

## 中央アジアキルギス天山山脈グリゴレア氷帽アイスコアから復元した雪氷藻類の経年変動

### Reconstruction of snow algal variations from an ice core drilled on an ice cap in Kyrgyz Tien Shan

竹内 望<sup>1\*</sup>, 本多 愛実<sup>1</sup>, 藤田 耕史<sup>2</sup>, 岡本 祥子<sup>4</sup>, 直木 和弘<sup>3</sup>, Vladimir Aizen<sup>5</sup>

Nozomu Takeuchi<sup>1\*</sup>, Megumi Honda<sup>1</sup>, Koji Fujita<sup>2</sup>, Sachiko Okamoto<sup>4</sup>, Kazuhiro Naoki<sup>3</sup>, Vladimir Aizen<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学, <sup>2</sup> 名古屋大学, <sup>3</sup> Jaxa, <sup>4</sup> 理化学研究所, <sup>5</sup> アイダホ大学

<sup>1</sup> Chiba University, <sup>2</sup> Nagoya University, <sup>3</sup> Jaxa, <sup>4</sup> Riken, <sup>5</sup> University of Idaho

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。雪氷藻類のバイオマスや群集構造は、氷河上の日射や融解量といった氷河の表面状態や雪氷藻類が栄養塩としているダスト粒子の供給といった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。本研究では、中央アジア天山山脈のグリゴレア氷帽で掘削されたアイスコア中の雪氷藻類のバイオマスおよび群集構造の過去の経年変動を復元し、その繁殖に関わる要因を明らかにすることを目的とした。

蛍光顕微鏡による分析の結果、このアイスコアには、糸状シアノバクテリアが3種、単細胞シアノバクテリアが1種、緑藻が1種の計5種の藻類が保存されていることがわかった。分析を行った上部64mに相当する235年間の藻類の経年変動を求めた結果、藻類のバイオマスや群集構造は年によって変化していることがわかった。藻類バイオマスは、特に1960年以降はそれ以前に比べて顕著に高くなっていた。藻類の群集構造の経年変動から、単細胞シアノバクテリアと緑藻aが優占種であり、それぞれの割合は年により変化していたことがわかった。1770年代から1880年代前半までは単細胞シアノバクテリアが優占していたが、その後徐々に緑藻aの割合が増加し、1880年代後半から1950年代後半は、緑藻aが優占していた。1960年代前半から1980年代後半までは、単細胞シアノバクテリアの割合が増加し、単細胞シアノバクテリアが優占したが、1980年代後半以降は緑藻aの割合が増加し、1990年代後半以降は再び緑藻aが優占していた。藻類の繁殖に関わる要因を明らかにするために、藻類各種のバイオマスの経年変動とアイスコア中のダスト濃度や現地の気象データを比較した結果、藻類の繁殖に関わる要因は複数あり、種によって関係する要因も異なることがわかった。特に、酸素安定同位体比、 $2\ \mu\text{m}$ 以上のダスト粒子濃度および氷帽周辺の夏期の気温は、3種の藻類すべてと正の相関があることがわかった。このことは、藻類の経年変動は氷河上の融解期間の長さ、およびダスト由来の栄養条件に強く影響を受けていることを示唆している。完新世前期に相当するアイスコア底部の分析の結果、完新世前期では藻類のバイオマスは最近200年に比べて低いことがわかった。このことは、完新世前期は藻類の繁殖は限られていたこと、近年、特に1960年以降の藻類バイオマスの増加は、過去8000年間で唯一起きた現象であることを示している。この近年の藻類の繁殖量の増加は、20世紀以降の温暖化によるものだと考えられ、現在天山の氷河表面の微生物群集には大きな変化が起きていることを示唆している。

キーワード: アイスコア, 氷河, 雪氷藻類, 微生物, 温暖化

Keywords: ice core, glacier, snow algae, microbes, climate warming

## キルギス・グレゴリア氷河のアイスコア試料を用いたメタゲノム解析による古環境復元

### Reconstructions of past flora using DNA analysis from ice core samples on Gregoriev Glacier, Kyrgyz Tienshan

瀬川 高弘<sup>1\*</sup>, 近藤伸二<sup>2</sup>, 竹内 望<sup>2</sup>  
Takahiro Segawa<sup>1\*</sup>, Shinji Kondo<sup>2</sup>, Nozomu Takeuchi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所 新領域融合研究センター, <sup>2</sup> 千葉大学

<sup>1</sup>Transdisciplinary Research Integration Center, National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Chiba University

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 highly limited.

We report results of metagenomic analyses of genomic DNA collected from the ice core sample (about 8,000 and 12,500 years old) collected on Gregoriev Glacier, Kyrgyz Tienshan. The ice core samples were melted using a device that enabled us to obtain water only from the inner portion of the cores. Complete separation of the inner and outer cores is required to avoid contamination by bacteria that can adhere to the cores during drilling and storage. We carried out taxonomic and functional binning of the metagenomic DNA by utilizing sequences generated by the 454 FLX sequencer, and attempted to reconstruct the organisms and their interactions within the community and with the environment on the sampled sites. The results implied genomic information used as an environmental marker for past environmental studies.

キーワード: アイスコア, ゲノム解析, メタゲノム解析, 古環境, 微生物

Keywords: ice core, genome analysis, metagenome, past environmental study, microorganisms

シベリア・スントルハヤタ No.31 氷河で掘削した 2 m アイスコアの花粉, 化学成分,  
酸素安定同位体比, 雪氷藻類分析  
Variations in pollens, dissolved ions, Oxygen isotopes, and Snow algae in a shallow ice  
core of No.31 Glacier, Suntar-Kh

宮入 匡矢<sup>1\*</sup>, 竹内 望<sup>1</sup>, 田中 聡太<sup>1</sup>, 門田 勤<sup>2</sup>, 白川 龍生<sup>3</sup>, 日下 稜<sup>3</sup>, Alexander Fedorov<sup>5</sup>, Pavel Konstantinov<sup>5</sup>, 高橋 修平<sup>3</sup>, 大畑 哲夫<sup>2</sup>, 矢吹 裕伯<sup>2</sup>, 紺屋 恵子<sup>2</sup>, 榎本 浩之<sup>4</sup>

Masaya miyairi<sup>1\*</sup>, Nozomu Takeuchi<sup>1</sup>, Sota Tanaka<sup>1</sup>, Tsutomu Kadota<sup>2</sup>, Tatsuo Shirakawa<sup>3</sup>, Ryo KUSAKA<sup>3</sup>, Alexander Fedorov<sup>5</sup>, Pavel Konstantinov<sup>5</sup>, Shuhei Takahashi<sup>3</sup>, Tetsuo Ohata<sup>2</sup>, Hironori Yabuki<sup>2</sup>, Keiko Konya<sup>2</sup>, Hiroyuki Enomoto<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学, <sup>2</sup> 独立行政法人海洋研究開発機構, <sup>3</sup> 北見工業大学, <sup>4</sup> 国立極地研究所, <sup>5</sup> Melnikov Permafrost Institute

<sup>1</sup> Chiba University, <sup>2</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>3</sup> Kitami Institute of Technology, <sup>4</sup> National Institute of Polar Research, <sup>5</sup> Melnikov Permafrost Institute

2012年の7月から9月にかけて、GRENE プロジェクトの雪氷研究課題の1つとしてロシアのシベリアにあるスントルハヤタ地域にある氷河で観測を行った。この地域、東シベリアは北極域では研究の空白域になっており、特に氷河の化学成分や花粉、藻類といったものを扱った研究は行われていない。アイスコアでは、花粉や化学成分は周辺の環境を復元する指標となり、この地域でより長いコアを掘削すれば、森林の増減を復元できるかもしれない。そこで本研究では、シベリアはスントルハヤタ山脈にある No.31 氷河の花粉分析による年代決定及び周辺植生の復元の可能性を検討するため、同氷河の雪氷中に含まれる花粉の種類や構成比、また年層決定の補助及びその特性を調べるため化学成分や酸素安定同位体比などを分析した。

化学成分では化学成分間の関係性をみると、Cl, Na, NH<sub>4</sub>, K, Mg 間と NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> 間に正の有意な相関がみられた。この2つの間には有意な関係がみられないことからこれらは別々の供給源からもたらされたものと考えられる。

花粉分析を行った結果、カバノキ科、マツ科、ヨモギ属の花粉が観察された。これらの構成比だと、カバノキ科が59%と最も多くを占め、マツ科が39%、ヨモギ属が2%であった。これをほかの中央アジアの氷河と比較すると構成比が大きく異なるということがわかった。

酸素同位体比や雪氷藻類は発表当日に示す。

## 過去4000年のグリーンランド気温変動の原因と、北半球平均気温変動へのインプリケーション

### Causes of Greenland temperature variability over the past 4000 years: Implications for Northern Hemispheric temperature

小端 拓郎<sup>1\*</sup>, 川村賢二<sup>1</sup>, 東久美子<sup>1</sup>, Jason Box<sup>2</sup>, Chao-Chao Gao<sup>3</sup>, 仲江川敏之<sup>4</sup>

Takuro Kobashi<sup>1\*</sup>, Kenji Kawamura<sup>1</sup>, Kumiko Azuma<sup>1</sup>, Jason Box<sup>2</sup>, Chao-Chao Gao<sup>3</sup>, Toshiyuki Nakaegawa<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> バード極地研究所, <sup>3</sup> Zhejiang University, <sup>4</sup> 気象研究所

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Byrd Polar Research Center, <sup>3</sup>Zhejiang University, <sup>4</sup>Meteorological Research Institute

A new Greenland temperature record reconstructed from argon and nitrogen isotopes from trapped air in a GISP2 ice core, provides high resolution (less than 20 years) and precise annual average temperature estimates for the past 4000 years. Due to tight age controls and abundant paleoclimatic information from the ice core, the temperature record provides an exceptional opportunity to investigate the late Holocene climate in a multidecadal to millennial time scale. To investigate causes of Greenland temperature variability over the past 4000 years, we calculated high latitude (70 to 80N) temperature change using a one dimensional energy balance model with reconstructed climate forcings including orbital, solar, volcanic, and greenhouse gas forcings. Greenland temperature was calculated from the high latitude temperature, considering Greenland negative temperature responses to solar variability due to associated changes in atmospheric and oceanic circulations. The calculated Greenland temperature was significantly correlated with the ice core derived Greenland temperatures with the 97 percent confidence level. Therefore, the past variability of climate forcings can explain at least 10 percent of the multidecadal to millennial variability in Greenland temperature over the past 4000 years. An average temperature trend for the Northern Hemisphere (NH) over the past 4000 years was also inferred from the ice core derived Greenland temperatures. Lines of evidence indicate that the current decadal average temperature of NH is likely warmer than at any time over the past 4000 years. Sequential cooling events starting around 800 B.C.E. (the 2.8ka event), which were induced by several large volcanic eruptions as well as low solar activity, had similar magnitude with the Little Ice Age cooling.

キーワード: グリーンランド, 気温, 古気候, 気候変動, 氷床コア

Keywords: Greenland, Temperature, Paleoclimate, Climate change, Ice core

## グリーンランド NEEM 氷床コアによる最終間氷期の環境復元 Climate and environment in north Greenland during the last interglacial reconstructed from the NEEM ice core

東 久美子<sup>1\*</sup>, 東信彦<sup>2</sup>, 平林幹啓<sup>1</sup>, 川村賢二<sup>1</sup>, 倉元隆之<sup>3</sup>, 宮本淳<sup>4</sup>, 植竹淳<sup>1</sup>

Kumiko Goto-Azuma<sup>1\*</sup>, Nobuhiko Azuma<sup>2</sup>, Motohiro Hirabayashi<sup>1</sup>, Kenji Kawamura<sup>1</sup>, Takayuki Kuramoto<sup>3</sup>, Atsushi Miyamoto<sup>4</sup>, Jun Uetake<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 長岡技術科学大学, <sup>3</sup> 信州大学, <sup>4</sup> 北海道大学

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Nagaoka University of Technology, <sup>3</sup>Shinshu University, <sup>4</sup>Hokkaido University

2008年～2012年にかけて実施された北グリーンランド氷床深層掘削計画 (North Greenland Eemian Ice Drilling: NEEM 計画) は、デンマークをリーダーとして14カ国が参加する国際共同計画で、岩盤まで達する2540mの氷床コアの掘削に成功した。NEEM計画開始時の予想に反し、NEEMでは岩盤付近で氷の層が褶曲していたため、現在から最終氷期に至るまでの連続した氷を得ることができなかった。そこで、NEEMコアの酸素同位体比や空気の成分の分析結果を、グリーンランドの他の地点や南極で掘削された氷床コアの分析結果と比較することにより、褶曲した氷の各層の年代を決定した。そのようにして、NEEMコアから得られたデータを年代順のデータとしてつなぎあわせた結果、エーム間氷期と呼ばれる最終間氷期(13万年前～11万5千年前)の大部分は連続した層として保存されていることが明らかになった。NEEMコアの分析により、最終間氷期の気候・環境をほぼ完全に復元することができ、以下の知見が得られた。

北グリーンランドでは、最終間氷期が始まったばかりの12万6千年前頃が最も温暖で、気温が現在よりも約 $8 \pm 4$ 高かったが、その後、気温は徐々に低下した。12万8千年前と12万2千年前の間の6千年間に北グリーンランドの氷床の厚さは $400 \pm 250$  m減少した。また、12万2千年前には氷床表面高度が現在よりも $130 \pm 300$  m低下していた。12万7千年前から11万8千年前には、現在では殆ど融雪が生じない北グリーンランド内陸部でも、2012年の7月と同様、夏に氷床表面で融解が生じていた。

日本は、現在、NEEMコアの気体分析、化学分析、物理分析、微生物分析を実施している。NEEMコアの分析により、現在から最終間氷期に至るまでの気候・環境変動の詳細が明らかになれば、地球温暖化に伴う将来のグリーンランドの気候や氷床の変動の予測に不可欠な情報を得ることができると期待される。

キーワード: グリーンランド, NEEM, 最終間氷期, 氷床コア, 気候・環境

Keywords: Greenland, NEEM, last interglacial, ice core, climate and environment

## 氷床コアに含まれる微量火山灰の磁気的手法による非破壊検出 Non-destructive magnetic detection of thin ash layers in ice cores

小田 啓邦<sup>1\*</sup>, 宮城 磯治<sup>1</sup>, 河合 淳<sup>2</sup>, 菅沼 悠介<sup>3</sup>, 船木 實<sup>3</sup>  
Hirokuni Oda<sup>1\*</sup>, Isoji MIYAGI<sup>1</sup>, Jun Kawai<sup>2</sup>, Yusuke Suganuma<sup>3</sup>, Minoru Funaki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所地質情報研究部門, <sup>2</sup> 金沢工業大学先端電子技術応用研究所, <sup>3</sup> 国立極地研究所地圏研究グループ  
<sup>1</sup>Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>2</sup>Applied Electronics Laboratory, Kanazawa Institute of Technology, <sup>3</sup>Geoscience Group, National Institute of Polar Research

We will make a presentation on the results of non-destructive magnetic detection of ash layers in ice core samples with an LTS-SQUID gradiometer developed for non-destructive evaluation. The LTS-SQUID gradiometer have a planar pickup coil with 1.5 mm x 1.5 mm area and the baseline of 3 mm. Volcanic ash sample collected from 2008 eruption of Sakurajima volcano at Sakurajima and AT tephra sample collected in Hokkaido were used to imitate ash layers in ice cores. Both of the model ice core samples gave reasonable signals by artificial magnetization. Preliminary estimate of the detection limit for the current system and configuration is of the order of  $\sim 1 \times 10^{-4}$  A/m. The sensitivity is very much enhanced when the magnetic sensor is lowered just above the model ice cores. High sensitivity non-destructive magnetic detection of ash layers will be an important method to identify stratigraphic horizons of volcanic activities combined with electrical conductivity signals related to sulfate supplied at the time of volcanic eruptions.

キーワード: 氷床コア, 火山灰, 非破壊測定, SQUID グラジオメータ, 磁性鉱物, 年代モデル  
Keywords: ice core, tephra, nondestructive measurement, SQUID gradiometer, magnetic mineral, age model

## 二酸化硫黄光励起反応を用いて、気候変動に影響を与える火山噴火を特定する SO<sub>2</sub> photoexcitation mechanism links sulfur MIF in polar sulfate to climate-impacting volcanism

服部 祥平<sup>1\*</sup>, ヨハン シュミット<sup>2</sup>, マシュー ジョンソン<sup>2</sup>, ダニエラチェ セバスチアン<sup>3</sup>, 山田 明憲<sup>4</sup>, 上野 雄一郎<sup>5</sup>, 吉田 尚弘<sup>1</sup>  
Shohei Hattori<sup>1\*</sup>, Johan A. Schmidt<sup>2</sup>, Matthew S. Johnson<sup>2</sup>, Sebastian Danielache<sup>3</sup>, Akinori Yamada<sup>4</sup>, Yuichiro Ueno<sup>5</sup>, Naohiro Yoshida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東工大 総理工 化学環境, <sup>2</sup> コペンハーゲン大学 化学科, <sup>3</sup> 上智大学, <sup>4</sup> 東京大学 地球惑星科学科専攻, <sup>5</sup> 東工大 理工 地球惑星

<sup>1</sup>Department of Environmental Chemistry and Engineering, Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>University of Copenhagen, <sup>3</sup>Sophia University, <sup>4</sup>Department of Earth & Planetary Science, University of Tokyo, <sup>5</sup>Department of Earth & Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

Natural climate variation such as that due to volcanoes is the basis for identifying anthropogenic climate change. However, knowledge of the history of volcanic activity is inadequate, in particular concerning the explosivity of specific events. Stable sulfur isotope abundances contain additional information and recent studies show a correlation between volcanic plumes that reach the stratosphere and mass-independent anomalies in sulfur isotopes in glacial sulfate. We describe a new mechanism, photoexcitation of SO<sub>2</sub>, links the two yielding a useful metric of explosivity of historic volcanic events. A plume model of SO<sub>2</sub> to sulfate conversion was constructed including photochemistry, entrainment of background air and sulfate deposition. Isotopologue-specific photoexcitation rates were calculated based on the UV absorption cross sections of <sup>32</sup>SO<sub>2</sub>, <sup>32</sup>SO<sub>2</sub>, <sup>32</sup>SO<sub>2</sub> and <sup>32</sup>SO<sub>2</sub> from 250 to 320 nm. The model demonstrates that UV photoexcitation is enhanced by altitude while mass-dependent oxidation such as SO<sub>2</sub> + OH is suppressed by in situ plume chemistry, allowing the production and preservation of a mass-independent sulfur isotope anomaly in the sulfate product. The model accounts for the amplitude, phases and time development of  $\Delta^{33}\text{S} / \delta^{34}\text{S}$  and  $\Delta^{36}\text{S} / \Delta^{33}\text{S}$  found in glacial samples. For the first time we are able to identify the process controlling mass-independent sulfur isotope anomalies in the modern atmosphere. This mechanism is the basis of identifying the magnitude of historic volcanic events.

キーワード: 成層圏硫酸エアロゾル, 地球寒冷化, 大規模火山噴火, 硫黄同位対比, 質量非依存同位体分別, 大気化学

## 南極内陸における過去 30 万年の硫酸塩エアロゾルと気温のカップリング Sulfate-climate coupling over the past 300,000 years in inland Antarctica

飯塚 芳徳<sup>1\*</sup>, 植村 立<sup>2</sup>, 本山秀明<sup>3</sup>, 鈴木利孝<sup>4</sup>, 三宅隆之<sup>5</sup>, 平林幹啓<sup>3</sup>, 本堂武夫<sup>1</sup>

Yoshinori Iizuka<sup>1\*</sup>, Ryu Uemura<sup>2</sup>, MOTOYAMA, Hideaki<sup>3</sup>, SUZUKI, Toshitaka<sup>4</sup>, MIYAKE, Takayuki<sup>5</sup>, HIRABAYASHI, Motohiro<sup>3</sup>, HONDOH, Takeo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学低温科学研究所, <sup>2</sup> 琉球大学理学部, <sup>3</sup> 国立極地研究所, <sup>4</sup> 山形大学理学部, <sup>5</sup> 滋賀県立大学

<sup>1</sup>Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Department of Chemistry, Biology and Marine Science, Faculty of Science, University of the Ryukyus, <sup>3</sup>National Institute of Polar Research, <sup>4</sup>Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science, Yamagata University, <sup>5</sup>School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture

吸湿性で比較的粒径の大きい硫酸塩粒子と硫酸が付着したダストなどの硫酸塩関連エアロゾルは、雲の凝結核として働き、太陽光散乱の増加をもたらすことで、地球の気候を寒冷化させる作用をもつ。氷期-間氷期気温変動における硫酸塩エアロゾルの証拠は極域の氷床コアに残されている可能性があるが、氷床コアを融解する従来の分析手法からは、硫酸イオンとしての証拠しか得られず、それは液体の硫酸と固体の硫酸塩の両者を含んでいる。本発表では、南極内陸のドームふじ氷床コアから得られた、過去 30 万年にわたる固体の硫酸塩および硫酸が付着したダストフラックスを復元した。その結果、最終氷期において全ダストのフラックスがかなり増加したにもかかわらず、氷期、間氷期を通じて、硫酸が付着したダストのフラックスはほとんど一定だったことがわかった。他方、硫酸塩のフラックスは気温と逆の相関をもち、硫酸塩粒子と気温の気候学的なカップリングの存在を示唆している。たとえば、最終氷期最盛期の硫酸塩のフラックスの平均は、1 年間で単位面積あたり 5.78mg となり、完新世の値のほぼ 2 倍である。近年の関係を過去の氷床コアの記録に適用するという相当な不確実性のある推算ではあるが、この解析から、氷期から間氷期にかけて起こった硫酸塩の減少が、雲の寿命とアルベドに対するエアロゾルの間接効果を減少させ、南極域における 0.1 から 5K の温暖化をもたらした可能性が示された。

キーワード: 硫酸塩エアロゾル, 雲凝結核, 極域アイスコア, 氷昇華装置

Keywords: sulphate aerosols, cloud condensation nuclei, polar ice core, ice sublimation method



## 南極ドームふじ氷床コア中の宇宙線生成核種 $^{10}\text{Be}$ を用いた Blake エクスカーションの復元

### Reconstruction of Blake excursion using the cosmogenic radio nuclide Beryllium-10 in Antarctic Dome Fuji ice core

恒川 綸大<sup>1\*</sup>, 横山 祐典<sup>1</sup>, 高橋 理美<sup>1</sup>, 宮入 陽介<sup>1</sup>, 阿瀬 貴博<sup>2</sup>, 堀内 一穂<sup>3</sup>, 松崎 浩之<sup>1</sup>, 本山 秀明<sup>4</sup>

Rindai TSUNEKAWA<sup>1\*</sup>, YOKOYAMA, Yusuke<sup>1</sup>, TAKAHASHI, Satomi<sup>1</sup>, MIYAIRI, Yousuke<sup>1</sup>, AZE, Takahiro<sup>2</sup>, HORIUCHI, Kazuho<sup>3</sup>, MATSUZAKI, Hiroyuki<sup>1</sup>, MOTOYAMA, Hideaki<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京大学, <sup>2</sup> 東京工業大学, <sup>3</sup> 弘前大学, <sup>4</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup>The University of Tokyo, <sup>2</sup>Tokyo Institute of Technology, <sup>3</sup>Hirosaki University, <sup>4</sup>National Institute of Polar Research

An important development in the field of geomagnetism is the recognition of excursions that serve as chronostratigraphic tools for the dating and correlation of marine and lacustrine sediment cores. Here, we reconstruct the Blake excursion from 127ka to 101ka by analyzing  $^{10}\text{Be}$  in the second Dome Fuji deep ice core. We focus attention on the Blake excursion because it occurs during Marine Isotope Stage (MIS) 5, during the last interglaciation, beyond the range of radiocarbon dating.  $^{10}\text{Be}$  and other cosmogenic radionuclides, such as  $^{14}\text{C}$ ,  $^{26}\text{Al}$ , and  $^{36}\text{Cl}$  are good proxies for geomagnetic field intensity because atmospheric production increases during periods of low intensity during excursions, and  $^{10}\text{Be}$  is particularly well suited due to its long half life, high production rate, and well understood fallout process. While the accumulation of  $^{10}\text{Be}$  in sediments is complicated due to enrichment from sources other than direct atmospheric fallout, polar ice cores are remarkable archives of  $^{10}\text{Be}$ , especially those from Antarctica, which is isolated from other continents. Ice cores drilled at Dome Fuji also have the advantage of a well dated chronology using the  $\text{O}_2/\text{N}_2$  ratios (Kawamura, et al., 2007). Results indicate there are five discrete peaks in  $^{10}\text{Be}$  flux during the Blake excursion that will allow export of the Dome Fuji chronology to the MIS5 intervals of sediment cores.

キーワード: 氷床コア, 宇宙線生成核種, Blake エクスカーション, ドームふじ

Keywords: ice core, cosmogenic radio nuclide, Blake excursion, Dome Fuji

## 南極ドームふじ南 10 km 地点掘削 (2010年) 浅層コアにおける 硝酸塩同位体比の測定

### Measurement of nitrogen and oxygen isotope ratios of nitrate in a shallow ice core drilled in the vicinity of Dome Fuji

岡本 祥子<sup>1\*</sup>, 高橋 和也<sup>1</sup>, 本山 秀明<sup>2</sup>, 眞壁 明子<sup>3</sup>, 木庭 啓介<sup>3</sup>, 望月 優子<sup>1</sup>

Sachiko Okamoto<sup>1\*</sup>, Kazuya Takahashi<sup>1</sup>, Hedeaki Motoyama<sup>2</sup>, Akiko Makabe<sup>3</sup>, Keisuke Koba<sup>3</sup>, Yuko Motizuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 理化学研究所仁科加速器研究センター, <sup>2</sup> 国立極地研究所, <sup>3</sup> 東京農工大学農学部

<sup>1</sup>RIKEN Nishina Center, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

過去の太陽活動の変動の復元は、天文学的にも地球科学的にも重要である。アイスコアには、気候変動のようなさまざまな地球の歴史に加え、天文学的なイベントも保存されていると考えられる。これまでの研究によって、南極で掘削されたアイスコアの硝酸イオン濃度が太陽活動の指標となりうる事が報告されている (e.g. *Traversi et al.*, 2012)。そこで、我々は、成層圏での光化学反応による同位体分別効果が反映されていると考えられる硝酸塩の窒素・酸素安定同位体比に着目し、分析を行った。

本研究では、2010年に南極ドームふじ基地南 10 km の地点で掘削された浅層コアにおいて、硝酸イオン濃度のスパイクとその周辺部の窒素・酸素安定同位体比の測定を行った。化学物質が成層圏から直接輸送されるドームふじは、成層圏での大気反応研究には理想的な場所であると考えられている。測定には、脱窒菌 (*Pseudomonas aureofaciens*) を用いて硝酸を一酸化二窒素に還元し、これをパージ・アンド・トラップ方式で凝縮し、測定を行う脱窒菌法 (*Casciotti et al.*, 2002) を用いた。

窒素・酸素同位体比は、硝酸イオン濃度に比べ明瞭な変動を示した。窒素安定同位体比は、ドームC基地周辺のピットで観測された値と同じような幅を示し、窒素・酸素同位体比の挙動は、硝酸イオンスパイクによって異なっていた。先行研究によって、窒素同位体比は  $\text{NO}_x$  起源、酸素同位体比は大気中で  $\text{NO}_x$  から硝酸が生成される経路に依存することがわかっており (e.g. *Hastings et al.*, 2003)、成層圏での化学反応を合わせて考えることで、硝酸イオンでは見えなかった太陽活動変動解明の可能性が示唆された。

#### References

Traversi, R., I. G. Usoskin, S. K. Solanki, S. Becagli, M. Frezzotti, M. Severi, B. Stenni, R. Udisti, Nitrate in Polar Ice: A New Tracer of Solar Variability, *Sol. Phys.*, 280(1), 237-254, 2012.

Casciotti, K. L., D. M. Sigman, M. G. Hastings, J. K. Bohlke, and A. Hilkert, Measurement of the oxygen isotopic composition of nitrate in seawater and freshwater using the denitrifier method, *Anal. Chem.*, 74(19), 4905-4912, 2002.

Hastings, M. G., D. M. Sigman, and F. Lipschultz, Isotopic evidence for source changes of nitrate in rain at Bermuda, *J. Geophys. Res.*, 108(D24), 2003.

キーワード: アイスコア, 硝酸塩同位体, 太陽活動

Keywords: ice core, nitrate isotopes, solar activity

## データ同化手法を用いた南極ドームふじアイスコア年代決定モデルの開発 [A new dating method for Dome Fuji ice core using data assimilation]

鈴木 香寿恵<sup>1\*</sup>, 川村 賢二<sup>2</sup>, 中野 慎也<sup>1</sup>, 長尾 大道<sup>1</sup>, 阿部 彩子<sup>3</sup>, 齋藤 冬樹<sup>4</sup>, 樋口 知之<sup>1</sup>

Kazue Suzuki<sup>1\*</sup>, Kenji Kawamura<sup>2</sup>, Shin'ya Nakano<sup>1</sup>, Hiromichi Nagao<sup>1</sup>, Ayako Abe-Ouchi<sup>3</sup>, Fuyuki SAITO<sup>4</sup>, Tomoyuki Higuchi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 統計数理研究所, <sup>2</sup> 国立極地研究所, <sup>3</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>4</sup> 独立行政法人海洋研究開発機構

<sup>1</sup>The Institute of Statistical Mathematics, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, <sup>4</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

本研究では、これまで Parrenin et al. (2004, 2007) で用いられてきた氷床流動および圧密モデルと観測値にドームふじ第二期氷床コア中の O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> より得られた高解像度の tie points データを用いて、新たなデータ同化手法を用いたアイスコア年代決定モデルの開発を試みた。今回はカルマンフィルターを用い、Parrenin et al. (2004, 2007) とは異なり、年代自体を直接補正する手法を取り入れたモデルを構築した。結果として、Parrenin et al. (2007) によって得られた連続的な年代およびそれを決定する最適化されたパラメータと、相違ない結果が得られたが、本手法では計算コストを大幅に削減出来た。今後は別のデータ同化手法を適用した、より詳細な年代補正を行うことが可能となるアイスコア年代決定モデルを構築する予定である。

キーワード: データ同化, アイスコア

Keywords: Data Assimilation, Ice Core

## An updated chronology and inference of climate evolution for the GISP2 ice core from Summit, Greenland An updated chronology and inference of climate evolution for the GISP2 ice core from Summit, Greenland

Jessica M. D. Lundin<sup>1</sup>, Ralf Greve<sup>2\*</sup>, Sune O. Rasmussen<sup>3</sup>, Inger K. Seierstad<sup>3</sup>, Edwin D. Waddington<sup>1</sup>  
Jessica M. D. Lundin<sup>1</sup>, Ralf Greve<sup>2\*</sup>, Sune O. Rasmussen<sup>3</sup>, Inger K. Seierstad<sup>3</sup>, Edwin D. Waddington<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth and Space Sciences, University of Washington, Seattle, USA, <sup>2</sup>Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan, <sup>3</sup>Centre for Ice and Climate, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark  
<sup>1</sup>Department of Earth and Space Sciences, University of Washington, Seattle, USA, <sup>2</sup>Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan, <sup>3</sup>Centre for Ice and Climate, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark

Accurate chronologies are paramount for properly assessing the timing of past climate events. The GISP2 ice core has been updated to the Greenland Ice Core Chronology (GICC05) for 840 sparse volcanic tie points. Using the thickness evolution for the GISP2 site from the three-dimensional dynamic/thermodynamic ice sheet model SICOPOLIS ([sicopolis.greveweb.net](http://sicopolis.greveweb.net)), we determine a more continuous GISP2 chronology. The associated accumulation-rate history is determined for a suite of thickness reconstructions. The implications of this work include aligning the GISP2 ice core chronology and climate record with other Greenland ice cores (NEEM, NGRIP, and GRIP), improving our understanding of the Arctic climate from a suite of deep ice cores. Improving the GISP2 Greenland chronology has implications for both polar regions. Antarctic ice cores (Byrd, Siple) have been dated from the GISP2 record through inflection points in the well-mixed methane record.

キーワード: Greenland, Ice sheet, Ice core, Climate change, Modeling  
Keywords: Greenland, Ice sheet, Ice core, Climate change, Modeling

## 風応力に対して氷床の地形、アルベド効果を与える影響

### The topographic and albedo effect of ice sheets on surface wind stress with implications for glacial ocean circulation

シェリフ多田野 サム<sup>1\*</sup>, 阿部彩子<sup>1</sup>, 吉森正和<sup>1</sup>, 陳 永利<sup>1</sup>

Sam Sherrifftadano<sup>1\*</sup>, Abe-Ouchi, Ayako<sup>1</sup>, Yoshimori, Masakazu<sup>1</sup>, Chan, Wing-Le<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

In the previous presentation of Abe-Ouchi et al. (2012, JpGU), they pointed out that the Atlantic meridional overturning circulation (AMOC) was strongly controlled by the ice sheet and greenhouse gases (GHGs). By comparing the results from a coupled atmosphere ocean general circulation model (AOGCM) with and without glacial ice sheets, they showed that the ice sheets had a large influence on the glacial AMOC. The process behind this is not fully understood, but may be related to atmospheric circulation change due to the presence of huge ice sheets. Some studies have shown that during the Last Glacial Maximum (LGM), the atmospheric circulation was very different to that of today mainly due to the presence of the huge ice sheet, especially in the North Atlantic. These atmospheric circulation differences would cause some changes in wind stress and should therefore affect AMOC. Thus in this study, we investigate the potential/possible influence of the ice sheets on glacial AMOC through wind stress. Here we use an atmosphere general circulation model (AGCM), which is the atmospheric part of MIROC climate model for sensitivity experiments. As ice sheet has two effects (topography effect and albedo effect) on atmospheric circulation, we separate each effect as well. In the North Atlantic, consistent with previous studies, differences between the wind stresses of the modern climate and LGM were mainly explained by the presence of the LGM ice sheets, i.e., Laurentide and Fennoscandian ice sheets. Anomalies induced by the ice sheets were a southward wind stress anomaly in the Greenland Sea and the Baffin Bay, and anti-cyclonic wind stress anomaly at mid and low latitudes. It was also found that at high latitudes, the topography effect was dominant and the albedo effect played a secondary role. On the other hand, at mid-latitudes, the albedo effect was dominant and the topography effect played an opposite role compared to the total ice sheet effect. In the zonal mean, there were also net westward and eastward anomalies at mid and low latitudes, respectively.

Keywords: Ice sheet, LGM, wind stress, AMOC