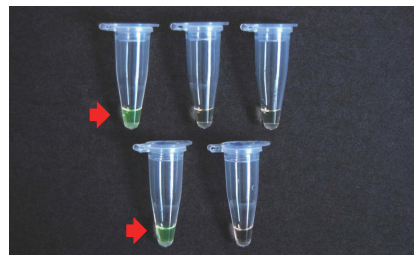


森林総合研究所

第2期中期計画成果集

重点課題アイa

生物多様性保全技術及び野生生物等による被害対策技術の開発



独立行政法人 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

第2期中期計画成果集 アイ a

目次

課題群 アイ a 1

「固有の生態系に対する外来生物又は人間の活動に起因する影響の緩和技術の開発」 4

「ピンチくん」ーゲーム感覚で学ぶ外来種の脅威 6

外来種対策をいっそう進め、新たな外来種を生まないために、住民の意識調査を行い、教材としてトラップ型ゲーム「ピンチくん」を開発しました。これを用いたモデル授業で、生徒の意識がはるかに向上することを明らかにしました。

小笠原諸島の外来生物管理 8

固有種を数多く産する海洋島の小笠原諸島は、外来生物の影響で独自の生態系が被害を受けています。外来生物の生態系への影響を解明し、外来生物制御と固有種保全に関する管理方法を提案しました。

人為活動によっては広葉樹林の種多様性が維持される 10

広葉樹林での様々な人為活動が林分の種組成に与える影響を、シミュレーションモデルで評価しました。

日本の生物多様性の変化を評価する手法の開発 12

日本では全国にまたがる長期的な生物の観測情報が不足していますが、既存の情報をもとに評価した結果、過去数十年間に急激な種数の減少はなかったことがわかりました。

課題群 アイ a 2

「固有種・希少種の保全技術の開発」 14

オオタカの新しい保全方法

個体の保護から個体群の保全へ 16

オオタカの北海道と関東の個体群の生息予測図作成や遺伝子解析から、さまざまな保護区の設定法と保護区内での具体的な保全策を提案しました。

絶滅が心配される植物を守る挑戦

ーレブンアツモリソウをモデルとしてー 18

絶滅危惧種レブンアツモリソウをモデルとして、培養個体の販売を通じて保全を行える特定国内野生希少野生動植物種について、培養技術の確立、販売による保全施策の有効性、自生地での保全の現状と対策を検討しました。

広葉樹の遺伝的多様性を守るために 20

広葉樹の遺伝的多様性を保全するために分布域全般の遺伝的多様性や遺伝的な違いを明らかにして、主要広葉樹について種苗の移動範囲を示す遺伝的ガイドラインを提案しました。

希少樹種保全のための森林管理 22

個体数の減少や小集団化が進み、次世代の更新が十分に行われていない希少樹種が多くあります。このような希少樹種では、それぞれの実状に応じた人為的管理が必要で、主な希少樹種保全の管理マニュアルを作成しました。

課題群 アイ a 3

「緊急に対応を必要とする広域森林病虫害の軽減技術の開発」 24

サビマダラオオホソカタムシを利用したマツノマダラカミキリ防除技術の開発 26

天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシを室内で増殖し、被害マツ林に放飼することによりマツノマダラカミキリを防除する手法を考案しました。

マツ材線虫病診断キットの開発 28

専門的な知識や技術を必要としない簡単なマツ材線虫病診断法を開発しました。枯れたマツの材内に存在するマツノザイセンチュウのDNAを検出することによって診断する方法です。

菌床しいたけ害虫ナガマドキノコバエを捕らえる LED 誘引捕虫器の開発	30
「光」と「匂い」の相乗効果でナガマドキノコバエ成虫を誘引し、強力な粘着シートで捕らえる、「LED 誘引捕虫器」を開発しました。	
マツ材線虫病北限未侵入地域を守るための対応戦略	32
青森県をモデルケースとして、マツ材線虫病の侵入・拡大可能性の評価に基づく未侵入地域での対応指針を示しました。	
被害地を予測し、おとり木トラップで防除する ー環境に優しいナラ枯れ防除法の開発ー	34
ナラ枯れ防除法として、世界でも例のない「おとり木トラップ法」を開発しました。これと、翌年の被害場所を予測する技術とを組み合わせることで、ある面積の林全体を守るためのシステムを作り上げました。	
課題群 アイ a 4 「獣害発生機構の解明及び被害回避技術の開発」	36
科学的なシカ管理のためのポテンシャルマップの作成	38
ニホンジカの生息分布状況を把握するため、新たに地理情報システムの手法を応用してニホンジカの生息密度分布マップを作成しました。	
クマの大量出没の要因を明らかにする	40
ツキノワグマの大量出没対策を立てるため、食物変動に伴うクマの栄養状態、行動の変化に関する研究を行いました。これらの結果から、人里および周辺の環境整備によって出没を防止することが最も重要であると考えられました。	
ブナの豊凶からクマの大量出没を予測する	42
ツキノワグマの大量出没の年を予測する技術を開発しました。過去 2 年間の春と夏の気温、ブナの実の作柄から、ブナが豊作、凶作となる確率を、高い精度で計算することができるようになりました。	

アイ a 生物多様性保全技術及び野生生物等による被害対策技術の開発

森林の公益的機能のうち、生物多様性の保全は国民の高い関心を集めていますが、多くの種が森林に生息していることから、森林利用と生物多様性の保全の両立が求められています。また、生物被害についても広域病虫害やシカによる林業被害、クマによる人身被害は依然高い水準にあって、その対応が求められています。そうした情勢を受けて、「生物の多様性を保全するとともに、多発する獣類や病虫害による森林被害を防止し、健全な森林を維持するため、固有の生態系に対する外来生物又は人間の活動に起因する影響の緩和技術、固有種・希少種の保全技術及び緊急に対応を必要とする広域森林病虫害の軽減技術等の開発並びに獣害発生機構の解明及び被害回避技術の開発を行う。」という中期計画を立てて、研究を推進してきました。

生物多様性保全技術については、小笠原の固有生態系への外来生物等の影響緩和の管理指針を作成しました。この成果は、国の事業に反映し、同地域を世界自然遺産として日本政府が推薦する重要な論拠となりました。新たな情勢として、生物多様性条約 COP10 の日本での開催、それに向けた政府の取り組みに貢献する必要性から、2010 年目標評価に関する研究や国際シンポジウムを主催しました。また、希少種、固有種の保全に向けた研究では、ハナノキ、シデコブシなど国内の希少樹種の保全手法について、種ごとのマニュアルという形で提示しました。また奄美大島における希少固有種アマミノクロウサギに影響を与えている、外来生物マングース駆除事業を技術的に支援できました。

広域病虫害対策技術では、マツノサイセンチュウを、遺伝子を用いて専門家以外でも迅速に処理できるマツ材線虫同定法を開発して、この方法の利用を組み入れた被害拡大防止指針を提示しました。開発した同定法は診断キットとして市販され、すでに防除現場で活用されています。またナラ類集団枯損対策では、新たに開発したおとり木トラップを生かした防除システムを確立しました。獣類による被害対策技術では、ツキノワグマの大量出没を予測して、人的被害を軽減する技術、ニホンザルを山に追い上げる技術を開発しました。シカに関しては、個体数管理のためのモデルを作成しました。これらの成果は、国有林、都道府県へ提示するとともに、都道府県の実務者や N P O 等への講演による普及も行い、公的機関による管理計画策定、改訂に活かされています。

課題群 アイ a 1 「固有の生態系に対する外来生物又は人間の活動に起因する影響の緩和技術の開発」

背景と目的

人間の活動は、森林の生物多様性にさまざまな影響を与えています。多様な生物を守り、彼らが生態系で果たしている役割を末永く保っていくためには、人間による影響の種類や大きさを正しく見きわめ、それに応じた対策を立てなければなりません。

人間に起因する生物多様性の危機のなかでも、「外来種」と「生息地の改変」はもっとも影響が大きいものといえます。この課題群の目的は、これらふたつの要因について、その実態を明らかにし、影響を和らげるための方策や技術を作り上げることです。

研究成果のあらまし

私たちは外来種問題を多くの人に知ってもらうことから始めました。ニュースなどでも良く聞く「外来種」ですが、実際にどのような生物がどういった問題をもたらしているのでしょうか。「ピンチ君」は、いろいろな外来種、在来種を親しみやすい図柄にしたカードゲームで、遊びながら外来種がもたらす影響を学ぶことができます。

外来種問題の深刻さはとりわけ海に浮かぶ島々で深刻です。本土から離れているため固有生物が進化しやすい反面、島の生物は一般に個体数が少なく、外来生物に対しても弱いからです。東洋のガラパゴスとも言われ、代表的な海洋島である小笠原諸島においても多くの外来種が在来生物を脅かしています。私たちは小笠原諸島におけるさまざまな外来種の影響や役割を評価し、生態系の再生に役立つ実践的な方法を作りあげました。

人間による自然環境の改変も生物多様性にいろいろな影響をもたらしますが、その影響を数字で表したり、予測することは対策を立てる上でとても大事です。その一つとして、森林の改変や利用が樹木の広葉樹林の種類構成に与える影響をシミュレーションによって予測しました。広葉樹林を針葉樹によって人工林に転換すると、もともとの広葉樹林の面積は縮小し、かつ互いに離ればなれとなります（分断化）。一方、落ち葉かきや林間放牧を行うと、実生（芽生え）や稚樹が間引かれます。これらの条件でシミュレーションを行ったところ、コナラなどの密度は長期的に増加する一方、ブナなどは逆に減少すると予測されました。人間による影響は樹種ごとの生態の違いにより異なることがわかったのです。

より広範囲な生物多様性の評価も行いました。生物多様性の 2010 年目標というのは、昨年名古屋で開催された COP10 で議論されたように、「2010 年までに生物多様性の損失を顕著に減少させる」というものでした。私たちは鳥類、哺乳類、樹木について、リビングプラネットインデックスという指数を使いここ数十年間にわたる生物多様性の変化を調べました。その結果、種数そのものの減少はないものの、社会的変化に伴う成熟林の増加や狩猟圧の減少によって、種の内容は変化していることがわかりました。

研究成果の利用

ピンチ君は手軽に遊べ、外来種問題を身近に学べる教材としてイベントなどで用いられています。小笠原での外来種研究の成果は、環境省や林野庁による外来種対策事業に取り入れられています。また、樹木のシミュレーションの結果は、今後さらに詳細かつ多様な樹種での解析を行うことによって、長期的に樹木の多様性を維持できる広葉樹林管理に役立てることが出来ます。さらに、リビングプラネットインデックスを用いた多様性変化の評価手法は、日本の 2010 年度目標の達成度評価に貢献したばかりでなく、他の生物群にも広く活用できる方法であり、今後いろいろな局面で利用されていくことが期待されます。



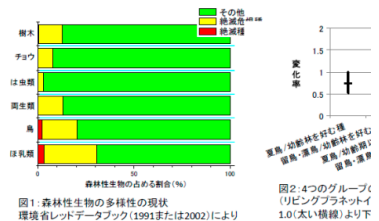
目標
固有の生態系に対する外来生物や人間活動の影響を解明し、その対策技術を開発する

5年間の主要な成果

小笠原諸島の外来生物管理



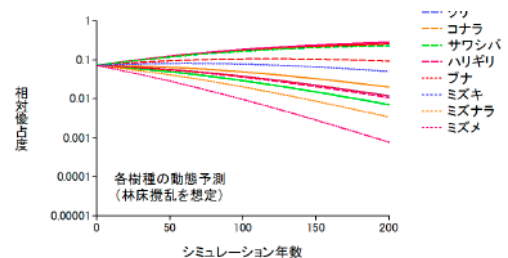
日本の生物多様性の変化を評価する手法の開発



ピンチ君ゲーム感覚で学ぶ外来種の脅威

外来種	外来種のイメージ / 【原産地 (国)】 【体の大きさ】	在来
	C 生きものの説明	
	D 何に影響するの? この外来種に被害を受ける在来種で、赤のカードの在来種に対応している。	
	E この外来種が及ぼす実際の影響	
	F 上段: 生息環境	

人為活動によっては広葉樹林の種多様性が維持される



「ピンチくん」ーゲーム感覚で学ぶ外来種の脅威

企画部
(財)世界自然保護基金ジャパン
国立環境研究所

山田文雄
草刈秀紀
五箇公一

生物多様性の保全を図るために、外来生物対策が必要で、地域住民の理解が不可欠です。このために事前にアンケート調査を行い、適切な教材開発の必要性などが明らかになりました。そこで、トランプ型教材「ピンチくん」を作成し、高校の2校でモデル授業を行い、高い効果が得られました。これらから、適切な教材と授業によって、外来生物問題の意識が向上することを明らかにしました。

はじめに

奄美大島と沖縄本島では外来生物のジャワマングースにより固有動物種の絶滅が危惧されています。本課題では、現状と将来に向けての外来種についての地域住民の理解を増進させる方策を検討しました。

アンケート調査

まず、住民の意識調査は、奄美大島と沖縄本島で、一般住民、市町村職員、教職員、および生徒を対象としました。調査結果の回収数はそれぞれ約1万人（配布数の半数）でした。

外来種が、その地域にしかない固有種を絶滅させていると認識する人は、両島とも極めて多く（80%以上）、外来種が島からいなくなってほしい人も多く（50-70%）をしめました。

また、毒蛇ハブの天敵としてマングースは役立たないと多くの人が認識し、防除事業の目的をよく理解していました。また、対策や普及啓発は、国や自治体などが十分な予算をかけて行ってほしいと期待されていることがわかりました。

一方、学校などで使える、外来種に関する教材がほとんどないことがわかりました。

「ピンチくん」をつくる

教材開発では、1) 誰でも手軽に遊べて学習できる、2) 在来種と外来種の関係が理解できる、3) さまざまな遊び方ができることなどを考え、在来種が外来種によって脅威を受け、ピンチな状況にあることを訴えるため「ピ

ンチくん」と命名し、トランプ型の教材をつくりました（図1）。

カードは、外来種26枚（黒色）と、在来種26枚（絶滅のおそれのあるレッドリストをイメージして赤色）からなります。外来種では、南西諸島で特に問題になっている13種、在来種では、絶滅のおそれの高い13種などを取上げました。カードには、生物の特徴、影響、侵入年代、レッドリストのランクなどをわかりやすく示しています。

モデル授業と効果

南西諸島の高校2校におけるモデル授業では、「ピンチくん」を使ったゲームの前後にアンケート調査を実施しました（図2）。「ピンチくん」はきわめて好評で、ゲーム後に認識がはるかに向上することが明らかになりました（図3）。8割以上の生徒が、外来種問題への意識が高まったと回答しました。

これらのことから、適切な教材と授業を行うことによって、学校において、外来種問題の意識が向上することが明らかになりました。

今後は、これらを参考に、教材や活動などが開発され、外来種問題の正しい理解がはかられることが期待されます。

本研究は環境省地球環境研究総合推進費「侵入種生態リスクの評価方法と対策に関する研究（代表、国立環境研究所・五箇公一、16-18年度）」による成果です。

外来種	A	生きものの種名
	B	外来種のイメージ / 【原産地（国）】 【体の大きさ】
	C	生きものの説明
	D	何に影響するの？ この外来種に被害を受ける 在来種で、赤のカードの在 来種に対応している。
	E	この外来種が及ぼす実際の 影響
	F	上段：生息環境 下段：侵入年代（移入され た年代）
	G	分類
	H	ランク
在来種	A	生きものの種名
	B	在来種のイメージ / 【原産地（国）】 【体の大きさ】
	C	生きものの説明
	D	何の影響を受けているの？ この在来種に被害を受ける 在来種で、黒のカードの外 来種に対応している。
	E	この在来種が及ぼす実際の 影響
	F	上段：生息環境 下段：被害年代（被害確認 年代）
	G	分類
	H	レッドリストのカテゴリー

図1 普及啓発教材のトランプ型ゲーム「ピンチくん」



図2 モデル授業風景

Q1. 沖縄本島で外来種はどれでしょうか？

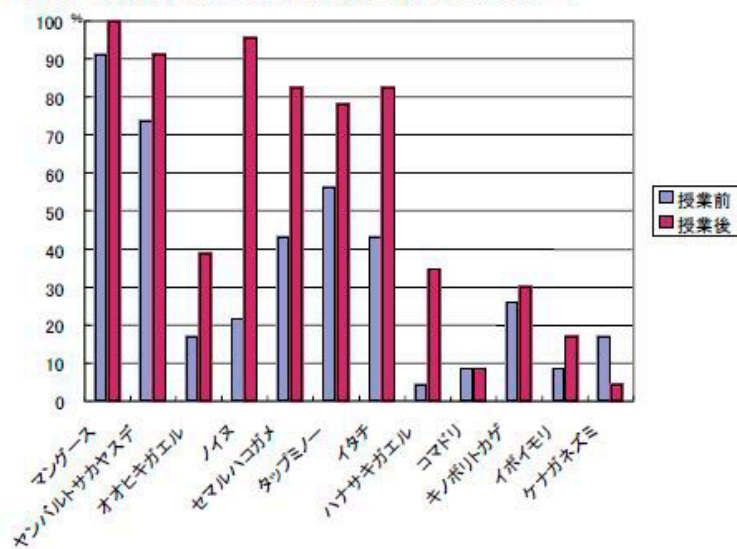


図3 モデル授業の効果

先生がカードを読み、生徒が札を取るカルタゲームと、食う食われる関係を組み合わせるゲームを行ない、外来種問題を遊びながら理解しました。

授業後に、認識がより正確になり、効果が認められました。正解は、この図で左端のマングースから右ヘイタチまでの7種です。

小笠原諸島の外来生物管理

理事

大河内 勇

小笠原諸島は独自の生態系を有し、世界自然遺産候補として登録に向けた準備がされていますが、様々な外来生物による生態系の破壊が問題でした。そこで、生態系を回復するために生物間の相互関係に基づく外来生物管理手法を開発し、世界自然遺産指定に向けた活動を支援しました。

はじめに

小笠原諸島は独自の生態系を有し、世界自然遺産候補として登録に向けた準備がされています。しかし、一方では、様々な外来生物が小笠原に侵入して、島の固有生物を絶滅に追いやり、生態系を破壊しつつあります。世界遺産候補としてふさわしい姿とするためには外来生物の管理が欠かせませんが、無分別な外来生物駆除はかえって別の外来生物を増やす可能性があるなど、その対策は生態系の理解に基づいて行う必要があります。この研究では小笠原における生物どうしの相互関係を調べ、適切な外来生物管理、固有種保護に関する戦略を作成し、世界自然遺産指定に向けて支援するとともに、同じ問題に悩む太平洋の島々に情報を提供することもねらいました。

外来生物の生態系影響とその管理

研究した外来生物のうち、グリーンアノールを中心に説明します。本種は北米原産の樹上性のトカゲで、小笠原の父島・母島に侵入し、固有のハナバチ類、オガサワラシジミ、トンボ類など多くの固有昆虫を絶滅寸前に追いやりました。

アノールのために固有のハナバチ類がほとんどいなくなった島では、代わりに外来生物のセイヨウミツバチだけが主要な花粉媒介者となっています。しかし、セイヨウミツバチでは受粉が上手くいかない在来植物（固有種も含む）があります。外来植物の方が花粉媒介では有利になるので、長期的には外来植物の増加につながります。とはいえ、セイヨウミツバチは不十分とはいえ、在来の植物の花粉媒介を行っているので、すぐに駆除すべきではありません。今は、外来の植物を駆除し、競争を軽減して在来の植物を増やすことが必要です。

アノールは父島、母島以外には侵入していないためトンボ類などは周辺の小さな離島に生き残りましたが、干

ばつなどの気候の変動で絶滅するリスクがありました。そこで、繁殖池として人工池を設置しました。2004年には恐れていた干ばつが発生し、自然の池の固有トンボの個体群はほぼ全滅に近い状態でしたが、人工池では、固有のトンボ類が生き残り、絶滅を回避することができました。絶滅のリスクは個体数が少ないオガサワラシジミにもあり、飼育下で増やす研究を行っています。このようなリスク予測に基づく対策も必要です。オガサワラシジミやトンボ類は天然記念物に指定されており、文部科学省の許可を得て研究しています。

グリーンアノールの推定個体数は600万頭と非常に多く、簡単には排除できません。しかし、アノールの個体群動態モデルを作成して計算すると、フェンスなどで移動を断ち切れば、大量のトラップ設置などの集中的な捕獲で地域的根絶が可能になりました。現在、この成果に基づき、オガサワラシジミの最後の生息地周辺をフェンスで囲い、グリーンアノールの密度を低減させる事業が行われています。

総合戦略

このように、個々の外来生物と在来種との生物間相互作用の解明に基づく管理手法を提案しましたが、本研究ではさらに生態系ネットワーク図に基づく順応的管理の概念を提案しました。主要な生物間の相互作用をまとめて図化することにより、ある生物間相互作用を断ち切ることで、新たな生物間相互作用のネットワークに替わることがわかります。そのため、外来種対策の副作用として生じる別の問題をあらかじめ予測し、対策をとることができます。この方式は、林野庁、環境省、東京都などが推進している世界自然遺産候補地小笠原諸島生態系保全アクションプランの基本設計として採用されました。



図1. グリーンアノールを例とした外来生物の生態系影響と保全技術

放置すれば青い矢印の生物間相互作用が働き、赤い矢印の方向、絶滅へ向かう。グリーンアノールの完全な根絶は困難であり、固有生物の絶滅を避けるには、緑の矢印の管理技術を、個別ではなく、総合的に行う必要がある。

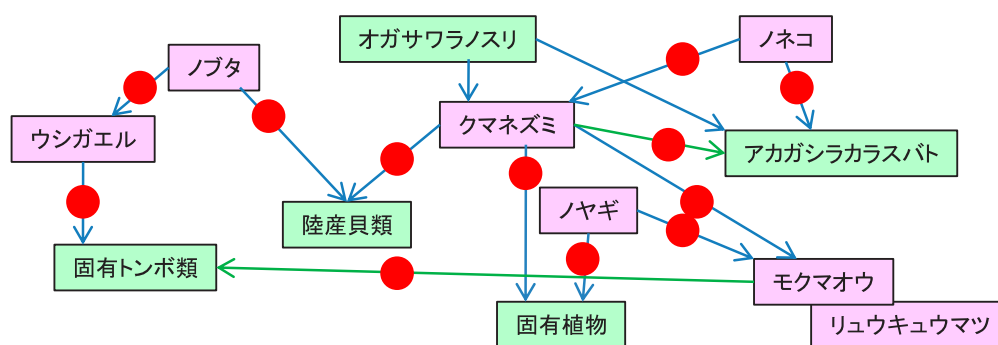


図2. 第島を例とした生態系ネットワーク図

枠のピンクは外来種、緑が在来種、青い矢印は捕食関係、緑の矢印は競争や環境悪化による圧迫。赤丸は対策の取られている種間関係で、在来種へ影響の出そうな種間関係の多くは対策が取られている。しかし、図からはクマネズミの減少により、オガサワラノスリが餌不足になることが予想できる。予測は正確でないため、結果をモニタリングした順応的南里を行う。（世界自然遺産候補地小笠原諸島生態系保全アクションプランを参照した）

人為活動によっては広葉樹林の種多様性が維持される

森林植生研究領域

正木 隆

広葉樹林の人為活動が林分の種組成に与える影響を、北茨城の落葉広葉樹林のデータに基づくモデルで分析しました。各樹種の個体群密度の推移を予測したところ、優占種のコナラ、クリ、シデ類は今後大きく減少し、ブナ、イタヤカエデなどは逆に増えると予想されました。しかし森林の分断化や林間放牧・落葉採取など人為活動の影響を加味すると、コナラやクリなどの減少傾向が改善されると予想されたことから、人為活動の種類によっては、局所的な種の消失を遅らせることができると結論できました。

はじめに

人間の活動は広葉樹林の林分や景観の構造を改変します。林分レベルで見ると、たとえば伐採によって樹木の個体数は減少します。一方、景観レベルではたとえば人工林化によって広葉樹林が分断されます。このような人為活動は、ある場所の広葉樹林の種組成をどのように変えていくのでしょうか？このことをモデル解析によって検討しました。

モデル

実際のデータに基づいてモデルを組み立て分析しました。用いるデータは①樹木の成長・枯死・繁殖にともなう自然の推移と、②種子の飛散範囲の2つです。北茨城の小川試験地をモデルケースとしました。

シミュレーション結果

種子から成木までを12の成長ステージに区切り、モニタリングデータから各ステージの死亡率、成長率、滞留率を階層ベイズモデルで推定しました。これに基づいて樹木の密度の変化を予測したところ、コナラ、クリ、ミズメなどの密度は今後200年間で大きく減少し、ブナ、イタヤカエデ、オオモミジなどの樹種の密度は、逆に増加あるいは維持されると予想されました。

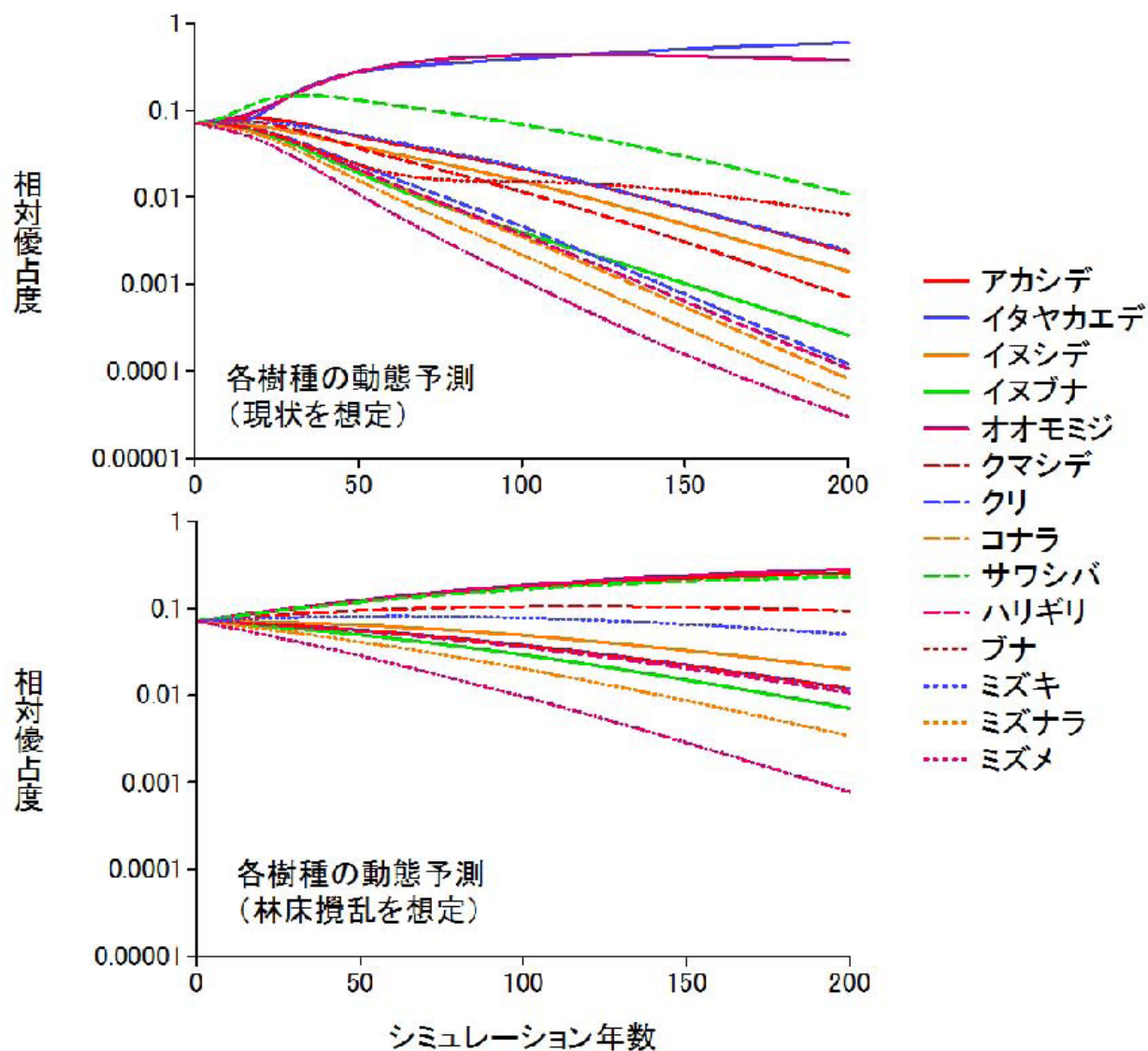
種子の飛散範囲については、大きく2つのパターンにわかれてきました。ブナ科（ブナ、コナラ等）やカバノキ科（ミズメ、アカシデ等）では、生産された種子数の95%

以上が母樹から約20mの範囲に集中し、短距離散布型と考えられました。一方、カエデ科（イタヤカエデ、オオモミジ等）や動物によって種子が散布される樹種（カスミザクラ、ミズキ等）では、種子の95%は母樹から数100mの範囲に散布され、長距離散布型と考えられました。

人為活動の結果

以上の結果に人為活動の影響を加えてみます。針葉樹の造林等によって広葉樹林が分断化すると、近距離に種子を散布するコナラやミズメが相対的に有利になると考えられます。しかし、飛散範囲の影響をシミュレーションに加えても、コナラやミズメが減少するという予測に大きな影響はありませんでした。ところが、資源利用として林間放牧・落葉採取などを仮定し、樹種を問わず実生や稚樹の死亡率を高めるシミュレーションをおこなったところ、少なくとも約200年後まではコナラやクリの密度の低下は改善され、逆にブナなどは密度が大きく減少することが示されました。このことは、実生や稚樹の死亡を高める人間活動が、局所的な種の消失パターンに影響することを示します。伐採による萌芽更新なども加味すると、コナラなど萌芽能力の高い樹種にとっては、さらに有利になる可能性があります。

今後、さらに細かい種特性を把握することで、長期的に種の多様性を維持できる広葉樹林管理に貢献できる見込みです。



主要な樹種の相対的な密度（相対優占度）が今後どのように変化するかをシミュレーションによって予測したもの。現状の森林管理（上図）だとコナラやクリの減少が激しいが、人為的な林床攪乱を行うことによってこの傾向が改善される（下図）。

日本の生物多様性の変化を評価する手法の開発

森林昆虫研究領域
森林動物研究領域
森林管理研究領域
北海道支所
森林植生研究領域
国際連携拠点
関西支所
企画部（現東海大学）

岡部貴美子、小川みふゆ、山浦悠一（現北海道大学）
小泉 透
家原俊郎、光田 靖
高橋正義
阿部 真
杉村 乾
服部 力
田中伸彦

生物多様性条約の2010年目標の達成を評価する手法として、日本の森林の生物多様性の変化を明らかにする指数を開発することを目的としました。リビングプラネットインデックス（LPI）と呼ばれるこの指数によって鳥類、哺乳類、樹木について評価したところ、種レベルの減少はないものの、社会的変化に伴う成熟林の増加や狩猟圧の減少によって、生物多様性は変化していることがわかりました。

はじめに

1960年代以降、日本の国土にしめる森林の割合は約67%前後と安定していますが、人工林率は25%から42%へと上昇しました。また1970年代以降は森林の伐採が減少して、森林のバイオマスは増加してきています。では日本の森林の生物種は、日本の近代化に伴い激減したのでしょうか。

2010年10月、名古屋で開かれた第10回生物多様性条約締約国会議（COP10）に合わせ、「2010年までに生物多様性の急激な減少速度を低下させる」という2010年目標の達成を評価する手法を開発しました。

森林の変化と種の減少

環境省のレッドデータブックを元に、様々な森林性生物の絶滅種や絶滅危惧種を調べてみました（図1）。その結果1991年までに樹木やほ乳類などの少数の種が絶滅していました。しかし必ずしも急激な森林性生物の種の減少は見られませんでした。

鳥および大型～中型ほ乳類の多様性の評価

世界的には1970年代以降の生物多様性の変化が、リビングプラネットインデックスという指数によって計算され評価されています（<http://www.cbd.int/gbo2/>）。そこで日本の生物多様性の長期的変化を評価するために、長期的な生物の観測データの探索を行いました。鳥やほ乳類の一部を除いて、全国を網羅する解析可能なデータはありませんでした。

鳥や大型～中型ほ乳類については、環境省が1970年代と1990年代に全国的な分布調査を行っています。そこでこれらのデータを元に、日本のリビングプラネットインデックスを作成し、分布の変化を評価しました。そ

の結果約20年間に、鳥では若い林を好む種の分布が減少していることがわかりました（図2）。また成熟林を好む鳥でもアジアからの渡り鳥の分布は減少していました。このことは種数は減っていないけれども、個体数が減少して遺伝的な多様性が減った可能性を示しています。一方、大型～中型ほ乳類は種数の減少はなく、分布域は増加していました（図3）。これは狩猟者数の減少や、耕作放棄地による野生動物の里山への誘引などが原因になっていると考えられました。

樹木の多様性の評価

世界的にも植物の多様性の変化はまだ評価されたことがありません。日本にも樹木の多様性変化を国レベルで評価するための十分なデータはありませんでした。そこで森林総合研究所が所有する森林動態データベースを含む11地点の調査結果を基に、同じ指数を用いて1990年代から2000年代にかけての老齢林の変化の傾向を調べました。また樹木の個体数だけでなく、樹木の太さも指標に加えました。その結果、樹木は徐々に太くなっており、個体数の軽微な減少は樹木の生長によるものであることがわかりました（図4）。このことから老齢林では樹木の多様性の減少はなく、樹木は生長していることが明らかになりました。

本研究で開発した日本版リビングプラネットインデックスによって、国レベルの生物多様性変化の評価が可能になりました。COP10では新たな将来目標として、2020年目標と2050年目標という短期および中期の目標が設定されました。本研究の成果はこれらの目標達成の評価のためにも活用することができます。

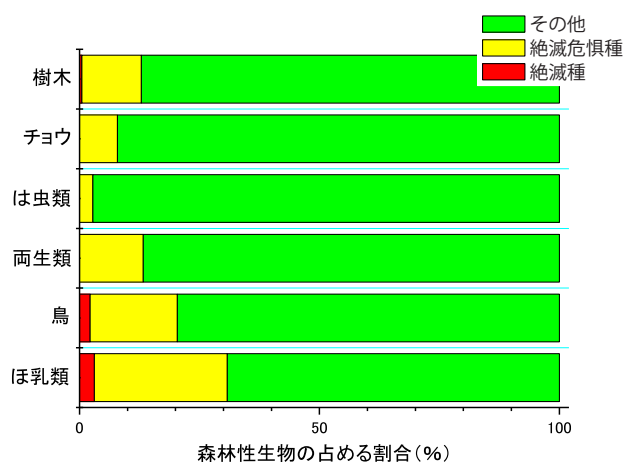


図1 森林性生物の多様性の現状
環境省レッドデータブック（1991 または 2002）
により作成しました。

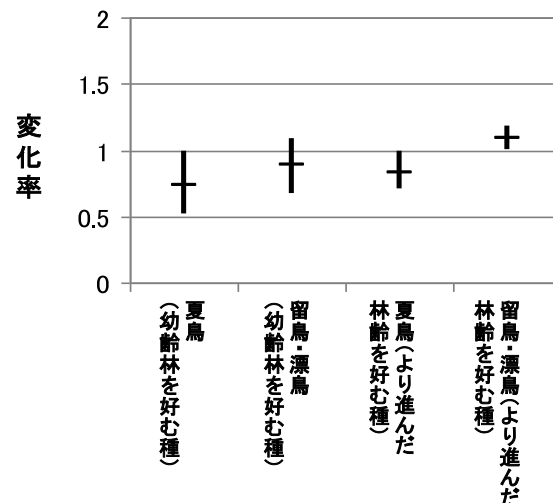


図2 4つのグループの分布面積の変化率
(リビングプラネットインデックス)
1.0 (太い横線) より下は 90 年代で減少、
上は増加したことを示します。

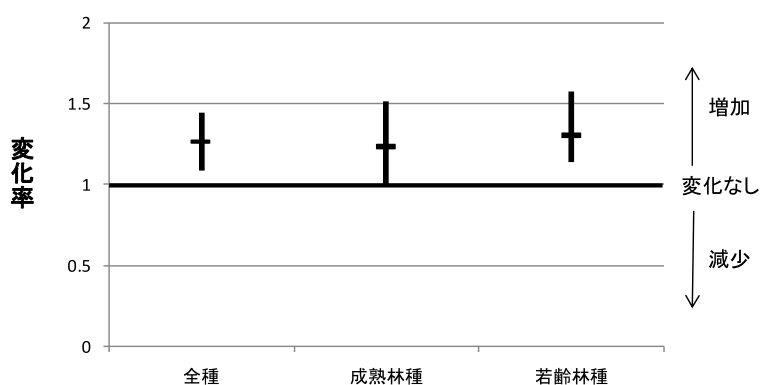


図3 大型～中型ほ乳類のグループ別分布面積の変化率 (リビングプラネットインデックス)
1.0 (太い横線) より下は 90 年代で減少、上は増加したことを示します。

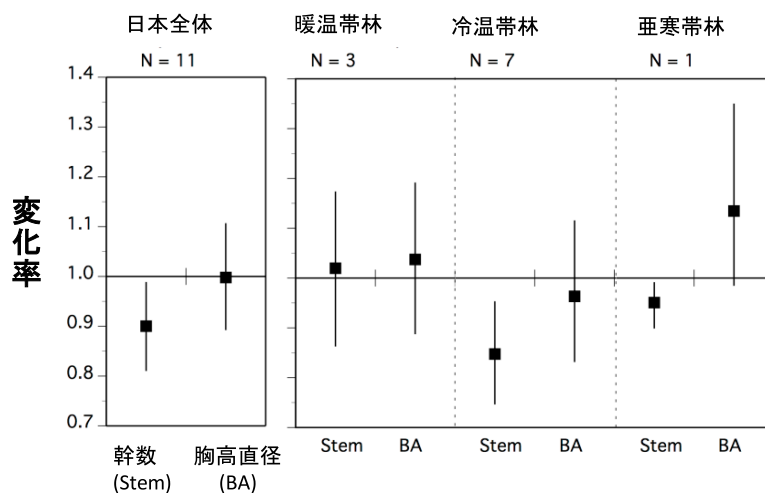


図4 樹木の幹数 (個体数) と胸高直径 (太さ) の変化率 (リビングプラネットインデックス)
1.0 (太い横線) より下は 2000 年代で減少、上は増加したことを示します。

課題群 アイ a 2 「固有種・希少種の保全技術の開発」

背景と目的

国家戦略の一つとして位置付けられている「生物多様性保全」を進める上で、固有種・希少種の保全は重要な課題です。一方、固有種・希少種はその脆弱性のゆえに、保全対策の開発とその実施を緊急に行うべき現状にあるものが多いと言えます。

本研究課題群では、固有種・希少種の保全を推進するため、オオタカの先行的保全技術を開発し、レブンアツモリソウをモデルとした保全手法の指針を作成します。小集団化した希少樹種の保全技術を開発します。広葉樹種苗の移動に関する遺伝的ガイドラインを作成、アマミノクロウサギの保全対策の基礎の確立、およびフタバガキ科の産地識別 DNA データベースの構築を行います。

研究成果のあらまし

オオタカの先行的保全技術については、東日本地域のオオタカ集団の遺伝構造を明らかにするとともに、オオタカの保護マニュアル「オオタカの生態と保全ーその個体群保全に向けてー」(日本森林技術協会発行、平成 19 年度)の作成を行いました。

アマミノクロウサギの保全研究として、個体数と遺伝的交流を推定する手法の開発を行いました。

レブンアツモリソウの保全指針については、個体群動態や遺伝構造、人工増殖法に関する研究を行うとともに、保全に関する提言書「特性国内野生動植物種の保全に関する提案ーレブンアツモリソウをモデルとした研究からー」(森林総合研究所発行、平成 20 年度)の作成と配布を行いました。

小集団化した希少樹種の保全技術の保全技術に関しては、ハナノキ、シデコブシ、ヒメバラモミ、エゾノウミズザクラ、クロミサンザシの保全に関する研究を行い、これら樹種を含む計 14 種の希少樹種を対象とする保全管理マニュアル「希少樹種の現状と保全ー保全のための対策と課題」(森林総合研究所発行、平成 22 年度)の作成を行いました。

広葉樹の種苗の移動に関するガイドラインについては、ブナ、クヌギ、ケヤキ、イロハモミジなど苗木生産量の多い広葉樹について、分布範囲全体にわたる遺伝的分化による地域固有性を明らかにして、「広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン」(森林総合研究所発行、平成 22 年度)の作成を行いました。

フタバガキ科の産地識別については、東南アジア地域に広く分布する *S. leprosula* と *S. parvifolia* を対象に、葉緑体 DNA と核 EST-SSR マーカーを用いて、樹種産地識別の基盤となる遺伝構造の解析を行いました。

さらに、その他の成果として、ツキノワグマ集団の保護管理計画の策定に向けて、本州や四国全域から広くサンプルを集めて、遺伝構造を明らかにしました。

研究成果の利用

本研究課題では研究の推進だけでなく、その成果を実際の保全に役立てるため、4 冊の保全管理マニュアルを作成して、その普及を図りました。今後、さらなる普及による保全への使用を進めるとともに、情報が不足している点などを補う研究も引き続き進めていく必要があります。

目標
固有種・希少種の絶滅危惧要因等を解明するとともに、
その保安全管理技術の開発を行う。

5年間の主要な成果

オオタカの生態と遺伝構造の解明と、その成果に基づく保安全管理マニュアルの作成



レブンアツモリソウの個体群動態、遺伝構造、人工増殖に関する研究と、その成果に基づく保安全管理マニュアルの作成



主要広葉樹の地理的分化の解明と、その成果に基づく種苗の移動に関する遺伝的ガイドラインの作成



希少樹種の絶滅危惧要因の解明と、その成果に基づく保安全管理マニュアルの作成



オオタカの新しい保全方法 個体の保護から個体群の保全へ

北海道支所

NPO 法人オオタカ保護基金

尾崎研一、河原孝行、工藤琢磨

遠藤孝一、野中 純、堀江玲子

人とオオタカが共生していくには、これまでの個体を対象とした保全から、個体群を対象とした保全への転換が必要です。オオタカの個体群保全を行うには、個体群が将来に渡って存続できる保護区を設定する必要があります。本研究では、北海道と関東地方全域のオオタカの生息予測図を作成しました。また、DNAによる遺伝子解析を行いました。これらの結果から、さまざまな保護区の設定プランと保護区内での具体的な保全策を提案しました。

はじめに

里山を代表する希少種であるオオタカ(図1)の保全は、これまで、個体を対象に行われてきました。しかし、この方法では、オオタカと開発事業が競合するために有効な対策が立てられないという問題がありました。我々は、この問題を解決し、人とオオタカが共生していくには、「個体」を対象とした保全から、「個体群」を対象とした保全への転換が必要だと考えました。

では、どうすればオオタカの個体群を保全できるのでしょうか？そのためには、オオタカの分布や生息数、遺伝的多様性を把握し、それをもとに個体群が将来に渡って存続できる保護区を設定する必要があります。本課題では、オオタカの個体群保全に必要な研究を行いました。

オオタカの分布と生息数の推定

本研究は関東地方と北海道で行いました。各地域でオオタカの生息状況を調査し、その結果と、森林面積や地形情報などを利用して、オオタカの生息を予測するモデルを作成しました。作成されたモデルを用いて関東地方と北海道全域の生息予測図を作成しました(図2)。その結果、関東全域の生息数は約3千つがい、北海道全域の生息数は約千つがいと推定されました。

オオタカの遺伝的多様性

調査地から採集したDNAサンプルを用いて、オオタカの遺伝的多様性を解析しました。その結果、特に遺伝的に多様な地域、または多様性が小さい地域はありませんでした。また、各地域の遺伝的な違いは小さく、オオタカは地域間を頻繁に移住していると考えられました。

オオタカ保護区の選定方法

生息予測図を使うと、いろいろな条件のもとで仮想的

に保護区を設定することができます。例えば、平野部の農耕地帯に保護区を設定する場合、そこでの生息密度は高いので、一定の数(ここでは500つがい)のオオタカを保全するための保護区の面積は小さくて済みます(図3)。しかし、保護区のほとんどが民有地なので人間活動との競合が予想されます。一方、山地に保護区を設定する場合、そこでの生息密度は低いいため、平野に比べると保護区の面積が大幅に増加し、その結果、保全に必要な費用も増えると予想されます(図4)。しかし、既存の自然保護地域などを利用することで人間活動との競合を避けることができます。このように、生息予測図を使うことで、保全の有効性と地域の社会状況を考慮した、さまざまな保護区の設定プランを提案できるようになりました。

以上の成果と、保護区の中でどのようにオオタカを保全すればよいのかを解説した本を出版しました。

尾崎研一・遠藤孝一編著 オオタカの生態と保全—オオタカの個体群保全に向けて— 日本森林技術協会

本研究は環境省地球環境保全等試験研究費による「希少種であるオオタカの先行型保全手法に関する研究」による成果です。

用語の説明

個体群：ある地域に生息する同じ種の個体の集まりを個体群といいます。個体は老いて死ねばそれで終わりですが、個体群は繁殖や移住によって将来に渡って存在し続けるため、種の保全を考える場合には個体群を単位とすることが重要です。



図1 里山を代表するワシ・タカ類であるオオタカ

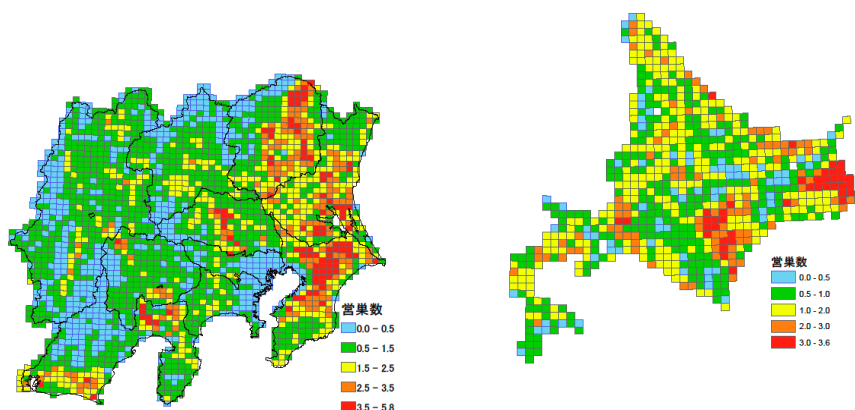


図2 オオタカの生息予測図。左が関東地方（5×5km）、右が北海道（10×10km）。



図3 平野部でオオタカ500つがいを保全するのに必要な保護区の配置。
保護区は、関東地方（左図）では全域の5%、北海道（右図）では全域の30%にあたる。

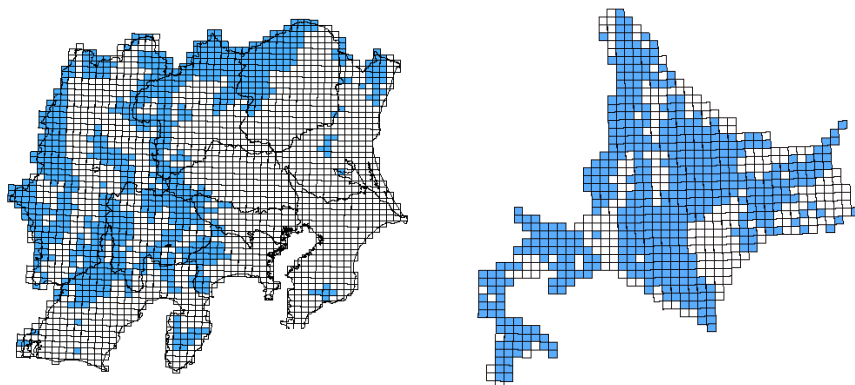


図4 山地でオオタカ500つがいを保全するのに必要な保護区の配置。
保護区は、関東地方（左図）では全域の35%、北海道（右図）では全域の70%にあたる。

絶滅が心配される植物を守る挑戦 ーレブンアツモリソウをモデルとしてー

北海道支所
東北支所
関西支所
北海道大学大学院農学研究院
北海道大学 総合博物館
熊本大学大学院 自然科学研究科

河原孝行
八巻一成
山下直子
幸田泰則、庄子 康
高橋英樹
杉浦直人

レブンアツモリソウをモデルに保全対策に資する研究を行った結果、共生菌を用いたレブンの人工培養法を開発しました。一方、人工培養苗の販売には反対意見も多くありました。現地保全においては、現在の個体群が衰退傾向にあること、遺伝的劣化を生じている個体群があること、受粉はニセハイイロマルハナバチに依存し、このハチとそれが利用する植物のセット保全が重要なこと、近縁種のカラフトアツモリソウと交配を生じていることが、問題点・留意点として明らかになりました。この結果に基づき、保全活動を行政機関とともに進めています。

はじめに

日本の維管束植物の約 1/5 が絶滅の危機にあります。種の保存法では人工培養苗を安価で販売することで野生苗の盗掘を減らす目的で特定国内希少野生動植物種（以下特定種）が設定されました。私たちは特定種の1つであるレブンアツモリソウ（以下レブン）をモデルにして、保全対策に資する研究を行ってきました。

人工培養による増殖技術

レブンの種子が野生で発芽するには共生菌というカビの仲間が必要ですが、レブンの親株の根から単離した菌の1つを使って共生種子発芽（共生菌を感染させて発芽させる）により人工培養する技術を完成させました（写真2）。

一方、このような培養苗の販売による保全対策がよいかどうかについてアンケート調査を行いました。その結果、監視活動やマナー向上の呼びかけなどの保全対策に比べ、ずっと賛成意見が少ないことがわかりました（図1）。今後、培養苗販売による保全方法をとる場合は十分な説明や合意形成をしないといけません。

野生集団の実態

レブンの野生集団が増えているのかどうかを毎年5月の発生や死亡などを調べることで予測しました。その結果、6年間の平均での個体群増殖率は減少傾向にあることがわかりました（図2）。特に、実生の発生が少なく、小さな個体の死亡率が高くなっており、集団が高齢化していました。現在の状態が続くならば、実生がうまく更新できる場所や環境を作ることが必要です。また、酵素タンパク質を使って集団の遺伝的多様性を調べると、個

体数が非常に少なくなっている南部では遺伝的多様性の一部が失われ始めていることがわかりました（図3）。遺伝的違いのわずかな北部の集団から移植により南部集団の遺伝的多様性を回復させることの検討も必要です。

花粉媒介昆虫の保全

レブンはニセハイイロマルハナバチ（以下ニセハイ）が唯一有効に花粉を運んでくれる昆虫であることがわかりました。女王バチの発生が多い年は果実もよく付き、受粉がこのハチ頼りなのです。逆にいうと、このハチがいなくなるとレブンは自然状態で子孫が残せないことになります。ニセハイが持続的に生活を営むためには他の植物の存在が欠かせません。レブンの保全にはハチとそれが利用する植物や環境をセットで保存することが重要です。

外来近縁種による交雑

レブンの保護区内に、人為的に持ち込まれた疑いのある近縁種のカラフトアツモリソウと雑種ではないかと思われる個体が数株生育しています。DNA解析の結果で、この株はレブンを母親、カラフトを父親とした雑種であることが確認されました（写真3）。このような交雑が進むとレブンの純粋な遺伝子プールが損なわれる危険性があります。

このように、レブンの保全には、人工培養苗を使った保全も、現地での保全も、それぞれに重要な課題が残されていることがわかりました。現在これまでの知見を活かしながら、生態系や人の活動に配慮しつつ、失われた自生地を復元したり衰えつつある生育地を修復するための活動を行政機関とともに進めています。



写真1 絶滅危惧種レブンアツモリソウ

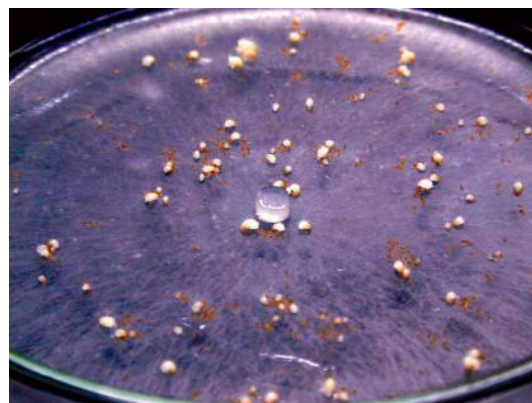


写真2 共生菌を用いた種子発芽による無菌培養

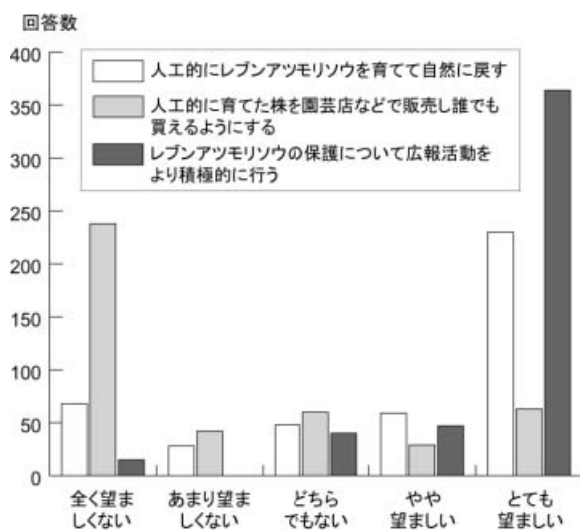


図1 保全政策に人工培養苗を用いることのアンケート調査

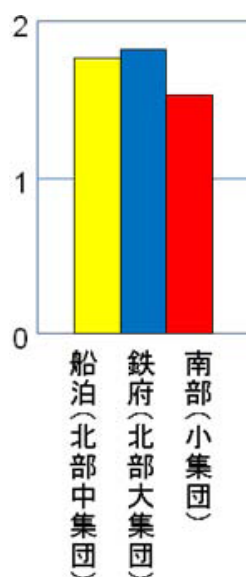


図3 レブンアツモリソウの遺伝的多様性 (平均対立遺伝子数)

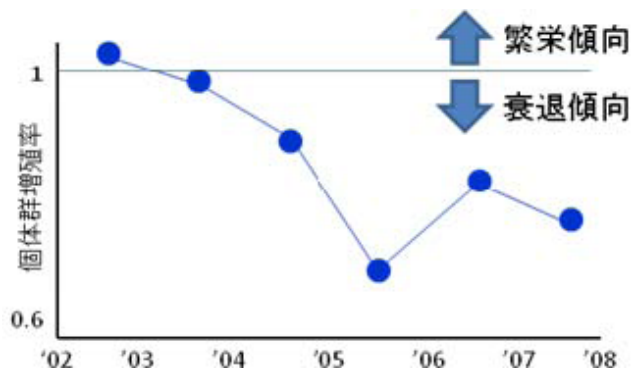


図2 レブンアツモリソウの個体群増殖率の推移



写真3 DNA解析により実証されたレブン(母)とカラフト(父)の雑種

広葉樹の遺伝的多様性を守るために

森林遺伝研究領域

林木育種センター

東北大学

東京大学

長野県林業総合センター

名古屋大学

岐阜大学

津村義彦、松本麻子、上野真義、津田吉晃、吉丸博志

高橋 誠、武津英太郎

陶山佳久

斉藤陽子、井出雄二、岩田洋佳

小山泰弘

戸丸信弘

向井 譲

林業種苗法で苗木の移動制限のない広葉樹は、現状では全国どこへでも苗木を送り植栽することができます。そのため主要広葉樹について遺伝的多様性及び遺伝的な違いについて調査を行い、どの範囲であつたら苗木を移動できるかの遺伝的ガイドラインを作成しました。

はじめに

樹木集団は長期的な気候変動に対応してその分布域を変遷させながら個々の環境に適応して生き残ってきています。そのため同じ種でも地理的に遺伝的な違いが生じています。このように遺伝的に異なる集団を人為的に混ぜてしまうことは、これまでに数十万年という長い年月をかけて自然が作り上げた遺伝構造及び遺伝的多様性を壊してしまうことになります。有用樹種、特に針葉樹の場合、林業種苗法でその苗木の移動を制限するための区域の指定があります。これはある程度、我が国の気候帯に則したものです。しかし、広葉樹では存在しないことから、本研究で、遺伝的にみた移動のガイドラインを検討しました。

遺伝的攪乱の実態

由来の異なるブナの苗を植栽された森林を調査したところ、日本海側のブナを太平洋側に植栽した場所では、先枯れが高頻度で起こり、生育が悪いことが分かりました。また反対に太平洋側のブナを日本海側に植栽した場合も、生育が極端に悪いことが明らかになりました。このように由来の異なる苗は植栽しても様々な問題が生じる可能性があるため、それぞれの地域にあつた苗を植栽することが望まれます。

広葉樹の地域による遺伝的な違い

広葉樹種苗の移動の遺伝的ガイドラインを作成するために、主要広葉樹のブナ、ミズナラ、クヌギ、スダジイ、ヤマザクラ、ケヤキなど10種について分布域から広範に材料を収集し、DNAを解析し遺伝的多様性及び地域による遺伝的な違いを調査しました。その結果、例えばミズナラでは地域による核DNAの遺伝的な違いは（G'

ST=0.073、全体の7.3%が地域間の違い）低いものでしたが、東日本と西日本のグループでは遺伝的な違いがあることが分かりました（図-1）。遺伝的多様性は九州集団が本州集団に比べて有意に低い値を示しました。ケヤキについては分布域広範に42集団を収集し分析を行ったところ、葉緑体DNA多型データの結果では、西日本集団では多くの遺伝子のタイプが存在し、東日本集団に比べ遺伝的多様性が高い結果でした。ブナの葉緑体DNA多型の解析を行った結果、西日本では多くの遺伝子タイプが見られ、東日本に比べ遺伝的な多様性が高いことが明らかになりました。また核DNAの解析でも同様に西日本集団が、遺伝的多様性が高い結果が得られています。またブナでは地域によって顕著な遺伝的な違いが検出されたことから、種苗の地域性を明らかにできるマーカーとして活用できることが分かりました。

遺伝的ガイドライン

このようにDNAの情報をもとに対象の全ての樹種で種苗の移動範囲を示す遺伝的ガイドラインを作成することができました。どの種も地域間の遺伝的な違いは大きくないため、日本全体が2から4地域程度に分割でき、その地域間では種苗の移動を避けるべきであるということが本研究の結果から示されました。これらの成果は広葉樹の遺伝的な多様性を保全するための大事な指標となります。

本研究は「予算区分：環境省地球環境保全等試験研究費、課題名：自然再生事業のための遺伝的多様性の評価技術を用いた植物の遺伝的ガイドラインに関する研究」による成果です。

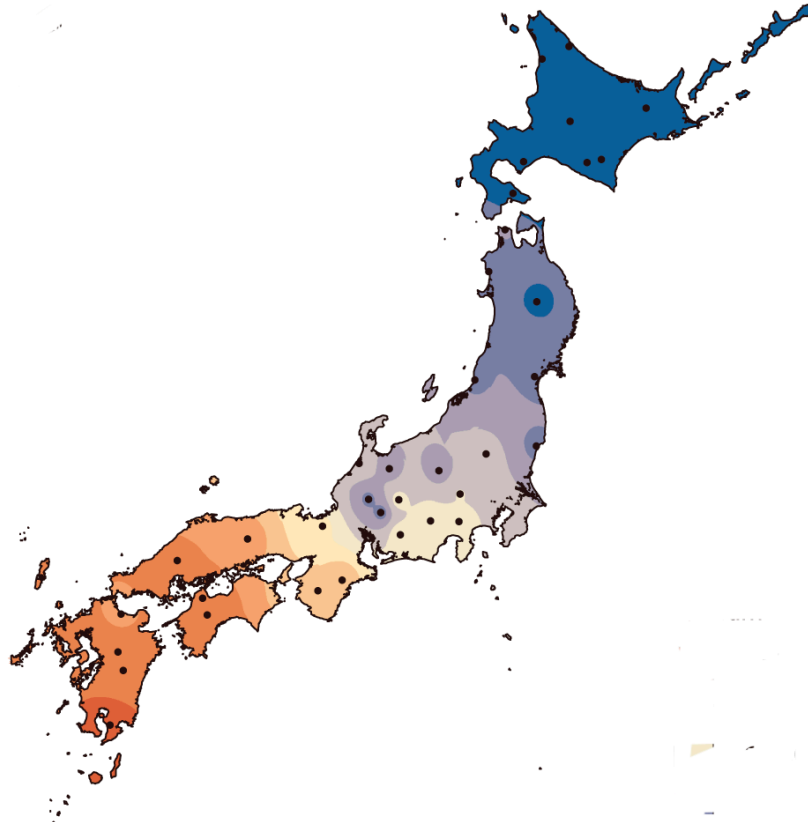


図1 ミズナラ天然林の核 DNA での遺伝的な違い。西日本と東日本が遺伝的に異なっている。類似の色は似た遺伝子組成を示す。

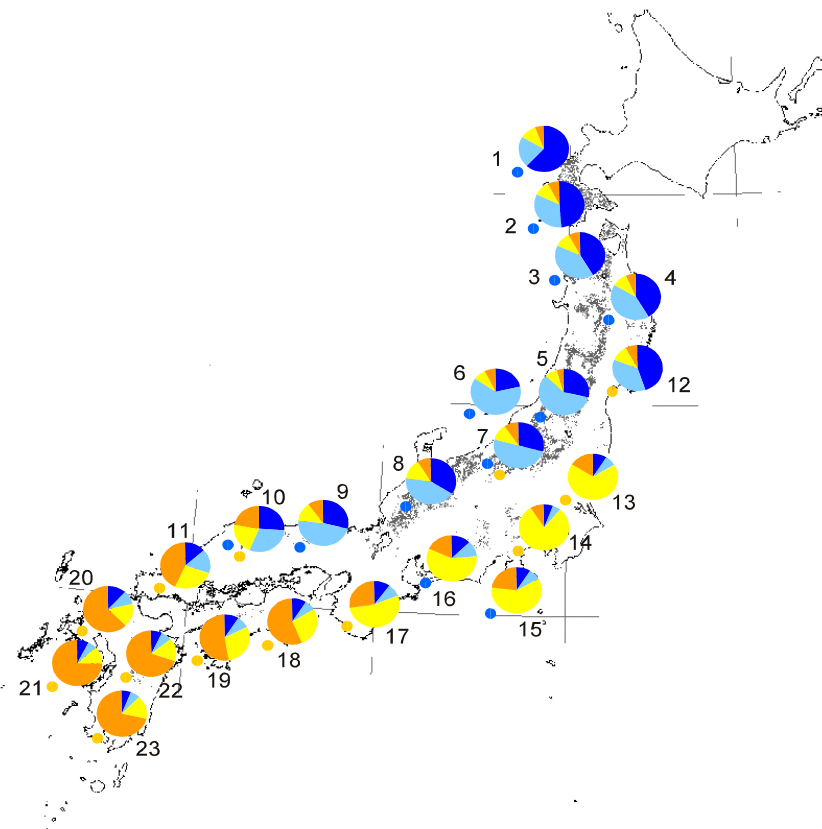


図2 ブナ天然林の核 DNA での遺伝的な違い。円グラフの色はそれぞれの天然林の持つ遺伝的な組成を示し、日本海側のブナは青色要素を多く持ち、太平洋側は黄色要素を、九州及び四国は橙色要素を多く持つ。これらは遺伝的に異なっている。円グラフの下小さな円は葉緑体 DNA のタイプを示す。

希少樹種保全のための森林管理

森林遺伝研究領域	金指あや子、吉丸博志、永光輝義、金谷整一、菊地 賢、鈴木節子、島田健一
森林植生研究領域	鈴木和次郎、杉田久志
多摩森林科学園	岩本宏二郎
森林バイオセンター	勝木俊雄
国際農林水産業研究センター	谷 尚樹
北海道支所	河原孝行
名古屋大学	戸丸信弘
弘前大学	石田 清
三重大学	木佐貫博光
名古屋産業大学	西村尚之（現、群馬大学）
信州大学	佐藤利幸
岐阜県森林アカデミー	横井秀一（現、岐阜県森林アカデミー）、大洞智宏
山梨県森林研究所	西川浩己、長池卓男

限られた地域にのみ固有に分布している希少樹種の中には、個体数の減少や小集団化が進み、次世代の更新が十分に行われていないものがあります。希少樹種を保全するためには生育地を保護するだけでなく、それぞれの衰退理由を明らかにし、それぞれの実状に応じて次世代を確保するための人為的管理を行うことが重要です。主な希少樹種保全の管理マニュアルを作成しました。

はじめに

日本にはさまざまな希少樹種があります。氷河期を生き残り、現在にその姿をとどめている希少樹種は、地球の生命の歴史の生き証人であるだけでなく、特有の森林生態系を構成し、生物多様性の裾野を広げる重要な役割を担っています。しかし、近年の土地開発や森林伐採などによって、生育地の消失や分断・孤立化が進み、絶滅の危機に瀕している希少樹種は少なくありません。森林総研では、生物多様性保全の上で特に重要と考えられるさまざまな希少樹種の保全研究に取り組んできました（図1）。

絶滅へ向かう悪循環

これまでの研究成果を元に、希少樹種が絶滅に向かう悪循環を示すことができます。すなわち、限られた生育環境に分布するという希少樹種の特性に対して、①土地開発や森林伐採などの人為的要因が加わり、②個体数の減少や生育地の消失が進むと同時に、③更新サイトの消失や森林管理放棄などによる環境の改変が進み、「更新不良」を引き起こします。一方、生育地の小集団化や分断化によって、④受粉環境が劣化するため種子の生産性が低下したり、⑤遺伝的多様性が減少し、近親交配による近交弱勢によっても「更新不良」が引き起こされます。さらに、⑥近縁種の植栽導入による遺伝子浸透も、純粋な次世代

の確保が難しくなることから致命的な悪影響を及ぼす場合があります。③個体数の減少を引き起こすという悪循環に陥ります（図2）。

保全のために

希少樹種を持続的に保全するためには、単に生育地を保護するだけでは十分でない場合が多く、それぞれの地域集団における衰退要因を明らかにし、絶滅に向かう悪循環を断ち切る必要があります。特に、小集団化によって受粉環境が悪化し種子生産が減少したり、遺伝的劣化が引き起こされる現象は多くの希少樹種で確認され、隣接集団との遺伝的交流を保証することや、更新サイトを確保するためには、光環境を改善させる更新補助作業が必要であることなどを明らかにしました。主な希少樹種の衰退要因と保全へのヒントを冊子にまとめ、ホームページでも公開する予定です。

本研究は、環境省環境保全研究プロジェクト（公害防止等試験研究費「絶滅が危惧される希少樹種の生息域内保全に関する基礎的研究」、「人為的要因によって小集団化した希少樹種の保全管理技術に関する研究」、「帰化生物の影響排除による小笠原森林生態系の復元研究」、「屋久島森林生態系における固有樹種と遺伝子多様性保全に関する研究」）などによる成果です。



図1 森林総合研究所で行った保全研究の対象となった主な希少樹種

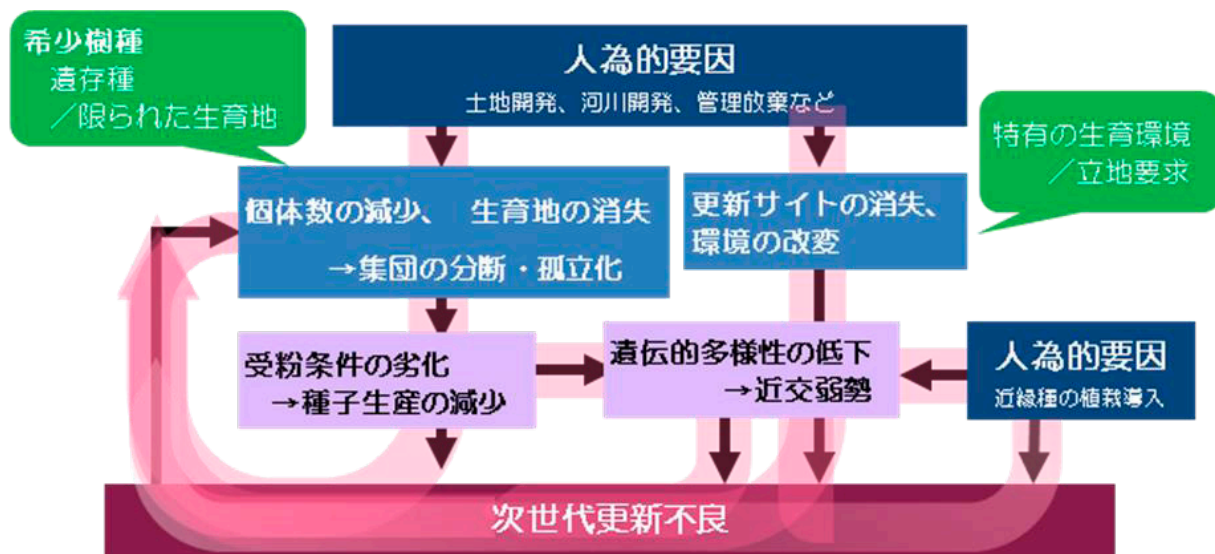


図2 希少樹種の絶滅への悪循環

課題群 アイ a 3 「緊急に対応を必要とする広域森林病虫害の軽減技術の開発」

背景と目的

海外から侵入して来る病虫害は基より、在来の病虫害においても気象変動や社会的要因の変化によって、突如として広域に被害を拡大させ、森林生態系を破壊するとともに、在来生物の多様性を著しく損ねる場合があります。これらの被害は、林業生産を脅かすだけでなく、森林や樹木が果たしている公益的機能も大きく低下させます。従って、被害の発生初期に的確に対処し、被害の拡大を事前に阻止することが重要です。この課題群では、広域的な発生や海外からの侵入が警戒される病虫害に対して、迅速に解明・識別する技術を開発し、突発的に発生する森林病虫害の拡大を防止することを目的としています。

研究成果のあらまし

海外からの侵入が警戒される病原菌として、北米や欧州で猛威を振るっているニレ立枯病菌の早期診断識別法の開発に取り組み、各種プライマーを用いた識別法を開発しました。また、これまで形態的に識別が困難であったファイトプラズマ病においてもプライマーの試行を行い、遺伝子を用いた識別法を開発しました。

マツ材線虫病は我が国最大の森林病害で、依然として猛威を振るっていますが、薬剤を使用しない環境低負荷型防除法の開発が求められています。そこで、媒介虫の天敵であるサビマダラオオホソカタムシを利用したマツノマダラカミキリの密度低下技術法を開発しました。一方、マツ材線虫病は寒冷地で被害が拡大しており、寒冷地域に適応した被害対策が緊急の課題となっております。このような問題に対し、マツ材線虫病の被害先端地域において枯死パターンの解析や媒介虫の生息有無及び移動経路を明らかにすることによって、リスク管理に基づく効率的な防除指針を策定し、行政・住民に提示しました。また、マツ材線虫病の早期診断に役立つ簡易で高感度のマツノザイセンチュウ検出試薬キットを開発・商品化し、早期診断に広く活用されています。

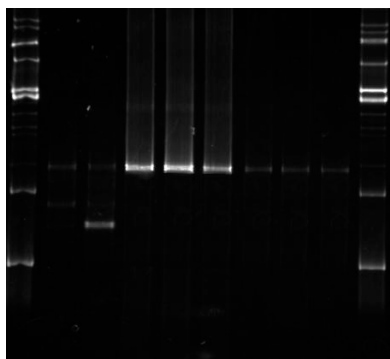
ナラ類の集団枯損被害が日本海側の各県から内陸部や太平洋側地域へと拡大する傾向にあることから、的確な防除法の開発に取り組みました。病原菌を運ぶカシノナガキクイムシを、集合フェロモンと木から出る揮発成分を組み合わせることで大量におびき寄せて殺生する、世界でも例のない「おとり木トラップ法」を開発しました。また、ミズナラやコナラの分布をもとに、過去の被害や、カシノナガキクイムシの移動能力のデータを交えて、翌年の被害場所を予測し、地図に表す方法を作成しました。こうした新しい防除法と予測技術とを組み合わせることで、林分全体のナラ類を防除するシステムを完成しました。

研究成果の利用

開発しましたニレ立枯病菌の遺伝子識別法により、我が国においてもニレ立枯病菌の生息が判明し、拡大防止対策の検討に入りました。また、ファイトプラズマによって発生するホルトノキ萎黄病の防除法として、薬剤の樹幹注入法の開発を進めています。マツ材線虫病研究においては、天敵サビマダラオオホソカタムシを利用したマツノマダラカミキリの密度低下技術法やマツノザイセンチュウ検出試薬キットにおいて特許申請が行われました。また、北限未侵入地域である青森県内を4地域にグループ化し、詳細な防除指針を策定しました。さらに、ナラ類集団枯損に対しては、開発したおとり木トラップ法と被害予測法を組み合わせた防除システムが本被害の拡大阻止に繋がることが期待されます。

課題群アイa3 緊急に対応を必要とする広域森林病虫害の軽減技術の開発

侵入病原菌ニレ立枯病菌の早期診断識別法の開発



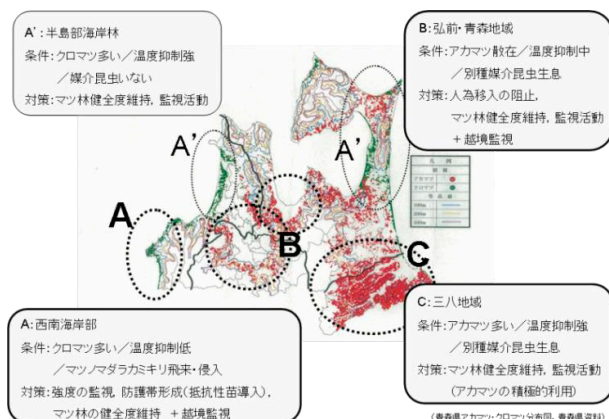
*Ophiostoma ulmi*のITS領域の電気泳動パターン

サビマダラオオホソカタムシを利用したマツノマダラカミキリ防除技術の開発



マツ樹幹内でマツノマダラカミキリ幼虫に寄生するサビマダラオオホソカタムシ幼虫(2006年版21P)

マツ材線虫病北限未侵入地域における被害拡大危険度予測の高精度化と対応戦略の策定



材線虫病の侵入に対する対応戦略の策定

マツノザイセンチュウのDNA情報を利用した簡易なマツ材線虫病診断法の開発



材片の中にマツノザイセンチュウのDNAが存在すれば、液体は蛍光色を示す

おとり木トラップによるカシノナガキクイムシの捕獲技術の開発



殺菌剤樹幹注入と合成フェロモンを組み合わせ、カシノナガキクイムシを大量に捕殺する「おとり木トラップ法」を開発した。(2008年度版25p)

サビマダラオオホソカタムシを利用した マツノマダラカミキリ防除技術の開発

森林昆虫研究領域

浦野忠久

マツノマダラカミキリの天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシを増殖、放飼する手法を開発しました。室内増殖したサビマダラオオホソカタムシ成虫および卵を滋賀県および岡山県の被害マツ林での試験では、樹幹内のマツノマダラカミキリの30～60%が死亡しました。被害地では、効率的にサビマダラオオホソカタムシを増殖できる枯死木を利用した天敵保存箱を用いて、薬剤散布と併用可能な防除法を考案しました。

はじめに

マツ材線虫病は、寒冷地を除く全国のマツ林で依然として深刻な枯損被害をもたらしています。防除法としては、マツノザイセンチュウを運搬するマツノマダラカミキリ（以下カミキリ）を対象とした薬剤散布が最も多く実施されています。しかし在来天敵をより積極的に活用することも必要です。そこで、中期計画の目標である「野生生物等による被害対策技術の開発」達成に向けた緊急に対応が必要な課題として、室内増殖した天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシ（以下ホソカタムシ）を被害マツ林に放つことにより、カミキリを防除する手法を開発しました。

サビマダラオオホソカタムシとは？

ホソカタムシ（写真1）は甲虫の1種で、成虫は枯れ木の樹皮などに産卵し、孵化した幼虫はカミキリムシ類の幼虫や蛹が潜っている樹幹内孔道の奥まで侵入し、寄生して殺します（写真2）。人工飼料での大量飼育法が開発されており、成虫は多くの卵を産むため、天敵昆虫として利用するのに適した昆虫といえます。

マツ材線虫病被害林内での放飼試験

室内増殖したホソカタムシ成虫および卵を滋賀県および岡山県の被害マツ林で、毎年1回枯れ木に付けたところ、成虫がその枯れ木（放飼木）に産卵し、孵化した幼虫の寄生によって樹幹内のカミキリの30～60%が死亡しました（図1A）。また、原因不明の死亡を加えるとカ

ミキリの死亡率は50～85%に達しました。原因不明とみられていたカミキリの死骸の一部からホソカタムシ幼虫の死骸が見つかったため、この中にはホソカタムシの寄生を受けたものがかなり含まれていると考えられます。

ホソカタムシをマツ林でどのように使うか？

実際にマツ林内でホソカタムシを利用したカミキリの防除を行う場合は、あらかじめ殺虫剤散布などによって被害を抑制した方が防除効率は高くなります。一般的に殺虫剤散布はカミキリの羽化脱出時期に行われますが、カミキリより羽化の遅いホソカタムシは枯れ木の内部に幼虫や蛹の状態にいるため、殺虫剤の影響を受けにくいと考えられます。殺虫剤で被害を抑制した林内でまばらに発生する被害木を集めて新たに開発した金網製のカバー（天敵保全箱、写真3）で覆い、ホソカタムシの卵をこの中に放し、被害木のカミキリに寄生させて効率的に増殖させます。これを林内にいくつも設置することにより成虫を徐々に分散させ、殺虫剤散布で生き残ったカミキリ幼虫に寄生させて、防除効率を高めることができます（図2）。なお、ホソカタムシはさまざまな種類のカミキリムシに寄生することができるため、この技術を果樹や緑化木および木材を加害するカミキリムシの防除にも役立てることが可能です。

詳しくはUrano, T. (2006) Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute 3: 205-211 をご覧下さい。



写真1 サビマダラオオホソカタムシ成虫
(体長8mm)

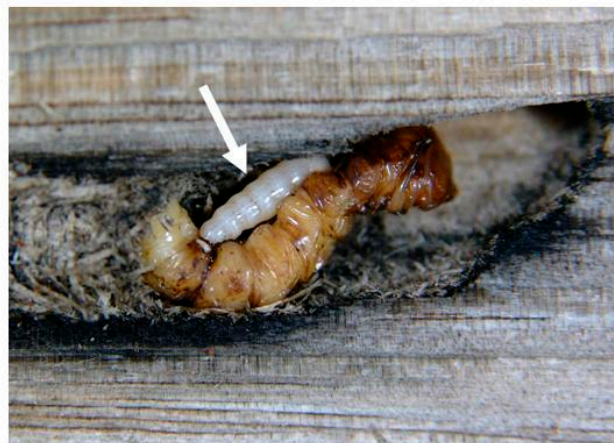
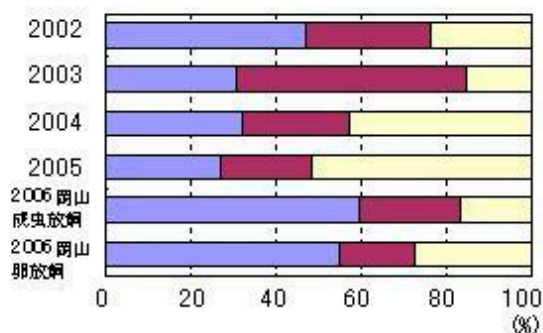
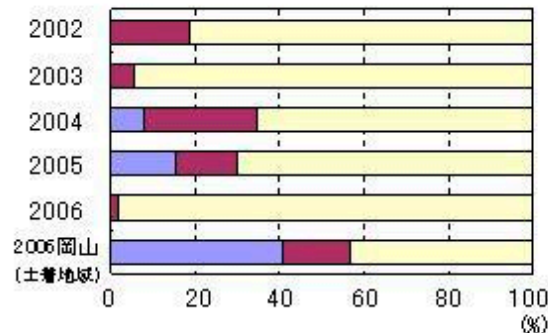


写真2 マツ樹幹内でマツノマダラカミキリ幼虫に寄生するサビマダラオオホソカタムシ幼虫 (矢印)

A. 放飼木



B. 無放飼木



■ ホソカタムシの寄生による死亡 ■ 原因不明の死亡 ■ 生存(羽化)

図1 各年のサビマダラオオホソカタムシ放飼試験におけるマツノマダラカミキリ各死亡要因の占める割合。Aの2002～2005年は滋賀県における成虫放飼。Bの2002～2006年は滋賀県(Aと同じ林分)での調査。原因不明死亡の多くはホソカタムシの寄生によると考えられる。



写真3 天敵保全箱 (小倉信夫 原図)
カミキリは脱出できないがホソカタムシは脱出できる網 (網目の大きさ: 5 × 10mm) を使い、ここでまずホソカタムシを増やします。



図2 サビマダラオオホソカタムシを利用した防除法のイメージ

マツ材線虫病診断キットの開発

東北支所
森林微生物研究領域

相川拓也
菊地泰生、神崎菜摘

従来よりも格段に簡単でかつ迅速なマツ材線虫病診断法を開発しました。枯れたマツの材片からマツ材線虫病の病原体であるマツノザイセンチュウのDNAを検出することによって診断する方法です。このDNA診断法では、専門的な知識や技術を一切必要としないことから、本病の専門家以外の方でも容易に診断することができます。本病を早期に発見するための現場対応型診断ツールとして今後の活用が期待されます。本診断法は、“マツ材線虫病診断キット”として2009年6月に発売されました。

はじめに

マツ材線虫病は日本の森林に最も甚大な被害をもたらしている森林病害です。本病の診断のためには、枯れたマツから病原体であるマツノザイセンチュウを検出する必要があります。これまでの一般的な検出法は、枯死したマツから材片を採取し、その材片を水に浸して材内にいる生きた線虫類を分離した後、顕微鏡下でマツノザイセンチュウの存在を確認するという方法です。しかし、この方法では線虫の形態に関する詳しい知識や、顕微鏡などの特殊な機器が不可欠であることから、これまで本病の診断は主にこれらの人材や機器を備えた専門研究機関で行われてきました。本病の専門家だけでなく、現場サイドの方でも本病の診断ができるような簡易な診断技術の開発が以前から望まれていました。そこで私たちは、本病の専門家以外の方々でも診断ができるよう、マツノザイセンチュウのDNAを利用した簡易な診断法を開発しました。

成果

この方法は、枯死したマツの材内に存在するマツノザイセンチュウのDNAを検出することでマツ材線虫病と診断する方法です。このDNA診断法は次の3つの工程だけで完結します。

1. マツ材片からのDNAの抽出

まず、枯れたマツの木からドリルを使って材片を採取します（写真1）。採取した材片の一部をDNA抽出液の入ったチューブに入れ（写真2）、そのチューブを約55℃で20分間、次いで94℃～100℃で10分間保温します。この処理によって、材内にいる様々な線虫が溶解し、これらのDNAが溶液中に溶け出します。

2. マツノザイセンチュウのDNAの増幅

DNA抽出処理が終わった溶液の一部をDNA検査液の

入ったチューブに加え（写真3、4）、そのチューブを約63℃で60分間保温します。この処理によって、DNA抽出液中に溶けている様々な線虫類のDNAの中からマツノザイセンチュウのDNAだけを特異的に増幅させることができます。

3. 結果の判定

チューブ内の検査液の色で判定します。検査液が緑色の蛍光色を示していれば陽性（検査に用いた材片の中にマツノザイセンチュウのDNAが存在すること）を示し、反応前と変わらず無色透明であれば陰性（材片の中にマツノザイセンチュウのDNAは存在しない）を示します（写真5）。

このように、本診断技術の最も大きな特徴は、マツノザイセンチュウのDNAを利用している点にあります。したがって、材片の中に生きたマツノザイセンチュウがいなくても（たとえばマツノザイセンチュウの死骸しか残っていないような場合でも）、DNAさえ残っていれば検出することができます。また、マツノザイセンチュウ以外の生物のDNAには反応しないので、形態的に紛らわしい他の線虫種を誤同定する心配もありません。さらに、液体の色で判定できるので、誰でも一目で結果を知ることができます。

このDNA診断法を用いることで、これまで本病の診断ができなかったより現場に近い組織、たとえば都道府県の林業関係機関や森林組合、また樹木医など個人で保全活動を行っている方々でも診断が可能になり、本病の早期発見と早期対策につながると期待されます。この新しい診断法は（株）ニッポンジーンから“マツ材線虫病診断キット”として販売されています（写真6）。詳しくは http://nippongene.com/index/hi_jyakuhin/h_index.htm をご覧ください。



写真1. 枯れたマツから材片を取る



写真2. DNA抽出液に材片を入れる



写真3. DNA抽出液の一部を吸い取る

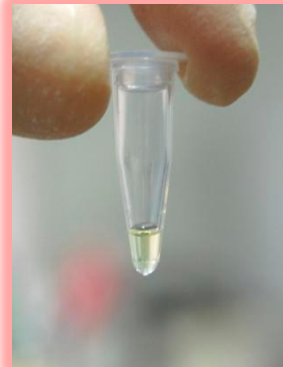
写真5. DNA検査液の色で判定する。
左側の2つが陽性、右側の2つが陰性。

写真4. DNA検査液に3の液を加える



(a)



(b)

写真6. マツ材線虫病診断キットのパンフレット(a)と96テスト用キット(b)。
本キットには24テスト用と96テスト用の2つのタイプがある。

写真: (株)ニッポンジーン提供。

菌床しいたけ害虫ナガマドキノコバエを捕らえる LED 誘引捕虫器の開発

森林昆虫研究領域
山口県農林総合技術センター
徳島県立農林水産総合技術支援センター森林林業研究所
千葉県農林総合研究センター森林研究所
群馬県林業試験場
みのる産業株式会社
カモ井加工紙株式会社

北島 博、大谷英児
杉本博之
阿部正範、西澤元
石谷栄次、藤林範子、宮川治郎
川島祐介、國友幸夫
陶山 純、本荘絵未、岡本武光
薦田邦晃

菌床害虫のナガマドキノコバエ成虫を効果的に捕らえる LED 誘引捕虫器を開発・商品化しました。さらに、その効果的な使用方法を提言しました。害虫防除に農薬ではなく捕虫器を用いることで、安全・安心、かつ害虫の食べ跡がない良質なしいたけを生産することができます。

はじめに

我が国で生産されるしいたけの8割近くは、菌床栽培によります。ところが近年、ナガマドキノコバエという害虫が日本各地の栽培施設内で異常発生して、生産者を悩ませています（図1）。その幼虫が、しいたけを食害したり、商品に混入したりするからです。本種の異常発生を防ぐ手段が緊急に望まれていました。そこで、安全、安心なナガマドキノコバエ捕虫法を検討しました。

LED 誘引捕虫器の開発

近紫外線 LED（発光ダイオード）の「光」と、乳酸発酵液の「匂い」を誘引源として、強力な粘着シートで成虫を捕らえる「LED 誘引捕虫器」を開発しました（図2）。光と匂いの相乗効果によって、乳酸発酵液だけを用いた従来の捕虫器に比べて3倍程度の捕獲を目指しましたが、さらに粘着シートを用いることで捕獲効率が飛躍的に高まり、従来型と比較して6.5倍の成虫を捕らえることが可能になりました。

LEDは省電力なので、アルカリ単3乾電池3本で3ヶ月間連続点灯できます。また、小型（18×18×高さ18cm）、コードレスなので、持ち運びが容易で、どこでも設置でき、防水性も抜群です。栽培施設内はしいたけ発生のため高い湿度に保たれていますが、このような環境でも漏電の不安もなく、安心して設置できます。

本器はみのる産業株式会社によって、「LED キャッチャー」（特許および意匠登録出願済み）の名称で販売されています。

LED 誘引捕虫器の効果的な設置方法

本器は、成虫が多く見られる場所に持ち運んで設置できますが、設置する高さが捕れる成虫の数に影響を与えます。

一般的な栽培施設では、高さ180cm程度の棚の各段に菌床を置きます。棚のさらに上、天井付近には既製の光誘引捕虫器が設置されている場合があります。このような施設では、本器を棚の中段に置くことで、上部の成虫は天井付近の光誘引捕虫器で、棚付近の成虫は本器でと、効率的に捕らえることができます。

一方、天井付近に光誘引捕虫器がない栽培施設では、棚の上部で捕らえた成虫の数が多く、下部では少なくなりました（図3上）。産卵を済ませていない雌成虫を捕れば高い防除効果が得られると考え、捕らえた雌成虫がおなかの中にもっている卵の数を調べてみました。すると、卵の数は棚の中段と下段で捕らえた雌成虫が多かったことから（図3下）、このような施設では、本器を棚の中段から上部にかけて置けば効率が良いことがわかりました。

このように、従来の捕虫器よりも格段に捕獲能力の高い安全な捕虫器を開発し、商品化に成功したことで、安全・安心、かつ害虫の食べ跡がない良質なしいたけの生産に寄与できます。

これらの成果は、農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 No.1958「菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエの環境保全型防除技術の開発」によるものです。



図1 ナガドキノコバエ成虫（左）、幼虫の食害跡（中央）、およびしいたけ傘裏の幼虫（右）
菌床しいたけ栽培施設で異常発生することがあります。幼虫が、しいたけを食害したり、商品に混入したりする被害を引き起こすことがあります。



「近紫外線LED」

- ・アルカリ単3乾電池3本で3ヶ月間連続点灯
- ・下部の反射素材で光を有効活用



「強力な透明粘着シート」

- ・成虫を捕らえて逃がさない強力な粘着剤
- ・LEDの光を遮らないように内側に配置

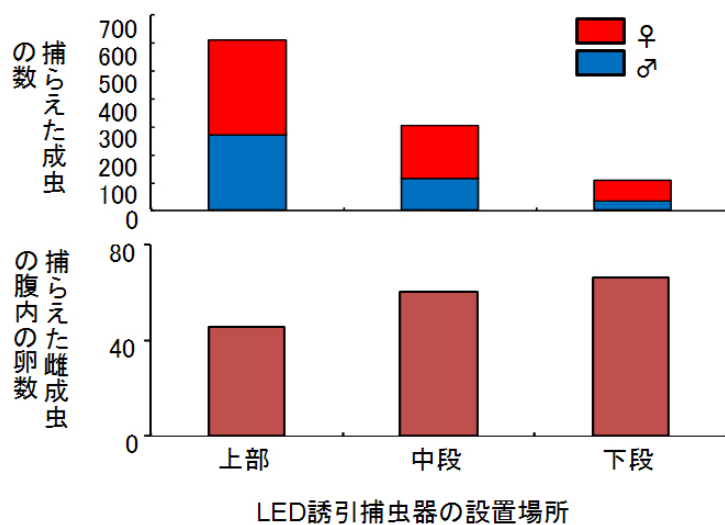


「固形化した乳酸発酵液」

- ・30日間使用可能
- ・誤食防止のため青に着色

図2 開発したLED誘引捕虫器

近紫外線LEDの“光”と、乳酸発酵液の“匂い”で成虫を誘引し、強力な粘着シートで捕らえます。コードレス・防滴仕様なので、どこにでも置くことができ、高湿度な施設内でも漏電の不安もなく安心して使用できます。



LED誘引捕虫器の棚の中段への設置例

図3 天井付近に光誘引捕虫器がない栽培施設内でLED誘引捕虫器を棚の上部、中段、下段に設置した時の捕らえた成虫の数（グラフ上）と捕らえた雌成虫がもっていた卵の数（グラフ下）

天井付近に光誘引捕虫器がない栽培施設内では、棚の上部に設置すると成虫を多く捕らえられますが、中段に設置したほうが卵をたくさんもった雌を捕らえられることがわかりました。

マツ材線虫病北限未侵入地域を守るための対応戦略

東北支所
森林植生研究領域
青森県林業研究所
秋田県農林水産技術センター秋田県森林技術センター

中村克典
杉田久志
木村公樹
金子智紀

マツ材線虫病未侵入地である青森県をモデルケースとして、マツノマダラカミキリの生息実態や松林の被害拡大予測についての調査をもとに、北限未侵入地域でのマツ材線虫病に対する予防と被害発生時の対応戦略を提示しました。

はじめに

マツ材線虫病（松くい虫）被害拡大の最前線地帯を抱える東北地方では、すでにある被害への対策だけでなく、まだ被害の発生していない地域について被害発生、拡大の可能性を評価し、侵入への備えを整えておく必要があります。もし、未侵入地域に病原体マツノザイセンチュウの媒介者となるマツノマダラカミキリがすでに生息していたら、被害拡大の素地は準備されていると考えなければなりません。一方、これらの加害生物の勢力は気温が低いと弱まるので、北限未侵入地域の松林ではそもそもマツ材線虫病対策は不要かも知れません。そこで、地域に分けての予防と発生時の対応戦略を検討しました。

青森県におけるマツノマダラカミキリ生息実態

本研究開始時点で、青森県内にマツ材線虫病は侵入していませんでした。ただし、マツノマダラカミキリについては、県西南部の深浦町を中心に各地で成虫の捕獲記録があり、それが自生するものなのか、近県の被害地から飛来ないし偶然運び込まれたものなのかは分かっていませんでした。

4年間の研究を通じ、過去にマツノマダラカミキリの捕獲記録のある深浦町、弘前市、三戸～八戸（三八）地域、および保全対策上重要な海岸松林を含む屏風山地域で、被圧や気象害によるクロマツ・アカマツの衰弱～枯死木の加害昆虫調査を集約的に実施しましたが、マツノマダラカミキリの生息は確認されませんでした。このことから、青森県内にマツノマダラカミキリが定着している可能性は極めて低いと判断しました。深浦町に設置された誘引トラップで少数のマツノマダラカミキリ成虫が捕獲されましたが、これらは隣接する秋田県の被害地からの飛来個体と考えられます。

未侵入マツ林が被害を受けるとどうなるか？

岩手県のアカマツ－広葉樹混交林で、15年前にアカマツだけを伐採した林分を調べたところ、高木が少ない疎林状態のままであることが分かりました。岩手県南部の被害林分での調査事例からも、アカマツ林で松枯れが起これると疎林化する可能性が高いことが示されました。

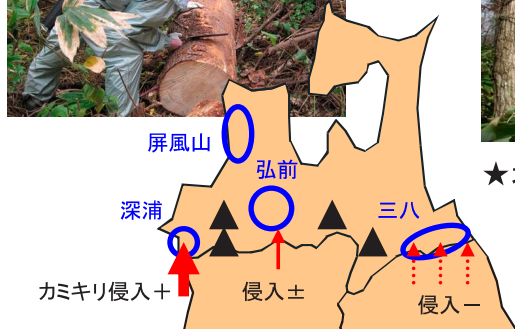
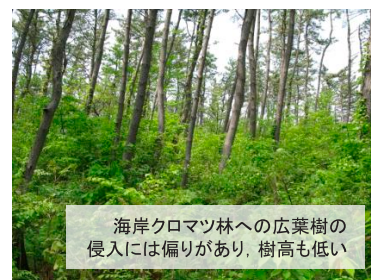
秋田県内のマツ材線虫病被害程度の異なる海岸クロマツ林での調査から、寒冷な東北地方でも材線虫病が侵入したクロマツ林を防除なしで維持することは困難であり、また後継の広葉樹が直ちに高木林を形成する可能性は低いことが明らかになりました。

以上から、未侵入地域で松林の景観や防災機能を恒久的に維持しようとすれば、マツ材線虫病の侵入・拡大を阻止する施策が必須であると結論しました。

青森県域を対象としたマツ材線虫病対応戦略

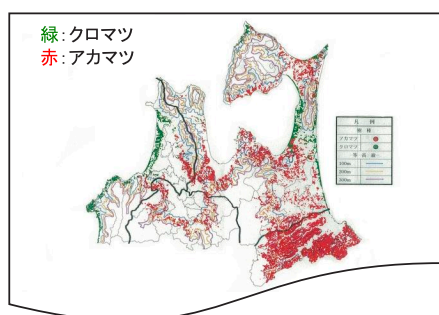
ここまでで得られた知見と、青森県におけるマツ林分布、樹種ごとのマツ材線虫病に対する感受性の違い、温度などの条件から、マツ材線虫病発生・拡大の危険度により県内を地域区分し、それぞれでとられるべき侵入への備えのあり方を示しました。この成果は、青森県での効率的な予防・防除事業に生かされるとともに、国内におけるマツ材線虫病のこれ以上の被害拡大を抑止するのに貢献すると期待されます。

本研究は、森林総合研究所運営交付金プロジェクト（課題番号 200704「マツ材線虫病北限未侵入地域における被害拡大危険度の予測と対応戦略の策定」）によって実施されました。

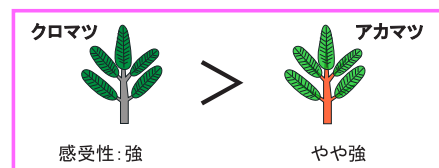


★北限未侵入地域の松林におけるマツ材線虫病インパクト予測

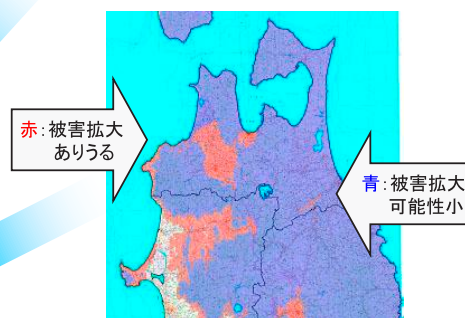
★マツノマダラカミキリの生息状況, 侵入状況調査



・青森県民有林におけるクロマツ, アカマツ分布図
(青森県林政課資料)



・樹種ごとのマツ材線虫病感受性の違い
(既往研究)



・温度環境によるマツ材線虫病被害分布予測(既往研究)

B: 弘前・青森地域

アカマツ林が散在／温度条件による抑制効果弱い

→マツ材線虫病が発生しても広がりにくい

主要な交通機関の経路

→被害材, カミキリの人為移入の危険性高い

➢AIに準ずる強度の監視活動

➢除間伐による松林健全度維持／広葉樹林化

A': 半島部海岸林

クロマツ多い／気象害発生しやすい

／温度条件による抑制効果強い

→マツ材線虫病の侵入・拡大は困難

➢あまり強度でない監視活動

➢除間伐による松林健全度維持

A: 西南沿岸部

クロマツが多い／温度条件による抑制効果弱い

→マツ材線虫病が侵入・拡大しやすい

カミキリ成虫の飛来・侵入危険度が大きい

➢マツ材線虫病侵入を見逃さない徹底した監視体制

➢県境を越えた情報収集, 監視

➢松林分断(防護帯形成)や抵抗性植栽によるマツ

材線虫病侵入・定着予防措置

C: 三八地域

アカマツ林地帯／温度条件による抑制効果強い

／既被害地から隔離されている

→マツ材線虫病の侵入・拡大は困難

➢あまり強度でない監視活動

➢アカマツの積極的利用を通じた松林の健全度維持

マツ材線虫病の侵入・拡大可能性の評価に基づく, 青森県における材線虫病対応戦略

被害地を予測し、おとり木トラップで防除する ー環境に優しいナラ枯れ防除法の開発ー

森林昆虫研究領域

関西支所

九州支所

農業環境技術研究所

山形県森林研究研修センター

長野県林業総合センター

新潟県森林研究所

岐阜県森林研究所

島根県中山間地域研究センター

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

福島県林業研究センター

サンケイ化学（株）

牧野俊一、所 雅彦、加賀谷悦子

衣浦晴生

近藤洋史

山中武彦

斉藤正一

岡田充弘

布川耕市

大橋章博

福井修二

加藤 徹

在原登志男、蛭田利秀、壽田智久

永田健二、猪野正明、鶴田英人

ナラ枯れの病原菌を運ぶカシノナガキクイムシを、集合フェロモンと木から出る揮発成分を組み合わせて大量におびき寄せ、殺菌処理した木に入らせて自滅させる「おとり木トラップ法」を開発しました。また、ミズナラやコナラの分布をもとに、翌年の被害場所を予測し、地図に表す方法を作りあげました。こうした新しい防除法と予測技術とを組み合わせることによって、一本一本の樹木ではなく、ある面積の林全体を守るためのシステムを作り上げました。

はじめに

病原菌によってナラ類が枯死する被害（ナラ枯れ）が、日本各地の広葉樹林で猛威をふるっています。そこで、被害の拡大防止、低減のための技術開発が緊急に求められています。そこで、環境にも優しい防除法の開発にとりくみました。

おとり木トラップ法

カシノナガキクイムシは集合フェロモンを使って仲間を呼び集め、特定の樹に集中攻撃を行います。攻撃された木は病原菌によって枯死しますが、あらかじめ殺菌剤を樹に注入しておけば、枯死をかなり予防できるとともに、木に潜った虫たちもうまく繁殖できずに多くは無駄死にしてしまいます。さらに集合フェロモンの誘引力は、木から出る匂いと組み合わせることで飛躍的に大きくなります。そこで人工的に合成した集合フェロモンと木から出る揮発性成分とを組み合わせ、これをつかって、殺菌処理した「おとり木」にカシノナガキクイムシを大量におびき寄せて捕殺する「おとり木トラップ法」が開発されました。この方法は、殺虫剤を一切使わない上に、木はあまり枯れず、穿入したカシノナガキクイムシだけが木の中で死ぬことから、伐倒などの後の処理も不要であることなど様々な点で優れています。おとり木を林内に適切に配置すれば、一つの林分で1-2万頭のカシノナガキクイムシを捕殺することができます。被害が始まったばかりでカシノナガキクイムシの個体数もまだ少ない林であれば、この方法で枯損本数を減らすことが出来ます。

被害の予測

おとり木トラップ法などによってナラ枯れ被害を減らすためには、限られた予算や人材を効率よく使わなければなりません。「今年は何のへんに被害が出そうか？」を予測できれば、対策は大変立てやすくなります。私たちはその予測のために、ナラ枯れによって枯れやすいミズナラやコナラの分布、DNAを用いたカシノナガキクイムシの移動の推定、また過去の被害の分析など、様々なデータを総合することによって、被害予測のためのモデルを作りました。これによって、ある場所で翌年被害が起きる確率を計算することができるようになりました。

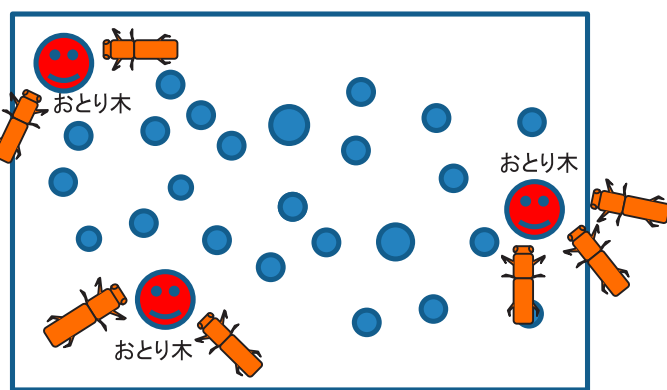
ナラ枯れハザードマップ

ハザードマップというのは、いろいろな災害や事故の起きやすさを地図上にわかりやすく表したものです。各地で防除対策を練る場合、ナラ枯れのハザードマップがあれば、たいへん役に立ちます。上で述べた被害予測モデルを使えば、ある年の被害の出方から翌年の被害を地図上に表すことができるのです。被害の確率が高い所におとり木トラップ等による防除を集中的に行うことで、「カン」に頼らない効率的な防除が可能となりました。

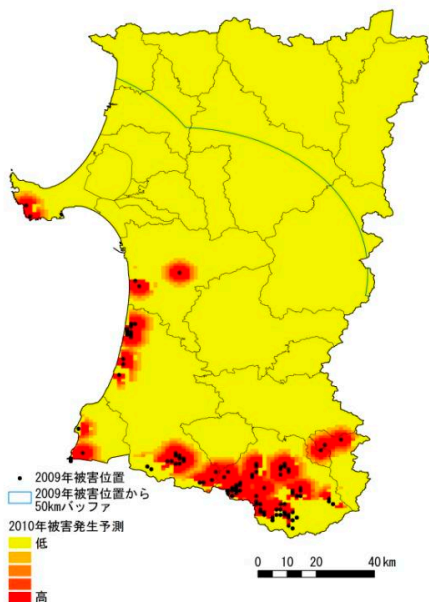
本研究は、農林水産技術会議先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「ナラ類集団枯死被害防止技術と評価法の開発」ならびに同新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「ナラ類集団枯損の予測手法と環境低負荷型防除システムの開発」の成果です。



カシノナガキクイムシを大量誘引し自滅させるおとり木トラップ



林内のカシノナガキクイムシをおとり木ラップで自滅させて減らす
→被害初期に有効な防除法



ナラ枯れ発生ハザードマップ
(秋田県の例)



ハザードマップから初期被害地を予測し、おとり木トラップなどでナラ枯れ拡大阻止

課題群 アイ a 4 「獣害発生機構の解明及び被害回避技術の開発」

背景と目的

森林には多くの野生動物が生息しています。しかし、中には樹木に害をおよぼすものがあります。ニホンジカは、植栽直後の若い木から収穫直前の高齢木にいたるまで、あらゆる生長段階のスギやヒノキ、カラマツの人工林に被害をおよぼしています。また、天然林ではニホンジカの採食により下層植生が消失し、表土が流れて森林の公益的機能が失われてしなうことが心配されています。ツキノワグマは、植林して30～50年ほど経ったスギやヒノキの樹皮を剥いで形成層を食害する「クマハギ」を起こします。また、最近では特定の年に人里に頻繁に出没する「大量出没」が起こり、人身被害も発生しています。ニホンザルは、シイタケ、クリ、タケノコなどの林産物の食害を起こしています。また、森林をつたって農地へ出没し、農作物に大きな被害をもたらしています。

この課題群では、獣害の発生メカニズムを明らかにし、被害を回避する技術を開発することによって、人間と野生動物のあつれきを長期にわたって緩和する方策を提示することを目的としました。

研究成果のあらまし

起きてしまった被害に対して後から対策を講じると、大変な労力と経費がかかります。そこで、この課題群では被害を未然に回避するために、被害発生の危険性を予測する手法の開発に重点をおきました。

ツキノワグマでは、ブナ種子が凶作の年にはツキノワグマが人里周辺へ出没し、被害を防ぐために有害駆除が増える、という関係があることを明らかにしました。さらに、ブナ種子の凶作年を予測するために、気温とブナ種子の作柄を用いた数理モデルを作りました。これにより、2年前の夏が低温でブナ種子の作柄が不良、1年前の夏が高温で作柄が不良という2つの条件がそろえば、その年は豊作となり、さらにその翌年は大凶作となってツキノワグマが大量出没する可能性が高いということを予測することができるようになりました。

ブナやミズナラなどのナラ類の種子作柄が不良の年には、ツキノワグマは低標高地域を利用するようになることが明らかになりましたが、必ずしもすべての個体が栄養失調状態にあるのではないことも明らかになりました。中には夏から人里周辺に留まっていた個体もあり、河川敷や人里周辺の繁った藪を移動や潜伏に利用していました。放置されたカキ、クリ、くず野菜は無用にツキノワグマを誘引しており、人里周辺の環境整備もツキノワグマの大量出没対策として大切です。

ニホンジカの生息密度調査は、広大な地域の中を点々と調べるが多いため、調査地点と調査地点の間ではシカが多いのか少ないのか分からない、という問題がありました。このため、クリギング法と呼ばれる方法を応用して点と点の間のニホンジカ生息密度の分布を推定する数理モデルを開発しました。これにより、限られた点データから広範な地域のシカ密度分布を鳥瞰できるようになりました。さらに、生息密度分布に標高、斜面傾斜、斜面方位の要因を加えて、ニホンジカによるスギ・ヒノキ人工林剥皮被害発生予測図を作成しました。

人間の生活域に侵入してきたニホンザルの群れに対して、威嚇を加え、群れの行動域を変えるよう追い上げるためのマニュアル「ニホンザルの追い上げマニュアル」と別冊として「ニホンザルの追い上げ事例集」を作成しました。追い上げを成功させるために、群れのどのような動きを監視しておけばよいのか、どのような前準備が必要か、追い上げ実施後のモニタリング方法、等をチェックリストとして示し、実用性を高めました。

研究成果の利用

被害発生の危険性が予測できるようになると、心構えだけでなく、危険性をさらに低下させるために具体的な手段が講じられるようになります。

ツキノワグマでは「ツキノワグマ出没予測マニュアル」、ニホンザルでは「ニホンザルの追い上げマニュアル」が各自治体に配布され、一部地域では、放棄果樹の処分、藪の刈り払い等、無用に動物を誘引している環境を整備する動きに発展しています。

ニホンジカの被害予測マップは一部の自治体にすでに配布され、ニホンジカ管理計画だけではなく造林・育林計画を立案する際に利用されています。

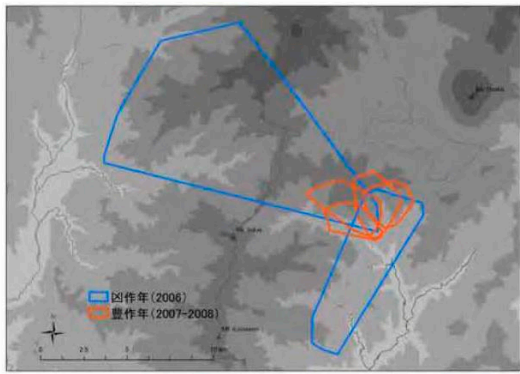
目標

獣害発生機構を解明し被害回避技術を開発する

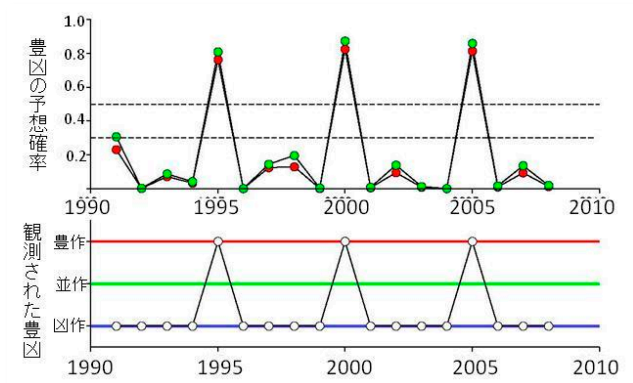
成果

獣害発生の危険性を予測する手法を開発し
マニュアルを整備した

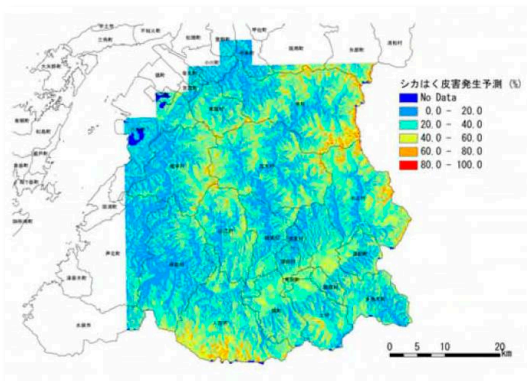
5年間の主要な成果



クマの大量出没要因を明らかにする



ブナの豊凶からクマの大量出没を予測する



科学的なシカ管理のための
ポテンシャルマップの作成



犬を使った追い上げは効果的

ニホンザルの追い上げマニュアルの作成

科学的なシカ管理のためのポテンシャルマップの作成

九州支所
野生動物研究領域
福岡県筑後農林事務所

近藤洋史
小泉 透
池田浩一

これまで、ニホンジカの分布状態を把握する生息密度は、調査ポイントもしくは調査ポイントの含まれている区画（メッシュ）単位でしか把握できませんでした。そのため、調査の行われていない場所のシカ生息密度をどのように把握するかが問題となっていました。そこで、地理情報システムの手法を応用してニホンジカの生息密度分布マップを作成しました。

はじめに

哺乳類による森林への被害は、依然として深刻な状況が続いています。中でも、ニホンジカによる枝葉や樹皮への食害やはいく皮害は、哺乳類による被害面積の約60%を占めており、早急な対策が求められています。哺乳類の保護・管理を行っていくためには、その生息密度の分布状況を把握することが最も基本となります。

そこで、地理情報システムの手法を応用してニホンジカの生息密度分布マップを作成しました。

これまでの生息密度分布マップ

生息密度の分布状況を示す地図としては、1kmとか5km区画を単位としたメッシュマップがありました。また、生息密度調査が実施された位置に、その密度の大きさをシンボルで示されたシンボルマップがありました。図1には、シカ生息密度のシンボルマップを示しています。この図で、古処山周辺のように調査箇所が多い場所ではシンボルが重なり、密度分布が不鮮明になってしまっています。また、調査が行われていないようなシンボルの存在しない場所では、依然として生息密度は不明でした。

新しい生息密度分布マップ

森林管理を行う地方公共団体の方々にとって、その地域にシカがどのように分布しているのかを把握することは重要な問題です。また森林所有者には、森林という財産に危害を加えるシカがどのくらい生息しているのかは、やはり重要な問題です。そこで、クリギングという地理情報システム（GIS）の解析手法を応用して、図2のようなニホンジカ生息密度分布マップを作成しました。このようなマップを作成することで、これまで点という離散したポイントでしか把握できなかったシカ生息密度が、連続した「面」の情報として把握することが可能となりました。

生息密度マップの応用

このように作成されたニホンジカ生息密度分布マップ

はシカの個体数管理に利用されています。ハンターにこのようなマップを示すことで、猟を行う前に、どのような区域にシカが多く生息しているのかを把握することができ、効果的な個体数調整が可能となりました。シカは、今まさに伐り出そうとしている木の皮をはがして（はく皮）木にダメージを与えます。そこで、この生息密度分布マップをもとに、シカによるはく皮害の発生予測マップ、すなわちハザードマップを作成しました（図3）。この図により、シカによるはく皮害が発生しそうな場所を特定することが可能になりました。さらに、最近ではシカの交通事故の多発が問題になっています。図4には熊本県南部にあるJR肥薩線のシカによる列車事故と生息密度分布との関係を示しました。シカ生息密度の高い区域では、シカによる列車事故も多く発生していることが明らかになりました。このように、生息密度分布マップは多方面で利用・活用されています。

参考文献

- Hiroshi Kondoh, Koichi Ikeda, Toru Koizumi, Takuhiko Murakami, Shigejiro Yoshida (2005)
A Distribution Analysis of Browsing Damage by Sika deer (Cervus nippon) on Mt. Hiko, Fukuoka Prefecture, Kyushu, Japan. The Role of Forests for Coming Generations, 281-290 (2005)
Hiroshi Kondoh, Koichi Ikeda, Toru Koizumi (2007)
Spatial Estimation of Sika Deer Population Density Distribution. Journal of Forest Planning, 13(1) 1-14
近藤洋史、廣石和昭、池田浩一、小泉透 (2009) JR九州肥薩線におけるニホンジカの鉄道事故とその生息密度分布との関係。第8回「野生動物と交通」研究発表会講演論文集、43-46
近藤洋史、廣石和昭、池田浩一、小泉透 (2010) ニホンジカの生息密度分布と鉄道事故との関係解析ーJR九州肥薩線の事例。森林資源管理と数理モデル、Vol.9:59-69

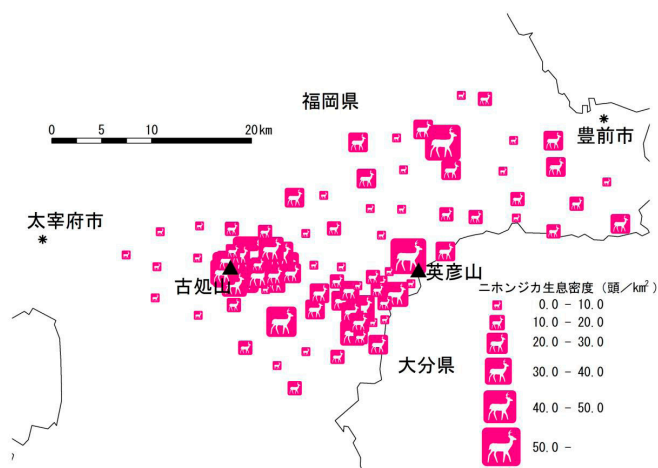


図1 シンボル（シカのマーク）で表した生息密度分布マップ

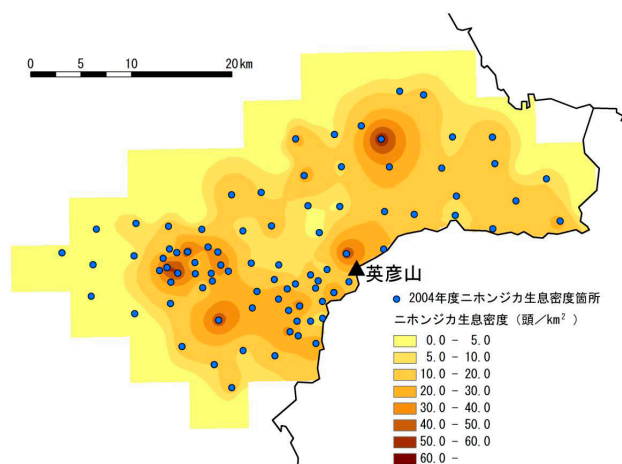


図2 GISの解析手法を応用したニホンジカ生息密度分布マップ

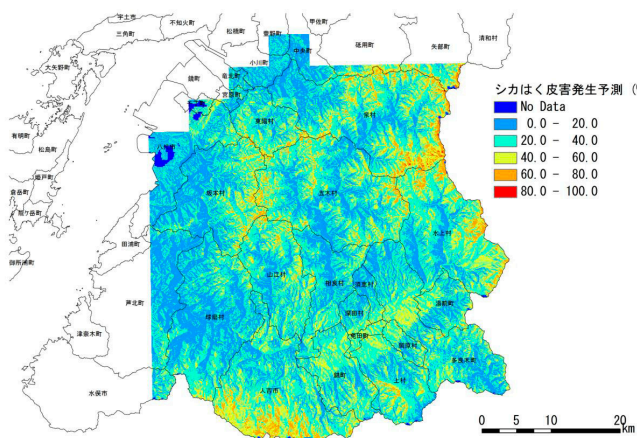


図3 熊本県南部におけるシカはく皮害の発生予測（ハザードマップ）

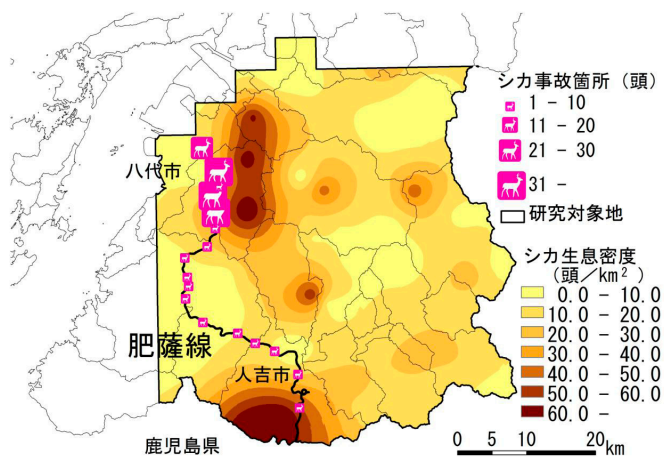


図4 JR肥薩線におけるニホンジカの鉄道事故とその生息密度分布との関係

クマの大量出沒の要因を明らかにする

野生動物研究領域	大井 徹、岡 輝樹、中下留美子
東北支所	大西尚樹
森林植生研究領域	正木 隆、阿部 真
森林管理研究領域	宮本麻子
国際連携推進拠点	佐野 真
北海道大学	坪田敏男、山中淳史
茨城県自然博物館	山崎晃司
東京農工大学	小坂井千夏、中島亜美

ツキノワグマの大量出沒の要因を明らかにして、対策の方針を立てるため、食物変動に伴うクマの栄養状態、行動の変化を明らかにしました。行動調査、脂肪量の測定、クマの体毛の安定同位体比分析、さらに、出沒地域の景観の特徴の分析から、人里および周辺の環境整備によって出沒を防止することが最も重要であると考えられました。

はじめに

ツキノワグマ（以下、クマ）は、森林に生息する動物ですが、人里への出沒が顕著に多くなり、人身被害が頻発する年があります。この現象は、クマが越冬準備のため大量の食物を必要とする晩夏から秋にかけて起きます。秋に、主食となるブナやミズナラの実などドングリ類が不作になることが出沒の原因だと考えられていますが、食料不足の秋には、クマの栄養状態や行動がどのように変化して、人里に出沒するようになるのか不明でした。私たちは、対策の方針を明確にするために、食物変動に伴うクマの栄養状態、行動の変化を明らかにしました。

行動調査

まず、野生のクマに GPS（位置の自動記録装置）を装着し、クマの行動調査を行うとともに、行動圏の中のナラ類など主要食物の結実状況調査を行いました。その結果、秋のクマは、常にナラ類の実がなっている地域を集中的に利用すること、豊作年と比べて不作年には行動圏が低標高の地域へと顕著に広がることが明らかになりました。ミズナラの豊作年には、標高の高いところほど果実の成熟が遅くなるので、クマは時間経過とともにミズナラ果実の利用可能量が増える高標高へと行動圏を広げていきますが、不作年には標高をあげても実がないので、活動標高を下げるのだと考えられました。

脂肪量の測定

ナラ類の結実不良年のクマの栄養状態の変化については、出沒して捕獲された個体の脂肪量の直接測定、外部計測値から個体差が大きいこと、すなわち様々な栄養状

態のものが出沒していたことが明らかになりました。また、平均的には、大量出沒年であってもそれ以外の年よりも栄養状態がよかったことも明らかになりました。栄養状態とは無関係に食欲が増進しているがゆえに飢餓感から食物のある人里へ出沒することが考えられます。

体毛の安定同位体比

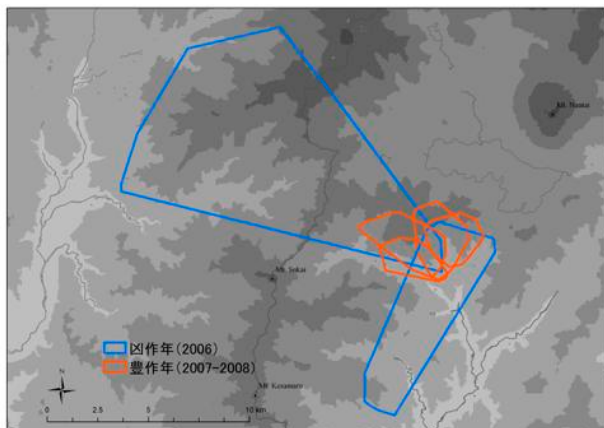
一方、クマの体毛の安定同位体比から春から秋までの食性を推定した結果、大量出沒の発生季節である秋以前から人里の食物に依存していた個体がいることが明らかになりました。このような個体が増加すると、ナラ類の結実状況とは無関係に出沒や人身被害が恒常的に発生するでしょうし、結実状況が悪い年には、クマの人里への出沒が助長されることになります。そのため、人里でクマを引きつけているカキ、クリ、残飯、家畜飼料、農作物などクマの潜在的食物の管理が重要であると考えられます。

出沒地域の景観の特徴

また、出沒地域の景観の特徴を分析した結果、藪の茂った河川沿いや人里周辺の藪がクマの移動経路や潜み場所となることがわかりました。これらの結果から人里および周辺の環境整備が出沒防止に重要であると考えられました。

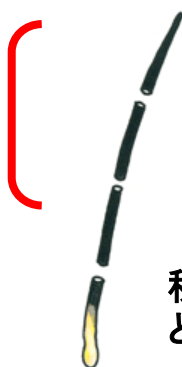
環境省の公害防止など試験研究費による研究プロジェクト「ツキノワグマの出沒メカニズムの解明と出沒予測手法の開発」の成果です。

野生グマの行動調査からわかったこと

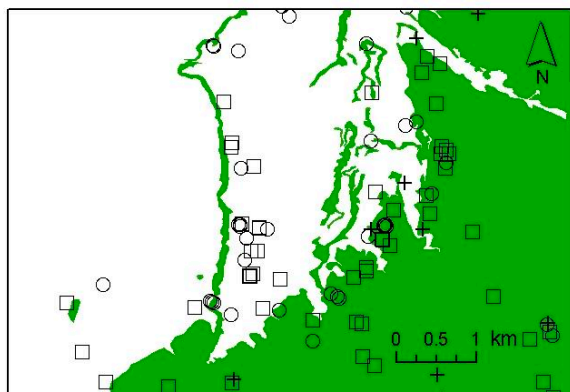


ブナ・ナラの凶作年(秋)には、クマの行動圏が低標高側に顕著に拡大→ 出没

夏に延びたクマの体毛の安定同位体食性分析からわかったこと



秋の出没時期以前に人為的食物(人間の残飯、家畜の餌など)に既に依存していた個体が、検査個体の7%いた。



出没地域の景観の特徴からわかったこと

森林あるいは、茂った回廊状の森林が人里への侵入経路になっている。

○:2004年度、+:2005年度、□:2006年度の出没地点を示す。濃いグレーは森林。図中に示した細長い形状の森林()は河岸段丘上の森林を示している。

大量出没の主原因は、クマの秋の主食のドングリ類の結実変動による自然現象。しかし、それを助長する人為的な要因もある。

人里・周辺環境整備が出没防止に大事

1. 人里周辺のカキ、クリの早期収穫、伐倒、農作物の電気柵などによる防除
2. 人里周辺の藪の刈り払い、山から人里へ流れ込む河川の河川敷きの藪の刈り払い(移動経路、隠れ場所の除去)

ブナの豊凶からクマの大量出没を予測する

森林植生研究領域	正木 隆、阿部 真
森林管理研究領域	宮本麻子
国際連携推進拠点	佐野 真
東北支所	大西尚樹
野生動物研究領域	岡 輝樹、中下留美子、大井 徹
北海道大学	坪田敏男
茨城県自然博物館	山崎晃司

ツキノワグマの大量出没に伴う人身被害の頻発を未然に防ぐことを目的に、大量出没の年を予測する技術を開発しました。大豊作年の翌年の凶作年がクマ大量出没の年になる傾向があるのです。ブナの実の豊凶予測を行い、それに基づいてクマの大量出没を予測しようと考えました。その結果、過去2年間の春と夏の気温、ブナの実の作柄から、ブナが豊作、凶作となる確率を、高い精度で計算することができ、クマの大量出没が予測できるようになりました。

はじめに

ツキノワグマ（以下、クマ）は、森林に生息する動物ですが、人里への出没が顕著に多くなり、人身被害が頻発する年があります。被害防止のため大量にクマが捕獲されたこともあって、繰り返し社会問題になってきました。そこで、大量出没に伴う被害を未然に防ぐことを目的に、大量出没の年を予測する技術を開発することにしました。大量出没を予測できれば、事前に警戒を強め、被害防止のための準備を適切に行えるからです。

ブナの実の豊凶

ところで、ブナの木は、東北地方の森林を代表する樹木の一つですが、純林を作る傾向が強く、個々の樹木の豊凶は広い範囲で同調することが明らかになっています。また、越冬前のクマが栄養蓄積をするために重要な食料となることも知られています。これまでの研究では、東北地方の多くの地域ではこのブナの実の作柄と人里への出没が強く関係していることが明らかになっていました。特に、ブナが大豊作になった翌年には、凶作になる傾向がありますが、そのような年に大量出没が起きるのです。そこで、ブナの実の豊凶予測を行い、それに基づいてクマの大量出没を予測しようと考えました。

モデルの結果

東北地方では1989年から、森林管理局が約150箇所のブナ林で結実状況を調査しています。これとアメダス

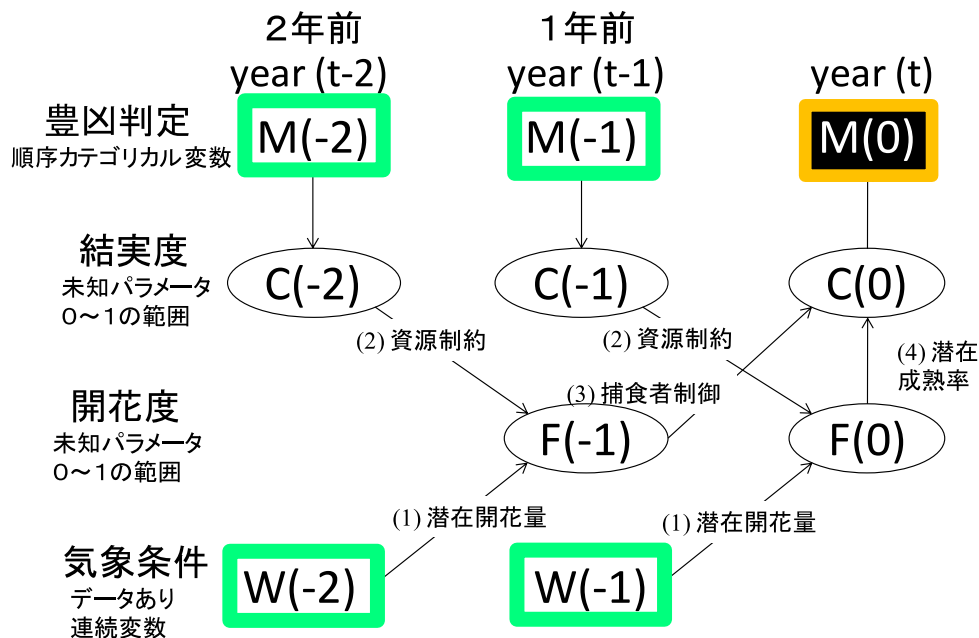
の気温データから、過去2年の春と夏の気温、ブナの実の作柄から、ブナが豊作、凶作となる確率を、高い精度で計算することができるようになりました。このモデルは、木が蓄えている養分と開花・結実の関係、気温が花芽形成や開花に与えるというブナの生理、花や実を食害する昆虫の密度と食害率の関係に基づいて組み立てられたものです。

クマの大量出没は次のように予測します。2年前の夏が低温、不作、1年前の夏が高温、不作であれば、翌年は高い確率で大豊作になることが予測されます。そして、その翌年には、ブナは凶作になる確率が高いので、クマが大量出没する確率が高いとします。

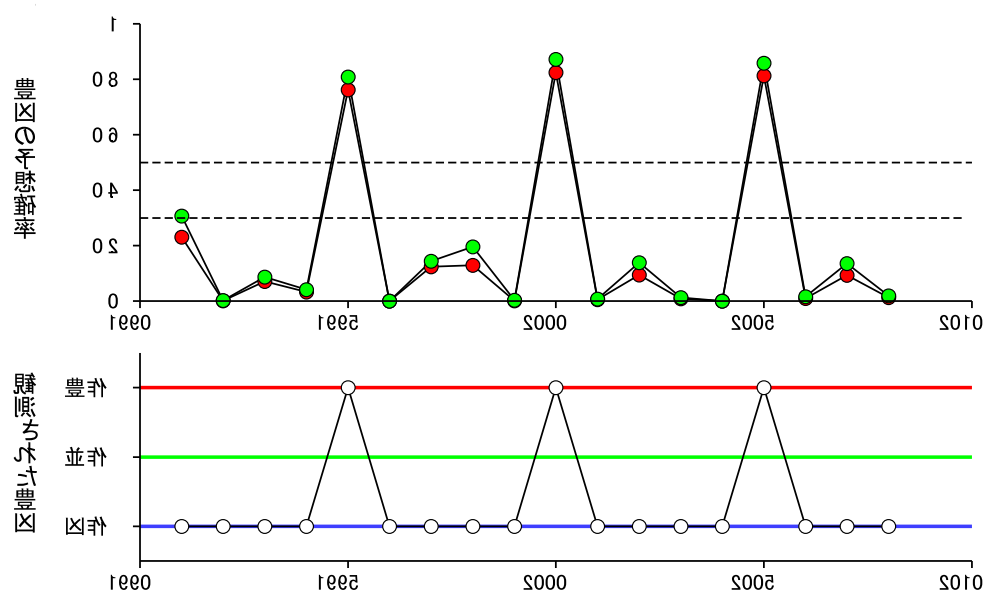
研究の公表

この成果は、クマが出没しやすい地域の予測技術とともに、クマ出没マニュアルとして各自治体に配布されます。出没予測ができれば、クマを人里に引き寄せているカキ、クリ、農作物の収穫を早めたり、防除器具で護ったり、藪を伐り払ったり、電気柵を設置することにより、クマの人里への侵入を防ぐことができます。また、児童が通学途中に事故に遭わないよう十分な警戒ができるようになると期待されます。

環境省の公害防止など試験研究費による研究プロジェクト「ツキノワグマの出没メカニズムの解明と出没予測手法の開発」の成果です。



ブナの豊凶予測アルゴリズムの概要。このアルゴリズムで数値シミュレーションを1000回繰り返し、豊作、凶作となる確率を計算する。



ブナ豊凶予測アルゴリズムの精度を検証した結果、高い精度で予測できることがわかった。

Memo.

森林総合研究所

第2期中期計画成果集

発行日	平成23年3月
編集・発行	独立行政法人 森林総合研究所 茨城県つくば市松の里1 電話 029(873)3211 (代表)
お問い合わせ	企画部研究情報科
メールアドレス	kanko@ffpri.affrc.go.jp
ホームページ	http://www.ffpri.affrc.go.jp
印刷所	筑波印刷情報サービスセンター協同組合

森林総合研究所

第2期中期計画成果集

独立行政法人 森林総合研究所

茨城県つくば市松の里1 URL <http://www.ffpri.affrc.go.jp/>

リサイクル適性の表示:紙へリサイクル可