

中部山岳地域の積雪に含まれる化学成分の動態 Chemical dynamics of snow in the Japanese Alps region

倉元 隆之^{1*}; 佐々木 明彦¹; 鈴木 啓助¹
KURAMOTO, Takayuki^{1*}; SASAKI, Akihiko¹; SUZUKI, Keisuke¹

¹ 信州大学山岳科学総合研究所

¹IMS, Shinshu University

The Japanese Alps region is one of the heaviest snowy regions in Japan. In this area, winter precipitation is observed mainly two patterns such as winter monsoon pattern and low pressure pattern. Therefore, the chemical characteristics of the snowpack are different by snowfall types. In this study we aimed to clarify chemical dynamics of snowpack in the Japanese Alps region. We conducted a snow pit studies in the Japanese Alps region. We collected snow samples at the large flat place without obstruct by trees and the impact of human activities. The samples were melted, then pH, electric conductivity and major ions (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- and SO_4^{2-}) were analyzed in clean room. The Na^+ concentration correlates well with Cl^- concentration. These ions are considered to be sea-salt components. On the other hand, SO_4^{2-} concentrations included non-sea-salt components.

最近20年間の樹氷中成分の変化 Change for chemical component of rime ice in two decades

永淵 修^{1*}; 横田 久里子²; 中澤 暦¹; 菱田 尚子¹; 池田 佳祐¹
NAGAFUCHI, Osamu^{1*}; YOKOTA, Kuriko²; NAKAZAWA, Koyomi¹; HISHIDA, Naoko¹; IKEDA, Keisuke¹

¹ 滋賀県立大学, ² 豊橋技術科学大学

¹the University of Shiga Prefecture, ²Toyohashi University of Technology

Rime-ice and snow samples were collected at mountainous sites in Kyushu Island, Japan during from 1991 to 2014, and both soluble and insoluble substances in the melted rime-ice were analyzed by ion chromatography, inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP/MS) and analytical electron microscopy, in order to find the change of composition ratio of atmospheric pollutants cause by East Asian region. Although N/S ratio in rime-ice ranged from 0.1 to 0.3 in 1990's, recent year this ratio increased about 1.0. This phenomenon indicates that the composition of atmospheric pollutants changed during two decades in East Asian Continent.

北極圏スヴァールバル諸島の氷河表面の化学主成分の特徴 Variations in chemical composition of surface ice and meltwater on Svalbard glaciers

今野 雄大^{1*}; 竹内 望¹
KONNO, Yudai^{1*}; TAKEUCHI, Nozomu¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科
¹ Graduate School of Science, Chiba University

氷河や積雪などの雪氷中には、微量であるが様々な物質が含まれている。これらの化学物質は様々な場所から大気や降水、降雪を介して供給されている。氷河表面や融解水の化学成分は、その地域の地理的特性や大気・物質循環系、雪氷生物の生態を理解する上で重要である。そこで、本研究では、北極圏のスヴァールバル諸島北西部の3つの氷河（アウストラブレッガー氷河、ミドトレラーヴェン氷河、ペダーセン氷河）を対象に、融解期の氷河表面、融解水、新雪に含まれる化学成分を分析し、その供給源、地域特性を明らかにすることを目的とした。

主要化学成分濃度を分析した結果、全体的に化学成分濃度は低かったが、採取した場所によって濃度や成分構成が異なった。分析を行った全試料の化学成分の相関を調べたところ、互いに有意な相関を示す成分が存在し、成分は大きく3つのグループに分類することができた。強い相関のあった Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ をグループ A、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} をグループ B、その他の相関のない NO_3^- 、 NH_4^+ 、 K^+ をグループ C とした。それぞれのグループは異なる供給源に由来するものと考えられ、その化学成分からグループ A は海塩由来、グループ B は陸上起源のダストに由来する成分であると考えられる。

分析を行った各地点の化学成分の構成は、海塩由来のグループ A の成分の割合が高いタイプ 1 と、グループ A の成分と陸上ダスト由来のグループ B の化学成分が同じ割合で含まれるタイプ 2 の 2 種類に分類できた。濃度を比較すると特にグループ A 成分が両タイプで差が大きいことから、海塩成分の影響の有無がこのようなタイプの違いの原因となっていると考えられる。各採取地点のタイプは、海からの距離とは関係がないことから、供給過程と溶脱過程の両方がタイプの決定に関わっているものと考えられる。

氷河表面氷と氷河表面を流れる融解水の化学成分を比較した結果、成分構成比にはどのサイトでも大きな違いはないが、 K^+ と SO_4^{2-} には特定の場所で氷河水と融解水の間で濃度の違いがあることが明らかになった。これらの違いは、局地的な陸上起源のダストの供給量の違いや、成分ごとの溶脱過程の違いが関わっていると考えられる。

本研究の分析結果を、他の地域と比較した結果、スヴァールバル諸島の氷河の積雪やアイスコアでは海塩成分が支配的であり、タイプ 1 の成分構成に一致した。グリーンランドの氷河との比較からは、海に近いカナック氷河の成分はタイプ 1 に概ね一致し、内陸に位置するラッセル氷河ではタイプ 2 に一致した。このことは、北極圏の氷河では、積雪も裸氷域も含め、海塩由来成分の供給と溶脱過程が、化学成分を決定していることを示している。

キーワード: スヴァールバル諸島, 氷河, 化学成分, 海塩
Keywords: Svalbard, glacier, chemical composition, sea salt

2002年から2013年までのモンゴル Tuul川上流域積雪調査による総積雪水量の経年変動

Interannual variability of total SWE obtained by snow surveys in the Tuul river basin, Mongolia, from 2002 until 2013

杉浦 幸之助^{1*}; 門田 勤²; 飯島 慈裕²; 紺屋 恵子²; Zhang Yinsheng³; 石川 守⁴; 山崎 剛⁵; Purevdagva Khalzan⁶; Davaa Gombo⁶; 大畑 哲夫²

SUGIURA, Konosuke^{1*}; KADOTA, Tsutomu²; IJIMA, Yoshihiro²; KONYA, Keiko²; ZHANG, Yinsheng³; ISHIKAWA, Mamoru⁴; YAMAZAKI, Takeshi⁵; PUREVDAGVA, Khalzan⁶; DAVAA, Gombo⁶; OHATA, Tetsuo²

¹ 富山大学極東地域研究センター/海洋研究開発機構, ² 海洋研究開発機構, ³ 中国科学院青藏高原研究所, ⁴ 北海道大学, ⁵ 東北大学, ⁶ モンゴル気象水文環境研究所

¹University of Toyama/JAMSTEC, ²JAMSTEC, ³Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Science, ⁴Hokkaido University, ⁵Tohoku University, ⁶Institute of Meteorology, Hydrology, and Environment, Mongolia

It is necessary for the southern limit of snow cover and the semi-arid region to be supplied with sustainable water. Mongolia is located in the southern limit and the semi-arid region. The capital, Ulaanbaatar, lies in a valley on the Tuul River. In order to investigate the actual conditions of snow water equivalent (SWE) in the upper Tuul River as water resources, the snow survey in the upper Tuul River has been carried out from 2002 to 2013. We have observed in each February when it will be the maximum amount of SWE. The snow water equivalent was estimated using a cylindrical snow sampler with 0.005-m² area. The total amount of SWE in the upper Tuul River basin was estimated using a global digital elevation model (DEM) with a horizontal grid spacing of 30 arc seconds (GTOP30) and a relationship between altitude and SWE. The main results obtained are shown below. The amount change of SWE in the upper Tuul River basin fluctuates over multiple years. The range of fluctuation was 0.25±0.07km³. It was not necessarily fluctuating in monotone. The steep rise of the amount of SWE in the upper Tuul River basin coincides with increasing air temperature and snowfall roughly.

キーワード: 積雪水量, 積雪, 水資源, 水循環, モンゴル

Keywords: snow water equivalent, snow cover, water resources, water cycle, Mongolia

新雪粒径の与え方が積雪変質モデル SMAP の計算精度に与える影響 Impacts of new snow grain size setup on the performance of a physical snowpack model SMAP

庭野 匡思^{1*}; 青木 輝夫¹; 朽木 勝幸¹; 的場 澄人²; 兒玉 裕二³

NIWANO, Masashi^{1*}; AOKI, Teruo¹; KUCHIKI, Katsuyuki¹; MATOBA, Sumito²; KODAMA, Yuji³

¹ 気象研, ² 北大低温研, ³ 極地研

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

The snow albedo is a key parameter that controls energy exchanges between the snow surface and the atmosphere. Essentially, the near-infrared albedo is strongly affected by (optically equivalent) snow grain size, while the visible albedo depends on snow impurities. Recently we developed a multilayered 1-D physical snowpack model called Snow Metamorphism and Albedo Process (SMAP) that considers the physical nature of snow albedo explicitly. SMAP calculates temporal evolution of snow grain size as a function of snow metamorphic regimes, namely equi-temperature metamorphism, temperature gradient metamorphism, and wet snow metamorphism. In these processes, tendencies of snow grain sizes are diagnosed every time step, implying that new snow grain size should be provided realistically for accurate simulations of not only snow grain size but also snow physical states. At present SMAP calculates new snow grain size as a function of only air temperature. However, new snow grain size could be affected by the shape of new snow, wind speed, and relative humidity in addition to air temperature. Therefore, the present formulation might cause error in simulation results. In the present study, we investigated impacts of new snow grain size on snow physical states at Sapporo, Japan (Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University (43° 05' N, 141° 21' E, 15 m a.s.l)) during 2007-2013 winters by two types of sensitivity tests with SMAP driven by in-situ meteorological and snow data, where we set the new snow grain size to be de facto minimum and maximum values. In the first test new snow grain size was always set to be 20 μm (Test-1), while we set it to be 65 μm in the second test (Test-2). Using the obtained simulation results we examined yearly mean differences of simulated snow depths between Test-1 and Test-2 cases during whole winter period (November to April). As a result, we found significant yearly mean differences that ranged between 2 and 7 cm during the six winters. This result highlights that uncertainties in simulation results traceable to new snow grain size cannot be ignored, and physically based formulation for new snow grain size should be developed in order to improve SMAP model performances.

キーワード: 積雪粒径, 積雪アルベド, 積雪変質モデル

Keywords: snow grain size, snow albedo, physical snowpack model

準リアルタイム積雪分布監視システムを用いた新潟県内の積雪深分布の把握 Observation of snow distribution in Niigata Prefecture using near real-time snow depth monitoring system

伊豫部 勉^{1*}; 河島 克久¹; 和泉 薫¹
IYOBE, Tsutomu^{1*}; KAWASHIMA, Katsuhisa¹; IZUMI, Kaoru¹

¹ 新潟大学 災害・復興科学研究所

¹ Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University

積雪深の変化を時間的・空間的に詳細に把握することは、雪氷防災や水資源としての積雪量、さらに気温上昇などの環境変動による積雪分布への影響を理解する上で重要である。そのためには多地点での地上観測値が必要であるが、気象庁の観測網では全国約 330 地点のデータしか得ることができず、そのような情報に基づく積雪深の空間分布の推定には多くの不確実性を伴う。一方、近年では気象庁のほか、国の行政機関、研究機関、民間企業、都道府県、さらに一部の市町村等において、防災気象情報として降積雪量の実況値をウェブ上に公開する機関が増加している。しかし、観測は複数の機関によって個別になされているものの、観測実施主体によって観測頻度や観測値の管理・公開方法が異なる等の理由により、観測機関以外のユーザーが利用しやすい状況ではない。

このような背景の下、著者らは以前からこれら多機関データに着目した詳細な積雪深分布解析を取り組んでおり、現在はウェブ上で公開される多機関の降積雪データの一元的集約とデータベース作成までを全て自動化した「準リアルタイム積雪分布監視システム」の開発に着手し、2012/13 年冬期より新潟県を対象に試験運用を行っている。本システムでは、観測機関の URL 毎に観測点名、データ取得日時、観測値などの配列の規則性を解析し、観測情報を自動的に取得するためのプログラムを作成するとともに、それらを 1 時間毎に定期的に行い、取得データを標準的な形式に統合して保存、表示することを主眼としている。これまでのところ、新潟県内 320 地点において、オンラインでの積雪深データの準リアルタイム取得とデータベース作成までのシステム化は概ね目途がついた。今後は、積雪深の面的な分布を推定するための未観測地点における積雪深の補間手法や本システムの利活用方法について検討を進めていくことが重要である。

キーワード: 積雪深分布, 準リアルタイム解析, 新潟県

Keywords: snow distribution, near real-time analysis, Niigata Prefecture

新潟県における年最大積雪深および積雪期間の長期変動 Long-term trends of the annual maximum snow depth and number of days with snow cover in Niigata Prefecture

柴田 有貴¹; 河島 克久^{2*}; 鈴木 博人³
SHIBATA, Yuki¹; KAWASHIMA, Katsuhisa^{2*}; SUZUKI, Hiroto³

¹新潟大学理学部, ²新潟大学災害・復興科学研究所, ³東日本旅客鉄道株式会社 JR 東日本研究開発センター

¹Faculty of Science, Niigata University, ²Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University,

³Research and Development Center, East Japan Railway Company

1. はじめに

新潟県は冬季気温が0℃前後の温暖積雪地域であるため、わずかな気温の変動が積雪の変動に大きく影響すると考えられる。実際に Nakamura and Shimizu (1995) は、長岡における年最大積雪深と冬季平均気温の間に負の相関があり、冬季気温が年最大積雪深の変動に大きく関係することを示した。同様な関係は県内の複数の山間部でも確認されている(飯倉ら, 1997; Takeuchi et al., 2008)。一方、鈴木(2006)は、新潟県内10地点を対象に Mann-Kendall 法を用いたトレンド検定を行い、年降雪深、年最大積雪深などが有意な減少傾向にあることを明らかにした。これらの先行研究があるものの、これらは解析対象の地点数が少なく、特に山間部の観測点が含まれていない。また、積雪深や降雪深以外の解析を行った事例がほとんどない。そこで本研究では、新潟県内の年最大積雪深と積雪期間(積雪初日から積雪終日までの期間、期間内の無積雪日も含む)について長期変化傾向を明らかにすることを目的としてトレンド解析を行った。

2. 用いたデータと解析方法

新潟県では気象台の他にも自治体や消防署、鉄道などで古くから積雪観測が行われているので、これらのデータを収集し、解析に用いた。収集したデータは新潟県内244地点に及んだが、観測期間の違いや欠測などのため解析期間を長くするほど地点数が少なくなるため、本研究では1941/42~2012/13年(72年分)を解析対象とした。この期間では、新潟(標高4m)、直江津(4m)、相川(5m)、柏崎(7m)、村上(9m)、三条(9m)、高田(13m)、長岡(緑町23m)、長岡(城内町30m)、下関(33m)、小千谷(63m)、小出(98m)、十日町(170m)、入広瀬(230m)、湯沢(340m)、越後湯沢(358m)、妙高高原(507m)の17地点について年最大積雪深の解析が可能であった。なお、積雪期間は11地点の解析となった。

解析では、まず一次回帰分析を行い、回帰直線を求めた。その傾きの有意性について、t検定と Mann-Kendall 法を用いて危険率5%で検定を行い、両者とも有意であるとみなされたものについて有意な傾向があったとした。

3. 解析結果

年最大積雪深については、新潟、直江津、相川、村上、三条、高田、長岡(緑町)で有意な減少傾向が認められた。すなわち、例外はあるものの、標高30m付近を境に減少傾向の有無が分かれることが明らかになった。減少傾向がみられた7地点の長期変化傾向は-2.9~-12.8cm/10年であり、各地点の10年当りの減少率(年最大積雪深の平均に対する長期変化傾向の割合)を求めると、どの地点でも10%程度であった。

一方、積雪期間については、新潟、相川、柏崎、高田、長岡、下関、小千谷、小出、十日町、入広瀬、湯沢のうち、十日町を除くすべての地点で有意な縮小傾向がみられた。このことから、新潟県では少なくとも標高400m以下の地点では積雪期間が短くなっていることが分かった。縮小傾向のみられた地点の長期変化傾向は-1.7~-7.5日/10年であった。積雪初日と終日のそれぞれについてもトレンドの検定を行った結果、11地点のうち新潟、相川、高田、長岡、小出、湯沢の6地点で積雪初日の遅れが有意であり、新潟、相川、柏崎、高田、長岡、下関、小千谷、小出、湯沢の9地点で積雪終日の早まりが有意であった。

キーワード: 年最大積雪深, 積雪期間, 長期変化傾向, 新潟県

Keywords: annual maximum snow depth, number of days with snow cover, long-term trend, Niigata Prefecture

UAV 撮影画像の SfM 処理による積雪環境の数値表面モデル (DSM) の取得 Acquisition of digital surface models (DSMs) by structure from motion (SfM) analysis of UAV images in snowy environment

内山庄一郎^{1*}; 井上公¹; 上石 勲¹; 鈴木 比奈子¹
UCHIYAMA, Shoichiro^{1*}; INOUE, Hiroshi¹; KAMIISHI, Isao¹; SUZUKI, Hinako¹

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)

近年、Structure from Motion (SfM) と multi-view stereo (MVS) 技術を統合したソフトウェアが開発され、デスクトップ PC で簡易かつ低コストに三次元モデルの構築が可能となった。SfM、MVS とともに、コンピュータビジョンの分野で開発された技術である。SfM により複数の画像からカメラの位置を推定し、MVS により三次元モデルを生成する。本稿では、小型 UAV (unmanned aerial vehicle) に搭載した民生用コンパクトデジタルカメラで低高度から積雪環境の垂直写真を撮影し、SfM によって数値表面モデル (DSM: digital surface model) を生成することを試みた。本研究の目的は次の 2 点である。

- 1) 輝度が高く表面テクスチャーに乏しい積雪環境において SfM の適用可能性を検証する。
- 2) 複数時期の画像を用いた積雪深の変化抽出を試みる。

小型 UAV による画像の取得は、数 cm の積雪が観察された晴天の 2014 (平成 26) 年 2 月 5 日に茨城県つくば市の防災科学技術研究所 (標高 26 m) において実施した。小型 UAV にはマルチコプターの DJI F450 を用いた。撮影は対地高度を 50 m、100 m、150 m の 3 段階と、研究所敷地内にて 3 箇所の撮影を実施した。図は微起伏のあるエリアにおいて、対地高度 50 m から 1 秒インターバルで 128 枚の垂直写真を撮影したものである。カメラには Ricoh GR (APS-C CMOS, 16M ピクセル) を用いた。これらの画像を SfM で処理し、ポイントクラウド (点群データ) を生成した。SfM ソフトウェアには Agisoft PhotoScan 1.0.1 を用いた。また、Laser Technology TruPulse 360B を用いて 3 点の GCP を測定した。SfM ソフトウェア上でポイントクラウドに対し GCP を設定することにより、地上解像度 1.2 cm のオルソ画像、および地上解像度 4.8 cm の DSM を生成した。さらに、DSM をベースに GIS ソフトウェア上で等高線間隔 0.2 m の詳細地形図を作成した。

ここで、積雪環境特有の技術的な課題について述べる。直射日光下の積雪環境は反射光が強く、通常のカメラ設定では雪面が白飛びするために表面のテクスチャーが得られず、画像間のマッチングができないため、SfM 処理が不可能であった。そこで、カメラの設定を $f=5.6$ 、シャッタースピード $1/640$ 、露出補正 -1.3 EV、ISO 自動とし、白飛びを抑えた。しかし、この設定では建物の影などが黒潰れするため、12 bit RAW 画像からシャドウ補正を行い、暗部の階調を復元した。これにより、強烈な直射日光下の表面テクスチャーに乏しい積雪環境であっても、SfM で処理が可能な画像を得ることができた。

以上のことから、雪氷調査における UAV および SfM 活用の可能性が示された。積雪環境において SfM 処理による DSM 作成が可能であれば、積雪深の調査のほか、UAV との併用により、雪崩調査等での活用も期待される。今後は、複数時期の画像を用いた積雪深の変化抽出と、雪崩等の自然斜面における計測を実施する。

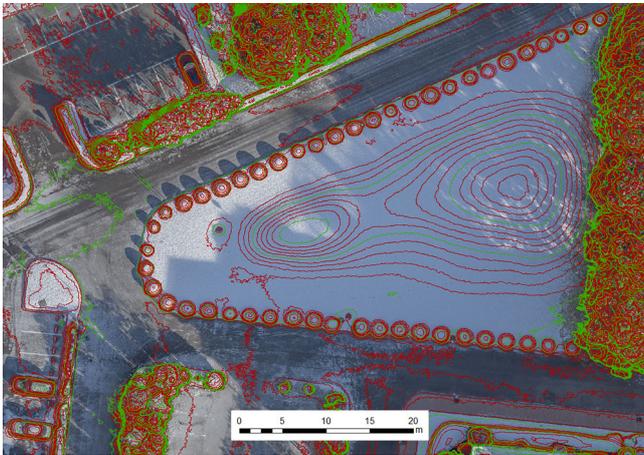
キーワード: UAV (unmanned aerial vehicle), SfM (structure from motion), DSM (digital surface model), オルソ画像, 積雪環境

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), structure from motion (SfM), digital surface model (DSM), orthophoto, snowy environment

ACC31-08

会場:312

時間:4月29日 11:00-11:15



重水を含む水から純水の分離 Separation of HDO in water solution

対馬 勝年^{1*}; 松山 政夫¹; 上石 勲²
TUSIMA, Katsutoshi^{1*}; MATSUYAMA, Masao¹; KAMIISHI, Isao²

¹ 富山大学, ² 防災科学研究所

¹University of Toyama, ²National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

福島第一原子力発電所事故で発生した40万Bqを超える放射性汚染水の減容化が課題となっている。昨年度は氷結晶法による水分離により、水以外の放射性物質を1回の凍結当たり最大1/1000程度まで除染できることを示した。氷結晶法は汚染物を母液側に閉じこめ、純水を氷の形で分離して減容化を目指すものであった。氷結晶法はトリチウム以外の全ての放射性物質(62種類)を吸着処理するALPSとは手法が異なるものであった。ALPSは除染能力は高いが新たな放射性汚染物を多量に発生する欠陥がある。これに対し、氷結晶法は新たな放射性汚染物を発生させずに減容化できるのが長所である。最新のセシウム、放射性セシウムを含む汚染水の試験から氷結晶法が10ppmから10pptの広範囲の汚染濃度に適用できることも示された。極めて低濃度の放射性汚染水に対しては汚染物を母液に閉じこめ純水を分離する方法は理想的な減容化法と考えられる。

その後、ALPSが処理できず、また氷結晶法も処理できないトリチウム水(HTO)の分離課題が一般にも知られるようになった。トリチウムはβ崩壊する放射性元素であり、食品包装用ラップ一枚で防止できる弱い放射能であるが、飲料や食品、呼吸とともに体内に入ると体内被曝の恐れがある。このトリチウム水は水の同位体であるから化学的手法で水からトリチウム水を分離するのが難しく、未解決の課題として残され、その結果、放射性汚染水は減ることなく増え続ける現実がある。

ところで水とトリチウム水(あるいは重水)など水の同位体は物理的性質である氷点、融解熱、などに顕著な違いがある。T₂Oの氷点は+4.49℃、HTOの氷点は+2.25℃、HDOの氷点は+1.91℃でH₂Oの氷点0.00℃とは著しく異なる。例えばトリチウム汚染水の半分を凍らせ、その氷をカンナで削って細かい粒子状に変えて母液に戻しシャーベット状すると氷と汚染水の接触面積は桁違いに増大する(バッチ法)。各氷界面で水分子の出入りがあり水素結合の強いトリチウム水分子は雪粒に凍り付きやすいと考えられ、水側のトリチウム濃度が減少していくと期待される。加えて、大小の雪粒子間に粗大化が進行するから表面に凍り付いたHTO分子は次々に凍り付いていくH₂O分子のため氷体内部に移動していく。ただし融解する粒子からはHTO分子が水側に付加される。この分離法の欠点は水中の水分子の拡散係数が小さい(濃度勾配がない)から分子を氷界面へ移動させる駆動力がないことである。分子自身の熱運動(氷の構造から推測すると水の中の空孔や格子間分子への移動)を通して偶然氷界面に到達したHTO分子が氷に組み込まれる可能性を持つにすぎない。したがって分離を高めるには①液体をできるだけ狭い隙間において氷粒子に接触させること、②水そのものに攪拌や流れ等の動きを与えることの2点を考えた。方法としてはバッチ batch 法とカラム column 法の2つを採用した。カラム法は鉛直の長い筒に粉状にした汚染雪を詰め、筒上端から汚染水を注ぐもので下端から流出する水に含まれるトリチウム水の濃度が低下していると期待される。水流量が小さい場合、雪筒内は被膜流下となり雪粒表面を薄く覆いながら流下する。この場合、水膜内のトリチウム水分子が氷界面に接触する機会は非常に高く、高い割合での分離が期待される。欠点は被膜流下の速さは毎分数cm程度とされているため処理能力が小さい点にある。

測定の結果はHDO濃度が半減する程度の分離に留まっており、分離割合の画期的向上が課題である。

キーワード: 放射性汚染水, 純水分離, トリチウム水分離, 重水, 氷り結晶法

Keywords: separation of HTO, melting point, HDO solution, radioactive polluted water

グリーンランド, カナック氷河におけるクリオコナイトホール の時間変化と表面アルベドへの影響
The temporal variation in cryoconite holes on Qaanaaq Glacier, in Greenland, and its effect on the surface albedo

榊 龍太郎^{1*}; 竹内 望¹; 植竹 淳²; 永塚 尚子²; 島田 利元¹; 青木 輝夫³; 庭野 匡思³
SAKAKI, Ryutaro^{1*}; TAKEUCHI, Nozomu¹; UETAKE, Jun²; NAGATSUKA, Naoko²; SHIMADA, Rigen¹; AOKI, Teruo³
; NIWANO, Masashi³

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 国立極地研究所, ³ 気象研究所

¹Faculty of Earth Science, Chiba University, ²National Institute of Polar Research, ³Meteorological Research Institute

Cryoconite holes are cylindrical melt-holes on glacial ice surface. Their size is usually several centimeters in diameter and depth. At the bottom of the holes, dark-colored sediment called cryoconite is deposited. Cryoconite absorbs solar radiation and promotes melting of the ice beneath it, consequently the cylindrical holes are formed.

Diameter and depth of the holes are known to change temporally with weather conditions. It is particularly important to understand their dynamics because development and collapse of the holes possibly affect surface albedo of the glacial ice. In this study, we aimed to clarify the weather conditions causing collapse of the holes and effect of the collapse on surface albedo by time-lapse photographing of cryoconite holes on the Qaanaaq Glacier in northwestern Greenland.

The photography revealed that cryoconite holes collapsed twice on 7/25 and 7/27 during the study period. As compared with weather conditions observed on the glacier, both collapses took place under the conditions of cloudy and strong wind. The air temperature and relative humidity were lower and higher in the first collapse, respectively. In contrast, they were higher and lower in the second collapse, respectively. The heat balance on the glacier surface showed that the total melt heat was relatively lower due to lower solar radiation when the holes were collapsed. The collapses were likely to be caused by the relatively higher latent heat on the first collapse, and higher sensible heat on the second collapse.

The image processing of the captured photographs showed that the dark-colored pixels, which correspond to the cryoconite-covered areas, increased when the holes were collapsed. This is probably due to spreading of cryoconite to the outer ice surface from the holes. The increase of cryoconite-covered area suggests that the collapses of holes can reduce significantly surface albedo on the ice area.

キーワード: クリオコナイトホール, 北極圏, カナック氷河, 熱収支, アルベド

Keywords: Cryoconite holes, Arctic, Qaanaaq Glacier, heat balance, albedo

ユーコン周辺におけるサージ型氷河の季節変化：静穏期の冬期加速とそのメカニズムについて
Seasonal fluctuations of quiescent surge-type glaciers around Yukon: Winter speed-up and the mechanism

阿部 隆博^{1*}; 古屋 正人¹
ABE, Takahiro^{1*}; FURUYA, Masato¹

¹ 北海道大学大学院理学院

¹Graduate School of Science, Hokkaido University

氷河・氷床の短期的な流動速度の変化は、氷河底面の水が大きな役割を担っている (e.g., Zwally *et al.*, 2002; Sundal *et al.*, 2011). 流動速度を高頻度に観測することは、氷体内の水の時空間分布を解明するのに有効な手段である。

近年の衛星リモートセンシングデータによって、南極やグリーンランド氷床、そして山岳氷河の流動速度の全容が明らかになってきた (e.g., Rignot *et al.*, 2011; Yasuda and Furuya, 2013). アラスカ/ユーコン地域においては、昨年初めて地域全体の流動速度マップが報告されたが (Burgess *et al.*, 2013)、その時空間発展は未だ明らかになっていない。また、この地域においては氷河サージ (季節変動と異なり、数倍~数百倍の速度で流動する現象) を起こす氷河が多数存在し、その多くは冬に発生することが知られているが、そのメカニズムは明らかになっていない。また、この地域の氷河は将来の海水準変動に大きく寄与し、氷河浸食と地形進化の相互作用も示唆されている。

JAXA が 2006 年に打ち上げた L バンド衛星搭載型合成開口レーダー ALOS/PALSAR のデータにオフセットトラッキング法を適用し、2006 年から 2011 年までの流動速度の時空間変化を調べた。その結果、多くのサージ型氷河において、静穏期にも関わらず上流において顕著な冬期の加速が見られた。さらに、一般的な季節変化として知られる夏期の加速は、下流から上流へ伝搬するのに対し、この冬期の加速は上流から下流へ伝搬していた。冬期に氷河表面に多量の融解水が存在し、氷河内へ浸透することは考えにくい。そこで我々は、これまでの様々な先行研究を元に、氷河内に貯まった融解水が底面滑りを促進し、冬期の加速を起こしているという仮説 (Lingle and Fatland, 2003) をこのデータが支持していると考えた。我々の発見は、今後氷河の流動モデルや氷河浸食の推定等に新たな知見を与えるだろう。

この研究のいくつかの結果とその議論については、昨年 of 連合大会で報告した (阿部・古屋, 2013)。我々は、その後解析範囲を拡大し、この冬期の加速が普遍であるかを調べている。当日は、新たな解析結果とそれが示唆する冬期加速のメカニズムについて発表する予定である。

キーワード: 合成開口レーダー, オフセットトラッキング, サージ型氷河, アラスカ/ユーコン, 冬期加速

Keywords: SAR, Offset tracking, Surge-type glaciers, Alaska/Yukon, Winter speed-up

西クンルン山脈における氷河サージ Surging glacier in West Kunlun Shan

安田 貴俊^{1*}; 古屋 正人²
YASUDA, Takatoshi^{1*}; FURUYA, Masato²

¹ 北海道大学大学院理学院, ² 北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門
¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Department of Natural History Sciences, Hokkaido University

Surge-type glacier quasi-periodically oscillate between long periods of slow flow (quiescent phase) and shorter periods of typically 10-1000 times faster flow (active phase). Only about 1% glaciers worldwide are of surge-type (Jiskoot et al., 2000), but some glaciers were not identified as surge-type due to long surge cycle. During a surge cycle, glaciers advance and retreat without external factor so surge-type glaciers obscure the climate signal. Several controlling processes are identified but it is still elusive what trigger switch from slow to fast flow. Owing to the difficulty of observation, spatiotemporal data of surging glacier are still less.

West Kunlun Shan (WKS), located in northwestern Tibetan plateau, is one of the most glaciated regions in Asia. The annual mean temperature and precipitation is very low, ~14 deg. C and 460mm, respectively (Zhang et al. 1989). Main precipitation occur in Summer (Ageta et al., 1989). Almost debris free and polythermal glaciers develop under subpolar environment.

We detected glacier surge, its velocity changes in WKS using Synthetic Aperture Radar (SAR) techniques, based on SAR archived data from 1990's. Also we detected the changes of glacier terminus using a box measurement method (Moon and Joughin, 2008), based on Landsat optical-images archived from 1972.

We paid attention to 36 glaciers in WKS. Five glaciers surged during 1990-2013 and three of them were continued by late 2013. The velocity gradually increased up to ~1000m/year accompanied with advancing ~1.4km, and then degreased to ~30m/year. Also, two glaciers were in quiescent phase during our observation periods. These glaciers rapidly retreated and had stagnant profiles in the lower part. We could not observe whole a surge cycle that was estimated at least 40 years.

キーワード: 氷河サージ, 西クンルン, SAR, ピクセルオフセット, 氷河流動
Keywords: Glacier Surge, West Kunlun Shan, SAR, Pixel offset, Glacier velocity

Geodetic mass balance of Gangjula Glacier, Bhutan Himalaya from 2004 to 2013 Geodetic mass balance of Gangjula Glacier, Bhutan Himalaya from 2004 to 2013

TSHERING, Phuntsho^{1*} ; FUJITA, Koji¹
TSHERING, Phuntsho^{1*} ; FUJITA, Koji¹

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Himalayan glaciers have been retreating over the recent decades but few in-situ observations are available in the Bhutan Himalaya. Initial observation by stake method has been conducted on Gangjula glacier, Bhutan Himalaya for one year from 2003 to 2004. Also performed was differential global positioning system (DGPS) survey in 2004. After seven years gap, we re-surveyed the glacier surface using DGPS in 2011 and continued the survey every year since then. The DGPS data were processed using Global Navigation Satellite System (GNSS) software and data having errors equal to 1m or more both horizontally and vertically are excluded. Exact location of bench marks installed in 2004 was obtained using precise point positioning (PPP) in 2011. The data of other years are shifted by referring the bench mark locations. Digital elevation model (DEM) of 1m resolution for different years has been generated by using inverse distance weighted method and then elevation change between two different years is obtained. Elevation change within 50m elevation band is averaged and then the area-weighted mass balances are calculated by multiplying the elevation change with density of ice (900kg/m^3) divided by number of years. Mass balance since 2003 ranges from -1000 to -2000mm water equivalent (mm w. e.), and it is significantly accelerated for the last two years.

キーワード: glacier mass balance

Keywords: glacier mass balance

地中レーダー (GPR) を用いた立山連峰の5つの多年性雪渓の氷厚観測 Identifying the ice thickness of five perennial snow patches in the Tateyama Mountains based on GPR soundings

福井 幸太郎^{1*}; 飯田 肇¹
FUKUI, Kotaro^{1*}; IIDA, Hajime¹

¹ 富山県立山カルデラ砂防博物館
¹ Tateyama Caldera Sabo Museum

We carried out ground penetrating radar (GPR) soundings in the Kuranosuke, the Hamaguri-yuki, the Tsurugisawa, the Chojiro and the Ikenotan-migimata perennial snow patches in the Tateyama Mountains, the northern Japanese Alps since 2012. The Kuranosuke and the Ikenotan-migimata perennial snow patches had large ice masses (>30 m in thickness). We had measured the surface flows of both ice masses since 2011. The maximum surface flows of the Ikenotan-migimata and the Kuranosuke perennial snow patches were about 2 m a⁻¹ and 0.14 m a⁻¹, respectively. Thus, we regard the both snow patches as active glaciers.

The Hamaguri-yuki, the Tsurugisawa and the Chojiro perennial snow patch had thin ice masses (<20 m in thickness). It is possible that these ice masses are not flowing at the present time. Thus, we guess that these snow patches are glacierets rather than active glaciers.

キーワード: 氷河, 多年性雪渓, 立山, 剣岳, 地中レーダー

Keywords: glacier, perennial snow patch, Mt. Tateyama, Mt. Tsurugi, GPR

立山連峰の氷河の内部構造調査 Studies on internal structure of active glacier in the Tateyama Mountains

飯田 肇^{1*}; 福井 幸太郎¹
IIDA, Hajime^{1*}; FUKUI, Kotaro¹

¹ 富山県立山カルデラ砂防博物館
¹Tateyama Caldera Sabo Museum

In 2013, we carried out 20 m depth boring in the Sannomado Glacier (2000 m above sea level), in the Tateyama Mountains, the northern Japanese Alps. The 20 m core was analyzed paying attention to the structure of firn and ice. The following observations were carried out;

- (i) stratigraphic observation of snow layer and glacier ice.
- (ii) measurement of density profile.
- (iii) measurement of grain shape and profile of grain size.
- (iv) observation of elongation of air bubbles.

The internal structure of the Sannomado Glacier was characterized by obvious boundary between firn and ice. At the depth of 5m, there was a distinct dirt layer formed in the last autumn. Above this dirt layer, firn transformed into ice abruptly and the density curve showed a discontinuity to 850kg/m^3 . The temperature of the snow and ice measured in the borehole was 0°C throughout the layer. Spouting water was found in the borehole, indicating an aquifer in the glacier. From these results, such a rapid transformation process from snow to ice in this glacier will be discussed.

The grain size gradually increased with depth and elongation of air bubbles was shown below 15m which suggests internal flow of the glacier.

キーワード: 氷河, 多年性雪渓, 立山, 劔岳, ボーリング

Keywords: glacier, perennial snow patch, Mt. Tateyama, Mt. Tsurugi, boring

モンゴル・アルタイ地域の氷河流出河川中の氷河融解水の割合 Contribution ratio of glacier discharge to the river water in Mongolian Altai

紺屋 恵子^{1*}; 門田 勤¹; Davaa Gombo²; Pugvdagwa Kalzan²
KONYA, Keiko^{1*}; KADOTA, Tsutomu¹; DAVAA, Gombo²; PURVDAGVA, Kalzan²

¹ 海洋研究開発機構, ² モンゴル気象水文環境研究所
¹JAMSTEC, ²IMHE, Mongolia

1. 背景

氷河からの流出河川に関する研究は数多く行われている。モンゴル・アルタイ地域では、降水から十分な生活用水をとることが難しいため、氷河からの水が重要な水資源であると考えられている。モンゴルの貯留水のうち 10%は氷河に蓄えられているという報告もある (Davaa et al., 2007)。また、モンゴル・アルタイ地域の氷河からの流出河川は、氷河の融解水、季節的な降水 (雨)、融雪水で構成され、モンゴル西部の河川水では、約 50%が雪、氷、氷河起源である (Davaa et al., 1999)。

本研究では、①モンゴル・アルタイ地域の氷河の融解水、降水・融雪水の量と流出河川水の化学的性質を明らかにすること、②今後の温暖化で変化しうる氷河から獲得可能な水量を予測することを目的とする。

2. 方法

氷河下流の河川の 2 か所にて、流量、水温、電気伝導度 (EC)、pH、河川水 δD 、 $\delta^{18}O$ の観測を、氷河融解期初期、中期、末期の 3 期間、1 日 3 回実施した。氷河融解水の河川水への寄与率を、A) 流量と EC から、B) 氷河融解量からの二つの方法で見積もった。

3. 結果

いずれの方法でも、これまでよりもやや多い 20~50 %の寄与率が計算された。方法 B にて、今後の温暖化に対する融解量の変化から、河川流量変化を計算した。近い将来 (数十年後) は、流量の増加が見込まれ、遠い将来 (約 100 年後) には流量が減少し始めると考えられる。ただし河川水は氷河の融解のみならず、積雪量の変化も受けるため、融雪水の変化も考慮する必要がある。

キーワード: 氷河, 氷河流出河川, 温暖化, 水資源, モンゴル, 気候変動

Keywords: glacier, glacier discharge, temperature warming, water resources, Mongolia, climate change

数値標高モデル (DEM) を用いたヒマラヤの氷河下流域における周辺地形の特徴量に関する比較 Comparison of surrounding land features on the glacier terminal areas in the Himalayas derived from DEM

鈴木 亮平^{1*}
SUZUKI, Ryohei^{1*}

¹ なし
¹ none

山岳氷河の表面における放射収支(正味放射量)は、周辺の複雑な地形によって、空間的に不均一であることが知られている。放射収支は、これまでの現地観測によって、ヒマラヤに分布する氷河の融解熱量として、大きな割合を占めることが知られている。一方、ヒマラヤの南斜面においては、氷河下流域の氷の表面が、岩屑(デブリ)によって覆われた「デブリ氷河」が数多く分布する。このような氷河においては、岩屑の熱特性分布が、氷河の融解速度の空間分布に直結する。それらの空間分布を正確に推定するためには、氷河の消耗域における放射収支に対して、氷河周辺の地形が与える影響を考慮する必要がある。しかしながら、ヒマラヤにおいては、これらの現象を現地観測によって広域的に明らかにすることは、困難である。したがって、遠隔的・広域的な観測手法として、衛星リモートセンシングの応用が有効である。

本研究では、一例として、2002年以降に現地観測の実績があるブータン・ルナナ地方の数値標高モデル(DEM)を用い、氷河周辺の地形が放射収支に与える影響を推定することを目的とする。同地域に分布する複数の氷河における下流域表面の各地点(画素)について、周囲の地形と空との境界を見込む方位角・仰角の分布を近似的に算出し、特徴量として比較した。この特徴量は開度を応用した概念であり、周囲が水平面に近いほど1に近く、反対に、急峻な壁面に囲われた窪地であるほど0に近づく。第一段階の試算によれば、8方位、かつ、半径約4.5km内を対象とした場合、Thorthormi、Lugge、Lugge II氷河の下流域における値は、0.7から0.9の範囲に分布した。

この結果は、DEMの精度だけでなく、その上を走査するラスタ画像処理の方法に強く依存する。すなわち、着目する画素(地点)において、走査する際の方位角の刻み値、視線方向の走査半径、半径の増分値などの条件によって変化する。このため、今回の発表では、複数の実験結果を事例として示し、同地域における放射収支の空間分布への影響について考察・報告する予定である。

キーワード: 数値標高モデル, 画像処理, 氷河融解速度, 放射収支, 山岳氷河, ヒマラヤ

Keywords: Digital Elevation Model (DEM), image processing, glacier melt rate, radiation budget, mountain glaciers, Himalayas

天山山脈とラダーク山脈の氷河湖と氷河湖決壊洪水 Glacier lake and glacier lake outburst floods in Tien Shan and Ladakh Range

奈良間 千之^{1*}; 風晴 彩雅¹; 山本 美菜子¹; 浮田 甚郎¹; 池田 菜穂²; 田殿 武雄³
NARAMA, Chiyuki^{1*}; KAZEHARE, Saiga¹; YAMAMOTO, Minako¹; UKITA, Jinro¹; IKEDA, Naho²; TADONO, Takeo³

¹ 新潟大学理学部自然環境科学科, ² 東北大学災害科学国際研究所, ³ 宇宙航空研究開発機構

¹Niigata University, Department of Environmental Science, ²Tohoku University, Institute for Disaster Reconstruction and Re-generation Research, ³JAXA

調査地域である中央アジアの天山山脈やインド北西部のラダーク山脈(インド・ヒマラヤ西部)には、小規模な氷河湖が多数分布する。天山山脈では、1963年に多くの犠牲者がでた氷河湖決壊洪水(GLOF)をはじめ、いくつかの氷河湖決壊洪水(GLOF)が1950~1970年代に起きている。最近では1998~2012年に再び犠牲者をともなうGLOFが1998年7月にギッサール・アライ地域(5万m³, 犠牲者多数), 2002年8月にパミール(10万m³, 犠牲者24人), 2008年に天山山脈北部地域(45万m³, 犠牲者3人)の3回生じている。一方、ブータン・ヒマラヤにおいては、2000~2010年に急速に拡大した氷河湖は全体のわずか1~3%であった。東ヒマラヤでは1994年以降犠牲者をともなうGLOFは生じておらず、氷河湖の脅威は以前よりも減少している。これまでの我々の調査結果によると、天山山脈北部地域に分布する約800の氷河湖のうちの多くが1980年代以降に出現した新しい氷河湖であり、この1980年代以降に出現・発達した次世代の氷河湖が2000年以降再びGLOFを起こしはじめている。もう一つの対象地域であるインド北西部のラダーク山脈(インド・ヒマラヤ西部)では、天山山脈と同様に小規模な氷河湖が多数分布する。2010年, 2011年, 2012年と立て続けにGLOFが生じ、その特徴は両地域で多くの類似点を持つ。このような状況を鑑み、本研究では、小規模氷河湖分布地域である二つの山岳地域を対象に、氷河湖の現状分析、過去の氷河湖決壊洪水の被害状況とその被害予測をおこない、氷河災害軽減に向けての対策を提案することを目的としている。

氷河災害の軽減に向けて、本発表では以下の2点について報告する。(1) 発生誘因である小規模氷河湖の基礎的な情報, (2) 過去の洪水履歴からの災害実績図である。天山山脈とインド・ヒマラヤ西部のラダーク山脈では、1年~数か月の短期間で出現・決壊する短命氷河湖が複数確認されている。天山山脈のテスケイ山脈では、2008年7月にわずか2か月半で氷河湖が出現・決壊して、45万m³の水を流出し、3人の犠牲者をだした短命氷河湖のGLOFが生じた。2012年7月には、同地域のキルギス山脈で1年前に出現した氷河湖(6万m³)が決壊し、上流の村々の住民は突然の洪水に混乱した。インド北西部のラダーク山脈では2011年に出現した氷河湖が2012年7月に決壊し2つの橋を流出した。この短命氷河湖の現状を把握するため、空中写真, Corona, Landsat TM/ETM+など複数の衛星データを用いて、氷河湖の面積変動の追跡調査をおこなった。ALOS AVNIR-2/PRISM画像から、現在のキルギス山脈において229の氷河湖(0.001km²以上)が確認された。これら氷河湖の面積変動の傾向から、氷河湖は短命・繰り返し型と変動型(拡大・縮小)の2つのタイプに分類でき、短命・繰り返し型の氷河湖タイプが3割ほどを占めていることがわかった。さらに、過去の氷河湖決壊洪水の記録から、短命氷河湖タイプの出水が多いことが明らかになった。詳細は学会において報告する。

キーワード: 氷河湖, 氷河湖決壊洪水, 小規模氷河湖分布地域, 天山山脈, ラダーク山脈

Keywords: glacier lake, glacier lake outburst floods, small-size glacier lake region, Tien Shan, Ladakh Range

中国・天山山脈ウルムチNo.1 氷河表面の化学成分分析 Chemical Composition on the surface in the Urumqi No.1 glacier, Tien Shan, China

若林 梢¹; 竹内 望^{1*}; 田中 聡太¹; 雨宮 俊¹

WAKABAYASHI, Kozue¹; TAKEUCHI, Nozomu^{1*}; TANAKA, Sota¹; AMEMIYA, Shun¹

¹ 千葉大学理学研究科

¹ Graduate School of Science, Chiba University

氷河や積雪などの雪氷中には、様々な溶存化学成分が含まれている。とくに融解期の雪氷面の化学成分は、氷河や積雪表面で繁殖する雪氷微生物の生態の理解に重要である。微生物の中でも光合成により氷河表面で有機物を生産する雪氷藻類は、氷河表面のアルベドを変えて融解を促進する効果があるため、その生態は氷河の融解過程の理解に重要である。雪氷藻類の繁殖には、雪氷表面の化学成分の中でも、特に栄養塩として利用している窒素やリンの成分が深く関与していると考えられる。中央アジアの山岳には多くの氷河が分布しており、その氷河表面に繁殖する雪氷藻類は、パイオマスが大きくシアノバクテリアが比較的多く占めている。これらは緑藻が占める割合の大きい北極域の氷河とは異なる特徴である。雪氷藻類のこのような群集構造を決定する要因に、栄養塩などに関わる化学成分が関与しているかもしれない。そこで本研究では、中央アジアの乾燥域に位置する中国天山山脈・ウルムチNo.1 氷河の融解期表面の2010年から2012年までの3年間の主要化学成分の濃度分析を行い、標高による化学成分の違いや経年変動を明らかにし、その変動の原因と雪氷藻類への影響について理解することを目的とした。

本研究では、2010~2013年8月に中央アジア天山山脈・ウルムチNo.1 氷河表面において採取したサンプルを使用した。標高の異なる6地点(標高が低い順にS1~S6)で表面の氷を採取し、これらを融解させた後、濾過を行い千葉大学の実験室に持ち帰った。これを冷凍保存したものを解凍させ、イオンクロマトグラフ(DIONEX, ICS-1100)を用いて主要化学成分濃度の分析を行った。また、フィルター上にろ過したものを、DMFにクロロフィルを抽出し、蛍光光度計を使ってクロロフィル量を算出した。

ウルムチNo.1 氷河表面に溶存する主要化学成分は、標高によらずCaが6割以上を占めていることがわかった。これは融解表面の化学成分も氷河周囲から飛来するダストの影響を大きく受けていることを示している。Ca以外の化学成分も、標高によって濃度の違いがあることが明らかとなった。藻類の栄養塩として重要なNH₄⁺の濃度は、末端から中流部までは標高が高いほど増加し、S4でピークとなっていた。クロロフィル濃度の測定結果も、S4で最大値をとったことから、これらの全窒素濃度が藻類の高度分布に影響している可能性がある。

キーワード: 化学成分, 氷河

Keywords: chemical composition, glacier