

ACC029-01

会場:102

時間:5月26日 11:45-12:00

北部北太平洋の生物生産を支える鉄の起源はアムール川か黄砂か。-アイスコアを用いた大気由来鉄沈着量の見積もり-

Is the source of iron River Amur or Asian Dust? -Estimation of air-borne Fe flux from ice core

的場 澄人<sup>1\*</sup>, 佐々木 央岳<sup>2</sup>, 白岩 孝行<sup>1</sup>

Sumito Matoba<sup>1\*</sup>, Hirotaka Sasaki<sup>2</sup>, Takayuki Shiraiwa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学低温科学研究所, <sup>2</sup> 北海道大学環境科学院

<sup>1</sup>ILTS, Hokkaido University, <sup>2</sup>GSES, Hokkaido Univ.

Iron is an essential nutrient for phytoplankton and plays an important role in the control of phytoplankton growth. Iron enrichment experiments carried out in the western and the eastern subarctic Pacific reveal that the iron limits phytoplankton growth in these areas. Possible sources of iron in the Sea of Okhotsk and/or Oyashio regions in the western subarctic Pacific are thought to be the iron-rich intermediate waters transported to surface by upwelling, and atmospheric dust that are lifted by dust storms generated over the Asian continent. We estimated air-borne iron fluxes into the northern North Pacific by an ice-core obtained from Mount Wrangell in Alaska, and aerosol monitoring carried out at Kushio and Toikanbetsu in Hokkaido. Estimated annual fluxes of air-borne iron were ranged from 10 to 270 mg/m<sup>2</sup>yr, which can influence to biological productivity in the northern North Pacific. We conclude that impact of air-borne Fe input is spatiotemporally limited and may have a role for sporadically occurring phytoplankton blooms in the open ocean, and consistently occurring events such as spring bloom in Oyashio region is controlled by iron originated from River Amur.

キーワード: アイスコア, エアロゾル, 大気由来鉄, 親潮, オホーツク, アムール川

Keywords: ice core, aerosol, air-borne iron, Oyashio region, Okhotsk, Amur river

ACC029-02

会場:102

時間:5月26日 12:00-12:15

## アジアの山岳氷河上不純物の元素組成, 鉱物組成および Sr, Nd 同位体比 Elemental and mineralogical compositions and Sr and Nd isotopic ratios in surface dust on mountain glaciers in Asia

永塚 尚子<sup>1\*</sup>, 中野 孝教<sup>2</sup>, 竹内 望<sup>1</sup>  
Naoko Nagatsuka<sup>1\*</sup>, Takanori Nakano<sup>2</sup>, Nozomu Takeuchi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup> Chiba university, <sup>2</sup> RIHN

氷河上には毎年、鉱物粒子や花粉などの不純物が堆積し、積雪とともに保存されている。このような不純物をアイスコア(円柱状の氷の筒)として取り出し、その成分や供給源を特定することができれば、氷河やその周辺の過去の環境変動を明らかにする重要な手がかりが得られる。しかしながら、アイスコア中の不純物の供給源に関する研究は、アジアの山岳氷河ではまだほとんど行われていない。

供給源特定の手段の一つ、Sr, Nd 同位体比についてアジア各地の氷河上不純物中のケイ酸塩鉱物(風成塵の主成分)で分析を行った結果では、各氷河の鉱物粒子が、それぞれの氷河周辺の砂漠から供給されたものであることがわかった一方、大陸内部で東西方向に離れた供給源の区別は難しいことが明らかになった。より詳細な、地域スケールでの供給源特定を行うためには、このような同位体比に加えてさらに鉱物の元素組成を明らかにする必要がある。鉱物に含まれる各元素は地域によってその組成が大きく異なり、また、その濃度と同位体比から、複数の供給源からの混合比を求めることができるからである。

そこで、本研究では、地理的に離れたアジアの氷河(ロシア(アルタイ)、キルギス(天山)、中国(祁連山、天山)、モンゴル、ネパール(ヒマラヤ))の山岳氷河の不純物の成分分析および鉱物組成分析を行った。得られた結果を、不純物の Sr, Nd 同位体比の値と合わせて考察し、各氷河に堆積している鉱物粒子の供給源の解釈を試みた。不純物試料中の元素の定量分析は総合地球環境学研究所の ICP 質量分析計を用いて、また、鉱物組成分析は粉末 X 線回折測定装置(RIGAKU 製 Geigerflex RAD11-B)を用いて行った。

XRD 分析の結果、不純物の鉱物組成は氷河の場所による違いはほとんど見られなかった。どの氷河の不純物にも石英、斜長石、緑泥石、粘土鉱物であるイライトとカオリナイトの5つのケイ酸塩鉱物が含まれていた。このケイ酸塩鉱物組成は、中国の砂漠の砂の鉱物組成とよく似ていたことから、各氷河の不純物中のケイ酸塩鉱物は主に砂漠起源の風成塵であると考えられる。しかしながら、モンゴルとヒマラヤの氷河の不純物にはそれらの鉱物に加えてカリ長石が含まれており、これらの氷河のケイ酸塩鉱物には異なる別の供給源があると考えられる。

不純物に含まれるケイ酸塩鉱物の元素組成は、各氷河で異なっており、特にヒマラヤの氷河は、他のアジアの氷河とは大きく異なる組成を示した。中国、およびキルギスタンに位置する3つの氷河は、中国北西部に位置する砂漠の砂やレスと比較的よく似た組成を示していたことから、これらの氷河のケイ酸塩鉱物は主に周囲の砂漠起源の風成塵であると考えられる。しかし、同じ天山山脈に属しているにも関わらず、西部のキルギスの氷河と東部の中国の氷河では、わずかに組成が異なることがわかった。これは各氷河上に堆積しているケイ酸塩鉱物の起源の違いを反映しているものと考えられる。

これらの同位体比にはおそらく、不純物の元素組成の違いが影響していると考えられる。今後は、各氷河のケイ酸塩鉱物に含まれる Sr, Nd の濃度、および同位体比をもとに複数の供給源からの混合割合を求め、主要元素、希土類元素組成の考察結果と合わせて、より詳細な供給源特定を行っていく予定である。

キーワード: Sr, Nd 同位体比, 氷河上不純物, XRD 分析

Keywords: Sr, Nd isotopic ratios, surface dust on the glacier, XRD analysis

ACC029-03

会場:102

時間:5月26日 12:15-12:30

## 中央アジア天山グリゴリア氷帽アイスコアに記録された12,500年間の酸素安定同位体比の変動

The variation in oxygen stable isotope for 12,500 years of an ice core drilled from Grigoriev ice cap in Kyrgyz Tianshan

竹内 望<sup>1\*</sup>, 藤田 耕史<sup>2</sup>, 世良 峻太郎<sup>1</sup>, 横山 祐典<sup>3</sup>, 岡本 祥子<sup>2</sup>, 直木 和弘<sup>4</sup>, Vadimir Aizen<sup>5</sup>

Nozomu Takeuchi<sup>1\*</sup>, Koji Fujita<sup>2</sup>, Shuntarou Sera<sup>1</sup>, Yusuke Yokoyama<sup>3</sup>, Sachiko Okamoto<sup>2</sup>, Kazuhiro Naoki<sup>4</sup>, Vadimir Aizen<sup>5</sup>

<sup>1</sup>千葉大学, <sup>2</sup>名古屋大学, <sup>3</sup>東京大学, <sup>4</sup>JAXA, <sup>5</sup>University of Idaho

<sup>1</sup>Chiba University, <sup>2</sup>Nagoya University, <sup>3</sup>Tokyo University, <sup>4</sup>JAXA, <sup>5</sup>University of Idaho

近年、中央アジアでも数多くのアイスコアが掘削され、この地域の数百から数千年の環境変動が明らかになってきている。その結果からは、極域のコアから得られた気候変動と比較して同様な点だけでなく全く異なる点があること、また、アジア高山域でも東西、南北といったような地理的に離れた場所では、気候変動も異なることなどが明らかになっている。ここでは、中央アジア・天山山脈の西部、キルギスタンのグリゴリア氷帽で2007年9月に掘削した約87mのアイスコアの酸素安定同位体比の分析結果を報告する。

グリゴリア氷帽は標高4600-4100mにわたる氷河で、掘削を行ったのはドーム形をした4600mの頂上部分の平らな雪原である。掘削地点の年平均気温は約-13度、平均涵養量は約330mmである。掘削は、深さ約87mで岩盤(土壌)に達し、底からは土壌サンプルを採取した。アイスコア層位は、数多くの融解最凍結による氷板、可視汚れ層が存在した。密度測定の結果は、深度20mでほぼ800kg/m<sup>3</sup>に達し、ほぼ氷になった。年代決定は、上部62mについては、花粉の季節変動とトリチウム層、下部については3か所から得られた有機物の放射性炭素年代法を用いた。

アイスコア87mの酸素安定同位体比(SMOW)の平均値は-11.2‰、最大値は-4.8‰、最小値は-20.3‰であった。上部60m付近まで季節変動と思われる周期的な同位体比の変動がみられたが、深さによってははっきりしなかった。これは氷帽の表面融解によって季節変動が乱されたためだと考えられる。20世紀には約2‰の明らかな上昇傾向がみられ、近年の温暖化を示している。表面から約80mまでは、同位体比は-11から-10‰の間で変動するが、それ以上の大きな変化はほとんどなかった。一方、80mより深い部分では、-20から-13‰の非常に低い値を示した。80m付近は約6000 cal yr bpであることが明らかになったので、以上の結果から、12500年から6000年前の期間に現在よりも非常に寒冷的な時期があったこと、6000年前以降は現在と同様の気候が安定に続いてきたこと、が示唆された。

キーワード: 氷河, アイスコア, 完新世, 安定同位体, 気候変動, 中央アジア

Keywords: glacier, ice core, Holocene, stable isotope, climate change, central asia

ACC029-04

会場:102

時間:5月26日 12:30-12:45

## パミール高原・フェドチェンコ氷河の同位体および化学成分の特性 Characteristics of Isotope and Chemical Composition in the Fedchenko Glacier, Pamirs

雨宮 俊<sup>1\*</sup>, 竹内 望<sup>1</sup>, 藤田 耕史<sup>2</sup>, 的場 澄人<sup>3</sup>, 岡本 祥子<sup>2</sup>, Podolskiy Evgeny<sup>2</sup>

Shun Amemiya<sup>1\*</sup>, Nozomu Takeuchi<sup>1</sup>, Koji Fujita<sup>2</sup>, Sumito Matoba<sup>3</sup>, Sachiko Okamoto<sup>2</sup>, Evgeny Podolskiy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学, <sup>2</sup> 名古屋大学, <sup>3</sup> 北海道大学

<sup>1</sup>Chiba Univ., <sup>2</sup>Nagoya Univ., <sup>3</sup>Hokkaido Univ.

氷河の雪や氷には、大気を介して供給される様々な化学成分が含まれている。積雪やアイスコアの化学成分の分析は、過去の気候循環や周囲の環境変動を知るための重要な手段である。そこで本研究では、中央アジア・パミール高原最大の氷河であるフェドチェンコ氷河の積雪に含まれる化学成分およびその供給源を明らかにすることを目的に、氷河中流域で掘削された2本の浅層アイスコアの酸素・炭素安定同位体比および主要化学成分濃度の分析を行った。

2本のアイスコアの層位を観察した結果、フィルン層、氷層、ダスト層で構成されていた。ダスト層を用いてアイスコアの年代を推定したところ、5mのコアは約3年分、10mのコアは約7年分の積雪を含むことが分かった。

酸素・炭素安定同位体比を分析した結果、上層部でははっきりとした季節シグナルが見られた一方、下層部では大きな変化は見られなかった。これは、氷河内部を流れていた融解水流によって下層部の季節シグナルが除去されてしまったことを示している。

主要化学成分濃度を分析した結果、この氷河ではCaが最も卓越しており、Cl, SO<sub>4</sub>, Naと共に全体の80%以上を占めていることが分かった。コア中の化学成分のプロファイルは、融解の影響が無い上層部に、複数のはっきりとした濃度ピークがあることを示していた。各ピークの成分構成は、大別して2種類に分類することができた。卓越するCaと共にNO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>も優占するType 1と、Cl, SO<sub>4</sub>, NaがCaと同程度の濃度で存在するType 2である。このことは、この氷河に関する2つの異なる化学成分供給源の存在を示唆している。

化学成分のピークと安定同位体比を比較した結果、Type 1は夏期に、Type 2は冬期に対応するイベントであることが分かった。従って、Type 1の成分は夏期に卓越する北東風によって運ばれ、その供給源は氷河北東側の巨大乾燥地域に存在すること、Type 2の成分は冬期に卓越する南西風によって運ばれ、その供給源は氷河南西側の西アジア地域に存在することが考えられる。

アジアの他の地域の氷河の化学成分と比較した結果、フェドチェンコ氷河は、天山山脈などの内陸部乾燥地域の氷河と、ヒマラヤ山脈などのモンスーン卓越地域の氷河の、中間的な濃度を持つことが明らかになった。同時に、フェドチェンコ氷河は、他の氷河の様に限られた成分が優占するのではなく、どの成分も比較的均等に含まれている環境であることが分かった。これらは、この氷河が2つの異なる化学成分供給源を持っていることと、中央アジア高山帯の地形および気候境界に当たるパミール高原に位置していることに由来すると考えられる。

キーワード: フェドチェンコ氷河, アイスコア, 安定同位体比, 溶存化学成分

Keywords: Fedchenko Glacier, ice core, stable isotope ratio, soluble chemical ions

ACC029-05

会場:102

時間:5月26日 14:15-14:30

## キルギス天山山脈グリゴリア氷帽のアイスコア中の雪氷藻類 Snow algae in an ice core drilled on Grigoriev Ice cap in the Kyrgyz Tien Shen Mountains

本多 愛実<sup>1\*</sup>, 竹内 望<sup>1</sup>, 世良 峻太郎<sup>1</sup>, 藤田 耕史<sup>2</sup>, 岡本 祥子<sup>2</sup>, 直木 和弘<sup>3</sup>, ウラジミール アイゼン<sup>4</sup>  
Megumi Honda<sup>1\*</sup>, Nozomu Takeuchi<sup>1</sup>, Shuntarou Sera<sup>1</sup>, Koji Fujita<sup>2</sup>, Sachiko Okamoto<sup>2</sup>, Kazuhiro Naoki<sup>3</sup>, Vladimir Aizen<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学, <sup>2</sup> 名古屋大学, <sup>3</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>4</sup> アイダホ大学

<sup>1</sup>Chiba university, <sup>2</sup>Nagoya university, <sup>3</sup>JAXA, <sup>4</sup>Idaho university

氷河の表面には、雪氷藻類と呼ばれる低温環境に適応した特殊な光合成微生物が生息している。雪氷藻類は、毎年氷河が融解する春から夏にかけて繁殖し、そのバイオマスや群集構造は氷河上の日射や融解量、栄養条件によって変化することが知られている。過去の環境や気候を明らかにする手段として氷河から掘削されるアイスコアにも、雪氷藻類が含まれていることが最近明らかになってきた。このアイスコア中の雪氷藻類のバイオマスや群集構造を調べることで、過去の藻類の繁殖量を復元できるだけでなく、藻類の繁殖に関わる環境条件を明らかにすることができるかもしれない。そこで、本研究では、2007年に中央アジアキルギスタン東部に位置するグリゴリア氷帽の表面およびアイスコア中の雪氷藻類、さらにアイスコア中のバイオマスや群集構造の変動を明らかにすることを目的とした。さらに、それら雪氷藻類の変動の原因について考察を行った。

分析に用いたサンプルは、2006年に氷帽の下流から上流部にかけて採取された表面の雪氷サンプル、2005・2006・2007年に氷河頂上部で採取したピットサンプル、および2007年に掘削されたアイスコア上部18mのサンプルである。全サンプルとも融かした後にホルムアルデヒドで微生物を固定し、サンプルを適量濾過したフィルター上の雪氷藻類を蛍光顕微鏡を用いて観察した。

観察の結果、氷帽表面のサンプルからは、少なくとも3種類の糸状シアノバクテリア、1種の単細胞性シアノバクテリア、2種の緑藻が確認できた。氷帽の最上部のピットおよびアイスコアのサンプルからは、それらの藻類のなかの1種類の糸状シアノバクテリア、1種の単細胞性シアノバクテリア、2種の緑藻が含まれていることが確認できた。以上のことから、グリゴリア氷帽では融解期には氷帽の下流部から頂上部まで全域で雪氷藻類が繁殖していることがわかった。また、氷帽頂上部にも雪氷藻類が確認できたことから、アイスコア中にも過去の藻類が保存されているものと考えられる。

2007年に採取した深さ18mのアイスコアサンプルの雪氷藻類の定量分析をした結果、藻類バイオマスにいくつかのピークが見られた。花粉による年代決定から藻類の経年変動を求めた結果、過去46年間において、そのバイオマス量や群集構造に変化があることが明らかになった。

キーワード: 雪氷藻類, アイスコア, グリゴリア氷帽

Keywords: snow algae, ice core, Grigoriev Ice cap

ACC029-06

会場:102

時間:5月26日 14:30-14:45

## キルギスタン・グレゴリア氷河のアイスコアにおける遺伝子解析 Reconstructions of past flora using DNA analysis from ice core samples on Gregoriev Glacier, Kyrgyz Tienshan

瀬川 高弘<sup>1\*</sup>, 竹内 望<sup>2</sup>, 阿部 貴志<sup>3</sup>, 神田 啓史<sup>4</sup>  
Takahiro Segawa<sup>1\*</sup>, Nozomu Takeuchi<sup>2</sup>, Takashi Abe<sup>3</sup>, Hiroshi Kanda<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 新領域融合研究センター, <sup>2</sup> 千葉大学, <sup>3</sup> 長浜バイオ大, <sup>4</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup>TRIC, <sup>2</sup>Chiba University, <sup>3</sup>Nagahama Institute of Biosci. and Tec., <sup>4</sup>National Institute of Polar Research

Analyses of ice cores have often been used as a means to reconstruct past environments. The species composition of the organism such as microorganism and plant in the ice cores could reflect the environmental condition at that time. Thus, organisms in ice cores could be useful to reconstruct past environments. However, analysis of the biological contents in ice cores is still very limited. In this study, we examined DNA from ice core sample (about 7,500, 8,000 and 12,500 years old) collected on the Gregoriev Glacier, Kyrgyz Tienshan. We extracted inner part of ice core samples by melting device. Genes of microorganisms and plant were subjected to PCR amplification and nucleotide sequencing. We also showed phylogenetic diversity of a microbial flora and metagenomic survey of the metabolic potential. Our results implied that DNA from preserved organisms could be recovered from the ice core samples, leading reconstructions of past flora. Biological information could be used as an environmental marker for past environmental studies.

キーワード: 古環境, DNA

ACC029-07

会場:102

時間:5月26日 14:45-15:00

## アラスカ・オーロラピークアイスコアによる過去274年間の環境変動復元 A 274-year environmental record of from Aurora Peak ice core, Alaska.

對馬 あかね<sup>1</sup>, 的場 澄人<sup>2\*</sup>, 福田 武博<sup>1</sup>, 杉山 慎<sup>2</sup>, 吉川 謙二<sup>3</sup>, 白岩 孝行<sup>2</sup>

Akane Tsushima<sup>1</sup>, Sumito Matoba<sup>2\*</sup>, Takahiro Fukuda<sup>1</sup>, Shin Sugiyama<sup>2</sup>, Kenji Yoshikawa<sup>3</sup>, Takayuki Shiraiwa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道大学環境科学院, <sup>2</sup>北海道大学低温科学研究所, <sup>3</sup>アラスカ大学フェアバンクス校

<sup>1</sup>GSES, Hokkaido Univ., <sup>2</sup>ILTS, Hokkaido Univ., <sup>3</sup>Univ. Alaska Fairbanks

2008年にアラスカ州アラスカ山脈で掘削されたアイスコア全長180mの化学分析結果から以下のことが明らかになった。(1)水素同位体比の季節変動とスパー火山、カトマイ火山、トリチウムの示準層から年代を決定した。(2)水素同位体比年平均値の変動は、地上の気象データとは一致しなかったが、PDO指数の変動と似たパターンを示した。(3)水素同位体比の季節変動から求めた年間涵養量は、1900年代前半から緩やかに増加し1970年以降急激に増加した。1970年以降の急激な増加に合わせて海塩成分であるナトリウムの濃度も上昇したことから、冬季のアラスカ湾における低気圧活動の強化に伴って降水量が増加したと考えられる。(4)生物燃焼に指標になる硝酸、アンモニウム、カリウムの濃度が1950年以降増加し、アラスカにおける森林火災の増加を示している。

キーワード: アイスコア, アラスカ, 環境変動, 水素同位体

Keywords: ice core, Alaska, environmental change, hydrogen isotope

ACC029-08

会場:102

時間:5月26日 15:00-15:15

## アラスカ山脈オーロラピークアイスコアを用いた夏季気温復元 Reconstruction of summer temperature by Aurora Peak ice core, Alaska Range

岡本 祥子<sup>1\*</sup>, 對馬 あかね<sup>2</sup>, 佐々木 央岳<sup>2</sup>, 的場 澄人<sup>3</sup>, 白岩 孝行<sup>3</sup>

Sachiko Okamoto<sup>1\*</sup>, Akane Tsushima<sup>2</sup>, Hiroataka Sasaki<sup>2</sup>, Sumito Matoba<sup>3</sup>, Takayuki Shiraiwa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学大学院環境学研究科, <sup>2</sup>北海道大学大学院環境科学院, <sup>3</sup>北海道大学低温科学研究所

<sup>1</sup>Nagoya University, <sup>2</sup>Hokkaido University, <sup>3</sup>Hokkaido University

2008年の5-6月、アラスカ山脈オーロラピークにおいて、180 mのアイスコアが掘削された。年代は水素同位体比の季節変化と年層内の融解氷層の割合(MFP)によって決められ、このアイスコアは1734年から2008年をカバーしていると推定された。

本研究では、アイスコアに含まれる融解氷層を対象とした。先行研究において、融解氷層を用いた過去の夏季気温の復元が行われてきた。オーロラピークの南東60 kmの場所にある、グルカナ氷河の夏季気温と比較することによって、融解氷層の気候を調べた。米地質調査所(USGS)はこの氷河を長期間にわたってモニタリングしており、気象データも入手可能である。グルカナ氷河の気温から推定した掘削地の夏季気温はほぼ氷点下であることが確認できた。5 cm以上のものであるが、融解氷層厚のほとんどは2 cm以下であった。これらの結果より、融解水はほとんど前年の層まで浸透することがないことが確認できた。

年層内の融解氷層の総厚とグルカナ氷河の夏季気温の関係を調べたところ、有意な関係が見られた( $r=0.94$ ,  $p < 0.001$ )。これより、融解氷層から過去の夏季気温が復元できることを意味する。

キーワード: アイスコア, 夏季気温, 融解氷層

Keywords: Ice core, summer temperature, Melt feature

## グリーンランド深層氷床コア掘削計画 (NEEM 計画) による過去十数万年の気候・ 変動環境の研究 Reconstruction of the climate and environment during the past 150kyrs under the NEEM project

東 久美子<sup>1\*</sup>, 青木周司<sup>2</sup>, 東信彦<sup>3</sup>, 飯塚芳徳<sup>4</sup>, 植竹淳<sup>1</sup>, 川村賢二<sup>1</sup>, 神田啓史<sup>1</sup>, 倉元隆之<sup>1</sup>, 小端拓郎<sup>1</sup>, 笹公和<sup>5</sup>, 佐藤基之<sup>3</sup>, 瀬川高弘<sup>1</sup>, 高村近子<sup>1</sup>, 中澤高清<sup>2</sup>, 平林幹啓<sup>1</sup>, 藤井理行<sup>1</sup>, 藤田秀二<sup>1</sup>, 堀彰<sup>6</sup>, 堀内一穂<sup>7</sup>, 三宅隆之<sup>1</sup>, 宮本淳<sup>4</sup>, 本山秀明<sup>1</sup>, Dorthe Dahl-Jensen<sup>8</sup>, Jorgen Peder Steffensen<sup>8</sup>, Sigus J. Johnsen<sup>8</sup>  
Kumiko Goto-Azuma<sup>1\*</sup>, Shuji Aoki<sup>2</sup>, Nobuhiko Azuma<sup>3</sup>, Yoshinori Iizuka<sup>4</sup>, Jun Uetake<sup>1</sup>, Kenji Kawamura<sup>1</sup>, Hiroshi Kanda<sup>1</sup>, Takayuki Kuramoto<sup>1</sup>, Takuro Kobashi<sup>1</sup>, Kimikazu Sasa<sup>5</sup>, Motoyuki Sato<sup>3</sup>, Takahiro Segawa<sup>1</sup>, Chikako Takamura<sup>1</sup>, Takakiyo Nakazawa<sup>2</sup>, Motohiro Hirabayashi<sup>1</sup>, Yoshiyuki Fujii<sup>1</sup>, Shuji Fujita<sup>1</sup>, Akira Hori<sup>6</sup>, Kazuho Horiuchi<sup>7</sup>, Takayuki Miyake<sup>1</sup>, Atsushi Miyamoto<sup>4</sup>, Hideaki Motoyama<sup>1</sup>, Dorthe Dahl-Jensen<sup>8</sup>, Jorgen Peder Steffensen<sup>8</sup>, Sigus J. Johnsen<sup>8</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 東北大学, <sup>3</sup> 長岡技術科学大学, <sup>4</sup> 北海道大学, <sup>5</sup> 筑波大学, <sup>6</sup> 北見工業大学, <sup>7</sup> 弘前大学, <sup>8</sup> コペンハーゲン大学

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Tohoku University, <sup>3</sup>Nagaoka University of Technology, <sup>4</sup>Hokkaido University, <sup>5</sup>University of Tsukuba, <sup>6</sup>Kitami Institute of Technology, <sup>7</sup>Hirosaki University, <sup>8</sup>University of Copenhagen

近年の地球温暖化に伴う北極域の変化は著しい。特にグリーンランド氷床の縮小は、海面上昇や海洋循環の変化を通じて世界的にも大きな影響を及ぼすため、その動向は注目されている。地球温暖化に対する北極域の気候・環境やグリーンランドの氷床の応答を正確に予測するためには、過去に生じた温暖化とその影響に関する長期のデータを取得し、それを元に気候モデルや氷床モデルの改良を進める必要がある。そのために、北グリーンランドの NEEM 地点で、現在よりも 3~5°C 温暖だったと考えられている最終間氷期全体を含む、北半球最古の氷床コアを得る国際共同掘削プロジェクト (North Greenland Eemian Ice Drilling, 略して NEEM 計画) が 2008 年に開始された。NEEM 計画の目的は、(1) 最終間氷期は現在より何 温暖だったのか (2) 最終間氷期に急激な気候変動は発生したのか、(3) 温暖な気候の下でグリーンランド氷床はどう変動したか、(4) 現在の間氷期 (完新世) と最終間氷期の相違や類似性は何か、(5) 完新世初期の温暖期及び最終間氷期における気候・環境変動は気候モデルでどの程度再現できるのか、を明らかにすることである。この目標達成のため、デンマークをリーダーとする 14 カ国が共同で氷床コアの掘削と解析を進めている。

日本は外国と共同で NEEM コアの分析を行い、過去十数万年間の気候・環境変動を復元する。コアの絶対年代を誤差千年以下の高精度で決定し、コアから復元される北大西洋域の気候変動のタイミングを、地球軌道要素、温室効果ガス、海水準、海水温、南極の気温等の変動のタイミングと比較することにより、気候変動と氷床変動のメカニズムを研究する。特に、最終氷期に生じた急激な温暖化イベント、及び現在より温暖であった最終間氷期に着目し、過去の温暖化で生じた氷床変動と環境変動から、気候モデルによる将来予測に不可欠なデータを提供する。

NEEM における掘削、現場処理、設営作業は、4 月下旬から 8 月下旬にかけて実施され、参加各国の研究者と技術者が交代で参加している。日本からは 2009 年に 5 名、2010 年に 4 名が参加し、掘削と現場処理を担当した。NEEM での掘削は、2008 年に浅層コア掘削を実施し、2009 年に液封液を用いた深層掘削を開始した。2009 年は 1758m の深度に達し、2010 年 7 月 28 日に深度 2537.36m の岩盤に到達した。コアの現場処理としては、DEP、ECM、ラインスキャン、連続フロー分析 (化学成分、水の安定同位体、ガス成分等の分析)、薄片を用いた物理解析、コアの切断と梱包が実施されている。

日本がガス分析、イオン分析、<sup>36</sup>Cl 分析のために配分を受けたコアについては、現在、分析を実施中である。物理解析用のサンプルは、今年、配分を受け、国内に搬入し、分析を開始する予定である。また、イオン分析用に配分されたサンプルの一部を用いて、生物分析を開始する予定である。2009 年に採取したピットのサンプルについては、イオン分析、水の安定同位体分析、生物分析を実施した。本報告では、NEEM 計画について紹介し、初期成果を報告する。また、2011 年の掘削・現場解析についても紹介する。

キーワード: グリーンランド, 氷床コア, NEEM 計画, 最終間氷期

Keywords: Greenland, ice core, NEEM, Eemian

## 過去4000年のグリーンランド温度変動と同期して起こった広域の山岳氷河の進退 Synchrony between Greenland temperature change and wide-spread alpine glacial changes for the last four millennia

小端 拓郎<sup>1\*</sup>, 川村 賢二<sup>1</sup>, Jeffrey Severinghaus<sup>2</sup>, 仲江川 敏之<sup>3</sup>  
Takuro Kobashi<sup>1\*</sup>, Kenji Kawamura<sup>1</sup>, Jeffrey Severinghaus<sup>2</sup>, Toshiyuki Nakaegawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> スクリップス海洋研究所, <sup>3</sup> 気象研究所

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Scripps Institution of Oceanography, <sup>3</sup>Meteorological Research Institute

### 1. はじめに

気温の直接観測データは150年程度に限られるため、数十年周期以上の気候変動のメカニズムを理解することは大変難しい。しかし、これから起こる温暖化とそれに関わる気候変動を理解するには、数十年レベルから、さらに長い時間スケールでの気候変動のメカニズムを理解することが重要である。本研究では、過去4000年のグリーンランドにおける温度変動を、GISP2氷床コア中の気泡の窒素とアルゴンの同位対比を計測することにより復元した。その結果、過去4000年の間グリーンランドの温度変動が、広域の山岳氷河の進退と同期していたことが分かった。

### 2. データの概要

グリーンランドのGISP2氷床コアを使い、サンプル中の気泡のアルゴン( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ )と窒素( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ )の同位体比を計測(Kobashi et al., 2007; Kobashi et al., 2008a,b)した。これにより、氷床上部の雪層内での分子拡散によっておこる気体の重力分離および温度分離の程度を知ることができる。これらの分離はそれぞれ雪層の厚さと温度差に比例することから、2種類のガスの同位体比より、雪層の厚さと温度差を復元できる。さらに、温度差のデータと雪の圧密モデルとを組み合わせ、氷の酸素同位体比データを用いずに、氷床表面の温度変動を復元した。過去1000年の復元結果はすでに出版されている(Kobashi et al., 2010)。

### 3. 過去4000年のグリーンランド温度変動

過去4000年の温度変動を見ると、この期間を通した減少傾向などは見えないが、数百年から数千年周期の温度変動が明らかである。興味深いことに、これまで知られている気候区分(Holzhauser et al., 2005; Schaefer et al., 2009)とよく一致する。数千年周期の変動として、紀元前1800年くらいから温暖化し、紀元前1350年くらいにピークに達した後、紀元前480年近くまで寒冷化する。それから、紀元700年まで温暖化し、それ以降、過去4000年で一番寒い期間「小氷期」を迎える。スペクトル分析によると、2232年、352年、172年、140年、87年、73年、63年周期のピークが見つかった。

### 4. 山岳氷河の進退との関連

復元されたグリーンランドの温度変動とスイスの氷河の進退を復元した結果(Holzhauser et al., 2005)を比べてみると、数百年から千年スケールの気候変動との対応関係が見て取れる。特に、紀元前600年から紀元前500年を中心にした時期と、小氷期と呼ばれる紀元1300年から紀元1850年の時期は、地球規模で氷河が拡大した時期に相当し(Denton and Karlen, 1973; Mayewski et al., 2004; Grove, 2004; Wanner et al., 2008)、この二つに時期は復元された過去4000年のグリーンランド温度変動で最も寒かった時期でもある。

同時に、GISP2コアの $\text{Na}^+$ の濃度(Mayewski et al., 1997)も温度変動と負の相関( $r = -0.41$ )がある。氷床コア中の $\text{Na}^+$ は、海水を起源とし大気循環の変化による風の強度の変動と共に変化するとする説と、海水を起源とし海水の生成量とともに変化するとする説がある。つまり、グリーンランドの温度が低下した際、大気循環強度の増大あるいは北大西洋の海水氷拡大が起こったことになる。また、太陽活動の指標( $d\text{TSI}$ )と $\text{Na}^+$ は有意な相関( $r = -0.45$ )があり、 $\text{Na}^+$ の変動を引き起こす極地方の大気循環が、太陽活動と密接に関連していることを示している。また、太陽活動とグリーンランドの温度変動に強い相関は見られない( $r = -0.17$ )のは、太陽活動のシグナルが大気循環や海洋循環などに取り込まれたのち、グリーンランド温度変動に影響したためと考えられる。

これまで、過去数千年において氷河の進退ほど、広域で同時に起こることが知られている現象は少ない(Wanner et al., 2008)。グリーンランドの温度と広範囲にわたる氷河の進退が、特に調和的に起こっているのは、それらの変動の原因となる強制力が太陽活動や火山活動等、広範囲に共通するものであるのと、極地方や山岳地帯に共通する雪のアルベド効果によって、その強制力が増幅されていることによると考えられる。

キーワード: グリーンランド, 氷床コア, ガス分析, 温度拡散, フィルン

Keywords: Greenland, Ice core, Gas analysis, Thermal diffusion, Firn

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



ACC029-11

会場:102

時間:5月26日 15:45-16:00

## 氷床コアの水同位体比を用いた「南極ドームふじ」と「その水蒸気起源」温度の復元

Reconstructions of temperature histories of the Dome Fuji site and its moisture source using water isotope records

植村 立<sup>1\*</sup>, Valerie Masson-Delmotte<sup>2</sup>, Jean Jouzel<sup>2</sup>, Amaelle Landais<sup>2</sup>, Francoise Vimeux<sup>2</sup>, 本山 秀明<sup>3</sup>, Barbara Stenni<sup>4</sup>  
Ryu Uemura<sup>1\*</sup>, Valerie Masson-Delmotte<sup>2</sup>, Jean Jouzel<sup>2</sup>, Amaelle Landais<sup>2</sup>, Francoise Vimeux<sup>2</sup>, Hideaki Motoyama<sup>3</sup>, Barbara Stenni<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学 理学部 海洋自然科学科, <sup>2</sup>LSCE, CEA/CNRS/UVSQ, <sup>3</sup>情報・システム研究機構 国立極地研究所, <sup>4</sup>University of Trieste

<sup>1</sup>University of the Ryukyus, <sup>2</sup>LSCE, CEA/CNRS/UVSQ, <sup>3</sup>NIPR, <sup>4</sup>University of Trieste

A stable isotope ratio (D/H or  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) of the polar ice cores is widely used as an air-temperature proxy. Further, a combined use of these isotopes provides a parameter, deuterium-excess ( $d$ ), and provides the information on the ocean surface conditions in the moisture source for polar precipitation. Here we re-evaluate several coefficients used for reconstructing Antarctic site temperature and temperature in the moisture source regions. The new coefficients were applied to the revised D/H and  $d$  records of Dome Fuji core which cover past 360 kyr period. Differences between this study and previous estimations will be discussed.

ACC029-12

会場:102

時間:5月26日 16:00-16:15

## 氷期の南極氷床復元と極域気温変化増幅の古気候データによる制約 Dependence to Glacial Ice Sheets in Amplifying the Polar Climate

阿部 彩子<sup>1\*</sup>, 齋藤 冬樹<sup>2</sup>, 大垣内 るみ<sup>2</sup>, 川村 賢二<sup>3</sup>, 吉森 正和<sup>1</sup>

Ayako Abe-Ouchi<sup>1\*</sup>, Fuyuki SAITO<sup>2</sup>, Rumi Ohgaito<sup>2</sup>, Kenji Kawamura<sup>3</sup>, Masakazu Yoshimori<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 独立行政法人 海洋研究開発機構, <sup>3</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup>AORI, University of Tokyo, <sup>2</sup>JAMSTEC, <sup>3</sup>NIPR

Larger climate change in the high latitude known as polar amplification is anticipated to occur and ice core sites and paleoclimate model experiments are used to evaluate the climate sensitivity of the Climate models used for future climate projection. For the boundary condition of the Last Glacial Maximum (LGM) experiment of PMIP (Paleoclimate Modelling Intercomparison Project) phase 3, a new ice sheet is applied, which is the average of three ice models derived from different method. Here we compare the ice sheet boundary condition to the previous boundary conditions of PMIP phase 1 and PMIP phase 2 and also examine the dependence of the result of polar amplification to the choice of ice models. The PMIP3 LGM ice sheet in NH is now thinner and flatter than in PMIP2, which decreases the topography effect of ice sheet and influences the stationary wave and storm tracks. On the other hand, PMIP3 LGM ice sheet in SH is now thicker in West Antarctica (WAIS), broader in the east (EAIS), which cools down the zonal mean in the high southern latitude. The EPICA and DomeF cores are reproduced even if the altitude is corrected in the East Antarctica. We find that the extent of EAIS and the WAIS change influence the zonal mean and even in the Domes of EAIS. We also find from our GCM sensitivity experiments that both the ice sheets and Greenhouse gas amount contribute to the temperature at the ice core sites. This implies that the ratio of polar amplification throughout the ice age cycle could depend on the ice sheet history especially in the WAIS as well as the history of Greenhouse Gas. The long term temperature change that could not be explained by the change of radiative forcing of Greenhouse gas, orbital change and abrupt climate change can be largely attributed to the size of WAIS/EAIS for the ice cores in the Southern Hemisphere and to the size of Northern Hemisphere ice sheets for the ice cores in the Northern Hemisphere.

ACC029-13

会場:102

時間:5月26日 16:30-16:45

## 南極ドームふじ氷床コアの O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 年代による北大西洋の海底コア年代の束縛 Constraint on age model of North Atlantic marine cores using O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> chronology of the Dome Fuji ice core

川村 賢二<sup>1\*</sup>, 青木 周司<sup>2</sup>, 中澤 高清<sup>2</sup>, 阿部 彩子<sup>3</sup>, 齋藤 冬樹<sup>4</sup>, 鈴木 香寿恵<sup>1</sup>

Kenji Kawamura<sup>1\*</sup>, Shuji Aoki<sup>2</sup>, Takakiyo Nakazawa<sup>2</sup>, Ayako Abe-Ouchi<sup>3</sup>, Fuyuki SAITO<sup>4</sup>, Kazue Suzuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 東北大学, <sup>3</sup> 東京大学, <sup>4</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Tohoku University, <sup>3</sup>University of Tokyo, <sup>4</sup>JAMSTEC

地球軌道要素や温室効果ガスなど、異なる強制力が氷期-間氷期変動に果たした役割を分離して評価するためには、古環境指標の年代決定精度を2000年程度にまで高める必要がある(歳差運動周期の1/10程度)。我々は、ドームふじ氷床コアやポストークコアのO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>比がローカルな夏期日射量を記録していることを利用し、高精度な年代を確立した。現在、第2期ドームふじコアの分析によりO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>データが過去に延長され、このデータを用いた年代決定を進めている。新しいデータと既存データの初期解析の結果、過去4回の間氷期(MIS 5e, 7e, 9e, 11c)の持続期間について、それぞれ1.1万年、0.5万年、0.9万年、2万年という結果が得られた。また、退氷期における南極の温暖化の開始は、北半球高緯度の夏至日射量の極小から2000?7000年度であった。

北大西洋高緯度域で採取される海底コアには、氷期の冰山流出イベントや突然の気候変動に由来するシグナル(氷河運搬碎屑物(IRD)や表面海水温指標)が含まれている。南北の気候変動を結びつけるバイポーラー・シーソーの概念を用いれば、それらの気候シグナルと南極ドームふじ氷床コアの水の同位体やメタン濃度のシグナルと比較することにより、南極氷床コアの年代を北大西洋の海底コアに移すことができる。そのような最初の試みとして、ODP980コアの浮遊性有孔虫の酸素同位体比とIRDと、ドームふじコアの水の同位体比やメタンとの比較をもとに、MIS11の周辺におけるODP980の年代を構築した。この年代軸で見ると、浮遊性有孔虫と底生有孔虫の酸素同位体比について、間氷期レベルの持続期間はそれぞれ2万年と1.5万年となった。これらの値は、もとの文献による値より1万年ほど短く、南極の間氷期の期間と近い。しかし、ODP980に見られる間氷期レベルの開始のタイミングは、南極の気温やCO<sub>2</sub>より約1万年も遅れていた。このような大きなラグは後の退氷期には見られない。退氷の開始は南極の昇温と似たタイミングであるから、43万年前のターミネーションVは非常に時間がかかったことが分かる。現在、正確な時間軸におけるCO<sub>2</sub>データを用いた氷床モデリングを進めており、当日はその結果も含めて間氷期のタイミングと持続期間について議論する。

キーワード: 氷床コア, ドームふじ, O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 年代, 間氷期, 氷期, 海底コア

Keywords: Ice core, Dome Fuji, O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> age model, Interglacial period, Glacial period, Marine sediment cores

ACC029-14

会場:102

時間:5月26日 16:45-17:00

## 地磁気強度を用いた海底堆積物とアイスコアの高精度年代対比手法の確立 Geomagnetic field intensity as a tool for chronostratigraphic correlation between marine sediments and ice cores

菅沼 悠介<sup>1\*</sup>

Yusuke Suganuma<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所 地圏研究グループ

<sup>1</sup> National Institute of Polar Research

将来の気候変動を精密に予測するためには、過去の気候イベントにおける地球環境の応答を高精度で復元し、そのメカニズムを理解することが不可欠である。このような視点から、近年、グリーンランドや南極から採取された氷床コアを用いた高解像度の気候変動復元が進められている。この時、例えばグリーンランドと南極（北-南半球高緯度）など、遠く離れた地点間において気候イベントの規模・タイミングを比較し、その因果関係を知ることが地球の気候変動メカニズムを理解する上で最も有効な方法である。しかし、高精度の対比方法が確立している氷床コア間に比べて、中・低緯度地域の気候変動記録との対比は両者を繋ぐ年代指標の不足により高精度化が阻まれている。これは、氷に閉じこめられた大気成分（メタンなど）などの同一指標の直接比較が可能な氷床コアに対して、主に海底堆積物などから得られる中・低緯度地域の気候変動記録には同様の手法を適用できないためである。

近年、過去の地磁気強度の変動を海底堆積物の年代層序の構築やその対比に用いる手法が注目されつつある（Channell et al., 2000; Kiefer et al., 2001; Suganuma et al., 2009; など）。これは、対象となる海底堆積物から古地磁気強度変動を復元し、基準となる古地磁気強度変動曲線に対比することで年代を決定するものである。この手法の利点は、海洋炭素リザーバー効果や地域的水温差などの影響を受けないこと、また地磁気エクスカッションなどの急激な地磁気イベントを検出することにより、高精度での年代対比が可能であることである。そして、この手法のもう一つの利点は、海底堆積物から求めた相対的な古地磁気強度と、南極やグリーンランドの氷床コアに記録される宇宙線生成核種の生成率が直接対比できることである。C-14 や Be-10 などの宇宙線生成核種は、高エネルギー銀河宇宙線によって生成されるが、この高エネルギー宇宙線の入射量は地磁気強度の影響を受けて変動する（Beer et al., 2002）。また、主に大気中で生成された宇宙線生成核種は、降水・降雪などによって素早く地上にもたらされ（McHargue and Damon, 1991）、南極やグリーンランドの氷床などに記録される。従って、氷床コアから得られる過去の宇宙線生成核種生成率は、海底堆積物から求めた相対的な古地磁気強度と同様に過去の地磁気強度を示す指標であり、両指標は直接対比が可能である。この手法は、氷床コアと海底堆積物など異なった地質記録間の直接対比を可能とすることから、近年非常に注目を集めている（Stoner et al., 2000, Suganuma et al., 2010 など）。しかし、海底堆積物の残留磁化獲得プロセスには、Lock-in depth 問題など未解決の課題が残されており、この手法を用いた年代対比における不確定要素となっている（菅沼, 2011 など）。本講演では、近年進められている新たな残留磁化獲得プロセスの研究例を紹介するとともに、この年代対比手法の課題と将来展望について紹介する。

Keywords: Relative paleointensity, marine sediments, Age model, Post-depositional remanent magnetization, Lock-in depth, Cosmogenic nuclides

## ドローニングモードランド氷床コア中の火山噴火シグナルとの同期から決定した新しいドームふじ浅層コア年代 Dating of a Dome Fuji (Antarctica) shallow ice core by volcanic signal matching with B32 and EDML1/EDC3 chronologies

望月 優子<sup>1\*</sup>, 中井陽一<sup>1</sup>, 高橋和也<sup>1</sup>, 五十嵐誠<sup>2</sup>, 本山 秀明<sup>2</sup>, 鈴木 啓助<sup>3</sup>

Yuko Motizuki<sup>1\*</sup>, Yoichi Nakai<sup>1</sup>, Kazuya Takahashi<sup>1</sup>, Makoto Igarashi<sup>2</sup>, Hideaki Motoyama<sup>2</sup>, Keisuke Suzuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 理研仁科センター, <sup>2</sup> 極地研, <sup>3</sup> 信州大理

<sup>1</sup>RIKEN Nishina Center, <sup>2</sup>NIPR, <sup>3</sup>Shinshu Univ.

日本南極地域観測隊は、南極ドームふじ基地において、これまで1993、1997、1998、2001、2010、2011年の計6回の浅層コア掘削を行なっている。我々はこのうち2001年掘削のコア(DF01コア)を用いて研究を行ってきた。表面付近の最上層部は、積雪が「しもざらめ」という脆い雪質で、DF01コアは、残念ながら深度2-8mの部分が崩れて失われた。この部分は1998年コアで補完している。本講演では、深度8-85m(年代で1900-西暦元年に相当)に着目し、DF01コアに対して行なった新しい年代決定法について報告する。

ドームふじ浅層コアについては、これまで精度のよい年代を構築することが比較的困難であった。これは、主に雪の堆積量が水当量換算で約27mm/yと少ないため、氷の「年縞」を計測するのが難しいことによる。涵養量が十分であれば、目視でも氷密度の疎密の年縞を数えることができるし、また時間分解能が1年を十分下回れば、陽イオン(特にNa<sup>+</sup>)や酸素同位体比の季節変動を抽出し、年層を数えて年代を確定できる。我々はDF01コアについてイオン分析を行ってきたが、その時間分解能は0.7-1年程度である。この時間分解能は、千年スケールを連続的に扱うためには現時点まで行なわれてきた手によるサンプリングの限界に達しており、イオン分析のみから季節変動を調べるには不十分である。従って、これまでのドームふじ浅層コアの年代決定は、統計的に有意な氷床コア中の硫酸イオンスパイクを検出し、年代が既知の火山噴火と対比・同定し、これらをタイムマーカーとして、隣接するタイムマーカー間は涵養量一定という仮定をおいて年代を割り振っていく手法である。この方法で、現代からさかのぼって1260年頃までは、火山活動も活発で、火山層序学上の噴火年の不定性も比較的小さいため、時間分解能のよい硫酸イオンデータがあれば、年代決定はさほど困難ではない。しかし1260年以前は火山活動が活発ではなく、噴火年の不定性も大きいため、信頼度の高い年代軸の構築は難しい。

我々は、ドームふじ近郊のドローニングモードランドで掘削されたB32浅層コア中に観測された火山噴火フラックス(Traufetter et al., 2004)と、DF01コアの非海塩性硫酸イオン( $nssSO_4^{2-}$ )の濃度変動から示される火山噴火ピークの位置と変動の振幅とが見事に同期していることを見いだした。ここでB32浅層コアの年代軸は、上述した陽イオンの年層計測により導出されており信頼できる。そこで、両者の火山性ピークを詳細に同期させ、B32コアの年代軸をDF01コアに移行させた。この年代を、DFS1(ドームふじ浅層コア-1)年代と名付けた。DFS1年代において同期させた噴火シグナルは31個で、B32コアデータの底の187年付近までさかのぼる。さらに、B32コア年代に関連づけられた同じくドローニングモードランド(EDML)深層コアの上層部の火山噴火シグナルの年代情報(EDML1/EDC3年代)を利用し、西暦元年までさかのぼってDF01コアの年代を決定した。このEDML深層コア年代上層部を移行させた年代をDFS2(ドームふじ浅層コア-2)年代と名付けた。DFS2年代は、基となるEDML1/EDC3年代が1170年まではB32年代を採用しているため、1170年まではDFS1年代と一致している。従って、各火山噴火タイムマーカーの絶対年代推定誤差は、DFS1年代とDFS2年代の1170年以降の部分についてはB32コアの年層計測の誤差から決まっており、例えば1884年の噴火で1年、深くなるほど大きくなって187年の噴火で±23年程度である。DFS1/DFS2年代では、このような噴火タイムマーカーの絶対年代誤差に加えて涵養量一定の仮定からくる不定性が加算される。

本講演では、DFS1/DFS2年代とそれらの特徴、さらにDFS1/DFS2年代から導出された1900-西暦元年におけるドームふじの平均涵養量の推移について議論する。ドームふじ浅層コアに対してこれだけ詳しい年代が構築されたのは今回が初めてであり、これらの年代軸は、今後、過去2千年にわたる気候・環境変動や、太陽活動強度・超新星爆発などの天体現象の痕跡の探究の基盤となる。将来的には、今回 $nssSO_4^{2-}$ 濃度変動との直接比較ではなくEDML1/EDC3年代の4個の火山噴火シグナルの年代情報を利用してDFS2年代を決定した部分(DFS2年代の199-西暦元年区間)について、EDML深層コアの $nssSO_4^{2-}$ 濃度変動上の火山性ピークとの詳細なマッチングにより検証し、さらに紀元前に相当するコア部分についても同手法で年代を決定していく予定である。

キーワード: 氷床コア, ドームふじ, 年代軸構築

Keywords: ice core, Dome Fuji, core dating

ACC029-16

会場:102

時間:5月26日 17:15-17:30

## ドームふじ表層 4 m の詳細物理層位 - 氷床コアシグナル形成過程理解の深化を目指して -

Detailed stratigraphy of a 4m-deep pit at Dome Fuji, for better understanding formation of ice core signals

藤田 秀二<sup>1\*</sup>, 榎本 浩之<sup>2</sup>, 福井 幸太郎<sup>3</sup>, 藤田 耕史<sup>4</sup>, 保科 優<sup>4</sup>, 飯塚 芳徳<sup>5</sup>, 中澤 文男<sup>1</sup>, 杉山 慎<sup>5</sup>

Shuji Fujita<sup>1\*</sup>, Hiroyuki Enomoto<sup>2</sup>, Kotaro FUKUI<sup>3</sup>, Koji Fujita<sup>4</sup>, Yu Hoshina<sup>4</sup>, Yoshinori Iizuka<sup>5</sup>, Fumio Nakazawa<sup>1</sup>, Shin Sugiyama<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 北見工業大学, <sup>3</sup> 立山カルデラ砂防博物館, <sup>4</sup> 名古屋大学, <sup>5</sup> 北海道大学低温科学研究所

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Kitami Institute of Technology, <sup>3</sup>Tateyama Caldera Sabo Museum, <sup>4</sup>Nagoya University,

<sup>5</sup>Institute of Low Temperature Science

南極氷床は、年々降り積もる雪の積層構造体として、数十万年の地球気候変動史をカバーする。研究のなかで、年変動や季節変動のシグナルが氷床コアのなかに残っているか、あるいは、欠損や変質が起こっているかという点は常に問題になってきた。南極氷床の表層 4 m における、層構造の生成・変質・変形のプロセスを理解する目的で、フィルムの詳細な物理構造の調査を実施している。その研究のこれまでの経過を報告する。現地調査は、2007 年～2008 年に、日本・スウェーデン共同トラバースとして、南極内陸部の広域環境調査をおこなうなかで実施した。南極ドームふじ基地近傍において、4 m 深のピットを掘り、その内壁を利用して雪質の物理・化学的な特徴を調査したほか、積雪試料をブロック状にして内部の微小構造が維持されるように非破壊で日本に持ち帰り、その分析をすすめている。

南極の現場の作業としては、密度計測 (30mm 分解能)、目視層位計測、マイクロ波誘電率 (30mm 分解能)、温度計測、各種化学分析用サンプリングを実施した。日本に持ち帰った試料の物理解析として、ガンマ線透過法を用いた密度計測 (3.3mm 分解能)、白色光ラインスキャナーを用いた層位計測、近赤外光反射式ラインスキャンを用いた粒径計測等を実施している。

初期的な結果として、表層から 4 m 深までの、密度や粒径の発達経過が明瞭に見えるデータを得ることができている。たとえば、密度と粒径はこれまで報告されているように明瞭に相関する様相が mm 分解能で見えてきた。発表では、最新のデータを報告するほか、こうしたシグナル形成プロセスと氷床深層コアシグナルの関係について議論する。

キーワード: 南極, ドームふじ, コア, フィルム, 雪

Keywords: Antarctica, Dome Fuji, core, film, snow

ACC029-17

会場:102

時間:5月26日 17:30-17:45

## 南極内陸における表面積雪の水安定同位体比と積雪堆積環境

### Water stable isotope of near surface snow and environment of snow accumulation at inland of Antarctica

保科 優<sup>1\*</sup>, 藤田 耕史<sup>1</sup>, 中澤 文男<sup>2</sup>, 飯塚 芳徳<sup>3</sup>, 三宅 隆之<sup>2</sup>, 平林 幹啓<sup>2</sup>, 倉元 隆之<sup>2</sup>, 本山 秀明<sup>2</sup>, 藤田 秀二<sup>2</sup>  
Yu Hoshina<sup>1\*</sup>, Koji Fujita<sup>1</sup>, Fumio Nakazawa<sup>2</sup>, Yoshinori Iizuka<sup>3</sup>, Takayuki Miyake<sup>2</sup>, Motohiro Hirabayashi<sup>2</sup>, Takayuki Kuramoto<sup>2</sup>, Hideaki Motoyama<sup>2</sup>, Shuji Fujita<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学, <sup>2</sup> 国立極地研究所, <sup>3</sup> 北海道大学低温科学研究所

<sup>1</sup>Nagoya University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>ILTS, Hokkaido University

アイスコア解釈において、水安定同位体比は気温の指標として用いられる。しかし、南極内陸では、降雪量が非常に少なく、積雪層が表面付近に留まっている時間が長いため、積雪表面付近における水蒸気の昇華、凝結、拡散により、積雪中の水安定同位体比の季節シグナルが消失することが指摘されている。水安定同位体比の積雪堆積後の変化については、実験やモデルを用いた研究により、積雪表面の風による水蒸気移動の影響が大きいと示唆されている。しかし、実際の積雪プロファイルとの比較、検証はほとんど行われていない。本研究では、南極内陸で採取された積雪ピットの水安定同位体比と観測データから、水安定同位体比の積雪堆積後の変化と積雪堆積速度の関係を調べた。

2007年にドームふじ(DF)、ドームふじから西におよそ380 km離れた地点(MP)の2カ所で、表面から2 cm間隔で深さ4 mまでの積雪ピットを採取し、水安定同位体比、主要イオン濃度、トリチウムを分析し、トリチウム、非海塩性硫酸イオン、ナトリウムイオン、薄いクラスト層により年代決定を行った。ピットから求めた積雪量は、MPで約40.3 kg m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>、DFで約29.3 kg m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>であった。MPピットには、季節シグナルが保存されていたが、DFピットの水安定同位体比プロファイルには、季節シグナルは見られず、気温変動とは異なる数年周期の変動が見られた。積雪表面付近では、水蒸気の昇華・凝結による水安定同位体比の変化が大きいと考えられている。積雪内の水蒸気移動を雪温勾配から求めると、表面から深さ20 cm付近で水蒸気が凝結することがわかった。積雪堆積速度が一定であれば、水蒸気が凝結する深さを積雪層が通過する時間が一定なため、どの積雪層も同位体比への影響は一定となり、季節シグナルの振幅は弱められるが、周期は保存されると考えられる。しかし、DFにおけるステーク観測からは、年々の積雪量は-20から90 kg m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>と変動幅が大きく、数年周期で堆積量が変動していることがわかっていて、そのため、積雪層が水蒸気が凝結する深さを通過する時間は一定ではない。堆積速度変化と水蒸気凝結量の関係を見るため、ステークごとに観測された積雪堆積速度を与え、積雪深に応じた水蒸気を与えるモデル計算を行ったところ、水蒸気凝結量の時間変化が、DFピットの水安定同位体比の周期とよく対応した。これより、積雪堆積速度の変化によって、表面付近での同位体比変化量が決まると推察される。したがって、DFでは、不均一な堆積速度が、水蒸気によって同位体比に影響を与える深さを通過する時間を変化させるため、水安定同位体比の数年周期のシグナルが形成されたと示唆される。

キーワード: 南極, 水安定同位体

Keywords: Antarctica, water stable isotope

ACC029-18

会場:102

時間:5月26日 17:45-18:00

## 札幌・降雪試料中の陸源バイオマーカーの分子組成及び安定炭素・水素同位体比： 古環境学への示唆

### Molecular and stable isotopic compositions of terrestrial biomarkers in fresh snow from Sapporo, northern Japan

山本 真也<sup>1\*</sup>, 河村 公隆<sup>1</sup>

Shinya Yamamoto<sup>1\*</sup>, Kimitaka Kawamura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学 低温科学研究所

<sup>1</sup>ILTS, Hokkaido Univ.

Homologous series of high molecular weight *n*-alkanes, *n*-alkanols and *n*-alkanoic acids are typical biomarkers that originate from terrestrial higher plant waxes (Eglinton and Hamilton, 1967). These organic compounds are easily sloughed off from the leaf surface, and can become airborne. Because the terrestrial biomarkers in the atmosphere are eventually scavenged and deposited over ice sheet and ocean without suffering major modification due to their refractory nature, understandings of their transport processes can provide a base for paleoclimatological studies of ice cores and marine sediments. In the Japan sea-side of the Japanese islands, the cold and dry air of the Asian winter monsoon causes intensive snowfall with the supply of the heat and moisture from warm Tsushima current over the Sea of Japan. Hence, the snow in northern Japan should contain the imprint of aeolian inputs of terrestrial biomarkers. In this study, we investigated molecular distributions of terrestrial biomarkers and stable carbon ( $d^{13}C$ ) and hydrogen ( $dD$ ) isotope ratios of  $C_{22-28}$  *n*-alkanoic acids in fresh snow samples from Sapporo, northern Japan, to better understand their source regions and transport pathways. The snow samples are found to contain higher plant-derived *n*-alkanes, *n*-alkanols and *n*-alkanoic acids as major components. Relative abundances of these three biomarker classes suggest that they are likely derived from higher plants in the Asian continent. The  $C_{27}/C_{31}$  ratios of terrestrial *n*-alkanes in the snow samples range from 1.3 to 5.5, being similar to those of the plants growing in the latitudes  $> 40N$  of East Asia. The  $d^{13}C$  values of the *n*-alkanoic acids in the snow samples (-33.4 to -29.0 per mil) are similar to those of typical  $C_3$  gymnosperm from Sapporo (-34.4 to -30.4 per mil). However, the  $dD$  values of the *n*-alkanoic acids (-181 to -165 per mil) are found to be significantly depleted with deuterium (by up to 48 per mil) than those of plant leaves from Sapporo. Such depletion can be most likely interpreted by the long-range atmospheric transport of the *n*-alkanoic acids from vegetation in the latitudes further north of Sapporo because the  $dD$  values of terrestrial higher plants tend to decrease northward in East Asia reflecting the  $dD$  of precipitation. Together with the results of backward trajectory analyses, this study suggests that the terrestrial biomarkers in the Sapporo snow samples are likely transported from Siberia, Russian Far East and northeast China to northern Japan by the Asian winter monsoon.

Keywords: stable carbon isotopes, stable hydrogen isotopes, terrestrial biomarker, snow, Asian monsoon