

## 付編2 伊予市内出土黒曜石の産地推定

パリノ・サーヴェイ株式会社(赤堀岳人・田中義文・斉藤紀行)

### はじめに

本分析調査では、愛媛県伊予市内で採集・出土した黒曜石製遺物2点について、蛍光X線分析を実施し、石器石材産地の推定を行う。

### 1 試料

分析に供された試料は、黒曜石製剥片(No.1)と黒曜石製石鏃(No.2)の2点である。No.1は藤縄之森カド遺跡で採集された(報告書本文27頁 写真28-8)。No.2は高見Ⅱ遺跡1a区の土坑(SK-1)埋土中より出土した(伊予市教育委員会2019 図18)。

### 2 分析方法

#### (1) エネルギー分散型蛍光X線分析装置(EDX)による測定

本分析の特徴は、試料の非破壊による測定が可能であり、かつ多元素を同時に分析できることが利点として挙げられる。一方、非破壊分析である以上、測定は試料表面のみが対象となることから、表面が汚れた試料や風化してしまっている試料については試料の洗浄あるいは測定面の選択が必要となる。本分析では試料が貴重な遺物であることから、汚れが少なく、風化が進んでいない面を選択して測定を行っている。ただし、表面の風化、汚れが目立つ場合は、メラミンスポンジを用いて洗浄したあと分析を実施している。

本分析で使用した装置は、セイコーインスツルメンツ製エネルギー分散型蛍光X線分析装置(SEA2120L)であり、X線管球はロジウム(Rh)、検出器はSi(Li)半導体検出器である。測定条件は、励起電圧50kV、管電流自動設定( $\mu$  A)、測定時間600秒、コリメータ(照射径)  $\phi$  10.0mm、フィルターなし、測定室雰囲気は真空である。測定元素は、Al(アルミニウム)、Si(ケイ素)、K(カリウム)、Ca(カルシウム)、Ti(チタン)、Mn(マンガン)、Fe(鉄)、Rb(ルビジウム)、Sr(ストロンチウム)、Y(イットリウム)、Zr(ジルコニウム)の11元素であり、測定試料全てにおいてマイラー膜(PE, 2.5  $\mu$  m; ケンプレックス製 CatNo107)を介して元素X線強度(cps)を測定した。

#### (2) 産地推定方法

産地推定は、望月(2004など)による方法に従い、測定結果(元素X線強度(cps))から、5つの判別指標値を求める。5つの判別指標値は、Rb分率 $\{Rb \times 100 / (Rb + Sr + Y + Zr)\}$ 、Sr分率 $\{Sr \times 100 / (Rb + Sr + Y + Zr)\}$ 、Zr分率 $\{Zr \times 100 / (Rb + Sr + Y + Zr)\}$ 、 $Mn \times 100 / Fe$ 、 $\log(Fe/K)$ である。

一方、産地推定に必要な原産地の資料に関しては、望月(2004)で用いられている原産地試料の分析データーを使い、原産地判定用資料を作成する。今回産地推定に用いた黒曜石原産地を図1に示す。

原産地試料のデーターを、Rb分率と $Mn \times 100 / Fe$ 、Sr分率と $\log(Fe/K)$ についてグラフ化する。

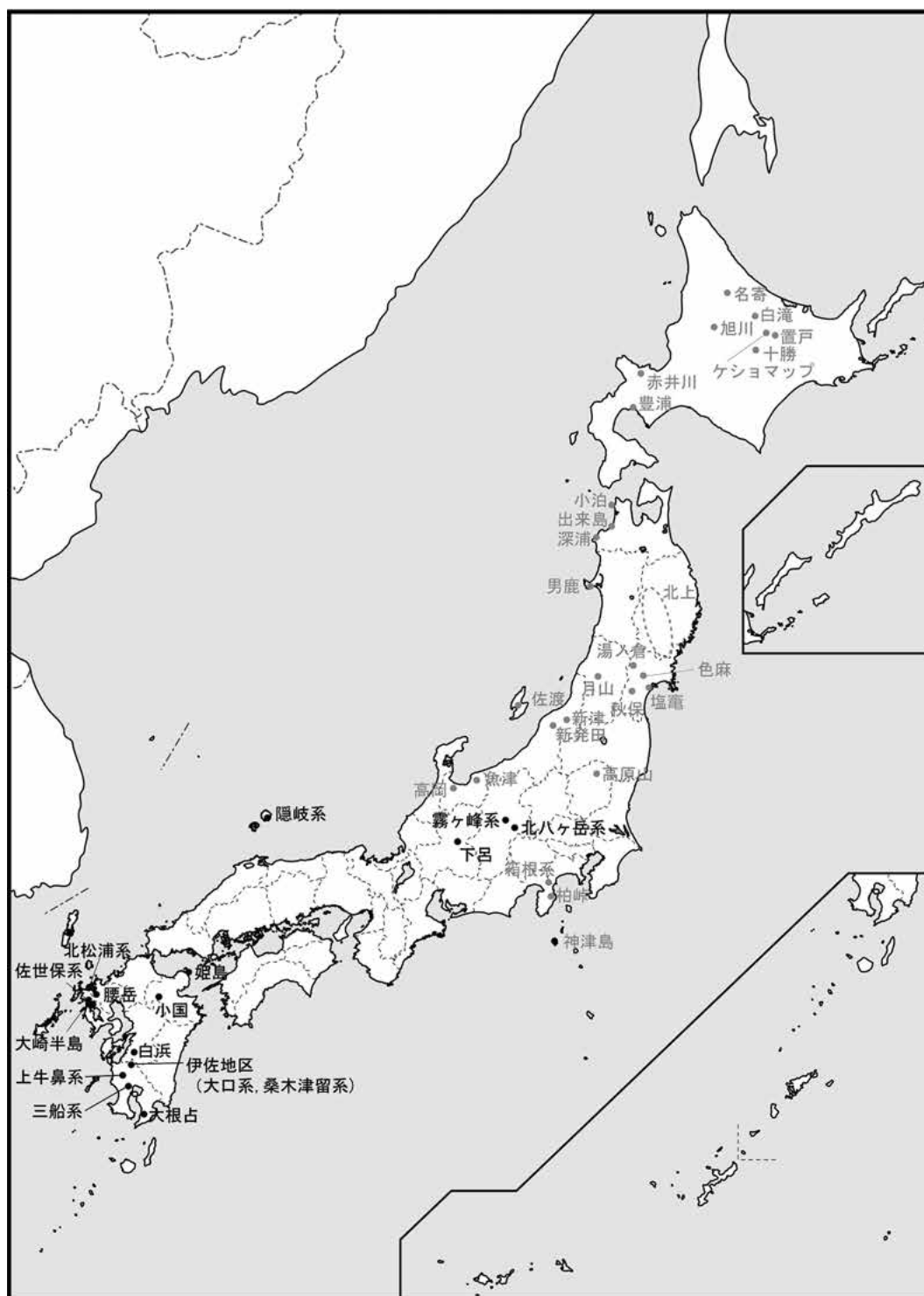


図1 黒曜石産地一覧(薄字は今回原産地として対象としていない地点)

表1 黒曜石原産地試料一覧

大分類	中分類	判別群	記号	該当する原産地
信州	霧ヶ峰	男女倉1群	男女1	ぶどう沢、牧ヶ沢、高松沢、本沢下
信州	霧ヶ峰	男女倉2群	男女2	ぶどう沢、牧ヶ沢
信州	霧ヶ峰	男女倉3群	男女3	ぶどう沢、牧ヶ沢、高松沢、本沢下
信州	霧ヶ峰	鷹山系	鷹山	星糞峠、鷹山
信州	霧ヶ峰	西霧ヶ峰系	星ヶ塔	星ヶ塔、星ヶ台
信州	霧ヶ峰	和田峠1群	和田1	古峠、土屋橋北
信州	霧ヶ峰	和田峠2群	和田2	丁子御領、芙蓉パーライト、鷲ヶ峰
信州	霧ヶ峰	和田峠3群	和田3	小深沢、芙蓉パーライト、新和田トンネル、土屋橋北、土屋橋東、18地点、24地点、26地点、丁子御領、鷲ヶ峰
信州	霧ヶ峰	和田峠4群	和田4	小深沢、芙蓉パーライト、新和田トンネル、土屋橋北、土屋橋西、土屋橋東、18地点、24地点、26地点、丁子御領、鷲ヶ峰
信州	霧ヶ峰	和田峠5群	和田5	24地点、25地点、26地点、小深沢
信州	霧ヶ峰	和田峠6群	和田6	小深沢、芙蓉パーライト、24地点、25地点、26地点、土屋橋西、土屋橋東
信州	霧ヶ峰	和田峠7群	和田7	東餅屋、芙蓉パーライト、古峠、丁子御領、鷲ヶ峰、土屋橋北
信州	霧ヶ峰	和田峠8群	和田8	25地点、26地点、土屋橋東
信州	北八ヶ岳	横岳系双子池	双子池	双子池
信州	北八ヶ岳	横岳系亀甲池	亀甲池	亀甲池 播鉢池
信州	北八ヶ岳	冷山・麦草系	麦草系	冷山、麦草峠、双子池、渋ノ湯、八ヶ岳7、八ヶ岳9、長門美しの森
信州	北八ヶ岳	中ツ原	中ツ原	中ツ原(遺跡試料)
東海・北陸	岐阜	下呂市	下呂	湯ヶ峰
中国・四国	隠岐	久見	久見	久見
中国・四国	隠岐	岬地区	岬地区	隠岐岬
中国・四国	隠岐	箕浦系	箕浦系	箕浦、加茂赤土、岸浜
九州	有田	腰岳	腰岳	腰岳
九州	伊佐地区	大口	大口	五女木、猩猩、日東
九州	伊佐地区	桑木津留	桑木	桑木津留
九州	三船	三船	三船	三船
九州	串木野東	上牛鼻系	上牛鼻	樋脇上牛鼻
九州	串木野東	上牛鼻系	平木場	平木場
九州	西小国	西小国	西小国	西小国
九州	大崎半島	大崎半島	大崎	大崎半島
九州	姫島	姫島	姫島	姫島
九州	佐世保	針尾1群	針尾1	針尾中町、針尾古里、針尾田ノ上
九州	佐世保	針尾2群	針尾2	針尾中町、針尾田ノ上、針尾古里、針尾通信塔
九州	佐世保	針尾3群	針尾3	針尾古里、針尾田ノ上
九州	佐世保	針尾4群	針尾4	針尾田ノ上、針尾通信塔、針尾古里
九州	佐世保	針尾5群	針尾5	針尾田ノ上、針尾通信塔
九州	佐世保	針尾6群	針尾6	針尾田ノ上
九州	佐世保	針尾7群	針尾7	針尾中町、針尾田ノ上
九州	佐世保	針尾8群	針尾8	針尾中町
九州	佐世保	針尾・淀姫1群	淀姫1	針尾土器田、針尾古里、針尾大崎、針尾通信塔、淀姫
九州	佐世保	針尾・淀姫2群	淀姫2	針尾通信塔、淀姫
九州	大根占	大根占	大根占	大根占
九州	球磨	白浜	白浜	白浜
九州	北松浦地区	北松浦1群	松浦1	大崎免、岳崎免、松浦牟田
九州	北松浦地区	北松浦2群	松浦2	大崎免、岳崎免
九州	北松浦地区	北松浦3群	松浦3	大崎免、岳崎免、松浦牟田

また、グラフを元に作成した二次元正規密度分布、ならびに判別指標値から作成した多次元密度分布の結果から、原産地を元にした判別群を設定する。その名称ならびに判別群と原産地との関係を表1に示す。

Rb分率と $Mn \times 100/Fe$ 、Sr分率と $\log(Fe/K)$ のグラフ中に、各判別群の重心より $2\sigma$  (約95%)の範囲を示す楕円を書く(原産地試料の各分析データは図が煩雑になるため割愛する)。これに、遺跡出土試料の分析結果を重ね合わせることで、産地推定の指標の一つとなる。

一方、各判別群の5つの判別指標値について、それぞれの基本統計量(平均値や分散、共分散など)を求める。この値をもとに、遺跡出土試料と各判別群とのマハラノビス平方距離を計算する。マハラノビス平方距離による判別は、先に述べた5つの判別指標値を使う方法(望月2004など)と、基本的にZr分率を除くグラフに使った4つの判別指標値を使うが、群間の判別が難しい場合にZr分率を加える方法(明治大学古文化財研究所2009,2011、明治大学文学部2014a,b)がある。今回は、4成分、5成分双方の結果を掲載する。測定試料と各判別群全てについて、4成分、5成分のマハラノビス平方距離を求め、測定試料に近いものから3判別群を表に示す。これらについてカイ二乗検定を行い、99.5%の範囲に入った場合を「True」、入らなかった場合を「False」とする。

### 3 結果および考察

各試料の詳細および元素X線強度(cps)および判別指標値を表2に示す。また、Rb分率と $Mn \times 100/Fe$ 、Sr分率- $\log(Fe/K)$ について、原産地試料の重心から $2\sigma$  (95%)の範囲を記したグラフに、各試料の結果を重ね合わせた図を、図2、3に記す。表3には、測定試料に近いものから3原産地のマハラノビス平方距離を示し、これらについてカイ二乗検定を行った結果を示す。図2、3をみてわかるように、北松浦地区の北松浦1群、有田地区の腰岳、佐世保地区の針尾1群は互いに組成が近く、確率を示す楕円がほとんど重なっている。このため、表3に示すように、今回測定した黒曜石製剥片(No.1)は北松浦1群が第一候補となるが、化学組成が近いため、第二、第三候補に入る腰岳や針尾1群も統計学的には「True」となる場合が多い。したがって、これらの3つの産地を判別することは現時点では難しいので、本報告では「北松浦1群-腰岳-針尾1群」と判定する。エネルギー分散型蛍光X線分析装置を用いて産地推定を行っている報文の原産地のデータや判別基準をみると、「北松浦」、「腰岳」、「針尾島」原石の一部の値は近接もしくは、重なっているものが多い(杉原2011、片多2015など)。一部の報文では、北松浦や針尾島に関しては、大きな破片や破片が得られる産地のみに絞ってばらつきを小さくし、判別を行っている例もある。しかし、過去には大きな破片も得られたが、現在枯渇している可能性もあるため、今回は小規模な黒曜石産地から得られた黒曜石や小型の黒曜石も対象とし、判別図を作成している。

黒曜石製石鏃(No.2)は姫島産である。肉眼でみても微細な斑点がある乳白色の黒曜石であり、姫島の黒曜石の特徴がよく表れている。

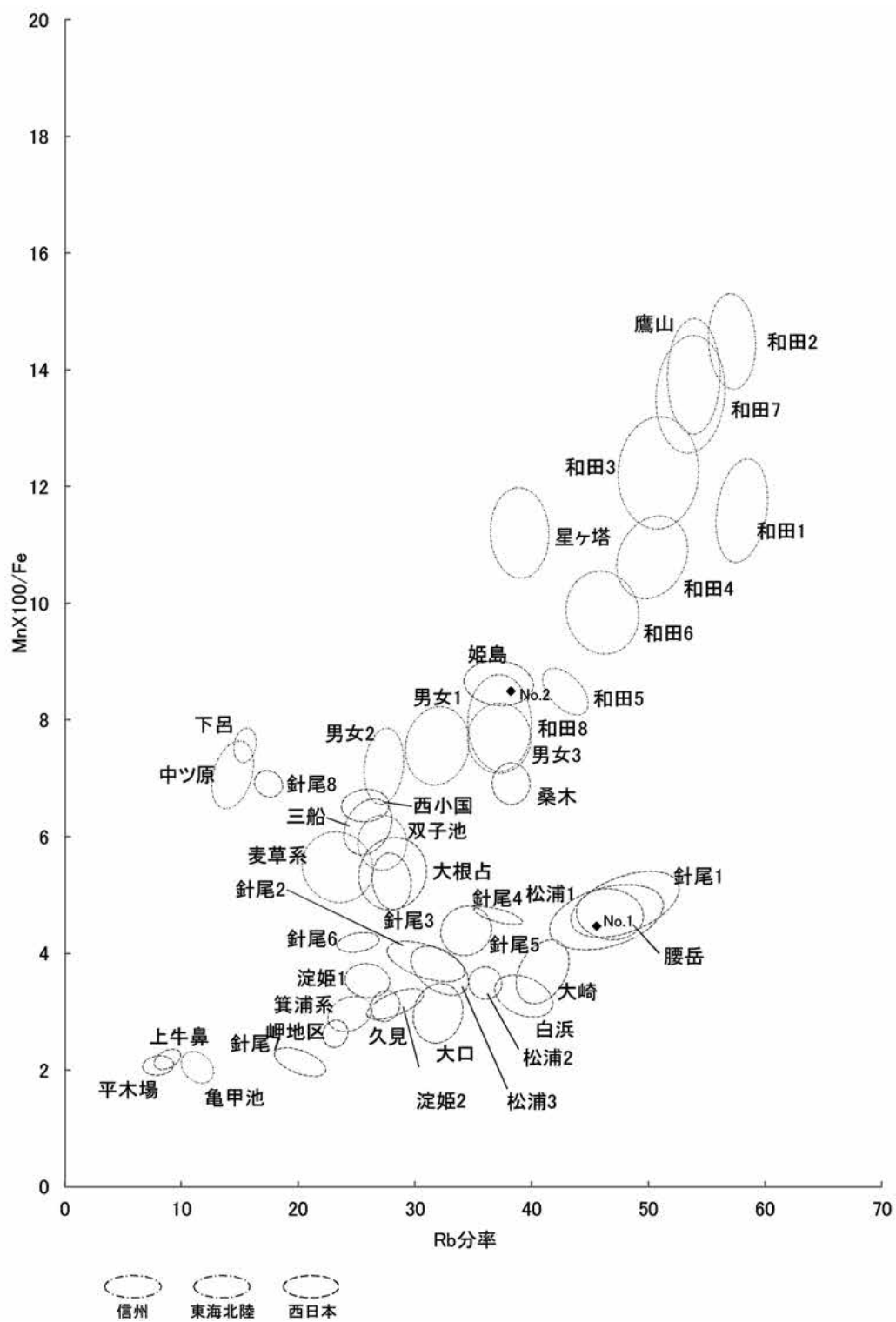


図2 黒曜石産地推定結果(1)

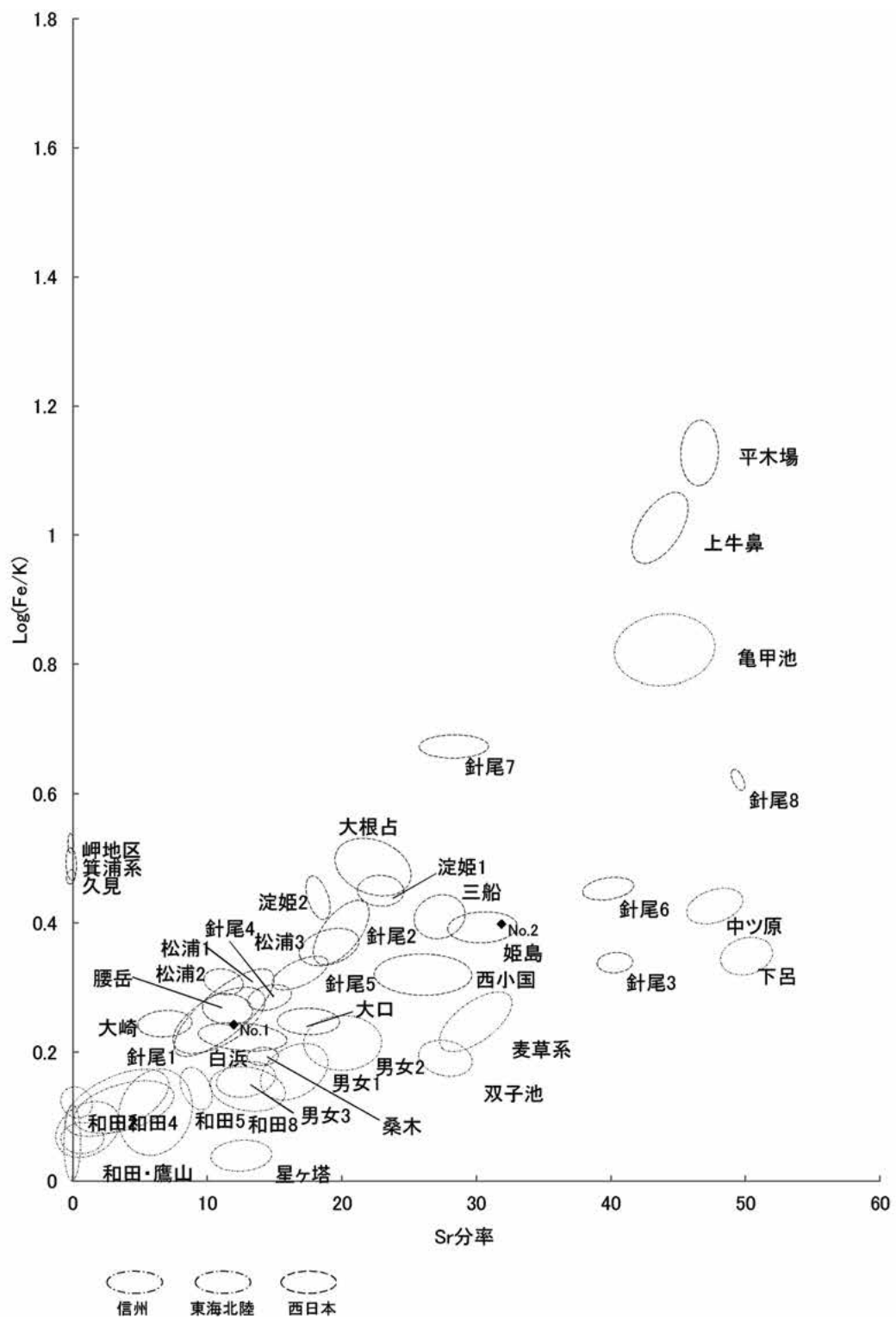


図3 黒曜石産地推定結果(2)



表2 スペクトル強度と判別指標値

No.	強度 (cps)											判別指標				
	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Rb	Sr	Y	Zr	Rb 分率	Sr 分率	Zr 分率	Mn* 100/Fe	log (Fe/K)
1	59.33	434.80	67.13	24.72	1.49	5.25	117.46	19.00	4.99	7.05	10.63	45.59	11.97	25.52	4.47	0.24
2	72.33	510.95	56.08	19.78	1.33	11.91	140.35	9.01	7.51	3.11	3.95	38.22	31.87	16.75	8.49	0.40

表3 黒曜石判定結果

No.	4成分									5成分								
	第1候補			第2候補			第3候補			第1候補			第2候補			第3候補		
	原産地	距離	判定	原産地	距離	判定	原産地	距離	判定	原産地	距離	判定	原産地	距離	判定	原産地	距離	判定
No.1	松浦1	3.0	TRUE	腰岳	9.1	TRUE	針尾1	14.7	TRUE	松浦1	3.3	TRUE	腰岳	10.9	TRUE	針尾1	15.2	FALSE
No.2	姫島	3.4	TRUE	三船	302.6	FALSE	大根占	314.2	FALSE	姫島	3.6	TRUE	三船	444.5	FALSE	大根占	463.4	FALSE

距離:マハラノビス平方距離 判定は  $\chi^2$  二乗検定 (3 $\sigma$ ) の結果

## 引用文献

- 伊予市教育委員会2019『高見Ⅱ遺跡 東峰遺跡第4地点2次一四国縦貫自動車道における(仮称)中山スマートインターチェンジの建設事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書ー』
- 片多雅樹2015「判別図法を用いた黒曜石の産地推定～原産地データの蓄積～」『長崎県埋蔵文化財センター研究紀要』5 pp.35-39
- 明治大学古文化財研究所2009『蛍光X線分析装置による黒曜石製遺物の原産地推定ー基礎データ集1ー』明治大学古文化財研究所,294p
- 明治大学古文化財研究所2011『蛍光X線分析装置による黒曜石製遺物の原産地推定ー基礎データ集2ー』明治大学古文化財研究所,294p
- 明治大学文学部2014a『蛍光X線分析装置による黒曜石製遺物の原産地推定ー基礎データ集3ー』杉原重夫(編)・森義勝(監修)明治大学文学部,170p
- 明治大学文学部2014b『日本における黒曜石の産状と理化学分析ー資料集ー』75 杉原重夫(編)・森義勝(監修)明治大学文学部,170p
- 望月明彦2004「第5節 和野Ⅰ遺跡出土黒曜石製石鏃の石材原産地分析」『岩手県文化振興事業団埋蔵文化財調査報告書452集 和野Ⅰ遺跡発掘調査報告書』 pp.476-480
- 杉原重夫2011「九州腰岳, 平沢良遺跡・鈴桶遺跡出土黒曜石製遺物の原産地推定」『駿台史学』142 pp.111-137