

(論文)

## コナラ晩材幅の経年変化と気候変動との関連性

古川 郁夫\*・藤本多恵子\*

Latewood-width and Climate Correlation in *Quercus serrata*  
grown under Complacent Conditions

IKUO FURUKAWA \* and Taeko FUJIMOTO \*

## Summary

A clear correlation was found between latewood-width (radial growth) of adult Konara trees (*Quercus serrata*) grown under complacent conditions and climate elements such as temperature and precipitation during the growth period. The temperature of June negatively affected radial growth, but the August temperature affected this growth positively. The precipitation of June and July negatively affected radial growth; that is, greater amounts of water led to lesser radial growth of Konara trees.

## I 緒 言

樹幹の肥大成長には周期的なパターンが存在し、それには気候要因の周期的な変動が強く影響している。とくに、森林限界や降雨量の少ない乾燥地域に生育している樹木には、気候の変化が年輪構造に明瞭に記録されていることが多い。このような樹木の記録性を用いて年輪形成年代の確定や過去の気候復元に応用する手法は年輪解析法と呼ばれ、近年、環境科学の手法として再び関心を集めつつある (1,2)。

年輪解析法は樹木の生育が気候因子によって規定されている場合には大変有効な手法である。ところが環境条件に恵まれた場所 (complacent place) に生育している樹木には、その場所の気候変化が木部組織構造内にどのように記録されているのか、あまり良く分かっておらず、とくに広葉樹についての研究例はほとんどない (3)。

そこで本研究では、暖温帯地域の恵まれた環境条件下で生育しているコナラを研究の対象とした。鳥取大学蒜山演習林には約200haにわたってほぼ純林状態のコナラ二次林が存在する。このコナラ林から約50年生のコナラ壮齢木を試料に選び、これらの成熟材部の年輪構造、とくに晩材幅の経年変化と、それらが形成される時期の気候要素 (気温と降水量) の変動との相関性について検討した。

---

\*鳥取大学農学部生存環境科学講座: *Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University*

なお、本研究の一部は第48回日本木材学会大会（静岡）において発表した（4）。

## II 供試材料と解析方法

### 1 供試木

鳥取大学蒜山演習林（岡山県真庭郡川上村）の第18林班の尾根筋から3本（記号A, B, C）と第28林班の斜面中腹から3本（記号D, E, F）を1996年9月から10月にかけて伐倒した。断面高1.2m（胸高部位）における各供試木の年輪数はA号木が65年、B号木は41年、C号木は43年、D号木は55年、E号木は60年、そしてF号木は47年であった。また、試料木A～Cと試料木D～Fとでは水分ストレスの影響の受け方に違いがある可能性がある。晩材幅測定用の円板は断面高5.2mと9.2mからも採取し、晩材を形成した形成層の加齢効果（形成年齢）の影響についても検討した。

### 2 晩材部形成時期の確定

蒜山演習林に生育するコナラの晩材形成時期を確定するために、つぎのような実験を行った。演習林は標高約600mの所に位置しているため、平地に比べて年平均気温は数度低い。そのため樹木の成長は、生育開始が約1ヶ月遅れ、生育終了は逆に約1ヶ月早い。

このような場所に生育していた約60年生のコナラを1本選び、4月から10月にかけて毎月、これの樹幹部から形成層を含む木部小片を採取した。これらの小片からマイクロームで木口切片を作製し、木部の形成状況を光学顕微鏡で観察した。とくに孔圏部（早材部）の形成時期と孔圏外部（この領域の半径方向の厚さを本研究では孔圏外幅と定義し、この部分を本報では晩材部と呼ぶ）の形成時期に注目した。

### 3 晩材幅の測定と標準化（晩材幅指数値クロノロジーの作成）

各断面高の円板上に髓を通る2方向に測線を設け、測線に沿って連続木口切片を作製し、これらから各形成年ごとの孔圏外幅（晩材幅）を測定した。

まず、円板上に設けた各測線に沿って接線幅約5mmの半径ブロックを切り出した。つぎに木口切片を作製するために、半径ブロックをさらに小さなブロックに切り分けた。この際、切り分けたところで晩材幅の計測が分断することのないように、接線方向に対して約45度の角度でブロックを切り分けた。このようにして切り分けた小ブロックを煮沸軟化した後、マイクロームで約30 $\mu$ m厚さの木口切片を切削し、サフラニンで染色してから、永久プレパラートにした。

プレパラートを万能投影機で50倍に拡大投影し、スクリーン上で1975年から1994年形成年までの20年輪の晩材幅を0.1ミリの精度で計測した。これが実測値クロノロジーである。なお、孔圏と孔圏外の境界は孔圏道管の直径が急激に減少するところとした。コナラの孔圏はほとんどが単列であるが、複列のものもあった。

実測値クロノロジーには測線方向間や断面高間、さらに形成層の加齢効果や個体間での変動分が含まれているため、これらの変動分を除去する目的で標準化（もしくは規準化）処理を行った。標

準化の方法にはいろいろな方法が提案されているが、本研究では、3年移動平均法、5年移動平均法およびローパスフィルタ法の3方法によって標準化を試みた。これらの3方法でA、B、C号木の胸高部位での標準化処理をした後、指数値クロノロジーの類似性を検定した結果、3年移動平均法が上記の変動分の除去に最も適していることが分かった。そこで、本研究では3年移動平均法で標準化することによって晩材幅指数値クロノロジーを作成した。

#### 4 晩材形成期の気候要素と晩材幅指数値クロノロジーとの相関性

晩材部形成にもっとも関係が深いと考えられる6月、7月、8月の月別平均気温と月別総降水量は、試料木の生育場所に最も近い演習林事務所で観測した1973年から1996年までの気象観測値を用いた。この間において欠損している気象観測値は米子気象観測所のデータを利用して補完した。というのは、米子観測所と蒜山演習林の気象データの間には高い相関性が認められたため、米子観測所の観測値から蒜山演習林の気象データを推定しても差し支えないと考えた。実際には両者の観測値データ間で回帰式を求め、それを使って算出した。

晩材幅指数値クロノロジーと晩材形成期（ここでは7月、8月、9月の3カ月）の月別平均気温クロノロジー、あるいは月別降水量クロノロジーとの間の単相関性を調べた。

### Ⅲ 結果と考察

#### 1 コナラの晩材形成時期

標高600mから700mに位置する蒜山演習林におけるコナラ二次木部の成長期間（1996年5月22日

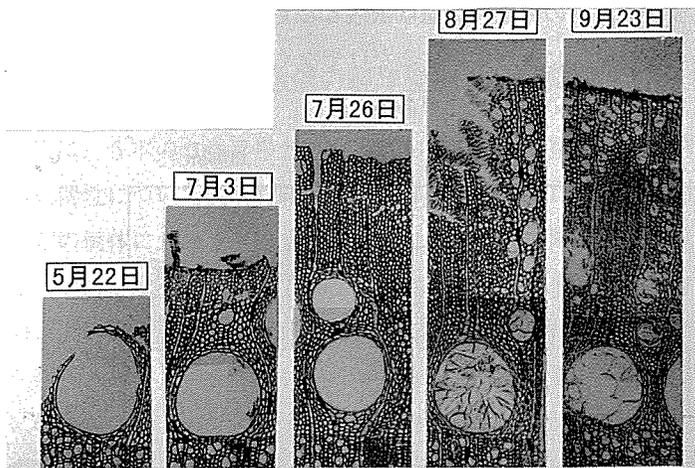


写真1 蒜山におけるコナラ二次木部の肥大成長の様子  
(1996年5月22日から同年9月23日の間)

から同年9月23日の間)での肥大成長の様子を写真1に示した。写真1からも明らかなように、5月22日の時点ではまだ孔圏部だけしか形成されておらず、その後に孔圏外部は形成された。しかしながら、8月27日時点と9月23日時点では肥大成長量（年輪幅）にほとんど違いがなかったことから、蒜山演習林においてはコナラの当年輪は8月中にはほぼ完成されることが判明した。

したがって、蒜山演習林におけるコナラの晩材部の形成時期は6月、7月、8月の3カ月間であると考えるてよい。

## 2 コナラ晩材幅指数値の経年変動と月別平均気温の経年変動との関連性

まず6本のコナラの3つ断面高（1.2m, 5.2m, 9.2m）における晩材幅指数値の経年変動と6, 7, 8月の月別平均気温の経年変動との単相関性を調べた。結果の相関係数は図1及び図2に示したとおりである。いずれの個体においても、またほとんどの断面高において、6月の気温、すなわち晩材部形成初期の気温は晩材形成にマイナスに強く作用し、逆に8月の気温は明瞭にプラスに作用していた。7月の気温は、このような作用の逆転が生じる時期にあたるためか、マイナスでもプラスでもなく、両者の間に明瞭な関連性は認められなかった。このように気温因子は、晩材部の形成期間の間にその作用の仕方が大きく変化していたことが特徴である。

コナラの孔圏外部では木繊維など厚壁の樹体保持用の細胞が多くを占めていることから、光合成産物がこれらの細胞壁物質の形成に利用されていることは明らかである。しかし、6月頃には、コナラの光合成産物は幹の肥大（直径）成長と同時に梢端部の伸長成長にも消費されるため、光合成産物の樹幹内部における分配量と晩材形成量との関係について考察する必要がある。図1の結果を見る限り、晩材部形成の初期では気温が高いと（といってもせいぜい16℃から21℃の範囲のことであるが）晩材幅は狭くなる傾向にあったことから、晩材形成初期では葉で活発に合成された光合成産物は幹の肥大成長よりは、むしろ枝や梢の伸長成長に消費されるのではないかと考えた。これに対して晩材形成の晩期（8月頃）には、気温が6月よりもやや高く（22℃から26℃の範囲）、光合成活動の最も活発な時期であり、この時期に生産される光合成産物は6月とは逆に二次木部の肥大成長に優先的に消費されるものと考えた。すなわち気温の高いほどバイオマス生産量も多く、それに見合った木部の肥大成長が起これ、そのため気温が高い程、晩材幅も広がったのであろう。もっとも、この時期にも種子の生産とか、翌年度の形成層活動開始用のデンプンなどの貯蔵物質の生産が重なるため、この時期においても光合成産物の分配の問題は依然として残る。しかし、いずれにしても、気温は光合成活動そのものの生産効率に直接関係するだけでなく、樹木の各成長段階における光合成産物の各器官への分配とも関わっている可能性がある。

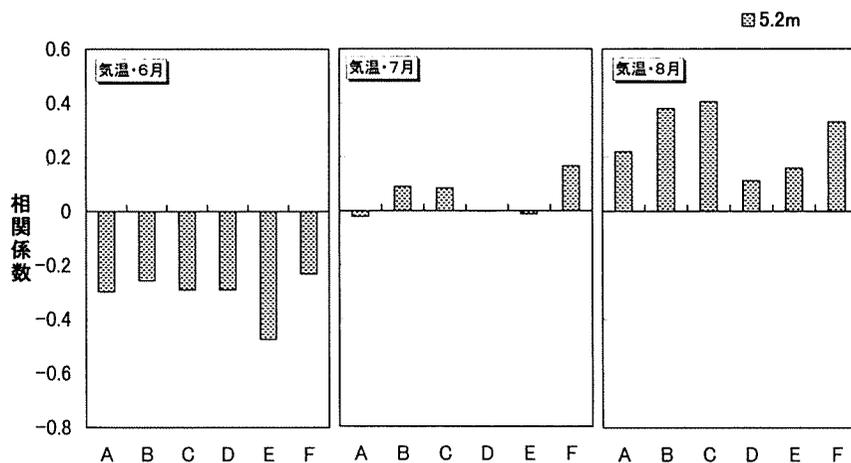


図1 コナラの晩材幅指数値クロノロジー（樹高5.2m）と6, 7, 8月の平均気温との相関性

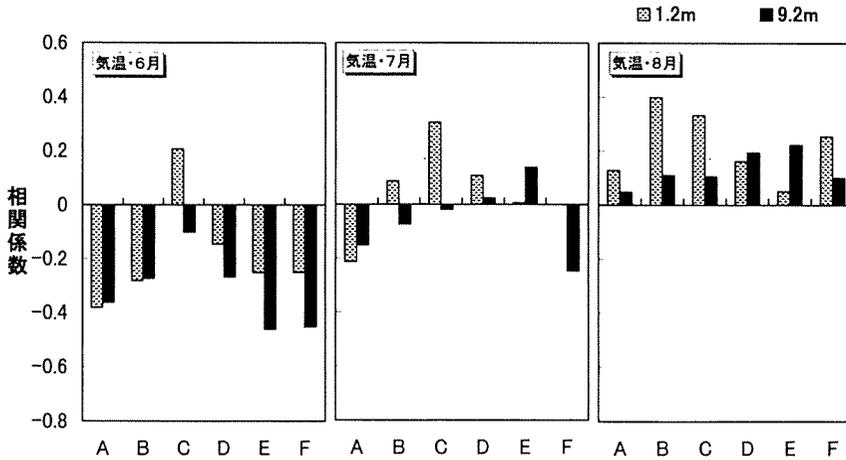


図2 コナラの晩材幅指数値クロノロジー（樹高1.2mと9.2m）と6，7，8月の平均気温との相関性

次に、樹幹内部位別での気温と肥大成長との関係を見ると、6月（晩材形成初期）では樹冠部か、これに近い断面高の高いところにおいて強い負の相関が認められ、逆に8月期には断面高の低い樹幹枝下部において強い正の相関が認められた。このことから、晩材形成初期では梢端部の伸長成長に、一方晩材形成晩期には樹幹枝下部の肥大成長に光合成産物が偏って利用されていたことが推定された。

さらに、各個体の生育場所（尾根部と中腹部）の違いも幾分存在するであろう。すなわち、尾根部の個体（A，B，C号木）と山腹中腹からやや谷筋部にかけての個体（D，E，F号木）を比べると、尾根部の個体に上述の傾向はより強く現れていたことから、尾根部のものの方がより敏感に気温の変動を反映していた。

### 3 コナラ晩材幅指数値の経年変動と月別降水量の経年変動との関連性

次に、6本のコナラの各断面高における晩材幅指数値の経年変動と7，8，9月の月別降水量との相関性について調べた結果は、図3および図4に示したとおりである。

どの個体においても、また断面高にかかわらず降水量は6月と7月、すなわち晩材部形成の初期と中期ではマイナスに強く作用し、逆に8月の降水量は若干プラスに作用していた。このように降水量因子は、晩材部の形成初期に強く抑制的に作用するのが特徴であった。

西日本の6月から7月にかけては梅雨時期と重なり、例年この時期は降水量が多い。蒜山演習林においても、この時期の月別積算降水量は100mmから300mm、多い年だと400mm以上もある。8月もだいたい同程度であるが、少ない年と多い年との差が非常に大きく、20mmから300mmの範囲でばらついていた。さらに蒜山演習林地域は冬季の積雪量が多く、これが春先から夏期にかけての土壌水分の供給源となっている。このように、蒜山演習林はコナラの生育にとってはむしろ過剰な水分環境にあると考えられる。コナラ自体が陽樹で、やや乾燥した場所を好む樹種であることを考えると、6，7月の降雨による水分は成長に対してむしろ水分過多により、抑制的に作用するものと考えら

れる。

前述の気温の場合もそうであったように、蒜山演習林のコナラの成長には、光合成に必要な太陽エネルギーや温度や水分環境条件が生育にとって十分であるため、かえって生育期間中の気温（太陽エネルギー）や降水量が多いと、過剰なことがストレスとして作用するのであろう。このように、植物の成長にとって必要不可欠な環境要因がマイナスに作用することは、恵まれた環境に生育している樹木にしか見られない特徴かもしれない。

次に、部位別での降水量と肥大成長の関係については、気温の場合に観察されたように、やや樹冠部かこれに近い断面高の高いところにおいて負の相関が大きいようであったが、それ程明瞭な違いは認められなかった。

さらに、各個体の生育場所（尾根部と中腹部）の違いも少しは存在するようであるが、それ程明瞭ではなかった。ただ、6月の降水量の影響は尾根筋の個体（A, B, C号木）の方が山腹中腹か

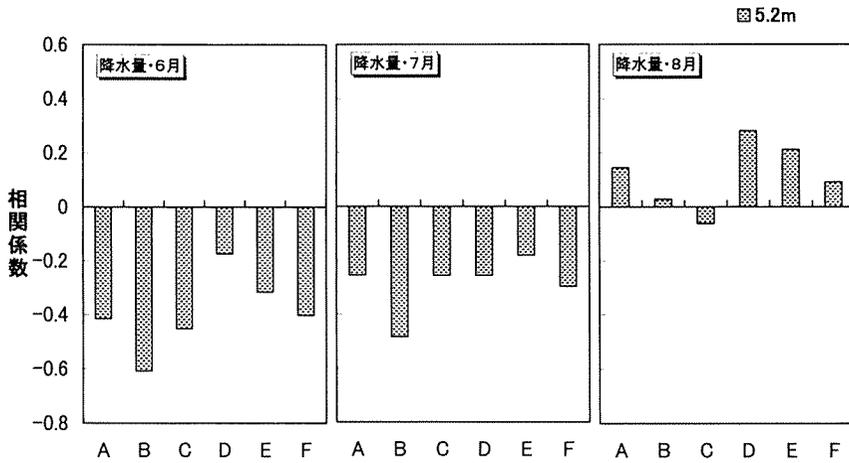


図3 コナラの晩材幅指数値クロノロジー（樹高5.2m）と6, 7, 8月の降水量との相関性

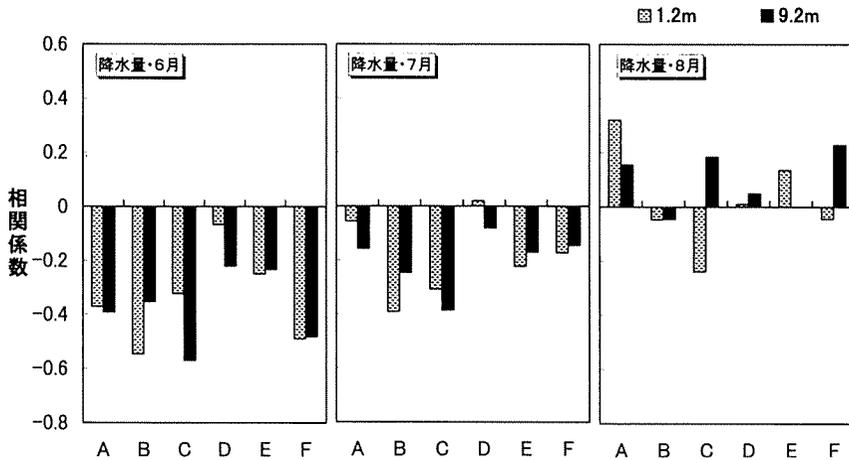


図4 コナラの晩材幅指数値クロノロジー（樹高1.2mと9.2m）と6, 7, 8月の降水量との相関性

らやや谷筋部にかけての個体 (D, E, F号木) よりも、より強く降雨量に反応していた。最も強く影響を受けていた供試木 (B号木) では相関係数が $-0.6$ 以上と、樹木気候学的には非常に高い値を示した。

## IV 結 論

環境条件の恵まれたところ (蒜山演習林) に生育していたコナラ壮齢木の晩材部 (孔圏外部) の成長 (肥大成長) と晩材形成期の気候要因 (気温と降水量) との間には、明瞭な相関性が認められた。すなわち、気温は6月には成長に対して負 (マイナス) に、8月には正 (プラス) に作用していたのに対して、降水量は6月、7月とも明瞭にマイナスに作用していた。蒜山演習林のようにコナラの生育に適した場所では、晩材形成期の気候要因はむしろ抑制的に作用するのが特徴であった。

## 引用及び参考文献

- (1) Fritts, H. C. (1976), Tree Rings and Climate, Academic Press, New York, 567pp
- (2) Schweingruber, F. H.(1996), Tree Rings and Environmental Dendroecology, Paul Haupt Publishers, Berne/Stuttgart/Vienna, 609pp
- (3) 古川郁夫・土井靖雄・安田武史(1994), 本邦産数樹種の年輪気候学的特性, 樹木年輪, 6号, 12-17
- (4) 古川郁夫 (1998), 気候変化に対する樹木の形態的応答, 第48回日本木材学会大会研究発表要旨集, p15