

学位論文題名

樹木の肥大成長変動の要因についての年輪年代学的解析

学位論文内容の要旨

樹木の年輪幅や年輪内最大密度は、気温や降水量などの気候因子や大気汚染物質、個体間競争から受ける影響によって変動する。したがって、樹木の年輪幅・年輪内最大密度の時系列変動を年輪年代学的に解析することにより、過去に樹木の肥大成長に影響を及ぼした気候因子や気候以外の外的因子を抽出することが可能である。しかしながら、日本のように気候の変動が激しくない地域に生育する樹木への年輪年代学の適用は困難であるとされてきた。そこで、本論文では、苫小牧地方に生育するヨーロッパトウヒ造林木およびエゾマツ天然木に年輪年代学的手法を適用し、樹木の年輪幅・年輪内最大密度の変動と気候因子との関係を明らかにするとともに、大気汚染物質などの気候以外の外的因子が樹木の肥大成長に及ぼす影響を推定することを目的とした。

試験地として、北海道大学苫小牧地方演習林内と林野庁苫小牧営林署管内の国有林内からヨーロッパトウヒ造林地4カ所、エゾマツ天然林1カ所を選択した。試料として、ヨーロッパトウヒ造林木（胸高部年輪数、47～59）56個体とエゾマツ天然木（胸高部年輪数、100～170）15個体から採集した円板もしくは成長錐試料を用いた。各個体2方向について幹軸方向2mm厚の試料を作製し、軟X線デンシトメトリーにより、年輪幅と年輪内最大密度を測定した。

はじめに、偽年輪や欠損輪の検出と、年輪が形成された年代の決定を行うため、クロスデーティングを行った。その結果、すべての試料のうち合計18方向分の試料が他の試料の年輪幅の時系列変動との相関が認められずに除かれた。したがって、クロスデーティングは年輪年代学的解析をする際には必ず必要であることが示された。一方、残りの試料の年輪幅時系列変動の間では高い相関が認められ、各試験地内での個体に共通する因子の影響が反映されていることを示していた。本研究ではこれらの試料を以後の解析に用いた。

気候や気候以外の因子が樹木の肥大成長に特異的に影響を及ぼした時期を把握するために、年輪幅が急激に減少または増加する期間をそれぞれ負または正の成長急変期として、各試験地において50%以上の試料に共通して年輪幅の著しい減少または増加が見られる年代をそれぞれ負または正の指標年として検出した。その結果、ヨーロッパトウヒの3つの試験地とエゾマツの試験地に共通して、1970年前後に負の成長急変期が検出され、両樹種の70%以上の個体に共通する負の指標年1971年が検出された。この成長急変期および指標年では、苫小牧工業地帯に近い北側に位置する試験地ほど年輪幅の減少を示す個体数が多い傾向にあった。そのため、工業地帯からの距離が近くなるに従って、樹木の肥大成長に与える影響が強くなる因子の存在が推測された。一方、すべてのヨーロッパトウヒの試験地で、1984年以降に負の成長急変期が検出され、80%以上の個体に共通する負の指標年1984年が検出された。この成長急変期および指標年では減少を示す個体数に試験地による差はなかったため、各試験地に同じ程度で影響を与える因子の存在が推測された。

年輪幅時系列と年輪内最大密度時系列から各試験地内に共通する気候あるいは気候以外の外的因子による変動を取り出すための標準化を行った後、重回帰分析を応用したレスポンスファンクション解析により、気候因子により説明される年輪幅指数と年輪内最大密度指数の変動の割合を明らかにし、さらに気候以外の外的因子による変動の評価を試みた。その結果、ヨーロッパトウヒとエゾマツの年輪幅指数の変動および年輪内最大密度指数の変動のそれぞれ約30~55%と40~65%が気候因子によって説明された。

レスポンスファンクション解析から得られた重回帰式に月別気温・降水量データを代入して算出される年輪指数の推測値と、実際の年輪指数とを比較することにより、年輪幅指数と年輪内最大密度指数の変動に含まれる気候以外の外的因子による変動を検討した。その結果、1971年では、工業地帯近くの北側に位置する試験地で年輪幅指数がその推測値を大きく下回っていた。一方、指標年1984年には、年輪幅指数とその推測値との間に大きな差はみられなかった。

さらに、エゾマツについては、1924~1965年のデータから1966~1990年の年輪幅指数を推測した結果、年輪幅指数がその推測値を大きく下回る期間が1960年代後半から1980年にかけて認められた。

これらの結果から、指標年を引き起こした要因について検討した。1971年では年輪幅指数とその推測値との間に差が認められたことから、気候以外の因子の影

響が考えられた。苫小牧地方の工業地帯では、1968年以降相次いで主要な工場が操業を開始しており、また、樹木の成長期に工業地帯から北の方向に風が吹いていることが報告されている。年輪幅の減少が著しいヨーロッパトウヒの3つの試験地とエゾマツの試験地は工業地帯の北に位置しており、成長期に汚染物質を含んだ大気に暴露されていたと考えられる。また、大気汚染物質濃度の高い場所に生育する個体では年輪幅や年輪内最大密度が減少するという報告がある。これらのことから、工業地帯に近い試験地では大気汚染物質によって樹木の肥大成長が抑制されたと考えられる。

1984年では年輪幅指数とその推測値との間に差がみられなかったことから、気候因子の影響が推測された。レスポンスファンクション解析から、前年6~7月の2か月平均気温と当年2~3月の2か月総降水量が年輪幅に影響を与えていることが示されたため、気候データを確認したところ、1983年の6月と7月の月平均気温が例年よりも2℃低く、1984年3月の月総降水量は例年の60%であった。したがって、1984年の年輪幅減少の要因として、前年6~7月の低温と当年3月の降水量不足による複合的な影響が考えられる。

工業地帯に最も近いヨーロッパトウヒの試験地における1971年の年輪構造を顕微鏡を用いて解析した結果では、仮道管の接線壁厚と放射径の年輪内変動において、他の年よりも個体による差が大きかった。このことから、樹木が大気汚染の影響を受けた場合、個体により異なる反応を示し、それが年輪構造に反映されることが示唆された。一方、気候因子により肥大成長が抑制された1984年の年輪構造の解析結果では、仮道管放射径の放射方向の変動において、年輪前半部から後半部への急で直線的な減少傾向がどの個体にも共通して認められた。このことから、気候因子の影響に対する反応が各個体で共通していることが示唆された。

本論文では、日本のような気候の変動が激しくない地域に生育する樹木でも、年輪幅・年輪内最大密度時系列のクロスデーティングと標準化を適切に行うことにより、ヨーロッパトウヒ造林木およびエゾマツ天然木の肥大成長に及ぼす気候因子の影響を評価できることが示された。また、気候因子の影響を評価することにより、気候以外の外的因子の影響も明らかにすることができた。特に、これまで適用例の少ない造林木において、樹木の肥大成長に及ぼす気候あるいは気候以外の外的因子の影響を明らかにしたことは、今後の年輪年代学分野の研究の進展に寄与する成果であると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 谷 諄
副 査 教 授 平 井 卓 郎
副 査 教 授 松 田 彊
副 査 助 教 授 船 田 良

学 位 論 文 題 名

樹木の肥大成長変動の要因についての年輪年代学的解析

本論文は6章で構成され、図25、表6、引用文献130、総頁数133の和文論文である。別に参考論文5編が添えられている。

樹木の年輪幅・年輪内最大密度の時系列変動を年輪年代学的に解析することにより、年輪形成に及ぼす気候などの外的因子の影響を推定することができる。しかし、気候変動が激しくない地域に生育している樹木には、年輪年代学的手法の適用は困難であると考えられており、その解析法の改善が望まれてきた。

本論文では、苫小牧市内の工業地帯から5～20km離れた地域に生育していたヨーロッパトウヒ造林木とエゾマツ天然木について、肥大成長に及ぼす気候などの外的因子の影響を年輪年代学的手法によって解析した。

北海道大学農学部附属苫小牧地方演習林および北海道営林局苫小牧営林署管内のヨーロッパトウヒ造林地4試験地とエゾマツ天然林1試験地から、ヨーロッパトウヒ56本（胸高年輪数：47～59）、エゾマツ15本（胸高年輪数：100～170）を選定した。それらの胸高付近の2方向より採取された試料から幹軸方向2mm厚の材片を作製し、軟X線デンシトメトリにより年輪幅と年輪内最大密度を測定した。

すべての採取試料の髄から最外部までの年輪が形成された絶対年を決定するためにクロスデーティングを行なった結果、ヨーロッパトウヒ造林木の試料の12%とエゾマツ天然木の試料の20%は、同一試験地の他の試料の年輪幅時系列変動との相関が認められず除かれた。このように、同一造林地においても年輪幅時系列変動の著しく異なる個体が存在したことから、年輪年代学的解析を行う際にはクロスデーティングを行う必要があることを指摘した。

気候やそれ以外の因子が樹木の肥大成長に特異的に影響を与えた時期を見いだすために、年輪幅が急激に減少または増加する期間を負または正の成長急変期と

して検出した。1970年前後がヨーロッパトウヒの3試験地とエゾマツ試験地において、また1984年以降がヨーロッパトウヒのすべての試験地において、負の成長急変期として検出された。さらに、成長急変期のなかで各試験地において50%以上の試料に年輪幅の著しい減少がみられた年を抽出し、1971年が両樹種の70%以上の個体で、また1984年がヨーロッパトウヒの80%以上の個体で負の指標年として検出された。

気候因子およびそれ以外の外的因子のみの影響が含まれる年輪幅・年輪内最大密度の時系列を求めるための標準化を行った後、重回帰分析を応用したレスポンスファンクション解析から、両樹種の年輪幅指数・年輪内最大密度指数の変動のそれぞれ30~55%と40~65%は気候因子によって説明されることを明らかにした。

年輪幅指数・年輪内最大密度指数の変動についてのレスポンスファンクション解析から得られた重回帰式に気温・降水量データを代入して算出された年輪指数の推定値と、もとの年輪指数とを比較することにより、指標年の1971年と1984年の肥大成長抑制に及ぼす気候因子およびそれ以外の外的因子の影響を検討した。1971年では、工業地帯に近い北側に位置する試験地ほど年輪幅指数がその推定値より低いことおよび工場操業の記録などから、両樹種の年輪幅減少の要因は工業地帯から排出された大気汚染物質であると推定した。一方、1984年ではヨーロッパトウヒの年輪幅指数とその推定値に差がなかったことから気候因子の影響が推定され、年輪幅指数に対する気候因子の寄与についての検討結果から、年輪幅減少の要因は前年6・7月の低温と当年3月の降水量不足であると推定した。

工業地帯に最も近いヨーロッパトウヒ試験地における1971年と1984年の年輪構造について、仮道管の放射径と接線壁厚の年輪内変動を調べた。1971年ではそれらの変動は個体による差が大きいことおよび仮道管の最大接線壁厚の平均値が低いこと、また1984年では仮道管放射径が年輪の前半から後半へ直線的に減少することが認められた。これらのことは、指標年発生の要因の違いを年輪構造の変化からも支持するものである。

以上のように本研究は、気候変動が激しくない地域に生育する樹木、とくにこれまで適用例の少なかった造林木について、年輪年代学的解析により肥大成長に及ぼす気候および大気汚染物質の影響を明らかにしたもので、この分野の研究進展に寄与するところ大きいものがある。

よって審査員一同は、最終試験の結果と合わせて、本論文の提出者小林修は博士（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。