

北アルプス上高地・玄文沢源頭の西穂池における  
線状凹地埋積物（NSH-2018 コア）の層序と年代

**Geological description and chronological estimation of a drilling core recovered  
from Nishiho-ike linear depression on the upper Genbun-zawa basin,  
Kamikochi Valley, the northern Japanese Alps**

荻谷 愛彦	専修大学文学部環境地理学科
高岡 貞夫	専修大学文学部環境地理学科
齋藤 めぐみ	国立科学博物館

Yoshihiko Kariya	Department of Geography, Senshu University
Sadao Takaoka	Department of Geography, Senshu University
Megumi Saito-Kato	National Museum of Nature and Science

**要旨** 北アルプス南部・上高地西方の「西穂池」は、第四紀花崗閃緑岩の岩盤重力変形で生じた主稜線上の線状凹地に存在する小規模な水域である。西穂池を擁する線状凹地の地形発達過程および環境変化にかかわる議論に資する目的で、線状凹地底部においてハンドオーガーによる掘削を行った。その結果、長さ（深さ）210 cm に達するほぼ連続的な柱状コアの回収に成功した。このコアから7点の<sup>14</sup>C年代試料と3点のテフラ試料を採取し、年代モデルの構築や示準面の挿入を試みた。西穂池の周辺では4200 cal BP ころまでに凹地が形成された可能性があり、3500 cal BP ころ以降に植生が侵入して腐植や泥炭の集積が現在まで続いている。このコアは過去4200年間以上の斜面変動や植生変遷を論じるための重要な資料となる。

## 1. はじめに

山地の稜線には線状凹地や群列状の低崖が発達することがある。それらの成因は周氷河作用や差別侵食作用なども含め多様であるが、岩盤の重力変形による地層の局所的な褶曲や転倒、初期の地すべりを重要視する例が各地から報告されている（千木良，2013 など）。線状凹地や低崖群は山地の斜面上に質の異なる複雑かつ微小な環境構造を形成し、それを通じて複雑な生態系を発達させることがある（荻谷ほか，2013；高岡，2013 など）。しかし線状凹地や低崖群の発達メカニズムはもとより、形成にどの程度の時間が必要なのかや、形成が連続的なのか、断続（間欠）的なのかといった地形の形成過程に関する基本的な点についてさえ十分解明されているわけではない。

筆者らは、北アルプス上高地周辺の山稜に発達する線状凹地底の池沼や湿地に着目し、自然地理学や地形学の観点で地形発達史、植生史および生物自然史の復元に取り組んでいる。線状凹地やその埋積物の形成過

程を明らかにすることは、山体の重力変形過程や池沼など水域を含む斜面の環境変化過程と、それらに規定された動植物の分布や盛衰を解明する糸口になると考えられるからである。この研究の一環として、梓川右支・玄文沢源頭の線状凹地底に存在する「きぬがさの池」の埋積物について掘削を行い、凹地埋積物の層序と年代を明らかにした（荻谷・高岡，2019）。その後、同様の掘削を焼岳－西穂高岳を結ぶ稜線上にある線状凹地底の池（通称「西穂池」；図1，2）で行い、埋積物の層序と堆積年代を得た。きぬがさの池や西穂池の周辺では岩盤の重力変形が著しく、このことは玄文沢やそれに隣接する善六沢において完新世中期に起こった大規模斜面崩壊とも関連する可能性がある。本稿は、西穂池における掘削調査の結果を整理したものである。

## 2. 地域の概要

### 2.1 地形

西穂池周辺には皺状に変形した花崗閃緑岩の緩斜面が発達し、線状凹地や低崖群が随所に認められる（図1，2）。線状凹地や低崖群の発達は長期間におよぶ岩盤の重力変形によると考えられる。西穂池では上高地側

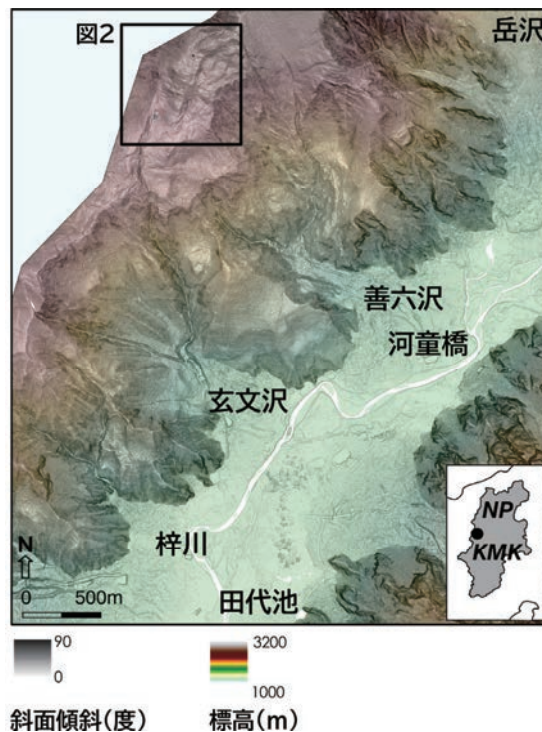


図1 研究対象地

国土交通省松本砂防工事事務所が取得した解像度1mのレーザプロファイラ測量データから作成した傾斜量段彩図。KMK：上高地，NP：長野県。荻谷・松四（2014）を改変。

（東側）の斜面で変形が特に著しく、玄文沢や善六沢の谷頭には重力変形の結果として生じたと考えられる斜面崩壊跡が多数認められる。原位置宇宙線生成核種（ $^{10}\text{Be}/^{26}\text{Al}$ ）を用いた編年では、玄文沢で 4200～5400  $^{10}\text{Be}$  BP、善六沢では 3200～4000  $^{10}\text{Be}$  BP に大規模な斜面崩壊が発生し、移送土砂が田代池付近と河童橋付近にそれぞれ到達した（荻谷・松四，2014；松四雄騎ほか未発表資料；図 1）。田代池付近に達した移送物質は塚状の流れ山を形成した。

本研究で対象とした線状凹地は西穂山荘の南西側にあり、その最低標高地点（北緯 36 度 15 分 53.7 秒，東経 137 度 37 分 2.4 秒，標高 2353 m）に小規模な池を伴う。この池の名称は国土地理院の地形図には記載されていないが，地元の人山岳関係者らに「西穂池」とよばれており，本稿でもそれを踏襲する。西穂池はほぼ通年湛水する広さ 4×2 m 程度，最大水深 0.2 m 程度の水域である。西穂池は明確な流入・流出水路をもたず，天水や地表流水，地下水で涵養され，地下の岩盤節理を通じて排水していると推定される。以下では，この線状凹地を「西穂池線状凹地（NHLD）」とよぶ。NHLD は北北西－南南東に長軸をもち，その長さは約 80 m である。長軸に直交する凹地開口部の横断幅は最大 20～30 m である（図 2）。

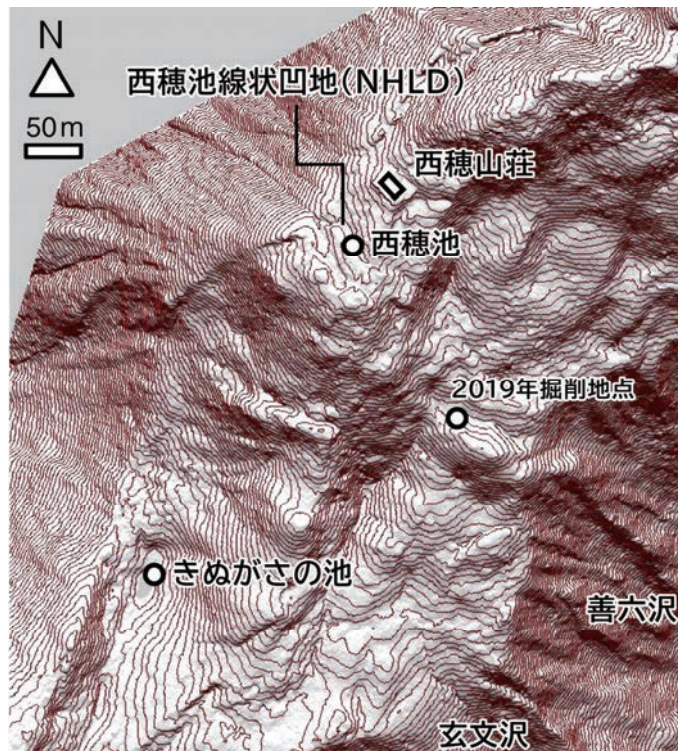


図 2 掘削地点（西穂池）とその周辺の詳細等高線図

国土交通省松本砂防工事事務所が取得した解像度 1 m のレーザプロファイラ測量データから作成。等高線間隔は 2 m。

## 2.2 地質

NHLDの一角は約140万年前に穂高カルデラ底に設置した第四紀滝谷花崗閃緑岩から成る(原山, 1990; 原山・山本, 2014)。同岩には節理が発達し、地表付近では深層風化によるマサ化が認められる。マサ化した岩盤からは、浅い斜面崩壊や流水運搬に伴って砂や礫が生産されることがある。

## 2.3 気候と植生

西穂池周辺では長期の気象統計が得られていない。同地の西約8kmにある気象庁アメダス観測点「栢尾」(標高765m)における1981~2010年の平年値から、気温減率を $6^{\circ}\text{C km}^{-1}$ として推定した西穂池付近の年平均気温は約 $0.0^{\circ}\text{C}$ 、年降水量は2000mm以上である。

西穂池周辺ではオオシラビソやコメツガを構成種とする亜高山帯針葉樹林が卓越し、ダケカンバやナナカマド、ミヤマハンノキなども確認される。水域の周囲は湿性草原となっており、ミズゴケ泥炭地が生じている(図3)。

## 3. 方法

### 3.1 掘削

2018年9月、ハンドオーガー(大起理化工業DIK-100A)と延長ロッド、および補助工具を西穂池まで人力輸送した。掘削地点は池の南東岸で、水域から約1m離れたミズゴケ泥炭地とした(図3)。その結果、ほとんど欠落がない長さ(深さ)210cmの柱状コア(NSH-2018)を回収できた。



図3 西穂池(NSH-2018掘削地点)

### 3.2 コアの記載

柱状試料を現場でビニールパイプに移し、表面を整形した。次に、コアを半割して粒度や堆積(土壌)構造、土色、火山砕屑物(テフラ)の有無、化石などを詳しく記載した。土色は「新版標準土色帖」で判定した。

### 3.3 年代測定およびテフラ同定の試料

NHLD 埋積物の年代を決めるため、NSH-2018 から大型植物遺体（枝葉や球果の破片など）や腐植質シルトを採取した。

年代試料の前処理と年代測定は加速器分析研究所に委託した。同社における処理の概要は以下のとおりである。①ピンセットを用いて碎屑物や根などの不純物を物理的に除去する。②大型植物遺体では酸-アルカリ-酸処理で試料の不純物を化学的に除去する。この処理では 1mol/l (1M) の塩酸を用いる。アルカリ処理では水酸化ナトリウム水溶液を使い、0.001~1M まで濃度を徐々に上げて処理する。③酸処理またはアルカリ処理後の試料を超純水中で中性になるまで希釈し、乾燥させる。④アルカリ濃度が 1M に達した場合は「AAA」処理、1M 未満の場合は「AaA」処理と表記する。⑤腐植質シルトは試料をすりつぶした後、1M 塩酸で酸処理のみ行う。

処理後の試料について、同社の加速器により  $^{13}\text{C}$  濃度の測定と  $^{14}\text{C}$  の計数を行った。 $^{14}\text{C}$  の半減期は 5568 年とし、測定値に同位体分別補正を施して  $^{14}\text{C}$  年代 (1 $\sigma$ ) を計算した。 $^{14}\text{C}$  年代は IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013) と OxCal (Bronk Ramsey and Lee, 2013) により、AD (CE) 1950 年を基点とする暦年 (cal BP; 2 $\sigma$ ) に較正した。

現地では肉眼で識別可能なテフラ粒も採取した。テフラ試料は専修大学環境地理学科の実験室で処理した。手順は次のとおりである。①テフラ粒に付着した腐植物を除去するため、10%過酸化水素水による超音波洗浄を行った。②残渣を十分水洗し、恒温槽で乾燥させた (60°C, 24 時間)。③倍率 20 倍以下の実体顕微鏡で斑晶鉱物や火山ガラスを観察した。

この他、将来的な微化石分析に備えるため、地表から深度 10 cm ごとに容積 50 cc 程度の試料を合計 21 点採取した。

## 4. 結果および考察

### 4.1 コアの層相と層序

NSH-2018 の記載結果を表 1 に、柱状図を図 4 に示す。層序と層相は下位からおおむね次のように変化し、その特徴から 4 帯に区分される。

N1 帯：170~210 cm：粗粒砂や細礫を主とする礫層。腐植物や炭化物をほとんど含まない。210 cm 以深は花崗閃緑岩の破片のみが回収される。210 cm 以下は風化基盤岩か、コア径 (約 3 cm) 以上の大きさの礫から成ると推定される。

N2 帯：160~170 cm：粗粒砂や細礫を含むシルト層を主とする。腐植物や炭化物の含量がわずかに増加する。163 cm 付近に斜長石を主とする火山灰の極小パッチを認める。

N3 帯：31~160 cm：分解良好な泥炭層や腐植質シルト層を主とする。大型植物遺体を多産する。40~41 cm に顕著な砂層を挟む。123~125 cm にガラス質火山灰層を挟み、114~115 cm にガラス質火山灰の微小なパッチを含む。

N4 帯：0~31 cm：砂や大型植物遺体を含む未分解泥炭および腐植質シルト層を主とする。

表 1 NSH-2018 の地質記載

深度(層厚):cm	粒度や組成, 化石, その他の特徴など	土色	局地堆積相
地表	西穂池南岸; 水域から約 2 m離れたミズゴケ泥炭地; 掘削時多湿		
0~10(10)	未分解泥炭; PMF(大型植物遺体)に富む; 多湿	5YR2/3	N4
10~16(6)	未分解泥炭; PMF に富む; 根系が発達する	7.5YR2/2	
16~16.5(0.5)	花崗閃緑岩起源の中粒砂	nd	
16.5~25(8.5)	未分解泥炭; やや砂質	10YR4/3	
25~31(6)	未分解泥炭; やや砂質	7.5YR2/2	
31~40(9)	腐植質シルト; 木片や PMF を含む; やや砂質	10YR2/3	N3
40~41(1)	花崗閃緑岩起源の優白色粗粒砂	nd	
41~90(49)	腐植質シルト; 多量の PMF 含む	10YR2/2~3	
90~100(10)	腐植質シルト; 多量の PMF 含む; 土色が上下と異なる	7.5YR3/2	
100~105(5)	腐植質シルト; 多量の PMF 含む; 土色が上下と異なる	7.5YR4/2	
105~114(9)	腐植質シルト; 多量の PMF 含む; 土色が上下と異なる	7.5YR3/2	
114~115(1)	細粒砂サイズのパッチ状テフラ粒子(火山ガラス, 斜長石, 岩片, 角閃石)	nd	
115~123(8)	腐植質シルト; 多量の PMF 含む	7.5YR3/1	
123~125(2)	細粒砂サイズのテフラ粒子(火山ガラス, 斜長石, 岩片, 角閃石)	nd	
125~160(35)	腐植質シルト; PMF 含む	7.5YR3/1	
160~163(3)	砂質シルト; 粗粒砂や細礫含む; PMF まれ	10YR3/4	N2
163(パッチ)	細粒砂サイズのパッチ状テフラ粒子(斜長石, 輝石)	nd	
163~170(7)	砂質シルト; 粗粒砂や細礫含む; PMF まれ	10YR3/4	
170~187(17)	粗粒砂・細礫; PMF 含まない	2.5Y5/~6/	N1
187~210(1)	粗粒砂・細礫; PMF 含まない; 酸化鉄の濃集層か?	7.5YR5/4~6	

#### 4.2 コアの年代モデル

採取した大型植物遺体と腐植質シルト(合計7層準から試料7点)の<sup>14</sup>C年代とその暦年較正値を表2に示す。試料間で層位的な年代逆転や矛盾はなく、適正な結果を得たと判断される。これらの年代値をプロットした深度-年代モデルを図5に示す。ただし、図5には2017年に「きぬがさの池」で回収した柱状コア(KNG-2017)の深度-年代モデルも示してある。

上記のように、NSH-2018は主に層相(堆積相)に基づき4帯に区分される。深度-年代モデルから、4帯の堆積年代は、おおよそ次のように推定される。

N1帯: 4200 cal BP 以前

N2帯: 3500~4200 cal BP

N3帯: 324~3500 cal BP

N4帯: 0~324 cal BP

ただし170 cm以深については、<sup>14</sup>C年代測定可能な試料が採取できなかったため堆積年代の詳細は不明である。また図5において単純に堆積速度を外挿すると、NSH-2018コアの基底付近の堆積年代は9000~10000 cal BP前後となるが、その有効性は不明である。さらに、NHLDで掘削したコアは現時点でNSH-2018のみであり、この線状凹地の初生成年代は約9000~10000 cal BPより古い可能性もある。

表 2 NSH-2018 の  $^{14}\text{C}$  年代値と暦年較正

採取深度 (cm)	試料種	前処理	$^{13}\text{C}$ (‰, 1 $\sigma$ )	$^{14}\text{C}$ 年 (y BP, 1 $\sigma$ )	暦年較正值 (2 $\sigma$ ; cal BP) とその確率分布 (%)	測定番号 (IAAA)
16.5-17.5	PMF (葉)	AAA	-25.63 $\pm$ 0.26	98 $\pm$ 22	260-221 (26.1) 141-25 (69.3)	181309
40-41	PMF (枝?)	AAA	-25.44 $\pm$ 0.18	342 $\pm$ 21	480-420 (35.4) 412-315 (60.0)	181310
75-76	PMF (葉)	AAA	-25.27 $\pm$ 0.20	1262 $\pm$ 21	1275-1176 (95.4)	181311
115-116	PMF (枝?)	AAA	-21.46 $\pm$ 0.26	2196 $\pm$ 23	2310-2146 (95.4)	181312
125-126	PMF (葉)	AAA	-26.42 $\pm$ 0.23	2161 $\pm$ 22	2305-2235 (44.4) 2184-2101 (48.1) 2085-2064 (2.9)	181313
163-164	腐植質シルト	HCl	-25.14 $\pm$ 0.21	3297 $\pm$ 25	3577-3458 (95.4)	181314
169-70	腐植質シルト	HCl	-25.35 $\pm$ 0.19	3812 $\pm$ 26	4292-4143 (88.7) 4124-4093 (6.7)	181315

試料種の PMF は大型植物遺体を示す。前処理法は次のとおり。AAA：酸-アルカリ-酸処理法でアルカリ処理濃度が 1M 以上。AaA：酸-アルカリ-酸処理法でアルカリ処理濃度が 1M 未満。HCl：塩酸処理。詳細は本文参照。暦年較正には OxCal 4.2 と較正曲線 IntCal13 (Bronk Ramsey and Lee, 2013; Reimer *et al.*, 2013) を用いた。

### 4.3 テフラの同定

深度 123~125 cm には細粒砂サイズのテフラ層が挟まれる。それらは発泡不良な塊状火山ガラスと、斜長石および角閃石の斑晶と岩片を主とする。いずれの粒子も鋭利な形状を示し、摩耗や淘汰を受けた痕跡がない。このテフラ層の直下の試料 (125~126 cm) から 2305~2235/2184~2101/2085~2064 cal BP が、上位の試料 (115~116 cm) から 2310~2146 cal BP が得られている (表 2)。これらの情報に基づく、このテフラ層の堆積年代は約 2060~2300 cal BP ころである。

火山ガラスの形状や斑晶鉱物、テフラ粒の粒径、層厚および年代からみて、本テフラ層は焼岳火山で約 2300 cal BP に噴出したとされる焼岳-中尾テフラ群のうち、火山ガラスを主とする Ykd-TNkb (及川ほか, 2002) に同定される。きぬがさの池で掘削した KNG-2017 でも Ykd-TNkb が検出されていたが、西穂池でも同テフラが確認されたことで、同テフラは荻谷・高岡 (2019) の予想どおりさらに北側に拡散していたことが明らかとなった。また NSH-2018 の上位 (114~115 cm) のガラス質火山灰のパッチは細粒砂サイズの粒子 (火山ガラス、斜長石、岩片、角閃石) から成り、Ykd-TNkb の再堆積物と考えられる。

他方、163 cm 付近に介在するテフラ層はその直下の試料 (163~164 cm) から 3577~3458 cal BP が、さらに下位の試料 (169~170 cm) から 4292~4143/4124~4093 cal BP が得られていることから 3500~4000 cal BP 前後のテフラ粒子と推定される。このテフラのパッチが一次堆積物か二次堆積物かは現時点で判定できない

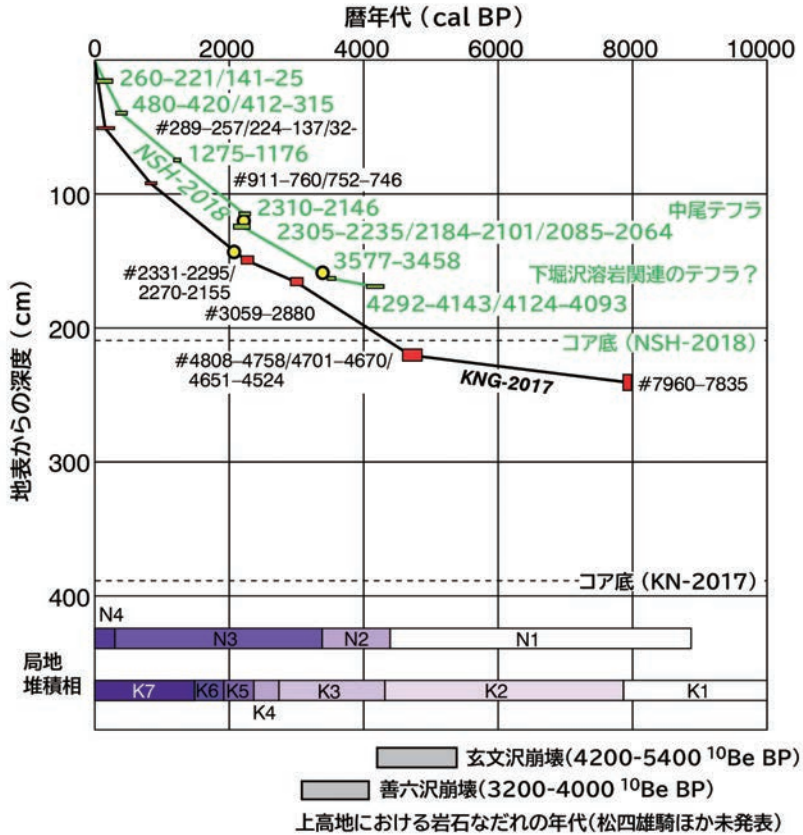


図 5 NSH-2018 の深度-年代モデル

きぬがさの池で掘削した KNG-2017 の深度-年代モデル (荻谷・高岡, 2019 を改変) も併記. 年代値に#を付したものは KNG-2017 の暦年校正 s 値. 図の下部に両コアの局地堆積相区分を示す.

が, 約 4000 cal BP に生じた焼岳下堀沢溶岩流の流出 (及川, 2002) に関係した噴火イベントに因む可能性がある.

#### 4.4 線状凹地の地形変化・環境変化

NSH-2018 の地質記載とその解釈および編年に基づく, 地形発達や環境変化に関する以下の推定が可能となる.

NHLD は 4200 cal BP ころにすでに存在し, 凹地底部に砂や礫を堆積させていた. 上述のように, NHLD の南に谷頭をもつ玄文沢や善六沢では, 4200~5400 <sup>10</sup>Be BP や 3200~4000 <sup>10</sup>Be BP に大規模斜面崩壊が発生し, 移送物質が梓川の河床まで達している. NHLD はこれらの崩壊に関係して初生的に生じたか, または既存の線状凹地がそれらの崩壊を契機に拡大したか, いずれかの可能性が示唆される.

その後, NHLD では 3500 cal BP ころから泥炭や腐植の集積が始まったと考えられる. NSH-2018 掘削地点



は線状凹地の長軸中心付近に位置し、凹地の最深部分、すなわち埋積物が当初から形成されて最も厚い部分でコアを回収できた可能性が高い。このため、NHLDにおける泥炭や腐植の集積開始時期が3500 cal BPより大きく遡る可能性は低いと判断される。

きぬがさの池では、KNG-2017における堆積相区分のK3帯（荻谷・高岡，2019）で示される2590～4260 cal BPころより腐植の集積が本格的に始まった（図5）。年代の合致からみると、NHLDでもその時代に植生が侵入し、泥炭や腐植の集積が始まった可能性がある。そのような環境変動は気候変化か地形変化、あるいはそれらの両方が影響したと推察される。ただし、荻谷・高岡（2019）が指摘したように、北アルプスの高山帯では完新世前期に斜面へ植生が侵入して腐植質土層や泥炭層が生成された事例が多いのに対し、きぬがさの池や西穂池の周辺においてそうした環境変化が遅れて生じた理由は今後検討する余地がある。なお、NSH-2018では、KNG-2017で観察されたような厚い砂層がほとんど介在しない。NHLDを取り囲む斜面は約3500 cal BP以降、ほとんど安定していたとみられる。

## 5. まとめ

上高地周辺の稜線上に形成された線状凹地とそれに伴う池沼の起源や発達過程、環境変動を論じるための基礎資料を得る目的で、玄文沢・善六沢上部に存在する「西穂池」の線状凹地（NHLD）において埋積物を掘削した。この結果、約4200 cal BPに達する長さ（深さ）210 cmの柱状コア（NSH-2018）を回収でき、層相や層序の記載と年代測定、テフラ分析を行った。

層相などの違いから、NHLDの埋積物は4帯に区分された。それらは完新世中期に腐植物をほとんど含まない碎屑物が累重した状態から始まり、約3500 cal BP以降に次第に腐植物を含むようになり、現在のミズゴケ泥炭地に集積する未分解泥炭に移行してきたと判断される。このような凹地埋積物の変化は、完新世中期（それ以前を含む可能性もある）から現在に至る斜面環境の変化を示している。

筆者らは、NHLDより斜面下方に位置する善六沢源頭の別の線状凹地でも2019年9月に掘削を行った（図2）。ここでは約4500 cal BP以降の線状凹地埋積物が回収できており、現在解析を進めているところである。

## 謝辞

本研究の遂行と成果のとりまとめに科研費（17H02033，17H02029）および平成30年度専修大学長期在外研究員制度の研究費を用いた。現地の掘削では小塚朋子さん（(株)日さく，元専修大学環境地理学科），塙清楓さん・木村恵樹さん（専修大学学部生），栗澤徹さん（西穂山荘），鈴木啓助さん（信州大学理学部教授）から多大な協力を得た。掘削と試料採取は関係機関から許可を得て実施した。ここに記して、各位に御礼申し上げます。

## 参考文献

Bronk Ramsey, C. and Lee, S. (2013) Recent and planned developments of the program OxCal. Radiocarbon, 55, 2-3, 720-730. DOI: 10.2458/azu\_js\_rc.55.16215.

千木良雅弘（2013）風化と崩壊——第3世代の応用地質。204p，近未来社。

- 原山 智 (1990) 上高地地域の地質 (地域地質研究報告 5 万分の 1 地質図幅). 175p, 地質調査所.
- 原山 智・山本 明 (2014) 「槍・穂高」名峰誕生のミステリー——地質探偵ハラヤマ出動. 350p, 山と溪谷社.
- 苅谷愛彦・高岡貞夫・佐藤 剛 (2013) 北アルプスの地すべりと山岳の植生. 地学雑誌, 122, 768-790.
- 苅谷愛彦・松四雄騎 (2014) 細密地形データからみた上高地の崩壊地形. 地図中心, 507, 10-13.
- 苅谷愛彦・高岡貞夫 (2019) 北アルプスの稜線上に形成された線状凹地の埋積物: 「きぬがさの池」の事例. 専修自然科学紀要, 50, 1-10.
- 及川輝樹 (2002) 焼岳火山群の地質: 火山発達史と噴火様式の検討. 地質学雑誌, 108, 615-632.
- 及川輝樹・奥野 充・中村俊夫 (2002) 北アルプス南部, 焼岳火山の最近約 3000 年間の噴火史. 地質学雑誌, 108, 88-102.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T. J., Hoffmann, D. L., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Staff, R. A., Turney, C. S. M., and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. Radiocarbon, 55, 1869-1887. DOI: 10.2458/azu\_js\_rc.55.16947
- 高岡貞夫 (2013) 地すべりが植生に与える影響: 特に長期的な視点からの研究の意義について. 植生学会誌, 30, 133-144.