

# ハイマツ・マツ試料を用いた 放射性炭素( $^{14}\text{C}$ )濃度測定

○武山 美麗<sup>1</sup>, 森谷 透<sup>1</sup>, 櫻井 敬久<sup>2</sup>, 門叶 冬樹<sup>1,2</sup>,  
瀧田 正人<sup>3</sup>

<sup>1</sup>山形大学高感度加速器質量分析センター,

<sup>2</sup>山形大学理学部, <sup>3</sup>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

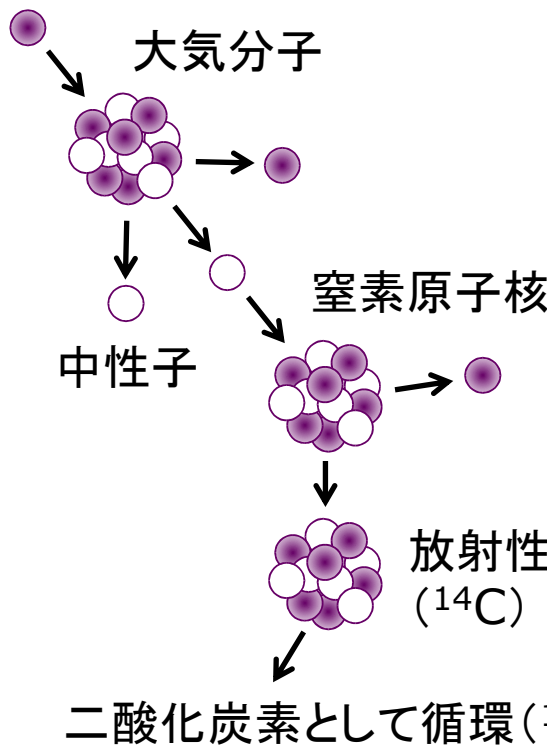
2022年度査定額 旅費：100千円

使用内訳：乗鞍観測所でのサンプリングのための旅費

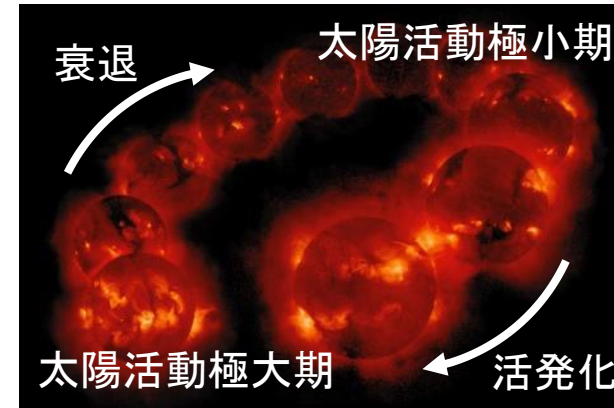
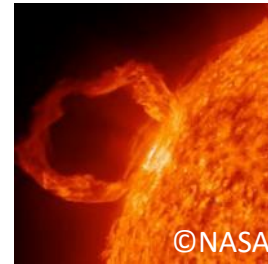
ご支援ありがとうございます

# 過去の宇宙線増加現象および太陽活動の変化

高エネルギー  
宇宙線(陽子)



太陽フレア



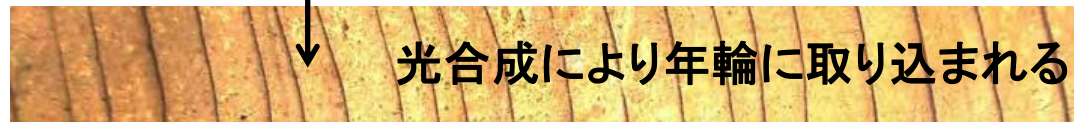
超新星爆発



ガンマ線バースト



1年の時間分解能(1年輪)で  
 $^{14}\text{C}$ 濃度を測定することが可能



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., Radiocarbon, 56, 1189-1194 (2014)

過去の太陽活動を復元(武蔵野美術大 宮原先生)

H. Miyahara et al., Journal of Cosmology, 8, 1970-1982 (2010), T. Moriya et al., Radiocarbon, 61, 1749-1754 (2019)

# 現在の $^{14}\text{C}$ 濃度の測定

高エネルギー宇宙線  
(陽子)

大気分子

中性子

窒素原子核

放射性炭素  
( $^{14}\text{C}$ )

二酸化炭素として循環( $^{14}\text{CO}_2$ )

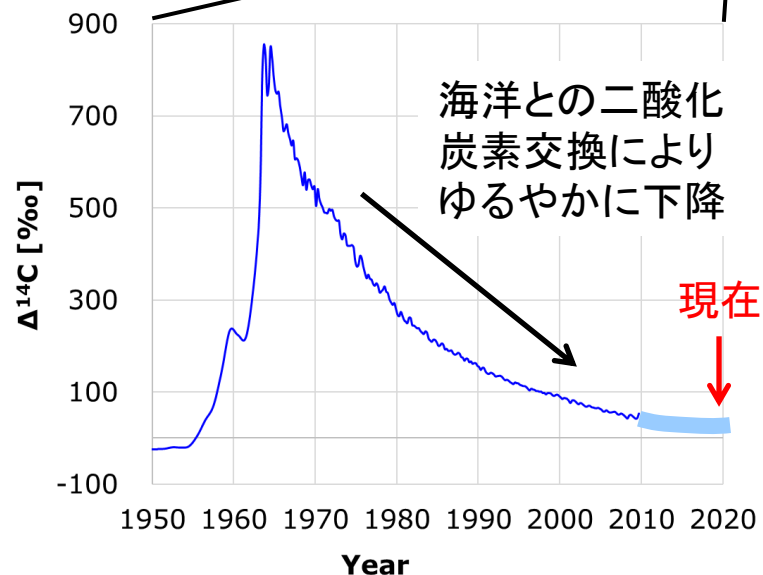
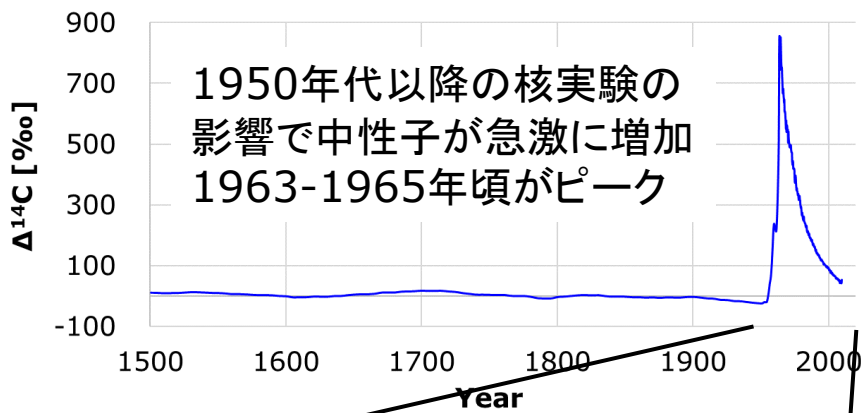
光合成により  
取り込まれる

単年性の植物  
を用いてリアル  
タイムに観測

( ● 陽子  
○ 中性子 )



## 核実験の影響



核実験以前の $^{14}\text{C}$ 濃度に近い値まで低下

# 測定に使用した試料

## ハイマツ・マツの球果および葉試料



- 単年性の試料で一年の時間分解能で測定可能

- 山地にハイマツ、平地にマツが生育しており、同じマツ科マツ属で高度に対する $^{14}\text{C}$ 濃度の比較が可能

⇒ 2018年から1年ごとに5年間試料を採取

## 排気ガスの影響







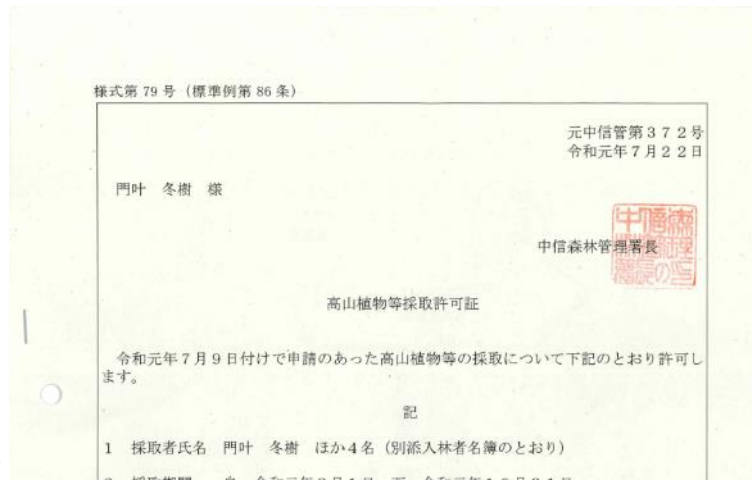
# 乗鞍岳におけるハイマツの採取



東大宇宙線研 乗鞍観測所付近  
標高約2,770 m



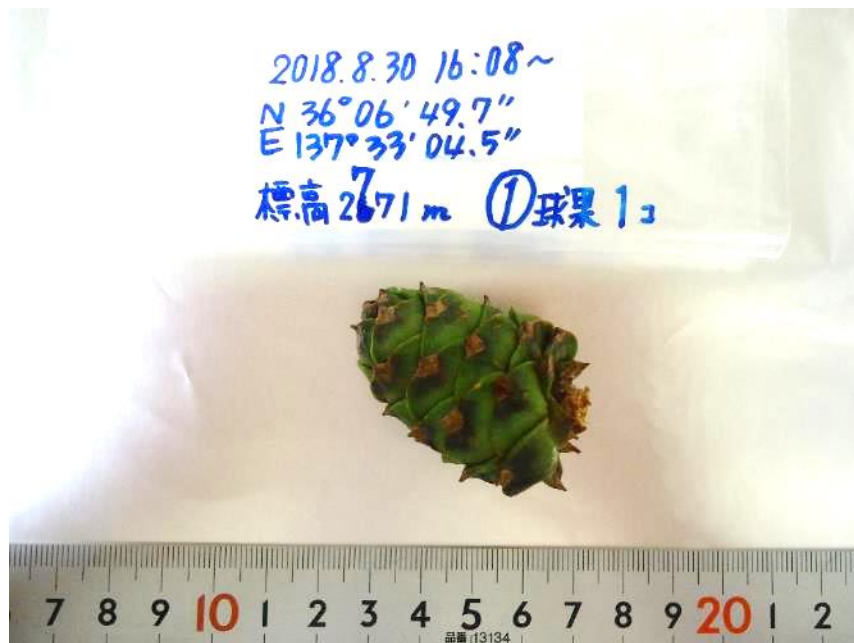
採取時の様子



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

# 乗鞍岳で採取したハイマツの写真① (採取日:2018/8/30)

球果



葉





# 乗鞍岳で採取したハイマツの写真② (採取日:2019/9/26)

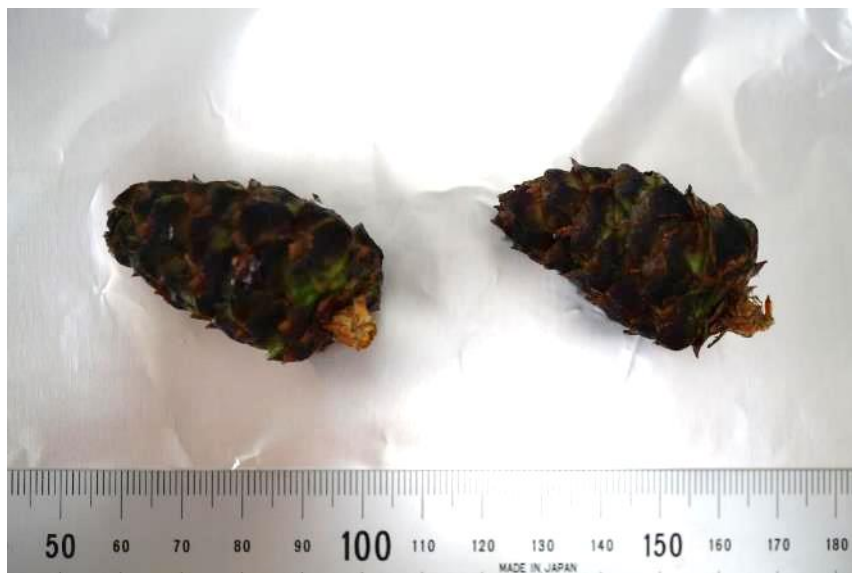
球果

葉



# 乗鞍岳で採取したハイマツの写真③ (採取日:2020/9/5)

球果



葉



# 乗鞍岳で採取したハイマツの写真④ (採取日:2021/9/28)

球果



葉



# 乗鞍岳で採取したハイマツの写真⑤ (採取日:2022/9/16)

球果



葉



# 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

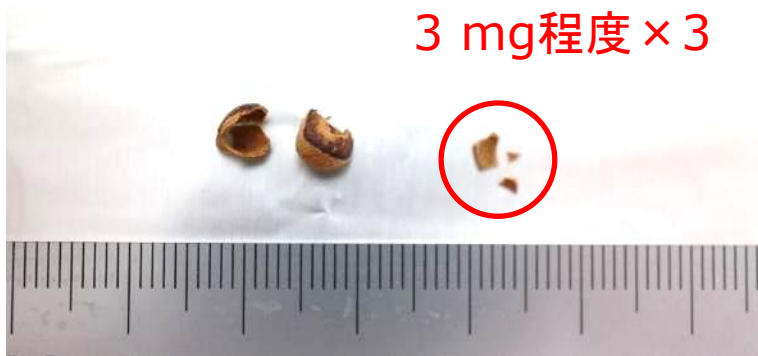


# 測定に使用した種子と葉

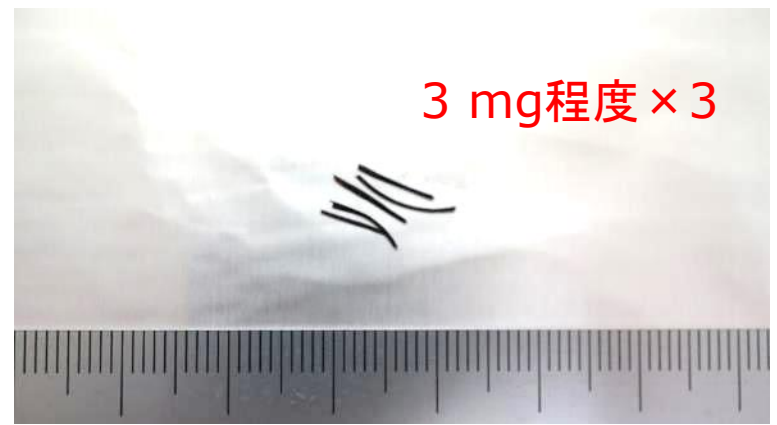
前処理後の種子



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



# 14Cの測定①

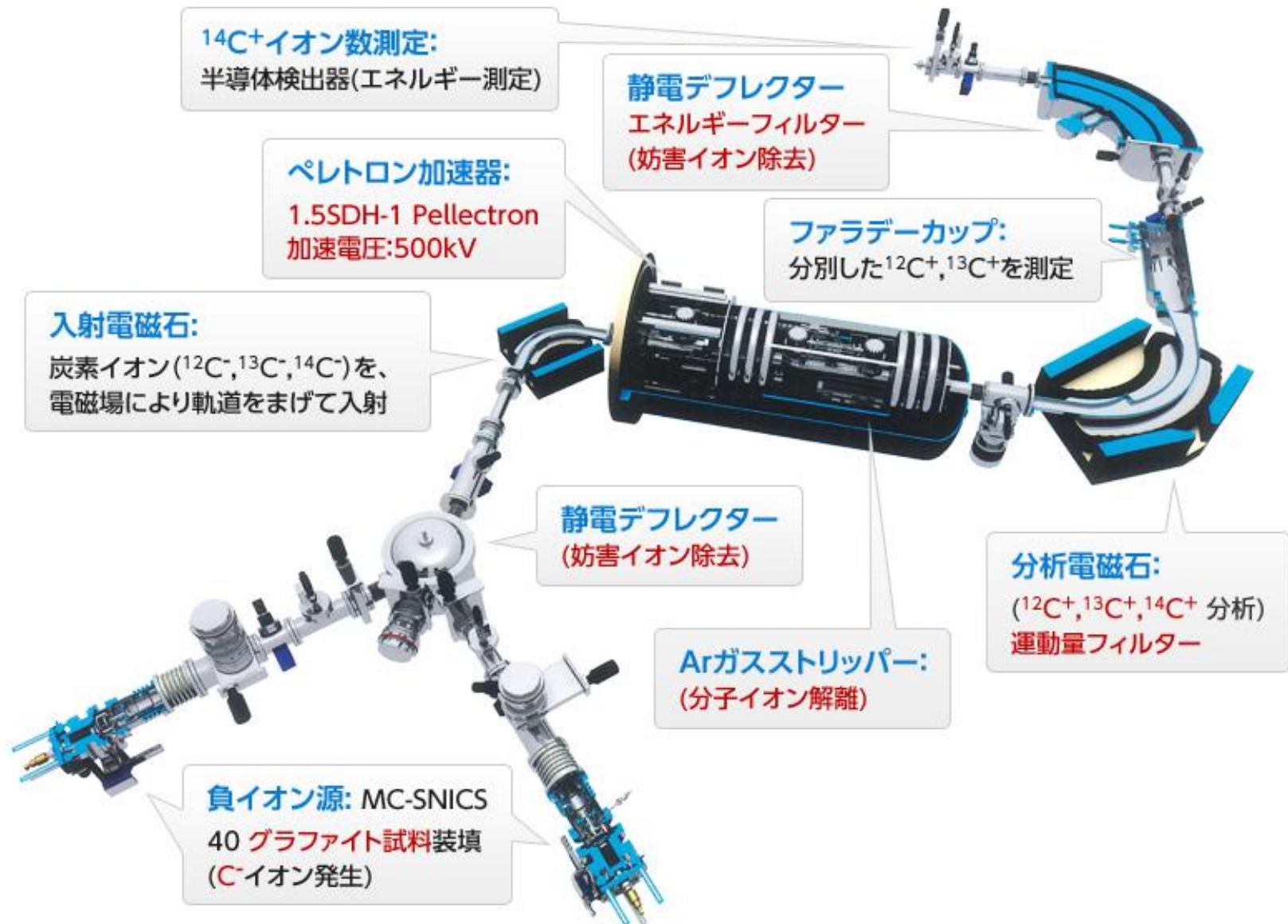
## 採取したハイマツ試料



## グラファイト試料の作製

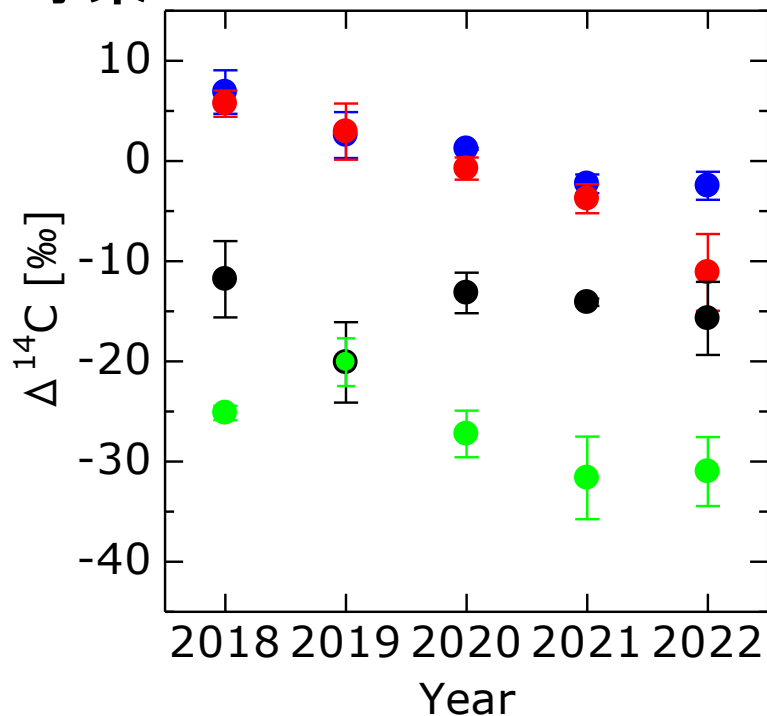


# $^{14}\text{C}$ の測定②

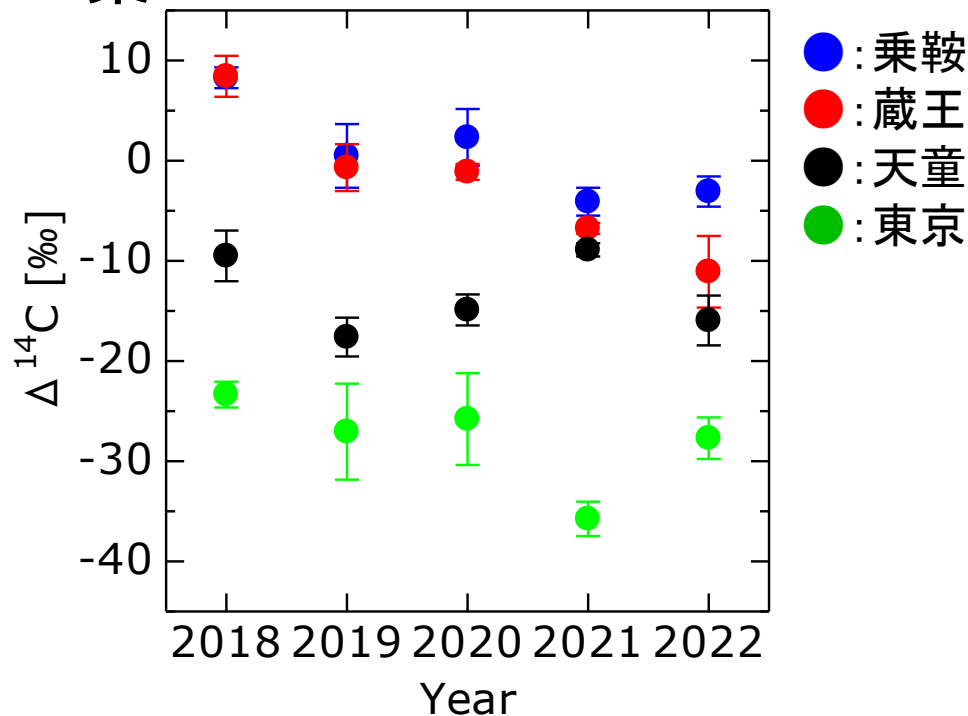


# ハイマツ・マツの球果と葉の $\Delta^{14}\text{C}$ 値

## 球果

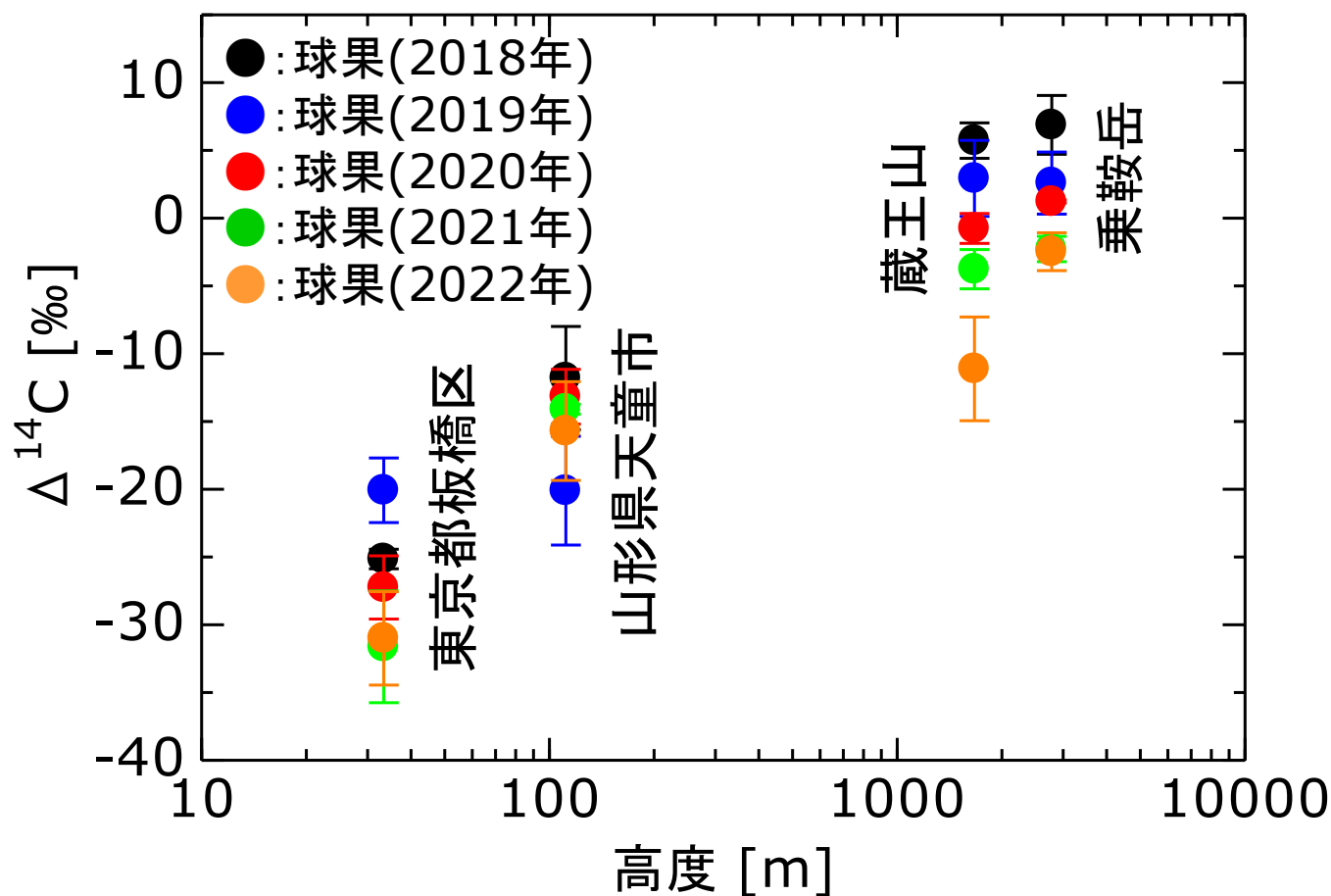


## 葉



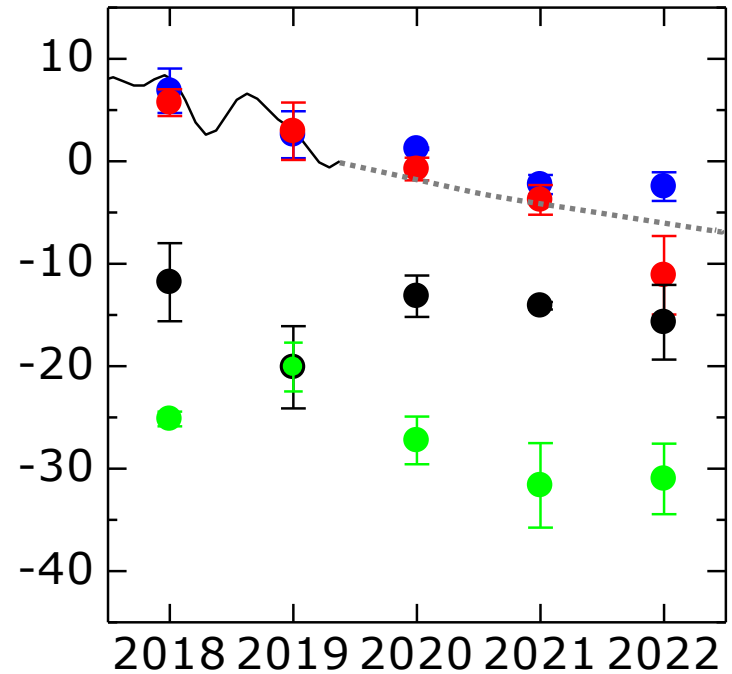
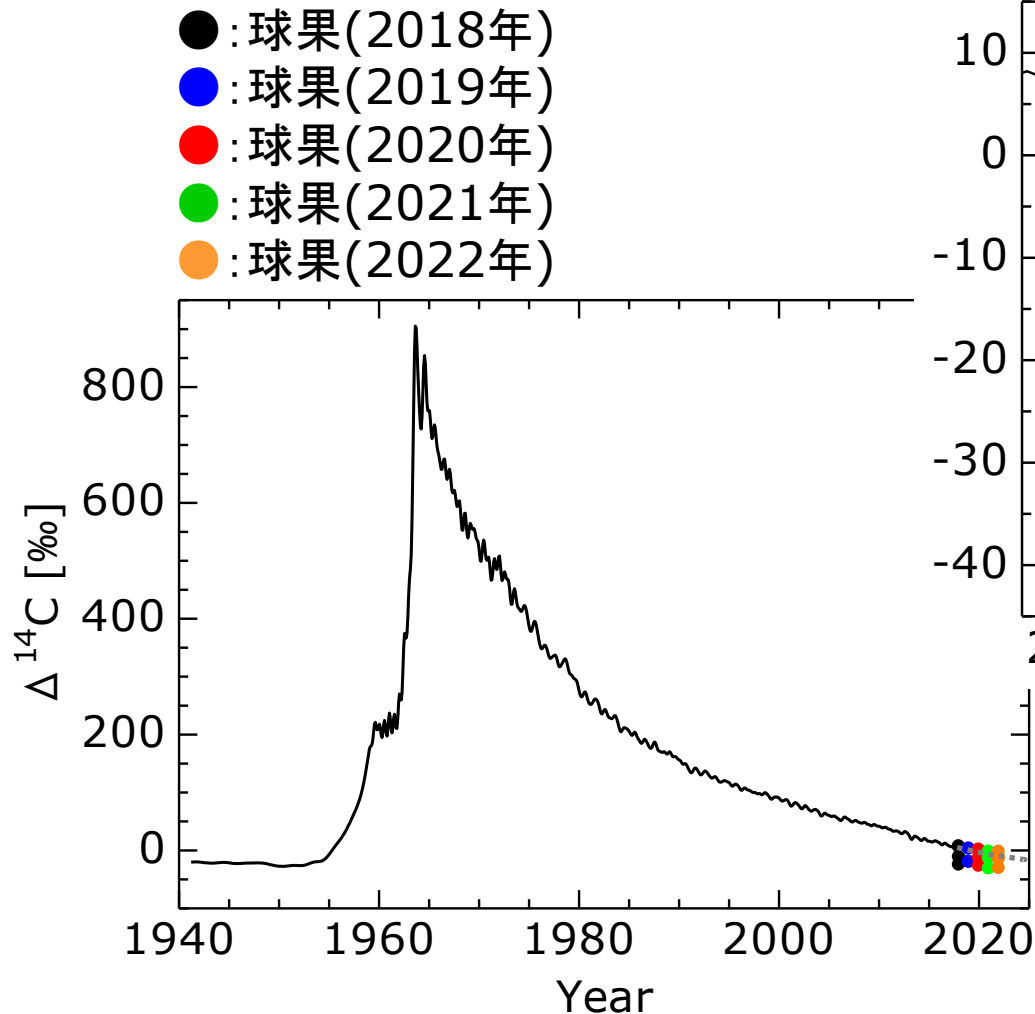
- 山地(乗鞍・蔵王)では
  - 球果中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2018年から2022年にかけて減少
  - 葉中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2020年に若干増加したが、全体的にみて減少傾向
- 天童の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は山地より低く、採取年に対する依存性なし
- 東京の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は最も低く、球果中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2019年以降減少傾向にあり、葉中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2021年のみ減少したが、その他の年は大きな変化なし

# 採取場所の高度に対する $\Delta^{14}\text{C}$ 値



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

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



- : 乗鞍 球果
- : 蔵王 球果
- : 天童 球果
- : 東京 球果

Q. Hua et al. (2022)

$\Delta^{14}\text{C}$ 値が減少の傾向

# まとめ

ハイマツ・マツ試料を国内4地点で採取し、 $^{14}\text{C}$ 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。
- 山地における球果中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2018年から2022年にかけて減少傾向にあることがわかった。
- 山地における葉中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2019年から2020年にかけて若干増加したが、全体的に減少傾向を示した。
- 天童の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は山地と比べて低い値を示し、採取年に対する依存性は見られなかった。
- 東京の $\Delta^{14}\text{C}$ 値はいずれの年も最も低く、球果中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2019年以降減少傾向にあり、葉中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2021年のみ減少したが、その他の年は大きな変化はなかった。
- 山地のハイマツの球果はボムカーブの影響を反映していたのに対し、平地のマツは化石燃料の影響を受けていることが示唆された。

⇒ 今後も継続して1年毎に試料採取と $^{14}\text{C}$ 濃度の測定を行う。

さらに、炭素循環のボックスモデルを用いて、太陽活動の周期や宇宙線増加現象による $\Delta^{14}\text{C}$ のシミュレーションを行う予定である。