きしわだ自然資料館研究報告 *Bull. Nat. Hist. Mus. Kishiwada*, No. 6, 1-13, 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

岡本　素治 [1)]

Dendroclimatological study of a 300-year-old Japanese beech tree from the beech forest of Mt. Izumikaturagi, a national natural monument of Japan

Motoharu Okamoto [1)]

Abstract: Dendroclimatological study was carried out on a trunk specimen of about 300-year-old Japanese beech (*Fagus crenata* Bl.) from the national natural monument beech forest on Mt. Izumikaturagi, 34.35 N, 135.43 E, 858 m alt., standing near to the warmer limit for Japanese beech. 278 annual rings were counted in the trunk of ca. 80 cm diameter at about 60 cm high from the ground level. Ring width fluctuation of ten-year intervals resembles to the reconstructed temperature fluctuation of the past 1,000 years. Instrumental records, available since 1883 in Osaka, revealed that a significant but not strong correlation is present between the yearly mean temperature and the ring width ($r = 0.430$, $N = 90$, $p < 0.001$), while it becomes strong when compared in ten-year averages ($r = 0.866$, $N = 10$, $p < 0.001$). The former's ambiguity may be brought about by the years of sharp decrease of ring width increments, perhaps in the mast-seeding years that occur irregularly at 5- to 10-year intervals. The positive correlation seems to be caused by elongation of the growing periods through the earlier spring flush in warmer years. In contrast to many previous studies, precipitation data (annual, seasonal, current years, nor previous years) show no correlation to the ring width fluctuations. Recovery marks from branch cuttings by local folk are frequently seen in the trunk (corresponding to the ages of about 50 to 100 years ago) and on the bark.

Key words: Dendroclimatology, *Fagus crenata*, temperature-ring width correlation, mast-seeding

キーワード：年輪気候学，ブナ，気温と年輪幅，降水量と年輪幅，開花結実と年輪幅

はじめに

和泉葛城山ブナ林は大正 12 年（1923 年）に国の天然記念物に指定された．「ブナの分布上限界地域に近い畿内地方にあって，ブナの天然林が残っており，森林植物分布上重要である」と，指定の第一理由が述べられている（吉井，1921）．この森は，山頂に祀られる高鼉神社（八大竜王社）の社寺林として，というよりこの森自体が水源を涵養する尊くありがたい守り神であるとして，古くから地元の人々により守られてきたものである．地元の人々にとって，このブナ林の森林分布上の重要性などは知る由もなかったであろうが，森の主木としてのブナの重要性は認識されていたと思われる．指定趣意書の記述からは，当時は下層木については数年ごとに伐採されていたようであるが，その際にブナの幼木には一定の配慮がなされていたかもしれない．

昭和 30 年（1955 年）の岸和田高校生物部の調査を皮切りに，夕陽丘高校生物部（1971 年），高津

Contributions from the Natural History Museum, Kishiwada City, No. 36 (Received December 28, 2019)
1) きしわだ自然資料館館長 Director of the Natural History Museum, Kishiwada City
きしわだ自然資料館 〒 596-0072 大阪府岸和田市堺町 6-5
Natural History Museum, Kishiwada City 6-5 Sakaimachi, Kishiwada, Osaka, 596-0072 Japan

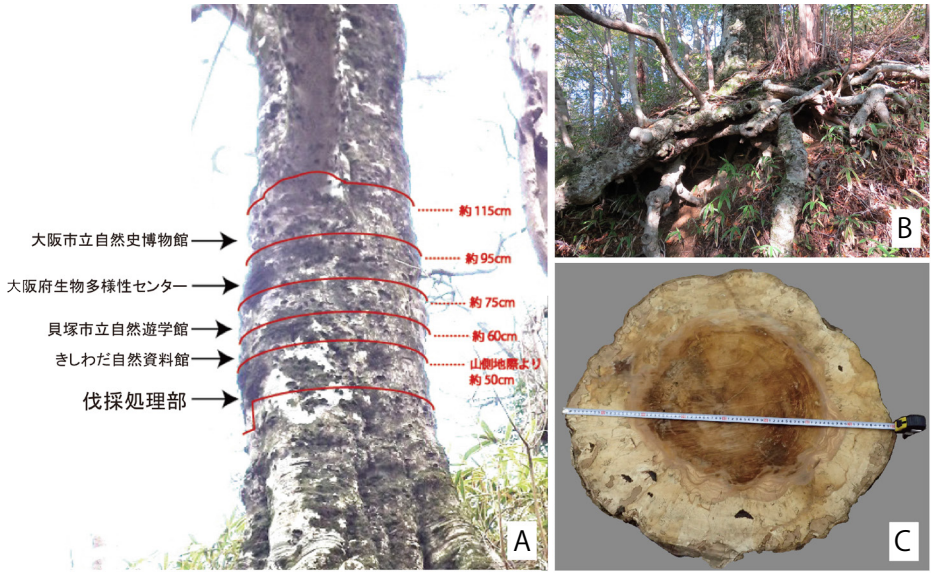

図 1. ブナ材幹標本と生時の姿．A：生時の姿と材幹標本収蔵施設（2017 年 3 月 4 日，田中正視氏撮影），B：道路拡幅とその後の浸食により太い根が露出している（2013 年 10 月撮影），C：材幹標本（直径約 80 cm）．

高校生物部（1980 年），山滝中学校（1980 ～ 1982 年），大阪府高等学校生物教育研究会（1984 年～）などの調査が行われた．1988 年に専門家による「和泉葛城山ブナ林保護増殖委員会」が発足し，その指導の下に（財）大阪みどりのトラスト協会による管理が行われている．これらの調査・保全活動により和泉葛城山ブナ林の実態が明らかになってきたが，天然記念物として現状保全を基本とするという制約もあり，森の歴史の語り部たり得る大木の年輪を調べた報告は見あたらない．

2017 年 3 月末に，登山道への倒壊の危険を未然に防ぐとして，胸高直径約 80 cm の大木が伐採された．新芽を抱えながら倒されたブナを悼みつつ，天然記念物樹林の管理のあり方の議論が行われ，それと併行して，このブナを貴重な歴史の「語り部」として残す術が検討された．諸手続を経て，2018 年 12 月に 4 枚の材幹標本が切り出され，きしわだ自然資料館，貝塚市立自然遊学館，大阪市立自然史博物館，大阪府生物多様性センターにそれぞれ収蔵保管されることになった（図 1A）．

本報告は，きしわだ自然資料館に収蔵保管されている材幹標本の解析結果で，この標本は上記 4 標本のうち，最も下部から得られたものである．

材料と方法

本樹はトラスト協会の標識ナンバー【N43】にあたる株で，和泉葛城山山頂（標高 858 m）から北北西に延びる尾根筋の標高約 800 m の小鞍部付近に生育していたものである．西向き小斜面の頂部近くに立ち，古くに行われた登山道の拡幅とその後の浸食により，斜面下部がえぐられて太い根が露出していた（図 1B）．材幹標本が取得されたのは，斜面山側の高さ約 50 cm から約 65 cm の部位で，標本上面の谷側地際からの高さは約 145 cm であった．

伐採当初は切断面の全面が赤褐色を呈していたが，2 回の夏を経た標本採取時には，周辺部から腐朽が進み辺縁部の 1 / 2 径は灰褐色に変色していた（図 1C）．腐朽が進んだ辺縁部の年輪カウントは大変困難であったため，伐採当初に確保しておいた受け口材の観察で補った．受け口材で観察したのは，

本樹の山側（東側）高さ約 30 cm の面である．

年輪観察は，彫刻刀で新鮮な面を切り出し双眼実体顕微鏡下で行った．腐朽の進んだ辺縁部については，樹幹東側の受け口材の観察を中心とした．

結果と考察

材幹標本の概観と年輪カウント

材幹標本の断面はほぼ円形で，最大直径は樹皮を含めて約 80 cm（図 1C），厚さは最厚部分で 15.5 cm，最薄部分で 12 cm であった．

年輪は，上面（高さ 65 cm），下面（高さ 50 cm）とも 278 年を数えることができた．最外は 2016 年に成長した年輪なので，最内の年輪は 1738 年（元文 3 年）を示していることになる．標本上面で計測した各年の年輪幅を折れ線グラフ形式で示す（図 2）．図 3 は年輪が同心円であると仮定して算出した，各年の年輪面積の変動を示している．

平均気温と年輪

図 2，3 から明らかなように，ブナの年輪は単純に気候変動を反映しているとはとても思えない細かい変動を示す．年輪幅変動の大きな傾向を見るために，10 年刻みの年輪幅，年輪面積の変動を図 4 に示した．

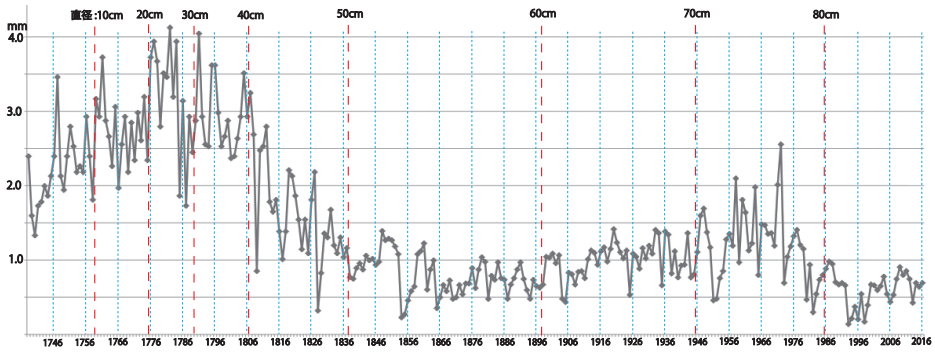

図 2. 年輪幅の変遷．破線は 10 cm ごとの直径階（樹皮を含む）に達したおよその年代を示す．

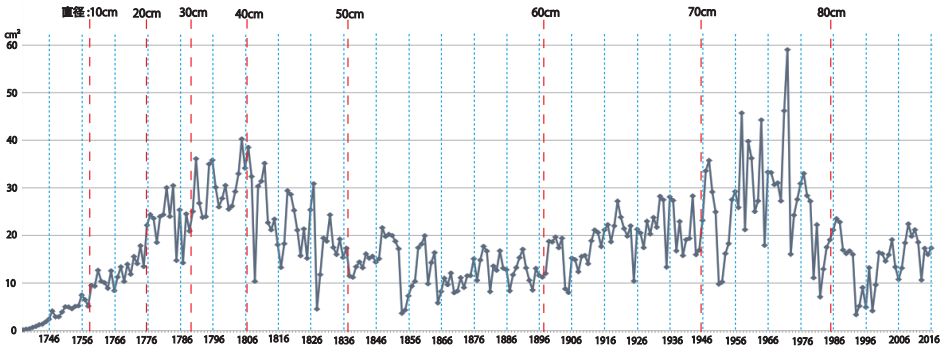

図 3. 年輪面積の変遷．

図4には同時に，林内に生じたギャップに生育する実生木の，理論的に推定される生長曲線を示した．この仮想木は，光合成産物のすべてを枝葉とそれを支える幹に再投資する．当初は他樹に被陰されることなく生長し，安定樹形に達すると相似形を保って生長を続け，林冠が閉鎖する時点に近づくにつれて他樹の影響がしだいに強くなっていくと想定した．気候的要素は一定とすると，このような仮想木では，年輪幅は，初期には効率よく拡大再投資されるので，しだいに広くなっていき，安定樹形に達すると等幅の年輪が続く．やがて近隣木との相互干渉が生じて年輪幅はしだいに狭くなり，林冠閉鎖に至る．林冠閉鎖後は年輪形成に向けることのできる生産物量は一定であるが，積み重ねの基礎となる幹直径がしだいに太くなるので，年輪幅はしだいに減少していく．一方の年輪面積は，林冠閉鎖に向けてS字カーブを描いて増大していく．等幅の年輪幅が続く安定生長期には，幹の断面積は2乗関数的に増大するが，毎年の増大分である年輪面積はほぼ直線的に増大する．初期には年輪幅がゆっくり増大することと，林冠閉鎖に近づく時期には生長のカーブがゆるくなることでS字曲線が生じる．林冠閉鎖後は，生産物量はほぼ一定であると想定されるので，総生産物量の指標である年輪面積は一定の値をキープする．以上が図4の理論的生長曲線の意味するところである．

理論曲線と，当標本の実際の曲線との著しい違いは年輪面積に見られる．本樹が林冠に達して林冠が閉鎖したのは，1800年頃と思われるが，その後一定の値を保つと期待される年輪面積が，1816年以降に急速に減少している．樹木の一般的な生長特性と異なっており，何らかの生長悪化の原因があったと推定することも無理ではないであろう．

生育環境の限界地に近い和泉葛城山のブナにとって，環境悪化としてまず思い浮かぶのは気温である．江戸時代は世界的にも小氷期と呼ばれる寒冷期に当たる．寒冷気候は暖帯限界に近い和泉葛城山のブナにとっては好条件である．江戸時代も末期になって，小氷期も終わりを遂げて温暖化に向かったのがこの時期なのではなかろうか，との推測が思い浮かぶ．この推測が実態を示しているか否かを確認するため，Mann et al.（1999）の北半球過去1,000年の気温変化（樹木や珊瑚の年輪データ，氷床コアデータ等を総合したもの）と対比させてみた（図5）．この図からは，1970年代半ばまでは，平均気温と当標本の年輪幅は明らかな正の相関を示していることが分かる．したがって，予想に反することではあるが，1800年（寛政12年）頃からの年輪幅の減少は，1900年（明治33年）頃を最寒期とする世界的な気温寒冷化を反映していると見るのが妥当であると考えられる．

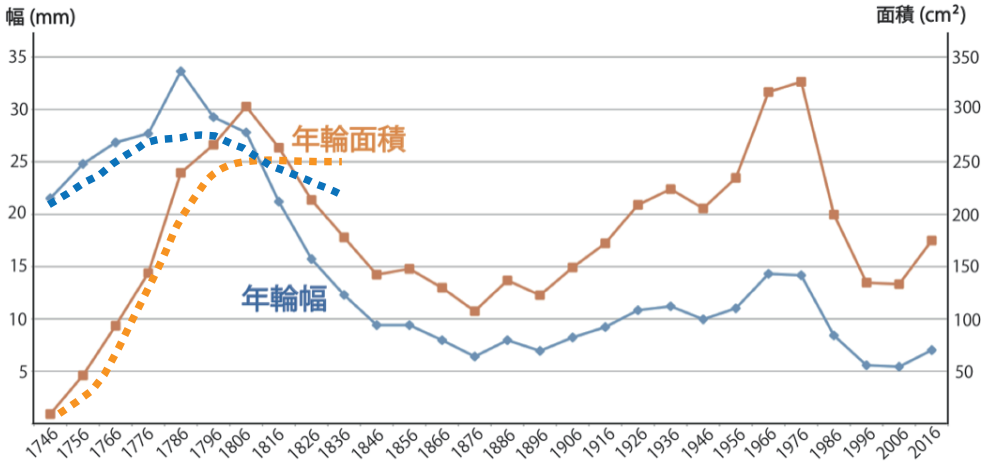

図 4. 10年刻みの年輪幅と年輪面積．太い破線は，ギャップに生育する稚樹が林冠層に達して林冠が閉じると想定した時の理論的生長曲線．

平均気温の高低と年輪幅の広狭の間に見られる正の相関を解析するために，気象庁から公開されている大阪気象台の 1883 年からの気象記録と年輪データとの対比を試みた．1883 年から 1970 年代半ばまでの 10 年平均気温と 10 年平均年輪幅は強い正の相関を示す（$r = 0.866$, $N = 10$, $p < 0.001$）．それ以降は，まったく異なる様相を示しているが，それは後に議論する．年平均気温の高低が季節ごとの気温のどのような差異を反映しているのかを見るために，5 日ごとの日平均気温の年間推移を，年輪幅の狭い時期である 1887 からの 10 年間の平均と，年輪幅が広い 1960 年からの 10 年間の平均をグラフ化した（図 6）．顕著なギャップが 4 月下旬から 6 月初旬にかけて見られる．この時期は気温的にブナの開芽時に当たる．ブナの仲間の年輪生長は開芽後すぐに始まり，葉が成熟する頃に最盛期に達し，盛夏には生長はほとんど止まっている（Michelot et al. 2012）．このような生長様式を踏まえると，開芽時期の遅早が年輪生長に大きく影響することが推定できる．半月から 1 月弱の開芽の遅れは年輪幅に大きな差を与えた可能性がある．これが江戸時代にまで外挿できる保証はないが，和泉葛城山のブナの年輪生長に年平均気温が影響を及ぼしたことの大きな要因のひとつとして生長期間の長短をあげることができるであろう．

平均気温がさらに上がった 1996 年からの 10 年間についても同様の解析を行ったが（図 6），ここでは開芽初期の高生長期間は長くなっているにもかかわらず，年輪幅は減少している．上記の理由では説明がつかず，別の原因を考える必要がある．図 6 からは，ブナの生長適温の上限を 22 ～

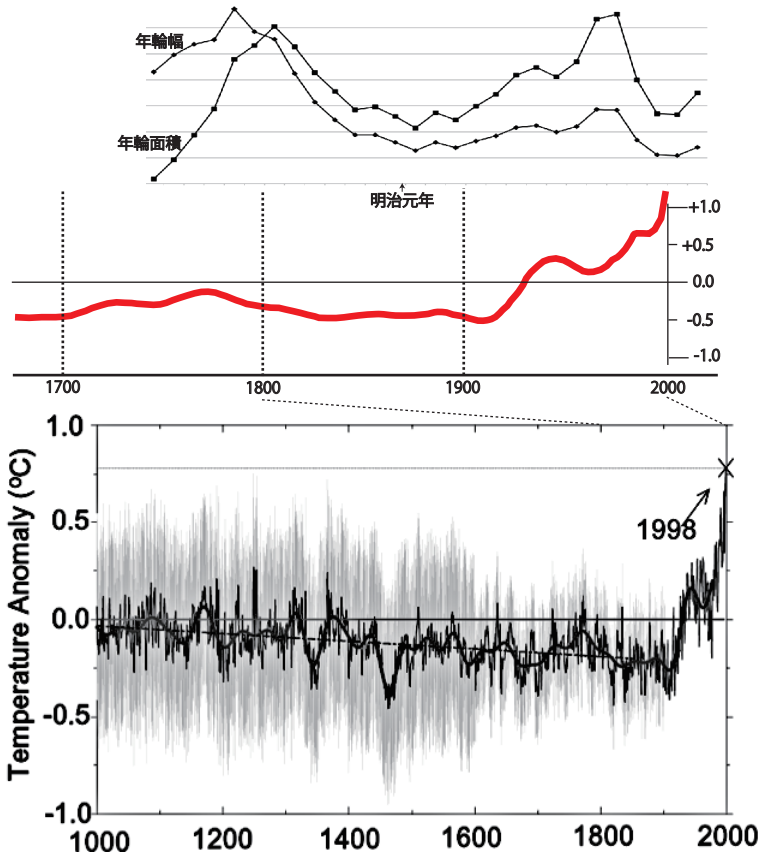

図 5. 10 年刻みの年輪幅，年輪面積と Mann et al.（1999）による北半球過去 1,000 年の気温変遷との対比．

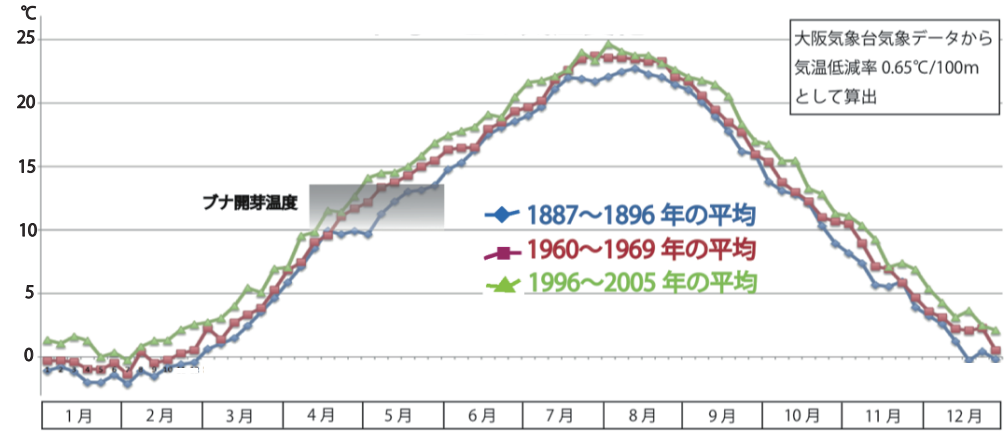

図 6. 半旬ごとの平均気温変化．ブナ開芽期の日平均気温は黒田ほか（2001）の八ヶ岳東山麓のデータから推定．年代によりこの時期の平均気温に大きな差が出ている．

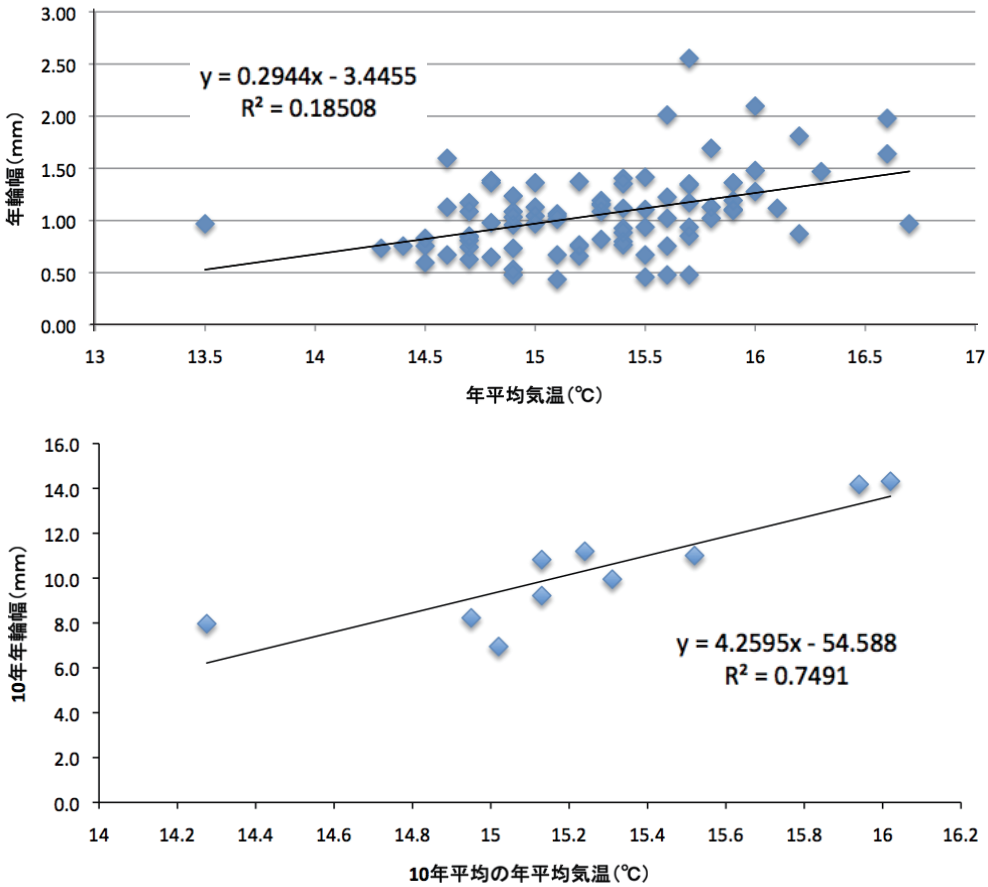

図 7. 年平均気温（大阪）を横軸に年輪幅を縦軸にとった 1883 年～ 1972 年の年輪幅の散布図.

23 ℃とすれば，夏が早く来ることにより生長適期が短縮されることになるが，それだけではこれほど急激な生長悪化は考えにくい．また，2000 年代以降はさらなる気温上昇にもかかわらず年輪幅は回復傾向にあることが説明できないであろう．この木の個別事情にまで考察を広げる必要がある．

本樹の特殊な事情として，登山道わきに生育しており，かつての登山道拡幅とその後の浸食の影響で太い根が露出するまでになっていたということがあげられる（図 1B）．1970 年代以降の年輪幅の増減は，立地環境の急激な悪化と，それからの回復過程を反映しているのではなかろうか．道幅拡幅の確定的年代はつかめなかったが，1970 年ごろには現在の道幅であったという林業従事者の証言を得ている．その後の雨水などによる浸食で斜面基部が崩壊して本樹の根が露出し始めたのが，1970 年代半ば以降であった可能性が強いと考える．

10 年刻みの平均気温と年輪幅で見ると強い相関が容易に認められるのに対し，1 年刻みで分散図を描くと，相関が見えにくくなる（図 7）．統計的には有意な相関があるのではあるが（$r = 0.430$, $N = 90$, $p < 0.001$），しばしば現れる極端な年輪狭小化年が相関を弱めているのだと思われる（図 2）．この極端な年輪幅変化をもたらした気温要因を探したが規則性は見あたらなかった．ブナ類の葉の芽は前年の夏前に準備される（Fritts, 1962），春の年輪形成は前年の貯蔵物質の影響を受ける（Skomarkova et al., 2006），等さまざまな理由で前年の気候が当年の年輪幅に影響を与えると言われている（Hacket-Pain et al., 2015）．そのために前年の平均気温，8 月の平均気温等と年輪幅の対応も検討したが，年輪幅が極端に変動した年を統一的に説明する規則性は見られなかった．気温などの気候要素の変動に対するブナの反応は複雑であり，単純に年輪幅に現れるものではないことを示しているのであろう．光合成による総生産量は年々の気候要因に相関すると思われるが，それをどこにどれだけ配分するかは，その年々のその株の，おそらく開花結実に関連した状況によって異なり，その周期を超える 10 年程度の平均で見た時に傾向が顕著に現れるということなのだと思われる．

降水量と年輪

気象庁による大阪気象台 130 余年の年降水量データと年輪幅データを対比させたものが図 8 A-B である．年降水量と年輪幅の分散図を描いてみたが，相関関係はまったく見られなかった（$r = 0.096$, n.s.）．ブナの葉の芽は前年の夏にはすべて形成されている．したがって，前年の夏前の気象条件，特に降水量が当該年の葉量を規定することになり，それが年輪幅に影響を与えるという研究もある（Fritts, 1962）．しかしながら，前年の 5 月，6 月の降水量との対応関係も，当該標本の年々の年輪幅変動を説明する要因とは考えにくかった（図 8 A-C）．

ブナの生長にとって，一定量以上の降水量があれば，それ以上は無関係という可能性もある．その意味で少雨年との対応が注目される．図には年降水量 1,000 mm 以下の年を * 印で示しているが，年輪幅減少年との規則的な関係を見出すのは困難である．1994 年は大阪気象台が観測を開始して以来の少雨年であったが，この年は年輪狭小年と一致している．しかし，この年には年輪狭小化の別の要因もあるので，後の節で議論する．

年ごとの降水量と年輪幅との間には相関関係はまったくと言っていいほど認めることはできなかった．10 年刻みの平均をとっても，年輪幅との相関関係はまったく見られなかった．ブナは水分要求の強い樹種として知られており，ヨーロッパブナやアメリカブナなどでは降水量との相関が認められているが（Fritts, 1962；Tardif et al., 2001 など），意外にも，和泉葛城山北斜面では降水量は年輪幅変動を説明する要因とはなっていないと結論づけざるを得なかった．土地の保水性に関して，北斜面であるという優位性に加えて，母岩自身の保水能力も高いのかもしれ

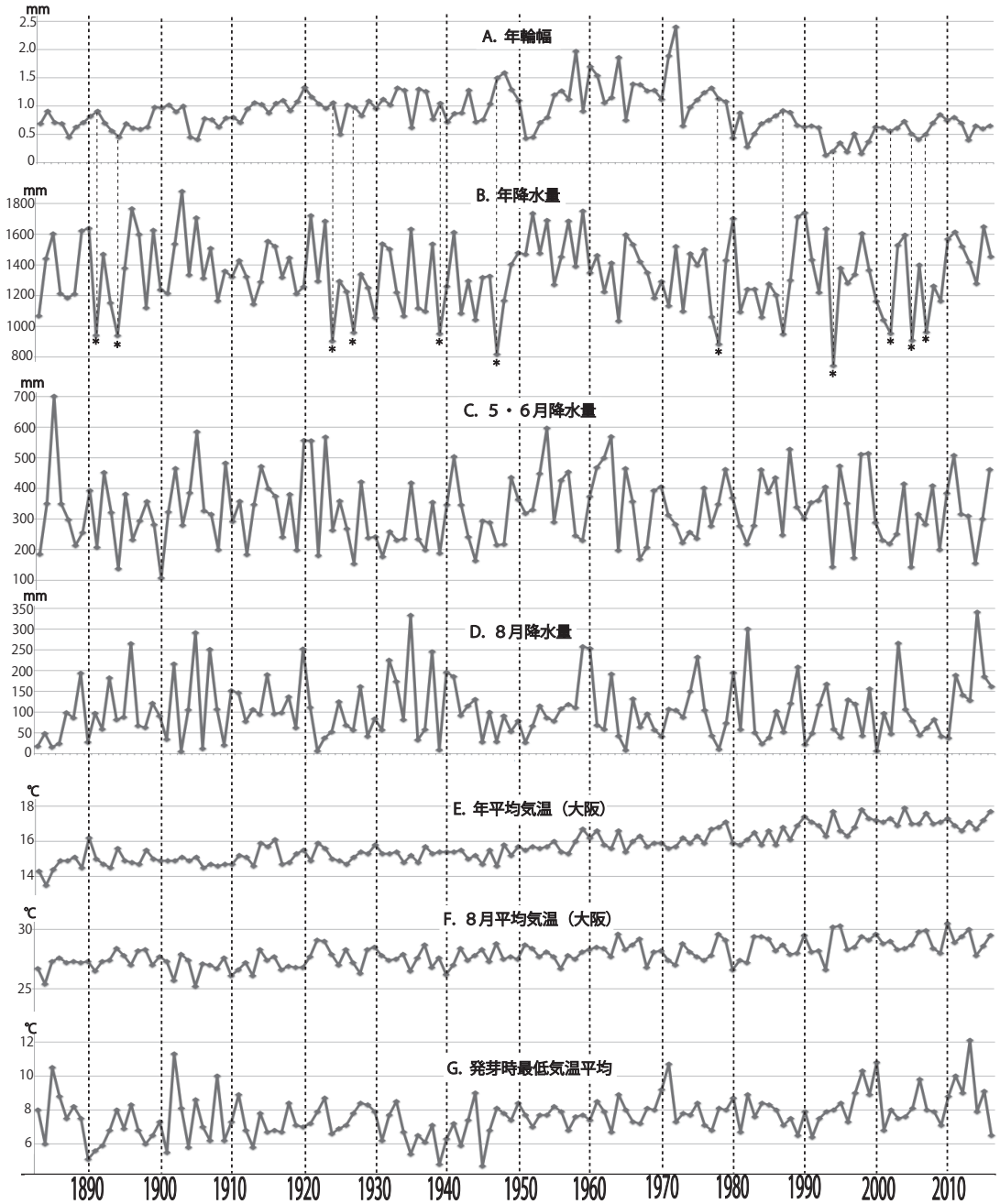

図 8. 気候要素と年輪幅.「発芽時最低気温平均」は，黒田ほか（2001）から推定した発芽時以降 1 ヶ月の旬最低気温の平均値.

ない．和泉層群の砂泥互層は南に傾斜しており，当地の土壌面は急傾斜の層理面を直角に近い角度で切っている．風化の進んだ泥岩部分に太い根が侵入していることもしばしば見られる．

降水量と和泉葛城山ブナの年輪幅に関しては，ぜひとも触れておきたいエピソードがある．今から約160年前，嘉永5年（1852）と嘉永6年（1853）に，西日本一帯を襲った，人々の記憶に永く残るような大干ばつがあった．両年とも，5月から8月にかけて（新暦換算），数度の夕立のほかには雨が降らなかった．和泉葛城山では，領主の参拝も含めて何日も籠りきりで雨乞いが行われた（岸和田市教育委員会，1967）．大正13年（1924）もひどい干ばつ年だったようであるが，この年が，70年来の大干ばつとされていることからも（荻田，1987），嘉永5年，6年の干ばつが記憶に残る大干ばつであったことがうかがえる．

一方，本標本にも約160年前に2年連続する狭小年輪が見られる（図9）．慎重に年輪カウントを繰り返したが，狭小年輪は1854年と1855年に相当するという結論に達した．干ばつによって当該年の年輪幅が狭くなったとは言えないことになる．1853年の生育期の干ばつが54年の葉量減少と狭小年輪をもたらした可能性も考えられるが，それでは1852年の干ばつが1853年の年輪幅に大きな影響を与えなかったことが説明できない．前年の総雨量が土壌水分の蓄積量を規制し，当年の年輪幅に正相

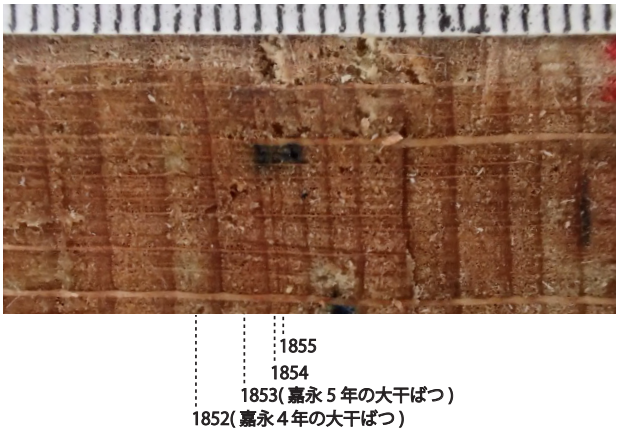

図 9. 約160年前の狭小年輪と関連した出来事．スケールは1目盛り0.5 mm.

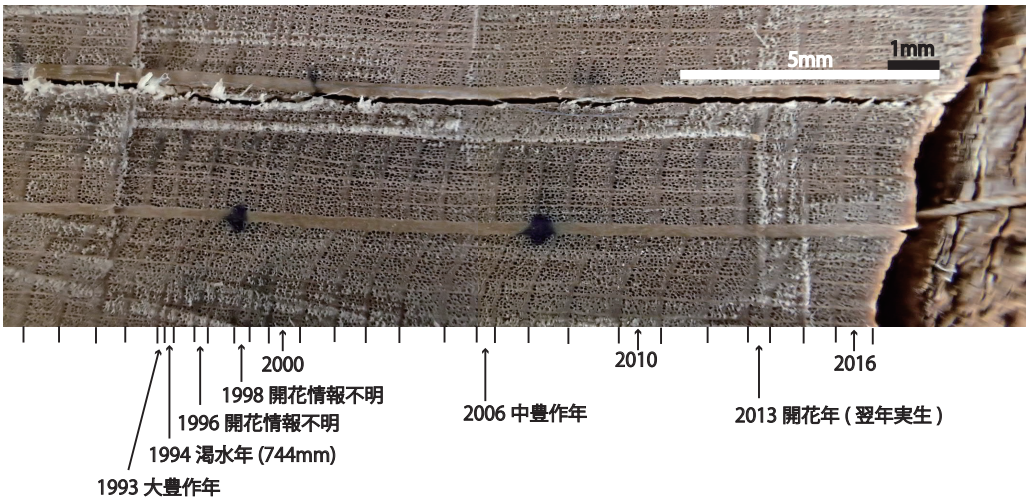

図 10. 最近30年の年輪と気象および和泉葛城山のブナ開花イベント．開花年には年輪幅が狭い傾向が見られる．

関の影響を及ぼすという報告もある（Kwiaton & Wang，2015）．これを踏まえると，2 年続きの大干ばつでブナ林が和泉葛城山の土壌水分を吸い尽くしたという可能性も検討する必要がある．しかし，それだけでは，干ばつが解消した後に狭小年輪が 2 年続くことは説明しにくいであろう．2 年連続した狭小年輪については別のメカニズムの可能性を次節で議論する．

開花結実と年輪

ブナが 5 ～ 10 年程度の間隔レベルで不規則に開花結実することはよく知られている．豊作年には年輪幅が狭小となるという研究もある（澤田ほか，2008；Rodriguez-Ramirez et al., 2019）．開花結実と年輪幅との関係を解析するために，和泉葛城山の近年の開花結実記録と当該標本の年輪幅との対比を試みた（図 10）．一定の基準に則った継続観察の記録ではないが，豊作年に年輪幅が狭小になるという傾向は見られるように思われる．

1993 年は和泉葛城山ブナ林の調査保全に関わる多くの関係者の記憶に残る大豊作年であった．この年は年輪幅計測年中で最も狭い値となった．年輪面積に換算しても，初期生長期を除くと，1854 年と同程度の極小値となっている（もっとも，立地環境の悪化が起こっている可能性のある時期であることを割り引かねばならないが）．注目すべきは，他の中規模の豊作年が 1 年限りの狭小年輪を示しているのに対し，2 年続きで狭い年輪幅を示している点である．1994 年は大阪気象台観測開始以来の少雨年であった．これが極小年輪をもたらした可能性もあるが，少雨年と狭年輪幅年の対応関係は和泉葛城山では明らかではないことを前節で議論した．大豊作と関連した生育フェノロジーを示しているのかもしれない．2 年連続した狭小年輪は他にも見られる．新しい方からあげると，1993-94 年，1951-52 年，1904-05 年，1854-55 年は確実に同じパターンと言えるであろう．狭小化の程度は少し落ちるが，2006-7 年，1944-45 年，1870-71 年，1846-47 年も同パターンである可能性がある．一方で，1935 年，1925 年のように急激な年輪幅減少が 1 年限りで回復している年もある．ブナの開花結実現象は複雑で，一口に「豊作年」とくくれるようなものではなく，大山ほか（2008）が言うように，その規模や集団内での同調の程度などによりさまざまな様相を示すものなのだと思われる．開花結実と年輪狭小化の関係について以下に若干の考察を試みる．

豊作年には葉も小さく全精力を繁殖に注いでいるように見えるという言は，ブナ林観察者からしばしば聞かれるが，実態を明らかにした研究は少ない．澤田ほか（2008）は秩父のブナ林，イヌブナ林の動態から開花年には年輪幅と葉数・葉量の減少が見られることを明らかにしている．翌年には葉量は回復するが，年輪幅は減少したままであることが多い．開花年の年輪幅減少は葉量減少による生産

図 11. 材幹標本に見られる黒斑．

図 12. 黒斑に相当する部位の樹皮に見られる枝切り痕と思われる窪み．

量の減少と種子への投資のためであるとし，翌年の狭小年輪については，市栄（2006）を引用して開花で消費された貯蔵物質の回復過程にあるためであるとした．市栄（2006）の茨城県北部でのデータによると，開花終了時には枝や幹に貯蔵されていた炭水化物の半分程度が消費され，3 年位かけて回復しているように見える．開花年の葉量や結実の度合いの記述はないが，大豊作の年であれば，貯蔵物質の残りの部分も種子充実に回されて，回復にもっと時間がかかることもあるのではなかろうか．

一方で，Yasumura et al.（2006）の八甲田山のブナ林の研究では，開花年にも葉量は減少せず，年輪幅もすべての開花年で減少するわけではないということが示されている．開花の規模や集団内での同調の程度，結果としての結実の規模の違いにより，そしてまたおそらくは地理的に分化した集団の特性によっても（Masaki et al., 2008），ブナのマスティング現象はさまざまな様相を示すのだと思われる．

マスティング現象を理解するためには貯蔵物質という概念は必須であろう．さらに，ブナ科のように雄花と雌花の分化が著しい風媒花の雌雄同株植物の場合には，雄機能と雌機能への投資量の配分や時間的ズレが問題となる．雄花は開花時までに完成されておらねばならず，雌花は極端に言えば柱頭だけが完成しておけばよい．雌機能で資源を必要とするのは，受粉・受精後の種子充実時である．市栄（2006）のデータに対する，貯蔵物質の半分は種子充実用ではないかという推察はこの考えによる．受粉や受精がうまく行かなかったり，早期の虫害にあったりしたときには，貯蔵物質は繰り越せばよいのである．これまでの研究では，雄花生産に言及したものがあまり見られないように思われる．雄花は濃密に資源が投入された器官であり，単に乾燥重量では比較できないコストがかかっている．炭水化物だけでなく，窒素やリンも大量に必要とする．Miyazaki et al.（2014）は窒素の蓄積が花成遺伝子の発現を規制していることを見出し，窒素施肥により開花が促進されることを証明している．

以上のような考察により，当該標本に見られる極端な年輪幅狭小化は開花年である可能性が強く，その中でも 2 年連続する狭小年輪は大豊作年とその翌年であった可能性が強いと考える．1854-55 年の 2 年続く狭小年輪も，2 年続きの大干ばつの刺激で 1854 年に一斉開花・結実が起こったことを示しているのかもしれない．

集団内での同調性が見られることから，何らかの気候的要因が開花（花芽分化）の合図となっていることが期待される．前年夏の高温（Masaki et al., 2008），前年春の低温（今，2009）など，さまざまな要因が挙げられている．これらの他，前年の年平均気温，8 月の降雨量，5 月 6 月の降雨量なども検討したが，和泉葛城山ブナ林の 1993 年の大豊作を説明する気候要因を見付けることはできなかった．年輪幅狭小化年を開花年と仮定して，過去に遡って，その前後の年の気象記録も検討してみたが，状況はますます混乱するばかりであった（図 8）．

和泉葛城山でブナの枝切りが行われていた時代があった

本樹の樹幹断面には，外に向かって開いた弧状の黒い斑紋がしばしば見受けられる（図 1C，11）．その一部は明らかに樹皮の巻き込みによるもので，樹皮の構造が残っているが，多くの黒い斑紋は，タマネギのように薄層が積み重なった複雑な構造を示している．斑紋の位置に相当する樹皮には図 12 のような楕円形の窪みが見られる．これは庭木等によく見られる，枝が切りとられて露出した材面を，樹皮が覆って修復した痕であると思われる．

注意して見ると本樹の樹皮にはおびただしい数の修復痕が見られる（図 1A）．この密度は，ブナの通常の分枝様式から出る枝の数を超えていることは明らかである．また，通常の分枝であれば，幹本体の年輪との連結構造が見られるはずであるが，この斑紋に関しては，それ以前の幹の年輪とのつながりは見られない．おそらく人為による何らかの原因で，不定芽が生じたか，潜伏芽が活動を始めた

ものと思われる．そうして生じた枝を，何年か後に切り払っていたのであろう．

このような黒斑が見られるのは，今から 100 年くらい前から 50 年くらい前にかけてで，明治の末期から終戦後の一時期までに相当する．はじめにも述べたように，天然記念物に指定された当時には，下層木の伐採は認可されていたようであり，ブナにもまったく手を付けないということではなかったようである．

まとめ

国指定天然記念物「和泉葛城山のブナ林」から得られた樹齢約 300 年のブナ材幹標本の年輪解析を行った．山側高さ約 60 cm の面で直径約 80 cm，278 年の年輪を数えることができた．

10 年刻みで年平均気温と年輪幅を対比させると，Mann et al.（1999）による北半球過去 1,000 年の気温変動のカーブとよく一致していた．大阪気象台の 1883 年からの気象記録と対比すると，1970 年代初頭までは，年平均気温と年輪幅には相関が見られた（$r = 0.430, N = 90, p < 0.001$）．10 年刻みで散布図を描くとさらに明瞭な強い相関が見られる（$r = 0.866, N = 10, p < 0.001$）．1970 年代半ばからは本樹に固有の環境悪化があったように思われる．気温と年輪幅の正の相関をもたらしている要因として，開芽期の早遅による生長期間の長さが大きく影響していると考えられる．

年降水量と年輪幅には相関関係や規則的な対応関係は見いだせなかった．西日本では約 160 年前に 2 年続く大干ばつがあった．本標本にも約 160 年前に 2 年続く狭小年輪がある．しかし，狭小年輪は干ばつの後の 2 年であった．

最近 30 年の年輪幅と和泉葛城山のブナ開花情報を対比させると，開花年には年輪幅が狭い傾向が見られた．それ以前の年輪に見られる極端な狭小化年も，開花結実年であった可能性が高い．狭小年輪は 2 年続くことがしばしば見られる．光合成産物が，大豊作の年に使い果たした貯蔵物質の回復に回されているのだと考えられる．

本樹の年輪中には外に向かって開いた弧状の黒斑がしばしば見られる．それに対応する樹皮部位には枝の切り痕を修復したと思われる窪みが見られる．幹本体の年輪との繋がりは見られないので，不定芽または潜伏芽が何らかの原因で芽吹き，それを何年か後に切りとっていたのだと思われる．明治の終わりから終戦後の一時期にかけては，ブナにも全く手つけないというわけでもなかったようである．

謝　辞

渡辺昌造氏は材幹標本を公的機関に収納するために尽力された．田中正視氏には本樹の生時の写真の他，さまざまな情報の提供をいただいた．記して感謝いたします．

引用文献

Fritts, H. C., 1962. The relation of growth ring widths in American beech and white oak to variations in climate. *Tree-Ring Bulletin*, 25 (1-2): 2-10.

Hacket-Pain, A. J., Friend, A. D., Lageard, J. G. & Thomas, P. A., 2015. The influence of masting phenomenon on growth-climate relationships in trees: explaining the influence of previous summers' climate on ring width. *Tree Physiology*, 35 (3): 319-30.

市栄智明 , 2006. 結実の豊凶はなぜ起こる？ 森林の生態学 長期大規模研究からみえるもの (種生物学会編) . pp. 59-62. 文一総合出版 , 東京 .

岸和田市教育委員会 , 1967. 葛城峰宝仙山萬覚書 . 100 pp. 岸和田市教育委員会 , 岸和田市 .

黒田吉雄・内田熄二・佐藤美穂 , 2001. ブナ・ミズナラの開芽・開葉に与える晩霜の影響 . 森林立地 , 43 (2): 75-82

今博計 , 2009. ブナにおけるマスティングの適応的意義とそのメカニズム . 北海道林業試験場研究報告 , 46: 53-83.

Kwiaton, M. & Wang, J. R., 2015. Radial growth responses of four deciduous species to climate variables in central Ontario, Canada. *American Journal of Plant Sciences*, 6 (14): 2234-2248.

Mann, M. E., Bradley R. S. & Hughes M. K., 1999. Northern hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties, and limitations. *Geophysical Research Letters*, 26 (6): 759-762.

Masaki, T., Oka, T., Osumi, K. & Suzuki, W., 2008. Geographical variation in climatic cues for mast seeding of *Fagus crenata*. *Population Ecology*, 50 (4): 357-366.

Miyazaki, Y., Maruyama, Y., Chiba, Y., Kobayashi, M. J., Joseph, B., Shimizu, K. K., Mochida, K. Hiura, T., Kon, H. & Satake, A., 2014. Nitrogen as a key regulator of flowering in *Fagus crenata*: understanding the physiological mechanism of masting by gene expression analysis. *Ecology Letters*, 17 (10): 1299-1309.

大山智子・小山浩正・高橋教夫 , 2008. 個体からみたブナ林の豊凶現象 - 開花と年輪幅の関係 - . 日本森林学会第 119 回大会講演要旨 .

荻田昭次 , 1987. 大正の衣摺 . きずり・もっこう , 7: 6-11.

Roddriguez-Ramirez, E. C., Terrazas, T. & Luna-Vega, I., 2019. The influence of climate on the masting behavior of Mexican beech: growth rings and xylem anatomy. *Trees*, 33 (1): 23-35.

澤田晴雄・梶　幹男・大村和也・五十嵐勇治 , 2008. ブナ類 2 種（*Fagus crenata* Bl. and *Fagus japonica* Maxim.）の豊凶現象が樹体の成長に与える影響 . 日本林学会誌 , 90 (3): 129-136.

Skomarkova, M. V., Vaganov, E. A., Mund, M., Knohl, A., Linke, P., Boerner, A. & Schulze, E.-D., 2006. Inter-annual and seasonal variability of radial growth, wood density and carbon isotope ratios in tree rings of beech (*Fagus sylvatica*) growing in Germany and Italy. *Trees*, 20 (5): 571-586.

Tardif, J., Brisson, J. & Bergeron, Y., 2001. Dendroclimatic analysis of Acer saccharum, *Fagus grandifolia*, and *Tsuga canadensis* from an old-growth forest, southwestern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: 1491-1501.

Yasumura, Y., Hikosaka, K. & Hirose, T., 2006. Resource allocation to vegetative and reproductive growth in relation to mast seeding in *Fagus crenata*. *Forest Ecology and Management*, 229 (1-3): 228-233.

吉井義次 , 1921. 大阪府及徳島県下の植物 . 調査報告第 27 号 . pp. 114-124 + 2. 内務省 .