

Be-7などによる宇宙線強度時間変化の検出

山形大理: 武山美麗、川村容明、門叶冬樹、森谷透、乾恵美子、石澤 倫
鈴木颯一郎、櫻井敬久

東京海洋大 大橋 英雄

名古屋大宇地環研: 三宅芙沙、増田公明

極地研: 門倉昭、佐藤夏雄、B. Gunnlaugur (アイスランド大)

マヒドー大(タイ): D. Ruffolo, W. Mitthumsiri'

宇宙線研(乗鞍観測所): 滝田正人

研究代表者：山形大学理学部 門叶冬樹

- Be-7などによる宇宙線強度時間変化の検出

(R2査定額 研究費：300千円、旅費：200千円)

使用内訳：サンプリングろ紙等

柏地下微弱放射能設備による試料測定のための旅費

- 放射性セシウムの地域的時間推移と粒径分布

(R2査定額 旅費：100千円)

使用内訳：柏地下微弱放射能設備による試料測定のための旅費

- 乗鞍高度における宇宙線生成核種濃度の観測

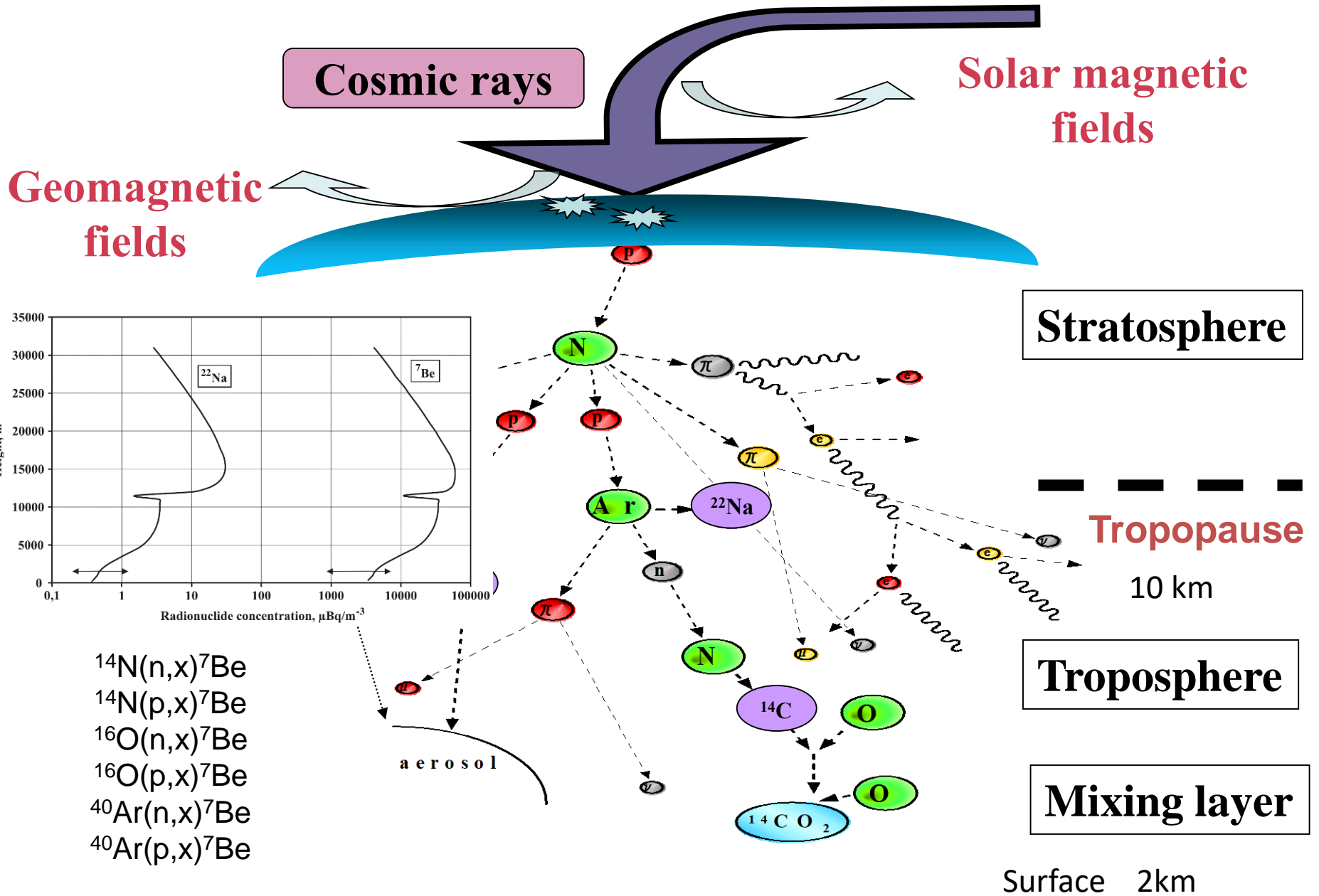
(R2査定額 旅費：95千円)

使用内訳：乗鞍観測所でのサンプリングのための旅費

outline

- 2000年から21年間の大気中宇宙線生成核種 Be-7濃度変化 (第23、24太陽活動期の比較)
- 福島原発事故後の大気中Cs-137濃度の挙動変化
- 乗鞍観測所周辺の高松中の ^{14}C 濃度変化

Cosmogenic nuclide in the atmosphere



Daily Sampling and Measurement of Be-7 in the atmosphere from 2000

アイスランド(高緯度) 2003年、バンコク(低緯度) 2014年より

Sampling site

Altitude: 153 m

Latitude: 38.25

Longitude: 140.3



Collected filter

• Glass fiber filter

collection efficiency : 99.99%

(ϕ 0.3 μ m particle)

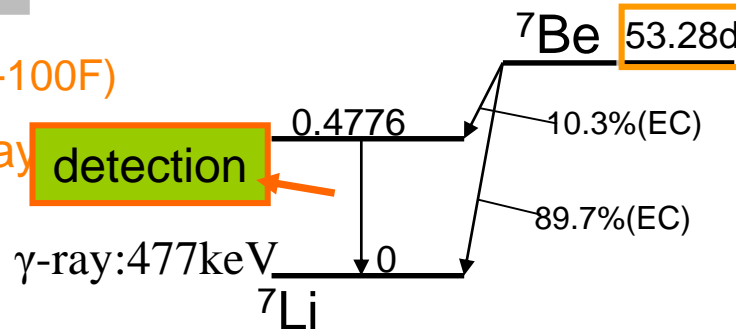
Measurement time : 6 hours

detection efficiency	2.68%
resolution @1.33MeV	1.69keV

High Volume Air Sampler (HV-100F)

Sampling time: 23 hours/day

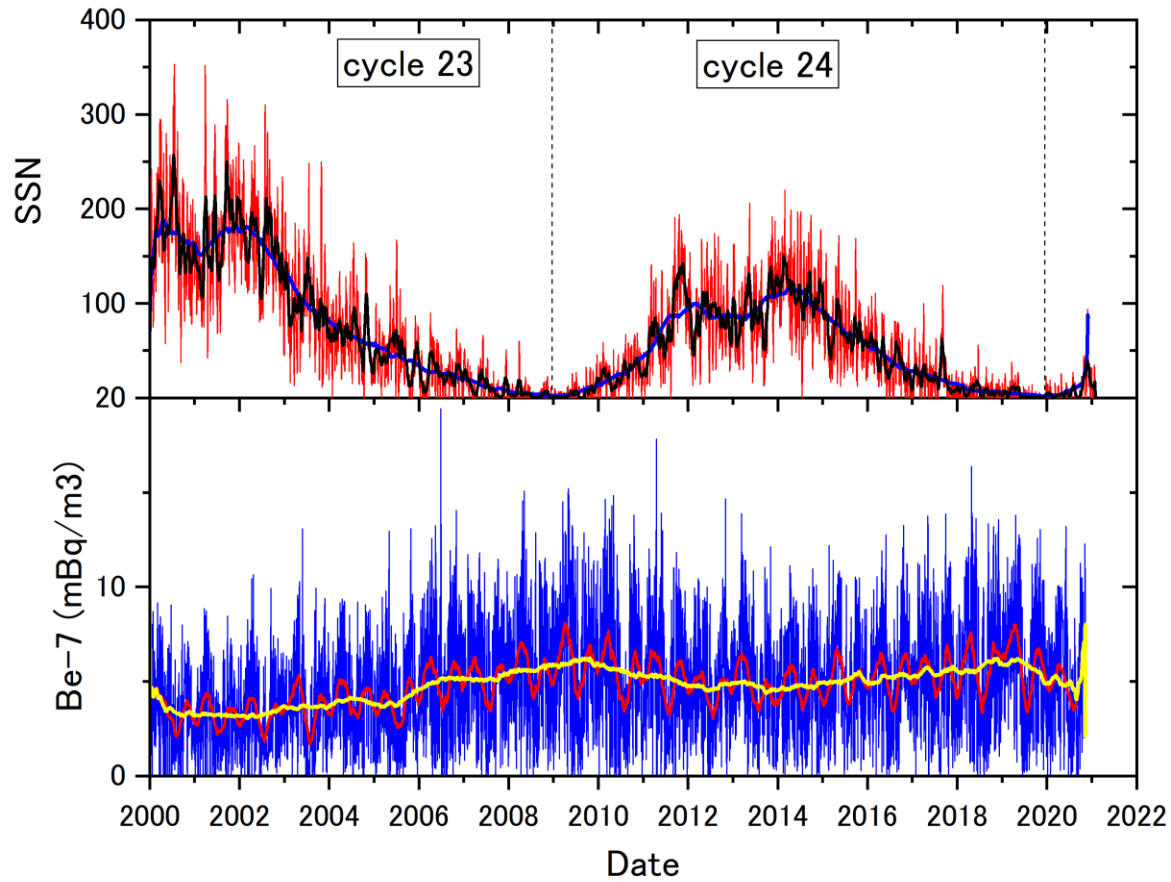
Intake rate: 1000 L/min.



柏地下微弱放射能測定設備

HPGe detector

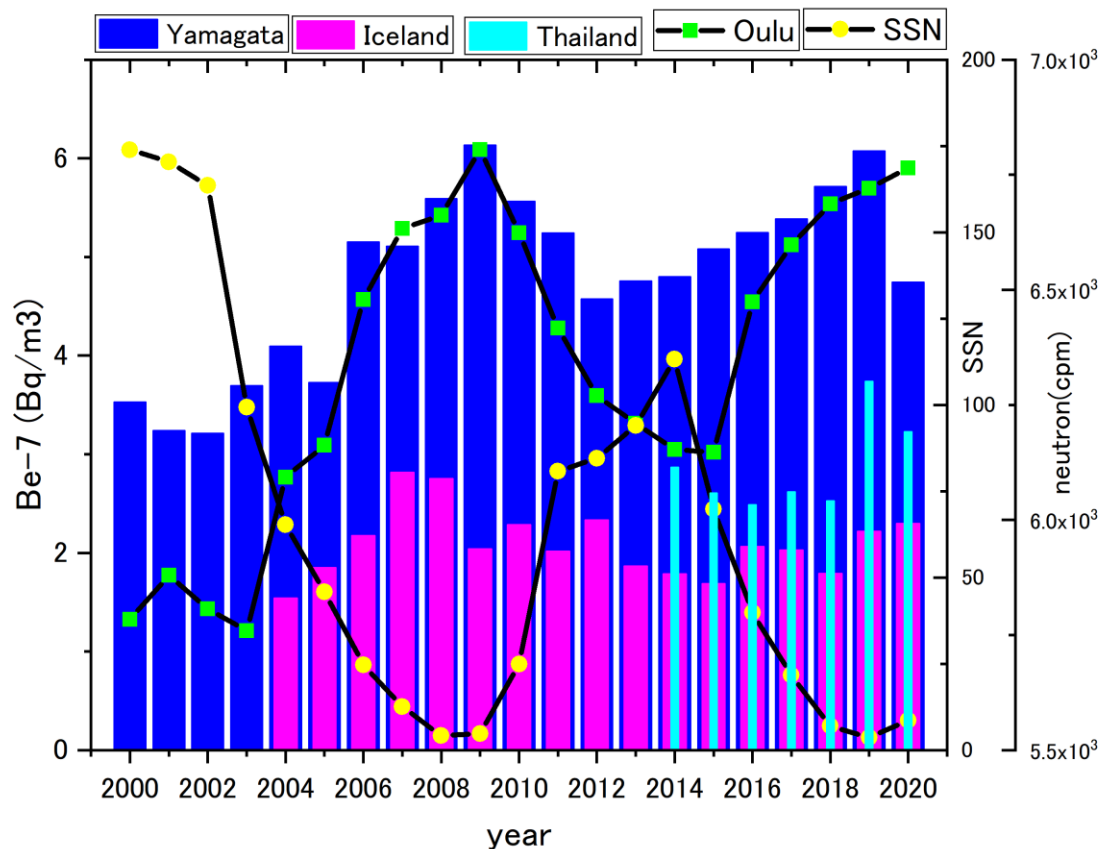
Daily profile of Be-7 concentrations at Yamagata during 21 years from 2000



<http://www.sidc.be/silso>

Be-7 concentrations in the surface air express the solar modulation related to a 11-yr solar cycle including a kind of seasonal variation.

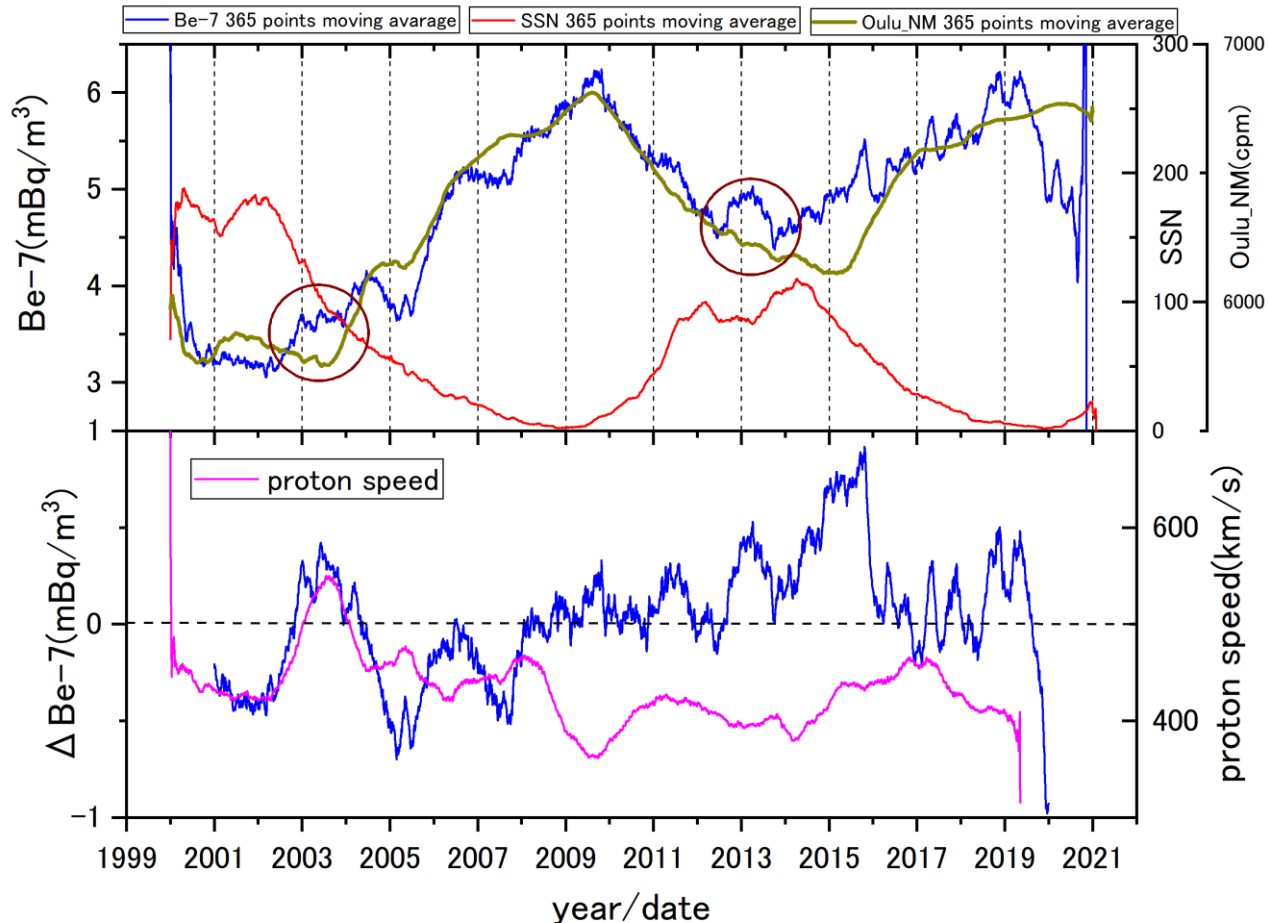
Yearly profile of Be-7 concentrations from 2000 to 2019



The variabilities of Be-7 are **35.2% and 14.4%** for the cycle 23 and 24, respectively, while those of Oulu_NM are **8.5% and 4.8%**, implying a contribution of lower energy cosmic rays for the production of Be-7.

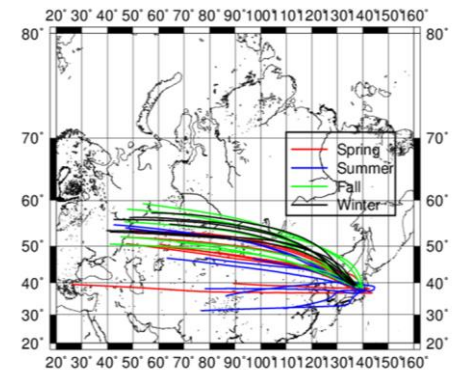
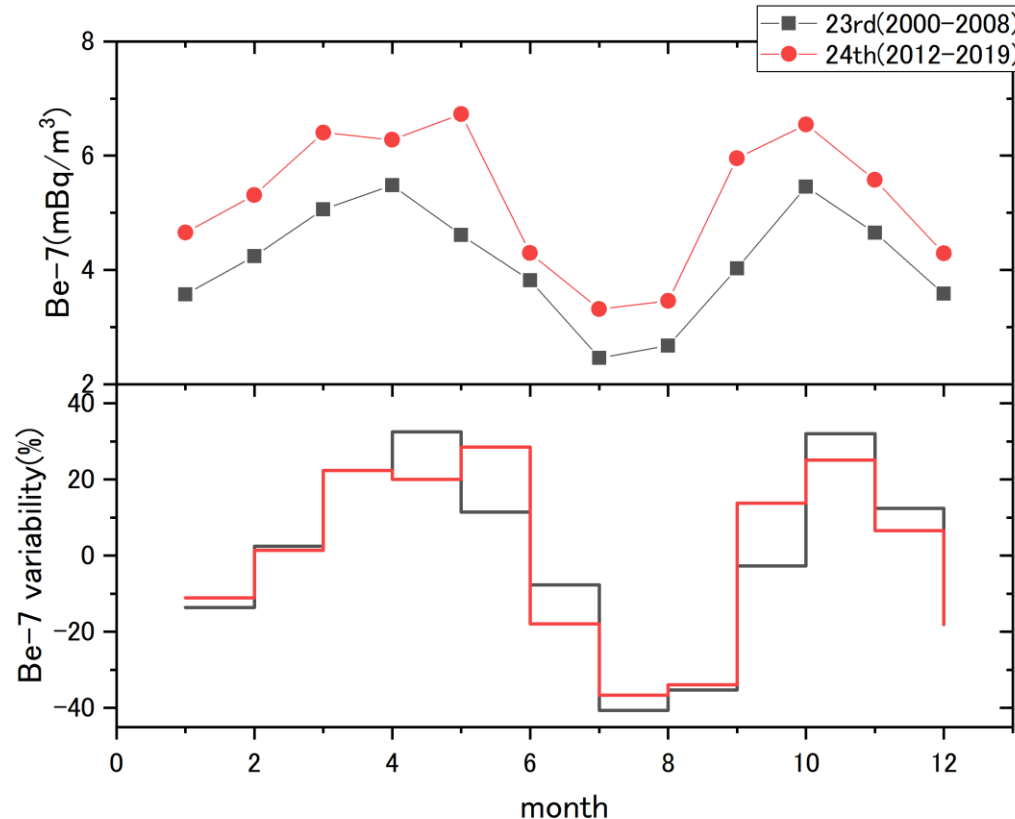
The variability of Be-7 is approximately **four times larger** than that of cosmic ray neutrons.

Profiles of Be-7, Oulu_NM, and SSN



Some portion of Be-7 profile indicate an excess compared with an expectation from the neutron monitor, while both the profiles show good correlation.

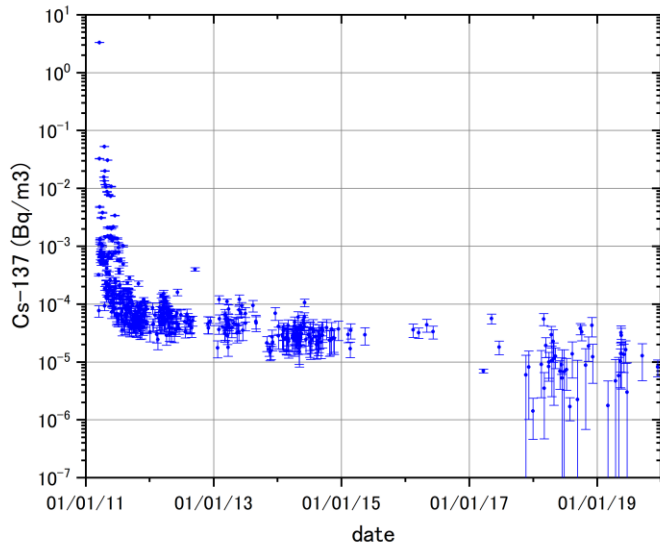
Seasonal variations of Be-7



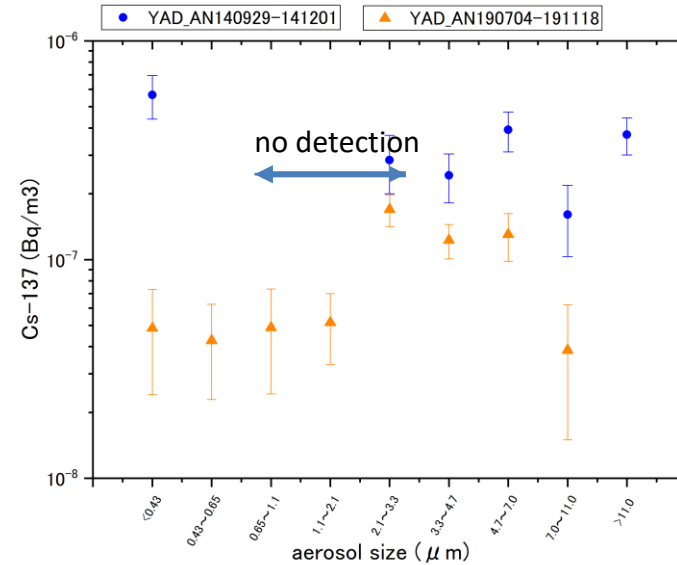
Trajectory analysis by hysplit

The seasonal variabilities of Be-7 are almost same between the cycle 23 and 24, although the Be-7s during the cycle 24 are larger than those during the cycle 23. However, the bimodal peaks in spring and fall during the cycle 24 are broader than those during the cycle 23. These imply that the advection diffusion of air-mass varies between the cycle 23 and 24.

放射性セシウムの地域的時間推移と粒径分布



山形大学屋上で採取した大気浮遊塵中の9年間のCs-137濃度推移



アンダーセンサンプラーで採取した大気浮遊塵中のCs-137濃度の粒径分布



山形市周辺の森林などに沈着したCs-137が舞い上がり時間推移により細粒化した可能性を示唆している。

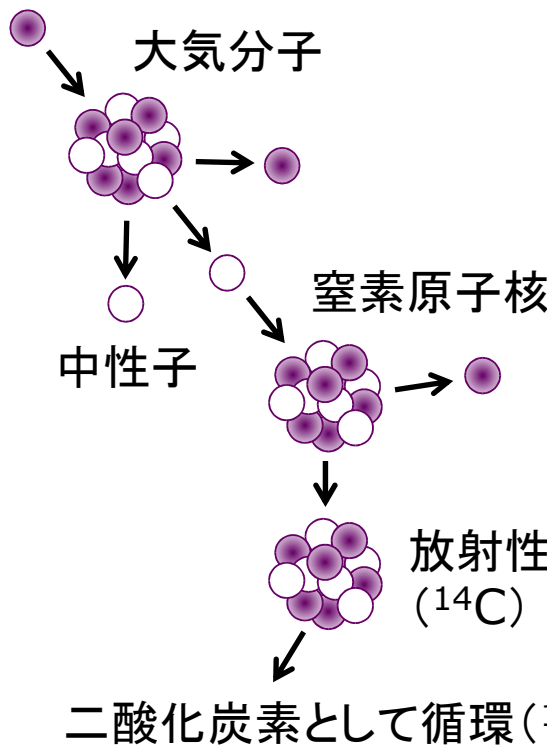
福島第一原発事故後に東日本の陸地に沈着した放射性セシウム2.48 PBqのうち1.79 PBq(72.1%)のCs-137が森林に沈着したと推定された(恩田、加藤RADIOISOTOPES, 69, 67-77(2020))。

ハイマツ・マツ試料を用いた 放射性炭素(^{14}C)濃度測定

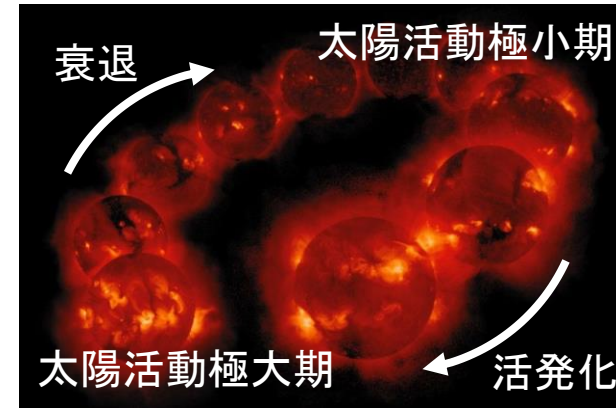
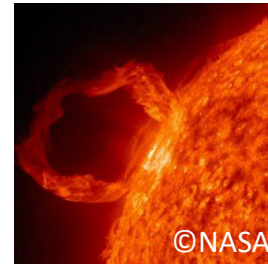
武山美麗

過去の宇宙線増加現象および太陽活動の変化

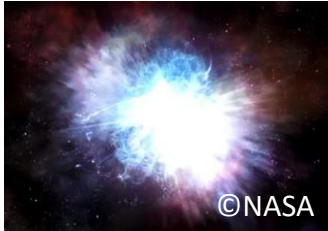
高エネルギー
宇宙線(陽子)



太陽フレア



超新星爆発

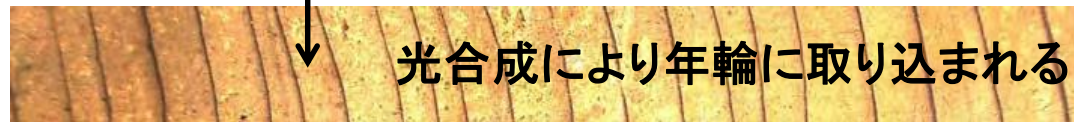


ガンマ線バースト



(● 陽子
○ 中性子)

1年の時間分解能(1年輪)で
 ^{14}C 濃度を測定することが可能



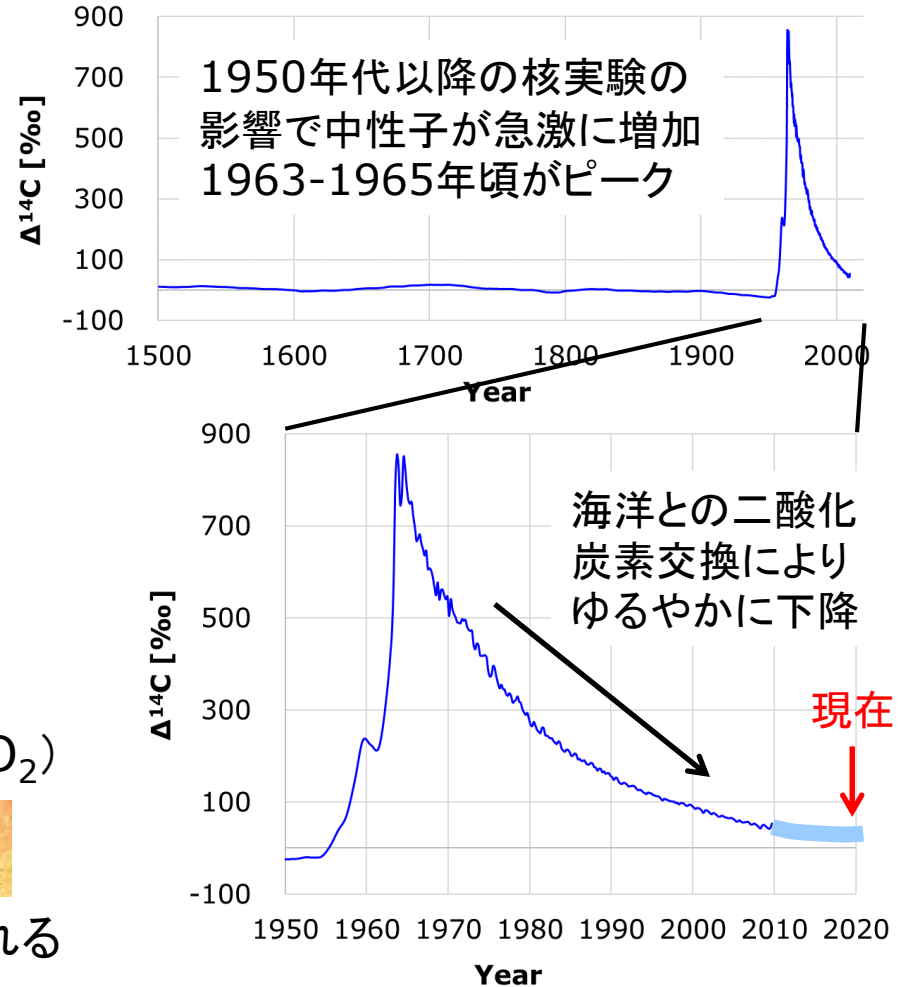
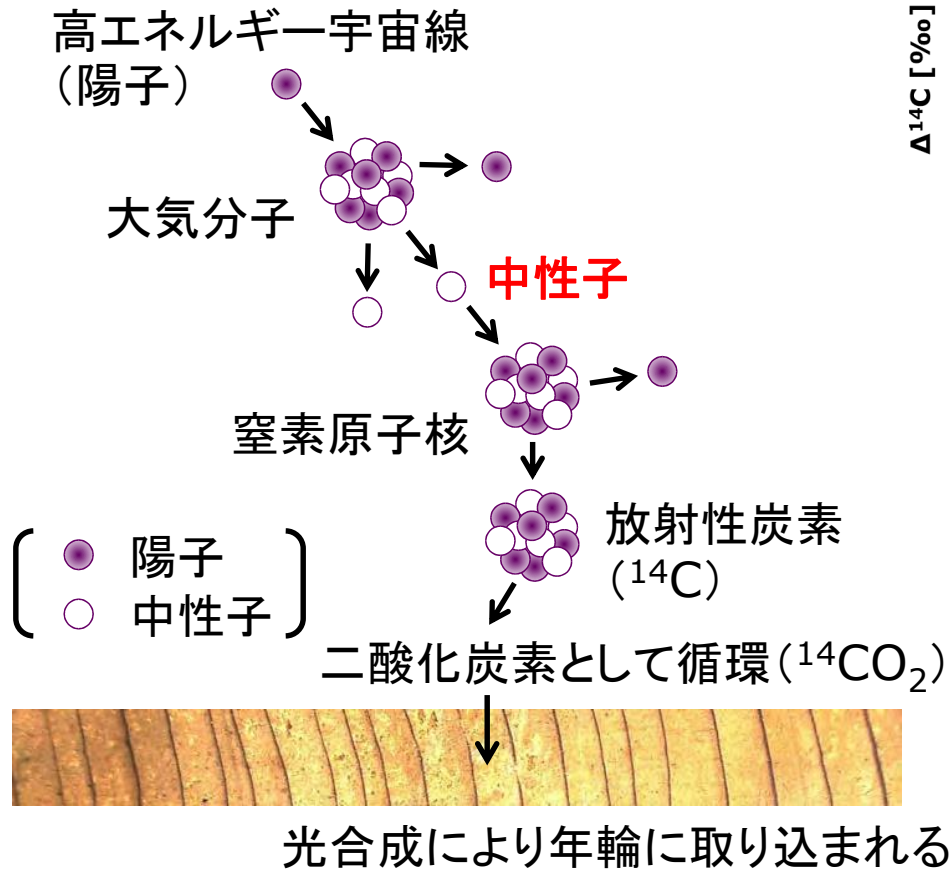
過去3,000年の宇宙線増加現象を探索(名古屋大 三宅先生)

F. Miyake et al., Nature. 486, 240-242 (2012), F. Miyake et al., Radiocarbon, 56, 1189-1194 (2014)

過去1,000年の太陽活動を復元(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., accepted to Radiocarbon (2019)

核実験による ^{14}C の増加と減少



核実験以前の ^{14}C 濃度に近い値まで低下

➡ 宇宙線の変動による大気中の ^{14}C 濃度をモニターすることが可能

測定に使用した試料

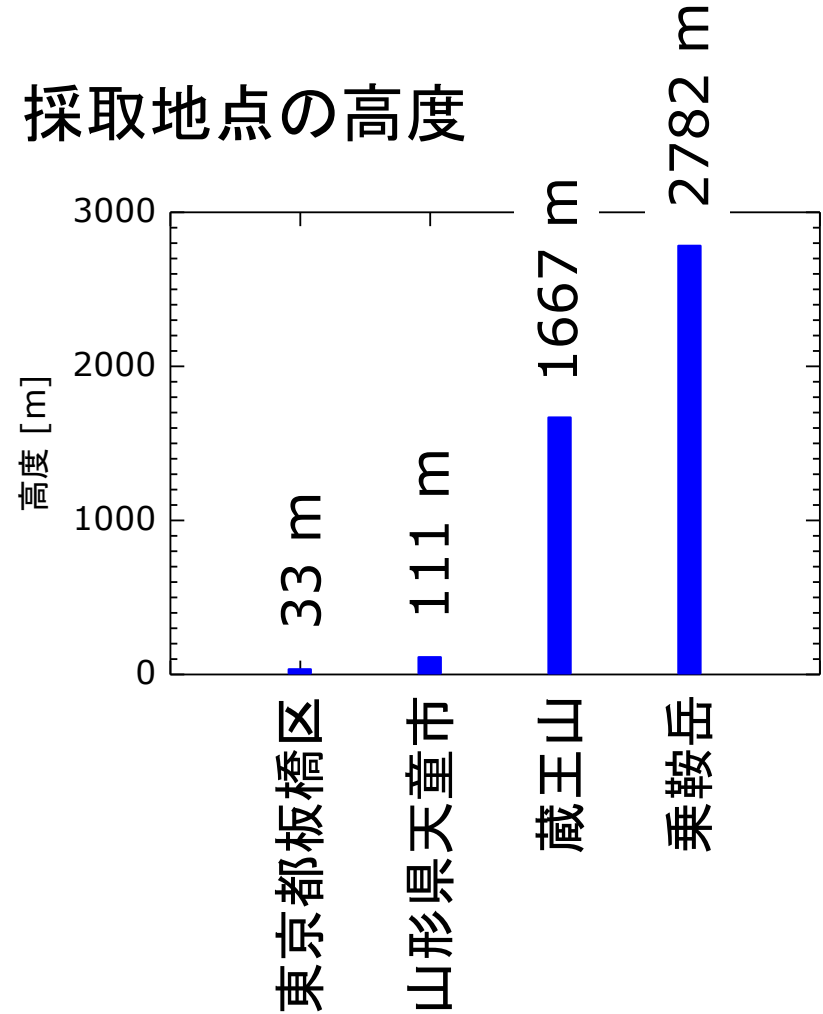
ハイマツ・マツの球果および葉試料

- 単年性の試料のため、1年ごとに採取し、1年の時間分解能で測定を行うことが可能
- 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}C 濃度の比較が可能
- 2018年から1年ごとに3年間採取

ハイマツ・マツ試料の採取地点



採取地点の高度



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



環中中国許第1906173号
令和元年6月17日

山形大学
理学部長 大西 彰正 殿

中部地方環境事務所長
秀田 智彦

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。

様式第79号（標準例第86条）

元中信管第372号
令和元年7月22日

門叶 冬樹 様

中信森林管理署長

高山植物等採取許可証

令和元年7月9日付け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

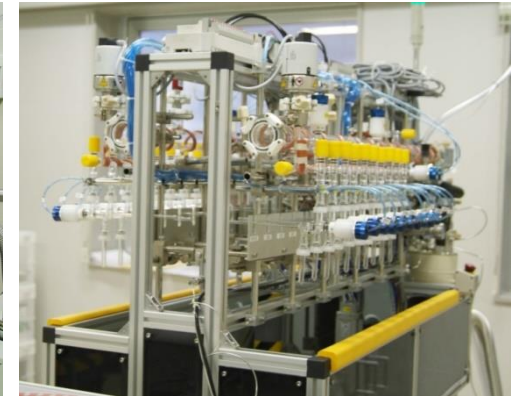
1 採取者氏名 門叶 冬樹 ほか4名（別添入林者名簿のとおり）

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

山形大学高感度加速器質量分析センター (YU-AMSセンター)

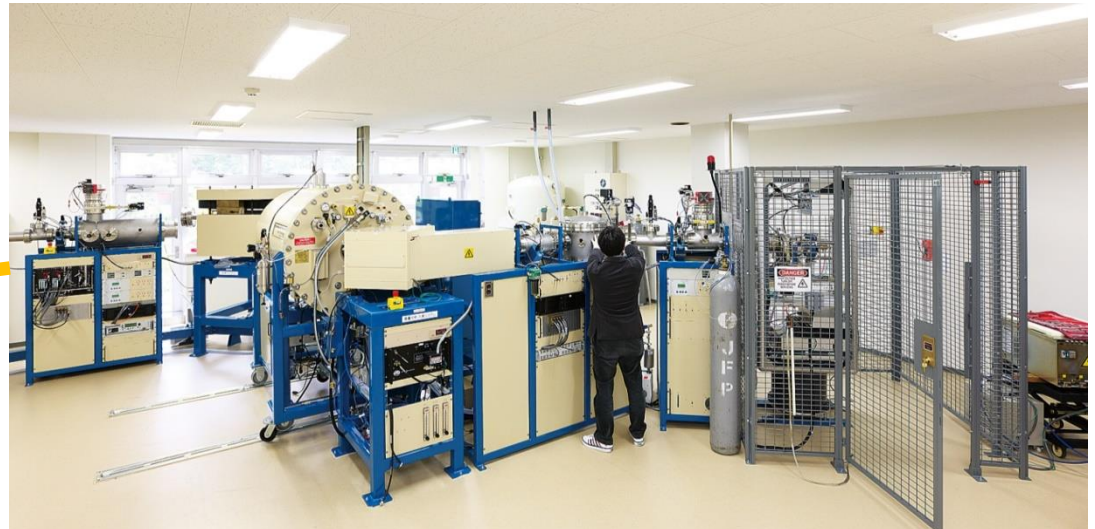
北海道・東北地方の大学
として初導入

自動グラフィット作製システムI & II **日本初導入**



コンパクトAMSシステム

日本初導入



山形大学総合研究所
(山形県上山市)

14Cの測定①

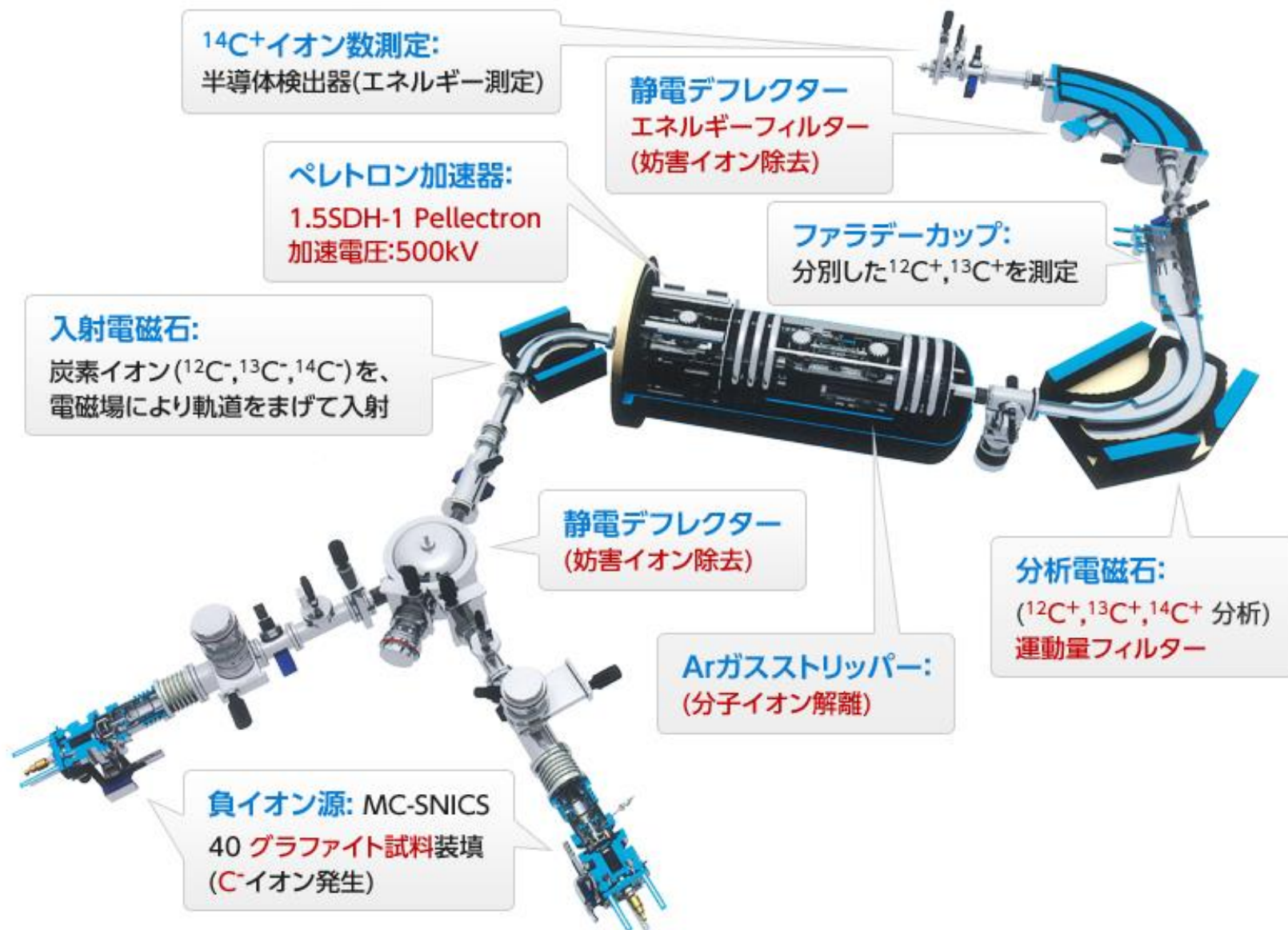
採取したハイマツ試料



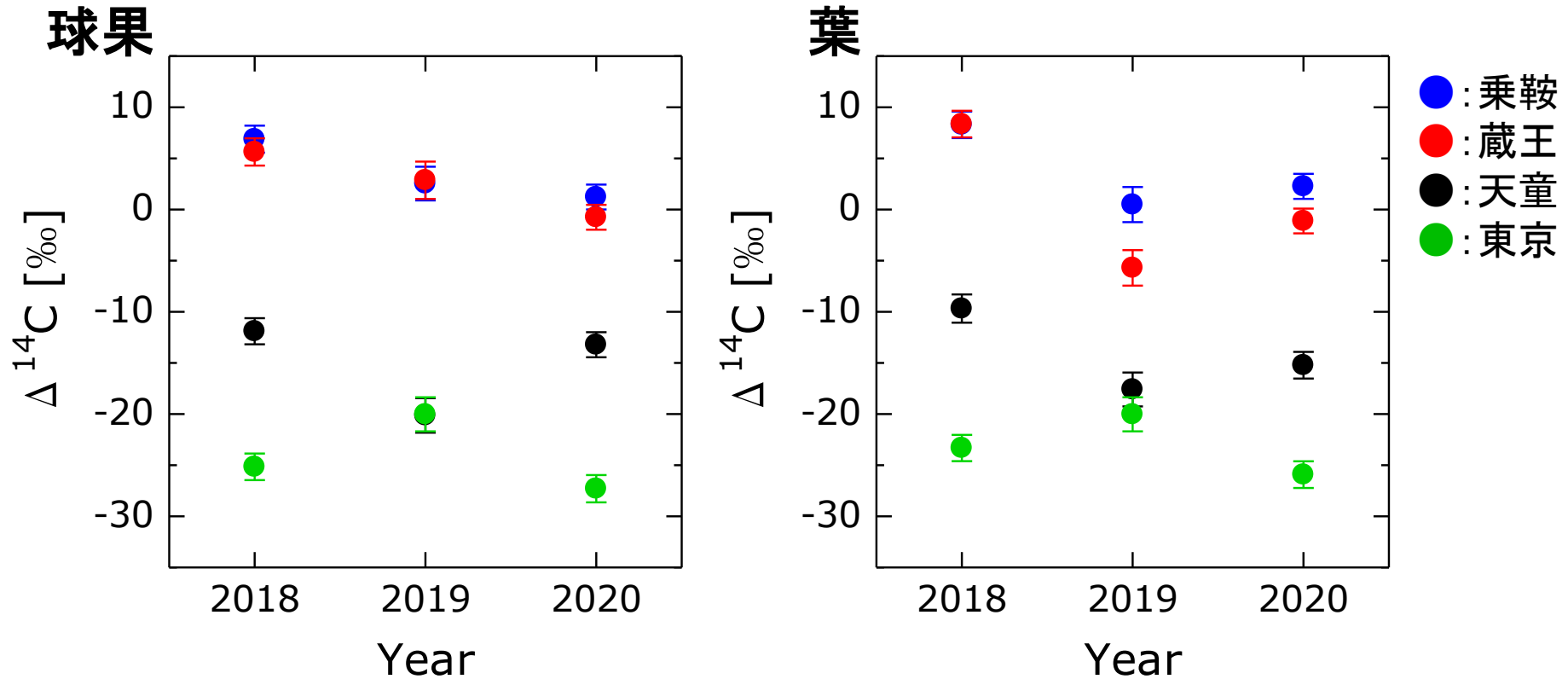
グラファイト試料の作製



^{14}C の測定②

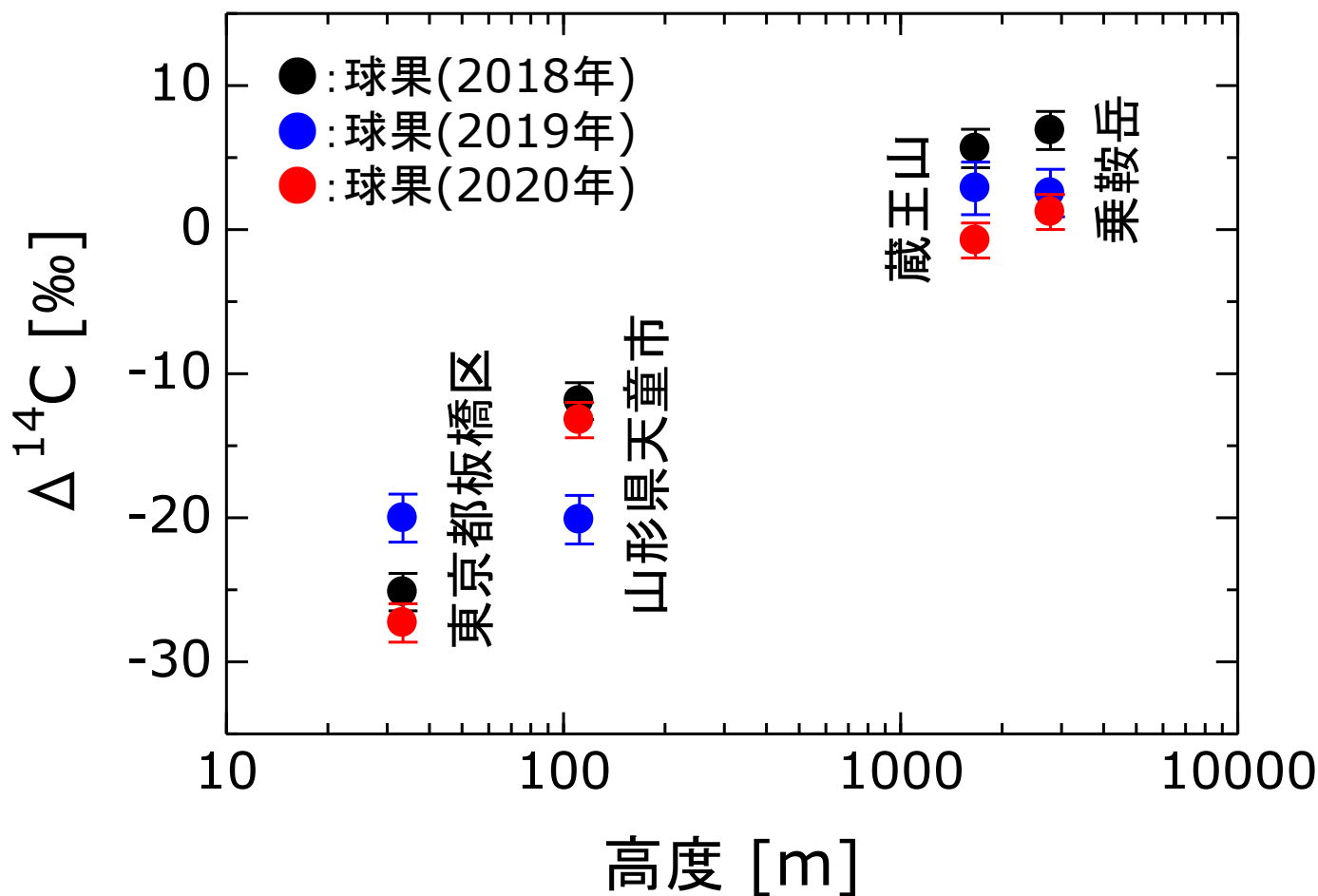


ハイマツの球果と葉の $\Delta^{14}\text{C}$ 値



- 高度に依存性があることがわかった
- 球果と葉は同じ傾向を示した
- 2018年から2020年にかけて全体的に減少している

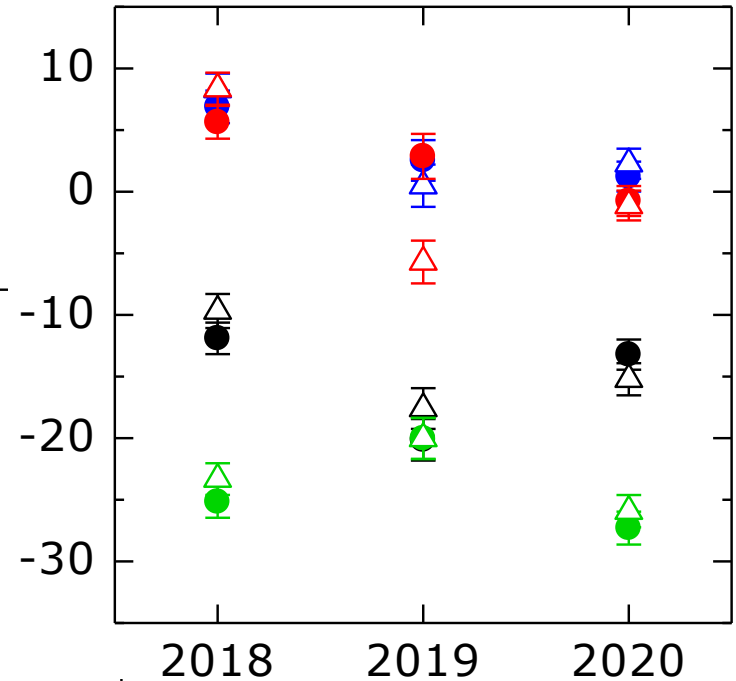
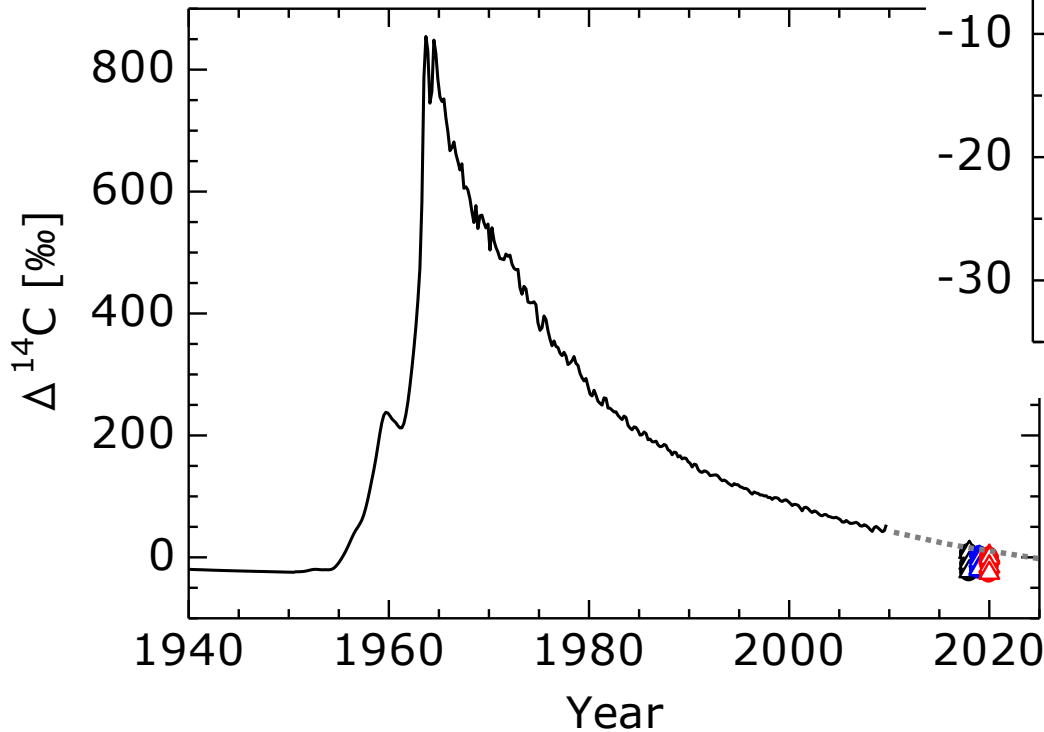
採取場所の高度に対する $\Delta^{14}\text{C}$ 値



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

- : 球果(2018年)
- △: 葉(2018年)
- : 球果(2019年)
- △: 葉(2019年)
- : 球果(2020年)
- △: 葉(2020年)

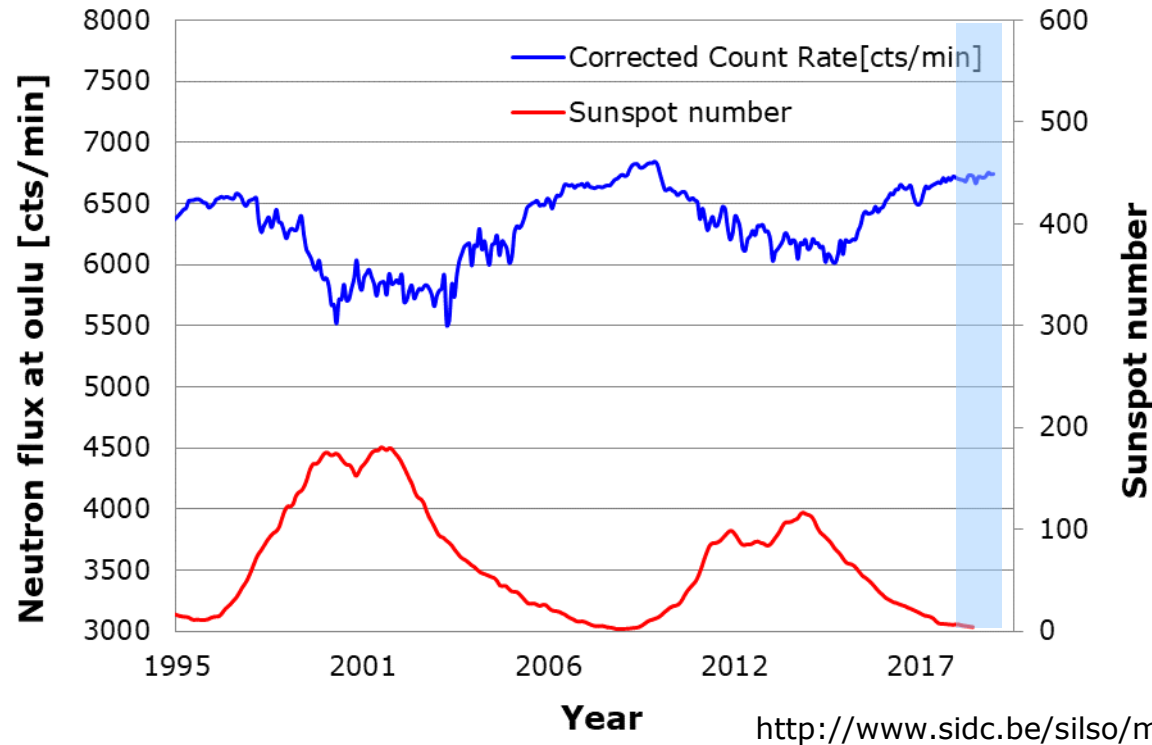


- , △: 乗鞍 球果, 葉
- , △: 蔵王 球果, 葉
- , △: 天童 球果, 葉
- , △: 東京 球果, 葉

Q. Hua et al. (2004)

$\Delta^{14}\text{C}$ 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

試料採取を行った2018から2020年にかけて¹⁴Cが増加傾向
→ まだ核実験の影響が残っている可能性がある

まとめ

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。
- 球果と葉は同じ傾向を示した。
- 全体的に減少傾向にあることがわかった。
- ボムカーブの影響があると考えられるが、今後とも測定を続けていけば太陽活動の11年周期が見える可能性がある。

⇒ 今後も継続して測定を行いたいと考えている。