

# チベット・プマユムツォ湖周辺岩石の $^{10}\text{Be}$ 露出年代値 $^{10}\text{Be}$ exposure dating of rocks from the shore of Lake Puma Yumco in Tibet

奈良郁子\*

Fumiko Watanabe Nara\*

名古屋大学宇宙地球環境研究所年代測定部

Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa, Nagoya,  
464-8601, Japan

\*Corresponding author. E-mail: narafumi@isee.nagoya-u.ac.jp

## Abstract

In-situ cosmogenic radionuclides have been used to understand earth surface processes, such as the erosion rate and exposure age dating of rocks. This is a preliminary report on *in-situ*  $^{10}\text{Be}$  values measurements by Accelerator Mass Spectrometry (AMS) for rock samples from the shore of the Lake Puma Yumco in Tibet. The  $^{10}\text{Be}$  concentrations ranged from  $5.0\text{--}6.8 \times 10^6$  atom/g similar to those of the surface sediments of Lake Puma Yumco. The calculated erosion rates were  $9.58\text{--}13.58$  mm/kyr, values close to those previously reported by Lal et al., 2004.

**Keywords:**  $^{10}\text{Be}$  exposure date, Lake Puma Yumco, Tibet, erosion rate

## 1. はじめに

チベット高原は、世界最大の面積（約  $2,500,000 \text{ km}^2$ ）かつ世界で最も高地（平均標高約  $4,500 \text{ m}$ ）に位置する台地である（Fig. 1）。その成因はインドとユーラシア大陸との衝突によるものであり、現在も隆起を続けている。チベット高原はその広大な面積から、世界の高度  $4 \text{ km}$  以上の地域の  $82\%$  を占め、地形学的な特徴から、地球規模の気候変動及び物質循環に対して重要な役割を果たしている。例えば、ヒマラヤ-チベット高原の段階的な隆起が、アジアンモンスーンの発達に強い影響を与えたと報告されている(Zhisheng et al., 2001)。チベット高原には、アジアにおける主要河川（黄河、インダス川、長江など）の源流河川が存在していることから、この地域における岩石の浸食作用の変化が地球規模の物質循環変動を引き起こす可能性が考えられる。特にチベット地域におけるケイ酸塩の風化作用は、大気二酸化炭素の循環に影響を与えることが予測される(Lal et al., 2004)。

地震、あるいは海水面変動などのイベントによって表面に露出された断層崖や岩石を試料とし、岩石試料中に直接その場で生成する宇宙線生成核種(*in-situ* cosmogenic radionuclides; *in-situ* CRNs)である  $^{10}\text{Be}$  や  $^{26}\text{Al}$  の測定から、岩石の露出年代や浸食速度を特定する研究が進められている(Putnam et al., 2013; Ritz et al., 1995; Yamane et al., 2015)。本研究では、チベット高原南東部に位置するプマユムツォ湖(Fig. 1)の湖岸周辺で採取した岩石試料中の *in-situ* CRNs 測定し、湖水面の変動および当該地域における浸食速度の見積もりを試みる。

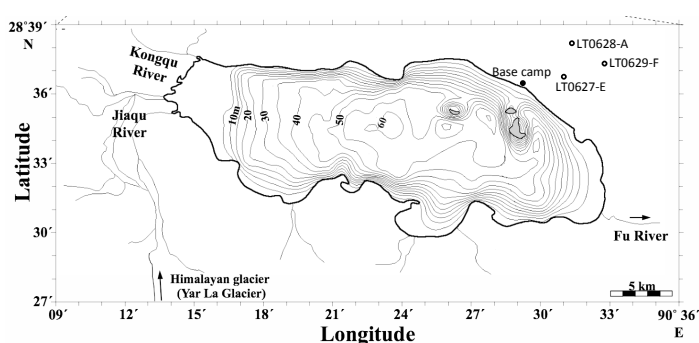


Fig. 1 Map showing the Lake Puma Yumco and the sampling sites

## 2. 試料と分析法

チベット南東部 (28°34'N, 90°23'E) に位置するプマユムツォ湖は、海拔高度 5,030m に位置する、世界で最も高所に存在する湖の一つである。湖の東側に湖岸段丘が二段形成されており、過去にダイナミックな湖水深変動が起きていたと考えられる (高田, 2003)。本研究では湖岸周辺および二つの湖岸段丘周辺で岩石を採取した (Fig. 1)。

得られた岩石試料はスタンプミルを用いて粉碎後、篩いにより 0.25–1 mm 画分を取り分けた。6M-HCl、および 0.003%-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を用いてそれぞれ無機炭素および有機物を除去したのち、1%-HF/HNO<sub>3</sub> により *meteoric* <sup>10</sup>Be を除去、石英の精製を行った。キャリアー添加後、精製された石英をフッ酸にて溶解したのち、陰イオンおよび陽イオン交換分離をそれぞれ行うことで Be と Al の単離、精製を行った。得られた試料を酸化物へ処理したのち、日本原子力研究開発機構東濃地科学センター保有の加速器質量分析計を用いて <sup>10</sup>Be の測定を行った。

<sup>10</sup>Be 測定結果より Balco et al., (2008, <http://hess.ess.washington.edu>) を用いて、<sup>10</sup>Be 露出年代値および浸食速度の計算を行った。

## 3. 結果及び考察

<sup>10</sup>Be 測定結果 (Table) より、岩石中の <sup>10</sup>Be 濃度は湖岸から離れるに従い濃度が減少した。この結果より、プマユムツォ湖湖岸段丘にて採取された岩石の <sup>10</sup>Be 濃度は、湖水深変動によって表面に露出した年代を示していないことがわかった。<sup>10</sup>Be 濃度は  $5.0\text{--}6.8 \times 10^6$  atom/g を示し、この値はプマユムツォ湖湖底堆積物中の <sup>10</sup>Be 濃度 ( $1.0\text{--}3.2 \times 10^6$  atom/g, 酒井, 修論 2010) と同程度であった。プマユムツォ湖の集水域はヒマラヤ山脈の氷河地帯を含んでおり、ヒマラヤ山脈由来の土壌が堆積物の供給源の一つである。後背地のヒマラヤ山脈と湖岸周辺岩石の <sup>10</sup>Be 濃度が同程度であることは、湖岸岩石の *in-situ* <sup>10</sup>Be 値は露出年代よりも浸食速度を示している可能性が高い。

Table. <sup>10</sup>Be exposure ages from Tibetan Plateau

Sample ID	Latitude	Longitude	Elevation (m a.s.l.)	[ <sup>10</sup> Be] ± 1σ (10 <sup>6</sup> atoms/g)	Desilets and others (2003,	<sup>10</sup> Be surface-exposure ages (yr)			
						Dunai (2001)	Lifton and others (2005)	Time-dependent Lai(1991)/Stone	
LT0627-E	28.5981	90.5017	5066	6.821 ± 0.3177	68609 ± 8958	66869 ± 8529	65492 ± 8134	76802 ± 8125	
LT0628-A	28.6058	90.5050	5124	5.263 ± 0.1558	50279 ± 6273	48561 ± 5906	47588 ± 5623	57799 ± 5708	
LT0629-F	28.6031	90.5106	5157	4.999 ± 0.2288	46642 ± 6043	45311 ± 5734	44562 ± 5492	53404 ± 5597	

<sup>10</sup>Be 値より計算された浸食速度は、9.58–13.58 mm/kyr であった。この値は同様に *in-situ* <sup>10</sup>Be 測定を用いて求められたチベット南部地域における浸食速度と同程度であり、(3.3–29.1 mm/kyr, Lal et al., 2004)、チベット北部域 (60–2,000 mm/kyr, Lal et al., 2004) と比較して非常に遅い浸食速度であることが分かった。

## 4. まとめ

チベット南東部プマユムツォ湖湖岸岩石の *in-situ* <sup>10</sup>Be 測定より、チベット南部域の岩石の浸食速度が求められた。*in-situ* <sup>10</sup>Be 測定に加え <sup>26</sup>Al 測定を行うことで、露出年代値を含めた議論を進めることが可能となるため、さらなる測定が期待される。

## 謝辞

本研究を進めるにあたって、日本原子力研究開発機構東濃地科学センターの渡邊隆広博士には試料採取、岩石の粉碎処理に関して多大な貢献をいただいた。弘前大学理工学研究科の堀内一穂助教には、<sup>10</sup>Be 測定のための試料の前処理方法をご教授いただいた。また日本原子力研究開発機構東濃

地科学センターの國分陽子博士には、センターにおける  $^{10}\text{Be}$  測定に関して格別の便宜をいただいた。チベットにおける試料採取では、中国科学アカデミーの Junbo Wang 博士、Liping Zhu 博士に多大なご協力をいただいた。ここに記して深く感謝いたします。本研究の一部は、公益財団法人日本生命財団（研究代表者:奈良郁子、助成番号:19）の支援により行われた。

## 参考文献

- Balco, G., Stone, J.O., Lifton, N.A., Dunai, T.J. (2008) A complete and easily accessible means of calculating surface exposure ages or erosion rates from  $^{10}\text{Be}$  and  $^{26}\text{Al}$  measurements. *Quaternary Geochronology*, **3**, 174–195.
- Lal, D., Harris, N.B.W., Sharma, K.K., Gu, Z., Ding, L., Liu, T., Dong, W., Caffee, M.W., Jull, A.J.T. (2004) Erosion history of the Tibetan Plateau since the last interglacial: constraints from the first studies of cosmogenic  $^{10}\text{Be}$  from Tibetan bedrock. *Earth Planet. Sc. Lett.*, **217**, 33–42.
- Putnam, A.E., Schaefer, J.M., Denton, G.H., Barrell, D.J.A., Birkel, S.D., Andersen, B.G., Kaplan, M.R., Finkel, R.C., Schwartz, R., Doughty, A.M. (2013) The Last Glacial Maximum at 44°S documented by a  $^{10}\text{Be}$  moraine chronology at Lake Ohau, Southern Alps of New Zealand. *Quaternary Sci. Rev.*, **62**, 114–141.
- Ritz, J.F., Brown, E.T., Bourlès, D.L., Philip, H., Schlupp, A., Raisbeck, G.M., Yiou, F., Enkhuvshin, B. (1995) Slip rates along active faults estimated with cosmic-ray–exposure dates: Application to the Bogd fault, Gobi-Altaï, Mongolia. *Geology*, **23**, 1019–1022.
- 高田将志・朱 立平 (2003) チベット高原プマユムツォ湖周辺における地形と第四紀後期の環境変化. 2001 チベット・プマユムツォ湖学術調査・研究報告書. 75-90.
- Yamane, M., Yokoyama, Y., Abe-Ouchi, A., Obrochta, S., Saito, F., Moriwaki, K., Matsuzaki, H. (2015) Exposure age and ice-sheet model constraints on Pliocene East Antarctic ice sheet dynamics. *Nat Commun*, **6**, 7016.
- Zhisheng, A., Kutzbach, J.E., Prell, W.L., Porter, S.C., 2001. Evolution of Asian monsoons and phased uplift of the Himalaya-Tibetan plateau since Late Miocene times. *Nature*, **411**, 62–66.