

杉樹皮油吸着材による高粘度流出油回収技術の開発研究

海洋環境浄化技術－杉樹皮を用いた流出油回収技術－

斉藤雅樹・石井信義・小倉秀*・前村伸二*
 材料開発部・*海上災害防止センター調査研究室

**Development of SBS (*Sugi* Bark Sorbent) for Recovering Spilt Viscous Oil
 Marine Environment Cleaning Technology – Oil Recovering System Using the Bark of *Sugi* –**

Masaki SAITO・Nobuyoshi ISHII・Suguru OGURA*・Shinji MAEMURA*
 Material Development Division・*Maritime Disaster Prevention Center

要旨

海洋での油流出事故の対策技術として、焼却処分されることの多い杉樹皮の繊維を原料とする油吸着材 (SBS; *Sugi* Bark Sorbent) を試作し、水面上の高粘度油を除去する目的で水槽実験を行い、油包囲および回収に適した資機材形状について検討を行った。事故現場での使用を想定した試験で、昨年度に比して作業性の著しい改善が見られ、波浪、潮流などの少ない穏かな水面における油包囲および回収において十分実用に耐えることが判明した。

1. はじめに

我々は海洋等における油流出事故の対策資機材の一つである油吸着材を、杉樹皮を原料として実現する試みを1997年より行ってきた。これは、従来使用されているポリプロピレン製吸着材などの製品に比し、はるかに高性能の資機材を開発するという趣旨ではなく、こうした石油製品と同等の性能を持つものを、天然の廃棄物原料で実現しようという目的である。

狙いは主に三点である。

一つ目は、廃棄物の有効活用という点である。一旦海洋に流出した油は「ゴミ」と言って差し支えないほど商品価値は低く、速やかに回収を求められる環境汚染物質であるが、その回収に新品の石油製品であるポリプロピレン製材を用いることへの疑問である。ゴミをゴミで回収できればこれに超したことはなく、廃棄物の有効活用であり循環型社会実現にもプラスである。

二つ目は、製品の製造、使用、処分という生涯を通じての環境負荷低減という点である。製造においては原料が廃棄物である上、工程が単純で有害物質を生じない。使用においては万一、油吸着材自体の回収に失敗した場合でも天然繊維製であれば自身が環境への大きな負荷とならない。処分においては、化学繊維に比し、燃焼条件をさほど厳格に制御せずとも有害物質を排出しないことがそれぞれ予測される。

三つ目は、トータルコストの低減という点である。従来の大量生産されている製品は相当安価であり、原材料価格が低だけで製品価格をより安価に設定することに

はかなりの困難が伴うと考えられる。しかし、狙いの二点目に述べたとおり、使用後の処理費用については従来製品よりも有利であると思われ、油流出事故対策のトータルコストを縮減する可能性がある。

以上から、これまで各種の廃棄物である天然繊維についてそれぞれの疎水性および親油性を検討し、なかでも杉樹皮が油吸着材原料としての高いポテンシャルを持つことを見いだした¹⁾²⁾。

杉は我が国の主要な針葉樹であり、大分県は杉(素材)生産量で全国第3位となっている。製材の際の剥皮によって生ずる杉樹皮は年間約50万m³と言われる。他の樹皮は用途があるが杉については堆肥化の試みが各地でなされているものの、用途開発がさほど進んでいないのが実情であり³⁾。こうした素材の有効活用が図れば甚だ好都合である。

そこで我々は、杉樹皮を原料に油吸着材を試作し、基本的吸油機能の検証を行うと共に、油流出災害現場での使用に適した形状の検討を行った。

2. 実験および考察

2.1 供試体の構造

杉の樹皮は通常リングバーカーと呼ばれる回転刃によって原木より剥離され、粉末と繊維が混合された状態で産出される (Fig. 1)。

一般に油吸着材の場合、「ルース型」と呼ばれる粉末状のものを利用する場合もあるが、海洋への流出油の回

収への使用は、油吸着材本体の回収が困難なため推奨されていない⁴⁾。従って通常は、油吸着材料自体を不織布状に加工するか、或いは外包材で梱包したものをマット型、ピロー型、ブーム型などの形状に加工して使用する。

今回の供試体は、杉樹皮繊維の外包材として綿のネットを使用する構造としている。価格および強度の面ではポリエチレンやナイロン等が有利だが、先に述べたように原料をすべて天然繊維とするため綿を用いている。また、通常的外包材として用いられる再生紙やポリマー製シートでなく、ネットを用いたのは流出事故頻度が高く⁵⁾、被害の甚大なC重油を回収の主な対象と想定しているからである。

再生紙やポリマー製シートのような比較的目の細かいものは低粘度の油の吸収には問題ないが、C重油のような高粘度油になると、外包材が油の通過を妨げ、吸着材本体へ到達できないことが予測される。一方、外包材の目を内容物の繊維長より大きくすると吸着材が容易に散逸し、本来の機能を果たせなくなる。即ち、高粘度油を回収対象とする場合は可能な限り繊維長が大きい方がよい。ただし、繊維長を大きく取ると、吸油の重要な要素である繊維の表面積は一般的に小さくなるので、適正な範囲があると考えられる。

そこで、上記要件に沿いつつ選別が比較的容易ということで杉樹皮の繊維長約1～5cmのものをを用い、網目約4mmの綿製ネットで梱包した構造の供試体とした。

2.2 実用化試験および考察

この油吸着材の実用化に向け、水槽における吸油状況、挙動を観察する試験を行った。基本的な吸油機能が確認されたSBSを製品化する場合、実際の油流出現場で使用する際の最適な形状を検討する目的である。

試験は昨年度1999年2月、および今年度1999年7月、9月の合計3回行い、その後、9月27日には海上保安関係者等にお集まり頂き、日本財団の主催で公開試験を行い、広く成果を公表する機会を得た。なお、試験は昨年度および今年度第1回目が(株)海洋開発技術研究所(佐賀県)、第2回目および公開試験は海上災害防止センター研修所(神奈川県)の水槽で実施し、使用油は昨年度がC重油(2,800cSt; 9.5℃)およびムース化油(150,000cSt; 9.5℃)、第1回目がA重油(17.6cSt; 24℃)およびC重油(900cSt; 24℃)、第2回目および公開試験がC重油(300cSt; 25.2℃)である。

実用化試験の検討項目は、(1)作業性、(2)油包囲および吸油の状態、(3)吸油後の挙動が中心である。

昨年度の試験では、幅1m、長さ12m、厚さを20mm、40mmと変えた2種類の資機材を準備した(Fig. 2)。実験用

水槽に投入したC重油(40L)またはムース化油(40L)を包囲し吸油させ(Fig. 3)、資機材を引き上げた。Table 1に示すとおり、1-04A、1-02Aとも大型のため作業に5～6人を要し、特に水中からの引上げ時は油と水を吸収して重量が増加しており相当の力を必要とした。

一方、静水中での油の包囲および吸着自体に問題は無く表面に浮遊する油の50～70%程度を回収した。むしろ、SBSの幅1mの内、油包囲側の20～30%程度しか吸油に使用しておらず、あとの樹皮は乾いたままであり、明らかに樹皮量が多すぎ、結果的に作業性を損ねているとの結論に至った。

この反省を踏まえ、今年度第1回目は小型化を施すなど形状面での検討を行い、作業性の改善に重点を置く方向とした。

幅をこれまでの1mから一気に50mmに縮小したS5(長さ10m、厚さ10mm)については、作業性は劇的に改善され、引上げ作業は1人の力で可能であった。一方、吸油についてはA重油(1.0L)を問題無く包囲・吸着し、回収することが可能であったが(Fig. 4)、吸着材を多く充填できない構造のため容易に飽和状態となる部位が生じた。特に流水中(0.1m/s)の試験では飽和状態の部位から油が後方に拡散し、油包囲の機能を果たさない現象が見られた。また、風、波などの外乱で簡単に油が潜り抜ける場面が観察され、油回収現場での使用はあまり現実的でない印象を受けた。静水面上の薄い油膜包囲などの用途に限られると思われる。

S10については、C重油(2.0L)を包囲することに問題は無く、オペレーション時の安定感は比較的高いものの、S5同様、外乱に弱い様子が観察され、現場での使用にはやや幅が小さい印象である。両者とも吸油が飽和状態に達した部分で一部、水中に沈降する現象が観察された。

また、昨年度の試験で問題となった吸着材と油の接触面積の小ささを解消すべく、形状を従来の平板状から円柱状としたブーム型(長さ12m、直径150mm)についても検討を行った。軽量化のため中空としたB15Pと全充填型のB15の2種で、B15Pは円柱形状を保持するために長さ方向の約1/3部分に、紙製のパイプ(φ150mm x 150mm)をブーム内側に設置してある。

2種ともにC重油(2.0L)を問題無く包囲することが可能であった(Fig. 5)。使用後に切開したところ、B15Pの紙パイプ設置部では通常部に比べ吸油量が少ないことが判明した。内側を閉塞することにより、空気および水の抜けが悪くなり油の吸入を阻害していると考えられる。通常部では外側から約半分の厚さまで油が浸透していた。

浮力については、B15Pの場合、投入直後で紙パイプ設置部断面の7割、通常部断面の5割程度が水面上に、

24 時間静置後で紙パイプ設置部断面の 5 割, 通常部断面の 3 割程度が水面上にあった。一方, 移動のためにラフに曳航を行った後では, 紙パイプ設置部以外で一部水没するなど, 急激に浮力を失う現象が観察された。B15 については水面上部分の重量が影響するためか, 一部水没する部分が見られた。

以上より, ブーム型は油包囲に向くものの, 吸油には別の形状が望ましいとの判断に達し, S5, S10 の幅を大きくした型を中心に次回試験を行うこととした。

第 2 回目は, 幅を 250mm, 500mm とした S25(Fig. 6), S50, また, ブーム直径を 60mm とした B6, これの後方にシートを付加した B6S14, これの波浪追従を考慮に入れシート部にスリットを入れた B6S14F(Fig. 7), さらに, S50 の全長を 500mm とし正方形にしたものをロープで連結した M50(Fig. 8)の 6 種類の資機材について検討を行った。

波高 3cm, 波長 3m の波と流速 0~0.1m/s の流れのある中で試験を行ったところ, S25 については C 重油(1.5 L)の包囲, 吸油がほぼ完全に行え, 作業性も 1 人でオペレーションが可能であり, 実用問題ないと判断された。S50 については C 重油(2.0L)の包囲, 吸油に支障はないものの, 1 人での取り扱いにかなりの労を伴い作業性がやや劣った。

B6 は小型軽量に過ぎ, 水との接触面積が小さいことが災いし, C 重油(1.0L)が供試体下方を容易に潜り抜ける現象が観察された。これに対し, B6S14 は後方のシートが効を奏し, C 重油(2.0L)の包囲, 吸油をほぼ完全に行うことが出来た。柔軟性にやや劣ることから懸念された波への追従, 曳航時の挙動なども問題は見られなかった。柔軟性を強化した B6S14F は, 後方のスリット部分から C 重油(1.0L)が下方を容易に通過する現象が観察された。

また, M50 は静水中での吸油に効果があり, 3 ユニット連結のもので C 重油(1.0L)を問題なく回収した。

3. まとめ

油流出事故現場(本試験のような穏かな水面等)での使用を想定した資機材の形状については, オペレーター 1~2 名での取り扱いが可能な S25, S50, B6S14, M50 の各タイプが適当であることが判明した。

4. 謝辞

本研究に多大なるご支援を頂いた日本財団, C 重油等サンプルをご提供頂いた九州石油㈱, 実験および資機材試作に尽力を頂いた大分大学, 大分工業高等専門学校の学生の皆様に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 斉藤雅樹: 杉樹皮で流出重油を回収する, 月刊水, 1999・8月号, p.20-23,1999
- 2) Masaki Saito, Joji Ouchi: Temporary Response System for Viscous Oil Spill by Fishery Technique, 1999 International Oil Spill Conference Proceedings
- 3) 奈良県林業試験場: 木材加工技術ハンドブック, p.341-369,1991
- 4) 海上災害防止センター: 油防除資機材の性能の評価及び再評価に関する調査研究報告書 II, p.25-64,1999
- 5) 海上災害防止センター他: 海上防災ハンドブック, P.14-19,1996

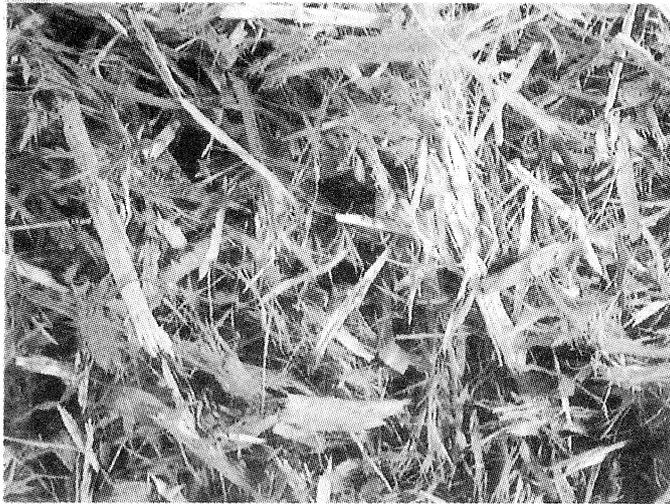


Fig. 1 杉の樹皮

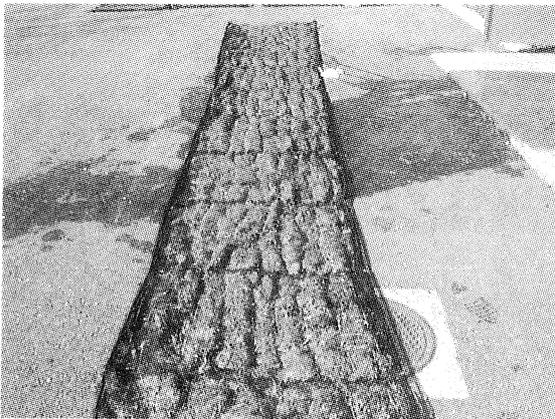


Fig. 2 1-2A のサンプル

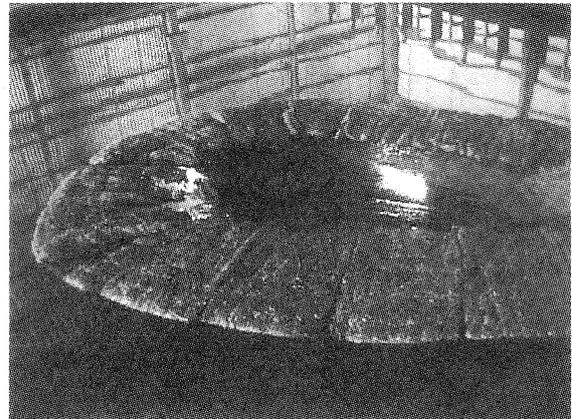


Fig. 3 油包囲と吸油 (C重油 / 1-4A)

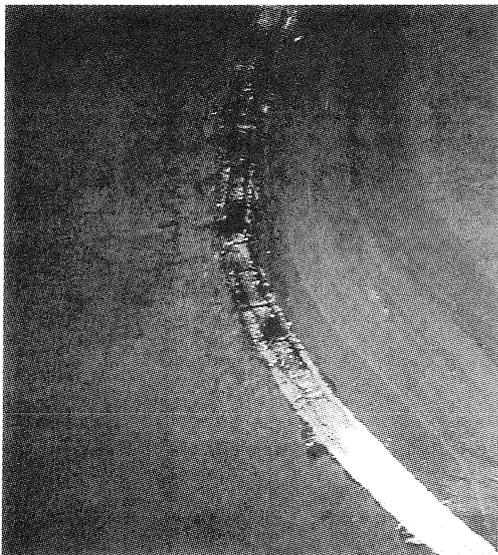


Fig. 4 油包囲と吸油 (C重油 / S5)

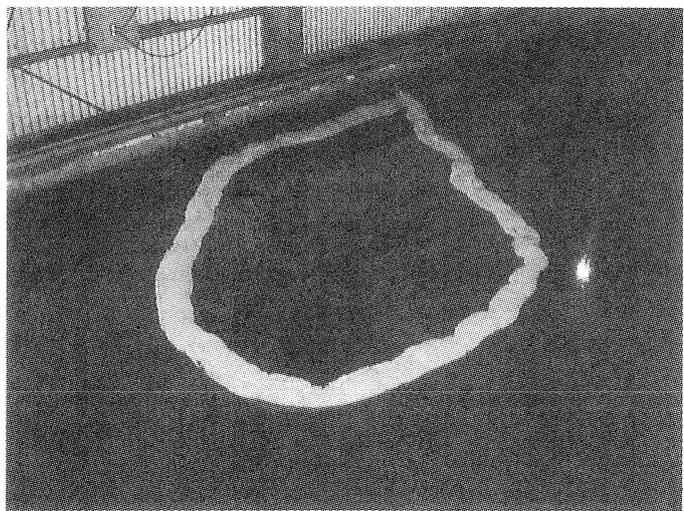


Fig. 5 油包囲 (C重油 / B15P)

実験名	モデル名	タイプ	サイズ (mm)	重量 (kg) (kg/m)	作業人数	吸油状況 / 油種 粘度	浮力	観察結果
昨年度	1-4A	シート	12000 x 1000 x 40	26 2.2	6	良好 / C重油 2800cSt	問題なし	*重く作業性に問題あり *幅の 20-30% しか吸油に使用せず
昨年度	1-2A	シート	12000 x 1000 x 20	13 1.1	5	良好 / C重油 2800cSt	問題なし	*重く作業性に問題あり *幅の 20-30% しか吸油に使用せず
第1回	S5	シート	10000 x 50 x 10	0.5 0.05	1	良好 / A重油 18cSt	飽和吸油 部位が沈降	*作業性良好 *容易に油を逃がす
第1回	S10	シート	10000 x 100 x 10	1 0.1	1	良好 / C重油 900sCt	飽和吸油 部位が沈降	*作業性良好 *容易に油を逃がす
第1回	B15P	ブーム (パイプ)	12000 x ϕ 150	8 0.7	2	要改善 / C重油 900sCt	問題なし	*ブーム内の紙パイプが吸油を妨げる場合あり
第1回	B15	ブーム (充填)	12000 x ϕ 150	16 1.3	4	良好 / C重油 900sCt	一部水面 下に沈降	*重く作業性に問題あり *ブーム下面 しか吸油に使用せず
第2回	S25	シート	10000 x 250 x 10	2 0.2	1	良好 / C重油 300sCt	問題なし	*作業性良好
第2回	S50	シート	10000 x 500 x 10	4 0.4	2	良好 / C重油 300sCt	問題なし	*作業性良好
第2回	B6	ブーム (充填)	10000 x ϕ 60	1.8 0.18	1	要改善 / C重油 300sCt	問題なし	*作業性良好 *吸油に若干の問題あり
第2回	B6S14	ブーム (充填) +シート	10000 x ϕ 60 +140 x 10	3.4 0.34	1	良好 / C重油 300sCt	問題なし	*作業性良好
第2回	B6S14 F	ブーム (充填) +シート (スリット付)	10000 x ϕ 60 +140 x 10	2.9 0.29	1	良好 / C重油 300sCt	問題なし	*作業性良好 *スリット部分から油を逃す
第2回	M50	シート ロープ 連結	500 x 500 x 10 (1 unit)	0.18 (1 unit)	1	良好 / C重油 300sCt	問題なし	*作業性良好

Table 1 SBS の特性 (水槽実験の結果)

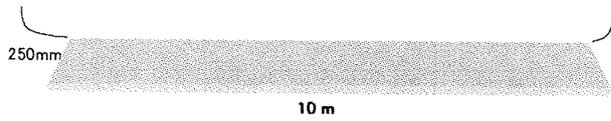


Fig. 6 S25 の形状
(10000 x 250 x 10mm)

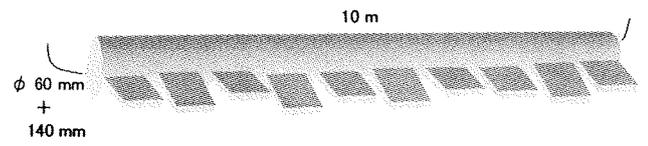


Fig. 7 B6S14F の形状
(10000 x (φ 60 + 140 x 10) mm)

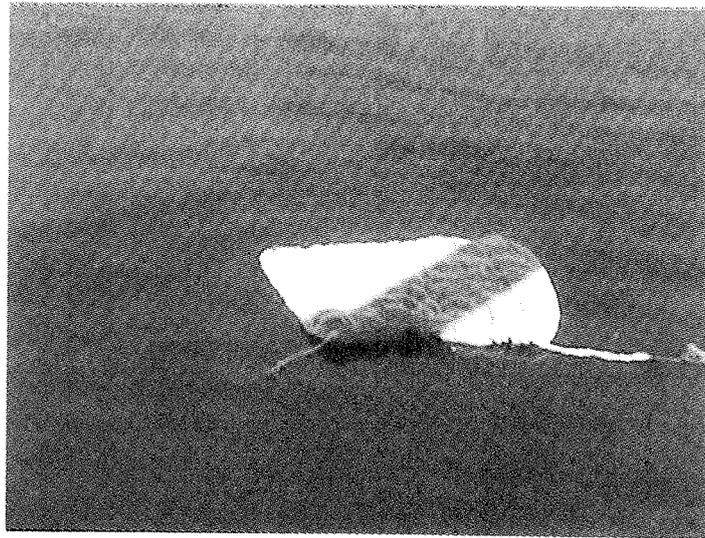


Fig. 8 吸油 (C重油 / M50)