

カムチャッカのカラマツ年輪セルロースの酸素・水素同位体比を用いた冬季古気温の復元

Reconstruction of winter air temperature using O & H isotopic ratios of larch tree-ring cellulose in Kamchatka, Russia

中塚 武 [1]; 大西 啓子 [2]; 原 登志彦 [3]; 白岩 孝行 [4]

Takeshi Nakatsuka[1]; Keiko Ohnishi[2]; Toshihiko Hara[3]; Takayuki Shiraiwa[4]

[1] 北大・低温研; [2] 北大・低温研; [3] 北大・低温研; [4] 地球研

[1] Inst.Low Temp.Sci., Hokkaido Univ; [2] ILTS, Hokkaido Univ; [3] Inst Low Temp Sci, Hokkaido Univ; [4] RIHN

http://environ.lowtem.hokudai.ac.jp/nakatsuka/nakatsuka_top-e.htm

[はじめに] 樹木年輪は過去の気候変化を1年以下の時間解像度で復元できる優れた媒体であるが、降雨量の多い森林では樹木密度が高く、その肥大成長に隣接個体との光を巡る競争が反映されるため、年輪幅から中・長期の気候変動を復元することは難しい。近年、熱分解式の元素分析計に同位体質量分析計を組み合わせたシステムの登場によって、有機物の酸素・水素同位体比が迅速・正確に測定できるようになり、世界中でその技術を樹木年輪の分析に応用する研究が進められている。樹木年輪に含まれるセルロースの酸素・水素同位体比は、共に「降水の同位体比」と「相対湿度」という2つの気候学的因子を反映し、年輪幅や炭素同位体比とは違って生態学的因子の影響を受けにくいという特長を持つが、異なる2つの気候因子を如何に分離して復元するかと言う点で、大きな課題が残されている。本研究では、酸素・水素同位体比の間の水文学的、植物生理学的な挙動の違いに着目し、2つの同位体比を組み合わせることで、気候復元の新たな指標の開発を行った。

[試料と方法] 樹木年輪試料は、1998年と2000年にロシアカムチャッカ半島の中央低地の Kozyrevsk において、樹齢約200年の複数のカラマツ林から円盤および成長錐試料の形で採取した。生態学的因子の酸素・水素同位体比への影響の有無を確認するために、成長の履歴(年輪幅の変動パターン)の全く異なる3個体を分析した。試料は年層毎にブロック状に切り出した後、マイクロトームで20 μ m厚の薄片にし、有機溶媒・酸・アルカリによる段階的な化学処理によってセルロースを抽出した。セルロース試料の一部は、サーモフィッシャーサイエンス社の TCEA - IRMS による酸素同位体比の測定に供し、残りのセルロースは、交換性の水素を含む OH 基を排除するため、発煙硝酸でニトロ化してからその水素同位体比を同じ機器を用いて測定した。同位体比は共に、国際標準物質 VSMOW に対する千分偏差値(デルタ値)で表し、繰り返し測定標準偏差は酸素・水素それぞれ約0.2、1.5パーミルである。

[結果と考察] (1) 酸素同位体比 図に示すように、3つの個体から得られた酸素同位体比は、成長履歴の個体間での大きな違いにもかかわらず、短~長周期の全てにおいて良く一致した変化を示した。このことは年輪の酸素同位体比の経年変化が、樹木個体の生理生態学的な要因ではなく、外部の気候因子の影響を受けて変化していることを示している。しかし酸素同位体比と、kozyrevsk の月別平均気温、月別降水量(1950~1981年)の間の相関は余り高くなく、夏季の降水量と小さな負の相関($r = 0.2$, -0.3)を示す一方で、一年を通じて気温との低い正の相関(最大 $r = 0.2$, 0.3)を示すのみであった。樹木年輪の酸素同位体比は、日本などの中緯度域では、通常夏季の降水量や相対湿度と極めて大きな負の相関を示すので、カムチャッカにおける気象要素との低い相関性は、ロシアの地方集落における気象データの信頼性の問題と共に、年輪セルロースの酸素同位体比が、「夏季の相対湿度」と「高緯度特有の気温に支配された降水同位体比」という全く別の2つの要因によって、規定されていることを示唆している。(2) 水素同位体比 成長の履歴が大きく異なる個体間で、水素同位体比は酸素ほど高い変動の相関性を示さなかった。これはセルロースが合成されるまでの間に、水素同位体比が「2次の同位体分別」の影響で大きく増大し、しかもその影響の大きさが個体間で異なるためであると考えられる。2次の同位体分別の大きさが相対的に小さい個体(dD値が低い個体)では、水素同位体比は酸素同位体比とほぼ同様の变化パターンを示したが、1860年以前の若齢期においてのみ、その変動パターンは全く異なっていた。これは「2次の同位体分別」の大きさが、幼木の成長と共に変化することを意味している。(3) d - excess 値 酸素と水素の同位体比を組み合わせた d - excess 値 = $dD - 8 \times d18O$ は、通常、水循環の指標として水文学で利用されるが、同じ指標を年輪同位体比に当てはめると、その変化は、Kozyrevsk における冬季2 - 3月の平均気温と極めて高い負の相関($r = 0.6$)を示すことが分かった。シベリアからの乾いた季節風が吹く冬季には、気温が低いほど d - excess 値の高い水蒸気が海から蒸発する。この水蒸気が雪となり積雪・土壤水を経て、夏季のカラマツの成長に利用されていると考えられる。年輪 d - excess 値によって復元されたカムチャッカの19世紀後半以降の年毎の冬季気温は、グローバルな地球温暖化に伴う段階的な上昇を示しており、積雪域における冬季気温の復元に年輪同位体比が利用できることが、本研究によって新たに示された。

Variations in Tree-Ring Width (a) and $\delta^{18}\text{O}$ of Tree-Ring Cellulose (b) of Different 3 Larch Individuals

