

## 2003年秋季極域・寒冷域研究連絡会の報告

日本気象学会秋季大会(仙台)3日目(10月17日)のセッション終了後に、極域・寒冷域研究連絡会が宮城県民会館(大会会場)6階中会議室602にて行われた。出席者は約60名であった。今回は、氷床コア及び気候変動に関する特集を行った。数万年以上にわたるような気候変動の研究においては、氷床コア中に含まれる気体成分の濃度や同位体比の変動が重要な手がかりとなる。そのため、氷床コア中の気体成分測定精度の向上が重要であるほか、気体等の氷床への取り込みの過程も詳しく議論する必要がある。これらのテーマについて2名の方に講演をしていただいた。以下に、講演者の方々から寄せられた要旨を紹介する。この2名の方々に加え、東大CCSRの阿部彩子氏には、「氷期終焉の原因? : 地球軌道要素 vs 温室効果ガス」というタイトルでの講演をしていただいた。この中で、氷床モデルの概要の説明や、気候変動に対するグリーンランド氷床と南極氷床の応答度の違いに関する研究の紹介をしていただいた。

代表:

山崎孝治(北海道大学地球環境科学研究科)

世話人:

平沢尚彦(国立極地研究所)

中村 尚(東京大学理学部)

浮田甚郎(コロンビア大学)

高田久美子(地球環境フロンティア研究センター)

阿部彩子(東京大学気候システム研究センター)

佐藤 薫(国立極地研究所)

本田明治(地球環境フロンティア研究センター)

齋藤冬樹(東京大学気候システム研究センター)

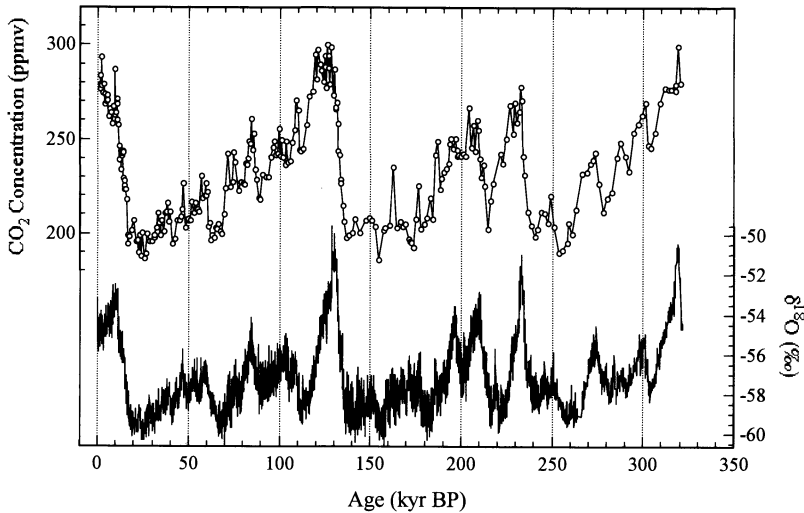
高谷康太郎(地球環境フロンティア研究センター)

## 1. 「ドームふじコア解析によって明らかにされた過去32万年間の気候組成変動と気候変動」

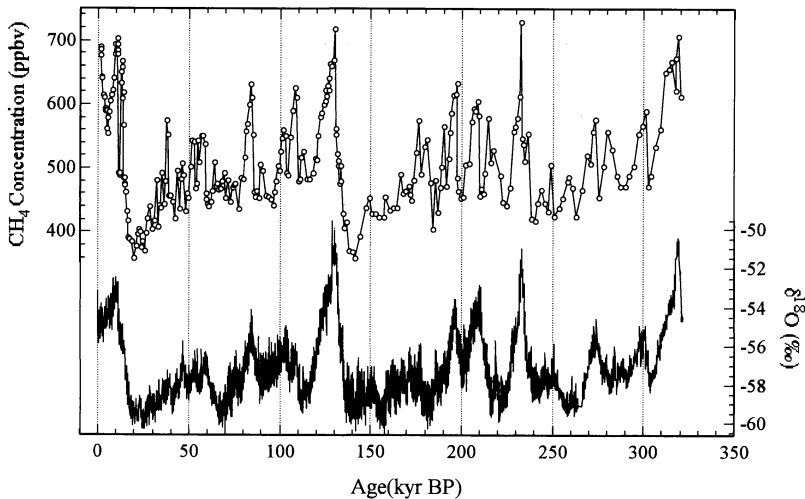
青木秀司(東北大学大学院理学研究科)

ドームふじコアから融解法によって空気を抽出し、温室効果気体をはじめとした気体成分の濃度や同位体比の測定を行った。また、氷床コアに空気を取り込まれる過程を調べるために、ドームふじおよび南極 H72 地点にてフィルン中の空気採集も実施した。なお、フィルンとは、氷床上部に存在する通気性のある層の呼称で、溶岩部の氷床では数10 mの厚さがあり、内陸に行くにつれて深くなり、ドームふじでは数100 mにまで達する。ドームふじコアから抽出した空気の年代を求めるために、氷床コア中の空気と氷の年代差を堆積モデルによって評価した。これらの解析から、過去32万年にわたる気候組成の変動を約1000年の時間分解能で明らかにした。得られた結果の概要を以下に示す。

- 1) フィルン中での空気は分子拡散が卓越しており、その結果、空気成分が重力分離をしていることや、下層ほど空気年代が古くなることが明らかになった。H72地点では、この効果に加え冬期に堆積した高密度層のシーリング効果もフィルンの下層で重要になっていることが明らかになった。一方、フィルンの最上部の空気は対流混合しており、その層の厚さは、ドームふじで9 m、H72地点で3 mであった。拡散モデルによって計算した結果、現代の気候条件のもとでの空気と氷の年代差はドームふじで2200年、H72地点で20年と評価された。同じ深度の水に含まれる空気の年代の広がりにはドームふじで高々500年、H72地点で20年と評価された。
- 2) ドームふじ地点で空気が完全に氷に封じ込められる深度は、ホロシン期間中は $100.3 \pm 0.5$  mで極めて安定しており、氷期中はそれより15 m深かったものと推定した。空気と氷の年代差は間氷期には2000年程度、氷期には5000年程度と極めて大きく変動していた。年代差がこのように大きく変動する最大の要



第1図 ドームふじコアから得られた過去32万年にわたるCO<sub>2</sub>濃度変動。氷のδ<sup>18</sup>Oも示す。(Kyr BP=Kiloyear before present: 現在より1000年前)



第2図 ドームふじコアから得られた過去32万年にわたるCH<sub>4</sub>濃度変動。氷のδ<sup>18</sup>Oも示す。

因は、気候変動にともなう積雪涵養量の変化であり、二番目の要因は、気候変動にともなう空気の流れ込み深度の変化である。

- 3) ドームふじコアから抽出された空気を分析することによって明らかになったCO<sub>2</sub>濃度は190 ppmvから300 ppmvの間で変動しており、氷期・間氷期変動に良く対応していた(第1図)。これまでに他の研究機関によって報告された氷床コア解析によるCO<sub>2</sub>濃度はすべて低温切削法を用いて空気抽出を行った

ものであるが、本研究は融解法を用いた結果である。これまでに報告されたいくつかのコアから得られた過去5万年間のCO<sub>2</sub>濃度をドームふじコアから得られた結果と詳細に比較したところ、極めて良い一致が得られた。このことは、融解法を用いると異常に高いCO<sub>2</sub>濃度しか得られないと一般的に言われていた常識を覆すことになった。これはおそらく水と反応してCO<sub>2</sub>を放出するような不純物がドームふじコアには極めて少ないためであろうと考えられる。CO<sub>2</sub>濃度の時系列データをスペクトル解析したところ、105 kyrs cycle<sup>-1</sup>(10.5万年)の周期が最も卓越していた。

- 4) CH<sub>4</sub>濃度は、氷期から間氷期への移行期に360-420 ppbvから700-730 ppbvに急激に上昇したことがドームふじコアから抽出された空気を分析することによって明らかになった(第2図)。間氷期以降のCH<sub>4</sub>濃度は470-490 ppbvに急激に低下しており、そこから

氷期最寒期の最低濃度に向けて100 ppbv以上の振幅で上昇低下を繰り返しながら徐々に低下していた。このようなCH<sub>4</sub>濃度変動は気温変動と極めて良く対応していることが明らかになった。このことは、主に熱帯域から北半球にかけての陸上に存在する自然界のCH<sub>4</sub>放出源が気候変動の影響を強く受けていることを示唆している。ドームふじコアから得られたCH<sub>4</sub>濃度変動は南極域で掘削された他のコアから得られたCH<sub>4</sub>濃度変動と基本的にはたいへん

良く似ている。しかし、ポストコアから得られた  $\text{CH}_4$  濃度変動をドームふじコアの結果と詳細に比較すると、過去32万年間のところどころにいくぶん大きな違いも見られた。一方、ドームふじコアから得られた  $\text{CH}_4$  濃度変動の最終氷期中に見られる際だった高濃度のピーク群はすべてテイラードームコアの高濃度ピーク群のそれぞれに対応することも明らかになった。本研究によって明らかになった  $\text{CH}_4$  濃度の変動から、約24万年前の水期最寒期における  $\text{CH}_4$  の放出源強度はそれ以外の水期最寒期に比べて約13%大きかったことが見出された。ドームふじコアから得られた  $\text{CH}_4$  濃度変動が、同じコアから推定された気温変動と必ずしも良い相関にない場合も見出されており、このことは、 $\text{CH}_4$  放出源が存在する熱帯域から北半球にかけて起こった気候変動と南極域の気候変動が必ずしも同期していないことを強く示唆している。

## 2. 「極域雪氷層中への溶存物質供給および堆積後の移動過程—ドームふじ氷床コア中の海塩起源成分の挙動—」

五十嵐誠 (国立極地研究所)

南極ドームふじで掘削された2503 m の氷床コアの酸素同位体分析を全層にわたって行った結果、最深部は過去30万年程度であると推定され、3つの水期—間氷期サイクルが記録されていることが分かった。このような気候変動情報の他に、過去の大気環境や南極内陸部への輸送過程の情報を得るため、水中の溶存成分分析も同時に行った。周囲を広大な海洋に囲まれている南極大陸は、その周辺海域に起源をもつ海塩成分濃度の変動に注目することにより、南極沿岸域から内陸部へ向かう物質の輸送過程の解明につながるものが期待される。今回はドームふじ氷床コア中の塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ ) とナトリウムイオン ( $\text{Na}^+$ ) 濃度の変動に注目し、南極大陸内陸部への物質の輸送過程の特徴についての報告を行った。

水期—間氷期サイクルにおいて、海塩起源成分濃度はいずれも水期の終わりに最も上昇し、間氷期で極小

となっていた。この傾向は Vostok や Dome C の解析結果と一致するものである。したがってドームふじ周辺でも他の南極大陸内陸部と同様に、海塩起源成分濃度は寒冷な時期に濃度が高く、逆に温暖な時期に濃度が低くなるという傾向が明らかになった。この原因は間氷期に比べて水期では、気温の南北差が大きく大気の南北輸送が強められ、結果的に南極沿岸域から内陸部への物質輸送が強化されたためであると考えられている。しかしながら、ドームふじコアの海塩起源成分濃度は水期の初め頃、水期の終わり頃に見られる高濃度の状態になっていない。このことから気候変動のみが海塩起源成分濃度の増減を決めているわけではないと考えられる。海塩起源成分濃度を決定するもう1つの要因として、海水準変動が挙げられる。最終氷期の終わり頃、氷河が大陸を広く覆い、そのため最も海水準が低下し、現在の大陸棚が広く海面上に現れたことが知られている。海塩起源成分濃度はいずれも水期の終わりで上昇していることから、この海水準変動が海塩起源成分濃度の変動に関連があると推察した。

海塩起源成分の南極大陸内陸部へ輸送過程について、コア中の  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  比の挙動に注目し以下のような特徴を得た。Holocene などの間氷期では  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  比が標準的な海水中の同比 (mol 濃度で1.17) を上回る結果が出ていることから、 $\text{Na}^+$  に対して  $\text{Cl}^-$  が過剰な状態にあり、逆に氷期から間氷期に推移する間と亜氷期では海水と比べて小さな値を示すことから、 $\text{Cl}^-$  不足が顕著であることが分かった。他の時期はほぼ標準的な海水中の  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  比と一致した。このような  $\text{Na}^+$  に対する  $\text{Cl}^-$  の過不足の変化は、海塩成分が内陸へ輸送される際に通過する南極沿岸上空の大気成分に関係があることを、南極沿岸からドームふじ基地間の表面積雪中の化学成分濃度測定結果を用いて説明した。

### お詫びおよび謝辞

編集作業が遅れ、一年遅れの研究会報告になってしまったことを、ここに心からお詫びいたします。また、講演を快く引き受けてくださった諸氏に感謝申し上げます。