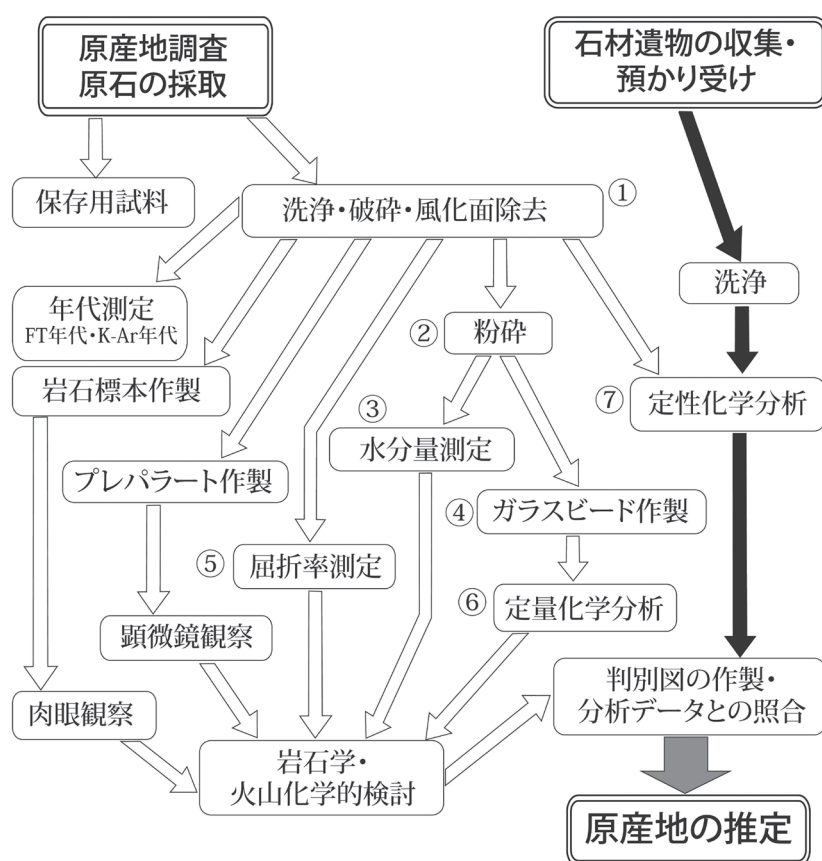


1. はじめに

考古学研究では、遺物が遺跡へと至るまでの来歴を辿ることによって、個々の時代における人々の行動様式や流通関係に迫ることが可能となる。特に狩猟・採集によって生計を立てていたと考えられている石器時代においては、石器に使用する石材の原産地推定が、空間的な人の動きに迫るための有効な分析方法となる。なかでも、火山の噴出物として生成された黒曜石は、結晶構造をもたず、斑晶の含有量が少ないことから元素組成が安定しており、このような黒曜石の岩石学的特質に着目して、今日まで様々な理化学的分析方法を用いた原産地推定が行われている。特に蛍光 X 線分析装置を用いた分析は、装置の操作や測定の前処理が容易である点や、特に資料を非破壊で測定できるなどといったメリットにより、考古資料の扱いに適している。また、比較的短い時間で測定できるという点で、分析対象が出土遺物全般におよぶ石器研究においては非常に有効な測定手段といえる。以上のような経緯で、今回は蛍光 X 線分析装置を用いた原産地推定を行った。石器石材（黒曜石・サヌカイト等）の元素組成を根拠とした原産地推定のフローチャートを図 4-1 に示す。

2. 測定方法

蛍光 X 線法を用いて黒曜石の正確な元素分析値を得るには、内部が均質で表面形態が一樣な試料を作成し、検量線法などによって定量的に分析を行うのが一般的である。そのためには、試料を粉碎してプレスしたブリケットを作成するか、もしくは熔融してガラスビードを作成する必要がある。しかしながら、遺跡から出土した遺物は、通常、非破壊での測定が要求されるため、上記の方法をとることは困難である。そのため、遺物に直接 X 線を照射する定性（半定量）分析が行われている。このような直接照射によ



- ① 洗浄・破碎・風化面除去: 試料の洗浄, およびトリミングによって, 風化・酸化部位を除去する。
使用機器: 超音波洗浄機, Renfert basic master.
- ② 粉碎: 試料が粉末になるまで鉄乳鉢, および攪拌擂潰機を用いて粉碎する。
使用機器: 石川式攪拌擂潰機AGB.
- ③ 水分量測定: 試料を燃焼して原石に含まれる水分量を測定する。
測定機器: 京都電子工業カールフィッシャー水分計MKC-610, および水分気化装置ADP-512.
- ④ ガラスビード作製: 粉末試料をフラックス(融剤, 四ホウ酸リチウム; Li2B4O7)とともに1100℃, 8分で熔融させ, ガラスビード(おはじき状のガラス板)を作製する。
使用機器: 日本サーモニクスNT2100.
- ⑤ 屈折率測定: 既知の屈折率をもった浸液を用い, 透明～半透明試料の屈折率を測定する。屈折率は化学組成を反映しており, また少量かつ簡便な測定が可能。
測定機器: 京都フィッシュントラック温度変化屈折率測定システムRIMS2000.
- ⑥ 定量化学分析: 波長分散型蛍光X線分析装置(WDX)を使用。測定元素はSi, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P, Rb, Sr, Ba, Y, Zr, Nb, Th, V, Zn, Cr, Ni, Co. 6試料の連続測定が可能。
測定機器: リガクRIX1000.
- ⑦ 定性化学分析: エネルギー分散型蛍光X線分析装置(EDX)を使用。化学成分の存在比を非破壊, 非接触で測定している。16試料の連続測定が可能。
測定機器: 日本電子JSX-3100s.

図 4-1 石材遺物（黒曜石・サヌカイト）の原産地推定

って発生する蛍光 X 線の強度そのものは、試料の状態や装置の経年変化によって変動する可能性が高いが、特定元素の強度同士の比を採った場合はその影響は小さいと考えられている。今回は測定強度比をパラメータとして原産地推定を行った。

3. 試料の前処理

比較用の産出地採取原石については、必要に応じて新鮮な破断面または研磨面を作製し、超音波洗浄器によるクリーニングを行った。遺跡出土石器は、多くの場合新鮮で平滑な剥離面があるため、試料表面をメラミンスポンジとアルコールで洗浄してから測定を行った。特に汚れがひどい遺物のみ超音波洗浄器を用いた。

4. 装置・測定条件

蛍光 X 線の測定にはエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 JSX-3100s（日本電子株式会社）を用いた。X 線管球は、ターゲットが Rh（ロジウム）のエンドウインドウ型を使用した。管電圧は 30kV、電流は抵抗が一定となるよう自動設定とした。X 線検出器は Si（ケイ素）/Li（リチウム）半導体検出器を使用した。試料室内の状態は真空雰囲気下とし、X 線照射面径は 15mm とした。測定時間は、240sec である。測定元素は、主成分元素はケイ素（Si）、チタン（Ti）、アルミニウム（Al）、鉄（Fe）、マンガン（Mn）、マグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、ナトリウム（Na）、カリウム（K）の計 9 元素、微量元素はルビジウム（Rb）、ストロンチウム（Sr）、イットリウム（Y）、ジルコニウム（Zr）の計 4 元素の合計 13 元素とした。また、X 線データ解析ソフトには、明治大学文化財研究施設製；JsxExt を使用した。

5. 原産地推定の方法

黒曜石はケイ酸、アルミナ等を主成分とするガラス質火山岩であるが、その構成成分は産出地による差異が認められる。とりわけ微量元素の Rb, Sr, Y, Zr では産出地ごとの組成差がより顕著となっている。望月は、この産地間の組成差から黒曜石の産地推定が可能であると考え、上記の 4 元素に K, Fe, Mn の 3 元素を加えた計 7 元素の強度比を組み合わせることで産地分析を行っている（望月ほか 1994, 望月 1997）。これら 7 元素による原産地分析の有効性は、ガラスビードを用いた定量分析によっても裏付けられて

表 4-1 北海道・東北地方における黒曜石の測定値（強度比）

原産地		Rb分率	Sr分率	Zr分率	Mn×100/Fe	Fe/K
名寄系A	平均値:	29.8332	24.0450	34.2942	2.2027	1.9505
	標準偏差:	0.6177	0.5356	0.6872	0.0487	0.0290
名寄系B	平均値:	35.3175	12.4363	32.9297	1.5020	1.5687
	標準偏差:	0.5201	0.5459	0.4468	0.0599	0.0374
赤石山系	平均値:	46.1064	10.0669	24.1947	3.6799	1.2809
	標準偏差:	0.8980	0.7575	1.0007	0.1517	0.0569
十勝石沢系	平均値:	53.3228	4.0426	19.9294	4.5306	1.2274
	標準偏差:	1.0475	0.7975	1.1094	0.1110	0.0305
社名淵系	平均値:	30.0002	13.2198	39.5429	3.2022	1.8748
	標準偏差:	0.5243	0.5775	0.6192	0.0592	0.0389
生田原系	平均値:	30.3818	9.7155	45.5441	1.6229	1.7969
	標準偏差:	0.6671	0.5115	0.8254	0.0473	0.0394
置戸山系	平均値:	26.0770	21.6069	40.1146	3.0153	2.1485
	標準偏差:	0.6325	0.4841	0.8222	0.0608	0.0663
所山系	平均値:	35.8981	18.3673	30.9634	3.2615	1.3757
	標準偏差:	0.6374	0.5073	0.6809	0.0809	0.0392
ケショマップ系	平均値:	27.3917	27.7661	32.5990	2.7875	2.4674
	標準偏差:	0.6934	1.0164	0.7488	0.1399	0.0306
旭川A・滝川系A	平均値:	31.0568	27.3119	28.9108	3.0865	2.0811
	標準偏差:	0.5544	0.5626	0.6414	0.0611	0.0703
旭川系B	平均値:	25.4016	31.9111	32.1185	2.9203	3.0803
	標準偏差:	0.6741	0.8834	1.3632	0.0501	0.0580
上士幌・美蔓系A	平均値:	40.0800	15.0582	26.3367	3.8147	1.3066
	標準偏差:	0.8822	0.7670	0.9569	0.0862	0.0392
美蔓系B	平均値:	31.6863	24.9799	29.8919	2.4020	2.1598
	標準偏差:	0.9950	0.5907	0.9268	0.0546	0.1406
赤井川系	平均値:	38.7798	16.1257	28.2118	4.8933	1.2322
	標準偏差:	0.8048	0.7357	0.9436	0.0754	0.0248
豊浦系	平均値:	23.9305	27.1562	36.4499	4.3797	1.7401
	標準偏差:	0.7532	0.7554	0.6161	0.1211	0.0415
小泊系	平均値:	46.4658	12.0293	26.5073	3.5296	0.9651
	標準偏差:	0.7599	0.5166	0.9849	0.1014	0.0191
西青森系	平均値:	40.3146	17.3977	25.5706	3.7344	1.4330
	標準偏差:	0.5080	0.5827	0.8576	0.0725	0.0264
岩木山系	平均値:	27.7673	30.4254	25.7264	12.9973	1.2363
	標準偏差:	0.9601	1.1595	1.0518	0.2586	0.0430
深浦系	平均値:	15.1647	0.7125	73.2569	2.2049	2.6968
	標準偏差:	0.4189	0.3923	0.6112	0.0754	0.0610
男鹿系	平均値:	40.4131	22.6536	21.9782	16.5470	0.8319
	標準偏差:	0.6591	0.6273	0.8569	0.1551	0.0166
北上系A	平均値:	19.3547	24.0818	41.9012	3.7985	2.8222
	標準偏差:	0.7931	0.9511	0.8548	0.1398	0.1166
月山系	平均値:	31.0560	28.7694	26.0881	11.9601	1.0478
	標準偏差:	1.4263	1.5951	1.4881	0.3412	0.0416
湯の倉系	平均値:	9.2363	35.7329	46.1112	2.6698	8.4943
	標準偏差:	0.8667	0.7128	0.5739	0.0338	0.1755
色麻系	平均値:	6.5862	32.4398	48.7309	5.3994	8.1681
	標準偏差:	0.5668	0.8226	0.7233	0.0675	0.1822
土蔵系	平均値:	7.1023	40.0162	40.9130	2.4707	17.9128
	標準偏差:	0.6311	0.6191	0.8704	0.0313	0.4082
馬場町北系	平均値:	6.7739	38.0019	42.5593	2.8996	13.1923
	標準偏差:	0.6103	0.8065	1.2039	0.0651	0.4966

いる（嶋野ほか 2004）。ここでも、上記した望月の判別方法に準拠する形をとることとし、原産地推定のパラメータに Rb 分率 {Rb 強度×100/ (A=Rb 強度+Sr 強度+Y 強度+Zr 強度)}, Sr 分率 (Sr 強度×100/A), Mn 強度×100/Fe 強度, log (Fe 強度/K 強度) を用いて判別図を作製し、判別分析は Zr 分率 (Zr 強度×100/A) を加えて行った。

6. 黒曜石原産地の判別

6-1. 判別図

判別図は、視覚的に分類基準が捉えられる点、および判定基準が分かりやすいというメリットがある。また、測定結果の提示に際し、読者に理解しやすいという点も有効であろう。まず、各産出地採取試料(基準試料)の測定データを基に 2 種類の散布図(Rb 分率 vs Mn×100/Fe, Sr 分率 vs log (Fe/K)) を作製し、各原産地を推定するための判別域を決定した。次に遺物の測定結果を重ね合わせて大まかな判別を行った。基準試料の測定強度比の平均値を表 4-1 に示す。

6-2. 判別分析

判別図や測定値の比較による原産地の推定は、測定者ごとの恣意的な判断を完全に排除することは難しい。そこで、多変量解析の一つである判別分析を行った。判別分析では、上記のパラメータを基にマハラノビス距離を割り出し、各原産地に帰属する確率を求めた。距離と確率とは反比例の関係にあり、資料と各原産地の重点間の距離が最も短い原産地（群）が第一の候補となる。なお、分析用ソフトには明治大学文化財研究施設製；MDR1.02 を使用した。また、判別結果の参考資料として、各原産地（重点）間のマハラノビス距離を提示した（表 4-2）。

表 4-2 判別分析群間距離（マハラノビス距離）

	名寄系 A	名寄系 B	赤石山 系	十勝石沢 系	社名淵 系	生田原 系	蘆戸山 系	所山系	ケンヨ マップ 系	旭川A・ 滝川系A	旭川系 B	上士幌・ 美蔓系A	美蔓系 B	赤井川 系	豊浦系	小泊系	西青森 系	岩木山系	深浦系	男鹿系	北上系 A	月山系	湯の倉系	色麻系	土蔵系	馬場町 北系
名寄系A	0	1271	717	1540	682	913	431	280	388	557	2978	523	69	1689	595	2101	1251	2309	7425	9557	1600	2860	12077	18177	15053	7132
名寄系B	1271	0	413	1168	1083	308	2345	954	1393	3454	5586	803	1203	2166	2055	1255	1557	3268	6075	10663	4622	4722	18065	25725	21413	10443
赤石山系	717	413	0	159	1633	3123	2270	488	4774	1614	4875	71	1622	483	2257	461	371	2976	15091	8528	2511	4408	34145	19234	25239	13251
十勝石沢系	1540	1168	159	0	3390	6746	4416	1482	7717	2897	6189	396	4235	690	3282	957	1302	3203	23093	8919	2835	4916	46650	18569	31163	16569
社名淵系	682	1083	1633	3390	0	1167	452	426	1183	887	1548	325	799	1047	393	2235	911	2137	5874	8815	1163	2754	17140	12973	16124	7122
生田原系	913	308	3123	6746	1167	0	1736	1124	1014	3294	3843	1023	1932	2497	1232	2077	2005	3167	3160	10786	3974	3841	12734	19894	18538	8896
蘆戸山系	431	2345	2270	4416	452	1736	0	567	325	389	469	450	221	1562	161	3067	1700	1995	6009	9121	604	2177	11869	12094	12936	5606
所山系	280	954	488	1482	426	1124	567	0	2788	523	4067	91	323	520	1046	707	201	2520	9552	7854	1799	3236	24071	17570	20169	9708
ケンヨマップ系	388	1393	4774	7717	1183	1014	325	2788	0	71	335	600	107	1894	398	4079	2210	1814	8873	9809	526	2333	10452	13395	11383	5220
旭川A・滝川系A	557	3454	1614	2897	887	3294	389	523	71	0	1227	395	256	1169	443	3034	1196	1787	10442	8775	770	2429	15056	14485	13747	6525
旭川系B	2978	5586	4875	6189	1548	3843	469	4067	335	1227	0	1013	337	2864	867	6358	4101	1808	10522	10958	331	2296	7713	11224	8921	4016
上士幌・美蔓系A	523	803	71	396	325	1023	450	91	600	395	1013	0	1059	231	1474	625	51	2531	12789	7647	1674	3516	31980	16994	22896	11084
美蔓系B	69	1203	1622	4235	799	1932	221	323	107	256	337	1059	0	1575	643	2635	1168	2056	8905	9665	1246	2943	12521	17502	14018	6850
赤井川系	1689	2166	483	690	1047	2497	1562	520	1894	1169	2864	231	1575	0	1007	1040	299	2091	14763	6251	982	2640	40053	12861	26347	11384
豊浦系	595	2055	2257	3282	393	1232	161	1046	398	443	867	1474	643	1007	0	3479	1966	1502	9344	7025	539	1339	22137	9926	16445	5880
小泊系	2101	1255	461	957	2235	2077	3067	707	4079	3034	6358	625	2635	1040	3479	0	1334	3862	14258	8363	3464	4913	36569	22134	28543	14996
西青森系	1251	1557	371	1302	911	2005	1700	201	2210	1196	4101	51	1168	299	1966	1334	0	2329	13030	7655	1509	3351	28900	16528	21372	10636
岩木山系	2309	3268	2976	3203	2137	3167	1995	2520	1814	1787	1808	2531	2056	2091	1502	3862	2329	0	56432	1137	19059	198	180250	21677	129378	32106
深浦系	7425	6075	15091	23093	5874	3160	6009	9552	8873	10442	10522	12789	8905	14763	9344	14258	13030	56432	0	13877	4198	3163	8184	11780	13052	5586
男鹿系	9557	10663	8528	8919	8815	10786	9121	7854	9809	8775	10958	7647	9665	6251	7025	8363	7655	1137	13877	0	32574	435	312348	45611	229698	60077
北上系A	1600	4622	2511	2835	1163	3974	604	1799	526	770	331	1674	1246	982	539	3464	1509	19059	4198	32574	0	1749	11046	6768	10370	3376
月山系	2860	4722	4408	4916	2754	3841	2177	3236	2333	2429	2296	3516	2943	2640	1339	4913	3351	198	3163	435	1749	0	159259	17661	109279	28385
湯の倉系	12077	18065	34145	46650	17140	12734	11869	24071	10452	15056	7713	31980	12521	40053	22137	36569	28900	180250	8184	312348	11046	159259	0	4576	1377	318
色麻系	18177	25725	19234	18569	12973	19894	12094	17570	13395	14485	11224	16994	17502	12861	9926	22134	16528	21677	11780	45611	6768	17661	4576	0	10786	1653
土蔵系	15053	21413	25239	31163	16124	18538	12936	20169	11383	13747	8921	22896	14018	26347	16445	28543	21372	129378	13052	229698	10370	109279	1377	10786	0	95
馬場町北系	7132	10443	13251	16569	7122	8896	5606	9708	5220	6525	4016	11084	6850	11384	5880	14996	10636	32106	5586	60077	3376	28385	318	1653	95	0

7. 黒曜石原産地の名称と地理的な位置づけ

北海道・東北地方の黒曜石原産地（図 4-2）の選定にあたっては、日本の黒曜石産出地データベース（杉原・小林 2004, 2006）を使用し、この中から、既存の文献・資料を参考にして現地調査を行

い、石器石材に利用可能と思われる黒曜石の産出地を選択した（金成ほか 2007, 2010）。

黒曜石原産地（obsidian source）の判別にあたっては、各産出地を火山体、島嶼、河川流域、岩石区等の地形・地質的条件によって枠組みを行い、これを「地区；area」と名づけ、現在、黒曜石を産出する地点（露頭・散布地など）を「原石産出地（単に産出地とよぶ）；district」とした。今回の原産地推定に使用した「系；series」は、「地区」内の「産出地」のうち、蛍光 X 線分析の結果に地形・地質情報を参考にして判別された地理的に隣接する「産出地」群である。また、それぞれの「系」内の黒曜石産出地については、火道や貫入岩の位置、噴出物の産状や分布状態、黒曜石の岩石学的特徴（含有する斑晶鉱物、球顆の有無、色調、透明度など）についても検討を行い、この原産地設定が火山地質学的に有意義であることを確認している。

ただし、同一の「系」内の産出地でも、複数の判別域が存在する場合や、異なる「系」同士で判別が困難な例も存在する。同一「系」内の地域において岩石学的に有意に元素比が異なる原石が混在して産出する場合は、「A, B, C…」の様に区分する。黒曜石産出地には、噴出源に近い一次産出地のほか、河川や海流によって遠方に運ばれた二次産出地があり、ここでの判別域は、必ずしも考古学的原産地（石器時代におけ

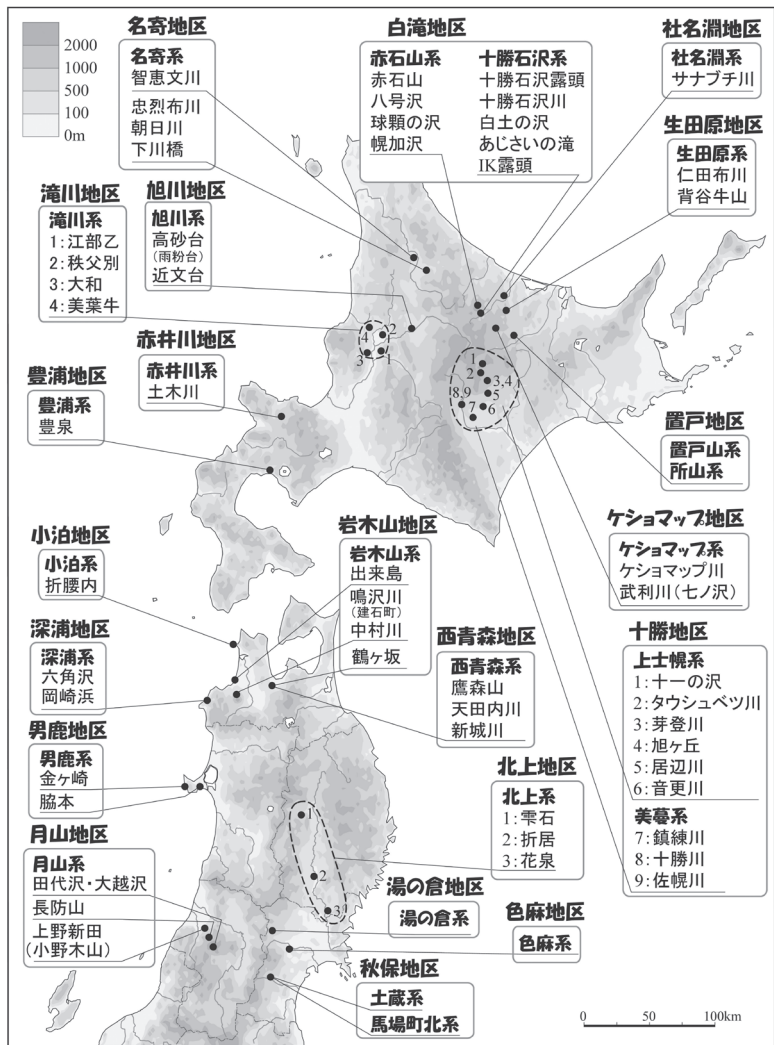


図 4-2 北海道・東北地方の黒曜石原産地

表 4-3 北海道・東北地方における黒曜石原産地の区分

地区(area)	系(series)	産出地(district)	産出量
a) 北海道地方	名寄地区	名寄系	智恵文川, 忠烈布川, 朝日川, 下川橋
	白滝地区	赤石山系	赤石山, 八号沢, 球顆の沢, 幌加沢, 流紋沢川, 幌加蜂の巣沢, 幌加湧別川, 湧別川
		十勝石沢系	十勝石沢の露頭, 十勝石沢川, 白土の沢, あじさいの滝, IK露頭, 幌加蜂の巣沢, 幌加湧別川(野宿の沢), 湧別川
	社名淵地区	社名淵系	サナブチ川, 湧別川
	生田原地区	生田原系	仁田布川, 背谷牛山南東麓
	置戸地区	置戸山系	置戸山, 訓子府川, 墓地の沢川, 常呂川
	ケショマツ地区	ケショマツ系	ケショマツ川, 七ノ沢(武利川)
	旭川地区	旭川系	高砂台(雨粉台), 近文台
	滝川地区	滝川系	江部乙, 秩父別, 大和, 美葉牛
	十勝地区	上士幌系	十一の沢, タウシュベツ川, 芽登川, 旭ヶ丘, 居辺川, 音更川
		美蔓系	十勝川, 鎮練川, 佐幌川
	赤井川地区	赤井川系	土木川
b) 東北地方	豊浦地区	豊浦系	豊泉
	小泊地区	小泊系	小泊中学校, 折腰内
	西青森地区	西青森系	鷹森山, 天田内川, 新城川
	岩木山地区	岩木山系	出来島, 鳴沢川(建石町), 中村川, 鶴ヶ坂
	深浦地区	深浦系	六角沢, 岡崎浜
	男鹿地区	男鹿系	金ヶ崎, 脇本
	北上地区	北上系	雫石(小赤沢), 折居, 花泉
	月山地区	月山系	田代沢・大越沢, 長防山, 上野新田(小野木山)
	湯の倉地区	湯の倉系	湯の倉
	色麻地区	色麻系	東原
秋保地区	土蔵系	土蔵, 水上南	
	馬場町北系	馬場町北	

産出量: ◎多, ○有, △少, 一極少

る採取地)を示すのではないことは言うまでもない。以下、亀ヶ岡遺跡出土資料の原産地推定結果に関連する原産地についてのみ個別に特徴を述べる。

a) 北海道地方

「白滝地区」：白滝地区は、日本における最大級の黒曜石産出地である（木村 1995；北海道埋蔵文化財センター1998；向井ほか 2000；杉原 2003）。この地域については、古くからカルデラの存在が指摘されており（国府谷ほか 1964），黒曜石はカルデラ内に形成された溶岩ドームから噴出したものと考えられる。このうち赤石山（標高 1,147m）では、ビュートまたはメサ状の地形の山頂部に厚さ約 50m の黒曜石溶岩が認められる。ここから産出するのは数 cm～数 mm 大の球顆を含む黒色黒曜石、球顆をまったく含まない漆黒色の黒曜石、真紅の流れ模様をもつ黒曜石、赤褐色部分がブロック状に入る黒曜石など岩相は多様である（鈴木 2007；直江 2009 の赤石山系）。八号沢の露頭では、赤石山の黒曜石溶岩の基底部付近が露出している。

また、赤石山南方約 3km でメサ状の地形として残る標高 872m の山頂部にも厚さ 5m 前後の黒曜石質溶岩が認められ、この山体を刻む十勝石沢露頭や白土の沢からは多量の黒曜石岩塊が周辺の河谷に供給されている。十勝石沢川（通称でんぷん沢）沿いで見られる黒曜石礫は、すべてこの山頂部からの転石である。ここから産出する黒曜石は梨肌状とよばれるザラザラした割れ面に特徴がある（鈴木 2007；直江 2009 の梨肌系）。梨肌状の黒曜石は、このほか赤石山南西側の流紋沢川付近の林道でも転石として認められるが、供給源は不明である。

さらに、あじさいの滝、IK 露頭の黒曜石原産地は、赤石山東麓の標高 800～850m 付近に位置しており、肉眼観察結果では赤石山山頂の漆黒色の黒曜石と酷似するが、後述の通り蛍光 X 線分析では十勝石沢露頭や白土の沢の黒曜石と同じ化学組成を示す（鈴木 2007；直江 2009 のあじさい滝系）。

幌加沢、幌加蜂の巣沢（あじさいの滝下流）、幌加湧別川では、上記の黒曜石が河床礫として混在して産出する。これらのほかに、幌加湧別川支流の野宿の沢やカルデラ内で黒曜石溶岩の下位に広く分布する第三紀鮮新世の火砕流堆積物（国府谷ほか 1964 の幌加湧別溶結凝灰岩の一部）からも黒曜石を産出するが、詳しい調査は行われていない。白滝地区の黒曜石は湧別川沿いの河岸段丘や現河床にも多く認められ、約 60km 離れた湧別川河口のオホーツク海の海底からも発見されている（赤松ほか 1996）。

「置戸地区」：置戸町の置戸山（標高 550m）と所山（標高 580m）の 2ヶ所では、第三紀鮮新世における流紋岩質溶岩の噴出に伴い黒曜石を産出する（鈴木 1964；沢村・秦 1965；向井ほか 2002；旭川市博物館 2003）。これらの山塊はいずれも独立した溶岩ドームないし溶岩流の地形（またはその名残）と考えられるが、地表面は崖錐堆積物やロームに覆われていて、露頭における岩体の確認はできていない。置戸山の黒曜石は南西麓の林道沿いの崖錐堆積物や北麓沿いの訓子府川で認められるだけである。一方、所山の黒曜石は、山頂付近や林道沿いの崖錐堆積物中に直径 50cm 大から拳大の岩塊や角礫として分布する。これらの黒曜石は、墓地の沢川やオンネアンズ川が合流する常呂川沿いに北見市内まで河床礫として認められる（杉原ほか 2009）。

「十勝地区」：十勝平野では、丘陵地や台地を構成する堆積物（段丘礫層）中や現河床に広範囲にわたり黒曜石が産出する（大場・松下 1965；佐々木 1979；松澤ほか 1981；旭川市博物館 2003；向井・和田 2004；吉谷 2004）。その供給源の 1 つとして音更川水系最上流部の十勝三股付近が指摘されている（吉谷ほか 1999a）。十勝三股付近の十一の沢（旧十三の沢）やタウシュベツ川沿いでは、人頭大から直径 10cm 前後の亜角礫～円礫の黒曜石が多量に産出し、いずれも河床礫や崖錐堆積物中の転石である。吉谷ほか（1999b）により糠平湖上流部で軽石流堆積物中から黒曜石の産出が指摘されているが、その噴出源については未だ明らかでない。十勝三股一帯の盆地については、約 1 Ma に大規

模火砕流の噴出によって形成された長径約 14km のカルデラ（十勝三股カルデラ）の存在が明らかになっている（石井ほか 2008）。しかし黒曜石の産出地が南クマネシリ岳南・西麓の流紋岩質岩類である十勝幌加層（山岸・松波 1976）の分布地域に限られていること、タウシュベツ川産黒曜石のフィッシュ・トラック年代（ $4.1 \pm 0.4 \text{ Ma}$ ：未公表，以下 FT 年代）から黒曜石を生成した噴火は、このカルデラが形成されるかなり以前であると考えられる。十勝三股付近から産出した黒曜石は、上士幌付近から音更川のほか芽登川、居辺川、士幌川、利別川流域に広がる広大な十勝平野に分布する。なかでも芽登川上流の旭ヶ丘付近（旭丘牧場）の光地園面を構成する上旭ヶ丘礫層（松澤ほか 1978；十勝平野，地質図及び地形面区分図編集委員会編 1981）からは大量に黒曜石礫が産出し、これより下流部の低位の段丘群でも認められている。こうした段丘礫や河床礫として産出するものは、衝突痕に覆われているものが多い。これらの産出地の黒曜石は漆黒色のものが多いが、なかには赤色の流れ縞模様があるもの（紅十勝・花十勝）も産出する。

このほか十勝川とその支流である然別川、鎮鎌川、久山川、佐幌川流域では、台地からの洗い出しと考えられる黒曜石の円礫が認められる。藁科・谷島（1992）は十勝川と然別川に挟まれた美蔓台地において、台地を構成する美蔓礫層（松澤ほか 1978）中から黒曜石を採取している。美蔓台地から産出する黒曜石は、上士幌周辺のもので供給源が異なると考えられるが、噴出源の火山は明らかでない。

「赤井川地区」：赤井川カルデラ周辺の丘陵地のうち、余市川支流の土木川の河床とその上流に続く林道沿いで、人頭大から直径数 cm 程度の黒曜石が崖錐堆積物や河床礫として多量に産出し、同じ丘陵地を刻む曲川や白井川沿いの沢でも採取されている（旭川市博物館 2003；向井ほか 2004）。この黒曜石を含む流紋岩質噴出物は余市川南岸沿いに露出する厚い白色火砕流堆積物の上位を占めると考えられるが、黒曜石の岩体自体は観察されていない。この地域は外側の余市川カルデラと内側の赤井川カルデラの二重の陥没地形を形成しており（太田ほか 1954；横山ほか 2003）、黒曜石がどの噴火活動に関連する堆積物なのかは明らかでない。だが、FT 年代（ $2.4 \pm 0.2 \text{ Ma}$ ：未公表）からは赤井川カルデラの形成初期かそれ以前の噴出物である可能性が強い。なお、赤井川カルデラ内でも黒曜石の小礫が転石として認められるが、それらはカルデラ内に噴出した永沢火山噴出物（横山ほか 2003）に含まれる黒曜石レンズに由来するものであろう。

b) 東北地方

「岩木山地区」：青森県西海岸にまたがる七里長浜の出来島海岸などで、円磨された黒曜石が海浜礫として、あるいは海食崖に露出する砂礫層中に認められる（新渡戸・鈴木 1983；佐々木 1997；向井 2005, 2006）。また岩木山北麓（十面沢～十腰内～建石付近）では山麓扇状地の土石流堆積物（黒木 1995）や、これに続く台地を構成する海成堆積物（山田野層：小貫ほか 1963）や泥流堆積物（鈴木 1972）に、人頭大から直径 5cm 前後の円礫～垂円礫の黒曜石が含まれている。これらの堆積物中の黒曜石は、岩木山の新时期火山噴出物（青森県農林部土地改良第一課 1987）に由来すると考えられるが、溶岩流や岩屑なだれ堆積物などが未区分のため、火口の位置や噴出時期は明らかでない。これらの黒曜石が鳴沢川などの河川によって日本海に運ばれて出来島海岸に漂着したと考えられる。このほか岩木山西方の中村川上流の乗廻橋付近では峡谷底から拳大以下の黒曜石礫が産出するが、この黒曜石は、峡谷沿いに露出する軽石質火山灰層（大秋層田代凝灰岩部層：藤田・根本 2002；青森県農林水産部農村整備課 2004；福田ほか 2008；島口ほか 2009）からの転石と考えられる。しかし、岩木山北麓の火山麓扇状地堆積物中の黒曜石礫とは堆積時期や産状が異なることから、その起源や噴出年代については今後の調査が必要である。

「深浦地区」：青森県深浦町付近の六角沢の河床や岡崎浜の海浜からは、黒色半透明な黒曜石の小さ

な亜角礫を産出する（近堂 1985；井上 1989；佐々木 1997；向井 2006）。これらの黒曜石は、この付近一帯に広く分布する流紋岩質火砕流堆積物に由来するものと考えられ、その大きさは最大直径約 5cm で、1～3cm 大のことが多い。露頭が少ないためその産状は明らかでないが、なかにはパーライト状の火砕流堆積物からマレカナイトとして産出するものも含まれると考えられる。

8. 石器の原産地推定結果

今回測定したのは、青森県つがる市亀ヶ岡遺跡から出土した黒曜石製遺物である。測定した遺物は 43 点であり、原産地が判別できた遺物は 37 点であった（図 4-3・4、表 4-4・5）。

亀ヶ岡遺跡（つがる市木造亀ヶ岡考古資料室寄託の表採資料）は測定点数 27 点、判別点数は 25 点であった。原産地推定の結果は、赤井川地区赤井川系が 9 点、岩木山地区岩木山系が 8 点、白滝地区赤石山系が 3 点、同地区十勝石沢系が 1 点、置戸地区所山系が 1 点、十勝地区上士幌系が 1 点、深浦地区深浦系が 2 点であった。

亀ヶ岡遺跡（1973 年度青森県教育委員会調査資料）は測定点数 16 点、判別点数は 12 点であった。原産地推定の結果は、12 点全てが岩木山系であった。

9. おわりに

黒曜石製遺物の原産地推定は、明治大学文化財研究施設に設置されている「黒曜石原産地推定システム」で行ったものである。なお、この報告書を参考に論文を作成する場合は、原産地推定の結果を遺物の出土状況からも検討していただきたい。

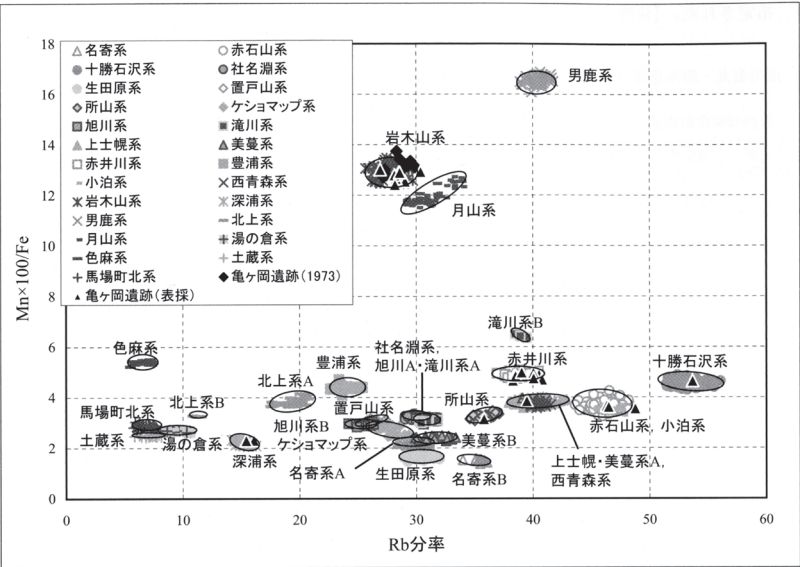


図 4-3 亀ヶ岡遺跡出土黒曜石製遺物の判別図（Rb 分率）

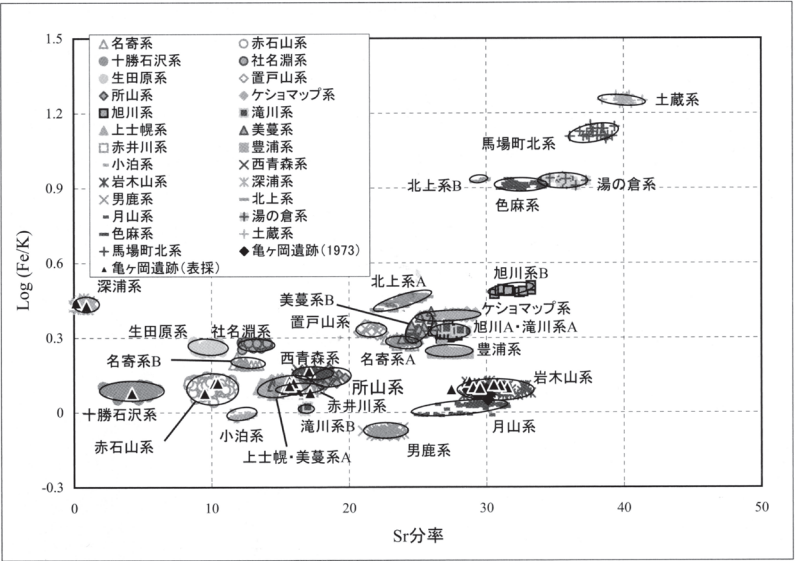


図 4-4 亀ヶ岡遺跡出土黒曜石製遺物の判別図（Sr 分率）

表 4-4 亀ヶ岡遺跡における黒曜石原産地推定の集計結果

遺跡名	測定点数	判別点数	赤石山系	十勝石沢系	所山系	上士幌・美蔓系A	赤井川系	岩木山系	深浦系	男鹿系	判別不可
亀ヶ岡遺跡(表採)	27	25	3	1	1	1	9	8	2		2
亀ヶ岡遺跡(1973 年度調査)	16	12						12			4
合計	71	63	3	1	1	1	10	43	3	1	8

表 4-5 亀ヶ岡遺跡出土黒曜石製遺物の原産地推定結果

試料No.	Rb分率	Sr分率	Zr分率	Mn×100/Fe	Log(Fe/K)	候補1	確率	距離	候補2	確率	距離	器種	備考
TUG1-001	38.6749	15.3578	28.9016	4.7564	0.0917	赤井川系	1.0000	5.0723	上士幌・美蔓系A	0.00	138.21	石匙	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-002	48.7702	9.5068	23.6512	3.5594	0.0776	赤石山系	1.0000	17.1537	上士幌・美蔓系A	0.00	131.18	石槍	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-003	38.3935	17.1593	27.2218	4.8546	0.0798	赤井川系	1.0000	6.2817	上士幌・美蔓系A	0.00	168.31	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-004	46.3160	10.2110	23.4099	3.6707	0.1177	赤石山系	1.0000	1.2253	上士幌・美蔓系A	0.00	77.37	石槍	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-005	46.4869	10.4513	22.6994	3.6232	0.1184	赤石山系	1.0000	3.3250	上士幌・美蔓系A	0.00	81.87	石匙?	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-006	16.0788	0.1611	73.4393	2.3187	0.4419	深浦系	1.0000	18.3629	生田原系	0.00	1638.45	石匙	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-007	53.6787	4.2058	20.1040	4.6440	0.0781	十勝石沢系	1.0000	1.7545	赤石山系	0.00	183.79	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-008	38.2881	15.8624	29.9066	4.6650	0.1088	赤井川系	1.0000	16.7962	上士幌・美蔓系A	0.00	131.75	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-009	29.0507	28.7584	25.2237	12.5543	0.1260	岩木山系	1.0000	7.9937	月山系	0.00	220.42	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-010	35.8016	17.0755	31.4748	3.1482	0.1661	所山系	1.0000	13.7586	上士幌・美蔓系A	0.00	89.84	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-011	40.5141	15.7607	28.0947	4.9003	0.0835	赤井川系	1.0000	6.2721	上士幌・美蔓系A	0.00	188.44	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-012	40.7805	16.2811	25.9426	4.7094	0.0999	赤井川系	1.0000	16.3162	上士幌・美蔓系A	0.00	124.94	石匙	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-013	28.5080	29.4529	25.8920	12.8991	0.0974	岩木山系	1.0000	1.1408	月山系	0.00	189.19	石匙	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-014	38.5083	16.3242	28.1269	4.8477	0.0867	赤井川系	1.0000	1.0534	上士幌・美蔓系A	0.00	164.21	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-015	39.4678	15.6587	25.6450	3.8568	0.1286	上士幌・美蔓系A	1.0000	4.1994	西青森系	0.00	32.86	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-016	41.4386	14.7555	26.9235	4.6945	-0.0519	判別不可	-	-	-	-	-	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-017	28.2800	31.5057	23.8309	12.6679	0.0997	岩木山系	1.0000	5.2506	月山系	0.00	163.36	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-018	15.4263	0.9132	72.5366	2.3079	0.4293	深浦系	1.0000	8.5948	生田原系	0.00	1524.63	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-019	39.0332	15.8809	27.9913	4.9915	0.0901	赤井川系	1.0000	2.2146	上士幌・美蔓系A	0.00	207.89	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-020	28.1591	29.0274	26.0568	12.8012	0.1011	岩木山系	1.0000	2.3340	月山系	0.00	187.40	石匙	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-021	26.9267	29.5154	26.3043	13.0189	0.0986	岩木山系	1.0000	4.0812	月山系	0.00	230.90	石匙	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-022	28.6003	30.9686	24.2897	12.9026	0.1089	岩木山系	1.0000	3.0808	月山系	0.00	220.64	石匙	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-023	40.0326	15.9562	27.9606	4.9719	0.1194	赤井川系	1.0000	19.2473	上士幌・美蔓系A	0.00	225.47	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-024	40.0552	15.6655	27.4852	4.7614	0.1085	赤井川系	1.0000	8.9909	上士幌・美蔓系A	0.00	142.31	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-025	27.8157	29.9035	26.8404	11.0601	0.1676	判別不可	-	-	-	-	-	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-026	28.1967	30.5203	24.3712	12.4213	0.1117	岩木山系	1.0000	6.5170	月山系	0.00	161.91	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-027	30.3827	27.4365	24.7658	12.9317	0.0929	岩木山系	1.0000	11.9893	月山系	0.00	175.69	石鏃	木造亀ヶ岡考古資料室寄託表採資料
TUG1-028	28.2034	30.9161	25.0476	12.6107	0.1123	岩木山系	1.0000	3.3359	月山系	0.00	185.95	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-029	28.3910	28.5981	25.4919	12.5225	0.1094	岩木山系	1.0000	7.5397	月山系	0.00	172.26	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-030	29.2807	28.6524	25.9320	13.1700	0.0893	岩木山系	1.0000	3.5138	月山系	0.00	207.26	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-031	29.3853	31.3631	22.8030	11.5230	0.1432	判別不可	-	-	-	-	-	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-032	28.5164	28.7018	26.0129	12.5729	0.1201	岩木山系	1.0000	6.5354	月山系	0.00	206.17	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-033	27.1980	29.4661	26.7010	12.7138	0.1039	岩木山系	1.0000	3.4964	月山系	0.00	189.74	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-034	30.6034	27.7285	25.2068	12.1553	0.1263	判別不可	-	-	-	-	-	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-035	27.3201	30.1082	25.3534	13.0080	0.0516	岩木山系	1.0000	18.7292	月山系	0.00	129.86	原石	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-036	29.5078	27.9402	25.6556	12.5830	0.1498	判別不可	-	-	-	-	-	原石	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-037	28.3361	30.2207	24.4552	13.7467	0.0714	岩木山系	1.0000	12.3247	月山系	0.00	277.75	原石	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-038	28.9129	30.3138	24.6636	13.0727	0.0887	岩木山系	1.0000	2.1713	月山系	0.00	190.21	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-039	29.5249	29.2770	24.2581	13.3506	0.0719	岩木山系	1.0000	9.0578	月山系	0.00	187.69	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-040	29.9492	29.9970	25.0627	13.1170	0.0914	岩木山系	1.0000	7.0267	月山系	0.00	201.56	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-041	30.1214	29.6691	25.5900	13.1494	-0.0171	判別不可	-	-	-	-	-	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-042	27.3307	29.5452	27.1395	12.8391	0.1010	岩木山系	1.0000	3.1064	月山系	0.00	200.71	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料
TUG1-043	28.6339	29.5811	25.0235	13.4168	0.0771	岩木山系	1.0000	4.7815	月山系	0.00	222.87	剥片	昭和48(1973)年県教委調査資料

引用・参考文献

青森県農林水産部農村整備課 2004『土地分類基本調査「川原平」(5万分の1)』, 35p.

青森県農林部土地改良第一課 1987『土地分類基本調査「五所川原」(5万分の1)』, 47p.

赤松守雄・本吉春雄・右代啓視 1996「オホーツク海底上で採集される黒曜石礫とその意義」北海道開拓記念館研究紀要, 24, pp.9-16.

旭川市博物館 2003『黒曜石展—産地を巡って—』第36回企画展, 61p.

石井英一・中川光弘・斎藤 宏・山本明彦 2008「北海道中央部, 更新世の十勝三股カルデラの提唱と関連火砕流堆積物—大規模火砕流堆積物と給源カルデラの対比例として—」地質学雑誌, 114, pp. 348-365.

井上真理子 1989「縄文時代の物と人の動き—東北地方の黒曜石原石産地と大木囲貝塚との関係—」考古学論叢, 2, pp.225-249.

太田良平・上村不二雄・大沢あつし 1954『5万分の1地質図幅「仁木」および同説明書』北海道開発庁, 55p.

大場利夫・松下 亘 1965「北海道の先土器時代」日本の考古学 先土器時代, I, pp.174-197.

小貫義男・三位秀夫・島田昱郎・竹内貞子・石田琢二・斎藤常正 1963「青森県津軽十三湖地域の沖積層」東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, 58, pp.1-36.

金成太郎・杉原重夫・長井雅史・柴田 徹 2007「北海道における黒曜石の原産地に関する定量・定性分析」日本文化財科学会第24回大会研究発表要旨集, pp.232-233.

金成太郎・杉原重夫・長井雅史・柴田 徹 2010「北海道・東北地方を原産地とする黒曜石の定量・定性分析—黒曜石製遺物の原産地推定に関わる研究—」考古学と自然科学, 60, pp.57-81.

木村英明 1995「黒曜石・ヒト・技術」北海道考古学, 31, pp.3-63.

黒木貴一 1995「岩木山北麓の火山麓扇状地」季刊地理学, 47[4], pp.285-301.

- 国府谷盛明・長谷川潔・松井公平 1964『5 万分の 1 地質図幅「白滝」および同説明書』北海道開発庁, 35p.
- 近堂祐弘 1985「北海道・東北地域の黒曜石研究」考古学ジャーナル, 24, pp.7-11.
- 佐々木繁喜 1979「十勝石について」十勝考古, 3, pp.11-24.
- 佐々木繁喜 1997「東北地方の黒曜石」岩手考古学, 9, pp.45-83.
- 沢村孝之助・秦 光男 1965『5 万分の 1 地質図幅「留辺蘂」および同説明書』北海道開発庁, 46p.
- 島口 天・齋藤 岳・柴 正敏 2009「弘前市中村川支流の孫産童子沢に分布する凝灰岩産黒曜石」青森県立郷土館研究紀要, 33, pp.35-38.
- 嶋野岳人・石原園子・長井雅史・鈴木尚史・杉原重夫 2004「波長分散型蛍光 X 線分析装置による日本全国の黒曜石全岩定量分析」日本文化財科学会第 21 回大会研究発表要旨集, pp.140-141.
- 杉原重夫 2003「日本における黒曜石の産出状況」駿台史学, 117, pp.159-174.
- 杉原重夫・小林三郎 2004「考古遺物の自然科学的分析に関する研究—黒曜石産出地データベース—」明治大学人文科学研究所紀要, 55, pp.1-83.
- 杉原重夫・小林三郎 2006「文化財の自然科学的分析による文化圏の研究」明治大学人文科学研究所紀要, 59, pp.43-94.
- 杉原重夫・金成太郎・柴田 徹・長井雅史 2009「北海道、置戸安住遺跡出土黒曜石製遺物の原産地推定」旧石器研究, 5, pp.131-150.
- 鈴木隆介 1972「岩木火山の変位」地理学評論, 45[11], pp.733-755.
- 鈴木宏行 2007「原産地遺跡における遺跡間変異研究—北海道遠軽町白滝遺跡群出土の小型舟底形石器石器群を対象として—」考古学談義, 東北大学大学院文学研究科考古学研究室 須藤隆先生退任記念論文集刊行会, pp.109-129.
- 鈴木 守 1964「置戸町の黒曜石」北海道立地下資源調査所報告, 32, p.80.
- 十勝平野, 地質図および地形面区分図編集委員会編 1981『十勝平野, 地質図および地形面区分図 (1/200, 000)』.
- 直江康雄 2009「白滝産黒曜石の獲得とその広がり」旧石器研究, 5, pp.11-22.
- 新戸渡隆・鈴木克彦 1983「日本海七里長浜の黒曜石原石採取踏査」考古風土記, 8, pp.90-100.
- 福田友之・齋藤 岳・島口 天 2008「青森県弘前市中村川上流域の黒曜石産地」青森県立郷土館調査研究年報, 32, pp.9-10.
- 藤田一世・根本直樹 2002「青森県西津軽地域における鮮新統テフラの対比」地学団体研究会第 56 回北海道総会プログラム, 講演要旨, pp.161-162.
- 北海道埋蔵文化財センター 1998『白滝遺跡群を掘る I—上白滝 8 遺跡の調査—』, 23p.
- 松澤逸巳・右谷征靖・川添 熙・春日井昭・木村方一・野川 潔・松井 晋 1978「北部十勝地域」地団研専報 十勝平野, 22, pp.142-161.
- 松澤逸巳・松井 愈・近堂祐弘・瀬川秀良・田中 実・小久保公司 1981『地域地質研究報告 5 万分の 1 地質図幅 釧路 (2) 第 42 号「帯広地域の地質」』地質調査所, 82p.
- 向井正幸 2005「青森県津軽地方から産出する黒曜石ガラスの化学組成」旭川市博物館研究報告, 11, pp.21-30.
- 向井正幸 2006「東日本から産出する黒曜石ガラスの化学組成」旭川市博物館研究報告, 12, pp.27-61.
- 向井正幸・長谷川仁彦・和田恵治 2000「旭川周辺地域における黒曜石ガラスの化学組成—黒曜石の産地特定への適用—」旭川市博物館研究報告, 6, pp.51-64.
- 向井正幸・和田恵治・大倉千加子 2002「置戸地域・赤井川地域から産出する黒曜石ガラスの化学組成」旭川市博物館研究報告, 8, pp.47-58.
- 向井正幸・渋谷亮太・和田恵治 2004「生田原地域から産出する黒曜石ガラスの化学組成」旭川市博物館研究報告, 10, pp.35-40.
- 向井正幸・和田恵治 2004「十勝地方から産出する黒曜石ガラスの化学組成」旭川市博物館研究報告, 10, pp.47-56.
- 望月明彦 1997「蛍光 X 線分析による中部・関東地方の黒曜石産地の判別」X 線分析の進歩, 28, pp.157-168.
- 望月明彦・池谷信之・小林克次・武藤由里 1994「遺跡内における黒曜石製石器の原産地別分布について—沼津市土手上遺跡 BBV 層の原産地推定から—」静岡県考古学研究, 26, pp.1-24.
- 山岸宏光・松波武雄 1976『5 万分の 1 地質図幅「糠平」及び同説明書』北海道立地下資源調査所, 40p.
- 横山 光・八幡正弘・岡村 聡・西戸裕嗣 2003「西南北海道, 赤井川カルデラの火山層序とカルデラ形成史」岩石鉱物科学, 32, pp.80-95.
- 吉谷昭彦 2004「十勝の黒曜岩」ひがし大雪博物館ブックレット, 1, 31p.
- 吉谷昭彦・片山博臣・鈴木邦輝・吉田清人・鈴木 力・涌嶋三奈 1999a「名寄盆地およびその付近に産出する黒曜岩の微量元素からみた化学組成の特徴」北国研究集録, 3, pp.37-44.
- 吉谷昭彦・須田 修・川辺百樹・陶守統一・片山博臣・涌嶋三奈・上村 暁 1999b「十勝地方に産出する黒曜岩の微量元素の組成について」上士幌町ひがし大雪博物館研究報告, 21, pp.1-11.
- 藁科哲夫・谷島由貴 1992「新しく判明した黒曜石の産地」郷土と科学, 105, pp.1-6.