

マレーシア・サラワク州における 木質バイオマスの利用状況

吉田貴紘・原田寿郎・山本幸一

1. はじめに

筆者らは 2004 年 9 月 21 日から 26 日にかけてマレーシアのサラワク州クチン市の森林研究機関，木材業界団体，およびビンツル市の木材加工工場，ビンツル市郊外の植林地を訪問し，サラワク州における木質バイオマス利用の現状に関する調査を行った。

本調査は，文部科学省の科学技術振興調整費プロジェクト「ASEAN バイオマス研究開発総合戦略」の一環として行われた。本プロジェクトでは，アジア諸国，特に ASEAN 地域に豊富に賦存するバイオマス資源を利用した持続可能な循環型社会形成への寄与及び新規産業の創生を目的として，我が国が主導的立場で ASEAN 地域における先導的な研究機関とネットワークを構築し，バイオマス賦存量，変換技術，代替エネルギー，二酸化炭素取引等の調査や国際ワークショップを実施している。最終的には，我が国の ASEAN 地域バイオマス戦略の構築に資するとともにバイオマス共同研究開発プログラムを提案することになっている。研究期間は 2004 年度より 3 年間の予定で，参画機関は産業技術総合研究所，農水系独法研究所，地球環境産業技術研究機構，東京大学，三菱総合研究所である。

本年度，森林総合研究所のグループは，ASEAN 地域で先進的な林業を推進しているマレーシア国における木質バイオマスの資源量及び利用の現状の把握を行った。本稿はサラワク州における調査結果を 3 つの項目（森林資源および木材生産の概要，木材加工工場の現状，植林地の状況）に分けて報告する。なお，関連する既報として藤本の報告¹⁾があるのでご参考願いたい。

Takahiro Yoshida, Toshiro Harada and Koichi Yamamoto : Utilization of Woody Biomass in Sarawak, Malaysia

(独)森林総合研究所 加工技術研究領域・木材改良研究領域・研究管理官

2. サラワク州の森林資源、木材生産の概要

標記の情報を得るため、Sarawak Timber Association（サラワク木材協会、STA）、Sarawak Forest Corporation（サラワク森林会社、SFC）を訪問した。STA は 1971 年に設立され、600 の会社が加盟している。2000 年 10 月に新ビルが完成し、会員会社の製品を展示するショールームも備えている。一方、SFC はサラワク州の森林政策および研究の実行機関である。元々はサラワク森林局の一部であったが、2003 年 6 月に民営化された（州政府出資の特別会社）。持続可能な森林経営と森林保護を目的として、6 つの主要業務を行っている。今回は STA 本部と、SFC のうち森林と林産の 2 つの研究センターである森林研究センター（Forest Research Center）と木材研究・技術訓練センター（Timber Research & Technical Training Center (TRTTC)）を訪問した。

サラワクは陸地面積の 71% を森林が占めている（870 万 ha）。現在、100-150 万 ha を植林する計画が進行中で、パーマネントな森林 524 万 ha を 600 万 ha に、保護林を 50 万 ha から 100 万 ha への拡大を目標としている。また州政府は企業に植林ライセンス権を与えて民間レベルでの植林も進めている（ライセンス料は 5~10 RM/ha, 1 RM（リングgit）=30 円）。なお商品作物（オイルパーム、胡椒、ゴムなど）の栽培に関しては、植林面積の 20% 以内で可能である。

サラワクでは木材産業が盛んで、石油、天然ガスに次いで大きな産業である。2003 年における州内の丸太生産量は 1,200 万 m³ に達した²⁾。これに対し ITTO は永久森林からの伐採量を 920 万 m³ にするよう勧告している。樹種別では Meranti 類が 488 万 m³、Kapur 類が 60 万 m³、Keruing 類が 56 万 m³ を占めている。また、丸太生産で得たロイヤリティーは約 6.8 億 RM に達する。表 1 に、輸出データを示す^{2,3)}。輸出総額は 56.3 億 RM に達し、内訳として丸太・製材は 5 割程度で、加工品は合板が主であった。主要輸出先は日本（約 50%）、韓国、台湾、中国である。

残材利用に関して、州政府が利用推進策として関連機器の導入は免税にしている。その効果があって残材利用は進んでいるようである。例えば背板は一束（長さ 10 ft, 直径 3~4 ft）あたり 18 RM で取引されているとのことであった。TRTTC の Wong らが Kemena 工業団地で調査した内容⁴⁾によると、工場内の残材は約 75% が利用され、内、熱利用が約 5 割、ボード利用が 4 割を占めていると報告している。また、バイオマス発電は 2, 3 社で行っているにすぎない

表 1 サラワク州における木材輸出内訳

項目	輸出量 (m ³)	輸出額 (RM*)	項目	輸出額 (RM)
丸太	477 万	16 億 9,774 万	単板	2 億 5,000 万
製材	109 万	8 億 4,691 万	合板	27 億 5,608 万
			モールディング	4,601 万
			ダボ	2,418 万
			チップ	1,824 万
計		25 億 4,465 万	計	30 億 9,450 万

*1RM (リングギット) = 約 30 円

という。さらに、中密度繊維板 (MDF) 原料となる残材は、適用樹種が限られることから不足気味とのことであった。一方、林地残材に関しては、収集コスト高から林内に放置され、樹皮も土場で剥皮されて放置されているという。なお、伐採木から丸太への歩留まりは 5 割程度とのことであった。

3. 木材加工工場 (ピンツル市) における状況

3.1 オガ炭工場

A 社を訪問した。この工場はおが屑を原料にブリケット (オガライト) とブリケット炭 (オガ炭) を製造している。1977 年に設立され、年間売り上げは 220 万米ドル (2003 年) で、従業員数は 95 名、24 時間、2 シフト体制で操業していた。

原料のおが屑は、周辺工場より単価 27 RM/t (輸送費込み)、73 t/日 (全乾ベース) で調達していた。オガライトはおが屑を含水率 4.5~5.0% まで乾燥した (ジェットドライヤー、80℃) のち、310℃ で筒状に成型して得られる。オガライトには断面形状が 6 角形と 4 角形の 2 種類ある (写真 1)。4 角形タイプの標準寸法は長さ 410 mm×幅 50 mm、穴の径 15 mm であった。1 日数回、寸法、重量等の品質検査を行っているという。

オガ炭は、オガライトを 850℃ で約 5 日間乾留 (うち 1 日は冷却工程) して得られる。乾留炉 (写真 1 右側) は 90 門あり、1 門あたり 3,300 個のオガライトを投入できる。乾留により徐々に収縮し、約 3 割 (重量基準) がオガ炭となる。一方、乾留時に放出される揮発成分は直接燃焼処理される。おが炭の最大生産量は 20 t/日とのことである。製品は 4 角形タイプの標準寸法で長さ 350 mm×幅 40 mm、穴の径 11 mm からなり、焼きしまりの具合で 3 つの等級に分別さ



写真 1 オガライトとオガ炭（左）と乾留炉（右）

れる。上級品は発熱量 8,200 kcal/kg, 揮発分 0.3~0.9% の品質で, 4 分の 3 が日本へ輸出されている。また, くず化したオガ炭は再成型して豆炭化して出荷されていた。

最近の傾向として, おが屑は供給過剰気味であるものの, 小径木由来のものが増加しているので品質が低下しているという。そこで, 独自の手法でおが屑を 3 つのクラスに分別した後, ブレンドして品質を保っているとのことであった。また, おが屑乾燥用のボイラ燃料には端材や背板等を用いていた。

3.2 製材工場

B 社を訪問した。この工場では, 製材および残材のチップ化を行っていた。設立は 1991 年の製材部門からで, 1997 年からチップ化施設が操業開始した。従業員は 200 名, 売上は 300~400 万 RM/月とのことである。

原料となる丸太は, 剥皮済みで直径 50~70 cm 程度のもので, 月 8,000 m³ 調達し, 主に梱包用材, フィンガージョイント, 枕木等に加工している。乾燥設備もあるが, 高価な材のみに行われていた。製材工程で発生するおが屑は苗畑のポット床用として 50 RM (10 t トラック積み) で販売していた。

チップ用の原料は自社で発生する端材を用いている。チップ化施設は, 原料密度の大小に対応した 2 基のチップパーからなり, 処理能力はそれぞれ 16 t/時と 12 t/時である。チップは, 隣接する MDF 工場の原料ならびにボイラ燃料用, 厩舎の敷料用として 50 RM/t で販売していた。その他, 需要に応じて他用途向けに出荷しているとのことであった。なお本施設は午前 6 時~午後 2 時ま

での昼間操業であった。

3.3 ドアスキン工場

C社のドアスキン工場を訪問した。同社は地元で最大級の企業体で、他に製材、合板工場を所有する。同工場は1999年に創立し、総売上は500万枚/年、従業員は270名、24時間体制で2シフト操業している。

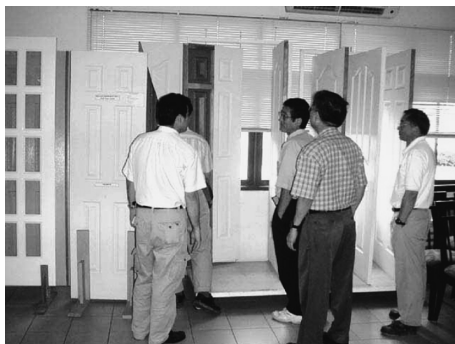


写真 2 ドアスキンサンプル

ドアスキンとは、ドアの表に貼るパネル板のことである（写真

2）。原料は、隣接する合板工場より発生する残材で、単価 20～30 RM/t、日量 225t で調達していた。ただし将来的には、自社植林地からの間伐材、末木、枝条も調達したいとのことであった。残材は 20～25 mm のチップに調製されてから製造工程に入る。ドアスキンの原型は、チップをリファイニング（繊維化、160～170℃、4 分間）後、乾燥（ジェットドライヤー、84℃、含水率を 8% 以下）、熱成型（180℃、10 気圧、80 秒間）を経て得られる。その後サイズ調整、塗装をして製品となる。製品は密度が 1.0g/cm^3 で規格上は高密度繊維板（HDF）に相当し、主にアメリカ、ヨーロッパへ輸出されている。

工場内で発生する残材は小粒径のチップ、モールディング時の端材があり、これらは全てボイラ燃料として利用していた。ボイラは消費能力が 1,200 t/月で、20 bar、220℃の蒸気を 30 t/時供給できる。

3.4 バイオマス燃焼発電施設

D社を訪問した。この会社は1990年に設立され、従業員は850人で、日本人も3名常駐している。日本向けの合板、単板、単板積層材（LVL）、MDFを7,000 m³/月生産している。今回は残材利用の発電および熱供給施設を見学した。

発電および熱供給施設は、D社と隣接するE社で共用している。1999年に設置され、24時間体制、3シフト、のべ従業員数38人で運転している。ボイラ、発電設備は共に日本製であった。運転は、ボイラ燃焼温度860℃、蒸気温度390℃、蒸気圧力39 kg/cm²、発電機出力4,580 kWで行っていた。発電量は両者の電力需要の65%を担い、発電端効率は18-20%、建設費込みの発電単価は120 万 US\$/MW（=13 万円/kW）あった。タービンは復水式で、余熱は利用

していなかった。熱供給施設は3基のボイラからなり、チップを各3t/時で燃焼して熱交換によりサーマルオイルを6 bar, 210°C (4.1 MW 相当) で供給している。なお、発電施設、熱供給施設は完全に独立しており、定義上はコージェネレーション施設¹⁾ではなかった。なお、燃焼灰は2t/月発生し、周辺に処分していた。

これら施設の燃料は、自社から発生する残材のほか、周辺の製材工場から回収した背板、トリミング材を利用している。前者は、発生する残材7,000 m³/月のうち、熱供給用に30%、発電用に30%利用しているとのことである。しかしこれだけでは不足するので、周辺の他社の敷地に自社コンテナ(2 m³)を設置してもらい、トラックで巡回して無料で引き取っている。しかし、他社の業務縮小により、入荷する残材も減少傾向という。

4. 植林地における状況

4.1 *Acacia mangium* の植林地

ビンツル市郊外のF社を訪問した(写真3)。ここでは*Acacia mangium*の育苗と植林を行っていた。苗木生産量は通常で150万本/月、最大で200万本/月とのことである。苗木用ポットには硬質プラスチック製チューブ(65 cc)が使われ、土入れや播種はポット95本入りのコンテナ(プラスチック製、長さ50 cm×幅33 cm×高さ12 cm)上で機械化して行われていた。培土にはおが屑が2割程度含まれており、このおが屑はビンツルの製材工場より単価30 RM/m³(工場渡し無料、輸送料のみ)、月30 m³で調達している。育苗期間は10-12週間、苗は0.25 RM/本で販売していた。植林は密度1,100本/ha、目標面積2,400~3,000 ha/月で実施している。また、成長量は7年伐期で220 m³を見込んでいる。なお、種子は買い入れているが、2,000 RM/kgと高価であることから、挿し木の割合を増やしていきたいとのことであった。



写真3 *Acacia mangium* の育苗施設

4.2 地域樹種を主体とする植林地

ビンツル市郊外のG社を訪問した。この育苗施設は、SFC、

STA, 民間企業の共同出資で設立された。州の育苗プロジェクト（1999 年開始）に基づき、州内の植林業者に苗を供給している。敷地面積は 500 ha で、19 名のスタッフにより業務を行っている。育苗種は地域特性に対応して様々な樹種を取り扱っており、その種子は自社植林地からの採種あるいは外部購入で得ている。苗床は 96 床あり、苗床 1 つあたりの大きさは長さ 1 m × 幅 6 m × 高さ 30 cm であった。培土は、砂、おが屑、ココナツ殻からなるが、ブレンド率は不明であった。植林地も有し Engkabang Jantong (*Shorea macrophylla*), Ben-
uang (*Octomeles sumatrana*), Kelampayan (*Anthecephalus chinensis*), Tongkat Ali (*Eurycoma longifolia*) などを植林していた。



写真 4 *Acacia hybrid* の植林地
(99 年 4 月に植林)

4.3 *Acacia hybrid* の植林地

ビンツル市郊外の H 社を訪問した。この会社は SFC と民間企業の合弁で 1997 年に設立され、国内、海外（インドネシア、タイ、豪州等）から 30 種の樹種を調達して植林を行っている。敷地面積は 1,000 ha で、うち植林地を 800 ha、採種林を 100 ha 有している。今回は *Acacia hybrid* の植林地を見学した（写真 4）。4 年生で胸高直径 17～22 cm、高さ 20 m、密度 0.6g/cm³ 程度まで成長していた。また、近隣の企業に苗木を供給し、価格は一般 *Acacia* 種で 0.15 RM/本、*Acacia hybrid* で 0.70 RM/本とのことであった。さらに、技術開発に關して豪州 CSIRO より支援を受けているという。

5. おわりに

サラワク州クチン市、ビンツル市およびその郊外において木質バイオマス利用の現状に関する情報収集をした。工場の残材は、おおむね有効利用している印象を受けた。しかし林地残材については、日本より人件費の安いサラワクでも放置されている状態であり、州政府の強力な推進策が必要と感じた。また、10 年後には州内のオイルパームの大半が更新時期を迎えるという。今後、こうした商品作物由来の残材の有効利用も視野に入れるべきであろう。

本調査にあたり、SFC の Nigel Lim Poon Teck 氏、Lin Wong Choong 氏、Wong Ting Chung 氏、Alex Vincent 氏には多大なるご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

〔参考文献〕 1) 藤本清彦 (2003) 木材工業, 58, No. 6, 281-284. 2) Forestry Statistics 2003 (2004) Forest Department Sarawak. 3) STA パンフレットより.
4) 未公開データ.

熱帯林業関係テキスト

国際緑化推進センター刊行

- 1: 熱帯の造林技術 浅川澄彦著 1999 年改訂 117p.
- 2: 実践的アグロフォレストリ・システム 内村悦三著 2000 年改訂 116p.
- 3: 熱帯地域における育苗の実務 山手廣太著 1994 年補訂 130p.
- 4: 熱帯の土壌—その保全と再生を目的として— 八木久義著 1994 160p.
- 5: 熱帯の非木材産物 渡辺弘之著 1994 109p.
- 6: 熱帯の森林病害 小林亨夫著 1994 166p.
- 7: 熱帯の森林害虫 野淵 輝著 1995 263p.
- 8: 熱帯樹種の造林特性 1~3 巻 森 徳典ほか編 1996/97 255~300p.
- 9: マングローブ植林のための基礎知識 馬場繁幸・北村昌三著 1999 139p.
- 10: 社会林業—理論と実践— 野田直人著 2001 126p.
- 11: みんなに知ってほしい 地球環境と森林 浅川澄彦・森 徳典著 2002 29p.
- 11: **Handbook for Reafforestation in the Tropics** Sumihiko Asakawa
(テキスト 1 の英語版) 1998. 119p.
- 12: **Diagnostic Manual for Tree Diseases in the Tropics** Takao Kobayashi
2001. 178p. Color photographs of symptoms : 426 plates