

学 位 論 文 要 旨	
氏 名	山 川 博 美
題 目	針葉樹人工林伐採後の自然林再生メカニズムに関する研究 (Studies on the mechanisms of natural forest recovery after logging of conifer plantations)
<p>本研究は、針葉樹人工林の適切な自然林再生戦略を立案するための基礎情報の提供を目的として、特に暖温帯の針葉樹人工林伐採後の自然林再生メカニズムの解明およびこれに基づく更新予測の手法および判断基準について調査・解析を行った。</p> <p>まず、針葉樹人工林の大面積伐採跡地において、森林再生に影響を及ぼしている要因を抽出した。伐採後の森林再生には、地形などの立地要因より、伐出路の開設、土地利用履歴および林齢などの人為的な要因が強く影響していた。これらの要因は、伐採時の植生破壊やその後の再生基盤の改変という直接的な要因としてだけではなく、伐採前の人工林内の下層植生（前生樹）の分布を通して伐採後の森林再生に強く影響を及ぼしていると考えられた。また、伐採以前から表土の侵食があったと推測される林地では、表土の安定性が低く、一般に攪乱を受けた林地に優占する先駆性木本種でさえも更新個体が著しく少なかった。</p> <p>次に、森林再生の材料である前生樹、埋土種子および散布種子の森林再生に対する貢献度を明らかにするために、伐採前の下層植生を把握した上で伐採を行い、伐採後の更新個体を調査した。埋土種子由来の実生は、伐採後の早急な地表面の被覆に有効であった。しかしながら、伐採後初期に多様な種組成を持つ照葉樹林への再生を目標とするならば、前生樹由来の生残稚樹および萌芽個体が再生の初速を左右する重要な要因であることが示された。また、伐採後に前生樹を維持するために、伐採時に下層植生を刈り払わなかった場合、伐採後に生残個体として6割程度を維持することが可能であったが、刈り払った場合でも萌芽によって前生樹を6割以上維持できることが明らかとなった。しかしながら、萌芽のみの再生では萌芽力の樹種およびサイズ依存性から種組成が単純化する恐れがあること、および保残した下層植生による鳥類の誘引効果などが期待できることが考えられたことから、部分的に下層植生を刈り払わずに残すことで、伐採後の早急な森林再生および林分全体としての多様性を高める可能性があることが示された。</p> <p>また、種子の供給源と考えられる隣接する広葉樹林の効果を伐採前の前生樹の分布、伐採後の実生の発生に着目して解析した。その結果、伐採後の森林再生に対して隣接する広葉樹林からの効果が期待できる距離は、冷温帯での研究事例と比較して短く林縁から30m以下であった。したがって、特に、風散布種子を持つ高木種が少ない暖温帯において隣接する広葉樹林への過度な期待は、更新の不確実性を高くすると考えられた。</p> <p>最後に、以上の結果を基に、伐採前における伐採後の更新予測手法およびその判断基準について検討し、前生樹の成立状態に着目することでより精度の高い予測が可能であることが明らかになった。また、これらの自然林再生メカニズムおよび更新予測に基づき、針葉樹人工林伐採後の自然林再生の更新手法について提示した。</p>	

学 位 論 文 要 旨	
氏 名	Hiromi Yamagawa
題 目	Studies on the mechanisms of natural forest recovery after logging of conifer plantations (針葉樹人工林伐採後の自然林再生メカニズムに関する研究)
<p>This study aimed to provide the basic information for planning the suitable restoration strategy of natural forest after logging of conifer plantations. For this aim, I investigated the mechanisms and influencing factors of natural forest recovery after clearcutting of conifer plantations in a warm-temperate Japan, and proposed the techniques for predicting and judging the forest recovery based on natural regeneration processes.</p> <p>1. I investigated factors affecting forest recovery in former large-scale conifer plantations abandoned after clearcutting. I found several human factors, i.e., land-use histories and stand age, to affect forest recovery more strongly than natural environmental factors such as topography. The influences of these factors were thought to be promoted by controlling the abundance of the advanced regeneration as the source for forest recovery.</p> <p>2. In order to clarify the relative contribution of advanced regeneration, buried seeds and dispersed seeds to forest recovery, I carried out experimental clearcutting of the plantations and undertook a detailed tree census before and after clearcutting. The seedlings germinated from the buried seeds were effective to the cover of the soil surface immediately after clearcutting. However, when we aim to recover vegetation dominated by the late-seral canopy trees within as short a period as possible, advanced regeneration is the most important and reliable source of post-logging regeneration. I also compared forest recovery after clearcutting between with and without understory-clearing treatments, i.e., with and without conservation of advanced regeneration. The understory-conserving treatment could preserve understory as surviving individuals by high proportion (60% or more). In the understory-clearing treatment, a high proportion (60% or more) of the advanced regeneration also recovered by resprouting. However, recovery from resprouting alone showed a risk of simplification of the species composition because the resprouting ratio depended on trees size and species. Thus, conserving the advanced regeneration intact was appeared to enhance the speed and biodiversity of forest recovery.</p> <p>3. I analyzed the effects of adjacent natural forest to logged plantations focusing on distribution of advanced regeneration before logging and the regeneration of trees after logging. In the result, the range of ca. 30m from an adjacent natural forest was found to have significant effects encouraging the accumulation of advanced regeneration and seedling establishment after logging. However the short-term effects on post-logging establishment of seedlings showed stochastic variations controlled by the local structure of the adjacent forest, seed masting and predation, which made the effects difficult to be expected. Thus, there is a high risk associated with relying on the edge effects for expeditious natural forest recovery after clearcutting.</p> <p>Based on these results, I proposed the criteria for successful recovery of natural forest after logging adopting on the measure of abundance of advanced regeneration, which provides a more reliable predictor of forest recovery than measures based on seed rain from adjacent seed sources. I suggested, a prediction technique of natural regeneration using by geographic information such as land-use history and forest inventory maps, and the appropriate technique for encouraging natural regeneration before and after clearcutting.</p>	

学位論文審査結果の要旨	
学位申請者 氏名	山 川 博 美
審査委員	主査 宮崎大学 教授 中尾 登志雄
	副査 宮崎大学 准教授 伊藤 哲
	副査 琉球大学 教授 新里 孝和
	副査 鹿児島大学 教授 下川 悦郎
	副査 琉球大学 教授 井上 章二
審査協力者	
題 目	針葉樹人工林伐採後の自然林再生メカニズムに関する研究 (Studies on the mechanisms of natural forest recovery after logging of conifer plantations )
<p>世界の森林面積は相変わらず減少しており、森林に依存する地球規模での気候調節などの生態系サービスが低下してきている。また国内でも林業経営の不振から戦後の拡大造林期に造成された人工林が管理放棄されたり、伐採後の再造林放棄地が増加するなど、森林の公益的機能の低下が懸念されている。国内での人工林対策の一つとして針葉樹人工林から広葉樹林への誘導が進められようとしているが、伐採後の自然林再生に関しては天然更新を主とした自然林再生技術の早急な確立が求められている。</p> <p>本研究は、針葉樹人工林の適切な自然林再生戦略を立案するための基礎情報の提供を目的として、特に暖温帯の針葉樹人工林伐採後の自然林再生メカニズムの解明およびこれに基づく更新予測の手法および判断基準について調査・解析を行ったものである。</p> <p>まず、針葉樹人工林の大面積伐採跡地において、森林再生に影響を及ぼしている要因を分析した結果、伐採後の森林再生には地形などの立地要因より、伐出路の開設、土地利用履歴および林齢など的人為的な要因が強く影響していることを明らかにしている。これらの要因は伐採時の植生破壊やその後の再生基盤の改変という直接的な要因としてだけではなく、伐採前の人工林内の下層植生（前生樹）の分布を通して伐採後の森林再生に強く影響を及ぼしているとしている。また、伐採以前から表土の侵食があったと推測される林地では表土の安定性が低く、攪乱を受けた林地に優占する先駆性木本種でさえも更新個体が著しく少ないことを見出している。</p>	

次に、森林再生の材料である前生樹、埋土種子および散布種子の森林再生に対する貢献度を明らかにするために、伐採前の下層植生を把握した上で伐採を行い、伐採後の更新個体を調査した結果、埋土種子由来の実生は伐採後の早急な地表面の被覆に有効であるが、伐採後初期に多様な種組成を持つ照葉樹林への再生を目標とするならば、前生樹由来の生残稚樹および萌芽個体が再生の初速を左右する重要な要素であることを明らかにしている。また、伐採後の前生樹を維持するために、伐採時に下層植生を刈り払わなかった場合には伐採後の生残個体として6割程度が維持できるが、刈り払った場合でも萌芽によって前生樹を6割以上維持できることを明らかにした。しかしながら、萌芽のみの再生では、萌芽力の樹種およびサイズ依存性から種組成が単純化する恐れがあること、および保残した下層植生による鳥類の誘引効果などが期待できることから、部分的に下層植生を刈り払わずに残すことで、伐採後の早急な森林再生および林分全体としての多様性を高める可能性があることを見出している。

また、種子の供給源と考えられる隣接する広葉樹林の効果を伐採前の前生樹の分布、伐採後の実生の発生に着目して解析した結果、伐採後の森林再生に対して隣接する広葉樹林からの効果が期待できる距離は、冷温帯での研究事例と比較して短く、林縁から30m以下であることを明らかにしている。そして、風散布種子を持つ高木種が少ない暖温帯においては、隣接する広葉樹林への過度な期待は、更新の不確実性を高くする恐れがあると指摘している。

そして、以上の研究結果を基に、伐採前における伐採後の更新予測手法およびその判断基準について検討し、前生樹の成立状態に着目することでより精度の高い予測が可能であることを明らかにした。また、これらの自然林再生メカニズムおよび更新予測に基づき、針葉樹人工林伐採後の自然林再生の更新手法について提示している。

これらの研究成果は、今後の針葉樹人工林から広葉樹林への誘導において、天然更新を主とした自然林再生技術への適用が期待できるものであり、学位論文として十分な価値があるものと認めた。

最終試験結果の要旨	
学位申請者 氏名	山 川 博 美
審査委員	主査 宮崎大学 教授 中尾 登志雄
	副査 宮崎大学 准教授 伊藤 哲
	副査 琉球大学 教授 新里 孝和
	副査 鹿児島大学 教授 下川 悦郎
	副査 琉球大学 教授 井上 章二
審査協力者	
実施年月日	平成21年 1月15日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) <input checked="" type="radio"/> 口答・ <input type="radio"/> 筆答	
<p>主査及び副査は、平成21年1月15日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者が博士（農学）の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。</p>	

学位申請者 氏 名	山 川 博 美
【質問1】	森林再生状況の区分の「未再生」に先駆種群落を含めているが、これは妥当か？先駆種群落にも土壌浸食防止等の機能を期待するのであれば、「未再生」とは分けるか、あるいは長期的な視点からは「再生」に含めてもよいのではないか？
【回答1】	伐採直後の表土浸食防止という機能に絞れば、先駆種群落も「再生」林分に含めてもよいが、森林再生のゴールとして照葉樹林を想定しているので、本研究では「再生」には含めなかった。例えば樹木根系による崩壊防止機能を考えると、短命の先駆木本ではなく、永続的な森林の存在が必要になる。なお、本研究では春季のカラー空中写真を用いているので、データソースの性質上、常緑樹群落と落葉性の先駆種群落を区分することが望ましかったのも一つの理由である。
【質問2】	長期的および短期的な視点で再生過程を区分する予測の考え方は妥当であると思うが、必ずしも再生材料の違いが再生の時間スケールに対応しているわけではない。森林の遷移過程における種組成の変化を散布様式などの樹種特性の違いから考えると、それぞれの樹種群の重要性が時間とともに変化していくと考えるべきではないか。本研究では、樹種群の重要性を評価する際にどのような時間スケール設定をしているのかがわかりにくい。
【回答2】	少なくとも短期に成立する先駆種はほとんどが埋土種子由来なので、表土が保全されている限りはほとんどのケースで期待できる。本来の森林再生という意味では、侵入に長期を要する多様な自然林林冠構成種の成立が必要なので、これを長期的な再生の予測材料に位置付けた。一次遷移を考えると風散布型からの樹種交替という整理も可能だが、人工林伐採後の二次遷移の場合は前生樹の存在が再生の初期値を決める大きな要素となる。したがって、本研究では、伐採後の再生初期段階に限定して、再生材料の違いから森林再生の初期値および初速を評価している。
【質問3】	森林再生の可能性予測で用いた「不可・難・可」の区分は再生目標のレベルと対応しているのか？
【回答3】	「不可・難・可」は、再生目標のレベル2（常緑広葉樹の萌芽林程度）以上を想定した場合の区分である。埋土種子由来の先駆種群落の成立（レベル1）は、森林再生の最低条件であり、レベル2以上の森林再生の前提条件と位置付けている。
【質問4】	整理の仕方として、再生材料を時間スケールに直結させるよりも、材料の違いによるパターンのバリエーションとして整理をしたほうがよい。その上で、立地や他の条件との関係を整理したほうがよいのではないか。
【回答4】	再生初期の林分タイプのバリエーションを整理するという面で今後検討したい。
【質問5】	森林再生の評価・予測で用いている「短期」「長期」とは、具体的にはどれくらいの時間スケールなのか？ 更新完了の判定を行う時期としても重要になる。
【回答5】	二次林再生時の林冠閉鎖が一般的に10～15年なので、これを一つの区切りの時期と考えている。

[質問 6] 木材生産林伐採後の再生目標を自然林とした場合、更新後の施業や管理はどのように考えているのか？ 自然林の再生ということで、更新後は放置することを前提としているのか？

[回答 6] 木材生産を目的としなくても、更新後も除伐等の保育はある程度必要と考えている。自然林伐採後の二次遷移においては林冠閉鎖による下層木の消失が起これ、その後樹木の侵入によって再度多様化するのが伐採後 60 年程度といわれている。これをより早期に誘導するような保育を伐採 10~20 年後くらいから考えるべきである。

[質問 7] 広葉樹、常緑広葉樹と照葉樹は同義で用いているのか？

[回答 7] 常緑広葉樹と照葉樹は同義だが、落葉性あるいは夏緑林性の広葉樹は、目標林型を設定する上で区分する必要がある。これらを考慮して用語を使い分けている。

[質問 8] 急傾斜あるいは凸地形が伐採後の森林再生にとってプラスの効果があるとしているが、具体的にはどういうメカニズムが想定されるのか？

[回答 8] 地形の違いによる林冠構造の違いが下層発達のひとつの要因と考えられる。また、人工林では尾根地形で前生樹が多いことが報告されているので、地形の直接的な効果というより、前生樹の成立のしやすさを介した効果であろうと考えている。

[質問 9] 尾根や急傾斜地はスギの成林の不成功や手入れ不足はないのか？ また、管理の遅れた林分の前生樹の欠落を指摘しているが、一方で間伐やこれに伴う下層刈り払いにはマイナスの効果もあるように思われる。集約的に管理されている人工林では逆に前生樹が少ないケースもあるのではないのか？

[回答 9] 不成績の影響はあると思う。本研究の調査地は放棄地が中心なので、集約的に管理されたケースは調査対象にはあまり存在しなかった。他の観察事例では、集約的な管理で前生樹が欠落するケースを確認している。

[質問 10] 埋土種子由来の先駆種は表土流出防止等の意味で最低限必要という位置付けだが、先駆種の被覆は他の重力・貯食散布種子の移入や、ススキ等の繁茂抑制にも効果があるのではないのか？

[回答 10] 他の効果もあると思う。例えば、低木性のイチゴ類は伐採 3 年後に結実しているので、他の被食散布型種子の移入を促進する鳥類の止まり木としての効果も大きい。また、ノネズミ類が天敵の捕食を回避するハビタットも提供すると考えられるので、堅果類の貯食散布促進も期待できる。また、更新阻害要因としての草本を抑える効果はあるだろう。

[質問 11] 埋土種子は大部分がパイオニアか？ また散布後の生存期間はどの程度か？

[回答 11] 先駆種が多いが、土地利用履歴等によって種組成が異なる。埋土種子寿命はアカメガシワやカラスザンショウで 50 年程度といわれている。

[質問 12] 伐採時に保残した前生樹のダメージについては、確かにサイズの大きいものほどダメージが少ないとおもうが、伐採後の物理環境の変化に伴う生理的なストレスによって長期的には衰退する個体もあるのではないのか？

[回答 12] 本研究で設定した試験地では、伐採後 3 年を経過した現時点では保残木の衰退は観察されていないが、今後もモニタリングを継続して検証していきたい。