

中部山岳地域における水資源としての積雪水量の変動 Recent variation of snow as a water resource in the Japanese Alps

鈴木 啓助^{1*}

SUZUKI, Keisuke^{1*}

¹ 信州大学山岳科学総合研究所

¹Institute of Mountain Science

わが国の山岳地域は冬期に大量の積雪に覆われるが、それらの積雪は極めて重要な水資源である。しかしながら、山岳地域における積雪水量の量的理解はこれまで不十分である。そこで、河川流量の測定結果から山岳地域における積雪水量の変動を検討したので報告する。

キーワード: 水資源, 積雪水量, 中部山岳地域

Keywords: water resource, water equivalent of snow, Japanese Alps

山岳域における冬季降雨の発生傾向と低気圧活動 Winter rainfall tendency in mountain areas and activity of extra-tropical cyclones

上野 健一^{1*}, 南光一樹², 佐藤香枝³, 清水悟⁴

UENO, KENICHI^{1*}, Kazuki NANKO², Kae SATO³, Satoru SHIMIZU⁴

¹ 筑波大学, ² 日本学術振興会特別研究員, ³ 明星電気, ⁴ 菅平高原実験センター

¹Univ. Tsukuba, ²JSPS PhD fellow, ³Meisei Electric Co., ⁴Sugadaira Mountain Research Center

地球温暖化に伴う降雪量変動に関心が高まっている。従来から日本海沿岸や低標高域での降雪量減少が指摘されてきたが、上野ほか(2010)は高標高域でも厳冬期に降雨を伴う低気圧が特異的な積雪深変動と積雪構造の変化をもたらす事を明らかにしている。山岳域における降雪量の増減は気温減率に対応した雨雪判別と融雪量で評価される事が多いが、高標高地点での降雨発現と低気圧活動との長期的な関係や個々の低気圧通過に伴う降水形態の変化に関し観測データに基づいて分析した研究は少ない。本研究では、長野県北東部の標高1300mに位置する筑波大学菅平高原実験センターにて、33年間蓄積された日単位の降水形態記録から冬季の降雨発生傾向を明らかにし、Nanko et al. (2006)により開発された簡易光学式雨滴計を利用した集中観測データと数値モデルを用いて、降雨が発生した12事例における降水形態の変化過程と大気場の関係を解析した。厳冬季(12-2月)における降雨日の発現率は12%で、その7割が移動性低気圧に伴ってもたらされていた。冬季(11-4月)の低気圧による降雪日数に長期増加傾向が見られた。厳冬季の降雨日数には長期増件傾向は見られなかったが、年々変動が大きく太平洋十年規模振動の指標と有意な相関があった。極端に降雨日が多い年は暖冬で冬季の積算降水量は少なく、降雨イベントが顕著に山岳積雪構造に影響を与える可能性がある。3冬季間で降雨が継続または混在した12降水事例を抽出した結果、降雨のみが発現した事例では広域の暖気場が本州上空に卓越し、低気圧経路は様々であった。一方、降雪と降雨が混在した事例は発達する南岸低気圧が寒冷前線の通過を伴い、ほとんどの事例で降水形態は雨から雪へ変化した。菅平では、降雪に移行する前に南風成分が弱化し、0℃付近の等温期間が発生した。風速の弱化は低気圧の移動に伴い風系が東西成分に変化することで、越後山脈の障壁効果が生じる事が原因である事が数値モデルにより確認された。降雨のみの事例では総観場が広域の暖気移流を支配するため数値モデルも降水形態を再現できたが、低気圧擾乱に伴う降雨から降雪への形態変化は再現が不十分であった。その要因に関して南北に走る谷間に沿った気団の交代と東西風卓越時に山脈風下で想定されるフェーン発生に伴う昇温の観点から考察した。なお、本研究内容は水文水資源学会誌へ投稿中である。

<参考文献>

上野健一, 大門亮太, 足立幸穂, 清水悟, 2010. 菅平高原で観測された低気圧活動に伴う凹型積雪深変動. 雪氷 72: 237-253.

Nanko K, Hotta N, Suzuki M, 2006. Evaluating the influence of canopy species and meteorological factors on throughfall drop size distribution. Journal of Hydrology 329: 422-431.

キーワード: 冬季降水, 雨雪判別, 温帯低気圧, 中部山岳域, 菅平高原

Keywords: winter precipitation, discrimination of rain and snow, extratropical cyclone, Japanese Alps, Sugadairakogen

花粉組成のモダンアナログ法に基づく中部山岳地域における最終氷期の気候変動の解析

Climate changes of the central Japanese Alpine area deduced from a modern analog method applied to the pollen composition

木越 智彦^{1*}, 公文 富士夫², 河合 小百合³
KIGOSHI, Tomohiko^{1*}, KUMON, Fujio², KAWAI, Sayuri³

¹ 信州大学理工学系研究科, ² 信州大学物質循環学科, ³ 信州大学山岳科学総合研究所

¹Graduate School of Science and Engineering, Shinshu University, ²Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University, ³Institute of Mountain Science, Shinshu University

過去の気候のプロキシ（代理指標）はいろいろとあるが、気候を定量的に復元したり、変動の要因を気候学的に解明したりするのが困難だった。本研究では野尻湖堆積物の花粉組成資料を中心に、中部地方の各地の花粉組成資料を利用して、モダンアナログ法（Polygon1.5: Nakagawa et al., 2002）を用いて気候の定量的復元を行った。モダンアナログ法とは日本列島表層花粉データセットをモダンアナログとして用い、気象観測データと統計的に照合することによって、化石花粉組成データ（%）を気温（ $^{\circ}\text{C}$ ）および降水量（mm/y など）といった物理量に変換する方法である。

解析の中心においた野尻湖は長野県の最北部、新潟県との県境に近い位置にある面積 4.6km² の貧栄養湖で、そこで掘削された学術ボーリングコア NJ88 の花粉データを用いた。指標テフラと放射性炭素同位体年代を用いて作成した年代モデルから約 7.2 万年間の変動が確認でき、時間分解能は約 80 年となる。

野尻湖で復元した気温変動は 7.2~6 万年前の寒冷な時期（平均気温 2.2~5.0 $^{\circ}\text{C}$ ）、6~3 万年前の全体としては冷涼で、スパイク状の短い温暖期を頻繁に挟む時期（2.7~12 $^{\circ}\text{C}$ ）、3~1.5 万年前のごく寒冷な時期（2.7~7.0 $^{\circ}\text{C}$ ）、1.5 万年~1.1 万年前の急激な温暖化期（3.0~13 $^{\circ}\text{C}$ ）、1.1 万年前~現在の温暖な時期（9~14 $^{\circ}\text{C}$ ）で特徴づけられる。降水量変動は気温変動と同調し、1150~1900mm/年で変動した。表層部分（0.3 万年前）の復元データは年平均気温 9.2 $^{\circ}\text{C}$ 、年降水量 1650mm/年であり、現在の気象観測データ（信濃町アメダス：AD1981-2010 年 標高 685 m）は年平均気温 9.1 $^{\circ}\text{C}$ 、降水量 1262mm/年であり、平均気温はほぼ一致している。野尻湖堆積物に対しては TOC・TN 含有量の分析も行われている（公文ほか、2009）。冬の気温を反映するとされる TOC 変動と今回の気温データを比較したところ、ミランコビッチサイクルの温暖/寒冷な時期に対応する関係だけでなく、千年スケールの変動にも一致が見られた。モダンアナログ法は数量的な復元が可能であるため、各気候指標との関係を考察することもできる。冬の降水量と年較差（最暖月と最寒月の差）の間には弱い負の相関（ $R^2 = 0.3982$ ）がある一方で、夏の降水量と年較差は強い負の相関（ $R^2 = 0.9139$ ）を示すことが分かった。

青木湖や木崎湖、大阿原湿原などの花粉組成資料の解析結果も報告する予定である。

キーワード: ポリゴン, 野尻湖, モダンアナログ法, 古気候

Keywords: Polygon, Lake Nojiri, modern analog, paleoclimate

中部山岳地域における融雪流出時期の経年変動 Inter-annual variation of the timing of snowmelt runoff in the Japanese Alps region

山中 勤^{1*}, 脇山 義史¹, 鈴木 啓助²

YAMANAKA, Tsutomu^{1*}, WAKIYAMA, Yoshifumi¹, SUZUKI, Keisuke²

¹ 筑波大学陸域環境研究センター, ² 信州大学山岳科学総合研究所

¹ Terrestrial Environment Research Center, University of Tsukuba, ² Institute of Mountain Science, Shinshu University

地球温暖化に伴う融雪流出の早期化が北米西部などで観測されている。中部山岳地域においても同様の現象が進行しているか否かを確認するため、冬季から春季にかけての河川流量の経年変動を解析した。国土交通省水文水質データベースの中から、日本アルプスおよびその周辺山地に源流をもつ10河川13地点の河川流量データを抽出して解析に用いた。流量データが利用可能な期間は観測地点によって異なり、最長で37年、最短で6年である。水年初日からの通算日数(DOY)を流量で重み付け平均することで求められる“center time”(CT)を融雪流出時期の指標とした。本研究では、1月1日を水年初日とし、梅雨や台風による流量増加の影響を避けるため5月31日までの流量データを用いてCTを求めた。算出されたCTの最小値・最大値はそれぞれDOY68(3月9日)とDOY128(5月8日)であった。神通川・姫川・奈良井川・天竜川の4河川においては、CTの経年的な減少トレンド、すなわち融雪流出の早期化が見出された。しかしながら、線形回帰分析およびMann-Kendall rank statisticのどちらを用いても5%の危険率でその有意性は認められなかった。これは、データ数が十分でないことに加えて、長期トレンド以外の年々変動成分が卓越していたことによるものと考えられる。そこで、CTの経年変動と各月の気温・降水量の経年変動との相関を調べたところ、河川ごとに異なる関係性が見出された。北アルプス北部・両白山地に水源をもつ神通川・姫川では、1月の気温が高いほど融雪流出が早期化する傾向が強い。北アルプス南部・中央アルプス北部に源を發する犀川・奈良井川では、4月・5月の気温が高く降水量が多いほど晩春の融雪流出が増大する。中央アルプス東部および南アルプス西部に流域が広がる天竜川では、冬季・春季双方の気温と春季降水量によって融雪流出時期が左右される。南アルプス東部および関東山地から流れ出る千曲川上流および富士川水系(釜無川・笛吹川を含む)では、気温の影響が小さく、河川流量は降水量に強く依存する(すなわち、融雪水の寄与は小さい)。全体的な傾向として、1月の気温は融雪流出のタイミングを変えるだけでなく春季流量の増減にも影響しており、多くの河川において1月の気温と4月の流量は有意な逆相関を示した。したがって、地球温暖化による冬季の気温上昇は中部山岳地域の春季河川流量を減少させる可能性が高い。また、気温の変化に対して敏感でない河川(千曲川上流や富士川)では、温暖化に伴って降水パターンの変化が生じた場合、その影響が流量の変化として反映されやすいと言える。

キーワード: 融雪流出, 経年変化, 中部山岳地域, 地球温暖化, 水文応答

Keywords: snowmelt runoff, inter-annual variation, Japanese Alps region, global warming, hydrological response

中部山岳地域における降水安定同位体組成の時空間変動特性 Spatial-temporal variations in isotopic composition of precipitation over the Japan Alps area

脇山 義史^{1*}, 牧野 裕紀², 山中 勤¹, 鈴木 啓助³

WAKIYAMA, Yoshifumi^{1*}, MAKINO, Yuki², YAMANAKA, Tsutomu¹, SUZUKI, Keisuke³

¹ 筑波大学陸域環境研究センター, ² 筑波大学生命環境科学研究科, ³ 信州大学山岳総合科学研究所

¹ Terrestrial Environment Research Center, University of Tsukuba, ² Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ³ Institute Mountain Science, Shinshu University

中部山岳地域内の14地点において2010年7月から2011年6月までの1年間、降水のサンプリングおよび同位体分析を行った。各地点の年間の積算雨量による加重平均値は¹⁸Oで-10.89~-14.10‰, Dで-77.25~-93.2‰, d-excessで8.88~11.60‰の範囲にあった。¹⁸O, Dの加重平均値は標高との間に有意な負の相関が認められ、その傾度はそれぞれ-0.12‰/100m ($n=13, r^2=0.64$), -0.90‰/100m ($n=13, r^2=0.71$)であった。各地点における変動を見ると、d-excessでは、夏季に低く、冬季に高くなる傾向が全地点で共通して見られたのに対して、¹⁸Oでは変動に地域間差が見られた。クラスター分析の結果、1000m以下の盆地域内の地点と1000m以上の山岳域上の地点に大別された。1000m以下の地点では冬季にかけて漸減する傾向が見られたのに対し、1000m以上の地点では12月、1月に高い¹⁸Oが共通して見られた。¹⁸Oとの標高との間では6月を除いた暖候期には有意な負の相関が認められた一方、11月、12月、1月には無相関であり、とくに1月には相関の正負が逆転していた。1月における標高と¹⁸Oとの正の相関関係の要因を探るため、降水と気圧配置との関係を調べたところ、1月には降水の大部分が冬型の気圧配置時にもたらされていることがわかった。このことから1月の高い¹⁸Oは日本海起源の水蒸気に由来していると考えられた。以上のことから、中部山岳地域の降水同位体組成は、暖候期には高度効果が卓越し、標高に規定されること、冬季には気圧配置の影響を受けることがわかった。

キーワード: 水安定同位体, 降水, 中部山岳地域

Keywords: water stable isotopes, precipitation, Japan Alps area

白馬岳高山帯の山火事跡地における地表環境のモニタリング Geo-environmental Monitoring on Post-fire alpine slopes of Mount Shirouma-dake, northern Japanese Alps

佐々木 明彦^{1*}, 苅谷 愛彦², 池田 敦³, 鈴木 啓助¹

SASAKI, Akihiko^{1*}, KARIYA, Yoshihiko², IKEDA, Atsushi³, SUZUKI, Keisuke¹

¹ 信州大学山岳科学総合研究所, ² 専修大学, ³ 筑波大学

¹IMS, Shinshu University, ²Senshu University, ³Tsukuba University

This is the continuous study to clarify the geo-environmental changes on the post-fire alpine slopes of Mount Shirouma-dake in the Northern Japanese Alps. The fire occurred at May 9, 2009 on the alpine slopes of Mount Shirouma-dake, and the fire spread to the *Pinus pumila* communities and grasslands. Although the grass had a little damage by the fire, the *Pinus pumila* received nearly impact of the fire. In the *Pinus pumila* communities where the leaf burnt, forest floor is exposed and become easy to be affected by atmospheric condition such as rain, wind, snow, and etc.

First, we illustrated a map of micro-landforms, based on geomorphological fieldworks. We observed these micro-landforms repeatedly for two years after the fire. As the results of the observation, it is clear that remarkable changes of these micro-landforms have not occurred but some litter on the ground surface under the *Pinus pumila* communities are flushed out to surroundings. The *Pinus pumila* communities established on the slopes consists of angular and sub-angular gravel with openwork texture, which are covered by thin soil layer. Therefore, it is necessary to pay attention to soil erosion following the outflow of the litter.

In addition, we started the observations the ground temperature and soil moisture, under the fired *Pinus pumila* communities and the no fired *Pinus pumila* communities, to find influence of the fire. The ground temperature sensors were installed into at 1, 10, and 40 cm depth. The soil moisture sensors were installed into at 1 and 10 cm depth. On the post-fire slopes, the number of times of diurnal freeze-thaw cycles do not increase, but the period of seasonal frost is extended for one month.

キーワード: 山火事, 高山帯, ハイマツ, 斜面侵食, 地温変化, 白馬岳

Keywords: Fire, Alpine zone, *Pinus pumila*, Slope erosion, Ground temperature variation, Shirouma-dake

富士山における永久凍土の直接観測開始 Direct observation of permafrost on Mt. Fuji

池田 敦^{1*}, 岩花 剛², 末吉 哲雄³, 福井 幸太郎⁴, 斉藤 和之³, 原田 鉦一郎⁵, 澤田 結基⁶

IKEDA, Atsushi^{1*}, IWAHANA, Go², SUEYOSHI, Tetsuo³, FUKUI, Kotaro⁴, SAITO, Kazuyuki³, Koichiro HARADA⁵, SAWADA, Yuki⁶

¹ 筑波大学生命環境系, ² アラスカ大学フェアバンクス校, ³ 海洋研究開発機構, ⁴ 立山カルデラ砂防博物館, ⁵ 宮城大学, ⁶ 福山市立大学

¹Life and Environmental Sci., Univ. Tsukuba, ²Univ. Alaska-Fairbanks, ³JAMSTEC, ⁴Tateyama Caldera Sabo Museum, ⁵Miyagi Univ., ⁶Fukuyama City Univ.

This research is a part of our interdisciplinary research project to understand permafrost on Mt. Fuji (3776 m asl.), to monitor its change and to evaluate the impact from changes of climate and volcanic activity on surrounding environments. In the summer of 2008, two boreholes about 3 m deep were dug on the summit area, and ground temperatures and meteorological parameters, such as air temperature and precipitation, were started to monitor automatically. One borehole (K site) is located on a small ridge in the flat area between the summit crater and outer ridge, where snow is mostly blown off by strong wind in winter. The other borehole (T site) is located at a bottom of small depression, where snow is preferentially accumulated.

Contrary to the assumption of the previous studies, permafrost absence was confirmed in both boreholes. Although frost penetration in winter reached deeper than 3 m at K site, rapid increase in ground temperature followed heavy rainfall events until early October. The highly permeable debris allows heat advection by infiltrating rain-water, which prevents the ground from being frozen throughout a year. The mean annual ground temperatures of T site were higher than those of K site, because snow cover in winter prevented the ground from cooling.

Then, we planned to dig a deeper borehole for permafrost monitoring at a most windy and less water-permeable site, and succeeded to make a 9.7 m deep borehole on the ridge near the Hakusan peak in late August 2010. Fifteen temperature sensors were installed in the borehole and recording of the data was started. Unfortunately, the data logger for the borehole was damaged by the lightning in November 1, 2010, and replaced with new logger in early July 2011. The maximum thaw depth was about 2 m in 2011, and the temperature at the depth of 9.7 m was about -3 deg C through the summer. Thus, it is almost certain that the permafrost is present at the site. We hope that the temperature data throughout a winter will be successfully obtained during the next visit in May 2012.

キーワード: 永久凍土, 富士山, 地温, 温暖化

Keywords: permafrost, Mt. Fuji, ground temperature, climate warming

山岳域における樹木根系の斜面安定効果 Effectes of roots on slope stability in mountain area

今泉 文寿^{1*}, 諏訪大²

IMAIZUMI, Fumitoshi^{1*}, SUWA Yutaka²

¹ 筑波大学生命環境系, ² 神奈川県県土整備課

¹Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²Prefectural Land Development Bureau, Kanagawa Prefecture

In mountain area, many landslides occur because of the steep terrain. Although there are many studies on effects of roots on slope stability, only few studies have been conducted in steep mountain area. Effects of roots on the slope stability needs to be understood to preserve stream ecosystems as well as to develop better mitigation measures for preventing disasters. In this study, we analyzed simple physically based model to clarify effects of roots on the slope stability. We also conducted aerial photograph and field investigations at Ikawa University Forest in steep Akaishi Mountains, central Japan. Physical analysis revealed that root strength at the soil layer boundaries is an important factor to evaluate effect of roots on the slope stability. Frequency of shallow landslides examined by aerial photograph investigations was highest in the forests 0-20 yr after clearcutting. Decay of root strength by cutting may have induced occurrence of these shallow landslides. Cone penetration tests revealed that slide surface of many of these landslides locates at the boundary between regolith and bedrock. These investigation results correspond to our physical analysis.

キーワード: 樹木根系, 崩壊, 山岳域, 人工林

Keywords: roots, landslide, mountain area, artificial forest

^{10}Be 地表面露出年代から推定された中央アルプス北部における新ドリラス期以降の氷河消長

Fluctuations of the glacier after the Younger Dryas period in the Japanese Central Alps estimated from TCN dating

江連 靖英^{1*}, 松四 雄騎², 松崎 浩之³, 須貝 俊彦¹

EZURE, Yasuhide^{1*}, MATSUSHI, Yuki², Hiroyuki Matsuzaki³, SUGAI, Toshihiko¹

¹ 東京大学新領域創成科学研究科, ² 京都大学防災研究所, ³ 東京大学工学系研究科

¹Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University,

³School of Engineering, The University of Tokyo

地表面付近の岩石中には、宇宙線の作用により生成される核種（宇宙線生成核種：TCN）が蓄積されている。岩石中のTCN濃度を測定することで、その岩石の宇宙線への被曝期間（すなわち地表面露出年代）を求めることが可能である。圏谷の底面のように、かつて氷河に覆われ削刻を受けたのち、氷河の後退により宇宙線に暴露された場所においては、地表面露出年代が氷河から解放されてからの時間に等しいと考えることができる。青木（2000）やAoki（2003）は日本の中部山岳地域の圏谷においてモレーンの構成礫を対象として、宇宙線生成核種 ^{10}Be から地表面露出年代を求め、圏谷を形成した氷河の拡大期を推定した。しかし、圏谷を形成した氷河が後退・消失した年代についてはよくわかっていない。氷河が後退・消失した年代は気候の温暖化に対応していると考えられるため、その年代を明らかにすることは、古気候の変動を復元する上でも非常に重要である。そこで本研究では、中央アルプス北部に位置する駒飼ノ池カールの底面を構成する基盤岩とモレーンを対象として、岩石中の ^{10}Be から地表面露出年代を求め、氷河の後退・消失年代を推定した。 ^{10}Be の測定および試料の前処理には、東京大学タンデム加速器研究施設（MALT）を利用した。その結果、氷河拡大期が新ドリラス期に相当すること、その後数千年かけて後退・消失していったことが示唆された。

キーワード: 圏谷, 氷河, 新ドリラス期, 宇宙線生成核種, 地表面露出年代, 加速器質量分析

Keywords: cirque, glacier, the Younger Dryas period, Terrestrial Cosmogenic Nuclides (TCN), exposure age, Accelerator Mass Spectrometry (AMS)

北アルプスの山岳景観と地すべり

Physiographic effects of landslides on landscape evolution in Northern Japanese Alps

苅谷 愛彦^{1*}, 高岡貞夫¹, 佐藤 剛², 清水勇介³

KARIYA, Yoshihiko^{1*}, Sadao Takaoka¹, SATO, Go², Yusuke Shimizu³

¹ 専修大学, ² 帝京平成大学, ³ 専修大学 大学院

¹Senshu University, ²Teikyo Heisei University, ³Graduate School, Senshu University

低山や丘陵の地すべり地では、地形・表層地質、土壌、微気候、水文条件、植生等の自然環境が周囲の非地すべり地と比べて多様かつ複雑であることが知られている。その結果、地すべり地には保全・保護の対象となるような独特なモザイク的景観（多様な生態系）が形成される。一方、北アルプスの高山帯・亜高山帯に大小様々な規模の地すべり地（岩盤クリープなどの重力変形域を含む）が分布することが最近明らかになってきたが、低標高域と同様に地すべりによる斜面変動が高山帯・亜高山帯に特徴的な自然環境や景観を形成する要因となっているのかどうか、短期で急激（かつ/または長期で緩慢）に進行する斜面変動が景観発達にどのような影響を及ぼしてきたのかは、ほとんど議論されてこなかった。本発表では北アルプスの高山帯・亜高山帯で生じた地すべり地において、演者らが主に地形学・地生態学視点で進めている研究例を報告し、知見を整理する。そして、地すべりと山岳景観の成立との関係解明に関する研究の方向性を探る。

<例1> 梅池自然園（小谷村）：小谷村南西部に位置する同地帯は、小蓮華山南面を発生源とする巨大地すべり地の可能性が高く、斜面変動域は白馬村猿倉から小谷村梅池に及ぶとみられる。地すべりの開始はかなり古い（10万年以上前？）と考えられるが、現在を含め約32500年前以降にも二次地すべりが生じている。同地には高層湿原と亜高山帯針葉樹林・広葉樹林のモザイクがみられる。モザイクは主に二次地すべりで形成された低崖や線状凹地、逆傾斜山向き斜面、流路の争奪跡等に一致することが多い。<例2> 長池平（朝日町）：白馬岳北面、黒部川支流柳又谷源頭の大規模地すべり地である。地すべりの開始期は未詳であるが、完新世中期の約7500年前頃に二次地すべりが生じた痕跡がある。現成の風衝性・残雪性砂礫斜面やそれらが植被された化石斜面、池沼を伴う湿地、ハイマツ林、亜高山帯針葉樹林の複雑な配列がみられる。この配列は地すべり性小凹凸地のパターンに一致する。同地ではグローバル気候変動により完新世温暖期（6000 - 7000年前）に消雪が早まり、雪田内でも腐植土層が生成したと考えられてきたが、それは気候変動よりも地すべり変動にリンクしていた可能性がある。<例3> 烏帽子岳（大町市）：高瀬湖左岸の同山東面には大規模な地すべり地が発達する。地すべりの開始は不明であるが、約1370年前だった可能性がある。地すべり地には閉塞凹地や線状凹地、側方崖等の微地形とそれらが湛水した多数の池沼がみられる。池沼を中心に泥炭地や草原、低木林、ハイマツ林等が複雑に配列する。池沼は通年湛水しているわけではなく、水位の季節変動も著しい。<例4> 高天原（立山町）：同地は水晶岳西面の黒部川支流岩苔小谷にあり、池沼や高層湿原、ササ原、針葉樹林の不規則な分布がみられる。同地帯が地すべり起源である可能性は以前から指摘されていた。同地周辺では池沼や高層湿原は地すべり性の閉塞地や逆傾斜緩斜面に、ササ原や針葉樹林の一部は湿原から突出した流れ山起源の高燥な低丘上に生じている。予備調査によれば、初期の大規模地すべりは約9700年前に生じたと推定される。

地すべり地内外にみられる植生のパターンは、地すべり性の小地形・微地形の配置とよく一致する。地すべりによって地形や表層地質、土壌、微気候、水文条件、植生等を含む自然環境が複雑化し、モザイク的景観が形成されているのは確かであろう。しかし、地すべり地において、どのような環境要因が、どのような影響を互いに及ぼしているのかや、影響の持続期間がどの程度だったかといった議論は今後の課題である。高山帯・亜高山帯の地すべり地に関する地形・地質学的データはもとより、生態学や水文学、微気候学等の視点にたったデータの蓄積や解析が必要と考えられる（本研究には日本学術振興会科学研究費210000および平成21・23年度専修大学助成を用いた）

キーワード: 地すべり, 景観発達, 第四紀の地質・地形

Keywords: landslide, landscape evolution, Quaternary geology and geomorphology

梓川上流，上高地徳沢 - 明神間の河道における年々の流路変動と環境多様性 Annual channel migration and environmental diversity in the upper reaches of the River Azusa, Central Japan

島津 弘^{1*}

SHIMAZU, Hiroshi^{1*}

¹ 立正大学

¹Rissho University

上高地自然史研究会は1994年以来上高地の徳沢 - 明神間の梓川河道において、ほぼ毎年7月下旬から10月までの間に地形学図を作成してきた。これらの地図の比較から、上高地における梓川河道の地形は数年に一度変化することがわかっている。上高地の梓川河道にはケショウヤナギをはじめとするヤナギ科の植物が単木あるいはパッチ状群落として生育している。この特徴ある植生の成立過程を明らかにするために、流路変動の様子を分析した。その結果、次のことが明らかになった。流路変動は流路が側方侵食を行いながら徐々に移動するのではなく、流路の埋積と新たな流路の掘削により流路の位置が移動し、河道内における流路パターンの変更が生じる。河道の中で流路パターンの変化があっても、5年程度以上にわたってほとんど地形の変化が生じない場所が存在する。このような場所では、ケショウヤナギの実生が幼樹へと生長し、パッチ状群落が形成される。大きな河道パターンの変更は前述の若いパッチ状群落を破壊する。しかし、すべてが破壊されることは希で、群落の一部は残存する。一方、部分的ではあるが側刻が生じる場合もある。このようなところではすでに生長した群落の大きさが縮小したり、独立樹が倒れる場合もある。群落内に砂礫が流れ込むこともあるが、すでにある程度生長した木本にはほとんど影響を与えず、草本のみが埋没し新たな林床植生が形成される。以上のように年々の流路変動という地形プロセスが河道内に存在する動的な環境の多様性をつくり出し、その結果、さまざまな樹齢のパッチ状群落と独立樹が河道内に点在する景観が形成される。

キーワード: 流路変動, 網状流路, 礫床河川, 環境多様性, 梓川, 上高地

Keywords: channel migration, braided channel, gravel bed river, environmental diversity, River Azusa, Kamikochi

Terra/MODIS データを利用した日本列島の LAI 分布図の作成 Mapping of Leaf Area Index over Japan using Terra/MODIS data

粟屋 善雄^{1*}, 家原敏郎², 細田和男²

AWAYA, Yoshio^{1*}, Toshiro Iehara², Kazuo Hosoda²

¹ 岐阜大学流域圏科学研究センター, ² 森林総合研究所

¹River Basin Research Center, Gifu University, ²Forestry and Forest Products Research Institute

今日、大気中の二酸化炭素 (CO₂) 濃度の急激な上昇が地球温暖化を引き起こすとされ、炭素収支を正確に推定することが求められている。陸域植生は光合成によって大気 CO₂ から炭素を固定しているが、生理生態学的モデルでは同化器官である葉の量を主要なパラメータと位置づけている。このため、生態系レベルの炭素収支を推定するには、広域で葉量を精度良くマッピングすることが必要である。本研究では Beer-Lambert 則に基づいて作成した葉面積指数 (LAI) の推定モデルを、2002 年に観測された日本列島の MODIS データ 32 日間モザイクに適用して、LAI 分布図を作成した。

NASA が公開している MODIS の反射係数の 2002 年の 8 日間モザイクデータを解析に使用した。チャンネル 4 (緑) の最小値に基づいて雲などのノイズを除去して、8 日間データを 32 日間データの月単位に編集しなおした。ただし、8 月のモザイクは 24 日間データとした。このデータを利用して月単位で正規化植生指数 (NDVI) を算出し、主成分分析とその逆変換を利用してノイズを軽減した。

Beer-Lambert 則に基づいた Monsi と Saeki の式を変形すると、LAI は以下のように表せる。

$$LAI = -\ln(1 - PAR_r / PAR_0 - (a + b \times NDVI)) / k \quad (1)$$

ここで PAR : 光合成有効放射、PAR_r / PAR₀ : 可視域の波長における樹冠の反射率、である。定数 a と b は地上計測などに基づいて定めることができる。k は消散係数である。正確に k を決定することは難しいが、ここでは文献に基づいて以下のように定めた。針葉樹林 0.4、針葉 - 広葉樹林 0.48、広葉 - 針葉樹林 0.56、広葉樹林 0.64、ササ 0.45 である。別途作成した森林分類図で各森林タイプの分布域を定めて、MODIS の可視チャンネルの反射係数と NDVI を利用し、(1) 式によって LAI の分布とその季節変化をマッピングした。

日本列島の LAI の平均値は 6.7 とかなり大きな値になった。LAI のレンジはかなり狭かったが、解析結果には LAI の季節変化が地域ごとに異なる様子が現れた。

キーワード: 葉面積指数, Beer-Lambert 則, MODIS, 日本列島, 季節変化

Keywords: LAI, Beer-Lambert's law, MODIS, Japanese archipelago, seasonal change

地場産材を使用した住宅における木材のライフサイクルアセスメントに関する基礎調査

Basic study on the Life Cycle Assessment of the local wood used in the construction of houses

浅野 良晴^{1*}, 高村 秀紀¹

ASANO, Yoshiharu^{1*}, TAKAMURA, Hideki¹

¹ 信州大学工学部建築学科

¹ Department of Architecture, Faculty of Engineering, Shinshu University

近年住み心地の良さや健康維持などの面から、自然の素材である木材の良さが見直されている。長野県内の森林資源は成熟が進み、その有効な利活用が待たれているのが現状である。長野県は県土の約8割を森林が占め、森林面積で見ると北海道(約55,380km²)、岩手県(約11,740km²)に続く日本第3位(約10,600km²)に位置しており、森林資源豊富な環境に恵まれている。地場産の木材を使用することはその地域の森林を健全な姿で次世代に引き継いでいくために必要不可欠であり、我々の安全・安心な暮らしのためにも木材の地産地消を推進していく必要がある。

予備調査の結果、長野県内における建築用木材の製造過程は、林地で伐採した丸太を市場へ集積し、それを各製材工場が買い付け、工場で製材・乾燥を行い、建築現場へ搬入するという形が最も一般的であった。このように木材は多段階的な工程を経て現場に至る。木材の流通は各工程で分断されており、流通量の見通しの悪さが木材振興の十分に進まないひとつの原因といえる。

今回用いるライフサイクルアセスメント(LCA)は主に、製品のライフサイクルにおける環境負荷を評価する手法であり、同時に製品化の工程ならびに現場搬入までの製造過程の見える化を促進するために重要な手法である。

本論文を含む一連の研究における中長期的な目標の一つは住宅建設時に建設事業者やエンドユーザーがより環境負荷の少ない製品への切り替えを行うための意思決定ツールを作成し提示することである。木材は材料自体が大気中の炭素を吸収し固定するが、その製造過程において放出した炭素を差し引かなければ正味の固定量は明確にならない。本研究ではその炭素の収支をカーボンバランスとして算出した。二番目の目標は各工程における木材の流通量の実績値を明らかにし、木材振興のボトルネックとなっている部分を明確にすることである。著者らは長野県における山元の木材賦存量及び理想とする伐採量の試算を行っている。本論文ではそれに対して実量を明らかにすることとし、従来まで実績値として不十分である原木市場での取り扱い材積量、また製材工場での出荷材積量の聞き取り調査を実施した。以上の中長期的な目標のもと本論文では建築用木材のカーボンバランス算出の一般化に向けその手法を明らかにした。

キーワード: カーボンバランス, 地場産材, ライフサイクルアセスメント, CO₂ 排出量, 木造住宅

Keywords: Carbon Balance, Local wood, Life cycle Assessment, CO₂ emission, Wooden houses

寒冷地菅平高原での温暖化実験：積雪深、バイオマス、種数の変化

A field warming experiment with OTC in a cold region, Sugadaira: changes in biomass, species richness, and snow depth

鈴木 亮^{1*}

SUZUKI, Ryo^{1*}

¹ 筑波大学菅平高原実験センター

¹Sugadaira Res. Cent., University of Tsukuba

目的： 地球温暖化に伴う雪解けの早期化は、植物の生育期間の変化を招き、降雪地帯の植生に重大な影響を与える可能性がある。そこで本研究は、寒冷地の菅平高原に成立するススキ草原を対象に、温暖化に伴う雪解けの早期化が植生の発達と種多様性に与える影響を、野外温暖化実験によって調べた。

方法： 調査対象とする草原は、筑波大学菅平高原実験センターの敷地内にあり、広さは約6ha、75年以上毎年秋の草刈によって草原として維持してきた。菅平高原の気候は、年平均気温6.5℃、8月の平均気温19.4℃、2月の平均気温-5.6℃、平均年降水量1226mmである。菅平高原の初雪は11月初旬、12月下旬には昼夜を通して積雪している。雪解け時期は4月中旬ごろである。

調査は、草原内で1m x 1mの温暖化実験区と対照区を各5か所ずつ設置した。温暖化実験区には、高さ約2mの透明パネルで四方を覆い上部は空いた状態にしたOpen top chamber(OTC)を設置した。各実験区内の積雪深、地上1mの気温を記録した。また、雪解け直後から出現植物種相、植被度を1週間から1カ月間隔で記録した。さらに、地上部植物バイオマスが最大となる9月に、各実験区内の植物地上部をすべて刈り取りし、種ごとに重量を測定した。

結果： 対照区と比べて温暖化区では、調査期間を通して平均1.4℃気温が高かった。また、積雪深は33cm低く、実験区内の全ての雪が解けた雪解け日は、22日早かった。このような気温と雪解けの変化は、その後の植物の成長にも影響を及ぼした。対照区、温暖化区共に雪解けと同時に植物の成長が開始されたため、必然的に温暖化区の方が植物の生育期間が延びた。一方で、対照区の方が短期間に被度が増加した。その結果、雪解け後2カ月以上たった時期には(温暖化区では雪解け後74日後、対照区では52日後)、植被度や種数に有意な差は見られなくなった。しかしながら、最終的なバイオマスは温暖化区が高く、種数も多かった。

考察： 温暖化実験区では、気温が高まり雪解け日が早まった。そのため植物の成長も早期化し、最終的な面積当たりのバイオマスや種数が温暖化区で高い傾向が見いだされた。しかし、対照区では雪解け後短期間に急速に植物が成長した傾向があった。これらの結果は、温暖化によって雪解けが早期化すると、単に植物の成長も早期化するだけでなく、植物の成長は遅れを伴った反応を示すことが分かった。

キーワード: 温暖化実験, 生物多様性, バイオマス, 草原, 積雪

Keywords: Field warming experiment, Biodiversity, Biomass, Grassland, Snow depth

標高万能植物ミヤマハタザオの適応機構：生態・生理・遺伝子

The adaptation mechanisms by the altitude-versatile plant, *Arabidopsis kamchatica*: ecology, physiology and genes

田中 健太^{1*}, 恩田義彦¹, 平尾 章¹, 山田 歩², 永野 惇³, 山口正樹³, 工藤 洋³, 小林 元⁴

KENTA, Tanaka^{1*}, Yoshihiko Onda¹, Akira Hirao¹, Ayumu Yamada², Atsuchi J. Nagano³, Masaki Yamaguchi³, Hiroshi Kudoh³, Hajime Kobayashi⁴

¹筑波大・菅平センター, ²東邦大学, ³京大・生態研センター, ⁴信大・AFC

¹Sugadaira Montane Research Center, Univ Tsukuba, ²Toho Univ, ³Center for Ecological Research, Kyoto Univ, ⁴AFC, Shinshu Univ

ミヤマハタザオ (*Arabidopsis kamchatica* ssp. *kamchatica*, アブラナ科) は中部山岳地域の標高 30 ~ 3000m に分布する「標高万能」な多年草である。しかし、その亜種であるタチスズシロソウ (ssp. *kawasakiana*) は標高 100m 以下だけに分布する一年草である。ミヤマハタザオがどのように広い標高に適応しているのか、亜種間の標高・生活史がなぜこれほど違うのかを調べることで、植物の標高に対する適応機構と、地球温暖化が植物に与える影響に対する理解が進むだろう。また、両亜種はモデル植物シロイヌナズナと同属であり、遺伝学的研究が行いやすい。この利点を活かして、(1) 野外集団における生活史と自然淘汰、(2) 栽培実験による、生活史・防衛・ストレス耐性形質の遺伝的分化、(3) 移植実験による局所適応の検証、(4) 適応遺伝子の探索、を行っている。

(1) 中部山岳地域の 5 つの山塊で 28 のミヤマハタザオ集団にコドラートを設置し、全個体を個体識別して三年間追跡調査した。生存・成長・繁殖・食害など生活史パラメーターが標高に沿って変化しており、自然淘汰と集団維持機構が標高によって変わることが明らかになった。また、低地では一年草型の生活史を持っているのに対し、高地では典型的な多年草型の生活史となっており、同じ亜種の中でも標高によって生活史が変化していた。

(2) 集団間で形質が遺伝的に分化しているか調べるため、ミヤマハタザオ 29 集団・タチスズシロソウ 9 集団で種子を採り、共通の実験室で栽培し、生活史形質 (開花タイミング・発芽タイミング・成長・個体サイズ)、防衛形質 (トライコーム)、ストレス耐性 (耐熱性) を測定している。多くの形質が、採種地の標高に沿って遺伝的に分化していることが分かった。

(3) 形質分化が適応進化の結果なのかを検証するために、ミヤマハタザオ 12 集団・タチスズシロソウ 4 集団を大津 (標高 150m)、菅平 (1300m)、西駒 (2700m) の三圃場に移植し、生存・繁殖・被食を二年間追跡した。西駒では、最初の冬に全個体が死亡してしまったが、残る二圃場では、圃場の標高が低いと低地出身の植物の適応度が高く、圃場の標高の高いと高地出身の植物の適応度が高いというホームサイトアドバンテージの傾向があり、適応進化が起きていたと考えられる。

(4) 亜種間、および、ミヤマハタザオの集団間で多型になるゲノムワイドに遺伝子を探索するため、ミヤマハタザオ 8 集団・タチスズシロソウ 4 集団を用いて、ゲノム・タイリング・アレイによる解析を行った。亜種間・集団間で多型になる遺伝子が 3000 以上検出され、病原抵抗性、低温誘導性、高温誘導性の遺伝子が特に多型になりやすいことが分かった。次世代シーケンサーによる候補遺伝子の多個体同時解析の結果、トライコーム発達を司る GL1 に著しい分断化選択が働いており、生息標高によって対立遺伝子が異なることが分かった。

キーワード: 標高適応, 適応進化, 局所適応, クライン, 分断化選択, ホームサイトアドバンテージ

Keywords: altitudinal adaptation, adaptive evolution, local adaptation, cline, disruptive selection, home-site advantage

気候変動は菌類に影響を及ぼすのか？ - わが国における地理的スケールでの分布研究からの考察

Consideration of climate factors concerning geographical distribution of fungi in Japan

広瀬 大^{1*}

HIROSE, Dai^{1*}

¹ 日本大学薬学部

¹School of Pharmacy, Nihon University

菌類は生物遺体の分解者であるだけでなく他の生物の共生者や寄生者として生活しており、陸上生態系の機能調節者であるといわれている。このような菌類の地理的分布にみられるパターンとその制限要因を解明することは、地球環境変動に伴う生態系機能の変化を予測する上で重要な基礎研究であると考えられる。しかし、菌類は菌糸体あるいは酵母として生活している微生物であり、自然環境下において特定の種における分布の有無を肉眼で確認することは難しい。そのため地理的分布のような広域的な分布に関する情報は大型の動植物に比べ極端に少ないのが現状である。演者らは、落葉分解菌と植物共生菌という異なる生態群からモデル材料を選択し、それらの分布に関する研究を行っている。これまでの研究結果から受動的分散能力が高い菌類においても、他の生物と同様に、地理的スケールの分布にパターンがみられることが明らかになりつつある。本講演では、これまでに得られている研究成果を紹介すると共に、気候変動が菌類に及ぼす影響を考える。

キーワード: 菌類, 地理的分布, 気候変動

Keywords: fungi, geographical distribution, climate change

中部山岳地帯のススキ新病害の病原菌について On the new plant pathogenic fungus attacking *Miscanthus sinensis* at Japan Alps

出川 洋介^{1*}, 鈴木 亮¹, 鈴木 智之², 細矢 剛³
YOUSUKE, Degawa^{1*}, Ryo Suzuki¹, Tomoyuki Suzuki², Tsuyoshi Hosoya³

¹ 筑波大学菅平高原実験センター, ² 首都大学東京, ³ 国立科学博物館

¹Sugadaira Montane Research Center, Univ. Tsukuba, ²Tokyo Metropolitan Univ, ³Tokyo National Science Museum

標高 1360m に位置する菅平高原実験センターでは、35hr の敷地内の一部において、80 年弱にわたり、毎年 10 月に刈り取りをし、中部山岳地帯の典型的な草原（ススキを優先種とする）の維持保全に努めている。このススキ草原のススキにはススキ・クロボキン *Ustilago kusanoi* の感染が認められるが 2010 年、2011 年の二年間の調査でこれとは別の病徴を示す病原菌による顕著な感染（第二病害と仮称）が認められることが明らかになった。調査の結果、この病原菌の正体が明らかになったことから、ここに報告する。ススキの第二病害は、5 月より、葉に病徴が認められる。葉の中央部、中肋付近より外側に向けて白化がはじまり、ときに病斑外側の緑色部分に線状の赤い着色が認められ、病斑部は全葉にまで達する。6 月下旬より葉の裏面に多数の長円形の緩い隆起が形成されるようになり、7 月中旬、成熟に至って表皮が裂開して、子実層表面が露出するようになる。裂孔子嚢果（ヒステロセシウム）は幼若時、表皮組織中に埋没しているが、のちに裂孔でくちびる型に開口して子実層を露出。子嚢盤は長円形、卵形から紡錘形で、淡褐色、子実層表面はしばしば灰白色をおび、表面は平坦、子実層下層は無色の多角菌糸組織からなる。子嚢は基部でやや細まり、長卵形、8 孢子性で、顕著な開口部をもたない。子嚢胞子は針形から細い紡錘形で両端が尖り、透明、1 隔壁を有し 2 細胞、しばしば細かい油球を含む。7 月下旬から 8 月にかけて、十分に成熟した子嚢盤を採集し、屋内で湿室培養し、ここより射出された子嚢胞子より MEA 上に胞子を落下させ、分離菌株を確立した。胞子は容易に発芽し、菌糸を伸長し、長期培養中に培地中に暗褐色の色素を析出し強く培地を暗色に着色する。顕著な分生子の形成は認められなかった。以上の形態的特徴および、分子系統解析の結果に基づき本新病害の病原菌は子嚢菌門リテイズマ目 *Naemacyclus* 属に属する未記載種であるとの結論に至った。

キーワード: 生物多様性, 微生物, 相互作用, 分類, 微生物学, インベントリー

Keywords: biodiversity, microbe, interaction, taxonomy, microbiology, inventory

中部山岳地域における小型哺乳類ヤマネの生態 Ecology of Japanese dormouse in central mountainous area

門脇 正史^{1*}, 玉木恵理香², 落合菜知香³, 杉山昌典⁴

KADOWAKI, Seishi^{1*}, Erika Tamaki², Nachika Ochiai³, Masanori Sugiyama⁴

¹ 筑波大学生命環境系, ² 筑波大学生物資源科学, ³ 筑波大学生物資源学類, ⁴ 筑波大学八ヶ岳演習林

¹ Faculty of life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ² Agro-bioresources Science and Technology, University of Tsukuba, ³ Agro-biological Resource Sciences, University of Tsukuba, ⁴ Yatusgatake Forest, University of Tsukuba

ヤマネ *Glirulus japonicus* は頭胴長 68~84mm くらいの樹上性小型哺乳類で、日本固有種であり、国の天然記念物である。夜行性で冬には冬眠し、春・秋でも昼間は木の洞等で日内休眠する。本州、四国、九州および隠岐島後の森林に生息といわれる。

Web 情報によるヤマネの目撃事例を集計したところ中部地方が最も多く、中部山岳地域に多く生息する可能性がある(杉山・門脇、2010)。そこで中部山岳地域でヤマネの生態調査を行った。

2011年5月10月までに採集された糞を分析して食性を調査したところ、節足動物、果皮他(果皮およびコケ・地衣類等)、花粉、種子等に分類された。ヤマネはどの時期も節足動物と果皮他の餌を採食していた。節足動物は5月に多く、果皮他は8月以降に増加傾向にあった。また、花粉は春に出現した。この傾向は、これまで示唆されてきたヤマネの食性の季節的变化を支持するものだった(落合ほか、2011)。

ヤマネの日中の休眠場所について、小型電波発信機、アンテナと受信機を用い2010年6月~10月と2011年6月~11月に調査した。ヤマネは樹上と樹木に設置した巣箱をよく利用しており、地面の利用はほとんど見られなかった。ヤマネにより休眠場所として利用される樹木と、胸高直径、樹洞の保有率にはそれぞれ関係があり、太い木と樹洞のある木がより多く利用されていた(玉木ほか、2011)。

落合菜知香・門脇正史・玉木恵理香・杉山昌典. 2011. 糞分析によるヤマネ *Glirulus japonicus* の食性. 中部山岳地域環境変動機構 2011 年度年次研究報告発表要旨集: 121.

杉山昌典・門脇正史. 2010. Web 情報に基づくヤマネ生息分布図の作成・公開について. 筑波大学技術報告 30: 62-66.

玉木恵理香・門脇正史・落合菜知香・杉山昌典. 2011. ヤマネ *Glirulus japonicus* の休眠場所の選択. 中部山岳地域環境変動機構 2011 年度年次研究報告発表要旨集: 122.

中部山岳地域におけるシワクシケアリの隠れた遺伝的多様性 The cryptic genetic diversity of a mountain ant *Myrmica kotokui* (Hymenoptera: Formicidae) in Japan Alps

上田 昇平^{1*}, 松月 哲也², 野沢 泰斗², 関 諒一², 島本 晋也², 市野 隆雄¹

UEDA, Shouhei^{1*}, MATSUZUKI, Tetsuya², NOZAWA, Taito², SEKI, Ryo-ichi², SHIMAMOTO, Shinya², ITINO, Takao¹

¹ 信州大学山岳科学総合研究所, ² 信州大学理学部生物科学科

¹Institute of Mountain Science, Shinshu University, ²Department of Biology, Faculty of Science, Shinshu University

近年, DNA 解析の技術がめざましい進歩をとげたことによって, これまで形態的にみて単一と考えられていた「種」のなかに遺伝的に大きく離れた複数の隠れた種(隠蔽種)が含まれる場合があることが明らかになってきた. 隠蔽種の発見は生物多様性の正確な評価には必須であり, その地理的な分布調査は生物地理学的・保全生物学的に重要である.

日本においてシワクシケアリ *Myrmica kotokui* は普通種であり, 北海道から屋久島まで広く分布している. シワクシケアリは北方由来の種で, 寒冷地に適応しているため, 北海道(サハリン, 朝鮮半島)では平地にみられるが, 南下するにしたがって標高の高い場所で見られる傾向がある. たとえば中部山岳地域では標高約 1000-2000m に分布している. この分布様式から, シワクシケアリは「山域ごと」に分化した複数の系統(隠蔽種)に分かれるのではないかと我々は考えた.

この仮説を検証するために, 我々は長野県内の 5 山域 36 地点からシワクシケアリの採集を行い, ミトコンドリア DNA を用いた分子系統樹を作成した. その結果, シワクシケアリは遺伝的に異なる 4 つの系統に分かれることが明らかになった. この結果は, 形態学的に単一種とされてきたシワクシケアリには複数の隠蔽種が存在することを示唆する. しかし, シワクシケアリ系統の分布は, 我々の仮説「山域ごとの遺伝的分化」を否定するものであった. アリ系統の水平分布を調べたところ, 基本的にすべての系統が全山域に共通して広く分布していた. その一方で, アリ系統の垂直分布には一定の傾向がみられた. すなわち, Mk-3 はより高い標高に, それ以外(Mk-1, Mk-2 と Mk-4) はより低い標高に分布するというパターンである. つまり, シワクシケアリの種内系統は「山域ごと」ではなく「標高ごと」に分化していることになる.

シワクシケアリ系統間の遺伝的な分化は, 中部山岳地域において起こったのであろうか? それとも, 大陸で分化した系統が中部山岳地域に移住し, 現在の分布になったのであろうか? 我々はアリの分化が中部山岳地域で起こった可能性は低いと考えている. なぜなら, 1) 日本では標高間には物理的な障壁がないので, 地理的隔離が起こりにくいだろうし, 2) 系統間の遺伝的な変異は非常におおきく, 地域内で起こった遺伝分化とは考えにくいからである. よって, 高度勾配に沿った層状分布は, 大陸もしくは長野県外で遺伝的分化した系統が時間を置いて日本に移住し, より寒冷地に適応した系統(たとえば Mk-3) がより高標高に分布するようになったために形成されたと考えられる. 本研究は, 高度勾配に沿った環境変異のなかに生物多様性が隠されており, より高地に分布するアリ系統が遺伝的に独自性の高い集団であることを示した.

キーワード: 隠蔽種, 生物多様性, 標高傾度, 分子系統樹, ミトコンドリア COI 遺伝子, アリ

Keywords: cryptic species, biodiversity, altitudinal gradient, molecular phylogenetic tree, mitochondrial COI gene, ant

長野県安曇野の土地利用の変遷と絶滅危惧種オオルリシジミの衰亡 Changes of the land use and decline of the endangered butterfly, *Shijimiaeoides divinus barine* in Azumino

江田 慧子^{1*}, 須賀丈², 中村 寛志¹

KODA, Keiko^{1*}, Takeshi Suka², NAKAMURA, Hiroshi¹

¹ 信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター, ² 長野県環境保全研究所

¹ Education and Research Center Of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University, ² Nagano Environmental Conservation Research Institute

オオルリシジミ本州亜種*Shijimiaeoides divinus barine*は現在, 長野県の一部の地域にしか生息していないため環境省RDBで絶滅危惧類に指定されている。長野県東御市に生息しているオオルリシジミは, 保護団体による飼育個体の導入により野外個体群が回復した。一方, 長野県安曇野では, 保護団体により1999年から人工飼育した蛹の放飼による個体群の回復活動が行われている。しかし, 卵期にメアカタマゴバチによって, 多くのオオルリシジミ卵が寄生されて, 自然個体群が回復しないのが現状であった。そこで本研究では東御市と安曇野市の寄生率と寄生蜂密度を調査した。寄生率調査はオオルリシジミの卵をサンプリングし, サンプリングした卵は研究室に持ち帰り, 後日顕微鏡で孵化・未孵化・寄生を判別した。その結果, 安曇野の寄生率は常に50%以上だったのに対して, 東御市は30~40%の低い寄生率であり有意に安曇野の寄生率が高かった。次に寄生蜂密度の調査を行った。その方法は農業害虫の簡易発生予察用の粘着トラップ(ITシート黄色)を使用して, メアカタマゴバチを捕獲し個体数をカウントするものである。その結果, 1トラップ1日あたりのメアカタマゴバチの捕獲数は, 安曇野では4月15日~5月28日までオオルリシジミの卵がない時期はメアカは1頭も捕獲されなかったが, 5月下旬からは常に0.1~0.2個体捕獲され, 6月23日~7月5日では0.44も捕獲された。一方, 東御市では6月17日までは捕獲数は0.1以下で, 6月17日以降は0.1を超える値となった。そのことより安曇野は東御市よりもメアカタマゴバチの個体数が多いことが分かった。そのため寄生率も高くなった。この2地域のオオルリシジミの生息地の違いは管理方法であった。東御市では田畑の周りに本種が生息しており, 土地所有者が毎年野焼きを含めた環境整備を行っている。一方, 安曇野は国有地の国営アルプスあづみの公園用地内であるため野焼きは禁止されていた。著者らは野焼きの有無がオオルリシジミの生息に影響を及ぼしていると考えた。ではいつ頃から野焼きを行われていたか, 長野の歴史をひも解くことにした。

長野県には縄文時代からの野焼きがその成因であると近年考えられている黒ボク土層が広く分布している。さらに過去のオオルリシジミの分布記録と黒ボク土層の分布はかなり重なることも明らかとなっている。平安時代の延喜式には朝廷に献上するための牧場である勅旨牧の半数が信濃の国に存在したという記載がある。安曇野には猪鹿牧などの勅旨牧があったことが確認されている。これらのことから, 長野県では縄文時代からの野焼きや古代からの放牧などによって半自然草原が維持されてきた可能性が高い。しかし, 江戸時代以降には安曇野は水田化が大きく進み, 牧場はなくなった。では牧場などの半自然草原に生息するオオルリシジミが絶滅したかというところではない。人間がオオルリシジミの食草であるクララを薬草などとして利用するために, 自ら田の畦や用水路(堰)の土手などに植えて草刈りや野焼きを定期的に行ってきた。このようにオオルリシジミの生息地が維持されてきた。しかし, 昭和37年頃から, 大規模土地改良事業が行われたために, クララを含めた草原植生は喪失し, 野焼きも行わなくなった。そのため, オオルリシジミの生息できる環境が消失し, 衰亡したと考えられる。

以上のような安曇野の半自然草原の歴史と野焼きとの関連をふまえて, 本研究では寄生蜂の寄生を抑えるためには定期的な野焼きを行うが必要であると考える。野焼きの効果の検証実験を行った。国営アルプスあづみの公園内で2009年3月29日に野焼き試験を行い, オオルリシジミ卵の寄生率と寄生蜂の個体数を調査した。その結果, 非野焼き区の寄生率は30.3%だったのに対し, 野焼き区では2.3%であった。また粘着トラップを使用して, メアカタマゴバチを捕獲したところ, 非野焼き区では21個体であったが, 野焼き区では1個体も捕獲されなかった。これによりメアカタマゴバチの寄生に対する野焼きの有効性が立証された。一連の研究により国営アルプスあづみの公園では毎年野焼きを行うようになり, 2011年には約15年ぶりにオオルリシジミ成虫が観察された。生息地の環境整備方法を変化させたことにより, オオルリシジミが生息できるようになり個体群が定着した。

キーワード: オオルリシジミ, メアカタマゴバチ, クララ, 野焼き, 勅旨牧, 半自然草原

Keywords: *Shijimiaeoides divinus barine*, *Trichogramma chilonis*, *Sophora flavescens*, bush burning, imperial pastures, semi-natural grasslands