

滋賀県太神山産の樹木年輪セルロースの炭素同位体比変動と 気象要素との相関分析

名古屋工業大学 正 ○庄建治朗 名古屋大学大学院理学研究科 青木 浩
名古屋工業大学 原 美苗 名大年代測定資料研究センター 中村俊夫
名古屋工業大学大学院 学 岩崎誠一郎 名古屋工業大学 710- 長尾正志

1. 序論 過去の気候環境を知る手がかりの一つに樹木年輪がある。著者らは以前に琵琶湖南方に位置する太神山において、ヒノキ現生木から円盤標本 41 個体を採取して年輪幅とさまざまな気象要素との相関分析を行い、この地域のヒノキ年輪幅が 2~4 月平均気温及び 5~7 月降水量と相関を有することを見出した。しかし、仮に樹木の年輪成長が 2 つの気象要素で説明されるとすれば、年輪データから気象要素を再現するためには年輪幅以外にもう一つ目的変数が必要になる。本研究では、樹木年輪から得られる年輪幅以外の情報として、年輪セルロース中の炭素同位体比に着目し、気象要素や年輪幅との関連性について分析を試みた。

2. 樹木年輪の炭素同位体比 自然界に存在する炭素は、質量数の違いに応じて、 ^{12}C や ^{13}C などの種類があり、存在量の約 99% は ^{12}C で占められる。

元素の同位体組成を表すとき、通常、酸素では $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 、炭素では $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ といった具合に、最も存在度の大きい同位体に対する、対象とする同位体の比で表す。しかし、本研究のように同位体比の変動を問題にする場合は、同位体比の絶対値よりも、各元素ごとに定められた国際標準物質を用い、標準物質の同位体比からの試料の同位体比の千分偏差を示すのが普通である。 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ の炭素同位体比の場合、 $\delta^{13}\text{C}$ と表し、標準物質として PDB(Peedee 層のベレムナイト化石)を用いて次の式から求める。

$$\delta^{13}\text{C} = \left\{ \frac{\left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{\text{標準}} \right)_{\text{試料}}}{\left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{\text{標準}} \right)_{\text{標準}}} - 1 \right\} \times 1000 \quad (\text{‰})$$

$\delta^{13}\text{C}$ の値は、試料の同位体比が標準物質のそれより大きければ正の値をとり、小さければ負の値をとる。 $\delta^{13}\text{C}$ が 0‰ の時、試料の同位体比が標準試料のそれに一致していることを示す。

植物は光合成の過程で ^{13}C より ^{12}C を選択的に固定することが知られており、これを同位体分別作用という。Francy & Farquhar(1982)は、樹木の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、植物の葉の気孔内における CO_2 の固定速度、大気と細胞内の CO_2 分圧の差によって決定されるとして、次の式を提案した。

$$\delta^{13}\text{C} = \delta^{13}\text{C}_a - a - (b-a)C_i/C_a \quad (1)$$

$$C_i = C_a - A/g$$

a は大気中での $^{12}\text{CO}_2$ と $^{13}\text{CO}_2$ との拡散の違いによる同位体分別を示す定数、 b は光合成の炭酸還元作用する酵素による同位体分別を示す定数、 C_a 、 C_i は大気と気孔内の CO_2 濃度、 A は光合成速度、 g は気孔内の大気と細胞の境界における CO_2 拡散のコンダクタンスである。この式によれば、たとえば、光合成速度 A の値が大きいとき、植物中の炭素同位体比は大気中のそれに近づき、 $\delta^{13}\text{C}$ 値は大きくなる。 A や g の値は日照、湿度といった気象条件によって変化することから、年輪中に固定される炭素の同位体比もこれら気象条件に影響されると考えられる。

3. 実験方法 <セルロース単離> 木材にはさまざまな成分が含まれており、主な成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンの 3 種類である。各成分間で炭素同位体組成に違いのあることが確かめられており、また、木材内の部位によって各成分の含有率には違いがあるため、 $\delta^{13}\text{C}$ を測定するには、各成分が混在する木材試料をそのまま測定するのではなく、単成分を測定の対象とする必要がある。本研究では、その成分として単離処理の比較的簡便なセルロースを用いることにした。

木材中からセルロースのみを分離するには、他の主成分であるヘミセルロース及びリグニンを化学的な手法で溶脱する必要がある。まず、マイクロームでスライスした木材の柢目面切片(100~200 μm)を顕微鏡下で1年輪ごとに分割する。それぞれをビーカーに入れ、亜塩素酸ナトリウムを用いた処理でリグニンを溶解した。次に、17.5%のNaOH水溶液を用いてヘミセルロースを溶解、残渣成分を測定用のセルロースとした。**＜樹木セルロースの $\delta^{13}\text{C}$ 測定法＞** 本研究では、試料を燃焼させて CO_2 の形で質量分析計に導入し、 $\delta^{13}\text{C}$ を測定した。試料を CO_2 にする際には、空気中の CO_2 の混入を避けるため、試料と酸化剤(CuO)をガラス管に真空封入して加熱する方法を用いた。測定の対象となるセルロースの構造単位は $\text{C}_6(\text{H}_2\text{O})_5$ で表され、燃焼後は CO_2 と H_2O が発生するため、質量分析を行う前に精製して CO_2 のみを分離しなければならない。精製には、名古屋大学年代測定資料研究センターの試料調製室に設置の精製ラインを用いた。

4. データの整理 本研究では、太神山で採取された円盤標本41個体から、1個体(TNK-A3)を選び気象データの存在する約100年分について、上記の方法により1年輪ごとにセルロースを分離して $\delta^{13}\text{C}$ を測定した。 $\delta^{13}\text{C}$ の経年変動を、標本の同じ測線の年輪幅変動とともに図1に示す。また、1970~1979年については、同じ標本の異なる測線方向(TNK-A3-1)についても $\delta^{13}\text{C}$ を測定した。図1にみられるように、2測線間の相関は良好($r=0.838$)であり、個体内の測定箇所によらない普遍的な値が測定できていることが分かる。

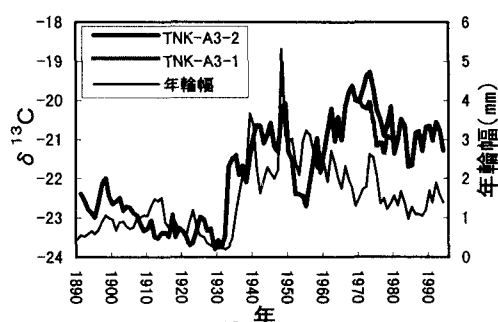


図1 $\delta^{13}\text{C}$ の経年変動

$\delta^{13}\text{C}$ 値や年輪幅データを気象データと比較する前に、年齢による成長の変化等、樹木の個体的特徴を除去するため、基準化をしておく必要がある。本研究では11年移動平均による移動平均法を用いることとし、 $\delta^{13}\text{C}$ 値については当該年の値から移動平均値を引いた残差、年輪幅については除した値を基準化値とした。

5. 気象要素との相関分析 基準化した値を、気温、降水量(以上大津)、降水日数(近江八幡)、日照時間(彦根)について、さまざまな期間をとって相関係数を計算した。ただし、図1にみられるように、 $\delta^{13}\text{C}$ 、年輪幅ともに1932~1933年前後の時期を境に変動傾向が急激に変化しているため、基準化及び相関分析は1932年以前と1933年以降の時期に分けて行った。1933年以降の時期について、 $\delta^{13}\text{C}$ と高い相関のみられた気象要素の例を表1に、 $\delta^{13}\text{C}$ と3~6月日照時間との相関性を散布図の形で図2に示す。

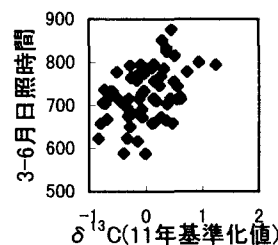


図2 $\delta^{13}\text{C}$ と日照時間の関係

表1 $\delta^{13}\text{C}$ と気象要素の相関

気象要素	期間	相関係数
日照時間	3~6月	0.390
降水量	5月	-0.201

樹木年輪の早材形成時期(春から初夏)の日照時間と $\delta^{13}\text{C}$ 値とが高い相関を示した分析結果は、(1)式の内容と符合している。しかし、相関係数の絶対値自体は全体に小さく、これらの相関関係がどの程度有意なものであるかは、個体数を増やして分析することにより、今後検証していく必要がある。

6. まとめ 現段階では、測定した個体数も少なく、相関分析は十分とは言えないものの、 $\delta^{13}\text{C}$ 変動と相関を有する幾つかの気象要素を見出すことが出来た。今後は、さらに個体数を増やして、より詳細に相関関係を調べるとともに個体間の差異についても検討したい。また、本研究では一年輪単位で測定したが、一年輪内でも早材と晩材で同位体組成の異なることが知られている。一年輪を早材と晩材に分離して測定し、さらに時間分解能を高めた分析の可能性も探りたい。

＜参考文献＞

Francy R.J. & Farquhar G.D. (1982):An explanation of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ variation in tree ring, Nature,pp.28-31