

北海道基準原石試料と濃度ベース機器非依存方式を用いた
p-XRF 黒曜石原産地推定：
西富遺跡 C 地点（北海道虻田郡ニセコ町）

島田和高

資源環境と人類 第 15 号 117-126 頁 2025 年 3 月

Natural Resource Environment and Humans

No. 15 pp. 117-126. March 2025

北海道基準原石試料と濃度ベース機器非依存方式を用いた p-XRF 黒曜石原産地推定： 西富遺跡 C 地点（北海道虻田郡ニセコ町）

島田和高^{1*}

要　　旨

本報告では、北海道虻田郡ニセコ町所在の西富遺跡 C 地点の細石刃石器群における黒曜石製石器 114 点に対して実施した黒曜石原産地推定の結果を報告する。本研究では、波長分散型蛍光 X 線（WDXRF）分析により化学組成グループを決定した北海道産出黒曜石の基準原石試料 48 点に基づき、携帯型エネルギー分散型蛍光 X 線（p-XRF）分析を用いた多量遺物分析法を構築した。この方法は、濃度ベース機器非依存方式であることに特徴がある。遺物分析の結果、114 点の黒曜石製石器の原産地は赤井川（AG-1）、豊浦（TU-1）、白滝－十勝石沢（SH-2）に推定された。これに加えて測定不可（検出限界以下）の微小遺物試料（< 0.1 g）が 21 点あった。

キーワード：黒曜石、後期旧石器時代、北海道、細石刃、p-XRF

1. はじめに

本報告では、北海道虻田郡ニセコ町に所在する西富遺跡 C 地点出土の黒曜石製石器群 114 点の黒曜石原産地推定の結果を報告する。2015 年から調査されている同遺跡 C 地点からは、細石刃、彫器削片を中心とした広郷型細石刃石核石器群が出土している（高倉 2019）。これまで筆者は、本州中央部を対象として Suda et al. (2021) で公開された基準原石試料に基づく携帯型エネルギー分散型蛍光 X 線装置（EDXRF、以下 p-XRF）を用いた多量遺物分析システムを立ち上げ、遺物黒曜石の原産地推定を進めてきた（島田 2023；島田・隅田 2022）。これに引き続き、今回の遺物黒曜石の原産地推定に際して、波長分散型蛍光 X 線分析装置（WDXRF）の定量分析で得られた北海道基準原石試料の化学組成と

化学組成グループ（隅田ほか 2023）にもとづく p-XRF を用いた濃度ベース機器非依存による原産地推定システムを立ち上げた。

具体的には、基準原石資料¹⁾を実際に p-XRF で測定して濃度の WDXRF 分析値と p-XRF 測定値の相関を検討したのち、いくつかの濃度比を判別指標に用いて p-XRF 用の原産地判別図を作成した。この方法では、異なる EDXRF 間で濃度既知の基準原石試料を共有し、かつ相互に検量線ないし Fundamental Parameter (FP) 法で遺物黒曜石の定量を行うことで、近似した判別図と同じ化学組成グループの名称を共有することができる。また、測定で得られた濃度を公開することで、第三者による判別結果の検証や再現を行うことができる。

今回、西富遺跡 C 地点の遺物黒曜石の分析にあたっては、p-XRF 内蔵の黒曜石分析用検量線でターゲット元素分析を行い、あらかじめ作成した二変数散布図を用

¹ 明治大学博物館 〒101-8301 東京千代田区神田駿河台 1-1
* 責任著者：島田和高 (moirai3sis2@gmail.com)

受付：2024 年 11 月 18 日 受理：2025 年 1 月 10 日

いた複数の対話型原産地判別図に測定結果をプロットすることで原産地を推定した。原産地判別の結果、114点の遺物は赤井川（AG-1）、豊浦（TU-1）、白滝・十勝石沢（SH-2）に推定された一方、測定不可（検出限界以下の試料）が21点あった。

2. 試料と方法

2-1 北海道産の黒曜石基準原石試料によるp-XRF判別図の作成

今回報告するp-XRF黒曜石原産地分析の実施に先立ち、まず北海道産黒曜石の基準原石試料48点（隅田ほか2023）を利用してp-XRFによる判別図を作成した。基準原石試料の分布と化学組成グループの分類は、隅田ほか（2023）の図1と表1を参照してほしい。本研究で

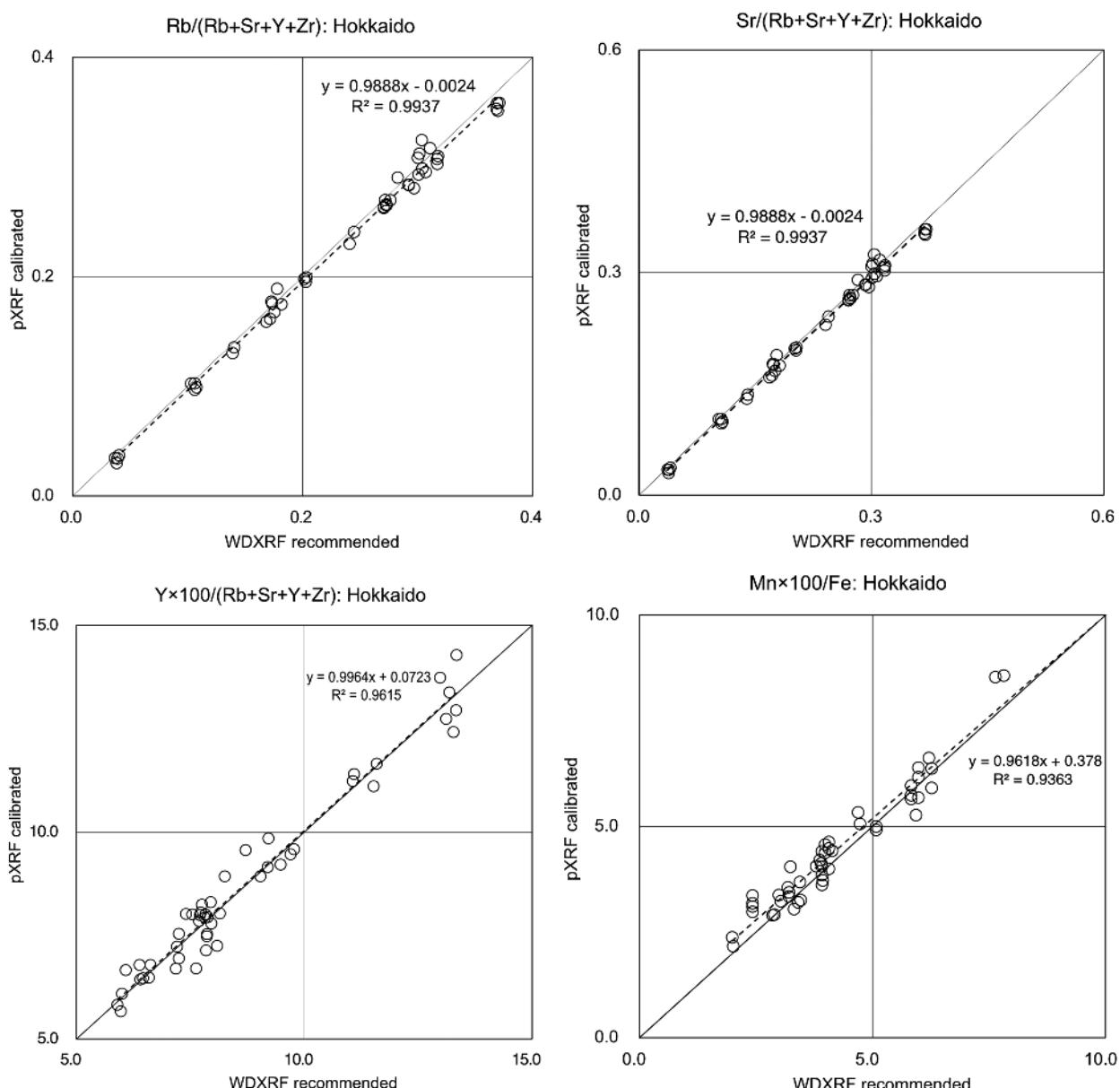


図1 WDXRF分析値とp-XRF分析値を用いた判別指標（濃度比）の相関（n=48）
figure 1. Correlation of the discrimination indexes (concentration ratio) between p-XRF and WDXRF

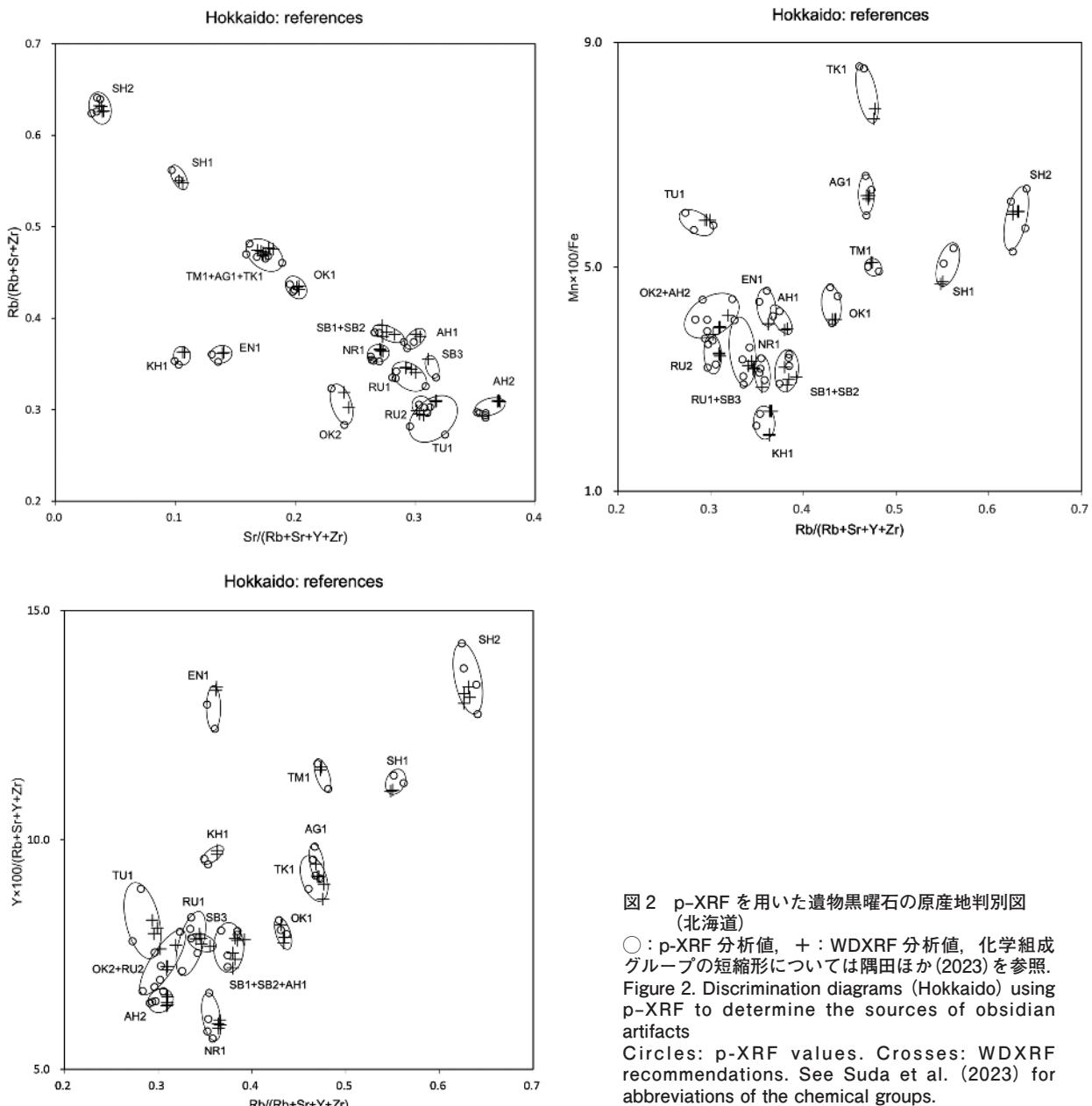


図2 p-XRFを用いた遺物黒曜石の原産地判別図
(北海道)

○: p-XRF分析値, +: WDXRF分析値, 化学組成

グループの短縮形については隅田ほか(2023)を参照.

Figure 2. Discrimination diagrams (Hokkaido) using

p-XRF to determine the sources of obsidian

artifacts

Circles: p-XRF values. Crosses: WDXRF

recommendations. See Suda et al. (2023) for

abbreviations of the chemical groups.

用いた基準原石試料は、長崎大学の隅田XRF研究室がWDXRFを用いて化学組成分析を行なった結果、18の化学組成グループに区分されている(隅田ほか2023)。基準原石試料のそれぞれは、一面を平滑にカットしたチップの状態に整形されており、試料番号で登録されている。明治大学博物館においてp-XRF測定を行うため隅田XRF研究室からこれら試料を借り受けた。これら基準原石試料の分析には、Bruker Tracer 5i (RhターゲットX線管球、シリコンドリフト検出器)を用いた。測定はBruker/MURR製Obsidian工場検量線(Glascock and Ferguson 2012; Martindale Johnson et al. 2021)

を用いて実施した。このアプリケーションは、ターゲット元素分析によりマンガン(Mn)、鉄(Fe)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ルビジウム(Rb)、ストロンチウム(Sr)、イットリウム(Y)、ジルコニウム(Zr)、ニオブ(Nb)、トリウム(Th)の元素濃度(ppm)を表示する。測定条件は大気雰囲気下、管電圧40kVと管電流50μAがアプリケーションにより自動設定され、測定時間は60秒に設定した。X線照射面径は8mm、フィルターは100μm Cu / 25μm Ti / 300μm Alが自動で設定される。装置は、スタンドに固定することでウインドウをほぼ水平に保つことができ、その上面に無水エタノールで

測定面の汚れを除去した試料と X 線漏洩防止用のカバーを設置して測定を行なった。

p-XRF による定量の正確度を検討するために、二変数プロット判別図で用いる指標である以下の濃度比について、 WDXRF と p-XRF の測定値から算出した数値を散布図にプロットし、近似直線で相関を検討した。

$$\text{Rb} / (\text{Rb} + \text{Sr} + \text{Y} + \text{Zr})$$

$$\text{Sr} / (\text{Rb} + \text{Sr} + \text{Y} + \text{Zr})$$

$$\text{Y} \times 100 / (\text{Rb} + \text{Sr} + \text{Y} + \text{Zr})$$

$$\text{Mn} \times 100 / \text{Fe}$$

これらの判別指標は、 WDXRF による化学組成グループの分類で用いられた指標そのままではなく、 p-XRF ターゲット元素分析で得られる元素をもとに改変した指標を採用している。図 1 の相関図では、それぞれの指標について相関係数 (R^2) は 0.93 から 0.99 が得られた。確かに Rb 分率と Sr 分率の正確度に比べて Mn / Fe, Y 分率は比較的ばらつきが大きいものの、いずれにしても強い相関を示していると評価できる。

前述の指標を用いて作成した基準原石試料の原産地判別図を図 2 に示した。それぞれの判別図では、一部の化学組成グループにおいてプロット領域が近接する、あるいは重複する傾向がある。実際の遺物分析においても p-XRF 分析値のばらつきによって発生が予想される化学組成グループの判別図上の重複は、これら三種類の判別図の相互を比較することで（対話式）、かなりの部分で重なりを解消することができる。例えば、 Rb 分率 vs. Sr 分率の判別図では、 AG-1 (赤井川), TM-1 (十勝三股), TK-1 (石狩川 - 滝川) のグループを分離できないが、 Rb 比 vs. Mn / Fe の判別図ではこの三者を分離できるなどである。

これまで記述してきた遺物分析の前段階の準備は、全て基準原石試料と元素濃度に基づいて作業している。したがってこの方法は、機器非依存方式であり、 WDXRF と EDXRF の間における基準原石試料と化学組成データの共有を基礎として多量遺物分析を可能としている点に特色がある。このことは、異なる EDXRF の間で濃度既知の基準原石試料を共有し、かつ検量線ないし FP 法で遺物黒曜石の分析を行うことで相互に原産地判別図と化学組成グループの分類と名称を共有できることを意味している。

味している。

2-2 遺物黒曜石試料の分析

今回分析した遺物黒曜石試料は、北海道虻田郡ニセコ町に所在する西富遺跡 C 地点出土の後期旧石器時代黒曜石製石器 114 点である。測定条件は前項と同じであるが、測定時間を 90 秒とした。測定は各試料について基本 1 回実施しているが、外れ値の発生など必要に応じて複数回の測定を行なった。試料は X 線照射部分の汚れを無水エタノールで除去し、装置のウインドウと設置した試料の間に生じる石器形状や剥離面構成による間隙を可能な限り低減した姿勢で測定した。測定試料は、分析番号、遺物番号、原産地判別結果、器種、重量、化学組成の項目でリスト化した。分析番号は遺跡名を NSTM と略し、分析順に通し番号を付けた。遺物器種は遺跡調査者による分類をそのまま利用している。なお、 p-XRF 測定値の品質管理のために、濃度既知の JOR-1 (SH-2) と JOSA-1 (RU-2) の二つの基準原石試料（剥片形状）を試料分析の際に 1 ~ 数回 / 日で測定し、原産地判別図に分析試料と合わせてプロットした。

3. 分析結果

図 3 に示すように、分析した試料 114 点のうち測定結果が得られた 93 点を原産地判別図にプロットした。まず、判別図 A により、相互に分離できない重複領域 (1) 十勝三股 (TM-1) / 赤井川 (AG-1) / 石狩川 - 滝川 (TK-1) の一群と (2) 留辺蘂 - 通子沢 (RU-2) に近接するが豊浦 (TU-1) にプロットされる一群が区別される。また、判別図 A では (3) 白滝 - 十勝石沢 (SH-2) に 1 点プロットされている。(3) は全体からは外れ値であり、かつ西富遺跡 C 地点の地理的位置を考慮すると、白滝産黒曜石は道内でも遠隔地黒曜石の意味を持つことから、この試料については複数回の測定を行った。それも踏まえ判別図 B・C と合わせて判断すると (3) SH-2 の判別結果は妥当である。次に、判別図 B により、(1) TM-1 / AG-1 / Tk-1 からはず TM-1 を分離できる。加えて、判別図 C により (1) AG-1 / TK-1 から TK-1 を

分離することができる。よって判別図Aで(1) TM-1 / AG-1 / Tk-1であった一群は全てAG-1であると判別できる。一方、(2) TU-1 (RU2に近接)は判別図CによりRU-2から分離できるため、TU-1と判別した。

以上の結果をまとめると、SH-2は試料114点のうち1点(0.9%)、AG-1は83点(72.8%)、TU-1は9点(7.9%)、測定不可は21点(18.4%)となる。表1に判別結果の要約を示し、表2に分析試料と測定濃度値のリストを掲載した。なお、表2のエクセルデータは、筆者のresearchmapサイトからダウンロードできる²⁾。

表2から分かるように、測定不可の試料は、ほとんど

全ての試料で重さが0.1g以下の遺物(細石刃、彫器削片)である。Ferguson(2012)は、元素ごとに必要な励起エネルギーが異なる事実に関係して、測定する元素ごとに測定物質の厚みが増加してもそれ以上の蛍光X線が追加で得られなくなる閾値を超えた厚みのことをinfinite thicknessと定義している。このことから、厚みの薄いマイクロチップなど小形遺物の分析の場合には、数値の正確度に問題が生じることを指摘している。本来は試料の厚みによる制約ではあるが、本研究が使用している装置では、今回の例から概ね0.1g以下が閾値となってこの問題に抵触するようであり、分析結果が< LOD

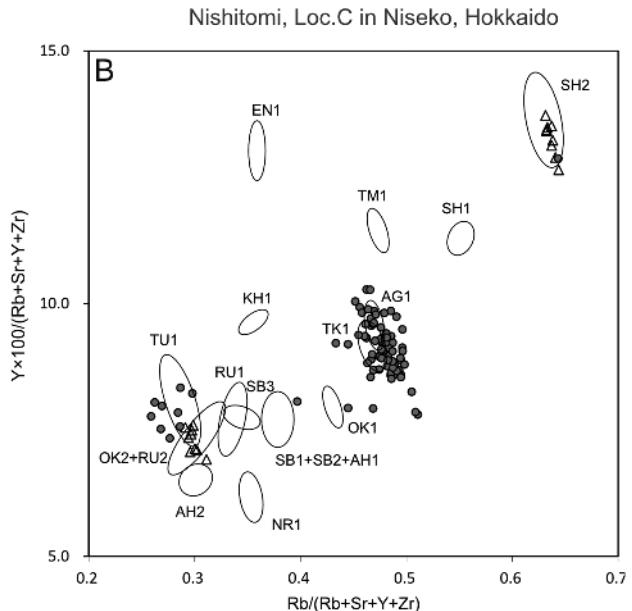
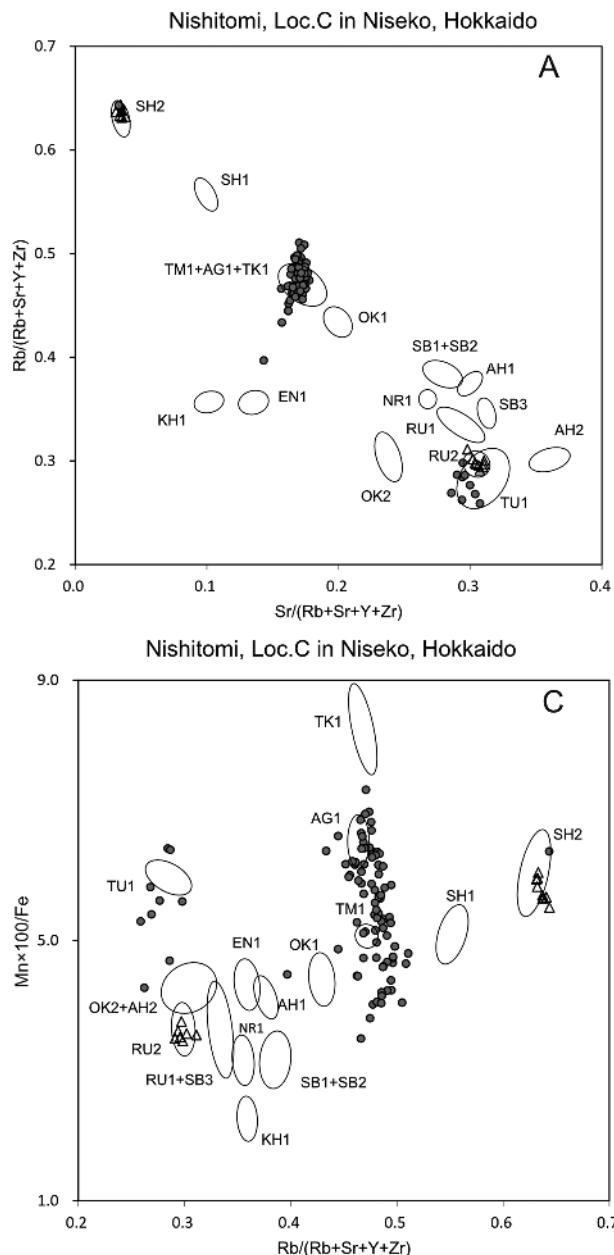


図3 西富遺跡C地点(北海道ニセコ町)出土黒曜石製石器のp-XRF原産地推定結果

●: 西富遺跡C地点出土石器(n=93), △: 品質管理用既知剥片試料(JOR-1: RU-2, JOSA-1: SH-2).

Figure 3. Results of the p-XRF sourcing of obsidian artifacts from the Nishitomi, Loc. C site in Niseko Town, Hokkaido

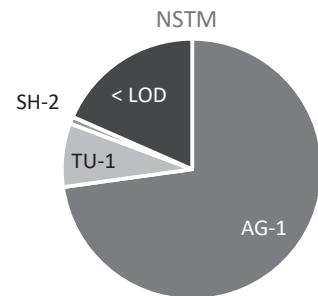
Dots: obsidian artifacts from the Nishitomi, Loc. C site (n=93). Triangles: reference samples (flake-shaped) for the control of measurement quality (JOR-1: RU-2, JOSA-1: SH-2).

表1 西富遺跡C地点（北海道ニセコ町）出土黒曜石製石器のp-XRF判別結果の要約

Table 1. A summary of the p-XRF sourcing of obsidian artifacts from the Nishitomi, Loc. C site in Niseko Town, Hokkaido

Nishitomi, Loc. C (n=114) Hirosato-type microblade-core industry	Geochemical group			
	AG-1	TU-1	SH-2	< LOD
Microblade	26	—	—	11
Blade	5	—	—	—
Flake	25	9	1	—
Graver	3	—	—	—
Graver spall	22	—	—	10
Arrow-head	2	—	—	—
Sum	83	9	1	21
%	72.8	7.9	0.9	18.4

< LOD: less than the limit of detection

表2-1 西富遺跡C地点出土黒曜石製石器のp-XRF測定値（1）
Table 2-1. The p-XRF measurement values of the obsidian artifacts from the Nishitomi, Loc. C site (1)

ID analysis	ID artifact	Classification	Weight (g)	Geochemical group	Chemical composition (ppm)									
					Mn	Fe	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Th
NSTM	057	7	Microblade	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	063	8	Microblade	0.3	AG1	445	6987	40	8	124	45	24	67	3
NSTM	103	12	Flake	1.0	TU1	519	8093	30	10	87	90	24	105	< LOD
NSTM	038	16	Microblade	0.1	AG1	424	7955	36	9	134	46	24	71	< LOD
NSTM	039	21	Microblade	0.2	AG1	412	7091	34	8	128	44	23	67	3
NSTM	104	25	Flake	2.7	TU1	450	8500	30	9	80	95	24	110	< LOD
NSTM	105	47	Flake	0.4	AG1	467	8274	36	10	139	50	26	72	< LOD
NSTM	106	49	blade	0.3	AG1	469	6723	35	9	127	45	24	72	3
NSTM	031	52	Gr-sp	0.1	AG1	339	7161	38	7	125	45	24	66	< LOD
NSTM	030	60	Gr-sp	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	029	61	Gr-sp	<0.1	AG1	440	9162	58	9	144	48	22	68	< LOD
NSTM	052	68	Microblade	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	028	69	Gr-sp	0.1	AG1	385	8272	36	8	136	46	25	67	< LOD
NSTM	002	71	Gr-sp	0.5	AG1	417	6487	31	9	120	45	22	66	4
NSTM	033	74	Microblade	0.1	AG1	329	9422	48	6	131	44	24	82	3
NSTM	027	75	Gr-sp	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	054	76	Microblade	0.2	AG1	394	7300	35	8	126	44	24	69	3
NSTM	040	93	Microblade	<0.1	AG1	453	7923	38	8	135	47	25	81	< LOD
NSTM	061	96	Microblade	<0.1	AG1	419	9890	57	9	145	50	26	72	< LOD
NSTM	034	97	Microblade	<0.1	AG1	393	9291	38	8	137	49	24	69	3
NSTM	101	103	Flake	0.2	AG1	408	7202	30	8	126	45	24	66	< LOD
NSTM	102	105	Flake	0.5	AG1	432	6637	31	11	127	45	26	73	3
NSTM	100	108	Flake	2.8	AG1	476	7530	31	10	134	47	26	74	5
NSTM	099	116	Flake	0.2	AG1	424	7216	32	8	126	45	24	75	< LOD
NSTM	065	123	Microblade	0.2	AG1	259	6803	54	6	122	45	23	67	3
NSTM	026	124	Gr-sp	0.3	AG1	395	6837	36	10	127	44	26	68	< LOD
NSTM	098	129	Flake	0.1	TU1	457	9745	35	10	87	90	23	104	< LOD
NSTM	032	141	Microblade	0.1	AG1	413	8137	50	9	131	45	26	65	< LOD
NSTM	097	142	flake	1.7	TU1	428	7624	30	8	83	90	22	105	< LOD
NSTM	096	143	Flake	<0.1	AG1	440	9470	39	8	149	51	23	70	< LOD
NSTM	058	148	Microblade	<0.1	AG1	367	8726	40	6	135	46	26	71	< LOD
NSTM	037	149	Microblade	0.1	AG1	429	7532	44	9	130	46	23	69	3
NSTM	001	154	Gr-sp	<0.1	AG1	313	7791	38	7	128	47	25	68	< LOD
NSTM	112	155	Flake	0.4	TU1	452	8371	32	8	81	86	24	110	< LOD
NSTM	067	159	Microblade	<0.1	AG1	396	8374	42	8	136	47	26	65	3
NSTM	111	160	Arrow-head	0.2	AG1	451	7091	35	10	132	48	24	70	4
NSTM	113	161	Flake	0.5	AG1	438	6822	32	11	124	45	26	69	< LOD
NSTM	003	163	Gr-sp	0.2	AG1	287	7080	34	7	128	47	24	67	< LOD
NSTM	025	173	Gr-sp	<0.1	AG1	440	8319	39	10	135	48	24	71	< LOD
NSTM	110	178	Gr-sp	0.3	AG1	453	7065	31	8	127	45	26	74	< LOD
NSTM	024	190	Gr-sp	0.2	AG1	448	9468	51	10	142	49	24	88	3
NSTM	045	192	Microblade	<0.1	AG1	388	8843	35	6	138	47	24	70	< LOD
NSTM	114	193	Flake	0.2	AG1	497	7846	31	12	134	47	25	71	3
NSTM	041	200	Microblade	0.1	AG1	453	7525	33	9	129	45	24	69	5
NSTM	053	202	Microblade	0.1	AG1	451	8417	40	9	142	49	25	72	< LOD
NSTM	108	208	Flake	0.4	AG1	454	7195	28	11	132	45	25	73	< LOD
NSTM	055	215	Microblade	0.2	AG1	393	7567	40	7	132	47	25	67	3
NSTM	023	232	Gr-sp	0.2	AG1	441	7158	35	9	125	45	23	66	< LOD
NSTM	044	234	Microblade	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	022	244	Gr-sp	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	107	246	Flake	0.1	AG1	438	7463	33	11	130	46	26	71	3

表 2-2 西富遺跡 C 地点出土黒曜石製石器の p-XRF 測定値 (2)
 Table 2-2. The p-XRF measurement values of the obsidian artifacts from the Nishitomi, Loc. C site (2).

ID analysis	ID artifact	Classification	Weight (g)	Geochemical group	Chemical composition (ppm)										
					Mn	Fe	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Th	
NSTM	109	248	Microblade	0.2	AG1	370	7923	39	7	136	47	24	70	< LOD	18
NSTM	042	255	Microblade	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	088	258	Flake	0.3	AG1	426	7034	29	9	126	47	26	71	3	18
NSTM	021	262	Gr-sp	0.2	AG1	398	7722	51	8	131	47	25	70	< LOD	17
NSTM	089	263	Flake	1.3	AG1	458	7182	32	9	127	46	27	93	5	18
NSTM	036	265	Microblade	0.2	AG1	292	6548	32	5	117	43	26	67	4	16
NSTM	020	269	Gr-sp	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	090	277	Flake	0.2	AG1	430	8650	30	9	138	50	27	72	< LOD	18
NSTM	019	278	Gr-sp	0.1	AG1	403	7446	38	7	127	45	24	67	< LOD	17
NSTM	091	282	Blade	4.3	AG1	497	7252	31	11	136	50	30	76	< LOD	16
NSTM	073	283	Blade	41.3	AG1	457	6873	31	9	125	47	26	70	3	18
NSTM	087	289	Flake	15.0	TU1	317	7418	30	5	75	84	23	104	< LOD	7
NSTM	092	292	Flake	2.4	TU1	501	7838	35	11	86	87	25	102	< LOD	9
NSTM	018	296	Gr-sp	0.1	AG1	377	7342	32	6	127	46	25	72	< LOD	17
NSTM	079	300	Flake	0.3	AG1	475	6964	30	10	128	45	25	71	2	15
NSTM	017	301	Gr-sp	0.3	AG1	371	7027	40	7	129	46	26	78	3	17
NSTM	081	302	Flake	1.1	SH2	465	7302	34	12	175	9	35	53	5	11
NSTM	016	305	Gr-sp	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	048	307	Microblade	<0.1	AG1	385	9278	53	6	137	48	24	73	< LOD	18
NSTM	049	308	Microblade	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	051	319	Microblade	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	004	320	Gr-sp	0.4	AG1	422	6389	32	10	121	44	25	82	< LOD	17
NSTM	015	321	Gr-sp	0.1	AG1	320	7927	50	7	133	45	27	69	< LOD	15
NSTM	062	333	Microblade	0.1	AG1	437	7833	36	10	129	46	25	69	3	18
NSTM	014	336	Gr-sp	0.2	AG1	382	6985	53	6	125	44	24	67	3	16
NSTM	050	337	Microblade	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	080	339	Flake	<0.1	AG1	396	8842	36	8	133	48	27	127	< LOD	17
NSTM	013	341	Gr-sp	0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	072	342	Blade	21.6	AG1	491	6710	34	12	130	47	27	72	< LOD	17
NSTM	071	343	Graver	14.9	AG1	423	6862	31	10	128	48	26	76	< LOD	16
NSTM	035	356	Microblade	<0.1	AG1	382	8046	56	8	137	46	25	68	< LOD	16
NSTM	078	363	Flake	1.3	TU1	462	7936	32	10	82	93	23	108	< LOD	9
NSTM	077	369	Flake	0.1	AG1	408	7745	32	10	133	45	24	67	< LOD	17
NSTM	076	377	Flake	9.8	AG1	388	6289	26	8	117	42	26	74	4	15
NSTM	075	384	Flake	<0.1	AG1	367	7975	32	7	134	48	24	69	4	18
NSTM	074	391	Flake	0.8	TU1	434	7752	30	6	87	86	24	95	< LOD	8
NSTM	068	395	Graver	13.9	AG1	431	6950	42	10	125	45	26	75	4	16
NSTM	047	404	Microblade	<0.1	AG1	371	8337	42	8	126	46	24	76	4	17
NSTM	066	416	Microblade	<0.1	AG1	371	7560	58	7	136	46	24	67	3	18
NSTM	056	418	Microblade	<0.1	AG1	393	8077	34	7	129	47	23	91	< LOD	18
NSTM	012	419	Gr-sp	0.3	AG1	452	7361	32	8	132	46	24	69	< LOD	16
NSTM	059	420	Microblade	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	094	422	Flake	0.3	AG1	418	6658	28	8	123	44	23	68	4	17
NSTM	005	424	Gr-sp	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	011	425	Gr-sp	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	093	429	Flake	0.1	AG1	375	8167	34	6	129	45	24	67	< LOD	16
NSTM	064	431	Microblade	0.3	AG1	443	7568	39	9	139	47	24	71	4	19
NSTM	043	433	Microblade	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	010	434	Gr-sp	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	095	438	Graver	0.8	AG1	458	6595	36	10	127	47	25	71	< LOD	16
NSTM	082	455	Flake	0.3	AG1	404	7901	33	9	127	46	26	72	5	16
NSTM	009	463	Gr-sp	0.5	AG1	444	6634	33	10	131	47	25	72	< LOD	18
NSTM	046	464	Microblade	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	083	468	Flake	<0.1	AG1	403	6530	29	9	122	45	25	68	3	16
NSTM	084	481	Flake	0.6	AG1	453	7545	35	9	124	47	27	74	3	19
NSTM	008	485	Gr-sp	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	006	486	Gr-sp	0.2	AG1	455	7612	46	9	131	47	27	83	< LOD	16
NSTM	060	497	Microblade	<0.1	<LOD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NSTM	007	498	Gr-sp	<0.1	AG1	455	11244	60	9	153	52	25	73	< LOD	19
NSTM	085	512	Flake	0.3	AG1	410	6595	30	10	126	46	27	76	3	17
NSTM	070	515	Arrow-head	1.8	AG1	449	6807	35	10	130	46	25	77	< LOD	17
NSTM	069	525	Blade	16.5	AG1	384	6485	31	7	122	45	26	70	3	15
NSTM	086	526	Flake	<0.1	AG1	425	7949	35	8	129	46	25	68	5	18

<LOD: below the limit of detection

(limit of detection) と表示されて測定値が得られない。これに加えて、試料の幅も関係している。また、判別図 C が示すように、今回の遺物プロットが Mn / Fe の軸で値のばらつきが大きく、分布がまとまらずにトレンドになる傾向が強いことから、仮に本装置の黒曜石分析アプリケーションで細石刃など厚みの薄い試料の測定値が得られたとしても、微量元素よりも特に主要元素の側で測定値の正確度の低下が認められると予測される。

4. まとめ

本研究で採用している EDXRF 原産地分析法の特徴を以下にまとめる。

【濃度ベース機器非依存方式 (Concentration based, device independent method)】

- ・遺物黒曜石分析:p-XRF を含む EDXRF 定量分析(検量線, FP 利用)
- ・基準原石試料 (reference samples) : WDXRF 定量分析により化学組成公開済み 1 セットの基準原石試料の共有を推奨 (校正用標準試料: standard samples のみを用いた WDXRF 判別図の共有も可能だが、p-XRF ターゲット元素分析では非推奨)
- ・EDXRF 判別図: 濃度 and / or 濃度比で作成 (遺物形状や厚みによる値のばらつきがあるため対話型判別図の作成を推奨。異なる EDXRF 間で近似的な判別図の作成と原産地名称の共有が可能)
- ・EDXRF 公開データ : 濃度値
- ・判別結果の検証と再現性 : 公開された濃度値から検証可能。定量分析する EDXRF 相互で再現性が高い

今回、西富遺跡 C 地点の黒曜石製石器の p-XRF 原産地推定を行った結果、遺跡から相対的に近距離に位置する赤井川産黒曜石 (AG-1) を主体とし、加えて補助的に組成する豊浦産黒曜石 (TU-1) からなる原産地構成を復元できた。また、西富遺跡 C 地点の立地からは「遠隔地黒曜石」と評価できる白滝産黒曜石が 1 点検出された。こうした原産地構成の考古学的解析については別稿に譲ることとする。なお、豊浦産黒曜石 (TU-1) の基準

原石サンプルは採取座標から豊泉川河床 (二次原産地) で採取されたと推測される黒曜石獲得に関わる人間行動の復元にあたっては、TU-1 の露頭 (一次原産地) の詳細は現状で不明であることに注意が必要である (Wada et al. 2014)。

註

- 1) <https://sites.google.com/view/obsidian/home?pli=1> で公開されている
- 2) <https://researchmap.jp/kazushima>

謝辞

本研究は、JSPS 科研費基盤 (B) 19H01345 および JSPS 科研費基盤 (B) 22H00740 による研究成果の一部である。基準原石試料は、長崎大学隅田祥光 XRF 研究室から提供を受けた。隅田祥光氏からは分析方法の構築にあたり多くのご教示を頂いた。また、匿名の査読者により本稿は改善された。なお、西富遺跡 C 地点の遺物分析にあたっては、北海道大学埋蔵文化財調査センターの高倉純氏と清瀬市市史編さん室の戸下詩乃氏のお二人に便宜を図って頂いた。記して感謝の意を表します。

引用文献

- Ferguson, J. R. 2012 Handheld X-ray fluorescence of obsidian: approach to calibration and the analysis of small samples. In Shugar, A. N. and Mass, J. L. (eds) *Handheld XRF for Art and Archaeology*, pp. 401–422, Leuven, Belgium, Leuven University Press.
- Glascoc, M. D., and Ferguson, J. R. 2012 Report on the analysis of obsidian source samples by multiple analytical methods. Archaeometry Lab, University of Missouri Research Reactor Center, Columbia, MO. https://www.researchgate.net/publication/236850163_Report_on_the_Analysis_of_Obsidian_Source_Samples_by_Multiple_Analytical_Methods.
- Martindale Johnson, L. R., Ferguson, J. R., Freund, K. P., Drake, L., Duke, D. 2021 Evaluating obsidian calibration sets with portable X-Ray fluorescence (EDXRF) instruments. *Journal of Archaeological Science: Reports* 39, <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103126>
- 島田和高 2023 「中間スケールにおける先史時代人類による中部高地黒曜石原産地利用」『資源環境と人類』 13: 1–15
- 島田和高・隅田祥光 2022 「携帯型蛍光 X 線分析装置 Bruker Tracer 5i を用いた黒曜石原産地分析法の構築」『資源環境と人類』 12: 37–49.
- Suda, Y., Adachi, T., Shimada, K., Osanai, Y. 2021 Archaeological significance and chemical characterization of the obsidian source in Kirigamine, central Japan: Methodology for provenance analysis of obsidian

- artefacts using XRF and LA-ICP-MS. *Journal of Archaeological Science* 129. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105377>
- 隅田祥光・和田恵二・向井正幸 2023 「黒曜石製石器の原産地判別法の現状と課題」『季刊考古学』別冊 42: 24-27
- 高倉 純 2019 「北海道ニセコ町西富遺跡における発掘調査」『2019年度北海道考古学会遺跡調査報告会資料』北海道考古学会（口頭発表）。
- Wada, K., Mukai, M., Sano, K., Izuho, M., and Sato, H. 2014 Chemical composition of obsidians in Hokkaido Island, northern Japan: The importance of geological and petrological data for source studies. In: *Methodological Issues for Characterisation and Provenance Studies of Obsidian in Northeast Asia*, (BAR International series 2620) , edited by A. Ono, M.D. Glascock, Y. V. Kuzmin and Y. Suda, pp. 67-84, Oxford (UK), BAR publishing.

p-XRF obsidian provenance analysis using Hokkaido reference samples and a concentration based, device independent method: The Nishitomi, Loc. C site in Niseko Town, Abuta District, Hokkaido

¹ * Kazutaka Shimada

Abstract

This report presents the results of obsidian provenance analysis conducted on 114 obsidian artifacts from a microblade assemblage at the Nishitomi, Loc. C site in Niseko Town, Abuta District, Hokkaido. Based on 48 obsidian reference samples from Hokkaido, whose chemical groups were defined using wavelength dispersive X-ray fluorescence (WDXRF) analysis, a portable energy dispersive X-ray fluorescence (p-XRF) analysis was developed. This method employs a concentration-based, device-independent approach for sourcing obsidian. The provenance analysis revealed that the obsidian artifacts could be classified into three groups: Akaigawa (AG-1, n=83), Toyoura (TU-1, n=9), and Shirataki-Tokachiishizawa (SH-2, n=1). Additionally, 21 tiny artifacts (< 0.1 g) could not be analyzed owing to their concentrations being below the detection limit.

Keywords: Obsidian, Upper Palaeolithic, Hokkaido, microblade, p-XRF

(Received 18 November 2024 / Accepted 10 January 2025)

¹ Meiji University Museum, Meiji University, 1-1 Kanda-Surugadai, Chiyoda Ward, Tokyo, 101-8301, Japan
* Corresponding author: Kazutaka Shimada (moirai3sis2@gmail.com)