

苗場山麓ジオパーク 研究集録

第8号 2026

学研究奨励事業報告

- 関田山地，山伏山岩体の K-Ar 年代測定 植木 岳雪 3
- 苗場山麓ジオパークのエコサイトにおけるチョウ目昆虫の
季節別出現パターンと植物との関係に関する研究 金 亨奎 7
- 秋山郷小赤沢集落における枡林の成立要因とその特徴に関する研究
井上 卓哉、小山 泰弘 15
- 苗場山の泥炭湿原における溶存有機物（DOM）の
太陽光分解を介した温室効果ガスの放出 渡邊 健介 23
- 苗場山山頂台地および苗場山麓で活動する雪氷生物に関する研究
－苗場山山頂の残雪に現れる赤雪の空間分布と環境要因の解明－
阿部 稜平，竹内 望 33
- 信濃川上流域における晩氷期の狩猟採集民の適応と進化 諸星 良一 41

寄稿報告

- 新潟県、津南町北東部の河成段丘の区分と形成年代（そのⅠ）
－朴ノ木坂、十二ノ木、貝坂Ⅰ・Ⅱ、正面Ⅰ・Ⅱ段丘堆積物の火山灰層序－
渡辺 秀男 49

レポート

- 城坂城跡周辺の地形・地質について
～城坂城跡頂部で採取した岩石の絶対年代～ 仲野 浩平 67
- 苗場山麓における資源利用
－屋敷田Ⅱ遺跡出土有舌尖頭器の蛍光X線分析の結果から－ 佐藤 信之 73
- 苗場山麓ジオパークの多様な潜在能力 佐藤 雅一 85
- 南越後の雪国文化を考える ジオパーク推進室事務局 93

は じ め に

令和8年は比較的穏やかな年明けでした。それもつかの間、1月下旬から2月にかけて寒波の到来で、あっという間に大雪となりました。しかし、2月の下旬には暖かい日差しが春を感じさせてくれます。津南町と栄村のこの地域に住む人々は、太古の昔から冬の自然の厳しさと恩恵を受け入れながら、雪と共存の生活を選びこの地に住み続けてきました。そのお陰で今私たちはこの地域で生活しています。そして、長い歴史の中で自然と人が苗場山麓ジオパークの大地(ジオ)・生態(エコ)・歴史文化(カルチャー)を生み出してきました。改めて、自然と時の流れ、人の営みの偉大さを感じるとともに、津南町と栄村が共に手を携え、苗場山麓ジオパーク事業に取り組むことは、ここに住むことの誇りに繋がるものと思っています。

津南町は昨年10月に、旧中津小学校を7年かけ改修し、津南町埋蔵文化財センター“うもれあ”をオープンしました。主は、縄文時代の貴重な埋蔵物を中心とした文化財展示施設ですが、その中に秋山郷の古来の生活や文化に関わる展示も行っています。見方を変えると苗場山麓ジオパークの歴史文化(カルチャー)を大地(ジオ)・生態(エコ)を踏まえ紹介するジオパークの拠点施設でもあります。今、この“うもれあ”を苗場山麓ジオパークガイドの方々が案内してくださる研修を始めてくださっていると聞きし、大変うれしく思い、“うもれあ”が苗場山麓ジオパークの発展に寄与することを期待しています。

さて、このたび苗場山麓ジオパークの取組として、平成27年度から取り組んでいる学術研究奨励事業による第8号となる研究集録を発刊する運びとなりました。令和7年度は、4名、2チームの計6件について助成し、ご報告をいただきました。合せて寄稿論文1件、レポート3件と貴重な資料を加え発行します。研究内容には、地質、動植物、自然、民族、地形など幅広い分野からのものであり、苗場山麓ジオパークの価値や魅力を各視点から掘り下げ、高めてくれるものです。また、苗場山麓ジオパークが研究者にとって様々な研究テーマとなる題材があることに驚かされます。この研究の成果をジオパークガイドの皆様から活用いただいたり、地域の児童生徒や住民に広く伝えていただいたりすることを願っています。令和8年度は、苗場山麓ジオパークの再審査の年となります。この「研究集録」も大きな役割を果たすものと確信しています。

最後に、本研究集録の編集にあたり、ご寄稿くださいました皆様、ご指導いただきました学術指導委員会の先生方に深く感謝申し上げますとともに、ここに第8号が発行されることを慶び、巻頭の言葉といたします。

令和8年2月27日

苗場山麓ジオパーク振興協議会

島田敏夫

関田山地，山伏山岩体の K-Ar 年代測定

植木 岳雪

1. はじめに

苗場山麓ジオパークでは，大起伏で急傾斜の斜面からなる関田山地が信濃川左岸に伸びている（図 1）．関田山地は，鮮新一下部更新統魚沼層群の堆積岩類から構成され^{1,3)}，貝立山岩体，山伏山岩体などの岩脈に貫入されている^{1,3)}（図 2）．

山伏山は，関田山地中央部の「無印良品津南キャンプ場」がある薬師湖の北に位置し，直径約 400 m，比高約 110 m の円錐形の孤立丘である（図 3）．山伏山を構成する山伏山岩体の安山岩は，魚沼層群^{あまみずやま}天水山層樽田川部層に貫入するとされており¹⁾，樽田川部層よりも新しい可能性がある．一方，貝立山岩体の安山岩は，樽田川部層より上位の中条川部層に貫入するとされているが，最近，中条川部層と同時期のカリウム－アルゴン（K-Ar）年代が得られた⁴⁾．そこで，関田山地内の岩脈の年代観を確立するために，山伏山岩体の安山岩の K-Ar 年代を行った．



図 1 関田山地周辺の地形

陰影起伏図は国土地理院の地理院地図
(<https://maps.gsi.go.jp/>) を使用．

2. 安山岩試料の採取地点

山伏山岩体の安山岩は，山伏山の山頂付近と東側の斜面に露出している．試料採取地点（図 4：北緯 37 度 1 分 32.44 秒，東経 138 度 34 分 47.44 秒）では，斜面に垂直

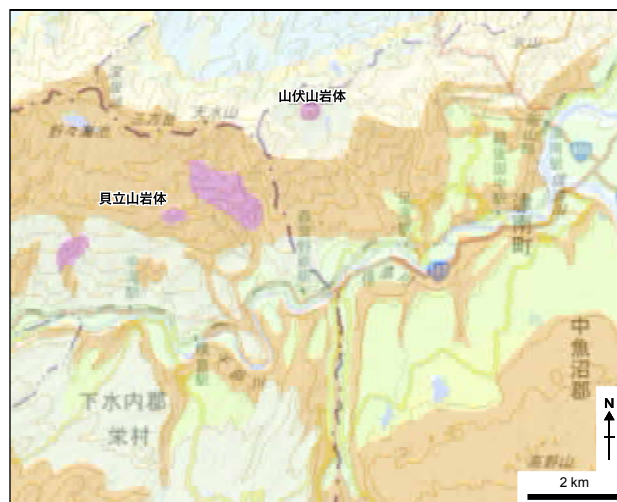


図 2 関田山地中央部の地質

地質図は産総研・地質調査総合センターの地質図 Navi
(<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>) による．
ピンク色の部分が火山岩の岩体．



図 3 山伏山と薬師湖

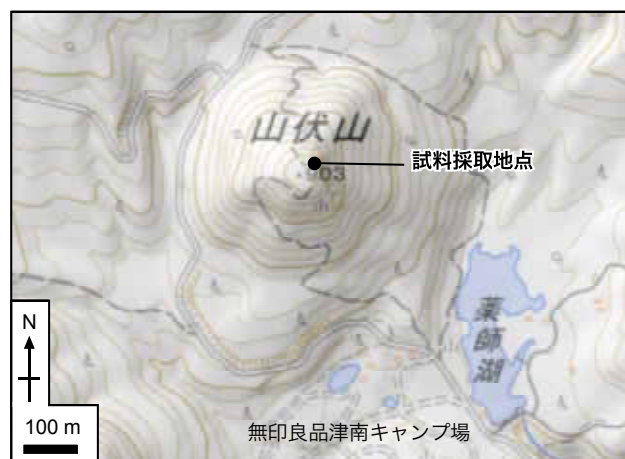


図 4 山伏山岩体の安山岩の試料採取地点

基図は国土地理院の地理院地図 Vector
(<https://maps.gsi.go.jp/vector/>) を使用．

方向に柱状節理が発達している（図 5）．安山岩試料（NBYS-1）は灰色を呈し，新鮮である．径 1～5 mm の自形の斜長石斑晶が多量に含まれている（図 6）．



図5 安山岩の試料採取地点における安山岩の産状



図6 試料NBYB-1の写真

3. K-Ar 年代測定

K-Ar 年代測定は、(株) 蒜山地質年代学研究所に依頼した。試料NBYB-1から石基のみを分析試料とするために、試料を 60 ～ 80 メッシュサイズ(187 ～ 250 μm) に粉碎し、ハンド磁石と電磁分離器を用いて斑晶鉱物と強磁性鉱物を除去した。その後、脱イオン水を用いて脱塩処理を行った。カリウムの定量には、2,000 ppm のセシウムをイオン化制御剤に用いた炎光分光法を適用した。アルゴン同位体比の測定には、 ^{38}Ar をスパイクとする同位体希釈法を適用した。

K-Ar 年代測定の結果を表 1 に示す。試料 NBYB-1 の年代値は $2.54 \pm 0.11 \text{ Ma}$ (誤差は 1σ) であった。

4. 山伏山岩体の放射年代値の意義

魚沼層群天水山層樽田川部層中には約 $1.85 \text{ Ma}^{5)}$ の SK130 テフラが挟まれている¹⁾。従来山伏山岩体は樽田川部層に貫入するとされていたが、今回の山伏山岩体の K-Ar 年代値 ($2.54 \pm 0.11 \text{ Ma}$) は樽田川部層の年代よりも有意に古い。

本地域周辺では、魚沼層群の下位にある東川層、魚沼層群最下部の天水山層雁ガ峰部層、奈良立層からは、3 Ma 前後のフィッション・トラック (FT) 年代値が得られており⁶⁻⁸⁾、山伏山岩体の K-Ar 年代値はそれらに近い。山伏山岩体には柱状節理が発達していることから、岩体は東川層から魚沼層群最下部の地層と同時期に、地表あるいは浅所で貫入したと考えられる。そうすると、貝立山岩体の構造と同様に、山伏山岩体は堆積岩の層理面と同じ構造を持っており、地層を高角に切る岩脈ではなく、地層とほぼ水平な岩床であろう (図 7)。天水山層樽田川部層は、山伏山岩体にアバットして堆積したと考えられる。

今回の山伏山岩体の K-Ar 年代値は、関田山地に分布するその他の岩体の放射年代値の範囲 (2.3 ～ 1.6 Ma) を古い方に広げることになった。そして、それは鮮新世から前期更新世にかけて火山活動場の南東方向へ移動したという考え⁹⁾を支持するものである。

5. おわりに

本研究では、関田山地中央部の山伏山岩体の安山岩の K-Ar 年代測定を行ったところ、 $2.54 \pm 0.11 \text{ Ma}$ の年代値を得た。山伏山岩体は、魚沼層群の下位の東川層から魚沼層群最下部の地層と同時期に、地表あるいは浅所で貫入した岩床と考えられる。今回の K-Ar 年代値をもとにして、山伏山ジオサイトの解説を加筆修正することが可能である。今後も、関田山地内や信濃川沿いでの年代未詳の岩体^{9, 10)}について、K-Ar 年代を蓄積していきたいと思う。

謝辞 本研究の一部は、令和 7 年度苗場山麓ジオパーク学術研究奨励事業助成金により行われた。研究にあたり、苗場山麓ジオパーク事務局にはお世話になりました。ここに深く感謝いたします。

表1 K-Ar年代測定の結果

試料名	測定物 (粒径)	カリウム含有量 (wt. %)	放射性起源 ^{40}Ar (10^{-8} cc STP/g)	非放射性起源 ^{40}Ar (%)	K-Ar年代 (Ma)
NBYB-1	石基 (187-250 μm)	0.823 $\pm$ 0.016	8.13 $\pm$ 0.31	65.6	2.54 $\pm$ 0.11

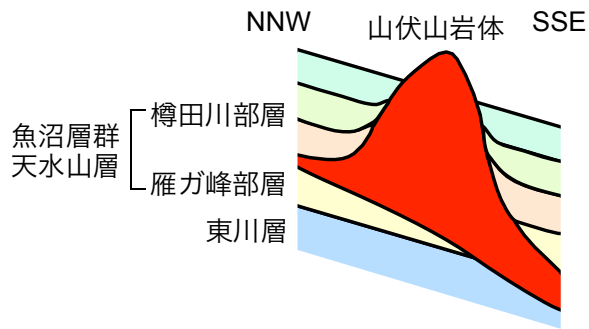


図7 山伏山岩体の構造

註

- ¹⁾ 志久見川団体研究グループ 1991「新潟一長野県境地域の魚沼層群の層序と火山活動」『地球科学』45巻 345-362頁
- ²⁾ 島津光夫・立石雅昭 1993「苗場山地域の地質」地域地質研究報告(5万分の1地質図幅) 地質調査所
- ³⁾ 竹内圭史・吉川敏之・釜井俊孝 2000「松之山温泉地域の地質」地域地質研究報告(5万分の1地質図幅) 地質調査所
- ⁴⁾ 植木岳雪 2024「関田山地内の貝立山岩体のK-Ar年代測定」『苗場山麓ジオパーク研究集録』6号 2-4頁
- ⁵⁾ 岸 清・宮脇理一郎 1996「新潟県柏崎平野周辺における鮮新世—更新世の褶曲形成史」『地学雑誌』105巻 88-112頁
- ⁶⁾ 新潟大学東頸城地域地質調査グループ 1987「新潟県東頸城地域の中更新世—更新統の層序」『地球科学』41巻 165-181頁
- ⁷⁾ 小林巖雄・立石雅昭・黒川勝己・吉村尚久・加藤碩一 1989「岡野町地域の地質」地域地質研究報告(5万分の1地質図幅) 地質調査所
- ⁸⁾ 松之山町史編さん委員会 1991「松之山町史」松之山町
- ⁹⁾ 五十嵐聡・有馬 眞・木村純一・周藤賢治 2012「北部フォッサマグナ, 関田山脈—志久見川流域に分布する前期更新世火山岩類の岩石学的特徴—ソレイト系列火山岩類の形成過程—」『岩石鉱物科学』41巻 103-121頁
- ¹⁰⁾ 渡辺秀夫・竹越 智・仲野浩平 2021「津南町信濃川沿いの東頸城丘陵と十日町盆地南部の地形・地質学的な研究—中間報告—」『苗場山麓ジオパーク研究集録』3号 2-11頁



安山岩の貫入岩体 山伏山

< 学術研究奨励事業報告 >

苗場山麓ジオパークのエコサイトにおけるチョウ目昆虫の季節別出現パターンと植物との関係に関する研究

金 亨奎

1. はじめに

苗場山麓ジオパークには、地形・微気候・植生条件の異なる4つのエコサイトが設定されている。これらのエコサイトは一部空間的に近接しているサイトが見られるものの、多くは互いに離れて分布しており、異なる環境条件が生態系に与える影響を比較する調査地として適している。本研究の調査対象は、①山伏山の風穴と周辺の植生・養蚕卵保管施設跡、②野々海湿原の生体、③見倉の風穴と周辺の植生、④見倉のトチノキ原生林であり、それぞれ地形・微気候・植生の性格が大きく異なる。

風穴(①・③)は夏季でも冷気が吹き出す特殊な微環境であり、氷期の遺存的要素を含む植物相が議論されてきた。一方、②野々海周辺では湿原植生に関する報告が蓄積され、周辺林分の群落構造も整理されている。さらに④見倉のトチノキ原生林は、トチノキを主体とする巨木林として記載され、カツラ等を伴うとされる(苗場山麓ジオパーク公式サイト)。

植物相の情報が蓄積している一方で、これらのエコサイト間の植生の違いを背景とした昆虫相、とくに植食性昆虫の比較は十分に進んでいない。チョウ目(Lepidoptera)は幼虫期に植物を摂食する種が多く、寄主植物への依存性も高いため、植生の質や空間配置の違いが出現パターンに反映されやすい代表的な植食性昆虫群である。したがって、4つのエコサイトで夏季(発生期)と秋季(越冬前)に調査を行い、種組成・多様度・豊富度を比較するとともに、採集個体の寄主植物情報を併せて整理することは、エコサイトの生息地特性の理解と保全・管理の基礎情報として重要である。

本報告では、各エコサイトにおいて主にライトトラップによりチョウ目昆虫を採集・同定し、季節別の出現パターンを明らかにする。加えて、既存文献で示されてきた各サイトの植生的特徴を踏まえ、チョウ目昆虫相との対応関係を検討する。得られたデータは、苗場山麓地域の昆虫相リストを更新する基礎資料となるだけでなく、将来的には森林管理上の潜在的な植食性昆虫の把握や、環境教育・観光資源としての活用可能性を評価する上でも有用である。

2. 材料と方法

(1) 調査地

調査は苗場山麓ジオパークの4つのエコサイトを対象として実施した。調査対象地は、エコサイト1: 山伏山の風穴と周辺の植生・養蚕卵保管施設跡、エコサイト2:

野々海湿原の植生、エコサイト3: 見倉の風穴と周辺の植生、エコサイト4: 見倉のトチノキ原生林である。

(2) 調査期間・調査日程

夏季および秋季調査を以下の日程で実施した。

①夏季調査

2025年6月19-20日: エコサイト1・2

2025年6月20-21日: エコサイト3・4

②秋季調査

2025年9月15-16日: エコサイト1・2

2025年9月16-17日: エコサイト3・4

(3) 採集・記録方法

夜間のライトトラップ採集を主手法としてチョウ目昆虫(主に夜行性の蛾類)を調査した。各エコサイトにおいて夜間に折畳式ボックスライトトラップを樹木の枝に懸架し、光源として携帯型LEDライト(LepiLED Maxi Switch)を設置して点灯し、光に飛来した個体を回収した(図1)。ライトトラップの稼働時間は原則として日没後から3時間とした。採集個体はエコサイト(1-4)×季節(夏季・秋季)の単位で整理し、種名(または同定可能な分類群)と個体数を記録した。

日中は補助的に昼間観察を実施し、踏査中に確認されたチョウ類を中心に、目視および写真撮影による記録を行った。



図1 ライトトラップ(左: 採集前、右: 採集後)

(4) 種同定

翅の斑紋、体色、触角形状などの形態的特徴にもとづき、図鑑類を参照して同定した。必要に応じてDNAバーコーディング(mtDNA COI 658 bp)を併用し、形態情報と合わせて同定の補助とした。

(5) 解析方法(群集比較)

各エコサイト×季節を1つの調査単位(計8単位)として、種数と個体数のデータからBray-Curtis非類似度を算出し、PCoA(主座標分析)により群集構造の差異を可視化した。さらに、各調査単位のShannon多様度指数(H')を算出し、 α 多様性の比較指標として用いた。これらの解析は統計解析ソフトウェアR(RStudio環境)を用いて実施した。

3. 結果

(1) 調査時の概況および昼間観察

夏季調査(2025年6月)は、サイトによっては残雪が残り、とくにエコサイト2(野々海湿原)では気温が低く体感的に春に近い条件であった。開放的な湿原環境ではチョウ類の飛翔が速く、同定に十分な観察が難しい場面が多かったが、複数種の生息を確認した。

①エコサイト1:山伏山の風穴と周辺の植生・養蚕卵保管施設跡

初夏調査では、駐車場周辺でシロチョウ科と思われる黄色のチョウ類が複数飛翔しているのを確認したが、詳細な同定に至る観察はできなかった。周辺に草本植生が多く、草地性のチョウ類が利用している可能性が示唆された。

②エコサイト2:野々海湿原の生体

初夏調査では残雪が残る条件下で、クモガタヒヨウモン *Nephargynnis anadyomene* (タテハチョウ科)を観察した。他にも複数のチョウ類を視認したが、湿原の開放空間では飛翔が速く、種レベルの確実な記録は限定的であった。

秋季調査では、写真記録により以下の4種を確認した。
アカタテハ *Vanessa indica* (タテハチョウ科)
ヤマウラギンヒヨウモン *Fabriciana nagia* (タテハチョウ科)

ウラギンシジミ *Curetis acuta* (シジミチョウ科)
クロヒカゲ *Lethe diana* (タテハチョウ科)

③エコサイト3:見倉の風穴と周辺の植生

初夏調査では、駐車場周辺で多様なチョウ類の出現を確認した。確認種(いずれも成虫)は以下の通り。
コチャバナセセリ *Thoressa varia* (セセリチョウ科)
サカハチチョウ *Araschnia burejana* (タテハチョウ科)
クロヒカゲ *Lethe diana* (タテハチョウ科)
アカタテハ *Vanessa indica* (タテハチョウ科)
スジグロシロチョウ *Pieris melete* (シロチョウ科)
イチモンジチョウ *Limnitis camilla* (タテハチョウ科)
ウスバシロチョウ *Parnassius citrinarius* (アゲハチョウ科)

同地点には東屋(休憩施設)があり、定期的に座って観察できるため、チョウ類の観察・記録地点として有効と判断された。

秋季調査では降雨の影響が大きく、チョウ類の観察記録は得られなかった。

④エコサイト4:見倉のトチノキ原生林

初夏調査ではチョウ類を確認できなかった。林内環境では、日当たりの良い開放空間と比較してチョウ類の飛翔・吸蜜活動が観察されにくい可能性がある。秋季調査も降雨のため観察記録は得られなかった。

(2) ライトトラップによる蛾類の出現傾向

ライトトラップによる採集個体数は、夏季が合計81種233個体、秋季が合計58種103個体であり、夏季に種数・個体数とも高い傾向がみられた。

夏季は全体としてスジモンヒトリ *Spilarctia seriatopunctata* (ヒトリガ科)が多く(全サイト合計27個体)、エコサイト1(1個体)、エコサイト2(13個体)エコサイト3(8個体)、エコサイト4(5個体)でとくに目立った。一方、秋季はマメノメイガ *Maruca vitrata* (ツトガ科)が全サイトで確認され(合計14個体)、エコサイト3・エコサイト4で多かった(各6個体)。また、エコサイト2の秋季ではブドウドクガ *Ilema eurydice* (ドクガ科)が10個体と優占した。

(3) α 多様性(Shannon 多様度・観測種数)

各調査単位の α 多様性は表1の通りである。夏季は観測種数が23-35種、Shannon指数が2.931-3.217で、秋季(12-20種、2.224-2.714)より高い傾向を示した。とくに夏季のエコサイト3は観測種数35種・ $H' = 3.217$ と最も高かった。秋季はエコサイト3で観測種数12種・ $H' = 2.224$ と最も低く、季節進行に伴う群集の単純化が示唆された。一方で、秋季のエコサイト1は観測種数17種と比較的多いが、ブドウドクガが10個体(43.5%, 全体23個体)を占め、優占の強さが反映されてShannon指数は2.714にとどまった。

表1 α 多様性(種数、個体数、Shannon H')

調査地	季節	種数(S)	個体数(N)	Shannon(H')
エコサイト1	夏季	26	41	3.025
エコサイト2	夏季	32	91	3.124
エコサイト3	夏季	35	63	3.217
エコサイト4	夏季	23	38	2.931
エコサイト1	秋季	17	23	2.714
エコサイト2	秋季	20	29	2.573
エコサイト3	秋季	12	25	2.224
エコサイト4	秋季	17	27	2.641

(4) PCoAによる群集構造の可視化

Bray-Curtis 非類似度にもとづくPCoAの第1軸は31.6%、第2軸は18.0%を説明した(2軸合計49.7%、図2)。第1軸に沿って夏季サンプルと秋季サンプルが明瞭に分離し、季節による群集組成の差が大きいことが示された。実際、同一エコサイト内での夏季—秋季の非類似度は0.875-0.983と高く、季節により出現種が大きく入れ替わる傾向が確認された。サイト間の類似性としては、夏季・秋季ともにエコサイト3とエコサイト4が最も近く(夏季0.545、秋季0.647)、両サイトが地理的に近接することや環境条件の類似が群集の類似性に反映された可能性がある。夏季ではエコサイト1とエコサイト2も比較的近い一方(0.682)、秋季のエコサイト1とエコサイト2はより離れていた(0.923)

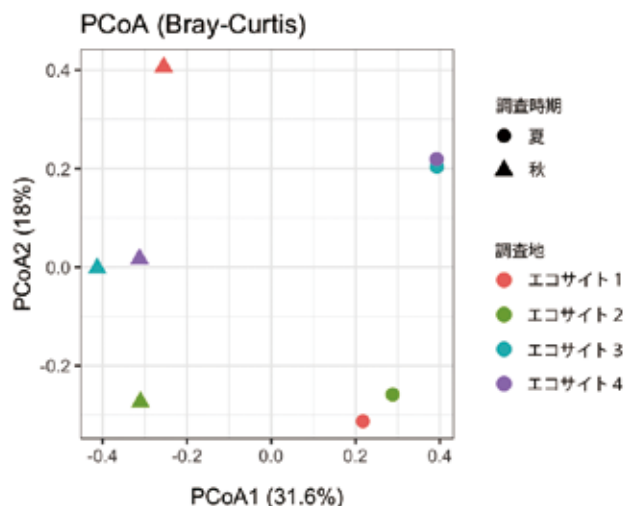


図 2 Bray-Curtis 非類似度にもとづくエコサイト・季節別蛾類群集構造

4. 考察

(1) 季節性の大きさと調査時期の意義

本データでは夏季と秋季の共通種が 11 種にとどまり、PCoA でも季節が明瞭に分離した。これは、苗場山麓地域のチョウ目群集が季節進行に伴い急速に入れ替わること、さらに 6 月調査が夏季とはいえ高標高・残雪環境では実質的に春に近いフェノロジー段階を含むことを示唆する。したがって、今後の年次比較やサイト間比較をより厳密に行うためには、同一季節内でも調査時期（例えば 7 月中旬など）を揃え、反復（複数夜）を確保することが望ましい。

(2) エコサイト3・エコサイト4が一貫して近い理由（環境の近接性と偏在種）

Bray-Curtis 距離に基づく PCoA の結果から、夏季・秋季ともにエコサイト 3 とエコサイト 4 の類似性が最も高かった。両サイトは地理的に近接し、局所的な植生が部分的に共有される可能性がある。実際、秋季にアイノクロハナギンガ *Chasminodes aino*（ヤガ科）などが近接するエコサイト 3・4 でのみ確認されており、群集の類似度に影響しているのかもしれない。

(3) 優占種から見たサイト特性と多様度

秋季のエコサイト 2 では観測種数は 20 種と多いが、ブドウクガが強く優占した（10/29 個体）。特定の種の優占度が強いほど Shannon 指数は低下するため、種数だけでなく多様度指標を併用する意義が確認された。エコサイトの 2 周辺で寄主植物（ブドウ科等）や周辺植生が局所的に影響した可能性があり、植生調査情報と突き合わせることで解釈が進むと考えられる。

(4) 森林害虫としての含意

秋季に全サイトで確認されたマメノメイガは、豆類（ダイズ・アズキ等）の蕾・花・莢を加害する害虫として知られ、地域内に広く分布していることを示す基礎情報となる。また、夏季に多かったスジモンヒトリは多食性であり、ライトトラップに飛来しやすい点からも、周辺林縁環境との関係を検討する際の指標種となり得る。ブドウクガは幼虫の寄主植物と

してブドウ科等が報告されており、エコサイト 2 での優占は寄主植物分布や林縁植生との関連を示唆する。

もともと、本報告の採集はライトトラップ中心であり、幼虫の寄主確認は限定的であるため、害虫リスクの評価は潜在的可能性の提示にとどめ、今後は幼虫採集・寄主同定・発生時期の反復調査により実態把握を進める必要がある。加えて、本調査で用いた折畳式ボックス型ライトトラップは、上部の開口部から飛来個体が自発的に侵入する構造であるため、小蛾類（microlepidoptera）については、侵入後に再び脱出する可能性が相対的に高かったと考えられる。このため、本報告におけるチョウ目群集の種組成は中・大型種を中心とした結果となっており、小蛾類の多様性については過小評価されている可能性に留意する必要がある。

(5) 保全・観光資源としての位置づけ

エコサイト間においてチョウ目昆虫群集の類似性および差異が確認されたことは、苗場山麓ジオパークの生物多様性が、微地形・微気候・植生の違いによってきわめて細かく支えられていることを示している。エコサイト 1 および 2 は、周辺にブナが優占する比較的類似した森林環境に位置しているにもかかわらず、春季と秋季における蛾類群集の類似度には差異が認められた。一方、地理的にきわめて近接しているエコサイト 3 および 4 においても、季節によって群集の類似性は必ずしも一貫しておらず、異なる傾向が示された。

これらの結果は、単なる地理的近接性や優占樹種のみではチョウ目昆虫群集の構造を十分に説明できず、局所的な微気候や植生構造の違いが群集形成に重要な役割を果たしている可能性を示唆するものである。

本調査は調査回数が限定的であったものの、各エコサイトにおいて多様なチョウ目昆虫の生息が確認され、当該地域が生物観察や環境教育の導入地点として高いポテンシャルを有することが示された。今後は、地形・植生の保全と一体化した形で昆虫相のモニタリングを継続することが、ジオパークとしての自然的価値の維持と利活用の両立において重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 岸田泰則（編）（2011）日本産蛾類標準図鑑Ⅰ．学研教育出版．
- 2) 岸田泰則（編）（2011）日本産蛾類標準図鑑Ⅱ．学研教育出版．
- 3) 那須義次・岸田泰則（編）（2013）日本産蛾類標準図鑑Ⅲ．学研教育出版．
- 4) 那須義次・岸田泰則（編）（2014）日本産蛾類標準図鑑Ⅳ．学研教育出版．
- 5) 那須義次（監修）・岸田泰則（編）（2015）日本の小蛾類．学研教育出版．
- 6) 日本チョウ類保全協会（編）（2012）日本のチョウ類 E 図鑑．日本チョウ類保全協会．

付録 A 表1 2025 年夏季調査における蛾類の種別個体数

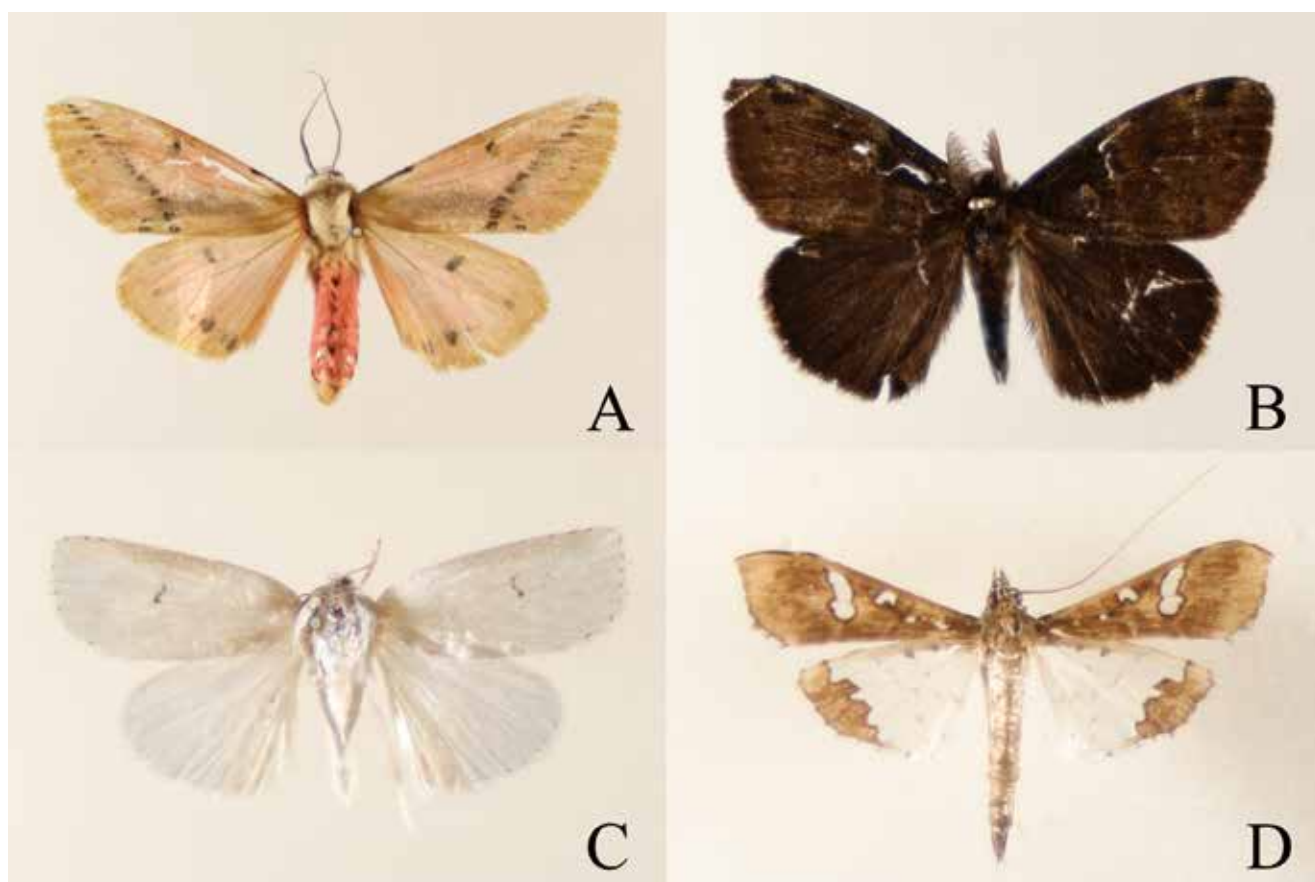
科 名	種 名	エコサイト1	エコサイト2	エコサイト3	エコサイト4	合 計
イボタガ科	イボタガ	0	1	0	0	1
イラガ科	クロシタアオイラガ	1	1	0	0	2
イラガ科	カギハイラガ	0	0	1	0	1
イラガ科	マダライラガ	0	0	0	1	1
カイコガ科	オオクワゴモドキ	1	1	3	3	8
カギバカ科	ウスジロトガリバ	0	3	0	0	3
カギバカ科	オビカギバ	1	0	1	1	3
カギバカ科	タケウチトガリバ	1	0	2	0	3
カギバカ科	エゾカギバ	1	0	0	0	1
カギバカ科	ヒメハイイロカギバ	0	0	1	0	1
カレハガ科	ギンモンカレハ	2	0	0	0	2
シャクガ科	サラサエダシャク	3	3	6	3	15
シャクガ科	ウスキヒメシャク	8	5	1	0	14
シャクガ科	ナカウスエダシャク	2	4	1	0	7
シャクガ科	ミジンキヒメシャク	0	0	5	1	6
シャクガ科	ムラサキエダシャク	1	4	0	0	5
シャクガ科	ウラテンシロヒメシャク	0	0	3	1	4
シャクガ科	アトボシエダシャク	0	0	1	1	2
シャクガ科	キスジシロヒメシャク	0	2	0	0	2
シャクガ科	アベリアハグルマエダシャク	0	0	1	0	1
シャクガ科	ウストビスジエダシャク	0	0	1	0	1
シャクガ科	ウスバミスジエダシャク	0	0	1	0	1
シャクガ科	エグリエダシャク	0	0	1	0	1
シャクガ科	キイロナミシャク	1	0	0	0	1
シャクガ科	ギンスジカギバ	1	0	0	0	1
シャクガ科	サカハチクロナミシャク	0	0	1	0	1
シャクガ科	シロオビヒメエダシャク	0	0	0	1	1
シャクガ科	シロスジオオエダシャク	1	0	0	0	1
シャクガ科	シロモンキエダシャク	0	0	1	0	1
シャクガ科	ソトキクロエダシャク	0	1	0	0	1
シャクガ科	ツツジツマキリエダシャク	1	0	0	0	1
シャクガ科	ハングロナミシャク	0	1	0	0	1
シャクガ科	ヒメマダラエダシャク	0	1	0	0	1
シャクガ科	フタオモドキナミシャク	0	0	1	0	1
シャクガ科	フタホシシロエダシャク	0	0	0	1	1
シャクガ科	フタマエホシエダシャク	1	0	0	0	1
シャクガ科	ブライヤエダシャク	0	1	0	0	1
シャクガ科	マツオオエダシャク	0	1	0	0	1
シャクガ科	ムスジシロナミシャク	0	0	1	0	1
シャチホコガ科	ニッコウシャチホコ	0	0	6	1	7
シャチホコガ科	タテスジシャチホコ	0	3	2	1	6
シャチホコガ科	ハガタエグリシャチホコ	0	0	0	5	5
シャチホコガ科	バイバラシロシャチホコ	0	0	1	1	2
シャチホコガ科	マエジロシャチホコ	0	0	0	2	2
シャチホコガ科	ウスイロギンモンシャチホコ	0	1	0	0	1
シャチホコガ科	クビワシャチホコ	0	1	0	0	1
スズメガ科	クロホウジャク	0	7	0	0	7
スズメガ科	クロテンケンモンスズメ	2	0	0	0	2
ツトガ科	マエアカスカシノメイガ	1	9	0	0	10
ツトガ科	シロハラノメイガ	2	3	1	1	7
ツトガ科	マエキノメイガ	2	2	0	1	5
ツトガ科	クロフキマダラノメイガ	0	0	1	1	2
ツトガ科	コガタシロモンノメイガ	0	0	1	0	1
ツトガ科	ゴボウノメイガ	1	0	0	0	1
ツトガ科	ヘリグロノメイガ	1	0	0	0	1
ツトガ科	<i>Crambidae sp.</i>	0	0	0	0	0
ツバメガ科	ヒメクロホシフタオ	0	0	1	0	1
ハマキガ科	アカスジキイロハマキ	0	0	2	2	4
ハマキガ科	オオハイジロハマキ	0	4	0	0	4

ハマキガ科	サザナミキヒメハマキ	0	0	1	1	2
ハマキガ科	チャモンシロハマキ	0	2	0	0	2
ハマキガ科	<i>Tortricidae sp.</i>	1	0	0	0	1
ハマキガ科	イラクサヒメハマキ	0	0	1	0	1
ヒトリガ科	スジモンヒトリ	1	13	8	5	27
ヒトリガ科	アカハラゴマダラヒトリ	0	0	1	0	1
メイガ科	シロヒトモンノメイガ	0	1	0	0	1
ヤガ科	ヒロオビウスグロアツバ	0	5	0	0	5
ヤガ科	シロミミハイロヨトウ	0	0	2	0	2
ヤガ科	ニセウンモンクチバ	0	2	0	0	2
ヤガ科	<i>Noctuidae sp.</i>	1	0	0	0	1
ヤガ科	アカガネヨトウ	0	1	0	0	1
ヤガ科	ウスヅマアツバ	0	0	1	0	1
ヤガ科	オオタバコガ	0	0	1	0	1
ヤガ科	キハダケンモン	0	1	0	0	1
ヤガ科	キンイロキリガ	1	0	0	0	1
ヤガ科	ソトムラサキコヤガ	0	0	0	1	1
ヤガ科	ツマジロツマキリアツバ	0	1	0	0	1
ヤガ科	トビフタスジアツバ	0	0	0	1	1
ヤガ科	フタデンキヨトウ	0	1	0	0	1
ヤママユガ科	エゾヨツメ	2	5	0	0	7
ヤママユガ科	オオミズアオ	0	0	0	2	2

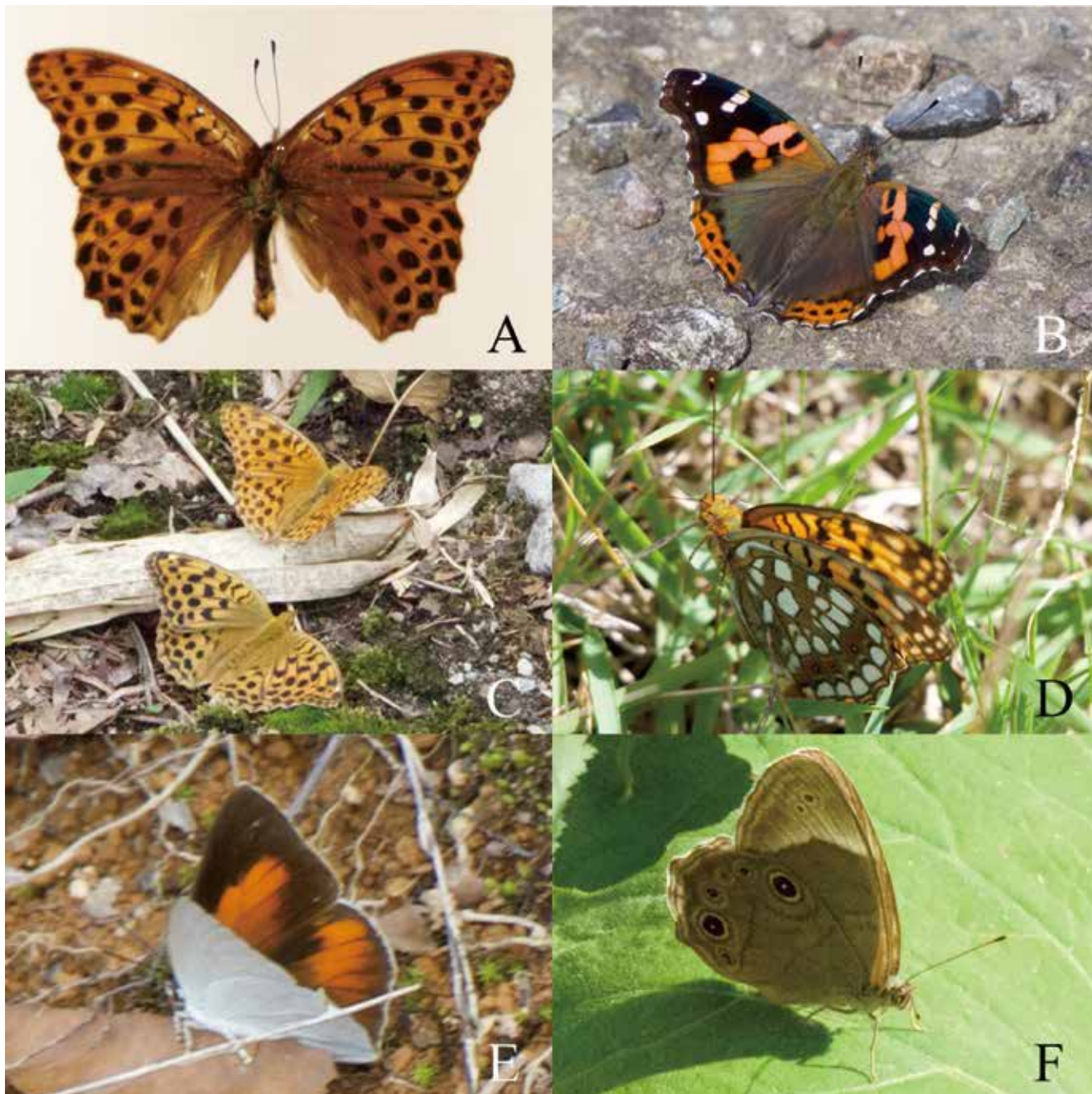
付録 B 表2 2025 年秋季調査における蛾類の種別個体数

科 名	和 名	エコサイト1	エコサイト2	エコサイト3	エコサイト4	合 計
イカリモンガ科	イカリモンガ	0	1	0	0	1
イラガ科	クロシタアオイラガ	1	0	0	0	1
イラガ科	マダライラガ	0	1	0	0	1
イラガ科	ムラサキイラガ	0	1	0	0	1
オビガ科	オビガ	0	1	1	0	2
カイコガ科	オオクワゴモドキ	0	0	0	1	1
カギバカ科	キマダラトガリバ	4	0	0	0	4
カギバカ科	アシベニカギバ	1	1	0	1	3
カギバカ科	エゾカギバ	1	0	0	0	1
カギバカ科	オビカギバ	0	0	0	1	1
シャクガ科	ウスキクロテンヒメシャク	0	0	0	2	2
シャクガ科	ウスキツバメエダシャク	2	0	0	0	2
シャクガ科	ウスキヒメシャク	2	0	0	0	2
シャクガ科	<i>Eupithecia sp.</i>	0	1	0	0	1
シャクガ科	ウスベニスジヒメシャク	0	1	0	0	1
シャクガ科	キホソスジナミシャク	0	0	1	0	1
シャクガ科	キマダラオオナミシャク	0	0	1	0	1
シャクガ科	キリバエダシャク	0	1	0	0	1
シャクガ科	シロモンキエダシャク	0	0	0	1	1
シャクガ科	チャマダラエダシャク	0	1	0	0	1
シャクガ科	ナカウスエダシャク	0	1	0	0	1
シャクガ科	ナカシロスジナミシャク	0	0	1	0	1
シャクガ科	ムスジシロナミシャク	0	1	0	0	1
シャクガ科	ヨスジナミシャク	1	0	0	0	1
ツトガ科	マメノメイガ	1	1	6	6	14
ツトガ科	シロハラノメイガ	0	0	3	1	4
ツトガ科	キイロフチグロノメイガ	1	0	1	0	2
ツトガ科	シロテンキノメイガ	1	0	0	1	2
ツトガ科	マエアカスカシノメイガ	0	0	0	2	2
ツトガ科	アヤナミノメイガ	0	0	0	1	1
ツトガ科	キモンウスグロノメイガ	0	0	0	1	1
ツトガ科	ゴマダラノメイガ	0	0	1	0	1
ツトガ科	シロオビノメイガ	0	0	0	1	1
ツトガ科	マルバネキノメイガ	1	0	0	0	1
ツトガ科	モンキクロノメイガ	0	1	0	0	1

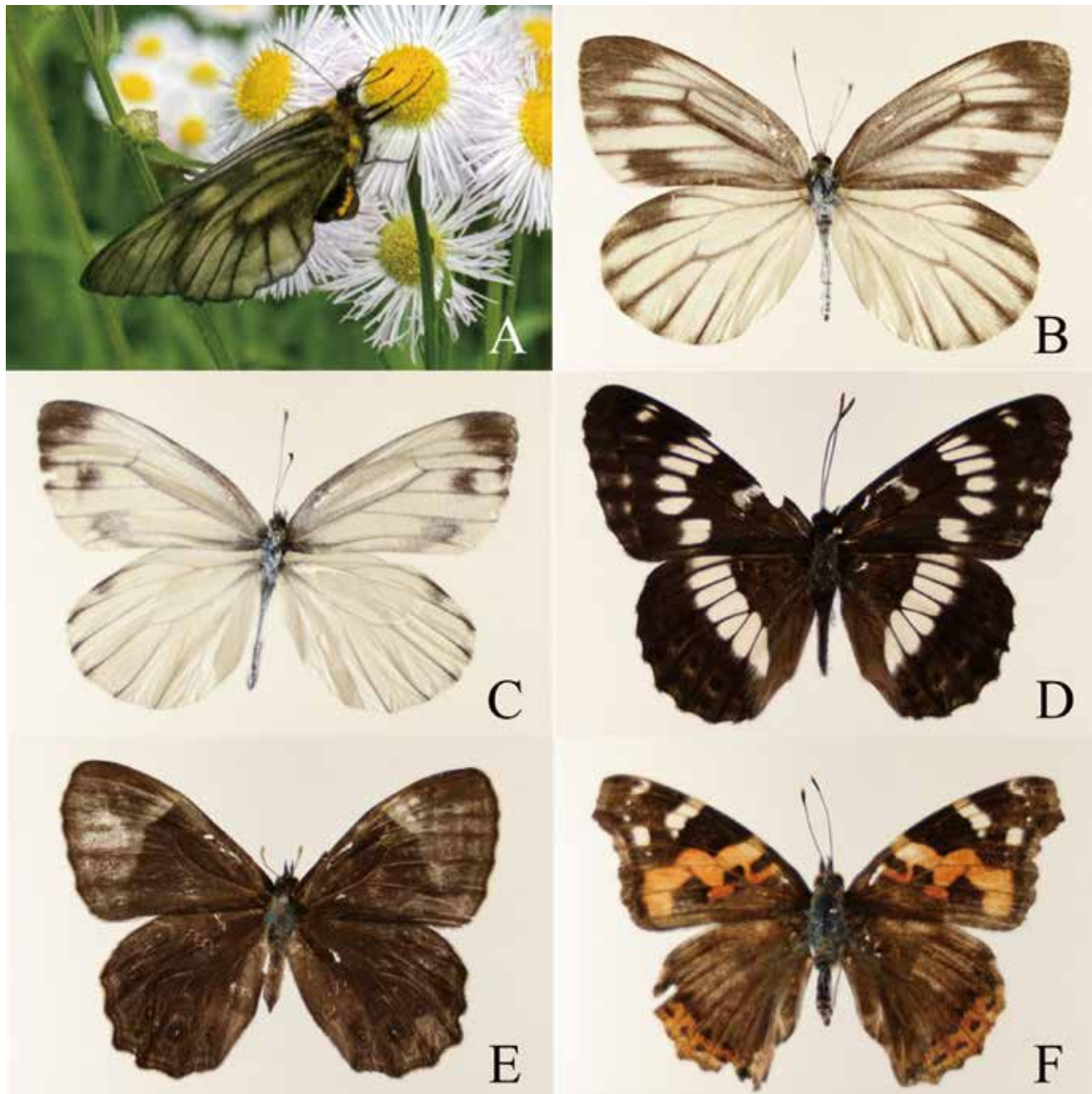
ドクガ科	ブドウドクガ	0	10	1	0	11
ハマキガ科	カタカケハマキ	0	1	0	2	3
ハマキガ科	リンゴオオハマキ	0	0	0	2	2
ハマキガ科	ネウスハマキ	1	0	0	0	1
ヒゲナガキバガ	フタクロボシハビロキバガ	0	1	0	0	1
ヒトリガ科	ヒメキホソバ	0	1	0	0	1
ヒトリガ科	ムジホソバ	0	0	1	0	1
ヒトリガ科	ヨツボシホソバ	0	1	0	0	1
メイガ科	ナカアオフトメイガ	1	0	0	1	2
メイガ科	オオクシヒゲシマメイガ	1	0	0	0	1
メイガ科	ハラウスキマダラメイガ	0	0	0	1	1
メムシガ科	<i>Argyresthia</i> sp.	0	1	0	0	1
ヤガ科	キシタミドリヤガ	2	0	4	0	6
ヤガ科	アイノクロハナギンガ	0	0	3	2	5
ヤガ科	<i>Mythimna</i> sp.	0	1	0	0	1
ヤガ科	タカネショウブヨトウ	1	0	0	0	1
ヤママユガ科	ヤママユ	1	0	0	0	1



付録 C 図 1 ライトトラップで採集された代表的蛾類 . A. スジモンヒトリ、B. ブドウドクガ、C. アイノクロハナギンガ、D. マメノメイガ



付録 D 図 2 エコサイト2 (野々海湿原の生体) で観察された蝶類 (夏季: A. クモガタヒョウモン; 秋季: B. アカタテハ、C. クモガタヒョウモン、D. ヤマウラギンヒョウモン、E. ウラギンシジミ、F. クロヒカゲ)



付録 E 図 3 エコサイト3（見倉の風穴と周辺の植生）で観察された蝶類（夏季:A. ウスバシロチョウ、B. スジグロシロチョウ（雌）、C. スジグロシロチョウ（雄）、D. イチモンジチョウ、E. クロヒカゲ、F. アカタテハ）

秋山郷小赤沢集落における栃木の成立要因とその特徴に関する研究

井上 卓哉（静岡県富士山世界遺産センター）

小山 泰弘（長野県林業総合センター）

1. はじめに～研究の経緯と目的～

秋山郷は、トチノミを重要な食糧として古くから採種し、加工してきた地域のひとつである。こうしたトチノミの利用は日本各地に見られたが、食生活の変化などにより、現代でもその利用を見ることができる地域は、秋山郷をはじめとしてごくわずかな地域に限定されている。

現代的に貴重な事例となっている秋山郷におけるトチノミ利用について、井上によるこれまでの分析や、聞き取り調査の結果、かつての秋山郷では、日本の他地域の事例と同様に安定したトチノミの採種のために伐採を禁じられた場所、いわゆる栃林が複数の場所に設定されていたことが明らかとなった。

しかしながら、トチノミを採種・加工する家庭が減少することにとまなない、いつしか秋山郷における栃林の利用は見られなくなり、いくつかの栃林は伐採されてしまった。また、伐採されなくとも、その場所を知る人も少なくなっているといった状況となっている。

こうした状況ではあるものの、井上が令和6年に苗場山麓ジオパーク学術研究奨励事業助成金の交付を受けて実施した調査において、小赤沢集落のマツミネという場所における栃林が残存していることが明らかとなった。

そこで、本研究では、小赤沢集落在住の福原照一氏の協力を得て、井上・小山を含めた3名でマツミネの栃林の立地環境についての調査を実施した。それとともに、秋山郷において、現在トチノミを利用している4軒のお宅によるトチノミの採種地の立地環境や、それらの場所におけるトチノミの大きさ等についての調査を実施した（図1）。

本報告は、こうした調査結果の分析から、秋山郷における栃林の成立要因とその特徴を明らかにすることを主要な目的とする。

2. マツミネの栃林の立地環境

マツミネは、小赤沢集落の東に位置する松ノ峰周辺の地名である。松ノ峰の北側には、善光寺地震によって崩れたとの伝承を持つ「ジシンノユリコンダサワ」という沢があり、この沢沿いにマツミネの栃林がある。

小赤沢集落の福原唯雄氏（昭和6年生まれ）によれば、幼少の頃に家族でトチノミを拾いに来た場所であったという。また、現場を案内いただいた小赤沢集落の福原照一氏は平成の終わり頃までトチノミの採種・加工をおこなっていた経験があるが、その頃まではマツミネの栃林も採種場所のひとつであったという。ただし、令和7

年の調査時においては、この場所にトチノミの採種に訪れるという住民はいない。

秋山郷におけるトチノミの結実時期である令和7年9月13日に福原照一氏、井上、小山の3名でマツミネの栃林に訪れ、現地での調査を実施した。その結果、現在のマツミネの栃林一帯の森林環境は、ジシンノユリコンダサワを挟む北側と南側で以下のように異なる状況となっていることが明らかとなった（図2）。

まず、沢の北側の森林（図2の青で示した部分）は、斜面下部でサワグルミとトチノキが優先するが、斜面中部から安定しブナ林となっていた。なお、この部分については、福原照一氏によれば、崩れる心配がないため、かつて伐採がおこなわれたという。森林簿上では伐採の記録はないものの、株立ちが多く立木も細いため、約40年前に一度伐採されている可能性が考えられる。

一方、沢の南側の森林（図2の黄色・赤で示した部分）は、100年生程度のサワグルミの純林にトチノキがまじり、平坦面に近い場所でキハダが混生している状況になっている。また、この森林の中に明らかに周囲のトチノキと比べて大きなものとして、崩壊斜面の傾斜変換点のマウンド上に樹高21 m幹周487 cmと樹高25 m幹周374 cmの2個体を確認できた（写真1）。

こうした立地環境を分析した小山は、この南側の森林は200年以上前に大規模な崩壊が起こっており、その後にトチノキ・キハダ・サワグルミを主体とする溪畔林が再生したものと推定した。その後、一定の再生が進む途中で、上記の2個体のトチノキのマウンドを残すような形で中規模な崩壊（図2の赤で示した部分）が発生し、現在の森林環境へとつながっていると考えられるとした。

なお、こうした崩壊の記憶、あるいは崩壊を招くような土地に対する認識は秋山郷の人々の間で共有されていたようで、福原照一氏によれば、この沢の南側の森林については、「崩れるので伐採してはならない」と言われていたという。

栃林に関する先行研究あるいは聞き取り調査では、トチノミを採種するために伐採が禁じられていたという文脈での説明が中心となっているが、このマツミネの栃林の事例からは、上記の文脈とともに、トチノキの巨木が残るような場所、つまり過去に崩壊が起こったような場所の伐採を禁じることで、結果的に食糧の確保とともに、災害を未然に防ぐといったようなことにもつながっていたという可能性が指摘できる。こうした可能性を検証するためには、他地域の栃林の立地環境の比較が必要であるが、その点については今後の課題としたい。

なお、調査時においてはこの場所ではトチノミは結実・落下していなかったため、松ノ峰北側の作業路沿いの目通り直径50～60 cmのトチノキの実をサンプルとして採種した。

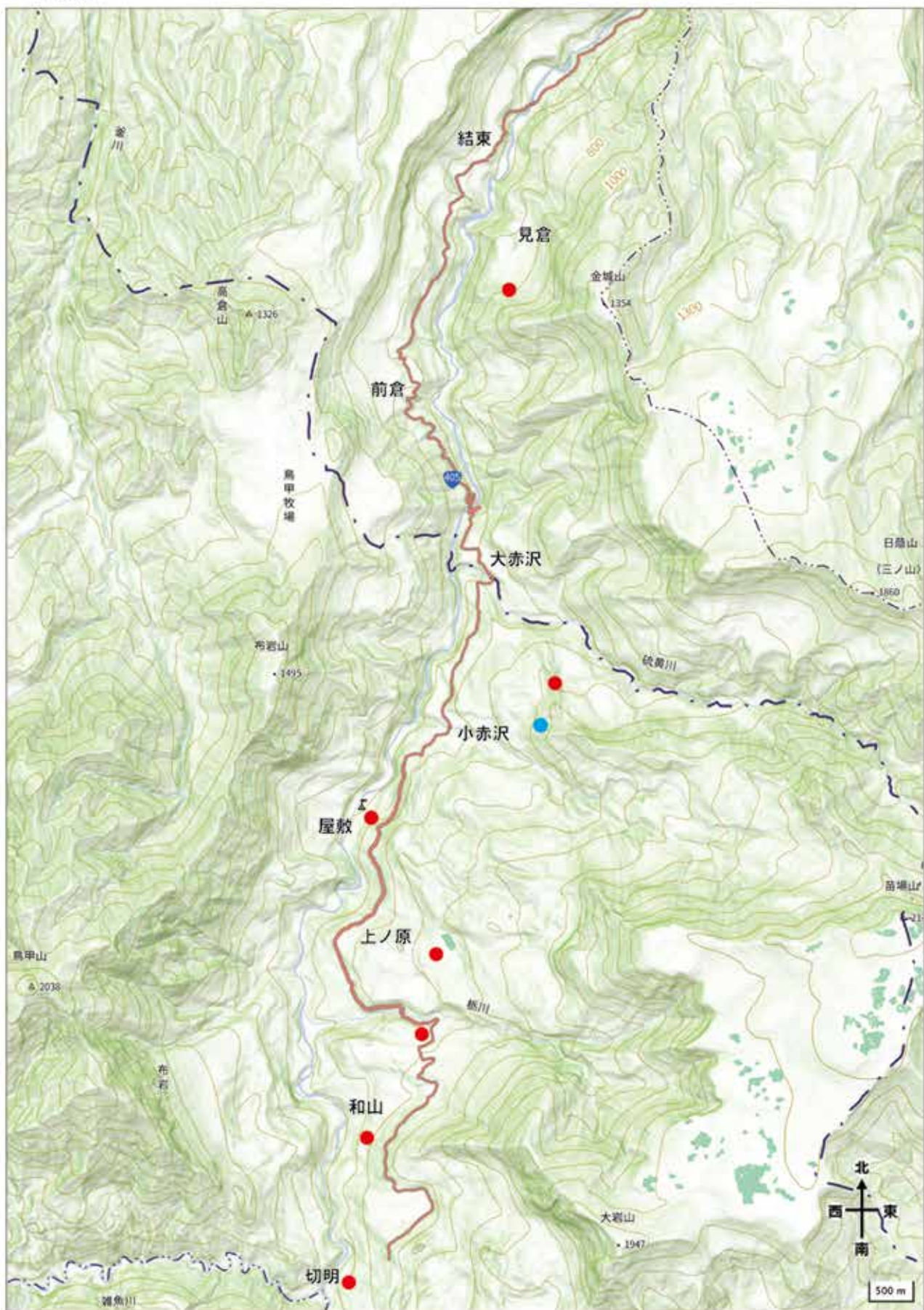


図1 マツミネの栃林とトチノミのサンプル採種位置図
(●がマツミネの栃林、●がトチノミのサンプル採種位置)
地理院地図に地名等を追記して井上作成



図2 マツミネの栢林の立地環境図
(●がトチノミの巨木 (2 本))
地理院地図に追記して小山作成



写真1 マツミネの栢林内のトチノミ巨木
井上撮影

3. 現在のトチノミ採種地の立地環境

井上が令和6年に実施した聞き取り調査の結果、秋山郷内の長野県側の5集落(小赤沢・屋敷・上ノ原・和山・切明)において、現在でもトチノミを採種し、加工している家庭は7軒程度であった。

このうちの4軒(小赤沢集落の福原和人氏・福原とも子氏・福原とし子氏、上ノ原集落の山田ひろ子氏)について、令和6年度にトチノミを採種した場所を確認したところ、福原和人氏が見倉および和山、福原とも子氏が屋敷・栢川・上ノ原、福原とし子氏が屋敷、山田ひろ子氏が切明で採種を実施したことが明らかとなった。

この成果を受けて、井上と小山の2名で、令和7年9月14日にこれらの採種地の立地環境の調査を実施した。各地の立地環境の概要は、以下の通りである。

・屋敷

小赤沢集落の福原とも子氏、福原とし子氏がトチノミの採種を実施した場所である。図2に示したように、屋敷集落から栄小学校秋山分校に向かう道路右側の傾斜地に20個体ほどのトチノミが確認できる場所がある。



図2 屋敷の採種地
地理院地図に追記して小山作成

この場所は、傾斜地で崩壊した土砂がたまった場所で、トチノミの直径階級に幅があるが、斜面の下部にトチノミの純林がみられる(写真2)。



写真 2 屋敷の採集地のトチノキ
筆者撮影

また、この林縁には、樹高 21.4 m 幹周 187 cm の個体があり、この個体に結実したトチノミは道路に落下する。採種にあたっては、道路上あるいは道路脇に落下したものを集めるという形が取られており、採種にかかる時間は非常に短い。

この地点にて 15 粒のサンプルを採種した。

・ 栃川

小赤沢集落の福原とも子氏がトチノミの採種を実施した場所である。図 3 で示したように、上ノ原から栃川を渡り、和山集落へ向かう途中のミズナラ林の林縁にトチノキが数個体存在する。



図 3 栃川の採種地
地理院地図に追記して小山作成

小山氏によれば、現在は資材置き場となっている場所はかつての沢を埋めたものと考えられ、現在確認できるトチノキの個体は、この沢沿いに存在していたものが残っ

たと推定できるという。

なお、採種の対象となるトチノキは現在防護壁の内側に位置しているが、枝が道路側に張りだしており、結実したトチノミは道路に落下するため、容易に採種が可能となっている。

結実時期がやや早かったが、この場所では 5 粒のサンプルを採種した。

・ 和山

小赤沢集落の福原和人氏がトチノミの採種を実施した場所である。図 4 に示したように、和山集落から切明集落に向かう道路沿いで、栃川の砂防堰堤の工事現場に向かう作業道沿いと、島田福一氏宅のそばにトチノキの個体が確認出来る。



図 4 和山の採種地
地理院地図に追記して小山作成

このうち、島田福一氏宅のそばで確認できる 4 個体(最も採種しやすい個体は樹高 25.5 m 幹周 180 cm) のトチノミは、主に島田福一氏のお宅で利用している。一方、福原和人氏は、そこから北側にやや下がった作業道沿いのトチノキ(樹高 16 m 幹周 174 cm) から採種している(写真 3)。



写真 3 和山の採種地のトチノキ
筆者撮影・左奥の家屋が島田福一氏宅

この場所についても、落下したトチノミは道路周辺に留まっていることから、容易に採種が可能となっている。

島田福一氏宅のそばで13粒、作業道沿いで12粒のサンプルを採種した。

・切明

上ノ原の山田ひろ子氏がトチノミを採種した場所である。図5に示したように切明の集落にほど近い道路沿いにトチノミの1個体(樹高16m幹周162cm)があり、そこから道路に落下するトチノミを採種している。なお、道を挟んだ谷側にもより大きなトチノキの個体が確認できるが、このトチノキの実は道路に落ちないため、採種の対象とはなっていない。



図5 切明の採種地
地理院地図に追記して小山作成

山田ひろ子氏によると、例年は大きい実になるとされる前倉で採種することが多いが、令和6年については、道路工事のために前倉の採種地に行くことができなかったという。そのため切明で採種したが、この場所は前倉よりも実が小さいと認識している。また、前述の和山も実が大きいと認識しており、いずれ和山で採種することができるよう、島田福一氏に話をしているという。

この場所では、12粒のサンプルを採種した。

・上ノ原

小赤沢集落の福原とも子氏がトチノミの採種を実施した場所である。



図6 上ノ原の採種地
地理院地図に追記して小山作成

図6に示したように、上ノ原の天池から小赤沢集落に向かう道路沿いのブナ林内の小規模崩壊地に3個体のトチノキが確認できた。調査実施時には、3個体のうち、林縁部の1個体(樹高23m幹周215cm)のみが結実している状態であり、道路上に落下しているもののうち、14粒をサンプルとして採種した(写真4)。



写真4 上ノ原の採種地のトチノキ
筆者撮影

・見倉

小赤沢集落の福原和人氏がトチノミの採種を実施した場所である。図7に示したように、大赤沢から見倉に向かい、見倉トンネルを抜けたすぐの東側に位置する。



図7 上ノ原の採種地
地理院地図に追記して小山作成

この場所は、苗場山麓ジオパークのジオサイトである「見倉のトチノキ原生林」に指定されており、トチノキが優占する林が広がっている。小山は、当該林分の上層樹高は28 mに至り、林分密度が100本/ha以下で、トチノキの優占割合は、本数割合では70%程度だったが、材積で考えると90%を上回っていると推測した。

さらに、この林の最奥部には、林野庁の「森の巨人たち百選」に選定されている「見倉の大栃」（樹高25 m 幹周848 cm、推定樹齢500年）がある。この見倉の大栃をはじめ、緩斜面であり、緩い谷地形である林内には幹周250 cmから600 cmのトチノキが見られる一方で、細い（若い）トチノキは確認できなかった（写真5・写真6）。



写真5 見倉の大栃
井上撮影

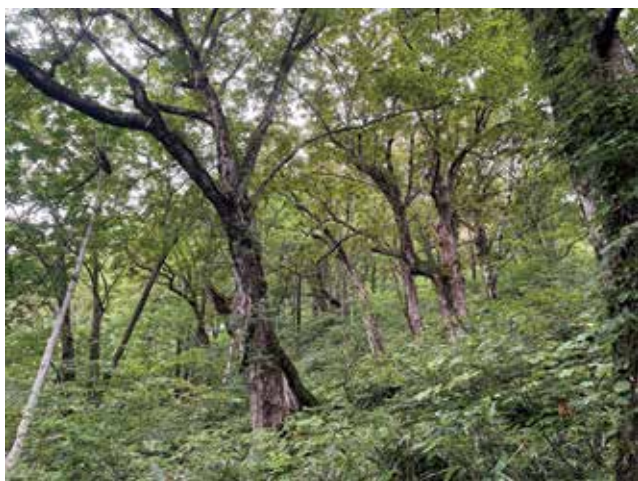


写真6 見倉のトチノキ原生林の様子
井上撮影

秋山郷は、トチノミを食糧として利用すると共に、トチノミを原材料とする木鉢製作もおこなわれてきた地域である。木鉢に適したトチノミは、幹周3 m、枝下高が10 mを超える大径木であることに加えて、通直で枝張りが大きくないものが好まれる。この林内においてもそうしたトチノミがかつては存在していたが、それらは木鉢用に伐採され、枝張りが広く、トチノミを採種しやすいもののみが残され、現在の森林環境が形成された可能性も考えられよう。ただし、この可能性については、かつて木鉢製作が盛んに実施されていた中津川対岸の結東集落において聞き取り調査等を実施して検証する必要があるということを、今後の課題として指摘しておきたい。

なお、林の入口には散策者用の駐車場、林内にはトレッキングコースが設けられており、容易にトチノミにアクセスすることが可能で、福原和人氏は駐車場付近のトレッキングコース上に落下したトチノミを採種している。

また、この見倉のトチノミも実が大きいと認識されていることから、林の入口のトチノミ（幹周500 cm）、林の中央のトチノミ（幹周583.5 cm）、見倉の大栃において、それぞれ14粒、14粒、18粒のサンプルを採種した。

4. マツミネの栃林とトチノミ採種地の立地環境調査に基づく秋山郷のトチノキ立地モデル

2節ならび3節では、小赤沢集落において、かつて栃林としてトチノミの採種ならびに伐採が禁じられていたマツミネの栃林および、現在トチノミを採種・加工している方々の採種地の立地環境について概観した。

図8はそれぞれの立地環境をもとに作成した秋山郷におけるトチノキの立地モデル図である。

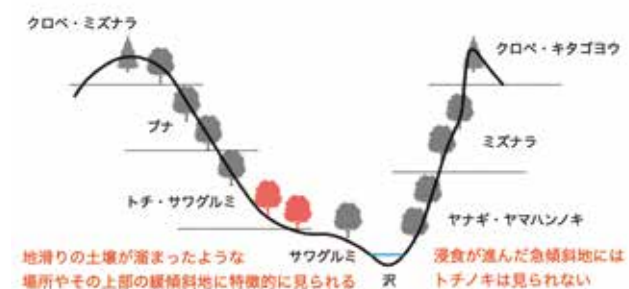


図8 秋山郷におけるトチノキ立地モデル図

この図からは、秋山郷においてはトチノキは浸食が進んだ急傾斜地には見られず、地滑りの土壌が溜まったような場所やその上部の緩傾斜地に特徴的に見られることが明らかとなった。

長谷川・佐々木(2011)によれば、秋山郷の各集落の立地環境について、すべての集落が緩傾斜な河成段丘および地滑りブロック上に立地し、後者の場合、例外なく地滑りブロックの下端付近に立地していることを指摘している。

つまり、秋山郷においては、集落のごく近くにトチノキが特徴的に見られる緩傾斜地が存在しており、そこがトチノミ採種の舞台となってきたということが指摘できる。ただし、かつてはトチノミが重要な食糧のひとつであり、各家庭においてトチノミの採種は欠かすことができなかったことから、集落全体で安定した採種を可能とするために柵林を設定して伐採を禁じたということがみられたものと考えられる。

また、地滑りブロック上に位置する集落においては、トチノキを含めて緩傾斜地の樹木の伐採を禁じることで、再度の地滑りを未然に防ぐということも意図されていたことも考えられよう。

5. 採種地によるトチノミの大きさの違い

食生活の変化等に伴い、現在の秋山郷において、トチノミの採種・加工をおこなう家庭は限定されている。また、いずれの家庭においても、自家用での消費が中心であり、採種直後の重量で10 kg前後の採種量に留まっている。

そのため、3節で取り上げたように、現在では自らの居住する集落内という形にこだわらず、車でアクセスしやすい場所、さらに、道路上にトチノミが落下するような場所が採種地として選択されており、採種にかかる時間は非常に短くなっている。

こうした現在のトチノミの採種において、アクセスとともに重視されているのが、トチノミの大きさである。各家庭における聞き取り調査の中で、採種地によりトチノミの大きさが異なっているということが認識されている。

具体的には、聞き取り調査の中では、見倉・和山のトチノミが大きいとする認識がある一方で、切明のトチノミは小さいという認識があることが明らかとなった。採種後の加工の手間を少なくする（実が大きければ皮を剥く個数を減らすことができる）ために、できるだけ大きな実を採種することを意図している人もいる。

こうした秋山郷の人々の認識について検証するために、立地環境の調査にあわせて各場所においてサンプルを採種し、その体積（平らな場所にトチノミを置いた状態の最大幅とそれに直行する幅、高さの3点から算出）ならびに重量（採種直後のもの・採種後1週間程度水に付けた後に乾燥させたもの）を計測した（写真7）。その結果を示したものが表1である。



写真7 水に浸した後に乾燥中のトチノミ
井上撮影

場所	和山 (上)	和山 (下)	栃川	屋敷	上ノ原	切明	見倉大栃	見倉中央	見倉入口
サンプル数	12	13	5	15	14	12	18	14	14
平均体積 (直方体換算・cm ³)	31.18	27.39	21.53	24.68	24.46	22.65	29.85	27.82	27.62
平均重量 (採集直後・g)	20	17.85	14	15.67	16.79	14.58	20.12	17.96	24.47
平均密度 (採集直後・g/cm ³)	0.64	0.65	0.65	0.63	0.68	0.64	0.67	0.64	0.88
平均重量 (乾燥後・g)	12.17	10.69	8.2	9.2	10	9	11.5	10.86	14.36
平均密度 (乾燥後・g/cm ³)	0.39	0.39	0.38	0.37	0.41	0.4	0.38	0.39	0.52

※採種日は2025年9月14日・15日

表1 それぞれの採種地におけるトチノミの体積・重量・密度
井上作成

表1の計測結果からは、体積については、小さいとされる切明と比較すると、見倉・和山ともに大きいということが指摘でき、聞き取り調査で明らかとなった認識が反映されていることが明らかとなった。

ただし、採種直後・乾燥後の重量を元に密度（実のつまり具合）を算出すると、見倉入口（小赤沢集落の福原和人氏の採種地）を除けば、どの場所もそれほど大きな違いがないということが明らかとなった。このことから、実のつまり具合は採種地の選定にはそれほど考慮されていないということが指摘できる。

また、見倉入口については、群を抜いて実が詰まっているトチノミが採種されている。他の場所と比較しても見倉は大きな実がなり、さらに実も詰まっているということは、他地域よりも効率的に主成分であるデンプンを入手できるということを意味し、かつてトチノミが重要な食糧であった時期には、非常に重要な場所であった可能性が考えられる。

現在は、ごく限られた人による採種しかおこなわれていない状況であるが、今後の課題として見倉集落、あるいは中津川対岸に位置する結東集落において、この見倉のトチノミ林がどのように利用されていたのかということについても明らかにする必要があることを記しておく。

6. おわりに

本報告では、民俗学を専門とする井上と、林学を専門とする小山の両名が、令和7年に実施した小赤沢集落のマツミネの柵林ならびに、現在のトチノミ採種地の立地環境に対する現地調査の概要を取り上げた。それを元に秋山郷におけるトチノミの立地モデルを作成し、集落のごく周辺にトチノミが生育する環境が存在してきたことを指摘した。

こうしたトチノミから得られるトチノミはかつては重要な食糧のひとつであり、安定した採種のために柵林として設定し、伐採を禁じたという可能性も考えられることに加え、小赤沢集落のマツミネの柵林が地滑りの崩壊地に立地していることから、伐採を禁じることで大規模な崩壊を結果的に防ぐことにもつながっている可能性も指摘できる。他地域の事例も加えて比較検討することで、こうした可能性の精度をより高めることが可能になると考えられる。

また、現地調査の過程の中で採種したサンプルの分析から、苗場山麓ジオパークのジオサイトにもなっている見倉のトチノミ原生林については、今回調査を実施した中で、実の大きさ・実のつまり具合ともに最大の数値を示しており、食糧の確保という意味では非常に重要な価値を有する場所であることが明らかとなった。

それとともに、小山の林分相観によると、木鉢製作に用いる通直木は選択的に伐採され、トチノミ採種に適し

た枝張りのよいものが残されてきた可能性が示唆された。

秋山郷の人々によって、見倉のトチノミ原生林がどのような形で利用され、現在に至っているのかということについて、聞き取り調査などによって精緻に分析をおこなうことで、秋山郷の人々と森林との関係をより具体的に描きだすことが可能になると思われる。

最後に、今回の調査を実施するにあたって、多大なる協力をいただいた福原照一氏をはじめ、秋山郷の皆様に深く御礼申し上げます。

参考文献

長谷川裕彦・佐々木昭彦 2011 「東北日本の山地地形と山村」池谷和信・白水智責任編集『シリーズ日本列島の三万五千年—人と自然の環境史 第5巻 山と森の環境史』pp.19-36 文一総合出版

苗場山の泥炭湿原における溶存有機物 (DOM) の太陽光分解を介した温室効果ガスの放出

渡邊 健介

1. はじめに

泥炭湿原には、湿原植物に由来し、水に溶存する有機物である溶存有機物 (DOM) が豊富に存在している。DOM の重要な性質の1つに、太陽光、特に紫外線をよく吸収し分解する化学特性があげられる。この DOM の性質は、水中の水棲生物が強い紫外線に晒されるのを防ぐこと、光分解によって生じる低分子 DOM が細菌を起点とした炭素循環を駆動することなど、泥炭湿原において貴重な生態学的機能を担っている。一方で、DOM は光分解される際に、 CO_2 、 CH_4 、 CO を放出すると報告されている¹⁾。 CO_2 と CH_4 は温室効果ガスといわれており、どちらも赤外線強く吸収する性質を持ち、特に CH_4 は CO_2 に比べて約 25 倍の温暖化作用を持つといわれている。また、 CO は厳密には温室効果ガスではないが、間接的温室効果ガスとして近年注目されている。 CO は、大気中のヒドロキシラジカル ($\cdot\text{OH}$) と反応し消失する (化学式: $\text{CO} + 2\cdot\text{OH} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$)。 CH_4 も $\cdot\text{OH}$ と反応し消失するため (化学式: $\text{CH}_4 + \cdot\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\cdot$)、大気中の CO が増加すると CH_4 と反応すべき $\cdot\text{OH}$ が減少し、結果として大気中の CH_4 濃度の助長につながる。これらのガスは、DOM の光分解過程から放出されることはわかっているものの、放出を定量的に評価した例は少なく特に、 CO に関しては不明な点が多い。

泥炭湿原は寒冷地で発達するため、本州においては山岳地帯に形成されることが多い²⁾。標高が高い山岳泥炭湿原では、平地と比べて太陽光の放射強度、特に紫外線の量と割合が高い。DOM の光分解速度は、太陽光放射量や紫外線量に依存して高くなると報告されている³⁾。したがって、山岳泥炭湿原における DOM 光分解を介した CO_2 、 CH_4 、 CO の放出量は、平地と異なり予想されているより高い可能性がある。また、放出過程も標高によって異なることが推察される。

そこで本研究では、まず標高約 2,100 m の苗場山泥炭湿原の 50 ヶ所の池澁を選択し、DOM の量と質の測定を行い、苗場山湿原の DOM を特徴づけた。また、DOM 光分解によって放出される CO_2 、 CH_4 、 CO の放出速度とポテンシャルを定量的に提示するため、室内光分解実験を行った。これらの結果と尾瀬ヶ原で得られた結果の比較検討を行った。加えて、標高が異なることによる光環境の違いが DOM 光分解を介した CO_2 、 CH_4 、 CO の放出にどのように影響するかをみるために、苗場山湿原と東邦大学屋上で太陽光放射量および紫外線量を測定するとともに、野外光分解実験を行った。

2. 方法

2.1 調査地点とサンプリング

苗場山は新潟県と長野県の県境に位置している標高 2,145 m の山岳で、山頂には南北 4 km、東西 1 km に及ぶ高層湿原を有している。湿原には、多種多様な池澁が数百を超えて存在し、モウセンゴケやワタスゲなどの湿原植物が多くみられる。池澁は水深が浅く (平均 30 cm、 $n = 50$)、指紋状池澁も散見された。また、池澁内に大型の水性植物が存在しない池澁が多くみられた。本研究では、まず苗場山湿原の池澁の DOM の量と質を特徴づけるために、50 ヶ所の池澁を選択し、中層の池澁水をゴム手袋をした手で直接ポリカーボネート瓶に採水した。採水は、2025 年 7 月 27 日と 8 月 10 日にそれぞれ 25 ヶ所の池澁で行った (表 1、図 1)。採水した池澁水は、450℃下で 2 時間強熱したガラス繊維ろ紙 (GF/F, Whatman) でろ過した。ろ液は、分析を行うまで -30℃の冷凍庫で保存した。

採水前に環境測定として pH、電気伝導度 (EC)、溶存酸素濃度 (DO)、水温 (WT)、気圧、水深の測定を行った。pH は pH メーター (D-200、HORIBA)、水温、DO および気圧は蛍光式溶存酸素系 (HQ30d、HACH)、EC と ORP は EC・ORP メーター (D-54、HORIBA) で測定した。



図 1 苗場山湿原におけるサンプリング地点

2.2 室内光分解実験

室内光分解実験の水サンプルとして、地点 MNB8 (2025 年 7 月 27 日採水)、地点 MNB15 (2025 年 7 月 27 日採水)

表 1. 釧路湿原赤沼、尾瀬ヶ原下田代、苗場山における調査地点の位置

地点名	北緯	東経	地点名	北緯	東経
釧路湿原			尾瀬ヶ原		
赤沼	43°06'27"	139°13'07"	NB14	36°56'07"	139°14'40"
苗場山			苗場山		
MNB1	36°50'44"	138°41'28"	MNB26	36°50'40"	138°41'24"
MNB2	36°50'42"	138°41'31"	MNB27	36°50'40"	138°41'20"
MNB3	36°50'42"	138°41'32"	MNB28	36°50'41"	138°41'17"
MNB4	36°50'42"	138°41'32"	MNB29	36°50'41"	138°41'18"
MNB5	36°50'43"	138°41'33"	MNB30	36°50'41"	138°41'18"
MNB6	36°50'42"	138°41'33"	MNB31	36°50'39"	138°41'17"
MNB7	36°50'41"	138°41'33"	MNB32	36°50'39"	138°41'15"
MNB8	36°50'43"	138°41'34"	MNB33	36°50'39"	138°41'16"
MNB9	36°50'42"	138°41'34"	MNB34	36°50'26"	138°41'08"
MNB10	36°50'41"	138°41'35"	MNB35	36°50'25"	138°41'08"
MNB11	36°50'36"	138°41'25"	MNB36	36°50'26"	138°41'03"
MNB12	36°50'32"	138°41'26"	MNB37	36°50'08"	138°41'08"
MNB13	36°50'27"	138°41'30"	MNB38	36°50'10"	138°41'10"
MNB14	36°50'27"	138°41'30"	MNB39	36°50'11"	138°41'09"
MNB15	36°50'26"	138°41'32"	MNB40	36°50'09"	138°41'11"
MNB16	36°50'26"	138°41'32"	MNB41	36°50'09"	138°41'11"
MNB17	36°50'26"	138°41'32"	MNB42	36°50'08"	138°41'11"
MNB18	36°50'23"	138°41'31"	MNB43	36°50'11"	138°41'12"
MNB19	36°50'22"	138°41'31"	MNB44	36°50'10"	138°41'12"
MNB20	36°50'22"	138°41'30"	MNB45	36°50'05"	138°41'07"
MNB21	36°55'22"	138°41'29"	MNB46	36°50'00"	138°41'12"
MNB22	36°50'22"	138°41'31"	MNB47	36°50'01"	138°41'11"
MNB23	36°50'20"	138°41'31"	MNB48	36°50'01"	138°41'11"
MNB24	36°50'19"	138°41'32"	MNB49	36°50'01"	138°41'10"
MNB25	36°50'18"	138°41'34"	MNB50	36°50'03"	138°41'10"

を用いた。ろ過した水サンプルを石英三角フラスコ3つ（明条件）、100 mL 三角フラスコ3つ（暗条件）に80 mL ずつ分取しゴム栓で密閉した。その後、以下の2つの系を調製した：(1) 明条件：石英三角フラスコ3つに人工太陽光ライト（XC-100BF、SERIC）を用いて、光量子束密度が約 $1,700 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ となるように露光した（UV-A： $14.69 \text{ W}/\text{m}^2$ 、UV-B： $2.51 \text{ W}/\text{m}^2$ ）(2) 暗条件：100 mL 三角フラスコ3つをアルミホイルで遮光した。明条件および暗条件のフラスコは、水を張ったトレーに静置し、水温を 15°C で一定にした。露光時間は14日間とした。各フラスコの気相を0、3、7、14日目に採血針を介して5 mL 真空バイアル瓶に採取し、 CO_2 、 CH_4 、 CO の放出量を測定し、それぞれの速度を算出した。また、DOMの量と質の変化をみるために、実験前後の水サンプルを回収し、DOC濃度、 Abs_{254} 、 SUVA_{254} 、蛍光性DOM成分の変化を測定した。これらのデータと尾瀬ヶ原の池塘水を用いた同様の実験の結果⁴⁾と比較した。尾瀬ヶ原は、群馬県、福島県、新潟県の3県にまたがる東西6 km、南北2 kmにわたる盆地に形成されており、標高約1,400 mに位置する(表1)。その面積は 7.6 km^2 であり、本州最大の山岳泥炭湿原と知られている。また、池塘が約1,800個も存在し、苗場山湿原と同様モウセンゴケ、ワタスゲなどの同様の湿原植物が多くみられる。

2.3 野外光分解実験

野外光分解実験は東邦大学屋上（千葉県船橋市）と苗場山湿原の池塘（MNBI）付近で行った。実験期間は屋上では2025年7月18日～8月1日、苗場山湿原では2025年7月26日～8月9日とした。水サンプルとして釧路湿原内の赤沼の湖水（2025年7月採水）を用いた（表1）。釧路湿原は、北海道東部太平洋側の南北に位置しており、東西25 km、南北36 kmにわたる日本最大の湿原である。釧路湿原の標高は0～10 mと低く、その地形は平坦である。湿原にはモウセンゴケ、ワタスゲなど苗場山湿原や尾瀬ヶ原と同様の湿原植物が多くみられる。

野外光分解実験は、室内光分解実験と同様に明条件と暗条件フラスコの作成を行った。繰り返しは5回とした。トレーにフラスコを並べ、竹串とテント用のペグでトレーを固定し、14日間静置した。気相の気体を0、14日目に5 mL 真空バイアル瓶に採取し、 CO_2 、 CH_4 、 CO の速度を算出した。また、実験前後のDOMの量と質を測定した。実験期間中の光環境を測定するために照度UVレコーダー（TR-74Ui、T AND D）を用いて、光合成有効放射（PPFD）、紫外線A波（UV-A）、紫外線B波（UV-B）の放射量を5分ごとに測定した。照度UVレコーダーは、地上から50 cmの高さになるように設置した。

2.4 化学分析

温室効果ガス CO_2 、 CH_4 、 CO の測定には、メタナイザー

を装備した水素炎イオン化検出器（FID）つきガスクロマトグラフを用いて行った。DOC濃度はTOC計で測定した。DOM成分の主成分で光化学反応性が高い水系腐植物質（AHS）の量の指標として254 nmにおける吸光度（ Abs_{254} ）を分光光度計で測定し、AHS含有率の指標として SUVA_{254} 値を算出した（ $\text{Abs}_{254}/\text{DOM}$ 炭素濃度）。蛍光性DOM成分は、三次元励起蛍光スペクトル（EEM）-多変量解析PARAFAC法で測定した。植物プランクトンの指標となるクロロフィルa（Chl.a）濃度は、アセトン抽出法で測定した。

2.5 統計解析

苗場山湿原での採水地点におけるDOC濃度、 Abs_{254} 、 SUVA_{254} 、蛍光性DOM成分の各濃度、Chl.aと環境因子との関係を明らかにするために、ピアソンの単回帰分析を行った。DOC濃度、 Abs_{254} 、 SUVA_{254} 、蛍光性DOM成分の各濃度の説明変数としてpH、EC、DO、WT、水深、Chl. aを用いた。地点間の CO_2 、 CH_4 、 CO の放出速度と放出ポテンシャルの有意差を明らかにするために、分散分析ANOVAを用いて行った。また野外光分解実験における地点間の光環境（PPFD、UV-A、UV-B）や各ガスの放出速度やポテンシャルの有意差を明らかにするために、Studentのt検定を行った。解析には統計ソフトR（Ver.4.3.1）を用いた。

3. 結果・考察

3.1 苗場山湿原と東邦大学屋上の光環境

PPFD、UV-A、UV-Bの1日当たりの積算平均値は、全て東邦大学屋上の方が苗場山湿原よりも高かった。また、苗場山湿原の方が東邦大学屋上よりも値の変動が激しかった（表2）。山岳に位置する苗場山湿原は天候が変化しやすいため、PPFD、UV-A、UV-Bの値は降雨や霧によって大きく変動すると考えられた。また、積算最大値のPPFDは、東邦大学屋上と苗場山湿原で大きな差はみられなかったが、UV-AとUV-Bは苗場山湿原の方が1.2倍高かった。さらに、PPFDに対するUV-AとUV-Bの割合（UV-A/PPFD、UV-B/PPFD）は、苗場山湿原の方が東邦大学屋上より高かったことから、苗場山湿原は天候によって光環境が変化しやすいが、平地にある東邦大学屋上よりも紫外線を受けやすい環境にあるといえる。

3.2 苗場山湿原のDOC濃度、 Abs_{254} 、 SUVA_{254}

苗場山湿原の池塘のDOC濃度、 Abs_{254} 、 SUVA_{254} を表3に示す。同じ山岳泥炭湿原である尾瀬ヶ原のデータ⁵⁾と比較すると、苗場山湿原のDOC濃度は、尾瀬ヶ原よりも有意に低かった（ $p < 0.001$ ）。 Abs_{254} も苗場山湿原の方が有意に低かった（ $p < 0.01$ ）。しかしながら、苗場山湿原の SUVA_{254} は、尾瀬ヶ原よりも有意に高かった（ $p < 0.05$ ）。

表 2. 東邦大学屋上と苗場山湿原の 1 日当たりの光合成有効放射 (PPFD)、紫外線 A 波 (UV-A)、紫外線 B 波 (UV-B) の放射量の積算値と PPFD に対する UV-A と UV-B の割合 (UV-A/PPFD、UV-B/PPFD)

		PPFD	UV-A	UV-B	A/PPFD	B/PPFD
		$\times 10^4 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	$\times 10 \text{ W}/\text{m}^2$	W/m^2	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-4}$
東邦大	最大値	15.5	66.8	86.2	4.43	5.72
	最小値	12.3	51.7	66.8	3.95	5.10
	平均値	14.5	60.9	78.6	4.19	5.41
	標準偏差	0.97	4.55	5.87	0.11	0.14
苗場山	最大値	15.2	77.6	99.4	5.53	7.08
	最小値	2.61	14.4	18.5	4.32	5.54
	平均値	7.61	37.6	48.1	4.96	6.36
	標準偏差	3.05	15.4	19.8	0.32	0.41

表 3. 苗場山湿原の池塘の DOC 濃度、 Abs_{254} 、 SUVA_{254} 、MNB-1、MNB-2、MNB-3 の最大値、最小値、平均、標準偏差

		DOC	Abs_{254}	SUVA_{254}	MNB-1	MNB-2	MNB-3
		mgC/L			QSU	QSU	QSU
苗場山	最大値	10.3	0.313	3.73	49.0	37.8	10.4
	最小値	2.09	0.045	1.43	10.4	6.15	2.23
	平均値	5.56	0.139	2.43	23.9	16.9	5.51
	標準偏差	1.94	0.069	0.65	9.74	7.60	2.06

表 4. 苗場山湿原における DOC 濃度、Abs₂₅₄、SUVA₂₅₄、蛍光性 DOM 成分 MNB-1, 2, 3 の相対蛍光強度と
環境因子とのピアソン相関係数

	Abs ₂₅₄	SUVA ₂₅₄	MNB-1	MNB-2	MNB-3	Chl.a	pH	EC	DO	DO%	WT	WD
DOC	0.84***	0.30***	0.90***	0.89***	0.92***	0.02	-0.67***	0.87***	-0.42**	-0.41**	0.28*	0.08
Abs ₂₅₄		0.75***	0.90***	0.92***	0.92***	0.20	-0.56***	0.80***	0.03	0.01	-0.07	0.03
SUVA ₂₅₄			0.50***	0.57***	0.54***	0.30*	-0.18	0.35*	0.55***	0.50***	-0.46***	0.04
MNB-1				0.99***	0.97***	0.06	-0.59***	0.89***	-0.30*	-0.28*	0.22	0.08
MNB-2					0.98***	0.09	-0.60***	0.90***	-0.24	-0.23	0.18	0.06
MNB-3							-0.63***	0.87***	-0.28*	-0.28	0.19	0.10

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

3.3 苗場山池の蛍光性 DOM 成分

EEM-PARAFAC により苗場山湿原の EEM データ ($n = 68$) から MNB-1 ($\text{Ex/Em} = <252, 309 \text{ nm}/426 \text{ nm}$, Fit 値 = 51.9%), MNB-2 ($\text{Ex/Em} = <252, 360 \text{ nm}/469 \text{ nm}$, Fit 値 = 27.2 %), MNB-3 ($\text{Ex/Em} = <252, 423 \text{ nm}/512 \text{ nm}$, Fit 値 = 20.8%) の 3 種類の蛍光性 DOM 成分が検出された (図 2)。Fit 値は成分の検出確率の高さを反映している。ピーク位置から、これらの成分は多くの泥炭湿原で見られる AHS 様成分であることが考えられた⁶⁾。これらの蛍光性 DOM 成分の相対蛍光強度を表 3 に示す。尾瀬ヶ原において、MNB-1 と MNB-2 のピーク位置に近い蛍光性 DOM 成分が得られたため⁷⁾、それらを同一の成分として相対蛍光強度を比較したところ、苗場山と尾瀬ヶ原で有意な差はなかった。しかしながら、DOC 濃度に対する MNB-1 と MNB-2 の相対蛍光強度の割合は、苗場山湿原の方が尾瀬ヶ原より有意に高かった ($p < 0.001$)。前述したように、苗場山湿原の SUVA_{254} は、尾瀬ヶ原より有意に高かった。これらの結果から、苗場山湿原の池では、尾瀬ヶ原よりも DOM と AHS が量的に少ないが、AHS の含有率は高いことがわかった。尾瀬ヶ原の泥炭の厚さは約 5 m 程度と言われているのに対して⁸⁾、苗場山湿原の厚さは約 85 cm と報告されている⁹⁾。したがって、苗場山湿原における泥炭の浅さが、DOM や AHS の炭素量を反映していたと推察された。また、苗場山湿原の泥炭は“younger”であると考えられ、泥炭の分解由来の AHS の割合が高かった可能性が考えられた。

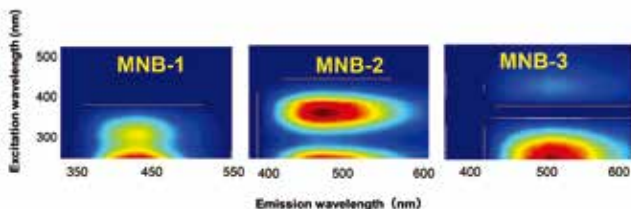


図 2 苗場山湿原池における蛍光性 DOM 成分

3.4 苗場山湿原における DOC 濃度、 Abs_{254} 、 SUVA_{254} 、蛍光性 DOM 成分 MNB-1、2、3 の蛍光強度と環境因子との相関

DOC 濃度、 Abs_{254} 、 SUVA_{254} 、MNB-1、2、3 の濃度は、互いに正の相関を示した (表 4)。これらの結果から、苗場山湿原の DOM は、AHS が主要な部分を占めているといえる。また、DOC 濃度、 Abs_{254} 、 SUVA_{254} 、MNB-1、2、3 の濃度は EC と正の相関を示した。この結果は、池の化学成分が AHS に支配されていることを示している。本研究の対象地である苗場山湿原の池への水の供給源は主に雨水であり、栄養やミネラル分は極めて低いと予測される。

DOC 濃度、 Abs_{254} 、MNB-1、2、3 の濃度と pH の間には負の相関がみられた。AHS の多くは酸性官能基を有しており、酸性官能基が解離することにより池の pH に影響を与えたと考えられた。また、DOC 濃度、MNB-1、3 の濃度は DO と負の相関を示した。DOC や AHS は、微生物の有機物分解から供給されると考えられる。したがっ

て、有機物分解があるほど微生物による呼吸によって DO が減少すると推察された。しかしながら、 SUVA_{254} と DO は正の相関と逆の傾向を示した。この結果は、おそらく AHS とそれ以外の DOM の供給と消費に基づく予測される。AHS は、主に植物遺骸に由来する高分子化合物から成り、一般的に微生物によって分解されにくい難分解性の性質を示す。したがって、AHS は供給されると池内に留まりやすい。一方、AHS 以外の比較的 low molecular weight 化合物である DOM は、好気条件下で微生物によって素早く分解される。DO が高いほど AHS 以外の DOM が分解され、結果として AHS の割合が高くなったと推察された。

3.5 室内光分解実験

3.5-1 DOC 濃度、 Abs_{254} 、 SUVA_{254} 、蛍光性 DOM 成分

明条件における MNB8 の池水の DOC 濃度は、14 日間で $3.6 \pm 2.5\%$ 減少した (図 3)。MNB15 の DOC 濃度は $17.0 \pm 5.5\%$ 減少した ($p < 0.01$)。明条件における DOC 濃度の減少は、DOM 光分解により揮発性物質が生成し、大気へ放出されたことを示している。暗条件における MNB8 と MNB15 の DOC 濃度は実験前後で有意な差を示さなかった。

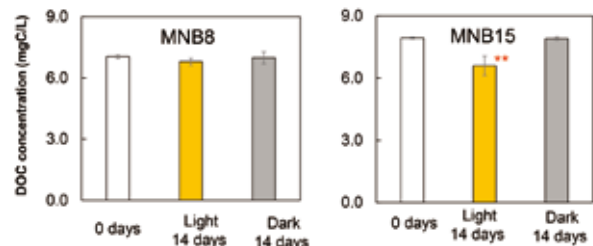


図 3 室内光分解実験における DOC 濃度変化
(** : $p < 0.01$)

明条件における両地点の Abs_{254} は 14 日目では有意に減少し、その減少率は MNB8 で $29.1 \pm 2.0\%$ ($p < 0.001$) (図 4)、MNB15 で $49.1 \pm 1.6\%$ ($p < 0.001$) であった。明条件での両地点における SUVA_{254} も実験後に有意な減少を示した。MNB8 の減少率は $26.3 \pm 3.4\%$ ($p < 0.001$) (図 5)、MNB15 では $38.5 \pm 2.9\%$ であった ($p < 0.001$)。 Abs_{254} は DOM に含まれる AHS 量、 SUVA_{254} は DOM に含まれる AHS の割合の指標である¹⁰⁾。両地点の Abs_{254} と SUVA_{254} の減少率は、DOC 濃度の減少率よりも高かったことから、DOM 成分の中でも主に AHS が光によって分解されたと考えられた。また、暗条件における両地点の Abs_{254} と SUVA_{254} に有意な差はみられなかった。

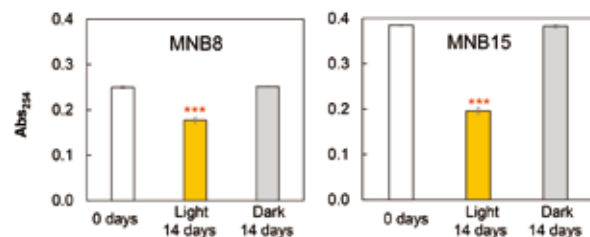


図 4 室内光分解実験における Abs_{254} 変化
(*** : $p < 0.001$)

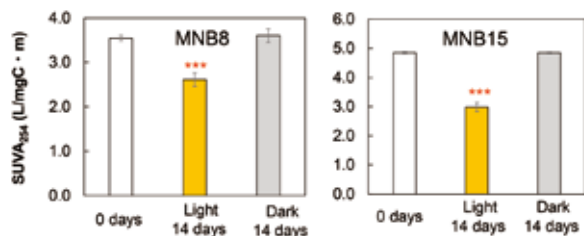


図5 室内光分解実験における SUVA₂₅₄ 変化
(***: $p < 0.001$)

両地点において検出された3つの蛍光性 DOM 成分 (MNB-1, -2, -3) は、高い光反応性を示した。明条件における MNB8 の MNB-1 の相対蛍光強度 (FI) は 14 日目に $37.1 \pm 2.2\%$ 、MNB-2 は $45.9 \pm 2.0\%$ 、MNB-3 は $41.1 \pm 2.5\%$ と有意に減少した ($p < 0.001$) (図 6)。同様に、MNB15 の MNB-1 の FI は $32.7 \pm 1.6\%$ 、MNB-2 は $46.6 \pm 2.3\%$ 、MNB-3 は $45.9 \pm 2.2\%$ 減少した ($p < 0.001$) (図 7)。両地点とも MNB-2 と MNB-3 の減少率は大きく、MNB-2 と MNB-3 は MNB-1 より光反応性が高い成分であると考えられた。

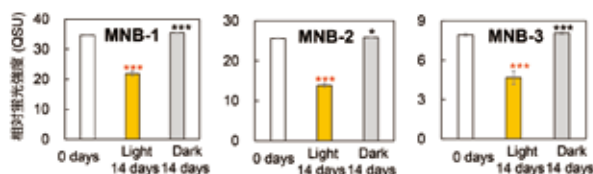


図6 室内光分解実験 (MNB8) における蛍光性 DOM 成分の相対蛍光強度変化
(***: $p < 0.001$, *: $p < 0.05$)

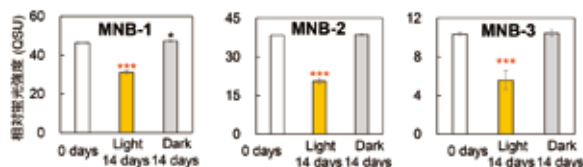


図7 室内光分解実験 (MNB15) における蛍光性 DOM 成分の相対蛍光強度変化
(***: $p < 0.001$, *: $p < 0.05$)

暗条件においては、MNB8 の MNB-1 で $2.11 \pm 0.5\%$ ($p < 0.001$)、MNB-2 で $1.00 \pm 0.4\%$ ($p < 0.05$)、MNB-3 で $1.65 \pm 0.5\%$ ($p < 0.001$)、MNB15 の MNB-1 で $2.18 \pm 0.5\%$ ($p < 0.05$) 有意な増加が見られた。暗条件では、バクテリアの活動が活性化され、蛍光性 DOM 成分の腐植化が起こったと考えられた。

3.5-2 CO₂, CH₄, CO の放出速度と放出ポテンシャル

両地点とも、明条件における放出速度および放出ポテンシャルは CO₂ が最も高く、次いで CO であり、CH₄ は非常に低かった (表 5、6)。MNB15 では、CH₄ の放出を検出できなかった。DOM 光分解過程を介した CO₂ の放出は、DOM がもつカルボキシル基に由来するといわれている¹¹⁾。CO においてはカルボニル基から光分解によってメタノールに

変換され、メタノールが OH ラジカルによって CO に酸化される 2 段階のメカニズムによって生成されると報告されている¹²⁾。また、CH₄ は、メチル基を持つ DOM から生成されるといわれている¹³⁾。苗場山湿原の各ガスの放出速度と放出ポテンシャルは、尾瀬ヶ原よりも低い傾向があった¹⁴⁾。この結果は、苗場山湿原の DOC 濃度と Abs₂₅₄ が尾瀬ヶ原より低かったことから、温室効果ガスである CO₂, CH₄, CO のソースが量的に制限されたためと考えられた。

表5 光分解実験の明条件下における CO₂, CH₄, CO

	放出速度		
	CO ₂	CH ₄	CO
	(×10 ⁻²)		
	μgC/L-water/h		
MNB8	1.37 ± 0.38	0.32 ± 0.12	0.75 ± 0.32
MNB15	0.77 ± 0.14	ND	0.44 ± 0.14

表6 光分解実験の明条件下における CO₂, CH₄, CO

	放出ポテンシャル		
	CO ₂	CH ₄	CO
	(×10 ⁻²)		
	Rate/DOC		
MNB8	0.19 ± 0.05	0.05 ± 0.02	0.11 ± 0.05
MNB15	0.10 ± 0.02	ND	0.06 ± 0.02

暗条件下における CO₂, CH₄, CO の放出は検出できず、放出速度および放出ポテンシャルは算出できなかった。AHS のような難分解性 DOM が卓越する湿原水において、短期間での微生物によるこれらのガスの放出は無視できると考えられた。

3.6 野外光分解実験

3.6-1 東邦大学屋上と苗場山湿原における DOC 濃度、Abs₂₅₄、SUVA₂₅₄

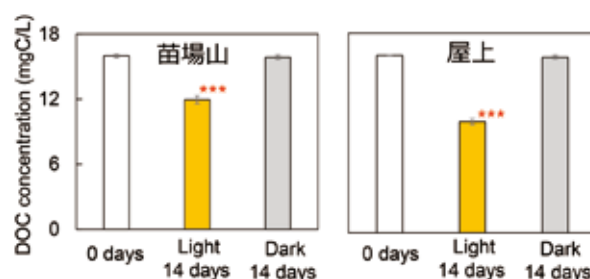


図8 野外光分解実験における DOC 濃度変化
(***: $p < 0.001$)

明条件における両地点の DOC 濃度は 14 日目に有意な減少を示し、その減少率は東邦大学屋上で $37.3 \pm 1.8\%$ ($p < 0.001$)、苗場山湿原で $25.3 \pm 2.5\%$ ($p < 0.001$) であった。また、Abs₂₅₄ は東邦大学屋上では、 $68.9 \pm 0.3\%$

($p < 0.001$)、苗場山湿原で $50.2 \pm 1.0\%$ ($p < 0.001$)、SUVA₂₅₄ については東邦大学屋上では $50.3 \pm 1.5\%$ ($p < 0.001$)、苗場山湿原では $33.3 \pm 1.6\%$ ($p < 0.001$) であった。これらの減少率は、東邦大学屋上の方が大きかった。

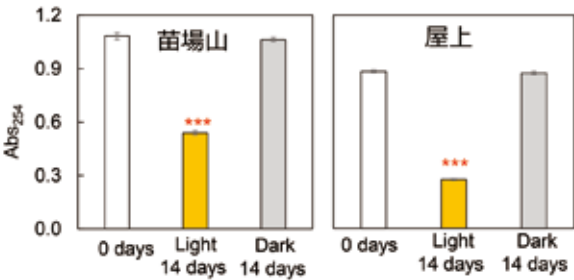


図 9 野外光分解実験における Abs₂₅₄ 変化
(***: $p < 0.001$)

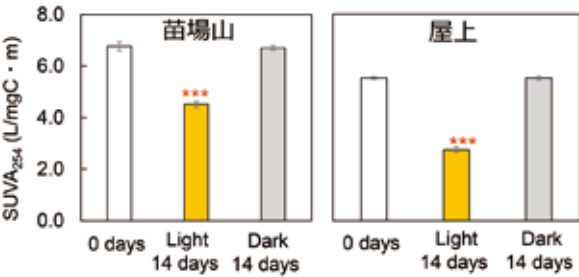


図 10 野外光分解実験における SUVA₂₅₄ 変化
(***: $p < 0.001$)

暗条件における両地点での DOC 濃度、Abs₂₅₄、SUVA₂₅₄ は、実験前後で有意な差を示さなかった。

3.6-2 野外光分解実験の蛍光性 DOM 成分

EEM-PARAFAC により釧路湿原内の赤沼湖水の EEM データ ($n = 499$) から NS-1 (Ex/Em = $<252, 305 \text{ nm}/413 \text{ nm}$, Fit 値 = 46.0%), NS-2 (Ex/Em = $<252, 345 \text{ nm}/449 \text{ nm}$, Fit 値 = 28.9%), NS-3 (Ex/Em = $<252, 360 \text{ nm}/522 \text{ nm}$, Fit 値 = 20.7%), NS-4 (Ex/Em = $273 \text{ nm}/331 \text{ nm}$, Fit 値 = 4.3%) の 4 種類の蛍光性 DOM 成分が検出された (図 11)。ピーク位置から、NS-1、NS-2、NS-3 の成分は多くの泥炭湿原で見られる AHS 様成分であることが考えられ、NS-4 は必須アミノ酸の 1 種であるトリプトファン様の成分であると考えられた¹⁵⁾。

検出された 4 つの蛍光性 DOM 成分 (NS-1, -2, -3, -4) は、高い光反応性を示した。明条件における東邦大学屋上の NS-1 の FI は 14 日目に $60.0 \pm 3.8\%$ 、NS-2 は $73.7 \pm 0.9\%$ 、NS-3 は $70.0 \pm 1.2\%$ 、NS-4 は $24.6 \pm 2.3\%$ と有意な減少を示した ($p < 0.001$) (図 12)。同様に、苗場山湿原の NS-1 の FI は 14 日目に $51.7 \pm 3.3\%$ 、NS-2 は $61.3 \pm 1.5\%$ 、NS-3 は $53.6 \pm 2.1\%$ 、NS-4 は $15.9 \pm 3.9\%$ と有

意な減少を示した ($p < 0.001$) (図 13)。これらの結果から、NS-2 の減少率が得られた蛍光性 DOM 成分の中で最も大きく、光反応性が高い成分であることがわかった。また NS-4 の減少率が最も低かったことから、アミノ酸様成分である NS-4 は光反応性が低い成分であると考えられた。

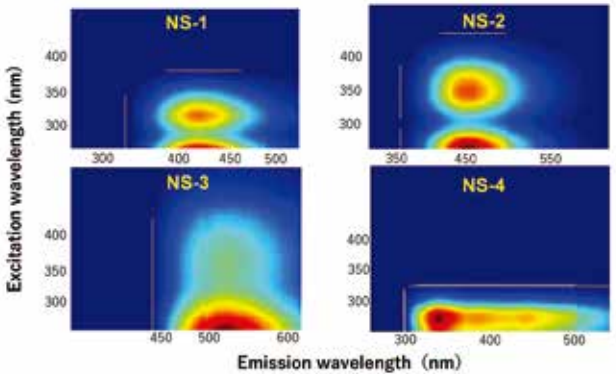


図 11 野外光分解実験の蛍光性 DOM 成分

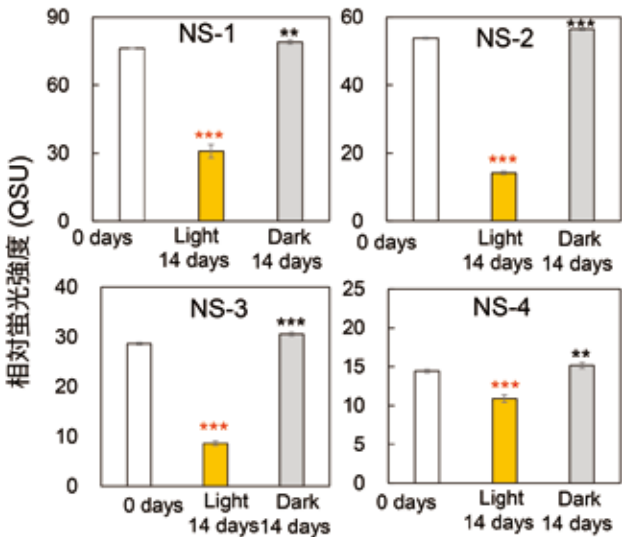


図 12 野外光分解実験での東邦大学屋上における
蛍光性 DOM 成分の変化
(***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$)

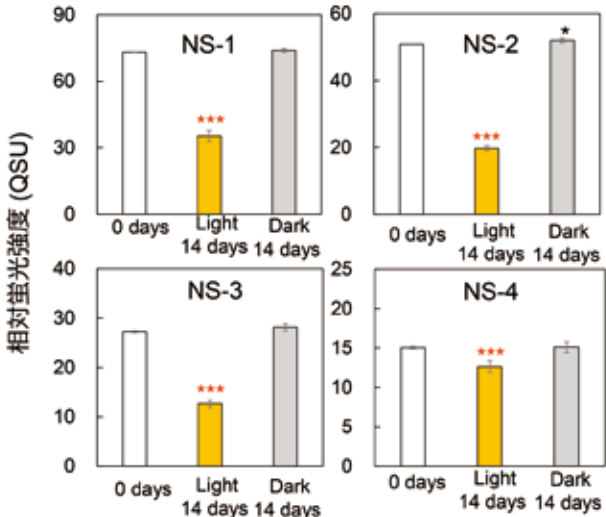


図 13 野外光分解実験での苗場山湿原における
蛍光性 DOM 成分の変化
(***: $p < 0.001$, *: $p < 0.05$)

東邦大学屋上におけるすべての蛍光性 DOM 成分の減少率は、苗場山湿原と比べて高かった。同様の傾向は、DOC 濃度、Abs₂₅₄、SUVA₂₅₄ でもみられた。PPFD に対する UV-A と UV-B の割合は苗場山湿原の方が東邦大学屋上よりも高いにもかかわらず、1 日当たりのこれらの光の積算量は東邦大学屋上の方が高かった。したがって、DOM 光分解は、UV-A と UV-B の割合よりも、光の曝露量に支配されていると推察された。

暗条件における東邦大学屋上の NS-1 の FI は 14 日目で $3.5 \pm 1.1\%$ 、NS-2 は $4.9 \pm 0.7\%$ 、NS-3 は $6.6 \pm 0.9\%$ 、NS-4 は $4.9 \pm 2.1\%$ と有意な増加を示した ($p < 0.01$)。しかしながら、苗場山湿原の NS-1、-3、-4 の FI は 14 日目に有意な差を示さず、NS-2 のみ示した。NS-2 の FI は、14 日目で $2.3 \pm 1.4\%$ と有意な増加を示した ($p < 0.05$)。暗条件でのこれらの蛍光性 DOM 成分の増加は、バクテリアによる腐植化によるものと考えられた。東邦大学屋上で増加率が高かった理由として、東邦大学がある千葉県船橋市の方が、苗場山湿原よりも外気温が高かったことから、プラスチック内の水温についても東邦大学屋上の方が高かったと考えられ、水温の上昇によりバクテリアの活動が活性化したためと推察された。

3.6-3 CO₂, CH₄, CO の放出速度と放出ポテンシャル

暗条件下における CO₂, CH₄, CO の放出は検出できず、放出速度および放出ポテンシャルは算出できなかった。野外光分解実験についても、両地点の明条件における放出速度および放出ポテンシャルは CO₂ が最も高く、次いで CO であり、CH₄ は非常に低かった (表 7、8)。CO₂ と CO の放出速度と放出ポテンシャルは東邦大学屋上の方が苗場山湿原よりも有意に高く ($p < 0.001$)、CH₄ には地点間に差はなかった。これらの結果から、DOM 光分解由来の CO₂, CO の放出に関しては光の曝露量に支配されると予測されたが、CH₄ 放出は光の量および紫外線の割合には関連しないと推察された。

表 7 野外光分解実験の明条件下における CO₂, CH₄, CO

	放出速度		
	CO ₂	CH ₄ ($\times 10^{-2}$)	CO
	μgC/L-water/h		
苗場	1.61 ± 0.25	0.06 ± 0.01	0.18 ± 0.05
屋上	2.93 ± 0.42	0.08 ± 0.05	0.48 ± 0.10

表 8 野外光分解実験の明条件下における CO₂, CH₄, CO

	放出ポテンシャル		
	CO ₂	CH ₄ ($\times 10^{-3}$)	CO
	Rate/DOC		
苗場	0.10 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.01 ± 0.002
屋上	0.18 ± 0.03	0.05 ± 0.03	0.03 ± 0.01

4. まとめ

1. 苗場山湿原における池塘の DOM と AHS 濃度は、ほぼ同じ緯度にある泥炭湿原の尾瀬ヶ原に比べ、低かった。しかしながら、苗場山湿原には AHS の含有率は高い池塘が多いことがわかった。

2. 室内光分解実験と野外光分解実験から、DOM 光分解由来の CO₂, CH₄, CO の放出速度および放出ポテンシャルは CO₂ が最も高く、次いで CO であり、CH₄ は非常に低かった。

3. 室内光分解実験における、苗場山湿原から放出される CO₂, CH₄, CO の放出速度および放出ポテンシャルを尾瀬ヶ原と比較したところ、全てのガスで低い傾向があった。苗場山湿原の池塘における DOM と AHS が量的に少なかったことを反映していると考えられた。

4. 野外光分解実験における、DOM 光分解および温室効果ガス (CO₂, CO) の放出には、紫外線の割合ではなく、太陽光の積算量が大きく影響していることが推察された。

5. 現在、地球上の温室効果ガスには、まだ明らかになっていない放出源が存在するといわれている。苗場山湿原を対象とした本研究から、泥炭湿原における DOM 光分解由来の温室効果ガスの放出は重要な放出源になる可能性が示された。また、近年、地球に降り注ぐ紫外線量が増加する中で、紫外線割合の高い山岳泥炭湿原における DOM 光分解由来の温室効果ガス放出の検討は、地球温暖化に関するシミュレーションに役立つと期待される。したがって、山岳を含めた泥炭湿原における DOM 光分解を介したこれらのガスの放出過程は今後詳細に検討する必要がある。

5. 謝辞

現地への立ち入り調査は、環境省信越自然環境事務所上信越高原国立公園管理事務所谷川管理官事務所、林野庁関東森林管理局中越森林管理署、林野庁中部森林管理局北信森林管理署の許可を受けて行ったものである。本研究を行うにあたり貴重な機会をくださいました、苗場山麓ジオパーク振興協議会の皆様、また、本研究の遂行と本報告書の作成にあたり、ご指導ご鞭撻いただきました東邦大学理学部化学科准教授、千賀有希子博士に心から感謝の意を表します。また、本研究で使用したガスクロマトグラフをご供与して頂きました、国立環境研究所生物・生態系環境研究センター生態系機能評価研究室主幹研究員、亀山哲博士に厚く御礼申し上げます。さらに、現地でのサンプルの処理に便宜を図っていただいた伊勢屋旅館のスタッフの方に深謝いたします。最後に、本研究に惜しみなく協力していただきました東邦大学理学部化学科地球化学教室千賀研究室の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Conrad R, Onrad W, Seiler G, Bunse, Giehl H 1982
「Carbon monoxide in seawater (Atlantic Ocean) 」
Advancing Earth and Space Science 87: 8839-8851
- 2) 富士田裕子 2009「第 14 章 山岳地域の湿原」『高山植物学』 373-383 頁, 共立出版
- 3) Senga Y, Naruoka C, Moriai S, Nohara S 2018
「Characterizing the transformation of aquatic humic substances exposed to ultraviolet radiation using excitation-emission matrix fluorescence spectroscopy and PARAFAC」 Inland Waters 8: 505-511
- 4) 渡邊健介 2025「標高が異なる泥炭湿原における溶存有機物 (DOM) の太陽光分解を介した温室効果ガス放出速度」 1-72 頁, 2024 年度東邦大学卒業論文
- 5) 前掲、註 4 の文献と同様
- 6) Stedmon CA, Markager S 2005「Tracing the production and degradation of autochthonous fractions of dissolved organic matter by fluorescence analysis」 Limnology and Oceanography 50: 1415-1426
- 7) 前掲、註 4 の文献と同様
- 8) Sakaguchi Y, Saijo Y, Yagi A, Hibino M, Sohma H 1982「Characteristics of deposits and genesis of pools」『Ozegahara, Scientific Researches on the Highmoor in Central Japan』 In Hara H, et al. (eds), 75-90 頁, Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo.
- 9) ト部厚志, 片岡香子 2013「苗場山山頂の湿原堆積物に挟在テフラ層」 第四紀研究, 52: 241-254
- 10) 千賀有希子, 熊崎悠一, 成岡知佳, 福原晴夫, 野原精一 2021「尾瀬ヶ原池澮の表層水における水系腐植物質動態」 日本陸水学会誌, 82: 227-238
- 11) Collin PW, Cory RM, 2016「Complete and partial photo-oxidation of dissolved organic matter draining permafrost soils」 Environmental Science & Technology : 50: 3545-3553
- 12) Ossola R, Gruseck R, Houska J, Manfrin A, Vallieres M, McNeill K 2022「Photochemical Production of Carbon Monoxide from Dissolved Organic Matter: Role of Lignin Methoxyarene Functional Groups」 Environmental Science & Technology 56: 13449 - 13460
- 13) Bange HW, Uher G 2005「Photochemical production of methane in natural waters: implications for its present and past oceanic source」 Chemosphere 58: 177-183
- 14) 前掲、註 4 の文献と同様
- 15) 前掲、註 6 の文献と同様

苗場山山頂台地および苗場山麓で活動する雪氷生物に関する研究

－苗場山山頂の残雪に現れる赤雪の空間分布と環境要因の解明－

阿部 稜平, 竹内 望

1. はじめに

近年、日本国内および世界各地の山岳域における積雪や氷河といった雪氷環境には、様々な生物が生息することが明らかになっている。積雪や氷河といった寒冷で貧栄養な環境では、雪氷藻類などの光合成微生物、ワムシやクマムシ、トビムシ、セッケイカワゲラといった無脊椎動物、バクテリアなどによる独自の生態系が形成されている。

雪氷藻類とは、氷河や雪溪の雪氷表面で繁殖する光合成微生物である。光合成微生物とは、光合成によってエネルギーを生産する独立栄養生物の総称で、代表的な光合成微生物には、光合成細菌や藻類などが挙げられる。藻類は、水中や湿地に生育する植物の一種で、土壌、岩や樹皮、温泉、雪氷などさまざまな場所に生息している。中でも雪氷藻類は、雪や氷の上で繁殖する特殊な藻類である。雪氷藻類は、貧栄養な雪氷環境において有機物を生産する独立栄養生物として、他の従属栄養生物の生命活動を支配している。このようにして、雪氷藻類は、氷河生態系の中で一次生産者としての役割を果たしている¹⁾。

雪氷藻類が雪の表面で繁殖することによって雪が着色する現象を、彩雪現象という。雪氷藻類の細胞内には多様な色素が含まれるため、藻類が繁殖した積雪表面は、緑色や赤色を示す。緑色や赤色に色づいた積雪は、それぞれ緑雪や赤雪と呼ばれる。

緑雪や赤雪といった彩雪現象の色の違いをもたらす原因の一つは、積雪中で繁殖する雪氷藻類の細胞中に含まれる色素の違いである。雪氷藻類の細胞内に含まれる色素は、主にクロロフィルとカロテノイドである。クロロフィル a やクロロフィル b といった緑色系の光合成色素は、雪氷藻類の細胞中に一般に含まれ、光合成のための光エネルギーの吸収の役割を担っている。クロロフィル a は、光合成の反応中心であり、クロロフィル b は、光エネルギーを捕集するアンテナの役割を果たす。このようなクロロフィル類の色素は、青色光(430–450 nm)と赤色光(630–690 nm)を強く吸収し、残った緑色光を散乱・反射させることで緑色を発色する。また、赤雪を引き起こす雪氷藻類は、アスタキサンチンなどのカロテノイド類の色素を多量に含んでいることが多い。カロテノイド類の色素は主に、青色光を強く吸収することで黄色から赤色を発色する。雪氷藻類がこのような赤色のカロテノイド類の色素を持つ

理由は、雪氷上などの強光環境において細胞が光阻害を受けることを防ぐためであると考えられている²⁾。

赤雪を構成する藻類種として代表的なものは *Sanguina* 属と *Chloromonas* 属に分類される種である。*Sanguina* 属藻類による赤雪は、2次カロテノイド類の色素を大量にもつことから濃い赤色を示すことが多いのに対し、*Chloromonas* 属藻類による赤雪は、1次カロテノイド類の色素も比較的多く含むことから橙色や桃色みがかかった赤色を示すことが多い。

一般に、彩雪中に含まれる雪氷藻類の種構成は、標高や季節によって変化し、多様性があることがわかっている^{3), 4)}。たとえば、同一地域の赤雪の間でも、採取時期や地点によって、構成藻類の種はそれぞれ異なり、赤色の色味や濃さが異なることが報告されている。富山県立山での先行研究では、異なる時期および、異なる標高や地形的特徴の7地点で採取した赤雪中に、*Sanguina nivaloides* が優占するタイプ、*Chloromonas* 属の藻類が優占するタイプ、*Chlainomonas* 属の藻類が優占するタイプなど、種の多様性があることがわかっている⁵⁾。

Sanguina 属と *Chloromonas* 属のそれぞれの種によって形成される赤雪は、互いに異なる環境条件下で現れることが多いが、特定の山岳地帯では同じ雪原内に共存することも報告されている。たとえば、米国モンタナ州のグレーシャー国立公園では、同一の雪原内で *Sanguina* 属と *Chloromonas* 属の藻類によって赤、橙、緑の色の彩雪が観察されたことが報告されている⁶⁾。

前年度(2024年6月)に本助成金を受けて実施した調査により、苗場山山頂の積雪表面に大規模な赤色の彩雪現象が不均一に分布していることが明らかになった⁷⁾。採取した試料の顕微鏡観察からは、苗場山山頂の赤雪に複数種の雪氷藻類(赤色球形細胞、緑色球形細胞、緑色楕円形細胞、緑色四角形細胞、橙色ラグビーボール形細胞、橙色楕円形細胞)が含まれており、その構成割合が地点によって異なることがわかった。これらの赤雪はいずれも *Sanguina* 属と *Chloromonas* 属で主に構成されており、同一の標高にある限定された調査エリア内であっても、採取地点によって両属の相対的な割合が大きく異なるという特徴が認められた。しかしながら、このような苗場山山頂の赤雪の空間分布パターンや規模、およびその分布を決定する環境要因はわかっていない。赤雪の分布や発生を決定する環境要因を解明することは、国内外の高山域や極地の積雪融解過程や生態系の変動を理解するうえで重要である。

そこで本研究では、融雪期の苗場山山頂で調査を行い、小型 UAV を用いたオルソモザイク画像の取得と可視近赤外分光放射計を用いたスペクトル反射率の測定、および測定表面の試料採取を行い、苗場山山頂における赤雪の空間分布パターンおよび、その分布を決定する環境要因を明らかにすることを目的とした。

2. 調査地

本研究調査地は、苗場山山頂の苗場山自然体験交流センター（苗場山頂ヒュッテ）の南側の残雪（標高 2140 m）である。苗場山自然体験交流センター（苗場山頂ヒュッテ）は、苗場山の山頂に位置する自然体験拠点施設および山小屋施設である。苗場山自然体験交流センター（苗場山頂ヒュッテ）からは高層湿原が一望できることから、本研究調査時も、多くの登山客が往来する様子がみられた。

苗場山自然体験交流センター（苗場山頂ヒュッテ）の周囲は、東側と西側はオオシラビソ群集、北側はコケモモ—ハイマツ群集で覆われている。試料採取を行った南東側は、イワイチョウ—ショウジョウスゲ群集が分布する南東方向に約 11 度傾斜する地形で、上空は開けていた（図 1）。

調査は、融雪期の 2025 年 7 月 2 日から 4 日にかけて実施した。調査時は、八合目付近から、一部の日当たりの悪い斜面で残雪がみられ始め、九合目以降は大規模に残雪がみられた。調査対象とした残雪パッチは、苗場山自然体験交流センター（苗場山頂ヒュッテ）の南東側の 50 m × 80 m 四方で面積約 4,300 m²の広がりを持ち、調査時の積雪深は約 20 cm から 90 cm であった。残雪パッチ上では現地観察、小型 UAV を用いた上空からの写真撮影、分光放射計を用いた表面反射スペクトル測定および試料採取を行った。

2 日は、15 時頃から 18 時頃にかけて現地観察を行った。天候は曇りで、日没が近づき周囲が暗くなり次第調査を終了した。3 日は 5 時頃から 13 時頃にかけて、試料の採取と赤雪の反射スペクトルの測定とサンプル採取を行った。天候は曇りのち雨で、降雨が増し次第調査を終了した。4 日は、天候は晴れで、6 時頃から正午にかけてサンプル採取と小型 UAV を用いた写真撮影を行った。



図 1 苗場山山頂で観察された残雪パッチ
(斜面走向方向から撮影：2025 年 7 月 4 日)

3. 研究方法

(1) 小型 UAV による空撮および画像解析

苗場山山頂の残雪上における赤雪の空間分布を面的に把握するため、小型 UAV (Mavic 3 Pro, DJI, China) を用いた上空からの写真撮影を行った。撮影は、対象とした 50 m × 80 m 四方の残雪パッチ上において、飛行高度 50 m、オーバーラップ率 80% の設定で実施し、計 98 枚の RAW 画像 (5,280 × 3,956 ピクセル, 12-bit)

を取得した。取得した画像は、SfM (Structure from Motion) ソフトウェア (Metashape Professional, Agisoft, Russia) を用いて合成処理を行い、幾何補正されたオルソモザイク画像(正射投影画像)を作成した(図 2)。

作成したオルソモザイク画像を用いて、赤雪の分布を定量化するために、可視画像の赤バンド (Red) と緑バンド (Green) の画素値の比 (R/G 比) を計算した。R/G 比は、赤雪 (アスタキサンチンを含む藻類) が存在する場合、赤色の反射率が高く緑色の反射率が低くなる分光特性を利用した指標であり、先行研究において衛星リモートセンシングによる赤雪検出に有効であることが示されている⁸⁾。近年は、小型 UAV による高精度観測でもこの指標が用いられ、衛星では捉えられないような小規模の赤雪分布の観測も報告されている⁹⁾。本研究では、この R/G 比の空間分布を可視化し、後述する現地観測データと照合することで、赤雪分布域の特定を行った。

(2) 現地観察および積雪表面サンプルの採取

UAV 空撮データと実際の積雪表面の状態を対応させるため、積雪表面の観察と試料採取を行った。残雪パッチ上に、北西から南東方向に向かう 2 本の横断測線 A と B を設定し、各測線上を約 3 m 間隔で移動しながら、積雪表面の写真撮影、サンプルの採取を行った (図 2)。加えて、測線 A 上では、反射スペクトルの測定と積雪深の測定も行った。それぞれの測線で採取された試料の数は、13 (測線 A : A1-A13)、および 15 (測線 B : B1-B15) である。サンプルの採取にあたっては、各地点の積雪表面の 12 cm × 12 cm、深さ 1 cm 程度を、共洗った金属製のハンドスコップとスクレーパーを用いて採取し、スクレーパー上で混合した後、各分析の用途に分け、3 つの遠沈管 (Violamo Centrifuge Tube II, 15 mL, AS ONE, Japan) へそれぞれ封入した。採取したサンプルは、下山までは積雪中へ埋没させ低温環境を保持し、下山後は冷凍便 (−15 °C) で実験室へ輸送した。分析処理までは冷凍庫内 (−20 °C) で保管した。

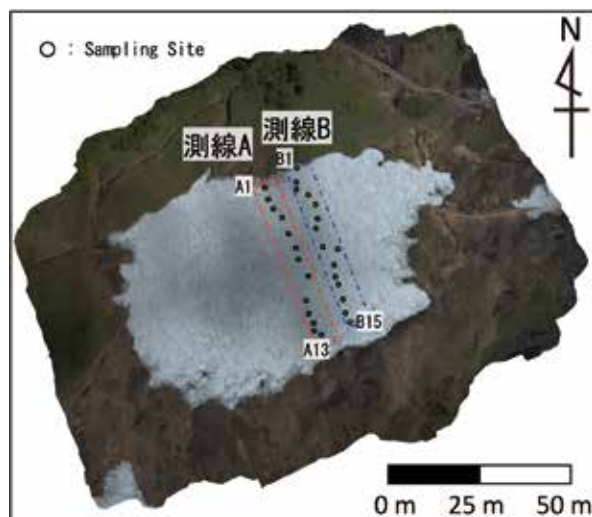


図 2 作成したオルソモザイク画像上に示した試料採取地点

(3) 赤雪の反射スペクトルの測定

目視で認識することのできない彩雪の色の違いを明らかにするため、積雪表面の太陽光の反射スペクトルを、携帯型分光放射計 (MS-720, 英弘精機, Japan) を用いて、可視光から近赤外域を含む波長 350 nm から 1050 nm まで 1 nm ごとの連続測定を行うことで求めた。分光放射計は、開口角を 25° に設定し、測定対象表面から 20 cm の高さの位置に三脚で固定し、測定対象に機器や測定者の影が入り込まないように留意した。標準白板は、50 cm 程度の一脚の先端に取り付け、対象表面の直上に標準白板が位置するように差し伸ばし、白板上に測定者の影が入り込まないように留意した。測定は、対象表面と標準白板の順に行い、これを 3 セット繰り返し測定した。標準白板の測定値の平均を入射照度、対象表面の測定値の平均を反射照度として、波長 350 nm から 1050 nm 各波長の入射照度に対する反射照度の比をそれぞれ求め、3 セットの平均をとることで積雪表面の反射スペクトルを求めた。測定表面は、残雪パッチ上で設定した 2 本の横断測線のうち、南西側に位置する測線 A 上の 13 か所で行った。木の枝や樹木片が大量に堆積していた積雪表面は、測定前にスクレーパーを用いて積雪最表面数 mm 程度を削り取り、これらの除去を行なった。

(4) 雪氷藻類細胞の顕微鏡観察と細胞濃度の算出

採取したサンプルに含まれる雪氷藻類細胞の形態と、濃度を求めるため、光学顕微鏡を用いた観察と計数を行った。採取後、冷凍保管していたサンプルは、室温 (25 °C) 下の暗室で 4-5 時間程度静置し融解させた。融解したサンプルは攪拌後、メンブレンフィルター (Hydrophilic PTFE membrane, 直径 13 mm, 孔径 0.45 μm , Merck Millipore, USA) を取り付けしたフィルターホルダー (Swinnex Filter Holder, 13 mm, Merck Millipore, USA) へと注入し、ろ過を行った。注入量は、各サンプルの細胞濃度に応じて 10-50 μL の範囲で調節した。ろ過したフィルターはスライドガラスに乘せ、プレパラートを作成し、透過型光学顕微鏡 (BX51, Olympus, Japan) を用いて、雪氷藻類細胞を色と形態の特徴ごとに分けて分類し、細胞数の計数を行なった。細胞の計数は、フィルター全面に対して行い、一つのサンプルに対して上記の手順で 3 枚のプレパラートを作成し、3 回の計数を行った。これら 3 回の平均値を求め、各フィルター注入量で割ることで、融解水中の細胞濃度 (cells mL^{-1}) を算出した。

(5) 主要溶存化学成分の分析

積雪試料に含まれる栄養塩等の化学成分を明らかにするため、イオンクロマトグラフィーを用いた主要溶存化学成分の定量を行った。融解させた積雪試料について、

メンブレンフィルター (クロマトディスク 13AI, 孔径 0.45 μm , GL Science, Japan) を用いてろ過を行い、不溶性微粒子を除去した。ろ過が終了した試料は、イオンクロマトグラフ (DIONEX AQUION, Thermo Fisher Scientific, USA) を用いて、主要陰イオン (Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) および主要陽イオン (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) の濃度を測定した。分析条件として、陰イオン測定には分離カラム (IonPac AS12A, Thermo Fisher Scientific, USA) と溶離液 (炭酸ナトリウム・炭酸水素ナトリウム混合液) を用い、陽イオン測定には分離カラム (IonPac CS12A, Thermo Fisher Scientific, USA) と溶離液 (メタンスルホン酸) を用いた。

4. 結果と考察

(1) 観察された彩雪現象

2025 年 7 月 2 日から 4 日の調査時は、苗場山の小赤沢三合目から八合目付近までは残雪はみられず、八合目以降は一部の日当たりの悪い斜面で残雪がみられ始めた。九合目以降は大規模に残雪がみられ、部分的に赤色の彩雪現象が観察された。大規模な赤色の彩雪現象が観察されたのは、頂上付近のみであった。調査の結果、苗場山山頂付近では、苗場山自然体験交流センター (苗場山頂ヒュッテ) の南東側の 30 m $\times$ 50 m 四方の同一の残雪一帯上で、赤色の彩雪現象を観察することができた。この周囲は、約 700 ha の高層湿原が広がっており、樹木などの上空を遮る遮蔽物は存在しなかった。赤雪は残雪上に不規則に分布していたが、一つ一つの赤雪は約 10 cm から 30 cm 程度の円形状で、濃淡を持ちながらパッチ状に存在するものが最も多かった (図 3)。前年度までの調査で、苗場山の小赤沢三合目付近 (標高約 1300 m) では、毎年緑雪が現れることがわかっているが、今回調査を行った苗場山山頂や、登山途中で残雪を観察した九合目付近では、緑雪は見られなかった。

苗場山山頂の彩雪現象が主に赤雪であったのは、雪面への日射を遮る樹木のない高山帯であるためと考えられる。高山帯である苗場山山頂台地は、一部にオオシラビソがわずかに生えているが、調査地付近は背の低いイワイチョウやショウジョウソグ、ササ類が部分的に生えているのみで、積雪面を覆う樹木は存在していなかった。高標高の環境は、大気による散乱を受けにくいいため紫外線強度は強くなる。加えて樹木が少ない環境では、積雪表面は太陽からの直達光を大量に受け取ることとなる。そのためこの場所で繁殖する雪氷藻類は、自らの細胞を保護するために赤色の色素を大量に蓄積したことで、鮮やかな赤雪のみが観察され、緑雪が観察されなかったものと考えられる。

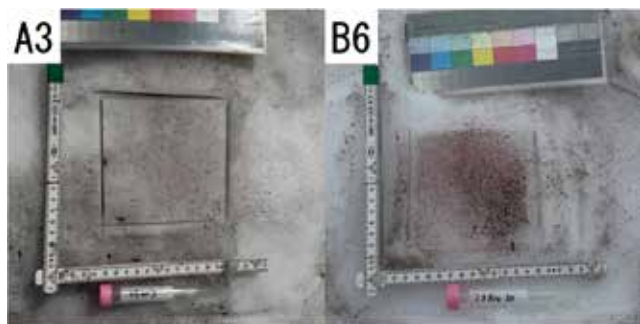


図 3 苗場山山頂で観察された赤雪

(2) UAV 画像解析による赤雪分布の定量

オルソモザイク画像における R/G 比を指標として赤雪の空間分布を解析した結果、苗場山山頂の赤雪は特徴的な分布パターンを示した(図4)。調査対象とした 50 m × 80 m 四方の残雪パッチ領域(面積約 4,300 m²)において R/G 比は 0.25–1.22 の範囲で変動し、平均値は 0.614 を示した。藻類細胞濃度と R/G 比の関係を検討した結果、両者の間には有意な正の相関がみられた($r = 0.72$, $p < 0.01$)。赤雪分布の検出に用いる R/G 比の閾値を決定するため、現地での目視観察と採取試料に含まれる藻類細胞濃度を照合した結果、目視で赤雪が明確に確認された地点では赤色球形細胞濃度が 1.00×10^4 cells mL⁻¹ 以上 (1.02×10^4 – 6.15×10^4 cells mL⁻¹) であり、対応する R/G 比は 0.93 以上であった。これに対し、目視では赤雪が認識できなかった地点では赤色球形細胞濃度が 10,000 cells mL⁻¹ 未満 (1.44×10^2 – 9.83×10^3 cells mL⁻¹) であり、R/G 比は 0.93 未満であった。これらの結果に基づき、本研究では R/G 比 0.93 を、オルソモザイク画像上における赤雪領域を判別する閾値として採用した。R/G 比 0.93 を閾値としてオルソモザイク画像を着色し、その面積を求めた結果、赤雪領域は約 1,406 m²(残雪パッチ領域全体の約 30%) を占めることがわかった。さらに赤雪の分布パターンの特徴として、赤雪はとくに北西部に集中的に分布し、北西部から南東部にかけて線状に分布する傾向を示した。この空間分布パターンは現地での目視観察結果と整合的であり、R/G 比による赤雪検出の有効性を確認できた。

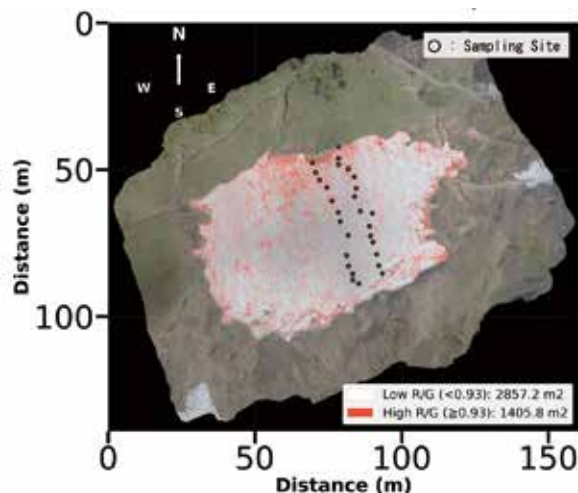


図 4 オルソモザイク画像上における苗場山山頂部雪渓上の赤雪の分布(R/G 比が 0.93 以上の地点を赤色で着色)

(3) 測定した積雪表面の反射スペクトル

苗場山山頂で設定した測線 A 上の 13 地点で測定した合計 13 か所の赤雪の可視域太陽光反射スペクトルは、いずれも彩雪現象に特徴的なスペクトル形状を示した。赤雪の表面反射スペクトルは、長波長側と短波長側に 2 つの反射率の低下域が見られた。短波長側では、380 nm 付近から 550 nm 付近にかけて、広い波長域で反射率の低下域が見られた。長波長側では、650 nm 付近から 700 nm 付近にかけて、局所的に反射率の低下域が見られた。この結果、赤雪の表面反射スペクトルは、450 nm 付近で極小値をとり、550 nm 付近から急激に反射率が上昇し、600 nm 付近で極大値をとった。さらに、650 nm 付近からふたたび緩やかに反射率は低下し、675 nm 付近で極小値をとり、その後 700 nm 付近にかけて反射率は急激に上昇した。以降は、極大をとり、近赤外域にかけて微減していくというスペクトル形状を示した。

観測された反射率低下域を、赤雪を一般に構成する雪氷藻類に含まれる色素の吸収ピークと比較すると、両者は対応することがわかった。短波長側の低下域(380–550 nm)は、クロロフィル *a* の短波長側の吸収(吸収ピーク 430 nm) およびカロテノイド類の吸収(吸収ピーク 480 nm) 波長に対応した。長波長側の低下域(650–700 nm)は、クロロフィル *a* の長波長側の吸収ピーク(663 nm)に対応し、675 nm 付近の極小値はこの吸収ピークを反映していると考えられる。これらの反射スペクトルの特徴と藻類細胞に含まれる色素の吸収ピークの対応から、積雪の赤い着色のいずれもが雪氷藻類の繁殖によって形成されていることが確かめられた。

(4) 採取したサンプルに含まれる雪氷藻類の細胞形態

計 28 か所の赤雪のサンプルを光学顕微鏡で観察した結果、前年度の結果と同じ 6 タイプの色や形態の異なる雪氷藻類細胞がそれぞれ含まれていた。観察された雪氷藻類細胞は、色と形態から(1)赤色球形細胞、(2)緑色球形細胞、(3)緑色楕円形細胞、(4)緑色四角形細胞、(5)橙色ラグビーボール形細胞、(6)橙色楕円形細胞の 6 種類に分類した(図5)。(1)赤色球形細胞は、直径 14 μm 程度で細胞内全体が濃赤色の色素で満たされた球形細胞であった。一部の赤色球形細胞は、細胞の中心部に存在する緑色の葉緑体が透けて見えるものもみられた。(2)緑色球形細胞は、直径 20 μm 程度で、緑色の球形細胞である。緑色球形細胞は、中心部に濃い緑色の葉緑体を持ち、その他の部分は薄い緑色を示していた。(3)緑色楕円形細胞は、長径 18 μm、短径 10 μm 程度で、細胞内全体が緑色の色素で満たされた楕円形の細胞であった。(4)緑色四角形細胞は、長辺 20 μm、短辺 10 μm 程度で細胞内全体が緑色の色素で満たされ、緑色楕円形細胞と酷似していたが、細胞の四つ角が突出した特徴を持つ細胞

であった(5) 橙色ラグビーボール形細胞は、長径 47 μm 、短径 25 μm 程度で、細胞内は橙色と緑色の色素で満たされ、細胞両端が急峻な紡錘形の細胞であった。(6) 橙色楕円形細胞は、長径 70 μm 、短径 50 μm 程度の楕円形細胞であった。細胞内全体は橙色の色素で満たされていたが、一部では、濃い赤色の細胞もみられた。

細胞の形態から、(1) タイプの雪氷藻類細胞は、赤雪に典型的な *Sanguina* 属の藻類、(2), (3), (5), (6) タイプの雪氷藻類細胞は、*Chloromonas* 属の藻類と考えられる。また、(4) タイプの雪氷藻類細胞は、*Oocystis* 属の藻類であると考えられる。

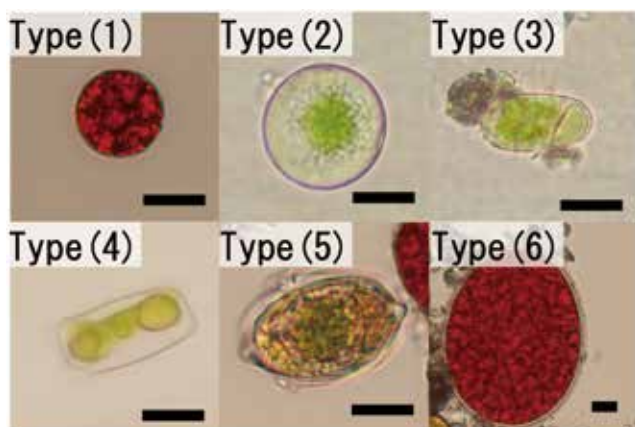


図 5 採取した赤雪に含まれる雪氷藻類 (Bar: 10 μm)

(5) 採取したサンプルに含まれる雪氷藻類細胞濃度、細胞構成

計 28 か所の赤雪のサンプルに含まれる色や形態の異なる 6 種類の雪氷藻類細胞を、それぞれ計数し細胞濃度を求めた結果、各地点で含まれる雪氷藻類の濃度は大きく異なることがわかった。色と形態から分けられた(1) 赤色球形細胞、(2) 緑色球形細胞、(3) 緑色楕円形細胞、(4) 緑色四角形細胞、(5) 橙色ラグビーボール形細胞、(6) 橙色楕円形細胞のそれぞれの細胞濃度を求めた。全ての細胞タイプを合計した雪氷藻類細胞濃度は、 1.48×10^2 – 6.56×10^4 cells mL^{-1} の範囲であった。タイプごとの雪氷藻類細胞濃度は、(1) 赤色球形細胞 (1.44×10^2 – 6.15×10^4 cells mL^{-1})、(2) 緑色球形細胞 (0 – 3.00×10^3 cells mL^{-1})、(3) 緑色楕円形細胞 (0 – 2.09×10^2 cells mL^{-1})、(4) 緑色四角形細胞 (0 – 3.33×10^2 cells mL^{-1})、(5) 橙色ラグビーボール形細胞 (0 – 6.20×10^2 cells mL^{-1})、(6) 橙色楕円形細胞 (0 – 6.17×10^2 cells mL^{-1}) であった(図6)。

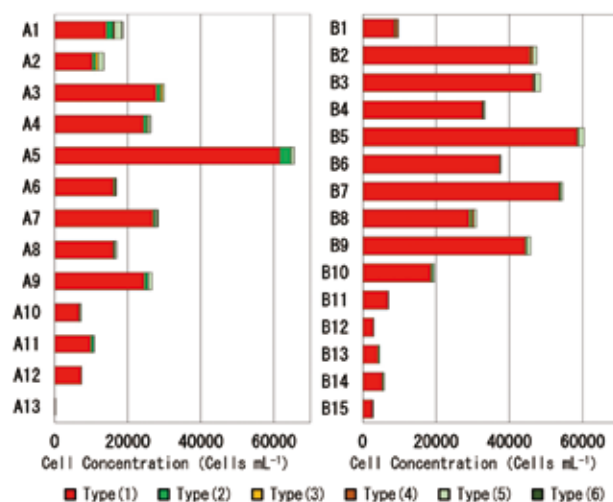


図 6 測線 A および B で採取した試料に含まれる雪氷藻類の細胞濃度

細胞計数結果をもとに、サンプル中の細胞構成を求めた結果、赤色球形細胞が全ての地点で優占しており、前年度の結果と大きく異なることがわかった。28 か所の赤雪のサンプルにおいて、それぞれの細胞が含まれる割合は、(1) 赤色球形細胞(76–99 %)、(2) 緑色球形細胞(0–9 %)、(3) 緑色楕円形細胞 (0–12 %)、(4) 緑色四角形細胞 (0–1 %)、(5) 橙色ラグビーボール形細胞 (0–5 %)、(6) 橙色楕円形細胞 (0–6 %) であった(図7)。赤色球形細胞以外の細胞タイプは、ほぼ全ての地点において計数数が極めて少なく、地点によっては観察されない地点も存在した。このように、サンプル中の細胞構成は赤色球形細胞が強く優占する特徴的なパターンを示した。とくに、前年度に苗場山山頂で採取したサンプル中に共通して含まれていた *Chloromonas* 属藻類の休眠胞子と考えられる(5) 橙色ラグビーボール形細胞は、今年度は計 28 か所のうち 15 か所で得られた試料には含まれていなかった。またこの(5) 橙色ラグビーボール形細胞が含まれていた 13 か所でも、構成割合はいずれの地点でも 5 % 以下と極めて小さかった。

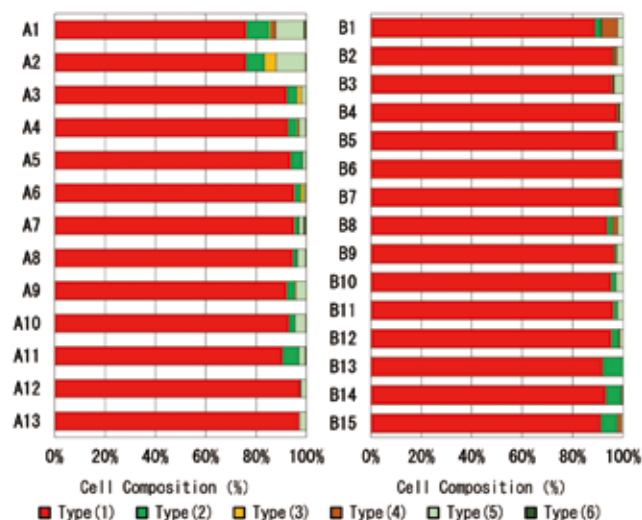


図 7 測線 A および B で採取した試料に含まれる雪氷藻類の細胞構成割合

前年度との比較から、赤色球形細胞の優占度が顕著に増加したことが明らかになった。前年度の調査では、赤色球形細胞 (*Sanguina* 属と考えられる) の構成割合が 0-84% と地点によって大きく異なり、一部の地点では橙色ラグビーボール形細胞が優占する場所 (最大 97%) も見られていた。一方、今年度の調査では、赤色球形細胞の構成割合が 76-99% の範囲に限られ、全 28 か所の調査地点で一貫して赤色球形細胞が優占する傾向を示している。この変化は、調査時期や気象条件、雪面の物理化学特性の年変動なども影響している可能性が考えられる。

この細胞構成の前年度との変化をより詳しく理解するため、前年度の細胞濃度との比較検討をおこなった結果、(5) 橙色ラグビーボール形細胞および、(6) 橙色楕円形細胞を除く細胞タイプの濃度は、前年度と今年度ではほぼ同程度であるかわずかな減少であることがわかった。(1) 赤色球形細胞は前年度 $0-2.07 \times 10^5 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $5.55 \times 10^4 \text{ cells mL}^{-1}$) に対し、今年度 $1.44 \times 10^2-6.15 \times 10^4 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $2.29 \times 10^4 \text{ cells mL}^{-1}$)、(2) 緑色球形細胞は前年度 $0-4.87 \times 10^3 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $1.44 \times 10^3 \text{ cells mL}^{-1}$) に対し、今年度 $0-3.00 \times 10^3 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $5.45 \times 10^2 \text{ cells mL}^{-1}$)、(3) 緑色楕円形細胞は前年度 $6.67 \times 10^1-1.86 \times 10^4 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $4.12 \times 10^3 \text{ cells mL}^{-1}$) に対し、今年度 $0-2.09 \times 10^2 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $6.15 \times 10^2 \text{ cells mL}^{-1}$)、(4) 緑色四角形細胞は前年度 $0-2.97 \times 10^3 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $2.95 \times 10^2 \text{ cells mL}^{-1}$) に対し、今年度は $0-3.33 \times 10^2 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $3.27 \times 10^1 \text{ cells mL}^{-1}$) と、いずれもわずかな減少であった。

一方で、(5) 橙色ラグビーボール形細胞および、(6) 橙色楕円形細胞の濃度変化は他の細胞タイプとは大きく異なっていた。(5) 橙色ラグビーボール形細胞は前年度、 $2.07 \times 10^2-7.56 \times 10^4 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $1.26 \times 10^4 \text{ cells mL}^{-1}$) と高濃度で広く分布していたのに対し、今年度は $0-6.20 \times 10^2 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $6.99 \times 10^1 \text{ cells mL}^{-1}$) へと大幅に減少し、(6) 橙色楕円形細胞も前年度 $0-1.18 \times 10^5 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $2.17 \times 10^4 \text{ cells mL}^{-1}$) に対し、今年度は $0-6.17 \times 10^2 \text{ cells mL}^{-1}$ (平均: $9.12 \times 10^1 \text{ cells mL}^{-1}$) へと大幅に減少していた。したがってこれら 2 タイプの細胞平均濃度は、前年度からそれぞれ約 1/1000 程度に減少していることがわかった。とくに前年度では全てのサンプルに共通して検出され、最大で 97% の割合を占める地点も存在していた (5) 橙色ラグビーボール形細胞は、今年度では半数以上の地点で検出されなくなり、検出された地点でも 5% 以下へと変化した。

(5) 橙色ラグビーボール形細胞が、今年度では顕著に減少し、半数以上の地点で検出されなくなったことは、*Chloromonas* 属の休眠胞子の存在量が年によって大きく

変動する可能性があることを示唆している。特に (5) 橙色ラグビーボール形細胞の存在が融雪後期や消雪直前に顕著になるという報告^{10), 11)}や前年度の観察結果と比較すると、この差異の原因となる、前年度と今年度の融雪期間の違いや、気温の変化パターンなどの環境要因の違いが、この藻類種の繁殖を制御していることを示唆している。これらの結果から、赤雪を形成する藻類群集構造は、地点間だけでなく、年間を通じて時間的な変動を示すものであり、その年による種構成の違いが、気候変動や環境の年変化と密接に関連している可能性がある。

(6) 採取したサンプルに含まれる溶存化学成分

計 28 か所の赤雪のサンプルに含まれる溶存化学成分の濃度を測定した結果、各地点で含まれるイオン濃度は大きく異なることがわかった。測定対象とした陰イオン (Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) と陽イオン (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) のそれぞれのイオン濃度を求めた。

計 28 地点の赤雪から融雪水中の主要溶存イオン濃度を測定した (表 1)。

表 1 採取したサンプルに含まれる溶存化学成分

Ion	No. of sites detected	Concentration range ($\mu\text{Eq L}^{-1}$)	Mean ($\mu\text{Eq L}^{-1}$)
Cl^-	28	6.17-69.11	32.96
NO_3^-	28	0.03-2.04	0.61
PO_4^{3-}	26	0.96-12.36	4.89
SO_4^{2-}	28	0.40-2.80	1.33
Na^+	28	3.92-122.96	38.52
NH_4^+	26	1.62-22.53	8.67
K^+	28	4.04-47.84	18.4
Mg^{2+}	28	0.92-8.75	4.42
Ca^{2+}	28	0.57-11.75	4.18

全地点の平均濃度は、陰イオンでは Cl^- が $32.96 \mu \text{Eq L}^{-1}$ と最も高く、ついで PO_4^{3-} ($4.89 \mu \text{Eq L}^{-1}$)、 SO_4^{2-} ($1.33 \mu \text{Eq L}^{-1}$)、 NO_3^- ($0.61 \mu \text{Eq L}^{-1}$) の順であった。

陽イオンでは Na^+ が $38.52 \mu \text{Eq L}^{-1}$ と卓越し、ついで K^+ ($18.40 \mu \text{Eq L}^{-1}$)、 NH_4^+ ($8.67 \mu \text{Eq L}^{-1}$)、 Mg^{2+} ($4.42 \mu \text{Eq L}^{-1}$)、 Ca^{2+} ($4.18 \mu \text{Eq L}^{-1}$) であった。

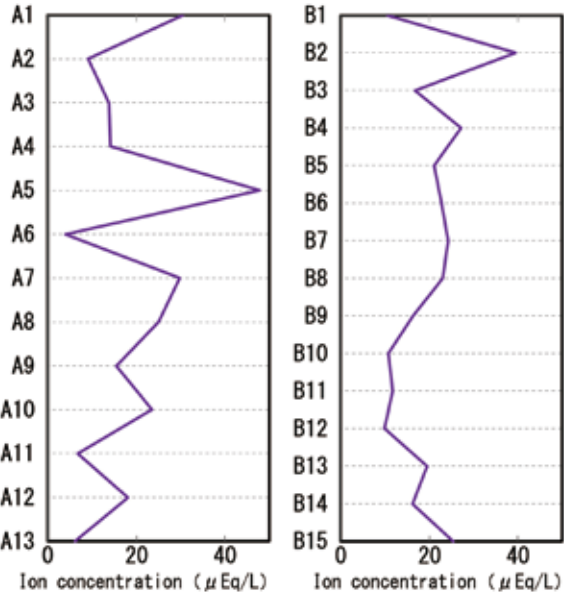


図 8 測線AおよびBで採取した試料に含まれるカリウムイオン(K^+)濃度変動

測線 A および B 上の雪氷藻類細胞の濃度変動(図6)と K^+ 濃度の変動(図8) が類似していたことから、藻類細胞濃度とカリウムイオン (K^+) 濃度の関係について解析した結果、両者の間には有意な正の相関が認められた ($r = 0.48$, $p < 0.01$)。この結果は、 K^+ 濃度の高い環境において雪氷藻類の繁殖が促進される傾向があることを示唆している。

雪氷藻類の細胞濃度とカリウムイオン (K^+) 濃度の間に有意な正の相関が認められたことは、残雪パッチ上における藻類の繁殖が、周辺植生からの栄養供給に強く依存していたことを示唆している。植物の樹冠やリター(落葉枝)を通過した雨水や融雪水には、植物組織から溶出した K^+ が豊富に含まれることが知られており、このような植物から溶出した成分が雪氷藻類の繁殖を促進させることが報告されている¹²⁾。また、森林内の積雪では、開けた場所に比べて主要イオンや有機物濃度が高く、それに伴い藻類量も増加することが報告されている¹³⁾。これらの報告は、植生からの物質供給が活発な場所ほど、雪氷藻類の繁殖により生じる赤雪が分布しやすいことを示唆している。

苗場山山頂の残雪パッチ周囲のササは、カリウムイオン (K^+) 濃度の供給源と考えられる。苗場山山頂は高山域であり、残雪上を覆う樹木がなかった一方で、残雪パッチの北側にはササが広く分布していた。ササは生態系において塩基性陽イオンの保持と循環に重要な役割を果たしており、植物体内にはカリウム (K) が極めて高濃度に含まれている。また、ササの葉や茎を通過する水には、植物体から溶出した K^+ が Ca^{2+} や Mg^{2+} に比べて最も多く含まれることが報告されている¹⁴⁾。本研究で雪氷藻類濃度とカリウムイオン (K^+) 濃度に有意な相関が認められたことは、周囲のササ林から供給された融解水が、藻類の生育環境を支配していたことを示唆している。

しかしながら、カリウムイオン (K^+) 自体が直接的に雪氷藻類の繁殖を制限・促進したとは考えにくい。むしろ、 K^+ は植生由来の物質供給を示す間接的な指標であると解釈するのが妥当である。一般に雪氷藻類は溶存窒素 (NH_4^+) や溶存リン (PO_4^{3-}) を繁殖に多く利用するため、雪氷藻類が繁殖する雪氷上では溶存窒素濃度が減少することが報告されている¹⁵⁾。すなわち、ササ由来の融雪水によって供給された窒素 (NH_4^+) やリン (PO_4^{3-}) などの主要な栄養塩は、藻類の繁殖の過程で速やかに吸収・消費されるため、分析時点では濃度が低下していたり、藻類の分布と濃度プロファイルが一致しなくなったりする可能性がある。一方で、 K^+ は藻類による消費の影響を比較的受けにくいいため、植生(ササ)から供給された栄養豊富な水の流路を保存しており、その結果として藻類の分布と高い相関を示したと考えられる。

また、オルソモザイク画像解析の結果、苗場山山頂の残雪パッチ上で赤雪が北西部や線状に偏在していたこと

も、ササの葉や茎を通過した融解水によって藻類繁殖が促進されたと考えられることと整合的である。残雪パッチの北側に広く分布するササは、特に北西部と北部で残雪パッチと隣接していた。ササ林から積雪上を斜面方向にカリウムイオン (K^+) およびほかの栄養塩に富んだ融解水が流下し、その水の通り道に沿って雪氷藻類が繁殖したことで、赤雪が北西部から南東方向に線状のように分布したと考えられる。

5. おわりに

2025 年 7 月 2 日から 4 日にかけて苗場山山頂の残雪で、雪氷生物の調査を行った結果、雪氷藻類の繁殖によって形成される大規模な赤雪現象が観察された。昨年度の調査と同様、苗場山山頂では赤色の色素を含む雪氷藻類の繁殖により形成される赤雪のみが観察され、緑雪は確認されなかった。これは、山頂台地が高標高かつ樹木による遮蔽の少ない強光環境であり、自らの細胞を紫外線から防御するために赤い色素を蓄積した藻類が選択的に繁殖したためと考えられる。

本年度は、小型 UAV を用いた空撮画像の解析と赤雪試料の生物化学分析を組み合わせることで、赤雪の空間分布とその形成要因について新たな知見が得られた。解析の結果、赤雪は残雪パッチ内において北西部や特定の流路に沿って線上に集中的に分布しており、その分布パターンは積雪中のカリウムイオン (K^+) 濃度の分布と有意な正の相関を示した。周辺環境の植生分布を考慮すると、残雪の北側に隣接するササ群落から溶出した栄養塩が融雪水とともに供給され、その経路に沿って雪氷藻類の繁殖が促進されたと示唆された。これらの結果から、苗場山山頂における赤雪の空間的な分布は、周辺植生からの栄養塩供給という局所的な環境要因に強く支配されている可能性がある。

また、採取したサンプルの顕微鏡観察からは、昨年度と同様に色や形態の異なる 6 タイプの雪氷藻類細胞が確認されたが、その群集構造には顕著な年変動が認められた。昨年度は *Chloromonas* 属と考えられる橙色ラグビーボール形細胞が優占する地点が存在したが、本年度はその濃度が大幅に減少し、全調査地点において *Sanguina* 属と考えられる赤色球形細胞が優占した。同じ調査地の残雪パッチにおけるこの種構成の変化は、融雪時期や気温などの気象条件の年変動に対し、雪氷藻類群集が密接に関連して変動することを示唆している。

以上の結果から、苗場山山頂の赤雪は、周辺植生からの栄養供給によって空間的な発生場所が決定される一方で、その種構成や規模は毎年の気象条件にもよって大きく変動する可能性があることが明らかになった。雪氷藻類は貧栄養な積雪環境における一次生産者として生態系の基盤を支えているため、今後も継続的なモニタリングを行い、気象データと照合しながら群集の長期的な変

動と気候変動の影響を解明していくことが重要である。

謝辞

本研究の遂行にあたり、千葉大学理学部の小田遼太郎氏には現地調査への同行および試料採取にご協力をいただきました。ドローン飛行に係る入林届および飛行許可の手続きに関しては、林野庁関東森林管理局中越森林管理署、林野庁中部森林管理局北信森林管理署、ならびに環境省志賀高原管理官事務所の皆様に格別のご配慮を賜りました。また、苗場山自然体験交流センター（苗場山頂ヒュッテ）支配人の永井大士氏には、現地調査に際して多大なご支援をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

註

- 1) 幸島 司郎 2006「氷河生態系の生物」『極限環境微生物学会誌』5 79-83 頁
- 2) Bidigare Robert R., Ondrusek Michael E., Kennicutt II Mahlon C., Iturriaga Rodolfo, Harvey H. Rodger, Hoham Ronald W., Macko Stephen A. 1993「EVIDENCE A PHOTOPROTECTIVE FOR SECONDARY CAROTENOID OF SNOW ALGAE」『Journal of Phycology』29 427-434 頁
- 3) Takeuchi Nozomu 2001「The altitudinal distribution of snow algae on an Alaska glacier (Gulkana Glacier in the Alaska Range)」『Hydrological Processes』15 3447-3459 頁
- 4) Suzuki Takumi, Takeuchi Nozomu 2023「Influence of vegetation on occurrence and color of snow algal blooms in Mt. Gassan, Yamagata Prefecture, Japan」『Arctic, Antarctic, and Alpine Research』55 2173138- 頁
- 5) Nakashima Tomomi, Uetake Jun, Segawa Takahiro, Procházková Lenka, Tsushima Akane, Takeuchi Nozomu 2021「Spatial and Temporal Variations in Pigment and Species Compositions of Snow Algae on Mt. Tateyama in Toyama Prefecture, Japan」『Frontiers in Plant Science』12 689119- 頁
- 6) Almela Pablo, Elser James J., Zmuda Anthony, Niehaus Thomas, Hamilton Trinity L. 2026「Community-driven variations in snow algae color modulate snow albedo reduction」『New Phytologist』249 1739-1752 頁
- 7) 阿部 稜平, 竹内 望 2025「苗場山麓の積雪に現れる雪氷生物の活動期間とその要因の解明－苗場山山頂台地に現れる赤雪現象を形成する雪氷藻類の多様性－」『苗場山麓ジオパーク研究集録』7 40-45 頁
- 8) Takeuchi Nozomu, Dial Roman, Kohshima Shiro, Segawa Takahiro, Uetake Jun 2006「Spatial

distribution and abundance of red snow algae on the Harding Icefield, Alaska derived from a satellite image」『Geophysical Research Letters』33

- 9) Chevrollier Lou-Anne, Wehrlé Adrien, Cook Joseph M., Guillet Grégoire, Benning, Liane G., Anesio Alexandre M., Tranter, Martyn 2025「Mapping red algal blooms and their albedo-reducing effect on seasonal snowfields at Hardangervidda, Southern Norway」『Frontiers in Earth Science』13
- 10) 中島 智美, 竹内 望 2017「富山県立山の融雪期に現れる雪氷藻類による赤雪の多様な色素構成」『雪氷』79 549-563 頁
- 11) 竹内 望, 角川 咲江, 武藤 恭子 2011「伊吹山頂上の残雪表面の雪氷藻類」『雪氷』73 271-279 頁
- 12) Hoham Ronald W. 1976「The Effect of Coniferous Litter and Different Snow Meltwaters upon the Growth of Two Species of Snow Algae in Axenic Culture」『Arctic and Alpine Research』8 377-386 頁
- 13) 鈴木 啓助, 渡辺 泰徳 2000「微生物活動による積雪中の化学物質濃度変化と緑藻の培養実験」『雪氷』62 235-244 頁
- 14) Takamatsu T., Kohno T., Ishida K., Sase H., Yoshida T., Morishita T. 1997「Role of the dwarf bamboo (Sasa) community in retaining basic cations in soil and preventing soil acidification in mountainous areas of Japan」『Plant and Soil』192 167-179 頁
- 15) 前掲, 註 13 の文献（鈴木・渡辺 2000）と同様

信濃川上流域における晩氷期の狩猟採集民の適応と進化

諸星 良一

1. 序論

津南町には先史時代の後期旧石器時代前半期から人々が居住し、その生活痕跡として信濃川とその支流流域の地形上に遺跡と遺物を残している。

本稿では、酸素同位体ステージ2 (MIS 2) の時期、約1.6～1.5万年前の後期旧石器時代の晩氷期から縄文時代草創期において、津南町、信濃川流域で暮らした人々が残した遺跡、遺物(考古学的資料)に関する現地での考古学的調査を実施したので報告する。

2. 本研究の方法

本研究の計画書で提示した考古学的研究項目は、多岐にわたるため、令和7年度(2025年)の調査研究は、野外調査を中心とした基礎的研究に限定して実施した。

その手始めとして、遺跡分布に関する現地踏査、石器石材について地域石材¹⁾が採集可能な千曲川、清津川、志久見川、芝倉沢林道の露頭の踏査と石材採集を実施した。

遺跡分布の現地調査では、予め遺跡分布図を用意して各遺跡に関する知識を得てから、遺跡の所在地に赴き、筆者が実践している先史時代人の認知地図作成、景観学習などの研究視点²⁾から、遺跡の立地、地形、景観、視認可能なランドマークの有無などを確認した。石器石材の調査は、津南町教育委員会、苗場山麓ジオパーク振興協議会事務局佐藤信之氏の案内、同行により、石器石材が採集可能な河川、露頭に赴き、ご教示を頂きながら石材を探索し、石器石材サンプルを採集した。

現地調査の実施日は、令和7年6月19～20日、9月13～14日、11月22～24日の計3回で、津南町域、津南町埋蔵文化財センター「うもれあ」や周辺地域を対象として実施した。また、12月26日には、群馬県岩宿博物館に赴き、調査研究に必要な文献(壬遺跡発掘調査報告書三冊)を借用した。

3. 遺跡分布・石器石材の調査

(1) 遺跡の時期区分と文化画期の概念

遺跡分布の現地調査は、接近困難な遺跡を除き、原則的に現地に赴き、立地、景観を確認し、写真撮影を行った。

遺跡の帰属時期については、先学の佐藤雅一氏の諸論を基礎として³⁾、五つの時期に大別した。

古い時期から、Ⅰ期は尖頭器・細石刃石核による石器群で構成され、Ⅱ期は尖頭器石器群で構成され、Ⅲ期は尖頭器石器群、さらに無文土器で構成され、Ⅳ期は尖頭

器、石鏃、隆起線文土器で構成され、Ⅴ期は尖頭器、石鏃、爪形文・多縄文土器で構成される文化的複合体である。

後期旧石器時代と縄文時代草創期という大局的な歴史区分は、更新世であっても土器の出現を積極的に評価して「縄文時代草創期」と称する見解が多数を占めるが、筆者は以下の見解により、Ⅳ期の隆起線文土器出現以降を縄文時代草創期と評価したい。

無文土器は、大塚達朗氏、佐藤雅一氏が遡源期と評価する土器群である⁴⁾。土器の発生は、晩氷期、後期旧石器時代の広域移動の狩猟採集石器文化において開発された非可逆的な利器であり、それに伴う経済的に新たな道具製作技術の発明・維持・改良、これに伴う労働の発生と製作技術の公差への対応が促され、狩猟採集生活技術に構造変動が生じたものと推定される。

無文土器の発生、展開、隆起線文土器の発生について、一系的で単純な発展段階論的な進化の系譜で評価することには躊躇せざるを得ない。各地の無文土器を観察しているが、無文土器には、進化のプロセスで分岐し、隆起線文土器へ進化した種(土器)と絶滅した種(土器)が実存した可能性が考慮される。

無文土器には、その進化のプロセスで分岐し、隆起線文土器への進化を促した種(土器)と絶滅した種(土器)が実存したものと推定される。

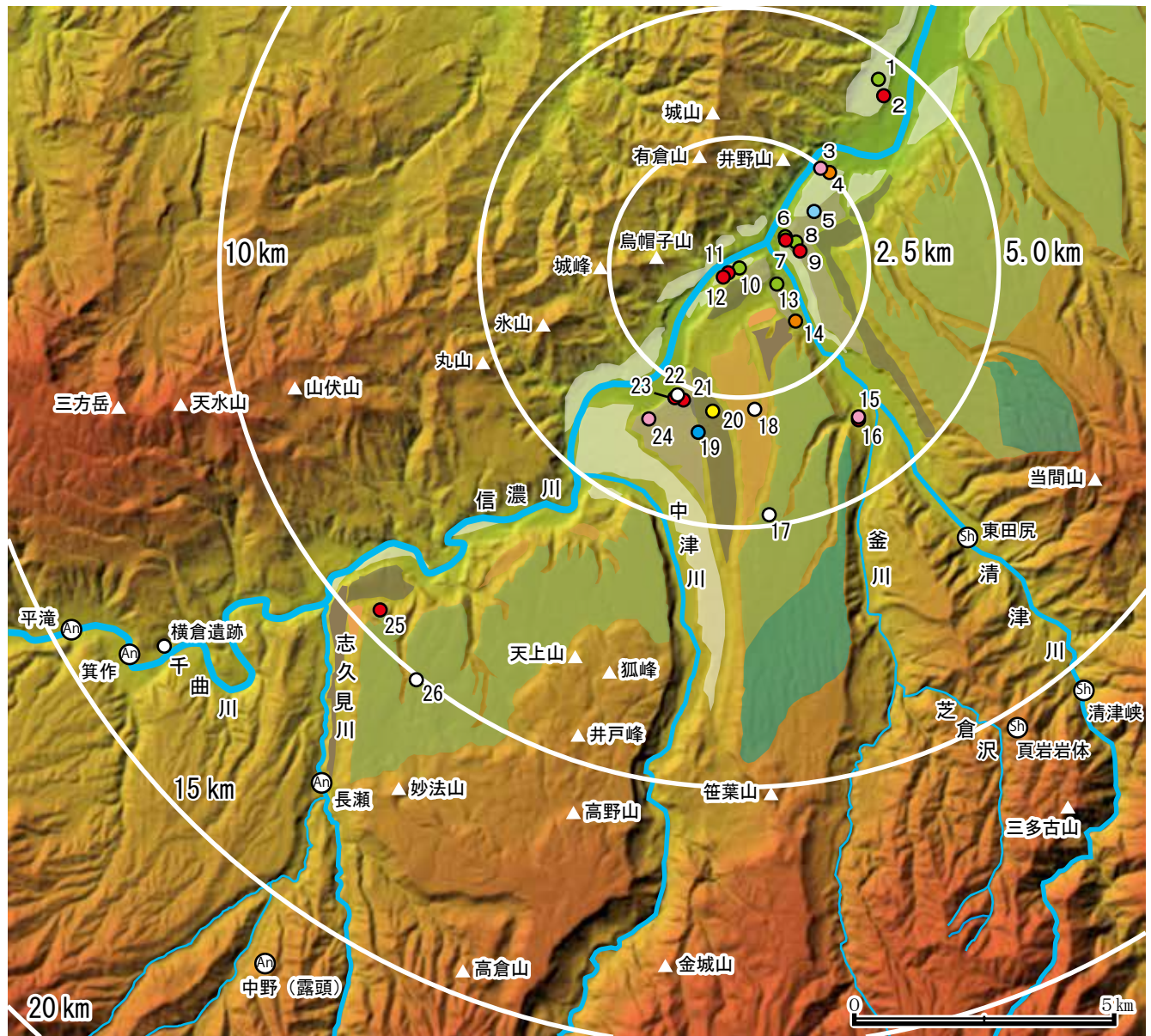
無文土器の土器型式の進化のメカニズムとプロセスは、文化的複合体の「土器」と「石器」、それらの製作・維持・使用の技術構造の総体の基礎分析から理解すべきであると考ええる。

土器の製作は、土地に人を縛りつける。すなわち、土器の原材、製作工程、乾燥、焼成などの一連の労働がそれまでの労働に付加されるのであり、従来の長距離の移動行動に制約が生じるのである。土器と共にいる場所での活動に行動が制約され、その周辺の生態系での経済活動の固定化と熟知を余儀なくされるのである。土器の製作・使用は居住安定度と密接に関係する、「漂白を阻止する効果」があるという⁵⁾。

ここでは詳述しないが、無文土器の発生と実存、型式的評価、歴史文化的評価は、当時の社会文化的な基本的行動様式(エートス)⁶⁾を踏まえて、丁寧に扱うべきであるものと考ええる。従来の考古学的思考のみではなく、さらに関連学問の思考を援用する必要があるものと考ええる。

放射性炭素年代測定法を否定する気は毛頭ないが、較正年代の数値を『印籠』のごとく用いて絶対年代で時代を画し、無文土器出現の歴史的、社会的、文化的意義を機械的に論じてはならない。

土器の出現で、社会、文化、生業、生活が今日の伝染病伝播のように即座に転換するわけがない。無文土器が実存して、測定年代が古いから草創期という解釈は目的論的ではないだろうか⁷⁾。無文土器実存の背後の不可視な社会背景には、人々の生業の営みにおける矛盾、疎



- 凡例 時期区分
- … I
 - … II
 - … III
 - … III + IV
 - … I + IV
 - … II + III
 - … IV
 - … V
- 段丘区分
- …大割野・本ノ木面
 - …正面面
 - …貝坂面
 - …朴ノ木面
 - …卯ノ木面
 - …米原面
 - …谷上面

図1 遺跡・石材採集地分布図 (QGIS を用いて作成・加筆)

表1 遺跡一覧表

No.	遺跡名	河川	立地	地形区分	標高 (m)	縄文時期	細石刃・細石刃石核	尖頭器	有茎尖頭器	半月形石器	石鏃	斧形石器	磨製斧形石器	礫器	有溝砥石	無紋土器	隆起線紋	爪形紋	多縄文
1	貝野沢田	信濃川	右岸・低位段丘	本ノ木	187	II		●				●		●			●		
2	久保寺南	信濃川	右岸・低位段丘・自然堤防	大割野 I	176	III		●				●					●		
4	小丸山	信濃川	右岸・低位段丘	大割野 I	194	III+IV		●				●					●	●	●
3	おさか清水	信濃川	右岸・低位段丘	大割野 I	197	IV		●				●					●	●	●
5	千溝	信濃川	右岸・低位段丘	正面	207	I+III	●	●				●					●		
6	壬	信濃川・清津川合流点	右岸・低位段丘	正面	208	II		●	●		●	●			●	●	●	●	●
7	田沢	信濃川・清津川合流点	右岸・低位段丘	正面	209	III		●	●	●		●					●	●	●
8	中林	信濃川・清津川合流点	右岸・低位段丘	正面	212	II		●	●	●		●		●			●		
9	一里塚B	信濃川・清津川合流点	右岸・低位段丘	正面	210	III		●	●			●					●		●
10	本ノ木	信濃川・清津川合流点	右岸・低位段丘	本ノ木	214	II		●			●	●						●	●
11	卯ノ木	信濃川	右岸・低位段丘	大割野 I	210	III		●				●						●	●
12	卯ノ木南	信濃川	右岸・低位段丘	大割野 I	210	III		●	●		●	●						●	●
13	屋敷田III	清津川	左岸・低位段丘	大割野 I	213	II+III			●	●		●				●	●		
14	谷内田	清津川	左岸・低位段丘	大割野 I	230	III+IV											●	●	
15	中田B	清津川・釜川合流点	左岸・中位段丘	正面	281	IV												●	
16	中田D	清津川・釜川合流点	左岸・中位段丘	正面	294	III												●	
17	大原北	石原川	右岸・高位段丘	米原II	411	I		●											
18	小坂平	石原川	左岸・中位段丘	朴ノ木	338	I	●	●											
19	寺田上A	信濃川支流	右岸・中位段丘	貝坂	270	I+IV		●				●							●
20	瀬下	信濃川支流	右岸・中位段丘	貝坂	275	V							●						●
21	堂尻	信濃川支流	右岸・中位段丘	正面	260	III		●									●		
22	正面中島	信濃川	右岸・中位段丘	正面	250	I	●	●								●			
23	正面ヶ原D	信濃川	右岸・中位段丘	正面	250	III												●	
24	泥坂	信濃川・釜川合流点	右岸・中位段丘	貝坂	257	IV												●	●
25	銅板原C	信濃川	右岸・高位段丘	米原II	431	III											●		
26	上原E	馬界川	右岸・高位段丘	米原II	461	I	●	●									●		

外、葛藤、これらへの止揚が潜在している。

無文土器出現の段階は、本稿では縄文時代草創期とは評価せず、晩期旧石器時代(Terminal Upper Paleolithic)と表し、土器の開発により、社会、文化の構造が変動する「矛盾を孕む時代」として評価しておきたい。

晩氷期の広域移動狩猟採集社会が、土器製作技術の進化と共に定住移動社会と生活領域の固定化へと変化するプロセス、メカニズムを「考古学的な」基礎研究により解釈し、信濃川流域の津南町の歴史と文化の解明することが本研究の主要命題である。

(2) 遺跡分布(図1・表1・2)

図1・表1と表2から遺跡と段丘の対応関係を概観すると、高位面から低位面に向かい、時期が下ると遺跡数が増加しており、佐藤雅一氏により指摘されているように⁸⁾、低地への活動領域の拡大、恒常化が想定できる。

遺跡の帰属時期は、二つの文化を保有する遺跡をそれぞれの時期に換算して概観すると、I期6遺跡、II期5遺跡と漸減であるが、III期13遺跡と倍以上に増加するが、IV期3遺跡と激減し、V期はわずかに1遺跡となり、遺跡数は、晩期旧石器時代終末に最大数となり、隆起線文土器の発生と共に減少してゆく。

段丘面ごとの遺跡数は、高位から低位に、米原II面3遺跡、朴ノ木面1遺跡、貝坂面3遺跡、正面面10遺跡、本ノ木面2遺跡、大割野I面7遺跡と高位面の土地利用は、あまり顕著ではなさそうであるが、正面面が一番多く、次いで低位面の大割野I面が多い点は注意を要する。III期以降に遺跡数が増加することを考慮すると、河川沿いの低地、氾濫原における、資源獲得・処理、土器製作などの生業、居住域の確保など生活領域の確保・固定化が、遺跡数の増加の要因となっている可能性がある。

遺跡の文化層の数は、単一文化の遺跡が、21遺跡、二つの文化の遺跡が5遺跡であり、同一場所が時期を違えて利用された傾向はないようである。

①信濃川流域(十日町市域)

十日町市方面まで探索したが、左岸低位面に貝野沢田遺跡(図1・1)、久保寺南遺跡(図1・2)が近接して分布し、その他は右岸の小丸山遺跡(図1・3)、おざか清水遺跡(図1・4)、干溝遺跡(図1・5)が正面面に分布している。いずれも信濃川に注ぐ小河川流域上の占地である。

これらの遺跡の西側には、城山、有倉山、井野山などが信濃川流域に連なりランドマークとして視認できる。

②信濃川・清津川合流点

遺跡の異様な過密分布を示すこの地点は、いずれも正面面に帰属する、壬遺跡(図1・6)、田沢遺跡(図1・7)、中林遺跡(図1・8)といずれも縄文時代草創期研究において著名な遺跡が隣接して分布しており、やや東方に離れて一里塚B遺跡(図1・9)が分布する。田沢遺跡

から西方を眺めると信濃川対岸の有倉山(写真1)、一里塚B遺跡から信濃川上流方面を眺めると長野県の毛無山(写真2)が視認できた。さらに、一里塚B遺跡から東方を眺めると苗場山(写真3)が清津川の段丘の背後に聳えている。

合流点の信濃川右岸には、本ノ木面に本ノ木遺跡(図1・10・写真4)、本ノ木遺跡に近接する大割野I面には、卯ノ木遺跡(図1・11)、卯ノ木南遺跡(図1・12)が位置しており遺跡群を形成している。

表2 遺跡の帰属時期と段丘面の対応

帰属時期	大割野I	本ノ木	正面	貝坂	朴ノ木	米原II	合計
I			1		1	2	4
I + III			1				1
I + IV				1			1
II		2	2				4
II + III	1						1
III	3		5			1	9
III + IV	2						2
IV	1		1	1			3
V				1			1
合計	7	2	10	3	1	3	26

③清津川

清津川と信濃川の合流点からやや上流の大割野I面には、屋敷田III遺跡(図1・13)、谷内田遺跡(図1・14)が分布している。これらの遺跡の現況は、現在では樹木の葉が茂っているが、田沢遺跡群からはおおよその位置が視認可能な立地である。

④清津川・釜川合流点

清津川をさらに上流に遡った釜川の合流点には、中田B遺跡(図1・15)、中田D遺跡(図1・16)が立地する。非常に見晴らしの良い立地に位置しており、単発的な往来時の休憩場所のようである。

⑤石原川

旧河道の石原川には、右岸の米原II面には大原北遺跡(図1・17)、下流の朴ノ木面左岸には小坂平遺跡(図1・18)が立地している。

⑥信濃川流域右岸

信濃川流域右岸の各二次河川流域の遺跡は、寺田上A遺跡(図1・19)、堰下遺跡(図1・20)、堂尻遺跡(図1・21)、正面中島遺跡(図1・22)、正面ヶ原D遺跡(図1・23)、泥坂遺跡(図1・24)がまとまって分布しており遺跡群を形成しており、さらに上流域では右岸に胴抜原C遺跡(図1・25)、上原E遺跡(図1・26)などが分布している。

各遺跡からのランドマークは、釜堀川流域の台地上から西方に氷山や城峰などが視認可能である(写真5)。同様に、正面中島遺跡付近の信濃川右岸から西方は比高差があり、氷山や城峰を眺望できる(写真6)。上原E遺跡から南方では、水尾山を確認することができた。



写真1 田沢遺跡・東から



写真2 一里塚B遺跡からの遠景・北から



写真3 一里塚B遺跡からの遠景・西から



写真4 本ノ木遺跡・南東から



写真5 釜堀川左岸からの景観（氷山）・東から



写真6 信濃川左岸の山（左：氷山・右：城峰）



写真7 上原E遺跡からの景観（水尾山）・北から



写真8 千曲川平滝からの景観（鍋倉山）・北から



写真9 石材採集・長野県栄村箕作千曲川百合居橋・西から



写真10 百合居橋採集石材



写真11 百合居橋採集石材接写



写真12 石材採集・長野県栄村平滝千曲川右岸



写真13 平滝・巨大なガラス質無斑晶質安山岩垂円礫



写真14 平滝採集石材（流理構造のある石質）



写真15 石材採集・長野県栄村長瀬志久見川



写真16 長瀬採集石材

今回の調査は、天候が不順であったため、遺跡からの山の景観を十分に確認できなかった。この点は、今後の調査の課題としたい。

(2) 石器石材の調査

①地域石材1の調査

今回の調査では、信濃川流域とその支流において採集できる地域石材 (Local lithic raw materials) の地域石材⁹⁾について、採集可能地に赴き、石材の産状、形状、サイズ、石質などを確認し、サンプルを採集した。11月23日の調査では、津南町教育委員会佐藤信之氏の案内により、地域石材1の採集可能地に赴いた。

②千曲川

千曲川 (図1) では、2カ所の地点で無斑晶質ガラス質安山岩の石材探索を実施した。一カ所目は、長野県栄村箕作の千曲川百合居橋付近の右岸河原で、流理構造のある安山岩が採集できた (写真9～11)。

二カ所目は、栄村平滝の千曲川右岸河原である (写真12～14)。この地点でも、箕作地点と同様に平滝系¹⁰⁾無斑晶質ガラス質安山岩が採集できた。

また、平滝では、南方の上流の河道が開けて眺望でき、上越市方面の鍋倉山を視認することができた (写真8)。

③志久見川

千曲川支流の志久見川 (図1) では、栄村長瀬の右岸河原で志久見川系¹¹⁾無斑晶質ガラス質安山岩の石材探索を実施した (写真15・16)。

④中野 (岩体)

栄村の志久見川支流の北野川上流の中野 (図1) では、無斑晶質ガラス質安山岩の露頭が観察できたが、天井から幾条もの水脈が岩肌を伝い滴り落ち黒光りする巨躯の岩体の人知を超えた造形には、ただただ圧倒されるばかりであった。

⑤清津峡

十日町市の清津峡の清津川左岸に河原において頁岩の石材探索を実施した。右岸には大きな岩体が鎮座しており (写真17)、その岩体を河床に露出させて清津川が流下している。対岸の河原には柱状節理が発達した頁岩の岩体が露出しており、細粒緻密の頁岩の角礫が採集できる部分もあった (写真18)。河原においても石質が細粒緻密な上野層あるいは大谷層由来¹²⁾の亜角礫が採集できる (写真19・20)。

⑥小出 (岩体)

十日町市小出において頁岩の石材探索を実施した (図1)。石材の採集地点には、芝倉沢に通ずる林道を徒歩で移動した。林道の上野層上部¹³⁾の切通の岩体に頁岩の岩体が露出している箇所があったが、石器石材には不向きであった。一カ所、小さな沢の上方に岩体が露出している箇所があり、下位の沢水の水たまりを佐藤氏が探索したところ、岩体から崩落したと思われる頁岩の

角礫が採集できた (写真21・22)。

⑥清津川東田尻

十日町市東田尻の清津川右岸の河原で頁岩の石材探索を実施した (図1)。東田尻の河原では、最大で20 cmほどの上野層あるいは大谷層由来の亜角礫の頁岩が採集できた (写真23)。頁岩の石質は、細粒緻密である (写真24)。

4. 総括

(1) 遺跡分布・景観 (学習)・移動経路

津南町、信濃川あるいは支流の段丘上に所在する後期旧石器時代から縄文時代草創期の遺跡の分布、地形、景観を調査した。現状までの所見を記して擱筆としたい。遺跡は、基本的に千曲川・信濃川流域沿いの長距離移動、リバー・システムによる移動が、社会集団の主要な移動パターンであり、津南町域移動の際は、支流となる志久見川、中津川、清津川、他の二次河川流域に画された台地、山地の地形が活動領域として利用されていたものと推定される。さらに、峠越えルートの確認も必須である。

現在の地形は、圃場整備が進み、河川が改修されており、河川の旧流路、段丘の旧地形を理解することが困難であり、往時の立地の理解には限界が生じた。

信濃川流域は、河川が蛇行し、左岸には山が連なり流域の視界はさほど遠くまで見渡せない。従って、河川流域の移動の際は、短距離の領域ごとの山々や特徴のある地形をランドマークとして認識し移動の目印として、それらをピボットして、流域、支流を移動したものと推定される。

信濃川の右岸には二次河川が合流し、段丘面が発達し、東方の苗場山方面に視界が開けており、山々がランドマークとして移動経路の目印となっていた可能性が考慮される。今後、さらに詳細な地形の把握が必要である。これらの地形の中で、最も重要な地点は、やはり、信濃川と清津川の合流点である。遺跡の分布 (図1・表1) を考慮すると、如何にこの地点が晩期旧石器時代から縄文時代草創期にかけて、社会集団の活動領域として重要であったかを如実に物語っている。彼らは、移動生活、日常生活において、この合流点を目指す、戻る、留まる、移動するといった生業上の目的により、ランドマークとして利用した、重要な場所であったのだろう。今日では朽ちてしまった可視的なランドマークがあったのかもしれない。

渡辺仁氏が縄文時代人とサケの問題について論じているように¹⁴⁾、遺跡分布の研究は生態学的分析も必要であり、河川流域を単位とする遺跡分布のパターン (= リバー・システム) の追求と考察が必要である。千曲川、信濃川は季節的に恒常化されたサケ漁と土器製作の生業が生活構造の機能要件となり、縄文時代の形成を促したのだろうか?。

(2) 地域石材1の在り方

①無斑晶質ガラス質安山岩



写真17 石材採集・十日町市清津川清津峡・頁岩岩体



写真18 清津峡・頁岩岩体



写真19 清津峡採集石材



写真20 清津峡採集石材接写



写真21 石材採集・十日町市小出・頁岩岩体



写真22 小出採集石材



写真23 石材採集・十日町市東田尻清津川



写真24 東田尻清津川採集石材

地域石材1の無斑晶質ガラス質安山岩は、千曲川流域の平滝系、支流の志久見川の志久見川系の石材探索において、長時間を費やさずに採集可能であり費用対効果が高い石材であった。先史時代人たちは、千曲川、信濃川流域を移動する際に、生業中に埋め込み可能なこの石材を資源として入手、石器製作に使用していたものと推定される。

また、千曲川で採集可能な流理構造のある石質¹⁵⁾の無斑晶質ガラス質安山岩は、津南町の遺跡のみでなく、新潟県内の他の遺跡でも確認されており、往時の人々の千曲川・信濃川流域の移動と経済的活動の在り方を理解する上で有益な石材である。

②頁岩

地域石材1の頁岩は、上野層あるいは大谷層に由来し、今回の調査において、芝倉沢の林道の岩体、清津川において採集可能であり、費用対効果が高い石材であった。筆者の経験値でこの頁岩を評価すると、群馬県の後期旧石器時代遺跡で使用されている黒色頁岩に石質が類似しており、この頁岩が、群馬の黒色頁岩と称されている石器の中に含まれている可能性が考慮される。今後、これらの石材の質的な比較・分析が求められよう。

③石材分析の課題

今後の課題として、無斑晶質ガラス質安山岩、頁岩共に、製作実験による感覚的な石質の理解、肉眼での石質の特徴の理解が必要である。必要であれば、無斑晶質ガラス質安山岩は、より客観的な石質理解のために、蛍光X線による産地推定分析¹⁶⁾の実施も必要であろう。

第二に、遺跡で発見された石器群の石材の石質と搬入形態の特徴を把握し、各石材産地の石材の石質との相対的な同定作業が必要となろう。この作業により、先史時代人たちの石材探索、入手、加工、使用という経済的活動の在り方がより動態的に理解可能となろう。

本稿は、調査の端緒として、現状までに確認し得た知識により認めた。本稿の内容について誤りがあれば、その責は筆者に帰し、その内容を後日「訂正すること」¹⁷⁾をここに明記いたします(「訂正可能性の考古学」)。

謝辞

本調査において、津南町教育委員会、苗場山麓ジオパーク事務局には大変お世話になり、佐藤雅一氏、佐藤信之氏には、種々ご配慮、ご教示を頂きました。末筆ではありますが皆様に心よりお礼を申し上げます。

註

- 1) 佐藤雅一 2002 「新潟県津南段丘における石器群研究の現状と課題 -後期旧石器時代から縄文時代草創期に残された活動痕跡-」『先史考古学論集』第11集 1-52頁
佐藤雅一 2003 「遺跡の立地と集団の動き」『季刊 考古学』第83号 38-41頁 雄山閣

塚原秀之・桑原 健・佐藤信之 2021 「千曲川—信濃川流域の石器石材環境」『千曲川—信濃川流域の先史文化』

93-103頁 ほおずき書籍

- 2) 諸星良一 2023 「北方系社会集団が海を渡った時…」『日本列島におよびユーラシアにおける細石刃石器群の展開』69-73頁 明治大学黒曜石研究センター

諸星良一 2025a 「関東地方における北方系細石刃石器群」『シンポジウム 関東・東海地方の旧石器時代研究の現在 予稿集』80-86頁 石器文化研究会

- (諸星良一 2025b 「関東地方における北方系細石刃石器群」『石器文化研究 22』102-108頁 石器文化研究会に再録)

- 3) 前掲、註1の文献(佐藤雅 2002・2003)と同様

佐藤雅一 2008 「第5章 信濃川流域における縄文化の素描『縄文化の構造変動』93-115頁 六一書房

佐藤雅一 2009 「信濃川上流域における縄文時代草創期遺跡群」『縄文時代の考古学 8 生活空間』153-164頁 同成社

佐藤雅一 2011 「信濃川水系」『季刊 東北学』第26号 102-117頁 柏書房

佐藤雅一 2021 「地方化する隆起線文系土器」『千曲川—信濃川流域の先史文化』193-214頁 ほおずき書籍

佐藤雅一 2025 「信濃川上流域の草創期土器群の様相」『苗場山麓の縄文土器』津南学叢書第48輯 13-29頁 津南町教育委員会

- 4) 大塚達朗 2023 「14C年代を尊重し目的論を排除しビックピクチャーでみると分かること—適応放散か再適応か—」『東海縄文論集 Ⅲ』1-16頁 東海縄文研究会

前掲、註3の文献(佐藤雅 2025)と同様

- 5) 渡辺 仁 1966 「縄文時代人の生態 住居の安定性とその生物学的民族史的意義」『人類学雑誌』第74巻2号 73-84頁

- 6) 小室直樹 2003 『論理の方法』東洋経済新報社

小室直樹 2015 『日本人のための経済原論』東洋経済新報社

- 7) マイアー・E 1994 『ダーウィン進化論の現在』養老孟司訳 岩波書店

大塚達朗 2025 「目的論か結果論か：序説」『立命館大学考古学研究報告2』355-366頁

- 8) 前掲、註1の文献(佐藤雅 2003)と同様

前掲、註3の文献(佐藤雅 2008・2009・2011)と同様

- 9) 佐藤信之 2015 「信濃川・魚野川上流域の地質・石材環境」『第29回 東北日本の旧石器文化を語る会予稿集』99-106頁 東北日本の旧石器文化を語る会

前掲、註1(塚原・桑原・佐藤信 2021)と同様

- 10) 前掲、註9の文献(佐藤信 2015)と同様

- 11) 前掲、註9の文献(佐藤信 2015)と同様

- 12) 前掲、註9の文献(佐藤信 2015)と同様

- 13) 前掲、註9の文献(佐藤信 2015)と同様

- 14) 渡辺 仁 1964 「アイヌの生態と本邦先史学の問題」『人類学雑誌』第7巻1号 9-23頁

『人類学雑誌』第7巻1号 9-23頁

- 15) 前掲、註9の文献(佐藤信 2015)と同様

- 16) 前掲、註9の文献(佐藤信 2015)と同様

- 17) 東 浩紀 2023a 『訂正可能性の哲学』ゲンロン

東 浩紀 2023b 『訂正する力』朝日新聞社



図1 本地域のパノラマ 遠方(南)から手前(北)にかけて、遠く越後山脈、苗場山麓・魚沼丘陵が見え、中心部の盆地に広大な河岸段丘が分布する。段丘崖下には西方(右側)に中津川が、東方(左側)に信濃川が流れている。一番手前は撮影場所の東頸城丘陵である。

1. まえがき

本報告は信濃川左岸に発達する段丘堆積物の地質層序の研究である。研究集録第3号の「津南町信濃川沿いの東頸城丘陵と十日町盆地南部の地形・地質学的研究(段丘基盤の地質)」(註1)の続編である。

本地域の信濃川は南西から北東に流れ、西端には信濃川支流の中津川が、東端には清津川が流れている。これらの河川に囲まれた内陸盆地に河成段丘(河岸段丘)が分布する。河成段丘は約40万年前から現在にいたる、長期間にわたって中津川、信濃川、清津川により形成されたものである。広さが大きく段数が多く、そのうえ比高(高低差)も大きい。信濃川流域中でもっとも大規模で見事な階段状地形である(図1)。

津南町の段丘の地形学的な研究は古くから行われている(註2,3,4,5)。また、段丘堆積物の地質学的研究は信濃川段丘グループ(註3)が最初であるが、その後の研究は段丘面上の風成火山灰の岩石・鉱物学的な記載を基とした、火山灰層序学的な研究が主となった(註6,7,8,9,10)。しかも、多くの研究は古い時代の段丘堆積物を対象にしたものであった。近年にはいり信濃川リテクトニクス団体研究グループ(註11,12)は、段丘堆積物の火山灰層序と面の形成年代を時間軸に、段丘面の変位量から地盤の昇降運動量を追究した。しかし、対象とした段丘は後期更新世後半から完新世の新しい時代の段丘に限られていた。本地域の段丘形成の全期間・全地域にわたる地質学的な研究は信濃川段丘グループ(註3)以降にはなされていない。また、この研究は火山灰層序学的な視点はみられない。

本研究は中期更新世～完新世の段丘堆積物を火山灰層序学的な視点から段丘区分・対比と形成年代を検討したもので

ある。この結果、段丘堆積物と段丘面の形成年代を、従来以上に精確に解明することができたので、ここに報告する(図3,5,6,11)。この成果が河成段丘形成史の基礎的な資料を提供し、苗場山麓ジオパークの津南段丘形成に関わる学習や普及活動に貢献するものと思われる。なお、今回の北東部南西域の段丘(第8号)の投稿後に、次年度の「研究集録第9号」では信濃川・清津川沿いの段丘について投稿する。

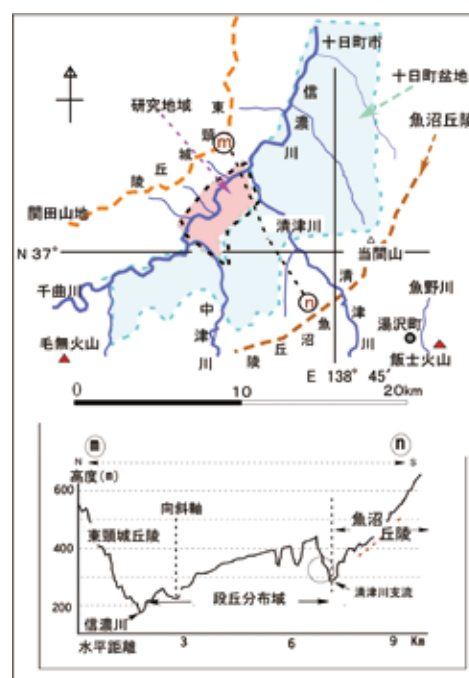


図2 調査位置図と周辺地形

2. 本地域とその周辺の地形

(1) 信濃川・中津川・清津川

信濃川は標高 180m ~ 200m の高さを流れ、最大の川原幅は 150m 前後である。南西側の上流は曲流し側方浸食が卓越し、右岸の攻撃斜面では落差 50m を越える絶壁をつくる。北東側の下流は下方浸食が優勢で狭い流路となつてほぼ直線的に流れ下る。両岸には段丘基盤の魚沼層が露出し川原は巨円礫におおわれている。礫種は中津川起源の新第三系の火山岩・凝灰岩や第四系の毛無・鳥甲・苗場火山起源の安山岩が多い。ほかに北アルプス起源の火成岩、堆積岩と思われる円礫も見られる。

中津川は南から北西方向に流れる。信濃川河口付近では信濃川より川原幅が広く河床勾配も急で円礫径も大きい。礫種は魚沼丘陵や苗場山麓起源の新第三・第四系の安山岩や凝灰岩が多く、深成岩類も見られる。清津川は直線的に北へ流れ、川原幅や河川勾配はほぼ中津川と同じであるが、円礫径はやや小さい。礫種は清津川峡起源のヒン岩・閃緑岩が多く、中津川の礫種組成と異なっている。

(2) 魚沼層の地質構造と河成段丘

信濃川右岸の向斜軸北西翼では、信濃川に分断された東頸城丘陵の小丘が見られる(図5)。ここでは樺ノ木平段丘、清津川沿いの正面段丘、本ノ木段丘や複数の小規模な沖積段丘が分布する。段丘面の傾きは信濃川と逆向きの向斜軸に向かって南東に傾斜する(図5)。これは東頸城丘陵から信濃川を越えて、中期更新世以降の地盤(魚沼層)の南東への傾動運動による(図4)(註1)。

一方、向斜軸南東翼では魚沼層の構造は 10° 未満の傾斜でゆるやかに北西の信濃川に方向に傾く。ここでは中津川の古扇状地面が広域な地盤の上昇運動により広大な段丘地形を形成した。

(図1,3,4,5,6)。東の清津川から西の中津川に向けて下る階段状地形は、高い方から更新世中期の卯ノ木・米原Ⅱ段丘、樺ノ木坂段丘、更新世後期の十二ノ木・貝坂Ⅰ・貝坂Ⅱ・正面Ⅰ・正面Ⅱ段丘が分布する。

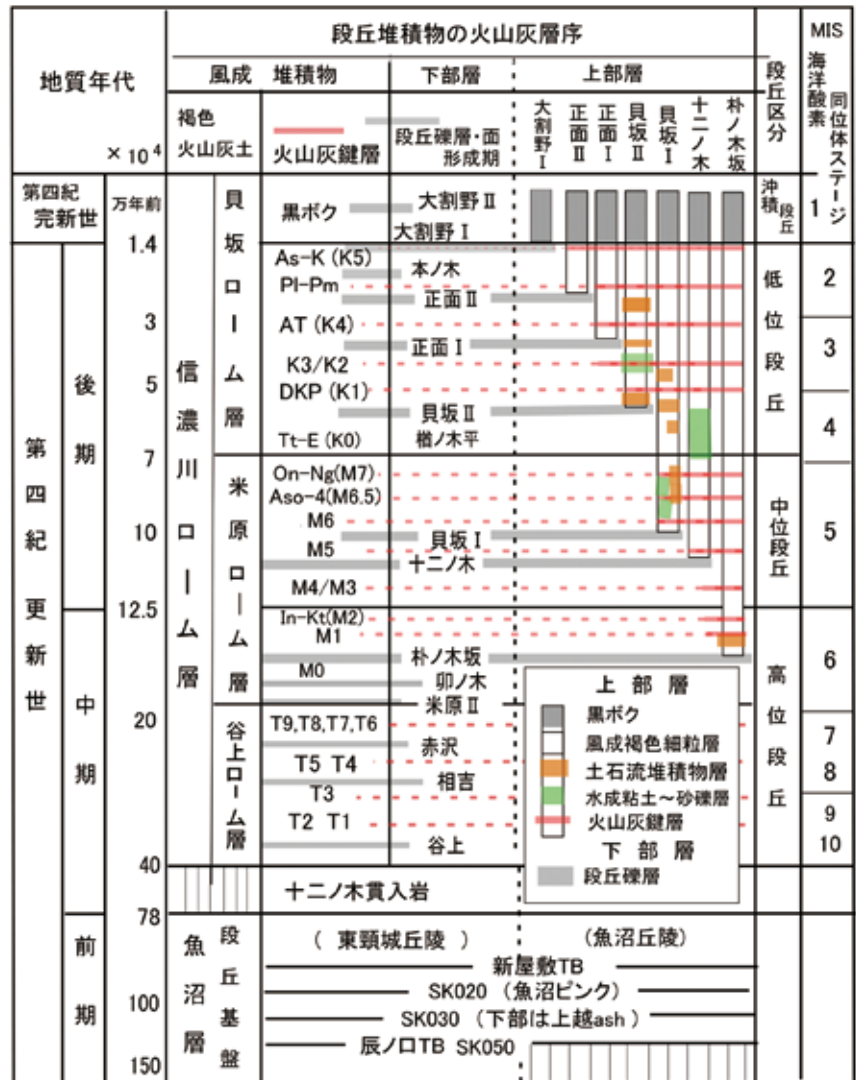


図3 火山灰層序による段丘区分と段丘面の形成年代

信濃川ローム層の層序と火山灰名は註(6,7,8,9)、魚沼層の火山灰名は註(1,13)、広域テフラと海洋酸素同位体ステージ(MIS)の区分と絶対年代は註(14,15,16)から参考・引用する。



図4 北西翼の魚沼層は急傾斜で南東翼は緩傾斜の非対称な向斜構造である。北西翼の段丘面の傾きは信濃川方向と逆向きで、南東翼の段丘面が緩く信濃川方向に傾く。段丘面の傾斜は魚沼層の傾斜と調和し、いわゆる変動地形となっている。

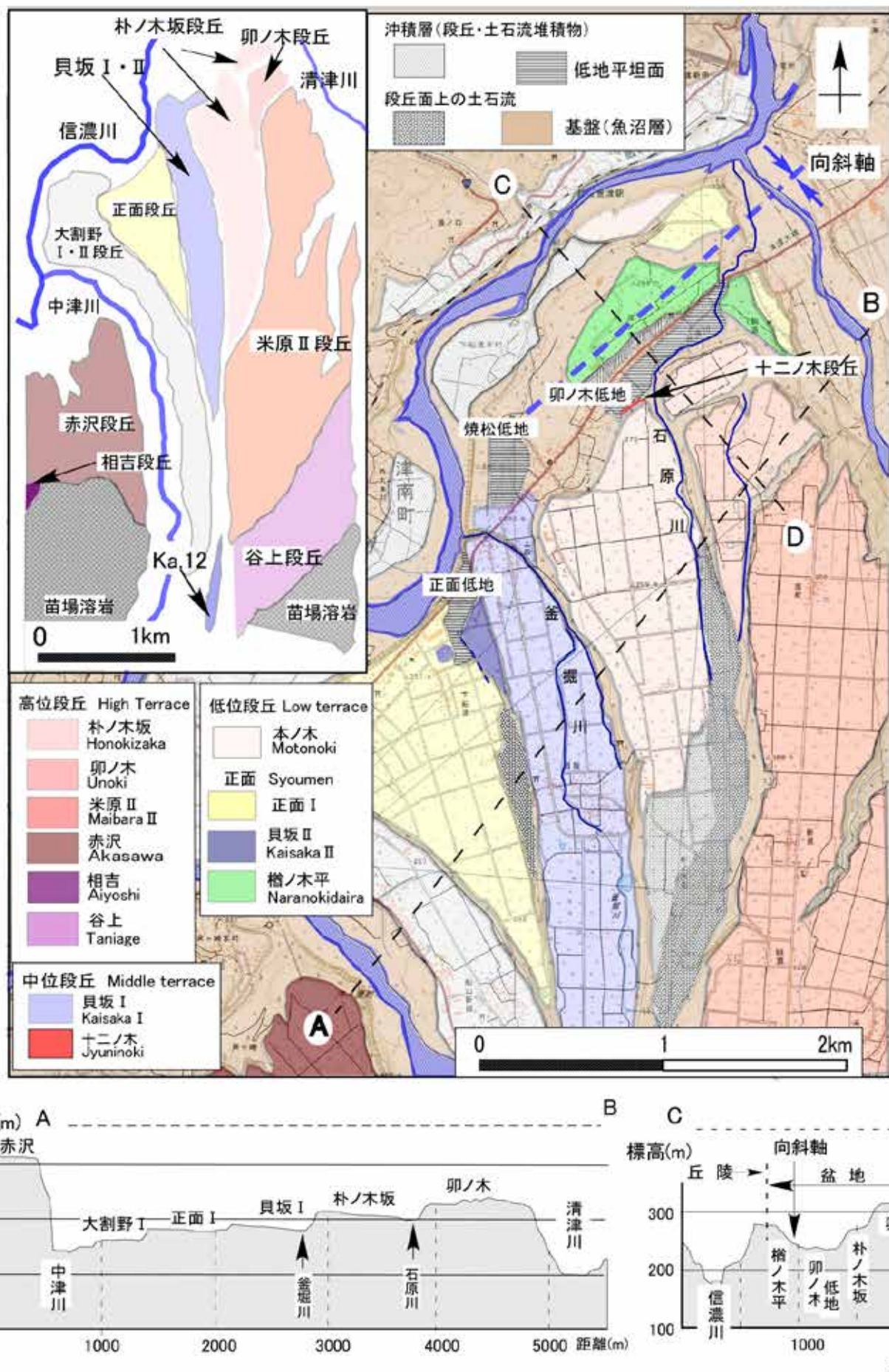


図5 津南町北東部の段丘分布と地形断面、国土地理院の「大割野・赤沢 1 / 25,000 の地形図」を使用

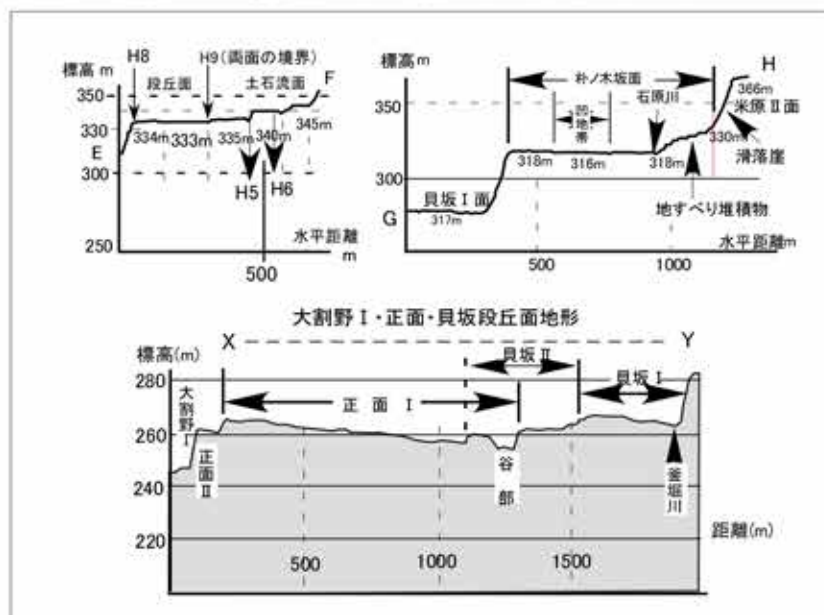
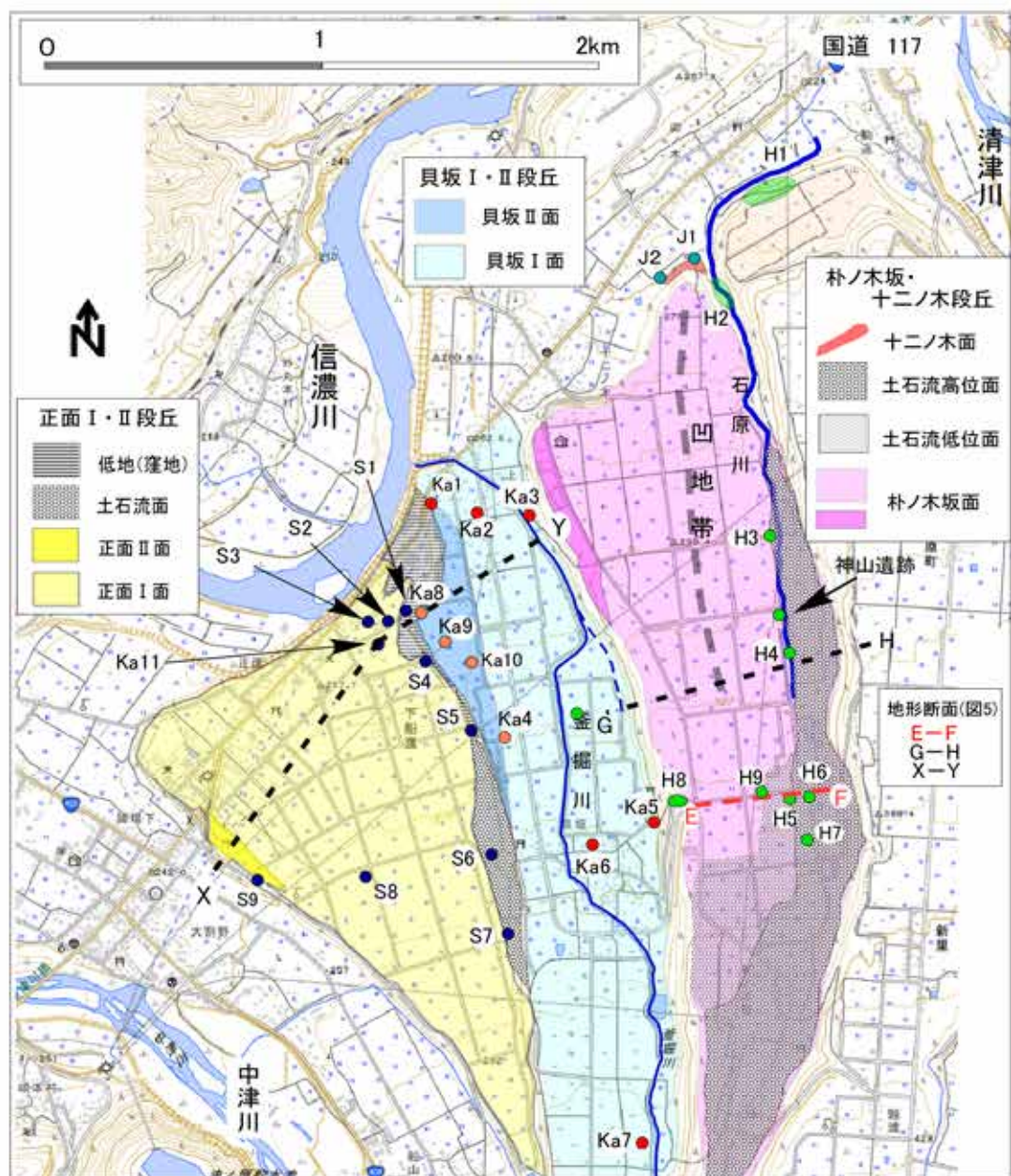


図 6 本地域の段丘分布と地形断面、国土地理院の「大割野・赤沢、1 / 25,000 の地形図」を使用。

3. 段丘堆積物中の火山灰(層)

(1) 褐色風成細粒層の特徴

褐色風成細粒堆積物の一部は初生的な(一次的な)火山灰やレス(黄土)(註17)などの風成降下物からなる。ほとんどの堆積物は堆積後に上下や側方への再堆積と混交を繰り返しながら、やがて定着し褐色土壌になっていく。その結果、噴出源の異なる複数の降下火山灰やレス、その他、再堆積物などが互いに混交し砂粒物は摩耗していく。一般的に風成塵と呼ばれる所以である。

層厚10cmの土壌層に、降灰時期の異なる3~4種の火山灰起源の砂粒物が顕微鏡下で識別されるのが通常である。このような火山灰でも、堆積年代のわかる火山灰の砂粒物組成比の多少から、その火山灰の堆積層準を決め、段丘面の形成年代を解明に役立つことができる(図7,8,9,13,14,18,19,23)。この調査・研究が本稿の主要な研究課題である。研究結果の信頼性を高めるために、この後にやや詳しく記述する。

(2) 風成層中の火山灰鍵層のカタログ

新潟火山灰グループほか(註6,8,25)は信濃川流域の段丘面(段丘堆積物下部層)上に堆積する褐色細粒風成層(上部層)を信濃川ローム層と呼び、鷹羽・谷上・米原・貝坂ローム層に区分している。同グループほか(註6,7,8,9,26)は20数層以上の火山灰を識別している。その一部を本報告での火山灰鍵層とする(図7,8,10,11)。本稿では鷹羽(註26)・谷上ローム層の火山灰は取り上げない。

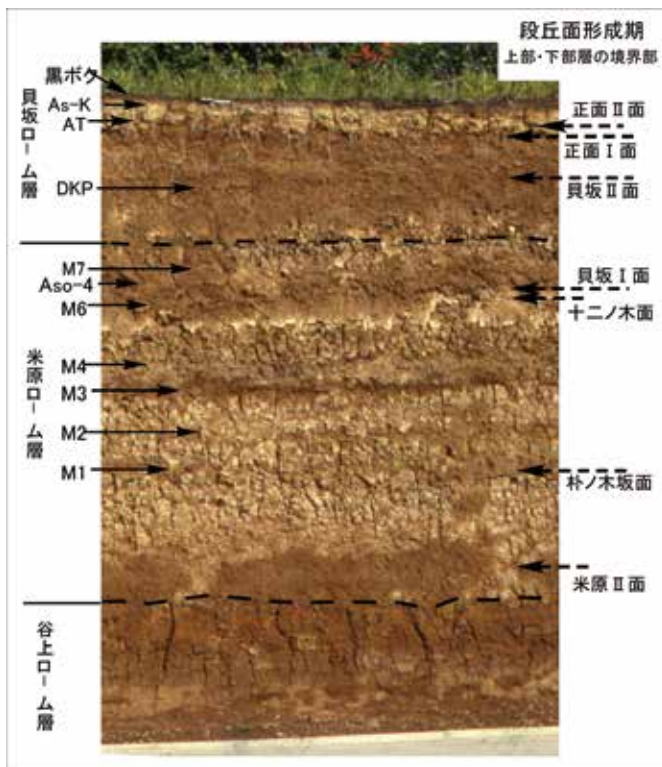


図7 美穂の谷上段丘面上の米原・貝坂ローム層

貝坂ローム層+米原ローム層の層厚は約5m。

検鏡から見いだした火山灰(層)の砂粒物は、妙高・黒姫・飯綱火山起源のM1・M2・M3・M4・M5・M6・

K2・K3と、広域テフラのM6.5:阿蘇4(Aso-4)、M7:御岳奈川(On-Ng)、K1:大山倉吉(DKP)、K4:始良Tn(AT)、K5:浅間草津(As-K)である。また、Ka5地点ではM6に随伴して広域テフラの鬼界葛原(K・Tz)や御岳湯町(On-Kt)の火山ガラスが含まれる(註9)。M1~M7、K1~K5の火山灰名は註6,8から、広域テフラ名はおもに(註7,8,14)から引用する(図3)。

本報告ではAs-KとAT間に自形の斜長石と白色軽石(Pl・Pm)が含まれている。本報告では新たに火山灰鍵層として使用する。この火山灰と対比される可能性のある層厚1cmほどの白斑点状の長石、白色軽石まじりの火山灰が野外で認められる場所もあるが、両者が対比されるかどうかは今後の課題である。

(3) 各火山灰鍵層の認定の方法

①風成層のサンプル採取の方法

本調査地域では地層が観察される露頭は少ない。地表下は耕地整理のため重機で攪拌された堆積物や盛り土が多い。そのため、サンプルの採取はおもに検土杖(けんどじょう:土壌の柱状サンプル採取するための道具)で行った。採取箇所はおもに農道耕作放棄地の荒地や雑木林を選択した。その最大深度2mである。検土杖のサンプルから地層区分することは不可能である。そのため、層厚10cm単位で機械的にサンプルを切り取り、砂粒物を抽出し顕微鏡観察を行った。

②砂粒物の抽出と検鏡

サンプルの砂粒物抽出法や砂粒種の鑑定は(註8,18)とほぼ同じである。サンプルを蒸発皿に入れ、脱鉄→水ひによる砂粒物の抽出→ふるい分けし、粒径1/4~1/8mmの砂粒物を抽出した。粒径2mm~1/16mmの砂粒物の含有量は柱状試料全重量の1%前後である。また、粒径1/4~1/8mmの砂粒物は、他の砂粒物に比べ量が多いうえ鉱物の種類は豊富で、組成比を求めるには最適である。鉱物種などの組成比を求めるため、1サンプルごとに400~800粒を実体顕微鏡で鑑定した。必要に応じて偏光顕微鏡を併用した。特徴的な火山灰の識別とその組成比の多少から、火山灰の堆積層準を決定しダイヤグラムで示した(図8,10,14,15,19,21,24)。

③鑑定した砂粒種

砂粒物の種類は新潟火山灰グループ(註6,8)を基に区分した。軽鉱物は石英(Qz)、斜長石に分けた。重鉱物のうち、角閃石や斜方輝石は鉱物形や色相が火山灰ごとに特徴をもっているため、それらについて識別しながら検鏡した。火山岩片(Ro)は軽石質、スコリア質、発砲していない石質岩片などがある。色別には赤色・黄色・黒色・白色・灰色系などの違いからも分けられるが、一括してダイヤグラムに表した。また、ジルコン、アパタイト、堆積岩・火成岩・変成岩片などの異質岩片や金属などの沈着鉱物、海綿動物の骨針、炭片、植物珪酸体、人工物などはカウントしなかった。

④顕微鏡による各火山灰の砂粒物の特徴(図10)

M1: 風化のすすんだ赤茶色のカンラン石と単斜輝石を含むことが特徴で、鉄鉱物や火山岩片を多く含む。

M2: 黒色の普通角閃石、緑・褐色がかかったカギト閃石、偏平な斜方輝石を含む。石英、白色軽石質岩片を多く含む。偏平な斜方輝石は板状(010面)の薄いもの指す。このタイプ輝石はM2以外に、K1(DKP)にも多く含まれる。

M3: 火山岩片が多く、ほかにカンラン石、鉄鉱物、角閃石を含む。全体的に風化が激しい。

M4: 短柱状の斜方輝石が多く含むことが特徴で、単斜輝石、鉄鉱物、白色岩片も多い。

M5: M3に組成が類似するが岩片は少なく、重鉄物が多い。

M6: 黒雲母を含み、角閃石、斜方輝石、石英、鉄鉱物が多い。ほかに火山ガラスや炭片(註27)を含む。複数の降下火山灰からなる。

M6.5(Aso-4): 角閃石は赤褐色・黒色の長柱状、黄色系の斜方輝石(一部はブロンザイト)、とげ状の褐色がかかった火山ガラス含むのが特徴である。黒雲母も含む。

M7(On-Ng): 長柱状の黒色角閃石と斜方輝石、白色透

明の斜長石、白色不透明の軽石質岩片、火山ガラスをわずかに含む。野外ではK1と岩相、鉱物組成とも類似する。

K1(DKP): 黒色柱状の角閃石、うす黄色の偏平な斜方輝石、白色の斜長石、軽石質岩片を多く含む。

K2(ドライカレ: 註24)とK3: 黒色系の火山岩片が多く、単斜輝石、カンラン石を多く含む。

K4(AT): 火山ガラス、白色軽石質火山岩片を含む。

K5(As-K): 火山ガラスの付着した斜方輝石と単斜輝石、細チューブ状(繊維状)の白色半透明の軽石型火山ガラスを多く含む。

⑤火山灰の堆積層準の認定

ダイヤグラムの横方向は各サンプル(砂粒物)の個数%を表しており、サンプル(地層)ごとの組成比、岩石学的な特徴を示している。縦方向は砂粒種ごとの柱状(風成層)の上下(地層ごと)の組成比の変化を示している。サンプルごとの横方向は各層の岩石学的な特徴を把握しそれに基にした層単位の区分には有効である。縦(上下)と横(層準ごと)の組成比変化から、火山灰鍵層の特徴的な砂粒物の組成比から、各火山灰の堆積層準を認定した(図8)。

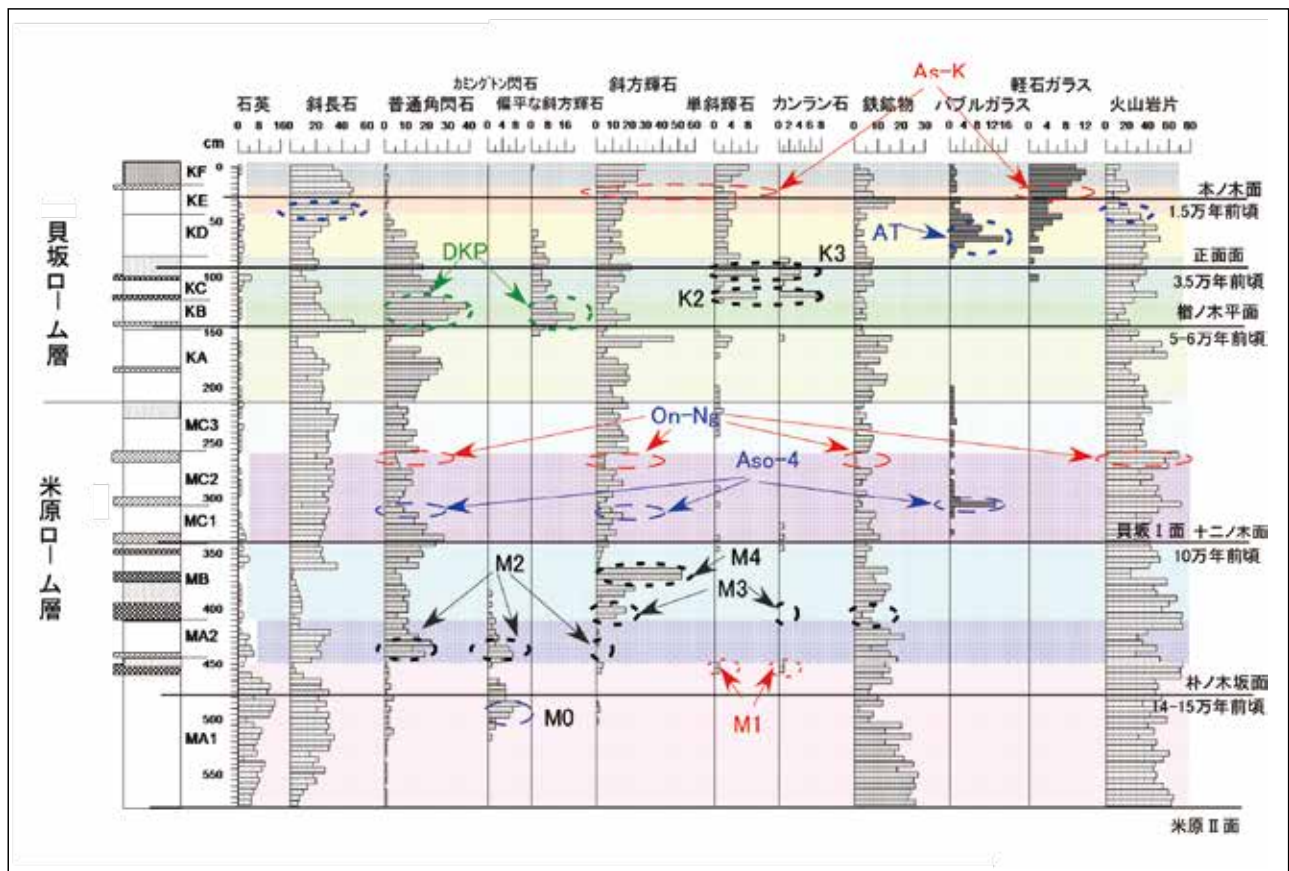


図8 図7とほぼ同一地点(美穂)の谷上段丘面上の米原・貝坂ローム層の砂粒組成。
1分析の層厚は5cmで全層厚は約600cm。新湯火山灰グループ(註8)の一部改変。

おもな火山灰鍵層の砂粒物(粒径: 1/4~1/8mm)

Ho: 角閃石 Cum: カンク頓閃石 Opx: 斜方輝石 Br: ブロンザイト Cpx: 単斜輝石
Ol: カンラン石 Io: 鉄鉱物類 Gl: 火山ガラス Ro: 火山岩片

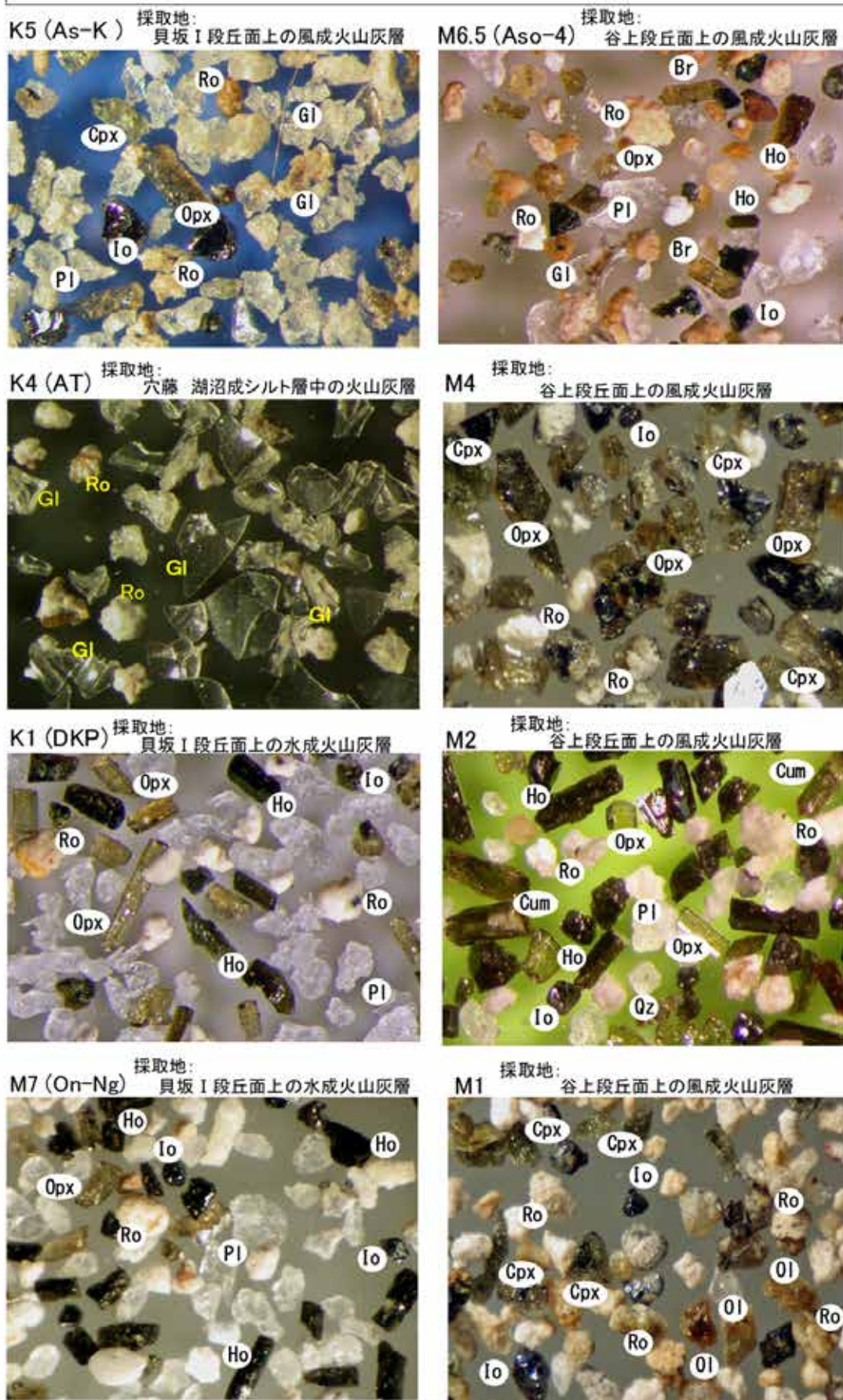


図 10 実体顕微鏡による火山灰鍵層砂粒物の実体顕微鏡写真

4. 段丘面の地形と段丘堆積物の層序から読み

とれる情報

(1) 段丘地形

①地形全般の特徴

本稿では「段丘の地表面」と「段丘面」を区別して使用する(図9)。段丘の地表面はほとんど田畑である。長期間にわたる水田開発で自然のままの地表面は少なく、人工的な階段状地形も多い。また、開発前の微地形を最近の地形図からの読み取ることも難しい。小河川は河川改修で流路変更され、段丘堆積物は石垣やコンクリートでおおわれ露出する地層は少ない。本稿では各段丘地表面の微地形を系統的に調べることはできなかった。各段丘の地形は標高や勾配、開析度、比高などから検討した。ほかに土石流状堆積物による起伏面、小河川による谷地形、また地殻変動と思えるような微地形も見られる。

②段丘地表面の傾斜(勾配)

段丘地表面の傾斜は面の凹凸や湾曲などの微地形的な要素を無視し、信濃川流路に直交する最大傾斜面で求めた。傾斜率は「同一段丘地表面の最大高低差とその水平距離との比(百分率(%))」、もしくは傾斜角「 $\tan \theta$ の θ 」で示した。本地域の傾斜面はおおむね「段丘面形成時の傾斜にその後の地盤の傾動運動による傾斜を加算したもの」である。

③段丘形成と比高

比高は段丘形成に関わった河川の下方浸食量や地盤の上昇量の目安なりうる。地盤の上昇は段丘形成期を通じて継続していたと思われる。以下、図9をもとに説明する。A段丘面の形成(離水)と同時に、A段丘の上部層の堆積と段丘崖形成が始まる。一方、B段丘では、このとき河川による下方浸食と下部層の堆積が始まる。数万年後のB段丘面の形成(離水)と同時に、B段丘の下部層の堆積が終了し上部層の堆積が起こる。こうしてAとBの階段状地形が形成される。

次に比高についてみていく。比高を求める基準は段丘堆積物下部層の最下底の高さとした。段丘地表面の標高から段丘堆積物の厚さを引いた数値(標高)である。各段丘の比高は「段丘先端部(外縁部)の段丘堆積物最下底の標高」と「魚沼層が露出する信濃川・清津川合流点の標高(175m)」との高低差で求めた(図9)。この合流点は本地域で一番標高が低く、河床には魚沼層が露出し、下部層最下底と同じ状況である。

(2) 段丘堆積物の地質

段丘堆積物は魚沼層の礫層もしくは火山泥流堆積物を不整合でおおう。段丘堆積物は下部層と上部層とに分けた。

①下部層(段丘礫層)

下部層は厚い段丘礫層とその上位の薄い氾濫原堆積層からなる。堆積物の供給河川は信濃川・中津川・清

津川で、層厚が3m～15mの巨円礫層からなる(註3)。礫層の礫の配列は現在の川原の巨円礫の配列と同じ、河川の流れ方向を示す、「インブ리케이션(覆瓦(ふくが)状構造)」が通常観察される(図22)。下部層の最上位は主要河川から離水前で、段丘面形成期直前の洪水・氾濫堆積物である。

②上部層

上部層は下部層に整合で重なる。下部層のような主要河川(信濃川・中津川・清津川)からの供給物ではない。

層厚は0.3m～10mで層厚変化が大きく、新しい段丘面ほど層厚は薄い(図11)。岩相から風成層と陸水成層の二つに分けられる。風成層の岩相は未固結の風化褐色細粒層が主体である。褐色細粒層は通称、赤土とも呼ばれ積成(堆積)性の風化土壌である(図11)。この層には野外で識別できる、初生的な降下火山灰層が層状もしくはレンズ状に挟在する(図3,7,8)。ただ、本調査地域では僅かな箇所で見られるだけで、多くの火山灰鍵層は古い谷上・米原Ⅱ段丘面上で全火山灰鍵層が観察される(図7,8)

陸水成堆積物は不淘汰礫層、沼沢性の砂礫・砂・シルト・粘土層、泥炭層からなる。水成の粘土層の見かけは風成層と岩相は類似するが、風成層に比べ砂粒物を含む割合は量(g)的に優に10倍を超える。土石流堆積物を除く各層の層厚は1m未満がほとんどである。土石流の最大層厚は5mを超えるものもある。

段丘面の形成年代数値(万年前)の求め方は以下の通りである。堆積年代が推定できる上部層最下底の「火山灰鍵層の年代」+「鍵層下位の風成層の厚さ」から推定した。本地域の風成細粒層の堆積速度はおおむね30cm前後/1万年である(図3,11)。

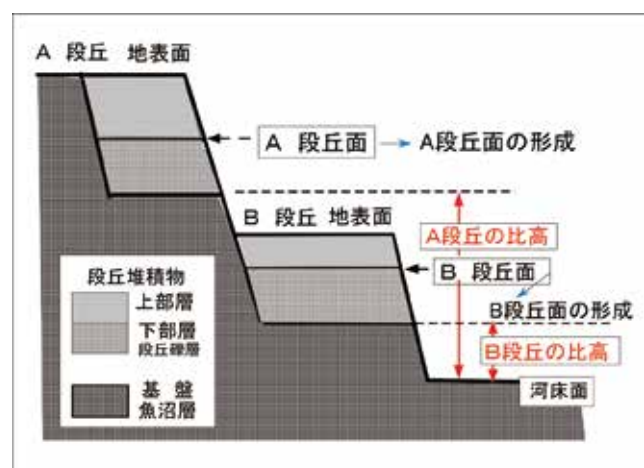


図9 段丘模式断面図

5. 各段丘の地形と段丘堆積物の層序

(1) 朴ノ木坂段丘

①段丘地表面の地形

高位段丘の朴ノ木坂段丘面は南北 3.5km、東西の最大幅が 1.8km である（図 6）。段丘面の標高が 282m ～ 361m、傾斜は 3.5% (2.0°)、清津川河口との比高は約 90m である。段丘面上には最大深度 20m、最大谷幅が約 50m の沢をつくった石原川が流れ、卯ノ木・米原Ⅱ面の段丘崖を取り囲み清津川に注ぐ。

図 6 の E-F 断面で示すように、東西幅約 600m に高低差が約 10m 間に 3 ～ 5 段の階段状地形が見られる。この地形には最大層厚 5m 超の土石流状堆積物が堆積する。この堆積物は堆積面（起伏面）をつくっている（図 12）。起伏面は石原川に沿って北方向に長さ 1km を超えて細長く分布する。

図 6 の G-H 断面は、米原Ⅱ段丘崖の滑落崖とその堆積物を示している。また、面の中央部には東西幅 300m の凹地帯が南北方向に分布し、変動地形の可能性があるが今後の課題である。

②段丘堆積物の地質

魚沼層と段丘堆積物の不整合面は H1・H2・H8 地点で観察できる（図 6）。魚沼層の傾斜は 10° 未満で信濃川方向に緩く傾き、段丘礫層の傾斜と余り変わらない。魚沼層の岩相は厚い巨円礫層で礫の最大径は 0.5m を優に超え、充てん物は段丘堆積物に比べてしまりがよい泥混じりの砂礫である。礫種は魚沼丘陵起源の新第三系の火山岩や凝灰岩が多い。

段丘堆積物の下部層は層厚 5 ～ 11m の巨円礫層で最上位に層厚 1m 前後の氾濫原性の砂・シルト・粘土層が堆積する。礫種は第四系の苗場・鳥甲火山起源の安山岩が多く、その他に新第三系の安山岩、凝灰岩も見られる。円礫の最大粒径は約 1m である。

上部層は層厚 4m 未満の風成層の米原・貝坂ローム層と黒ボク土からなる。ここには火山灰 M1 ～ M7 と K1 ～ K5 が混交しながら堆積している（図 11,14）。かつて露頭で観察できた火山灰鍵層は M1, M3, M4, M7 である。かつて地点 H1 と H8 とその周辺の段丘崖ではほぼ上部層の全層が確認でき、野外では多くの火山灰鍵層が確認できた。H1, H3 地点の米原ローム層の最下底は層厚 10 ～ 20cm の風成細粒層で、その上位には火山灰鍵層 M1 が堆積する（図 14）。M1 と最下底の風成層の厚さから朴ノ木坂段丘面の形成年代は 15 万 ～ 16 万年前と推定した。

石原川沿いで土石流堆積物は M1 直下で堆積する (H3 ～ H7)。最下底は最大で層厚が 2m を超す赤褐色粘土層、上位には層厚 5m 未満の不淘汰礫層が重なる。礫径は細礫～巨円礫で充てん物は砂礫質が多い。礫は段丘礫層の礫に比べ風化がすすみ礫径は小さい。最上位は最大層厚が 1m を超える礫混じり赤褐色粘土層である（図

13）。土石流堆積物の供給源は礫の種類、大きさ、風化の程度から米原Ⅱ段丘崖の魚沼層と類推した。土石流の堆積年代は朴ノ木坂段丘面形成後の 1 万年くらい経った、後の堆積物と思われる。



図 12 土石流状堆積物の地形。撮影箇所は朴ノ木坂段丘の地表面。



図 13 土石流状堆積物 (H6 地点)

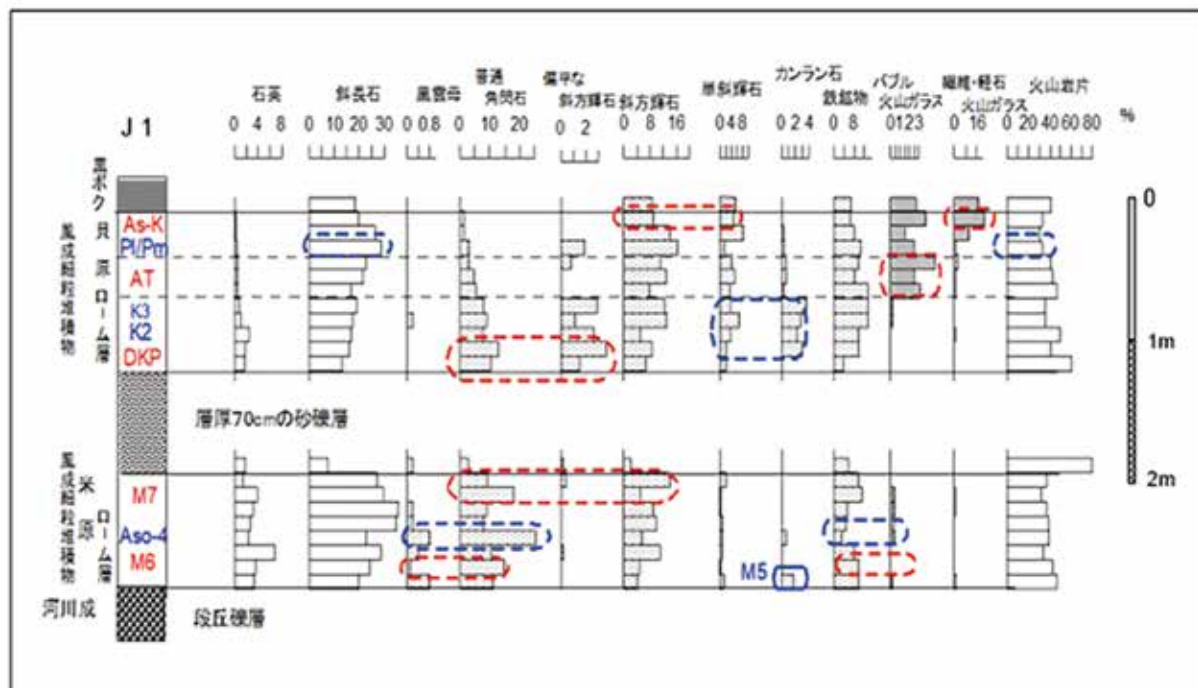


図 15 十二ノ木段丘の風成細粒物層の砂粒物 (1/4 ~ 8mm) 組成比

(2) 十二ノ木段丘 (新称)

①段丘地表面の地形

朴ノ木坂段丘崖北側に位置する中位段丘である (図 3,6)。広さはきわめて狭小な段丘で耕作放棄地である。段丘は小規模なのは大部分が削剥されたことによる。地表面の標高は 250m である。清津川河口との比高は約 55m、これより高位の朴ノ木坂段丘面との高低差は最小約 30m である。

②段丘堆積物の地質

東端の J1 と西端の J2 間の最大距離は約 140m で、露頭の高さはおおむね 7 ~ 8m ほどである。J2 は岩相から小河川から運搬された堆積物である。J2 と J1 との境界部は未確認であるが、J2 は J1 の段丘礫層を浸食して谷を埋めた堆積物と思われ、本稿では J2 を十二ノ木段丘堆積物上部層とした (図 16 右,17)。供給した河川は旧石原川の可能性が高いが課題は残る

J1 の下部層 (段丘礫層) は層厚 5m 以上の巨円礫層からなる (図 16 左)。円礫の最大粒径は 0.7m で、礫種は苗場火山系の安山岩が多く充てん物は粗粒砂である。上部層は褐色風成層の米原・貝坂ローム層が堆積する。最上位は黒ボク土と耕作土からなる。最下底は火山灰鍵層 M5 が堆積する。M7・K1 間の米原・貝坂ローム層の境界層準に、層厚 0.7m の水成の砂礫層が堆積する。砂粒組成比のダイヤグラムを図 15 に示す。最下底の火山灰鍵層は M5 であることから、段丘面の形成年代は 11 万年前頃と推定した。

J2 は図 17 で示すように、西端は魚沼層の凝灰角礫岩層にアバット不整合もしくは断層で接する。岩相は層厚 0.5m ~ 1m の 5 層の不淘汰円礫層と粘土層主体で、礫・砂層を挟む。これらの堆積物は長期間にわたる凹地部の陸水成埋積堆積物である。

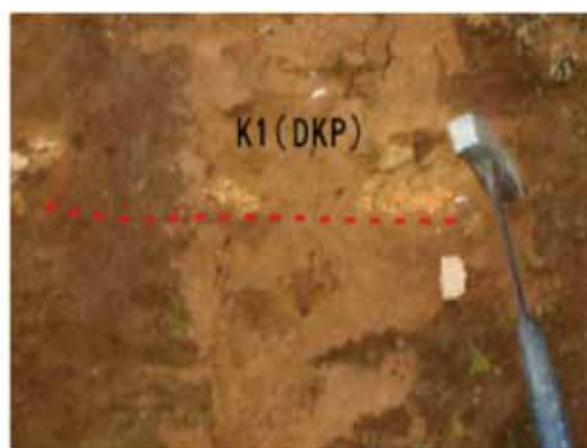


図 16 左は十二ノ木段丘の段丘礫層 (下部層)、右は陸水成堆積物 (上部層) 中の K1(DKP) 火山灰。

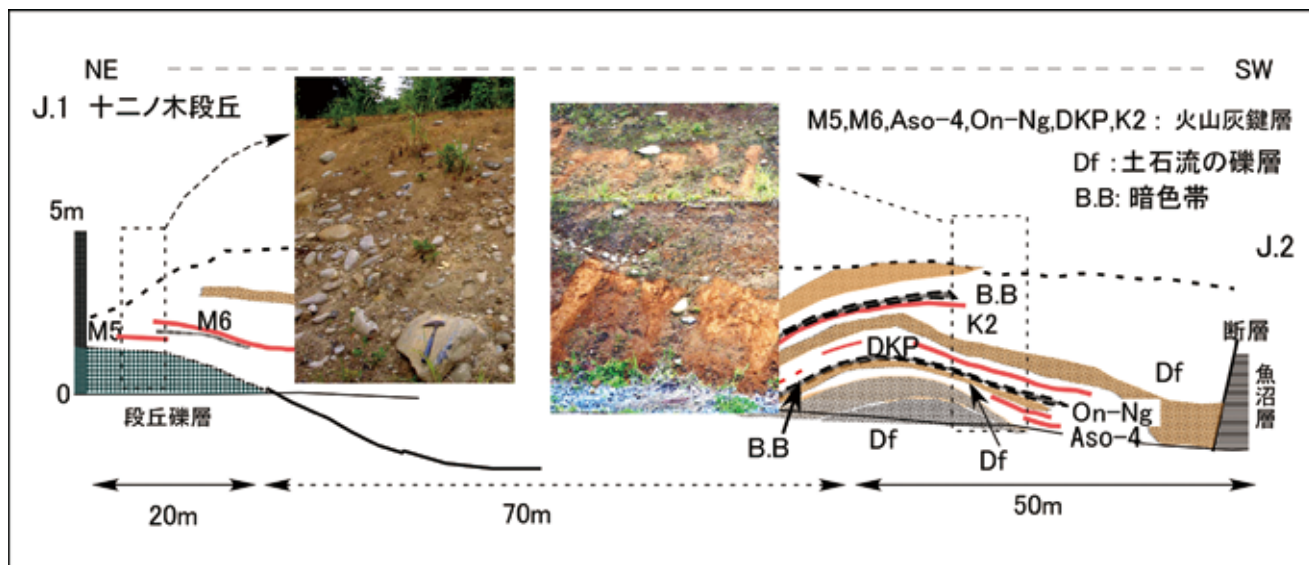


図 17 左側は十二ノ木段丘の段丘礫層と風成褐色細粒層。右側は複数の土石流状堆積物と陸水性の細粒層。

陸水成細粒堆積層中に、純度の高い層厚 5cm 未満の火山灰鍵層 Aso-4、M7(On-Ng)、K1(DKP)、K2 がレンズ状に挟在する(図 16 右, 図 17 右)。地層はゆるいしゅう曲構造をつくりながら全体的に西に傾き、各層の最大層厚を積算した厚さは 7m を超える(図 11)。J2 の土石流状堆積物の供給源は、卯ノ木・米原Ⅱ段丘礫層や魚沼層が露出する段丘崖の崩壊物と推定される。

(3) 貝坂Ⅰ段丘

①段丘地表面の地形

ほぼ南北方向に長軸をもつ細長い段丘面である(図 6)。中津川上流部にも飛び地のように貝坂Ⅰ面が分布する(図 5, Ka12)(註 23)。段丘地表面の標高は 262m ~ 330m、傾斜は 2.7% (1.5°) で、清津川河口との比高は約 70m である(図 6)。段丘面東端の釜堀川は段丘面から最大約 3m 低く、最大幅は約 30m の谷地形をつくる。Ka5 地点の東側には釜堀川に沿って貝坂Ⅰ段丘地表面より 2m 程高く、最大幅が 20m ほどの細長い平坦面が分布する。



図 18 貝坂Ⅰ段丘堆積物が魚沼層を不整合でおおう。

②段丘堆積物の地質

信濃川岸壁では段丘基盤(魚沼層)の新屋敷 TB と円礫層が露出している(図 18)。その上位に不整合で層厚 4 ~ 13m の貝坂Ⅰ段丘の段丘礫層(下部層)が堆積する(註 3)。円礫の最大粒径 1m で規則的な礫配列のインブリケーションが見られる。円礫種は中津川起源の安山岩が多く、充てん物は砂礫で朴ノ木坂段丘礫層のものよりくずれやすい。

上部層は層厚 2m 未満の風成細粒堆積物で米原ローム層上半部と貝坂ローム層が堆積する。Ka1,2,3,5,6 には風成細粒物(米原・貝坂ローム層)中に土石流状の不淘汰の角・円礫層、ほかに陸水成の砂礫層や砂・粘土層が頻繁に堆積する。これらの地層は朴ノ木坂段丘崖の崩壊物が小河川により運搬されたものと推定した。米原・貝坂ローム層の砂粒組成を図 19 に示す。ここでは M6, Aso-4, M7(On-Ng), K1(DKP), K2, K4(AT), Pl - Pm, K5(As-K) が見いだされる。上部層の最下底には火山灰鍵層 M6 が堆積することから、貝坂Ⅰ面の形成年代は 10 万年前頃と推定した。

Ka5 (大牧神社) では水成シルト層中に広域テフラ Aso-4、On-Ng が堆積し、その下底に M6 が段丘礫層の直上に堆積する(図 20)。化学組成から On-Kt、K-Tz の火山ガラスが確認できる(註 9)。さらに上位には平行葉理をもった水成再堆積層の火山灰層 K1 (DKP) と土石流状の不淘汰礫層が重なる(註 9)。Ka3 と Ka4 では段丘礫層の上位に混交した M6、Aso-4、M7(On-Ng) の砂粒物が検出される。Ka7 の露頭中では On-Ng、DKP の火山灰層が観察される。

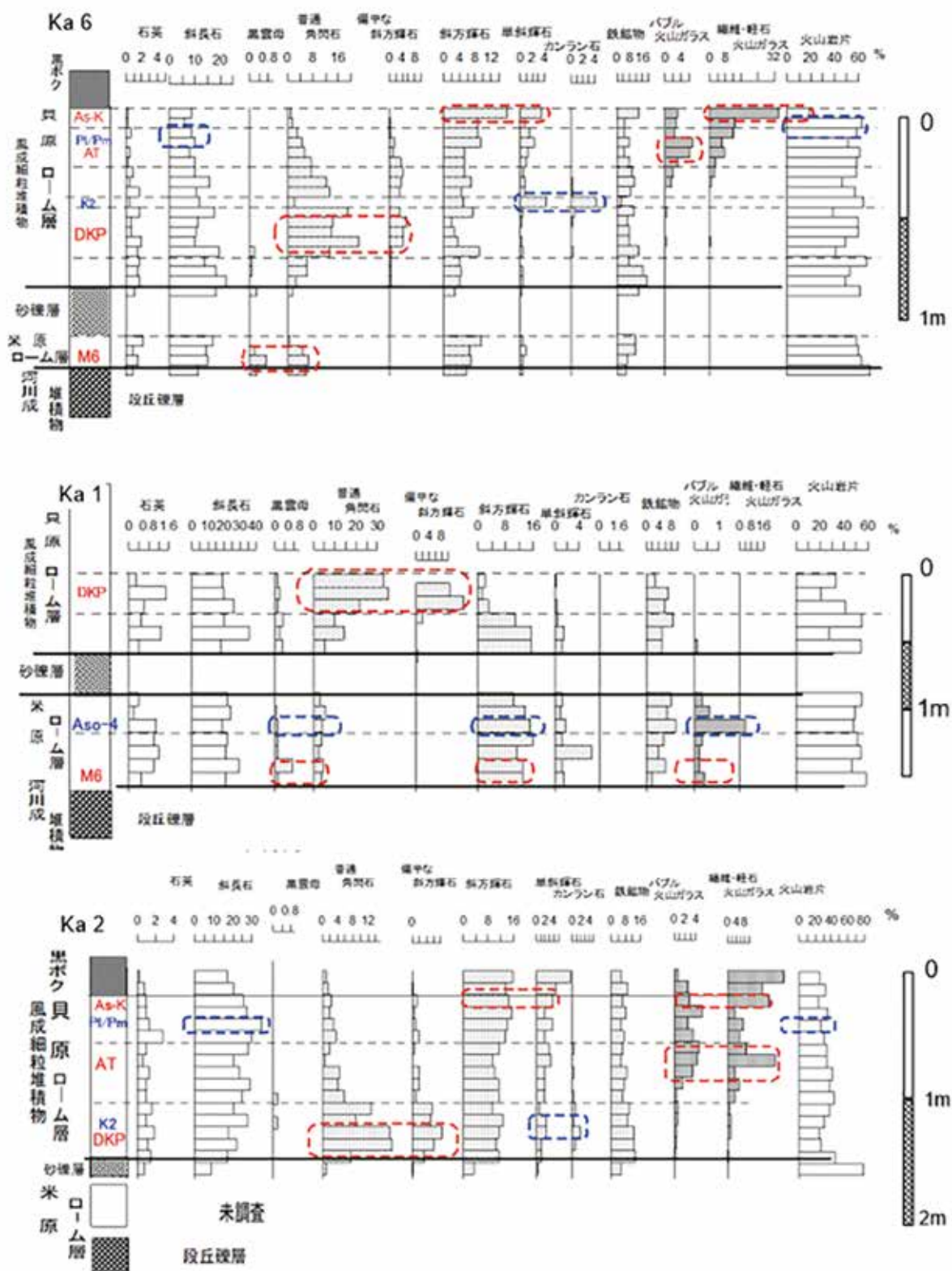


図 19 貝坂 I 段丘の上部層の風成細粒層の砂粒物 (1/4 ~ /8mm) 組成比

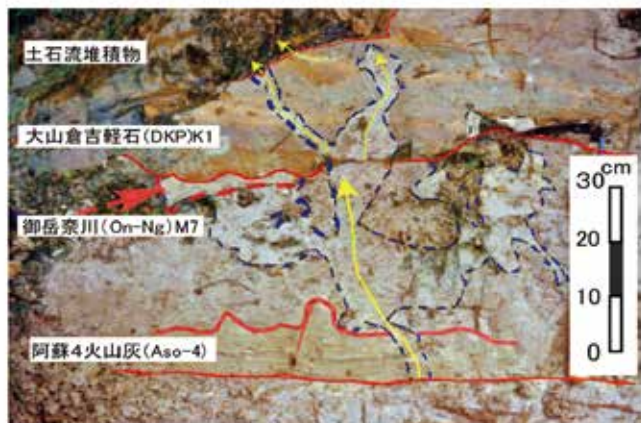


図 20 Ka5 の液状化した段丘堆積物と広域テフラ。噴砂は水成層の Aso4, On-Ng, DKP を貫入している。DKP と噴砂物が土石流堆積物に不整合でおおわれる。液状化は DKP 堆積後に起きたことを示している。

(4) 貝坂Ⅱ段丘

①段丘地表面の地形

貝坂Ⅰ面の西端に分布する(図 6, Ka8 ~ 10)。耕地整理により貝坂Ⅰ面との境界(段丘崖)が不明瞭である。段丘面は長径 0.6km、幅は谷を挟んで最大 0.4km 足らずの狭小な面である(図 6)。地表面の標高は 260m ~

270m、傾斜は 2.4% (1.4°)、清津川河口との比高が約 65m である。貝坂Ⅰ面地表面との高低差は最大約 8m で、南端で貝坂Ⅰ段丘面との高低差はなくなり貝坂Ⅱ段丘はせん滅する。最大で約 60m 幅の谷により分断された、Ka11 が位置する東西約 100m、南北約 70m の小規模な台形状の面が見られる(図 6)。

① 段丘堆積物の地質

貝坂Ⅱ段丘を多くの研究者は貝坂Ⅰ段丘としているが、段丘礫層(下部層)上位の最下底火山灰が水成の DKP (Ka8,9,10) であることから、形成年代が異なる段丘である。段丘面の形成年代は 6 万年前とした。

Ka8(道尻手)は道路脇の露頭である。ここでは基盤は確認できないが、下部層の上半部が確認でき、層厚は 1.5m 以上で基質支持の河川成円礫層である。円礫の最大粒径は 0.7m、充てん物は淘汰のよい中粒砂である。上部層の下半部は土石流起源と思われる角礫層と陸水性の泥炭質粘土・シルト層からなる。シルト層中に層厚 2cm 未満の火山ガラスを含んだ白色細粒火山灰層(K1=DKP)がレンズ状に挟在する(註 9)。さらに上位には不淘汰角・円礫層、砂混じりシルト層、風成細粒粘土層が重なり、最上位は水田の耕作土である(図 20)。

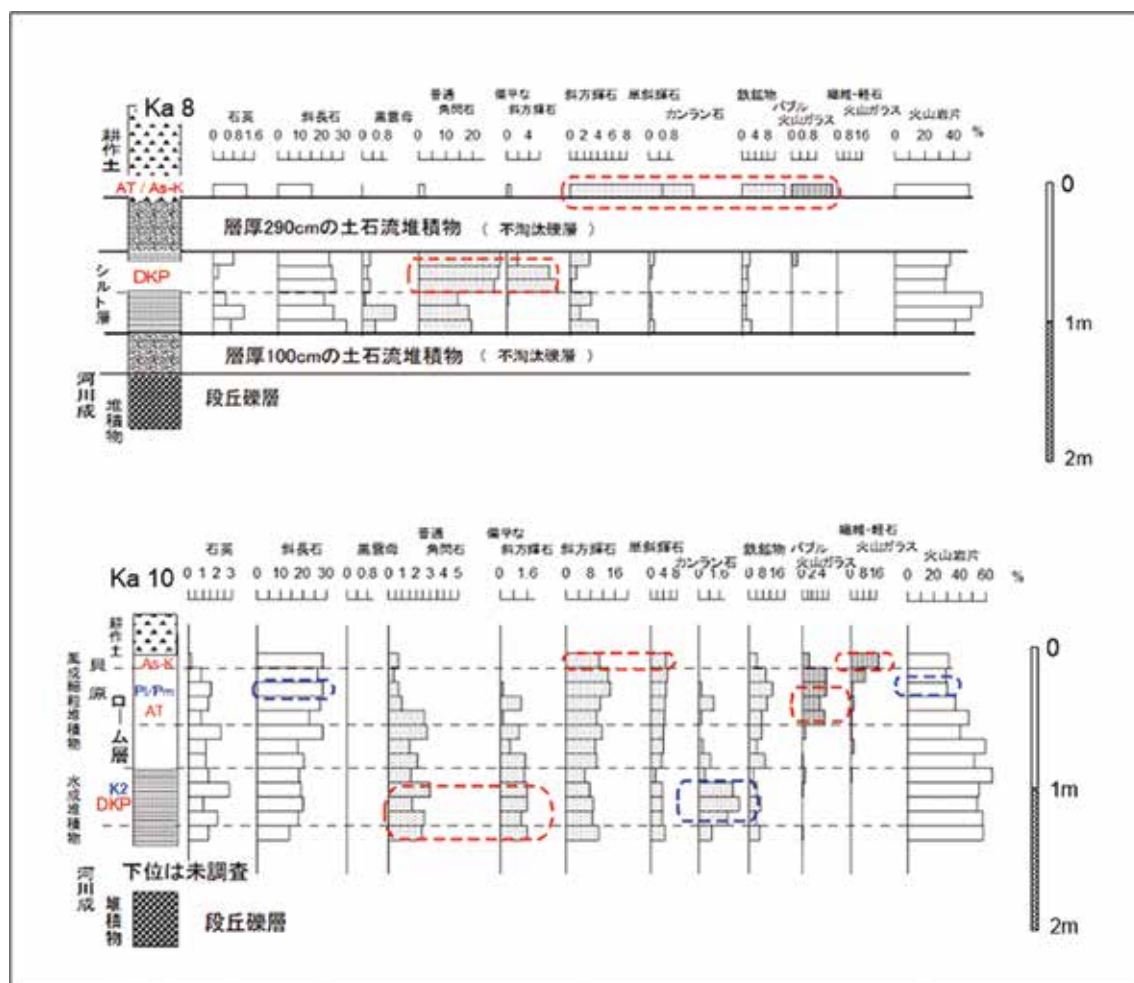


図 21 貝坂Ⅱ段丘の上部層で風成細粒層の砂粒物 (1/4 ~ 1/8mm) の組成比

Ka9 地点では地表面から層厚約 1.1m の段丘堆積物を調べた。下位より角礫層、風成褐色細粒堆積物、黒ボク土が堆積する。褐色土には DKP, AT, As-K が確認される。Ka10 では耕作土下位の層厚 1.3m の褐色細粒(粘土)層の砂粒物を検鏡した(図 20)。下半部には一部水成の DKP が挟在する褐色粘土層からなり、最下底には砂層が堆積する。下半部の岩相は Ka8,9 とほぼ一致する。飛び地の Ka11 では AT と As-K が確認され、最下底は凝灰質の礫岩層である。この下位は未確認であるが貝坂Ⅱ段丘礫層が堆積すると推定した。凝灰質礫岩層は魚沼層のようにも見え、この飛び地は魚沼層(基盤)の残丘の可能性もある。

(5) 正面段丘 I

①段丘地表面の地形

貝坂Ⅰ面西側に分布する(S1～S8)。中津川沿いの正面段丘は長軸方向が信濃川にはほぼ直交する。段丘面は南北が長さ約 2km で、東西幅が約 1km の逆三角形の扇状地状の地形である(図 6)。地表面の標高 256m～300m、傾斜は 2.3% (1.3°)、清津川河口との比高は約 60m である。



図 22 下位より正面段丘礫層(下部層)、
貝坂ローム層・黒ボク(上部層)が重なる。
規則的な礫配列から水の流れが推測できる。

①段丘堆積物の地質

下部層は層厚 4～10m の段丘礫層で上部に 1m 未満の砂礫層が重なる。礫層は段丘面の内縁部ほど厚い。巨礫が目立ち最大径は 1.5m で、礫種は中津川河床に見られる安山岩が多く、充てん物は未固結の砂礫である(註 3)。

上部層は水田開発によりほとんどの場所が盛土、耕作

土となっている。層厚 1m 未満の風成層は褐色風成細粒層と黒ボクからなる。そこに S2・S3、S8 では下位より AT(K4)、Pl-Pm、黒ボク直下の As-K(K5) が確認できる(図 24)。S3 での AT 堆積層準下位の褐色風成細粒層の厚さが 10cm であることから、段丘面形成(離水)年代を 3.5 万年前頃と推定した。正面ヶ原 D 遺跡(註 19)では新潟県で一番古い旧石器が出土する。この層準は広域テフラ AT 下位の風成層である。

段丘面の東端には谷地形が見られ、S1, S4, S5 地点でサンプル採取を行った(図 6)。ここではおおむね粘土、泥炭層からなり、最大深度 1.5m 湿地性の堆積物である。その基底部の深度は未調査である。S1 では下位より深さ 60～40cm が灰色水成粘土層、40～30cm は As-K の砂粒物を含んだ風成暗褐色粘土層からなり、その上位は黒ボク状の耕作土が重なる。ここの遺跡では細石器が出土している(註 20)。S4 は縄文時代の「トチノキの水さらし場」の遺構である(註 21)。S5 は湧水により湿地で「通称大清水」である。地表から深度 70cm の泥炭層から DKP と AT の再堆積の砂粒物がわずかに検出され、泥炭層は正面Ⅰ面形成以降の堆積物と思われる。

S6, S7 は正面段丘の褐色土上位に最大層厚 5m 以上の土石流状不淘汰円礫層が堆積する(図 23)。この土石流面には縄文草創期の遺物が出土している(註 22)。土石流は 1.5 万年前頃の堆積物と推定している。

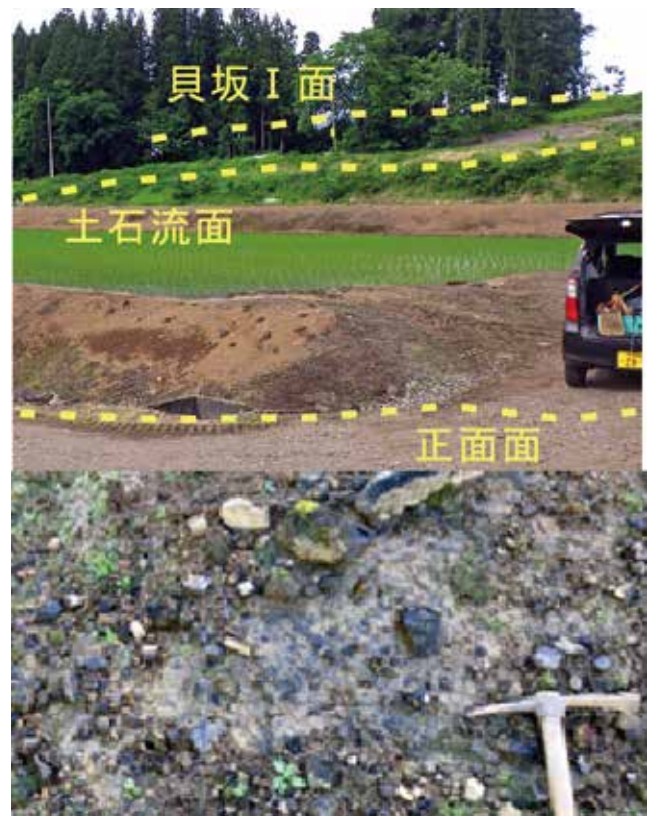


図 23 S7 地点で正面段丘地表から撮影した土石流面と貝坂Ⅰ段丘地表面。下は土石流堆積物の礫層。

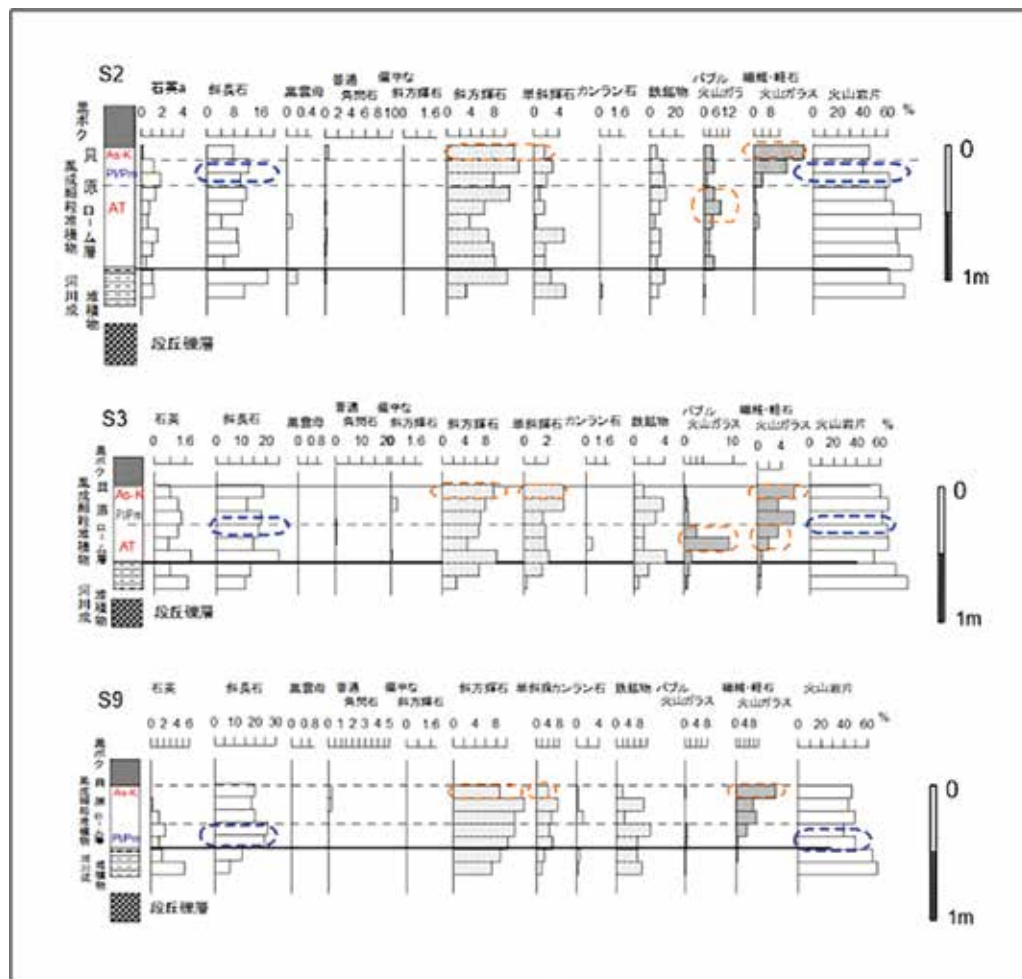


図 24 正面Ⅰ・Ⅱ段丘面：上部層・風成堆積物の砂粒物 (1/41 ~ 8mm) 組成比

(6) 正面段丘Ⅱ

①段丘地表面の地形

正面Ⅰ段丘の北西端に分布する(図6のS9)。中津川沿いの南東-北西の長軸方向の長さは0.3km、南東-北西幅は最大0.07kmで狭小な段丘面である(図6)。標高は正面Ⅰ段丘より、最大約5m低い260m~265mで、傾斜は2.3%(1.3°)である。清津川河口との比高は約55mである。

②段丘堆積物の地質

下部層の段丘礫層は段丘面の西端で観察され、層厚、岩相の詳しい調査は行っていない。上部層は下位より層厚20cm以上の水成褐色粘土層、上部層の層厚50cmの風成の褐色細粒層、さらに層厚20cmの黒ボク土(耕作土)が重なる。風成層最下位にはPl-Pmが堆積し、黒ボク直下にAs-Kが堆積する(図24)。段丘面の形成年代は2万~2.5万年前と推定した。

7. 次号の予告

研究集録次号の9号は本地域の北東側の米原Ⅱ・卯ノ木・檜ノ木平段丘と清津川沿いの正面・本ノ木・沖積段丘(図5)の地質である。ほかに卯ノ木・焼松低地、国道117号沿い細長い台地、魚沼層浸食面上などの地質についても報告する。さらに今回の地域と併せて「こ

の地域の段丘形成史」について考察したい。

謝辞

本研究集録への報告にあたり、津南町埋蔵文化財センターの文化財保護統括監の佐藤雅一さんからは有益なご意見と現場での貴重なご教示を受けた。また、同センターのスタッフの方々からお世話いただいた。本稿の執筆・編集にあたり、苗場山麓ジオパーク推進室の班長佐藤信之さん、専門員の仲野浩平さんほか、スタッフの方々からお世話いただいた。野外調査にあたって、津南町卯ノ木の宮沢康則さん、宮沢幸一さんほか、朴ノ木坂、駒返、貝坂、正面の町民の皆さんから快く調査場所のご提供をいただき、あたたかいご支援も受けた。

本報告の段丘堆積物の火山灰層序学的な研究は、筆者が所属する新潟火山灰グループの研究成果が基礎となっている。また、広域テフラの認定にあたり、新潟大学の災害・復興科学研究所所長の卜部厚志さんにはご教示と火山ガラスの分析をしていただいた。佐渡ジオパーク研究員の神蔵勝利さんから貴重なご指摘を受けた。

以上の皆様には深く感謝いたします。

註

- 1) 渡辺秀男・竹越 智・仲野浩平 (2021) 津南町信濃川沿いの東頸城丘陵と十日町盆地南部の地形・地質学的な研究。苗場山山麓ジオパーク研究集録第3号、p2-11。
- 2) 内藤博夫 (1965) 新潟県十日町市付近の地形－魚沼地方の地形発達史についての若干の考察。地理評、38、p613-629。
- 3) 信濃川段丘グループ (1968) 新潟県津南地域の第四系－新潟県の第四系そのⅨ－。新潟大学教育学部高田分校、175-203。
- 4) 町田 貞・池田 宏 (1969) 信濃川中流域における段丘面の変位。地理評、42：623-631。
- 5) 田中真弓 (2000) 十日町盆地における河成段丘の変位からみた活褶曲と活断層の研究。第四紀研究、39：411-426。
- 6) 新潟火山灰グループ (1981) 新潟県下のローム層について、そのⅠ－信濃川ローム層について－。地球科学、35：295-311。
- 7) 早津賢二・新井房夫 (1981) 信濃川中流域におけるテフラ層と段丘形成年代。地質雑、87：791-805。
- 8) 新潟火山灰グループ (1995) 新潟県下のローム層そのⅡ－信濃川ローム層の層序－。地球科学、49：188-202。
- 9) 渡辺秀男・卜部厚志・荒川勝利 (1999) 新潟県津南町地域の貝坂段丘堆積物中の広域火山灰。地球科学、53：420-433。
- 10) 渡辺秀男 (2000) 新潟県十日町盆地の津南段丘の形成について。地球科学、54：310-327。
- 11) 信濃川ネオテクトニクス団体研究グループ (2002) 信濃川津南地域における第四紀末期の段丘形成と構造運動。第四紀研究、41：199-212。
- 12) 信濃川ネオテクトニクス団体研究グループ (2003) 信濃川中流域における第四紀末期の河成段丘編年。地球科学、57：95-110。
- 13) 魚沼丘陵団体研究会・新潟火山灰グループ (1983) 魚沼層群の火山性堆積物。専報 26、「魚沼層群」、p23-31。
- 14) 町田 洋・新井房夫 (2003) 新版火山灰アトラス。東京大学出版会、東京、336P。
- 15) 町田 洋・大場忠道・小野 昭・山崎晴雄・河村善也・百原 新 (2003) 第四紀学。朝倉書店、323p。
- 16) 公文富士夫・山本正伸・長橋良隆・青池 寛 (2009) 最終間氷期の環境変動－日本列島陸域と周辺海域の比較と統合。地質学雑誌、115：301-310。
- 17) 成瀬敏郎 (2006) 風成塵とレス。朝倉書店、東京、197P。
- 18) 野尻湖火山灰グループ (1989) 地学ハンドブックシリーズ 4 火山灰分析の手びき。地学団体研究会、56p。
- 19) 佐藤雅一 (2001) 正面ヶ原D遺跡。津南町教育委員会。
- 20) 佐藤雅一 (2002) 正面中島遺跡。津南町教育委員会。
- 21) 佐藤雅一 (1997) 正面ヶ原A遺跡。平成9年度津南町遺跡発掘調査概要報告書』津南町教育委員会。
- 22) 佐藤雅一 (1998) 寺田上A遺跡。堂尻遺跡群試掘調査報告書』、津南町教育委員会。
- 23) 渡辺秀男・渡辺文雄・卜部厚志 (2019) 新潟県笹葉峰の崩壊地とその周辺の地形・地質。「苗場山山麓ジオパーク」研究集録第1号、p43-52。
- 24) 野尻湖発掘調査団 (1993) 野尻湖における最終氷期。地団研専報 41、p67-80。
- 25) 渡辺秀男・吉越正勝 (2024) 信濃川ローム層の層序。－十日町盆地南部と新潟平野東縁部との対比－。新潟県教育研究会誌、52、45-62。
- 26) 伊藤久敏・村松敏雄 (2020) 新潟県に分布する7枚の第四紀テフラのLA-ICP-MSによるジルコン U-Pb 年代。地質学雑誌、126、285-290。
- 27) 吉川周作・渡辺秀男・井上 淳 (2003) 新潟・長野県に広域に分布する後期更新世の炭層準の発見。地質学雑誌、109、63-70。

<レポート>

城坂城跡周辺の地形・地質について

～城坂城跡頂部で採取した岩石の絶対年代～

仲野 浩平

1. はじめに

城坂城跡は、貴重な歴史文化的な財産であることがわかってきた。苗場山麓ジオパークの文化的なサイトにするしなないに拘わらず、地域の財産については、学術的な調査が必要である。なお、近年になって城坂城跡に関して、地域住民への啓発とともに「もっと探究したい。」という気運が盛り上がっていて、積極的に調査に取り組もうということになってきた。その結果については、令和6年度末に苗場山麓の自然を考える会の一員として事業の報告をしたところである（註1）。

地形・地質の内容について、令和7年度に入り、昨年度積み残してあった城坂城跡付近の岩石に関して、パリノ・サーヴェイ株式会社から岩石の自然科学分析（生成年代測定）をしていただいた。分析結果を踏まえて、本研究の報告とさせていただきますこととした。

2. 城坂城跡周辺の地形と地質

(1)城坂城跡付近の地形

城坂城は、千曲川とその支流の小箕作川の狭間に形成された東西に伸びる舌状の地形の丘陵部先端付近に造られている（図1）。南西から千曲川方向に流れてきた小箕作川は、おそらくこの東西に延びる固い岩盤に阻まれたため、東側に蛇行したと考えられる。それが城坂城付近の天然の掘割となっている。

城坂城の本丸付近は、その北側崖下の千曲川からは標高差約120m、南側急斜面下の小箕作川からは標高差約80mある。このように南北方向が急峻な地形のため敵は容易に近づけず、東西方向、すなわち千曲川上流及び下流方向からの敵を監視するための適地であり、防衛上の要衝を置いたための適地であったと考えられる。

(2)毛無山の火山活動

城坂城跡付近は、南南西約10kmに位置する毛無山の火山活動による形成過程でできたと考えられる。毛無火山は、今から170万年前から100万年前頃にかけて活発に活動した火山であり、活動時期・噴出の中心の違いで、ステージⅠ、Ⅱ、Ⅲの3期に分けられる（図2、3）。ステージⅠの噴出物は、毛無火山の北西～北部にかけて斑晶の量2%以下の無斑晶質の緻密な安山岩が点在する（図24中→）。これらは、いずれも山体の基底部に特徴的に見られる。大部分がステージⅠすなわち、城坂城跡付近をつくる岩石は、毛無山が形成される初期の火山活動の溶岩流に覆われた最北端の地域と考えられる。



図1 城坂城跡のトレッキングコースと地形 国土地理院地形図

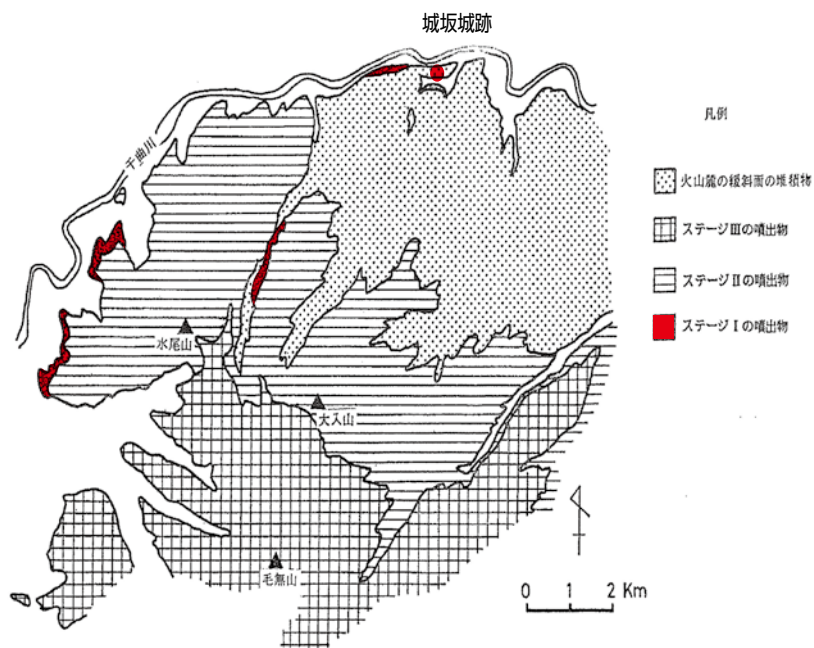


図2 毛無山火山の噴出物の分布

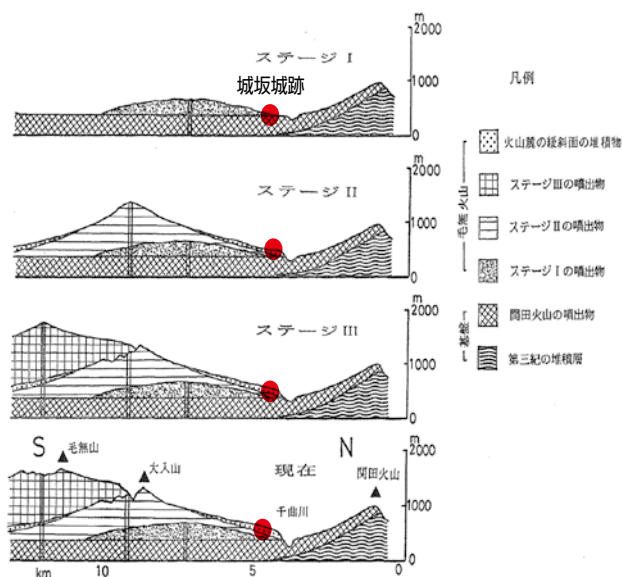


図3 毛無火山の形成史

毛無山各ステージの噴出物の分布域

金子隆之「志賀高原北部 毛無火山の地質と岩石」『地質学雑誌第94巻第2号1988』78頁から引用³⁾。 ※図中、城坂城跡及び↓を加筆

城坂城跡を含むステージⅠの堆積物は、ステージⅡの噴出物で覆われているため、露出した部分が限られている。ステージⅡの噴出物は、水尾山と大入山の山体をつくった。この2つの山体は、現在池の沢川によって分断されているが、もとは1つの山体をなしていた。ステージⅢは毛無山をつくり、この山体は水尾-大入山の南斜面を埋めるように成長した。

ステージⅠからステージⅢの火山活動において、噴出物の拠点が順次南に移動している。このことは、図3に

もあるようにマグマ上昇の火道が南方に動いたことを示している。

なお、野沢温泉村史(1974年刊)³⁾の地質の中で、「明石玄武岩」についての記述がある。要約すると、『明石玄武岩は、この村の北東部に位置する明石に分布する。活動時期は明白でないが、基底溶岩以前のもものと推測される。この玄武岩は、一般に新鮮で採取が容易で北信地方には稀少なものである。黒灰色・緻密・堅硬な岩石で、溶岩流として産出している。局部的には、熱水変質作用を受けているところもある。一見砂岩のような外観を呈し、斑晶は少ない。鏡下では、斑晶は斜長石・カンラン石とわずかな普通輝石からなる。石基は極めて微細粒で斑晶との区別が明瞭でない。』とある。

しかし、城坂城跡の頂部を構成する岩石は、その顔つきからいわゆる「無斑晶ガラス質安山岩」と考えられる。登城口から本丸跡付近にかけてのトレッキングコース上(B区間)には、この「無斑晶ガラス質安山岩」と思われる岩石がところどころで転がっており、実際に手に取って見ることができる(図26)。形成年代は全く異なるが、まるで西日本に産出する「サヌカイト(讃岐岩)」を思わせる顔つきのものもあり、中には、木が朽ちたような模様が入る岩石も見られる(図5)。岩石を割れ口から観察すると、無斑晶ガラス質安山岩であることがわかる。

また、尾根道に出てからのトレッキングコース沿い(C区間 試料採取地①付近)(図1)では、板状節理となった「無斑晶ガラス質安山岩」の小規模な露頭も見ることができる。

さらに、比較のために調査した千曲川川原の試料採取地②においては、『野沢温



図4 B区間のコース沿いで見つかる無斑晶ガラス質安山岩



図5 サヌカイトに似た顔つきの石も見つかる



図6 試料採取地②付近の川原で確認したカンラン石玄武岩。

泉村史』に「明石玄武岩(カンラン石玄武岩)」⁶⁾と記載されているものと
同じ岩石を確認することができた(図7)。

したがって、トレッキングコース北側崖下の川

原沿いにある岩体と、トレッキングコースのある尾根の岩体では、岩質や形成年代が異なっている可能性がある。



図7 カンラン石玄武岩(拡大)

(3) 年代測定の岩石について

岩石採取地点は、城坂城跡の西、約400mの地点である。この露頭は、いわゆる溶岩が冷える際に板状に割れ目が入った板状節理となっている。この露頭から年代測定用の岩石を採取した。

ところどころ欠けた部分が見られる。観察すると無斑晶ガラス質安山岩と認めることができる。



図8 コース脇にある無斑晶ガラス質安山岩(板状節理)の露頭(試料採取地①)



図9 採取した岩石

3. 岩石の生成年代結果について

採取した岩石の石基をつくる成分からK(カリウム)-Ar(アルゴン)法による岩石の生成年代は、 1.53 ± 0.25 (Ma) …153万年前という結果を得た。

この値は、新生代第四紀更新世前期の層準となっている。苗場山麓の段丘の下部をつくる魚沼層群の堆積時の時代の火山活動であるといえる。関田山脈を作る地層の中に挟在するSK110の火山灰は、200万年前の年代を示すことから、関田山脈が形成された後、苗場山麓の南部において毛無山の火山活動が始まったと言える。

他の文献(註2)において、毛無山の形成年代が旧期1.7~1.6Ma、新期1.3~1.1Maの情報(註4)があるが毛無山の生成年代は、概ね妥当であると考ええる。

4. まとめ

地質を構成する岩石や地層中の火山灰・堆積物につい

て、野外調査において地層の上下関係や層序の研究により相対的な地層のつき方を従前から考えてきている。その中で、何時この地層や岩石ができたのかわかると、一層層序その他が、明確になってくる。その意味で、今後とも調査を続けたいところである。

本報告では、城坂城跡をつくる地域は、毛無火山の形成過程でできたことがわかる。また、山体をつくる岩石は、斑晶が極めて乏しい無斑晶ガラス質安山岩でこうせいされていることがわかった。野沢温泉村村史に見られる明石玄武岩と称する岩石は、一部で確認したが、城坂城跡を占める岩石ではなさそうであることも確認した。

5. おわりに

城坂城跡を含め、苗場山麓を考える会の皆さんから調査に関して、多くの助言や意見をいただいたことに感謝申し上げます。

また、岩石の科学的な分析をしていただいた、株式会社パリオサーベイ様にも深く感謝申し上げます。

註

- 1) 津南町教育委員会編 2025「城坂城トレッキングコースをめぐる自然と暮らし」『苗場山麓ジオパーク研究集録』5号 7-9頁 苗場山麓ジオパーク推進室
- 2) 金子隆之 1968「志賀高原北部 毛無火山の地質と岩石」『地質学雑誌 第94巻 第2号』78~89頁 日本地質学会
- 3) 岸 亮(村史編纂委員) 1974 「野沢温泉村地質図」『野沢温泉村史』10頁 野沢温泉村史編纂委員会
- 4) 柳沢幸夫、金子孝之ほか4人 2001 「飯山地域の地質」p56 地質調査所

参考文献

- 1) 五十嵐聡・高橋尚靖・大橋克・喜多孝行・島津光夫
1984「新潟、長野県境付近の津南-志賀地域の鮮新-更新世の火山岩類」地質学論集
- 2) MITUO SHIMAZU, SATOSHI IGARASHI, MASARU OHASHI
「Tholeiitic andesite and dacite of early Pleistocene age in Shikumi area, Niigata Prefecture, Japan」
岩石鉱物鉱床学会誌 80巻4号

〈付編〉

本稿における岩石時代の分析については、パリノサーベイ株式会社に依頼した。以下分析業務報告を掲載する(一部紙面の都合で割愛)。

はじめに

本分析業務では、苗場山麓ジオパーク内より採取された基盤岩石の年代測定、津南町内に所在する遺跡より出土した下呂石と推定される石器の石材鑑定、化学組成および産地推定、さらに、岩石、河川砂および縄文土器について薄片作製を実施した。以下に、結果を記す。

I 基盤岩石の K-Ar 年代測定

1. 試料

年代測定に供された試料は、坂城城跡西 200m の地点より採取された無斑晶質安山岩(試料番号 1; 図版 1-1)である。なお、GPS による採取地点の位置は、標高 392.0m、N 36° 58'81"、E 138° 31'82"である。

2. 分析方法

(1) 原理

K(カリウム) - Ar(アルゴン) 年代測定は、放射性元素の核壊変の法則を利用した年代測定法の一つである。自然界に存在するカリウムは、3つの同位体、質量数 39 のカリウム (^{39}K)、質量数 40 のカリウム (^{40}K)、質量数 41 のカリウム (^{41}K) から構成され、それぞれの比は 93.2581%, 0.01167%, 6.7302% である。これらのうち、半減期 12.5 億年の ^{40}K が核壊変の法則に従って、 β 壊変により ^{40}Ca (約 89.5%) に、電子捕獲により ^{40}Ar (約 10.5%) に壊変する(図 1)。核壊変の定数 ($\lambda\beta$, λe) が物理的・化学的環境において不変であることから、岩石や鉱物中に含まれる放射壊変せずに残っている ^{40}K の量(図 1 の式 (1)) と、マグマから冷却・固結してから現在に至るまでに蓄積した放射性起源の ^{40}Ar (rad. ^{40}Ar) の量(図 1 の式 (2)) をそれぞれ独立した分析方法で求め、図 1 の式 (3) によって年代を算出することができる。

地質学分野では岩石や鉱物中の特定の元素や同位体の量を原子数で表現する習慣がないため、カリウム及びアルゴンの単位はそれぞれ実際の分析で用いる「重量 %」及び「 10^{-8}ccSTP/g 」を使用する。「STP」とは「Standard Temperature and Pressure」の略で、「ccSTP/g」は試料 1g 中に存在するアルゴンの標準状態(0℃ 1 気圧)における体積である。年代計算に使用する壊変定数などは、Steiger and Jäger(1977)の $\lambda e = 0.581 \times 10^{-10}/\text{year}$ 、 $\lambda\beta = 4.962 \times 10^{-10}/\text{year}$ 、 $^{40}\text{K}/\text{K} =$

1.167×10^{-4} である。ここで、 λe は ^{40}K から ^{40}Ar への壊変定数、 $\lambda\beta$ は ^{40}K から ^{40}Ca への壊変定数、 $^{40}\text{K}/\text{K}$ は K 中の ^{40}K の含有率を示している。図 1 の式 (3) は実際の分析において用いる上記の単位に換算すると次式のようになる。

$$[\text{K-Ar 年代 (Ma)}] = 1804 \ln \{1 + 1.428 \times 10^{-4} \times [\text{rad.}^{40}\text{Ar}] / [\text{K}]\} \quad \dots \text{式 (4)}$$

また、式 (4) における年代の誤差 Δ [K-Ar 年代 (Ma)] は誤差伝搬の式から次のようになる。

$$\Delta [\text{K-Ar 年代 (Ma)}] = \frac{1804 \times 1.428 \times 10^{-4} \times [\text{rad.}^{40}\text{Ar}]}{[\text{K}] + 1.428 \times 10^{-4} \times [\text{rad.}^{40}\text{Ar}]} \times \frac{(\Delta [\text{rad.}^{40}\text{Ar}] / [\text{rad.}^{40}\text{Ar}])^2 + (\Delta [\text{K}] / [\text{K}])^2}{2} \quad \dots \text{式 (5)}$$

年代及びその誤差の算出方法の詳細は長尾・板谷(1988)を参照されたい。

(2) 鉱物分離

K-Ar 年代測定用試料の鉱物分離(石基の分離・濃集)は、以下のような作業手順で行った。分離作業のより詳細な説明に関しては、八木(2006)を参照されたい。

1) 岩石切断機を使用して、厚さ約 5mm ~ 1cm 程度の薄い板状にスライスした。さらに、1cm 角程度の大きさに切断して、風化・変質部分を可能な限り除去した後、洗浄・乾燥させた。

2) 試料をスタンプミルで粉碎し、篩を用いて 60-80 (開口径約 187-250 μm) メッシュ・サイズに整粒した。

3) 整粒した試料を 300 ml のビーカーに入れて、脱イオン水で濁りがなくなるまで攪拌棒で混ぜながら洗浄した。その後、超音波洗浄器を用いて微粒子を取り除いた。超音波洗浄を 3 分程度行うと再び濁るので、脱イオン水で濁りがなくなるまで攪拌棒で混ぜながら繰り返し洗浄した。

4) 乾燥後、ハンド磁石で強磁性鉱物を除去した。

5) 再度ふるいを用いて 60-80 (開口径約 187-250 μm) メッシュ・サイズに整粒し直した。

6) 電磁分離器(アイソダイナミックセパレーター)を用いて、斑晶鉱物と強磁性鉱物を除去した。

7) 最後に、分離した試料に付着した塩分を取り除く脱塩処理を行った。分離した試料の入ったビーカーに温脱イオン水(70℃程度)を注ぎ、軽く攪拌した。その後、70℃程度に設定した恒温槽内に置いた。この時、温脱イオン水が蒸発し過ぎないようにビーカーの口はアルミ箔などで覆った。一日 2 ~ 3 回程度の温脱イオン水の入れ替えを 3 日間行って洗浄した。特に、海岸付近で採取された試料の場合、海水からの塩化ナトリウムの混入があり、カリウム分析及びアルゴン同位体比測定において、精度の高い測定の妨げとなるので注意が必要である(例えば、長尾・板谷,1988)。

8) 脱塩処理した試料の水を切った後、十分に乾燥させてから回収した。

(3) K (カリウム) の定量

カリウムの定量は、1) 分離試料の調整、2) 酸による試料の分解、3) 試料溶液の蒸発乾固と乾固物の塩酸酸性溶液の作成、4) 試料溶液の濾過と分取希釈、5) 炎光分光法による定量分析、という手順で行われた(長尾ほか,1984)。

最初に、試料をメノウ乳鉢で粉末化した。粉末化した試料約 100 mg を蓋付きテフロン容器 (60 ml) に入れ、硝酸 (2ml) とフッ化水素酸 (5ml) を加えて、ホットプレート上で 12 時間以上かけて試料を加熱分解した。次に、分解した試料溶液を蒸発乾固した。乾固物を希塩酸に溶かして塩酸酸性溶液を作成した。最後に、これらの試料溶液を濾過して、所定量を分取希釈し、共存成分の影響及びイオン化干渉の抑制のために、イオン化エネルギーが最も低いセシウム (Cs) を 2000 ppm になるように加え、炎光分光法により検量線を用いてカリウムの定量が行われた。検量線を用いたカリウム分析に必要な標準溶液 (0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0ppm) は市販の原子吸光分析用カリウム標準液 (1000 ppm) を用いて作成している。炎光分光分析は、日立 180-30 型原子吸光・炎光分光分析装置を用いて、炎光測光モードで行った。検量線を用いたカリウムの定量は、前述の 10 種類のカリウム標準溶液の発光強度を測定して、上に凸の緩やかな曲線として濃度と発光強度の関係を得ることで行われた。通常、発光強度は時間と共に多少変化するため、カリウム標準溶液及び試料溶液を 10 点測定する毎にテスト溶液 (5.0ppm のカリウム標準溶液) を測定し、カリウム標準溶液及び試料溶液の発光強度を補正している。試料溶液のカリウム濃度は、試料溶液の発光強度から判断して最寄りの 3 種類の標準溶液の濃度と発光強度から 2 種類の二次曲線を作成し、これらの二次曲線と試料溶液の発光強度との 2 つの交点の値の平均値とした。試料の不均質さや定量の再現性を確認するために、1 試料につき 2 回以上の分析を行い、その平均値を年代計算に使用した。カリウム定量分析の誤差は標準試料 (JG-1 及び JB-1) の複数回の分析により 2% 未満であることを示しているが、年代誤差の計算ではカリウム含有量が 0.2wt.% 以上の試料に関してはカリウム定量分析に伴う誤差として 2% を用いた。なお、定量可能な最小値下限) は 0.2 wt.% である。

(4) Ar (アルゴン) 同位体比の測定

アルゴン同位体比の測定は、130° 扇型磁場・斜入出射・単収束・イオン軌道半径 15cm のアルゴン専用の質量分析計 (装置名: HIRU、Itaya et al.,1991) を用い、ほぼ 100% に近い純度をもつ質量数 38 のアルゴン (^{38}Ar) をトレーサー (スパイク) として、試料から抽出されるアルゴンと混合させる同位体希釈法で定量した (長尾ほか,1984、長尾・板谷,1988、Itaya et al.,1991)。

最初に、試料約 1 g を薄いアルミニウム箔に包み、サ

ンプルホルダーの枝管に入れた。その後、試料の吸着アルゴンを取り除くために、約 180 ~ 200℃ で 3 日間焼き出しながら真空排気を行った。分析系内の真空度が高くなり、バックグラウンドが充分に下がったことを確認した後、試料をサンプルホルダーの枝管からモリブデン製ルツボ内に落とし、約 1500℃ で加熱溶解した。試料から抽出されたガスとスパイクを完全に混合させて、試料から抽出されたガス中に存在する希ガス以外の化学的に活性なガスを Ti-Zr ゲッターで除去した後、精製したガスは質量分析計に導入された。

質量分析計は一般的にメモリー効果があるため、時間と共にスペクトル強度やその同位体比は変化していく。従って、試料において 1 回の測定で ^{36}Ar 及び ^{38}Ar は最低 8 セット、 ^{40}Ar は最低 7 セットの測定を行った。これらの測定データから Itaya et al.(1991) の方法を用いて、 $^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$ 、 $^{40}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$ 及び $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 同位体比を求めた。また、質量分析計の同位体質量差別効果 (mass discrimination) に関しては、標準空気の測定を試料のアルゴン測定前に行い、標準空気の測定値を Nier(1950) の値 ($^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}=295.5$ 、 $^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}=0.1869$) と比較することで補正を行った。このようにして求められた試料中の ^{36}Ar 、 ^{38}Ar 及び ^{40}Ar の値から図 1 の式 (2) を用いて放射性起源の ^{40}Ar (rad. ^{40}Ar) が計算される。大気アルゴン混入率 (Air contamination/non-rad. ^{40}Ar) (%) は「 $100 \times \{(\text{試料中の } ^{40}\text{Ar}) - (\text{rad. } ^{40}\text{Ar})\} / (\text{試料中の } ^{40}\text{Ar})$ 」で求めた。試料の測定にあたっては、同一条件で標準試料 (JG-1 黒雲母: 約 91Ma) を測定し、その誤差が 1% 以内であることを確認している (Itaya et al.,1991、Yagi et al.,2015)。

3. 測定結果

(1) カリウム定量分析の結果

カリウム分析結果を表 1 に示す。なお、再現性とは、(2 回の分析結果の差) / (2 回の分析結果の平均値) に 100 を乗じたものである。カリウム分析では、この値が 2% 未満であれば、定量の再現性はあるものとする。

2 回の定量分析を行った結果、誤差 2% 未満であったため、試料の不均質さは無く、定量の再現性があるものと判断される。

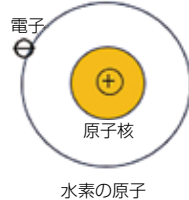
(2) 年代測定結果

K-Ar 年代測定結果を表 2 に示す。表 2 には、カリウム含有量の平均値、試料 1g 中に存在する質量数 40 の放射性起源アルゴンの全量、K-Ar 年代 (1Ma=100 万年前) 及び質量数 40 の非放射性起源アルゴンの含有量が示されている。試料番号 1 の石基の K-Ar 年代とその誤差は、 1.53 ± 0.25 (Ma) である。

以下、引用文献等は割愛

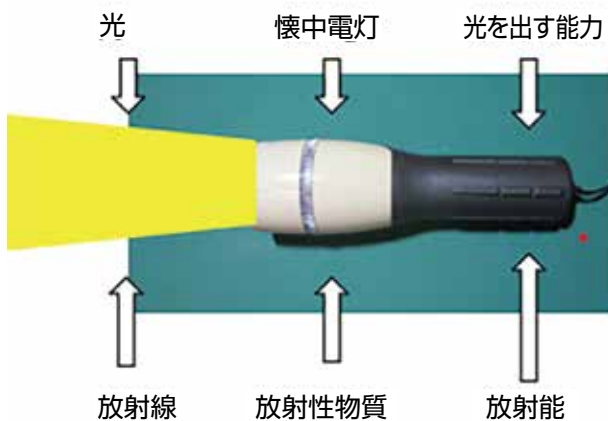
岩石や鉱物の年代測定はどのような原理（理屈）で測れるのか？これを理解するためには、物質をつくる原子について理解する必要がある。

物質を細かく小さくしていくと、究極的には「原子」という粒に到達する。物質の中で一番小さな原子は、水素で、図のように原子の中心に+（プラス）の電気を持った陽子1個で構成される原子核とその周りに1個の（マイナス）の電気をもった電子が回っている。電気的には中性で、安定した状態になっている。



どの物質（元素）も、中心部に原子核、周りに電子が飛び回っている。本報告にある年代測定の手法のカリウム-アルゴン法の元素「カリウム」・「アルゴン」もそれぞれ原子核と電子という同じ構造をしている。

異なるのは、原子核の中にある陽子の数及び電子の数である。また、原子核の中には、陽子とほぼ同じ大きさの電気を帯びていない中性子がどの元素にも含まれている。この中性子が、あるときに原子核の中で不和になり悪さをする。これが放射線を出す現象の原因となる。ここで、よく耳にする「放射能」、「放射性物質」、「放射線」について懐中電灯を例に簡単に説明する。



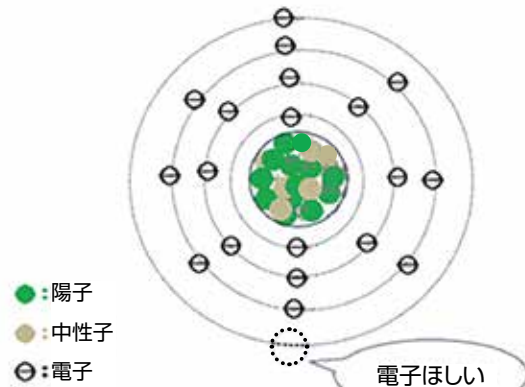
この図で、懐中電灯から出てくる光が、放射線ということになる。放射線は、不安定な原子核から放出される。主な放射線の正体は以下のようなものがある。

1. α （アルファ）線…ヘリウムの原子核
2. β （ベータ）線…負の電気をもった電子
3. γ （ガンマ）線・x（エックス）線…光と同じような電磁波
4. 中性子線…原子核内にある中性子

1～4の順に物質を透過する力が弱くなる。

話を年代測定の元素（原子）「カリウム」・「アルゴン」について見てみる。安定なカリウム原子は、19個の陽子

と20個の中性子で原子核を構成する(^{39}K)カリウムだが、自然界には、19個の陽子と21個の中性子で構成される(^{40}K)カリウムが.01%存在する(註1)。40の数字は原子核中の陽子と中性子の和の数値である。



(^{40}K) カリウムの電子の配置

(^{40}K) カリウムの電子の配置は、一番外側を回る電子の回る道（軌道）に1個の電子が回る。原子としては、電子1個もらうと少し安定する。そして、物質は、(^{40}Ar) アルゴンとなる。(^{40}K) カリウムから (^{40}Ar) アルゴンに1/2減少する時間が12.5億年ということで算出できる。岩石中の鉱物（石基）中の (^{40}K) カリウム成分がどの位 (^{40}Ar) アルゴンに壊変したかという分析で岩石の生成年代がわかる(註2)。

註1 自然界に存在するカリウムは、その93.2581%は、 ^{39}K （カリウム）である。つまり、原子核の中に陽子19個、中性子20個、まわりに19個の電子が回っている。この他に年代測定で用いる ^{40}K （カリウム）が0.01167%、 ^{41}K （カリウム）が6.7302%存在する。

註2 ^{40}K （カリウム）と放射性起源の ^{40}Ar （アルゴン）との量を求めることにより ^{40}Ar （アルゴン）が蓄積された時間すなわち K-Ar 年代を求めることができる。

正確には、 ^{40}Ar （アルゴン）が約11%、 ^{40}Ca （カルシウム）が約89%できる。

このようなK-Ar年代測定法は、1955年に登場した手法である。アルゴンは、気体であるが、火山噴火で放出されたマグマは、冷えて ^{40}Ar （アルゴン）が岩石中に閉じ込められる。 ^{40}K （カリウム）が壊変するとともに ^{40}Ar （アルゴン）が徐々に増加することとなる。

なお、この年代測定法は、地球誕生から数10万年の単位で活用できるため、重宝されている年代測定法である。

<レポート>

苗場山麓における資源利用 - 屋敷田Ⅱ遺跡出土有舌尖頭器の蛍光X線分析の結果から -

佐藤 信之

はじめに

苗場山麓ジオパークは、新潟県津南町と長野県栄村にまたがる範囲が日本ジオパークに認定されている。エリア内には、グリーンタフ帯や海・河川による堆積層である魚沼層群、毛無山、鳥甲山、苗場山による火山活動による噴出物が堆積分布する。また、千曲・信濃川やその支流が流れ、それらのはたらきにより溪谷や河岸段丘が形成される。本地域では、先史時代において利用された様々な石材や砂、粘土など地質的資源が内包されており、それらを利用した先史時代の人々は石器や土器を作り出し、文化を育み、地質的資源のみならず、生態的資源も利用した。特に多雪化によりブナなどの落葉広葉樹の森が繁茂し、そこに展開した様々な生態系による資源をも利活用した歴史文化がある。本稿では、先史時代の遺跡から出土した石器を科学的な分析を実施し、その成果を報告する共に、石材から資源利用について言及する。

1. 蛍光X線分析の結果から

津南町の清津川右岸に位置する屋敷田遺跡群は、縄文時代全般の資料が出土および表面採取されている。屋敷田Ⅲ遺跡では、縄文時代草創期の隆起線文土器が出土している。隣接する屋敷田Ⅱ遺跡では、縄文時代草創期のものと考えられる有舌尖頭器が1点出土している。先端部が欠損しているが、全面加工が施され両側縁は鋸歯状加工が施されている。また、基部も両面から加工が施され作出され、「小瀬が沢型」の有舌尖頭器と考えられる。石材は、表面に斑晶が多くみられ、肉眼的には「下呂石」に類似すると考えられている。また、この石材は、遺跡周辺の石材環境のこれまでの調査においては、確認されておらず、分布しないと考えられる。そして、本遺跡からもこの石材は、1点のみの出土であり、津南町内の遺跡においても類似する石材は、ほとんどみることができず、本ノ木遺跡の尖頭器1点と上原B遺跡の剥片3点のみが現状類似する。この4点も分析を行い、その結果を報告した(註2)。今回、屋敷田Ⅱ遺跡出土の有舌尖頭器の分析の結果、石材名は「流紋岩」であった。苗場山麓周辺には、流紋岩は分布しない。そのため、地域外の石材で製作されていることが明らかとなった。他の4点と比較すると、上原B遺跡出土の剥片3点も「流紋岩」であり、類似する測定結果であった。本ノ木遺跡出土品の尖頭器は、「黒雲母流紋岩」であった。すべてが、「下呂石」ではなく、黒曜石の「NK群」と呼ばれる、産地不明の中ツ原遺跡から出土した黒曜石と類似すると

の結果であった。これら石材の産地の推定では、霧ヶ峰火山の東方に隣接する大門峠周辺地域において、黒雲母流紋岩や流紋岩が分布することから、この地域の可能性が指摘される。苗場山麓において出土する黒曜石は、小深沢産や星ヶ塔産など信州産の黒曜石が出土する。そして、この地域とは、千曲・信濃川流域で繋がりがあり、旧石器時代から縄文時代の遺跡から出土する黒曜石製石器は信州産が大半を占める傾向がある(註3)。非破壊による分析であるが、屋敷田Ⅱ遺跡の有舌尖頭器の石材は信州産の可能性が考えられる。さらに昨年度の分析の結果から、本ノ木遺跡、上原B遺跡、屋敷田Ⅱ遺跡の肉眼観察による「下呂石」に類似すると考えられる石材は、黒曜石産地にも分布する可能性があることから、これらと共に移動した可能性がある。これまでの苗場山麓における先史時代の石材利用の中で考える上で重要な結果である。

2. 屋敷田Ⅱ遺跡出土石器の石材観察、化学組成および産地推定

1. 試料

試料は、屋敷田Ⅱ遺跡から出土した石器(試料番号5: 注記 Y00-101)である(図1~5)。本石器の石材は下呂石と推定されていることから、岩石(石器)表面の組織および構成鉱物の観察、さらに非破壊による蛍光X線分析を実施し石材の化学組成の把握および産地推定を実施した。なお、石材の化学組成および産地推定のために使用したエネルギー分散型蛍光X線分析装置(EDX)の特徴は、試料の非破壊による測定が可能であり、かつ多元素を同時に分析できることが利点として挙げられる。一方、非破壊分析である以上、測定は試料表面のみが対象となることから、表面が汚れた試料や風化してしまっている試料については試料の洗浄あるいは測定面の選択が必要となる。なお、本分析では試料が貴重な遺物であることから、洗浄等は行わず、汚れが少なく、風化が進んでいない面を選択して測定を行っている。

2. 分析方法

(1) マイクロスコープ観察

岩石表面の組織および構成鉱物の観察は、野外用ルーペおよびデジタルマイクロスコープ(株式会社キーエンス社製 VHX-8000)を使用した。

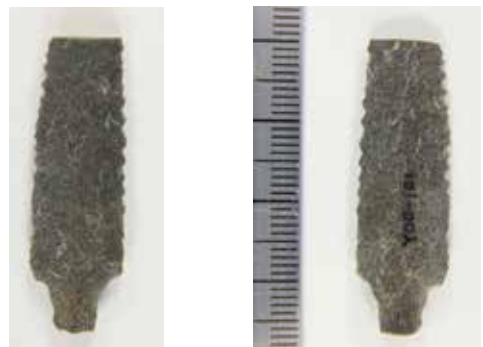


図1 屋敷田Ⅱ遺跡出土尖頭器表面 屋敷田Ⅱ遺跡出土尖頭器注記面

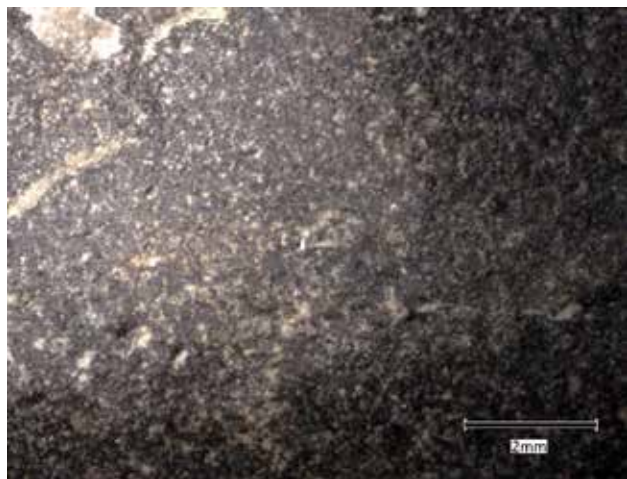


図2 屋敷田Ⅱ遺跡 表面×20

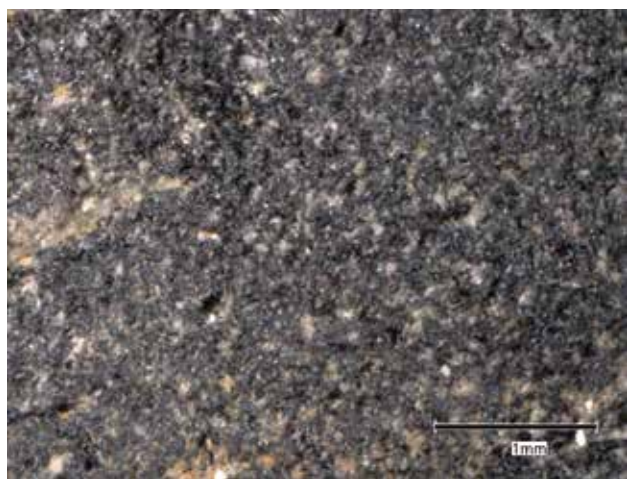


図3 屋敷田Ⅱ遺跡 表面×50

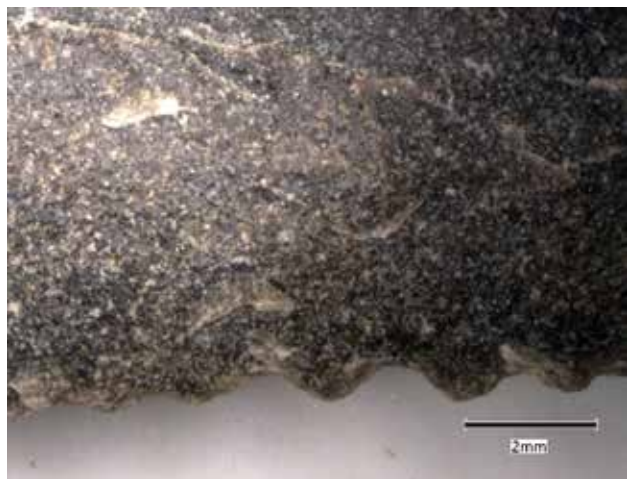


図4 屋敷田Ⅱ遺跡 注記面×20

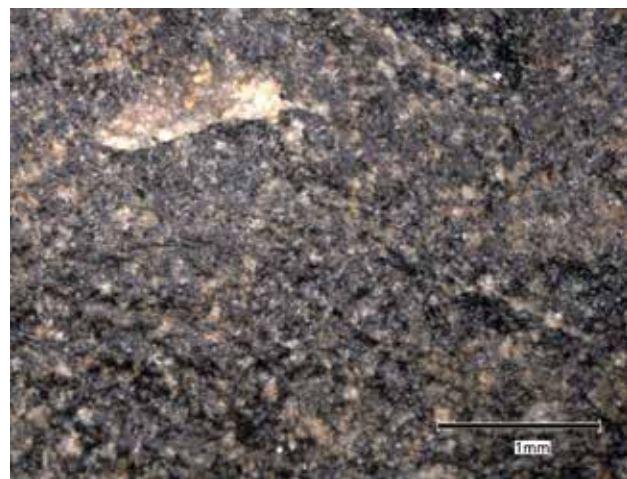


図5 屋敷田Ⅱ遺跡 注記面×50

(2) 化学組成

装置は、エネルギー分散型蛍光X線分析装置(日本電子(株)製 JSX-1000S)を利用した。測定条件は、Rh管球、管電圧:50kV、管電流:自動、測定時間:300秒(live time)、コリメーター:9mmφ、真空雰囲気である。

取得した特性X線スペクトルは元素定性を実施した後、主成分の成分形態を酸化物とした条件でFP法(ファンダメンタルパラメーター法)を用いたスタンダードレス分析によって相対含有率(質量%)を求めたが、算出された結果はあくまでも半定量的なものであることに留意されたい。

(3) 産地推定

装置は、エネルギー分散型蛍光X線分析装置(セイコーインスツルメンツ製 SEA2120L)であり、X線管球はロジウム(Rh)、検出器はSi(Li)半導体検出器である。測定条件は、励起電圧50kV、管電流自動設定(μ A)、測定時間600秒、コリメータ(照射径) ϕ 10.0mm、フィルターなし、測定室雰囲気は真空である。測定元素は、Al(アルミニウム)、Si(ケイ素)、K(カリウム)、Ca(カルシウム)、Ti(チタン)、Mn(マンガン)、Fe(鉄)、Rb(ルビジウム)、Sr(ストロンチウム)、Y(イットリウム)、Zr(ジルコニウム)の11元素であり、測定試料全てにおいてマイラー膜(PE,2.5 μ m;ケンプレックス製 CatNo107)を介して元素X線強度(cps)を測定した。

産地推定は、望月(2004など)による方法に従い、測定結果(元素X線強度(cps))から、5つの判別指標値を求める。5つの判別指標値は、Rb分率 $\{Rb \times 100 / (Rb + Sr + Y + Zr)\}$ 、Sr分率 $\{Sr \times 100 / (Rb + Sr + Y + Zr)\}$ 、Zr分率 $\{Zr \times 100 / (Rb + Sr + Y + Zr)\}$ 、 $Mn \times 100 / Fe$ 、 $\text{Log}(Fe/K)$ である。

一方、産地推定に必要な原産地の資料に関しては、望月(2004)で用いられている原産地試料の分析データを使い、原産地判定用資料を作成する。今回産地推定に用いた黒曜石原産地を図6に示す。

原産地試料のデータを、Rb分率と $Mn \times 100 / Fe$ 、Sr分率と $\text{Log}(Fe/K)$ についてグラフ化する。また、グラフを元に作成した二次元正規密度分布、ならびに判別指標値から作成した多次元密度分布の結果から、原産地を元にした判別群を設定する。その名称ならびに判別群と原産地との関係を表1に示す。

Rb分率と $Mn \times 100 / Fe$ 、Sr分率と $\text{Log}(Fe/K)$ のグラフ中に、各判別群の重心より 2σ (約95%)の範囲を示す楕円を描く(原産地試料の各分析データは図が煩雑になるため割愛している)。これに、遺跡出土試料の分析結果を重ね合わせることで、産地推定の指標の一つとなる。

一方、各判別群の5つの判別指標値について、それぞれの基本統計量(平均値や分散、共分散など)を求める。この値をもとに、遺跡出土試料と各判別群とのマ

ハラノビス平方距離を計算する。マハラノビス平方距離による判別は、先に述べた5つの判別指標値を使う方法(望月,2004 など)と、基本的にZr分率を除くグラフに使った4つの判別指標値を使うが、群間の判別が難しい場合にZr分率を加える方法(明治大学古文化財研究所,2009,2011; 明治大学文学部,2014a,b)がある。今回は、4成分、5成分双方の結果を掲載する。測定試料と各判別群全てについて、4成分、5成分のマハラノビス平方距離を求め、測定試料に近いものから3判別群を表に示す。これらについて χ (カイ)二乗検定を行い、3 σ (99.5%)の範囲に入った場合を「TRUE」、入らなかった場合を「FALSE」とする。

3. 結果

(1) マイクロスコープ観察

観察対象とした試料の外観や観察箇所、マイクロスコープ像を図版1-5に示す。屋敷田Ⅱ遺跡から出土した石器(試料番号5; 注記Y00-101)は、野外用ルーペおよびマイクロスコープによる観察の結果、流紋岩に鑑定された。本試料は、粒径0.1mm程度の微細な斜長石が石基を埋め、斑晶を散含しない岩相を示す。なお、令和5年度に同様の観察を行った上原B遺跡より出土した石器2点(No.2,3)と岩相が類似する。

(2) 化学組成

結果を図7、表2に示す。石器(試料番号5; 注記Y00-101)の主要10元素のwt%は、Na₂Oが2.960、MgOが0.398、Al₂O₃が14.747、SiO₂が73.995、P₂O₅が0.140、K₂Oが4.440、CaOが1.473、TiO₂が0.196、MnOが0.103、Fe₂O₃が1.364である。

今回の分析結果は半定量的な値であるが、参考として、火山岩の分類によく使用されるTAS(Total Alkali Silica)図と対照すると流紋岩(rhyolite)の領域に位置する。

(2) 産地推定

石器(試料番号5; 注記Y00-101)の元素X線強度(cps)および判別指標値を表5に示す。また、Rb分率-Mn $\times$ 100/Fe、Sr分率-Log(Fe/K)について、原産地試料の重心から2 σ (約95%)の範囲を記したグラフに、各試料の結果を重ね合わせた図を、図8,9に記す。表3,4には、測定試料に近いものから3原産地分のマハラノビス平方距離を示し、これらについて χ 二乗検定を行なった結果を示す。なお、津南町では令和5年度においても下呂石と推定される石器4点(No.1~4)を対象に石材観察および産地推定を実施していることから、上記した図表にはその結果も併記したので参照されたい。

4. 考察

(1) 石材および石材の化学組成

屋敷田Ⅱ遺跡から出土した石器(試料番号5; 注記Y00-101)は、野外用ルーペやマイクロスコープによる観察の結果、流紋岩に鑑定された。また、エネルギー分散型蛍光X線分析(EDX)の結果は半定量的な値であ

るが、火山岩の分類によく使用されるTAS図との比較では流紋岩(rhyolite)の領域に位置することからも、鑑定結果が支持される。

なお、令和5年度においても、津南町内の遺跡から出土した下呂石と推定される石器4点(No.1~4)を対象とした分析を実施しており、それぞれ黒雲母流紋岩(No.1)および流紋岩(No.2~4)と鑑定されている。流紋岩は、津南町域内では分布が確認されていないことから、前報の資料と同様に異地性の石材と推定される。

石器石材として推定された「下呂石」は、後期旧石器時代から弥生時代まで中部地方を中心として流通した石材として知られている。下呂石は、岐阜県下呂市の湯ヶ峰(標高1067m)の山頂部を構成するガラス質黒雲母流紋岩である。この流紋岩は、約10~12万年前の湯ヶ峰火山の活動に伴って流出した溶岩であり、岩体は阿寺断層の主断層に平行する湯ヶ峰断層に沿って噴出した溶岩円頂丘が断層谷を埋めたものとされている(山田ほか,1992)。

この他、後述する産地推定の判別図から近い領域を示す黒曜石が出土した中っ原遺跡が分布する長野県東信地域について着目すると、霧ヶ峰火山の東方に隣接する大門峠周辺地域における流紋岩の分布が挙げられる。大門峠周辺地域における流紋岩は、南北に並んだ2つの流紋岩質溶岩ドームの北側が美し松溶岩、南側が大門峠溶岩と称され、西来ほか(2009)の岩相記載によれば、美し松溶岩は、流理構造が発達した黒雲母流紋岩であり、黒曜石を伴う。斑晶として自形の斜長石、黒雲母、石英を含み、石基はガラス質な部分と結晶質な部分があり、ガラス質な部分はスフェルライトが発達する。結晶質な部分は隠微晶質で斜長石、石英、不透明鉱物、少量のガラスからなる。大門峠溶岩は、斜長石斑晶の目立つ緻密で流理の発達した角閃石流紋岩である。

斑晶として自形ないし半自形の斜長石、角閃石を含み、角閃石はオパサイト化している。角閃石は少量の単斜輝石、直方輝石を包有することがある。石基は隠微晶質で不透明鉱物、斜長石、石英からなる。



図6 黒曜石産地一覧

表1 黒曜石原産地試料一覧

大分類	中分類	判別群	記号	該当する原産地
東北	深浦	深浦	深浦	岡崎浜、深浦公園、日和見、六角沢、八森山
東北	岩木山	出来島	出来島	出来島
東北	男鹿	男鹿1群	男鹿1	金ヶ崎、脇本
東北	男鹿	男鹿2群	男鹿2	脇本
東北	月山	月山1群	月山1	西川町志津、朝日町田代沢など
東北	月山	月山2群	月山2	鶴岡市今野川、鶴岡市大網川
東北	北上	北上1群	北上1	水沢折居、花泉日形田ノ沢、雫石小赤沢
東北	北上	北上2群	北上2	水沢折居、花泉日形田ノ沢、雫石小赤沢
東北	北上	北上3群	北上3	水沢折居
東北	湯ノ倉	湯ノ倉	湯ノ倉	湯ノ倉
東北	秋保	秋保1群	秋保1	秋保土蔵
東北	秋保	秋保2群	秋保2	秋保土蔵
東北	色麻	色麻	色麻	色麻町根岸
東北	塩竈	塩竈港群	塩竈	塩竈市塩竈漁港
東北	小泊	小泊	小泊	青森小泊村折腰内
関東	天城	柏峠1群、2群	柏峠1, 柏峠2	天城柏峠
関東	箱根	畑宿	畑宿	箱根畑宿
関東	箱根	鍛冶屋	鍛冶屋	箱根鍛冶屋
関東	箱根	黒岩橋	黒岩橋	箱根黒岩橋
関東	箱根	上多賀	上多賀	箱根上多賀
関東	箱根	芦ノ湯	芦ノ湯	箱根芦ノ湯
関東	神津島	恩馳島	恩馳島	恩馳島、長浜
関東	神津島	砂糠崎	砂糠崎	砂糠崎、長浜
関東	高原山	高原1群	高原1	甘湯沢、桜沢
関東	高原山	高原2群	高原2	七尋沢
信州	霧ヶ峰	男女倉1群	男女1	ぶどう沢、牧ヶ沢、高松沢、本沢下
信州	霧ヶ峰	男女倉2群	男女2	ぶどう沢、牧ヶ沢
信州	霧ヶ峰	男女倉3群	男女3	ぶどう沢、牧ヶ沢、高松沢、本沢下
信州	霧ヶ峰	鷹山系	鷹山	星糞峠、鷹山
信州	霧ヶ峰	西霧ヶ峰系	星ヶ塔	星ヶ塔、星ヶ台
信州	霧ヶ峰	和田峠1群	和田1	古峠、土屋橋北
信州	霧ヶ峰	和田峠2群	和田2	丁子御領、芙蓉パーライト、鷲ヶ峰
信州	霧ヶ峰	和田峠3群	和田3	小深沢、芙蓉パーライト、新和田トンネル、土屋橋北、土屋橋東、18地点、24地点、26地点、丁子御領、鷲ヶ峰
信州	霧ヶ峰	和田峠4群	和田4	小深沢、芙蓉パーライト、新和田トンネル、土屋橋北、土屋橋西、土屋橋東、18地点、24地点、26地点、丁子御領、鷲ヶ峰
信州	霧ヶ峰	和田峠5群	和田5	24地点、25地点、26地点、小深沢
信州	霧ヶ峰	和田峠6群	和田6	小深沢、芙蓉パーライト、24地点、25地点、26地点、土屋橋西、土屋橋東
信州	霧ヶ峰	和田峠7群	和田7	東餅屋、芙蓉パーライト、古峠、丁子御領、鷲ヶ峰、土屋橋北
信州	霧ヶ峰	和田峠8群	和田8	25地点、26地点、土屋橋東
信州	北八ヶ岳	横岳系双子池	双子池	双子池
信州	北八ヶ岳	横岳系亀甲池	亀甲池	亀甲池 搦鉢池
信州	北八ヶ岳	冷山・麦草系	麦草系	冷山、麦草峠、双子池、渋ノ湯、八ヶ岳7、八ヶ岳9、長門美しの森
信州	北八ヶ岳	中ツ原	中ツ原	中ツ原(遺跡試料)
東海・北陸	新潟	新発田	新発田	新発田板山
東海・北陸	新潟	新津	新津	新津金津
東海・北陸	新潟	大白川	大白川	大白川
東海・北陸	新潟	佐渡1群、2群	佐渡1, 佐渡2	真光寺、金井ニッ坂
東海・北陸	富山	魚津	魚津	草月上野
東海・北陸	富山	高岡	高岡	二上山
東海・北陸	岐阜	下呂市	下呂	湯ヶ峰
中国・四国	隠岐	久見	久見	久見
中国・四国	隠岐	岬地区	岬地区	隠岐岬
中国・四国	隠岐	箕浦系	箕浦系	箕浦、加茂赤土、岸浜

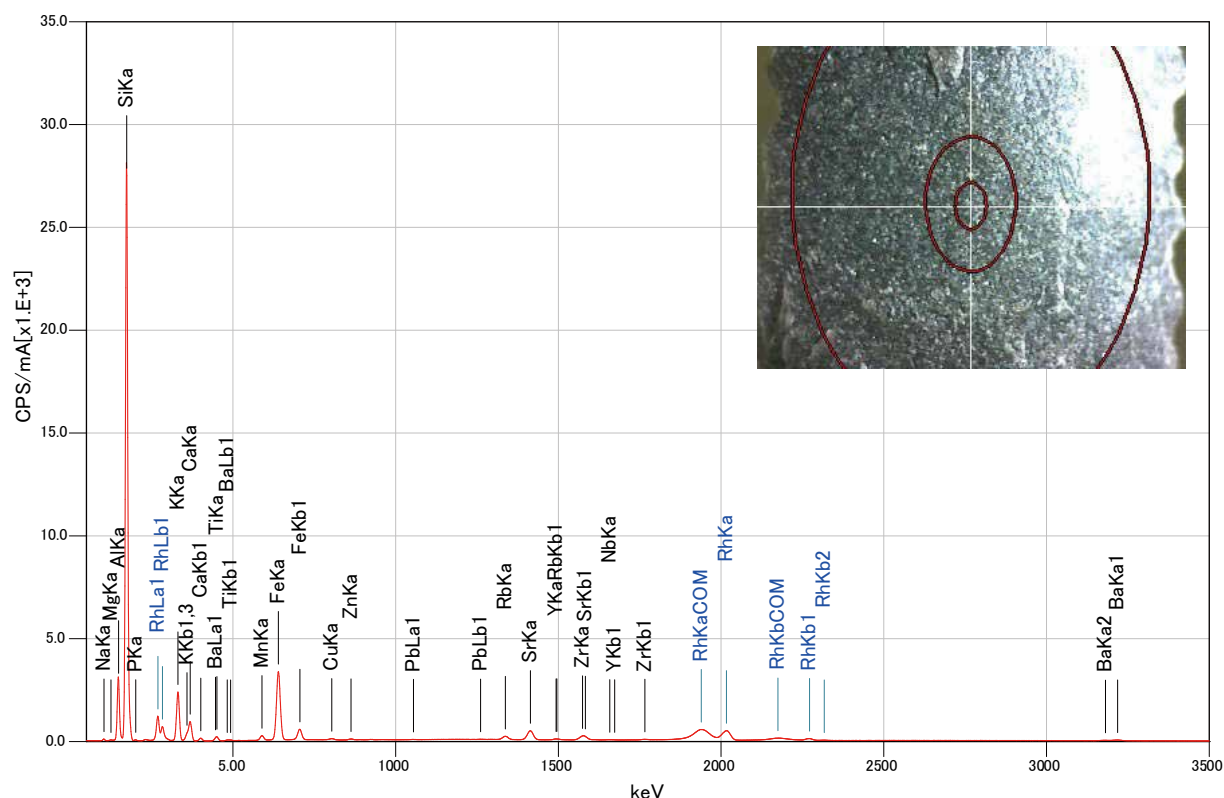


図7 蛍光X線分析結果

表2 蛍光X線分析結果

原子番号	元素名	化学式	質量%	積分強度	ライン
11	Na	Na ₂ O	2.960	12690	K
12	Mg	MgO	0.398	6346	K
13	Al	Al ₂ O ₃	14.747	606707	K
14	Si	SiO ₂	73.995	5934071	K
15	P	P ₂ O ₅	0.140	11646	K
19	K	K ₂ O	4.440	721360	K
20	Ca	CaO	1.473	295458	K
22	Ti	TiO ₂	0.196	65632	K
25	Mn	MnO	0.103	101032	K
26	Fe	Fe ₂ O ₃	1.364	1589467	K
29	Cu	Cu	0.010	29250	K
30	Zn	Zn	0.007	24575	K
37	Rb	Rb	0.015	119047	K
38	Sr	Sr	0.039	341148	K
39	Y	Y	0.001	12623	K
40	Zr	Zr	0.013	127385	K
41	Nb	Nb	0.001	12623	K
56	Ba	Ba	0.095	51930	L
82	Pb	Pb	0.003	17668	L

前報では、平井・隅田(2023)の下呂石および西来ほか(2009)の美し松溶岩の全岩化学組成結果をもとにTAS図を示したが、両者間ではSiO₂(二酸化珪素含有率)は有意差が認められる一方、Na₂O + K₂O(アルカリ成分含有率)は概ね同程度であるという傾向を確認し

た。今回の資料については、上記した結果との厳密な比較は難しいが、平井・隅田(2023)による下呂石の一群に近い位置にプロットされる。

(2) 産地推定

屋敷田Ⅱ遺跡から出土した石器(試料番号5;注記Y00-101)は、産地推定結果を示した判別図(図8,9)において、前報の石器4点(No.1~4)と近い領域にプロットされる。詳細にみると、No.2~4(上原B遺跡の剥片3点)の一群に近く、No.1(本ノ木遺跡の尖頭器)とはやや距離が大きいという状況が確認できる。なお、今回の試料も含めた5試料は、図8では「中ッ原」判別群の範囲内およびその付近、図9では「中ッ原」判別群の範囲および「中ッ原」判別群と「下呂」判別群の範囲付近に位置する。

また、今回の試料の4成分および5成分のマハラノビス平方距離により候補とされた3判別群は、下呂(第1候補)、中ッ原(第2候補)、恩馳島(第3候補)であった。第2候補とされた「中ッ原」は、藁科ほか(1995)による中ッ原1遺跡G地点から出土した黒曜石製石器の原産地推定において「未発見のNK原産地」として示された一群であり、周辺地域の踏査においても原産地は明らかとなっていない。第3候補の恩馳島は神津島の黒曜石原産地の判別群である。今回の試料は、「下呂」が第1候補となったが、 χ^2 乗検定では「FALSE」(3 σ の範囲に入らない)であり、この結果からは下呂石と判定するには至らない。

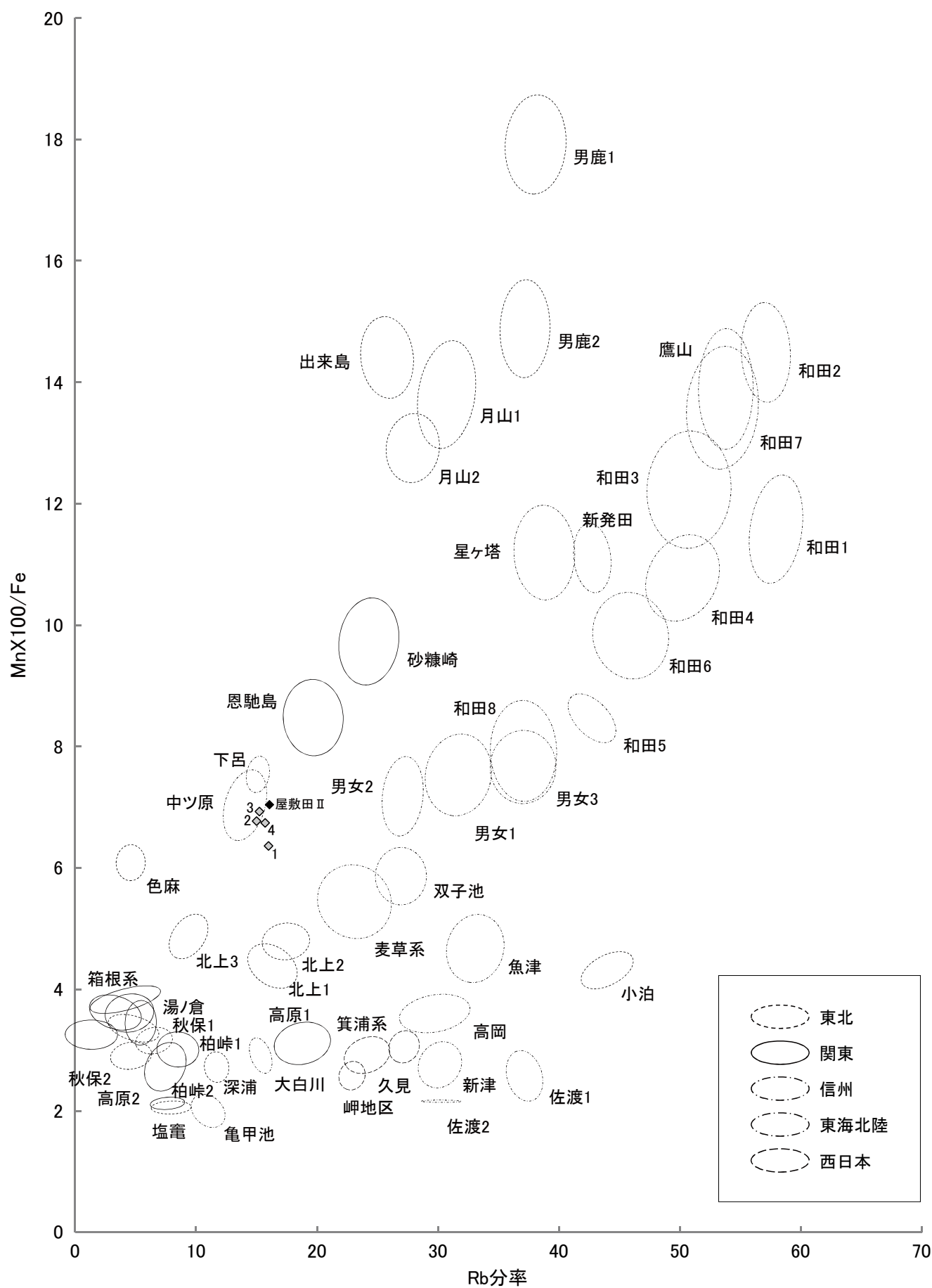


図8 黒曜石産地推定結果(1)

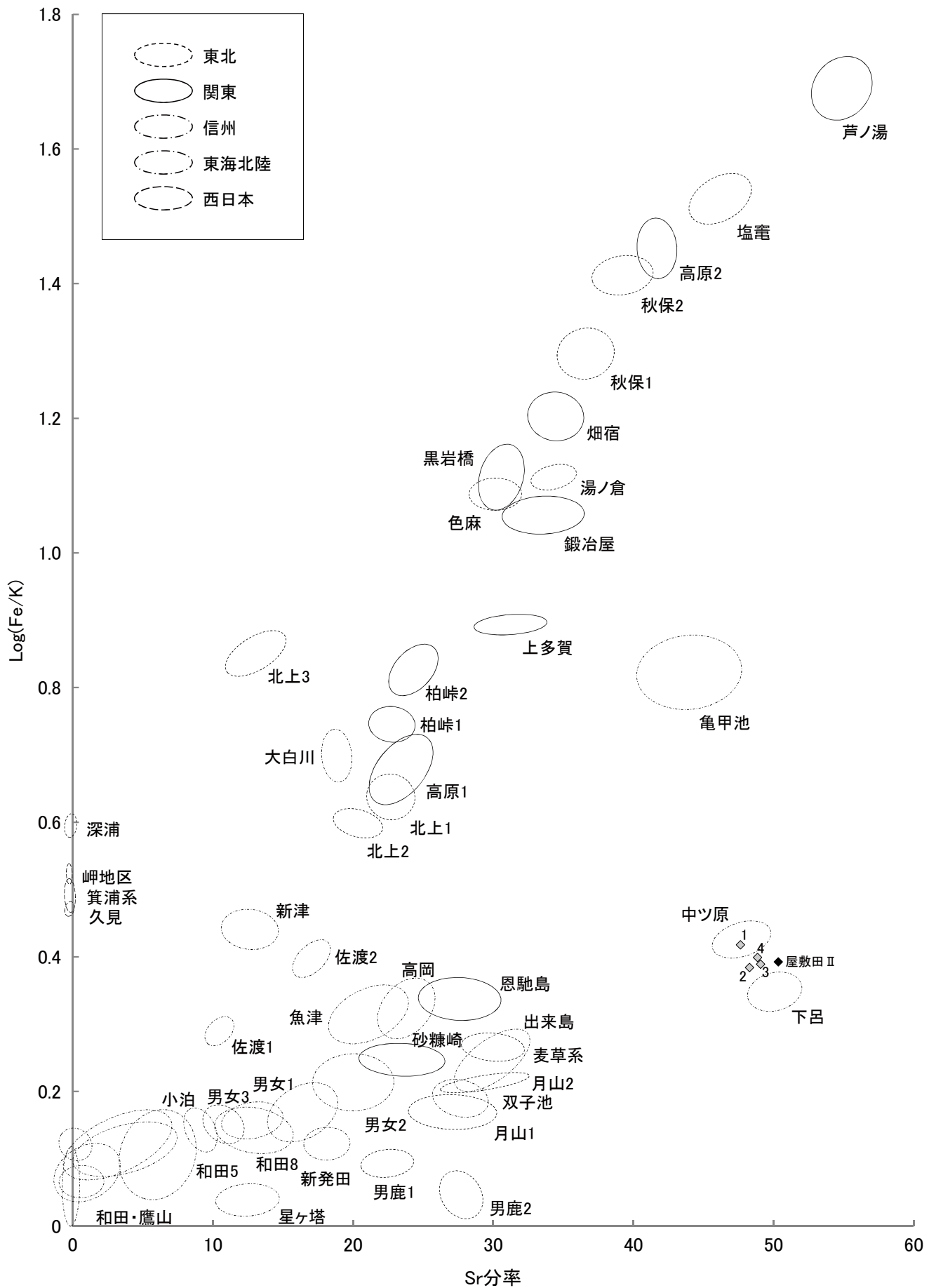


図9 黒曜石産地推定結果(2)

表3 スペクトル強度と判別指標値

No.	遺跡名/ 採取地点	注記	器種など	強度(cps)											判別指標				
				Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Rb	Sr	Y	Zr	Rb 分率	Sr 分率	Zr 分率	Mn*100 /Fe	log (Fe/K)
—	屋敷田Ⅱ	Y00-101	石鏃	67.14	496.54	54.85	33.33	5.83	9.53	135.39	11.93	37.50	3.87	21.21	16.01	50.33	28.47	7.04	0.392
1	本ノ木	123 008f	尖頭器	58.05	423.64	52.84	30.48	5.69	8.80	138.46	12.06	35.91	4.37	23.04	15.99	47.64	30.57	6.36	0.418
2	上原B	292 C3-7-5-Ⅲ	剥片	54.77	405.17	49.69	30.48	5.02	8.14	120.19	11.46	36.86	4.06	23.96	15.01	48.28	31.39	6.77	0.384
3	上原B	403 D3-1-40-Ⅳ	剥片	60.19	442.90	55.59	34.27	5.94	9.43	136.01	12.18	39.23	4.34	24.18	15.24	49.08	30.25	6.93	0.389
4	上原B	85 C2-23-8-Ⅱ	剥片	54.20	385.86	51.68	35.36	31.23	8.73	129.58	11.49	35.71	4.02	21.88	15.71	48.85	29.93	6.74	0.399

表4 産地判定結果

No.	4成分								
	第1候補			第2候補			第3候補		
	原産地	距離	判定	原産地	距離	判定	原産地	距離	判定
屋敷田Ⅱ	下呂	28.3	FALSE	中ツ原	48.8	FALSE	恩馳島	401.1	FALSE
1	中ツ原	28.2	FALSE	下呂	153.0	FALSE	麦草系	274.7	FALSE
2	中ツ原	35.6	FALSE	下呂	60.6	FALSE	麦草系	313.1	FALSE
3	中ツ原	32.2	FALSE	下呂	36.3	FALSE	麦草系	348.7	FALSE
4	中ツ原	30.5	FALSE	下呂	66.4	FALSE	麦草系	331.5	FALSE

No.	5成分								
	第1候補			第2候補			第3候補		
	原産地	距離	判定	原産地	距離	判定	原産地	距離	判定
屋敷田Ⅱ	下呂	35.8	FALSE	中ツ原	49.8	FALSE	恩馳島	401.1	FALSE
1	中ツ原	29.6	FALSE	下呂	170.0	FALSE	麦草系	275.6	FALSE
2	中ツ原	36.1	FALSE	下呂	62.6	FALSE	麦草系	313.5	FALSE
3	中ツ原	32.2	FALSE	下呂	41.1	FALSE	麦草系	349.4	FALSE
4	中ツ原	31.0	FALSE	下呂	75.6	FALSE	麦草系	332.3	FALSE

距離：マハラノビス平方距離。 判定： χ^2 二乗検定(3 σ)の結果。

なお、平井・隅田(2023)による下呂石の蛍光X線分析(WDX)による全岩化学組成分析では、外観の違いに関わらず均一性の高い化学組成を示すことが明らかとされている。一方、遺跡出土資料については、非破壊分析が前提条件となり、石器表面の洗浄や研磨などが困難な場合もあるため、石器表面の汚れや風化なども測定に影響している可能性がある。この点については、現在測定事例の蓄積を進めており、産地推定結果の再検討が期待される。

3. 苗場山麓における旧石器時代～縄文時代草創期における石材利用について

苗場山麓における先史時代の遺跡から出土する石器に利用される石材は、主に頁岩、無斑晶ガラス質安山岩である。これは、本地域に分布する石材である。

無斑晶ガラス質安山岩は、およそ110万年前に噴火したといわれる毛無火山が由来として考えられ、志久見川流域をはじめ、鍋倉山、千曲・信濃川流域の河川の川原において分布が認められる。

頁岩は、新第三紀中新世の上野層・大沢層・葎沢層の分布が清津川上流域にあり、清津川やその支流の砥沢川や芝倉沢林道の露頭などで分が認められる。これら石材は、周辺に分布する石材として先史時代において多く利用された。この石材環境も本地域に先史時代の遺跡

が多く点在する理由の1つと考えられる。

縄文時代草創期の本ノ木遺跡では、多量の尖頭器とその最終加工の伴うと考えられる剥片が多量に出土している。それらの石材は、頁岩が主体である。無斑晶ガラス質安山岩は少なく、黒曜石、チャートはわずかである。黒雲母流紋岩も1点のみの出土で本遺跡の中では、特徴的な石材の1つである。

本稿のようにこれまでも、黒曜石製石器の原産地分析のほかに、無斑晶ガラス質安山岩や、輝緑岩などの石材の非破壊法による原産地分析を実施してきた(註4)。その結果は、先史時代において、遺跡周辺の石材が多く出土することから、これらを利用するとともに、黒曜石に代表される遺跡周辺で採取できない石材の存在も明確になってきた。本地域は、千曲・信濃川が流れていることから、この流域に分布する石材が確認されている石材もある。原則、遺跡周辺の石材が多く利用され、出土数の少ない遺跡周辺では採取できない石材が本地域にもたせ利用されている。今後も継続して分析データを蓄積していく必要がある。

4. 苗場山麓ジオパークにおける先史時代の自然資源利用

(1) 地形的資源

自然資源とは、苗場山麓ジオパークに広がる自然環境の全てを指すことができる。苗場山麓ジオパークは、千曲・信濃川とその支流により階段状の地形である河岸段丘地形が広がっている。河岸段丘には、平坦段丘面と斜面地である段丘崖に分かれる。日当たりも異なり、その植生は異なり、土地利用も異なる。一般的に平坦面には、遺跡の発掘調査により先史時代から現代まで、集落など居住域として選択される。段丘崖には、人々が暮らした痕跡は少ないが、斜面地にも植生が繁茂し、森が形成される。そして、上段の段丘面に降った雪や雨が大地に浸み込み、下段の段丘面との境から水が湧きだす。この水源をもとに落葉広葉樹の森や多様な生物が生息する。現代では、段丘崖には、建築材として利用される杉が植樹され、森林が分布する。

そして、段丘の地下には、様々な堆積物が堆積している。海底火山の噴出物、海や川による堆積物、火山活動による噴出物などがある。これらは、岩石として、またそれらが細くなり風化し、土や砂、粘土となる。これらも人々は利用し様々なものを作成する。

(2) 気象

苗場山麓地域は、北緯 37 度の地球において中緯度の内陸部に位置する。日本海が形成し、対馬暖流が流れ込むと現在の気象条件が整い、多雪地域となる。最新の研究では、およそ 9,300 年前には、多雪条件が成立したとされる。この雪は、日本海の水蒸気が季節風により、列島の日本海側に雪雲をつくり、多くの雪をもたらす。こ

の季節風は、はるか遠く、ヒマラヤ山脈によって、偏西風の流れが北から列島にもたらす季節風となる。ヒマラヤ山脈は、かつてインド大陸がユーラシア大陸に衝突してできた山脈である。この衝突がなければ、ヒマラヤ山脈はできず、季節風も発生せず、本地域の多雪環境も生み出さなかった可能性がある。ある研究者は、よって、「現在の多雪環境は、インドによるもの、プレートテクトニクスによってもたらされたものである。」と俯瞰して述べている。

昭和 20 年に 7m 85 cm の積雪を記録した森宮野原駅は、JR の駅として、当時、日本一の積雪量を記録した。このような記録もあり、毎年平均 2~3m の積雪があり、多い年は 4m の積雪となる。近年の温暖化による気候変動によって、この雪も変わりつつある。地球規模では、南極、北極の氷や氷河が溶け始め、降雪量が全体的には減っている。

けれども、1 度に降る雪の量が増える「ドカ雪」は増加し、激甚化する傾向にある。これは、気温上昇により海面水温があがり、大気中の水蒸気量が増加して雪雲が発達しやすいためである。短時間で爆発的に発達する雪雲が、局地的に極端に大雪をもたらす傾向になっている。そして、気温が高い状態のため、水分の多く含んだ重い雪となりやすい。このため、木々が折れたり、電線、家屋などにも被害が出たり、するようになっている。特に、これまで、多く雪が降らない地域にも極端に局地的に降雪することで様々な被害をもたらす。また、近年では、太平洋側では、降雨も少なく、乾燥し、森林など山火事が起きる事態も多発している。一方で、森林の山火事は、森林が循環、再生する機会でもある。水月湖の分析研究では、完新世の頃、堆積物に微粒炭が多く含まれるという。これは、自然であるか、人為的なことであるかは、意見が分かれ議論が続いている。民俗事例における焼畑も一種の植物の循環を利用した人の営みである。

多雪環境に適応した落葉広葉樹の森は、最終的にはブナ林となる。このブナ林は、極相林である。日陰でも育つ陰樹優先し、半永久的に維持される。自然の完成形ともいえる生態系である。巨木の倒木によりギャップが生じ、陽樹も混在し、植生は循環する。ただ、極相林は、多様性には乏しく、単一的である。里山は、人為的なものであるが、人が優位に多様な資源を利用できるように自然に手を加えたものである。人類が火を手にし、森林を焼き、居住空間を創出した結果、森林においても様々な植物が繁茂し、その植物によって虫や草食動物、そしてそれらを捕食する肉食動物もが現れる。ここに森林の生物多様性が生まれるのである。先史時代において、いまだ自然の一部でもあった人類は、この多様性の恩恵を受けて発達した。

多雪環境に適応した生態環境から衣食住に関わる資源を獲得すること営みを発達させていった。

(3) 先史時代における生業・衣食住の素材となる自然素材

先史時代の遺跡から出土する資料は、土器や石器などの無機質のもの限られることが多い。本地域は、酸性土壌であり、中緯度の冷温帯に位置し、温度湿度が高く微生物の活動も盛んであり、有機質の資料は、残念ながら土壌中で分解され、現代まで残ることは少ない。考古学にとっては、資料に限られるが、自然環境においては、この循環が生物多様性ももたらし、豊かな自然環境が今も残る。そして、四季がある列島には、季節ごとに旬があり、その自然素材の利用については、季節ごとの活動があり、小林達雄が述べる「縄文カレンダー」のように適応して、活動を行っていたと考えられる。そして、その営みは、「縄文姿勢方針」として、自然と「共生・共鳴」した持続可能な社会を作り上げていたとされる。

さて、衣食住の中で、「衣」に関わる素材は、残念ながら苗場山麓では出土していない。わずかに縄文土器の底部などに編み物圧痕が残されているのみである。列島的に視野を広げれば、編みカゴや編み布、縄などが出土している。民俗事例を見れば、イラクサ、アオソ、アカソなどの植物繊維の利用によるアングン編みや毛皮の手袋、クツ、背中当て、尻当てなどの関連した資料が残る。

多雪環境に適応した落葉広葉樹の森では、春の雪解けとともに山菜が繁茂する。そして、これは、斜面地などの日当たり良い場所から生えだし、標高差で時期が異なってくる。また、山菜は、全てとらず、次年度も採取可能のように一部を残すという知恵もある。

夏は、河川での魚などを取ることができる。秋は収穫の季節である。クリ、クルミ、トチ、ミズナラなどの堅実類、ヤマイモ、ユリ、カタクリ、クズなどの根茎類がある。また、土器圧痕の研究によって、ダイズやアズキなども縄文時代から確認されつつある。

そして、クリ林の管理栽培や、ダイズ・アズキなどの初期栽培が行われていたことが明らかになりつつある。また、気候変動とこれら植生利用は変化し、温暖な中期までは、クリが優勢となるが、冷涼となる後期以降、トチへの移行していき、それらによって集落分布、規模、配置などが変化していったという近年の研究もある。

冬は、積雪の時期である。越冬に向けた貯蔵を行う必要がある。一面、雪の世界となる冬は、狩猟の季節と言われる。雪原には、動物たちの足跡が残される。そして、木々の葉も落ちていることから獲物が森に逃こんでも見晴らしがきく。狩猟対象の獣たちは、肉が食料に毛皮は衣類などに、そして、骨や角などは道具の材料とされた。

「食」に関わるこれらを獲得、そして調理する道具も自然資源を活用している。

石器の素材となる石材に関しては、上記のとおりであるが、土器の素材となる粘土と砂がある。これら粘土と砂をどこで獲得していたかの調査研究がある(註5)。

基本的には、遺跡周辺の素材を獲得して土器製作が行われていたこと明らかにありつつある。苗場山麓の地質構造は、第三紀～第四紀の玄武岩、安山岩、デイサイト～流紋岩などの火山岩、そして、堆積岩が分布する。道尻手遺跡出土の土器の分析では、花崗岩を含む砂が混ぜられた土器が確認され、遺跡外での製作や、遺跡周辺外で採取された砂が使われている事例もある。

さらに、本地域において、各河川の砂の岩石構成や比較対象として、他地域の調査分析が行われている。結果、河川によって岩石構成が明らかになりつつある。清津川水系(安山岩31%、砂岩21%、流紋岩17%、斜長石16%、その他15%)。釜川水系(安山岩58%、砂岩3%、流紋岩28%、斜長石3%、その他8%)。中津川水系(安山岩57%、砂岩4%、流紋岩29%、斜長石4%、デイサイト4%、その他2%)。信濃川水系(安山岩35%、石英一単結晶23%、砂岩9%、流紋岩9%、斜長石17%、その他7%)。これらの結果から、今後、土器に含まれる砂がどの河川から採取したか想定することができる。

比較対象として、同じくジオパークに認定され、火焰型土器が出土する地域の調査分析が進められている。

佐渡ジオパークの範囲である佐渡島では、火山岩、デイサイト～流紋岩、安山岩、玄武岩、堆積岩が分布し、花崗岩が少ない傾向にある。そのため、堂の貝塚・長者ヶ原遺跡出土の土器の砂は、デイサイト～流紋岩、石英、堆積岩含む。砂の調査分析では、大佐渡山地地持院川水系(安山岩74%、デイサイト12%、その他14%)。小佐渡丘陵国府川水系(安山岩39%、デイサイト54%、その他7%)。小木半島新保川水系(玄武岩71%、斜長石22%、単斜輝石7%)であり、土器の分析からは、在地の砂を利用されていると考えられる。そして、花崗岩類主体の土器は、在地の資料でないと考えられる。

糸魚川ジオパークの範囲の中に流れる姫川水系(安山岩16%、砂岩71%、泥質岩5%、流紋岩2%、斜長石2%、その他4%)の砂の構成も分かりつつある。今後も土器の分析と砂の比較により、土器の制作や動きなどが明らかになることが期待される。

「住」の材料となるのが、植生にも関わるが、木材がある。落葉広葉樹の森には多様な木々が生い茂るが、その採取はいつでも良いわけではない。民俗事例においては、木材の伐採は、「彼岸から彼岸まで」という言葉がある。これは、秋の彼岸から春の彼岸の間が、木々が水を吸わないじきであるため、木材の伐採に適した時期とされている。水を吸っていない時期に伐採した木材は、乾きやすく、また、乾燥中に木が曲がったりすることが少ないということから経験に裏付けられた言葉であろう。このような知識は経験の蓄積とその情報を伝承していくことで文字のない社会においてもこれらの智慧はあったであろう。そして、伐採した木材は、雪を滑らして運ん

だことも想定される。民俗事例では、「春木山」といって、春先の残雪が残る頃に木を伐採し、そりに乗せ、雪の上を運搬する。大きな家を作るためには、大雪の年でなければできないという逸話があるくらいである。また、運び出した木々を薪割りし、積んでおく。これを「きによ」と呼ばれている。そして、この薪の乾燥には、1～2年、それ以上乾燥させるといふ。住居の柱となる木材と木材を組む際に、植物蔓や植物繊維を利用されたと考えられる。また、これらの資源は籠や縄文土器の施文に利用される原体などの素材ともなる。これら、蔓や繊維の採取の適正時期は、これは、民俗事例から梅雨の時期であるといわれている。これは、植物が水分を多く吸うことから、蔓類は弾力に富み折り曲げが可能となる。植物繊維樹皮間に水分が含まれるため剥ぎやすい。このように自然資源の採取および利用については、適正な時期がある。このような多様な資源を利用するためには、所在場所や採取時期を把握し、加工するための技術が必要である。そして、これらの知識、知恵を保有し、伝承して持続可能な社会を実現していたのが、本地域の歴史文化である。このような文化を記録し、将来へ伝えていくことが重要であると考えられる。

おわりに

本稿では、苗場山麓ジオパーク内の遺跡から出土した石器の石材分析を行い、その原産地について述べた。これらの分析の蓄積が先史時代を明らかにする一助となるとともに、資源の把握ともなり、今後の保全や学習活動、持続可能な活動への寄与へとつながる。

最後に、本稿の執筆にあたり、津南町教育委員会の佐藤雅一氏、長澤展生氏からは、貴重な資料の分析にご了承をいただき、日々指導に感謝を申し上げる。また、分析に当たっては、パリノ・サーヴェイ株式会社の石岡智武氏・千葉博俊氏・坂本秀平氏にご協力をいただいた。記して感謝申し上げます。

註

- 1) 本稿は、苗場山麓ジオパーク振興協議会の事務局の佐藤信之が執筆した。分析にはパリノサーベイ株式会社が実施した。分析方法および結果、考察は、パリノサーベイ株式会社によるものである。また、本分析は、苗場山麓ジオパーク振興協議会の学術研究・分析予算から実施したものである。
- 2) 苗場山麓ジオパーク推進室 2025 「苗場山麓ジオパークにおける石材分析について」『苗場山麓ジオパーク研究集録』
- 3) 菅頭明日香・建石徹・二宮修治 2006「縄文時代における新潟県内遺跡出土黒曜石資料の産地推定」『火焰土器の時代 - その文化を探る -』津南学叢書第4巻 津南町教育委員会

- 建石 徹・坂上恵梨・柳田明進・二宮修治 2008「縄文時代草創期遺跡出土黒曜石の産地分析」『縄文文化の胎動 - 予稿集 -』津南学叢書第8巻 津南町教育委員会
- 建石 徹 2012 「黒曜石の縄文石器の産地分析と流通」『季刊考古学』第119号 雄山閣
- 建石 徹・二宮修治 2014「津南町出土黒曜石資料の産地分析」『沖ノ原式期の文様様相—予稿集—』津南学叢書第24巻 津南町教育委員会
- 建石 徹 2016「下モ原I遺跡・居尻A遺跡間接合黒曜石資料の産地分析」『津南段丘の杉久保石器群』津南学叢書第28巻 津南町教育委員会
- 佐藤信之 2018「津南町における旧石器時代から縄文時代の遠隔地石材」『新潟考古』第29号新潟県考古学会
- 4) 佐藤信之 2015「信濃川・魚野川上流域の地質・石材環境」『第29回東北日本の旧石器文化を語る会予稿集』東北日本の旧石器文化を語る会
- 佐藤信之 2024 「新潟県津南町における石材調査と析事例について」『月刊考古学ジャーナル』No.798
- 5) 小川原孝彦・貞包健良 2024「地域の地質と河川砂」『縄文時代中期の資源利用(1) —火焰型土器が繋ぐジオパーク—』苗場山麓ジオパーク振興協議会
- 河西 学 2018「馬高式土器胎土の肉眼観察からみた岩石鉱物の特徴」『馬高式土器の成立・展開・終焉—予稿集—』津南町教育委員会
- 菅頭明日香・三浦麻衣子・建石徹・二宮修治 「蛍光X線分析法による馬高式土器の胎土分析」
- <引用文献>
- 平井義敏・隅田祥光 2023 「下呂石の石質分類からみた原産地の産状と全岩化学組成」『資源環境と人類』,13.
- 金成太郎 2014 「黒曜石製遺物の原産地推定結果(2010～2013年度未公開分)」『資源環境と人類』, No.4.
- 明治大学古文化財研究所 2009 『蛍光X線分析装置による黒曜石製遺物の原産地推定—基礎データ集1—』明治大学古文化財研究所
- 明治大学古文化財研究所 2011 『蛍光X線分析装置による黒曜石製遺物の原産地推定—基礎データ集2—』明治大学古文化財研究所
- 明治大学文学部 2014a 『蛍光X線分析装置による黒曜石製遺物の原産地推定—基礎データ集3—』杉原重夫編, 森 義勝監修, 明治大学文学部
- 明治大学文学部 2014b 『日本における黒曜石の産状と理化学分析—資料集—』75 杉原重夫編, 森 義勝監修, 明治大学文学部
- 望月明彦 2004 「和野I遺跡出土黒曜石製石鏃の石材原産地分析」『和野I遺跡発掘調査報告書』岩手県文化振興事業団埋蔵文化財調査報告書
- 西来邦章・及川輝樹・太田 靖・松本哲一・宇都浩三・三宅康幸 2009「長野県大門峠に分布する流紋岩質溶岩ドーム: 諏訪-八ヶ岳火山地域の流紋岩類の活動時期について」『火山』54.
- 藁科哲男・東村武信 1995 「中ッ原遺跡群出土石器の石材産地分析」『中ッ原第1遺跡G地点の研究I』八ヶ岳旧石器研究グループ

<レポート>

苗場山麓ジオパークの多様な潜在能力

佐藤 雅一

はじめに

2015年に「地域資源を構成する<ジオ+エコ+カルチャー>を保全し、活用するプログラムを新潟県津南町と長野県栄村が手と手を携えて進めることが、苗場山麓にとって素晴らしい財産を未来に残すことになる」とするレポートを書き上げた。当時、日本ジオパークネットワークは、申請して登録するまで6年掛かると言われていた。けれども“なじもん”立ち上げの経験と運営の実績を基盤に準備した内容が認められ、約1年半で日本ジオパークネットワークに参加する事ができた。10年の運営を区切りに苗場山麓ジオパーク事務局から卒業し、早2年が経過した現在、ジオパーク活動を外の窓から眺め考えてきた時間が流れた。

地域資源を基盤に「地域を歩き、地域を体感し、地域を愛する」誇りの醸成を進める教育母体にジオパーク活動がある。生涯学習の一端としてジオパーク活動に参加し、学童と共に地域を歩き、語る姿には、はつらつとした笑顔とピカリと光る汗に誇りを感じる。そこには「地域に生まれ、地域に育てられ、地域に何を残すのか」という哲学的価値に答える方程式がある。その「解」は、30年後の地域リーダーが、地域に誇りを持ち、地域の素晴らしさの本質的意味を理解し、それを活用する力を持ち、地域コミュニティーを束ね、個性有る地域運営をすることであろう。

言い換えれば、地域づくりはトラベルではなく、人の教育である。よって、学童や地域住民と共に地域を磨き光らせ、その輝く光にこそ、観光の真髄がある。その深い意味を知る仲間の育成が大切なのであろう。

このところ「人を含む生態系(人間生態系)」の有り様を考えている。すなわち、人間は地球時間の中で形成された大地を基本に、生育した自然環境を理解し、巧みに利用することで文化を形成した。すなわち、生物多様性の一部として人間が存在し、他の生物や自然環境と密接に関わりながら、物質循環や食物連鎖の中で共存しているシステムこそが「人間生態系」である。

人間は自然環境から道具の材料や食料、エネルギーなどを享受する反面、その活動を通して自然界に影響を与えてきた歴史がある。すなわち、都市開発や農業の拡大による森林伐採は、地球環境に大きな変化をもたらした。特に1950年代以降の急激な環境破壊は、地球規模の温暖化を招き、生物種の生息地のみならず、海水面の上昇によって海岸集落の存亡が危ぶまれる。海水の温暖化

は、海流に変化をもたらし、その影響で高気圧と低気圧のバランスにも変化が生じてきている。その変化が今までの気候学で経験したことのない巨大化した台風の到来や豪雨や多雪などの異常気象を招いている。その異常性が近年では、異常ではなく常態化を経験することで当たり前の気象現象として認識されはじめている。

さらに、「マイクロプラスチック」なる用語がメディアで踊り始め、大河を經由して海洋に流れ込んでいる。内陸盆地を貫く千曲川-信濃川も例外ではなく、大量のマイクロプラスチックを日本海に運んでいる。この日本海に流れこんだマイクロプラスチックは、海流に乗り北極圏に入り込み、そこで堆積され始めていることが知られている。すなわち、マイクロプラスチックを包含する堆積層は1950年代以降として認識できることから、新しい時間軸としてマイクロプラスチックが指標化石化した現在がある。

近年、『人新世の「資本論」』を著した斎藤幸平(註1)は、これまで明らかにされてこなかった晩期マルクスのノートを読み解く中で、現代の大量生産、大量消費社会に対しての疑問から現代文明に対して痛烈な批判を展開した。あまり知られていない晩期マルクスの主張は、西洋の資本主義的発展段階論(直線的な歴史発展)を修正し、脱成長コミュニズムへの転換の可能性を模索したものである。すなわち、資本主義の限界を認識し、物質循環の持続可能性を重視したものであり、生産力拡大よりも物質循環と共同体の維持を重視する方向へ誘う考え方である。この考え方に賛否両論有ることを知り、未来を観る力を養いたいものである。

また、デヴィット・グレーバーとデヴィット・ウェングロウの『万物の黎明』(註2)では、「考古学と人類学という、隣接しているとはいえ基本的に異質な二つの知が、どのように協働すれば、どうスパークするか」、「それぞれ自然科学と隣接し、あるいは部分的に重なる分野」である「文系/理系という区分を虚しくし、知そのものがいかに創造的でありうるか、そして現代の苦境に貢献しうるか」が問われた。その「知的研究のもつ潜在力を示唆」し、現代の「気候危機のような大きな問題に取り組むために市民による集会を呼びかけ」、「わたしたちが共有する地球の未来をみきわめたいという希望」を大切にしたいと訴えた。地球時間の中に現れたわたしたち人間が、積み上げてきた時間の中で起こりつつある地域資源の破壊を認識し、地球と人間の歴史文化に優しい取り組みを学び考える場所がジオパークだと思う。

さて、苗場山麓の潜在力の一端に触れながら、前述の問題意識を踏まえ、教育としてのジオパーク活動があり、未来の地域リーダー育成の深い意味を考える小稿とした。

1. 苗場山麓ジオパークの地理的位置

地球時間の中で形成された日本列島。その中で一番新しい形成の歴史を持つフォッサマグナ。その西側境界が糸魚川－静岡構造線であり、東側の境界が新発田－小出構造線である。その間に広がる地溝帯に堆積した魚沼層群を基盤に堆積と隆起、そして浸食を繰り返し形成された大地が苗場山麓であり、日本一美しい箱庭的な段丘地形が教科書で評価されている。

首都圏から約 120 分の交通アクセスにあり、その首都圏には約 4,500 万人が住む。同じ面積を大阪圏で描いても首都圏の人口に及ぶことはない。隣接する首都圏は巨大なマーケットであり、ジオパーク学習のターゲットでもある。さらに視点を変えるならば、東京駅－高崎駅－軽井沢駅－長野駅－飯山駅－森宮野原駅－津南駅－十日町駅－六日町駅－越後湯沢駅－水上駅－高崎駅の J R 環状線の中に苗場山麓ジオパークが位置する。苗場山麓ジオパークに流れる中津川上流の切明から焼額高原を経由すれば、左折で軽井沢、右折で湯田中－志賀高原へのアクセスである。徒歩であれば信越トレイルとスノーカントリー・トレイルが苗場山麓で交差し、苗場山頂から白砂山稜付近を群馬県境トレイルが走り、水上でスノーカントリー・トレイルと交差する日本最大級のトレイル環境が苗場山麓にあることを見逃すわけにはいかない。さらに南西を遠望するならば、関田山脈の奥に妙高山麓が広がり、斑尾高原を経由する交通アクセスも苗場山麓の地理的環境として重要である。

往古に鈴木牧之は、苗場山頂から日本海の向こうに佐渡見えたという。すなわち、北海道の感覚に学ぶならば、苗場山麓に近接して日本海が広がり、薬師岳を越え、鯖石川流域を下れば、柏崎海岸が広がる地理的位置に苗場山麓ジオパークが位置することを再確認する必要がある。

このような地理的位置に苗場山麓ジオパークが存在する価値を再確認した上で、当地の多様な潜在能力を探索し組み立てる力が求められる。



図 河岸段丘

2. 苗場山麓の地史

苗場山の火山活動が約 30 万年前であるが、その前史として約 70 万年前に鳥甲山の火山活動がある。この二つの火山活動堆積物は、それ以前の古日本海底堆積物である結束層や魚沼層群を基盤に堆積している。中津川中流清水川原の大嶺と呼ばれる絶壁には下層の鳥甲山溶岩層と上層の苗場山溶岩層の間に土石流堆積物が挟まれている。この土石流堆積物と苗場山溶岩層上位に堆積するローム層堆積物に樹木が生えていることから紅葉の時期に「二段の紅葉」が生まれるのである。

清水川原下流の逆巻河川敷には、結束層の摩滅した柱状節理が並び仏様のように見えることから「千体仏像」と形容されている。この逆巻こそが、江戸時代に鈴木牧之が描いてくれた「猿飛橋」があった場所であり、その景観が保存されていた。しかし、近年の大雨洪水で大岩が動く惨事が生じてしまった。さらにここには白龍様伝説が残されており、その話は信州・小菅と深く繋がる歴史的意味を持つ。

この地点の下流左岸に緑色した堆積物が観察できる。これは緑色凝灰岩であり、海底火山噴火と深いつながりのある貴重な堆積物である。

さらに下流に位置する結穴付近の右岸に露頭する魚沼層群から出土した「ムカシマンモスの白歯化石」は学術的に貴重である。この化石が埋もれていた地層を上越アッシュと呼ばれる微粒なルビー鉱石を含む地層 (030) が覆おう。すなわち、ムカシマンモスが歩いていた地表面を約 130 万年前の火山灰が覆い尽くしているのである。よって、ムカシマンモスが棲んでいた時代は、上越アッシュ火山灰が降る積もる約 130 万年以前であることが判る。

苗場湿原の北西に位置する小松原湿原を源にする黒滝沢を含む湧水脈が見玉地区や太田新田地区を地下深く流れ、池田の池に湧き出る。また、名勝“見玉不動尊”の七つ滝を鈴木牧之が書き残しているが、巨岩を挟り下る豊富な流水は見事である。これも源は小松原である。さらに周辺に点在する巨岩群は、田中の池付近まで広く分布し、馬龍窟や獅子岩、ちょぼいち穴と呼ばれている巨岩が組み合わさった景観は、大崩壊の痕跡なのである。地図を丁寧に観察するならば、円弧状に抜け下りた滑落跡と動いた流れ山、そしてその堆積物で中津川が「M」字状に蛇行している様子が観察できる。この大崩壊の堆積物は反里口集落付近まで流れ付いている。反里口神社下に広がる反里口遺跡は、古くは縄文時代早期の押型文土器が出土し、集落跡は火焰型土器が作られた中期からそれ以降の後期まで続いた大規模な縄文集落跡である。その発掘調査書に学ぶならば、二次災害と推測されるが、大崩落堆積物の一部が遺跡上部に流れ積もる。この災害が縄文時代後期以降に生じたことが考察されている (註 3)。



図 中津川

これら大規模崩壊地形の上に草津街道が走り、石橋、供養塔など貴重な江戸時代の歴史遺産が点在する。また、石落とし公園は、この崩壊地形面端部に築かれた公園であり、そのから見える絶壁が津南町の指定文化財景勝地である。この絶壁は、上流の大畠絶壁で観察できる鳥甲山溶岩層と苗場山溶岩層の上下関係は観察できず、厚い苗場山溶岩層が流れ下った様子を岩層として観察できる。すなわち、ここでは鳥甲山溶岩層が石落とし岩壁付近まではたどり着いていないことを意味するのである。この岩壁をよく観察するならば、やや下流下層から水が流れていることに気が付く。この湧水レベルは重要であり、その基盤はやや凹凸する魚沼層群上面にあり、そこから水が湧いている。それを追いかけると龍ヶ窪やひゃっぺ池などの沖ノ原―赤沢―中子をつ結ぶ高位段丘面端部の湧水ラインとつながる。

実は、苗場山麓を切り抜き、探訪するならばそのエリア毎の形成ストーリーと観察地点が浮かび上がり、地点と地点を結ぶことで新しいガイドルートを作り上げるだけのポテンシャルを持つ。ザックを背負い、一汗かきながら学童と学び歩くすてきな人生。それは、未来の地域リーダーへ魅力と誇りのお裾分けのバトンリレーなのである。

3. 苗場山麓の植物界と人の活動

苗場山麓の植生分布は興味深い。その分布に人が介在しているのか、自然因なのかはわからない。地図を広げて、中津川の流れを見るならば、おおよそ南北軸にある。この南北軸に植物界の生息範囲拡大競争があるのだ。太平洋に分布の中心がある植物が、北に勢力を伸ばし、日本海沿岸に分布の中心がある植物は、南へ南へと、この流域で拡大を広げるのだ。その明瞭な分布は、ユキツバキである。葉が厚く、テカテカひかり、葉の縁には小さなギザギザがあり、赤い花を付けるあの植物は、前倉―見倉を東西に結ぶラインよりも南には繁茂していない。見倉トンネルの外を巡る古道の入り口の風穴周囲の不思議な植物群を眺めながら歩くこと、二つ目の沢を巻いた所付近がその境界である。

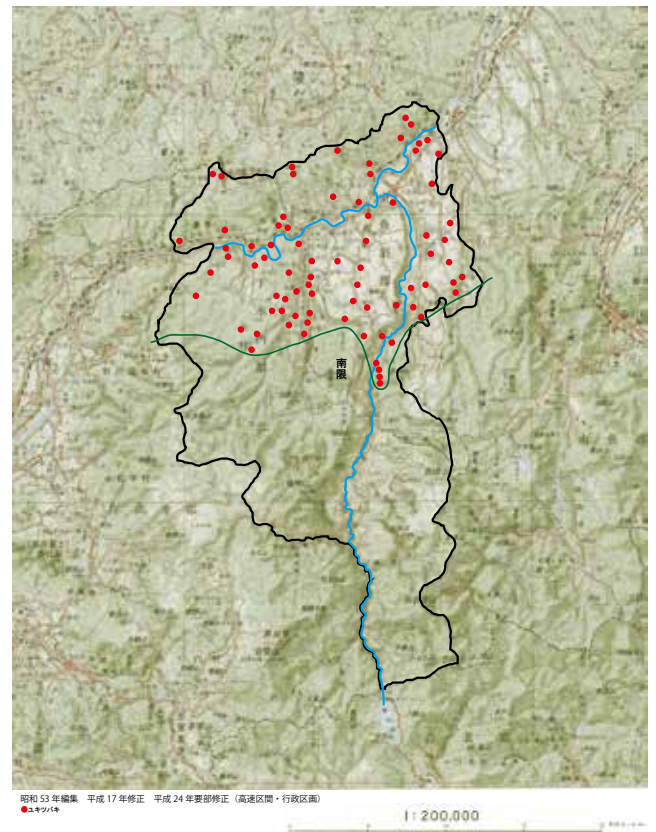


図 ユキツバキノ分布図

また、苗場山麓には13箇所の風穴が確認されている(註4)。冷たい風が安定的に吹く風穴は、山体崩壊に伴うガレバ界隈に形成され、その形成期に繁茂していた植物が化石のように、その冷たい環境に適応して繁茂している貴重な場所である。見倉の風穴付近には、エゾスグリ、シウリザクラ、オウラバナなど、現在北海道に行かないと観察できない植物が分布する。この土地が、今より寒い頃に崩壊があり、その際に生き延びた植物が、その環境に適応して残り続けている貴重な場所である。そこへ分け入ることは危険な行為であり、無意識に靴の裏や衣類に里の植物の種を付けたまま歩くと、貴重な植物群落に乱れを作る事となることになる。さて、どのような対処が必要かを考えて歩きたいものだ。各風穴周囲の珍しい植物種の組成は、各々で違う。その貴重な植物組成が群形成していることから、その地点は記録されているが積極的に公開はしていない。未来に貴重な植物群落を残したいものである。

山伏山の風穴は、その安定した冷風を利用して柱状節理の岩石を組み合わせ土台を作り、その上に小屋を掛けて冷風を留める工夫が大正時代に行われた。なんだと思ふか。当時の基幹産業であった繭生産のため、カイコの卵を集め保管し、3回に分けて利用した冷風貯蔵庫なのであり、それは中魚沼郡最大の施設であった。その周囲は鬱蒼としたブナの森で環境が守られている素敵な散策地点でもある。

話を戻そう。江戸時代に鈴木牧之が秋山を訪ねた際にお茶を入れて頂き、牧之は驚いた。また、その記録から「ばたばた茶」ではないかとの考察もある。地域資源

探査部会の活動で、ある地点でお茶の木が複数株確認されている。この雪深い地方にお茶を栽培していた可能性が高い。自給的にお茶を栽培し、早春の若葉を採集し加工してお茶を嗜む文化が、この雪深い里のあったようだ。違う視点で見ると、お茶を嗜む文化に作法がある。作法に則る道具支度があり、どうもそれを行商していた形跡が某家の蔵調査で指摘されている。すなわち、茶の湯用の掛け軸が存在するが、偽物である。しかし、偽物を注視するものでなく、偽物であろうとも作法として茶の湯の掛け軸を掛けて、お茶を嗜む余裕が、この雪深い里のあったという事実を捉える眼力が重要なのである。

マメ科フジキ属のフジキが、偏在分布する。それは千曲川・信濃川の一部と中津川の見玉地区から前倉地区界限である。フジキは福島以西および四国と九州に繁茂するもので、北方植物ではない。苗場山麓では面的な繁茂ではなく、局地分布を示す植物である。

植物分布は、気候環境と大きく関わる一方、その移動拡散に渡り鳥や人が深く関わっている。毒をもつトリカブトも局所的な偏在分布を示す。興味深い分布である。

文化形成は人の歩みであり、その都度に植物界を観察し、その生態を熟知し、利用してきた歴史がある。「食」としての植物利用や効果は、計り知れない。米の無かった縄文時代。約1万年続いた悠久な時間の中で、様々な探求と加工技術の模索と獲得、時には腹下しや猛毒で死人を出しながらも生きる知恵が蓄えられてきたと推測される。落葉樹の森にたわわに実るトチノキの実は、苦くて食べられない。しかし、渋抜きをして食べる食習俗が秋山に残されてきた。その渋抜き技術は、誰がどこで獲得したのかは不明である。たまたまトチノキの実を食べる習俗が残る苗場山麓に立地する正面ヶ原 A 遺跡の沢内部から大量の「トチ塚」が発見された。平成7年の出来事である。縄文時代後期末から晩期前半期の集落跡から発見されたトチ塚は、その一部を暗渠工事で破壊したが大半は保存された。トチノミの内皮が大量に廃棄されたものであり、清い沢水を利用したトチノキの実を加工する技術獲得は、少なくとも当地では縄文時代後期末～晩期前半期に確実に存在していたと言える。

植物利用の実態は、研究の端緒である。縄文土器に付いた種実圧痕や住居跡床面や囲炉裏を覆う土を採取して洗い出して炭化物を抽出する探求が進められている。炭化したヤブツルアズキは、前期末で発見し、前期中葉でも確認され、さらに遡り卯ノ木の堂屋敷遺跡で早期後半の住居跡床を覆っていた土から採取できた。その年代は約8,255年前である。これは野生種の栽培化の問題を引き起こす重要な発見である。さらに、沖ノ原遺跡の中期土器群からは、マメ類の種実圧痕が数多く確認されている。また、縄文人が加工したクッキー状の炭化物も数多く沖ノ原遺跡で出土し、これは列島全体でも稀な検

出である。

この手の話は尽きることはなく、“うもれあ”でその都度最新情報を求めて質問頂くことがいいのであろう。

さて、このような貴重な植物分布は、細かな地形環境と密接にあることをジオパークとしては捉えておく必要がある。細かな地形を「微地形」と呼ぶ。この微地形は「生物多様性保全や地球環境保全において重要な切り口」だと藤本潔は発言する(註5)。

4. 段丘地形に潜む微地形の意味

苗場山麓の大地形成を考えるならば、古日本海堆積物を基盤とする広大な緩い扇状地形を鳥甲火山や苗場火山から吹き上げた溶岩が覆い尽くしたことから始まる。すでに鷹羽ローム層や谷上ローム層が堆積した後に苗場溶岩層が流れ下ったという。その後、列島各地の火山活動が活発化し、様々な火山灰が偏西風などに運ばれて堆積したことが各段丘面の露頭を観察すると理解できる。すなわち、古い段丘面に古い火山灰が堆積し、その火山灰が降灰した頃に形成していない新しい段丘面には堆積していない。すなわち、各段丘面に堆積する火山灰の構成が、その形成の新旧を決める。

津南町史編纂以後に地質研究が進み、当時9段の段丘面とされていたが、現在は新しい「本ノ木面」を組み込み10段の段丘面である。すなわち、始良丹沢火山灰層(AT)と浅間-草津黄褐色火山灰層(As-K)を堆積する正面面の下が二つの火山灰が堆積しない大割野I段丘面の構成であったが、ATは堆積しないが、As-Kが堆積する段丘面が確認され、その段丘面を本ノ木面と呼んだ。この本ノ木面は、清津川右岸の田沢地区や信濃川と魚野川が合流する西川口地区に分布していることが判明している。

段丘面の認識とその数え方の基準によっては、さらなる細分が可能であり、現在その検討が続けられている現在がある。

さて、地形は「大地形-中地形-小地形-微地形という階層構造」を持つ。地形はその「形成過程を反映した地形の特徴の複合の度合い」で識別され、そこに火山堆積物の構成要素を形成の示準にしている。津南段丘を構成する段丘群のうち、後期更新世に形成された段丘面と、完新世以後に形成された段丘面で構成されている。段丘面から刻み込まれた開析谷の谷壁斜面と狭い谷底面もある。段丘面は、扇状地が隆起、浸食しているものが多く、その一部には段丘崖が断層である場合も想定される。これら段丘面は、旧河道や後背湿地や自然堤防が形成する氾濫原とも考えられる。

苗場山麓を丁寧に観察するならば、地すべりに伴う多彩な微地形が存在する。その顕著な事例は、太田新田や鹿渡などの滑落壁と山体が移動した堆積物であり、笹葉峰、羽倉などには大規模な移動した流山が存在する。

また、段丘面に上位段丘崖線が崩れた堆積物が高低を持ち再堆積しており、段丘面と誤認している加用地区などがある。

高橋学による「淡路島三原平野の地形区分」は、系統樹によって地形面＞地形帯＞微地形を捉える階層区分で行われており興味深い(註6)。将来的には高橋に学び津南段丘の系統樹としての地形区分を進め、そこに先史遺跡をプロットして微地形と災害、そして人間活動が整理されることに期待が膨らむ。

このように微地形の観察とそこから得られる情報は、考古学の世界でも重要視されている。紙幅の制約から、その詳細は別の機会に譲りたい。

5. 縄文雪国文化から近代雪国文化の系譜

北緯37度0分が走る苗場山麓は、同緯度の世界各地を見ても、基本的には雪が降らない中緯度である。しかし、苗場山麓は世界に誇る多雪環境の土地柄である。さて、この多雪環境はいつからかという探求は現在も進められている。以前は、縄文早期の約8,000年前といってきたが、最新研究では早期初頭の約9,300年前だという(註7)。11,700年を基準とした完新世のはじまりから、さほど経過しない9,300年前の日本海に対馬暖流が流れ込むことで水分蒸発が増加し、それに北極圏から流れる北西の風と絡み雪雲を作り出し、谷川連峰にぶつかり苗場山麓界隈に多雪環境を形成したのである。

すなわち、縄文時代早期には2m～3mの多雪環境下で暮らす縄文生活があったことになる。その頃の遺跡は少なく規模が小さい。その中でも津南町大原遺跡や旧中里村の干溝遺跡は竪穴住居跡が発見された遺跡である。しかし、彼等が越冬したかは疑問である。すなわち、湿潤の重い雪から建物を守る堅牢な柱構造と屋根を作る技術があったかが問題である。おそらく、回帰移動で冬期は雪の少ない地方に移動していた可能性が高い。しかし、縄文時代中期の火焰型土器を創造した集落跡、例えば沖ノ原遺跡で検出した竪穴住居跡の柱配置や柱径、囲炉裏の位置と大きさなどから移住しない越冬集団であった可能性が高い。沖ノ原遺跡1号住居跡を測量し、その図面を基に原寸大の竪穴住居を“うもれあ”内部で復元した。釘はなく、ホゾもない、そのような技術基盤で越冬できる住居構造はいかにと、多くの仲間と喧々諤々、模型も何度も作り直しながら、古老の経験知を注ぎ復元した。誰も見たことのない屋根構造は想像の域をでない。しかしながら、古老が雪深い里で経験した山小屋構造は現代民俗知であり、高く評価される。それが遙か5,000年前の縄文文化の技術と交差することができるのかと言えば、それは難しい。けれども、我々と身体的に同じ縄文人が発想する知恵と工夫は、現代と比べても劣るものでない。視点を変えるならば、彼等が獲得した技術が伝承され、昭和ひとけたの古老に伝授されていると言え

ば、それはそれとして理解できる。そんなこんなで、“木の股”を巧みに組み合わせた木組み構造と風雪をしのぐ風除的な入り口を復元した。入り口は二重構造で、外は柔らかい素材での縦巻のスタレがあり、内部はやや硬質素材の横巻スタレを取り付けた。これは山小屋での工夫であり、「一夜にして1mの降雪があると硬質の板状扉では開けることが絶対できない」という古老の発言が、その出発点にある。

暖地の方々、軽々に土葺き屋根だという。湿潤の重い雪は、3月の雪解けには屋根勾配に併せて、雪が氷河のように静に下へと移動する。実験的に“なじょもん縄文ムラ”で建設した土葺き竪穴住居の屋根の土は、静に移動し10年でその半分が下へ滑り移動した事実も重視し、茅葺き屋根で対応した。また、現在は茅を切断する石器などの道具を実験考古学的に検証する作業に着手した段階にある。

話を戻すならば、多雪環境で定住した縄文人は中期縄文人であり、火焰型土器を創造した人々だったと思う。そこから縄文雪国文化が始まることとなる。



図 諏訪前遺跡出土の火焰型土器

100日越冬するには、四季を熟知した計画的な生活でしか越冬を可能にする手立てがない。それは現在の我々が体现していることであろう。雪解け早々の5月の連休に屋敷に筵が敷かれゼンマイ干し、そしてゼンマイ揉みが行われる。これはすでに次の越冬への準備なのである。童話の『アリとキリギリス』で例えるならば、アリス的な生活習慣が雪国の基本であり、その本質は縄文雪国文化に基礎を置く。すなわち、現在残る「節季」といわれる静かな自然の移ろいの節毎に様々な活動が用意されていたはずである。その大きな節目は、春の鱒の遡上やモズクガニの移動であり、中秋の名月以降の鮭漁であったであろう。現在と同様に夏は、植物繊維の採取と加工以外は、食に関わる作業は低調であったと推測され

る。その時期に屋根の葺き替えや建設、結婚式などの儀礼が行われていた可能性がある。

暖地の方々には理解できないであろうが、1年のうち、現在の暦でいうならば11月20日から3月20日までの4ヶ月は、越冬生活である。3月の太陽が屋根を照らし始めると屋根の雪が消えはじめ、東向きから西向きの屋根雪が融け、屋根の荷重バランスを崩すことから、屋根頂上部の雪を処理したはずである。この頃になると春間近の太陽光と温度上昇は、強い春へのあこがれを彷彿するものであり、きっと縄文人も同じだったと思う。

このように自然のうつろいにゆだねながら計画的な雪国の縄文生活が雪国縄文文化を築いた。その雪国縄文文化を基層として、現在見る雪国文化が形成されたといえる。

近代民俗から垣間見る雪国文化は、まさしく湿潤の重い雪を背景に積み上げられたものである。その様々な文化要素の一部を『北越雪譜』から知ることができる。その雪の特性が可能にした雪像文化や生殖行為と絡む嫁の尻叩きや婿投げ、堀之内の「雪中水花祝い」も婿に水を掛けることがクローズアップされる。

しかし、その後ろを飾る「赤と黒の木製男根」の意味、湯之谷葎沢の雪で作る「マラと向き合うホト」などは、雪国文化に隠された「生と性の本質的な聖」がそこにある。

3月の彼岸、蒲原弥彦の里では墓参りを済ませ、畠の準備に入るのに、苗場山麓では雪解け遠し、墓石の上に「雪墓」を作り、花を添えて拝む風習が現在も残されている。同じ雪国であろうとも、雪深い苗場山麓の白い文化は、世界に感動を与えるだけの意味ある文化的重層性が評価されるべきである。



図 雪墓

6. 地域資源の保全と活用

世界に誇る白い文化は、縄文雪国文化の文化的魅力と現在の雪国文化には、豊富な文化要素と文化的景観がある。これを時間と空間で整理して、その関係性を理解することから学びに入る必要がある。

その豊富な資源には、カタチが失われるハード要素と伝承が途絶えると消えるソフト要素がある。この資源要

素の特性を理解した保全から保護への理解が必要である。保護とは「保存と活用」である。未来永劫、保存すべき構造物や史跡、そして景観がある。保存する範囲とその緩衝装置としてのバッファを意識した保存と間接的利用を考えたい。活用とは「教育的活用」と「観光的活用」がある。苗場山麓ジオパークの本質は、冒頭に記述したとおり、教育的活用を各学校と連携し、または公民館活動と連動した生涯学習として位置付けする必要がある。

ジオパーク第1回再審査の際に、当時の津南小学校の学童が作ってくれた「Takaramono」は、その発表会で「津南はただの田舎じゃない・・・」との歌声を受け取った当時の町長や教育長の眼頭を熱くした。当時、第2校歌と位置付けで各学校が歌うことが推奨され、将来一丸となった場合は、生徒会の歌として歌い繋げると語り合った夜があった。あれからなかなか聞くことがなくなった名曲「Takaramono」を再評価し、津南小学校の生徒会の歌として歌いつなげる意味に「教育の本質」がある。私たちは無意識に校歌を歌い続けることで、校歌で歌う原風景が心に生き付くものである。この大切さは極めて重要なことであり、「Takaramono」が歌い上げる地域資源の魅了は、まさに“津南はただの田舎じゃない”のである。ぜひとも、このジオパークソングの「Takaramono」を再評価し、多くの方々に歌い続けて頂きたい（QRコード）。この活動は、教育的活用としても評価されるべきものと考ええる。



図 「Takaramono」のQRコード

一方「観光的活用」は、観光の専門集団が点である多様なサイトを点と点をつなぎ線として、線と線を結線することで面としたステージを形成頂きたいものである。その基本は「歩く・語る・触れる・堪能する」体現的な旅の提供である。それが苗場山麓に眠る宝の輝く光を観せることなのであろう。その輝かせる磨き方をジオガイドの方々と共に考え、地域住民を巻き込み磨き上げたいものである。

おわりに

苗場山麓を地形学や地質学からアプローチするならば、その地形発達史としての整理があり、その中に災害史も深く関わる。さらにそれらを背景に形成する微地形は、植生の階層性と深く関わり、それと連動して動物生態学の成果も期待できる。これら自然環境にアプローチした人間活動も重要な情報である。遺跡は集落跡ばかりではなく、移動動物用の陥穴遺跡や獲物解体遺跡、菜園管理遺跡など、人間活動に伴う大小の活動痕跡の集合体である。それらが微地形と深い関わりを持ち形成されている事実があることから、苗場山麓における微地形区分研究の進行に期待したい。

このような学術的成果の総合化と翻訳作業が必要である。すなわち、ガイドに分かりやすい学術成果の翻訳と学習会は必須である。その活動を通じて、豊かなガイド知識を獲得したうえで、そのガイドがインタープリケーションすることが望まれる。その対象は地形発達史を基本とし、それと深く関わる自然・歴史文化の価値を分かりやすく伝え、来訪者の気づきや感動を促すコミュニケーション手法の獲得が求められる。それは単なる知識の提供ではなく、五感を使った体験とエピソードを交えた対話である。

苗場山麓という豊かな自然環境と深い歴史文化を背景に眺望の利くロケーションで、時には長い時間の中で人間生態系が進めてきた危機的環境の問題や、それを克服するための物質循環の持続可能性の課題など、足下の話から講演会や読書から得た自らの「地域を保護する本質的な意味」を伝えることが大切な使命である。

そのインタープリケーションに触れた来訪者と地域資源のつながりを深めることで、その来訪者が「楽しい」「関係性がある」「整理されている」「テーマがある」という感動の4つの要素を得て、今後具体的に苗場山麓で展開する保全活動や広報活動への参加を促すことが求められる。

苗場山麓の多様な潜在力であるポテンシャルは、眼を見張るものがある。まさに世界に誇れるジオ+エコ+カルチャーが積み重なる巣窟であり、「雪・水・大地」なるキーワードが含有することを再認識する必要がある。

未来ある地域づくりの骨子がジオパークであり、ジオパーク学習から得た地域愛や誇りを体現した学童から未来の多様なリーダーが生まれるはずである。それを信じて一步一步確実な歩みを手と手を携えて苗場山麓の潜在能力を探求し、保全する活動を継続することに期待して筆を納めたい。

註

1. 斎藤幸平 2020 『人新世の「資本論」』 集英社
2. デヴィット・グレーバー他 2023 『万物の黎明—人類史を根本からくつがえす—』 株式会社光文社
3. 島田靖久 1977 『反里口遺跡発掘調査報告書』 津南町教育委員会
4. 尾池みどり 2016 「苗場山麓ジオパーク地域の風穴」『第3回全国風穴サミット in 信州上田』 信州上田風穴の会・全国風穴サミット信州上田実行委員会
5. 藤本 潔など 2016 「おわりに —微地形を見る目の重要性—」『微地形 人と自然をつなぐ鍵』 古今書院
6. 小野映介 2016 「考古遺跡からみた平野・盆地の微地形と自然災害」『微地形 人と自然をつなぐ鍵』 古今書院 1

苗場山麓ジオパーク研究集録 既刊案内

各号とも税込 1,000 円(送料別)

【第1号】2019年3月28日 A4版 111ページ

＜学術研究奨励事業報告＞標高別ブナ林における土壌呼吸の温度感受性の解明：大貫真孝 秋山郷における山地資源利用の変遷に関する民俗学的研究：井上卓哉 鹿村から再び森へPart 3 ～2018年度菅沼自然環境調査報告(4年次)～：菅沼を考える会 船津川の自然を考える会 2018年活動報告：林幸大 明治期苗場山麓地域の郵便ネットワークに関する研究：高野宏峰 ＜寄稿論文＞新潟県津南町笹葉峰の崩壊地と周辺の地形・地質：渡辺秀男・渡辺文雄・ト部厚志 諏訪前東A遺跡の堅穴建物跡について：青木利文 地域社会と主体的・協働的に関わり、郷土に貢献する心を育む総合的な学習ー「苗場山麓ジオパーク推進室」との関わりを中心とした「津南魅力発信プロジェクト」の活動を通してー：渡邊和幸 ＜調査報告＞津南町卯ノ木南遺跡隣接地における地質調査：苗場山麓ジオパーク推進室 ＜寄贈資料目録＞石沢寅義コレクションの概要：津南町教育委員会文化財班

【第2号】2020年3月30日 A4版 79ページ

＜学術研究奨励事業報告＞鳥甲火山発生期の地質学的研究：竹越智 苗場山麓の池沼における水生生物及び周辺植物ー登渡切欠堤と第2天池周辺の調査結果からー：苗場山麓の自然を考える会 苗場山麓の彩雪現象と雪氷藻類に関する研究ー苗場山麓の彩雪現象を引き起こす雪氷藻類の生態及び環境との関係の解明ー：高橋翼・鈴木拓海・竹内望 縄文のおらほのごっつおどっけなんー縄文時代の津南郷の食景観を探索ー：吉田邦夫 苗場山麓における縄文土器製作技術の検討：三戸智也 苗場山麓ジオパーク地域における記憶の継承ー樽田集落での映像取材実践報告ー：一戸信哉 ＜寄稿論文＞長野県栄村鳥甲火山体南斜面の地質ー特に鬼沢火砕岩層の層序と火山活動ー：渡辺秀男・竹越 智・関沢清勝 ＜調査報告＞ジオの視点から見た令和元年東日本台風にかかる被害の記録：苗場山麓ジオパーク推進室 ＜寄贈資料目録＞島田靖久コレクションの概要：津南町教育委員会文化財班

【第3号】2021年3月25日 A4版 106ページ

＜学術研究奨励事業報告＞津南町信濃川沿いの東頸城丘陵と十日町盆地南部の地形・地質学部的な研究ー中間報告ー：渡辺秀男・竹越智・仲野浩平 栄村切明における1847年善光寺地震による山くずれのせき止め堆積物の発見：植木岳雪 苗場山麓の池沼における水生生物及び周辺植物ー2年次 四ツ廻り池沼群の調査結果を中心にー：苗場山麓の自然を考える会 苗場山麓ジオパーク内に位置する風穴の継続観測データ収集および暑熱ストレス緩和効果の評価：高橋翼・鈴木拓海・竹内望 縄文のおらほのごっつおどっけなんー縄文時代の津南郷の食景観を探索(2)ー：宮内信雄 ＜寄稿論文＞津南町上原E遺跡出土黒曜石製石器の原産地分析：青木要祐・佐々木繁喜 ＜調査報告＞「ジオラフティング」の実践で見える地質素材：苗場山麓ジオパーク推進室 津南町下段遺跡地内における地質調査：苗場山麓ジオパーク推進室 ＜寄贈資料目録＞廣田永二コレクションについて(1)：津南町教育委員会文化財班

【第4号】2022年3月30日 A4版 102ページ

＜学術研究奨励事業報告＞津南町外丸の田沢川流域における崩壊の発生時期：植木岳雪 秋山木鉢の製作道具の記録化ならびに、秋山郷における木鉢利用の実態に関する民俗学的研究：井上卓哉 小滝を探索ー小滝古道及び四ツ廻りの自然と住民のかかわりー：苗場山麓の自然を考える会 苗場山麓における自然と人間のかかわりー編組品、特にかご類にみる植物利用ー：本田秀生 苗場山麓ジオパークにおけるユニバーサルデザイン・ジオツアーの企画開発の検討：山口弘幸 苗場山頂湿原の植生変遷に関する景観生態学的研究：小荒井衛・阿部聖 ＜寄稿論文＞上原E遺跡の剥片製細石刃石核の技術形態の分析ー峠下型細石刃石核の実存と実体ー：諸星良

一 ＜調査報告＞長野県栄村の五宝木ー鳥甲牧場間に分布する堆積層とその放射年代：仲野浩平・村松敏雄 外丸地区の地質調査について：苗場山麓ジオパーク推進室 ＜レポート＞苗場山麓ジオパークにおける災害略史：苗場山麓ジオパーク推進室

【第5号】2023年3月30日 A4版 102ページ

＜学術研究奨励事業報告＞野生動物調査用センサーカメラを用いたジオサイト「中野の無斑晶ガラス質安山岩の露頭」における来訪者数の推定：植木岳雪 苗場山麓における自然と人間のかかわりー編組品、特にかご類にみる植物の利用とその技術2ー：本田秀生 津南町の「持続可能な観光」に関する現状と今後の展望：カレイラ松崎順子 千曲川遊歩道周辺の自然環境及び歴史的遺構：苗場山麓の自然を考える会代表 涌井泰二 ユニバーサルツーリズムセンターと連携したユニバーサルデザイン・ジオツアーの実証研究：山口弘幸 ＜レポート＞苗場山麓ジオパークの水辺の多様性ー生態系ネットワークによる評価と今後ー：林幸大 栄村自然植物園ー植物園に咲く花ー：苗場山麓ジオパーク推進室 苗場山麓ジオパークボーリング調査について：苗場山麓ジオパーク推進室 ＜寄贈資料目録＞大橋栄一郎コレクション：津南町教育委員会文化財班 ＜遺稿 資料報告＞魚沼市堀之内月岡遺跡の土坑について：大橋栄一郎

【第6号】2024年3月30日 A4版 97ページ

＜学術研究奨励事業報告＞関田山地内における貝立山岩体のK-Ar年代測定：植木岳雪 苗場山麓における自然と人間のかかわりー編組品、特にかご類にみる植物利用3ー：本田秀生 栄村・津南町に残る通船遺構の現状を探索：苗場山麓の自然を考える会代表 涌井泰二 津南町における地震被害と地形や地質及び地盤特性の関係の解明：中島展之・小荒井衛・先名重樹 雪国・秋山郷における生活暦ー除雪道具・コスギに注目してー：有馬絵美子 苗場山麓の縄文時代における赤色顔料原材料の獲得と交易に関する基礎的研究ー自然科学的分析法による産地推定の試みー：河野摩耶 ＜レポート＞火焰類型土器の発生と物語性文様：佐藤雅一 苗場山麓ジオパーク地域の安山岩の自然科学分析結果について(報告)：苗場山麓ジオパーク推進室 苗場山麓ジオパークにおける教育活動の歩み：苗場山麓ジオパーク推進室 苗場山麓の魅力を支える資源の調査研究と連携活動：苗場山麓ジオパーク推進室

【第7号】2025年3月30日 A4版 94ページ

＜学術研究奨励事業報告＞城坂城トレッキングコースをめぐる自然と暮らし：苗場山麓の自然を考える会代表 涌井泰二 域外在住中学生による苗場山麓ジオパークの認識の変化とジオパーク理解の課題ー海城中学校1年生による夏冬の訪問からー：名倉一希 秋山郷におけるトチノミ利用と栃林に関する民俗学的研究：井上卓哉 苗場山麓の縄文集落遺跡における赤色顔料原材料の産地推定と交易史：河野摩耶 ユニバーサルツーリズムセンターと連携した苗場山麓ジオパークにおけるユニバーサルツーリズム研修と検討課題：山口弘幸 苗場山麓の積雪に現れる雪氷生物の活動期間とその要因の解明ー苗場山山頂台地に現れる赤雪現象を形成する雪氷藻類の多様性ー：阿部稜平・竹内望 ＜講演録＞苗場山麓ジオパーク認定10周年記念講演会：苗場山麓ジオパーク推進室 ＜寄稿論文＞近年の津南町における土器付着炭化物の理化学的分析：吉田邦夫・宮内信雄 ＜寄稿 報告＞2024年度 栄村希少動植物調査事業 苗場山頂台地における動植物調査報告：栄村希少動植物調査員 広瀬明彦・涌井泰二 信濃川沿いの露頭について その1ー信濃川右岸の正面～下船渡本村の区間ー：苗場山麓ジオパーク推進室 ＜レポート＞苗場山麓ジオパークにおける石材分析について：苗場山麓ジオパーク推進室

ジオパーク推進室事務局

はじめに

文化とは、「世の中が開けて生活水準が高まった状態」であり、「人類の理想を実現していく、精神活動」であると辞書には書いてあります。また、人類学では「ある特定の集団が共有する知識、信念、芸術、道徳、法律、習慣、そしてその他の、人間が社会の一員として習得した能力や習慣の総体」を文化と呼んでいます。

ここで触れる「雪国文化」とは、降雪という自然環境に身を置く人々の感性や感情が引き起こす言動に着眼し、さらには地理的範囲を限定した雪そのものの特性が、様々な人間集団の活動に大きく関与するものです。その雪国の文化について考えてみたいものです。

「雪国」の生活と問われると、「太郎を眠らせ、太郎の屋根に雪降りつむ。次郎を眠らせ、次郎の屋根に雪降りつむ。」、この三好達治の詩を思い出します。山本健吉は、「太郎を眠らせ」「次郎を眠らせ」というのは、母の思いであるといいました（註1）。夜しんと降り積もる雪、子供たちを眠らせた枕もとで、針仕事に精を出している母親の姿を思う。私は、子供を寝かしつけた母親の夜まで作業を思う。昼間の激しい労働に疲れた身でも夜も仕事を続ける姿が夜なべであった。この夜なべの期間は秋の彼岸から春の彼岸までが多かったと民俗学者の柳田國男は指摘し、さらに柳田は「女は苧をうみ糸をひく。夜なべ仕事の種類はイトヒキ・ヲウミ・俵編み・草履作り・粉ひき等」が多かったと説明しました（註2）。

皆さんは、互いに世代が違うことから、「しんと雪が降る夜長」のイメージが違うことと思います。どのように思われるのでしょうか。

1. 鈴木牧之の視点

鈴木牧之が著した『北越雪譜』をこよなく愛した今成拓三は、自らが9歳であった大正9年の湯沢町三俣村の雪崩を踏まえ、牧之が「雪の参事」に触れたことに思いを寄せて「子供心に雪の恐怖を深く刻み込まれた」と書き残しています。そして昭和55（1980）年に松岡新也監督が『北越雪譜』をテーマに『雪に耐え忍ぶ心』と題する映画を完成され、その試写の際に「雪譜に貫かれた牧之翁が精神と黙々と生き抜く魚沼人の魂」が交差した瞬間が幾度となくあり深い感銘を覚えたといいます。

雪がほとんど降らない山口県で生まれた松岡新也監督は、苗場山麓を歩き、牧之翁の思いを風景に落とし込み自らの感動を交差させ『北越雪譜のある風景』を執筆されました（註3）。



図『北越雪譜のある風景』

松岡監督は、「山の樹木も里の家々も、すべて白一色にうめつくす雪、雪、雪。雪は清らかで、美しく、何かロマンも秘めているが、時には、恐ろしい暴威をふるう」という表現で北越雪譜のある風景を追い求めました。そして、松岡監督は牧之のことを「雪の中で如何に人間は生きるかを問い、雪と闘い、雪を克服することに一生を捧げた」と評価しました。そして、牧之が書き残した『夜職草』や『秋山記行』の中に「忍」「ねばり」という文字で表現されている事象は、「安易に流れがちな何事も便利な現代の社会に生きる私たちにとって」、考える指針を与えました。それは今からおよそ200年前の交通不便な江戸時代に各地を歩き調査蒐集し、40年という長い月日を掛けた執筆活動に忍耐力、根性、ねばりが発揮した結実が『北越雪譜』の刊行であったと評論しています。

監督の銘著をテキストに考えてみましょう。

牧之が、天保3年に下総古河の土井利位が記述した『雪華図説』をいち早く入手して、その一部を引用したことで彼の人脈情報ネットワークの広さを知ることができます。この引用で「雪の形」というインパクトのある図表と科学的知見で読者をとりこにしたことでしょう。ここで雪を「六つ花といふ事（中略）しるべし。」と牧之は記述し、「雪は天からの手紙」と話した中谷宇吉郎博士も「六つ花の結晶」で科学的に空の様子を説明しています。



図『北越雪譜』

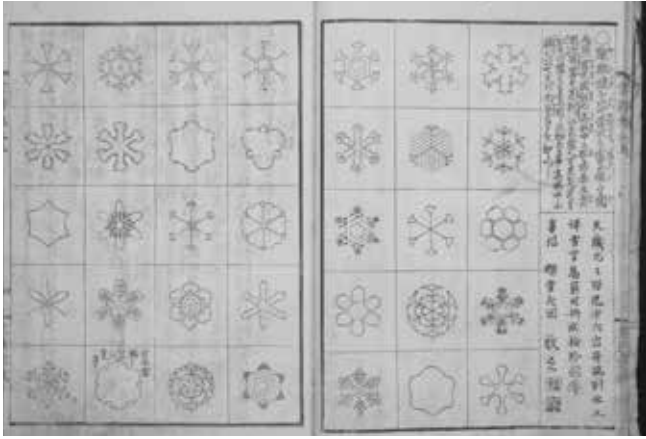


図 雪華図説

牧之は宿場に入ると「家の前に庇を長くのばして架る、大小の人家すべてかくのごとし。」と表現したのが「雁木」です。この雁木を牧之は「所々に雪の洞をひらき、庇より庇に通ふ、これを里言に胎内潜りといふ。」と書き残しています。

「雪を掃ふ」の項では、「初雪の積りたるをそのままにあれば、再び降る雪を添えて一丈にあまる事もあれば、一度降れば一度掃らう。これを里言で雪掘」といい、「土を掘るごとく」と表現し、「掘ざれば家の用路を塞ぎ、人家を埋め人の出べき処もなく、力強家も幾万斤の雪の重量に推碎んをおそるるゆゑ、家として雪を掘ざるはなし。」と湿潤の重い雪を屋根に溜めれば家がつぶれるため、「掃らう」なんて行為でなく、土を掘るような雪掘が大切だと伝えています。

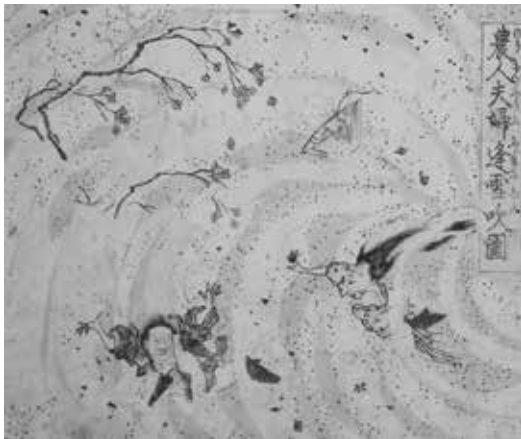


図 「農人夫婦逢雪吹図」『北越雪譜』

牧之は子連れの若い夫婦の吹雪遭難の恐ろしさに触れ「寸雪の吹雪のやさしさを観る人の為に丈雪の吹雪の恐ろしさを示す」といい挿絵を入れて伝える工夫をしています。

また、「乾雪表層なだれ」について牧之は「塩沢の方言で“ほふら”といふは雪崩に似て非なるもの也」とし、それは「高山の雪深く積もり凍りたる上へ猶雪ふかく降り重なり、時の気運により（中略）風などの為に一塊り枝よりおちし（中略）転び下り、まろびながら雪を丸て次第に大をなし、幾万斤の重さをなしたるもの幾丈の大石を



図「塚山嶺雪吹図」『北越雪譜』

転ばし走がごとし（中略）雪の洪波をなし大木を根こぎになし、大石をもおしおとし人家をもおし潰す事しばしばあり」と恐ろしいものであることを伝えています。

さらには、都の風流人は久しぶりに降った雪（寸雪・沫雪）が珍しくはしゃぎ、花を賞で、月を眺めるように心を動かす様子を牧之は、雪に対する暖地の人々に雪深い地の生き死に関わる恐ろしい雪の本質を伝えることに『北越雪譜』の出版の目的がありました。

その雪譜に、こんな一文があります。「百樹曰、余北越に遊びて牧之老人が家に在した時、老人家僕に命じて雪を漕形状を見せる。（中略）戯に穿てみしが一步も進ことあたはず。家僕があゆむは馬を御するがごとき」とあります。百樹とは牧之の友人である山東京山のことであり、かれがスカリを履いたら一步も進めず、家僕は馬が走るように歩けたというように、カンジキやスカリでの雪上歩行も雪国にあって重要な道具です。

また、民俗学者の駒形聡さんは、二つの正月に触れたことがありました（十日町新聞：昭和31年元旦号）。古くは、「満月の正月を小正月」と呼び、「朔日正月を大正月」といい、現在は「朔日を以て一年の始まりとする」暦が使われてきたといいます。正月には家の入口に門松を立てますが、十日町界限では「年の暮れに松迎をし、二本対の松を門に立てる」風習があり、田沢方面には「一本だけを門に立てた」といい、赤倉付近では「松を使わず杉の枝を竹の竿の先に結び庭先の雪の上に突き立てる」珍しい習俗があったといいます。本来の門松は、「年神の降臨する神木の一種であったもので、木の種類も土地によってさまざま見られ、椿、ナラ、タラの木などを用いたもので、赤倉の民俗例は杉を採用した「古い形」なのであろうと考察されました。

この正月に降臨する年神については、「正月さん」と呼ばれた「正月の神様」がいたといいます。それは、十日町界限で「正月さまどこまでござったゲット山の原まで、ユズリ葉を腰にまいて、団子の木を杖についてござった」と歌われていた正月さんという神様がいたといいます。この正月さんは「首無しの馬に乗ってくるとか、足が一本だ

とか、「福相な老人姿?」とかさまざまであり、民俗学の世界では「農耕神、祖霊神の性質」を認めているが、その「正月さんがどちらの方向から来るのか、本当の性質はまだ問題が残っている」と指摘されました。

正月と云えば「三日正月の釜神様」。その駒形先生の研究を受けた滝沢秀一先生の考察が著名です。ここでは研究史として記録された駒形先生によれば、この釜神様とは「大変貧乏の上に女の子ばかり六人もっていて働く者もなく、他の神々は暮の三十一日に越年したのに、この神様は正月三日に至って漸く米少々を得たので、それに粟少々混じて越年せしとか」する俗説を拾い説明しています。この「三日正月の夕方、粟を混えた握り飯に、カヤの真直な棒を三本と頭を折り曲げたもの（ペロと呼ぶ）を三本突き立て、こしきの上に並べて供える風習」が田沢・中深見方面にあったといいます。そして釜神様の神体は「細い丸木を二本対、一尺に切って目鼻を刻みカマドの上に」祀り、それに供えた握り飯に立てたペロも重要な神様であったという。子供たちは「ペロペロ神は尊い神で、親でも子でも気の向いた方へむきやれー」と中条方面は歌い、地域的に異なる唄いがあったといいます。この内容に関しては『津南学』第3号に詳しく纏められていますので参照下さい。

牧之は小正月行事に触れています。“あのとりや、どこからおってきた、しなののくにからおってきた、なにもっておってきた、しばをぬくべっておってきた、しばのとりもかばのとりも、たちやがれほいほい、おらがうらのさなへだのとりは、おってもおっても、すずめすはどり、たちやがれほいほい”と子供達が鳥追いの歌を歌う。塩沢宿では、雪で四角の堂を作り、雪で棚を作り、筵を敷つらね、鍋、ヤカン、膳、椀などを雪棚に並べ、煮炊きし、濁り酒などを飲み、子供大勢が雪の堂で遊んだ」ことを書いて言います。当時は、かまくらではなく、雪ン堂を作って遊んでいたようです。



図「五月鳥追櫓之図」『北越雪譜』

残雪残る春になると、越後ゴゼの三味線の音が流れてきます。ゴゼとは「盲御前（めくらごぜん）」のなまった呼び名で盲目の女旅芸人であり、「ごぜんしょう」とも呼ばれていました。各地にゴゼ宿があり、そこに泊まり、三

味線を弾いて、俗曲や民謡、流行歌を唱いながら雪の道を素足に草鞋で歩き廻ったと言われています。昭和30～40年代のゴゼは、「葛の葉子別れ」「岩室くずし」や「霧島」などの哀愁こもるゴゼ特有歌い方に民衆は引き込まれたと古老から聞いた記憶があります。

秋の章に「秋山の古風」の項があります。ここでは「信濃と越後の国境に秋山という処あり。大秋山村といふを根元として十五ヶ村をなべて秋山とよぶ也。」とあります。牧之は、秋山の民家を訪ねて「囲炉裏は五尺あまり、深さは灰まで二尺もるべし。薪多き所にて大火を焼くゆゑなり」と大きな囲炉裏に大木を差し込んで焚く風情を記録しています。これは小赤沢の福原家の様子です。ここでは「上食は粟に稗と小豆を混ぜて」食べ、「下食は粟糠に稗乾菜（ひえほしな）などを混ぜて」食べており、時には「栃の実を食とす」と記録しています。



図「秋山の古風」『北越雪譜』

2. 文学者が感じた雪国

『雪国』を描いた川端康成は、湯沢の積雪を「普通七八尺ですけど、多い時は一丈を二三尺超えます」と表現し、「一面の雪の凍りつく音が地の底深く鳴っているような、厳しい夜」を川端は経験していました。共同湯の屋根から落ちる雪を観て「雪の塊も、温かいもののように形が崩れた」とも感じていたようです。川端は雪が「二日降れば、直ぐに六尺積もるわ。それが続くと、あの電信柱の電燈が雪のなか」とリアルな豪雪地を描写しています。



図小説『雪国』（湯沢町観光協会）

信州に目を向け島崎藤村に触れるならば、「一晩に四尺も降り積もるといふが、これから越後にかけての雪の量だ」と『千曲川のスケッチ』で表現している一方、同書で「塩のような細かい雪」が小諸の雪だとも書いています。そして、『雪の障子』なるエッセイで「降ったばかりの雪は冷たいやうで、実は暖かい」と島崎は表現してくれました。

一方、東北の花巻で宮沢賢治は「雪がすっかりこつて大理石よりもかたくなり、空もつめたいなめらかな青い石の板でできているらしい」といい、「かた雪かんこ、しみ雪かんこ」と表現しました。大理石よりも硬い雪となめらかな青い石のような冷たい空、賢治らしい自然描写です。

あえて比較するならば、北緯 37 度の苗場山麓界限では「冷たいやうで、実は暖かい」雪が湿潤の重い雪であり、北緯 40 度の岩手山麓界限は冷たい青い空から降り積もった大理石のように堅いなるパウダースノーなのです。

これは雪国観光圏雪国文化WGの雪国文化研究で得た所見です（註 4）。

3. いつから雪国なのか

「豪雪」という言葉は、文学的表現であり、科学的に地域を説明するためには「多雪環境」や「多雪地域」などの用語を使うことが推奨されます。その雪がなぜ降るのか、いつから多雪環境が形成したのでしょうか。そのためには、日本海研究から学ぶ必要があります。海の海流は、地球環境と連動し、風呂釜から沸き上がるお湯の対流現象と近似する現象です。日本海が生まれたのち、いつから対馬暖流が流れ込んだのかを調べるためには、日本海に堆積する泥に含まれる有孔虫化石と火山灰の堆積関係を調べた研究が重要です。火山灰は時間軸を定め、現世海洋に棲む有孔虫とその水温とを捉えたカタログと日本海に堆積している有孔虫化石との比較から、約 9,300 年前頃の縄文時代早期に対馬暖流が流れ込み、大量な水蒸気を放出する環境が整ったと考えられています。

すなわち、火焰型土器が作られた縄文時代中期には、現在私たちが経験している多雪環境が存在していたこと

に成ります。長い縄文時代以降、多雪環境を耐えしのぐ雪国の暮らしが営々と繋がって来たといえます。すなわち、縄文雪国文化の系譜上に現在の雪国文化を位置付けて説明する必要があります。



図 堂平遺跡の火焰型土器と王冠型土器

また、ロマンかも知れませんが、3m 前後の積雪は現代文明を覆い尽くし、すっぽりと真白き世界に埋もれます。すなわち、火焰型土器を創造した越後縄文人が観た雪原風景を私たちも共に観ている可能性があります。私たちの冬の原風景は、まさしく縄文雪国文化の風景です。

縄文時代の 1 年間の生活は、100 日越冬のために計画的に進められた生活サイクルと考えられます。童話の「アリスとキリギリスさん」に例えるならば、まさしくアリスの生活が縄文人の生活スタイルであったでしょう。また、現在の 5 月連休明けに山里を歩くと筵が広げられ、その上でゼンマイ干しとゼンマイ揉みが段階的に進められています。この作業は、早春の風物詩ですが次の冬への越冬準備なのです。苗場山麓の早春から夏、晩夏から晩秋への自然界は、順番を狂わすことなく自然のリズムに合わせて展開します。縄文人は、そのリズムに共鳴し、計画的な材の採取と加工、貯蔵を行っていたと推測されます。



図 ゼンマイ干し

14,000 年の縄文世界は、寒冷化と温暖化を繰り返す自然環境に立ち向かい、自然と共生し、時には自然を人工化する挑戦も行い内部的に高度な精神社会と複雑な社会を築いていたことが、このところのモノの考古学からコ

トの考古学への学術研究で知られるようになってきました。多雪化が始まり、温暖化のピークを迎える 6,500 年前頃の前期中頃になると明確な集落跡が認められます。その重要な遺跡が大割野段丘面に立地する諏訪前東 A 遺跡です(註 5)。割野地区に出現した集落は、大型の長方形住居跡と小型の隅丸方形住居跡の 2 形態が社会的役割を持ち構成していたことが判明しました。この集落が越冬集落であるかは不明です。但し、それから 1,000 年後の中期集落である沖ノ原遺跡は、越冬集落である可能性が高く、その仮説を検証する様々な科学的検証が現在行われています。



図 諏訪前東 A 遺跡

これら考古学的な学術研究は、縄文時代の始まる草創期から早期、そして多雪環境が整う前期から中期、さらにやや寒冷化が生じた後期、そして晩期へと通時的に並べ、変化と変遷を語ることでできる日本で屈指の考古学研究フィールドですから、多くの研究者が出入りしています。その成果の一端を、2030 年に提示する目標を持ち、地道な調査研究が進められています。

このような縄文雪国文化が、民俗学的に江戸時代以降の雪国文化へ系譜的に繋がります。特に、近世以降の山棲み民俗の記録が『秋山記行』や『秋山様子書上帳』に文字資料として残され、昭和まで残された民俗資料は津南町や栄村に保存収蔵され、栄村上ノ原にあった山田家は公益財団法人大阪府文化財センターが所管する日本民家集落博物館で移築保存されています。



図『秋山様子書上帳』(栄村教育委員会)



図 山田家(日本民家集落博物館)

4. 苗場山麓の雪国文化の評価

北緯 37 度が走る苗場山麓は、その緯度線を地球儀で追うならば驚く如く、リスボン-アテネ-ソウル-サンフランシスコ-ワシントン DC の名だたる世界主要都市と並びます。しかしながら、苗場山麓は雪深い山里であるという大きな違いがあります。この違いこそが世界に誇れる特性です。その特性である歴史文化は、そこに広がる地質環境と生態環境に育まれた自然環境を背景に形成しました。そのひとつひとつの学問領域は広く、多くの皆さんと手分けをして調査研究し、“うもれあ図書室”にある既存の研究成果と照らし合わせ、共に平易な言葉に翻訳して共有化することが望まれます。



図 北緯 37 度ラインにある国々

おわりに

苗場山麓ジオパークの魅力は、広くて深い未知な地域資源であるということです。その研究は端緒にあり、多くの皆様と枝葉に触れ始めたばかりです。未来に向けて、その幹が総合的な苗場山麓のジオ+エコ+カルチャーの幹であり、その根は未来への地域財としての価値です。

私たちは特に 1950 年以降、激しく地球に付加を掛け続けて来ました。私たちと共生していた自然は、悲しく命を消すモノもあり、共生から断絶の道を現在も歩いています。



図 ジオ+エコ+カルチャー

苗場山麓ジオパークに集った皆様は、少なからず地球環境の悲しみと痛みを心で感じ得られる皆様です。地球を意識しながらも、まずは足下の苗場山麓の自然環境とそこに残されている雪国文化の証を保護しましょう。保護とは「保存と活用」の二面性を持ちます。その活用には「教育的活用」と「観光的活用」があります。苗場山麓ジオパークにおける教育的活用は、模範的活動として全国から高く評価されています。しかし、観光的活用は、いくつかの模範的な推進ジオパークに深く学び、手と手を携えながら確実な一步を踏み出したいものです。

「ガイドからインタープリケーション」と“学びと伝え方”の方法論的深化を話して、2年が経過しました。

時折、皆様の素晴らしい活動に触れるたび、格段なる成長に喜ぶ瞬間を経験しています。ありがとうございます。

註

- 1) 山本健吉 1980 『ことばの歳時記』 株式会社文藝春秋
- 2) 柳田國男 1951 『民俗學辞典』 株式会社東京堂
- 3) 松岡新也 1980 『北越雪譜のある風景－雪に耐え忍ぶ心－』 野島出版
- 4) 雪国文化研究WGの貝瀬健太（現在湯沢町観光協会）からご教示を得た。
- 5) 佐藤雅一 2016 『諏訪前東 A 遺跡』 津南町教育委員会

1. 投稿を受け付ける原稿

苗場山麓ジオパークを対象とした学術調査及び研究（地質学・地形学・考古学・歴史学・地理学・民俗学・植物学・生態学・社会学・観光学など）に関する論文、報告、事例紹介等

2. 投稿要領

（１）入稿方法

文字原稿のデジタルデータ（word）とその印字原稿、図版（ポジ、印画紙写真、デジタルデータ、図面等）等を併せて提出してください。

図版のデジタルデータは、イラストレーター（拡張子Ai）、スキャンデータはtiff（グレー・白黒＝1200dpi）、写真はjpeg（350dpi以上）

※万一の場合に備え、原稿提出の際には必ず手元に控えを残しておいてください。

※デジタルフォーマットをご希望の方は、E-mailにて事務局にお問合せください。

（２）分量

論 文：20ページ以内

研究ノート：10ページ以内

（３）体裁

[版組]

A 4判（余白：上15mm 下15mm 左20mm 右15mm） 2段組み 25字×49行

[各種フォント]

表 題：MS明朝太字11p

副 題：MS明朝10.5p

氏 名：MS明朝10.5p

※肩書きについては、巻末の執筆者一覧に掲載します。

章 題：MS明朝太字10.5p

節 題：MSゴシック10p

項 題：MSゴシック10p

※上記にあてはまらない場合は、事務局にて編集いたします。

本 文：MS明朝10p

※章題・節題は前文章と1行空ける。

図表キャプション：MSゴシック9p

※位置：図は下・表は上の中央

図版内キャプション：MSゴシック7p

図版内番号：MSゴシック6p

[註・参考文献の要項]

本文中表記：上付き片括弧 ●¹⁾ ○○○○¹⁾、○○○○○²⁾。

※引用文献に関しては、註引きにて記述をお願い致します。そのため、本文中には（○○1990）という引用が入りません。註番号は頭から連番とし、上付き片括弧 ●¹⁾ で記載下さい。また、同じものが幾度か出てくる場合も連番で記載ください。

文末表記：29字×53行 フォント：MS明朝・9p

（個人論文の場合）

- 1) ○○○○ 2009「○○○○○○○○○○○○○○○○○○について」『苗場山麓ジオパーク研究紀要』創刊号 1-20頁 苗場山麓ジオパーク推進室

(機関編集本の場合)

1) 津南町教育委員会編 2014『魚沼地方の先史文化』津南学叢書第32輯

(前掲文献の場合)

「前掲、註●の文献と同様」

また、前掲の註に複数の文献があり、その内の一つ(および複数)を再度引用する場合は以下のように記載して下さい。

「前掲、註●の文献(○○2000・○○2004)と同様」

提出頂いた際に註引きになっていなくとも、体裁はこちらで変えさせていただきますので、何卒ご容赦下さい。引用の仕方を変更すると、改行の位置や文頭の位置が動いてきますので、なるべく皆様の方で体裁を整えて頂けると助かります。

引用文献の他にも参考文献がある場合は、註に続けて列挙して下さい。表記の仕方は前掲の(個人論文の場合)(機関編集本の場合)と同様です。

(4) 図版の著作権申請

写真等掲載に関する所蔵者・著作権者からの許諾等取得は、執筆者が行ってください。

3. 原稿送付先(お問合せ先)

原稿は下記宛に送りいただくか、ご持参ください。

〒949-8201 新潟県中魚沼郡津南町大字下船渡乙835
苗場山麓ジオパーク振興協議会事務局
TEL 025-765-1600 FAX 025-765-5511
E-mail naeba36@naeba-geo.org

4. 日程および申込・校正手順

(1) 日程(予定)

申込締切 2026年10月末日 表題・ページ数を原稿送付先へご連絡ください。

入稿締切 2026年12月末日

発行予定 2027年3月末日

(2) レイアウト

レイアウトはフォーマットに基づき、執筆者の希望を尊重して行いますが、最終的には事務局で調整します。また、入稿された時点での原稿が予定のページ数より増えている場合、執筆者に調整をお願いする可能性があります。

(3) 校正

入稿締切までに入稿された場合、執筆者には校正を1回行っていただきます。入稿締切が守られなかった場合は、この限りではありません。

5. その他

(1) 掲載の記事・写真などの無断転載を一切禁じます。全ての著作権は苗場山麓ジオパーク振興協議会と資料所有者および機関に所属します。

(2) 執筆者には、刊行本を2部贈呈します。抜き刷りの贈呈はありません。



執筆者一覧（敬称略・掲載順）

植木 岳雪	帝京科学大学 教育人間科学部 教授
金 亨奎	秋田県立大学 生物環境科学科 森林科学研究室 特任助教
井上 卓哉	静岡県富士山世界遺産センター
渡邊 健介	東邦大学 理学研究科 化学専攻 地球化学教室千賀研究室 修士課程
阿部 稜平	千葉大学大学院 融合理工学府 博士課程
諸星 良一	(株)東京航業研究所 文化財調査課 副主幹
渡辺 秀男	長岡市立三島中学校 元教諭
仲野 浩平	苗場山麓ジオパーク推進室 専門員
佐藤 信之	苗場山麓ジオパーク推進室 班長
佐藤 雅一	津南町埋蔵文化財センター 文化財保護統括監

苗場山麓ジオパーク 研究集録 第8号

発行日 令和8（2026）年3月31日
編集・発行 苗場山麓ジオパーク振興協議会
〒949-8201 新潟県中魚沼郡津南町大字下船渡乙835
電話 025-765-1600 FAX 025-765-5511
印刷 有限会社 津南印刷商事

