

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 4日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580189

研究課題名（和文） ブナ天然林北進最前線における分布拡大過程の解明

研究課題名（英文） Clarifying the process of northward expansion for *Fagus crenata* Blume forests at their natural northern range front

研究代表者

松井 哲哉（MATSUI TETSUYA）

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・主任研究員

研究者番号：20414493

研究成果の概要（和文）：

ブナ分布北限地域の最前線における正確な分布を調べるために、空中写真解析と現地調査を併用した結果、ブナの孤立林は最大約4 km 間隔で9箇所分布していることが判明した。これらの孤立林は、ブナの連続分布域から鳥などによって運ばれた種子が育ち、成立した可能性がある。遺伝的解析の結果、孤立ブナ林では孤立度が高く、多様度は低下する傾向がみられたものの、ブナの樹齢は120年以下の若い個体が多く、ブナは林冠のかく乱などを契機として今後もゆっくりと分布範囲を拡大すると考えられた。

研究成果の概要（英文）：

To clarify accurate locations and distributions of isolated natural beech (*Fagus crenata* Blume) forests at the northernmost boundary of their range, aerial photograph and ground truth were performed. It was found that the number of isolated beech forests were at least nine, and they were the maximum of 4 km apart with each other. These isolated forests were thought to have possibly been established from bird-dispersed beech seeds. Genetic analysis showed that isolated beech forests had higher differentiation and lower genetic diversity; however, tree ring analyses showed that the beech tree's ages were mostly under 120 years old, suggesting that the beech forests are gradually expanding their range, after occasional events of forest canopy disturbances.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：ブナ、北限、孤立林、鳥散布、空中写真、遺伝的多様度

1. 研究開始当初の背景

日本列島の森林生態系を代表するブナ林の地理的分布域北限は北海道渡島半島黒松

内地域周辺にある。ブナの北限がなぜこの地域にあるのかについては、明治時代以降様々な仮説が提示されてきたが、未だ意見の一致

を見ていない。その一方で、ブナの潜在的な分布域は暖かさの指数、冬の最低気温、降水量を用いて統計的に予測すると、黒松内を越えて北海道内に広がる事が明らかにされている。今後さらに温暖化が進めば、この潜在分布域は北へ拡大する可能性も示唆されている。

花粉分析の研究から、約 6,000 年前に北海道南部に到達したブナはその後北上をつづけ、黒松内地域におけるブナ花粉量は時代とともに増加する傾向を示しており、ブナの旺盛な繁殖を示唆している。現地での観察では、北限域のブナの成長や更新は良好で、生理的な限界域に達していると思われるような障害はほとんど認められない。これらの事実から、「北限域のブナの分布域は現在も拡大中である」という仮説が提示された。

しかしながら、北限域の、とくに最前線域におけるブナの分布の正確な位置や規模、分布の拡大過程などはいまだに明らかになっていない。これを明らかにするためには、(1) 分布最前線におけるブナの分布、(2) 航空写真解析による長期間の林冠動態、(3) ブナ個体群の年齢構成や生育立地条件との関係、(4) ブナの種子の散布距離、(5) ブナ個体群の移動経路などについて調査・解明する必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、以下の 5 項目を目的に掲げる：(1) 分布最前線におけるブナの分布把握、(2) 航空写真による長期間の林冠動態の解明、(3) 群落調査による年齢構成やブナの生育立地条件の解明、(4) ブナ種子の長距離散布距離の推定、(5) 分子マーカーを用いたブナ個体群間の遺伝的類縁関係の推定。これらを明らかにすることで、ブナの自生北限域における、ブナ林の分布拡大過程を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

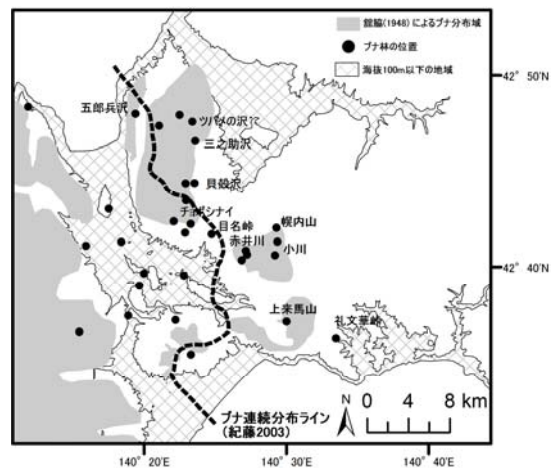
(1) 平成 17 年 5 月 25 日に撮影したカラーの航空写真を用い、ブナの分布域を確認した。現地におけるブナの開葉は例年 5 月の中旬以降である。他の樹種よりもブナは 10 日ほど早く開葉するために、その他の落葉広葉樹と区別することが容易である。

(2) ブナ個体群の確認後、ブナ林の規模にあわせて $10 \times 10 \text{ m}^2 \sim 100 \times 50 \text{ m}^2$ 程度の調査枠を設定し、群落構造調査を行った。林冠木の樹種判定、胸高直径を記録し、調査枠内における相対座標を記録した。樹齢推定のために成長錐を用いてコアを採取した。地形測量を行い、微地形とブナの生育立地との関係解析の資料とした。採取した成長錐コアは、実験室に持ち帰り、年輪年代学の標準的手法を用いて年輪幅を読み取り樹齢を推定した。

(3) 群落調査枠内および周辺において、ブナ個体から分子遺伝マーカー分析用のサンプル（葉組織または冬芽）を採取した。採取したサンプルを実験室に持ち帰り、遺伝学的手法によって遺伝的多様度を検証した。

(4) 新規で平成 17 年 5 月 25 日に撮影した航空写真および、市販されている過去の複数年の航空写真（1960、1974、1986、1996 年）を用い、各年のブナの分布域を抽出した。分布域の抽出には、高解像度画像の解析に有効なオブジェクトベースの画像解析を用いた。トレーニングデータとして現地調査から得たブナ林の実際の分布情報を用いた。得られた各年のブナの分布域と地形情報を地理情報システム（GIS）上で重ね合わせ、45 年間のブナ林の林冠拡大過程の時系列変化を読み取った。

(5) 黒松内町添別ブナ林において、ブナの種子を散布する可能性が高い鳥類を捕獲した。鳥の背中に超小形電波発信機を装着して数日間の行動範囲をラジオテレメトリ法によって把握した。



4. 研究成果

(1) ブナの分布北限域における連続分布ライン（紀藤 2003）よりも東側の地域に位置する地域をブナの北進最前線地域とすると、ブナ孤立林はこの地域内の 9 箇所において確認された。これらの孤立林は互いに最大で 4km 程度離れていた（図 1）。太平洋側の豊浦町礼文華峰で発見したブナ孤立林分は、急峻な岩場に分布しており、特殊な立地条件にある。土壤乾燥に弱いとされるブナが海霧によって水分を得ており、競争相手となる針葉樹を欠いたニッチにブナが侵入した結果だと考えられる。

図 1. ブナ連続分布ライン以东における孤立林の分布

(2) 北進最前線のブナの樹齢構造調査によれば、ブナの連続分布域から孤立林域へ移行する位置にあるチョボシナイ地区のブナ林では、樹齢 80 年から 100 年をピークとする若いブナ林パッチと 200 年を超える個体を含む老齢なパッチが混在していることが明らかになった。このうち 301 年のブナは、黒松内地域における最高齢のブナである。一方、分布最前線の孤立林分におけるブナの樹齢はその多くが 120 年以下の若い個体であった。

(3) 遺伝解析の結果から、北限域のブナの遺伝的多様性は、最前線へ進ほど低下することが判明した (図 2)。また隔離の程度が高い最前線の日本海側の 3 集団は、異なる遺伝組成になっていたことが判明した。これは 3 集団がそれぞれ孤立度が高く、また孤立した状態が長期間に及ぶためであると考えられる。その他の集団は個々に違いはあるが、概して祖先的な遺伝組成を持っており、全体として現在の分布の大きな流れを担っていると予想された。

遺伝解析から孤立林が拡大したルートを推定した結果、最前線のブナは黒松内低地帯から日本海側の幌別山塊と太平洋側の幌内山塊の 2 手に別れて拡散し、その後目名峠周辺でそれぞれが再び出会い、遺伝子の混合 (secondary contact) が起きている可能性が示唆された。

(4) チョボシナイ地域のブナ林について、樹冠の長期的な変化を複数年の航空写真を用いて解析した結果、1960、1974 年において樹冠が疎であった林分が、1974 年以降に密になった箇所が多く見られた。また、樹冠が密になるとともに、樹冠が大きくなり、樹冠サイズの小さい単木が点在している状態から、複数の単木によってパッチを形成して行く過程が明らかとなった (図 3)。このように、林冠疎開によって一時的に減少してもその後再び増加するというブナの動態が判明した。このような林冠疎開後におけるブナの増加は、ツバメの沢や三之助沢ブナ林でも示されており、ブナ北限最前線域における一貫した傾向である可能性が高い。

(5) 添別ブナ林において電波発信機を装着したヤマガラを、ラジオテレメトリ法により晩秋期に数日間追跡した。その結果、ヤマガラの行動から推定した一日の行動圏は、2.1 ha から 6.5 ha の間と推定され、全体では 11.4 ha であった (図 4)。また、一日の行動圏から推定したヤマガラによる種子散布の限界距離は、163 m~529 m と推定された。このことは、ヤマガラは付近数百 m にブナの種子を散布

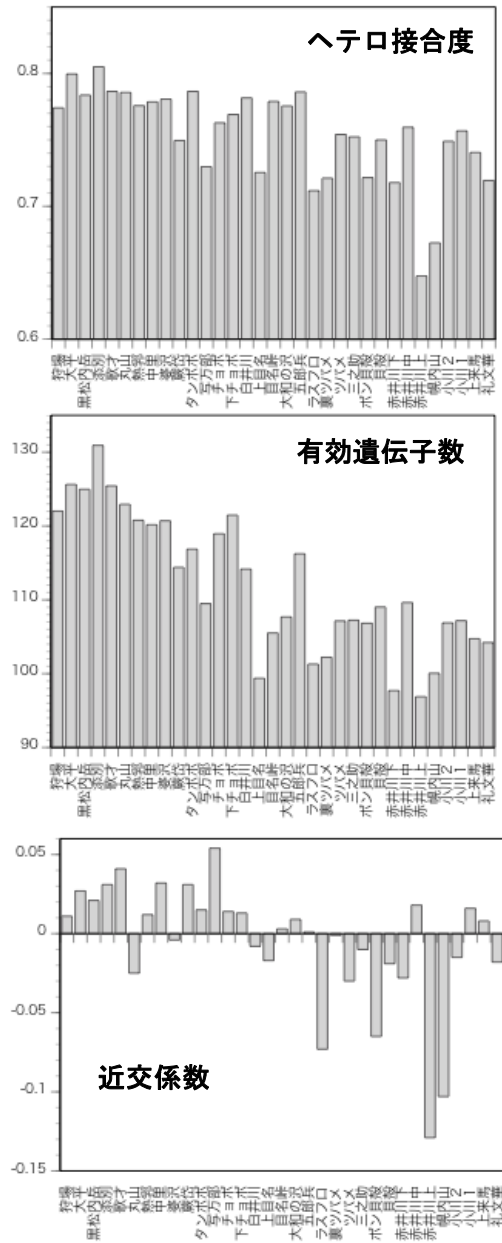


図 2. ブナの遺伝的多様度の変化

する可能性を示唆する。このことは、ヤマガラが孤立林分内部におけるブナの分布面積の拡大や立木密度の上昇に貢献していることを示唆する

散布距離が 1km を超える、より長距離のブナ種子の散布にはヤマガラではなく、カケスなどより飛翔距離の長い鳥が関与している可能性が示唆された。カケスについては電波発信機を装着した個体が行方不明となり、行動圏の調査を完了できなかった。

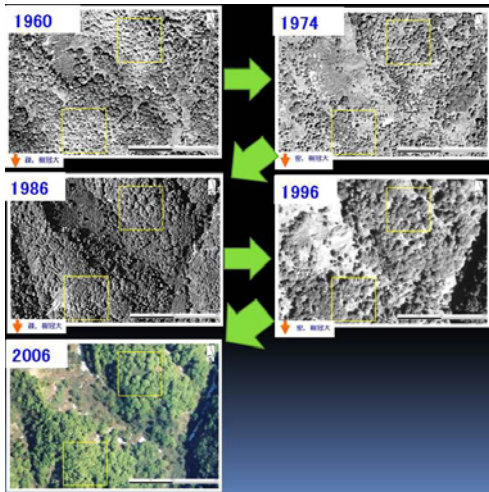


図 3. ブナの樹冠の長期変化

(6) 北進分布最前線のブナは現在もその個体数を増やしながら徐々に分布範囲を拡大していると考えられる。分布最前線のブナ林は最大約 4 km の間隔で互いに孤立しているが、今後長い時間をかけてこれらブナの孤立林との間の森林にもブナが侵入し、かく乱などを契機として次第にまとまった森林へと発達することによって、最終的には連続したブナ林へと変化していくと考えられる。このようなブナの分布北限域の分布状況とブナ林の拡大過程についての情報は、北限域におけるブナの生態学的特性の解明・北海道のブナ林保全計画の策定・ブナ林の景観保全・温暖化影響対策の検討という観点から利用価値が高いと考えられる。

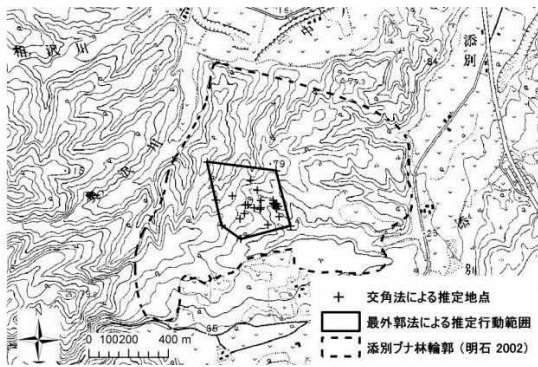


図 4. ヤマガラの行動圏

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 7 件)

① Matsui Tetsuya, Kitamura Keiko, Saito Hitoshi, Namikawa Kanji, Terazawa Kazuhiko, Haruki Masahiro, Itaya Akemi, Honma Yuki,

Miyoshi Yuji, Uchida Kenichi, Suzuki Takashi, Kito Norio, 2012, Habitat and vegetation of an isolated *Fagus crenata* Blume population at Rebunge Pass, Toyoura Town, Hokkaido, Journal of Phytogeography and Taxonomy, 査読有、59 巻、113-123

② 松井哲哉, 並川寛司, 本間祐希, 齊藤均、板谷明美, 2012, ブナ北限域・下チヨボシナイ川流域におけるブナの樹齢と成長、北方森林研究、査読有、60 巻、103-106

③ 並川寛司, 渡辺直樹, 松井哲哉, 小林誠, 2011, 光・密度・ネズミ類の被食を制御した実験系におけるブナ当年生実生の生残過程と死亡要因、北海道教育大学紀要、自然科学編、査読有、61 巻、13-22

④ 松井哲哉, 飯田滋生, 河原孝行, 並川寛司, 平川浩文, 2011, ブナ (*Fagus crenata*) 自生北限域における種子散布距離推定のための晩秋期のヤマガラ (*Parus varius*) の行動圏推定、日本森林学会誌、査読有、92 巻、162-166

⑤ 松井哲哉, 倉本恵生, 並川寛司, 後藤亮太, 小林誠, 2011, 自然撓乱が北限のブナの分布を広げた、森林総合研究所平成 23 年版研究成果選集、査読無、68-69

⑥ Namikawa, K., Matsui, T., Kobayashi, M., Goto, R., Kuramoto, S., 2010, Initial establishment and regeneration processes of an outlying isolated *Fagus crenata* Blume forest stand in the northernmost boundary of its range in Hokkaido, northern Japan, Plant Ecology, 査読有、207 巻、161-174

⑦ 松井哲哉, 小林誠, 松本誠, 2009, 北限域における、寿都町小川の沢ブナ林合同調査会報告、北方林業、査読無、61 巻、249-150

[学会発表] (計 11 件)

① 松井哲哉, 北村系子, 小林誠, 並川寛司, 本間祐希, 三好祐司, 齊藤均, 板谷明美, 紀藤典夫, 2012. 03. 28, 分布北限域ブナ孤立林の樹齢構造、日本森林学会 123 回大会、宇都宮大学 (宇都宮市)

② 並川寛司, 安東まゆ美, 松井哲哉, 2012. 03. 19, 北海道黒松内低地帯とその周辺域に分布するブナ林の種組成と林分構造—ミズナラ林との比較—、日本生態学会第 59 回大会、龍谷大学瀬田キャンパス (大津市)

③ Kitamura K., Matsui T., Kobayashi M., Saito H., Namikawa K., Tsuda Y., 2012. 03. 18, Strong genetic drift and the diversity decline at the northward expanding marginal populations of *Fagus crenata*, 日本生態学会第 59 回大会、龍谷大学瀬田キャンパス (大津市)

④ 松井哲哉, 並川寛司, 齊藤均, 本間祐希, 板谷明美, 2011. 11. 15, ブナ北限域下チヨボシナイ川流域におけるブナの樹齢と成長、北

方森林学会第 60 回大会、札幌コンベンションセンター（札幌市）

⑤ Kitamura Keiko、Kobayashi Makoto、Takahashi Makoto、Suyama Yoshihisa、Matsui Tetsuya、Miyoshi Yuji、2011.09.12、Chloroplast DNA haplotype variations among Siebold's beech, *Fagus crenata*, observed at its northernmost island distribution、International Beech Symposium "Ecology and Silviculture of Beech", Hotel Pullman (Dresden, Germany)

⑥ Kitamura Keiko、Matsui Tetsuya、Kobayashi Makoto、Saito Hitoshi、Namikawa Kanji、and Tsuda Yoshiaki、2010.10.27、Genetic relationships among small populations of *Fagus crenata* scattered beyond the northernmost distributional front in Japan、FAGUS 2010 "Is there future for beech - Changes, Impacts and Answers", Hotel Turist (Varaždin, Croatia)

⑦ Matsui Tetsuya、Iida Shigeo、Kawahara Takayuki、Namikawa Kanji、Hirakawa Hirofumi、2010.10.27、Estimation of home range for varied tits in late autumn near the northern range boundary of Siebold's beech in the scope of estimating dispersal distance of beech seeds、FAGUS 2010 "Is there future for beech - Changes, Impacts and Answers", Hotel Turist (Varaždin, Croatia)

⑧ 松井哲哉、北村系子、斎藤均、並川寛司、寺澤和彦、本間祐希、三好祐司、内田健一、鈴木隆、春木雅寛、紀藤典夫、2010.09.12、北海道豊浦町礼文華峠におけるブナ個体群の立地と植生、植生学会大会、北海道立道民活動センター（札幌市）

⑨ 松井哲哉、飯田滋生、河原孝行、並川寛司、平川浩文、2010.04.04、ブナ (*Fagus crenata*) 自生北限域における晩秋期のヤマガラ (*Parus varius*) の行動圏推定、日本森林学会、筑波大学（つくば市）

⑩ 板谷明美、松井哲哉、2010.04.04、航空写真を利用した北限ブナ林の長期動態、日本森林学会、筑波大学（つくば市）

⑪ 北村系子、松井哲哉、並川寛司、斎藤均、小林誠、2010.04.04、ブナ最北限地域に点在する隔離小集団の遺伝的浮動、日本森林学会、筑波大学（つくば市）

〔その他〕

①森林総合研究所の研究紹介ホームページ“研究最前線”において本研究の一部が紹介された

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2012/20120528-04.html>

② 松井哲哉、2012.02.29、北限のブナの栄枯盛衰：どこから来てどこへ行くのか？—最近

の植生学や遺伝学の研究成果から—、森林総合研究所 北海道地域研究成果発表会、札幌

③NHK おはよう日本、2010.07.05、ブナ北限の研究活動について5分紹介

④NHK おはよう北海道、2010.06.12、ブナ北限の研究活動について10分紹介

⑤NHK ネットワークニュース北海道、2010.06.10、ブナ北限の研究活動について5分紹介

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松井 哲哉 (MATSUI TETSUYA)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・主任研究員

研究者番号：20414493

(2) 研究分担者

並川 寛司 (NAMIKAWA KANJI)

北海道教育大学・教育学部・教授

研究者番号：90192244

板谷 明美 (ITAYA AKEMI)

三重大学・大学院生物資源学研究所・准教授

研究者番号：70447861

北村 系子 (KITAMURA KEIKO)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・主任研究員

研究者番号：00343814

飯田 滋生 (IIDA SHIGEO)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・チーム長

研究者番号：10370272

平川 浩文 (HIRAKAWA HIROFUMI)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・主任研究員