下の数%」だったという報告もある。そこで、実際の油濁事故（ブルーオーシャン号、2004年）において筆者が実測した回収物における油分、海水、吸着材自重の組成をパターン1とし、脱水処理等を行ってパターン1の海水量が半分に減少したとの想定をパターン2、また、国土交通省基準値（自重の6倍吸油）どおりに吸油が可能でかつ海水を全く吸着しない理想的な場合をパターン3として計算することとする（表-V. 1. 2）。本LCAの機能範囲に設定した「油 1t の回収」に換算した場合を表-V. 1. 3に示す。

表-V. 1. 2 油濁事故回収物の組成（重量比）

	Oil 油分	Sea Water 海水	Sorbent 油吸着材
Pattern 1	17%	70%	13%
Pattern 2	26%	54%	20%
Pattern 3	86%	0%	14%

表-V. 1. 3 油濁事故回収物の組成 (kg, 油量を 1t とした場合)

	Oil 油分	Sea Water 海水	Sorbent 油吸着材	Total 合計
Pattern 1	1,000	4,118	765	5,882
Pattern 2	1,000	2,077	769	3,846
Pattern 3	1,000	0	167	1,167

(6) 製造時における条件と仮定

杉樹皮製は、原料は重量組成比で杉樹皮 73%、綿 17%、パーライト（黒曜石発泡体）10% 程度である。工程は、製材所にて原木から剥皮されて粗粉碎された状態で納入される杉樹皮（廃棄物）を、選別後に風乾して含水率を下げた後、パーライトと混合し、綿不織布の外袋に充填し、ミシンにて縫製するものである。杉樹皮は廃棄物であるため原料調達については計上せず、綿とパーライトの原料調達、原料輸送（トラック）、製造ラインのエネルギー（電力）、製品輸送（トラック）の積み上げ方式により算出する。

ポリプロピレン製については、CO₂ 排出量データが得られず、マテリアルエネルギーとプロセスエネルギーのデータがメーカーからのヒアリングにより入手できたため、これを全て A 重油で賄ったと仮定し、CO₂ 排出量データとする。

(7) 運搬時における条件と仮定

製造現場から作業場所までの製品運搬および作業場所から処理場所への回収物運搬は 500km のトラック輸送とし、燃料のみを計上する。

(8) 回収時における条件と仮定

回収作業においては作業船の燃料（作業時間 5 時間と仮定）のみを計上する。

(9) 処理時における条件と仮定

処理過程については、業者へのヒアリング結果から焼却処理の際に重量換算で回収物の 25% の A 重油を助燃剤として使用するものとする（パターン 1 の場合）。また、パターン 2 では海水量が減少していることから助燃剤をパターン 1 の半分にあたる回収物の 12.5% の使用とし、パターン 3 では助燃剤を使用しないものとする。

微生物分解については既存の堆肥化工程がそのまま利用できかつ生成物がすべて堆肥として利用できると仮定し、バーク堆肥生成の負荷は算入しないものとする。

また、焼却において回収油はすべて水と CO₂ に分解されるものとする。微生物分解においては一般的堆肥化の際の発生率をもとに回収油からの CH₄ 発生量を算出し、温暖化係数を乗じ CO₂ 相当にして計上する。なお、カーボンニュートラルの考え方から、焼却・微生物活動を問わず、バイオマス由来の CO₂ については CO₂ 排出量に算入しないこととする。

V-2 結果および考察

1 製造・使用・運搬・処理段階の比較

製造時のCO₂排出原単位は杉樹皮製が0.47kg-CO₂、ポリプロピレン製が2.11 kg-CO₂となった。なお、ポリプロピレン製は産業連関表（合成繊維の分類、2000 円/kg と仮定）から求めると5.16 kg-CO₂であり、もう少し多い可能性もある。

パターン1における各段階のCO₂排出量を表-V. 2. 1および図-V. 2. 1に示す。製造・使用・運搬段階に比し、処理段階の割合が大部分を占めることがわかる。

杉樹皮製（シナリオA~C）に比し、ポリプロピレン製（シナリオD）は製造段階でのCO₂排出量が4倍以上となっているが、排出量全体から考えるとその差はさほど大きくはない。運搬段階の全体に占める量は少なく、今回の仮定である距離500kmを例えば1,000~2,000kmに変更しても、CO₂排出総量に大きく影響しないことがわかる。

ただし、製造段階において杉樹皮製は手作業の工程が多い。マンパワーにおけるCO₂排出をどのように評価するかについて工業分野では無視されることが多いが、例えば農業などマンパワーが多くを占める分野もあるため、現在のLCAでは少なくとも以下の3種の方法がある。

- ① 生活エネルギー支出としてまかなわれるとしてゼロ評価
- ② 生物人間の食料摂取エネルギー標準値（0.073TOE/人・年）
- ③ 全生活エネルギー消費/人（世界平均：1TOE/人・年）

今回得た0.47kg-CO₂の値は①によりマンパワー分を算入してない場合の数値である。試みに②および③のエネルギーがすべてA重油でまかなわれたとして計上した場合、製造時におけるCO₂排出原単位は、それぞれ②の場合で0.56 kg-CO₂、③の場合で1.96 kg-CO₂となる。③は杉樹皮製油吸着材の製造スタッフが生活すべてで排出するCO₂を全量含めた数値であるが、未だポリプロピレン製のそれ（2.11 kg-CO₂）よりは低い数値である。なお、実際には完全な世界的エネルギー市場が成立していないので、マンパワーをどう評価するかの判定は先送りされている。

2 処理段階におけるシナリオ間の比較

同じ杉樹皮製（シナリオA~C）の比較において、微生物分解（シナリオA,B）が焼却処理（シナリオC）に比して処理段階でのCO₂排出量が少ないことがわかる。また、好気処理（シナリオB）ではCH₄発生量が少ないため、嫌気処理（シナリオA）よりも温暖化への寄与は小さい。ただし、これは発生するCH₄を大気中に排出する場合であり、回収して燃料などに利用すれば嫌気処理は好気処理よりもCO₂排出量が少なく温暖化への寄与は小さくなる。

一方、同じ焼却処理での比較では、杉樹皮製（シナリオC）はポリプロピレン製（シナリオD）に比してCO₂排出量は少ない。これは両者の炭素の比率の違いに由来する。

表-V. 2. 1 パターン1 (実際の事故を想定して油量 1t を回収した場合)
 における油吸着材製造～処理までの CO₂ 排出量 (kg)

Pattern 1	Production of Sorbent 製造	Transportation of Sorbent 輸送	Oil Recovery 使用	Transportation for Disposal 輸送	Disposal 処理	Total 合計
Scenario A Sugi-Bio. 杉-微生物(嫌気)	361	67	141	486	4,660	5,716
Scenario B Sugi-Bio.-Aero. 杉-微生物(好気)	361	67	141	486	3,400	4,455
Scenario C Sugi-Inci. 杉-焼却	361	67	141	486	7,897	8,953
Scenario D PP-Inci. PP-焼却	1,614	67	141	486	10,421	12,730

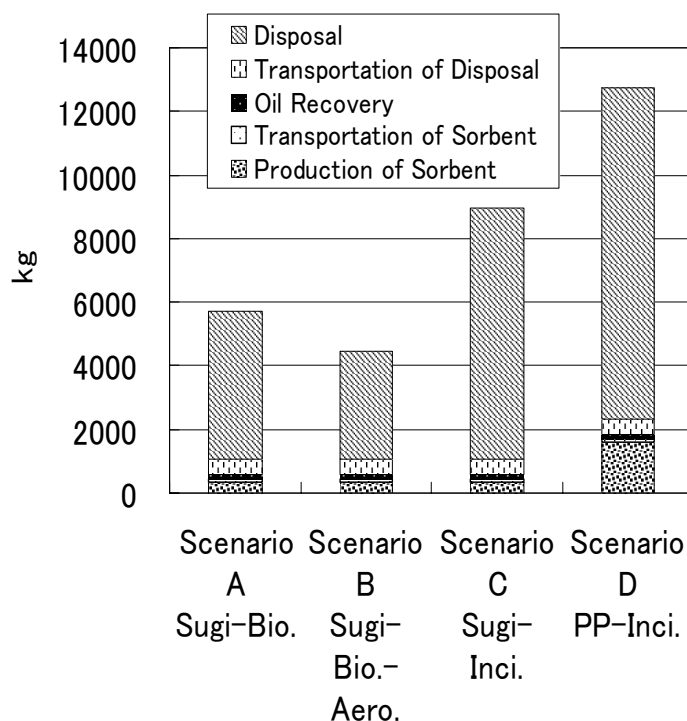


図-V. 2. 1 油吸着材製造～処理までの CO₂ 排出量 (パターン1)

3 回収物組成（パターン）の違いによる比較

パターン2および3のCO₂排出量をそれぞれ表-V. 2. 2および表-V. 2. 3に、パターン1~3の排出量比較を図-V. 2. 2に示す。パターン2即ち回収物の水切りを行って添加燃料を減じた場合には焼却処理のCO₂排出量が減少することがわかる。また、パターン3の理想的な回収においてはシナリオ間で大きな差異が見られない。これは、実際の油濁事故で油とともに回収される海水が焼却処理の際のCO₂排出の大きな要因であり、また、回収海水が多く油分の割合が低くなるほど微生物分解処理が有利となることを示している。

杉樹皮製とポリプロピレン製で最も大きなCO₂排出量の差が出るのは、事故回収物の実測データを基にしたパターン1の組成の場合であり、「杉樹皮製-好気微生物処理（シナリオB）」と「ポリプロピレン製-焼却処理（シナリオD）」ではCO₂排出量の比は約1:3になる。また、現状の「ポリプロピレン製-焼却処理（シナリオD）」を「杉樹皮製-好気微生物処理（シナリオB）」に置き換えた場合、表-V. 2. 1からC重油1t回収あたりのCO₂排出は12,730kgから4,455kgになるため、約8,300kg（8.3t）のCO₂排出削減となる。

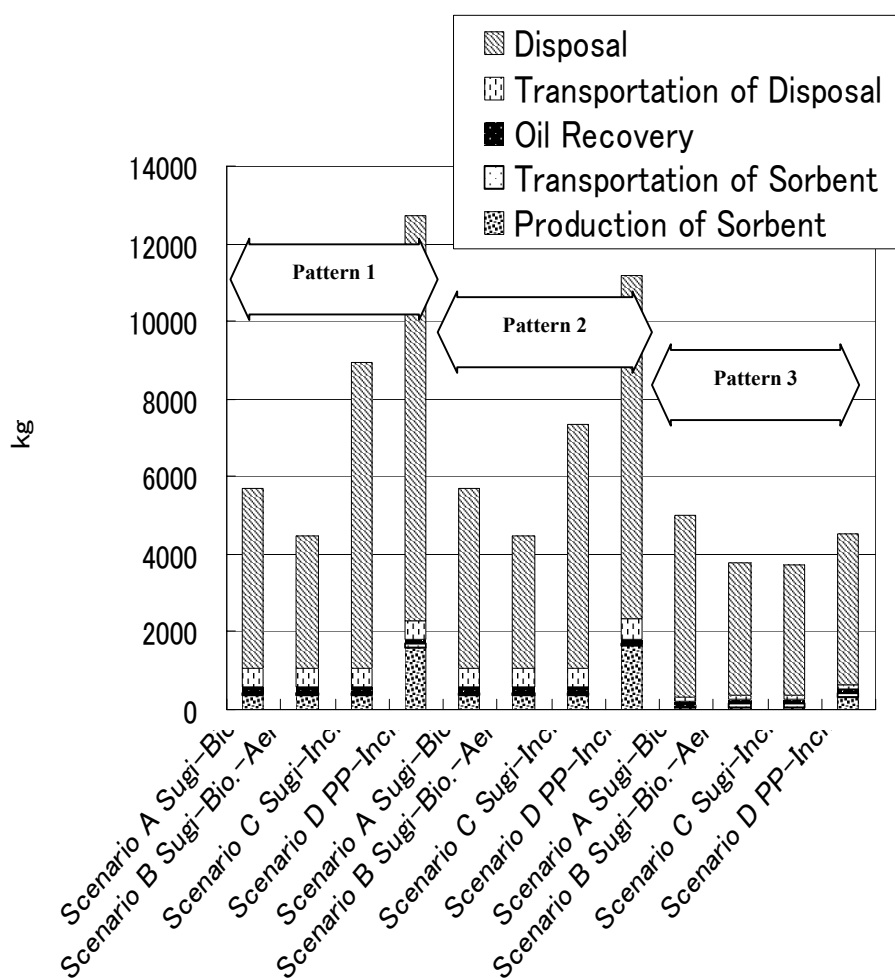


図-V. 2. 2 各パターンによるCO₂排出量の比較

表－V. 2. 2 油吸着材製造～処理までのCO₂ 排出量 (パターン2)

Pattern 2	Production of Sorbent 製造	Transportation of Sorbent 輸送	Oil Recovery 使用	Transportation for Disposal 輸送	Disposal 処理	Total 合計
Scenario A Sugi-Bio. 杉-微生物(嫌気)	363	68	141	486	4,660	5,719
Scenario B Sugi-Bio.-Aero. 杉-微生物(好気)	363	68	141	486	3,400	4,458
Scenario C Sugi-Inci. 杉-焼却	363	68	141	486	6,314	7,372
Scenario D PP-Inci. PP-焼却	1,624	68	141	486	8,852	11,171

表－V. 2. 3 油吸着材製造～処理までのCO₂ 排出量 (パターン3)

Pattern 3	Production of Sorbent 製造	Transportation of Sorbent 輸送	Oil Recovery 使用	Transportation for Disposal 輸送	Disposal 処理	Total 合計
Scenario A Sugi-Bio. 杉-微生物(嫌気)	77	14	141	96	4,660	4,989
Scenario B Sugi-Bio.-Aero. 杉-微生物(好気)	77	68	141	96	3,400	3,782
Scenario C Sugi-Inci. 杉-焼却	77	68	141	96	3,322	3,704
Scenario D PP-Inci. PP-焼却	344	68	141	96	3,859	4,508

V-3 まとめ

本章にて以下のことが明らかになった。

- ・ 油吸着材の L C A において CO₂ 排出の最大要因は処理段階にある。
- ・ 同じ杉樹皮製油吸着材の比較では、焼却処理より微生物分解処理の方が CO₂ 排出量は少ない。
- ・ 回収物における油分の割合が低いほど微生物分解処理が CO₂ 排出の面で有利になる。
- ・ 杉樹皮製油吸着材とポリプロピレン製油吸着材の CO₂ 排出量の比は最大約 1:3 になり、後者を前者に置き換えた場合、C 重油 1t 回収あたり最大で約 8.3t の CO₂ 排出削減となることが期待できる。

これにより、CO₂ 排出量での比較においては杉樹皮製油吸着材のポリプロピレン製油吸着材に対する優位性が、一定条件化において定量化された。

一方、環境負荷においては他にも考慮すべき点がある。例えば、流出油の中に重金属類を含有している場合があり、食品ゴミ処理における重金属の健康影響の比較においては、焼却等による大気への重金属排出の影響は、コンポストの農地還元による土壌への重金属類排出に比べて軽微であるとの報告がある。すなわち、堆肥や土壌改良剤として農業土壌に排出された重金属は、野菜など食用植物を介して人に摂取される恐れがある。こうしたことを配慮し、本技術により生じた分解生成物（堆肥）は農業用ではなく、園芸用や緑化用に限定するなどある程度の制限を設けることを考慮しなければならない。また、園芸用や緑化用として利用する場合においても、同一エリアでの繰り返し使用には成分濃縮を考慮して慎重になるべきであると考えられる。

現在、CO₂ 排出が問題となっているのは主に、地球温暖化の観点からである。CO₂ は温室効果ガスであることにより、大気中にあればあるほど地球は温暖化する。CO₂ は生物の生存の根幹に関わる物質であり、呼吸に伴い生命体から普く排出される。また、古来より人間の社会活動に欠かせない「燃焼」に伴って必ず排出される。一方、例えば光合成により樹木に固定化された CO₂ は永久に固定化されるわけではなく、木材としての利用や、自然枯死や落葉などにより一旦、CO₂ になる。それは再び他の樹木の光合成により吸収され、固定化される。

いわば、樹木一本は炭素の一時貯蔵庫と言えるが、保全された森林全体で考えると一定量の炭素が貯蔵され続けることになる。すなわち、森林をはじめとする炭素の貯蔵庫をたくさん設けることが温暖化の抑制に貢献することになる。

同様に、例えば木造家屋においては材木の形で数十年、炭素は固定される。解体され、焼却されれば CO₂ に戻るため、一軒の木造家屋は炭素の一時貯蔵庫である。しかし、別の木

造家屋では未だ炭素は固定されているので、木造家屋の住宅地全体で考えれば森林同様の炭素貯蔵庫であると言える。つまり、材木としての利用では、森林と違って自らCO₂を吸収することは無いものの、地球温暖化の抑制に貢献することに間違いない。

この考え方は、油吸着材にも当てはまる。油濁事故対策の資機材である油吸着材は、防災用品という性質上、長期にわたって備蓄されることが多い製品である。全国の排出油防除資機材保有量の資料によれば、全国に合計1,018tの油吸着材が備蓄されている。量として多大なものではないが、これを杉樹皮製などバイオマス製品に置き換えることは、炭素の固定すなわち地球温暖化抑制の面からも望ましいと言える。

VI 研究成果の普及

VI-1 エコプロダクツ 2005 での展示発表

日 時：平成17年12月16日（金）～12月18日（日）

場 所：東京ビッグサイト（東京都江東区）

URL：<http://www.nikkei.co.jp/events/eco/>

概 要：

エコプロダクツ展は、日本経済新聞社主催で例年12月に開催される国内最大の環境分野の展示会。来場者は全日とも昨年を上回り、総計14万人とのことである（昨年は12.5万人）。金曜は一昨年までビジネス関係者が多かったが、一昨年からの特徴として小～高校生の課外学習或いは修学旅行が目立つようになり、今年もその傾向が強まっていた。一方、土曜日は例年どおり、ビジネス関係と一般来場者（学生含む）が半々といった感触であった。

大手の家電メーカー、自動車メーカーをはじめ、国内の大企業はほとんど出展しているようなラインアップである。大企業の多くは自社製品の個別PRというよりは企業イメージアップを狙ったブースであり、中小企業は比較的、個別製品の宣伝の場と捉えたブースが多かった。また、自治体のブースも多く見られた。

昨年に引き続き、今回も「杉の油取り（杉樹皮製油吸着材）」の紹介ブースを設けた。産科センター（研究開発者）、ぶんご有機肥料㈱（メーカー）、入交産業㈱（商社）の三社共同の出展である。

展示物は、研究成果紹介パネル（他の展示会でも使用する一般的なもの）、53cm角の写真3点（事故での油回収の様子、油分解実験、製造現場）、製品サンプル（マット45cm角、配布用ミニチュア15cm角）、DVD（エンドレス）、原料の杉樹皮、分解後の堆肥、堆肥で生育した花などである。

300～500部の技術資料・小型サンプルをほぼすべて配布し、関心のある来訪者については個別に技術の説明を行った。企業のグリーン調達担当者や関連商社も来場しており、製品購入や商材としての取扱いなど具体的な話も持ちかけられ、研究成果の広範な普及にとって有意義であったと考えられる。

昨年9月のブルーオーシャン号油濁事故での実績や、同11月のエコマーク取得などの話題は、来場者の関心をひいた。例年同様に好感度は高く、この種の製品の普及を図ってほしいとの声が聞かれた。また、すでに「杉の油取り」の存在を知っていて「あ～これですか」「実物をはじめて見た」と言う来場者もあったが、これは昨年度までにはあまりなかったことであり、製品の知名度が上がりつつあるのを感じた。

一方、家庭用品への展開について質問が寄せられ、食用油処理のニーズがあることを示している。

「環境」をうたった展示会であり来場者の環境意識が高く、他の技術展示会とは一線を

画しており、ブース来訪者へのインパクトはあったと思われる。また、今回で5回目となる共同出展の効果で、メーカーや商社の担当者の本製品に対する理解は格段に深まった。一方、一般来場者の割合が高くなっていることから、本イベントへの出展の是非につき共同出展者に問うてみたが、大企業ブースと同様、一般来場者への宣伝という効果だけでも意義は十分にある、との意見であり、継続出展を望むということであった。

来年度の同展示会を含め、今後も積極的に展示会参加を行っていきたいと考える。



写真-VI. 1. 1 ブースの様子 (1)



写真-VI. 1. 2 ブースの様子 (2)



写真－Ⅵ. 1. 3 会場の様子 (1)



写真－Ⅵ. 1. 4 会場の様子 (2)

VI-2 その他の展示・出品など

1 関東地方水質汚濁対策連絡協議会 平成17年度水質事故対策訓練での展示

日 時：平成17年10月18日（火）～19日（水）

場 所：茨城県取手市（利根川）

概 要：

関東地方水質汚濁対策協議会は国土交通省関東地方整備局が中心となり、各河川における水質汚濁に対処する組織であり、地方整備局のほか毎年1都7県4政令都市と、(独)水資源機構から構成されている。同協議会では毎年水質事故対策訓練を行い、講習会と実地訓練が実施され、全関東エリアから関係者が参集する。今回は利根川下流域（茨城県取手市）で開催された。なお、各地方整備局の中でも関東では全エリア合同の大規模訓練が行われるがこれは特異な例で、九州など他地域では流域ごとに協議会が設けられ、それぞれが小規模な訓練を行っているとのことである。

初日の講習会では、「水質事故対策（オイルフェンスによる油対策）」の講義の中で、油回収資機材の実例として(独)海上災害防止センター・小倉防災訓練所長より杉樹皮製油吸着材の紹介があり、その後、杉樹皮製油吸着材および微生物分解技術の成果紹介を行うとともに、製品サンプルと資料を配布した。会場からは形状やコストに関する質問が寄せられた。二日目の実地訓練では展示ブースに杉樹皮製油吸着材コーナーを設け、新しく試作した河川用小型オイルフェンスおよび吸着マットのサンプル、資料を展示し、研究成果の紹介を行った。来場者は百～百数十名程度であった。

2 ニューアース2005（環境展示会）での展示

日 時：平成17年10月26日（水）～29日（土）

場 所：大阪府大阪市（インテックス大阪）

概 要：

大阪市で開催された、国際環境総合フェア「ニューアース2005」にて大分県ブースの中に「杉樹皮製油吸着材」の研究成果展示を行った。

3 筑後川水質汚濁対策連絡協議会 平成17年度水質事故対策訓練での展示

日 時：平成17年11月9日（水）

場 所：大分県日田市（筑後川）

概 要：

同協議会構成機関を構成する国交省・自治体・水資源機構等の関係者約80名が参加する訓練に出展し、研究成果の紹介を行った。

4 ハイウェイテクノフェア 2005～高速道路の保全を支える最先端技術展～

日 時：平成17年11月17日（木）～18日（金）

場 所：東京ビッグサイト（東京都江東区）

URL：<http://www.extec.or.jp/>

概 要：

高速道路の油流出災害対策品として、杉樹皮製油吸着材のパネルおよびサンプルが出展され、来場者に紹介された。

5 木曾川水系水質汚濁対策連絡協議会 平成17年度水質事故対策訓練での展示

日 時：平成18年2月28日（火）

場 所：岐阜県羽島市（長良川）

概 要：

同協議会構成機関を構成する国交省・自治体・水資源機構等の関係者約130名が参加する訓練に出展し、研究成果の紹介を行った。

VI-3 普及啓発、研究発表など

1 (独)海上災害防止センター研究成果報告会

「油及びHNS流出事故対応のための防除技術の研究開発」での発表

日時および場所：

- ① 平成17年9月30日（金） 兵庫県神戸市（神戸国際会館）
- ② 平成17年10月28日（金） 愛知県名古屋市（名古屋港湾会館）
- ③ 平成17年11月2日（水） 東京都港区（日本財団ビル）

概要：

(独)海上災害防止センターの研究成果につき、「流出油対策総合マニュアル」「油処理剤の効果的な散布方法 船舶および航空機」「HNS流出事故への対応」の講演とともに、「杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術の実用化」と題して講演会形式で発表を行った。神戸、名古屋、東京の3箇所ですべて同じ内容の研究成果報告会を順次行ったものである。来場者は約130名（神戸）、120名（名古屋）、230名（東京）で、国（地方整備局など）、自治体の防災担当者・産廃担当者、港湾業者、海上防災事業者が主であった。杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術について、会場での主な質疑応答や意見は以下のとおりであった。

質問 堆肥の切り返し作業を入れても処理コストはより安価なのか？

回答 きちんと計算する必要があるが、感覚としては安いだろう。

質問 回収物に含まれる海水由来の塩分は堆肥化および植物生育に影響しないか？

回答 堆肥化には全く問題ない。植物生育も計算上、問題になるほどの量でない。

質問 サンプルを見て嵩高に見えるが、普通に比べて嵩は？

回答 嵩はポリ製に比べ多少大きめ。薄く出来ないのは杉樹皮製の弱点。一方、厚いので油が多い事故では少ない手間で回収可能であり、昨年のブルーオーシャン号事故でも作業員の評判が良かった。

質問 この製品は日本中を席卷しても良さそうなものであるが、あまり普及していないように感じるのはなぜかと思う。サンプルを見る限り、同重量に対して嵩張るような気がするが。

回答 嵩はポリ製に比べ多少大きめ。薄く出来ないのは杉樹皮製の弱点。一方、厚いので油が多い事故では少ない手間で回収可能であり、昨年のブルーオーシャン号事故でも作業員の評判が良かった。

意見 杉樹皮製油吸着材が競合品よりも環境面で優れているのは明確である。普及のためには、まず海外に宣伝して評価を得てから国内に普及させる「外圧利用」の方

法が日本の各業種で行われるが、それに習ってはどうか。

意見 かさ張るように見えるのが欠点。構造上、改善は無理にしてもうまく宣伝する必要があるのではないか。

意見 販売体制を考えると売れると思う。

以上の意見等を今後の技術開発等に反映させていきたい。

2 日本船舶海洋工学会での発表

「油吸着材のライフサイクルアセスメント」

日 時：平成17年11月25日（金）

場 所：福岡市東区（リーセントホテル）

概 要：

日本船舶海洋工学会は平成17年前半まで日本造船学会という名称であり、造船、海洋、環境分野を対象とする学会である。杉樹皮製油吸着材関連の研究開発に関連し、その環境負荷を従来品（ポリプロピレン製油吸着材）と比較する内容につき、研究発表を行った。（内容はIV章に記述するものに相当）

会場において製造時の条件の違いによるCO₂発生量の違いや、好気発酵と嫌気発酵の比較で発生するメタンを活用する場合のデータ、に関して質疑応答があった。

また、アドリア海などで油濁対策は大きな問題になっており、CO₂排出に敏感なヨーロッパでは歓迎されると思われるので技術を輸出するとよいという提言、微生物分解に対する海水由来塩分の影響について精査する必要があるなどの意見などが寄せられた。

3 (財)漁場油濁被害救済基金 油汚染防除指導者養成講習会

「杉樹皮製油吸着材の開発について」

日 時：平成18年2月20日（月）

場 所：東京都港区（日本財団ビル）

4 日本船舶海洋工学会への論文投稿

「杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術に関する研究」

掲載日：平成18年2月

掲載誌：日本船舶海洋工学会論文集第2号

VII まとめ

本調査研究により得られた知見は以下のとおりである。

- ・ 杉樹皮製油吸着材に吸着させたC重油は、100m³バーク堆肥微生物パイルにおける分解処理により、開始直後の油分濃度 39,000±4,300ppm は約 50 日後に 10,000～20,000ppm の範囲に、約 150 日後で 6,000～8,000ppm 程度となり、当初の 1/5～1/10 まで低下することが判明し、39,000ppm という高い油分濃度でも本技術が有効であり、昨年度までの実験よりも速い分解速度を実現していることが判明した。
- ・ 36 m³パイルによる実験（15年度）、100m³パイルによる実験（16年度）との比較においては、油分濃度の減少傾向は共通する結果が得られ、この微生物分解処理技術の再現性が確認された。また、バーク堆肥工場及び周辺地域の双方において水たまりにおける油膜も確認されず、油分濃度測定結果でも目安とされる 1,000ppm を下回った。産業廃棄物処理認可など、今後の実用化に不可欠な社会的合意形成の条件の一つがクリアされたと考えられる。
- ・ バーク堆肥運搬による臨海部での実験ではバラつきが大きいものの、同様の傾向が得られ、分解処理する場所を変えてもこれまでの実験同様、C重油の微生物分解処理が可能であることが確認され、「バーク堆肥のデリバリー方式」の実現への期待が高まった。
- ・ 油分の定性分析により、分解過程の油分は投入したC重油そのもののピーク分布と比して、低分子側の成分を中心にピーク強度が減少していることが確認された。
- ・ 杉樹皮製油吸着材はポリプロピレン製油吸着材に比べて製品生涯における CO₂ 排出量は最大で約 1/3 であり、ポリプロピレン製を杉樹皮製に置き換えた場合、C重油 1t 回収あたり最大で約 8.3t の CO₂ 排出削減となることが判明した。

必要な課題がいくつかあげられるものの、微生物分解処理技術は実用化すると、製造、使用、処分時における熱処理が原則として不要な環境負荷の低い油回収・処理システムと成り得ることが明らかになってきた。「杉樹皮」という生分解性材料から成る環境負荷の低い油吸着材のさらなる研究開発を進め、微生物分解処理技術の実用化を目指す。

- 1) 「杉樹皮製油吸着材の有効利用及び微生物分解処理技術に関する調査研究報告書Ⅰ、Ⅱ」
((独)海上災害防止センター) (2004, 2005)
- 2) 「杉樹皮製油吸着材(杉の油取り)に関する調査研究」(海上災害防止センター)、自己攪拌型
油分散剤の効果的な使用方法及び散布装置に関する調査研究報告書Ⅲ (2003)
- 3) 「Development and Water Tank Tests of SBS (Sugi Bark Sorbent)」(Masaki Saito, Suguru
Ogura et. al.)、IMO 3rd R&D Forum on High-density Oil Spill Response (2002)
- 4) 「杉樹皮製油吸着材の開発と海洋流出油回収への適用(第1報)」(大分県産業科学技術セン
ター 齊藤雅樹 他)、日本造船学会論文集第190号 (2001)
- 5) 「2003 地球環境保護 土壌・地下水浄化技術展パンフレット」((社)土壌環境センター) (2003)
- 6) 「新規綿糸の製造原単位」(経済産業省製造産業局繊維課、産業情報研究センター資料) (2003)
- 7) 「LCA実務入門」((社)産業環境管理協会) (1998)
- 8) 「吸油性材料の開発」(株シーエムシー) (1991)
- 9) 「RESPONSE TO MARINE OIL SPILLS」(THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION
LTD) (1986)
- 10) 「海上防災ハンドブック」(海上災害防止センター 他) (1996)
- 11) 「素材供給量統計」(農林水産省統計情報部) (2005)

- 12) 「家畜ふん尿堆肥の生産・流通利用の現状と問題点」(羽賀清典 他, 平成 11 年度畜産環境保全に関する技術研修会・シンポジウム講演集) (1999)
- 13) 「製材業者・木材加工業者の設置する廃棄物焼却施設実態調査結果」(大分県生活環境部) (1998)
- 14) 「ナホトカ号の事故に関する調査研究報告書」(内藤林 他、ナホトカ号の事故に関する調査研究会) (1998)
- 15) 「産業連関表による環境負荷原単位データブックーLCA のインベントリデータとしてー」(南齋規介 他、(独)国立環境研究所 他) (2002)
- 16) 「Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, バイオマス燃料の CO₂ 排出等に関する LCA 評価について」(総合資源エネルギー調査会石油分科会石油部会燃料政策小委員会, 同委員会第 9 回資料) (2003)
- 17) 「エネルギー資源としてのバイオマス評価の視点」(佐野寛, バイオマスハンドブック) (2002)
- 18) 「食品残渣の循環処理過程におけるライフサイクルアセスメント」(平井康弘 他, 農林水産業にかかる LCA 応用施策の検討調査委託事業報告書(平成 12 年度), 農林水産省大臣官房) (2001)
- 19) 「ナホトカ号海難・流出油事故の概要と今後の課題」(海上保安庁, 石油連盟 油流出に関する国際シンポジウム) (1997)

参 考 資 料

杉樹皮製油吸着剤に関するこれまでの主な成果

杉樹皮製油吸着材に関するこれまでの主な成果

1. 実用化関連

年月日	内容	備考
H12. 12. 11	ぶんご有機肥料(株)に特許実施許諾“杉の油取り”製造開始	
H14. 9. 10	国土交通省型式承認P-577取得	
H16. 12	エコマーク取得 (No. 04 115 009、類型番号115)	

2. 研究発表 (学会など)

年月日	発表会・雑誌名	場所	発表題名
H11. 3. 10	1999 International Oil Spill Conference	米国・シアトル市	Temporary Response System for Viscous Oil by Fishery Technique
H12. 1. 21	第15回海洋工学シンポジウム	東京都	杉樹皮製油吸着材の開発と海洋流出油回収への適用
H12. 11. 9	テクノオーシャン2000国際シンポジウム	神戸市	Development of SBS (Sugi Bark Sorbent) for Marine Oil Spill Response
H13. 1. 1	海上防災 No. 108	(投稿)	スギ樹皮製油吸着材(SBS)の開発と実用化
H13. 3. 28	2001 International Oil Spill Conference	米国・タンパ市	Development and Water Tank Tests of SBS (Sugi Bark Sorbent)
H13. 11. 15	日本造船学会 平成13年秋季講演会	東京都	杉樹皮製油吸着材の開発と海洋流出油回収への適用
H13. 11	日本造船学会 論文集第190号	(投稿)	杉樹皮製油吸着材の開発と海洋流出油回収への適用
H14. 3. 12	IMO 3rd R&D Forum High-density Oil Spill Response	フランス・ブレスト市	Development and Water Tank Tests of SBS (Sugi Bark Sorbent)
H14. 9. 18	海上災害防止センター 研究成果報告会	東京都	杉樹皮製油吸着材の開発と微生物分解処理技術
H14. 11. 21	テクノオーシャン2002国際シンポジウム	神戸市	Research and Development of Biodegradation Disposal for SBS (Sugi Bark Sorbent)
H15. 3. 15	Green Sustainable Chemical Network Tokyo 2003	東京都	Research and Development of SBS (Sugi Bark Sorbent)
H15. 9. 23	Oceans 2003	米国・サンディエゴ市	Research and Development of Biodegradation Disposal for SBS (Sugi Bark Sorbent)
H15. 11. 14	日本造船学会 平成15年秋季講演会	神戸市	杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術に関する研究
H15. 10	Elsevier, Spill Science & Technology Bulletin	(投稿)	Development and Water Tank Tests of Sugi Bark Sorbent (SBS)
H17. 9. 30	(独)海上災害防止センター 研究成果報告会	神戸市	杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術の実用化
H17. 10. 28	(独)海上災害防止センター 研究成果報告会	名古屋市	杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術の実用化
H17. 11. 2	(独)海上災害防止センター 研究成果報告会	東京都	杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術の実用化
H17. 11. 25	日本船舶海洋工学会 平成17年秋季講演会	福岡市	油吸着材のライフサイクルアセスメント
H18. 2	日本船舶海洋工学会 論文集第2号	(投稿)	杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術に関する研究
H18. 2. 20	(財)漁場油濁被害救済基金 油汚染防除指導者要請中央講習会	東京都	杉樹皮製油吸着材の開発について

3. 展示会・公開試験

年月日	発表会名	場 所	概 要
H11. 9. 27	日本財団スギ樹皮油吸着材実用化試験	神奈川県横須賀市	海上保安関係者・報道関係者等約60名参加
H13. 12. 13-15	エコプロダクツ2001	東京都	参加者6万人の環境展示会に出展
H14. 12. 5-7	エコプロダクツ2002	東京都	参加者10万人の環境展示会に出展
H15. 12. 11-13	エコプロダクツ2003	東京都	参加者11万人の環境展示会に出展
H16. 12. 9-11	エコプロダクツ2004	東京都	参加者12.5万人の環境展示会に出展
H17. 10. 18-19	関東地方水質汚濁対策連絡協議会 平成17年度水質事故対策訓練	茨城県取手市（利根川）	関水対協構成機関（国交省・自治体・水資源機構等）から約100名参加の訓練に出展
H17. 10. 26-29	ニューアース2005	大阪市	国際環境総合フェア 大分県ブースに出展
H17. 11. 9	筑後川水質汚濁対策連絡協議会 平成17年度水質事故対策訓練	大分県日田市（筑後川）	同協議会構成機関（国交省・自治体・水資源機構等）から約80名参加の訓練に出展
H17. 11. 17-18	ハイウェイテクノフェア2005	東京都	高速道路の保全に関連する先端技術の展示会に出展
H17. 12. 15-17	エコプロダクツ2005	東京都	参加者14万人の環境展示会に出展
H18. 2. 28	木曾川水系水質汚濁対策連絡協議会 平成17年度水質事故対策訓練	岐阜県羽島市（長良川）	同協議会構成機関（国交省・自治体・水資源機構等）から約130名参加の訓練に出展

4. 産業財産権

発明者	登録・出願番号	発明の名称
斉藤雅樹, 大内成司	特許第3697468号	樹皮と網からなる油吸着材
斉藤雅樹, 小倉秀	特願2002-97014	樹皮油吸着材の処理方法 (特願2003-96674に統合)
斉藤雅樹, 小倉秀	特願2003-96674	樹皮油吸着材の処理方法

5. 報道関連

年月日	報道機関	タイトル	備 考
H10. 9. 4	大分合同新聞	杉の皮で重油回収	朝刊一面
H10. 9. 23	TOSスーパーニュース	杉の皮を使い重油の回収実験	大分・夕方1分半
H10. 10. 1	OABプライムニュース	杉皮で重油回収	大分・夕方5分
H10. 10. 7	ズームイン朝	杉の皮が海を救う?!	全国・朝1分半
H11. 2. 2	読売新聞	流出重油 杉の皮で回収	
H11. 2. 10	毎日新聞		九州山口・朝刊1面
H11. 2. 25	スーパーJチャンネル	重油と杉の意外な関係	全国・夕方5分
H11. 3. 9	読売新聞		九州山口以外・夕刊技術面
H11. 4. 7	OABプライムニュース	杉皮の重油回収 実用化に向けて一歩前進	大分地域
H11. 6. 1	林業新知識	油吸着材開発の現状	業界紙
H11. 9. 27	NHK夜7時NEWS	油吸着材として再利用	全国
H11. 9. 28	共同通信配信	スギ樹皮油吸着材実用化試験	西日本新聞・
H11. 9. 28	朝日新聞	海の重油スギ皮で吸着	
H11. 9. 29	海事プレス	杉樹皮・油吸着材の公開実験	業界紙
H11. 9. 29	日本海事新聞	海上災害防止センターで実証実験	業界紙

年月日	報道機関	タイトル	備考
H11. 10. 11	秋田木材通信	樹皮活用に朗報	地方業界紙
H11. 10. 17	週刊読売	嫌われ者が役立つ日	
H11. 11. 9	OBSラジオ	日田スギ有効利用（油吸着材）	大分地域
H12. 1. 13	読売新聞	油吸着材開発の現状	大分地域
H12. 2. 1	デイリースポーツ	“お助け杉”登場	全国版
H12. 9. 27	東京NEWS 21時	100%天然素材でオイルを吸う	東京地域
H12. 12. 19	東京新聞	杉の皮廃材で油回収	
H12. 12. 20	OBSニュースライン	杉皮の繊維 油吸着材 実用化に成功	約1分
H12. 12. 21	NHKお昼のニュース	スギの樹皮使った油吸着材	約1分
H12. 12. 21	日本工業新聞	杉材の樹皮リサイクル	全国版
H12. 12. 21	日刊工業新聞	原料にスギ樹皮	九州・山口版
H12. 12. 21	西日本新聞	役立ちスギ	西日本
H12. 12. 21	大分合同新聞	杉樹皮製の吸着材を開発	
H12. 12. 24	読売新聞	オイル吸着材を製品化	
H13. 1. 1	水産北海道	スギ樹皮製油吸着材 新年から一般販売	
H14. 10. 2	日本工業新聞	油吸着材 微生物でたい肥化	全国版1面
H16. 9. 16	大分合同新聞	杉皮の油吸着材が威力	
H16. 12. 2	ザイモク新聞	杉の油取りがエコマーク取得	業界紙
H16. 12. 4	大分合同新聞	杉の油取りエコマーク商品に	
H17. 1. 27	大分合同新聞	杉の油取り 生分解効果を確認 環境に優しい処分可能に	

「杉樹皮製油吸着材（杉の油取り）に関する調査研究」の経緯

	年 度	主 な 経 緯
海上災害防止センターへの助成なし	平成 10 年度	大分県産業科学技術センターが、日本財団の財政的支援を受け、「杉樹皮を利用した油吸着材の研究開発」を開始。
	平成 11 年度	日本財団から海上災害防止センターに対し、前記調査研究に対する協力要請があり、横須賀研修所における報道各社への広報活動（H11.9.27）等へ協力。
	平成 12 年度	大分県産業科学技術センターから小倉調査研究室長及び鈴木（当時）主任調査研究員の客員研究員委嘱。
	平成 13 年度	大分県産業科学技術センターから小倉調査研究室長の客員研究員委嘱、福士主任調査研究員の研究協力依頼。
海上災害防止センターに対する日本財団助成事業	平成 14 年度 （「自己攪拌型油処理剤に関する調査研究」の一部として実施）	海上災害防止センターの日本財団助成事業「自己かく拌型油処理剤の効果的な使用方法及び散布装置に関する調査研究」の一環として「杉樹皮製油吸着材に関する調査研究」を実施。 〈調査研究項目〉 ・実海域における油吸着材（杉の油取り）の有効性に関する調査 ・杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術に関する調査研究 ・杉の油取り製造
	平成 15 年度	海上災害防止センターの日本財団助成事業「杉樹皮製油吸着材の有効利用及び微生物分解処理技術に関する調査研究」として実施（杉樹皮製吸着材の製造はなし）。
	平成 16 年度	海上災害防止センターの日本財団助成事業「杉樹皮製油吸着材の有効利用及び微生物分解処理技術に関する調査研究」として実施（杉樹皮製吸着材製造）。
	平成 17 年度 （事業名変更）	海上災害防止センターの日本財団助成事業「流出油回収処理材の微生物分解処理技術実用化に関する調査研究」として実施（杉樹皮製吸着材の製造）。 〈調査研究項目〉 ・産業廃棄物処理認可に向けた油分減少量、周辺環境への影響調査 ・油で汚染された海岸・土壌の現場での浄化 ・実海域における油回収性能及び微生物分解処理技術の調査 ・研究成果の普及
	平成 18 年度 （実施予定）	海上災害防止センターの日本財団助成事業「流出油回収処理材の微生物分解処理技術実用化に関する調査研究」として実施予定（杉樹皮製吸着材の製造）。 〈調査研究項目〉 ・鉄箱を利用した移動可能な方法による油で汚染された海岸・土壌の現場での浄化 ・周辺環境への影響調査 ・実海域における油回収性能及び微生物分解処理技術の調査研究成果の普及

エコマーク事務局認定
環境厚生型商品
登録番号04115609号



登録商標登録第1006881号
AMUSEE 7/2021

スギ樹皮製 油吸着材
スギのゆとり
P-577

日本財団 5分農薬科学研究所センター
The Nippon Foundation 農上気象防止センター共同開発

地球環境にやさしい 100% 天然素材

スギ樹皮製 油吸着材
スギのゆとり
P-577

日本財団 5分農薬科学研究所センター
The Nippon Foundation 農上気象防止センター共同開発

地球環境にやさしい 100% 天然素材

お問い合わせ・製造元

ぶんご有機肥料 株式会社

〒879-6182 大分県竹田市大字1015
TEL 0974-65-2316 FAX 0974-65-2318
<http://suginoyutori.hp.infoseek.co.jp/>

ご注文は **入交産業㈱** (担当 角谷)

〒812-0051

福岡市東区箱崎ふ頭 5-7-8

TEL092-642-0701 FAX092-642-0700

ぶんご有機肥料 株式会社



吸油マット
45cm×45cm



ラインナップ

国土交通省
型式承認
P-577

特許出願中

万国旗型
吸油マット
45cm×10m
(サイズ変更)
オイルフェンス型
知川にも適応します

*** 十分な吸油能力**

自重の9.3~9.7倍^(*)の日垂油を染やかに吸着します^(**)。
国土交通省の基準（自重の6倍）を十分クリアしています。
(*）海上保安試験センターの試験による
(**）ASTM試験法では自重の最大13.4倍のA重油を吸着

*** 地球環境に優しい「100%天然素材」**

原材料はスギの段、パーライト（黒曜石の発泡体）、綿、だから…
製造時：スギ段（廃棄物）の有効活用になります。
炭化工程・熱処理が無く製造に使うエネルギーが小さくて済みます。
使用時：万一、吸着材自体の回収に失敗した場合でも、
化学製品に比べて環境への影響が小さくて済みます。
処分時：天然素材だから焼却時の安心感が違います（焼却試験で安全確認済）。
また、回収した「杉の油取り」を油ごと微生物で分解処理する研究が進められ、
実用化が期待されています。



乾燥のスギ針葉



使い方

- (1) 水面の油に
「杉の油とり」
を投入します
(例：C重油)



- (2) 「杉の油とり」を
引き上げます
(1分後)

C重油は
ほぼ回収されます



色んなところで“杉の油取り”

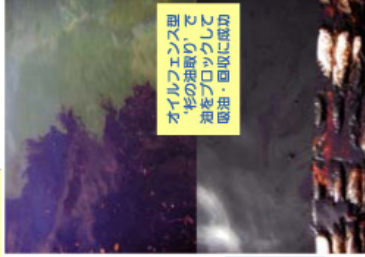


2004年9月 広島廿日市
ブルーオーシャン号事故



**事故での
使用実績**

広島・廿日市洋館のブルーオーシヤ
ン号事故の流出油は“杉の油取り”
により全量が回収され、吸油性能
が高く評価されました。



オイルフェンス型
“杉の油取り”で
油をブロックして
吸油・回収に成功



河川での
油除去に



工場での
油除去に

マンニングセンタ
汚濁源での使用例



遊覧船
を泊り
使用例

**性能も
環境も
福祉も**

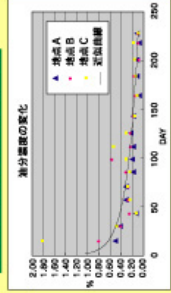
障害者施設に縫製
が委託され、環境
保全と社会福祉の
両方に貢献してい
ます。



縫製作業の様子

油流出事故の他、工場
内のいろいろな場面で
使えます。100%天然
素材製だから使用者の
廃却処理も安心です。

焼却しない、新しい処理法
「微生物分解技術」を
ただいま研究開発中です！



**“杉の油取り”の次のステップ
微生物分解による処理**

土壌の微生物を活性化さ
せ、油を分解させて処理
します。実験で生防した
堆肥にはカブトムシ幼虫
が生育しました。

