

2007/2008年南極内陸トラバース (JASE) における積雪ピットの主要イオン濃度 Chemical analysis of three snow pits of inland Antarctic Expedition 2007/2008 (JASE)

保科 優^{1*}, 藤田 耕史¹, 中澤 文男², 飯塚 芳徳³, 三宅 隆之⁴, 平林 幹啓², 倉元 隆之⁵, 本山 秀明², 藤田 秀二²
HOSHINA, Yu^{1*}, FUJITA, Koji¹, NAKAZAWA, Fumio², Yoshinori Iizuka³, MIYAKE, Takayuki⁴, HIRABAYASHI, Motohiro²,
KURAMOTO, Takayuki⁵, MOTOYAMA, Hideaki², FUJITA, Shuji²

¹ 名古屋大学, ² 国立極地研究所, ³ 北海道大学低温科学研究所, ⁴ 滋賀県立大学, ⁵ 信州大学山岳科学研究所

¹Nagoya University, ²National Institute of Polar Research, ³Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ⁴The University of Shiga Prefecture, ⁵Institute of Mountain Science, Shinshu University

アイスコア解釈において、ナトリウム、塩化物イオンなどの主要イオン濃度は、過去の気候変化、大気循環の変化などの復元を試みるうえで、重要な要素である。2007/2008年に日本とスウェーデン合同で南極内陸トラバース (Japanese-Swedish Antarctic Expedition, JASE) が行われた。昭和基地 - ドームふじ - Kohnen - Wasa 基地のルート上で、ドームふじ (DF, 77°18'S, 39°47'E)、ドームふじから西におよそ 380 km 離れた両隊の会合点 (MP, 76°48'S, 31°45'E)、DF と MP の間でドームふじから西におよそ 190 km 離れた中間地点 (Mid.P, 77°00'S, 43°00'E) の3点で表面からそれぞれ 4 m, 4 m, 2 m の雪が採取された。この積雪ピットは、深さ 2 cm 間隔で、水安定同位体比、主要イオン濃度、トリチウムを分析し、非海塩性硫酸イオン、トリチウム、ナトリウムイオン、塩化物イオン、薄いクラスト層によって、年代決定を行った。ピットから求めた積雪量は、DF が $29.3 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 、Mid.P は $34.8 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 、MP が $40.7 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ と、沿岸に近づくほど積雪量が多い。

これらの積雪試料の表層のイオン構成比を比較してみると、地点による違いはほとんど見られなかった。水安定同位体比とイオン濃度の関係をみると、酸素同位体と陽イオン、陰イオンはどちらも負の相関関係にあり、内陸の DF がもっとも負相関が高く、沿岸に近づくにつれ、相関が低くなっていた。また、ダスト由来とされているカルシウムイオンとダストの関係は、DF では相関はないが、Mid.P、MP では、よい相関関係がみられた。

過去8回の氷期における南極の数千年スケールの気候変動 Multi-millennial-scale climatic variations in Antarctica during the last eight glacial cycles

川村 賢二^{1*}, ドームふじ氷床コア研究グループ¹
KAWAMURA, Kenji^{1*}, Dome Fuji Ice Core Research Group¹

¹ 国立極地研究所

¹National Institute of Polar Research

Climatic variability on millennial timescales, characterized by abrupt temperature changes in the Northern Hemisphere and inter-hemispheric seesaw, have been well documented for the last glacial period by many paleoclimatic records. It is also evident that very large inter-hemispheric seesaw occurred during the last deglaciation. The cause for these variations is thought to be the variations of freshwater flux into North Atlantic ocean from surrounding ice sheets, which can change the strength of meridional overturning circulation and associated poleward heat transports. Therefore, millennial-scale variations in Antarctica or elsewhere may tell us about ice sheet variability in the Northern Hemisphere. However, the frequency and magnitude of such events are uncertain for older glacial periods and terminations because of the lack of suitable climatic records. Here we present a 720,000-yr ice-core isotopic record along the second Dome Fuji ice core, East Antarctica. Synchronizing and stacking this record with existing Dome C ice-core record permits robust identification of multi-millennial-scale Antarctic warming events over the last eight glacial cycles. Dust proxies in Marine Isotope Stage 16 in the Dome Fuji core (oldest glacial period in this core) show that the millennial-scale variations of dust flux are negatively correlated with Antarctic temperature for all identified events. This demonstrates that changes of aridity in the dust source region, presumably Patagonia, occurred in concert with Antarctic climate changes. A bandpass filter (3,000 - 15,000 yr periodicities) was applied to the stacked isotope record to account for loss of resolution in the old (deep) part. This allows us to identify large Antarctic warming events with a constant criteria through 800,000 years. We find a positive relationship between repetition period of multi-millennial-scale events and Antarctic temperature, with exceptions in glacial maxima. The data suggests instability of Northern Hemisphere ice sheets in intermediate glacial condition and also a role of climatic precession, presumably through Northern Hemisphere summer insolation, affecting ice sheet mass balance. Multi-millennial-scale events becomes infrequent in times of large precession variations in early parts of glacial periods, implicating long freshwater release due to strong summer insolation forcing. Very large multi-millennial-scale events are identified at glacial terminations, suggesting that the terminations in general involve abrupt and large climatic transitions which are overlaying on the slow orbital-scale variations.

キーワード: ドームふじ氷床コア, 南極, 数千年スケールの気候変動, 軌道要素変動, バイポーラーシーソー, 退氷期

Keywords: Dome Fuji ice core, Antarctica, Millennial scale climatic changes, Orbital variations, Bipolar seesaw, Glacial terminations

氷期中の数千年スケールの急激な気候変化とその氷床への影響に関するモデリング Modelling the Abrupt climate change in millennial scale and its influence upon ice sheets during the middle level glacia

阿部 彩子^{1*}, 斎藤冬樹², 岡頭¹, 大垣内るみ², 高橋邦夫²

ABE-OUCHI, Ayako^{1*}, Fuyuki Saito², Akira Oka¹, Rumi Ohgaito², Kunio Takahashi²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ²JAMSTEC

¹AORI, University of Tokyo, ²JAMSTEC

Abrupt climate change in millennial time scale such as D-O cycles and AIM recorded in ice cores occurs more frequent with high amplitude during the middle level glacial climate state than in the interglacial state or the full glacial state. The mechanism of the frequent occurrence of abrupt change through the Atlantic meridional overturning circulation is unclear and the necessity of the high frequency during the middle level glacial state is not known. Here we use a coupled ocean atmosphere model, MIROC, to compare the detailed nature of the response to fresh water release (0 to 0.1 Sv under different initial condition) of AMOC under middle level glacial state with interglacial or full glacial state. Under middle level glacial state, the AMOC is stronger at the basic state (without water release), nearly switches off with small amount of fresh water release of 0.05 Sv and induces larger cooling in the Northern hemisphere than other background climate states. The recovery of AMOC is induced from a nearly switched off AMOC state by reducing the fresh water release to 0.01 Sv or less, lead by the gradual response in the low latitude and followed by the lagged but sudden response in the convection and sea ice area in the North Atlantic. Laurentide and Fenno-Scandian Ice sheets' melt water estimated by an ice sheet model IcIES is consistent to the melt water amount needed for the AMOC change under middle glacial state, showing a possibility of favorable condition of self sustained oscillation between ice sheet and ocean meridional overturning under middle level glacial climate.

グリーンランド NEEM における最終氷期のイオン濃度変動 Variability of aerosols at NEEM, Greenland during the last glacial period

東 久美子^{1*}, Anna Wegner², Margareta Hansson³, 平林幹啓¹, Birthe Twarloh², 倉元隆之⁴, 三宅隆之⁵, 本山秀明¹, NEEM Aerosol Consortium members⁶

GOTO-AZUMA, Kumiko^{1*}, Anna Wegner², Margareta Hansson³, Motohiro Hirabayashi¹, Birthe Twarloh², Takayuki Kuramoto⁴, Takayuki Miyake⁵, Hideaki Motoyama¹, NEEM Aerosol Consortium members⁶

¹ 国立極地研究所, ² アルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所, ³ ストックホルム大学, ⁴ 信州大学, ⁵ 滋賀県立大学, ⁶ NEEM project

¹National Institute of Polar Research, ²Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, ³Stockholm University, ⁴Shinshu University, ⁵The University of Shiga Prefecture, ⁶NEEM project

2008年から2011年にかけて、グリーンランド北西部のNEEMにおいて、深層氷床コア掘削が実施され、深さ約2540mの岩盤に到達した。コア現場解析の一環として、2009年から2011年にかけてCFA (Continuous Flow Analysis) が実施された。CFAによる融解水の一部は、イオン分析を実施するため、ポリ瓶に採取された。この融解水サンプルは日本とドイツに輸送され、国立極地研究所とドイツのアルフレッドウェゲナー極地海洋研究所のイオンクロマトグラフにより分析された。両研究所の分析結果は、殆どのイオン種について、良い一致を示した。カルシウムイオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオン、塩化物イオン、硫酸イオン、フッ化物イオンの濃度は、グリーンランドで掘削された他の深層コアと同様、Dansgaard-Oeschger (DO) イベントに伴って大きな変動を示した。NEEM コアにおいては、国立極地研究所で新たにシュウ酸イオンとリン酸イオンの分析が行われ、両イオンも DO イベントに伴って大きな濃度変動を示すことが見出された。DO イベントに伴うイオン濃度変動は、起源の変動と大気循環の変動の両方を反映していると考えられる。

キーワード: NEEM, グリーンランド, 氷床コア, 最終氷期, イオン濃度, ダンスガード・オシュガー・イベント

Keywords: NEEM, Greenland, ice core, last glacial period, ion concentration, Dansgaard-Oeschger (DO) events

日本海堆積物 (MD10-3304, 3312 コア) の有機炭素量変動から見た過去 10 万年間の極東アジアの気候変動

Climate change for the past 100 ka viewed from the TOC contents of the sediment cores MD10-3304 and 3312 from Japan Sea

公文 富士夫^{1*}, 卜部 輔², 栗山 学人³, 松本 良⁴

KUMON, Fujio^{1*}, URABE, Tasuku², KURIYAMA, Manato³, MATSUMOTO, Ryo⁴

¹ 信州大学理学部, ² 信州大学理学部, ³ 名古屋大学・院・理学研究科, ⁴ 東京大学・院・理・地球惑星専攻

¹Faculty of Science, Shinshu University, ²Faculty of Science, Shinshu University, ³Graduate School of Science, Nagoya University, ⁴Dept of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

MD179 航海によって上越沖で採取された 2 本の長尺のピストンコア (MD10-3304, 3312 コア) の有機炭素・窒素量を 1cm ~ 3 cm おきの短い間隔 (50 ~ 100 年間隔) で測定した。MD10-3304 コア (全長 34.35 m) は大陸棚斜面の直下に位置する海鷹海脚上に位置し (採取位置 138 °01 E, 37 °26 N, 水深 896 m), 一方, MD10-3312 コア (全長 31.14 m) は海鷹海脚や大陸斜面とは海底谷を隔てた沖合いの狭いリッジ上で採取されたものである (採取位置 138 °08 E, 37 °32 N, 水深 1026 m)。なお, R/V Marion Dufresne による MD179 航海は MH21 ガスハイドレート・プロジェクトの一環として 2010 年に実施されたものである。

MD10-3304 コアと 3312 コアで測定された有機炭素量 (TOC) は 0.7 ~ 2 % の範囲で, 全窒素 (TN) は 0.1 ~ 0.2 % の範囲で, 準周期的に変動している。変動には 7, 8 m の長い周期と数 10cm ~ 1 m ほどの短い周期が組み合わされており, 両者の層序の変動はまったく同じパターンを示す。14C 年代測定値と広域指標テフラの年代値に基づいてそれぞれのコアについての年代モデルを作成し, 深度を年代に置き換えた。3304 コアの下底は約 10 万年前, 3312 コアの下底は 12 万年前と推定された。解明された TOC の経年変動を NGRIP の氷床コアの酸素同位体比の変動 (NGRIP members, 2004) と比較すると, 数万年オーダーの軌道要素周期のみならず, 数百年 ~ 数千年周期の短い寒暖変動 (D-O サイクル) にもおいても非常に良い類似性が認められる。MIS 3 内に認められる亜氷期においては, IS 8, 12, 13-14 に見られるような左下がり (ノコギリの刃の形) でよく似ている。一方, MIS 5 においては, 例えば IS 21, 23, 24 の場合, TOC は各亜氷期において左上がりの変動を示している点では, 相違も認められる。また, 3312 コアでは MIS 5e に相当する立ち上がりははっきりしない。なお, NGRIP との比較を厳密に見れば, ピークや立ち上がりの年代に数百年から千年ほどのズレが認められる時期もあるが, 年代決定の誤差範囲と考えられる。

このような類似性は, 日本海における TOC 変動 (生物生産性の増減) とグリーンランド氷床の酸素同位体比で示された北大西洋域の気温変動とが同調していることを示している。寒冷化によって北極域の氷床が拡大すれば, 極前線は南下し, グリーンランド氷床の水蒸気源はより南方の低緯度の海域となる。水蒸気の移流距離の増加と海水温低下とが相まってグリーンランド氷床に降る雪の酸素同位体比はより軽くなる。同時に, 日本海域では極前線の北側に位置する期間が増加し, またシベリア高気圧の強化とあいまって日本海水温の低下 (温暖期の縮小), 海氷の拡大などによって生物生産が縮小して, 海底に保存される TOC が減少するというシナリオで, この同調性を説明することができる。言い換えれば, 日本海堆積物には極域の氷床に匹敵する高時間分解能で環日本海域の寒暖変動が記録されていることが明らかになった。

キーワード: 古気候, 日本海, 有機炭素量, MD10-3312, グリーンランド氷床コア, D-O サイクル

Keywords: paleoclimate, Japan Sea, total organic carbon, MD10-3312, Greenland ice sheet, D-O cycle

過去1000年に見られる太陽活動によって引き起こされたグリーンランド気温変動の北半球傾向からのずれ

Solar influence on Greenland temperature anomalies over the past 1000 years

小端 拓郎^{1*}, 小寺邦彦², Jason Box³, Drew Shindell⁴, 吉森正和⁵, 仲江川敏之², 阿部彩子⁵, 浮田甚朗⁶, 川村賢二¹
KOBASHI, Takuro^{1*}, Kunihiko Kodera², Jason Box³, Drew Shindell⁴, Masakazu Yoshimori⁵, Toshiyuki Nakaegawa², Ayako Abe-Ouchi⁵, Jinro Ukita⁶, Kenji Kawamura¹

¹ 国立極地研究所, ² 気象研究所, ³ バード極地研究センター, ⁴ NASA ゴッダード宇宙研究所, ⁵ 東京大学, ⁶ 新潟大学
¹National Institute of Polar Research, ²Meteorological Research Institute, ³Bard Polar Research Center, ⁴NASA Goddard Institute for Space Studies, ⁵University of Tokyo, ⁶Niigata University

これから起こる温暖化とそれに関わる海水準変動を理解するには、グリーンランドの数十年規模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、新手法により復元した過去1000年のグリーンランド気温変動のデータを用いて、グリーンランドの気温変動の北半球傾向からのずれが太陽活動によって引き起こされた北大西洋振動によるものであることを示した。

過去160年の北半球平均とグリーンランドの気温データを見ると、その傾向がいくつか大きく異なる期間がある。北半球平均気温は過去10年の平均気温が過去160年で最も高いが、グリーンランドの過去10年の平均気温は1930年代の高温期とあまり変わらない。これらの違いを定量的に評価するため、標準化したグリーンランド気温データと標準化した北半球平均気温データとの差（グリーンランド温度アノマリー；GTA）を計算した。GTAは、1930年ごろまで増加し、それから1990年頃まで減少する。そして、過去20年は増加傾向にある。これは、グリーンランドの温度変動が北半球傾向を基準に1930年頃まで温かくなっていたことを示し、それから1990年頃まで寒くなり、それから最近まで温かくなっている。このGTAの変動は、太陽活動の指標であるTSIの変動と強く関連している。

過去1000年のグリーンランドの温度を見てみると、その傾向は北半球平均気温の復元データと大まかに一致し、中世温暖期、小氷期などが確認できる。しかし、北半球平均気温の傾向から外れる期間もいくつかある。これらを実験するためにGTAを計算してみると、数十年規模のGTAの変動が太陽活動の変動と高い相関があることが分かった。これは、先行研究(Shindell et al., 2001)によって明らかにされている太陽活動の変動によって北大西洋振動が引き起こされたためと考えられる。太陽活動が活発化すると成層圏におけるオゾンの生成が増加すると増加したUVをオゾンが吸収し発熱するプロセスにより、低緯度成層圏の温度が上昇する。そして、低緯度・高緯度間の成層圏に温度差が生じることで、偏西風が強くなり正の北大西洋振動のような大気循環パターンが起こる。このとき、グリーンランドは北からの風の強まりにより寒冷化する。

これらの関連が、気候モデルにおいてどのように表現されるかを調べるためGISSとMIROCの過去1000年間の結果を調べた。その結果、両モデル共にGTAと太陽活動との相関が見られた。しかし、GTAを引き起こす空間パターンには大きな違いがみられた。GISSにおいては、太陽活動の変動によって成層圏のオゾンの生成が大規模な大気循環に影響を与えてGTAの変動を引き起こしたと考えられるが、MIROCにおいては、海洋循環の変動によって大西洋の南から北への熱輸送に変動が変動し、GTAの変動が引き起こされたと考えられる。

これらの分析結果から、1950年代から1980年代まで、グリーンランドの温度が北半球の寒冷化傾向より、さらに強い寒冷化傾向にあったのは太陽活動が活発化した時期であったため、1990年代から現在までのグリーンランドが北半球傾向より急速に温暖化しているのは、太陽活動が減少傾向にあるためと考えられる。また、未来において太陽活動の減少が続けば、グリーンランドは北半球の温室効果ガスの増加に伴う温暖化傾向以上に温暖化が起こり、追加的な氷床融解につながる可能性がある。

キーワード: グリーンランド, 気候, 気温, 太陽

Keywords: Greenland, Climate change, temperature, solar activity

キルギス天山山脈グリゴリア氷帽アイスコアに含まれるダストのSr, Nd同位体比を使った供給源の推定 Sr and Nd isotopic ratio of dust in an ice core drilled on Grigoriev Ice Cap in Tien Shan Mountains

永塚 尚子^{1*}, 竹内 望¹, 中野 孝教², 世良 峻太郎¹, 藤田 耕史³, 岡本 祥子³, 直木 和弘⁴, Vladimir Aizen⁵
NAGATSUKA, Naoko^{1*}, TAKEUCHI, Nozomu¹, NAKANO, Takanori², SERA, Shuntarou¹, FUJITA, Koji³, OKAMOTO, Sachiko³, NAOKI, Kazuhiro⁴, Vladimir Aizen⁵

¹ 千葉大学理学研究科, ² 総合地球環境学研究所, ³ 名古屋大学環境学研究科, ⁴ 宇宙航空研究開発機構, ⁵ アイダホ大学
¹Chiba University, ²Research Institute for Humanity and Nature, ³Nagoya University, ⁴JAXA, ⁵University of Idaho

極地や高山に分布する氷河の上には、周囲の土壌や、より遠方の砂漠などを起源とする風送ダストが堆積し、毎年、涵養域の雪の層の中に保存される。これらのダストの量や経路は供給源となる砂漠や氷河周辺の環境の変化に伴い年とともに変動していると考えられる。したがって、氷河に保存されているダストをアイスコアとして取り出して分析すれば、過去に氷河上に堆積したダストの変動、さらには氷河上へダストを輸送している風の変動や供給源となる場所の変動を明らかにすることができる可能性がある。

量が少なくても分析が可能なSr, Nd同位体比は、アイスコア分析に応用できる供給源特定法の1つである。しかしながら、このような同位体比を使ったアイスコア中のダストの供給源に関する研究はグリーンランドや南極などの極域の氷河では行われているが、アジアの山岳氷河で行われた例はまだほとんどない。そこで本研究では、キルギスタン、天山山脈で掘削されたアイスコア中に含まれるダスト濃度、およびそのSr, Nd同位体比を測定し、ダストの供給源を明らかにすることを目的とした。

分析を行ったのは、キルギスタン、天山山脈に位置するグリゴリア氷帽の標高4660m地点で掘削されたアイスコアである。このアイスコアは全長87.48mで、トリチウム分析、炭素14年代法、およびコアに含まれる花粉を用いて行われた年層決定の結果から約12000年分の氷を含んでいることが明らかになっている。Sr, Nd同位体比に関してはアイスコアダストに加えて、アイスコア底部から採取された土壌、および氷帽表面に堆積するダストについても分析を行った。

ダスト濃度分析の結果、アイスコアに含まれるダストの平均濃度は 4.0×10^6 particles/mlであった。ダスト層は深さ80m(約6000年前)以深に集中しており、その濃度は平均の10倍以上であった。一方、それよりも浅い部分では80m以深に匹敵するような高濃度のダスト層はほとんど見られず、深さ11mおよび30m付近に数層が見られただけであった。このようなダスト濃度の変動は、約6000年前を境に氷帽に供給されるダストの供給量や供給源が変化した可能性があることを示唆している。

アイスコアダストのSr-Nd同位体比は互いに近い値を示し、年代が古いものほどSr, Ndともに高い値をとるという傾向を示した。また、その値はアイスコア底部土壌とは大きく異なっていた。この結果から、アイスコア中に含まれるダストは氷帽周辺に堆積する土壌に由来するものではないこと、その供給源は年とともに変動していることがわかった。アジアの砂漠の同位体比との比較の結果、アイスコアダストの同位体比はタクラマカン砂漠やゴビ砂漠に比較的近い値を示していたことから、グリゴリア氷帽に飛来するダストの主な供給源はこれらの中国の砂漠であると考えられる。

キーワード: Sr, Nd同位体比, アイスコア, ダストの供給源推定

Keywords: Sr, Nd isotope ratio, Ice core, Dust provenance

キルギス天山グリゴリア氷帽アイスコア中の微量元素解析による 1800-2007 年の環境変動復元

Trace element analyses in a Gregoriev ice core in Kyrgyz Tien Shan for the period 1800-2007AD

村上 昂星^{1*}, 藤田 耕史¹, 竹内 望², 中野 孝教³, 申 基⁴, ウラジミール B アイゼン⁵

MURAKAMI, Kosei^{1*}, FUJITA, Koji¹, TAKEUCHI, Nozomu², NAKANO, Takanori³, Kicheol Shin⁴, Vladimir B Aizen⁵

¹名古屋大学大学院, ²千葉大学, ³総合地球環境学研究所, ⁴産業技術総合研究所, ⁵アイダホ大学

¹Nagoya University, ²Chiba University, ³RIHN, ⁴AIST, ⁵Idaho University

氷河には、大気を介して様々な化学成分が降下・堆積し保存されているが、化学成分の中でも微量元素成分をアイスコアから分析することで、過去の大気循環やダスト起源、人類活動変遷など周辺地域の環境変動を明らかにするための重要な手掛かりを得ることが出来る。近年ではアジア山岳アイスコア中の微量元素に関する研究も増えてきた。しかしながら、そのほとんどは年代が最近のものに限られ、カバーしている期間も数年と短い。

2007年9月、中央アジア天山山脈グリゴリア氷帽において、約87mのアイスコアが掘削された。アイスコアの年代軸は、表面から深さ67mまでは花粉の季節変動とトリチウム層、67m以深については有機物中の放射性炭素によって決定され、過去1万年以上をカバーしていると推定されている。

本研究では上部59.7m(1800?2007)を対象とし、Ti, Mn, Ni, Zn, Cd, Sn, Sb, Pb, Rare Earth Elements (REE), など53種の微量元素を分析した。定量分析には総合地球環境学研究所のICP質量分析計(Agilent 7500)を用い、アジア山岳地域アイスコア中の微量元素分析としては、最も長期間の連続データを得た。

人類活動による放出が主な原因の元素(Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Sb, Sn, Pb:以下人為起源元素)について解析し、対象周辺地域における人類活動の評価を行ったところ、20世紀については、ニッケル、銅、ヒ素、アンチモン、そして鉛などは他のアジアにおけるアイスコアからの結果と類似した変動が見られた。一方、スズの1960年頃からの緩やかな増加と1980年以降の緩やかな減少や、カドミウムの20世紀後半の急激な増加と21世紀の減少といった、他のアジア山岳アイスコアの人為起源元素分析結果とは異なる、この地域周辺特有の変動も見られた。カドミウムの20世紀後半の急激な増加は、世界的なエネルギー需要増加に伴う化石燃料燃焼の増加や、周辺地域の発展に伴う産業拡大が主な原因と考えられ、その後主に欧米での産業排出規制によって減少傾向が見られたが、それを上回る周辺地域(特にアジア)の産業拡大によって、近年では再び増加傾向になっていると考えられる。

また、スズ、カドミウム、鉛などのほとんどの人為起源元素が、他のアイスコア分析結果と比較し、低濃度であったが、アンチモンのみ2倍ほどの高濃度を示した。これは本研究対象アイスコアが位置するキルギスや、隣国であるタジキスタンでは、アンチモンを主要生産物とする鉱業が発展しているからであると考えられる。

キーワード: アイスコア, 微量元素, 人為起源元素, グリゴリア氷帽

Keywords: ice core, trace elements, anthropogenic elements, Grigoriev ice cap

シベリア・アルタイ山脈ベルーハアイスコアにおける結晶粒径と水安定同位体比の気候指標としての検証

Verification of crystal size and water stable isotopes for climatic proxies in Belukha ice core, Siberian Altai

岡本 祥子^{1*}, 藤田 耕史¹, 成田 英器², AIZEN Vladimir A.³, 世良 峻太郎⁴, 竹内 望⁴, 植竹 淳⁵, 中澤 文男⁵, 三宅 隆之⁶, NIKITIN Stanislav A.⁷, 中尾 正義⁸

OKAMOTO, Sachiko^{1*}, FUJITA Koji¹, NARITA Hideki², AIZEN Vladimir A.³, SERA Syuntaro⁴, TAKEUCHI Nozomu⁴, UETAKE Jun⁵, NAKAZAWA Fumio⁵, MIYAKE Takayuki⁶, NIKITIN Stanislav A.⁷, NAKAWO Masayoshi⁸

¹名古屋大学, ²NPO 法人雪氷ネットワーク, ³アイダホ大学, ⁴千葉大学, ⁵国立極地研究所, ⁶滋賀県立大学, ⁷トムスク大学, ⁸人間文化研究機構

¹Nagoya University, ²Network of Snow and Ice Specialists, ³University of Idaho, ⁴Chiba University, ⁵National Institute of Polar Research, ⁶The University of Shiga Prefecture, ⁷Tomsk State University, ⁸National Institutes for the Humanities

シベリア・アルタイ山脈ベルーハ氷河アイスコアにおいて、結晶粒径の季節変動を用いて年代決定を行った。その結果、表面から 154.27 m 部分は 1210 年から 2003 年に対応した。個々の結晶において、不純物が結晶の成長へ与える影響を除き、氷温と結晶成長速度の経験式を用いて、堆積初期の結晶断面積を求めた。その結晶断面積の年中央値とバルナウル気象観測所から推定した掘削地の気温の間には有意な相関関係が見られ、結晶断面積の変動が気温変動を反映していることが確認できた。結晶断面積の変動は太陽活動極小期に対応していた。また、5年平均での酸素同位体比、太陽活動、涵養量、重水素過剰の間には、それぞれ有意な相関が見られた。これらの関係から、ベルーハアイスコアの酸素同位体比は大西洋起源の夏季降水量の変動によって決まり、降水量は太陽活動が活発な時期に減少することがわかった。重水素過剰の変動は、再循環されて西方から運ばれてきた陸水起源の降水の割合を反映していると考えられる。

キーワード: アイスコア, 結晶粒径, 水安定同位体比, 重水素過剰

Keywords: ice core, crystal size, water stable isotopes, d-excess

アラスカ山岳氷河コアから復元された降水量変動 Variation of precipitation reconstructed from Alaskan alpine ice-core

的場 澄人^{1*}, 對馬あかね¹, 白岩孝行¹
MATOBA, Sumito^{1*}, Akane Tsushima¹, Takayuki Shiraiwa¹

¹ 北海道大学低温科学研究所

¹Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

アメリカ合衆国アラスカ州の山岳氷河から2本のアイスコア、一つはランゲル・セントエライアス山脈ランゲル山山頂から、もう一つはアラスカ山脈オーロラピーク近傍氷河から、を採取した。アイスコア中の水同位体比は明瞭な季節変動を示し、その季節変動から過去50?100年降水量を推定した。アラスカ湾に近いランゲルアイスコアは明瞭な変動傾向を示さなかったのに対し、アラスカ山脈では、1970年代以降の急激な増加が現れた。

キーワード: アイスコア, アラスカ, 山岳氷河, 降水量, 水同位体

Keywords: Ice core, Alaska, Alpine glacier, precipitation, water isotope

南大洋インド洋区における最終氷期以降の海水分布と極前線帯の変動 Variability of sea ice distribution and polar front in the Southern Ocean since the last glacial period

池原 実^{1*}, 香月 興太², 山根 雅子³, 横山 祐典³, 松崎 琢也¹

IKEHARA, Minoru^{1*}, KATSUKI, Kota², YAMANE, Masako³, YOKOYAMA, Yusuke³, Takuya Matsuzaki¹

¹ 高知大学海洋コア総合研究センター, ² 韓国地質資源研究院, ³ 東京大学大気海洋研究所

¹Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ²KIGAM, ³AORI, University of Tokyo

南極寒冷圏は、南極氷床、海氷、低温な南極表層水、南極極前線、南極周極流などから構成される。これら南極寒冷圏のサブシステムの変動を明らかにすることは、第四紀の地球環境変動の実態、および、それらの気候システム内での役割を理解する上で重要である。また、氷期に大気 CO₂ 濃度が低下していた要因およびプロセスとして、南大洋における生物ポンプ駆動海域の移動、南極極前線の北上と寒冷な南極表層水塊の拡大、表層成層構造の強化など様々な仮説が提唱されているが、それらの詳細はいまだ未解明である。そこで、最終氷期最寒期における南極極前線帯や冬季海氷縁などの海洋フロントの位置を特定するとともに、それらの変動様式を詳細に復元解析するための古海洋変動研究を行った。

本研究に用いたコア試料は、白鳳丸による KH-10-7 航海にて緯度トランセクトで採取された 2 本のピストンコア COR-1bPC (54 °S) と DCR-1PC (46 °S) である。コアの年代モデルは、浮遊性有孔虫の放射性炭素年代および酸素同位体層序によってそれぞれ構築されている。それぞれのコアについて、X 線 CT スキャナ、マルチセンサーコアロガー、蛍光 X 線コアロガー、分光測色計を用いた非破壊計測を行った。その結果、DCR-1PC では、間氷期に炭酸塩堆積物が堆積しているが氷期には珪質堆積物が卓越していた。現在の南極前線は COR-1bPC と DCR-1PC の間の南緯 50 度付近に位置し、それより南側では海水中の豊富な珪酸塩を利用して珪藻や放射虫などの珪質微化石が多産するが、北側では炭酸塩殻を生成するプランクトンが卓越する。従って、最終氷期最寒期には南極前線が DCR-1PC よりも北側へシフトしていたと推定される。また、COR-1bPC では、完新世にほとんど産出しない IRD (漂流岩屑) が最終氷期に増加することから、氷期には冬季海氷縁が COR-1bPC よりも北側に北上していたと解釈される。

キーワード: 南大洋, 海氷, 南極周極流, 極前線

Keywords: Southern Ocean, sea ice, Antarctic Circumpolar Current, polar front

過去 80 万年のダスト-気候カップリング Dust-climate couplings over the past 800-kyr

坂田 晴香^{1*}, 福山 薫¹

SAKATA, Haruka^{1*}, Kaoru FUKUYAMA¹

¹ 三重大

¹Mie Univ.

南極氷床コア中の過去約 80 万年のダスト量記録を用いて、ミランコビッチ理論の観点からあまり議論されてこなかった大気中ダスト擾乱に焦点を当てる。氷期-間氷期サイクルにおける気候遷移に、大気中のダストがどのように関与し得るのかを議論する。

大気中ダストの濃度や起源は、気候変動や地表の大幅な変化に大きく左右されると考えられる。一方、大気中にダスト量が急騰すると、太陽放射の吸収・散乱や、地表、特に雪氷面への沈着によるアルベドの変化により、地表温度を制御することも考えられる。

大気中のダストがあまり多くない時期 (passive な時期: p 期とする) には、気候や地表環境の変化がダスト濃度の増減をもたらしたであろう。気候の遷移、例えば寒冷化によって地表のダスト発生源面積が広がり、風速の増加に伴って大気中のダスト濃度が極端に急騰すると (この時期を active な時期: a 期とする)、上に述べたようなメカニズムにより、ダストが気候に対して強制力を持ち得たかもしれない。

南極氷床 DOME-C コア中の過去約 80 万年のダスト量記録を用いて、その時系列変化や累積曲線から、まず p 期-a 期の時代区分を行い、それぞれの時期の継続時間と特徴の違いや、各時期のダスト量と温度変動との関連性を解析した。さらに、他の記録 (日射量、氷体積や CO₂ 記録) と比較することにより、それぞれの時期にどのような現象やメカニズムが関与するかを調べた。

累積曲線の解析により、各期の継続時間は、p 期は約 6-7 万年と比較的長期であるのに対して、a 期は約 1-2 万年の短期に限られる。ダスト量が気候に従属的に変動すると考えられる p 期は、極域中心の局所的な挙動を示すと考えられ、これは氷体積変動と関連するのかもしれない。一方、気候への強制力を持つ可能性の高い a 期には、ダスト量はグローバルな変動と結びついて、大気中の CO₂ 濃度変化に関連する可能性が示唆される。

キーワード: ミランコビッチ理論, 氷期 間氷期サイクル, ダスト (風成塵)

Keywords: Milankovitch theory, glacial-interglacial cycle, eolian dust

東南極ドームふじ近傍の分水界での堆積量と風速の空間変化のなかでの3地点におけるフィルン積層構造の生成と変態 Formation and metamorphism of stratified firn at sites located under spatial variations of accumulation rate and wind speed

藤田 秀二^{1*}, 榎本 浩之¹, 福井 幸太郎¹, 飯塚 芳徳³, 本山 秀明¹, 中澤 文男¹, 杉山 慎³, スーディク スィルヴィアン¹
FUJITA, Shuji^{1*}, ENOMOTO, Hiroyuki¹, FUKUI, Kotaro¹, Yoshinori Iizuka³, MOTOYAMA, Hideaki¹, NAKAZAWA, Fumio¹,
Shin Sugiyama³, Surdyk Sylvaine¹

¹ 国立極地研究所, ² 北見工業大学, ³ 北海道大学低温科学研究所

¹National Institute of Polar Research, ²Kitami Institute of Technology, ³Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

東南極ドームふじ近傍の分水界での堆積量と風速の空間変化のなかでの3地点において、フィルン積層構造の生成と変態の初期段階を調査した。このプロセスをよりよく理解することは、氷床深層コアを、コア掘削点の日射量をなかだちとして年代決定をする手法の解釈に重要である。4 m深 ~ 2 m深の3つのピットを掘削し、それぞれの地点のフィルンの物理的な特性を調べた。調査項目は、密度、結晶粒径、近赤外光の反射率、そしてマイクロ波誘電率の誘電異方性であり、これを20mm以下の高分解能で調査した。誘電異方性は、氷床表面から10cmの深さで、0.028-0.067の値を示した。そのうえ、密度の短周期変動は、誘電異方性の短周期変動および粒径の短周期変動と相関することを見いだした。この事実は、初期低密度層と初期高密度層がそのコントラストを発達させながら成長・発達することを確認したことになる。さらに、堆積後の変態は、こうしたコントラストを深さの増大とともにさらに明瞭にする役割を果たす。こうしたコントラストや、誘電異方性は、その地点の積雪年間堆積量が小さいほど、さらには、その地点の年間平均風速が小さいほど、発達する。日射は、こうした条件下では効率的にフィルンの変態を促進する。より風速の大きい条件下では、積雪層位にはより多くの風成スラブやデューンの層が挿入されることになり、その結果誘電異方性や密度の大きな層がはいりこみ、これらの変動もおおきくなる。計測結果の解析から、フィルンの物理的・力学的な性質の生成にまず重要な要素は、表層部で起こる密度層位といえる。これは基本的に日射と風の相互作用で起こる。そうした初期層位が、さらに日射の日周期と季節周期から氷床内部で温度勾配をうけて、物理的・力学的な性質を発展させる。つまり、これらのメカニズムは、層位の発生から発達の段階においてフィルンに順番に作用していくことになる。そして、フィルンに与えられた物理的・力学的な性質は、その後の圧密過程の間中保持され、気泡のクローズオフのプロセスおよびその際の空気分子の多結晶中での輸送に影響を残すことになる。表面での日射の効果は、界面現象であることから、氷床での時代時代に堆積量が変動しても、影響は実質的に受けにくい。こうして、日射の強度が、フィルンの力学的な性質をなかだちとして、クローズオフ後の含有気体成分や量に影響を与えていくことになる。

キーワード: 南極, 氷床, フィルン, 変態, 堆積量, 風速

Keywords: Antarctica, ice sheet, firn, metamorphism, accumulation rate, wind speed

ドームふじアイスコアの年代補正モデルによる年代軸決定の試み Constructing the age of Dome Fuji ice core using a dating model

鈴木 香寿恵^{1*}, 川村 賢二³, Frederic Parrenin⁴, 阿部 彩子⁵, 齋藤 冬樹⁶, 藤田 秀二³, 樋口 知之²
SUZUKI, Kazue^{1*}, KAWAMURA, Kenji³, Frederic Parrenin⁴, ABE-OUCHI, Ayako⁵, SAITO, Fuyuki⁶, FUJITA, Shuji³, HIGUCHI, Tomoyuki²

¹ 新領域融合研究センター/統計数理研究所, ² 統計数理研究所, ³ 国立極地研究所, ⁴ Laboratoire de Glaciologie et Geophysique de l'Environnement, ⁵ 東京大学大気海洋研究所, ⁶ 独立行政法人海洋研究開発機構

¹ Transdisciplinary Research Integration Center / The Institute of Statistical Mathematics, ² The Institute of Statistical Mathematics, ³ National Institute of Polar Research, ⁴ Laboratoire de Glaciologie et Geophysique de l'Environnement, ⁵ The Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, ⁶ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Past climate change is regarded as a key knowledge for predicting future climate changes. Milankovich theory has explained the climate changes from Glacial to Interglacial periods with variations of seasonal solar radiation caused by Earth's orbital parameters (eccentricity of orbit, obliquity and precession of rotation axis). Kawamura et al. (2007) indicated that Antarctic temperature rose during deglaciations following or at the same time of the solar radiation increase in Northern Hemisphere summer. In addition, the greenhouse gas, which facilitates the air temperature to rise, is thought as another important element for the past climate change.

To estimate the contribution of orbital and carbon dioxide forcings to the climate changes, especially at the start of the deglaciation, we have made construct the age of ice core and air occluded in it. The difference in age between the ice and gas at the same depth occurs in firn (consolidated snow) while they are compressed to become ice from snow. The gap between these ages was estimated to be about 5,000 years in glacial maxima, but the time lag between temperature and carbon dioxide is on the order of 0-1000 years. Therefore, we should make accurate adjustment of the age of the ice and the age of gas, in order to discuss the contributions of carbon dioxide for the temperature rising at the deglaciation.

In particular, the second Dome Fuji deep ice core needs accurate estimation of thinning function in the bottom part (within ~500 m from the bed corresponding to 340-700 kyr ago). The thinning function, which expresses the horizontal stretching and vertical compression of an ice layer, would be changed for geothermal heat in the bottom of the ice sheet. We tried to adjust the parameters, thinning function, accumulation rate and the difference of age between the ice and the gas in the ice. In the presentation, we will present results from the adjusted ice age and gas age.

キーワード: 氷床コア, 年代決定, 古気候

Keywords: ice core, dating, paleoclimate

オフラインモデルを用いた積雪同位体比鉛直分布の数値シミュレーション Numerical simulation of isotopic ratio in snow using an offline model

岡崎 淳史^{1*}, 芳村 圭², 竹内 望³, 藤田 耕史⁴, ウラジミール アイゼン⁵, 沖 大幹⁶

OKAZAKI, Atsushi^{1*}, Kei Yoshimura², Nozomu Takeuchi³, Koji Fujita⁴, Vladimír Aizen⁵, Taikan Oki⁶

¹ 東京大学工学系研究科, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 千葉大学大学院理学研究科, ⁴ 名古屋大学大学院環境学研究科, ⁵ アイダホ大学, ⁶ 東京大学生産技術研究所

¹School of Engineering, The University of Tokyo, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ³Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University, ⁴Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ⁵Department of Geography, University of Idaho, ⁶Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

Given that ice cores consist of past snowfall in a chronologic and systematic order, we can utilize stable water isotope (SWI) information in ice cores to reconstruct the past climate. Several modeling studies have tried to simulate the past SWI in precipitation preserved in ice cores (Werner and Heiman, 2002, Sjolte et al, 2011), but they are limited only on high latitude area. In such region, we do not have to consider post-depositional isotopic processes due to the extremely low temperature all over a year. However, when one wants to simulate the past SWI in ice cores in mid- and low-latitudinal areas, he has to consider the isotopic effects of the post-depositional processes because snow undergoes melt, sublimation and erosion by wind, by which SWI in snow are easily affected. Otherwise the reconstructed information of the past would be distorted and misleading.

In this study, we developed a new off-line isotopic snow-icecore model: it simulates isotopic effects due to the post-depositional processes while precipitated snow is eventually transformed into an ice core. The model is based on the snow layer submodel of Iso-MATSIRO (Yoshimura et al., 2006) with a particular purpose to simulate a vertical profile of SWI at a glacier or ice sheet. Unlimited number of snow layers with a 20mm thickness increment is incorporated, whereas the original Iso-MATSIRO snow submodel has only three layers. It also newly includes the impact of wind erosion process, including blizzard. Using this model forced with the output from IsoRSM (Yoshimura et al., 2010), i.e., an isotope enabled meso-scale climate model forced with historical meteorological reanalysis data, we simulated SWI in snow pits drilled at Belukha, Siberian Altai, and Gregoriev, Tien Shan, which are close to ice core drilling sites. The preliminary simulation period is for 1997-2007. With the new off-line model, the simulated SWI vertical profile of the snow layers shows a better correlation with the observed snow pit SWI than the simulation without the model. This study aim to simulate SWI of ice cores in mid- and /or low latitudes for more than hundred years, and it is expected to present the latest updates at the conference.

中央アジア天山グリゴリア氷帽アイスコアに保存された完新世の花粉の記録 The variations in pollen abundance and composition in Holocene of an ice core of Kyrgyz Tianshan, Central Asia

竹内 望^{1*}, 世良 峻太郎¹, 藤田 耕史², 岡本 祥子², 直木 和弘³, Vladimir Aizen⁴

TAKEUCHI, Nozomu^{1*}, SERA, Shuntarou¹, FUJITA, Koji², OKAMOTO, Sachiko², NAOKI, Kazuhiro³, Vladimir Aizen⁴

¹ 千葉大学, ² 名古屋大学, ³ JAXA, ⁴ アイダホ大学

¹ Chiba University, ² Nagoya University, ³ JAXA, ⁴ University of Idaho

中低緯度帯の山岳氷河で掘削されたアイスコアには、周囲の植生から飛来する花粉が大量に保存されている。季節によって飛来する花粉の種類が異なるため、アイスコア中の花粉濃度が示すピークは種類によって異なる、このことから、花粉分析は、年層や季節層を区別する手段として利用することができる。さらに、花粉の濃度や種類の構成比は、周辺の植生の情報を反映していると考えられ、花粉もまた過去の植生や環境の指標として利用することができる。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花粉分析の結果を報告する。

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8.7m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800 kg/m³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。

アイスコア中には、主にマツ、ヨモギ、アカザ、マオウの4種の花粉が含まれていた。中でもマツとヨモギは比較的濃度が高くはっきりとした季節変動をしめし、年層の判定に利用することができた。過去300年の変動では、マツ、ヨモギ、アカザの濃度は増加傾向にある一方、マオウの濃度は減少傾向にあった。また、以前はマツの花粉が最も優占していたが、過去300年でヨモギの占める割合が増加し現在はヨモギが最も優占していた。これらの変化は、酸素安定同位体比によってしめされている近年の温暖化による植生の変化によるものと考えられる。

キーワード: アイスコア, 花粉, 古環境, 氷河, 完新世

Keywords: ice core, pollen, Plaeoenvironment, glacier, Holocene

天山山脈・グリゴリア氷帽アイスコア中の溶存化学成分

Dissolved Chemical ions in ice core drilled from Grigoriev Ice Cap in Kyrgyz Tien Shan

雨宮 俊^{1*}, 竹内 望¹, 世良 峻太郎¹, 本多 愛実¹, 藤田 耕史², 岡本 祥子², 直木 和弘³, ウラディミール・アイゼン⁴
AMEMIYA, Shun^{1*}, TAKEUCHI, Nozomu¹, SERA, Shuntarou¹, HONDA, Megumi¹, FUJITA, Koji², OKAMOTO, Sachiko²,
NAOKI, Kazuhiro³, Vladimir Aizen⁴

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

¹Chiba Univ., ²Nagoya Univ., ³JAXA, ⁴Idaho Univ.

氷河や氷床は、周囲の大気や土壌から供給される有機物・無機物を由来とする様々な化学成分を受け取り、その雪氷環境を変える。その様な雪氷地域から掘削されるアイスコアは、過去に降り積もった雪を年代順に何十～万年分も保存しており、未知の貴重な古環境情報を有している可能性がある。そのため、世界各地から得られるアイスコアに溶存する化学成分の分析は、これまで地球が経験してきた気候・環境に関する解釈を示すための有力な手掛かりとなる。そこで本研究では、2011年9月に天山山脈・グリゴリア氷帽の涵養域から掘削されたアイスコア中に溶存する主要化学成分の分析結果を基に、天山山脈および中央アジアにおける長期的な気候・環境変動を明らかにすることを目的とした。

本アイスコアは、全層を通してCaを豊富に含んでいた。また、本コアは長さ86.87mであり、約12,000年前までの情報を保持している。このことから、グリゴリア氷帽は、更新世の最終氷期末期頃から、中央アジアの巨大乾燥域・タクラマカン砂漠の砂(CaCO₃)の影響を強く受けてきた可能性がある。また、本アイスコアに溶存する化学成分の平均濃度を求めたところ、Caが約120 μEq/kg、その他(Cl, NO₃, SO₄, Na, NH₄, K, Mg)が30 μEq/kg以下であった。この結果は、タクラマカン砂漠周辺に位置する他の氷河(天山山脈・ウルムチ No.1, パミール高原・ムスターグアタ氷河, クンルン山脈・チョンス氷帽)の成分濃度とほぼ同様であった。このことは、天山山脈の高山帯が、西端(グリゴリア氷帽)・東端(ウルムチ No.1 氷河)を問わず、タクラマカン砂漠の影響を受け、一様の成分供給がなされる環境である、ということを示唆している。

本アイスコア中の溶存化学成分濃度に関する深度プロファイルは、大小様々な複数のピークを示した。特に、異常な濃度(平均値の約10～60倍)のピークが、全ての成分の約53.5m付近に共通して確認された。本コアの年代決定結果と照合したところ、このピークは1833年前後の層に位置していることが明らかになった。この時期の酸素安定同位体比プロファイルも平年とは異なる変化を示していたことから、グリゴリア氷帽は、同時期に何らかの特異な降雪イベントを経験した可能性がある。また、1990年以降におけるグリゴリア氷帽の成分平均濃度を求めたところ、Caが約50 μEq/kg、その他(Cl, NO₃, SO₄, Na, NH₄, K, Mg)が12 μEq/kg以下であった。これら濃度は、全層における平均濃度の約40%である。このことは、グリゴリア氷帽に溶存する化学成分が、近年減衰傾向にあることを示している。

キーワード: 天山山脈, グリゴリア氷帽, アイスコア, 溶存化学成分, 酸素安定同位体比, 気候・環境変動

Keywords: Tien Shan, Grigoriev Ice Cap, ice core, Dissolved chemical ions, oxygen stable isotope ratio, climatic and environmental variation

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^{1*}, 竹内 望¹, 藤田 耕史², 岡本 祥子², 直木 和弘³, ウラジミール アイゼン⁴

HONDA, Megumi^{1*}, TAKEUCHI, Nozomu¹, FUJITA, Koji², OKAMOTO, Sachiko², NAOKI, Kazuhiro³, Vladimr Aizen⁴

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

¹Chiba university, ²Nagoya university, ³JAXA, ⁴Idaho 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アイスコア中の雪氷藻類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、2007年に掘削された全長87mのアイスコアの上部25m分のサンプルである。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、アイスコアのサンプルからは、3種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。深さ25m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、藻類バイオマスは複数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61年間において、そのバイオマス量や群集構造は年によって変化していることが明らかになった。特に深さ20m部(西暦1960年)に大きな藻類バイオマスのピークが見られた。このピークには氷帽下流部で優占する糸状シアノバクテリアが含まれていることがわかった。このことは、この年は温暖で氷帽全体が融解したことを反映している可能性がある。

キーワード: 雪氷藻類, アイスコア

Keywords: snow algae, ice core

パミール高原フェドチェンコ氷河のピット及びアイスコア中の花粉の分析 Variations in pollen grains in an shallow ice core drilled from Fedchanko Glacier in Pamir, Central Asia.

宮入 匡矢^{1*}, 竹内 望¹, 藤田 耕史², 的場 澄人³, 岡本 祥子², Dylan Bodinton⁴, Eugene Podolskiy², Vlandimir Aizen⁵
MIYAIRI, Masaya^{1*}, TAKEUCHI, Nozomu¹, FUJITA, Koji², MATOBA, Sumito³, OKAMOTO, Sachiko², Dylan Bodinton⁴,
Eugene Podolskiy², Vlandimir Aizen⁵

¹ 千葉大学, ² 名古屋大学, ³ 北海道大学, ⁴ 東京工業大学, ⁵ アイダホ大学

¹Chiba University, ²Nagoya University, ³hokkaido University, ⁴Tokyo Institute of Technology, ⁵University of Idaho

極域や高山の氷河から掘削されるアイスコアの中に含まれる花粉は、古環境のプロキシの1つである。特に山岳氷河のアイスコアでは、花粉分析は年層の決定や過去の植生復元に有効であることがわかってきた。そこで本研究では、パミール高原のフェドチェンコ氷河において、氷河中流域で掘削された2本の浅層アイスコア及びピット、氷河上流域の2つのピットの花粉分析を行い、この氷河の雪氷中の花粉の種類と濃度、空間分布等の基礎的情報を明らかにし、将来計画されている深層アイスコアにおける花粉分析の年代決定及び周辺環境の指標としての有効性を検討することを目的とした。

アイスコア及びピット中の分析の結果、アカザ科、キク科ヨモギ属、マオウ科マオウ属、ヤナギ科ヤマナラシ属、カバノキ科、セリ科、ヒノキ科の計7種類の花粉が含まれていることが明らかになった。

アイスコアの花粉分析を行った結果、最も高濃度の花粉はヨモギで、深さ10m中に10個の花粉濃度のピークがあることがわかった。花粉種によるピーク位置の違いはほとんど見られなかった。先行研究のダスト層による年代と比較した結果、花粉のピークは1年に複数存在することがわかった。また、花粉ピークの分析から、ダスト層では判別されなかった年層境界があることがわかった。このことから、ダスト層と花粉濃度を組み合わせることにより、正確な年代決定ができることがわかった。

氷河中流域と上流域のピットの花粉の構成比を比較した結果、中流域ではヨモギ属が優占しているのに対し、上流域ではヒノキ科が優占していることがわかった。これは、氷河の場所によって花粉供給源が異なるためと考えられる。

フェドチェンコ氷河の雪氷中に含まれていた花粉構成を、天山山脈、アルタイ山脈の各氷河と比較した結果、種数や構成比に明らかに違いがあることがわかった。これは、それぞれの氷河周辺の周辺植生の違いを表していると考えられる。以上の結果から、フェドチェンコ氷河のアイスコアの花粉分析は過去植生指標としても有効であることがわかった。