

学位論文題名

チョウセンゴヨウ造林木の材質

—特性と利用開発に関する基礎的研究—

学位論文内容の要旨

本研究は、韓国の郷土樹種であり、最も重要な造林樹種であるものの、まだ実用場面での需要に乏しいチョウセンゴヨウ (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) 材について、これからの新しい利用開発を導くための基礎的研究として、各種の材質特性を総合的に究明し、さらには環境因子および育林技術との関連性などを検討したものである。

1. 組織構造特性の幹内変動と未成熟材の範囲

仮道管長の変動はサニオの法則に従うが、チョウセンゴヨウ造林木の外周部で仮道管長は髓付近の2.5倍以上を示した。また、仮道管の直径は、晩材部ではその変動が少ないが、早材部では髓に隣接した部分でもっとも小さく、外周に向かって急激に増加した。早材部の仮道管の直径は晩材部の約2倍以上である。仮道管の壁厚は、早材部ではその変動が少ないが、晩材部では外周に向かって急速に増加する傾向を示す。

一方、仮道管二次壁中層のフィブリル傾角は、同一年輪内では早材部の方が大きく、晩材部に向かって小さくなり、また、幹径方向では髓付近の最大値から外周に向かって減少し、15年輪以後では安定した。

これらの、組織構造要因の変動から未成熟材の範囲を推定すると、仮道管長を変数とした回帰式からは、13 - 19年輪(髓からの距離は5 - 8cm)である。またフィブリル傾角の変動から見ると、15 - 18年輪(髓からの距離は6 - 8cm)である。

2. 物理・機械的特性の変動

造林木における年輪幅の水平方向での変動は、髓付近から5 - 8年輪にかけて急激に増加し、それ以降では減少して安定状態になる。また、垂直方向では、地上高の増加に伴って平均年輪幅が増加する傾向を示すが、辺材部では梢端付近で急速に増加した。年輪幅が広いほど早材や晩材の幅も広くなるが、年輪幅が8 mmを越えると晩材幅は減少し、年輪幅3.3mmで晩材率は最大値を示した。容積密度数は、成長初期である髓付近が大きく、5 - 8年輪までは減少するが、以後外周に

向かって増加し、漸次安定的になる。これらの変動から未成熟材の範囲を推定すると、年輪幅や晩材率からは、15 - 18年輪（髄からの距離は6 - 8cm）、容積密度数からは、13 - 18年輪（髄からの距離は5 - 8cm）である。

収縮率及び強度は未成熟材・成熟材別に検討した。収縮率は接線方向では未成熟材より成熟材の方が大きい反面、半径方向および繊維方向では成熟材より未成熟材の収縮率が大きい。

一方、曲げ強さは樹幹基部に近い未成熟材で最も低い値を示した。未成熟材の曲げ性質は成熟材より5 - 15%程度低い。全般的に曲げ性質は密度と正の相関関係があり、年輪幅とは負の相関関係がある。縦圧縮強さも同じ傾向である。なお、年輪幅と縦圧縮強さの関係において、未成熟材・成熟材別では高い相関係数を示さないが、全体的には高い相関関係を示す。

### 3. 樹幹の回旋特性

チョウセンゴヨウ材の繊維はZ回旋を示しており、その旋回木理は、(1)髄付近で小さく、その後増大して最大となってから再び減少する傾向、(2)繊維傾斜が急速に増加し、その後一定になる傾向、(3)樹皮側へ増大する傾向の三つのパターンに分けられる。

繊維傾斜度の変動およびZからSへのねじれ返しの年数を韓国産の造林木、天然木で比べるとほぼ同じであったが、北洋チョウセンゴヨウ（シベリア産天然木）の場合には、繊維傾斜は10年輪で最大となるがその値は小さく、ねじれ返しは約140年輪で現れた。このような違いは地理的または気候的因子によるものと考えられる。なお、これらの材の乾燥によるねじれは、繊維傾斜度および繊維傾斜方向と一致する傾向を示しており、未成熟材から取った板材ではZ方向でのねじれが大きい。北洋産のチョウセンゴヨウのねじれはいずれも小さい値であった。

### 4. 年輪解析と環境変遷情報

造林木について1930年から1990年までの年輪を標準化し、環境因子と生育状態との関係をみた。立木間の変動は大きなばらつきを示したが、標準化する過程で整理され、最終の結果では、年輪幅と気候因子との季節別の相関関係は比較的明らかであった。

生育当年の2 - 3月の気温と年輪幅とは有意的な相関関係があり、また3月と6月の降水量と年輪幅とは高度の有意的な関係を示した。成長期間中の直径成長に対して、気温は負の相関関係があり、降水量は正の相関関係がある。すなわち、高温・乾燥の気候では土壌および樹木の蒸散作用によって放射方向の成長が少ないが、低温・多湿の時には光合成量が増加して直径成長が大きくなっていることと考えられる。

### 5. 造林木と天然木の比較

天然木について多くの比較データは持たないが、造林木は天然木より良い成長を示し、比重

もやや小さい。また造林木の収縮率は天然木の範囲内である。曲げ強さや圧縮強さは造林木が高い方であるが、引張強さおよびせん断強さは、天然木の方が大きい値を示して、強度的性質においては一定の傾向が見られない。一方、繊維傾斜はともにZ方向であり、ねじれ量にもあまり差がない。したがって、チョウセンゴヨウの造林木の総合的な材質は天然木に比べて大きく変わらないと考えられる。

## 6. 育林技術と材質

平均年輪幅は、成熟材が3.4mm、未成熟材が4.8mmであった。全年輪における平均年輪幅は3.0 - 4.0mmであり、韓国の立地環境でこれ以上の成長は難しい。しかし、施肥地では2.3%の平均胸高直径成長量の増加を示しているため、立地によっては施肥効果があると考えられる。

韓国における天然チョウセンゴヨウの分布地は年平均気温が5 - 10°Cの地域であり、夏に高温・多湿な低地帯では成長状態が悪く、低緯度地域では標高が高いところに分布する。また、前述したように主に低温・多湿の時に良好な直径成長をなしている。したがって、このような気象因子とともに地形、緯度および高度等を考慮した造林適地の選定や施肥等による育林施業による材質の制御が今後検討されるべきである。

## 7. チョウセンゴヨウの用途と利用開発

チョウセンゴヨウ材は、木理が通直で、中程度の精緻度や光沢度を有している軽軟材であり、乾燥および機械加工が容易である。かつて韓国の伝統工法の住宅にはチョウセンゴヨウ材が構造材として用いられてきたが、現在では大部分の生産材が小径木であり、節が多く、ねじれや狂い等の欠点があり、規格製品の多量生産システムへの投入まで至っておらず、内装材や建具材のごく一部として使われているにすぎない。

したがって、このようなチョウセンゴヨウ材における利用上の問題点を克服し、利用開発を図るためには、まず、育林施業に当たっての、適度な枝打ちおよび間伐による大きな節の発生の抑制、年輪幅の調節が必要である。また、加工技術の面においては、節等や未成熟材部の欠点の除去あるいは欠点を分散できる集成加工、さらには製材木の生材接着および連続式集成工程等の省力化技術の開発が望まれる。特に、乾燥後のねじれや狂い、割れ等を防ぐためには、熱板加熱や高周波加熱による減圧乾燥を行い、内部応力を緩和する必要がある。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 深 澤 和 三  
副 査 教 授 笹 谷 宜 志  
副 査 教 授 藤 原 滉一郎  
副 査 助 教 授 大 谷 諄

本論文は6章から成り、表26、図53、引用文献131を含む総頁数143頁の和文論文で、参考論文29編が添えられている。

チョウセンゴヨウ (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) は韓国の郷土樹種であり、最も重要な造林樹種でありながら材質に関する文献が殆どない。その理由はチョウセンゴヨウの分布が比較的限定されていたこと、天然木が主に使われ伝統的用途に限られてきたことなどによる。近年他の針葉樹育林樹種とともに成林してきたが、他と競争して優位性を保つためには資料に乏しい。本論文はチョウセンゴヨウ造林木に見られる欠点を明らかにするとともに、新しい利用法を開発するための基礎研究として、各種の材質特性を総合的に究明したものであり、さらには環境因子および育林技術との関連性などを検討したものである。主な内容を要約すると次のとおりである。

## 1. 組織構造特性の幹内変動と未成熟材の範囲

仮道管長の変動はサニオの法則に従うが、外周部で仮道管長は髄付近の2.5倍以上を示した。仮道管の直径は、晩材では外周へ向って変動は少ないが、早材では髄から急激に増加する。壁厚は逆に早材では外周へ向って変動が少ないが、晩材では増加する。一方、仮道管二次壁中層のフィブリル傾角は、同一年輪内では早材から晩材に向かって小さくなるが、その平均値は外側へ向かって減少し、やがて安定する。これらの変動から安定域に入る境界を未成熟材と成熟材の境界と定めると、仮道管長からは13-19年輪 (5 - 8cm径)、フィブリル傾角から15-18年輪 (6 - 8cm径) であった。

## 2. 物理・機械的特性の変動

造林木の年輪幅の変動は、一般に髄から5-8年輪にかけて増加し、以後減少し、やがて安定域に入る。年輪幅が広いほど早材・晩材の幅も増加するが、晩材率は年輪幅3.3mmで最大値を示した。容積密度数は髄から5-8年輪まで減少し、以後外周へ向かって増加し、漸次安定域に入った。年輪幅・晩材率からみた未成熟材の範囲は髄から15-18年輪であり、容積密度数からみると13-18年輪であった。

収縮・機械的特性は、未成熟・成熟材別に示している。収縮率は接線方向では成熟材の方が大きい、半径及び繊維方向では未成熟材の方が大きい。曲げ及び圧縮強さは未成熟材は成熟材より10-15%低い。両強度と比重・年輪幅との関係は、未成熟・成熟材別には有意な相関を示さなかったが、全体では高い相関を示した。

### 3. 繊維の旋回性

繊維傾斜は他の針葉樹と異なりZ旋回から始まり、増加-減少(ねじれ返し)、増加-一定、単純増加などの傾向を持つ。韓国産チョウセンゴヨウでは天然・造林木の差異は見られなかったが、ロシア産天然木ではその程度も少なく、ねじれ返しに達する年数は大であった。未成熟材からの板はZ方向のねじれが大きく示された。

### 4. 年輪解析と環境変遷情報

1930年から1990年までの年輪を標準化し、成長と気候因子との関係を解析した。生育当年の2-3月の気温、3月と6月の降水量と年輪幅の間には高度の有意性が示された。また気温と年輪幅は負、降水量とは正の相関を示した。これは低温・多湿を好む傾向を数値的に明らかにしたものである。

以上の結果をふまえて総合的に考察を加えている。すなわちチョウセンゴヨウ造林木は天然木に比べ、比重はやや小さいが、収縮率は変わらず、強さは引張り、せん断でやや劣るが、曲げ、圧縮では大きな数値を示し、ねじれも差が無く、総合的に天然木に匹敵すると結論した。しかしながら区分された未成熟材は、材質が成熟材より大きく劣るので、これの取扱上の注意と、加工技術の開発について論じている。また育林上ではチョウセンゴヨウが低温・多湿の時に良好な成長を示すことから、韓国での造林適地の選定に関して注意が必要なこと、また平均年輪幅が3-4mmである現状から、さらにそれ以上の年輪幅(6mm)までに目標を設定してよいことと、そのための育林技術について論じている。

以上の研究成果は、今まで数値的に示されずにややもすると疑問視されてきたチョウセンゴヨウ造林木の用材価値をあらためて確認するとともに、造林木の性質を知ったうえでの新たな利用開発について有用な知見を提供しており、韓国を含んだ東北アジアの林業・林産業の発展に対して基本的方向を与えている点で高く評価される。

よって審査員一同は、別に行った学力確認試験の結果と合わせて、本論文の提出者姜善求は博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。