

帯磁率によるサヌカイト・無斑晶質安山岩の産地推定法

中村 由克

帯磁率によるサヌカイト・無斑晶質安山岩の産地推定法

中村 由克^{1・2*}

要 旨

黒曜石とおなじく火山岩であるサヌカイトと無斑晶質安山岩は、打撃による加工がしやすく鋭利な刃部ができるため、黒曜石が存在しない地域では石器として多用される重要な石材である。これらの岩石は強く帯磁しており、産地ごとにその帯磁率が異なっている。この性質を利用して帯磁率にもとづいて産地を推定する方法を開拓した。

この帯磁率は対象物の大きさによって変化するため、同一の母岩であっても、大きさが異なれば帯磁率も変わってしまう。そのため推定対象を秤量して1グラムあたりの帯磁率を求め、この数値にもとづいて産地推定を行った。

さらに各地のサヌカイトと無斑晶質安山岩の帯磁率を比較して、暫定的な標準試料を作成した。くわえて、それぞれの標準資料を実体顕微鏡で観察し石材の特徴も明らかにした。帯磁率だけでは区別がつかない場合でも、石質の特徴を組み合わせることによって、産地の推定が可能となる。この方法は石器を壊すことがなく、しかも大規模な装置を必要とせず、短時間に分析できるため、今後、実戦的な産地推定法となることが待される。

キーワード：石器石材、産地推定、サヌカイト、無斑晶質安山岩、帯磁率

1. はじめに

サヌカイトや安山岩はSiO₂の含有量が少ない玄武岩と多い流紋岩（黒曜石が含まれる）との中間的な火山岩（噴出岩）であり、剥片石器石材として各地で重用されていた。サヌカイトは古銅輝石という斜方輝石を特徴的に含む特殊な安山岩であり、マグマがマグマ溜まりを経ずに地下深部から直接噴出して急冷したために、斑晶鉱物がほとんど晶出しないで無斑晶質になったものである。サヌカイトと同様な無斑晶質の安山岩が各地に分布する。これらは考古学では「ガラス質安山岩」「ハリ質安山岩」「黒色緻密質安山岩」などと呼称されることが多いが、ほぼ同じような岩石を指している。

岩石学では、「無斑晶質」は斑晶をほとんど含まず、細粒な石基の部分が細粒結晶～ガラスで構成される組織を指す。ガラス質（ハリ質は同義）とすると、厳密には

石基の部分はほとんどガラスで構成されるものを意味する。ガラス分が多いと、黒光りする光沢を有したり、剥片の縁辺などの薄いところが光を透過して透き通って見えるなどの特徴がみられたりするようになる。各地の緻密質な安山岩を石材区分して総称する場合に、このようなガラスの比率にとらわれないで一括りにあわせる用語として、地質学のフィールド等で岩石記載に用いられることが多い「無斑晶質」が適切である。本稿ではこのような意味で無斑晶質安山岩を用いることとする。

サヌカイトや無斑晶質安山岩などの安山岩類の産地推定法には、蛍光X線分析が多く用いられているが、ガジリ等の新鮮面があるか、風化面を一部剥がして新鮮面を出す必要があり、すべての資料を簡便に測定することはできない。また、岩石薄片を作る偏光顕微鏡での観察や、岩石を粉末にして測定するX線による全岩分析法なども、資料の破壊を前提としている。石器のような考古遺物は、破壊を前提としないことが本来求められる。そこ

1 明治大学黒曜石研究センター 〒386-0601 長野県小県郡長和町大門3670-8

2 下仁田町自然史館 〒370-2611 群馬県甘楽郡下仁田町青倉158-1

* 責任著者：中村由克（naka-m@opal.plala.or.jp）

で本研究では、各地のサヌカイト、無斑晶質安山岩が含む磁鉄鉱などの強磁性鉱物の含有量を反映して帯磁率が産地ごとに異なるという性質を応用した産地推定法を開拓した。

帯磁率は、岩石の磁力の強さを表す1つの指標である。帯磁率は人工的に弱い磁力を発生させた時に、その場にあった物質の磁化のしやすさを示す初期帯磁率を表した数値である（中井2004）。地質学では岩石区分や堆積物中の火山灰層認定などの際に利用されることが多い。帯磁率の強弱は岩石中に含まれる磁鉄鉱等の強磁性鉱物の量比に起因する。

帯磁率計は一定の体積（10ccの大きさ）を基準に測定するもので、石器のように1点ごとに大きさや形状が異なるものを測定することを前提としていない。同じ母岩の石材であっても、大きなものほど帯磁率も大きい数値となる。石器の帯磁率はそのままでは役に立たないが、その数値が10～100倍以上異なる岩石種間の区別には便利である（たとえば、安山岩と黒色頁岩、蛇紋岩と透閃石岩の区別）。

この問題を解消する方法として、池畑（2004）が考案した「帯磁率測定値を重量（g）で割った1 gあたりの帯磁率（1 g 帯磁率）で比較する」方法をとれば、重量の異なる石器どうしの帯磁率を比較検討することが可能になる。なお、1 g 帯磁率は、試料の大きさに影響を受け、小さいものほど大きく、大きなものになるほど減少する。

また、帯磁率は帯磁率計中央のセンサーから発生し放射状に広がる磁力線に反応して引き起こされる（図1）ので、磁力線の範囲を超える部分は測定できない。したがって、磁力線の広がる範囲に収まるサイズのものは正しい帯磁率を示すが、その範囲よりも大きなものは不正確になる。500グラムを超えるものは、磁力線の範囲か

ら外れる部分が出てくる。また一般的な剥片石器は500グラム以下なので、500グラムまで測定した。また、測定試料の幅広い面が器械に密着する場合は正確な数値が出るが、凹凸があり器械との間に距離ができると、帯磁率は小さくなり、本来の数値は測定できない。

本稿では、中部・関東地方から中国地方の主要なサヌカイト、無斑晶質安山岩を対象として帯磁率を扱い、あわせてこの地域内の遺跡出土の石器の帯磁率を比較し、安山岩類の産地推定の有効性について論じる。

2. 使用機器と方法

帯磁率計は Kappameter KT-10を使用し、単位は $\times 10^5$ SI ユニットである。重量は、エー・アンド・デイ FX-2000i で、0.01g 単位で測定した。石質の観察は実体顕微鏡ニコン SMZ-745T で補助レンズを使用し、主に20倍～100倍で検鏡し、写真撮影にはマイクロネット社製スーパーシステム（デジカメニコン J2）を使用した。石材の色調は、小山・竹原（2014）に従った。

3. サヌカイト、無斑晶質安山岩標準試料の帯磁率

3-1 標準試料の帯磁率

各産地の安山岩の帯磁率の標準値を求めるため、産地近くで人頭大ほどの安山岩礫を採集し、それを剥離して大小の剥片サンプルを作製し、帯磁率測定に適した広い平坦な剥離面を有する重量0.3～500 g の剥片サンプル20～30点を選別する。重量は0.01 g 単位で、帯磁率は3回以上測定して安定した数値¹⁾の最大値のデータをとる。重量と帯磁率測定値から1 g 帯磁率を求め、重量と1 g 帯磁率を散布図グラフ化する。このままではグラフは指数曲線を示すことになり、軽量の遺物の数値の違いが表現しづらいため、重量（X 軸）を対数表示として、片対数グラフにして直線状のグラフとする（中村2020）。なお、試料の形状が1点ごとに異なることでセンサーからの距離が遠ざかることなどにより、測定する1 g 帯磁率にも

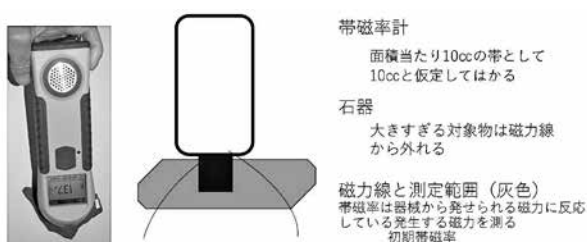


図1 帯磁率計の原理

多少の変動幅ができる。理想的な帯磁率数値は、変動幅の上端を結ぶラインになると考えられる。

標準試料にする産地サンプルは、筆者が採集したものを中心としたが、不足したサヌカイト等については、一部、明治大学黒耀石研究センター保管の原石²⁾を使用した。

3-2 サヌカイト標準試料の石質と帯磁率(表1, 図2, 図3, 図4)

香川県坂出地域

瀬戸内海に面した香川県坂出地域には、花崗岩類の作る丘陵上を中新世の讃岐層群の溶岩などが覆う地形がみられる。この中にサヌカイトが含まれ、噴出年代は約1300万年前とされている。金山、城山、五色台の蓮光寺山、白峰、国分台、青峰、黄ノ峰などの山頂部にサヌカイトが分布する(香川大学創造工学部長谷川研究室 HP)。丹羽佑一氏の案内で、金山の発掘地を中心に産状を確認した。また、小野秀幸氏の案内で法印谷の産地の状況を確認した。標準試料のサンプルは、金山西、金山東、白峰、蓮光寺を明治大学黒耀石研究センター保管の原石で作成した。以下、各産地の石材の石質の特徴と1g帯磁

率を記述する。なお、産地名の後には各産地の略号を併記する。

白峰 GOSM: 黒色、緻密で均質で滑らかな剥離面を呈する。斑晶はほとんどなく、光沢がある。

蓮光寺 GORE: 少し灰色がかり、やや粗い肌で、平坦な割れ面を示す。斑晶は少なく、斜長石がわずかにみられる。光沢はある。

金山 KN-W, KN-E: 少し灰色がかり、やや粗い肌で、平坦な割れ面を示す。斑晶はごく少なく、斜長石がわずかにみられる。光沢は少ない(図2.1~3)。

1gでの1g帯磁率は、金山(W, E)が 16×10^{-5} SI、五色台(白峰、蓮光寺)が 8×10^{-5} SI、金山、五色台の中でのそれぞれの産地の細分はできない(図4.1)。

二上山

奈良県・大阪府の二上山には、中新世の二上層群が分布し、その上部の原川累層・春日山安山岩溶岩のなかにサヌカイトが含まれる(佐藤ほか2009)。二上山の北西方にある春日山周辺に分布する春日山安山岩溶岩には、無斑晶質安山岩溶岩とサヌカイト溶岩が共存し、サヌカイトは火道部分に産するという。標準試料のサンプルは、飛鳥新池、穴虫を明治大学黒耀石研究センター保管の原石で作成した。

表1 主要なサヌカイト、安山岩の石材属性一覧

No	産地名	地点名	略号	1g帯磁率 (1g)	100gの 帯磁率	色調	マンセル 表示	石肌	剥離面	光沢	斑晶		備考
1	香川	五色台 白峰	GOSM	8	180	黒色	N3.5	緻密均質	滑らか	あり	ない		白峰
2		五色台 蓮光寺	GORE	8	230	少し灰色	N3.5	やや粗い	平坦	あり	ない		蓮光寺
3		金山 W	KN-W	16	500	少し灰色	N4	やや粗い	平坦	少ない	極少し	斜長石	金山西
4		金山 E	KN-E	16	500								金山東
5	二上山	二上山 飛鳥新池	NJAS	5	80	黒色	N3.5	極めて緻密均質	滑らか	少ない	ない		二上山
6	冠山	冠山 E 頼原 KA1-1	KA-E	27	640	黒色	N3.5	極少し粗い	少し滑らか	少ない	ない		冠山東群
7		冠山 E2 頼原 KA1-2	KA-E2	19	500~600	黒色	N2.5	粗い	やや平坦	少ない	あり		
8		冠高原 KA3-1	KA-KO	6	140	黒色	N3.5	極少し粗い	少し滑らか	少ない	あり	斜長石	冠高原群
9		冠山 S 中道川支流 KA5-1	KA-S	12	300	黒色	N3.5	極少し粗い	滑らか	少ない	少し		飯山群
10	福井	坂井市三国浜地海岸	HUMI	12	300~450	少し灰色	N4	やや粗い	平坦	ない	少し	斜長石	
11		勝山市滝波川	HUTA	20	650	黒色	N3.5	やや粗い	平坦	ない	含む	斜長石	
12		勝山市滝波川	HUTA2	100	2500以上	黒色	N3	粗い	やや平坦	ない	あり	斜長石	
13	富山	山田中村	TOYM	70±	2250~2790	黒色	N3.5	やや粗い	平坦	ない	含む	斜長石	
14		八ノ島	TOYA	30~37	1800~2170	少し灰色	N3	やや粗い	滑らか	ない	あり		
15		虫谷川	TOMS	5	240	黒色	N3.5	やや粗い	平坦	少ない	少し	輝石類	
16		角川	TOKD1	30	700~1000	黒色	N3.5	やや粗い	平坦	ない	微細が多い		
17		布施川	TOHU1	70	2300	黒色	N3.5	緻密均質	滑らか	ない	微細を少し		
18		布施川	TOHU2	30	750	黒色	N3	粗い	やや平坦	ない	あり	輝石類	
19	関田山地	栄村箕作(横倉)	SEMI	30	900	黒色	N3.5	緻密均質	滑らか	少ない	微細を少し		
20		栄村長瀬 志久見川	SENG	20	600	黒色	N2.5	細粒	滑らか	少ない	あり	斜長石	
21	八風山	佐久市	HA	30	800	黒色	N2.5	やや細粒	少し滑らか	ない	やや多い	斜長石	八風山
22	武尊山	みなかみ町武尊川	HOHO1	90	2600~3200	黒色	N3	細粒	少し滑らか	ない	少し	輝石類	
23		みなかみ町武尊川	HOHO3	60~80	1500~1900	黒色	N3	やや粗い	平坦	ない	少し	輝石類	
24		みなかみ町木の根沢	HOKN	50	1000~1600	黒色	N3		少し滑らか	ない	少し	輝石類	
25		大渡橋 前橋市	HOOW	38	860~1200	黒色	N3.5	やや粗粒	少し滑らか	ない	あり	斜長石	
26		沼田市上発知1	HOKH1	38	1000	黒色	N3.5	やや粗粒	平滑でない	ない	やや多い	斜長石	
27		沼田市上発知3	HOKH3	80	2200	少し灰色	N4	細粒	平坦	ない	少し	斜長石	

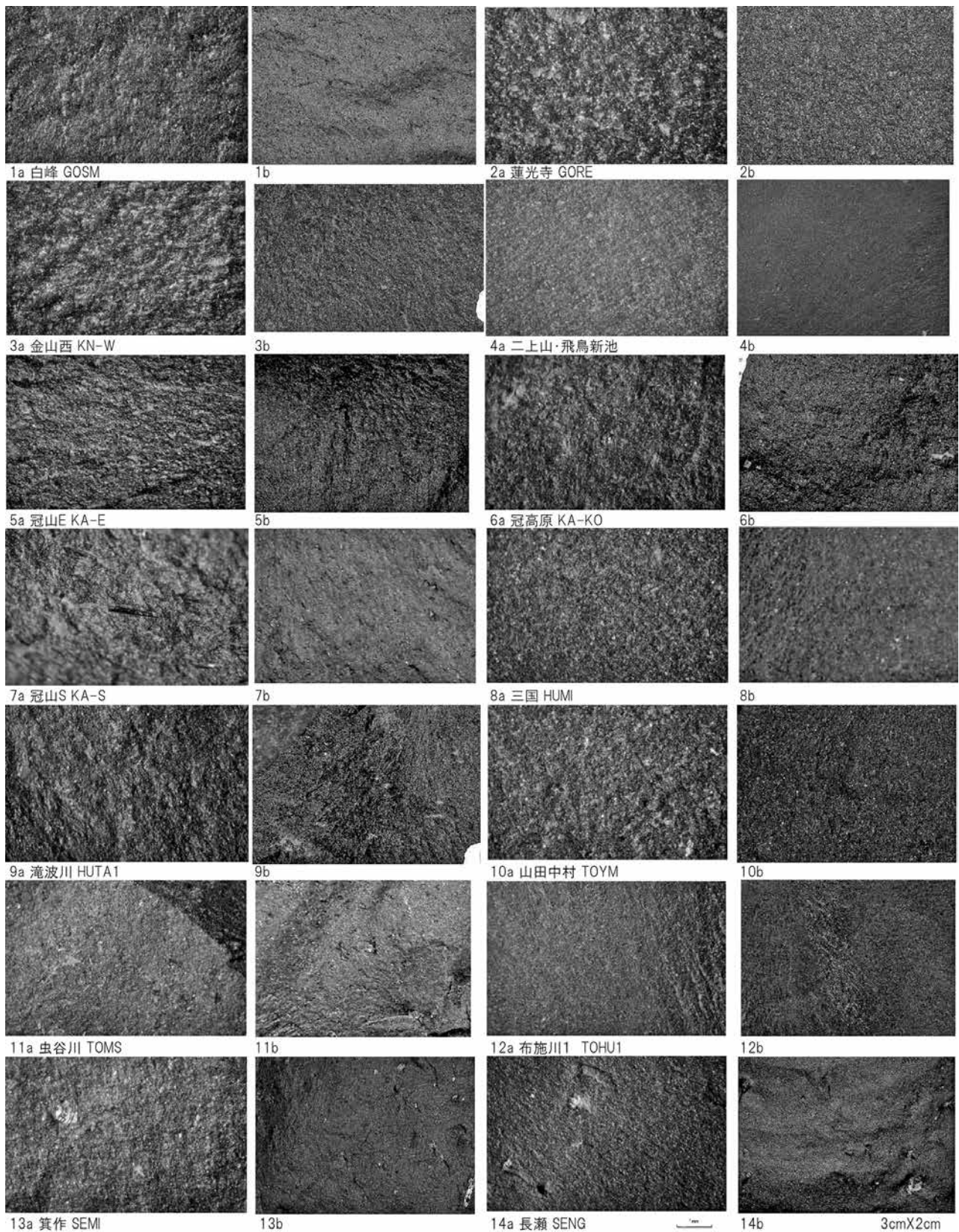


図2 サヌカイト，安山岩の石質（1）

左（a）：実体顕微鏡写真 ×20で撮影，右（b）：接写した剥離面 3cm×2cmの範囲

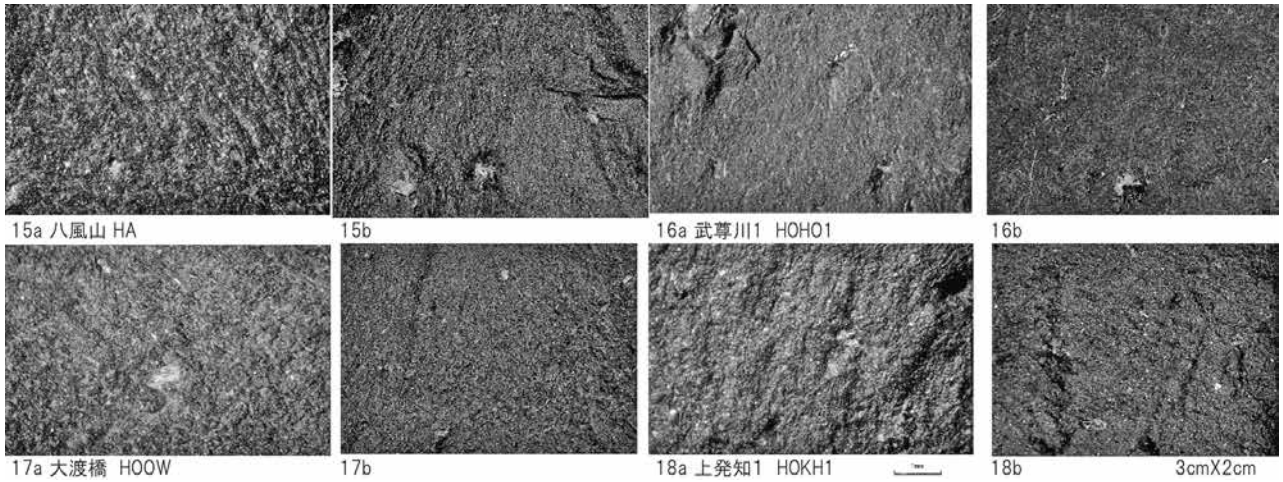
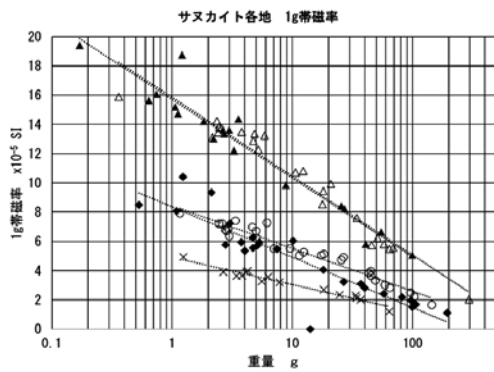
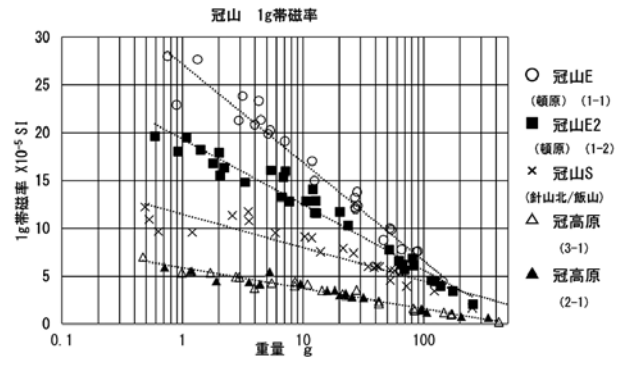


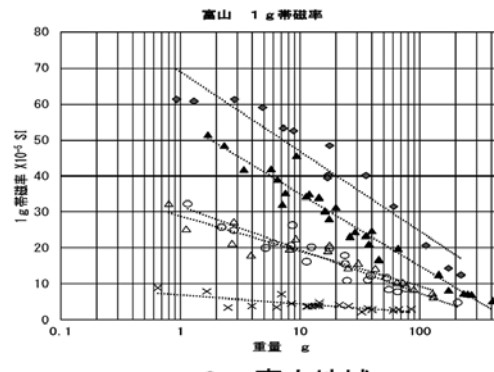
図3 サヌカイト，安山岩の石質（2） 図2と同様



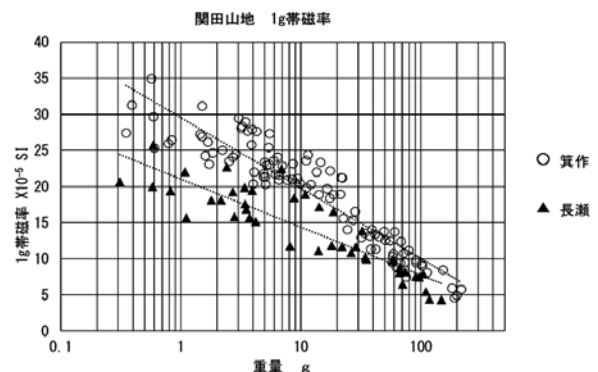
1 香川，二上山サヌカイト



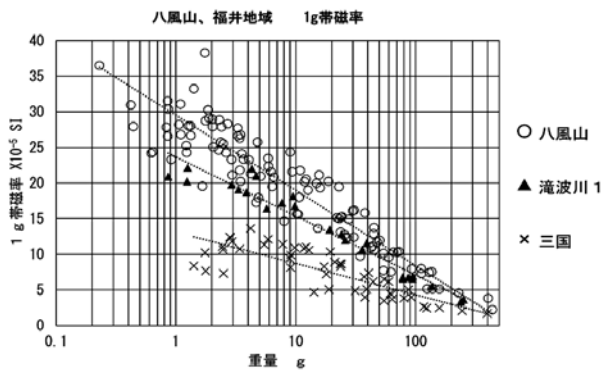
2 冠山



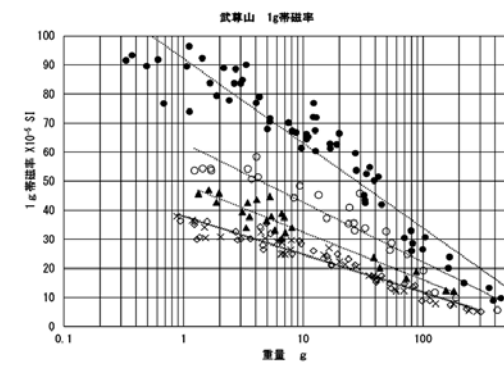
3 富山地域



4 関田山地



5 八風山，福井地域



6 武尊山

図4 サヌカイト，安山岩標準資料の1g帯磁率

二上山飛鳥新池 NJAS：黒色で、白峰よりはわずかに明るい。極めて緻密、均質で滑らかな剥離面を示す。斑晶はほとんどなく、光沢は少ない。穴虫も同様な石質を示す（図2.4）。

二上山の各産地の資料は、概して低い帯磁率である。1 g での 1 g 帯磁率は、二上山が 5×10^5 SI である（図4.1）。

3-3 各地の無斑晶質安山岩の石質と帯磁率

冠山

広島県冠山には、冠山安山岩類（山田直利ほか編1986）が分布しており、8.9～8.2百万年前のものとされている（日本地質学会編2009）。沖憲明氏の案内で産状確認とサンプリングを行った。サンプルは、冠山東部（頓原：冠山 E と表記）、冠高原、冠山南部（針山：冠山 S と表記、藁科（2001）の飯山タイプと一致）を採集した。

冠山 E KA-E：黒色で、白峰より黒い。斑晶はほとんどない。光沢は白峰より少なく、二上山よりはる。

冠高原 KA-KO：黒色で少し灰色がかかる。光沢は少ない。斜長石の0.5mmほどの塊状の斑晶を含む。

冠山 S KA-S：黒色で、白峰より黒い。光沢は白峰より少ないが、二上山よりはる。均質で滑らかな剥離面を示すが、ごくわずかに粗い感じである（図2.5～7）。

各産地の帯磁率は、サヌカイトと同程度からやや高い数値を示す。1 g での 1 g 帯磁率は、冠山 E（頓原）が27および 20×10^5 SI、冠山 S（飯山）が 12×10^5 SI、冠高原が 6×10^5 SI である（図4.2）。

福井県

坂井市三国の浜地海岸西端に無斑晶質安山岩が露出する。中期中新世の浜地流紋岩を貫いて無斑晶質安山岩の岩脈がみられ、約13百万年前とされる（石渡2006）。法恩寺山（経ヶ岳）は両白山地に位置し、経ヶ岳の安山岩類の中に無斑晶質安山岩が含まれる。0.9～1.1百万年前とされる（日本の地質「中部地方Ⅱ」編集委員会編1988）。九頭竜川上流に位置する。勝山市滝波川のサンプルは、九頭竜川に合流する手前の新保橋で採集した。三国 HUM1：少し灰色がかり、金山に近い。やや粗く、光沢はない。斜長石の斑晶を少し含む。平坦な割れ面を呈する。

滝波川 HUTA1：黒色で、白峰より黒い。やや粗く、光沢はない。斜長石の斑晶を含む。平滑な割れ面を示す（図2.8～9）。

坂井市三国、勝山市滝波川は数値が小さく、サヌカイトの変異幅に入る（図4.5）。

富山県

富山平野を取り巻くように広がる山間地に中新世の岩稲累層が分布する。岩稲累層は無斑晶質安山岩を含む安山岩が主体の地層である（高橋・周藤1999；中村2011）。井田川支流の山田川上流の富山県婦中町の山田中村、井田川支流の野積川の富山県八尾町八十島、白岩川支流の立山町四谷尾の虫谷川、魚津市大熊の角川、さらには黒部市阿弥陀堂の布施川などで無斑晶質安山岩が採集できる。最後の角川と布施川は上位の黒瀬谷累層（福平層）に、それ以外は岩稲累層に属するものである。

山田中村 TOYM：黒色で、光沢は少しで、やや粗い。斑晶は少ないが、ごく微小な輝石類が多く含まれ、チカチカと輝く。平坦な剥離面を示す。

八十島 TOYA：少し灰色がかかる。やや粗く、光沢はない。滑らかな剥離面を示す。斑晶はあるが、それほど目立たない。

虫谷川 TOMS：黒色で、やや粗いが平滑な剥離面を示す。斑晶は少しで、輝石類を含む。光沢は極少しある。

角川 TOKD-1：黒色でやや粗い。斑晶はごく小さなものがチカチカ光る。光沢はない。

布施川 TOHU-1：黒色、緻密で、均質。滑らかな剥離面を示し、光沢はない。ごく微細な斑晶が少なく含まれ、チカチカ光っている（図2.10～12）。

富山地域のものは、概して数値が大きく変化があり、虫谷川のみが低く 7×10^5 SI である（図4.3）。

関田山地

新潟・長野県の関田山地と信濃川南岸の津南町付近では、魚沼層群中部累層の上部にあたる桑名川火山岩層と志久見川火山岩層前子部層などに、苗場山起源の無斑晶質安山岩が溶岩や泥流堆積物として含まれている。前期更新世の約130万年前のものである（島津ほか1983；志久見川団体研究グループ1991）。千曲川本流の栄村横倉対岸の箕作、志久見川上流の栄村長瀬で無斑晶質安山岩を採集した。いずれのサンプルも 30×10^5 SI を示す（図

4.4).

箕作 SEMI:黒色で、白峰と同程度。光沢はごく少し有。細粒。斑晶は小さく斜長石か輝石類がチカチカ光っている。滑らかで平坦な剥離面を示す。

長瀬 SENG:黒色で、白峰より黒い。滑らかで平滑な剥離面を示す。細粒。斜長石の結晶がやや目立つ(図2.13~14)。

八風山

長野・群馬県の八風山の山頂部には、八風山溶岩の無斑晶質安山岩が分布している。鮮新世の約493万年前と報告されている(野村・小坂1987)。サンプルは八風山南麓の八風山遺跡群中の沢で採集した。

八風山 HA:黒色で、白峰より黒く、光沢はない。斑晶はやや多く、斜長石の塊状の斑晶が点々と含まれる。剥離面はそれほど滑らかでない(図3.15)。 30×10^{-5} SIを示す(図4.5)。

武尊山

群馬県北部の武尊山は四方に流下した無斑晶質安山岩の溶岩があり、この火山の初期の年代は約180万年前とされている(山口1981)。みなかみ町の武尊山北麓の武尊川、木の根沢、利根川中流の前橋市大渡橋、さらには武尊山南麓の沼田市上発知の無斑晶質安山岩礫を採集・使用した。武尊山の安山岩は概してあまり平滑な剥離面を示さない(図3.16~18)。

武尊川 HOHO1:黒色で、白峰より黒く、光沢はない。斑晶は少なく、長石類を少し含む。

武尊川 HOHO3:少し灰色がかり、光沢はない。やや粗粒。斑晶は少しで、斜長石を含む。

木の根沢 HOKN1:黒色で、白峰より黒く、光沢はない。斑晶は斜長石が点々と入る。多少粗い。

大渡橋 HOOW:黒色で白峰と同程度で、光沢はない。やや粗い。斑晶は斜長石が点々と入る。

上発知 HOKH1:黒色で白峰と同程度で、光沢はない。やや粗い。斑晶は斜長石がやや多い。

上発知 HOKH3:やや灰色がかり、光沢はない。流理があり、斜長石の塊状の斑晶がやや多い。

沼田市上発知1と前橋市大渡橋が 38×10^{-5} SIで、他の産地はこれより大きな値で変異が大きい(図4.6)。

4. 産地付近遺跡の石器の帯磁率と石質

サヌカイトや無斑晶質安山岩は、黒色で斑晶等を含まない無斑晶質が特徴であるため、原石のサンプルを肉眼で比べても、なかなかその差異を読み取ることが難しい。一方、遺跡出土の石器は、表面が風化して微妙な色調や流理構造、含まれる斑晶の形などに特徴が現れ、注意深く観察すると産地間の違いが読み取れることがある。

そこで、産地石材と同時に産地近隣に立地する遺跡の石器を対象に、帯磁率を測定して石質を顕微鏡観察した。以下に、各地の原産地遺跡から出土した石器の帯磁率と石質の特徴を記載する。石器の1g帯磁率を測定し、グラフから近い数値の産地をさがす。複数産地の可能性がある場合、石器の風化面と新鮮面の岩相を顕微鏡観察し、産地候補の石材の特徴と比較することで、特定ができる。

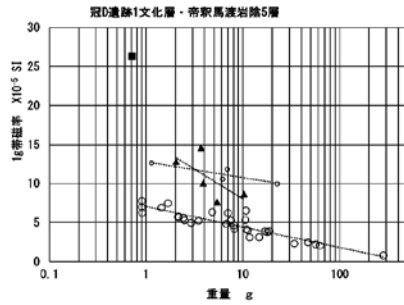
4-1 サヌカイト製石器の帯磁率と石質(図5, 図6, 図7)

香川県西方遺跡(香川県埋文センター): 305(図6.1)は、7.55gで1g帯磁率が 4.65×10^{-5} SIで、五色台のラインに乗るものである。305の新鮮面は黒色、緻密で、光沢があり、白峰の石質に一致し、風化面は灰白色部と暗灰色部がモザイク状にみられる(図7)。

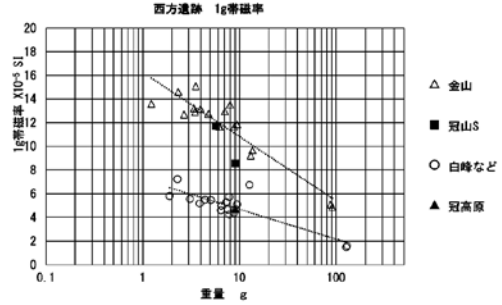
国分台遺跡(明治大学黒耀石研究センター・小野昭コレクション): 香川県高松市国分寺町の国分台遺跡の石器41点の遺物の帯磁率を測定した結果、1g帯磁率は1gで 8×10^{-5} SIの五色台白峰や蓮光寺のサンプルのラインにはほぼ一致する(図5.3)。1969-4など新鮮面と風化面の特徴(図6.2)は、西方305に一致する。

広島県帝釈馬渡岩陰(庄原市時悠館): 5層-1は、3.67gで1g帯磁率が 14.60×10^{-5} SIで、金山のラインに乗るものである(図5.1)。新鮮面はやや灰色がかり、やや粗く、うろこ状に白く見える所があり(図6.4)、金山の石質に一致する。風化面は、うろこ状の白色部が全面を覆っており、金山の風化面の特徴がよくみられる。

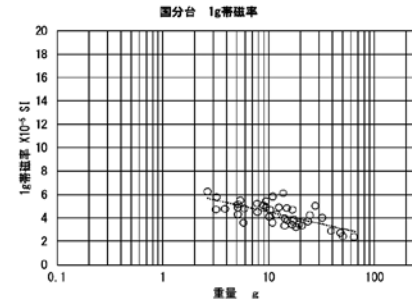
香川県西方遺跡: 259は、3.97gで1g帯磁率が 13.15×10^{-5} SIで、金山のラインに一致するものである(図5.2)。



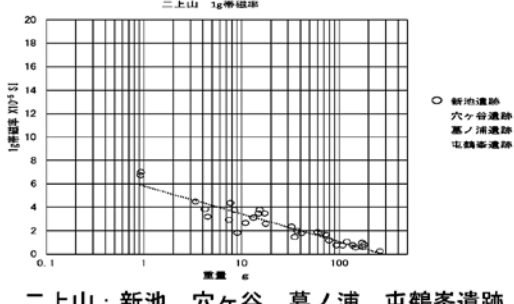
1 冠遺跡群D地点、帝釈馬渡岩陰



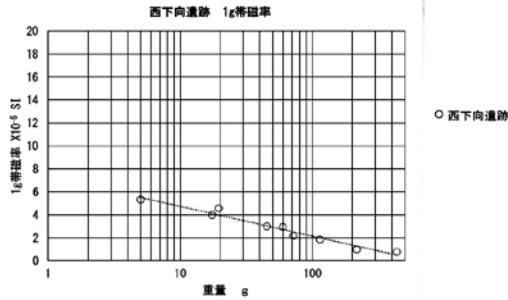
2 西方遺跡



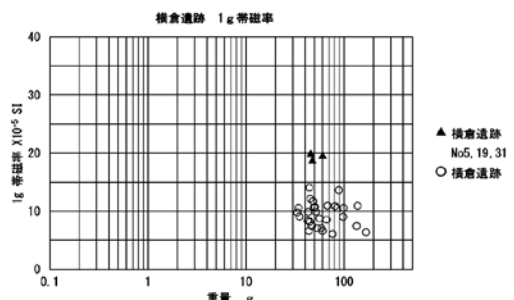
3 国分台遺跡



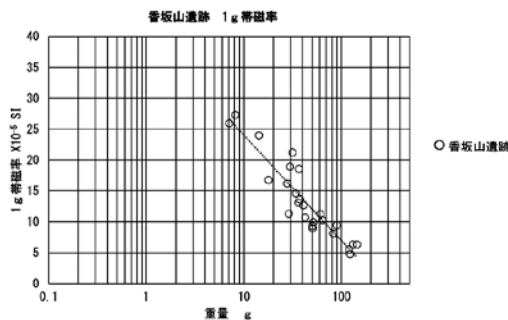
4 二上山：新池、穴ヶ谷、墓ノ浦、屯鶴峯遺跡



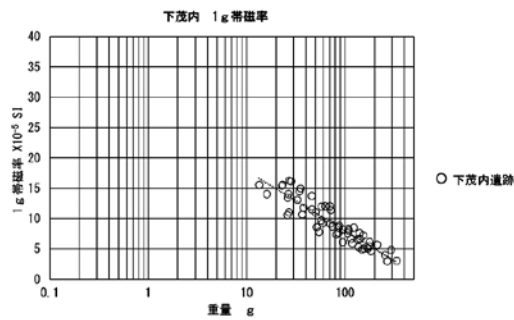
5 西下向遺跡



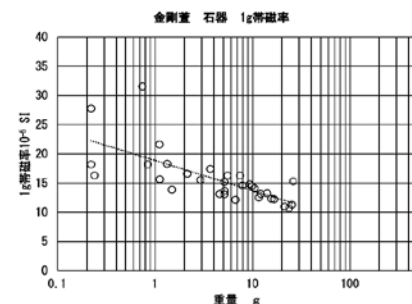
6 横倉遺跡



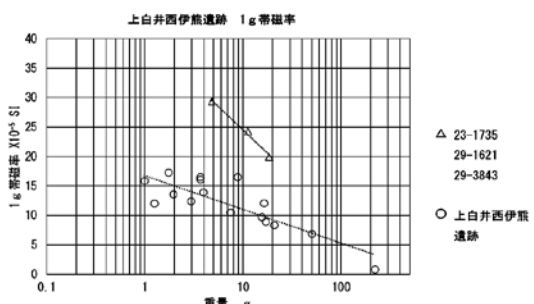
7 香坂山遺跡



8 下茂内遺跡



9 金剛萱遺跡



10 上白井西伊熊遺跡

図5 主な産地付近の遺跡出土石器の1g帯磁率

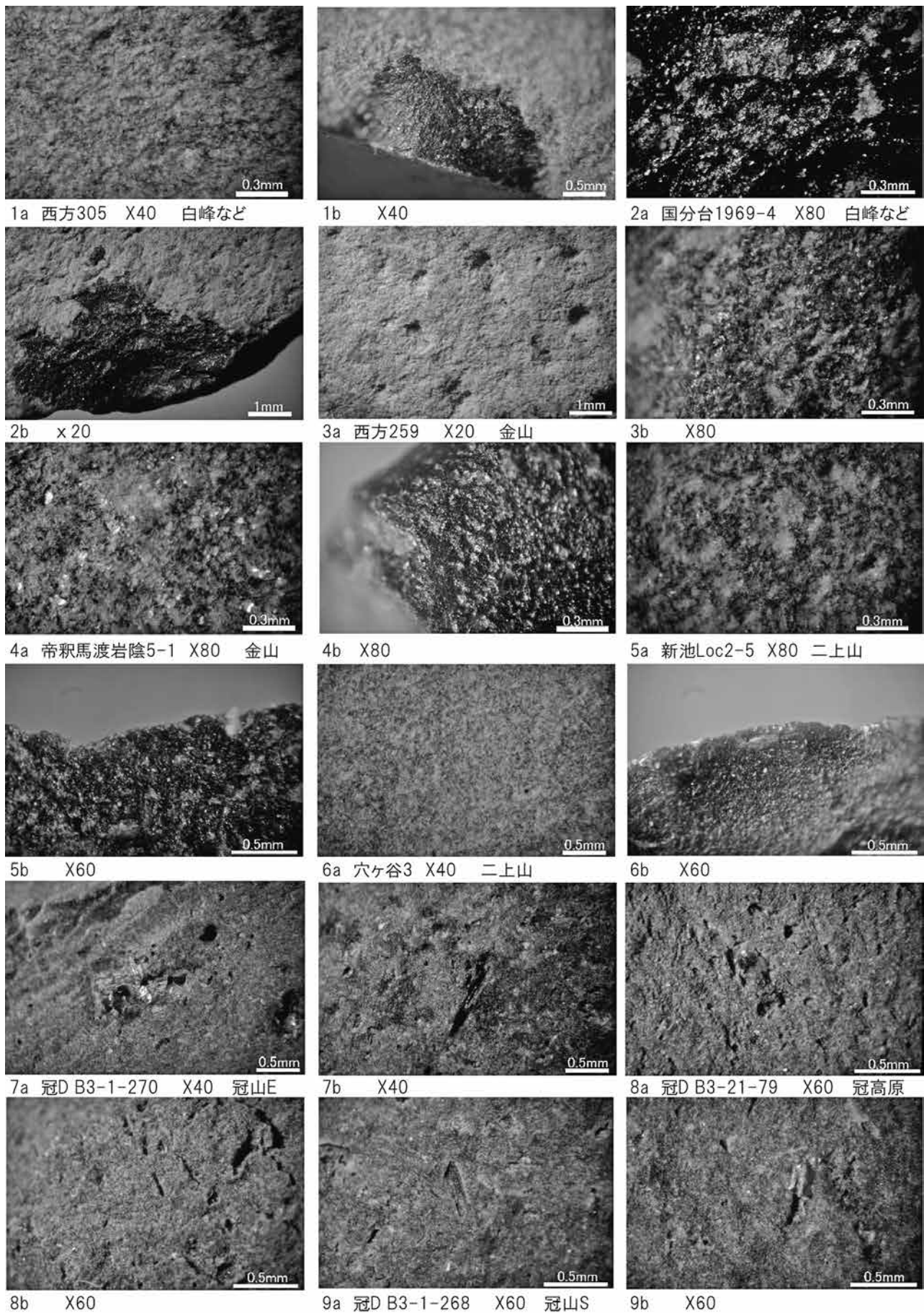


図6 サヌカイト、安山岩製石器の石質 実体顕微鏡写真(1)

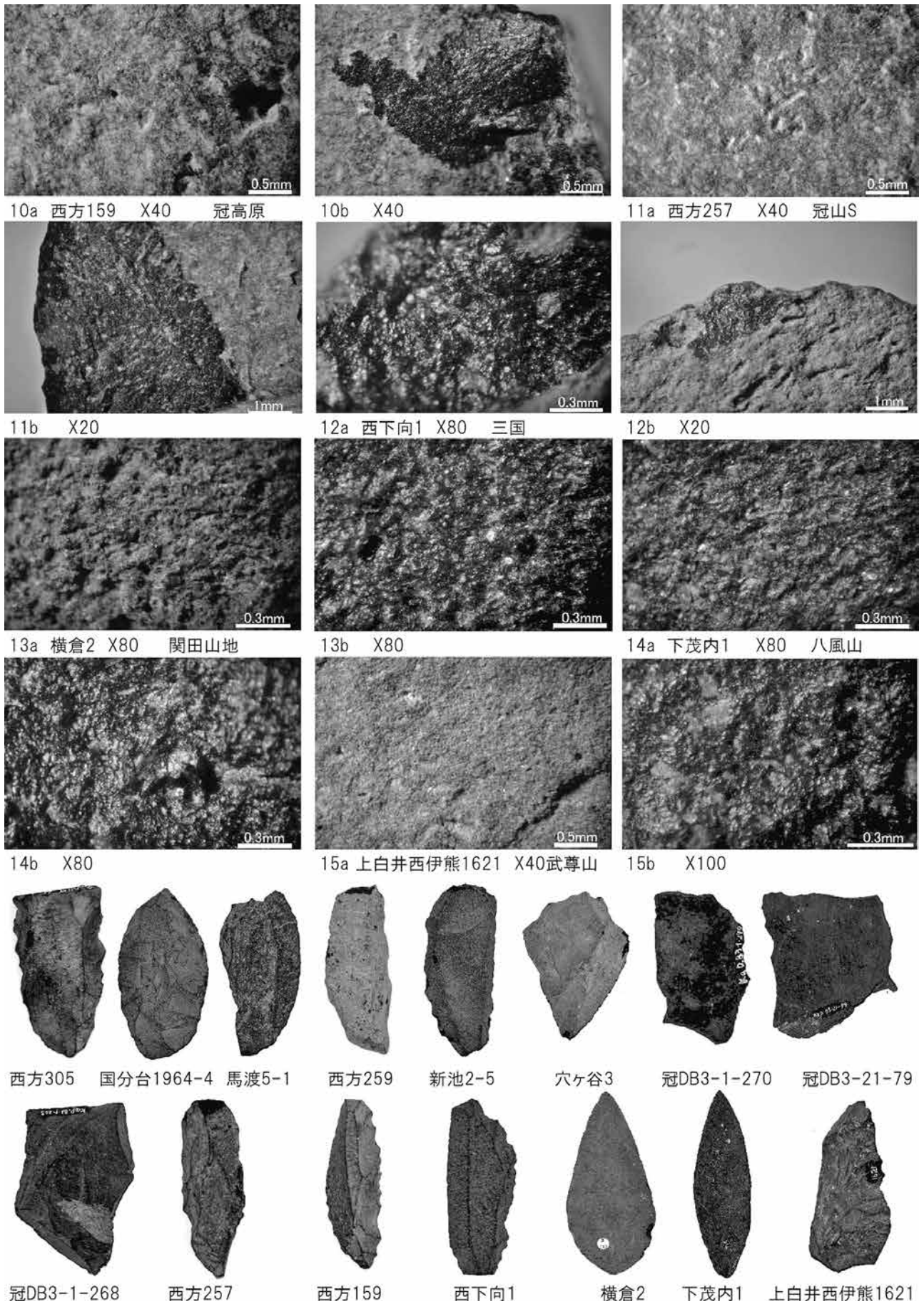


図7 サヌカイト、安山岩製石器の石質 実体顕微鏡写真(2) 石器写真のスケールは不同

新鮮面はやや灰色がかり、やや粗く、うろこ状の白色部が所々にあり（図6.3）、金山の石質に一致する。風化面は、白色の風化部が全面を厚く覆っており、穴状のくぼみが点々とみられる。風化が進行すると、うろこ状の白色部が全面を覆うようになると思われる。

大阪府新池遺跡・穴ヶ谷遺跡・穴虫峠（明治大学黒耀石研究センター・小野昭コレクション）：二上山の北西方にある春日山周辺に分布する大阪府新池遺跡12点、穴ヶ谷遺跡4点、穴虫峠5点、墓ノ浦遺跡9点、屯鶴峯遺跡2点の遺物の帯磁率を測定した結果、1gで 5×10^{-5} SIの二上山サンプルのラインにほぼ一致することがわかった。

新池遺跡 Loc2-5は、17.18gで1g帯磁率は 3.48×10^{-5} SIで二上山のラインに乗る。新鮮面はやや灰色がかり少し光沢があり、薄いところはやや透明感がある二上山の特徴がみられる。穴ヶ谷遺跡3は97.37gで、1g帯磁率は 0.77×10^{-5} SIで二上山のラインに乗る（図5.4）。新鮮面はやや灰色がかり、極めて緻密で均質で、縁辺の厚さが薄いところはやや透明感がある二上山の特徴がみられる（図6.5～6）。風化部は白色部と暗色部がモザイク状にみられる。

4-2 各地の無斑晶質安山岩製石器の帯磁率と石質

広島県冠遺跡群 D 地点（広島大学博物館所蔵）：2次発掘第1文化層は冠高原のものが優勢、冠山Sと冠山Eをわずかに含む。B3-1-270は、1.92gで1g帯磁率は 17.08×10^{-5} SIで冠山Eのラインに乗る（図5.1）。B3-21-79は、46.94gで1g帯磁率は 2.45×10^{-5} SIで冠高原のラインに乗る。B3-16-255は、6.12gで1g帯磁率は 10.57×10^{-5} SIで冠山Sのラインに乗る。これら3点の風化面は、いずれも黒灰色で角閃石、輝石類の斑晶をわずかに含む。冠山の石材は、概して輝石類や角閃石の斑晶をわずかに含む（図6.7～9）。風化面では確認がされやすい。

香川県西方遺跡：159は、9.14gで1g帯磁率は 4.69×10^{-5} SIで冠高原のラインに乗る。西方遺跡257は、5.66gで1g帯磁率は 11.73×10^{-5} SIで冠山Sのラインに乗る（図5.2）。西方遺跡のナイフ形石器は、五色台、金山が多く、冠山S、冠高原を含む。

西下向遺跡（坂井市教委）：福井県坂井市三国町東尋坊

に近い日本海に面した海食崖上に位置する。1982年に平口哲夫氏により発掘された（平口編1983）。無斑晶質安山岩製石器9点の測定を行った（図5.5）。ナイフ形石器No1は、45.21gで1g帯磁率は 3.01×10^{-5} SIで三国のラインにほぼ沿っている。新鮮面はやや灰色がかり、やや粗い（図7.12）。風化面は斑晶が抜けた穴が点在する。

長野県横倉遺跡（栄村教委）：長野県栄村の千曲川北岸の段丘面上にひろがる遺跡で、1957年に大型尖頭器が多く確認された。採集者は地元の山岸庄英氏（永峯1982）。38点の尖頭器を計測。50～60gのNo19とNo31の2点は約 20×10^{-5} SIで高い1g帯磁率を示す。標準試料とした関田山地のサンプルには見られない高い数値である。それ以外は箕作（横倉近く）の千曲川本流や志久見川の長瀬の数値に一致する。No2は、137.27gで、1g帯磁率は 10.93×10^{-5} SIで関田山地のラインに一致する（図5.6）。新鮮面は黒色で、すこし光沢があり、比較的細粒である（図7.13）。風化面は微細な斑晶が含まれている。

下茂内遺跡（長野県立歴史館）：長野県佐久市の八風山山麓に立地する下茂内遺跡は、神子柴系の大型尖頭器の製作遺跡である。56点の遺物の帯磁率を測定し、すべて八風山の石材と推定された（図5.8）。1（図7下段）は、54.22gで、1g帯磁率は 7.78×10^{-5} SIで、八風山のラインにほぼ一致する。新鮮面は黒色で光沢はほとんどなく、斑晶を少し含む（図7.14）。風化面は白色部と暗色部がモザイク状にみられる。

香坂山遺跡（長野県立歴史館）：長野県佐久市の八風山山麓に位置する香坂山遺跡は、後期旧石器時代初期の遺跡である。25点の遺物の帯磁率を測定し、すべて八風山の石材と推定された（図5.7）。

金剛萱遺跡（下仁田町自然史館）：群馬県西部の下仁田町金剛萱遺跡は後期旧石器時代初期の遺跡で、無斑晶質安山岩の剥片等が出土している。32点の遺物の帯磁率を測定し、すべて八風山の石材と推定される（図5.9）。

上白井西伊熊遺跡（群馬県埋文事業団）：群馬県上白井西伊熊遺跡第2文化層国府系石器群。1621（図7.15）は、18.47gで1g帯磁率は 19.92×10^{-5} SIで、武尊山上発知1、前橋市利根川の大渡橋にほぼそった数値である。このほか1735と3843の2点が同様であるが、それ以外は

標準試料とした武尊山サンプルには見られない低い数値であり、現時点ではどこの石材であるのか推定できない(図5.10)。

5. 考察

5-1 複数産地の帯磁率が重なる場合の産地推定方法について

中部地方北部では1 g付近で 30×10^5 SIの前後の数値を示す安山岩産地が多いので、消費地遺跡でこれらの石材を区別するための認定方法を工夫する必要がある。八風山、関田山地、富山角川が 30×10^5 SIであり、武尊山上発知1と大渡橋が 38×10^5 SIという数値を示す(図4)。これらの帯磁率の数値の場合、石質を組み合わせる推定することが必須となる。また富山から長野、群馬の安山岩は外観が比較的似たものが多いので、この地域の石材の産地推定については分かり易い判断基準を設定することが求められる。

5-2 帯磁率の数値の評価

石器の場合、形状や面の凹凸が1点ごとに異なっているので、帯磁率測定にあたっては、どこを測定するかということが問題になる。帯磁率の性質を考慮すると、石器の扁平な面の中心部付近、かつその場所が平坦な部分で、機械のセンサーができるだけ密着できることが望ましい。

標準試料の1 g 帯磁率の散布図グラフでは、数値が上下にわずかに分散する傾向がある。この数値のばらつきは、サンプル剥片の形状が1点ごとに異なることに由来

表2 計測位置による帯磁率測定値
(関田山地、冠山、香川の石材サンプル)

No	名称	番号	重量	位置	帯磁率	1g 帯磁率	比率
1	関田箕作-1	SEMI-1-3	181.21	A	1060	5.85	—
				B	960	5.30	90.5
				C	638	3.52	60.2
				D	615	3.39	58.0
2	冠高原	KA3-2-2	141.68	A	179	1.26	—
				B	160	1.13	89.4
				C	138	0.97	77.1
				D	137	0.97	76.5
3	五色台白峰	GOSM-3	54.42	A	143	2.63	—
				B	130	2.39	90.9
				C	131	2.41	91.6

する。計測位置の表面形状に凹凸があると、センサーからの距離が遠くなるので計測値が小さくなる。この状況を実証するために、3点のサンプル剥片について、複数の測点の帯磁率を測定した結果を図8と表2に示す。場所によって、90%から50%台まで変化することがわかる。このことより、1 g 帯磁率の散布する諸点の上端を通る直線(グラフ中には未記入)が1 g 帯磁率の理想的な値となると思われる。

なお、遺物の1 g 帯磁率の計測値は、標準試料のグラフと比較すると若干、低い数値になっている可能性がある。この原因としては、遺物の表面に薄く風化層ができた場合、水が加わって磁鉄鉱等の強磁性鉱物の磁力が低減する変化があったと推定できる。この影響がどの程度か試算してみる。5 cm × 3 cm × 1 cm (体積15 cm³)の長方体を想定して、この表層に風化層ができ、風化層中の鉱物の磁力が100%なくなるという仮定をすると、風化層の厚さが0.5 mm (500 μm)の場合、風化層の体積合計は2.3 cm³で、全体の15.3%が減少することになる。風化層の厚さが0.1 mm (100 μm)の場合、風化層の体積合計は0.46 cm³で、全体の3.1%が減少することになる。石器表面の風化層の厚さは、通常0.1~0.2 mm程度が多いようなので、帯磁

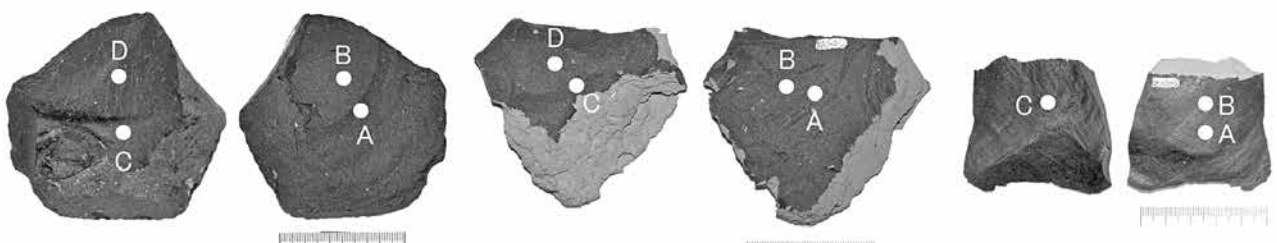


図8 石材サンプルの帯磁率の測定位置 番号は表2と一致する
A~Dは帯磁率の測定位置(センサーが接する中央部)を示す

率は多くて5%程度、遺物となってから減少している可能性がある。

5-3 帯磁率産地推定法の可能性について

本稿で示した帯磁率によるサヌカイト製、安山岩製の石器の産地推定は、遺物の前処理を必要とせず、比較的簡便に計測ができるというのが大きな利点である。携帯用の帯磁率計と正確な秤量計があれば、遺物保管施設に出向いて、遺物1点あたり数分で帯磁率測定ができ、産地推定が可能である。ただし、蛍光X線推定法に比べると、判定精度がまだ粗いので、ダブルチェックの手段として石質判定をする必要がある。それを誰でもできるようにする工夫も必要である。

また北陸、中部地方北部、関東地方では無斑晶質安山岩産地が比較的多く、石質が比較的近いものがあることから、これらの地域の遺物を扱う場合はさらなる検討が必要と思われる。一方、関西～中国、四国地方では、サヌカイト、無斑晶質安山岩の産地があまり多くなく、石質にもそれぞれの特徴があることから、本研究法はより有効な場面が多いと予想される。これらの点について、さらに多くの遺跡遺物を対象として測定実績を増やすことで、研究法としての実用性が向上していくものと考えている。

5. まとめと課題

本稿ではサヌカイトや無斑晶質安山岩が強く帯磁しており、産地ごとにその数値が異なる性質を利用して、帯磁率で石材産地を推定する研究法を開拓したものである。帯磁率は対象物の体積によって変動するので、1点ごとに体積や形状が異なる石器の帯磁率を比較するために、1g当たりの単位帯磁率を使用した。瀬戸内沿海域のサヌカイトと関東から中国地方の間の主要な安山岩を対象として、石材サンプルによる帯磁率の標準試料をつくった。そして、原産地遺跡などの石器の帯磁率と石質を顕微鏡観察し、帯磁率と石質観察を併用すれば産地が推定可能であることを示した。

ただし周辺地域に1g帯磁率の大きさが同程度の産地

が複数存在する場合には、それらの産地間の判別にはさらに判断基準を設けることが今後求められる。また、群馬県武尊山の石材については、帯磁率の異なる数値の産地があり、石器石材として利用された産地の特定にはさらなる調査が必要である。

謝辞

本研究を実施するにあたって、広島大学博物館、広島県埋蔵文化財センター、庄原市時悠館、香川県埋蔵文化財センター、坂井市みに龍翔館、栄村教育委員会、長野県立歴史館、群馬県埋蔵文化財調査事業団、明治大学黒曜石研究センターに遺物調査や施設を使用させていただいた。小野昭先生、藤野次史氏、沖憲明氏、稲村秀介氏、丹羽佑一氏、小野秀幸氏、池谷信之氏、須藤隆司氏、松井政信氏、山本アン氏には、数々のご教示・ご援助をいただいた。中井睦美氏、中井均氏、内山高氏には古地磁気学について、保科裕氏には火山岩についての多大なご教示を賜った。これらの皆様に記して厚く御礼申し上げる次第である。

なお、本稿はJSPS科研費基盤研究(C)「高精度の石材鑑定に基づく後期旧石器時代前半期における人類移動についての研究」(研究代表者:中村由克、課題番号:18K01071)、基盤研究(C)「旧石器時代における石材獲得戦略の研究—地域石材からの視点を中心として—」(研究代表者:藤野次史、18K01066)、および基盤研究(B)「最終氷期における中部高地の景観変遷と黒曜石資源開発をめぐる人間-環境相互作用」(研究代表者:島田和高、課題番号19H01345)による成果の一部を含んでいる。さらに、査読者による指摘によって本稿の内容は向上した。感謝申し上げます。

註

- 1) 帯磁率の測定値は、センサーの接する微妙な位置や傾きにより測定ごとに異なった数値になることが多い。測定ごとにその差異が小さい場合は、その中の最大の計測値を採用する。局部的に強磁性鉱物が1粒でも含まれると、その部分だけが他とはかけ離れた計測値を示す場合がある。その場合は、突出した計測地点を除外して、それ以外のデータを採用する。
- 2) 「ガラス質安山岩データベース」杉原重夫(2006)に記載された原石サンプルで、論文で公表された分析に使用されなかった残渣のサンプルを使用させていただいた。

引用文献

- 藤野次史 1992「広島県冠遺跡D地点第2次調査の概要」『広島大学文学部内海文化研究紀要』21:1-24。
 平口哲夫編 1983『西下向遺跡 第1次・第2次発掘調査概報』, 25P., 福井, 三国町教育委員会
 池畑雅史 2003「帯磁率による石器石材同定と鹿児島県の安山岩製石器」『石器原産地研究会誌』2:19-22。

- 石渡 明 2006「東尋坊付近の中新世中期火山岩、陸弧から島弧へ」『日本地方地質誌 4, 中部地方』日本地質学会編, pp.340-341., 東京, 朝倉書店
- 香川大学創造工学部長谷川研究室 HP 2020 「讃岐ジオサイト (18) 五色台・城山・金山のサヌカイト」 <https://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~hasegawa/geositePDF/18.pdf> 2020年12月1日引用
- 香川県教育委員会編 1985『西方遺跡』, 377p., 高松
- 近藤尚義ほか編 1992『下茂内遺跡』, 257P. 391図版, 100PL, 長野, 長野県埋蔵文化財センター
- 金剛萱遺跡研究会 2017「金剛萱遺跡の旧石器文化 2 - 2015・2016 -」『下仁田町自然史館研究報告』2:51-58.
- 金剛萱遺跡研究会 2019「金剛萱遺跡の旧石器文化 4 - 2017・2018 -」『下仁田町自然史館研究報告』4:37-44.
- 小山正忠・竹原秀雄 2014「新版標準土色帖 36版」富士平工業 (株)
- 中井睦美 2004『ジオロジストのための岩石磁気学 - 帯磁率・古地磁気から AMS まで -』地学双書34, 181p., 東京, 地学団体研究会
- 永峯光一 1982「横倉遺跡」『長野県史, 考古資料編, 主要遺跡 (北・東信)』, pp.28-30, 長野
- 中村由克 2011「旧石器時代北陸の石材環境」『考古学ジャーナル』610:7-10.
- 中村由克 2020「帯磁率を用いた安山岩産地推定法」『日本考古学協会第86回総会研究発表要旨』, pp.142-143. 東京, 日本考古学協会
- 日本地質学会編 2009『日本地方地質誌 6: 中国地方』, 536P., 東京, 朝倉書店
- 日本の地質「中部地方Ⅱ」編集委員会編 1988『日本の地質 5: 中部地方Ⅱ』, 310P., 東京, 共立出版.
- 野村哲・小坂共栄 1987「群馬県南西部の新第三系の地質構造発達史」『群馬大学教養部紀要』21:51-68.
- 大西雅広・桜井美枝・津島秀章 2010『上白井西伊熊遺跡 - 旧石器時代編 -』, 532P., 前橋, 群馬県埋蔵文化財調査事業団
- 佐藤隆春・富田克敏・佐藤良二・茅原芳正 2009「サヌカイト溶岩と共存する無斑晶質安山岩のマグマ沸騰現象 - 二上層群, 春日山安山岩溶岩の産状 -」『地球科学』63: 183-187.
- 志久見川団体研究グループ 1991「新潟 - 長野県境地域の魚沼層群の層序と火山活動」『地球科学』45:345-62.
- 島津光夫・五十嵐聡・喜多孝行・門馬直一・滝沢松雄 1983「千曲川および中津川流域の鮮新 - 更新世火山岩類」『魚沼層群』地団研専報26, pp.47-56.
- 杉原重夫・小林三郎 2006「文化財の自然科学的分析による文化圏の研究 - ガラス質安山岩産地データベース -」『明治大学人文科学研究所紀要』59:43-94.
- 高橋俊郎・周藤賢治 1999「富山県南部の中新統岩稲累層ノアダカイト質安山岩、高マグネシア安山岩、カルクアルカリ系列安山岩およびソレライト系安山岩の成因」『地質学雑誌』105:789-809.
- 谷和隆編 2001『香坂山遺跡』, 72P., 長野, 長野県埋蔵文化財センター
- 東城町史編纂委員会 1996『東城町史 1: 自然環境考古民俗資料編』, 広島
- 山田直利・東元定雄・水野清秀・広島俊男・須田芳朗 1986「広島」『20万分の1地質図幅』, 東京, 地質調査所.
- 山口尚志 1981「武尊火山の地質」『地質学雑誌』87:823-832.
- 藁科哲男 2001「冠遺跡群出土遺物の原産地分析」『冠遺跡群Ⅷ - 冠遺跡群発掘調査事業最終報告書 -』, pp.179-195, 広島, 広島県教育委員会

High-precision analyses of lithic raw materials to identify sanukite and aphyric-andesite sources through magnetic susceptibility

Yoshikatsu Nakamura^{1,2*}

Abstract

Sanukite and aphyric-andesite are volcanic rocks like obsidian that are easy to work. Therefore, they are important raw materials that are often used for lithic tools in areas without obsidian.

Sanukite and aphyric-andesite have strong magnetic susceptibility, with the numerical value varying with the location. Using this quality, a research method was developed that estimates the place of origin of the raw materials based on magnetic susceptibility. Magnetic susceptibility changes depending on the size of the object being analyzed, so magnetic susceptibility will be different for the same stone if the size is different. Therefore, magnetic susceptibility per 1 gram was used.

The magnetic susceptibility of sanukite and aphyric-andesite throughout Japan was compared to generate standard values. The raw materials were examined using a stereo microscope to clarify the characteristics of the stone quality. The place of origin of the raw materials can be estimated through comparing the combined magnetic susceptibility and stone quality characteristics.

This is a useful source estimation method because of the ease of analysis without destroying the lithic tool.

Keywords: lithic raw materials, source estimation method, sanukite, aphyric-andesite, magnetic susceptibility

(Received 9 January 2021 / Accepted 2 February 2021)

¹ Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University, 3670-8, Daimon, Nagawa-cho, Chiisagata-gun, Nagano, Japan

² Shimonita Museum of Natural History, 158-1, Aokura, Simonita-machi, Kanra-gun, Gunma, 370-2611, Japan

* Corresponding author: Y. Nakamura (naka-m@opal.plala.or.jp)