

長崎県川棚町大崎半島に産する有田流紋岩類中の
黒曜石の産状と全岩化学組成

隅田祥光・藤塚 礼

長崎県川棚町大崎半島に産する有田流紋岩類中の 黒曜石の産状と全岩化学組成

隅田祥光^{1*}・藤塚 礼¹

要 旨

長崎県から佐賀県にかけての西北九州には九州地方における最大の黒曜石原産地である佐賀県伊万里市腰岳を含め10箇所程度の黒曜石原産地が分布する。日本海形成以降 (<15Ma) の西北九州における流紋岩質マグマの活動は3~2Maの有田流紋岩類により特徴づけられ、西北九州各地の黒曜石の多くがこのマグマ活動によって生成したとされる。また考古学的にはこれまで腰岳を中心とした西北九州の黒曜石の獲得から利用そして朝鮮半島南部から琉球列島に至るまでの流過程に関する議論が進められてきたが特に近年、先史人類の資源開発や獲得活動にまつわる原産地遺跡に関する議論が進められていく中で、腰岳を中心とした西北九州における各黒曜石原産地の様相(原石の分布や量、原産地遺跡の有無)を明らかにしていくことの考古学的重要性が増している。研究対象とした長崎県川棚町大崎半島は有田流紋岩類に対比される2つの岩体(大崎流紋岩および松岳流紋岩)が分布し、旧石器から縄文時代にかけてしばしば石器石材として利用された良質の黒曜石を産することが知られている(坂田1982)。本研究ではこの地域の黒曜石と2つの流紋岩体の全岩化学組成を分析し、大崎半島産黒曜石の主体は松岳流紋岩と同じマグマから形成されたことが示された。また長岡ほか(2003)などの先行研究によって公表された黒曜石の全岩化学組成も含めた検討により、大崎半島や腰岳などの西北九州各地の原地性黒曜石はRb/SrとY/Zrの値を用いて産地判別できることが確認された。一方で針尾中町などの異地性原産地の黒曜石の判別は、それらの供給源の特定も含めて今後の課題として残された。西北九州各地の黒曜石の石器利用についての考古学的議論を行う上で、今後も各黒曜石原産地の考古学的・地質学的な悉皆調査が必要であるとともに、全岩化学組成に基づいた黒曜石製石器の原産地判別のための基準試料を拡充させていくことが必要である。

キーワード：黒曜石原産地、西北九州、全岩化学組成、WDXRF、原産地判別法

1. はじめに

佐賀県から長崎県に至る西北九州はユーラシア大陸から日本列島への玄関口に位置し、琉球列島やサハリンとともに今から約38万年前に現生人類(ホモ・サピエンス)が大陸から日本列島に到来したルートの一つとされる(海部2017)。またこの西北九州には伊万里市腰岳を中心に石器石材として最適な良質の黒曜石を産する黒曜石原産地が10箇所程度分布し(図1a)、さらに福井洞窟などに代表される後期旧石器時代から縄文時代にかけての遺跡や遺構が数多く分布する(川道2014:第12・13

図)。このようなことから、この地域では約38万年前以降の日本列島における現生人類の到来から弥生時代にかけての黒曜石原産地の開発、石材利用と流通、石器作製技術(技法)に関する多くの研究成果が報告され(小畑2003;川道2017)、特に腰岳産黒曜石は縄文時代に入ると九州だけでなく琉球列島や本州・四国の南西部、朝鮮半島の南部に至るまで、広く石器石材として利用されたことが明らかとなっている(芝2018;Lee and Kim 2015)。

西北九州の黒曜石の利用や流通に関する研究や議論は、これまでその腰岳産黒曜石を中心に組み立てられてきたが、腰岳も含めた西北九州の黒曜石原産地全体に基

1 長崎大学教育学部 〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14

* 責任著者：隅田祥光 (geosuda@gmail.com)

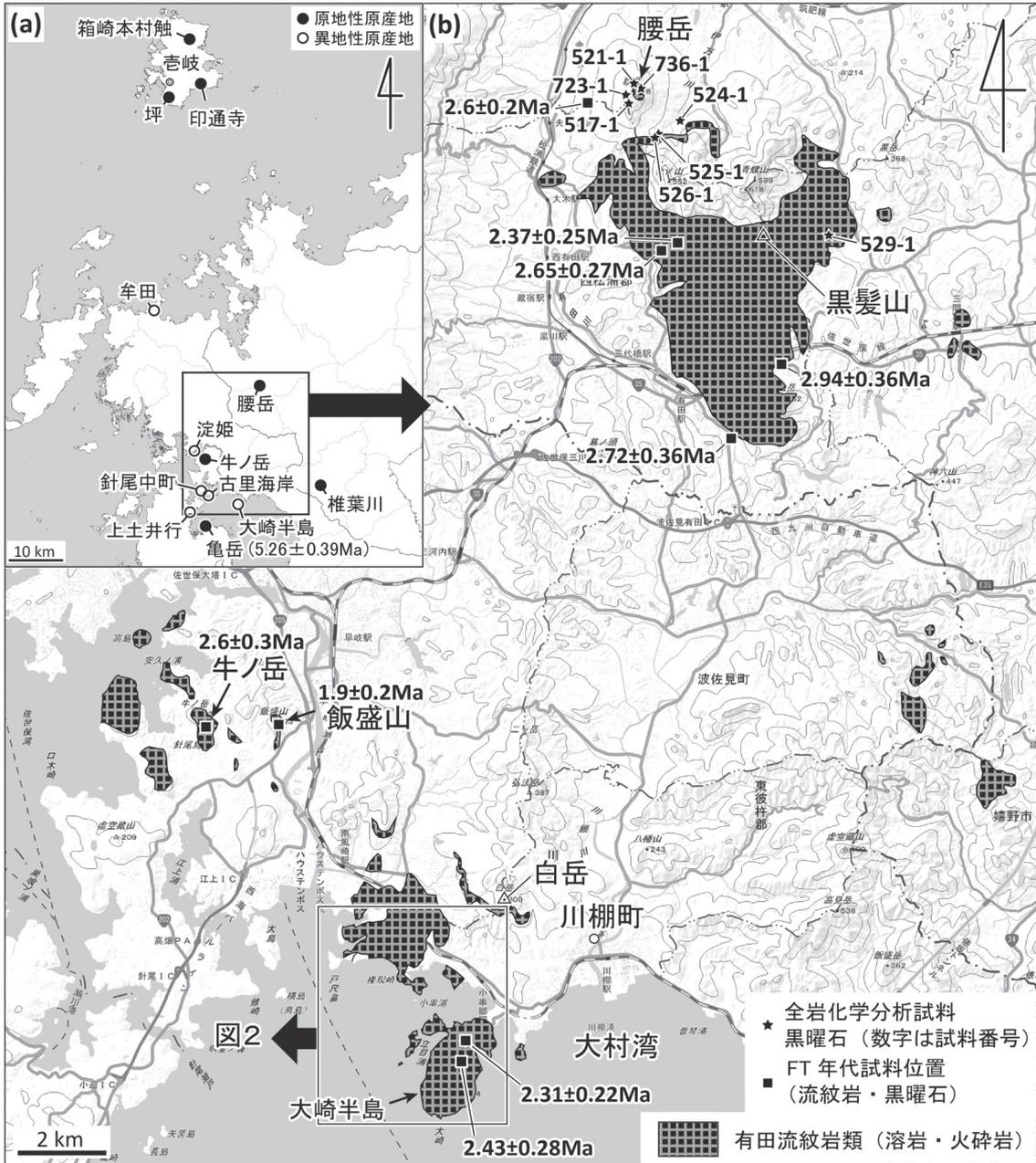


図1 西北九州の黒曜石原産地の分布 (a) と腰岳～大崎半島周辺の有田流紋岩類の分布 (b)
 (a) 原産地の呼称は川道ほか (2018), 隅田・川道 (2021) に従う. (b) 腰岳から黒髪山周辺の黒曜石の試料位置と番号は隅田・川道 (2021) による. 有田流紋岩類の分布は松井ほか (1989) による. FT 年代値は宮地ほか (1990), 田島ほか (1992), 日本地質学会編 (2010), 杉原編 (2014) による.

づいた議論を行うためには、各原産地における原石の産状や分布、原産地遺跡の有無を確認するための地質学的・考古学的な悉皆調査を必要としている。その中で長岡ほか (2003) は西北九州の黒曜石原産地の原石の正確な分布と波長分散型蛍光 X 線分析装置 (WDXRF) による黒曜石原石の全岩化学組成 (定量分析値¹⁾) を公表した。腰岳黒曜石原産地研究グループ (2017, 2020) は腰岳を中心とした考古学的・地質学的な悉皆調査を行い、亀井

ほか (2016) により腰岳産黒曜石 (34点) の網羅的な全岩化学組成が公表され、さらに隅田・川道 (2021) により 8 点の腰岳産黒曜石の全岩化学組成が公表された。及川ほか (2018) は壱岐の黒曜石原産地の悉皆調査について報告し、隅田ほか (2018) により 19 点の壱岐産黒曜石の全岩化学組成が公表された。

一方で 2014 年より長崎県埋蔵文化財センターではエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (EDXRF; SII

SEA1200VX) を用いた望月・池谷方式 (望月ほか1994) による黒曜石製石器の原産地判別が開始され (川道・片多2018; 川道ほか2018), 地質学的・考古学的な悉皆調査と全岩化学組成の分析値に基づいた西北九州全域の各黒曜石原産地の基準試料の拡充が求められている. このような状況の中で筆者らは腰岳産黒曜石と同時期の鮮新世後期の火成活動 (有田流紋岩類) で形成された長崎県

川棚町の大崎半島産黒曜石に注目し, 地質学的な悉皆調査を行うとともに34点の黒曜石と10点の流紋岩についての WDXRF による定量分析を実施した. そして先行研究による公表値とともに西北九州における各黒曜石原産地の判別法について検討した.



図2 大崎半島周辺の地質図, ならびに本研究で分析対象とした試料の位置
地質図は阪口・河原 (1993), 阪口・近藤 (2004) に従う. FT年代値は宮地ほか (1990) による.

2. 西北九州の火成活動と黒曜石の生成

西北九州では日本海拡大後 (<15Ma) の新第三紀中新世後半から、日本海の拡大前の古第三系から新第三系に形成された碎屑岩類 (杵島層群・佐世保層群) を貫く火成活動が活発化した。この火成活動は北松浦玄武岩相当のアルカリ玄武岩質マグマの活動に始まり (10.04~7.04Ma), その後第四紀の始まり頃に流紋岩質から安山岩質マグマの活動へと移行したとされる (今井ほか 1958)。また北松浦玄武岩の活動以降の各種流紋岩は有田流紋岩類と呼ばれ (松井ほか1989), 佐賀県有田町から武雄市さらに長崎県川棚町から佐世保市南部にかけて溶岩流・円頂丘・火山碎屑岩として産し, 2.94~2.37Ma のフィッシュン・トラック (FT) 年代値 (宮地1990) が報告されている。このほか伊万里市腰岳地域の有田流紋岩類相当の黒曜石からは $2.6 \pm 0.2\text{Ma}$ (杉原編2014) と $2.8 \pm 0.2\text{Ma}$ (Suzuki 1970) の FT 年代値が, そして日本地質学会編 (2010 : p.115) により西北九州の流紋岩から $1.9 \pm 0.2\text{Ma}$ (飯盛山西方) と $2.6 \pm 0.3\text{Ma}$ (牛ノ岳東方) の FT 年代値が (図1b), さらに Hoang et al. (2007) により腰岳周辺の流紋岩から 2.71~2.32Ma の K-Ar 年代値が報告されている。これらの FT と K-Ar 年代値に基づく有田流紋岩類の活動は第四紀の始まり前後の 3~2Ma にあったことがうかがえる。

田島 (1987) は長崎県川棚町から佐世保市南部に分布する火成岩類の活動史をまとめ, 有田流紋岩類を上部有田流紋岩類と下部有田流紋岩類に分け, 弘法岳火山岩類 (玄武岩~安山岩) の活動で両者を区別することができるとした。田島 (1987) が示したこの下部有田流紋岩類はデイサイトを伴いその分布は長崎県川棚町の白岳周辺 (図1b: 白岳流紋岩類) に限られることから, 有田流紋岩類の主要な火成活動は上部有田流紋岩類にあったとうかがえる。長崎県川棚町の大崎半島の有田流紋岩類は松岳流紋岩と大崎流紋岩に区分され (阪口・迎1970; 阪口・河原1993; 阪口・近藤2004), これらは上部有田流紋岩類に相当し (田島1987), それぞれの岩体から $2.31 \pm 0.22\text{Ma}$ と $2.43 \pm 0.28\text{Ma}$ の FT 年代値が報告されている (宮地1990) (図2)。長崎県西海市の亀岳地域の流紋

岩類 (亀浦流紋岩類) は長浜・松井 (1982) により大崎半島の松岳流紋岩に対比できるとされていたが, 田島ほか (1992) は亀浦流紋岩類から $5.26 \pm 0.39\text{Ma}$ の FT 年代値を報告し (図1a), 有田流紋岩類とは異なるより古い時代の流紋岩質マグマの火成活動の存在とその活動に関連した黒曜石の生成を明らかにした。

3. 西北九州の黒曜石原産地の分布と産状

西北九州の黒曜石原産地の分布や呼称は坂田 (1982) により初めてまとめられ, その後1980年代に入り放射化分析法や蛍光 X 線分析法による黒曜石製石器の原産地推定の開始とともに東村 (1986), 藁科・東村 (1983), 小田 (1995) により西北九州も含めた日本列島各地の黒曜石原産地の分布が取りまとめられた。本研究で言及する西北九州における主要な黒曜石原産地の分布と呼称を図1a に示す。なお各原産地の呼称は川道ほか (2018), 隅田・川道 (2021) に従う。長岡ほか (2003) によると西北九州における火山活動で生成された火道・岩脈・溶岩として産する原地性黒曜石²⁾ (原産地) は壱岐, 腰岳, 大崎半島, 牛ノ岳, 亀岳, 椎葉川に位置する。一方で火山碎屑岩 (火砕岩), 海成段丘礫層, 河岸段丘礫層, 崖錐中の礫として産する異地性黒曜石²⁾ (原産地) は牟田, 針尾中町, 古里海岸, 淀姫, 上土井行に位置する。さらに長岡ほか (2003) や隅田・川道 (2021) の研究により牟田産黒曜石には腰岳産黒曜石と同種の黒曜石 (腰岳系³⁾) が含まれていることが明らかにされた。このように西北九州では, ある地点の火山活動で生成された黒曜石が火砕流や土石流あるいは河川などの流れる水のはたらきによって, 生成された地点から数 km 以上離れた遠方へと運搬されることにより, 同種の化学組成を持った黒曜石が広域的に分布していたり, 異なった化学組成を持つ数種類の黒曜石原石が礫層中に混在したりしている。このような地質学的状況が西北九州の黒曜石原産地の様相をより複雑にしていると言える。

4. 大崎半島の黒曜石と流紋岩の分布と産状

本研究にて WDXRF による全岩化学分析を実施した大崎半島の流紋岩と黒曜石の試料の採取地点を図 2 に示す。大崎半島への入口から少し内陸に入った道路沿いの礫層と崖錐から 7 点の黒曜石の礫を採取した（試料番号

2901-2, 2902-1, -2, 2903-1, 2904-1, -2, -3). そこから南東方向へ 400m の地点に位置するキャンプ場の湾内の北東の海岸には流理構造が明瞭に発達した松岳流紋岩の露頭が海岸沿いに連続し、拳大ほどの角礫～亜角礫状の黒曜石礫がいくつも表層に散在する。この海岸では露頭より 4 点の流紋岩 (2925-1, 2926-1, 2929-1, 2931-1) を、そして表層より 7 点の黒曜石 (2923-2, 2856-1, -2, -3,

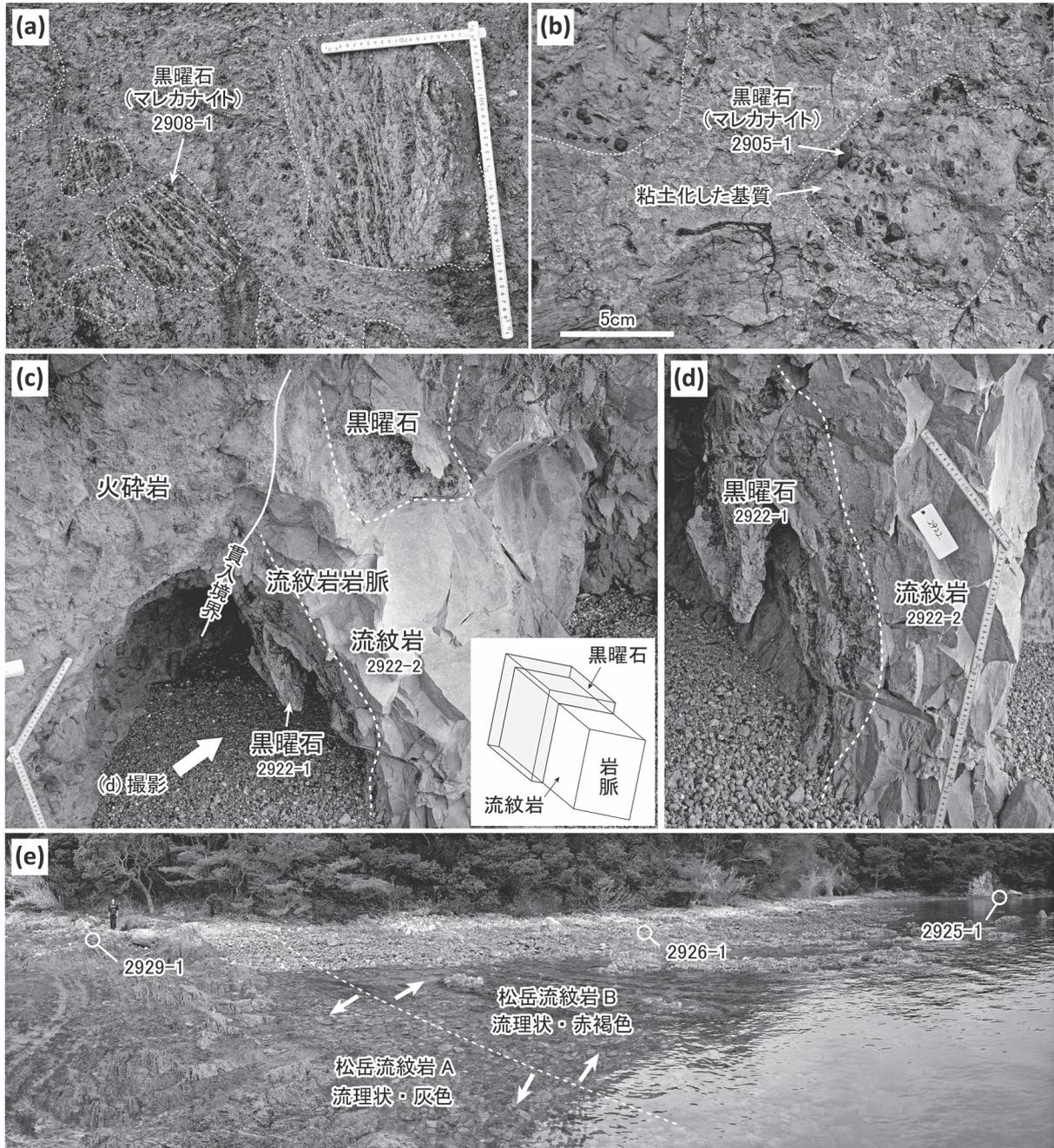


図 3 大崎半島に見られる黒曜石と流紋岩類 (a ~ e)

(a) 小粒の黒曜石(マレカナイト)を含む火砕岩の露頭。(b) 粘土化した基質を持つ黒曜石(マレカナイト)を含む火砕岩の露頭。(c) 火砕岩に貫入する流紋岩の露頭。岩脈の内部は流紋岩で火砕岩と接する部分は黒曜石である。(e) 松岳流紋岩 A と B の露頭と採取試料の位置関係。

2930-1, 2907-3, 2928-1) を採取した。

さらにキャンプ場から南方へ海岸沿いにサイクリングロードを300m程度進むと小粒の黒曜石(マレカナイト⁴⁾)を含む縞状の流紋岩の角礫からなる火砕岩の露頭が見られ(図3a), そこから1点の黒曜石を採取した(2908-1)。このサイクリングロードの終着点まで進みさらに南方へと海岸沿いを進むと拳大ほどの角礫~亜角礫状の黒曜石礫がいくつも表層に散在する様子や, 流紋岩の角礫を含む火砕岩が観察でき, その先に黒曜石(マレカナイト)を含むパーライト⁵⁾の露頭が確認できる。これらの地点では表層より5点の黒曜石(2941-1, 2942-1, 2948-2, 2947-1, 2945-1), 火砕岩の露頭より1点の流紋岩(2946-1), パーライトの露頭より1点の黒曜石(2944-2)と2点のパーライト(2944-1, 2944-3)を採取した。

大崎半島の西側の松岳流紋岩が分布する地域にも黒曜石が密集して産する場所がある。ここでは遊歩道沿いに見られる小粒の黒曜石(マレカナイト)を含む流紋岩が礫状化した火砕岩の露頭から1点の黒曜石を採取した(2905-1; 図3b)。またこの付近の海岸には流紋岩や黒曜

石の角礫を含む火砕岩の露頭があり, そこから2点の黒曜石(2917-1, -2)と1点の流紋岩(2916-1)を採取した。さらにこの海岸では火砕岩に貫入する流紋岩の岩脈の一部が黒曜石化している露頭が確認された(図3c, d)。この露頭から黒曜石(2922-1)と流紋岩(2922-2)をそれぞれ1点採取した。またこれらの海岸の表層から4点の黒曜石(2906-1, -2, -3, -4)を採取した。

大崎半島の地質図(阪口・河原1993)によると, 大崎流紋岩は大崎半島の中央部から南方の海岸にかけて分布する(図2)。大崎流紋岩が分布する海岸には黒曜石の露頭や転石は確認できず, 大崎半島南端の露頭から4点の大崎流紋岩(2910-1, 2911-1, 2912-1, 2914-1)を採取した。大崎流紋岩(2911-1)と半島北東部のキャンプ場の湾内で採取した松岳流紋岩(2929-1)の表面研磨写真と薄片写真を図4a~dに示す。

大崎流紋岩は粗粒な斑晶を多く含む明瞭な斑状組織で特徴づけられる(図4a)。基質は主にガラスにより構成され顕著な流理線(flow structure)が発達し, 斑晶として石英, 斜長石, 黒雲母が含まれる(図4b)。一方で松岳流紋岩は明瞭な縞状の流理構造が発達し(図

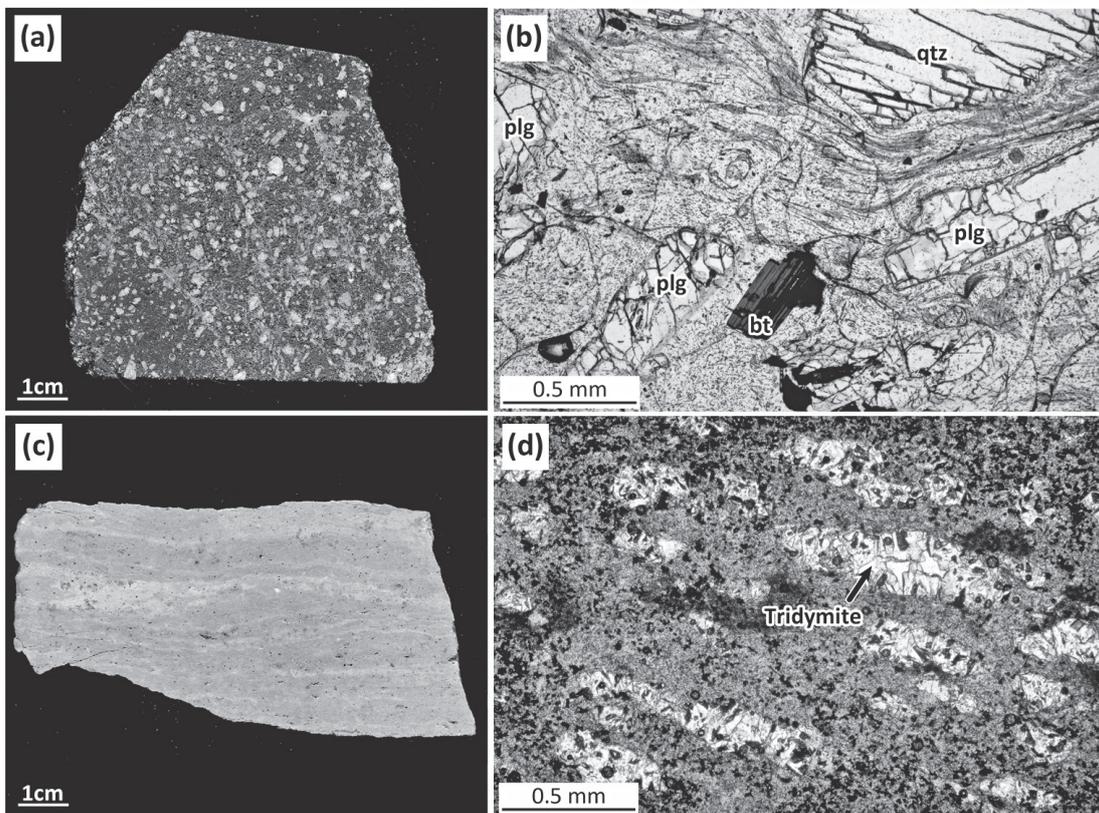


図4 大崎流紋岩(a・b)と松岳流紋岩(c・d)の表面研磨写真(左)と開放ニコルでの薄片写真(右)

4c), 縞状の明色部はクサビ状の鱗珪石 (Tridymite) の集合体により構成され, 斜長石や石英が稀に斑晶として含まれる (図4d).

5. 全岩化学分析法

大崎半島の34点の黒曜石 (大崎半島産黒曜石) と10点の流紋岩 (大崎流紋岩と松岳流紋岩) の全岩化学分析 (定量分析) を明治大学黒曜石研究センター (長野県長和町) 設置の WDXRF (リガク社製, ZSX primus III+) を用いて実施した. 分析を行うための試料調整は隅田・角縁 (2019) に従い, 粉末試料0.9g に対して四ホウ酸リチウムとメタ四ホウ酸リチウムの混合融剤 (メルク社製, Spectromelt A12) 4.5g を混ぜ合わせ, これらを白金のつばに移し入れたのち, 長崎大学教育学部 (長崎県長崎市) 設置の高周波溶融装置 (東京科学社製, NT-2100) で溶融し, 直径3.5cm 程度, 厚さ3mm 程度の円盤状のガラスビードを作製した. この希釈率5のガラスビードを用いて隅田・池谷 (2021) の手法に基づいた WDXRF による定量分析を実施した.

6. 議論

6-1 黒曜石と流紋岩類の全岩化学組成による区分

隅田・川道 (2021) が WDXRF による定量分析値を報告した腰岳産黒曜石の試料位置を図1b に示す. 腰岳山頂付近 (標高400m 付近) から採取された試料は4点 (521-1, 736-1, 723-1, 517-1) で, そのうち1点 (521-1) が露頭から採取された試料である. また腰岳山頂から南方1km 付近に位置する明瞭な流理構造が発達したパーライトの露頭中の黒曜石 (マレカナイト) が2点 (525-1と526-1) 採取され, そこから北東方向に600m 程度離れた碎石場の表層から1点の黒曜石 (524-1) が, さらにそこから南東方向に4km 程度離れた黒髪山山麓のパーライトの露頭中の黒曜石 (マレカナイト) 部分から1点の試料 (529-1) が採取され

た. 腰岳産黒曜石は腰岳山頂からその山麓に産するものを主体とし, これらの全岩化学組成は非常に均質で隅田・川道 (2021) は KD-1 (Koshidake-1) という化学グループ名で区分した. 先行研究による KD-1 相当の黒曜石の全岩化学組成 (長岡ほか2003; 亀井ほか2016; 足立ほか2016; 隅田・川道2021) の公表値を表1にまとめる. さらに隅田・川道 (2021) は腰岳山山麓から黒髪山山麓にかけて, KD-1 よりも Sr の含有量が若干低い黒曜石 (図1b; 表1; 524-1と529-1) を報告した. この種の黒曜石は黒髪山山麓の露頭 (529-1) ではパーライト中のマレカナイトとして産し, 産出量は KD-1 と比べて遙かに少ない. このため, これらは腰岳産黒曜石の副成分的なものとされ KD-2 (Koshidake-2) という化学グループ名で区分されている (表1).

本研究で定量分析を行った34点の大崎半島産黒曜石のうち33点の黒曜石は腰岳産黒曜石 (KD-1) ほどの岩石化学的な均質性はないが, 分析値の標準偏差 (2σ) が平均値の10% 以内で, 比較的高い均質性を持っている (表2). これらは大崎半島産黒曜石の主体であり本研究では OP-1 (Osaki Peninsula-1) という化学グループ名で区分した (表2). 本研究と先行研究 (長岡ほか2003; 足立ほか2016) による OP-1 相当の黒曜石の全岩化学組成を表2にまとめる. 大崎半島産黒曜石の副成分的なものとして, 長岡ほか (2003) は KD-1 相当の黒曜石を1点大崎半島南東の海岸で報告しているが, 本研究ではそれを確認することはできなかった. また本研究では OP-1 の全岩化学組成とは明らかに異なった1点の黒曜石 (2901-2; 表2) の礫を大崎半島北部の道路沿いの崖錐から採取した (図2). この試料と腰岳産黒曜石の全岩化学組成を比較すると (表1), この試料は腰岳産黒曜石の副成分である KD-2 の全岩化学組成に酷似するため, 本研究では KD-2 という化学グループ名で区分した.

大崎半島に産する大崎流紋岩と松岳流紋岩の全岩化学組成を表3に比較する. 黒曜石に比べて流紋岩類の岩石化学的な均質性は低いが, 大崎流紋岩の方が松岳流紋岩よりも2倍以上の T-Fe₂O₃, MgO, Sr, Zr の含有量があり両者の化学組成は大きく異なるものである. さらに松岳流紋岩は Sr の含有量に基づいて2つのグループに区分することができ, Sr の含有量が30ppm 以下のもの

表1 腰岳産黒曜石と牟田産黒曜石に含まれる腰岳系黒曜石の全岩化学組成

Group	KD-1								KD-2			
District	Koshidake								Muta	Koshidake		Muta
Reference	Suda and Kawamichi (2021)		Nagaoka et al. (2003)			Kamei et al. (2016)		Adachi et al. (2016)	†Koshidake-kei	Suda and Kawamichi (2021)		†Matsuramura 5
Sample	average	2σ (n=6)	981223-3B	981223-3D	981223-4	average	2σ (n=22)			524-1	529-1	
SiO ₂	75.47	0.25	76.44	76.51	76.34	75.40	0.50	75.33	75.58	75.55	75.62	75.82
TiO ₂	0.04	0.00	0.03	0.02	0.04	0.04	0.00	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
Al ₂ O ₃	13.10	0.07	13.36	13.28	13.25	12.77	0.28	13.15	13.08	13.07	13.06	13.05
T-Fe ₂ O ₃	1.08	0.01	1.08	1.10	1.08	1.08	0.01	1.11	1.08	1.03	1.05	1.03
MnO	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05	0.04	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
MgO	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.16	0.01	0.08	0.06	0.06	0.06	0.05
CaO	0.64	0.01	0.64	0.63	0.64	0.60	0.01	0.64	0.64	0.60	0.61	0.60
Na ₂ O	3.87	0.13	3.66	3.80	3.97	3.82	0.10	3.99	3.93	3.87	3.89	3.85
K ₂ O	4.70	0.13	4.84	4.70	4.75	4.54	0.07	4.79	4.66	4.73	4.73	4.80
P ₂ O ₅	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
total	99.03		100.11			98.47		99.20	99.14	99.01	99.12	99.30
Zn	41.5	0.4	37.0	33.0	38.0			40.5	42.3	40.8	41.3	41.7
Rb	191	3	177	172	178	184	2	194	193	195	194	199
Sr	44.1	0.8	42.0	41.0	42.0	42.2	0.7	44.0	44.4	37.1	39.4	36.5
Y	26.4	1.0	29.0	32.0	31.0	25.0	1.1	24.7	26.1	26.8	27.0	26.7
Zr	71.0	1.2	69.0	66.0	67.0	61.9	0.6	50.4	71.8	68.4	68.1	68.2
Nb	17.7	0.6	17.4	19.2	18.3	18.0	0.0	16.9	17.4	17.8	17.7	17.6
Th	12.0	1.1				25.0	4.3	17.8	12.7	12.6	12.8	13.2

Major elements by oxides in wt.%; Trace elements in ppm; T-Fe₂O₃: Fe as total Fe₂O₃; †: after Suda and Kawamichi (2021)

表2 大崎半島産黒曜石の全岩化学組成

Group	OP-1					KD-2
Reference	Present study		Nagaoka et al. (2003)		Adachi et al. (2016)	Present study
Sample	average	2σ (n=33)	981222-1	981222-2B	(2016)	2901-2
SiO ₂	75.59	0.39	76.57	76.61	75.90	75.62
TiO ₂	0.07	0.00	0.06	0.06	0.07	0.03
Al ₂ O ₃	12.66	0.09	13.00	12.90	12.77	13.03
T-Fe ₂ O ₃	1.12	0.01	1.12	1.13	1.16	1.02
MnO	0.04	0.00	0.04	0.04	0.04	0.05
MgO	0.06	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06
CaO	0.57	0.02	0.58	0.58	0.57	0.58
Na ₂ O	3.82	0.20	3.78	3.73	3.99	3.81
K ₂ O	4.99	0.30	4.96	5.05	5.08	4.83
P ₂ O ₅	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
total	98.93		100.11		99.66	99.05
Zn	42.4	1.8	34.0	35.0	41.8	41.9
Rb	176	3	155	149	180	198
Sr	28.3	1.6	27.0	25.0	27.9	33.5
Y	28.7	1.0	31.0	33.0	26.9	26.7
Zr	109	3	106	107	90.6	63.7
Nb	16.3	0.8	16.7	16.1	15.1	17.6
Th	14.8	1.0			20.1	12.4

Major elements by oxides in wt.%; Trace elements in ppm; T-Fe₂O₃: Fe as total Fe₂O₃

を松岳流紋岩 A とし、一方で Sr の含有量が40ppm 以上のものを松岳流紋岩 B とした。

6-2 全岩化学組成の比較

火成岩の岩石化学的特徴を図示する手法として、対象とする火成岩を中央海嶺玄武岩 (N-MORB) の全岩化学組成の代表値 (公表値) で規格化 (割り

算) し、N-MORB に対する各元素の含有量を折れ線グラフで表すという手法がある (Normalized multi-element diagram ; Rollinson 1993 : pp.142-150). これは N-MORB に対するある火成岩の化学的特徴を視覚的に知ることができるだけでなく、地殻中の元素存在度(クラーク数)による各元素の含有量の重みを小さくした上で、ある火成岩同士の全岩化学組成を視覚的な手法で比

表3 大崎半島の有田流紋岩類（松岳流紋岩・大崎流紋岩）の全岩化学組成

Lithology	Matsudake rhyolite A				Matsudake rhyolite B		Osaki rhyolite				
	Sample	2931-1	2946-1	2929-1	2916-1	2925-1	2926-1	2911-1	2912-1	2914-1	2910-1
Occur.	lava	breccia	lava	breccia	lava	lava	lava	lava	lava	lava	lava
SiO ₂	75.26	73.60	75.45	72.57	74.30	74.98	71.09	72.61	70.86	72.20	
TiO ₂	0.07	0.07	0.08	0.07	0.09	0.09	0.23	0.23	0.22	0.24	
Al ₂ O ₃	12.82	12.34	12.89	12.97	13.77	13.12	13.60	13.82	13.75	14.22	
T-Fe ₂ O ₃	1.14	1.10	1.16	1.15	1.30	0.89	2.10	2.02	1.97	2.05	
MnO	0.01	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.06	0.04	0.04	
MgO	0.08	0.06	0.08	0.08	0.09	0.10	0.32	0.29	0.30	0.29	
CaO	0.47	0.56	0.46	0.56	0.43	0.55	1.36	1.28	1.35	1.38	
Na ₂ O	3.64	3.37	3.54	3.30	3.24	3.67	3.64	4.25	3.96	4.20	
K ₂ O	5.04	5.32	5.08	5.03	5.07	5.04	4.73	4.29	4.47	4.32	
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.05	0.06	0.05	
total	98.54	96.47	98.77	95.77	98.33	98.47	97.17	98.90	96.98	98.99	
Zn	38.2	44.3	37.5	43.5	35.4	47.8	49.8	53.4	48.2	43.6	
Rb	179	175	181	170	181	176	148	175	147	146	
Sr	28.0	28.4	29.6	30.8	42.9	46.3	125	126	128	134	
Y	21.4	28.9	34.7	28.0	31.5	23.2	40.3	66.6	52.3	78.0	
Zr	110	106	112	111	122	129	177	166	175	173	
Nb	16.7	15.5	16.9	16.7	17.2	16.1	16.2	17.4	16.0	18.0	
Th	16.6	15.0	16.7	19.3	17.9	15.6	13.4	14.0	16.4	13.0	

Major elements by oxides in wt.%; Trace elements in ppm; T-Fe₂O₃: Fe as total Fe₂O₃

較することができる。本研究ではこの手法を応用し、黒曜石と流紋岩類の全岩化学組成を比較するために産業技術研究所（AIST）が発行する信州和田峠産黒曜石でつくられた岩石標準試料である JR-1 の推奨値（Imai et al. 1995）で全ての定量分析値を規格化し、比較対象とする 2 つの試料の全岩化学組成の相関図を作成した（図5a～d）。この図では $y=x$ の直線上により多くの元素がプロットされればされるほど、横軸と縦軸に示す 2 つの試料の全岩化学組成は一致していることを示す。逆にその直線上にプロットされる元素が少ないほど、また直線からより離れてプロットされる元素が多いほど、2 つの試料の全岩化学組成は一致していないことを示す。さらにこの直線よりも下にプロットされる元素は縦軸の試料の方が乏しく、逆に直線よりも上にプロットされる元素は縦軸の試料の方が富むことを示す。

腰岳産黒曜石の主体（KD-1）と大崎半島産黒曜石の主体（OP-1）を比較すると、OP-1の方が Sr に乏しく TiO₂ と Zr に富む（図5a）。すなわち両者は同じ時代の有田流紋岩類の火成活動によって形成されたものであってもそれぞれの地域で噴出したマグマの化学組成は明らかに異なっていたことを示す。また腰岳産黒曜石の主体（KD-1）と大崎半島産黒曜石と腰岳産黒曜石の副成分（KD-2）を比較すると、KD-2の方がやや Sr、T-Fe₂O₃、

CaO、Zr、TiO₂ に乏しい（図5b）。ただし KD-2 の分析試料の点数が 3 点と少ないため、統計学的に有意な両者の区分を行うためには KD-2 の分析点数の追加は必要である。

大崎半島産黒曜石の主体（OP-1）と松岳流紋岩 A を比較すると、OP-1 は松岳流紋岩 A の全岩化学組成と誤差（ 2σ ）の範囲内で一致する（図5c）。また大崎半島西側に位置する流紋岩岩脈の縁辺部が黒曜石化している露頭（図3c・d）に産する松岳流紋岩 A 相当の流紋岩（2922-2）と OP-1 相当の黒曜石（2922-1）を比較すると（表4a）、両者の全岩化学組成は誤差の範囲内ではほぼ一致する。これらのことから大崎半島産黒曜石の主体（OP-1）は松岳流紋岩 A と同じ化学組成を持った流紋岩質マグマから生成されたことがうかがえる。

大崎半島産黒曜石の主体（OP-1）と松岳流紋岩 B を比較すると、松岳流紋岩 B の方が Sr、Zr、TiO₂、P₂O₅ の含有量に富み両者の全岩化学組成は一致していない（図5d）。大崎半島北東の湾内（図3e）での黒曜石の散在は、灰色化した風化面で特徴づけられる松岳流紋岩 A の露頭周辺に集中し、赤褐色の風化面で特徴づけられる松岳流紋岩 B の露頭周辺では極端に少なくなることから、大崎半島産黒曜石の主体（OP-1）は、松岳流紋岩 B ではなく松岳流紋岩 A の火成活動に関連して生成

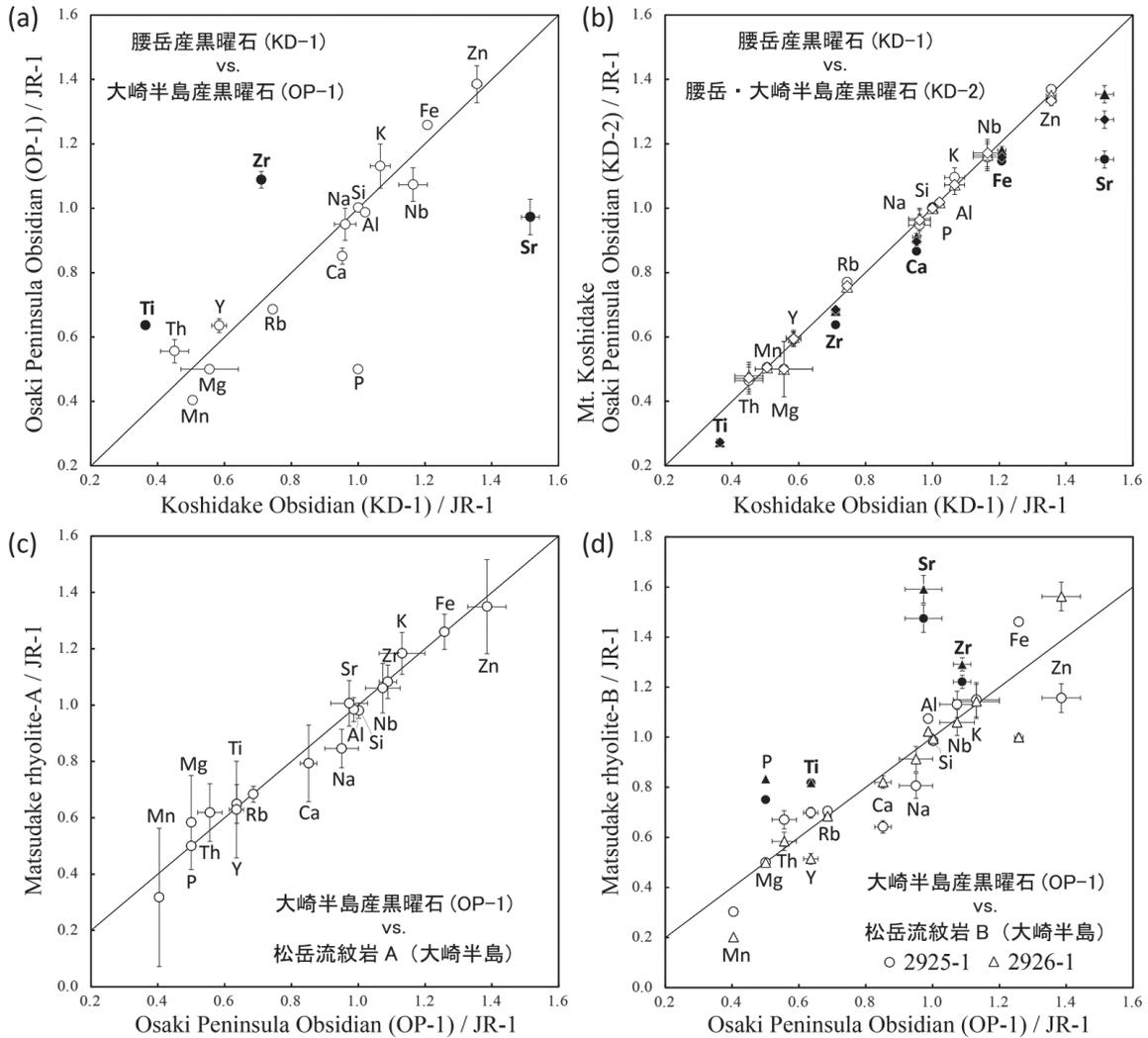


図5 大崎半島産黒曜石と腰岳産黒曜石の全岩化学組成の比較 (a～d)

全岩化学組成は全てJR-1の推奨値 (Imai et al. 1995) で規格化。主要元素は全て酸化物の含有量 (表1・2) で計算した。松岳流紋岩Bを除くプロットの値は各グループの化学組成の平均値でエラーバーは2σを表す。黒の塗りつぶしの丸や三角で示す元素が多いほど横軸と縦軸の試料の化学組成は類似していないことを示す。

されたものと考えられる。ただし流紋岩類は黒曜石に比べて岩石化学的な均質性が低いのに加え、松岳流紋岩Bの分析試料の点数は2点と少ないため、統計学的に有意な松岳流紋岩AとBの区分を行うためには松岳流紋岩Bの分析点数の追加を必要とする。

大崎半島南東部の同一露頭から採取したパーライト (試料番号2944-1, -3) と黒曜石 (2944-2) の全岩化学組成を表4bに比較する。ここでは両者の水分量 (H_2O^+) も比較するため、110度で12時間加熱して吸着水 (H_2O) を取り除いた粉末試料をそれぞれ用意し、それらを950度で6時間加熱し分析用電子天秤により強熱減量 (LOI) を測定した。パーライトのLOIは2.70% (2944-1) と2.75% (2944-3) で、黒曜石のLOIは0.30% (2944-2) でありパー

ライトの方が明瞭に水分量が多いことが示された。一方で両者のLOIを除く元素の含有量は酷似しておりこれらは同じマグマから生成されたもので、黒曜石の一部が加水されることでパーライトに変化したと類推される。

6-3 西北九州の黒曜石原産地の判別法

6-3-1 原地性原産地の判別

西北九州における原地性原産地の位置を図1aに示す。ここでは始めに腰岳産黒曜石 (KD-1とKD-2) と大崎半島産黒曜石 (OP-1とKD-2)、次に松岳流紋岩AとBについての判別図を検討する。OP-1とKD-1ではOP-1の方がSrに乏しくTiO₂とZrに富むことから、両者は (TiO₂+Zr) / Sr の値で区分することが可能である。また

KD-1とKD-2ではKD-2の方がTiO₂, T-Fe₂O₃, CaO, Sr, Zrに乏しい。さらに松岳流紋岩Aと松岳流紋岩Bでは松岳流紋岩Bの方がTiO₂, P₂O₅, Sr, Zrに乏しい。すなわちKD-1とKD-2, そして松岳流紋岩Aと松

岳流紋岩BはOP-1とKD-1の区分と同様の3つの元素(TiO₂, Sr, Zr)を指標に区分することが可能である。そこで図5 a~dでの解析で用いた手法を用い、信州和田峠産黒曜石でつくられた岩石標準試料であるJR-1の推奨値(Imai et al. 1995)で規格化したTiO₂+Sr+Zrと(TiO₂+Zr)/Srの値をそれぞれ横軸と縦軸とした散布図を作成した(図6a)。この図で腰岳産黒曜石の主体(KD-1)と大崎産黒曜石の主体(OP-1)は明瞭に区分でき、また腰岳産黒曜石と大崎半島産黒曜石に含まれる副成分(KD-2)も明瞭に区分することができる。さらに松岳流紋岩Aと松岳流紋岩Bも明瞭に区分でき、松岳流紋岩AとOP-1の全岩化学組成が一致していることも示される。

表4 流紋岩岩脈(a)と溶岩(b)中の黒曜石・流紋岩・パライトの全岩化学組成

(a)			(b)		
Sample	2922-1	2922-2	2944-2	2944-1	2944-3
Lithology	obsidian	rhyolite	obsidian	perlite	perlite
Group	OP-1	†Matsu A	OP-1		
in wt.%					
SiO ₂	75.67	73.57	75.83	73.71	73.76
TiO ₂	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Al ₂ O ₃	12.66	12.64	12.68	12.34	12.37
T-Fe ₂ O ₃	1.13	1.11	1.12	1.09	1.10
MnO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
MgO	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
CaO	0.57	0.56	0.57	0.55	0.56
Na ₂ O	3.87	3.31	3.70	3.28	3.36
K ₂ O	4.96	5.30	5.13	5.42	5.35
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
LOI			0.30	2.70	2.75
total	99.04	96.67	99.51	99.28	99.43
in ppm					
Zn	42.6	42.3	44.1	41.5	41.7
Rb	178	173	179	176	176
Sr	28.3	30.9	27.6	28.8	28.5
Y	28.8	29.2	29.3	27.8	28.6
Zr	109	108	109	104	106
Nb	15.7	15.2	16.7	16.1	15.7
Th	15.2	15.9	15.2	16.4	15.7

T-Fe₂O₃: Fe as total Fe₂O₃; †: Matsudake rhyolite A

西北九州における原地性原産地の黒曜石(壱岐, 腰岳, 大崎半島, 椎葉川, 牛ノ岳, 亀岳; 図1a)の判別法を本研究と先行研究(長岡ほか2003; 足立ほか2016; 亀井ほか2016; 隅田ほか2018; 隅田・川道2021)による黒曜石の全岩化学組成を用いて検討した。腰岳産黒曜石と大崎半島産黒曜石は、他の原地性原産地の黒曜石とはY/Zrの値(4.20~5.26)を用いて明瞭に区別することが可能である。壱岐産黒曜石は他の原地性原産地の黒曜石に比べてSrに著しく乏しく(<8ppm), Rbに富

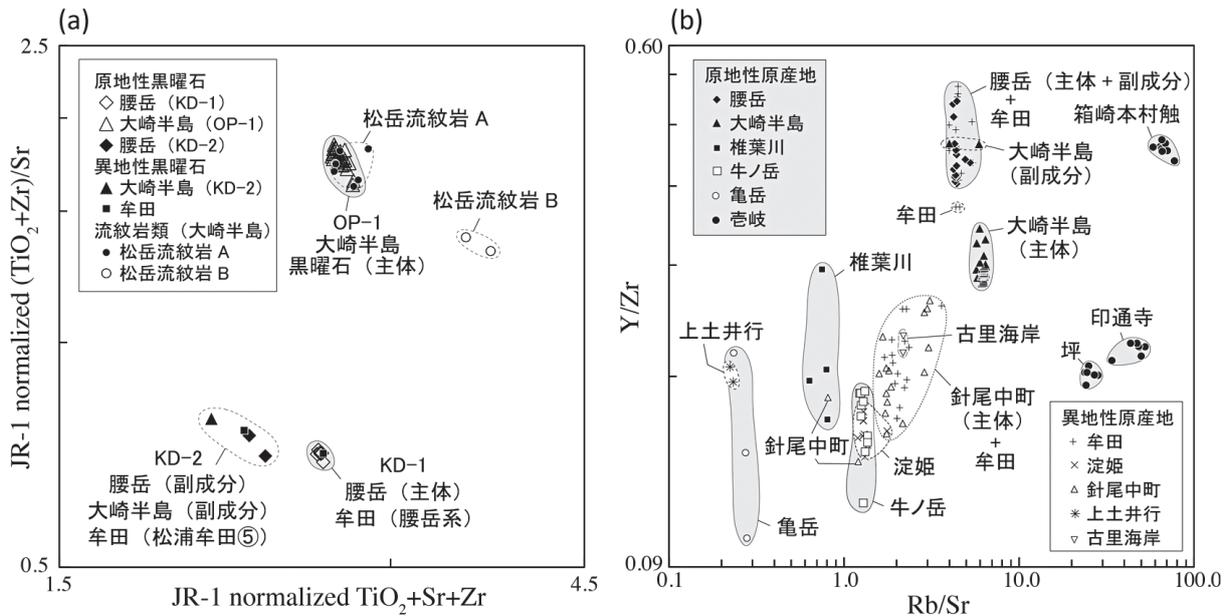


図6 腰岳産と大崎半島産黒曜石及び松岳流紋岩AとB (a), 西北九州の黒曜石原産地 (b)の判別図
全岩化学組成の値は表1と2に加えて長岡ほか(2003), 足立ほか(2016), 亀井ほか(2016), 隅田ほか(2018)による公表値を利用した。図中の腰岳系と松浦牟田⑤の区分(呼称)は隅田・川道(2021)に従う。JR-1の値はImai et al. (1995)の推奨値を利用した。

む (>184ppm). 壱岐産黒曜石はアルカリ流紋岩に相当するもので、西北九州の黒曜石の中では明らかに特異な化学組成を持つ(隅田ほか2018). 椎葉川産黒曜石と牛ノ岳産黒曜石の両者はRb/Srの値を用いて明瞭に区分でき、椎葉川産黒曜石は0.63~0.81, 牛ノ岳産黒曜石は1.25~1.33である. さらに有田流紋岩類の活動よりも明らかに古い時代の5Ma前後の流紋岩質マグマの火山活動によって生成された亀岳産黒曜石は、他の黒曜石に比べてSrに富み(250~290ppm), Rbに乏しく(67~72ppm), これらの元素の含有量で明瞭に区分することができる. 以上のことから西北九州における原地性原産地の黒曜石はRb, Sr, Y, Zrの含有量を指標として区分することが可能であり、ここではRb/Srを横軸, Y/Zrを縦軸とした散布図を作成し、これを西北九州における原地性原産地の黒曜石の判別図とした(図6b).

6-3-2 異地性原産地の判別

西北九州における異地性原産地の分布を図1aに示す. 原地性原産地の黒曜石の判別図上(図6b)に異地性原産地の牟田, 淀姫, 針尾中町, 上土井行, 古里海岸(図1a)の黒曜石の全岩化学組成をプロットした. 針尾中町産黒曜石の主体は、横軸のRb/Srの値(1.80~3.10)で各地の原地性原産地の黒曜石と区分することができる. また、1点の針尾中町産黒曜石が牛ノ岳の領域に重なるが各元素の含有量を比較する限り、両者の化学組成が一致しているとは言えない(足立ほか2016). 一方で、椎葉川産黒曜石の領域に重なる1点の針尾中町産黒曜石は椎葉川産黒曜石の化学組成に比較的類似する(長岡ほか2003). 針尾中町産黒曜石は別当礫層(阪口・迎1969)中の礫として産し、3種以上の異なった化学組成を持つ黒曜石が混在していることが明らかである(長岡ほか2003; 川道ほか2018). この別当礫層は段丘堆積物であるという見解(阪口・迎1969)と、流紋岩質溶岩ドームからの火砕流や崖錐堆積物であるという見解(長岡ほか2003)があり、黒曜石の生成地としての原地性原産地であるのかそれとも異地性黒曜石が集積した異地性原産地であるのか不明である. 針尾中町産黒曜石は産出量も多く石器石材としての利用も西北九州全域で確認される(川道2017). 針尾中町産黒曜石の考古学的・地質学的な

悉皆調査と原石の定量分析は西北九州の黒曜石原産地の様相を明らかにする上で早急に取り組むべき課題の一つである.

図6bの判別図において牟田産黒曜石は腰岳産黒曜石の領域とその付近とともに針尾中町産黒曜石の領域にもプロットされる. この黒曜石は海成段丘礫層中に含まれる異地性黒曜石とされ、少なくとも5種の異なった化学組成を持った黒曜石が混在していることが明らかである(角縁・宇都宮2003; 川道ほか2018; 隅田・川道2021). 隅田・川道(2021)は牟田産黒曜石のWDXRFによる全岩化学分析を行い2種の黒曜石については腰岳に産するKD-1とKD-2に相当するものであることを明らかにし(表1・2), 海底地形からそれらの運搬経路についても言及した. 長岡ほか(2003)は牟田産黒曜石の中に針尾中町産黒曜石に類似した全岩化学組成を持つ黒曜石の存在を示した. しかし針尾中町と牟田は南北に約30km離れそれらの生成地点や運搬経路は検証できていない. その他、上土井行産黒曜石は亀岳産黒曜石の領域に重なってプロットされる. 淀姫産黒曜石は牛ノ岳産黒曜石から針尾中町(主体)の領域に重なってプロットされる. 判別図上で重なり合うこれらの黒曜石の全岩化学組成は、それぞれ類似し(長岡ほか2003), 亀岳と牛ノ岳における原地性原産地で生成された黒曜石の運搬経路や広がり を明らかにする上での重要な手がかりになるであろう.

7. まとめと今後の課題

阪口・近藤(2004)によると大崎半島から北西へ約1.5km離れた大村湾沿いの海岸や松岳周辺(図2)にも黒曜石の原石が散在する. これらの地域も含めた長崎県川棚町の大崎半島地域の黒曜石原産地に関する悉皆調査と全岩化学分析は引き続き必要であろう. また本研究で調査を行った長崎県川棚町の大崎半島産黒曜石の石器石材としての利用は、西北九州では腰岳産黒曜石に比べて圧倒的に少なく、その考古学的重要性もあまり議論されることはない. しかし長崎県内の遺跡(大村市竹松遺跡, 島原市畑中遺跡, 雲仙市栗山遺跡など)からは、大崎半島産黒曜石(川棚大崎①; 川道ほか2018)と判別さ

れる黒曜石製石器がしばしば報告され（雲仙市教育委員会2017；長崎県教育委員会2019；長崎県教育庁長崎県埋蔵文化財センター2021），西北九州においては少ない頻度ながらも石器石材として利用されているようである。また本研究では大崎半島の黒曜石と流紋岩類の全岩化学組成の比較から大崎半島産黒曜石の主体（OP-1）は松岳流紋岩類 A の火成活動に伴って生成されたことが示された。このことは西北九州各地の異地性原産地の黒曜石の供給源や産地不明の石器群（雲仙市教育委員会2017）の特定に、各地の流紋岩体の化学組成も利用できる可能性があることを示している。今後、黒曜石だけでなく流紋岩の全岩化学分析も黒曜石原産地の様相を解明していく上での重要な情報源になるであろう。

本研究で示した西北九州の黒曜石原産地の判別図（図6a・b）は WDXRF の定量分析精度に基づいたものである。一方で、近年国内外で携帯型の EDXRF（p-XRF：Bruker Tracer 5など）を用いたより迅速で、その機動性を生かした黒曜石製石器の原産地判別が実践されつつあり（島田2021），卓上型の EDXRF を用いた望月・池谷方式も国内における黒曜石製石器の原産地判別法のスタンダードとして運用され続けている（川道・片多2018）。このような状況の中で WDXRF による定量分析結果を踏まえた黒曜石製石器の原産地判別法を展開していくためには、原産地判別の基盤となる各地の黒曜石原産地の原石試料についての情報共有や試料共有が今後の大きな課題であろう。

筆者らは2021年3月に WDXRF や LA-ICP-MS による定量分析を行った黒曜石原石の位置情報、産状、全岩化学組成に関するオンラインデータベース⁶⁾を公開した。また情報公開した原石試料は全てひとまとめにし、EDXRF による黒曜石製石器の原産地判別を行うための基準試料として明治大学黒曜石研究センターや長崎県埋蔵文化財センターと共有化している。現在イエール大学において Peabody-Yale Reference Obsidians (PYRO) sets と呼ばれる EDXRF による定量分析を行う際に利用する校正用の黒曜石試料の公開と提供が実施されるなど（Frahm 2019），黒曜石製石器の原産地判別を行う上での国際的な基準づくりに関する取り組みが進められている。東アジアにおける後期旧石器時代の原生人類の拡

散や活動に関する議論において、西北九州と朝鮮半島の比較研究は必要不可欠であり、両地域において共通の基盤に基づいた黒曜石製石器の原産地判別を実践するために、黒曜石原産地の原石試料の共有化や情報公開に関する国際連携や発信は今後ますます重要になるであろう。

謝辞

流紋岩類の薄片観察においては佐賀大学の角縁進教授に助言を仰いだ。本研究は明治大学黒曜石研究センターとの連携研究「WDX による黒曜石原産地試料の精密定量分析と EDX による半定量分析（申請者：隅田祥光）」に基づいて、JSPS 科研費 21H00599, 19K32651, 19K01128 の助成を受けて実施した。

註

- 1) 本論では化学組成、全岩化学組成、定量分析値という用語を使用しているが、これらは全て「物質の構成成分とその量的割合」を意味する。成分とは元素のこと。量的割合とは含有量のこと。化学組成とは成分の種類とそれらの含有量のこと。全岩化学組成とはある岩石全体の平均的な化学組成のこと。全岩化学分析とは全岩化学組成を分析すること。定量分析値とは定量分析によって得られた化学組成のこと。
- 2) 原地性と異地性は地質学で用いられる用語である。本論で用いた原地性黒曜石とは溶岩や岩脈として産する黒曜石のことで、原地性原産地とはそのような黒曜石を産する原産地のことである。一方で異地性黒曜石とは産出した地点とは異なる地域や場所で生成された黒曜石のことで、異地性原産地とはそのような黒曜石が集積している原産地（段丘礫層など）のことである。すなわち原地性原産地には原地性黒曜石だけでなく小規模火砕流や崖錐中の礫として異地性黒曜石が含まれる場合もある。一方で異地性原産地に原地性黒曜石が含まれることはない。
- 3) ある地域の原産地に産する黒曜石のことを○○産黒曜石と呼ぶ。また川道・片多（2018）に従うとある原産地を代表する黒曜石と同じ化学組成を持つものが異地性原産地においても産する場合は、それらの化学組成（グループ）を○○系と呼ぶ。すなわち牟田産黒曜石の中には腰岳系の黒曜石が含まれるという表現が成り立つ。
- 4) マレカナイト (Marekanite) は Mrazova and Gadas (2011) によると「The obsidian balls (spheres) occurring in perlite, usually smaller than 5cm in diameter and having an indented surface, are called marekanite.」と説明されている。
- 5) 黒曜石のガラスが地表で2次的水を含むとパーライト (Perlite, 真珠岩) やピッチストーン (Pitchstone, 松脂岩) になる。通常、黒曜石の水分量は1%以下、パーライトで4%以下、ピッチストーンで1~10%（通常5%以上）である（地学団体研究会編1996）。

6) グーグル社が提供するオンラインツール (Google Sites, Google Maps, Google Sheets) を用いて, 2021年3月に開設されたオンラインデータベースである (<https://sites.google.com/view/obsidian>). 隅田と明治大学の池谷信之が調査を行なって採取した各地の黒曜石原産地の基準試料の位置や産状,そして明治大学黒曜石研究センター設置のWDXRFを用いた定量分析値(全岩化学組成)が公表されている. このデータベースは国際発信を目的に全て英語で作成されている.

引用文献

足立達朗・田尻義了・中野伸彦・小山内康人・大森真衣子 2016「元岡・桑原遺跡群第58次調査出土黒曜石について」『福岡市埋蔵文化財調査報告書1301:元岡・桑原遺跡群26』, 321p., 福岡, 福岡市教育委員会
 地学団体研究会編 1996『新版地学辞典』, 1443p., 東京, 平凡社
 Frahm, E. 2019 Introducing the Peabody-Yale Reference Obsidians (PYRO) sets: Open-source calibration and evaluation standards for quantitative X-ray fluorescence analysis. *Journal of Archaeological Science: Reports* 27: 101957.
 東村武信 1986『石器産地推定法』, 考古学ライブラリー47, 90p., 東京, ニューサイエンス社
 Hoang, N., Itoh, J., Uto, K. and Matsumoto, A. 2007 Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic study of late Neogene volcanic rocks from the Arita-Imari area (SW Japan): Evidence for coexisting OIB-like and subduction related mantle sources. *Advances in Geosciences* 13: 31-55.
 今井 功・沢村孝之助・吉田 尚 1958『5万分の1地質図幅説明書:伊万里』, 101p., 地質調査所
 Imai, N., Terashima, S., Itoh, S. and Ando, A. 1995 1994 compilation values for GSI reference samples, "Igneous rock series". *Geochemical Journal* 29: 91-95.
 海部陽介 2017「人類最古段階の航海—その謎にどう迫るか?」『科学』87: 836-840
 角縁 進・宇都宮 恵 2003「蛍光X線分析法による黒曜石の産地同定(2)」『佐賀大学文化教育学部研究論文集』7: 47-58
 亀井淳志・角縁 進・隅田祥光・及川 穰・芝康次郎・稲田陽介・大橋泰夫・船井向洋・一本尚之・越知陸和・腰岳黒曜石原産地研究グループ 2016「佐賀県腰岳系黒曜石の全岩化学分析」『旧石器研究』12: 155-164
 川道 寛 2014「旧石器～縄文時代草創期の原の辻遺跡」『長崎県埋蔵文化財センター研究紀要』4: 1-18
 川道 寛 2017「黒曜石回廊西端の原産地研究事情」『旧石器時代の知恵と技術の考古学』, pp.296-305, 安蒜政雄先生古希記念論文集刊行委員会
 川道 寛・片多雅樹 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:

1-17

川道 寛・隅田祥光・片多雅樹・辻田直人 2018「原産地判別プログラムを用いた黒曜石製石器の産地同定」『九州旧石器』22: 123-132
 腰岳黒曜石原産地研究グループ 2017「佐賀県腰岳黒曜石原産地研究:2014-2015年踏査報告」『古文化談叢』78: 23-49
 腰岳黒曜石原産地研究グループ 2020「佐賀県腰岳黒曜石原産地研究:2016-2018年踏査報告2」『古文化談叢』85: 97-132
 Lee, G. and Kim, J. C. 2015 Obsidians from the Sinbuk archaeological site in Korea — Evidences for strait crossing and long-distance exchange of raw material in Paleolithic Age. *Journal of Archaeological Science: Reports* 2: 458-466.
 宮地六美 1990「北西部九州の火山岩類のフィッシュン・トラック年代」『九大教養地研報』27: 9-12
 松井和典・須田芳郎・広島俊男 1989『20万分の1地質図幅長崎(第2版)』, 1p., 地質調査所
 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: 1-24
 Mrazova, S. and Gadas, P. 2011 Obsidian balls (marekanite) from Cerro Tijerina, central Nicaragua: petrographic investigations. *Journal of Geosciences* 56: 43-49.
 長岡信治・篠塚 博・角縁 進・宇都宮 恵・田島俊彦 2003『小値賀町文化財調査報告書17:長崎県五島列島野首遺跡における石器の石材と原産地の推定』, 101p., 長崎, 小値賀町教育委員会
 長崎県教育委員会 2019『新幹線文化財調査事務所調査報告書11:竹松遺跡IV上巻旧石器・縄文編XI』, 183p., 長崎
 長崎県教育庁長崎県埋蔵文化財センター 2021『長崎県埋蔵文化財センター調査報告書39:畑中遺跡』40p., 長崎, 長崎県教育委員会
 長浜春夫・松井和典 1982『5万分の1地質図幅説明書:早岐』, 56p., 地質調査所
 日本地質学会編 2010『日本地方地質誌8,九州・沖縄地方』, 648p., 東京, 朝倉書店
 小畑弘己 2003「九州腰岳原産地と鈴桶遺跡を巡る諸問題」『黒曜石文化研究』2: 169-183
 小田静夫 1995「黒曜石」『縄文文化の研究8』, 加藤晋平・小林達雄・藤本勉編, pp.163-179, 東京, 雄山閣
 及川 穰・川道 寛・隅田祥光・稲田陽介・栗野翔太 2018「長崎県杵岐島黒曜石原産地の踏査報告」『九州旧石器』21: 97-107
 Rollinson, H. 1993 *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*, 352p., London, Longman.
 阪口和則・河原和博 1993「川棚町大崎半島の地質 地図 1:25000「川棚」」『長崎県地学会誌』55: 14-17

- 阪口和則・近藤 寛 2004「川棚町の松岳流紋岩，西海凝灰角礫岩，戸尺の鼻玄武岩の関係」『長崎県地学会誌』68：13-16
- 阪口和則・迎 満康 1970「東彼杵郡川棚町付近の地質について」『南窓』16：30-39
- 阪口和則・迎 満康 1969「西彼杵半島北東部及び針尾島南西部の地質について」『南窓』15：6-12
- 坂田邦洋 1982「九州の黒曜石：黒曜石の原産地推定に関する考古学的研究」『史学論叢』13：71-216
- 芝 康次郎 2018「先史時代における腰岳黒曜石原産地の開発と利用」『島根県古代文化センター研究論集』19：169-191
- 島田和高 2021「携帯型蛍光 X 線分析装置 (p-XRF) を用いた黒曜石原産地出土石器の成分分析—検量線法による原産地推定の実践と課題—」『黒曜石研究の新動向—原産地推定法をめぐって—』明治大学黒曜石研究センター資源環境と人類シンポジウム (信州黒曜石フォーラム第 4 回例会), pp.10-11, 長野
- 隅田祥光・角縁 進 2019「長崎大学教育学部における岩石試料の教材化に向けた波長分散型蛍光 X 線分析装置を用いた定量分析の試料処理法」『長崎大学教育学部紀要』5：217-229
- 隅田祥光・池谷信之 2021「明治大学黒曜石研究センター設置の波長分散型蛍光 X 線分析装置による黒曜石の定量分析値の評価と定量分析」『資源環境と人類』11：1-23
- 隅田祥光・川道 寛 2021「牟田産黒曜石に含まれる腰岳系黒曜石について」『九州旧石器』25：255-264
- 隅田祥光・亀井淳志・川道 寛・及川 穰・稲田陽介・粟野翔太 2018「長崎県杵岐と島根県隠岐島後の黒曜石の化学的特徴の類似性と原産地判別法についての検討」『旧石器研究』14：83-108
- 杉原重夫編 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，第 2 冊，75p., 東京，明治大学文学部
- Suzuki, M. 1970 Fission Track Ages and Uranium Contents of Obsidians. *Journal of Anthropol. Soc. Nippon* 78: 50-58
- 田島俊彦 1987「長崎県西彼杵半島北部～東彼杵地域における火山層序—とくに枕状溶岩とハイアロクラスタイトについて—」『地団研専報』33：53-70
- 田島俊彦・松本徭夫・林 正雄 1992「長崎市周辺に分布する火山岩類のフィッシュン・トラック年代」『松本徭夫教授記念論文集』，松本徭夫教授記念事業会編，pp.181-191, 山口
- 雲仙市教育委員会 2017『雲仙市文化財調査報告書15：栗山遺跡・下栗山遺跡』，213p., 長崎
- 藁科哲男・東村武信 1983「石器石材の産地分析」『考古学と自然科学』16：59-89

Geology and geochemistry of obsidian and Arita rhyolites in Osaki Peninsula, northwestern Kyushu, Japan

Yoshimitsu Suda^{1*} and Yuki Fujitsuka¹

Abstract

The volcanic activity of Arita rhyolite during 3–2Ma formed several obsidian sources in northwestern Kyushu. The obsidian sources are mainly located around the Mt. Koshidake and the Osaki Peninsula. Especially, the Koshidake obsidian are the biggest obsidian source in the Kyushu Island. Provenance studies of archaeological obsidian artefacts have revealed that the obsidian are quite widely used as lithic raw materials during Upper Palaeolithic to Jomon Periods in the Kyushu Island and the Korean Peninsula. Due to lack of geological and geochemical data, the discussions regarding the Osaki Peninsula obsidian are quite insufficient on the archaeological studies. Therefore, geological survey of obsidian source in the Osaki Peninsula was performed and 34 obsidians and 6 rhyolites were analyzed by WDXRF. Conclusively, it was determined the representative whole-rock compositions of the Osaki Peninsula obsidian, and proposed a diagram for the discrimination between the Koshidake obsidian and Osaki Peninsula obsidians by Ti, Sr and Zr contents. Then, the plot of $(\text{TiO}_2+\text{Zr})/\text{Sr}$ vs. $(\text{TiO}_2+\text{Sr}+\text{Zr})$ was proposed for the discrimination of Koshidake obsidian and Osaki Peninsula obsidian, and other obsidian sources in northwestern Kyushu. Since several problems related to the characterization of allochthonous obsidian in Hario-nakamachi source and Muta source are yet existed, proposed diagram would be effectively useful for quantitative EDXRF and p-XRF analyses on the provenance studies of obsidian artefacts.

Keywords: obsidian source, northwestern Kyushu, whole-rock chemistry, WDXRF, provenance study

(Received 8 December 2021/ Accepted 26 January 2022)

¹ Faculty of Education, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521, Japan
* Corresponding author: Yoshimitsu Suda (geosuda@gmail.com)