

樹木年輪セルロースの酸素同位体比と古文書記録を用いた南西諸島における気候の検討

名古屋工業大学 学生会員 ○増岡 晃大
 名古屋工業大学 正会員 庄 建治朗
 名古屋大学 非会員 李 貞
 名古屋大学 非会員 中塚 武

1. 初めに

将来の気候について予測するために、過去の気象データを蓄積することは重要である。しかし、過去の気象観測データは日本ではせいぜい100年程度しかなく量的に不十分である。樹木年輪は、採取の容易さ、長期保存性、高時間分解能、生育域が人の生活圏と近い点から有効な古気候復元資料である。本研究では、南西諸島・奄美大島の樹木を対象として年輪セルロースの酸素同位体比の測定を1年輪につき12分割して行い、この地域の気候変動の検討を行う。

2. 基礎的知見

木材を構成する成分は主にセルロース・リグニン・ヘミセルロースである。この中でセルロースは炭素・水素・酸素を含んでおり最も安定である。この構成原子のうち、酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}$)の変動は個体間の共通性が高く、地域共通の環境要因を反映していることが明らかになっている⁽¹⁾。酸素同位体比は次の式で求められる。

$$\delta^{18}\text{O} = \left(\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000 \text{ [‰]} \quad (1)$$

ここに、 $R = {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$ 、sampleは試料、standardは標準試料、酸素同位体比の国際標準物質VSMOW(ウィーン標準平均海水)を用いる。本研究で用いた酸素同位体比のデータはこの δ 値を用いて表示している。年輪セルロースは、光合成により作られた有機分子を原料にしているため、年輪セルロースの酸素同位体比の変動は葉内水の酸素同位体比の変動によって規定されている。樹木の葉内には地中から根を介して水が供給され、取り込んだ水は葉内で蒸発し気孔を介して大気中に蒸散していく。軽い水分子($\text{H}_2\text{}^{16}\text{O}$)の方が重い水分子($\text{H}_2\text{}^{18}\text{O}$)よりも蒸発・移動しやすい性質があるため、蒸散が活発に行われるときは葉内水の $\delta^{18}\text{O}$ が大きくなる。また、蒸散は相対湿度が低いほど活発に行われる。相対湿度が低い時期に形成された部分は $\delta^{18}\text{O}$ が大きい値を示し、相対湿度が高い時期に形成された部分は $\delta^{18}\text{O}$ が小さい値を示す。

上記のような同位体分別の理論式は以下のような一次関数の式で表すことができる⁽¹⁾。

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{in}} = \delta^{18}\text{O}_{\text{soil}} + (\varepsilon_e + \varepsilon_k)(1 - \text{F2}/\text{F3}) \quad (2)$$

ここに、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{in}}$:葉内水の酸素同位体比、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{soil}}$:降

水の酸素同位体比、 $\varepsilon_e, \varepsilon_k$:同位体分別係数、 $\text{F2}/\text{F3}$:相対湿度である。このモデル式をCraig-Gordonの式と呼ぶ。この式からも葉内水の酸素同位体比と相対湿度が負の相関関係があるのが確認できる。

2. 実験方法

樹木年輪試料として、鹿児島県奄美大島の有盛神社で採取された、「サンテラ松」と呼ばれるリュウキュウマツ(*Pinus luchuensis*)の伐根より採取した円盤標本を用いた。本研究では、1799年～1847年を対象とした。また同年代のリュウキュウマツの資料として奄美大島千年松公園で採取された「千年松」と奄美大島有盛神社で採取された「ウンテラ松」のデータ⁽²⁾⁽³⁾を用いた。樹木の木口面から放射方向に長さ約10cm、幅約1cm、厚さ約2mmの薄板を切り出し、塩素漂白(脱リグニン)、アルカリ処理(脱ヘミセルロース・リグニン洗浄)を施しセルロースを抽出した後、双眼実体顕微鏡下で眼科用ナイフとピンセットを用いて、各年輪を生長方向に12分割し、分割した各セグメント毎に銀箔に梱包した同位体比測定用の試料を作製した。酸素同位体比の測定は名古屋大学環境学研究科に設置の熱分解元素分析計と同位体比質量分析計のオンラインシステムを用いて行われた。

3. 結果と考察

1799年～1823年におけるサンテラ松・千年松の酸素同位体比測定データを図-1に、1823年～1847年におけるサンテラ松とウンテラ松の酸素同位体比測定データを図-2に示す。図-1より千年松とサンテラ松では波形のズレが数カ所(1804年、1814年など)存在するが概ね同じような変化をしている。図-2よりウンテラ松とサンテラ松は極めて同じような変動であることがわかる。

1年間の12セグメントを成長方向から順に3セグメントごとに平均をとりそれぞれの経年変動を表したグラフが図-3である。図-3から樹木の成長初期の1～3セグメントでの波形がよく一致しており、成長後期の10～12セグメントになると波形のズレが大きくなっていることがわかる。現段階では3個体が同じ成長をすると仮定をしていたが、樹木の成長期における春先から初夏にかけては千年松・サンテラ松・ウンテラ松で一律に成長しており、成長期が終わる時期はサンテラ松とウンテラ松などの狭い範囲の樹木間でも差が出てしまうことが時間軸決定を行う際の問題として判明した。

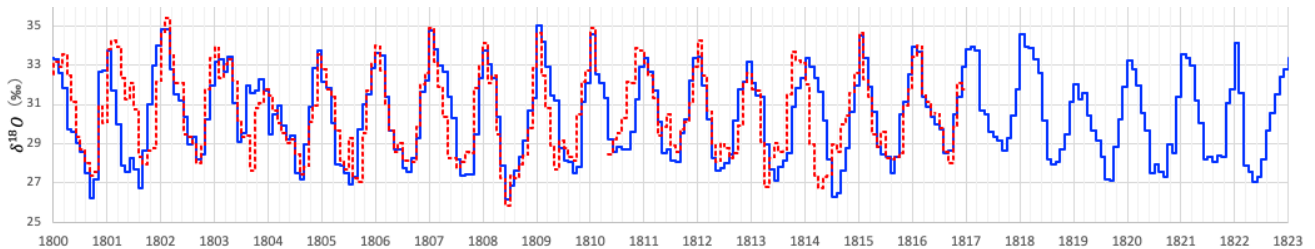


図-1. サンテラ松・千年松 酸素同位体比測定データ

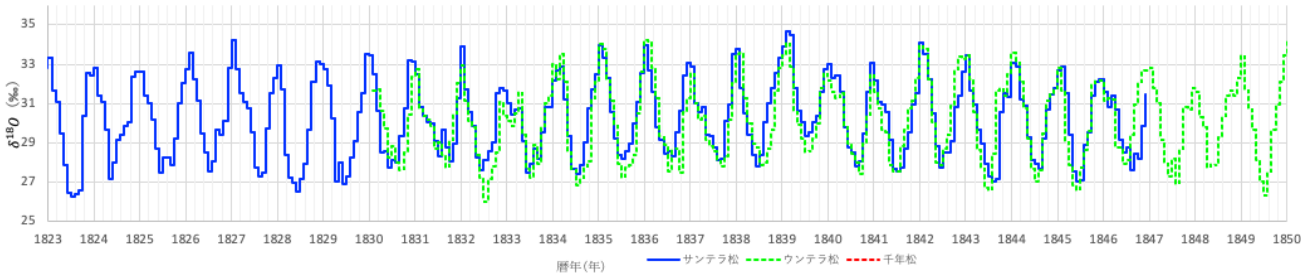


図-2. サンテラ松・ウンテラ松 酸素同位体比測定データ

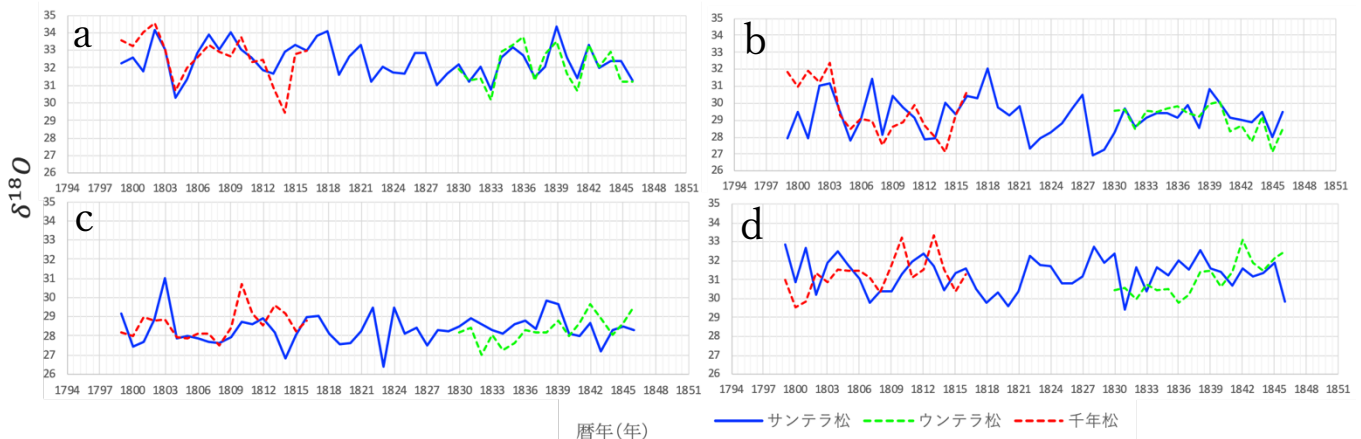


図-3. 各3セグメント平均の経年変動 (a.第1セグメント～第3セグメント平均, b.第4セグメント～第6セグメント平均, c.第7セグメント～第9セグメント平均, d.第10セグメント～第12セグメント平均)

次に古文書「大嶋代官記」の天気記録との比較を行うと、図-2の1832年終わり頃から1833年の初めにかけてサンテラ松、ウンテラ松、共に酸素同位体比の山が低くなっている測定結果が得られた。古文書によると1833年旧暦正月から3月にかけて長雨があった⁽⁴⁾とされており、相対湿度が例年より高い時期であったことを示唆する酸素同位体比のデータが得られた。また古文書記録は見つかっていないが、1833年の酸素同位体比記録と同様の波形をとっている1804年、1819年についても春の長雨と同じような気候現象が起きていた可能性があると考えられる。

また1839年に諸作大豊作といった記述が存在し、図-2の酸素同位体比では、1839年の春夏に乾燥傾向というデータが得られた。作物の栽培に関して適した気候状態であったことを示唆する酸素同位体比データが得られた。

4. まとめ

同じ地域における樹木間の酸素同位体比の比較によって気象復元の可能性の高さと成長時期の決定や晩材形成の問題点が判明した。2個体の同じ変化の事象から古文書に記されている事象を読み解くことが可能であった。

5. 参考文献

- (1) 中塚武, 樹木年輪セルロースの酸素同位体比による古気候の復元を目指して, 低温科学 Vol. 65 pp. 49-55, 北海道大学低温科学研究所, 2007
- (2) 小川貴大, 樹木年輪セルロースの酸素同位体比記録を用いた南西諸島の気候復元, 名古屋工業大学卒論, 2020
- (3) 伊藤正人, 南西日本の江戸時代後期の気候環境, 名古屋工業大学卒論, 2018
- (4) 山田浩二, 近世後期の琉球・奄美における災害の広域・連鎖的発生に注目して, 国際琉球沖縄論集, 2012