

原 著

森林衰退の背景についての一考察 —ブナ林の樹齢構成をもとにして—

岡山県自然保護センター 西本 孝

Examination of tree age to assess the health of beech forests in Okayama Prefecture

Takashi NISHIMOTO, *Okayama Prefectural Nature Conservation Center*

岡山県自然保護センター研究報告
第22号 別刷

原 著

森林衰退の背景についての一考察 —ブナ林の樹齢構成をもとにして—

岡山県自然保護センター 西本 孝

Examination of tree age to assess the health of beech forests in Okayama Prefecture

Takashi NISHIMOTO, Okayama Prefectural Nature Conservation Center

Abstract

To evaluate the possibility of sustaining natural beech forests, the age of individual beech trees (*Fagus crenata* Blume) in the Mt. Hanamiyama, Mt. Kenashiyama and Wakasugi-pass quadrats of Okayama Prefecture was estimated using basal area. Comparison of these quadrats showed that there was no possibility of sustaining the forest in the Mt. Kenashiyama quadrat, where no shrubs, saplings or seedlings of beech trees were found due to the consistently high culm density of dwarf bamboo. In order to maintain a sustained beech forest, I hypothesize that beech trees of different ages are needed within a given quadrat. Forests with a complex age structure of the dominant species would be more resistant to the adverse effects of air pollution and infestation. I propose that rapidly regenerating beech forests in areas that lack young-growth individuals will slow the decline of beech forests in Japan and improve the resistance of these forests to the impacts of global warming.

キーワード：稈密度，基底面積，地球温暖化，稚樹，ブナ，実生。

Key words: basal area, culm density, *Fagus crenata*, global warming, sapling, seedling.

はじめに

ブナ林は沖縄県と千葉県を除く全国に分布する冷温帯を代表する森林である。近年、各地でブナの集団枯死が観察されたことから、ブナ林が衰退している原因についての調査が進められ、様々な角度から解析が行われた結果、これまでに大気汚染、気候変動などの環境要因との関係、シカや昆虫などとの生物相互間の関係が複合的にブナの枯死に関与していることが明らかにされている（丹沢大山総合調査実行委員会，2006）。

ブナは、5～7年周期で一斉に開花して豊作となることが明らかにされている（前田，1988）。

周期的に多量の種子をつけることによって、昆虫や動物に食害を受けても、クマなどの動物に食べられても、発芽した種子の多くが食害や菌害をうけてもなお、多くの実生が生き残るようになっているという捕食者飽食仮説が提案されている（Janzen, 1971）。結実する周期についてもブナの生理的な問題として、体内に蓄積された資源量によって種子生産を行うために周期的になるという資源収支モデルが考え出されている（Isagi *et al.*, 1997）、一斉に開花するタイミングについても気候要因との関係からの考察が進められており、北海道渡島半島のブナ林の研究からは、4月下旬～5月中旬の最低気温が関係していることが指摘されている（今・野田，2008）。さらに、芽生えた多くの実生は林床のわずかな光環

連絡先：fvbs5491@mb.infoweb.ne.jp

境で、光合成による稼ぎと呼吸などの生命活動による消費量とのバランスを保つことのできた個体が生き残っていくといわれている。実生が発生し、生長して低木になり、さらに高木に達する過程では様々な環境からの影響を受けていると考えられており、小さな実生は高い稈密度で生育しているササ層をいかに乗り越えていくかが大きな問題であり、ササの一斉枯死と関係していることやうまくササ層の上に出たときには高木の枯死によるギャップ形成との関係が指摘されている (Nakashizuka & Numata, 1982; Yamamoto, 1989)。一方、ブナの実生は母樹の樹冠下では多数が発生するものの、長期間生き残る個体は少なく、ホオノキやミズナラなどの他の樹種の下で生き残るものが多い (小山ほか, 2007)。

このようなブナ林の再生過程に関する研究がなされる一方で、ブナ林が今後とも長期間にわたって現在の分布を維持できるのか疑問が提出されるようになった。地球温暖化による気候変動により、冷温帯に成立しているブナ林は、温暖な地域が拡大すれば、維持することが困難になると考えられており、今世紀末には中国山地の全域では、ブナが生存している可能性はごく低いことが明らかにされている (田中ほか, 2006)。ブナ林の衰退が報告された丹沢山地では、ブナの高木が枯死した後はササ原に移行する例が見られており、次世代が育っていないブナ林では今後各地で同じ現象が見られると予想される。そこで、現在のブナ林が将来とも継続できるのかを知るために、林内に生育しているすべてのブナのサイズ (樹高や直径) を計測することから、ブナ林の樹齢構成を調べることにより、全国のブナ林についての健全度を明らかにする目的で、どのような構造を持ったブナ林が衰退する可能性が高いのかについて予測する試みを行った。

方 法

1. 調査地域と調査時期

調査対象地域は、花見山、毛無山、若杉峠である (図1)。いずれの地域もブナの自然林が残されている。調査区は花見山では国有林内に、毛無山では県有地で大山隠岐国立公園の特別保護地区内に、若杉峠では村有地で水ノ山那岐山後山国定

公園の特別保護地区内にそれぞれ設置した。いずれの調査区とも許可を得て調査を実施した。調査は毛無山では2006~07年、若杉峠では2007~08年、花見山では2013~14年に実施した。

2. 調査方法

調査区はブナが優占する林分に設置して、花見山では10m×10mを1か所、毛無山では10m×10mを2か所、若杉峠では30m×30mの調査区を1か所それぞれ設けた。毛無山では、一方の調査区はササを全面的に刈り取り、その後も刈り取りを続け、もう一方は刈り取らずに対照区とした。

いずれの調査区とも毎木調査を実施した。胸高直径 (DBH) 4 cm以上のすべての樹木について位置座標と樹高、DBHを測定し、それ以外のブナについても位置座標と樹高、DBHも計測した。樹高は測竿を用いて、測竿で測定できない樹高のものは目視で計測した。DBHは直径メジャーを用いて測定した。樹高が1.7m以下のブナ稚樹や実生は、位置座標、地際から枝先までの長さ、地際から長さの1割のところで直径 ($D_{0.1}$) を測定した。実生は毛無山では2006年に発生した実生について、春と秋の調査で個体数を計測した。若杉峠では同じく2006年に発生した実生につ

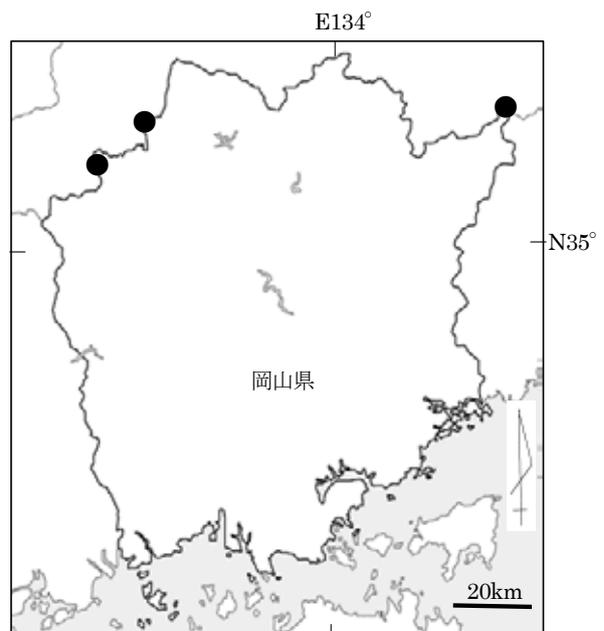


図1. 調査地点図. 左から、花見山、毛無山、若杉峠。

いて、すべての個体数を一度に計測できなかったため、2007年6月～2008年10月に順次計測した。

ササの稈密度については、花見山と若杉峠では5m四方の小方形区ごとに稈数を数えることにより測定し、平均して単位面積あたりの本数に換算した。毛無山についてはササが高密度で均一に生育していたため、調査区内の代表的な場所に0.5m×0.5mの調査区を設けて稈数を数えて、単位面積あたりの本数に換算した。

また、すべての地域で実生は芽鱗痕の数を読み取って樹齢を測定した。なお、芽鱗痕は最大で20年程度までしか読み取ることができないため、読み取れなかったものについては推定樹齢とした。花見山では許可を得て、生長錐によるコア採取をするとともに、生長錐が入らない小さな個体については地際で切り取って年輪を読み取った。花見山で測定したブナの直径から計算した基底面積(BA)と樹齢の関係式を求め、他の地域の樹齢を推定した。

結 果

1. 花見山のブナ林

花見山の調査区での構成種とその生育位置を示した(図2;写真1と2)。調査区内にはブナの高木は1本あり、樹高21m、胸高直径52cmであった。亜高木層には、カラマツは14~15m程度のものが4本、クリは15mのものが1本あり、低木層には、ブナは5~8m程度の樹高のものが6本

で、このうちの3本が地際で株立ちしていた。これ以外の低木はコシアブラは5~10m程度のものが5本、それ以外にはウリハダカエデとナナカマドは2本ずつ、オオイタヤメイゲツとホオノキは1本ずつ生育していた。

次に、調査区内に生育するすべてのブナについて、位置を示すと共に、年輪解析によって実測された樹齢と数が少なくて伐採できなかった個体については推定樹齢を示した(図3)。樹齢解析の結果、コアが採取できた高木のブナは樹齢が150歳、低木は80歳と63歳であった。また、稚樹では年輪が判明した5つの個体はすべて56歳であった(写真3と4)。このことから、同程度のサイズの23本の個体はすべて56歳であると考えた。これよりも小さく、サイズの異なる稚樹は2個体あり、それぞれ40歳、30歳と推定した。実生は2個体あり、芽鱗痕を読み取って樹齢を調べた結果、それぞれ17歳、7歳であった。以上の結果から、稚樹は56歳の個体をもっとも多く、同じ樹齢に集中していたのに対して、それよりも若い個体はほぼ10年間隔で1個体ずつしか生育していなかった。なお、林床に生育するチマキザサは、ササの稈密度が3.6本/m²であった。

胸高直径をもとにして算出した基底面積と樹齢との関係を示した(図4)。この結果、基底面積と樹齢の間には有意な相関関係が見られた。得られた推定式をもとにして、基底面積から樹齢を推定できることが明らかになった。

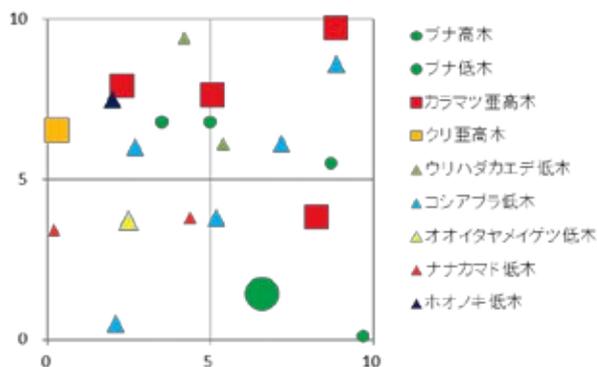


図2. 花見山の調査区での構成樹種と生育位置(DBH 4 cm以上の個体)。

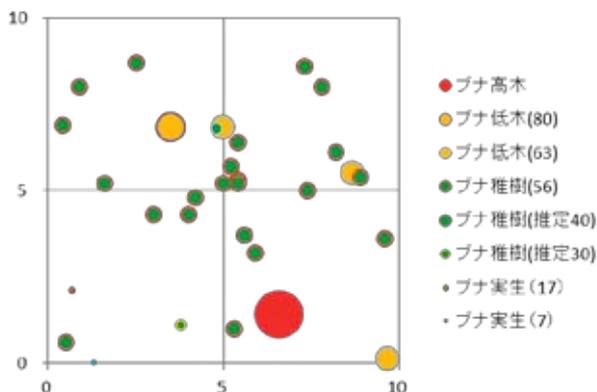


図3. 花見山の調査区でのすべてのブナの生育位置. 括弧内の数字は樹齢を示しており、推定値以外は実測された値。

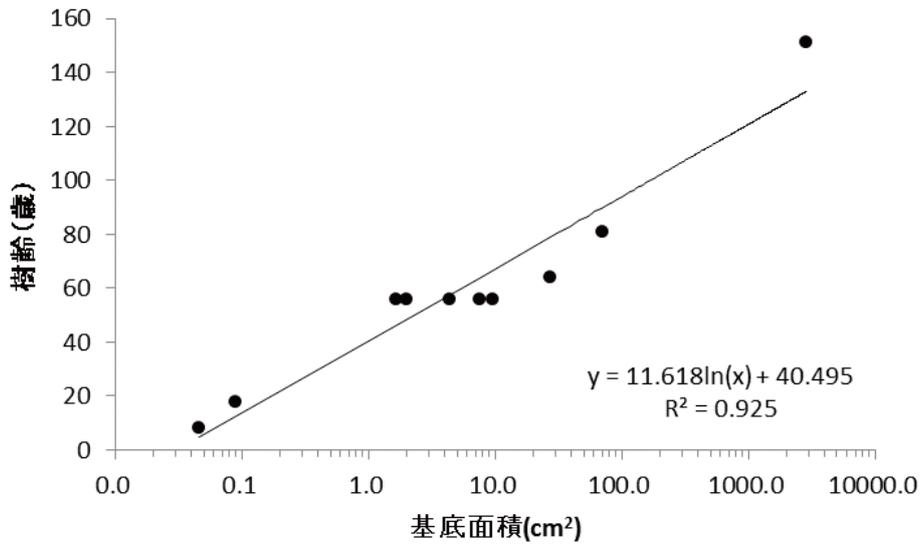


図4. 基底面積 (BA) と樹齢との関係. 両者には有意な相関関係が見られた (r=0.962, p<0.01, n=10).

2. 毛無山のブナ林

毛無山のブナ林では、ほとんどの林分が高い程密度のイブキザサで覆われており (写真5)、高木層にはブナが優占して、林冠が閉鎖していた (写真6)。ササを刈り取らない対照区と (写真7と8) 全面にササを刈り取る調査区 (刈取区) を設置し (写真9と10)、刈取区では継続してササを刈り取った (写真9)。刈取区ではブナの高木は3本 (図5)、対照区では2本それぞれ生育していた (図6)。刈取区ではブナは胸高直径がそれぞれ70cm, 61cm, 53cmで、いずれも樹高が25mを超えていた。亜高木層には生育する樹木はな

く、低木層にはコハウチワカエデが2本とクマシデが1本あるだけであった。ブナは低木も稚樹もなかった。5月下旬にササを刈り取ったときには当年生の実生は385個体生育していたが、その後も伸びてきたササの刈り取りを続けると、元気に生長するものがあり (写真11と12)、ササを刈り取った後の10月下旬までに生き延びた個体は32個体であった。これに対して、対照区ではブナの高木は2本生育しており、それぞれの胸高直径が84cmと78cmで、いずれも樹高が25mを超えていた。これ以外の樹木は生育しておらず、ブナも低木や稚樹はまったく見られなかった (写真13)。

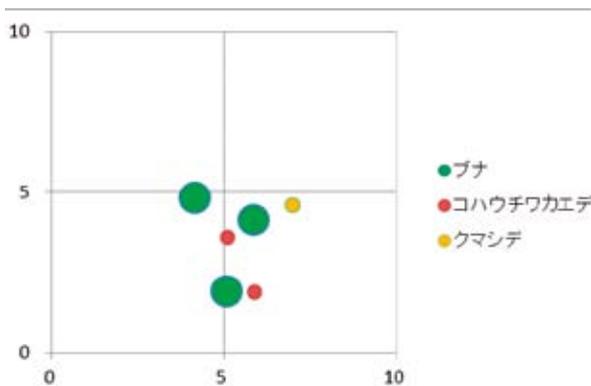


図5. 毛無山の刈取区での樹木と生育する位置.

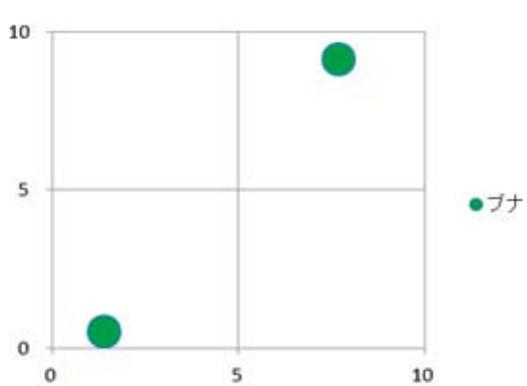


図6. 毛無山の対照区での樹木と生育する位置. 生育する樹木はブナの大木のみであった.

当年生実生は5月下旬にはササの密生する中でも695個体生育していたが、10月下旬まで生き延びたのはわずか3個体のみで、翌年春にはなくなっていた。なお、イブキザサの稈密度は刈取区では刈り取る前に100本/m²、対照区では44本/m²であった。

花見山のブナから解析した基底面積と樹齢との関係式から、毛無山のブナは、高木の樹齢が刈取区では133, 136, 139歳、対照区では142, 144歳となり、2006年の調査時点で毛無山のブナの高木は多くが140年前後であると推定された。

3. 若杉峠のブナ林

若杉峠のブナ林では、2007年春に調査区を設定して毎木調査を実施した(写真14)。林床には1年生の実生と、11年生の稚樹と40年生と推定された稚樹が生育していた(写真15~17)。これに対して、ササ層の上に出ている樹高1.7mを超える

ブナは38本生育していた。高木層ではブナ以外にはミズメが4本、ホオノキが8本、ミズナラが1本であった。調査区ではブナがいち早く4月下旬に展葉を開始したが、この時には明るい林床では常緑のチシマザサが光を受けて光合成をしていた(写真18)。その後、5月上旬にはブナは展葉を続けたが、ミズメやホオノキはまだ展葉を開始しておらず(写真19, 20)、林床はササの下でも比較的明るくなっていた(写真21)。その後、5月中旬から展葉を開始したミズメやホオノキは6月の初めには展葉を完了して、林内はそれまでと比べて暗くなった。梅雨が明けた8月には林内には木漏れ日が差し込んで、日光が差し込む場所が刻々と移り変わっていた(写真22)。10月下旬になるとブナは紅葉を開始し(写真23)、11月中旬にはブナだけでなく、ミズメやホオノキも葉を落として、林内は明るくなった(写真24)。

図7には調査区に生育していたブナ以外の樹種

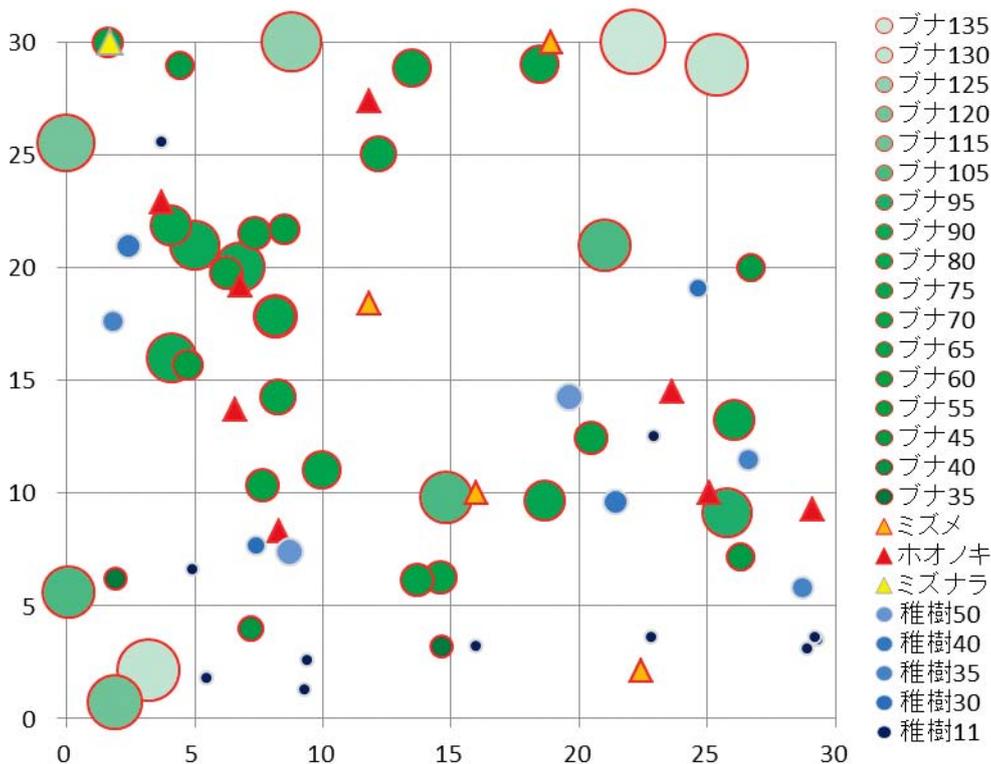


図7. 若杉峠のブナ林の調査区で生育する樹木の位置. ブナは推定式から樹齢を推定して5歳ごとに区分した階級値により○の大きさと色を変えて示した. ○が大きくなり、緑色が薄くなるにつれて樹齢が大きくなることを示す. 稚樹も青色の丸の大きさが大きくなれば樹齢が大きいことを示す. △はブナ以外の樹種で、色の違いでミズメ、ホオノキ、ミズナラを示す.

の生育する位置を示すと共に、ブナについてはササ層を超えるブナとササの下にあった稚樹を対象にして、基底面積をもとにした推定式から樹齢を推定し、樹齢ごとに5歳ごとに階級を区分して生育する位置を示した。樹齢が130歳を超え、樹高も20mを超える大きなサイズのブナは、ほとんどが調査区の縁に生育していたのに対して、調査区の中央部にはミズメやホオノキが生育していた。ミズメやホオノキは胸高直径40cmを超えるものがほとんどで、樹高も20mを超えて、多くが林冠まで達していた。亜高木層にはスギとオオイタヤメイゲツが生育し、低木層にはアズキナシ、アオダモ、ウリハダカエデ、オオカメノキ、クロモジ、コハウチワカエデ、コミネカエデ、タンナサワフタギ、リョウブなどが生育していた。ササ層はチシマザサが占めており、稈密度は3.9本/m²であった。

ブナの稚樹は2つのタイプがあった。一つは長さが12~36cm、D_{0.1}が0.1~0.5cmの範囲にあったが、芽鱗痕の数から1996年に芽生えたものであることが判明した。推定式からの推定樹齢は平均値が9歳で、実際の年齢に近い値となった。同じ年に誕生した稚樹が11本生育していた。もう一つは、長さが53~167cm、D_{0.1}が0.6~1.5cmの範囲にあったが、幹の基部では芽鱗痕が読み取れなくなっており、20年を超えるものであると考えられた。全部で9本あったが、推定式からの推定値では50歳、40歳、30歳がそれぞれ2本、35歳が3本であった。同じ年に誕生した可能性が高く、推定値をもとにして樹齢を平均すると37歳となったことから、調査時点の2007年から37年前となる1970年頃に芽生えたと考えられた。

若杉峠で2006年に発生した実生は、毛無山と同じように非常に多くの個体数があったと推定できる。実生は2007年6月~2008年10月までに数回調査区内で個体数を調べたが、2008年10月の段階で生存していたのは174個体であった。2007年6月の時点での個体数が調査できなかったのも、その後の生残率は把握できなかった。2007年の10月の段階では少なくとも226個体が生存していたが、実際にはもっと多くの実生が生き残っていたと推定された。

考 察

調査を行った3つの地域ごとに、ブナの樹齢を推定して、現在のブナ林の樹齢構成を明らかにし、過去を推測し、将来を予測することを通じて、ブナ林の更新の可能性についての評価を行った。

1. 花見山のブナ林

花見山の調査区ではササの稈密度が3.6本/m²と、毛無山や若杉峠の調査区と比較しても低かった。実生はほとんど見られず、1996年と2006年に発生した実生が1個体ずつ生き残っているに過ぎなかった。両年は毛無山と若杉峠とともに県内各地のブナ林で実生が大量に発生した年で、前年の秋に大豊作となっていたのを受けてのことであり、この年に発生した実生が多数生き残っている(西本, 2005)。花見山でも多数の実生が発生したと考えられるが、ごくわずかし生き残っていない原因は、ササの稈密度の影響ではなく、どちらかと言えばササの稈密度が高くないほど林床の光環境を悪くしている亜高木のカラマツによる影響が大きいと考えられる。また、林内に落ちている多数のカラマツの小枝によって、実生が折れたり、覆い被されたりしたことも関係していると類推できる。

56歳のブナの稚樹よりも樹齢の大きなブナをもとにして、樹齢解析の結果46歳と判明したカラマツが定着する以前の、今から50年前の状況について推測した(図8)。その結果、調査区には母樹であったブナと低木のクリがあり、ブナはこれ以外に30歳と13歳の稚樹、6歳の実生があったと考

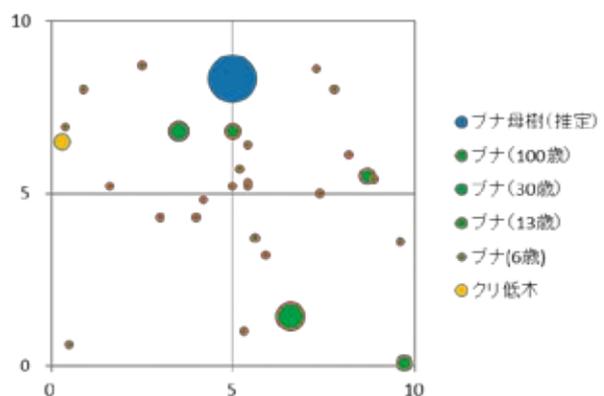


図8. 花見山のブナ林の50年前の状況(推測)。

えられる。このうちブナの母樹は今から50年前よりも少し前に伐採されたか、枯死したことにより、大きなギャップができたと推測できる。この母樹がなくなる前に、この母樹の種子から芽生えたと考えられる現在56歳の稚樹が多量に発生する機会があり、多くの個体が生き残ることができたと考えられる。その当時には林床は比較的明るくて、ササの影響も少なかったと推測できる。母樹がなくなった後、現在46歳のカラマツが種子から侵入したか、あるいは植栽されたかのどちらかにより、カラマツが定着する機会があった。同時にギャップでは現在低木となっているコシアブラ、ナナカマド、オオイタヤメイゲツ、ウリハダカエデなどが鳥や風で運ばれた種子から芽生えて定着したものと推測される。カラマツやコシアブラなどの樹木は生長が早い種類であることから、ギャップという明るい林内でいち早く大きくなり、若いブナはその被圧下におかれて、ゆっくりとしか成長できなかったと考えられる。実際に現地で生育しているブナの樹形は上部にまっすぐに伸び上がる形ではなく、四方八方に枝を出して曲がりくねった形をしていたことから、暗い環境下で伸ばした多数の枝が、落下したカラマツの小枝によって折れるなどした結果であると推測される。

次に100年後について予測した(図9)。前提条件として、現在高木のブナやカラマツ及び他の低木は寿命によって枯死しているとした。その場合、現在150歳のブナは250歳の老木になっており、80歳のブナの低木は株立ちした幹のいずれか

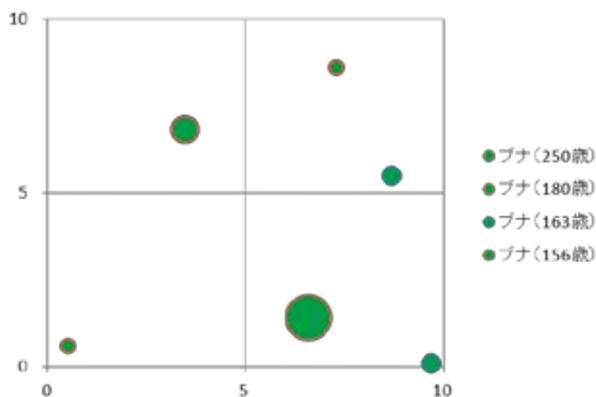


図9. 花見山のブナ林の100年後の状況(予測)。高木として生き残ると考えられるブナの位置。

が生き残って180歳となると考えた。3本ある63歳のブナは2本あるいは1本が生き残っており、250歳のブナが枯死している場合には2本残っている可能性が高くなると考えた。また56歳の稚樹は多くが枯死してしまい、このうちの1本程度が生き残ると予測した。多くのブナが枯死するものの、10m四方の調査区内には樹齢の異なるブナが5本程度生き残ることになると考えられることから、花見山ではブナが優占する林分として健全な状態で維持されると予測される。

2. 毛無山のブナ林

毛無山の調査区では、刈取区ではササの稈密度が100本/m²、対照区では44本/m²であった。刈取区では秋までに実生の生残率が8%となったものの、生き残った個体があったのに対して、対照区では生残率が0.4%となり、翌年の春にはすべてなくなっていた。このことから、高い稈密度でササが生育している場合には実生はほとんど生き残らないと考えられる。毛無山で1996年から実施している調査からも、実生が長期間にわたって生き残っているのは、ササの密生する林床ではなく、登山道を管理するためにササが刈り取られた登山道脇で芽生えたものであることが明らかになっている(西本, 2005)。

毛無山ではブナの樹齢が140年程度であると推定されたが、亜高木や低木はほとんどなく、ササの下では生き残る稚樹や実生は全くないことが明らかになったが、その原因は過去の利用履歴が影響していると考えられる。かつてこの周辺では江戸時代末期頃までたたら製鉄が行われたことが知られており、谷筋には炭焼きをした窯の跡がいくつも残されていることから、ブナなどの樹木がたたら製鉄に使う炭にするために多量に伐られたと考えられる。現在のブナは母樹を残して皆伐後に一斉に再生してきたもので、林床のササはブナが再生した後に高い密度となったと推測できる。このことは、ブナは繰り返し結実して実生が発生する機会は何度も訪れたが、その中から生き残って大きくなった個体がないことから裏付けられる。したがって、毛無山のブナ林は、ブナの新しい個体が密生するササによって阻止されて、異年齢のブナは育たず、同齢のブナの一斉林となった

構造を持つブナ林であるといえる。次世代を担うブナが育っていない状況下にある毛無山では、現在優占しているブナが何らかの原因で一斉に枯死する事態に直面すれば、ブナ林が維持できなくなることになる。そうならないためにも、ブナの次世代を育成する目的で、ササを刈り取るなどの対策を広範囲で実施しなければならない状況となっている。

3. 若杉峠のブナ林

図7に示したように、若杉峠のブナは最も古い個体が135歳で、それ以降の若い個体が連続していた。ササの上に出ているブナの低木では35歳程度のものが最も若い個体であった。ササの下で生育する稚樹では50歳から30歳くらいの年齢の幅が見られたが、同じ年に発生したと考えれば平均すると37歳程度となることから、調査時点の2007年からさかのぼって1970年頃に芽生えたと推定した。1967年頃はこの地域一帯でササの一斉枯死が発生した時期と重なっており、一斉枯死後の明るい林床で芽生えて生き残った可能性が高い。

また、1995年は県下でもブナが大豊作となっており、その翌年に芽生えて生き残っている稚樹が見られた。芽鱗痕の数から判明した樹齢と一致していたことから、この稚樹は1996年に芽生えたものであった。11歳の稚樹は生長の違いによると思われる直径にばらつきが見られ、直径にもとづく推定式からは推定樹齢に一定の幅が見られたが、推定した樹齢の値を平均すると9歳であったことから、実際の樹齢とはわずかであるが誤差が生じていた。推定式では生長の違いによる影響を受けて同じ年に誕生した個体でも樹齢が異なることになるが、実際の樹齢は大量発生時に生き残る可能性が高いことを考慮に入れて、推定値をもとにして補正する必要があるだろう。したがって、ブナの基底面積を利用した樹齢の推定には、大豊作時に発生して生き残った個体が多数あるとして、生育する位置の違いによって生じたサイズの違いを考慮することが重要である。

次にブナとミズメやホオノキが生育している位置との関係をもとにして、これまでの調査区を構成する樹木の変遷について推測した。図10には現在の高木とその樹冠投影図を示した。樹木の生育

する位置に樹冠投影図を重ね合わせた結果、ブナの樹冠が調査区の周辺部分を、ミズメやホオノキが中心部分を占めており、ミズメやホオノキの樹冠下には、ブナの低木や稚樹が多く生育していた。ミズメやホオノキは明るい場所で芽生えて、早く生長する樹種として知られている。これらがいずれも5本程度まとまって生えていることからすれば、過去には芽生えることのできるような林床の明るくなった時期があったと考えられる。それはブナの大木が枯死して生じたギャップであるとして、現在の高木の生育する位置から過去の森林の樹木の配列を推定した。

図11には異なる樹齢のブナおよびミズメとホオノキの位置を示した図7に、現在は枯死したブナの大木（母樹）があったと推定される位置を示した。これまでの研究から、ブナの実生はブナの樹冠の縁で、隣接する樹冠との隙間で、林床まで日差しが届く位置に高い割合で生き残ることが知られている（中静，1984）。座標（15，20）の位置にあるブナの大木が樹冠を広げていたと推定すれば、その縁にあたる位置に現在多くのブナの低木が生育していることと関連を持たせることができる。樹齢が70歳程度であるブナの亜高木や37歳程度であると推定できたブナの稚樹もこの範囲に生育していることから、この母樹からは100歳前後の高木とともに70歳前後の亜高木、40歳前後の低木が生まれて生き残ってきたと推測できる。また、40歳程度の低木は、現在ササの下で長期間生き延びている37歳の稚樹と同じ時に芽生えた可能性が高い。ササが一斉枯死した時にササの下で長期間生き延びていた稚樹は前生稚樹と呼ばれて、ササが回復するまでの短期間にササ層の上に出ることができる個体とそうでない個体があることが明らかにされている（Nakashizuka & Numata, 1982；西本ほか，2009）。この時も、林床は現在のような4本/m²程度の稈密度でチシマザサが生育していたとすれば、現在の稚樹と同じように前生稚樹がササの下で待機していたと考えられる。その内、ササが枯れたときにササの上に出ることができたものが低木として生育を続け、残りは出ることができずに長期間稚樹として、ササの上に出るチャンスが来るのを待っていると推測できる。

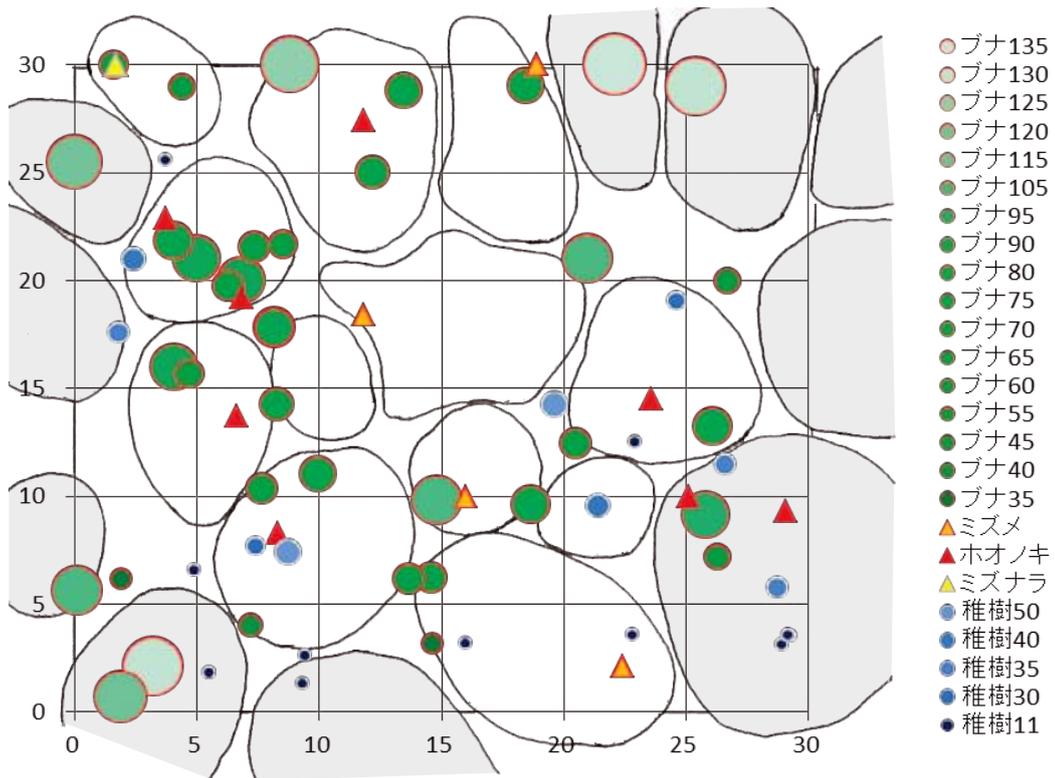


図10. 若杉峠のブナ林の林冠を構成する高木の樹冠投影図. 図7に樹冠投影図を重ね合わせた. 網掛けはブナの樹冠で, 網掛けのないものはブナ以外の樹冠.

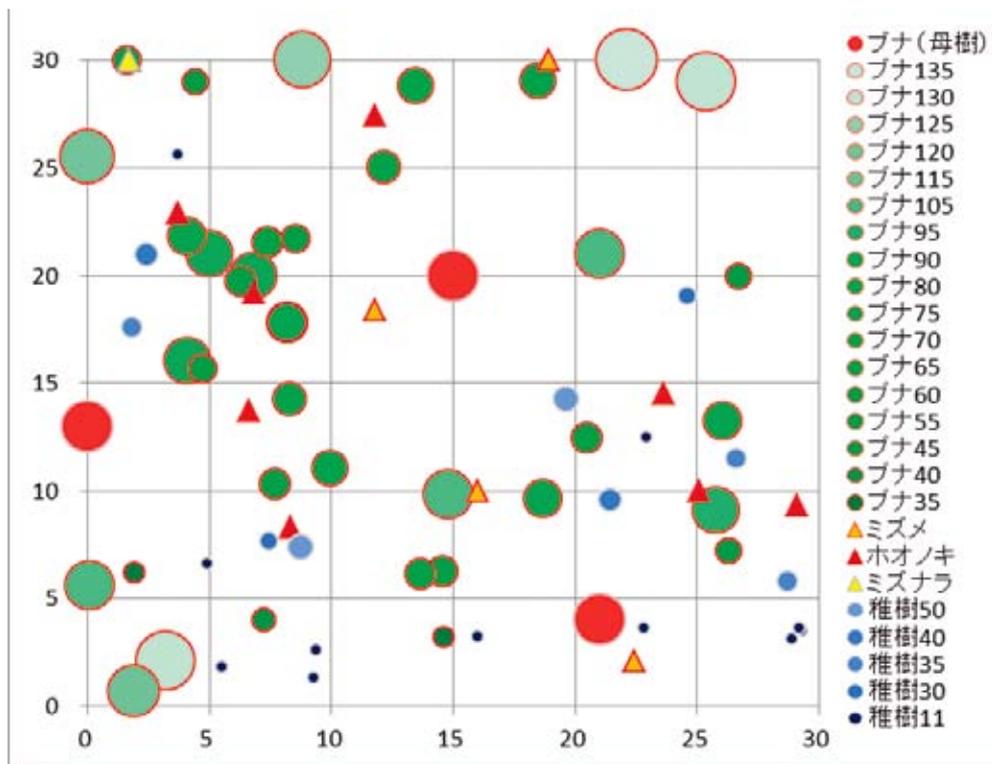


図11. 若杉峠のブナ林の現存するブナの母樹が生えていた推定位置. ミズメやホオノキが芽生える前にブナの大木が生えていたと推定した位置を現在のブナの位置図に重ねた.

一方、ミズメやホオノキも多くがブナの母樹の樹冠の縁に生育していると考えられ、70歳前後のブナの位置と同じような位置にあることから、ブナの母樹が枯死した際に明るくなった樹冠の縁の林床で芽生えた可能性が高い。ブナの高木が枯死した跡には、土壌が裸出する大きなギャップができてミズメやホオノキなどの先駆植物が入りやすくなると考えられている（小山，2008）。これらの種は生長が早いために、明るいギャップでは早期に林冠まで達したと考えられる。ミズメやホオノキが芽生える前後に芽生えたブナの実生は、生長が遅いためにミズメとホオノキの樹冠下で生き残っていくが、この時ササの稈密度との関係によって、林床の光環境が適切な場合には、実生は長期間生き残ることができる。両種はブナよりも芽吹きが遅く、ブナが4月下旬から芽吹くのに対して、2週間程度遅れることが知られており、両種の樹冠下はこの時期は明るいためにシーズナルギャップと呼ばれ、明るい林床で葉を展開できるブナの稚樹や実生にとっては、少しでも多くの稼ぎが得られるために生育に有利であるとされている（小山ほか，2007）。両種の樹幹下にブナの低木や稚樹が多いのは、ブナ林の世代交代に両種が重要な役割を果たしているからだといえる。

調査区では、今後とも樹齢の異なるブナは生長を続けて、100年未満の寿命であるミズメやホオノキが枯死した後に、競争することによって大きく樹冠を広げることができた個体が最終的には林冠まで達すると予想される。したがって、この調査区では今後ともブナ林が継続して、ブナが芽生えては枯死することを繰り返しながら、ササの一斉枯死や樹種の交代などの機会をとらえて大きくなるものが出てくることで、世代交代が起きていくと考えられる。多くの若い個体が育っていることで、若杉時のブナ林は今後とも継続できる健全な林分構造をしているといえる。

まとめ

地球温暖化が予想通り進めば、100年後には岡山県北部の中国山地ではブナが生き残る確率はきわめて低いと予想され（田中ほか，2006），岡山県内のブナ林の将来は危機的状況にあるといえる。現状ではブナ林として存続しており、危機が

差し迫っている状況にはなく、このまま存続できるのではないかと考えることもできる。ところが、毛無山のように、一斉に再生したブナ林が、ササが林床に密生するという構造となった場合には、次世代のブナが育っておらず、現在林冠を占めているブナが、神奈川県丹沢山系で見られたような大気汚染をきっかけとした複合要因で枯死すれば、ブナ林として継続できないことが明らかになった。

今回、毎木調査のデータをもとにして直径からそれぞれのブナの樹齢を推定することにより、ブナ林の樹齢構成をもとに、将来を予想することによってブナ林の健全度を評価する方法を提案した。樹高と胸高直径は簡便に測定できるので、対象となるブナ林が、将来どのように推移していくのかを予測することは容易である。全国のブナ林を対象に同じ手法を用いて、ブナ林の健全さを樹齢構成から知ることにより、構造的に危険な状態にあるブナ林を明らかにすることができるようになるため、ブナが脅威となっている環境要因（大気汚染、シカの害、虫害など）からの影響を受ける前に、更新を促すなどの対策を早期に実行することによって、ブナ林の衰退や消滅を回避できると期待される。

謝 辞

調査は岡山県では希少となっているブナ林で実施した。いずれの地域も保護下におかれているため、所有者の了解をいただくとともに、保護区での調査許可をいただいて実施した。また、花見山は国有林であり、樹齢解析のために許可をいただいて樹木のコアを採取すると共に、細いブナについては必要最低限の個体を伐採させていただいた。調査の許可をいただいた多くの関係機関に感謝の意を表します。また、毎木調査などの調査は、自然保護センターのボランティアの皆さん協力を得て実施しました。併せて感謝の意を表します。

引用文献

- Isagi, Y., Sugimura, A., Sumida, A. & Ito, H., 1997. How does masting happen and synchronized? *Journal of Theoretical Biology* 187: 231-239.
- Janzen, D. H., 1971. Seed predation by animals.

- Annual Review of Ecology and Systematics 2: 465-492.
- 今博計・野田隆史, 2008. ブナにおけるマस्टーキングのメカニズム. 「ブナ林再生の応用生態学」(寺澤和彦・小山浩正編). p.35-51. 文一総合出版, 東京.
- 小山浩正, 2008. フェノロジカル・ギャップの発見 - 開葉のタイミングと稚樹の分布 -. 「ブナ林再生の応用生態学」(寺澤和彦・小山浩正編). p.143-160. 文一総合出版, 東京.
- 小山浩正・今博計・紀藤紀夫, 2007. ブナ林内におけるブナ稚樹の空間分布と他樹種の林冠との関係. 植生学会誌 24: 113-121.
- 前田禎三, 1988. ブナの更新特性と天然更新技術に関する研究. 宇都宮大学農学部学術報告特輯 46: 1-79.
- 中静透, 1984. ブナ林の更新. 遺伝 38: 62-66.
- Nakashizuka, T. & Numata, M., 1982. Regeneration process of climax beech forest I. Structure of a beech forest with the undergrowth of Sasa. Japan Journal of Ecology 32: 57-67.
- 西本孝, 2005. 毛無山(岡山県新庄村)におけるブナ実生の10年間の変遷. 岡山県自然保護センター研究報告(13): 1-14.
- 西本孝・蒔田明史・西本史樹・辻田峯夫・片岡博行・山田勝・牧本卓史, 2009. ササ型林床のブナ林の更新過程に関する研究. プロ・ナトゥーラ・ファンダ第18期 助成結果報告書, 155-175. 財団法人 日本自然保護基金・財団法人 日本自然保護協会, 東京.
- 田中信行・松井哲哉・八木橋勉・埜田宏, 2006. 天然林の分布を規定する気候要因と温暖化の影響予測: とくにブナ林について. 地球環境 11: 11-20.
- 丹沢大山総合調査実行委員会監修, 2006. 丹沢大山自然再生基本構想 人も自然もいきいき「丹沢再生」. 136pp. 丹沢大山総合調査実行委員会, 神奈川.
- Yamamoto, S., 1989. Gap dynamics in climax *Fagus crenata* forests. The Botanical Magazine 102: 93-114.



写真1. 花見山のブナ林. 登山道の右側に調査区を設定した (2013.7.21).



写真2. 花見山での調査の様子. 林床にはササがわずかししか生育しておらず, 多くの種類の低木が生育していた (2013.8.10).



写真3. 花見山でブナの稚樹を地際で伐る作業中の様子 (2014.6.28).



写真4. 花見山での年輪解析のために使ったブナの稚樹の断面 (2014.9.27).



写真5. 毛無山の調査区を設定したブナ林. 林床には高い稈密度でササが茂っていた (2006.5.28).



写真6. 毛無山の調査区の上空はブナの樹冠で覆われていた (2006.5.28).



写真7. 毛無山でのササの密生する林冠が閉鎖した対照区のブナ林 (2006.5.28).



写真8. 毛無山のササが高い程密度で生育する対照区の全天写真. 地面まで届く光は少ない (2006.10.21).



写真11. 写真9の調査区の夏の様子. 生育するブナの実生を数えて, 再生してきたササを繰り返し刈り取った (2006.8.26).



写真9. 毛無山でのブナの樹幹下で, ササ刈りを実施した調査区 (2006.5.28).



写真12. 毛無山の刈取区では, 元気に育つ当年生実生が見られた (2006.8.26).



写真10. 毛無山の刈取区の全天写真. 調査区の上空はブナの樹冠で覆われていた (2006.10.21).



写真13. 対照区ではブナ以外の樹木もブナの低木や稚樹も見られなかった (2006.8.26).



写真14. 若杉峠の調査区での毎木調査の様子 (2007.5.27).



写真17. 若杉峠のブナ林の調査区内で生育していた40年生と思われる稚樹 (2007.6.16).



写真15. 若杉峠のブナ林の調査区内で生育していた1年生の実生 (2007.6.16).



写真18. 若杉峠のブナ林の調査区のブナが芽吹き始める頃の様子. 登山道の右側の斜面に調査区を設置した (2007.4.21).



写真16. 若杉峠のブナ林の調査区内で生育していた11年生の稚樹 (2007.6.16).



写真19. 若杉峠のブナ林の調査区を調査区の上から見た様子. ブナが展葉を続けているが、林内は明るい (2007.5.5).



写真20. 調査区では5月上旬にはブナ（右）が展葉しているが、ミズメやホオノキ（左）はまだ展葉していない（2007.5.5）.



写真22. 若杉峠のブナ林での夏期の林内の様子. 林床には光が差し込み明るくなった部分があり移り変わっていた（2007.8.18）.



写真23. 若杉峠のブナ林の秋の様子. ブナが紅葉を始めた頃（2007.10.20）.



写真21. 5月上旬にはササの下の地面は光が入り比較的明るい（2007.5.5）.



写真24. 若杉峠のブナ林の晩秋の様子. ブナが葉を落とした後、ササの緑色の葉が目立つ（2007.11.10）.