



## 研究課題名 前主系列星期から現在に至る太陽活動変遷の研究

北海道大学・大学院理学研究院・教授

ゆりもと ひさよし

塚本 尚義

研究課題番号： 21H04985

研究者番号： 80191485

研究期間： 令和3年度～令和7年度 研究経費（期間全体の直接経費）： 121,700千円

キーワード： 地球化学、太陽風、太陽、原始太陽、希ガス

### 【研究の背景・目的】

太陽は太陽系全質量の99%以上を占め、太陽系の天体の運動を支配するとともに、その強い電磁放射により惑星の熱環境および電磁環境も支配している。天文学では、前主系列星期の恒星は、高エネルギー粒子を放出する激しいスーパーフレア現象を多発する活発な恒星活動をしていることが観測されている。この活発な恒星活動は、しばしば大規模なコロナ質量放出による激しい恒星風を発生させ、その周りの原始惑星系円盤中で進行するダスト物質および天体の進化やガスの散逸に大きな作用を与えると考えられている。このような活発な前主系列星太陽の活動は、周囲の原始惑星系円盤における物質進化を大いに支配したと考えられるが、その当時の物質からできている始原隕石からこの活発な太陽活動の記録を読み解いた研究はあまり多くない。一方、主系列星期の恒星においても、数千年間に1回の頻度でスーパーフレアが起き、恒星の年齢が若くなるほどその発生頻度が大きくなることがわかってきている。しかしながら、スーパーフレアが主系列星太陽でどのくらいの頻度で起こっていたのかは不明である。

本研究の核心をなす学術的問いは、「太陽は、前主系列星の時どれくらいのエネルギーの粒子をどれだけ放出していたのか、主系列星になるとその放出が静かになっていったのか」である。そのために太陽の年齢46億年にわたる試料を準備して、46億年間の太陽風の変動を解明する。つまり、本研究の目的は、前主系列星期から現在に至る46億年間の太陽活動の変遷を解明することである。

### 【研究の方法】

本研究では、同位体ナノスコープを用いて、太陽風照射があった地球外物質の固体粒子局所表面の希ガス濃度・同位体分布から太陽風の照射量とエネルギー分布を決定することにより、過去の太陽活動を解析する。同位体ナノスコープは、我々が独自に開発した固体中の希ガスの超局所3次元分析ができる質量分析装置で、世界唯一のものである。この装置に、新たに考案した誘導電荷検出システムと広領域イメージングシステムを設計することにより導入し、測定できる希ガス種類と測定領域の拡張を行う。

過去の太陽活動を推定するために次の地球外物質を測定する：百万年前までの太陽活動はJAXAはやぶさ探査機が持ち帰った小惑星イトカワ粒子、1億年前・10億年前・20億年前・40億年前の太陽活動はNASAアポロ宇宙船が持ち帰った月面レゴリス試料、前主系列星期(46億年前)の太陽活動はガスリッチ炭素質隕石(図1)。

これらの分析結果から解析された、低速のkeVレベルから超高速のMeVレベル(スーパーフレアに相当)に至る運動エネルギーをもつ粒子放射(太陽風)スペクトルの比較により、太陽活動の経年変化を解明する。

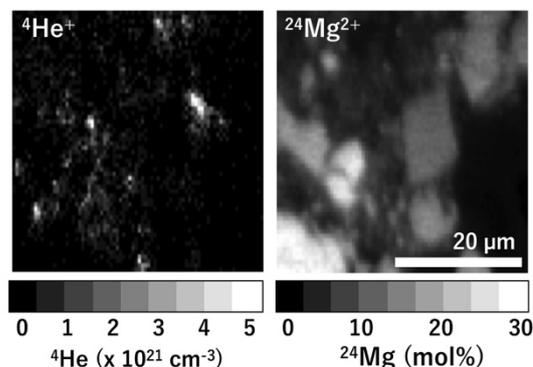


図1. ガスリッチ隕石NWA801マトリックス中の太陽風He(左)と鉱物粒子(右)の2次元分布の比較

### 【期待される成果と意義】

次のような成果が期待できる：

太陽の主系列星期間45億年のほぼ全期間から約10億年毎に太陽風がサンプリングされ、その比較により、主系列星太陽が核子あたり百keVの運動エネルギーを持つ粒子放射を伴うスーパーフレアを起こしていた頻度が検証され、その経時変化が解明される。

前主系列星期の太陽の太陽風がサンプリングされ、主系列星期の太陽風のエネルギー分布と比較することにより、前主系列星期の太陽活動が主系列星期のものとは如何に違いがあったのかが明らかにされる。

本研究は未踏の新規研究分野であり、これらの成果は、恒星の進化を探るのみならず、原始惑星系円盤進化、惑星進化、宇宙風化、宇宙天気などの理解に向けて大きな意味を持つ。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Bajo, K., Olinger, C.T., Jurewicz, A.J.G., Burnett, D.S., Sakaguchi, I., Suzuki, T., Itose, S., Ishihara, M., Uchino, K., Wieler, R. and Yurimoto, H. (2015) Depth profiling analysis of solar wind helium collected in diamond-like carbon film from Genesis. *Geochem. J.* **49**, 559-566.
- ・ Nagata, K., Bajo, K.-i., Itose, S., Matsuya, M., Ishihara, M., Uchino, K. and Yurimoto, H. (2019) Aberration-corrected focused ion beam for time-of-flight secondary neutral mass spectrometry. *Applied Physics Express* **12**, 085005.

### 【ホームページ等】

<http://vigarano.ep.sci.hokudai.ac.jp>