

山岳科学総合研究所 ニュースレター

2010年 3月
第20号



Contents

「第7回上高地談話会」特集	2~7
高標高地点における気象観測の現状と今後の展望	山岳基礎科学部門 鈴木啓助
高山植物ミヤマキンバイのエコタイプ分化	山岳科学総合研究所特別研究員 平尾章
上高地の過去12000年間の植生変遷	山岳科学総合研究所特別研究員 河合小百合
上高地に5000年間存在した巨大せき止め湖 —それはどのように誕生し、そして消滅したか?—	山岳基礎科学部門 原山智
広報・コラム	8
2010年度「信州フィールド科学賞」募集のお知らせ 4月19日(月)開催：講演会「山岳地域におけるツーリズムと持続的生産活動の今後の展望」のお知らせ	
表紙の写真：白馬岳の稜線で咲くミヤマキンバイ	山岳科学総合研究所特別研究員 平尾章

高標高地点における気象観測の現状と今後の展望



山岳基礎科学部門
鈴木啓助

はじめに

山岳地域の生態系は、環境変動に対して敏感に反応すると言われている。これは、この生態系が温度条件や水文条件などの厳しい極限環境下で成立していることや、気温が高度とともに減少するため、温暖化などの影響がより狭い空間で発現することを意味している。わが国の気象官署のデータによると、年平均気温が1℃変化するためには、南北に118 km 移動しなければならない。しかし、気温遞減率を0.65℃ / 100 m とすれば、標高差では154 m あれば気温は1℃異なることから、水平的な変化に対して高度方向の変化がいかに急激であるかがわかる。また、わが国の山岳地域の生態系は積雪の影響を強く受けているし、山岳地域の積雪は水資源（天然のダム）として重要な役割を果たしている。そのため、山岳地域の積雪の多寡が、地球温暖化によっていかなる影響をうけるのかも重要な問題である。

しかしながら、気象庁による山岳地域での観測として象徴的であった富士山測候所が、2004年8月を最後に無人化され、それ以降は、気温・湿度・気圧・日照時間（夏期）のみの観測となった。他の有線ロボット気象計（アメダス）の設置地点としては、標高1350 m の野辺山が最高所である。しかしながら野辺山では、積雪深の観測が無く、積雪深も含めた有線ロボット気象計としては、日光の1292 m が最高所で、次いで菅平の1253 m である。

山岳地域での気象観測の新たな取り組み

地球規模での温暖化現象が、中部山岳地域という地域空間スケールでの環境変動に及ぼす影響を評価する上で、高標高地点での気象観測データの欠如は、山岳地域の生態系や水資源に対する温暖化の影響などを評価する上で、極めて深刻な事態であると言わざるをえない。

そこで、山岳科学総合研究所では、中部山岳地域における気象観測網を整備してきた。これまでに観測を開始している地点は、図1に示す10カ所である。上高地、志賀高原および乗鞍ステーションでは固定電話回線を利用し、槍ヶ岳、西穂、燕、乗鞍・富士見、千畳敷では携帯電話網のデータ通信を用いて、定期的に観測データを信州大学松本キャンパスに送るシステムになっている。

観測地点の最高所は、槍の肩の3125 m であるが、同所での2009年10月の落雷により、機器が損傷し修理交換待ちの状態である。それ以外の地点では、順調に計測

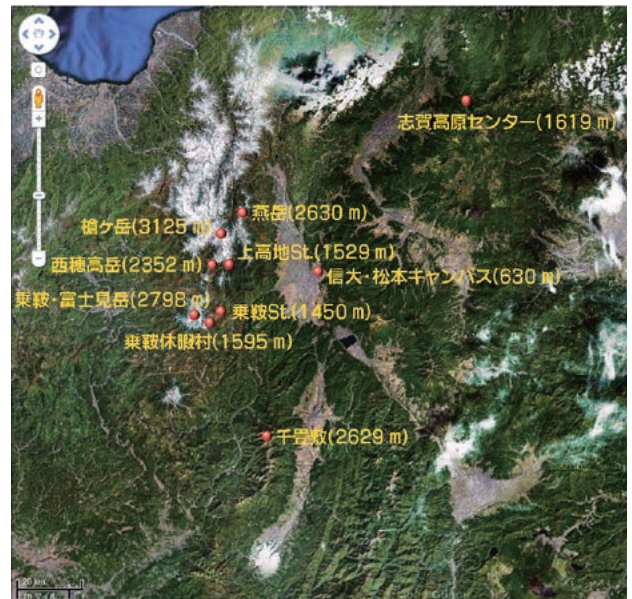


図1. 山岳科学総合研究所による気象観測網
(基図には Google Earth を使用)

が行われ、データ通信も行われている。観測結果は山岳科学総合研究所のホームページでも公開している。

極限環境下にある高標高地点は、気象観測においても様々な課題を突きつける。落雷が多いこともひとつであるが、最もやっかいなのが着氷である。乗鞍・富士見岳では、筆者の研究室で2003年10月から観測を開始したが、冬季の風の観測には手を焼いている。風向風速計の先端は飛行機のプロペラのような形状をしており、プロペラの回転で風速を、プロペラの向きで風向を計測する。風見鶏のように風向によって自由に向きが変わり、60 m / s ぐらいまでの風速に耐えられるようになっている。しかし、着氷し向きを変えることができない時に強い横風を受けると、風向風速計そのものが吹き飛ばされてしまう。飛行機が横風に弱いのも同様である。固定電話回線のある3地点と松本以外は、太陽電池とバッテリーでの駆動であるが、観測を始めた頃は、冬季の低温と日射量不足による電圧低下も問題となった。いろいろな課題を克服しながら、高標高地点における気象観測を継続していくつもりである。

すぐには論文発表などの成果に結びつかない地道な観測研究が敬遠される傾向はますます強くなっているが、現場で得られたデータなしに、信頼できる将来予測などできるはずがないことを決して忘れてはいけない。

高山植物ミヤマキンバイのエコタイプ分化



山岳科学総合研究所特別研究員
平尾 章

エコタイプ（生態型）とは、同じ種に属しながら、異なる環境に適応して遺伝的に分化したもののことです。高山植物のミヤマキンバイは、高山帯の岩場から残雪周辺のお花畑までの様々な場所で、小ぶりの黄色い花を咲かせますが、下野嘉子さんらの研究によって、風衝地型と雪田型の2つのエコタイプに遺伝的に分化していることが明らかになりました¹⁾²⁾。

風衝地とは、雪がほとんど積もらず、強い風に晒される稜線沿いの場所を指します（図1）。冬季には土壤が凍結し、夏季には乾燥にさらされる厳しい立地環境です（図2）。一方、雪田とは雪の吹きだまりによって遅くまで雪渓が残る場所です（図3）。雪田では積雪による保温効果のために厳冬期でも土壤は凍結しないので、植物は暖かく冬を越すことができます（図4）。しかしながら雪が解けるまでは植物は活動することができないので、生育可能な期間が短いという制約があります。

このような対照的な立地環境に応じて、ミヤマキンバイの風衝地型は背丈が低く、葉は厚く小ぶりになります。これは強風や乾燥に適応した形態と考えられます。一方、雪田型は草丈が高く、葉は薄く大ぶりで、短い生育期間の中で効率よく光合成を行うことのできる性質を持っていると考えられます。このような形態の特徴は、野外だけではなく同一環境で育てた栽培株でも認められるので、遺伝的に分化した性質だと言えます。

ミヤマキンバイは日本列島の本州中部から東北、北海道の高山帯に分布していますが、風衝地型は分布範囲の全域で見られるのに対して、雪田型は北海道と本州中部の日本海側だけに分布しています。不思議なことに東北地方では、日本海側に豊富な残雪と雪田植生があるにも関わらず、雪田にミヤマキンバイは分布しません。それでは、ミヤマキンバイのエコタイプ分化はどのようにして生じたのでしょうか？



図1 風衝地のミヤマキンバイ（槍ヶ岳・山頂部）



図3 雪田型のミヤマキンバイ（乗鞍岳）

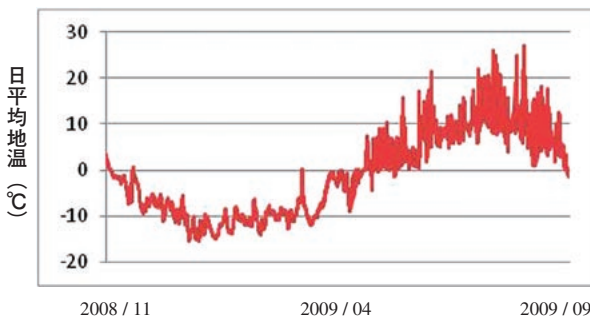


図2 風衝地（槍ヶ岳 3080 m）の地温の季節変化

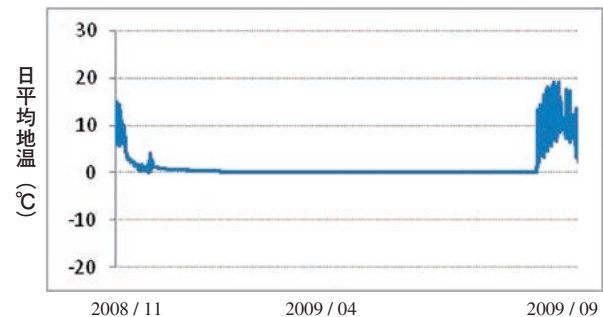


図4 雪田（槍沢 2220 m）の地温の季節変化

そこで日本列島の各山岳地域の風衝地と雪田からミヤマキンバイの試料を集め、葉緑体 DNA に基づいた系統解析をおこないました。その結果、エコタイプの違いに関わらず、本州中部系統と北海道・東北系統の2大系統に大別できることが明らかになりました(図5)。これは本州中部系統と北海道・東北系統でエコタイプ分化が独立しておこったことを示しています。また風衝地で見つかったハプロタイプ(遺伝子型)は雪田のものに比べて多様であり、雪田で見つかったハプロタイプのほとんどのものは同じ山岳地域の隣接する風衝地でも認められました。これはエコタイプ分化の方向性が風衝地型から雪田型だったことを示唆しています。日本に分布する多くの高山植物種においても、本州中部系統と北海道・東北系統の2大系統が共通のパターンとして認められています。さまざまな分類群に共通する系統パターンを説明する仮説として、氷期・間氷期の気候変動を通して本州中部系統が北海道・東北系統よりも先に日本列島に侵入したであろうこと(時間差侵入仮説)、本州中部山岳地域が高山植物のレフュージア(避難所)として機能したことが議論されています³⁾。時間差侵入仮説をミヤマキンバイにも当てはめるならば、本州中部系統が北海道・東北系統よりも先に日本列島に侵入し、その後2つの系統で独立して風衝地型から雪田型へエコタイプが分化したということになるでしょう。ミヤマキンバイの核DNAを対象とした AFLP 解析によっても本州中部系統と北海道・東北系統の2大系統は支持されており、2大系統内の複数の山岳地域においてもエコタイプ分化が複数回にわたって生じている可能性が提示されています。

日本の高山帯の特徴の一つは、さまざまな種類の立地環境がモザイク状に組合わされ、多彩な景観が生じていることです。立地環境の違いは、風衝地と雪田、岩場と砂礫地、お花畑とハイマツ群落などのように景観レベルでの多様性に直接的に関わるだけでなく、遺伝子レベルにおける多様性にも影響を与えることが今回の研究によって明らかになりました。もしこのようなエコタイプ間の遺伝的分化の程度が進んで、互いに交配することができなくなれば、種レベルにおける多様化を生み出す原動力となります。

上高地・槍・穂高地域では、氷河の作用によって、主稜線の切り立ったナイフリッジが顕著で、涸沢や天狗原にはカールが、槍沢や横尾谷にはU字谷が形成されています。そして主稜線には風衝地型のミヤマキンバイが、カールやU字谷の残雪跡地には雪田型のミヤマキンバイが分布しています。雪田型の分布が確認されている槍沢や天狗原は、かつて氷河で覆われていたため最終氷期には植物は生育できなかったと考えられます。最終氷期以降の気候変動に応じてエコタイプが分化したのかもしれませんが。また最終氷期寒冷期には、対馬暖流は日本海に流入していなかったと考えられており、その結果、積雪量は現在の半分にも達しなかったと推定されています。雪田環境は地史的には不安定な立地環境だったのかもしれませんが。このような地史的な背景とミヤマキンバイが辿ってきた進化的な歴史を明らかにすることが今後の研究の課題です。

参考文献

- 1) 下野綾子・下野嘉子. 2009. 高山における埋土種子状態と発芽戦略. 攪乱と遷移の自然史(重定南奈子・露崎史朗編)、pp.183-201. 北海道大学出版会
- 2) Shimono Y, Watanabe M, Hirao AS, Wada N, Kudo G. (2009) Morphological and genetic variations of *Potentilla matsumurae* (Rosaceae) between fellfield and snowbed populations. *American Journal of Botany* 96 : 728-737
- 3) 藤井紀行・池田啓・瀬戸口浩彰. 2009. 遺伝子解析から見た高山植物の起源. 高山植物学(増沢武弘編)、pp.135-140. 共立出版

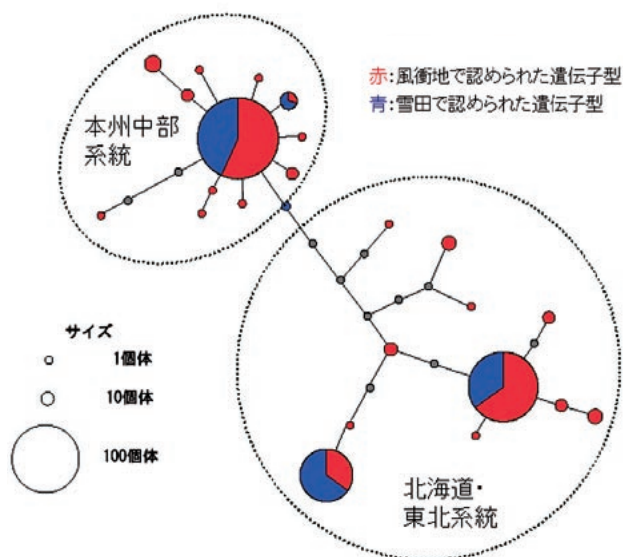
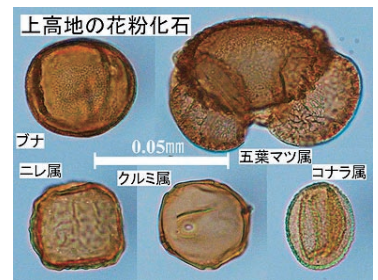


図5 葉緑体 DNA に基づいたミヤマキンバイのハプロタイプ(遺伝子型) ネットワーク。

上高地の過去 12000 年間の植生変遷

山岳科学総合研究所特別研究員
河合 小百合



今日の上高地といえば、広々とした梓川の川原に点在するさわやかな緑のケシヨウヤナギの群落、黄葉で輝く焼岳火山麓のカラマツ林。屹立する氷河地形の檜・穂高連峰の斜面を年中濃い緑で覆うコメツガやシラビソの針葉樹林。しかし過去には現在より遥かに寒い氷河時代や、現在より暖かい時代があった。しかも成長が進む焼岳火山群の岩礫が梓川になだれこんだため、せき止め湖に水没した時代もあった。そのような大昔、上高地の植生はどうなっていたのだろうか。

2008 年度に大正池で深さ 300 m まで掘削された学術ボーリングの花粉分析から、過去 12000 年間の上高地の植生の移り変わりが明らかになりつつある (図 1)。

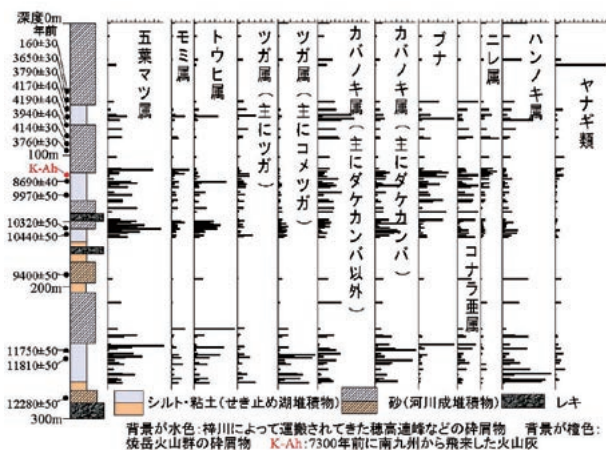


図 1 上高地下大正池 300 m ボーリングの主な樹木花粉化石の産出比率。

それによると約 12000 年前の上高地はせき止め湖で、湖のまわりには氷河時代の名残である土壌の未発達なガレ場が多く、植生は貧弱で岩陰などに草本群落が点在する程度であった (図 2)。このような、現在の上高地地域では標高 2600 m 以上の高山に行かないとみられない植生が、その頃は標高 1500 m に満たない地域にまで広がっていたのである。

しかしその後の急速な気候温暖化とともに、カバノキ属やハンノキ属などの低木が生えるようになり、やがて本格的に森林化して、約 11000 年前にはコメツガやトウヒ属やモミ属の多い亜高山帯針葉樹林となった。

約 10000 年前にはさらに気候が温暖化し、氷河時代には下がっていた海水準が上昇して対馬暖流が本格的に日本海に流入するようになったために降雪量が増加したことと相まって、湖のまわりにブナやミズナラ (コナラ亜属に含まれる) やツガの多い山地帯林が完成した (図 3)。

今日では、中部山岳地域で山地帯林が最も繁栄している標高は 1200 m 前後であるので、標高 1500 m の上高地は山地帯植物には少々寒いかもしれない。しかし 7000 年前頃の気候は現在よりわずかに温暖であったので、その前後の期間の上高地が山地帯林に最適な気候であったことは十二分に考えられる。また、上流から流れ込んで湖を埋め立てていく細粒な土砂は、湖の水位が低下して干上がるにつれて次第に肥沃な土壌となり、山地帯林を涵養したことだろう。

山地帯林は約 4000 年前になっても存在していた。約 4000 年前から近世の間は、残念ながら不整合のためボーリング試料が欠けている。そして約 160 年前の時点では、せき止め湖は完全に消滅して川原となり、植生は現在と大差のない、ヤナギ類の多い河辺林とシラカンバの多い火山植生になっている。

ブナ等の多い山地帯林はいつ、なぜ激減したのだろうか。気候が約 5000 年前以降、わずかながら涼しくなったためであろうか。肥沃な土壌が土砂崩れや洪水や焼岳噴火などの事件で失われたためであろうか。それとも江戸時代に筑摩藩によって伐採されたためであろうか。謎は深い。



図 2 約 12000 年前の上高地の想像図。手前はせき止め湖、後方の雪山は穂高連峰。植生はきわめて貧弱。



図 3 約 7000 年前の上高地の想像図。ブナやミズナラの多い山地帯林が広がる。

上高地に 5000 年間存在した巨大せき止め湖 —それはどのように誕生し、そして消滅したか？—

山岳基礎科学部門
原 山 智



1. 不思議な谷、上高地

上高地は不思議な谷である。森林限界を超える岩峰—穂高連峰を望みながら、梓川の川べりをゆったりと散策ができる。こんな場所は国内にはないだろう。焼岳の噴火でせき止められた大正池でバスを降りて、田代池、河童橋、明神、徳沢と 9 km ほど梓川をさかのぼっても、わずか 60 m ほどしか標高はかせげない。実にゆったりとした流れなのだ (写真 1)。



写真 1 河童橋から望む残雪の穂高 (09 年 5 月撮影)

山岳地帯の谷にはめずらしい平らな地形は、焼岳のせき止めによってできたと多くの人が想像してきた。調べてみると、確かに高山市の郊外や平湯温泉の近くにはかつての河川の礫が残っていて、その昔梓川は岐阜県を経て富山湾に注いでいたことを示している。

2. 300 m 学術ボーリング

しかし上高地の地下にかつての“古梓川”があって、せき止めによって埋められてしまったことを確認した人はいない。平成 20 年 11 月末から翌年の 3 月末まで、信州大学山岳科学総合研究所は大正池の脇で 300 m の深さまでボーリングを行った (写真 2)。学術ボーリングの目的は、①“古梓川”の川原を見つけることと、②せき止め後にたまった地層を採取して埋め立ての状況や昔の気候や植物の記録を調べることにあった。

ボーリング調査の最深部、289 m から 300 m までの間には直径 50 cm を超える丸い礫や砂があることがわか

った。これは流れの速い川があったことを示している。間違いなく“古梓川”の川原に到達したと考えられる。



写真 2 厳冬期に行われた掘削作業 (09 年 2 月撮影)

3. 12000 年前に出現した巨大せき止め湖

これより浅い 289 m ~ 114.5 m の間には、粘土や細かな砂が縞模様を示す地層がひんぱんに出現した (写真 3)。



写真 3 深度 160 m 付近の縞状構造を示す湖成層

この地層は湖の湖底で静かに堆積したことを示している。樹木化石を ^{14}C 年代測定法で測ると、289 m 深で約 12000 年前という結果が、また 114.5 m 深では南九州から飛来した鬼界アカホヤ火山灰 (7300 年前) が見つかった。これらのデータは上高地で 5 千年間にわたって巨大なせき止め湖 (古上高地湖) が存在していたことを示している。またせき止めは焼岳火山群のうちのアカンダ

ナ火山（白谷山火山末期）の噴火により、現在の安房峠北東1キロの地点で生じたこともわかった。

せき止め直後の湖は、湖面の標高が1550 m前後、規模は長さ12 km × 幅2 kmで徳沢に達し、最深部で500 m、貯水量は30億立方メートル（黒部湖の約15倍）と推定される（図1）。



図1 5000年間にわたり存在した古上高地湖（河合小百合 原図）

コアの深度114.5 mには湖の地層を浸食した痕跡があり、その上に4千年前の砂礫が、50 m以浅では160年前の砂礫や火山の噴出物が見つかった。それぞれ、焼岳から流出した下堀沢溶岩によるせき止め作用があったこと、後者は大正池ができた当時の土砂や火山泥流であることを示している。ボーリングコアの採取深度と年代の関係を図2に示す。

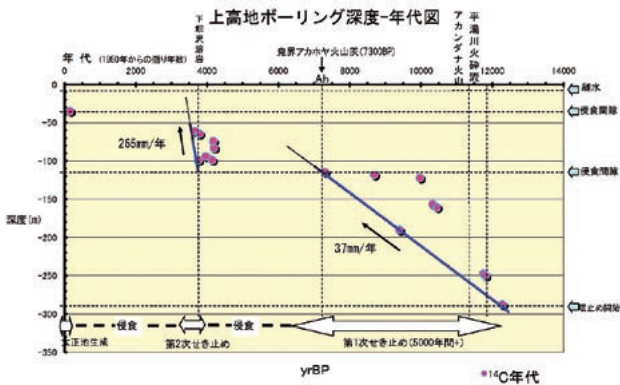


図2 掘削深度と堆積物の年代との関係

図2から第1次せき止め湖（1万2千-7千年前）では年間37 mmほど堆積作用が続いていたことが読み取れる。いっぽう4千年前の下堀沢溶岩によるせき止め後は、年間265 mmと急速な埋積作用（第2次せき止め）が進行したことを示している。

こうして上高地は3度にわたるせき止めの結果生じたこと、特に第1次せき止め湖を埋積した作用が現在の上高地の原形をつくったことが明らかになったのである。

4. 巨大せき止め湖はなぜ消滅したか？

第1次せき止めによる堆積物は、114.5 m深より上の部分が浸食作用で剝され、第2次せき止め（約4千年前）による堆積物により被われている。この記録のない期間（7-4千年前）には何が生じていたのだろうか？以下にお話しするのは、今まさに取り組んでいる“古上高地湖決壊”仮説である。

かつての神通川水系と犀川水系の分水界は、霧沢岳から釜トンネルの南を通り、安房山に達する稜線に位置していた（図1）。この分水界のうち最も低い鞍部（標高1550 m）をなしていたのが釜トンネルの南である。せき止め直後の古上高地湖の水位はこの高さには達しており（図3）、あふれた水流は鞍部を浸食していったが、湖のあった5千年間の下刻量は100 m程度である。しかし下堀沢溶岩が4千年前にせき止めをおこすまでの2~3千年間に、現在の河床に近い標高1300 mまで170 mの下刻が進んでいる。おそらく下刻作用を加速するイベントがあったのだ。最近の調査で6000年前に地震を引き起こしたことが判明した境峠断層は鞍部を通過しており、この断層の動きが古上高地湖を決壊させたのであろうとらんでいる。古上高地湖の消滅期に対応するだけでなく、梓川に沿って分布する段丘礫層中に、上高地起源の礫が供給され始めるのも7-4千年前の形成とされる低位面（丸田面）からであり、この時期に上高地からの堆積物が急増したことを示しているのである。しかし真相の究明はまだまだこれからいよう。

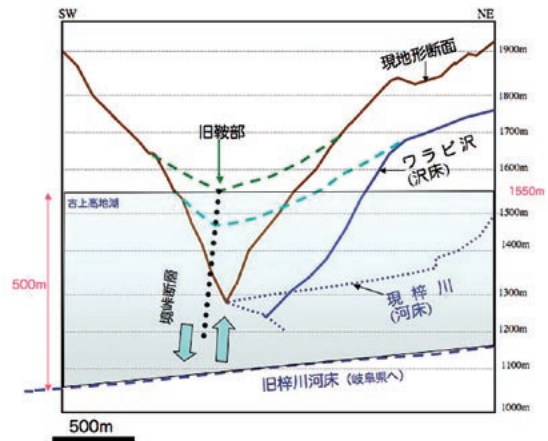


図3 かつての分水界に沿った地形投影断面（現梓川を下流から上流側へ透視）

2010年度「信州フィールド科学賞」の募集が始まります。(募集期間2010年4月1日～6月30日)

信州大学山岳科学総合研究所は、山岳科学研究のセンターとなることを目指して設立されました。山岳科学研究はフィールド・ワークが基本です。多くの若手研究者が「山」のフィールド・ワークに参画する契機となり、フィールド・ワークをやり遂げた達成感を味わうことが出来るようにとの願いを込め、さらには高校生・大学生の山岳地域における調査・研究を奨励することから、「信州フィールド科学賞」および「信州フィールド科学奨励賞」を創設しました。

募集対象

・「信州フィールド科学賞」

山岳地域におけるフィールド・ワークを基本として研究している若手研究者(2010年度末で35才以下)を対象とします。研究対象や分野は問いません。

・「信州フィールド科学奨励賞」

I種: 陸域の自然・文化を対象にフィールド・ワークを行っている高校生を対象とします。

II種: 「山」におけるフィールド・ワークに基づいてまとめられた大学の(過去3年間に提出された)卒業論文を対象とします。

なお、募集要項の詳細及び応募の書式は当研究所のホームページ(<http://ims.shinshu-u.ac.jp>)にありますのでご参照下さい。

4月19日(月)開催 講演会「山岳地域におけるツーリズムと持続的生産活動の今後の展望」のお知らせ

4月19日(月)15:00～16:30に信州大学松本キャンパス理学部C棟2階大会議室において、山岳科学総合研究所講演会「山岳地域におけるツーリズムと持続的生産活動の今後の展望」を開催いたします。オーストリア宮廷枢密顧問官のJoerg Heumader氏よりご講演いただきます。講演には逐次通訳があります。参加費無料、申し込みも不要です。どうぞお気軽にご参加ください。多くの皆様のお越しをお待ちしております!

表紙の写真: 白馬岳の稜線で咲くミヤマキンバイ

ミヤマキンバイ (*Potentilla matsumurae*) は本州中部から東北、北海道、千島列島、サハリンに分布するバラ科キンギムシロソウ属の多年草。稜線上の岩場や砂礫地、雪田の周辺などの幅広い立地環境に生育するが、異なる立地環境に適応して風衝地型と雪田型の2つのエコタイプ(生態型)に遺伝的分化していることが明らかになっている。写真のミヤマキンバイは風衝地型であるが、背後に見える旭岳の残雪の周辺部には雪田型が分布する。ミヤマキンバイの風衝地型と雪田型の開花時期は異なるので、その結果としてエコタイプ間の交雑が妨げられていると考えられている。表現型の変異が多く、アポイ岳のかんらん岩地に生育している細い鋸歯のものはアポイキンバイ (*var. apoiensis*)、夕張岳の蛇紋岩地に生育するものはユウバリキンバイ (*var. yuparensis*) という変種として記載されている。また種子の頂端付近に長毛が多いものはケミヤマキンバイ (*f. lasiocarpa*) とされ、北海道から東北地方の風衝地で見つけることができる。周北極的に分布する *P. hyparctica* や *P. pulviniformis*、北アジアに広く分布する *P. gelida* 同一種だという見解もあり(Yakubov, 私信)、分類学的に再検討する余地がある植物種でもある。

(山岳科学総合研究所特別研究員 平尾 章)

この春より研究所のホームページが新しくなります。デザインの一新とともに、より詳しい山岳気象データをご覧いただけるようになります。どうぞお楽しみに!

(あ)

山岳科学総合研究所ニュースレター 第20号

発行日: 2010年3月19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。

