

宮崎県出土の黒曜石・ガラス質安山岩製石器の産地推定

赤崎 広志

(宮崎県埋蔵文化財センター)

1 はじめに

宮崎県内の遺跡では、縄文時代を中心に黒曜石やガラス質安山岩を石材とした石器の出土例が多い。黒曜石やガラス質安山岩は、基質がガラス質であり、鋭利な破断面を持つことからナイフ形石器、細石器、石鏃、石匙などの切削・刺突具として利用された。

黒曜石やガラス質安山岩は、おもに流紋岩～安山岩質マグマ由来の火山活動の中でも、急冷され基質が非晶質（ガラス質）になる場所で生成する。このため、チャートなどの堆積岩と比較すると産出地点が局所的である。また、これらは産出地点ごとのマグマの成分や火成活動の種類、時期の違いなどによって、色調、発泡、内部構造、包有物などに微妙な差異が観察できる。これらの差異は肉眼で判別可能な場合も多く、これまで「○○産黒曜石」として分類してきた。遺跡出土石器と現在の石材産地で採取された試料について「肉眼による表面、色調の観察」や「顕微鏡による微細構造の観察」などにより比較する産地推定の研究は古くから行われており、近年は蛍光X線分析等による成分分析をつかった産地推定について多数の先行研究（杉原ほか2009・2011・2014、川道ほか2018、東京航業2020）が行われている。

宮崎県埋蔵文化財センターでは、これらの石材について双眼実体顕微鏡による表面観察と透過光による内部構造、包有物の構成などを指標として分類を行ってきた。これまで当センターでも、黒曜石について、蛍光X線分析による成分分析を業者委託にて実施した遺跡があった。予算の関係もあり、多数の資料の中から数点を抽出的に分析したが、試料選定から分析データを全体資料へフィードバックする手法までは確立されていない。2020年春から整理作業を実施した遺跡において、従来の手法で石材同定を実施したところ、現在所有する比較試料では同定困難なケースが出てきた。その対策として新たに現地踏査して採集した同定用比較試料とその双眼実体顕微鏡写真、および蛍光X線分析結果のデータベースを制作した。また、実際に、このデータを活用して遺跡整理作業での石材産地の推定を試みたので結果を報告する。

2 黒曜石・ガラス質安山岩の肉眼同定

考古遺物における石材名「黒曜石」は、岩石学的な「黒曜岩」だけでなく「ガラス質（無斑晶）流紋岩」や「ガラス質溶結凝灰岩」など基質が非晶質もしくは微晶質でガラス光沢があり、鋭利な貝殻状の破断面を作る岩石についての総称である。

当センターにおけるこれまでの遺跡出土遺物の整理作業では、黒曜石類について所有する石材試料との比較検討により産地推定を行ってきた。その手法は、目視での破断面や風化面、付着土壌の色調観察とともに、双眼実体顕微鏡の透過光による晶子（クリスタライト）の種類、マグマに含まれる火山ガスの発泡による微細な気泡や晶子群のつくる流理構造、層状構造など内部の漸移的変化の観察を判定のマーカーとして検討している。透過光観察で判定の材料とするなる晶子とは微細な結晶の胚種であり、棒状（ベロナイト）、球状（グロビュライト）、毛状（トリカイト）、数珠状（マーガライト）があり、鉱物種の判別は難しい。岩石は、同一産地のものでも、産出場所によって様相変化が見られる。そのため、晶子・構造観察のためには同一産地の多様な試料を用意して比較検討する必要がある。遺跡内に多数の石器が出土した場合は、肉眼で大まかなグル

分けをした後、そのグループの産地推定のために顕微鏡観察等を実施し、複数のマーカーで検討して判定する。推定産地の原石採集環境の予想が可能であれば海岸・河床礫か、岩脈露頭かといった産出の状況、火碎流堆積物の風化土壌の色調などの情報があると有効である。また、透過光での晶子観察は、ガラス質溶結凝灰岩や無斑晶（微晶質）流紋岩、無斑晶（微晶質）安山岩などの透過性の悪い石材では応用が困難である。

3 蛍光X線分析

双眼実体顕微鏡の透過光による晶子観察では、複数の産地で類似する晶子や構造をもつことがあり判別が困難な場合がある。また、同一産地内でも場所により晶子形態が異なるものも出てくる。このため蛍光X線の成分分析による産地推定を行うことは有効である。蛍光X線分析については多くの先行研究がありデータも多いが、分析装置を所有していない当センターでは発掘調査で出土した1000点を超える黒曜石試料を全点分析することは事実上困難である。しかし、当センターは、宮崎県工業技術センターの蛍光X線分析装置の利用が可能である。肉眼観察で分類した石器群から試料を抽出して、標準試料のデータと比較することならば実現可能である。今回は、顕微鏡観察での分類結果を蛍光X線分析で補完し、クロスチェックを試みることとした。一般に赤色顔料などの蛍光X線分析では含有成分を質量%によって比較する。しかし、黒曜石の分析では、主成分がほとんど同一であり微量成分による比較が有効である。分析結果の解析法は多くの先行研究があるが、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）が一般的によく用いられている。また、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。

4 採集試料の観察と比較データ作成

（1）九州の主要産地の黒曜石・ガラス質安山岩の実体顕微鏡観察

今回は、九州内の主要な黒曜石、ガラス質安山岩の産地25地点を現地踏査し、試料採集を行った。このうち本稿では、黒曜石10エリア17地点、ガラス質安山岩2エリア3地点の採集試料について産出状況、顕微鏡撮影の画像と観察所見、および蛍光X線分析の結果を紹介する。顕微鏡写真のスケールは、すべて縦×横が約16×25mmである。

A. 黒曜石

0b ①：姫島産黒曜石

- ・主な産出地（図1）：大分県姫島村観音崎・北浦海岸
- ・産状：城山火山の火口縁に岩脈露頭（天然記念物）、北浦海岸に円磨された海岸礫として分布する。採集は北浦の海岸礫が容易である。



図1 姫島観音崎黒曜石産地

- ・透過光観察：乳白色透明なガラス質の基質が濁ってみえるほど微細な黒色球状晶子が多数散在する。北浦の試料では毛状晶子が全体に分布し縞状構造を呈するものが多い。姫島産の特徴として晶子よりも大粒で赤色のザクロ石の結晶（図2、3の円内）が含まれる。石鏸サイズの試料で表面や内部に1～2個確認できることが多い。
- ・色調、風化面：観音崎は暗灰色、北浦海岸は明灰色のものが多い。風化面は白色で気泡はほとんど見られない。



図2 姫島觀音崎黒曜石：透過性



図3 姫島觀音崎黒曜石：落射光

0b ②：桑木津留系黒曜石

・主な産出地（図4）：宮崎・熊本県境の大塚林道、宮崎・鹿児島県境の間根ヶ平林道など周辺に複数

・産状：宮崎・熊本県境では、林道の法面に肥薩火山岩類の火碎流堆積物が露出しており2～10cm程度の円礫（マレカナイト）として産出する。宮崎・鹿児島県境では、火碎流堆積物の二次堆積や崖錐堆積物が洗い出され、沢筋の転石として採集できる。



図4 桑木津留・上青木黒曜石産地

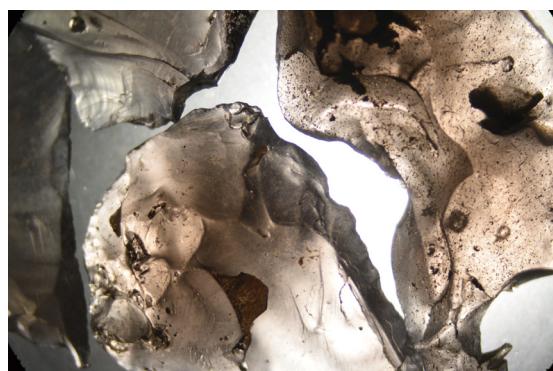


図5 桑木津留黒曜石：透過光



図6 桑木津留黒曜石：透過光

- 透過光観察：透過のよい薄茶色（飴色）のガラス基質（図5）が特徴で、晶子は全体に少ない。微細な気泡が多いと、透過が悪くなり白濁することがある（図8）。気泡内に白色鉱物が生成することがある。
- 色調、風化面：滑らかな黒色から茶色（図7）で、風化面は、白色で微細な梨地や、さざくれた海綿状（図6、8）になることがある。白濁部が縞状や流理構造を呈することもある。



図7 桑木津留黒曜石：落射光



図8 上青木黒曜石：透過光

0b ③：三船産黒曜石

- 主な産出地（図9）：鹿児島県鹿児島市三船海岸
- 産状：錦江湾西岸の三船海岸に海岸礫として多数採取できる。陸側の段丘崖にも転石が多く見られ、三船流紋岩からの供給とされている。

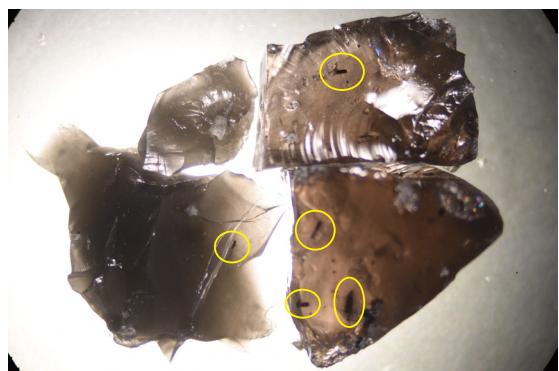


図10 三船黒曜石：透過光 + 落射光



図9 三船海岸黒曜石産地

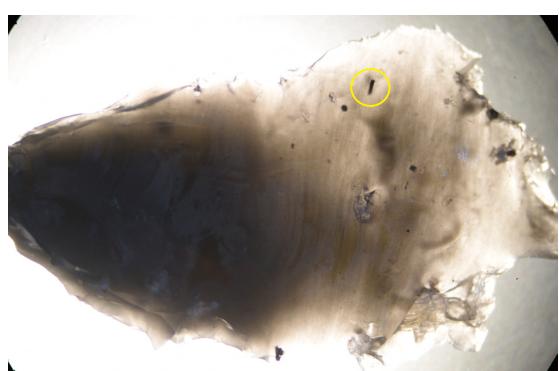


図11 三船黒曜石：透過光



図12 三船黒曜石：透過光

- ・透過光観察：基質が透明度の高い薄茶色であることは、桑木津留系黒曜石に類似している。基質だけでは2者の分離は難しい。三船産の特徴として細片になっても確認できる程度の割合で棒状晶子（図10～12の円内）が含まれている。毛状の微細流が縞状構造や不透明な部分（図11、12）を作ることがあるが、桑木津留のような気泡流はほとんど確認できない。
- ・色調、風化面：桑木津留よりも黒みの強いガラス塊であり、表面に1mm程度の透明や白色の斑晶鉱物が散在する。海岸では、円磨された5～10cm程度の礫として採集できる。風化面は、平滑であるものが多く、水和層が白色で薄い。

0b ④：腰岳産黒曜石

- ・主な産出地（地図13）：佐賀県伊万里市・有田町境界、腰岳標高400m付近



図14 腰岳黒曜石：透過性

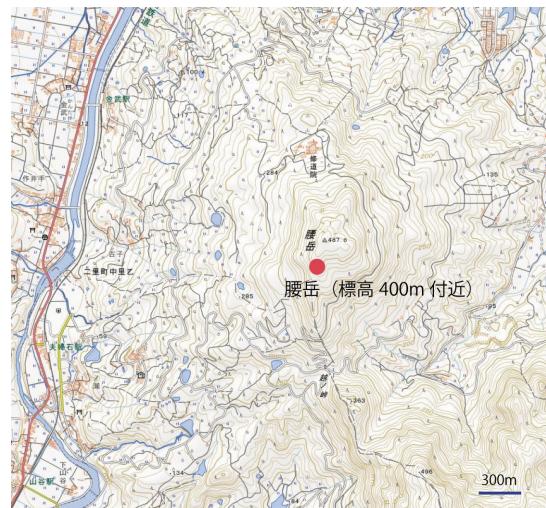


図13 腰岳黒曜石产地

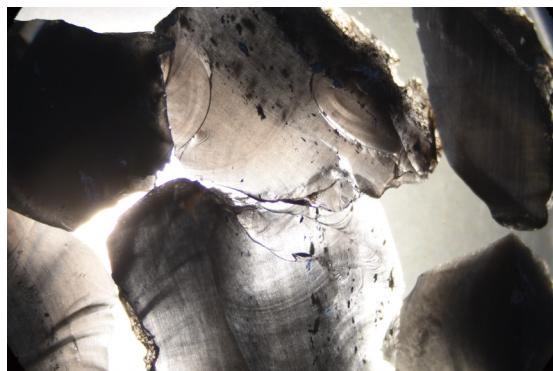


図15 腰岳黒曜石：透過光



図16 腰岳黒曜石：透過光

- ・産状：腰岳の標高400m付近に北松浦玄武岩と有田流紋岩の接触部があり黒曜岩の岩脈が生成している、山麓一帯にも多数の転石が分布する。
- ・透過光観察：透明度の高い薄墨色から暗灰色の基質に特徴的な毛状晶子がグラデーションのある筋雲の様相で観察できる（図14～16）。微粒状の球状晶子は不均質な帶状に見られるものが多い（図15、16）。棒状晶子はほとんど観察できない。
- ・色調、風化面：均質緻密で漆黒から暗灰色であり、晶子の分布状態により流理構造の縞模様がみられる。表面は滑らかで、発泡による気泡や大形の斑晶鉱物はほとんどないものが多い。露頭からの産出であり風化による水和層は薄く、艶消しガラス状になるものもある。崖錐堆積物として産出する場合は、風化土壤のオレンジ色が風化面の凹凸に充填している。

0b ⑤：日東・五女木系黒曜石

- ・主な産地（図 17、18）：鹿児島県伊佐市大口日東・五女木など周辺に複数分布
- ・産状：鹿児島県伊佐市から宮崎県えびの市にかけて広域に分布する肥薩火山岩類の火碎流堆積物に礫として含まれる。礫のサイズは直径数cmから数十cm程度まで様々であり、二次堆積や崖錐堆積物として丘陵に転石として多数散在している。研究者により大口系や伊佐系とも呼ばれる。



図 17 日東黒曜石産地



図 18 五女木黒曜石産地

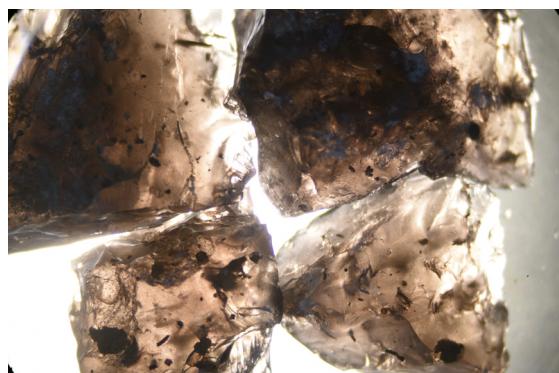


図 19 日東黒曜石：透過光

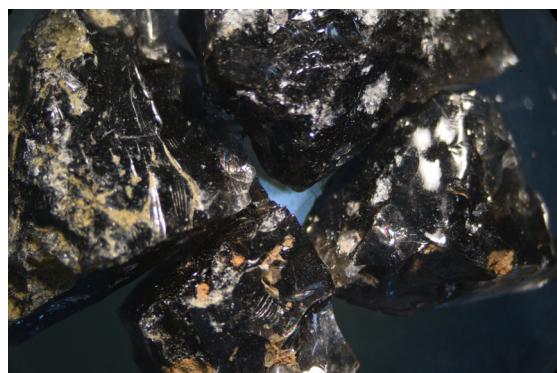


図 20 日東黒曜石：落射光

・透過光観察：発泡による気泡を多く含み、直径 1 mm以下の空隙も多数見られる。透明度の高い薄茶色の基質に、明瞭な棒状と不定形の球状（粒状）晶子が多数散在する（図 19）。細片では、桑木津留産や三船産との判別は困難である。同一母岩と思われる石器をグループとして観察する必要がある。毛状晶子は濃淡が強く腰岳産のようなグラデーションはあまり見られず、多い箇所では不透明となり、縞状（図 21）や雲状の模様を呈する。

・色調、風化面：破断面は黒色のガラス光沢があり、直径 1 mm程度の白色雪片状の斑晶鉱物（スノーフレーク）が点在する。礫表面は発泡による空隙が多数あり、オレンジ色の火碎流堆積物の風化物が充填されている（図 20）。これは固化しており、簡単な水洗では除去できない。

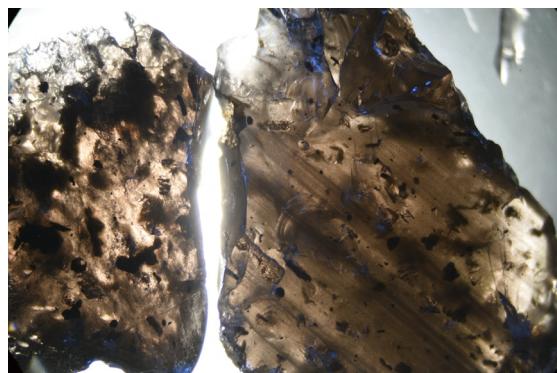


図 21 五女木黒曜石：透過光

0b ⑥ : 嬉野産黒曜石

- ・主な産地（図22）：佐賀県嬉野市岩屋川内椎葉川河床
 - ・産状：椎葉川中流の椎葉川流紋岩に黒曜岩の岩脈があり、下流に多量の亜角礫が点在する。河床礫の円磨度は低く、供給露頭から礫の分布地点まで近距離であることを示している。
 - ・透過光観察：透明度の低い濁った薄茶色の基質に縞状、雲状の毛状晶子が濃淡をもって分布する（図23）。塵状の球状（粒状）晶子がわずかに認められるが、棒状晶子はほとんど確認できない。
 - ・色調、風化面：表面は滑らかな漆黒で、破断面に発泡や白色鉱物は少ない。風化面の水和層は白色の薄皮である。毛状晶子の分布により、流理構造や縞状構造を呈するものがある。

0b ⑦：小国系黑曜石

- ・主な産地（図 24、26）：大分県日田市大山町松原ダム西岸、熊本県小国町上滴水川付近など
 - ・産状：大分県日田市の松原ダム（梅林湖）西方では、高倉山を源流とする沢に直径数cmから数十cmの転石の河床礫として散在する。松原ダムから約 6.3 km 南南東に位置する熊本県小国町の山甲川流域の上滴水付近でも同様の転石の河床礫として産出する。これらは万年山溶岩を構成する山甲川流紋岩の火碎流と溶岩流の境界付近にはさまれる黒曜石産出層を起源としており、崖錐堆積物などの二次堆積物が河川に流出して礫が供給されているようである。日田市大山町から小国町にかけての複数の地点での产出が知られており、西小国黒曜石と一括されることもある。
 - ・透過光観察：日田市松原ダムの試料では、透明度が高い薄茶色のガラス基質に粒状と毛状の晶子がみられるものや毛状晶子の密度が高く縞模様を呈するものなどが見られる（図 25）。この組み合わせ



図 22 嬉野黒曜石产地



図 23 嬉野黒曜石：透過光



図 25 日田松原ダム黒曜石：透過光 + 落射光



図 24 日田松原ダム黒曜石产地

は三船産黒曜石に類似するが三船産に見られる棒状晶子はほとんど観察できない。小国町上滴水山甲川の試料では透明度が高い薄茶色のガラス基質に粒状と毛状の晶子がみられ、発泡した空隙も見られる(図27)。この様相は日東・五女木産に類似する。

・色調、風化面：前述のように透過光で三船産や日東・五女木産に似た特徴を見せるが、表面の1mm程度の透明や白色の斑晶鉱物が表面に散在し、水和層が薄く、発泡の空隙に赤褐色の風化粘土が充填される様相なども日東・五女木産に類似する。これらの産地推定は目視や顕微鏡観察だけでは、困難であり、蛍光X線の成分分析に基づいたクロスチェックを併用したい。

0b ⑧：針尾島系黒曜石

・主な産地(図28、29)：佐世保地域には多数の産地が知られている(川道ほか2018)。これらは、原石産出地と集積地に分かれるようである。地質的観点から原石産出地の可能性があるのは針尾島牛ノ岳山麓部、針尾中町旧日本軍送信所周辺と考えられる。

・産状：牛ノ岳山麓では火碎流中の亜角礫、針尾中町送信所付近では、台地上の火碎流堆積物もしくは、その崖錐堆積物等の二次堆積層の風化土壤中に10～20cm程度の円礫として多数産出する。松岳流紋岩の火碎流や別当段丘礫層に由来するとの研究もある。淀姫海岸、古里海岸などの海岸部に産出する原石も、これに相当するようであるが、産出地点が広域であり、先行研究でも成分分析で複数のグループが確認できるようである。また、現地踏査した範囲では海岸部で採取できる原石や剥片には加工痕のあるものも多く、腰岳産黒曜石や多久産ガラス質安山岩と思われるものも散見できる。このことから、海岸部の黒曜石集積地遺跡として交易や人為的持ち込みも多数あった地点と思われる。

・透過光観察：全体的に光を透過しにくい。薄片部分で透過光観察しても明瞭な晶子はほとんど観察できず、大量の微細粒で濁ったガラス質基質に筋状、雲状の流理構造がみられる(図30、32)。

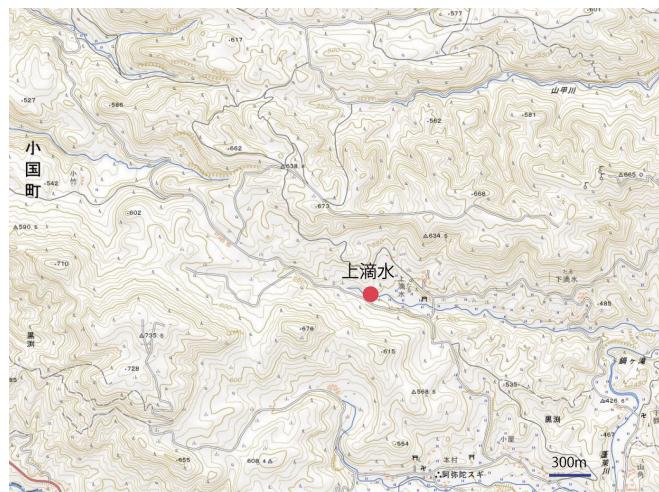


図26 小国上滴水黒曜石产地

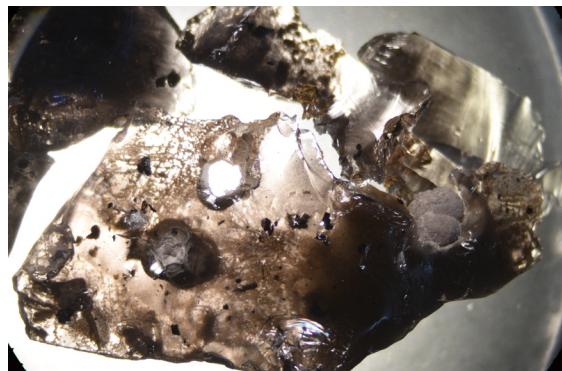


図27 小国上滴水黒曜石：透過光



図28 針尾中町黒曜石产地

- ・色調、風化面：特徴的な暗青灰色から暗灰色（図 31、33）をしており、均質なガラス質で破断面に気泡や結晶鉱物はほとんど見られない。礫面はつや消し状の水和層に覆われた梨地を呈している。
- ・礫表面には爪状のくぼみが多数みられ赤褐色の風化土壌が充填している（図 33）。



図 29 針尾牛ノ岳黒曜石産地



図 30 針尾牛ノ岳黒曜石：透過光



図 31 針尾牛ノ岳黒曜石：落射光



図 32 針尾中町黒曜石：透過光



図 33 針尾中町黒曜石：落射光

0b ⑨：上牛鼻系黒曜石

- ・主な産地（図 34）：鹿児島県薩摩川内市上牛鼻、いちき串木野市平木場
- ・産状：上牛鼻は採集できる黒曜石が大型で円磨されていないことから、尾木場流紋岩か市来酸性岩類に由来する岩脈が存在する可能性がある。平木場は長径 10cm 程度の扁平な円礫として火碎流堆積物中から産出する。いずれもガラス質溶結凝灰岩と考えられる。

- ・透過光観察：薄片においてもほとんど光を透過しない。
- ・色調、風化面：漆黒で破断面は強い光沢のあるガラス質石基である。わずかに直径1mm以下の白色雪片状の斑晶鉱物（スノーフレーク）が見られる。風化面は、梨地つや消しの水和層で覆われ、流理構造（ユータキシティック構造）や発泡による空隙に赤褐色の風化土壌が充填している（図35）。

0b ⑩：阿蘇系黒曜石

- ・主な産地：熊本県産山村杖木原、一宮町象ヶ鼻・滝室坂、宮崎県五ヶ瀬町鞍岡など複数
- ・産状：九州中央部を広く覆う阿蘇火碎流堆積物中に産出地点が散在する。阿蘇火山は4回の大規模噴火を起こしておりそのいずれにも火碎流堆積物残している。これらの中に部分的にガラス質溶結凝灰岩が形成している。象ヶ鼻では溶結凝灰岩下部の岩脈、産山村杖木原では、溶結凝灰岩中の大型の本質レンズとして産出する。
- ・透過光観察：薄片でも、ほとんど光を透過しない。
- ・色調、風化面：漆黒で石炭のようなつや消しの弱いガラス光沢を持つ。1mm以下の透明な石英や白色長柱状の長石の斑晶が表面に散在し、流理構造（ユータキシティック構造）を示す部分（図36）もある。細かく破碎することが多い。

0b ⑪：その他の黒曜石産地

今回の調査では、長崎県川棚町大崎半島・西海市、鹿児島県垂水市小浜などでも採集を実施した。これらについても、顕微鏡画像と蛍光X線分析をおこないデータを収集している。



図34 上牛鼻・平木場黒曜石産地



図35 上牛鼻黒曜石：落射光 + 透過光



図36 産山杖木原黒曜石：透過光 + 落射光

このほかにも鹿児島県大根占長谷・伊佐菱刈・指宿、熊本県球磨白浜、長崎県壱岐・五島などに黒曜石産地が知られており、先行研究がある（杉原ほか2014、川道ほか2018、東京航業2020）。今後、これらの地域を現地踏査し、採集した試料のデータを宮崎県のデータベースに蓄積していきたい。

B. ガラス質安山岩

当センターで石材名として使用している「ガラス質安山岩」は、岩石学的な名称ではなく一般に讃岐石（サヌカイト）と呼ばれる、黒色でガラス光沢が弱く、わずかな粒状製が見られる微晶質安山岩～デイサイト～流紋岩と考えられるものを総称している。玻璃質安山岩、サヌカイト類（サヌキトイド）、無斑晶安山岩（流紋岩）などと同義である。宮崎県内の遺跡でもガラス質安山岩の石器の出土例は多い。今回は、九州内のガラス質安山岩産地のうち、代表的な姫島と多久について調査とデータ収集を実施した。

G-An ①：姫島産ガラス質安山岩

- ・主な産出地（図37）：大分県姫島村達磨山火山、ス鼻海岸、稻積火山、稻積・両瀬海岸



図37 姫島達磨山・稻積ガラス質安山岩産地

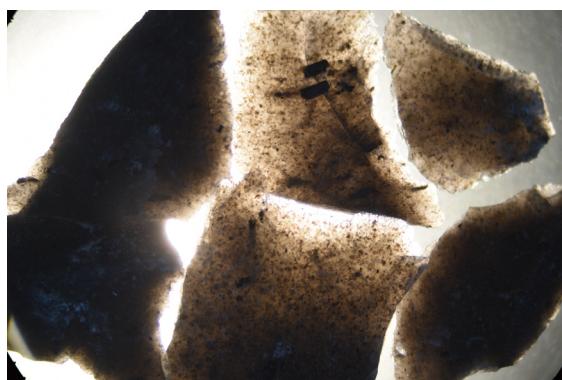


図38 姫島達磨山ガラス質安山岩：透過光



図39 姫島達磨山ガラス質安山岩：落射光



図 40 姫島達磨山ガラス質安山岩：透過光 + 落射光



図 41 姫島達磨山ガラス質安山岩：落射光

- ・産状：姫島西端の達磨山火山の溶岩流とその南端のス鼻海岸、島東端の稻積火山の溶岩流と隣接する稻積・両瀬海岸して分布しており、崩落して海岸礫や崖錐堆積物となり周辺で採集できる。岩石学的な成分は、流紋岩に分類され、厳密にはガラス質流紋岩と呼称すべきである。
- ・透過光観察：ほとんど光を透過しない。薄片においてわずかに透過する部分を観察するとガラス質基質は多数の微細粒晶子によってこんにゃくの表面のような様相に濁っており（図 38、40）、1～3mm程度の黒色柱状の斑晶鉱物（図 39）が成長している。
- ・色調、風化面：暗灰色から灰色で破断面は、姫島観音崎や北浦の黒曜石に類似するガラス光沢を見せる（図 41）。風化面は白色で水和層は薄くガラス成分が溶脱して微細な海綿状を呈する。長さ1～3mm程度の黒色柱状鉱物が浮き出しており、縞状の流理構造を見せる部分もある。

G-An ②：多久産ガラス質安山岩

- ・主な産地（図 42）：佐賀県多久市鬼ノ鼻山山麓部から天ヶ瀬ダム西方稜線上
- ・産状：鬼ノ鼻山から北方の多久市街方向の山麓部に安山岩が分布する。この一部がガラス質になっている。鬼ノ鼻山頂上直下の安山岩は斑晶のある安山岩であるが、8合目あたりの転石には節理割れのあるガラス質のものが出現する。採集が容易なのは天ヶ瀬ダム西方の山麓北斜面であり、崖錐堆積物中に表面が風化して、角が鈍化した角礫が点在している。
- ・透過光観察：薄片でも、ほぼ光を透過しない。
- ・色調、風化面：破断面は、黒色で鈍いつや消しのガラス光沢を呈し、大粒の斑晶鉱物はほとんど見られない。微晶質の基質は、ざらついた粒子感があり、瀬戸内地区のサヌカイトに類似する。風化面は特徴的で、明黄白色の薄い水和層は溶脱して多数の空隙を作っている（図 43）。姫島産ガラス質安山岩と比較して明瞭に相違が



図 42 多久ガラス質安山岩産地



図 43 多久ガラス質安山岩：落射光

確認できる。

（2）蛍光X線分析の結果

今回は、現地で採取した試料のうち顕微鏡観察や画像撮影を実施したものについて蛍光X線分折を実施し、今後の検討のための比較試料を作成した。蛍光X線分析のデータ処理に当たって複数の分析法を検討したが、もっとも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

		K	Mn	Fe	Rb	Sr	Y	Zr	Sr 分率	LogFe/K	Rb 分率	Mn*100/Fe
Ob ①	姫島	109.18	20.35	244.52	4.51	2.37	1.17	3.43	20.64	0.35	39.29	8.32
Ob ①	姫島観音崎登山口 1	89.82	17.84	187.03	3.13	4.20	0.94	5.45	30.61	0.32	22.81	9.54
Ob ①	姫島観音崎登山口 2	96.63	17.23	197.47	4.56	3.94	0.00	4.75	29.74	0.31	34.42	8.73
Ob ①	姫島観音崎千人堂 1	121.15	24.37	239.55	4.31	4.54	1.21	4.96	30.23	0.30	28.70	10.17
Ob ①	姫島観音崎千人堂 2	96.56	16.45	198.75	4.33	2.66	0.56	3.49	24.09	0.31	39.22	8.28
Ob ②	桑木津留 1	82.41	8.26	135.86	8.17	2.24	1.58	5.20	13.03	0.22	47.53	6.08
Ob ②	桑木津留 2	108.42	9.65	164.92	8.65	2.86	2.29	7.73	13.28	0.18	40.18	5.85
Ob ②	桑木津留 3	151.85	13.31	217.36	12.81	4.71	3.26	9.40	15.61	0.16	42.45	6.12
Ob ②	桑木津留 4	125.59	12.65	189.93	9.60	4.05	2.33	11.00	15.01	0.18	35.58	6.66
Ob ②	上青木 1	132.58	12.44	201.63	10.39	3.84	2.65	9.61	14.50	0.18	39.22	6.17
Ob ②	上青木 2	141.24	11.56	191.46	9.91	3.69	2.80	8.95	14.56	0.13	39.09	6.04
Ob ③	三船 1	97.00	12.31	225.41	6.62	5.34	1.78	9.40	23.08	0.37	28.61	5.46
Ob ③	三船 2	89.73	11.80	215.22	6.20	5.25	1.50	8.49	24.49	0.38	28.92	5.48
Ob ③	三船 3	88.58	10.64	196.83	6.48	5.68	0.38	7.39	28.50	0.35	32.51	5.41
Ob ③	三船 4	102.89	15.29	243.47	8.69	7.29	1.27	9.04	27.73	0.37	33.05	6.28
Ob ④	腰岳 1	118.64	8.46	205.01	9.39	1.87	1.88	5.69	9.93	0.24	49.87	4.13
Ob ④	腰岳 2	123.63	8.23	216.25	11.11	2.50	2.09	6.08	11.48	0.24	51.01	3.81
Ob ④	腰岳 3	133.98	8.70	244.24	10.71	2.23	3.03	8.14	9.25	0.26	44.42	3.56
Ob ④	腰岳 4	121.44	7.31	201.36	11.83	2.16	0.98	7.05	9.81	0.22	53.72	3.63
Ob ④	腰岳 5	132.23	9.90	237.52	11.08	2.59	1.21	8.16	11.24	0.25	48.09	4.17
Ob ⑤	日東 1	160.29	5.82	234.82	12.83	5.09	2.71	12.80	15.23	0.17	38.38	2.48
Ob ⑤	日東 2	152.56	5.48	259.80	16.19	5.91	2.06	15.05	15.07	0.23	41.29	2.11
Ob ⑤	五女木 1	159.48	5.61	253.52	11.38	5.09	2.73	10.42	17.18	0.20	38.42	2.21
Ob ⑤	五女木 2	158.81	5.67	237.34	11.90	5.40	1.84	13.20	16.70	0.17	36.80	2.39
Ob ⑤	五女木 3	163.21	6.10	304.31	7.34	3.70	1.65	9.12	16.96	0.27	33.65	2.00
Ob ⑤	五女木 4	161.62	5.98	255.54	12.46	3.95	1.73	11.98	13.11	0.20	41.37	2.34
Ob ⑥	嬉野 1	120.52	9.59	207.12	8.84	14.98	0.11	7.79	47.23	0.24	27.87	4.63
Ob ⑥	嬉野 2	119.93	11.95	242.66	8.50	9.10	0.77	6.57	36.49	0.31	34.08	4.92
Ob ⑦	小国・北河内 1	152.37	15.44	252.67	9.06	7.36	3.24	11.70	23.47	0.22	28.89	6.11
Ob ⑦	小国・北河内 2	102.94	11.96	195.82	7.91	4.14	1.74	8.92	18.23	0.28	34.83	6.11
Ob ⑦	小国上滴水 1	122.12	13.04	233.40	7.88	6.11	2.19	9.39	23.90	0.28	30.82	5.59
Ob ⑦	小国上滴水 2	77.07	8.82	145.64	5.83	4.77	0.86	8.52	23.87	0.28	29.18	6.06
Ob ⑦	小国上滴水 3	128.34	13.98	219.70	7.03	5.19	1.93	9.23	22.20	0.23	30.07	6.36
Ob ⑦	小国・松原ダム A	110.54	11.33	197.68	6.07	5.29	1.84	8.66	24.20	0.25	27.77	5.73
Ob ⑦	小国・松原ダム A2	131.32	14.69	239.04	7.23	7.30	1.84	9.47	28.25	0.26	27.98	6.15
Ob ⑦	小国・松原ダム B	123.36	14.45	229.98	7.00	8.92	2.21	9.96	31.76	0.27	24.92	6.28
Ob ⑧	淀姫 1	113.43	8.58	286.61	6.22	5.33	1.84	10.60	22.22	0.40	25.93	2.99
Ob ⑧	淀姫 2	116.17	10.21	311.11	8.82	4.32	1.15	11.45	16.78	0.43	34.27	3.28
Ob ⑧	針尾古里	133.44	10.78	358.32	7.90	5.57	0.58	13.84	19.97	0.43	28.33	3.01
Ob ⑧	針尾島牛ノ岳	90.82	7.06	256.81	5.90	4.79	1.31	9.84	21.93	0.45	27.01	2.75
Ob ⑧	針尾中町送信所 1	130.21	10.46	288.85	10.90	4.77	1.45	11.67	16.57	0.35	37.86	3.62
Ob ⑧	針尾中町送信所 2	128.60	9.25	281.01	7.61	5.64	1.08	8.63	24.56	0.34	33.14	3.29
Ob ⑨	上牛鼻 1	64.35	13.40	766.51	2.41	15.00	1.65	12.45	47.60	1.08	7.65	1.75
Ob ⑨	上牛鼻 2	83.66	14.73	820.94	3.54	17.66	1.90	15.82	45.38	0.99	9.10	1.79
Ob ⑨	上牛鼻 3	85.18	15.36	825.00	4.93	17.34	2.24	12.15	47.30	0.99	13.45	1.86
Ob ⑨	上牛鼻 4	64.80	12.96	636.73	3.37	15.07	1.86	14.44	43.38	0.99	9.70	2.04
Ob ⑨	平木場	85.02	16.82	896.72	5.18	19.77	1.43	16.40	46.21	1.02	12.11	1.88
Ob ⑩	産山村木原	112.83	25.79	1150.60	5.06	20.17	1.41	15.03	48.40	1.01	12.14	2.24
Ob ⑪	西海	77.65	21.16	294.52	5.18	9.99	1.05	6.35	44.26	0.58	22.95	7.18
Ob ⑪	大崎半島東	119.48	5.49	205.77	9.61	2.42	0.66	9.13	11.09	0.24	44.04	2.67
Ob ⑪	小浜	125.14	8.85	312.88	10.99	4.82	2.17	11.25	16.49	0.40	37.60	2.83
G-An ①	姫島ガラス質安山岩	80.68	16.69	183.55	3.59	13.12	0.03	4.22	62.60	0.36	17.13	9.09
G-An ①	姫島達磨山ス鼻海岸 1	79.34	19.74	356.76	4.82	24.25	0.50	8.44	63.80	0.65	12.68	5.53
G-An ①	姫島達磨山ス鼻海岸 2	89.56	17.56	214.37	3.38	26.67	1.62	8.60	66.23	0.38	8.39	8.19
G-An ①	姫島達磨山火口縁	63.32	10.84	139.96	1.21	28.24	0.69	8.40	73.27	0.34	3.14	7.75
G-An ①	姫島稲積 1	81.15	15.76	160.64	2.91	16.41	1.70	8.62	55.36	0.30	9.82	9.81
G-An ①	姫島稲積 2	61.25	13.68	167.55	3.29	12.44	2.00	5.22	54.20	0.44	14.34	8.16
G-An ①	姫島稲積 3	81.49	15.96	157.55	3.06	11.82	0.95	6.96	51.86	0.29	13.43	10.13
G-An ②	多久ガラス質安山岩 1	115.24	16.62	968.17	7.36	9.30	0.95	10.12	33.54	0.92	26.54	1.72
G-An ②	多久ガラス質安山岩 2	93.34	6.80	587.47	7.14	7.45	0.90	8.28	31.34	0.80	30.04	1.16
G-An ②	多久天ヶ瀬	110.63	11.00	783.38	7.19	9.44	1.43	10.24	33.36	0.85	25.41	1.40
G-An ②	多久鬼ノ鼻山	126.29	3.60	397.12	9.56	8.40	1.07	9.48	29.46	0.50	33.53	0.91
G-An ②	多久天ヶ瀬風化面	85.60	5.93	666.17	7.54	10.94	0.67	10.81	36.52	0.89	25.17	0.89

表1 黒曜石とガラス質安山岩の蛍光X線分析結果と望月ダイアグラムのパラメーター

数値はX線強度 (cps/mA)

月ダイアグラム）を利用することとした。蛍光X線分析は、分析機器による影響や試料の形状、風化程度などに影響されることが知られている。望月ダイアグラムでは、違う分析機器のデータでも相対的に類似する結果が得られることが知られているため、複数の研究者がこの手法を採用している。今回の分析は、宮崎県埋蔵文化財センターでの初めての試みであり、今後も先行研究との比較とデータの蓄積が必要である。

分析試料:黒曜石は、姫島 5 点、桑木津留・上青木 6 点、三船 4 点、腰岳 5 点、日東・五女木 6 点、嬉野 2 点、小国系 8 点、針生島系 6 点、上牛鼻系 5 点、産山 1 点、西海 1 点、大崎 1 点、小浜 1 点の計 51 点、ガラス質安山岩（流紋岩）は、姫島 7 点、多久 5 点の計 12 点、総数 63 点を分析した。これらはほとんど今回採集した試料であるが、一部に産地明示で受領した試料も含まれる。

測定方法：測定機器は宮崎県工業技術センターの HORIBA の X 線分析顕微鏡 XGT-7200 である。本装置は、直接試料台に載せて非破壊で分析を行うことが可能である。X 線の測定条件は XGT 径 $100 \mu \text{m}$ (0.1 mm)、X 線管電圧 50kV、電流 1000mA、プローブ内真空、収集時間 100 秒である。主要成分の K、Mn、Fe および微量成分 Rb、Sr、Y、Zr については選択的に測定した (表 1)。

分析結果：分析結果を表1に示す。数値はX線強度 (cps/mA) である。測定した元素のうち、K、Mn、Fe、Rb、Sr、Y、Zrの7元素のX線強度から望月の手法を用いて、下記①～④のパラメーターを算出した。

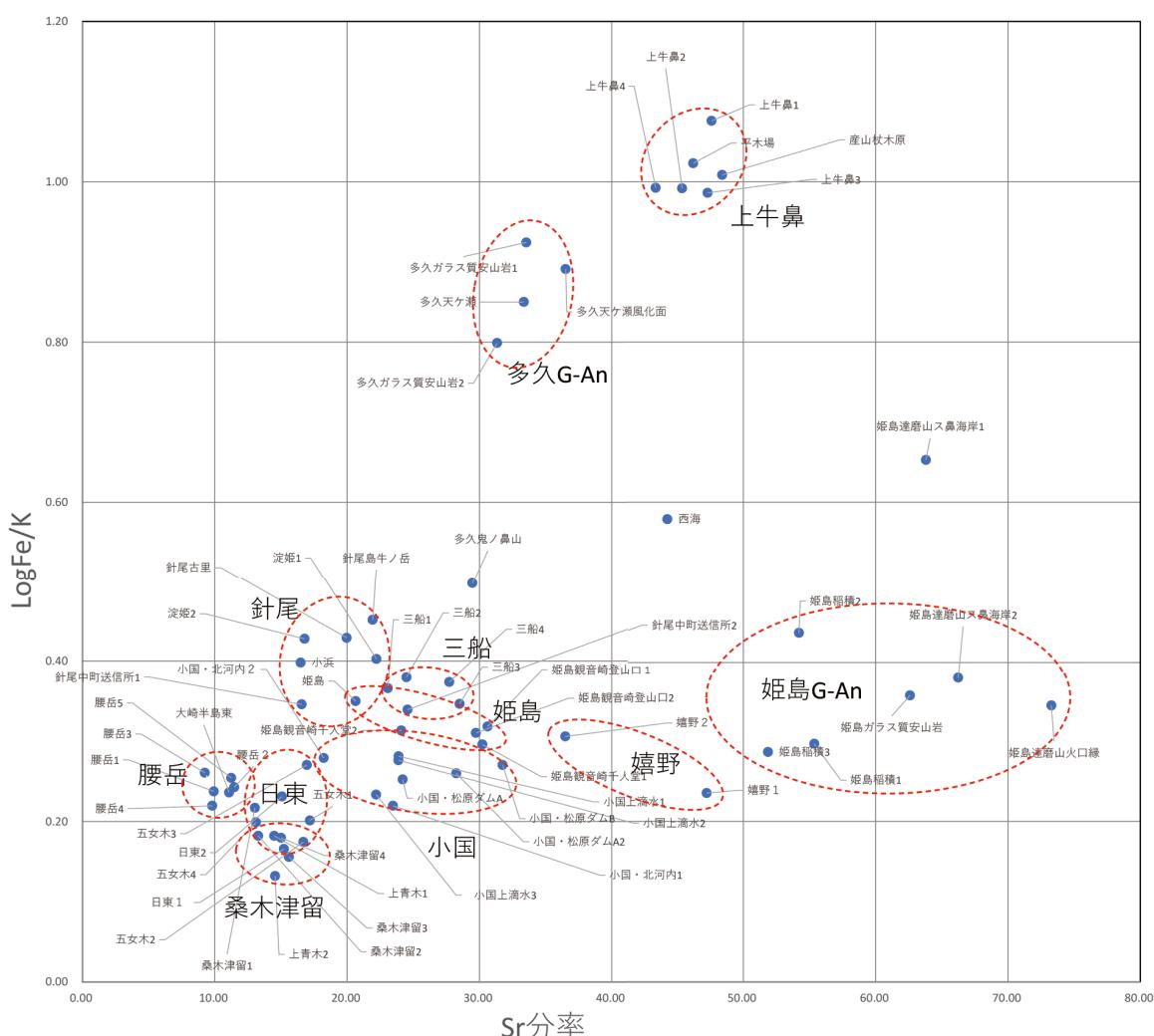


図 44 墨曜石とガラス質安山岩の標準試料による Sr 分率図

- ① Sr 分率 = $(\text{Sr 強度} \times 100) \div (\text{Rb 強度} + \text{Sr 強度} + \text{Y 強度} + \text{Zr 強度})$
 - ② $\text{Log}(\text{Fe 強度} \div \text{K 強度})$
 - ③ Rb 分率 = $(\text{Rb 強度} \times 100) \div (\text{Rb 強度} + \text{Sr 強度} + \text{Y 強度} + \text{Zr 強度})$
 - ④ $(\text{Mn 強度} \times 100) \div \text{Fe 強度}$

望月ダイアグラムのうち①・②を使用したものを Sr 分率図、③・④を使用したものを Rb 分率図と呼称する。今回の分析で得られた 63 点のデータで作成した Sr 分率図を図 44・Rb 分率図を図 45 に示す。

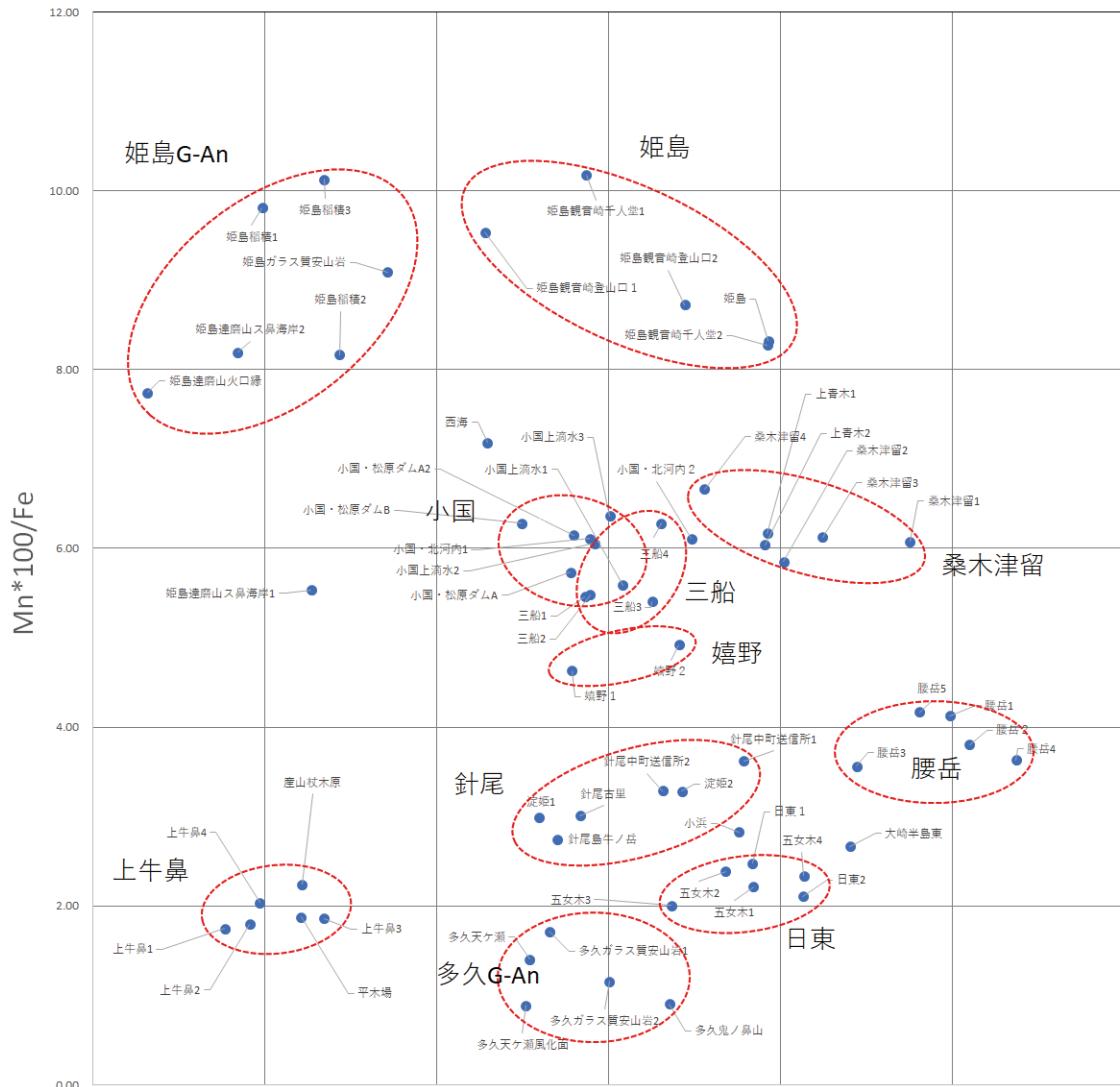


図 45 黒曜石とガラス質安山岩の標準試料による Rb 分率図

Sr 分率図（図 44）ではダイアグラムの左下 4 分の 1、Rb 分率図（図 45）では右下 4 分の 1 に多くの黒曜石産地が集まり、姫島、多久産のガラス質安山岩やガラス質溶結凝灰岩と考える上牛鼻黒曜石などが、黒曜石産地群を取り巻くように分布している。多くの先行研究では、黒曜石とガラス質安山岩を同一のダイアグラム上に表現することはあまりなく、黒曜石だけの場合 Sr 分率図で左下、Rb 分率図で右下の 4 分の 1 が拡大して表現されるため、各群はより分離される。今回作成した比較試料のダイアグラムは、Sr 分率図（図 44）において重複が見られる産地データも Rb 分率図（図 45）において比較的よく分離しており、三船産と小国産の判定以外では遺物出土石器の分析データをダイアグラムにプロットして産地推定に活用することができそうである。

5 肉眼同定と蛍光X線分析の併用による活用例

(1) 小迫遺跡での応用例

都城市に所在する小迫（こざこ）遺跡は、都城志布志道路建設に伴い、2018年から2019年にかけて発掘調査を実施、2021年に報告書を刊行した遺跡である。この整理作業過程で黒曜石の同定に係わり、おもに、双眼実体顕微鏡の透過光による内部の包有物（晶子）や微細な流理構造、発泡による気泡空隙などについて、比較試料との検討により分類した。黒曜石は1339点出土しており出土層準はⅢ・Ⅳ層、Ⅸ層、Ⅺ層の3層準であった。分類を進めると桑木津留産と三船産と思われる黒曜石が主体を占めることがわかった。2つの産地の黒曜石は透過光でどちらも、透明度の高い薄茶色のガラス質の基質をもち、細片になると判別が難しい。実際に鹿児島県の三船海岸と宮崎県えびの市と鹿児島県伊佐市にまたがる桑木津留・上青木地区産の黒曜石を多数採集して比較したところ、三船海岸の黒曜石では細片になっても多くの試料で棒状の晶子を確認することができた。肉眼的にこれに類似するのは同じく鹿児島県伊佐市の日東・五女木地区産の黒曜石であるが、これらには顆粒状の晶子を伴うことが多いことで除外した。また、近隣に腰岳産の黒曜石を多産する遺跡も存在するため腰岳産の混入についても注意を払う必要があった。

透過光による晶子観察では、縄文時代後期のⅢ・Ⅳ層の939点のうち三船産807点、桑木津留産65点、縄文時代早期のⅨ～Ⅺ層の400点のうち三船産34点、桑木津留産341点と判定した。2つの産地の黒曜石の出土数が時代によって逆転する現象は時期による流通経路の変遷を知る手がかりとなり興味深い。しかしながら、晶子判定だけで類似する2つの産地を分類することには若干の不安があり、晶子判定の確度推定のために蛍光X線成分分析を実施しクロスチェックすることとした。しかしながら1300点全点について蛍光X線分析を実施することは物理的に不可能

肉眼判定	分析試料名	K	Mn	Fe	Rb	Sr	Y	Zr	Sr分率	LogFe/K	Rb分率	Mn*100/Fe
桑木津留	小迫C7 Ⅲ・Ⅳ 700	122.84	11.61	181.88	10.00	2.97	1.83	9.54	12.20	0.17	41.08	6.38
桑木津留	小迫C6 ⅩI 3741	118.64	10.60	171.62	8.79	2.79	2.45	7.87	12.74	0.16	40.14	6.18
桑木津留	小迫D6 ⅩI 3266	129.23	10.89	175.32	9.57	2.69	2.92	6.80	12.24	0.13	43.54	6.21
三船	小迫E4 Ⅲ・Ⅳ 1429-1	63.87	8.22	159.83	6.07	4.36	1.00	7.78	22.70	0.40	31.60	5.14
三船	小迫D4 Ⅲ・Ⅳ 1334	87.38	12.64	202.53	6.87	6.74	1.41	9.07	27.98	0.37	28.52	6.24
三船	小迫D4 Ⅲ・Ⅳ 1361	102.13	13.93	212.04	7.81	7.35	2.87	12.17	24.34	0.32	25.86	6.57
三船	小迫C6 ⅩI 3567	92.94	10.73	198.60	5.68	5.30	1.23	9.65	24.25	0.33	25.98	5.40

表2 小迫遺跡の黒曜石の蛍光X線分析結果と望月ダイアグラムのパラメーター

数値はX線強度 (cps/mA)

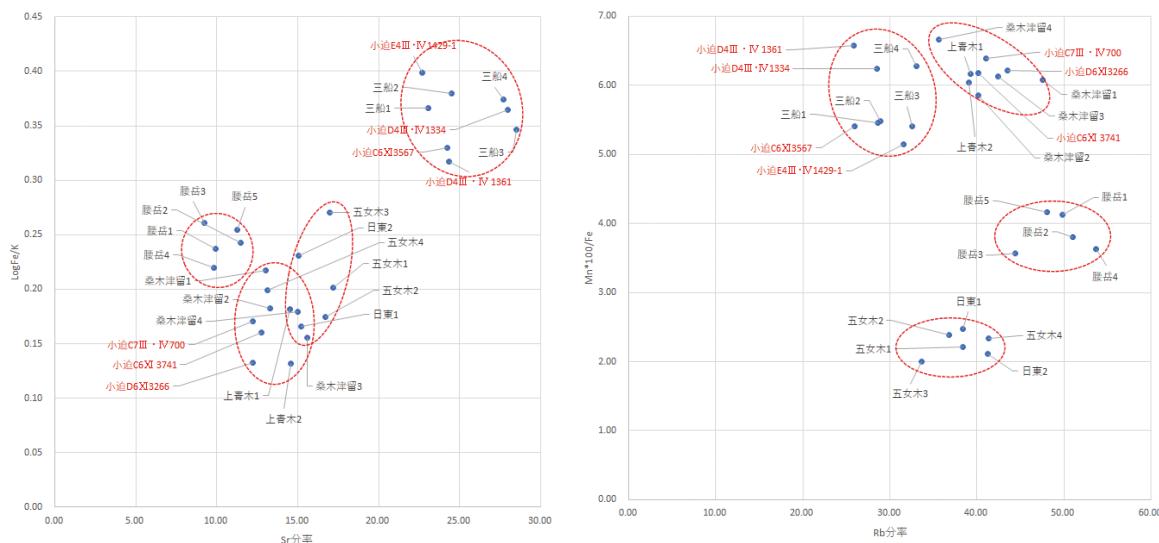


図46 小迫遺跡の黒曜石分類のためのSr・Rb分率図

であり、サンプリングチェック的な分析を実施した。

今回は、小迫遺跡の縄文時代後期のⅢ・Ⅳ層と早期のⅪ層から桑木津留産、三船産と判定したものをそれぞれ数点(表2)抽出して蛍光X線分析を実施し、比較試料による判定を実施した。データは、K、Mn、Feと微量成分Rb、Sr、Y、ZrについてX線強度(cps/mA)を測定し、望月ダイアグラムにプロットして検討した(図46)。Sr分率図では、桑木津留・上青木系と日東・五女木系がオーバーラップする部分があるが、Rb分率図では、両系統は明瞭に分離した。また、いずれの分率図でも腰岳系は他の黒曜石とは異なるプロットとなった。小迫遺跡の6試料については、Ⅲ・Ⅳ層、Ⅺ層いずれの層準の黒曜石でも、透過光での晶子観察によって分類した結果と、蛍光X線分析による結果が一致していた。このことから、肉眼同定の確度は、一定程度担保できそうである。

(2) 保木島遺跡での応用例

都城市に所在する保木島(ほきしま)遺跡は、前述の小迫遺跡と同様に都城志布志道路建設に伴い2015年から2018年にかけて発掘調査を実施、2021年に報告書を刊行した遺跡である。この遺跡の縄文時代早期の石器群の石材構成には特筆すべき特徴があった。他の遺跡で黒曜石やチャートなどが多用される器種の多くにガラス質安山岩が使われていた。57点の石鏃のうち25点、尖頭状石器3点、石匙5点、石錐4点、スクレイパー14点など多くの製品がこの石材であり、層準全体の1532点の石器のうち737点がガラス質安山岩であった。737点には石核や剥片も多数あり、風化面や破断面の観察から佐賀県多久産と推定できた。また648点の黒曜石のうち423点が佐賀県腰岳産の特徴を持つものであった。このことは同遺跡の同時代の人々の有明海方面との交流も示唆する興味深い情報である。九州のガラス質安山岩は祖母・傾山系などにも分布するが主要産地は大分県姫島村と佐賀県多久市と考えられている。この2産地は、破断面の斑晶鉱物や風化面の様相が違うため肉眼で分類しやすい。しかし、石匙や石鏃など全面が調整剥離で覆われ、風化面がなく斑晶鉱物が少ないものでは2つの産地は判別しにくい。そこで石匙2点(表3)を抽出して蛍光X線分析を実施し、ガラス質安山岩の標準試料データとともに望月ダイアグラム

()は報告書番号	K	Mn	Fe	Rb	Sr	Y	Zr	Sr分率	LogFe/K	Rb分率	Mn*100/Fe
保木島(463)	102.22	5.77	509.47	5.89	8.79	0.52	6.81	39.94	0.70	26.76	1.13
保木島(465)	115.42	12.86	808.72	6.74	7.79	0.66	7.28	34.67	0.85	30.00	1.59

表3 保木島遺跡のガラス質安山岩の蛍光X線分析結果と望月ダイアグラムのパラメーター
数値はX線強度(cps/mA)

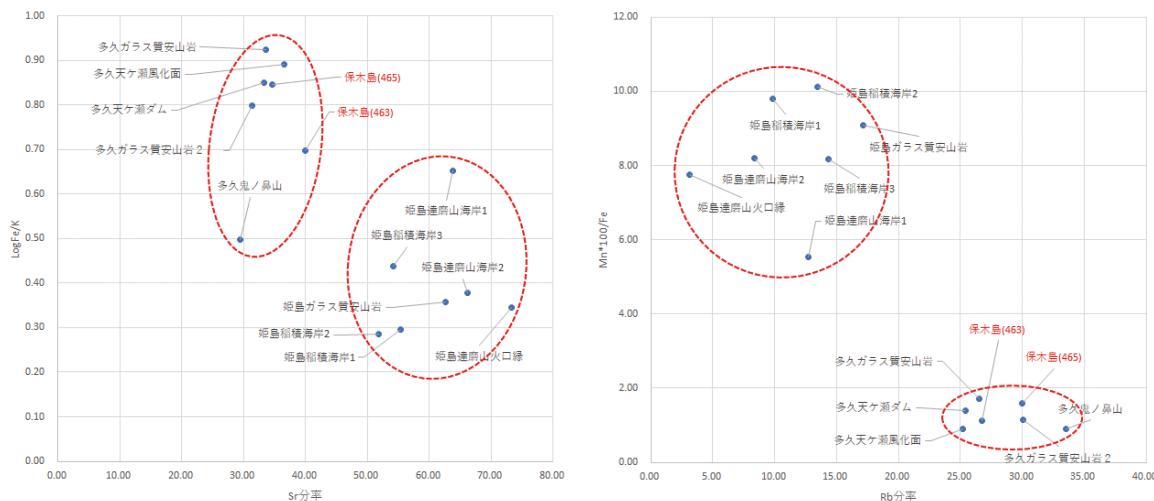


図47 保木島遺跡のガラス質安山岩製石器の産地同定のためのSr・Rb分率図

にプロットした（図47）。標準試料データでは黒色の破断面だけでなく、白色の風化面でも分析データも収集している。ダイアグラムでは、Sr分率図、Rb分率図とともに、佐賀県多久産と大分県姫島村産のガラス質安山岩のデータが一定の範囲の中に収まる傾向があり、グループとして把握できる。保木島遺跡の石匙2点のデータは、いずれも多久産ガラス質安山岩のグループエリアにプロットされており、肉眼同定の結果を補完する結果となった。

6 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。西都原考古博物館の松本茂主査には文献情報を提供していただいた。当センター保木島遺跡主任の宇和田幹彦主査、小迫遺跡主任の今塩屋毅行主査には報告書整理作業のための試料分析を実施するにあたり、出土状況等の情報提供をいただいた。記して感謝いたします。

参考文献

- 望月明彦 1997 「螢光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
望月明彦他 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
杉原重夫ほか 2009 「螢光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 「螢光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 「螢光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
杉原重夫ほか 2014 「日本における黒曜石の産状と理化学的分析」『明治大学文化財研究施設における黒曜石研究』
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
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

報告書

- 宮崎県埋蔵文化財センター 2021 「小迫遺跡」『宮崎県埋蔵文化財センター発掘調査報告書』第257集
宮崎県埋蔵文化財センター 2021 「保木島遺跡」『宮崎県埋蔵文化財センター発掘調査報告書』第258集

地図

国土地理院地理院地図を改変