

機関番号：82105

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007 ～ 2010

課題番号：19201048

研究課題名（和文） 樹木の局所的な絶滅が景観レベルの種多様性に及ぼす影響の評価

研究課題名（英文） Diversity of woody species at landscape levels in relation to forest dynamics at local scales

研究代表者

正木 隆 (Takashi MASAKI)

独立行政法人森林総合研究所・森林植生研究領域・室長

研究者番号：60353851

研究成果の概要（和文）： 景観スケールでの森林動態を、3通りのシナリオ、(1) 原生林の厳格な保護、(2) 里山における薪炭林維持、(3) 現行通り、でシミュレートした。その結果、(1)のシナリオで絶滅をまぬがれる種が多かった。また、弾力性分析により、種の特徴は(A) 豊富な実生と稚樹によって個体群が維持される種、(B) 大径木の存続によって個体群が維持される種の2通りに大別された。(A)は原生林保護で絶滅を免れる種が含まれた。人為攪乱の影響下にある景観では、ある程度の面積で原生林を保護することが種の絶滅確率を下げるために有効であると結論された。

研究成果の概要（英文）： We simulated the effects of change in land use patterns on future species composition within a landscape. Three scenarios were assumed: (1) strictly preserving remnant natural forest, (2) using secondary forests for charcoal production, and (3) the same patterns of land use as it is. It was suggested that the remnant forest will contribute to prevent species extinction, resulting in greater species diversity at a landscape level. Elasticity analyses suggested two types of species: (A) species with greater elasticity of larger trees, and (B) species with greater elasticity of seedlings and saplings. Species of the group A were shown to escape extinction by preserving natural forest of certain area within a landscape. Thus, preservation of natural forests will be effective to maintain species diversity at a landscape level.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	10,700,000	3,210,000	13,910,000
2008年度	10,800,000	3,240,000	14,040,000
2009年度	8,000,000	2,400,000	10,400,000
2010年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
年度			
総計	36,200,000	10,860,000	47,060,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：資源保全学

キーワード：生物多様性保全、景観、絶滅、温帯林、原生林、マルコフ連鎖モデル、マトリクスモデル、種子散布

## 1. 研究開始当初の背景

森林における樹木の共存機構や多様性の維持機構の解明は究極的なテーマの一つであ

り、今まで熱帯、温帯を問わず、さまざまな気候帯の森林において研究されてきた。その結果として、多くの研究者（たとえば Janzen

や Tilman) によってさまざまな仮説が提唱されてきたが、その多くは局所的な種の共存機構に関するものであった。

一方最近の研究では、多様性の維持機構の解明には空間スケールを考慮することが重要であると認識されている。たとえば「統合中立仮説」を唱えた Hubbell (2000) は、森林内では常にどこかで種が局所的に絶滅しているが、その減少した分の種数が周辺からの移入によって速やかに補われ、結果として種の多様性が保たれている、と推測した。このモデルからは、局所的な種の多様性は、その周辺の森林の配置、すなわち景観構造の影響を受け、そしてそれが集合することによって景観レベルでの種の多様性が決まる、と予測される。

しかし、この予想が具体的な森林の動態データで検証されたことはない。

## 2. 研究の目的

そこで本研究は、このモデルが日本の森林の種の多様性のパターンを説明するかどうかを検証することを大きな目的とした。

そしてそのために、森林における樹種の絶滅リスクの推定と景観レベルでの群集動態モデルの構築を二つの柱として研究を進めることとした。具体的には以下のことを明らかにすることを目的とした。

(1) 種子の散布距離、実生・稚樹・成木の成長および死亡率などの、全生活史を通じたパラメータを、群集構成種すべてについて定量化し、マトリクスモデルで記述する。

(2) 森林を有限で孤立した均質なパッチと仮定して、上記のマトリクスモデルにもとづいたシミュレーションをおこない、樹種の局所的な絶滅の過程を明らかにする。

(3) 現実の景観構造にもとづいてマルコフ過程に基づくシミュレーションをおこない、景観レベルでの種の多様性の変化を明らかにする。

(4) 景観構造の変化を仮想的にさまざまに操作してシミュレーションを繰り返し、景観構造と多様性との相互関係を明らかにする。

本研究で対象とした森林は、暖温帯常緑広葉樹林、冷温帯落葉広葉樹林、そして冷温帯でも種の多様性の高いことが特徴の溪畔林の3つである。この3箇所の森林で研究をおこなうことで、森林の多様性維持機構について普遍的な理論を打ち立てることができると考えた。

## 3. 研究の方法

### (1) 長距離散布パターンの計測

北茨城の6haの調査区内に種子トラップを15mメッシュで配置し、主要な樹木の種子落下パターンを調査した。それに2Dtモデルをあてはめ、種子散布カーネルのパラメータを推定した。また、種子の母樹をマイクロサテライトマーカで同定し、種子散布距離の実測もおこなった。

### (2) 景観構造と種子散布鳥類相の関係

十分な広さをもつ原生林と、分断化した孤立林で鳥類組成を調査するとともに、鳥類による結実木への訪問頻度を調査した。これにより、景観構造の変化が種子散布へ及ぼす影響を明らかにする。

### (3) 樹木個体群動態データの解析

3箇所の森林で蓄積されてきた動態データを解析し、主要な樹種について個体群動態パラメータを推定した。これをもとに種ごとのマトリクスモデルを構築し、弾力性分析により、種の動態特性を定量化した。

### (4) 景観レベルでのシミュレーション

原生林、二次林、人工林からなる景観において、各タイプごとに小プロットを設置し、上木と稚樹の相関解析をおこなった。これに基づき、種の置換確率を各森林タイプごとに計算し、マルコフ連鎖モデルを構築した。過去の土地利用の経緯から、景観要素間の置換確率も計算し、これもマルコフ連鎖モデルとして構築した。この2つのモデルをあわせることで、土地利用のパターンが変化したときの種組成の変化および景観内での絶滅確率を予測した。

## 4. 研究成果

### (1) 長距離散布パターンの計測

小川群落保護林で結実のみられたサクラ属の種子散布パターンをマイクロサテライトマーカを用いて解析した。その結果、残りの6~7割の種子は母樹調査をした範囲

(8ha)のさらに外から移入してきた種子であった。2Dtモデルを当てはめて推定した散布カーネルでは、ブナ科など種子が重い樹種だけではなく、カバノキ科など種子が軽く風で遠くに運ばれるイメージの強い樹種も、生産された種子の約95%が母樹から15m範囲内に落下していた。それとは逆に種子散布距離が長かったのはカエデ科樹種やカスミザクラ、ミズキ、ハリギリなど鳥類によって散布される樹種で、生産された樹種の95%が落下する範囲は800m~数kmに及んでいた。

## (2) 景観構造と種子散布鳥類相の関係

鳥類の個体数は、その繁殖期においては、孤立林よりも広く保全された原生林の方で多かった。ただし、鳥類の種数については両者の間に差はみられなかった。その一方で、秋の渡りの時期には、鳥類の個体数の差はみられなかった。これに対応するように、鳥類によって散布された種子の数は、繁殖期には広く保全された原生林の方が多い傾向がみられたが、秋の渡りの時期には差がみられなかった。このように景観構造の変化が鳥類による種子散布に及ぼす影響は季節によって異なることが明らかになった。鳥類の繁殖期に結実する樹種は森林の断片化によって種子散布の効率が低下するが、そのような樹種は少ない。秋の鳥の渡りの時期に結実する大多数の樹種にとっては、少なくとも種子散布の観点からは、景観構造の変化による負の影響は軽微であると推察された。

## (3) 樹木個体群動態データの解析

小川群落保護林の主要18樹種について、階層化したベイズ推定によってマトリクスモデルを構築することに成功した。このモデルで解析をおこなった結果、原生林において個体群が増加する種はブナ、イタヤカエデ、オオモミジ、ウリハダカエデ、カスミザクラの5種であった。逆にコナラ、ミズナラ、クリなどのブナ科の他の樹種やミズメは今後急速に個体群が減少していくと予想され、1000年ほど経過するとほぼ絶滅状態になると考えられた。

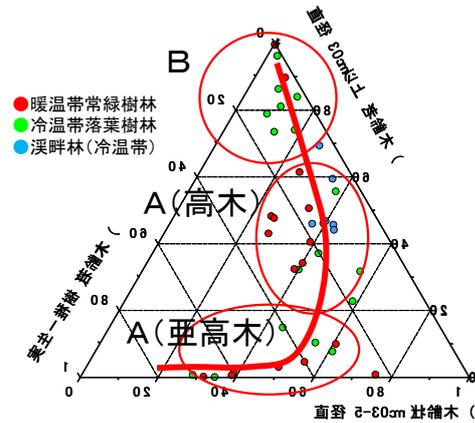
もしもここで林分が孤立化すれば、カエデ類やカスミザクラ等、散布距離の長い樹種は、その種子の大部分が更新不適地に落下し、個体群が減少傾向になると予想される。マトリクスモデルのパラメータを操作することで検証した結果、この予想は支持されなかった。

次に、人間の林床資源利用(落ち葉かき等)によって、実生や稚樹の生残率が低下するという効果を検証した結果、このような森林利用によって、カエデ類やカスミザクラとコナラ・クリ等の増加率はほぼ等しいものとなった。したがって、コナラやクリなどの個体群は人間による森林利用があつてはじめて、個体群が維持されるものと考えられる。

種特性のパターンをマトリクスモデルから計算される弾力性の値で定量化した結果、3箇所の森林とも、群集を構成する種の集合メカニズムはほぼ同じであった。すなわちいずれの森林においても、構成樹種は(A)高木のステージの弾力性が高い種と、逆に(B)実生~若木のステージの弾力性の高い種に大別され、いずれの種もこの傾度上に位置づけられた(下図)。溪畔林の構成種のほとんどはAのタイプであった。

## (4) 景観レベルでのシミュレーション

景観内における土地利用のシナリオを3つ



想定した。(a)原生林の厳格な保護、(b)里山二次林における継続的な薪炭生産、(c)現行土地利用(原生林をスギ林に転換するとともに里山二次林は放置)の継続、である。その結果、(a)の原生林保護により絶滅をまぬがれる種群が多くみられ、とくに出現頻度の低い種の絶滅確率が低下することが示された。

原生林保護で絶滅確率が低下した種群はAのタイプである。逆にBのタイプは人為攪乱が森林景観内で卓越していても存続する種群であった。したがって、人為攪乱の影響下にある森林景観においては、ある程度の面積で原生林を保護することが、種の絶滅確率を下げ、多様性を保つために有効であること、とくに溪畔域の保全が重要であると結論された。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計22件)

①Masaki T, Takahashi K, Sawa A, Kado T, Naoe S, Koike S, Shibata M (2011) Fleshy fruit characteristics in a temperate deciduous forest of Japan: how unique are they? Journal of Plant Research 印刷中(掲載確定) 査読有

②Noae S, Sakai S, Masaki T (2011) Effect of forest shape on habitat selection of birds in a plantation-dominant landscape across seasons. Journal of Forest Research 印刷中(掲載確定) 査読有

③Ogawa M, Yamaura Y, Abe S, Hoshino D, Hoshizaki K, Iida S, Katsuki T, Masaki T, Niiyama K, Saito S, Sakai S, Sugita S, Tanouchi H, Amano T, Taki H, Okabe K (2011) Use of two population metrics clarifies biodiversity dynamics in large-scale monitoring: the case of trees in Japanese old-growth forest. Environment Monitoring and Assessment 印刷中(掲載確定) 査読有

④Noae S, Sakai S, Sawa A, Masaki T (2010) Seasonal difference in the effects of

fragmentation on seed dispersal by birds in Japanese temperate forests. *Ecological Research* 26: 301-309. 査読有

⑤Koike S, Masaki T, Nemoto Y, Kozakai C, Yamazaki K, Nakajima A, Kaji K (2010) Estimate of the seed shadow created by the Asiatic black bear *Ursus thibetanus* and its characteristics as a seed disperser in Japanese cool-temperate forest. *Oikos* 120: 280-290. 査読有

⑥Yamazaki Y, Kaneko S, Naoe S, Masaki T, Isagi Y (2010) Isolation and characterization of 11 microsatellite loci in *Swida controversa* (Cornaceae). *Conservation Genetic Resource* 2: 145-147. 査読有

⑦ Gonzales RS, Nakashizuka T (2010) Broad-leaf species composition in *Cryptomeria japonica* plantations with respect to distance from natural forest. *Forest Ecology and Management* 259: 2133-2140. 査読有

⑧Shibata M, Masaki T, Tanaka H, Niiyama K, Iida S, Abe S, Nakashizuka T (2010) Effects of abiotic and biotic factors and stochasticity on tree regeneration in a temperate forest community. *Ecological Research* 17: 1-9. 査読有

⑨ Aiba M, Nakashizuka T (2009) Architectural differences associated with adult stature and wood density in 30 temperate tree species. *Functional Ecology* 23: 265-273. 査読有

⑩Sawa A, Kaneko S, Mariko S, Masaki T (2009) Development and characterization of microsatellite markers for *Prunus verecunda* and *Prunus grayana* (Rosaceae). *Conservation Genetics* 1566-0621. 査読有

⑪小池伸介, 正木隆 (2009) 本州以南の食肉目3種による木本果実利用の文献調査. *日本森林学会誌* 90: 26-35. 査読有

⑫Ushimaru A, Ishida C, Sakai S, Shibata M, Tanaka H, Niiyama K, Nakashizuka T (2008) The effect of human management on spatial distribution of two bumble bee species in a traditional agro-forestry Satoyama landscape. *Journal of Apicultural Research and Bee World* 47: 296-303. 査読有

⑬Abe S, Motai H, Tanaka H, Shibata M, Kominami Y, Nakashizuka T (2008) Population maintenance of the short-lived shrub *Sambucus* in a deciduous forest. *Ecology* 89: 1155-1167. 査読有

⑭Kobayashi T, Nakashizuka T, Kitahara M, Kubo M, Ito S (2008) Role of riparian and secondary forests in maintaining the

near-threatened butterfly, *Sasakia charonda* (Lepidoptera, Nymphalidae), population in Japan. *Ecological Research* 23: 493-502. 査読有

⑮Abe M, Honda A, Hoshizaki K, Miguchi H (2008) Advantage of early seedling emergence in *Fagus crenata*: importance of cotyledon stage for predator escape and pathogen avoidance. *Ecological Research* 23: 493-502. 査読有

⑯Tanaka H, Shibata M, Masaki T, Iida S, Niiyama K, Abe S, Kominami Y, Nakashizuka T (2008) Comparative demography of three coexisting *Acer* species in gaps and under closed canopy. *Journal of Vegetation Science* 19: 127-138. 査読有

⑰Hoshizaki K (2008) Rodent seed hoarding and regeneration of *Aesculus turbinata*: patterns, processes and implications. *Ecology of Riparian Forests in Japan: Disturbance, Life history and Regeneration* (eds. Sakio H. & Tamura, T.) 107-122. 査読有

⑱Masaki T, Osumi K, Hoshizaki K, Hoshino D, Takahashi K, Matsune K, Suzuki W (2008) Diversity of tree species in mountain riparian forest in relation to disturbance-mediated microtopography. *Ecology of Riparian Forests in Japan: Disturbance, Life history and Regeneration* (eds. Sakio H. & Tamura, T.) 251-266. 査読有

⑲Masaki T, Osumi K, Takahashi K, Hoshizaki K, Matsune K, Suzuki W (2007) Effects of microenvironmental heterogeneity on the seed-to-seedling process and tree coexistence in a riparian forest. *Ecological Research* 22: 724-734. 査読有

[学会発表] (計45件)

①直江将司, 酒井章子, 正木隆 (2010) 優占樹種の結実豊凶が散布者を共有する低密度樹種の種子散布に及ぼす影響. 日本生態学会、札幌コンベンションセンター (札幌市)

②山崎良啓, 藤津亜季子, 直江将司, 正木隆, 井鷲裕司 (2010) ミズキの結実期個体差が果実食鳥類の訪問頻度に与える影響. 日本生態学会、札幌コンベンションセンター (札幌市)

③正木隆, 直江将司, 柴田銃江 (2010) プロットデータに基づく樹木個体群動態の種間比較～散布カーネルの推定とマトリクスモデルへ. 日本生態学会、札幌コンベンションセンター (札幌市)

④石田敏, 中静透 (2010) 景観スケールにおける樹木の絶滅確率予測. 日本生態学会、札幌コンベンションセンター (札幌市)

⑤星崎和彦、正木隆、大住克博、高橋和規、松根健二、鈴木和次郎 (2009) 樹木の決定論的な新規加入と生活史特性のシンドローム：溪畔林の多種共存にもたらす影響。日本生態学会、東京大学駒場キャンパス (東京)

⑥澤綾子、正木隆、直江将司、井鷲裕司、兼子伸吾、鞠子茂、沼田治 (2009) 鳥による種子散布パターン近縁種間比較—リスクとリターンの観点から—。日本生態学会、東京大学駒場キャンパス (東京)

⑦直江将司、酒井章子、澤綾子、正木隆 (2009) 温帯林の断片化は鳥の渡り期に結実する鳥散布樹木の種子散布に影響を及ぼすか？。日本生態学会、東京大学駒場キャンパス (東京)

⑧星崎和彦、沖慎司、秋好達朗、星野大介、柴田銃江、高橋和規、正木隆、大住克博 (2009) 溪畔林構成樹種の種多様性は攪乱によって維持されているか？—更新ニッチ説 vs. 中立説の予測—。日本森林学会、京都大学 (京都)

⑨柴田銃江、正木隆、中静透 (2009) 行列モデルによる温帯林群集構成種の生活史比較。日本森林学会、京都大学 (京都)

⑩山崎良啓、直江将司、正木隆、井鷲裕司 (2009) ミズキの多様な結実フェノロジーは空間時間的種子散布パターンにどのように影響するか。日本森林学会、京都大学 (京都)

⑪永松大、小南陽亮、西村尚之、齋藤哲、真鍋徹、佐藤保 (2009) 成熟した照葉樹林における台風かく乱後の稚樹の成長。日本森林学会、日本森林学会、京都大学 (京都)

⑫饗庭正寛、中静透 (2009) 温帯樹木 30 種における最大樹高・材密度と樹形の関係。日本生態学会、岩手県立大学 (滝沢村)

⑬小南陽亮、真鍋徹、永松大、西村尚之、齋藤哲、佐藤保 (2009) 綾照葉樹林における鳥散布と風散布によるシードレインの分布。日本生態学会、岩手県立大学 (滝沢村)

⑭澤綾子、正木隆、直江将司、鞠子茂 (2008) サクラ属樹木の種子散布パターンに及ぼす鳥の影響。日本生態学会、岩手県立大学 (滝沢村)

⑮直江将司、酒井章子、澤綾子、正木隆 (2008) 森林の分断化は鳥散布樹木の更新に影響を及ぼすか？日本生態学会、福岡国際会議場 (博多)

⑯永松大 (2008) 台風攪乱にともなう照葉樹林構成樹種の生活史パラメータ変化。日本生態学会、福岡国際会議場 (博多)

⑰小南陽亮 (2008) 綾照葉樹林における主要樹種の実生定着過程の比較。日本生態学会、福岡国際会議場 (博多)

⑱Nakashizuka T (2008) Thirty years of change in beech (*Fagus crenata*) seedling bank after simultaneous death of dwarf bamboo. The 8th IUFRO International Beech Symposium "Ecology and Silviculture of

Beech, Onuma International Seminar House (Nanae-town, Hokkaido, Japan)

⑲正木隆、澤綾子、柴田銃江、高橋一秋 (2007) 冷温帯林における樹木液果の群集生態学—サイズ、結実季節、栄養素の類型化とシンドローム。日本森林学会、九州大学 (博多)

〔図書〕 (計 5 件)

①正木隆、相場慎一郎 (2011) 森林生態学。共立出版、印刷中 (掲載確定) 204pp

②中静透 (2011) 地球環境と生態系の長期変動を明らかにする。「中岡雅裕編 地球環境問題に挑む生態学」。文一総合出版、6-17

③正木隆、星崎和彦 (2009) 樹木誌編集委員会樹木誌 (一)。日本林業調査会、611-633、497-527

④正木隆 (2008) 森の芽生えの生態学。文一総合出版、258pp

⑤中静透 (2008) 森は動いている。—誕生から世代交代までの壮大なダイナミズムを解く—。「エコロジー講座「森の不思議を解き明かす」」。文一総合出版、6-16

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

正木 隆 (TAKASHI MASAKI)

森林総合研究所・森林植生研究領域・室長

研究者番号：60353851

### (2) 研究分担者

中静 透 (TOHRU NAKASHIZUKA)

東北大学・生命科学研究所・教授

研究者番号：00281105

星野 大介 (DAISUKE HOSHINO)

独立行政法人森林総合研究所・東北支所・主任研究員

研究者番号：60391182

星崎 和彦 (KAZUHIKO HOSHIZAKI)

秋田県立大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号：30322655

小南 陽亮 (YOUSUKE KOMINAMI)

静岡大学・教育学部・教授

研究者番号：30221980

柴田 銃江 (MITSUE SHIBATA)

独立行政法人森林総合研究所・東北支所・室長

研究者番号：10343807

永松 大 (DAI NAGAMATSU)

鳥取大学・学内共同利用施設等・准教授

研究者番号：20353790