

# 10万年周期の氷期間氷期サイクルと氷床-気候系の多重性

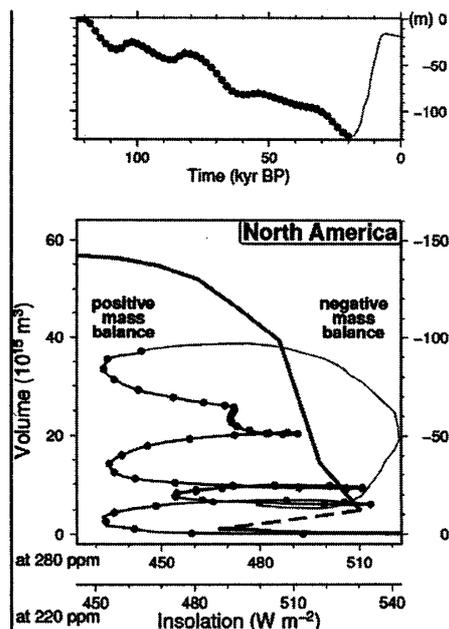
阿部彩子<sup>1, 2, 3</sup>、齋藤冬樹<sup>2</sup>、川村賢二<sup>3, 2</sup>、M. Raymo<sup>4</sup>、奥野淳一<sup>2</sup>、高橋邦夫<sup>2</sup>、  
H. Blatter<sup>1, 5</sup> (1東京大学大気海洋研究所2JAMSTEC3国立極地研究所4ラモント  
地球科学研究所 5スイス連邦国立工科大学)

第四紀後半は大氷床の拡大・縮小や気候の変化に伴って氷期と間氷期が約10万年周期で繰り返されていることがよく知られている。この要因は夏の日射変動と考えられ(Milankovitch理論)、古気候データの統計学的解析からは氷期サイクルが近日点の位置、自転軸の傾き、離心率と密接な関係があることが示されてきた。しかし、日射には氷期サイクルの10万年周期が見られないので、気候システムの内部フィードバックメカニズムが働いているとしか考えられず、様々なプロセスが考えられている。たとえば、氷床コアの大気中二酸化炭素濃度が氷期サイクルと同調して変動し、さらに、データによっては位相関係がCO<sub>2</sub>の方が氷床や気温の変動より先行しているようにみえることから、氷期サイクルの原因は炭素循環にあることも示唆されている。また、これまで用いられた数学的見通しのよい概念モデルや簡易モデルでは、北半球氷床が十分大きくなるに伴って氷期終焉になることが指摘されてきたものの、そのメカニズムは不明瞭であった。ここでは、フォーシングやフィードバックメカニズムは大気大循環モデルを用いて見積もり、氷床変動を3次元氷床力学モデルを用いてできるだけ現実的な再現をした上で(Abe-Ouchi et al, 2007)、10万年周期メカニズムの解明を試みた。

Milankovitch フォーシング(日射変動)とCO<sub>2</sub>の変化の効果を入力にして、氷床-大気フィードバック効果を考慮にいて、氷床-気候モデル(IcIES-MIROC)を過去40万年積分再現し、フォーシングの役割を調べるなどの感度実験を行った。

その結果、現実な氷床変動や分布が得られ、日射変化により大気-氷床-地殻の非線形性を通じて10万年周期がであることを示した。CO<sub>2</sub>は振幅の増幅に働いた。さらに、ある日射に対して氷床の2つ以上の平衡応答解が得られる多重応答の状況やそのヒステリシス構造が、10万年周期出現にとって極めて重要であることを発見した。北米大陸の場合はユーラシア大陸と対照的に近日点の位置の変動周期(2万年)ごとに氷床が大きく成長し、離心率の最小のあとに氷床が極大サイズに達して大きく後退する。大きく成長すればするほど氷床の後退に必要な日射の増加は小さくて済むのである。さらに氷期終焉を招くのは、ひとたび氷床が後退を開始すると深く沈んだ基盤の地殻の応答の遅れのために後退が一気に進むプロセスが主因である。

ABE-OUCHI. A., F. Saito, K. Kawamura, M. Raymo, J. Okuno, K. Takahashi and H. Blatter: Insolation driven 100-kyr glacial cycle and hysteresis of ice-sheet volume. (Nature, 2013, August 8)



20 kyr BP

