

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 GILBERO Dennis Morgia

論 文 題 目

Growth stress and wood property assessment of
different provenances of big-leaf mahogany (*Swietenia
macrophylla* King) landrace in the Philippines

(フィリピンに導入された big-leaf mahogany

(*Swietenia macrophylla* King) の成長応力および材質
に及ぼす地域品種間差に関する実証試験)

論 文 審 査 担 当 者

主 査 名古屋大学教授 山 本 浩 之

名古屋大学教授 山 内 章

名古屋大学教授 土 川 覚

名古屋大学准教授 吉 田 正 人

名古屋大学講師 松 尾 美 幸

論文審査の結果の要旨

木材需要増加と供給能力とのバランスは20世紀に入ってから狂い始め、皺寄せは天然林の激減という形で現れた。その後、天然林を保護育成しつつ木材資源の供給不足をいかに解消するかが、人類の焦眉の課題となっている。必然的に人工林の造成とその資源化が、最も有効な解決策の一つとして位置づけられ、20世紀末以来、世界各地でユーカリやアカシアを中心とする植林適木の植栽が進められている。フィリピンでは、元来は中南米原産である Big-Leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) が20世紀初頭から半ばに掛けて導入されており、現在でも各地で小規模林業家によって植林事業が続けられている。植林木を用材利用しようとする際には、常に成長応力による一次加工時の障害が問題となるが、Big-Leaf mahogany についても例外ではなく、成長応力特性と成長応力による加工障害の可能性を明らかにしておく必要がある。しかしながら、フィリピンに植林・造成された Big-Leaf mahogany の成長応力についてはデータはなく、また成長応力に次いで問題となる“成熟材形成時期”についても、ほとんど知見はない。この現状を鑑みて、GILBERO 氏は、フィリピン全土に散らばる、それぞれ原産地が異なる Big-Leaf mahogany の植林地 6箇所から種子を集め、ミンダナオ島北部の、地理・気象条件が互いに異なる Butuan と Cagayan de Oro の2か所の8年生試験植林地 (progeny trial site) にて、成長特性や成長応力に関する landrace test (地域品種間差試験) を行った。さらに Big-Leaf mahogany の成熟材形成が、樹幹直径量および形成層齢のいずれに強く影響されるのかを実証的に検討することで、上述の疑問に答えようとした。

博士学位論文の第1章では、これまでに知られている、フィリピンにおける Big-Leaf mahogany 導入と植林の歴史を、多くの文献資料を基に概観するとともに、Big-Leaf mahogany を利用する上での問題を整理した。もって、本学位論文がカバーする研究の目的を述べ、さらに論文章構成を紹介した。

第2章では、8年生 Big-Leaf mahogany の表面成長力と主要な木部材質に関する地域品種間差、植栽環境の影響(地理・環境条件が異なる2試験植林地での差)が実証的に検討している。繊維方向表面成長応力を解放ひずみ(SRS)によって評価したところ、6か所の地域品種間には有意差が見られなかったこと、また2か所の試験植林地においても差は見られなかった。また Big-Leaf mahogany の SRS は、樹木個体の肥大成長速度には影響されないこともわかった。傾斜している樹幹ではその上側に沿って、特異的に大きな引張の成長応力が発生しており、このことが引張あて材(tension wood fiber)の形成によることを、顕微鏡観察およびマイクロファイブリル傾角の測定によって確かめた。SRS 以外の材質指標についても、6か所の地域品種間で有意差が見られなかった。しかしながら、2か所の試験植林地間で、直径成長量、木部気乾密度、繊維長

が Butuan 試験地で大きくなっており、一方、MFA は Cagayan de Oro 試験地で大きくなっていった。その理由として、土壌栄養条件がより有利な Butuan 試験地では二次肥大成長速度が大きく、それゆえ木部の成熟が加速されたからである、と推察した。

第 3 章では、植林 Big-Leaf mahogany の木部成熟特性を実証的に検討した。樹木は若齢時に、繊維長が短く、密度が小さいなどの、用材として利用するには材質的には好ましくない性質を有する木部を形成する。これを未成熟材と言う。未成熟材は、樹木個体のより内部側(髄側)に同心円状に分布しており、木材利用上は、その領域をなるべく小さくするような育林条件が好ましいと考えられる。しかしながら、材積の最大化を目標とする従来の森林経営では、このことは考慮されてこなかった。GILBERO 氏はこのことを問題視し、植林 Big-Leaf mahogany の用材価値を上げるためには、未成熟材の最小化を図るべきであるという信念を持っている。彼は本章において、Big-Leaf mahogany の材成熟(成熟木部繊維の形成)が、形成層齢あるいは直径成長量のどちらに依るのかを実証的に検討するために、木部繊維長(同直径)、道管要素長(同直径)、木部気乾密度の髄から木部表面に至る放射方向変動パターンを実測した。髄付近では、繊維長、道管要素長共に短く、また密度も低いが、髄からある程度離れた位置で、急激に増加することを見出した。これらの材質指標の放射方向変動パターンを、Kojima et al. (2009)が提案した“b-value”を用いる手法を用いて解析したところ、フィリピンに導入された Big-Leaf mahogany の成熟材形成は、個体直径によって決まることを結論し、好ましい育林条件として、灌水や施肥などによる肥大成長速度の加速施業を提案した。得られた“b-value”から、未成熟材と成熟材との境界位置を推定したところ、木部繊維長分布からは樹木個体直径 18cm で、道管要素長からは 17cm で、そして道管要素直径からは 16cm で成熟材形成が始まるという結果を得た。

第 4 章では、巻き枯らし処理(Girdling treatment)による、樹幹内残留応力低減の試みを論じている。巻き枯らし処理は Teak (*Tectona grandis*)に適用され、主として人工的枯死による樹幹内水分の除去を目的とする、伝統的施業方法の一つである。一部の研究者は残留応力低減による製材歩留まりの向上に効果があると報告している。しかしながら、Teak 以外の樹種への適用例はなく。Big-Leaf mahogany のように高い成長応力を有する樹種への適用可能性を調べた報告例はない。そこで GILBERO 氏は、巻き枯らし処理の期間を 0 か月(未処理)、12 か月、24 か月に定め、Butuan、Cagayan de Oro の 2 試験植林地それぞれにおいて、大径、中径、小径個体を 6 個体ずつ選び、処理期間が残留応力(および表面応力)低減に及ぼす効果を実証的に検討した。その結果、Butuan および Cagayan de Oro のいずれの試験地においても、小径個体は処理後遅くとも 12 か月のうちにすべて枯死することを確認した。大径個体の枯死率は、Butuan 試験地では 0 %であり、Cagayan de Oro 試験地では 17 %であった。中径個体についてはそれぞれ 17 %、50 %であった。大径個体および中径個体では、24 か月の処理

期間で、表面成長応力のみ低減効果が認められたが、残留応力については低減効果は認められなかった。小径個体では表面成長応力、残留応力ともに低減効果は認められなかった。これらのことから Big-Leaf mahogany については、巻き枯らし処理は、表面成長応力および残留応力の双方に対し低減効果を示さないと結論した。しかしながら含水率に関しては、有意な低減効果が認められた。

なお、Teak と同じく Big-Leaf mahogany は高級家具原料としての需要が高く、濃厚な材色が重要な価値を持つ。巻枯らし処理が材色(色彩)に及ぼす影響を測定したところ、処理により材色がやや暗化することが分かった。

第5章では、温水浸漬処理による丸太内残留応力低減の試みを論じた。樹木丸太を高温の水中に浸漬処理すると、残留応力が低減することが一部の研究者により報告されている。GILBERO氏は、Butuan試験地に植栽された様々な直径の8年生Big-Leaf mahogany9個体について、植林地で得られる残廃材を熱源として80℃の温水を用意し、積算48時間浸漬することにより、丸太表面成長応力および丸太内残留応力に低減効果が見られるかどうかを検討した。その結果、表面成長応力解放ひずみ、r 残留応力解放ひずみ差(=最大値-最小値)の双方とも、丸太直径の違いに関わらず、ほぼ50%の低減効果が見られることを見出した。さらに、温水浸漬処理による木部材色の変化をも追跡し、処理後乾燥処理を経た木材では肉眼でも認識できるほどの暗色化が見られること(L*値が無処理材で62.83、処理材で55.38)などを見出し、温水浸漬処理の効果を実証した。

なお、GILBERO氏は上記一連の成果を、第6章において結論としてまとめた。以上の様に、GILBERO氏は、20世紀初頭から1960年代にかけてフィリピンに導入され、各地で地域品種として確立されたBig-Leaf mahoganyについて、これを材材利用する上での問題点(地域品種間での成長応力の大きさとバラツキの差、未成熟材範囲と成熟材形成特性)に加え、さらに低コストな方法による残留応力低減の可能性を実証的に検討した。一連の研究は、Big-Leaf mahoganyの植林産業としての可能性を、学術的側面から高めるものと判断される。

本学位審査委員会は、2019年8月5日の学位審査会において、上記の成果を厳密に審査した。その結果本学位請求論文は、新規性と独自性を持つ成果によって構成され、高度の学術的価値を有すること、もってバイオマス科学・森林科学分野の学術研究に大きく貢献するものと判断した。以上により、GILBERO Dennis Morgia氏が提出した学位請求論文は、博士(農学)学位論文として妥当であると結論した。