

# Be-7などによる宇宙線強度時間変化の検出

山形大理: 門叶冬樹, 鈴木颯一郎、森谷透、武山美麗、乾恵美子、石澤 倫

沼倉 隼人、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  
(H30査定額 研究費（サンプリング物品）：300千円、旅費：200千円)
- 乗鞍高度における宇宙線生成核種濃度の観測  
(H30査定額 旅費：100千円)
- 放射性セシウムの地域的時間推移と粒径分布  
(H30査定額 旅費：100千円)

宇宙線研究所柏地下微弱放射能 設備の共同利用  
Det02: Ampの修理

# *outline*

- 2000年から19年間の大気中宇宙線生成核種 Be-7濃度と太陽活動(solar cycle 23<sup>rd</sup> から 24<sup>th</sup> , X9.3 solar flare)
- 乗鞍観測所周辺のハイ松中の<sup>14</sup>C濃度
- 福島原発事故後の大気中Cs-137濃度について

# objectives

過去の宇宙線生成核種の変動を評価するために現在の宇宙線生成核種の変動を調べる

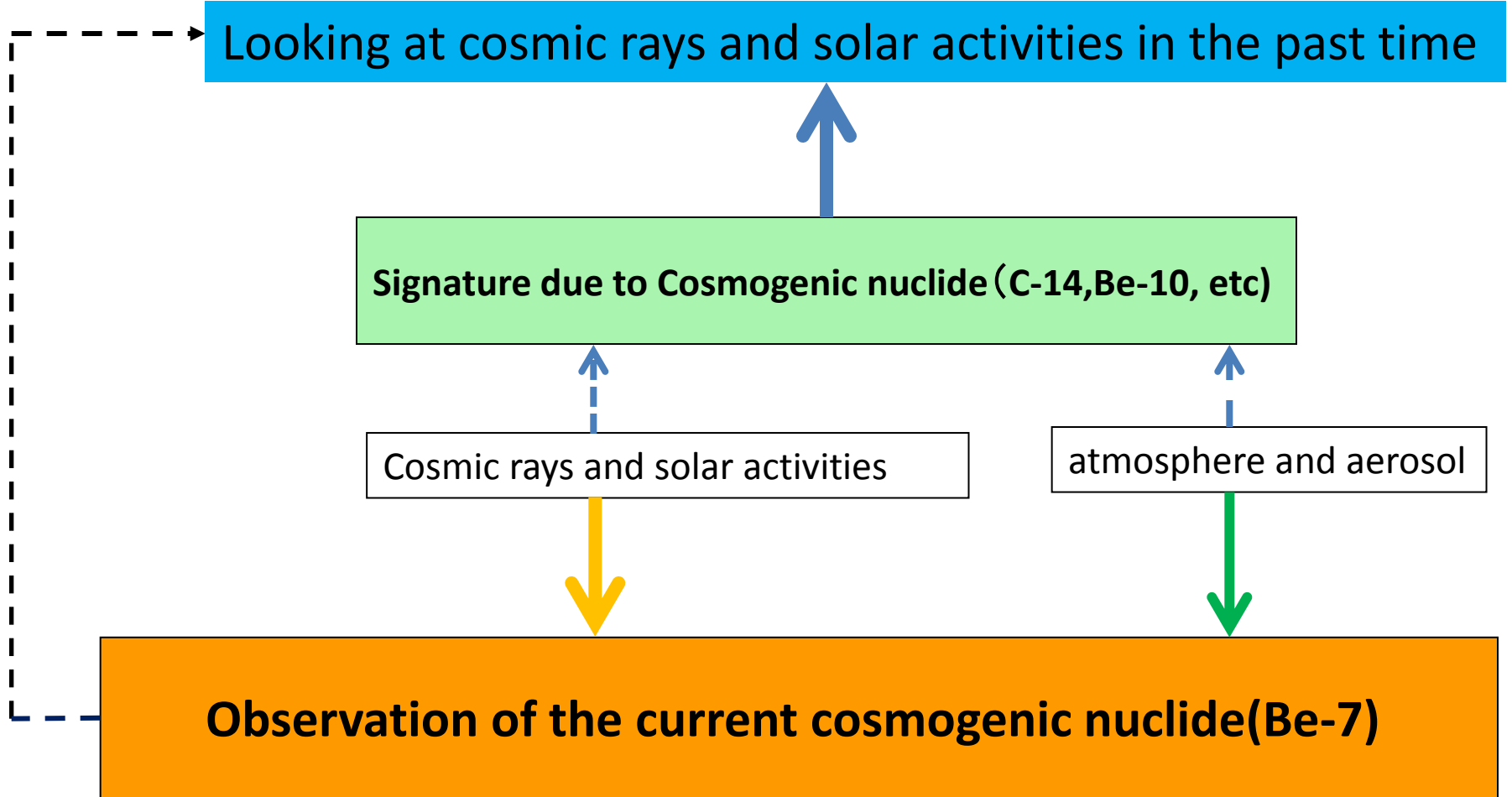
Looking at cosmic rays and solar activities in the past time

Signature due to Cosmogenic nuclide (C-14, Be-10, etc)

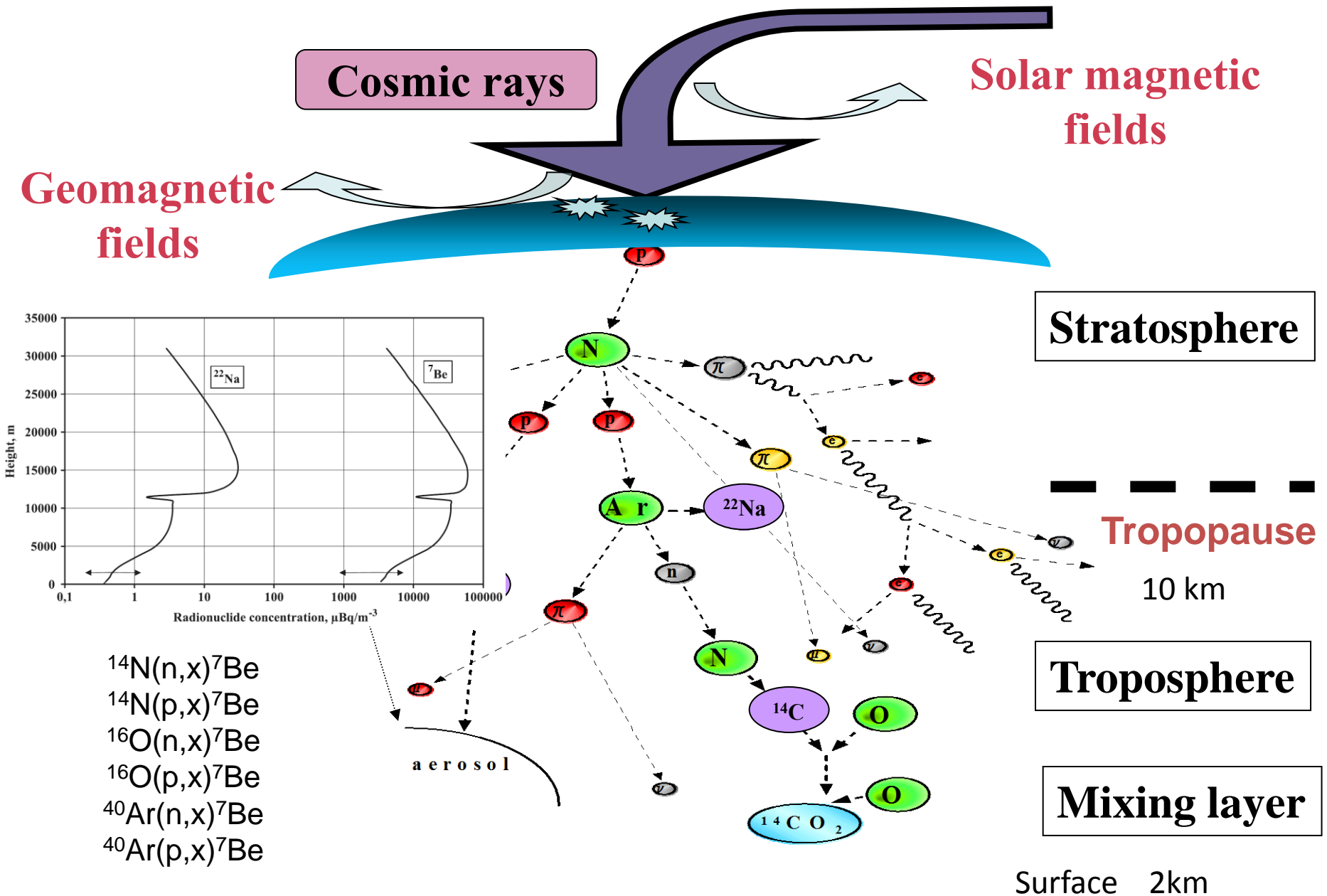
Cosmic rays and solar activities

atmosphere and aerosol

Observation of the current cosmogenic nuclide(Be-7)



# Cosmogenic nuclide in the atmosphere

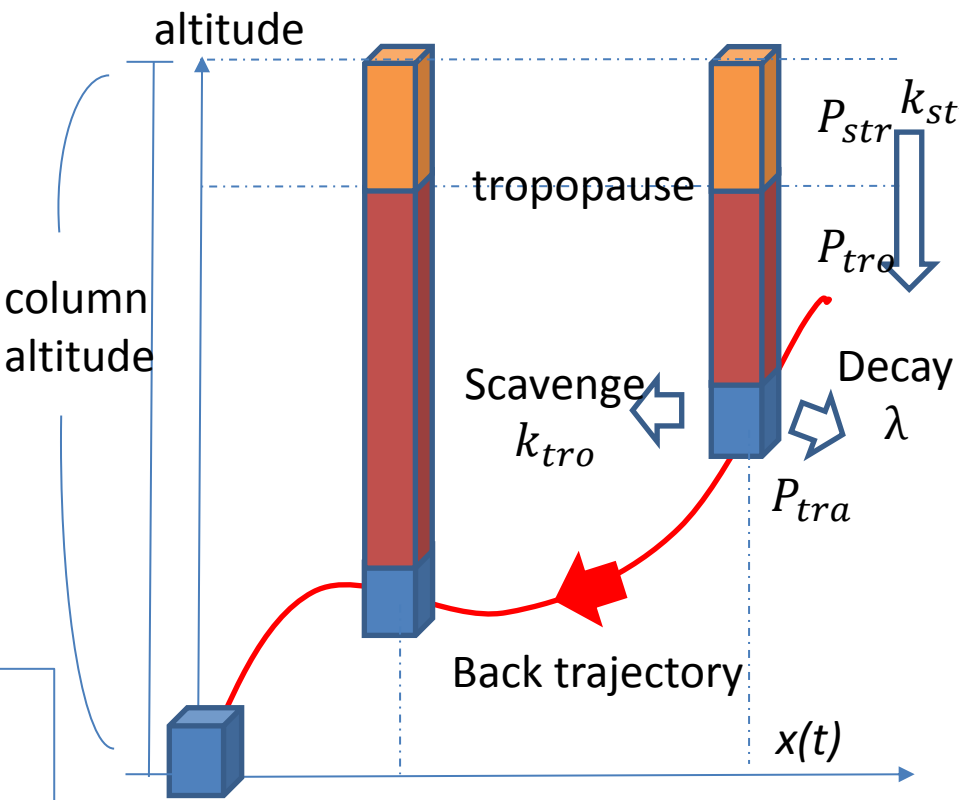


# A procedure simulating Be-7 concentrations at a sampling site with Box model

$$\begin{aligned}\frac{dN_{str}}{dt} &= P_{str} - \lambda N_{str} - k_{str} N_{str} \\ \frac{dN_{tro}}{dt} &= P_{tro} - \lambda N_{tro} - k_{tro} N_{tro} + k_{str} N_{str} \\ \frac{dN_{tra}(t)}{dt} &= P_{tra} - \lambda N_{tra}(t) - k_{tro} N_{tra}(t) \\ &\quad + k_{tro} N_{tro}\end{aligned}$$

$$N(k_{tro}, k_{str}, h_{tra}(x), h_{trop}(x), x)$$

$$\begin{aligned}N(k_{tro}, k_{str}, h_{tra}(x), h_{trop}(x), x) \\ = \sum_{t=0}^{t=x} N_{tra}(t) e^{-(\lambda + k_{tro})t}\end{aligned}$$



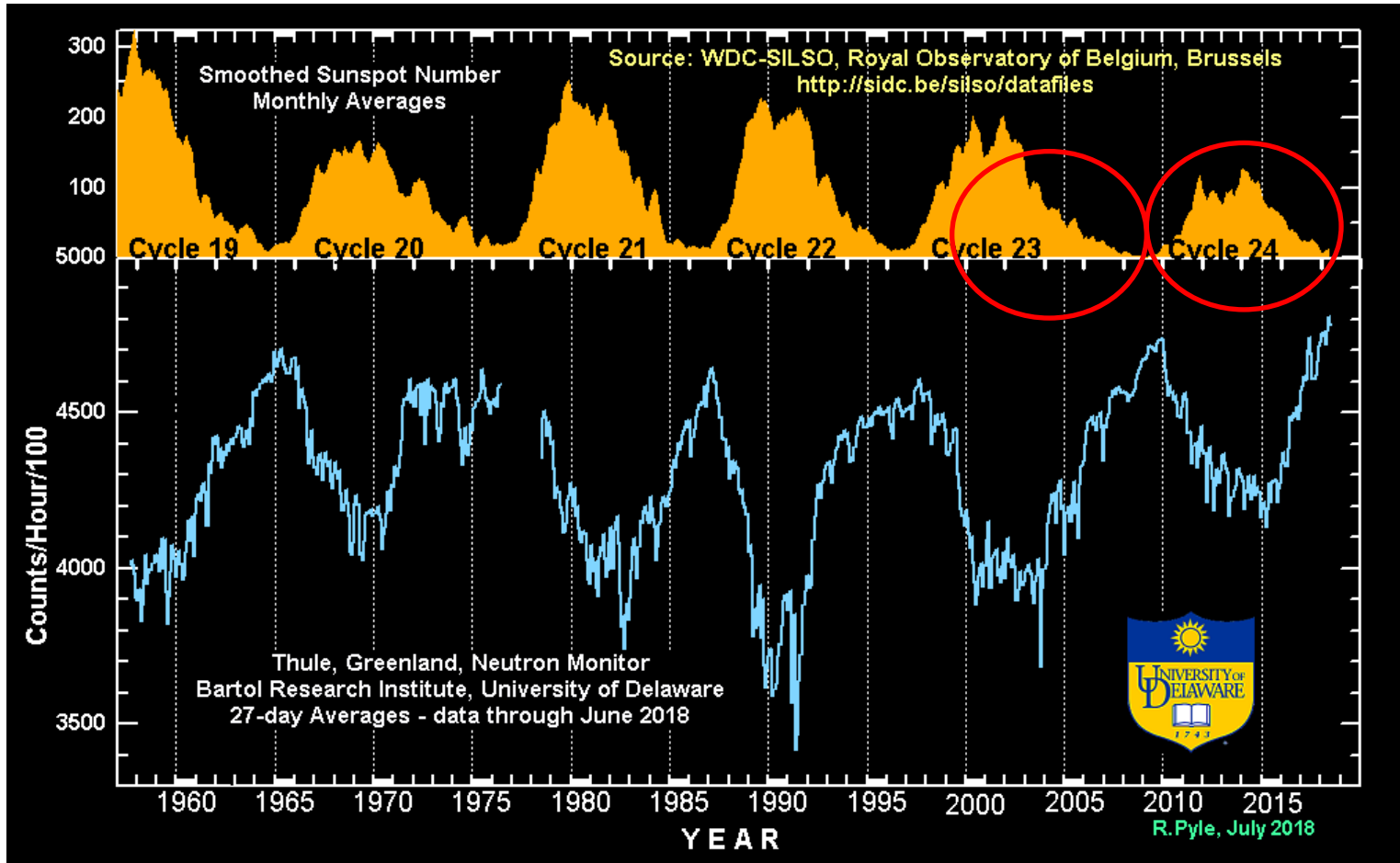
Observation  
N(x)

Back time t

An example

season	Kstr(yrs)	Ktro(days)
spring	1	5
summer	2.8	7
fall	2.6	5
winter	1.6	4

# Solar modulation of cosmic rays



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

## Sampling site

Altitude: 153 m

Latitude: 38.25

Longitude: 140.3

アイスランド(高緯度) 2003年、バンコク(低緯度) 2014年より



Collected filter

- Glass fiber filter

collection efficiency : 99.99%

( $\phi$  0.3  $\mu$ m particle)

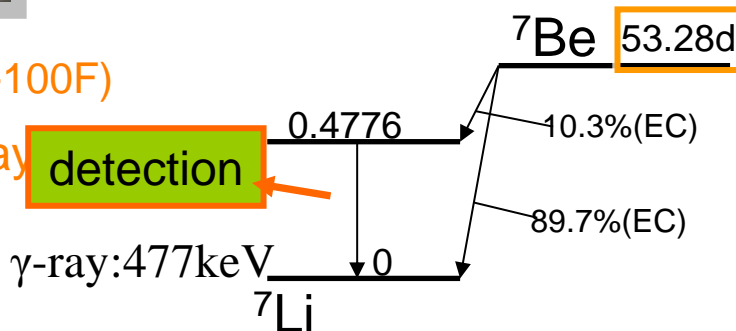
Measurement time: 6 hours

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.

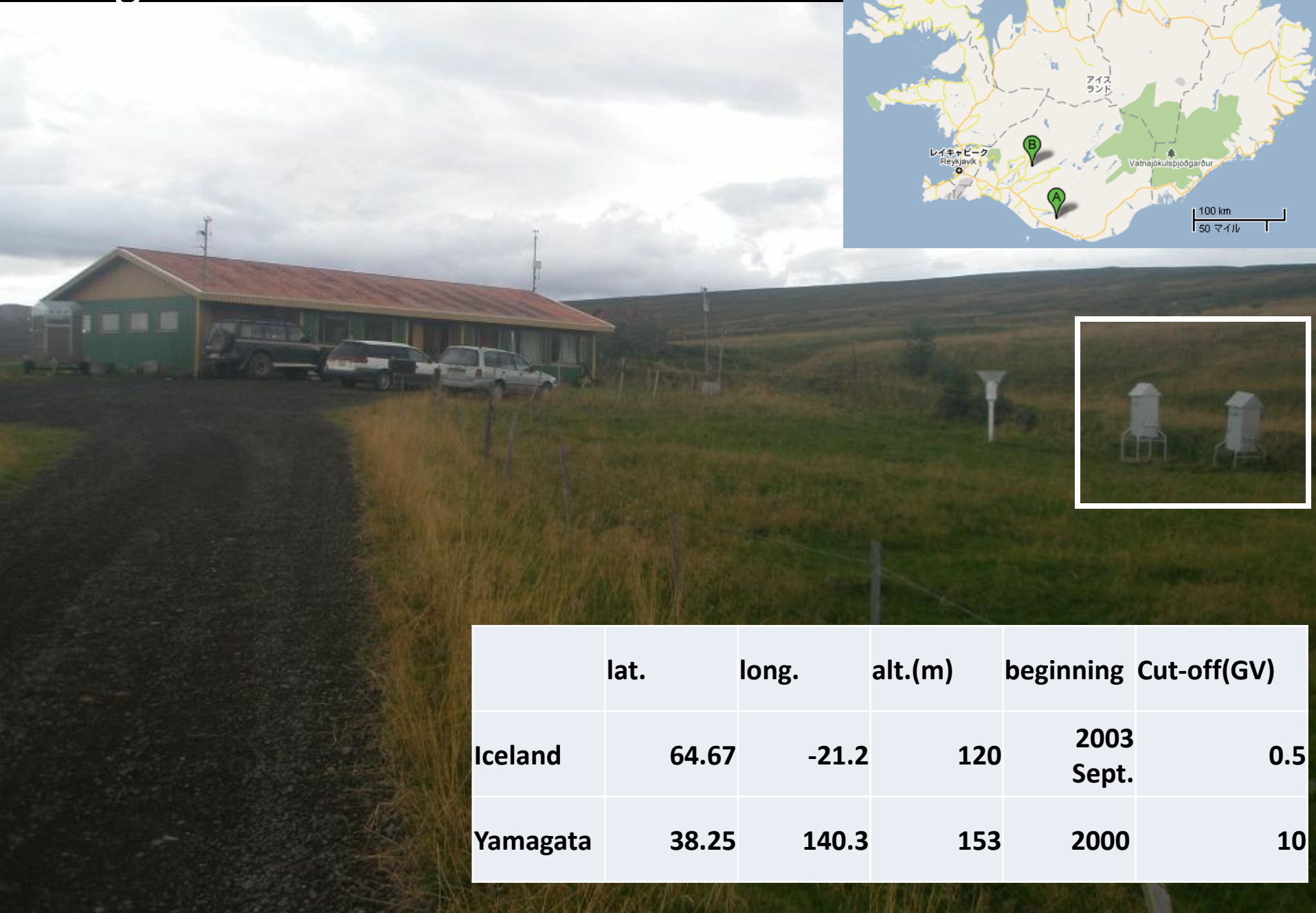
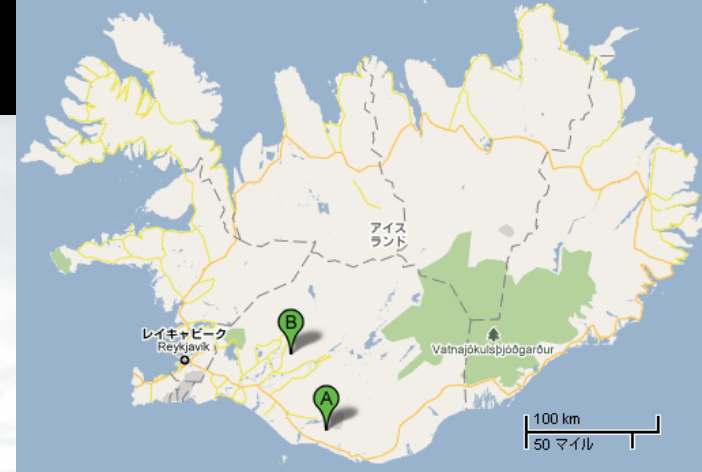


柏地下微弱放射能測定設備

HPGe detector

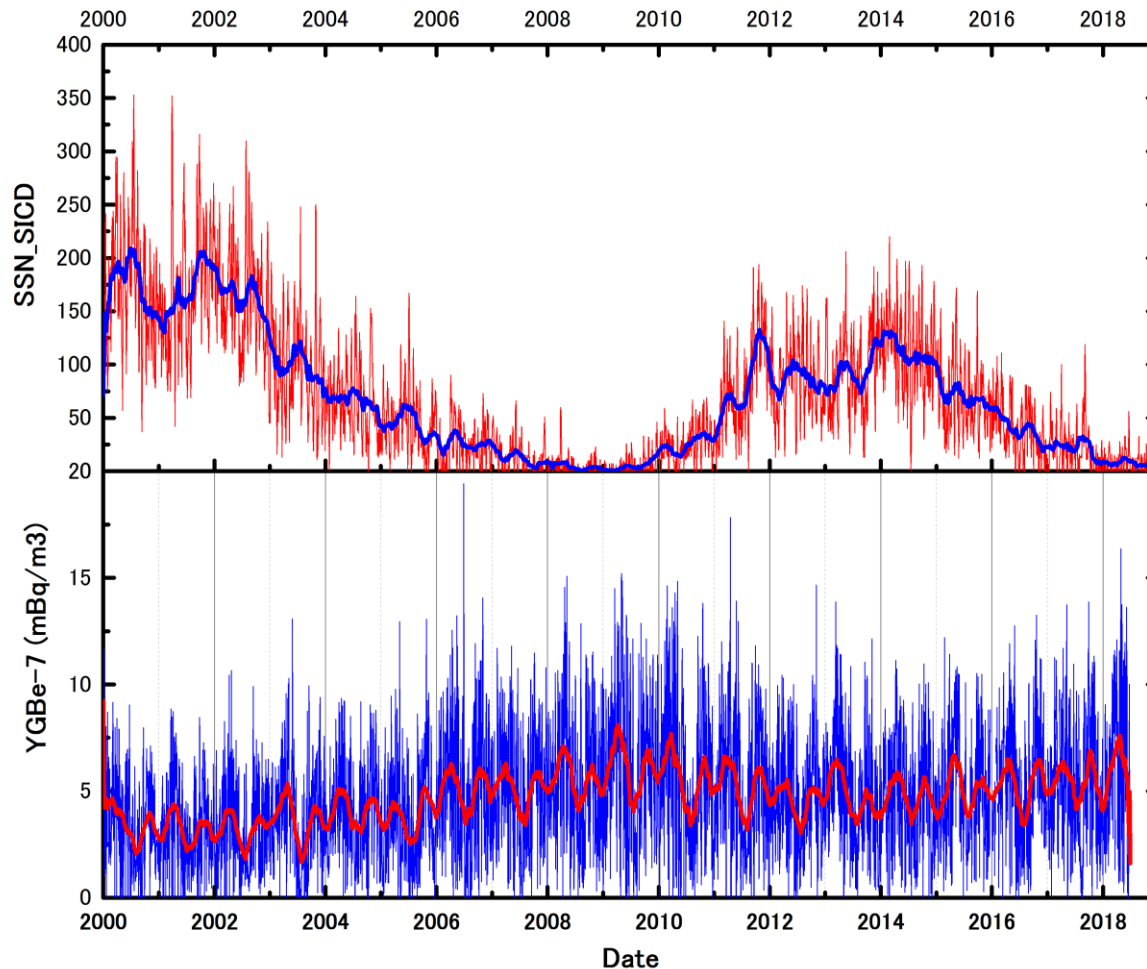


# Augastadir

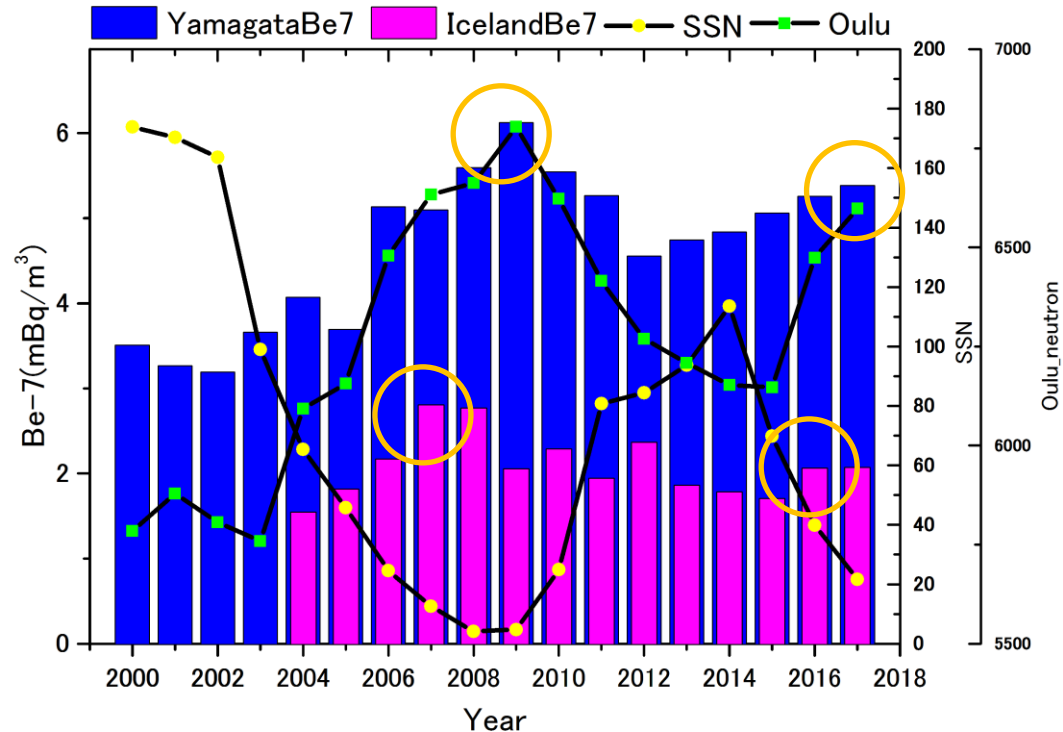


	lat.	long.	alt.(m)	beginning	Cut-off(GV)
Iceland	64.67	-21.2	120	2003 Sept.	0.5
Yamagata	38.25	140.3	153	2000	10

# Daily profile of Be-7 concentrations in Yamagata during 19 years



# Yearly profile of Be-7 concentrations from 2000 to 2018



The peak phase of Be-7 in Iceland is precursive to the solar minimum in an 11-yr cycle??

variability	Be-7	neutron	SSN
24 <sup>th</sup> (2014-2018)/ 23 <sup>th</sup> (2002-2007)	<u>28.6% at YG</u> -8.5% at Ice	4.2%	-26.5%

# 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

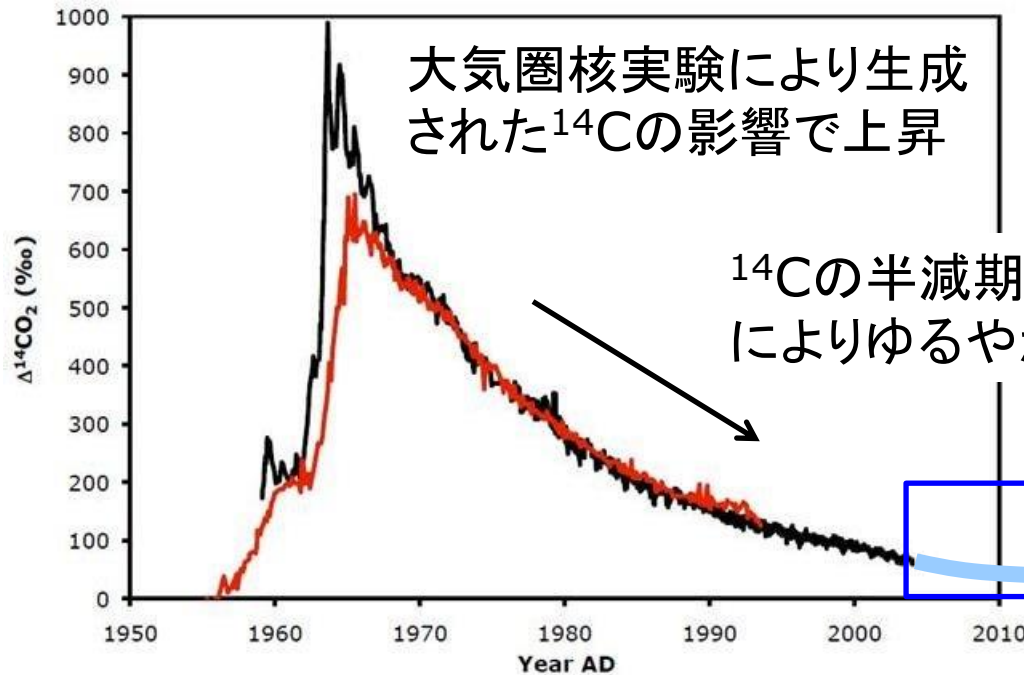
標高2770 mにあり、ハイマツが  
優占する高山植生が広がっている

環境省および森林管理局の許可を得て、乗鞍岳(東大宇宙線研 乗鞍観測所付近)にてハイマツの球果および葉を採取



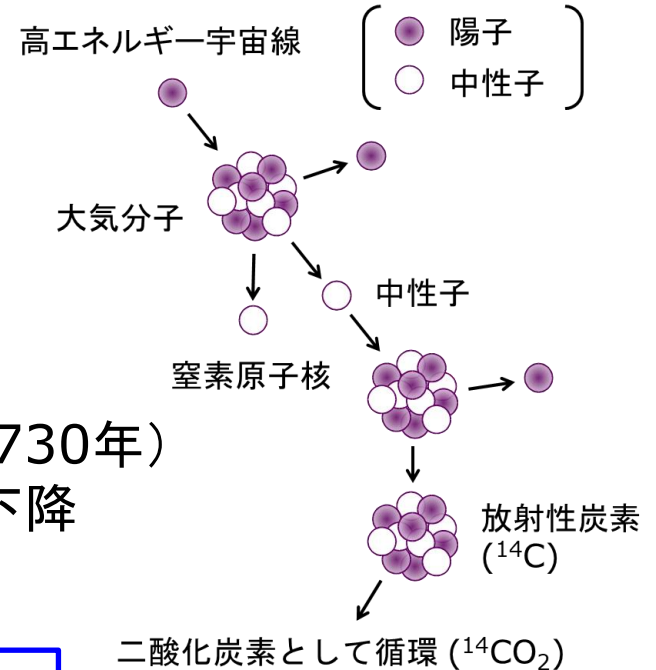
採取時の様子

# $^{14}\text{C}$ の高精度測定



— Measurements from Baring Head, New Zealand<sup>6</sup>  
— Measurements from Vermunt, Austria and Jungfraujoch, Switzerland<sup>7</sup>

大気核実験による $^{14}\text{C}$ のピーク



核実験以前の $^{14}\text{C}$ 濃度に近い値まで低下

宇宙線の変動による大気中の $^{14}\text{C}$ 濃度をモニターすることが可能



# ハイマツ試料の測定

球果



葉



- 球果（種子）、葉は
1. 乾燥
  2. 超音波洗浄（純水、アセトン）
  3. AAA（酸-アルカリ-酸）処理
  4. グラファイト化
  5. AMSによる測定

# 測定に使用する試料

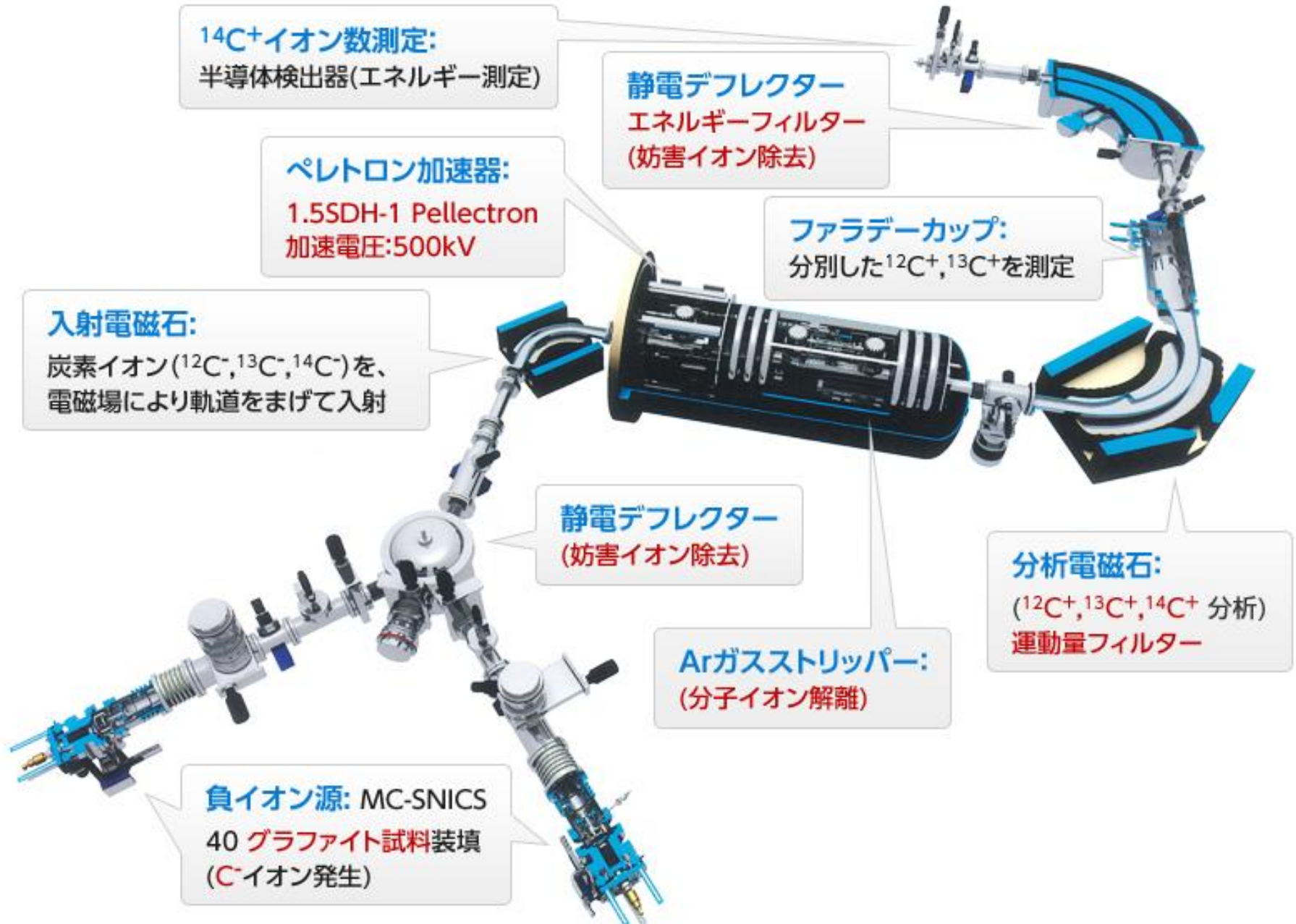
## ハイマツ試料

- 単年性の試料のため、1年の時間分解能で測定が可能
- 高山帯に生育するため、デッドカーボン(車の排気ガス等の $^{14}\text{C}$ を含まない化石炭素)の影響を受けない



試料は山形大学高感度  
加速器質量分析センター  
(YU-AMS)にて測定

# 山形大学 高感度加速器質量分析装置





# 測定結果

---

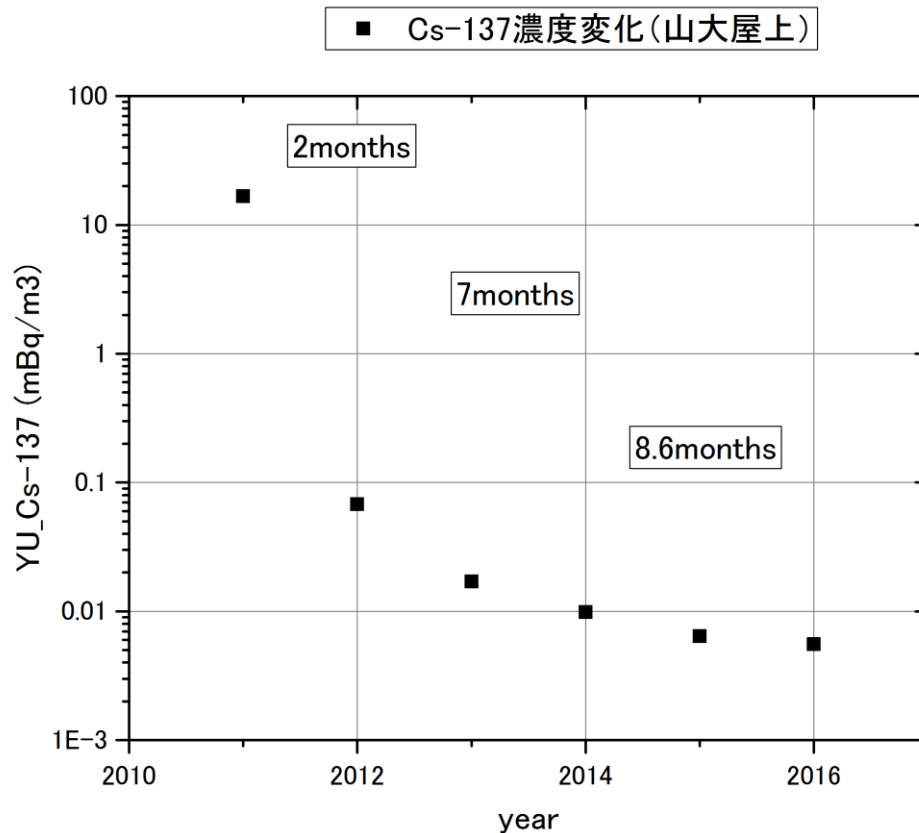
	<b><math>\delta^{13}\text{C}</math></b>	<b>error</b>	<b>pMC</b>	<b>error</b>
球果 (種子)	-25.470	0.324	101.235	0.216
葉	-27.646	0.438	101.314	0.225

---

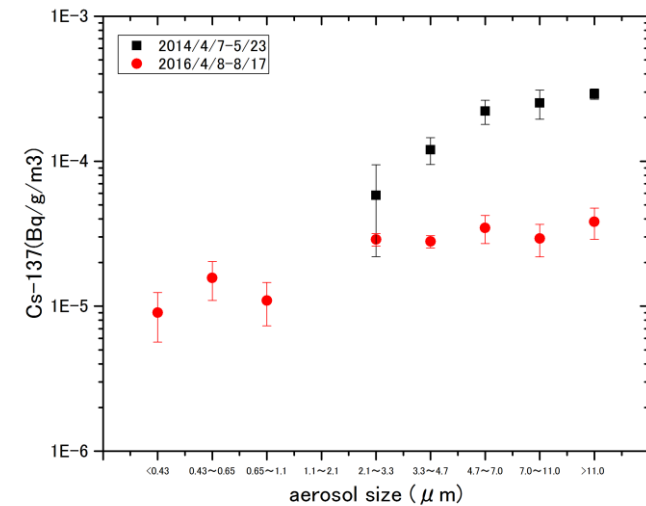
今後は...

- ・蔵王山でもハイマツを採取し、測定する予定
- ・今年度より、1年毎に採取・測定を行う予定

# 山形市における大気中Cs-137濃度の時間推移



5年間で約3000分の1に減衰



Cs-137付着エアロゾル粒径分布

2014年では観測されなかった1μm以下の成分が2016年には観測されている

# まとめ

- 太陽活動サイクル23から24への変化に対応したBe-7濃度変動が観測された。サイクル間のBe-7濃度の変動量は黒点変動量と同じであった。
- 乗鞍高度での植物中 $^{14}\text{C}$ 濃度測定を始めた
- 福島原発事故後の大気中Cs-137濃度推移を測定している。