

杉樹皮製油吸着材の吸油メカニズムに関する研究

齊藤雅樹
材料開発部

Oil Absorbing Mechanism of SBS (Sugi Bark Sorbent)

Masaki SAITO
Material Development Division

要旨

地域環境プロジェクト研究として当センター、大分大学、大分県林業試験場の三者共同にて本研究を開始した。海洋流出油回収などの用途に使用される油吸着材を、杉樹皮を原料として実現する試みを当センターにて行っているが、吸油メカニズムについてはこれまで十分に解明されていない。解明の端緒として乾燥状態に違いを持たせた杉樹皮の吸油機能を比較したところ、乾燥状態の杉樹皮ほど油吸着材原料に適することが判明した。繊維サイズによる相違については大きな繊維ほど優れた吸油機能が認められた。本報告の他、大分大学にて杉樹皮の化学的要素と吸油機能の関連を知るべく、親油性の原因がリグニンにあるとの仮定に基づき、検証実験の手法としてQCM (Quartz Crystal Microbalance)に的を絞り、リグニン薄膜を分子レベルで水晶発振子の基盤に固定化する方法につき検討を行っている。また、林業試験場から杉樹皮をはじめとする木質材料に関する情報提供を受け、基礎的データの蓄積を行っている。

1. はじめに

杉樹皮製の油吸着材 (SBS) に関し実用化研究を行った結果、現在までに水槽実験レベルでその有効性を確認している。しかし、原材料として杉樹皮が選ばれた理由は、簡単な油水分離実験により十数種の候補から絞り込まれた¹⁾²⁾という他は、廃棄物利用や天然材料であるという言葉が社会的要素であり、材料工学的な観点から最適の選択肢であるという理由でなかったのが実情である。

そこには、環境関連材料、特に油吸着材は防災関連製品の面があることから、開発に緊急を要するという理由で理論よりも実績が重視されやすい性質上、研究の重点がメカニズム解明よりも形状改良による機能向上に置かれて来た事情がある。

この状況を踏まえ、本研究では改めて杉樹皮製油吸着材の吸油メカニズムを物理的要素と化学的要素に分けて解明し、その結果をフィードバックし油吸着材の材料設計を行うことを目的としている。

2. 実験

2.1 乾燥/湿潤状態の樹皮による吸油実験

2.1.1 供試体の構造

杉樹皮繊維の外包装材料として綿のネットを使用する構造で、杉樹皮の繊維長約1~5cmのもの、網目約4mmの綿製ネットで梱包した構造の供試体とした。

2.1.2 実験の方法

杉樹皮の乾燥状態が吸油量にどのような影響を与えるかについて実験を行った。実験方法は米国材料試験協会 (ASTM) が定める油吸着材の吸着性能試験方法ドラフト版を参考とし、次の手順で行った³⁾。

- (1) 供試体を縦横それぞれ10cm、厚さ17mmとなるよう製作し重量を測定。
- (2) 油を満たした十分な大きさの容器に供試体を静かに入れる。
- (3) 15分後、供試体を引き上げ、30秒間ネットで油切りを行う。
- (4) 供試体をトレイに移動し、重量を計測し、トレイ重量を減じて吸油の正味重量を求める。

供試体中の杉樹皮はその乾燥状態によりBark I からBark III までの3種に分類している。Bark I は室内保存の自然乾燥状態、Bark II は屋外保存の自然乾燥状態、Bark III は屋外保存の湿潤状態で、乾燥している順にBark I、Bark II、Bark III である。

なお、各供試油の動粘度はJIS K 2283 に規定する試験方法により求めた。油吸着材の性能評価は単位自重当たりの吸油重量 (Sorbency Ratio) および供試体1枚当たりの吸油重量により行った。

2.1.3 結果

Fig. 1 に示す結果では, Bark I とBark II に顕著な差は見られない. 一方, Bark III は目視する限り完全な湿潤状態で, 本来の吸油能力がかなり損なわれていることがわかる. Bark II とBark III は同様に剥皮後6ヶ月程度, 屋外で雨ざらしの状態に保存されたものであるが, 使用時に自然乾燥状態であれば, 屋内保存に比して吸油能力はさほど遜色ないことが判明した.

Fig. 2 は, 供試体1枚あたりの吸油重量の比較である. 一見するとより湿潤状態にあるBark II およびBark III が最も乾燥状態にあるBark I を凌駕するという奇妙な結果が生じている. これは, 供試体を製作する際, Bark I ~Bark III の形状即ち厚みを同等にしたため, 湿潤状態にあり柔軟なBark II およびBark III の繊維総量が結果的に多くなったためと考えられる.

そこで, 吸着材の繊維総量を同等にした場合の吸油量の比較を行った. Bark I を水中に3分間人為的に全没させた後に30秒間水切りを行ったものをBark IV とし, Bark I と比較することとした(Fig. 2). Bark I を最終製品に想定する場合, Bark IV は現場海面での使用に供された場合の製品に近い状態と思われる. Bark I に比し吸油量は1~3割減となるものの乾燥時自重で計算したSorbency Ratio はC重油で9.4であった. 天然繊維系油吸着材はSorbency Ratioが5以下でPoor, 5~10でFair, 10以上でGoodと評価されており⁹⁾, この数字は実用に足るものであると考えて良い.

2.2 繊維サイズ別の樹皮による吸油実験

2.2.1 供試体の構造

屋内乾燥状態の杉樹皮繊維をFritsch社A3型フルイ振盪機(網目52~600 μm)により振幅1mm, 50Hz, 1時間作動にてサイズ別に分類し, 散逸を防ぐため綿素材の不織布シートにより外包した. 供試体外寸は10cm四方, 重量6.7~6.9gである.

2.2.2 実験の方法

杉樹皮の繊維サイズが吸油量にどのような影響を与えるかについて実験を行った. 実験は2.1.2に述べた(2)~(4)の手順で行った. 今回の実験は外包材がメッシュではなく細目の不織布シートのため, C重油を試験油に用いると吸入に障害を来し, 樹皮と油との接触が妨げられる恐れがある. 従って, 低粘度のA重油(4.7cSt; 30 $^{\circ}\text{C}$)を試験油とした.

2.2.3 結果

実験と並行して各サイズの樹皮繊維をビデオマイクロスコープ(100倍)にて観察した(Fig. 4~8). 樹皮繊維の形状は実にまちまちなため通過網目と繊維長・繊維

径との相関を一概に述べることは困難と判断し, 繊維サイズの目安として振盪機のフルイを通過した際の最小の網目をX軸に採っている. また, 最小サイズの繊維(通過網目53 μm)については, 網目を通過した繊維全て, 即ち微小粉末までが含まれているため他のサイズの値と若干性質が異なることを注意する必要がある.

Fig. 3 に示す結果では, 繊維サイズが大きくなるほど吸油機能に優れる傾向が見受けられる. また, Fig. 4~8からは, 通過網目53 μm を除き, 繊維サイズが小さくなるほどアスペクト比が大きくなる様子が観察される.

この2点のみで杉樹皮の吸油に関する物理的な影響を推論することは甚だ難しいが, サイズの大きな樹皮繊維には油を保持する空隙が豊富に存在していると考えられる. また, 吸油という面から樹皮構造を解釈すれば, 例えば通過網目75 μm (Fig. 7)で観察されるような細長い繊維をユニットとし, ユニットそれ自体の吸油に加え, ユニット間の接合部分に比較的大きい空隙を有し, これが言わば貯油タンクの役割を果たしているという仮説が立てられる.

3. まとめ

杉樹皮は使用時に乾燥状態にある程, 吸油に適しかつ吸水が少ないため, 油吸着材として適しており, それまでの乾燥/湿潤状態に関わらず使用時に乾燥していれば優れた吸油機能を示すことが判明した.

油吸着材用途の場合, 杉樹皮の保存保管にそれほど注意を払わずとも実用上問題がないと考えられ, 防災用資機材として使用される場合等に有利であると思われる.

また, 繊維サイズについては大きなものほど単位重量当たりの吸油機能に優れていることが判明し, 油を保持する空隙容積と関連があると思われるが, より詳細な検討が必要である.

参考文献

- 1) 齊藤雅樹, 大内成司:平成10年度大分県産業科学技術センター研究報告, p.141-144, 1999
- 2) Masaki Saito, Joji Ouchi: Temporary Response System for Viscous Oil Spill by Fishery Technique, 1999 International Oil Spill Conference Proceedings
- 3) 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
- 4) Robert Schulze Environmental Consultant, Inc.: 1997/1998 World Catalog of Oil Spill Response Products Sixth Edition, Sorbents 3.6 - 3.8, 1998

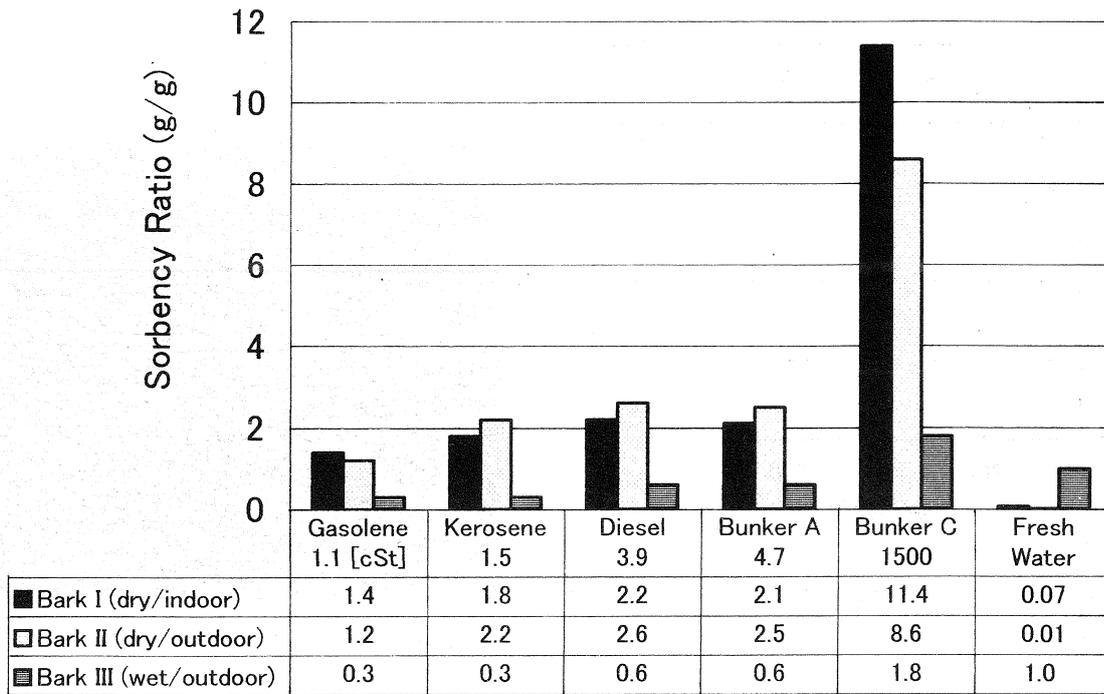


Fig. 1 樹皮の乾燥/湿潤状態と Sorbency Ratio の関係

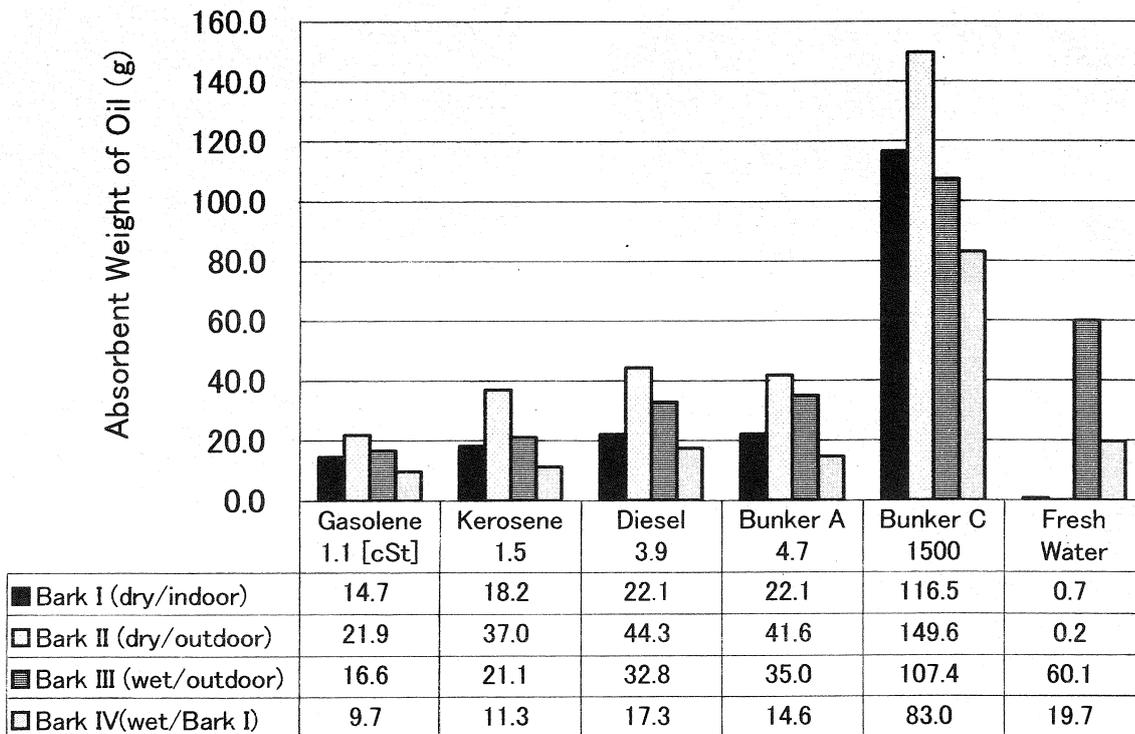


Fig. 2 樹皮の乾燥/湿潤状態と 吸油重量 の関係

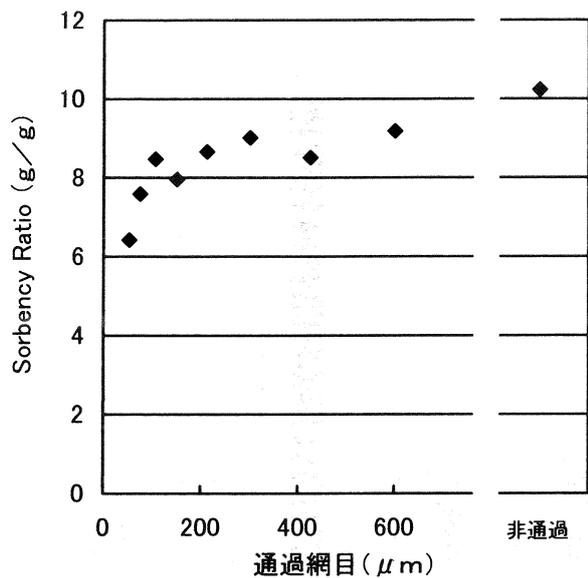


Fig.3 樹皮サイズ (通過網目) と Sorbency Ratio の関係



Fig.6 樹皮繊維 (通過網目 150 μm)

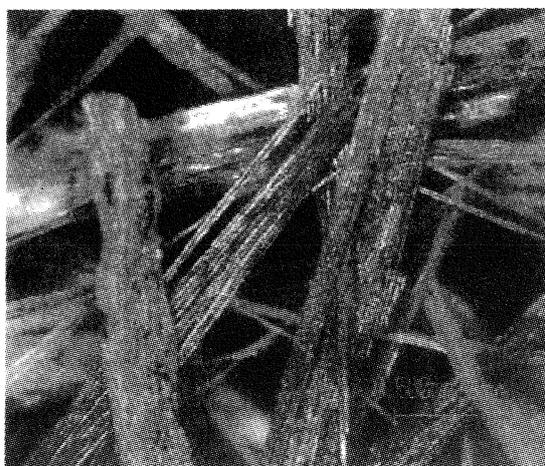


Fig.4 樹皮繊維 (通過網目 600 μm)

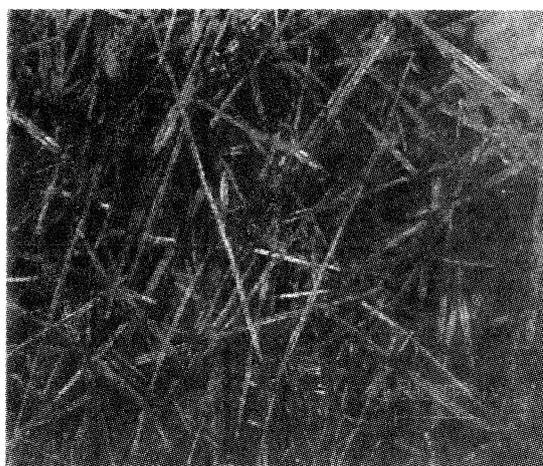


Fig.7 樹皮繊維 (通過網目 75 μm)

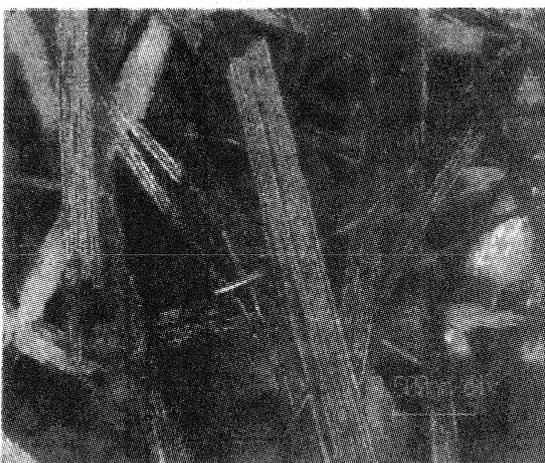


Fig.5 樹皮繊維 (通過網目 300 μm)

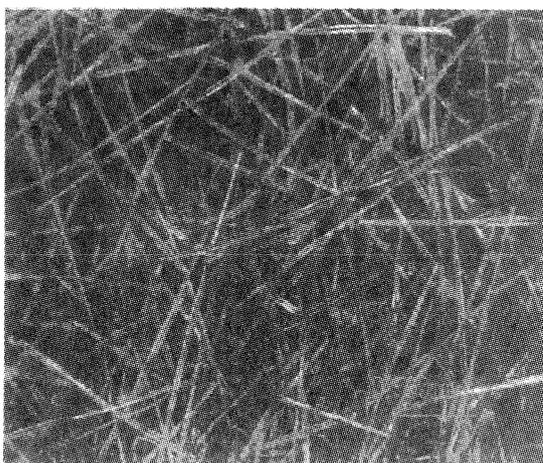


Fig.8 樹皮繊維 (通過網目 53 μm)