

## 多層積雪/土壌構造・多様な陸面パラメータを考慮したマイクロ波放射伝達モデルに基づく積雪物理量アルゴリズムの開発

Development of snow algorithm based on the microwave radiative transfer model for multiple layers and various land surface parameters

\*筒井 浩行<sup>1</sup>

\*Hiroyuki Tsutsui<sup>1</sup>

1. 国立研究開発法人宇宙航空研究機構 地球観測研究センター

1. Japan Aerospace Exploration Agency/Earth Observation Research Center

マイクロ波リモートセンシングに基づく積雪アルゴリズムの多くは、単層の積雪構造と多くの陸面パラメータの仮定により構成されたマイクロ波放射伝達モデル(以下、RTM)を用いている。我々のアルゴリズムもまた同様の構造のRTMが用いられていたために、積雪深の期待される推定精度をなかなか達成することができなかった。そこで本研究では、これまで用いていたDense Media Radiative Transfer model (DMRT; Tsang, 1992)と4-Stream fast model(Liu, 1988)の結合モデルにAdvanced Integral Equation Model (AIEM; Chen, 2001)を加え、土壌の地表面散乱効果を評価することのできるRTMに改良した。さらに単層構造であった積雪および土壌の多層化を図り、それぞれの層でパラメータを評価することができるように改良した。植生に関しては、S. Paloscia, and P. Pampaloni(1988)経験式により植生水分量を求めた上で、Jacson and Schmugge(1991)経験式により植生の光学的厚さを求め、 $\omega$ - $\tau$ model(Mo et al., 1982)により評価した。さらにD. M. Dobson et al.(1985)経験式に氷要素を加えて土壌の凍結も評価できるように改良した。仮定による不確実性を極力減らすために、RTMの感度試験を行った上で、土壌の間隙率・含水率・水分量、雪温勾配、植生に対する葉面積指数(LAI)・植生率を陸面パラメータとした。このように改良したRTMを用いて、各陸面パラメータに対応するLookup table(以下、LUT)を計算し、AMSR2/AMSR-Eマイクロ波輝度温度(18.7GHz(v)/36.5GHz(v))から積雪深および各層の積雪パラメータを推定するアルゴリズムを開発した。アルゴリズムにおける各積雪層の雪粒子サイズは、雪粒子成長モデル(Sturm and Benson, 1977)により推定した。また雪面温度は、Richard(2003)経験式を用いAMSR2輝度温度(18.7(v), 23.8(v), 36.5(h), 89.0(v) GHz)から算定し、雪温勾配を用いて温度プロファイルを計算した。さらに各陸面パラメータに対応する附属全球データとして以下を用いた。全球間隙率データについては、ISLSCP経験式(間隙率=  $1 - [d/2.65]$ )を用いて体積密度(d, Harmonized World Soil Database)から間隙率を算定した。土壌凍結はNSIDC Permafrost/Ground ice mapにより判定した。全球土壌水分データおよび雪温勾配は、GLDAS-CLMに基づき算定した。LAI全球データとしてはMODIS LAIデータを用い、全球植生フラクシオンデータは、ESA Glob Coverデータセットに基づき算定した。2012年10月から2013年2月の期間、シベリア領域(N55-65°, E125-135°)に含まれるGSOD10ステーションおよびAMSR2シベリア検証サイトを対象にアルゴリズムの性能を検証した結果、MAE(Mean Absolute Error):9cm・Bias:1.5cm・RMSE:14cmの精度を確認した。

キーワード：積雪、マイクロ波リモートセンシング、アルゴリズム

Keywords: Snow, Microwave remote sensing, Algorithm

## 衛星観測に基づく北半球積雪被覆期間の長期変動傾向

A 30-year trend of snow cover duration in the Northern Hemisphere derived from satellite-borne optical sensors

\*堀 雅裕<sup>1</sup>、杉浦 幸之助<sup>2</sup>、谷川 朋範<sup>3</sup>、青木 輝夫<sup>3</sup>、朽木 勝幸<sup>3</sup>、庭野 匡思<sup>3</sup>、榎本 浩之<sup>4,5</sup>

\*Masahiro Hori<sup>1</sup>, Konosuke Sugiura<sup>2</sup>, Tomonori Tanikawa<sup>3</sup>, Teruo Aoki<sup>3</sup>, Katsuyuki Kuchiki<sup>3</sup>, Masashi Niwano<sup>3</sup>, Hiroyuki Enomoto<sup>4,5</sup>

1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2.富山大学、3.気象研究所、4.極地研究所、5.総合研究大学院大学

1.Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, 2.University of Toyama, 3.Meteorological Research Institute, 4.National Institute of Polar Research, 5.The Graduate University for Advanced Studies

Snow cover extent (SCE) has been an important observation target from space for weather prediction since 1960's. The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) has produced a historic record of weekly SCE charts in the Northern Hemisphere over three decades. The NOAA SCE has been widely used for climate studies. However, the production method of SCE has not been unified during the long-term operations. Thus, the accuracies of SCE detection are considered changeable. As an alternative product, a 30-year long SCE was derived in this study from radiances acquired with optical sensors onboard polar orbiting satellites by employing an objective analysis method. That is, only five spectral channels which are available during the whole analysis period were used for SCE detection. In addition to SCE, snow melt date (SMD), first snow date (FSD), and snow cover duration (SCD) were also derived from the SCE. The derived SCE exhibits negative trends in all seasons, which is partly inconsistent with those derived from NOAA SCE. The causes of the inconsistency are considered due to the coarser spatial resolution of NOAA SCE (i.e., pixel size is approximately 190 km whereas this study's SCE has 5km spatial resolution) and also due to the changeable snow detection accuracy. The trend of the derived SCD exhibits spatially asymmetric pattern over the Northern Hemisphere. That is, significant shortening occurs in western part of Eurasian Continent (EC), whereas weak shortening or even lengthening occurs in eastern EC and western North America Continents. From the comparison with SMD and FSD, the significant shortening in western EC is considered to be caused mainly by the delay of FSD toward later dates in autumn and partly by the advancement of SMD toward earlier dates in spring. The long-term SCE dataset will be used as a climatological baseline for a Japanese satellite mission named "Global Change Observation Mission-Climate" (GCOM-C) to be launched in 2017.

キーワード：積雪、積雪被覆期間、リモートセンシング、気候、地球環境変動観測ミッション

Keywords: Snow Cover, Snow Cover Duration, Remote Sensing, Climate, GCOM

## カーリング石の運動解析

## Movement analysis of curling stone

\*対馬 勝年、森 克徳

\*Katsutoshi Tusima, Katsunori Mori

YouTubeを通して数多くのカーリング世界選手権大会実況映像を見ることができる。この映像をムービーメーカーで開くとコマ送り画面化され、画面の記録時間 $t$ が0.03~0.04秒間隔で表示されるから石の運動解析に役立つ。リンクには両端のハウス間を結ぶ中心線が引かれているから石の滑走時間 $t$ とカール距離 $C$ (中心線からのずれ)、自転角の変化 $n$ (ストーン上面のハンドルの向きや銘板が目印)、滑走距離 $s$ (hogline間距離21.85m、ハウス内の円の大きさ半径0.15m, 0.61m, 1.22m, 1.83m、リンクの幅4.8mそのほか氷の内部の埋め込まれた絵や文字、石の直径0.3mなどを手掛かりとした)を読み取った。ストーンは初めほぼ直線的に進み、終端の12秒ほど手前からカールし始め、その後経過時間に比例してカール距離が増大し、停止時の $C$ は1m内外であった。 $n$ は6~10秒に1回転で、終端に近づくほど1回転に要する時間が長かった。自転に対する摩擦係数は驚異的に小さく0.0001~0.00001のオーダーと見積もられた。ストーンを放出するhoglineから停止までの時間は23秒内外であった。hoglineとハウスの中心を通るTeeline間の距離は29mであるが、滑走距離 $s$ と滑走停止時間 $t$ から平均摩擦係数を $\mu = 2s/(gt^2)$ (ただし $g$ は重力加速度)として見積もった。 $\mu$ は初め0.009程度と小さくほぼ一定値を維持したが、終端から12秒ほど手前から増大をはじめ終端近くで0.02程度まで増大した。滑走速度 $v_0$ を $v_0 = (2\mu gs)^{1/2}$ として定めた。速度 $v$ は時間に対し大雑把には直線的に減少していた。これらの関係から $C-s$ 、 $\mu-s$ 、 $\mu-v$ 曲線を描くことができた。また $\mu-s$ 曲線の面積 $\int \mu s ds$ が摩擦エネルギーに相当することから $\int \mu s ds = g \int \mu s ds$ とにおいて真の摩擦係数 $\mu$ の図に補正することができた。これらの解析からカールの開始と摩擦係数の増大が対応していることが確認された。

カール開始からの時間を $\tau$ とすると、 $C=k\tau$ であったことから、 $vc=k$ 、 $dv_c/d\tau=0$ となり、FB説が主張する横力つまりカール方向の力は見いだされなかった。 $C-s$ 曲線はLR説から導かれるカール式 $C=(1/2r^2)y(y+r)\epsilon$ 、 $[r$ はランニングバンドの半径、 $\epsilon$ は $r$ だけ進んだときのカール]において $\epsilon=1\mu\text{m}$ としたときによく適合した。これは左右摩擦差が0.002程度になることを示唆する。

キーワード：カーリング、氷、カール

Keywords: curling, ice, curl

## PETボトルを用いた簡易型積雪重量計の開発（その2）

## Development of a simple snow load gauge using plastic bottles (part 2)

\*今西 祐一<sup>1</sup>、大井 拓磨<sup>2</sup>、河島 克久<sup>3</sup>、松元 高峰<sup>3</sup>、鈴木 修<sup>4</sup>

\*Yuichi Imanishi<sup>1</sup>, takuma oi<sup>2</sup>, Katsuhisa Kawashima<sup>3</sup>, Takane Matsumoto<sup>3</sup>, Osamu Suzuki<sup>4</sup>

1.東京大学地震研究所、2.東邦マーカンタイル株式会社、3.新潟大学災害・復興科学研究所、4.東日本旅客鉄道株式会社JR東日本研究開発センター

1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2.Toho Mercantile CO., LTD., 3.Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University, 4.Research and Development Center, East Japan Railway Company

今西・大井（2015）は、精密重力観測に及ぼす積雪荷重の直接測定を目的として、PETボトルを用いた簡易型の積雪重量計を開発した。これまでに、荷重試験による特性測定や、神岡の重力観測点近傍における観測を重ねてきたが、他の装置と記録を比較したり、積雪下での装置の状態を観察したりする機会がなかった。そこで今季は、新潟大学とJR東日本が共同で運営している気象積雪観測ステーション（新潟県魚沼市大白川）において、メタルウェファース式積雪重量計などとの並行観測を行うこととした。本予稿執筆時点において、簡易型積雪重量計は積雪荷重が増大する過程を的確にとらえたと見られるような記録が得られている。このあと、メタルウェファース式積雪重量計との詳細な比較や、装置の状態の観察などを行う予定である。

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

MODISデータを用いたグリーンランド北西部における積雪アルベドと氷表面温度のモニタリング  
Monitoring of snow albedo and ice surface temperature in the North-West Greenland using  
MODIS data

\*谷川 朋範<sup>1</sup>、青木 輝夫<sup>1</sup>、庭野 匡思<sup>1</sup>、堀 雅裕<sup>2</sup>、Li Wei<sup>3</sup>、Chen Nan<sup>3</sup>、Stamnes Knut<sup>3</sup>

\*Tomonori Tanikawa<sup>1</sup>, Teruo Aoki<sup>1</sup>, Masashi Niwano<sup>1</sup>, Masahiro Hori<sup>2</sup>, Wei Li<sup>3</sup>, Nan Chen<sup>3</sup>, Knut Stamnes<sup>3</sup>

1.気象庁気象研究所、2.宇宙航空研究開発機構、3.スティーブンス工科大学

1.Meteorological Research Institute, 2.Japan Aerospace Exploration Agency, 3.Stevens Institute of  
Technology

Much works in the Greenland ice sheet (GrIS) have reported recent Arctic warming. The GrIS has been experiencing extensive melt. The surface melt extent can be seen especially in northwestern Greenland. Such an event results in increasing the ice surface temperature as well as decreasing the snow surface albedo. It makes a large contribution to the ice-albedo feedback in the total melt energy. Thus, the monitoring of snow surface albedo and the ice surface temperature in the northwestern GrIS by using NASA's optical sensor MODIS data are important. We developed algorithms to retrieve the snow surface albedo and the ice surface temperature based on the radiative transfer model of atmosphere-snow system. We employed the MODIS (Collection 6) images to show temporal and spatial variation in more detail. We built monthly composite MODIS images by collecting clear day (cloud-free) pixels, and then estimated the snow surface albedo and the ice surface temperature from 2002 to 2014. Results show that the edge of the ice sheet was confirmed to be both low visible and near-infrared albedo through May to September in common. This implies that there are a dark region and a surrounding blue ice area. These low-albedo areas were gradually expanded toward the inland during recent 13 years. For the ice surface temperature, the edge of the ice sheet was measured to be almost melting point, and these areas were also gradually expanding toward the inland. This means that there is a potential of melting the ice sheet and increasing snow grain size over a wide area, resulting in the accelerate near-infrared albedo reduction more rather now. At SIGMA-A site (N78°03'06"/W67°37'42"; 1490 m a.s.l.) where an automate weather station was installed in 2012, a significant negative trend in both visible and near-infrared albedo reduction can be seen in the melting season. Both albedo reduction was largest in August. As corresponding to albedo changes, the positive trend of the ice surface temperature can be seen in the melting season. Comparison between SIGMA-A site and NEEM (N77°30'08"/ W58°04'22"; 2454 m a.s.l.) site shows that the positive (negative) trends for the near-infrared albedo (ice surface temperature) were common each other while that for the visible albedo were different. In NEEM site, small positive trends can be seen in the visible albedo. If major surface melt events such as 2012 summer and increasing the ice surface temperature trend will be measured in the near future, it may cause the expansion of the melting snow area toward the inland, and thereby decreasing the snow surface albedo can be observed in the NEEM site as well after increasing the snow grain size. So, we will continue to focus on these areas to monitor snow physical parameters. In addition we will attempt to use a Japanese satellite mission named "Global Change Observation Mission-Climate (GCOM-C)" to be launched in 2017 which may help to be aimed at a more temporal/spatial detailed monitoring of these parameters.

キーワード：積雪アルベド、氷表面温度、グリーンランド、リモートセンシング

Keywords: Snow albedo, Ice surface temperature, Greenland, Remote sensing

## 中央アジア・天山山脈北部地域における山岳永久凍土の空間分布

Spatial distribution of mountain permafrost in northern Tien Shan, Central Asia

山村 祥子<sup>1</sup>、\*奈良間 千之<sup>1</sup>、富山 信弘<sup>2</sup>、田殿 武雄<sup>3</sup>、山之口 勤<sup>2</sup>Akiko Yamamura<sup>1</sup>, \*Chiyuki Narama<sup>1</sup>, Nobuhiro Tomiyama<sup>2</sup>, Takeo Tadono<sup>3</sup>, Tsutomu Yamanokuchi<sup>2</sup>

1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.日本リモートセンシング技術センター、3.宇宙航空研究開発機構

1.Niigata University, Graduate school of Science and Technology, 2.RESTEC, 3.JAXA

中央アジアの天山山脈北部地域のキルギス・アラトー山脈における山岳永久凍土帯の空間分布を明らかにするため、2013～2015年の現地調査と衛星画像・空中写真の地形判読、差分干渉SAR解析を実施した。地形判読により分類したデブリ地形に対し、表面形態から山岳永久凍土の存在指標である岩石氷河に分類した。さらにALOS-1/PALSARとALOS-2/PALSAR-2を用いた差分干渉SAR解析による地表面変動から山岳永久凍土を含む450の現成/停滞の岩石氷河を認定した。さらに、岩屑供給源から分類した結果、氷河起源タイプは6割、崖錐起源タイプが4割であった。2013年～2015年にかけて実施した地温・流動観測の結果、観測サイトである氷河起源タイプの岩石氷河(3500m a.s.l.)上で最大68cm/yの流動が確認され、MAAT-4.62℃とMAGST-1.47℃から内部の永久凍土の存在が示唆された。岩石氷河の分布から、山岳不連続永久凍土帯は北側で2800m、南側で3200m以上で分布していることが明らかになった。

キーワード：山岳永久凍土、岩石氷河、差分干渉SAR

Keywords: mountain permafrost, rock glacier, DInSAR

## 硫酸同位体比分析による東南極表面雪の硫酸エアロゾルの起源推定

Estimation of sulfur source contribution to sulfate aerosol in surface snow in East Antarctica using sulfur isotope analysis

\*植村 立<sup>1</sup>、眞坂 昂佑<sup>1</sup>、福井 幸太郎<sup>2</sup>、飯塚 芳徳<sup>3</sup>、平林 幹啓<sup>4</sup>、本山 秀明<sup>4</sup>

\*Ryu Uemura<sup>1</sup>, Kosuke Masaka<sup>1</sup>, Kotaro FUKUI<sup>2</sup>, Yoshinori Iizuka<sup>3</sup>, Motohiro Hirabayashi<sup>4</sup>, Hideaki Motoyama<sup>4</sup>

1.琉球大学 理学部、2.立山カルデラ砂防博、3.北海道大学 低温研、4.国立極地研究所

1.University of the Ryukyus, 2.Tateyama Caldera Sabo Museum, 3.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 4.National Institute of Polar Research

硫酸エアロゾルは、生物活動を通して温暖化を抑制する負のフィードバックをもつとする仮説が提唱されるなど生物圏と気候変動との関係という点からも注目を集めている。南極アイスコアには、過去数十万年の硫酸エアロゾルの変動記録が保存されており、長期的な気候変動メカニズムを解析できる貴重な試料である。

硫酸エアロゾルの硫黄安定同位体比 ( $\delta^{34}\text{S}$ ) は、起源ごとに特有の値を示すことが知られている。東南極の3地点で観測された $\delta^{34}\text{S}$ 値は、海洋生物起源物質(DMS)が主な起源であるとするイオン濃度等から予測と整合的である。対照的に、西南極2地点における $\delta^{34}\text{S}$ 値は非常に低い値を示しており、予想以上に火山活動か成層圏からの寄与が高いことを示唆している。しかし、南極における $\delta^{34}\text{S}$ の研究例は各観測拠点で散発的に行われており、空間的な分布は不明である。そこで、本研究では、南緯70度から80度にかけての表面積雪の $\delta^{34}\text{S}$ 空間分布を明らかにすることを目的として研究を行った。

試料は、第54次南極地域観測隊(JARE54)で採取された表面積雪試料の $\delta^{34}\text{S}$ を測定した。 $\delta^{34}\text{S}$ 値は全11地点において、変動幅0.9%と均一であり、緯度や標高に対する依存性もなかった。この観測値は東南極における3地点の過去の報告値と変動の範囲内で一致しており、 $\delta^{34}\text{S}$ 値が東南極の広範囲で均一な値であることが明らかになった。これらの地点ではNaから推定される海塩寄与率が低いことから、海塩の影響は少ない。 $\delta^{34}\text{S}$ 値に基づく推算では、非海塩起源硫酸エアロゾルのうちの93 ±17%が海洋生物起源であると推定された。

キーワード：硫酸エアロゾル、南極、硫黄同位体

Keywords: sulfate aerosol, Antarctica, sulfur isotope

1979年以降のネパール・ランタン谷のリルン氷河における氷河変動について

Downwasting of debris-covered ablation area of Lirung Glacier in Langtang Valley, Nepal Himalayas since 1979

\*縫村 崇行<sup>1</sup>、藤田 耕史<sup>2</sup>、坂井 亜規子<sup>2</sup>

\*Takayuki Nuimura<sup>1</sup>, Koji Fujita<sup>2</sup>, Akiko Sakai<sup>2</sup>

1.千葉科学大学、2.名古屋大学

1.Chiba Institute of Science, 2.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Larger number of glacier system in Himalayas plays important role to water supply in surrounded country and global sea level rise. Extensive glacier mass change have been measured in various scale/method (ex. laser altimetry and stereo photogrammetry) and projected using model with climate gridded data. However, extensive measurement without field-based validation has uncertainty inherent with sensors. And information about behavior of debris-covered glacier is not enough for incorporating extensive model projection. Here we present detail investigation about recent mass balance of debris-covered type glacier of Lirung Glacier in Langtang Valley, Nepal Himalayas, from elevation change by remotely sensed multi-temporal digital elevation models calibrated by field measurement and surface flow velocity by phase only correlation. Surface lowering ( $-1.3$ -- $-1.8$  m a<sup>-1</sup>) are observed all over ablation area of Lirung Glacier. From mass balance calculation by continuity equation reveals it mainly caused by ablation. In upper ablation area, recent accelerated decrease of emergence velocity ( $+0.3$  and  $0.0$  m a<sup>-1</sup> before and after 2000 respectively) also contributes to the surface lowering. Energy mass balance model using gridded climate datasets and weather observation. The calculated decrease of emergence velocity could caused by delayed response to accumulation decreasing from 1980s to 1990s. In this context, upper ablation area will accelerated downwasting due to positive feedback between surface lowering and flow velocity decelerating.

キーワード：ヒマラヤ、氷河、DEM

Keywords: Himalaya, Glacier, DEM



## 雪氷圏大気陸面結合系におけるアンサンブル予報誤差共分散と誤差相関の構造

## Ensemble forecast error covariance and correlation structures in coupled land-atmosphere modeling systems

\*鈴木 和良<sup>1</sup>、Milija Zupanski<sup>2</sup>、Dusanka Zupanski<sup>3</sup>、沖 大幹<sup>4</sup>

\*kazuyoshi suzuki<sup>1</sup>, Milija Zupanski<sup>2</sup>, Dusanka Zupanski<sup>3</sup>, Taikan Oki<sup>4</sup>

1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.Colorado State University、3.Zupanski Consulting LLC、4.東京大学生産技術研究所

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Colorado State University, 3.Zupanski Consulting LLC, 4.Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

Coupled numerical models address interactions between processes in the atmosphere, ocean, land surface, biosphere, chemistry, cryosphere, and hydrology. Including the interactions between such processes can potentially extend the predictability and eventually help in reducing the uncertainty of the prediction. Coupled data assimilation is a branch of data assimilation that deals with coupled modeling systems. In this article the fundamentals of coupled data assimilation are first described through a mathematical example of a model including two coupled components. Then, through a series of single observation experiments, we analyze the forecast error covariance and correlation structures using the Maximum Likelihood Ensemble Filter (MLEF) data assimilation system with coupled atmosphere-land surface Weather Research and Forecasting (WRF) model. The atmospheric WRF component has been coupled with two land surface models: Noah and Noah-MP. Two observation locations with different precipitation regimes have been considered. Through this study, we found that error covariance and correlation were dependent on both location and land surface scheme. Snow precipitation likely caused more complex structures in error covariances and correlations compared to the precipitation-free site. The employment of a more realistic snow model was found to reduce the error covariance and error correlation between the atmosphere and the soil in the coupled system. We also have demonstrated, for the first time in a data assimilation study, that correlation structures can be useful in understanding the physical meaning of the forecast error covariance and as a basis for selecting the most important forecast error covariance components for the coupled data assimilation system. Overall, the complexity and structure of ensemble-based forecast error covariance appears to be meaningful, which is encouraging for the future applications of coupled atmosphere-land surface data assimilation.

キーワード：アンサンブルデータ同化、積雪モデル、降雪、単一観測実験

Keywords: Ensemble data assimilation, Snow model, Snow precipitation, Single observation experiment

## 日本の山岳域に現れる緑雪と赤雪の生息環境

Differences of physical and chemical conditions between green and red algal snow appeared in mountain regions in Japan

\*渡辺 茜<sup>1</sup>、竹内 望<sup>1</sup>、田中 聡太<sup>1</sup>、中島 智美<sup>1</sup>、宮内 謙史郎<sup>1</sup>

\*Akane Watanabe<sup>1</sup>, Nozomu Takeuchi<sup>1</sup>, Sota Tanaka<sup>1</sup>, Tomomi Nakashima<sup>1</sup>, Kenshiro Miyauchi<sup>1</sup>

1. 千葉大学大学院理学研究科

1. Graduate School of Science, Chiba University

Snow algae are photosynthetic microbes inhabiting alpine and polar snow fields. They usually bloom on melting snow surface and change its color to green or red. The color of snow is determined by pigment composition in the algal cells and is associated with taxa of algae, the stages of algal life cycle, and/or response to the environment conditions. Green or red algal snow appears widely in mountain regions in Japan. However, physical and chemical conditions of the appearance of green or red algal snow is still unknown.

The purpose of this study is to describe the algal community and environment conditions of green and red algal snow appeared in mountain regions in Japan. We collected the colored snow samples in the melting season of 2015 in Mt. Gassan (green snow) in Yamagata prefecture and in Mt. Tateyama (red snow) in Toyama prefecture, Japan. We analyzed microscopic morphology and abundance of snow algal cells, chlorophyll-a concentrations, absorption spectrum of their pigments, and soluble chemical composition in the snow samples. Both green and red snow samples contained abundant snow algal cells. The depth of the snow at the study sites was more than 120 cm. The vertical distribution of algal cells in the snow pack showed that they were abundant at the surface layers. There were significant differences in ammonium and phosphate concentrations in the surface snow between green and red snows. This suggest that nutrient condition is one of the factors to determine the color of algal snow.

キーワード：雪氷藻類、月山、立山

Keywords: Snow algae, Mt. Gassan, Mt. Tateyama

## 中央アジア天山山脈における氷河融解水の化学的特徴

## Chemical characteristics of glacial melt water in Tianshan Mountains in the central Asia

\*堀 耀一郎<sup>1</sup>、竹内 望<sup>1</sup>、Li Zhongqin<sup>2</sup>\*YOICHIRO HORI<sup>1</sup>, Nozomu Takeuchi<sup>1</sup>, Zhongqin Li<sup>2</sup>

1.千葉大学大学院理学研究科、2.中国科学院

1.Chiba University Graduate School of Science, 2.Chinese Academy of Science

アジア中央部の乾燥・半乾燥地域では、山岳氷河の融解水がこの地域の貴重な水源となっており、地域の生態系や人間社会に重要な役割を果たしている。乾燥地域における山岳氷河の水資源としての定量的な評価については現在まで多くの研究が行われてきた一方、山岳氷河の融解水の水質およびその河川水への影響に着目した研究はまだ限られている。そこで本研究では、融解期の中国天山山脈ウルムチNo.1氷河上の雪氷と融解水、および氷河からの流出水と流域河川水、降水についての化学成分の特徴を明らかにすること、また、氷河から河川水における化学成分の濃度と構成の変化の過程の要因を推定し、氷河の流域河川への影響を考察することを目的とした。

2015年8月の氷河上で、新雪、積雪、表面氷、融解水流、さらに氷河末端流出水、流域河川水、降水を採取し、これらのサンプルの主要化学成分の分析を行った。分析の結果、ほとんどの化学成分は、氷河上の雪氷や融解水に比べ、氷河流出水および流域河川水で濃度が高かった。特に大きく異なった成分は、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $K^+$ で濃度は約6.5倍から19倍の差があった。 $Na^+$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_3^-$ は、氷河と河川水の差は比較的小さく、1.3から3.0倍程度であった。 $NH_4^+$ は、唯一例外的に氷河上の雪氷や融解水の濃度の方が高く、氷河流出水および流域河川水では検出されなかった。これらの結果は、化学成分は単に下流域に行くにしたがって濃度が高くなるのではなく、各成分の起源や生物地球化学過程によって、挙動が異なることを示している。各化学成分の濃度変化の特徴から、氷河上から流域河川にかけての濃度変化の要因は、氷河上の鉱物の風化、氷河底部の流出水、微生物の活動によるものである可能性が示唆された。また、高度別に氷河表面氷と融解水流（小）の濃度を比較したところ、表面氷では、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $NO_3^-$ で、融解水流（小）では、 $Cl^-$ 、 $Na^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $NO_3^-$ で有意差が見られた。この濃度差は、古い氷体内の成分、高度別のダスト量の差、微生物活動などの影響を受けていることを示唆している。以上のことから、氷河から流出する融解水の化学成分濃度は、流域河川水および現在の降水とは異なり、古い氷体の融解、氷河上の鉱物粒子の風化、微生物活動などのプロセスによって決定されたものであると考えられる。氷河融解水の流出量や氷河上の生物地球化学過程の変化は、河川水の水質に大きな影響を与える可能性がある。

キーワード：生物地球化学、山岳氷河、融解水

Keywords: biogeochemistry, mountains glacier, melt water

## 積雪内部の水の動きに対する積雪特性の影響

Influence of snow characteristics on the water movement through the snow cover

\*鈴木 健仁<sup>1</sup>、山口 悟<sup>2</sup>、西村 浩一<sup>1</sup>\*Takehito Suzuki<sup>1</sup>, Satoru Yamaguchi<sup>2</sup>, Kouichi Nishimura<sup>1</sup>

1.名古屋大学環境学研究科、2.防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター

1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2.Snow and Ice Research Center,  
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

It is important to understand the water movement through the snow cover. However, the relationship between the movement of water and snow characteristics is not known well, particularly, in an unsaturated condition, since the process of water movement is so complicated.

In this study we carried out the experiment to reveal how the unsaturated hydraulic conductivity changes with the snow characteristics and compared with the van Genuchten -Mualem model that is a standard model to describe the unsaturated hydraulic conductivity of soil.

Further, the water retention curve (WRC), which shows the relationship between the volumetric water content ( $\theta_v$ ) and the suction ( $h$ ), was obtained with the gravity drainage column experiments, and the effect of Black Carbon (BC) in the snow cover on WRC was examined.

キーワード：雪、積雪内部の水移動、水分特性曲線

Keywords: snow, water movement through snow cover, water retention curve

## 降雨時の融雪熱収支特性 – 本州中部における盆地と山岳地の比較 –

## Features of energy balance for snowmelt during rain-on-snow events in central Japan

加藤 和輝<sup>1</sup>、\*河島 克久<sup>2</sup>、松元 高峰<sup>2</sup>、伊豫部 勉<sup>3</sup>、鈴木 修<sup>4</sup>、佐々木 明彦<sup>5</sup>、鈴木 啓助<sup>5</sup>Kazuki Katoh<sup>1</sup>, \*Katsuhisa Kawashima<sup>2</sup>, Takane Matsumoto<sup>2</sup>, Tsutomu Iyobe<sup>3</sup>, Osamu Suzuki<sup>4</sup>, Akihiko SASAKI<sup>5</sup>, Keisuke Suzuki<sup>5</sup>

1.新潟大学理学部、2.新潟大学災害・復興科学研究所、3.京都大学大学院工学研究科、4.東日本旅客鉄道株式会社、5.信州大学理学部

1.Faculty of Science, Niigata University, 2.Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University, 3.Graduate School of Engineering, Kyoto University, 4.East Japan Railway Company, 5.Faculty of Science, Shinshu University

## 1. はじめに

積雪期の降雨現象(ROS)は様々な災害を誘発することが知られている。これはROS発生時には降雨と同時に強い融雪が発生し、積雪・地中に多量の水が浸透することが原因だと考えられている。ROS発生日の融雪熱収支特性に関する研究として、Mark *et al.*(1998)が山岳地の観測から、ROS発生日は非降雨日より融雪熱量が大きいことを明らかにしている。一方、小島ら(1973)は盆地での観測からMark *et al.*(1998)と逆の結果を得ている。しかし研究事例が少なく、また年による熱収支特性の違いも解明されていない。さらに、盆地と山岳地では非降雨日とROS発生日の融雪熱量の大小関係が逆であるが、その原因はまだ明らかでない。そこで本研究ではROS発生日の融雪熱収支特性を明らかにすることを目的として熱収支解析を行った。

## 2. 研究地域と方法

ROS発生日と非降雨日の融雪熱収支特性を比較するため、新潟県魚沼市大白川(標高360m)で2012~2015年融雪期に得られた気象データを解析した。一方、盆地と山岳地の融雪熱収支特性の違いを見るため、大佐渡山地(標高800m)と御嶽山(標高2,195m)の2015年融雪期の気象データを解析した。解析期間は3月1日から消雪日までとし、本研究では平井ら(2015)を参考にして日降雨量が10mm以上の日をROS発生日とした。

## 3. 解析結果

大白川の解析から、4年の平均ではROS発生日は短波収支が小さくなるため非降雨日より融雪熱量が小さくなった。しかし、年ごとに比較すると、ROS発生日の融雪熱量はその出現時期によりアルベド・気温が大きく異なるため大きな違いが認められる。また、盆地(大白川)と山岳地(大佐渡山地、御嶽山)を比較すると、ROS発生日の融雪熱量は山岳地の方が圧倒的に大きい。これは山岳地では風速が強く、顕熱・潜熱輸送が大きくなるためである。このことから、標高の高い山岳地では、ROS発生日は降雨と融雪で積雪・地中に浸透する水量が極めて多くなるため、土砂災害や雪崩災害が発生する危険性が高いと言える。

キーワード：ROSイベント、融雪、熱収支

Keywords: rain-on-snow event, snowmelt, energy balance