

樹木年輪セルロース酸素同位体比による過去約300年間の水文環境の復元

指導教員 庄建治朗 助教

八鳥憲

1. はじめに

治水計画は過去の水文・気象観測データをもとに決定され、防災対策が講じられる。しかし、近年でも想定を超える大規模な水害が発生しているとおり、現在の水文予測は十分ではない。その問題点の一つは、過去の気象観測データがせいぜい100年程度であるという点だ。そこで、様々な代理データを用いた、長期気候の復元が行われている。本研究では樹木年輪セルロース酸素同位体比による、過去約300年間の水文環境復元を試みる。

2. 樹木年輪セルロースの酸素同位体比

樹木年輪セルロースの酸素同位体比の変動は、主に光合成が行われる葉中の水の同位体比によって規定される。その葉内の同位体比は、降水の同位体比と、相対湿度の2つの要因により決定する。降水の同位体比は、降水量・気温・大気循環パターンの影響により変化するものであるが、いずれにしてももっぱら気候因子の影響を直接受けて変動することとなり、過去の気候要素を復元する強い指標となりうる。

樹木年輪セルロースの酸素同位体比は、初夏の相対湿度と降水量に強い負の相関があることが知られているが、その異なる因子の分離は容易ではない。しかし、日本など中・低緯度地域では相対湿度と降水量自体に強い正の相関があるため、結果的に樹木年輪セルロースの酸素同位体比は水文環境復元の指標となる。

3. 酸素同位体比の測定

木材はセルロース、ヘミセルロース、リグニンの3つの主成分から成り立っているが、各成分間で同位体組成が異なるため、単成分を同位体比測定の対象とする必要がある。本研究では、最も安定で、交換性官能基をほとんど持たないセルロースを対象とした。

試料は、滋賀県大津市太神山で採取されたヒノキ・スギを用いた(表. 1)。

まず同位体比測定の準備として、サンプルを作成する。年輪をノコギリで小口面に沿って、すべての年層を含む角柱を取り出す。その角柱を、実体顕微鏡で年輪を観察・記録した後、長さ10cm程度に分割し、ロースピードダイヤモンドホイールソーで厚さ1mmの薄板にする。そして、有機溶媒抽出、脱リグニン反応、アルカリ反応を施し、セルロースの板を作成した。セルロース板は1年層ごとに分割し、さらに1年層につき2つずつ、150 μ gの断片を取出し、それを1つずつ7mm角の銀箔で梱包する。

同位体比の測定は名古屋大学地球水循環研究センターに設置の、熱分解元素分析計—オンライン—同位体

質量分析システム(Thermo-Fisher TCEA-Delta-V-Advantage)で行った。ここでは同時に炭素・水素同位体比も測定できるため、そのデータも参考として測定した。

表. 1 試料一覧

試料番号	伐採年	測定年	樹種	採取地
TNK-B6	1994	1924-1994	ヒノキ	太神山
TNK-F10	1993	1916-1993	ヒノキ	太神山
TNK-F11	1993	1907-1993	ヒノキ	太神山
TNK-F15	1993	1718-1993	スギ	太神山

4. 測定データの整理

サンプルとした4つの個体について、それぞれ同一個体同一年層の2つのサンプル(A,B)で、同位体比の変動について相関分析を行い、この条件において同位体比の変動が同様に行われていることを確認する。すると、すべての試料について非常に高い相関があり、同一個体同一年層の同位体比の変動は一致することが確認された。酸素同位体比の各相関係数と変動グラフ(TNK-B6)を表. 2、図. 1にそれぞれ示す。

表. 2 酸素同位体比相関係数 (A-B間)

AB間相関	B6	F10	F11	F15
$\delta^{18}\text{O}$	0.92	0.90	0.90	0.94

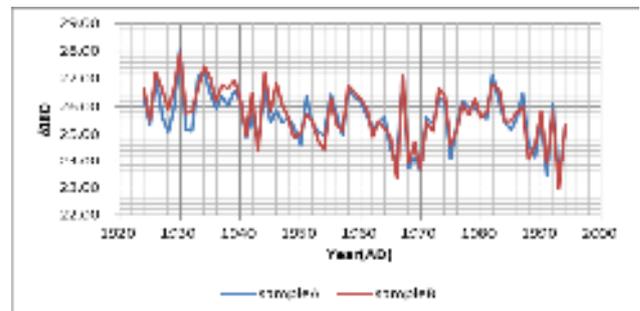


図. 1 水素同位体比の変動(TNK-B6)

次に4つの個体の酸素同位体比の個体間相関について分析する。これにより、すべての個体間で相関を確認することができた。グラフと各相関係数を図.2、表.3に示す。

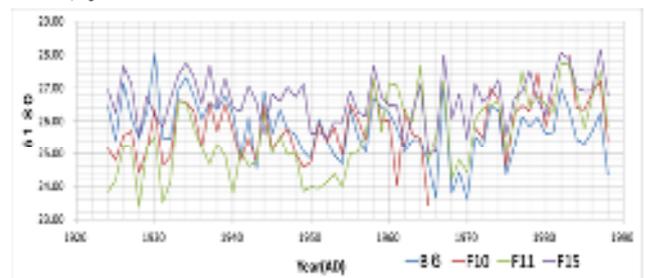


図. 2 酸素同位体比の変動 (各個体間)

表.3 酸素同位体比相関係数 (各個体間)

	B6	F10	F11	F15
B6				
F10	0.542693			
F11	0.361934	0.616281		
F15	0.577496	0.557048	0.506785	
Ave= 0.52704				

5. 気象データとの照合

前述の通り、酸素同位体比は初夏の相対湿度と降水量に負の相関を示すことが過去の研究で確認されている。

まずは、相対湿度(彦根:1894-1994)との照合を行う。その比較を図.3に示す。すると、すべての個体で6月に最も高い相関となった。また、個体間で差はあるものの、5~7月の相対湿度を強く反映していることが確認できた。

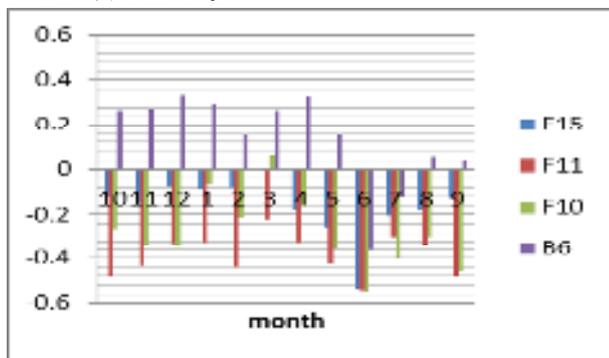


図.3 相対湿度との相関

次に、降水量(大津:1896-1994)との照合を行う。その比較を図.4に示す。こちらもすべての個体で6月の降水量と最も高い相関を示し、相対湿度と同様の傾向がみられた。これにより、酸素同位体比の変動は初夏の水文環境の変動を表しているということが実証された。

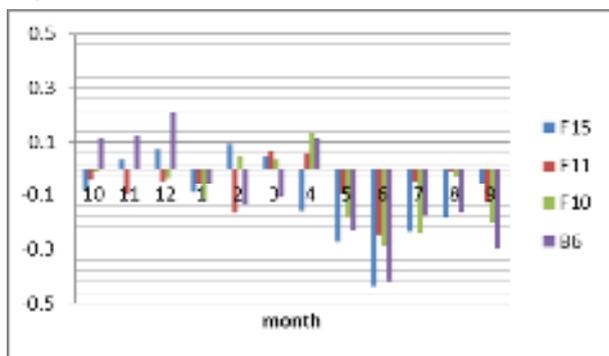


図.4 降水量との相関

6. 水文データの復元

実際の気象データとの相関が比較的高く、最も再現年数の長いTNK-F15を用いて、過去276年間の6月の相対湿度・降水量の推定値を算定する。

TNK-F15の酸素同位体比と実際の気象データ(相対

湿度:彦根、降水量:大津)との回帰分析より、以下の式で相対湿度・降水量の推定値を求めることができる。

$$(\text{相対湿度}) = -2.15 \times \delta^{18}\text{O} + 136.54 \quad (\%)$$

$$(\text{降水量}) = -66.37 \times \delta^{18}\text{O} + 2027.74 \quad (\text{mm})$$

この式から求めた相対湿度・降水量を図.5、図.6でそれぞれ示す。これによると、相対湿度・降水量の長期的な変動はやや小さい。しかし、1860年頃には相対湿度・降水量が一時的に高く、1770年頃には一時的に低くなっている。一方、短期的な変動としては、1775年、1860年には相対湿度・降水量が非常に高く、1723年、1771年には非常に小さくなっている。

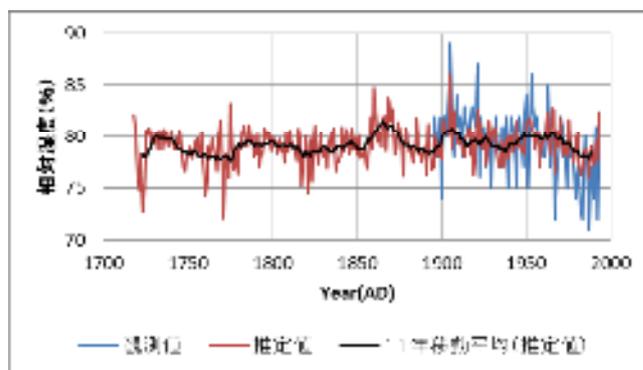


図.5 過去276年の6月の相対湿度の推定

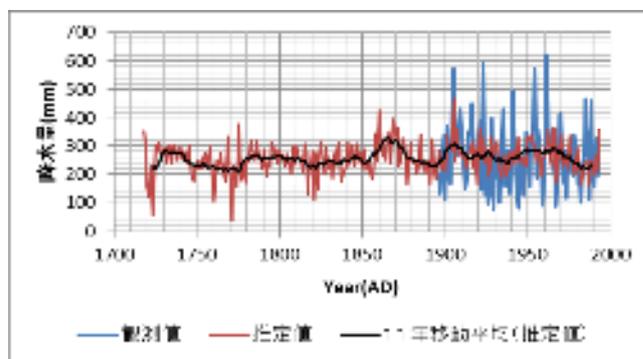


図.6 過去276年の6月の降水量の推定

7. まとめ

本研究では、樹木年輪セルロース酸素同位体比による過去約300年の水文環境の復元を試みた。その過程において、酸素同位体比が過去の水文環境復元のための有効な指標となりうることを確認できた。そして、過去276年間の相対湿度・降水量を推定し、気象観測データのない年代の気象情報を知り得ることができた。しかし、個体間相関と気象との照合の結果から、その精度は必ずしも満足できるものとはいえない。樹木年輪セルロースの酸素同位体比から復元した代理データを、実際の治水計画に活用するためには、復元の精度をより高める必要があり、酸素同位体比変動のメカニズムを追究していかなければならない。