

令和 7 年度（2025） 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：乗鞍高度における宇宙線生成核種濃度の観測 英文：Observation of cosmogenic nuclides concentrations at Mt. Norikura
研究代表者	門叶 冬樹（山形大学 理学部）
参加研究者	櫻井 敬久、武山 美麗、森谷 透（山形大学 理学部）、 武田 鳳胤、高橋 優介（山形大学大学院 理工学研究科）、 碓 隆志（東京大学 宇宙線研究所）
研究成果概要	自由対流圏における宇宙線生成核種の大気中の挙動を経年的に調べることは、地表で観測されている宇宙線生成核種の濃度変動から太陽活動による宇宙線強度変動を見積もる上で重要である。乗鞍宇宙線観測所は、北半球中緯度の高地に位置しており自由対流圏における宇宙線生成核種のサンプリング地に適している。そこで我々は、乗鞍岳の森林限界と呼ばれる標高で生育しているハイマツに着目し、1 年の時間分解能による測定が期待される球果と葉をサンプルに選定して（図 1）、ハイマツ試料中に含まれる宇宙線生成核種 ^{14}C の濃度測定を 2018 年度から開始した。2025 年度の乗鞍宇宙線観測所におけるハイマツの球果および葉の採取は、環境省および森林管理局の許可を得てこれまでと同様に行った。ハイマツの生息位置による依存性を調べるために、乗鞍岳と同じ森林限界に生育する蔵王山頂のハイマツを比較試料として用いた。また、化石燃料の消費による大気中 ^{14}C 濃度の希釈の影響（Suess 効果）を評価するために、東京及び山形県天童市内のマツ試料（球果と葉）を採取し、ハイマツ試料との比較を行った。 採取した各試料は、純水、アセトンによる超音波洗浄を行ったあと、AAA（酸-アルカリ-酸）処理を行い、元素分析計（Elemental Analyzer: EA）により試料を燃焼し、二酸化炭素を回収してグラフアイト化を行った。グラフアイト化された試料中の ^{14}C の濃度測定は、山形大学に設置した高感度加速器質量分析装置（図 2）を用いて行った。 図 3 に試料を採取した地点の高度と球果中の ^{14}C 濃度（$\Delta^{14}\text{C}$）の関係を示す。試料を採取した高度が高くなるにつれて球果の $\Delta^{14}\text{C}$ の値は高くなり、高度依存性があることがわかった。 図 4 に各試料の採取年と球果の ^{14}C 濃度の関係を示す。山地（乗鞍と蔵王）の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は 2018 年から 2025 年にかけて全体的に減少傾向を示した。平地（天童と東京）では値にばらつきがあったが、山地と比較してどの年も低い値を示した。今後も継続して測定

を行い、データを蓄積していきたいと考えている。

乗鞍で捕集された大気浮遊塵試料中の ^7Be 濃度測定データは、2019 年まで蓄積されているが、2020 年から 2025 年は covid-19 の影響により乗鞍では試料の捕集ができなかった。しかし、山形では 2025 年も ^7Be 濃度日変動データが得られている（詳細は、研究課題「Be-7 などによる宇宙線強度時間変化の検出」の報告書に示した）。今後も自由対流圏の ^7Be 濃度データの蓄積を継続し、地表データと比較する。



図 1. ハイマツ試料の写真
球果（上）、葉（下）
球果は中の種子を使用した



図 2. 山形大学高感度加速器質量分析装置

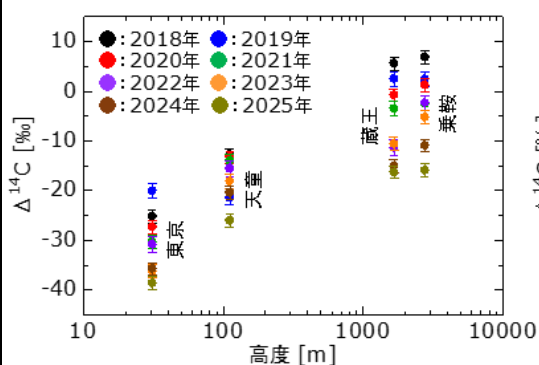


図 3. ハイマツ・マツ球果の採取地点の高度に対する $\Delta^{14}\text{C}$ 値

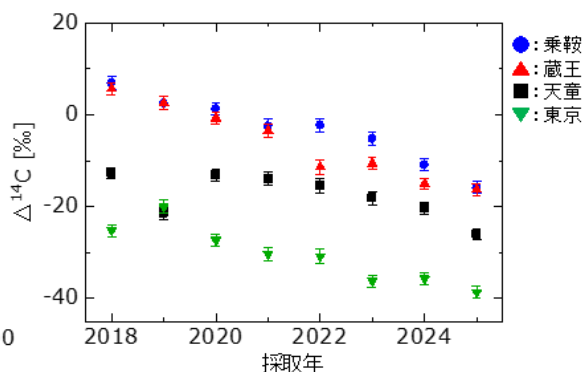


図 4. ハイマツ・マツの採取年に対する $\Delta^{14}\text{C}$ 値

[学会発表]

1. “ハイマツ・マツ試料中放射性炭素濃度の年変動に関する研究 2024”、武山美麗，森谷透，櫻井敬久，宮原ひろ子，門叶冬樹、第 86 回応用物理学会秋季学術講演会 (2025/9/8)
2. “ ^{14}C Annual Variability in Japanese Stone Pine of Different Altitude”, Mirei Takeyama, Toru Moriya, Hirohisa Sakurai, Hiroko Miyahara, Fusa Miyake, Toyoharu Umebayashi, Fuyuki Tokanai, 25th Radiocarbon Conference (2025/6/30)