

## 大雪山国立公園における気候変動と生態系インパクト

Climate change impacts on alpine ecosystems in the Daisetsuzan National Park in northern Japan

\*工藤 岳<sup>1</sup>

\*Gaku Kudo<sup>1</sup>

1.北海道大学地球環境科学研究所

1.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

山岳生態系は気候変動に対して最も脆弱な系であり、地球環境変化の生態系への影響を検出するのに適している。これまでに、生物の生理的応答、季節応答、分布域の変化など多くの事例が報告されており、種の絶滅、個体群衰退、多様性の減少、植生変化の進行が明らかである。しかしながら、我が国の山岳地域における気象・環境データならびに生態系モニタリングのデータ集積は大変乏しく、生態系変化の定量化や生態系変化を引き起こしている要因解析のためには、地域特有の生育環境変化のモニタリングが必要である。

北海道にある大雪山国立公園は日本最大の国立公園であり、豊富な積雪が作り出す雪解け時期の違いが高山生態系の生物多様性を生み出す原動力となっている。大雪山においても近年、気温の温暖化や雪解けの早期化が進行しており、生物の生育期間の変化や土壌の乾燥化などが引き起こしたと推測される高山生態系への影響も多数観察されている。この講演では、これまでに大雪山系で観察された生態系インパクトを報告する。

主な高山生態系へのインパクトとして、生物季節（フェノロジー）の変化と生物の分布変化がある。高山植物の開花時期は雪解け時期に強く依存しており、雪解けの早期化は高山植物群集の開花パターンならびに開花期間を大きく改変する。このような群集スケールのフェノロジー改変は、花を資源として利用する昆虫群集との相互作用にも強い影響をもたらす。開花時期の早期化により高山植物と花粉媒介昆虫との共生関係が崩される場合には、植物と昆虫の双方にとってマイナスとなる。高山生態系の重要な送粉昆虫であるマルハナバチ類は真社会性昆虫であり、季節的なコロニー発達に伴い個体数が増大する。気候変動に対して敏速な応答が難しく、温暖な年には植物群集の開花進行に応じたコロニー成長ができずに、生育シーズン後半で餌不足になる状況が生じることがある。開花時期と花粉媒介昆虫の活性時期にズレが生じると、植物への送粉サービスが低下し、多くの高山植物で種子生産の低下が起きる。これが引き金となり、高山植物個体群の衰退も懸念される。さらに、春の温暖化は耐寒性の低下を引き起こし、生育シーズン初期の霜害の危険性を増加させる。このように、気候変動による生物季節の攪乱は、高山生態系に大きな影響をもたらす。

温暖化に伴う高山植生変動も進行している。大雪山五色が原では、湿生お花畑の消失とチシマザサの拡大が進行している。その原因として、雪解け時期の早期化と土壌乾燥化が考えられる。湿生お花畑を代表するエゾノハクサンイチゲの急速な個体群衰退は、乾燥ストレスにより個体成長が阻害され、種子生産が制限されたために起きたことが確かめられた。また、大雪山系で広く認められるチシマザサの分布拡大は、雪解けの早まりに伴う土壌乾燥化と生育期間の延長の双方により加速したと考えられる。チシマザサは地下茎の伸長により巨大なクローンを形成し、強い被圧効果により高山植物群集を衰退させ、種多様性を激減させる。また、活発な蒸散作用によりさらなる土壌乾燥化が引き起こされることが判明した。急速に分布を拡大するチシマザサの管理は、高山生態系の生物多様性を保全する上で非常に重要な課題である。ササの除去実験により高山植生が急速に回復したことから、人為的なササの刈取りは高山植生の保全政策として有効であることが示唆された。

気候変動下で高山生態系と生物多様性を保全していくためには、保全管理政策の策定根拠となる長期モニタリング体制の構築が極めて重要である。さらに、気候変動と生態系応答の進行速度に対応できる順応的保全管理計画の策定と実行が求められる。

キーワード：高山生態系、気候変動、高山植物

Keywords: alpine ecosystem, climate change, alpine plants

気候変動が山地性植物の開花フェノロジーに及ぼす影響 –春植物と高山植物を例に–

Effects of climate change on flowering phenology of montane plants: a case study for a spring ephemeral and alpine plants

\*和田 直也<sup>1</sup>

\*NAOYA WADA<sup>1</sup>

1. 富山大学研究推進機構極東地域研究センター

1.Center for Far Eastern Studies, Organization for Promotion of Research, University of Toyama

Plant phenology, seasonal and periodic behavior shown by plants, is though to be largely affected by global climate change. Most studies on plant phenology have been carried out on the low-elevation sites in and/or near the urban area. Phenological observation has been rarely conducted in the montane area, especially in the alpine region, where global climate change would have a strong impact. In this presentation, I will show seasonal and yearly variations of flowering phenology in montane plants inhabiting in a secondary forest and alpine ecosystems having a snowy climatic regime. Target species are *Erythronium japonicum*, *Diapensia lapponica* var. *obovata*, and *Sieversia pentapetala*. I and co-researchers observed these flowering phenology from 2010 to 2015, and also measured air and soil temperatures, and recorded directly or estimated indirectly dates of snowmelt. According to an analyzing technique reported by Kimball et al. (2014), we could express temporal changes of the flowering rate as a logistic curve, using degree-day accumulations based on air and soil temperatures, day of year, and day from snowmelt as explanatory variables. I will show the species specific difference of significant variables against the flowering phenology, and the effectiveness using a logistic model for describing and predicting flowering phenology of montane plants.

キーワード：生物季節、高山植物、気候変動

Keywords: phenology, alpine plants, climate change

定点カメラ画像を用いた日本の高山帯における融雪モニタリングについて

Monitoring of snowmelt in the Japanese alpine zone by using time-lapse cameras

\*小熊 宏之<sup>1</sup>、井手 玲子<sup>1</sup>、鈴木 英夫<sup>2</sup>、浜田 崇<sup>3</sup>

\*Hiroyuki Oguma<sup>1</sup>, Reiko Ide<sup>1</sup>, Hideo Suzuki<sup>2</sup>, Takashi Hamada<sup>3</sup>

1.国立環境研究所、2.朝日航洋株式会社、3.長野県環境保全研究所

1.National Institute for Environmental Studies, 2.Aero Asahi Corporation, 3.Nagano Environmental Conservation Research Institute

The vulnerability of alpine ecosystems to climate change, as pointed out by IPCC, and the necessity to conduct monitoring in the alpine zone have been recognized worldwide. The Japanese alpine zone is characterized by extremely heavy snowfall, and snowmelt is a key factor for the growth of alpine vegetation. National Institute for Environmental Studies has, therefore, launched long-term monitoring of snowmelt and ecosystems in the Japanese alpine zone since 2011 by using automated digital time-lapse cameras, and 18 monitoring sites are under operation currently. By comparing the photographs taken at the same time each year, we can determine the time for snow fall and melting and the spatial differences in their speed,

In this study, a new monitoring method by digital cameras was developed in order to detect yearly changes of snow-cover areas at high temporal and spatial resolutions. We used images derived from the cameras that we have installed at mountain lodges in Nagano Prefecture (at elevations around 2350-3100 m) and at around Mt. Rishiri in Hokkaido, and in addition, the live camera images that have already been operated by local governments in Tohoku area and Mt.Fuji. RGB digital numbers were derived from each pixel within the images. The snow-cover and snow-free pixels were automatically classified by statistic discriminate analysis based on the variance of gray-level histograms for each image.

The detected snowmelt dates showed site-specific characteristics and yearly variations.

キーワード：RGB値、大津の二値化、オルソ化

Keywords: RGB, discriminate analysis method, ortho-rectify

## 南アルプスにおける落石の発生時期・規模・原因－多様な手法による分析－

Timing, magnitude and origin of seasonal rockfall activity in the Southern Japanese Alps:  
A multi-method approach

\*松岡 憲知<sup>1</sup>

\*Norikazu Matsuoka<sup>1</sup>

## 1. 筑波大学生命環境系

1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

Recent technological advances have enabled us to monitor bedrock micro-cracking at high time resolution and succeeding rockfall activity at high spatial resolution. Precise evaluation of the trigger of each rockfall event, however, requires a combination of multiple methods that detect cracking and falling activities and provide data on their controlling environmental parameters. Long-term monitoring is also necessary to evaluate the contribution of each trigger to the rockwall erosion.

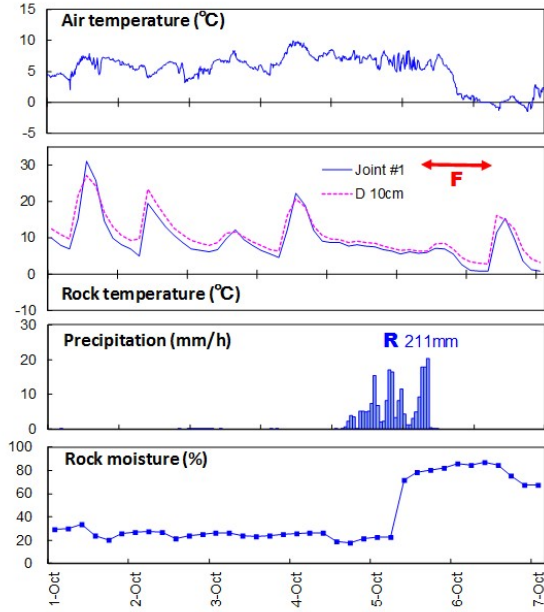
Multi-method monitoring has been conducted to detect the timing and trigger of rockfall activity on an alpine rockslide cliff composed of Cretaceous sandstone and shale in the southern Japanese Alps (Aresawa rockslide, 2900 m ASL). The monitoring programme includes manual measurements of peeling from painted rockface and collection of fallen debris (4-5 times per year) and thermography of rockface (yearly), and data logging of time-lapse photography of rockface (daily), crack opening, rock temperature and moisture (3-4 hr intervals) and meteorological elements (air temperature and precipitation at 10-min intervals). A stereographic pair of sequential photographs allow us to visually identify the location of new erosion at daily resolution. Combined with precipitation data, the photographs also indicate the type of precipitation (rain or snow).

Five years (2010-2015) of debris trapping show major rockfall activity in winter (between November and May) and occasional activity associated with heavy rains in summer. Highly active areas of the rockwall experience retreat by >1 mm per year. Time-lapse photography displayed at least eight rockfall events within the shot area in the 2014-2015 period. The integration of multiple data enables understanding of a sequence of natural processes towards rockfalls, suggesting that at least three types of rockfall processes recur annually (Fig. 1A). (1) In summer and early autumn, heavy rainfalls (>100 mm/day) raise the rock moisture content close to the saturation level, often triggering significant rockfalls, probably due to raised water pressure in rock joints or lubrication of joints. (2) In late autumn and late spring, light or intermediate rainfalls are sometimes followed by high moisture, shallow freezing, rapid thawing and eventually by small-scale rock peeling. (3) In early winter and early spring, the same process occurs as in the second case but rainfall is replaced by snowfall (Fig. 1B).

キーワード：落石、野外観測、インターバル撮影、凍結融解、日本アルプス

Keywords: Rockfall , Monitoring, Time-lapse photography, Freeze-thaw, Japanese Alps

(A) Event 1: 5-6 October 2014



(B) Event 5 & 6: 1-2 & 10-12 April 2015

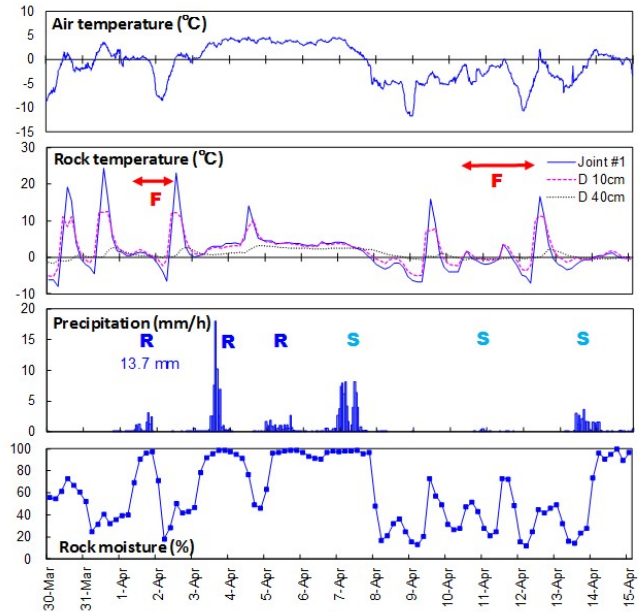


Fig. 1. Examples of rockfall events (F) and corresponding environmental conditions in the 2014-2015 period. Symbols: R=Rain, S=Snow, D=Depth.

## 中部山岳地域における低水流量を規定する自然・人為因子

## Natural and artificial factors controlling 275-day flow in the Japanese Alps region

\*山中 勤<sup>1</sup>、岸 和央<sup>1</sup>\*Tsutomu Yamanaka<sup>1</sup>, Kazuhiro Kishi<sup>1</sup>

## 1.筑波大学生命環境系

1.Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

低平地に居住する都市住民は、山岳地域からの水資源供給に大きく依存する一方で、豪雨時には洪水のリスクにさらされている。渇水期の流量を維持しながら洪水時の流量増加を緩和するためには、流域の保水機能、特に地下水貯留機能を維持・向上させることが肝要である。しかしながら、地下水貯留機能を定量的に診断・評価する手法は確立されていない。本研究では流況指標に着目し、国土数値情報等を用いた多変量解析によって流域の地下水貯留機能を規定する自然・人為因子の特定とその影響力の定量化を試みた。信濃川・黒部川・富士川・大井川・天竜川・木曾川等の水系を中心とする中部山岳地域を対象として、計170地点における河川流量・ダム流入量データを収集し、解析に供した。また、自然・人為因子の空間分布データとして、国土数値情報の土地利用細分メッシュデータ・平年値（気候）メッシュデータ、ならびに50万分の1土地分類基本調査GISデータ（地形分類図・表層地質図）を用いた。まず170地点の豊水流量を目的変数として、各流域内の気候諸量および地質・地形・土地利用のタイプごとの面積を説明変数とした重回帰分析を実施した。その際、気候・地質・地形因子についてはステップワイズ法によって変数選択を行い、人為的要素の強い土地利用については強制投入とした。その結果、年降水量・年平均気温・年最大積雪深・台地面積・火山面積・第四期堆積岩類面積などが有意な変数として選択された。一方、低水流量を目的変数とした重回帰分析では、最大積雪深を除く気候因子は有意でなかった。このことは、低水流量が雪氷や地下水としての水貯留機能の良い指標となっていることを示唆する。重回帰式の偏回帰係数として評価された低水流量への影響力はゴルフ場・スキー場・荒地（森林限界以上の高地が主）で大きく、これらの面積が大きいほど低水流量が減少するという結果が得られた。これに対し、台地（扇状地）・水田は面積が大きいほど低水流量が増加する傾向が認められ、森林も弱いながら正の影響を有していた。以上の結果から、ゴルフ場やスキー場の建設といった山林伐採・斜面造成を伴う開発行為は流域の保水機能を低下させた可能性が強い。一方で、流域の保水機能を維持するためには扇状地や水田を適切に管理することが重要と言える。今後、こうした機能を地生態系サービスとして再認識し、流域圏管理や国土政策に活かすことが望まれる。

キーワード：流況、中部山岳地域、地生態系サービス

Keywords: Flow regime, Japanese Alps region, geo-ecosystem service

## 後立山連峰、鹿島槍ヶ岳カクネ里雪渓の氷体の厚さと流動

The thickness and flows of an ice mass of the Kakunezato perennial snow patch, Mt. Kashimayari, the northern Japanese Alps

\*福井 幸太郎<sup>1</sup>、飯田 肇<sup>1</sup>、カクネ里雪渓 学術調査団

\*Kotaro FUKUI<sup>1</sup>, Hajime IIDA<sup>1</sup>, Research team of the Kakunezato perennial snow patch

1. 立山カルデラ砂防博物館

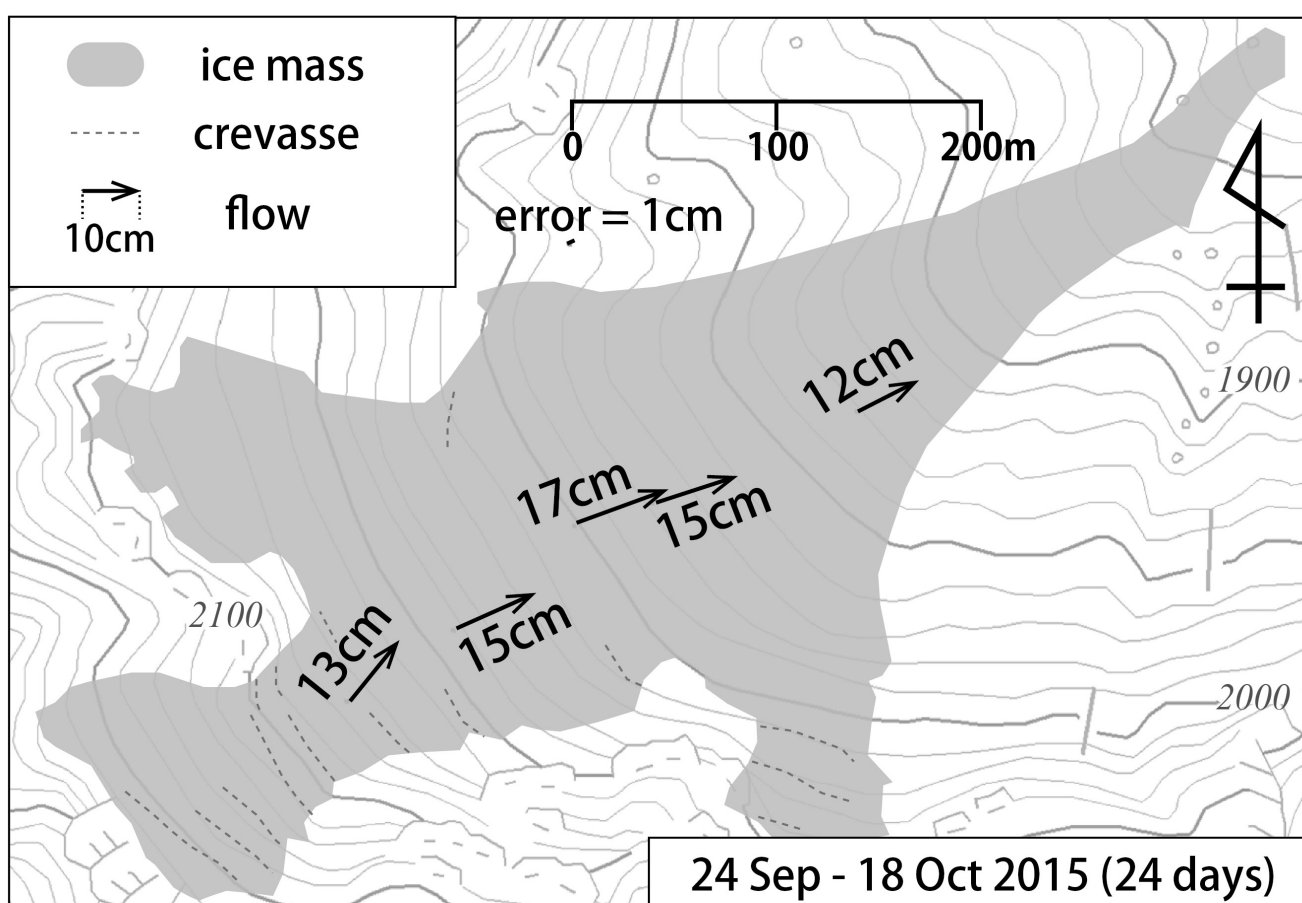
1. Tateyama Caldera Sabo Museum

We describe field measurements (ground penetrating radar (GPR), geodetic survey and crevasse observation) to provide new information on the surface flow velocity, the ice thickness and the snow density profile of the Kakunezato perennial snow patch in Mt. Kashimayari (2889 m asl) in the northern Japanese Alps, central Japan.

We found the thick ice mass (over 40 m in thickness) in the central part of the Kakunezato perennial snow patch. The snow density is  $> 820\text{kg/m}^3$  below 1 m in depth from the surface in October 2015. The ice mass had flowed 12 - 17 cm / 24 days in the autumn of 2015. Thus, we regard the snow patch as small active glacier.

キーワード：氷河、雪渓、流動、日本アルプス

Keywords: glacier, perennial snow patch, flow, Japanese Alps



The flow of the Kakunezato perennial snow patch