

北海道北部の針広混交林における択伐施業に対する 下層木の応答に関する研究

学位論文内容の要旨

近年、持続可能な生産活動が望まれるなか、木材の収穫と生態系プロセスの保全を両立させた森林管理技術の確立が急務となっている。その中で、先進諸国を中心に、環境への影響が小さい非皆伐施業が導入されている。我が国の非皆伐施業は、一部の地域で伝統的に実施されてきた。とくに北海道の天然生針広混交林では、明治の開拓期以降、択伐施業が広く採用されてきた。択伐施業を持続的に行なうには、森林の構造・組成を維持することが重要である。択伐施業の影響に関する既存研究の多くは、林分レベルでの下層木の減少、樹種構成の変化を明らかにしてきた。しかし、択伐林の構造は高い空間的な不均質性を持つため、伐採が下層木に与える影響を評価するには個体レベルでの解析が欠かせない。そこで本研究では、択伐施業下における伐採が、天然生針広混交林を構成する複数の樹種の下層木個体群に与える影響を、個体の生育段階を考慮しながら明らかにすることを目的とした。具体的には、伐採（またはそれに伴う林冠ギャップ形成）が下層木の空間分布、幹の成長、個体群動態（新規定着、成長率、死亡率）に与える影響を、個体レベルでの観測によって明らかにする。そのうえで、下層木の本数密度や樹種構成を維持することに焦点をあてながら、持続可能な択伐施業を実施するための施業指針を提示する。

北海道大学中川研究林内の天然生針広混交林に設定された照査法試験地で研究を行なった。試験地は 1967 年に設定され、10 区画の伐採（択伐）小班と 1 区画の対照小班、2 区画の予備区によって構成されている（合計 134ha）。各小班では、ほぼ 10 年おきに胸高直径（DBH）12.5cm 以上の全個体を対象に胸高直径（5cm 括約）が計測されている。また 6-10 小班、対照小班では、個体の立木位置測量が実施されている。とくに、8 小班（面積 6.7ha）では、伐根や枯死木についても位置測量が実施され、過去の立木位置が把握されている。各小班においては現在までに 4 回の調査、伐採が実施されている。過去 10 年間の材積成長量の推定値から適用された伐採率は、8-28%（胸高断面積比）の範囲であった。なお、本研究では対象とする下層木を、生育段階で次の 3 つに区分して調査、解析を行なった。(1) 若木 ($12.5\text{cm} \leq \text{DBH} < 17.5\text{cm}$)、(2) 幼樹（樹高 $\geq 2\text{m}$ 、 $\text{DBH} < 12.5\text{cm}$)、(3) 稚樹（樹高 $< 2\text{m}$ 、ただし当年生実生は除く）。

まず、森林を構成する主要な 11 樹種について、比較的生育段階の進んだ若木の空間分布に対して、林冠状態が与える影響を時空間的に明らかにした。照査法試験地 6-10 小班の中で成熟した林分（合計 38ha）を対象に、林冠の状態を空中写真と航空機レーザー測量から 2m 解像度のグリッド単位で把握し、平均樹高の約 1/2 にあたる高さ 12.5m を閾値として各グリッドを「林冠」と「林冠ギャップ」に分類した。また、それらの境界から林冠側、ギャップ側にそれぞれ 4m の範囲を「林冠エッジ」、「ギャップエッジ」と定義した。さらに、過去 20 年間に各グリッドが林

冠下であった年数を空中写真から推定し、林冠状態の時間的変化を表す指標とした。これらの情報と、現地計測で得られた若木の位置を重ね合わせ、樹種ごとの空間分布特性を検討したところ、林冠の状態とその変化が及ぼす影響は樹種によって大きく異なることが分かった。全体的に若木の分布はエッジ付近に多く、トドマツ、シナノキ、ホオノキ、ミズナラ、ダケカンバの5樹種はエッジに偏って出現していた。一方で、ギャップ下に偏ったのはハリギリ、林冠下に偏ったのはニレ類、アズキナシのみであった。林冠状態の時間的変化の影響をみると、トドマツおよびミズナラ、ダケカンバ、ハリギリは、過去に林冠下であった年数が短い環境に多く分布していた。一方、ニレ類、アズキナシは、長期間林冠下の状態におかれた箇所により多く分布していた。これらの結果は、若木の生育環境として、伐採によって生じる林冠ギャップのエッジ、あるいは林冠下がとくに重要であり、大きなギャップの形成はむしろ不利に働く可能性が高いことを示していた。

次に、年輪解析によって若木の樹齢を把握したうえで、伐採が個体の直径成長率に与える影響を明らかにした。ここでは、主要な4樹種（トドマツ、イタヤカエデ、ミズナラ、ダケカンバ）を対象に、照査法試験地8小班において、1994年－2003年の期間内にDBHが12.5cmに達した合計143個体から、成長錐を用いてサンプルを採取し解析を行なった。DBHが12.5cmに達するまでの平均年数はトドマツで65年（範囲:33-125年）、イタヤカエデで60年（42-83年）、ミズナラで50年（22-63年）、最も成長の早いダケカンバでも40年程度（21-58年）を要していた。周囲での伐採は、イタヤカエデを除く3樹種の直径成長率へ正の効果を与えていた。このうち、トドマツでは、正の効果は個体サイズが大きい段階でより顕著であった。また、伐採後、成長率が最大に達するにはミズナラで5年、トドマツ、ダケカンバでは10年程度が必要であることが示された。

最後に、伐採を挟んだ5年間（伐採後4年間）での下層木の新規定着、成長、死亡に影響を与える要因を、生育段階別に明らかにした。照査法試験地8小班内に20m間隔で124点の調査地点を設定し、すべての高木性樹種の下層木を対象に追跡調査を行なった。稚樹については樹高を、幼樹についてはDBHを測定した。稚樹・幼樹の伐採前の密度は5462本/ha、1829本/haであったが、伐採後4年目までの生残率は31%、52%であり、伐採が高い死亡率をもたらした可能性が示唆された。実際、局所的な伐採率や残存樹木量の効果を解析した結果は、伐採が稚樹の成長や生残に負の影響を及ぼすことを示していた。全体的には、周囲での伐採が与える負の効果は、相対的に小さな個体で顕著であり、また周囲の樹木量が少ない場合に顕著であった。また、個体サイズは成長・生残に概ね正の効果、周囲の樹木量は、稚樹の新規定着への影響も含めて、正の効果を与えていることが明らかになった。

全体的な下層木密度の低さや、伐採による負の影響をあわせて考慮すると、北海道北部の針広混交林での択伐施業においては、下層木の状態に最大限留意することが重要である。とりわけ下層木の減少傾向が顕著であった針葉樹、耐陰性の高い広葉樹への配慮が必要である。伐採による稚樹・幼樹への負の影響は、伐採や集材時の物理的損傷によるものと、伐採にともなう急激な環境変化によるものとが考えられる。前者に対しては、作業上の不備の改善、後者に対しては伐採率や周囲の樹木量の調整によって下層木への負の影響を軽減させることが必要である。一方で、後者については、北海道北部の天然林の多くが、過去の過伐によりギャップ率が極めて高い状態にある。この条件下では、まず林冠被覆率を回復させ、長期的には、伐採に対する下層木の応答の改善につながる条件を林内に増やし、それに対応した伐採を適用することが重要である。具体的には、まず伐採によって生じるギャップを可能な限り小面積に抑えるよう配慮すべきである。本研究で示した下層木の生残率の結果から、胸高断面積合計で概ね0.5m²/100m²以上の樹木を残

存させることが有効であると考えられた。伐採木の配置についてみると、針葉樹（トドマツ）に対しては、林冠下のエッジ箇所を増やす必要がある。一方、若木の本数が減少していた耐陰性の高い広葉樹に対しては、伐採を実施しない箇所を設ける必要があると考えられた。

学位論文審査の要旨

主査	教授	中村太士
副査	教授	矢島 崇
副査	准教授	吉田俊也
副査	講師	森本淳子

学位論文題名

北海道北部の針広混交林における択伐施業に対する 下層木の応答に関する研究

本論文は、図 13、表 12 含む総頁数 64 の和文論文であり、他に参考論文 2 編が添えられている。

木材生産と生態系の保全を両立させる森林管理技術として、注目されている択伐施業を持続的に行うためには、森林の構造・組成の維持が重要である。北海道の天然生針広混交林における択伐施業に関する既存研究の多くは、林分レベルでの下層木の減少、樹種構成の変化を明らかにしているものの、択伐林の構造は高い空間的な不均質性を持つため、伐採が下層木に与える影響を評価するには個体レベルでの解析が不可欠である。本研究では、天然生針広混交林を構成する複数の樹種の下層木個体群に与える伐採の影響を、個体の生育状況ごとに明らかにすることを目的としている。そのうえで、下層木の本数密度や樹種構成を維持することに焦点をあてながら、持続可能な択伐施業を実施するための施業指針が提示された。

北海道大学中川研究林内の天然生針広混交林に設定された照査法試験地において本研究は実施された。試験地は 1967 年に設定され、10 区画の伐採小班と 1 区画の対照小班、2 区画の予備区の合計 134ha によって構成されている。各小班では、ほぼ 10 年おきに胸高直径 (DBH) 12.5cm 以上の全個体を対象に胸高直径が計測され、その後、伐採率 8-28% 程度の択伐が実施されている。また 6-10 小班、対照小班では、個体の立木位置測量が実施された。とくに 8 小班 (面積 6.7ha) では、伐根や枯死木についても立木位置が把握されている。本研究では対象とする下層木を、生育段階に応じて (1) 若木 (DBH12.5cm 以上かつ、17.5cm 未満)、(2) 幼樹 (樹高 2m 以上かつ、DBH12.5cm 未満)、(3) 稚樹 (樹高 2m 未満、ただし当年生実生は除く) に区分し、調査、解析を実施している。

まず、森林を構成する主要な 11 樹種の若木の空間分布に、林冠が与える影響

を明らかにした。解析は、照査法試験地の一部（38ha）を対象に、林冠の状態（ギャップまたは林冠下）を空中写真と航空機レーザー測量によって把握し、現地計測で得られた若木の位置を重ね合わせることで行った。その結果、トドマツ、シナノキ、ホオノキ、ミズナラ、ダケカンバの若木は林冠と林冠ギャップの境界付近（エッジ）に多く分布している一方で、ギャップ下に偏って出現したのはハリギリ、林冠下に偏って出現したのはニレ類、アズキナシのみであった。これらの結果によって、若木の生育環境として、伐採によって生じる林冠ギャップのエッジがとくに重要であり、大きなギャップの形成はむしろ不利に働く可能性が高いことを示した。

次に、年輪解析によって若木の樹齢構成を把握したうえで、伐採が個体の直径成長率に与える影響を明らかにした。トドマツ、イタヤカエデ、ミズナラ、ダケカンバを対象に、照査法試験地 8 小班において、若木クラスの個体（合計 143 本）から、成長錐を用いてサンプルを採取し解析を行なった。DBH が 12.5cm に達するまでの年数はトドマツで平均 65 年、イタヤカエデで 60 年、ミズナラで 50 年、ダケカンバで 40 年程度であった。周囲での伐採は、イタヤカエデを除く 3 樹種の直径成長率へ正の効果を与えていた。このうち、トドマツの場合、正の効果は個体サイズが大きい段階でより顕著であることを明らかにしている。

最後に、伐採を挟んだ 5 年間での下層木の新规定着、成長、死亡に影響を与える要因を、生育段階別に明らかにした。照査法試験地 8 小班内に 124 点の調査地点を設定し、すべての高木性樹種の下層木を対象に追跡調査を行なった。稚樹については樹高を、幼樹については DBH を測定した。稚樹・幼樹の伐採前の密度はそれぞれ 5462 本/ha、1829 本/ha であったが、伐採後 4 年目までの生残率は 31%、52%にとどまっていた。解析の結果、高い伐採率は多くの樹種の稚樹の成長や生残に負の影響を及ぼすことが示された。その影響は相対的に小さな個体で、あるいは周囲に残存する樹木量が少ない場合に顕著であった。また、全体的にも個体サイズは成長・生残に正の効果、周囲の樹木量は、稚樹の新规定着への影響も含めて正の効果を与えていることを明らかにしている。

北海道北部の針広混交林での択伐施業においては、下層木の状態に最大限留意することが必要である。この地域の天然林の多くが、過去の過伐によりギャップ率が極めて高い状態にあることから考えると、まず林冠被覆率を回復させ、長期的には、それぞれの樹種に適した伐採を行い、下層木の成長を促していくことが重要と結論づけられた。

以上のように本論文は、択伐に対する下層木の応答が、樹種・生育条件によって大きく変化することを明らかにした。さらに、持続的な択伐施業の要件として伐採量以外に、残存木量、伐採によって生じるギャップの形状の重要性が示された。これらは、森林生態系管理の発展に大きく寄与するものであり、その成果は学術・応用両面から高く評価される。よって審査員一同は、宮久史が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認めた。