

# 地球磁場はいつ出現したのか？月表層土中の窒素、軽希ガス同位体比からの手掛り。

Lunar soils may tell us when the geomagnetic field first appeared.

# 小嶋 稔[1]; 三浦 弥生[2]; Podosek Frank[3]; 関 華奈子[4]; 橋爪 光[5]

# Minoru Ozima[1]; Yayoi N. Miura[2]; Frank Podosek[3]; Kanako Seki[4]; Ko Hashizume[5]

[1] 無所属; [2] 東大地震研; [3] Washu; [4] 名大 STE 研; [5] 阪大・理・宇宙地球

[1] NONE; [2] Earthquake Research Institute, Univ of Tokyo; [3] Washington University; [4] STEL, Nagoya Univ.; [5] Earth and Space Sci., Osaka Univ

地球磁場がいつ出現したのかの問題は依然として謎である。現在まで得られている最古の古地磁気学データ（35億年前）から、この当時の地磁場双極子モーメントが現在の値のほぼ20%と結論されている[1, 2]。しかしこれ以前については全く情報が無い。40億年を超す地殻岩石がほぼ皆無に近いゆえ、地球史初期の地磁気を理解するためには従来の古地磁気的手法に代わる、新たなアプローチが求められる。我々は、月表層土に含まれる窒素や軽希ガスの同位体比情報がこの問題の解決に重要な手掛りを与える可能性を指摘したい。

月の表層土には窒素や希ガスなど太陽風(SW)で運ばれたイオンが蓄積している。しかしこれらのNや希ガスには明らかに太陽起源でない成分も含まれている。我々はこれまで発表された月表層土中のN, H, He, Ne, Arの同位体比組成データを調べた結果これらの元素は太陽起源の成分と地球起源の成分の混合と解釈されるとの結論に達した。しかし地磁場で保護された現在の地球電離層からは、月表層土に観測されるような地球起源イオン量を説明出来る有意義なイオン流出は考え難い[3]。

他方、PVO (Pioneer Venus orbiter) は金星から106-108cm-2s-1のO+の流出を観測している[4]。さらに金星のイオノポーズでの観測値 $N+/O+ \cdot 0.02$ から[5]、 $2 \times 105\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ のN+流出が推定される。これは金星には磁場がないため太陽風(SW)が磁場に遮られる事がなく電離層を直撃し、かなりのイオンをはぎ取るためと理解されている。初期地球大気は生物起源の酸素がなくCO2が主成分だったと考えられている[6]。これは金星や火星の大気に近い。さらに地球と金星はほぼ同じようなサイズ・質量をもつ。したがって仮に初期地球に磁場が無かったら、現在金星で観測されると同程度のイオン流出があったと推定される。

地球の歴史を通じ、月は地球から遠ざかっている。40億年まえには月と地球の距離は現在のほぼ半分程度だったと推定されている[7]。このことを考慮すると簡単な幾何学的な考察から40億年以前には月の表面では地球からの流出イオン束のほぼ1%程度のイオン流束を受けていたと推定される。これは $105\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ のN+フラックスに相当し、月表層土の分析から推定される非太陽系起源(non-solar)の窒素フラックスとほぼ同程度の値である[8]。

以上の提案は実験的に決定的な検証が可能である事を最後に指摘したい。月-地球系の力学的安定性から、月-地球系の全歴史を通じ月の自転は地球周りの公転に等しかった事、つまりは月の地球サイドの面はほぼ45億年前から現在まで地球と向き合ってきた事が結論されている[9]。従ってもし上述の吾々の提案が正しければ月の裏側は過去45億年間地球からのイオン流出の影響は皆無だった事になる。それゆえ、月の表-裏側の試料について窒素や軽希ガスの分析値の比較は吾々の仮説に決定的な検証を与えよう。

[1] Johnson, C.I., et al. Science 300, 2044-5, 2003. [2] Hale C.J. Nature, 399, 249-52, 1987. [3] Seki, K. et al., Science, 291, 1847, 2001. [4] Kasprzak, W.T. et al. JGR, 11, 175, 1991. [5] Grebowsky, J.M. et al. JGR, 9055, 1993. [6] Abe Y., Lithos, 30, 223-35, 1993. [7] Abe M. et al., Proc. 30th International Geological Conf., 26, 1-29. [8] Hashizume et al. EPSL, 202, 201, 2002. [9] Murray C.D. & S.F. Dermott, Solar System Dynamics, Cambridge Univ. Press, 592pp, 1999.