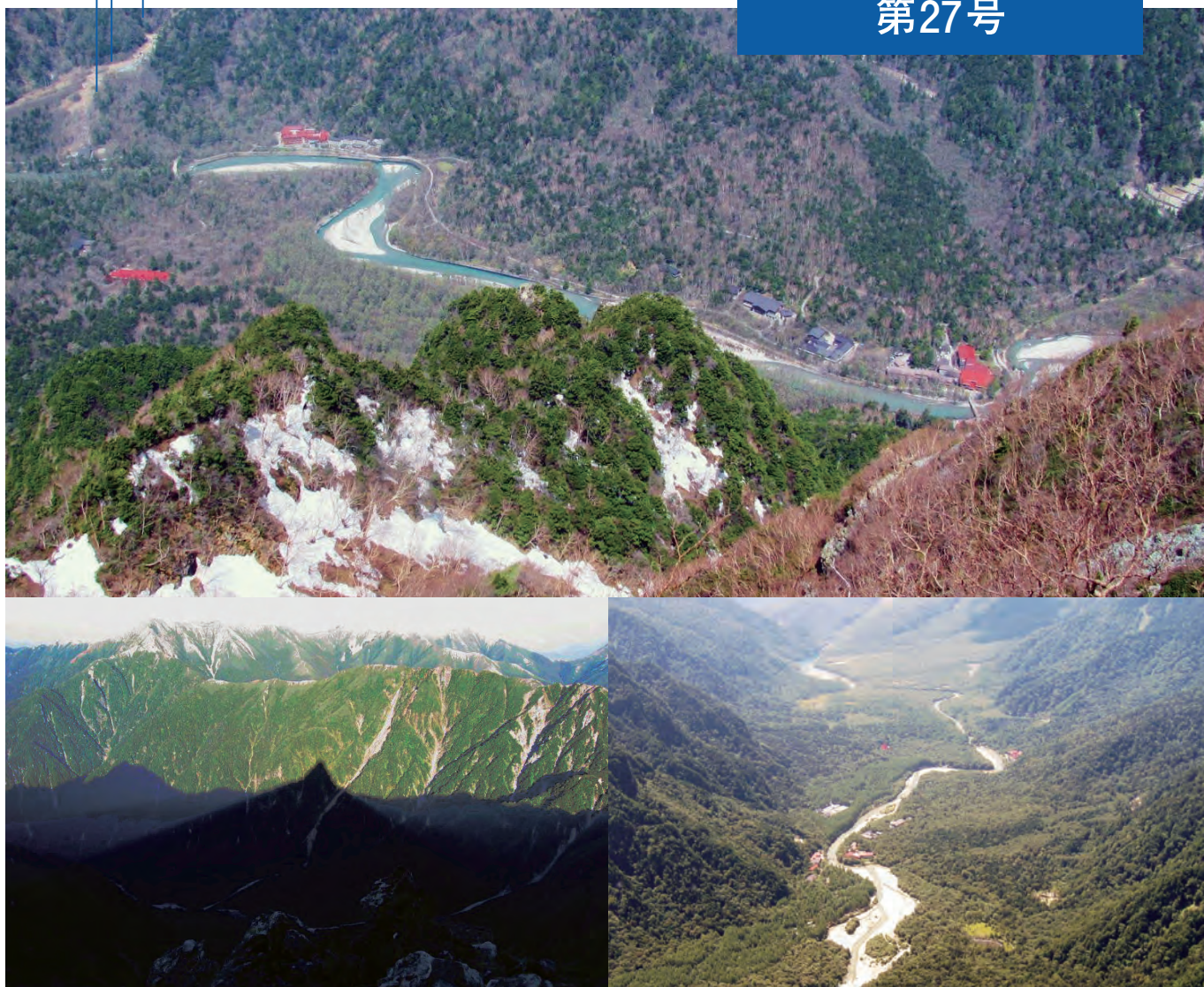


山岳科学総合研究所 ニュースレター

2011年 6月
第27号



Contents

中部山岳域に分布するシワクシケアリの隠れた遺伝的多様性

山岳科学総合研究所特別研究員 上田昇平・・・2

偽高山帯の成因を探る

山岳科学総合研究所特別研究員 佐々木明彦・・・4

ワカサギ仔魚の成長に及ぼす水温上昇の影響

山岳科学総合研究所特別研究員 永田貴丸・・・6

広報・コラム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7～8

山岳科学総合研究所友の会設立総会の報告

信州大学連続防災講演会—地域と共に考える防災—のお知らせ

表紙の写真：クラシックルート登山

山岳科学総合研究所友の会運営委員長 小林久雄

中部山岳域に分布するシワクシケアリの隠れた遺伝的多様性

山岳科学総合研究所特別研究員

上 田 昇 平



日本においてシワクシケアリ *Myrmica kotokui* は普通種であり（図1）、北海道から屋久島まで広く分布しています。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ので、北海道（サハリン、朝鮮半島）では平地にみられますが、南下するにしたがって標高の高い場所でみられる傾向があります¹⁾。たとえば、中部山岳域の乗鞍岳ではシワクシケアリの垂直分布が調べられていて、700～2000 m の範囲に分布することがわかっています²⁾。これらのことから、日本などの低緯度地域に住むシワクシケアリは「山域ごと」に特化した複数の系統（形態的には単一種とされるが遺伝的には区別できる分類群）に分かれるのではないかと考えられていました。



図1 シワクシケアリの写真（撮影：小松貴）

この仮説を検証するために、我々の研究グループは長野県内の6山域36地点からシワクシケアリの採集を行い³⁾、ミトコンドリア（mt）DNAを用いた分子系統樹を作成しました（図2）。分子系統樹とは、現在生存している生物間でDNAの塩基配列を比較し、進化の情報を引き出した系譜図のことです。分子系統解析の結果、形態学的には1種と考えられてきたシワクシケアリには、遺伝的に異なる4つの系統（Mk-1～Mk-4、図2）が存在することが明らかになりました。しかし、これらの4系統の分布を調べてみると、それぞれの系統は「山域ごと」に特化しているのではなく「標高ごと」にすみ分けている傾向があることが明らかになりました（図3、4）。この結果は、「山域ごとの遺伝的分化」仮説を否定するものであり、進化生物学的にみて興味深いものです。系統間の遺伝的な分化は、中部山岳域において起

こったのでしょうか？ それとも、大陸や長野県外で分化した系統が中部山岳域に移住し、現在の分布になったのでしょうか？ もしシワクシケアリの種内系統が現在の分布域に至った歴史（生物地理の歴史）が明らかになれば、高標高域に特化した「高山種」が生み出された進化的な起源が明らかになるかも知れません。

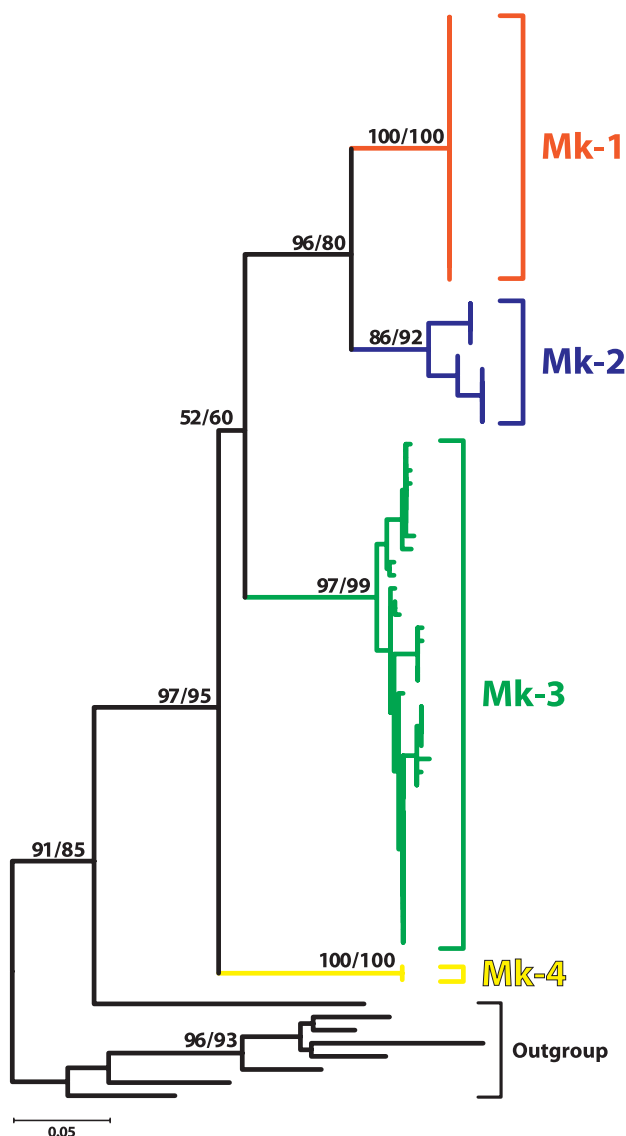


図2 ミトコンドリアDNAのチトクロームオキシダーゼI遺伝子の508塩基対から推定したシワクシケアリの分子系統樹。枝上の数字は節の支持率（最尤法／最節約法）を示す。

しかし、この分子系統樹は、単一の mtDNA 遺伝子を用いたものであり、そのデータ量も少なく、また、大陸や長野県外のサンプルも含まれていないので、それぞれのシワクシケアリ系統の由来を明らかにすることはできませんでした。さらに、mtDNA 遺伝子を用いた分子系統樹は、浸透交雑や不完全な系統ソーティングの影響によって、種の系統樹と一致しないことがあるという問題点もあります。

そこで、私は mtDNA だけでなく核 DNA を含む6遺伝子の塩基配列データから⁴⁾、シワクシケアリの詳細な分子系統解析をおこなう計画を立てています。核 DNA 遺伝子を用いた分子系統樹は、その DNA 量の少なさから解析が比較的難しいですが、より種の系統を反映することがわかっています。また、この方法を用いれば、種内レベルだけではなく、より詳細な集団間レベルの遺伝的変異を検出することができると予測しています。得られた分子系統樹から、中部山岳域という狭い地域内に複数の種内系統が標高ごとにすみ分けていること、および、より高山に分布する系統が遺伝的・生態的に独自性の高い集団であることを再検証します。そして、高標高域に特化した「高山種」が産み出された進化的な起源を明らかにすることを目標とします。この研究で得られた成果は、日本における高山生物の保全を推し進めていく上で貴重な情報を提供することが期待されます。

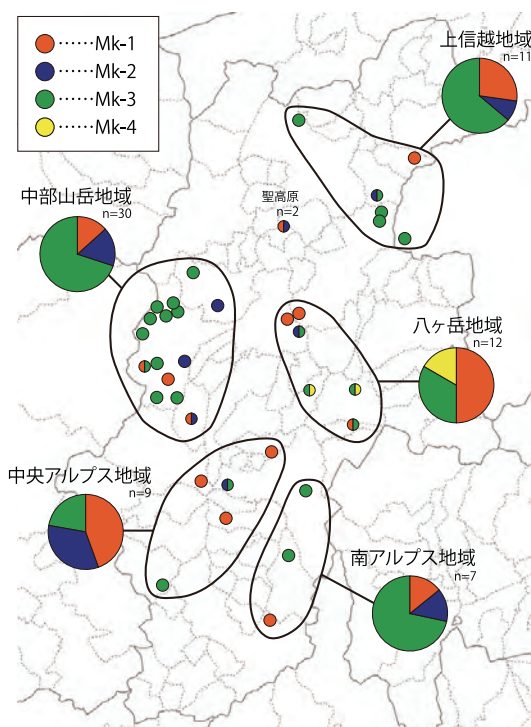


図3 長野県内におけるシワクシケアリの採集地点と種内系統の分布図。それぞれの系統を色で示し、2系統が存在していた地点は2色で示した。それぞれの山域におけるシワクシケアリ系統の頻度を円グラフで示した。

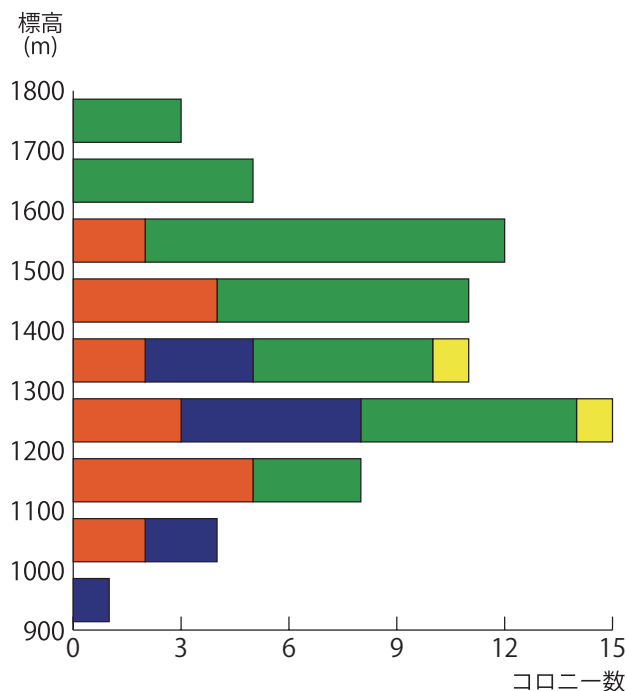


図4 シワクシケアリ系統の垂直分布。それぞれの系統の色は図3を参照されたい。

参考文献

- 1) アリ類データベース作成グループ (2008) 日本産アリ類画像データベース2008, <http://ant.edb.miyakyo-u.ac.jp/>
- 2) 梶井龍一 (2007) 乗鞍岳におけるアリ類の垂直分布および分布決定要因の推定, 信州大学大学院工学系研究科修士論文.
- 3) 野沢泰斗 (2009) 分子系統解析によるシワクシケアリの隠蔽種の確認, 信州大学理学部卒業論文.
- 4) Jansen et al. (2010) Phylogeny, divergence-time estimation, biogeography and social parasite-host relationships of the Holarctic ant genus *Myrmica* (Hymenoptera: Formicidae) Mol Phylogenet Evol 56: 294-304.

偽高山帯の成因を探る

山岳科学総合研究所特別研究員

佐々木 明彦



●“偽高山帯”とよばれる植生帯

写真1は三国山地の西部に位置する平標山（1984 m）の山地帯より上部の景観であり、標高1600 mの稜線上から撮影された。この山では、ちょうど標高1600 m付近がブナ・ミズナラ林からなる山地帯植生の分布上限に相当し、それより上部の斜面には本来ならば亜高山帯針葉樹林が成立しているはずである。しかし、その領域には亜高山帯針葉樹林をつくる主要樹種であるオオシラビソが小林分を形成しているにすぎず、その領域は亜高山帯針葉樹林に代わってササ原や広葉低木林、雪田草原に占められている。このような植生景観は「偽高山帯」とよばれている。



写真1 三国山地平標山の偽高山帯景観。稜線上の黒っぽい樹木がオオシラビソで、斜面の大部分を占める緑色の草原はササ原、黄緑色の草原は雪田草原、赤茶の低木林は広葉低木林である。

日本では、降水量の供給が十分に期待できるため、森林は基本的に気温状況に応じて分布し、山岳における森林は帯状に垂直分布する。たとえば、ブナ・ミズナラ林からなる山地帯の分布は、温量指数85～45℃・月となる領域とよく対応するとされる。そして、それ以高の領域は温量指数45～15℃・月に対応する亜高山帯となるのがふつうである（写真2）。しかし、本州の日本海側山地における本来の亜高山帯は基本的に偽高山帯となっている（写真3）。これはなぜなのだろうか？

●偽高山帯はなぜできたか

偽高山帯がなぜ成立したか、については1950年代以降さまざまな議論がなされてきた。偽高山帯の成因をはじ

めて論じた四手井（1956）は、オオシラビソ林が欠如あるいは破綻する山岳は積雪量が極めて多いため、その欠如の原因を積雪の強大な雪圧に求めた。このほか、強風や急峻な地形などの環境要因がオオシラビソの生育に阻害的に働くとして、それらを偽高山帯の成因の鍵とする様々な考察がなされてきた。

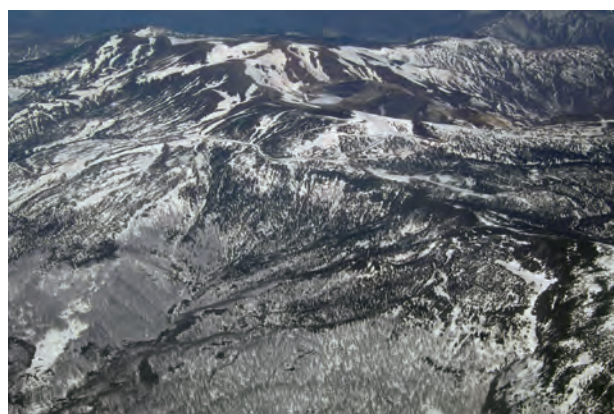


写真2 蔵王火山の亜高山帯と山地帯。山稜部にみえる黒い樹木がオオシラビソで、亜高山帯針葉樹林をつくる。その下方にみられる葉の落ちた樹木がブナで、山地帯である。亜高山帯と山地帯の境界の標高はよくそろっていることがわかる。

その後、花粉分析学的研究による完新世の植生変遷や気候変動が明らかになるにつれ、植物地理学的視点に古気候学的観点を加味した議論がなされるようになった。たとえば、完新世中頃の温暖期に気温の上昇にともなって植生帯が400 mほど上昇したため、東北日本の標高2000 mに満たない山岳ではオオシラビソ林が山地帯植生（ブナ・ミズナラ林）に追い出され、その後の気温の低下による植生帯の下降が生じて、いったん失われたオオシラビソ林は回復できなかった、という梶（1982）の“追い出し効果説”はたいへん画期的であった。しかし、中部日本や東北日本の亜高山帯におけるオオシラビソ林の急激な拡大が約4000年前以降に生じたことと、それ以前のオオシラビソは植生帯を形成せず小林分として存在していたにすぎなかったことが明らかとなり、梶（1982）の説は否定された（たとえば、守田、2000）。

偽高山帯の形成について現在もっとも受け入れられている考え方は、もともと存在したオオシラビソ林が衰退・破綻したために偽高山帯が形成されたのではなく、

オオシラビソ林がいま拡大途上にある山岳の亜高山帯が偽高山帯になっているというものである（守田，2000；杉田，2002）。



写真3 苗場山のオオシラビソ林と湿原。広い範囲にオオシラビソ林が分布する苗場山においても、山頂周辺には湿原が見られるなど、オオシラビソ林は拡大途上にあると考えられる。

●ふたたび平標山

平標山に限らず、偽高山帯の斜面は、氷期中に強力な周氷河作用を受けた。したがって、その時代の斜面には植物はほとんど生育していなかったと考えられる。そして、氷期が終わり、気温が上昇するとともに、現在の偽高山帯斜面には植物が定着しはじめたと考えられる。そこで、平標山において偽高山帯斜面を覆う土層の特徴とそれらの生成開始期について調査を行った。その結果、平標山の偽高山帯斜面ではおもに泥炭からなる泥炭質土層が生成しており（写真4）、その始まりは8000年前ころであることが明らかとなった（佐々木・荻谷，2000）。そしてそれらの土層に含まれる植物珪酸体を調べると、平標山の偽高山帯はササ原と雪田草原として少なくとも8000年前からその景観を維持してきたことが明



写真4 平標山の偽高山帯斜面を覆う土層。黒い土層は植物遺体が未分解のまま残る泥炭を主体とする泥炭質土層である。その下位にみられる褐色の土層や礫は氷期の斜面の構成物である。泥炭質土層中に見られる褐色・灰褐色の層は浅間火山・妙高火山起源の火山灰であり、これが土層の生成年代を決める手がかりとなる。

らかとなった（Kariya *et al.*, 2004）。したがって、平標山では何らかの要因でオオシラビソ林がいまだに拡大途上にあるということになる。

オオシラビソ林の林分構造とその周囲の草原でオオシラビソの実生分布を調べると、次のことが明確になった。1）オオシラビソ林の林冠木の樹齢は揃っていない、2）オオシラビソの実生や稚樹は林内の林冠木の根元には認められるが、林床がササの場合はほとんど認められない、3）林外のササ原や広葉低木林の林床にはオオシラビソの当年生実生がわずかに認められるが、それは翌年までは生存しない、4）雪田草原にはオオシラビソの実生は認められない。これらのことから、平標山のオオシラビソ小林分は、現在の林分を維持することはできているが、拡大することはできていないといえる。

林分が拡大するためには、林外への種子の飛散と発芽、実生の定着と生長が必要である。平標山のオオシラビソ小林分の場合、種子は林縁から林外には飛散し、実生も見られることから、少なくとも林分は拡大しようとしているようである。それにもかかわらず林分の現状維持が精一杯であるのは、実生の生長を阻害する何かが働いているためである。この実生の生長を阻害する要因をつきとめられれば、偽高山帯の成因の議論が可能となる。議論のはじめに戻って偽高山帯の成因が環境要因で説明されることになるのかもしれない。そうした観点から、実生の生存に関わる生理的側面と外的な要因を探るため、平標山や北アルプスなどに調査地を設定し、モニタリングを実施する予定である。

参考文献

- 1) 梶 幹男 (1982)：亜高山性針葉樹の生態地理学的研究—オオシラビソの分布パターンと温暖期気候の影響—。東京大学農学部演習林報告，72，31-120。
- 2) 佐々木明彦・荻谷愛彦 (2000)：三国山地平標山の亜高山帯に分布する泥炭質土層の生成開始期。季刊地理学，52，283-294。
- 3) 四手井綱英 (1956)：裏日本の亜高山帯の一部に針葉樹林の欠如する原因について。日本林学会誌，38，356-358。
- 4) 杉田久志 (2002)：偽高山帯の謎をさぐる—亜高山帯植生における背腹構造の成立史—。梶本卓也・大丸裕武・杉田久志編著『雪山の生態学 東北の山と森から』東海大学出版会，170-190。
- 5) 守田益宗 (2000)：最終氷期以降における亜高山帯植生の変遷—気候温暖期に森林帯は上昇したか？—。植生史研究，9，3-20。
- 6) Kariya, Y., Sugiyama, S., and Sasaki, A. (2004)：Changes in opal phytolith concentrations of Bambusoideae Morphotypes in Holocene peat soils from the pseudo-alpine zone on Mount Tairappyo, central Japan. *The Quaternary Research*, 43, 129-137。

ワカサギ仔魚の成長に及ぼす水温上昇の影響

山岳科学総合研究所特別研究員

永 田 貴 丸



【はじめに】

ほとんどの種の魚は、仔魚期に動物プランクトンを餌とする。そのため、仔魚の生存や成長率は、餌である動物プランクトンの密度と種構成によって左右される。

近年、温暖化の影響が注目され、温暖化に伴う水温上昇によって湖沼生態系にもどのような影響が出るのかが予測され始めた。その一つに、動物プランクトンの群集構造が水温上昇で変化すると報告されている。これは、動物プランクトンの成長や再生産速度が、水温変化に敏感に反応して変わるためである。

温暖化に伴う水温上昇は動物プランクトンの群集変動を介して、彼らを餌としている生物に影響を与えると予想される。本研究では、湖沼で一般的な動物プランクトン食性の生物であり、多くの湖沼で放流されているワカサギの仔魚に着目し、異なる水温で形成された動物プランクトン群集を餌とした場合、本仔魚の成長にどのような影響が出るのかを実験的に解析した。

【方 法】

実験は、50 Lタンクを12個用いて行った。タンク内にプランクトン群集を形成するため、各タンクに上水約40 Lと諏訪湖の湖心（水深約6 m）で採取した底泥約1.5 kgを入れた。底泥には、動物プランクトンの休眠卵が多く含まれており、本実験ではこの休眠卵から動物プランクトン群集を形成した。泥を加えてから5日後、タンクをそれぞれ6個のタンクから成る2処理に分け、水温を20℃と25℃に設定した。水温20℃は、諏訪湖深層の春～初夏の水温である。一方、25℃は、諏訪湖深層ではほとんど見られない水温であり、これを温暖化の影響水温とした。泥を加えてから21日後、ワカサギ仔魚（体長：10.06 ± 1.46 mm）を20℃と25℃の各水温処理3タンクに1個体ずつ入れ、それぞれの水温処理の残り3タンクをワカサギ仔魚の入っていないcontrolとした。そして、各タンクにおける動物プランクトンの密度及び種構成と、仔魚の成長を調べた。

【結果及び考察】

動物プランクトンの密度及び種構成は、20℃と25℃の水温処理間でほとんど差がみられなかった。しかしワカサギ仔魚は、20℃ではワムシ類を、25℃ではミジンコ類を捕食していた。一般的に、体サイズはワムシ類よりもミジンコ類の方が大きい（ワムシ類、100-300 μm；ミジンコ類、300-1000 μm）。このことから、ワカサギ仔魚は、水温が高い環境下ではより大きな餌生物を捕食するように餌の選択性を変化させることが示唆された。

実験最終日におけるワカサギ仔魚の全長を比較したところ、20℃に比べて25℃の処理で小さく、タンク投入時（開始時）からほとんど成長していなかった（図1）。なぜ25℃の水温下において、ワカサギ仔魚の成長速度が低下したかについてのメカニズムは明らかになっていないが、ワカサギは冷水性の魚種であるため、25℃の条件では呼吸や餌を探索するために使うエネルギー消費が高まり、その結果として成長率へ悪影響が出たと考えられる。

本研究の結果から、温暖化による水温上昇が湖沼生態系に及ぼす影響の一つとして、ワカサギ仔魚の成長が悪化する可能性が示された。本結果は食物連鎖を介した高次捕食者への影響を評価した知見であり、生態学的だけでなく水産業へも重要な情報となるだろう。

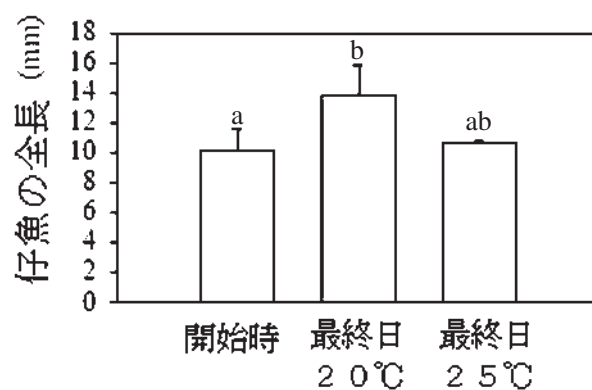


図1 実験開始時及び最終日における仔魚の全長。
同じ文字は、統計的に有意な差がない。

山岳科学総合研究所友の会設立総会の報告

5月28日に開催された山岳科学総合研究所友の会設立総会について報告します。

今年4月に規約のたたき台とともに、ニュースレターの送付の際やホームページ等で、友の会への入会をお願いしましたが、大変多くの皆様に入会頂き、ここに設立総会を開催することとなりました。設立総会前日の5月27日現在、正会員107名、家族会員10名、学生会員3名、賛助会員14件でした。当日の設立総会への参加は43名（他に委任状提出65名）でした。

総会では、山岳科学総合研究所の鈴木啓助所長の挨拶の後に、総会議長として奥原仁作会員が選出され、また、書記として横 拓登会員が選出され議事に入りました。



議題1. 友の会規約

規約第10条3項の「運営委員は、運営委員会を組織し、事業の企画、立案及び調整を図る。運営委員長は会長が兼務する。」を「運営委員は、運営委員会を組織し、事業の企画、立案及び調整を図る。運営委員長は運営委員の互選とする。」に改正しました。

議題2. 役員の選任

規約9条に基づき、会長、副会長、運営委員、監事が選出されました。なお、今回は設立総会のため、会員相互の事前打合せ等ができませんでしたので、総会出席者からの選出となりました。よって、規約上は10名程度となっている運営委員については今後補充していくこととなりました。また、運営委員の互選によって運営委員長も決まりました。

設立総会にて選出された役員は以下の通りです（敬称略、50音順）。

会 長：山口 孝
副 会 長：市川 荘一、三浦方也
運営委員長：小林久雄
運 営 委 員：栗澤 徹、奥原仁作、小林 実、小林三四八、
鈴木大地、宗亭正治、中村秋男、横 拓登
監 事：藤澤高穂、山田 直



また、規約第13条に規定されている顧問には、以下の方が推薦され会長から委嘱されます。

顧 問：青柳 薫、井口庸生、小林銀一、古原和美

議題3. 事業計画・収支予算

設立当初で、本総会にて役員が選任されたことから、事業計画・収支予算を提案し審議いただくことができないため、今年度については変則的であるが、事業計画・収支予算の立案については運営委員会に一任していただくこととなりました。そして、運営委員会で決まり次第、会報にて会員に知らせることになりました。

以上の議事終了後、山岳科学総合研究所特別研究員の佐々木明彦氏による「南アルプスのカール地形と花々」と題する記念講演がありました。南アルプスの地形や花々の写真を多く示しながら、地形と花との関係を変えてわかりやすく説明していただきました。会員の中には、メモを取りながら食い入るように聞き入る出席者も多く見られました。

その後の祝賀会では、初対面の会員も多くおられたことから、ひとりひとりが自己紹介をするなかで、和気あいあいとした雰囲気の中で親睦を深めました。また、友の会の今後の活動内容についても素晴らしいアイデアが次々と紹介されました。

友の会の今後が大変楽しみになるような設立総会と祝賀会でした。

なお、その後も入会者があり、6月10日現在では、正会員119名、家族会員15名、学生会員7名、賛助会員15件となりました。



信州大学連続防災講演会—地域と共に考える防災—のお知らせ

東日本大震災および長野県北部地震を契機に、長野県民の防災に対する意識が高まっている現状を考え、日頃から各分野の防災研究に取り組んでいる信州大学は、地元での防災研究の推進と防災に係る知識の普及に積極的に取り組むことにしました。その一環として、防災に関する連続講演会を信州大学のキャンパスが置かれている4地区で実施いたします。

参加費は無料、事前申込みも不要です。お気軽にお越しください。

なお、ご来場の際には公共交通機関をご利用ください。

主催：信州大学山岳科学総合研究所 共催：長野市・上田市・伊那市 後援：松本市

◆第1回 2011年6月25日(土) 14:00~17:00

会場：信州大学理学部1番教室（松本市旭3-1-1 信大西門バス停下車）

内容：角野由夫（信州大学理学部教授）「東北地方太平洋沖地震と長野県内の地震活動状況」

大塚 勉（信州大学全学教育機構教授）「生活の場、松本平の活断層と地盤」

北原 曜（信州大学農学部教授）「地震による土砂災害」

◆第2回 2011年7月30日(土) 14:00~17:00

会場：「ノルテながの」2階多目的ホール（JR「北長野駅」・長野電鉄「信濃吉田駅」下車）

内容：泉谷恭男（信州大学工学部教授）「過去の地震災害から学んで防災を考える」

廣内大助（信州大学教育学部准教授）「活断層地震防災を考える—長野県の活断層—」

村松久和（信州大学教育学部教授）「福島第一原発事故と放射線・放射能」

◆第3回 2011年9月3日(土) 14:00~17:00

会場：信州大学繊維学部講堂（上田市常田3-15-1 イオン上田ショッピングセンター前・昭栄前バス停下車）

内容：泉谷恭男（信州大学工学部教授）「過去の地震災害から学んで防災を考える」

三宅康幸（信州大学理学部教授）「地震で崩れる火山」

梅崎健夫（信州大学工学部准教授）「液状化のメカニズムと予測・対策」

◆第4回 2011年10月1日(土) 14:00~17:00

会場：伊那市役所本庁舎1階多目的ホール（伊那市新田3050 伊那市役所バス停下車）

内容：内川義行（信州大学農学部助教）「長野県北部地震・栄村における農地災害」

平松晋也（信州大学農学部教授）「地震や降雨による土砂災害からの回避策」

村松久和（信州大学教育学部教授）「福島第一原発事故と放射線・放射能」

表紙の写真：クラシックルート登山

数年前から「クラシックルート登山」を続けている。剣岳のハツ峰、槍ヶ岳の北鎌尾根、前穂高岳の北尾根などを踏破して、その後明神岳の東稜や主稜線、そして霞沢岳と登った。今年は念願の六白山を五月晴れの日に登ってみた。写真（上）は六白山より見下ろした上高地。左手前の赤い屋根が帝国ホテル、梓川の対岸に上高地温泉ホテル、右側の赤い屋根は白樺荘。わずかに河童橋も見える。山頂からの景色は素晴らしく、穂高岳の展望台にふさわしいが、中畠沢は夏場はガレ場で登るのは大変だ。今回は残雪もあり、比較的楽しく登れた。槍ヶ岳山頂で午後の陽ざしを背にして「槍の影」の写真（左下）は、北鎌尾根を登り終えて安曇野を眺めての一枚だ。体力の続く限り山頂に立ち素敵な感動を楽しみにクラシックルートをたどってみたいと思う。右下の写真は、六白山頂から梓川上流を、明神池を見渡しています。

（山岳科学総合研究所友の会 運営委員長 小林 久雄）

研究所 行事日誌（2011年4月～6月）

- 4月23日(土) 山岳科学総合研究所・市立大町山岳博物館 連携企画展「山岳を科学する2011—その最前線—」（～6月26日まで）
オープニングセレモニーと講演「雪が語る山の環境」（山岳科学総合研究所長・鈴木啓助）
- 5月5日(木) 同上 連携企画展 講演とミュージアムトーク1「北アルプス誕生の謎をさぐる」（山岳基礎科学部門・原山 智）
- 5月22日(日) 同上 連携企画展 講演とミュージアムトーク2「水生昆虫のすみわけとDNA」（山岳基礎科学部門・東城幸治）
- 5月28日(土) 山岳科学総合研究所友の会設立総会（本号7ページ参照）
- 6月18日(土) 公開講演会「雪崩を追って三十年」
「富士山の表層雪崩とスラッシュ雪崩」（法地学研究所代表・安間 莊）、
「黒部峡谷の大規模表層雪崩の実態」（富山大学名誉教授・川田邦夫）、
「日本アルプスの雪崩」（アルプス雪崩研究所所長・元信州大学教授・若林隆三）

- 6月25日(土) 信州大学連続防災講演会—地域と共に考える防災—
第1回（本号8ページ参照）
市立大町山岳博物館 連携企画展 講演とミュージアムトーク3
「登山と体力—インターバル速歩で登山力アップ—」
（高地医学スポーツ科学部門・能勢 博）

山岳科学総合研究所ニュースレター 第27号

発行日：2011年6月14日

発行責任者：鈴木啓助

編集・発行：信州大学山岳科学総合研究所 情報企画チーム

〒390-8621 長野県松本市旭3-1-1

TEL:0263-37-2342 FAX:0263-37-2438

E-mail: suims@shinshu-u.ac.jp



掲載されている内容全ての無断転載を禁じます。著作権は著者及び信州大学山岳科学総合研究所に帰属します。