

樹木年輪酸素同位体比の年層内変動データによる天保の飢饉の解析

指導教員 庄建治朗 助教

濱田育実

1. はじめに

気候変動の原因特定や治水計画、水資源計画などを立案する上で、過去の気候変動から将来の気候を予測することが重要である。樹木の年輪細胞を形成するセルロースに含まれる酸素同位体比 ($\delta^{18}O$) は相対湿度の変動をよく反映していることが知られており、相対湿度が低いと、葉内水の蒸散が活発に行われるため、相対的に軽い水分子が多く失われ、セルロースの酸素同位体比が高くなる。逆に、相対湿度が高いと、セルロースの酸素同位体比が低くなる。これまでも、セルロースの酸素同位体比による過去の気候変動の解析が行われてきたが、現在では技術の進歩により、年輪内を細かく分割して同位体比を測定し、より詳細な変動を読み取ることが可能となった。

本研究では、洪水や冷害等の異常気象が原因であると考えられている、天保の飢饉 (1832-1839年) 前後の時期の酸素同位体比を測定し、この時期の気候状況を検討する。

2. 実験方法

樹木年輪試料には、滋賀県太神山で採取された樹齢約 300 年のヒノキを用いた。近年の気象観測データと比較可能な 1961-1993 年¹⁾と、天保期 (1830-1844 年) を含む 1819-1845 年の年輪を対象とした。樹木の木口面から放射方向に長さ約 10cm、幅約 1cm、厚さ 2mm の薄板を切り出し、塩素漂白、アルカリ処理を施し、セルロースを抽出した後、双眼実体顕微鏡下で眼科用のナイフを用いて、各年輪を成長方向に 12 分割した。年輪幅

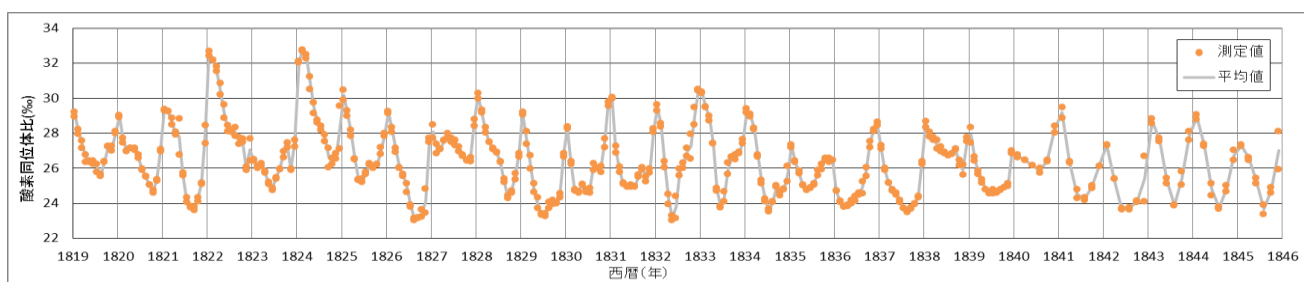
が狭く 12 分割できない場合は、6 または 2 分割とした。酸素同位体比の測定は総合地球環境学研究所に設置の同位体比質量分析計で行った。

3. 結果と考察

図 1 に、試料から測定された 1819-1845 年の酸素同位体比の変動を示す。ただし、酸素同位体比は各セグメントにおいて 2 回ずつ測定した。図 1 から、酸素同位体比の変動は 1 年でおおむね谷型を描いており、樹木成長期の初めごろと終わりごろは酸素同位体比が高く、中間期前後は酸素同位体比が低いことがわかる。

年輪内を分割した各セグメントが形成された季節を特定するため、気象観測データと重複する 1961-1993 年の測定データ²⁾を用い、相対湿度データとの相関を調べた。各セグメントで最も相関が高い時期とその相関係数を表 1 に示す。ただし、1961-1993 年で 12 分割できた年輪数が少ないため、酸素同位体比は 6 分割以上できた年 (26 年輪) の測定値を用い、相対湿度の実測値には京都と彦根の気象官署における旬別平均相対湿度のデータ²⁾を用いた。表 1 から、試料の樹木は、4 月下旬ごろから成長期を迎え、6 月下旬ごろに年輪幅のほぼ半分まで形成されていることがわかる。また、第 6 セグメントは、相関の高い時期が京都と彦根でそれぞれ 10 月下旬と 7 月上旬となり、相関係数も比較的小さい。原因の 1 つとして、試料の切り分けの際に、次の年の早材が混ざってしまったこと、各セグメントの成長期でない時期の相対湿度と偶然に相関が高くなってしまったことが考えら

図 1 酸素同位体比測定値の経年変動



れる。各年層後半部の形成時期は特定が困難であると考えられるため、各年層前半部について調べる。各年層前半部の形成時期を特定するため、2分割以上できた年（31年輪）の酸素同位体比測定値と京都と彦根の気象官署における旬別平均相対湿度実測値の相関を調べ、各セグメントで最も相関が高い時期とその相関係数を表2に示す。表2から、各年層前半部の酸素同位体比は彦根における4月下旬から7月中旬の相対湿度実測値と相関が高いことがわかる。

表2の結果に基づき、各年層の前半部の酸素同位体比の測定値を平均することにより、春の終わりごろから梅雨季にかけての湿度の変動を復元できると考えられる。そこで、対象期間について、各年層前半部の酸素同位体比と、彦根における4月下旬から7月中旬の平均相対湿度実測値の経年変動を求めた（図2）。1961-1993年の酸素同位体比と相対湿度の相関係数は-0.73であり、図2からも両者の変動がおおむね一致しているといえる。

図2から、1820年代は年々の変動が大きいものの、酸素同位体比が高い値で変動しており、1830年代は酸素同位体比が低い値で変動していることがわかる。春の終わりごろから梅雨季にかけて1820年代は乾燥している時期が続いており、天保期は湿潤な時期が続いていたと考えられ、1810-1820年代の文化・文政期の夏季は酷暑・少雨、1830年代の天保期の夏季は冷涼・多雨であったといわれていることとも一致する。また、天保の飢饉は1832-1839年の7年間という長期におよび、1833年、1836年は大凶作であり、とくに1836年は飢饉のピークであったといわれている。1833年は天保期の中では酸素同位体比が高い値であるが、近年や1820年代と比べて顕著に高くなっているわけではなく、特異性は認められないが、1836年は天保期の中でもとくに酸素同位体比が低い値であり、春の終わりごろから梅雨季にかけての時期に湿潤状態が続いていたと考えられる。

以上の結果から、天保期は湿潤な時期が続いていたと考えられるため、天保の飢饉が引き起こされた要因の1つとして異常気象が挙げられ、イネ

表1 各セグメントにおいて酸素同位体比と相対湿度の相関が最も高い時期とその相関係数（6分割）

セグメント	気象官署			
	京都		彦根	
	時期	相関係数	時期	相関係数
1	4月下旬～6月中旬	-0.71	5月上旬～6月中旬	-0.72
2	6月上旬～6月中旬	-0.68	6月上旬～6月下旬	-0.78
3	5月上旬～6月下旬	-0.60	6月上旬～6月下旬	-0.68
4	5月中旬～7月上旬	-0.79	6月上旬～7月上旬	-0.71
5	5月中旬～7月上旬	-0.69	5月中旬～7月上旬	-0.65
6	10月下旬	-0.36	7月上旬	-0.51

表2 各セグメントにおいて酸素同位体比と相対湿度の相関が最も高い時期とその相関係数（2分割）

セグメント	気象官署			
	京都		彦根	
	時期	相関係数	時期	相関係数
1	5月上旬～7月中旬	-0.69	4月下旬～7月中旬	-0.73
2	6月上旬～7月中旬	-0.59	11月下旬～12月上旬	-0.63

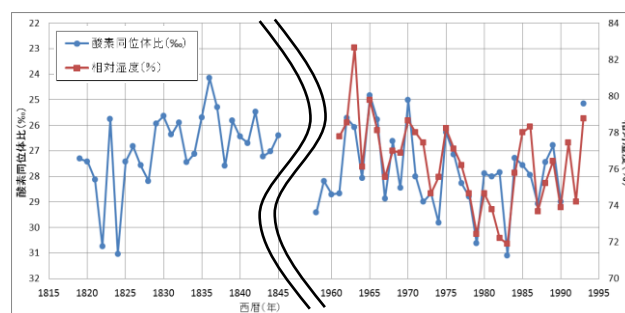


図2 各年層の前半部分についての酸素同位体比の経年変動と4月下旬～7月中旬平均相対湿度

等の作物が成長する初夏に雨の日が多く、晴れの日が少ない年が続いたために作物が十分に育たず、深刻な食糧不足に陥ったと考えられる。

4. おわりに

本研究では、樹木年輪セルロースの酸素同位体比から、実測値のない時期の気候を推定し、当時の気象についての検討を行った。樹木年輪を1年よりも短い期間に分割することにより、1年ごとに解析するよりも詳細な相対湿度の変動を読み取ることが可能であることを示した。さらに細かく分解することにより、より詳細で高精度の解析も可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 荒神勇太, 樹木年輪セルロース同位体比による享保の飢饉の解析, 名古屋工業大学卒業論文, 2016
- 2) 国土交通省, 気象庁データベース, <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>, 2016年12月13日閲覧