

山形県小国盆地西縁沖庭山系における崩壊地形の形成過程と年代 —山形県立小国高校第一学年「地域文化学」における 研究活動を通じた防災教育の取り組み—*

山形大学地域教育文化学部 川辺孝幸・

山形県立小国高校 高梨里子・(現)山形県立霞城学園高校 高橋 史・

山形県立小国高校「地域文化学」第1班2011年度・2012年度・2013年度履修生

1 はじめに

山形県小国盆地は、朝日連峰と飯豊連峰の間にある東西約2km、南北約5mの盆地で、盆地内には、日本海に流出する荒川水系の本流である荒川が盆地の北側から、支流の横川が東南東から流入し、盆地の出口である赤芝峡の直前で合流している。盆地の西側には断層を挟んで沖庭山山系が急斜面で接している、急斜面には幅・奥行きともに1kmを越える大規模な崩壊地形が連なっている(図-1, 2)。盆地の東側は、丘陵が盆地に向かって緩く高度を下げながら接しており、沖庭山山系より上位の地層が西傾斜で分布しており、盆地西縁の断層に向かって傾動する地形・地質をなしている。

この新潟県境に近い小国盆地の山形県西置賜郡小国町にある山形県立小国高等学校は、連携型小中高一貫教育を実施している(山形県教育委員会, 2009, 山形県立小国高等学校, 2013)。小国高校では、1)小中高一貫教育の最終学校段階として、一貫教育を目指す「自ら学ぶ意欲を持ち、個性豊かな生徒」「心豊かで、チャレンジ精神にあふれる生徒」「国際感覚を身につけ、郷土を愛する生徒」の育成に努める、2)地域や大学等との連携を密にして、生徒の視野を広げ自ら学ぶ意欲を高める、3)連携を土台に「国際理解教育」「情報教育」を教育の特色とし、活力ある学校の実現を目指すことを目標としている。第1学年次には、大学との連携による地域学習として、地域文化学の授業を開講している。地域文化学では、小学校より取り組んできた地域学習「白い森学習」をさらに発展させ、他地域との比較という視点も取り入れて、地域の利点や問題点を検討し主体的に解決する姿勢の育成をめざして、近隣の大学・短大の教員等を講師としての直接指導により、専門的な手法を用いながら毎年5～7班に分かれてそれぞれにテーマを決めて班ごとに学習を進めている。

筆者のうち川辺は、2011年度から、『小国町の地質・地形の成り立ちを知る』をテーマに講師をおこなっている。担当教員と生徒7～8名とともに、防災の観点から、小国盆地の西側に位置する沖庭山山系の地質・地形とその形成史について調査をおこなっている。学期中は2週間に1度2時限を連続で使って立体地図模型の作製などの室内作業をおこない、夏休みには2日間の現地調査を行いながら学習を進めている。

本報告では、2011年度～2013年度の地域文化学の学習の中で明らかになった、小国盆地西縁の山地の東麓が、その地質的要因によって、大規模な崩壊を起こして現在の地形が成り立っていること、大規模な崩壊は山地の頂部にまで影響を及ぼしていること、その形成年代が少なくとも22000年前よりやや遡ること、小国盆地を流れる荒川水系の盆地からの出口の赤芝峡で崩壊があった場合にどの程度の規模の崩壊が起これば小国盆地が水没するかのシミュレーション結果などを、地域文化学の報告書をもとに報告する。

2 「地域文化学」における『小国盆地の地形・地質の生い立ちをさぐる』取り組み

小国町の地形や地質を理解することが防災への知識に活かせるのではないかとこの観点から、実感として地

Process and age of the mega mass movements on the eastern slope of Mt. Okiniwayama facing to the Oguni Basin, Yamagata Prefecture, Japan – Education for disaster prevention through the research activities in “Study of Areal Culture” class of Oguni Senior High School –. Takayuki Kawabe, Satoko Takanashi, Fumi Takahashi and the students of the first team of “Study of areal culture” class in 2011, 2012 and 2013

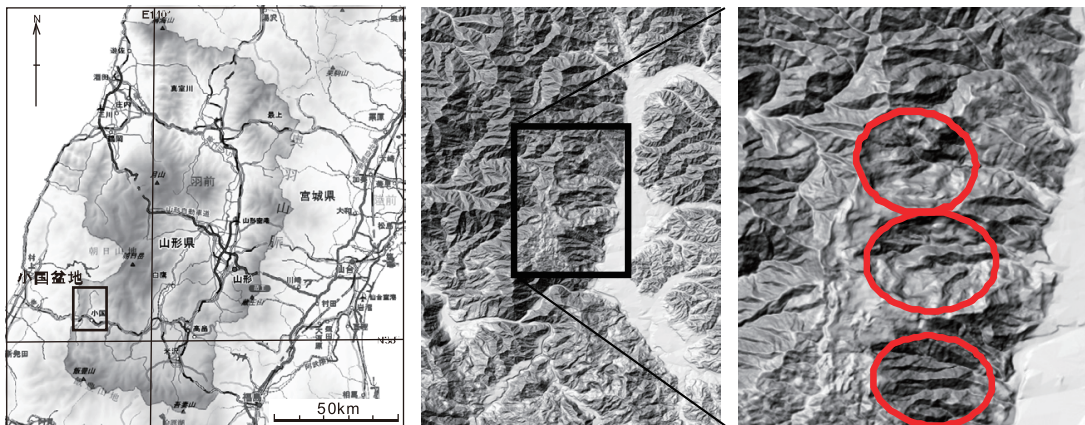


図-1 小国盆地の位置(図-2の範囲)

地図は昭文社「スーパーマップル・デジタル12」を一部加工の上使用した。

図-2 小国盆地と沖庭山山系の陰影図(左)と沖庭山の拡大図

(右) 国土地理院基盤数値情報10mメッシュ標高を使用した。楕円は東斜面の崩壊地形を示す。

形を把握するために、地形図もしくは地質図を用いて1万分の1～7000分の1の立体地形(地質)模型を作製している。また、現地調査で、実際の地形・地質を目の当たりにすることで、地形・地質を身近に感じられるようにしている。

2011年度は、2.5万分の1の地形図を1万分の1に拡大して小国盆地と西側の通称沖庭山山系(以下、沖庭山)の立体地図模型を作成した。また、小国盆地周辺に分布する地質が代表的にみられる、荒川赤芝峡周辺の現地調査によって実際の地質を観察し、さらに沖庭山の地形・地質を探索するために、通称沖庭山の山頂部を調査した。その結果、断層によって小国盆地と区切られる沖庭山の東麓斜面には、大規模な地滑り・崩壊地形が複数あることや、山頂部には、それらの冠頭部の急斜面に並行して、幅1mで深さ数m以上の開口割れ目がみられること、複数の尾根や谷(ホルストやグラーベン)があること、山頂部に発達する谷には、湿地や池があること、山頂部でも大きい谷には水が流れていて、魚が生息していることなどを見出した。これらのことから、数十万年前以降の構造運動で西側の山と東側の盆地からなる現在の地形ができた、盆地に望む山地の急斜面では大規模崩壊がおこり、落ち残った部分が沖庭神社周辺の割れ目やホルスト・グラーベンとして現在の山頂の地形をつくっている、その割れ目が水を貯めて山頂部の川に豊富な水を供給している可能性を明らかにした。また、西側の山は崩れやすいため、もし、赤芝峡の周辺が崩れると小国盆地は天然ダムに水没する危険性があり、計算上では、崩れた土砂の高さがおよそ30mになると、小国高校や町役場が浸水しはじめ、およそ40mで小国町全体が水没することになることを明らかにした。

2012年度は、2011年度の結果を踏まえて、産業技術総合研究所地質調査総合センターの20万分の1シートレス地質図に5万分の1の地形図を重ねた地図を用いて、沖庭山山系～小国盆地西部の立体地質模型を作製した。さらに、沖庭山の山頂部にある湿地において、東邦地下工機製HDサンプラーによる簡易ボーリングによって湿地地下の柱状サンプルを採取して観察するとともに、年代測定をおこなって、湿地の形成過程の解明を試みている。簡易ボーリングでは深度3mまで掘削でき、深度1mまでは単子葉類の遺体からなる湿地堆積物、深度1m～3mは全て泥炭層で、泥炭はさらに続くことがわかった。年代測定を行なった結果、最深度で9500yBPの年代が得られ、少なくとも9000年前には山頂部のホルストやグラーベンの地形ができていたことが明らかになった。

2013年度は、沖庭山の掘削地点から南の赤芝峡の南岸の山系までを、国土地理院基盤数値情報10mメッシュのデータをもとに、詳細な地形図模型を作成するとともに、2012年度に3mまで掘削できなかった湿地の

簡易ボーリングを、HDサンプラーの製造元である東邦地下工機によるサンプラーの改良と引き抜き機の提供によって、さらに深い深度までの掘削に挑んだ結果、深度6mまで掘削でき、崩壊発生期に迫る掘削ができた。また、年代測定結果によって、およそ2.2万年前より少し前に崩壊が発生した可能性が明らかになった。さらに、室内作業で、小国町が水没する天然ダムを作るための崩壊土砂量について概数を計算し、そのために必要な崩壊範囲の推定をおこなった。さらには、小国盆地内の標高ごとの面積の概数を測定し、標高ごとに滞水する水の体積の概数を算出した。本来は、この結果と荒川・横川の流量をもとに、実際にどのくらいのペースで水没が進んでいくのかシミュレーションをおこなう予定だったが、体積の概数の算出で時間切れとなり、シミュレーションは、次年度への課題となった。

3 小国盆地周辺の地形・地質の概要

小国盆地は、西側を荒川に、南西側を横川に限られた、盆地底の標高が130m～150mの西南西に傾動した盆地で、北東側は新第三系からなる丘陵で、東に次第に高度を増す。盆地の南西縁～西縁には断層があり、この断層を境に南西側～西側が急斜面となって、標高700m～900mの山塊をなしている。荒川より北川では、小国盆地の西縁の山塊は、頂部が平坦になっており、南から、通称“沖庭山”，勘倉峰，鷹ノ巣山などが並んでいる。この山塊の東側の急斜面は、スプーンでえぐったような円弧状に尾根がつながっていて、地すべりの跡地のようにみえる(図-2)。

小国盆地周辺には、熱変成を受けてホルンフェルス化した後期白亜系の堆積岩類や花崗岩類からなる先第三系、中新世前期の酸性火山活動による流紋岩類からなる北小国層、新第三系の眼鏡橋礫岩層などが分布している(山路ほか, 1989)。小国盆地には、これらの先第四系を覆って、北部には荒川の谷底の沖積平野や横川の流域となる市街地から上流側では後期更新統の段丘堆積物が広がっている(産総研地質贈号センター, 2012, 図-3)。

後期白亜系の堆積岩類は、小国町伊佐領に分布に限られる。ホルンフェルス化した泥岩主体のタービダイト砂泥互層からなっている。

白亜紀後期の花崗岩類は、沖庭山山系に広く分布している。後期白亜系の堆積岩類を貫き、中新世前期の北小国層や新第三系の眼鏡橋礫岩層に不整合に覆われる。

中新世前期の酸性火山活動による流紋岩類からなる北

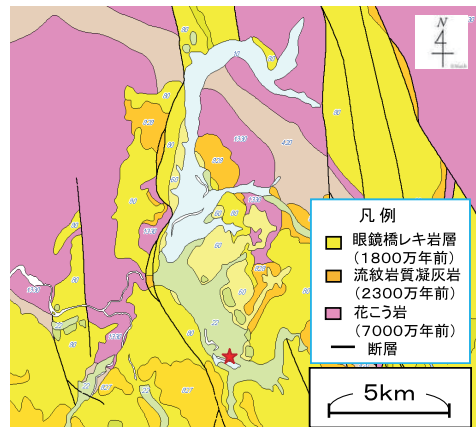


図-3 小国盆地周辺の地質図 地質図は、産総研地質総合センター1/20万シームレス地質図を使用した。

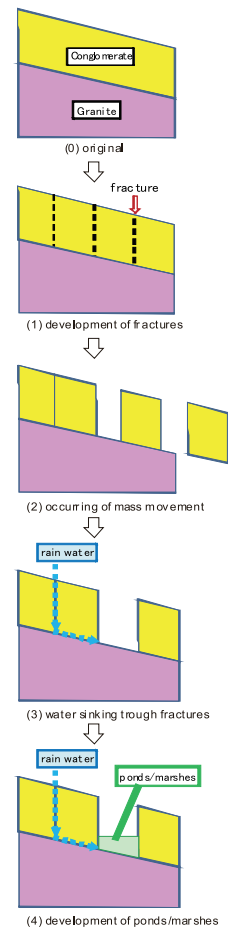


図-4 沖庭山山系の崩壊地形と湿地の形成過程

小国層は、小国町東部の綱木箱口北方から南方の横川ダムにかけて広く分布するほか、赤芝峡の東部、赤芝橋の周辺に、両側との関係は不明であるが、花崗岩類と眼鏡橋層に挟まれて分布している。緑灰白色を呈する流紋岩で、球状の沸石がたくさんできており、沸石の中は空洞にないっているものもある。

新第三系の眼鏡橋礫岩層は、1mを超す巨礫の亜角礫を含む大小の石が混じりあったおもに基質支持の不淘汰な礫岩で、土石流成の地層を主体とする。礫は、おもに流紋岩、花崗岩類からなり、頁岩・ホルンフェルス、赤色チャートなどが含まれている。

段丘堆積層は、小国盆地内に広く分布する。横川および荒川沿いに、比高によって、少なくとも現河床との比高約5mの最低位段丘、比高約7mの低位段丘、比高約9mの中位段丘の3つに区分できる。このうち低位段丘には小国町役場が、中位段丘には、小国高校が位置している。

なお、沖庭山山系の東斜面は顕著な崩壊と侵食の地形がみられるが、その東麓には、それらによってもたらされたはずの崩壊堆積物はほとんど見られず、堆積物は、ほぼ全てが盆地内から流出した可能性がある。

4. 沖庭山山系東斜面～山頂部の崩壊地形と地質状況とその成因

沖庭山山系の東斜面は、顕著な崩壊地形をなしている。その崩壊地形の底部には花崗岩類が分布し、崩壊の冠頭崖～側部の崖には、新第三系の眼鏡橋礫岩層が露出している。花崗岩類からなる崩壊地形の底部は、複数の急峻な谷によって浸食を受けている一方で、これらの谷は新第三系のつくる崖には及んでいない。

一方、山頂部は、新第三系の眼鏡橋礫岩層が分布しているが、東斜面の崩壊地形の冠頭崖に平行に、頂部が平坦で両側に急崖をもつ尾根(ホルスト)と底部が平坦な谷地形(グラーベン)が繰り返して発達している。尾根部には、幅約1m、深さ数mの割れ目があり、尾根部と谷部との境界には断層は見られないが、尾根に面する谷部には径が数mを越す転石が点在している。また、谷部には湿地や沼が発達しており、山頂部には源頭部から数百mに満たない沢でも水が流れている。

このような地形・地質状況から、山頂部のホルスト・グラーベンは、花崗岩類の基盤の上に重なる眼鏡橋礫岩層が東斜面で崩壊する際に、山頂部にも及んでできた引張力によって分断されたブロック群が東側にずれ動いてできた、山頂部の谷における豊富な水や、東側斜面の崩壊地形の底部の侵食は、花崗岩類との不整合面を基底とする、眼鏡橋礫岩層に発達した引張割れ目に賦存された地下水に由来すると考えられる。

5. 沖庭山山系東斜面～山頂部の崩壊、ホルスト・グラーベンの形成年代

以上のような沖庭山山系東斜面～山頂部の崩壊、ホルスト・グラーベンの形成年代に関して、沖庭山山系、

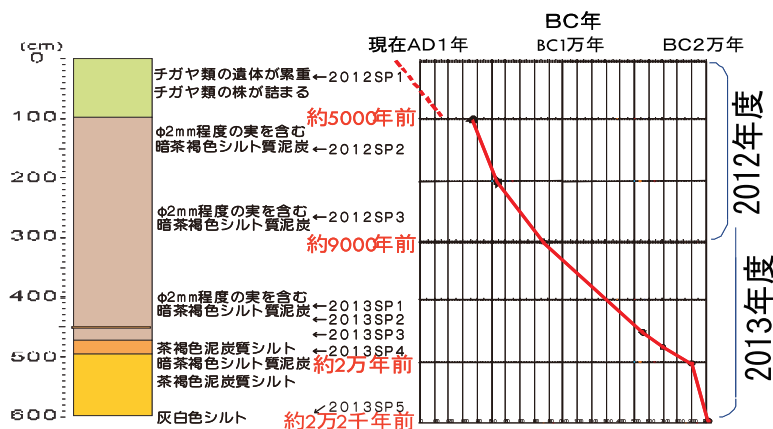


図5 2012年度（昨年度）および2013年度（今年度）による沖庭山山頂の湿地におけるHDサンプラーによる簡易ボーリング結果とAMS放射年代

沖庭山の西に隣接する湿地において、HDサンプラーによる簡易ボーリングによる掘削をおこない、その堆積年代を明らかにするとことで、推定を試みた。

2012年度、2013年度に掘削を行なった結果、図-4に示すように、最深6mまでの掘削ができた。湿地を埋める堆積物と基盤との不整合までは到達したかったが、地表下1m～約5mまで連続する泥炭層の下に、1m以上の厚さで腐植物の少ないシルト層が確認できた。AMSC14年代測定の結果からは、深さ5mの泥炭層とシルト層の境界付近で約20,000年前、深さ6mのシルト層の最深部で22,000年前であることがわかった。

シルト層は、浮流によって運搬・堆積した岩相で、リップルなど流れを示す堆積構造は見られなかった。このことから、基本的には滞水域で堆積したが、周囲の後背地は、現在のような安定した斜面ではなく、崩壊を頻繁におこして土砂を滞水域に供給し、その浮流成分が滞水域の中央部に供給され、シルトが堆積したと考えられる。シルト層の堆積速度は、1m/2000年と速く、この湿地＝当時の滞水域をつくったグラーベン形成年代は、22,000年前から大きくは溯らない、およそ2万数千年前頃ではないかと考えられる。

6. 赤芝峡の崩壊・天然ダム形成による小国湖の形成の可能性の評価

赤芝峡は、国道113号、JR東日本米坂線が通り、置賜地域と越後地域とを結ぶ交通の要所となっているのみならず、国道113号は、東北地方北部と関西地方とを結ぶ陸上。明治時代以前も、小国町は越後(米沢)十三峠街道として交通の要所であったが、当時の街道は赤芝峡を通過せず、南側の尾根の大里峠(と桜峠)や、越後金丸から北に沖庭山を越えるなど、赤芝峡を迂回して通っていた。もともと地形が急峻であった上に、積雪期の雪崩や融雪期の崩壊など、交通の安全が保たれなかったのが原因とされている。

赤芝峡の斜面は、地質的には、東部は花崗岩類を基盤として上部に眼鏡橋礫岩層が重なっている。斜面上部を構成する眼鏡橋礫岩層は、過去に東斜面で大規模な崩壊がおこっている。地形的には東斜面における崩壊に伴うと考えられるホルスト・グラーベンの地形は、赤芝峡の斜面頂部にも及んでいる。このことは、強震動をもたらす地震が、とくに融雪期など地下水を多く含んでいる時期に起こった場合には、崩壊する危険性を否定できない。

そこで、赤芝峡の斜面においてどの程度の範囲が崩壊すればどの程度の天然ダムができ、その結果、小国盆地がどの程度滞水するか推定をおこなった。

天然ダムの高さは、崖錐が対岸に到達した際の高さになるが、まず、その崖錐を作るのに必要な土砂量の概数を算出した。対岸の斜面が無ければ、崖錐は円弧状に半径を増して広がる。一方、積み重なって行くにつれて、頂部の位置は斜面に沿って元の位置より次第に後退する。単純な円錐の半分の体積と比較すると、実際の崖錐の体積は、対岸に阻まれた分だけ少なく済む一方で、頂部が後退する分だけ、余分に多く必要になる。このような条件から、計算を極めて単純にするために、対岸の斜面によって堆積できなかった土砂量を頂部が後退するために必要な土砂量の増加分とが同じと仮定して、単純な円錐の半分の必要土砂量

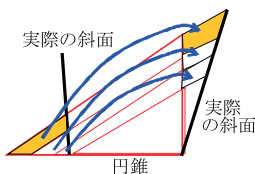


図-5 川幅の中にできる崖錐の体積量の考え方 計算が簡単な円錐をもとに、対岸にぶつかって実際に堆積しない部分を、崖錐が供給される方向の斜面の空間の量として補完することで計算した。

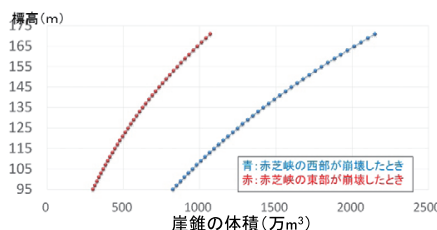


図-6 図-5の考え方をとした荒川をせき止める崖錐の高さと必要な土砂量との関係

赤芝峡の西部が崩れた場合			赤芝峡の東部が崩れた場合		
崩れる崖錐の奥行き	崩れる崖錐の高さ	崩れる崖錐の体積	崩れる崖錐の奥行き	崩れる崖錐の高さ	崩れる崖錐の体積
幅600m、高さ100mのとき	幅600m、高さ100mのとき	200mのとき	幅600m、高さ100mのとき	幅600m、高さ100mのとき	200mのとき
145m	287m	133m	145m	122m	81m
143m	280m	130m	143m	119m	59m
141m	254m	127m	141m	115m	57m
139m	248m	124m	139m	111m	56m
137m	242m	121m	137m	108m	54m
135m	236m	118m	135m	104m	52m
133m	230m	115m	133m	101m	51m
131m	225m	112m	131m	96m	49m

図-7 河川にできる天然ダムの体積をもとにした崩壊範囲の推定 崩れる範囲は、川幅の広い赤芝峡下流部と川幅の狭い上流部の2箇所想定した。

として計算した(図-5)。

この土砂量をもとに、崩壊が起こって天然ダムができる場所を谷底の広い赤芝峡西部と、谷底の狭い赤芝峡東部の2箇所において、崩壊の幅と高さを限定して、崩壊部分を長方体として奥行きを計算した。結果は図に示すように、赤芝峡東部の場合、標高137mの小国町役場が浸水する137mまで堰き止める崖錐は、およそ1500万立方メートルの土砂量が必要で(図-6)、幅600m、高さ200mにわたって崩壊するとすると、奥行きが54mの範囲が崩壊する必要があることがわかった(図-7)。

なお、2013年度の授業では、小国盆地の標高ごとの面積を測定して、それぞれの標高が滞水するために必要な水量を求めたが、実際に横川および荒川の流量の観測値をもとに、どのくらいのペースで滞水が進むのか＝現実にはどの程度の小国湖が出現するのかどうかのシミュレーションを行なうまでには至らず、来年度の課題となった。

7. おわりに

山形県立小国高等学校の第一学年「地域文化学」の授業において、小国町の地形・地質と防災意識の向上のために、「小国盆地の地形・地質の生い立ちを探る」をテーマに実習をおこなった。室内実習では、地形図・地質図から立体地図(地質図)模型を作成した。また、夏休み期間中の野外調査では、現地における地形・地質の観察および、東斜面の崩壊地沖庭山山頂部に発達する湿地内で、簡易ボーリング調査で深さ6mまでの掘削をおこなった。その資料の年代測定を山形大学高感度質量分析センターでおこなった結果、最深部で22,000年前であることがわかり、岩相から推定して、湿地の形成がおよそ2万数千年前である可能性がわかった。さらに、小国盆地出口の赤芝峡において崩壊が起こって天然ダムが出来た時、小国盆地が水没するかどうかのシミュレーションを行なった結果、赤芝峡東部が幅600m、高さ200m、奥行き57mの規模で崩壊が起こると、小国町役場まで浸水することがわかった。このような実習の活動を通して、生徒は、単純で困難な作業を通して、根気よく続けることで結果が付いてくることを実感できたのではないかなと思われる。また、小国盆地の地形・地質、および防災上の問題点などに関して、実感として理解が深まったと思われる。

来年度に関しては、2013年度にできなかった、横川・荒川の流量の観測地を用いた赤芝峡閉塞時の滞水の進行状況のシミュレーションとともに、小国盆地が過去に小国湖になったかどうかについても現地調査で明らかにしたい。

なお、本研究を進めるにあたって、株式会社土質リサーチ大里重人氏には、本研究におけるテーマのきっかけとなるヒントをいただいた。林野庁東北森林管理局置賜森林管理署には、管理地における掘削調査を快く許可いただいた。また、アジア航測株式会社千葉達郎氏には、国土地理院基盤地図情報数値標高モデル10mメッシュ5739-15を使用して赤色立体図を作成していただいた。さらに、山形大学高感度加速器質量分析センターには、AMS14C年代測定に関して便宜を図っていただいた。HDサンプラーの制作元である東邦地下工機株式会社石川太貴夫氏には、掘削機械の貸与および掘削作業に同行し指導をいただいた。記してお礼申し上げる。

文 献

産業技術総合研究所地質調査総合センター(編), 2012, 20万分の1日本シームレス地質図データベース(2012年7月3日版). 産業技術総合研究所研究情報公開データベース DB084, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

山形県教育委員会, 2009, 山形県中高一貫教育校設置構想, 14, <http://www.pref.yamagata.jp/ou/kyoiku/700013/kokokaikaku/tyukoikkan/comment/kousou.pdf>.

山形県立小国高等学校, 2013, 小中高一貫教育. <http://www.ygt-oguni-h.ed.jp/integratededucation.html>.

山路 敦・佐藤比呂志, 1989, 中新世における東北本州弧の沈降運動とそのメカニズム. 地質学論集, no.32, 339-349.