

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07474

研究課題名(和文) 豪雪山間地域に分布する再生ブナ林の生態的構造と林業的利用の可能性

研究課題名(英文) Ecological structure of abandoned coppice beech stands and its potential for timber production, distributed in the mountainous heavy snowfall region.

研究代表者

紙谷 智彦 (Kamitani, Tomohiko)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：40152855

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)： 豪雪山間地域において、旧薪炭ブナ林の林業的利用の可能性を検討するために、ブナ資源分布の効果的な把握、ブナ材の利用可能量の評価、択伐による持続的な利用と間伐の基準、さらに、生態的な特性を明らかにした。

そのために、魚沼市において、700ヘクタールの調査地を50mメッシュで区切り、空中写真を使って、樹冠面積との相関関係により各メッシュの材積を求めた。その結果から原生林に類似の100年周期の群状択伐法を示した。伐採前に十分な密度の前生稚樹が良好に成長するためには、強度の間伐が効果的だった。ただし、ムササビの営巣場所として、樹洞は、可能な限り林分内に残すことが必要であることも示した。

研究成果の概要(英文)： In the mountainous heavy snowfall region, we examined the possibility of sustainable beech forestry, due to effective estimation of beech volume in stand scale, measurement of available beech round timber from stand volume, criteria for sustainable harvest of selective logging and thinning, furthermore, ecological character.

On GIS system, we cut the study area of 700 hectares into the mesh size of 50 meters and then estimated stand volume in each mesh from an equation with tree crown area measured on the aerial photos. Following the total stand volume, we proposed a group selection system in an analogous manner to primeval forests recurring in cycle of one hundred years. Intense thinning should be effective for growing sufficiently of the high dense seedlings regenerated in advance. We also showed that the trees with hollows should be left for nesting site as much as possible in a harvest stand for the biodiversity forest management.

研究分野：森林生態学

キーワード：旧薪炭林 ブナ林 資源評価 天然更新 木材利用

1. 研究開始当初の背景

豪雪中山間地域には、かつての薪炭林跡地や著しい雪害を受けた拡大造林地にブナ二次林が再生してきている。これらの林分では、密度効果により林冠ギャップが生じ、種子生産量の増加が予想されるなど、成熟段階に入りつつある林分が出現してきた。このような二次林は、化石燃料への移行にともなう薪炭林の管理放棄や豪雪による成林困難なスギ林に出現してきたものであり、日本では管理経験の乏しい新たなタイプのブナ林が出現してきたとも言える。

日本におけるブナ林に関するかつての研究は、ほとんどが原生林やそれに近い森林で行われ、国有林の原生林伐採跡地での天然更新の研究が盛んだった時代もあった。その頃からブナ林は、自然保護の象徴のような存在にもなった。そのために、かつて薪炭生産で生計を立てていた山間地集落が用材林への誘導のために、成長してきたブナを間伐することすら反対されることもあったという。

欧州各国では戦後早くから、旧薪炭ブナ林を用材林へと移行させる施策が進められ、すでにブナ林業が確立した地域が少なくない。欧州から日本には、ホワイトビーチの名称でブナの製材品が輸入されており、日本国内で製造されているブナ材を使った家具や住宅内装のほとんどに、この欧州産のブナが使用されている。

旧薪炭ブナ林の用材としての利用が進まない原因の一つに、標高の低いブナ林に多く見られるクワカミキリによる食害が挙げられる。さらに、穿孔部などから侵入した菌類によって、異常組織が形成される。偽心材と呼ばれるこの変色部は、材質的には健全材に比べて遜色は無いが、高い含水率と不規則に入る色味のために、用材としての活用が避けられてきた。

筆者の研究室では過去に薪炭林として利用されていた若いブナ林を対象に、生態学的な視点で更新に関する先駆的な研究を行ってきたが、ブナ林業まで視野に入れた課題は扱ってこなかった。豪雪に耐えて良好に成長するブナを活かすことで、人口流出が著しい豪雪地でブナ林業を確立することができれば、山間地集落の維持や経済活動に貢献できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究は豪雪の山間地域において、放棄後に成長してきた旧薪炭ブナ林の林業的利用の可能性を検討するために、ブナ資源分布の効果的な把握、ブナ材の利用可能量の評価、そして、択伐による持続的な利用と間伐の基準について検討した。一方、生態的な側面として、旧薪炭ブナ林の成長にともなって増加している種子生産量の広域的な評価方法、中山間地のブナ林に特徴的なクワカミキリによる穿孔が原因となる樹洞を利用する鳥獣類の分布特性を明らかにした。

そのため、本研究では以下の6点を具体的な研究課題として設定した。

(1) ブナ林の資源評価

人工衛星や航空機から撮影された画像と現地標本地点での実測調査により、ブナ資源量とその分布状況を明らかにし、「択伐による持続的な収穫が可能なエリア」と「基準を設定して成長を促す間伐が必要なエリア」を面的に示した。そのうえで、道路分布と地形条件から集材可能な範囲を示し、その資源量を抽出した。

(2) 用材としての利用可能性

穿孔材・偽心材を含むブナを用材として活用することを目的として、現地調査とクワカミキリによる穿孔材の地域的な出現の程度を予測するとともに、ブナを試験伐採し、用材としての利用の可能性を明らかにした。

(3) 前生稚樹による更新

ブナ二次林を用材林として持続的に活用していくために、前生稚樹の発生と成長に必要な林冠条件や低木層処理の必要性について検討した。

(4) 混芽によるブナ種子生産量推定

混芽の計数によるブナ林の種子生産量推定方法を開発するために、シードトラップで捕捉した充実種子の比率(充実率)と混芽の空間分布との関係についても検討した。

(5) 鳥類の群集構造と多様性

ブナ二次林の森林特性が鳥類の群集構造や多様性に及ぼす影響を調べ、生物多様性を保全しながらブナ林を活用するための管理の在り方について検討した。

(6) 鳥獣類による樹洞利用

比較的低標高のブナ林には、ブナの心材部で成長するカミキリ幼虫をキツツキ類が突き出し、その穿孔跡がさらに拡大した樹洞が比較的多く見られる。樹洞の内部構造と、鳥獣類による二次樹洞の利用状況を調べ、営巣場所としてふさわしい樹洞を有するブナの管理について検討した。

これらの検討結果をもとに、旧薪炭ブナ林を活用した林業のあり方について考察した。

3. 研究の方法

(1) ブナ林の資源評価

調査地は魚沼市大白川生産森林組合の旧薪炭ブナ林約600haである。航空機による空中写真の撮影は開葉期、着葉期、紅葉期の3時期に行った。材積推定式を作成するための現地調査は、密度の異なるブナ林に400m²の調査区を47個設置し、高木の樹高と胸高直径を記録した。実測材積と空中写真から得た平均樹冠面積から回帰式を作成し、単位メッシュの材積推定式とした。

GIS上で調査地全域を50mメッシュで区切り、空中写真から樹冠サイズが似通った広がり単位林分としてポリゴンで囲んだ。単位林分に含まれる平均的なサイズのブナ樹冠を10個選び、その単位林分の平均樹冠面積を算出した。各メッシュには、そのメッシ

ユと重なる単位林分の平均樹冠面積を与えた。立木本数は、そのメッシュのブナ面積を平均樹冠面積で除して算出し、メッシュの材積は材積推定式から算出した。

集材方法は無雪期の林道（道路）から片側 50m の機械集材と残雪期の斜面上方からのソリ集材を仮定した。道路は GPS を用いた現地調査と資料をもとに抽出し、地形条件は GIS で作成した単位斜面とし、道路からの距離を指定して資源量を抽出した。

択伐の基準を検討するために、守門岳山麓の原生林に 1,600 m² のモデル区を設け、毎木調査と樹冠投影図の作成を行った。

(2) 用材としての利用可能性

クワカミキリの食害調査は、十日町市松之山とその周辺で海拔高の異なる旧薪炭ブナ林 33 林分で行った。各林分から 20 本のブナを選び、幹の高さ 4m 以下の範囲でクワカミキリの加害状況を記録した。

ブナ材の活用を検討するための試験伐採は、魚沼市大白川山の神で行った。直径 38~68cm のブナ 15 本は歩留まりを考慮して毎木調査を工夫した。伐採後は 2.1m または 4.2m の丸太に造材し、木口直径を測定し、丸太番号を記入した。長岡市の志田材木店に運搬された丸太は、製材・人工乾燥を行い、挽板のサイズや偽心材の程度、穿孔の有無等を記録した。

(3) 前生稚樹による更新

調査は、魚沼市大白川の旧薪炭ブナ林で行った。約 3ha の林分に 5m×10m の調査区を 29 カ所設置し、林冠はギャップを含む林冠下（以下ギャップ下）と閉鎖林冠下（以下閉鎖下）林床型は落葉低木とユキツバキに、それぞれ分けて解析を行った。各調査区の中に設置した 1m×1m の調査枠 20 個で高さ 50cm 未満の実生・稚樹を、1m×5m の調査枠 10 個でそれ以上の稚樹と低木層に出現した樹種全ての樹高を測定した。7 カ所の調査区（以下、成長調査区）では、ブナ稚樹の成長解析を行った。ブナ稚樹の年平均伸長量は、主軸にある芽鱗痕間の長さを測定した。

各調査区のエッジ条件は、「ギャップを含む林冠（以下、ギャップ）」と「閉鎖した林冠（以下、閉鎖）」の 2 タイプに分けた。林冠下の光環境は、各調査区の中央で撮影した全天空写真で評価した。低木層下の光環境はロング光量子センサーで測定した。低木層の刈払い前後の光環境は、地上高 50cm と 100cm の位置で測定した。低木 7 種とササの樹冠内で刈払い前後の光環境も測定した。

(4) 混芽によるブナ種子生産量推定

調査は新潟県十日町市松之山のブナ二次林 7 林分で行った。写真画像からの混芽判別を容易にするために、混芽が開く直前または直後で、葉芽が開く前の 2015 年 4 月上旬～中旬に混芽の撮影を行った。

林冠部の撮影面積を一定にするために、林内に 7m 間隔で高さ 12m の測竿を順次立て、測竿を結んだ線に対角線とする正方形の

面積が 25m² となるようにした。この正方形の地上中心付近から垂直上方に向かってデジタルカメラで林冠を撮影した。写真画像はライン上で等間隔に連続して 7 枚、各林分でこれを平行に 3 ライン、計 21 枚を撮影した。枝や空と混芽の区別を容易にするために、写真画像は Photoshop (Adobe Inc.) で加工した。この画像から混芽を識別し、1 枚の画像上を 1m² の小区画に分けて計数した。

2015 年 3~4 月に、冠雪の影響で調査林分の林床に落下した枝から採取した混芽を分解して内部の雌花数を調べた。また、2015 年 6 月下旬に、1 林分から枝を採取し、殻斗の個数と葉腋部に残った雌花の落下痕を計数した。2015 年 9 月下旬から 11 月中旬までの期間に、混芽撮影を行った 7 林分のうちの 6 林分でシードトラップによる落下種子量を調査した。シードトラップは撮影画像の真下に設置した。

(5) 鳥類の群集構造と多様性

調査は新潟県十日町市と津南町に分布するブナ二次林、計 29 林分で行った。鳥類調査は、各調査林分内に林縁を含むような半径 50m の円形プロットでスポットセンサスを行った。解析では、営巣ギルド（樹洞、樹上、やぶ・地面、その他）と、採餌ギルド（樹冠、幹、低木・やぶ、地面、フライキャッチ、その他）に分類した。林分構造調査として、毎木調査と樹洞調査を行なった。また、ArcGIS を用いて、調査プロット周辺の景観構造を抽出・解析した。毎木調査結果の PCA 解析と景観構造の抽出によって得られたデータを、それぞれ説明変数として GLMM による解析を行なった。目的変数は、繁殖期の範囲内・外の多様性指数とした。

(6) 鳥獣類による樹洞利用

調査地は新潟県十日町市と津南町である。ブナ林における樹洞の分布を把握するため、26 林分で立木に関する項目と、樹洞に関する項目について毎木調査を行った。また、当該地域においてどのような林分で樹洞が豊富に存在するのかを明らかにするために、GLMM を用いてモデルを構築した。

樹洞の内部構造と、二次樹洞利用種の生息を確認するために、カメラ調査を行った。林分を 90 分踏査し、発見した樹洞の内部に樹洞カメラを挿入した。同時に樹洞に関する項目や立木に関する項目について記録した。

撮影した動画データを確認し、各樹洞の空間について利用可能な 1 形態と利用不可な 3 形態に区分した。また、二次樹洞利用種もしくはその利用痕跡がみられた場合、それを記録した。それをもとに林分スケール、景観スケールそれぞれについて GLMM を用いた解析を行った。景観スケールの解析では、説明変数にプロット周辺の景観構造を用いるため、ArcGIS を用いてバッファリングを行った。

4. 研究成果

(1) ブナ林の資源評価

実測材積と平均樹冠面積の関係から材積推定式を作成し、この式を適用して、メッシュ単位の材積分布と調査地全体の材積も推定できた。

集材条件別の材積が全材積に占める割合(利用率)は、最大でも35%にとどまった。利用率が低い原因は、路網密度が6.1m/haと低いためであった。資源の有効利用には効果的な林道配置が必要である。

立木密度が高いメッシュに対して30~70%の間伐をGIS上で検討した。さらに、択伐後のギャップ面積率が20%以下の100~400m²で群状択伐を行い、林冠の回転率を100年とした基準を作成した。

この基準に沿って択伐と間伐のメッシュを配置した。この基準に基づく施業を行うことで、持続的な木材生産の基盤とともに、天然林と類似の更新プロセスによる生物多様性の回復も期待できる。

(2) 用材としての利用可能性

クワカミキリの被害率と海拔高ならびに温量指数との間にはともに有意な相関があった。得られた回帰式を使って、十日町市と新潟県全域の両スケールでクワカミキリの被害分布予測図を作成した。試験伐採の測定結果からは、穿孔材や偽心材の樹幹内での分布には偏りが無かった。したがって、それらの材はブナ材を利用する際に、有効活用する工夫が必要である。

丸太材積と乾燥挽板材積の間には有意な相関があり、得られた回帰式から求めた材積歩留りは49%であった。針葉樹よりも通直性が劣る広葉樹としては十分な値であり、歩留りを考慮した選木と造材は有効であった。

丸太材積と厚さを1mmに仮定した挽板面積の間には有意な相関があり、得られた回帰式を用いて、丸太材積から切り出せる挽板の総数や材質別の枚数を予測する式を導いた。予測式は、原木から製材品を生産するための指標として活用できる。

(3) 前生稚樹による更新

全調査区に出現した稚樹の樹高頻度分布から、ギャップ調査区では、最大270cmの幼樹まで裾が長いL字分布を示したのに対して、閉鎖調査区では最大80cmで、10~19cmにピークがあった。どちらも稚樹バンクの形成がみられ、10万本/ha以上の稚樹が存在していた。

ギャップ調査区に出現した稚樹の樹高を3階級に分けたところ、それぞれの年平均伸長量は、樹高が100cm以上のクラスでは10~15cm/年の成長を示したのに対し、50cm未満の稚樹では1~2cmに留まっており、樹高の階級間で明瞭な差があった。

ギャップ成長調査区の樹高成長曲線を作成した。100cm以上の稚樹は、調査林分が間伐(本数調整)された約10年前から現在まで急速に成長を続けていた。一方、10年前当時は芽生えて数年目だった50cm未満のブナ

稚樹は、現在も50cm未満の高さに留まっていた。

樹高100cm以上の稚樹の当年伸長量は、林冠下の光環境との間に正の相関が、樹高100cm未満の稚樹は低木層樹種の積算樹高との間に負の相関があった。

低木層に出現した植物の積算樹高と刈払い前後の比率で示した光透過率との関係を地上50cmと100cmの高さで検討した。いずれの高さでも低木層植物種の積算樹高が高いほど、光透過率は直線的に低下したが、地上高50cmでの低下率の方が大きかった。林冠条件の違いが刈払い前後の光環境改善効果に及ぼす影響を地上50cmと100cmの高さで検討した。閉鎖下では刈払いの効果は無かったが、ギャップ下では、有意な相関があり、地上50cmでの効果がより高かった。

以上の結果から、択伐や間伐によるギャップ形成で、ブナ稚樹の成長は良好になるが、低木層植物も同等以上に成長し、小さなブナ稚樹ほど強い被陰を受けていた。ギャップ下での刈払いは、低い位置での光改善効果が高かった。閉鎖下に豊富なブナ前生稚樹がある場合には、択伐や間伐と同時に低木の刈払いを行うことでブナ前生稚樹の成長を促すことができる。この施業により、樹高の高い稚樹が増加し、択伐天然更新が成功する可能性が高い。

(4) 混芽によるブナ種子生産量推定

林分の平混芽数と平均落下種子数との間には、正の相関があり、推定式 $y = 1.139x$ (y : 平均落下種子数 x : 平均混芽数) が得られた。落枝から採取した混芽の66%に雌花が含まれていた(雌花率)。また、開花した雌花のうち5%は開花直後に落下し、残りの95%は殻斗を形成(結実率)していた。雌花率と結実率で補正した推定種子数と、種子トラップで捕捉した落下種子数を比較したところ、混芽数の少ない林分では、過少評価の可能性があった。

画像ごとに平均混芽数を計算し、林分内の21個の値から1個、2個、...、20個取り出す作業を各10,000回繰り返し、林分別に最低必要な画像数を調べた(ブートストラップ法)。その結果、混芽の必要撮影枚数は3~19枚(75~475m²) / 林分となった。平均混芽数100個/m²以上だった6林分のうち5林分では、撮影枚数5枚程度でも十分な精度となった。

混芽数から推定した落下種子数と衛星画像から抽出したブナ分布面積をかけ合わせることで、ブナ種子のカロリー分布推定図を作成した。また、冬眠前のクマが必要とするカロリー量から、クマの最大収容頭数を算出した。さらに、樹冠分布が判別可能な空中写真を用いることで、林分スケールでのブナの種子分布推定図が得られた。

早春にブナ林冠を撮影した画像から計数した混芽数による種子生産量推定(=混芽法)は、従来の種子トラップ調査よりも短時間で、

広範囲の調査が可能である。混芽法のデータを衛星画像から得られるブナ林分布と組み合わせることで、地域全体のブナ種子のカロリー分布推定図が作成できる。また、個別樹冠の判別が可能な空中写真と組み合わせることで、旧薪炭ブナ林の成長に伴い新たにブナ種子が大量生産される地域も林分スケールで推定できる。今後、撮影方法の改良、地域での撮影体制の整備、内業の効率化を行うことで、広範囲で効率の良い混芽法による種子生産量の推定が可能になるだろう。

(5) 鳥類の群集構造と多様性

鳥類調査の結果、全 38 種、554 羽の鳥類を記録した。繁殖期の営巣ギルドでは、樹洞営巣種が他の営巣種に比べ、優占していた。優占度が高かった種は、樹洞営巣種のシジュウカラ 68 羽、やぶ・地面営巣種のウグイス 56 羽、そして樹洞営巣種のキツツキ類 52 羽であった。新潟県六日町市蟻子山のブナ林の調査と比較したところ、蟻子山ブナ林では樹上営巣種が優占しており、本研究での鳥類群集構造と大きく異なっていた。これは、当該地域では樹洞営巣性鳥類が優占しており、特有の鳥類群集構造を有すると考えられた。

(6) 鳥獣類による樹洞利用

自然樹洞数とキツツキ樹洞数には大きな差がみられないのに対して、自然樹洞木数とキツツキ樹洞木数には大きな差がみられた。これは、枯死木が非常に少なく、その少ない枯死木をキツツキが選好し、集中的に樹洞を形成していることが原因であると考えられる。

統計解析の結果から、自然樹洞数に対して林分の平均 DBH が負に効いていることが明らかになった。また、自然樹洞木数と林分の標高には有意な負の相関がみられた。同様に、キツツキ樹洞数に関する解析においても、標高が負の相関を示した。

低標高林分で樹洞数が多くなる要因としてクワカミキリと腐朽菌の双方が考えられる。そのため、ブナ林における樹洞の分布をより詳しく把握するためには、ブナにおける腐朽菌の働きや、それが樹洞形成に与える影響を含めた研究を行うことが必要である。

樹洞カメラ調査の結果、当該地域のブナ林で確認できた二次樹洞利用種はムササビのみであった。ムササビが営巣するためには樹洞が必須であるため、営巣場所としてふさわしい樹洞は、可能な限り林分内に残していく管理が必要である。

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 2 件)

紙谷智彦、雪国の旧薪炭ブナ林を用材生産で再生する「スノービーチ」の取り組み、木材情報、査読無、317 巻、2017、5 - 9

紙谷智彦、ブナ林の活用と再生、にいがた緑百年物語、査読無、34 巻、2017、12 - 14

〔学会発表〕(計 13 件)

成澤慎太郎・二宮浩介・村上拓彦・塚原雅美・伊藤幸介・箕口秀夫・紙谷智彦、広域の旧薪炭ブナ林における異なるスケールでのブナ資源量推定の方法、第 129 回日本森林学会大会、2018

生亀史恵・北上夏陽子・塚原雅美・伊藤幸介・箕口秀夫・紙谷智彦、旧薪炭ブナ林のブナ前生稚樹を被陰する低木 7 種の下刈りによる光環境改善、第 129 回日本森林学会大会、2018

紙谷智彦、用材林に誘導された旧薪炭ブナ林の択伐的利用と天然更新、第 128 回日本森林学会大会、2017

二宮浩介、村上拓彦、箕口秀夫、塚原雅美、紙谷智彦、相対成長関係と UAV による空中写真を用いた旧薪炭ブナ林の資源量推定、第 128 回日本森林学会大会、2017

北上夏陽子、箕口秀夫、塚原雅美、紙谷智彦、薪炭ブナ林におけるブナ稚樹の天然更新、第 128 回日本森林学会大会、2017

丸山諒子、紙谷智彦、景観スケールでのブナ林の種子生産量を混芽数から推定する試み、第 128 回日本森林学会大会、2017

井嶋 陸、小林明日美、出口翔大、紙谷智彦、箕口秀夫、多雪地ブナ二次林における二次樹洞利用動物の樹洞選択、第 128 回日本森林学会大会、2017

村上拓彦、二宮浩介、紙谷智彦、複数時期の UAV 空撮画像でみるブナ林、第 128 回日本森林学会大会、2017

紙谷智彦・青木美和子、旧薪炭ブナ林を用材として活用するための試験伐採とネットワーク構築、第 127 回日本森林学会大会、2016

青木美和子・紙谷智彦、成熟した旧薪炭林におけるブナ樹幹へのクワカミキリの食害率と被害材の木工品としての有効、第 127 回日本森林学会大会、2016

丸山諒子・小林 誠・紙谷智彦、垂直写真で計数した混芽数によるブナ二次林の種子生産量推定、第 127 回日本森林学会大会、2016

村上拓彦・武藤幹秀・望月翔太・紙谷智彦、衛星リモートセンシングデータを用いたブナ林のマッピング、第 127 回日本森林学会大会、2016

井嶋 陸・箕口秀夫・紙谷智彦、多雪地ブナ林における樹洞の分布、形質の地域差について、第 127 回日本森林学会大会、2016

〔その他〕

ホームページ等

<https://www.facebook.com/snowbeech.niigata/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

紙谷 智彦 (KAMITANI Tomohiko)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：40152855

(2)研究分担者

箕口 秀夫 (MIGUCHI Hideo)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号：30291355

村上 拓彦 (MURAKAMI Takuhiko)
新潟大学・自然科学系・准教授
研究者番号：20332843