

## 平成 30 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文： 第 24 太陽活動期における太陽中性子の観測 英文： Observation of solar neutrons in solar cycle 24
研究代表者	名古屋大学 松原豊
参加研究者	名古屋大学 伊藤好孝、阿部文雄、三宅美沙、濱口佳之、川端哲也、上野真奈、佐藤健太、中村祐樹、森俊文、大橋健、宗像恒、丹羽巧、亀井悠平、山川竹玄、藤井大翔、奥井樹、村木綏
信州大学	加藤千尋
中部大学	柴田祥一
東京大学	塚隆志
研究成果概要	<p>本研究は、太陽フレアに伴って生成される高エネルギー (&gt;100 MeV) 中性子を地上で検出することによって、太陽表面における高エネルギー粒子加速機構を解明することを目的とします。中性子は電荷を持たないので加速されませんが、太陽表面で加速された陽子が太陽大気と相互作用することにより、高エネルギー中性子が生成されます。加速された陽子そのものは、太陽地球間の惑星間磁場により散乱されるので、磁場中を直進する中性子の方が、加速時の情報を保持している、と期待されます。一方、中性子は質量を持ったためエネルギーによって太陽地球間の飛行時間が異なります (1 GeV と 100 MeV では 10 分異なります)。従ってエネルギー情報がないと、観測した中性子がいつ太陽を出発したのかわかりません。名古屋大学宇宙地球環境研究所を中心とするグループは 2003 年に完成した太陽中性子国際観測網を用いて、4 つの異なるエネルギーしきい値での中性子の計数を 10 秒ごとにモニターしています。</p> <p>本共同利用研究は、東京大学宇宙線研究所乗鞍観測所の大実験室にある 64m<sup>2</sup> の太陽中性子望遠鏡のメンテナンスを目的としています。乗鞍観測所まで到達する道路は 1 年の半分以上が雪で封鎖されてしまうので、乗鞍観測所は例年 7 月-9 月の 3 か月しか開所できません。それ以外は無人になるので、発電が行われません。従って、太陽中性子望遠鏡の運転に必要な電力 (70 ワット) は、太陽電池パネルとバッテリーを組み合わせた自然エネルギーによって供給されています。バッテリー電圧が低下して 11.9V 以下になると PC 以外の電力供給は停止し、12.1V 以上になると復活するように電力供給をコントロールしています。本共同利用研究では、夏期に乗鞍観測所に出張し、太陽中性子を検出できない夜間に、バッテリーの充電を行います。また、データ取得用の PC と、データ取得回路用の電源の一部を AC100V を用いて稼働するようにします。これら</p>

により、冬期に疲弊した自然エネルギーシステムを復活させます。平成 29 年から 30 年にかけて乗鞍冬期閉鎖中の天候は晴天日が多く、充電のための時間はほとんど不要でしたが、数年前には直接バッテリーとつながっている PC が電力不足で停止してしまうまで電圧低下した時もありました。

夏期に乗鞍観測所で行うもう一つのメンテナンスは、各検出器の信号を確認することです。現在 64 台のシンチレーション検出器と 400 本の比例計数管が稼働していますが、個々の検出器の稼働状況は PC には記録されていないので、夏期の夜間を利用して個々の検出器の稼働状況の確認を行います。中性子の検出は、中性子とシンチレータとの反応で生じる反跳陽子のエネルギー損失を検出することにより行い、荷電粒子との弁別と反跳陽子の方向の検出には比例計数管が使用されています。PC で記録されている情報は、たとえば 64 台のシンチレータの記録した中性子信号の和、といった整理された情報だけになっていて、1 日ごとに異なるファイルに記録されます。乗鞍観測所内では冬期も含めインターネットが稼働しているので、毎朝名古屋から前日のデータを取得しています。

肝心の太陽活動ですが、第 24 太陽活動期は 2014 年 2 月の極大後低下を続けています。最近では太陽フレアの規模を、衛星軌道での軟 X 線強度で表すことが多いのですが、その中で最も強いフレアを基準で考えると、2018 年以来、その 100 分の 1 を超える規模のフレア（太陽関係者は M クラスと呼んでいます）すら起こっていません。平成 30 年度には太陽中性子観測網による中性子信号の検出はありませんでした。第 24 太陽活動期全体を含めても太陽表面での加速効率を議論できるようなイベントは検出されていません。

これまでに太陽中性子観測でわかっていることは、太陽中性子の生成がガンマ線や硬 X 線などの電磁成分と同時だと仮定すれば、太陽表面での高エネルギーイオン加速はショック加速と呼ばれる効率のよい加速ではない、ということです。生成時間を仮定しなくてもよいように異なるエネルギーしきい値を用意したのですが、これまでに異なるエネルギー情報を利用できるような有意な太陽中性子イベントは 1 度しか検出されていません。そのイベントは、電磁成分と中性子の生成は同時ではないことを示しています。それでも、高エネルギーイオンの加速効率は高効率ではない、という結論は変わりません。あと数イベント、異なるエネルギー情報を用いた解析ができれば、太陽表面でのイオン加速効率の理解に決着がつけられると考えています。大気中での減衰のため、太陽中性子が検出できるのは昼間だけです。稀少な太陽中性子イベントをできるだけ検出するために国際観測網があるので、乗鞍での太陽中性子観測は今後も継続していくことを考えています。