

ハイマツ・マツ試料を用いた 放射性炭素(^{14}C)濃度測定

○武山 美麗^{1,2}, 森谷 透^{1,2}, 櫻井 敬久², 門叶 冬樹^{1,2},
塔 隆志³

¹山形大学高感度加速器質量分析センター,

²山形大学理学部, ³東京大学宇宙線研究所

「乗鞍高度における宇宙線生成核種濃度の観測」

研究代表者：山形大学理学部 門叶冬樹

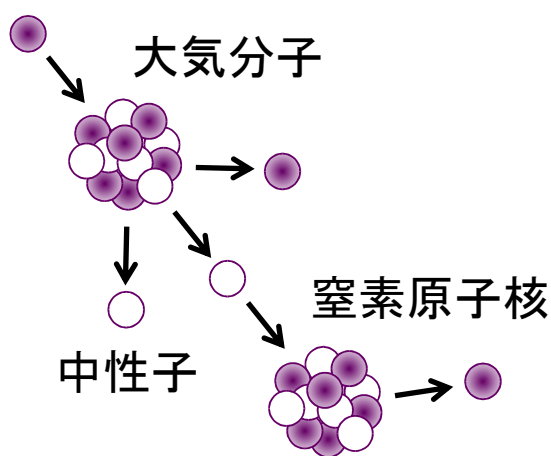
2024年度査定額 旅費：100千円

使用内訳：乗鞍観測所でのサンプリングのための旅費

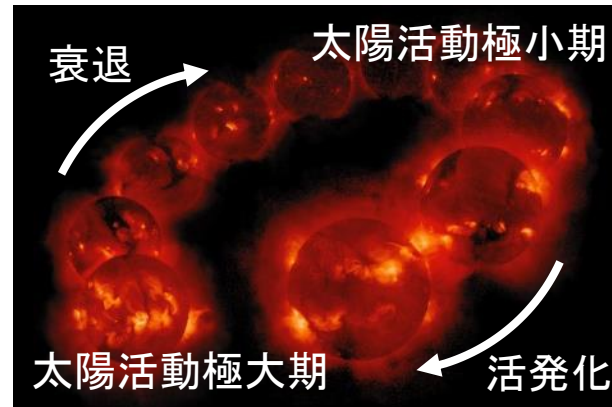
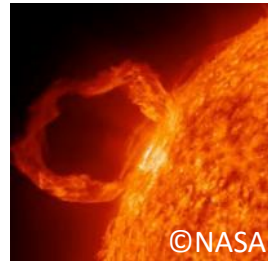
ご支援ありがとうございます

古木年輪試料を用いた過去の宇宙線強度変動の研究

高エネルギー
宇宙線(陽子)



太陽フレア



超新星爆発



ガンマ線バースト



二酸化炭素 ($^{14}\text{CO}_2$) として循環し
光合成により年輪に取り込まれる



古木試料の1年輪ごとの
 ^{14}C 濃度を測定

地球規模の炭素循環の
影響を受ける

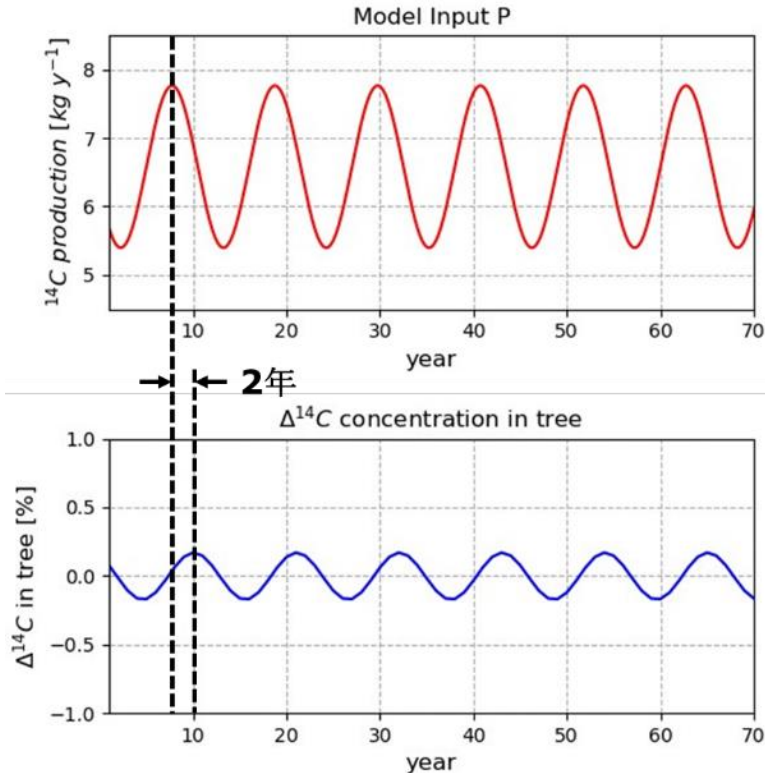
過去の宇宙線増加現象を探索(名古屋大 三宅先生)

F. Miyake et al., Nature. 486, 240-242 (2012), F. Miyake et al., Front. Astron. Space Sci. 9, 886140 (2022)

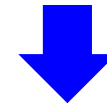
過去の太陽活動を復元(武蔵野美術大 宮原先生)

H. Miyahara et al., Sci. Rep. 11, 5482 (2021), H. Miyahara et al., Geophys. Res. Lett., 49, e2021GL097201 (2022)

炭素循環による ^{14}C 濃度の減衰



太陽活動のシュワーベサイクルの影響を受け、11年の周期で $\pm 20\%$ 変調する ^{14}C 量を22ボックスモデル(Brehm et al., 2021)に入力



樹木年輪中の ^{14}C 濃度変動は地球環境の炭素循環により $\pm 0.2\%$ まで減衰し、位相も2年遅れる

太陽黒点数や二次宇宙線の量が観測されている**現生の試料中の ^{14}C 濃度を精度良く測定**することで、炭素循環モデルを評価できる
 \Rightarrow 古木試料中の ^{14}C 濃度変動と過去の宇宙線増加現象の探索および太陽活動の復元への理解が深まると期待される

現生試料の選択



<https://www.yamakei-online.com/yama-ya/detail.php?id=3454>

ハイマツの球果および葉試料

- 人間活動の影響を受けにくいと期待される**森林限界に生育する高山植物(ハイマツ)**をターゲット
- 単年性の試料で一年の時間分解能で測定可能
- 比較のために市街地のアカマツを測定



排気ガス
の影響

	ハイマツ	アカマツ
球果	長さ3~6 cm 種子が大きい (~10 mm)	長さ4~6 cm 種子が小さい (~4 mm)
葉	5本葉で短い (~40 mm)	2本葉で長い (~120 mm)

⇒2018年から1年毎に試料を採取

ハイマツ球果の種子

乾燥後、種子を採取



ハイマツ球果
の断面図



斎藤新一郎「木と動物の森づくり」
p.159

種子の写真



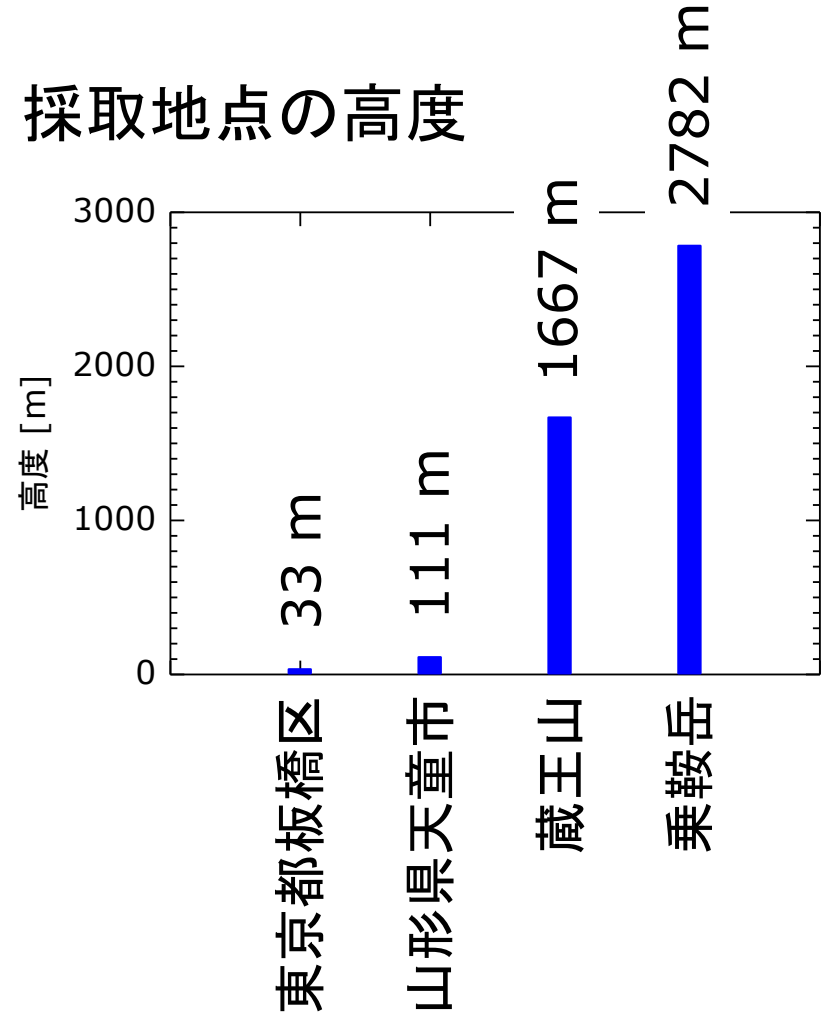
<https://ja.wikipedia.org/>

- $\Delta^{14}\text{C}$ 値の測定にはハイマツ・マツ試料の球果から種子を採取して使用
- 種子の中の実(白い部分)は前処理で溶けるため、外種皮を測定

ハイマツ・マツ試料の採取地点



採取地点の高度



許可証

環境省および森林管理局の許可を得て、ハイマツの球果および葉を採取

環中中国許第2407081号
令和6年7月8日

山形大学小白川キャンパス長
大西 彰正 殿

中部地方環境事務所長
小森 繁



自然公園法（昭和32年法律第161号）第21条第3項の規定に基づき、貴殿の次の申請に係る行為を許可する。

国立公園名 中部山岳国立公園

地 域 特別保護地区

申請年月日 令和6年6月20日

行為の種類 木竹の損傷

1. 場所
岐阜県高山市丹生川町岩井谷乗鞍岳
2. 種類及び数量
ハイマツ 葉10本、球果2個
3. 損傷する方法
ハサミ、ピンセットにより採取

様式第79号

6飛管第 350号
令和6年 8月 8日

門叶 冬樹 殿

飛騨森林管理署長

高山植物等採取許可証

令和6年7月17日付で申請のあった高山植物等の採取について下記のとおり許可します。

記

- 1 採取者氏名 門叶 冬樹
- 2 採取期間 自 令和6年8月8日 至 令和6年10月31日
- 3 採取場所 岐阜県高山市丹生川町岩井谷 乗鞍国有林120二林小班
- 4 植物の種類及び数量の指定 申請書のとおり
- 5 注意事項
(1) 入林中は、この許可証を携帯して下さい。
(2) 高山植物等の採取にあたっては、自然公園法（昭和32年法律第161号）、絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律（平成4年法律第75号）、文化財保護法（昭和25年法律第214号）、森林法（昭和26年法律第249号）、自然環境保全法（昭和47年法律第85号）、鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律（平成14年法律第88号）等関係法令を遵守し、これに基づく必要な手続を済ませた上で行って下さい。
(3) 採取時に当署職員が立ち会う場合があるので、事前に入林日時を必ず森林管理（支）署に連絡して下さい。
(4) 採取時に、他の草木類に損傷を与えないよう十分注意して下さい。また、植生の踏みつけを最小限にするとともに、採取跡地を整えて下さい。
(5) 採取地点は、国有林野の風致の維持に影響を及ぼさない場所として下さい。
(6) 国有林野及び産物その他に損害を加えた場合は、森林管理（支）署職員の指示に従い、原状回復又は弁償金を納付して下さい。
(7) 別紙、入林に際しての遵守事項を遵守して下さい。

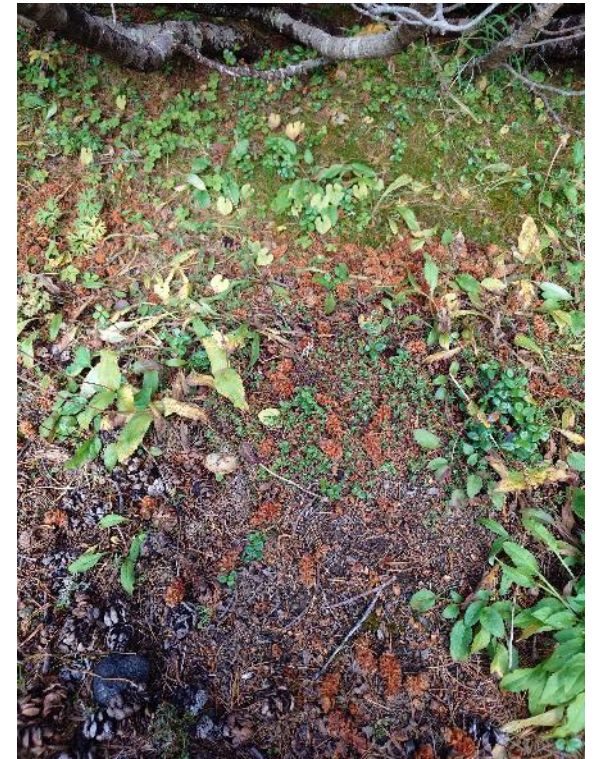
乗鞍岳におけるハイマツの採取



東大宇宙線研 乗鞍観測所付近
標高約2,770 m

採取時の様子

2024年の採取の様子(乗鞍岳)



乗鞍岳で採取したハイマツの写真① (採取日: 2019/9/26)

球果



葉



乗鞍岳で採取したハイマツの写真② (採取日:2023/9/2)

球果



葉



乗鞍岳で採取したハイマツの写真③ (採取日:2024/9/12)

球果



葉



^{14}C の測定①

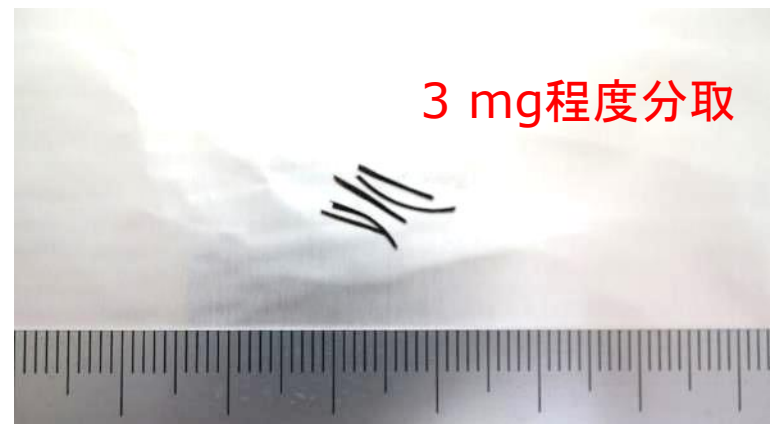
前処理後の種子



前処理後の葉



1つの種子から3つ測定

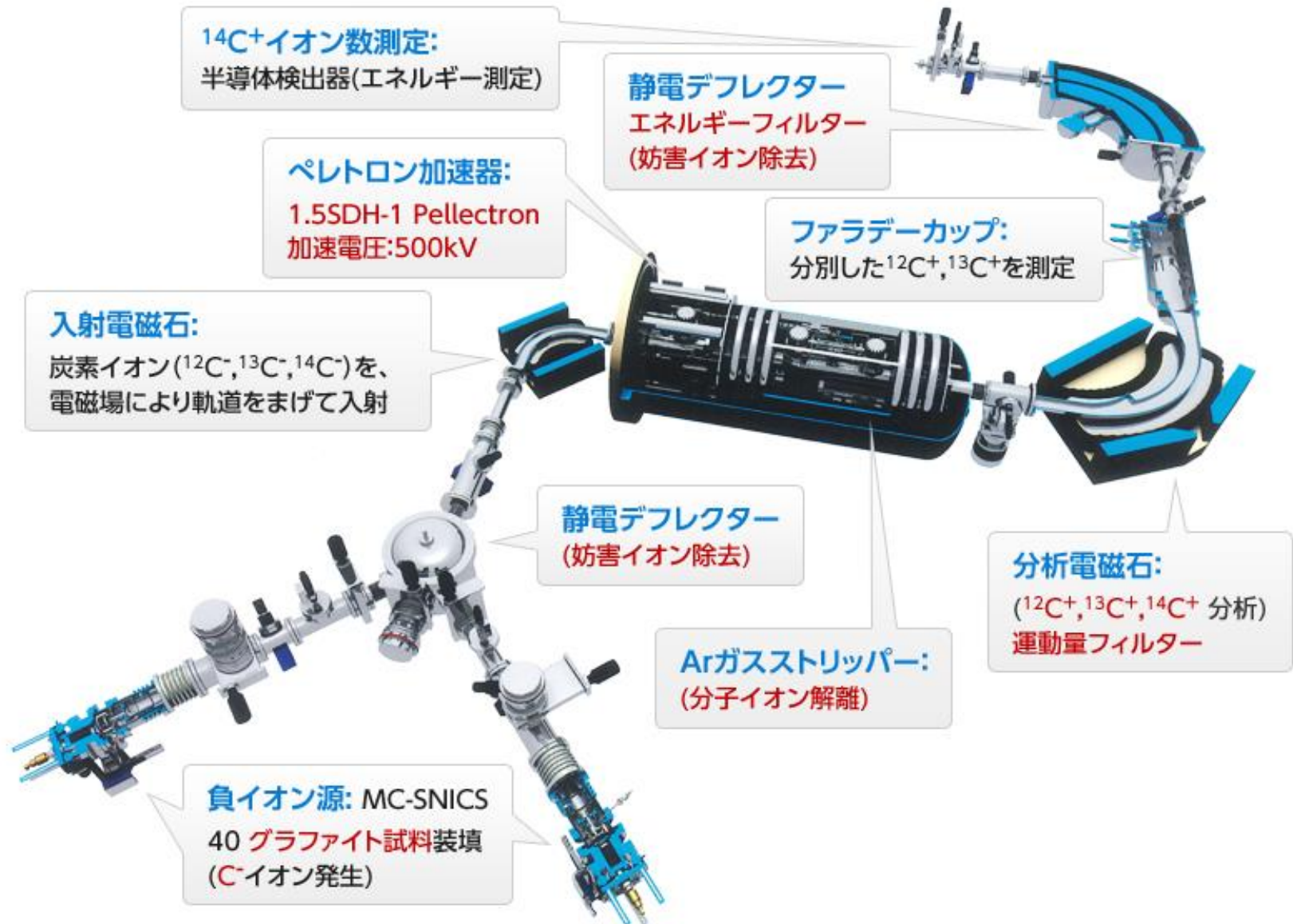


葉10本から3つ測定

^{14}C の測定②

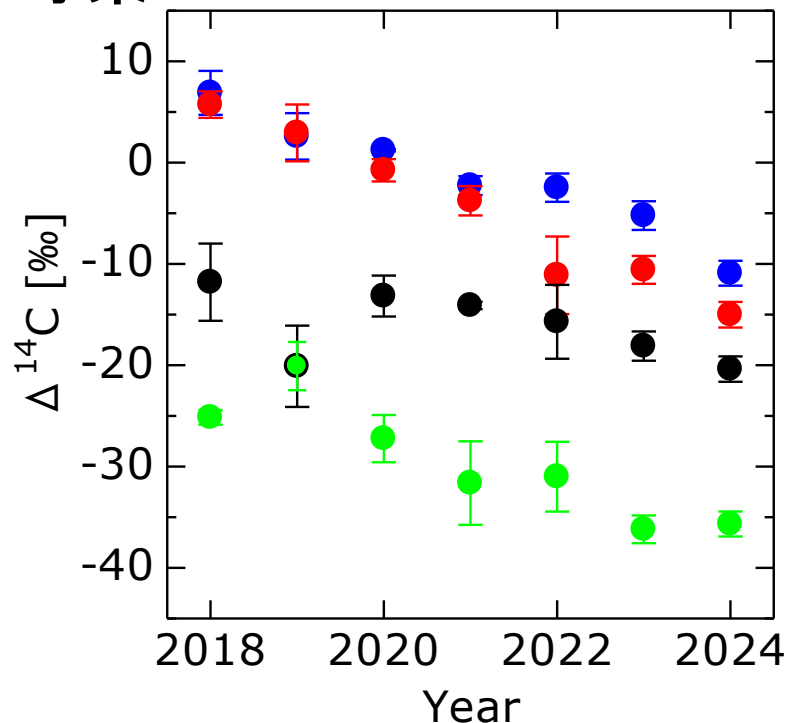


^{14}C の測定③

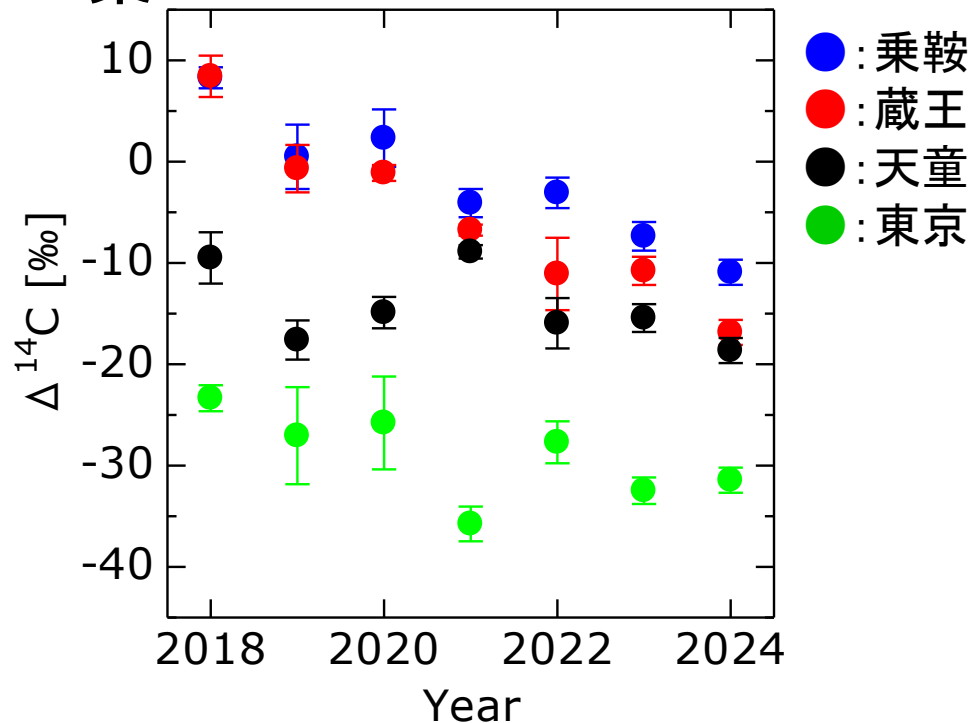


ハイマツ・マツの球果と葉の $\Delta^{14}\text{C}$ 値

球果

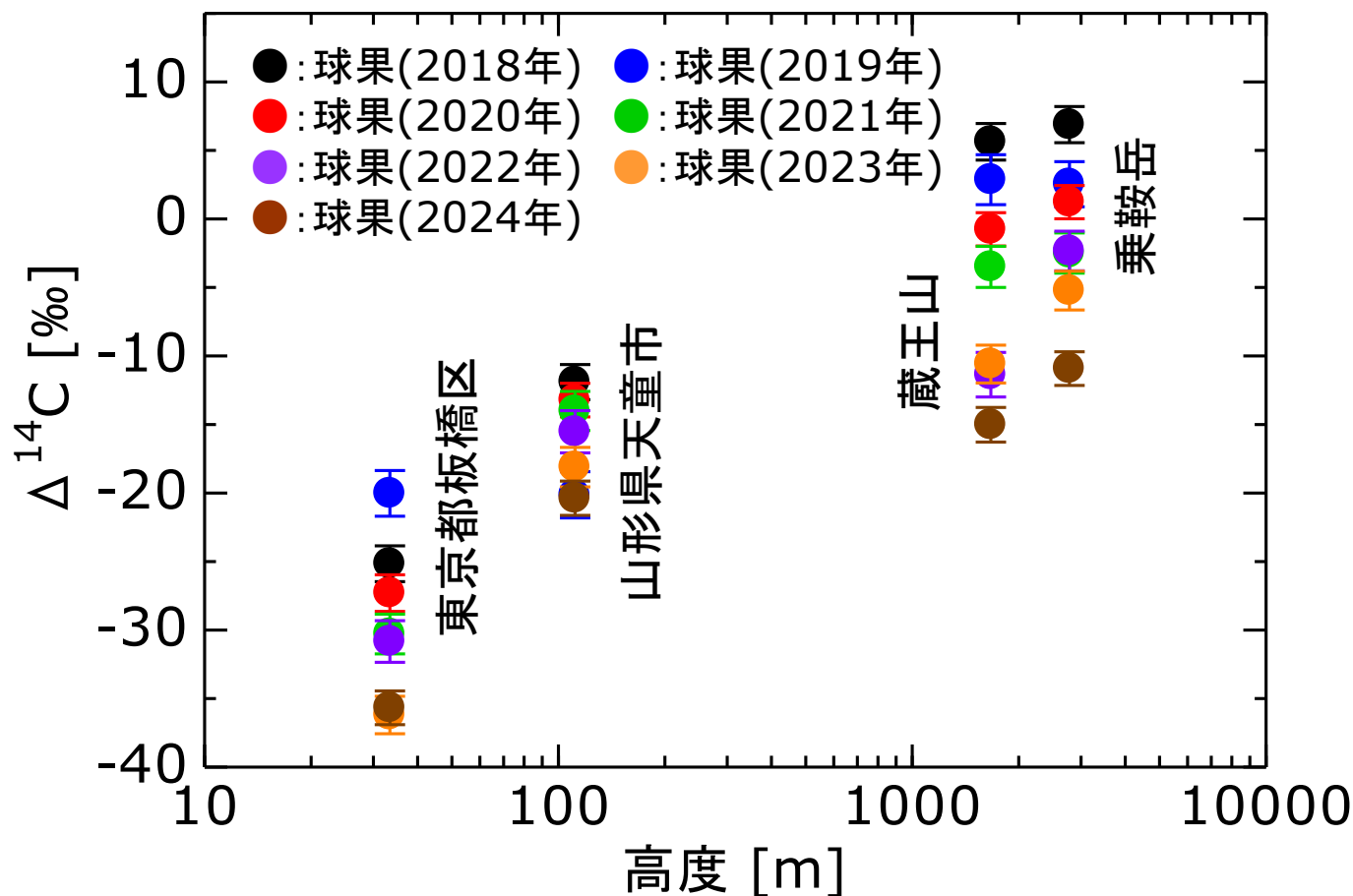


葉



- 山地(乗鞍・蔵王)での $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2018年から2024年にかけて減少傾向を示した
- 平地(天童・東京)での $\Delta^{14}\text{C}$ 値は山地と比較してどの年も低い値を示した

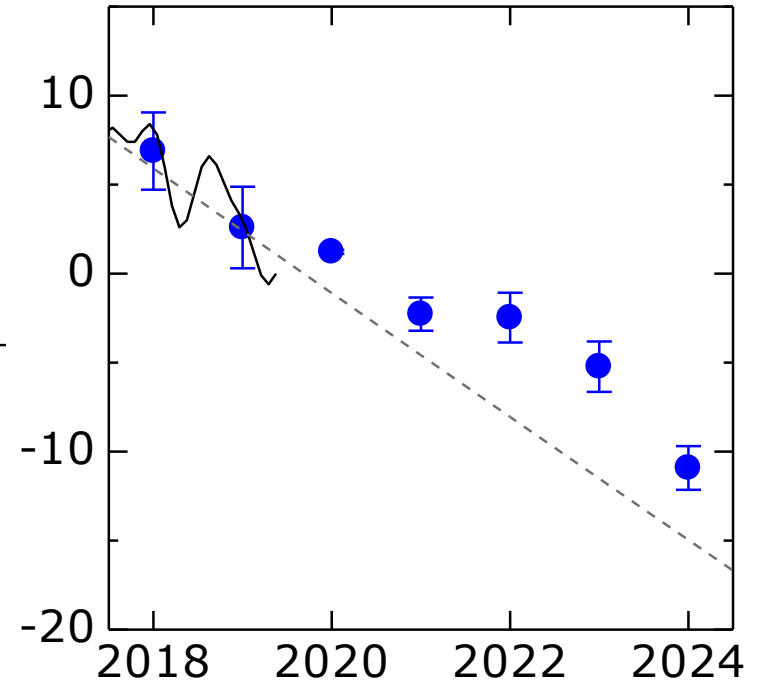
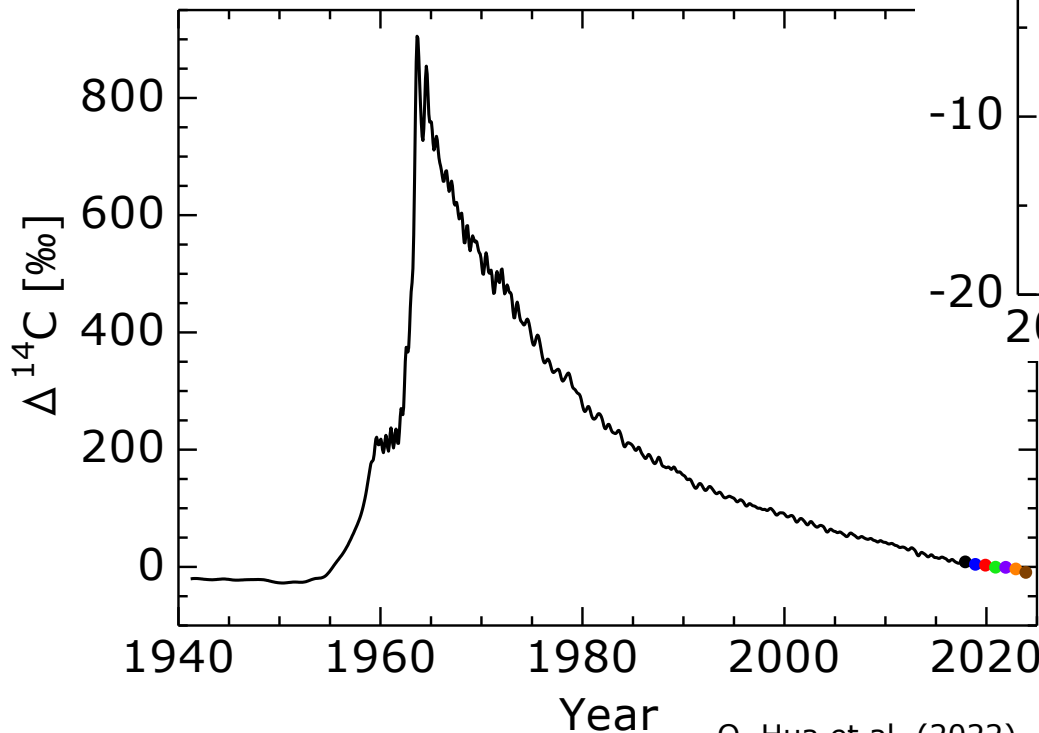
採取場所の高度に対する $\Delta^{14}\text{C}$ 値



平地は山地より $\Delta^{14}\text{C}$ 値が低い \Rightarrow 化石燃料の影響が考えられる

^{14}C のボムカーブと測定した $\Delta^{14}\text{C}$ 値

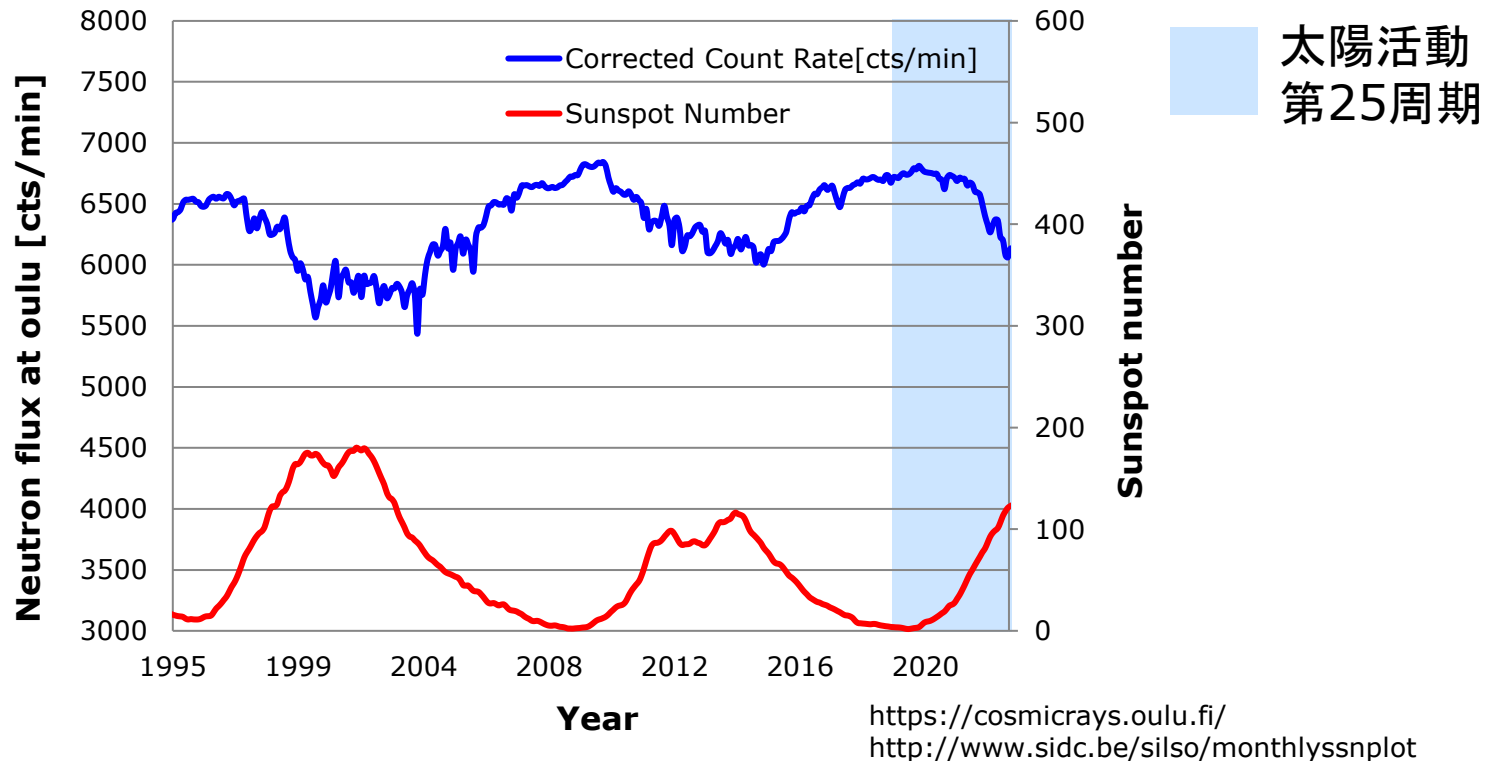
- : 乗鞍 球果(2018年)
- : 乗鞍 球果(2019年)
- : 乗鞍 球果(2020年)
- : 乗鞍 球果(2021年)
- : 乗鞍 球果(2022年)
- : 乗鞍 球果(2023年)
- : 乗鞍 球果(2024年)



- : 乗鞍 球果
- : ボムカーブ
- : ボムカーブを fittingした結果

$\Delta^{14}\text{C}$ 値が減少の傾向

太陽活動の宇宙線に対する影響



太陽活動が弱くなる (黒点数が減少) → 太陽の磁場の強さが低下 → 地球に飛来する宇宙線が増加 → 大気中の¹⁴C増加

2025年に太陽活動第25周期のピークが予想されるので、引き続き観測を行う

まとめと今後の展望

ハイマツ・マツ試料を国内4地点で採取し、 ^{14}C 濃度の測定を行った結果、

- 高度依存性があることがわかった。
- 乗鞍と蔵王における球果および葉中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2018年から2024年にかけて減少傾向を示した。
- 乗鞍と蔵王の球果中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値はボムカーブの影響を反映していたのに対し、天童と東京では化石燃料による影響が示唆された。

⇒ 今後の課題

- 太陽活動第25周期と ^{14}C 濃度変動との関係を調べるために、継続して測定を行う。