

小氷期最寒冷期と巨大噴火・津波がアイヌ民族に与えた影響 II

添田雄二・青野友哉・永谷幸人・渋谷綾子・中村賢太郎・菅野修広・松田宏介・三谷智広・宮地 鼓・渡邊 剛・甲能直樹

Key Words 小氷期 (Little Ice Age)、噴火 (Eruption)、津波 (Tsunami)、アイヌ民族 (Ainu)、伊達市 (Date city)

1 はじめに

15世紀から20世紀初頭までは、小氷期 (Little Ice Age) と呼ばれる世界的な寒冷期で、過去1万2000年間を通じて最大の寒冷期であった (例えば、Esper *et al.* 2005; 小泉 2011)。また、特に寒冷であった17、19世紀は天候不順によって凶作や飢饉が起こり、北半球を中心に数十万～数百万人が死亡したとされている (宮原 2014)。一方、17世紀の北海道では巨大噴火・津波が頻発しており (添田ほか 2004; 添田 2012)、松前藩関連の古文書 (例えば、『松前年々記』) からは蝦夷地においてアイヌ民族に多数の死者が出ていたことが読み取れる。しかし、その記録は断片的なものであり、また、当時のアイヌ民族は文字による記録を残していないため、大規模自然災害を含めた当時の詳細な環境とその影響については古文書から正確に読み取ることができない。そこで我々は、これらの巨大噴火・津波に被災した遺跡を発掘して当時の生活を明らかにすると同時に、複数の科学分析から古環境 (小氷期と巨大噴火・津波の実態) を復元し、それらがアイヌ民族へ与えた影響を明らかにすることを目的とする研究を2010 (平成22) 年からスタートさせ (JSPS科研費20720215および23720391)、北海道では太陽活動が低下したマウンダー極小期 (1650～1715年) に重なる17世紀中頃に特に寒かったことなどを明らかにした (例えば、添田ほか 2013)。これをふまえて、2015 (平成27) 年度からは、17世紀中頃の遺構 (貝塚、畑跡)・遺物を含み、かつ学術発掘が可能な伊達市のカムイタプコプ下遺跡を調査の対象とする新たな研究課題「小氷期最寒冷期と巨大噴火・津波がアイヌ民族へ与えた影響 (JSPS科研費15H03272)」に着手した。

本研究課題の期間は4年間であり、期間中に計画している調査内容は、(1) カムイタプコプ下遺跡を発掘しアイヌ民族の生活を明らかにする、(2) 貝塚出土貝類

を用いた安定同位体および微細成長縞分析によって小氷期最寒冷期を含めた数十年間の気候を詳細に復元する、(3) 畑跡の土壌を用いた残存デンプン粒、花粉・種子分析から栽培作物を特定する、(4) 植物珪酸体分析 (笹属の変遷) から積雪量を復元しアイヌ民族への影響を推定する、(5) 噴火湾沿岸を中心とする近世貝塚出土の冷水系哺乳類骨 (セイウチやラッコなど) の年代測定を行い、小氷期および千島海流強勢期との関係を調べ、猟への影響を探る、(6) カムイタプコプ下遺跡および周辺の地質調査から巨大噴火 (火砕サージ)・津波の実態を復元し被災状況を明らかにしつつ火砕サージの熱で炭化した作物の有無を確認する、の6つである。

本稿では、このうち、(1)～(2)に関連して実施した平成28年度の調査結果を速報する。

2 カムイタプコプ下遺跡の発掘調査

(1) カムイタプコプ下遺跡

伊達市カムイタプコプ下遺跡が立地している有珠地区は、北海道南西部噴火湾沿岸の伊達市北端に位置する (図1)。同地区には、約2万年前に有珠山が噴火・崩壊した時に流れ落ちた「善光寺岩屑なだれ堆積物」によって形成された大小様々な流れ山 (堆積丘) が多数点在し (藤根ほか 2016)、本遺跡は、有珠湾の南南東約150mにある流れ山間の低地 (標高3.27～4.01m) に位置する。

本遺跡で見られる基本的な地質層序は、下位から砂丘砂 (層厚30cm+)、黒色有機質土壌 (層厚約20cm)、1663年の有珠山火山灰 (層厚約25cm+、以下Us-b)、表土 (層厚約30cm) で、このうち黒色有機質土壌の上部には1640年の駒ヶ岳噴火津波の痕跡、すなわち津波堆積物 (層厚6～8cm、白色の細粒～中粒砂層) が挟在し、その直上にはレンズ状に駒ヶ岳火山灰 (以下、Ko-d) が分布する。この1640年の駒ヶ岳噴火は、火山

爆発度指数5とされる数百年に1度の爆発的大噴火であり、崩壊した山体が海へ流れ込んで巨大津波が発生して噴火湾沿岸を襲ったため、その痕跡が遺跡中に津波堆積物として確認されるものである。また、1663年の有珠山噴火も火山爆発度指数5であり、これらの巨大噴火による2層のイベント堆積物は、本遺跡において遺構や遺物の年代を北海道の小氷期最寒冷期を含む1640～1663年に絞り込むための重要な鍵層となっている。

これまでの発掘調査（例えば、添田ほか 2014）では、調査区の1および2から、1640年以前のチセ址（住居）と同時期の貝塚及び1640～1663年に限定できる畑跡などを確認しており（図2）、チセ址の存在によって、本遺跡が、和人もいた有珠において確実にアイヌ民族の遺跡であることが判明している。

(2) 発掘調査成果

今年度の発掘は10月13日と17～22日に行い、平成27年度の検土杖調査によって特定した貝塚と畑跡（添田ほか 2016）を対象とし、①微細成長縞解析および安定同位体分析用の貝のサンプリング、②畑跡の調査により栽培作物の特定につながる作物痕の確認と炭化種子やデンプン粒分析資料のサンプリング、の2つを主目的とした。調査区は1区の北側を「3区」、北東側を「4区」とした（図2）。発掘面積は約60㎡となった。

3区（4m×14m）では畑跡の確認を行った。その結果、1640年の津波堆積物と1663年のUs-bに挟まれた畑跡（畝10列、畝間11列）が確認された。畑跡は畝の心間距離が約1mの広畝で、今回の調査範囲内ではすべて東西方向を長軸として作られていた（図2～4）。また、北側の6列はUs-b除去後の畝と畝間の比高差が約20cmと高く、畝の肩がやや張った形状であることから、南側の4列に比べて新しいと判断された。さらに、全ての畑跡で畝部分（畝頂部から数cm下部）に津波堆積物（白色の砂）が約3～5cm堆積しており、層位が乱されていないという特徴が見られた。このことは、畝上に栽培された作物の痕跡を見つけ出すには好都合であるため、今回の調査では作物痕の確認と記録の方法を確立することを目標にした。そのため、今年度は比較的古い畑跡である南側の畝を用いた実験的な発掘を行い、来年以降に北側の畝で本格実施することとした。

作物の痕跡を見つけ出す具体的な方法として、①Us-bを除去後、畝の長軸に直行するサブトレンチを設けて土層の確認を行う、②畝上を徐々に平面的に掘り下げ、色調の変化で直径5～10cmの円形のプランが確認できた場合は半截した断面を任意の幅で残して、周囲を津波堆積物の上面まで掘り下げる、作業を順に行った。これにより、白色の砂の中で作物痕ないしは他の掘り込

みを確認でき、畝上の位置や規則性を勘案して作物痕か否かを判断した。作物痕の可能性が高いと考えられた1例については、筆者の一人である渋谷が土壌を採取し残存デンプン粒分析を実施した。これについては3章で述べる。

次に、北東側の4区（2×2m）からは、1640年のKo-dおよび津波堆積物の直下に貝塚（SM003）を確認した（図5）。貝層は調査区全面に見られ、厚さは約10cmとこの時期の貝層にしては厚く、灰層も確認された。貝種はアサリが主体で、イガイ類やウバガイとウチムラサキガイも出土した。ウバガイとウチムラサキガイについては、安定同位体および微細成長縞分析に耐えうるより長寿命な大きな個体も発見することができた。そのほか、海生哺乳類や魚類（未同定）も多くみられる。また、貝層からは鹿角を彫刻したキテ（鉦頭）の破片が出土している（図6）。なお、この貝塚は、平成27年度の検土杖調査で確認した際には、貝層の上位に1640年のKo-dおよび津波堆積物が確認されていなかった（添田ほか 2016）。そのため、1640～1663年に作られた貝塚である可能性が高いと判断し発掘調査を実施したものである。発掘調査によって、貝層上部の窪みに津波堆積物が堆積していることが判明し、この貝塚が1640年以前に作られたものであることが明らかになった（貝塚の詳細な年代については、次節で述べる）。

(3) 貝塚の放射性炭素年代測定結果について

上述のように、今年度の調査では、4区において1640年の津波堆積物の直下に貝塚が確認された。貝塚の形成が1640年以前のいつ頃まで古くなるか確認するために、貝塚から出土した哺乳類骨と炭化材を試料として、加速器質量分析法（AMS法）による放射性炭素（ ^{14}C ）年代測定を行った。

1) 試料と方法

貝塚最上部層から2点、最下部層から2点、計4点の試料を採取した（表1）。なお、4区の平面は、東西と南北の軸で4つの方形に区画され、北東から時計回りに①～④の番号が振られた。試料取り上げの際に、①～④の区画に従って平面位置を記録した。

貝塚最上部層のPLD-32881は陸生大型哺乳類（未同定）の四肢骨破片、同じく最上部層のPLD-32882は部位不明の炭化材（針葉樹）である。貝塚最下部層のPLD-32883は最終形成年輪の残る炭化材（広葉樹）、同じく最下部層のPLD-32884は部位不明の炭化材（未同定）である。測定試料の情報、調製データは表1のとおりである。試料は調製後、加速器質量分析計（パレオ・ラボ、コンパクトAMS：NEC製 1.5SDH）を用いて測

定した。得られた ^{14}C 濃度について同位体分別効果の補正を行った後、 ^{14}C 年代と暦年代を算出した。 ^{14}C 年代(yrBP)の算出には、 ^{14}C の半減期としてLibbyの半減期5568年を使用した。

2) 結果と考察

表2に測定結果を、図7に暦年較正結果の比較をそれぞれ示す。暦年較正とは、大気中の ^{14}C 濃度が一定で半減期が5568年として算出された ^{14}C 年代に対し、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中の ^{14}C 濃度の変動、および半減期の違い(^{14}C の半減期 5730 ± 40 年)を較正して、より実際の年代値に近いものを算出することである。暦年較正に用いた年代値は下1桁を丸めていない値であり、今後暦年較正曲線が更新された際にこの年代値を用いて暦年較正を行うために記載した。また、付記した ^{14}C 年代誤差($\pm 1\sigma$)は、測定の統計誤差、標準偏差等に基づいて算出され、試料の ^{14}C 年代がその ^{14}C 年代誤差内に入る確率が68.2%であることを示す(中村 2000; Bronk 2005)。 ^{14}C 年代の暦年較正にはOxCal4.2(較正曲線データIntCal13: Reimer *et al.* 2013)を使用した。なお、 1σ 暦年代範囲は、OxCalの確率法を使用して算出された ^{14}C 年代誤差に相当する68.2%信頼限界の暦年代範囲であり、同様に 2σ 暦年代範囲は95.4%信頼限界の暦年代範囲である。カッコ内の百分率の値は、その範囲内に暦年代が入る確率を意味する。グラフ中の縦軸上の曲線は ^{14}C 年代の確率分布を示し、二重曲線は暦年較正曲線を示す。これら較正暦年代と層序を合わせて、貝塚の形成年代について考察する。

まず、貝塚形成の末期に相当する、最上部層から出土した陸生哺乳類骨PLD-32881の年代は1640年頃と1500年代半ば前後と大きく2つの暦年代範囲を示した。また、同層から出土した部位不明の炭化材PLD-32882は1600年前後と1500年前後と大きく2つの暦年代範囲を示した。これらが示す2つの暦年代範囲について4区の北壁に見られた層序をもとに検証を試みると、まず貝塚とその直上の津波堆積物(1640年)との間には土壌が見られないことから、貝塚形成の末期は1640年に近いことが推定される。また、津波堆積物(1640年)とその上位のUs-b(1663年)との間には土壌がみられ、その厚さは薄いところでも1cm程度あることから(図8・9)、カムイタプコブ下遺跡は23年間で1cm程度は土壌が形成されうる堆積環境にあったと推定できる。ここで、貝塚最上部の形成年代(貝塚形成の末期)を陸生哺乳類と炭化材が示した暦年代範囲のうち古い範囲である1500年代半ば前後や1500年前後と考えた場合に、貝塚最上部(貝塚形成末期)と津波堆積物(1640年)の間には数十年あるいは100年超の時間経過を示す厚さ4~5cmの土

壌の堆積があることになるが、それは見られない。したがって、貝塚形成の末期は、陸生哺乳類と炭化材が示した暦年代範囲のうち、新しい範囲である1600年前後~1640年頃と考えられる。

次に貝塚の形成開始時期について貝塚最下部層から出土した試料の年代測定結果をもとに考察する。本層から出土した最終形成年輪の残る炭化材PLD-32883は1600年前後と1500年前後と大きく2つの暦年代範囲を示した。もう1点、部位不明の炭化材PLD-32884は1600年代前半と1500~1600年前後と大きく2つの暦年代範囲を示したが、部位不明であるため古木効果によってある程度古い暦年代範囲を示している可能性があることから、議論の対象からは外す。なお、貝塚最上部層と最下部層との間には灰に富む層が堆積している。本層は有機質に乏しく、長期間地表であったとは考えにくい。これをふまえて炭化材PLD-32883が示した暦年代範囲に注目し、貝塚最上部層と最下部層との時間差がそれほどないとすれば、1600年前後が貝塚形成の開始期である可能性が考えられる。

以上をまとめると、4区の貝塚は、1600年前後~1640年頃に形成された可能性が考えられる。なお、本貝塚は断面の状況から発掘区(2×2m)の外にも延長していることは確実で、その全体の規模(厚さや分布範囲)が確認できたわけではないため、今後、例えば集落構造の把握をしていく上では貝塚全体を発掘し周囲の遺構との関係を明らかにすることが必要である。

3 畑跡の残存デンプン粒分析

(1) 土壌試料と分析方法

今回の調査で新たに確認された畑跡のうち、南側の畑跡の畝で確認された作物痕の可能性が高い痕跡(図10・11)から土壌試料を採取し、栽培種を特定する目的で残存デンプン粒分析を行った。対象とした土壌は、a: 痕跡上部(Us-b)、b: 痕跡底部、c: 痕跡と隣接する層との境界部分、d: 痕跡と隣接する層との境界部分(cの反対側)、e: 痕跡中央部、f: 痕跡に隣接しない自然堆積層、という6箇所である(図12)。それぞれ約1cm四方の量を採取し、国立歴史民俗博物館で分析を行った。

土壌の残存デンプン粒分析では、しばしば花粉分析と同様の重液分離によるデンプン粒の抽出が行われている(Fullagar *et al.* 1998; Therin *et al.* 1999; Torrence 2006; Zarrillo & Kooyman 2006)。しかし、遺跡土壌に元来含まれているデンプン粒を量的に復元することは現在でも難しい課題である(Torrence 2006)。本分析では、試料中のデンプン粒に何ら影響を与えず、かつ可

能な限りあまねく抽出することを目的として重液分離は行わず、精製水を添加するのみで分析を行った。

試料a～eはそれぞれ試料チューブ3本ずつに各299～300mgを取り分けた。残りの試料は再検討に用いるため、国立歴史民俗博物館で保存している。取り分けた試料に精製水を各160ml添加し遠心（10000rpm, 1分）、試料8 μ lを水性封入剤（グリセロール・ゼラチン、屈折率1.46～1.48）8 μ lで封入し、試料1点につき2枚のプレパラートを作製した。スライドガラスやカバーガラス、封入剤の汚染の有無を確認するため、試料を入れないブランクスライドも作製した。

作製したプレパラートは、光学顕微鏡（Olympus BX53-33Z、簡易偏光装置付）を用いて、接眼レンズを10倍、対物レンズを10～40倍、総合倍率100～400倍の視野条件で、簡易偏光装置の直交・開放双方のニコル（偏光・複屈折特性を観察する状態）で観察し、顕微鏡カメラ（WRAYCAM-G500）で写真記録を行った。

(2) 残存デンプン粒の検出結果

分析の結果、痕跡上部aのUs-bから1個、痕跡の底部bから3個、中央部eから1個、残存デンプン粒を検出した（図12）。痕跡上部aから検出したデンプン粒（図12（1））はやや角張った楕円形、縦径13.2 $\times$ 横径23.29 μ mであり、偏光十字（十字状の暗線）は形状が膨張してすでに不明瞭化している。同じaの試料にはこのデンプン粒以外に、細胞組織の微細な断片のような他の植物性物質は一切含まれていなかった。そのため、このデンプン粒は痕跡部の土に元来含まれていたというよりも、むしろ上の層から流入した可能性が高いと考える。

痕跡底部bのデンプン粒3個はいずれも外形、粒径、偏光十字の形状などの形態学的特徴が異なる。図12（2）のデンプン粒は円形で縦径31.20 $\times$ 横径29.31 μ mであり、偏光十字は膨張して形状が不明瞭となっている。このデンプン粒は青色色素の沈着が見られ、層紋（粒芯を中心とした同心円状の層状構造、半結晶ラメラ構造）も確認できる（図12（2）a）。青色をおびたデンプン粒は現生植物のデンプン粒では確認できず（渋谷 2009）、埋没中に土壌中のヨウ素などが沈着した可能性が高いため、このデンプン粒は現代のコンタミネーションではないと考える。同じ痕跡bから検出した図12（3）のデンプン粒は、円形で縦径15.46 $\times$ 横径15.56 μ m、偏光十字は垂直に交わる形状を示す。同じく、図12（4）のデンプン粒は楕円形、縦径49.48 $\times$ 横径38.93 μ m、偏光十字は不明瞭だが縦X字状に交差している。これら3個のデンプン粒はいずれも、1640年の駒ヶ岳噴火津波の堆積物と1663年のUs-bの間に位置する痕跡の底部bから検出したものである。特に、図12（2）は現代のコンタミネー

ションではないことが確実である。したがってこれらは、作物自体に由来するデンプン粒、もしくは1640～1663年の畑の土に元来含まれていたデンプン粒という2通りの解釈が成り立つ。

痕跡中央部eから検出したデンプン粒（図12（5））は膨張・分解し、偏光十字も消失しており、完全に原形をとどめていなかった。このデンプン粒も、痕跡底部bから検出した3個と同じく、作物に由来するデンプン粒、もしくは畑の土に元々含まれていたデンプン粒、という2通りが考えられる。

(3) 残存デンプン粒の候補植物

次に、検出デンプン粒の由来植物を検討する。痕跡上部aから検出した楕円形のデンプン粒は、偏光十字、形成核（粒芯の中央部で偏光十字が交差する箇所）がまったく不明であり、現段階では植物種を特定することが非常に困難である。痕跡中央部eのデンプン粒も原形をとどめていないため、植物種の特定は困難である。これらのデンプン粒の種は不明とする。

痕跡底部bから検出したデンプン粒のうち、図12（2）・（3）の候補となる植物は、カブ*Brassica rapa* var. *glabra*やダイコン*Raphanus sativus* var. *longipinnatus*、ワラビ*Pteridium aquilinum*が挙げられるが、痕跡の平面と断面の形状からはワラビ根茎の可能性は非常に低く、カブやダイコンなどの根菜類の可能性が考えられる。ただし、現生デンプン粒標本とのさらに詳細な比較が必要であり、検討を進める予定である。なお、カブのデンプン粒は円形で粒径範囲0.5～10 μ mであり（Kim & Yoo 2005）、ダイコンのデンプン粒は円形や卵形で平均粒径が10.2 μ m・分布範囲2.6～29.9 μ mである（加藤・野呂 2008）。

図12（4）のデンプン粒は、（2）・（3）と同じ植物である可能性は否定できないが、粒子が非常に大きく、偏光十字が縦X字状に交差する特徴をふまえると、球根類であることも推定できる。そのため、候補植物の一つとして球根類をあげる。

以上のように、作物痕と推定される痕跡の底部から根菜類や球根類の可能性をもつデンプン粒を検出することができた。これらのデンプン粒は、作物自体に由来するもの、あるいは畑の土に元来含まれていたものという2通りの解釈が考えられ、今後検討を進める必要があるが、1663年のUs-bの下に位置する畑の土のデンプン粒を見つけたことになる。これは、17世紀のアイヌ民族の生活痕跡に関する研究だけでなく、畑作の存在を検証する研究としても重要な成果の一つである。

4 おわりに

今年度の調査ではカムイタプコプ下遺跡を発掘し、1600年前後～1640年頃の貝塚、1640年～1663年の畑跡を確認し、畑跡からは、根菜類や球根類の可能性をもつデンプン粒を検出することができた。

貝塚については、平成23～24年に検出されたチセ址（15世紀後半。ただし、16～17世紀前半まで使用されていた可能性有）と一部同時期に存在した可能性があることから、小氷期における人々の活動を明らかにする上で貴重な発見となった。今後は送り場としての貝塚の確認と集落構造の把握が課題となってくる。また、貝塚から出土したサイズの大きなウバガイとウチムラサキガイについては安定同位体および微細成長縞分析を進めている。これまで1640～1663年の貝塚から出土したアサリを用いた同分析では、当時は現在より貝類の成長速度が遅く、夏が短く低海水温だった可能性が高いことが示されている（添田ほか 2014）。今回、より長寿命なサイズの大きいウバガイとウチムラサキガイの分析によって、小氷期の中でも特に寒冷であった17世紀の古環境が詳細に復元されることが期待される。さらに、来年度の調査では1640～1663年の貝塚の確認も試みる計画である。

来年度の発掘調査では、今回発掘した南側の畑跡よりも時期が新しく畝の保存状態も良い、1663年のUs-b降灰直前まで使用されていた可能性が高い北側の畑跡を調査するため、作物痕と推定される痕跡のさらなる確認が期待できる。新たなサンプルが追加されれば、今回の調査で検出した残存デンプン粒の由来する植物を解明できる可能性がある。これによって、当時の人々が寒冷環境に対応してどのような作物を栽培していたかなど、生活の状況も明らかになるだろう。

このように、今年度の調査では、「はじめに」で述べた6つの調査目的のうち、(1) カムイタプコプ下遺跡の発掘、(2) 貝塚出土貝類を用いた安定同位体および成長線分析、(3) 畑跡の土壌を用いた残存デンプン粒分析を実施することができた。今後はこれらの調査・分析を継続しつつ、残りの3つの目的である、植物珪酸体分析（笹属の変遷）からの積雪量を復元、近世貝塚出土の冷水系哺乳類骨（セイウチやラッコなど）の把握、巨大噴火（火砕サージ）と津波痕跡に関する地質調査を行う計画で、このうちのいくつか（例えば、伊達市オヤコツ遺跡出土ラッコ骨の年代測定）は既に進行中である。これによって、自然災害が人々にどのような影響を与え、そして人々がどのように対応してきたのかを復元していくことができるものと考えている。

謝辞

本研究の実施にあたり、カムイタプコプ下遺跡の土地所有者である美馬久美子氏、伊達アイヌ協会の諏訪野義雄会長、伊達市教育委員会生涯学習課の山根一志課長、伊達元成学芸員、元伊達市臨時職員の富塚 龍氏、北海道大学大学院文学研究科の片山弘喜氏、石田組土建株式会社にも多大なご協力を頂いた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。なお、本研究はJSPS科研費15H03272の助成を受けて行われた。

参考文献

- Bronk Ramsey, C., 2009, Bayesian Analysis of Radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51(1): 337-360.
- Esper, J., Wilson, R. J. S., Frank, D. C., Moberg, A., Wanner, H. and Luterbacher, J., 2005, Climate: past ranges and future changes. *Quaternary Science Reviews* 24: 2164-2166.
- Fullagar, R., Loy, T., and Cox, S., 1998, Starch grains, sediments and stone tool function: evidence from Bitokara, Papua New Guinea. R., Fullagar, ed. *A closer look: recent Australian studies of stone tools*. University of Sydney. Australia 6: 49-60.
- 藤根 久・遠藤邦彦・鈴木正章・吉本充宏・鈴木 茂・中村賢太郎・伊藤 茂・山形秀樹・Lomtadze Zaur・横田彰宏・千葉達朗・小杉 康 2016. 有珠山善光寺岩屑なだれの発生年代の再検討ー有珠南麓の過去2万年間の環境変遷との関連でー. 第四紀研究 55(6): 253-270.
- 加藤陽治・野呂哲 2008. ダイコンの澱粉. 弘前大学教育学部紀要 99: 107-110.
- Kim, N.-H., and Yoo, S.-H., 2005, Molecular structure and gelatinization properties of turnip starch (*Brassica rapa* L.). *Food Science and Biotechnology* 14 (4): 470-473.
- 小泉 格 2011. 珪藻古海洋学ー完新世の環境変動ー. 東京大学出版会.
- 宮原ひろ子 2014. 地球の変動はどこまで宇宙で解明できるか. 化学同人.
- 中村俊夫 2000. 放射性炭素年代測定法の基礎. 日本先史時代の¹⁴C年代編集委員会編. 日本先史時代の¹⁴C年代. pp. 3-20. 日本第四紀学会.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hafflidason, H., Hajdas, I., Hatte, 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(4): 1869-1887.
- 渋谷綾子 2009. 旧石器時代および縄文時代の石器残存デンプンの分析的研究. まなぶ: 吉田学記念文化財科学研究助成基金研究論文誌 2: 169-201.
- 添田雄二 2012. 地中に残された先史時代以降の巨大津波痕跡

- ー北海道・東北地方の研究例ー. 北海道・東北史研究 8: 8-17.
- 添田雄二・青野友哉・菅野修広・永谷幸人・河畑敦史・三谷智広・中村賢太郎・宮地 鼓・渡邊 剛・伊達元成・上中央子 2013. 北海道における小氷期最寒冷期の実態とアイヌ民族との関係Ⅱー伊達市カムイタプコプ下遺跡での調査速報ー. 北海道開拓記念館研究紀要 41: 43-58.
- 添田雄二・青野友哉・永谷幸人・渡邊 剛・渋谷綾子・甲能直樹 2016. 小氷期最寒冷期と巨大噴火・津波がアイヌ民族へ与えた影響Ⅰ. 北海道博物館研究紀要 1: 119-126.
- 添田雄二・菅野修広・青野友哉・永谷幸人・三谷智広・中村賢太郎・松田宏介・河畑敦史・上中央子・宮地 鼓・渡邊 剛・渋谷綾子・伊達元成 2014. 北海道における小氷期最寒冷期の実態とアイヌ民族との関係Ⅲー伊達市カムイタプコプ下遺跡での調査速報ー. 北海道開拓記念館研究紀要 42: 81-96.
- 添田雄二・七山 太・重野聖之・古川竜太・熊崎農夫博・石井正之 2004. 北海道東部太平洋沿岸域, 史跡国泰寺跡および汐見川低地において認定された先史時代の巨大津波イベントー津波堆積物認定の際の堆積学的解析と珪藻遺骸分析併用の重要性ー. 地質学論集 58: 63-75.
- Therin, M., Fullagar, R., and Torrence, R., 1999, Starch in sediments: a new approach to the study of subsistence and land use in Papua New Guinea. Gosden, C., and Hather, J., eds. *The prehistory of food: appetites for change*. London, Routledge. pp. 438-462.
- Torrence, R., 2006, Starch in sediments. Torrence, R., and Barton, H., eds. *Ancient starch research*. Walnut Creek, Left Coast Press, INC. pp. 145-175.
- Zarrillo, S., and Kooyman, B., 2006, Evidence for berry and maize processing on the Canadian Plains from starch grain analysis. *American Antiquity* 71(3): 473-499.

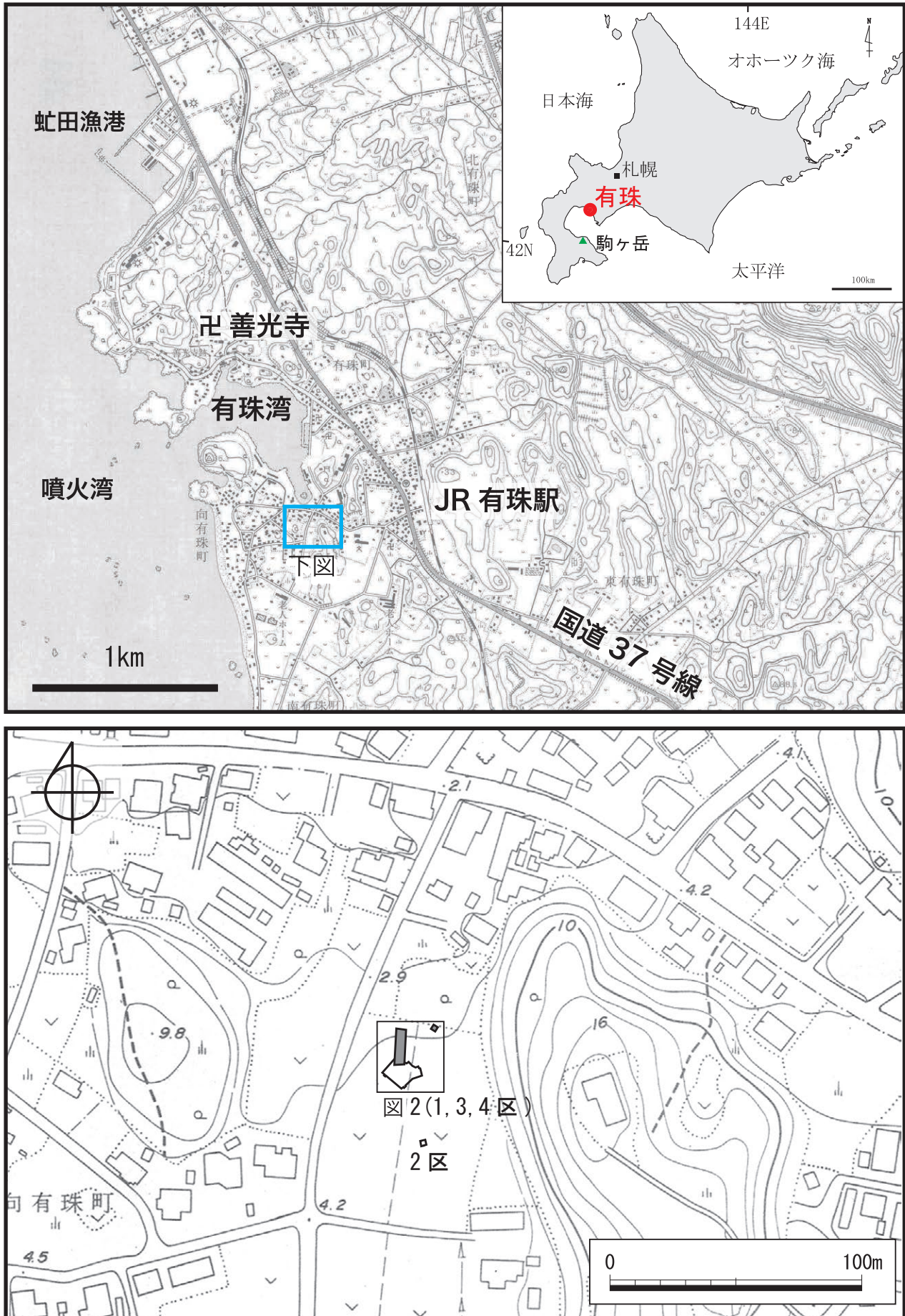


図1 調査位置図（国土地理院発行25000分の1地形図「虻田」の一部を基図として使用）

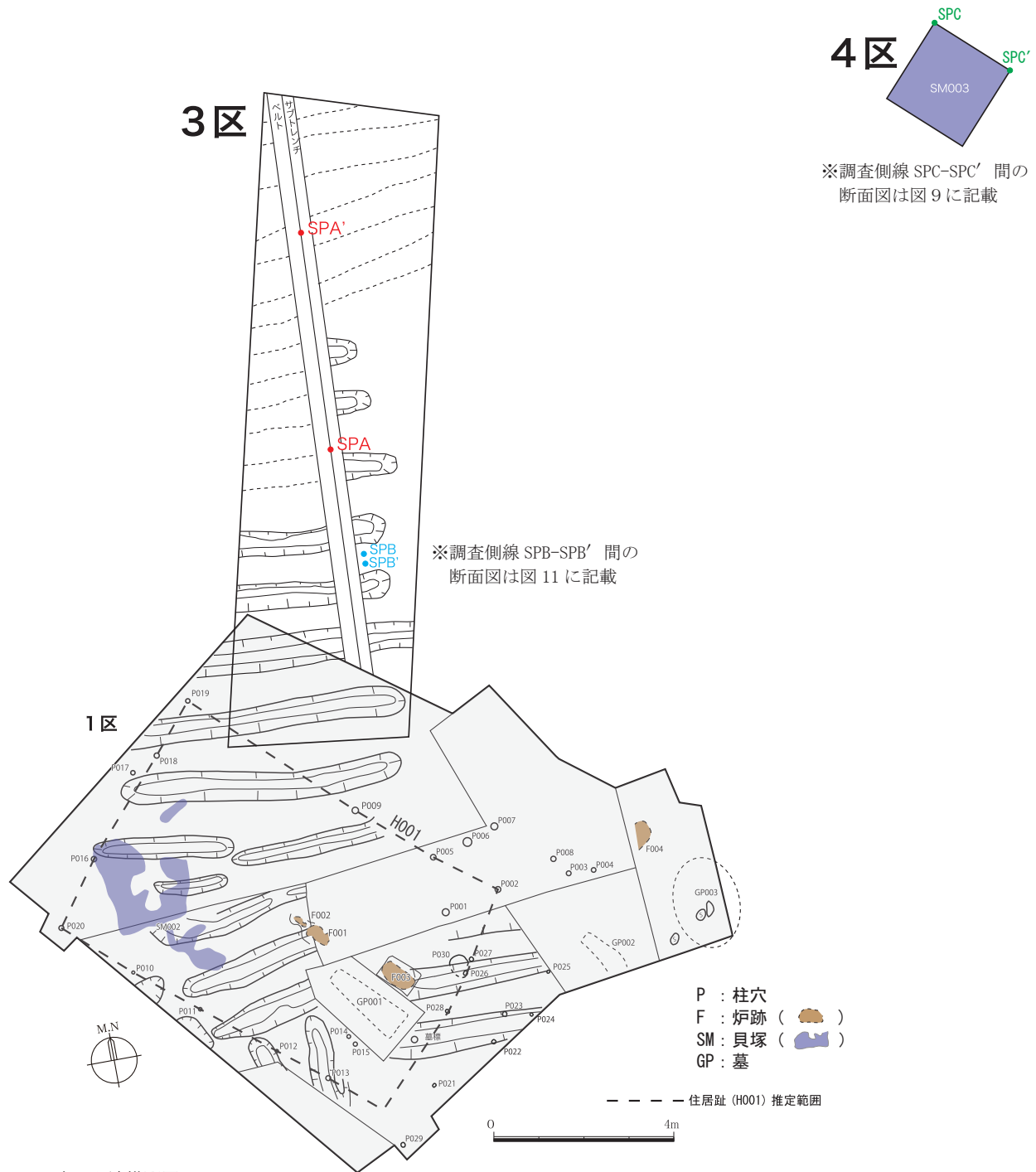


図2 調査区と遺構配置図

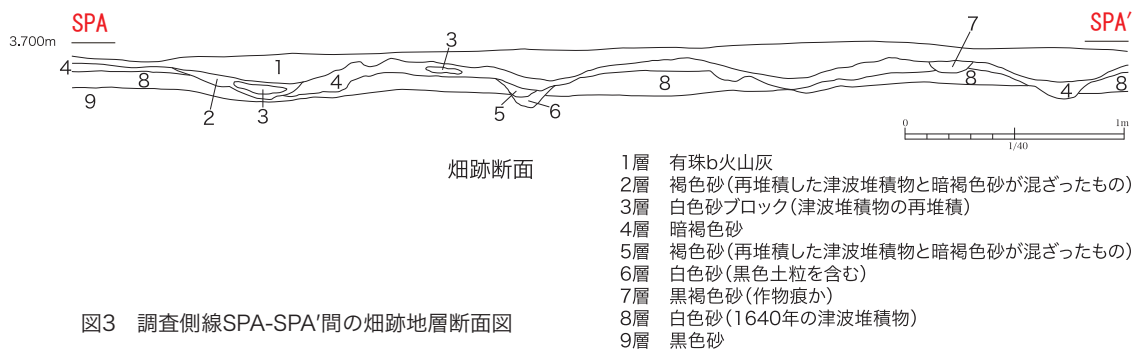


図3 調査側線SPA-SPA'間の畑跡地層断面図



図4 1640～1663年の畑跡(3区)



図5 貝塚(4区)
※SPC、SPC'は側線記号(図9参照)



図6
貝塚から出土した
キテ(鋸頭)の破片

表1 放射性炭素年代測定資料

測定番号	遺跡データ	試料データ	前処理
PLD-32881	試料No. 1 調査区: 4区 位置: ③(4区南西) 遺構: 貝塚(1640年以前) 層位: 貝塚最上部	種類: 骨(陸生大型哺乳類、シカ?) 部位: 四肢骨骨幹破片 状態: dry	超音波洗浄 有機溶剤処理(アセトン) コラーゲン抽出 (コラーゲン収率6.13%, C/N原子数比2.92)
PLD-32882	試料No. 2 調査区: 4区 位置: ①(4区北東)、北壁沿いサブトレ 遺構: 貝塚(1640年以前) 層位: 貝塚最上部、1640津波堆積物直下	種類: 炭化材(針葉樹) 試料の性状: 部位不明 状態: dry	超音波洗浄 酸・アルカリ・酸洗浄(塩酸: 1.2N, 水酸化ナトリウム: 1.0N, 塩酸: 1.2N)
PLD-32883	試料No. 3 調査区: 4区 位置: ①(4区北東)、北壁沿いサブトレ 遺構: 貝塚(1640年以前) 層位: 貝塚最下部	種類: 炭化材(広葉樹) 試料の性状: 最終形成年輪 状態: dry	超音波洗浄 酸・アルカリ・酸洗浄(塩酸: 1.2N, 水酸化ナトリウム: 1.0N, 塩酸: 1.2N)
PLD-32884	試料No. 4 調査区: 4区 位置: ①(4区北東)、富塚サンプリング箇所 遺構: 貝塚(1640年以前) 層位: 貝塚最下部	種類: 炭化材 試料の性状: 部位不明 状態: dry	超音波洗浄 酸・アルカリ・酸洗浄(塩酸: 1.2N, 水酸化ナトリウム: 1.0N, 塩酸: 1.2N)

表2 放射性炭素年代測定および暦年較正の結果

測定番号	$\delta^{13}O$ (‰)	暦年較正用年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代を暦年代に較正した年代範囲	
				1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
PLD-32881	-24.44 $\pm$ 0.18	285 $\pm$ 17	285 $\pm$ 15	1528-1551 cal AD (33.6%) 1634-1649 cal AD (34.6%)	1521-1575 cal AD (53.5%) 1585-1590 cal AD (0.7%) 1626-1655 cal AD (41.1%)
PLD-32882	-25.45 $\pm$ 0.23	350 $\pm$ 18	350 $\pm$ 20	1485-1522 cal AD (31.2%) 1575-1625 cal AD (37.0%)	1466-1528 cal AD (42.9%) 1553-1634 cal AD (52.5%)
PLD-32883	-23.70 $\pm$ 0.23	375 $\pm$ 18	375 $\pm$ 20	1456-1495 cal AD (50.7%) 1602-1616 cal AD (17.5%)	1448-1523 cal AD (68.6%) 1575-1624 cal AD (26.8%)
PLD-32884	-25.38 $\pm$ 0.24	327 $\pm$ 18	325 $\pm$ 20	1515-1529 cal AD (10.6%) 1542-1598 cal AD (44.1%) 1618-1634 cal AD (13.5%)	1491-1603 cal AD (76.5%) 1613-1641 cal AD (18.9%)

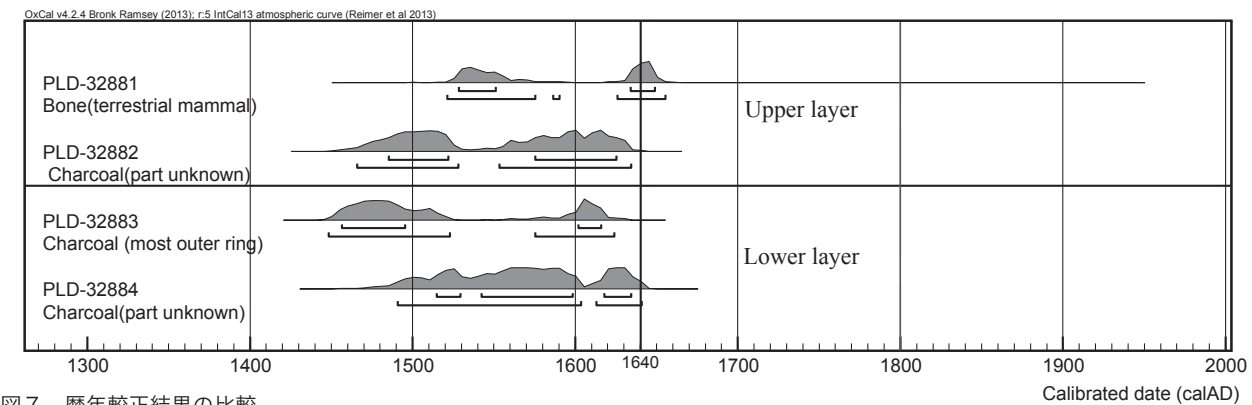


図7 暦年較正結果の比較

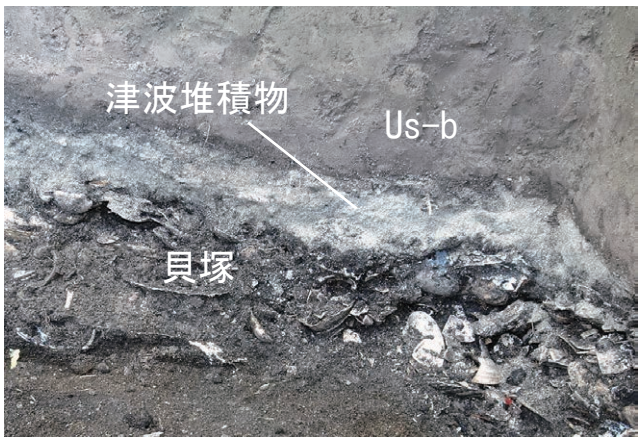


図8 貝塚と1640年津波堆積物、1663年Us-bの層位関係

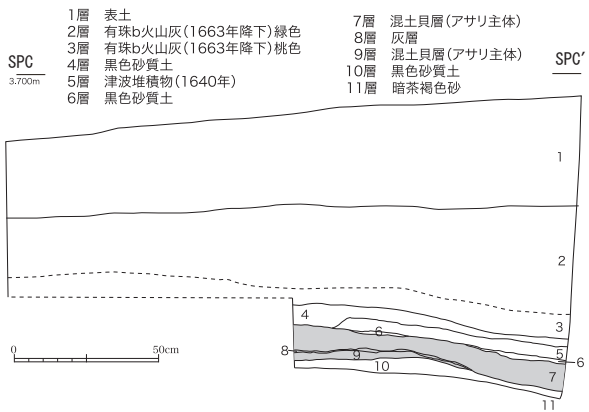


図9 貝塚が確認された4区(北東壁面)の地層断面図



図10 作物痕の可能性が高い痕跡 (SPB、SPB'は右図参照)

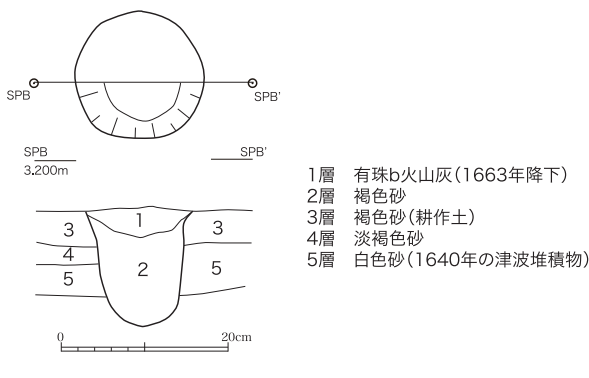
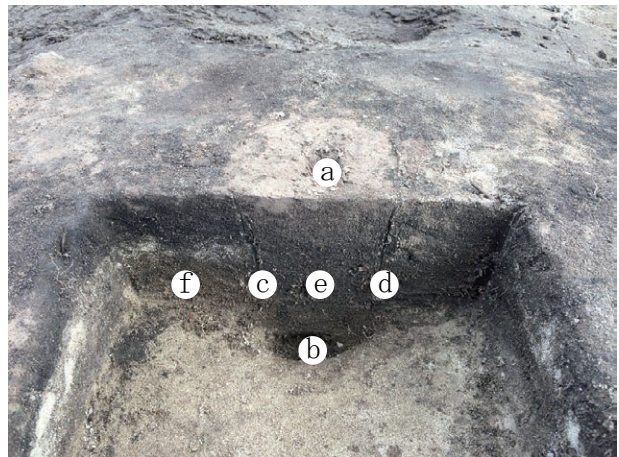


図11 作物痕の可能性が高い痕跡(図10)の地層断面図

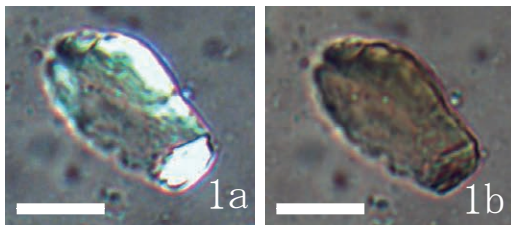


畝の中央（1640～1663年の畑跡）で確認された作物痕の可能性が高い痕跡
※前頁図10の遠景

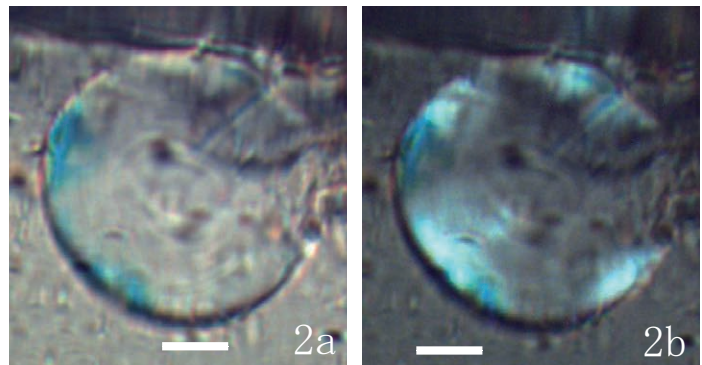


分析用土壌試料の採取箇所

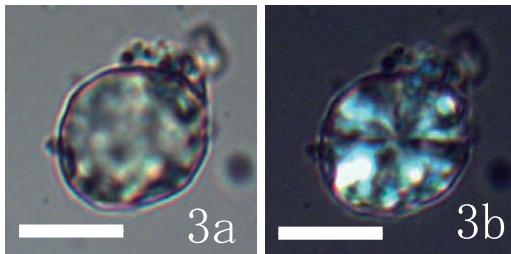
- a : 痕跡上部 (Us-b)
- b : 痕跡底部
- c : 痕跡と隣接する層との境界部分
- d : 痕跡と隣接する層との境界部分
- e : 痕跡中央部
- f : 痕跡と接しない自然堆積層



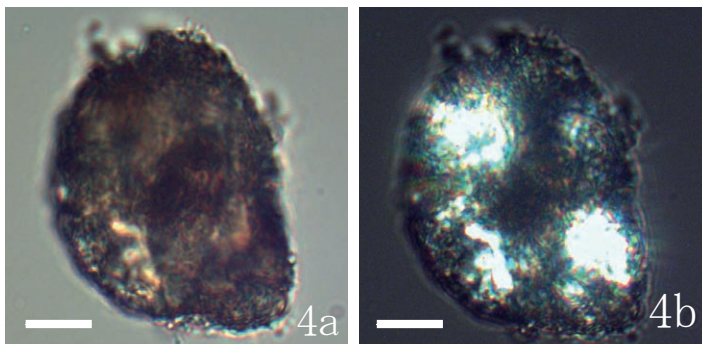
(1) a (火山灰層) から検出
やや角張った楕円形
縦径 13.2 × 横径 23.29 μm
偏光十字は膨張・消失



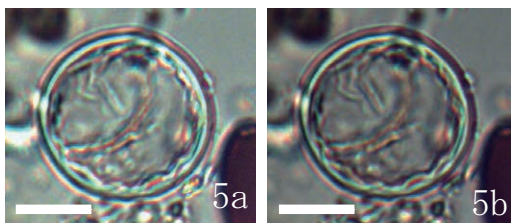
(2) b (痕跡底部) から検出
円形，青色の着色，層紋が見られる
縦径 31.20 × 横径 29.31 μm
偏光十字は膨張・消失



(3) b (痕跡底部) から検出
円形，縦径 15.46 × 横径 15.56 μm
偏光十字は垂直に交わる形状



(4) b (痕跡底部) から検出
楕円形，縦径 49.48 × 横径 38.93 μm
偏光十字は縦 X 字状に交差（不明瞭）



(5) e (痕跡中央部) から検出
膨張・分解，偏光十字の消失

図12 分析の対象とした痕跡と土壌試料の採取箇所ならびに検出した残存デンプン粒
白丸は試料採取箇所を示す。デンプン粒の写真はすべて400倍；a：開放ニコル，b：直行ニコル；スケールバーは10 μm 。

The Impact Enormous Volcanic Eruptions, Tsunamis and the Coldest Period of the Little Ice Age Had on the Ainu II

Yuji SOEDA, Tomoya AONO, Yukihiro NAGAYA, Ayako SHIBUTANI, Kentarou NAKAMURA, Nobuhiro KANNO, Kousuke MATSUDA, Tomohiro MITANI, Tsuzumi MIYAJI, Tsuyoshi WATANABE, and Naoki KOHNO

This fiscal year's study involved the excavation of the Kamuitapukopushita site, where shell mounds from around 1600 to the 1640s and site of fields from 1640 to 1663 were detected. Starch granules that could be root crops or bulbs were found in the site of the fields.

The shell mounds represent a valuable discovery for research on the life of the Ainu during the Little Ice Age, given the possibility that existed at the same time as the chise found from fiscal 2011 to fiscal 2012.

Next fiscal year will project additional discoveries of crop remains because a survey will be conducted on the site of the fields that are newer and have better preserved ridges than the site of fields

discovered this fiscal year. If new crop remains can be added, there is a possibility that the original vegetation of the starch granules can be identified. This will likely elucidate the living conditions of the Ainu village, including the crops they cultivated in a cold climate.

Further studies are needed in order to the reconstruction of snowfall amounts from plant opal analysis, identifying the bones of cold water mammals unearthed in the shell mounds, and carrying out geological surveys on the enormous volcanic eruptions and tsunamis. This will enable us to clarify how natural disasters affected the Ainu and how the Ainu coped with them.

Yuji SOEDA : Natural History Group, Research Division, Hokkaido Museum
Tomoya AONO and Yukihiro NAGAYA : Date City institute of Funkawan Culture
Ayako SHIBUTANI : National Museum of Japanese History
Kentarou NAKAMURA : Paleo labo Co.,Ltd
Nobuhiro KANNO : Noboribetsu City Board of Education
Kousuke MATSUDA : Muroran City Board of Education
Tomohiro MITANI : Toyako Town Board of Education
Tsuzumi MIYAJI : Tomakomai city museum
Tsuyoshi WATANABE : Department of Natural History Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University
Naoki KOHNO : National Museum of Nature and Science
