

学位論文題名

ユーカリパルプ適木の材質育種と選抜指標抽出
に関する研究

学位論文内容の要旨

円高、原油安によるチップ輸入の増加等から、製紙原料としての海外植林が必要不可欠になってきた。パルプ適木の植林では、単位面積当たりのパルプ生産量を上げ、かつ良質なパルプを得ることが重要視される。この方法の一つとして、材質的に優れた個体を選抜する育種、材質育種がある。しかしながら、従来法では種々の問題があり、効率的な選抜方法の開発への要求が高まっている。

このような観点から本論文では、ユーカリ属二種(*Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus*)について立木を伐倒せず成長錐コアのような少試料を用い、材特性を分析することにより間接的にパルプ適木の材質育種を効率的に行うことを目的とした。本論文では少試料からの材特性分析法等を開発し、材特性の樹幹内変異と樹幹全体を代表する標準値を示す位置を詳細に検討した。更に材特性とパルプ特性の関係から選抜指標の抽出、およびコア採取最適位置を決定する経緯を述べたもので、6章から構成されている。

第1章は緒論であり、まず海外植林の重要性、植林におけるパルプ適木としてのユーカリの特长、および材質育種の重要性について述べた。

次に、従来の材質育種においては、立木を伐倒する、多量の試料を採取する、また多数の試料を解析する必要がある等、労力が大きい問題点があることを指摘した。

最後に、熱帯域および温帯域で重要な植林樹種である*E. camaldulensis*および*E. globulus*を例にとり、効率的に材質育種を行う新しい方法を開発し、選抜指標の抽出および成長錐コア採取最適位置を決定する必要性を述べ、本研究の目的を明らかにした。

第2章では、成長錐コアを用い効率的に材特性を分析するため、まず少試料による木材構成成分の定量、および構成成分の構造解析の試料を調製する方法(スモール・スケール法)を開発した。これによりわずか200 mgの試料から、抽出物、リグニン、ホロセルロース、 α -セルロース、ヘミセルロース成分の定量、およびリグニンのシリングル核/グアイアシル核(S/G)比、ヘミセルロースを構成する中性糖モル%を分析する試料の調製も同時に可能になった。これは、標準法からの定量結果と互換性を持つ唯一の少試料定量法であり、かつ多数の試料の処理が容易に行えるような材質育種に適した方法の開発に成功した。

次に、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)によるラムノースを含む、ヘミセルロースを構成する中性糖の定量方法を開発した。この方法では三フッ化酢酸を用い、実験操作の大幅な簡略化に成功し、最も容易で安価な実験方法を確立した。

第三に、リグニンの定量およびリグニンのS/G比測定における阻害物質である抽出物を、前抽出により除去する条件を検討した。この結果、前者ではソックスレーにより溶媒抽出をした試料を用いることが望ましいと結論され、リグニンの定量においては0.1 N、100℃のアルカリ抽出条件が妥当であることが判明した。以上のことから、材質育種において非常に有用な材特

性の化学的分析方法が確立された。

第3章では、成長錐コアの採取部位を決定するため、材特性として容積密度数、ホロセルロース等の化学構成成分、ヘミセルロースを構成する中性糖モル%、およびリグニンのS/G比を取り上げ、材特性の樹幹内変異と標準値を示す位置の解析を行った。

*E. camaldulensis*では、ホロセルロース含有率、 α -セルロース含有率、およびガラクトースモル%は樹幹の樹皮側および上部で、アルカリ抽出物含有率、全抽出物含有率、およびキシロースモル%は髄側および下部で、抽出物含有率は下部、リグニンのS/G比は髄側上部で、グルコースモル%は樹皮側で材特性値が高い樹幹内変異が兩個体に共通して認められた。また、容積密度数、ヘミセルロース含有率、リグニン含有率、ラムノースモル%においては、樹幹内変異はほとんど見られなかった。これに対し、アラビノースモル%およびマンノースモル%では、大きな個体間差が認められ、共通した傾向は見られなかった。

*E. globulus*では、ホロセルロース含有率、 α -セルロース含有率、およびグルコースモル%は樹幹の樹皮側で、容積密度数は樹皮側および上部で、キシロースモル%は髄側で、各材特性値が高い樹幹内変異が兩個体に共通して認められた。また、ヘミセルロース、抽出物、アルカリ抽出物、全抽出物、およびリグニンの各含有率、ラムノース、アラビノース、およびマンノースの各モル%において、樹幹内変異はほとんど見られなかった。これに対し、リグニンのS/G比およびガラクトースモル%では大きな個体間差が認められ、共通した傾向は見られなかった。

しかし、*E. globulus*のガラクトースを除く全ての材特性において、現実的に脚立を用いて分析試料を採取出来る地上高3.3 m以下に、標準値(一個体平均値 $\pm 5\%$)を示す位置が見い出された。また、*E. globulus*のガラクトース以外の全ての材特性で個体間に共通する標準値を示す位置があり、樹幹全体を代表する成長錐コアを採取することは十分可能であることが判明した。更に、これは個体の樹高差や材特性の樹幹内変異の違いに左右されることがないと結論された。

第4章では、成長錐コアから樹幹全体のパルプ特性を予測するため、樹幹内変異に基づき材特性とパルプ特性との相関を求め、重回帰分析によりパルプ特性に対し重要な材特性を抽出した。この結果、両樹種において比引裂度および耐折強度を除く全てのパルプ特性で、1%レベルで有意な相関が得られた。また、比引裂度、および耐折強度でも、それぞれ10%、および5%レベルで有意な相関が得られ、パルプ特性を木材構成化学成分のみを用いた材特性から推定することは、十分に可能であると結論された。また、それぞれの樹幹内変異に基づき、材特性とパルプ特性との間に高い相関が得られたことから、成長錐コアを分析し樹幹全体のパルプ特性を予測出来ることが強く示唆された。

第5章では、ユーカリにおける容積密度数とパルプ収率の関係は、高い負の相関が得られる場合と、ほとんど相関の無い場合とに分けられる。この原因を調べるため、容積密度数と木材構成成分の関係を検討した。この結果、*E. camaldulensis*においては樹幹内部で、容積密度数は抽出成分と、また樹幹外部では、ホロセルロースおよび α -セルロースとの間に正の相関が認められ、着色心材の影響が大きいことが判明した。これに対し*E. globulus*では、この様な部位ごとの特徴は見られず、樹幹全体で弱いながら、 α -セルロースと正、ヘミセルロースと負の相関が認められた。

第6章では、結果を総括すると同時に、材特性とパルプ特性との重回帰相関を用い、3.3 m以下の各地上高における材特性平均値により、樹幹全体のパルプ特性を予測、検討した。この結果*E. camaldulensis*では個体の樹高に関わらず、地上高2.3~2.8 mが、*E. globulus*では若干バラツキが見られたが、地上高2.8 mがそれぞれ一個体平均値を用いた予測値(全樹幹平均値) $\pm 3\%$ 以内、 $\pm 5\%$ 程度であり、標準値を示す位置と判明した。更に、パルプ適木生産性では両樹種とも地上高2.8 mが全樹幹平均値 $\pm 3\%$ 程度であり、標準値を示す位置であることが判明した。以上から、成長錐コアを採取する最適地上高は、両樹種を通じ2.8 mであり、この位置から樹木を伐倒せず一本のコアを採取し化学分析することにより、樹幹全体のパルプ特性を評価出来ることが判明した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 高 井 光 男
副 査 教 授 渡 辺 寛 人
副 査 教 授 横 田 和 明
副 査 教 授 大 谷 諄 (農学研究科)

学位論文題名

ユーカリパルプ適木の材質育種と選抜指標抽出 に関する研究

円高、原油安によるチップ輸入の増加等から、製紙原料としての海外植林が必要不可欠になってきた。パルプ適木の植林では、単位面積当たりのパルプ生産量を上げ、かつ良質なパルプを得ることが重要視される。この方法の一つとして、材質的に優れた個体を選抜する育種、材質育種がある。しかしながら、従来法では種々の問題があり、効率的な選抜方法の開発への要求が高まっている。

本論文は、ユーカリ属二種 (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus*) について立木を伐倒せず成長錐コアのような少試料を用い、材特性を分析することにより間接的にパルプ適木の材質育種を効率的に行うことを目的としたものである。その主要な成果は次の点に要約される。

(1) わずか 200 mg の少試料による木材構成成分の定量、及び構成成分の構造解析の試料を調製出来る方法 (スモール・スケール法) の開発に成功している。これは標準法からの定量結果と互換性を持ち、多数の試料の処理が容易に行える方法である。

(2) 高速液体クロマトグラフィーによるラムノースを含む、ヘミセルロースを構成する中性糖の定量方法を開発し、また三フッ化酢酸を用い実験操作の大幅な簡略化を達成している。

(3) リグニンの定量およびリグニンのシリングル核/グアイアシル核比測定における阻害物質である抽出成分を、前抽出により除去する条件を検討している。この結果、前者ではソックスレーにより溶媒抽出をした試料を用いることが望ましいと結論され、後者においては 0.1 N、100°C のアルカリ抽出条件が妥当であることを明らかにしている。

(4) 材特性 (容積密度数、抽出物、アルカリ抽出物、全抽出物、リグニン、ホロセルロース、 α -セルロース、ヘミセルロース各成分の含有率、およびリグニンのシリングル核/グアイアシル核比、ヘミセルロースを構成する中性糖モル%) の樹幹内変異と標準値を示す位置の解析を行っている。この結果、各材特性には個体間で同様の樹幹内変異を示すもの、示さないもの、および樹幹内変異が認められないものがあることを明らかにしている。また、両樹種を通じ、ほぼ全ての材特性において現実的に脚立を用いて分析試料を採取出来る地上高 3.3 m 以下に、標準値を示す位置を見い出している。更にこれは個体の樹高や材特性の樹幹内変異の違いに左右されないことを明らかにしている。

(5) 樹幹内変異に基づき材特性とパルプ特性 (パルプ収率、シート密度、比破裂度、

裂断長、比引裂度、耐折強度、未晒白色度およびカップー価)との相関を求め、パルプ特性を木材構成化学成分のみを用いた材特性から推定出来ることを明らかにしている。

(6) ユーカリにおける容積密度数とパルプ収率の関係は、高い負の相関が得られる場合と、ほとんど相関の無い場合とに分けられる。この原因を調べるため、容積密度数と木材構成成分の関係を検討している。この結果、*E.camaldulensis* においては樹幹内層部で、容積密度数は抽出成分と、また樹幹外層部では、ホロセルロースおよび α -セルロースとの間に正の相関が認められ、着色心材の影響が大きいことを明らかにしている。

(7) 材特性とパルプ特性との相関を用い、3.3 m以下の各地上高における材特性平均値により、樹幹全体のパルプ特性を予測、検討している。この結果 *E.camaldulensis* では個体の樹高に関わらず、地上高 2.3~2.8 m が、*E.globulus* では若干バラツキが見られたが、地上高 2.8 m がそれぞれ一樹幹平均値を用いた予測値(全樹幹平均値) $\pm 3\%$ 以内、 $\pm 5\%$ 程度であり、標準値を示す位置と判明している。更に、パルプ適木生産性では両樹種とも地上高 2.8 m が全樹幹平均値 $\pm 3\%$ 程度であり、標準値を示す位置であることを判明している。このように、成長錐コアを採取する最適地上高は、両樹種を通じ 2.8 m であり、この位置から樹木を伐倒せず一本のコアを採取し化学分析することにより、樹幹全体のパルプ特性を評価出来ることを明らかにしている。

以上のように著者は、少試料からの材特性分析法等を開発し、材特性の樹幹内変異と樹幹全体を代表するような標準値を示す位置を詳細に検討している。更に材特性とパルプ特性の関係から選抜指標の抽出、およびコア採取最適位置を決定している。この様に基礎及び応用上多くの知見を得ており、生物資源化学の進歩に寄与するところが大きい。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。