

和泉葛城山ブナ林保護増殖活動への貢献資料 (1～3)

岡本 素治¹⁾

Contributory notes for the conservation of the beech forest of Mt. Izumikatsuragi, standing on a warmer limit region for beech forest regeneration (1–3)

Motoharu OKAMOTO¹⁾

Abstract: Toward the conservation of the beech forest of Mt. Izumikatsuragi, standing near to the warmer limit of the distribution range of Japanese beech (*Fagus crenata*), much more basic data are required to be compiled. Here I present three notes for this purpose.

(1) The age of a canopy beech tree (DBH: ca.60 cm) was determined as about 175- to 180-year-old from a fallen tree blown by typhoon in 2018. The neighboring hornbeam tree (*Carpinus tschonoskii*, DBH: ca.50 cm) was about 160-year-old. This forest patch is younger than that of Okamoto (2020), where a 285-year-old beech tree was reported.

(2) Growth habit of Japanese beech was analyzed. Change of the main axis frequently occurs. The upper-most lateral branches frequently become more vigorous than the terminal axes and enfold the suppressed axes.

(3) The seasonal growth pattern of beech seed was presented. The mast flowering of beech in 2020 yielded only 0.5% sound seeds. The main cause of this low score seemed to be the high temperature in August when resource is allocated into the embryo.

Key words: conservation, *Fagus crenata*, beech forest, annual ring, change of axis, seed growth

キーワード: 保全, ブナ, ブナ林, 和泉葛城山, 年輪, 主軸の転換, 種子成長

はじめに

国指定天然記念物の和泉葛城山ブナ林の保全のために、和泉葛城山ブナ林保護増殖検討委員会の指導の下に、(公財)大阪府みどりのトラスト協会を活動主体として、さまざまな保護増殖活動が行われている(和泉葛城山ブナ林保護増殖検討委員会, 2021)。天然林の保全活動は、その森のたどってきた歴史や類型林の更新メカニズムを踏まえることが不可欠であるが、和泉葛城山ブナ林においては、そのいずれにも困難が伴っている。約8 haという小規模な森であり、天然記念物であるという制約を抜きにしても大規模な林齢解析調査がはばかれること、また和泉葛城山ブナ林は太平洋型ブナ林に類別されるが、このタイプのブナ林はいずれも後継樹が少なく、その維持機構は他地域においてもまだ十分に解明されていないこと(藤田, 1986; 小泉ほか, 1988; 島野・沖津, 1994; Shimano, 2006)などがその理由である。現状維持を基本とする天然記念物保全精神を守りながらも、このブナ林がたどってきた歴史を解明するための解析的研究を可能な範囲で進めることが必要である。

本シリーズは、岸和田市教育委員会郷土文化課がその一翼を担う天然記念物ブナ林の巡回監視作業の中で得られた観察データや、台風等による倒木や落枝などの解析データを随時報告しようとするものである。和泉葛城山ブナ林がたどってきた歴史の解明、ひいては太平洋型ブナ林の維持機構

の解明のための一資料として貢献できれば幸いである。本稿では、(1) 倒木・枯死木の年輪解析、(2) ブナの成長様式－主軸の転換と枝の取り込み、(3) ブナ種子の成長過程と 2020 年一斉開花の結果について報告する。

(1) 倒木・枯死木の年輪解析

ひとつの森林のたどった歴史を明らかにするためには、そこに含まれる多様な林分について、それぞれの林齢を知ることが大きな力となる。和泉葛城山については、ブナの林冠木で生育地林分の記録を伴って樹齢が明らかになったものは僅か 1 例であり (岡本, 2020), 歴史資料等で林齢の推定できる林分もごく限られている。和泉葛城山ブナ林保護増殖検討委員会では、ブナの胸高直径サイズの分布をおよその齡構成と考え、シミュレーションが行われているが (前中, 2021), 現実の森に適用するためには、和泉葛城山の具体的な資料に基づくパラメーターが必要であり、そのための基礎資料は不足していると言わざるを得ない。倒木や枯死木が生じた場合には可能な範囲で標本を入手し、年輪解析によりデータ取得することがさらに必要と考えられる。

今回、2018 年の台風により生じたブナとイヌシデの倒木の材幹標本を入手することができた。両者の年輪解析の結果と、あわせて、ブナの成長パターンの解析のために入手した被陰枯死木の年輪解析の結果を報告する。和泉葛城山ブナ林の林冠木の年輪データとしては、2017 年採取木 (岡本, 2020) に続く 2 例目の報告となる。

材料と方法

2018 年の台風 20 号 (8 月 23 日徳島県に上陸) と 21 号 (9 月 4 日徳島県に上陸) は、いずれも猛烈な南風をともなって淡路島近くを通過した。このいずれかの台風によりブナ大木が根返りし、隣接するイヌシデに倒れかかる状態となった (図 1B)。2018 年 12 月 19 日の保護増殖委員会の調査によると、風倒ブナは個体番号【N75】の株で、胸高直径約 60 cm であった。2021 年 4 月 26 日に筆者がこの倒木を認識した時点では、両者ともがすでに倒れていた。おそらく、2019 年中に倒壊したのではないと思われる。所在地を図 1A に示す。

2022 年 6 月 21 日に標本採取作業を行った。現場は予想以上に急斜面で、かつ倒壊時点から 3 年程度を経ているために幹の下面は土砂に埋没しており、根際からの円盤標本採取は断念せざるを得なかった。できるだけ若い時点からのデータ取得を目的として、ブナについては、生育時の山側地面から 30 cm で幹に直角に切り込みを深く入れ、次に幹の少し上部から斜めの切り込みを入れて、年輪中心を含む材片を取り出すという方法をとった (図 1C)。最初の切り込みは、幹の中心を確実に超えるように深く入れたが、年輪の中心部は予想以上に谷側に偏っており、切り出した半円盤には含まれていなかった。やむを得ず、年輪中心を含む付加材片を切り出して補足資料とした (図 1D)。それに加えて、地上 2 m に相当する位置での展示用円盤標本を入手し、年輪解析にも供した。イヌシデについては、ブナより陽樹性が強く若齢時の成長速度の推定は容易そうだと判断から、生育時の山側地面から 1 m の部分の年輪中心を含む材片をブナと同様の方法で採取した。ブナの初期生長の解析のために、樹高 2 m 余で枯死した株を根元から採取し、50 cm ごとの樹高で年輪解析を行った (図 2A, B)。年輪の観察は、切断面をサンドペーパーで磨き、ビノキュラー下で行った。

結果と考察

枯死年の推定

倒れたブナの年輪には、最外層に明らかな狭小輪があった。直近 5 年の年輪幅の平均値が 0.5 mm

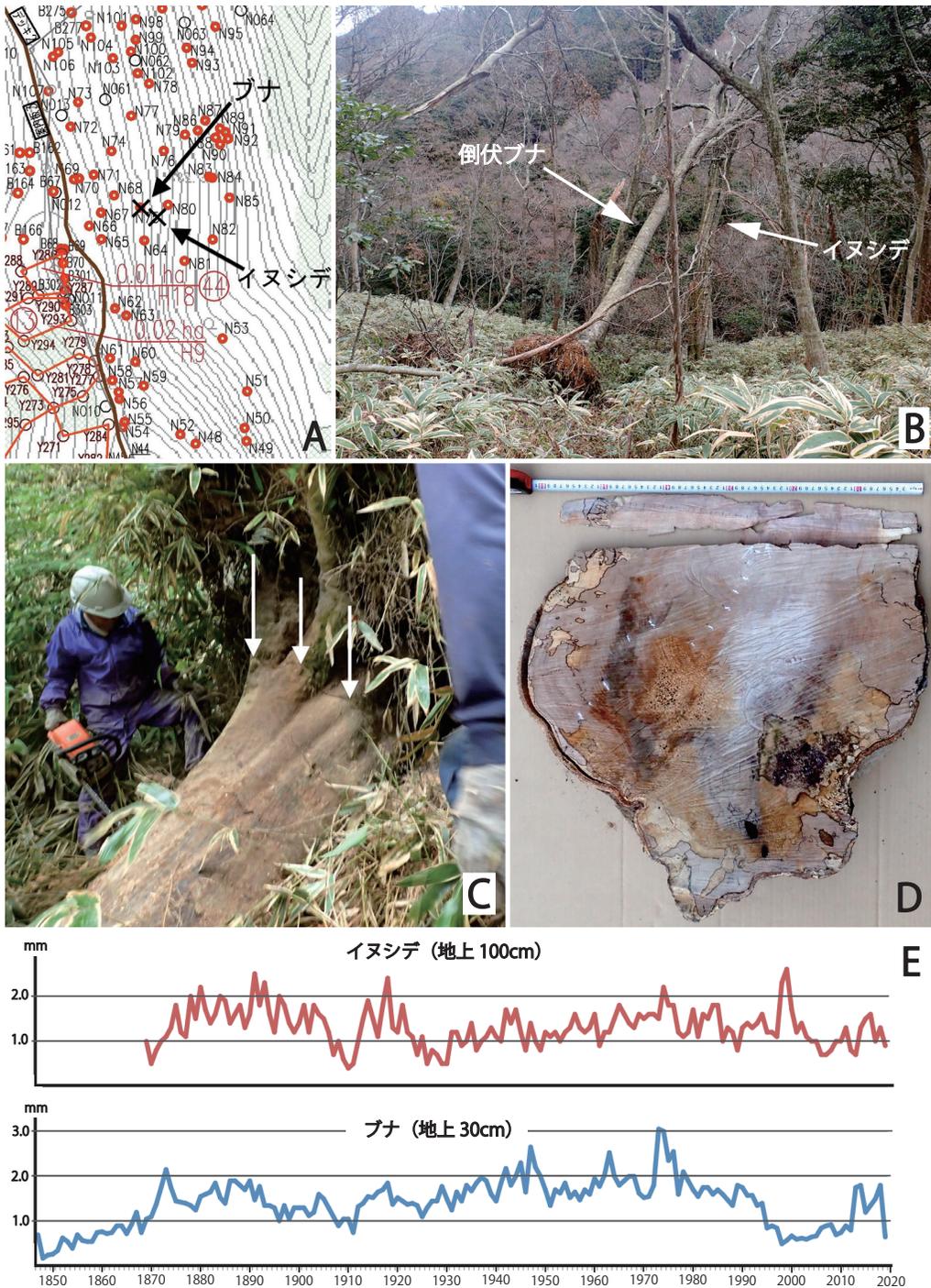


図 1. 倒伏ブナ、イヌシデからの材幹標本採取と年輪幅経年変化。A, 倒伏ブナ、イヌシデの所在地。周囲の○は個体標識されたブナの所在地。B, 2018年12月19日の倒伏ブナ。2018年8月末～9月初旬に根返りになったと思われるが、当初は隣のイヌシデにもたれかかっており、翌年にイヌシデと共に倒れた。C, 切断作業状況。矢印は、地上約30cmで幹に垂直に入れた切断面の位置。D, 最下部から得られた材幹標本。半月型の円盤と2枚の断片からなる。2枚の断片の合わせ目のあたりに年輪中心がある。スケールは60cmを示している。E, ブナとイヌシデの年輪幅の年変動。ブナでは173年、イヌシデでは151年の年輪を数えることができた。

表 1. 和泉葛城山ブナ林の林冠木の樹齢データ

種名	胸高直径	計測年輪数	計測位置	推定樹齢	文献
ブナ	60 cm	173	地上 30 cm	175-180	本稿
ブナ	84 cm	278	地上 60 cm	285	岡本 (2020)
イヌシデ	52 cm	151	地上 100 cm	160	本稿

なのに対し、0.25 mm であった。台風による最初の倒伏は 2018 年の 8 月末から 9 月初旬で、その年の幹の肥大成長はほぼ終わっており、翌年の葉芽はすでに準備されている時期である。最外層の狭小年輪は、2019 年春には出芽したが、その後完全に倒壊して十分な成長はできなかったということを表しているものと考えられる。

イヌシデの最外層は、全周にわたる年輪層の外側に、極小年輪がとぎれとぎれに付加体のように付着するという、奇妙な様相を示していた。2019 年には、ほぼ正常な成長をした後に、何らかの原因でブナと共に倒れ、2020 年には一部の枝しか出芽できなかったのではないかと考えられる。

年輪計測

ブナの地上 30 cm の材幹標本からは 173 年分の年輪を数えることができた (図 1E)。地上 200 cm の標本からは 157 年分の年輪を数えることができた。イヌシデ (地上約 100 cm) の標本では 151 年分の年輪を数えることができた。2017 年採取のブナも含めて、表 1 に計測データを示す。

2017 年採集のブナ材幹標本では、20 年前後の間隔で不規則に現れる単年または 2 年続きの極狭小年輪に着目して、ブナの一斉開花・結実に関連した現象ではないかと推測したが (岡本, 2020)、今回のブナ標本にはそのような極狭小年輪は見られなかった。ブナの開花習性には個体による差があり、一斉開花性の強くない個体も見られるので、今回のデータは、必ずしも前報の推測を否定するものではない。

地上約 30 cm での年輪数と約 200 cm での年輪数に 16 年の差があった。樹高 30 cm から樹高 200 cm までに成長するのに 16 年を要したと見ることができる。この間のどの樹高段階にどれだけの年数を要したのかは明らかでないが、年輪幅の年変化グラフ (図 1, 3) から、いくつかの特徴を読み解くことができる。地上 30 cm 標本では、1 年目の年輪は髄部 (前年までの蓄積を元にして形成され柔組織からなる) を含むので幅広くなっている。2 年目から 5 年目まで、幅 0.5 mm 以下の狭小年輪が続くが、次第に幅広くなっていき、6 年目で飛躍的に年輪幅が増える。以降 22 年目までは、増減を繰り返しながら年輪幅が広がっていくが、極端な成長転換点は見られない。このような成長パターンを考察するために、樹高 2 m 余の枯死木について、50 cm 間隔で樹高別年輪解析を行った。

枯死木の年輪解析

当該枯死木は、上層は鬱閉しているが谷側は開けた場所に生育していた同齡集団と思われるブナ若木数本のうちの 1 本である。数メートル離れた両側には、樹高 5 ~ 6 m の亜高木層に達したブナが生育していた。林床は 50 ~ 60 cm のミヤコザサで覆われていた (図 2A)。枯死年は不明である。

斜面に生育していたため、地際部は大きく湾曲し、年輪中心は大きく谷側に偏っていたが、根の分岐が見られるあたりでは年輪中心の偏りは見られなかった (図 2C)。また、最下部の年輪中心付近では、何らかの原因による腐朽・空洞化が起っており、最初期の年輪計測は不可能であった。年輪中心の計測が可能になる地上約 10 cm の部位と、地上約 50 cm から 50 cm ごとに資料を採取して解析を行った (図 2B)。

地上 10 cm の資料（長径 5.5 cm，短径 4.2 cm）からは，60 年分の年輪を数えることができた．この木の枯死前には，不規則で狭小な年輪が 30 年余り続いており，計測は非常に困難であったが，年輪幅が経年的に見て特徴的に変化する年を見つけることができたので，その年を基準にして年輪解析を進めることにした．すなわち，地上 10 cm 資料の 22 年目に，年輪幅が急激に狭小化する特異年が見

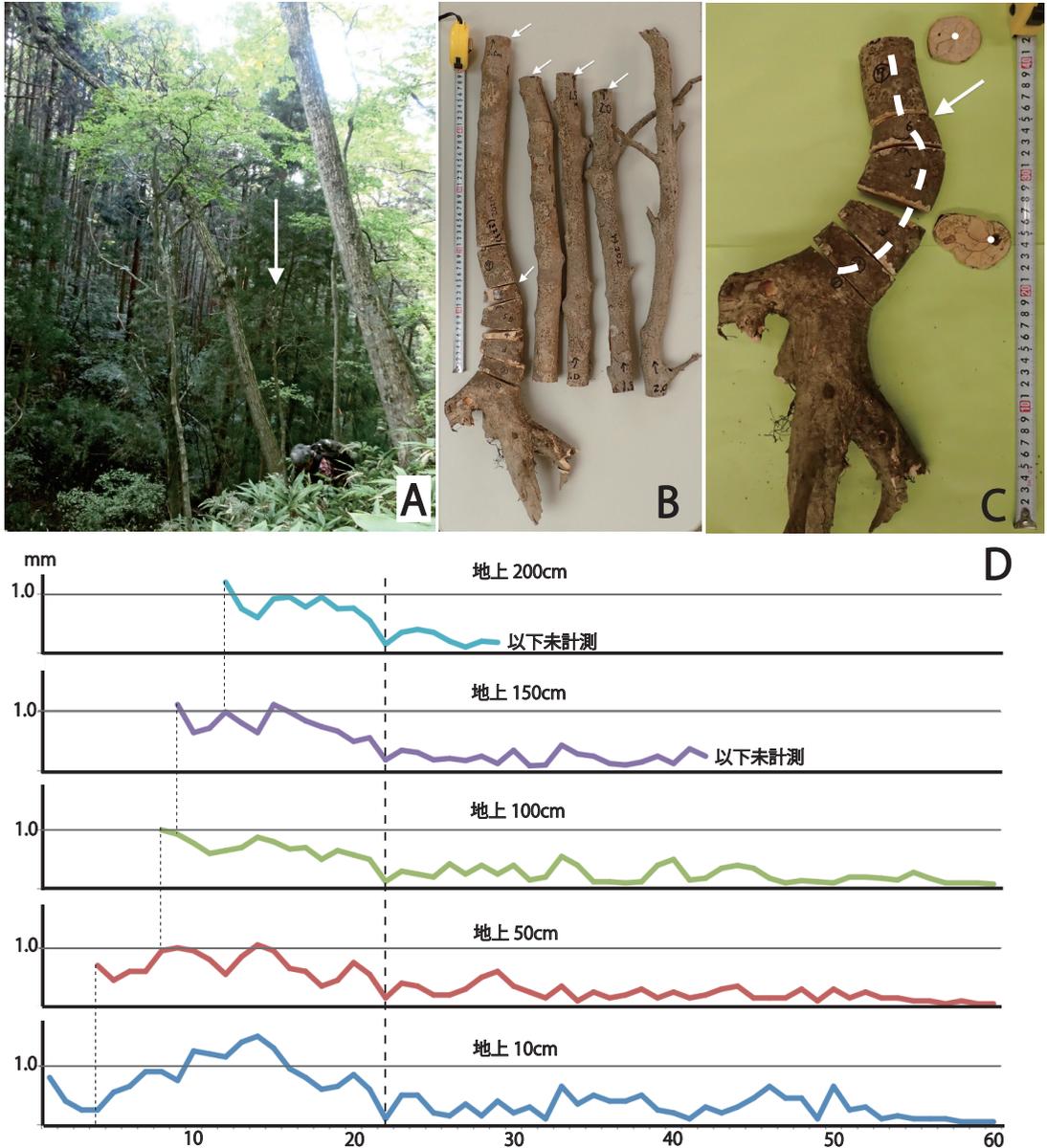


図 2. 被陰枯死木の標本と樹高 50 cm 刻みの年輪幅変動。A, 枯死木所在地の状況。林冠は閉じているが谷側は開けている。林床は 50～60 cm のササに覆われる。矢印が採取枯死木で、両隣に同齡と思われるブナ亜高木(a, b)がある。B, 50 cm 刻みで切断した採取標本。矢印は年輪計測位置。スケールは 50 cm。C, 標本最下部。年輪中心（破線）は大きく谷側に偏っている。円盤中の白丸は年輪中心を示す。矢印は「地上 10 cm」の年輪計測面。D, 樹高 50 cm 刻みで計測した年輪幅の経年変動。樹齡約 60 年であったが後半の年輪は非常に細かく，計測は困難を極めた。地上 10 cm 標本の 22 年目に特徴的な変化を示す年があり，その年（太い破線）を基準にして各折れ線が配列してある。

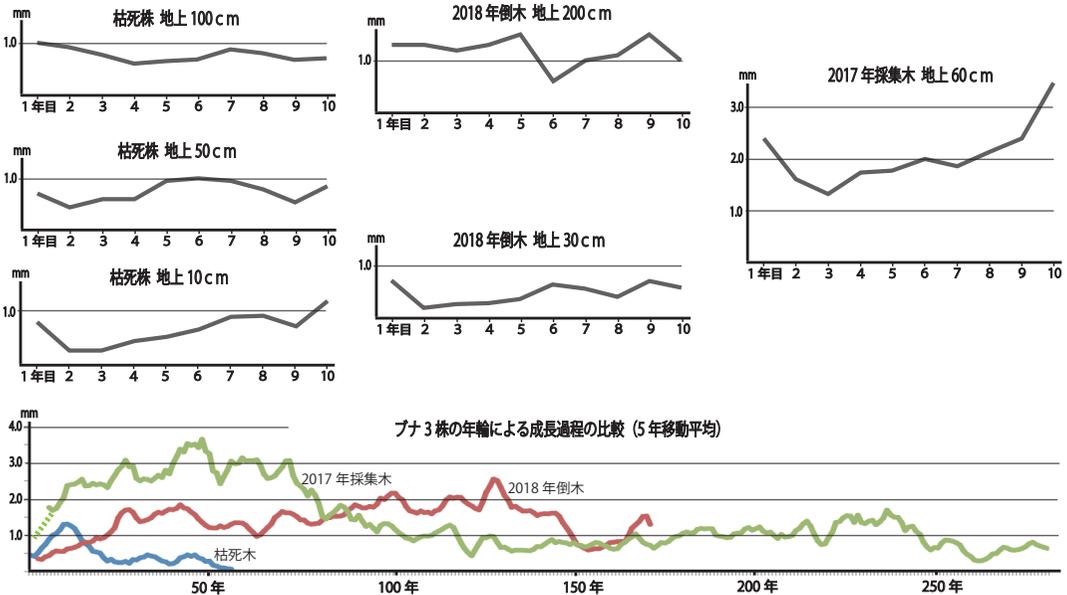


図3. ブナ3株から得られた各資料における初期年輪成長と3株の成長曲線の比較. 樹高約50 cm以下時の資料には、実生初期の成長過程がうかがえる. 2017年採集標本の年輪幅は明らかに幅広く、他とは異なる環境で生育したことが示唆される. 3株の成長曲線中の破線は、2017年採集木の地上60 cmに至るまでの推定直線.

られたが、この特異年輪年ほどの樹高からの資料にも相当部分に見ることができた. そこで、その年を基準にして各樹高資料の年輪幅の変化を折れ線グラフで示したのが図2Dである. 樹高10 cm, 50 cm, 100 cmの資料については、全年輪計測を行い、特異年としたものが同一年を示していることを確認することができた.

グラフから、樹高約10 cmから50 cmに達するのに3年、50 cmから100 cmに達するのに4年、100 cmから150 cmに達するのに1年、150 cmから200 cmに達するのに3年かかっていることが分かる. 樹高200 cmに達するのに11年しかかかっておらず、先に述べた倒木が樹高30 cmから200 cmに達するのに要した16年に比べて、非常に速い伸長成長であったことが窺える. 50 cm伸びるのに最も時間を要したのは、50 cmから100 cmに至る4年である. 林床の様子が今とそれほど変わっていないとすると、ササの葉の層を抜けるのに要した時間が効いている可能性、あるいは逆に、ササの葉の層を抜けて、枝の横への展開が優先された可能性などが考えられる. 樹高50 cmから100 cmの幹表面には、左右に規則正しく小さい落枝痕が並んでおり、横枝が特に発達した様子は見られない. また、同じ年の年輪幅を幹の上部と下部で比較したとき、下部の方が幅広になるという傾向があまり顕著でない. このことも、下部に太く強い枝がない樹形であったことを示唆しており、後者の可能性は低い.

各資料の初期成長の比較

各資料について、初期10年間の成長様式を比較してみた(図3). 2017年採取木の地上60 cmの資料も加えてある.

地上50 cm以下の資料では、初期に狭小年輪があり、徐々に年輪幅が広がっていく様子が見られる. これは稚樹が被陰に耐えている時期だと思われるが、その年数はこれまでの資料で見ると5~6年でそれほど長くはないようである. 実生1~2年で枯れるブナの観察例は多いので、5~6年以内に光などの環境条件が改善されたブナが生き残ることができると思われる.

2018年の倒木と被陰枯死木の初期成長には、それほど顕著な差異は見られない。初期の成長は被陰枯死木の方が勝っているほどである。それに対して、2017年採集木の初期年輪の幅広さは注目に値する。グラフ上でもその差は明らかであるが、画像を見るとその違いが実感できるであろう（図4A, B）。異なる環境で、異なる生育形態をとったブナの姿ではないかと推察される。

ブナ幼木の諸形態

和泉葛城山ブナ林では、1993年にブナの大豊作年があった。このとき採取されたブナ堅果を麓で播種・育苗し、天然記念物ブナ林の周辺（バッファゾーン）に植え戻す事業が行われている（和泉葛城

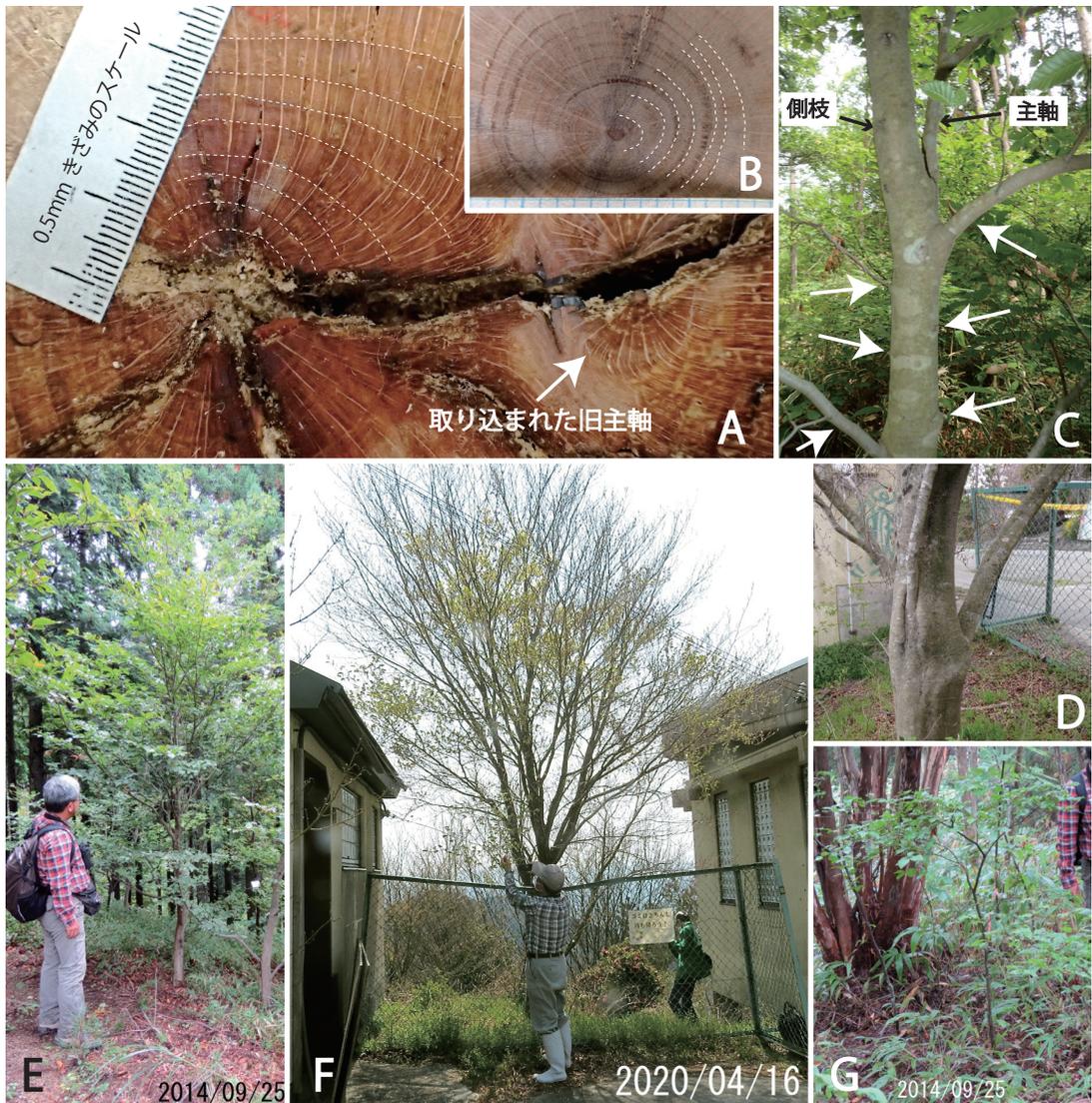


図4. ブナの初期年輪の比較と若木の諸形態。A, 2017年採集標本。年輪境界の一部を破線で示す。幹中に取り込まれた旧主軸が見える。現主幹との境界に樹皮が取り込まれて残る。B, 2018年倒木の地上200cmからの資料。スケールは1ミリ方眼紙。C, 主軸の転換。矢印は下位の枝と落枝痕。D, 主軸の転換により主幹に取り込まれつつある旧主軸。E, 1993年の種子から育苗され、やや乾き気味の陽地に植栽された株。F, 1993年の種子から育苗され、山頂南広場に植栽された株。2020年に初めて開花した。G, 林内の若木。

山ブナ林保護増殖検討委員会, 2021). そのうちの2株と、林内に生育していたブナ幼木の例を図4E-Gに示す。図4Eは尾根地形の陽地に植栽された株で、図4Fは山頂南広場の平地に植栽された株である。和泉葛城山の自然地形では、南斜面には表土層の下に南に傾斜した硬い砂岩層があり、南広場のような広い水平面は生じにくい。図4Fの株の植栽地は盛り土された地面の可能性がある。

陽地に植栽された2株と林内の株の勢いの差は写真から明らかに見てとれるが、特に重要な形状の差異として下枝の発達度に注目したい。林内の幼木は、下枝がほとんど残っておらず、笠のような樹形になっている。これは、亜高木層に達した図2Aの生残木でも同様である。細い幹に点々と枯死した下枝が残っているが、収支に見合う光が得られる間は枝として生き続けた結果であろうと思われる。林内の亜高木層に生残しているブナにはよく見られる形態である。先端の笠状の葉叢の他には、地際の草本層の細枝のみが林冠に開いたギャップからの木漏れ日を受けて細々と生き残っている、といった状況もしばしば見られる。

一方で、陽地に植栽された2株では、下枝の発達が顕著で、側面から見ると楕円形から箒を逆にしたような樹形をなしている。幹は基部に向けて節ごとに太くなっていく。これは、各枝の生産活動を支える通導組織の必要性と、各枝の稼ぎが下方に蓄積されることからの結果であると考えられる。写真の撮影日には6年の開きがあるが、2株のサイズにかなりの差があるのは確かである。この差は、尾根地形地と平坦地（盛り土の可能性もあり）と立地の差による土壌や水分条件の違いによって生じているのではないかと思われる。ちなみに、図4Fの株は2020年（実生26年目）には一部の枝が開花した。

初期生育環境の推定

今回採取したブナ倒木と2017年採取したブナ材幹標本の初期年輪の形状の差異は、上記のような生育初期の光環境の差異によるものではないかと思われる。2017年採取木の生育地は尾根地形でササの丈も低い場所であった。早期に陽地環境に達して図3Cのような樹形で成長したのではなかろうか。その傍証として、初期年輪の幅広さに加えて、円盤標本の上下面の形状の違いがあげられる。厚さ15cmの円盤標本で、上面の初期8年の成長は年平均1.9mmであるのに対し、下面では年平均2.3mmであった。これは、若い時にこの上下15cmの間に勢いのある枝が何本か存在したことを示していると考えられる。

今回の採取木の初期生育状況は、下枝のよく発達した樹形でなかったことは確かと思われるが、生育環境の詳細は明らかでない。生育立地の現状は、かなり急な東面斜面の中腹部のやや疎な林で、林床には60～70cmのササが密に生えている。周囲には倒伏木と同じくらいのサイズのブナが、イヌシデやアカガシを交えて生育している。図2Aのような環境で何らかの要因で林冠が開ければ、亜高木層に達したブナが飛躍的成長を始める可能性もある。そのような事象が起こったとすれば、図1Eの1870年過ぎの年輪幅急上昇がそれに相当するであろう。この前後の年輪幅の経年変化は、1870年(1.1mm)→1871年(1.4mm)→1872年(1.8mm)→1873年(2.2mm)→1874年(1.8mm)→1875年(1.5mm)となっている。

今回の倒木採取地では、ブナに遅れてイヌシデが発芽し生育している。年輪計測するまでは、両者のサイズ比較や周辺の林相から同時期に発芽したものではないかと予想していたが、結果は異なっていた。イヌシデの資料は地上1mから採取したものであるが、イヌシデが樹高1mに達するのに20年かかったとは考えにくく、ブナより後から発芽したことは確実だと思われる。図1Eからは、ブナの実生が生育を始めてから10数年後にイヌシデが発芽・生育を始めたと推定できる。当時の林が、ブナやイヌシデの随時の発芽生育を許すような環境であったか、あるいは、ギャップが頻繁に生じる

ような時期であった可能性が考えられる。

イヌシデはブナ以上に疎林状態や明るい林床を必要とする樹種であると思われる。特にブナより格段に小さい種子から出発する実生初期に、ササの層をいかにして抜けるかが課題となりそうである。それを考える時、10年程度はササによる被陰をまぬがれそうな、大木の根返り跡地は有力な発芽適地となるかもしれない。

(2) 主軸の転換と枝の取り込み

ブナの成長様式に関して、あまり注目されていない主軸の転換について報告する。ブナは形態学的には頂芽が発達する単軸分枝型の成長をするが、時として頂芽の下の側芽が頂芽以上に太い枝となることがある。図4Cはその一例である。幹に着いた枝や、残っている落枝痕をたどってみると、幹の左右に規則正しく並んでいるのが分かる。ブナは1/2互生葉序なので、その葉腋に出る枝も規則正しい1/2互生になる。枝や落枝痕を下から順にたどると、写真の上端に伸びている2本は、太い方が側枝で細い方が主軸であることが分かる。どちらも上方にのびるので、やがて太い側枝が形態学的主軸を巻き込むようになる(図4A, D)。このような主軸の転換が、1本の木で何回も起こっている。

側枝に主幹の座を取って代わられた形態学的主軸は、被陰されながらも長く残る。図4Fの株は実生から26年目で一部の枝が開花したと述べたが、開花したのは、このような側枝に被陰された形態学的主軸たちであった。早期開花の原因が、被陰されていることによるのか、それとも、主軸は古い成長点を引き継いでいるので、新たに成長点を形成する側枝よりもある意味で高齢であるということによるのかは確かめられなかった。

ブナの若木が通常よりも大きい葉を付ける太い枝を出すことがあるが、これは主軸に取って代わるような側枝が出る時ではないかと思われる。その点で、この成長様式はブナにとって非常に重要なものであると思われる。分枝の盛んな太平洋型ブナによく見られる現象であるが、日本海型ブナでも起こっていることが大阪に植栽された日本海型ブナでは確認できている。

(3) 種子の成長過程と2020年一斉開花の結果

和泉葛城山では、2020年春に1993年以来と言われるブナの一斉開花が見られた。和泉葛城山ブナ林保護増殖検討委員会では、ブナ堅果を採取して麓で播種・育苗して将来のバッファゾーンへの植栽事業に備える計画を立て、堅果の生育状況の頻繁な巡視が行われた。その過程で得られた資料をもとに、堅果内の種子の成長過程を明らかにすることを試みた。台風等の大風の後の巡回監視で得られた落枝に付いている堅果をビノキュラー下で解剖し観察したものである。顕微鏡切片を作製した組織観察は行っていない。

上記の観察で得られた結果をもとに、秋の落下堅果の中の種子について、種子成熟過程のそれぞれの段階に達したものの割合を求めた。この調査には、(地独)大阪府立環境農林水産総合研究所が経年的に続けておられるシードトラップ調査の資料を提供していただいた。

ブナ種子の成長過程

ブナ種子の成長過程の観察で得られた結果を図5に示した。2020年の和泉葛城山ではブナは4月の中旬に開花し、5月の中旬までに殻斗と堅果は成熟果のサイズに達した。この間に、発達途中の殻斗・堅果の落下が見られたが、そのいずれにも蛾の幼虫によると思われる食痕があった。

5月中旬に外形は成熟果サイズに達するが種子は未発達である。子房室は分厚い子房壁で満たされており、下部は3室に仕切られ、上部は三角星状の1室で中央に中軸が立っている。中軸上に6個の

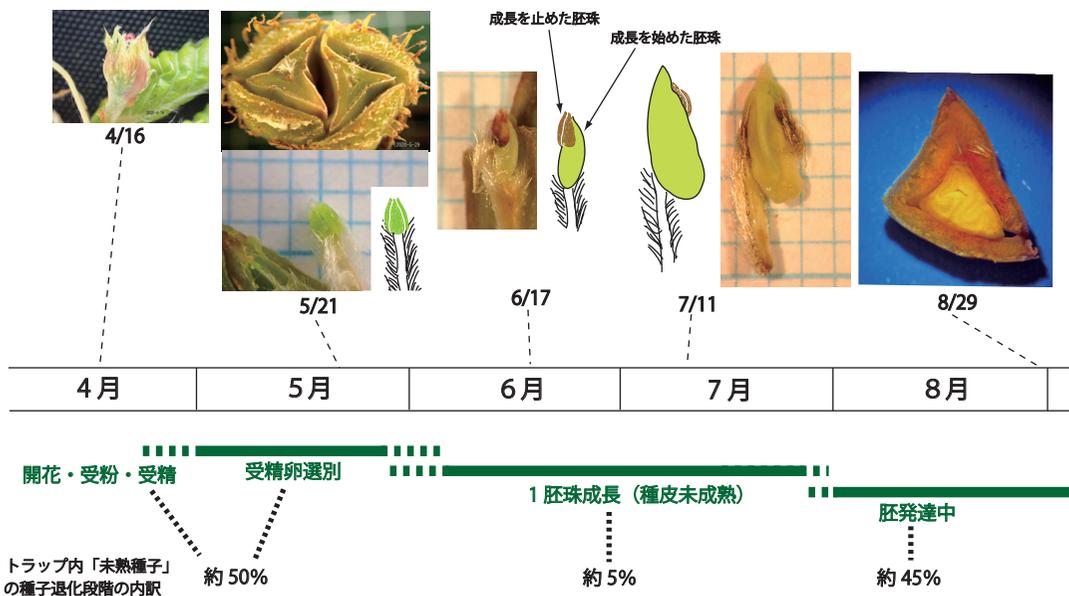


図 5. プナ種子の成長過程と未熟堅果を種子退嬰段階ごとに分別した比率. 説明は本文参照.

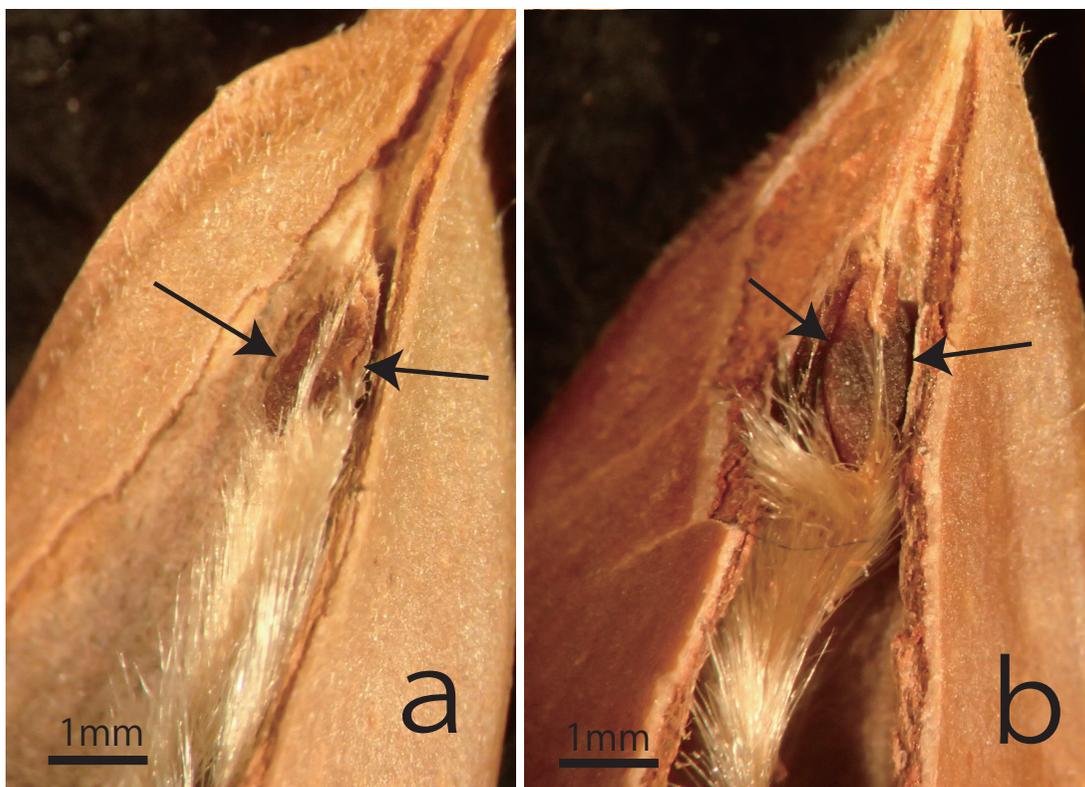


図 6. シイナ堅果に見られた 2 段階. a, 花時のままにとどまった胚珠. b, 珠皮が発達した胚珠.

胚珠が、子房各室にそれぞれ2個が入るように並んでいる。

6月中旬には、6個の胚種中の1個だけが成長を始めているのが見られた。これまでの期間は、複数の受精卵のうちのどれを成長させるか（受精卵選別）、あるいはどの受精卵が成長するか（受精卵間競争）、といった受精卵間の遺伝子レベルの淘汰が行われている時期ではないかと思われる。発達しなかった胚珠は、サイズは5月中旬と変化なかったが、褐色に変色しており死亡していることは明らかであった。7月末にかけて、1個の種子が次第に大きくなっていくという状態が続いたが、種皮は半透明で未成熟な状態を保っていた。8月には、発達中の胚が明らかに見られるようになった。

9月の後半から11月の前半にかけて成熟堅果が落下する。落下最盛期である10月のシードトラップの堅果の中身を観察したところ、種子が未発達の胚珠段階でとどまっており、一般に「シイナ」と呼ばれているものを、さらに2段階に分けられることが分かった（図6）。花の段階の胚珠サイズのままのもの（a）と、すべての胚珠が一回り大きくなっているもの（b）である。両者が併存する堅果は観察した限りでは見られなかった。（a）は、明らかに受精卵選別過程より前段階にとどまっており、受粉花（b）と非受粉花（a）の差異によるものではないかと推測した。それに対して、（b）は受精卵選別中と推測できる。サイズ的には大差はないが、珠皮の発達が顕著である。Brink and Cooper（1940）がアルファルファ種子の発生で指摘したような、受精卵の成長活性が自家受精等の影響で親組織である珠皮の成長活性に及ばなかったためにしぼんでしまった胚珠ではなかろうか。これらの推測を確かめるためには、詳細な顕微鏡レベルでの観察が必要である。花粉管と雌蕊の柱頭や花柱組織の間では、さまざまなやりとりがあることが知られており、受精前に受粉・非受粉の情報を親組織が得ることが不可能ではないことは確かである。

表2. 和泉葛城山シードトラップで得られた10月落下堅果の内容。P番号はまとまった群落であることを示す

トラップ番号	%充実堅果	%発育不全胚堅果	%シイナ(a+b)	a型の比率 a/(a+b)	%虫害堅果	堅果総数
P9 N447	0	59.0	38.8	0.55	2.2	134
P9 N448	0.3	52.1	39.7	区別せず	7.9	353
P9 N449	0.3	41.4	54.5	区別せず	3.8	688
P9 N450	0	74.9	18.7	0.40	6.4	502
P9 N451	0.4	41.7	39.8	0.34	18.1	513
P11 N400	2.8	22.5	28.7	区別せず	46.1	178
P11 N406	0	9.4	22.6	0.31	67.9	53
P11 N408	0.2	32.4	30.3	0.63	37.1	429
P16 N113	0.9	18.5	23.9	0.42	56.8	222
P16 N126	0.4	30.6	56.0	0.22	13.0	470
P16 N131	0.8	22.0	55.9	0.30	13.0	127
P16 N132	0.5	22.9	50.5	0.14	26.1	187
P16 N134	0	16.3	34.9	0.33	48.8	44
P17 N99	1.2	45.2	44.0	0.22	9.5	84
P17 N100	0.2	29.9	57.2	0.13	12.8	579
P17 N101	1	30.9	58.8	0.18	9.3	97
P17 N102	0	31.4	41.8	0.17	26.8	325
P17 N103	0.3	34.1	56.7	区別せず	8.9	721
平均	0.5	34.2	41.8	0.42	23.0	

他地域の参考資料

	%充実堅果	%発育不全胚	%シイナ	%虫害堅果	備考
北海道南部	35～59	～1	～15	15～43	寺沢（1997）、経年観察
中国山地	22～55	1～23	8～38	2～16	索ほか（1995）

落下堅果中の種子

落果最盛期の10月にシードトラップ18個で得られた1,500個以上の堅果について、内部の種子がどの段階に達していたかを調べた。外形に虫害痕等の傷がなく水に浮かぶ「未熟・無傷害堅果」について、成長が止まった段階ごとの比率を求めて図5の最下段に表示した。シイナの2段階は区別していない。

シードトラップごとの内訳をシイナの2段階を区別して表2に示した。あわせて、他地域の参考データも示している。表2から分かるように、2020年和泉葛城山のブナ一斉開花における健全堅果率は0.5%と極めて低かった。虫害堅果やシイナ堅果の割合は他地域のその変動幅の範囲内にあるが、発育不全胚堅果の割合が圧倒的に高いのが原因である。ここで発育不全胚堅果としたものは、子房室内の半分程度を種子が占めていたものである。成熟した種皮に包まれており、中には子葉が見られるが、多くのケースで腐敗が始まっていた。もしこれらの胚が健全に成長したとしたら、他地域のブナ林に劣らない健全率が得られることになる。胚の成長は8月の生産量に依存するところが大きいので、ブナ分布域の暖帯限界にある当地の夏は、ブナ種子の発育にとって厳しすぎるのかもしれない。正式な記録を見ることはできなかったが、1993年の一斉開花時には、和泉葛城山ブナ林における健全堅果率はかなり高かったと言われている。この年は全国的に冷夏の年で、大阪府熊取町にある熊取気象観測所の記録による8月の平均気温は25.5°Cであった。それに対して、2020年8月の平均気温は29.1°Cとなっている。この事実は、8月の高温が和泉葛城山ブナ林の種子健全率を低下させている主要原因ではないかとする仮説の一つの傍証となるであろう。

謝 辞

田中正視氏には和泉葛城山ブナ林の細部にわたる情報提供を受け、調査にも同行していただいた。前中久行博士には、ブナの倒伏時の写真と諸情報の提供をいただいた。倒木からの標本採取にあつては、長谷川智子氏ほか岸和田市教育委員会郷土文化課、牧野純子氏、石山泰幸氏ほか（公財）大阪みどりのトラスト協会、大阪府教育庁文化財保護課にご尽力いただいた。また、前田林業には、安全に配慮しつつ困難な作業を遂行していただいた。種子の成長過程の調査には、山岡邦章氏、田中正視氏、風間美穂氏に試料採取にご協力いただいた。（地独）大阪府立環境農林水産総合研究所の山田倫章氏、幸田良介氏にはシードトラップで得られた堅果資料を提供していただいた。記して感謝いたします。

引用文献

- Brink, R.A. and Cooper, D.C., 1940. Double fertilization and development of the seed in angiosperms. *Botanical Gazette*, 102(1): 1–25.
- 藤田 昇, 1986. 日本海型のブナ林と太平洋型ブナ林の構造と組成. *種生物学研究*, 10: 1–12.
- 小泉武栄・鈴木由告・清水長正, 1988. 多摩川流域の森林立地に関する地形・地質学的研究. 45 pp. とうきゅう環境浄化財団, 東京.
- 和泉葛城山ブナ林保護増殖検討委員会, 2021. 和泉葛城山ブナ林10カ年計画（令和3年度～令和12年度）. pp. 56.
- 前中久行, 2021. ブナ林の現況 成長・枯死と将来予測. 和泉葛城山ブナ林保護増殖検討委員会（編）. 和泉葛城山ブナ林10カ年計画（令和3年度～令和12年度）. pp. 42–49.
- 岡本素治, 2020. 天然記念物「和泉葛城山のブナ林」から得られた材幹標本（樹齢約300年）の年輪解析. *きしわだ自然資料館研究報告*, 6: 1–13.
- Shimano, K., 2006. Differences in beech (*Fagus crenata*) regeneration between two types of Japanese beech forest and along a snow gradient. *Ecological Research*, 21: 651–663.
- 島野光司・沖津 進, 1994. 関東周辺におけるブナ自然林の更新. *日本生態学会誌*, 44: 283–291.
- 索 志立・橋詰隼人・山本福壽・岡田 滋, 1995. 大山・蒜山地区のブナ林の結実と種子の稔性について. *日本林学会誌*, 77(3): 239–246.
- 寺澤和彦, 1997. ブナの種子生産特性とその天然林施業への応用に関する研究. *北海道林業試験場研究報告*, 34: 1–58.