

沼津市清水柳北遺跡出土黒曜石の原石産地の推定

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高橋, 豊 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00025213

沼津市清水柳北遺跡出土黒曜石の原石産地の推定

高橋 豊*

1 はじめに

物の流通は人の交流を介して、近隣地域の政治・経済・文化に深い関わりをもたらす。このことは先史時代についても同じである。しかし、どのように関わり合いがあるかは、歴史時代のように把握できず、残された断片的な遺物を通してのみ情報が得られる。石器の材料となった黒曜石の原石産地は、地質学的に特定の地域に限られる。したがって、黒曜石の原石産地—石器加工地—消費地の流れを知ることができれば、上記の情報的一端が得られることになる。このような、産地分析は石器のみならず考古遺物全般について、さまざまな手法を用いて盛んに行われるようになってきている。

筆者は愛鷹火山南東麓の縄文遺跡から出土した黒曜石の原石産地を、エネルギー分散型マイクロアナライザー (EDS) 分析による化学組成の比較と晶子形態の特徴から明らかにしようと考え、近隣の黒曜石産地として知られる信州各地・浅間山付近・箱根周辺・伊豆半島各地・伊豆七島各地の黒曜石とともに沼津市清水柳北遺跡から出土した黒曜石石片を分析し、一応の結果を得たので報告する。

黒曜石産地の推定は、主要元素組成のみで行い、同じ試料について晶子形態の特徴から独自に産地を推定し、最終的には元素組成を主に、晶子形態を従にして考察した。

化学組成に着目した旧石器の産地分析は、藁科・東村^{1,2)}や金山³⁾らによって報告されている。それらの研究では蛍光X線分析あるいは放射化分析を手段とし、主要構成元素よりも微量元素の存在量が大きく結果を支配しているように思われる。

2 研究の過程

伊豆半島やその周辺等の遺跡から出土する石器の原石産地を推定しようとして、高橋⁴⁾は原石産地の可能性をもつ信州各地・浅間山付近・箱根周辺・伊豆半島各地・伊豆七島各地の黒曜石の岩石学的特徴を記載した。ここでは色調・組織類型・斑晶・微小鉱物・屈折率とともに晶子形態が調べられた。そして晶子形態が、原石産地によってかなり特徴的な差異を示すことを明らかにした。

さらに高橋⁵⁾は先の研究をふまえて伊豆半島から出土する石器の多くは伊豆七島神津島系であろうと推定し、神津島産黒曜石について上記の顕微鏡観察を加え、EDS分析による主要構成元素の組成を報告した。

本報告では、上記の報告で扱った黒曜石原石と愛鷹火山東麓の沼津市清水柳北遺跡から出土した黒曜石石片をEDS分析し、主要構成元素の組成と顕微鏡観察による晶子形態の特徴からみた黒曜石の原石産地の推定を行う。

晶子形態が黒曜石の本質的な特徴になり得るかどうかの議論が尽くされていないが、今回扱った限りでは有為さが認められると判断したので、異なった次元のパラメーターとして判定の補助資料とし

* 国立沼津工業高等専門学校

た。このような判定には、供試されるパラメーターが多いほどよく、また異次元のパラメーターが加わっているほど最終判定の確立が増してくるものと思われる。

3 供試資料

黒曜石原石として分析した試料の産地・岩石学的記載は・高橋^{4,5)}に示されている。そこに示されたもの以外に、浅間山周辺に産出する黒曜石の分析結果が付け加わっている。原石産地の大まかな位置を図1に示す。

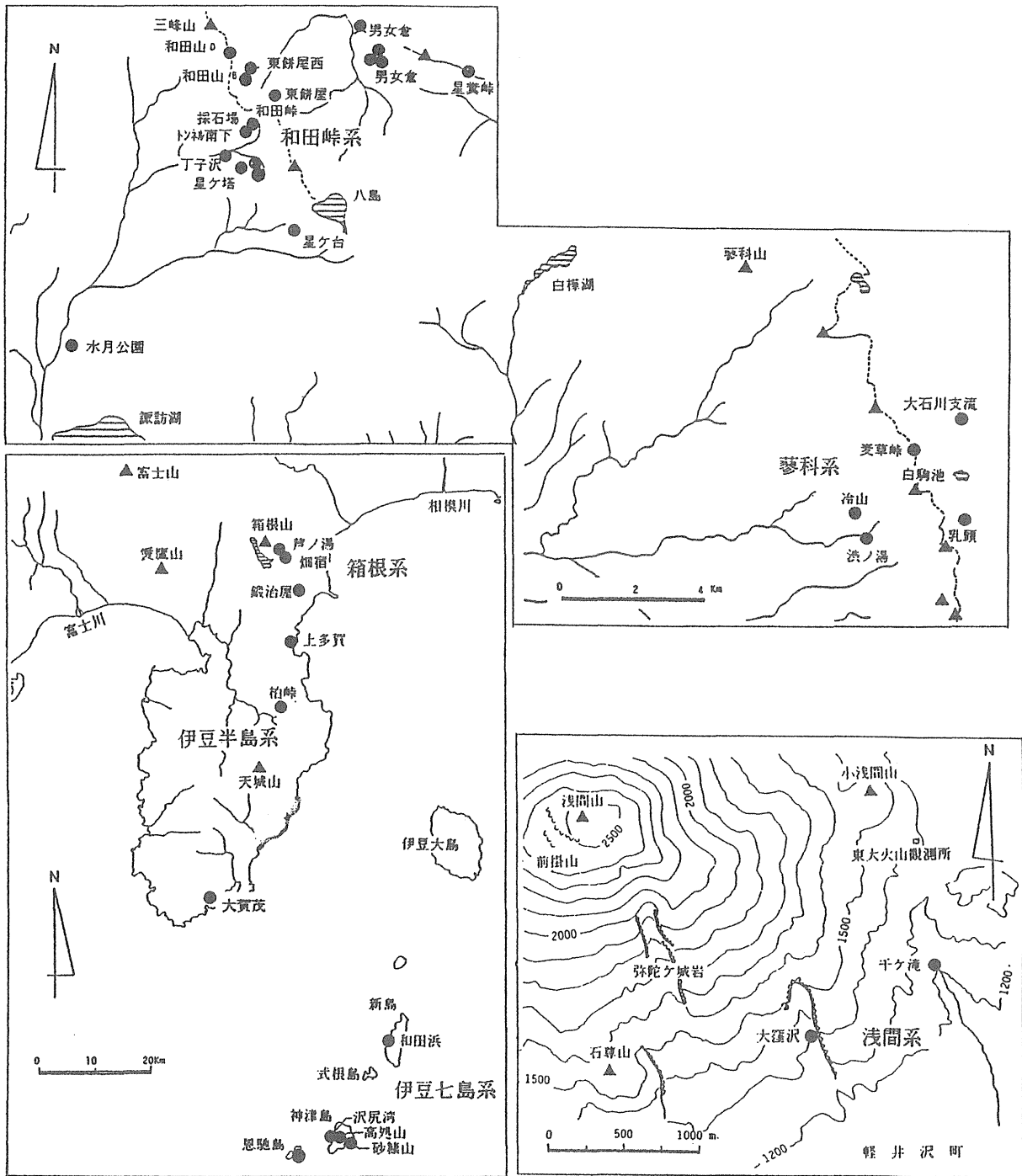


図1 黒曜石原石の採取位置略図

遺跡出土の黒曜石石片試料として、静岡県沼津市清水柳北遺跡の縄文草創期前半の層準の絡条体圧紋土器を伴う単一時期の石器（石槍、エンドスクレーパー、石鏃等）製作址を構成する石器ブロックの黒曜石石片の中から、見かけの異なる25点の試料を抽出し、分析の対象とした。この石器ブロックには、時期を異にする石器ブロックの重複は全くみられない。

4 分析の方法

試料の調整—原石産地から採取あるいは遺跡から出土した黒曜石の小片を、肉眼でかろうじて認められる程度に砕き、実体顕微鏡下で、電子顕微鏡用の試料台に載せる。この固定には両面テープの小片を用いるが、分析に際しては真空中に置かれ、さらに電子線の照射を浴びて加熱されるので、できるだけガス発生が少ないものを選ばなくてはならない。電子顕微鏡下では、汚染のない新しい破面をもち、できるだけ凹凸の少ない面を同じ向きにそろえて配列する。普通一個の試料台に同じ試料から得られたものを10個以上配列する。この方法でEDS分析する際に生ずる、様々な難点を避け、できるだけ平均化した測定結果を得ようとするためである。

測定済みの試料を保存する必要があるれば、両面テープを1 cm×1 cm程度のガラスに貼り、さらに両面テープで試料台にとめておくと、測定後に外して保存することができる。試料台ごと保存できる余裕があれば、この必要はない。カーボン製試料台が使用できれば、バック・スキタリングX線が減り申し分無いが、今回は使用できなかった。

測定の条件—EDS分析はHITACHI—X 650 走査電子顕微鏡にKevex—7000 Q エネルギー分散型スペクトロメーターを組み合わせたシステムで、ミニコンピュータで定量計算される。

分析の条件は次の通りである。

加圧電圧	20 kV、フィラメント電流 75 μ A
照射電流	200 μ A、分析倍率 1000 倍でスポット分析
測定カウント	500 KI/全チャンネル

この分析の条件は、分析元素の種類と定量計算の標準試料とともに固定されている。これらの分析パラメーターは十分な予備実験の上で設定されたもので、大きく変えることは一連の蓄積データと比較する上で好ましくない。

X線の取込みは走査電子顕微鏡下で、表面汚染のない新鮮な破断面を選んで電子ビームを照射する。多くの場合上の条件で1スペクトラムの獲得に300秒程度を要している。黒曜石中の特定元素の偏析は予備実験ではそれほどの有為差を示さない。それよりも斑晶・微晶部分を避け、ガラス部分を確認することが大切である。

EDS分析の精度として、組成比で0.05%程度が実用限界で、この限りでは黒曜石や火山ガラスに一般的に含まれる構成元素は、Na、Mg、Al、Si、K、Ca、Ti、Feの8種類であることを予備実験から見出した。このうちMgとTiは非常に微量なことがあるが、今回の分析ではこの8元素を対象とする。定量計算はKevex Qantx version 3.2 Hにより以下の標準試料を用いて行った。

元素	標準物質	当該酸化物の重量%
Na	ASAMA 71803	4.54
Mg	JB-2	4.76
Al	JA-1	15.50
Si	Brajil quartz	100.00
K	JG-1	3.95
Ca	JA-1	5.89
Ti	Wako pure GI	98.50
Fe	JA-1	5.08

分析結果は ZAF 補正のうえ、酸化物の重量パーセントで示した。酸化物の形で表現したのは、黒曜石の岩石学的特徴を知り、黒曜石を放出した火山活動の特徴に将来近づこうとすることにある。Fe については、total Fe を FeO として示した。各試料について、黒曜石片 10 個のそれぞれの 1 点について EDS 分析する。黒曜石に含まれる H₂O についても考慮されるべきであるが、8 元素の相対比で示す限り、試料間の差異は少なく、目下のところ問題にならない。

対象元素を 8 元素に固定し、酸化物として組成比で表現することは、結果の安定さを生み、比較が容易になる。したがって、この EDS による結果のみで、以下に示すように、かなりの確かな判断を下すことができる。

測定結果の処理の過程で、次のことを行う。試料毎の測定値について最高値 (Maximum)、最低値 (Minimum)、変動範囲 (Range)、平均値 (Mean)、平方和 (Sum of square)、分散 (Variance) と標準偏差 (Standard deviation) を求める。SiO₂ について、その標準偏差がおおよそ 1.0 を超す試料については、単純な試料とは考えられない場合があり、検討を要する。本報告ではそれぞれの試料について、分析した 8 元素の構成比の平均値のみを示す。

また多くの試料については、次の組合せの測定値の散布図を作製し、平均値のみでは比較しにくい点のみを区別するのに役立つ。また SiO₂/Na₂O、SiO₂/MgO、SiO₂/Al₂O₃、SiO₂/K₂O、SiO₂/CaO、SiO₂/TiO₂、SiO₂/FeO、SiO₂/FeO+MgO、SiO₂/Na₂O+K₂O/MgO、K₂O/CaO の 11 の組み合わせから、類似した元素組成を示す黒曜石を区別することができる。

5 分類の結果

原石産地の黒曜石について

扱った原石産地の黒曜石は 29 産地 104 試料で、それらについて EDS 分析が行われた。各試料の 10 箇所についてスポット分析されたので、スペクトラムは 1,040 に達する。産地ごとの試料数は東餅屋 3、和田峠 8、トンネル南下 3、星ヶ塔 3、水月公園 2、丁子沢 2、冷山 2、麦草峠 5、大石川支流 5、大窪沢 4、千ヶ滝 2、芦ノ湯 2、畑宿 9、鍛冶屋 3、上多賀 4、柏峠 8、大賀茂 3、新島 3、恩馳島 15、砂糠山 9 と他に 1 試料ずつである。産地ごとに試料数が違うのは、黒曜石の見掛けの違いによって選んだからで、その試料数は見掛けの異なる黒曜石の試料数でもある。

表1にはこれらの産地から得た主要構成元素組成比の平均値で示してある。基礎になったスペクトラムの数は産地ごとに異なり、各試料について10スペクトラムを収集し、その試料数倍の平均値である。

表1 原石産地の黒曜石の化学組成。主要8構成元素の酸化物の百分率で示す。

	原石産地	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
和田系	1/ 東餅屋	3.93	1.09	10.92	78.38	3.63	0.89	0.09	1.10
	2/ 和田峠	4.09	1.01	11.15	78.81	3.37	0.71	0.04	0.84
	3/ トンネル南下	4.12	0.87	11.22	78.52	3.74	0.75	0.05	1.02
	4/ 採石場	3.96	1.04	10.89	78.69	3.75	0.81	0.05	0.82
	5/ 和田山	4.32	1.27	11.14	78.32	3.52	0.74	0.06	0.65
	6/ 男女倉	4.35	1.47	11.23	78.00	3.17	0.96	0.12	0.70
	7/ 星ヶ台	4.86	1.54	11.36	77.80	3.09	0.77	0.14	0.45
	8/ 星ヶ塔	4.55	1.16	11.12	78.70	2.84	0.82	0.11	0.70
	9/ 丁子沢	4.32	1.11	11.16	78.70	3.35	0.63	0.08	0.68
	10/ 水月公園	4.90	1.38	11.56	77.91	2.84	0.76	0.12	0.55
	11/ 星糞峠	5.79	1.73	13.84	72.57	2.46	2.34	0.26	1.02
蓼科系	12/ 冷山	4.29	1.08	11.03	78.69	2.90	0.97	0.12	0.95
	13/ 渋ノ湯	3.04	0.69	10.54	79.88	3.18	1.25	0.14	1.30
	14/ 麦草峠	4.22	1.00	11.03	78.70	2.98	0.97	0.11	0.98
	15/ 大石川支流	3.78	1.01	10.95	79.06	2.94	1.02	0.13	1.10
	16/ 乳頭	4.51	0.97	12.71	76.98	1.60	1.45	0.25	4.52
浅間系	17/ 大窪沢	3.54	1.14	11.14	77.28	2.15	2.12	0.25	2.38
	18/ 千ヶ滝	3.26	1.14	11.60	77.25	2.01	2.24	0.26	2.25
箱根系	19/ 芦ノ湯	4.49	2.25	12.50	69.29	0.61	4.52	0.46	6.01
	20/ 畑宿	4.37	1.57	10.81	77.29	1.02	2.17	0.19	2.60
	21/ 鍛冶屋	4.96	1.40	11.08	76.96	1.27	1.99	0.12	2.22
伊豆系	22/ 上多賀	4.85	1.32	10.85	78.09	1.43	1.71	0.12	1.64
	23/ 柏峠	4.02	1.33	10.68	78.27	1.86	1.95	0.16	1.74
	24/ 大賀茂	4.63	1.39	11.40	77.25	2.27	1.43	0.13	1.51
伊豆七島系	25/ 新島	4.04	1.06	11.11	79.29	2.63	0.93	0.10	0.84
	26/ 恩馳島	3.12	0.76	10.49	80.80	2.69	1.20	0.11	0.81
	27/ 高処山	4.38	1.23	11.06	78.88	2.58	0.95	0.09	0.83
	28/ 砂糠山	2.88	0.77	10.60	81.14	2.77	1.02	0.09	0.76
	29/ 澤尻湾	3.64	0.95	10.57	80.44	2.74	0.95	0.11	0.60

表2 原石産地黒曜石の化学組成の傾向。各群の平均は直下の試料を除いた値である。
 主要8構成元素の酸化物の百分率で示す。

原石産地群	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
和田峠系平均	4.34	1.19	11.18	78.38	3.33	0.78	0.09	0.75
11/ 星 糞 峠	5.79	1.73	13.84	72.57	2.46	2.34	0.26	1.02
蓼 科 系 平 均	3.83	0.95	10.89	79.09	3.00	1.05	0.13	1.08
16/ 乳 頭	4.51	0.97	12.71	76.98	1.60	1.45	0.25	1.52
浅 間 系 平 均	3.40	1.14	11.37	77.27	2.08	2.18	0.26	2.32
箱 根 系 平 均	4.67	1.49	10.95	77.13	1.15	2.08	0.16	2.41
19/ 芦 ノ 湯	4.49	2.25	12.50	69.29	0.61	4.52	0.46	6.01
伊豆半島系平均	4.50	1.35	10.98	77.87	1.85	1.70	0.14	1.63
伊豆七島系平均	3.61	0.95	10.77	80.11	2.68	1.01	0.10	0.77

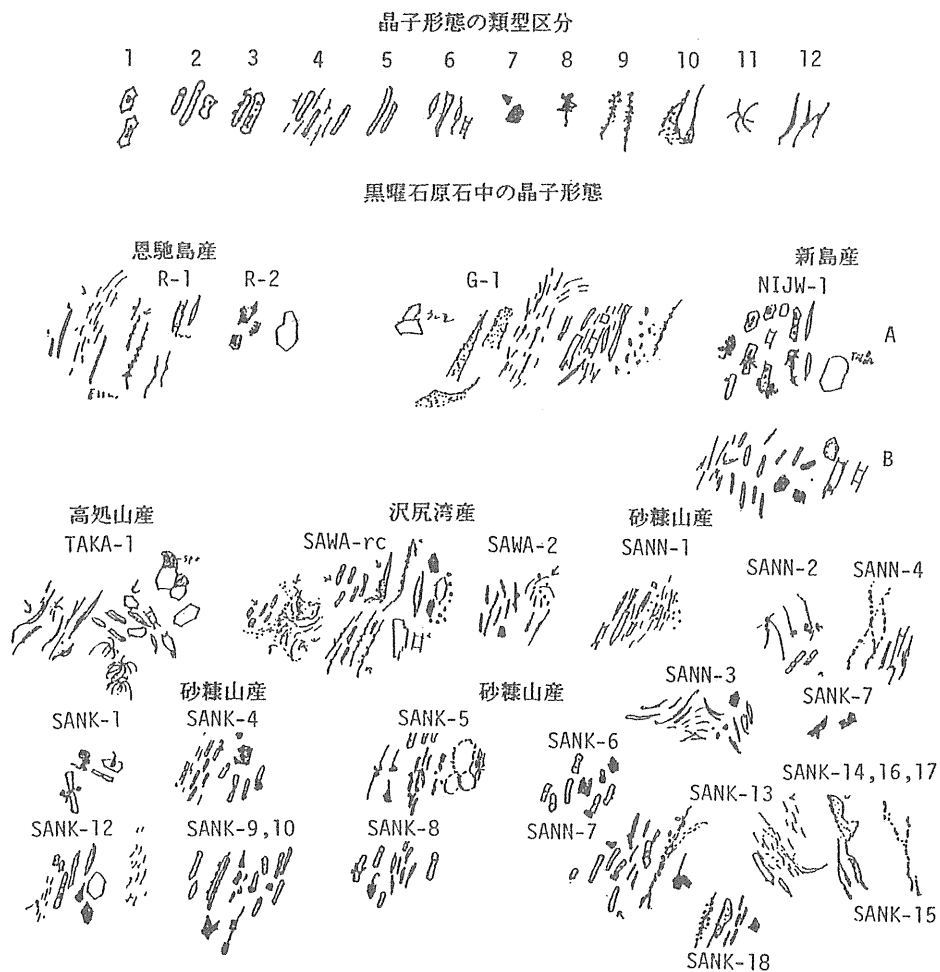


図2 晶子形態の類型区分と黒曜石原石中の晶子形態

表3 沼津市清水柳北遺跡（縄文時代草創期）出土黒曜石石片の化学組成
(主要8構成元素の酸化物の百分率で示す)

黒曜石片	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
SKJM-01	2.70	0.34	10.80	80.80	3.83	0.67	0.06	0.71
SKJM-03	2.64	0.35	10.67	81.02	3.92	0.68	0.06	0.67
SKJM-04	2.63	0.36	10.57	81.33	2.92	1.23	0.14	0.84
SKJM-06	2.99	0.58	10.63	80.78	2.72	1.18	0.10	1.02
SKJM-08	2.48	1.27	11.87	70.97	0.82	5.62	0.55	6.42
SKJM-09	2.42	0.49	10.61	81.14	3.52	1.20	0.09	0.50
SKJM-10 a	2.17	0.60	10.07	75.66	3.84	1.13	0.08	6.46
SKJM-10 b	2.16	0.58	10.58	80.26	4.23	1.22	0.08	0.89
SJKM-11	1.66	0.33	10.52	80.72	5.43	0.70	0.08	0.56
SKJM-12	2.42	0.25	10.64	80.94	4.01	0.74	0.07	0.84
SKJM-17	2.43	0.43	10.51	80.97	2.89	1.30	0.17	1.32
SKJM-18	2.85	0.75	10.67	80.00	3.91	0.75	0.09	0.95
SKJM-19	2.73	0.50	10.56	80.17	4.08	0.77	0.11	1.08
SKJM-21	2.57	0.69	10.59	80.15	2.91	1.35	0.22	1.52
SKJM-22	3.06	0.83	10.71	78.00	3.89	0.73	0.06	0.73
SKJM-25	2.93	0.86	10.72	79.99	3.90	0.72	0.06	0.84
SKJM-27	3.01	0.87	10.59	79.97	3.96	0.72	0.08	0.82
SKJM-29	3.29	1.01	10.66	80.09	2.78	1.17	0.10	0.91
SKJM-33	3.05	1.01	10.60	79.99	2.81	1.12	0.09	1.06
SKJM-36	3.11	0.89	10.77	80.53	2.75	1.15	0.10	0.70
SKJM-40	2.87	0.88	9.76	80.26	1.16	2.10	0.18	2.78
SKJM-43	2.60	0.85	9.97	79.05	2.15	2.40	0.17	2.83
SKJM-46	2.80	0.75	10.64	80.96	2.78	1.18	0.11	0.80
SKJM-47	2.92	0.73	10.73	80.46	2.79	1.20	0.11	1.06
SKJM-48	3.09	0.65	10.64	79.84	4.08	0.75	0.10	0.85

表4 沼津市清水柳北遺跡出土黒曜石石片の原石産地推定。EDSによる原石産地推定と晶子形態の組合せならびに晶子による原石産地推定

晶子タイプの番号は、図2に一致。各晶子タイプの◎は高頻度、○は普通程度の晶子出現を表す。

黒曜石 試料片	EDS分析による 原石産地推定		晶子形態の類型組合せ												原産地 の推定
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
SKJM-01	28/ 砂糠山	ID=2.724										◎	○	砂糠山	
SKJM-03	28/ 砂糠山	ID=2.727										◎		砂糠山	
SKJM-04	26/ 恩馳島	ID=1.664	○			◎					○			恩馳島	
SKJM-06	26/ 恩馳島	ID=0.701	○	○	◎	◎			○	○				恩馳島	
SKJM-08	19/ 芦ノ湯	ID=2.338						○					◎	芦ノ湯	
SKJM-09	28/ 砂糠山	ID=1.646			○	◎			○	○				砂糠山	
SKJM-10 a	28/ 砂糠山	ID=2.119						◎	○					砂糠山	
SKJM-10 b	28/ 砂糠山	ID=1.454						◎	○					砂糠山	
SJKM-11	28/ 砂糠山	ID=3.510				○			○					砂糠山	
SKJM-12	28/ 砂糠山	ID=3.345							◎	○			○	麦草峠	
SKJM-17	26/ 恩馳島	ID=1.941	◎						◎					恩馳島	
SKJM-18	28/ 砂糠山	ID=0.910							○			◎		男女倉	
SKJM-19	1/ 東餅屋	ID=2.102						◎						東餅屋	
SKJM-21	26/ 恩馳島	ID=1.487		○	○		◎		○					恩馳島	
SKJM-22	4/ 採石場	ID=1.008									◎	◎		男女倉	
SKJM-25	4/ 採石場	ID=0.947								○		◎	○	男女倉	
SKJM-27	1/ 東餅屋	ID=1.274							○	○				東餅屋	
SKJM-29	26/ 恩馳島	ID=0.592	◎						○	◎				恩馳島	
SKJM-33	28/ 砂糠山	ID=1.408							◎	○				砂糠山	
SKJM-36	26/ 恩馳島	ID=0.501	◎	○					○	◎	◎			恩馳島	
SKJM-40	20/ 畑宿	ID=1.742							◎	◎	○			畑宿	
SKJM-43	23/ 柏峠	ID=1.958							◎	○				柏峠	
SKJM-46	26/ 恩馳島	ID=0.205	◎	◎										恩馳島	
SKJM-47	26/ 恩馳島	ID=0.408		◎							○			恩馳島	
SKJM-48	28/ 砂糠山	ID=1.160							◎	○			○	砂糠山	

化学組成からみた原石産地ごとの特性

表1では原石産地を便宜的に、和田峠系、蓼科系、浅間系、箱根系、伊豆半島系、伊豆七島系の6群に分けた。この分類は、接近したものをまとめたもので、必ずしも地質学的に検討されたものではない。しかし少数の例外を含むものの、大多数は主要構成元素の組成比でかなりの一致を示す。

すなわち和田峠系としたものは11/星糞峠を除いて、蓼科系としたものは、16/乳頭を除いて、箱根系としたものは19/芦ノ湯を除いて、各系統ごとに一定の範囲内の組成比をもつ。

とは言うものの、各試料は各々に統計的な有為差をもつので、以下の石片の原石産地推定では29の原石試料を独立したものとして扱う。

化学組成からみた石器ごとの特性

表3には、沼津市清水柳北遺跡の縄文時代草創期の層準から出土した黒曜石石片の主要構成元素の組成比を示してある。原石産地の黒曜石と同様に、遺跡出土黒曜石石片を細かく砕き、各石片ごとに10ポイントを分析した平均値である。

各石片の原石産地を推定するために、各原石産地の黒曜石の化学組成と遺跡出土黒曜石の化学組成を比較する。ここでは、奈良教育大学の西田史朗氏が火山ガラスの同定のために開発したVAIS (volcanic Ash Identification System) を使い、ID-value (類似度) を求め産地推定の手掛かりとした。これは同定しようとする黒曜石の石片と原石産地の黒曜石の主要構成元素の組成をそれぞれの元素について比較し、それらの差の和をID-valueとして表現したもので、類似の程度が高いほど小さく現れる。したがって、この値をみることで原石産地推定の目安が得られ、次いで各元素ごとの比較、あるいは散布図による測定値の散らばり傾向の検討を重ねて、最終的な推定を下すことになる。表4にはID-valueにもとづく推定と晶子形態による推定を並列して示す。

表4のEDS分析による黒曜石の原石産地推定は、ID-valueを表1の29試料のそれぞれの間で計算し、最も小さい値を示した。すなわちこの手法で最も原産地として可能性の高いものを挙げたことになる。伊豆七島系がめだつが、東餅屋、男女倉、採石場などの信州系、芦ノ湯、畑宿などの箱根系や柏峠など伊豆半島系も見られる。

晶子形態からみた原石産地推定

ここで扱った黒曜石について、それぞれの晶子形態を検討している。そして原石産地の黒曜石石片に見られる晶子形態を12類型に区分し、この組み合わせは原石産地によって特徴的に現れることを指摘し、原石産地推定の手掛かりとした。今回扱った沼津市清水柳北遺跡の縄文草創期から出土した黒曜石石片の晶子形態は、表4にまとめられている。晶子形態からは、伊豆七島神津島系の特徴が多くの試料で見られる。東餅屋、男女倉、採石場などの信州系、芦ノ湯、畑宿などの箱根系や柏峠など伊豆半島系も見られる。

総合判定

黒曜石の主要構成元素の組成をEDS分析によって求め、また同じ試料の晶子形態の観察と合わせ

て黒曜石の特徴とし、これを基準に黒曜石石片の原石産地推定を行った。

総合判定結果を表4に示した。

EDS分析による原石産地推定と晶子形態による原石産地推定が一致するには、沼津市清水柳北遺跡の縄文時代草創期の層準から出土した黒曜石石片25試料中21試料で、一致率は84%であった。

ID-valueが大きく、原石産地を特定できないものについて、次に、個別に検討する。

SKJM-01・SKJM-03・SKJM-10aはEDS分析では良い一致をみないが伊豆七島系の傾向を示し、晶子形態では伊豆七島神津島の砂糠山の黒曜石の特徴が見られる。

SKJM-08はID-value=2.338で芦ノ湯に近いことになるが、元素組成の傾向からも箱根系に類似し、晶子には箱根系の芦ノ湯固有の晶子形態が見られる。

SKJM-11はEDS分析からは伊豆七島の傾向が、晶子系統からは伊豆七島神津島の砂糠山の黒曜石の特徴が見られる。

SKJM-12はEDS分析からは伊豆七島系の傾向が、外観・晶子形態からは信州系の麦草峠の黒曜石の特徴が見られる。

SKJM-19はEDS分析の結果からはかなりの確率で伊豆七島神津島の砂糠山の黒曜石に近い傾向をみせるが、晶子形態は東餅屋産に対比される。

引用文献

- 1) 藁科哲男・東村武信(1983) 石器原材の産地分析。考古学と自然科学 16号:59-89。
- 2) 鈴木義昌・東村武信・藁科哲男・三宅 寛(1985) 黒曜石, サヌカイト製石器の産地推定による古文化交流の研究。文部省科学研究費特定研究「古文化財」総括班(編), 古文化財に関する保存科学と人文・自然科学-総括報告書-:333-359。
- 3) 金山喜昭・鈴木正男・福岡 久(1986) 関東地方における先史時代黒曜石の分析-特に神津島産・高原山産について-, 日本第四紀学会講演要旨集 16:35。
- 4) 高橋 豊(1983) 黒曜石の2・3の岩石学的特徴-遺跡出土の黒曜石の原石産地推定のために-, 沼津市歴史民俗資料館紀要7:151-174, 8 pls。
- 5) 高橋 豊(1985) 伊豆七島神津島産黒曜石の産状とその特徴-遺跡出土の黒曜石の産地推定の試み-その2-, 同上 9:76-103。