

森林総合研究所
交付金プロジェクト研究 成果集 27

人と自然のふれあい機能向上を目的
とした里山の保全・利活用技術の開発

独立行政法人 森林総合研究所
2010. 3

序 文

地球温暖化防止などの環境保全に関わる機能、癒し効果や遊びの場としての機能など、森林に対する期待が高まっており、都市住民にとって身近な里山の保全活動が様々な形で進められるようになってきている。そこでは、森林の持つ多面的な機能を十分に引き出すための具体的方策がほとんど検討されないままに、「自然に任せるのが良い」という考え方が多くの人々に浸透しているのが現状である。しかし、今私たちが郷愁を感じる里山は、百年～数百年にわたって薪炭材や肥料の採取のために枝葉を頻繁に採取し、多くは15～30年の周期で伐採するなどの人手を加え続けてきた若い雑木林であった。ところが1950年代のエネルギー革命以降、薪炭材需要は激減し、そのため人の手が入らなくなった里山林は、樹木が大きく育って高林化し、我々がイメージする姿から大きく変わってしまった。また、マツ枯れやナラ枯れなどの流行病による集団枯死が広域で発生しており、里山林の存続が危惧されている。

里山林は、生物多様性維持などの環境保全機能や文化的価値および環境教育の観点から重視されるようになり、林業政策における里山林再生総合対策や新・生物多様性国家戦略における環境政策としての里地里山保全再生など、多様なプログラムが始まっている。その実行には、行政と地域や都市の住民、そしてNGO、NPO組織の連携が期待される。その中で、活動に取り組む住民や行政体から研究機関に対しては、里山を余暇や環境教育で活用するための情報や具体的プログラムの提供、社会的制度や手法に関する科学的根拠に基づいた提案が求められている。その要望に応えるには、里山林の管理放棄や高齢化といった現状を解析し、近年の里山保全活動の手法に対して生態学的観点から評価を行うと共に、望ましい手法を具体的に示す必要がある。また、里山の二次的なランドスケープは、人と自然の歴史的な相互作用の結果であるため、その理解には自然科学・社会科学双方のアプローチにより取り組む必要がある。

本プロジェクトは、自治体やNPOなどの市民への情報および技術提供を想定した里山の利活用手法の開発および環境教育システムの開発を目的とし、自然科学・社会科学双方の研究課題を設定して遂行した。目標は、(1) 里山林の保全と整備技術の開発 (2) 余暇や環境教育の場としての里山の利活用手法開発 (3) 里山林の保全・管理支援に必要な社会的な制度・方策の提案、の3項目である。これらの研究成果はすでに、ワークショップの開催や小冊子の発行などにより公表に努めてきた。

本書は、プロジェクト研究の成果報告書であり、最後に、研究成果をとりまとめた「里山保全に関する一般向け指針」や「現代版里山管理マニュアル」「森林での体験活動プログラム集」を作成した。広く関係者の参考に供する次第である。

平成22年3月

独立行政法人 森林総合研究所
理事長 鈴木和夫

研究課題：人と自然のふれあい機能向上を目的とした里山の保全・利活用技術の開発

目 次

研究の要約	1
第1章 里山林を保全するための森林整備技術	19
1. 里山林における植生変化の解析	19
2. 健康な次世代林の育成	55
第2章 里山林の生物多様性保全機能の解析と里山保全活動の評価	68
1. 薪炭林施業がもたらす生物多様性	68
2. 里山林の放置と下層植生管理がもたらす生物多様性	77
第3章 里山での環境教育機能活用技術の開発	97
1. 里山を利用した森林体験活動の抽出	97
2. 森林体験活動の類型化	100
3. 森林教育の概念整理	106
第4章 里山の保全・管理を支援するための社会的技法	109
1. 人と自然のふれあいのための里山資源の評価・診断	109
2. 里山保全活用制度・事業の体系的把握	116
3. 里山活動団体等の関与条件の解明	125
4. 地域に応じた里山管理の仕組みのための行動・支援フロー	131
第5章 成果の普及と今後の展開	132
1. 里山保全に関する一般向け指針の作成	132
2. 現代版里山管理マニュアル	146
3. 森林での体験活動プログラム集	148

研究の要約

I 研究年次及び予算区分

平成18～20年（3 か年）

運営費交付金（交付金プロジェクト）

II 主任研究者

主査	関西支所長	藤井智之
副主査	多摩森林科学園長	赤間亮夫
取りまとめ責任者	関西支所地域研究監	黒田慶子

III 研究場所

森林総合研究所 本所、多摩森林科学園、関西支所、九州支所

IV 研究目的

里山林については、環境保全機能等や環境教育（中央森林審議会答申、H11）の観点からの再認識と、維持管理の推進が打ち出されている（森林・林業白書、H16）。そして近年では、林業政策〔森林・林業基本計画（H13）、里山林再生総合対策（H16）〕から環境政策〔新・生物多様性国家戦略（H14）、自然再生推進法（H15）、里地里山保全再生モデル事業〕そして地方行政〔京都府共育の森づくり事業（H13）、美しい里山づくり21、近畿中国森林管理局（H14）〕まで、多様なプログラムが始まっている。このような動きの内容を集約すれば、里山を維持する目的としては、大きく分けて生物多様性の保全、景観や伝統的な生業など文化的価値の保全、そして環境教育的利用が挙げられる。そしてその実現手段としては、行政と地域や都市住民、そしてNGO、NPO組織の連携が重視されている。

このような状況の中で、活動に取り組む住民や行政体から、里山を余暇や環境教育などの目的で活用し、保全するための情報やプログラム、社会的制度・方策の整備が要望されている。また市民や行政体が、里山林の整備方法を適切に選択するための、情報や知識も必要となっている。

しかし、里山の余暇や環境教育のための利用法はまだ体系化されておらず、評価と改善も必要である。里山の保全についても、実践例の解析をとおして、より実効的な手法や施策を追求する必要がある。放置や高林化といった現行の管理選択肢については、造林学・生態学的な評価が必要である。そして、高林として保全のみでなく更新手法についても、生態学的情報を用いて再検討し改善しておく必要がある。

当研究プロジェクトに関連するこれまでの蓄積としては、多摩森林科学園では「環境教育林の手引き第二版」を出版し、園内のガイドツアーでの活用を開始している。また、総論的な里山研究としては、既往の研究のレビューを行い（深町ほか、1998；深町、2000）、里山の概念の多様性と歴史的変遷を明らかにした上で（例えば；深町・奥、2002）、生業のための利用に重点をおいた定義を提案している。また、里山の二次的なランドスケープは、人と自然の歴史的な相互作用の結果であるため（例えばFukamachi & Oku, 2002）、その理解には自然科学・社会科学双方のアプローチが必要であり、ゆえに地域研究から開始することが適切であることを示している（大

住，2003）。

本プロジェクトは、中期計画重点課題「森林の保健・レクリエーション機能等の活用技術の開発」の一環として、自治体などの行政サイドやNPOなどの市民への提供を想定した里山の利活用手法と環境教育システムの開発を目的とする。そのために、里山林の保全・整備技術を造林学・生態学的に開発するための自然科学分野での研究課題を設定するとともに、里山を利活用する手法を開発し、さらに保全・管理を支援するために必要な社会的な制度・方策を提案するための社会科学分野での研究課題を設定し、自然科学・社会科学双方の研究課題で取り組むこととした。なお、里山の様態とそれをとりまく状況は地域により多様である。具体的な利活用プログラムの試行を通しての手法の洗練を目指す当プロジェクトでは、将来の普遍化を意識しながら、まず、地域研究を基盤として遂行する。成果を目標に収斂させ、社会への還元を一層確かなものにするため、ワークショップの開催とマニュアルの発行を企画する。達成目標は次の3点とする。

- (1) 里山林の人と自然のふれあい機能を向上するための保全・整備技術を開発する。
- (2) 余暇や環境教育の場として里山を利活用する手法を開発する。
- (3) 地域社会と都市住民の連携による里山の保全・管理を支援するために必要な社会的な制度・方策を提案する。

V 研究方法

概要

里山の生物多様性保全機能を回復・創出するための森林利用技術を開発する。薪炭林時代と現在の放置された里山について、その生態系とそこでの生物多様性、生物間の相互作用の情報セットを構築し、それを利用した里山林の教育的利用技術を開発する。さらに、現在NPO等が行っている整備手法が、里山の生物多様性に与える影響を評価する。里山モデル林を整備し、その検証評価より適正な整備のあり方を提案する。

放置されている里山林を、健康で快適な空間として持続的に管理するための施業技術を開発する。森林整備を行っている里山林と放置された里山林について、その持続性、健全性を、林冠構成個体の更新・枯損過程および、里山林林内構成種の個体群動態より評価する。里山林管理手法の生態学的な知見に基づいた改良案を開発する。

里山の環境教育機能を活用するため、里山での環境教育活動を類型化する手法を開発する。里山での人と自然のふれあい機能を活用するための社会的な制度や方策を開発する。里山において人と自然のふれあい基盤を類型化し評価する手法を開発する。里山整備・利活用への住民や企業の関与を促進する条件を解明する。公的セクターによる里山林の整備・利活用促進制度導入の支援方策を開発する。

以上の成果をまとめ、自治体やNPO団体等ボランティアによる里山保全活動への啓蒙・指導書作成する。環境教育活動を類型区分し、それを元にして森林環境教育プログラム集を作成する。

第1章 里山林を保全するための森林整備技術

1. 里山林における植生変化の解析

- ・ ナラ類集団枯損の発生が里山林に与える影響を林分構造・動態の視点から明らかにし、立地環境や施業履歴との関係を解析した。また、ナラ類集団枯損後の林分構造の経年変化を推定した。

- ・ コナラ属を中心に人為攪乱下での個体の再生様式を明らかにする。その結果から、放置薪炭林の管理方法を策定した。
 - ・ 里山林構成植物の個体群構造を明らかにし、下層植生の繁殖に林分構造が及ぼす影響を明らかにした。下層植生の多様性、個体群構造および遺伝的構造を調査し、林床環境・林分構造との関係を明らかにした。
2. 新たな里山林の施業指針の提案
- 下層植生の生物多様性を長期的に維持できる林分構造・管理方法を提言した。里山林の伝統的な低林施業の改善あるいは代替案を提案し、教育、社会制度の課題と連携して里山維持のための指針を作成した。

第2章 里山の生物多様性保全機能の解析

1. 薪炭林施業がもたらす生物多様性

皆伐萌芽更新が続けられている薪炭林で、植物、鳥類、昆虫類の群集を調査する。対照として、隣接する 放置されたナラ・マツ林、でも同様の調査を行い、薪炭林施業の下での生物多様性の特徴を明らかにする。

2. 里山林の放置と下層植生管理がもたらす生物多様性

放置された旧薪炭林、および放置後に下層植生の刈り払いによる管理がなされた旧薪炭林で、植物、昆虫類の群集を比較調査し、植生管理の生物多様性保全効果を検証する。

第3章 里山での環境教育機能活用技術の開発

1. 里山を利用した森林体験活動の抽出

都市部から農山村部にかけて幅広い里山景観を含む地域を対象とし、学校教育、社会教育、行政、NPO等による森林体験活動の実態について予備調査を行った。予備調査の結果を受けてアンケート調査票を作成し、対象地域で森林体験活動を実施している可能性のある方々に、アンケート調査票を送付して回答を求めた。具体的な調査対象は、森林・林業関係者、学校教員、NPO等様々な立場（諸セクター）の方々である。アンケート調査の結果から地域における森林体験活動事例の活動内容や実施時期、日程など活動の要件ごとに共通点や特徴を整理した。

2. 森林体験活動の類型化

滋賀県大津市と東京都八王子市における森林体験活動の実態調査の結果から集約された 40 種の基礎プログラムを記したカードを、森林体験活動に臨む立場や目的に対するふさわしさを評価して、活動を仕分けするワークショップ式調査を考案した。調査対象者は、学校教育、社会教育、行政、NPO等様々な立場や目的を持つ実践者とした。ワークショップ調査の結果から、調査対象者の立場や目的にもっともふさわしいと評価された活動について、数量化Ⅲ類等により分析し、広範にわたる森林体験活動を俯瞰的にとらえる視点を探索した。

3. 森林教育の概念整理

里山を利用した森林体験活動の抽出及び森林体験活動の類型化の結果と文献資料等から、森林教育をとらえる概念、森林教育の近年の取組、森林教育の内容と特徴、森林教育の体験活動の要素に関する整理を行った。

第4章 里山の保全・管理を支援するための社会的技法

1. 里山資源の評価・診断

- ・文化庁監修「日本の文化的景観」をデータベースとして、里山域の資源となる景観構成要素を整理・類型化した。滋賀県旧志賀町域での類例を調査し、各要素について景観的特性、管理条件等についてインベントリ化を行った。代表的な構成要素について特性評価に基づき保全のための目標設定のモデルを提示した。
- ・里山資源の評価事例として、熊本市内の立田山においてデジタル化された森林区画とオルソフォトからオルソフォトマップを作成し、森林区画ごとの森林属性情報データベースとリンクした森林管理情報整備を行った。同マップを用いて構成要素の一つである草地について変遷を調査し、1967年、1982年、1987年の情報から草地であったと思われる箇所を抽出し、GIS、GPSを用いて、変遷と現在の状況を確認した。

2. 里山保全活用制度・事業の体系的把握

- ・各都道府県における里山保全、整備、活用に関する制度、事業を各自治体ホームページ内から検索した。また各自治体の例規集データベースから「里山」を含む法制度を抽出した。近畿2府4県については各市町村についても同様に法制度を抽出した。抽出された各制度事業を類型化し、自治体が担い得る保全利活用施策のメニューを構築した。市町村レベルの事業・制度については合併後のフォロー調査を行った。文献情報等からバイオマス利用の動向を調査・分析した。
- ・いくつかの既存保全施策について、里山保全に関わる事例を調査し、その有効性を検証した。自然公園制度については、ヨーロッパの保護地域との比較を行った。

3. 里山活動団体等の関与条件の解明

近畿圏内において里山保全のいくつかの取り組みを対象に参与観察調査を行うとともに、キーパーソンや参加者などに対する聞き取り調査を実施し、参加者・組織の里山保全への関与過程の把握を行った。

4. 地域に応じた里山管理の仕組みのための行動・支援フロー

以上の関与形成の条件と地域資源の特性評価、および行政施策の組合せによる、適切な里山の保全利活用を実践するためのフローを提案する。

第5章 成果の普及と今後の展開

1. 里山保全に関する一般向け指針の作成

シンポジウムおよび現地検討会を開催し、里山保全に関する一般向け指針を作成した。

2. 現代版里山管理マニュアル

本研究の成果から、自治体やNPO団体等ボランティアによる里山保全活動への啓蒙・指導書を発行した。

3. 森林での体験活動プログラム集

環境教育実践に関わる者を対象としたワークショップ式調査の結果から、森林体験活動を類型区分し、それを元に整理した森林環境教育プログラム集を作成した。

VI 研究結果

研究計画表

課題名	担当	期間
・ 里山林を保全するための森林整備技術の開発	関西支所生物被害研究グループ	H18～20
・ 里山の生物多様性保全機能の回復・創出のための地域住民参加型森林利用技術の開発	多摩森林科学園・教育的資源研究グループ	H18～19
・ 里山での環境教育機能活用技術の開発	多摩森林科学園・教育的資源研究グループ	H18～20
・ 里山の保全・管理を支援するための社会制度導入手法の開発	関西支所・森林資源管理研究グループ	H18～20

第1章 里山林を保全するための森林整備技術

1. 里山林における植生変化の解析

(1) ナラ類集団枯損が里山林に与える影響

京都市右京区京北および滋賀県高島市朽木の2ヶ所の広葉樹二次林においてナラ類集団枯損被害により林分構造がどのように変化したのかを調査した。京北調査地では、胸高断面積合計でもっとも優占していたのはソヨゴで、以下、イヌブナ・ミズナラ・コシアブラ・タムシバの順だった。ミズナラは半数を越える個体が枯死していたが、その枯損木を含めると、ミズナラの胸高断面積合計がもっとも多くなり、ナラ類集団枯損発生以前にはミズナラがもっとも優占していたことが推定された。ミズナラの枯損により発生したギャップで更新し、今後少なくとも短期的には林冠層で優占することが期待された樹種は、タムシバ・コシアブラ・イヌブナだった。マルバマンサク・ソヨゴも中層から下層で優占度が高まる可能性があることが予想された。朽木調査地では、コナラ・アカマツなどが優占していた。低木層ではソヨゴ・ネジキ・リョウブの割合が高く、これらの樹種が更新を阻害する可能性も考えられた。

(2) 里山林の過去60年の変遷

滋賀県高島市（旧朽木村）の里山林において、空中写真により過去の林相変化を明らかにすることを試みた。その結果、本林分では、戦中または終戦後まもなく大規模な森林伐採が行われ、その後に森林が回復してマツと広葉樹の混交林となったが、マツ枯れによって広葉樹二次林に移行したものと考えられた。このことは、人間活動の変化と病虫害が林相に大きな変化をもたらしていることを示すと考えられる。

(3) コナラ属などの人為攪乱下での個体の再生様式

短伐期管理のもとで個体の再生・更新に重要な役割を果たすと思われる、萌芽や種子生産についてのサイズ・年齢依存性を整理した。萌芽の十分な発生には強度の抜き伐りあるいは皆伐が適切であった。コナラは切り株の直径の増大と共に萌芽数は減り、株の死亡は増加した。したがって、コナラ林の放置・高齢化は、萌芽更新を困難にすると考えられた。コナラとナラガシワは、極めて若いうちから種子繁殖を開始し、母樹として機能するものと考えられた。

(4) 里山林構成植物の個体群構造、下層植生の多様性、遺伝的構造

コナラ二次林からの距離がスギ人工林の下層植生に及ぼす影響を推定した結果、進入距離が限られる種が数多く見られ、人工林面積が大きい地域など、種子源となるコナラ二次林から遠い林分では間伐や伐採後の放置によって広葉樹が更新しない可能性があることが示された。また、埋土種子よりも移入種子に高木種が多く含まれており、やはりコナラ二次林から散布される種子が多様性の維持に重要な役割を果たしている可能性が示唆された。

関西地域の里山林に分布する林床草本ミヤコアオイについて、個体群構造と遺伝的構造に及ぼすスギ・ヒノキ人工林化の影響を調べた。滋賀県志賀町の蓬萊山山麓に分布する28集団の繁殖過程と個体群の分布・構造を調査し、ミヤコアオイの出現頻度、種子生産量、新規加入ラメット数、ラメット増加率に森林タイプによる違いがあることを示した。この結果に基づいて、上層木が落葉広葉樹からスギ・ヒノキに変わるとミヤコアオイの繁殖量と個体群増加率が減少することを明らかにした。さらに、アイソザイム分析により、里山林の人工林化がミヤコアオイの遺伝的多様性を減少させることも明らかにした。これらの結果から、人工林率の高い地域・流域では、時間の経過とともにミヤコアオイ個体群が衰退していくことを示した。

2. 健康な次世代林の育成

(1) 新たな里山林の施業指針の提案

里山林における植生変化の解析およびコナラ林の更新に関する研究から、以下の知見が得られた。

- ・ 一旦ナラ枯れが発生すると、その後、放置しても高木の再生が遅滞する可能性が高い。
- ・ 放置や下層植生の管理のみでは、里山林の生物相は維持できない可能性がある。
- ・ 里山優占種であるコナラの萌芽更新は、大径化する前に行う必要がある。
- ・ 一方コナラは、若齢の低林管理でも、種子更新を行う能力を持つ。

ナラ類の集団枯損による森林構造の崩壊、大径化による萌芽更新能力の喪失などを回避し、里山林を持続的に保全するためには、放置あるいは、現在主流となっている公園型管理では十分ではない。再び低林に誘導し、萌芽更新により維持すべきである。

(2) 里山林の健康低下の主因となる流行病への対策

ナラ枯れ（糸状菌によるナラ類樹木の集団枯死）は、本州各地の里山林で被害量が増加し、被害地域が拡大している。前節「1. 里山林における植生変化の解析」の成果から、ナラ枯れが放置里山林で発生していること、集団枯死後の林分では高木種の更新が阻害される恐れがあることがわかり、里山林の健康低下の原因としてナラ枯れやマツ枯れ（マツ材線虫病）が大きな位置を占めることが判明した。健康な次世代林育成のためには、「健康の維持」を念頭に置いた里山林の施業を行うことが重要であるため、これらの流行病について総合的解説を行い、具体的な対処方法を示した。

第2章 里山の生物多様性保全機能の解析

1. 薪炭林施業がもたらす生物多様性

薪炭林の植物は林分タイプにより出現しやすい種があり、種数は林齢によって変化した。放置林では種数が少なく、放置後に管理が行われた林分では放置林と大きな差はなかった。薪炭林における繁殖期の鳥類の種数は、伐採1年後の林分では他の林齢／森林タイプと比べて少な

かった。伐採3年後の萌芽林では、非繁殖期には藪を好む冬鳥や漂鳥が増加し、繁殖期には樹冠を利用する鳥の種数が多くなった。林分タイプ間では、アリ類の種数に大きな違いはなかったが、種構成は大きく異なっていた。チョウ類とゴミムシ類は、伐採直後から伐採3年後までの薪炭林では草原性種が侵入して種数が多いことに加え、林齢とともに徐々に森林性種中心の生物相に置き換わるため、齢の異なる林分がモザイク的に集合する景観域全体では多くの種が生息し、多様度が高い。

管理されている萌芽林を対象として伐採方式と出現種数についてのシミュレーションを実行した。全区域を一括して伐採した場合には伐採直後に最も種数が多くなり、その後次第に種数が減少したが、小区画に分けて順番に伐採した場合は、ほぼ一定の種数を保っていた。伐採直後を除けば、後者の方が種数が多く、毎年一定区画を少しずつ伐採することにより、全体的な多様性が高い状態で維持されると予測された。

2. 里山林の放置と下層植生管理がもたらす生物多様性

放置林の下層植生を除去した再管理林では、放置林よりも植物の種数はやや多かったが、その差は小さかった。薪炭林としての利用停止後も林床の管理のみ継続して実施しているコナラ林では、放置林や近年になって下層植生を除去した再管理林より下層植生の種数がかなり多かった。また、機械によるササ刈りを実行している公園型の管理よりも、手作業で、刈り取り対象の選択も含む、刈り取りを行っているボランティアの管理の方が種数が増える傾向があった。放置林の下層植生を除去した再管理林のゴミムシ類では、森林性種の一部が消失していた。チョウ類は放置林と再管理林の間で種構成に大きな違いはなかった。一方、放置高齡林には、森林性種と生息場所選好性の幅の広い少数のgeneralistが生息する。下層植生のみを除去する高木林の生態系は放置林に類似するが、そこでは、陽性草本など草原的な生物相を含む多様性は回復しない上に、管理という攪乱によって安定環境を好む種が損なわれることもあり、generalistのみが残って群集構造が単純化する可能性もある。

第3章 里山での環境教育機能活用技術の開発

1. 里山を利用した森林体験活動の抽出

都市部から農山村部にかけて幅広い里山景観を含む地域である滋賀県大津市を、モデル地域に設定した。予備調査により森林体験活動を実施している可能性がある299主体を抽出し、森林体験活動の概要に関わる調査票を送付して郵送による回答を求めた。その結果、大津市内における森林体験活動事例は58主体による134活動であった。活動の特徴として、①天然林における活動に中学生以下が占める割合が高い。②「自然とのふれあい」では林種による差が見られないのに対し、「自然観察・学習」や「林業作業」では人工林、「観察や学習目的の採取」や「利用目的の採取」では雑木林、「スポーツ」では天然林における割合が比較的高い。③クラフト、スポーツ等中学生以下が占める割合の高い活動と、施設整備、林業作業等割合が低い活動があることがわかった。活動内容の組み合わせによるクラスター分析の結果、6タイプに分類できた。[自然とのふれあい]が多くのタイプで主要な活動となっているのに対し、[林業体験]はタイプ3の活動を単独で構成している。活動の実施主体が、タイプ4は幼稚園・保育園と社会教育施設、タイプ1は小学校、中学校、団体などと、活動内容の類型と実施主体の間に対応がみられた。活動の主な対象者はすべてのタイプで小学生であったが、タイプ4は小学

生と未就学児童が、またタイプ1では小学生と中学生が主な対象者であるなど、活動内容の類型と年齢期の間に対応がみられた。活動の主な利用森林にはすべてのタイプに雑木林が入っており、諸活動が雑木林を軸に展開している。その中で、タイプ3では人工林が多く利用され天然林の利用は少ない。このように、多様な種類の森林を利用するタイプと、活動の内容にあった森林を選択的に利用するタイプがあることが明らかになった。

2. 森林体験活動の類型化

アンケート調査により収集した368の活動事例を分類し、40の活動類型を得た。学校教育や森林・林業分野等において環境教育活動にかかわる360人（295組）を対象に、40の活動類型から活動に取り組む立場や目的にふさわしい活動を抽出するワークショップ式調査を行い、191の有効回答を得た。各回答においてふさわしいとされた活動を対象に数量化Ⅲ類による分析を行い、各活動のカテゴリースコアを平面上に布置した。第1軸に沿っては、自然に対する姿勢が能動的な活動から受動的な活動への序列がみられたことから第1軸は「活動姿勢」を示す軸と考えられた。第2軸に沿っては、ありのままの自然を対象とする活動から操作された自然を対象とする活動への序列がみられたことから、体験の質を示す「文化」軸であると考えられた。第3軸に沿っては、自然生態系を利用する活動から保全する活動への序列がみられたことから、「生態系配慮」を示す軸であると考えられた。第1軸×第3軸の平面上においては、森林教育の4要素と考えられる森林資源、自然環境、ふれあい、地域文化の内、森林資源、自然環境、ふれあいに該当する活動群が認められ、3要素が「活動姿勢」と「生態系配慮」によって類型区分されると考えられた。一方、第2軸に沿って質の異なる体験の序列がみられたことから、文化は体験の質の違いによってすべての活動に普遍的に認められ得る要素であると考えられた。

次に数量化Ⅲ類で得られたサンプルスコアの回答者の属性、立場、目的の平均値を求め平面上に布置した。属性においては小中学校教員や森林ボランティアが自然環境群を、林業者や森林・林業団体、林務公務者がふれあい群を志向していることがわかった。立場においては学校教育やNPO等市民が自然環境群を、森林・林業関係が森林資源群を、民間企業がふれあい群を志向していた。目的においては自然環境保全が自然環境群を、森林・林業普及が森林資源群を、青少年育成、健康増進がふれあい群を志向し、生活環境改善や地域活性化は森林資源群とふれあい群の中間に位置していることがわかった。

3. 森林教育の概念整理

学校教育、社会教育、行政やNPO等関係者による里山を活用した森林教育活動の実践や指導者養成の推進、発展の基礎となる森林教育の概念整理を行い、森林教育をとらえる概念、森林教育の近年の取り組み、森林教育の内容と特徴、森林教育の体験活動の要素についてまとめた。

第4章 里山の保全・管理を支援するための社会的技法

1. 人と自然のふれあいのための里山資源の評価・診断

（1）里山資源のインベントリの作成

里山域での文化的景観資源を体系的に把握するための一手法として、「農林水産業に関連する文化的景観の保護に関する調査研究」をもとに、景観構成要素を整理・類型化した。里山域の地域資源となる景観構成要素は33種類に整理・類型化でき、さらに、各要素について物理

的な景観特性や維持管理のための条件などとともにインベントリ化を行った事例を示した。

(2) 里山資源の保全目標選択

里山景観資源の代表的な構成要素について、保全生態学からのアナロジーにより目標設定のモデルを提示した。保全に使える限られた人的資源や経済的支援策を、より波及効果の高い部分に振り向けるための戦略的な方法論を構築して行くために活用できる。

(3) GISによる立田山での植生変遷の把握

里山資源の成立、維持に関わる履歴や変遷を明らかにするケーススタディとして、熊本市内の里山林である立田山を対象として、植生変遷のGISによる分析をおこなった。立田山では、戦後すぐまでは一帯に草地状の部分が広がっていた。1960年代にまだ草地であった箇所が多くは樹林化したが、現在広場などとして利用されているところも存在した。しかし、草地としての質は大きく変化しており、元々の草地に近い状況が確認できる箇所はわずかとなっていた。

2. 里山保全活用制度・事業の体系的把握

(1) 里山保全のための法律・条例・事業の把握

都道府県、および市町村の主要な里山関連条例等 23 事例の内容を分析したところ、6 タイプに区分できた。国レベルでは、近年の法改正によって様々な法律が里山の保全に対応しようとしており、やる気のある組織や自治体、NPO 等にきちんと意思決定の権限が与えられていることが共通していた。これらの条例等、および近畿圏内自治体の里山施策・事業からは、50 種以上の施策・事業メニューを見いだすことができた。参加の動機が広がっていくように、複数の動機付けに対応するようなメニューを組み込んでいくことが求められる。また、里山林を活用したバイオマス利用の動向については、依然ごくわずかな事例に留まっていた。

(2) 里山林利用・保全施策に対する自治体合併の影響

市町村レベルの事業・制度について市町村合併後のフォロー調査を行った。継続の仕方にはいくつかのタイプが見られたが、新自治体域全体に波及する例は少なく、継続されなかった事業・制度も多く見られた。

(3) 自然公園制度を活用した里山保全の課題と展望

東北各県を対象とした分析から、県によって自然公園に含まれる里山地域の面積には大きな差が見られることが明らかとなった。ヨーロッパのいくつかの国の保護区域制度では、農林業によって形成された景観や文化的価値の保護が中心的な目的となっている。これらの保護区では、地域農林業資源の持続的な利用について積極的に取り組んでいるほか、地域の持続的発展を公園の重要な目的の一つとして位置づけ、様々な取り組みを実施している。また公園の管理運営のために、国や州に加えて地域自治体などの関係主体が加わる組織が作られている。日本の自然公園が国あるいは都道府県が主導権を持つ制度であるのに対して、国や州と地方が一つの組織を構成しているヨーロッパの制度は、里山域の管理運営に有効であると評価できる。

3. 里山活動団体等の関与条件の解明

(1) 活動団体等のケーススタディ

既存の保全活動のケーススタディとして、京都府丹後半島の NPO 活動の事例、および箕面国有林の里山再生推進モデル事業を対象に調査を実施した。丹後半島の事例では、笹葺き民家の再生を通して里山林の林床管理をすすめるとともに、参加者が里山の資源利用を直接体験しながら学ぶ機会となっていた。箕面国有林の事例では、市民参加の中に適切なフィードバックを

計画と管理作業に与える仕組みがあることで、里山林の整備に対して順応的管理がなされていた。

(2) 関与継続のための条件

里山保全の取り組みにおける関係者の関与過程の分析から、継続的関与の条件を「教育・人間形成効果」「生活の質向上効果」「地域の基盤形成効果」「環境行動意欲」の4タイプに整理した。また、継続的に事業を実施している団体では複合的な関与の形態が見られた。里山保全への組織や個人の継続的関与には、これら4タイプの動機付けに代表されるようなプラスαの価値による動機付けが必要であることを、社会経済学的なモデル化によって示した。

4. 地域に応じた里山管理の仕組みのための行動・支援フロー

以上の成果と昨年度までの成果、および他の実施課題の成果をあわせ、「過去からの変遷も含めた資源の適切な評価」「動機付けを生み出す価値の探索」「関与者の動機を適切に支援する施策選択」を柱とした里山保全利活用のための行動・支援フローを作成した。

第5章 成果の普及と今後の展開

1. 里山保全に関する一般向け指針の作成

2008年10月28-29日に、シンポジウム「これからの里山の保全と活用：里山を健康に保つために何をすべきか」および本研究試験地（滋賀県高島市）と滋賀県湖西地域で現地検討会を開催した。その質問内容から、里山研究への期待が大きいこと、情報が正確に伝達されていないことがわかった。里山整備に関わるNPOや自治体職員には、手法や継続性、論理性に関して不安が認められた。シンポジウム会場での質問に対して里山保全の観点から回答を作成し、Q&Aとして関西支所のホームページに掲載した。

2. 現代版里山管理マニュアルの発行

本研究の第1、2、4章の成果をまとめ、自治体やNPO団体等ボランティアによる里山保全活動への啓蒙および指導書として、「里山に入る前に考えること－行政およびボランティア等による整備活動のために－」を発行した。

3. 森林での体験活動プログラム集

本プロジェクトにおける里山での環境教育機能活用技術の開発の成果として、森林での体験活動プログラム集「森林教育って何だろう？－森林での体験活動プログラム集－」を刊行した。このプログラム集は、里山地域等において森林や木にかかわる体験活動を実践している者や、活動に取り組みたいと考えている者に、森林教育をとらえる座標軸と目的に向けての道筋を提供するために作成したものである。その内容は、森林や木に関する幅広い教育活動である「森林教育」について、森林教育のとらえ方、基礎となるプログラム、プログラムを組み立てた実践例を紹介するものである。

VII 成果の利活用

1. 現代版里山整備の指針を出すための知見が得られた。作成した小冊子は地方自治体、NPO・ボランティア団体等に配布し、またセミナー講師やシンポジウムでの報告等で社会に還元する。現代版里山管理の実証については、トヨタ財団による研究助成を得たので、滋賀県大津市北部で住民と協働で実施する。また、後継の交付金プロジェクトの5年間で、住民を施業と次世代

育成の調査に組み込み、木質資源の利用を含めた実証試験を実施する予定である。経過を地方自治体に見える形で提示できれば、環境税の使用法や住民との協働について行政レベルの進展が期待できる。環境教育の場で、里山の成り立ちに関するプログラムを実施した（JSTの予算）。概要を指導マニュアル（小冊子）として発行し、また、実行課題「里山林における環境教育機能活用技術の開発」に提供した。

2. 里山地域において実践されている多様な活動に、改めて位置づけを与える成果が得られた。さらに、プログラム集においてそれを具体的に示すことによって、学校教育、社会教育、行政やNPO等による里山を活用した森林教育活動の実践や指導者養成の推進、発展に資する。既に秋田県の「森林環境教育指導者研修会（2008年8月）」、林野庁森林技術総合研修所の「森林総合利用研修（2008年10月）」、大阪教育大「フォーラム森林体験学習における大学の役割（2008年11月）」において、成果の一部を活用した研修等を実施しており、さらなる活用も期待できる。
3. 里山保全活用制度・事業の網羅的メニューおよび里山保全利活用のための行動・支援フローについては、行政的にも、また活動組織やコンサルタント等からも要望が強く、速やかに普及が可能である。

VIII 今後の問題点

今回得られた成果をもとにして実証試験を実施する際には、地域住民など「ひと」との関係が重要な軸となる。自治体やNPO、ボランティア等への成果の受け渡し方法の具体策はこれからの課題である。特に、ボランティア団体は知識のレベルがいろいろであること、誤った考え方が浸透している場合があり、研究機関が方向を誘導できるかどうか、未知の部分が多い。

森林における諸活動が幅広いセクターにより幅広い内容で行われている中で、属性や立場、目的によって志向する活動に偏りがあることや、自然環境、森林資源、ふれあいにまたがるプログラムや文化の志向が欠落していることから、これらを補完する新たなプログラムの必要性が明らかになった。この問題に対しては、平成20年度に開始した交付金プロ「都市近郊林の保全・利用のための生態系機能モニタリングを融合した環境教育活動モデルの開発」により自然環境と森林資源にまたがる環境教育プログラムを提示する予定である。また、体験の質を示す「文化」軸が抽出されたが、体験の質の文化としての議論はこれまでほとんどなされていない。持続可能な社会に向けて新たな文化の創出も必要と考えられることから、森林体験活動が有する文化の側面についても検討していく必要がある。

IX 研究発表

第1章

1. Ishida, K. (2006) Maintenance of inbreeding depression in a highly self-fertilizing tree, *Magnolia obovata* Thunb. *Evolutionary Ecology* 20, 173-191
2. 大住克博・石井敦子・島田卓哉（2006）アベマキの萌芽は実生よりもよく伸びる．日本森林学会大会学術講演集 117, E24
3. Kuroda, K., Ichihara, Y., Kanbara, Y., Inoue, T., Ogawa, A. (2006) Magnetic resonance micro-imaging of xylem sap distribution in tree stems. In "Tree sap III" Terasawa, M,

(Ed), Hokkaido Univ. Press, Sapporo, Japan, 149-160

4. 黒田慶子 (2006) 里山を守るには...最近のナラ枯れから学ぶこと, 森林総合研究所関西支所研究情報 80, 1
5. 山瀬敬太郎 (2006) 松枯れ跡地における異なる伐採強度下での構成樹木の再生様式. ランドスケープ研究 69(5), 487-490
6. 五十嵐哲也 (2007) 針葉樹人工林の下層植生に林分配置がおよぼす影響, 日本森林学会大会学術講演集 118, P3b37
7. 伊東宏樹 (2007) 銀閣寺山国有林における広葉樹二次林の 12 年間の変化, 森林総合研究所研究報告 6, 93-100
8. Osumi, K. and Ishii, A. (2007) Formation of oak-dominant "Satoyama" working forests under intensive human influences in Japan. International Conference on Forest and Woodland History. Woodland cultures in time and space; tales from past, messages for future, Thessaloniki, Greece, Abstracts 67
9. 大住克博・石井敦子 (2007) コナラのかくも多き萌芽. 日本森林学会学術講演集 118, 28
10. 大住克博・黒田慶子・衣浦晴生・高畑義啓 (2007) ナラ枯れの被害をどう減らすかー里山林を守るためにー. 森林総合研究所関西支所, 23pp
11. Kinuura, H. (2007) Control method of Japanese oak wilt using aggregation pheromone of *Platypus quercivorus* (Coleoptera, Platypodidae) FFPRI-APACE Satellite Symposium Chemical Ecology of Forest Insects
12. 衣浦晴生 (2007) 養菌性キクイムシの行動と樹木の健康ー微生物との巧妙な連携ー 生存圏シンポジウムー樹木の健康を診断するー, 要旨集 79
13. 黒田慶子 (2007) 病原体の侵入に対する樹木組織の反応ー発病の兆しを検出するー 第 79 回生存圏シンポジウムー樹木の健康を診断するー, 要旨集 23
14. 黒田慶子ほか (2007) 古都の里山健康調査ー千年の森と文化を守るにはー, JST 平成 19 年度地域科学技術理解増進活動推進事業
15. 高畑義啓 (2007) ナラはどのように枯れてゆくのか, 森林総合研究所関西支所年報 47
16. 伊東宏樹・大住克博・衣浦晴生・高畑義啓・黒田慶子 (2008) 滋賀県朽木のナラ類集団枯損被害林分の林分構造, 森林総合研究所研究報告, 7(3), 121-124
17. 大住克博 (2008) 里山林と人: 後は野となれ山となれとはいかぬが定め. 日本生態学会全国大会学術講演集 55, 143
18. 大住克博 (2008) 雑木林はいかにして雑木林となったのか. 森林技術 796, 34-38
19. 大住克博 (2008) 里山林の健康を回復させるにはー新しい施業技術の提案ー. 公開シンポジウム「これからの里山の保全と活用---里山を健康に保つために何をすべきか---」要旨
20. 大住克博・石井敦子 (2008) 比良山麓里山林におけるコナラ亜属 4 樹種の結実量の変動. 日本森林学会学術講演集 119, 550
21. 黒田慶子(編著) (2008) ナラ枯れと里山の健康, 林業改良普及双書№157, 全国林業改良普及協会. 166pp
22. 黒田慶子 (2008) 蝕まれる森林の健康, 月刊公明 2008(3), 48-54
23. 黒田慶子 (2008) シンポジウム『これからの里山の保全と活用』 話題 1. 里山の健康低下ーナ

ラ枯れから見えてきたことー 関西支所公開シンポジウム要旨

24. 黒田慶子・奥敬一（2008）里山の成り立ちを樹木の成長のしくみから理解する，JST 平成20年度地域科学技術理解増進活動推進事業
25. 高畑義啓・黒田慶子・伊東宏樹・大住克博（2008）滋賀県朽木におけるナラ類集団枯損と森林の変化，日本森林学会大会学術講演集 119，P2d04
26. 松井浩幸・石田清・岡崎純子（2008）人工林化が林床性植物に与える影響：ミヤコアオイの遺伝構造の解析，日本生態学会大会講演要旨集, 55, 419
27. 山瀬敬太郎（2008）常緑広葉植物量が里山管理 11 年後の群落構造に及ぼす影響．ランドスケープ研究 71(5), 535-538
28. 石田清（2009）林床草本ミヤコアオイの分布と繁殖に及ぼす上層木の影響，日本生態学会大会講演要旨集, 56, 381
29. 伊東宏樹・五十嵐哲也・衣浦晴生（2009）京都市京北地域におけるナラ類集団枯損による林分構造の変化 日本森林学会誌, 91(1), 15-20
30. 黒田慶子（2009）森林資源を上手に循環させて里山を保全する， 関西支所研究情報 91, 1
31. 黒田慶子（2009）ナラ枯れ増加から見えてきた「望ましい里山管理」の方向ー枯れる前に資源として使うー 森林技術, 809, 2-7
32. 黒田慶子（2009）ナラ枯れのメカニズムと里山の今後，林業と薬剤（印刷中）
33. 黒田慶子（2009）樹木医学の基礎講座 樹木講座 8：ナラ枯れと樹木の健康管理，樹木医学研究（印刷中）
34. 黒田慶子・奥敬一（2009）森林研究と自然学習のコラボレーション（1）コンセプトと活動事例，関西支所発行（JST 地球科学技術理解増進活動推進事業機関活動推進事業），23pp
35. 黒田慶子・奥敬一（2009）森林を利用した自然教育ーコンセプトと活動事例ー，森林総合研究所関西支所研究情報，92，3
36. 高畑義啓（2009）空中写真によるナラ枯れ発生林分の林相変化の把握，日本森林学会大会学術講演集，120，Pc1-37
37. 松井浩幸・石田清・濱口京子・岡崎純子（2009）アリ散布植物ミヤコアオイの種子散布：植生の違いは種子散布に影響を与えるのか？日本生態学会大会講演要旨集, 56, 294

第2章

1. 畑田彩・松本和馬（2006）ギフチョウ幼虫は旧葉でも正常に成長できるのか？ Part 2. 日本昆虫学会大会講演要旨集，66，43
2. 松本和馬（2006）森林総合研究所多摩試験地および東京都立桜ヶ丘公園のチョウ類群集．日本環境動物昆虫学会年次大会研究発表要旨集，18，52
3. 松本和馬（2006）ギフチョウ低密度個体群の空間構造と個体群パラメータの推定．森林野生動物研究会誌，(32)，38-46
4. Hatada, A., K. Matsumoto (2007) Survivorship and growth in the larvae of *Luehdorfia japonica* feeding on old leaves of *Asarum megacalyx*. Entomological Science, 10, 307-314
5. 畑田彩・松本和馬（2007）ギフチョウ幼虫は旧葉でも正常に成長できるのか？ Part 3・完

- 結編. 日本昆虫学会大会講演要旨集, 67, 33
6. 畑田彩・松本和馬 (2007) 新潟県十日町市松之山地域におけるギフチョウの生態. 日本昆虫学会大会講演要旨集, 67, 106
 7. 伊東宏樹 (2007) 銀閣寺山国有林における広葉樹二次林の 12 年間の変化. 森林総合研究所研究報告, 6, 93-100
 8. 松本和馬 (2007) 都立七生公園と東京農工大 FM 多摩丘陵のゴミムシ相. 日本環境動物昆虫学会年次大会要旨集, 19, 17
 9. 西中康明・日野輝明・松本和馬・石井実 (2007) 兵庫県猪名川町の里山林におけるチョウ類の群集構造と種多様性. 日本昆虫学会大会講演要旨集, 67, 71
 10. 山本成三・田村典子 (2007) 亜熱帯産外来種クリハラリスの活動に及ぼす冬期温度の影響. 森林野生動物研究会誌 (32), 16-19
 11. Hatada, A., K. Matsumoto (2008) Effect of vegetation coverage on oviposition by *Luehdorfia japonica* (Lepidoptera: Papilionidae). J. For. Res., 13, 96-100
 12. 畑田彩・松本和馬 (2008) 植生被度がギフチョウの産卵率に与える影響. 日本森林学会大会学術講演集, 119, P2a32 (CD)
 13. 畑田彩・松本和馬 (2008) 十日町市松之山におけるギフチョウの個体群動態 1. 産卵数と幼虫生存率の年次変化. 日本昆虫学会大会講演要旨集, 68, 64
 14. 日野輝明・西中康明・斉藤三郎・阿部晃久・新妻靖章・伊東宏樹・松本和馬 (2008) 薪炭林施業は里山の生物多様性を高める, 日本生態学会大会講演要旨集, 55, 207
 15. 日野輝明 (2008) 薪炭林管理は冬に里山の鳥の多様性を高める, 2008 年度日本鳥学会大会講演要旨集, 102
 16. 近藤慶一・阿部晃久・新妻靖章・日野輝明 (2008) 里山林管理がオサムシ科甲虫の多様性を高めるか? 日本生態学会大会講演要旨集, 55, 473
 17. 松本和馬 (2008) 森林総合研究所赤沼試験地のゴミムシ類群集. 森林野生動物研究会誌, (33), 25-33
 18. 松本和馬 (2008) 東京都多摩市の森林総合研究所多摩試験地および都立桜ヶ丘公園のチョウ類群集と森林環境の評価. 環動昆, 19, 1-16
 19. 松本和馬 (2008) 里山林の管理とゴミムシ類群集の多様性. 昆虫と自然, 43(11), 20-26
 20. 松本和馬 (2008) 神奈川県大磯町「高麗山の自然林」のゴミムシ類群集. 環境動物昆虫学会創立 20 周年記念大会要旨集, 15
 21. 松本和馬 (2008) 都立七生公園と東京農工大 FM 多摩丘陵のチョウ類相. 森林野生動物研究会大会資料, 40, 8
 22. 松本和馬 (2008) 放置里山林の植生管理はゴミムシとチョウの群集構造にどう影響するか? 日本環境動物昆虫学会創立 20 周年記念大会要旨集, 60 および配賦資料
 23. 松本和馬・畑田彩 (2008) 十日町市松之山におけるギフチョウの個体群動態 2. 成虫個体群の年次変化. 日本昆虫学会大会講演要旨集, 68, 64
 24. 西中康明・松本和馬・日野輝明・石井実 (2008) 北摂地法における人為的攪乱と蝶類の群集構造および種多様性との関係. 日本環境動物昆虫学会年次大会要旨集, 20, 12
 25. 島田和則・勝木俊雄・岩本宏二郎・齊藤修 (2008) 東京都多摩地方南西部におけるコナラ・

- クスギ二次林の群落構造および種数の管理形態による差異. 植生学会, 25, 1-12
26. 伊東宏樹・五十嵐哲也・衣浦晴生 (2009) 京都市京北地域におけるナラ類集団枯損による林分構造の変化. 日本森林学会誌, 91, 15-20
 27. 松本和馬 (2009) 人が変える虫の世界. 山林, (1500), 152-155
 28. 松本和馬 (2009) 里山昆虫の多様性と植生管理の関係. 石川の里山生物多様性保全再生事業推進協議会「里山の生物多様性を考えるワークショップ」(講演)
 29. 松本和馬 (2009) 里山林の植生管理と生物多様性. 「森林と市民を結ぶ全国の集い 2009 in Tokyo」 第2分科会「生物多様性を育む森林づくり」(講演)
 30. 松本和馬 (2009) 神奈川県大磯町高麗山の照葉樹林のゴミムシ類群集. 森林野生動物研究会誌, (34), 44-47
 31. 松本和馬 (2009) 東京都農工大学 Field Museum 多摩丘陵および都立七生公園のゴミムシ類群集と森林植生の管理. 環動昆, 20, 115-125
 32. 松本和馬 (2009) チョウとゴミムシから見た多摩の里山林の植生管理. 日本昆虫学会大会講演要旨集, 69, 101
 33. 松本和馬・斉藤三郎・日野輝明・阿部晃久・新妻靖章 (2009) 薪炭林施業が行われている里山林のゴミムシ類群集. 日本応用動物昆虫学会大会講演要旨集, 53, 192
 34. 島田和則・勝木俊雄 (2009) 人工林の気象害跡地における微地形に対応した森林群落の再生過程, 森林立地, 51, (印刷中)
 35. 吉村真由美 (2009) 温暖帯における薪炭林施業によるアリ群集への影響. 日本生態学会大会講演要旨集, 56, PC1-374
 36. Yoshimura M. (2009) Impact of secondary forest management on ant species composition in the temperate region in Japan. Journal of Insect Conservation, 13, 563-568
 37. 伊東宏樹・日野輝明・佐久間大輔 (投稿中) 兵庫県猪名川町の二次林の林分構造および林床植生, 森林総合研究所報告
 38. 西中康明・松本和馬・日野輝明・石井 実 (投稿中) 伝統的な薪炭林利用がチョウ類の群集構造と種多様性に与える影響, 蝶と蛾

第3章

1. 井上真理子・大石康彦 (2006) 林学, 森林科学における森林環境教育に関する研究の変遷, 日本森林科学会大会学術講演集, 117, K23
2. 大石康彦・井上真理子 (2006) 自然体験活動における場や素材としての森林ー実践現場における森林の利用実態ー, 日本野外教育学会第9回大会プログラム・研究発表抄録集: 62-63
3. 大石康彦 (2007) 森林教育のひろがり, 森林科学 49: 4-5
4. 井上真理子 (2007) 森林教育の軌跡, 森林科学 49: 28-29
5. 大石康彦・井上真理子 (2007) 里山地域における森林体験活動の現状ー広範なセクターを対象とするアンケート調査結果からー, 日本森林科学会大会学術講演集, 118, A18
6. 井上真理子・大石康彦 (2007) 森林教育が含む教育内容と定義に関する分析, 日本森林科学会大会学術講演集, 118, A20

7. 大石康彦・井上真理子（2007）里山地域における環境教育活動の実態－アンケートによる森林体験活動調査から，日本環境教育学会第 18 回大会（鳥取）研究発表要旨集：205
8. 井上真理子・大石康彦（2007）森林教育活動の指導者養成プログラムの開発－プログラムの企画・立案と指導者体験を通して－，日本環境教育学会第 18 回大会（鳥取）研究発表要旨集：194
9. 大石康彦・井上真理子（2007）里山における森林体験活動にみられる野外教育の実態－野外教育の in·about·for に沿った検討から－，日本野外教育学会第 10 回大会プログラム・研究発表抄録集：70-71
10. 井上真理子・大石康彦（2008）義務教育における森林教育の内容と目的の変遷，日本森林学会大会学術講演集，119，M08
11. 大石康彦・井上真理子（2008）ESD を推進する視点からみた森林体験活動，日本森林学会大会学術講演集，119，M20
12. 井上真理子・大石康彦（2008）森林教育の内容と野外教育との関わり，日本野外教育学会第 11 回大会プログラム・研究発表抄録集：28-29
13. 大石康彦・井上真理子（2008）学校教育における森林体験活動と森林セクターの役割，日本森林学会関東支部大会学術講演集，60，17
14. 大石康彦・井上真理子（2008）諸セクターが考える森林体験の適否，日本森林学会大会学術講演集，120，J23
15. 大石康彦・井上真理子 森林教育、森林大百科、朝倉書店（印刷中）
16. 井上真理子・大石康彦 森林教育が内包する内容の分類、日本森林学会誌（印刷中）

第 4 章

1. 木村栄理子・深町加津枝・奥敬一・柴田昌三・古田裕三（2007）嵯峨嵐山における竹林景観の実態と景観保全施策に関する研究，ランドスケープ研究，70(5)，605-610
2. 堀内美緒・深町加津枝・奥敬一・森本幸裕（2007）明治後期から大正期の滋賀県西部の里山ランドスケープにおける山林資源利用の変化，ランドスケープ研究，70(5)，563-568
3. 三好岩生・深町加津枝・大岸万里子・奥敬一（2007）丹後半島山間地の 2 集落における地形的要因からみた水利用形態と景観形成，ランドスケープ研究，70(5)，683-688
4. 堀内美緒・奥敬一（2007）比良山地東麓におけるクルマによる運搬方法と山林利用，民具研究，136,1-12
5. 大岸万里子・深町加津枝・奥敬一・三好岩生・柴田昌三（2007）宮津市上世屋地区における棚田保全に向けた関係者の連携に関する研究，農村計画学会誌 26 論文特集号，263-268
6. 松島洋介・奥敬一・深町加津枝・堀内美緒・森本幸裕（2008）琵琶湖西岸の里山地域における地元住民と移住住民の景観認識の比較，ランドスケープ研究，71(5)，741-746
7. 奥敬一（2008）環境に対する行動・心理・生理，ランドスケープ研究，72(1)，47-52
8. 水島真・深町加津枝・三好岩生・奥敬一（2008）琵琶湖西岸の小河川における砂防整備に応じた植物種組成に関する研究，環境情報科学論文集，22,163-168
9. 堀内美緒・深町加津枝・奥敬一・岡田加奈子（2009）滋賀県西部の農村集落における昭和前期の子どもの遊びを通じた自然資源と空間の利用，ランドスケープ研究，72(5)，673-678

10. 奥敬一・多田弘之・中田茂己（2006）箕面国有林における市民参加を通じた里山再生推進モデル事業，日本林学会大会学術講演集，117，144
11. Horiuchi, M., Fukamachi, K. Oku, H. and Terakawa, S. (2006) Reed community restoration projects involving Satoyama resources in the Lake Biwa area. Proceedings of the International Conference on Ecological Restoration in East Asia 2006, Osaka, 98
12. 齋藤和彦（2006）連携を分析する手法としての PCM 手法の有効性と限界，2006 年林業経済学会秋季大会
13. 奥敬一・松島洋介・堀内美緒・深町加津枝（2007）里山域における文化的景観資源インベントリ，日本林学会大会学術講演集 118，208
14. 奥敬一 Locality on Satoyama resource utilization; Traditional farmhouse told us the characteristics of Satoyama landscape Woodland Cultures in Time and Space: tales from the past, messages for the future, Abstracts:70 2007.9
15. 深町加津枝・奥敬一・三好岩生（2007）丹後半島山間部における NPO 活動による里山再生の動向，日本林学会大会学術講演集，118，207
16. 奥敬一（2008）文化景観保全の目標設定－保全生態学のアナロジーから考える－，日本林学会大会学術講演集，119，K14
17. 堀内美緒・奥敬一・深町加津枝（2009）森林利用の歴史と技術が作り出した森林景観の地域性，日本林学会大会学術講演集，120，J09
18. 柿澤宏昭・齋藤和彦・山本信次（2006）自然保護・市民参加論選著解題，林業経済研究の論点－50 年の歩みから－（林業経済学会編），517-520，J-FIC
19. 奥敬一・香川隆英・田中伸彦（2007）魅力ある森林景観づくりガイド ツーリズム，森林セラピー，環境教育のために，273pp，全林協
20. 齋藤和彦（2006）立場の異なる人や組織が連携する仕組みと条件を探る，森林総合研究所関西支所研究情報，80,3
21. 八巻一成（2007）ドイツの自然公園－地域主体の公園運営－，国立公園，652,16-19
22. 八巻一成（2007）森林ツーリズム序論，山林，1480,54-61
23. 奥敬一・小川菜穂子（2007）ササやねの里 第一回 ササぶき民家の今，竹，100,10-11
24. 奥敬一・小川菜穂子（2007）ササやねの里 第二回 屋根を実際にふいてみる，竹，101,11-13
25. 奥敬一・小川菜穂子（2007）ササやねの里 第三回 ササぶき屋根で地域をいかす，竹，102,8-10
26. 八巻一成（2008）里山と自然公園，東北支研究情報，7(4)，1-4
27. 奥敬一（2008）琵琶湖よしよしプロジェクトと魚ののぼれる川づくり，第 3 回湖岸生態系保全・修復研究会「霞ヶ浦に学ぶ湖岸の生態系保全－琵琶湖の湖岸生態系の保全・再生に向けて－」記録集，51-56
28. 奥敬一（2008）京都府の里山林の現状と企業との里山づくり，平成 19 年度森林・林業基本対策推進事業 里山林再生戦略の確立に向けた基礎調査報告書（林野庁），99-108
29. 奥敬一（2008）文化景観としての森林を考える，森林技術，794,24-25
30. 八巻一成（2008）森林環境資源の利用と保全をめぐる諸課題，森林技術，794,18-19
31. 八巻一成（2008）国立公園管理と協働，森林科学，53,23-26

32. 齋藤和彦（2009）連載 森の記録 空中写真，関西支研究情報，90,4

33. 奥敬一（2009）里山林再生の先進的な取り組みについてのヒアリング現地調査 滋賀県近江八幡市白王地区の事例，平成 20 年度森林・林業基本対策推進事業 里山林再生戦略の確立に向けた基礎調査，70-77

第 5 章

1. 黒田慶子・大住克博・奥 敬一・衣浦晴生・高畑義啓・伊東宏樹・松本和馬（2009）里山に入る前に考えることー行政およびボランティア等による整備活動のためにー，森林総合研究所，37pp
2. 黒田慶子・大住克博・奥 敬一・衣浦晴生・高畑義啓・伊東宏樹・松本和馬（2009）里山資源の積極的利用で，健康な次世代里山を再生する，平成 21 年度版研究成果選集，森林総合研究所，30-31
3. 黒田慶子・大住克博・奥 敬一・衣浦晴生・高畑義啓・伊東宏樹・松本和馬（2009）里山林の積極的利用で健全な里山を作る，第 7 回環境研究機関連絡会成果発表会ポスター展示，環境研究機関連絡会
4. 黒田慶子・衣浦晴生・伊東宏樹（2010）健康な里山林の復活を目指した現代版里山利用システム，テーマ別シンポジウム「現代版の里山利用システムを作るささやかな試み」，第 121 回日本森林学会（発表予定）

X 研究担当者

第 1 章

黒田慶子（関西支所地域研究監）、高畑義啓・衣浦晴生（関西支所生物被害 G）、大住克博・石田清・五十嵐哲也（関西支所森林生態 G）、伊東宏樹（多摩森林科学園生態管理情報 T 長）

第 2 章

松本和馬（森林昆虫研究領域昆虫生態研究室長）、勝木俊雄（森林植生研究領域群落動態研）、島田和則（気象環境研究領域気象害・防災林研）、伊東宏樹（多摩森林科学園生態管理情報 T 長）、岩本宏二郎（多摩森林科学園教育的資源 G）、日野輝明（関西支所野生鳥獣類管理 T 長）、吉村真由美（関西支所生物多様性 G）

第 3 章

大石康彦（多摩森林科学園教育的資源研究 G 長）、井上真理子（多摩森林科学園教育的資源 G）

第 4 章

奥敬一・齋藤和彦・田中邦宏・田中亘（関西支所森林資源管理 G）、野田巖（関西支所森林資源管理 G 長）、岡裕泰（林業経営・政策領域林業システム研究室長）、八巻一成（東北支所森林資源管理 G 長）、近藤洋史（九州支所森林資源管理 G）

第 5 章

黒田慶子（関西支所地域研究監）、高畑義啓・衣浦晴生（関西支所生物被害 G）、大住克博（関西支所森林生態 G）、伊東宏樹（多摩森林科学園生態管理情報 T 長）、松本和馬（森林昆虫研究領域昆虫生態研究室長）、奥敬一（関西支所森林資源管理 G）、大石康彦（多摩森林科学園教育的資源研究 G 長）、井上真理子（多摩森林科学園教育的資源 G）

第1章 里山林を保全するための森林整備技術

1. 里山林における植生変化の解析

里山はかつて短伐期の薪炭林施業や採草によって維持され、30年生以下のアカマツ林やコナラ林と草地のモザイク構造をなしていた。この構造は燃料革命や松枯れ、拡大造林によって変化し、現在では40年生以上の広葉樹二次林と針葉樹人工林が主体となっている。そのため景観や動植物相に変化が生じているが、さらに以下のような問題が顕在化してきた。

- ・ 旧薪炭林は高齢化により萌芽能力が低下しつつある。
- ・ 下層植生の繁茂により種子更新も困難になっている。
- ・ 関西地域では松枯れの後を追ってナラ類の集団枯死(図 1-1)が年々拡大しつつあり、コナラ属の優占する里山林が急激に変化し始めている。
- ・ 明るい林床環境に適応した下層構成種の個体群が衰退しつつあり、今後、生物多様性が減少する可能性が高い。

このような里山を、余暇や環境教育の場として利用するために整備し再生していこうという試みは、ボランティア団体や行政の連携によって盛んに行われている。その場合の整備手法は、高林化しつつ低木・草本層を刈り払うというのが主流である。しかし、それらの整備手法は、その招来する結果を十分検証して確立されたものではなく、暫定的に導入されたものである。したがって、構成樹種個体群や林内植生の安定性・持続性に及ぼす影響を評価する必要がある。また関西地方では、集団的な病虫害の発生により里山林の持続が危惧されており、今後の持続・再生手法について、最新の生態学的研究情報に基づいて検討する必要がある。



図 1-1 ナラ枯れ(ナラ類の集団枯死)

赤く見える部分(矢印)は当年に枯死したミズナラ。
滋賀県大津市, 2008年8月12日撮影

(1) ナラ類集団枯損が里山林に与える影響

ア 研究目的

ナラ類集団枯損被害地の多くは放置された旧薪炭林である。そのような森林では、利用されなくなったミズナラやコナラが大径化していることが多いが、ナラ類集団枯損の被害を受けやすいのがそうした木であると指摘されている(小林・上田, 2005)。そのため、ミズナラやコナラの大径木が枯死した林分では林冠層の相当部分が枯死している可能性も考えられる。この結果、森林の公益的機能に影響がおよぶこともあると予想される。実際、松枯れ被害林分においては、被害発生後に水流出量が急増したり(阿部・谷, 1985)、あるいは斜面崩壊が発生した例(中根, 2000)が知られている。また、特に都市近郊の旧薪炭林については、生物多様性の保全、風景の維持、

余暇・教育活動の場などといった機能が注目されるようになってきているが(大住・深町, 2001)、その面についての影響も大きいものと予想される。

一方、森林の遷移という観点から見た場合、枯損被害地でもそのまま放置が続けば、いずれは遷移後期種が優占する森林が成立すると一般には考えられるが、人為的影響により遷移後期種が稀になっている場合や、あるいは土地的条件などにより遷移が進行しにくい場合もありうる。松枯れ被害林分についてしてみると実際にこのような例が報告されている(山瀬, 1998; 森下・安藤, 2002)。

ナラ類集団枯損被害林分で森林の公益的機能が維持されているか、あるいは今後すみやかに遷移後期種の優占する安定した森林が成立するかなどといった問題に答えるためには、少なくとも現状の把握をおこなう必要がある。しかしながら、ナラ類集団枯損被害により森林構造にどのような変化があったのかを研究した例はこれまであまり多くない。本研究では、京都市右京区京北地区と滋賀県高島市朽木地区の2ヶ所において、ナラ類集団枯損被害林分の実態調査をおこない、どのような樹種・サイズについて枯損が発生しやすいか、ナラ類集団枯損により林分構造がどのように変化したかについて分析し、また林分構造が今後どのように変化するのかについても考察を加えた。

イ 研究方法

京都市右京区京北地区での調査

京都府の中部にある京都市右京区京北上弓削地区内の二次林(東経 135.633°, 北緯 35.242°)で実施した。調査地の標高はおよそ 480m~550m である。調査地からおよそ 8km 西北西に位置するアメダス美山観測所(東経 135.550°, 北緯 35.275°, 海拔 200m)における 2006 年の年平均気温は 13.1°C、年降水量は 1956mm であった。ナラ類の樹幹形の多くが萌芽更新したと思われたこと、および炭焼き窯跡と思われる地形が認められたことなどから、この森林は薪炭林として利用されていたものと考えられた。本調査地においてナラ類集団枯損被害は 2002 年から発生した(衣浦ら, 2006)。

2006 年、この調査地の南から北に向かって伸びる尾根上に、50m×10m および 110m×10m の 2 本のベルトトランセクトをほぼ連続して、南側から北側に向けて設置した。本地域においては、全体として南から北へナラ類集団枯損が進行したが、今回の調査地においても、ベルトトランセクト南端付近で発生しはじめ、北に進行していったと考えられる(衣浦晴生・小林正秀, 未発表)。カシノナガキクイムシは長距離的に分散することもあるものの、局所的には漸進的に分布を拡大させることが知られている(鎌田, 2002)。2006 年の段階では、2 本目のベルトの終端までカシノナガキクイムシによる穿入が進行していた。個体の根元位置がこのベルトトランセクト内にあり、樹高が胸高(1.3m)以上の生存している樹木について、樹種を同定し、個体の根元位置を記録し、胸高以上の各幹の樹高および胸高直径を測定した。ナラ類についてはさらに枯損木についても測定をおこなった。なお、本稿においては、根際を共有する幹の集団を個体と定義した。また、ナラ樹幹の枯死によってできたギャップそれぞれについて、ギャップ内で最も高かった樹幹をギャップ更新木(山本・田内, 1991)として抽出し、その頻度を求めた。ギャップ更新木には、根元がベルトトランセクトの外にある幹も含めた。

ベルト内の、樹高が胸高未満の稚樹について、(1)軸長が 50cm 以上 130cm 未満、(2)萌芽幹で

ある場合は、元の株とは地際で離れているもの、の2つの条件を満たすものを抽出し、樹種を同定のうえ、株や根際の形状などから萌芽由来であるか実生由来であるかを推定した。

ナラ類集団枯損幹については、既に梢端部が欠けていたり、幹折れを起こしているものもあったため、胸高直径 (D (cm)) から生存時の樹高 (H (m)) の推定をおこなった。この推定は、生残幹の D - H 曲線を求め、枯死木の胸高直径をこの曲線に当てはめることによりおこなった。ただし、測定値が推定値よりも高いときには、測定値をそのまま生存時の樹高として採用した。生存幹の D - H 曲線には、拡張相対成長式 (Ogawa et al., 1965; 荻野ら, 1967) $1/H=1/(AD^h)+1/H_{\max}$ を用い、Gauss-Newton 法による非線形回帰によりパラメータの当てはめをおこなった。

ナラ類の枯死に関する要因として、個体の位置とサイズの2つを仮定し、これらが実際に個体の枯死と関係があるのかを一般化線形モデル (GLM) を使用して解析した。この解析では、ベルトトランセクト長辺方向での個体の位置 (ベルトトランセクト原点からの距離; 単位 m) と、その個体に属する最大の樹幹の胸高直径 (単位 cm) とを説明変数とし、個体の生死 (生=1, 死=0) を目的変数として、誤差構造を二項分布、連結関数をロジットとする統計モデルを作成した。個体位置については、値が小さいほど南側、すなわちより前から被害が発生していた場所に位置することを意味する。

滋賀県高島市朽木での調査

滋賀県高島市朽木の二次林内に設定した調査区 (東経 135.919°, 北緯 35.337°) において実施した。この二次林では 2003 年ごろからナラ類集団枯損が確認されている。調査林分は、かつては薪炭林として利用されていたが、現在では高林化しており、この地域の旧薪炭林としては典型的なものであると考えられた。

2006 年 10 月、調査区内に次の3つの方形区を設置した。方形区 1 は、35×40m の大きさで、キャンプ場として利用されている林分内に設置した。レクリエーション利用のため一部低木の除伐が行われている。方形区 2 および 3 は、ともに 20×20m の大きさで、少なくとも近年は除伐が行われていない林分内に設置した。方形区 3 は、方形区 1 および 2 よりも斜面上方に位置する。3 方形区の面積の合計は 2200m² となる。

2006 年 10~11 月に、これらの方形区内の、胸高以上の高さをもつ樹幹を対象に毎木調査をおこない、樹高および胸高直径を測定した。枯死木、または伐倒された切り株についても可能な範囲で周囲長の測定をおこなった。方形区 1 については、比較的広い面積をとることができたので、樹幹位置の測定もおこなった。また、方形区 1 にあったコナラおよびアカマツの枯死木各 3 本から円盤を採取し、その年輪から樹齢を推定した。

ウ 結果

京北調査地の調査結果

ベルトトランセクト内の樹木の胸高断面積合計および個体密度、幹密度を表 1-1-1-1 にしめす。ベルト内では 38 樹種が確認された。胸高断面積合計は 36.45m²/ha、個体密度は 4225 個体/ha、幹密度は 7856.3 本/ha であった。胸高断面積合計でもっとも多かったのがソヨゴ (6.81m²/ha) で、以下、イヌブナ (5.01m²/ha)・ミズナラ (3.71m²/ha)・コシアブラ (3.45m²/ha)・タムシバ (3.35m²/ha) の順で、2.0m²/ha 以上の胸高断面積合計を有していたのは以上の 6 樹種だった。

ベルトトランセクト内にはミズナラの枯損木（全ての幹が枯死していた個体）が 31 個体（193.8 個体/ha）、生残木（少なくとも一部の幹が生残していた個体）が 21 個体（131.3 個体/ha）確認され、枯死個体の割合は 60%であった。幹数では、枯損幹が 39 本（243.8 本/ha）、生残幹が 27 本（168.8 本/ha）だった（表 1-1-1-1）。コナラについては、10 個体（62.5 個体/ha）の生残木が確認されたが、ベルトトランセクト内に枯損木は存在しなかった。ミズナラの枯損木はカシノナガキクイムシによる穿入を受けており、一連のナラ類集団枯損により枯死したものと推定された。

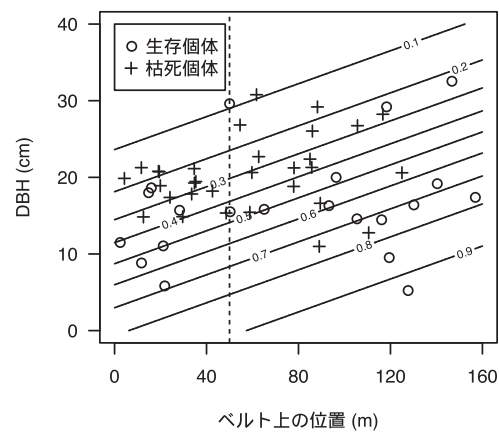


図 1-1-1-1 京北調査地における、ミズナラの生存個体および枯死個体のベルト上の位置（ベルト原点からの距離）および個体サイズ（個体内の最大の幹の胸高直径）
等高線は、GLM により予測された生存確率。点線はベルト 1 とベルト 2 との境界。

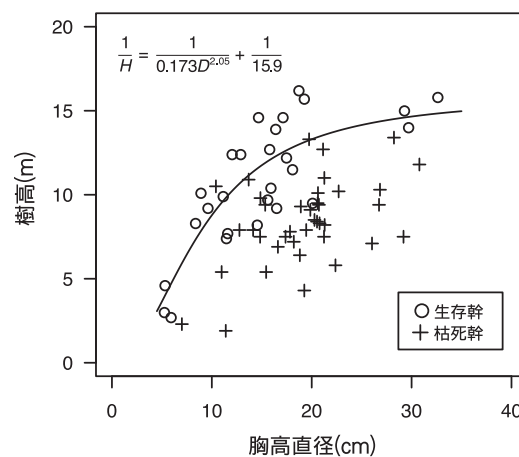


図 1-1-1-2 京北調査地における、ミズナラの生残幹および枯死幹の胸高直径と樹高の関係
曲線は、生残幹についての回帰曲線。

表 1-1-1-1 各樹種の胸高断面積合計および個体密度，幹密度

ミズナラの枯死胸高断面積合計および枯死幹密度には，生残個体に付属する枯死幹の値を含む。

和名	学名	胸高断面積合計 (m ² /ha)	個体密度 (個体/ha)	幹密度 (本/ha)
ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>	6.81	681.3	1293.8
イヌブナ	<i>Fagus japonica</i>	5.01	287.5	743.8
ミズナラ	<i>Quercus crispula</i>	3.71	131.3	168.8
コシアブラ	<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	3.45	193.8	225.0
タムシバ	<i>Magnolia salicifolia</i>	3.35	350.0	393.8
ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	1.97	287.5	743.8
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	1.93	62.5	75.0
コバノミツバツツジ	<i>Rhododendron reticulatum</i>	1.70	756.3	2131.3
マルバマンサク	<i>Hamamelis japonica</i> var. <i>obtusata</i>	1.74	175.0	487.5
アセビ	<i>Pieris japonica</i>	1.27	512.5	625.0
イヌシデ	<i>Carpinus tschonoskii</i>	0.85	25.0	25.0
リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>	0.80	150.0	187.5
モミ	<i>Abies firma</i>	0.62	43.8	43.8
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	0.55	6.3	6.3
ウラジロノキ	<i>Sorbus japonica</i>	0.34	87.5	112.5
クリ	<i>Castanea crenata</i>	0.32	12.5	12.5
アオハダ	<i>Ilex macropoda</i>	0.31	37.5	75.0
タカノツメ	<i>Evodiopanax innovans</i>	0.29	31.3	31.3
ツガ	<i>Tsuga sieboldii</i>	0.24	18.8	18.8
ホオノキ	<i>Magnolia obovata</i>	0.20	6.3	18.8
コハウチワカエデ	<i>Acer sieboldianum</i>	0.19	43.8	50.0
アカシデ	<i>Carpinus laxiflora</i>	0.18	12.5	18.8
ウラジロガシ	<i>Quercus salicina</i>	0.17	25.0	31.3
ウリカエデ	<i>Acer crataegifolium</i>	0.12	31.3	31.3
マルバアオダモ	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.10	50.0	50.0
ナツツバキ	<i>Stewartia pseudo-camellia</i>	0.06	25.0	31.3
シキミ	<i>Illicium anisatum</i>	0.05	62.5	75.0
ザイフリボク	<i>Amelanchier asiatica</i>	0.05	12.5	12.5
タンナサワフタギ	<i>Symplocos coreana</i>	0.03	12.5	25.0
ヤマウルシ	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.02	12.5	12.5
シラキ	<i>Sapium japonicum</i>	0.02	12.5	18.8
オオカメノキ	<i>Viburnum furcatum</i>	0.01	18.8	25.0
アズキナシ	<i>Sorbus alnifolia</i>	0.01	6.3	6.3
ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i>	0.01	6.3	6.3
ミヤマガマズミ	<i>Viburnum wrightii</i>	0.00	12.5	12.5
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	0.00	12.5	18.8
カマツカ	<i>Pourthiaea vilosa</i> var. <i>laevis</i>	0.00	6.3	6.3
ナンキンナナカマド	<i>Sorbus gracilis</i>	0.00	6.3	6.3
小計		36.44	4225.0	7856.3
ミズナラ枯死木	<i>Quercus crispula</i> (dead)	7.57	193.8	243.8
合計		44.01	4418.8	8100.0

ミズナラ枯死幹の胸高断面積合計は $7.57\text{m}^2/\text{ha}$ で、生残幹とあわせた胸高断面積合計は 11.28m^2 だった。ミズナラの枯死木の値を含めると全体の胸高断面積合計と個体密度、幹密度はそれぞれ $43.81\text{m}^2/\text{ha}$ 、 4418.8 個体/ha、 8100.0 本/ha となった（胸高断面積合計および幹密度の値には、生残個体に付属する枯死幹の値を含む）。

ミズナラについて、個体の生死と、位置およびサイズ（最大幹の胸高直径）との間に関係があるかを一般化線形モデルにより解析した結果、個体位置についての係数は 0.0159 （標準誤差 0.0079 ）で、個体サイズについての係数は -0.148 （標準誤差 0.060 ）でともに有意に 0 とは異なっていた（ともに $P < 0.05$ ）。切片は 1.29 （標準誤差 1.10 ）、残差デビアンスは 60.1 （自由度 49 ）、ヌルモデルとのデビアンス差は 10.1 であった。図 1-1-1-1 に、ベルト上の位置および胸高直径と、個体の生死および GLM により予測された生存確率との関係を示した。図の右下ほど、すなわちベルトトランセクトの原点から遠く、胸高直径が小さいほど生存確率が高いとの結果が得られた。

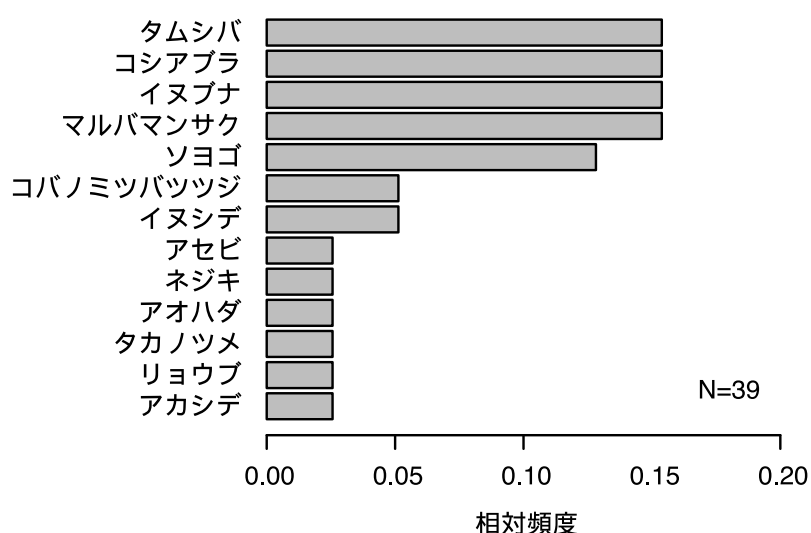


図 1-1-1-3 京北調査地における、ギャップ更新木の樹種の相対頻度分布

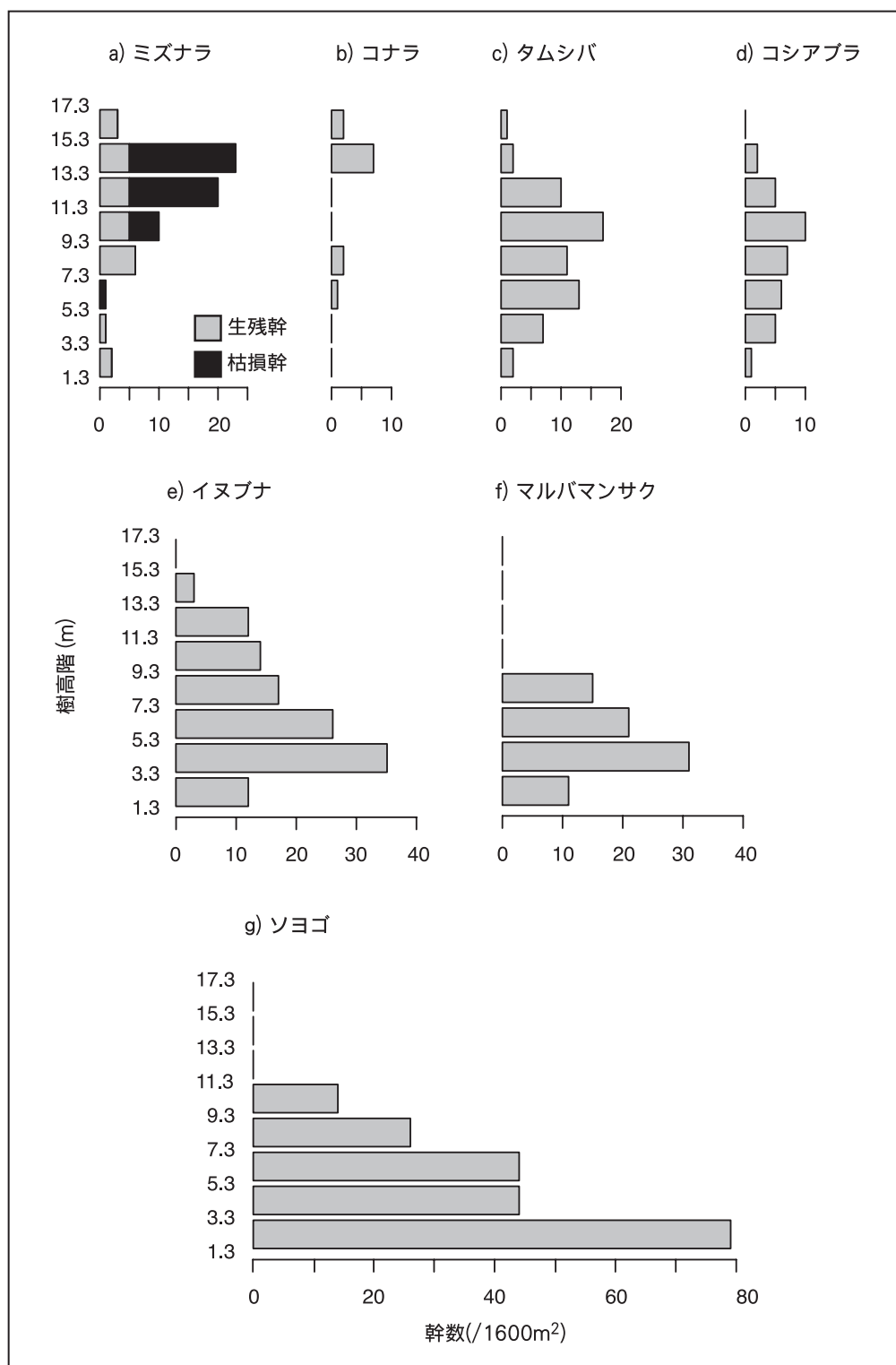


図 1-1-1-4 京北調査地における、ミズナラ・コナラと、ギャップ更新木の主要樹種の幹の樹高階分布

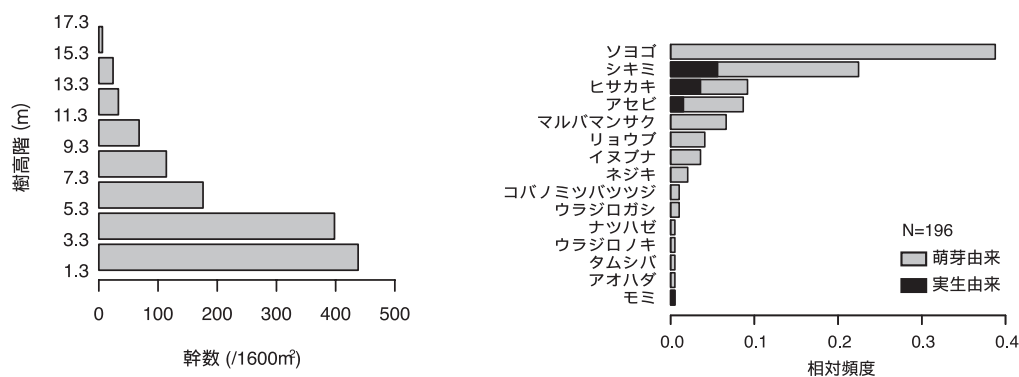


図 1-1-1-6 京北調査地における、稚樹として抽出された樹種の相対頻度分布

図 1-1-1-5 京北調査地における、全樹種を含めた幹の樹高階分布

ミズナラの生残幹と枯損幹の胸高直径-樹高関係を図 1-1-1-2 に示す。非線形回帰における残差の標準誤差は 2.1m であった。この回帰曲線から、ミズナラ類集団枯損木の生存時の樹高を推定した。回帰による予測値よりも実測値が大きかった枯損幹は 2 本であった。

ギャップ更新木の頻度分布を図 1-1-1-3 に示す。39 本のミズナラ類集団枯損幹に対応するギャップ更新木として 13 樹種が抽出されたが、そのうち頻度が高かったのはタムシバ・コシアブラ・イヌブナ・マルバマンサク・ソヨゴであった。これら樹種と、ミズナラ・コナラとについて幹の樹高階分布を図 1-1-1-4 に示した。13.3m 以上の樹高階には、生残木全体では 30 本の幹があり、そのうちの 8 本がミズナラであった。D-H 関係からの推定では、ナラ類集団枯損発生以前には、この樹高階にはさらに 18 本のミズナラの樹幹があったことが推定された。また、全樹種を含めた幹の樹高階分布を図 1-1-1-5 に示した。樹高 5.3m 未満の階層に数が多かったが、特に多かったのはコバノミツバツツジ (340 本) で、以下ソヨゴ (123 本)、アセビ (100 本) の順だった。

ベルト内で 196 本の稚樹が抽出された。抽出された稚樹の樹種の相対頻度分布を図 1-1-1-6 に示す。ソヨゴ (76 本) とシキミ (44 本) が多く、両者の合計で過半数に達していた。萌芽由来の稚樹と実生由来の稚樹の頻度を比較すると、前者が 174 本、後者が 22 本で、圧倒的に前者が多かった。

朽木調査地の調査結果

各方形区における生存幹の本数は方形区 1 で 113 本、方形区 2 で 119 本、方形区 3 で 168 本、合計 400 本であった。これを幹密度に換算するとそれぞれ、807 本/ha、2975 本/ha、4200 本/ha、全体では 1818 本/ha となる。方形区 1 において幹密度が低いのは、低木の除伐によるものと考えられる。方形区 1 の樹幹の分布を図 1-1-1-7 に示した。コナラ・ミズナラの枯死は方形区全体に広がっており、アカマツの枯死木も同様に方形区のほぼ全体で認められた。

表 1-1-1-2 に、各方形区における出現種とその幹数および胸高断面積合計 (ヘクタールあたりの値) をしめす。幹数で多かったのは、方形区 1 ではコナラおよびソヨゴ・タムシバ、方形区 2 ではソヨゴおよびネジキ、方形区 3 ではソヨゴおよびリョウブであった。胸高断面積合計で比率

が大きかったのは、方形区 1 および 2 ではコナラおよびアカマツで両種の合計で全体の 50%を越えていた。方形区 3 では、コナラおよびソヨゴの割合が高かったが、胸高断面積合計の全樹種の合計値は方形区 1 や 2 と比較すると小さかった。

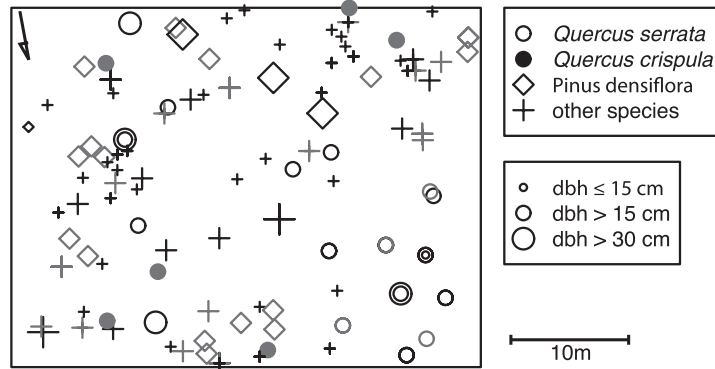


図 1-1-1-7 朽木調査地方形区 1 の樹幹位置図。網掛けは枯死木。

表 1-1-1-2 各方形区における出現種とその生存幹の幹数および胸高断面積合計

樹種	方形区 1		方形区 2		方形区 3	
	幹数 (/1400m ²)	胸高断面積合計 (m ² /ha)	幹数 (/400m ²)	胸高断面積合計 (m ² /ha)	幹数 (/400m ²)	胸高断面積合計 (m ² /ha)
コナラ <i>Quercus serrata</i>	28	14.9	7	7.8	7	3.8
アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	4	9.7	3	6.4	1	2.0
ソヨゴ <i>Ilex pedunculosa</i>	22	2.3	45	3.0	36	3.2
タムシバ <i>Magnolia salicifolia</i>	16	1.7	5	0.8	15	1.4
ホオノキ <i>Magnolia obovata</i>	4	3.1			1	0.1
リョウブ <i>Clethra barbinervis</i>	3	0.4	6	0.4	33	1.6
コシアブラ <i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	5	2.0			1	0.2
ネジキ <i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	4	0.2	28	1.1	19	0.8
ヤマザクラ <i>Prunus jamasakura</i>	2	2.1				
ウラジロノキ <i>Sorbus japonica</i>	7	0.9	2	0.5	2	0.3
ウラジロガシ <i>Quercus salicina</i>			2	0.0	11	1.2
アオハダ <i>Ilex macropoda</i>	6	0.4	4	0.5	5	0.3
ミズナラ <i>Quercus crispula</i>			6	1.1		
タカノツメ <i>Evodiapanax innovans</i>			5	0.8	1	0.3
コハウチワカエデ <i>Acer sieboldianum</i>	2	0.3			7	0.5
イヌシデ <i>Carpinus tschonoskii</i>	1	0.6				
クリ <i>Castanea crenata</i>	1	0.5			1	0.0
アセビ <i>Pieris japonica</i>	3	0.1	4	0.1	1	0.1
ナナカマド <i>Sorbus commixta</i>	3	0.2				
アカシデ <i>Carpinus laxiflora</i>	1	0.2			1	0.0
クロソヨゴ <i>Ilex sugeroki</i>					2	0.2
ウリカエデ <i>Acer crataegifolium</i>	1	0.1			2	0.0
コバノミツバツツジ <i>Rhododendron reticulatum</i>			1	0.0	12	0.1
ノリウツギ <i>Hydrangea paniculata</i>					1	0.1
オオモミジ <i>Acer amoenum</i>					1	0.1
サカキ <i>Cleyera japonica</i>					1	0.0
クロモジ <i>Lindera umbellata</i>					3	0.0
オオカメノキ <i>Viburnum furcatum</i>			1	0.0	1	0.0
マンサク <i>Hamamelis japonica</i>					1	0.0
タンナサワフタギ <i>Symplocos coreana</i>					1	0.0
ツリガネツツジ <i>Menziesia cilicalyx</i>					1	0.0
合計	113	39.5	119	22.5	168	16.2

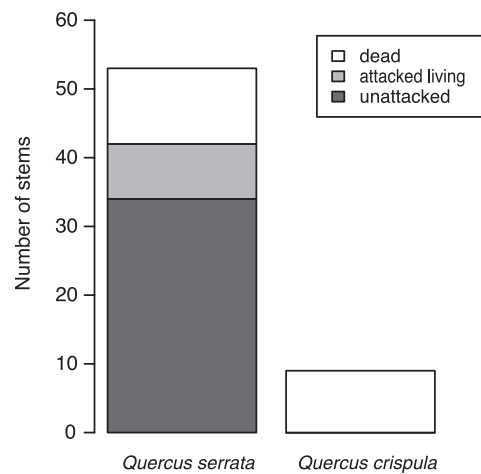


図 1-1-1-8 朽木調査地における、コナラおよびミズナラの無被害幹・穿孔生存幹・枯死幹の数（3 方形区の合計）

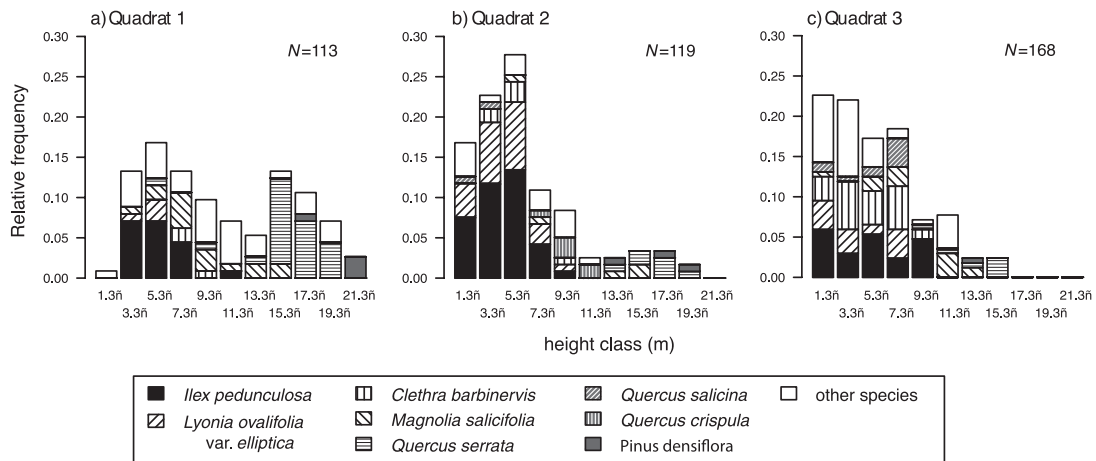


図 1-1-1-9 朽木調査地各方形区における主要樹種の樹高階分布

枯死幹の本数は方形区 1 で 36 本、方形区 2 で 7 本、方形区 3 で 3 本だった。枯死幹の密度は全体では 209 本/ha となる。このうち、コナラの枯死幹は、方形区 1 で 6 本、方形区 2 で 4 本、方形区 3 で 1 本、ミズナラの枯死幹は方形区 1 で 8 本、方形区 2 で 1 本であった。このほか、キクイムシによる穿孔を受けていたコナラの生存幹が方形区 1 において 4 本、方形区 2 と 3 でそれぞれ 2 本ずつ認められた。全方形区を合計すると、コナラでは非穿孔幹が 34 本、穿孔生存幹が 8

本、枯死幹が 11 本、ミズナラでは枯死幹のみが 9 本ということになる(図 1-1-1-8)。方形区 1 のナラ類枯死木から採取した円盤には断面に変色が認められ、*Raffaella quercivora* による枯死と推定された。樹齢は 28～33 年の範囲であった。ナラ類以外の主な樹種では、アカマツの枯死幹が方形区 1 に 18 本あった。そのうち、円盤を採取した 3 本の樹齢は 43～60 年の範囲であった。

各方形区における主要樹種の生存幹の樹高階分布を図 1-1-1-9 にしめた。方形区 1 および 2 では、アカマツとコナラが林冠層を構成し、その下にタムシバが比較的多く、さらにその下にソヨゴが多いという構造が認められた。ただし方形区 1 では、低木を除伐しているため、他の方形区と比較すると低木の割合が低くなっていた。方形区 1 のアカマツの枯死幹は 17 本が伐倒済みであったが、切り株の直径が 40cm を越えていたものが 12 本あり、生存木との類推から、その樹高はおよそ 20m ほどあったものと考えられた。方形区 1 のミズナラの枯死幹は 8 本で、未伐倒の 3 本の樹高は 15.3m～17.5m の範囲にあった。伐倒木 5 本の切株直径は 14.0～33.4cm で、生立木との比較から生存時の樹高はおよそ 12～18m 程度と推定された。また、コナラでは、未伐倒木 1 本の樹高は 14.9m、伐倒木 5 本の樹高の推定値は 13～15m 前後であった。アカマツおよびミズナラ・コナラの枯死幹を考慮に入れると、2 山型になっている樹高階分布のうちの、樹高の高い方の山がさらに高かったと考えられる。方形区 2 は、15.3～21.3m の階層でアカマツ・コナラ・タムシバが多く、1.3～7.3m の階層でソヨゴ・ネジキ・リョウブが多いというパターンをしめた。方形区 3 には樹高 17.3m 以上の幹がなかったが、枯死木は比較的少なかったことから、その理由として、他の方形区より斜面上方にあるという地形的要因が関係している可能性が考えられた。9.3m 以下の階層で優占していたのは、やはりソヨゴ・ネジキ・リョウブであった。

エ 考察

京北調査地の調査結果から、ミズナラの生死と個体サイズとの関係については、個体サイズが大きい(胸高直径が大きい)ほど枯死の確率が高いという結果が得られた(図 1-1-1-1)。この結果は、これまでに報告されている被害を受けやすい個体サイズの結果と同様であり(松本, 1955; 斉藤, 1959; 末吉, 1990)、小林・上田(2005)による大径化がナラ類集団枯損被害発生の一因となっているとの説を支持するものである。

ミズナラの生死とベルト上での位置には有意な関係が認められ、より前からナラ類集団枯損被害が発生している南側で枯死個体の割合が高いという結果が得られた。被害自体はベルト終端(北端)にまで達しているにもかかわらず、このような結果が得られた理由としては、初期にカシノナガキクイムシの穿入を受けたものの生残したナラ類が、何度めかのさらなる穿入により枯死しているという可能性も考えられないことはない。しかし、穿入を受けた履歴のあるナラはカシノナガキクイムシの繁殖が不能であることが知られており(加藤ら, 2001, 2002; 鎌田, 2002)、この可能性は低いと思われる。それよりはむしろ、穿入を受けていなかった個体が、周囲の個体に遅れて穿入を受けて枯死したり、カシノナガキクイムシの穿入がストレスとなって何年か後に別の要因で枯死したりしている可能性が高いと考えられる。この場合、今後も枯死が継続するおそれがあるということになる。

調査時の生存木について、胸高断面積比からみて最も優占していたのはソヨゴでその値は 18.7%であった。しかし、ナラ類集団枯損発生前には、ミズナラが胸高断面積合計の 25.6%を占め、もっとも優占していたものと推測された(表 1-1-1-1)。ミズナラは胸高断面積合計でおよそ 3 分

の1に、個体密度・幹密度でそれぞれ約60%および40%に減少したが、調査林分全体の個体密度・幹密度の減少は、それぞれ4.4%および3.3%にとどまり、胸高断面積合計の減少も17.2%であった(表1-1-1-1)。ナラ類集団枯損が本調査地に侵入し始めたのは2002年であり、調査した2006年までに、ナラ類以外の樹種の個体・幹がナラ類の枯死により生じたギャップですみやかに成長していることもあると考えられるので、これらの数字がいくらか過小評価になっている可能性もあるが、松枯れ激害地では林分の現存量の40~100%近くが枯死する例もある(山瀬, 1998)ことに比べると、本調査地における枯損状況はそれよりは軽く、少なくとも調査時点では、松枯れ激害地で見られたような重大な公益機能の低下がこの調査地においてもただちに懸念されるとまではいえないと考えられた。ただし、ナラ類の構成比のもっと高いような林分においては、ナラ類集団枯損による深刻な公益機能の低下が発生する可能性はある。

ミズナラの枯損により発生したギャップでのギャップ更新木としては、タムシバ・コシアブラ・イヌブナ・マルバマンサク・ソヨゴの5種の頻度が比較的高かった(図1-1-1-3)。このうち、タムシバとコシアブラは、本林分ではミズナラ・コナラに次ぐ樹高を有するが(図1-1-1-4)、一般的には優占種となることは少ないと思われる。今後はこれらの樹種が少なくとも短期的には優占度を増すことが予想されるが、下層木や稚樹の幹数が少ないことから(図1-1-1-4, 6)、それが継続するかは不明である。

イヌブナは、太平洋側の温帯域下部の森林において優占種となることが知られている(遠山, 1965; Ohkubo et al., 1988; Ohkubo, 1992)。特に、ギャップ周辺に萌芽幹がある場合に萌芽から更新するとされているが(Ohkubo et al., 1988)、本調査地におけるギャップ更新木もこのような状況に当てはまると考えられる。主に萌芽幹による下層木も比較的多いことから(図1-1-1-4)、今後優占度を増し、比較的長期にわたってそれを維持することが可能であると予想される。

マルバマンサクは、日本海側のブナ林などに出現するが(福嶋ら, 1995)、一般に樹高が低いことから、林冠層で優占するとは考えにくい。中層以下では、主に萌芽により幹数は比較的多く、当面の光環境の改善により中層以下で優占度を増す可能性がある。

ソヨゴは、原生的な常緑広葉樹林においてギャップ更新木として存在することが知られている(Yamamoto, 1994)。そのほか西日本の二次林にも広く見られ、松枯れによりアカマツ高木層の欠けた被害地で優占する例が知られている(山瀬, 1998)。しかし、本調査地においては、樹高13.3m以上の階級で枯損したミズナラは全樹種を含めた幹数の36%に留まり、松枯れの激害地ほど急激に高木層が欠けたわけではない。さらにはソヨゴは樹高が比較的低く(図1-1-1-4)、林冠を構成してそれを維持する樹種とは一般には見なされていない(山瀬, 1998)ことから、本調査地において胸高断面積合計で最も優占する樹種とはなったものの、高木層において優占することは難しいと思われる。ただし、それより下の階層においては、幹数も多いことや(図1-1-1-4, 6)、耐陰性も落葉広葉樹よりは一般には高いと思われることから、中層・下層で優占し、ソヨゴが優占した松枯れ跡地と同じように(山瀬, 1998; 森下・安藤, 2002)、高木性樹種の更新が阻害されるおそれはあるといえよう。

更新阻害要因としてはこのほか、ニホンジカもそのひとつと考えられる。本調査地ではニホンジカの糞や、ニホンジカによると思われる食痕が確認されており、稚樹(軸長50cm~130cm)に実生由来のものが少なく、また不嗜好性植物であるシキミが多いこと(図1-1-1-6)、胸高以上の

階層にもアセビの幹数が比較的多いこと（表 1-1-1-1）はニホンジカの採食による影響である可能性が高いと考えられる。実際、ニホンジカにより、二次林の更新が影響を受けている例も知られており（藤木ら、2006）、今後更新が阻害されないか注意を要する。

以上のように、京北調査地の調査林分は今後、高木層を生き残ったミズナラと萌芽によって優占度を増したイヌブナが優占し、亜高木層にタムシバやコシアブラ、中層以下ではソヨゴが優占する形で推移すると思われる。ナラ類集団枯損被害地においても、ナラ類以外の高木性のギャップ更新木がある程度存在していれば、すぐに高木層が欠けるといった事態は避けられるであろう。しかし、今後の更新や遷移が順調に進むかどうかは、ソヨゴの優占や、ニホンジカの食害といった要因に左右される可能性があると考えられる。

朽木調査地についても、アカマツ・コナラ以外で優占度が高かった樹種のうち、タムシバは比較的高くまで成長すると考えられるものの、ソヨゴ・ネジキ・リョウブは一般には低木～亜高木であり、現在の林冠高にまで成長することは考えにくい。遷移後期種としてはウラジロガシが出現したが、もっとも多かった方形区3でもその胸高断面積合計の割合は10%に満たず（表 1-1-1-2）、林冠に達している幹もなかった（図 1-1-1-9）。また、除伐をおこなっていない方形区2および3では、9.3m未満の階層においてソヨゴと、ネジキもしくはリョウブの割合が高く、こうした樹種により林床の光環境が悪化している可能性がある。このような理由で更新が進まなかった場合、この二次林は、枯れ残ったアカマツ・コナラと、タムシバなどの少数の樹種からなるまばらな林冠の林分となるおそれがあるといえる。

オ 今後の問題点

シカの影響や低木の影響により更新が順調に進行しないと予測される場合には、更新を促進するような何らかの施業が必要になるかもしれない。そのためにも、同様の二次林の更新などに関するデータをさらに蓄積しておく必要があると考えられる。

カ 要約

京都市右京区京北および滋賀県高島市朽木の2ヶ所の広葉樹二次林においてナラ類集団枯損被害により林分構造がどのように変化したのかを調査した。京北調査地では、胸高断面積合計でもっとも優占していたのはソヨゴで、以下、イヌブナ・ミズナラ・コシアブラ・タムシバの順だった。ミズナラは半数を越える個体が枯死していたが、その枯損木を含めると、ミズナラの胸高断面積合計がもっとも多くなり、ナラ類集団枯損発生以前にはミズナラがもっとも優占していたことが推定された。ミズナラの枯損により発生したギャップで更新し、今後少なくとも短期的には林冠層で優占することが期待された樹種は、タムシバ・コシアブラ・イヌブナだった。マルバマンサク・ソヨゴも中層から下層で優占度が高まる可能性のあることが予想された。朽木調査地では、コナラ・アカマツなどが優占していた。低木層ではソヨゴ・ネジキ・リョウブの割合が高く、これらの樹種が更新を阻害する可能性も考えられた。

キ 引用文献

阿部敏夫・谷誠（1985）松くい虫による松枯れが流出に及ぼす影響，日林誌，**67**，261- 270.

藤木大介・鈴木牧・後藤成子・横山真弓・坂田弘志（2006）ニホンジカ（*Cervus nippon*）の採食

- 下にある旧薪炭林の樹木群集の構造について，保全生態学研究，**11**，21- 34.
- 福嶋司・高砂裕之・松井哲哉・西尾孝佳・喜屋武豊・常富豊（1995）日本のブナ林群落の植物社会学的新体系，日生態会誌，**45**，79- 98.
- 鎌田直人（2002）カシノナガキクイムシの生態，森林科学，**35**，26- 34.
- 加藤賢隆・江崎功二郎・井下田寛・鎌田直人（2001）カシノナガキクイムシのブナ科樹種4種における繁殖成功度の比較（予報），中森研，**49**，81- 84.
- 衣浦晴生・小林正秀・野崎愛（2006）カシノナガキクイムシはミズナラ大径木を好む，日本生態学会大会講演要旨集，**53**，250.
- 小林正秀・上田明良（2005）カシノナガキクイムシとその共生菌が関与するブナ科樹木の萎凋枯死—被害発生要因の解明を目指して—，日林誌，**87**，435- 450.
- 松本孝介（1955）カシノナガキクイムシの発生と防除状況，森林防疫ニュース，**4**，74- 75.
- 森下和路・安藤信（2002）京都市市街地北部森林のマツ枯れにともなう林相変化，森林研究，**74**，35- 45.
- 中根周歩（2000）マツ枯れと斜面崩壊—1999年6月広島地域の集中豪雨被害について—，森林応用研究，**9**(2)，41- 46.
- Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K., Kira, T. (1965) Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand (II) Plant biomass, Nature and Life in Southeast Asia, **4**, 49-80.
- 荻野和彦・Duongkeo Ratanawongs・堤利夫・四手井綱英（1967）タイ国森林の第一次生産力，東南アジア研究，**5**，121- 154.
- Ohkubo, T. (1992) Structure and dynamics of Japanese beech (*Fagus japonica* Maxim.) stools and sprouts in the regeneration of the natural forests, Vegetatio, **101**, 65-80.
- Ohkubo, T., Kaji, M. and Hamaya, T. (1988) Structure of primary Japanese beech (*Fagus japonica* Maxim.) forests in the Chichibu Mountains, central Japan, with special reference to regeneration processes, Ecol. Res., **3**, 101-116.
- 大住克博・深町加津枝（2001）里山を考えるためのメモ，林業技術，**707**，12- 15.
- 斉藤孝蔵（1959）カシノナガキクイムシの大発生について，森林防疫ニュース，**8**，101- 102.
- 塩見晋一・尾崎真也（1997）兵庫県におけるコナラとミズナラの集団枯損の実態，森林応用研究，**6**，197- 198.
- 末吉政秋（1990）広葉樹に発生したカシノナガキクイムシ被害（第1報），森林防疫，**39**，58- 61.
- 遠山三樹夫（1965）大室山のイヌブナ林—富士山の森林植生 第II報—，日生態会誌，**15**，139- 142.
- Yamamoto, S. (1994) Gap regeneration in primary evergreen broad-leaved forests with or without a major canopy tree, *Distylium racemosum*, southwestern Japan: A comparative analysis, Ecol. Res., **9**, 295-302.
- 山本進一・田内裕之（1991）綾照葉樹林における林冠ギャップ特性とギャップ更新，日林論，**102**，411- 413.
- 山瀬敬太郎（1998）松枯れ激害地における里山管理に関する提言—姫路市牧野地区の生活環境保全林整備事業地を事例として—，兵庫森林技研報，**46**，1- 7.

（伊東宏樹）

(2) 里山林の過去 60 年の変遷

ア 研究目的

現在、里山と呼ばれる地域のナラ林やシイ・カシ林では、ナラ類集団枯損（以下、ナラ枯れと略す）による被害が発生しており、今後これらの森林がどのような植生に変化するのかが懸念される。ナラ枯れが発生している森林には、旧薪炭林など放棄された二次林が多いことが知られている。こうした里山地域の森林（以下、里山林と呼ぶ）は、過去にもマツ枯れなどの病虫害や人間活動の強い影響を受けてきたと考えられる。過去の林相の変化を人間活動や病虫害と関連した形で明らかにすることは、里山の将来や管理手法を考える上で重要である。本節では、現在ナラ枯れが発生している里山地域の林分が、過去どのような林相の変遷を経てきたかを明らかにすることを目的とする。

イ 研究方法

現在ナラ枯れ被害が発生している林分の過去の林相を把握するため、前節に記述された毎木調査を行った方形区を含む区域の、1963、1975、2005 年の空中写真（国土地理院撮影）を取得し、方形区付近の林相の判読を試みた。方形区付近は広葉樹を主とする二次林であり、空中写真から樹種を判読することは難しいと考えられたため、比較的判読が容易であると思われるアカマツの存在について判読を行うこととした。

ウ 結果

1963 年には、調査地の周囲には草地または裸地と思われる領域が多く見られ、アカマツと思われる樹冠も比較的少なかった（図 1-1-2-1 左）。

1975 年には、調査地の周囲はほぼ森林で覆われており、アカマツと思われる樹冠が占める領域も 1963 年に比べると大きく増加していた（図 1-1-2-1 中央）。およその樹高が推定できた樹冠については、20 m を越えると推定されたものが多く見られた。また紅葉した樹冠が多く見られた。2005 年になると、アカマツであると推定された樹冠は 3 本に止まっており、判読の困難さを考慮

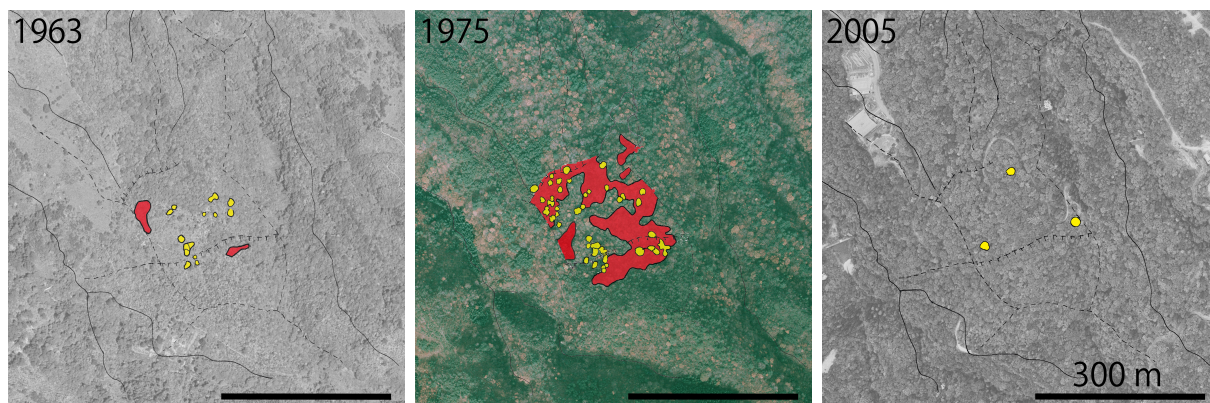


図 1-1-2-1. 滋賀県高島市朽木の毎木調査地付近の林相の変化

1963、1975、2005 年に撮影された空中写真。赤く塗りつぶされた領域はアカマツ集団の樹冠。黄色に塗りつぶされた領域はアカマツ単木の樹冠。1975 年のみカラー写真。

しても、調査地の周囲でアカマツが激減しているものと考えられた（図 1-1-2-1 右）。これは方形区内の毎木調査において、アカマツの伐根が多数存在していたのに対し生立木が少数であったことと一致している。

エ 考察

1963 年の植生から見て、本節で取り扱った里山地域では、戦中あるいは戦後の早い段階で大規模な伐採が行われたものと考えられた。1963 年にはまだ伐採からの回復途上にあり、そのために草地・裸地らしき部分が広く分布し、生育する樹木のサイズも全体的に小さかったのであろう。

1975 年には順調に森林が回復してきたと考えられた。アカマツの樹高も 20m に達するようなものが多く見られたことから、1963 年当時に見られたアカマツが成長し、さらに、おそらくは天然更新によってアカマツの個体数も増加していたと思われる。また、紅葉した樹冠の多さから、落葉広葉樹を多く含んでいたと思われ、この地域の森林の多くはアカマツと広葉樹の混交林であったと考えられる。

しかし 2005 年には、おそらくはマツ枯れによってアカマツが激減していた。この里山林が位置する旧朽木村では、マツ枯れによって枯死したアカマツが大量に観察されており、この林分においてもアカマツ激減の最も大きな原因はマツ材線虫病と見てよいであろう。

以上のことから、本林分においては、人間活動の変化とマツ枯れとが過去 60 年近くにわたって大きな林相の変化をもたらしてきたものと考えられる。このことを、より一般的な観点から述べてみる。

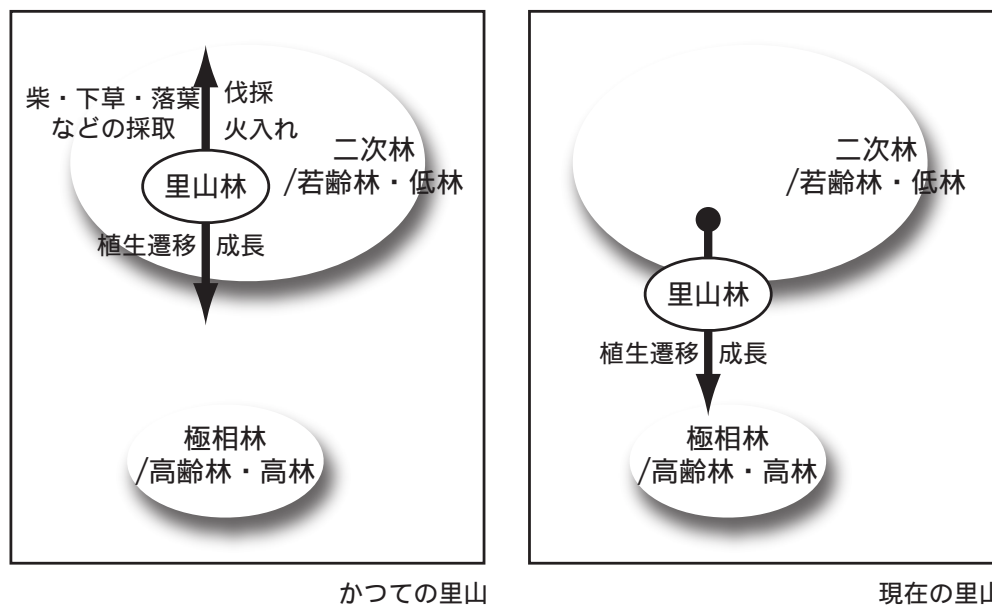


図 1-1-2-2. 里山林の変化と人間活動の概念図

一般に、里山林は人間社会の変化に応じて様々に変化してきたし、また現在も変化しつつある。とくに、第二次世界大戦後の変化はとりわけ顕著である。里山林は、エネルギー源としての薪炭材の採取、肥料や家畜飼料としての柴や落葉、草の採取、また当然ながら木材の採取など、地域の住民に様々に利用されることで、その姿を維持してきた(大住・深町、2001)。したがって、地

域住民による里山林の利用の強度が低下すれば、里山林はその場所の土壌や気候などの環境に応じた、比較的安定した林相の森林、すなわち極相林へと変化していく（図 1-1-2-2）。

たとえば、里山林の大きな部分を占めるコナラやクヌギなどの薪炭林は、長くて 20～30 年程度の間隔で伐採と萌芽による更新を繰り返していたため、かつては比較的直径が細く、樹高も低い株立ちした樹木からなる森林だった。しかし戦後のエネルギー革命によって薪炭の需要は激減し、薪炭林の多くで薪炭材の採取が停止された（堀、2009）。その結果、かつての薪炭林の多くは直径が太く樹高も高いコナラやクヌギの林に変化している。

薪炭材に限らず、用材以外の多くの林産物で、エネルギー革命期を境として生産量が激減した（図 1-1-2-3）。緑肥の需要も、肥料革命とも呼ばれる化学肥料への移行により戦後は激減したと思われる（山本、2008）。このような林産物への需要の減少が、里山林の極相へ向う変化をもたらしている。

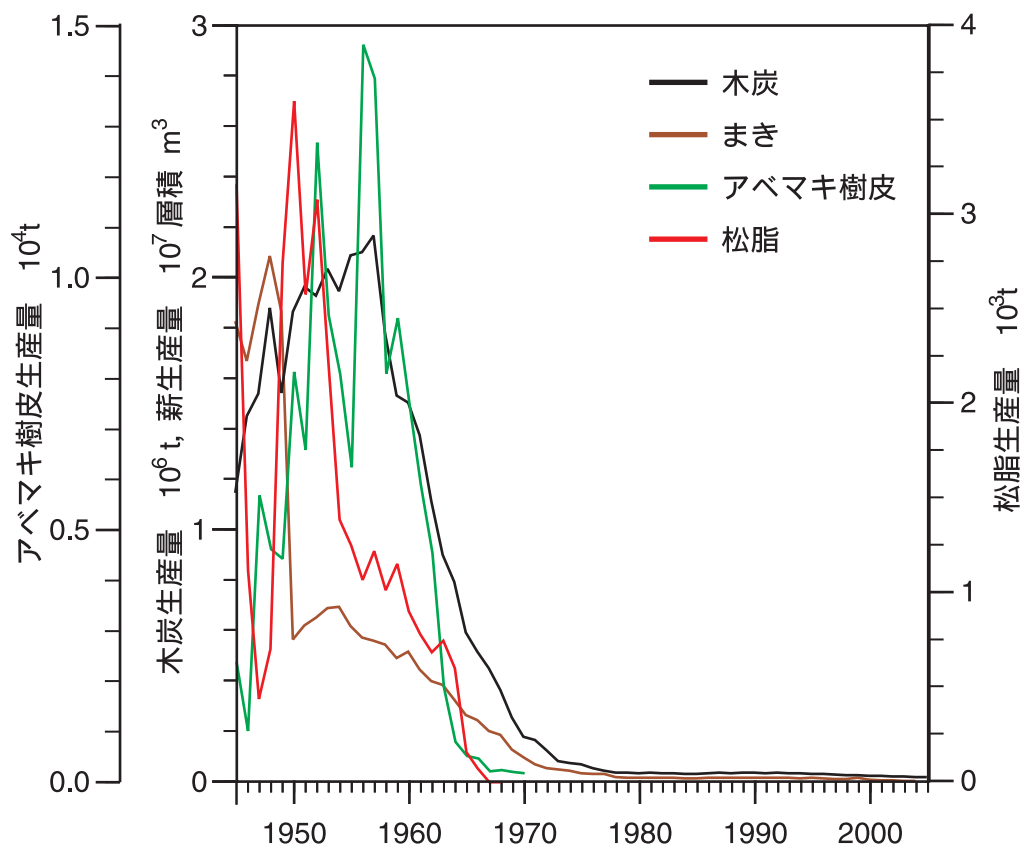


図 1-1-2-3. 薪炭その他の林産物生産量の年次変化

出典：「日本の長期統計系列 第 7 章 農林水産業」（総務省統計局）および「農林省累年統計表」（農林省）「林業統計要覧」「森林・林業統計要覧」「特用林基礎資料」（林野庁）等による。

以上のような人間活動の変化のほかに、里山の森林を大きく変えたものとして、マツ枯れ（マツ材線虫病）の流行がある。かつてはアカマツ林も里山林の大きな部分を占めていたが（中越、1988）、マツ枯れの流行によってアカマツの高木が大量に枯死した後は、それらはコナラ林などの

広葉樹二次林に移行した。マツ枯れは戦前から流行し、1946年の時点で18府県に及んだが、戦後はさらに被害量・被害地域ともに増加し、現在までに北海道と青森を除く全ての都府県で発生している(田畑、1997)。1980年前後のピーク時と比較すれば被害量は減少しているものの、依然として里山地域において多数のアカマツが枯死している。また、近年ではナラ枯れの被害も拡大を続けており(図1-1-2-4)、マツ枯れに匹敵する被害になることが懸念される。

以上のように、人間活動の変化と病虫害は、里山の林相に大きな影響をもたらしうるものと考えられる。

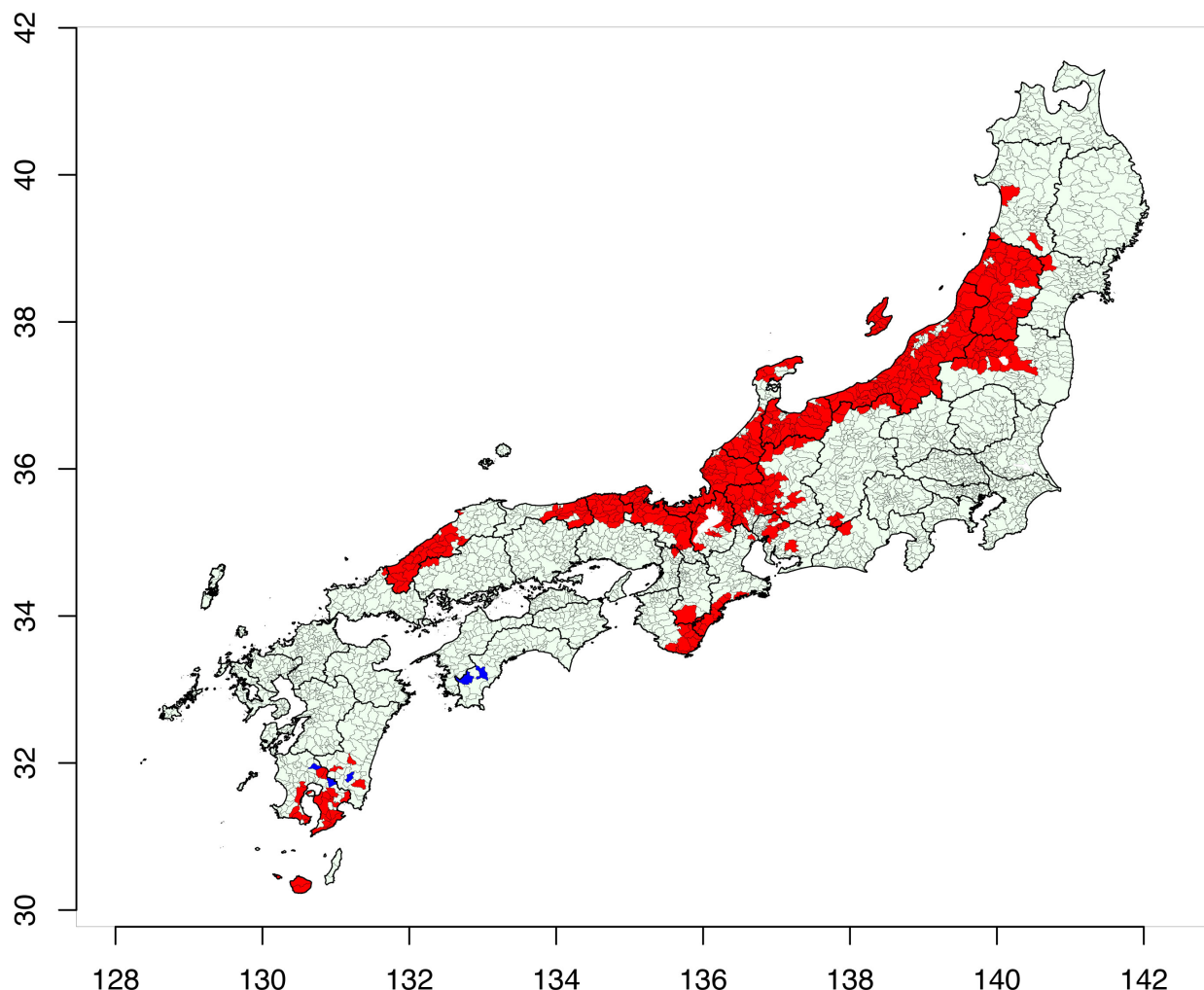


図1-1-2-4. 2009年までにナラ類集団枯死またはカシノナガキクイムシによる生立木への穿孔害が報告された市町村。

1980年以降に被害が報告されている市町村を赤で、被害報告はあるが1980年以降の被害報告がない市町村は青で示した。自治体のプレスリリースやマスコミ報道などの情報を含む。なお、奄美大島(鹿児島県奄美市住用町:旧大島郡住用村)の被害は描画していない。

オ 今後の問題点

地域によって、気候条件などの環境要因は様々に異なり、人間活動の変化の大きさや時期・期

間も多様であると考えられる。病虫害の影響も同様であろう。したがって、各地域に応じた適切な里山林管理のためには、日本の様々な地域で、人間活動や病虫害の影響を明らかにしていく必要がある。また、ナラ枯れが森林に与える影響についても、地域による差を考慮しながら明らかにしていく必要がある。

カ 要約

滋賀県高島市（旧朽木村）の里山林において、空中写真により過去の林相変化を明らかにすることを試みた。その結果、本林分では、戦中または終戦後まもなく大規模な森林伐採が行われ、その後に森林が回復してマツと広葉樹の混交林となったが、マツ枯れによって広葉樹二次林に移行したものと考えられた。このことは、人間活動の変化と病虫害が林相に大きな変化をもたらしていることを示すと考えられる。

キ 引用文献

- 堀靖人（2009）14.2.4.a. 山村の変容，“森林大百科事典”（独）森林総合研究所編，朝倉書店，p. 394
- 中越信和（1988）日本における二次林の存在様式，地理科学，43，147-152
- 大住克博・深町加津枝（2001）里山を考えるためのメモ，林業技術，707，12-15
- 田畑勝洋（1997）第Ⅰ章 被害の推移と行政の対応，“松くい虫（マツ材線虫病）－沿革と最近の研究” 全国森林病虫獣害防除協会編，全国森林病虫獣害防除協会，pp. 1-18.
- 山本勝利（2008）農村ランドスケープの構造と変化，農業および園芸，83，143-149
(高畑義啓)

(3)里山林構成樹種の人為攪乱下での再生様式

ア 研究目的

コナラ属をはじめとする里山林を構成する主要な樹種の萌芽更新および種子更新様式を解析し、それらの人為攪乱下での個体群維持機構を明らかにする。

イ 研究方法

群集あるいは林分の構造が、萌芽更新にどのような影響を与えるかを明らかにするために、兵庫県姫路市の里山整備事業による伐採から9年後の林分において、再生した樹林の構成樹種と再生様式を調査した。伐採強度(皆伐、強度伐採、弱度伐採)を処理として、再生した樹林を構成する樹木種の個体数と基底面積、およびその再生様式を処理間で比較した。

伐採前の林分構造および伐採後の林床環境が、伐採後の低木・草本種の出現種数にどのような影響を与えるかを明らかにするために、兵庫県下の13地点において、伐採後10年間の出現種数および消失種数を比較した。

さらに、コナラ亜属の主要な樹種について、滋賀県大津市北部の里山林伐採跡地で、萌芽能力・発生様式の調査を行った。調査では、コナラ亜属4種(コナラ・ナラガシワ・アベマキ・クヌギ)の切り株(約300本)について、それぞれの株の齡、伐根直径、伐根高、最近の直径成長および萌芽幹数を測定し、株あたりの萌芽幹数や株の生死に影響する条件を、多変量解析により評価した。

過去の低林管理の中で、若齡林として維持されてきたであろう里山林の種子更新能力を明らかにするために、滋賀県大津市北部の里山林で、コナラ亜属4種の繁殖開始サイズを調査した。4種の幹約320本について、サイズ、雄・雌花序の開花度、果実数を、連続する三年間測定し、サイズー開花度関係の強さと、関係に影響する条件を解析した。

ウ 結果および考察

兵庫県姫路市の伐採から9年後の林分において、構成樹種の再生様式を比較した結果、萌芽による再生個体が多くみられる皆伐条件下では実生による再生個体が減少し、一方萌芽再生が抑制される伐採強度の低い条件下では、実生による再生個体の増加が認められた(図 1-1-3-1)。しかし弱度伐採条件下では実生個体が十分に生育できず、種数の増加にはつながらなかった。

次に樹高 1.3m 以上の樹種構成を比較するために、伐採強度による個体数の違いと萌芽由来個体の割合にもとづき出現した樹木種を区分したところ、伐採強度によらず萌芽由来の再生個体が 50%以上を占める樹種、すなわちソヨゴ・ヒサカキ・ネジキなどは、個体数、基底面積ともに他のタイプの樹種よりも多く認められ、その傾向は伐採強度が高いほど顕著であった。これらのことから、樹種構成の多様性を高めるためには、当初の伐採強度を高めに行うとともに、その後は伐採強度によらず萌芽するタイプの樹種を選択的に除去する必要があるものと推察された。

伐採前の常緑広葉樹の基底面積合計量(以下、常緑 BA 量)と、伐採後 10 年間で新たに出現した種数(以下、新規出現種数)との関係では、常緑 BA 量が低い場合は常緑 BA 量が増すに連れ新規出現種数が多くなる傾向がみられたが、常緑 BA 量が高い範囲では、その増加と共に新規出現種数が少なくなる傾向がみられた(図 1-1-3-2)。また、伐採直後の相対照度は 18~37%であったが、相対照度と新規出現種数との明確な関係はみられなかった。一方、伐採 10 年後の相対照度と出現種数に対する消失種数

の割合（以下、消失率）との関係は、相対照度が低いほど消失率が高くなる傾向がみられた（図 1-1-3-3）。

これらのことから、常緑広葉樹が多くなりすぎると、里山林整備事業を実施しても出現種数の増加につながらない可能性があること、伐採後の相対照度を高めに維持することで、新たに出現した種が消失するのを防ぐ可能性が示唆された。

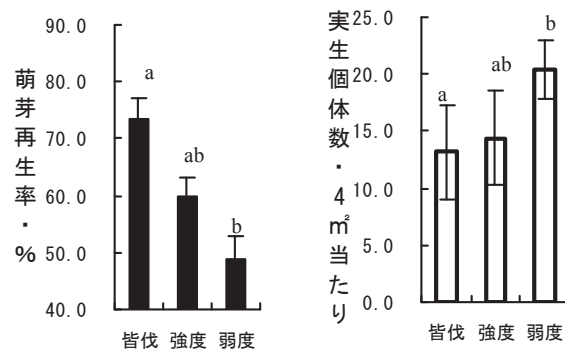


図 1-1-3-1 管理 9 年後の萌芽再生率（左）と 4 m² 当たりの実生個体数（右） 異なるアルファベット間には 5% 水準

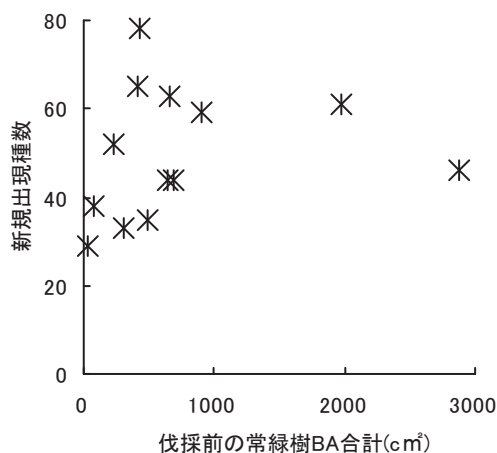


図 1-1-3-2 伐採前の常緑広葉樹の基底面積合計量と新規出現種数との関係

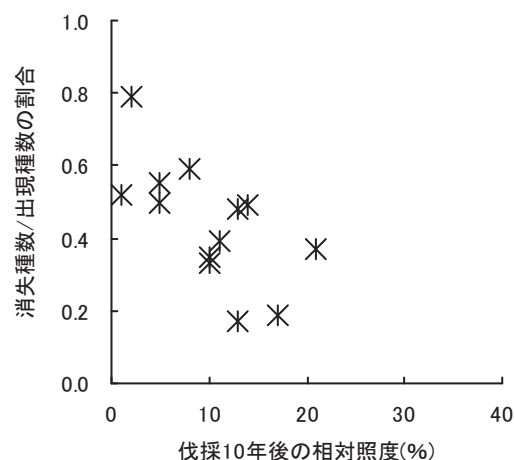


図 1-1-3-3 伐採 10 年後の相対照度と出現種数に対する消失種数の割合との関係

滋賀県大津市北部の里山林伐採跡地で、コナラ亜属 4 種の萌芽能力・発生様式の調査を行ったところ、萌芽能力・発生様式は、樹種間で異なっていて、株あたりの萌芽幹数は、コナラでは直径が大きくなると減少する傾向があった。一方アベマキでは、株あたりの萌芽幹数は齢とともに増えていた。伐採に伴う死亡は、コナラでは、齢、直径の増加とともに増えていたが、アベマキでは、有意な傾向は検出できなかった（図 1-1-3-4）。これらのことにより、コナラ林を放置し高齢化させることは、萌芽更新を困難にするものと考えら

れた。

同じく滋賀県大津市北部の里山林伐採跡地で、コナラ亜属4種について、繁殖開始サイズを調査した。繁殖開始サイズは種により異なっていたが、幹が萌芽であるか実生であるかということや、観察年次の違いは、大きな影響を与えていないものと考えられた。コナラとナラガシワは、極めて若いうちから繁殖を開始し、繁殖限界サイズは検出できなかった(図1-1-3-5)。若齢幹が生産する堅果には高い発芽力が認められたので、若齢幹が母樹として機能する可能性が示された。このことは、極短伐期である柴山管理などが、コナラの優占を誘導してきた可能性を示唆する。

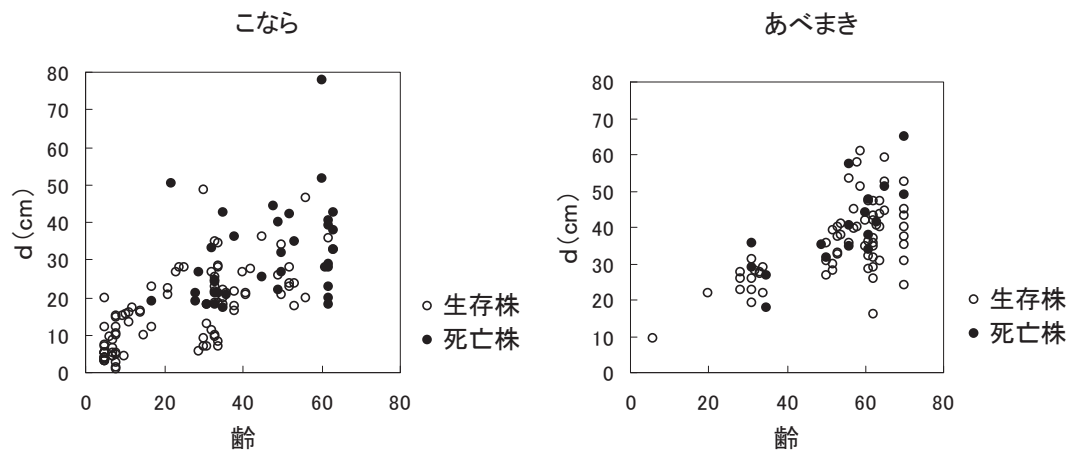


図 1-1-3-4 伐採された親幹の齢・切株直径とその後の株の生死の関係

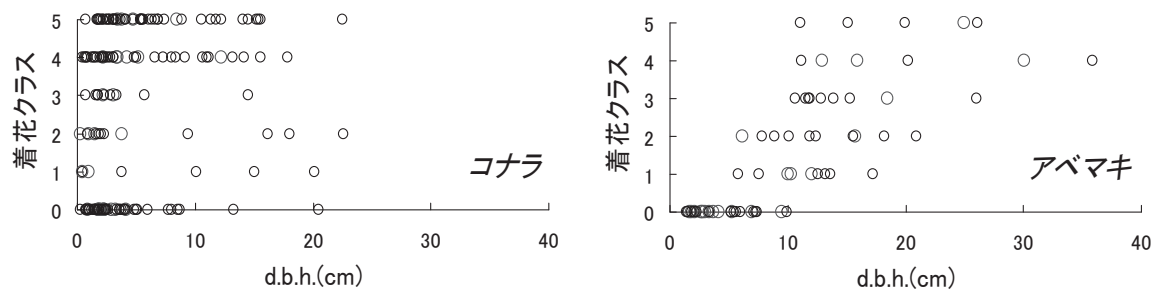


図 1-1-3-5 アベマキとコナラの雌花のサイズー着花クラス関係
着花クラス 0=無着花～5=樹冠全面着花

エ 今後の問題点

コナラ亜属以外の樹種の萌芽様式と、そのメカニズムを解明し、情報を整備する必要がある

オ 要約

短伐期管理のもとで個体の再生・更新に重要な役割を果たすと思われる、萌芽や種子生産についてのサイズ齢依存性を整理した。萌芽の十分な発生には強度の抜き伐りあるいは皆伐が適切であった。コナラ

は切り株の直径の増大と共に萌芽数は減り、株の死亡は増加した。したがって、コナラ林の放置・高齢化は、萌芽更新を困難にすると考えられた。コナラとナラガシワは、極めて若いうちから種子繁殖を開始し、母樹として機能するものと考えられた。

カ 引用文献

大住克博・石井敦子・島田卓哉（2006）アベマキの萌芽は実生よりもよく伸びる．日本森林学会大会学術講演集 117, E24

山瀬敬太郎（2006）松枯れ跡地における異なる伐採強度下での構成樹木の再生様式．ランドスケープ研究69(5), 487-490

大住克博・石井 敦子(2007)コナラのかくも多き萌芽．日本森林学会学術講演集 118, 28

山瀬敬太郎(2007)兵庫方式の里山林の植生管理．山林, 1476, 32-39.

山瀬敬太郎(2007)兵庫方式の里山林の植生管理．第40回記念林業技術シンポジウム「未来につなぐ森林づくりをめざして」, 全国林業試験研究機関協議会, 38-45

大住克博・石井敦子(2008)比良山麓里山林におけるコナラ亜属4樹種の結実量の変動．日本森林学会学術講演集, 119, 550

山瀬敬太郎（2008）常緑広葉植物量が里山管理11年後の群落構造に及ぼす影響．ランドスケープ研究71(5), 535-538

（大住克博）

(4) 里山林構成植物の個体群構造

i) 里山林構成種が針葉樹人工林の多様性に及ぼす影響の解明

ア 研究目的

1) 針葉樹人工林とコナラ二次林の多様性を比較し、コナラ二次林からの距離が針葉樹人工林の下層植生の多様性に及ぼす影響を推定する。また、2) 埋土種子の組成が人工林の下層植生に及ぼす影響を推定する。これらの結果から里山林におけるコナラ二次林の面積や配置が里山林の植生の多様性に及ぼす影響を推察する。

イ 研究方法

1) コナラ二次林からの距離が針葉樹人工林の下層植生の多様性に及ぼす影響

森林の更新においては、種子散布の制限が大きな影響を持つ事が知られている (Verheyen and Hermy 2001)。本研究ではコナラ二次林からの距離が針葉樹人工林の下層植生の多様性に及ぼす影響を推定することを目的とした。Kodani (2006)もヒノキ林の下層植生の組成と隣接林分からの距離について報告しているが、その距離は 40 メートル以内と比較的短い範囲である。本研究ではより長い距離に渡って調査を行った。調査地は兵庫県神河町神崎に設定した。同町は人工林率が 80%以上と極めて高い地域である。1946 年の航空写真では調査地周辺のほぼ全域が無立木地であった。IKONOS 衛星画像 (パンシャープン。4 バンド) を利用してクラスター解析による植生判別を行い、林分タイプを 5 つ (コナラ二次林、スギ林、ヒノキ林、草地、裸地) に分類した。林内に 10m×10m のプロットを設置し、胸高直径 5cm 以上の立木の毎木調査と、高さ 2m 未満の下層木本植物の種数および被度を調査した。調査した林分はコナラ二次林(n=7)、スギ人工林(n=19)、ヒノキ人工林(n=6)および草地(n=2)である。各プロットの位置は GPS によって記録し、地表被覆のタイプ (リター、裸地、露岩) を記録した。非計量多次元尺度法を用いてプロットした下層植生の種組成と各種パラメーターの相関を求め、種組成に影響を与えているパラメーターを推定した。パラメーターとしては、コナラ二次林からの距離および、林分構造 (平均直径、密度、BA/ha)、開空度、地表の被覆率などを用いた。コナラ二次林からの距離は植生分類図とプロット位置から求めた。また、コナラ二次林からの距離と種の出現率との相関を GLM によって推定し、コナラ二次林からの距離によって出現率が減少している種を推定した。

2) 埋土種子組成が針葉樹人工林の下層植生の多様性に及ぼす影響

人工林の下層植生の動態を予測するには埋土種子の量や種組成についても把握する必要があると推測される。そこで、本研究では、林齢の異なるヒノキ人工林 3 箇所において、まきだし試験によって埋土種子組成を推定し、現存植生の組成およびシードトラップによる移入種子の組成との比較によって、埋土種子の組成とその特徴を推定した。

ウ 結果

1) コナラ二次林からの距離が針葉樹人工林の下層植生の多様性に及ぼす影響

林分タイプごとの木本種数はコナラ二次林でもっとも多く (26.3種)、以下ヒノキ人工林 (19.7

種)、草地(16.5種)、スギ人工林(12.6種)の順だった。コナラ二次林とヒノキ人工林の種数はスギ林に比べて有意に多かった($P<0.05$, Pairwise T-test with Holm's method)。ヒノキ人工林はコナラ二次林の近傍に集中していたため、林分配置の解析はスギ林を対象に行った。非計量多次元尺度法による解析結果では、明らかに林分タイプごとに集中した配置が見られ、林分タイプごとに下層植生の種組成が異なっていることが示された。また、非計量多次元尺度法による序列プロット上の距離とコナラ二次林からの実距離に相関が見られ、コナラ二次林に近いスギ林ほどコナラ二次林に似た種組成を持っていることが示された。コウヤボウキ、サワフタギ、アサガラ、ウリカエデなどは距離にかかわらずスギ林の林床には出現が見られなかった。また、コバンノキはコナラ二次林から離れるほど出現率が大きくなっていった。コナラ、コバノガマズミ、コシアブラ、ウリハダカエデ、カナクギノキ、カラスザンショウはコナラ二次林から100メートル以内のスギ林では出現していたが、出現率は距離が離れるとともに減少していた(図1-1-4-1)。

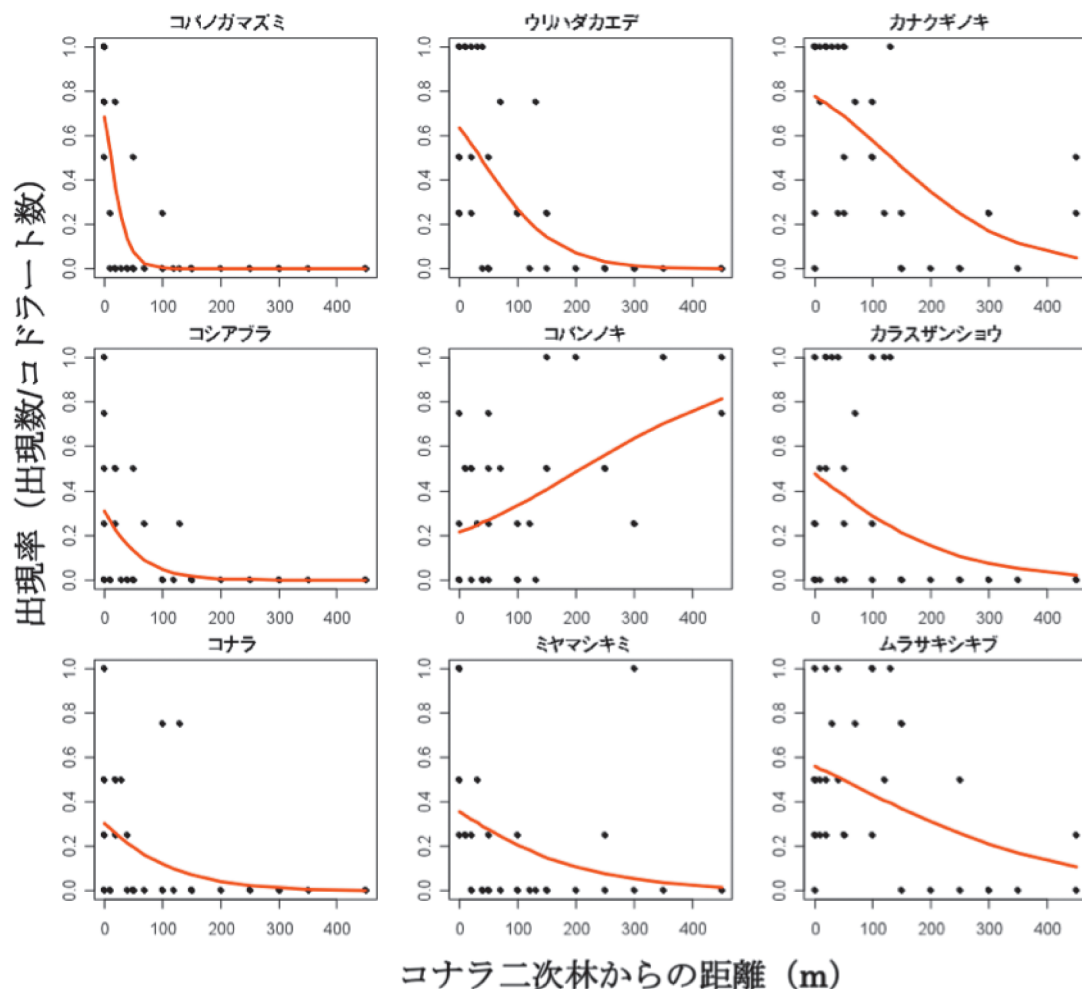


図 1-1-4-1 コナラ林からの距離と出現率の関係

2) 埋土種子組成が針葉樹人工林の下層植生の多様性に及ぼす影響

埋土種子集団は主に遷移初期種の低木で構成されていた(図1-1-4-2、図1-1-4-3)。46年生林分では開空率が5%を越えており、出現全種のうち、稚樹として観察されなかった種は埋土種子

に含まれていたヤマハギ、ニガイチゴ、ヤマグワの3種だけであった（図 1-1-4-3）。また、移入種子は種数、密度共に埋土種子より少なかったが、クリ、ヤマザクラ、ミズキなどの高木種が含まれていた（図 1-1-4-3）。

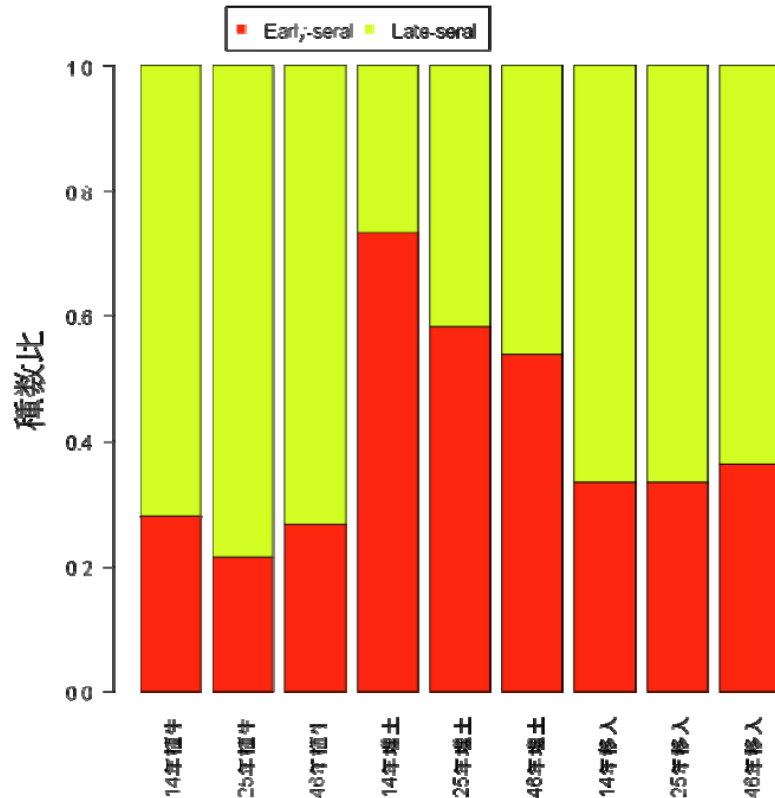


図 1-1-4-2 遷移初期種の割合

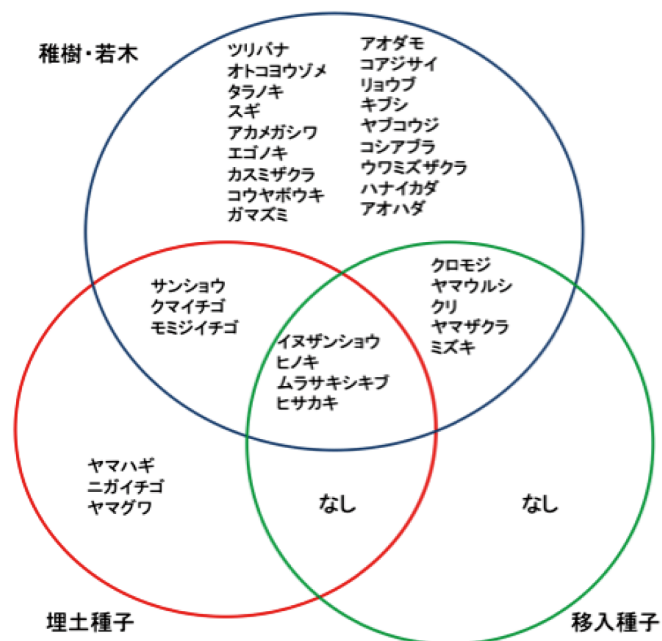


図 1-1-4-3 46年生林分の稚樹、埋土種子および移入種子に含まれる植物の関係

エ 考察

1) コナラ二次林からの距離が針葉樹人工林の下層植生の多様性に及ぼす影響

人工林の林床に移入出来ない種や移入距離が限られる種が数多く見られ、人工林面積が大きい地域など、種子源となるコナラ二次林から遠い林分では間伐や伐採後の放置によって広葉樹が更新しない可能性があることが示された。Takahashi K. and Kamitani T. (2004) は天然林からの距離によって人工林の種多様性が減少すると報告しているが本研究では種数と距離の関係は有意ではなかった。

2) 埋土種子組成が針葉樹人工林の下層植生の多様性に及ぼす影響

埋土種子集団は主に遷移初期種で構成されており、コナラ二次林に近い組成の耐陰性広葉樹の更新を求める場合には、埋土種子からの更新は大きな役割を果たさないと考えられる。また、高木種は移入種に多く含まれており、周辺の林分からの種子の移入が多様性に影響すると見られる。林齢が高く、林床が明るい林分では、埋土種子や移入種子からもすでに稚樹が発生していて、ほとんどの種が稚樹として出現していた (図 1-1-4・3)。そのため、調査に手間のかかる埋土種子や移入種子を調べなくても、稚樹を調べれば伐採後の林がどうなるのか、おおよそ予想出来ると考えられる。

エ 今後の問題点

種子散布距離や、埋土種子についてはまだ情報が少ないため、様々な森林タイプ、気候、地形条件の森林でさらに研究を積み重ねる必要がある。

オ 要約

コナラ二次林からの距離がスギ人工林の下層植生に及ぼす影響を推定した結果、進入距離が限られる種が数多く見られ、人工林面積が大きい地域など、種子源となるコナラ二次林から遠い林分では間伐や伐採後の放置によって広葉樹が更新しない可能性があることが示された。また、埋土種子よりも移入種子に高木種が多く含まれており、やはりコナラ二次林から散布される種子が多様性の維持に重要な役割を果たしている可能性が示唆された。

カ 引用文献

Kodani J. (2006) Species diversity of broad-leaved trees in *Cryptomeria Japonica* plantations in relation to the distance from adjacent broad-leaved forests. *Journal of Forest Research* 11, 267-274

Takahashi K. and Kamitani T. (2004) Effect of dispersal capacity on forest plant migration at a landscape scale. *Journal of Ecology* 92, 778-785.

Verheyen K. and Hermy M. (2001) The relative importance of dispersal limitation of vascular plants in secondary forest succession in Muizen Forest, Belgium. *Journal of Ecology* 89, 829-840

(五十嵐哲也)

ii) 林床草本ミヤコアオイの個体群構造と遺伝的構造の解明

ア 研究目的

日本の森林面積の約2割は、主として第二次世界大戦前後から戦後の高度成長期にかけて植栽されたスギ・ヒノキ人工林で占められている。こうしたスギ・ヒノキ人工林は、里山林においても雑木林（旧薪炭林）と並んで主要な構成要素となっており、里山林を保全するための森林整備技術を確認するためには、里山林構成種に及ぼしている人工林の影響についての情報が不可欠である。

スギ・ヒノキは常緑樹であり、また、人工林は天然林に比べると林冠ギャップが少ないため、人工林の下層を構成する植物は、恒常的に暗い林床で生存できる多年生草本や木本種で占められていることが多い。しかしながら、人工林の下層構成種は、たとえ個体数が多く見られたとしても、個体群を長期間にわたって維持できる程度には繁殖しておらず、長期的にみると個体群が衰退し、遺伝的多様性も低下していく可能性がある。これは、多年生植物は、環境条件が悪化して利用可能な資源が減少すると、有性繁殖への資源配分を減らして個体維持に多く配分する傾向があるためである。こうした個体群は内的増加率が低く、かく乱後の回復速度が遅いため、環境が変動すると潰滅してしまう危険性がある。林床植物に及ぼすこのような人工林化の影響を明らかにするためには、人工林と天然林に生育するそれぞれの個体群を個体群構造や繁殖、遺伝的構造の視点から解明する必要がある。

本課題の対象種ミヤコアオイ(*Asarum asperum*)は関西各県の丘陵・山麓に分布する常緑性草本であり、この地域の落葉樹二次林、スギ・ヒノキ人工林、照葉樹林に生育している。また、希少種ギフチョウ属の食草となっている。この地方の丘陵・山地には、薪炭林として利用されてきた落葉樹二次林が広く分布していたが、戦後にその多くが人工林に置き換えられた。このため、半数以上のミヤコアオイ個体群が人工林に分布している地域もある（日浦 1977）。ミヤコアオイは耐陰性が高いと考えられているが（日浦 1982）、越年葉で春期の光を利用して生育しているため、春先の林床が明るい落葉樹二次林から常緑のスギ・ヒノキ人工林への転換は、同化産物量の減少を介して本種の生存率や繁殖量を減少させている可能性がある。以上の視点から、本課題では、ミヤコアオイ個体群の個体群構造、繁殖、遺伝的構造に及ぼす人工林化の影響を明らかにする。

イ 研究方法

調査は、滋賀県志賀町の蓬萊山山麓（標高 140～600m）においてミヤコアオイが生育するスギ・ヒノキ人工林 14 林分と落葉樹二次林（以下、二次林という）14 林分で行った。これらのスギ・ヒノキ人工林の林齢は 36～77 年であり、林分周辺の状況から、植栽前は二次林であったと推定される。これらの林分に 10m×10m の調査区を 1ヶ所ずつ設定した（図 1-1-4-4）。なお、調査区は、調査区内にラメットが 2 個体以上入る場所に設定した。二次林 14 林分のうち、12 林分はコナラ・クヌギ・アベマキが優占していた。これらの調査区に生育するミヤコアオイについて、ラメット数（当年生シュートの数に等しい）、開花ラメット数、調査区ごとの出現頻度を調べた。出現頻度は、一つの調査区を 5m×5m の 4 区画に分割した時に求められる値である：出現頻度＝([ラメットが観察された区画数]－1) / (4－1)。したがって、出現頻度は 0、1/3、2/3、3/3 のう

ちのいずれかの値となる。ここで、出現区画数（分子の値）と全区画数（分母の値）から 1 を引くのは、ラメットが見られる場所の中に調査区を設定しているためである。さらに、調査区内に見られる生育パッチ（ラメット密度がもっとも高い場所）に 1 m×1 m の小方形区を 1 調査区あたり 1 区設定し、その中のラメット密度と新規加入ラメットの密度を調べた。新規加入ラメットは、新規分枝（親ラメットからの分枝によって調査当年に形成された娘ラメット）と当年生実生（調査当年の春に発芽した実生）に区別して記録した。これらのデータを用いて分枝率（調査当年に新規分枝した親ラメットの割合）も計算した。

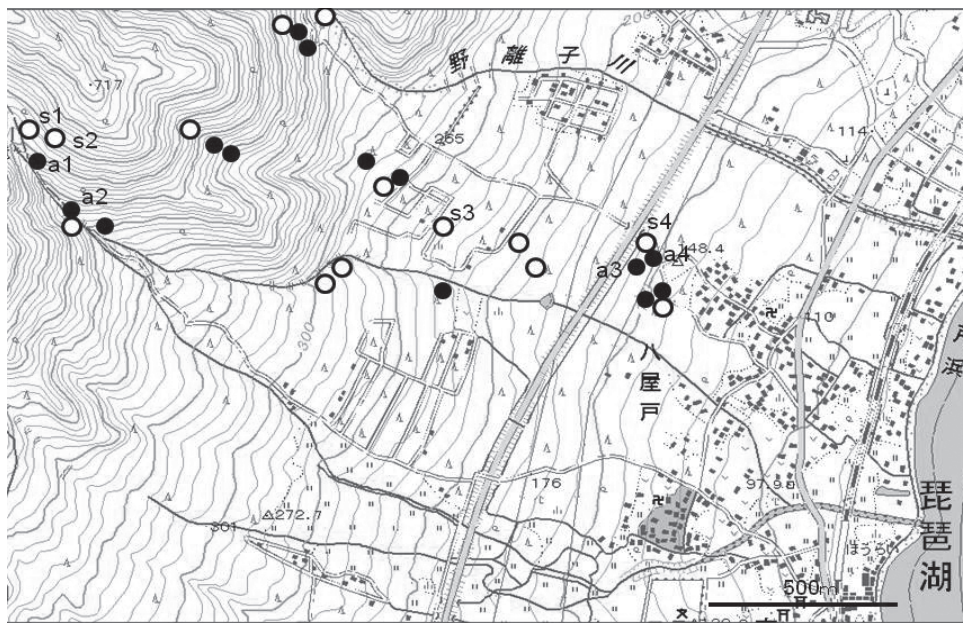


図 1-1-4-4 調査地の位置（国土地理院 1/25000 地形図使用）

○：二次林、●：人工林

番号付きの調査地では遺伝的構造を調査した。

また、これらの 28 調査区のうち 12 区（森林タイプごとに 6 区ずつ）については、ラメットあたりの葉面積、花あたりの胚珠数、花あたりの種子生産数、発芽率（採取した種子の恒温器内での発芽率）も調べた。調査区内の胸高直径 5cm 以上の木本の胸高直径と林床の光環境（結実期（5 月）における相対光量子束密度）も測定した。得られたデータに基づいて本種の個体群構造・繁殖過程と上層木（森林タイプと人工林林齢）・林床の光環境（相対光量子量）との関係を分析した。

以上の 28 調査地のうち、二次林 4 地点 (s1～s4; 図 1-1-4-4) と人工林 4 地点 (a1～a4; 図 1-1-4-4) については、アイソザイム分析を行うため、調査区内に 1 m ごとに格子点を設定し、各格子点の最近傍の 2 シュート（連結しているシュート群からは 1 シュート）を採取した。採取した試料について、以下の 7 酵素種で解析を行った：*got* (*Glutamate oxaloacetate transaminase*)、*adh* (*Alcohol dehydrogenase*)、*pgi* (*Phosphoglucisomerase*)、*pgm* (*Phosphoglucomutase*)、*ugp* (*glucose pyrophosphorylase*)、*tpi* (*Triosephosphate isomerase*)、*gdh* (*Glutamate dehydrogenase*)。電気泳動には、ポリアクリルアミドゲル電気泳動法とスターチゲル電気泳動法

を用いた。以上の泳動により、多型が認められた5遺伝子座 (adh、got、pgi、pgm、ugp) について、近親交配の程度を示す近交係数 (Fis) を求めるとともに、遺伝的多様性を表す次の4つのパラメーターを求めた：平均対立遺伝子数 (Na)、アレリックリッチネス (Rs)、ヘテロ接合度 (H)、遺伝子多様度 (He)。これらの遺伝パラメーターの計算は、解析ソフト FSTAT ver2.9.3.2(Goudet, 2002)を用いて行った。

ウ 結果

個体群構造

ミヤコアオイの開花率、開花割合、花あたりの胚珠数、花あたりの種子生産数は、人工林の集団の方が二次林の集団よりも有意に少なかった（一般化線形モデルおよび分散分析、 $P < 0.05$ ；図 1-1-4-5、表 1-1-4-1）。一方、発芽率については森林タイプによる明瞭な違いは認められなかった。これらの測定値から推定したラメットあたりの実生生産数（[開花割合]×[花あたりの種子生産数]×[発芽率]）は、人工林と二次林の集団でそれぞれ 0.56、3.03 であり、二次林の方が人工林よりも 5.4 倍多かった（表 1-1-4-1）。

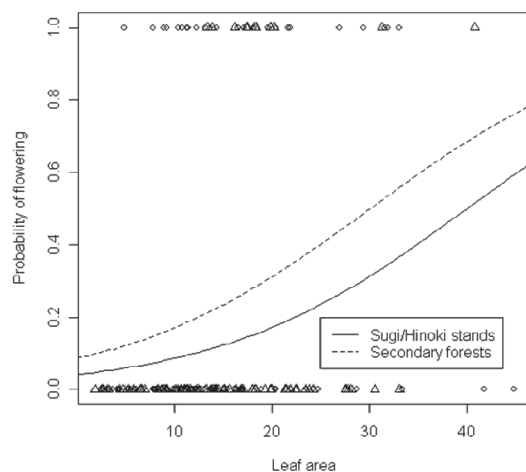


図 1-1-4-5 開花に及ぼす葉面積と森林タイプの影響

Sugi/Hinoki stands：人工林、Secondary forests：二次林

実線と点線は、それぞれ人工林と二次林について推定した一般化線形モデルを表す。

図中のシンボル（三角と菱形）は個々の観測値（開花ラメットの値=1、非開花ラメットの値=0）を示し、菱形と三角はそれぞれ二次林と人工林の集団を表す。

表 1-1-4-1 ラメットの種子生産に関わる諸形質

	人工林	二次林	
ラメットの開花割合 (a)	0.312±0.180 (14)	0.350±0.202 (14)	**
花あたりの胚珠数	24.1±6.6 (60)	28.5±7.2 (36)	*
花あたりの種子生産数 (b)	4.4±6.4 (60)	14.4±9.0 (60)	*
発芽率 (c)	0.408±0.370 (5)	0.602±0.173 (6)	n.s.
ラメットあたりの実生数(a×b×c)	0.56	3.03	

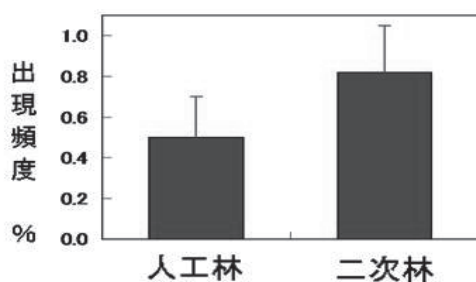


図 1-1-4-6 ラメットの出現頻度
平均値と標準偏差を示す。

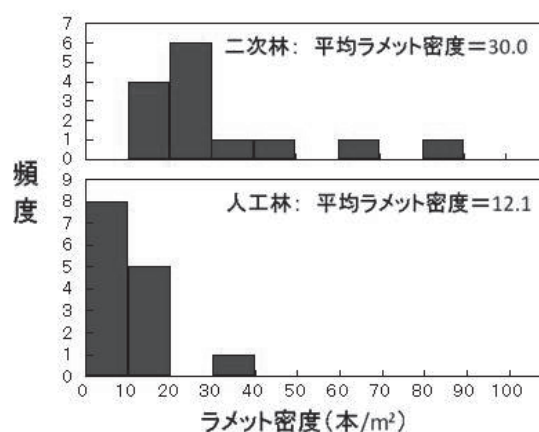


図 1-1-4-7 生育パッチ（小方形区）におけるラメット密度

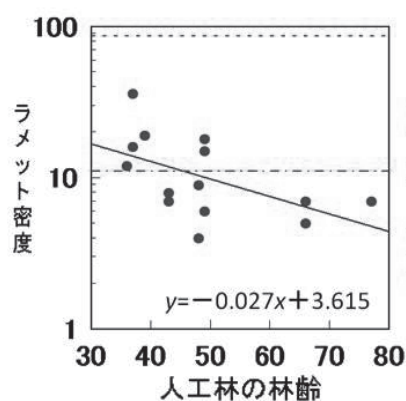


図 1-1-4-8 人工林の林齢とラメット密度の関係

2本の点線は、二次林の集団のラメット密度の上限値と下限値を示す。

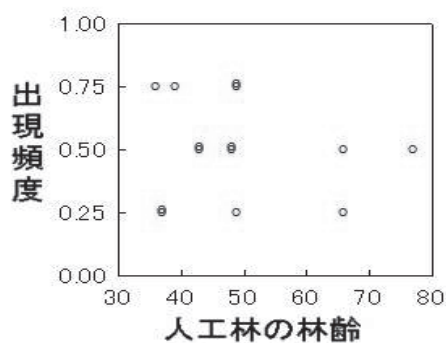


図 1-1-4-9 人工林の林齢とミヤコアオイ出現頻度の関係

人工林でのミヤコアオイの出現頻度（ラメットが見られた 5m×5m 区画の頻度）および生育パッチ内のラメット密度は、両方ともに二次林での値よりも低かった（一般化線形モデルおよび U 検定、 $P < 0.01$ ；図 1-1-4-6、図 1-1-4-7）。人工林・二次林両方ともに、これらの値と上層木のサイズ（最大胸高直径）、胸高断面積合計、相対光子量子量との関係は有意でなかった（一般化線形モ

デル、 $P>0.05$)。

人工林の林齢と生育パッチ内ラメット密度（対数値）との間には有意な負の相関が認められた（図 1-1-4-8）。一方、人工林の林齢と出現頻度との間には明瞭な関係は認められなかった（図 1-1-4-9）。生育パッチ内の新規加入ラメット数も、人工林の集団の方が二次林の集団よりも少なかった（一般化線形モデル、 $P<0.05$ ；図 1-1-4-10）。生育パッチ内での新規加入ラメット割合（全ラメットに占める新規加入ラメットの割合）についてみると、人工林と二次林の集団でそれぞれ 0.0165 と 0.0627 であった。この差は有意であり（ U 検定、 $P<0.05$ ）、二次林の方が人工林よりも 3.8 倍多かった（図 1-1-4-11）。

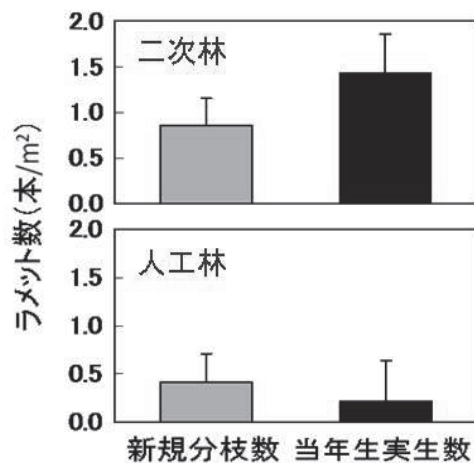


図 1-1-4-10 生育パッチ（小方形区）における新規加入ラメット数

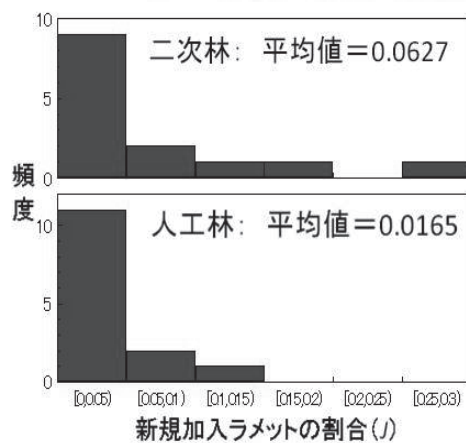


図 1-1-4-11 生育パッチ（小方形区）における新規加入ラメットの割合

人工林では新規分枝数の方が当年生実生数よりも多かったが、二次林では逆に当年生実生数の方が新規分枝数よりも多かった（一般化線形モデル、 $P<0.05$ ；図 1-1-4-10）。この結果は、二次林の集団では、新規加入に対する有性繁殖の寄与が栄養繁殖よりも大きい一方で、人工林の集団

では逆に栄養繁殖の寄与の方が大きいことを示している。人工林と二次林のミヤコアオイの分枝率の平均値（標準偏差）は、それぞれ 0.0319（0.0210）、0.0286（0.0130）であり、有意な差は認められなかった（ U 検定、 $P>0.05$ ）。

遺伝的構造

分析を行った 8 集団の近交係数の値は 0.17~0.18 と 0 に近い値となった（表 1-1-4-2）。ただし、二次林の 2 集団は 0 よりも有意に高かった（表 1-1-4-2）。遺伝的多様性についてみると、平均対立遺伝子数（ N_a ）、アレリックリッチネス（ R_s ）、ヘテロ接合度（ H ）は、それぞれ 2.4~3.0、2.3~3.0、0.20~0.29 であり、人工林と二次林との間で明瞭な違いは認められなかった（表 1-1-4-3）。一方、遺伝子多様度（ H_e ）に関しては、人工林と二次林の値はそれぞれ 0.20~0.25、0.24~0.34 であり、人工林の集団の方が二次林の集団よりも大きな遺伝的多様性を示す傾向が認められた（表 1-1-4-3）。

表 1-1-4-2 ミヤコアオイ 8 集団の近交係数

森林タイプ	Population	F_{is}					
		<i>adh</i>	<i>got</i>	<i>pgi</i>	<i>pgm</i>	<i>ugp</i>	All locus
二次林	s1	0.266 *	0.066	0.266	0.118 *	0.046	0.176 *
	s2	0.249 *	-0.010	-0.017	0.088	-0.079	0.106 *
	s3	-0.082	0.416	0.113	0.154 *	-0.059	0.018
	s4	0.093 *	-0.008	-0.062	-0.032	-0.333	-0.065
	average	0.132 *	0.116	0.075	0.082	-0.106	0.059
人工林	a1	0.049	-0.048	-0.049	0.275 *	0.026	0.062
	a2	0.037	-0.033	-0.012	-0.003	-0.097	-0.011
	a3	0.417	-0.022	-0.022	-0.031	-0.332	0.039
	a4	0.153	NA	-0.072	-0.085	-0.337	-0.169
	average	0.164 *	-0.034	-0.039	0.039	-0.185	-0.020
Average		0.148 *	0.052	0.018	0.061	-0.146	0.020

*: $p<0.05$ (based on 2000 randomisations)

表 1-1-4-3 ミヤコアオイ 8 集団の遺伝的多様性

森林タイプ	Population	n	N_a	R_s	H	H_e	F_{is}
二次林	s1	188	3.0	2.998	0.28	0.335	0.176
	s2	123	2.8	2.455	0.22	0.242	0.106
	s3	155	3.0	2.982	0.29	0.299	0.018
	s4	93	2.8	2.553	0.25	0.274	-0.065
	average		2.9	2.747	0.26	0.288	0.059
人工林	a1	90	3.0	2.986	0.23	0.246	0.062
	a2	84	2.8	2.279	0.23	0.217	-0.011
	a3	64	2.4	2.391	0.20	0.210	0.039
	a4	67	2.6	2.290	0.25	0.199	-0.169
	average		2.7	2.487	0.23	0.218	-0.020
Average			2.8	2.617	0.24	0.253	0.020

N_a : average number of alleles, R_s : Allelic richness, H : heterozygosity, H_e : gene diversity, F_{is} : inbreeding coefficient, n: number of samples.

エ 考察

以上の調査により、林床草本ミヤコアオイの繁殖、分布、個体群構造を示す指標となるラメットあたりの実生数と新規加入ラメット数、ラメットの出現頻度、生育パッチ内ラメット密度は、いずれも二次林の集団の方が人工林の集団よりも大きな値を示すことが明らかとなった。人工林の林齢と生育パッチ内ラメット密度（対数値）との間には有意な負の相関が認められたが、この結果は、人工林の集団のラメット密度が時間の経過とともに指数関数的に減少してきたことを示している。人工林の集団のラメット密度が指数関数的に減少してきたと仮定すると、人工林でのラメットの内的増加率は -0.07 （ラメットの期間自然増加率 $\lambda=0.973$ ）となる。このことから、人工林化にともなってラメットの死亡率が出生率を上回ったものといえる。一方、人工林の林齢と出現頻度との間には明瞭な関係は認められなかったが、この結果は、植林時のかく乱などによって生育パッチが減少した状態からの個体群回復の有無あるいは回復の程度には、植栽時からの経過年（林齢）以外の要因、例えば立地条件や植栽面積の広さなどが関係していることを示唆している。以上の結果は、里山林での落葉樹二次林からスギ・ヒノキ人工林への転換が、ミヤコアオイの繁殖量を減らすとともに、個体群の分布域および分布域内でのラメット密度も減らしてきたことを示している。

人工林の集団が今後も衰退していく（つまり、分布域をさらに狭め、ラメット密度も減らす）のかどうかを予測するためには、ラメットの増加率に人工林化がどのような影響を及ぼしているかを推定する必要がある。そこで、まず、人工林の集団と二次林の集団のラメット増加率（期間自然増加率 λ ）の比を推定する方法を以下に示し、次に、その方法に基づいて今回の測定値から推定したラメット増加率の比を示す。

新規加入ラメット割合（ J ）は、前年ラメット密度（ N_{t-1} ）、ラメット出生率（ b ）、増加率（ λ ）を用いると次式で表される： $J = bN_{t-1}\lambda N_{t-1} = b/\lambda$ 。この式より、ラメットの増加率（ λ ）は、ラメット出生率と新規加入ラメット割合の比（ b/J ）に等しいことがわかる。したがって、人工林個体群と二次林個体群のラメット増加率の比（ λ/λ' ）は、新規加入ラメット割合（ J ）とラメット出生率（ b ）で次式のように表される（ダッシュ付き記号は二次林個体群の値を表す）。

$$\lambda/\lambda' = [J/J'] \times [b/b'] \quad (1) \text{ 式}$$

（1）式のラメット出生率の比（ b/b' ）を「ラメットあたりの実生生産数と分枝数の和（ k ）」の比（ k/k' ）と等しいと仮定すれば、人工林個体群と二次林個体群のラメット増加率の比（ λ/λ' ）は、 J 値の比（ J/J' ）と k 値の比の逆数（ k/k' ）を用いた次式で表される。

$$\lambda/\lambda' = [J/J'] \times [k/k'] \quad (2) \text{ 式}$$

（2）式に測定値を代入すれば、ラメット増加率の比を求めることができる。

今回の調査で得られた J 値、 J' 値、 k 値、 k' 値についての測定値（平均値）は、それぞれ0.0627、0.0165、3.052、0.593である。（2）式にこれらの値を代入して得られる人工林と二次林の集団のラメット増加率の比（ λ/λ' ）は0.739となる。この推定値は、二次林から人工林への転換にともないラメットの自然増加率が約25%減少したことを示唆している。この人工林化にともなうラ

メット増加率の減少は、種子生産量と新規加入ラメット数の森林タイプによる違いで説明できる。この人工林化にともなうラメット増加率の減少は、ラメット死亡率の森林タイプ間の差を反映している可能性もあり、今後の検討が必要である。以上のラメット増加率の比についての推定値から、ミヤコアオイの集団は、二次林が人工林に変わると時間の経過とともに衰退していくと予想される。したがって、ミヤコアオイは関西地域のスギ・ヒノキ人工林に多く見られるにもかかわらず（日浦 1977）、人工林率の高い地域では時間の経過とともに集団が衰退していくものといえる。

近親交配の程度を示す近交係数については、森林タイプによる明瞭な違いは認められなかった。ミヤコアオイ 8 集団の近交係数の値は $-0.17 \sim 0.11$ と 0 に近く、ミヤコアオイは外交配主体の交配様式であることが分かった。カンアオイ属は明確な雌性先熟の開花様式を持つとされており（菅原 1999）、このことが他植主体の交配様式を規定していると考えられる。遺伝的多様性については、遺伝的多様性を表す 4 パラメーターのうち、遺伝子多様度に森林タイプによる違いが認められ、二次林の集団の方が人工林の集団よりも大きな値を示すことが明らかとなった。この結果は、二次林から人工林への転換にともなうミヤコアオイの遺伝的多様性が低下したことを示唆している。この人工林化にともなう遺伝的多様性の低下は、人工林内で有性繁殖量（ラメットあたりの実生数）が低下していることと矛盾しない。一般に遺伝的多様性の低下は、環境変化に対して脆弱になることを意味しており（Frankham et al. 2002）、人工林のミヤコアオイ集団の衰退をもたらす原因になるものといえる。

以上のことから、人工林の多い地域では、ミヤコアオイ集団のラメット増加率と遺伝的多様性が低下しており、ミヤコアオイ（メタ個体群）が衰退していく可能性が高いものといえる。ミヤコアオイの種子はアリによって散布されるため、散布距離が短い（日浦 1984）。このため、広いエリアで集団が一旦衰退すると、元のレベルに回復するのには非常に長い時間がかかる可能性がある。里山林において人工林を造成、管理していく際にもこのことを考慮し、人工林をモザイク状に配置するなどの視点を森林管理に盛り込んでいくことが今後の課題となるであろう。

オ 要約

関西地域の里山林に分布する林床草本ミヤコアオイについて、個体群構造と遺伝的構造に及ぼすスギ・ヒノキ人工林化の影響を調べた。滋賀県志賀町の蓬萊山山麓に分布する 28 集団の繁殖過程と分布・構造を調査し、ミヤコアオイの出現頻度、種子生産量、新規加入ラメット数、ラメット増加率に森林タイプによる違いがあることを示した。この結果に基づいて、上層木が落葉広葉樹からスギ・ヒノキに変わるとミヤコアオイの繁殖量と個体群増加率が減少することを明らかにした。さらに、アイソザイム分析により、里山林の人工林化がミヤコアオイの遺伝的多様性を減少させることも明らかにした。これらの結果から、人工林率の高い地域・流域では、時間の経過とともにミヤコアオイ個体群が衰退していくことを示した。

カ 引用文献

- Frankham, R., J. D. Ballou, and D. A. Briscoe (2002) Introduction to Conservation Genetics. Cambridge University Press, Cambridge.
- Goudet, J. (2002) FSTAT ver.1.2. <http://www2.unil.ch/izea/software/fstat.html>

日浦勇．1978．蝶のきた道．蒼樹書房，東京，83-146

菅原敬．(1999) カンアオイの花生態；キノコバエをだまして花粉を媒介するタマノカンアオイ．花の自然史（大原雅編），北大図書刊行会，札幌，57-73