

## 9-3. 融合研究 | 太陽活動の気候影響

### 太陽活動の気候影響の紹介

太陽活動の変動が気象や気候に影響を与えるのでしょうか。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が、過去 200 年以上にわたり考えてきたテーマです。2000 年前、中国の宮廷天文学者たちは、太陽活動の変動を調べるため、太陽黒点の様子を史書に記録しました。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、イギリス王立協会が発行する学術論文誌に報告しました。太陽黒点数が減少すると気候が変化し、小麦の収穫量が変化して、市場価額に影響を与えると結論しています。この研究は、太陽-気候-社会（人間生活）の結びつきについて考察した初めての試みだとされています。太陽活動の変動の特徴を正しく把握し、その気候変動や現代社会への影響を探ることは、今もなお学術的・社会的に重要な研究課題となっています。

太陽活動は約 11 年の周期で変動し、さらに数十年から数千年の時間スケールで変動することが知られています。人工衛星を使った観測から、約 11 年の周期変動に伴って 0.1% ほど太陽放射量が変化することが知られています。理論計算によると、太陽放射量の 0.1% の増加は全球平均気温を約 0.05℃ だけ上昇させることになります。海洋表層の海水温の観測データや過去の太陽活動指標と気候変動指標の関係を解析から、約 11 年の周期変動に伴い、気温が理論値のから推定される 2 倍ほどの振幅で変動することが明らかになっています。この事実を科学的に説明するには、今後の更なる研究が必要です。

太陽活動がほぼ停滞したかのように太陽黒点がほとんど観測されなかったマンダー極小期の時代（西暦 1645-1715 年の 70 年間）には、少なくとも大西洋およびヨーロッパと北アメリカなどの周辺地域で著しく寒冷化した証拠が多数確認されています。1780 年冬季にはニューヨーク湾が結氷し、マンハッタンからスタッテンアイランドへ歩いて渡れ、アイスランドでは海氷が何マイルにもわたって島を取り囲んで港湾が長期間閉鎖し、漁業や交易に打撃を与えたとの記録が残されています。太陽活動の沈静化が寒冷化を導くと結論づけるのは時期尚早ですが、太陽活動変動が中-長期的な気候変動に影響を与えるとの考えは多くの研究者に支持された見解です。ただ、その確固たる証拠を得るためには、これからも、定量的な気候変動復元、太陽活動の年々変化のデータをこれからも蓄積していくこととなります。

$^{14}\text{C}$  や  $^{10}\text{Be}$  は宇宙線生成核種と呼ばれ、その生成率は太陽活動の影響を受ける宇宙線の強度の変化によって変化します。過去に数万年間に遡っての太陽活動の長期的な変動を調べるには、樹木年輪の  $^{14}\text{C}$  や極域氷床コアの  $^{10}\text{Be}$  を分析することが有効とされています。 $^{14}\text{C}$  や  $^{10}\text{Be}$  の分析から、過去 1 万年間の完新世にマンダー極小期と類似した太陽活動の衰退期エピソードが 12 回繰り返して引き起こされた可能性が指摘されています。宇宙線生成核種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ます。

2017 年 3 月 7 日から 20 日にかけて、太陽の黒点が一つも観測されていないという状況が発生しました。マンダー極小期の時代には、黒点周期に対応する太陽磁場の周期は約 14 年だったと推定されています。2008 年に始まった第 24 太陽活動周期の黒点周期は、約 13 年と長くなっており、マンダー極小期の時代と似ています。これから太陽活動が停滞期に入るかもしれないと指摘され、近未来に地球規模で寒冷化が引き起こるかという仮説が論じられています。その真偽に対して意見を述べるためには、太陽活動の気候への影響について多様な観点で検討していく必要があります。

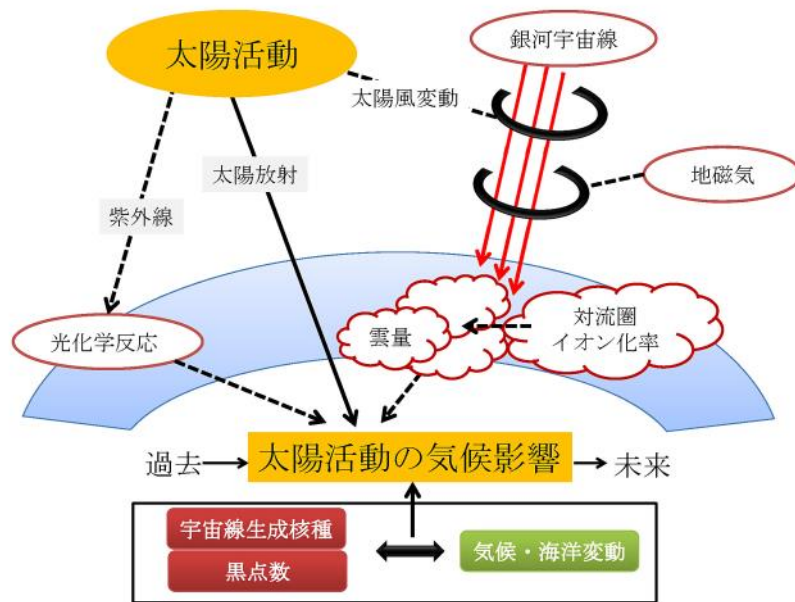
この四半世紀、太陽活動の変動が気候や人間社会への影響を与えるメカニズムを検討するうえで有効な証拠が蓄積されてきました。本研究所が進める融合プロジェクト「太陽活動の気候影響プロジェクト」は、太陽物理学、気象・気候学、環境学、古気候学、地球電磁気学、宇宙線物理学などの最新の知見を融合し、太陽活動の変動性を把握し、太陽によって駆動される地球システムの理解を促し、将来の地球環境の予測に貢献することを目指しています。現在、国内外の異なる専門をバックグラウンドとする研究者が密に連携した共同研究を推進し、次のような研究課題について重点的に取り組んでいます。

### 太陽活動の変動により駆動される気候変動の短期-長期の応答の実験的・実証的研究

- ・太陽フレアやオーロラの発生時に宇宙から地球大気に降り注ぐ高エネルギー粒子によって生成される化合物（窒素酸化物や水素酸化物など）の観測・生成メカニズムを実験的に検証する。
- ・宇宙線生成核種分析データをもとに過去の太陽活動の変動を詳細に復元し、過去の気候変動への影響を評価する。

### 太陽活動の変動特性とそのメカニズムの理論的研究

- 地球システムモデルを用い、太陽活動と関係する太陽放射、高エネルギー粒子、宇宙線が気候に与える影響を解明する。
- コンピュータシミュレーションと各種観測データを比較検討することで太陽黒点の出現数の変動メカニズムを解明する。
- 気候変動と密な関係がある太陽総放射量や太陽放射スペクトルの過去の変動を再現し、将来の太陽活動を予測する。



「太陽活動の気候影響」研究のスキーム。

### 2016 年度 太陽活動の気候影響の主要な成果

2016 年度は「太陽活動の気候影響」に関わる 4 件の国際共同研究、11 件の一般共同研究が実施された。その主要な活動・成果は次の通りである。

国際共同研究「永久凍土を利用した古環境復元の可能性」（代表：アラスカ大学・岩花剛）では、アラスカ北部で永久凍土試料の採集および予察的な分析が進められ、永久凍土から過去の気候変動を探るうえで有効な情報が得られた。この予察的な研究は、「過去の気候変動の詳細を永久凍土から探る」という新たな研究への展開を期待させるものである。「第 24 太陽活動期における極域から低緯度までの大気中宇宙線生成核種の濃度変動の観測研究」（代表：山形大学・門叶冬樹）では、北半球中緯度および高緯度における宇宙線生成核種である大気中  $^7\text{Be}$  濃度と太陽黒点数の関係、バンコク大気中  $^7\text{Be}$  濃度と  $^{210}\text{Pb}$  濃度（地表起源）の関係についての詳細な検討が行われた。また、西暦 1859 年に起きた超大型太陽フレア「キャリントン・イベント（The Carrington event）」時の金峰山の樹木年輪の  $^{14}\text{C}$  分析が進められた。それらの結果は、太陽活動と密な関係がある過去の宇宙線生成核種の経年変動の理解を促す新たな知見である。

一般共同研究課題においては、光化学オキシダント関連物質のリモート観測、温室効果気体のフラックス観測や同位体分析などの技術開発を伴う実証的研究、樹木年輪の刻まれた気候変動シグナルの解釈や古気候変動に関する研究が行われた。これらの研究は、次年度以降に最終とりまとめが行われる予定である。