

古木中の¹⁴C濃度測定による古代宇宙線強度変動の探索

Research of an ancient cosmic ray intensity variation
by ¹⁴C concentrations measurement in old woods

佐藤 太一¹⁾ 櫻井 敬久²⁾ 高橋 唯¹⁾

Taiichi SATOU, Hirohisa SAKURAI, Yui TAKAHASI,

¹⁾ 山形大学大学院理工学研究科 ²⁾ 山形大学理学部

(概要)

本研究は、約2万6千年前に生息していた古木である上山年輪試料を用いて、単年輪毎の放射性炭素(¹⁴C)濃度測定を行い、太陽活動に伴う¹⁴C濃度の年変動を調べて、当時の宇宙線強度変動を探査すること目的としている。過去5万年までの¹⁴C濃度変動において、約2万6千年前の¹⁴C濃度は現在に比べ40%~60%と非常に高い値を示し、それより過去に向かって減少している。一方で、2万6千年付近の地磁気の強度は、現在に比べ40%程度とかなり弱い時期を示しており¹⁴C濃度変動は地磁気変動に対応していると考えられる。本研究では、地磁気の弱かった約2万6千年前の¹⁴C濃度変動の測定から当時の宇宙線強度変動の変調を調べた。

キーワード：古木単年輪、¹⁴C濃度変動、2万6千年前、上山年輪試料、複数回系列測定

1. 目的

本研究は、約2万6千年前に生息していた古木である上山年輪試料を用いて、単年輪毎の放射性炭素(¹⁴C)濃度測定を行い、太陽活動に伴う¹⁴C濃度の年変動を調べて、当時の宇宙線強度変動を探査すること目的としている。

成層圏に入射した宇宙線は大気中で二次宇宙線を生成する。宇宙線生成核種¹⁴Cは、主に二次宇宙線の中の熱中性子と大気中の窒素原子による核反応によって生成される。生成された¹⁴Cはすぐに酸化し二酸化炭素として他の炭素と同様に炭素循環を行う。その炭素循環中に樹木に取り込まれる。従って、樹木年輪中の¹⁴C濃度を測定することで、宇宙線強度変動を調べることができる。過去5万年の¹⁴C濃度変動において、約2万6千年前の¹⁴C濃度は現在に比べ60%と非常に高い値を示し、それより過去に向かって減少している。一方で、2万6千年付近の地磁気の強度は、現在に比べ40%程度とかなり弱く¹⁴C濃度変動は地磁気変動に対応していると考えられる。太陽活動に伴う宇宙線強度の変動は約100GeV以下の宇宙線に顕著である。しかし、地球上に入射する宇宙線の多くが荷電粒子であり、運動エネルギーが低い宇宙線は地磁気によるローレンツ力により入射を制限される。それ故、約2万6千年前のような地磁気の強度が弱い時期では、地磁気の影響は小さくなり、より低エネルギーの宇宙線も入射してくれる。このため、現在より太陽活動等に伴う宇宙線強度の変動は大きくなっていると予測され、宇宙線生成核種である¹⁴C濃度の変動も大きくなると考えられる。そこで本研究では、これまでJAEA-AMS-MUTSUで測定を行って得られた結果を中心に、地磁気の弱かった約2万6千年前の¹⁴C濃度変動の測定から当時の宇宙線強度変動の変調を調べた。

2. 方法

上山年輪試料は山形県上山市宮脇地内須川の河床から掘りおこした古木試料を単年輪毎に剥離したもので、この古木試料は約2万6千年前に生育したものである。この剥離した単年輪を、粉碎し有機溶媒洗浄を行い、化学処理によってセルロースを抽出する。このセルロースからAMS測定用試料となるグラファイトを作成する。ここまで行程を、全て山形大学で行っている。作成したグラファイト試料はJAEA青森研究開発センターのタンデトロンAMSにより測定された。上山年輪試料については、連続する66年輪に対して1年輪おきの33年輪(KY103~KY167)を1系列試料として準備した。これまでのJAEAにおいて33試料の系列測定を、6回の系列測定を行った。

3. 結果及び考察

これまで、JAEA の 4 回の系列測定の結果を含む、16 回の系列測定を行った。これらの測定から上山年輪試料の¹⁴C 年代は、平均値として 22371 ± 95 ¹⁴C yr BP であることがわかった。この結果から、IntCal09 を用いて上山年輪試料の生育した実年代を算出したところ $27705 \sim 26556$ cal BP であることがわかった。

Fig.1 はこれまで行った 16 回の系列測定の結果を ¹⁴C 濃度で示した結果である。この結果から、測定によって得られた 33 年輪の ¹⁴C 濃度に対する 16 セットの時系列データから、それぞれ変動成分のみを取り出し、各年輪で平均を求め平均時系列データとしてまとめた。Fig.2 は、平均時系列データとしてまとめた結果であり、測定によって明らかになった 2 万 6 千年前の $\Delta^{14}\text{C}$ の変動を示す 66 年間の時系列の変動構造を示している。年輪番号が小さい方が過去を表す。Fig.2 で示すように、明らかになった変動の時系列は、年輪番号 107~151 の間の 44 年間に大きい山なりの変動があり、その上に小さい構造が現れている。この 44 年間の変動の最大の大きさを、図中の矢印で示すように、最小値と最大値である年輪番号 KY151 と KY125 のそれぞれの値の差で表すと $36.8 \pm 6.8\%$ であった。また、その中に短時間の変動構造が示唆していることがわかった。

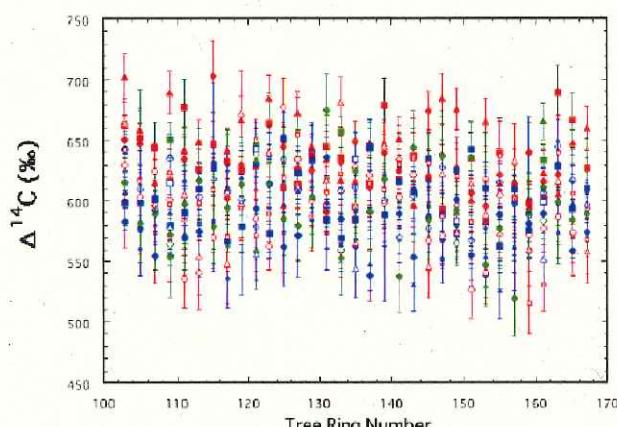


Fig.1 : 16 回系列測定の測定結果

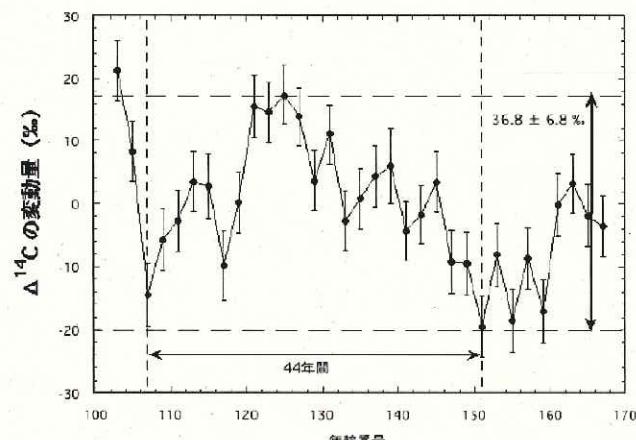


Fig.2 : 33 試料(66 年間)の系列データから作成した変動成分のみの時系列データ

4. 引用(参照)文献等

- 1) Chiu TC, Fairbanks RG, Cao L, and Mortlock RA: "Analysis of the atmospheric ¹⁴C record spanning the past 50000 years derived from high-precision ²³⁰Th/²³⁴U/²³⁸U, ²³¹Pa/²³⁵U and ¹⁴C dates on fossil corals.", *Quaternary Science Reviews* 26, 18–36 (2007).
- 2) Laj C, Mazaud A, and Duplessy JC: "Geomagnetic Intensity and ¹⁴C Abundance in the Atmosphere and Ocean During the Past 50 Kyr." *Geophysical Research Letters* 23 (16), 2045–8 (1996)
- 3) Gandou T, Sakurai H and Kato W et al.: "¹⁴C concentration of single-year tree rings from about 22,000 years ago using a highly accurate measuring method." *Radiocarbon* 46 (1), 949–55 (2004)
- 4) Reimer PJ, Baillie MGL, Bard E et al. 2009. IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 51(4):1111–50.