

中央ラオスにおける植林ユーカリの成長と 材質に及ぼす生育環境の影響

児 嶋 美 穂

1. はじめに

ラオス人民民主共和国（ラオス）は日本の本州とほぼ同じ面積に人口約 630 万人が居住する社会主義国である。多民族国家であり、国民の 8 割が農業に携わる農業国である。ラオスは、海と接しない内陸国であり、隣国に比べて比較的森林資源が多く、メコン川流域を中心とした平地平野部と山地部に分けられる。ラオスの人々は、雨季と乾季の季節リズムに合わせて、低地平野部では多様な動植物を採取しながら水田を営む生活、山地部では林産物を採取しながら焼畑を営む生活を伝統的に送ってきた。

1980 年代後半に経済自由化に踏み切ったことで、一気にグローバル化の影響を受けることになった。その結果、農村地域では、土地利用や自然資源利用が急激に変化し、これまでの伝統的な生活様式と生業形態は失われ、より生産性の高い作物栽培や植林事業が導入され自然環境は大きく変わろうとしている。メコン川沿いの低地平野部では、都市化が急激に進展しており、インフラが整備されているため、工業やサービス業の発展のみならず、植林事業などの第一次産業への海外投資も進んできた。特に 2000 年以降は、ユーカリなどの早生樹の植林が大規模に進められている。

この植林事業をラオス中部～南部にかけて大規模に行っている会社の一つが、王子ホールディングス株式会社も株主となっている Oji Lao Plantation

Forest Co. Ltd.（以下 LPFL）である。LPFL では、2005 年からアカシアやユーカリの植林を開発し、現在 25,000 ha に達している。今後、さらに南部のチャンパサックなどの 5 県で、約 40 年にわたり 25,000 ha に植林を行いつつ、地域住民に苗を提供して育ててもらった植林木を買い取る農民植林も 5,000 ha で実施する予定である。植林事業は土地・森林分配事業で「荒廃地」に分類された土地が対象として行われている。植林事業には、近隣の村人が雇用されており、地元住民へは地元小学校の補修や村の集会所の設置などを行っている（写真 1, 2）。

筆者は、2009 年より LPFL 植林地にて、クローンユーカリを対象に植林環境が樹木成長および材質に与える影響について調べている。ここではその概要について報告するが、まずこれまで行ってきた早生樹の材質研究について記述し、その後ラオスにおける現地調査について紹介する。

2. これまでの早生樹材質研究

早生樹は、成長が速く、短伐期であるため、荒廃地の早期緑化が可能であり、同時に大気中余剰炭酸ガスを迅速に吸収固定できる。そのため、天然林に代わる資源としてその利用が期待されている。しかしながら、これまで早生樹の用材利用は考えられておらず、材質特性に関するデータは少ない。木材市場では、むしろ高い成長速度ゆえに用材としての材質に劣るとされてきた。その成長の速さゆえに、成

Miho Kojima : Influence of Habitat Environment on Growth and Material Quality of Eucalyptus Plantation in Central Laos

東京大学アジア生物資源環境研究センター/独立行政法人科学技術振興機構, Crest



写真 1 現地の人が雇用され、苗畑への水やりなどを行っている

長が速いほど密度が低い、繊維長が短い、強度が低いなどの材質指標の低下が起こるのではないかと、また材質の不安定な未成熟材が多くなるのではないかと懸念がある。そのため、これまでの用途はパルプや薪炭材といった安価なものへの利用が主であり、早生樹の経済価値は低く評価されてきた。より利益の得られる経済価値の高い用途に用いるためには、材質を把握するとともに、成熟材に比べて物理的・材質的諸性質に劣る未成熟材部の比率を減らし、成熟材部をより多く生産させることで丸太の材質を上げる必要がある。

そこで、早生樹の材質を把握するとともに、未成熟材から成熟材への移行齢・移行位置を明らかにし、より多くの成熟材が得られるような植林・育林方法を確立することを目的として研究を行ってきた。

試料は、ユーカリ、アカシア、ファルカタなどの早生樹をマレーシア、インドネシア、ブラジルの気候条件の異なる地域で採取したものを用いた。一連の研究により、高い成長速度は、用材特性を低下させないこと、逆に成長が速かった熱帯では成長が速いにも関わらず、密度が高い、伐採後の丸太の心割れが小さくなることが明らかとなった(写真3)^{2,3,5,6)}。また、成熟材形成には直径に依存する場合と形成層齢に依存する場合の2つのパターンがあり、適切な森林施業(植栽密度・間伐計画など)によって成長



写真 2 LPFL から村に提供された集会所

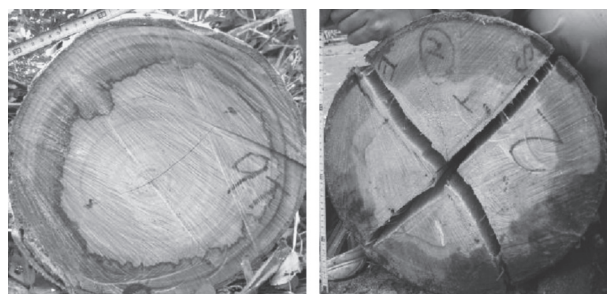


写真 3 伐採後の丸太木口面の割れ
左右ともブラジルのユーカリグランデイス
左: 熱帯産, 成長が速く密度が高い個体
右: 亜熱帯産, 成長が遅く密度が低い個体

速度を調整することで、未成熟材の比率を抑えられることを明らかにした。例えば、熱帯地帯では、成熟材形成が直径に依存するため、ある直径に達してから成熟材を形成するため、成長初期から成長を促進することで、早い時期から成熟材を得られる。一方、亜熱帯、温帯地帯では、ある樹齢に達してから成熟材を形成し始めるため、その樹齢までは植栽密度を密にしたり、施肥を抑えたりすることで、初期段階における成長を抑制することで未成熟材の比率を抑えられる^{1,4)}。

これらより、気候の違いによって材質や成熟材形成の仕方も異なり、植林場所の気候によって森林施業方法を変えることで未成熟材の比率を抑えられることを明らかとした。しかし、以上のような従来の研究では、植林の立地環境が材質に与える影響につ

いての詳細は不明である。どのような立地環境下でどのような材が形成されているか、材形成の仕方を立地環境から明らかにしていく必要がある。

3. ラオスでの現地調査

ラオスは、熱帯モンスーン気候であるため、雨季と乾季の季節リズムが明瞭であり、雨季は5月～10月、乾季は11月～4月頃である。雨季（8月）では平均気温は約27度、積算降水量は約1000mm、乾季（1月）では平均気温は約18度、積算降水量は約0mmである（写真4上）。

調査は、ラオス中部のボリカムサイ県にある2カ所の植林地でおこなった（図1）。本研究では水環境に着目し、雨季に冠水する植林地（冠水地）と、冠水しない植林地（非冠水地）の2カ所を試験地として、水環境および雨季乾季の季節リズムによる材質の違いについて調査している（写真4）。両植林地ともユーカリ（クローン）が2007年に植栽され

ており、2カ所の植林地は車で1時間ほど離れたところにある。

試験地の気候については、試験地の村長宅に自動観測装置を設置し、雨量、日射、風速、風向、気温、相対湿度の測定を行った。設置の際には、気象庁の役人の同席のもとに行った。また、土壌中の水環境



図1 試験地の場所（○）



写真4 左上：雨季（試験地近くの川）、右上：乾期（同じ場所）
左下：雨季に冠水する植林地、右下：雨季に冠水しない植林地



写真 5 成長応力解放ひずみ測定

- a: 木部表面にひずみゲージを貼り付け、立木状態のまま初期バランスをとる
- b: 手鋸で表面応力を解放する
- c: ひずみゲージの上下左右に切込みを入れて、全ての応力を解放する
- d: 成長応力解放ひずみ測定装置

を測定するために、両試験地にて、土壌深さごとに（表層から 5, 10, 30, 50 cm）土壌水分、表層から 10 cm の地点にて土壌温度の測定装置を設置した。また深さ 5, 30, 50 cm ごとに三相分布を雨季前（6 月）および乾季（1 月）に測定した。

それぞれの植林地において、径級大、中、小 3 水準のものを 1 回の調査で 8 本均一に選抜し、これを供試木とした。胸高部位より肥大成長速度（＝半径/樹齢）を算出し、東西南北それぞれの表面成長応力解放ひずみ（以下、解放ひずみ）を測定した（写真 5）。

解放ひずみは、2010 年の雨季前（6 月）、2010 年より 2013 年まで雨季（7～9 月）および乾季（1 月～2 月）の年 2 回、約 3 年間継続的に測定をした。

解放ひずみとは、表面で生じている成長応力¹を解放することで得られる値である。つまり、樹皮および分化中木部細胞を除去することによって木部表

面を露出し、繊維軸方向に沿って、木部表面にひずみゲージを貼り付け、立木状態のまま初期バランスをとり（写真 5-a）、手鋸で表面応力を解放し（写真 5-b, c）、これによって生じる値を測定することで得られる値である。通常、まっすぐに直立する樹幹でも、わずか 1 cm^2 に小学生ひとり分の体重がかかっている計算になる。

肥大成長にともなって発生した引張の成長応力が、これに釣り合うように内部に圧縮応力を引き起こし、この樹幹内の応力分布を残留応力という。この応力分布が伐採・製材時の反り曲がりの大きな原因となる。そのため、樹幹表面で発生する成長応力が小さいほど伐採・製材時に割れにくく反りにくいということとなる。

¹ 樹木は形成層で細胞分裂しながら、幹を太らせ、肥大成長していくが、その過程で、木部表面に応力が発生する。これを成長応力という。

4. 水環境が成長および材質におよぼす影響

冠水地では、表層でも表層より深い位置でも土壌水分は変わらないが、非冠水地では、表層より深い位置の方が表層部より土壌水分が少なかった。また、雨季から乾季になるにつれ、降雨量が減り、土壌水分も減少していくが、冠水地の方が非冠水地に比べ、相対的に早い段階で土壌水分が減少し、減少率も大きいことが分かった。また、土壌三相分布は、乾季に比べて雨季前は液相率が高く、乾季では気相率が高くなった。冠水地と非冠水地を比べると、雨季においても乾季においても冠水地の方が液相率は高かった。以上のように、土壌環境は雨季乾季の季節リズムおよび冠水地非冠水地の水環境によって大きな違いがみられた。

一方、成長および材質については以下のことが明らかとなった。冠水地の林木は非冠水地に比べて、成長が遅いが、解放ひずみは非冠水地に比べて小さかった。このことより、冠水地で得られる材の方が、伐採・製材時の反り曲がり小さいと考えられる。両植林地での林木個体の成長から結果をみると、個々のサンプル木の成長が速くても遅くても解放ひずみは一定であったため、成長が速いからといって、伐採後の割れや製材時の反り曲がりが大きくなるわけではないことが明らかとなった。また、雨季乾季といった季節リズムにおいて、非冠水地では解放ひずみに季節的な傾向がみられたものの、冠水地ではその傾向はみられなかった。非冠水地では、雨季の方が解放ひずみが小さくなるため、雨季に伐採するなど、伐採時期を考えれば伐採後の割れが小さくなると考えられる。

また、材の密度は両林分で約 0.6 g/cm^3 と、冠水地と非冠水地による大きな違いはみられなかった。その他の材質については、水環境（冠水）の影響を受ける可能性が高く、成熟材を形成し始める樹齢もしくは直径も異なる傾向がみられた。

今後さらに、樹木の成長や木材の機能、多様な構造と特性を、生育環境の影響をも含めて理解し、そ

れを効率的に利用するシステムの確立を目指していきたい。

謝 辞

本研究の遂行には、名古屋大学グローバル COE プログラム「地球学から基礎・臨床環境学への展開」、日本学術振興会特別研究員奨励費、独立行政法人科学技術復興機構、Crest の予算を使用したことを記し、感謝の意を表す。また、名古屋大学大学院生命農学研究科の山本浩之教授、竹中千里教授、近藤稔助教、梅村光俊氏、東京大学アジア生物資源環境研究センターの小島克己教授、井上雅文准教授、王子ホールディングス株式会社 LPFL 社の方々、ラオス現地スタッフの方々の多くのご協力、ご指導、ご助言、ご理解なしには、本研究を進めることは出来なかった。ここに謝意を申し上げる。

〔参考文献〕 1) Kojima, M, *et al.* (2009) Maturation property of fast-growing hardwood plantation species : A view of fiber length. *Forest Ecology and Management*, 257, pp. 15-22. 2) Kojima, M, *et al.* (2009) Effects of the lateral growth rate on wood quality parameters of *Eucalyptus grandis* from different latitudes in Brazil and Argentina. *Forest Ecology and Management*, 257, pp. 2175-2181. 3) Kojima, M, *et al.* (2009) Effects of the lateral growth rate on wood quality parameters of *Gmelina arborea* sampled from plantations of differing cambium age. *Annals of Forest Science*, 66 : Article Number 507, 1-6. 4) Kojima, M, *et al.* (2009) Determining factor of xylem maturation in *Eucalyptus grandis* planted in different latitude and climatic divisions of South America : A view based on fiber length. *Canadian Journal of Forest Research*, 39, pp. 1971-1978. 5) Kojima, M, *et al.* (2009) Effect of the lateral growth rate on wood properties in fast-growing hardwood species. *Journal of Wood Science*. 55, pp. 417-424. 6) Kojima, M, *et al.* (2012) Anatomical and chemical factors affecting tensile growth stress in 4 *Eucalyptus grandis* plantations at different latitudes in Brazil. *Canadian Journal of Forest Research*. 42 : (1), pp. 134-140.