

東南アジアにおける木質系バイオマスの有効利用 —ベトナムのメラルーカ、インドネシア・マレーシアのオイルパーム・ゴムを例として—

佐藤雅俊(東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻)

1. はじめに

東南アジアには、植物バイオマスが豊富に存在し、この中でもリグノセルロース系資源である木質系バイオマスが多量に使用されている。しかしながら、熱帯産木材の生産・供給は従来のフタバガキ科から、早成樹種をはじめとする木質系（アカシア、ユーカリ、メラルーカ、フェルカータ等）及び非木質系（ケナフ、竹、バガス、イネ、ジュート等）の人工林（植林）による生産・供給に変更してきている。このような状況下、今後の木材資源の供給に影響を与える地域及びそれらの利用を含めた各種情報等の整理が必要となっている。その他、植林には木質系材料としての利用が目的ではないオイルパーム、ゴム、果樹などの植林も急増している。さらに、海岸部に植林されているマングローブあるいは酸性土壌で生育可能なメラルーカなど地域によっては、かなりの材積量になることから、これらの有効利用は地域によっては地域経済を左右する重要な課題である。なお、これらの資源は、東南アジア諸国においては、天然資源の消費抑制、環境負荷の低減など環境保全の一役を担う重要なバイオマス資源でもある。

そこで、これらのバイオマス資源の中で有効利用技術の開発が急務であると考えられるベトナム・メコンデルタの酸性硫酸塩土壌地域に植林されているメラルーカ。さらに、インドネシア・マレーシアで植林が急増しているオイルパーム・ゴムなどについて、それらの利用開発等に関する概要を述べる。

2. メラルーカの利用開発について

2.1 メラルーカについて

メラルーカ (*Melaleuca cajuputi*)¹⁾ は、耐酸性を有することから農耕地に利用することができない東南アジア地域に 22 百万 ha 存在すると言われている酸性硫酸塩土壌あるいは塩分の多い土壌に自生する数少ない樹木である。分布地域は、オーストラリア北部からニューギニア南部、マラッカ諸島、インドネシア、マレーシア、タイ、ベトナムである。メラルーカ属は 220 種からなり、そのほとんどはオーストラリアに分布する。東南アジアに分布するメラルーカの種は、*Melaleuca leucadendron* の 10 種類の中の一つである *Melaleuca cajuputi* と限定しても良いと言われている。一般名は、インドネシア：Kayu putih, Galam, Gelam、マレーシア：Kayu putih, Gelam、カンボジア：Smatch chanlos、タイ：Samet-khao、ベトナム：Cu tram などと呼ばれている。メラルーカの一般的な利用は、主に葉からの精油（メラルーカ油：主成分シネオール (1,8-cineole)）の採取である。

メラルーカ材の物理的・機械的性質については、他の早成樹種と比較すると表 1 に示すようになる²⁾。その他、組織観察より放射組織にはシリカを含み (0.35-0.8%)³⁾、切削用の刃物を鈍くする可能性があるが、アピトン（クルイン）と同程度である。また、接地または水中での耐朽性はかなり高く、強度は他の樹種に比べ高いため、構造用材料として利用できる。このことは、屋外あるいは湿潤環境においても、他の早成樹種などよりも耐久性が高いことを意味し、

屋外用の家具や建築用材への利用に関しては有利であることを示唆している。しかし、比較的
重硬であることから乾燥工程に注意が必要で、落込みはないが割れや反りを生じやすい。なお、
鉋削性、釘打ち性は交錯木理のため良くないことが予測されるが、家具等への試作においては、
問題は認められなかった。一方、接着性は良好であり、各種の木材製品を製造する上で重要な
点となる。次に、化学的な利用例であるパルプ原料としてみた場合、比較的重硬であることか
ら、蒸解がアカシアなどより若干困難になる可能性があるとともに、繊維長が他の樹種より比
較的短いとの報告がある⁴⁾。

以上のことから、メラルーカは他の早成樹種と同様の利用法が適用可能であることが認めら
れた。

表 1 メラルーカと同密度の早成樹種との物理的および機械的性質の比較

Wood Species	Specific	Total shrinkage		Bending		Compression	Shearing
	gravity	ratio				strength	strength
	Air-dry	Tang.	Radial	MOE	MOR		Radial
Melaluca cajuputi powell	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Apitong	IV			III	IV	III	IV
Acacia mangium	IV	I	I	IV	III	III	III
Eucalyptus deglupta	IV	I	II	II	II	II	II
Gmelia deglupta	IV	II	II	II	III	II	II
Teak	IV			III	III	III	III

注) I < II < III < IVの順に性能が向上する。

2.2 メラルーカ林の植林密度（伐採時）・販売可能割合・伐採年

表 2⁵⁾ より、メコンデルタ地域におけるメラルーカ材の植林密度（伐採時）、販売可能割合、
伐採年などが見て取れる。また、酸性度が他の省より高い Ca Mau 省においては伐採時期が他
の省に比べ2倍かかり、植林密度は Long An 省に比べかなり低く、生産量も当然のことながら
低い状況である。植林当初の本数から減少する原因としては、ベトナムにおいては間伐を
行わないことから自然に枯死したメラルーカ材が増えたためと考えられる。

**表 2 伐採されたメラルーカ材の伐採面積、植林密度（伐採時）、
生産量、販売可能割合、伐採時期（2000年）**

項目 地域（省）	伐採面積 (ha)	伐採時 植林密度 (本/ha)	生産量 (本)	販売可能 割合 (%)	伐期 (年)
Long An	2,000	12,000	24,000,000	70-80	5-6
Tien Giang	110	12,000	1,320,000	70	5-6
Dong Thap	630	10,000	6,300,000	70	5-6
An Giang	450	12,000	5,400,000	70-80	5-6
Kien Giang	500	14,000	7,000,000	50-60	6-8
Soc Trang	400	7,000	2,800,000	70	6-8
Can Tho	140	7,000	980,000	70	6-8
Ca Mau	1,450	4,500	6,525,000	60-70	10-12
合計	5,608	—	54,325,000	—	—

2.3 メラルーカ材 の他の木材との利用 可能性の比較

ホーチミン市周辺
におけるメラルーカ
材の流通価格（2004
年）は、通常杭材と

して使用されている木材（長さが 4.5m 以上で元口径が 10cm 以上の材）で US \$ 0.89 あり、2000 年時点での価格と比較すると当時は US \$ 1.6 以上であり、ここ数年で杭材としての価格が大幅に下落している。杭材以外のメラルーカ材の価格に関しては、現在家具工場等で使用されている木材との比較から需用者サイドからの要望が重要となるが、現状ではアカシア材の丸太（径 20-30cm、長さ 2m 以内、送料込み）で US \$ 50-57/m³、未乾燥の製材品で US \$ 126-132/m³ である。また、ゴム材の場合には径 20cm、長さ 4m から製材した製材品（含水率 10-20%）で US \$ 200-250/m³ である。また、家具工場で実施されたメラルーカ材利用に関する試行結果⁶⁾では、径 20cm、長さ 1m で丸太価格が US \$ 30/m³ 程度であれば、ゴムよりも安価で利用可能であるという意見が出ている。したがって、メラルーカ材の杭以外の用途を検討する場合には、まず家具工場への適用可能性について検討することが、メラルーカ材の有効利用技術を考えるうえで基本になると考えられる。一方、木質系ボード用のチップに関しては、現状ではゴム、アカシア、カシューナッツからチップ（含水率 20%、送料込み）が製造され、価格はチップの長さが 10mm 以下で US \$ 0.03-0.04/kg、木粉で US \$ 0.02/kg である。いずれにせよ現状でもメラルーカ材以外の木材価格に影響を受けることは事実であり、メラルーカ材が他の樹種よりも付加価値のあることが認められない限り、価格的には他樹種と同様かそれ以下になる可能性が多分にあるものと考えられる。

2.4 メラルーカ材の今後の利用⁶⁾

現状で、メラルーカ材は、杭材や建築資材としての使用が最も多く、地域によっては建築用材、外構材や炭・薪などに使用されているが、それ以外の使用例はあまり認められない状況である。その他、葉から精油の抽出、メラルーカ林における養蜂などがあげられる。

メラルーカ材の既存木材産業への適用性に関しては、ホーチミン市等における木材産業で使用されている木材と置き換えが可能かどうかということがあげられるが、メラルーカ材の基本的な性質からその可能性は十分にあると考えられる。しかしながら、現状では丸太径が小さいことからその使用に関しては制限があるのも事実である。木材産業において、頻繁に使用されている木材の樹種は、家具工場の場合には製材品（ゴム、アカシア、ユーカリ、アピトン、北欧材）、MDF（中質繊維板）、合板、パーティクルボードなどである。パーティクルボード工場では、ゴム、アカシア、カシューナッツのチップが主な原料となり、場合によっては製材工場あるいは単板工場の廃材やサトウキビ、ココヤシなどを使用する場合もある。合板工場では、パーティクルボード工場と同様の樹種を用いている。製炭工場ではマングローブ、メラルーカ、その他の雑樹種を使用している。このような現状を考慮すると、メラルーカ材の従来用途への適用は基本的には可能であるが、前述したように木材を多目的に利用しようとした場合には、丸太径と直接関係のある伐採年数、さらにそれと関連する森林経営の変更等が必要となる。したがって、すでに多量のメラルーカ林が存在する 3 地域（Long An、Tien Giang、Dong Thap）においては、木材産業への利用を想定した地域ぐるみでの植林事業計画に関する新たな提案が必要となろう。また、その他のメコンデルタ地域におけるメラルーカ材の植林地域においても、3 省と同様の事業計画が必要であると同時に、現状において木材産業が充実していない他の地域において、どのような市場（木材産業）が地域に必要なかを早急に調査研究する必要がある。一方、メラルーカ材の新需要開発の試み^{6) 7)}として、①樹皮バインダーレスボード、②

木片セメントボード、③木片セメントブロックなどチップを利用した新たな需要開発を検討した。これらのボード類は、接着剤を使用しないか、あるいはその代わりにセメントを接着剤の代わりに使用することを提案している。セメントの使用に関しては、接着剤より①価格が安い、②製品の耐久性が高い、③製造装置が安価（プレスに熱源が不要）、④新しい材料であり、これを導入することにより建築構法・工法等を合理的に出来るなどがあげられる。また、従来製造されている MDF やパーティクルボードなどメラルーカ材のチップを利用する製品の製造も可能である。その他、化学的な利用として、精油のほかには樹皮から抗 HIV 活性があるといわれているベツリン酸を抽出できる³⁾ ことなどが挙げられ、今後の利用促進が期待される。

3. オイルパーム・ゴムの利用開発⁸⁾ について

平成 19 年度から 4 ヶ年の予定で実施している科学研究費（基盤 A）（地域特性に配慮した森林「協治」の構築条件）に関する研究の一部である未利用バイオマス資源に関する調査及びそれらの有効利用技術等に関する研究と JIRCAS とマレーシア理科大学（USM）との共同研究に関する研究（木質系バイオマスの化学的変換による有用マテリアル化：平成 18-22 年度）で実施している木質バイオマスの有効利用技術の開発における研究課題の中で、科研費では前年度の調査結果からゴム及びオイルパームを対象を絞り込み、対象地であるメラク市（インドネシア東カリマンタン州西クタイ県）における両農園に関する調査を実施するとともに、USM との共同研究では、オイルパームの有効利用に関して調査研究を実施しているのでそれらについて概説する。

インドネシアに関しては、対象地域であるメラク市にあるゴム及びオイルパーム農園についてヒアリング調査を実施した。ゴム園に関しては、農業省所轄で農民が組織している農園（圃場を含め 4 箇所）、オイルパーム農園に関しては、企業所有の 2 つの農園とした。結果の一部として、表 3 に西クタイ県におけるゴム農園およびオイルパーム農園の形態がどのようになっているかを示す。ゴム園は農民による小規模農園、オイルパームは企業による大規模農園であることが判る。メラク市のゴム園の概要は、主に農民が所有している農園（総面積 11,200ha（収穫できないものも含め）：樹齢 20 年以上が 200ha、20 年未満が 10,000ha）で、現在 200 グループ（20-30ha/グループ）があり、農民の平均所有面積は 1-2ha で、生ゴムを採取可能な面積は、3,012-5,000ha である。ゴムの木は約 20 年を経過すると、その後は生産性が低下するため伐採するが、農民は伐採後の利用方法が提示されていないことから、伐採するにも経費がかかるとの理由で市内には放置され天然林化したゴム植林地が多数存在していた。一方、オイルパーム農園については、メラク市に PT.KEDAP SAYAQ DUA（現在の植林面積 278ha、2010 年までに 6,000ha、2040 年までに 20,000ha まで拡大予定）とメラクとサマリダ間に、PT.PP.LONSUM（スマトラを拠点とするインドネシアにおける大企業の一つ。現在の植林面積：5,000ha、全土地面積：43,000ha）があり、今後益々植林面積が増加すると思われる。しかし、ゴム（5-20 年間、生ゴムを採取可能）及びオイルパーム（植付け後 3 年目から果実の収穫可能。8-15 年目に収穫量が最大、20-25 年で伐採）は、多量の廃棄バイオマスとなる可能性があることから、それらの有効利用について早急に検討する必要性のあることは明らかであり、ゴムに関しては、すでに前述したように他の東南アジア諸国において有効利用されていることから、今後は、オイルパームの有効利用に関して利用開発を検討する必要がある。オイルパー

ムの有効利用に関しては、共同研究としてマレーシアで実施している茎葉、空果房、樹幹などの木質系材料等としての有効利用技術の開発が重要であることが認められる。

表3 西クタイ県におけるゴム農園およびオイルパーム農園の形態(2006年)

生産物	企業による大規模農園		農民による小規模農園	
	面積 (ha)	生産量 (ton)	面積 (ha)	生産量 (ton)
ゴム	-	-	31,076.50	28,184.50
オイルパーム	5,371	6,928	-	-

出典：KALIMANTAN TIMUR DALAM ANGKA 2007 より作成

参考文献

- 1) 緒方 健：カユプテ、熱帯林業、No.14、49-50、1969
- 2) Masatoshi SATO et al.: Development of the Utilization Technology for Melaleuca Wood –The Case of Wood Cement Board and Block, JIRCAS working report No.39, 101-107, 2005
- 3) Yasuyuki KATO et al.: Studies on chemical components of Melaleuca cajuputi, No.8016, IAWPS2005, 2005
- 4) 国際協力銀行編：「メコンデルタ地帯の強酸性土壌におけるメラルーカ植林支援事業」に係る発掘型案件形成調査報告書、2005.9
- 5) Tran Thanh Cao et al :Investigation and Prediction about Tram Wood Market in Mekong Delta and Ho Chi Minh City,2003
- 6) Masatoshi SATO :Development of Appropriate Utilization Technology of Melaleuca Wood in the Mekong Delta, Conference Proceedings of WCTE2008,2008
- 7) 佐藤雅俊：メラルーカ材を用いた木片セメント板および木片セメントブロックの試作、熱帯林業、No.64、42-48、2005
- 8) 佐藤雅俊他：インドネシア東カリマンタン州西クタイ県における未利用バイオマスについて(Ⅱ)
第59回日本木材学会大会, 2009