

インドネシアジャワ島における 木質バイオマス利用の現状

鈴木秀典・吉田貴紘・原田寿郎・山本幸一

1. はじめに

ASEAN 諸国は多様で豊富な農産資源および森林資源を有し、バイオマスの供給地として大きな可能性を持っていると考えられる。筆者らは、ASEAN 地域における木質バイオマスの利用可能性について検討するため、インドネシアのジャワ島を調査地とした。対象とした木質バイオマスは主として林地残材と工場廃材で、人工林伐採現場、合板工場および製材工場などにおいて聞き取り調査をおこなった。

なお、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」¹⁾に基づくものである。本調査を進めるにあたり、ガジャマダ大学林学部の Sri Nuguroho Marsoem 博士、双日(株)の牧野英一郎氏、JICA 専門家の佐藤英章氏には多大なるご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

2. インドネシアの森林と林業

インドネシアは世界有数の広大な熱帯林を有し^{2,3)}、林業、木材産業が国の基幹産業となっている。インドネシア林業省の試算では全人口の約6分の1がこれらの産業に依存している⁴⁾。また、違法伐採や森林火災などによる森林資源の減少が大きな問題となっており、同省では6,348万m³の丸太のうち約6割にあたる3,950万m³が違法伐採によるものとしている⁵⁾。このような大量の違法伐採を生む土壌として、国内木材産業における需要が供給をはるかに上回っ

Hidegori Suzuki, Takahiro Yoshida, Toshiro Harada and Koichi Yamamoto :
Present Situation of the Woody Biomass Utilization in Java, Indonesia
(独)森林総合研究所林業工学研究領域・加工技術研究領域・木材改質研究領域・研究
コーディネータ

表 1 インドネシアの森林面積と丸太生産量
下段はインドネシア全体に占める割合 (%)

	面積 (10 ³ ha)	森林面積* (10 ³ ha)					計	丸太 生産量 (10 ³ m ³)
		公園・ 保存林	保護林	制限 生産林	生産林	転換林		
ジャワ島	12,750	732	696	384	1,477	0	3,289	977
	6.6	3.2	2.4	2.4	5.3	0.0	3.0	9.7
カリマンタ ン島	54,789	3,986	5,613	7,214	8,076	780	25,670	3,396
	28.5	17.2	19.3	44.5	29.1	5.7	23.3	33.7
スマトラ島	48,179	4,210	4,276	1,064	4,500	621	14,672	4,836
	25.1	18.1	14.7	6.6	16.2	4.5	13.3	47.9
スラウェシ 島	19,180	3,648	4,837	3,304	1,491	601	13,880	60
	10.0	15.7	16.6	20.4	5.4	4.4	12.6	0.6
その他	57,299	10,663	13,678	4,246	12,195	11,669	52,451	817
	29.8	45.9	47.0	26.2	44.0	85.4	47.7	8.1
計	192,197	23,240	29,100	16,213	27,739	13,671	109,962	10,086
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Statistik Kehutanan Indonesia 2003⁷⁾ を筆者改

*インドネシア林業省の指定による森林

ていることがある。また、安い違法材を扱う企業にコスト面でのメリットが生じ、優良企業が育たないといった問題もある。しかし、本産業がかかえる多額の負債額、雇用吸収力の高さなどから、閉鎖など産業の再構築は社会不安を増大させると指摘されている⁶⁾。

インドネシアは1万以上の島々からなる島嶼国家であるが、人口の6割が居住するジャワ島は国土面積の7%足らずで、大きく偏った人口分布となっている。ジャワ島では森林面積の割合に比べて生産林面積、丸太生産量の割合が多く(表1)、豊富な労働力を投入する集約的な林業が行われている。木材生産に関与する森林は生産林と制限生産林で、後者は集材が困難な急傾斜山岳地に見られ⁸⁾、土壌侵食を防止するよう指定⁵⁾される。

3. メルクシマツ人工林

3.1 国営林業公社ウタラ営林署

ジャワ島では国営林業公社プルム・プルフタニによって森林が管理されてお

り、中部ジャワを第1、東ジャワを第2、西ジャワを第3ブルム・ブルフタニがそれぞれ管轄している⁹⁾。今回調査を行ったウタラ営林署は、ジョグジャカルタの北西約40 kmに位置するマグロンにあり、中部ジャワに20か所ある営林署の一つである。職員は445人（うち伐倒手150人）で、生産林の過半をメルクシマツ（*Pinus merkusii*）人工林が占める（表2）。

3.2 調査地および集材作業の概要

調査地は面積13.9 ha、標高約600 m、1976年に植栽されたメルクシマツの皆伐現場である（写真1）。メルクシマツはもともとマツヤニ採取用に植えられたものであるが、採取後の材を家具、額縁、箸あるいは建築用

として利用している。玉切りの長さは150 cm ないし200 cmで、材として収穫するのは直径10 cm以上の部分である。材の等級は5段階に分けられ、一番上の等級で40万Rp/m³（Rpはインドネシアの通貨単位で、100Rp=約1.1円）である。マツヤニ採取時の傷が付いていると等級が下がり、3番目の等級では10万Rp/m³になる。

植栽は1,600本/ha（植栽間隔2.5 m）で行い、5年ごとに間伐をして、最終的に500本/haを収穫する。本調査地では目標収穫量が1,704m³（122.6m³/ha）に設定されている。標準伐期は35年で、平均樹高は26～30 mになる。植付けは雨季の10～12月に行われ、伐採は乾季の6～9月に行われる。植付けコストは約120万Rp/ha（苗木代は含まない）、伐採を含む集運材のコストは15万Rp/m³である。作業員の平均年齢は35～40歳で、作業時間は午前7時から午後4時である。

表2 ウタラ営林署における管理森林面積
単位：ha

生産林	メルクシマツ (<i>Pinus merkusii</i>)	9,363
	マホガニー (<i>Swietenia</i> sp.)	3,491
	アガチス (<i>Agathis</i> sp.)	57
	その他	4,241
小計		17,152
保護林		25,353
合計		42,505



写真1 メルクシマツ皆伐地

本伐採地の作業システムは、チェーンソーで伐倒し、作業道に隣接した山土場まで人力で集材したあと、人力で積み込みを行い、トラックで運材するものである。調査当日はすでに伐採が終了しており、集材作業が行われていた。集材は、林地の傾斜方向に十数 m 間隔で配置された作業員の間を、材を転がして行われる。緩傾斜地であったた



写真 2 人力による積み込み

め材が暴走する光景は見られなかったが、土場の上には急崖があり、転がってきた材が大きくはねる場面も見られた。

トラックへの積み込みは、荷台に小径木などを渡し、2～3 人がかりで行われる。写真 2 は、調査した山土場ではなく、ふもとの貯木場における積み込みの様子である。

3.3 バイオマス利用状況

国営林業公社が収穫しない直径 10 cm 未満の枝条や、伐根などは、煮炊き用、瓦やレンガを焼くための燃料として地域住民が利用している。営林署職員によれば、これらの林地残材は蓄積の約 1 割に相当する。林地残材は採取した者に利用の権利があるため、伐倒するそばから先を競って集めていくとのことである。多くの材を得ようと作業中であっても伐倒木に近づいてくるため、安全確保に頭を悩ませている。伐根は、侵食のおそれがある傾斜地では採取を認めないこともある。写真 1 でも分かるとおり、調査地ではほとんどの林地残材が持ち去られていたが、葉の付いた枝先は残っていた。また、青変菌による変色を防ぐという理由から、山土場で樹皮は剥いていない。

4. 合板工場

4.1 事業概要

調査を行った A 社はジャワ島東部にあり、合板を約 10,000 m³/月、集成材、建材などを約 5,000 m³/月生産し、500 万ドル/月前後の売り上げがある。インドネシアの平均的な合板工場では原木消費量が 5,000～10,000 m³/月、生産量が 2,500～5,000 m³/月であり、A 社は大規模な工場といえる。原料となるメラノ

ティ（*Shorea* 属）は東カリマンタン、中カリマンタン、スラウェシ島などの天然林から調達し、植林木のセンゴンラウト（*Paraserianthes falcata*）は中央ジャワ島が主な生産地である。製品のほとんどは輸出用で、全体の6割を日本へ、3割を欧米へ輸出している。

違法伐採の取り締まり強化によって、メランティなどの原木価格が最近1年半の間に約2倍になった。また、天然林伐採による環境破壊への反省から、環境に配慮した原材料として植林木の需要が欧米で高まっているため、A社では原料に占める植林木の割合を2005年度中に70%にする計画のもと、植林事業にも取り組んでいる。

4.2 廃材量および利用状況

合板工場からでる主な廃材

は、ロータリーレースで単板を製造する際に出る剥き芯（写真3）と、丸太の長さを切り揃えた端材（ログエンド）（写真4）である。本工場のロータリーレースは性能上直径4cmまで剥くことができるが、材が芯まで詰まっていないと単板が製品として利用できないため、通常は直径7～8cm程度までしか剥かず、残りは廃材となる。平均直径が約70cmの天然木（メランティ）の場合、製品歩留まりが約55%になるが、平均直径が30cm弱の植林木（センゴンラウト）の場合は約38%になる。端材は、隣接する集成材工場でブロックボードの原料に用いられ、残りは販売、燃焼される。工場全体として、合板用原木使用量の約半分が廃材として出てくる。

合板工場には15tのボイラーが2台、集成材工場には10tのボイラーが1台あり、廃材を燃やして乾燥機の熱源としている。ボイラーに使用する量は4,000



写真3 剥き芯



写真4 端材

～4,500m³/月で、焼却後の灰の処理費用に約 3,000 万 Rp/月かかる。販売される廃材は、剥き芯が 1 日にトラック約 1 台分 (約 8m³)、端材が 2 日に同約 1 台分となり、1 台あたり約 40 万 Rp の収入がある。鋸屑には 3,000 万 Rp/月ほどの処理費用を払っている。将来は鋸屑をボイラーに使用したいとのことで、実現すれば、炉の温度が制御しやすくなるため黒煙の発生が抑えられ、処理費用の低減も可能となる。

集成材工場では、センゴンラウトを 2 日でトラック 1 台分販売し、15 万 Rp/台、メランティを 3 日で同 2 台分販売し、50 万 Rp/台の収入がある。

5. その他

5.1 製材工場

ジョグジャカルタ近郊のクラテンにある B 社は、作業員 50 人の製材・家具工場である。インドネシアで最も高級とされるチークからヨーロッパ向けの家具を製造しており、特にフランスへの輸出が多い。月の生産量は約 80m³のコンテナ 4 個分である。チーク原木は、ジャワ島内の地域共有林や田畑の境界木などから伐採されたものを、地元農民から購入している。中部・東ジャワ産の材が高品質とされ、直径 25 cm 未満の原木価格が 90 万 Rp/m³、それ以上の材で 170 万 Rp/m³である。チークを製材したときの歩留まりは 50～60%で、廃材は 2 台の乾燥機 (各 30m³) で燃料として消費している。生産が多いときには燃料が不足するため、不足分の燃料は小型トラック 1 台分 (約 5m³) を 70 万 Rp (約 14 万 Rp/m³) で購入している。

従業員 6 人の製材工場 C 社では、8 万～9 万 Rp/m³で受注製材を行っており、その際の廃材や鋸屑を販売している。鋸屑は 1 袋 2,500 Rp (袋の大きさは 120 cm×70 cm) で販売し、地元の豆腐工場、屋台などで燃料として使用されている。燃焼の際は簡単に成型して使用することもある。

5.2 廃材リサイクル業者

古い家具や建築廃材は再利用されることがあり、これらを扱う専門の業者がある。彼らは家屋の解体を請け負うと同時に、解体時に出た廃材などを転売している。調査した業者では近年取扱量が増えているとのことで、ジョグジャカルタの 70 km 圏内から廃材を集めている。高級家具では大きく価値が上がることもあるが、通常の買い取り価格はチークで 150～200 万 Rp/m³、チークの良材なら 250 万 Rp/m³、メランティで 30～50 万 Rp/m³である。

6. おわりに

今回の調査ではジャワ島の林地残材、工場廃材を中心に木質バイオマスの利用状況を調査した。林地残材は豊富な人的資源によって最大限採取され、調理用などの熱源として利用されていた。また、工場廃材も余すことなく利用されており、主にボイラーの熱源として、自家消費あるいは近隣の工場で利用されていた。インドネシアは産油国であるが、同時に原油の輸入も行っている。現状では、国内価格を抑えるために国際価格との差額を国が補填しており、急激に使用量を増やすことは国家財政を圧迫することになる。よって、燃料としての木質バイオマスの需要が早急に無くなることは考えにくく、新たな用途に振り向けることは難しい。民生利用においては、簡易な窯などで燃焼されることが多いため、その変換効率は高くない。しかし、変換や収集にエネルギーや機械力をほとんど使用せず、遠くまで運搬されることもないため、低コストかつ小規模分散型の利用といえる。

今後のバイオマス利用にあたっては、変換効率の高い方法によって高効率な利用を実践していくのはもちろんのこと、オイルパーム残渣など現段階であまり利用されていないバイオマスも含めてその実現性を考える必要がある。また、ジャワ島より人口密度が低く、丸太生産量の多いスマトラ島や、天然林からの木材生産が多いカリマンタン島などでは、林地残材の利用状況がジャワ島と異なると思われる。これらの地域に関しても今後調査をおこなう予定である。

〔参考文献およびウェブサイト〕 1) 吉田貴紘・原田寿郎・山本幸一 (2005) 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. 熱帯林業 63 : 39-46. 2) FAO (2006) Global Forest Resources Assessment 2005 Progress towards sustainable forest management. http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/008/a0400e/a0400e00.htm 3) FAO (2005) STATE OF THE WORLD'S FORESTS 2005. http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/y5574e/y5574e00.htm 4) 中田 博 (2003) インドネシアの森林・林業事情. 林野時報 585 : 25-27. 5) Qiang Ma and Jeremy S. Broadhead (2002) An Overview of Forest Products Statistics in South and Southeast Asia. FAO 6) 佐藤雄一 (2000) インドネシアの木材産業の問題と政策の動向. 木材情報 115 : 5-9. 7) Departemen Kehutanan (インドネシア林業省) http://www.dephut.go.id/INFORMASI/INTAG/pub_2001.htm 8) Emily Matthews (2002) The State of the Forest : Indonesia. Forest Watch Indonesia and Global Forest Watch 9) 篠原武夫 (2003) 最近のインドネシアの林業生産と木材輸出ー森林ガバナンス問題の解決が急務ー. 林経協月報 : 2-26.