

## 年輪酸素同位体比にみる近世東濃地方における梅雨季の天候について

名古屋工業大学 学生会員 ○飯塚 比呂人

名古屋工業大学 正会員 庄 建治朗

名古屋大学 李 貞

名古屋大学 加藤 義和

名古屋大学 中塚 武

### 1. 背景

近年、梅雨季の豪雨災害や長雨が多発しており、甚大な被害を出している。また長期的な気候変動を予測し、防災・減災に生かすことが求められている。しかし、我が国の気候観測データは約 100 年程度しか存在せず、長期的な気候変動予測には十分なデータ量とは言えない。

この課題に対して気候代替データとして樹木年輪やサンゴを用いた気候復元が行われている。特に樹木年輪を用いた気候復元は試料の採取、保存が容易なことから様々な研究機関で行われている。

樹木年輪を用いた気候復元は年輪幅に着目した研究と年輪の酸素同位体比に着目した研究に大別される。年輪幅を用いた気候復元は手法が確立され多数の研究がなされている。一方で樹木年輪の酸素同位体比に着目した気候復元は、新しい研究手法であるが 1 年間の年輪を細かく分割できるため年輪幅に着目した研究よりも詳細な気候復元が可能である。

そこで本研究では岐阜県瑞浪市で採取したスギ (*Cryptomeria japonica*) 試料の酸素同位体比を計測し、東濃地方の気候変動を検討する。また同時期の天津市太神山の試料と比較し、気候変動の地域差を検討する。

### 2. 基礎的知見

樹木は主にセルロース・リグニン・ヘミセルロースで構成されており、中でもセルロースは酸素・炭素・水素から構成される最も安定した物質である。このセルロースは樹木中の水を用いて生成されるため、水分の酸素同位体比によって質量数に変化する。ここで酸素同位体比は次式で表される。

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

ここに、 $R = {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$ 、sample は試料、standard は酸素同位体比の国際標準物質であり VSMOW(ウィーン標準平均海水)を用いる。本研究の酸素同位体比データはこの  $\delta^{18}\text{O}$  を用いて示している。

樹木中の水分子は根から吸収され、葉の蒸散によって大気中に放出される。そのため樹木中の水分子の移動は葉における蒸散作用の強弱に関係している。低湿度時は葉の内外において水蒸気分圧の差が大きくな

り、蒸散が活発になる。その結果、質量数が多い水分子( $\text{H}_2\text{}^{18}\text{O}$ )と質量数が小さい水分子( $\text{H}_2\text{}^{16}\text{O}$ )両方が蒸散する。この際質量数の大小によって分別が生じ、質量数が多い水分子は葉中で濃縮される。一方で高湿度時は葉の内外において水蒸気分圧の差が小さくなり、蒸散作用が弱まる。その結果、質量数による分別の影響が小さくなる。そのため樹木中の酸素同位体比( $\delta^{18}\text{O}$ )が低くなる。同位体の蒸散作用による変動は以下の式で表される。

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

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、 $F2/F3$ :相対湿度である。上式を Craig-Gordon の式と呼び、樹木中の酸素同位体比と空気中の相対湿度に負の相関があることを示している。

### 3. 試料紹介

年輪試料として、岐阜県瑞浪市大湫町の大湫神明神社で令和 2 年 7 月豪雨によって倒木したスギを用いた。樹齢 670 年以上であったが、樹幹の中心部は腐食が激しかったため本研究では 1609 年以降の年輪を対象とした。

### 4. 実験方法

本実験方法は植村らの研究に準拠した<sup>1)</sup>。試料は木口面に対して放射方向に長さ約 10cm、幅約 1cm、厚さ約 2mm の薄板として切り出した。次に塩素漂白、アルカリ処理(脱ヘミセルロース・リグニン洗浄)を施しセルロースのみを抽出した。その後、双眼実体顕微鏡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 6 分割した。年輪幅が狭く 6 分割が困難な年は 2 分割もしくは 1 分割した。分割した試料は名古屋大学に依頼し、名古屋大学環境学研究科に設置されている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酸素同位体比を測定した。

比較対象とした滋賀県大津市太神山のヒノキから採取したデータも今回の実験方法と同じ方法で測定した。

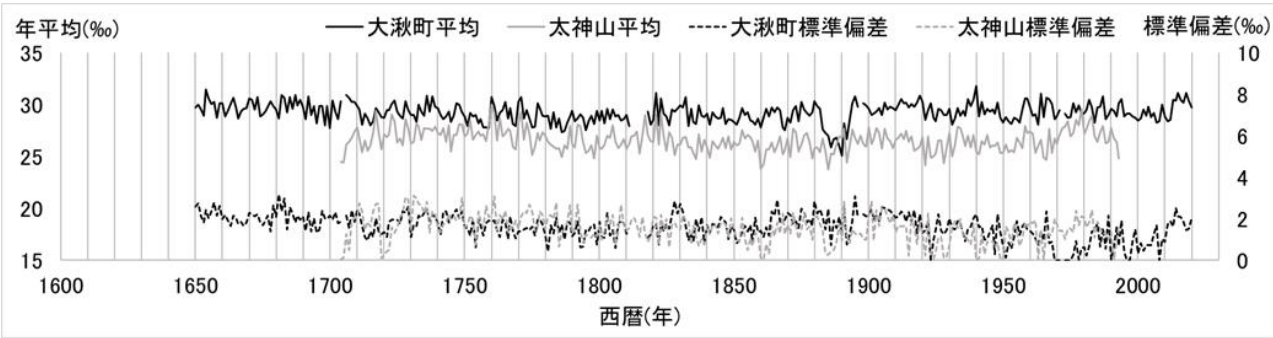


図1 年平均と標準偏差の経年変化(1650-2020)

表1 酸素同位体比と相対湿度の相関係数

| 半月単位  | 第1セグメント | 第2セグメント | 第3セグメント | 第4セグメント | 第5セグメント | 第6セグメント |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 前半  | 0.030   | -0.025  | -0.143  | -0.169  | 0.093   | 0.065   |
| 1 後半  | 0.067   | 0.130   | -0.030  | -0.021  | -0.004  | 0.004   |
| 2 前半  | 0.025   | -0.003  | -0.109  | -0.114  | 0.008   | 0.014   |
| 2 後半  | -0.079  | -0.052  | -0.129  | -0.144  | -0.003  | -0.016  |
| 3 前半  | 0.005   | 0.052   | -0.028  | -0.048  | 0.027   | -0.029  |
| 3 後半  | 0.012   | 0.042   | -0.021  | -0.114  | -0.076  | -0.189  |
| 4 前半  | 0.062   | 0.006   | -0.045  | -0.019  | -0.010  | -0.106  |
| 4 後半  | -0.077  | -0.122  | -0.155  | -0.152  | -0.102  | -0.146  |
| 5 前半  | 0.034   | -0.055  | -0.139  | -0.186  | 0.046   | -0.037  |
| 5 後半  | -0.074  | -0.141  | -0.235  | -0.202  | 0.023   | 0.045   |
| 6 前半  | 0.022   | -0.082  | -0.077  | -0.089  | 0.010   | -0.052  |
| 6 後半  | -0.076  | 0.100   | -0.004  | 0.018   | 0.183   | 0.023   |
| 7 前半  | -0.050  | 0.195   | 0.143   | 0.106   | 0.031   | 0.066   |
| 7 後半  | 0.040   | 0.031   | -0.001  | 0.050   | -0.012  | -0.032  |
| 8 前半  | 0.057   | 0.123   | 0.001   | -0.019  | 0.169   | 0.049   |
| 8 後半  | 0.108   | 0.101   | -0.019  | 0.029   | 0.191   | 0.088   |
| 9 前半  | 0.093   | 0.042   | -0.040  | -0.034  | 0.132   | 0.120   |
| 9 後半  | 0.055   | -0.072  | -0.170  | -0.118  | 0.168   | 0.048   |
| 10 前半 | 0.029   | 0.037   | -0.077  | -0.097  | 0.077   | 0.022   |
| 10 後半 | 0.037   | 0.024   | -0.035  | 0.044   | 0.127   | 0.008   |
| 11 前半 | 0.078   | -0.022  | -0.128  | -0.134  | 0.137   | 0.011   |
| 11 後半 | 0.101   | 0.068   | -0.028  | 0.021   | 0.086   | -0.036  |
| 12 前半 | 0.009   | -0.078  | -0.156  | -0.150  | 0.043   | -0.073  |
| 12 後半 | 0.144   | 0.051   | -0.043  | -0.036  | 0.173   | 0.021   |

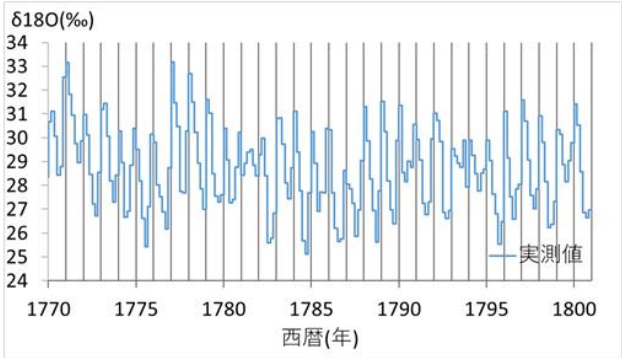


図2 酸素同位体比の経年変化(1770-1800)

5. 結果と考察

1650年—2020年における大湫町で採取したスギ試料と大津市太神山<sup>2)</sup>で採取したヒノキの各年における酸素同位体比の平均値と標準偏差を図1に示す。また1770年—1800年の酸素同位体比の経年変化を図2に示す。更に1883年—2020年において6分割以上分割した74年分の酸素同位体比と岐阜地方気象台で観測された相対湿度の相関係数を表1に示す。表1では各セグメントごとに相関係数の最小値をオレンジ、2番目、3番目に小さい値を青に着色した。

図1は大湫町と太神山における各年の酸素同位体比の平均値と標準偏差である。標準偏差については2地点で大きな違いはないが、平均値はほぼすべての期間で大湫町の方が太神山よりも高くなっている。この要因として樹木の種類や降水の酸素同位体比が異なることが考えられる。これらについて検討し、同位体比の地域差を明らかにする必要がある。

式(2)より各セグメントは、酸素同位体比と相対湿度で強い負の相関が表れた時期に形成されたと考えられる。表1より第2セグメントから第4セグメントが4月中旬に形成されていたと考えられる。そのため本研究で測定した酸素同位体比は梅雨期の始まり頃の気候変動の影響を受けていると考えられる。第1セグメントと第6セグメントで相対湿度と理論に合致した相関関係が表れなかった要因として、分割時に晩材と次年の早材が混ざってしまったことが挙げられる。そのため詳細な気候復元のためには、より細かく分割できる技術の開発が必要である。

6. 歴史資料との比較

本研究で取り上げた大湫町を含む東濃地方は江戸時代以前から多数の街道が整備され、宿場として栄えた。その結果、商人や武士が多数の日記が残しており、翻刻されている。『江戸時代農民生活史上巻』<sup>3)</sup>には『為助覚書』の記述として、天明7(1787)年は長雨によって作物が実らなかったとある。図2を見ると1787年初めの酸素同位体比が他年よりも低く、変動幅も小さくなっている。そのため試料の生育期を通じて相対湿度が高く、長雨が生じやすかったと考えられる。この結果は『為助覚書』の記述と一致していると思われる。

7. まとめ

本研究では約400年分の年輪酸素同位体比を測定し、年ごとの平均と分散のクロノロジーを作成した。また文献資料と比較することで酸素同位体比の変動が史実と一致していることが示唆された。

参考文献

- 1) 植村美希(2014)「リュウキュウマツ年輪セルロースの酸素安定同位体比による沖縄の相対湿度変動の復元」日本地球化学会年会要旨集(Vol. 61)p. 282
- 2) 庄建治朗・荒神勇太・濱田育実・鎌谷かおる・佐野雅規・對馬あかね・中塚武(2017)「樹木年輪酸素同位体比の年層内データと古日記天気記録による江戸時代三大飢饉期の高分解能気候復元」JpGU-AGU Joint Meeting 2017, MIS23-09
- 3) 佐藤実(2004)『江戸時代農民生活史上巻』, 土岐川上郷郷土文化研究所