

「杉樹皮製 油吸着材」の機能向上と微生物分解処理に関する研究

齊藤雅樹*・石井信義*・高橋芳朗*・園田正樹*・小倉秀**・福士久人**

永水堅***・森正嗣****・酒井謙二*****

*材料開発部・**海上災害防止センター調査研究室

ぶんご有機肥料㈱・*マグ・末広工業㈱・*****大分大学工学部

Research and Development for Specification Advancement of SBS (*Sugi Bark Sorbent*) and Biodegradation Disposal

Masaki Saito*, Nobuyoshi Ishii*, Yoshiro Takahashi*, Masaki Sonoda*, Suguru Ogura**, Hisato Fukushi**

Katashi Nagamizu***, Masatsugu Mori****, Kenji Sakai*****

*Material Development Division, **Maritime Disaster Prevention Center

Bungo Yuki Hiryo, Inc., *Mag Suehiro, Inc., *****Faculty of Engineering, Oita University

要旨

平成9年度から着手した杉樹皮製油吸着材の実用化研究は、一昨年度までの実用性を確認した基本モデルの改良を経て、昨年度に環境負荷の小さい100%天然素材製の廃棄物利用品として初めて汎用石油製品なみの性能と価格を実現し、製品化に至った。本年度は、同吸着材による油回収・処理システムの総環境負荷を低減する目的で、使用後（吸油後）の処理方法として微生物分解処理方法を検討し、バーク堆肥原料中における重油分解実験では4週間経過後に当初投入量の3.9%にまで油分が減少したことを確認した。

1. はじめに

油吸着材は海、陸の油流出対策の有力な資機材の一つである。既存の油吸着材に多く使用されるPP（ポリプロピレン）に対し、我々は大分県特産の天然素材で供給過多の状態にあり、用途開発が望まれていた杉樹皮を原料とする油吸着材を実用化し、ぶんご有機肥料㈱（竹田市）に特許実施許諾を行った。従来品に劣らぬ性能を持つ環境配慮型製品として、油濁防除関連機関などに普及しつつある。

本年度、我々は基本性能の確立された現製品のさらなる機能向上を目指すとともに、ユーザーからの要望が多かった使用後の杉樹皮製油吸着材に関する非焼却処分方法の提案を行うべく、微生物分解処理技術につき研究を行った。

非焼却処分の要望の背景には、昨今クローズアップされてきたダイオキシンなど焼却時に発生する有害物質への懸念、地球温暖化の原因となる二酸化炭素排出や焼却熱の発生などへの抵抗感に加え、100%天然素材製をうたう本製品の特徴である生分解性を活用することへの期待がある。

杉樹皮製油吸着材は、例えば国内シェアの94%を占めるPP製品に比べ、製造時においては原料が天然廃棄物（PP

製品は石油）、使用時においては生分解性を有し短期間に分解し回収失敗時の環境負荷が小さい（PP製品は分解に長期を要する）というメリットがある。しかし、こと処分方法に関してはこれまで焼却しか選択肢がなく、発生熱量はPP製品より杉樹皮製品の方が小さいものの、規定条件下で安全に焼却可能であるという点ではPP製品と同じ取り扱いであった。

焼却以外の処理方法として候補に挙げられるのは微生物分解である。微生物分解による環境修復（バイオレメディエーション）は近年、油濁事故による汚染海岸に適用されることが増え、その条件や手法につき活発な議論がなされている。油分解菌の微生物製剤を散布する手法は生態系への配慮から疑問が呈されている。このため、汚染海岸にもともと生息する油分解菌を窒素、リンなどの施肥や切替しによる酸素供給により活性化させ、分解に要する期間を短縮する手法が一般的である。しかし、気温や海水温程度の環境のため、通例修復には1~2年を要している。

閉鎖空間における油の微生物分解処理は、多くの場合、周囲の生態系に影響を与えず安全であるほか、温度や水分量などの環境をコントロール可能で安定した結果が出やすいため、厨房排水のグリーストラップをはじめ各用

途に広く用いられている。また、一部の研究機関で畜糞堆肥化工程での植物廃油分解の研究が行われている。

我々は多くの油濁事故で吸着の対象となり得る重油と、杉樹皮を構成（外樹皮で約52%）するリグニンの化学構造が比較的似ていることに着目し、杉樹皮の発酵により堆肥を製造しているパーク堆肥工場の微生物分解工程を利用して、使用後すなわち吸油後の杉樹皮製油吸着材を分解処理することを着想した。非焼却処理化による大幅な環境負荷低減が見込めるほか、閉鎖空間での処理という安全面でのメリット、分解処理後は堆肥となる可能性があり、実用化すれば杉樹皮製油吸着材を利用した油回収・処理システムのトータルでの優位性を確立することが期待される。

2. 実験

2-1 フィールドにおける予備実験

本着想の可能性を探るべく、簡単な予備実験を行った。

2-1-1 実験の方法

発酵過程にある活性な微生物を有するパーク堆肥原料（杉樹皮、牛糞、水分などから構成される1年経過のもの）をコンクリート製基礎に約5m³積み、使用後の油吸着材に見立てたサンプルを設置した。その後、サンプル上にパーク堆肥原料を約3m³ほど積み、内部が発酵に十分な温度環境（60～70℃程度）を保てる程度の大きさとした。サンプルは、杉樹皮、コットン製不織布、パーライト等を原料とする45cm×45cmのマット型市販品（約200g/枚）で、それぞれ200gのA重油、C重油、潤滑油を吸油させてあるものを使用した。なお、同じサンプルセットを少し離れた場所にも用意し、実験を行った。

実験は杉樹皮製油吸着材の製造者でもある、ぶんご有

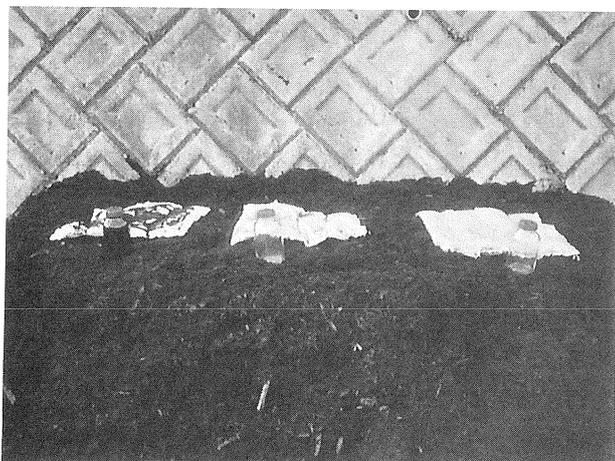


図1 パーク堆肥原料上に設置した吸油後の杉樹皮製油吸着材

機肥料㈱（竹田市）にて行った。

表1 パーク堆肥原料中における使用後油吸着材の分解結果（8週間経過後）

No.	油種	状態観察	油臭の感知
セット1	A重油	油は認められず 生樹皮は一部残留 パーライトは残留 コットンはほぼ分解	感じられず
	C重油	油は認められず 生樹皮は一部残留 パーライトは残留 コットンはほぼ分解	感じられず
	潤滑油	油は認められず 生樹皮は一部残留 パーライトは残留 コットンはほぼ分解	感じられず
セット2	A重油	油は一部残留 生樹皮は一部残留 パーライトは残留 コットンは一部残留	ほぼ感じられず
	C重油	油はかなり残留 生樹皮は一部残留 パーライトは残留 コットンは一部残留	一部感じられる
	潤滑油	油はかなり残留 生樹皮は一部残留 パーライトは残留 コットンは一部残留	一部感じられる

2-1-2 結果

8週間経過後に、サンプル上部を覆ったパーク堆肥原料を取り除き、サンプルの観察を行った。表1に示すとおりセット1ではすべての油種で目視では確認できない程度



図2 8週間経過後のサンプル（セット1）

まで油分残存量が減少していた。一方、セット2ではすべての油種で油の存在が確認され、進行の遅さが目立った。

二つのセットは条件としてはほぼ同じで、違いとして考えられるのは、サンプルを入れ込んだバーク堆肥原料（小山状）の設置場所がやや日陰になりやすいといった程度のことである。

この結果から、好条件であれば相当のスピードで分解処理が可能であると考えられるものの、条件がそろわないとそのスピードは鈍化することが予測される。そして、その条件はかなりデリケートである可能性がある。

2-2 ラボレベルにおける実験

バーク堆肥原料中での油分解の条件を特定するべく、安定した条件下での実験を行った。

2-2-1 実験の方法

発酵過程にあるバーク堆肥原料を、温度（約65℃）を保ちながら運搬し、均質化するためにミキサーにて十分に攪拌したものをビーカーに20g採取し、A重油、C重油、植物油をそれぞれ0.5g混入したサンプルを、温度65℃、湿度95%に保たれた恒温恒湿機中に設置し、微生物分解処理を行った。油分測定はサンプル毎に四塩化炭素抽出による重量法にて行った。

2-2-2 結果

結果を図3に示す。A重油については油分が減少していると考えられるが、C重油および植物油については変動が大きく意味のあるデータが取れているとは考えられない。

原因としては、本来この実験では酸素供給や栄養分の分散化などの目的で攪拌することが望ましいが、サンプル量の問題から適切な攪拌方法を見出せず、静置状態に留めたため、サンプル間で微生物分解の活性に大きな差があったと考えられる。また、同時に投入していた油のみのサンプルがかなり減量していたため、A重油のデータについては単に一部成分が揮発したための油残存量減少ではないかとの疑いもある。

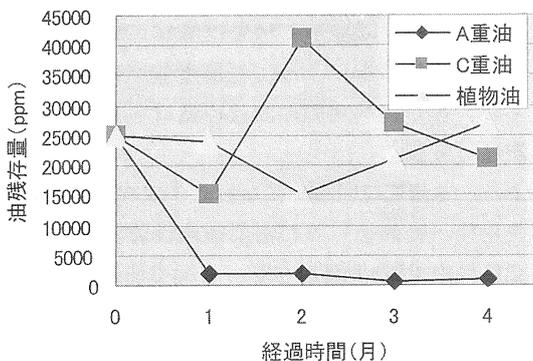


図3 油残存量の推移 (ビーカー実験)

2-3 高温好気発酵装置における実験

ラボレベルでの実験における反省から、十分な酸素供給および栄養分の分散が行われる攪拌機能を有し、温度および水分量のコントロールが可能、安定したデータが

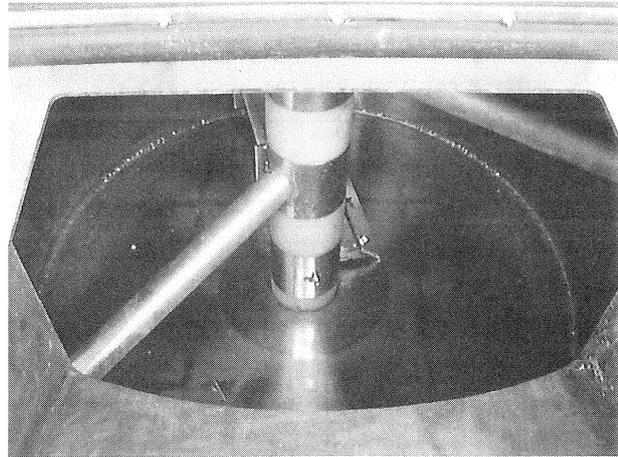


図4 高温好気発酵装置の内部 (投入前)

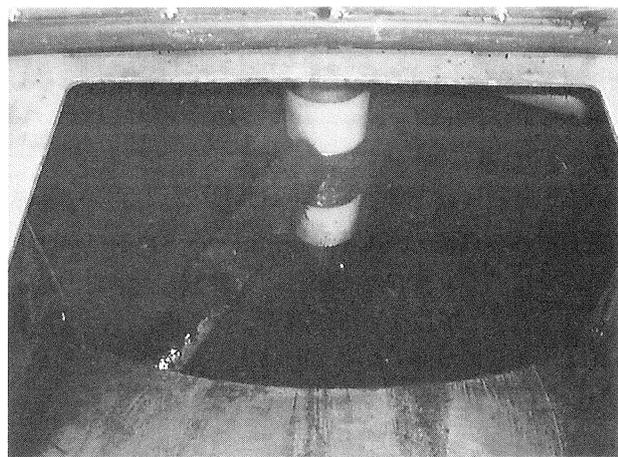


図5 高温好気発酵装置の内部
(バーク堆肥原料投入後)

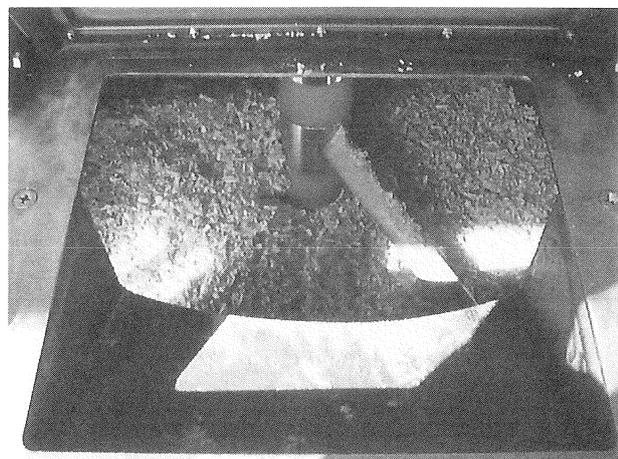


図6 高温好気発酵装置の内部
(オガクズ投入後)

得られるよう大型の発酵槽を有する設備での実験が望ましいと考えられたため、市販されている高温好気発酵装置（業務用生ゴミ処理装置）にて実験を行った。

2-3-1 実験の方法

発酵過程にあるパーク堆肥原料を、温度（約65℃）を保ちながら運搬し、高温好気発酵装置（つちカエルT-50S, マグ・末広工業製）に68.22L（23.98kg）投入した。次に、C重油を518.4g、塊にならないよう攪拌しつつ徐々に投入した。また、C重油の揮発および装置部材への付着などを検討するために、パーク堆肥原料の代わりに同容積のオガクズ（5.84kg）を、C重油516.5gとともに投入した系を対照とした。

発酵管理として、油の微生物分解促進のため両系の水分測定を一日一回行い、含水量が50～60%となるよう水を投入した。槽内の発酵温度は約54℃とし、攪拌頻度は毎分0.67回転とした。

サンプリングは誤差を最小限にするため、葉さじにて30箇所以上から採取し、十分に混合した上、四塩化炭素抽出による重量法により分析を行った。

実験はマグ・末広工業㈱にて行い、水分量測定は赤外線水分計にて、pHはガラス電極pH計にて、菌数はプレートカウント法にて測定を行った。

2-3-2 結果

パーク堆肥原料、オガクズの両サンプルともに実験開始数日で油臭は消え、1ヶ月後にはパーク堆肥原料はより細かい粒となり減容していた。両者とも全期間において投入した水を吸収するのが遅く、発酵槽の底に水を張ったような状態で30～60分ほど攪拌されていた。このことは油分がほぼ均一に分散し、疎水性を付与していたためと思われる。

推定油残存量を図7に示す。推定とはすなわち、分析によって得た油残存濃度（ppm）に、当初の乾燥重量およびサンプル採取時の水分率から推定した見かけ重量を乗じて、槽内全体の油残存量（kg）を算出したものである。

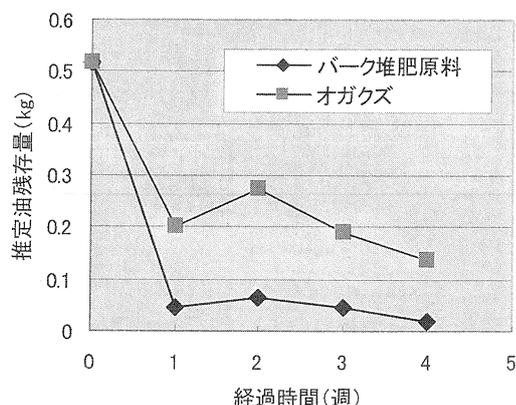


図7 油残存量の推移（高温好気発酵装置）

水分率の変動が大きく、水分が多い状態では油残存濃度の値が低くなるため、この影響をキャンセルする目的で採った計算式である。

パーク堆肥原料槽の油残存量は開始後4週間で、当初の油投入量の3.9%にまで低下している。また、オガクズ槽の油残存量を100%としたときのパーク堆肥原料槽の油残存量は、2週間経過後で23%、4週間経過後で15%となっている。

表2にパーク堆肥原料槽の水分量、pH、菌数の推移を示す。全期間において高いオーダーで好熱菌、常温菌が検出され、発酵が非常に良好に進んでいると考えられる。なお、開始から2週間後まで大腸菌群が検出されたのは水分調整のため水を投入した際に温度が低下し、連続運転は通常死滅する大腸菌がそこまで至らなかったためと考えられる。

表2 パーク堆肥原料槽の水分量、pH、菌数の推移

経過時間(週)	水分量 (%)	pH	菌数 (cfu/g wet w)		
			好気性好熱菌	好気性常温菌	大腸菌群
0	54	8.3	2.9x10 ⁶	4.6x10 ⁶	1.0x10 ⁴
1	31	7.9	8.0x10 ⁵	7.4x10 ⁵	2.4x10 ³
2	31	7.5	2.3x10 ⁵	3.8x10 ⁵	2.0x10 ²
3	27	7.6	1.1x10 ⁶	3.8x10 ⁵	不検出
4	34	7.4	9.0x10 ⁵	9.8x10 ⁵	不検出

3. 考察とまとめ

実験結果2-3-2から、4週間経過後のパーク堆肥原料槽は、微生物活動が圧倒的に少ないと思われるオガクズ槽の数分の一まで油残存量が減少しており、微生物分解が進行していると考えられる。オガクズ槽の油残存量減少はC重油の揮発成分減少によるところが大きいと考えられる。

油残存量の今回の推定方法は、全体重量の計測が困難なため、乾燥重量が不変であると仮定し見かけ重量を算出している。パーク堆肥原料槽では減容が観察されることから、微生物分解によって乾燥重量が減少していると考えられ、槽全体の実際の油残存量はさらに減少している可能性がある。

以上より、本研究で明らかになったのは次の点である

- (1) 使用后（吸油後）の杉樹皮製油吸着材をパーク堆肥原料中で8週間経過させ、目視で油の痕跡が認められない程度まで分解が進んだと考えられるケースがあった。
- (2) 高温好気発酵装置内でのパーク堆肥原料によるC重油の分解実験で、当初投入量の3.9%まで油残存量

が低下した。

- (3) バーク堆肥原料およびC重油を投入した高温好気発酵装置の内部で、開始後から4週間の全期間にわたり、活発な微生物活動が確認された。

4. おわりに

この研究は、先に手がけられた杉樹皮製油吸着材の成果を各所で発表する際に、必ずといってよいほど呈された「処分方法は焼却しかないのか」という疑問から開始された。もともと杉樹皮製油吸着材の製造工程に熱処理は存在しないため、非焼却処分が確立すると、製造、使用、処分の生涯にわたり熱処理を行わない油回収・処理

システムが完成する。環境負荷低減が必須課題である現在において、希少かつ貴重な技術となる可能性があることを期待する。

また、この技術は杉樹皮のみならず、油類を吸着した生分解性素材の処理に広く応用が可能であり、今後、分解処理の条件やそのための適切な環境実現方法などを早急に確立する必要があると考えられる。なお、現段階の成果を基に特許（特願2002-097014）を出願中である。

謝 辞

本研究に多大なるご支援を頂いた日本財団および大分県産業創造機構に心より御礼申し上げます。