

ドームふじ氷床コアの O₂/N₂ 年代による過去 47 万年間にわたる南極の気候変動と軌道要素との関係

Phasing of orbital forcing and Antarctic climate over the past 470,000 years from an extended Dome Fuji O₂/N₂ chronology

川村 賢二 [1]; 松島 寛尚 [2]; 青木 周司 [3]; 菅原 敏 [4]; 石戸谷 重之 [5]; 中澤 高清 [6]; 阿部 彩子 [7]

Kenji Kawamura[1]; Hirohisa Matsushima[2]; Shuji Aoki[3]; Satoshi Sugawara[4]; Shigeyuki Ishidoya[5]; Takakiyo Nakazawa[6]; Ayako Abe-Ouchi[7]

[1] 極地研; [2] 東北大・理・地物; [3] 東北大・理・大気海洋センター; [4] 宮城教育大; [5] 東北大・理・大気海洋センター; [6] 東北大院・理・大気海洋; [7] 東大 CCSR

[1] NIPR; [2] Geophysics, Tohoku Univ.; [3] CAOS, Graduate School of Sci., Tohoku Univ.; [4] Miyagi Univ. Ed.; [5] CAOS, Tohoku University; [6] CAOS, Tohoku Univ.; [7] CCSR, Univ. Tokyo

過去約 100 万年間の気候変動は、約 10 万年、約 4 万年、約 2 万年といった地球軌道要素の変動周期が特徴的に見られる。このうち、4 万年と 2 万年周期の気候変動は、それぞれ地軸傾斜角の変化と歳差運動による気候強制力への線形応答によると理解されているが、10 万年周期の変動（いわゆる氷期 - 間氷期サイクル）は、地球軌道の離心率変動への線形応答では説明できない。この問題に対する仮説の中に、10 万年周期は強制力自体は 10 万年の周期をもっておらず、地軸傾斜角周期 2 - 3 回おき (Huybers and Wunsch, 2005, Nature)、あるいは歳差運動周期 4 - 5 回おき (Raymo, 1997, Paleoclimatology) に氷期の最盛期から間氷期への遷移が起き、平均して 10 万年の周期が生じるとするものがある。別のタイプの仮説に、大気中二酸化炭素の変動そのものに 10 万年周期が含まれているとするものがある (e.g. Shackleton, 2000, Science)。

地球軌道要素と温室効果気体による気候強制力を分離して評価するためには、古気候の年代軸の誤差を 2000 年（歳差運動周期の 1/10）以下に抑える必要がある。川村らは、南極氷床コア（第 1 期ドームふじおよびポストークコア）に含まれる空気中の O₂/N₂ の変動を、ローカルな夏の日射量と対比させることにより（オービタルチューニング）、そのような正確な年代を過去 36 万年間にわたり構築した (Kawamura et al., 2007, Nature) (ドームふじコアのデータは下記よりダウンロードできる (<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/antarctica/domefuji/domefuji.html>))。この O₂/N₂ 年代により、南極の気候変動と、大気中の温室効果気体濃度や地球軌道要素の変動との相対的なタイミングを比較することが出来るので、それらの寄与を分離して評価する基礎が築かれたことになる。

本研究では、第 2 期ドームふじ氷床コアを用いて O₂/N₂ 年代を過去に向かって延長し、海洋同位体ステージ 11 とターミネーション V を完全にカバーする過去 47 万年までの年代構築に成功した。今回は、データの質をこれまでより格段に向上させたことにより（ばらつきが従来の 1/3 以下）、延長された部分の年代決定誤差は、離心率が小さい（チューニングターゲットの変動が小さい）期間についても 2000 年以下に抑えることが出来た。

ターミネーション V の開始は、北半球高緯度における夏至の日射量が上昇する時期に起きており、過去 4 回のターミネーションと同様の結果となった。さらに、過去 5 回のターミネーションが歳差運動と無関係であるとの帰無仮説は危険率 5% 未満で棄却されるが、地軸傾斜角に対する同様の帰無仮説は棄却できないことが明らかとなった。これらの結果は、地軸傾斜角や大気中二酸化炭素濃度の変動が 10 万年周期の源であるといった説とは整合せず、伝統的なミランコビッチ理論、つまり北半球高緯度の夏期日射量が根源的であるという説とよく整合することが明らかになった。