

太陽活動の気候影響

2000 年前、中国の宮廷天文学者たちは、太陽活動の経年変化を調べるため太陽黒点の様子を詳細に史書に記録した。1801 年、ウィリアム・ハーシェルは太陽黒点の出現数とロンドンの小麦の市場価額に有意な関係を見出した。太陽黒点数が減少すると気候が変化し、さらに、小麦の収穫量が変化して市場価額に影響を与えていると考察した。太陽-気候-社会（人間生活）の複雑な結びつきについて考察した初めての試みである。天文学、太陽物理学、気象学、気候学、古気候学、海洋学などを専門とする研究者は、太陽活動が気象や気候、地球環境に影響を与えた確定的な証拠を引き続き探している。

2017 年 3 月 7 日から 20 日にかけて、太陽黒点が一つも観測されていない状況が発生した。マウンダー極小期の時代（1645-1715 年）には、黒点の周期的変動に対応する太陽磁場の周期（シュワーベサイクルの周期）が約 14 年だったと推定されている。2008 年にスタートした第 24 太陽活動周期は約 13 年と長く、マウンダー極小期の時代と類似している。これから太陽活動の停滞期に入るかもしれないとの指摘がなされ、近未来に地球規模で寒冷化が引き起こるかという説も論じられている。これからの我々の社会への影響を考えるうえでも、太陽活動の気候への影響について理解を深めていく必要がある。

20 世紀の後半以降の全球平均の地表気温は明確な上昇傾向を示す。一方、1998-2012 年には、10 年あたり 0.03-0.05°C の気温上昇にとどまる。あたかも地球温暖化が停滞したかのような現象が出現した。この現象は、「地球温暖化ハイエイトス（global warming hiatus）」と呼ばれている。大気中の温室効果ガスの濃度が年々増加しているのにもかかわらず、地表気温の観測値には明確な上昇が認められない。インターネット上のブログや報道で「地球温暖化が止まった」と取り上げられ、それが科学コミュニティを越え広がり、一般社会にも大きなインパクトを与えた。地球温暖化ハイエイトスの出現のメカニズムの解明は、陸域海洋の気温データセット（例えば、HadCRUT3）の詳細な解析や MIRCO などの全球気候モデル実験から、地球システムに備わった気候の変動特性「自然のゆらぎ」である可能性が示唆されているが、現段階ではまだ十分な説明が与えられていない 10-100 年程度の変動に太陽活動の経年変化が多かれ少なかれ影響している可能性が指摘されている。温暖化が進行する時代に出現する数年-数十年の「自然のゆらぎ」の特徴やそれを引き起こす要因についての理解を促すことは、人為起源の気候変化による将来予測をより確かなものにし、その人間社会への影響を踏まえた環境政策を立案するために極めて重要である。

宇宙線生成核種である ^{14}C や ^{10}Be の生成率は、太陽活動の影響を受ける宇宙線の強度によって変化する。過去に数万年間に遡っての太陽活動の経年変化を調べるために、樹木年輪の ^{14}C や極域氷床コアの ^{10}Be の分析が行われている。本研究所においてもそれらのデータの蓄積を進めた。最近の宇宙線生成核種分析技術の高度化にともない、過去 1 万年間の完新世にマウンダー極小期と類似した太陽活動の衰退エピソードが 12 回繰り返し引き起こされた可能性が高時間分解能な ^{14}C や ^{10}Be の分析の結果をもとに指摘された。宇宙線生成核種分析の結果と古気候のデータを突き合わせることで、太陽活動によって駆動される比較的長い時間スケールでの気候変動の理解は格段に促されると考えられる。

この四半世紀、太陽活動の変動が気候や人間社会への影響を与えるメカニズムを検討するうえで有効な証拠が蓄積されてきた。本研究所が進める融合プロジェクト「太陽活動の気候影響」は、太陽物理学、気象・気候学、環境学、古気候学、地球電磁気学、宇宙線物理学などの最新の知見を融合し、太陽活動の変動性を把握し、太陽によって駆動される地球システムの理解を促し、将来の地球環境の予測に貢献することを目標とした。

主な活動

本研究所では、オランダ High Voltage Engineering (HVE) 社製タンデントロン ^{14}C 測定システム (AMS) を運用し、太陽活動の影響を受ける ^{14}C の詳細な経年変化を明らかにしてきた。太陽活動の経年変化や巨大な太陽フレアに伴う太陽高エネルギープロトンイベント (SPE) に伴う ^{14}C の微小変化を検出するため、AMS の測定精度の向上、測定効率の改善を図り、さらに、樹木年輪試料の効率的な分析方法の開発を進めた。過去の太陽活動についての知見が蓄積された。2020 年には、本研究所で得られたデータの一部は、過去の ^{14}C の経年変化を示す炭素 14 年代測定の国際基準 (IntCal20) の作成に用いられた。一方、国際陸上科学掘削計画 (International Continental Scientific Drilling Program; ICDP) 死海深層掘削計画や水月年縞堆積物プロジェクトと連携し、過去の高い時間分解の古気候データの蓄積を進めた。本融合プロジェクトによって、太陽物理学、気象・気候学、環境学、古気候学、地球電磁気学、宇宙線物理学などを研究者と「太陽活動の気候影響」について意見交換を行うプラットフォームが格段に整備された。