

## PET ボトルを用いた簡易型積雪重量計の開発 Development of a simple snow load gauge using plastic bottles

今西 祐一<sup>1\*</sup>; 大井 拓磨<sup>2</sup>  
IMANISHI, Yuichi<sup>1\*</sup>; OI, Takuma<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 東邦マーカンタイル株式会社  
<sup>1</sup>ERI, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Toho Mercantile CO., LTD.

東京大学宇宙線研究所・神岡宇宙素粒子研究施設（岐阜県飛騨市）の坑道内においては、超伝導重力計による重力観測が行われている。この場所は豪雪地帯に位置するため、冬季の積雪が及ぼす引力が、観測される重力に大きな影響を与える。その効果を補正する目的で、地表にかかる積雪荷重（質量）を測定するための、簡易型の積雪重量計を開発した。原理はスノープレッシャーピローと同様で、容器中の不凍液の圧力を圧力センサーで検出するものだが、容器に飲料用の PET ボトルを用いているため設置面積が小さく安価である点が特徴である。装置に人工的に荷重をかけることにより検定試験を行ったところ、荷重と圧力との関係が線形に近い特性を示すことがわかった。開発した装置を実際に神岡の山頂に設置して試験観測を行ったところ、積雪荷重の時間変化をほぼ的確に記録したと考えられるデータが得られ、重力の時間変化ともよく対応していた。今後、このような簡易的な方法による観測を山中の多点に展開して、積雪荷重の面的なデータの取得を試みたい。

キーワード: 積雪重量計, 超伝導重力計, PET ボトル  
Keywords: snow load gauge, superconducting gravimeter, plastic bottle

## 雪中 BC 濃度定量時における雪解凍温度への依存性 Dependence of the size distribution of BC in snow on thawing temperature

木名瀬 健<sup>1\*</sup>; 北 和之<sup>2</sup>; 近藤 豊<sup>3</sup>; 大畑 祥<sup>3</sup>; 茂木 信宏<sup>3</sup>; 東 久美子<sup>4</sup>; 小川 佳美<sup>4</sup>; 塩原 匡貴<sup>4</sup>;  
 本山 秀明<sup>4</sup>; 林 政彦<sup>5</sup>; 原 圭一郎<sup>5</sup>  
 KINASE, Takeshi<sup>1\*</sup>; KITA, Kazuyuki<sup>2</sup>; KONDO, Yutaka<sup>3</sup>; OHATA, Syo<sup>3</sup>; MOTEGI, Nobuhiro<sup>3</sup>;  
 AZUMA, Kumiko<sup>4</sup>; OGAWA, Yoshimi<sup>4</sup>; SHIOBARA, Masataka<sup>4</sup>; MOTOYAMA, Hideaki<sup>4</sup>; HAYASHI, Masahiko<sup>5</sup>;  
 HARA, Keiichiro<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 茨城大学大学院理工学研究科, <sup>2</sup> 茨城大学理学部, <sup>3</sup> 東京大学大学院理学部, <sup>4</sup> 国立極地研究所, <sup>5</sup> 福岡大学理学部  
<sup>1</sup>Graduate school of science and engineering of Ibaraki Univ., <sup>2</sup>College of science, Ibaraki Univ., <sup>3</sup>School of science the university of Tokyo, <sup>4</sup>National Institute of Polar Research, <sup>5</sup>Fukuoka Univ.

黒色炭素エアロゾル (以下 BC) は化石燃料の燃焼やバイオマスバーニングの不完全燃焼時に発生する煤が主なものとされ、大気中で太陽放射を吸収することで強い温暖化効果をもたらす。さらに BC は雪氷面に沈着することで、雪のアルベドを下げ、温暖化に寄与する。積雪に沈着した BC の放射強制力は、IPCC (2013) では 0.04(0.02~0.09)(W/m<sup>2</sup>) と見積もられているが、Flanner et al.(2007) では 0.049(0.007~0.12)(W/m<sup>2</sup>) と見積もられており、不確定は大きい。雪氷面のアルベドの計算は、雪氷表面および内部での、雪粒子と BC などの含有不純物を考慮した、放射伝達モデルにより求められているが、積雪中に含まれている BC の全重量濃度およびその粒径分布の情報が必要となる。そのため、雪氷中の BC 粒径分布を正しく測定することは、BC の気候への影響を定量的に見積もるうえで非常に重要である。

我々のグループは、雪氷中の BC 濃度の粒径分布を測定するために雪氷を融解しエアロゾル化して、大気中 BC と同様に Incandescence Method(SingleParticleSootPhotometer(SP2) による分析) で検出する。この手法で雪氷中の BC を分析した研究としては MacConnell et al.(2007) が嚆矢となっているが、まだ新しい手法であるため実験過程における不確定が存在する。不確定要因の一つに、解凍方法の違いによる粒径分布と濃度の変化があげられる。R.E.Brandt et al.(2011) をはじめとする、多くの研究では雪を加熱して解凍時間の短縮をおこなっている。しかし、J.P.Schwarz et al.(2012) では、測定する雪サンプルが経験した温度履歴が粒径分布へ影響を及ぼすことを示唆している。サンプル解凍時における温度及び解凍時間が及ぼす、解凍後の BC 粒径分布への影響について実験により詳細に評価した報告は見つからなかった。

本研究では、積雪中 BC の粒径分布をより正しく測定するために、雪サンプルの解凍温度が、得られた溶液中の BC 重量濃度・粒径分布に有意な影響を与えるか明確にすることを目的とする。

我々は 2013 年に石川県の白山と長野県の白馬の二地点で採取された雪サンプルをそれぞれウォーターバスを使用して 70℃・20℃・5℃で解凍し、解凍温度による違いにより測定される BC 重量濃度や粒径分布に変化が出るか実験した。予備実験ではサンプル間のばらつき評価が問題となったため、あらかじめハンドミキサーで雪質を混合し、均一化したサンプルを小分けして、同条件で三サンプルずつ測定することでサンプルのばらつきを評価できるように留意した。

実験の結果、BC 重量濃度はより低温での解凍時の方が高濃度となることがわかった。粒径毎に比較すると、小粒径ほど加熱温度が高いと顕著に低濃度化することがわかった。濃度変化は白山のサンプルでは 40.8%、白馬のサンプルでは 11%の低濃度化となり、サンプルのばらつきはそれぞれ最大で 17.6%、10.1%だったことから有意な変化が得られた。雪中で BC が増加することは考えにくいから、低濃度化は BC のロスあるいは粒径の変化が起きていると考えてよい。

以上の結果から、雪解凍時に与える温度変化が、測定される重量濃度と粒径分布に影響を与えてしまう可能性があることがわかり、雪サンプル中の BC 重量濃度・粒径分布を測定する際には、解凍温度を低くした方がよいことが示された。しかし、低温では加藤に時間を要することから、解凍時間や解凍後の保存時間が粒径分布や濃度に影響しないかについて確認する実験を行う予定である。

キーワード: 積雪, BC, 粒径分布, SP2, 解凍温度

Keywords: snow, BC, size distribution, SP2, thawing temperature

## 着氷着雪環境下におけるアラスカ北方林の地表面アルベド Surface albedo over snow-covered boreal forests, Alaska

杉浦 幸之助<sup>1\*</sup>; 北原 裕二郎<sup>2</sup>; 永井 信<sup>3</sup>; 鈴木 力英<sup>3</sup>  
SUGIURA, Konosuke<sup>1\*</sup>; KITAHARA, Yujiro<sup>2</sup>; NAGAI, Shin<sup>3</sup>; SUZUKI, Rikie<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 富山大学/海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 富山大学, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構  
<sup>1</sup>Univ. of Toyama/JAMSTEC, <sup>2</sup>Univ. of Toyama, <sup>3</sup>JAMSTEC

Previous research has demonstrated the high variations of the surface albedo in winter/spring in snow-covered regions in various global climate models. In this study, we focus on the surface albedo over snow-covered forests which is suggested probably too high in various global climate models. This study was carried out to verify the occurrence frequency of ice accretion and snow accretion in the boreal forest regions. Using the interval camera installed on the observation tower of 16 m in height at the site located to the north of Fairbanks, Alaska, ice accretion and snow accretion in black spruce forest regions were measured. Based on the results, the surface albedo variation of snow-covered forests and differences in the snow albedo parameterization are discussed to contribute to a better understanding of the role of snow in the climate system.

キーワード: 着氷, 着雪, アルベド, 北方林  
Keywords: ice accretion, snow accretion, albedo, boreal forest

## 雪上滑走型岩石なだれの長距離運動条件に関する考察 Long-traveling conditions for the rock-on-snow avalanche: insights from the field and laboratory evidences

山崎 新太郎<sup>1\*</sup>; 川口 貴之<sup>1</sup>; 中村 大<sup>1</sup>; 山下 聡<sup>1</sup>  
YAMASAKI, Shintaro<sup>1\*</sup>; KAWAGUCHI, Takayuki<sup>1</sup>; NAKAMURA, Dai<sup>1</sup>; YAMASHITA, Satoshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北見工業大学

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

On March 12, 2011, a large earthquake induced rock avalanches in Nagano and Niigata prefecture Japan. These rock avalanches travelled long, about 1 km to 1.5 km sliding on snow with apparent friction angle of 6° to 17.1°. It looks uncommon phenomena. Because rock avalanches often stop on snow covering steep slope. We hypothesized that the nature of snow dominate the mobility of the rock-on-snow avalanche, and flew rocks on snow 3.5-m-long slope varying snow hardness, and then we flew a rock and earth of 6 ton on 28-m long snow covering slope. Snow is low friction material but its aggregates is effective cushion by self-deformation, so travelling on normal autochthonous snow cover and mixing snow into the falling material do not contribute such long travelling. However, hardened and consolidated snow provide it because of ice-like low friction and impermeability. The consolidated snow is formed at the contact surface on snow cover by impulsive compressing. Hence, when a falling material plunge into lower thick snow cover, consolidated snow is formed. Then, falling material slide on it by pushing following flow. When the forming consolidated snow basement, water and air are expelled from snow to upper falling material, and they probably reduce friction. As the consolidated snow is impermeable, frictional heat and heat transferring produced snowmelt are kept on the consolidated snow, and it reduce further friction. With downsizing of falling material, the resistivity against forehead snow cover decreases, and it leads to stopping. In addition, with lessening pressure of the falling material to underlying snow cover, forming impermeable consolidated snow stops, and water pressure disappear, and it leads to stopping. Wet and granular snow is likely to be consolidated. Thus these snow covered area and/or season are preferable condition of the long travelling rock-on-snow avalanches.

キーワード: 積雪, 雪上滑走型岩石なだれ, 雪崩, 落石, 地震災害

Keywords: snow cover, rock-on-snow avalanche, snow avalanche, rockfall, earthquake

## 2014年に実施したブータンヒマラヤでの氷河と山岳永久凍土観測 The research expedition of the glacier and mountain permafrost in the Bhutan Himalayas in 2014

福井 幸太郎<sup>1\*</sup>; 藤田 耕史<sup>2</sup>; プンツォ ツェリン<sup>2</sup>  
FUKUI, Kotaro<sup>1\*</sup>; FUJITA, Koji<sup>2</sup>; TSHERING, Phuntscho<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 富山県立山カルデラ砂防博物館, <sup>2</sup> 名古屋大学  
<sup>1</sup>Tateyama Caldera Sabo Museum, <sup>2</sup>Nagoya University

The glacier and mountain permafrost research expedition was carried out in September and October of 2014 in the central part of the Bhutan Himalayas. The aims of this expedition were 1) to make a rock glaciers inventory and identify the lower limit of mountain permafrost in the Bhutan Himalayas, and 2) to measure the ice thickness of the Gangjula glacier based on the ground penetrating radar (GPR) soundings.

We identified total 81 rock glaciers. Active rock glaciers appeared above 4600 m. We estimated that mean annual air temperature at the terminus of the active rock glaciers are less than -0.8°C based on ERA-Interim data from 1979 to 2013. These indicate that the lower limit of mountain permafrost in Bhutan Himalayas is 4600 m. This lower limit of mountain permafrost is slightly lower than that in Khumbu Himal (5000-5300 m) and that in Kanchenjunga Himal (4800 m).

The Gangjula glacier is a small saddle glacier. Length=1.1 km, width=0.3 km, surface area=0.31km<sup>2</sup>, elevation=4900-5200 m and the ELA=glacier top. We used GSSI SIR3000 + 100MHz antenna and got 6 cross and 1 longitudinal GPR profiles. The results of GPR soundings indicated that the maximum thickness of the Gangjula glacier was 76 m.

キーワード: ブータン, ヒマラヤ, 氷河, 岩石氷河, 永久凍土, 地中レーダー

Keywords: Bhutan, Himalaya, glacier, rock glacier, permafrost, ground penetrating radar

## 南パタゴニア氷原の氷河前縁湖における水塊構造の季節変動 Seasonal variations in the thermal structures of proglacial lakes in the Southern Patagonia Icefield

箕輪 昌紘<sup>1\*</sup>; 杉山 慎<sup>1</sup>; 榊原 大貴<sup>1</sup>; スクバルカ ペドロ<sup>2</sup>  
MINOWA, Masahiro<sup>1\*</sup>; SUGIYAMA, Shin<sup>1</sup>; SAKAKIBARA, Daiki<sup>1</sup>; SKVARCA, Pedro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学低温科学研究所, <sup>2</sup> パタゴニア氷原博物館  
<sup>1</sup>Institute of Low Temperature Science, <sup>2</sup>Museo del Hielo Patagonic

Patagonia Icefields are losing ice mass at one of the greatest rates in the world. The icefields are characterized by a number of outlet glaciers calving into lakes and the ocean. Many of these calving glaciers are retreating, but rates of the retreats are significantly different in each glacier. For example, Glaciar Upsala retreated by 2.9 km over the period of 2008 — 2011. Mass loss from the glacier accounts for about 15% of the total mass loss from the Southern Patagonia Icefield in 2000 — 2012. On the other hand, Glaciar Perito Moreno has shown no significant change in the terminus position over the past century. Recent studies in Greenland and Alaska suggest the importance of melting of calving face below the sea surface for recent mass loss of calving glaciers. Despite the increasing numbers of data from fjord of tidewater glaciers, little is known even in the thermal structure in lake, seasonal variation and how various water masses mix. To investigate the thermal structure of proglacial lake, we measured temperature and turbidity of lake water in front of calving glaciers in the Southern Patagonia Icefield. Lake measurements were carried out at Glaciar Upsala, which covers an area of 840 km<sup>2</sup> and flows into a ~600 m deep lake, and Glaciar Perito Moreno, which covers an area of 259 km<sup>2</sup> and flows into a shallower lake (~200 m deep). We repeated measurements in summer (December, 2013) and spring (October, 2014) to investigate seasonal variations in the lake water properties.

Our results in spring showed relatively uniform water temperature and turbidity from the lake surface to the bottom, whereas temperature and turbidity showed steeper vertical gradients in summer. These results are consistent in the two lakes. In summer, water temperature in front of Glacier Upsala (2 — 4°C) was colder than in spring, because of large amounts of subglacial discharge from the glacier. Turbid and cold water (<1°C) was found at the deepest part of the lake (>500 m below the lake surface), which is a strong indication of subglacial meltwater discharge. Contrasting to Glaciar Upsala, cold deep water was missing in the lake of Glaciar Perito Moreno both in summer and spring. In summer, water temperature (6°C) was warmer than in spring by ~3°C within whole lake, and in particular, warm water layer (~8°C) observed at the lake surface (<5 m below the lake surface).

These data indicate different thermal structures in front of the two freshwater calving glaciers in Patagonia. The structure is probably dependent on the bathymetry and subglacial discharge. Warmer lake is formed by relatively small amount of subglacial discharge and shallow lake, which should play crucial roles in the melting of calving face below the lake surface.

キーワード: カービング氷河, 氷河前縁湖, 水中融解, パタゴニア  
Keywords: calving glacier, proglacial lake, subaqueous melt, Patagonia