

過去 8 回の氷期における数千年スケールの南極気候変動

川村賢二¹、ドームふじ氷床コア研究プロジェクト
¹ 国立極地研究所

Multi-millennial-scale climatic variations in Antarctica for the last eight glacial periods

Kenji Kawamura¹, Dome Fuji Ice Core Project Members
¹ *National Institute of Polar Research*

Climatic variability on millennial timescales including abrupt changes and associated inter-hemispheric seesaw in the last glacial period have been well documented in a variety of paleoclimatic records. However, the frequency and magnitude of such events in the older glacial periods are still poorly constrained. We present here a 720,000-yr-long ice-core isotopic record measured along the second Dome Fuji ice core, East Antarctica. Stacking this record with other Antarctic isotopic records (Dome C, Vostok, EDML, Byrd, Talos Dome) allows us clear identification of millennial-scale Antarctic warming events, which are found to have persisted over the last eight glacial cycles. Dust measurement for Marine Isotope Stage 16 in the Dome Fuji core (oldest glacial period in this core) shows that the millennial-scale variations of dust flux are negatively correlated with Dome Fuji temperature for all identified warming events, suggesting reduced aridity in the dust source region, presumably Patagonia, during those times. This indicates that the identified events are at least hemispheric in extent. After applying a bandpass filter (4,000 - 17,000 yr periodicities) through the stacked isotope record in order to account for loss of resolution in the old (deep) part of the core, we identified large Antarctic warming events with a constant criteria. We find a positive relationship between repetition period of multi-millennial-scale events and Antarctic temperature, with an exception in glacial maxima where the repetition period is on the order of 10^4 years. Together with accurate Dome Fuji chronology over the last three glacial cycles, the data suggests a role of climatic precession, presumably through northern hemisphere summer insolation affecting ice sheet mass, in making multi-millennial-scale events infrequent in the times of high precessional forcing in early parts of glacial periods and of low precessional forcing in glacial maxima. We also find a positive relationship between the warming magnitude and temperature. Very large multi-millennial-scale events are identified at glacial terminations, suggesting that the terminations involve rapid and large transition that is overlaying on orbital-scale variations.

千年オーダーの時間スケールにおける気候変動の頻度や強度は、最終氷期においては様々な古気候データにおいて確認されており、その原因については、北半球の大陸氷床の部分崩壊（または融解）による北大西洋への淡水流入であるとの説が有力視されている。しかし、最終氷期より古い氷期における数千年スケール変動の頻度や大きさの情報は極めて限定されているため、数千年スケール変動と氷期サイクルとの関連やメカニズムの解明が妨げられている。ここでは、第2期ドームふじ氷床コアから得られた過去約70万年の氷同位体の記録を用い、他の氷床コアと合わせて解析することにより、数千年スケール変動の発現周期や気候状態との関連を調べた。

海洋同位体ステージ16（ドームふじコアから得られる最古の氷期）におけるドームふじコアのダスト測定結果は、ダストフラックスの千年スケールの変動がドームふじの温度と明瞭な逆相関を示しており、ダストの供給源と考えられている南米パタゴニアの湿潤度が南極の温度と相関していたことを示唆した。このことは、氷床コアの同位体シグナルにみられる数千年スケールの気候変動が、少なくとも半球規模であったことを示している。他の南極氷床コアの同位体データ（ドームC、ポストーク、EDML、バード、タロスドーム）と重ね合わせることで、8つの氷期における数千年スケールの南極の温暖化イベントを明確に識別することが可能になる。データの時間分解能を均一化するため、コアの古い（深い）部分に合わせたバンドパスフィルタ（4,000–17,000年の周期）を全体に適用した後、海洋同位体ステージ16における変動が全て抽出されるような閾値を用いて南極の温暖化イベントを同定した。

その結果、数千年スケール変動の繰返し周期は、氷期の最寒期を除いて南極の気温との間に正の相関を持つことが分かった。北半球の夏期日射量の変動が大きい氷期の前半や、逆に日射量変動が小さい氷期の最寒期においては、氷床質量収支に対する日射の長期的な影響が大きいと、数千年スケール変動の頻度が低下すると考えられる。また、数千年スケールの昇温の振幅と南極の温度との間にも正の関係が見いだされた。さらに、非常に大規模な数千年スケールのイベントが氷期から間氷期への移行期にみられた。これは、氷期の終焉が地球軌道要素の変動に沿った緩慢な変化と急速かつ大規模な数千年スケールの変動との重ね合わせで構成されていることを示唆している。