

## 重力衛星 GRACE によって明らかになった北極圏島嶼の小氷河帯 (アイスランド、スヴァールバル諸島、東北極諸島) の氷消失

### Ice loss in small glacier systems of the Arctic Islands (Iceland, Svalbard, the East Arctic Islands) revealed by GRACE

松尾 功二<sup>1\*</sup>, 日置 幸介<sup>1</sup>  
MATSUO, Koji<sup>1\*</sup>, HEKI, Kosuke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学理学院自然史科学

<sup>1</sup>Dept. Natural His. Sci., Hokkaido Univ.

北極圏の島々は、陸域の80%以上が氷氷(氷床、氷河、氷帽)で覆われており、北半球で最も多くの氷氷を有する地域である。北極圏の島々には、グリーンランド、北極諸島(Canadian Arctic Archipelago)、アイスランド、西北極諸島(Svalbard)、東北極諸島(Novaya Zemlya, Severnaya Zemlya, and Franz Joseph Land)などが含まれる。北極圏の氷氷の被覆面積はおよそ2,000,000 km<sup>2</sup>で、そのほとんどは氷床としてグリーンランドに存在する(1,750,000 km<sup>2</sup>)。氷河・氷帽に関しては、半数が北極諸島に存在し(150,000 km<sup>2</sup>)、およそ4分の1がグリーンランド(76,000 km<sup>2</sup>)、残りの4分の1がアイスランド、東西北極諸島(100,000 km<sup>2</sup>)に存在する。

近年、地球温暖化に伴う氷床・氷河の急速な後退が世界中で報告されている。2002年に地球の重力変動観測を目的に打ち上げられた双子型衛星 Gravity Recovery and Climate Experience (GRACE)は、そのような広大な領域で起こる質量変動を二衛星間距離のわずかな変化として捉え、それらの直接的・定量的な計測を可能にした。ここ約10年間に及ぶGRACEの観測によると、南極で190 ± 77 Gt/yr (e.g. Chen et al., 2009)、アラスカで115 ± 20 Gt/yr (e.g. Tamisiea et al., 2005)、アジア高山域で47 ± 13 Gt/yr (Matsuo and Heki, 2010)、パタゴニアで28 ± 11 Gt/yr (Chen et al., 2007)の氷床・氷河の融解速度が明らかになった。北極圏に関しては、グリーンランドで252 ± 28 Gt/yr (e.g. Schrama and Wouters, 2011)、北極諸島で62 ± 10 Gt/yr (Gardner et al., 2011)、西北極諸島で15.2 ± 2.4 Gt/yr (Memin et al., 2011)となっている。しかしながら、北極圏のその他の島々、すなわち、アイスランド、東北極諸島については未だに報告がなされていない。

本研究では、北極圏氷河、とりわけまだ報告がなされていない地域に焦点を当て、GRACEによる2003-2011年の重力変動データを解析し、それらの地域の現在の氷河融解量の推定を試みる。GRACEデータからの氷河融解量の推定手法に関しては、Matsuo and Heki(2010)の手法を踏襲する。また、後氷期回復の寄与はPaulson et al. (2007)のモデルを用いることで補正を行った。そして我々は氷河融解量として、アイスランドで10.9 ± 0.7 Gt/yr、東北極諸島で10.6 ± 3.1 Gt/yr (Novaya Zemlyaで6.9 ± 1.5 Gt/yr、Severnaya Zemlyaで2.6 ± 0.9 Gt/yr、Franz Joseph Landで1.1 ± 0.7 Gt/yr)を得た。これらの結果は、1961-2001年の間に行われたフィールド調査に基づく氷河融解量(アイスランドで2.5 ± 8.7 Gt/yr、東北極諸島で0.8 ± 4.1 Gt/yr)と比べ、はるかに大きい値である。すなわちそれは、世界の氷河融解の加速傾向が、北極圏氷河でも見られることを示唆している。

#### [参考文献]

- Chen et al. (2007), *Geophys. Res. Lett.*, L22501, doi:10.1029/2007GL031871.  
Chen et al. (2009), *Nature Geosci.*, 859-862, doi:10.1038/NGEO694.  
Dyrgerov and Meier (2005), *Occasional Paper 58*, University of Colorado, Boulder, p. 118.  
Gardner et al. (2011), *Nature*, 357-360, doi:10.1038/nature10089.  
Matsuo and Heki (2010), *Earth Plan. Sci. Lett.*, 30-36, doi:10.1016/j.epsl.2009.11.053.  
Memin et al. (2011), *Geophys. J. Int.*, doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04922.x.  
Paulson et al. (2011), *Geophys. J. Int.*, doi: 10.1111/j.1365-246X.2007.03556.x.  
Schrama and Wouters (2011), *J. Geophys. Res.*, B02407, doi:10.1029/2009JB006847.  
Tamisiea et al. (2005), *Geophys. Res. Lett.*, L20501, doi:10.1029/2005GL023961.

キーワード: 氷河融解, 宇宙測地学, GRACE, 北極圏, 温暖化, 海面上昇

Keywords: Glacial melting, Space geodesy, GRACE, The Arctic, Global warming, Sea level rise

## 合成開口レーダーで捉えた西クンルン山脈の山岳氷河表面速度場の多様性 Diversity of Glacier Surface Velocity in the West Kunlun Shan, NW Tibet, Detected by Synthetic Aperture Radar

安田 貴俊<sup>1\*</sup>, 古屋 正人<sup>2</sup>

YASUDA, Takatoshi<sup>1\*</sup>, FURUYA, Masato<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学院, <sup>2</sup> 北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Department of Natural History Sciences, Hokkaido University

チベット高原北西に位置する西クンルン山脈 (WKS) は偏西風や大陸内循環により運ばれた水蒸気が降水をもたらし、5000m を越える高地かつ寒冷な気候により多くの山岳氷河が発達している。過去に行われた調査から WKS の平均気温は $-13.4^{\circ}\text{C}$ 、降水量は $460\text{mm}$  と共に低く (Zheng et al., 1988), 年間の主な降水は5月から9月の夏季に発生することが分かっている (Kang and Xie, 1989)。氷河の表層にデブリは少なく、この地で採取されたアイスコアの記録から WKS の山岳氷河は極地もしくは多温型氷河であると報告されている (Thompson et al., 1992)。これら先行研究から西クンルン山脈の山岳氷河では短期的な流速の変動は少ない、もしくはないと考えられていた。

本研究では西クンルン山脈の山岳氷河を対象に衛星搭載型の合成開口レーダーが取得したデータを使用しピクセルオフセットによる解析を行った。地形による SAR 画像のずれの補正は SRTM4 Digital Elevation Model を使用した。氷河は地表勾配に沿って流れる平行流を仮定しピクセルオフセット法で得られた結果から氷河表面速度場を最小二乗法的に推定した。

SAR データの解析により、西クンルン山脈の山岳氷河の表面速度場の全容とその多様性が明らかになった。表面速度は同一の表層環境にも関わらず時間・空間的分布が大きく異なっていた。北斜面のある氷河では上流から下流まで連続的に流動し、下流域において明確な季節変動を検出した。別の氷河では表面速度の経年的な加速、末端の前進や散乱強度の増加を検出した (Yasuda and Furuya, JpGU 2011)。南斜面のある氷河では表面速度の経年的な減少、速度分布の変化、下流域における流動の停滞、散乱強度の減少を検出した。下流域の停滞が存在する氷河は他にも観測された。表面速度が季節的に増加する時期は気温や降水量が増加する時期と一致するため、融解した水が氷河の底面滑りに影響を与えていると考えられる。また表面速度の経年的な加速や減速、末端の前進や散乱強度の増加や減少は氷河サージ (Glacier Surge) と呼ばれる現象と一致している。そのため、西クンルン山脈の山岳氷河の多様性は夏季の降水や気温の上昇に加え氷河サージがその一因である可能性がある。

キーワード: 合成開口レーダー, 山岳氷河, 表面速度, 西クンルン山脈, 氷河サージ, 季節変動

Keywords: SAR, mountain glacier, surface velocity, West Kunlun Shan, glacier surge, seasonal variation

## L-バンド SAR 衛星 ALOS/PALSAR によるアラスカ・ハバード氷河の流動速度測定 Flow velocity measurement of Hubbard Glacier, Alaska, by L-band Synthetic Aperture Radar, ALOS/PALSAR

阿部 隆博<sup>1\*</sup>, 古屋 正人<sup>1</sup>

ABE, Takahiro<sup>1\*</sup>, FURUYA, Masato<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学院

<sup>1</sup>Dept. Natural History Sci., Hokkaido Univ.

ハバード氷河はユーコン、アラスカをまたぐ全長約 120km もある北米で最大の tidewater 氷河である。ローガン山から流れ出るこの氷河は、アラスカ州南西部のディセンチャットメント湾やラッセルフィオードへ流れ出る。その末端のふるまいは複雑でかつ季節変動が報告されている (e.g., Ritchie et al., 2008)。しかし、上流部や中流部の時空間的なふるまいについてはまだ知られていない。そこで我々は中流部に注目して流動速度を調べた。

我々は 2006 年に JAXA (宇宙航空開発研究機構) が打ち上げた ALOS/PALSAR のデータを解析した。SAR は合成開口レーダの略で、昼夜や天気に関係なく一度に高分解能で広範囲のデータを取得できるという利点を持つ。我々はこのデータを用いてピクセルオフセット解析を行い、流動速度を求めた。さらに、得られた結果と DEM (Digital Elevation Model: 数値標高地図) を用いて、流動の 3 次元分布を推定した。この氷河周辺の 14 個の SAR データを用いて、7 つの期間の流動速度を求め、その時空間的な変化を調べた。

我々はこの要旨執筆の段階で 2 つの主要な結果を得ている。(1): 最大の流動速度は約 1.3m/day であった (2): 冬の流動速度が夏の流動速度を約 80% 上回っている。今のところ、2 つめの結果を説明できるような要因はまだわからない。しかし、もし事実だとすると、これは Ritchie et al (2008) で述べられている末端の季節変化 (冬の前進と夏の後退) と一致する。

当日はユーコンの他の氷河の結果も紹介する予定である。

## ALOS/PALSAR と Envisat/ASAR に基づくパタゴニア氷河の流動速度の時空間変化 Space and Time Variations of Glacier Flow Velocities in Patagonia Icefield, Inferred from ALOS/PALSAR and Envisat/ASAR

武藤 みなみ<sup>1\*</sup>, 古屋 正人<sup>1</sup>

MUTO, Minami<sup>1\*</sup>, Masato Furuya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院 理学院 自然史科学部門

<sup>1</sup>Dept. Natural History Sci., hokkaido Univ.

近年、南極やグリーンランドの氷河研究において、流動速度の増加とともに末端が後退したという事例が報告されている。同様に近年急激な氷河の後退が報告されている地域として、世界最大の温暖氷塊であるパタゴニア氷原がある。しかし、パタゴニアの氷河の多くも他の氷河・氷床と同様にアクセス困難であることから、連続的かつ広範囲な観測は行われておらず、その流動速度の変化は一部を除いてほとんどわかっていないのが現状である。氷河・氷床の変動が海水準に与える影響を見積もる上でも、パタゴニア氷原の氷河流動は大きな未知数の一つとなっている。そこで、本研究では全天候型マイクロ波リモートセンシングの一種である合成開口レーダー（Synthetic Aperture Radar; SAR）を用いて、パタゴニア氷河の流動速度を推定した。

本研究では、ALOS/PALSAR（日本名「だいち」、2006年～2011年）と Envisat/ASAR（2002年～）の二つの衛星のデータを用いて Pixel offset（別名 Feature tracking）法を適用し、Perito Moreno 氷河をはじめとする南パタゴニア氷原のいくつかの氷河の流動を検出した。そして、氷河が地形勾配に沿って流動しているという仮定のもと流動速度を推定した。地形データには SRTM4 の数値標高モデルを用いた。

また、Perito Moreno 氷河に関しては、異なる2種類の軌道における観測データを用いることにより、地形データを用いずに3次元変位を推定した。そして、その結果と従来の推定方法による結果を比較した。

解析の結果、南パタゴニア氷原のいくつかの氷河について流動速度を推定することができた。

Perito Moreno 氷河の流動速度は上流部分で最大約 3 m/day となっており、空間分布は先行研究とよく一致していた。時間変化については、2003年～2011年でそれほど大きな変化は見られなかった。また、2つの推定方法による結果を比較したところ、流動速度の鉛直成分に大きな違いが見られた。

PioXI 氷河では2003年と2005年に末端部分の急激な加速が見られた。この変動は季節変化だけでは説明できず、今回解析した他のパタゴニア氷河のふるまいとも異なっていた。

この他にも Upsala 氷河、Occidental 氷河などの観測結果についても紹介する予定である。

キーワード: 合成開口レーダー, だいち, ピクセルオフセット, パタゴニア, 氷河流動

Keywords: ALOS, PALSAR, feature tracking, Patagonia, glacier flow

## CHARACTERISTICS OF INHOMOGENEOUS GLACIER AREA CHANGE IN BOLIVIAN ANDES CHARACTERISTICS OF INHOMOGENEOUS GLACIER AREA CHANGE IN BOLIVIAN ANDES

LIU Tong<sup>1\*</sup>, 木内豪<sup>1</sup>, Fabiola LEDEZMA<sup>1</sup>

LIU, Tong<sup>1\*</sup>, Tsuyoshi KINOCHI<sup>1</sup>, Fabiola LEDEZMA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology

The changing sizes of glaciers in the Bolivian Andes between 1987 and 2010 were determined using cloud-free Landsat Thematic Mapper (TM) images. A method of extracting glaciers was developed that uses the ratio of bands L4 and L5 computed from at-sensor radiance. A 30-m digital elevation model (DEM) derived from ASTER data helped to group the glaciers according to their catchments and slope orientations. Advanced Land Observing Satellite (ALOS) AVNIR-2 data were used to validate the method and identify glacier boundaries.

Glaciers in Bolivian Andes such as Condoriri, Tuni, and Huayna Potosi tended to be more affected by slope orientation, with their greatest area loss on wet-facing slopes. This phenomenon may be partly explained by analyzing meteorological conditions. Assuming that glacier melt occurred when the air temperature over glacier surfaces and incoming shortwave radiation values were both positive, this happened between 09:30 and 18:30 during dry season, whereas between 07:30 and 20:30 in the wet season. In both seasons, the time spans were shorter before noon and longer after noon. As a result, west-facing slopes received solar radiation for a longer span of time each day, which may partly explain why glacier shrank faster on west-facing slopes. Furthermore, incoming longwave radiation reached its peak value in afternoons, which may also have enhanced glacier melt by providing more energy. In addition, hill shade also showed strong influence on glacier melting.

Keywords: Glacier retreat, Slope orientation, Landsat, ALOS, Band ratio

## レーダでとらえた接地線付近の氷底面環境の特徴

## Radar characterization of the basal interface across the grounding zone of an ice-rise promontory in East Antarctica

松岡 健一<sup>1\*</sup>, Frank Pattyn<sup>2</sup>, Denis Callens<sup>2</sup>, Howard Conway<sup>3</sup>

MATSUOKA, Kenichi<sup>1\*</sup>, Frank Pattyn<sup>2</sup>, Denis Callens<sup>2</sup>, Howard Conway<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ノルウェー極地研究所, <sup>2</sup>Universite Libre de Bruxelles, <sup>3</sup>University of Washington

<sup>1</sup>Norwegian Polar Institute, <sup>2</sup>Universite Libre de Bruxelles, <sup>3</sup>University of Washington

氷床の接地線付近における底面環境は、氷床の不安定性、棚氷と海洋との相互作用を知る上で鍵となる知見である。底面環境を遠隔探査で特徴付けるために、アイスレーダで得られた底面反射強度から、氷内部における減衰を差し引くことにより、底面反射係数を計算することが多い。本研究では、従来のデータ解析だけに頼る手法と、最近著者らによって提唱された氷の流動モデルを援用する手法によって底面反射係数を算出し、その差異を検討した。これは、あらたに提唱された方法を実際のデータ解析に応用した初めての事例である。用いたデータは、東南極 Dronning Maud Land に位置する Roi Baudouin 棚氷とそれに接する半島型 Ice rise の接地線含む 42km の測線で得られたものである。従来から用いられている手法を用いた場合、解析のパラメタによって結果が大いに異なった。あたらしいモデル援用型の手法は、底面反射係数や氷内部の温度が大きく変化する地域においては、特に有効であることが示された。

キーワード: 南極, 氷床, 棚氷, レーダ

Keywords: Antarctica, ice sheet, ice shelf, radar

## ブータンヒマラヤにおける氷河湖形成と氷河表面低下への影響 Glacial lake formation and its impact on dynamic thinning of glaciers in the Bhutan Himalaya

津滝 俊<sup>1\*</sup>, 藤田 耕史<sup>1</sup>, 山口 悟<sup>2</sup>, 坂井 亜規子<sup>1</sup>, 縫村 崇行<sup>1</sup>, 小森 次郎<sup>1</sup>, 竹中 修平<sup>3</sup>, プンツォ ツェリン<sup>4</sup>

TSUTAKI, Shun<sup>1\*</sup>, FUJITA, Koji<sup>1</sup>, YAMAGUCHI, Satoru<sup>2</sup>, SAKAI, Akiko<sup>1</sup>, NUIMURA, Takayuki<sup>1</sup>, KOMORI, Jiro<sup>1</sup>, TAK-ENAKA, Shuhei<sup>3</sup>, TSHERING, Phuntsho<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科, <sup>2</sup> 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター, <sup>3</sup> (株)地球システム科学, <sup>4</sup> ブータン産業省地質鉱山局

<sup>1</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, <sup>2</sup>Snow and Ice Research Center, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, <sup>3</sup>Earth System Science Co.,Ltd., <sup>4</sup>Department of Geology and Mines, Ministry of Economic Affairs, Kingdom of Bhutan

近年の気候変動の影響を受けて、ブータンヒマラヤにあるデブリ氷河は著しく縮小・後退し、その末端では新しい氷河湖が形成されている。末端が湖に接した氷河は、底面流動が促進されることにより陸に接した氷河よりも速く流動する。末端の加速はカービングを通してより多くの氷を消耗し、氷厚の減少を引き起こしうる。従って湖の形成と氷河流動の変化を相互に理解することは、氷河の変動を明らかにする上で重要である。これまでヒマラヤの氷河では、衛星画像解析から流動速度が求められてきたが、流動や氷厚の変化に関する現地観測データはほとんど行われていない。

本研究ではブータン・ルナナ地域にある2つのデブリ氷河を対象に、氷河末端における湖の有無が、氷河の流動や表面高度の変化に与える影響を明らかにすることを目的とした。著者らは、末端が陸地に接しているトルトミ氷河と湖に接しているルゲ氷河において、2004年と2011年にGPSによる表面高度測量を行った。その結果、ルゲ氷河における表面高度の変化 ( $-5.7$ – $-2.5$   $\text{m a}^{-1}$ ) はトルトミ氷河 ( $-3.3$ – $-0.7$   $\text{m a}^{-1}$ ) よりも大きいことが明らかになった。2002–2004年に測定されたトルトミ氷河の表面流動速度は上流側で大きく ( $90$   $\text{m a}^{-1}$ )、下流側に向かって減少した ( $40$   $\text{m a}^{-1}$ )。ルゲ氷河では対照的に、上流–下流間において速度の大きな変化は観測されなかった ( $40$ – $55$   $\text{m a}^{-1}$ )。

2次元流動数値モデルを構築し、観測された両氷河の流動速度分布を再現した。トルトミ氷河におけるモデルにより得られた浮上速度は  $1.9$ – $18.8$   $\text{m a}^{-1}$  であり、上流側から末端部にかけて圧縮流が形成されていることを示した。この結果から、圧縮流に起因する氷の縦方向の伸張が融解による表面低下を相殺し、結果として氷厚の減少を抑制していることが示唆された。一方でルゲ氷河では  $-12.0$ – $-2.7$   $\text{m a}^{-1}$  と伸張流を示し、氷厚の減少を促進させていることを示唆した。これらの計算結果は、両氷河において観測された表面低下の違いと一致する。南極やグリーンランドの氷流では、(1) 末端の加速による伸張流の発生、(2) 伸張流による氷厚の減少、(3) 氷厚の減少に起因する底面流動の促進という正のフィードバックが働き、氷床の変動に影響を及ぼしていることが報告されているが、本研究ではヒマラヤの山岳氷河において、類似したフィードバックの存在を観測から明らかにした。本研究の結果から、現在トルトミ氷河に形成されている氷河上湖が今後拡大した場合、ルゲ氷河と同様に表面低下が加速することが示唆された。

キーワード: 氷河, 氷河湖, 氷河流動

Keywords: Glacier, Glacier lake, Glacier flow

## フィールド測量データによるネパールヒマラヤ・リルン氷河の氷河表面の高度変化量 Elevation changes in Lirung Glacier by field surveys 1996-2008 in Langtang valley, Nepal Himalaya.

縫村 崇行<sup>1\*</sup>, 藤田 耕史<sup>1</sup>, 岡本 祥子<sup>1</sup>, 竹中 修平<sup>2</sup>, 保科 優<sup>1</sup>, 永井 裕人<sup>1</sup>

NUIMURA, Takayuki<sup>1\*</sup>, FUJITA, Koji<sup>1</sup>, OKAMOTO, Sachiko<sup>1</sup>, TAKENAKA, Shuhei<sup>2</sup>, HOSHINA, Yu<sup>1</sup>, NAGAI, Hiroto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学, <sup>2</sup> 地球システム科学

<sup>1</sup> Nagoya University, <sup>2</sup> Earth System Science Co.,LTD.

ヒマラヤにおける山岳氷河の特徴として、大部分の氷河はその表面をデブリ（岩屑）に覆われておりデブリ氷河と呼ばれている。デブリ氷河では氷河と周囲の地形の境界が表面から捉えにくいいため、可視衛星画像による面積変化の計測が困難であり、リモートセンシングによるデジタル地形データ (DEM) を用いた氷河表面の高度変化が有効とされている。しかしながらリモートセンシングにより計測された DEM は、厳密にはその計測手法により固有の誤差を持つことが知られており、異なるセンサー間のリモートセンシング DEM を用いて標高値の値系列変化を計測する際にはそのような固有の誤差を評価・補正する必要がある。

本研究ではネパールヒマラヤ・ランタン谷のリルン氷河において、1996年と1999年に実施したセオドライト測量データと、2008年に実施したディファレンシャル GPS 測量データを用いて氷河表面の高度変化を求めた。それぞれの測量データは1996年に氷河外の安定した基盤に設置された基点をもとに座標系の統一を行った上で DEM へと変換したうえで高度変化量を求めた。これに加えて1992年の空中写真測量による DEM、2000年の SRTM-DEM、2001年から2004年までの4シーンの ASTER-DEM の計6時期の DEM について精度検証及びバイアス補正を行い、高精度で氷河表面高度の変化速度と変化量を算出した結果の比較も行った。解析結果は発表にて紹介する。

キーワード: 氷河, ヒマラヤ, GPS, リモートセンシング, DEM, ランタン

Keywords: glacier, Himalaya, GPS, remote sensing, DEM, Langtang



## 新潟県十日町の積雪における融雪期のクロロフィル濃度変化 A variation in chlorophyll concentration during the thaw period in the snowpack of Tohka- machi City, Niigata-Prefecture

大沼 友貴彦<sup>1\*</sup>, 竹内 望<sup>2</sup>, 竹内 由香里<sup>3</sup>, 山口 悟<sup>4</sup>, 佐藤 和秀<sup>5</sup>

ONUMA, Yukihiko<sup>1\*</sup>, TAKEUCHI, Nozomu<sup>2</sup>, TAKEUCHI, Yukari<sup>3</sup>, YAMAGUCHI, Satoru<sup>4</sup>, Kazuhide Sato<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 千葉大・大学院・理学研, <sup>2</sup> 千葉大, <sup>3</sup> 森林総研・十日町試験地, <sup>4</sup> 防災科研・雪氷, <sup>5</sup> 長岡高専

<sup>1</sup>Graduate student, Graduate School of Science, Chiba Univ., <sup>2</sup>Chiba Univ., <sup>3</sup>Tohka-machi Experimental Station, FFPRI, <sup>4</sup>Snow and Ice Research Center, NIED, <sup>5</sup>Nagaoka National College of Technology

融雪期の積雪の表面には雪氷藻類という光合成微生物が繁殖することが知られている。雪氷藻類の大繁殖は、雪氷面を赤く染めて赤雪という現象を引き起こす。雪氷藻類は、寒冷環境に適応した特殊な生物であるが、繁殖の条件など詳しい生態についてはまだ解らないことが多い。とくに近年の日本各地での降雪の酸性化、黄砂の飛来、地球温暖化による積雪量の変化は、雪氷藻類の生態にも大きな影響を与えていると考えられているが詳しいことは全くわかっていない。積雪中の雪氷藻類は、葉緑素であるクロロフィルの濃度を分析することで、定量的評価を行うことができる。そこで本研究は、2009年から2011年の冬から春にかけて、積雪表面のクロロフィル濃度を分析してその季節変動を明らかにし、その変動の環境要因を明らかにすることを目的とした。また、分析したクロロフィル濃度と積雪融解モデルとの比較も行った。

本研究で対象となる積雪は、森林総合研究所十日町試験地の積雪である。2009年から2011年の各年の1月から4月までの期間における、積雪が消滅するまで約2週間おきに採取されたサンプルの分析を行った。分析項目は、EC・pH・クロロフィル濃度である。

分析の結果、2011年の積雪表面のクロロフィル濃度は、1月から3月までは $3.29 \mu\text{g/L}$ 以下でほとんど変化はなく、3月下旬以降から $5 \mu\text{g/L}$ から $20 \mu\text{g/L}$ へと急激に増加した。十日町試験地が観測した気象データと比較した結果、この年の十日町は3月下旬以降から融雪期に突入したことがわかった。このことから融雪とクロロフィル濃度の増加には関係があり、積雪中の水分が影響していると考えられる。

2009, 2010年の積雪表面クロロフィル濃度の変化と比較したところ、2010年も同様に、3月下旬以降からクロロフィル濃度が $5 \mu\text{g/L}$ から $25 \mu\text{g/L}$ へと増加したことが明らかになった。2009~2011年までの分析結果とそれぞれのサンプルのEC・pH・含水率・積雪密度・気温・積雪深との相関を調べた結果、2011年のサンプルでは、クロロフィル量と含水率・積雪密度・気温・積雪深に相関がみられたが、他の年では相関のないパラメータがあった。この結果から、クロロフィル濃度が増加する要因は、積雪中の水分量以外にも存在する可能性がある。上記で相関を調べたパラメータ以外には日射や栄養塩がクロロフィル濃度へ影響を与えている可能性がある。

キーワード: 雪氷藻類, クロロフィル, 融雪期, 積雪モデル

Keywords: snow algae, chlorophyll, the thawing season, the snow cover model

## 室内型 $\mu$ G 発生装置で観測した氷 Ih の磁気放出 Free Translation of Ice Ih Induced by Field Gradient Force

植田 千秋<sup>1\*</sup>

UYEDA, Chiaki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

<sup>1</sup> Graduate School of Science Osaka University

当グループでは、これまでに微小重力下で反磁性結晶が、並進の運動方程式に従って磁場外に放出されることを報告した [1]。この実験で磁場中心の強度は 1 テスラ以下であった。上記勾配力は体積力であるため粒子の加速度は、与えられた勾配の中では、物質固有の反磁性磁化率のみに依存し、粒子の質量に依存しない。

今回ミリメートルサイズの氷 Ih 結晶について、上記の磁気放出の観測に成功したので報告する。測定では検出した磁化率の質量非依存性を、 $m = 10E-1 \sim 10E-2g$  の範囲で確認した。これは結晶が運動開始時に有している磁気的ポテンシャルが、磁場外で、全て運動エネルギーに変換されたことを示唆する。

当グループでは以前に氷 Ih 単結晶の c 軸が、静磁場中 (1 テスラ以下) では磁気的不安定軸となり、磁場に対して垂直な方向を軸として回転振動することを報告した。今回、磁気誘導型の並進運動が確認されたことで、反磁性の氷結晶が、(例えば太陽系初期のように) 磁場の存在する微小重力環境では、磁性物質に準ずる磁気活性を有することが確認された。

このように微小重力での運動を用いた磁気測定では、試料ホルダーおよび質量計測を必要としない。そのため運動が観測可能な限り、無制限に小さな粒子の磁化率 & 異方性 (単位質量当) が測定できる。従って将来的には、ミクロンサイズの ice dust の同定に応用できる可能性を有する。

[1] C.Uyeda et al.J.Phys.Soc.Jpn. 79 (2010) 064709 .

キーワード: 室内型  $\mu$  G 発生装置, 氷 Ih, 磁気放出, 反磁性磁化率, 探査機, 物質同定

Keywords: chamber type micro-gravity system, ice Ih, magnetic ejection, diamagnetic susceptibility, magnetic orientation, material identification