

[16006]

石英の ESR 信号強度を利用した碎屑物の供給源推定と東アジアの古気候復元

Estimation of detrital material provenance based on ESR signal
intensity and reconstruction of paleoclimate in East Asia

佐久間 杏樹^{A)}、多田 隆治^{A)}、神崎 友裕^{A)}、黒川 駿介^{A)}、鄭 洪波^{B)}

Aki Sakuma, Ryuji Tada, Tomohiro Kanzaki, Shunsuke Kurokawa, Hongbo Zheng

^{A)} University of Tokyo

^{B)} Yunnan University

Abstract

It is well-established that the first rapid cooling step in the Cenozoic occurred at the Eocene-Oligocene boundary. However, the mechanism of this cooling event remains unproven. One of the hypotheses is that the uplift of the Himalaya and Tibetan Plateau (HTP) caused the intensification of weathering, which caused draw down of the atmospheric CO₂ and resulted in the global cooling. To test this hypothesis, it is essential to understand the timing and mode of the uplift of the HTP. In this research, we examined the provenance of quartz in the terrestrial sediments of the Lanzhou Basin, the northeastern Tibetan Plateau in order to detect the signal of uplift using the Electron Spin Resonance (ESR).

Keyword: EOT, uplift, HTP, ESR, Lanzhou basin

1. はじめに

1-1. 研究背景

新生代は中生代温室世界から現在の氷室世界への移行期にあたり、長期的寒冷化によって特徴付けられる。この寒冷化は徐々に起こるのではなくむしろ、いくつかのステップにおいて急激に進行したことが知られている^[1]。始新世・漸新世境界(Eocene-Oligocene Boundary: EOB)はそれらのステップの中で最初かつ最大のものであり、EOB で安定した南極氷床が出現したことが知られている。

Raymo and Ruddiman^[2]はヒマラヤ山脈・チベット高原の隆起が風化・侵食速度を増大させ、その結果大気中の二酸化炭素が減少したことにより寒冷化が起きたという仮説を提唱した。しかし、この仮説を検証する上で重要となるチベット高原の隆起時期及び隆起様式については未

だに正確には解っていない。

これまでの研究は、チベット高原北東部において EOB 付近で乾燥化・寒冷化が急速におきたことを示しているが、乾燥化・寒冷化が EOB より先行したのか、北東部チベットの隆起との前後関係はどうなのかについては定かではなかった^[3]。

1-2. 本研究の目的

本研究ではチベット高原北東部蘭州盆地の新生代堆積物に含まれる碎屑性石英の ESR 強度から供給源におけるテクトニックな変化を推定すると共に、層相や鉱物組成、粒度分布から周辺地域の環境変化を推定し、テクトニクスと環境変化の関係を調べることを目的とした。

2. 試料及び分析手法

2-1. 試料

[16006]

分析を行った試料は 2016 年 9 月にチベット高原北東部、中国甘肅省蘭州市阜蘭県対亭溝付近の Duitinggou セクションにおいて採取した。このセクションでは Zhang^[4]により古地磁気層序が確立されており、後期暁新世(~60Ma)から前期中新世(~18Ma)までの地層を連続して観察することが出来る。本研究で用いた試料の年代は Zhang^[4]の柱状図と対比することで推定したものである。

2-2. 分析手法

最初に乾燥・粗砕した試料約 0.1g から炭酸塩、鉄・マンガン酸化物、有機物を前処理として除去した。前処理を終えた試料は、篩を用いて 64 μ m よりも大きい画分と 64 μ m 以下の画分の 2 つに分割した。そして、それぞれの画分について石英の ESR 信号強度と結晶化度(CI)の測定を行った。自然放射線によって酸素が欠落することで生じる石英中の不対電子を伴う格子欠陥は E₁' 中心と呼ばれ、ESR 信号強度を測定することでその量を推定することが出来る^[5]。格子欠陥量は石英が受ける総放射線量に依存しており、母岩年代が古いほど ESR 信号強度は大きく、若いほど低くなる^[6]。

64 μ m 以上の画分は国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所において Co₆₀ を線源とする総線量 2.5kGy の γ 線照射を行った後、300°Cで 15 分加熱した。そして、東京大学理学系研究科ただ研究室所有の X-band ESR spectrometer (JEOL, JES-FA100)を用いて ESR 信号強度の測定を行った。測定条件はマイクロ波:0.01mW、磁場強度:0.1mT、magnetic field modulation:100kHz、測定範囲:5mT、測定時間:2min、Time constant:0.03sec、走査回数:20 回とした。

3. 結果と考察

砂岩試料の 64 μ m 以上の画分の ESR 信号強度測定

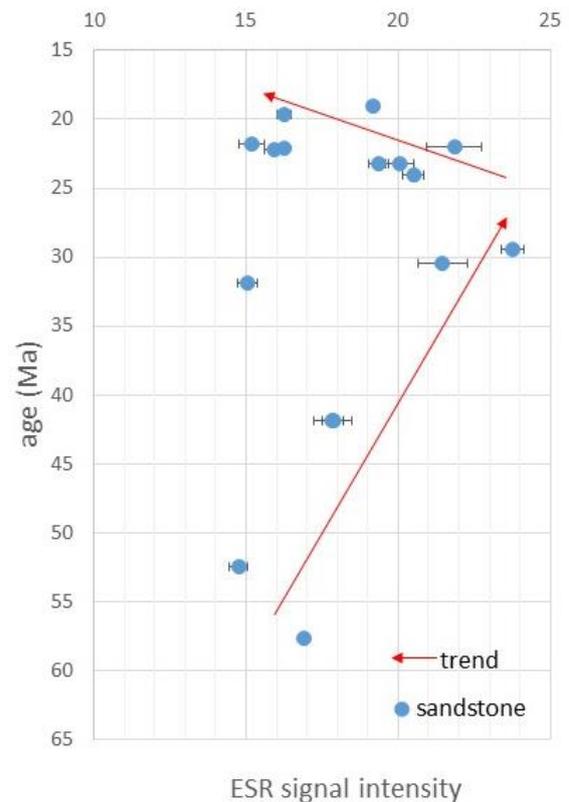


Figure 1. Changes in ESR intensity of quartz in > 64 μ m fraction of sandstones.

時代変化は Fig. 1 のようになった。砂岩試料の >64 μ m 画分の ESR 信号強度は、約 58Ma から 52Ma にかけて 16.9 から 14.8 へわずかに下がり、約 52Ma から約 24Ma にかけて 14.8 から 23.8 まで徐々に増大し、約 24Ma で 23.8 から 15.2 まで急激に減少している。約 52~24Ma において急激な変化が見られずに徐々に ESR 信号強度が大きくなっていくのは、後背地において隆起が起り、浸食により侵食対象が次第に下位の古い年代のより ESR 信号強度が大きい堆積物に移り変わる現象(アンルーフィング)が起きたからではないかと推定される。供給源ではアンルーフィングが 52Ma ごろから始まったと見ることもできるが、約 32Ma に急激に起こったと見ることもでき、今後 52~32Ma 間での更なる分析が必要である。アンルーフィングは少なくとも約 24Ma まで継続したと考えられる。

[16006]

約 24Ma に ESR 信号強度が急激に減少することについては 2 通りの解釈が考えられる。一つ目は、供給源の場所に変化がなかったが、アンルーフィングにより 200°C 以上の温度に到達して ESR 信号強度がリセットされた地層が約 24Ma に露出し始めた可能性である。この場合、地表温度を 10°C、地温勾配を 30°C/km と仮定すると、200°C の温度を持った地層は、もともと地下 4.75km にあったと推定される。これが 2600 万年かけて地表に露出したとすると、平均削剥速度は 18cm/1000 年、800 万年かけたとすると平均削剥速度は 59cm/1000 年となる。

二つ目は供給源が突然変わったことにより、新たに石英の ESR 信号強度が低い地層の露出域が供給源に加わった可能性である。実際、北東チベットでは約 22Ma に西北西方向の断層に沿ったチベット高原の隆起が急激に起こったと言われている^[7]。

以上の結果から、チベット北東部での隆起は、約 52Ma 頃に開始した可能性があるが、急激な隆起と侵食速度の増加が起こったとすれば約 32~20Ma にかけてであり、少なくとも蘭州盆地後背地においては急激な CO₂ 濃度の低下と全球的な寒冷化が起こったと言われる EOB よりも後であることが示された。

参考文献

- [1]Zachos, J., Mark, P., Sloan, L., Thomas, E., & Billups, K. (2001). Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present. *Science*, 292(27), 686–693.
- [2]Raymo, M. E., & Ruddiman, W. F. (1992). Tectonic forcing of late Cenozoic climate. *Nature*, 359, 117–122.
<https://doi.org/10.1038/359117a0>
- [3]Dupont-Nivet, G., Krijgsman, W., Langereis, C. G., Abels, H. A., Dai, S., & Fang, X. (2007). Tibetan plateau aridification linked to global cooling at the Eocene–

Oligocene transition. *Nature*, 445, 635–638.

<https://doi.org/10.1038/nature05516>

- [4]Zhang, P. (2015). Magnetostratigraphy and paleoenvironmental evolution of the Middle Eocene–Early Miocene deposits in the Lanzhou Basin, northwest China.
- [5]Toyoda, S., & Ikeya, M. (1991). Thermal stabilities of paramagnetic defect and impurity centers in quartz: Basis for ESR dating of thermal history. *Geochemical Journal*, 25, 437–445.
- [6]Toyoda, S., Ikeya, M., & Morikawa, J. (1992). Enhancement of oxygen vacancies in quartz by natural external β and γ ray dose: a possible ESR Geochronometer of Ma-Ga range. *Geochemical Journal*, 26, 111–115.
- [7]Lease, R. O., Burbank, D. W., Clark, M. K., Farley, K. A., Zheng, D., & Zhang, H. (2011). Middle Miocene reorganization of deformation along the northeastern Tibetan Plateau. *Geology*, 39(4), 359–362.
<https://doi.org/10.1130/G31356.1>