

PALYNO

No.4

—挨 捂— 刊行にあたって

徳永 重元

—特集：黒曜石製遺物研究の動向と現状—

特集にあたって

橋本真紀夫

黒曜石石器の研究動向

小田 静夫

Fe-Rb 法による黒曜石の産地推定

五十嵐俊雄・齋藤 紀行・中根 秀二

黒曜石の産地別薄片観察記載

石岡 智武・五十嵐俊雄

—研究報告—

栃木県真岡市における試錐試料の
石灰質ナンノ化石層序

堀内 誠示

胎土試料のノルム計算
—粘土ノルム計算法の応用研究—

五十嵐俊雄

現生干潟の珪藻植生調査

伊藤 良永・北脇 達也

—技術報告—

表層簡易ボーリングの技術報告

山川 真樹

遺構解析における情報の定量化と統計処理
—微細遺物分析の試み—

田中 義文

有機質資材の品質検定法について
—植害試験の概要—

熊木 和弘

小規模 LAN を利用したパソコン環境整備

田中 義文・北脇 達也

—動 向—

考古学研究室

植木 真吾

地質調査室

興津 昌宏

土壤研究室

熊木 和弘



2001.3.

PALYNOSURVEY CO., LTD

刊行にあたって

編集委員長 徳永重元

当社はかねてから自然科学的各種手法による学際領域の課題に取組みその解析に係っており、その間断えず新知識の吸収・技術の向上・課題への挑戦を心掛けている。その内容を顕在化したものがこのPALYNOシリーズである。

1号においては当社の発足に当たっての組織内容・今後の展開計画を、2号においては各種化石による古環境解析の成果と土壤調査の技術的手法などを中心にまとめてある。3号においては更に範囲を広げ化石・岩石・土壤学の分析による当社の研究調査の現況を掲載した。また、一面においては以上各号は当社発足以来15、20周年を記念する意味をも含んでいる。このように当社が継続発展して來た由来は各位がつとに課題の解決・古環境の解明等に当社の能力を信頼し協力を賜った結果に他ならない。

当社の業務の関連する面は考古学・地質学・土壤学等多様な領域に亘っているので社内でも相互理解と社員自身の知識の確認が必要となり、このシリーズはこの点と業務内容を外部に知って頂くという二重の意味をもった内容となっている。

当社発足以来約25年が経過し関連分野の変遷においても著しいものがあった。地質学の分野では国内地下資源開発の衰退に反し海洋下の資源開発の期待が高まり、又阪神大震災を契機としての活断層調査が著しく進展した。考古学における変遷も著しく全国的な発掘に伴う自然科学調査も多く、出土品の理化学的分析も珍しくなくなった。土壤学の分野でも土壤分析のみならず汚泥利用の植栽試験、環境問題に対する協力等に変遷している。

本号ではこれら展開の中で考古学上とくに注目が集まっている黒曜石について外部からの権威の玉稿を得て当社の研究成果を特集として掲載することができた。又その他胎土分析に関する手法・試料採取についての技術開発・有機質資材の品質検定法等、受注業務の中で産まれた着想をも加えている。当社業務の一つの課題として「人間中心の古環境学」を提唱したい。その中においてこそ当社の業務の一体化が実現する場でもある。又、過去20数年間に蓄積された資料は数千に及ぶ報告書となっており、これらを収納し解析に即応用できるアーカイブスの設立を計画中である。

本号は当社発足以来約25年の節目としての意義もありこれが又外部の方々の御理解と御協力を賜る一つの資料ともなればと思っている。

特集にあたって

橋本真紀夫

黒曜石を石材とした石器研究には、黒曜石が持つ特有の素材が他の石器石材と大きく異なることに起因していることが多い。旧石器時代からみられる黒曜石の有用な素材の発見は、狩猟活動様態に発展をもたらしたといってもいいかもしれない。鋭利な利器としてのナイフ型石器や細石刃、石鏃等の小型の石器には、黒曜石が素材として適しており他の石材に勝るものはない。それは、黒曜石がガラス質な岩石であり加工によっては、鋭利な石器や微細な加工石器を作り出せるからである。

一方、黒曜石の持つ特有の素材には、岩石学的な特徴がある。火山岩の一つである黒曜石は、生成地（原産地）により化学組成が異なる傾向にある。したがって、遺跡から出土する黒曜石製石器と原産地の化学組成の比較により石器の石材産地が検討できる。さらには石器の表面に形成される水和層の厚さを測定することによる石器製作年代推定（水和層年代測定）や、黒曜石中に微量に含まれるウランの改変がつくる飛跡数（フィッショントラック）から黒曜石生成年代を算出する年代測定、黒曜石の晶子形態が原産地にある程度固有な傾向があり化学組成から推定した原産地と共に有用な情報となることなどがあり、古くから考古学研究に応用してきた。

これらの背景から当社では、黒曜石を対象とした考古学研究に寄与できる可能性が大きいと考え社内に黒曜石研究会を設置し上記に示す研究を重ねてきた。先ず全国にある黒曜石原産地の黒曜石を獲得することか

ら始め、45原産地の原石を収集し原産地データ整備に努めた。対象とした試料は直接原産地から採取した物、現地の方々から譲っていただいた物などだが、大半は小田静夫氏が長年調査収集した所蔵物を提供していただいた原石である。

黒曜石製遺物研究の動向と現状として本号の特集としたのは、幾つかの研究成果が得られ、中でも蛍光X線分析による当社独自の原産地判定法を確立し、遺跡出土黒曜石石器の非破壊分析も提案できるようになったからである。とくに原産地推定を行なう場合、従来の化学分析値による統計処理からだけではなく、当然のことであるが黒曜石という岩石を岩石学の立場から見直している。

さらに当社の研究は、原産地のデータベースを充実させ、遺跡出土石器のデータも増やしていくつもりであるが、原産地の現地調査は不可欠である。全国にある周知の原産地が枯渇あるいは開発により消滅しているところも増えてきている。また、原産地の地質調査が不十分な所も多い。

考古学研究面でいえば、最近は遺跡出土石器のデータが増えつつあるが、未だ時代、年代、地域、遺跡間、遺跡、遺構、器種別、等と原産地との関係が漠然としかみえていない。今後は系統立てて同様のデータ作りをすることにより当時の交易、移動、変遷等が活発に議論できると確信する。これらの背景や要因には総合的な環境変遷も重要であり当社では、他の分析調査も視野に入れ解析していきたいと考えている。

黒曜石石器の研究動向

小田 静夫¹⁾

要 旨

The obsidian is glassy and is cutting easily. The sharp blade is made by obsidian, it is frequently as material of stone implement in stone age. The many stone implements made by obsidian are found frequently in the sites of old stone age and the Jomon age in Japan. Especially the Hokkaido, Central Honshu and Kyushu, the occurrences of obsidian are gathered locally, and many obsidian implements are found in the around sites. Concerning the distribution of obsidian implements, the interchange between place of occurrence and remote sites is actually present. On the analysis of occurrence sites of obsidians, the physical and chemical methods are developed from about 1969 and recently the many groups in universities and civilian institutes are studying actively. Then, the future sight on study of obsidian will be global view through academic clue or system. Especially the work of Palynosurvey Co. has role on obsidian study.

1. 黒曜石とは

日本列島は環太平洋火山帯の一部であり、多くの火山が存在し火山活動も活発である。この火山活動に伴い流紋岩質マグマが、高温高圧の状態から地上に噴出したり、地表近くに貫入して急冷した場合に「黒曜石」が生じると言われている。黒曜石の定義は、黒色ないし暗色の火山ガラス、化学組成は通常、流紋岩質で、破断面は貝殻状を呈する。鉱物組成の主体は火山ガラスで、晶子や微晶を含み、少量の斑晶も含まれることもある。斑晶の周辺には割れ目が発達していて、この斑晶が多いものはガラス部分が細かく破れるので、石器の材料には不適当と言われている。黒曜石(黒曜岩)という日本名は、歌代ほか(1978)によれば、英語の「obsidian」から明治11年(1878)に和田維四郎によって訳されたと言われている。またObsidianはラテン語のobsidianus lapis (Obsidiusの石)から由来し、プリニウスによれば Obsius (Obsianus) という名前の旅行者がエチオピアで発見した石に似ているからだと述べている(一色、1994)。

黒曜石は考古学分野においては、均質で貝殻状断口を示す石材であることから、「石器」などの加工は恰好の石材である。したがって、細かい整形を必要とする両面加工石器(特に石鏸)、または鋭い刃部が要求される裁断石器(ナイフ形石器、スクレイパー)などにその威力が發揮された。このことから、黒曜石は石器時代(旧石器、新石器)を通じて、石器製作の材料として重

要な役割を果たした石材である。黒曜石はどの火山でも産出するものではなく、酸性の火山岩－流紋岩－に伴う火山ガラスである。日本では北海道、本州中部、九州地方に集中して産出地がある。この限られた黒曜石原産地と、それらの範囲を越えた黒曜石製石器類出土遺跡の分布は、当然のことながら、黒曜石という石器原材の需給関係が両者間に存在したことは事実である。この黒曜石の伝播が、どのような形態で行われたかは推測の域は出ないが、少なくとも何らかの「交易」活動として存在したことは確かであろう(小田、1981ほか)。

2. 黒曜石研究の歴史

黒曜石で作られた石器は、他の石材(チャート、頁岩、安山岩など)の製品に比べて透明で美しく、また発見しやすいこともあって、早くから考古学者の間で注目されてきた。したがって、学史においてもその初期の頃から黒曜石は話題にされていたのである。

(1) 黒曜石石器の確認

遺跡発見の黒曜石石器(特に石鏸)について、すでに明治時代中頃にその原石産地、分析方法について言及されている。明治19年(1886)神保小虎は人類学会の席上で、黒曜石の産地は各地にあると思われるが、北海道の十勝と信州の和田峠である。またそれらの産地を確かめるには、顕微鏡によってこれらの結晶の状況を吟味する必要があると述べている(神保「黒曜石比較研

1) 東京都教育庁 主任学芸員

究緒言」人類学会報告第二号24ページ、1886)。坪井正五郎は明治34年(1901)に「石器時代人民の交通貿易」と題して、伊豆大島の竜ノ口遺跡(現在、龍の口遺跡)から出土した黒曜石が神津島に産出するもので、縄文時代に両島間に交通があったことを推定した(坪井 1901)。大正年間になると、赤堀英三は全国の黒曜石石鏃の分布を調べて、北海道、中央日本、九州に三大中心地があることを指摘した。さらに北海道では十勝岳を中心にして、半径約60里の円内に、九州では阿蘇山を中心に半径約50里の円内に含まれるとした。八幡一郎も大正13年(1924)に『諏訪史』第一巻(鳥居龍藏編集)において、諏訪からコンパスで半径約50里の範囲に黒曜石石鏃が分布していると述べている。

昭和になると篠遠喜彦が昭和19年(1944)に東京都南澤遺跡出土黒曜石の結晶質晶子に着目して、顕微鏡で分析した結果、箱根系産の黒曜石と似ていることから産地を推定した(篠遠「南澤出土の黒曜石について」採集と飼育第六卷第二号、1944)。渡辺 仁も昭和23年(1948)に、全国の黒曜石製石鏃を研究するとともに北海道の黒曜石の特性を明らかにし、黒曜石製石鏃の分布と原石産地との関係、また顕微鏡による黒曜石の岩石学的特徴比較の必要性を提唱した(渡辺「北海道の黒曜石」人類学雑誌第60巻第1号、1948)。

こうした黒曜石の研究史を踏まえて、八幡一郎は昭和13年(1938)に『人類学・先史学講座』、さらに昭和31年(1956)になり黒曜石の交易について、初めて体系本(『図説日本文化史体系1』)に本格的にまとめ、日本先史時代の黒曜石交易について概観した(八幡 1938、1956)。

昭和37年(1962)になると、自然学者による新潟県上野遺跡(縄文中期、約5000年前)出土の黒曜石分析が増田和彦によって行われた(増田「本邦産黒曜石の晶子形態と考古学への応用に就いて」『新潟県津南町文化財報告4 上野遺跡』津南町教育委員会 1962)。増田は関東地方や信濃川上流の縄文時代36遺跡から出土した黒曜石石器を、晶子形態の特徴から箱根、天城、浅間山に属する富士火山系と和田峠を主体とする二つの産地群の可能性を推定した。

(2) 黒曜石の理化学的分析

考古学者による経験的な肉眼観察や一部岩石学者による顕微鏡下による晶子形態識別法に対して、昭和44年(1969)頃から地球物理科学者による本格的な黒曜石

の理化学分析が行われる時代が到来する。その端緒となったのは、昭和42年頃から東京大学の渡邊直經による「フィッショントラック法」の開発である。渡邊のもとで研究していた鈴木正男は、このフィッショントラック法による黒曜石の理化学分析に本格的に取り組んだ。鈴木は人類学教室の考古学研究生であった、鶴丸俊明(現・札幌学院大学)、小野 昭(現・東京都立大学)、そして小田静夫の協力を得て、東京都野川遺跡の旧石器時代の黒曜石石器をはじめ、関東・中部地方の旧石器、縄文時代の黒曜石石器を精力的に分析した。また全国の黒曜石原石を現地採集して、その基礎的分析データ作りを行った。その結果、遺跡と原産地との黒曜石の需給関係が、時間的、空間的に正確に語れる基礎が確立したのであった(鈴木 1973、1974)。

昭和53年(1978)から渡邊直經を代表にして、文部省科学研究費特定研究の「自然科学の手法による遺跡古文化財等の研究」が3カ年実施された。この研究プロジェクトにおいて、黒曜石の理化学分析法が多数の研究者によって推進され、日本における理化学的な黒曜石分析が全国レベルで語れる基礎が出来たことは画期的なことであった(近藤・鈴木ほか1980)。この組織は渡邊直經によって、その後「古文化財に関する保存科学と人文・自然科学」という名称で2年間継続された。やはり黒曜石の研究も継続されている(鎌木・東村ほか1984)。さらに、この研究組織は「日本文化財科学会」として新しく設立され、こんにちに至っている。機関紙は「考古学と自然科学」である。

平成6年(1994)東京で行われた日本文化財科学会第11回大会で、特別セッション「黒曜石をめぐる諸問題」が開催された。この招待講演の一つで通商産業省工業技術院地質調査所の一色直記が、黒曜石の岩石的特性を産地や分析値を示し解説した。おそらくこの発表が黒曜石について専門研究者が正確に紹介した原点とも言えよう。この特別セッションでは、黒曜石をテーマに現在活躍している考古学、自然科学研究者の報告が5編、講演が2編行われた。講演と発表者は、一色直記、小杉 康(明治大学グループ)、戸村健児・輿水達司・河西 学・瀬田正明(立教大学グループ)、二宮修治・高橋孝一郎・網干 守・大沢眞澄(東京学芸大学グループ)、高橋 豊・西田史朗(静岡県立教育研究所グループ)、山本 薫(筑波大学)、小田静夫であった。

つぎに、新しく開発された各種理化学的分析法を簡単に紹介しておきたい。

1) 原産地推定

黒曜石の特性を利用して、黒曜石の原産地を推定する方法である。大きく三つの理化学的分析方法が行われている。

- ・晶子形態法：黒曜石の薄片を光学顕微鏡下で観察すると、晶子と呼ばれる胚芽的な結晶が見られる。その晶子の形態が、原産地あるいは露頭ごとに特徴があることを利用して、原産地を推定していく方法である。

- ・化学組成分析法：黒曜石は急冷して生じた均質な火山ガラスであるから、その化学組成を部分分析した場合に、産地内での変異は小さい。したがって、産地間で有意の差のある元素を定量することによって産地が推定できる。この方法を用いるものとして、放射化分析、原子吸光分析、蛍光X線分析、質量分析などがある。

- ・フィッショントラック分析法：原子核が二つに割れる原理を利用し、黒曜石内の原子核分裂片のキズ・フィッショントラッカーを観察し計算することによって、その岩石の生成年代、つまり噴出年代を測定する。そのためには、鉱物中のウラン濃度を知る必要があり、このキズ跡とウラン濃度が、どの原産地の値に近いかをあわせて調べることによって、原産地を推定する方法である。

2) 年代測定

黒曜石の特性を利用して、黒曜石の生成年代や石器として使用された時期を推定する方法である。大きく二つの化学的分析方法が行われている。

黒曜石水和層年代測定法：黒曜石は打ち欠いてすぐは表面に光沢があるが、遺跡から出土するものは少し鈍くすんでいる。これは黒曜石の表面が、時間の経過と共にその表面から水を吸収し、水和層を形成していった結果である。この原理を利用し、水和層の厚さを計測することにより、石器の製作された年代を推定する方法である。

フィッショントラック年代測定法：フィッショントラックが二次的な加熱（400度Cで1時間以上、500度Cで1分間以内）で消え、また新しいキズ跡を生成することを利用して、遺跡出土の焼けた黒曜石について、生成年代つまり使用年代を推定することができる。

(3) 黒曜石の交易活動

黒曜石の交易活動などについて、積極的に取り組んだ考古学研究者を次に紹介しておきたい。

1) 坪井正五郎

坪井正五郎は明治34年「石器時代人民の交通貿易」と題して、伊豆大島・竜ノ口遺跡（タツノクチ、龍ノ口遺跡）の黒曜石が、神津島からの搬入品であり、両島間に交通があり、交易関係が考慮されると述べた。我が国における黒曜石交易を論じた最初の研究者である。

2) 鳥居 龍蔵

鳥居龍蔵は大正13年『諏訪史』第一巻の「第一部先史時代第二編遺物—黒曜石」の項で、信州（長野県）の黒曜石が中央日本を中心に広く分布している事実が述べられている。長野県諏訪地方は曾根湖底遺跡で、早くから学会に紹介されていた。また古くから黒曜石の原産地として有名であり、広くこの地方を日本に紹介した最初の研究者である。

3) 八幡 一郎

八幡一郎は昭和13年「先史時代の交易」と題して、『人類学・先史学講座』に三回にわたって講座を掲載し、黒曜石の交易についても考察した。さらに昭和31年「物質の交流」と題して、『図説日本文化史大系1』に黒曜石の交易について詳述した。日本の黒曜石交易問題を、学問の一領域にまで高めた最初の研究者である。

4) 坂田 邦弘

坂田邦弘は昭和57年頃から、九州地方の黒曜石の原産地と遺跡の関係を積極的に取組み、原産地の探索に務め集成した。しかしこの努力と裏腹に、産地と遺跡出土の石器の判定基準に経験的、肉眼的手法を中心に行なったために、理化学的分析結果との間に正確さを欠く多くの事実を生んでしまった。代表的な著書には『九州の黒曜石』（広雅堂書店、1982）がある。

5) 金山 喜昭

金山喜昭は昭和59年頃から東京都鈴木遺跡、神奈川県橋本遺跡などの黒曜石分析を、鈴木正男ら立教大学グループと精力的に行った。また「文化財としての黒曜石」（月刊文化財298、1988）、「伊豆半島段間遺跡出土の黒曜石原石」（考古学雑誌75-1、1989）など積極的に黒曜石研究の普及にも努めた。

6) 小田 静夫

小田静夫は昭和44・45年東京都野川遺跡の発掘調査（団長J.E.Kidder・国際基督教大学）で、小山修三、小

林達雄らと考古学・自然科学者が共同研究した我が国最初の大規模発掘調査に取り組んだ。出土した黒曜石石器は鈴木正男を中心とした東京大学グループで理化学的分析を行った（小林・小田ほか「野川先土器時代遺跡の研究」第四紀研究10-4、1971）。さらに、昭和48年には、鈴木、一色直記ら自然学者、そして考古学者の鶴丸俊明、小野 昭などとの共同研究で、伊豆諸島遺跡出土の黒曜石石器を体系的に分析し、神津島産であることを確かめた（鶴丸・小田ほか1973）。昭和56年には「神津島の黒曜石」と題して、日本の旧石器、縄文人が世界に先駆けて「海上交通」を行っていたことを紹介し（小田 1981）、昭和57年には講座『縄文文化の研究8』に全国の黒曜石研究の現状をまとめている（小田、1982）。最近では神津島産の黒曜石をテーマにして、多数の交易論（小田、1996, 1997）を展開し、現在西太平洋を中心に「黒潮圏」のヒトの動態を追求している（小田『黒潮圏の考古学』第一書房2000）。

3. 各地の黒曜石産地と石器利用の現状

日本列島には現在、北は北海道から南は九州まで約70カ所以上の黒曜石の原産地が知られている（藁科、1998ほか）。小田（1982）にまとめた原産地を図1・表1に示す。つぎに、各地域の原産地と遺跡における黒曜石利用状況をみてみたい。

（1）北海道地方

我が国で最も大型で良質な黒曜石原産地が存在する地域である。現在10カ所近くの産地が知られ、白滝、置戸、十勝三股、赤井川産はその中では著名である。また旭川付近の河原にも黒曜石原石の産地が存在するらしく、知人が採集した原石は拳大で十勝三股に近い良質のものであった。

北海道の黒曜石石器は大型品が多く、早くから東京の考古学研究者に知られ、その研究史も古い。この地方の石器を早くから採集していた松平義人は、見事な黒曜石石器類を東京国立博物館や東京都江戸川区立郷土資料館などに寄贈している。その後も北海道の黒曜石石器類は、地元出身の多くの考古学研究者たちが、考古少年の頃表面採集しその素晴らしさに感動して考古学の道へ進む契機になったことも聞いている。

この地方の理化学的分析は、北海道大学の近藤祐弘、勝井義雄らによって昭和55年（1980）頃から主に水和層分析を中心に行われていた（近藤・勝井ほか、

1980）。

日本最大規模の黒曜石原産地である白滝産は、道内の旧石器遺跡（白滝遺跡群）をはじめ縄文時代遺跡にも多用され、30センチを越える大型石器（両面加工尖頭状石器）も製作されている。また白滝産は日本海を越えて、対岸のロシアやサハリンでも使用されていることが、昭和63年（1988）立教大学の鈴木正男グループの分析で確認されている。さらに津軽海峡を越えた青森県の縄文前～中期の遺跡（三内丸山）からも発見されている（金山喜昭「石材」『図解・日本の人類遺跡』東京大学出版会、1992）。

北海道地方の石器石材の利用状況は、西南部に良質な頁岩（大型母岩多量）産出地帯が存在し、この地域遺跡（立川、樽岸、桔梗、ピリカなど）で頁岩が使用されている他は、黒曜石石材が旧石器・縄文時代の石器に多用されている（杉浦重信「北海道における黒曜石の交易について」古代文化42-10、1990）。

（2）東北地方北部

現在13カ所近くの黒曜石原産地が知られ、深浦（青森県）、脇本（秋田県）、零石（岩手県）が著名である。特に秋田県男鹿半島の海岸部には黒曜石の原産地が点在し、脇本海岸のは小粒であるが良質である。

昭和47年（1972）磯村朝日太郎が男鹿半島研究1に載せた「男鹿半島産の黒曜石の原石について」は、この地域の黒曜石の実情を良く紹介した力作である。また不思議なことには、他の地域すでに石器の使用する時代が終了している「古墳時代」に、水沢地方で黒曜石製石器の集中した使用も知られている。原産地は宮城県宮崎町湯倉と判定されている（岩手県立埋蔵文化財センター所報81、1999）。

この地方の黒曜石の理化学的分析は、鈴木正男によって行われている。最近では脇本海岸産がロシアの沿海州地方の遺跡に運ばれていることが判明している。しかし、全体的に母岩が小さく、原産地周辺遺跡に利用範囲が限られるようである。

北海道南西部からこの東北地方の日本海沿岸部にかけては、日本有数の大型で良質な頁岩産出地帯として知られている。したがって、旧石器、縄文時代を通してこの頁岩を使用している。また玉髓も産出し、古期の旧石器や尖頭器文化に多用されている。

（3）東北地方南部

現在6カ所近くの黒曜石原産地が知られ、月山（山

形県)、板山(新潟県)が著名である。板山原産地は筆者が学生時代(昭和33年頃)、同級生であった地元新発田市出身の稻岡嘉彰(現・新潟県教員)とともに確認したもので、小粒であるが良質で周辺の縄文遺跡では多用されていた。最近、新潟県北部の旧石器時代(細石器)遺跡から、コハク色した月山産の良質黒曜石が使用され注目されている。また佐渡島にも黒曜石原産地が存在し現地踏査したが、佐渡は「赤玉」と呼ばれる鉄石英の産地で、縄文時代の石器、さらに弥生時代の管玉(玉作工房址)に多用されている。最近、藁科哲男の分析で、佐渡産の黒曜石が青森県三内丸山遺跡で確認されたという(読売・青森版1998.8.14付)。

東北地方南部も頁岩の大産地であり、山形県寒河江市内の河原には良質大型母岩礫が散布していて、周辺の旧石器・縄文時代の石器に多用されていた。したがって、東北北部地方と同じく、黒曜石は原産地を中心に使用された地域的、補助的な石材であった。

(4) 関東地方北部

現在1カ所、高原山(栃木県)周辺に黒曜石原産地が知られるだけである。高原山産の黒曜石は全体的に小粒で、栃木県を中心にして群馬県、茨城県、埼玉県地域で若干使用されている程度である。この高原山産黒曜石の栃木県内での利用状況について、栃木県立博物館と東京学芸大学の二宮修治らによってまとめられた総合的な報告が出されている(上野・二宮ほか、1986)。それによると北関東では、黒曜石石器使用頻度はそれほど多くないようであり、高原山産以外には群馬県では信州(長野県)産が、茨城県では神津島(東京都)産が混じっている程度である。

群馬県と長野県の境界あたりに「ガラス質黒色安山岩」の大原産地が存在しており、この石材が旧石器時代を中心にして関東一円に運ばれ使用されている。また東北地方の頁岩、玉髓の使用も認められている。

(5) 関東地方南部

この地方には黒曜石の原産地は知られていない。しかし、多くの遺跡で黒曜石が使用されていることから、理化学的分析が最も多く行われている地域である。使用されている黒曜石は、大きく信州(長野県)系、箱根(神奈川県、静岡県)系と神津島(東京都)系の原石が複雑に利用されている。

東京地方の黒曜石分析は昭和44・45年(1969・70)の調布市野川遺跡の発掘調査を契機にして、東京大学

の鈴木正男によって推進された。鈴木の分析によって関東・中部地方の旧石器時代遺跡184文化層から2,733点の黒曜石製石器が、フィッショントラック分析法によって分析された。その結果、約30,000年前頃から黒曜石が使用され始め、主に箱根系の黒曜石を利用していた。12,000年前頃になると箱根系と信州系が同時に使用され、さらに太平洋上の神津島系の黒曜石も使用されている。縄文時代になると、箱根系、信州系、神津島系の三者が早期と前期では50:37:13パーセント(遺跡数)、43:49:8パーセント(黒曜石数)という比率であり、中期になると36:41:23パーセント(遺跡数)、42:42:16パーセント(黒曜石数)となっている(Suzuki, 1973・1974)。

最近では多数の分析グループ(立教大、東京学芸大、京都大、お茶の水女子大、パリノ・サーヴェイ、国立工業高専)が、この地方の黒曜石分析を行うようになっている。その成果の一つとして、神津島系の黒曜石が約35,000年前頃に東京の旧石器遺跡(武藏台X層文化)から確認され、旧石器人が世界に先がけて海上航海を行っていたことが判明している(小田、1997)。

(6) 中部地方中央部・北半部

現在8カ所近くの黒曜石原産地が知られるが、長野県の麦草峠、霧ヶ峰、男女倉、和田峠が著名である。地元の黒曜石研究者の中村龍雄は、それらを豊富な写真でまとめているのでその全容が良く理解される(中村1977『黒曜石上巻』、中村1978『黒曜石上巻』、中村1978『黒曜石続巻』、中村1983『星ヶ塔』自費出版)。一般的に信州系と呼ばれているこれら黒曜石の様相は、透明なものから黒色、灰色、そして珍しい褐色のものなど種類が多い。北海道の十勝三股や白滝産に特徴的に存在する褐色の黒曜石について、立教大学の輿水達司らは山梨県の縄文時代遺跡出土の褐色黒曜石石器をフィッショントラック法で分析し、霧ヶ峰や和田峠産と同じ噴出年代を示し産地が同じ場所にあることを確かめている(輿水・戸村健児・河西 学「本州中央部より出土の褐色黒曜石の原産地」考古学ジャーナル379、1994)。最近八ヶ岳山麓にも原産地が確認され出した。

この地方の黒曜石は鳥居龍蔵、八幡一郎などにより、日本考古学史の初期の頃から話題にされており、各種論考も膨大な量に上っている(鳥居 1924、八幡 1924、1928、1979)。この地域の黒曜石の理化学的分析

1:白滝	21:箱根(日金)
2:置戸	22:"(上多賀)
3:十勝(三股)	23:天城
4:赤井川	24:神津島(砂糠崎・沢尻湾)
5:下湯川	25:"(恩馳島)
6:深浦	26:隱岐(久美)
7:大館	27:"(東郷)
8:戸賀(石ケ沢)	28:姫島
9:脇本(船越海岸)	29:腰岳
10:月山	30:壱岐(角川)
11:板山	31:牟田
12:大白川	32:古里
13:高原山	33:淀姫
14:大町	34:阿蘇(小国)
15:浅間	35:"(産山)
16:和田峠(小深沢)	36:"(淨土寺)
17:霧ヶ峰(星ヶ塔)	37:"(一の宮)
18:箱根(芦ノ湯)	38:出水
19:"(畑宿)	39:三船(竜ヶ水)
20:"(鍛冶屋)	40:指宿

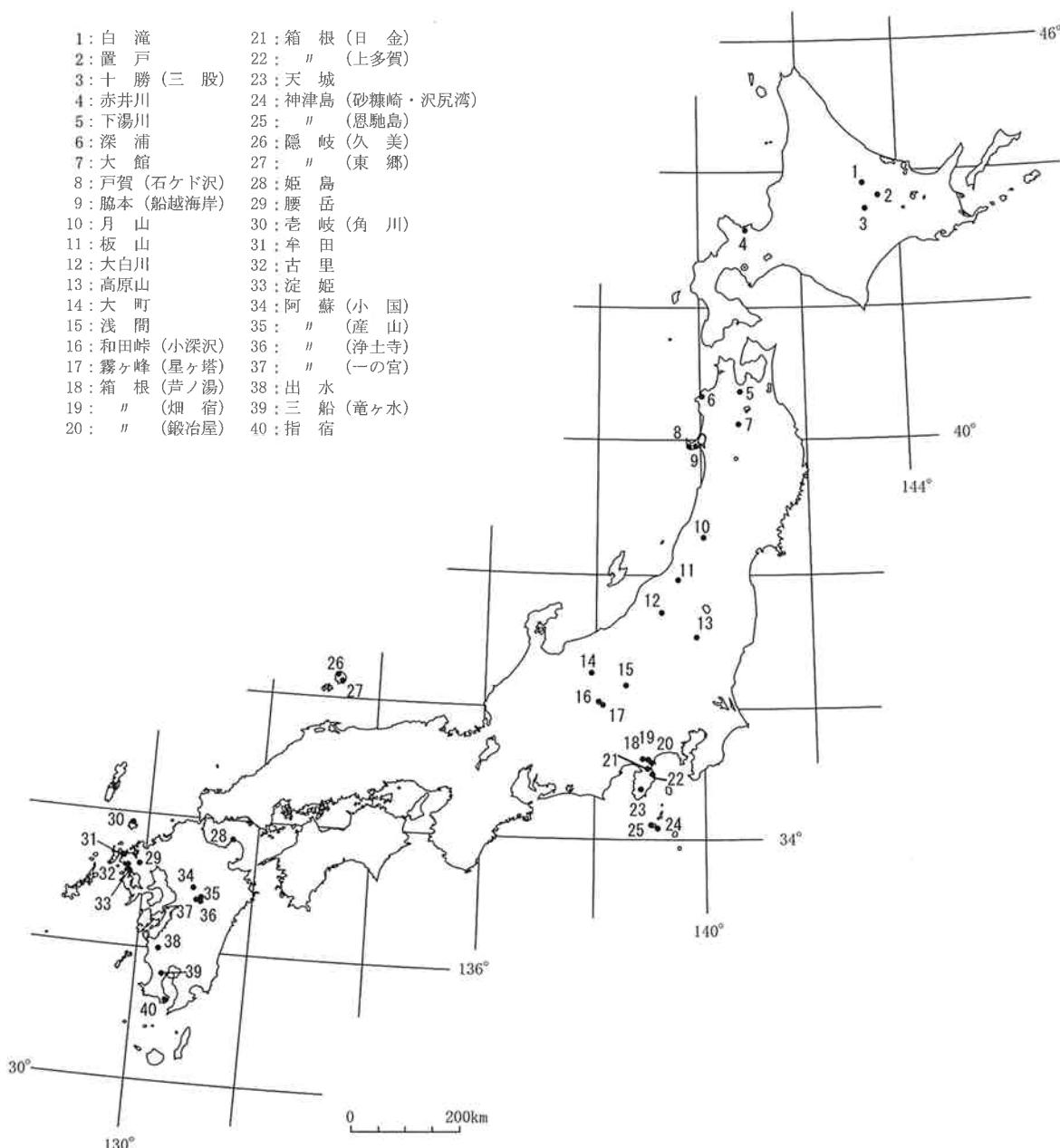


図1 黒曜石原产地分布 (小田、1982)

は、鈴木正男が最初である (Suzuki, 1969・1970 ほか)。その後、分析学者の全てがこの地域の黒曜石を分析していることが知られる。

また考古学者による多くの論考が行われている。和田峠産は母岩は小さいが、無色透明で良質黒曜石が多産し、この原石は縄文時代にかなり広範囲に運ばれて「石鏃」として使用されている。斎藤幸恵によると信州系の黒曜石は、縄文時代を通して半径150Kmの範囲

に原石の供給が認められるという (斎藤「黒曜石の利用と流通」季刊考古学12、1980)。黒曜石の貯蔵例もこの地域の縄文遺跡から確認されている。

長崎元廣は諫訪盆地、八ヶ岳西麓・南麓、松本盆地で確認された22遺跡36カ所の貯蔵遺構を検証した (長崎「縄文の黒曜石貯蔵例と交易」『中部高地の考古学III』1984)。長崎は黒曜石が交易の交換財であり、主に住居内のこうした遺構は火災で埋没したり、床下に埋

表1 黒曜石原産地一覧表(噴出年代、ウラン濃度値はSuzuki 1970によった)(小田、1982)

	原産地名	地番	噴出年代 ($\times 10^6$ 年)	ウラン濃度 (ppm)	文献
1	白滝	北海道紋別郡白滝村	2.15±0.15 2.90±0.18	3.1-3.2 2.3-2.4	Suzuki 1970
2	置戸	〃 常呂郡置戸町	3.95±0.15	3.0-3.2	〃
3	十勝(三股)	〃 河東郡十勝三股	1.65±0.15	3.1±0.1	Suzuki 1970, 佐々木 1979
4	赤井川	〃 余市郡赤井川村	0.05±0.15	4.3-4.4	〃
5	下湯川	青森県青森市		3.3	〃
6	深浦	〃 西津軽郡深浦町	4.45±0.25	2.8	〃
7	大館	秋田県大館市		1.7	〃
8	戸賀(石ヶ沢)	〃 男鹿市			磯村 1972
9	脇本(船越海岸)	〃 〃			〃
10	月山	山形県西村郡月山町			佐々木 1980
11	板山	新潟県新発田市	7.45±0.50	1.1	Suzuki 1970
12	大白川	〃 北魚沼郡入広瀬村			寺村 1959
13	高原山	栃木県塩谷郡			田代 1975
14	大町	長野県大町市		2.3	Suzuki 1970
15	浅間	〃 北佐久郡軽井沢町	0.02±0.005	1.1	〃
16	和田峠(小深沢)	〃 小県郡和田村	0.85±0.05	6.8±0.3	〃
17	霧ヶ峰(星ヶ塔)	〃 諏訪郡下諏訪町	1.30±0.05	3.2±0.2	〃
18	箱根(芦ノ湯)	神奈川県足柄下郡箱根町	0.11	0.6±0.04	〃
19	〃(畠宿)	〃 〃 〃	0.13 0.12	0.59 0.6±0.04	〃
20	〃(鍛冶屋)	〃 〃 湯河原町	0.39	0.43	〃
21	〃(日金)	静岡県熱海市	0.57	0.67	〃
22	〃(上多賀)	〃 〃 上多賀町	0.40±0.05	0.8±0.05	〃
23	天城	〃 中伊豆町	0.01±0.005	1.2	〃
24	神津島(砂糠崎)	東京都神津島村	0.07±0.01	1.6±0.2	Suzuki 1970, 小田 1981
25	〃(恩馳島)	〃 〃			〃 〃
26	隱岐(久美)	島根県島後五箇村	3.90±0.40	3.8	Suzuki 1970, 宮道 1974
27	〃(東郷)	〃 西郷村		2.0	〃 〃
28	姫島	大分県東国東郡姫島村	0.34±0.05	1.4	Suzuki 1970, 潮見 1980
29	腰岳	佐賀県伊万里市	2.80±0.20	4.1	Suzuki 1970
30	壱岐(角川)	長崎県壱岐郡芦辺町			鎌木他 1980
31	牟田	〃 松浦市			〃
32	古里	〃 佐世保市	1.45±0.20	5.0	Suzuki 1970
33	淀姫	〃 〃	1.45±0.20	2.4	Suzuki 1970, 下川 1965
34	阿蘇(小国)	熊本県阿蘇郡小国町			緒方 1980
35	〃(産山)	〃 〃 産山村		3.5	Suzuki 1970, 鎌木他 1980
36	〃(淨土寺)	〃 〃 波野村	0.50±0.05	3.2	〃 〃
37	〃(一の宮)	〃 〃 一の宮町		3.4	〃 〃
38	出水	鹿児島県出水市			池水 1967, 鎌木他 1980
39	三船(竜ヶ水)	〃 鹿児島市	0.80±0.08	2.4	Suzuki 1970, 鎌木他 1980
40	指宿	〃 指宿市	0.02±0.005	1.9	〃 〃

納、隠匿し忘れられたものとした。黒曜石の採掘址も霧ヶ峰地区(星糞峠黒曜石採掘址)で古くから確認されている。最近、明治大学で旧石器時代の大規模な鉱山址「鷹山遺跡群」の発掘調査が続行中であり、この地方が中部・関東地方の黒曜石の一大供給地域であったことが理解されている(小杉 康「遙かなる黒曜石の山やま」『縄文人の時代』1995、新泉社)。

富山県下の旧石器時代4遺跡、縄文時代4遺跡出土

の黒曜石石器を分析した京都大学原子炉研究所の藁科哲男は、旧石器段階では長野県霧ヶ峰産と秋田県深浦産、縄文段階では霧ヶ峰産と山形県月山産と判定している(藁科「富山县下遺跡出土の黒曜石遺物の石材产地分析」大境9、1985)。

(7) 中部地方南部・太平洋岸

現在7カ所近くの黒曜石原産地が知られ、大きく箱根(神奈川県)と伊豆(静岡県)系、それに神津島(東

京都)系に分けられる。箱根系には畠宿、伊豆系には柏崎西、神津島系には恩馳島が著名である。この地方は信州中央部の大黒曜石原産地群が北部に存在し、一方太平洋側には箱根、伊豆、神津島の原産地群があるという黒曜石にめぐまれた地域ともいえる。

明治34年東京大学の坪井正五郎によって、伊豆大島竜ノ口遺跡の縄文中期の黒曜石石器が、神津島から運ばれてきたことが述べられている(坪井、1901)。この論考は我が国で最初の黒曜石交易に関して論考された文献である。昭和12年には芹澤長介は伊豆天城山麓で黒曜石の原産地を踏査し、石鏃に多く使用され、また原産地付近に遺跡が集中することを指摘している(芹澤ほか「伊豆天城山麓における黒曜石の鑛原」科学7-3、1937)。

この地方の黒曜石の理化学的分析は、鈴木正男が静岡県沼津市休場遺跡の石器を分析したのが最初である(Suzuki、1974・1977)。その後、静岡県立教育研究所の高橋 豊が昭和61年頃から愛鷹山山麓の旧石器時代遺跡を中心に行った。高橋は伊豆諸島の神津島産黒曜石も分析し、静岡県の海岸地域遺跡に運ばれていることを確認している(高橋、1985・高橋・西田、1988)。平成6年頃から国立沼津工業高等専門学校の望月明彦も、同じ愛鷹山山麓や最近では長野県、神奈川県の資料も手広く行うようになった(望月ほか、1994)。

この地域は黒曜石原産地が近接しており、各遺跡からは複雑な関係で各産地の黒曜石製石器が出土している様子が知れる。

(8) 近畿地方

この地方には黒曜石の原産地は知られていない。

近畿地方には良質のサヌカイトの大原石産地が、二上山地域(大阪府と奈良県境)に存在し、旧石器、縄文時代を通して大半の石器はこのサヌカイトで作られている。

三重県の伊勢地域や大阪府などの縄文時代遺跡で、まれに黒曜石製の石器が出土することがあり、前者は神津島産、後者は隠岐島(島根県)産の黒曜石と分析されている。

(9) 濑戸内地方

この地方にも黒曜石の原産地は知られていない。そのかわり近畿地方と同じくサヌカイトの大原産地が香川県(五色台、金山)と広島県(冠山)に存在し、大半の石器はこのサヌカイトで作られている。

この地方特に広島県、愛媛県の縄文遺跡から、大分県国崎半島東端の姫島産の特徴的な色彩、質をもつ黒曜石が多く発見されることがある。この姫島産黒曜石の利用範囲は広く、大分県を中心に、瀬戸内地方西部、そして九州全域に認められている。しかし不思議なことに旧石器時代遺跡からまだ発見されたことがなく、縄文時代になって利用された黒曜石とも考えられよう。また遠く玄界灘を越えた朝鮮半島の東三洞貝塚にも運ばれている(潮見 浩「考古学班調査報告—石器原材としての姫島産黒曜石をめぐってー」内海文化研究紀要8、1980)。

(10) 中国地方北部

現在4カ所、隠岐(島根県)の島に黒曜石原産地が知られ、加茂と久見が著名である。

この地方の藁科哲男により、隠岐産の黒曜石は主に中国地方北部の海岸地域と中央山岳地帯の遺跡に使用され、一部は瀬戸内側にも運搬されていることが判明している(藁科ほか、1988)。縄文時代が中心で、隠岐島から海上交通によって本州島に丸木舟で運ばれたものである。最近、鈴木正男によって、隠岐産の黒曜石がロシアの沿海州にも渡っていることが判明している。日本海を丸木舟でロシアと日本の先史人が交流している事実が浮上してきたのである。

(11) 四国地方南部

この地方にも黒曜石の原産地は知られていない。

地元考古学研究者の木村剛朗によると、高知県西部の縄文時代遺跡に姫島(大分県)産の黒曜石が利用されてることが確かめられている(木村「九州姫島産黒曜石よりみたる西四国縄文期の交易圏(上・下)」土佐史談124・126、1969・70)。

この地方の遺跡から発見される石器は、地元のチャートを使用したものが多い。

(12) 九州地方北部

現在17カ所近くの黒曜石原産地が知られている。佐賀県の腰岳が最大で、次は長崎県の松浦半島の牟田と針尾島の古里海岸である。また九州本島から離れた姫島(大分県)に2所、壱岐(長崎県)の島に4カ所、黒曜石の原産地が存在している。

この地方の黒曜石石器と原産地に関する研究は、昭和35年に熊本県山鹿市の高校教員であった隈 昭志が「石器材料の石質から見た需給圏—本州西端及び北九州—」と題して論述したのが最初であろう(考古学研究

25、1960)。隈によると、この地方には大きく伊万里、姫島、阿蘇系の3つの原産地が知られている。そして各遺跡出土の黒曜石を肉眼的に識別すると、姫島系は特徴があるが、漠然と阿蘇系と呼ばれていた黒色の黒曜石は伊万里系(のちの腰岳)であり、山口県から福岡県にかけて広く分布していることが確かめられたという。

20年後の1980年、黒曜石の理化学分析が、東京学芸大学の大沢眞澄の研究グループによって、福岡県若宮町都地遺跡で初めて行われた(二宮ほか『若宮宮田工業団地関係埋蔵文化財調査報告書3』1980所収)。分析を推進した二宮修治は、原子吸光分析法、機器中性子放射化分析法を用いて5点の石器を分析し、佐賀県腰岳か長崎県古里海岸産と判定した。当時、まだ腰岳と古里海岸産の区別が理化学的分析でも分離出来ない段階にあった。

一方、別府大学の坂田邦洋は、九州地方の黒曜石を経験的、肉眼的特徴で総合的、精力的に研究した(『九州の黒曜石』1982、ほか)。しかし、その後の理化学的分析研究結果は、坂田の自己流な判別法の信頼性が問われる結果を招いてしまった。

九州地方は本州、北海道と共に黒曜石の原産地の集中した地域である。最大の原産地は腰岳(佐賀県)で、こここの黒曜石は北は朝鮮半島(鈴木正男分析)から、南は沖縄本島(鈴木正男、二宮修治分析)にまで運ばれている。腰岳に次いで黒曜石の原産地が集中しているのは、長崎県松浦半島の牟田と針尾島の古里地域である。筆者も学生時代から長崎県島原半島筏遺跡、百花台遺跡、そして佐世保市岩下洞穴の発掘調査に携わり、同級生の佐世保市出身の下川達弥(現・長崎県立美術博物館)とこの地域の黒曜石産地を踏査したことがある。その経験によると、牟田と古里地域の黒曜石は、腰岳に似て黒色良質なものであったが母岩が小さく県内の遺跡を中心に利用されているようであった。また下川は、ハリ質安山岩に似た灰色の黒曜石原産地を淀姫で発見している(下川「佐世保市東浜淀姫発見の黒曜石産地」若木考古74、1965)。この淀姫原石の方が、前二者の原石礫より母岩が大きく利用価値がありそうであった。

長崎県地方の黒曜石産地の探索は、その後多くの考古学・理化学研究者によって行われている。考古学者の清水宗昭は「針尾島の黒曜石原石地帯」を速見考古創

刊号(1971)に、また副島和明は「針尾産黒曜石の原石について」を『針尾人崎遺跡』(1982)に、さらに米倉浩司は「佐世保市針尾島の黒曜石・サヌカイト原産地と旧石器遺跡」を旧石器考古学41(1990)の載せている。東京学芸大学の二宮修治のところで黒曜石の理化学分析をしていた諸岡貴子は、「佐世保市針尾北町・砲台山の黒曜石産地」を考古学ジャーナル261(1986)に発表した。

熊本県阿蘇地方にも、古くから黒曜石の原産地が知られている(隈、1960)。昨年12月大分県聖嶽洞窟の発掘調査の折、熊本県の考古学関係者から、珍しい黒曜石石器を見せられた。それは表面の状況が肉眼では安山岩状を呈する旧石器時代の大型剥片石器類で、筆者も最初黒曜石であることを疑ったほどであった。しかし新しい破損部分を見るとガラス質で光沢があり黒曜石のようであった。原産地は阿蘇にあるという。

この北部九州地域も近畿、瀬戸内地域と同じく、安山岩の大原産地が鬼鼻山、老松山(佐賀県)周辺に存在し、旧石器~弥生時代の大型石器はこの石材を多用している。中でも明治大学が発掘調査した多久市三年山や茶園原遺跡では、ここの安山岩を使用して大型石槍を多量に製作した地点が確認されている。

(13) 九州地方南部

現在8カ所近くの黒曜石原産地が知られている。熊本県(白浜)、鹿児島県(日東、上牛鼻、竜ヶ水、長谷)、宮崎県(桑ノ木津留)の境界地域に黒曜石の原産地が集中して認められる。

この地方の黒曜石原産地は、昭和41年頃から出水高等学校の池水寛治による上場高原の考古学調査で知られた(池水「鹿児島県上場遺跡」考古学年報28、1977、「熊本県水俣市石飛遺跡」考古学ジャーナル21、1968)。池水によると出水市日東部落開拓地に黒曜石の大露頭を確認している(小田静夫「九州地方における先土器時代遺跡の編年」『藤井祐介君追悼記念考古学論叢』1980)。近年では大久保浩二によって、新発見の黒曜石の原産地が報告されている(大久保「新発見の黒曜石原産地」繩文通信4、1991)。今年の春、鹿児島県立埋蔵文化財センターの牛ノ濱修、桑波田武志のご好意で、筆者が阿蘇で見た非常に珍しい黒曜石石器に鹿児島県でも出会った。阿蘇の例でも述べたが、同じく石器表面の風化が肉眼では安山岩状で、とても黒曜石には見えないものであった。牛ノ濱、桑波田のご好意

で、このサンプルをパリノ・サーヴェイ（株）の五十嵐俊雄に鑑定して頂くことができ、まぎれもない黒曜石ということで安心した経緯がある。桑波田によると、鹿児島県薩摩郡上牛鼻に原産地があり、旧石器時代の松元町前山遺跡に多数使用されていた。

近年、京都大学原子炉研究所の藁科哲男によって、加世田市梅ノ原遺跡とヘゴノハラ遺跡の黒曜石石器が分析されている。それによると梅ノ原第VI層上部縄文時代草創期の118点の石器は、地元の桑ノ木津留（46点）、上牛鼻系（40点）、竜ヶ水（23点）が多く、佐賀県腰岳系（4点）、地元の日東系（1点）であった。また梅ノ原第VI層下部旧石器時代の27点の石器は、地元の桑ノ木津留（8点）、上牛鼻系（6点）、竜ヶ水（1点）、腰岳系（1点）、地元の日東系（1点）であった（『梅ノ原遺跡』1998所収）。ヘゴノハラ遺跡縄文時代早期出土の15点の黒曜石石器は、上牛鼻系（7点）、竜ヶ水（2点）、長崎県淀姫（2点）、桑ノ木津留（1点）、腰岳（1点）であった（『ヘゴノ原遺跡』1997所収）。

鹿児島県は黒曜石をはじめ地元のあらゆる原石、たとえばチャート、安山岩、鉄石英、玉髓、水晶などを使用しているようである。

（14）奄美・沖縄地方

この地方には黒曜石の原産地は知られていない。

沖縄での黒曜石石器は大正15年（1926）に東京の小牧實繁による城嶽貝塚の発掘調査で、出土した石鏃の中に2点の黒曜石製品があり、沖縄では初めての発見で大変愉快であったと述べている。城嶽貝塚からは他に黒曜石の剥片が35点出土し、小牧は石鏃製作がこの遺跡で行われたことを示唆している（小牧「那霸市外城嶽貝塚発掘調査（予報）」人類学雑誌42-8、1926）。

黒曜石の理化学分析は、昭和52年（1977）の仲泊遺跡が最初である。鈴木正男により分析され、腰岳（佐賀県）産の黒曜石と判定された（『仲泊遺跡』1977所収）。最近、伊是名貝塚遺跡発掘調査団（団長堅田直・帝塚山大学）によって、伊是名貝塚と隣接したウフジカ遺跡の黒曜石が東京学芸大学の二宮修治によって分析され、やはり腰岳産と判定されている（『伊是名貝塚遺跡の研究』2001所収）。

現在、奄美地方では奄美大島から4カ所、徳之島から3カ所、伊是名島から3カ所、沖縄本島から16カ所以上発見されている（上村俊雄「南西諸島出土の石鏃と黒曜石」人類史研究10、1998）。

奄美・沖縄地方はサンゴ礁の発達した地域で、南海産の大型貝殻が道具に多用されている。当然石器に代わる原材であり、重量石器以外の小型軽量剥片石器にはこの貝殻が用いられている。この地域の遺跡を歩くと、表面には貝殻は多く散布するが、石片類はほとんど見つからない。発掘資料にはチャート製石器が僅かに存在し、地元のチャートが使用されていることが分かる（小田静夫「沖縄の剥片石器について」『高宮廣衛先生古稀記念論集』2000）。したがって、黒曜石は超貴重品であった訳で、九州地方の縄文人が、貝殻などとの交換財として持ち込んだものであろう。

4. 黒曜石分析（組織）の現状

日本における黒曜石の理化学的分析は、1969～1970年に大規模発掘が行われた東京都野川遺跡の旧石器時代資料を中心とした、東京大学の鈴木正男（当時）によって初めて本格的に実施された（鈴木、1969・1970）。その後、文部省科学研究費特別研究の組織に参加した多くの研究者によって、黒曜石分析法は進展していく研究グループも各地に誕生している。つぎにその活動を紹介してみたい。

（1）分析グループの活動状況

1) 立教大学グループ

鈴木正男は1969年頃からの経験を生かして、東京大学から移籍した立教大学で黒曜石の理化学分析を推進させた。主に関東地方の遺跡出土の黒曜石石器を分析するとともに、これまでの日本における黒曜石研究について英文で総括している（Suzukiほか、1984）。現在も遺跡出土の黒曜石の分析を多く手掛けており、旧石器時代遺跡では神奈川県橋本、東京都鈴木遺跡の分析を金山喜昭と行った（金山、1986）。またロシアの沿海州地方の新石器時代遺跡の黒曜石石片を分析して、北海道の白滝産、秋田県男鹿半島産、島根県隱岐産がそれぞれ運ばれていたことが判明している（1988年4月29日山梨中央新報）。

2) 東京学芸大学グループ

大沢真澄の指導を受けて1974年頃から二宮修治、網干守らによって、福岡県、長崎県、関東地方の黒曜石分析が行われている（二宮、1983・二宮ほか、1985）。最近では沖縄県伊是名貝塚とウフジカ遺跡の黒曜石分析を行っている（『伊是名貝塚の研究』2001所収）。

3) 京都大学原子炉研究所グループ

東村武信、藁科哲男によって1983年頃から、西日本の黒曜石資料をエネルギー分散型蛍光X線分析装置を使用して産地推定を行っている（東村・藁科 1983、1985）。また藁科は精力的に日本各地の黒曜石産地を探索して、現在約70カ所を確認し各産地の元素分析を蓄積している。最近では鹿児島県地方の分析も行っている。

4) お茶の水女子大学グループ

渡邊直經の弟子である松浦秀治によって、晶子形態法、フィッショントラック法による黒曜石の原産地推定、さらに水和層分析による年代測定が行われた。そして伊豆諸島の八丈島・倉輪遺跡が発見された際、出土黒曜石片の科学分析を行い神津島産であることを初めて確かめている。また東京都小金井市荒牧遺跡で出土した2Kgの旧石器時代石核の分析も行い、神津島産であることが判明している。さらに東京都小金井市はけうえ遺跡の黒曜石分析も担当している（松浦ほか 1983）。

5) 北海道大学グループ

1980年頃から近堂祐弘と勝井義雄によって、白滝、置戸、十勝三股や赤井川などの原産地と道内遺跡の関係が分析されている。また黒曜石の水和層分析による年代測定も早くから行われていた（近藤、1975）。

6) パリノ・サーヴェイ研究所グループ

渡邊直經、徳永重元の親交から、お茶の水女子大学松浦秀治の指導のもと、五十嵐俊雄、齊藤紀行、石岡智武、矢作健二らが1998年以来旧石器、縄文時代遺跡の黒曜石器、各地の原石について理化学機器を整備して分析法を開発してきた。現在、全国の遺跡を対象に分析を開始しており、すでに多くの結果が各『報告書』に掲載されている。分析方法はエネルギー分散型マイクロアナライザーによる主要元素組成分析（EDS）である。さらに黒曜石の水和層分析による年代測定も実施している。

7) 静岡県立教育研究所グループ

1986年頃から高橋 豊を中心にして、静岡県愛鷹山麓を中心に旧石器時代遺跡、さらに神津島の黒曜石原石分析を行っている。分析方法は偏光顕微鏡による晶子形態、鉱物組合せ法（高橋、1985）や、エネルギー分散型マイクロアナライザーによる主要元素組成分析（EDX）である（高橋・西田、1988）。

8) 国立沼津工業高等専門学校グループ

1994年頃から望月明彦を中心にして、静岡県愛鷹山麓を中心にした旧石器時代遺跡の黒曜石石器について分析している。エネルギー分散型蛍光X線分析装置をもちいて、一遺跡一文化層全点の大量の黒曜石試料を分析し、遺跡内の産地ごとの分布範囲などに供している（望月・池谷ほか 1994）。最近では長野県の旧石器遺跡の分析も行っている（『上信越自動車道埋蔵文化財発掘調査報告書15』2000）。

9) 明治大学グループ

1996年頃から杉原重夫を中心にして、地理学部門に文化財研究施設が開設され、波長分散型蛍光X線分析装置を含む多くの分析機器の導入によって東京都島嶼部、長野県の旧石器、縄文遺跡の黒曜石分析が行われている。研究集会も1999年と2000年に行われ、その成果は学外にも普及させる状況が準備されている。明治大学では学外研究施設として、長野県小県郡長門町の鷹山地区に「明治大学黒曜石研究センター」を2001年に開設する準備が進行中であるという（明治大学大学院広報紙「シンポジオン」23号、2000年8月31日付）。日本で黒曜石を中心とした博物館や研究施設が今まで無かったので、全国的な共同利用施設としての今後の発展が期待されよう。

5. おわりに

黒曜石は日本の旧石器、縄文時代遺跡を中心に、石器の石材として多用されている。その利用範囲は原産地を中心とした地域であるが、原石産出量、質、母岩規模などが優れていた原産地の場合、遠距離にその利用状況が認められている。現在、北海道では白滝産が量、質、大きさで群を抜いており、津軽海峡を渡って青森県や遠く日本海を渡ってロシアの沿海州地方へ運ばれている。中部地方では和田岬産が透明で質も良く、中部・関東一円の石鎚用として多用されている。九州地方では腰岳産が質、量が多く、南は琉球列島の沖縄本島へ、北は対馬海峡を越えた朝鮮半島南部の遺跡に発見されている。こうした黒曜石の遠距離移動の背景には、「交易」「文化圏」などを説明する資料として重要であり、黒曜石の科学分析はそれを証明する手段として最も有効な方法であった。また黒曜石の水和層を測定することによって、その石器が使用された年代が推定できる利点がある。他の年代測定とのクロス

チェックによって正確さは確かめられている。

黒曜石は日本先史考古学にとって重要な研究石材である。その証拠に日本考古学の開始とともに、黒曜石をテーマにした研究がなされている。その初期では肉眼や顕微鏡下での岩石の性質からの判別であった。戦後になり、現代科学の発達によって黒曜石分析法も理化学的手法による分析が行われることになった。しかし、初期の頃には資料を粉末にする破壊試料が中心であった。したがって、希少、重要遺物、完形石器などについては分析出来ないでいた。しかし、非破壊による分析が一般化した現在、こうした資料に関しても分析可能であり、関係者の努力によってすばらしい成果が約束される時代が到来したのである。

もう一つ心配なのは、各分析グループの成果報告書をみると、それ自体の分析で終了している点である。少なくとも情報の発達した今日、他の分析グループの研究成果も多数存在しており、こうした結果を踏まえた考察をお願いしたいものである。この責任は自然科学側だけにあるのではなく、資料を提供する考古学側の事前準備の問題も大きいと思われる。これから黒曜石分析は科学者同志の組織を越えた共通データの解析、さらに考古学者とのクロスチェック機能との連携プレイを確立させ、より正確な分析成果を共有し世界に発信していくことが大切であろう。その意味でも、公平にデータ作成・公表が可能な組織の一つである「パリノ・サーヴェイ(株)研究所」の果たす役割は大きい。

最後に、本稿の機会を与えて下さったパリノ・サーヴェイ(株)研究所の徳永重元博士、橋本真紀夫氏に感謝します。また筆者が黒曜石研究に携わる契機は、当時東京大学渡邊直經先生のもとで助手をしていた鈴木正男先生の研究室で、人類学教室の研究生であった鶴丸俊明(現在、札幌学院大学)、小野昭(現在、東京都立大学)氏らとともに、野川遺跡の黒曜石を中心とした理化学分析の指導を受ける幸運に恵まれたことありました。ここに心から感謝の意を表します。なお文中、研究者諸氏の敬称を省略させて頂いたことをお詫びして終わりとします。

引用・参考文献(ここには黒曜石研究史において主要な文献だけを載せました。)

鎌木義昌・東村武信・藁科哲男・三宅 寛(1984)「黒

曜石、サヌカイト製石器推定による古文化交流の研究」333-359,『古文化財に関する保存科学と人文・自然科学－総括報告書－』文部省科学研究費特定研究「古文化財」総括班。

金山喜昭(1981)「黒曜石分析の現状」日本文化財科学会会報10, 1-5.

金山喜昭(1988)「文化財としての黒曜石」月刊文化財298, 13-23.

近堂祐弘(1975)「黒曜石の水和層による石器の年代測定」考古学と自然科学8, 17-29.

近堂祐弘・勝井義雄・戸村健児・町田 洋・鈴木正男・小野 昭(1980)「黒曜石石器の年代測定と産地分析」68-31,『考古学・美術史の自然科学的研究』日本学術振興会。

一色直記(1994)「黒曜石－地質学者の視点から－」1-3,日本文化財科学会第11回大会研究発表要旨集。

松浦秀治・山下秀樹(1983)「はけうえ遺跡出土黒曜石の産地推定と水和層年代」112-120,『はけうえ遺跡・研究編(I)』国際基督教大学考古学研究センター。

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B B V層の原産地推定から－」静岡県考古学研究26, 1-24.

二宮修治(1983)「黒曜石の産地同定」122-127,『はけうえ遺跡・研究編(I)』国際基督教大学考古学研究センター。

小田静夫(1981)「神津島産の黒曜石－その先史時代における伝播－」歴史手帳 9-6, 11-17.

小田静夫(1982)「黒曜石」168-179,『縄文文化の研究 8 社会・文化』雄山閣出版。

小田静夫(1996)「黒曜石の道」武蔵野74-1, 4-9.

小田静夫(1997)「伊豆諸島・神津島の黒曜石」81-90,『堅田直先生古稀記念論文集』同刊行会。

鈴木正男(1969)「フィッショントラック法による黒曜石の噴出年代とウラン濃度の測定(第I報)」第四紀研究 8-4, 123-130.

鈴木正男(1970)「フィッショントラック法による黒曜石の噴出年代とウラン濃度の測定(第II報)」第四紀研究 9-4, 1-6.

Suzuki Masao(1973)「Chronology of Prehistoric Human Activity in Kanto. Japan. Part I」241-318, Faculty of Science, Univ. of Tokyo, Sec.V, Vol.IV, Part

3.

- Suzuki Masao (1974) 「Chronology of Prehistoric Human Activity in Kanto. Japan. PartII」 395-469, Faculty of Science, Univ. of Tokyo, Sec.V, Vol.IV, Part 4.
- Suzuki Masao・Yoshiaki Knayama・Akira Ono・Toshiaki Tsurumaru・Shizuo Oda・Kenji Tomura (1984) 「Obsidian Analysis: 1974-1984」 St. Pauls Review of Science Vol.4, No.5, 131-140.
- 鈴木正男 (1977) 「ストーン・ロードをたどる－黒曜石の運搬・交易の時空的分析－」数理科学170, 25-33.
- 高橋 豊 (1985) 「伊豆七島神津島産黒曜石の産状とその特徴」沼津市歴史民俗資料館紀要 9, 76-103.
- 高橋 豊・西田史朗 (1988) 「愛鷹ローム層上部出土黒曜石の原産地」考古学と自然科学20, 93-103.
- 坪井正五郎 (1901) 「石器時代人民の交通貿易」東洋学芸雑誌18-240, 343-346.

- 鶴丸俊明・小田静夫・鈴木正男・一色直記 (1973) 「伊豆諸島出土の黒曜石に関する原産地推定とその問題」文化財の保護5, 147-158、東京都教育委員会.
- 上野修一・二宮修治・網干 守・大沢真澄 (1986) 「石器時代の本県域における黒曜石の利用について」栃木県立博物館研究紀要3, 91-115.
- 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9, 59-89.
- 藁科哲男・東村武信 (1985) 「西日本地域の黒曜石研究」考古学ジャーナル244, 12-17.
- 藁科哲男・東村武信 (1988) 「石器原材の産地分析」447-491, 『考古学と関連科学』鎌木義昌先生古稀記念論文集刊行会.
- 八幡一郎 (1938) 「先史時代の交易」1-28, 『人類学・先史学講座 2』雄山閣.
- 八幡一郎 (1956) 「物資の交流」160-163, 『図説日本文化史大系 1』小学館.

Fe-Rb法による黒曜石の産地推定

五十嵐 俊雄¹⁾・齊藤 紀行²⁾・中根 秀二²⁾

要 旨

黒曜石の化学組成を用いた産地同定法は従来からさまざまな角度から検討され、なかでも放射化分析法などによる微量成分元素存在量に基づく解析は既に実用化され、黒曜石産地に関する重要な情報を提供している。しかし、同法は原子炉による中性子照射を必要とし、一般的な実験施設では利用し難い面をもっている。当社では、黒曜石の性質・産状を岩石学的に検討して、分析成分元素を限定し、一般的な分析機器を用いて産地同定を高精度で推定できるシステムの研究開発を推進してきた。研究の一環として開発されたFe-Rb法は日本列島の火山岩類の玄武岩系区分とその帶状分布に基づき、FeとRbの地球化学的挙動を応用した産地推定法で、従来の方法と比較するときわめて高精度で推定することが可能となった。ただし、一部地域については重複して推定される場合があり、これを補完するためにSr-Ba法およびSr-Zr法を試行しているので併せて概説する。

まえがき

黒曜石は古くから石器に利用された代表的な岩石の一つで、ガラス光沢をした優美な外観から装飾品にも利用されている。考古遺跡から出土する黒曜石試料を自然科学的手法により原産地を推定する研究は国内外で種々の方法で試みられてきたが、近年は発光分光分析、放射化分析、蛍光X線分析など化学的な手法が主流となってきている。これは黒曜石の産地推定に特定の元素含有量を比較検討することが有効な手段であり、また、主要元素に比べて微量元素の産地による変動幅が大きいことが知られてきたからであるが、産地推定に有効な元素として何がもっとも適当であるかについてはまだ一定の結論は得られていない。

ここでは、パリノ・サーヴェイ（株）において研究開発したFe-Rb法について、基本的な考え方とその概略を述べ、Fe-Rb法を補完する手法として試行しているSr-Ba法およびSr-Zr法についても併せて概説する。本稿を草するに当たり試料を恵与され、ご指導を賜った小田静夫氏、Sr, Ba, ZrのICP発光分光法による分析にご指導並びに便宜を図って頂いたお茶の水女子大学松浦秀治博士、測定していただいた近藤恵氏、和田峠地区の試料採取および黒曜石の産状についてご助言を賜った芙蓉パーライト（株）諏訪工場長今井勝彦氏に感謝の意を表する。

1. 黒曜石とは

黒曜石は、岩石学では黒曜岩と呼ばれ、真珠岩・松

脂岩とともに流紋岩またはデイサイト質のガラスで構成される火山岩溶岩として産出する。黒曜岩・真珠岩・松脂岩は岩石中の含水率で区別され、一般にはH₂O<1%を黒曜岩、H₂O>5%を松脂岩、その中間を真珠岩とする。ただし、考古学的に扱う場合はこれらの岩石に厳密な区別はない。長野県和田峠は黒曜岩・真珠岩を産出するが、石器に用いられる岩石は黒曜岩が多く、長野県鷹山のガラス岩は松脂岩が主体である。また、東京都神津島は黒曜岩のみを産出する。地質的な産状は北海道奥尻島や和田峠などでみられるように、黒曜岩が中心部、真珠岩が周縁部に分布してその移化部にはマレカナイトと呼ばれる中間的な岩相を持つガラス岩が介在することが多い。また、岩石学的には真珠岩は顕微鏡下で真珠岩組織が発達することで識別される。成因的には黒曜岩は酸性火山岩マグマの急冷相として形成されるガラス岩であるが、真珠岩は黒曜岩の水和相とみなされている。もっとも量的に多く産出するガラス岩は真珠岩で、工業的に利用されている。なお本文では混乱をさけるため岩石名として黒曜石を用いる。

2. わが国の火山岩の分布と化学組成の変化

いわゆる黒曜石の主要化学組成や微量成分による産地推定の可能性を追求する前提として最初にわが国の火山岩分布の特徴を抽出しておく。

火山岩を考察する際にもっとも基礎となる出発物質は玄武岩マグマである。多くの火山岩は上部マントル

1) 取締役 2) 土壤研究室



図1 岩系区分と主要黒曜石产地

表1 和田峠・神津島・伊豆-箱根地区の黒曜岩の平均化学組成 (wt%)

产地	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Total	試料数
和田地区	76.87	0.10	12.69	0.77	0.10	0.07	0.56	4.31	4.43	0.01	99.91	19
神津島地区	77.43	0.11	12.66	0.78	0.07	0.15	0.70	4.64	3.24	0.03	99.81	12
伊豆・箱根地区	74.52	0.35	13.22	2.75	0.10	0.51	2.20	4.85	1.47	0.08	100.05	9
笛塚・芦の湯	67.80	0.73	15.77	5.22	0.17	1.35	3.66	5.22	0.74	0.22	100.88	2

試料提供：小田静夫氏、分析：齐藤紀行
和田地区：和田岬、男女倉、小深沢、アゼリア対面、東餅山鉱山、星ヶ塔、丁字御領から採取された19試料の平均値。
袖浦島地区：砂糖崎、因駄島、長浜、洞屋瀬で採取された19試料の平均値。

伊豆一帯相地区：熱海市上名野、神奈川県湯河原町御殿山、箱根町芦ノ湖とその周辺

を構成する玄武岩マグマから分化して生成される。玄武岩マグマは大局的には玄武岩→安山岩→デイサイト→流紋岩の進化系列をもち、黒曜石は最終生成物としての酸性火山岩質がラス岩である。

日本の玄武岩の性質は太平洋側と日本海側では異なり、太平洋側から次のように帶状に変化する

ソレアイト質玄武岩系→カルクアルカリ系（高アルミニア質玄武岩系）→アルカリ玄武岩系

東北日本ではアルカリ玄武岩(AB)はほとんど出現せず、西南日本ではソレアイト(TH)は出現していない。都城・久城(1977)によれば、非アルカリ岩はソレアイト系列とカルクアルカリ(CA)系列の両方を含んでいるのが普通でその量比は火山弧によって様々で、ソレアイト系列に属するものは多量の玄武岩・安山岩を含むが、カルクアルカリ系列では玄武岩は少なく、安山岩が多いことを指摘している。Miyashiro(1974)は図1のF-F'で示す境界を設定し、ゾーン1は K_2O+Na_2O に乏しいTH(ソレアイト)系列とCA(カルクアルカリ)系列、ゾーン2は K_2O+Na_2O に富むTH系列とCA系列、ゾーン3はTH系列、CA系列、とアルカリ系列の分布域に区分した。この区分の相違はKuno(1966)が玄武岩の岩石学的性質を強調している

図1にはKuno(1966)による玄武岩の帶状配列とMiyashiro(1974)による火山岩類の帶状分布を示した。各玄武岩帯にはそれぞれの本源マグマから結晶分化して生じた安山岩、ディサイト、流紋岩が伴われるが、

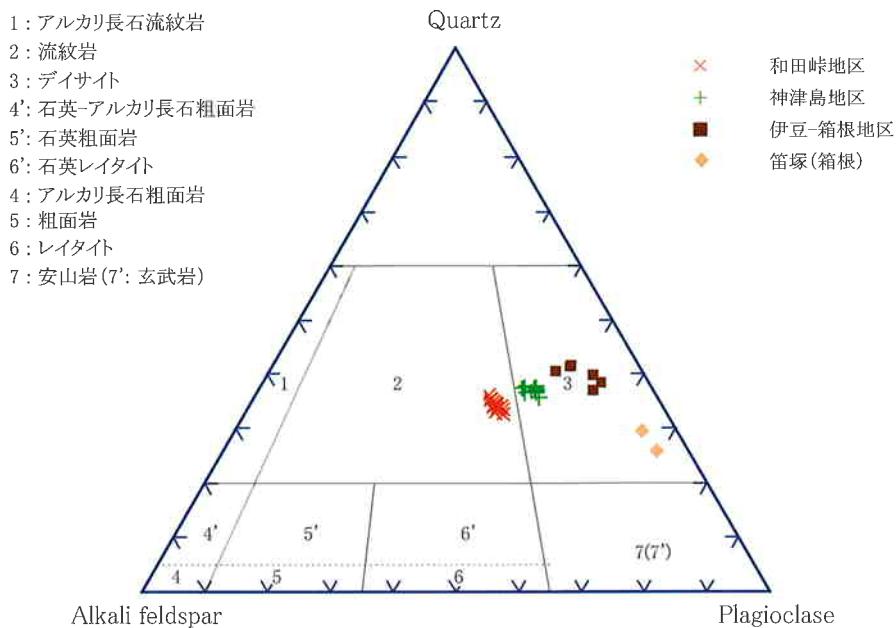


図2 神津島・和田峠・伊豆-箱根地区黒曜石のQ-A-P図

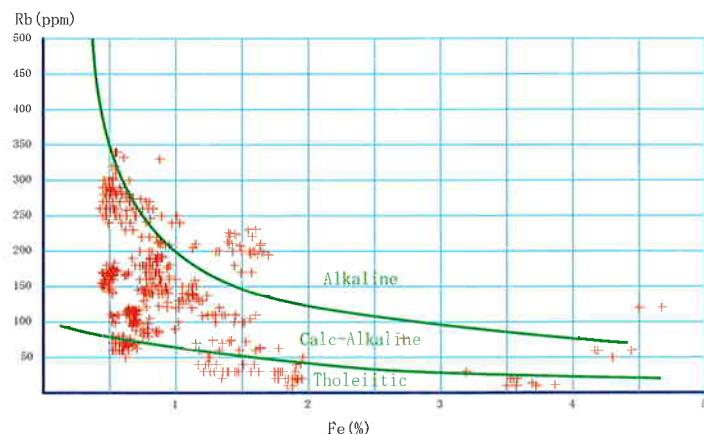


図3 黒曜石中のFe-Rb含有量と産地に対応する玄武岩系区分

のに対し、Miyashiro (1974) はCA系列とTH系列火山岩類の量比や化学組成を重視した結果で、太平洋側から日本海側への帶状分布の考え方と共通している。

このような玄武岩系配列の一つの要因は玄武岩マグマが生成する深さとされている。玄武岩マグマの深さは太平洋側では浅く、日本海側では次第に深くなっている現象がみられ、プレートテクトニクスで説明されるようになった。

マグマが発生する構造的な場の違いは、化学組成の変化として現れるが、玄武岩から分化して生成した流紋岩においても出発物質となる玄武岩マグマ型の化学組成の特徴を反映し、地域によって微量元素の挙動が

異なる特徴がみられる。

3. 産地推定に関連する黒曜石中の微量元素の特徴

肉眼的に同じように見える黒曜石も産出地が異なると化学組成が異なる（表1）。和田峠地区、神津島地区、伊豆-箱根地区を例に挙げると黒曜石はおのおの産地によって特徴があり、和田峠地区的黒曜石には Na_2O (4.31%) と K_2O (4.43%) が多く含まれて流紋岩質、伊豆-箱根地区は Na_2O (4.85) に比して K_2O (1.47%) が極端に低くデイサイト質、神津島地区では両者の中間の値を示している (Na_2O 4.64%, K_2O

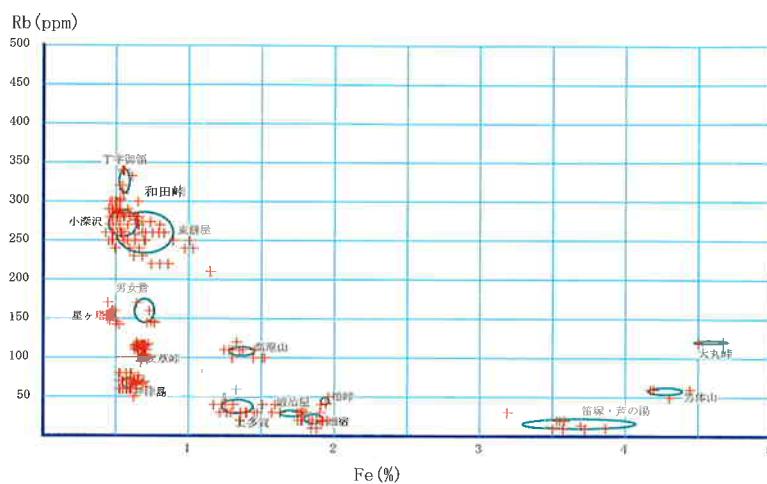


図4 関東および周辺地域産黒曜石に含まれるFe(%)とRb(ppm)の関係

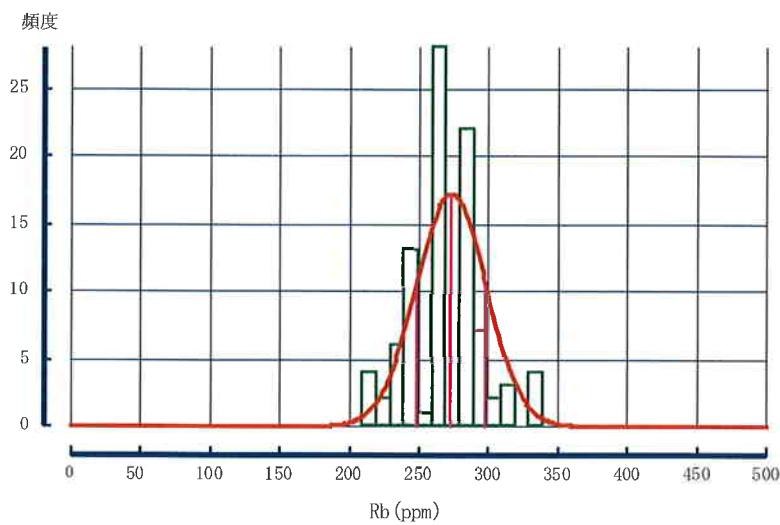


図5 和田峠筑黒曜石中のRb含有量
(xの二乗値は正規分布することを示している)

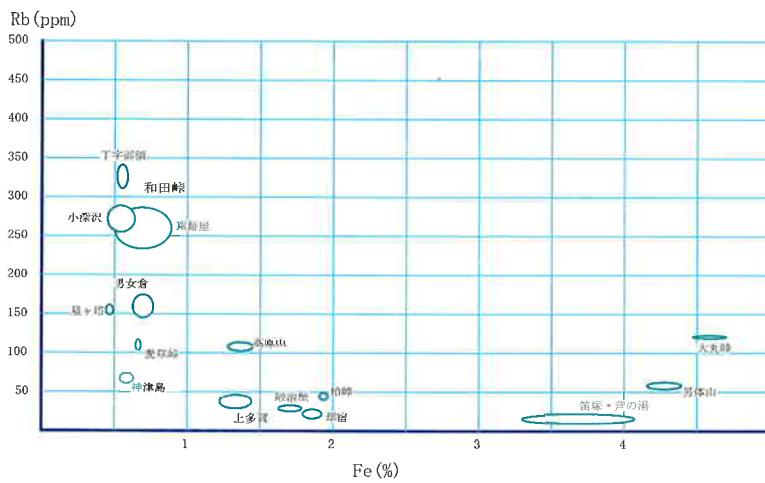


図6 関東および周辺地域産黒曜石に含まれる
Fe(%)とRb(ppm)の平均値± 2σ の範囲

表2 黒曜岩中の微量元素の産地別平均値(分析値は大沢(1991)による)

	Na %	Fe %	Rb ppm	Cs ppm	La ppm	Ce ppm	Sm ppm	Eu ppm	Yb ppm	Lu ppm	Th ppm	Hf ppm	Co ppm	Sc ppm	Cr ppm	主要火山系
畠 島	3.47	1.80	30.0	2.2	8.6	19.0	4.6	1.20	2.9	0.59	1.3	4.3	1.2	14.0	4	TH
笛 塚	3.78	3.58	20.0	1.4	6.0	16.0	4.0	1.30	3.4	0.54	0.7	3.1	4.2	24.0	2	TH
芦 の 港	3.98	3.50	20.0	1.3	5.9	16.0	4.1	1.30	2.5	0.56	0.5	2.5	3.6	23.0	19	TH
般 治 屋	3.52	1.75	20.0	2.7	11.0	24.0	4.9	1.10	4.2	0.58	2.0	5.1	0.6	13.0	2	TH
上 多 賀	3.31	1.22	40.0	1.5	11.0	24.0	3.6	0.83	2.6	0.62	2.2	4.8	1.1	8.2	4	TH
柏 峰	2.96	1.24	50.0	3.4	12.0	26.0	5.1	0.88	4.0	0.66	3.0	5.8	1.2	7.9	2	TH
神 津 島	3.28	0.61	70.0	2.7	20.0	37.0	3.6	0.61	2.2	0.41	4.8	2.6	0.4	3.6	3	TH
平均 値	3.47	1.96	35.7	2.2	10.6	23.1	4.3	1.00	3.1	0.57	2.1	4.0	1.6	13.4	5	TH
駿 本	2.97	0.48	170.0	4.0	24.0	35.0	3.6	0.52	2.2	0.49	21.0	2.6	0.2	1.6	4	HA
高 原 山	2.79	1.37	110.0	5.6	26.0	48.0	5.9	0.99	3.9	0.56	12.0	5.2	1.6	8.0	4	CA
男 体 山	2.85	4.28	60.0	2.0	21.0	41.0	4.9	1.30	2.4	0.44	4.9	3.5	8.4	22.0	8	CA
大 丸 峰	0.54	4.59	120.0	11.0	48.0	96.0	9.6	2.20	4.8	0.80	18.0	8.6	36.0	41.0	90	CA
月 田	3.29	0.55	110.0	4.7	13.0	26.0	2.9	0.75	2.3	0.38	7.9	2.6	0.3	2.8	3	CA
新 垂 山	2.56	0.52	150.0	5.8	18.0	35.0	3.6	0.46	2.9	0.45	11.0	2.3	0.2	3.2	2	CA
大 白 川	3.00	1.55	100.0	2.6	31.0	59.0	7.2	1.30	5.0	0.75	10.0	6.6	0.3	4.8	3	CA
和 田 峰 1	2.91	0.55	270.0	21.0	21.0	45.0	6.8	0.23	4.3	0.83	27.0	4.8	0.3	5.6	3	CA
和 田 峰 2	2.81	0.56	320.0	27.0	18.0	37.0	6.6	0.12	3.8	0.94	31.0	5.2	0.2	6.0	4	CA
男 女 倉	2.83	0.70	170.0	7.8	27.0	48.0	4.9	0.65	2.3	0.39	15.0	4.5	0.1	3.1	4	CA
星 ケ 塔	2.90	0.46	160.0	6.6	16.0	32.0	4.8	0.62	2.2	0.41	10.0	3.4	0.4	2.9	4	CA
麦 草 峰	2.93	0.67	100.0	5.0	25.0	44.0	4.0	0.68	1.4	0.33	8.9	3.9	1.1	2.3	4	CA
櫻 番	2.91	0.77	170.0	11.0	25.0	39.0	3.7	0.21	2.3	0.35	16.0	2.9	0.2	2.1	6	CA
鶴 島 I	3.23	1.23	80.0	2.7	6.8	14.0	2.3	0.22	0.8	0.07	1.9	1.6	0.1	1.1	3	CA
鶴 島 II	3.20	1.60	70.0	2.4	9.9	19.0	2.6	0.46	0.9	0.12	2.0	2.2	1.8	2.8	11	CA
鶴 島 III	3.36	0.80	60.0	2.0	13.0	27.0	3.6	0.78	1.3	0.20	2.8	2.8	3.2	4.0	15	CA
平均 値	2.81	1.35	137.0	7.8	21.2	41.0	4.9	0.73	2.7	0.47	11.9	4.0	3.6	7.4	11	CA
鶴 島 I	3.12	1.42	210.0	2.3	110.0	190.0	14.0	0.08	4.7	0.69	29.0	11.0	0.2	2.4	5	AB
鶴 島 II	3.09	1.47	180.0	1.9	83.0	140.0	9.4	0.22	3.3	0.49	24.0	10.0	0.5	3.6	6	AB
鶴 島 III	3.11	1.56	200.0	1.8	90.0	150.0	10.0	0.15	3.4	0.49	24.0	11.0	0.3	4.0	5	AB
壹 岐 I	3.82	1.58	210.0	6.9	91.0	150.0	12.0	0.17	6.2	0.87	25.0	9.7	0.3	3.9	6	AB
壹 岐 II	3.08	0.83	300.0	13.0	29.0	55.0	6.5	0.09	5.1	0.74	51.0	4.7	0.3	2.6	5	AB
壹 岐 III	3.32	1.32	200.0	7.1	51.0	85.0	9.3	0.37	5.9	0.63	25.0	9.3	0.9	2.5	5	AB
平均 値	3.26	1.36	217.0	5.5	75.7	128.0	10.2	0.18	3.1	0.65	29.7	9.3	0.5	3.2	5	AB

岩系

TH : ソレアイト岩系 CA : カルクアルカリ岩系 HA : 高アルミニナ岩系 AB : アルカリ玄武岩系

表3 黒曜岩中の微量元素の岩系別平均値(分析値は大沢ら(1991)による)

	Na %	Fe %	Rb ppm	Cs ppm	La ppm	Ce ppm	Sm ppm	Eu ppm	Yb ppm	Lu ppm	Th ppm	Hf ppm	Co ppm	Sc ppm	Cr ppm	岩系の主な分布地帯
TH	3.47	1.96	36	2.2	10.6	23	4.3	1.00	3.1	0.57	2.1	4.0	1.6	13.4	5	東北・伊豆太平洋側
CA	2.81	1.35	137	7.8	21.2	41	4.9	0.73	2.7	0.47	11.9	4.0	3.6	7.4	11	東北脊梁・瀬戸内海
HA	2.97	0.48	170	4.0	24.0	35	3.6	0.52	2.2	0.49	21.0	2.6	0.2	1.6	4	東北日本海側
AB	3.26	1.36	217	5.5	75.7	128	10.2	0.18	3.1	0.65	29.7	9.3	0.5	3.2	5	山陰・北部九州

岩系

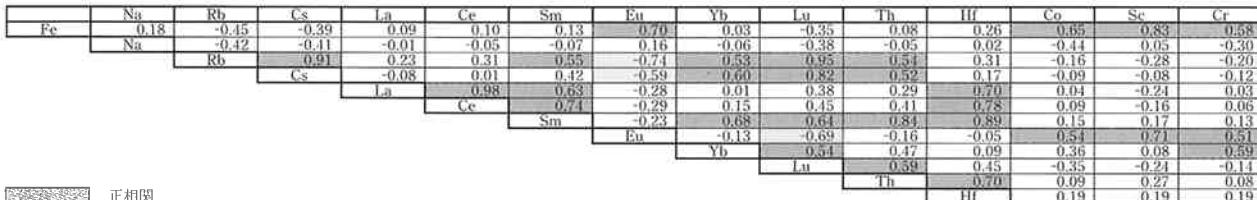
TH : ソレアイト岩系 CA : カルクアルカリ岩系 HA : 高アルミニナ岩系 AB : アルカリ玄武岩系

表中の黒曜岩の产地

男体山 : 栃木県日光市
 大丸峰 : 栃木県那須郡那須村
 月 山 : 山形県西村山郡西川町
 新発田 : 新潟県新発田市板山
 大白川 : 新潟県北魚沼郡入広瀬村
 和田峰 : 長野県小県郡和田村 1 : 和田峰 2 : 男女倉
 星ヶ塔 : 長野県諏訪郡下諏訪町
 麦草峠 : 白駒池 : 長野県佐久郡八千穀村

勝岳 : 佐賀県伊万里市
 姫島 : 大分県東国東郡姫島村
 隠岐 I, II, III : 鳥取県隱岐郡隱岐町
 I : 久美 II : 津井 III : 加茂
 芳岐 I + II + III : 長崎県芳岐郡瀬ノ浦町
 I : 平人触 II : 本村触 III : 川原磯

表4 黒曜岩中の微量元素の相関関係



3.64%。分析値からC.I.P.Wノルム計算を行い、Q-A-P三角図(石英(Q) - アルカリ長石(A) - 斜長石(P)系)にプロットするとその関係はより明瞭で、和田峰地区の黒曜石は流紋岩の領域に、伊豆 - 箱根地区の黒曜石はデイサイトに、そして神津島は流紋岩とデイサイトの境界付近にプロットされる(図2)。さらに、箱根地区でも笛塚産の黒曜石はFeが極端に高く

(Fe_2O_3 5.22%)、特異な組成を有している。このような現象を理解するためには岩石学および地球化学的な考察を行う必要がある。

岩石中に含まれる元素は地球化学的にはコンパティブル(適合)元素とインコンパティブル(不適合)元素に分けられる。コンパティブル元素の濃度はマグマの分化を反映し、分化の早期に晶出するかんらん石や輝

石に濃集し、インコンパティブル元素は液層に濃集するため安山岩→デイサイト→流紋岩と酸性岩ほど多く含まれるようになる。代表的なコンパティブル元素はNi, Co, Cr, V, Scなど親鉄元素と呼ばれる一群である。インコンパティブル元素はさらに2グループに分かれ、一つはHFSと呼ばれイオン半径が小さく、大きい電荷を有するTa, Nb, P, Hf, Zr, Ti, Yなど、他の一つはLILとよばれ、大きいイオン半径と小さい電荷を持つSr, K, Rb, Ba, Thおよび軽希土類元素である。LILは変質・変成作用で移動しやすい元素群でもある。ただし、各元素の濃集の過程は必ずしも単調ではなく、岩石を生成するマグマの構造的な場の違いが微量成分の挙動に大きく反映すると考えられている。この考え方によれば、各火山の火山活動によって生成された黒曜石はそれぞれに固有の地球化学的特徴を有していると考えられ、化学組成または微量成分により黒曜石の原産地推定を可能ならしめる根拠となっている。

従来から、黒曜石の産地同定に関連した希土類元素の分析は中性子放射化分析が用いられることが多い。この分析法は非破壊分析が可能である反面実際には全元素を定量することは不可能に近く、また、誤差が比較的大きい難点がある。分析法には中性子放射化分析法のほかにX線発光法、スパークイオン源による質量分析法、安定同位体希釈法(表面電離型質量分析計)が用いられることがあるが、いずれも装置等の制約があり、分析可能機関は限られることになる。また、データの解析は多変量解析、クラスター分析、因子分析などが用いられる。ただし、これらの方法は推計学的ではあるが、岩石学・地球化学的に首肯できる前提が設定されていないと誤った方向の結論を誘導しかねない。

岩石中には黒曜石に限らず、微量ではあるが多くの元素が含まれている。ここでは大沢ら(1991)のデータをもとに微量元素の産地別平均値を第2表に掲げ、玄武岩型別に計算した微量元素の平均値と標準偏差を表3に示し、各元素間の相関係数を表4に示した。微量元素の挙動に関してはソレアイト岩系→カルクアルカリ岩系→アルカリ玄武岩系の順にコンパティブル元素が減少し、インコンパティブル元素は濃縮することが期待され、表3中では、コンパティブル元素に属するFe, Eu, Sc、インコンパティブル元素のRb, La, Ce, Thに特徴的に反映されている。表4に示す黒曜石の微量

成分の相関関係は次のようである。

- (1) Fe-Eu-Co-Sc-Cr : 正相関
- (2) Rb-Cs-Sm-Yb-Lu-Th : 正相関
- (3) La-Ce-Sm-Hf : 正相関
- (4) EuはRb-Cs-Thと逆相関する。

4. Fe-Rb法の基礎概念

Fe-Rb法は現在当社で開発中の方法である。前述したように日本では太平洋側から日本海側に向かい玄武岩型が帶状に配列する。これを反映して黒曜石中の微量元素の挙動に相違がみられ、コンパティブル元素とインコンパティブル元素では互いに逆の方向に濃集・拡散がみられる。産地推定を目的とするためにはこれらの元素群から変動が規則的で、変動幅が大きく、産地間で識別が可能となる元素を選択する必要がある。このような観点で表3を検討すると、コンパティブル元素として、Fe, Eu, Scの3元素、インコンパティブル元素としてRb, La, Ce, Thの4元素が有力な元素群として抽出することができる。ただし、実用的には、分析技術の上から比較的汎用性のある分析機器で解析に十分な精度が得られる元素であることが望ましく、分析対象元素にコンパティブル元素からFe、インコンパティブル元素からRbを選び、大沢ら(1991)の分析値、当社で行った産地が明確な試料の分析値、および文献から採用した分析値をあわせ合計589個の分析値を用いて検討を行った。

Feは造岩元素でもっとも普通に存在するコンパティブル元素である。Rbは地球化学的にはもともとKと同じ挙動をするインコンパティブル元素に属し黒曜石中でもっとも濃集が期待される元素である。しかも、Rbが濃集する比率はKと比較してきわめて高く、デイサイト質黒曜石と流紋岩質黒曜石におけるKは数倍程度であるのに対し、Rbは10数倍の変動幅であるために各産地間の識別が良好になる特性を有している。

589個のデータを利用して黒曜石中のFe-Rbの散布と岩系区分の関係を図3に示し、産地とFe, Rbの含有量の関係を関東およびその周辺地区を例に図4に示した。本図における各産地の領域はFeの平均値 $\pm \sigma_{\text{Fe}}$ (標準偏差)とRbの平均値 $\pm \sigma_{\text{Rb}}$ で囲んでおり、各産地の試料のFeとRbの分析値がともに正規分布する場合には各産地の試料の約68%はこの領域に入ることになり、領域をFeの平均値 $\pm 2 \sigma_{\text{Fe}}$ およびRbの平均値

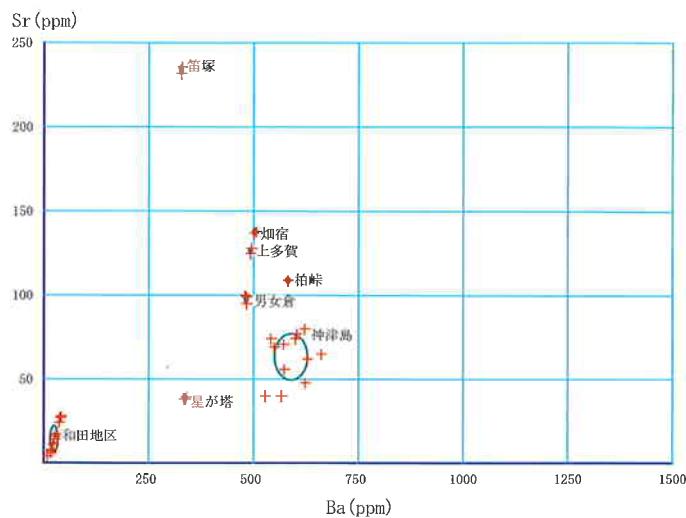


図7 関東地方およびその周辺地区産黒曜石のSr-Ba図

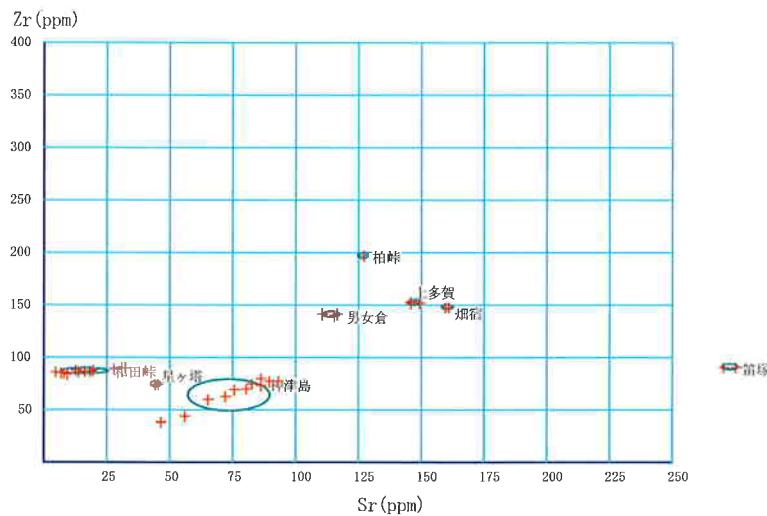


図8 関東地方およびその周辺地区産黒曜石のSr-Zr図

表5 関東周辺黒曜石の产地推定適合率

地 区 名	試料数	平均値±2σ	不適合数	適合率	重複する地区	試料数	平均値±σ	不適合数	適合率	重複する地区
和田地区	109	107	2	98.2		109	68	41	62.4	
星ヶ塔	18	17	1	94.4		18	13	5	72.2	
男女倉	8	8	0	100.0		8	7	1	87.5	
麦草峠	65	58	7	89.2		65	25	40	38.5	
神津島	58	55	3	94.8		58	23	35	39.7	
烟宿	17	17	0	100.0	鍛冶屋(3)	17	7	10	41.2	鍛冶屋(2)
笛塚・芦の湯	9	8	1	88.9		9	8	1	88.9	
鍛冶屋	6	5	1	83.3	烟宿(4)	6	4	2	66.7	
柏峰	3	3	0	100.0		3	1	2	33.3	
上多賀	18	16	2	88.9		18	9	9	50.0	
高原山	12	11	1	91.7		12	6	6	50.0	
男体山	4	4	0	100.0		4	2	2	50.0	
大丸峠	2	2	0	100.0		2	2	0	100.0	
合 計	329	311	18	94.5		329	175	154	53.2	

$\pm 2\sigma$ Rbとした場合は約95%が領域中にプロットされるはずである。従って、ある産地のFe, Rbの座標点とその他の産地の座標点が十分に離れており、FeとRbの標準偏差が十分に小さければ、産地同定はきわめて高い確率で可能であることが期待される。

5. Fe-Rb法の適合率と問題点

上に述べたことを実証するための1例として分析試料数の多い和田岬地区黒曜石のRb含有量のヒストグラムを図5に示す。本地区のデータを処理して得られる χ^2 乗値は正規分布と見なされる結果を得ている。

関東および周辺地区黒曜石のFeとRbの平均値と標準偏差を用いた標準試料の適合率を表5に示した。試料数が多い和田岬地区での適合率は平均値 $\pm 2\sigma$ で98%、平均値 $\pm \sigma$ で62%となり、確率的に期待された数値が得られている。他の地域は分析試料数が十分ではないので今後試料数を増やしてから最終的な結論を得なければならない。

Fe-Rb法に限らず、統計的手法による同定法の弱点は試料の信頼性に起因する結果のばらつきを生ずることである。その原因の多くは試料の採取方法にあると考えられる。黒曜石試料は転石として産することが一般的で露頭から直接採取されるケースは少ない。極端な場合は産地として遺跡が挙げられていることがある。地質露頭と異なることが少なくない。実際に散布図に数値をプロットすると産地によって分散の度合いが異なる例として関東周辺地区では和田岬地区と神津島が挙げられる。

和田岬地区の黒曜石は第四紀の和田岬火山岩類に属する和田岬流紋岩に胚胎する(山崎・小林・河内、1976)。和田岬地区には東餅屋の沢上流の露頭(通称アゼリア対面)、芙蓉パーライト鉱山、東邦レオ東餅屋鉱山などがあり、いずれもその産状はドーム状で、流紋岩の火道が他の岩石と接する部分の急冷層として黒曜石が産出している。同地区的黒曜石には東餅屋・西餅屋の他に広域的には男女倉・星ヶ塔・星ヶ台・東股・霧ヶ峰が含まれる。山崎ら(1976)の総括によるとこれらの黒曜石の生成年代は0.71~0.95maのフィッショングラフク年代を示す和田岬・東餅屋・男女倉と、1.26~1.35maを示す星ヶ塔・星ヶ台・東股・霧ヶ峰のグループがある。和田岬地区では複数の地質年代にわたる多数の流紋岩ドームに伴い黒曜石が生成されてい

て、そのおのが異なるFe-Rb値を有していることが全体的な分散が大きくなる原因である。和田岬地区を細分してより精細な産地判定を行うためには露頭単位での試料採取が望まれるが、現状は特定地域を除いて露頭試料の入手が困難となっている。ただし、丁字御領の試料は和田岬地区の黒曜石の中でも特異な特徴を有し、壱岐産の黒曜石と並んで高RbであるためFe-Rb法での産地同定は容易である。

これと対照的な現象を示すのが神津島である。神津島の黒曜石は第四紀の流紋岩单成火山群に伴われ、一色(1982)によれば少なくとも16の单成火山がある。ここでも黒曜石を産する流紋岩ドームは複数知られているが、恩馳島産黒曜石を含めて低Fe・低Rbの特徴を有し、主成分化学組成および微量元素含有量が近似しているため神津島地区での個々の産地を細分することはできない。神津島の流紋岩は比較的狭い地域に数万年あるいは10万年ぐらい前から始まった一連の新しい年代の火山活動(一色、1982)であることが主な理由となるであろう。

産地推定に関して関東およびその周辺地区でもっとも問題となるのは伊豆-箱根地区に分布する畠宿-鍛冶屋-柏崎-上多賀の諸産地の黒曜石である。

箱根地区でも笛塚-芦の湯地区的黒曜石は高Fe低Rbの特徴を有し、他地区とは隔離した領域を示しているのに対し、畠宿・鍛冶屋・上多賀・柏崎の4産地はFeとRbの平均値 $\pm 2\sigma$ をとると近接し、一部は重複するために判定が困難となることがある。とくに柏崎のFe標準偏差が大きい(0.26)ことが指摘される。柏崎とされている試料の黒曜石露頭は不明瞭で、転石試料を分析対象としていることが分散を大きくしている最大の理由と考えられる。柏崎試料の化学分析値を検討するとFeとRbの含有量で次の3群に細分される。(1) Fe:1.24~1.33%, Rb:40~60ppm(4試料平均Fe:1.29%, Rb:50ppm)、(2) Fe:1.47~1.59%, Rb:30~40ppm(3試料平均Fe:1.52%, Rb:36.7ppm)、(3) Fe:1.91~1.96%, Rb:40~50(3試料平均Fe:1.94%, Rb:43.7ppm)。柏崎の黒曜石は久野(1970)の地質図幅から読みとると伊東市と中伊豆町の境界にある柏崎峰に露出する柏崎デイサイト中に胚胎すると考えられる。柏崎西部の中伊豆町区域に転石が多いという情報があり、当社分析試料の柏崎西とされている試料に相当するとみられ、高Fe含有量で特徴づけられている。

表6 黒曜石中のRb, Sr, Ba, Zr含有量

成分	平均値	最大値	最小値	標準偏差	分析個数
Rb(ppm)	157.04	332.90	11.50	72.75	110
Sr(ppm)	63.91	236.00	3.00	42.76	107
Ba(ppm)	525.15	1336.00	9.00	341.26	107
Zr(ppm)	117.54	417.00	19.00	85.66	110

分析：近藤 恵・齊藤紀行

一方、上多賀とされる11試料の平均値はFe:1.31%、Rb:31.8ppmで、柏峰の低鉄試料と重複した値を示す。上多賀の黒曜石の産状については久野（1952）によると、上多賀石英安山岩（デイサイト）の溶岩塊の基底部に厚さ1m位の黒曜石帶が発達するところがあることと、これを欠く場合は溶岩の下位に厚さ2~3mの赤色凝灰岩および火山角礫岩が存在し、角礫岩中に黒曜石の角張った破片が含まれることが報告されている。この両域は地理的に近接していることと上の結果を参照すると少なくとも柏峰の低Fe型に属する試料と上多賀試料の地球化学的な相違を明らかにすることが課題として残されている。

現段階では実際的な区分として柏峰試料の(1)(2)と上多賀試料を総括して上多賀地区とし、柏峰高Fe試料を柏峰地区として運用している。できるだけ早い機会に同地区の地質調査と試料採取を実施し、黒曜石の産状を明らかにして細区分の可能性検討する予定である。

畠宿と鍛冶屋は柏峰・上多賀の場合と異なりおのおの独立した露頭を有する黒曜石産地で、地理的にも離れた場所に位置する。しかし、Fe-Rb法を用いる範囲では化学組成が近似するために重複した判定が避けられない状態にある。これらを解決するためには該当する試料を対象にFe-Rb法と平行して補完する他の方法を開発する必要がある。

関東およびその周辺地区でのFe-Rb法の適用は伊豆一箱根地区的畠宿・鍛冶屋・上多賀・柏峰と和田峰地区の丁字御領・小深沢・東餅屋を除く各地区では平均値±2σの領域で重複する箇所はみられず（図6）、高い確率で産地同定が可能であることが明らかになった。

6. Sr-Ba法とSr-Zr法

SrとBaは小沼（1982、1987）がSBシステムテックスと呼ぶダイアグラムの中核となる元素で、Sr/CaとBa/Caの比を用いて火山そのものの固有の特徴を示す

ことが可能とされ、マグマ溜りにおける結晶分化過程を反映していると結論づけられている。部分溶融したマグマの結晶分化過程で小沼（1987）が述べているように1価の陽イオンではイオン半径が大きいK、Rb、Csは雲母が晶出しない限りメルトに濃縮し、2価の陽イオンではCa、Srは斜長石によって除去されるが大きな陽イオンのBaはメルトに濃縮する。4価のZrも多価であるためにメルトに濃縮すると考えられる元素の一つである。当社で蛍光X線分析を行った112試料をお茶の水女子大学近藤恵氏によりICP発光分析法で得られたSr、Ba、Zrの定量分析値と比較した。SrとZrについてはきわめて高い相関がえられ、蛍光X線分析で十分対応できることが明らかとなったが、Baについては蛍光X線分析のデータが少ないために正確な比較は行われていない。ただし、標準試料として用いているJR-1の分析値との乖離が認められるので、信頼性のチェックを再度実施している。

ここではICP発光分析法で得られたSr、Ba、Zrの定量分析値とX線蛍光分析法によるRbの分析結果を表6に示す。本表でみられるようにRb、Sr、Ba、Zrの4元素は分散が大きいことが特徴となっていて、地区または岩体ごとに含有量が異なることを示唆している。とくにBaは含有量が多く、酸性岩中に濃集していることは前に述べた陽イオンの挙動を裏付けていると解釈される。

Sr-BaおよびSr-Zrについて関東およびその周辺地区的分析値を図7および図8に示した。この地区で課題となっている柏峰地区と上多賀地区の区別はSr-Ba法、Sr-Zr法のいずれによっても可能であると判定されるが、前述したように柏峰地区とされている試料は高Fe試料のみで、他は上多賀試料としている点に留意しなければならない。また、畠宿と上多賀の投影範囲は近接しているために重複する結果ができる可能性がある。今回は鍛冶屋試料については分析を行っていないので畠宿-鍛冶屋-柏峰-上多賀の黒曜石の全体的な黒曜石の判別に関する結論は一連の実験が終了した段階で報告することとする。

Sr-Ba法、Sr-Zr法の実験ではこのほかに興味ある事実が判明しつつある。その一つは、神津島地区や和田峰地区のように複数の黒曜石産地が知られている地区では岩体あるいは採取地で固有の数値を示し、産出地の細分化が可能であると考えられることである。

和田岬地区では和田岬付近、小深沢、アゼリア対面、東餅屋鉱山、丁字御領でSrとBaに有意差が認められ、Zrでは変化量は小さく不明瞭である。しかし、この3元素間には正相関が認められ、Sr : Ba ≈ 0.57 : 1、Sr : Zr ≈ 1 : 0.16となっているためにSr-Ba図およびSr-Zr図では直線的にプロットされる。これに対して神津島地区ではSrとBa間では明瞭な相関関係は認められず、SrとZrに正相関が認められ、長浜(第1群)と長浜(第2群)の間には明瞭な差異が認められる。従って、Sr-Ba図では散漫な分散を示すが、Sr-Zr図では直線的に投影されることになり、神津島での産地細分化は現段階ではSr-Zr法が有効であろうと推定される。

なお、Fe-Rb法では秋田県脇本海岸産黒曜石と新潟県新発田市板山産黒曜石の領域は重複するが、Sr-Ba法、Sr-Zr法はともに分離状態は良好で、互いに独立した領域を有するために産地判定にはきわめて有効で、とくにSr-Ba法が推薦される。

Sr-Ba法とSr-Zr法は開発途上の判定法で現在も分析法の検討、露頭調査、試料の収集を継続中である。現段階では112試料の分析を完了し、判定を試行しているが、今後さらに試料を大幅に増やし、分析精度を上げることにより、黒曜石産地の判定が一層精密に可能となることが期待される。

参考文献

- 一色直記(1982)神津島地域の地質、地域地質研究報告(5万分の1図幅)、地質調査所。
伊藤順一(1990)姫島火山群の岩石学、岩石鉱物鉱床学会誌、85.
河野義礼(1950)本邦産玻璃質岩石の研究、地質調査所

- 報告 第134号、地質調査所。
Kuno, H., 1966, Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arcs, Bull. Volcanol., 29.
久野 久(1952)7万5千分の1地質図幅「熱海」、および同説明書、地質調査所。
久野 久(1970)5万分の1地質図幅「伊東」、地質調査所。
Miyashiro, A. (1974) Volcanic rock series in island arcs and active continental margins, Am., J. Sci., 274.
都城秋穂、久城育夫(1977)岩石学Ⅲ、共立全書。
森嶋 稔(1996)黒曜石原産地遺跡の分布状況、和田村の黒曜石をめぐる課題、和田村教育委員会。
小沼直樹(1982)SBシステムテックスからみた中部アンデス火山岩の起源と進化、中部アンデス火山帯の地球科学的調査研究、文部省科学研究費海外学術調査(昭和55・56年度)、文部省。
小沼直樹(1987)宇宙化学・地球化学に魅せられて、サイエンスハウス。
大沢真澄(研究代表者)(1991)黒曜石の化学組成、平成2年度科研費(一般研究B)研究成果報告書。
酒井潤一(1996)男女倉付近の黒曜石と上部更新統、和田村の黒曜石をめぐる課題、和田村教育委員会。
坂田邦洋(1982)九州の黒曜石、広雅堂書店。
鈴木達郎(1992)鹿児島県産黒曜石の放射化分析、鹿児島大学教育学部研究紀要、自然科学編、44.
高橋 豊(1989)伊東市東大室遺跡出土黒曜石の原産地の推定、静岡地学、60.
山崎哲良、小林哲夫、河内晋平(1976)長野県和田岬付近の地質と岩石、地質学雑誌、82、127-137.

黒曜石の産地別薄片観察記載

石岡 智武¹⁾・五十嵐 俊雄²⁾

要 旨

東京都教育庁生涯学習部文化課学芸員小田静夫氏から提供された、日本全国45産地からの黒曜石試料113点について薄片を作製し、薄片観察からの黒曜石の産地推定が可能かどうかについて検討した。その結果、従来から産地推定に用いられてきた晶子形態観察の他にも、産地推定に有用な記載岩石学的な情報が存在することがわかった。それらは、斑晶・石基鉱物の種類(鉱物組合せ)・特徴、スフェルライトの有無・構成鉱物、火山ガラスの色・流理組織などである。これらの観察から、今回の鑑定結果と合致するものがあれば、試料採取産地の約3割程度については、産地推定が可能であるということが明らかとなった。この薄片観察は古典的な手法ではあるが、近年の各種の微量元素を用いた産地推定法による結果の妥当性を確認、補完する手法として活用できると思われる。

1. はじめに

晶子形態法は、黒曜石の産地推定のために古くから用いられてきた手法であり、特殊な晶子形態をもつ産地に限定すれば、この手法は有用である(鎌木ほか、1983;高橋、1984など)。しかし、岩石学的にみた場合、晶子は石基鉱物が晶出し始めるときにできる相であり、溶岩の冷却過程やその他の物理化学的パラメーターの違いにより多様に変化する。実際に溶岩の上部と下部で、晶子形態が異なるといわれている(鈴木、1977)。これに対し、斑晶鉱物は地下深所で発生した高温溶融状態のマグマの中でゆっくり冷却しながら大きく結晶成長してできる産物であるため、噴出・固結後にできた岩相の多様性にかかわらず、一様であり、斑晶形成時の特徴を保持している可能性が高い。また、石基鉱物の燐灰石やジルコンなどについても、マグマ中で初期に晶出する鉱物であるため、斑晶と同じ扱いができる。つまり、晶子形態以外にも、斑晶・石基鉱物などの記載岩石学的な情報が産地推定のために有用であることが予想される。

のことから、本研究では、晶子形態観察のみに主眼を置かず、総合的な記載岩石学的観察を行った。主な観察項目は、斑晶および石基鉱物の種類・粒径・特徴、スフェルライトの径・構成鉱物・包有物、石基の火山ガラスの色・割れ方、気泡の形態・分布、岩片の種類および晶子の形態的特長などである。晶子形態については、薄片1枚に含まれる各晶子のおおよその量を把握する目的で、ライン法を用いて2cmの切断線上に出現する晶子の同定・計数を行った。晶子は流理

構造に垂直な方向に変化が大きいため、その方向に切断線をとった。晶子形態の同定・計数にあたっては、マーガライト、ロンギュライト、スピクライト、スコブライト、トリカイト、長柱状、短柱状、毛状、放射毛状(グローブ付き)、短毛付きグローブ、放射柱状および数珠状という分類で行った。ただし、微細粒状のグロビュライトについては、薄片中に混入した研磨剤や微小な気泡と識別が困難な場合があるため、同定の対象から除外した。

2. 産地別の特徴記載

黒曜石の各産地別の鏡下観察結果について述べる。記載は、産地推定に必要と思われる情報を主に抜粋している。斑晶鉱物、石基鉱物および晶子形態の同定結果は表1-a・bに示した。

(1) 北海道

北海道産の黒曜石は一般に無斑晶を示し、出現する晶子の種類が多様であるのが特徴である。北海道内の各々の産地は、晶子形態の観察からおおよその識別は可能である。

1) 石狩川

無斑晶を示し、石基鉱物は晶出していない。石基の火山ガラスは径1~6mm大でブロック化しており、淡赤褐色~赤褐色を呈する網状~雲状の流理組織を示す。ブロックの内部では、マーガライトが定向配列する。

2) 三股

無斑晶を示し、石基鉱物は晶出してないが、一部、

1) 地質調査室、2) 取締役

表1 黒曜石の鉱物組合せおよび晶子形態(1)

試料番号	地図	区 域 別 別	保 藏 施 設	岩石類												晶子形態													
				斜長石	カリ長石	長石	鈣長石	鈣長石	鈣長石	鈣長石	鈣長石	鈣長石	鈣長石	鈣長石	鈣長石	鈣長石	鈣長石	鈣長石											
1	北海道	地図	石狩川	1																									
2	北海道			2																									
3	北海道	十勝	三段	1																									
4	北海道			2																									
5	北海道			3																									
6	北海道			4																									
7	北海道			5																									
8	北海道			6																									
9	北海道			7																									
10	北海道			8																									
11	北海道			9																									
12	北海道			10																									
13	北海道			11																									
14	北海道			12																									
15	北海道			13																									
16	北海道			14																									
17	北海道			15																									
18	北海道			16																									
19	北海道			17																									
20	北海道			18																									
21	北海道			19																									
22	東京都			20																									
23	東京都			21																									
24	東京都			22																									
25	東京都			23																									
26	東京都			24																									
27	東京都			25																									
28	東京都			26																									
29	東京都			27																									
30	東京都			28																									
31	東京都			29																									
32	東京都			30																									
33	東京都			31																									
34	東京都			32																									
35	東京都			33																									
36	東京都			34																									
37	東京都			35																									
38	東京都			36																									
39	東京都			37																									
40	東京都			38																									
41	東京都			39																									
42	東京都			40																									
43	東京都			41																									
44	東京都			42																									
45	東京都			43																									
46	東京都			44																									
47	東京都			45																									
48	東京都			46																									
49	東京都			47																									
50	東京都			48																									
51	東京都			49																									
52	東京都			50																									
53	東京都			51																									
54	東京都			52																									
55	東京都			53																									
56	東京都			54																									
57	東京都			55																									

※試品並びに供給地名 (○: >20, ▲: 30~15, △: 15~5, ▲: 5~3, △: 3~1), 石英岩の△は、含むべきもの)

表1 黒曜石の鉱物組合せおよび晶子形態(2)

試料番号	産地	出新村	医療施設	試料名	鉱物										晶子形態		参考文献	
					長石	カリ長石	石英	白雲石	アントラジン	斜方輝石								
58	新野駄	下仁田駅	1							△	△	△	△	△	△	△	△	1022
59	新野駄	新野駄	1	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	2045
60	新野駄	新野駄	1	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	1242
61	新野駄	上多賀	1	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	561
62	新野駄	新野駄	2	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	2
63	新野駄	新野駄	3	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	240
64	新野駄	新野駄	4	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	2
65	新野駄	新野駄	5	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	24
66	新野駄	新野駄	6	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	2
67	新野駄	新野駄	7	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	2
68	新野駄	新野駄	8	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	2
69	新野駄	新野駄	9	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	2
70	島根駄	島根駄	10	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
71	島根駄	島根駄	11	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
72	島根駄	島根駄	12	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
73	島根駄	島根駄	13	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
74	島根駄	島根駄	14	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
75	佐賀駄	佐賀駄	15	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
76	佐賀駄	佐賀駄	16	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
77	佐賀駄	佐賀駄	17	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
78	佐賀駄	佐賀駄	18	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
79	佐賀駄	佐賀駄	19	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
80	佐賀駄	佐賀駄	20	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
81	佐賀駄	佐賀駄	21	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
82	佐賀駄	佐賀駄	22	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
83	佐賀駄	佐賀駄	23	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
84	佐賀駄	佐賀駄	24	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
85	佐賀駄	佐賀駄	25	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
86	佐賀駄	佐賀駄	26	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
87	佐賀駄	佐賀駄	27	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
88	佐賀駄	佐賀駄	28	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
89	佐賀駄	佐賀駄	29	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
90	水谷駄	水谷駄	30	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
91	水谷駄	水谷駄	31	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
92	水谷駄	水谷駄	32	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
93	水谷駄	水谷駄	33	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
94	水谷駄	水谷駄	34	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
95	水谷駄	水谷駄	35	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
96	水谷駄	水谷駄	36	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
97	水谷駄	水谷駄	37	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
98	水谷駄	水谷駄	38	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
99	水谷駄	水谷駄	39	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
100	水谷駄	水谷駄	40	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
101	水谷駄	水谷駄	41	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
102	水谷駄	水谷駄	42	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
103	水谷駄	水谷駄	43	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
104	水谷駄	水谷駄	44	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
105	水谷駄	水谷駄	45	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
106	水谷駄	水谷駄	46	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
107	水谷駄	水谷駄	47	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
108	水谷駄	水谷駄	48	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
109	水谷駄	水谷駄	49	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
110	水谷駄	水谷駄	50	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
111	水谷駄	水谷駄	51	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
112	水谷駄	水谷駄	52	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3
113	水谷駄	水谷駄	53	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	3

黒曜石の鉱物組合せおよび晶子形態(2)
参考文献

石基鉱物として不透明鉱物が含まれる。数珠状晶子、数珠状の毛をもつトリカイトあるいはマーガライトのいずれかを包有する。

3) 白滝・ホロカ沢

無斑晶を示し、石基鉱物として不透明鉱物を含む。一部、石基鉱物として斜長石を含むものもある。トリカイトおよび柱状晶子は流理状に定向配列する。トリカイトの毛は縮れ毛状をなしている。

4) 赤井川

無斑晶を示し、石基鉱物として斜長石、黒雲母、燐灰石および不透明鉱物を含む。径0.1mm大のスフェルライトが散点状に分布する。石基の火山ガラスには流理状の縞が発達する。北海道内に限定すれば、燐灰石を含むことが最大の特徴である。

5) 置戸

無斑晶を示し、石基鉱物として斜長石および不透明鉱物を含む。稀に斑晶として石英を含むものや、石基鉱物として黒雲母を含むものがある。石基の火山ガラスは無色を呈し、雲状または縞状の流理組織を示す。一部、石狩川産に似た淡褐色～褐色の火山ガラスに雲状の流理組織が発達するものもある。グローブ付きのトリカイトを晶子として含むことが多い。

6) 白滝

無斑晶を示し、石基鉱物として不透明鉱物を含み、稀に不透明鉱物の斑晶や、石基斜長石を伴う。晶子として、短毛付きのグローブを含むことが特徴である。石基の火山ガラスは、無色を呈し、雲状の流理組織が発達するが、まれに淡赤褐色を呈するものもある。

(2) 秋田県

1) 男鹿・脇本海岸

石基の火山ガラスは無色を呈し、弱い流理組織が発達する。一部、真珠岩状の割れ目が発達するものもある。石基の黒雲母は、針状を呈し、多色性が弱い。産地推定のための有用な特徴は、ほとんど認められない。

(3) 山形県

1) 月山

粒状を呈する斜長石および石英の斑晶を微量含む。斜長石の一部には、黒雲母の微晶を包有しているものもある。晶子は長柱状晶子を主体とするが、スコプライトを微量伴っている。

(4) 東京都(神津島)

自形性の強い斜長石・黒雲母および融食状の石英の斑晶を含み、スフェルライトを散点状に伴うのが一般的である。晶子は柱状晶子を主体とする。砂糠崎産のものは晶子形態が特異であるため、その観察から他の産地のものと明瞭に識別できる。斑晶や石基の火山ガラスおよび晶子の特徴は、長野県の和田峠付近の黒曜石と似ているため、鑑定には注意を要する。

1) 砂糠崎

融食状を呈する石英を稀に含む。晶子として、数珠状の毛をもつトリカイト、または、小球包有柱状晶子を含む。

2) 恩馳島

径0.1～0.3mm大のスフェルライトが散点状に分布する。スフェルライトの一部には、黒雲母の微晶を包有するものもある。石基中には長柱状晶子が濃密に分布し、流理組織を形成している。

3) 長浜

斜長石、石英、ホルンブレンドおよび黒雲母の斑晶を含む。斜長石および石英の斑晶は破片状を呈する場合が多い。石基の火山ガラスは淡褐色を呈し、流理組織が発達する。径0.05～0.2mmのスフェルライトが散点状に分布し、一部、恩馳島産黒曜石と同様に黒雲母の微晶を包有するものがある。全体的な特徴は沢尻湾産の黒曜石と類似する。

4) 沢尻湾

斑晶として斜長石、石英、黒雲母および不透明鉱物を含むが、それらの大部分は破碎されて破片状となっている。ホルンブレンドは累帯構造を示す。石基の火山ガラスは径0.1～30mm大でブロック化しており、淡褐色～褐色を呈する網状～雲状の流理組織を示す。スフェルライトが散点状に発達し、恩馳島産や長浜産黒曜石と同様に黒雲母の微晶を包有するものもある。斑晶鉱物組合せや斑晶の特徴は長浜産の黒曜石と類似する。

(5) 新潟県

石基の火山ガラスは、無色を呈し、一般に流理構造が弱く、塊状を呈するものが多い。斑晶の量は少なく、稀に石英を含む。その他、産地推定のための特異な性質が認められず、板山、大白川の両産地は、薄片観察からの産地推定は難しいと思われる。

1) 板山

斜長石、石英、ホルンブレンドおよび不透明鉱物の斑晶をごく微量含む。石基の火山ガラスは無色を示し、流理組織は発達せず、塊状を呈する。ホルンブレンドの斑晶は、緑褐色を呈し、累帯構造を示す。晶子として、トリカイト、柱状晶子および毛状晶子がごく微量認められる。

2) 大白川

斜長石、石英および不透明鉱物の斑晶を少量程度含み、安山岩質な岩片を伴う。無斑晶を示すものもある。石英の斑晶にはカルセドニー質の反応縁が生じている。石基の火山ガラスには長柱状の晶子が濃密に分布し、一部、真珠岩状の割れ目が発達するものもある。

(6) 長野県

斑晶として輝石類を伴うことが多く、黒雲母およびホルンブレンドを斑晶または石基鉱物としてしばしば含む。石英の斑晶を含む産地は、東餅屋鉱山のみで、含まない場合が多い。この点は神津島産黒曜石と性質を異にしている。また、神津島産の黒曜石との違いとしては、和田峠、小深沢、アゼリア対面および東餅屋鉱山において、石基鉱物として細粒柱状のホルンブレンドが出現するということが上げられる。

1) 和田峠

斜長石およびホルンブレンドを斑晶として含み、一部、斜方輝石および不透明鉱物を伴うものもある。石基の火山ガラスは無色を呈し、長柱状晶子およびスフェルライトが定向配列して弱い流理組織を形成している。スフェルライトは数珠状に連結し、一部、その中に放射柱状晶子を包有しているものもある。

2) 男女倉

斑晶として斜長石、黒雲母および不透明鉱物を含む。斜長石の斑晶は破碎されて破片状となっている場合が多い。黒雲母の斑晶にはジルコンを包有しているものがある。石基の火山ガラスは、無色～淡褐色を示し流理状の縞が発達している。

3) 小深沢

斜長石、ホルンブレンド、単斜輝石、斜方輝石および不透明鉱物の斑晶を含み、安山岩～デイサイト質な斑晶鉱物組合せを示す。斜長石の斑晶には、安山岩によく見られる蜂の巣状構造の発達しているものもある。石基の火山ガラスは、無色を呈し、柱状晶子が弱い定向配列を示して分布する。斑晶鉱物組合せや、そ

の他の特徴は東餅屋鉱山産黒曜石ときわめてよく類似する。

4) アゼリア対面

無斑晶を示し、石基鉱物として斜長石、黒雲母、ホルンブレンド、ジルコンおよび不透明鉱物をごく微量伴う。石基の火山ガラスは、無色を示し、柱状晶子の定向配列による弱い流理組織が発達する。無斑晶質な点で星ヶ塔産の黒曜石に類似するが、スフェルライトなどの特徴が異なっている。

5) 東餅屋鉱山

斜長石、石英、単斜輝石、斜方輝石および不透明鉱物の斑晶を含み、安山岩～デイサイト質な斑晶鉱物組合せを示す。斜長石の斑晶には、小深沢産のものと同様に、蜂の巣状構造の発達しているものもある。その他、石基や晶子の特徴などは小深沢産黒曜石にきわめてよく類似する。

6) 星ヶ塔

無斑晶を示し、石基鉱物として斜長石、黒雲母および不透明鉱物が生じている。石基の火山ガラスは、無色を示し、流理組織は発達しておらず、塊状を呈する。径0.05～0.1mm大のスフェルライトが微量点在し、一部、数珠状に連結している。スフェルライトは二重の帶状構造を示し、中心部は曹長石、外側の帶状の部分はカルセドニーからなっている。アゼリア対面産黒曜石に類似するが、スフェルライトの特徴が異なる。

7) 丁字御領

無斑晶を示し、石基鉱物として斜長石、黒雲母、ジルコンおよび不透明鉱物を含む。石基の火山ガラスは、無色を示し、トリカイトが濃密に分布している。星ヶ塔産の黒曜石と同様な二重の帶状構造を示すスフェルライトが散点状に分布している。

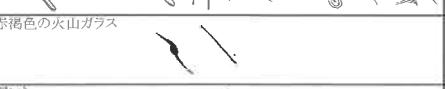
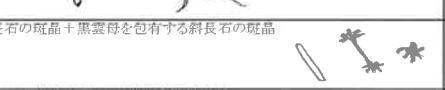
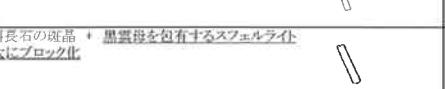
(7) 静岡県

斑晶として輝石類を伴うことが多く、稀に石英の斑晶も含む。斑晶の特徴、火山ガラスの流理組織、柱状晶子を主体とする晶子形態の特徴は神津島産や和田峠周辺の黒曜石と非常に良く似ている。しかし、静岡県産のものは、斑晶・石基鉱物として黒雲母を含まないという点で識別が可能である。

1) 鍛治屋

自形性の強い斜長石の斑晶を微量含み、石基鉱物として斜長石、ホルンブレンド、鱗灰石および不透明鉱物をともなう。鱗灰石は比較的粗粒で長径0.25mmほ

表2 産地別の記載岩石学的な特徴(1)

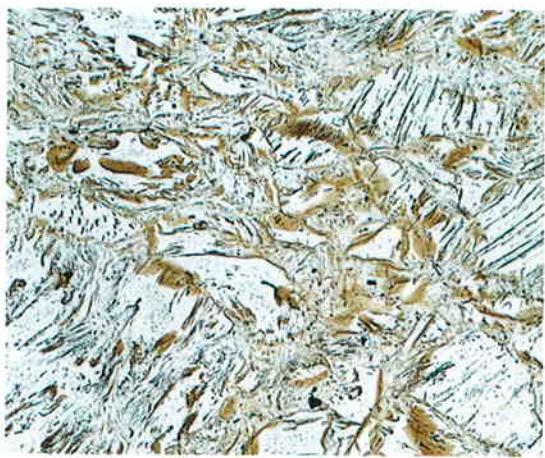
都道府県	区市町村	採取地域	薄片枚数	斑晶鉱物(上段) 石基鉱物(下段)	特徴 (図は同一薄片上にみられる晶子の組合せ)	類似産地
北海道	旭川	石狩川	2	無斑晶	無斑晶 + 石基が径1~6mm大にブロック化 + マーガライト 	
北海道	十勝	三股	3	無斑晶 ± Op	無斑晶 + 数珠状晶子&マーガライト 	
北海道		白滝・ホロカ沢	2	無斑晶 ± Pl + Op	無斑晶 + 鎧れ手状晶子&鎧れ手状トリカイト 	
北海道		赤井川	2	無斑晶(±Op) +Pl+Bi+Ap+Op	無斑晶 + スフェルライト + 長柱状晶子の流理状の定向配列 	置戸
北海道		置戸	3	無斑晶(±Qz) +Pl±Bi+Op	無斑晶 + 長柱状晶子&トリカイト(グローブ付き) + スフェルライト 	赤井川
北海道		白滝	3	無斑晶(±Op) ±Pl+Op	粗毛付きグローブ±淡赤褐色の火山ガラス 	
秋田県		男鹿・脇本海岸	3	±Pl±Qz±Bi +Pl+Bi±Ho±Ap±Zr±Op	斜状の黒雲母(多色性弱い) 	
山形県		月山	3	+Pl±Qz+Bi±Op +Pl+Bi+Zr+Op	粒状を呈する石英・斜長石の斑晶 + 黒雲母を包有する斜長石の斑晶 + スコブライト 	
東京都	神津島	砂根崎	2	+Pl±Qz+Bi ±Pl+Bi±Ap±Zr+Op	融食状の石英の斑晶 + 数珠状トリカイト & 小球包有柱状晶子 	
東京都	神津島	恩馳島	2	+Pl±Op +Pl+Bi±Zr+Op	黒雲母を包有するスフェルライト + 濃密な長柱状晶子 	
東京都	神津島	長浜	3	+Pl±Qz±Ho±Bi±Op +Pl+Bi±Ap±Zr+Op	板片状を呈する石英・斜長石の斑晶 + 黒雲母を包有するスフェルライト 	沢尻湾
東京都	神津島	沢尻湾	3	+Pl+Qz+Bi+Op +Pl+Bi+Ap+Zr+Op	破片状を呈する石英・斜長石の斑晶 + 黒雲母を包有するスフェルライト + 石基が径1~6mm大にブロック化 	長浜
新潟県		板山	3	±Pl±Qz±Ho±Op ±Pl±Bi±Ho±Zr±Op	墨書き構造のある深褐色Ho + 塊状無色の火山ガラス 	
新潟県		大白川	2	±Pl±Qz±Op ±Pl±Ho±Zr+Op	反応縫をもつ石英の斑晶 + 濃密な柱状晶子 	
長野県		和田岬	3	+Pl+Ho±Op±Op +Pl±Bi+Ho±Ap±Zr+Op	数珠状スフェルライト(放射柱状晶子を包有) 	
長野県		男女倉	3	+Pl+Bi+Op +Pl+Bi+Ap+Zr+Op	ジルコンを包有する黒雲母の斑晶 + 火山ガラスに波状の模様 	
長野県		小深沢	3	+Pl±Ho+Cpx±Op±Op +Pl+Bi+Ho±Ap±Zr±Op	*の墨書き構造を示す斜長石の斑晶 + 安山岩質な斑晶鉱物組合せ 	東駒ヶ岳 鉱山
長野県		アゼリア対面	3	無斑晶(±Pl) +Pl+Bi+Ho±Zr+Op	無斑晶 + 柱状晶子の弱い流理配列 	星ヶ塔
長野県		東駒ヶ岳鉱山	3	+Pl±Qz±Cpx±Op±Op +Pl+Bi+Ho±Ap±Zr+Op	*の墨書き構造を示す斜長石の斑晶 + 安山岩質な斑晶鉱物組合せ 	小深沢
長野県		星ヶ塔	3	無斑晶 +Pl+Bi+Op	無斑晶 + カルセドニー付きスフェルライト 	アゼリア対面
長野県		丁字御領	1	無斑晶 +Pl+Bi+Zr+Op	無斑晶 + カルセドニー付きスフェルライト + 濃密に分布するトリカイト 	
静岡県		鍛冶屋	1	+Pl +Pl+Ho+Ap+Op	自形の斜長石の斑晶 + 柱状晶子包有スフェルライト + 濃密に分布する柱状晶子 	

鉱物名略号: Qz:石英, Pl:斜長石, Bi:黒雲母, Ho:ホルンブレンド, Cpx:単斜輝石, Opx:斜方輝石, Ap:鈣灰石, Zr:ジルコン, Op:不透明鉱物

表2 産地別の記載岩石学的特徴(2)

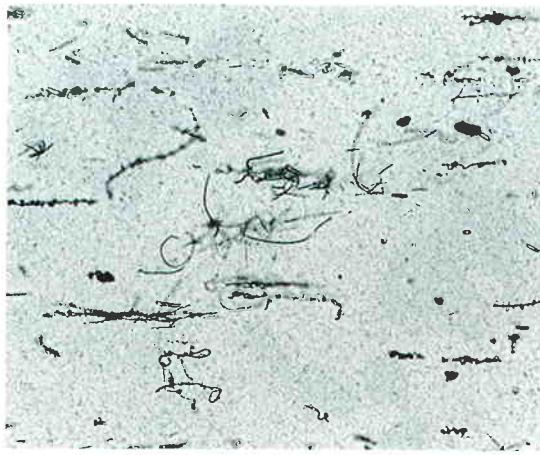
都道府県	区市町村	採取地域	薄片枚数	斑晶鉱物(上段) 石基鉱物(下段)	特徴 (図は同一薄片上にみられる晶子の組合せ)	類似産地
静岡県		柏崎西	1	+Pl+Qz+Cpx+Opx+Op +Pl+Ap+Zr+Op	文魚状を示す斜長石の斑晶 + 安山岩質な斑晶鉱物組合せ +柱状晶子包有スフェルライト	
静岡県		上多賀	3	+Pl+Qz+Cpx±Opx+Op +Pl+Qz±Ho±Cpx+Zr+Op	文魚状を示す斜長石の斑晶 + 安山岩質な斑晶鉱物組合せ +塊状を呈する不透明鉱物	または
静岡県		笛塚	2	+Pl+Cpx+Opx+Op +Pl±Ho±Cpx±Ap+Op	安山岩質な斑晶鉱物組合せ + 淡褐色ガラス + 安山岩岩片	
静岡県		壇宿	2	+Pl+Cpx+Opx+Op +Ho±Opx+Ap+Op	不透明鉱物と接する輝灰石 + 安山岩質な斑晶鉱物組合せ	
島根県	隠岐島	加茂	2	±Pl+Kf +Pl+Zr+Op	カリ長石の斑晶 + 淡褐色～褐色ガラス	または
島根県	隠岐島	津井	2	無斑晶 +Pl+Op	無斑晶 + 石基鉱物もさわめて微量 + 褐色ガラス	または
島根県	隠岐島	久美	3	±Kf +Pl+Ho+Ol+Zr+Op	カリ長石の斑晶 + スプリング状透明柱状晶子	または
長崎県	老岐	君ヶ浦	2	+Kf ±Zr+Op	カリ長石の斑晶 + ロンギュライト	
長崎県	老岐	久喜ノ辻	2	+Kf±Op +Zr+Op	カリ長石の斑晶 + ロンギュライト	君ヶ浦
長崎県		淀堀	3	±Pl±Bi±Opx +Pl+Bi±Ho±Ap+Zr+Op	無斑晶 + 淡褐色ガラス + 濃密に分布する柱状晶子	針尾 針尾北
長崎県		針尾	2	+Pl±Bi±Opx +Pl+Bi±Ho±Cpx+Zr+Op	淡褐色ガラス + 濃密に分布する柱状晶子	淀堀 針尾北
長崎県		牟田	3	無斑晶 +Pl+Bi+Op	無斑晶 + 試料間で不均質な晶子形態	または
長崎県		針尾北	3	±Pl±Bi±Opx +Pl+Bi+Zr+Op	淡褐色ガラス + 濃密に分布する柱状晶子	針尾 淀堀
佐賀県		腰岳	3	無斑晶 +Pl+Bi+Op	無斑晶 + スフェルライト + マーガライトor数珠状晶子	または
大分県	姫島	両瀬	2	±Gn ±Pl+Bi+Gn	ざくろ石の斑晶 + スフェルライト + 多孔質	観音崎
大分県	姫島	鏡音崎	3	±Gn +Pl+Bi+Gn	ざくろ石の斑晶 + スフェルライト	両瀬
熊本県		白浜	2	+Pl+Qz+Bi±Cpx+Op +Pl±Cr+Bi±Ap+Zr+Op	自形の斑晶鉱物 + 淡褐色ガラス + 孔隙を埋めるクリストバライト	
熊本県		深瀬	2	+Pl+Bi+Op ±Pl±Bi+Ap+Zr+Op	破片状を呈する斜長石 + 表面が凹凸状の斜長石の斑晶	
鹿児島県		長谷	2	+Pl+Qz+Cpx+Opx+Op +Pl+Ho±Ap±Zr+Op	輝灰石・ジルコンと接する不透明鉱物の斑晶 + 安山岩質な斑晶鉱物組合せ	
鹿児島県		竜ヶ水	2	+Pl+Ho±Cpx+Op +Ap+Zr+Op	豊富構造のあらホルンブレンド + 輝灰石・ジルコンと接する不透明鉱物の斑晶 + スフェルライト	
鹿児島県		出水	2	+Pl+Bi+Op +Ap+Zr+Op	輝灰石・ジルコンと接する不透明鉱物の斑晶 + トリカイト(数珠状) & 数珠状晶子	日東
鹿児島県		日東	3	+Pl+Bi+Op ±Cpx+Ap+Zr+Op	輝灰石・ジルコンと接する不透明鉱物の斑晶 + トリカイト(数珠状) & 数珠状晶子	出水
鹿児島県		開拓	3	+Pl±Ho±Bi+Op ±Pl±Bi+Ap+Zr+Op	輝灰石・ジルコンと接する不透明鉱物の斑晶 + 鎧粒斜長石の集合体	または

鉱物名略号: Qz:石英, Cr:クリストバライト, Kf:カリ長石, Pl:斜長石, Bi:黒雲母, Ho:ホルンブレンド, Cpx:单斜輝石, Opx:斜方輝石, Gn:ざくろ石, Ap:輝灰石, Zr:ジルコン, Op:不透明鉱物



北海道石狩川（-）
プロック化した火山ガラス。

0.5mm



北海道白滝・ホロカ沢（-）
縮れ毛状のトリカイト。

0.1mm



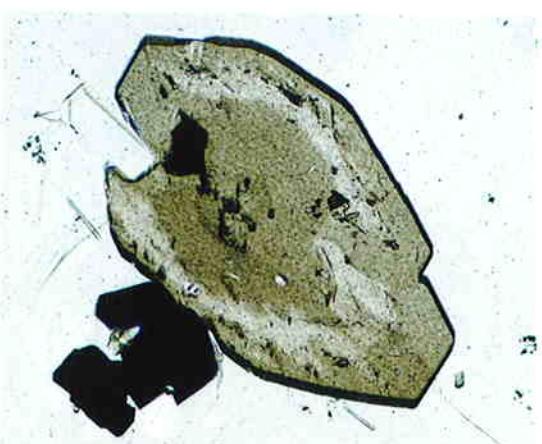
神津島砂糠崎（-）
小球包有柱状晶子。

0.05mm



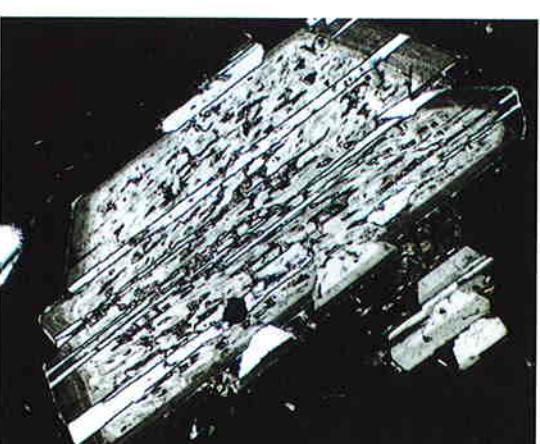
神津島恩馳島（-）
黒雲母を包有するスフェルライト。

0.05mm



新潟県板山（-）
累帶構造を示すホルンブレンド。

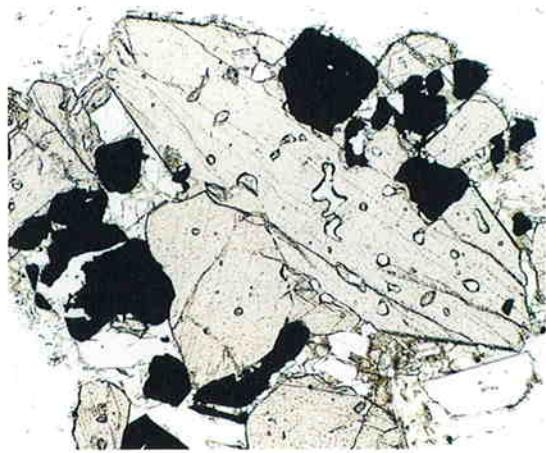
0.2mm



長野県小深沢（+）
蜂の巣状組織を示す斜長石の斑晶。

0.5mm

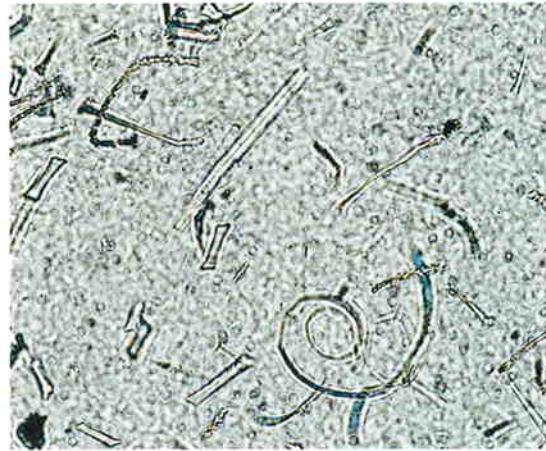
写真1 黒曜石の薄片顕微鏡写真 -：単ニコル、+：直交ニコル



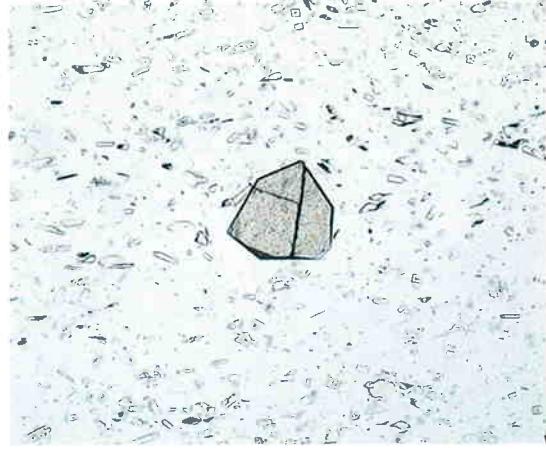
長野県東餅屋鉱山(一)
輝石の集斑状組織。



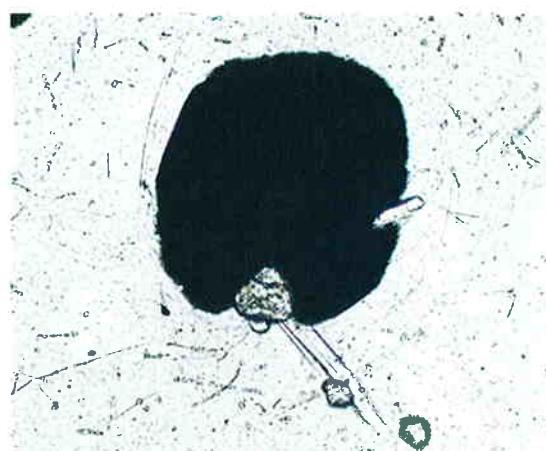
静岡県笛塚(一)
安山岩岩片のまわりを埋める
濃褐色の火山ガラス。



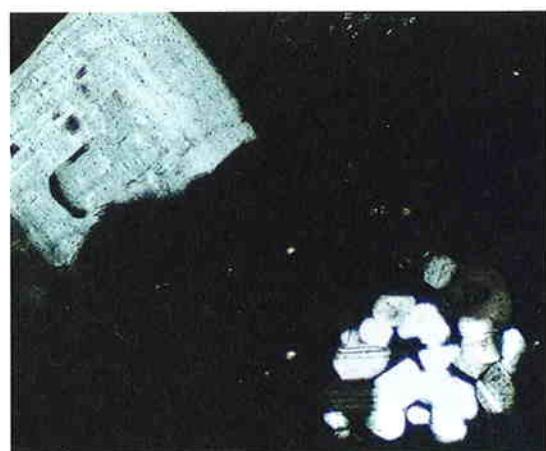
隠岐島久美(一)
渦状を示すスプリング状晶子。



姫島両瀬(一)
ざくろ石の斑晶。



鹿児島県出水(一)
燐灰石およびジルコンと接する
不透明鉱物。



鹿児島県開拓(+)
細粒斜長石の集合体。

写真2 黒曜石の薄片顕微鏡写真 - : 単ニコル、+ : 直交ニコル

どである。石基の火山ガラスは無色を示し、柱状晶子が濃密に分布する。径0.1~0.15mm大の曹長石からなるスフェルライトがごく微量点在し、稀に、柱状晶子を包有しているものがみられる。

2) 柏崎西

斜長石、石英、単斜輝石、斜方輝石および不透明鉱物の斑晶を含み、安山岩～デイサイト質な斑晶鉱物組合せを示す。斜長石の斑晶は自形を呈するものが多く、一部、文象状組織を示すものもある。径0.15mm大のスフェルライトが発達し、微量点在している。一部、長柱状晶子を包有しているものもある。

3) 上多賀

斜長石、石英、単斜輝石、斜方輝石および不透明鉱物を斑晶として含み、安山岩～デイサイト質な斑晶鉱物組合せを示す。斑晶は中量程度含まれている。石英は融食状をなし、斜長石の一部には、文象状組織を示すものもある。この組織は、他の試料採取産地の黒曜石には認められない特異な組織である。不透明鉱物は棒状を示すものが多い。石基の火山ガラスは淡褐色～褐色を示し、縞状の流理組織が発達する。

4) 笛塚

斜長石、単斜輝石、斜方輝石および不透明鉱物を斑晶として含み、安山岩質な斑晶鉱物組合せを示す。石基の火山ガラスは、濃褐色を示し、微細な雲状模様が形成されている。濃褐色を呈するため、晶子の有無は確認できない。径10~20mm大の安山岩岩片を少量程度含む。他の伊豆半島産黒曜石とは、薄片での火山ガラスの色だけで識別が可能である。

5) 畑宿

斜長石、単斜輝石、斜方輝石および不透明鉱物を斑晶として含み、安山岩質な斑晶鉱物組合せを示す。不透明鉱物は鱗灰石と接しているものが多い。単斜輝石は自形性の強い斜長石と平行状に接しているものが認められる。石基の火山ガラスは無色を示し、柱状晶子およびトリカイトがごく微量点在する。柱状～板状鉱物は流理状に定向配列する。

(8) 島根県(隠岐島)

カリ長石を斑晶として含む。久美産を除き、黒雲母およびホルンブレンドは含まない。久美産の黒曜石は、石基に柱状を呈するホルンブレンドの微晶を含む。加茂および津井産の黒曜石は、石基の火山ガラスが褐色～濃褐色を示すのが一般的である。久美産のも

のは、晶子の量が多く、形態が特殊であるため、加茂および津井産の黒曜石と簡単に識別できる。加茂および津井産のものは、壱岐島産の黒曜石と似ているため、注意が必要である。

1) 加茂

斜長石およびカリ長石を斑晶として含む。カリ長石は自形性が弱く、くさび状や鋸歯状を呈するものが多い。柱状～板状を呈する鉱物および毛状・柱状晶子は定向配列を示す。石基の火山ガラスは、淡褐色～褐色を示す。

2) 津井

無斑晶を示し、石基鉱物はほとんど晶出していない。石基の火山ガラスは淡褐色～褐色を示し、トリカイトやロンギュライトが生じている。

3) 久美

無斑晶を示すが、カリ長石の斑晶や石基かんらん石を微量含むものもある。石基の火山ガラスは無色を呈し、斜長石やホルンブレンドなどの柱状を呈する石基鉱物および柱状晶子が流理状に定向配列している。晶子は、トリカイト、毛状晶子および柱状晶子を主体とする。毛状晶子はカールしているものや、屈曲しているものが多く、稀にスプリング状に渦を巻いているものもある。石基かんらん石およびスプリング状の晶子を含むことがこの産地の最大の特徴である。

(9) 長崎県

壱岐島産の黒曜石は、隠岐島産の黒曜石と同様にカリ長石の斑晶を含むことが特徴である。また、黒雲母およびホルンブレンドを斑晶または石基鉱物として含まないところは、隠岐島の加茂および津井産の黒曜石と同様である。隠岐島産の黒曜石と酷似するが、壱岐島産の黒曜石は、石基斜長石が晶出していないこと、およびロンギュライトと毛状晶子を主体とし、トリカイトをごく微量伴うという晶子の量比から、識別が可能である。

淀姫、針尾および針尾北産の黒曜石は、無斑晶質で、石基に柱状の斜長石および柱状晶子が密に分布するという特徴をもつ。石基に斜長石および晶子が濃密に分布しているため、薄片を肉眼で観察した場合、不透明な灰白色を呈する。この三産地の黒曜石は、互いに良く似ており、識別が難しい。牟田産のものは、無斑晶質で、晶子形態が薄片間で多様に変化するが、それ以外に特別な特徴を示さないため、産地推定が困難であ

る。淀姫、針尾および針尾北産の黒曜石とは、晶子形態から識別が可能である。

1) 君ヶ浦(壱岐島)

カリ長石を斑晶として微量含み、ジルコンおよび不透明鉱物を石基鉱物として伴う。石基の火山ガラスは淡褐色～褐色を示し、流理状の縞が生じている。晶子は、ロンギュライト、毛状晶子および柱状晶子を主体とし、トリカイトをごく微量伴う。薄片上での特徴は久喜ノ辻産黒曜石と酷似する。

2) 久喜ノ辻(壱岐島)

薄片上での特徴は、君ヶ浦産の黒曜石とほぼ同じである。そのため、薄片観察による両者の識別は困難である。

3) 淀姫

無斑晶を示すが、稀に斜長石、黒雲母および斜方輝石がそれぞれ1～2粒程度含まれる。石基鉱物として斜長石が中量程度に晶出しており、定向配列して流理組織を形成している。石基の火山ガラスは褐色を示す。晶子は柱状晶子のみで、濃密に分布し、石基斜長石とともに定向配列を示す。記載岩石学的な特徴は針尾産および針尾北産黒曜石とほぼ同じである。

4) 針尾

斜長石、黒雲母および斜方輝石を斑晶としてきわめて微量含むが、無斑晶のものもある。その他の特徴は、針尾北産黒曜石とほぼ同じである。また、淀姫産黒曜石とも酷似するが、斑晶の自形性が淀姫産のものより強いという特徴をもつ。

5) 牟田

無斑晶を示し、斜長石、黒雲母および不透明鉱物を石基鉱物として伴う。石基の火山ガラスは無色を示し、晶子の定向配列による流理組織が形成されている。晶子形態は、毛状晶子を主体とするもの、トリカイト・毛状晶子を主体とするもの、数珠状晶子・毛状晶子を主体とするものなど薄片間で大きく異なる。そのため、産地判定が困難な産地の一つであると思われる。

6) 針尾北

無斑晶を示すが、稀に斜長石、黒雲母および斜方輝石がそれぞれ数粒程度含まれる。その他の特徴は針尾産黒曜石とほぼ同じである。

(10) 佐賀県

1) 腰岳

無斑晶を示し、斜長石、黒雲母および不透明鉱物を石基鉱物として伴う。石基の火山ガラスは、無色を示し、石基鉱物および晶子の定向配列によって流理組織が形成されている。晶子は、マーガライト、数珠状晶子、グローブ付きの放射毛状晶子などが認められる。曹長石からなる径0.05～0.2mm大のスフェルライトが散点状に分布する。牟田産の黒曜石と非常によく似ているが、晶子形態の観察で識別が可能である。

(11) 大分県

ざくろ石の斑晶を含み、石基に柱状の斜長石が密に分布するのが特徴である。姫島産の黒曜石は、周知のことであるが、肉眼観察で独特の灰白色～灰黒色を示すため、薄片による鑑定は必要ないものと思われる。

1) 両瀬(姫島)

ざくろ石を斑晶として含み、斜長石、黒雲母およびざくろ石を石基鉱物として伴う。石基斜長石は中量程度で存在し、自形性が強く、定向配列する。石基は多孔質で、火山ガラスは無色を示す。観音崎産の黒曜石に酷似し、識別は困難である。

2) 観音崎(姫島)

記載岩石学的な特徴は両瀬産の黒曜石と同じであり、薄片観察による両者の識別は困難である。

(12) 熊本県

斜長石および黒雲母の斑晶を主に含む。石基鉱物および晶子はきわめて微量である。全体的な特徴は、鹿児島県産の黒曜石に良く似ているが、石基斜長石が晶出していることおよび晶子が極めて微量であることなどの点で異なっている。

1) 白浜

斜長石、石英、黒雲母、単斜輝石および不透明鉱物を斑晶として微量含み、斜長石および黒雲母の一部には自形を呈しているものもある。石基の火山ガラスは淡褐色を示し、柱状を呈する石基鉱物が定向配列して弱い流理組織を形成している。孔隙が点在し、クリストバライドがそれを充填している。

2) 塚瀬

斜長石、黒雲母および不透明鉱物を斑晶として含む。斜長石の斑晶は、累帶構造を示し、破片状となっているものが多い。また、結晶の表面が不規則に凹凸状となっている場合が多い。石基の火山ガラスは、無

色を示し、雲状～縞状の流理組織が発達する。径0.05mm大のスフェルライトが極めて微量点在する。

(13) 鹿児島県

鹿児島県産黒曜石の最大の特徴は、燐灰石およびジルコンの両方と接する不透明鉱物の斑晶が存在することである。斑晶の自形性が強く、石基の火山ガラスが無色～淡褐色を示すものが多い。鹿児島県内の各々の産地は、斑晶鉱物組合せおよび晶子の組合せの観察から識別が可能である。

1) 長谷

斜長石、石英、単斜輝石、斜方輝石および不透明鉱物を斑晶として少量程度含み、安山岩～デイサイト質な斑晶鉱物組合せを示す。不透明鉱物の斑晶は、他の鹿児島県産黒曜石と同様に、燐灰石およびジルコンと接している場合が多い。また、黒雲母がオパサイト化したと思われる棒状を呈するものもある。石基鉱物はほとんど晶出していない。石基の火山ガラスは無色～淡褐色を示し、柱状晶子が定向配列して流理状の縞を形成している。晶子は、毛状晶子、柱状晶子を主体とし、トリカイトおよびグローブ付きの放射毛状晶子を微量伴う。斑晶鉱物組合せおよび晶子の組合せから、他の鹿児島県産の黒曜石と区別できる。

2) 竜ヶ水

斜長石、ホルンブレンドおよび不透明鉱物を斑晶として微量含む。稀に、単斜輝石を斑晶として含む場合もある。ホルンブレンドの斑晶は、弱い累帯構造を示す。不透明鉱物は、他の鹿児島県産黒曜石と同様に、燐灰石およびジルコンと接している場合が多い。石基の火山ガラスは無色～淡褐色を示し、柱状晶子が定向配列して流理状の縞を形成している。晶子は柱状晶子を主体としている。斑晶鉱物組合せおよび晶子の組合せから、他の鹿児島県産の黒曜石と区別できる。

3) 出水

斜長石、黒雲母および不透明鉱物を斑晶として少量程度含む。不透明鉱物は、他の鹿児島県産黒曜石と同様に、燐灰石およびジルコンと接している場合が多い。石基の火山ガラスは無色～淡褐色を示し、柱状晶子が定向配列して流理状の縞を形成している。晶子は、柱状晶子および数珠状晶子を主体とし、放射柱状晶子およびトリカイトなどを微量伴う。日東産の黒曜石と似ているが、晶子の組合せから識別が可能である。

4) 日東

薄片上での特徴は、出水産黒曜石とほとんど同じである。但し、晶子の組合せが、多少異なるため、識別できる。

5) 開拓

斜長石、ホルンブレンド、黒雲母および不透明鉱物を斑晶として少量程度含む。不透明鉱物は、他の鹿児島県産黒曜石と同様に、燐灰石およびジルコンと接している場合が多い。細粒斜長石が濃集した径0.3mm大の集合体が1～2粒程度含まれる。この細粒斜長石の集合体の存在がこの産地の最大の特徴である。晶子の組合せは、薄片間で異なるが、柱状晶子および毛状晶子を主体とし、トリカイト、ロンギュライト、放射柱状晶子およびグローブ付き放射毛状晶子などを微量伴っている。全体的な特徴は、出水産および日東産黒曜石と似ているが、斑晶鉱物組合せ、晶子の組合せ、および細粒斜長石の集合体の存在から識別できる。

3. まとめ

産地別の斑晶・石基鉱物の組合せ、記載岩石学的な特徴および類似産地についてまとめたものを表2に示した。この結果からわかるように、斑晶・石基鉱物の種類(鉱物組合せ)・特徴、スフェルライトの有無・構成鉱物、火山ガラスの色・流理組織および産地特有の晶子の形態・組合せが、産地を決定するための有用な記載岩石学的な情報となっている。表2の“特徴”的欄における太下線・太字となっているものは、それが観察されれば1産地に限定されるという特徴である。その他、太下線のみ引いたものは3産地以下、細下線を引いたものはおよそ5産地以下に限定されるという特徴である。この他に、斑晶・石基鉱物組合せ、晶子の組合せなどを合わせて総合的に解釈すると、産地推定の精度はさらにあがるものと考えられる。従って、今回の鑑定結果と合致するものがあれば、試料採取産地の少なくとも3割程度の産地については、薄片観察から産地決定が可能であると考えられる。

以上のように、晶子形態以外の記載岩石学的情報も、産地推定のために重要であるといえる。しかし、この薄片を用いた記載岩石学的手法は、露頭よりもはるかに小さい岩石片を観察しているだけであるため、上述のような産地固有の特徴が現れない場合もある。そのため、近年よく用いられている各種の微量元素を

用いた産地推定法のような使用はできないが、それらの手法から得られた結果の妥当性を確認、補完する手法としては、十分活用できるものと期待される。

引用・参考文献

鎌木義昌・東村武信・藁科哲男・三宅寛昭（1983）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、「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.

鈴木正男(1977)ストーンロードをたどる。－黒曜石の運搬・交易の時空的分析－。数理科学, 170, 25-33.

高橋豊(1984)伊豆七島神津島産黒曜石の産状とその特徴－遺跡出土黒曜石の原産地推定の試み－その2。沼津市歴史民俗資料館紀要9, 76-103.