

屋久杉に刻まれた宇宙現象：西暦774-775年，993-994年の宇宙線強度異常

三宅 美沙 〈名古屋大学太陽地球環境研究所〉

増田 公明 〈名古屋大学太陽地球環境研究所〉

放射性同位体の存在量測定による年代推定は、自然科学や考古学などの様々な場面で応用されている。測定対象となる同位体には ^{14}C や ^{10}Be などがあり、これらは地球に飛来して大気に突入した宇宙線が、大気中の原子核と相互作用することによって作られる。同位体の半減期と平均的な生成量がわかっているため、その濃度を調べることで生成からの経過年数を知ることができる。逆に、年代がわかっている試料、例えば樹木の年輪や極地方の氷床中の同位体濃度を調べれば、当時の宇宙線の強度を知ることができる。宇宙線によって生成された ^{14}C は、二酸化炭素 $^{14}\text{CO}_2$ となり、さらに樹木へと取り込まれて年輪内で固定されるため、年輪中の ^{14}C 濃度は過去の宇宙線強度を「記録」しているのである。したがって太陽フレア、超新星爆発、ガンマ線バーストといった突発的高エネルギー宇宙現象も、 ^{14}C 濃度の急激な増加として、その痕跡が記録されている可能性がある。

このような背景のもと、我々は6-12世紀における屋久杉年輪中の ^{14}C 濃度を1-2年分解能で測定してきた。その結果、西暦774-775年、993-994年にかけての2つの ^{14}C 急増イベントを発見した。これらは1年程度の時間で急激な ^{14}C 濃度の上昇を示した後、10年のオーダーで減衰していく様子がきわめて似ており、同じ原因によって引き起こされたことが示唆される。さらにこの2イベントについては、ヨーロッパ産の年輪中の ^{14}C と南極の氷床中の ^{10}Be においても全く同時期に濃度の異常上昇があったことがわかり、屋久島付近における局所的な現象ではなく、地球規模で何らかの大きな変動を与えた突発的宇宙現象がその原因であることが決定的となった。すぐさま、その宇宙現象が何であったかについて

の活発な議論が始まった。先に述べた太陽フレアやガンマ線バーストなどの現象について、その発生頻度や放出されるエネルギー、地球に与える影響などについて定量的評価が行われた。現在のところ最も有力と見られているのは、太陽表面の爆発によって地球に大量の放射線が降り注ぐSolar Proton Event (SPE)という現象である。また、見つかった2イベントにおける ^{14}C 濃度の上昇量を説明するためには、その規模は現在知られている最大の太陽フレアの10倍から数10倍であることも明らかになった。これまでに多くの研究者によって年輪中 ^{14}C の1-2年分解能の測定が行われてきた期間は、合計すると約1,600年分になる。そしてその期間中、このような大規模なイベントが少なくとも2度起こっているというのは注目すべきことである。 ^{14}C 濃度の上昇はきわめて短い時間で起こっており、本研究のような1-2年の分解能による測定で初めて発見することができるものであるが、この分解能による測定がなされていない期間に、このようなイベントがまだ過去に多く隠されている可能性は高いのである。過去の大規模フレア現象の頻度を正確に把握することで、太陽活動メカニズムの新しい知見を得るとともに、将来における「宇宙気象」の予測へとつながることなどが期待される。また観測史上最大のキャリントンフレア(1859)でも世界的に大きな影響があったことが知られており、その数10倍の規模のフレアが「珍しくない」とすれば、現代社会活動への諸影響を考えることも大変に重要である。

—Keywords—

同位体：

原子番号(陽子数)が同じで中性子数の異なる原子核。放射性崩壊するものは放射性同位体と呼ばれる。炭素の場合は安定な ^{12}C (陽子6、中性子6)のほか、安定同位体 ^{13}C と放射性同位体 ^{14}C がある。

宇宙線：

宇宙を飛び交う高エネルギー放射線の総称。狭義には1 GeV(1ギガ電子ボルト)以上の陽子や原子核を指す。

放射性同位体の生成：

例えば ^{14}C は宇宙線と大気中の窒素により $^1_0\text{n}+^{14}_7\text{N}\rightarrow^{14}_6\text{C}+^1_1\text{p}$ という反応によって生成される。 ^{10}Be は ^{14}N などが宇宙線と衝突して原子核破砕を受けることにより作られる。

太陽フレア：

太陽表面で爆発が起こり、高エネルギーの陽子、中性子、電子やX線、紫外線などが放射される現象。大規模のフレアの場合は地球の電離層に擾乱を与え、通信などに影響が出ることもある。

超新星爆発：

連星系をなす星(白色矮星)の表面に伴星からの質量降着が起こり、ある臨界点を超えると爆発的な核融合が起こって星全体を吹き飛ばす現象(I型超新星爆発)。または大質量星が核燃焼し尽くし、重力崩壊を起こした後に大爆発を起こす現象(II型超新星爆発)。銀河あたり100年に1回程度の頻度で起こると言われる。

ガンマ線バースト：

数ミリ秒から数分という短い時間の間X線からガンマ線の波長帯において突発的な放射が観測される現象。系外銀河における超新星爆発や連星合体などがその起源と考えられている。近年は衛星による観測的研究が飛躍的に進んでいる。