

Real time monitoring of the rigidity spectrum of large Forbush decreases in May and October 2024 with the paired neutron monitor and muon detector at the Antarctic Syowa Station
การตรวจวัดทันเวลาของสเปกตรัมในริจิดิตีสำหรับการลดลงแบบฟอรัชเมื่อเดือนพฤษภาคมและตุลาคม ค.ศ. 2024 ด้วยชุดเครื่องวัดนิวตรอนและมิวออน ณ สถานีไซโยวา ทวีปแอนตาร์กติกา

(Y. Hayashi, K. Munakata*, M. Kozai, R. Kataoka, A. Kadokura, C. Kato, N. Miyashita, S. Miyake, K. Murase, M. L. Duldig, **D. Ruffolo**, **W. Mitthumsiri**, P. Muangha, **A. Sáiz**, S. Seunarine, P. A. Evenson, P.-S. Mangeard, K. Iwai, H. Menjo, E. Echer, A. Dal Lago, M. Rockenbach, N. J. Schuch, J. V. Bageston, C. R. Braga, H. K. Al Jassar, M. M. Sharma, N. Burahmah, F. Zaman, I. Sabbah, T. Kuwabara, D. Chen, and J. Huang 2026, Real time monitoring of the rigidity spectrum of large Forbush decreases in May and October 2024 with the paired neutron monitor and muon detector at the Antarctic Syowa Station, Earth, Planets, Space, 78, 75 (IF=2.5) <https://doi.org/10.1186/s40623-026-02386-y>)

Large Forbush decreases (FDs) in the Galactic cosmic ray flux were observed by the paired neutron monitor (SNM) and the vertical channel of the muon detector (SMDV) at the Antarctic Syowa Station in May and October, 2024. The maximum count rate depressions in SNM and SMDV are $\sim 10\%$ and $\sim 5\%$ in the May FD, respectively. In the October FD, the observed count rates decreased in two steps following two successive interplanetary shocks. The maximum count rate depression recorded by SNM (SMDV) is $\sim 7\%$ ($\sim 3\%$) in the first step, while it is $\sim 8\%$ ($\sim 5\%$) in the second step. It is demonstrated that the SNM count rate fraction relative to the total count rate in SNM and SMDV (F_n) is a good real-time indicator of the temporal variation of the cosmic ray rigidity spectrum ($\Delta\Gamma(P,t)$), which is an important parameter for identifying the physical processes responsible for FD effects. It is verified that the variation of F_n is consistent with $\Delta\Gamma(P,t)$ calculated from the Global Fitting Analysis (GFA) at the Syowa Station. F_n also shows a significant increase of $\Delta\Gamma(P,t)$ during the ground-level enhancement (GLE, a type of solar storm) due to solar energetic particles on May 11 superposed on the FD recovery phase (i.e., the return to a normal count rate after the FD), implying that the total (Galactic + solar) cosmic ray spectrum is softened due to the contribution from GLE intensity steeply increasing with decreasing rigidity. This implies that F_n can be also a good indicator of small GLEs which are sometimes difficult to identify in the count rate variation when masked by an FD and the associated diurnal anisotropy.

ได้สังเกตการลดลงแบบฟอรัช (Forbush decreases, FDs) ครั้งใหญ่ในฟลักซ์รังสีคอสมิกจากกาแล็กซี ด้วยชุดเครื่องตรวจวัดนิวตรอน (SNM) และช่องในแนวตั้งของเครื่องวัดมิวออน (SMDV) ณ สถานีไซโยวา ทวีปแอนตาร์กติกา เมื่อเดือนพฤษภาคมและตุลาคม ค.ศ. 2024 โดยพบการลดลงในอัตรานับรังสีถึง $\sim 10\%$ ใน SNM และ $\sim 5\%$ ใน SMDV

สำหรับ FD เมื่อเดือน พ.ค. ส่วนในเดือน ต.ค. การลดลงในอัตรานับรังสีมีสองขั้น หลังจากการผ่านโลกโดยคลื่นกระแทก ระหว่างดาวเคราะห์สองเหตุการณ์ โดยในขั้นแรกมีการลดลงในอัตรานับรังสีถึง ~7% ใน SNM และ ~3% ใน SMDV และในขั้นที่สองลดถึง ~8% ใน SNM และ ~5% ใน SMDV เราแสดงว่า F_n คือสัดส่วนของอัตรานับใน SNM ต่ออัตรา นับรวมใน SNM และ SMDV เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีสำหรับการเปลี่ยนต่อเวลาในสเปกตรัมในริจิดิตีของรังสีคอสมิก ($\Delta\Gamma(P,t)$) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญในการบ่งบอกกระบวนการเชิงฟิสิกส์ที่ทำให้เกิดผลกระทบของ FD เราตรวจเช็คว่าการ เปลี่ยนแปลงต่อเวลาของ F_n สอดคล้องกับค่า $\Delta\Gamma(P,t)$ สำหรับสถานีขั้วโลก ที่คำนวณโดย Global Fitting Analysis (GFA) นอกจากนี้ F_n แสดงการเพิ่มอย่างนัยสำคัญใน $\Delta\Gamma(P,t)$ ระหว่างเหตุการณ์พายุสุริยะประเภท ground-level enhancement (GLE) เนื่องจากอนุภาคพลังงานสูงจากดวงอาทิตย์เมื่อวันที่ 11 พ.ค. ระหว่างช่วงเวลาที่พ่นคลาย (กลับสู่ปกติ) หลัง FD ซึ่งแสดงว่าสเปกตรัมรวมของรังสีคอสมิก (จากกาแล็กซีบริเวณดวงอาทิตย์) มีอนุภาคพลังงานต่ำลง เนื่องจากผลของ GLE ที่ลดลงเร็วมากสำหรับริจิดิตีที่เพิ่มขึ้น จึงแสดงว่า F_n เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีสำหรับ GLE ขนาดเล็ก ซึ่ง ในบางครั้งบ่งบอกยากจากการเปลี่ยนของอัตรานับรังสี ต่อเมื่อมีการเกิด FD พร้อมด้วยแอนไอโซโทรปีที่เกี่ยวข้อง

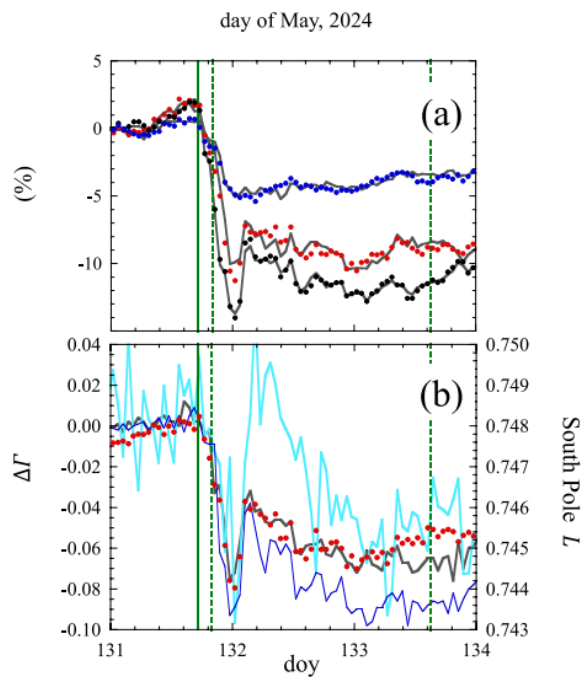


Fig. 4 $\Delta\Gamma$ during a 3-day period including the GLE 74 between May 11–13, 2024. **a** shows the observed count rates by SNM (red), South Pole NM (black) and SMDV (blue), each with the best-fit result by the GFA (gray curves). In **b**, the red curve displays $\Delta\Gamma$ calculated from F_n uncorrected for the temperature effect by the linear equation in Fig 3 with the GFA result at 17.9 GV (gray curve), while the blue curve shows $\Delta\Gamma$ deduced from the GFA at 13.9 GV (near P_m of the South Pole NM), both on the left vertical axis. The sky-blue curve shows the leader fraction L observed by the South Pole NM on the right vertical axis. The vertical green line indicates the timing of the IP-shock arrival, while a pair of dashed green lines delimits the ICME period.