

# パルプ原料としてのオイルパーム木質資源の活用

田 中 良 平

## 1. はじめに

マレーシアにおいて、オイルパーム（油ヤシ、学名 *Elaeis guineensis*）は最も経済価値の高い植物のひとつである。この植物から採取されるパーム油（ヤシ油）の産出量は年間約 1,000 万トンに上り、同国の優良な輸出產品として、GDP（国内総生産）の 5.6% にも相当する外貨を稼いでいる（1998 年）(Ismail 2000)。その一方で、パーム油以外の植物系材料としてのオイルパーム利用は、その大量の蓄積にも拘わらず、ほとんど実用化されていない状況である。ここ十数年来、木質系材料としてオイルパームを如何に使っていくかは、マレーシア政府の科学技術政策において最も重要な案件のひとつである。筆者は 1998 年から 3 年あまり、このパームの木質材料を有効に利用するための技術開発を行なう目的で、農林水産省（現・独立行政法人）・国際農林水産業研究センター（JIRCAS、本所：茨城県つくば市）より、マレーシアに派遣された。そこで本稿では、マレーシアにおけるオイルパームに関する現状と、筆者が長期派遣の間に進めた研究について紹介する。

## 2. 研究の背景

### (1) オイルパームの現状

オイルパームは、国家経済の一翼を担うオイル産出のため、マレーシア全土においてプランテーションが盛んに行なわれている。その合計面積は 32,000 km<sup>2</sup> にも及び、東マレーシア（サバ、サラワク両州）を含む全国土の 10%，全耕作地面積の 50% にも相当する（1998 年）(Ismail 2000)。この数値だけ見ても、マレーシア国内で相当な面積がオイルパームに覆われていることがお判り

---

Ryohei Tanaka : Utilization of Oil Palm Lignocellulosics as Pulping Materials.  
独立行政法人 国際農林水産研究センター

いただけると思う。首都クアラルンプールを訪れた際に、郊外にある国際空港への着陸は、一面のオイルパーム林に突っ込んでいく印象をもたれた読者も多いのではないだろうか。こうしたプランテーション等から精



拡大写真 1-a  
(樹の中央部分)

写真 1 オイルパーム樹

油工場を経て生産されるオイルは、食用油のほか、食品工業原料、洗剤など家庭用品原料等として、前述の通り、国内消費はもとより世界各国に大量に輸出されている。

このヤシ科植物は、元々西アフリカを原産とし、マレイシアでは 1970 年代から全土でプランテーションによる栽培が急速に盛んになった (Singh ら 1999)。植栽からおよそ 3 年で油を含んだ果実をつけるようになり、25 年ほどの間、毎年オイルを産出する (MPOPC 2002)。写真 1 は一本のオイルパームであり、中央部には無数の果実をつけた果房部分が存在する (拡大写真 1-a)。個々の果実には油が含まれており、パームオイル精製工場ではこの果実部分を外し、主に圧搾により油分を採取する。この果実を外して残った部分を空果房 (empty fruit bunch=EFB, 写真 2 (a)) といい、マレイシア国内に年間 1,200 万トンが排出される (2000 年推定) (Singh ら 1999)。この EFB は、その全排出量のうちの一部のみが、各精製工場でボイラー用に燃料として利用されている以外は、ほとんどが廃棄されている。重大なバイオマス資源の損失と言ってよい。ほかに、果実採取時に切り落とされる茎葉 (frond, 葉柄+葉), 25~30 年毎に伐採・更新される樹幹等も有用なりグノセルロース資源であり、その産出量は、茎葉が年間 3,000 万トン、樹幹が年間 650 万トンにも及ぶ (2000 年推定)。しかしながら、これらの部分も有效地に利用されないまま放置されているのが現状である。なお、樹幹部分は、その 30% 近くを占める柔細胞にデンプンな

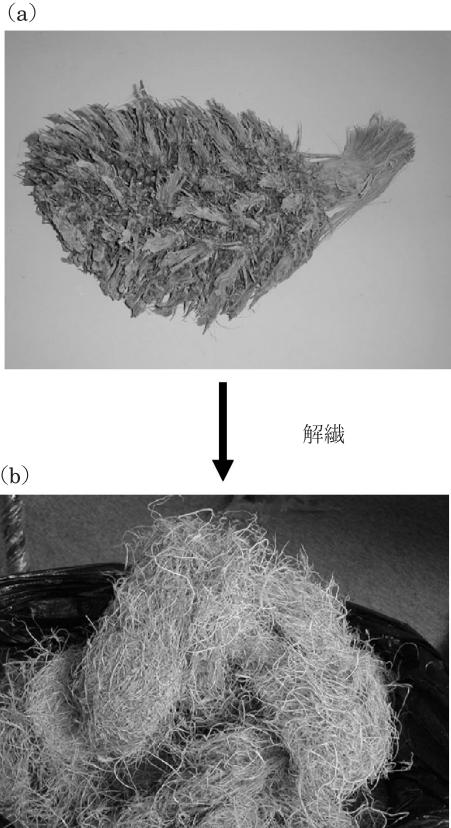


写真 2 オイルパーム空果房 (EFB)  
(果実採取後 (a); 解纖済み (b))

しやすい空果房 (EFB) に対して、これまでの研究にはない手法による多様なパルプ調製を試み、オイルパーム廃棄物に対する新たな利用技術開発に向けた基礎データの構築を目的とした。以下に研究の概要について述べる。

### 3. 研究概要

#### (1) 材料

研究対象とした EFB は、マレイシア民間会社・Sabutech SDN. BHD. (ペラ州) より供給されたものを使った。この会社では房状の EFB (写真 2 (a)) を物理的に解纖し、洗浄・圧縮・梱包したものを EFB 原料として供給しており

ドリグノセルロース以外の炭水化物が含まれており (Tomimura 1992)，木材と同様の利用手段には適さない。

こうしたオイルパームから排出されるリグノセルロース資源を有用な材料へ変換する技術の開発は、ここ十数年の間、マレイシア国内の最重要課題の一つとして取り上げられている。しかしながら、決め手となるような利用方法が確立できていないのが現状である。

#### (2) JIRCAS 国際共同研究

こうした背景の中、筆者は、JIRCAS 長期在外研究員として、マレイシア北部のペナン州に位置するマレイシア理科大学 (University Science Malaysia) に 3 年 2 ヶ月間派遣され、このオイルパーム資源を有効に利用する技術を開発するべく研究をすすめた。実際には、3箇所の部位のうち、集荷性・流通性の点から最も利用

(Sabutech 1994), 我々が実際に取り扱う際には写真2 (b) の状態になっている。研究室では、この EFB を供給された状態のままパルプ原料とした。

## (2) EFB パルプの無塩素漂白

木質系の原料から製造されるパルプの用途として、まず紙を作る、つまり製紙用パルプとしての利用が思い浮かぶ。これまでオイルパーム系資源を用いた製紙用パルプの調製は、数々の研究グループによって試みられている。現在のところ、先に述べたような原料供給体制の問題などもあり、実際

に工業的に稼動するまでには至っていないものの、ある程度までの研究成果が挙げられており、製紙用パルプ原料としての適性も示されている。しかしながら、パルプ製造工程の中で重要な位置を占める漂白については、あまり研究されておらず、従来の方法がある程度適用できることを示すにとどまっている。漂白方法も、現在でも主流は塩素系物質の使用であるが、今後の世界的な傾向として、ダイオキシン類など有害塩素系化合物の排出しない環境に配慮した手法が求められる。すなわち、環境への負荷が大きい塩素を使わずに、無塩素の漂白方法の適用が重要になりつつある。そこで我々は、EFB から調製した化学パルプに対して、オゾンの使用を中心とした無塩素漂白の有効性について検討した。

まず、EFB を活性アルカリ量 16%，硫化度 25% の条件によりクラフト蒸解し、得られたパルプに対して、酸素 ( $O_2$ )、酸 (acid)、オゾン ( $O_3$ )、過酸化水素 ( $H_2O_2$ ) を用いて多段漂白を試みた。各漂白段階におけるパルプ物性の変化は表1に示す通りである。カッパー価は着色物質・リグニン含有量の指標であり、粘度はパルプ中に含まれるセルロース重合度の指標である。この結果から、塩素系の漂白物質を全く使用しなくとも、EFB クラフトパルプ中のリグニン

表 1 漂白プロセスにおける EFB クラフトパルプの物性変化

漂白プロセス	未漂白	$\rightarrow O_2$	$\rightarrow$ acid	$\rightarrow O_3$	$\rightarrow H_2O_2$
カッパー価	14.9	11.0	10.3	3.3	—
粘度 (cp)	23.9	22.0	21.2	16.6	11.2

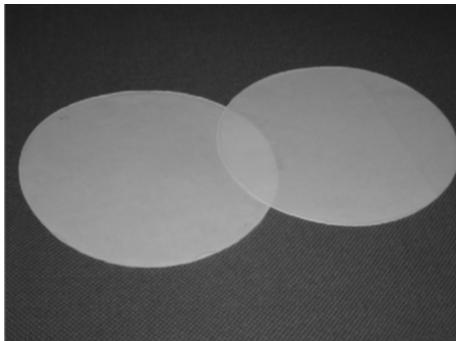


写真 3 漂白 EFB パルプから調整した手漉きシート

の大部分  
が除去さ  
れうるこ  
とが判明  
した。

このよ  
うにして  
得られた

漂白パル  
プを、叩解こうかいしたのち手漉き

により作成したシートが  
写真3である。シートの紙  
力強度等を測定した結果  
をまとめたものが表2で  
ある。漂白過程における紙  
力強度(引張り、引裂き、  
破裂)の低下はほとんど起  
こらないことが示唆された。  
表1ではセルロース重  
合度が漂白段階を経るに  
つれて徐々に低下してい  
るが、その紙力強度への  
影響は全く見られない。一  
方、手漉きシートの白色度  
は75%近くにまで向上  
し、塩素漂白で得られる値(80~90%, Khooら1991)も条件により充分に達成しうることが示された。

パルプ叩解度と紙力の関係を基に、本研究で得られたEFPパルプとEFPな  
らびに広葉樹パルプの文献値との比較を行なったものが図1である。一般に、  
パルプを叩解することにより、纖維同士の絡み合いが良くなり、それに伴って  
紙力強度が向上する。フリーネスはパルプの濾水性を示すもので、叩解が進む  
につれ、パルプに捕捉される水量が多くなるため、濾水量は少なくなる。ここ  
ではフリーネスに対して引張り強度をプロットしたものであるが、文献値を含

表2 EFBクラフトパルプの紙力強度

漂白プロセス	未漂白	O <sub>2</sub> →acid→O <sub>3</sub>	O <sub>2</sub> →acid→O <sub>3</sub> →H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
引張り指数(N·m/g)	67.3	67.5	63.9
引裂き指数(mN·m <sup>2</sup> /g)	12.5	13.0	11.7
破裂指数(kPa·m <sup>2</sup> /g)	5.33	5.60	5.05
白色度(%)	27.6	55.3	73.9
不透明度(%)	98.4	85.6	72.4

(註) パルプフリーネス(CSF)はすべて240mlに調整。

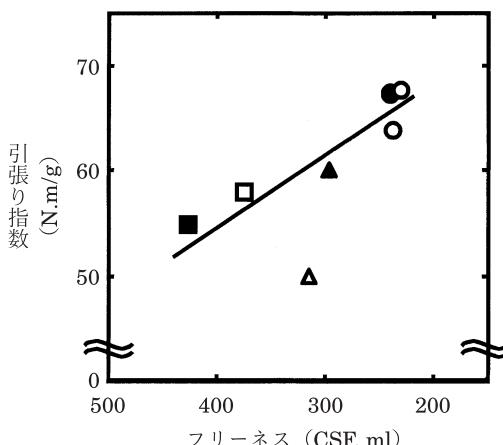


図1 クラフトパルプの紙力強度  
○● 実験値, △▲ EFB文献値, □■: 広葉樹文献値  
(○△□: 未漂白; ●▲■: 漂白)  
参考文献 Khoo 1991, Valade ら 1998

めて EFB パルプと広葉樹パルプがほぼ直線関係にあることがわかった。すなわち、EFB パルプから調製したシートが、漂白の有無に関わらずほぼ広葉樹並みの紙力強度を持ちうることが示唆された。

これまでに述べた EFB パルプは、硫黄成分を含むクラフト蒸解により得たものを対象とした。我々はほかに硫黄成分を含まないソーダ蒸解ならびにソーダ・アントラキノン蒸解により得られたパルプに対しても、オゾンを中心とした無塩素漂白を試みた。結果の詳細は割愛するが、ソーダ・アントラキノン蒸解パルプは、クラフトパルプと同様に白色度の向上に効果があることがわかった。しかしながら、紙力強度についてはやや低い値が出ており、蒸解条件など改善の必要性が示された。

### (3) 溶解パルプの調製

セルロース純度の高い溶解パルプは、レーヨン、セロファン、セルロース誘導体等の原料などとして、纖維、フィルム、食品など様々な分野で利用されている。2000 年の世界全体の生産量は 290 百万トンであり、製紙用パルプの 2% 弱に過ぎないが (FAO 2002)，各種工業において重要な素材として欠かせない。これまでに、オイルパーム廃棄物を利用した溶解パルプの調製に関する研究は、まだ行なわれていない。そこで、前項の製紙用パルプと同様に、環境負荷のより小さい手法を用いて、EFB からの溶解パルプ調製を試みた。

EFB をソーダ・アントラキノンにより蒸解し (活性アルカリ量 24%，アントラキノン 0.1%，170°C/90 分)，得られたパルプに対し 0.4~1.5% (対パルプ) のオゾン添加により漂白を行なった。EFB に対しては、蒸解に先立ち 1.5% 硫酸により加水分解前処理を行ない、セルロース純度を高めた。表 3 には、様々な条件で調製したパルプについて、セルロース純度の指標である  $\alpha$ -セルロース含量と不純物の指標であるペントザン含量を示す。ペントザンは、木質系材料に含まれるヘミセルロースに由来するものである。従って、溶解パルプとして工業的に利用する場合、 $\alpha$ -セルロース含量についてはより高く、ペントザンはより低い含有率が望まれ、利用目的により JIS 等の規格がある (田中 1985)。表中、A と B が溶解パルプであるが、A はオゾン漂白の後、アルカリ抽出 (NaOH 処理) を行なったものである。この場合、オゾン添加率が 0.4% と B (同 0.6%) より低いにもかかわらず、 $\alpha$ -セルロース含量は大きく上回っている。しかしながら、A, B いずれも市販針葉樹パルプと比較して (表 3・S)， $\alpha$ -セルロース、ペントザンいずれの含量もほぼ同等のレベルにある。また、酸加水分解前処理を施していないパルプ (表 3・C) と比較すると、いずれも  $\alpha$ -セル

表 3 EFB 溶解パルプの化学的性質

	処理条件	$\alpha$ -セルロース 含量 (%)	ペントザン 含量 (%)
A	前処理→パルプ化→ オゾン漂白→アルカリ抽出	95.1	1.8
B	前処理→パルプ化→ オゾン漂白	88.6	1.8
C	パルプ化→オゾン漂白	77.9	24.2
S	市販針葉樹 溶解パルプ	92.3	2.5

ロースは 10% 以上含有量が高く、ペントザン含量にいたっては 1/10 以下のレベルにまで改善され、前処理の有効性が示された。これらの結果から、前処理とオゾン漂白・アルカリ抽出を組み合わせることにより、EFB から環境への影響がより少ない手法による、溶解パルプ調製が可能であることが見出せた。

#### 4. おわりに

ここで述べた研究を含め、EFB などオイルパーム系木質資源をパルプ原料として利用しようという試みは、ここ十数年の間、マレイシアを中心とした各研究機関で続けられているが、実際に実用化されるまでにはまだいくつかの障害があることは否めない。ひとつには、マレイシアにおけるパルプ産業の位置付けである。森林資源に恵まれ、樹木に立脚した産業が盛んであるにもかかわらず、パルプ産業に関してはあまり発達していない。詳細については以前報告しているのでここでは重複を避けるが（田中 1999），ある程度確立している製紙産業でも、原料となるパルプは再利用物（故紙）および輸入に頼っているのが現状である。従って、オイルパーム由来の原材料をパルプ化するためには、その基盤となる産業自体の活性化が先決である。実際に、国内の紙消費量は年々伸びており、紙パルプ関係者の間では、産業の活性化を推進する機運が近年高まっている。オイルパーム材料の利用は機が熟することを待たねばならないが、いざパルプ産業においてこの原料を使おうという時に、これらのパルプ化・製紙適性の評価等の研究が、実践に即した基礎データとして十分に活用されることが考えられる。なお、オイルパーム資源を原料化する場合に、例えば EFB などは非常に嵩高なことはひとつの難点であると言える。つまり、原料の収集・集荷・運搬についても、経済性を考えると解決しなければならない問題点である。

溶解パルプについては、製紙用パルプの更にその先ということになるかもし

れない。世界全体の需要そのものが製紙用に比べて小さいが、EFBなど熱帯産未利用リグノセルロース資源を有効に活用し、原料から纖維、フィルムなど工業製品を熱帯諸国において一貫して製造するシステム構築の可能性を秘めている。

これらの研究成果が東南アジアをはじめとする途上国において、経済的な波及効果を生むとともに、森林資源保護、地球温暖化防止など環境保全の面にも寄与できることを期待したい。

〔参考文献〕 Ismail, F. (2000) Focus : Oil palm sector turns over a new leaf. New Sunday Times (2000年4月2日付、マレイシア国内新聞記事). FAO (2002) FAO ホームページ <http://www.fao.org/>. Singh, G. ら (1999) Oil Palm and the Environment : A Malaysian Perspective. Malaysian Oil Palm Growers' Council. Khoo ら (1991) Pulp and paper from the oil palm. APPITA J. 44 : 385～388. MPOPC (2002) Malaysian Palm Oil Promotion Council (MPOPC) ホームページ <http://www.mpopc.org.my/>. Sabutech (1994) Malaysian Patent MY-104644-A, Sabutech (M) SDN.BHD. Tomimura, Y. (1992) Chemical characteristics and utilization of oil palm trunks. JARQ 25 : 283～288. 田中浩雄 (1985) パルプ製造実験およびパルプの品質試験 (第6章), 木材科学実験書 : II. 化学編 (日本木材学会・化学編集委員会), 中外産業調査会. Valade ら (1998) Potential use of Acacia species as a raw material for pulp and paper industry. International Conference on Acacia Species-Wood Properties and Utilization Acacia' 98, Universiti Sains Malaysia, Penang : 20～31. 田中良平 (1999) マレーシアにおけるセルロース関連産業および研究の現状 Cellulose Communications 6, 97～100.