

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

¹Terrestrial Environment Research Center, University of Tsukuba, ²Institute 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> 榑池自然園（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榑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

日射に対する地形の効果の解像度依存性

The resolution dependency of the topographic effect on solar radiation flux on a complex topography

玉川 一郎^{1*}, 水野誠², 斎藤琢¹

TAMAGAWA, Ichiro^{1*}, MIZUNO, Makoto², SAITOH, Taku M.¹

¹ 岐阜大学流域圏科学研究センター, ² 岐阜大学工学研究科

¹River Basin Research Center, Gifu University, ²Graduate school of engineering, Gifu University

Introduction

The solar radiation flux is the fundamental energy source for carbon, heat and water cycle. The topographic condition affects the radiation amount over complex topography by its shadow and inclination. The in-situ observation in the mountainous area often suffers from such topographic effects. On the other hand, the scale of the meteorological consideration still stays more than km scale or just one point observation. The resolution does not seem to be enough for mountainous area. Here, the solar radiation flux on the surface of mountainous area was studied, where we have many studies relating to "Japanese Alps Inter-University Cooperative Project".

Data and method

The global solar radiation was estimated for 360x160 points with 100m distance in 36 km x 16 km area including Mt. Norikura in central mountainous area in Japan. The altitude ranges from 600 m to 3000 m. The Takayama field station of Gifu University is located at 1342 m. The hourly global solar radiation flux, temperature and pressure data there in 2010 were used to estimate the solar radiation flux in the area. Digital Map 50 m Grid (Elevation) by Geospatial information authority of Japan was also used. The elevation data are averaged in 100 m, 200 m, 500 m, 1000 m, 2000 m and 5000 m to know resolution dependency. The skylines from each target point were calculated using elevation data in the area of 70 km distance for 50 m grid and about 200 km for larger grids. The difference is due to the computational power, but almost all points in fine scale elevation data catch the skyline near area because fine elevation data resolves mountains well. The sky view factor was calculated using the skyline data, but the sky was projected onto the inclined surface. It often shows lower value than it for horizontal plain. The observed solar radiation was divided into direct and diffusive components using Spitters et. al. 1984 or Liu and Jordan 1960. The latter includes air mass consideration. The shadows of mountains are considered for the direct component flux and sky view factor of the diffusive component and the reflection from ground surface from other area are assumed to reach the target area. The total solar radiation received under horizontal unit area, that means large inclined area, was computed.

Results and discussion

The standard deviation for annual mean solar radiation flux distribution is increased from several Wm^{-2} for 5000 m grid to 30 Wm^{-2} for 50 m grid with forest albedo (0.15). The mean solar radiation is about 150 Wm^{-2} . The increasing tendency does not show saturation. The finer scale produces larger variation. The increasing is rapid for valley area under 500 m grid. The tendency is strengthened by higher albedo. The above results are for inclined surface under unit horizontal area. Heat is exchanged in inclined surface but usual observation of global radiation is done horizontally. In such a case, the standard deviation stays only about 6 Wm^{-2} . The inclination of surface is a major reason of the spacial variation. The difference between horizontal and inclined surface can be a reason of the imbalance of heat budget analysis over slope and it is necessary to be counted in observational data analysis.

The comparison between the observed global radiation of Takayama evergreen coniferous site (TKC) at 800m and the estimated one for horizontal plain shows 10% mean bias error for fine days, but the difference become much larger for cloudy days. Sometimes TKC observation shows larger value than Takayama station in spite of altitude difference due to local weather condition. The facts indicate the limitation of the approach here. Finally, the estimated results with snow albedo in winter and with forest albedo in other seasons are produced hourly with 50m grid elevation data for 2010 in the area. It may be useful for the solar radiation data in the area.

キーワード: 日射, 中部山岳, 地形効果

Keywords: Solar radiation, Japanese alps, topographic effect

長野県, 青木湖堆積物から解析した過去 3,4000 年間の気候と植生の変遷 Vegetation and climate history for the past 34,000 years based on the sediment core analysis from Lake Aoki, Nagano Pref

公文 富士夫^{1*}, 河合 小百合², 井内 美郎³
KUMON, Fujio^{1*}, KAWAI, Sayuri², INOUCHI, Yoshio³

¹ 信州大学理学部, ² 信州大学山岳科学総合研究所, ³ 早稲田大学人間科学学術院

¹Faculty of Science, Shinshu University, ²Institute of Mountain Science, Shinshu University, ³Faculty of Human Sciences, Waseda University

青木湖は長野県北部西部にある大町市の北縁, 標高 822m に位置する構造湖である。湖面積は 1.8k², 平均水深 29m, 最大水深 58m で, 切り立った山々に囲まれている。青木湖では, 1988 年に通商産業省工業技術院地質調査所(当時)によって, 活断層調査の一環として, 青木湖の主湖盆の最深部に近い地点(コア A)と北東部の副湖盆(コア B)で学術ボーリングがなされている。そのコア A(全長は 28m; 水深 55m, 北緯 36°36'29.8", 東経 137°51'8.7": 東京測地系)について花粉分析と有機炭素・窒素量の測定を行った。コアの基底層は円礫からなる礫層であるが, 大部分は砂の葉理をしばしば挟むシルト層から構成されている。指標テフラと 14C 年代測定値に基づいて年代モデルが作成し, 深度を年代に変換したところ, 下底の年代は 34000 年前と計算された。

花粉分析を約 4~15cm 間隔(50~180 年間隔)で実施し, 約 3.4 万年前の最終氷期最寒冷期の直前以降の植生変遷を明らかにした。3.4~3 万年前では亜寒帯針葉樹が卓越するものの 20% 前後の落葉広葉樹も含み, 冷涼な気候が示唆される。3 万年前~1.5 万年前にはトウヒを主とする亜寒帯針葉樹が 90% 以上と卓越し, 最終氷期最寒冷期に相当する厳しい寒さを反映していると考えられる。1.5 万年前~1.2 万年前の短い期間には植物相が激変し, 急激な温暖化が示される。すなわち亜寒帯針葉樹が 10% 以下に減少する一方, コナラやブナを主体とする落葉広葉樹が急速に増加する。その過程には「寒の戻り」を示唆する亜寒帯針葉樹の再増加も認められる。1.2 万年前以降は落葉広葉樹が卓越し, 安定した温暖な気候を示すが, 軽微な寒暖変動も認められる。

湖沼の生物生産性の指標であり, 冬の暖かさを示すと考えられる有機炭素量(TOC)と全窒素量(TN)を約 4cm(約 50 年)間隔で測定した。それらの含有率も準周期的に変動し, 最終氷期最寒冷期に低く, 完新世の温暖期には高い含有率を示す。ただし, 急激な温暖化の期間では中間的な含有率を示し, 温暖期への移行が少し遅れるようにも見える。この一因としては碎屑物の増加による希釈効果の可能性がある。TOC 量が極端に減少する層準は 2.9~2.6 年前にも認められ, その層準では花粉の産出頻度も大きく低下する。砂の葉理の挟まる頻度が増加するという岩相を考慮すると, 浸食量が増加することによって碎屑物量が増加し, 結果として TOC 量や花粉量が希釈されたと推定される。

厚さ 28 m 以上に及ぶ青木湖堆積物は, 中部山岳地域の最終氷期最寒冷期の直前以降の気候や植生変遷をよく記録しているものと結論づけられる。

キーワード: 花粉分析, 青木湖, 有機炭素量, 最終氷期最盛期, 日本アルプス, 中部山岳地域

Keywords: pollen analysis, Lake Aoki, total organic carbon, Last Glacial Maximum, Japanese Alps, Japanese central highland

南アルプス高山域における岩盤破碎・土砂移動の観測

Monitoring rockwall erosion and soil transport in an alpine area, Southern Japanese Alps

松岡 憲知^{1*}, 西井 稜子¹, 池田 敦¹

MATSUOKA, Norikazu^{1*}, NISHII, Ryoko¹, IKEDA, Atsushi¹

¹ 筑波大学生命環境系

¹University of Tsukuba

観測目的と手法

高山の岩壁、特に土砂生産の著しい崩壊地を対象に、現在の侵食速度と土砂生産量を定量化し、その制御要因について調べために、2010年8月に南アルプス・間ノ岳のアレ沢崩壊地で観測を開始した。制御要因として、気象条件（凍結融解・融雪・豪雨）と岩盤条件（節理、強度、微地形）に着目する。間ノ岳では気象要素、岩盤すべり（Nishii & Matsuoka, 2010）、表土の凍結融解侵食（Matsuoka, 1998, 2005）の観測も長期間継続しており、これらのデータと合わせて、地形変化と土砂生産・移動を総合的に評価する。

Matsuoka (1990, 2001) が岩盤剥離量・亀裂変位・岩盤温度・岩石飽和度の計測を行った岩壁で、以下に示す、より詳細な観測を企画した。

- 1) ペンキ塗布と落石トラップによる土砂生産量計測
- 2) 亀裂変位と岩盤温度の自動計測
- 3) インターバルカメラとレーザスキャナ（数年間隔）による地形変化計測

観測結果

2010年8月～2011年10月のデータを取得した。ただし、電池の消耗やインターバルカメラの異常動作による欠測も生じた。冬季でも岩壁表面温度の日変化が大きく、また岩壁の積雪は限定される。ペンキ塗布岩盤の破碎、トラップへの土砂堆積、カメラの映像を比較したところ、特に2011年7月7日～8日の夜間（降水量約30mm）と2011年9月1日～4日の台風12号通過時（降水量計700mm）に局所的な崩壊と土砂移動が発生したことがわかった。前者はトラップA、後者はトラップBでの土砂堆積量に反映された。それ以外にも凍結融解期に着実に小規模な岩盤剥離・落石が発生したようである。Matsuoka (1990), Matsuoka & Sakai (1999) によると、通常年は凍結融解期や融雪期の岩盤剥離・落石が大半を占めることが示されており、2011年の夏季は例外的に大きい土砂生産が起こったと推測される。

文献

Matsuoka 1990. Earth Surf Process Landf 15, 73-90.

Matsuoka 1998. Permafrost Periglac Process 9, 397-409.

Matsuoka 2001. Earth Surf Process Landf 26, 601-614.

Matsuoka 2005. Earth Surf Process Landf 30, 41-58.

Matsuoka & Sakai 1999. Geomorphology 28, 309-328.

Nishii & Matsuoka 2010. Eng Geol 115, 49-57.

図：A トラップ堆積量に基づく岩壁後退量．B 岩盤表面と40cm深温度．C 日降水量．D 2011年12月4日の岩壁の積雪状況．

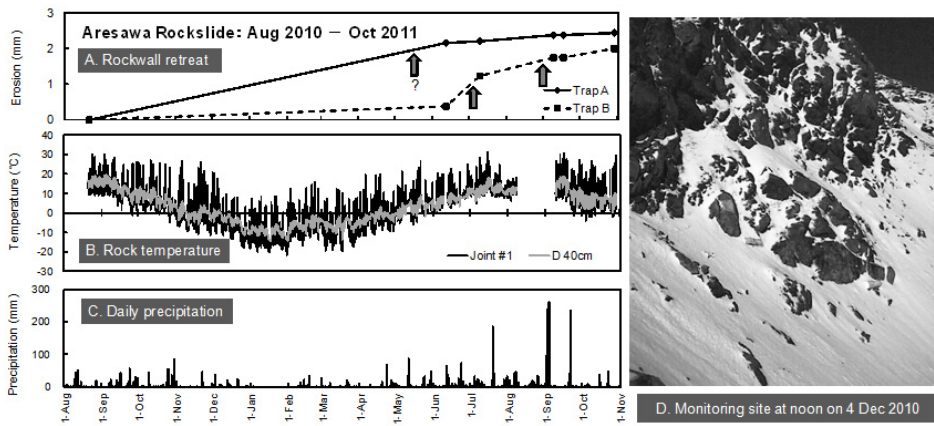
キーワード: 岩盤崩壊, 風化, 凍結融解, 周氷河, 観測, 日本アルプス

Keywords: rockfall, rock weathering, freeze-thaw, periglacial, monitoring, Japanese Alps

AHW28-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月20日 17:00-18:00



山岳地における大規模崩壊地の削剥速度 Denudation rate of a large landslide in the Japanese Alps

西井 稜子^{1*}, 今泉文寿¹, 村上 亘², 大丸裕武², 宮前 崇², 小川泰浩²

NISHII, Ryoko^{1*}, IMAIZUMI Fumitoshi¹, MURAKAMI Wataru², DAIMARU Hiromu², MIYAMAE Takashi², OGAWA Yasuhiro²

¹ 筑波大学, ² 森林総合研究所

¹University of Tsukuba, ²Forestry and Forest Products Research Institute

Akakuzure landslide, one of large landslides in the Japanese Alps, has an anaclinal structure as a result of deep-seated gravitational slope deformation. Denudation rate of the bare ground in the landslide was evaluated from two kinds of geodetic surveys. The airborne LiDAR survey was performed for the whole landslide in 2003 and 2007. In contrast, the ground-based LiDAR was performed for the upper area of the landslide in October 2010, June and November 2011. In addition, meteorological parameters (air and ground surface temperatures and precipitation) were also monitored. The average denudation rate during 2003 to 2007 and during 2007 to 2010 indicated 0.22 m/yr and 0.18 m/yr, respectively. On one part, denudation rate during winter (October 2010 to June 2011) was about three times of that during summer (June to November 2011). Annual and diurnal frost actions probably cause such seasonal variation in denudation.

キーワード: LiDAR 測量, 凍結融解作用, 重力性変形, 削剥速度

Keywords: LiDAR monitoring, frost action, gravitational deformation, denudation rate

南アルプス南部，悪沢岳周辺の周氷河環境 Periglacial Environment around Mount Warusawa, Southern Japanese Alps

小山 拓志^{1*}, 澤口晋一², 青山 雅史³, 菅澤雄大¹, 天井澤暁裕⁴, 高橋伸幸⁵, 増沢武弘⁶

KOYAMA, Takushi^{1*}, Shin-ichi Sawaguchi², AOYAMA, Masafumi³, Yudai Sugawara¹, Akihiro Amaizawa⁴, Nobuyuki Takahashi⁵, Takehiro Masuzawa⁶

¹ 明治大学大学院, ² 新潟国際情報大学, ³ (財)日本地図センター, ⁴ 洗足学園, ⁵ 北海学園大学, ⁶ 静岡大学

¹ Graduate Student, Meiji Univ., ² NUIS, ³ Japan Map Center, ⁴ Senzoku Gakuen, ⁵ Hokkai-gakuen Univ., ⁶ Shizuoka Univ.

<はじめに> 南アルプス北部，間ノ岳（3189m）周辺では，松岡によって地温の通年観測や斜面の物質移動に関わる各種観測が集中的に実施され（松岡 1991; Matsuoka 1994, 1996, 1998），中緯度山岳地域における周氷河プロセス研究としては，世界的にみても特筆すべき成果があがっている．一方，南アルプス南部地域には周氷河性平滑斜面が広範囲に分布し，多様な周氷河現象が認められているが（岡沢ほか 1975; 小山 2010），十分な成果があがっているとは言い難い．筆者らは 2005 年以降，悪沢岳（3141m）を中心とした南アルプス南部地域の周氷河地形およびそれに関する気象条件の観測を実施してきた．それらの成果の一部は既に報告しているが，本発表では，2007 年以降に新たに得られた地温観測データを中心に，南アルプス南部地域の現在の周氷河環境について報告する．

<年平均気温> 地上気温の観測は，丸山山頂部近辺（3020m）において実施した．観測期間は，2006 年 9 月 7 日～2008 年 8 月 31 日である．この期間で欠測が無く良好な観測値が得られた 2007 年 1 月から 12 月までの 1 年間に限って年平均気温を算出すると，2007 年の年平均気温は - 1.6 であった．

一地域の気候環境を議論する際には，平年値を利用する方が望ましいが，こうした場所での長期観測は一般に困難である．そこで，次善の策として，長期間にわたって継続的に気象観測がおこなわれている気象庁の富士山測候所（3775m：以下，富士山）の観測値（2007 年）と，丸山の観測値（2007 年）とを比較して，気温遞減率から丸山の平年値を推定した．富士山は丸山と同じような地形条件，すなわち山頂が突出しており自由大気の状態を強くおびた環境であるため，局地風の影響を受けやすい山麓の観測点と比較するよりも，強い正の相関が期待できる．

まず，2007 年の日平均気温で富士山と丸山の比較をおこない，双方の年変化の特徴について検討した．その結果，丸山と富士山の日平均気温は，季節毎にやや異なる変動を見せるものの，冬季を除いてかなり高い相関が認められた．次に富士山の観測値から気温遞減率（0.6 /100m）を用いて丸山の推定平年値を見積もった．その結果，推定平年値は - 1.8 となった．よって，丸山の気候値的な年平均気温は - 1.8 前後であると考えられる．

<地温環境> 丸山南北両斜面のマトリックスフリーの表面角礫層（粗粒部）と細粒物質に富む箇所（以下，細粒部）にそれぞれ観測点を設け，地温観測を 2007 年 10 月 1 日～2008 年 9 月 30 日にかけて実施した．その結果，南向き斜面に設置した観測点 A では，粗粒部・細粒部の地温変化は各深度ともに類似の傾向を示した．地表面での日周期性の凍結・融解回数は細粒部で 62 回，粗粒部で 69 回であった．北向き斜面に設置した観測点 B における地温変化も観測点 A と類似した傾向を示した．凍結・融解回数は細粒部で 54 回，粗粒部で 56 回であった．

丸山では，南向き斜面（観測点 A）よりも北向き斜面（観測点 B）の全深度で平均地温が低かった．とくに北向き斜面の粗粒部の年平均地温が最も低く（地表面で - 1.5 ），南向き斜面との差は 2 以上であった．北向き斜面の粗粒部は，地表面温度の年平均地温を見る限り，永久凍土が存在しうる深度（少なくとも 1 m 以下）の年平均地温も通年で 0 以下を示す可能性が高いと推定される．粗粒部で地温が低くなる原因は，斜面方位による積雪環境や植生環境の違いのほか，粗粒部がマトリックスフリーであるため細粒物質よりも寒気が早く深い位置まで侵入し，角礫層の下部に滞留するためと考えられる．

<山岳永久凍土存在の可能性> Harris（1981a, b）は，世界各地の永久凍土地域における凍結指数と融解指数を指標としたダイアグラム上で，連続的・不連続的・点状的永久凍土帯を区分した．そのダイアグラムに 2007 年の観測値をプロットすると，丸山は不連続的永久凍土帯に位置付けられる．一方，藤井（1980）は，山岳永久凍土の分布下限高度の年平均気温を - 2 ～ - 4 と推定した．丸山の気候値的な年平均気温は - 1.8 前後と推測されることから，丸山山頂部は山岳永久凍土の分布下限付近に位置していると考えられる．

また，丸山で実施した地温観測により，丸山北向き斜面の粗粒部にのみ山岳永久凍土が存在する可能性が示された．しかし，永久凍土はある程度の空間的な広がりのもとに形成されると考えられるため，このようなきわめて限られた場所でのみ分布するとは考えにくい．つまり，温度条件からみた場合の山岳永久凍土存在の可能性は，やや不明瞭といえる．よって，南アルプス南部地域の高山帯は，きわめてクリティカルな気候環境に位置すると考えられる．

キーワード: 周氷河環境, 周氷河地形, 気象観測, 山岳永久凍土, 南アルプス

Keywords: Periglacial environment, Periglacial landform, Meteorological observation, Mountain Permafrost, Southern Japanese Alps

中部山岳地域における積雪層中の化学成分の空間分布

Spatial distribution of chemical components in snow layers at mountainous area, central Japan

狩山 裕昭^{1*}, 鈴木啓助²

KARIYAMA, Hiroaki^{1*}, SUZUKI Keisuke²

¹ 信州大学理工学系研究科, ² 信州大学理学部物質循環学科

¹Division of Science and Technology, Shinshu University, ²Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

In mountainous area where less affected by human activities, we are able to collect efficiently chemical components in the snow layers, which is transported long-range from continent. In recent years, increase of acid material by the artificial source has been concerned. Although the studies about spatial distribution of chemical components have been executed actively on plain field and seacoast region, it is few in mountainous area of central Japan because of the difficulty of access. Therefore, it is significant to collect the data of chemical components in snow layers at mountainous area.

This study purposes of two things. First, we aim to clarify the origin of the chemical components preserved in snow layers on mountainous area of central Japan. Second, we discuss the spatial distribution of the chemical components in snow layers at mountainous area of central Japan.

We collected the samples of snow layers during February to April of 2011 in mountainous area of central Japan, and then we performed chemical analysis the samples using the ion chromatography.

In the results, it has become clear that the source of Na^+ , Mg^{2+} , and Cl^- are sea salt components. On the other hand, the source of SO_4^{2-} and NO_3^- are mainly non-sea salt components. Additionally, $\text{Na}^+/\text{Cation}$ and Cl^-/Anion are decreased with distance from the Sea of Japan. The opposite way round, $\text{nssSO}_4^{2-}/\text{Anion}$ (non-sea salt $\text{SO}_4^{2-}/\text{Anion}$) is increase with distance from the Sea of Japan.

中部山岳地域における積雪層中の化学成分濃度の変化 Changing of snow chemistry in the Japanese Alps

鈴木 大地^{1*}, 倉元 隆之², 佐々木 明彦², 鈴木 啓助²
SUZUKI, daichi^{1*}, KURAMOTO Takayuki², SASAKI Akihiko², SUZUKI Keisuke²

¹ 信州大学理学部物質循環学科, ² 信州大学山岳科学総合研究所

¹Dept. Environ. Sci., Shinshu University, ²IMS, Shinshu University

Various chemical materials were included in precipitation. Precipitated chemical materials have been stored in the snow layers before the start of snowmelt. Therefore, we get the atmospheric information in winter season from snowpack. We conducted the snow pit study, and the chemistry of snow layer was studied in detail. In this study, we aim to clarify characteristics of snow chemistry in the Japanese Alps. We conducted the sequential snow pit study during winter in Mt. Nisi-hodaka, the Japanese Alps. The snow pits were dug through the entire snowpack. We observed the cross-section of the snow pit to clarify snow conditions, which are snow stratigraphy, temperature, and density of snow. Afterwards we collected the snow samples. The snow samples were melted in a clean room. The pH and electric conductivity and concentrations of major ions were measured. Almost snow samples are acid snow (less than pH 5.62).

中部山岳地域における新雪の化学特性と空間分布 Spatial distribution of chemical components in fresh snow at the Japanese Alps

倉元 隆之^{1*}, 鈴木 大地², 佐々木 明彦¹, 鈴木 啓助¹

KURAMOTO, Takayuki^{1*}, SUZUKI Daichi², SASAKI Akihiko¹, SUZUKI Keisuke¹

¹ 信州大学山岳科学総合研究所, ² 信州大学理学部物質循環学科

¹IMS, Shinshu University, ²Dept. Environ. Sci., Shinshu University

The Japanese Alps area is one of the world's best snowy regions. 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 order to understand hydro-chemical cycle of this area, it is important to evaluate the influence of snowfall. The purpose of this study was to clarify spatial distribution of chemical components in fresh snow. We conducted a snow pit study immediately after snowfall, on the route from Matsumoto to the city of Japan Sea side. Snow density and temperatures were measured every 0.03 m. After these measurements, we collected fresh snow samples. 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 concentrations of the sea salt components in fresh snow were lower at the inland observation point.

上高地・明神地域における湧水の特徴

The regional and chemical characteristics of spring water in Kamikochi, the Japanese Alps

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

There are much spring waters in the Azusa River which flows through Kamikochi. These spring waters form the branch of the Azusa River. Spring water shows the characteristics reflecting an underground water flow. Therefore, in order to understand the water cycle of Kamikochi, it is important to understand the formation mechanism of spring water. In this study, we aimed to clarify the characteristics of spring water which forms the branch of Azusa River in Kamikochi. We set up the thermometer in five places of a basin for the measuring of spring and river water temperature. The water samples were collected in water temperature measuring site and Azusa River from July 2011. The pH, electric conductivity and major ions were analyzed with the pH meter, conductivity meter, and ion chromatographs (Dionex: ICS-2000), respectively. In addition, HCO_3^- concentration was measured using the sulfuric acid titration method. The temperatures of spring waters were almost constant from the end of August to the beginning of October.

硝酸態窒素濃度の異なる2つの小溪流域での窒素動態 Nitrogen dynamics in two small watersheds with different stream nitrate concentrations

戸田 任重^{1*}, 小松仁美¹, 内田祐未¹, 國頭 恭¹

TODA, Hideshige^{1*}, KOMATSU Hitomi¹, UCHIDA Yumi¹, KUNITO Takashi¹

¹ 信州大学理学部

¹ Faculty of Science, Shinshu Univ.

渓流水の硝酸態窒素濃度が異なる2つの渓流域で窒素動態を比較した。渓流水の硝酸態窒素濃度は、3林班が平均1.6 mgN/L、7林班が平均0.3 mgN/Lで、常に3林班が高かった。窒素沈着量は7林班が3林班より大きく、地表下40cmの溶脱量は3林班が7林班を上回っていた。7林班の集水域末端部では硝酸態窒素の窒素同位体比の上昇がみられ脱窒が示唆された。3林班では、窒素の植物吸収、微生物による不動化が少なく、下流部での脱窒も明瞭ではない。その結果、窒素流出の増大、渓流水の硝酸態窒素濃度の上昇が引き起こされていると考えられた。

キーワード: 窒素動態, 硝酸態窒素, 溪流, 同位体比

Keywords: nitrogen dynamics, nitrate, stream, isotope ratio

中部山岳地域における降水同位体マッピングとその検証 Mapping of Stable Isotopes in Precipitation over the Japan Alps Area and Its Verification

牧野 裕紀^{1*}, 脇山 義史², 山中 勤², 鈴木 啓助³

MAKINO, Yuki^{1*}, WAKIYAMA, Yoshifumi², YAMANAKA, Tsutomu², SUZUKI, Keisuke³

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

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

日本の代表的な山岳地帯の一つであり、首都圏や中京圏の水資源を担っている中部山岳域を対象に水循環を評価することは重要である。水の安定同位体比は、水や物質の挙動を知るうえで有用な情報を与えてくれるものとして多くの研究が行われてきた。また同位体マップは同位体の空間分布の把握や観測されていない地点の推定ができるだけでなく、広範囲における流域特性を評価する上で有効なツールである。同位体マップを作成する上で安定同位体比の時空間変動の把握が必要であるが、降水の同位体観測は空間的に密な観測網が少なく、山岳地域における観測はさらに少ないのが現状である。そのため本研究では、中部山岳地域を対象とした降水の安定同位体比の時空間変動の把握と精度の高い同位体マップを作成することを目的とした。また河川水の δ 値を推定し実測値と比較することで同位体マップの妥当性の検証とともに流域特性の評価を試みた。

降水の観測地点は14地点、河川水は千曲川流域で24地点、富士川流域で21地点、計45地点において採水を行った。観測期間は2010年7月から月単位で採水を行い、今回の報告では2011年6月までのデータを用いた。河川水の採水時期は季節を考慮して2010年8月、10月、2011年2月、および5月に行った。水素・酸素安定同位体組成の測定はレーザー分光式同位体分析計 (Piccaro, L1102-ib) を用いた。

標高と ^{18}O との間では、暖候期に負の相関が見られ、冬季は相関が認められなかったが、降水量で加重平均した年平均値は緯度や経度に比べて強い相関が見られた。そのため同位体マップ作成にあたる内挿手法は、標高を説明変数とした回帰式を用いたモデル、地球統計モデル、およびハイブリッドモデルの3つを用いた。また作成されたマップを用いて降水の予測値と河川水の実測値との比較をおこなった。その結果、流域によって適しているモデルが異なることが示唆された。また残差には空間的な違いが表れ、それぞれの流域特性を反映している可能性が見出された。

キーワード: 安定同位体, 中部山岳地域, 高度効果, 空間分布

Keywords: Stable isotope, Japan Alps area, Altitude effect, Spatial distribution

Estimation of catchment transit time in Fuji River Basin by using an improved lumped model

Wenchao Ma^{1*}, Tsutomu Yamanaka¹, Yoshifumi Wakiyama¹, Yuki Makino¹
MA, Wenchao^{1*}, YAMANAKA, Tsutomu¹, WAKIYAMA, Yoshifumi¹, MAKINO, Yuki¹

¹Japan Geoscience Union

¹Japan Geoscience Union

As an important parameter that reflects the characteristics of catchments, the catchment transit time (CTT) has been given much more widely attentions especially in recent years. The CTT is defined as the time water spends travelling through a catchment to the stream network ^[1], and it describes how catchments retain and release water and solutes and thus control geochemical and biogeochemical cycling and contamination persistence ^[2]. Conventional approaches for estimating CTT require specific hydrological characteristics such as transit time distribution (TTD) functions. The objectives of the present study are to develop a new approach for estimating CTT without prior information on such TTD functions and to apply it to the Fuji River basin in the Central Japan Alps Region.

In this study, an improved Tank model ^[3] was used to compute mean CTT and TTD functions simultaneously. It involved water fluxes and isotope mass balance. Water storage capacity in the catchment, which strongly affects CTT, is reflected in isotope mass balance more sensitively than in water fluxes. A model calibrated with observed discharge and isotope data is used for virtual age tracer computation to estimate CTT. This model does not only consider the hydrological data and physical process of the research area but also reflects the actual TTD with considering the geological condition, land use and the other catchment-hydrological conditions. For the calibration of the model, we used river discharge record obtained by the Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, and are collecting isotope data of precipitation and river waters monthly or semi-weekly. Five sub-catchments (SC1~SC5) in the Fuji River basin was selected to test the model with five layers: the surface layer, upper-soil layer, lower-soil layer, groundwater aquifer layer and bedrock layer (Layer 1- Layer 5). The evaluation of the model output was assessed using Nash-Sutcliffe efficiency (NSE), root mean square error-observations standard deviation ratio (RSR), and percent bias (PBIAS) ^[4].

Using long time-series of discharge records for calibration, the simulated discharge basically satisfied requirements of reproducing water fluxes and their balance, while improvements in parameter estimations relating to isotope mass balance is necessary. The results of each sub-catchment demonstrated that the mean CTT of SC4 (1873 days = 5.13 years) is the longest among the other sub-catchments. However, the mean CTT of SC5 was estimated to be 316 days as the smallest one. The time of 6.78 years are required to renew 99.9% of the water volume in the SC5. The other sub-catchments need more than ten years to get 99.9% water volume refreshed. The estimated TTD functions demonstrate their dependence on precipitation amount and area of the catchment.

Reference:

[1] Jeffrey. J. McDonnell, Kevin J. McGuire, Aggarwal, P., et al. 2010. How old is stream water? Open questions in catchment transit time conceptualization, modeling and analysis. *Hydro. Process.* 24, 1745-1754.

[2] Kevin J. McGuire, Jeffrey J. McDonnell. 2006. A review and evaluation of catchment transit time modeling. *Journal Hydrology.* 330, 543-563.

[3] Sugawara, M.,1995. Tank model. In: Singh, V.P. (Ed.). *Computer Models of Watershed Hydrology*, Water Resources Publications, Colorado, pp. 165-214.

[4] D. N. Moriasi, J. G. Arnold, M. W. Van Liew et al. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE.* v. 50, no. 3, p. 885-900.

キーワード: Catchment transit time, Tank model, isotope tracer, water flux

Keywords: Catchment transit time, Tank model, isotope tracer, water flux

キネマティック GPS による涸沢圏谷における積雪深観測 Snow Depth Measurement using Kinematic GPS on Karasawa Cirque, Japanese Northern Alps

佐々木 明彦^{1*}, 榎 拓登², 鈴木啓助¹
SASAKI, Akihiko^{1*}, MAKI Takuto², SUZUKI Keisuke¹

¹ 信州大学山岳科学総合研究所, ² 信州大学理学部物質循環学科
¹IMS, Shinshu University, ²Dept. Environ. Sci., Shinshu University

In the mountainous area, snow depth is known to increase so as to become of high altitudes. However, the snow depth distribution are hardly measured in the high mountain. It is significant to clarify the snow depth distribution based on actual measurement of snow depth in order to calculate the water equivalent of snow in its hydrographic basin. The measurement using GPS is attracted to attentions because the method of the GPS measurement is simple and high resolution. Especially, the Kinematic GPS measurement using two GPS receivers make possible to the measurement a wide area in a short time. We aim to measure the snow depth based on the Kinematic GPS measurement in Karasawa Cirque where is one of the biggest cirque in Japan.

キーワード: 全地球測位システム, キネマティック測位, 積雪深, 涸沢圏谷
Keywords: GPS, Kinematic measurement, Snow depth, Karasawa Cirque

中央アルプス木曾駒ヶ岳における気温とハイマツ年枝長との対応関係 A relationship between air temperature and shoot elongation of alpine dwarf pine at Mt. Kisokomagatake

浜田 崇^{1*}, 尾関雅章¹, 飯島慈裕²

HAMADA, Takashi^{1*}, Masaaki Ozeki¹, Yoshihiro Iijima²

¹ 長野県環境保全研究所, ² 海洋研究開発機構

¹Nagano Environmental Conservation Research Institute, ²JAMSTEC

日本の山岳地では長期間にわたる気象データはほとんど存在しない。しかし、さまざまな観測データや代替データを結合することで、過去から現在における気候を復元することが可能となる。

本研究では、中央アルプス木曾駒ヶ岳において得られたハイマツの年枝の年々の長さと同年の7月の平均気温との対応関係を、1980年から2009年までの期間において調べた。その結果、両者には正の相関 ($r=0.5$) がみられた。このことから、ハイマツの年枝長の計測により、夏季の気温をある程度復元できる可能性が示唆された。今後は、年輪等の他の代替データによる山岳地における気候の復元の検討を行いたい。

キーワード: 山岳地, 気温, ハイマツの年枝長

Keywords: mountainous area, air temperature, shoot elongation of alpine dwarf pine

中央アルプスにおける写真撮影を活用した高山植生モニタリング Alpine vegetation monitoring using digital photography in the Kisokomagatake, central Japan

下野 綾子^{1*}, 小熊 宏之²

SHIMONO, Ayako^{1*}, OGUMA, Hiroyuki²

¹ 筑波大学遺伝子実験センター, ² 国立環境研究所環境計測研究センター

¹Gene Research Center, University of Tsukuba, ²National Institute for Environmental Studies

The arctic and alpine floras are regarded as highly sensitive to the impacts of climate change. The climate changes will become increasingly pronounced over the next one hundred year. Therefore, we should accelerate our effort to assess and monitor trends in conditions of alpine vegetation to obtain early-warning signals of environmental change. However, most alpine regions are poorly monitored in Japan due to the harsh climate and difficult access.

We started the vegetation investigation at Mt. Koma and Mt. Sannosawa in central Japan. We also developed an automated green vegetation cover extraction methods using digital photography to simplify and accurately quantify the investigation. This study reported vegetation changes between 2008 and 2011.

We set 4 permanent quadrats of 1 m² at 14 sites on 6 regions and divided the each quadrat into 100 small grids (0.1 m²). All vascular plant species were recorded each grids. Percentage of green vegetation cover was calculated using digital photography of each quadrats as follows. The classification of green vegetation and background was achieved by determining a threshold in one-dimensional colour space, which is based on transform values ($G/(R + G + B)$) from RGB image. Soil surface temperature (at depth of 0.5-1 cm) was automatically recorded with data loggers at 1-h intervals to determine the timing of snowmelt.

Species richness per quadrats slightly increased during three years. Total number of emerged species in 100 small grids significantly increased. Vegetation cover also significantly increased in some quadrats. These results seem to be primarily caused by the recent warming in the region. Unusually high summer temperatures, which were 1.5 degrees higher than usual, have recorded in 2010. Vegetation cover of shrub species, such as *Pinus pumila*, increased in some quadrats. Because species richness tended to decrease at the quadrats that shrub species were dominant, species composition would be changed if these trends continue.

The results of this study suggest that changes in the vegetation cover will precede detectable changes in number of species and composition. The vegetation cover can be obtained by digital photography, which is more effective, objective, and accurate than human conducted methods.

It should be considered that short-term studies are not enough to resolve the uncertainty of whether recorded signals are consistent trends towards serious changes in numbers of species and composition. We will continue the monitoring to reveal longer term vegetation changes.

キーワード: 植生モニタリング, 高山植物, 種多様性, 植被, デジタル写真

Keywords: vegetation monitoring, alpine plant, species richness, plant cover, digital photography

中部山岳地域における氷河遺存種 *Chou no Skesou* の遺伝的多様性の喪失 Marked loss of genetic diversity within glacial-relic populations of *Dryas octopetala* in the Japanese Alps

平尾章^{1*}, 渡邊幹男², 下野綾子³, Liu, Qi-Jing⁴, Li, Xuefeng⁵, 増沢武弘⁶, 大原雅⁷, 和田直也⁸

HIRAO, Akira^{1*}, WATANABE, Miki², SHIMONO, Ayako³, LIU, Qi-Jing⁴, LI, Xuefeng⁵, MASUZAWA, Takehiro⁶, OHARA, Masashi⁷, WADA, Naoya⁸

¹ 筑波大学・菅平高原実験センター, ² 愛知教育大・教育学部, ³ 筑波大学・遺伝子実験センター, ⁴ 北京林業大, ⁵ 中国科学院・応生研, ⁶ 静岡大学・理学部, ⁷ 北海道大学・環境科学院, ⁸ 富山大学・極東地域研究センター

¹Sugadaira Montane Research Center, University of Tsukuba, ²Faculty of Education, Aichi University of Education, ³Gene Research Center, University of Tsukuba, ⁴Department of Forest Sciences, Beijing Forestry University, ⁵Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, ⁶Faculty of Science, Shizuoka University, ⁷Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ⁸Center for Far Eastern Studies, University of Toyama

For arctic-alpine species with wide-ranging distributions throughout circum-arctic regions and southward into mid-latitude mountains, range shifts in response to climatic change were both latitudinal (especially in circum-arctic areas) and altitudinal (in mountain regions). Latitudinal range shifts occurred over large areas and involved long-distance dispersal, whereas altitudinal shifts were more localized. Therefore, the genetic consequence of these types of range shift can be predicted to differ. *Dryas octopetala* L., an arctic-alpine plant, is widely distributed from the Eurasian and American arctic tundra to temperate mountains in Europe, in North America, and in Asia south to Japan, which is one of the southernmost areas for the cold-adapted species. In this study, we compared the genetic structure of *D. octopetala* populations along latitudinal transects from the High Arctic to mid-latitude mountains in the Japanese Alps. Investigation of genetic variation within *D. octopetala* populations inhabiting the Japanese Alps provides an example of how cold-adapted organisms survived at the southernmost limits of the distribution, at least since Holocene warming.

We analyzed a total of 656 individuals across 14 populations (six in the Japanese Alps, one in Hokkaido, one in China, three in North America, two in North Europe, one in the High Arctic) using nine nuclear microsatellite loci. Population genetic structure was assessed by analyzing genetic diversity indices for each population, examining clustering among populations.

The clustering analysis among the populations revealed an isolated marginal group of populations in the Japanese archipelago. The populations in the Japanese Alps exhibited low genetic diversity within populations compared with those in high latitude regions. Loss of genetic diversity was especially pronounced in the Southern Japanese Alps. High level of genetic diversity was detected in two Alaskan populations, supporting the Beringia refugium hypothesis for arctic and alpine plants. No significance of isolation-by-distance in the populations demonstrated that genetic drift was a strong force shaping the genetic structure in the Japanese Alps. The resulting stochastic reduction of genetic diversity in the cold-adapted plants at the southernmost limit of the distribution may constrain their evolutionary potential, thereby inhibiting adaptation under climate change.

キーワード: 周北極植物, 遺伝的多様性, 遺伝構造, 氷河遺存種

Keywords: arctic-alpine plant, genetic diversity, genetic structure, glacial relic

ブナ成熟林における土壌圏有機物分解:ギャップモザイク構造を考慮して Effects of gap-mosaic structures on biodegradation of organic matter in soil ecosystems in old-growth forest

飯村 康夫^{1*}, 廣田 充², 井田 秀行³, 大塚 俊之¹
IIMURA, Yasuo^{1*}, HIROTA Mitsuru², IDA Hideyuki³, OHTSUKA Toshiyuki¹

¹ 岐阜大流圏センター, ² 筑波大生命環境, ³ 信州大教
¹Gifu University, ²University of Tsukuba, ³Shinshu University

Old-growth forests serve as a global carbon sink, but they are not protected by international treaties, because it is generally thought that ageing forests cease to accumulate carbon in live woody tissues (kira & shidei 1967; Odum 1969). Recently studies reported however, old-growth forests can continue to accumulate carbon, contrary to the longstanding view that they are carbon neutral (Luyssaert et al. 2008; Lewis et al. 2009). If this is true, most of carbon may move into non-living pools such as litter (leaf and woody detritus) and soil. In addition, Old-growth forests generally have higher spatial heterogeneous structures (gap-mosaic structures). These forests structural properties may be greatly contributed to the carbon cycling of old-growth forests. In this study, we therefore focused on determining the litter decomposition rates and chemical properties of soil organic matter (SOM) in three stages of forest standings plots of old-growth forest to clarify the relationship between spatial heterogeneous and organic matter decomposition in surface soil ecosystems.

We conducted this study on Kayanodaira Research Station, Shinshu University, Japan (a permanent plot of 1 ha was set on a research station in 2005). The study area has a seasonal cool-temperate climate. The dominant species are *Fagus crenate* Blume (300~500 age). From November 2010, three experimental plots (15 m²) were established by differences of vegetation conditions to gap, young, and mature sites. Litter decomposition rate was estimated by litterbag methods from November 2010 to October 2011. Characterization of SOM was performed by optical properties. All investigation was performed 5 replicate.

Litter mass remaining rate during 350 days decreased from gap (86.8) > young (82.1) > mature (81.6) at L layer and decreased from gap (94.6) > young (89.0) > mature (85.5) at FH layers. Degree of biodegradation of SOM estimated from aliphaticity (Alkyl C:O-alkyl C ratio) in gap site showed significantly lower values. These results strongly suggest that gap structure slow the microbial activities in soil ecosystems in old-growth forest.

森林生態系の光合成生産力の生理生態学的動態とそのリモートセンシング Ecophysiological dynamics of forest canopy photosynthesis and its optical observation

村岡 裕由^{1*}, 野田響², 永井信³, 本岡毅⁴, 斎藤琢¹, 奈佐原顕郎², 三枝信子⁵

MURAOKA, Hiroyuki^{1*}, Hibiki M. Noda², Shin Nagai³, Takeshi Motohka⁴, Taku M. Saitoh¹, Kenlo N. Nasahara², Nobuko Saigusa⁵

¹ 岐阜大学, ² 筑波大学, ³ 海洋研究開発機構, ⁴ 宇宙航空研究開発機構, ⁵ 国立環境研究所

¹Gifu University, ²University of Tsukuba, ³JAMSTEC, ⁴JAXA, ⁵NIES

Forest ecosystem has a crucial role in regulating the earth system as well as in supporting various ecosystem services such as primary production and biodiversity persistence. Understanding on the ecophysiological dynamics of forest canopy photosynthesis and ecosystem-scale carbon cycling is still an important theme of environmental science. In addition, the progress of satellite optical remote sensing provides us to observe the broad-scale ecosystem structure from days to years, and from plot to continental scales. In this study we aimed to reveal the functional role of leaf-level ecophysiology and forest leaf area distribution in forest canopy photosynthesis in a cool-temperate deciduous broadleaf forest at "Takayama" super-site, in central Japan. Simultaneously we made optical remote sensing of canopy structure in means of several vegetation indices (NDVI, EVI, GRVI, CI) to detect the phenological changes of canopy photosynthetic property. Our in-situ observation of leaf and canopy characteristics, which were analyzed by an ecosystem carbon cycling model, revealed that their phenological changes and summer micro-meteorology are responsible for seasonal and inter-annual variations in canopy photosynthesis. Significant correlations were found between the vegetation indices and canopy photosynthetic capacity, but the relationships changed throughout the seasons from spring to summer, and to autumn. Our next challenge goes to apply these findings to gain insights into detailed understanding on the carbon metabolism of forest ecosystem and also to assess the canopy photosynthesis at landscape - regional scales by satellite remote sensing.

キーワード: 森林生態系, 光合成, 生理生態学, リモートセンシング

Keywords: forest ecosystem, photosynthesis, ecophysiology, remote sensing

スギ人工林の炭素動態に与える林齢の影響

Carbon dynamics along a chronosequence of Japanese Cedar plantations in central Japan

大塚 俊之^{1*}, 八代裕一郎¹, 飯村康夫¹, 志津庸子¹, 王連君¹

OHTSUKA, Toshiyuki^{1*}, Yuichiro Yashiro¹, Yasuo Iimura¹, Yoko Shizu¹, Lian-Jun Wang¹

¹ 流域圏科学研究センター

¹River Basin Research Center

Managed, even-aged Japanese cedar plantations are now the most extensive managed forest ecosystem in Japan, comprising ~20% of the Japanese forested landscape. The age-dependent variability of ecosystem carbon dynamics was assessed by measuring biometric based net ecosystem production (NEP) of nine cedar plantations in Takayama, central Japan. The study sites ranged in age from 3-year-old after plantation to mature stands (105 years). Total net primary production (NPP) was low immediately after plantation, highest 36 years stand, and then gradually decreased with age. In contrast, soil respiration had no clear trend with age, although root biomass related to soil respiration. After harvesting, cedar plantations are typically a net source of carbon around 5 years, followed by peak in NEP in mid-aged forest (ca. 40 years). In maturing stands, NEP declines as a result of the age-related reduction of growth.

キーワード: 生態系純生産量, 純一次生産量, 土壌呼吸量, スギ人工林, バイオメトリック法, 高山サイト

Keywords: net ecosystem production, net primary production, soil respiration, cedar plantation, biometric, Takayama Forest

温暖化による生育期間延長を考慮した落葉広葉樹林における炭素収支 Carbon budget in a deciduous broad-leaved forest considering the expanded growing season length by global warming

齋藤 琢^{1*}, 永井信², 吉野純¹, 三枝信子³, 玉川一郎¹, 村岡裕由¹

SAITOH, Taku M.^{1*}, Shin Nagai², Jun Yoshino¹, Nobuko Saigusa³, Ichiro Tamagawa¹, Hiroyuki Muraoka¹

¹ 岐阜大学, ² 海洋研究開発機構, ³ 国立環境研究所

¹Gifu University, ²JAMSTEC, ³NIES

The growing season length of plants is one of the major interests in studying the current and future carbon cycles in terrestrial ecosystems, since it would directly affect the photosynthetic CO₂ uptake and respiratory CO₂ release in those ecosystems. In this study, we examined the possible effects of growing season length under current climate and in future climate on forest ecosystem CO₂ budget, by combining in-situ observation of canopy phenology and ecosystem carbon cycling model. First, by using daily canopy surface images and air temperature data at the Takayama deciduous broad-leaved forest site (TKY) from 2004 to 2009, we examined the dates of the beginning of leaf expansion, the beginning of autumn leaf color development, and the end of leaf-fall, and their relationships with air temperature. We found that (1) leaf expansion began when the accumulated effective air temperature from the first day of the year (based on a 5 deg C threshold) exceeded 140.0 +/- 13.5 deg C (average +/- standard deviation) during spring; (2) leaf color development began when the 5-day moving-average daily temperature fell below 10.8 +/- 1.3 deg C during autumn; and (3) the leaf-fall period, which was defined as the period between the beginning of autumn leaf color development and the end of leaf-fall, was 30.7 +/- 4.0 days. Second, we adapted these relationships between leaf phenology and air temperature to account for the seasonal variation of leaf area index (LAI) under future climatic conditions referring to the projection data of climatic conditions based on several scenarios from CMIP3 Multi-Climate Models. As a result, the growing season length was expected to expand in future climate than present. Finally, we introduced thus simulated phenology of LAI into NCAR/LSM model to examine its possible effects on canopy photosynthesis, ecosystem respiration and resulting net ecosystem CO₂ budget in the future climate. Our analysis could provide the importance of phenological field observation and the consideration of phenological impact for future climate studies.

キーワード: 炭素収支, 冷温帯, 落葉広葉樹林, 将来気候シナリオ, フェノロジー

Keywords: Carbon budget, Cool-temperate, Deciduous broad-leaved forest, Future climate scenarios, Phenology

中部山岳域におけるニホンツキノワグマの近年の遺伝的構造の変化 Recent changes in the genetic structure of the Asian black bear *Ursus t. japonicus* in the Japanese Alps region

早川 美波^{1*}, 林 秀剛², 岸元良輔³, 東城幸治⁴

HAYAKAWA, Minami^{1*}, HAYASHI, Hidetake², KISHIMOTO, Ryouyusuke³, TOJO, Koji⁴

¹ 信州大学理学部生物科学科, ² NPO 法人信州ツキノワグマ研究会, ³ 長野県環境保全研究所, ⁴ 信州大学山岳科学総合研究所

¹ Fac. Bio. Shinshu Univ., ² The Shinshu Bear Res. G., ³ Nagano Environ. Cons. Res. Inst., ⁴ Mountain Science, Shinshu Univ.

ツキノワグマ *Ursus thibetanus* は、南アジアおよび西アジア広域に生息する中型のクマで、7亜種に区分されている。日本には本州および四国にニホンツキノワグマ *U. t. japonicus* が生息している(九州では絶滅)。中部山岳域はツキノワグマの個体密度が高く、長野県のツキノワグマの推定生息数は、2001年に1913頭、2006年に2771頭、2011年に3624頭と増加している(長野県野生鳥獣対策室による調査)など、重要な生息地の1つと考えられる。

ツキノワグマは植物食傾向の強い雑食性だが、秋には冬眠に必要なエネルギーを得るため、1日あたり5500kcal(60kgの個体)の餌を摂取する必要がある。その大部分が、ブナ属木本類の堅果、いわゆるドングリである。そのため、ブナ類の凶作年には、餌を求めてツキノワグマの行動範囲が広がり、結果として人里に下りてくるクマが増え、大量出没、人的被害の一因となっている。長野県野生鳥獣保護管理計画では、有害駆除と狩猟を合わせた年間補殺数を通常約150頭を上限として制限しているが、ツキノワグマの大量出没年には150頭を大きく上回る個体が捕殺されている(例えば2006年には558頭、2010年には361頭のツキノワグマが捕殺されている)。

日本におけるツキノワグマの遺伝的構造については、Ishibashi & Saitoh (2004)をはじめ、現在まで様々な研究がされてきた。中でもOhnishi *et al.* (2009)では、日本全体のツキノワグマの遺伝的構造に関して報告されている。長野県内の地域個体群に関しては、木戸(2005)や前嶋(2006)による遺伝的研究もなされてきたが、Ohnishi *et al.* (2009)とは解析している領域が異なるため、比較することができない。また、Ohnishi *et al.* (2009)では、長野県内からのサンプル確保地域に偏りがあったために、遺伝的多様性が低く見積もられた可能性がある。このことから、本研究では、長野県広域のツキノワグマ約100個体を対象に、Ohnishi *et al.* (2009)で解析されたmtDNA制御領域約625-bpを解析し、長野県ツキノワグマ個体群の遺伝的構造を究明した。

本研究から、長野県ツキノワグマ個体群は、先行研究よりも比較的高い遺伝的多様性をもつことが示され、長野県北部で特に遺伝的多様性が高いことが示された。長野県の特定鳥獣保護管理計画において8区分される地域個体群のうち、「南アルプス」、「中央アルプス」、「北アルプス南部」では、静岡・山梨の個体と同じハプロタイプが、「長野北部」、「越後・三国」では、新潟・群馬・栃木の個体と同じハプロタイプが検出された。分子分散分析(AMOVA)では長野県北部、中部、南部それぞれの地域個体群間で遺伝子流動が起きていることが示された。特に「長野北部」、「越後・三国」では、共通のハプロタイプが多く検出されたことから、この2つの地域個体群は、遺伝的流動が認められるメタ個体群構造が維持されていると考えられる。一方で、長野県南部地域(「南アルプス」、「中央アルプス」、「北アルプス南部」と長野県北部地域(「長野県北部」、「越後・三国」)間では、東日本に広域に分布する祖先的な1つのハプロタイプを除くと、検出されたハプロタイプ組成が大きく異なることから、これらの地域間での遺伝的交流(すなわちツキノワグマの移動)は極めて少ないものと考えられる。長野県ツキノワグマ個体群の保護管理を行うにあたって、本研究の結果から、管理区分ごとの保護管理計画の検討や隣接県と協力した保護管理計画の提案が必要であると考えられた。

アブラムシによる共生アリへの化学擬態 Chemical mimicry of an aphid to mutualistic ants

遠藤 真太郎^{1*}, 市野隆雄²ENDO, Shintaro^{1*}, ITINO Takao²¹ 信州大院・総工・山岳, ² 信州大学・山岳総研¹Shinshu University, ²Shinshu University

アリとアブラムシは相利共生系の代表例として知られている。アブラムシはアリに甘露を提供し、アリはその見返りにアブラムシを天敵から保護する。しかし、アリは時に共生するアブラムシを捕食してしまうこともある。この相反する行動の至近要因を説明するために、Sakata (1996) は、「マーキング仮説」を提唱した。これは、アリは甘露を提供したアブラムシに目印をつけ、そのアリの巣仲間には目印のあまりついていない（甘露の少ない）アブラムシを選択的に捕食する、というものである。最近、Endo & Itino (in press) は、ヤノクチナガオアブラムシ *Stomaphis yanonis* とクロクサアリ *Lasius fuji* の共生系では、アリの巣仲間認識物質である体表炭化水素 (CHC) が、実際に目印物質として働いていることを明らかにした。

このようにアリは CHC による目印によってアブラムシを選択的に捕食している。このため、アブラムシはアリの捕食を回避するために大量の甘露を提供する必要があるが、過剰な甘露生産はアブラムシにとってコストとなる。このことから、アブラムシは、アリの捕食を回避するために甘露提供以外にも何らかの代替戦略を持つかも知れない。アリの社会寄生者の多くは、アリの巣仲間認識物質自ら作り出すことでアリを欺いて巣に入り込む「化学擬態」をしていることが知られている。同様に、アブラムシも化学擬態によってアリの捕食を回避しているかもしれない。

クロクサアリが CHC を目印物質として利用していることから、我々は、アブラムシがアリの捕食に対する対抗適応として、アリの CHC に化学擬態している、という仮説を立てた。本研究では、アリによるマーキングの影響を排除してアリとアブラムシの CHC を比較するため、アブラムシをアリ排除環境で飼育し、脱皮した個体から CHC を抽出して GC-MS で分析を行った。このアリ排除アブラムシの CHC を野生のアブラムシや随伴アリの CHC と比較した。その結果、アリ排除アブラムシ (成虫) の CHC は、野生アブラムシと同様にアリによく似ていることが明らかになった。

キーワード: アリ-アブラムシ相利共生, 化学擬態, 体表炭化水素 (CHC), クロクサアリ, ヤノクチナガオアブラムシ
 Keywords: ant-aphid mutualism, chemical mimicry, cuticular hydrocarbons (CHC), *Lasius fuji*, *Stomaphis yanonis*

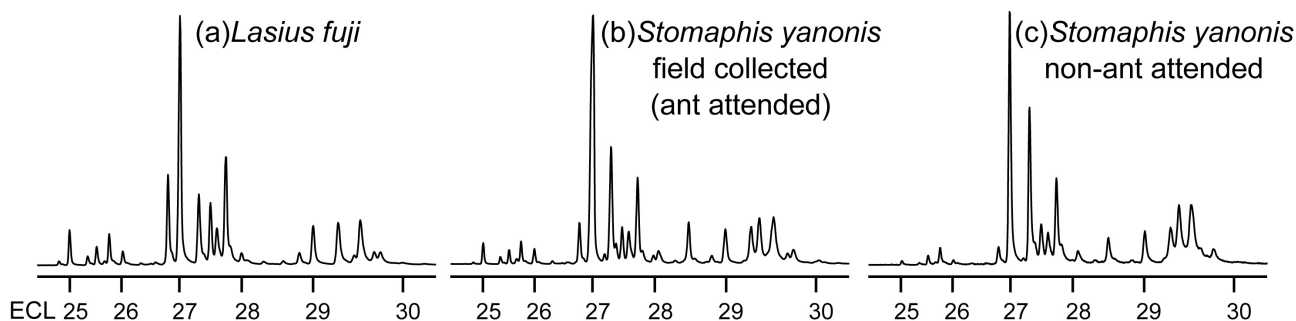


Figure Cuticular hydrocarbon profiles of (a) the ant *Lasius fuji*, (b) the aphid *Stomaphis yanonis* (field collected), and (c) *S. yanonis* (non-ant attended).

標高経度に沿ったヤマホタルブクロの花サイズ変異と標高上下間の遺伝子流動 Flower size variation along altitude and gene flow of *Campanula punctata*

長野 祐介^{1*}, 市野隆雄²

NAGANO, Yusuke^{1*}, ITINO Takao²

¹ 信州大学工学系研究科, ² 信州大学山岳科学総合研究所

¹Division of Science and Technology, Shinshu University, ²Institute of Mountain Science, Shinshu University

Abiotic environmental changes along altitude influence plant distribution and character variation. In some plants, altitudinal decrease of plant size is known as a genetic structural change in response to climatic change. Flower size variation may also be influenced by these abiotic factors. On the other hand, geographic variations of flower size have often been reported to reflect selection pressure by regional pollinator fauna. This suggests that flower size may change altitudinally in response to the size of pollinators.

Campanula punctata var. *hondoensis* is distributed over a broad altitudinal range, and their pollinator composition is known to be different along altitude. Thus, the selection pressure by pollinators may differ among altitudes.

Here, we investigate the pollinator fauna, flower size variation and gene flow along altitudinal gradient and found that 1. the composition of *Bombus* pollinators changes along altitude, 2. the flowers are basically smaller in higher altitudes while plant height or the number of flowers per plant does not change along altitude, 3. the flower size along altitudinal gradient correlates closely with pollinator size, 4. microsatellite analyses suggest no genetic differentiation along altitude.

These results suggest that flower size variation along altitude is influenced by the pollinators' selection pressure, and is maintained even in the presence of gene flow.

キーワード: 花サイズ, 送粉者, 遺伝子流動, 標高, 自然選択

Keywords: flower size, pollinator, gene flow, altitude, natural selection

山岳昆虫・スカシシリアゲモドキの形態的多型獲得における複雑な進化史 (昆虫綱:シリアゲムシ目, シリアゲモドキ科)

The complex evolutionary history of the acquisition of morphological polymorphism in *Panorpes paradoxus*

鈴木 智也^{1*}, 鈴木 信夫², 町田 龍一郎³, 東城 幸治⁴

SUZUKI, Tomoya^{1*}, SUZUKI, Nobuo², MACHIDA, Ryuichiro³, TOJO, Koji⁴

¹ 信州大学大学院総合工学系研究科, ² 日本女子体育大学体育学部, ³ 筑波大学菅平高原実験センター, ⁴ 信州大学山岳科学総合研究所

¹Sci. Technol., Shinshu Univ., Jpn., ²Jpn. Women's Coll. Phys. Educ., Jpn., ³Sugadaira MRC, Univ. of Tsukuba, Jpn., ⁴Mountain Science, Shinshu Univ., Jpn.

山岳域広域に生息するシリアゲムシ目の昆虫、スカシシリアゲモドキ *Panorpes paradoxus* (シリアゲモドキ科) は、体色やメスの翅の模様にたいへん多様なパターンがあることが知られている。さらに、日本の中部山岳域および東北(青森県)の個体群では、高標高域においてメスの翅が短くなる「短翅型」の存在が知られている。

これらの「短翅型」は翅の長さが短いことに加えて、「長翅型」よりも(1)オスの触角が長いこと、(2)下付器 hypandrium 上縁の黒化した部分が丸みを帯びること、(3)メスの体色が濃い茶色であること(「長翅型」では黄色が一般的)、(4)メスの翅には斑紋があり、その斑紋パターンが「長翅型」とやや異なること(「長翅型」のメスでは斑紋が無いタイプも多く存在するが、「短翅型」では必ず斑紋がある)、(5)オスの翅にも若干の斑紋があること(「長翅型」のオスでは翅に斑紋があるのは非常に稀)など、翅形質以外にも多くの形態形質が異なることから、「短翅型」は高標高域に適応した別種である可能性も示唆されてきた(市田, 1990)。以上のことから、「長翅型」個体群-「短翅型」個体間には遺伝的な差異があるか否か、そして他の様々な形質を有する個体間においても遺伝的な差異があるか否かを確かめるため、遺伝子解析を行った。この結果、「長翅型」-「短翅型」がそれぞれ単系統群を構成することにはならなかった。また、体色や翅の模様パターンがよく似た個体同士が単系統を構成することもなかった。さらに、同地域の「長翅型」と「短翅型」がそれぞれ別々に単系統を構成することはあるものの、同地域の「長翅型」と「短翅型」が単系統を構成することはなかった。

以上のように、スカシシリアゲモドキに認められる形態多型は複雑な進化史をもつことが明らかとなった。本種においては翅長に多型が認められるが、シリアゲムシ目全般には「長翅型」が一般的であるため、本種における「短翅型」が派生的形質であると推察されるが、これらのタイプが系統進化において多系統的に分化していること、また同時に、「短翅型」においては「長翅型」よりも体色が濃く、翅斑が多い傾向がみられること、これら派生的タイプは高標高域において認められることから、寒さや強風、強い紫外線などに対して適応的な種内「ecomorph」と言えるかも知れない。