

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 17 日現在

機関番号： 12102

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2011~2013

課題番号：23540507

研究課題名 (和文) 中部山岳域における冬期の降雨発生と積雪構造への影響評価

研究課題名 (英文) Rain on snow affecting snow cover structure in the central Japanese Alps areas

研究代表者

上野 健一 (UENO, Kenichi)

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：00260472

交付決定額 (研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000 円、(間接経費) 960,000 円

研究成果の概要 (和文)：簡易レーザー式・自動雨雪判別装置を開発し、中部山岳域における冬季の降雨発生の気象学的メカニズムと積雪構造への影響を明らかにした。降雨の長期発現傾向は 10 年規模スケールの低気圧活動に依存し、単調な増減傾向は見られない。雨雪変化は低気圧通過時の南北に走る大地形に沿った暖域と寒気団の交換過程に依存する。積雪の堆積期における降雨発現は積雪内に氷板を形成し、融雪時期まで記録される。一方で、全層ザラメ化した融雪機の降雨は積雪水量の急増と排水に寄与する。全層濡れザラメへの移行は春一番を伴う温暖な低気圧の発生に依存する。2014 年 2 月に発生した大雪は、2014 年 2 月の大雪は、本来、降雨となるべき降水が降雪でもたらされ、引き続く降雨も排水されず山岳域で記録的な積雪水量の増加を導いた。

研究成果の概要 (英文)：Simple laser-type disdrometer was developed to discriminate rain on snow events (ROSEs), and impacts of ROSE on snow cover structure were investigated in the central Japanese Alps. Long-term tendency of ROSEs was affected by decadal scale oscillation associated with extra-tropical cyclone activities. Replacement of low-level air mass associated with a warm sector to a winter monsoon controlled a timing of precipitation phase changes. ROSE during the accumulation period formed ice layers and ROSEs during the melting period increase the WES and drain the water in the wet-granular snow cover. A timing of the structure changes of snow cover was also determined by a ROSE associated with a first spring storm. Extra ordinal heavy snow in Feb. 2014 was caused by heavy amount of precipitation that was expected to be ROSE in a usual condition.

研究分野：気象学・気候学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：冬季降水、降雨、温帯低気圧、積雪、気候変動

1. 研究開始当初の背景

日本は世界でもまれにみる低緯度多雪地帯である。全球的な温暖化傾向に伴い、国土の70%以上を占める山岳域の降積雪量がどのように変化していくかは気象・雪氷・水文・生態といった複数分野の大きな関心事である(鈴木、2013)。特に積雪上への降雨(Rain on snow, 通称 ROS) は雪崩や出水の原因となるため、欧米では実測も含めた多くの研究が成されてきた(例えば Marks et al., 2013)。これらの研究では降雨と降雪の境界となる標高を気温と湿度からどのように決定するか、境界標高が長期的にどのように変動するか、が大きな問題として提起されている。一方、日本では、冬季降水が季節風に伴う気団変質と移動性低気圧の両者で発生し、それぞれに対する地形効果が異なる。そのため、降水イベント毎、あるいは一降水イベント内でも降水形態が大きく変化し(石坂、他、2004)、一義的に標高で雨雪境界を帰着させることができない。近年の計算技術の進展に伴い、数値モデルによるダウンスケーリングにて山岳域の降積雪量に関する推定や将来予測研究が進んでいる(例えば Kuribayashi et al. 2013)。しかし、実際の降水形態に関する時空間変動を実測し、降雨をもたらした気象場とそれに伴う積雪構造への影響を同時に評価した研究は少ない。主な要因として、高標高地点での連続した降水形態変化の実測データが欠如し、ROS 発生そのものの実態が不明である事と、ROS に注目した山岳域の積雪構造の分析があまり注目されてこなかったことがあげられる。

2. 研究の目的

本研究では、中部山岳域環境変動研究に関する大学間連携事業(<http://jalps.suiri.tsukuba.ac.jp/>)を活用し

(上野、他、2013)、1) 簡易光学式雨滴計(LDG)を改良し、複数の山岳観測拠点にて冬期の降水形態変化を実測する、2) LDGで判別された冬季山岳降雨イベントがどのような気象場で発生するかをデータ解析および数値モデルにより診断する、3) 降雨発生の積雪構造への影響を断面観測と多層積雪モデルにより明らかにする、ことを目的とした。特に、降雨発生と積雪構造の関係に関する観測は、冬型天気界の近傍(須田、上野、2014)で、長期観測の実績がある筑波大学・菅平高原実験センターで実施した。

3. 研究の方法

菅平実験センターにて蓄積された過去の冬期降雨データから、長期の ROS 発現傾向を分析した。近年の特異的な ROS イベント 12 事例に関して領域気候モデルを適用して大気循環場の診断を行った。同時に、複数台のレーザー式簡易雨滴計(LDG)およびデータ解析ソフトの開発を行った。DLGを用いた雨雪判別の同時観測を平成23・24年度冬季に4か所で実施した。同時に菅平実験センターにおいて多頻度の積雪断面観測を実施し、ROSが及ぼす積雪構造変化を明らかにした。

4. 研究成果

平成23年度冬期の観測を通じて Nanko et al. (2004)が開発したレーザー式簡易雨滴計(Laser Raindrop-sizing Gauge, 以後 LDG)を改良し、新たに3cmのレーザー幅で稼働するデータ回収ソフトおよび雨雪判別アルゴリズムを構築する事により、1分単位での連続雨雪判別が可能となった。平成24年度には同測器を中部山岳域内外の異なる降雪環境が想定される4地点(長野県菅平高原、長野県志賀高原、新潟県長岡市郊外、岐阜県高山市郊外)に設置し、同時連続観測を

実施した。設置期間における LDG の稼働率は 70%で、ROS はいずれの地点でも移動性低気圧に伴い同時に発生した。暖地積雪域で降水強度が強い長岡では、センサー上の冠雪が連続観測に大きな支障となる事が明らかとなった。

菅平高原における長期気象データおよび LDG にて検知された ROS 事例から、冬季山岳降雨イベントの気象場に関する解析を行った。まず、長期気象データから ROS の長期発現傾向を調べた結果、ROS は北太平洋振動指数 (PDO) と優位な相関があり、10 年スケールの北半球における低気圧活動と密接に関係している事が明らかになった。LDG により検知された 12 事例の ROS の発現の特徴を時間スケールで調べた結果、10 事例が移動性低気圧に伴い発現し、降雨のみが発生する総観場は南岸に停滞前線を伴う広域の暖気場に覆われ、降水形態が混在する事例は雨から雪に変化する暖気と寒気の交代がみられた。これらを局地気象モデル (Weather Research and Forecasting Model, 通称 WRF) を使用した数値シミュレーション (3 段階ネスティング、6km 分解能) により再現し、菅平における LDG 観測結果と比較したところ、前者の雨のみの事例は降水形態を再現できたが、後者の混在事例では降水形態や降雪への変換時期が再現できない事例が表れた。この主要原因としては、地上気温の再現の不一致と、降水擾乱の位置のずれがあげられた。前者に関しては低気圧の移動に伴う東西風発生時に、南北に走る山脈に沿ったフェーンが気温の食い違いを生むことが明らかとなった。

菅平高原実験センターにて 2 冬季にわたり積雪の断面観測を実施し、ROS の発現が積雪構造に与える影響を把握した。両年とも最大雪深は例年並みの 1m 以下であったが、平成 24 年度の冬の方が低気圧活動は活発で、特に 3

月からの融雪が顕著で前年に比べ 3 週間早く消雪した。平成 12 月の根雪開始から 2 月下旬までの堆積期は再凍結により ROS イベントが明瞭に積雪内に凍板を形成し、これが 3 月まで記録された。一方、3 月以降の融雪期には積雪は全層濡れザラメとなり、その時の ROS は凍板を形成せず全層の密度増加と流出を促した。特に平成 24 年度の 3 月 1 日に発生した ROS は全国的な春一番をもたらし、数日前からの暖気移流に伴う雪温度の昇温と表面アルベドの低下が降雨に伴う全層ザラメ化をもたらした。その後、降雪は発生せず、多頻度の暖気移流を伴う ROS の発生により融雪率を加速した。

山崎 (1988) の構築した一次元多層積雪モデルを使って、菅平における積雪構造の再現を試みた。降水量データの過小評価を修正することにより、積雪深の季節内変化を再現できた。2013 年 3 月上旬の ROS イベントが、積雪全層の濡れ具合や密度を一変する大きなきっかけとなったことが確認された。一方で、ROS に伴う氷層やコシモザラメ雪の発達に関しては再現が不十分となり、液体水の流下に関するモデルの改良が望まれた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 上野健一、磯野純平、今泉文寿、井波明宏、金井隆治、鈴木啓助、小林元、玉川一郎、斉藤琢、近藤裕昭、2013：大学間連携事業を通じた中部山岳域の気象データアーカイブ、地学雑誌、122、638-650。査読有。
<http://dx.doi.org/10.5026/jgeography>

. 122. 638.

- ② 上野健一、2012：志賀高原における光学式簡易雨滴計を用いた雨雪判別の試み。志賀自然教育研究施設研究業績，49，14-15。査読なし。
- ③ 佐藤香枝、上野健一、南光一樹、清水悟、2012：長野県菅平高原における冬季降雨の発生傾向、水文水資源学会誌、25，271-289。査読有。
<http://dx.doi.org/10.3178/jjshwr.25.271>.

[学会発表] (計 4 件)

- ① Ueno K, K. Nanko, and K. Sato, 2013: Winter rain on snow in Japanese Alps. Davos atmosphere and cryosphere assembly DACA-13. Abstract, July 8-12, Davos, Swiss.
- ② 上野健一、清水悟、佐藤香枝、南光一樹、2012：山岳域における冬季降雨の発生傾向、日本気象学会、筑波、5月26日
- ③ 上野健一、南光一樹、佐藤香枝、清水悟、2012：山岳域における冬季降雨の発生傾向と低気圧活動、地球惑星連合、幕張、5月20日。
- ④ 上野健一、佐藤香枝、2011：中部山岳域における低気圧通過時の冬季降雨の発生、雪氷研究大会、長岡、2011年9月21日。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上野 健一 (UENO, Kenichi)
筑波大学・生命環境系・准教授
研究者番号：00260472

(2) 連携研究者

鈴木 啓助 (SUZUKI, Keisuke)

信州大学・理学部・教授

研究者番号：60145662

山崎 剛 (YAMAZAKI, Takeshi)

東北大学・理学系・准教授

研究者番号：80220317

井田 秀行 (IDA, Hideyuki)

信州大学・教育学部・准教授

研究者番号：70324217

南光 一樹 (NANKO, Kazuki)

森林総合研究所・研究員

研究者番号：40588951