

地磁気逆転期の寒冷化イベントと地磁気強度変化が気候に及ぼす影響

A cooling event during the last geomagnetic reversal: climate change affected by variations of geomagnetic field

北場 育子^{1*}, 兵頭 政幸², 加藤 茂弘³, 松下 まり子⁴

Ikuko Kitaba^{1*}, Masayuki Hyodo², Shigehiro Katoh³, Mariko Matsushita⁴

¹神戸大・理・地球惑星, ²神戸大・内海域, ³人と自然博, ⁴奈文研

¹Earth Planet. Sci., Kobe Univ., ²Kobe Univ. R. C. Inland Seas, ³Hyogo Museum, ⁴Nara Res. Inst. for Cultural Properties

気候学が目指すものの1つは、地球の気候を変えうる要因とその影響を明らかにすることである。近年、日射量や大気・海洋循環などの主因に加え、宇宙線が誘起する低層雲の効果が議論を呼んでいる。低層雲量の変化は、その高いアルベドによる正味の冷却効果から、地球の全球熱収支に大きな影響を与える。低層雲量の減少が数十年にわたって地球温暖化を促進しているとの見方もあり、宇宙線照射量変化が低層雲量の増減を介して気候に与える影響を評価することは今後の気候予測においても極めて重要である。

地球に降り注ぐ宇宙線量は、地球磁場の遮蔽効果によって制御されている。地磁気逆転期には宇宙線を遮蔽する効果が弱まり、大気に侵入する宇宙線量が増加するため、雲が増え（スベンスマルク効果）、寒冷化が起こる可能性がある。そこで、本研究では、マツヤマブリュンヌ地磁気逆転期の詳細な磁場変動が調べられた大阪湾1700mコアの海成堆積物の花粉分析を行い、約200年の時間分解能で気候変化を復元・定量化し、地磁気強度と気候の関連を検証する。ステージ19は全体として落葉広葉樹が卓越する冷温帯性の気候を示すが、この中でも、ステージ19初期には、間氷期亜期19.3に向かう海水準の上昇とともに温暖要素であるコナラ属アカガシ亜属が増加しており、植生は、温暖化が起こったことを示す。しかし、約785 kaには、アカガシ亜属の減少と同時に、冷涼要素であるブナ属が急増し、気候が寒冷化に転じたことを示す。ステージ19の最高海面ピークに向かう海面上昇に逆らって起こったこの寒冷化は、約785 kaから約4000年間継続したあと終了し、その後、再び温暖化に転じてそのピークを迎える。このことは、最高海面期と植生が示す最温暖期が同位相で起こっているステージ21や17、11、完新世とは対照的である。加えて、ステージ19の寒冷化イベントは、日射量の極小期とも一致しない。大阪湾1700mコアにおいて気候変化を地磁気強度変化と比較すると、寒冷化の範囲は、地磁気強度が通常の約30%以下に減少したときに限られている。これに比べ、解像度は低いが、グローバルな古地磁気強度データSint-800は、この時期、現在の10-30%の最低強度値をとり、平均堆積速度が速い北大西洋の古地磁気強度データにおいても、同寒冷化の期間はbroad lowの初期に対比される。地磁気強度変化を宇宙線生成核種の生成率、すなわち宇宙線量に変換すると、30%までの地磁気強度の減少は80%の宇宙線量増加に相当し、地磁気強度が最も弱い時（約20%）には、その増加量は約120%にまで及ぶ。その後、地磁気強度の回復に伴う宇宙線量の減少にあわせて、ブナ属/アカガシ亜属が減少/増加しており、次第に温暖な気候へと向かったことがわかる。

日本における冷温帯の年平均気温9.5°Cを仮定し、ステファン-ボルツマンの法則と過去1世紀にわたって推定された宇宙線量と雲の放射強制力の関係から、地磁気強度変化に起因する宇宙線量の変化がもたらす気温変化を求めると、気温は786 ka付近から急激に低下し、784 ka付近で最大2-3°Cの気温低下が起こり、その後再び緩やかな上昇に転じる。次に、花粉データにモダンアナログ法を適用して年平均気温を見積もると、68%の信頼限界の温度は787 kaから785 kaにかけ

ては約2°Cの気温上昇を示し、その後784 kaまでに約3.5°Cも気温が急激に低下している。この気温低下量は、宇宙線量変化に起因する気温変化とほぼ一致する。同時にバイオームは、暖温帯常緑広葉樹林から冷温帯落葉広葉樹林に変化しており、定量的な植生復元もまた、寒冷化が起こったことを支持する。モダンアナログ法には、手法自体が内包する問題点もあるが、いずれにせよ約784 ka付近では有意な気温低下が見られ、寒冷化が起こったことは疑う余地がない。以上のことから、この寒冷化は、地磁気強度の減少に伴う宇宙線量の増加によって雲量が増え、アルベドが増大した結果生じた可能性が高いと考えられ、宇宙線-雲相関が地磁気を介して気候に影響を及ぼした証拠となりうる。

この寒冷化と同時期に、イタリアや日本中部、コロンビアにおいても相対的に寒冷な気候が生じている。よって、この寒冷化イベントは少なくとも低緯度-中緯度の広域にわたって生じた可能性がある。しかしながら、高緯度域では寒冷化が起こらなかった可能性もあり、今後の検証が必要である。

マツヤマ-ブリュンヌ地磁気逆転期において地球磁場の弱まりとともに生じた寒冷化イベントは、地球磁場が宇宙線量の変動を介して地球の気候を変えうる可能性を強く示唆している。もし、地磁気と気候のリンクが普遍的であるならば、長期的な気候変化において地球磁場が重要な役割を果たすことは明白であり、今後の気候予測においても、重要な要素になりうる。

キーワード:スベンスマルク効果,宇宙線,古気候,地磁気逆転,寒冷化

Keywords: Svensmark effect, Cosmic ray, Paleoclimate, Geomagnetic polarity reversal, Cooling