

Natural Resource Environment and Humans

資源環境と人類

■ 論文

- 3つの両面調整体に刻まれたエピソード
—神子柴遺跡における黒曜石製石器のライフヒストリー分析— 堤 隆 1
- 長野県中部高地， 広原湿原周辺域に分布する黒ボク土層の意味 佐瀬 隆・細野 衛 17
- 広原遺跡群第Ⅰ遺跡・第Ⅱ遺跡から出土の黒曜石製石器の原産地解析：
判別プログラムの修正と判別結果 土屋美穂・隅田祥光 31
- 黒曜石採集地の推定のための自然面解析法 中村由克 43
- 広原遺跡群第Ⅰ遺跡における黒曜石をめぐる人類の行動 橋詰 潤 53
- 中部高地における後期旧石器時代前半期の黒曜石獲得をめぐる行動系：
原産地分析の考古学的データ統合 島田和高 67

■ 報告

- 新潟県真人原遺跡 A, C, D 地点出土の黒曜石製石器の産地推定 望月明彦・小野 昭 83
- 島根県隠岐諸島黒曜石原産地の調査報告(4)
—隠岐の島町久見宮ノ尾遺跡の試掘調査と原産地踏査—
及川 穰・隅田祥光・稲田陽介・早田 勉・粟野翔太
岡本一馬・勝田雄大・藤井奏乃・吉村璃来 93
- ハンドヘルド型蛍光 X 線分析装置 Delta Premium DP-6000 による
黒曜石の非破壊全岩化学組成分析 眞島英壽 109
- 南ドイツ早期中石器時代のポイロン文化について 小野 昭 119
- 黒曜石研究センター活動報告 2017 131

No. 8

広原遺跡群第I遺跡・第II遺跡から出土の黒曜石製石器 の原産地解析：判別プログラムの修正と判別結果

土屋美穂¹・隅田祥光^{2*}

要 旨

隅田・土屋 (2016), Suda et al. (2018a) で報告された広原遺跡群第I遺跡・II遺跡から出土の黒曜石製石器の原産地判別のための解析手法の修正を行った。判別を行うための元素分析は、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置を用いた定性分析を基本とし、この手法による判別結果の信頼性は、波長分散型蛍光 X 線分析装置を用いた定量分析による判別結果 (40 資料) と比較して見積もった。結果、解析手法の修正により、従来の判別結果の信頼性を保ちつつ判別可能な石器の割合を 55% ~ 60% から 70% 程度に向上させることができた。一方で、波長分散型蛍光 X 線分析装置を用いた定量分析であっても判別不能となった石器が幾つかある。原産地判別の分解能と信頼性をさらに向上させていくためには、黒曜石原産地の原石試料と定量分析値のパッケージを常に更新し続けていく取り組みが必要不可欠であろう。

キーワード：広原遺跡群, 黒曜石製石器, 原産地判別, 定量分析, 定性分析, 蛍光 X 線分析

1. はじめに

長野県小県郡長和町の広原湿原周辺に位置する広原遺跡群第I遺跡とII遺跡 (以下、I遺跡とII遺跡) についての発掘調査が2011年度から2013年度にかけて、明治大学黒曜石研究センターを中心に実施された (小野ほか2016; 島田ほか2016)。この発掘調査では、I遺跡とII遺跡以外にも広原湿原の中央部にトレンチを掘り、そこから採取された試料による広原湿原周辺の古環境調査も同時に実施された。その成果は、公文 (2016)、佐瀬・細野 (2016)、橋詰ほか (2016)、Yoshida et al. (2016) にて公表された。

I遺跡とII遺跡の発掘調査の概要と成果は、島田ほか (2016) にて詳しくまとめられている。I遺跡は広原小丘から南に100m程度離れた平坦面に位置し (図1)、2011年の調査によりTP-2の調査区 (1 × 2 m) が設定された。その後、2012年度の調査によりTP-2に隣接した北側に拡張された調査区 (EA-1; 2 × 3 m) が設定さ

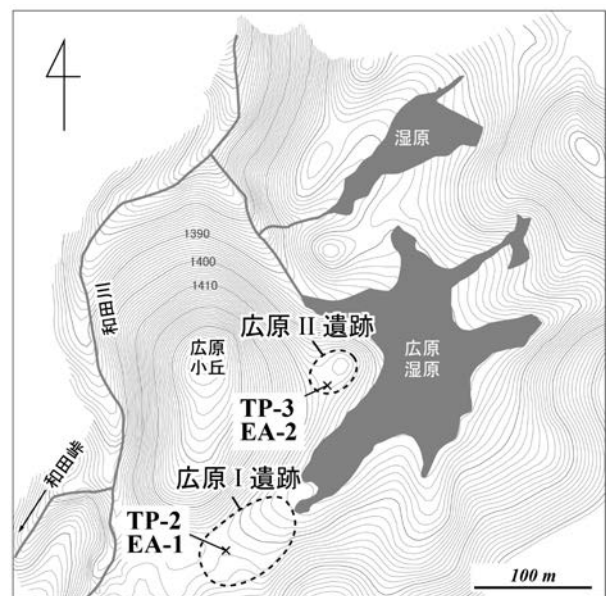


図1 広原遺跡群第I遺跡とII遺跡の位置

れた。II遺跡は広原小丘から東へ100m程度離れたさらに小さな小丘との鞍部に位置し (図1)、2011年度の調査によりTP-3の調査区 (1 × 2 m) が設定され、その後2012年度の調査によりTP-3の東側を拡張したEA-2

1 日本学術振興会科研費基盤 (B) 課題番号 15H03268 研究協力者

2 長崎大学教育学部地学教室 〒851-2125 長崎県長崎市文教町1-14

* 責任著者：隅田祥光 (geosuda@nagasaki-u.ac.jp)

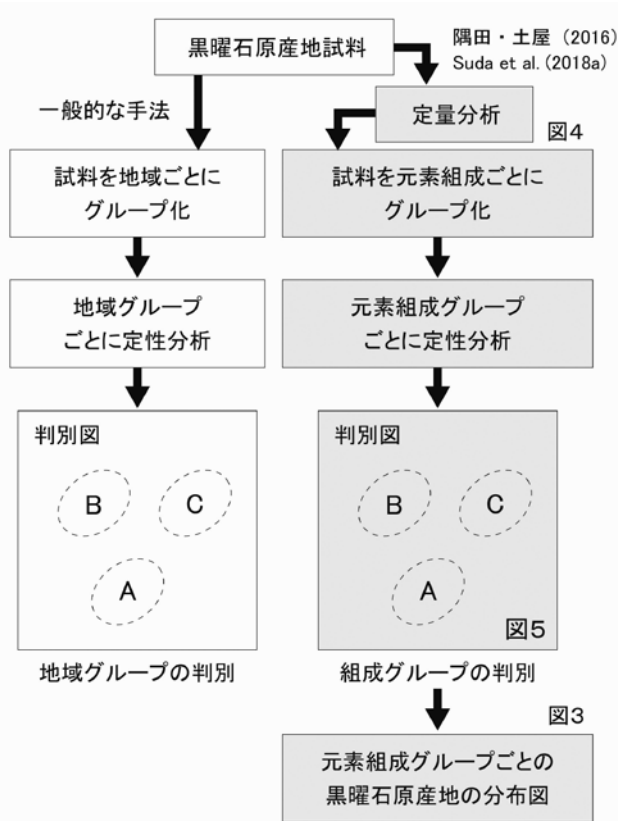


図2 原産地判別の解析手法の流れ

の調査区 (2 × 3 m) が設定された。2011 年度から 2013 年度の調査によって出土した遺物の総点数は、1 × 1 cm 以下のものを除くと、I 遺跡で 731 点、II 遺跡で 3231 点であった。それらのうち、黒曜石製の石器は、I 遺跡で 692 点 (総点数の 94.7%)、II 遺跡では 2940 点 (総点数の 91%) に及ぶ。

隅田・土屋 (2016)、Suda et al. (2018a) は、I 遺跡から出土の黒曜石製石器を対象に、定性分析法による原産地解析を実施し、その成果を公表した。これらの研究における原産地判別は、望月 (1997) による手法に基づいて実施されたが、より高分解能での原産地判別を行うため、幾つか解析手法の転換を図った (図 2)。これは、黒曜石原産地の内部に位置する I 遺跡、II 遺跡から出土する石器に対しては、より狭域的な原産地の特定を行い、黒曜石資源をめぐる人類活動の復元につなげることを目的としたためである (島田ほか 2016)。

一般的な、望月 (1997) による定性分析に基づいた原産地判別では、①原産地試料を地域ごとにグループ化し、②グループごとに定性分析を行い、③原産地の範囲

や地域を判別するための判別図を作成する (図 2)。一方で、隅田・土屋 (2016) や Suda et al. (2018a) では、まず、原産地試料 (原石) の定量分析を行い、①原産地試料を化学組成 (元素組成) ごとにグループ化する。そして、②組成グループごとに定性分析を行い、③組成のグループを判別するための判別図を作成する (図 2)。原産地の地域や地点は、地形図 (地図) に示された組成グループごとの黒曜石原産地の分布図 (図 3) によって特定や推定を行う。

すなわち、隅田・土屋 (2016) や Suda et al. (2018a) では、黒曜石原産地の組成グループを特定することを目的とした散布図を作成し、その結果から黒曜石原産地を特定するという手法が用いられた。これは、ある狭域的な原産地に多様な組成を持った原石が産する、あるいはある同じ組成を持った原石が広域的に分布する場合においては、こちらの方が有効であると考えたためである。また、これらの手法では、定量分析値に基づいて既に組成区分された原石が用いられているため、望月 (1997) により示された 2 つの散布図のうち、より組成区分が可能な 1 つの散布図を用いたとしても、分析対象とする石器と黒曜石原石の組成的な一貫性のある程度、担保することが出来る。

ただし、これらの手法で実際の黒曜石製石器の原産地判別を行った結果、判別可能な石器の割合は 55 ~ 60% であった。すなわち、散布図上の原産地の判別範囲を限定することにより判別結果の分解能は向上したが、一般的な望月 (1997) による手法に比べ、判別結果の得られる石器の点数や割合が著しく低下した。そこで、隅田・土屋 (2016) や Suda et al. (2018a) の手法の信頼性や判別の分解能を保ちつつ、判別可能な石器の点数や割合を向上させるために、判別の為の解析法 (プログラム) の修正を行った。そして、既に報告された広原遺跡群から出土の黒曜石製石器とともに、II 遺跡から出土の黒曜石製石器についての新たな原産地解析を実施した。

なお、本論文における原産地判別に関わる組成グループの略記号は、隅田・土屋 (2016)、Suda et al. (2018a) を準用し、次の通りとする。HH (星ヶ塔・星ヶ台)、W (和田峠南)、O (牧ヶ沢)、BHU (ブドウ沢・本沢・ウツギ沢・牧ヶ沢)、M (高松沢)、BH (ブドウ沢・

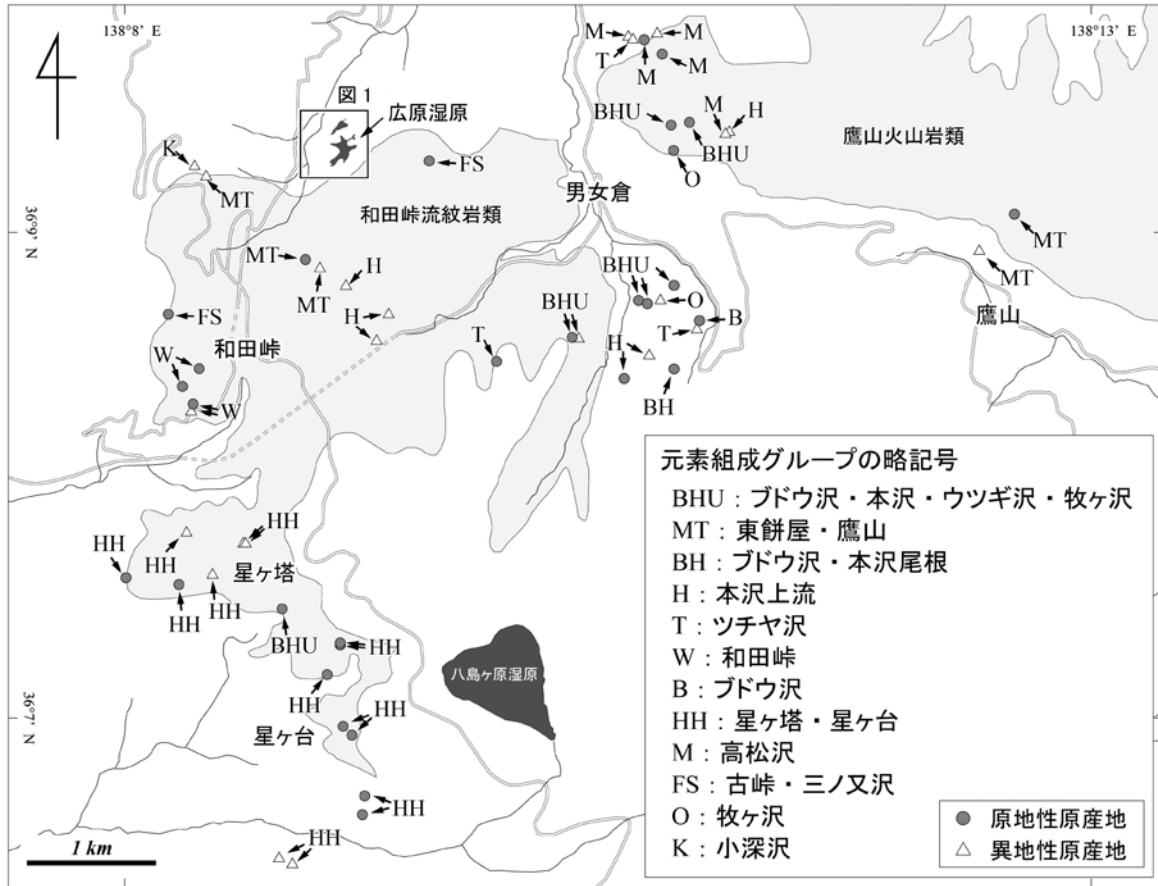


図3 長野県霧ヶ峰地域における元素組成グループごとの黒曜石原産地の分布図

和田峠流紋岩と鷹山流紋岩の分布範囲は及川ほか (2013) によりまとめられた内容に従う。

本沢尾根), T (ツチャ沢), B (ブドウ沢), H (本沢上流), HT (東餅屋・鷹山), FS (古峠・三ノ又沢), K (小深沢), Sh (北海道白滝八号沢), Ks (神津島), Ms (麦草峠, 冷山)。また, スラッシュを用いた W/MT などの表記は判別図上で W と MT の両方の組成グループの領域に跨がる組成であることを意味する。

2. 蛍光 X 線分析における定性分析と定量分析

元素分析には定性分析法と定量分析法がある。蛍光 X 線分析の場合, 定性分析はエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (EDXRF) が一般的に用いられ, そこでは半導体検出器を用いることで, 一度に複数の元素から放出された二次 X 線 (蛍光 X 線) のスペクトルをモニターし, それらの含有率や有無を簡易的に見積もることができる。このため, どのような元素が含まれるか完全に未知な試料の元素分析を行う場合において, 非常に有効

な分析手法となる。一方で, 二次 X 線のスペクトルには, マトリックス効果, 二次 X 線の重なり効果が含まれ, 測定強度と実際の元素の含有率には, おおよその相関性があるが完全に一致はしない。また, EDXRF は後述の波長分散型蛍光 X 線分析装置に比べ, 二次 X 線のスペクトルの分解能が大きく劣る。このため, 二次 X 線の測定強度から元素組成に基づいた分類や区分を実施しようとしても, 特に流紋岩質という類似した組成を持つような黒曜石の場合, 多くの不確かさが生じてしまう。この定性分析に対して, 定量分析は波長分散型蛍光 X 線分析装置 (WDXRF) が用いられ, 分光結晶を用いることで, EDXRF よりも高い分解能で, 正確なスペクトルごとの二次 X 線の強度を測定することが出来る。さらに, 測定強度に対して, マトリックス効果の補正, 二次 X 線の重なり補正を実施して, 測定試料中の正確な元素の含有率 (定量値) を求めていくことができる。

すなわち, EDXRF による定性分析と WDXRF によ

表1 定量分析と定性分析による40点の黒曜石製石器の元素組成グループの判別結果
組成グループの略記号は図3に従う。

調査年度 遺物番号	定量分析による判別結果		定性分析による判別結果(図5)		元素分析に基づいた 最終判別結果
	隅田・土屋(2016) Suda et al. (2018a)	本研究(図4)	旧プログラム	修正プログラム	
EA-1 38	MT	MT	判別不能	判別不能	MT
EA-1 46	MT	MT	MT	MT	MT
EA-1 47	H	判別不能	判別不能	判別不能	判別不能
EA-1 57	MT	MT	判別不能	判別不能	MT
EA-1 86	MT	MT	MT	MT	MT
EA-1 141	O	O	BHU	BHU	O
EA-1 149	MT	MT	MT	MT	MT
EA-1 189	MT	MT	MT	MT	MT
EA-1 210	H	判別不能	判別不能	判別不能	判別不能
EA-1 232	H	判別不能	MT	MT	判別不能
EA-1 289	判別不能	判別不能	判別不能	判別不能	判別不能
EA-1 347	判別不能	判別不能	判別不能	判別不能	判別不能
EA-1 395	MT	MT	MT	MT	MT
EA-1 493	H/MT	MT	判別不能	判別不能	MT
TP-3 157	MT	MT	MT	MT	MT
EA-2 181	MT	MT	MT	MT	MT
EA-2 325	MT	MT	MT	MT	MT
EA-2 901	判別不能	判別不能	K	K	判別不能
EA-2 1321	HH	HH	HH	HH	HH
EA-2 1414	MT	MT	MT	MT	MT
EA-2 1556	MT	MT	判別不能	MT	MT
EA-2 1581	HH	HH	HH	HH	HH
EA-2 1688	MT	MT	MT	MT	MT
EA-2 1691	W	W	W	W	W
EA-2 1965	MT	MT	判別不能	判別不能	MT
EA-2 1970	MT	MT	MT	MT	MT
EA-2 2014	MT	MT	MT	MT	MT
EA-2 2147	K	K	K	K	K
EA-2 2181	B	B	判別不能	判別不能	B
EA-2 2247	MT	MT	判別不能	W	MT
EA-2 2273	MT	MT	MT	MT	MT
EA-2 2359	H	判別不能	判別不能	判別不能	判別不能
EA-2 2442	H	判別不能	判別不能	判別不能	判別不能
EA-2 2610	MT	MT	MT	MT	MT
EA-2 2623	MT	MT	MT	MT	MT
EA-2 2642	H	判別不能	MT	MT	判別不能
EA-2 2863	HH	HH	HH	HH	HH
EA-2 2945	HH	HH	HH	HH	HH
EA-2 2954	MT	MT	MT	MT	MT
EA-2 2964	HH	HH	HH	HH	HH

る定量分析の両方で石器の原産地判別を行った場合、たとえ、その両方から異なった判別結果が得られたとしても、その判別結果の信頼性はWDXRFによる定量分析から得られたものの方が、EDXRFによる定性分析から得られたものよりもはるかに高い。例えば、EDXRFによる定性分析では判別結果が得られたが、WDXRFによる定量分析では判別結果が得られなかった場合

「EDXRFの方が高分解能で判別が出来たと」と判断するのは理論上間違いである。EDXRFによる定性分析で、たまたま判別結果が得られたが「その判別結果は間違い、もしくは大きな不確かさが含まれる」と判断する方が正解である。よって、本研究における元素分析に基づいた最終判別結果として、定量分析と定量分析の両方を実施した40点の石器については定量分析結果を採用

表2 旧プログラムと修正プログラムによる黒曜石製石器の判別点数の比較と、最終判別結果のまとめ
組成グループの略記号は図3に従う。

元素組成 グループ	広原 I 遺跡 (分析総数 689 点)			広原 II 遺跡 (分析総数 2816 点)				
	定性分析 旧プログラム	→	定性分析 修正プログラム	最終判別結果 (接合判別を除く)	定性分析 旧プログラム	→	定性分析 修正プログラム	最終判別結果 (接合判別を除く)
HH	21	→	29	29	173	→	302	302
W	17	→	36	36	195	→	314	313
O	0	→	0	1	0	→	0	0
BHU	1	→	1	0	1	→	0	0
M	1	→	0	0	3	→	10	10
BH	1	→	1	1	9	→	9	9
T	1	→	1	1	11	→	9	9
B	3	→	3	3	20	→	22	23
H	2	→	2	2	9	→	9	9
MT	352	→	376	378	1077	→	1136	1137
FS	2	→	2	2	10	→	13	13
K	11	→	11	11	48	→	48	47
Sh	0	→	0	0	0	→	0	0
Ks	0	→	0	0	0	→	0	0
Ms	0	→	0	0	2	→	2	2
W/MT	0	→	7	7	0	→	15	15
BH/T	2	→	2	2	7	→	10	10
H/FS	0	→	0	0	1	→	1	1
H/K	0	→	0	0	5	→	6	6
B/H	0	→	0	0	2	→	2	2
BHU/M	0	→	0	0	0	→	1	1
判別可能	414 (60.1%)	→	471 (68.4%)	473 (68.7%)	1573 (55.9%)	→	1909 (67.8%)	1909 (67.8%)
判別不能	275 (39.9%)	→	218 (31.6%)	216 (31.3%)	1243 (44.1%)	→	907 (32.2%)	907 (32.2%)

し、定性分析のみ実施したその他の石器については定性分析の結果を採用することにした（表1・2）。

一方で、WDXRFによる定量分析では必ず石器資料の一部を破壊し1～2g程度の粉にする必要があるが、EDXRFによる定性分析では、非破壊で石器資料を分析することが可能である。しかも、測定のための試料処理は、表面の泥を水で落とす程度で良い。このため大量の考古遺物を分析する手段として、EDXRFによる定性分析は欠かせない。しかし、あくまでもEDXRFによる定性分析の「不確かさ」を理解した上で、石器の原産地判別を実施していかなければ、科学的・理化学的という魔法のような言葉だけに惑わされた、判別結果の利用や引用に繋がってしまう。例えば、ある遺跡から出土した石器の原産地の判別結果が、非常に特異な原産地であることを示した場合、特にそれがEDXRFによる定性分析から得られた結果であった場合、必ず、精密な定量分析を行い検証することが必要である。これが本来の科学

的・理化学的という言葉の意味と考える。

これらのことを踏まえ、定性分析と定量分析による黒曜石製石器の原産地判別の手法と結果について報告する。なお、本研究における定性分析は、明治大学黒曜石研究センター設置のEDXRF（JEOL JSX-3100II）、定量分析は同じく明治大学黒曜石研究センター設置のWDXRF（Rigaku Primus II+）を用いて実施した。これらの分析手法の詳細については、隅田・土屋（2016）、Suda et al.（2018a）に記される通りである。また、島田（2018）、橋詰（2018）の遺物台帳には、付表1・2の最終判別結果が示されている（本誌に添付の記録メディアに採録）。

3. 定量分析による元素組成グループの判別

定性分析による判別プログラムの修正に合わせて、隅田・土屋（2016）、Suda et al.（2018a）で示された定量

分析による判別法の修正も行った。なお、原産地の原石試料の定量分析値によって区分された組成グループ (HH, W, O, BHU, M, BH, T, B, H, HT, FS, K, Sh, Ks, Ms : 図2) は、略記号の変更が一部あるものの基準となる原石試料の変更やデータの修正は行っていない。

隅田・土屋 (2016), Suda et al. (2018a) では、定量分析を行った石器の組成グループを判別するために、標準試料 JR-1 の推奨値 (Imai et al., 1998) で規格化した $Ti + Sr + Zr$ vs. $Rb + Y + Nb + Th$ の散布図 (横軸 vs. 縦軸) が示されたが、この判別図上では、一部の組成グループ (FS, MT, H, B) の区分が不明瞭であった。そこで、これらの組成グループをできるだけ分離させるため、ここでは、横軸に Fe, 縦軸に Mn を加えた散布図 ($Ti + Fe + Sr + Zr$ vs. $Mn + Rb + Y + Nb + Th$: 図4a), ならびに W, FS, MT, H の組成グループを精密に区分するための散布図 ($Mn + Rb$ vs. $Ti + Sr + Zr$: 図4b) を新たに作成した。なお、判別のための組成領域は、それぞれの組成グループの定量分析値の代表値 (平均値) を中心とした半径 0.24 の円内 (図4a), ならびに半径 0.15 の円内 (図4b) と定めた。また、厳密さを求めるために W, FS, MT, H の組成グループの

判別は、これらの2つの判別図上で同じ結果が得られるものに限定した。

I 遺跡と II 遺跡の出土遺物の中から抽出した 40 点の黒曜石製石器についての隅田・土屋 (2016), Suda et al. (2018a) による判別結果と、上記の判別手法による判別結果を表1に比較する。この新たな判別手法により、隅田・土屋 (2016), Suda et al. (2018a) では、H (本沢上流) の組成グループに分類されていた6点の石器 (EA-1 47, EA-1 210, EA-1 232, EA-2 2359, EA-2 2442, EA-2 2642) が、いずれも「判別不能」となった。さらに、H/MT と判別されていた石器 (EA-1 493) は MT の組成グループに限定された。この新たな判別結果を基準に、定性分析による組成グループの判別結果の信頼性について検証した。

4. 定性分析による判別プログラムの修正

隅田・土屋 (2016), Suda et al. (2018a) による I 遺跡から出土の黒曜石製石器を対象とした定性分析による原産地判別は、全元素において測定スペクトルを $K \alpha$ 線とした $500 \times Mn / Fe$ vs. $Rb / (Rb + Sr + Y + Zr)$ の散布図 (望月 1997) を用いて実施された。隅田・土

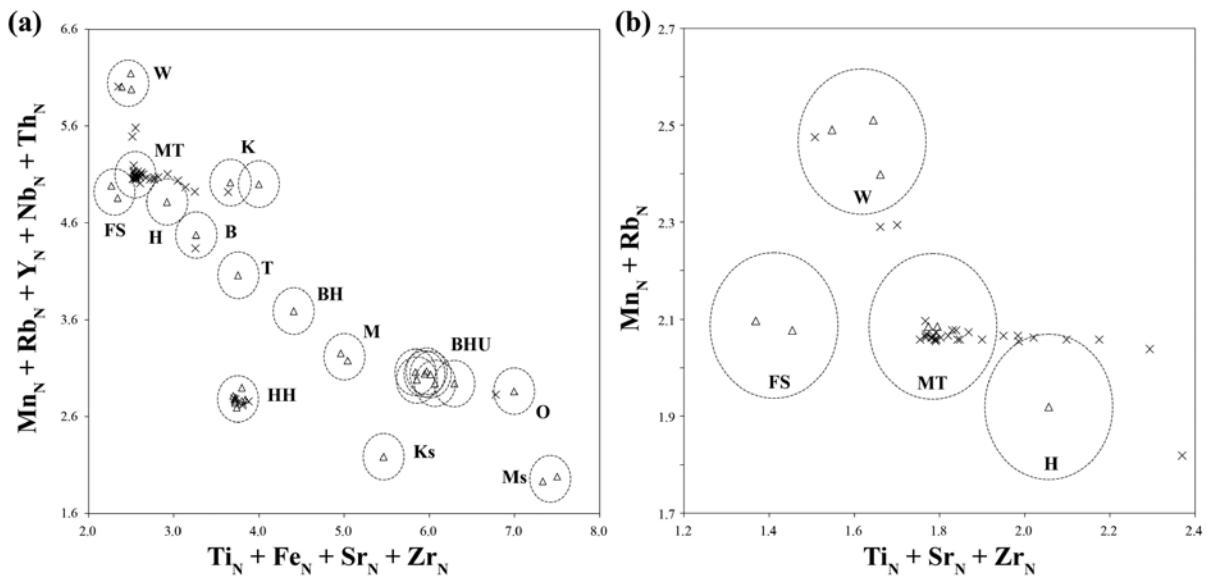


図4 定量分析に基づいた元素組成グループの判別図 (△: 基準原石試料, ×: 黒曜石製石器)

広原 I 遺跡と II 遺跡の出土遺物の中から抽出した 40 点の黒曜石製石器 (表1) の定量分析値を岩石標準試料 (黒曜石: JR-1) の推奨値 (Imai et al., 1995) で規格化しプロットした。組成グループの略記号は図3に従う。組成グループの判別領域 (破線) は、それぞれの基準原石試料の代表値 (平均値) を中心とした半径 0.24 の円 (a), 半径 0.15 の円 (b) とした。

屋 (2016), Suda et al. (2018a) は、この散布図上に定量分析値に基づいて組成区分 (グループ化) された原石試料の定性分析値 (各元素の $K\alpha$ 線の測定強度) を、組成グループごとにプロットした。それぞれの組成グループの組成範囲は、北海道白滝八号沢の黒曜石原産地にて採取した原石の破断面と平面についての繰り返し測定から得られた確率分布楕円 (95%) と標準偏差 (2σ) を基準に、それぞれの組成グループの測定値の代表値 (平均値) を中心とした半径 2.4 の円内と定めた。なお、この組成判別を行うためのプログラムは Microsoft Excel (Office 2011 for Mac) で作成された。以下、隅田・土屋 (2016), Suda et al. (2018a) で使用されたプログラムを旧プログラムと呼び、本研究により修正されたプログラムを修正プログラムと呼ぶ。

まず、旧プログラムでは、組成グループごとに定められた代表値や平均値を中心に描かれた一つの円を、ある一つの組成グループの組成範囲に限定していたが、修正プログラムでは、新たに個々の原石試料の測定値に対して円を描き、同じ組成グループに属するものについては複数の円全体を、ある一つの組成グループの組成範囲とした。さらに、それぞれの組成グループの組成範囲が大きく重ならない程度に円の半径を 2.4 から 2.5 に拡大させた。これらの修正により、判別のための組成グループの組成範囲を拡大することができ、特に BHU, O, MT, W の組成グループに対して、より多くの判別結果を得ることが出来るようになった。

旧プログラムと修正プログラムを用いて実施された I 遺跡と II 遺跡から出土の黒曜石製石器の組成グループ

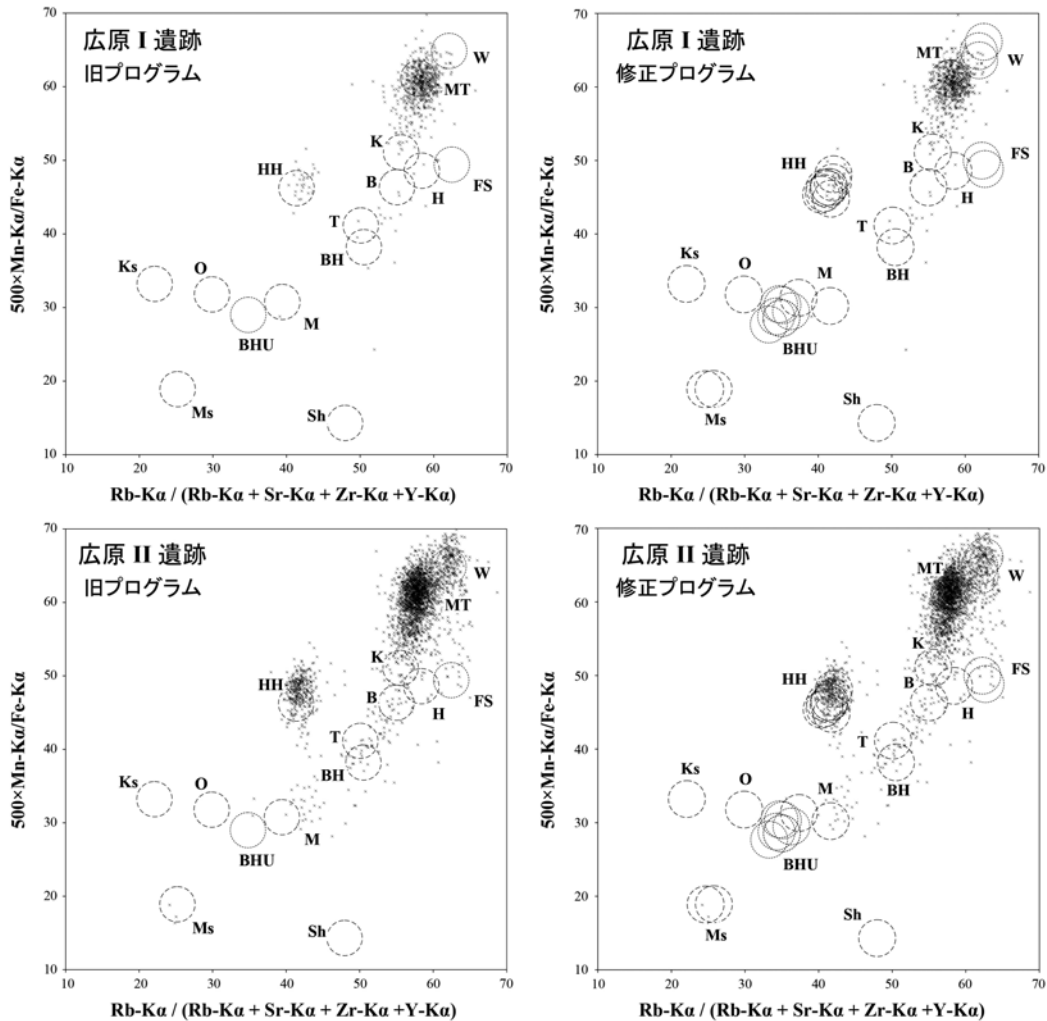


図 5 定性分析に基づいた元素組成グループの判別図 (× : 黒曜石製石器)

$K\alpha$ 線の測定強度の単位はカウント数 (積算)。元素組成グループの略記号は図 3 に従う。組成グループの判別領域 (破線) は、それぞれの基準原石試料の測定値を中心とした半径 2.5 の円とした。

の判別図を図5に、判別結果の点数の比較を表2に示す。また付表1と2に、島田(2018)と橋詰(2018)による最新の遺物台帳に従った定性分析による測定強度と判別結果の一覧を示す(本誌に添付の記録メディアに採録)。修正プログラムを用いることで判別可能な石器の割合は、I遺跡においては60.1%から68.4%に、II遺跡においては55.9%から67.8%に向上した。特にHH, W, MTの組成グループに判別される石器の点数が大きく向上し、この修正プログラムを使用することで、判別点数を全体として10%程度向上させることができた。一方で、旧プログラムでは組成領域が分離されていたWとMTの組成グループにおいては、その両者に跨がるものとしての判別結果(W/MT)が新たに加わった(I遺跡では7点、II遺跡では15点)。さらに、旧プログラムではBHUの組成グループに判別された1点の石器(EA-2 574, II遺跡)が修正プログラムにおいては判別不能となった。

5. 修正プログラムによる判別結果の検証

I遺跡とII遺跡の出土遺物の中から抽出した40点の黒曜石製石器についての定量分析値と定性分析値を用い、修正プログラムによる判別結果の信頼性を見積もりを行った。定量分析と定性分析による、これら40点の石器についての組成グループの判別結果を表1に比較する。定量分析値をプロットした判別図を図4に示す。

まず、定性分析による判別では、修正プログラムを使用することにより、旧プログラムでは判別不能であった2点の石器(EA-2 1556, EA-2 2247)に対して具体的な判別結果を得ることができるようになった。ただし、石器(EA-2 1556)については、定性分析と定量分析、共にMTの組成グループであると判別されたが、石器(EA-2 2247)については、定性分析ではWの組成グループに、定量分析法ではMTの組成グループに判別され、定性分析と定量分析とは判別結果が不一致となった。さらに、定量分析と定性分析による修正プログラムを用いた判別結果が不一致となった石器は、EA-1

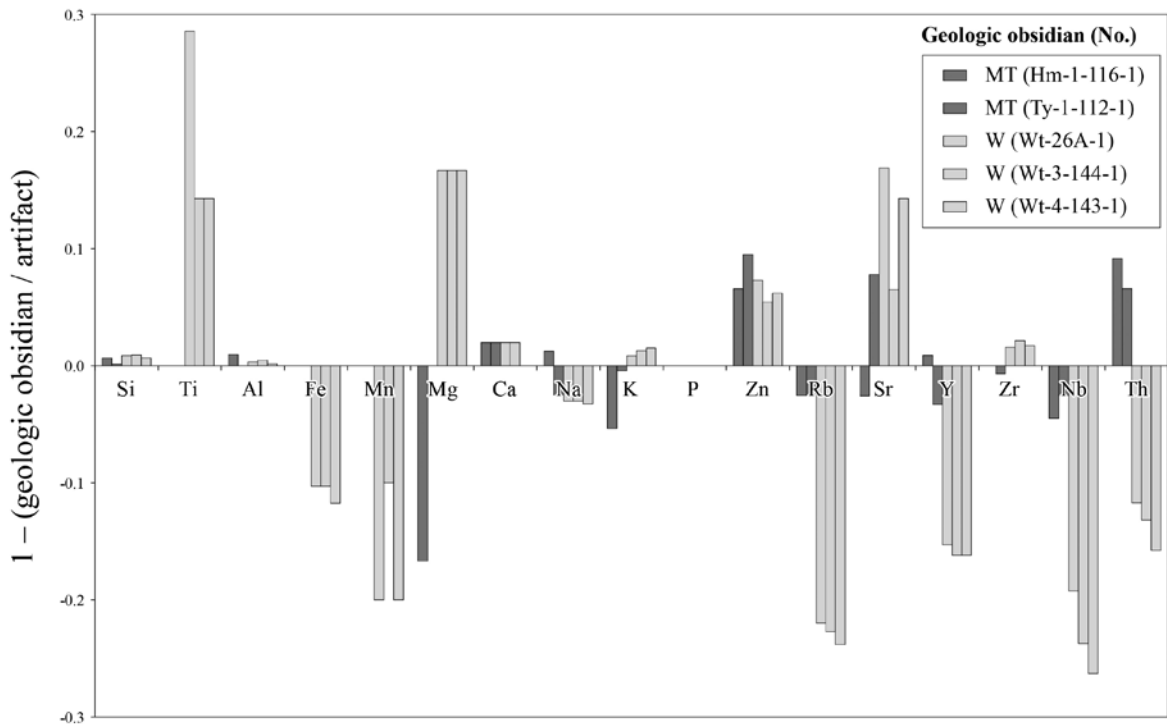


図6 石器 (artifact ; EA-2 2247) と黒曜石原石 (geologic obsidian ; 組成グループ M と W の基準原石試料) の定量値の比較
基準原石試料 (No.) は、隅田・土屋 (2016), Suda et al. (2018a) に従う。

141 (O vs. BHU), EA-1 232 (判別不能 vs. MT), EA-2 901 (判別不能 vs. K), EA-2 2642 (判別不能 vs. MT) となった(括弧内の比較は、定量分析による判別結果 vs. 定性分析による判別結果を表す)。

ここで、判別結果が不一致(MT vs. W)となった石器(EA-2 2247)と、MTとWの組成グループの原石試料の定量分析値の比較を図6に示す。この図では、元素ごとに石器の定量分析値で原石の定量分析値を割り、その値から1を差し引いて、原石の定量分析値に対する石器の定量分析値のばらつきを見積もることができる。例えば、Ti(チタン)のWの組成グループの棒グラフが大きくプラス側に突き出している状況は、Tiの分析値が、原石よりも石器の方が上回っていることを意味する。一方で、Rb(ルビジウム)のような棒グラフがマイナス側に突き出している状況は、分析値が原石よりも石器の方が下回っていることを意味する。この図6の結果から石器(EA-2 2247)は、定性分析により判別されたWという組成グループよりも、明らかに定量分析により判別されたMTという組成グループに近いものと言える。石器(EA-1 141)についても同様の解析を行った結果、これについても定性分析により判別されたBHUという組成グループよりも、定量分析により判別されたOの組成グループに近いものと判断される。

さらに、定性分析による判別ではMTの組成グループ、定量分析による判別では「判別不能」と示された石器(EA-1 232, EA-2 2642)についても確認した。すると、Sr(ストロンチウム)の定量分析値に注目してみると、石器が10.5 ppm(EA-1 232)と10.8 ppm(EA-2 2642)に対し、MTの組成グループの原石試料(基準試料)は7.1 ppm(Hm-1-116-1)と7.9 ppm(Ty-1-112)であり、石器と原石間のSrの含有率はやや不一致である(定量分析値のデータソースは、隅田・土屋, 2016; Suda et al., 2018aを参照)。すなわち、本来ならば、これらの石器はどの組成グループにも属さないという意味の「判別不能」となるべきであるが、定性分析による判別結果の不確かさによって「MT」の組成グループと判別されてしまったと判断できる。同様に、定性分析ではKの組成グループと判別された石器(EA-2 901)に対する、Kの組成グループの原石試料のSrの定量分析値

を比較すると、石器が19.6 ppmに対して、原石試料が26.9 ppm(Hm-2-127-1)と29.2 ppm(JR-1)である。すなわち、両者のSrの含有率は完全に不一致であり、定量分析に基づいた判別結果が示す通り、本来ならば「判別不能」となるべき石器であると言える。

以上のことをまとめると、修正プログラムを用いた定性分析による組成グループの判別結果には、幾つかの不確定要素が存在する。①定性分析(EDXRF分析)により「W」の組成グループに判別されるものの中には、本来ならば「MT」に判別されるべきものが含まれる。②定性分析により「BHU」の組成グループに判別されるものの中には、本来ならば「O」に判別されるべきものが含まれる。③定性分析により「MT」「K」の組成グループに判別されるものの中には、本来ならば「判別不能」に判別されるべきものが含まれる。いずれにせよ、原産地判別結果の信頼性を高めていくには、元素分析による結果と島田ほか(2016)で示されているような原石と石器の石質分類に基づいた情報を組み合わせた最終的な判断が必要であろう。

6. 原産地判別についての今後の課題

遺跡の発掘調査により得られた黒曜石製石器の原産地判別の結果は、器種判別などと同様、もはや考古学に関わる研究においては、当然のものとして遺物の台帳リスト上で公表される。一方で、本論文の「5. 修正プログラムによる判別結果の検証」で述べたような判別結果の不確かさを明らかにしたり検証したりする取り組みは、確度(正確度)の高い基礎データを用いた考古学的な組み立てを実施していく上で、重要であると考えている。これは、たとえ全ての石器に対して原産地判別が実施できたとしても、得られた結果の正確性が別の形で担保されなければ、そこから復元される黒曜石資源をめぐる人類活動もファンタジーのまま終わってしまう可能性がある。

そもそも、元素分析に基づいた手法で実施される原産地判別の結果の信頼性は、判別を行う研究者や研究機関が所有する試料パッケージと、黒曜石原産地に関する情報量やそれらの正確性によって担保される。すなわち使用するパッケージが異なれば、判別結果も異なる可能性

がある。石器の原産地をリストとして公表することが目的であるならば、判別結果の信頼性について疑う必要は無いが、考古学的な研究のためのメタデータとして使用していくならば、どの研究者や機関においても、同じ石器を分析したのであれば、同じ判別結果が得られる方が望ましい。この為には、基準となる原産地の原石試料を一つのパッケージとして継続的に維持管理や更新を行い、研究者間や研究機関間で、それらの情報や現物を共有化したり自由に利用したりできる環境を整備する取り組みが必要であろう。

Suda et al. (2018b) は、まさに北海道の黒曜石原産地（八号沢、あじさいの滝、留辺蘂、置戸）の原石試料を用いてこの取り組みを実践した。そこでは、黒曜石に関する国際ワークショップ（Ono et al., 2014）にて、黒曜石原産地の巡検を行い、それぞれの黒曜石原産地において採取した1つの原石試料の塊を分割し、それらを国内外の8つの研究機関に分配し、原産地判別の基準となる原石試料の共有化を図った。そして、それぞれの研究機関で測定した定量分析値（蛍光X線分析法、誘導結合プラズマ質量分析法、中性子放射化分析法、即発ガンマ線分析法）についての比較検討を行い、データの相互利用についての妥当性も検証した。

原産地判別の分解能と信頼性の向上のためには、このような取り組みと同時に、継続的な黒曜石原産地の原石試料の定量分析値の蓄積は欠かせない。また、定量分析は、特に日本では波長分散型蛍光X線分析装置を用いることが一般的であるが、国際的には近年レーザー溶出型誘導結合プラズマ質量分析装置（LA-ICP-MS）を用いた定量分析が主流になりつつある。この装置は、石器の極微量破壊（径<0.05 mm）による高精度分析を可能とし、非破壊分析が好まれる遺物資料の高精度分析に最適である。この装置を用いて、Chan and Kim (2018) は、韓半島における旧石器時代の遺跡から出土の黒曜石製石器には、北部九州の黒曜石を原産地とする石器が少なからず含まれていることを明らかにした。この論文においても指摘されているように、国際的な考古学に関わる研究活動の中で、日本でもLA-ICP-MSを用いた黒曜石原産地の原石の定量分析値の公表と蓄積が強く望まれるに至っている。国際的なネットワークの中で黒曜石原

産地に関する情報のマルチパッケージ化、原産地判別の国際的な標準化に向けた取り組みが、今後ますます重要になるであろう。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金若手（B）「黒曜石製石器石材の原産地解析システムの新構築」（平成26～29年度、研究代表：隅田祥光）、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「ヒト—資源環境系の歴史の変遷に基づく先史時代人類誌の構築」（平成23～27年度、研究代表：小野 昭）から助成を受けて実施した。また、本研究の一部は、明治大学黒曜石研究センター研究連携「黒曜石原産地試料（資料）の元素分析とアーカイブ化」（平成28～29年度、申請者：隅田祥光）に基づいて実施された。

引用文献

- Chang, Y., Kim, J. 2018 Provenance of obsidian artifacts from the Wolsongdong Paleolithic site, Korea, and its archaeological implications. *Quaternary International*, in press.
- 橋詰 潤 2018 「広原遺跡群第1遺跡における黒曜石をめぐる人類行動」『資源環境と人類』8：53-66
- 橋詰 潤・工藤雄一郎・島田和高 2016 「Vヒト—資源環境系の人類誌：広原遺跡群における人類活動と環境変遷」小野 昭・島田和高・橋詰 潤・吉田明弘・公文富士夫（編）2016 『長野県中部高地における先史時代人類誌—広原遺跡群第1次～第3次調査報告書—』明治大学黒曜石研究センター資料・報告集1, pp.316-358, 東京, 明治大学黒曜石研究センター
- Imai, N., Terashima, S., Itoh S. and Ando, A. 1995 1994 compilation values for GSJ reference samples, "Igneous rock series". *Geochemical Journal* 29: 91-95.
- 望月明彦 1997 「蛍光X線分析による中部・関東地域の黒曜石産地の判別」『X線分析の進歩』28：157-168
- 公文富士夫 2016 「V広原湿原および周辺陸域の古環境調査：長野県長和町、広原湿原および周辺地域におけるボーリング調査報告」小野 昭・島田和高・橋詰 潤・吉田明弘・公文富士夫（編）2016 『長野県中部高地における先史時代人類誌—広原遺跡群第1次～第3次調査報告書—』明治大学黒曜石研究センター資料・報告集1, pp.231-244, 東京, 明治大学黒曜石研究センター
- 及川 穰・宮坂 清・池谷信之・隅田祥光・橋詰 潤・堀 恭介・矢頭 翔 2013 「霧ヶ峰地域における黒曜石原産地の踏査報告—下諏訪町和田峠西と長和町土屋橋東」『資源環境と人類』3：77-94
- Ono, A., Kuzmin, Y.V., Glascock, M.D., Suda, Y. 2014 Introduction: Characterisation and provenance studies of obsidian in Northeast Asia – the view from the early 2010s, in: Ono, A., Glascock, M.D., Kuzmin, Y.V. and Suda, Y. (Eds.),

- Methodological Issues for Characterisation and Provenance Studies of Obsidian in Northeast Asia*. BAR International Series 2620. Oxford, Archaeopress, pp. 1–10.
- 小野 昭・島田和高・橋詰 潤 2016 「I 調査の目的・方法・枠組み」小野 昭・島田和高・橋詰 潤・吉田明弘・公文富士夫（編）2016『長野県中部高地における先史時代人類誌—広原遺跡群第1次～第3次調査報告書—』明治大学黒曜石研究センター資料・報告集1, pp.1–4, 東京, 明治大学黒曜石研究センター
- 佐瀬 隆・細野 衛 2016 「V 広原湿原および周辺陸域の古環境調査：長野県, 長和町広原湿原陸域の植物珪酸体分析—イネ科植物相の地史的動能からみた MIS3 以降の古環境変遷—」小野 昭・島田和高・橋詰 潤・吉田明弘・公文富士夫（編）2016『長野県中部高地における先史時代人類誌—広原遺跡群第1次～第3次調査報告書—』明治大学黒曜石研究センター資料・報告集1, pp.269–291, 東京, 明治大学黒曜石研究センター
- 島田和高 2018 「中部高地における後期旧石器時代前半期の黒曜石獲得をめぐる行動系：原産地分析の考古学的データ統合」『資源環境と人類』8：67–82
- 島田和高・橋詰 潤・会田 進・中村由克・早田 勉・隅田祥光・及川 穰・土屋美穂 2016 「III 広原遺跡群の発掘調査」小野 昭・島田和高・橋詰 潤・吉田明弘・公文富士夫（編）2016『長野県中部高地における先史時代人類誌—広原遺跡群第1次～第3次調査報告書—』明治大学黒曜石研究センター資料・報告集1, pp.23–193, 東京, 明治大学黒曜石研究センター
- Shimada, K., Yoshida, A., Hashizume, J., Ono, A. 2017 Human responses to climate change on obsidian source exploitation during the Upper Paleolithic in the Central Highlands, central Japan. *Quaternary International* 442: 12–22.
- 隅田祥光・土屋美穂 2016 「IV 広原 I・II 遺跡出土遺物の岩石学的分析：長野県霧ヶ峰地域における広原遺跡群出土の黒曜石製石器の原産地解析」小野 昭・島田和高・橋詰 潤・吉田明弘・公文富士夫（編）2016『長野県中部高地における先史時代人類誌—広原遺跡群第1次～第3次調査報告書—』明治大学黒曜石研究センター資料・報告集1, pp.197–219, 東京, 明治大学黒曜石研究センター
- Suda, Y., Tsuchiya, M., Hashizume, J. and Oyokawa, M. 2018a Chemical discrimination of obsidian sources in the Kirigamine area and provenance analysis of obsidian artifacts from the Hiroppara prehistoric sites I and II, central Japan. *Quaternary International*, in press.
- Suda, Y., Andrei, V. G., Kuzmin, Y. V., Glascock, M. D., Wada, K., Ferguson, J. R., Kim, J., Popov, V. K., Rasskazov, S. V., Yasnygina, T. A., Saito, N., Takehara, H., Carter, T., Kasztovszky, Z., Biró, K. T., and Ono, A. 2018b Inter-laboratory validation of the WDXRF, EDXRF, ICP–MS, NAA and PGAA analytical techniques and geochemical characterisation of obsidian sources in northeast Hokkaido Island, Japan. *Journal of Archaeological Science: Reports* 17: 379–392.
- Yoshida, A., Kudo, Y., Shimada, K., Hashizume, J., Ono, A., 2016. Impact of landscape changes on obsidian exploitation since the Paleolithic in the central highland of Japan. *Vegetation History and Archaeobotany* 25: 45–55.

(2017年12月11日受付／2018年2月13日受理)

Update on the provenance analysis of obsidian artifacts from Hiroppara prehistoric sites I and II, central Japan

Miho Tsuchiya ¹ and Yoshimitsu Suda ^{2*}

Abstract

This study newly reports and updates the provenance of obsidian artifact from Hiroppara prehistoric sites I and II. The provenance analysis of obsidian artifacts from these sites had already been performed by Suda and Tsuchiya (2016) and Suda et al. (2018a), based on the Mochizuki (1997) method. However, the results of provenance analysis were yielded from only ca. 60% of the total obsidian artifacts. The rest of 40% was resulted in "unclassified". Therefore, we revised the PC program of the provenance analysis using Microsoft Excel for Mac 2011, and newly reports and updates the results of provenance analysis of obsidian artifacts using this new program. Consequently, we could yield the results of provenance analysis from ca. 70% of total analyzed obsidian. The reliability of the results was unchanged from the previous works, which were evaluated from the comparison with the results from quantitative WDXRF analysis. Updating metadata for geologic obsidian or obsidian source is essential for analyzing the provenance of obsidian artifacts in this area accurately.

Keywords: Hiroppara prehistoric sites, obsidian artifact, provenance analysis, quantitative analysis, qualitative analysis, X-ray fluorescence analysis

(Received 11 December 2017 / Accepted 13 February 2018)

¹ Research collaborator of the JSPS Grant-in-Aid for Scientific Research (B) Grant Number 15H03268

² Department of Geology, Faculty of Education, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521, Japan

* Corresponding author: Y. Suda (geosuda@nagasaki-u.ac.jp)