石器石材の肉眼鑑定と蛍光Ｘ線分析の連携
－黒曜石製石器の分類における課題について－

赤崎　広志
（宮崎県埋蔵文化財センター）

１　はじめに

上平遺跡は、令和元年から令和２年にかけて、宮崎県都城市山之口町で発掘調査を実施した複合遺跡である。筆者は、この遺跡の整理作業にかかる石材の分類に協力した。この遺跡は、古墳時代の地下式横穴墓から人骨や鉄剣なども出土した複合遺跡であるが、出土層位の主体は縄文時代後期と早期であった。特に縄文時代早期には100基を超える集石遺構、炉穴、住居跡などが検出されており、大規模な生活痕跡が残っていた。発掘調査では、多数の縄文土器に加えて、石鏃を主体とする石器類が出土しており、鹿児島方面との関係性が伺える興味深い遺跡である。この遺跡の報告書は令和４年度刊行予定であり、縄文土器や石鏃の詳細な形態分類は報告書に記載される。本稿では多数出土した石鏃の石材鑑定と蛍光Ｘ線分析を実施した結果、分類にあたって判断に迷った事例や黒曜石以外の石材の分析結果などを中心に報告する。

２　石器石材の産地推定の現状

宮崎県埋蔵文化財センターでは、これまで石器石材について、おもに目視での表面観察による分類と黒曜石においては、透過光による内部構造、包有物（晶子）の構成などを指標として分類を行ってきた。また、2020年からは黒曜石を中心とした石器石材の蛍光Ｘ線分析データの集積を始めており､大まかな分類が可能なデータ数を確保できている(赤崎2021)。しかし､当センターは、蛍光Ｘ線分析装置を独自に所有しておらず、宮崎県工業技術センターで機材借用できる年間数日のみの分析能力であるため、発掘調査で出土する膨大な数の遺物の全点分析することは、難しい状況である。したがって石材分類の主体となるのは顕微鏡観察などによる目視分類であり、蛍光Ｘ線分析は、この検証確認のためや、判別困難な分類群の検討に補完的に活用するスタイルとなっている。特に石器に利用されることの多い黒曜石では、透過光による晶子観察が主な分類のポイントであるが、時として激しく混濁した包有物によって、透過観察ができないものも存在する。これらは肉眼判定が困難で、蛍光Ｘ線分析による分類を試みる必要がある。

３　上平遺跡の石鏃における桑木津留産黒曜石のバリエーション

上平遺跡では、未成品を含めて866点の石鏃が出土しており、その約９割が黒曜石製である。石核や剥片、砕片を含めると、黒曜石製石器のボリュームは15867点であり、総重量は約19kgに達している。はじめに、これらの黒曜石製石器全点を、顕微鏡観察によって目視で分類した。続いて分類群ごとに､九州内の黒曜石産地で採集した標準試料との比較によって､産地推定を行った。この段階で、圧倒的な割合で宮崎・鹿児島・熊本の県境付近で産出するいわゆる「桑木津留(くわのきづる)産」黒曜石の特徴を持つものが主体であった。上平遺跡の桑木津留産黒曜料には、複数のバリエーションがあったため、抽出して蛍光Ｘ線分析を実施し確認を行った。現在、当センターで同定に使用している桑木津留産黒曜石は、宮崎県えびの市西方の大塚林道に分布する火砕流堆積物中と、鹿児島県伊佐市上青木の間根ヶ平林道沿いの沢筋で採集したものである。両地点は、直線で約２㎞離れているが蛍光Ｘ線分析の値は、ほぼ一致する。一帯は肥薩火山岩類の分

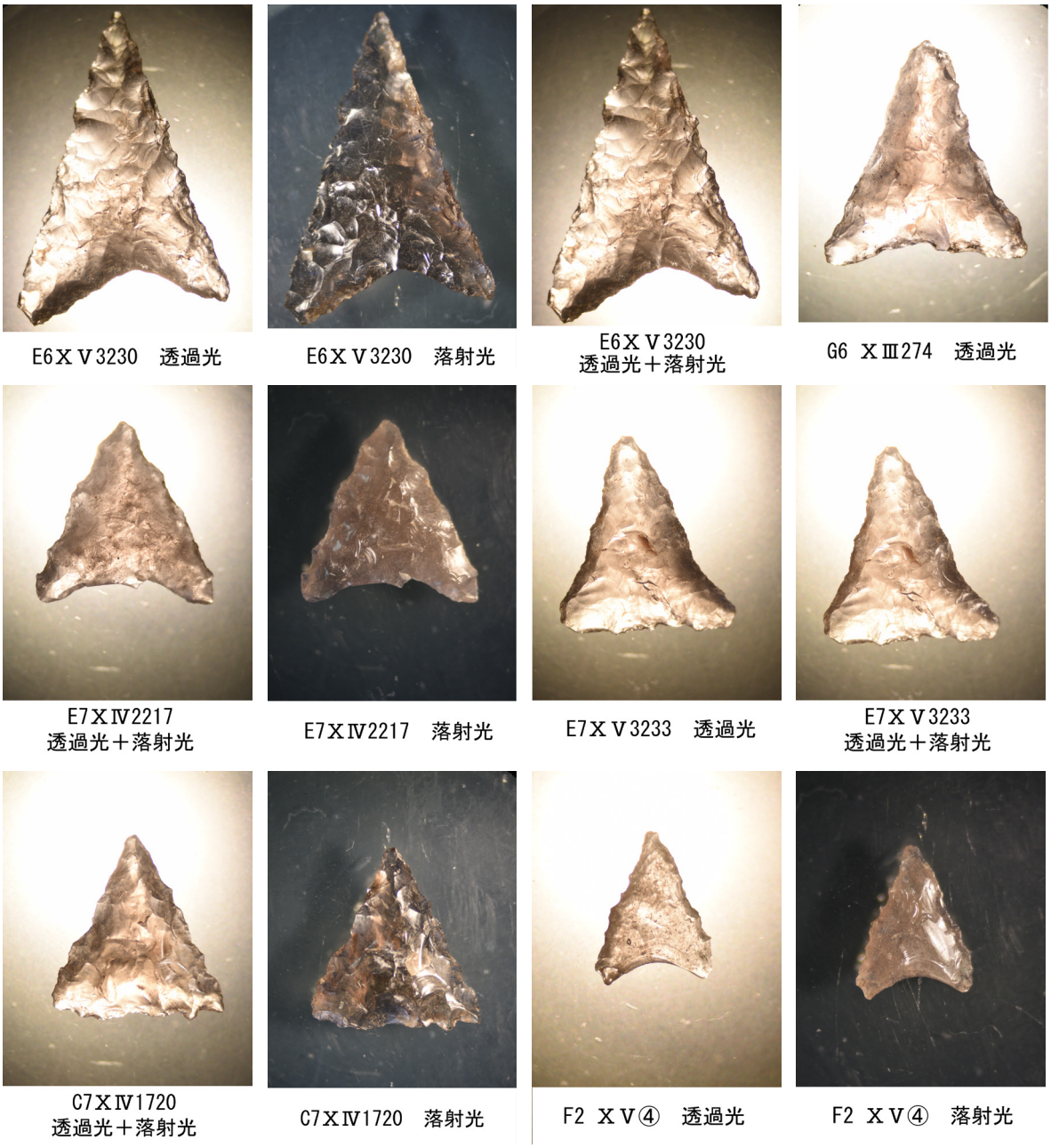


図１　桑木津留産黒曜石のうち透過するタイプの透過光・落射光での状況

布域であり、同一火砕流から供給された黒曜石であれば、採集地が異なっても同質である可能性が高い。黒曜石は、流紋岩質マグマなどが、急冷してガラス質になったものである。同源マグマでも噴出時期の違いやマグマだまり内での分化作用などで成分が変化することが知られている。

本稿で「桑木津留産黒曜石」としている一群は、研究者によって「桑木津留」「上青木」「菱刈」など、現在採集できる地点名で分類されたり、同一地点でも分析値が違うことで呼称を替えているケースもある（杉原ほか 2004・2011・2014、川道ほか 2018、東京航業 2020）。分析値や採集地点が違うことは、大きな要因ではあるが、同質な黒曜石でも、分析値が漸移したり、火砕流などによる広範な拡散を受ける可能性があることは前述のとおりである。当センターが所蔵する桑木津留産黒曜石の同定に用いる目視・顕微鏡観察での特徴は以下のとおりである。

・透過光観察：透過のよい薄茶色（飴色）のガラス基質が特徴で、晶子は全体に少ない。微細な

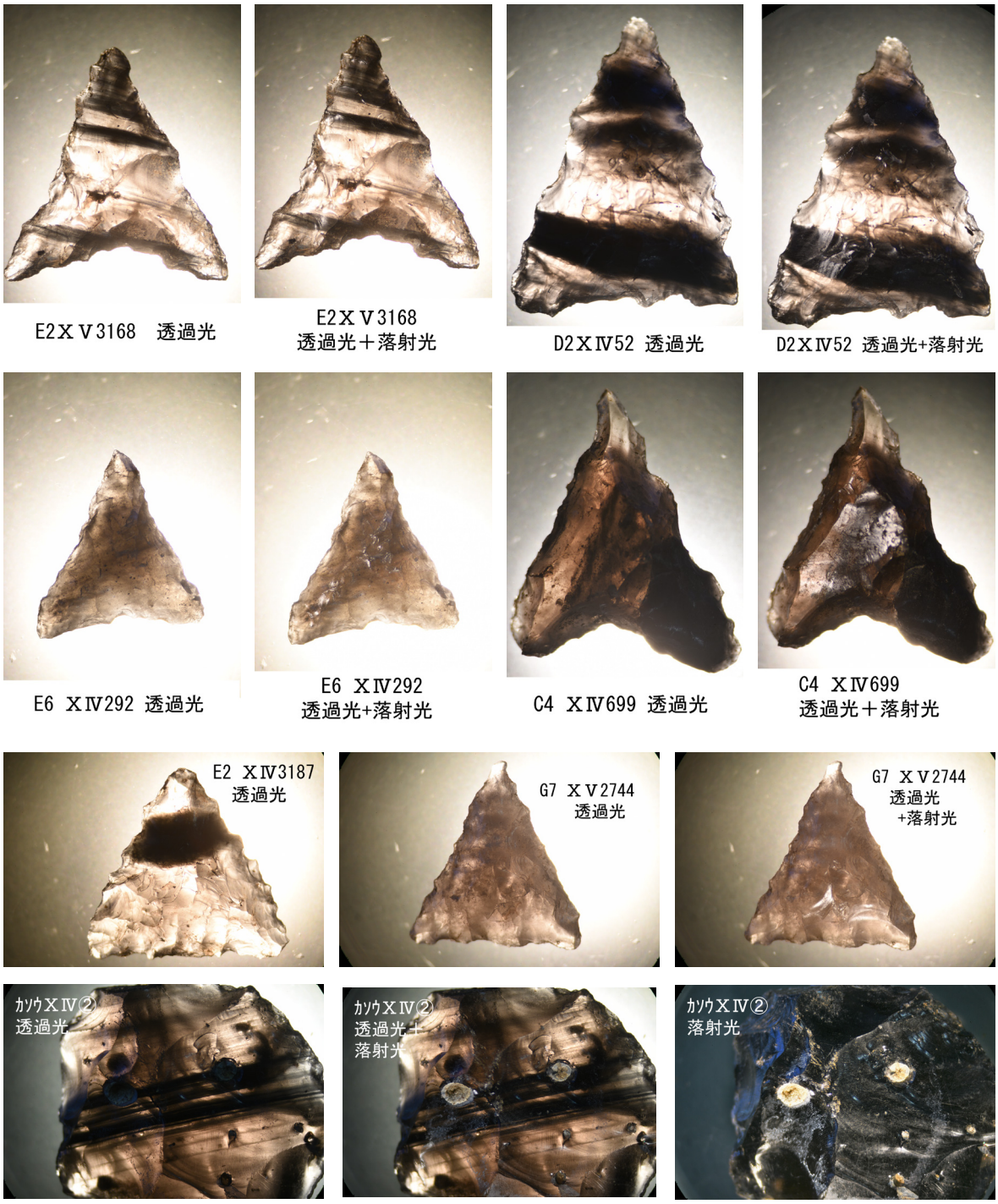


図２　桑木津留産黒曜石のうち縞状を呈するタイプの透過光・落射光での状況

気泡や毛状晶子が複雑に絡まると、透過が悪くなり混濁することがある。気泡内にクリストバライトなどの白色鉱物が生成し、いわゆる微細な雪片（スノーフレーク）を形成することもある。

・色調、風化面：滑らかな黒色から茶色で、風化面は、白色で微細な梨地や、ささくれた海綿になることがある。混濁部が縞状や流理構造を呈することもある。

上平遺跡の黒曜石製石鏃を上記の観点で分類していくと、大きく以下の３つの様相を呈するグループに分けることができる。

①　きれいに透き通るガラス質の基質で、ほとんど晶子や気泡が確認できないもの（図１）　。

②　きれいに透き通る基質と光の透過の悪い部分が縞状を呈するもの（図２）。

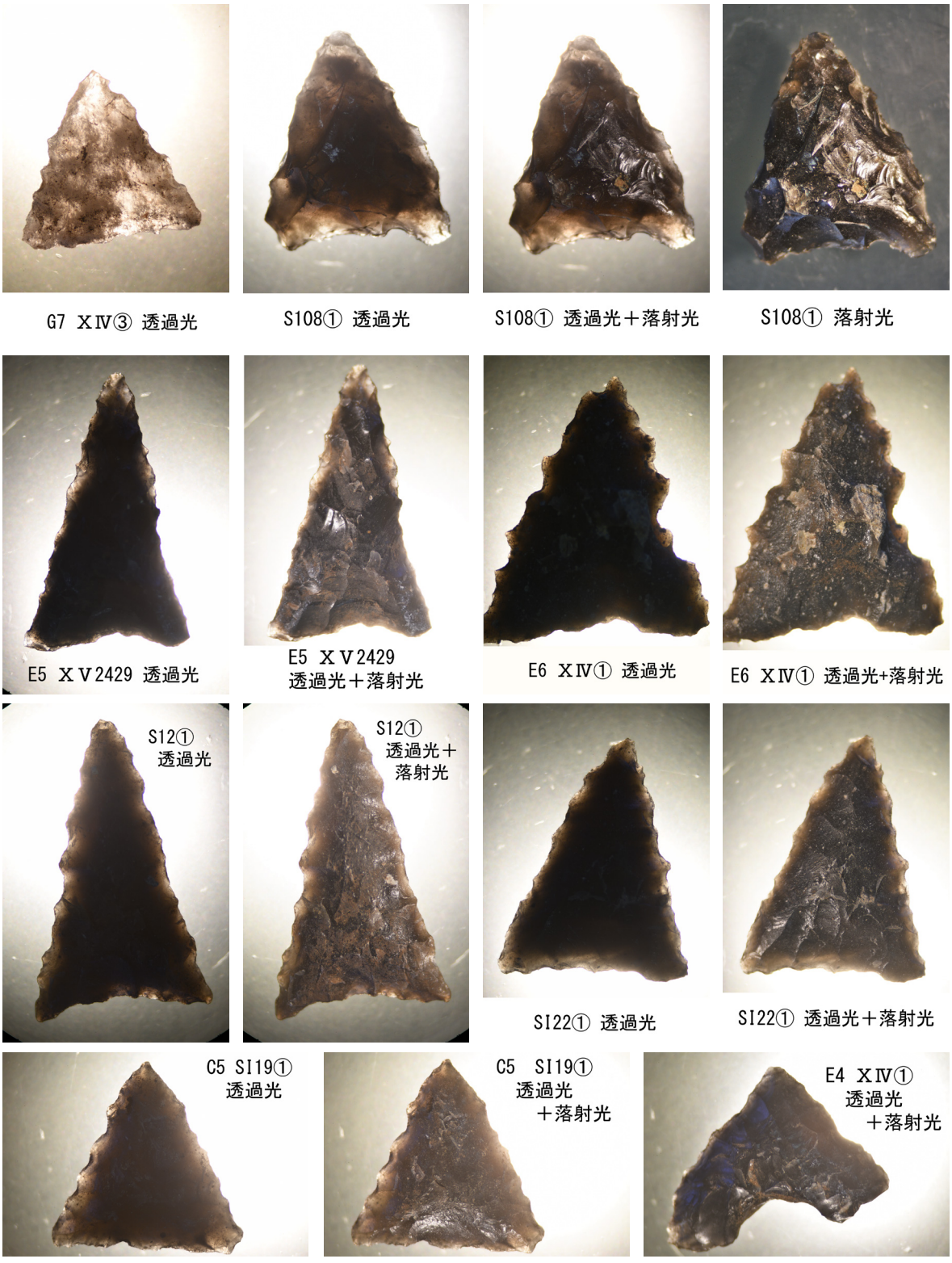


図３　桑木津留産黒曜石のうち混濁して透過の悪いタイプの透過光・落射光での状況

③　混濁した基質を持ち光の透過の悪いもの（図３）。

実際には、①～③が同じ石鏃の中で漸移する試料もあり、目視や顕微鏡観察では、それらを分離して考えることが困難であった。観察での印象は、①～③は同質のマグマから供給された黒曜石が分化などで漸移的に変化しているものではないかと考えられた。③については、光を透過しな

器種	Rb判定	Sr判定	総合	注記番号	Rb分率	Mn*100/Fe	Sr分率	LogFe/K	顕微鏡観察所見（桑木津留のうち黄緑色は濁りの強いもの）
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平D4XⅣ73	43.92	7.30	11.58	0.16	きれいな透明、気泡わずか
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平D3XⅤ5067	37.09	7.16	9.90	0.16	ほとんど透過しないが薄いところで濁る石英粒わずか
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平D3XⅣ①	44.30	6.61	8.67	0.17	濁り強くほとんど透過しない薄いところで石英粒わずか
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平D7XⅣ1897	38.78	6.53	12.77	0.18	きれいな透明、気泡
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平D5XⅣ①	41.46	6.50	12.35	0.16	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平ｶｯｳ2XⅤ②	40.68	6.44	10.62	0.17	きれいな透明、明瞭な縞模様、ｸﾘｽﾄﾊﾞﾗｲﾄ粒１～2mm複数
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E4XⅣ480	41.76	6.43	14.95	0.17	腰岳風毛状縞ありｸﾘｽﾄﾊﾞﾗｲﾄ粒2
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C7XⅣ1720	38.91	6.40	11.09	0.16	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E6XⅣ286	40.88	6.35	8.99	0.19	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E7XⅤ3371	49.08	6.35	7.90	0.16	やや濁る、強い縞と毛状、表面サビ
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E4XⅤ3228	37.95	6.34	8.47	0.17	きれいな透明、一部薄い濁り、太い針1本
石鏃	桑木・小国	桑木津留	桑木津留	上平C6XⅣ438	34.49	6.26	15.97	0.16	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平G7XⅣ3722	39.94	6.25	14.62	0.16	濁り縞、気泡多数
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E6XⅣ149	37.87	6.24	14.60	0.27	きれいな透明、気泡１
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E7XⅣ451	35.44	6.23	12.01	0.02	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E3XⅣ492	44.44	6.20	14.21	0.02	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E5XⅤ2429	36.80	6.18	13.82	0.21	濁り多い周辺のみ透過艶消しサビ
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平G6XⅢ274	39.25	6.18	12.59	0.22	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C3XⅤ4419	42.39	6.17	9.30	0.17	ほとんど透過しない周辺わずかに濁る表面なめらか斑晶なし
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平D3XⅤ2735	43.80	6.17	12.35	0.15	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C4XⅣ699	42.58	6.12	10.36	0.16	半分きれいな透明、半分濁りｸﾘｽﾄﾊﾞﾗｲﾄ粒あり、境界型
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E2XⅤ3168	40.92	6.04	12.35	0.17	きれいな透明、毛状縞4本、気泡1
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平F6XⅣ281	41.77	6.03	10.81	0.14	きれいな透明、飴色
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平G6XⅣ1848	37.17	6.01	14.65	0.21	きれいな透明
石鏃	桑木・腰岳	桑木津留	桑木津留	上平G7XⅤ2742	37.90	5.96	12.90	0.24	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E3XⅤ2734	40.70	5.94	14.01	0.08	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平F6XⅣ270	38.17	5.94	12.52	0.18	きれいな透明、縞
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平F7XⅤ2740	39.74	5.93	17.70	0.14	きれいな透明、気泡２
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平F3XⅤ2863	39.45	5.91	15.73	0.16	きれいな透明、気泡１
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平D2XⅣ52	46.66	5.91	10.19	0.17	明瞭な縞
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E2XⅣ3187	43.36	5.88	14.47	0.14	きれいな透明、帯状の濁り
石鏃	桑木・腰岳	桑木・小国	桑木津留	上平F7XⅤ2739	36.65	5.86	11.30	0.19	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平D2XⅣ1181	41.32	5.83	12.19	0.14	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平S122	40.16	5.83	22.68	0.16	不透明、濁りあり
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平G3XⅤ2862	30.76	5.78	15.22	0.15	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C5XⅣ1074	40.61	5.76	13.54	0.16	きれいな透明、気泡２
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C8XⅣ344	38.46	5.73	15.12	0.22	きれいな透明、気泡２
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C3XⅤ2716	43.74	5.66	9.81	0.10	きれいな透明、スジ2本
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C5XⅣ48	41.09	5.62	13.12	0.20	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C5XⅣ41	40.96	5.56	10.06	0.20	ほとんど抜けない周囲わずかに濁る、流理構造あり
石鏃	桑木津留	桑木・小国	桑木津留	上平F3XⅤ2861	35.47	5.55	14.10	0.18	きれいな透明、毛状帯2本、目視で縞状、石英粒1mm
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C8XⅣ347	37.94	5.52	14.67	0.18	やや濁る、気泡1
石鏃	桑木津留	桑木津留下外	桑木津留	上平C4XⅣ②	43.35	5.50	11.12	0.01	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E7XⅣ2217	42.99	5.43	16.45	0.15	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C8XⅣ346	43.65	5.42	11.75	0.19	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E4XⅤ②	43.14	5.39	22.57	0.17	ほとんど透過しない薄い端部でわずかに毛状、石英粒なし
石鏃	桑木・日東	桑木・腰岳	桑木津留	上平E7XⅤ3372	46.20	5.30	18.96	0.18	透き通るがうすい毛状がびっしり、濁り始め
石鏃	桑木津留	桑木・小国	桑木津留	上平E7XⅤ3233	37.21	5.30	25.39	0.18	きれいな透明
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平F2XⅤ④	37.00	5.17	17.48	0.17	極小石鏃、濁る
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平S108①	40.91	5.14	16.84	0.19	濁るが透過する
石鏃	桑木津留	桑木津留下外	桑木津留	上平G7XⅣ③	38.81	5.07	20.25	0.06	透き通るがやや濁る
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平E6XⅣ292	42.97	5.05	19.41	0.18	筋状の縞
石鏃	桑木津留	桑木・小国	桑木津留	上平E6XⅤ3230	36.94	5.02	17.35	0.19	きれいな透明
石鏃	桑木・日東	桑木・腰岳	桑木津留	上平G7XⅤ2744	39.17	4.95	15.47	0.15	透き通るがやや濁る、中間型
石鏃	桑木津留	桑木・腰岳	桑木津留	上平C8XⅣ1321	39.28	4.90	22.97	0.09	濁り強い、石英粒１
異形石器	桑木・腰岳	桑木・日東	桑木津留	上平C6XⅣ439	40.13	4.81	23.03	0.19	濁り淡い縞、ｸﾘｽﾄﾊﾞﾗｲﾄ粒１
石鏃	桑木・針尾	日東	桑木津留	上平E6XⅣ①	39.92	4.80	23.41	0.15	濁り強いｸﾘｽﾄﾊﾞﾗｲﾄ粒あり
石鏃	桑木・針尾	日東	桑木津留	上平S15①	34.92	4.73	22.60	0.21	濁り強いが透過する、サビ状
石鏃	桑木・針尾	日東	桑木津留	上平F2XⅤ⑥	35.44	4.53	22.28	0.21	濁り強いが透過する石英粒なし
石鏃	桑木・針尾	桑木・日東	桑木津留	上平C4XⅤ4163	34.77	4.41	21.73	0.20	濁りぼやけた縞、淡く透過、微細粒多、針状1本表面なめらかOz粒なし
石鏃	桑木・針尾	桑木・日東	桑木津留	上平F2XⅤ2659	36.24	4.23	21.90	0.21	濁り淡い縞わずかに透過、微細粒多
石鏃	針尾上	日東右	桑木津留	上平S14①	33.89	4.12	21.67	0.19	濁り強いが透過する石英粒わずか
石鏃	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C5SI19	33.05	4.10	21.79	0.16	にごり周辺わずか抜け晶子ざらつく微小なもの多表面なめらかOz斑なし
異形石器	桑木・針尾	桑木・日東	桑木津留	上平E3XⅤ②	34.67	4.06	16.76	0.22	濁り強いがわずかに透過
石鏃	桑木・針尾	桑木津留	桑木津留	上平E4XⅣ①	43.03	3.83	8.57	0.22	にごり周辺わずか抜け表面なめらかサビ少、石英粒なし
石鏃	針尾	日東	桑木津留	上平S12①	38.87	3.83	19.61	0.24	濁り強いが透過、0.1mmｸﾘｽﾄﾊﾞﾗｲﾄ粒2、表面斑晶なしサビ状
石鏃	針尾	針尾	針尾島	上平G5XⅣ506	29.33	3.69	21.31	0.44	微細な斑晶あり、薄い縞状、暗青灰色
石鏃	針尾	針尾	針尾島	上平E7XⅣ	29.20	2.75	26.17	0.45	磨製石鏃、不透明、微細な白色晶子多なめらかな暗青灰色
石鏃	多久	Ry？	多久G-An	上平E7XⅤ4514	29.23	0.59	12.57	1.15	不透明、表面サビ状、白色風化少ない
石鏃	多久G-An	多久G-An	多久G-An	上平H7XⅣ1953	28.27	1.51	33.62	0.73	粉吹き状ガラス質
石鏃	多久G-An	多久G-An	多久G-An	上平E2XⅤ②	26.08	1.39	32.84	0.96	磨製石鏃、白色風化、破断面黒色、1mm黒色柱状斑晶あり
石鏃	多久左	上牛鼻	多久G-An	上平C6XⅣ①	18.52	1.39	45.97	1.00	磨製石鏃、不透明、風化白色表面なめらか、柱状斑晶あり
石鏃	多久G-An	多久G-An	多久G-An	上平C4XⅣ28	21.36	1.09	31.46	0.74	粉吹き状白色風化
石鏃	姫島G・上牛鼻	上牛鼻	上牛鼻	上平E7XⅤ3234	4.13	0.88	72.54	0.83	不透過
石鏃	姫島	針尾島	姫島	上平G6XⅣ1855	29.75	8.03	15.03	0.40	ザクロ石斑晶あり
トロトロ石器	腰岳	腰岳左	腰岳	上平S152	52.63	3.98	3.03	0.22	濁り強い
石鏃	針尾・多久	日東・多久	流紋岩類	上平D3XⅣ417	38.43	1.62	19.97	0.52	目視では多久に見える粉吹き状白色風化
石鏃	多久・針尾	該当なし	流紋岩類	上平H5XⅤ2828	26.27	2.41	31.56	0.20	不透過
石鏃	流紋	流紋	流紋岩類	上平E2XⅣ1190	35.10	0.29	17.25	0.87	磨製石鏃、不透過・暗黒褐色
石鏃	該当なし	該当なし	流紋岩類	上平D3XⅣ996Ry	6.69	5.11	56.20	1.20	不透過・暗黒褐色
石鏃	該当なし	該当なし	流紋岩類	上平D7XⅣ203②Ry	9.88	0.65	33.16	1.26	不透過・暗黒褐色
石鏃	該当なし	該当なし	流紋岩類	上平D7XⅣ203Ry	7.59	0.19	40.36	1.15	不透過・暗黒褐色
石鏃	該当なし	該当なし	流紋岩類	上平E7XⅣRy	7.66	0.38	17.46	1.58	不透過・暗黒褐色

表１　上平遺跡出土の石鏃類における蛍光Ｘ線分析のパラメータと顕微鏡観察の結果

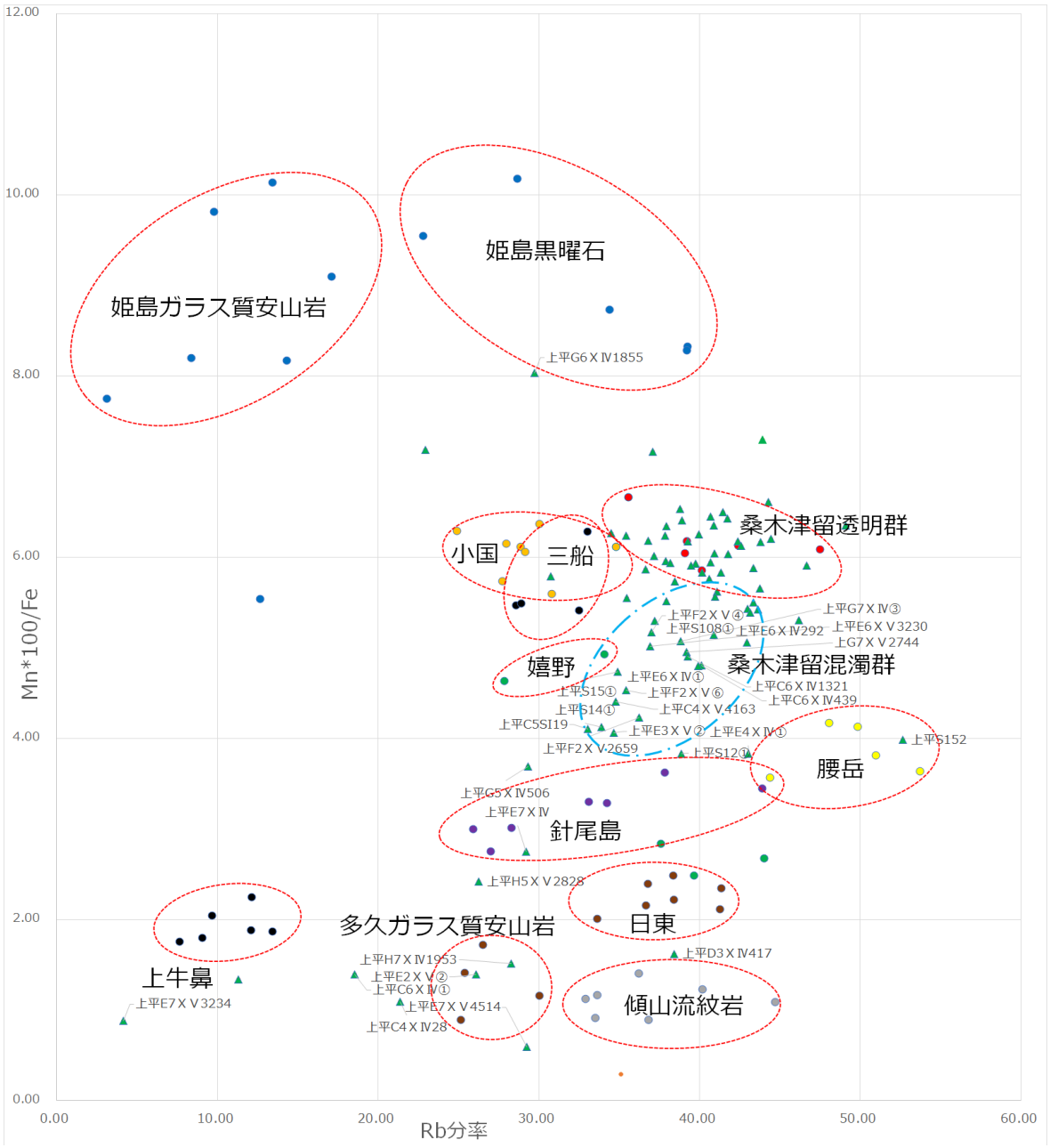


図４　蛍光Ｘ線分析による石鏃の Rb 分率ダイアグラム

い他地域の黒曜石との相違点を指摘しにくく、蛍光Ｘ線分析で確認する必要が生じた。

４　桑木津留産黒曜石群の蛍光Ｘ線分析の結果

前述の桑木津留黒曜石製と判断した石鏃のうち①、②については、顕微鏡による晶子観察で判定できたため抽出による蛍光Ｘ線分析を実施した。③の基質が混濁しており光の透過の悪い一群は、全点分析を実施した。分析結果の解析は、データを視覚的に判定できる望月明彦氏の考案したダイアグラム（望月ダイアグラム）を使用した。蛍光Ｘ線分析は、測定機材が変わると、比較しにくいとされているが、望月ダイアグラムは機材特性の影響が少なく、類似のパターンを示すことが知られている。表１には、蛍光Ｘ線分析の結果から望月氏の計算式を用いた４つのパラメータ（ダイアグラムの XY 軸の値）である Rb 分率：Rb 強度× 100 ÷（Rb 強度＋ Sr 強度＋ Y 強度＋ Zr 強度）と Mn × 100/Fe、Sr 分率：Sr 強度× 100 ÷（Rb 強度＋ Sr 強度＋ Y 強度＋ Zr 強度）と

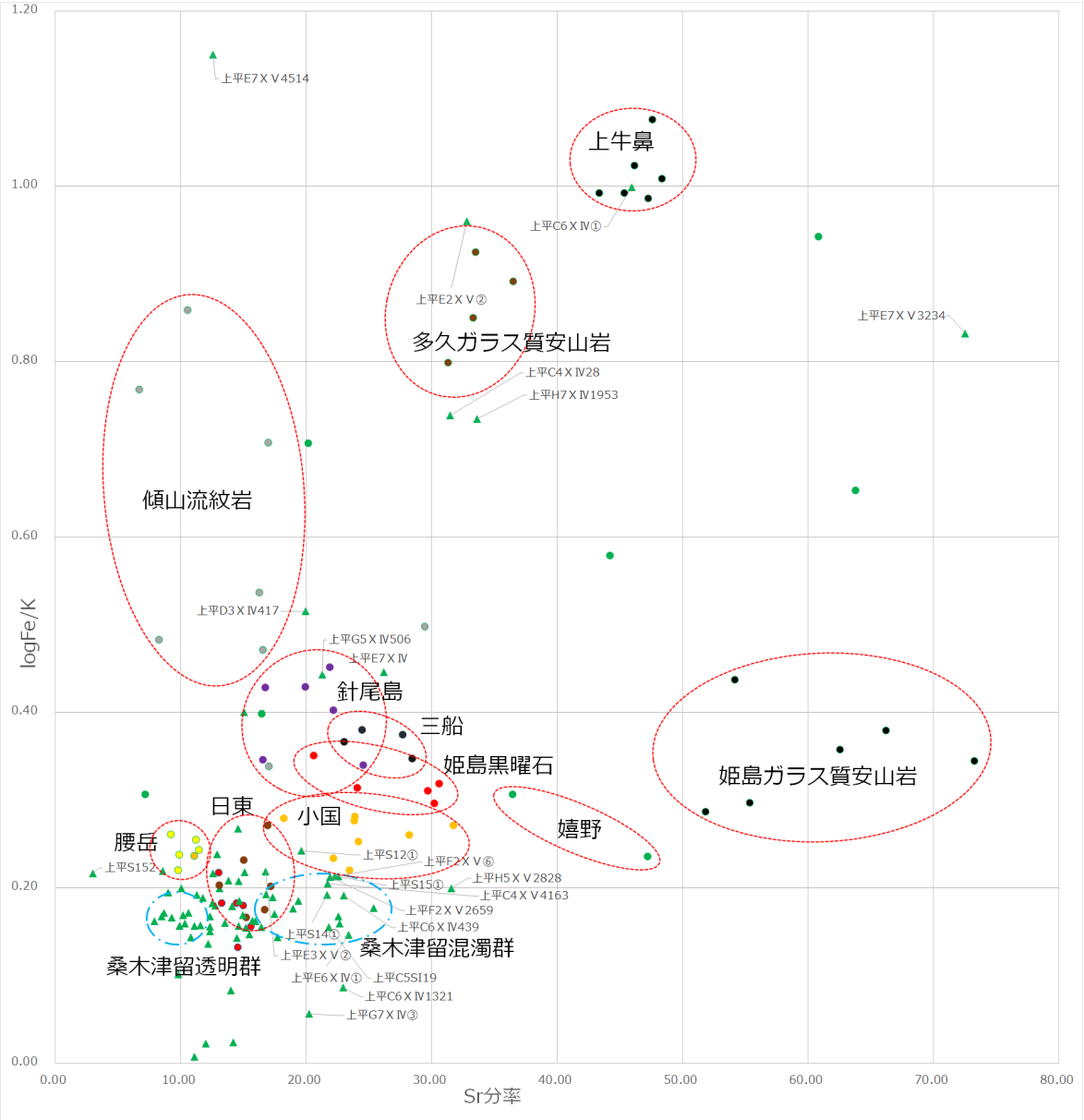
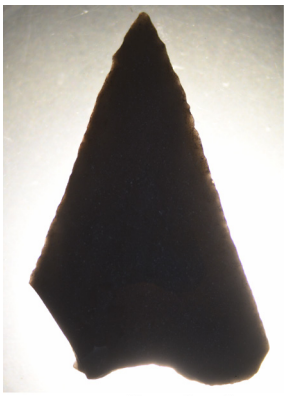


図５　蛍光Ｘ線分析による石鏃の Sr 分率ダイアグラム

LogFe/K を示した。また、この値をから Rb と Sr 分率のダイアグラムによって判定したそれぞれの結果と総合的な判定結果および、双眼実体顕微鏡により透過光で観察をした所見を記した。図４、５は、分析結果のパラメータを当センターの標準試料のデータで作成した Rb と Sr 分率ダイアグラムの判定パターンにプロットした結果で、緑の△が上平遺跡の石鏃データである。これによると、目視による分類で桑木津留産と考えていた試料の中に、これまで当センターで桑木津留産黒曜石の領域と判定していた領域に入らない試料が多数見られた。これまで当センターの分析試料は①の透明な基質を持つグループのみのデータで構成していたが、②、③のグループは目視の状況の変化が成分の変化に繋がっている可能性がある。図 4 の Rb ダイアグラムで、水色の楕円で囲んだ領域が、顕微鏡観察で桑木津留産黒曜石と判定したものの、想定する判定領域の左下側に連続してプロットされた一群である。この領域には、現在、当センターが収集している試料での産地情報がない。表１で緑色に塗った分析データは、③の混濁して不透明な試料である。Rb ダイアグラムの Mn × 100/Fe の値が、概ね 5.2 以下となり、水色の楕円の範囲内の数値を示して


E7 ⅩⅣ①　透過光

E7 ⅩⅣ① 透過光＋落射光

E7 ⅩⅣ①　落射光

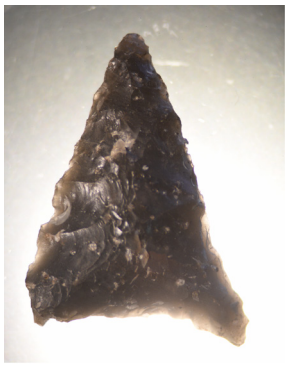
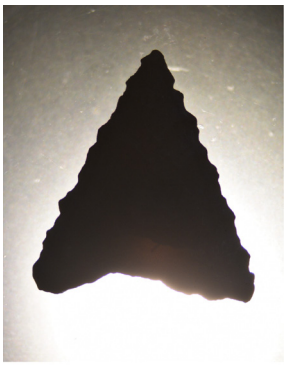

G5 ⅩⅣ506
透過光+落射光

図６　針尾島産黒曜石製石鏃の透過光・落射光での状況


E7 ⅩⅤ3234　透過光

E7 ⅩⅤ3234
透過光＋落射光

E7 ⅩⅤ3234　落射光

図７　上牛鼻産黒曜石製石鏃等の透過光・落射光での状況

D3 ⅩⅣ417 透過光

D3 ⅩⅣ417
透過光+落射光

C4 ⅩⅣ28
透過光＋落射光

C4 ⅩⅣ28 落射光

E2 ⅩⅤ②
透過光+落射光

E2 ⅩⅤ②　落射光

C6 ⅩⅣ①
透過光+落射光

C6 ⅩⅣ① 落射光

図８　多久産ガラス質安山岩製石鏃製石鏃の透過光・落射光での状況

いる。図５の Sr ダイアグラムでは、Sr 分率が想定判定エリアの右側の水色の楕円内に③の混濁する一群が分布する。想定域の左側にも分布が広がったがこれらは①、②の様相を呈するものが多かった。③については､別の産地として分離することも検討したが､ダイアグラム上でのプロット域に明瞭な境界がなく、①、②、③が連続的に出現し、①の透明なグループ中に③の混濁する試料がプロットされたり、③の混濁するグループに①の透明な試料がプロットされるなど、これらを区別することは困難であった。②の縞状の様相を①と③が混在するパターンと考えれば、①～③は同質のマグマが漸移的に分化している黒曜石の一群と考えられる。以上の観察と分析結果の検討により、今回は、①～③の様相を呈する黒曜石をすべて「桑木津留産黒曜石」と判定した。当該の数値データを持つ一群を菱刈産黒曜石とする研究（東京航業 2020）がある。筆者も菱刈産黒曜石の産地とされる鹿児島県伊佐市楠元川流域を踏査したが、試料を採集できていない。また、提供を受けた菱刈産とされる黒曜石は①の透明な基質で晶子の少ない様相を呈していたため、現状では、③の混濁する黒曜石群を積極的に「菱刈産黒曜石」とすることは出来なかった。

５　このほかの石鏃等の石材となる黒曜石類

・長崎県針尾島産黒曜石（図６）

不透過な石鏃であり、表面は風化した青灰色を呈し、発掘時の破断面や調整面に青灰色のガラス光沢のが見られる。目視では、佐賀県多久産のガラス質安山岩にきわめて類似しており、わずかな色調の違いや蛍光Ｘ線分析のデータが針尾島産黒曜石の値を示すことで分類できる。2 点のうち 1 点は、磨製石鏃であった。

・鹿児島県上牛鼻産黒曜石（図７）

剥片では、複数確認されたが、石鏃としては 1 点（3234）のみが確認された。黒色不透明で表面に茶褐色のサビ様の付着物がある。蛍光Ｘ線分析の結果でも鉄成分を多く含有することが確認でき、風化表面に鉄成分由来の色調が見られるものも多い。上平遺跡では、黒色不透明な石器が製品、剥片共に一定量存在し、当初それらを、すべて上牛鼻産黒曜石と推定した。これらの石材を分類した経緯については、６項で述べる。

・佐賀県多久産ガラス質安山岩（図８）

不透過の石材で、表面が粉を吹いたような灰白色の風化面を呈し、1 ㎜以下の黒色柱状の斑晶をわずかに含む。5 点中 2 点が磨製石鏃であり、針尾島産黒曜石製の磨製石鏃と類似の形態であるため、同時期に九州北西部から搬入されている可能性も考えられる。

・大分県姫島産黒曜石

石鏃 1 点（1855）の出土で、剥片等は見つかっていない。このため、製品で遺跡に持ち込まれた可能性が高い。灰色の色調や、赤色微細粒のザクロ石斑晶を確認することが出来る。

・佐賀県腰岳産黒曜石

集石遺構に伴って出土したトロトロ石器１点のみが腰岳産黒曜石であった。これは、一般的に見られる透過性がよく毛状の晶子が広がるタイプではなく､混濁が激しく､ほとんど不透過であったため、蛍光Ｘ線分析を実施した結果、分析値が腰岳産のものと一致した。改めて顕微鏡観察すると、石器縁辺の薄い部分の透過光観察では、腰岳産の様相をわずかにみることが出来た。

・チャート

上平遺跡では、桑木津留産黒曜石に次いで、チャート製の石鏃は未成品を含めて 52 点が出土している。青色、白色、黒色、赤色、灰色など多様な色調を示し、剥片類も含めて 425 点、重量

器種	Rb判定	Sr判定	総合	注記番号	Rb分率	Mn*100/Fe	Sr分率	LogFe/K	観察所見
剥片	上牛鼻	上牛鼻	上牛鼻	上平C3XⅣ25	12.62	2.04	45.71	1.01	不透過
剥片	上牛鼻	上牛鼻	上牛鼻	上平D3XⅣ976	9.32	2.06	44.80	0.98	不透過
剥片	上牛鼻	上牛鼻	上牛鼻	上平D5XⅣ810	8.02	1.80	48.40	1.04	不透過
剥片	上牛鼻	上牛鼻	上牛鼻	上平D8XⅣ1114	9.61	1.88	45.72	1.00	不透過
剥片	上牛鼻	上牛鼻	上牛鼻	上平F6XⅤ4315	6.89	1.84	42.35	0.97	不透過
剥片	上牛鼻	上牛鼻	上牛鼻	上平SI54	9.17	2.05	47.33	1.00	不透過
剥片	上牛鼻	上牛鼻	上牛鼻	上平C3-8XⅣ	8.45	1.91	45.03	1.04	不透過
剥片	上牛鼻	上牛鼻	上牛鼻	上平C3XⅣ1567	13.20	1.78	48.49	1.01	不透過
剥片	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平F3XⅤ2882	46.59	7.05	11.50	0.16	不透過
剥片	桑木・日東	桑木・腰岳	桑木津留	上平F2一括２	41.34	4.58	19.11	0.22	不透過
剥片	桑木・日東	桑木・腰岳	桑木津留	上平F2一括2-2	42.99	5.12	20.92	0.16	不透過
剥片	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C2XⅣ726	43.68	6.44	10.28	0.14	不透過
剥片	桑木・日東	桑木・日東	桑木津留	上平C2XⅣ764	37.12	6.25	14.20	0.19	不透過
剥片	桑木・針尾	桑木・日東	桑木津留	上平C4XⅣ659	40.70	3.93	19.82	0.21	不透過
剥片	桑木津留	桑木・日東	桑木津留	上平C6XⅤ5042	38.04	5.36	18.95	0.14	不透過
剥片	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平S40-1	37.61	6.48	10.22	0.16	不透過
剥片	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平SI54	42.32	6.16	14.99	0.16	不透過
剥片	桑木津留	桑木・日東	桑木津留	上平B6XⅣ602	33.64	4.75	15.56	0.21	不透過
剥片	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C2XⅣ927	42.80	6.54	12.40	0.18	不透過
剥片	桑木津留	桑木・日東	桑木津留	上平C3XⅣ693	33.80	4.63	15.92	0.20	不透過
剥片	桑木津留	桑木・日東	桑木津留	上平C3XⅣ698	37.57	4.85	18.95	0.34	不透過
剥片	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C3XⅣ719	41.27	5.68	8.88	0.29	不透過
剥片	桑木津留	桑木・日東	桑木津留	上平C7XⅣ559	38.17	4.99	19.69	0.17	不透過
剥片	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平C7XⅤ3267	44.49	6.11	10.10	0.03	不透過
剥片	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平F5XⅣ474	44.28	5.83	12.38	0.27	不透過
剥片	桑木津留	桑木・日東	桑木津留	上平F7XⅣ461	36.23	6.25	15.04	0.19	不透過
剥片	桑木津留	桑木津留	桑木津留	上平F2一括１	39.72	5.89	12.20	0.16	不透過
剥片	多久G-An	多久G-An	多久G-An	上平D3XⅣ999	24.07	1.49	35.62	1.08	不透過
剥片	多久G-An	多久G-An	多久G-An	上平E2XⅤ①	22.99	1.27	37.12	0.75	不透過
剥片	多久G-An	多久G-An	多久G-An	上平E2XⅤ2641	27.29	1.18	36.83	0.79	不透過
剥片	多久G-An	多久G-An	多久G-An	上平F2XⅤ3167	21.92	0.99	40.65	0.75	不透過
剥片	日東	日東	日東	上平D2XⅣ947	36.70	2.45	19.50	0.23	不透過
剥片	日東	日東	日東	上平D2XⅤ3070	37.60	2.34	15.91	0.22	不透過
剥片	日東	桑木津留	日東	上平D5XⅣ	47.29	2.29	8.48	0.17	不透過
剥片	日東	日東	日東	上平D6XⅣ2299	40.18	2.49	16.17	0.18	不透過
剥片	日東	桑木・日東	日東	上平F4XⅤ3932	35.41	2.07	13.50	0.27	不透過
剥片	日東	桑木津留	日東	上平F6XⅤ4224	46.92	2.05	9.29	0.15	不透過
剥片	日東	桑木・日東	日東	上平F7XⅤ3618	42.15	2.20	12.63	0.22	不透過
剥片	日東	桑木・日東	日東	上平S35	47.68	2.89	10.62	0.16	不透過
剥片	日東	桑木・日東	日東	上平G5XⅣ	45.39	2.64	11.55	0.16	不透過
剥片	針尾	針尾	針尾	上平D3XⅣ998	32.95	3.38	20.48	0.40	不透過
剥片	針尾	針尾	針尾	上平F7XⅣ462	36.68	3.44	21.15	0.41	不透過
剥片	左下茶Ry	上牛鼻右上	流紋岩類	上平C8XⅤ3281Ry	15.55	0.06	55.73	1.13	不透過

表２　上平遺跡出土の不透過剥片における蛍光Ｘ線分析のパラメータ

約 1.2 kgに達している。今回、これらのチャート製石鏃も赤色、黒色を中心に抽出して蛍光Ｘ線分析を実施した。本稿では、分析結果のデータを掲載しなかったが、チャートは、ダイアグラム上の特定の位置に集中を見せず､同じ色でも分散したり､特定の元素が検出されないためパラメーターがゼロになってしまうなどの結果となった。チャートについては、望月ダイアグラムで分類を試みることが困難だと思われる。

図９　蛍光Ｘ線分析による不透過剥片の Rb 分率ダイアグラム

６　光を透過しない黒色ガラス光沢のある剥片の一群

上牛鼻産黒曜石の項で前述したが、上平遺跡には、透過光観察で光を透過せず不透明で、黒色ガラス光沢を示上平遺跡す石器の一群が存在する。チャートとは表面の質感や破断面等の様子で区別できる。しかし、黒曜石で一般に行う晶子の観察や、風化面の様子だけで分類することが困難であり、当初は不透過であることを理由に上牛鼻産黒曜石として一括した。しかし、桑木津留産黒曜石製石鏃の石材検討で、混濁が進んで不透過となるものが存在することが判明したため、不透過であることを上牛鼻産の特徴とすることが困難となった。今回は、石鏃、剥片類ともに、黒色ガラス光沢で不透過なものを、すべて抽出し、蛍光Ｘ線分析を実施した。

表２に、黒色ガラス光沢不透過剥片についての分析結果を示す。望月ダイアグラムの計算式

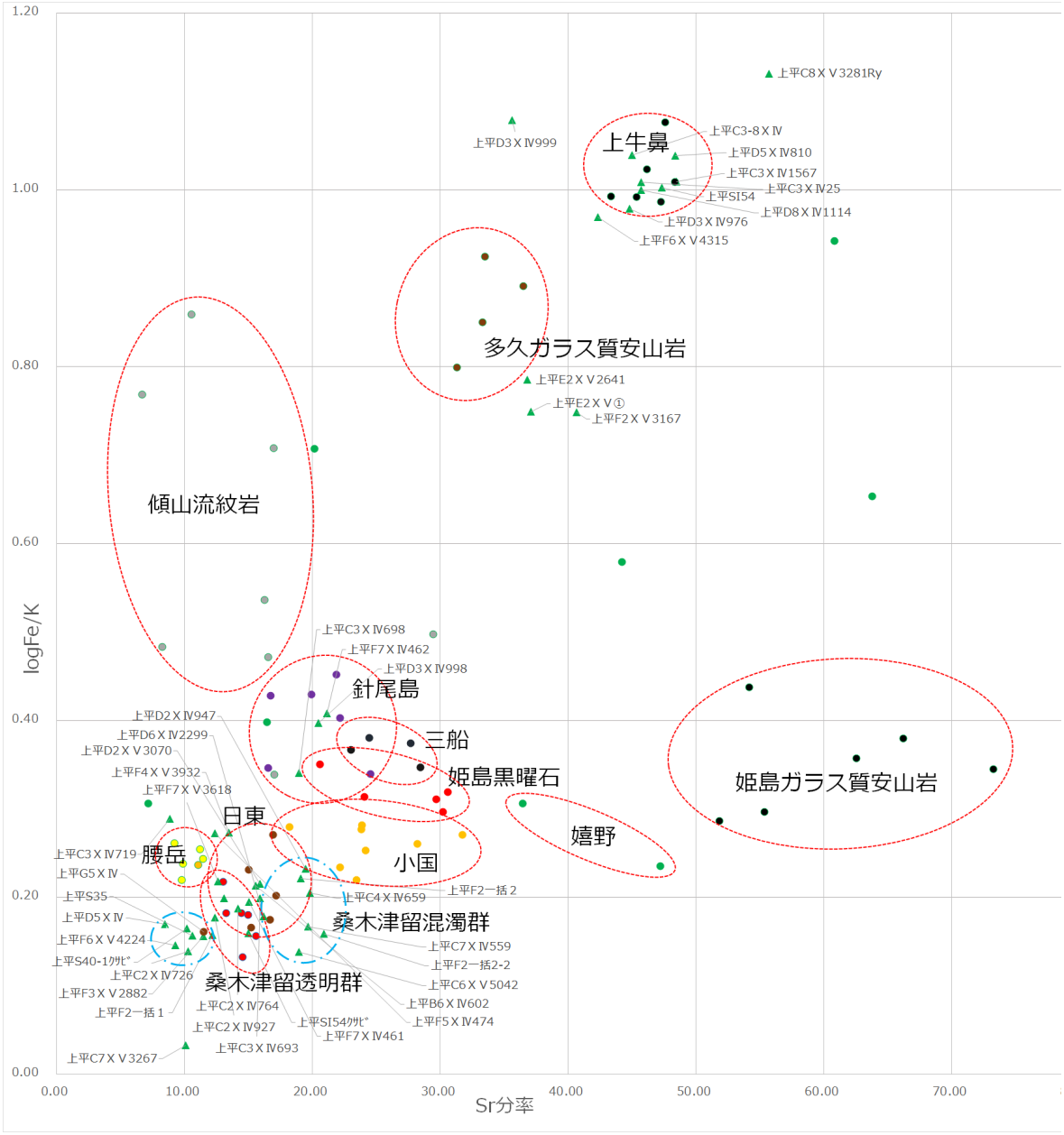


図 10　蛍光Ｘ線分析による不透過剥片の Sr 分率ダイアグラム

による Rb 分率と Mn × 100/Fe、Sr 分率と LogFe/K のパラメーター（ダイアグラムのＸＹ軸の値）を示している。データを Rb と Sr 分率のダイアグラムにプロットすると図９、10 のように各地の黒曜石やガラス質安山岩などの判定領域に分類することが出来た。不透過黒色の剥片 43 点の内訳は、黒曜石が桑木津留産 19 点、日東産９点、上牛鼻産８点、針尾島産２点であり、このほか多久産ガラス質安山岩４点、流紋岩類１点であった。桑木津留産黒曜石が半数をこえており、遺跡の特徴をよく反映していた。石鏃の検討において桑木津留透明群と混濁群としたエリアに 19 点がプロットされた。このうち７点は、表１の石鏃のデータにおいて混濁群に顕著に見られた Mn × 100/Fe の値が 5.2 以下の値を示し、水色の円内にプロットされるものであった。残りの 11 点は透明群としたエリアにプロットされており、前述した透過光観察でのバリエーション③の混濁群にあたる様相を示すものがもの①の透明群のエリアにプロットされたことになる。Sr 分率のダイアグラムではこれら 19 点のプロットエリアが透明群のエリアを挟んで左右にほとん

ど一体化しており分離が困難である。Rb 分率のダイアグラムにおいて水色の円内にプロットされた試料は、Sr 分率の値が 15 を超えており、透明群の右側の水色の円内にプロットされた。

日東産黒曜石と判定した一群は、Sr 分率のダイアグラムでは、桑木津留産の判定エリアとオーバーラップしており分離できないが､Rb 分率のダイアグラムで Mn × 100/Fe の値が 3 以下になり、明瞭に桑木津留産と分離された。

7　まとめ

上平遺跡出土の石鏃、剥片類を中心に石器石材の分類を行った。黒曜石などのガラス光沢をもつ石器の多くは、透過光による観察が可能で、包有する晶子や表面の発泡などの状況によって、分類することができる。また、ガラス質安山岩などは、不透過であっても特徴的な風化面が、有効な分類基準となる。これらの顕微鏡観察による目視での分類結果から抽出的に蛍光Ｘ線分析によるクロスチェックを行うことで精度の高い石材鑑定を実施することができている。この目視による分類方法で課題となる試料は、黒色でガラス光沢があり光を透過せず、風化面もほとんどない剥片などである。これらから得られる情報は極端に少なく、分類そのものが困難である。　今回の上平遺跡の場合は、約 16000 点におよぶ黒曜石製石器のうち、黒色ガラス質光沢で光を透過しないものは石鏃が 31 点、剥片類が 43 点の総数 74 点であった。出土したすべての黒曜石製石器の約 99.5％のについては透過光観察でグループとして仕分けることができた。これらの各分類群から 100 点程度を抽出して蛍光Ｘ線分析でクロスチェックを実施し､判定の確度を検討した。残る約 0.5％が目視での分類が困難であった不透過の試料であり、全点を蛍光Ｘ線分析を実施して分類することとなった。これにより、複数の産地を検出した。目視で分類した中に、これらの産地の試料が混在していることも否定はできないが、蛍光Ｘ線分析を実施できる試料数に限りがあり、今回の分類結果をもって、出土資料の産地推定に一定の成果が得られたと考えたい。

8　謝辞

本稿をまとめるにあたり、宮崎県工業技術センターの下池正彦主任技師には分析機器の使用について便宜をはかっていただいた。財団法人埼玉県埋文調査事業団の大屋道則氏には、菱刈産黒曜石の試料を提供していただいた。当センター上平遺跡主任の吉行真人主査には報告書整理作業段階での試料分析の実施や、出土状況や分類作業における各種の情報提供をいただいた。記して感謝いたします。

引用文献

赤崎広志　2021「宮崎県出土の黒曜石・ガラス質安山岩製石器の産地推定」『宮崎県埋蔵文化財センター研究紀要』 6

株式会社東京航業研究所地球化学分析室 2020「日本の黒曜石」『株式会社東京航業研究所研究紀要』 1

望月明彦ほか 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」『静岡県考古学研究』26

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

杉原重夫ほか 2009「蛍光Ｘ線分析装置による黒曜石製遺物の原産地推定」『基礎データ集』 1

杉原重夫ほか 2011「蛍光Ｘ線分析装置による黒曜石製遺物の原産地推定」『基礎データ集』 2

杉原重夫ほか 2014「蛍光Ｘ線分析装置による黒曜石製遺物の原産地推定」『基礎データ集』 3

川道　寛ほか 2018「長崎県における黒曜石原産地研究の進展２」『長崎県埋蔵文化財センター研究紀要』 8