

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K05733

研究課題名（和文）森林発達にともなうミズナラの侵入パターンの変化：アカネズミ類による種子散布の影響

研究課題名（英文）Change in the immigration pattern of *Quercus crispula* with forest development: Effect of seed dispersal by *Apodemus* mice

研究代表者

中西 敦史 (Nakanishi, Atsushi)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：90456616

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：森林の発達にともなうミズナラの侵入パターンの変化を明らかにするため、3か所のトドマツ植栽地において、胸高直径5cm以上のミズナラ個体の樹齢構造および出現時期別の空間遺伝構造（遺伝子型のランダムでない空間分布）を調べた。その結果、トドマツ植栽地間でミズナラの出現特性が異なることや長距離動物種子散布によるミズナラの高頻度侵入時期を明らかにした。また、センサーカメラと受動無線周波標識を用いた手法により、ミズナラ種子の主な散布者はアカネズミ類（アカネズミとヒメネズミ）であること、アカネズミ類による散布の多くが林内に限られること、林外の若い植栽地への有効な散布は稀であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではミズナラ種子のアカネズミ類による散布の特性や長距離動物種子散布によりミズナラが針葉樹植栽地へ高頻度に侵入する時期およびその時期の植栽地の林況を明らかにした。これらの成果を基に、ミズナラが種子散布により侵入しやすい条件を解明し、皆伐・針葉樹植栽およびミズナラの侵入を組み合わせ、これまでになかった針交混交林造成技術を開発できる可能性がある。このため、本研究の成果は低コストで生態学的価値および経済価値の高い森林の造成技術の開発に資する。

研究成果の概要（英文）：To elucidate changes in the immigration pattern of *Quercus crispula* (Qc) with forest development, we examined the age structure over the entire period and spatial genetic structure (non-random spatial distribution of genotypes) at each period of emergence for the Qc individuals with a diameter at breast height (dbh) of 5cm or greater within each of three plantations of *Abies sachalinensis* (As). We found the emergence characteristics which varied among the As plantations and the period of frequent immigration by long-distance animal seed dispersal of Qc. Using a technique with a sensor camera and passive integrated transponder tags (PIT tags), we also found that the main dispersers of Qc seeds were *Apodemus* mice, that most dispersal by *Apodemus* mice were limited to within the forests, and that effective dispersal to young plantations outside the forest was rare.

研究分野：生態遺伝学

キーワード：アカネズミ類 遺伝子流動 空間遺伝構造 トドマツ ミズナラ

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

経済価値の高いミズナラは北海道のトドマツ人工林内にも出現する。ミズナラ種子の有効な散布者であるアカネズミ類は森林環境を選好し、疎開地に比べ、林冠下や植生が繁茂している状況で活動が活発である。このため、種子源から皆伐地内部へのアカネズミ類による種子散布は皆伐地の森林発達にともない増加していくと考えられる。アカネズミ類による長距離種子散布が高頻度に起きる時期やその時期の森林の状況を検証することで、ミズナラの侵入条件を解明し、その情報を基に皆伐・トドマツ植栽およびミズナラの侵入を組み合わせ、これまでにない針交混交林造成技術を開発できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、森林発達にともなうミズナラの侵入パターンの変化をアカネズミ類による種子散布の観点から解明する。具体的には、ミズナラ成木が混交するトドマツ人工林およびそれに隣接する皆伐後針葉樹植栽地を調査地として、1) トドマツ人工林内に生育するミズナラ成木について侵入時期別に空間遺伝構造を解析することで、トドマツ林の発達にともなうミズナラの侵入パターンの変化を明らかにする。また、2) 受動無線周波標識 (PIT タグ) を埋設したミズナラ種子の動物散布を追跡することで、アカネズミ類による種子散布は、森林が発達した箇所への散布 (トドマツ林内) が、森林が未発達な箇所 (植栽地) への散布に比べ、活発であることを確かめる。3) 得られた成果から、仮説「アカネズミ類による皆伐地への種子散布は皆伐地の森林発達にともない増加していく」を検証し、さらに、アカネズミ類散布が活発になるトドマツ林発達段階 (侵入条件) を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 北海道紋別郡遠軽町の3か所 (丸瀬布、生田原、瀬戸瀬) のトドマツ人工林に調査地を設定した。いずれの調査地も幅約 50-70m のトドマツ林帯状伐採後に、伐採地においてトドマツまたはカラマツが植栽され、ともに帯状の植栽地と残存林が交互に位置する。

(2) 各調査地の帯状伐採後の残存林において、胸高直径 5cm 以上の幹を持つミズナラ個体について分角順位法により毎木調査を実施し、それらの個体から DNA 抽出用の葉および年輪解析用の地上 0.2m の円盤または成長錐コアを採取した。丸瀬布では 10 個体のトドマツから年輪解析用の地上 1.2m の円盤を採取した。また、生田原のミズナラについては伐採前にも分角順位法による毎木調査および葉の採取を実施し、伐採後の切り株から年輪解析用の円盤またはその一部を採取した。

(3) 採取した葉から DNA を抽出し、それらの DNA を調べることで各ミズナラ個体の 13 マイクロサテライト遺伝子座の遺伝子型を決定した。また、採取した円盤 (またはその一部) または成長錐コアを調べることでミズナラ個体の樹齢とトドマツ個体の過去の各年における直径を明らかにし、ミズナラ個体の出現時期と丸瀬布のトドマツ人工林の成長過程を推定した。

(4) 各試験地で 65~100 個体のミズナラについて、サンプルサイズ (個体数) がおよそ同数になるように出現時期を初期、中期および後期に分け、出現時期別にミズナラ個体間の空間遺伝構造 (遺伝子型のランダムではない空間分布) を解析した。空間遺伝構造の有無は個体間距離の自然対数に対する個体間近縁係数の傾きを検定することで検証し、空間遺伝構造の強さは指数 S_p で評価した。樹木種では種子散布が空間遺伝構造に強く影響し、長距離種子散布に由来する個体間の空間遺伝構造は弱くなると考えられる (ただし、個体密度が一定の場合)。

(5) 丸瀬布と生田原において、秋に採取したミズナラ種子に PIT タグを挿入し、トドマツ残存林内に複数設置した 40cm x 31cm の板状の餌台にそれらの種子を格子状に配置した。さらに、センサーカメラで種子配置場所を自動撮影することで、どの種子をどの動物が持ち去ったかを観察し (写真 1) 持ち去り後に、送受信機を使用した周波数識別により PIT タグを探すことで (写真 2) それぞれの種子について、散布箇所を明らかにした。丸瀬布では 2018 年の秋に計 180 個、生田原では 2020 年と 2021 年の秋に計 209 個の PIT タグ入り種子を設置した。一方、瀬戸瀬では 2021 年の秋に PIT タグを挿入しない種子を計 60 個設置した。

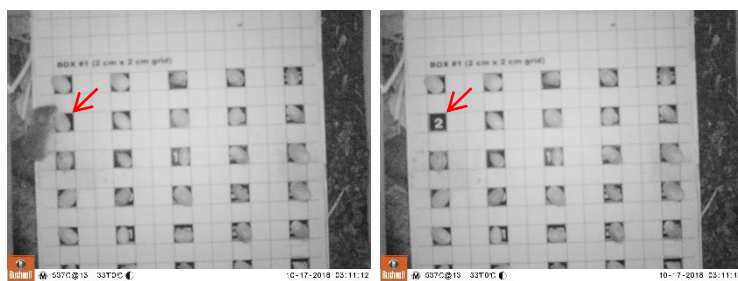


写真 1. センサーカメラで撮影したヒメネズミによる種子の持ち去り前 (左) と持ち去り後 (右)。



写真 2. 送受信機を用いた PIT タグの探索

4. 研究成果

(1) いずれの試験地においても各試験地内の全解析ミズナラ個体間では有意な空間遺伝構造が検出され、種子親周囲の短距離種子散布の影響が示唆された。しかし、侵入時期別では丸瀬布の後期でのみ有意な空間遺伝構造が検出された(図1、2)。丸瀬布では解析個体は地拵え後から出現し、出現個体数のピークは地拵えから約20年後の中期で、また、空間遺伝構造は後期出現個体でのみ検出された。これらのことから、特に地拵え後約20年後に長距離散布によりミズナラが高頻度に侵入したと推定された。この時期は、除伐から間伐の間でトドマツ造林木の肥大成長が旺盛なことから林冠閉鎖前と考えられる。後期で検出された空間遺伝構造は造林地内の種子生産により種子親周囲に母系きょうだいが出現したことを示していると考えられる。生田原では地拵え直後から高頻度に、瀬戸瀬では比較的少数ではあるが地拵え前からミズナラが出現したことから、皆伐・地拵え前から生育する前生稚樹(切り株の萌芽も含む)が現在のミズナラ個体群に貢献したと考えられる。

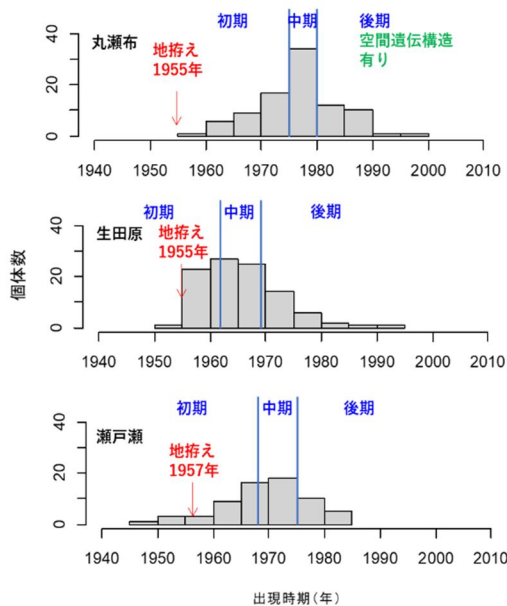


図1. 3試験地のトドマツ林内に生育するミズナラ個体(主幹の胸高直径5cm以上)の出現時期別の個体数と空間遺伝構造の検証結果。空間遺伝構造の有無は個体間距離の自然対数に対する個体間近縁係数の傾きを検定して検証した。種子散布距離が短いと母系きょうだいの集中分布により空間遺伝構造が強くなると考えられる。

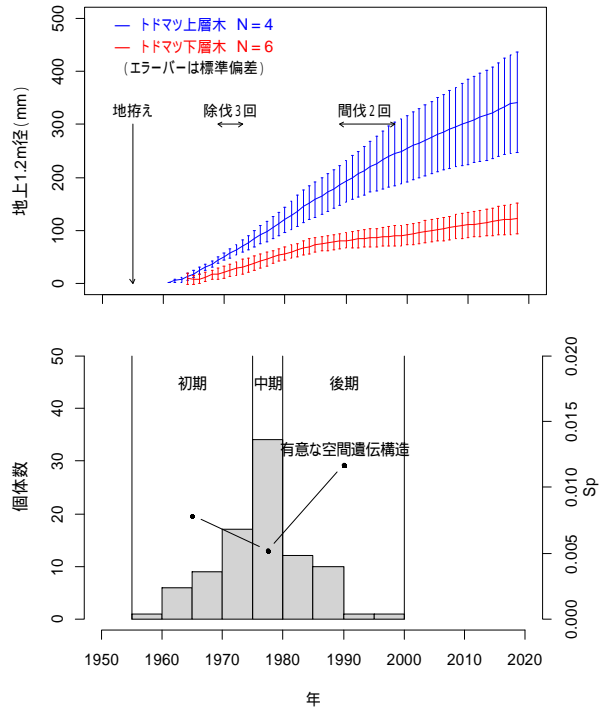


図2. 丸瀬布におけるトドマツ造林木の肥大成長(上図)およびミズナラの出現時期別の個体数と空間遺伝構造の強さ(Sp)(下図)。個体数は棒グラフで、Spは折れ線グラフで示した。

(2) センサーカメラとPITタグを用いた手法により、ミズナラ種子の主な散布者はアカネズミ類(アカネズミとヒメネズミ)で、アカネズミ類による散布は多くが林内に限られ、林外の若い植栽地への有効な散布は非常に少ないことを明らかにした。また、ボサ(伐採後に集積された幹・根株・末木枝条など)が多いトドマツ林では多くの種子が発芽・定着に不適なボサの下に運ばれることが分かった(図3、写真3)。

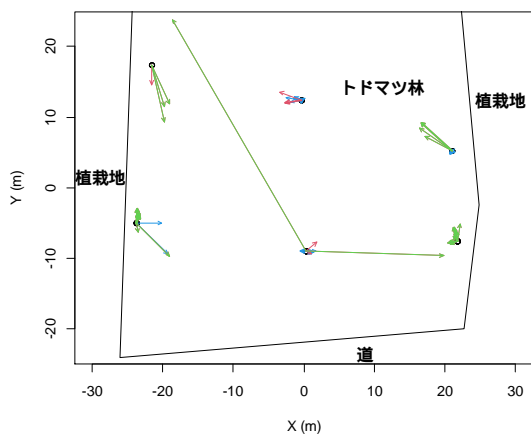


図3. 丸瀬布試験地でPITタグにより明らかにしたミズナラ種子の動物散布。



写真3. ボサ(伐採後に集積された幹・根株・末木枝条など)

(3) 計画にはなかったが、人工林皆伐跡地3か所において、ミズナラを調べた結果、皆伐後3年までには種子散布による移入は非常に少なく、切り株萌芽を含む前生稚樹の貢献が大きいこと、さらに、皆伐時の地拵えなどの施業が前生稚樹の個体密度に影響することを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 中西敦史、石橋靖幸、伊東宏樹	4. 巻 67
2. 論文標題 PITタグおよび自動撮影装置による動物種子散布調査手法の検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 北方森林研究	6. 最初と最後の頁 63-66
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24494/jfsh.67.0_63	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 伊東宏樹、中西敦史、山崎孝一、谷村亮、藤生浩史、佐藤勝	4. 巻 67
2. 論文標題 ミズナラが混交したトドマツ人工林の林況を分角順位法で推定する	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 北方森林研究	6. 最初と最後の頁 37-40
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24494/jfsh.67.0_37	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中西敦史、伊東宏樹、谷村亮、橋口稜世
2. 発表標題 針葉樹人工林皆伐跡地に生育するミズナラ稚樹個体群への切り株萌芽および前生稚樹の貢献
3. 学会等名 第71回北方森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中西敦史、石橋靖幸、伊東宏樹、山本茂、谷村亮、佐藤太一、山崎孝一
2. 発表標題 PITタグを用いて推定したトドマツ林に生育するミズナラの動物種子散布
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中西敦史、伊東宏樹、石橋靖幸、谷村亮、山崎孝一、佐藤太一、橋口稜世、山本茂
2. 発表標題 トドマツ造林地間のミズナラの出現パターンの違い
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中西敦史、伊東宏樹、石橋靖幸、山崎孝一、谷村亮
2. 発表標題 アカネズミ類種子散布によるミズナラのトドマツ人工林への侵入過程の解明
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中西敦史、石橋靖幸、伊東宏樹
2. 発表標題 PITタグおよび自動撮影装置による動物種子散布調査手法の検証
3. 学会等名 第67回北方森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊東宏樹、中西敦史、山崎孝一、谷村亮、藤生浩史、佐藤勝
2. 発表標題 ミズナラが混交したトドマツ人工林の密度を分角順位法で推定する
3. 学会等名 第67回北方森林学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

石橋靖幸 野ネズミ撮影用の木箱カメラ 森林保護 352:8、2020.06.

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	伊東 宏樹 (Ito Hiroki) (50353587)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	
研究分担者	石橋 靖幸 (Ishibashi Yasuyuki) (80353580)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------