

# 南西諸島，喜界島における降水中の $^{10}\text{Be}$ 濃度と年間降下速度

前島勇治，松崎浩之，中野忠一郎

東京大学原子力研究総合センター タンデム加速研究部門 〒113-0032 東京都文京区弥生 2-11-16  
ymaejima@malt.rcnst.uotokyo.ac.jp

## 1) はじめに

宇宙線生成核種である  $^{10}\text{Be}$  (半減期 150 万年) は，高層大気中で生成され，成層圏から対流圏を経て，地表や海面に落下し，堆積物 (堆積岩，表土) に取り込まれていく。その年間降下速度は，緯度，降水量，大気循環などの影響を受けると考えられている。北アメリカ大陸における  $^{10}\text{Be}$  の年間降下速度は，年降水量の変化に伴い， $0.52\sim 2.46\times 10^6\text{atoms cm}^{-2}\text{yr}^{-1}$  という範囲で，平均  $1.21\pm 0.26\times 10^6\text{atoms cm}^{-2}\text{yr}^{-1}$  という値が報告されている (Monaghan et al., 1985)。

これまで南西諸島，喜界島の隆起サンゴ段丘上に発達した土壤中の  $^{10}\text{Be}$  濃度を測定し，その絶対生成年代決定を試みてきたが (前島ら，2001)，その年代値 ( $^{10}\text{Be}$  年代) は， $^{10}\text{Be}$  の年間降下速度に大きく依存するため，現地での実測値が必要となった。したがって，本研究では，喜界島に降水採水装置を設置し，定期的に降水を採水し，降水中の  $^{10}\text{Be}$  濃度を加速器質量分析 (AMS) により測定し， $^{10}\text{Be}$  の年間降下速度を求めることを目的とした。

## 2) 試料および分析方法

南西諸島，喜界島は，奄美大島の北東約 25km の海上に位置し (N28° 17' ~28° 23' , E129° 54' ~130° 03' )，周囲 43km，面積 55.7km<sup>2</sup> の小さな島であるが，フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈みこむ，いわゆる沈込み帯に位置するため，最終間氷期より年平均 1.8mm という極めて早い速度で隆起しつづけている (Ota and Omura, 1992)。生和製糖工場の観測記録 (1966~1990) によると，年平均気温は 22.3℃，年降水量は 2,277 mm であり，ケッペンの気候型区分は Cfa となる。暖かさの指数および乾湿指数 (吉良, 1945) は，それぞれ，195.9℃・月および 13.6 となり，吉良 (1945) による生態気候区分では，亜熱帯多雨林気候に属する。図 1 に示したように，最高地点 224m の百之台が平坦な段丘状地形をなし，百之台の東側は標高差にして 200m 近くの旧海食崖になり，崖錐，そして完新世段丘へとつながっている。更新世段丘は，Konishi et al. (1974) がサンゴ化石の放射年代測定によって 5 つに区分し，完新世段丘は，太田ら (1978) が 4 つに区分している。降水採水装置 (図 2) は，標高 200m の更新世段丘面 I (百之台) および標高 15m の完新世段丘 II 面にそれぞれ 1ヶ所づつ，2000 年 6 月 5 日に設置した。採水期間は 2000 年 6 月 5 日より 2001 年 6 月 24 日までの約 1 年間で，2~3 ヶ月に 1 回の割合で採水を行った。なお，ポリタンク (30L) には内壁への  $^{10}\text{Be}$  の吸着を防ぐため，1mol L<sup>-1</sup>HNO<sub>3</sub> 500mL を予め，添加しておいた。

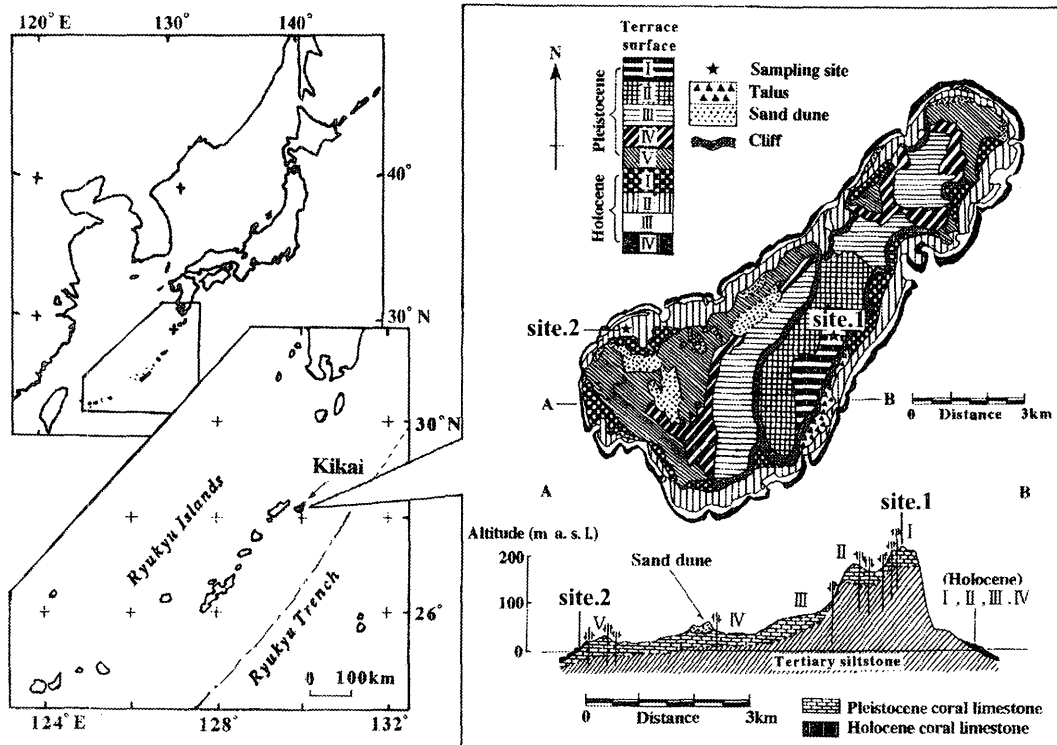


図1. 降水採取地点の概略図と喜界島の地形（横断面図は Ota and Omura (1992) を引用)

Fig.1 Schematic location map of sampling site and topography of Kikai Island.

Modified from Ota and Omura (1992).

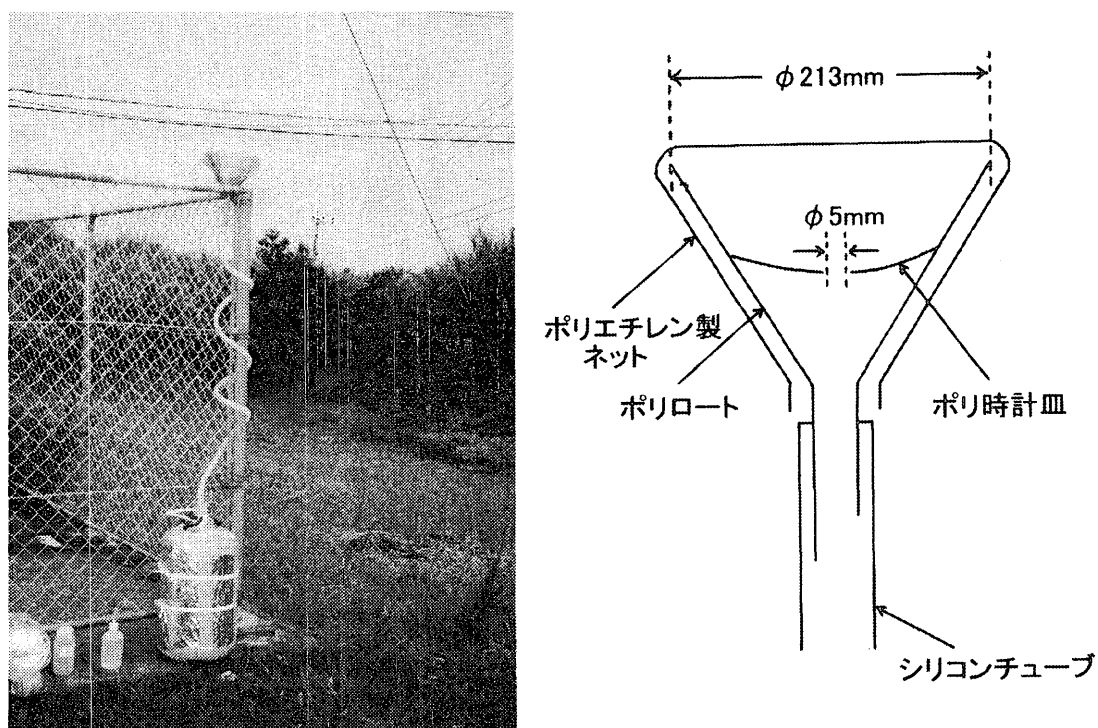


図2. 喜界島の地点1に設置した降水採取装置

Fig.2 Rain sampling equipment installed in the site.1 of the Kikai Island.

降水 1L に 0.1mg の  $^{10}\text{Be}$  キャリヤーを  $\text{BeSO}_4$  の形で添加後、蒸発乾固、残渣は  $\text{HNO}_3\text{-HF-HClO}_4$  を用いて分解、イオン交換法により精製した。イオン交換は、陰・陽イオン交換を行い、それぞれ 25mL の DOWEX1-X8 樹脂と DOWEX50W-X8 樹脂を用いた。その後、アンモニア水を用いて  $\text{Be}(\text{OH})_2$  とし、 $850^\circ\text{C}$ 、15min で  $\text{BeO}$  に変換、Nb を添加し、銅製のカソードに詰めた。 $^{10}\text{Be}$  濃度は東京大学原子力研究総合センターの 5MV タンデム加速器を利用し、加速器質量分析 (AMS) により測定した。

### 3) 結果および考察

採水量と  $^{10}\text{Be}$  フラックスを図 3 に示した。また、表 1 に採水期間ごとの  $^{10}\text{Be}$  濃度から、 $^{10}\text{Be}$  フラックスを計算し、 $^{10}\text{Be}$  の年間降下速度を示した。

採水量は、年間を通じて常に地点 1 の方が地点 2 を上回った (図 1)。総採水量は、地点 1 で 2,680 mm、地点 2 で 2,087 mm、平均 2,384 mm であることから、喜界島の年平均降水量 2277 mm (1966 ~ 1990) とほぼ一致した。地点 1 と地点 2 との採水量の差は、採水地点の地形が影響していると考えられ、すなわち、地点 1 では東側旧海食崖から上昇してくる気流に伴い、霧が発生しやすく、その霧も採水しているためと考えた。

Brown et al.(1989)によると、中緯度地域の降水中の  $^{10}\text{Be}$  の平均濃度は  $1.5 \times 10^4 \text{atoms cm}^{-3}$  ( $1.5 \times 10^7 \text{atoms L}^{-1}$ ) であり、また、Somayajulu et al.(1984)のインドにおける降水中の  $^{10}\text{Be}$  濃度は、 $0.43 \sim 8.48 \times 10^7 \text{atoms L}^{-1}$  の範囲にあり、いずれと比べても喜界島における降水中の  $^{10}\text{Be}$  濃度は  $1.0 \times 10^7 \text{atoms L}^{-1}$  未満であり、低いことがわかった (表 1)。

$^{10}\text{Be}$  フラックスは、両地点で理論的には等しくなるはずであるが、採水量と同様、地点 1 の方が地点 2 より高くなる傾向が認められた。地点 1 と地点 2 との標高差は約 200m 程度であるから、 $^{10}\text{Be}$  フラックスには影響しないと考えられるが、現段階では両地点における  $^{10}\text{Be}$  フラックスの差の原因は不明である。2~3 ヶ月ごとの採水のため、季節変動を考察するのは無理があるかもしれないが、 $^{10}\text{Be}$  フラックスは春先に最高となり、晩夏から秋にかけて最小となる傾向が認められた (図 3)。春先に  $^{10}\text{Be}$  フラックスが増加するのは、中緯度地域のこの時期には、成層圏の空気が対流圏に強く吹き込むためであると考えた。また、この期間中の試料中には肉眼でも黄砂が認められることから、黄砂に吸着している  $^{10}\text{Be}$  もかなり影響しているのではないかと考えられる。

$^{10}\text{Be}$  の年間降下速度は、地点 1 で  $1.77 \pm 0.29 \times 10^6 \text{atoms cm}^{-2} \text{yr}^{-1}$ 、地点 2 で  $0.95 \pm 0.17 \times 10^6 \text{atoms cm}^{-2} \text{yr}^{-1}$ 、平均  $1.36 \pm 0.24 \times 10^6 \text{atoms cm}^{-2} \text{yr}^{-1}$  という値を得た (表 1)。これは Monaghan et al. (1985) の  $1.21 \pm 0.26 \times 10^6 \text{atoms cm}^{-2} \text{yr}^{-1}$  よりもやや高いが、ほぼ妥当な値であるといえる。

採水期間が 1 年であり、長期の変動を考察することはできないが、今後も定期的に採水し、 $^{10}\text{Be}$  の降下速度およびその季節変動、年変動を明らかにしていく予定である。

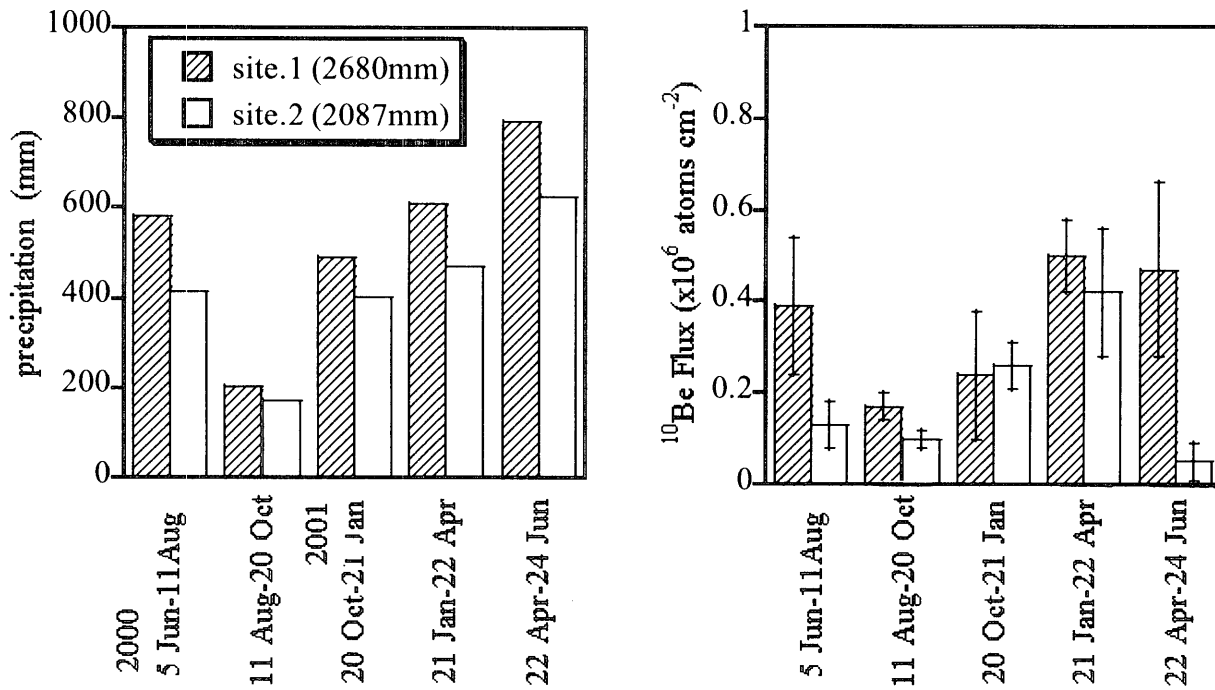


図 3. 喜界島における 2000 年 6 月～2001 年 6 月の採水量と  $^{10}\text{Be}$  フラックスの季節変動

Fig.3 Seasonal change of precipitation and  $^{10}\text{Be}$  flux in Kikai Island during 2000-2001.

Table 1  $^{10}\text{Be}$  concentration and flux in Kikai Island during 2000-2001.

	$^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ ( $\times 10^{-12}$ )	$^{10}\text{Be}$ ( $\times 10^7/\text{L}$ )	Precipitation		$^{10}\text{Be}$ flux ( $\times 10^6$ atoms $\text{cm}^{-2}$ )
			(L)	(mm)	
Blank	$0.14 \pm 0.05$	$0.10 \pm 0.03$			
Site.1 (200m a.s.l.)					
5 Jun-11Aug	$1.16 \pm 0.44$	$0.77 \pm 0.30$	20.7	581	$0.39 \pm 0.15$
11 Aug-20 Oct	$1.42 \pm 0.22$	$0.95 \pm 0.15$	7.2	202	$0.17 \pm 0.03$
20 Oct-21 Jan	$0.87 \pm 0.52$	$0.58 \pm 0.35$	17.5	492	$0.24 \pm 0.14$
21 Jan-22 Apr	$1.36 \pm 0.22$	$0.91 \pm 0.15$	21.7	610	$0.50 \pm 0.08$
22 Apr-24 Jun	$1.02 \pm 0.41$	$0.68 \pm 0.27$	28.3	795	$0.47 \pm 0.19$
			95.4	2680	$1.77 \pm 0.29$
Blank	$0.14 \pm 0.16$	$0.10 \pm 0.11$			
Site.2 (15m a.s.l.)					
5 Jun-11Aug	$0.61 \pm 0.24$	$0.40 \pm 0.16$	14.7	413	$0.13 \pm 0.05$
11 Aug-20 Oct	$1.03 \pm 0.24$	$0.69 \pm 0.16$	6.1	171	$0.10 \pm 0.02$
20 Oct-21 Jan	$1.09 \pm 0.22$	$0.73 \pm 0.15$	14.4	404	$0.26 \pm 0.05$
21 Jan-22 Apr	$1.46 \pm 0.50$	$0.98 \pm 0.33$	16.8	472	$0.42 \pm 0.14$
22 Apr-24 Jun	$0.27 \pm 0.19$	$0.18 \pm 0.13$	22.3	626	$0.05 \pm 0.04$
			74.3	2087	$0.95 \pm 0.17$

#### 4) 引用文献

- Brown, L., Stensland, G.J., Klein, J. and Middleton, R. (1989) Atmospheric deposition of  $^7\text{Be}$  and  $^{10}\text{Be}$ , *Geochem. Cosmo. Act.*, 53, 135-142.
- 吉良龍夫 (1945) 農業地理学の基礎としての東亜の新気候区分, 京大農学部園芸学研究室パンフレット, 1-23.
- Konishi, K., Omura, A. and Nakamichi, O. (1974) Radiometric coral ages and sea level records from the late Quarternary reef complexes of the Ryukyu islands. Proceedings of the second International coral reef Symposium, (2), 595-613.
- Monaghan, M. C., Krishnaswami, S. and Turekian, K. K. (1986) The global average production of  $^{10}\text{Be}$ . *Earth Planet. Sci. Lett.*, 76, 279-287.
- 太田陽子・町田 洋・堀 信行・小西健二・大村明雄 (1978) 琉球列島喜界島の完新世海成段丘－完新世海面変化研究へのアプローチ, 地理学評論, 51, 109-130.
- Ota, Y. and Omura, A. (1992) Contrasting styles and rates of tectonic uplift of coral reef terraces in the Ryukyu and Daito Islands, Southwest Japan. *Quat. Intern.*, 15/16, 17-29.
- 前島勇治・小林紘一・松本聰・東照雄 (2001) 日本に分布する赤黄色土の絶対生成年代に関する研究－南西諸島, 喜界島の例, 日本土壌肥料学会講演要旨集, 47, 125.
- Somayajulu, B. L. K., Sharma, P., Beer, J., Bonani, G., Hofmann, H.-J., Morenzoni, E., Nessi, M., Suter, M. and Wölfli, W. (1984)  $^{10}\text{Be}$  annual fallout in rains in India. *Nucl. Inst. Meth.* B5, 398-403.

# $^{10}\text{Be}$ concentration in rainwater and annual precipitation rate in Kikai Island, Nansei Islands

Yuji Maejima, Hiroyuki Matsuzaki, Chuichiro Nakano

Research Center for Nuclear Science and Technology, The University of Tokyo

The  $^{10}\text{Be}$  concentration of rainwater in Kikai Island, Nansei Islands, was measured by Accelerator Mass Spectrometry (AMS). The objectives of this study are to determine the  $^{10}\text{Be}$  concentration of rainfall in Kikai Island and to calculate the annual precipitation rate of  $^{10}\text{Be}$ .

The results are follows:

- 1) The precipitation at site.1 always was higher than that of site.2 through the year. Since mean annual precipitation (MAP) in Kikai Island is 2,277mm(1966-1990), the total collected rainwater were 2,680mm at site.1 and 2,087mm at site.2, respectively, and an average of 2,384mm, both were mostly in agreement with MAP. The difference in precipitation at site.1 and site.2 was due to the geomorphologic feature of sampling site. At site.1, the air current goes up from the east side cliff, it was easy to generate fog and the fog is also sampled.
- 2)  $^{10}\text{Be}$  flux at the site.1 tends to become higher than that of site.2. It was recognized that  $^{10}\text{Be}$  flux was the highest value at the beginning of spring, and the minimum value from late summer to autumn. It suggested that the injection of stratosphere air to the troposphere at midlatitudes tended to be strong in the spring. Moreover, since loess was recognized in the sample in this period with the naked eye, it is thought that  $^{10}\text{Be}$  adsorbed on loess would also have influenced considerably.
- 3) The annual precipitation rate of  $^{10}\text{Be}$  was  $1.77\pm 0.29\times 10^6\text{atoms cm}^{-2}\text{ yr}^{-1}$  at site.1, and  $0.95\pm 0.17\times 10^6\text{atoms cm}^{-2}\text{ yr}^{-1}$  at site.2, respectively, and the average was  $1.36\pm 0.24\times 10^6\text{atoms cm}^{-2}\text{ yr}^{-1}$ . Although this value is higher than  $1.21\pm 0.26\times 10^6\text{atoms cm}^{-2}\text{ yr}^{-1}$  ( Monaghan et al., 1985), it can be said that it is an almost appropriate value. Although a sampling period is one year and a long-term change cannot be considered, the precipitation rate of  $^{10}\text{Be}$  and its seasonal change, and year change are due to continue to sampling periodically and to be clarified.