

論文内容要旨 (和文)

平成19年度入学 大学院博士後期課程 地球共生圏科学専攻共生圏発達科学講座

氏名 鈴木 佳代



論文題目 BC780-460年に対する鳥海神代杉単年輪中宇宙線生成核種¹⁴Cの濃度変動に関する研究

【研究目的】

本研究は、太陽活動が停滞し地球環境も大きく変化していたと考えられるBC780-460年の間に生育していた日本産の古木である鳥海神代杉を用い、その年輪中の¹⁴C濃度変動から11年周期成分の抽出を行なうことにより太陽11年周期変動を指標として当時の宇宙線強度変動を調べることを目的としている。

【研究背景】

地球に到達する宇宙線は太陽圏の磁場や地球磁気圏の影響を受けるため、地球に進入するときその強度が時間変化し宇宙線モジュレーションと呼ばれている。太陽圏の磁場は太陽黒点の11年周期変動をはじめとして太陽活動の様々な変動に応じて変化するため、宇宙線モジュレーションにはその様々な位相変化が反映されている。従って、宇宙線モジュレーションを調べることにより宇宙線の伝搬経路である太陽圏の空間や磁場構造の時間変化などの物理的状态を知ることが可能となる。しかし宇宙線の観測は1950年に始まったばかりであり、宇宙線の長期的変化を調べるためには、半減期の長い放射性核種である宇宙線生成核種を利用することになる。その代表的なものとして地球大気と宇宙線との相互作用で生じる宇宙線生成核種¹⁴Cを用いる手法がある。地球大気中の¹⁴Cは、CO₂となり光合成により樹木に取り込まれる。樹木年輪は形成年ごとの大気中¹⁴C濃度を固定しているため、1年輪毎の¹⁴C濃度測定を行なうことで、過去の宇宙線モジュレーションを調べるための基礎となるデータを得ることができる。

【方法】

本研究では、～320年輪(～BC780-460年)を有する鳥海神代杉のうち、BC756-462年の期間に対し181単年輪を用いた。181単年輪はBC756-686年が連続した単年輪で、BC684-462年が隔年の単年輪になっている。測定は、東京大学の加速器質量分析により¹⁴Cと炭素安定同位体であるの¹²C、¹³Cの定量測定を行った。181単年輪に対する平均的な測定誤差は0.48%であった。

【結果】

本論文では、世界的にも未知であるこの時期の単年輪¹⁴C測定を行い、そのデータから得られた以下の研究結果について示す。

- 1) 日本産樹木と、Belfast(UB)とSeattle(QL)によって測定された欧州産樹木(Irish, German oak)の¹⁴C濃度の比較と地域性の考察。
 - 2) 単年輪¹⁴C濃度変動の11年周期成分の抽出と太陽活動の関係。
- 1) 鳥海神代杉は鳥海山の山体崩壊により埋没した木であり、その生育期間の正確な暦年代は未知である。そこで、欧州産樹木と比較するために、

(10pt 2,000字程度 2頁以内)

^{14}C 年代の校正曲線を用いて鳥海神代杉の暦年代を、相関比較法を開発して高精度で決定した。鳥海神代杉320年輪はBC780-460年にあると決定され、その決定精度は以前の12.5年から8年と狭めることができた。

鳥海神代杉の年代決定により、UB、QLデータ(10または20年輪スパン)との比較が可能となった。本研究では宇宙線強度変動を調べるため1年輪毎の ^{14}C 濃度データを得ており、1年輪データは異なるデータ・スパンのデータとも比較できるという利点を持つ。これらの解析により、鳥海神代杉はUB、QLに対し、 ^{14}C 濃度で約0.3%低い値を示すことが分かった。この差は、夏に発生する東アジアモンスーン(EASM)の発達により、北半球よりも大気 ^{14}C 濃度が低い南半球大気が日本へ流入することが原因と考えられる。鳥海神代杉生育期間にもEASMは発生しており、その当時、日本がEASMの影響を受けていたことが考えられる。


日本は欧州に対し ^{14}C 濃度に差があるが、UB、QLに対する ^{14}C 年代の相関係数は0.89、0.68を示しており、鳥海神代杉の ^{14}C の変動は地球規模での変動を示していることが分かった。

2) 181単年輪 ^{14}C 濃度データのうち、1年おきの149単年輪を用いて、297年にわたる ^{14}C 濃度変動について周期解析を行った。その結果、BC662-488年の175年間に對し連続的な周期7.7-11.1年で振幅が0.2%以上の、統計的に有意な周期成分があることが分かった。また、0.2%以上の周期成分としてBC690-638年に周期15.8-17.7年の成分が、644-602BCに周期23.1年の成分が抽出された。これらは太陽11年及び22年周期活動による周期成分と考えられる。181単年輪が位置するBC752-462年の ^{14}C 濃度変動には3つの特徴がある。①BC 758-700年では ^{14}C 濃度が1.66%の高い値を示す。②BC700-656年の短期間に0.25%まで減少し0.92%に増加する急激な変動を示す。周期15.1-17.7年の成分はこの時期に対応する。③その後~80年間で-0.5%まで緩やかに減少した後一定を示す。178年間の連続した周期成分と23.1年の周期成分はこの緩やかな時期に対応している。また、①の期間についての周期成分はあらわれていない。太陽活動度とその周期長には関係性が示唆されており、活発(停滞)だと周期長が短く(長く)なるとされている。これを踏まえると、鳥海神代杉生育期間には、太陽活動の通常期と活発期があったことが周期解析から示唆できた。 ^{14}C の濃度変動及び周期性抽出より、当時の宇宙線強度変動を推定する基礎データを提示できた。

【結論】

鳥海神代杉単年輪 ^{14}C 濃度測定により、 ^{14}C 濃度は欧州産樹木と比較して日本の地域的特性があるが、地球規模での ^{14}C 生成変動を表していることがわかった。また、1年輪の変動は太陽11年および22年周期変動を反映していることがわかった。これらは、 ^{14}C 濃度変動から過去の宇宙線モデュレーションを復元する上で重要な研究結果である。

論文内容要旨 (英文)

平成19年度入学 大学院博士後期課程 地球共生圏科学専攻共生圏発達科学講座
氏名 鈴木 佳代 

論文題目 Variations in cosmogenic nuclide ^{14}C from Choukai Jindai cedar tree rings during BC 780-460

Cosmogenic nuclide ^{14}C is a good radioisotope to investigate variations in cosmic-rays at old time, and, ^{14}C contents in tree rings are useful proxy data in reconstruction of cosmic-rays in the past time. The period of BC 780-460 is a characteristic era indicating weaker solar activity as well as a disturbance of the earth environment. This thesis describes variations in ^{14}C contents in Japanese single-yr tree rings related to the 11-yr solar cycle for the era. Also, an offset between Japanese and European tree rings is described by comparing Japanese one with 2 data sets (UB and QL) from Irish and German oaks.

We have measured the ^{14}C contents in 181 single-yr tree rings for a Japanese Choukai Jindai cedar using an accelerator mass spectrometer (AMS) with the typical error of 0.48%. The 181 single-yr tree rings range BC 756-462.

Comparing the ^{14}C concentrations between the Japanese tree rings and the European one, the Japanese one indicated $\sim 0.3\%$ lower than the European one. However, the Japanese tree ring

(12pt シングルスペース 300語程度)

correlates well to UB and QL with correlation coefficients of 0.89 and 0.68, respectively. It indicates that ^{14}C contents in the Japanese tree rings show a global variation. Possible cause of the difference is a flow of atmosphere of the South hemisphere including lower ^{14}C concentrations than that of the North hemisphere by the East Asian monsoon development in summer.

Periodic analyses (Wavelet analysis) were performed using 149 alternate single-yr data. Periods of 7–11 years was detected in the variation of ^{14}C contents. It is consecutive periodical component with more than 0.2% in amplitude during 658–485 BC, which is related to the 11-yr solar cycle.

These are important results for the reconstruction of the cosmic-ray intensity variation in the ancient time.