

## 奄美大島のリュウキュウマツを用いた年輪酸素同位体比の年層内変動と気象観測データとの照合

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

## 1. 背景・目的

近年の異常気象により、気候変動への関心が集まっている。気候変動の傾向をとらえるために過去の気象データを収集することは非常に重要である。しかし、日本の気象観測データは過去 100 年程度しかなく、長期的な変動を分析するには不十分である。そこで、さまざまな気象代替データを用いて過去の気候を復元することが行われている。その中の一つである樹木年輪は、年単位ないしそれ以上の高い時間分解能を持ち、その樹木の生育環境に応じて各年のさまざまな気候因子を推定することができる。1 年間の年輪を細かく分割することで、さらに高い分解能で年内の気候の動きをとらえることができる。本研究の対象地域である奄美大島は本州に比べ温暖な時期が長く、樹木の休眠期が短いため、年輪幅が広いものが多い。そのため、本州に比べより詳細な気候の動きを解析することができると考えられる。その中でも特に年輪幅の広いサンプルの年輪を24分割し、セルロース酸素同位体比の詳細な年層内変動を測定することで、年輪から得られる測定データが、1年のうちのどの時期に相当するのかを検討し、気候復元の解析に役立てる。

## 2. 基礎的知見

樹木はリグニン、セルロース、ヘミセルロースの3つの成分で構成されている。この中のセルロースは酸素、水素、炭素からなる最も安定した物質である。この中の酸素原子の同位体比は周囲の環境要因を反映していることが明らかにされている。樹木年輪セルロースは光合成によりつくられるため、その酸素同位体比は、葉内水の酸素同位体比の変動を反映している。葉内水は根から取り入れた水分子で構成され、葉から蒸散によって大気中に放出される。また、質量数の軽い水分子( $H_2^{16}O$ )は重い水分子( $H_2^{18}O$ )よりも運ばれやすく、蒸散が活発な時には葉内水の酸素同位体比は大きくなる。一般に蒸散は湿度が低いときほど活発に行われる。このことから、湿度が低いときほど葉内水の酸素同位体比は大きくなり、それに伴い年輪セルロースの酸素同位体比の値も大きくなる。

このような関係は以下に示す式で表すことができる。

$$\delta^{18}O_{in} = \delta^{18}O_{soil} + (\epsilon_e + \epsilon_k)(1 - F2/F3) \quad (1)$$

ここに、 $\delta^{18}O_{in}$ : 葉内水の酸素同位体比、 $\delta^{18}O_{soil}$ : 土壌水の酸素同位体比、 $\epsilon_e$ ,  $\epsilon_k$ : 同位体分別係数、 $F2/F3$ : 相対湿度である。また、酸素同位体比は標準試料 VSMOW (ウィーン

標準平均海水)からの偏差を 1000 分率で表した  $\delta$  表記を用いる。

上式を Craig-Gordon の式と呼ぶ。この式からも樹木内の酸素同位体比と大気相対湿度の間に負の相関があることが分かる。

## 3. 試料紹介

樹木年輪試料として鹿児島県奄美大島の有盛神社で生息していた「サンテラ松」と「ウンテラ松」と呼ばれる樹齢約 200 年のリュウキュウマツ (*Pinus luchuensis*) 巨木の伐根を用いた。本研究では先行研究で測定されたデータのうち、サンテラ松から5年輪、ウンテラ松から6年輪のデータを用い、検討を行う。さらに今回測定したウンテラ松4年輪を加え、計15年分の年輪を対象とし、気象観測データと照合する。

## 4. 実験方法

樹木の小口面の放射方向に長さ約 10 cm、幅約 1 cm、厚さ約 1.5 mm の薄板を切り出し、薬品処理を施し、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 24 分割し、分割したセグメントごとに銀箔に梱包した同位体比測定用の試料を作成した。酸素同位体比の測定は名古屋大学環境学研究所に設置されている熱分解元素分析計と同位体質量分析計のオンラインシステム (TCEA-Delta V Advantage) を用いて行われた。

## 5. 結果と考察

実験から得られたセルロースの酸素同位体比の年層内変動と、気象庁が公開している名瀬の相対湿度を重ね合わせたグラフを図 1 に示す。相対湿度は 3 旬移動平均を計算し、その値を用いた。実線は酸素同位体比を表し、破線は相対湿度を表す。また、第一横軸(下)は相対湿度の時系列を通日で示し、第二横軸(上)は年輪のセグメントを表す。年輪のセグメントは年層内を 24 分割したものを成長の順に左から並べたものである。上下の横軸のスケールは、酸素同位体比のグラフと相対湿度のグラフの形が視覚的に最も合致するように調整を行った。これらの調整の結果、グラフからサンテラ松の年輪の成長開始時期は相対湿度の時系列において 91 日目に相当することが読み取れた。この値を暦に変換すると 1 月 1 日から 91 日目であり、カレンダー上の 4 月 1 日、すなわち 3 月下旬から 4 月上旬が年輪の成長開

始と対応していると考えられる。同じように計算して、ウンテラ松の成長開始時期は3月14日、成長終了時期はサンテラ松、ウンテラ松でそれぞれ11月20日ごろ、11月25日ごろであると推定される。しかし、分割セグメントの後半になると、2つのグラフのずれが大きくなるサンプルが多く、年輪の成長の終了時期は年による変動が大きいと考えられる。

これらのグラフから、成長期前半の梅雨の時期に比べ、後半の台風の時期(概ね7月~10月)において、酸素同位体比と相対湿度の対応が悪くなることが分かった。大きなずれの理由として、年輪のセルロースは樹木が吸収した水分から構成されるため、その酸素同位体比は供給源である降水の同位体比の変動に影響を受けている可能性があり、その要因の一つに台風が考えられる。

天気図が得られる1957年以降で年層内が12分割されている酸素同位体比のデータが存在する36年分を対象に天気図との比較から、これらについての検討を行う。

相対湿度と酸素同位体比の動きを比較するために、両者のデータの標準化を行い、それらを足し合わせた数値を新たな指数として設定した。この指数は値が大きいと、相対湿度が高いにも関わらず酸素同位体比の値が高いことを示し、逆に値が小さいと相対湿度が低いにも関わらず酸素同位体比の値が低いことを示す。樹木年輪のセグメントは8セグメント目の酸素同位体比の値を用い、相対湿度の値は8月中旬から9月上旬の平均値を採用した。8月と9月に台風が東経120°-150°×北緯20°-30°のエリアに存在する日数を数え、横軸に指数、縦軸に台風の存在日数をとった散布図を図2に示す。この図から指数の値が高くなるほど、台風の8、9月のエリア内の存在日数が多いという傾向が読み取れる。相関係数の値は0.38であり、正の相関があるといえる。このようになった理由として、台風の発生個数や移動経路が大気の流れを反映していることが考えられる。降水の酸素同位体比は供給源となる降水イベントにより値が異なることがわかっている。そのため、酸素同位体比と相対湿度との対応関係の違いは、月単位での総観規模の気象現象を反映している可能性が考えられる。

6. まとめ・今後の展望

年輪を24分割し、高分解能の酸素同位体比年層内変動と相対湿度データを照合し、年輪の成長開始時期は3月下旬頃に相当することが分かった。また、成長終了時期は11月前後だが、年により大きく異なることを示唆する結果が得られた。分割セグメントの後半にかけて相対湿度と酸素同位体比のグラフの形が大きく異なる点に関しては、酸素同位体比のグラフが相対湿度の変動だけでなく、より大きな気候の動きをとらえている可能性が考えられる。それらの因果関係について、今後さらに検討を行っていく。

7. 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

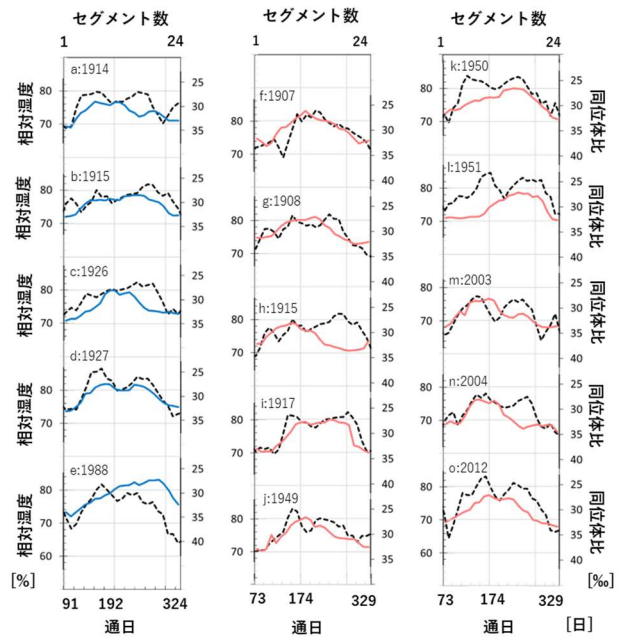


図-1 酸素同位体比と相対湿度の3旬移動平均の値の年内推移

- ・実線：同位体比(青線:サンテラ松,赤線:ウンテラ松)
- ・破線：相対湿度の3旬移動平均
- ・第一縦軸(左)：相対湿度
- ・第二縦軸(右)：同位体比(上下反転)
- ・第一横軸(下)：相対湿度の時系列
- ・第二横軸(上)：年輪の分割のセグメント数

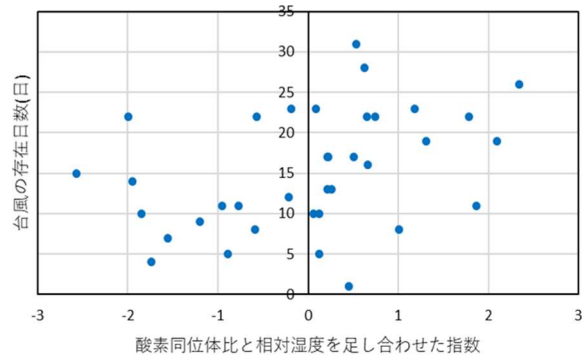


図-2 酸素同位体比と相対湿度を足し合わせた指数と8.9月のエリア内の台風の存在日数の分布図

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)増岡晃大, 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の気候検討, 名古屋工業大学卒業論, 2021  
 3) 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, 名古屋工業大学卒業論, 2020  
 4) 気象庁 HP 名瀬測候所観測データ  
<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>, 2023.1.15 閲覧