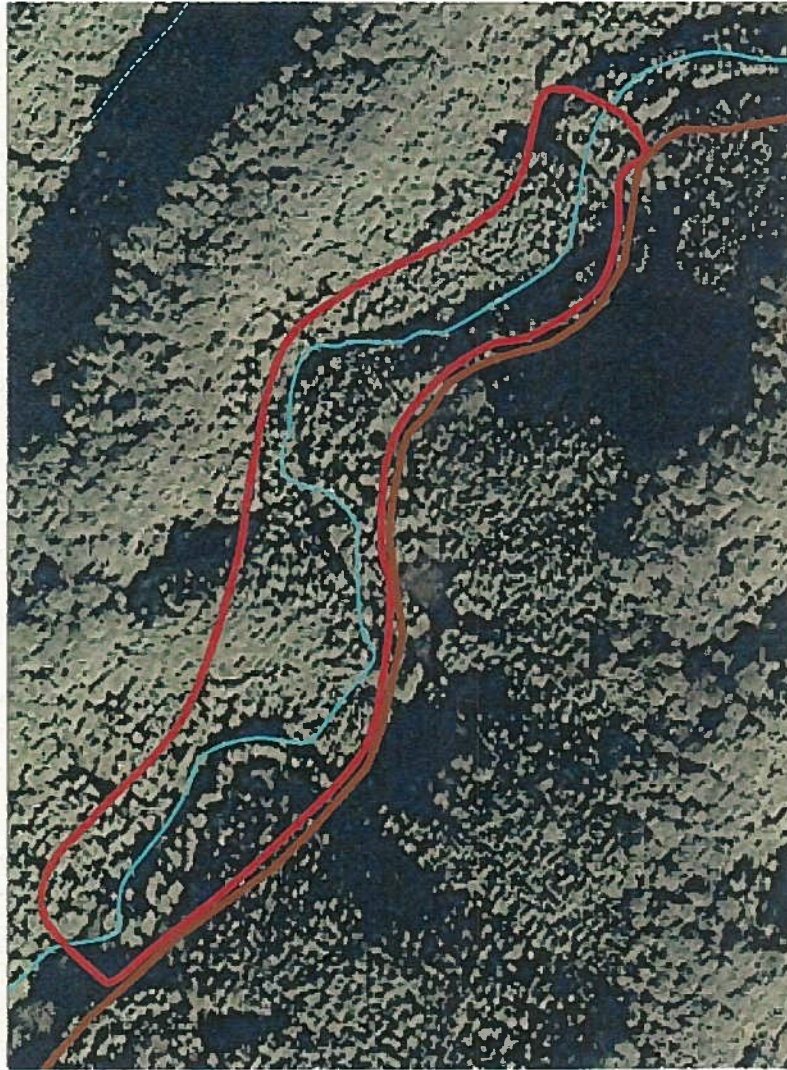


技術開発全体計画

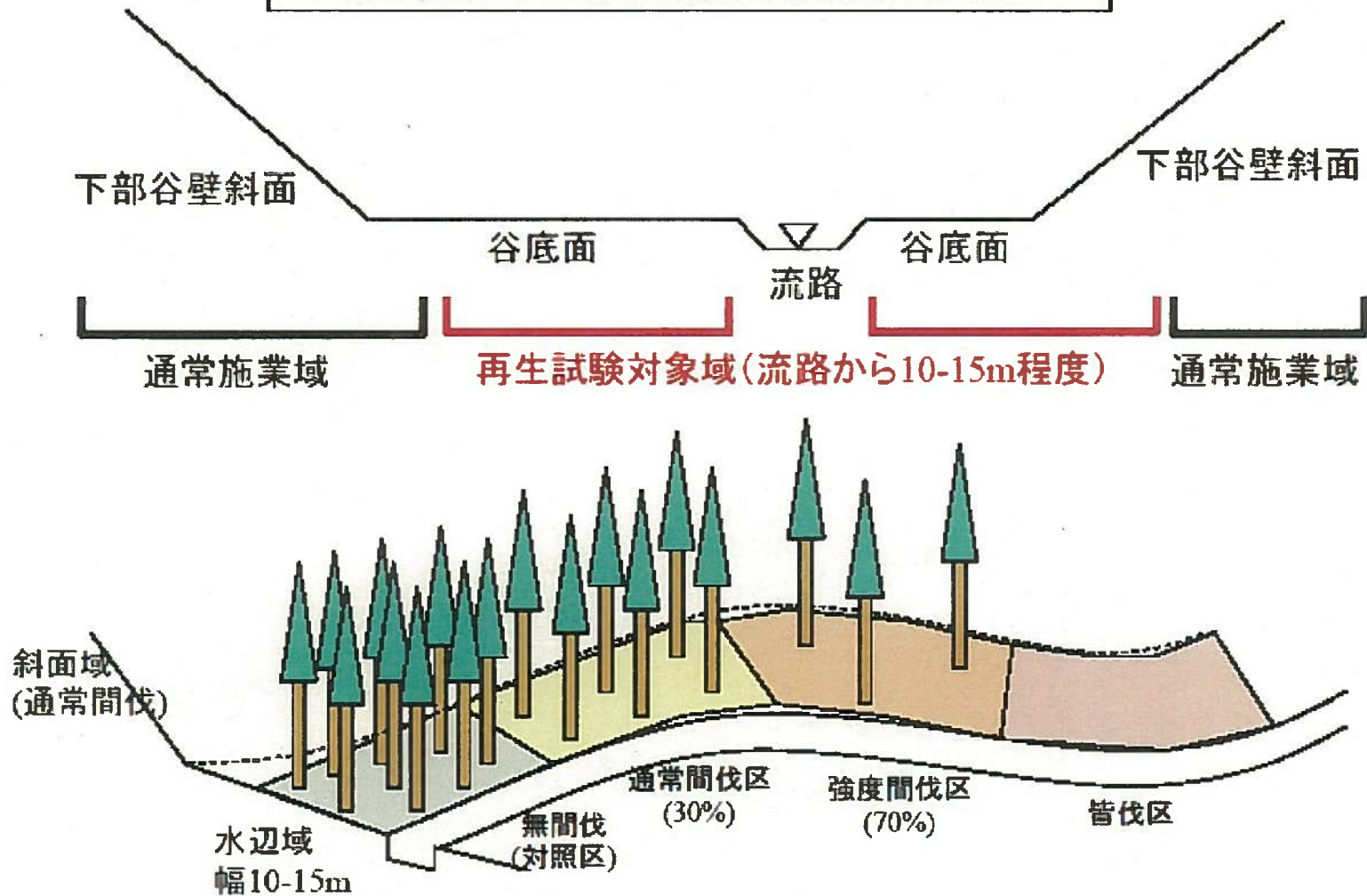
課 題	人工林化された溪畔林の再生手法の開発				開発期間	平成21年度 ~ 平成30年度			
開発箇所	宮崎森林管理署 去川国有林 258は,に林小班	担当部署	九州森林管理局 森林技術センター	共同研究 機 関	宮崎大学 農学部	技術開発 目 標	2	特定区域 内 外	内
現状と 問題点	<p>溪畔林は斜面部から河川への土砂・物質流入の緩衝帯として機能し、集水域の環境バランスの維持のみならず、下流域の自然環境の維持に大きく貢献する。また、土砂や流水の影響を受けて成立する溪畔林は得意な植生構造を持ち、多くの絶滅危惧種をはじめとする地域のフロラを維持する貴重な生態系である。同時に、野生動物の移動経路（生態的回路）としても機能し、水性生物に対する餌資源供給や倒流木を介したハビタット形成、水温制御などの機能も有する。このように、溪畔林生態系の機能は極めて多岐にわたっている。</p> <p>また、溪畔域は林地生産力も高いことから、一律に人工林化されてきたわが国の森林においては、溪畔林の修復・再生が「持続的森林管理」を実現するための“勤所”であり、“急所”であるといえる。</p> <p>これまで、様々なタイプの溪畔林の構造や機能に関する研究が行われてきた結果、溪畔林管理の理念は広く一般に理解されるようになったものの、実際の溪畔林管理の現場においては、実行可能性と実効性のある技術的指針が欠如したままであるといつてよい。すなわち、保全・修復対象となる溪畔域の幅や、保全・修復の優先度の判定方法、あるいは高い溪畔域とするか・修復目標林型の設定方法等が確立されていないことに加えて、具体的な林型誘導方法についてはほとんど実証事例がなく、また、どの段階で自立的な再生が可能（更新完了）と判断するか、といった根本的な問いに答える知見はほとんど蓄積されていない。これは、過去の溪畔林再生事例研究が極めて少ないことに加え、個々の溪畔域の特徴が個別的であるため、それぞれのケースに応じた意思決定手法や再生手法を一般化しにくいことがあげられる。この問題は、現在各県で準備されつつある溪畔林保全マニュアルの作成や、林野庁で検討中の「溪畔域の生態的機能に配慮した治山のあり方」及び「天然力を活用した森林の更新技術の構築」においても、早急に解決すべき問題として位置づけられている。したがって、様々な条件での事例研究の積み上げとその比較研究により、実行可能性と実効性を伴う溪畔林再生の具体的な手法開発が望まれている。</p>								
開発目的 (数値目標)	<p>様々な溪流域に共通した自然林再生技術の抽出と、地域性や流域特性を考慮した個別的な再生技術の開発を行うことにより、広域に適用できるきめ細かな技術体系を提示でき、安易な全国一律基準等による誤った手法適用のリスクを回避できる。さらに、単なる管理方法の提示にとどまらず、更新完了基準という評価手法をセットで提示することで、溪畔林の再生技術が実効性を持つこととなる。</p> <p>本課題では、九州の暖温帯の山地溪流を対象に、人工林化された溪畔林の再生において天然力を最大限に発揮させるための林型誘導技術を開発し、さらに、溪畔樹種の初期更新動態をモニタリングすることにより、更新完了基準策定のための基礎情報を得ることを目的とする。</p>								
開発方法	<p>研究期間内に以下の2点を明らかにする。</p> <p>(1) 暖温帯小流域における地形特性・林分状況ごとの適切な再生方法 微地形や種子源となる母樹分布が異なる様々な試験林分の相互比較を通して、個々の対象林分に応じた適切な再生方法を開発する。</p> <p>(2) 更新完了基準 上記(1)および(2)で開発する手法を実効性のあるものとするために、本試験地の暖温帯という地域性や地形特性を考慮した「更新完了基準」を提示する。</p> <p>次の点を分析する。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 伐採強度（皆伐・間伐率等）による光環境のコントロール及び効果 ② 伐採に伴う人工林下層の損傷と前生樹保残処理による更新促進効果 ③ 地表処理（リター・表層土除去）による更新補助及び効果 ④ 植栽木伐採後の一時的な土砂流出抑止による更新サイト確保と苗木植栽及び効果 ⑤ 種子源となる天然生溪畔林バッチあるいは母樹からの種子散布範囲及び散布種子量に及ぼす微地形・保残上木の影響 <p>試験地設定 延長： 500m 幅： 溪岸から15m プロット： 4プロット（無間伐、間伐率30%、間伐率70%、皆伐）1プロットは（50m×15m） シカネット設置：全区域</p> <p>調査項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・埋土種子：表層土壌を採取し、発芽させて樹種と量を調べる ・種子散布：シードトラップを設置して調査する ・植生：草本を含めた植生回復調査 ・更新：樹木について、前生樹の生残と実生の定着調査 ・光環境：全天空写真を用いて、林冠閉鎖に伴う経年変化を見る ・温度環境：地温等の調査 								

年度別計画 及び経費	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度
	1 試験地設定 2 調査 3 試験地表示	1 調査	1 調査	1 調査	1 調査
	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
	1 調査		1 調査		1 調査
技術開発 委員会 における お見 意					

試験地の場所



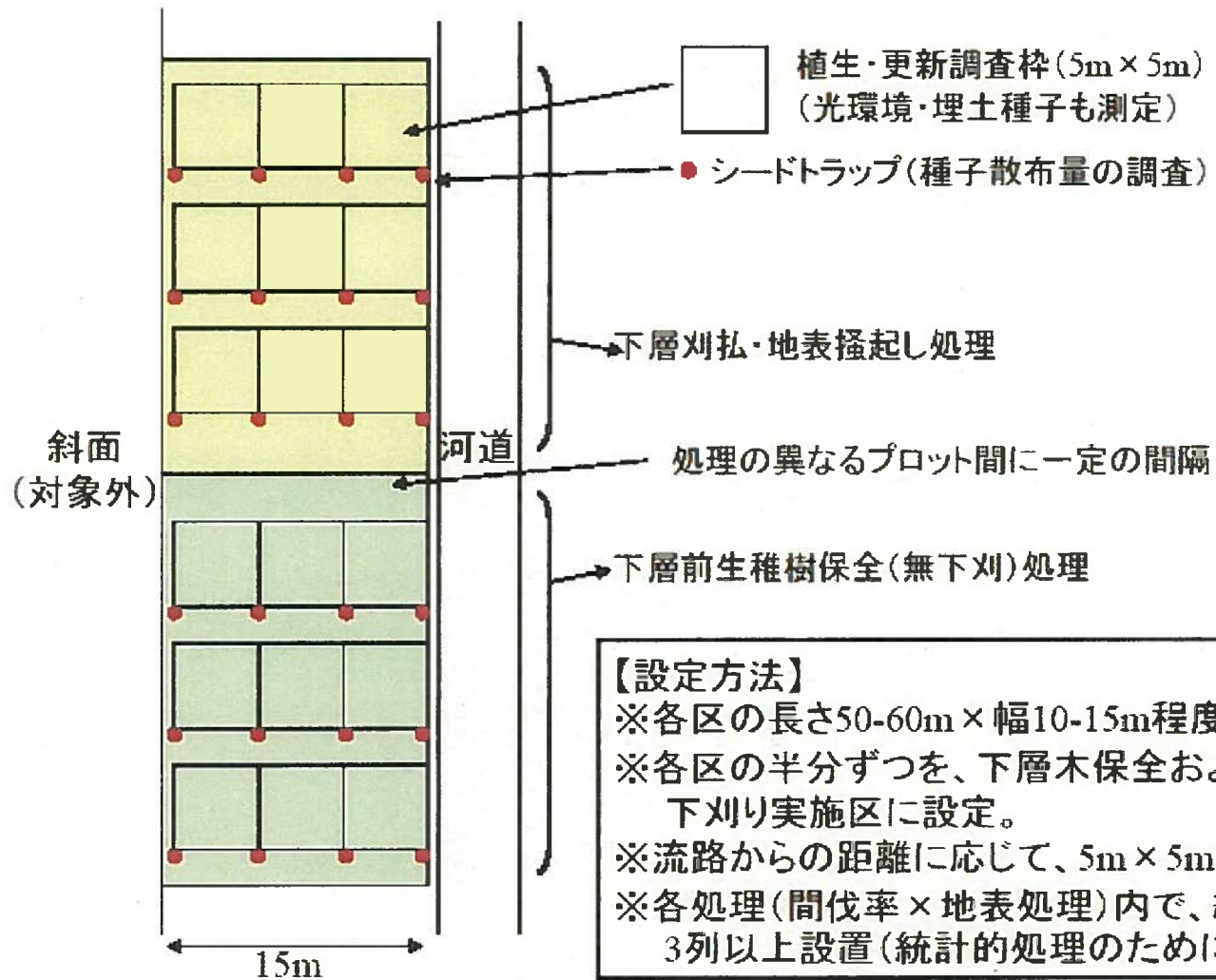
水辺林再生・誘導試験地設計の概要1



※各区の長さ50-60m×幅10-15m程度に設定する。

※各区の半分ずつを、下層木保全または下刈り実施区とする

水辺林再生・誘導試験地設計の概要2



技術開発実施報告・計画

様式 2

森林技術センター

課 題	48 人工林化された溪畔林の再生手法の開発				開 発 期 間	平成21年度 ～ 平成30年度				
開 発 箇 所	去川国有林 258ろは林小班	担 当 部 署	森林技術センター	共 同 研 究 機 関	宮崎大学	技 術 開 発 標 目	2	特 定 区 域 内 外	○	
開 発 目 的 (数 値 目 的)	<p>様々な溪流域に共通した自然再生技術の抽出と、地域性や流域特性を考慮した個別的な再生技術の開発を行うことにより、広域に応用できるきめ細やかな技術体系を提示でき、安易な全国一律基準等による誤った手法適用のリスクを回避できる。さらに、単なる管理方法の提示にとどまらず、更新完了基準という評価手法をセットで提示することで、溪畔林の再生技術が実効性を持つこととなる。</p> <p>本課題では、九州の暖温帯の山地溪流を対象に、人工林化された溪畔林の再生において天然力を最大限に発揮させるための林型誘導技術を開発し、さらに、溪畔樹種の初期更新動態をモニタリングすることにより、更新完了基準策定のための基礎情報を得ることを目的とする。</p>									
年 度 別 実 施 報 告	21年度 実 施 報 告				22年度 実 施 計 画 書					
	実 施 内 容				普 及 指 導					
	<p>1 試験地設定・事前調査 4～9月 立木調査 広葉樹母樹分布調査 下層植生調査 水性昆虫相調査 落下昆虫相調査 魚類相調査 鳥類相調査</p> <p>2 伐採・搬出 9～10月 皆 伐 (2伐区) 間 伐 (6伐区)</p> <p>3 試験地調査 (伐後) 10～3月 水性昆虫相調査 徘徊性土壌動物相調査 堅果散布調査 鳥類相調査</p> <p>4 試験地管理 2, 3月 ・鹿ネット設置 人工数: 20, 250人 ・試験地看板設置 (1基)</p>				<p>試験開始前の事前調査において、人工林化による生物多様性の低下度合いに関する知見がえられた。設定直後であることから、今後の継続調査結果をふまえて普及指導のためデータの蓄積に努める。</p> <p>試験地設定は、別添「技術開発試験地案内板」のとおり、皆伐、間伐率70%、間伐率30%、無間伐を設定し、立木調査、伐採搬出を行った。下層植生調査及び鳥類相調査については、共同研究機関である宮崎大学の報告資料を添付した。下層植生については、林床の微地形に対応して、低位段丘と高位段丘を境に大きく分化していること、および、人工林化後もある程度下層植生の微地形に対応した分化が見られるものの、それぞれの微地形面で種組成の変質が起きていると報告されている。</p> <p>鳥類相では、造林木での一時的な休止、林床の利用、造林木以外の結実樹種での休止、上空や林内の通過などが見られ、皆伐区では林床での一時的な休止、造林木以外の樹種の果実の採食、上空や林内の通過が確認された。</p> <p>水生昆虫相等については、調査データを共同研究機関の宮崎大学で分析中である。</p>					<p>1 試験地設定 2 調査 3 試験地表示</p>
技術開発委員会における意見										

暖温帯山地溪畔域における下層植生と林床の物理環境の対応

○安田整樹(宮大農)・山川博美(宮大院農工)・松永慎平(宮大農)・川西基博(鹿大教)・伊藤哲(宮大農)

1. はじめに

溪畔域は陸域と水域の接点として重要な生態系であり、規模や頻度の異なる様々な攪乱体制に由来する高い生物多様性を有している。その中でも、草本層は微細な土壌攪乱にも敏感に反応し成立するため、溪畔域において特に多様性が高いとされている。しかし、溪畔域はその生産性の高さで伐出の利便性から選択的に人工林化されてきた。特に、暖温帯において溪畔域の改変は著しく、溪畔域が人工林化されることで林分構造が均一化し、本来の生物多様性が失われつつある。そこで本研究では、溪畔域が本来持つ生物多様性を回復させる技術を確認するための基礎的な知見を提供することを目的とし、宮崎県宮崎市高岡町去川国有林内の溪畔域の針葉樹人工林および広葉樹二次林において、下層植生の種、被度および成立している微地形と物理環境を調査した。これらの調査結果をもとに、下層植生と林床の物理環境との対応、ならびに人工林化による影響について考察した。

2. 方法

調査地は宮崎県高岡町去川国有林内の針葉樹人工林および広葉樹二次林であり、標高 110m~210m、年平均気温 15.8℃、年降水量 2800mm の暖温帯山地溪畔林である。調査期間は 2009 年 5 月 7 日~11 月 20 日である。微地形は粒径と堆積物の特徴から斜面、崖錐、沖積錐、高位段丘、低位段丘、溪岸浸食壁および河床・露岩の 7 つに分類した。調査地に 2m×2m のプロットを針葉樹人工林に 51 個、広葉樹二次林に 49 個、合計 100 個設置し、1.2m 未満を草本層および 1.2m 以上を低木層とし、下層植生の調査を行った。

3. 結果と考察

針葉樹人工林および広葉樹二次林の計 100 プロットを DCA によって序列した結果、微地形ごとに比較的まとまって序列された。微地形は第 2 軸のスコアによって異なっており、この傾向は針葉樹人工林および広葉樹二次林のそれぞれにおいて同様に認められた。

針葉樹人工林のプロットは第 1 軸のスコアが広葉樹林のプロットと比較して低い傾向が見られた。全出現種 253 種のうち、DCA の第 1

軸のスコアが高かった 50 種の内訳を種特性に基づいて解析したところシダ植物が少ない傾向がみられた。また、草本植物のなかでは、人里および水辺に生育する草本が多く、夏緑樹林および照葉樹林に生育する草本が少なかった。一方、第 1 軸のスコアが低かった 50 種では、シダ植物の種数が多く、草本植物では夏緑樹林および照葉樹林に生育する草本の種数が多かった。また、人里および水辺に生育する草本の比率が第 1 軸のスコアが高い種に比べて少なかった。以上の結果から、下層植生は林床の微地形に対応して、低位段丘と高位段丘を境に大きく分化していること、および、人工林化後もある程度下層植生の微地形に対応した分化が見られるものの、それぞれの微地形面で種組成の変質が起きていることが示された。

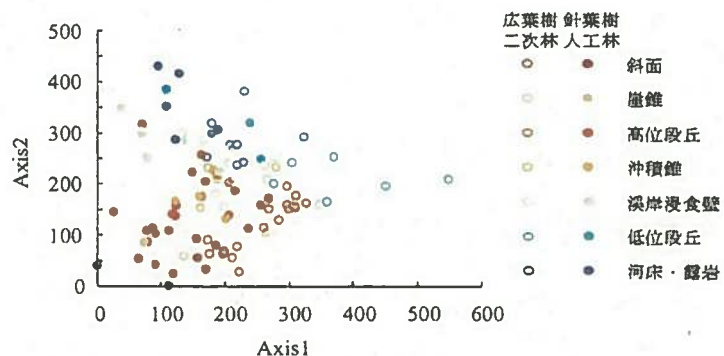


図. DCAによる各調査プロットの序列

(連絡先: 伊藤 哲 s.ito@cc.miyazaki-u.ac.jp)

暖温帯山地溪畔域における針葉樹人工林の鳥類相

○平田令子（鹿大・院・農）・松永慎平（宮大・院・農）・伊藤哲（宮大・農）

はじめに

溪畔域に造成された針葉樹人工林内の鳥類群集は伐採などの施業によって影響を受ける。しかし、伐採が人工林における彼らの活動のどの部分に影響を及ぼすかは明確ではなく、彼らの生息にどの程度の影響を与えるかは不明である。本研究では、山地溪畔域における針葉樹人工林の鳥類相を明らかにし、さらに、人工林の伐採が鳥類群集に与える影響を明らかにするために、繁殖期の鳥類群集に対しては、伐採前の繁殖期の鳥類の生息状況と人工林の利用状況を調査して推測した。また、越冬期の鳥類群集に対しては、伐採後の出現・利用状況を伐採区と非伐採区とを比較して検討した。

調査地と方法

宮崎県宮崎市に位置する去川国有林内の溪畔域にあるスギ・ヒノキ人工林に、流路を挟んで幅約 50m、長さ約 500m の調査区を設け、2009 年 5 月～12 月まで毎月一回、調査区内とその周囲で鳥類の生息状況を調査した。伐採は 2009 年 10 月上旬から 11 月上旬にかけて行った。調査区内を 10 区画に区切り、皆伐、強度 70% と 30% の間伐、非伐採の 4 種類の伐採処理を実施した。伐採期間中は調査は行わなかった。繁殖期の鳥類相は調査区内とその周囲においてルートセンサスにより調査した。また、越冬期の鳥類相を、各伐採処理区内にそれぞれ 2 地点の観察プロットを設けて出現した鳥類の種と回数、行動を記録して調査した。

結果

繁殖期にはヒヨドリやメジロ、サンコウチョウ、ヤマセミなど合計 22 種、1 センサスあたり平均 30.0 羽の鳥類が観察された。人工林内での鳥類の行動は、確認できたものでは、スギやヒノキなど造成木での一時的な休止や採食、ソングポストとしての利用、造成木以外の樹種での一時的休止や採食、移動のための流路の利用、上空や林内の通過などが見られた。また、造成木以外の樹上でサンコウチョウの巣が 2 巣見つかった。伐採後は、調査区全体ではヒヨドリやエナガ、キセキレイ、ミソサザイなど合計 10 種、1 センサスあたり平均 1.3 回の鳥類の出現が見られた。0% 区では 6 種、平均 2.0 回の鳥類の出現が見られ、30% 区では 3 種、平均 1.8 回、70% 区では 5 種、平均 0.7 回、100% 区では 4 種、平均 1.1 回であり、処理区間で鳥類群集に大きな違いは見られなかった。0%、30%、70% 区での鳥類の行動は、確認できたものでは、スギやヒノキなど造成木での一時的な休止、林床の利用、造成木以外の結実樹種での休止、上空や林内の通過などが見られ、100% 区では林縁での一時的な休止、造成木以外の樹種の果実の採食、上空や林内の通過などが見られた。

考察

繁殖期には、数種の鳥類は人工林内を営巣場所や繁殖場所として利用していたことから、人工林の伐採はその程度によっては、繁殖期の鳥類群集の一部に対して繁殖場所を直接的に消失させることになるかと予想された。このことは、人工林の伐採が一部の種の繁殖成功に直接的な影響を与えることを示す。越冬期において、鳥類が伐採処理区でも出現していたことは、越冬期における彼らの活動に伐採が大きな影響を与えていないことを示唆する。しかし、出現目的の一つが残存広葉樹の果実の採食であったことは、伐採により広葉樹が消失した場合は彼らの採食活動が影響を受けると推察できる。したがって、彼らのそれらの餌に対する依存の程度によっては、伐採は越冬期の彼らの生残に影響を与えるかもしれない。

(連絡先：平田令子 demian1919@gmail.com)

研究開発試験地案内図

技術開発 課題名

人工林化された溪畔林の再生手法の開発

現状と 問題点

溪畔林は斜面部から河川への土砂・物質流入の緩衝帯として機能し、集水域の環境バランスの維持のみならず、下流域の自然環境の維持に大きく貢献する。また、土砂や流水の影響を受けて成立する溪畔林は得意な植生構造を持ち、多くの絶滅危惧種をはじめとする地域のフロラを維持する貴重な生態系である。同時に、野生動物の移動経路としても機能し、水性生物に対する餌資源供給や倒流木を介したハビタッド形成、水温制御などの機能を有する。このように、溪畔林生態系の機能は多岐にわたっている。また、溪畔林は林地生産力も高いことから、一律に人工林化されてきた我が国の森林においては、溪畔林の修復・再生が「持続的森林管理」を実現のために急務となっている。

開発目的

九州の暖温帯の山地溪流を対象に、人工林化された溪畔林の再生において天然力を最大限に発揮させるための林型誘導技術を開発し、さらに、溪畔樹種の初期更新動態をモニタリングすることにより、更新完了基準策定のための基礎情報を得ることを目的とする。

開発期間

平成21年度～平成30年度

全体計画

- (1) 試験地設定
 - 延長：500m 幅：溪岸から15m
 - プロット：4プロット（無間伐、間伐率30%、間伐率70%、皆伐）シカネット全区域設置
- (2) 究明点
 - ①暖温帯小流域における地形特性・林分状況ごとの適切な再生方法
 - ②更新完了基準
- (3) 分析点
 - ①伐採強度による光環境のコントロール及び効果
 - ②伐採に伴う人工林下層の損傷と前世樹保残処理による更新促進効果
 - ③地表処理（リター・表層土除去）による更新促進効果
 - ④植栽木伐採後の一時的な土砂流出抑止による更新サイト確保と苗木植栽及び効果
 - ⑤種子源となる天然生溪畔林パッチあるいは母樹からの種子散布範囲及び散布種子量に及ぼす微地形・保残上木の影響

調査項目

- ・埋土種子：表層土壌を採取し、発芽させて樹種と量を調べる
- ・種子散布：シードトラップを設置して調査する
- ・植生：草本を含めた植生の回復調査
- ・更新：樹木について、前生樹の生残と実生の定着調査
- ・光環境：全天空写真を用いて、林冠閉鎖に伴う経年変化を見る
- ・温度環境：地温等の調査

位 置

宮崎県宮崎市
宮崎森林管理署 高岡森林事務所部内 258ろ、は林小班

面 積

約1.50ha

地 況

標高：約200m 北西向き斜面 土壌型：BC型

位 置 図



凡 例

	無間伐
	間伐率30%
	間伐率70%
	皆伐
	林道
	流路

「人工林化された溪畔林の再生手法の開発」

NO.1



写真1 伐採・搬出後状況(皆伐区)



写真2 伐採・搬出後状況(70%間伐区)



写真3 伐採搬出後状況(30%間伐区)



写真4 シカネット設置後状況

「人工林化された溪畔林の再生手法の開発」

NO.2



写真5 試験地案内板設置状況

技術開発実施報告・計画

様式 2

森林技術センター

課 題	48 人工林化された溪畔林の再生手法の開発				開 発 期 間	平成21年度 ～ 平成30年度				
開 発 箇 所	去川岡有林 258ろは林小班	担 当 部 署	森林技術センター	共 同 研 究 機 関	宮崎大学	技 術 開 発 目 標	2	特 定 区 域 内 外	○	
開 発 目 的 (数 値 目 的)	<p>様々な流域に共通した自然再生技術の抽出と、地域性や流域特性を考慮した個別的な再生技術の開発を行うことにより、広域に応用できるきめ細やかな技術体系を提示でき、安易な全国一律基準等による誤った手法適用のリスクを回避できる。さらに、単なる管理方法の提示にとどまらず、更新完了基準という評価手法をセットで提示することで、溪畔林の再生技術が実効性を持つこととなる。</p> <p>本課題では、九州の暖温帯の山地溪流を対象に、人工林化された溪畔林の再生において天然力を最大限に発揮させるための林型誘導技術を開発し、さらに、溪畔樹種の初期更新動態をモニタリングすることにより、更新完了基準策定のための基礎情報を得ることを目的とする。</p>									
年 度 別 実 施 報 告	22年度 実 施 報 告					23年度 実 施 計 画 書				
	実 施 内 容				普 及 指 導					
平成21年度 ①試験地設定②伐採・搬出③試験地調査④試験地管理⑤試験地表示	<ol style="list-style-type: none"> 1 広葉樹更新調査 <ul style="list-style-type: none"> ・天然更新 ・播種実験 2 種子散布調査 <ul style="list-style-type: none"> ・落下種子) ・堅果二次散布 3 下層植生調査 4 地表環境調査 <ul style="list-style-type: none"> ・土壌温度・水分 5 動物相調査 <ul style="list-style-type: none"> ・水生昆虫 ・落下昆虫 ・鳥類 ・徘徊性土壌動物 6 試験地管理 <ul style="list-style-type: none"> ・シカネット補修等 				<ol style="list-style-type: none"> 1 伐採1年後の更新状況については、先駆種をのぞいて成立本数が少なく、周辺の種子源の欠落がその原因と考えられる。 その中で、70%及び100%伐採区では、本地域の溪畔林要素である夏緑林の落下広葉樹の更新が少数ながら確認されており、リター除去処理の効果も若干認められた。 堅果播種実験では、50%程度の発芽率を観察したが、一部にシカやネズミによる被害が発生していることから、今後の経過を観察するとともに、シカネット補修等の管理を継続していきたい。 堅果の二次散布については、林地への枝条の散布が貯食の誘因に有効であることが示唆された。 伐採前の多様性が低かった水生昆虫相は伐採後に着実に回復しつつある。 なお、試験地設定後の時間が十分に経過していないことから、今後の継続調査結果を見て普及指導のための資料を得ることとする。 					
技術開発委員会における意見										

技術開発実施報告・計画

様式 2

森林技術センター

課 題	48 人工林化された渓畔林の再生手法の開発				開 発 期 間	平成21年度～平成30年度				
開 発 箇 所	去川国有林 258ろは林小班	担 当 部 署	森林技術センター	共 同 研 究 機 関	宮崎大学	技 術 開 発 目 標	2	特 定 区 域 内 外	○	
開 発 目 的 (数 値 目 的)	<p>様々な溪流域に共通した自然再生技術の抽出と、地域性や流域特性を考慮した個別的な再生技術の開発を行うことにより、広域に適用できるきめ細やかな技術体系を提示でき、安易な全国一律基準等による誤った手法適用のリスクを回避できる。さらに、単なる管理方法の提示にとどまらず、更新完了基準という評価手法をセットで提示することで、渓畔林の再生技術が実効性を持つこととなる。</p> <p>本課題では、九州の暖温帯の山地溪流を対象に、人工林化された渓畔林の再生において天然力を最大限に発揮させるための林型誘導技術を開発し、さらに、渓畔樹種の初期更新動態をモニタリングすることにより、更新完了基準策定のための基礎情報を得ることを目的とする。</p>									
年 度 別 実 施 報 告	23年度 実 施 報 告					24年度 実 施 計 画 書				
	実 施 内 容				普 及 指 導					
<p>平成21年度</p> <p>①試験地設定②伐採・撤出③試験地 調査④試験地管理⑤試験地表示</p> <p>1122年度</p> <p>① 広葉樹更新調査・天然更新・播種実験</p> <p>② 種子散布調査・落下種子・堅果二次散布</p> <p>③ 下層植生調査</p> <p>④ 地表環境調査・土壌温度・水分</p> <p>⑤ 動物相調査・水生昆虫・落下昆虫・鳥類・併存性土壌動物</p> <p>⑥ 試験地管理</p>	<p>1 広葉樹更新調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・天然更新 ・播種実験 <p>2 種子散布調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・落下種子 <p>3 下層植生調査</p> <p>4 地表環境調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・土壌温度・水分 <p>5 動物相調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水生昆虫 ・鳥類 <p>6 試験地管理：2人 (シカネット補修等)</p>				<p>1 伐採2年後の更新状況：伐採2年目に新規に発生した樹木は極めて少なく、ほとんどの更新樹が伐採1年目に埋土種子由来で成立したものであるとみられる。平成23年度はハルニレ等の種子散布が若干観察されたが、実生の発生はほとんど確認できなかった。</p> <p>2 70%および100%伐採区で発生した 渓畔樹種（夏緑林性の落葉広葉樹）の多くは、2年目の生育終了期まで生残していた。しかし、渓流を横断するシカネットがしばしば倒壊し、冬季に試験地にシカが侵入したことによって更新樹の多くが被害を受けた。今後は、シカネットを二重に設置するなど被害防止策を強化して経過を観察する。</p> <p>また、再度の地表処理を行い、新規移入種子の発芽促進を図り、今後の継続調査結果を見て普及指導のための資料を得ることとする。</p> <p>3 伐採前の多様性が低かった水生昆虫相は伐採時のリター供給によっていったん回復した。また林冠を疎開させた効果として、藻類を利用する水生生物の増加が認められている。</p>					
技術開発委員会における意見	<ul style="list-style-type: none"> ・単にモニタリングを継続するだけでは不十分。 ・伐採によるギャップの形成、堅果の播種等、人工的な再生手法の可能性も同時に検討できるよう見直ししてはどうか。 ・渓畔林は、河道からの距離や堆積土砂の厚さなどにより樹種を選定するのが適切ではないか。 ・目標林型を設定し、取り組んだ結果を検証することが必要。 									

技術開発実施報告・計画

森林技術・支援センター

課 題	48 人工林化された溪畔林の再生手法の開発			開発期間	平成 21 ～ 30 年度		
開発箇所	去川国有林 258 ろは林小班	担当部署	森林技術・支援センター	共同研究機関	宮崎大学	技術開発目標	(2) (3)
開発目的 (数値目標)	<p>様々な渓流域に共通した自然再生技術の抽出と、地域性や流域特性を考慮した個別的な再生技術の開発を行うことにより、広域に応用できるきめ細やかな技術体系を提示でき、安易な全国一律基準等による誤った手法適用のリスクを回避できる。さらに、単なる管理方法の提示にとどまらず、更新完了基準という評価手法をセットで提示することで、溪畔林の再生技術が実効性を持つこととなる。</p> <p>本課題では、九州の暖温帯の山地渓流を対象に、人工林化された溪畔林の再生において天然力を最大限に発揮させるための林型誘導技術を開発し、さらに、溪畔樹種の初期更新動態をモニタリングすることにより、更新完了基準策定のための基礎情報を得ることを目的とする。</p>						
年度別実施報告	平成 25 年度 実施報告				平成 26 年度 実施計画書		
	実施内容		普及指導				
<p>H21 年度①試験地設定 ②伐採・搬出③試験地調査・表示④試験地管理 H22・23 年度①広葉樹更新調査(天然更新・播種実験) ②種子散布調査(落下種子・堅果二次散布)③下層植生調査④地表環境調査(土壌温度・水分)⑤動物相調査(水生昆虫・落下昆虫・鳥類・徘徊性土壌動物)⑥試験地管理</p>	<p>1) 広葉樹更新調査(天然更新・播種実験) 2) 種子散布調査(落下種子・堅果二次散布) 3) 下層植生調査 4) 地表環境調査(土壌温度・水分) 5) 動物相調査(水生昆虫・落下昆虫・鳥類・徘徊性土壌動物) 6) 共同研究機関と連携した試験地管理(シカネット二重設置等) 7) 伐採前の多様性が低かった水生昆虫相は伐採時のリター供給によっていったん回復した。また林冠を疎開させた効果として、藻類を利用する水生生物の増加が認められている。</p>				<p>1) 広葉樹更新調査(宮崎大学実施) 2) 種子散布調査(宮崎大学実施) 3) 下層移植生調査(宮崎大学実施) 4) 動物相調査(宮崎大学実施) 5) シカネット補修等の試験地管理(宮崎大学と共同で実施)</p>		
技術開発委員会における意見							

(注) 1 「課題」欄には、技術開発課題名の他に番号を付して記入すること。

2 「技術開発目標」欄には、「九州森林管理局における技術開発目標(九州森林管理局長通達)」の 3 (1) ～ (3) のうち、該当する目標の番号を記入すること。

3 「技術開発委員会における意見」欄には、技術開発委員会における意見を記入すること。

技術開発完了報告

森林技術・支援センター

課 題	48 人工林化された溪畔林の再生手法の開発			開 発 期 間	平成21年度～平成30年度 (平成27年度繰上完了)															
開 発 箇 所	去川国有林 258ろは林小班	担 当 部 署	森林技術・支援センター	共 同 研 究 機	宮崎大学	技 術 開 発 目 標	2													
開 発 目 的 (数 値 目 的)	<p>様々な渓流域に共通した自然再生技術の抽出と、地域性や流域特性を考慮した個別的な再生技術の開発を行うことにより、広域に適用できるきめ細やかな技術体系を提示でき、安易な全国一律基準等による誤った手法適用のリスクを回避できる。さらに、単なる管理方法の提示にとどまらず、更新完了基準という評価手法をセットで提示することで、溪畔林の再生技術が実効性を持つこととなる。</p> <p>本課題では、九州の暖温帯の山地溪流を対象に、人工林化された溪畔林の再生において天然力を最大限に発揮させるための林型誘導技術を開発し、さらに、溪畔樹種の初期更新動態をモニタリングすることにより、更新完了基準策定のための基礎情報ならびに溪畔林再生に伴う動植物種の多様性の回復に関する知見を得ることを目的とする。</p>																			
実 施 経 過	<p>1 試験地設定 (1) 区域面積：2.1ha (除地を含む) (2) 誘導伐処理区設定：皆伐区 (0.11ha、0.52ha)、70%伐採区 (0.17ha、0.19ha)、30%伐採区 (0.19ha、0.09ha)、無処理区 (0.22ha、0.05ha) 計1.54ha</p> <p>2 調査事項 (1) 設定時調査：植苗木樹高、胸高直径 (cm)、下層植生 (2m×2m、51プロット) における維管束植物の被度、埋土種子調査、生物相調査 (鳥類相、水生昆虫相) (2) 天然更新調査：下層植生プロットにおける稚樹の発生・消長、ならびに下層植生動態 (3) 種子散布調査：各処理区におけるシードトラップ方による種子散布調査 (4) 生物相調査：鳥類相、落下昆虫相、地表徘徊性生物相、水生昆虫相 (5) 人工播種調査：堅果播種による人工更新調査、げっ歯類による堅果貯食散布調査 (6) 物理環境調査：林床光環境、気温、湿度、土壌温度</p> <p>3 年度別実施事項</p> <table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <thead> <tr> <th>年度</th> <th>21年度</th> <th>22年度</th> <th>23年度</th> <th>24年度</th> <th>25年度</th> <th>26年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実施事項</td> <td>設定時調査 (上記2(1))</td> <td>天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理</td> <td>天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理</td> <td>試験地管理</td> <td>試験地管理</td> <td>試験地管理</td> </tr> </tbody> </table>						年度	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度	実施事項	設定時調査 (上記2(1))	天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理	天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理	試験地管理	試験地管理	試験地管理
	年度	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度													
実施事項	設定時調査 (上記2(1))	天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理	天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理	試験地管理	試験地管理	試験地管理														
<p>4 実施経過 (1) 溪畔樹種の天然更新 溪畔林再生に適した伐採強度および地表処理法を探索する目的で、2010年3月にリター除去処理を実施し、2010年7月および11月に実生の調査をおこなった。調査ではプロット内に出現した木本実生全個体についてタグ付け、同定をおこなった。また、現地表土の埋土種子を撒き出し法により調査した。更新樹および埋土種子の種組成の比較は出現樹種を、本来の生育環境と生活形、先駆性とを組み合わせて7グループ(1:先駆種グループ、2:照葉樹林型高木グループ、3:照葉樹林型低木グループ、4:雑木林型高木グループ、5:雑木林型低木グループ、6:夏緑樹林型高木グループ、7:その他)に分類しておこなった。</p> <p>(2) げっ歯類による堅果の二次散布に対する枝条残材散布の効果 人工林の伐採後に広葉樹林の再生を図る場合、前生樹や種子源の欠落した林分では外部からの種子移入が更新の成否を大きく左右する。しかし、照葉樹林の主要構成種であるカシ類の堅果の重力による散布距離は短く、種子供給源が隣接しない伐採跡地での更新は一般に困難である。一方、カシ類の堅果は地上に落下した後、森林性野ネズミなどのげっ歯類の貯食行動により二次散布されることが知られている。これまでの研究で、照葉樹林帯の堅果の貯食散布が地表の微環境に依存し、伐採跡地では枝条残材の下に貯食場所が集中する傾向があることが報告されている。これらの結果は、伐採跡地における枝条の取り扱いは、堅果の貯食散布による更新を促進できる可能性を示している。そこで本研究では、針葉樹人工林伐採跡地における野ネズミによる堅果貯食散布に対する枝条の効果を探る目的で、枝条残材を利用した枝条散布実験を行った。2009年12月8日から2010年2月17日まで、磁石を挿入したマデバシイ堅果50個ずつを置いたバスケットを4カ所に設置し、その周辺に量および構成物のサイズの異なる3パターンの枝条(リターのみ、枝のみ、リターと枝の混合)を22m×2mの区画で9箇所に設置した。</p> <p>(3) 堅果播種による常緑カシの導入 人工林の伐採後に天然力で広葉樹林の再生を図る場合、暖温帯において前生樹が欠落した林分では外部からの種子移入が更新の成否を大きく左右する。照葉樹林の主要構成種であるカシ類の堅果は種子散布距離が短く、種子寿命が短いため種子供給源が隣接しない伐採跡地での更新は困難である。そこで、堅果播種による常緑カシ類の導入の可能性を探索する目的で、主要構成種であるイチイガシおよびハナガシ堅果の播種実験を行った。堅果の人工播種による更新が極めて難しいことは、これまでも多くの研究事例で報告されている。その中で、げっ歯類やイノシシ等による被食と、草本や雑木などの競争による堅果の発芽や初期成長の抑制の問題が指摘されている。そこで本実験では、発芽時期の直前(5月上旬)に播種することによる種子被食の回避を試みるとともに、発芽定着環境の改善および競争植生の抑制を目的とした①リター除去、②トレンチ掘削、③マウンド形成の3つの地表処理を行い、当年の堅果の発芽および生残に与える影響を調査した。</p>																				

<p>実施経過</p>	<p>(4) 人工林化による植物種多様性の低下 溪畔林の修復に際しては、本来の水辺植生が人工林化によってどのように変質しているかを明らかにし、修復目標を設定する必要がある。そこで、本試験地の試験伐採前に植生調査を行い、同一河川下流側で天然生の広葉樹二次林が成立する区間の植生との比較を行った。</p> <p>(5) 溪畔域の人工林伐採による植物種多様性の短期的回復 溪畔域に存在する様々な地形は、異なる生育場所を提供することで植物種の多様性に貢献している。また、溪畔林の再生に際して実施される上木の伐採強度も、光環境の改善度合いを通して植物種多様性に影響する。そこで、植物種多様性の回復にとって微地形の違いと伐採方法の違いのどちらがより重要であるのかを分析し、これに基づいて効率的な植物種多様性の回復方法を検討した。</p> <p>(6) 人工林化および人工林の部分伐採が水棲昆虫相に与える短期的影響 溪畔林の生態系は植物種だけで構成されるものではなく、溪畔林の構造は水圏の生物群集にも物理環境の形成や食物資源等の供給を通して大きな影響を与える。したがって、溪畔林の再生においては河川環境や水生生物群集の多様性の回復にも配慮すべきである。なかでも水生昆虫は、溪畔林から供給されるリターを主な餌資源としており、各構成種の要求する環境条件が多様多様であるために、溪畔域をはじめとする河川環境の指標として有用であるといわれている。そこで、水生昆虫に着目し、溪畔林の人工林化の影響およびその伐採による攪乱が水生昆虫の種組成や個体数に与える影響を明らかにすることを目的とした。</p>
<p>開発成果等</p>	<p>(1) 溪畔樹種の天然更新 上木の伐採および天然更新補助としてのリター除去処理を行い、更新初期の樹木定着課程を調査した結果、処理後 1 年目に確認された更新樹のほとんどが先駆種であり、伐採強度(0.30、70、100%)の増加によって更新個体数が増加した樹種もほとんどが先駆種であった。また、埋土種子由来と思われる更新樹もほぼ全て先駆種であり、既往の報告と一致した。したがって、暖温帯溪畔域では現存母樹と前生稚樹が乏しい場合、これらの処理のみによって本来の天然生溪畔林へ誘導することは困難であると考えられた。暖温帯の溪畔林を本来構成すべき樹種(雑木林型高木および夏緑樹林型高木)は 70%以上の伐採率で更新個体数が増加したことから、落葉樹を主とする溪畔林の更新には強度の伐採が必要と考えられる。また、雑木林型高木ではリター除去処理により発生個体数が増加する傾向が認められたことから、母樹が比較的多い場合は林床処理によって本来の溪畔林への誘導を促進できると考えられる。</p> <p>(2) げっ歯類による堅果の二次散布に対する枝条残材散布の効果 カシ類は種子供給源が隣接しない伐採跡地での更新が一般に困難である。一方、カシ類の堅果は地上に落下した後、森林性野ネズミなどのげっ歯類の貯食行動により二次散布されることが知られている。そこで、野ネズミによる堅果の二次散布に対する枝条の効果明らかにする目的で、枝条残材を利用した枝条散布実験を行った。散布先別の堅果数はリターと枝を組み合わせた混合枝条の下で最も高い密度となり、散布した枝条は、野ネズミによる貯食散布の誘導に効果があることが明らかになった。ただし、更新の成功につなげるためには、被食率の高さ(97.8%)が問題である。被食率が低くなるケース(たとえば凶作の翌年の豊作など)で枝条を用いて貯食が誘引できれば、貯食堅果からの更新を促進できる可能性がある。</p> <p>(3) 堅果播種による常緑カシの導入 カシ類は種子供給源が隣接しない伐採跡地での更新が一般に困難である。そこで、堅果播種による常緑カシ類の導入の可能性を模索する目的で、発芽直前(5月)に複数の地表処理(リター除去、トレンチ掘削、マウンド形成)を用いた播種実験を行った。9月までに78%の堅果が発芽したが、処理による発芽促進効果は認められなかった。播種数に対する健全生残個体の割合は9月の段階で30%程度であり、処理による効果も認められなかった。食害の空間分布をみると、発芽後の被食と未発芽の堅果被食が同所的に発生しており、堅果の発芽がげっ歯類による捕食の引き金になっていた。以上より、播種による更新は非常に困難であり、実施においては分散播種と被食防衛が必須である。</p> <p>(4) 人工林化による植物種多様性の低下 溪畔林の人工林化による下層植生の変質の実態を明らかにする目的で、試験地内および同一河川の下流の溪畔に成立する天然生広葉樹二次林の植生を調査し比較した。人工林化による種多様性の低下は、溪畔域の中でも流路に近い微地形(低段丘や河床付近の露岩部)で著しいことが明らかとなった。その内訳として、人工林化により照葉樹林型の少数種のシダ植物が繁茂し、明るい環境を好む人里・草原型の草本種が減少すること、および木本種の種多様性や被度が減少することが明らかとなった。一方、水辺に近い微地形では、人工林化された場所でシダや木本の被度が低いものの、草本種の被度が広葉樹二次林よりも高かった。これらの結果から、人工林化は下層植生の総被度に代表される量的な問題ではなく、多様度に代表される質的な面で植生に変化をもたらしていると考えられた。</p> <p>(5) 溪畔域の人工林伐採による植物種多様性の短期的回復 溪畔域に存在する様々な地形は、異なる生育場所を提供することで植物種の多様性に貢献している。また、溪畔林の再生に際して実施される上木の伐採強度も、光環境の改善度合いを通して植物種多様性に影響する。そこで、植物種多様性の回復にとって微地形の違いと伐採方法の違いのどちらがより重要であるのかを分析し、これに基づいて効率的な植物種多様性の回復方法を検討した。全出現種に基づく分析の結果、コドラート内の多様性は平均で8種と非常に小さく、同じ微地形内あるいは伐採強度内で場所が変わることによる効果(ランダムな効果)で全多様性の2割(41種相当)が説明できた。残りの7割は微地形あるいは伐採強度が異なることで説明でき、その貢献度はほぼ同等であるが微地形の違いの貢献度がやや高かった。したがって、溪畔林の植物種多様性を回復させるためには、特定の微地形のみを対象としたり、一定の伐採強度のみを適用するのではなく、複数の微地形に対して異なる伐採強度を組み合わせ、伐採面をパッチ状に分散配置することが効果的である。</p>

開発成果等

(6) 人工林化および人工林の部分伐採が水棲昆虫相に与える短期的影響

溪畔林の再生においては河川環境や水生生物群集の多様性の回復にも配慮が必要である。そこで、河川環境の指標として有用である水生昆虫に着目し、溪畔林の人工林化の影響およびその伐採による攪乱が水生昆虫の種組成や個体数に与える影響を明らかにすることを目的とした。人工林の部分伐採によって溪流直上部の開空度は平均で 1.5%から 15.9%に上昇し、下流部の二次林区間と同等の値となった。人工林区間では伐採前の水生昆虫個体数が広葉樹二次林区間に比較して著しく少なかったが、伐採後 1年間で広葉樹二次林区間と同等まで回復した。個体数の増加は捕食者以外の摂食機能群すべてで認められ、とくに堆積物収集者と剥ぎ取り食者で顕著であった。また、種多様性も伐採翌年に増加する傾向が認められた。これには、針葉樹リター供給量の一時的な増加が影響していると考えられた。伐採 3年後には、伐採強度の高かった明環境で、暗環境に比べて水生昆虫の個体数と種多様度が高く、特に溪流内の淵部分で有意な差が見られた。これは堆積物収集者および剥ぎ取り食者の増加によるものであり、林冠疎開によって水中の藻類一次生産が増加したことによると推察された。

以上の結果から、溪畔域で水面上部が閉鎖した針葉樹人工林の部分伐採は水棲昆虫相の個体数増大および種多様性の回復に効果があり、とくに淵を覆う林分での強度の伐採が有効であるといえる。

【まとめ】

本課題によって、以下のことが明らかとなった。

- ・暖温帯溪畔域では現存母樹が乏しい場合、上木の部分伐採や地表処理のみによって本来の天然生溪畔林へ誘導することは困難である。
- ・落葉性を主とする溪畔林構成種の更新には強度の伐採が必要と考えられ、種子源が比較的多い場合は林床処理によって本来の溪畔林への誘導を促進できる可能性がある。
- ・凶作の翌年の豊作など堅果被食率が低くなるケースでは、林地への枝条散布によりげっ歯類の貯食堅果からの更新を促進できる可能性がある。
- ・堅果の人工播種による更新は非常に困難であり、実施においては分散播種と被食防衛が必須である。
- ・人工林化による種多様度の低下は、溪畔域の中でも流路に近い微地形（低位段丘や河床付近の露岩部）で著しく、植生の総被度のような量的な衰退よりも多様度に代表される質的な劣化を引き起こしている。
- ・溪畔林の植物種多様性を回復させるためには、特定の微地形のみを対象としたり、一定の伐採強度のみを適用するのではなく、複数の微地形に対して異なる伐採強度を組み合わせ、伐採面をパッチ状に分散配置することが効果的である。
- ・溪畔域で水面上部が閉鎖した針葉樹人工林の部分伐採は、水棲昆虫相の個体数増大および種多様性の回復に効果があり、とくに淵を覆う林分での強度の伐採が有効である。

これらの成果は、あくまで短期的な調査に基づくものであり、樹木の生活史や森林の更新の時間スケールから考えると、極めて短期的な動態をとらえたに過ぎない。したがって、ここに提示した管理指針も、長期的にみて必ずしも確定的なものではない。

今後、戦後の拡大造林地が伐期を迎え、主伐に伴う溪畔林再生事例も増加すると予想されることから、本試験地の長期モニタリングや他の事例分析も含めて、溪畔林再生という長期的な事業を順応的に進めるための知見を継続して収集していく必要がある。

(様式1-1)

平成27年度 繰上完了報告課題 総括表

九州森林管理局

取組番号	課題名	開発期間	共同研究機関	取組内容	得られた成果	早期完了の理由
48	人工林化された溪畔林の再生手法の開発	平成21年度 ～ 平成30年度 (平成27年度)	宮崎大学農学部	九州の暖温帯の山地溪流を対象に、人工林化された溪畔林の再生において天然力を最大限に発揮させるための林型誘導技術を開発し、さらに、溪畔樹種の初期更新動態をモニタリングすることにより、更新完了基準策定のための基礎情報を得ることを目的とする。	異なる微地形および伐採率の下に設置したプロットの下層植生調査を、加法分配法(Additive Partitioning法)により解析し、人工林の部分伐採による溪畔林の下層植生の多様性回復の状況を分析した。 その結果、維管束植物種全体の多様性は微地形と植栽木の伐採率の両方に依存しており、種多様性を回復させるためには、溪岸の様々な微地形(谷壁斜面、段丘等)を含む林地に、異なる伐採率(本試験では30%伐採、70%伐採、および0.3ha程度の小面積伐採)を組み合わせる必要があることが示された。 また、対象地域の本来の溪畔林構成要素(水辺型および夏緑林型植物)を保全するためには微地形の配分が重要であり、低位段丘が含まれるように施業地を選定することが重要であることが示された。	調査開始から5年間の調査結果から、左記のような種の多様性回復に必要なことなど一定の成果が示されたことから、当初の目的を達成することができると判断されるため、期間を繰り上げて完了させることが適当と思われる。

注:「取組内容」欄には、具体的取組内容について簡潔に記載する。

技術開発完了報告

森林技術・支援センター

課 題	48 人工林化された溪畔林の再生手法の開発				開 発 期 間	平成21年度～平成30年度 (平成27年度繰上完了)														
開 発 箇 所	去川国有林 258ろは林小班	担 当 部 署	森林技術・支援センター	共 同 研 究 機	宮崎大学	技 術 開 発 標 目	2													
開 発 目 的 (数 値 目 的)	<p>様々な溪流域に共通した自然再生技術の抽出と、地域性や流域特性を考慮した個別的な再生技術の開発を行うことにより、広域に適用できるきめ細やかな技術体系を提示でき、安易な全国一律基準等による誤った手法適用のリスクを回避できる。さらに、単なる管理方法の提示にとどまらず、更新完了基準という評価手法をセットで提示することで、溪畔林の再生技術が実効性を持つこととなる。</p> <p>本課題では、九州の暖温帯の山地溪流を対象に、人工林化された溪畔林の再生において天然力を最大限に発揮させるための林型誘導技術を開発し、さらに、溪畔樹種の初期更新動態をモニタリングすることにより、更新完了基準策定のための基礎情報ならびに溪畔林再生に伴う動植物種の多様性の回復に関する知見を得ることを目的とする。</p>																			
実 施 経 過	<p>1 試験地設定 (1) 区域面積：2.1ha (除地を含む) (2) 誘導伐処理区設定：皆伐区 (0.11ha、0.52ha)、70%伐採区 (0.17ha、0.19ha)、30%伐採区 (0.19ha、0.09ha)、無処理区 (0.22ha、0.05ha) 計 1.54ha</p> <p>2 調査事項 (1) 設定時調査：植栽木樹高 (m)、胸高直径 (cm)、下層植生 (2m×2m、51プロットにおける維管束植物の被度)、埋土種子調査、生物相調査 (鳥類相、水生昆虫相) (2) 天然更新調査：下層植生プロットにおける稚樹の発生・消長、ならびに下層植生動態 (3) 種子散布調査：各処理区におけるシートトラップ方による種子散布調査 (4) 生物相調査：鳥類相、落下昆虫相、地表徘徊性生物相、水生昆虫相 (5) 人工播種調査：堅果播種による人工更新調査、げっ歯類による堅果貯食散布調査 (6) 物理環境調査：林床光環境、気温、湿度、土壌温度</p> <p>3 年度別実施事項</p>																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>年度</th> <th>21年度</th> <th>22年度</th> <th>23年度</th> <th>24年度</th> <th>25年度</th> <th>26年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実施事項</td> <td>設定時調査 (上記2(1))</td> <td>天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理</td> <td>天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理</td> <td>試験地管理 生物相調査 物理環境調査</td> <td>試験地管理 モニタリング</td> <td>試験地管理 モニタリング</td> </tr> </tbody> </table>							年度	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度	実施事項	設定時調査 (上記2(1))	天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理	天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理	試験地管理 生物相調査 物理環境調査	試験地管理 モニタリング
年度	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度														
実施事項	設定時調査 (上記2(1))	天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理	天然更新調査 種子散布調査 生物相調査 人工播種調査 物理環境調査 試験地管理	試験地管理 生物相調査 物理環境調査	試験地管理 モニタリング	試験地管理 モニタリング														
開 発 成 果 等	<p>1 溪畔樹種の天然更新 上木の伐採および天然更新補助としてのリター除去処理を行い、更新初期の樹木定着課程を調査した結果、処理後1年目に確認された更新樹のほとんどが先駆種であり、伐採強度 (0.30、70、100%) の増加によって更新個体数が増加した樹種もほとんどが先駆種であった。また、埋土種子由来と思われる更新樹もほぼ全て先駆種であり、既往の報告と一致した。したがって、暖温帯溪畔域では現存母樹と前生稚樹が乏しい場合、これらの処理のみによって本来の天然生溪畔林へ誘導することは困難であると考えられた。 暖温帯の溪畔林を本来構成すべき樹種 (雑木林型高木および夏緑樹林型高木) は70%以上の伐採率で更新個体数が増加したことから、落葉樹を主とする溪畔林の更新には強度の伐採が必要と考えられる。また、雑木林型高木ではリター除去処理により発生個体数が増加する傾向が認められたことから、母樹が比較的多い場合は林床処理によって本来の溪畔林への誘導を促進できると考えられる。</p> <p>2 げっ歯類による堅果の二次散布に対する枝条残材散布の効果 カシ類は種子供給源が隣接しない伐採跡地での更新が一般に困難である。一方、カシ類の堅果は地上に落下した後、森林性野ネズミなどのげっ歯類の貯食行動により二次散布されることが知られている。そこで、野ネズミによる堅果の二次散布に対する枝条の効果を明らかにする目的で、枝条残材を利用した枝条散布実験を行った。 散布先別の堅果数はリターと枝を組み合わせた混合枝条の下で最も高い密度となり、散布した枝条は、野ネズミによる貯食散布の誘導に効果があることが明らかになった。ただし、更新の成功につなげるためには、被食率の高さ (97.8%) が問題である。被食率が低くなるケース (たとえば凶作の翌年の豊作など) で枝条を用いて貯食が誘引できれば、貯食堅果からの更新を促進できる可能性がある。</p> <p>3 堅果播種による常緑カシの導入 カシ類は種子供給源が隣接しない伐採跡地での更新が一般に困難である。そこで、堅果播種による常緑カシ類の導入の可能性を模索する目的で、発芽直前 (5月) に複数の地表処理 (リター除去、トレンチ掘削、マウンド形成) を用いた播種実験を行った。</p>																			

9月までに39%の堅果が発芽したが、処理による発芽促進効果は認められなかった。播種数に対する健全生残個体の割合は9月の段階で30%程度であり、処理による効果も認められなかった。食害の空間分布をみると、発芽後の被食と未発芽の堅果被食が同所的に発生しており、堅果の発芽がげっ歯類による捕食の引き金になっていた。以上より、播種による更新は非常に困難であり、実施においては分散播種と被食防衛が必須である。

4 人工林化による植物種多様性の低下

溪畔林の人工林化による下層植生の変質の実態を明らかにする目的で、試験地内および同一河川の下流の溪畔に成立する天然生広葉樹二次林の植生を調査し比較した。

人工林化による種多様性の低下は、溪畔域の中でも流路に近い微地形（低位段丘や河床付近の露岩部）で著しいことが明らかとなった。その内訳として、人工林化により照葉樹林型の少数種のシダ植物が繁茂し、明るい環境を好む人里・草原型の草本種が減少すること、および木本種の種多様性や被度が減少することが明らかとなった。一方、水辺に近い微地形では、人工林化された場所でシダや木本の被度が低いものの、草本種の被度が広葉樹二次林よりも高かった。これらの結果から、人工林化は下層植生の総被度に代表される量的な問題ではなく、多様性に代表される質的な面で植生に変化をもたらしていると考えられた。

5 溪畔域の人工林伐採による植物種多様性の短期的回復

溪畔域に存在する様々な地形は、異なる生育場所を提供することで植物種の多様性に貢献している。また、溪畔林の再生に際して実施される上木の伐採強度も、光環境の改善度合いを通して植物種多様性に影響する。そこで、植物種多様性の回復にとって微地形の違いと伐採方法の違いのどちらがより重要であるのかを分析し、これに基づいて効率的な植物種多様性の回復方法を検討した。

全出現種に基づく分析の結果、コドラート内の多様性は平均で8種と非常に小さく、同じ微地形内あるいは伐採強度内で場所が変わることによる効果（ランダムな効果）で全多様性の2割（41種相当）が説明できた。残りの7割は微地形あるいは伐採強度が異なることで説明でき、その貢献度はほぼ同等であるが微地形の違いの貢献度がやや高かった。したがって、溪畔林の植物種多様性を回復させるためには、特定の微地形のみを対象としたり、一定の伐採強度のみを適用するのではなく、複数の微地形に対して異なる伐採強度を組み合わせ、伐採面をパッチ状に分散配置することが効果的である。

6 人工林化および人工林の部分伐採が水棲昆虫相に与える短期的影響

溪畔林の再生においては河川環境や水生生物群集の多様性の回復にも配慮が必要である。そこで、河川環境の指標として有用である水生昆虫に着目し、溪畔林の人工林化の影響およびその伐採による攪乱が水生昆虫の種組成や個体数に与える影響を明らかにすることを目的とした。

人工林の部分伐採によって溪流直上流の開空度は平均で1.5%から15.9%に上昇し、下流部の二次林区間と同等の値となった。人工林区間では伐採前の水生昆虫個体数が広葉樹二次林区間に比較して著しく少なかったが、伐採後1年間で広葉樹二次林区間と同等まで回復した。個体数の増加は捕食者以外の摂食機能群すべてで認められ、とくに堆積物収集者と剥ぎ取り食者で顕著であった。また、種多様性も伐採翌年に増加する傾向が認められた。これには、針葉樹リター供給量の一時的な増加が影響していると考えられた。

伐採3年後には、伐採強度の高かった明環境で、暗環境に比べて水生昆虫の個体数と種多様性が高く、特に溪流内の淵部分で有意な差が見られた。これは堆積物収集者および剥ぎ取り食者の増加によるものであり、林冠疎開によって水中の藻類一次生産が増加したことによると推察された。

以上の結果から、溪畔域で水面上部が閉鎖した針葉樹人工林の部分伐採は水棲昆虫相の個体数増大および種多様性の回復に効果があり、とくに淵を覆う林分での強度の伐採が有効であるといえる。

【まとめ】

本課題によって、以下のことが明らかとなった。

- ・暖温帯溪畔域では現存母樹が乏しい場合、上木の部分伐採や地表処理のみによって本来の天然生溪畔林へ誘導することは困難である。
- ・落葉性を主とする溪畔林構成種の更新には強度の伐採が必要と考えられ、種子源が比較的多い場合は林床処理によって本来の溪畔林への誘導を促進できる可能性がある。
- ・凶作の翌年の豊作など堅果被食率が低くなるケースでは、林地への枝条散布によりげっ歯類の貯食堅果からの更新を促進できる可能性がある。
- ・堅果の人工播種による更新は非常に困難であり、実施においては分散播種と被食防衛が必須である。
- ・人工林化による種多様性の低下は、溪畔域の中でも流路に近い微地形（低位段丘や河床付近の露岩部）で著しく、植生の総被度のような量的な衰退よりも多様性に代表される質的な劣化を引き起こしている。
- ・溪畔林の植物種多様性を回復させるためには、特定の微地形のみを対象としたり、一定の伐採強度のみを適用するのではなく、複数の微地形に対して異なる伐採強度を組み合わせ、伐採面をパッチ状に分散配置することが効果的である。
- ・溪畔域で水面上部が閉鎖した針葉樹人工林の部分伐採は、水棲昆虫相の個体数増大および種多様性の回復に効果があり、とくに淵を覆う林分での強度の伐採が有効である。

これらの成果は、あくまで短期的な調査に基づくものであり、樹木の生活史や森林の更新の時間スケールから考えると、極めて短期的な動態をとらえたに過ぎない。したがって、ここに提示した管理指針も、長期的にみて必ずしも確定的なものではない。今後、戦後の拡大造林地が伐期を迎え、主伐に伴う溪畔林再生事例も増加すると予想されることから、本試験地の長期モニタリングや他の事例分析も含めて、溪畔林再生という長期的な事業を順応的に進めるための知見を継続して収集していく必要がある。

- (注) 1 「課題」欄には、技術開発課題名の他に番号を付して記入すること。
 2 「開発目的（数値目標）」欄には、開発目的及び削減等について民間事業者が取り入れているコスト等と比較し、できる限り数値を記入すること。
 3 「技術開発目標」欄には、「九州森林管理局における技術開発目標（九州森林管理局長通達）」の1～3のうち、該当する目標の番号を記入すること。
 4 「開発成果等」欄には、開発成果やその活用状況、普及状況等について記入すること。
 5 成果をとりまとめた報告書等については、速やかに提出すること。

課題 48 「人工林化された溪畔林の再生手法の開発」

(平成 27 年度完了報告)

九州森林管理局森林技術・支援センター ・ 宮崎大学

1. 背景および目的

本課題では、九州の暖温帯の山地溪流を対象に、人工林化された溪畔林の再生において天然力を最大限に発揮させるための林型誘導技術を開発し、さらに、溪畔樹種の初期更新動態をモニタリングすることにより、更新完了基準策定のための基礎情報ならびに溪畔林再生に伴う動植物種の多様性の回復に関する知見を得ることを目的とする。

2. 試験設定の概要

2.1. 場所

宮崎県宮崎市高岡町の宮崎森林管理署管内去川国有林 258 ろは林小班である。大淀川水系境川支流(杉の本谷)に位置し、流下区間 500m の溪畔(試験地上流端の集水面積: 124ha)である。

2.2. 地況・林況

標高 180-210m、段丘や沖積錐などの微地形がモザイク状に分布する暖温帯溪畔域である(図 2.1)。試験設定前の林況は 40-50 年生スギ・ヒノキ人工林、一部流路沿いにケヤキ、ミズキ、エゴノキおよびヤマグワなどの主に落葉広葉樹が点在する。

2.3. 試験期間

当初設定: 平成 21 年度～平成 30 年度、変更後: 平成 21 年度～平成 27 年度

2.4. 試験方法

①試験設定: 溪畔域針葉樹人工林における異なる強度(伐採率)の部分伐採(図 2.1)

- a. 小面積皆伐区(伐採率 100%)
- b. 単木強度伐採区(伐採率 70%)
- c. 単木弱度伐採区(伐採率 30%)
- d. 無処理区(伐採率 0%)

②事前調査、伐採方法、集材方法、その他の処置

- ・平成 21 年 4 月-9 月に事前調査(立木調査、広葉樹母樹分布、下層植生、水生昆虫等)
- ・平成 21 年 10 月に上木伐採(林内の広葉樹は可能な限り保残、一部溪流を横断して集材、その後、伐採時に発生し溪流内にあった末木枝条を搬出)、シカ防護ネット設置

③試験地管理

- ・台風時・増水時のシカ柵損傷によるシカの侵入があり一部の更新木の食害が発生したため、平成 23 年度より試験地内に調査ブロックを設定し、シカ防護ネットを 2 重に設置

3.調査項目

(1)広葉樹更新調査

- ・天然更新
- ・播種実験

(2)種子散布調査

- ・落下種子
- ・堅果二次散布

(3)下層植生調査

(4)地表環境調査

(5)動物相調査

- ・水生昆虫
- ・落下昆虫
- ・鳥類
- ・徘徊性土壌動物

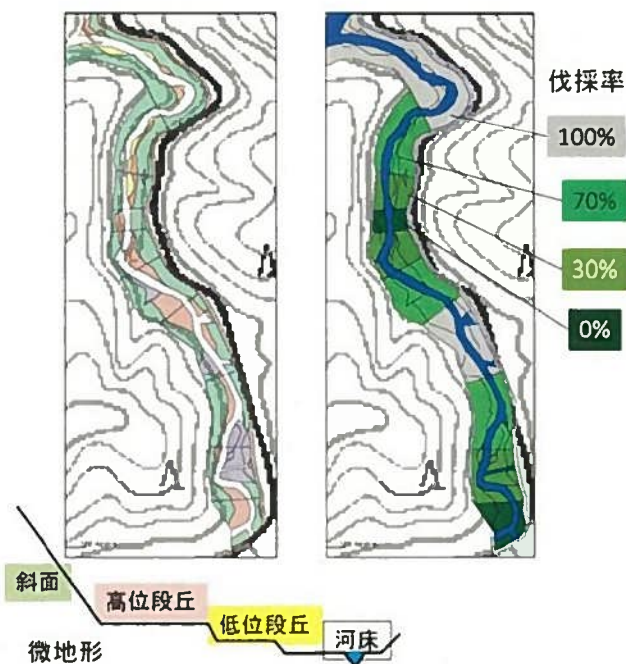


図2.1 試験地の微地形分布および伐採率の設定

4.個別調査項目の結果

4.1.溪畔樹種の天然更新

4.1.1.成果の要約と管理指針

上木の伐採および天然更新補助としてのリター除去処理を行い、更新初期の樹木定着過程を調査した結果、処理後 1 年目に確認された更新樹のほとんどが先駆種であり、伐採強度 (0、30、70、100%) の増加によって更新個体数が増加した樹種もほとんどが先駆種であった。また、埋土種子由来と思われる更新樹もほぼ全て先駆種であり、既往の報告と一致した。したがって、暖温帯溪畔域では現存母樹と前生稚樹が乏しい場合、これらの処理のみによって本来の天然生溪畔林へ誘導することは困難であると考えられた。

暖温帯の溪畔林を本来構成すべき樹種 (雑木林型高木および夏緑樹林型高木) は 70% 以上の伐採率で更新個体数が増加したことから、落葉樹を主とする溪畔林の更新には強度の伐採が必要と考えられる。また、雑木林型高木ではリター除去処理により発生個体数が増加する傾向が認められたことから、母樹が比較的多い場合は林床処理によって本来の溪畔林への誘導を促進できると考えられる。

4.1.2. 目的と方法

溪畔林再生に適した伐採強度および地表処理法を探索する目的で、2010年3月にリター除去処理を実施し、2010年7月および11月に実生の調査をおこなった(図4.1.1、写真4.1.1)。調査ではプロット内に出現した木本実生全個体についてタグ付け、同定をおこなった。また、現地表土の埋土種子を撒き出し法により調査した。更新樹および埋土種子の種組成の比較は出現樹種を、本来の生育環境と生活形、先駆性とを組み合わせ7グループ(1:先駆種グループ、2:照葉樹林型高木グループ、3:照葉樹林型低木グループ、4:雑木林型高木グループ、5:雑木林型低木グループ、6:夏緑樹林型高木グループ、7:その他)に分類しておこなった。

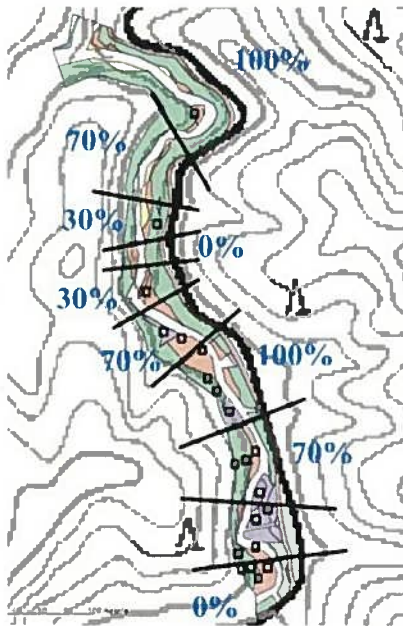


図4.1.1 実生プロットの位置
□は無処理区リター除去区の1セットを示す。



写真4.1.1 2010年4月23日のプロットの状況
手前が無処理区、奥がリター除去区。

4.1.3. 結果と考察

(1) 4.1. 伐採1年後の発生状況

全てのプロット(4 m²×42箇所、計168 m²)で発生した木本実生は、合計33種、1296個体(77143個体/ha)であった。樹種グループ別の内訳は、表4.1.1、図4.1.2に示すとおりであり、無処理区以外で先駆種(816個体)が大半を占めた。先駆種以外では、イヌビワ、ヒサカキを含む照葉樹林型低木、ヤマグワ、クマノミズキを含む雑木林型高木の発生個体数が比較的多かった。照葉樹林型高木、雑木林型低木は発生個体数が少なかった。

溪畔林への誘導を目指し、溪畔林構成樹種が1ha当たり40000本程度発生することが望ましいとする報告もある中、雑木林型高木および夏緑樹林型高木の発生個体数は合計しても223個体(13274個体/ha)であった。これは本試験地で隣接斜面も含めて母樹が少なかったことが影響していると考えられる。したがって、風散布型種子を持つ樹種が冷温帯と比べて少ない暖温帯では、有効な種子源の存在がない場合、短期での溪畔林の再生は極めて困難であるといえる。

表 4.1.1 調査プロットにおける発生実生数

種名	伐採強度		0%		30%		70%		100%		全体		計	種子 散布型
	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S		
総発生個体数	41	28	100	188	161	256	208	314	510	786	1296	42		
総出現種数	8	8	14	16	17	19	15	18	23	30	33			
先駆種														
アカメガシワ	—	—	2	8	10	17	16	25	28	50	78		被食	
イイギリ	—	—	4	5	2	10	22	117	28	132	160		被食	
イヌザンショウ	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1		被食	
カラスザンショウ	—	—	21	82	88	121	101	83	210	286	496		被食	
クサギ	—	—	—	—	1	1	—	1	1	2	3		被食	
ネムノキ	—	—	1	2	14	12	3	1	18	15	33		風	
マルバウツギ	5	1	1	3	3	—	1	4	10	8	18		被食	
ヤマウルシ	—	—	1	—	—	—	4	1	5	1	6		被食	
ヤマハゼ	—	—	—	2	1	4	1	13	2	19	21		被食	
照葉樹林型高木														
シイ類	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1		風力	
タブノキ	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1		被食	
ホルトノキ	2	—	1	4	1	—	—	—	4	4	8		被食	
照葉樹林型低木														
イヌセンリョウ	—	—	1	3	—	—	—	2	1	5	6		被食	
イヌビワ	11	19	12	16	4	12	—	1	27	48	75		被食	
ヒサカキ	3	1	6	6	5	20	6	8	20	35	55		被食	
雑木林型高木														
クマノミズキ	3	—	—	—	2	1	22	11	27	12	39		被食	
ミズキ	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	1		被食	
ヤマグワ	4	1	9	31	9	40	17	38	39	110	149		被食	
雑木林型低木														
アキグミ	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1		被食	
サンショウ	—	—	—	—	2	1	1	—	3	1	4		被食	
ヤブムラサキ	—	1	—	2	—	—	—	—	—	3	3		被食	
夏緑樹林型高木														
キハダ	—	—	4	2	3	7	8	4	15	13	28		被食	
ハルニレ	—	—	—	—	—	—	4	2	4	2	6		風	
その他														
スギ	12	3	36	20	14	4	1	1	63	28	91		風	
ヒノキ	—	—	—	—	1	1	—	—	1	1	2		風	
不明	1	1	—	2	—	3	1	2	2	8	10			

値はプロット内に発生した当年生実生の個体数を示す。
 *リター処理:C,無処理区; S,リター除去区。
 **n:調査プロット数。1プロットは4㎡。

(2)伐採強度および地表処理の効果

一般化線形回帰モデル(GLM)を用いた解析の結果、光環境を改善することによって雑木林型高木および夏緑樹林型高木で発生個体数が増加する傾向が認められ、更新を成功させるためには70%程度以上の強度の伐採が必要と考えられた。さらに雑木林型高木ではリター除去処理によっても実生発生が増加する傾向が認められ、地表処理の有効性も示唆された。しかし、プロットごとのばらつきがかなり大きく、開空度が高くリター除去処理が行われていても、これらの種が1個体も発生しないプロットも多数みられた(図-4.1.2)。逆に、発生個体数が特に多いプロットで

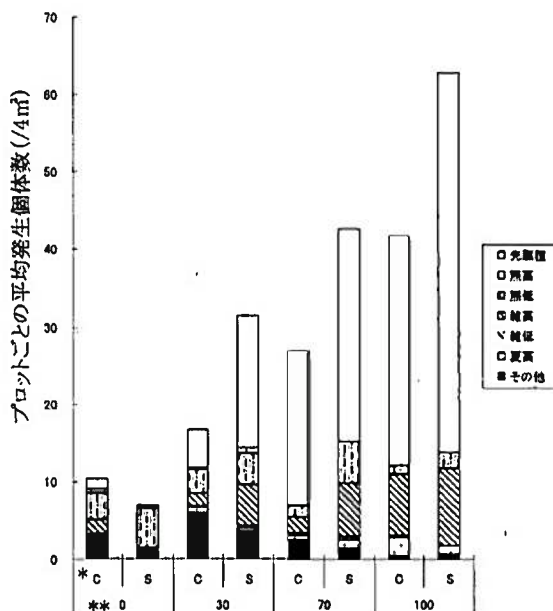


図-4.1.2 各処理区における樹種グループ別のプロットごとの平均発生個体数 *C,無処理区; S,リター除去区。**数字は伐採強度(%)を示す。

は、ヤマグワなど近隣に成木が存在する場合に実生発生数が多かった。以上の結果から、溪畔林構成種の更新に置いて光環境の改善と地表処理は有効ではあるものの、更新の成否は種子源あるいは前生稚樹の有無によって大きく規定されると考えた方がよいであろう。

発生当年における実生の生残率は処理によって 64～90%とばらつきが大きく(表 4.1.2)、処理の効果は不明瞭であった。この中で、夏緑樹林型高木では開空度 70%以上で高い生残率を示した。

表4.1.2 各処理区間における平均生残率(%)

樹種グループ	伐採強度 *リター処理 **n	0%		30%		70%		100%	
		C	S	C	S	C	S	C	S
全体		90.2	83.3	64.2	74.9	81.6	87.1	80.3	89.7
先駆種		100.0	100.0	67.7	53.9	82.7	85.1	83.7	87.8
照葉樹林型高木		100.0	100.0	100.0	83.3	100.0	100.0		
照葉樹林型低木		100.0	96.7	79.2	97.2	87.5	97.5	100.0	100.0
雑木林型高木		90.0	100.0	41.7	78.3	81.3	83.5	82.1	92.6
雑木林型低木			100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
夏緑樹林型高木				50.0	50.0	100.0	100.0	94.4	100.0
その他		73.3	50.0	63.8	91.8	61.4	93.8	50.0	100.0

*リター処理: C,無処理区; S,リター除去区。

**n, 調査プロット数。

(3)埋土種子集団の寄与

表土撒き出し実験の結果、先駆種 6 種、照葉樹林型高木 0 種、照葉樹林型低木 2 種、雑木林型高木 1 種、雑木林型低木 0 種、夏緑樹林型高木 1 種の埋土種子が確認された。埋土種子が確認された樹種全てで実生の発生も確認され、埋土種子が樹木の発生に寄与していることは確認できた。しかしそのほとんどは、既往の報告例と同じく先駆種であり、本来の溪畔樹種の更新にはほとんど寄与していないと推察された。

4.2.げっ歯類による堅果の二次散布に対する枝条残材散布の効果

4.2.1.成果の要約と管理指針

カシ類は種子供給源が隣接しない伐採跡地での更新が一般に困難である。一方、カシ類の堅果は地上に落下した後、森林性野ネズミなどのげっ歯類の貯食行動により二次散布されることが知られている。そこで、野ネズミによる堅果の二次散布に対する枝条の効果을明らかにする目的で、枝条残材を利用した枝条散布実験を行った。

散布先別の堅果数はリターと枝を組み合わせた混合枝条の下で最も高い密度となり、散布した枝条は、野ネズミによる貯食散布の誘導に効果があることが明らかになった。ただし、更新の成功につなげるためには、被食率の高さ(97.8%)が問題である。被食率が低くなるケース(たとえば凶作の翌年の豊作など)で枝条を用いて貯食が誘引できれば、貯食堅果からの更新を促進できる可能性がある。

4.2.2. 目的および方法

人工林の伐採後に広葉樹林の再生を図る場合、前生樹や種子源の欠落した林分では外部からの種子移入が更新の成否を大きく左右する。しかし、照葉樹林の主要構成種であるカシ類の堅果の重力による散布距離は短く、種子供給源が隣接しない伐採跡地での更新は一般に困難である。一方、カシ類の堅果は地上に落下した後、森林性野ネズミなどのげっ歯類の貯食行動により二次散布されることが知られている。これまでの研究で、照葉樹林帯の堅果の貯食散布が地表の微環境に依存し、伐採跡地では枝条残材の下に貯食場所が集中する傾向があることが報告されている。これらの結果は、伐採跡地における枝条の取り扱いによって堅果の貯食散布による更新を促進できる可能性を示している。そこで本研究では、針葉樹人工林伐採跡地における野ネズミによる堅果貯食散布に対する枝条の効果明らかにする目的で、枝条残材を利用した枝条散布実験を行った。

2009年12月8日から2010年2月17日まで、磁石を挿入したマテバシイ堅果50個ずつを置いたバスケットを4カ所に設置し、その周辺に量および構成物のサイズの異なる3パターンの枝条（リターのみ、枝のみ、リターと枝の混合）を2m×2mの区画で9箇所を設置した（図4.2.1、4.2.2、写真4.2.1、4.2.2）。

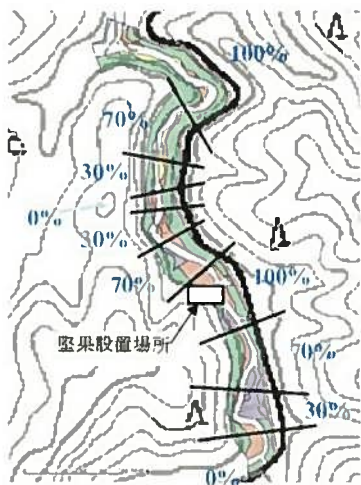


図4.2.1. 調査地の位置

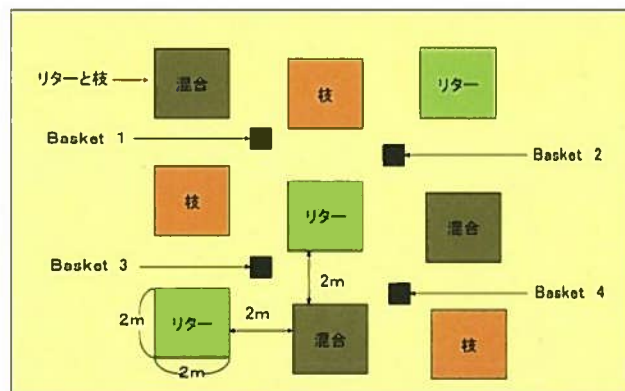


図4.2.2. 堅果設置場所および枝条散布場所



写真4.2.1. 散布した枝条の状態



写真4.2.2. ステンレス製バスケット内に設置した
マテバシイの磁石付堅果
野ネズミの侵入が可能ないように一部を切除してある

設置した堅果が全て持ち去られた後、金属探知機で堅果を探索し、散布距離、散布深度、貯食形態（複数堅果の集中貯蔵または堅果1個の分散貯蔵）、堅果の状態（被食の有無）を記録した。

4.2.3. 結果と考察

(1) 堅果の消失過程

設置した堅果の消失過程を図4.2.3に示す。設置堅果は2010年12月8日から、イノシシによるバスケットの破壊と食害が発生する2010年1月5日までの間、持ち去りは確認されず、2010年1月9日の再設置以降、2010年1月13日から堅果の持ち去りが始まり、設置から72日後（再設置から40日後）の2010年2月17日には、すべての堅果が消失した。

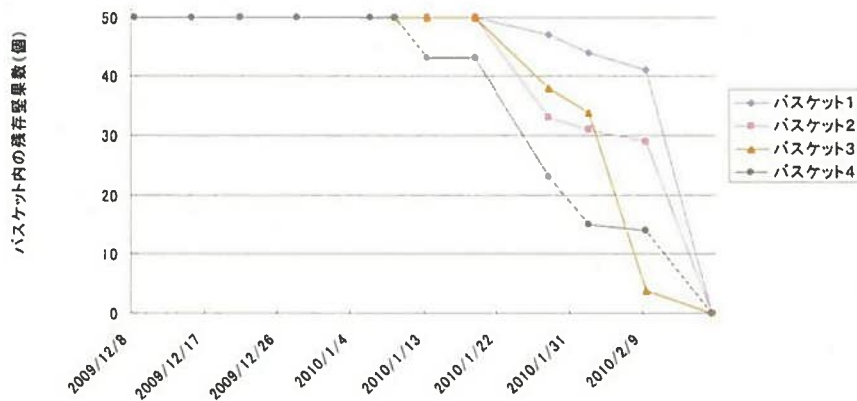


図4.2.3. 設置堅果の消失過程
ただし、イノシシの食害のため、バスケット1-3は、2010年1月9日に再設置した。

(2) 堅果の散布範囲

設置した堅果200個のうち、発見した堅果は137個、そのうち貯食堅果が4個、捕食堅果が133個、未発見堅果が63個であった（表4.2.1）。

表4.2.1. 各バスケットの散布堅果数(括弧内は%)

	発見堅果	貯食堅果	捕食堅果	未発見堅果
バスケット1	26(52)	1(2)	25(50)	24(48)
バスケット2	30(60)	0(0)	30(60)	20(40)
バスケット3	43(86)	1(2)	42(84)	7(14)
バスケット4	38(76)	2(4)	36(72)	12(24)
計	137(68.5)	4(2)	133(66.5)	63(31.5)

図 4.2.4 に堅果の散布距離階 (2m 括約) ごとの散布堅果数を散布先の地表環境別に示す。堅果はバスケットから、2~4m の範囲に 33 個、6~8m の範囲に 32 個、12~14m の範囲に 25 個という順で、最も多く散布されていた。

堅果の散布深度階 (5cm 括約) ごとの散布堅果数を図 4.2.5 に示す。リターと枝の下に持ち去られた堅果の 68.5% が地表面から 5 cm までの深さに存在しており、残りの堅果も地表面から離れるほど少なくなっている。これに対し、切り株などのその他の場所では、20~25 cm のわりと深い場所に最も多く存在し、リターと枝の下に持ち去られた堅果の方が、より浅い場所に持ち去られる傾向が見られた。

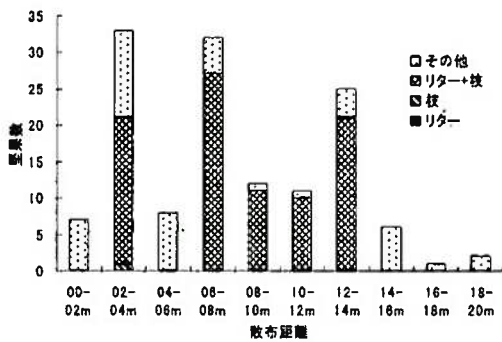


図4.2.4. 散布距離階別の散布堅果数
凡例は散布先の地表環境を示す。

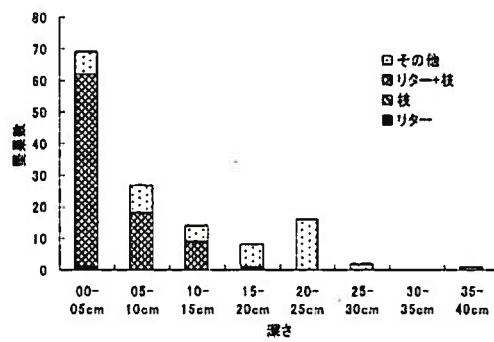


図4.2.5. 散布深度階別の散布堅果数
凡例は散布先の地表環境を示す。

(3) 堅果の状態

地表環境ごとの貯食形態別堅果数および堅果の状態を図 4.2.6 と図 4.2.7 にそれぞれ示す。混合 (リター+枝) で最も散布堅果数が多く、その 80% 近くが集中散布されていた。なお、「その他」は枝条散布場所以外を指し、探索面積は最も広がった。したがって、堅果数では 60 個程度あったが、面積当たりの密度では 0.1 個/m² であり、混合の 2.0 個/m² よりもはるかに少なかった。生存したまま貯食された堅果数はリターと枝の下で 1 個、その他の場所で 3 個の計 4 個であった。これは、発見堅果数全体の約 2.9% であり、ほぼ全ての堅果が捕食されていた。

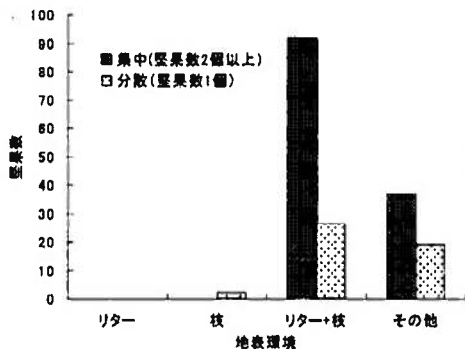


図4.2.6. 地表環境ごとの散布形態別堅果数

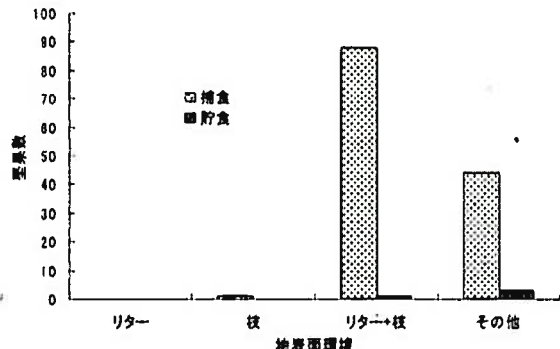


図4.2.7. 地表環境ごとの被食および貯食(生存)堅果数

(4)まとめ

散布先別の堅果密度は枝の下で最も高く、散布した枝条は野ネズミによる貯食散布の誘導に効果があることが明らかになった。野ネズミが枝条の下に堅果を持ち去ったのは、上空の猛禽等の外敵から身を守るためであると考えられる。散布距離は平均 10m程度で、最大 20mであり、その中で、リターと枝を散布した地点への貯食は、2~4m、8~14m に集中し、比較的遠くまで運ばれていた。すなわち、散布距離からみても、リターと枝の混合散布が野鼠の貯食行動を誘導する上で有効であると考えられた。

本研究から、伐採跡地における人工的な枝条散布は、野ネズミの空間的な貯食の誘引には有効であるが、更新の成功につなげるためには、被食率の高さ (97.8%) が問題であることが明らかとなった。したがって、被食率が低くなるケース (たとえば凶作の翌年の豊作など) で枝条を用いて貯食が誘引できれば、貯食堅果からの更新が成功する可能性が高くなると予想される。

4.3.堅果播種による常緑カシの導入

4.3.1.成果の要約と管理指針

カシ類は種子供給源が隣接しない伐採跡地での更新が一般に困難である。そこで、堅果播種による常緑カシ類の導入の可能性を模索する目的で、発芽直前 (5月) に複数の地表処理 (リター除去、トレンチ掘削、マウンド形成) を用いた播種実験を行った。

9月までに 39%の堅果が発芽したが、処理による発芽促進効果は認められなかった。播種数に対する健全生残個体の割合は9月の段階で 30%程度であり、処理による効果も認められなかった。食害の空間分布をみると、発芽後の被食と未発芽の堅果被食が同所的に発生しており、堅果が発芽がげっ歯類による捕食の引き金になっていた。以上より、播種による更新は非常に困難であり、実施においては分散播種と被食防衛が必須である。

4.3.2.目的および方法

人工林の伐採後に天然力で広葉樹林の再生を図る場合、暖温帯において前生樹が欠落した林分では外部からの種子移入が更新の成否を大きく左右する。照葉樹林の主要構成種であるカシ類の堅果は種子散布距離が短く、種子寿命が短いため種子供給源が隣接しない伐採跡地での更新は困難である。そこで、堅果播種による常緑カシ類の導入の可能性を模索する目的で、主要構成種であるイチイガシおよびハナガシ堅果の播種実験を行った。

堅果の人工播種による更新が極めて難しいことは、これまでも多くの研究事例で報告されている。その中で、げっ歯類やイノシシ等による被食と、草本や雑灌木などの競争による堅果の発芽や初期成長の抑制の問題が指摘されている。そこで本実験では、発芽時期の直前 (5月上旬) に播種することによる種子被食の回避を試みるとともに、発芽定着環境の改善および競争植生の抑制を目的とした①リター除去、②トレンチ掘削、③マウンド形成の3つの地表処理を行い、当年の堅果の発芽および生残に与える影響を調査した。試験地の設計は図 4.3.1 および写真 4.3.1 に示すとおりである。

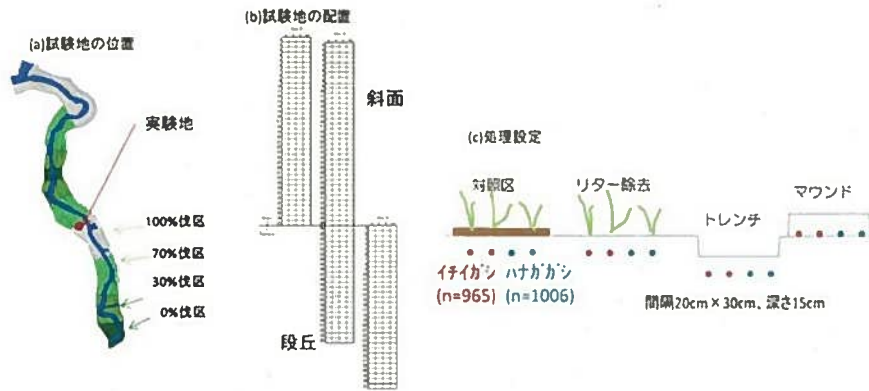


図4.3.1. 試験地の位置および設計。
小面積伐採地の斜面から段丘にかけて、リター除去区、トレンチ区、マウンド区および対象区を設置し堅果を播種。



写真4.3.1. 試験地(左)と処理区(右:左側から対象区、リター除去区、トレンチ区、マウンド区)

4.3.3. 結果と考察

(1) 堅果の発芽経過

試験に供したイチイガシとハナガガシともに、対象区で発芽率が最も高く、トレンチ区では発芽率が低い傾向にあった。また、両種を合わせると播種1月後(6月8日)の発芽率は18%であり、9月までに39%が発芽した。しかし、ハナガガシは6月にほぼ発芽し終えたのに対し、イチイガシの発芽はハナガガシよりも2~3か月遅かった。

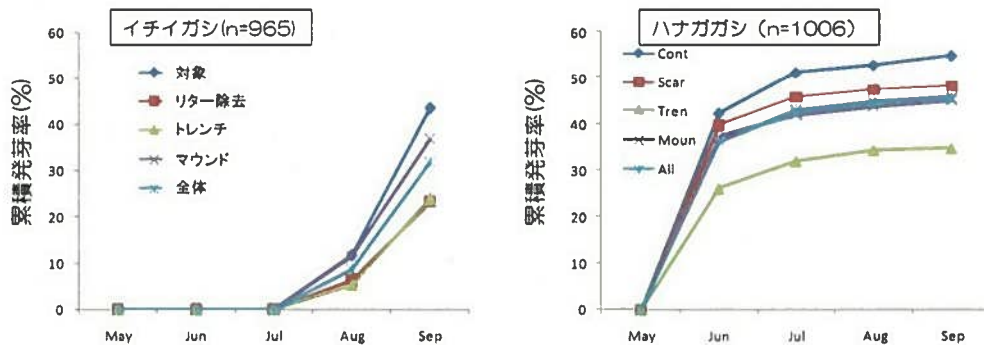


図4.3.2. 各処理区におけるイチイガシおよびハナガガシの播種後の累積発芽率

(2) 播種した堅果の状態の推移

播種後の堅果を図 4.3.3 のように区分し、月ごとに推移を調査した結果、9 月の段階で健全であった割合は兩種ともに 30%程度であった。また、健全個体の割合は対象区で最も高く、処理による明瞭な発芽促進効果および生残促進効果は認められなかった (図 4.3.4)。処理による効果の総括は表 4.3.1. に示すとおりである。



図4.3.3. 調査に用いた播種後の堅果の状態区分



図4.3.4. イチイガシおよびハナガガシの播種後の状態の推移

表4.3.1. 堅果播種に対する地表処理効果の総括

	対照	リター除去	トレンチ	マウンド
発芽時期	早い	やや早い	遅い	やや遅い
発芽率	高い	やや低い	低い	やや低い
種子被食率	やや高い	高い	やや低い	低い
実生定着率	高い	高い	やや劣(流出)	可

(3) 食害の空間分布および時系列的変化

食害の空間分布の時系列変化を図 4.3.5 に示す。発芽後の被食と未発芽の堅果被食が同所的に同時発生しており、堅果の発芽がげっ歯類による捕食の引き金になっていると考えられた。したがって、集中的な堅果播種は、げっ歯類による捕食を助長し更新をより困難にすると考えられた。

(4)まとめ

今回の試行をまとめると、播種によるカン類の人工更新は非常に困難であると結論付けられる。仮に堅果播種による更新を試みる場合は、播種先を分散させることと何らかの被食防衛手段を講じることが必須である。

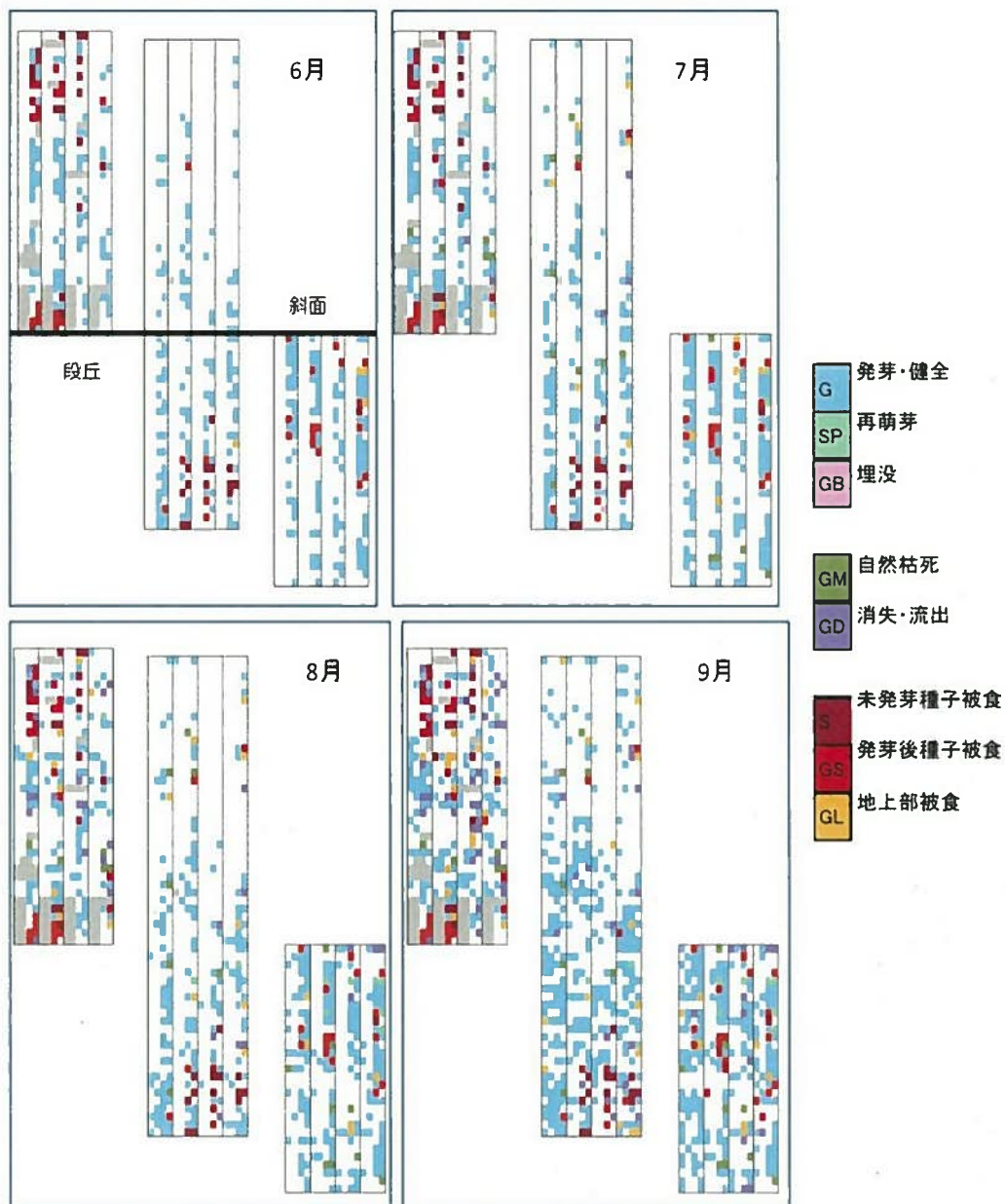


図4.3.5. 播種後の食害の空間分布および時系列変化

4.4.人工林化による植物種多様性の低下

4.4.1.成果の要約と管理指針

溪畔林の人工林化による下層植生の変質の実態を明らかにする目的で、試験地内および同一河川の下流の溪畔に成立する天然生広葉樹二次林の植生を調査し比較した。

人工林化による種多様度の低下は、溪畔域の中でも流路に近い微地形（低位段丘や河床付近の露岩部）で著しいことが明らかとなった。その内訳として、人工林化により照葉樹林型の少数種のシダ植物が繁茂し、明るい環境を好む人里・草原型の草本種が減少すること、および木本種の種多様性や被度が減少することが明らかとなった。一方、水辺に近い微地形では、人工林化された場所でシダや木本の被度が低いものの、草本種の被度が広葉樹二次林よりも高かった。これらの結果から、人工林化は下層植生の総被度に代表される量的な問題ではなく、多様度に代表される質的な面で植生に変化をもたらしていると考えられた。

4.4.2.目的および方法

溪畔林の修復に際しては、本来の水辺植生が人工林化によってどのように変質しているかを明らかにし、修復目標を設定する必要がある。そこで、本試験地の試験伐採前に植生調査を行い、同一河川下流側で天然生の広葉樹二次林が成立する区間の植生との比較を行った。

広葉樹二次林区間は本試験地から約 2km 下流側に位置する（図 4.4.1）。針葉樹人工林区間（本試験地）と広葉樹二次林区間のそれぞれで、図 4.4.2 に示すように微地形を区分した。全微地形を網羅するように植生調査のプロット（2m×2m）を人工林内に 51 個、二次林内に 49 個設定して、プロット内の全維管束植物の被度を測定した。表 4.4.1 に設置したプロット数を示す。

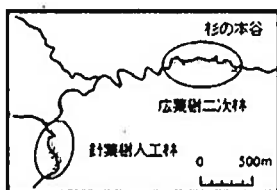


図4.4.1. 調査地の位置

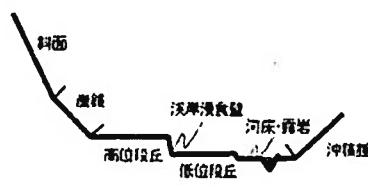


図4.4.2. 調査地の微地形区分の模式

表4.4.1.設置プロット数

微地形	広葉樹二次林	針葉樹人工林
斜面	9	18
崖壁	6	2
沖積錐	6	4
高位段丘	8	12
低位段丘	7	5
溪岸浸食壁	7	4
河床・露岩	6	6
計	49	51

4.4.3.結果と考察

(1) 各微地形における出現種数と種多様度の比較

針葉樹人工林プロットの木本種の総出現種数（49種）は広葉樹二次林（48種）とほぼ同等であったが、草本種は広葉樹二次林で多く、逆にシダは針葉樹人工林で多かった（表 4.4.2）。微地形別にみると、木本種はいずれの微地形でも広葉樹二次林の方が高い傾向が見られ、草本種についても広葉樹二次林での出現種数が針葉樹人工林を上回る微地形が多かった。

また、各微地形における二つの林種間の種多様度（Shannon-Weiner の H' ）を比較したところ（図 4.4.3）、広葉樹二次林区間では水辺に近づくにつれて種多様度が上昇するのに対して、針葉樹人工林区間では水辺に近づくほど種多様度が低下する傾向が見られた。この結果から、人工林化による種多様度の低下は、溪畔域の中でも流路に近い微地形で著しいことが示された。

表 4.4.2. 調査地に出現した植物種数の概要

		木本	草本	シダ	不明
斜面 (27)	二次林 (9)	29	25	7	0
	人工林 (18)	18	13	6	1
崖壁 (8)	二次林 (6)	22	28	4	2
	人工林 (2)	4	16	6	1
高位段丘 (20)	二次林 (8)	28	41	2	2
	人工林 (12)	24	43	11	1
沖積錐 (10)	二次林 (6)	22	35	6	3
	人工林 (4)	19	31	5	0
浅岸浸食壁 (12)	二次林 (7)	22	27	8	0
	人工林 (5)	11	14	14	0
低位段丘 (12)	二次林 (7)	28	49	4	4
	人工林 (5)	8	30	6	0
河床・露岩 (11)	二次林 (6)	16	26	10	1
	人工林 (5)	8	21	8	0
全体 (100)	二次林 (49)	48	74	15	11
	人工林 (51)	49	59	29	3

() 内の数字はプロット数を表す

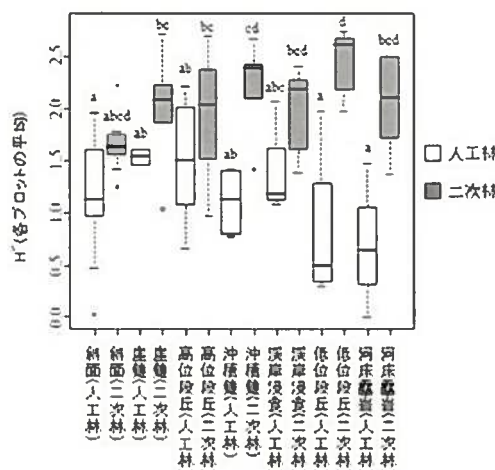


図 4.4.3. 各微地形における林種ごとの種多様度指数

(2) 出現植物の種構成

出現した植物種を本来の生育地（亜熱帯型、照葉樹林型、夏緑樹林型、雑木林型、人里・草原型、水辺型）で種群に分類し、それぞれの種群の合計被度を林種間で比較したところ（図 4.4.4）、針葉樹人工林区間では照葉樹林型のシダ類の被度が広葉樹二次林区間に比べて著しく高く、人里・草原型の明るい場所を好む草本類が少なかった。また、木本種全体の被度も針葉樹人工林区間で低かった。

種多様度（図 4.4.5）では、木本種および人里草原型の草本種で合計被度と類似した傾向が認められ、針葉樹人工林区間における木本種の多様度が広葉樹二次林区間に比べて低かった。シダ植物は林種間で種多様度に大きな違いが見られず、これは特定の少数種が針葉樹人工林区間で繁茂していることを示していた。

微地形別に各種群の平均被度を林種間で比較すると（図 4.4.6）、針葉樹人工林区間では低位段丘および河床・露岩部を除く微地形で照葉樹林型のシダの繁茂が顕著であった。草本種についてみると、水辺に近い微地形では広葉樹二次林区間よりも針葉樹人工林区間で被度が高かった。逆に木本種は水辺に近い二つの微地形で被度が低くなっていた。

以上の結果をまとめると、人工林化によって多くの微地形で照葉樹林型のシダが優占し、木本種の消失が起きていると考えられた。また、溪畔林の人工林化は下層植生の総被度に代表される量的な問題ではなく、多様度に代表される質的な面で植生に変化をもたらしていると考えられた。

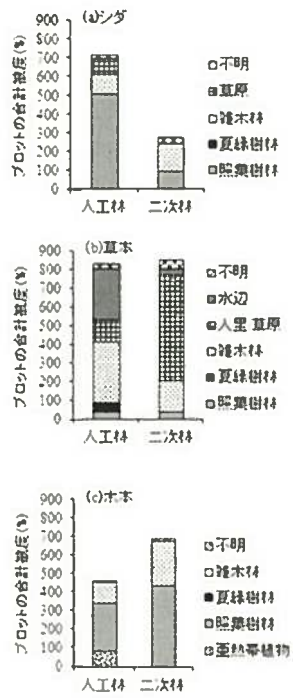


図4.4.4. 本来の生育地に基づく植物群ごとの合計被度の林種間比較

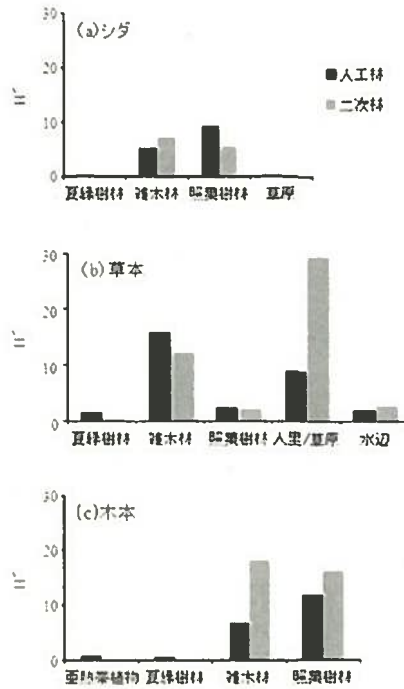


図4.4.5. 本来の生育地に基づく植物群ごとの平均種多様度の林種間比較

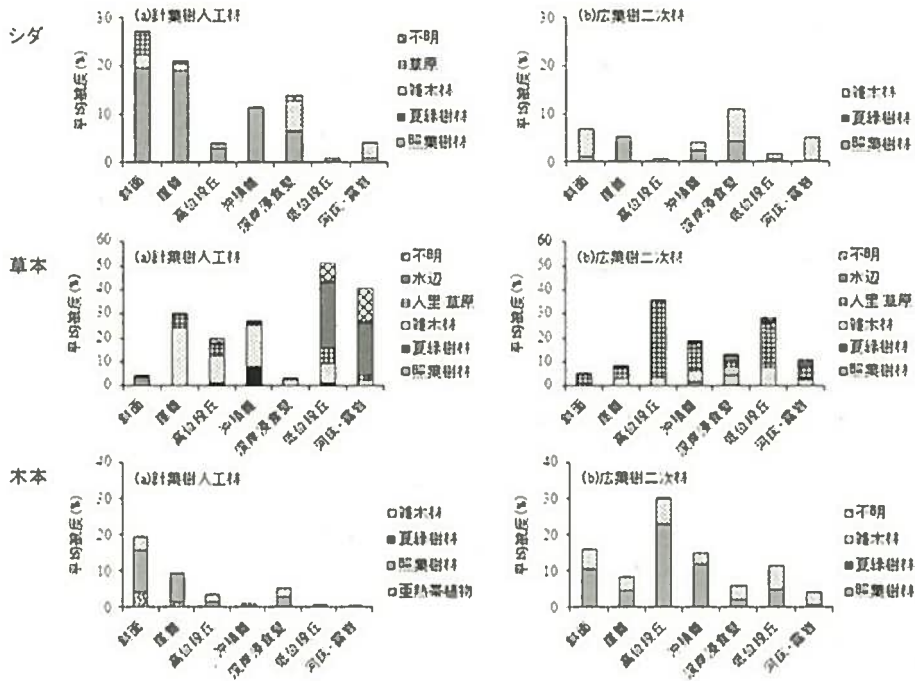


図4.4.6. 微地形別に見た各種群の平均被度の林種間比較

4.5. 溪畔域の人工林伐採による植物種多様性の短期的回復

4.5.1. 成果の要約と管理指針

溪畔域に存在する様々な地形は、異なる生育場所を提供することで植物種の多様性に貢献している。また、溪畔林の再生に際して実施される上木の伐採強度も、光環境の改善度合いを通して植物種多様性に影響する。そこで、植物種多様性の回復にとって微地形の違いと伐採方法の違いのどちらがより重要であるのかを分析し、これに基づいて効率的な植物種多様性の回復方法を検討した。

全出現種に基づく分析の結果、コドラート内の多様性は平均で 8 種と非常に小さく、同じ微地形内あるいは伐採強度内で場所が変わることによる効果（ランダムな効果）で全多様性の 2 割（41 種相当）が説明できた。残りの 7 割は微地形あるいは伐採強度が異なることで説明でき、その貢献度はほぼ同等であるが微地形の違いの貢献度がやや高かった。したがって、溪畔林の植物種多様性を回復させるためには、特定の微地形のみを対象としたり、一定の伐採強度のみを適用するのではなく、複数の微地形に対して異なる伐採強度を組み合わせ、伐採面をパッチ状に分散配置することが効果的である。

4.5.2. 目的および方法

溪畔域には様々な地形や基質構造があり、また様々なタイプや強度の攪乱が発生することによって、植物や野生動物にとって多様なハビタットを提供している。したがって、人工林化によって単純化した溪畔林の植物種多様性を回復させる上では、このような元々の立地環境の不均一性を考慮した方策を採る必要がある。一方、実際に溪畔の針葉樹人工林で植物種多様性を回復させる場合、植栽木（針葉樹）の伐採・除去を行うことになるが、伐採の強度や伐採区画の面積の設定によって、植物の重要な資源である光環境が大きく改変される。したがって、どのような伐採方法を採用するののかも、溪畔林の再生では重要な選択となる。このように、微地形に代表される立地環境の不均一性と、伐採方法の違い（例えば本試験で採用した伐採強度の違い）による光環境の改善度合いをどのように組み合わせるかは、実際の林型誘導において極めて重要である。そこで、植物種多様性の回復にとって微地形の違いと伐採方法の違いのどちらがより重要であるのかを分析し、これに基づいて効率的な植物種多様性の回復方法を検討した。

本試験地の部分伐採 4 年後に、斜面、高位段丘、低位段丘、氾濫原の 4 微地形において、伐採強度の異なる場所（伐採率 0%、30%、70%、100%）に各 15 個の植生調査コドラート（1m×1m、計 240 個）を設置し、林床の維管束植物の種名を記録した。

このデータセットを用いて、加法分配法（Additive Partitioning 法：Wagner 2000、以下 AP 法）により、種多様性の構成要因を分析した。AP 法は、種多様性の構成要素を調査コドラートから調査地全域まで階層的に捉え、全体の多様性に対するそれぞれの要素の重み（寄与度）を分析する手法である。本研究では、微地形と伐採強度という二つの視点があることから、2 種類の AP 法の分析が可能である（図 4.5.1）。

例えば微地形に着目する場合（図 4.5.1(a)）、多様性に寄与する要素として「個々のコドラ

ート - コドラートが集まったある微地形 - 全ての微地形を合わせた溪畔域全体」という階層が想定できる。このうちどの要素の重みが大きいかを比較するには、図 4.5.1 の (a) に示すように分析できる。すなわち、ある伐採強度で伐採した場合の「③同一微地形内の多様性」を、「①コドラート内の多様性」と「②場所が変わることによるコドラート間の多様性」に分けて評価できる。また、「⑤溪畔林全体」と「③同一微地形内の多様性」を比較することで、「④地形が異なることによって生じる多様性」を評価できる。これにより、溪畔林の多様性を回復させる場合、特定の微地形を対象とすればよいのか、それとも複数の地形にまたがって対象を設定すべきかを判断できる。

伐採強度に着目する場合（図 4.5.1(b)）も同様に、一定の伐採強度を適用すべきか、それとも異なる伐採強度で伐採を行うべきかを判断することができる。さらに、(a) と (b) の両者を比較することで、微地形が異なることによる効果と伐採強度を変えることによる効果のどちらが大きいかを比較することが可能となる。

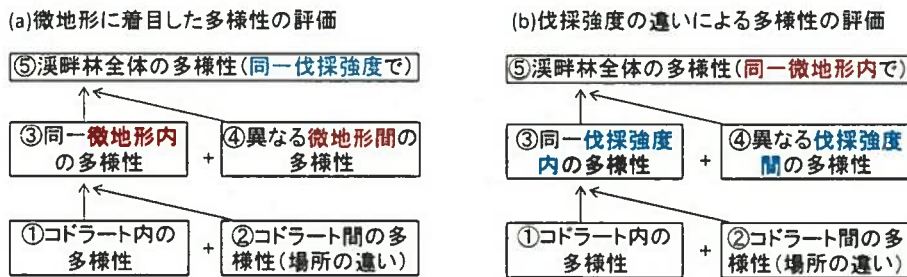


図4.5.1. 加法分配法 (Additive partitioning) を用いた微地形および伐採強度の種多様性に対する効果の評価方法の模式

(a) 微地形に着目する場合、ある伐採強度で伐採した場合の③同一微地形内の多様性を、①コドラート内の多様性と②場所が変わることによるコドラート間の多様性に分けて評価できる。また、⑤溪畔林全体と③同一微地形内の多様性を比較することで、④地形が異なることによって生じる多様性を評価できる。これにより、溪畔林の多様性を回復させる場合、特定の微地形を対象とすればよいのか、それとも複数の地形にまたがって対象を設定すべきかを判断できる。

(b) 伐採強度に着目する場合も同様に、一定の伐採強度を適用すべきか、それとも異なる伐採強度で伐採を行うべきかを判断することができる。

さらに、両者を比較することで、微地形が異なることによる効果と伐採強度を変えることによる効果のどちらが大きいかを比較することができる。



図4.5.2. 出現種の特徴に基づく種群分類

ここでは、全出現種に対してこの分析を適用するとともに、図 4.5.2 に示すように出現種を溪畔域における重要性（本来の溪畔林要素であるかどうか）によって分類し、分類された種群ごとの多様性に対しても同様の分析を行った。

4.5.3. 結果と考察

全出現種に基づく分析の結果（図 4.5.3）、コドラート内の多様性は平均で 8 種と非常に小さく、同じ微地形内あるいは伐採強度内で場所が変わることによる効果（ランダムな効果）で全多様性の 2 割（41 種相当）が説明できた。残りの 7 割は微地形あるいは伐採強度が異なることで説明でき、その貢献度はほぼ同等であったが、微地形の違いの貢献がやや高かった。

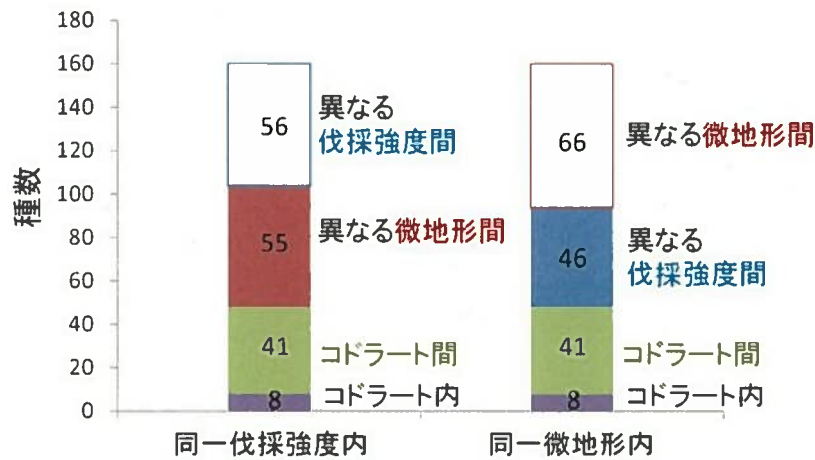


図4.5.3. 加法配法に基づく植物種多様性の内訳の分析結果

また、微地形と伐採強度のそれぞれの効果の詳細を見ると（図 4.5.4）、全種では小面積皆伐（100%）によって微地形の違いの効果が上昇していた。

溪畔種のみを抽出して分析した結果では、微地形の違いの効果が全般的に強く、段丘面では伐採強度を変える効果が高くなることが明らかとなった。このうち、夏緑樹林型の種では小面積皆伐（100%）で全体の多様度と地形の効果が共に小さくなり、低位段丘では異なる伐採強度を適用することが種多様度を上げる効果があることが示された。また湿性植物群は斜面部で多様性が低く、伐採強度を変える効果も他の微地形に比べて小さかった。さらに、典型的な溪畔種である水辺植物については、他の植物群よりも微地形が異なることの効果が極めて大きく、伐採強度をかえる効果はとくに高位段丘で著しく低かった。

以上の結果をまとめると、溪畔林の植物種多様性を回復させるためには、特定の微地形のみを対象としたり、一定の伐採強度のみを適用するのではなく、複数の微地形に対して異なる伐採強度を組み合わせ、伐採面をパッチ状に分散して配置することが効果的であるといえる。また、水辺特有の植生を対象にする場合も、低位段丘や氾濫原に集中せず、高位段丘等を含めた複数の微地形を対象に修復を行ったほうがよいといえる。

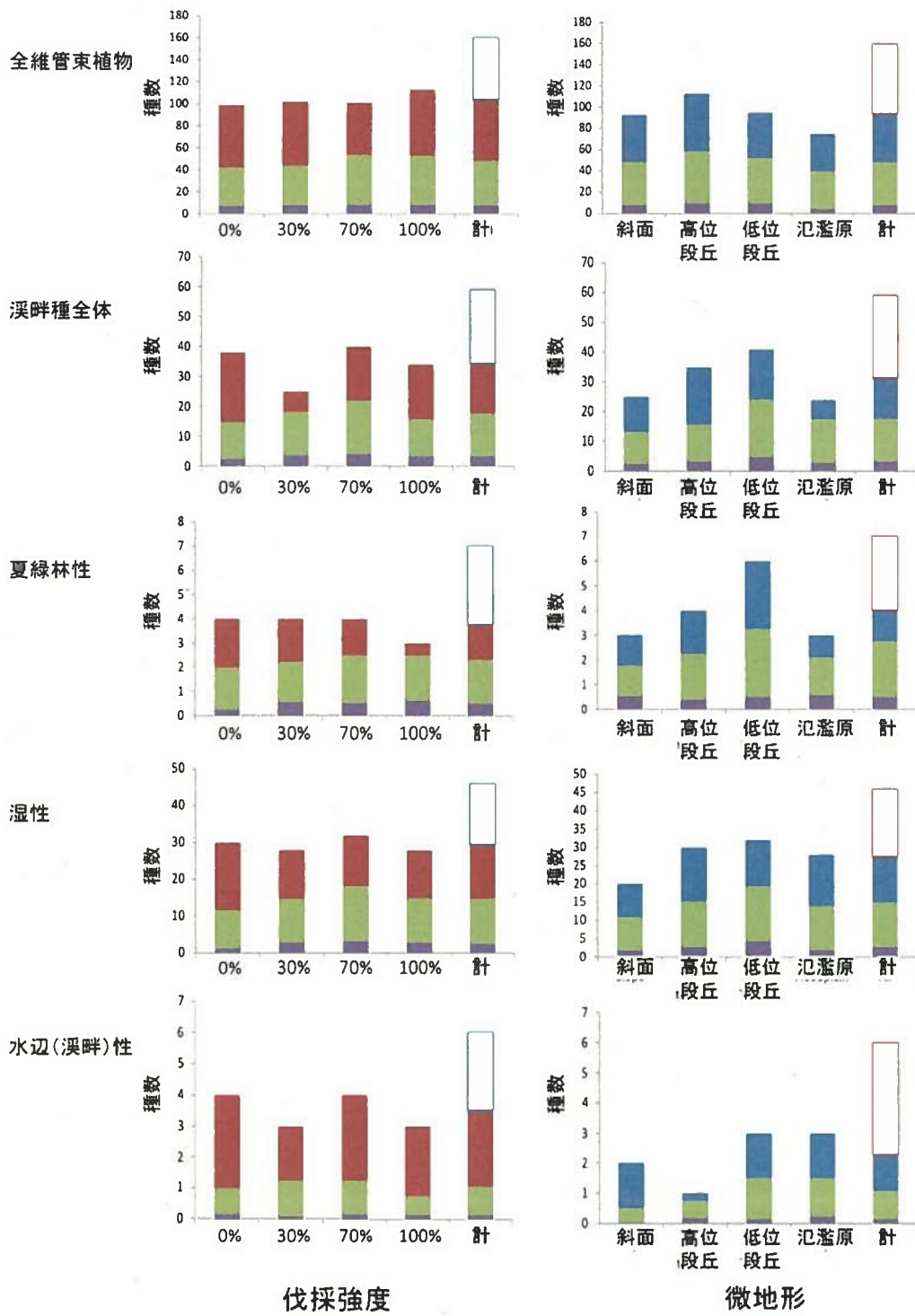


図4.5.4.加法分配法に基づく種群別多様性の内訳の分析結果

4.6.人工林化および人工林の部分伐採が水棲昆虫相に与える短期的影響

4.6.1.成果の要約と管理指針

溪畔林の再生においては河川環境や水生生物群集の多様性の回復にも配慮が必要である。そこで、河川環境の指標として有用である水生昆虫に着目し、溪畔林の人工林化の影響およびその伐採による攪乱が水生昆虫の種組成や個体数に与える影響を明らかにすることを目的とした。

人工林の部分伐採によって溪流直上部の開空度は平均で 1.5%から 15.9%に上昇し、下流部の二次林区間と同等の値となった。人工林区間では伐採前の水生昆虫個体数が広葉樹二次林区間に比較して著しく少なかったが、伐採後 1 年間で広葉樹二次林区間と同等まで回復した。個体数の増加は捕食者以外の摂食機能群すべてで認められ、とくに堆積物収集者と剥ぎ取り食者で顕著であった。また、種多様性も伐採翌年に増加する傾向が認められた。これには、針葉樹リター供給量の一時的な増加が影響していると考えられた。

伐採 3 年後には、伐採強度の高かった明環境で、暗環境に比べて水生昆虫の個体数と種多様度が高く、特に溪流内の淵部分で有意な差が見られた。これは堆積物収集者および剥ぎ取り食者の増加によるものであり、林冠疎開によって水中の藻類一次生産が増加したことによると推察された。

以上の結果から、溪畔域で水面上部が閉鎖した針葉樹人工林の部分伐採は水棲昆虫相の個体数増大および種多様性の回復に効果があり、とくに淵を覆う林分での強度の伐採が有効であるといえる。

4.6.2.目的および方法

溪畔林の生態系は植物種だけで構成されるものではなく、溪畔林の構造は水圏の生物群集にも物理環境の形成や食物資源等の供給を通して大きな影響を与える。したがって、溪畔林の再生においては河川環境や水生生物群集の多様性の回復にも配慮すべきである。なかでも水生昆虫は、溪畔林から供給されるリターを主な餌資源としており、各構成種の要求する環境条件が多様であるために、溪畔域をはじめとする河川環境の指標として有用であるといわれている。そこで、水生昆虫に着目し、溪畔林の人工林化の影響およびその伐採による攪乱が水生昆虫の種組成や個体数に与える影響を明らかにすることを目的とした。

調査は二時期に分けて行った。

(1) まず、本試験地の針葉樹人工林区間および植物種多様性の比較対象とした広葉樹二次林区間を対象に、瀬・淵の河川微地形と河床の状態に着目して計 18 点の調査ポイントを設定し(図 4.6.1 および図 4.6.2)、計 5 回の水生昆虫の採取を行った。部分伐採試験に先立つ 2009 年 6 月に、各調査ポイントの河床に 30cm×30cm のコドラートを設定して 2mm の網で水生昆虫を採取し、伐採直後の 2009 年 11 月、2010 年 4 月、2010 年 8 月、2010 年 11 月に再調査を行った。これらの結果から、伐採前および伐採直後からの水生昆虫相の短期的変化を分析した。また、2009 年 9 月に針葉樹人工林区間の各調査地点の直上部の全天空

写真を撮影し、さらに、2010年11月には、針葉樹人工林区間および広葉樹二次林区間の両方で全天空写真を撮影した。これらの全天空写真から、光環境の指標である林冠の開空度(%)を算出した。なお、部分伐採試験実施直後の2009年11月には、伐採によって発生した枝条残材が伐採区間の水面を覆っており、11月中にこれを除去したが、溪流内には相当量のスギリター(小枝を含む)が残っていた。

(2)次に、伐採後3年を経過した2012年に、針葉樹人工林区間の4つの伐採強度に対応する溪流内で瀬・淵別に調査地点を設定し、同年8月および11月に上記と同様の方法で水生昆虫を採取した。この時の調査地点数は、8月が25地点、11月が26地点である。また、これらの調査地点を含む計48地点において溪流直上部の全天空写真を撮影し、林冠の開空度(%)を算出した。

水生昆虫は摂食機能群に分類して分析した。ここで採用した摂食機能群は次のとおりである。①落葉落枝や大型植物体をかみ砕く、または削りとるなどする「破砕食者」、②主として堆積した細粒有機物を摂食するが、消化管内に付着藻類が多く認められることがある「堆積物収集者」、③主として付着藻類を摂食する「剥ぎ取り食者」、④流下する細粒有機物を濾過して摂食する「濾過食者」、⑤他の水生昆虫や底生動物を捕食する「捕食者」。

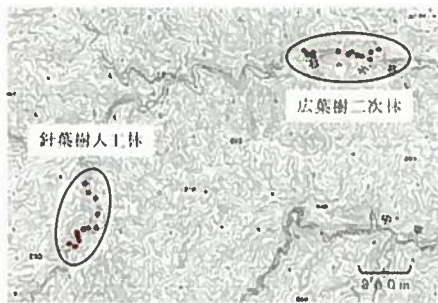


図4.6.1.調査地の位置
点は水生昆虫を採取したポイントを示す。

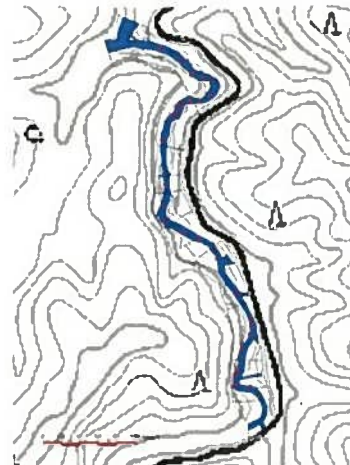


図-4.6.2.針葉樹人工林区間の全流域図
点は全天空写真を撮影した地点を示す

4.6.3.結果と考察

(1) 伐採直後の光環境および水生昆虫相の変化

伐採前(2009年9月)の針葉樹人工林区間の開空度は平均で1.5%であったが、伐採後の2010年11月には15.9%に上昇し、広葉樹二次林区間の値(15.3%)と同等になった(図4.6.3)。

人工林区間では伐採前の水生昆虫個体数が広葉樹二次林区間に比較して著しく少なかったが、伐採後1年

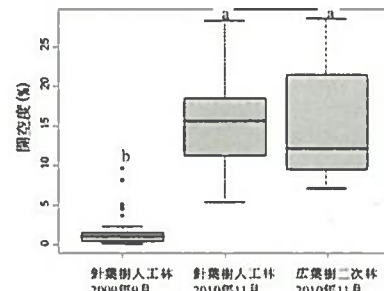


図4.6.3.各森林タイプにおける開空度(%)

間で広葉樹二次林区間と同等まで回復した（図 4.6.4）。広葉樹二次林区間では、季節変動と思われる個体数の増加・減少が認められたが、針葉樹人工林区間の水生昆虫の個体数変動は、季節変動とは異なる明らかな増加傾向を示した。個体数の増加傾向は捕食者以外の摂食機能群すべてで認められ、とくに堆積物収集者と剥ぎ取り食者で顕著であった。伐採前の個体数が極端に少なかった破砕食者でも、わずかながら個体数の増加があった。これらの増加には、林冠の疎開だけでなく、伐採直後に発生したスグリターの供給も影響していると考えられた。

また、種多様性も伐採翌年に増加する傾向が認められ、伐採翌年の 2010 年 4 月以降は、広葉樹二次林区間の種多様度と同等になった。これにも、針葉樹リター供給量の一時的な増加が影響していると考えられた（図 4.6.5）。

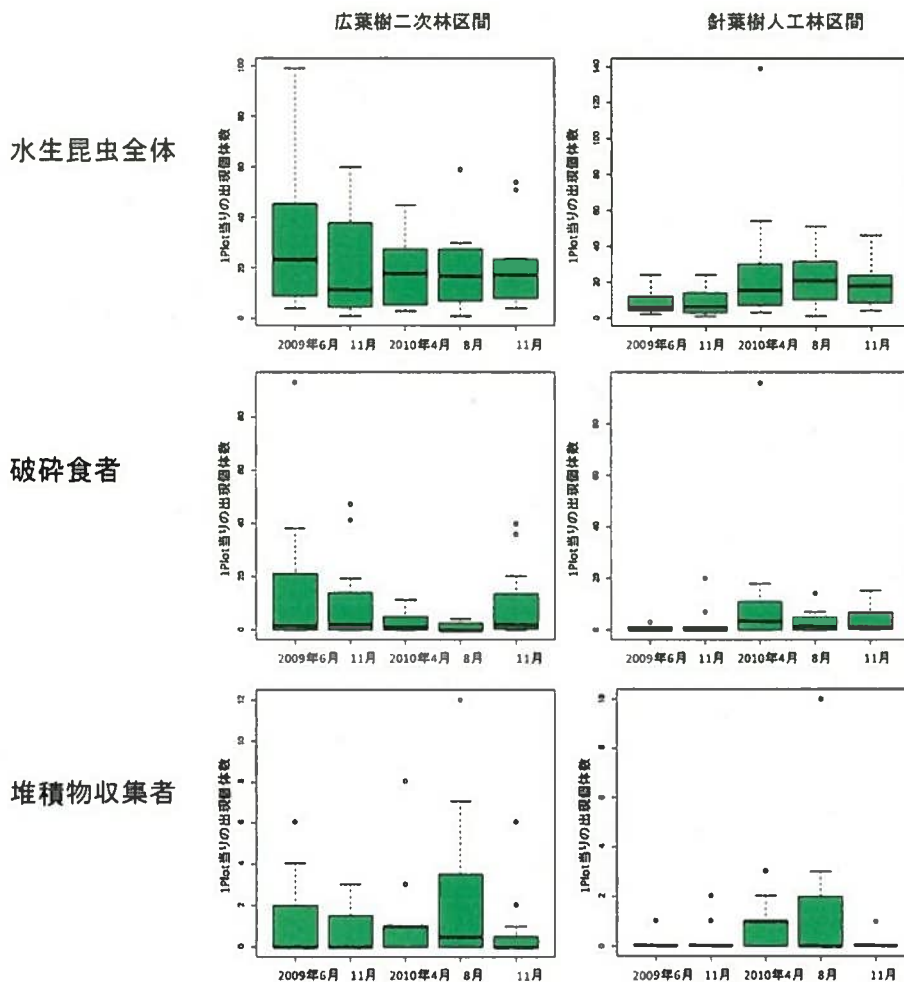


図4.6.4. 採集された水生昆虫の各サンプリング時期の1Plot当りの出現個体数

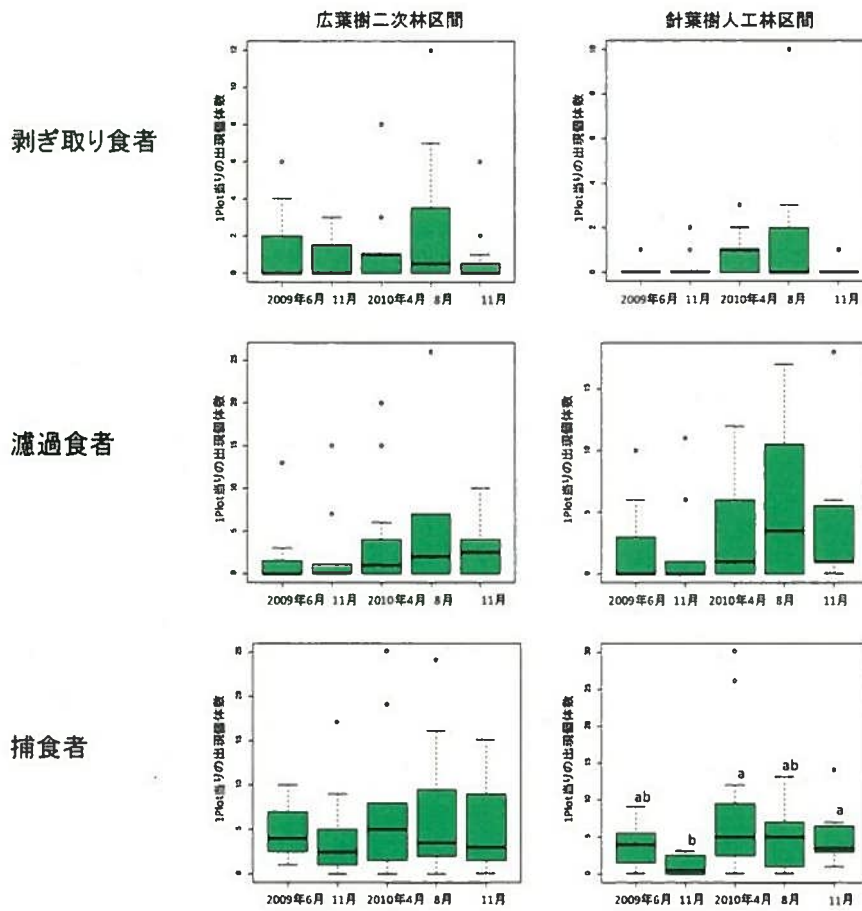


図4.6.4. 採集された水生昆虫の各サンプリング時期の1Plot当りの出現個体数(続き)

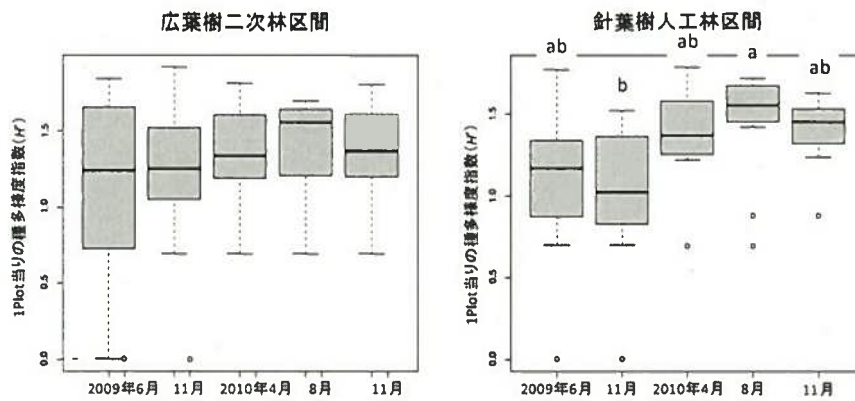


図4.6.5. 各サンプリング時期の1Plot当りの種多様度指数(H')

(2) 伐採3年後の光環境と水生昆虫相の豊富さおよび多様性

伐採3年後における伐採強度ごとの林冠開空度を決定樹分析で解析したところ、開空度 18.4%を閾値として、暗環境（伐採率 0%および 30%）と明環境（伐採率 70%および 100%）に区分された（図 4.5.6）。そこで、これ以降はこの閾値で区分した明環境と暗環境間で比較を行った。

伐採3年後には、伐採強度の高かった明環境で、暗環境に比べて水生昆虫の個体数（図 4.5.7）と種多様度（図 4.5.8）が高く、特に溪流内の淵部分で有意な差が見られた。これは堆積物収集者および剥ぎ取り食者の増加によるものであり、林冠疎開によって水中の藻類一次生産が増加したことによると推察された。

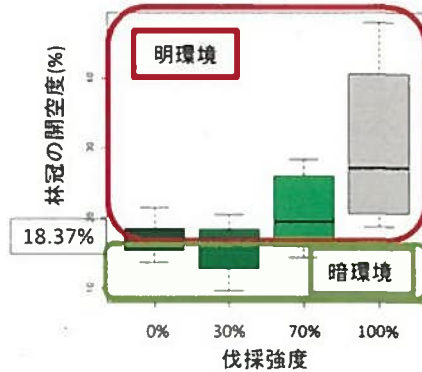


図4.5.6 人工林区間における伐採強度ごとの林冠開空度 開空度18.37%を閾値として明環境と暗環境を区分した。

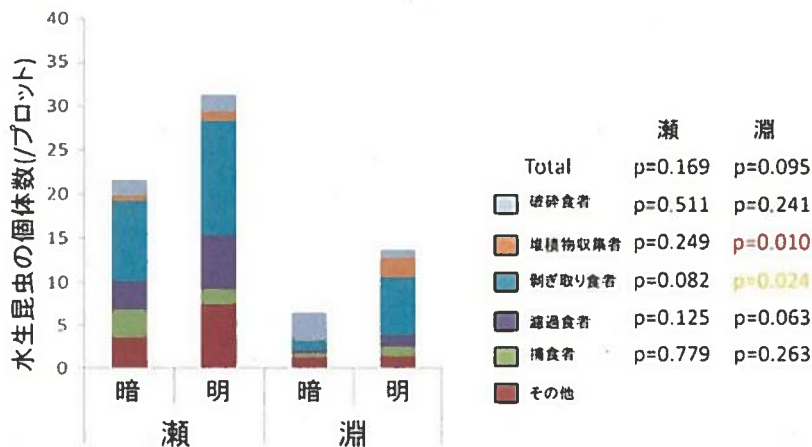


図4.5.7. 人工林区間の瀬・淵の明・暗環境における水生昆虫の個体数と明・暗環境間差の有意水準

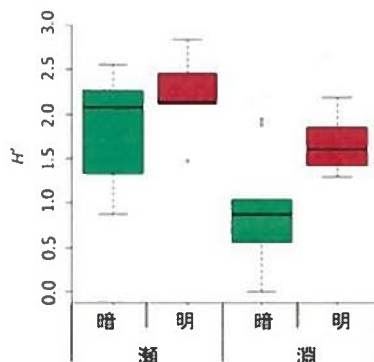


図4.5.8. 人工林区間の瀬・淵の明・暗環境における種多様性指数H'の比較

(3) まとめ

以上の結果から、溪畔域の針葉樹の部分伐採は水棲昆虫相の個体数増大および多様性の回復に効果があり、とくに淵部分での強度の伐採が有効であるといえる。また、伐採に伴い一時的に河川に供給されるスグリターも、水生昆虫の資源として一定の役割を果たしているといえる。しかし、剥ぎ取り食者にとっては、食物資源である藻類生産を阻害する要因ともなるため、河川全域をスグリターが覆うような状況は避けるべきであるといえる。

5. まとめ

本課題によって、以下のことが明らかとなった。

- ・暖温帯溪畔域では現存母樹が乏しい場合、上木の部分伐採や地表処理のみによって本来の天然生溪畔林へ誘導することは困難である。
- ・落葉性を主とする溪畔林構成種の更新には強度の伐採が必要と考えられ、種子源が比較的多い場合は林床処理によって本来の溪畔林への誘導を促進できる可能性がある。
- ・凶作の翌年の豊作など堅果被食率が低くなるケースでは、林地への枝条散布によりげっ歯類の貯食堅果からの更新を促進できる可能性がある。
- ・堅果の人工播種による更新は非常に困難であり、実施においては分散播種と被食防衛が必須である。
- ・人工林化による種多様度の低下は、溪畔域の中でも流路に近い微地形（低位段丘や河床付近の露岩部）で著しく、植生の総被度のような量的な衰退よりも多様度に代表される質的な劣化を引き起こしている。
- ・溪畔林の植物種多様性を回復させるためには、特定の微地形のみを対象としたり、一定の伐採強度のみを適用するのではなく、複数の微地形に対して異なる伐採強度を組み合わせ、伐採面をパッチ状に分散配置することが効果的である。
- ・溪畔域で水面上部が閉鎖した針葉樹人工林の部分伐採は、水棲昆虫相の個体数増大および種多様性の回復に効果があり、とくに淵を覆う林分での強度の伐採が有効である。

これらの成果は、あくまで短期的な調査に基づくものであり、樹木の生活史や森林の更新の時間スケールから考えると、極めて短期的な動態をとらえたに過ぎない。したがって、ここに提示した管理指針も、長期的にみて必ずしも確定的なものではない。今後、戦後の拡大造林地が伐期を迎え、主伐に伴う溪畔林再生事例も増加すると予想されることから、本試験地の長期モニタリングや他の事例分析も含めて、溪畔林再生という長期的な事業を順応的に進めるための知見を継続して収集していく必要がある。