第4　特別研究推進事業成果概要報告

1　共同研究

三内丸山遺跡の集落景観の復原と図像化

研究代表者：辻　誠一郎（東京大学大学院）
研究協力者：早川　裕弐・安芸　早穂子・吉川　昌伸・吉川　純子・植田　弥生・鈴木　茂・安　昭炫・一木　絵理・安室　一

1．研究の目的と共同研究の担当

三内丸山遺跡はこれまで知られているだけでもたいへん広い面積におよぶ。住居域、盛土域、掘立柱建物域、墓域、捨て場域、道路などが検出されており、最盛期とされる縄文中期中葉においては遺跡指定範囲の全域におよぶことがわかっている。集住域だけでなく、集住する人々の生活にかかわる機能的な空間を集落生態系と呼ぶが、その範囲がいかに広いか、また大規模なクリ林が土地造成によって作り出されていたこと、さらにウルシ畑も作られていたこと、雑木林が取り巻くように作られていたことなど、土地利用に関して特異な点がいくつも明らかになってきた。また、北盛土域、南盛土域、西盛土域のような最大の厚さが2mにもおよぶ特異な遺構が残っており、道路や墓域もあわせ考えると長い年月にわたって土地改変・土地造成が行われていたことが明らかになっている。

この共同研究は、三内丸山ムラに集住したか集合した人々の生活にかかわる機能的な空間としての集落生態系を復原し、その移り変わりを明らかにすることを目的としている。具体的には、まず、これまでの発掘調査によって記録された膨大な地層断面図（セクション図）を統一的に整理したうえで、主要な土地改変・土地造成の歴史を明らかにする。さらに、花粉分析、植物珪酸体分析、木材・木炭分析によって得られた植生復原資料と、いまだ資料が空白な地点・区域についての新たな分析によって得られる資料を統合して、集落生態系がどのような様相を呈していたかを復原する。ここでいう集落生態系は、地形や地質からなる地生態系、主に植生からなる生物生態系、および文化景観の表徴的要素である建築物・道路・墓地その他さまざまな施設を重ね合わせたものである。さらに、集落生態系を空間情報科学の技術を駆使して３Dモデルのビデオ動画および静止画として復元することを目標としている。これは三内丸山遺跡と周辺域でUAVによって撮影した画像をベースにして描き出す。また、これらをベースにして人々の活動を具体化した生活景観を絵画として描き出すことも目標にしている。もちろんこのような試みはこれまでにほとんどなく、可能性を探ることとなるが、集落生態系を平面的に描ける段階に至っているために、この試みは十分意義があるものといえる。

集落生態系を復原し、それを画像や絵画として図像化するこころみは、地形・地質学、考古学、土壌学、生態学、古生態学、植物・古植物学、年代測定学だけでなく、空間情報科学、芸術のチカラを総合しなければ達成できるものではない。そこで、共同研究では以下の共同研究者（特別研究では研究協力者としている）とともに調査と研究を進めてきた。研究代表者の辻は主に地層断面図の観察にもとづいて盛土形成のプロセス解明を担

当した。早川裕弐と安芸早穂子は空間情報と図像化・絵画化の開発を担当した。吉川昌伸と吉川純子は花粉分析、種実分析にもとづいて集落生態系の植生復原を担当した。植田弥生は盛土に特有の木炭群の樹種同定によって盛土形成のプロセスと目的を、また、鈴木茂は盛土の植物珪酸体分析によって盛土場の植生復原を担当した。安　昭炫・一木絵理・安室　一はこれまでに採取され保管されている試料のなかで、放射性炭素年代測定に供せる試料、土壌・花粉分析など景観・植生復原に供せる試料の探索を担当した。

２．研究の基礎－これまでの経緯

この研究の基礎にしているのが 2006 年に刊行された『三内丸山遺跡の生態系史』（辻・能城編、植生史研究、特別第２号）である。久保純子ほか（2006）によって青森平野の発達史（地形の変遷史）が明らかにされた。三内丸山集落が営まれたころはすでに縄文海進のピークを過ぎており、海岸線は現在の位置にまで後退していた。これによって三内丸山集落と青森平野の景観は大きく描き変えられた。また、吉川昌伸ほか（2006）によって三内丸山遺跡の花粉分析が行われ、ブナやミズナラからなる自然林としての温帯落葉広葉樹林が居住開始とともにクリ林に変えられたことが明確になった。青森平野南部の大矢沢野田 1 遺跡および八甲田山田代平との比較によって、平野部においてはクリ林が相当な広がりをもつことも明らかになった。

辻（2011）は、三内丸山遺跡および青森平野における縄文中期中葉の集落生態系モデルをこれらの成果をベースにして描き出した。集落生態系とは集住する人々の生活にかかわる機能的空間の総体であるが、これは景観生態学の重要な概念である。三内丸山集落生態系モデルを景観生態学の立場から描かれた最初のものである。この共同研究の基礎となるものである。

３．三内丸山集落景観の復原

三内丸山ムラの集落生態系を描き出すにあたって、その下敷きにしているのは辻（2011）が描いた三内丸山集落生態系モデルである。ムラに集住する人々の生活にかかわる機能的な空間なので、漁撈を営む青森湾までが集落生態系に含まれている。三内丸山ムラの主要部が史跡の指定範囲になるが、集落生態系はその範囲にはとてもおさまらない。

この研究では、吉川昌伸ほか（2006）の花粉分析結果にその後の花粉分析結果を加えて三内丸山遺跡の植生景観を復原した。図 1 は三内丸山遺跡と周辺遺跡におけるクリ花粉とブナ・コナラ亜属花粉の出現傾向を示したものである。集落出現とともにクリ花粉の急増があり、全般にブナとコナラ亜属花粉に取って代わったことがわかる。図 2 は三内丸山遺跡の北の谷と南の谷におけるウルシ花粉の産状を示したものである。これまでにウルシ属花粉は種の階級まで同定できるようになり（吉川昌伸，2006）、ウルシの生育地をある程度特定できるようになってきた。その成果を踏まえて、ここではウルシ畑の存在を推定した。

主として花粉分析のこれまでの資料と新たに得られた資料を総合して描いた平面的な集落生態系図が図 3、図 4、図 5 である。この研究では、三内丸山ムラの歴史において注目すべき時期を設定することにした。居住開始の直前、縄文時代前期後葉（円筒下層 d 期を中心に）、縄文時代中期中葉から後葉（円筒上層 d・e、榎林期を中心に）の 3 時期である。

三内丸山集落形成期（約 6,000 年前）（図 3）：下述するような第Ⅳ層と第Ⅲ層の層位関係の問題は残されているが、両層が同時異相であると考えたとき、集落形成前では、台地から山地にかけては基本的にブナ・ミズナラ林が成立していた。北の谷からはブナの果実が大量に産出することからも示唆される。青森湾はすでに現在と同じ位置ま

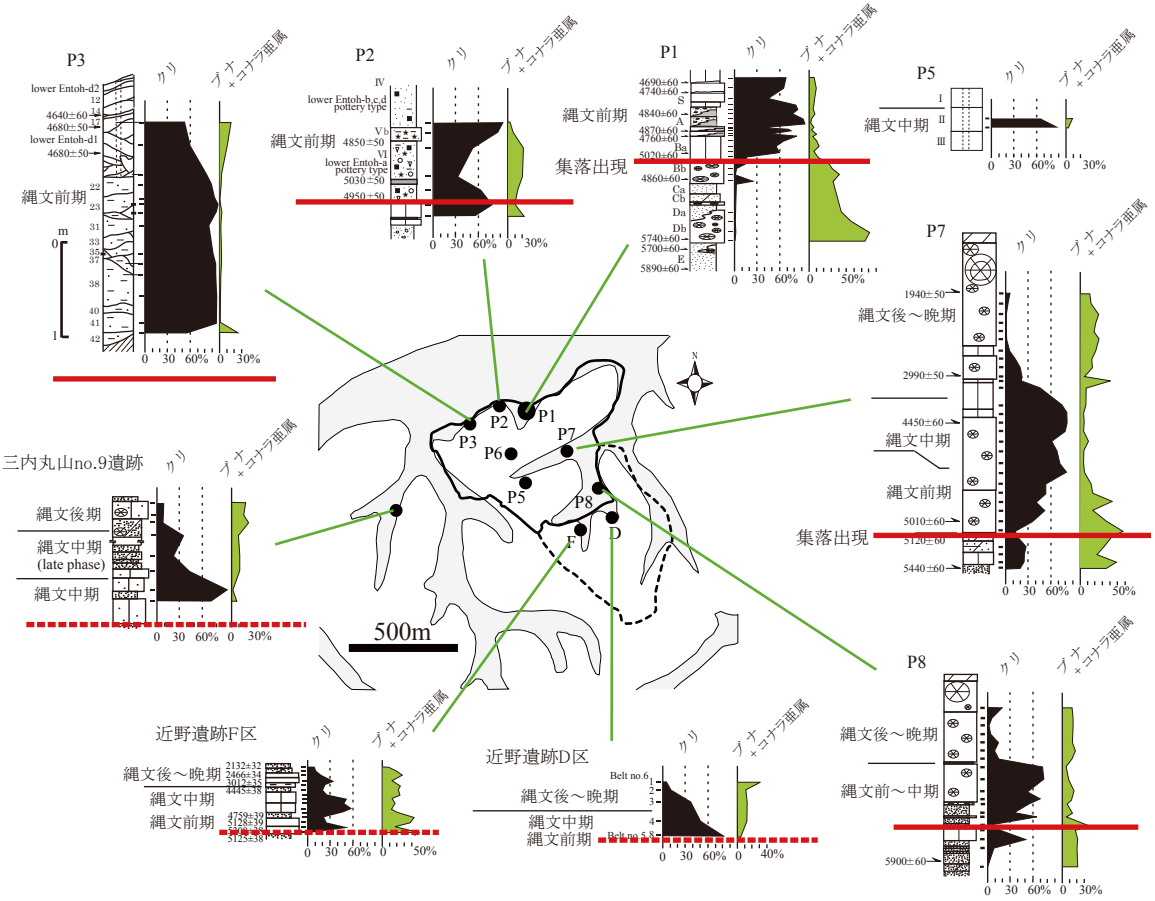


図1. 三内丸山遺跡と周辺遺跡のクリ花粉とブナ＋コナラ亜属花粉の出現傾向（吉川2011を改変）

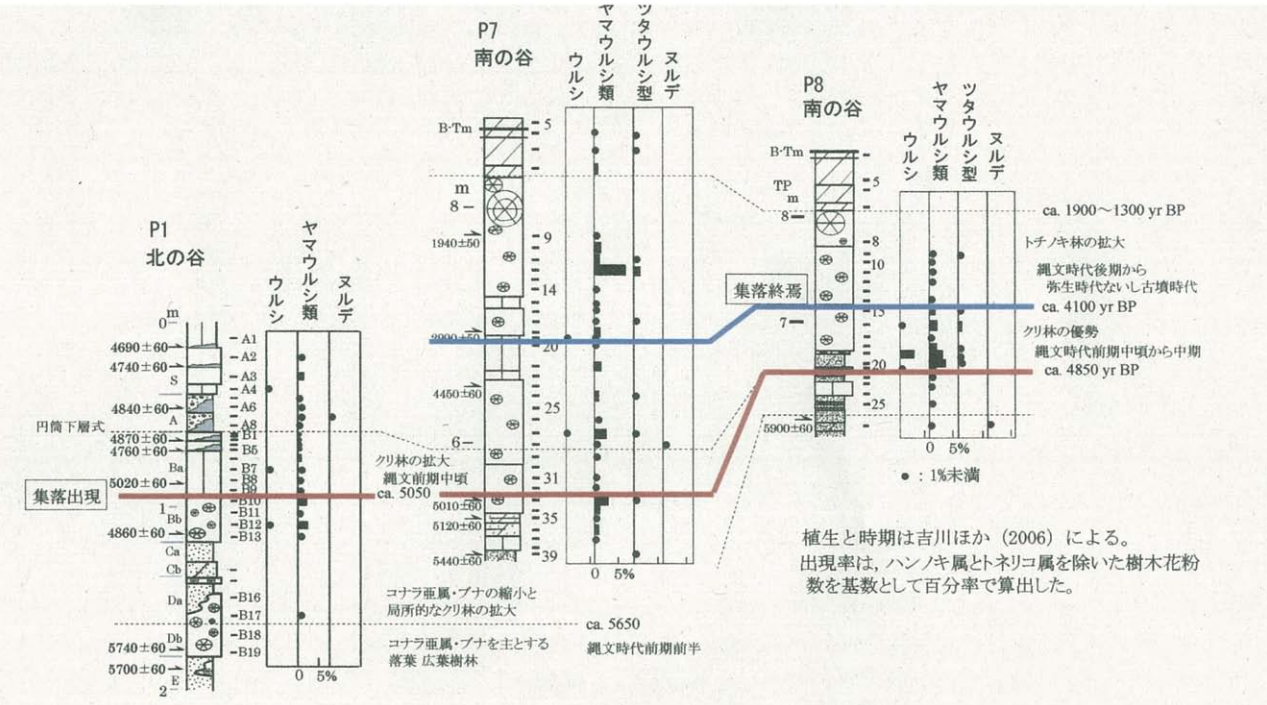


図2. 北の谷（P1）と南の谷（P7、P8）のウルシ花粉の産状

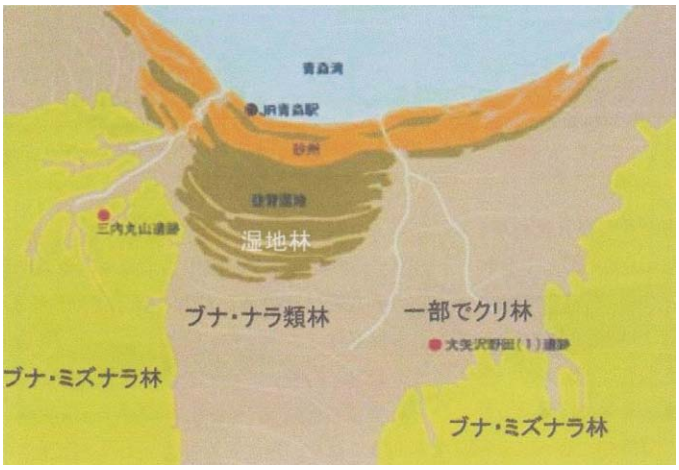


図３．　三内丸山集落形成期（約6000年前）の植生

平野：ブナとナラ類林
丘陵・段丘：ブナとミズナラ林
山地：ブナ林優勢でミズナラ伴う

大矢沢野田では To_Cu より下位の約 6200 年前にすでにクリ林があった。

図４．　縄文時代前期後葉（約5300年前）の植生

ブナとミズナラ林が縮小して
クリ林形成、南の谷などウルシ林あり

緑色：クリを主体とする林。他にウルシ、
　　オニグルミ、ニワトコ属など
黄色：住居域、土坑墓、埋設土器
薄青色：ウルシ畑
青色：湿地

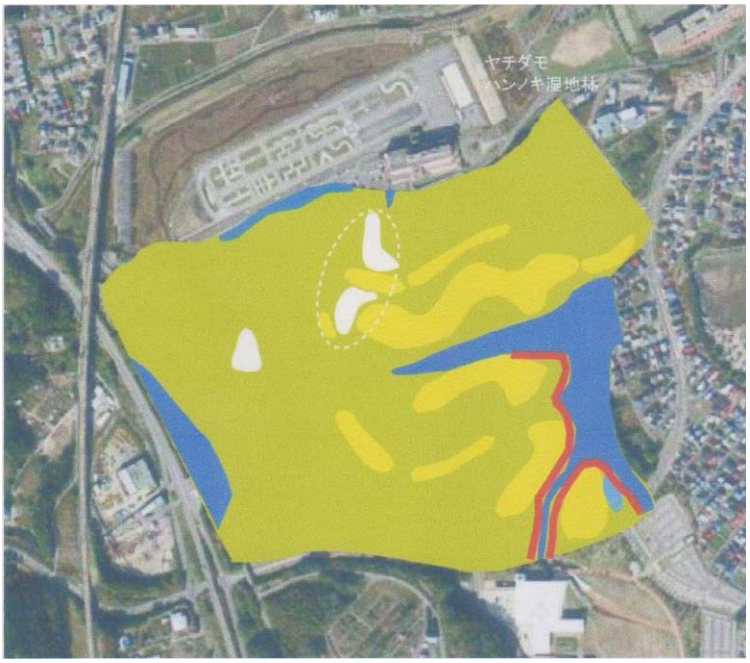


図５．　縄文時代中期中葉（約5000年前）の植生
三内丸山ムラが最も拡大した時期

近野地区側では丘陵斜面下部にトチノキが分布（範囲不明）その背後にはクリ林が継続して分布。北側や西側の丘陵斜面下部にもトチノキがあった可能性はある。

緑色：クリを主体とする林。他にウルシ、
　　オニグルミ、ニワトコ属など
黄色：クリ林の密度が周辺より低い（掘立
　　柱建物群域、住居域、墓域、貯蔵穴域）
白色：クリの木がない（盛土域）
（破線：盛土域と掘立柱建物跡群の周りは
クリが分布しないか、あるいは少なかった？）
青色：湿地
薄青色：ウルシ畑？
赤色：トチノキ林（より広範囲にあった
　　可能性あり）

で後退していた。縄文早期ではすぐそばにまで内湾が広がっていた。三内丸山ムラの人々は、おそらく沖舘川を通じて青森湾を行き来したと考えられる。現在の市街地と周辺の平野には湿地林が、扇状地性の地形にはブナ・ナラ類（コナラなど）林が、一部にはクリ林があったと考えられる。

縄文時代前期後葉（約 5,300 年前）（図 4）：クリ林に一変し、ムラの住居域以外は全面にクリの純林が広がっていた。ウルシ畑も作られた。

縄文時代中期中葉（約 5,000 年前）（図 5）：三内丸山ムラがもっとも大きくなった時期である。クリ林は依然として全域に広がっていた。開析谷に沿ってトチノキが拡大し、人々との密接なかかわりができたと考えられる。

図 7 は縄文時代中期中葉（円筒上層 d・e 式期）の三内丸山集落生態系モデルを示したものである。クリ林は、食料資源としてのクリ林だけでなく、その周辺域には木材資源としてのクリ林あるいはクリを主要素とする落葉広葉樹林があったと考えられる。前面の低地には湿地が広がり、ハンノキ－ヤチダモ林が成立していたと考えられる。ブナやミズナラからなる自然林としての落葉広葉樹林の範囲はいまだに不明であり、クリ林がどこまで続くのかは今後の調査を待つしかない。

4．堆積物層序と土地利用の復原

共同研究者である安昭炫が（2013）特別研究（個別研究）において西盛土調査結果をもとに指摘してきた重要な問題点の一つが第Ⅳ層の層序学的な位置づけ、すなわち第Ⅲ層との層位関係と、第Ⅳ層の形成要因（環境）であった。第Ⅲ層はすべての盛土や第 6 鉄塔地区の段丘崖斜面堆積物、北の谷堆積物、竪穴内埋積物など多様な堆積物を含むが、ほぼすべてが人々の活動がかかわった人為堆積物である。これに対して第Ⅳ層は、厚さ40㎝前後の黒色土壌からなり、地質層序区分では三内丸山層の最下部層に区分されており、円筒土器文化が始まる契機ともなったと考えられる中掫（ちゅうせり）浮石（十和田中掫テフラ：To-Cu）の下位に位置づけられている（辻2006）。ただし、その層位関係は実際に確かめられてはいない。

北盛土域においては第Ⅳ層の上部に土器片が包含されている様子が地層断面図から見てとることができる。また、西盛土域では第Ⅳ層の上部に木炭が包含されている様子が観察される。吉川昌伸（2011）によると、第Ⅲ層では優占種となるクリ花粉が、放射性炭素年代測定値からは三内丸山ムラの居住が始まる前から産出し、微粒炭も多産するので、第Ⅳ層の形成時にはすでにクリが存在し、人々が森林を草地へ改変していたと指摘している。これらの事実を総合すると、第Ⅳ層の上部と第Ⅲ層の下部は地質学的には同時異相の指交関係にあって、三内丸山ムラの居住が第Ⅳ層上部において始まった可能性がある。円筒土器文化の始まりが第Ⅳ層上部におかれるという考えである。そうではなく円筒土器文化に先行する人々の居住あるいは活動があったとすると、第Ⅳ層はこれまでどおり第Ⅲ層とは区別できるものとなる。

このことを検証するには、第Ⅳ層に To-Cu が挟在するかどうかを明らかにすること、包含されるとみられる土器片の型式や木炭の放射性炭素年代を明らかにすること、さらに第Ⅳ層そのものの形成開始時期や形成要因を明らかにすることが必要不可欠である。三内丸山ムラの歴史を明らかにするうえで重要な課題だといえるが、今回の研究では、その重要性を確認したにとどまっている。

土地改変・土地造成の歴史を明らかにするうえで、人為による土地（堆積物）の削剥と埋積のプロセスを明らかにすることは不可欠である。さいわいにも三内丸山遺跡における発掘調査では、発掘調査初期の段階で北盛土、南盛土の調査を行い、造成土ともいうべき盛土の単位の識別や内容物が詳細に記載・記録されており、後年の西盛土の調査ではさまざまな角度から単位ごとの性格が捉えら

れている。三内丸山ムラにおいてもっとも土地改変・土地造成が大規模であったのは、地形的にもその改変が明瞭に捉えられる盛土を中心としたもので、ほかには道路施設、墓域の形成、そして建築物の形成があげられる。西盛土域では、盛土の西から南にかけて形成された道路側から土地の削平が行われ、全般に北東側に広がる盛土が形成されていったことがわかってきた。その時期も縄文時代前期後半（円筒下層ｄ式土器期）から中期終盤の大木 10 式にまでおよんでいたこともわかっている。同じく北盛土、南盛土についても形成の始まりから終わりまでの時期や広がりの変化が捉えられている。南盛土１トレンチおよび４トレンチの断面と包含される土器型式、南盛土６トレンチの断面と包含される土器型式および放射性炭素年代を整理してみると、基本的には道路や竪穴建物施設にあたっては土地（堆積物）の削平（あるいは掘削）が行われ、削り取られた土は盛土域や段丘崖斜面などを埋積するという土地改変・土地造成が行われたと考えることができる。

ところで、盛土について、この研究では植田弥生の根気強い観察によって以下のような新たな資料を得ることができた。それは西盛土における木炭分析の結果である（表１）。表１に示したＡトレンチ、Ｅトレンチ、Ｄトレンチにおいて採取された 8,044 点におよぶ木炭について観察した結果、圧倒したのはクリで 6,794 点、その他はトネリコ属、カエデ属、コナラ属コナラ節、ヤマグワ、サクラ属など多種類の木炭が占めていた。重要なことは時期によって組成が変化せず、つねにクリが最優占し、多いものから少ないものの種類が変わらないことである。また、最優占するクリの木炭は、大半が細かく砕かれており、その場か周辺で焼かれた木炭が土に混ぜられていたことである。南盛土１トレンチにおいても木炭分析を行った結果（途中経過）、いずれの盛土単位においてもクリが優占することがわかってきた。

また、南盛土の下部についてこれまで検討されたことがなかった植物珪酸体分析を鈴木茂がこころみ、興味深い資料を得た（図 6）。盛土の比較的暗色がかった堆積物からはササ属型とともにキビ族型珪酸体が多産することである。両者は生態的には同居せず、盛土の由来を考えるとササ属型はもとの土壌に含まれていたもので、キビ族型は盛土形成時か形成後に包含されたものと考えられる。キビ族にはイヌビエ属、キビ属、エノコログサ属などイネ科の栽培植物を含む分類群が含まれるが、典型的な栽培植物型のものは検出されていないので、日当たりのよい裸地にできた群落であったと考えられる。

以上のような新たな資料も総合してみると、盛土は近くから運び込まれた土壌に焼いたあと細かく砕かれた木炭が混ぜ込まれ、その後に平坦にならされた人為堆積物の単位の累積であると考えることができる。このことは、盛土遺構とされる場所は岡村道雄が強調するように送りの場であったことを裏付けるものである。

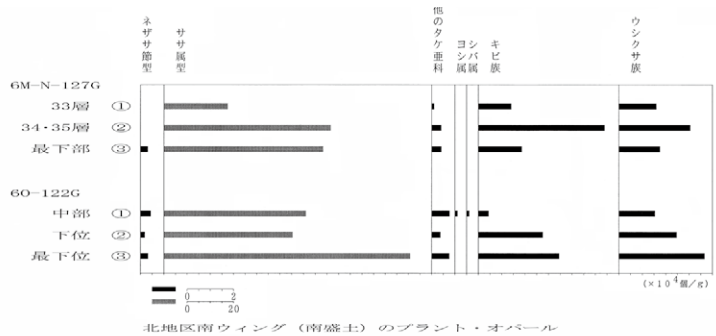


図６．南盛土の2か所における主要な植物珪酸体組成

表1. 三内丸山遺跡西盛土の時期別木炭樹種（A1区ⅧF-139,E1区8D-145,D1区ⅦT-147）

時期	縄文前期末葉					縄文前期-中期	縄文中期前葉					縄文中期中葉				縄文中期後葉		
調査区	A1	A1	A1	E1	D1	D1	A1	A1	A1	E1	E1	A1	A1	E1	D1	A1	E1	
主な出土土器形式		下d1	下d2	下d2	下d1	下d2, 上a, b, d	上a	上b	上c	上a	上b, c	上d	上d-e	上d, e	上e?	榎林	榎林, 最花?	
層位	Ⅳ層	66	65-59	3d-3b	13	12-9	58-35	34-27	26-18	3a-2d底面	2d-2c	17-9	8-5	2b-1層底面	8-1	4-1	1-1d	
検出分類群/　試料番号F	70	66	65-59	28-26	43	42-39	58-56, 54-35, 67, 68	34-27	55, 26-18	25-12	11-10	17-9	8-5	9-7	38-29	4-1	6-1	合計
クリ	31	36	629	10	8	235	1649	410	586	1199	182	800	312	301	176	87	143	6794
クリ　根材										1								1
トネリコ属	1		23	5			48	5	6	36	3	6	5	8	2		14	162
カエデ属			4	1	1	2	8	10	25	42	3	16	7	2		2	2	125
コナラ属コナラ節			1	1		1	12	3	7	27	2	8	1	5				68
ヤマグワ			2		1	3	10	2	1	3	1	16	6	2	1		1	49
サクラ属			3				6	1	3	7	1	5				2	2	30
ケンポナシ属			1	1		1	7			13	1	1	1				1	27
ハンノキ属			1				1			6	5	2		4			1	20
ハンノキ属ハンノキ亜属	1						2	1		9	4			2				19
ユズリハ属		2																2
オニグルミ							10	1	3	6		4	3					27
エゴノキ属						1	3	1	1	24		2	3	1				36
ニレ属							4	1	4	8		9	1	1	1	3	3	35
トチノキ						2				2	2	1	1		12			20
ブナ属							6	6	1				1		2			16
ケヤキ										12		1					1	14
エノキ属										1	1	2			3			7
カツラ										5		1						6
サンシュユ属			1							2		1		1			1	6
クマシデ属							1			2		1	1	1				6
クマシデ属イヌシデ節							1		1			2						4
クマシデ属クマシデ節								1	1	1			1					4
ヌルデ										1		1			3			5
ヤマウルシ															5			5
モクレン属							2		1						1			4
イヌエンジュ										3								3
キハダ								1	1			1						3
リョウブ						1	1					1						3
ハリギリ														3				3
アオキ属																2		2
タラノキ											1	1						2
アワブキ										1								1
ツタウルシ											1							1
ブドウ属															1			1
クマヤナギ属			1															1
クルミ科			1															1
ムラサキシキブ属										1								1
イヌガヤ							2								1			3
アスナロ属													1				1	2
針葉樹														1				1
タケ亜科								1										1
タケ亜科 根茎															1			1
根材？				1														1
散孔材							5		2									7
環孔材							16		1					1				18
広葉樹							2			2		1						5
樹皮				1			1			10	1	3	1	1				18
同定不可	8		40	1	2	2	157	33	60	38	9	61	43	4	12	3		473
合計	41	38	707	21	12	248	1954	477	704	1462	217	947	388	338	221	99	170	8044

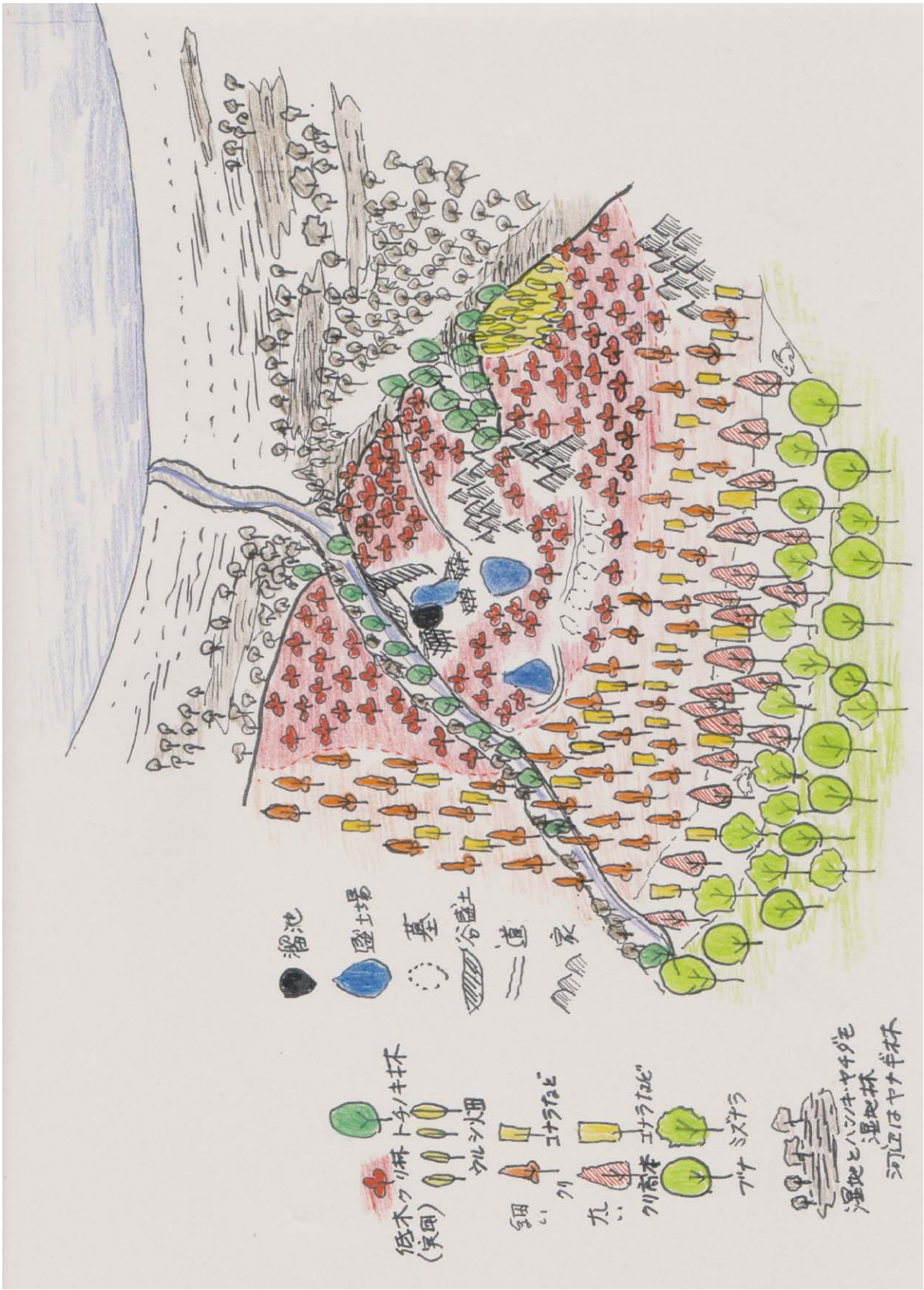


図7. 縄文時代中期中葉の三内丸山集落生態系の景観モデル

5. 三内丸山遺跡における景観復原のための高精細地形情報の活用

三内丸山遺跡においては、植物遺体や花粉分析等による緻密な植生景観の復元が行われてきている。一方、総合的な集落生態系の景観復原を目指すにあたり、トレンチといったサンプリング地点の制約を超えて、その空間的な広がりを把握しようとすることは挑戦的な課題である。そのためには、平面的な位置だけでなく鉛直的な位置、すなわち地表面からの深さ（標高）の情報も加味して、3 次元的な地形復元を行う必要がある。また、景観復原においては、単純な地形復元だけでなく、当時の地表面に配置されていた植生・建築物などの地物を再現する必要もある。

この共同研究では、その試みの第一段階として、小型 UAV（無人航空機、通称ドローン）を用いた空撮による画像・映像取得とそれらを用いた 3 次元の高精細地表形状計測を行い、またその空間解析による盛土形成前の地形復元を試みた。また、ヒトの生活環境にも着目した復原イラストレーションとの連携による景観イメージの 3 次元的な表現の試行を行った。

5.1. UAV-SfM による高精細地形情報の取得

小型 UAV を用いて、三内丸山遺跡の上空からの空撮を実施した（図 8）。使用した機材は DJI 社製 Phantom 3 Professional である（図 8c）。これは、対角寸法 35 cm（プロペラを除く）、重量 1280 g（プロペラ、バッテリを含む）と小型であり、機体には有効画素数 12.4 メガピクセル（静止画像解像度 4000 x 3000 ピクセル）のデジタルカメラがその姿勢制御装置（3 軸ジンバル）を

図8. 小型UAVによる三内丸山遺跡の空撮. (a) 上空150 m からのパノラマ合成画像. 2015年11月撮影. (b) 三内丸山遺跡上空からの直下視画像. (c) 使用機材：DJI Phantom 3 Professional.

介して機体に接続され、1 回最大約 25 分間のフライトが可能なものである。コントローラに接続されたタブレットでカメラから転送される映像を閲覧可能であり、飛行中の位置や視覚などをリアルタイムで把握することができるとともに、動画や静止画を microSD カードに記録することができる。

三内丸山遺跡の全域をカバーするために、地上高約 50 ～ 150 m から複数のフライトを実施した。1 回の飛行ごとに 130 ～ 180 枚程度の静止画像を取得し、それぞれについて後述するデータ処理を行った。

次に、取得した空撮画像を用いて、SfM 多視点ステレオ写真測量（Structure-from-Motion Multi-View Stereo Photogrammetry）（小花和ほか、2014a,b; 早川ほか、2016）により遺跡領域の現況を示す 3 次元表層モデルを生成した（図 9）。SfM は、複数のカメラ撮影画像から特徴点を自動抽出し、またそれらの画像に写る同一対象物の配置から対応点を自動判別することで、それぞれの画像が撮影された位置や方向を復元する技術である（たとえば Snavely et al., 2007）。また多視点ステレオ写真測量は、SfM で復元されたカメラどうしの位置関係を利用し、多数のステレオペア画像からさらに密な対応点を自動抽出することで、対象物の詳細な 3 次元形状を計測するものであり、対象物の 3 次元座標（XYZ）と色情報（RGB）をもつ密な点群が得られる（Furukawa and Ponce, 2010; Furukawa et al., 2010）。さらに、得られた点群から、点どうしを接続させた微小三角面の集合体（TIN: triangular irregular network）としての 3D モデルや、地理座標系（世界測地系平面直角 X 系、EPSG::2452）に投影した DEM（digital elevation model）やオルソ補正画像を生成した。この際、参照点（GCP: ground control point）として遺跡内の地上 3 点の位置座

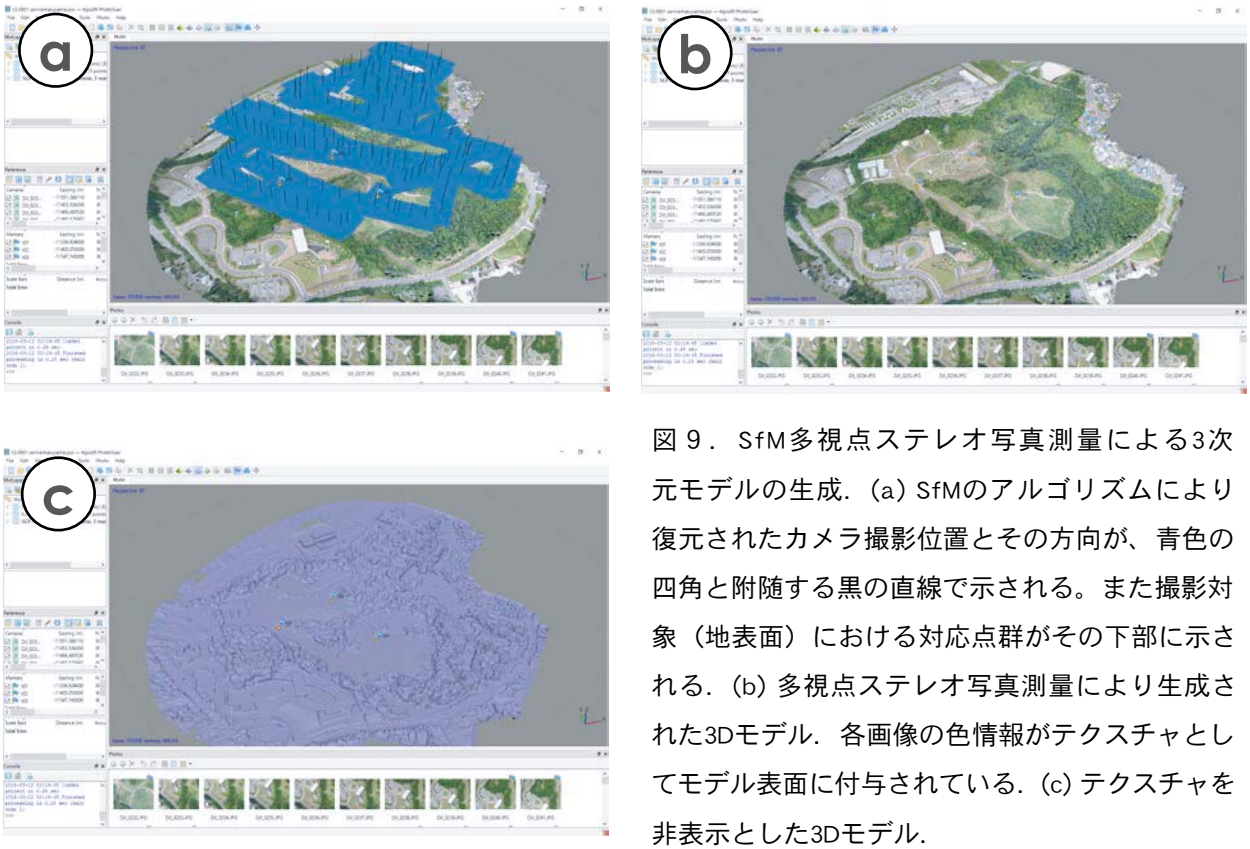


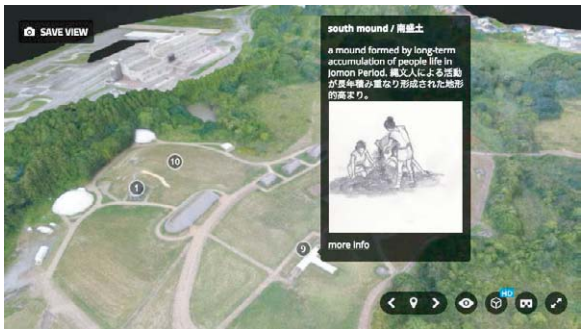
図 9．SfM多視点ステレオ写真測量による3次元モデルの生成．(a) SfMのアルゴリズムにより復元されたカメラ撮影位置とその方向が、青色の四角と附随する黒の直線で示される。また撮影対象（地表面）における対応点群がその下部に示される．(b) 多視点ステレオ写真測量により生成された3Dモデル．各画像の色情報がテクスチャとしてモデル表面に付与されている．(c) テクスチャを非表示とした3Dモデル．

標 を GNSS（global navigation satellite system）受信機により精密計測し、近辺の電子基準局のデータを用いて後処理搬送波補正を施した参照点座標（誤差 10 cm 程度）を、SfM 多視点ステレオ写真測量で生成した 3 次元モデルに組み込み補正した。

5.2. 俯瞰的視点による復原景観表現の試み

UAV による空撮動画、および 3 次元表層モデルを用いて、俯瞰的視点による復原景観の表現を試みた。図 11 に示す動画は、現在の三内丸山遺跡から飛び立つ UAV からの俯瞰的視点として、遺跡領域からその周辺域（沖館川、青森平野、津軽湾）を含む現況をまず示し、そこから復原された景観図へと推移するものである。

また、図 12 は三内丸山遺跡の内部の地上から空中へ飛び立つ現況の動画から、SfM 多視点ステレオ写真測量により生成したテクスチャをもつ表層の 3D モデルへとまず遷移し（図 12b）、視点を引いて全体を見渡せる地点にきたところで（図 12c）、テクスチャを除去して地形のみを表示させる画面に移り（図 12d）、その上に復原された植生分布図を円筒下層土器 d 期および円筒上層土器 d-e 期についてそれぞれ示したものである（図 12e,f）。2 次元的に固定された地図の状態ではなく、現在の視点から連続的に遷移させることにより、より直感的なイメージ解釈の手助けとなることが期待される。



https://sketchfab.com/models/85f309f1204e4115ae4a3d4dbe885069

図10. UAV空撮画像からSfM多視点ステレオ写真測量により作成した三内丸山遺跡の3次元表層モデル. 3Dモデルはウェブサイト（下記URL）でインタラクティヴに表示できる.
https://sketchfab.com/models/85f309f1204e4115ae4a3d4dbe885069

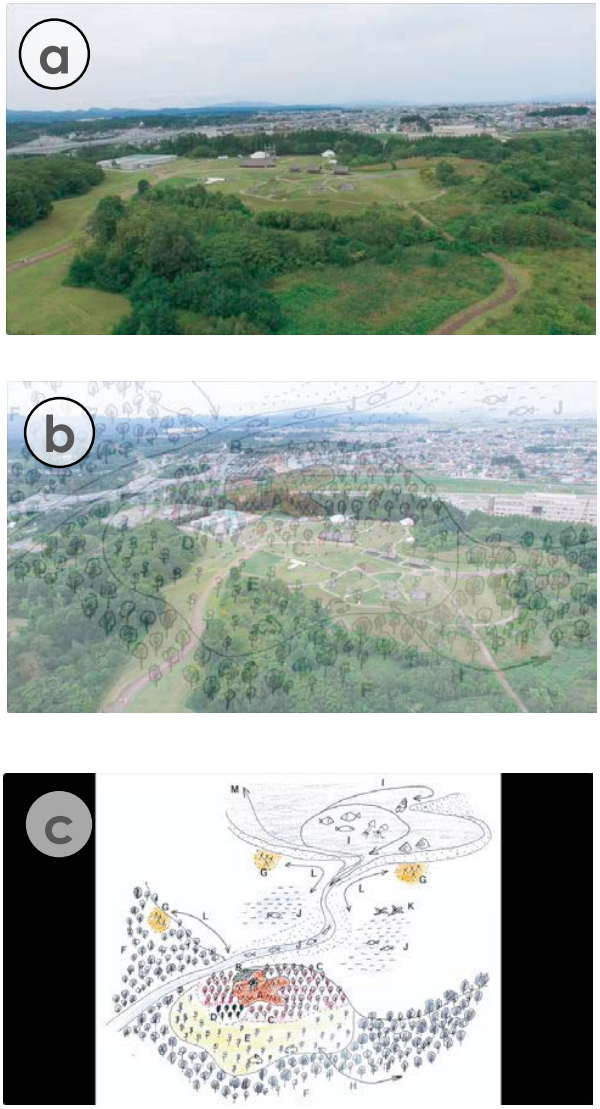


図11. UAVによる空撮動画とその俯瞰的視点からの景観復原イメージへの遷移を示す動画の例. 動画はhttps://vimeo.com/158879751 より閲覧可能. (a) UAVによる離陸動画で得られた現在の三内丸山遺跡の景観. (b) 現況から復原イメージへの遷移. (c) 遷移後の鳥瞰視点からの景観復原イメージ.

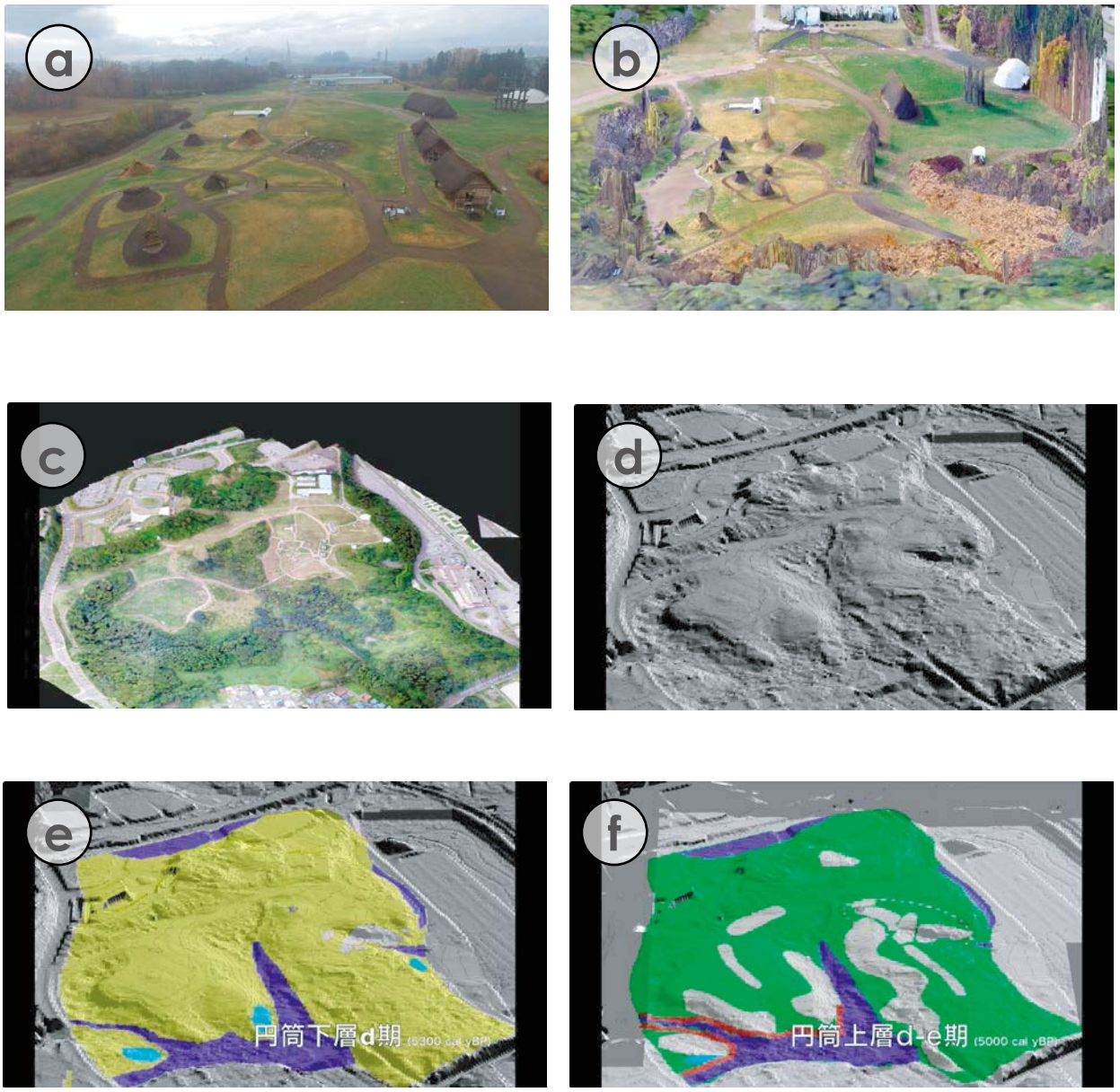


図12．UAVによる空撮動画からSfM多視点ステレオ写真測量による3次元モデルへと遷移する動画の例．動画はhttps://vimeo.com/158885985 より閲覧可能．（a）UAVによる離陸動画で得られた現在の三内丸山遺跡の景観．（b）映像からテクスチャつき3次元表層モデルへの遷移．（c）広域を見渡せる俯瞰的視点への移動．（d）テクスチャを外し地形のみを表示．（e）円筒下層土器d期における植生分布の重ね合わせ．（f）円筒上層土器d-e期における植生分布の重ね合わせ．

5.3. 高精細地形情報を用いた景観復原の試み：南盛土の例

盛土は人為的に盛られた土が、長い年月をかけて積み重なり形成された地形的高まりである。トレンチ調査による盛土の最下層部はその原面と考えられるが、実際には盛土形成前あるいはその初期における地面の人為的な削剥の可能性もあり、その正確な復元は困難をともなうと考えられる。また、トレンチごとの原面の標高を抽出することも大変な労力を伴う。そこで今回は、南盛土に着目し、高精細地形データを用いた空間解析からその原面の復元を試みた。

具体的な手順は以下の通りである。1）盛土のおおまかな領域を現在の地形から削除し、その周辺の地形のみを残す。2)「穴」となった盛土の領域について、周辺の地形データからクリギング法による補間を行い、なめらかな面を再生する。3）補間した地形面を原面とみなし、現在の地表面との差分をとることで盛土の厚さ分布を検証する。

本方法においては、3）の手順による検証の結果、盛土の厚さは 1 ～ 2 m のオーダーとなり、クリギング法を用いた補間による地形面復元は妥当なものであったと考えられる。

図 13 は、上記の過程により再現された南盛土の復元地形を、その周辺のイメージと合わせて俯瞰的に表現した動画の例である。まず、高高度の俯瞰的視点から集落生態系の復原図を示し（図 13a)、そこから現況の 3 次元モデルへと遷移し（図 13b)、また連続的に視点を近づけていき（図 13c)、南盛土に着目した視点に落ち着かせる（図 13d)。ここから、テクスチャを外し、現況となる高精細地形情報による細密な等高線（20 cm 間隔）と地形陰影図を表示し（図 13e)、さらに復元した地形面（盛土形成前の地形）を同様に等高線と陰影図で示す（図 13f)。その上に盛土を形成した人たちのイメージ画像を表示する（図 13g)。その後、また現況の盛土を示し、少し引いた視点（現況を示す 3 次元テクスチャモデル）で終了するというものである（図 13h)。

６．復元イメージの可能性を開拓する試みとしての高精細地形情報との協働と植物遺体分析データ見直しプロセス

植物遺体分析研究者、地形情報解析研究者らと、復元イメージ作成に関わる表現者が協働する当チームは、人と環境の関係史を軸とした集落の景観と景観を形づくる根源にある世界観の復元に取り組む。それぞれの専門性を最大限に活かしつつ、総合的な「世界」を再構築することは、分析編重に陥り、分解した考古学的復元イメージに、人が生きて暮らした生命感の息吹を、再び吹き込むことと言える。人と世界の関係史から復元される根源的な問いかけをもって、今まで研究成果を充分に届けられなかった分野からも、それぞれの専門家が研究自体への社会的関心を呼び戻し、研究成果が社会へもたらすインパクトを力強く刷新することを目的として、長年にわたり積み上げられてきた植物遺体分析研究のデータを見直し、再考察しながら、今年度はその第 1 段階として、新たな考古学的復元イメージ開拓への取り組みを始めた。

復元イメージ作成に際して模索した具体的事項

・過去 20 年にわたる現地調査で蓄積されたデータを見直し、精緻に捉えなおす作業により、植生と地形のダイナミックな変遷を、時間軸をもった復元イメージとして表現できるよう取り組む。

・高精細地形情報が備える表現技術と、内面的情緒的表現性の双方を備えた復元イメージの形を模索し、試行する。

・十和田八甲田から陸奥湾までの大きな周辺世界と、人々が身体的に受け継いだ脳内地図のあいだで、長大な時間軸をもちつつ、つくりだされていっ

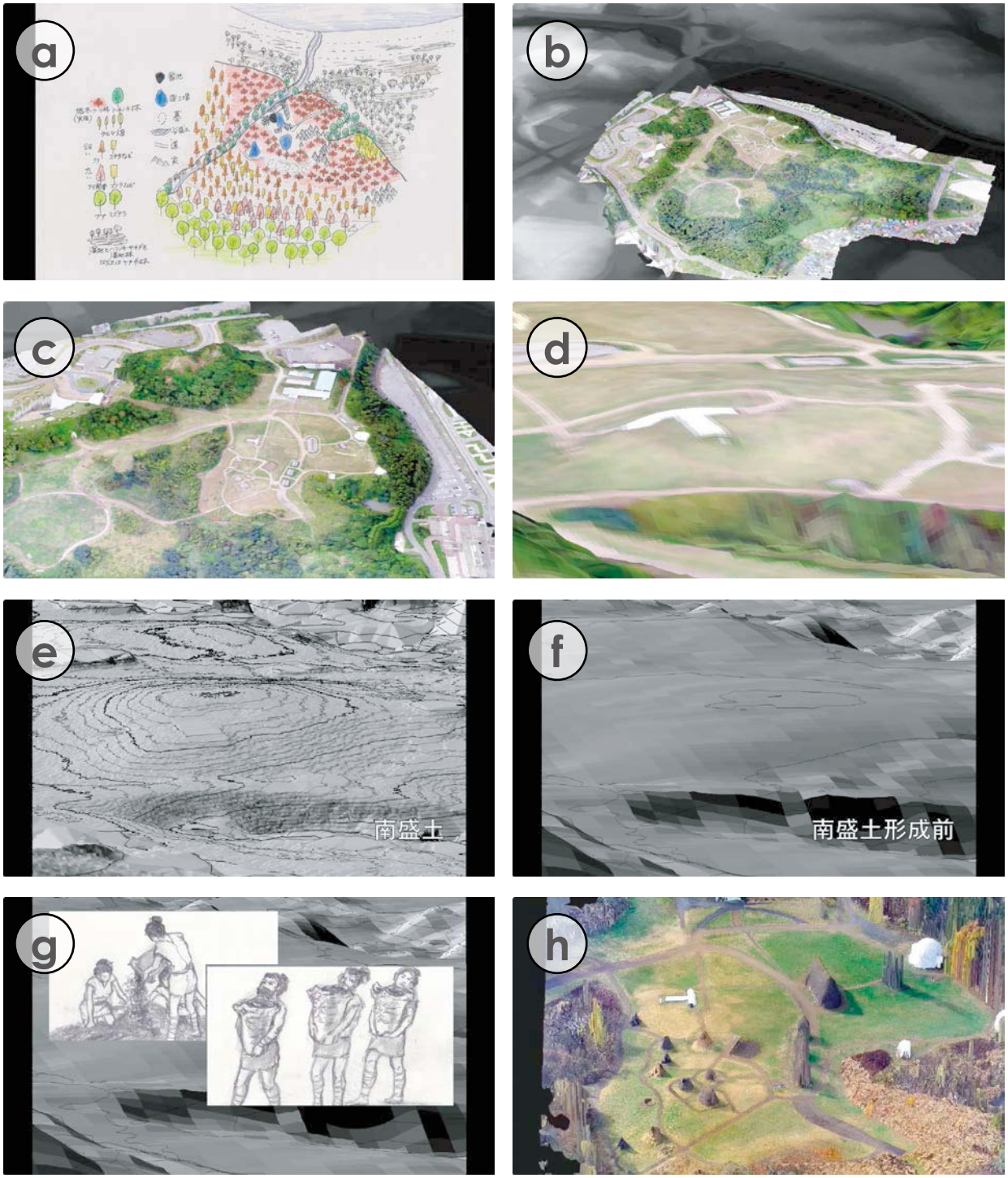


図13.　全体的な植生復原図から、SfM多視点ステレオ写真測量による3次元モデルへと遷移し、南盛土の形成過程を示す動画の例．動画はhttps://vimeo.com/158730628 より閲覧可能．（a）俯瞰的視点からの集落生態系景観の復原図．(b-d)テクスチャつき3次元表層モデルへの遷移と視点の移行．（e）南盛土の現況地形（等高線間隔20 cm）．（f）周辺地形からの補間により推定した南盛土形成前の復元地形（等高線間隔1 m）．（g）盛土形成にかかわるヒトのイメージ．（h）現況の3次元モデルへの回帰．

た集落の景観とその背後にある世界観を、どのような復元イメージに表現できるのかを模索し試行する。

また、上記のプレゼンテーションが、時間軸と、視点のスケール、方角を自由に行き来できるインタラクティヴな機能を備えることができれば、さらに独創的かつ発展的な復元イメージの開拓が可能となると予測し、それを最終的な目標と設定する。その手始めとして、上記（図 13g）盛土形成にかかわるヒトのイメージを作成、高精細地形情報の画像への挿入を試行し、デジタルとアナログそれぞれの復元イメージが互いの特質的な表現力を活かしつつ、より多くの受け取り手の心に残る、新鮮なイメージを提供できるよう、協働して取り組む表現の形を模索し始めた。

具体的には、三内丸山遺跡において、長年蓄積された研究者の知見をもとに、広大な面積のクリ林と人の関係について考察を深め、衣食住以外にも多様に存在する集落と環境との濃密で合理的な関わり合いのうち数場面を抽出し表現した（図14, 15）。

文献

安昭炫（2013）三内丸山遺跡における盛土遺構の形成プロセスの解明. 特別史跡三内丸山遺跡年報、16、51–60

Furukawa, Y., Curless, B., Seitz, S. M. and Szeliski, R. (2010) Towards internet-scale multi-view stereo: Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1434–1441.

Furukawa, Y. and Ponce, J. (2010) Accurate, dense, and robust multiview stereopsis: IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell, 32, 1362–1376. doi:10.1109/TPAMI.2009.161.

早川裕弐・小花和宏之・齋藤　仁・内山庄一郎 (2016) SfM 多視点ステレオ写真測量の地形学的応用 . 地形 , 37(3),321–343

小花和宏之・早川裕弐・ゴメス　クリストファー (2014a) UAV 空撮と SfM を用いたアクセス困難地の 3D モデリング . 地形 , 35 (3), 283–294.

小花和宏之・早川裕弐・齋藤　仁・ゴメス　クリストファー (2014b) UAV-SfM 手法と地上レーザ測量により得られた DSM の比較 . 写真測量とリモートセンシング , 53 (2), 67–74. doi:10.4287/jsprs.53.67

久保純子・辻　誠一郎・村田泰輔・辻　圭子・後藤香奈子（2006）最終氷期以降の青森平野の環境変遷史．植生史研究、特別第 2 号、7–17.

Snavely, N., Seitz, S. M. and Szeliski, R. (2007) Modeling the World from Internet Photo Collections: Int J Comput Vis, 80, 189–210. doi:10.1007/s11263-007-0107-3.

辻　誠一郎（2006）三内丸山遺跡の層序と編年. 植生史研究、特別第 2 号、23–48.

辻　誠一郎（2011）縄文時代前・中期の三内丸山集落生態系史．東北芸術工科大学東北文化研究センター研究紀要、第 10 号、37–51.

吉川昌伸・鈴木　茂・辻　誠一郎・後藤香奈子・村田泰輔（2006）三内丸山遺跡の植生史と人の活動．植生史研究、特別第 2 号、49–82.

吉川昌伸（2006）ウルシ花粉の同定と青森県における縄文時代前期頃の産状．植生史研究、14、15–27

吉川昌伸（2011）クリ花粉の散布と三内丸山遺跡周辺における縄文時代のクリ林の分布状況．植生史研究、18、65–76.

図14.　三内丸山ムラとその周辺域における満開期のクリ花の森のイメージ.

図15.　クリ林とヒトとの関係を示すイラストレーション.（a）低木クリ林の剪定のイメージ.（b）建築材としての高木クリ林のイメージ.

２　個人研究

北陸系石材の三内丸山遺跡への波及の研究

中村　由克（明治大学黒耀石研究センター）

１．はじめに

石器や石製装身具は、各種の石材が使われる。先史人類が利用した石材（岩石・鉱物）は、その用途によって用いられるものが異なっており、大きくみると剥片石器、磨製石斧、装身具、礫石器の４種に分けられる。このなかで、磨製石斧と装身具に用いられる石材は、比重が大きく衝撃に強い岩石とか、硬度が高くて美しい鉱物がよくみられ、黒曜石や珪質頁岩などの剥片石器石材とは異質なものが多い。そして、これらの石材は剥片石器石材と違い、十分な鑑定や研究がされていないものも多く、遺跡、地域によって検討を要するものが多いと予想される。一方、広域にわたって流通する石材も多くみられる。

三内丸山遺跡では、長年にわたる研究で多数の報告書が刊行されており、多くの遺物の石材が報告されている。本研究は、磨製石斧と石製品に限定して、既報告資料の石材調査を行い、三内丸山遺跡の石材利用の一端を明らかにすることが目標である。

２．石材鑑定の方法

石器石材の鑑定にあたっては、遺物を非破壊で研究する方法で、かつ大がかりな装置を必要とせず携帯可能な研究機器を用いた（中村 2013）。

実体顕微鏡観察法：　ニコン SMZ745T に補助レンズをつけて、主に 20 ～ 100 倍で検鏡･観察し、写真撮影はマイクロネット社製のスーパーシステムをつけたデジカメ・ニコン J2 を使用した。

比重測定法：　上皿天秤の上に水を入れたタッパーを用意し、木綿糸でつるした石器を水中に入れて重量の変化を測り（石器の体積が求められる）、「石器重量÷石器体積＝石器の比重」の公式で比重を求めるアルキメデス法による。

帯磁率測定：　携帯型帯磁率計 Kappameter KT-6 を使用し、石器の帯磁率を測定。単位は× 10^{-5}SI ユニットである。帯磁率とはごく弱い磁気を器械から発し、それによって引き起こされる対象物の磁気の強さ（磁性）を表す。

磁石テスト：　外形 8㎜、厚さ 3㎜のリング状の強力なネオジム磁石を 10cm の糸につるしたものを石器に近づけ、磁石に引き付けられる力の強さを４段階（弱い方から 1-、1+、2、3）に区分する。約1㎝の距離に石器を近づけ、磁石が動かない場合にはさらに2～3㎜の距離まで接近させ、磁石の動き具合から引きつけられる強さの程度を測定する。ネオジム磁石に引きつけられる力の強さは、次の4段階に分けることができる。

レベル３：強、磁石が約 1㎝の距離で引きつけられる。強く引き付けられ、磁石がひっついて落ちない。

レベル２：中、磁石が約５㎜の距離で引きつけられる。やや強く引き付けられるが、磁石が自重で落ちる。

レベル１＋：弱、磁石が２～３㎜の距離で弱く引きつけられる。

レベル１－：極めて弱、磁石がごくわずかに反応するか、ほとんど反応しない。

帯磁率とネオジム磁石に引きつけられる力の強さの関係は、大まかなオーダーでは以下のようなある程度の対応関係が見られる（中村 2011）。

磁石に引きつけられる力のレベル　　帯磁率
レベル３　　1000 × 10^{-5} × SI 前後からそれ以上
レベル２　　50 前後～ 500 × 10^{-5} × SI 前後
レベル１＋　5 前後～数 10 × 10^{-5} × SI 前後

３．磨製石斧の石材

三内丸山遺跡出土の磨製石斧のうち、報告書 No24 ～ No41 に報告された資料で閲覧できたものすべてについて実施した石材鑑定結果を表３・表４に示す。また、主要な石材の顕微鏡写真と属性一覧表を示す（図１～図２、表６）。

三内丸山遺跡の磨製石斧の主要石材は、合地（2004）が最初に指摘した北海道沙流郡平取町の額平川上流の石材で、前川（2007）が緑色岩と鑑定した通称アオトラ石である。さらに、前川ほか（2015）は石斧に多く使われる緑色岩の露頭を発見し、その地質・岩石学的な位置づけを確実なものとしている。緑色岩そのものは、ほかの地域・時代の地層にも当然分布するものであるが、三内丸山遺跡をはじめ北海道～東北北部で多く使用されている緑色岩は、緑灰色の細粒部だけでなく暗緑灰色の粗粒部が数 cm 単位で互層する石材にほぼ限定される。刃部は細粒部に作られることが多いが、薄く互層する性質が平行に細長い大きな板状石材が原産地の河川礫として得られることが、平取地域の石材が選択された理由と考えられる。

次に目立つのが、北海道神居古潭産の青色片岩である。合地(2004)が明らかにした石材である。青色の藍閃石を含む典型的な高圧低温の変成作用で形成された結晶片岩とされている。片理を有することが特徴である。このほか、神居古潭帯に含まれるかどうか不明な片岩類、角閃岩がある。これらは、岩手県域の北上帯にも存在する可能性がある。

花こう閃緑岩、閃緑岩、粗粒玄武岩（輝緑岩）などは東北系の在地石材である。透閃石岩は、従来、蛇紋岩とされていた石材であるが、蛇紋岩と比べて比重が大きく、衝撃に強い石材であり、結晶が小さいもので透明感があるものは、ネフライト（軟玉）として装身具石材となっているものである。

４．石製品（装身具）の石材

石製品の鑑定済みの資料の一覧を表５に示す。また、主要な石材の顕微鏡写真と属性一覧表を示す（図２～図５、表６）。ヒスイはすべてが青海 - 蓮華地域（新潟・長野・富山県境域）産と推定される。透閃石岩、滑石は青海 - 蓮華地域のものと岩手県産のものの２系統があると思われる。蛇紋岩は岩手県産と思われる。

北海道産の緑色岩 (アオトラ石) と青色片岩の石斧石材の再利用と思われる石製品もみられる。北海道産の装身具石材については、十分な資料は持ち合わせていない。ただし、“ 日高ヒスイ ” と報告された 2951（40-89-24）（藁科 2000）について、産地を判定はできないが、石材について検討した。その結果、日高ヒスイはクロム透輝石であり（番場 1972)、輝石系であるので、結晶は短柱状・モザイク状を示すと思われるが、2951 と 3602 は、実体顕微鏡観察ではあまり鮮明には見えないながら、針状結晶の形が観察されることから、輝石系というよりは透閃石岩である可能性が考えられる。

そのほかの多くの鉱物・岩石は東北系のものと推定される。

５．ヒスイの鑑定

ヒスイ（ヒスイ輝石）は白色～明緑色の鉱物である。緑色系の鉱物・岩石は意外と多いので、色調だけでヒスイを鑑定することは難しい。ヒスイの比重は 3.2 ～ 3.4 と、通常の岩石、鉱物の中では高比重であるので、比重を測定することが重要

な指標になる。これに組み合わせて、実体顕微鏡で表面を観察することで、結晶形が見られればヒスイであることを確認できる。

ヒスイ（硬玉）に似た外観でも比重が小さいものには、石英（2.6 ～ 2.7）、碧玉（2.5 ～ 2.7）滑石（2.6 ～ 2.8）、緑色凝灰岩（2.2 ～ 2.7）、クロム白雲母（結晶片岩；2.8、大坪志子 2015）などがある。ヒスイに近い比重では、透閃石岩（ネフライト、軟玉）がある。比重は 2.8 ～ 3.2 であるので、透閃石岩とヒスイを見分けるのは、比重とあわせて結晶の形が確認できれば好ましい。透閃石岩は針状の結晶が平行するなど集合しており、ヒスイはモザイク状の結晶の形で表面がちかちか輝く状況が見られることが特徴である。

実際には、ヒスイに透閃石岩の部分が混じったものもあるようで、比重だけで決定できないものも見られる。

6．透閃石岩の分類

透閃石岩は色調、透明感、結晶の大きさにより、A1, A2, B, B0, C, C0, D1, D2 の 8 タイプに細分される（表 1 ；中村 2011）。青海 - 蓮華地域では、D1 が少ないほかは全タイプがある。日本国内で磨製石斧が生産されたことが確認できた透閃石岩産地は、このほか北部九州の三郡変成岩地域と岩手県の早池峰地域、および北海道の 3 か所である。このうち、北部九州は遠隔地であるので除外する。東北地方の早池峰地域を検討する。この中で磨製石斧の製作が確認されるのは、盛岡市の川目 A 遺跡である（報告書では蛇紋岩とされていた、中村 2015）。川目 A 遺跡で確認できる透閃石岩は、A1 と B の緑色系・暗灰色系が圧倒的に多く、概して剪断変形が著しく、複雑な岩相をしているものが多い。多く含まれる黒色の不純物は、スピネルなどの鉄鉱物だと思われる。このような外観のものは、青海 - 蓮華地域にはあまり見られないので、両地域の区分ができると考えている。

分類	緑・暗灰色系	白色系	特徴		
軟玉型	A1	A2	透明感あり	結晶　小	磁性　弱
単一型	B0	C0	透明感なし	結晶　大	
混合型	B（暗色系が主）	C（白色系が主）			
細粒型	D1	D2		結晶　小	

表 1　透閃石岩の分類（中村2011）

また、北海道では道南地方の縄文早期を中心に中野 A・B 遺跡などで多くの蛇紋岩製石斧が報告されている（齋藤 2003）。道南の函館市内では三内丸山遺跡が関係する縄文時代前期以降にはすでに「蛇紋岩」が使用されない状況にある（注 1）。北海道の磨製石斧石材を十分検討したわけではないが、今の時点では三内丸山遺跡の石材とは関わらないと考えている。

三内丸山遺跡出土の透閃石岩は、以下のように区分される。

磨製石斧：

TR-A2　　24-115-334

TR-D2　　81092（小型石斧、未報告）

以上、北陸系と推定

TR-A1　　38-235-17,

TR-B　　90080（小型石斧、未報告）

以上、東北系・岩手産

石製品：

TR-A1　　3606, 4497, 7077

TR-A2　　2541, 2566　　以上、北陸系と推定

TR-A1　　2382、2443, 2569, 4203　以上、東北系・岩手産

産地未検討・・TR-A1　3704, TR-C ？　2394

7．滑石の分類（新提案）

三内丸山遺跡の滑石には透明感があるものと不純物を多く含み、透明感が少ないものがある。滑石の原産地近くで滑石製品が多く組成する代表的地域の富山地域と岩手地域の滑石製品の石材を材料に、滑石の分類試案を表 2 に提示する。

記号	名称	説明	原産地
TA-A	透明タイプ	透明感のあるもの，均質，不純物少ない	青海-蓮華地域など
A1	透明	透明で白色系	
A2	灰色	透明で灰色	
A3	あめ色	透明であめ色	
TA-B	白色系タイプ	やや透明感があり，鉄鉱物など不純物含む	遠野市柏木平，盛岡市一盃森
TA-C	緑灰色系タイプ	やや透明感があり，鉄鉱物など不純物含む	遠野市岩根橋
TA-D	不透明，暗色タイプ	不透明なもの	
D1	均質	不透明で均質なもの	青海-蓮華地域など
D2	不均質	不透明で不均質なもの	

表２　滑石分類表

透明感の有無、色調、不純物の含有状況などをもとに、A～Dの４タイプを区分し、さらにAは１～３に３分、Dは１・２に２分できる。青海 - 蓮華地域の滑石は概して均質で透明感をもつものと黒色不透明で均質なもの（D2）が遺物で観察できる。TA-A は青海 - 蓮華地域に特有のもので、色調は白色系（A1）、灰色（A2）、あめ色（A3）の３タイプがみられる。

一方、早池峰山周辺の岩手県域では、概してスピネルなどの鉄鉱物の塊を含む不均質な岩質である。色調からは、白色系でやや透明感を有するもの（B）と緑灰色系のもの（C：透明感が少しあるもの～透明感が少ないものを含む）に区分できる。

この他の産地のものはみていないが、A タイプ、D1 タイプは今のところ北陸系の大きな特徴と考えている。

上述の分類基準でみると、三内丸山遺跡出土の滑石は、以下のように分類可能である。

A1：　なし

A2：　7062

A3：　2567

D1：　2372, 2556, 7048　　以上、北陸系の可能性が高い

B：　なし

C：　2671, 2920, 4478　　以上、東北系（岩手県産）

D2：　なし

不明：　3723（受熱）

8　霰石もしくは方解石

7053 は灰白色の鉱物である。色調や結晶の形状などの特徴は、富山県小竹貝塚（縄文時代前期）の玦状耳飾で初めて確認された霰石もしくは方解石（中村 2014；宮島・中村 2014）と一致すると思われる。

9　三内丸山遺跡の磨製石斧・装身具石材の流通について

三内丸山遺跡の報告済みの磨製石斧のうち、原産地が推定できた石材は以下のとおりである。

北海道系　　磨製石斧の 70.0％

　緑色岩（アオトラ石）磨製石斧の 59.5％

　青色片岩　　磨製石斧の 10.5％

北陸系　　磨製石斧の 0.53％

　透閃石岩　　磨製石斧の 0.53％（ほかに未報告資料を 1 点確認）

東北系　　磨製石斧の 24.1％

ほかに東北系と北海道系の両方の可能性があるのは、5.3％。

磨製石斧については、剥片等まで調査していないが、北陸系の透閃石岩と北海道神居古潭産の青色片岩は製品として搬入されたものと考えられる。一方、北海道産の緑色岩は擦切技法によるものが多く、これも製品として搬入された（斉藤 2006）と考えられるが、緑色岩の原産地の北海

道平取町周辺遺跡では擦切技法によらない石斧製作が中心である（森岡・佐藤 2011 など）ので、製作地は原産地と三内丸山遺跡の中間にあたる北海道南部地域などが候補となると思われる。

石製品では、確実に北海道系と判断できるのは、緑色岩と青色片岩である。透閃石岩、滑石、蛇紋岩については、今の時点では北海道系を多く含むとは考えていない。

北陸系と推定できるのは、ヒスイ、透閃石岩の一部、滑石の一部、霰石もしくは方解石である。玦状耳飾の一部は北陸地方の遺物とは形態が異なるので、三内丸山遺跡や近隣地域に石材が搬入されて製品が作製されたものと考えられる。透閃石岩、滑石は素材や剥片まで確認していないが、三内丸山遺跡ではヒスイの剥片や破片が多く検出されているので、これらの石材もヒスイと同様な搬入形態であったと推定される。なお、玦状耳飾の中には霰石もしくは方解石製のもののように製品の状態で搬入されたと推定されるものもある。

石製品については、報告資料を統計的に石材鑑定できたわけではないので、石材使用の割合は出せなかったが、ヒスイだけでなく透閃石岩や滑石も品質のいいものには北陸系の石材が用いられていることが推定できた。

磨製石斧や装身具石材については、近年まで正確な石材鑑定で出土品全体を対象にした統計的に調査研究された遺跡があまり多くない。筆者は富山県域と今回の三内丸山遺跡や岩手県域の調査を行っただけなので、東日本全体をカバーした研究にはなっていない。したがって、今回北陸系石材とした石材の搬入について、より確実な議論をするためには、さらに広い地域に及ぶ石材の利用状況を見ていくことが課題である。

謝辞：　本研究は、平成 27 年度特別史跡三内丸山遺跡特別研究の研究委託として取り組んだものである。調査研究にあたっては、三内丸山遺跡保存活用推進室の援助を受け、調査・文献では森岡健治、菊池強一、黒田篤史、前川寛和、東　豊士、齋藤　岳の各氏、および岩手県埋蔵文化財センター、遠野市教育委員会、深川市教育委員会、市立函館博物館の皆様にお世話になった。以上の方々に御礼を申し上げる。

注 1　函館市の収蔵遺物では、中野 B 遺跡出土の透閃石岩を 1 点実見できただけであるが、三内丸山遺跡出土の磨製石斧（24-115-334）や北陸産の透閃石岩とは全く異なるものであった。

文献

合地信生（2004）三内丸山遺跡出土磨製石斧の産地について．特別史跡三内丸山遺跡年報、7、16-20.

大坪志子（2015）縄文玉文化の研究 - 九州ブランドから縄文文化の多様性をさぐる -．172 P．雄山閣.

齋藤　岳（2003）蛇紋岩製磨製石斧の製作と流通－渡島半島と本州北端部の間で－．北海道考古学、39、17-28.

齋藤　岳（2006）三内丸山遺跡の磨製石斧の全体像の解明に向けて. 特別史跡三内丸山遺跡年報、9、36-40.

中村由克（2011）旧石器時代における石斧の石材鑑定．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告、19、31-54.

中村由克（2013）富山県境 A 遺跡における縄文時代磨製石斧の石材利用．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告、21、9-28.

中村由克（2014）石材とその原産地の推定．小竹貝塚発掘調査報告書、富山県文化財振興財団、43-70.

中村由克・菊池強一（2015）岩手県大台野遺跡における透閃石岩製石斧の確認の意義．日本考古学協会第 81 回総会研究発表要旨、22-23.

中村由克・吉川耕太郎（2016）秋田県東成瀬村上掃遺跡出土の大型磨製石斧の石材について．秋田県立博物館研究報告、41、45-56.

番場猛夫（1972）北海道のいわゆる「日高ヒスイ」について．鉱山地質、22、21-30.

前川寛和（2007）三内丸山遺跡の磨製石斧の岩石学的特徴と石材産地特定の可能性について．特別史跡三内丸山遺跡年報、10、15-27.

前川寛和・大塚和義・山本剛志・合地信生（2015）三内丸山遺跡出土の緑色磨製石斧の岩石学的特徴とその原産地．日本地質学会第 122 年学術大会講演要旨、54-54.

宮島　宏・中村由克（2014）附編　分析走査電子顕微鏡による鑑定結果．小竹貝塚（前出）、71-72.

森岡健治・佐藤　稔（2011）町有牧野第 11 牧区遺跡．平取町文化財調査報告、16、130P.

藁科哲男（2000）三内丸山遺跡出土ヒスイ製玉類、玉材の産地分析．特別史跡三内丸山遺跡年報、3、15-25.

報告書	点数	緑色岩	青色片岩	片岩類	角閃岩	粗粒玄武岩	花こう閃緑岩	閃緑岩	その他	透閃石岩
記号		GRS	SCH-B	SCH	AM	DOL	GR-DIO	DIO	TU,GT,SH,SA,HOR,POR	TR
41	49	36	3		1	3	3	1	2(GT・SH)	
38	79	45	8		5	7	8		5(SA 3, TU 1, POR 1,)	1 *1
35	23	7	4	2	1	6	2		1(HOR)	
33	4	4								
32	1						1			
31	8	5		1				2		
29	3	1					2			
26	6	4	1			1				
24	17	11	4				1			1 *2
合計	190	113	20	3	7	17	17	3	8	2
%	100	59.5	10.5	1.6	3.7	8.9	8.9	1.6	4.2	1.1
系統		北海道系		北海道・東北		東北系				北陸・東北

TU:凝灰岩, GT:緑色凝灰岩, SH:頁岩, SA:砂岩, HOR:ホルンフェルス, POR:ひん岩　　*1:東北系　　*2:北陸系

表 3　磨製石斧石材分類表

名称	記号	遺物番号		
緑色岩	GRS	41-104-1, 41-104-2, 41-104-4, 41-104-5, 41-104-6, 41-104-7, 41-104-9, 41-104-10, 41-104-12, 41-104-13, 41-105-2, 41-105-3, 41-105-4, 41-105-5, 41-105-7, 41-105-8, 41-105-9, 41-105-10, 41-105-11, 41-106-1, 41-106-2, 41-106-3, 41-106-4, 41-106-5, 41-106-6, 41-104-7, 41-106-8, 41-106-10, 41-106-11, 41-107-1, 41-107-2, 41-107-3, 41-107-4, 41-107-6, 41-107-7, 41-107-8, 38-235-1, 38-235-2, 38-235-3, 38-235-4, 38-235-5, 38-235-6, 38-235-7, 38-235-8, 38-235-9, 38-235-11, 38-235-12, 38-235-14, 38-235-16,38-235-19, 38-236-1, 38-236-10, 38-236-11, 38-236-13, 38-236-15, 38-236-16, 38-236-17, 38-236-18, 38-237-1, 38-237-4, 38-237-5, 38-237-6, 38-237-7, 38-237-9, 38-237-10, 38-237-12, 38-237-16, 38-237-17, 38-237-18, 38-237-19, 38-238-6, 38-238-7, 38-238-10, 38-239-2, 38-239-3, 38-239-5, 38-239-6, 38-239-8, 38-239-10, 38-239-12, 38-239-13, 35-167-3, 35-168-7, 35-169-1, 35-169-3, 35-170-2, 35-170-3, 35-170-4, 33-41-6, 33-54-4, 33-54-7, 33-69-6, 31-58-11, 31-58-12, 31-68-3, 31-74-16,31-48-1, 29-114-4, 26-22-8, 26-82-2, 26-121-2, 26-195-2, 24-42-111, 24-98-195, 24-98-196, 24-98-197, 24-115-335, 24-115-337, 24-116-338, 24-116-339, 24-143-448, 24-143-449, 24-143-450		
青色片岩	SCH-B	41-104-3, 41-106-9, 41-106-13, 38-235-13, 38-235-18, 38-236-7, 38-236-9, 38-236-12, 38-237-3, 38-237-14, 38-238-11, 35-168-3, 35-169-2, 35-169-4, 35-170-6, 26-230-6, 24-41-109, 24-115-336, 24-143-447, 24-144-451		
粗粒玄武岩	DOL	41-104-8, 41-104-11, 41-104-15, 38-235-10, 38-237-8, 38-237-11, 38-238-1, 38-238-4, 38-239-1, 38-239-7, 35-167-5, 35-168-1, 35-168-4, 35-168-6, 35-169-5, 35-169-6, 26-32-4		
花こう閃緑岩	GR-DIO	41-104-14, 41-105-12, 41-106-12, 38-236-4, 38-236-5, 38-236-6, 38-236-8, 38-237-13, 38-237-15, 38-238-2, 38-238-3, 35-167-1, 35-170-1, 32-38-2, 29-89-3, 29-118-3, 24-42-110		
角閃岩	AM	41-105-6, 38-235-15, 38-236-2, 38-238-5, 38-239-9, 38-239-11, 35-170-7		
透閃石岩	TR	38-235-17, 24-115-334	凝灰岩　TU	38-237-2
結晶片岩	SCH	35-168-2, 35,170-5, 31-68-2	緑色凝灰岩　GT	41-106-14
閃緑岩	DIO	41-105-1, 31-58-13, 31-68-1	頁岩　SH	41-107-9
ひん岩	POR	38-236-3	ホルンヘルス　HOR	35-168-5
砂岩	SA	38-236-14, 38-238-8, 38-239-4	未鑑定	41-107-5, 38-238-9, 35-167-2, 35-167-4, 35-167-6

表 4　磨製石斧の鑑定結果一覧

名称　記号	遺物番号
ヒスイ JAD	2586, 2688, 2943, 2944, 3615, 3651, 4319, 4617, 7001, 7046, 7164,　(35)246-6,7,10,11,12,13,14,15
透閃石岩 TR	2382, 2394, 2443, 2541, 2566, 2569, 3606, 3704, 4203, 4497, 7077,　81092, 90080
滑石 TA	2372, 2567, 2671, 2920, 3723, 4478, 7048, 7062
蛇紋岩 SE	2497, 2584, 2651, 3708
結晶片岩 SCH	2393, 2585 ?, 2637 ?, 2686, 3726, 4634
青色片岩 SCH-B	2684,　20769
緑色岩 GRS	2046, 2375, 2545, 2574, 2652, 7063, 7072
緑色凝灰岩 GT	2582, 2618, 2622, 2659, 2691, 2736, 4347
凝灰岩 TU	2624 ?, 2635, 4178
玉髄 CL	2370, 2758
粘板岩 SL	2364, 2539, 2625, 2654, 4151,　241-14
千枚岩 PHY	4150
角閃岩 AM	7064
石英 QT	3647 ?, 3716
”日高ヒスイ”	2951,　3602
その他	ARA? 7053, 曹長石？2641, 珪化木2480, 赤鉄鉱？4430, DOL 4159, 4685
不明	3699, 3706, 4497,　80926

表５　石製品の鑑定結果一覧

No	記号	石材名	遺物番号	色調	マンセル記号	比重	帯磁率	磁石テスト	光沢度
1	GRS	緑色岩（アオトラ石）	41-104-9	緑灰色	10GY5/1	2.9	38.5	1＋	1
2	GRS	緑色岩（アオトラ石）	41-105-7	暗緑灰色	10GY4/1	2.95	41	1＋	4
3	SCH-B	青色片岩	26-230-6	青灰色	5B5/1	3.13	34.5	1＋	9
4	SCH-B	青色片岩	41-106-9	暗灰色	N3/0	3.15	23	1＋	15
5	TR-A2	透閃石岩　A2	24-115-334	オリーブ灰色	5GY6/1	2.86	30.5	1＋	21
6	DOL	粗粒玄武岩	41-104-8	明オリーブ灰色	2.5GY7/1	2.77	49	1＋	5
7	GR-DIO	花こう閃緑岩	35-167-1	明オリーブ灰色	2.5GY7/1	2.86	27	1＋	2
8	DIO	閃緑岩	41-105-1	緑灰色	7.5GY5/1		289	2	2
9	AM	角閃岩	35-170-7	緑黒色	10GY2/1		28	1＋	9
10	POR	ひん岩	38-236-3	オリーブ灰色	2.5GY5/1		30	1＋	2
11	GT	緑色凝灰岩	41-106-14	明オリーブ灰色	2.5GY7/1		10	1＋	1
12	TU	凝灰岩	4178	明緑灰色	10G7/1	1.99	4	1-	1
13	JAD	ヒスイ	2943	鮮やかな緑色	—	3.45	0	1-	2
14	JAD	ヒスイ	7001	灰白色	2.5GY8/1	3.31	3	1-	1
15	TR-A1	透閃石岩　A1	2569	オリーブ灰色	5GY5/1	3.02	5	1＋	11
16	TR-A1	透閃石岩　A1	4497	明緑灰色	7.5GY8/1	3.23	2	1-	1
17	TR-A2	透閃石岩　A2	2566	明オリーブ灰色	2.5GY7.5/1	2.97	6	1-	22
18	TA	滑石	2567	オリーブ灰色	2.5GY6/1	2.75	4.5	1-	24
19	TA	滑石	4478	緑灰色	7.5GY6/1	2.8	12	1＋	1
20	SE	蛇紋岩	2584	緑灰色	7.5GY6/1	2.35	705	3	2
21	GRS	緑色岩（アオトラ石）	2646	暗緑灰色	7.5GY4/1	2.83	4	1＋	1
22	SCH-B	青色片岩	2684	暗青灰色	5PB3.5/1	2.93	4	1＋	14
23	SL	粘板岩	2539	暗灰色	N3/0	2.72	8	1＋	4
24	PHY	千枚岩	4150	暗オリーブ灰色	5GY4.5/1	2.84	6	1-	2
25	SCH	結晶片岩	2393			2.81	2	1-	
26	wood-s	珪化木	2480	黄灰色	2.5Y4.5/1	2.75	3	1-	2
27	CL	玉髄	2758	明赤褐色	2.5Y5/6	2.74	1	1-	7
28		”日高ヒスイ”	2951	明緑灰色	7.5GY7/1	3.11	5	1＋	17
29		曹長石？	2641	灰白色	7.5Y7/1	2.89	2	1-	1
30	ARA	霰石もしくは方解石	7053	灰白色より白い	(2.5Y8/1)	33.5	4.5	1-	2

帯磁率：$\times 10^{-5}$ SI

表６　石材写真掲載遺物の属性一覧表

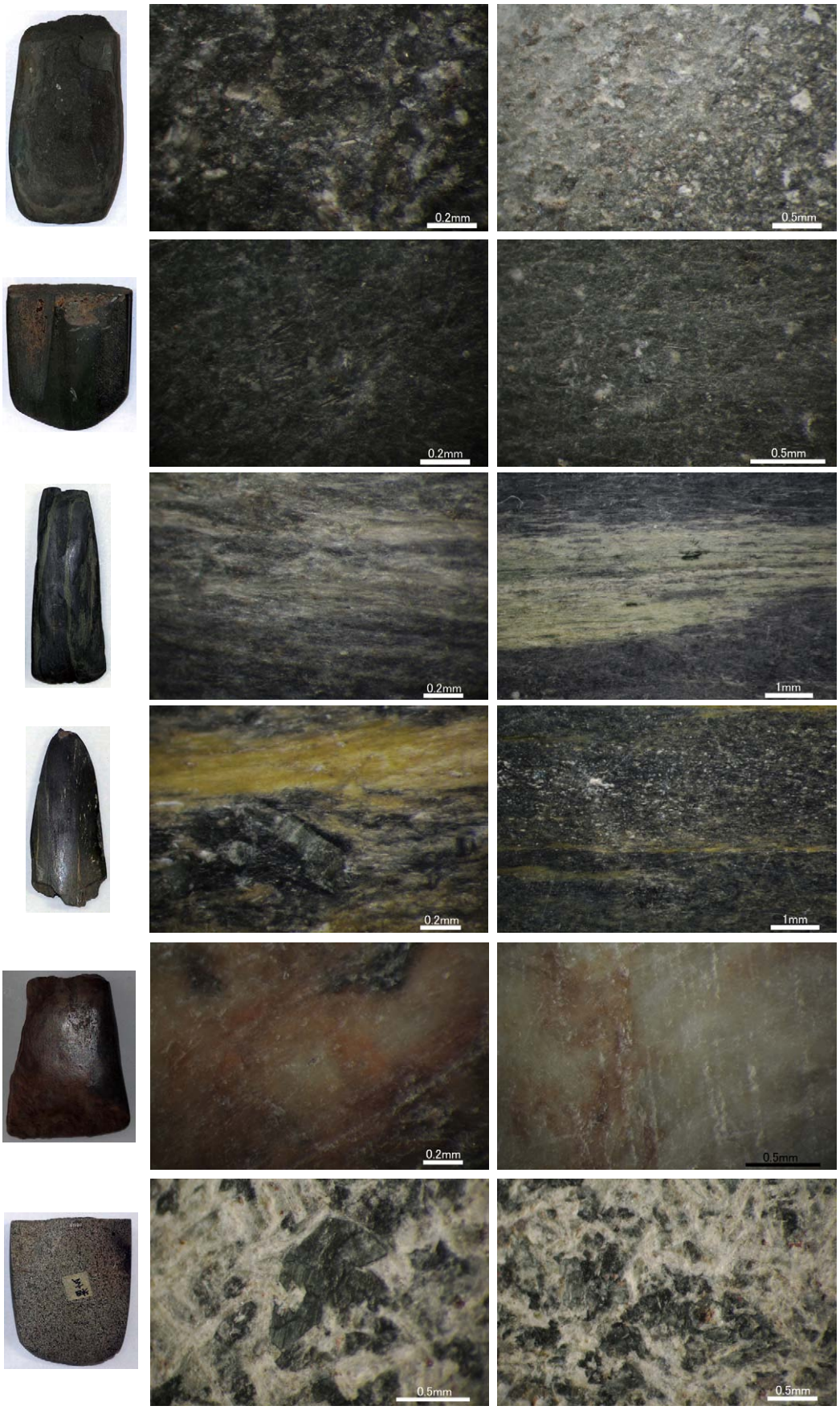


図1　三内丸山遺跡の石材写真　1　　1-6：磨製石斧　　（遺物写真のサイズは不同）

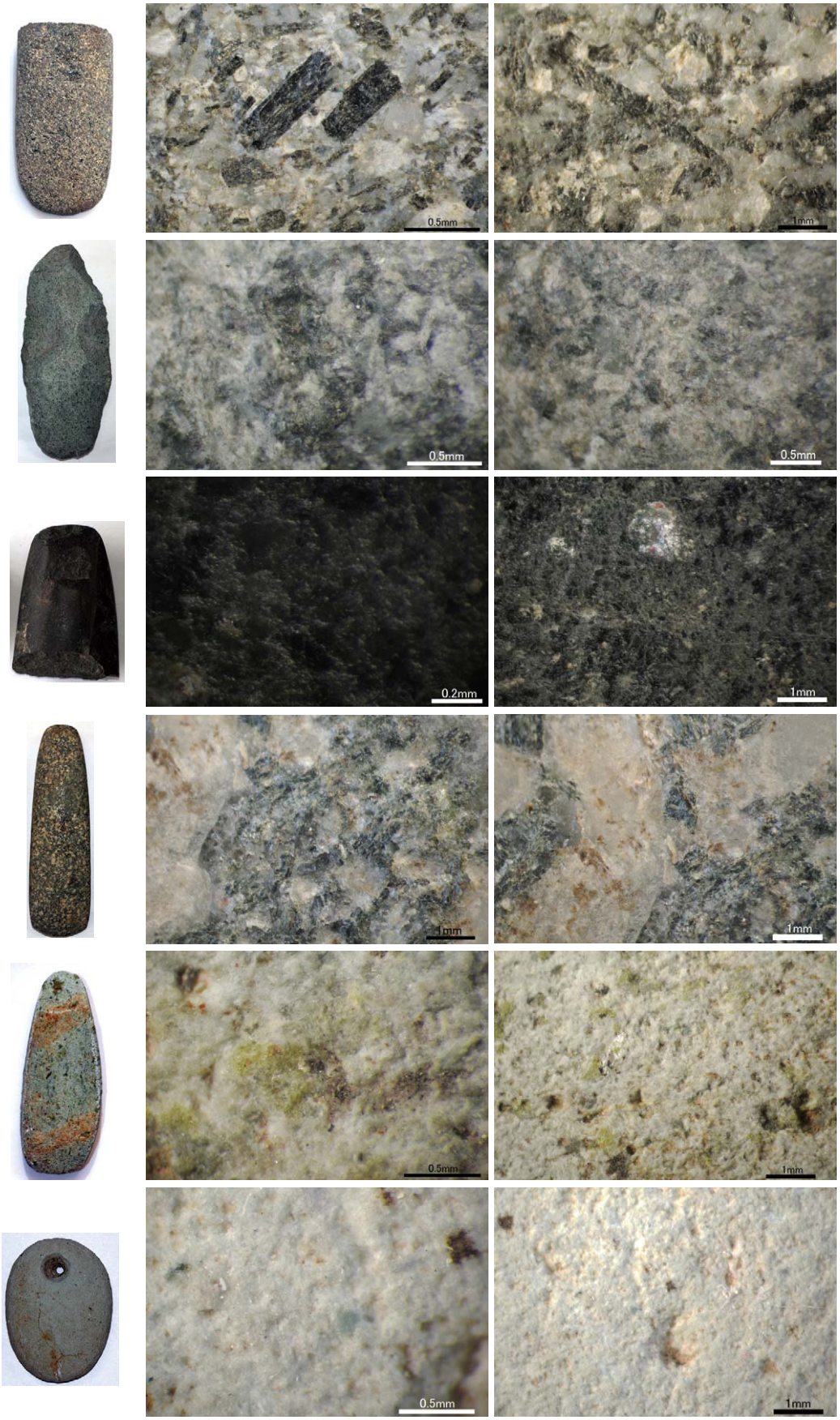


図２　三内丸山遺跡の石材写真　２　　7-11：磨製石斧，12：石製品　　（遺物写真のサイズは不同）

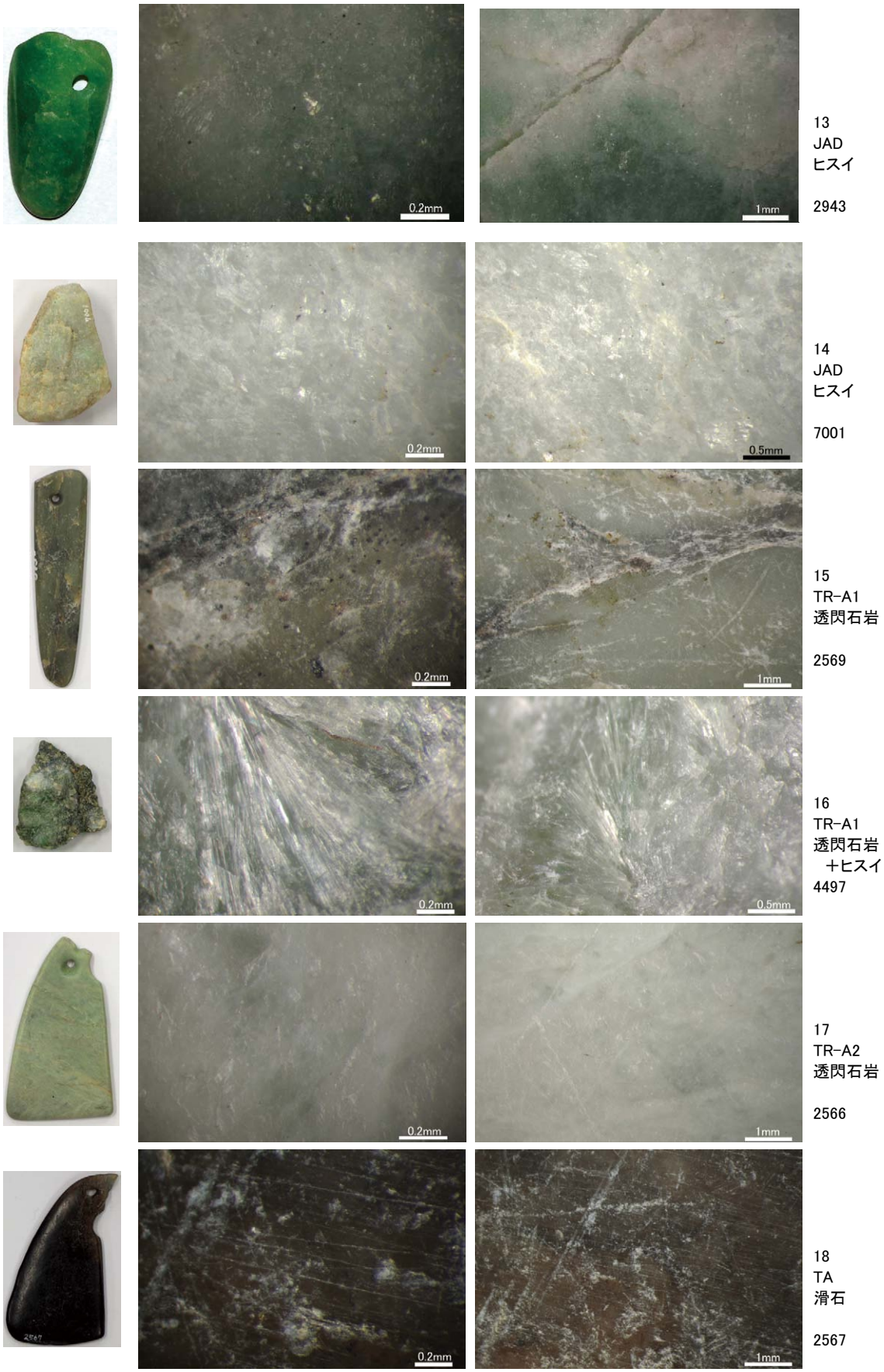


図３　三内丸山遺跡の石材写真　３　　13-18：石製品　　（遺物写真のサイズは不同）

19
TA
滑石

4478

20
SE
蛇紋岩

2584

21
GRS
緑色岩
（アオトラ石）
2646

22
SCH-B
青色片岩

2684

23
SL
粘板岩

2539

24
PHY
千枚岩

4150

図４　三内丸山遺跡の石材写真　４　　19-24：石製品　　（遺物写真のサイズは不同）

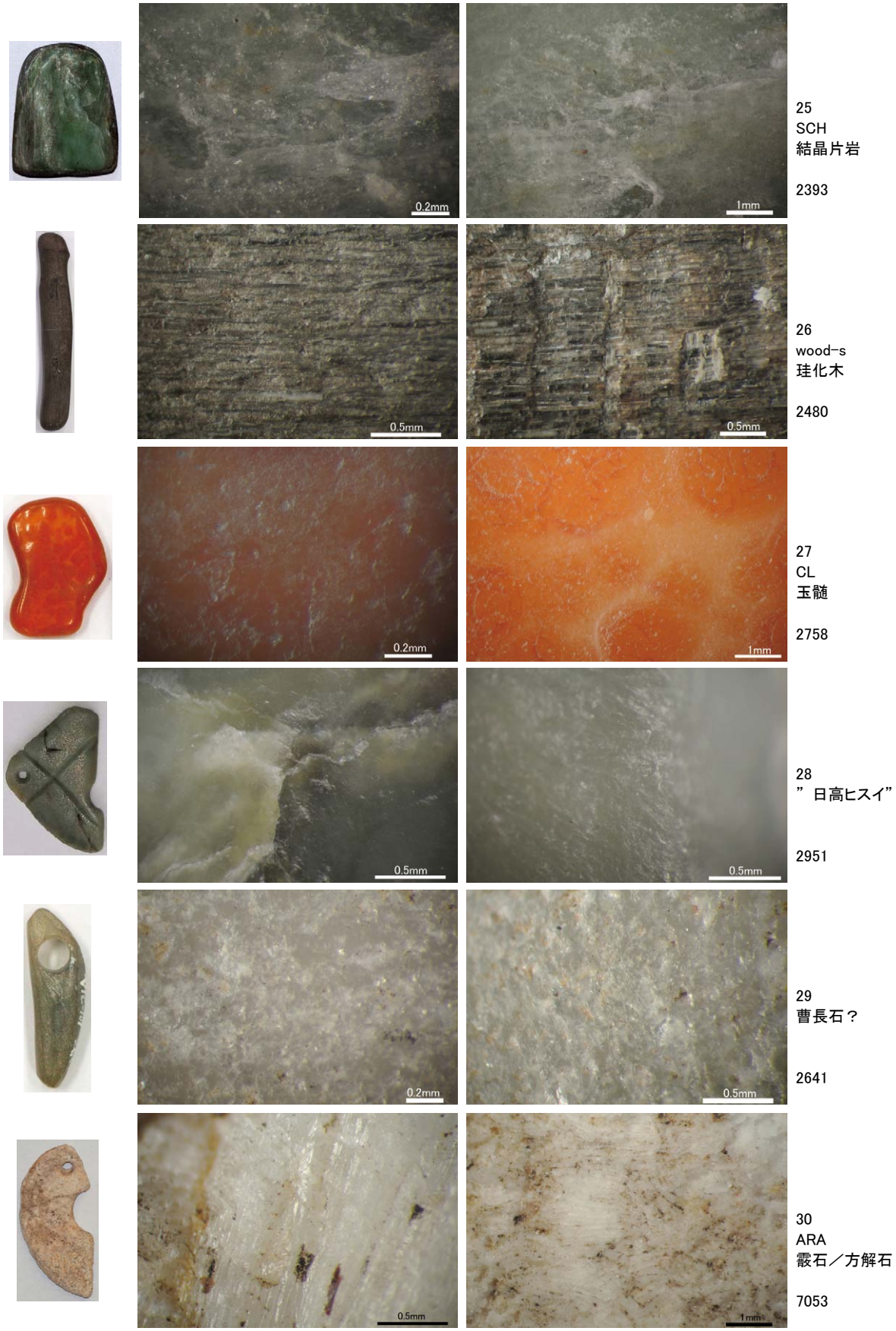


図５　三内丸山遺跡の石材写真　５　　25-30：石製品　　（遺物写真のサイズは不同）

三内丸山遺跡出土土器付着炭化物の炭素・窒素安定同位体比分析

青森県教育庁文化財保護課　三内丸山遺跡保存活用推進室

１．土器付着炭化物の炭素・窒素安定同位体比分析

人骨から抽出したコラーゲンや土器に付着した炭化物の炭素・窒素安定同位体比を用いる分析であり、当時の食性が復元できるものである。人骨の同位体比が 10 年程度の平均的な食の傾向を示すのに対し、土器付着炭化物は土器によって調理された食材の傾向を示す。

２．分析例

これまで行われた炭素・窒素安定同位体比分析の代表的なものとして、以下の研究があげられる。

（１）南川雅男は、古人骨抽出試料の分析から、縄文時代前・中期には、北海道出土人骨と本州出土人骨で同位体比に相違があり、北海道の縄文人は海洋資源、本州では陸上資源を積極的に利用していた可能性が高いことを指摘した（南川 2001 ほか）。

（２）吉田邦夫は新潟県内出土の土器付着炭化物の分析から、①低 C/N 比、やや高い炭素同位体比、高い窒素同位体比を指標とする、サケ・マスなどを含む食料素材による炭化物グループ②高 C/N 比、低い窒素同位体比を示す、デンプン質を多く含む食料素材の炭化物グループ③中間グループのいずれかに由来することを指摘した（吉田 2012 ほか）。

（３）青森県内では、小林謙一が青森市二股遺跡出土の土器付着物について、海産物の調理の痕跡である可能性を指摘した（小林・茅野 2013）。

３．調査目的

特別研究として、三内丸山遺跡から出土した土器付着炭化物の炭素・窒素安定同位体比分析を行った。三内丸山遺跡は前期中葉～中期末葉にかけて、長期間継続した集落跡である。その存続期間内における利用食材の傾向とその差異の有無を把握することを平成 27 年度の目的とした。

４．分析試料

土器に付着した炭化物は内外面共に見られる場合がある。それらのうち、土器の内面および口縁部外縁に付着した炭化物は、土器による調理時の「コゲ」あるいは「吹きこぼれ」であることが予測される。また、「出土した土器片に残されたおこげは、埋蔵中に大きな続成作用を受けていなければ、炭化物の同位体組成から食材を推定することが可能である」（吉田 2012 など）ことから、土器の内面に付着した炭化物10点および内容物の煮沸時に吹きこぼれたものと思われる外面付着炭化物２点を採取した(註１)。対象とした時期は、集落の開始期である縄文時代前期中葉と縮小期である縄文時代中期後末葉の試料を中心とした。

５．調査結果（表１）

今回の分析試料データおよび西本らによる研究成果（西本 2009）において、炭素同位体比・窒素同位体比・炭素/窒素比が公表されているデータを併せると以下の結果が得られた。

（１）分析値

①炭素 / 窒素比（図１）…炭素 / 窒素比は 6.95 ～ 59.5 という値が得られ、ばらつきが見られる。デンプン（炭水化物）を主成分とした食料素材は炭素 / 窒素比が 30 以上となる（吉田 2007 など）ことから、試料番号 16、AOMR5125、AOMR5634a はデンプンを主成分とした食料素

材に由来する炭化物の可能性がある。また、この３点はいずれも前期の試料である。

②炭素同位体比および窒素同位体比（図２）…炭素同位体比は１点を除き -21.0 ～ -26.5 の範囲に収まる。おおむね炭素同位体比が大きいものが窒素同位対比も大きい値を示す傾向が見られる。C3 植物・草食動物の範囲にプロットされたものが、前期の試料が７点（11点中）、中期の試料が４点（10点中）であり、C3植物・草食動物と海産物類の中間あたりにプロットされたものが前期の試料３点（11点中）、中期の試料６点（10点中）という結果になった。

また、前期の試料である試料番号 17 は炭素同位体比・窒素同位体比ともに大きな値を示していることから、海産物に由来する炭化物の可能性がある。

（２）まとめ

以上のように、炭素同位体比および窒素同位体比の分析から、前期の試料は相対的に C3 植物・草食動物の範囲にプロットされたものが多く、中期の試料は相対的に C3 植物・草食動物と海産物類の中間あたりにプロットされたものが多いという結果を得られた。分析点数が少ないため、傾向とは呼ぶには至らないが、分析結果には違いが確認された。

また、炭素 / 窒素比が 30 以上の値を示し、デンプン（炭水化物）を主成分とした食料素材に由来する可能性があるものは、前期の試料３点だったため、今後分析を行う上での検討課題としたい。

６　今後の課題と展望

今後さらに三内丸山遺跡出土土器付着炭化物に関するデータ（付着位置・付着量・付着土器の型式等）を集め、分析を行っていく必要がある。併せて、肉眼観察による炭化物の類型化（色調・形状等）を行い、これまでの分析データ及び既知の実験データ（西田 2006 など）等と照合することで、より詳細に土器付着炭化物の由来を検討できる可能性もある。

また、土器の法量による「使い分け」がなされていた可能性も指摘されており（小林 2000）、それについても検討を行っていく必要があるだろう。

註１：内面付着炭化物１点（試料番号 10）は、測定不可との結果を得ている。

【引用・参考文献】

小林謙一・茅野嘉雄　2013 「二股（２）遺跡出土試料の 14 C 年代と安定同位体測定による分析」『青森県埋蔵文化財調査センター研究紀要』第 18 号　青森県埋蔵文化財調査センター

小林正史　2000 「縄文時代前・中期の煮炊用土器の作り分けと使い分け」『史跡三内丸山遺跡年報』３　青森県教育委員会

坂本　稔　2007 「安定同位体比に基づく土器付着物の分析」『国立歴史民俗博物館研究報告』第 137 集　国立歴史民俗博物館

西田泰民　2006 「炭化物の生成実験」『新潟県立歴史博物館研究紀要』第７号　新潟県立歴史博物館

西本豊弘　2009 『弥生農耕の起源と東アジア－炭素年代測定による高精度編年体系の構築－』平成 16 ～ 20 年度文部科学省・科学研究費補助金学術創成研究費研究成果報告書（課題番号 16G0118）

南川雅男　2001 「炭素窒素同位体分析により復元した先史日本人の食生態」『国立歴史民俗博物館研究報告』第 86 集

国立歴史民俗博物館

南川雅男　2015 「北の谷出土人骨の同位体分析と食性分析について」『三内丸山遺跡 42 －旧野球場建設予定地発掘調査報告書 15　北の谷（２）』

青森県埋蔵文化財調査報告書第 557 集　青森県教育委員会
吉田邦夫・宮崎ゆみ子　2007 「煮炊きして出来た炭化物の同位体分析による土器付着炭化物の由来についての研究」『日本における稲作以前の主食植物の研究』平成 16 ～ 18 年度科学研究費補助金　基盤研究（B）成果報告書
吉田邦夫　2012 「古食性分析〈縄文人の食卓〉」『アルケオメトリア　考古遺物と美術工芸品を科学の眼で透かし見る』 東京大学総合研究博物館
米田　穣　他　1996 「長野県出土人骨試料における炭素・窒素安定同位体比および微量元素量に基づく古食性の復元」『第四紀研究』vol.35 No.4 日本第四紀学会
米田　穣　2006 「古人骨の化学分析による先史人類学－コラーゲンの同位体分析を中心に－ 」『Anthropological Science(Japanese Series)』vol.114,5-15 日本人類学会

	試料番号	グリッド	層位	整理番号	型式	付着位置	付着量	安定同位対比（‰）		C/N比	報告書
								$\delta^{13}C_{PDB}$	$\delta^{15}N_{AIR}$		
平成二十七年度分析分	2				前期中葉	内面	中	−25.9	4.16	16.9	
	5	VIC-132	Ⅲ層下		前期中葉	内面	多	−25.2	1.50	24.5	
	6	VIJ-131	Ⅲ層		上層e	外面（吹きこぼれ）	中	−25.5	2.52	24.2	
	9	VII-131	Ⅲ層		最花？	内面	少	−21.1	11.9	15.3	
	10	VIK-130	Ⅲ層		榎林	内面	少	測定不可			
	11	VIIA-113	Ⅲ層		榎林	内面	少	−22.8	13.0	10.4	
	12	VIIA-113	Ⅲ層		中期後葉	内面	多	−21.6	15.4	9.13	
	14	V0-118	Ⅲc層	5725	下層b	外面（吹きこぼれ）	中	−25.7	3.37	21.7	報告書41　33図1
	15	VN-90	Ⅲc層	3289	下層b	内面	中	−22.0	13.8	12.7	
	16	V0-83	Ⅲc層	1617	下層b	内面	少	−25.8	1.47	59.5	
	17	V0-84	Ⅲc-5層	1338	下層b	内面	中	−18.9	16.6	6.95	報告書41　71図3
	20	ⅢB-110	Ⅲ層	770	大木10	内面	少	−21.2	13.9	10.8	報告書25　298図4
参考値（西本二〇〇九より）	AOMR-001	17次,00三		1	最花	内面		−23.3	12	9.5	報告書Ⅹ-1　18頁2
	AOMR-004	17次,00三,VIIK-128	Ⅱ層	4	大木10	内面（口縁部）		−22.0	13.5	8.5	報告書Ⅹ-1　18頁1
	AOMR-637	109埋		637	上層d	内面（胴部）		−26.4	7.53	9.8	
	AOMR-892	487埋		892	上層a	内面（胴下部）		−24.7	5.45	14.2	報告書25　243図1
	AOMR-2640	VIE-89	Ⅲ層	2640	榎林	外面（吹きこぼれ）		−25	6.51	13.4	
	AOMR-4847	VR-07	Ⅲb層	4847	下層d1	内面（胴部）		−26.1	2.86	21.9	
	AOMR-5125	6次,北側斜面	18層	5125	下層d2	内面（胴下部）		−26.2	1.06	38.3	報告書ⅩⅠ192頁2
	AOMR-5628	第６鉄塔,VIIF-74		5628	下層a以前	内面（胴下部）		−23	15.7	7.9	
	AOMR-5634a	北の谷Gトレンチ	Ⅲ層	5634	下層a～芦野2群	内面（胴部）		−26.1	0.62	30.5	
	AOMR-6320	第６鉄塔,VIIF-74-4	VIb層	6320	下層a	内面（胴部）		−27.4	12.6	20.4	

表１　炭素・窒素安定同位体比分析試料一覧

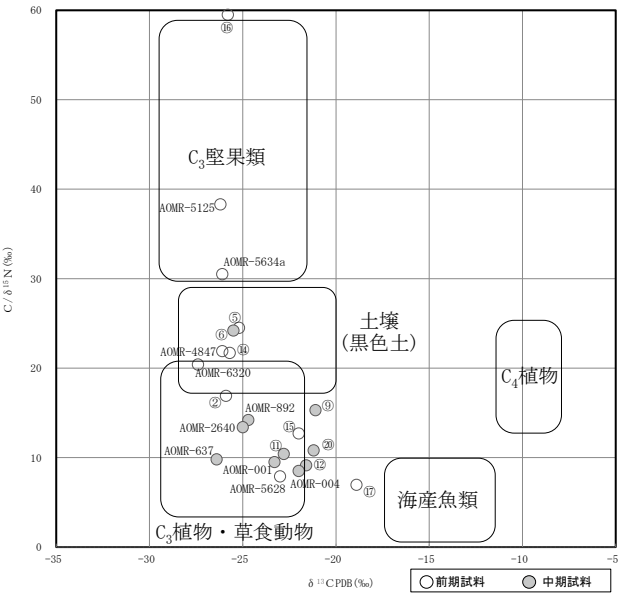


図１　炭素安定同位体比とC/N比の関係

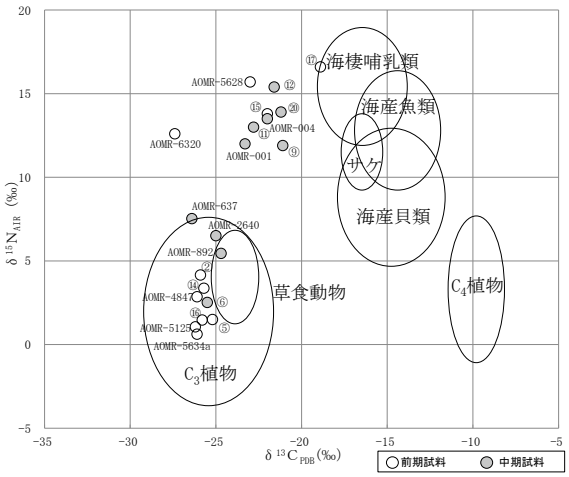


図２　炭素・窒素安定同位体比

第5　日誌抄録

年　月　日	平成 27 年度の主なイベント
平成 27 年 5 月 2 日	縄文春祭りを開催（～5 月 5 日）
5 月 9 日	さんまる縄文学講座第１回「地図から考える青森県の縄文時代」実施 （～11 月 21 日　12 回実施）
5 月 10 日	ギャラリートークを開始（～11 月 29 日　25 回実施）
5 月 16 日	さんまる縄文体験第１回「黒曜石で矢じりを作ろう」実施 （～11 月 14 日　1 回コース６回、2 回コース 1 回実施）
6 月 10 日	発掘調査開始（～9 月 18 日）
7 月 7 日	発掘調査現場公開開始（～8 月 28 日）
7 月 15 日	縄文ポシェット展示（常設）
8 月 15 日	縄文夏祭りを開催（～8 月 16 日）
8 月 29 日	縄文大祭典を開催（～8 月 30 日） 発掘調査現地説明会を開催
9 月 11 日	企画展「円筒土器文化を探るーデータベースの分析からー」を開催 （～平成 28 年 3 月 6 日）
9 月 18 日	IT ガイド運用開始
10 月 5 日	三内丸山遺跡見学者 750 万人達成
11 月 7 日	縄文秋祭りを開催（～11 月 8 日）
平成 28 年 2 月 13 日	縄文冬祭りを開催（～2 月 14 日）
3 月 12 日	最新情報展「第 39 次発掘調査最新情報展－西盛土西側の発掘－」を開催 （～9 月 4 日）
3 月 12 日	遺跡報告会を開催

特別史跡三内丸山遺跡
年　　報
― 20 ―

発行日　　平成 29 年３月３日
発　行　　青森県教育委員会
編　集　　青森県教育庁文化財保護課
三内丸山遺跡保存活用推進室
〒030-8540　青森市新町二丁目３-１
ＴＥＬ　017-734-9924
ＦＡＸ　017-734-8280
三内丸山遺跡保存活用推進室
（縄文時遊館）
〒038-0031　青森市三内字丸山305
ＴＥＬ　017-781-6078
ＦＡＸ　017-781-6103
印刷所　　ワタナベサービス株式会社
〒 030-0803　青森市安方２丁目17-３
ＴＥＬ　017-777-1388
ＦＡＸ　017-735-5982