

7. 赤坂遺跡第2次調査出土砥石の検討

森 貴教（新潟大学研究推進機構超域学術院）

月山 陽介（新潟大学工学部）

1. はじめに

赤坂遺跡第2次調査では、溝 SD01 の埋土下層（7～9層）から計14点の砥石が出土した（表1）。非常に小型のもの13点（遺物番号11～23）、敲石兼用のもの1点（25）である。調査面積の限られる一遺構からの出土点数として非常に多いため、遺跡の性格や生産活動を考察するうえで重要な資料といえる。本稿では、これらの砥石を対象としておこなった砥石目組成の分析と表面粗さ測定の結果を報告する。

2. 砥石目組成

(1) 分析の方法

砥石目は村田（2002）にならい、サンドペーパー（研磨布紙）の研磨材の粒度との比較により分類した。これは JIS（日本工業規格）で規定されている「研磨布紙用研磨材の粒度（JIS R 6010：2000）」の表記方法を援用することで、砥石目を客観的に提示するものである。分類の指標として用いたサンドペーパーは、JIS #40（番手、以下省略）、#60、#80、#100、#120、#150、#180、#240、#320、#400、#600、#800、#1000、#1500、#2000 の15種類（三共理化学株式会社製）で #40 が最も粗く #2000 が最も細かいものである¹⁾。#2000 以上のさらに細粒のものについては現状では区分しておらず、一括している。

砥石目の同定は森ほか（2021）で提示した方法によりおこない、資料数を確保するため砥面ごとに集計した。#40 から #120 までを粗砥、#150 から #400 までを中砥、#600 以上を仕上砥として便宜的に区分する。砥石目によって研磨対象物に形成される凹凸の深さに差異があり、概ね粗砥・中砥・仕上砥の区分に対応するとされる（村松 1973）。なお、鉄製刃

表1 赤坂遺跡第2次調査出土砥石

遺物番号	試料番号	器種	遺構	層位	形態	石材	長さ (cm)	幅 (cm)	厚さ (cm)	重量 (g)	砥石目×面数	主な砥面数
11	RW6	砥石	SD01	7層	不定形	砂岩	(3.1)	1.8	1.5	(15.4)	#120×2	2
12	RW13	砥石	SD01	9層	不定形	砂岩	3.2	1.7	0.8	4.7	#180×2	2
13	RW10	砥石	SD01	9層	不定形	砂岩	(2.2)	1.8	1.9	(5.7)	#320×2、#400×1	3
14	RW9	砥石	SD01	9層	不定形	砂岩	(2.2)	1.7	1.3	(5.3)	#120×2、#180×1	3
15	RW3	砥石	SD01	7層	不定形	砂岩	2.4	3.0	0.8	7.7	#120×1、#150×1	2
16	RW4	砥石	SD01	7層	不定形	凝灰岩	0.9	3.5	2.7	6.9	#180×2	2
17	RW11	砥石	SD01	9層	不定形	砂岩	2.1	3.1	0.6	4.7	#240×2	2
18	RW5	砥石	SD01	7層	不定形	砂岩	3.3	1.9	0.7	6.2	#150×1	1
19	RW7	砥石	SD01	8層	不定形	砂岩	2.2	1.5	0.9	3.3	#180×2	2
20	RW12	砥石	SD01	9層	不定形	凝灰岩	(2.2)	(1.4)	0.6	(2.0)	#150×1	1
21	RW1	砥石	SD01	7層	不定形	砂岩	2.8	2.6	1.1	10.7	#150×2	2
22	RW14	砥石	SD01	9層	不定形	凝灰岩	(2.9)	(3.2)	1.4	(7.4)	#120×1	1
23	RW2	砥石	SD01	7層	不定形	砂岩	(3.5)	(2.2)	1.3	(17.4)	#120×2	2
25	RW8	敲石・砥石	SD01	8層	不定形	凝灰岩	6.2	5.2	4.3	140.1	#800×4	4

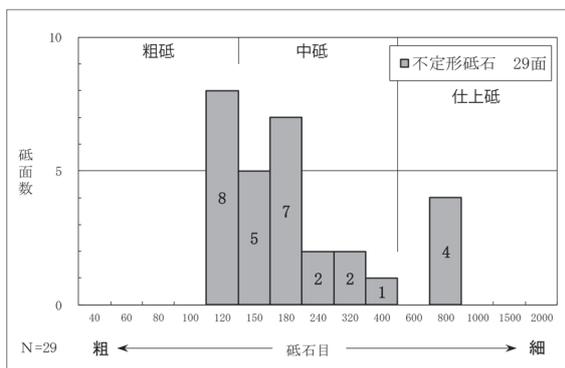


図1 砥石目組成

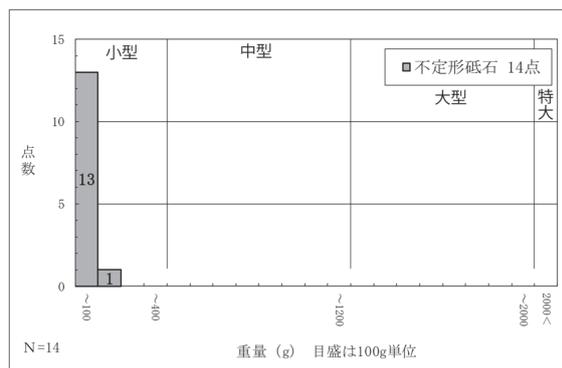


図2 重量度数分布

物(製品)を研ぐことを前提としてメーカーが推奨する砥石の組み合わせは、粗砥-#120、中砥-#220、仕上砥-#1000、最終仕上砥-#4000であるとされている(村田1997)。

その他の属性として形態(定形・不定形)、重量について観察・計測した。ここで定形砥石とは「平坦面が互いに稜をなして接しているもの、または加工痕が認められるもの」(土屋2010、p.410)と定義し、それ以外の形態のものを不定形砥石とする。

(2) 砥石目と形態

対象資料は不定形砥石のみで占められ、砥石目#120が29面中8面(27.6%)と最も多く、次いで#180に7面(24.1%)認められた(図1)。仕上砥に区分される砥石目#800が4面みられるが、これはすべて敲石兼用のもの(遺物番号25)である。非常に粗い砥石目#40~100や、反対に砥石目#1000より細かい仕上砥は含まれない。

以上のことから対象資料は、粗砥のうち砥石目の細かいものから、中砥のうち砥石目の粗いものが多い組成といえる。

(3) サイズ

次に砥石のサイズについて、重量をもとに検討する(図2)。筆者は、砥石の重量について400g未満を小型品、400~1,200gを中型品、1,200~2,000gを大型品、2,000g以上を特大型品として区分している(森2020・2022・2023、森・丹羽2021)。小型品(特に100g未満のもの)は砥石自体を手にとって使用した手持砥²⁾、中型・大型・特大型品は定置して加工対象物を動かして使用した置砥と考えられ、特大型品は運搬頻度が相対的に低かったものと想定している(森2022)。また、一般的に大型のものほど砥面の面積が広くなるため、研磨対象物のサイズも大きいものとする。

対象資料は上記の区分ですべて小型品に該当し、敲石兼用の1点を除いて重量20g未満の非常に小型のものであった。形態的に砥石を指で挟み、小型の対象物を擦り合わせるように研磨する動作が主体であったと推定できる。長さが3cm未満で、砥面(機能部分)の長さが1cm程度のもものがほとんどであることから、主な研磨対象物のサイズも同等のものと考えられる。

3. 表面粗さ測定

(1) 分析の方法

新潟大学工学部設置の表面粗さ測定機（東京精密製サーフコム 1400-G12）を用いて、表面粗さの各種パラメータについて測定した。カットオフ値は 2.5 mm、測定長さは 7.5 mm、測定速度 0.15mm/sec に設定し、各資料に対して長軸方向に測定した。

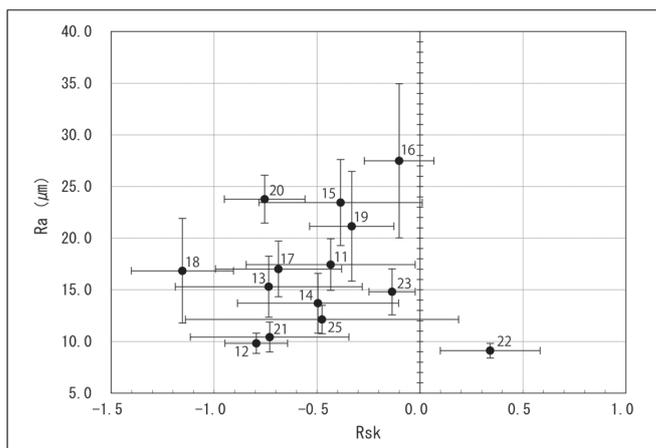
表面粗さ分析とは、先端径 2 μm のダイヤモンド探針を嵌め込んだ検針部で分析対象物の表面の一定区間を触針し、その粗さを計測する方法である。粗さは、山と谷をもつ粗さ曲線として定量的に評価され、基準長さをもとに表面性状に関する各種パラメータの測定値が得られる。本分析では、代表的な表面粗さパラメータである算術平均粗さ (Ra)、最大高さ粗さ (Rz)、粗さ突起の形状を示すスキューネス (ひずみ度、Rsk) およびクルトシス (とがり度、Rku) を測定した。測定は主な使用面に対して 5 箇所ずつおこなった³⁾。

(2) 測定結果

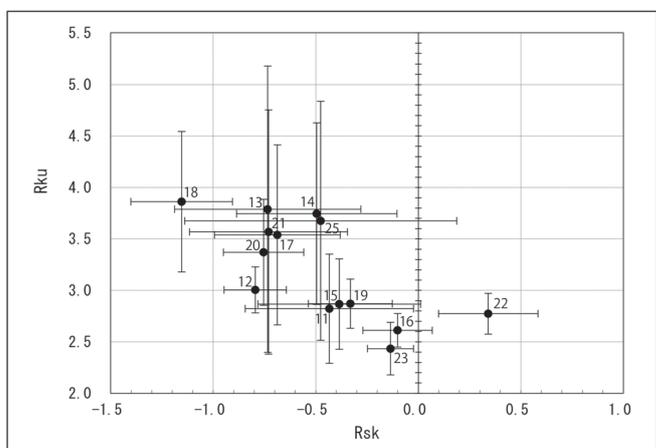
表面粗さ測定の結果を表 2 に示す。以下では、表面粗さパラメータのうち、Ra と Rsk、Rku の測定値に注目して考察する。

表 2 表面粗さ測定の結果

遺物番号	試料番号	測定箇所	Ra (μm)	Rz (μm)	Rsk	Rku
11	RW6	1	15.5325	85.3121	-0.6549	2.7498
		2	18.7805	110.9992	-1.0790	3.7048
		3	15.2591	95.4823	-0.0785	3.0604
		4	21.7549	100.1351	-0.4218	2.1958
		5	15.8839	75.5020	0.0661	2.4008
12	RW13	1	9.1878	53.8791	-0.6964	2.9138
		2	10.4537	53.8244	-0.7486	2.7058
		3	8.2708	45.9268	-1.0807	3.3291
		4	10.1447	53.5308	-0.8017	3.1885
		5	11.0660	59.5940	-0.6472	2.8884
13	RW10	1	19.4864	127.2720	-0.8813	4.1466
		2	14.0959	107.7909	-1.6706	7.1323
		3	14.0501	96.2909	-0.3342	3.3297
		4	12.3282	69.5562	-0.3745	2.7231
		5	13.6007	94.5180	-0.9213	4.0220
		6	11.5873	62.4979	-0.1600	2.2969
		7	19.4133	115.6611	-0.5466	3.0753
		8	17.8559	106.1685	-0.9853	3.5842
14	RW9	1	17.2256	100.2992	-0.4372	3.1709
		2	11.4886	68.2011	0.2156	2.7570
		3	15.5132	97.2123	-0.5746	3.4990
		4	9.2965	70.3318	-0.7639	5.3189
		5	14.9938	98.8820	-0.9158	3.9805
15	RW3	1	18.3395	109.0779	-0.7332	3.2744
		2	24.9020	143.5369	0.1077	2.6037
		3	29.9287	151.1455	-0.4448	2.6253
		4	24.5248	147.5367	-0.8836	3.4936
		5	19.5663	104.1237	0.0276	2.3363
16	RW4	1	22.1435	113.0946	-0.0782	2.4154
		2	38.1922	196.3185	-0.2249	2.6186
		3	28.4746	152.3245	0.1492	2.7411
		4	16.7484	97.6647	-0.3393	2.8366
		5	31.8821	163.4988	-0.0104	2.4459
17	RW11	1	13.3475	66.9807	-0.1009	2.7691
		2	18.5971	104.6392	-0.8534	3.5350
		3	19.4215	96.5967	-0.9111	3.0075
		4	14.1851	106.6827	-0.9037	5.2182
		5	19.5483	108.1209	-0.6664	3.1692
18	RW5	1	9.9375	56.6002	-0.8239	3.3896
		2	21.0707	104.2606	-0.9493	3.1096
		3	23.5452	116.2324	-1.2860	3.8097
		4	17.0124	98.6167	-1.1847	3.9003
		5	12.6547	76.0625	-1.5249	5.0997
19	RW7	1	16.8577	107.2202	-0.3536	3.2294
		2	14.7670	83.3586	-0.5801	2.6888
		3	22.6254	120.3847	-0.4900	2.9249
		4	21.4724	130.9899	0.0038	2.9741
		5	30.0469	154.6788	-0.2354	2.5369
20	RW12	1	27.0139	128.6769	-0.3858	2.7763
		2	20.5966	139.2751	-0.7693	4.2504
		3	21.8388	121.4341	-0.9661	3.3884
		4	24.1189	130.7044	-0.8256	3.4945
		5	25.2924	133.2898	-0.8248	2.9411
21	RW1	1	9.3300	51.8863	-0.3109	2.5105
		2	10.8434	65.2226	-0.5387	3.7703
		3	9.6686	52.1810	-0.6376	2.9395
		4	13.0948	67.8682	-0.7116	2.8290
		5	9.2053	66.7418	-1.4521	5.7903
22	RW14	1	8.6079	51.4377	0.2407	2.7936
		2	8.5712	41.5446	0.2631	2.3855
		3	9.9928	53.0325	0.7967	2.8895
		4	9.9616	54.5831	0.3282	2.8712
		5	8.4371	45.3199	0.0776	2.9283
23	RW2	1	19.1453	103.4124	-0.1845	2.4519
		2	14.1294	65.4701	-0.2036	2.1017
		3	12.7414	71.1911	0.0112	2.7748
		4	14.1399	73.4258	-0.2795	2.6439
		5	13.9110	70.7435	-0.0199	2.1988
25	RW8	1	9.6740	53.8151	0.2685	2.6577
		2	13.6801	82.2044	-0.1450	2.9429
		3	11.8682	71.3130	-0.0093	2.7710
		4	12.3605	82.9244	-0.9960	4.3590
		5	13.0556	92.1920	-1.4981	5.6478



(a) RaとRskの関係 (平均値±標準偏差)



(b) RkuとRskの関係 (平均値±標準偏差)

図3 赤坂遺跡第2次調査出土砥石の表面粗さパラメータ (図中の数字は遺物番号)

Raは粗さ突起の平均的な高さを示すものであり、数値が小さいほど表面が滑らかであることを示す。Raは構成される粒子の細かさ、研磨荷重、研磨方向などによって変化すると考えられる。一方、Rskは粗さの山と谷の分布の偏りを示し、値が0の場合は山と谷が均等に分布しており、値が正の場合は山の割合が多く、負の場合は谷の割合が多いことを示す。値の絶対値の大きさは粗さの大きさではなくその傾向の強度を示すため無次元量である。例えば、ランダムな表面ではRskは0になるが、研磨された面では表面粗さの山のみが選択的に削られるため値は負になる。また、切削加工された面では表面に周期的な突起(山)が選択的に形成されるため値は正になる傾向にある。相手材の方がより軟質である場合、砥石は相手材そのものによって研磨されたり切削されたりすることはない。し

かし、砥石自身から脱離した粒子が遊離砥粒として、あるいは軟質相手面に埋め込まれた固定砥粒として作用し砥石自身を研磨する場合がある。このようにして砥石の表面の山が選択的かつ徐々に摩耗する場合、Rskは負になると予想される。一方で、砥粒の結合強度が弱く粒子単位で脱落する割合が多い場合は、研磨面よりもランダムな表面になりRskはより正の値になると考えられる。以上のように、Rskは砥石と相手材の硬度の関係などによって変化すると考えられる。

図3(a)より、対象資料のRaは約10～30μmの範囲に分布しており、これは現代の一般的な鋳造品の表面と同等であり、機械加工された表面よりもやや大きい表面粗さといえる。遺物番号22の1点を除き、Rskは負の傾向にあり、摩擦などにより表面粗さの山が選択的に除去されたと考えられる。次に、表面粗さパラメータのRkuとの関連性について考察する。Rkuは山もしくは谷の分布の鋭さを示す正の無次元量であり、ランダムな表面では3、少数の山もしくは谷が先鋭化するとより大きい値となる傾向がある。一般的な研磨面では

Rsk は負の値を取るが、Rsk の減少にともなって Rku は増加する傾向がある (Whitehouse 2010, p. 73)。図 3 (b) に示すように対象資料は、Rsk と Rku が負の相関関係を示していることから ($r = -.728$)、研磨されたような特徴を有していることがわかる。

筆者らは、新潟県上越市裏山遺跡 (弥生時代後期後半) 出土の砥石計 12 点について、本分析と同様に表面粗さ測定をおこなっている⁴⁾。その結果、砥面の Ra は約 2 ~ 5 μm の範囲に分布することが明らかになっている (森ほか 2021)。これは現代の精密に製造された^{しも} 鋳造品表面あるいは一般的な機械加工表面と同等の表面粗さである。また、福岡県飯塚市下ノ方遺跡^{かた}採集の砥石の Ra は約 25 ~ 40 μm の範囲に分布する (森・月山 2022)。

以上のことから、対象資料の表面は裏山遺跡出土品より粗く、下ノ方遺跡採集品よりもやや細かい表面粗さであり、研磨面と同じ傾向を有するものと評価できる。

おわりに

本稿では、赤坂遺跡第2次調査出土砥石について、砥石目組成の分析と表面粗さ測定をおこなった。その結果、砥石目 #120 ~ 180 に度数分布のピークをもち、粗砥のうち砥石目の細かいものから中砥のうち砥石目の粗いものが多いことが明らかになった。また、表面粗さ測定の結果、Ra は約 10 ~ 30 μm の範囲に分布しており、Rsk と Rku の測定値から研磨されたような特徴を有していることが示された。

本遺跡の砥石目組成に類似する遺跡として、大阪府寝屋川市高宮八丁遺跡 (弥生時代前期末~中期中葉) が挙げられ、砥石目 #120 に度数分布のピークをもつことがわかっている (森 2020)。高宮八丁遺跡は遺跡の時期と出土遺物の内容から、磨製石器が主たる研磨対象物であったと推定される。また、磨製石庖丁の生産遺跡として著名な福岡県立岩遺跡群 (下ノ方遺跡) で採集された砥石も、砥石目 #120 であった⁵⁾ (森・月山 2022)。

一方、本遺跡では磨製石器が基本的に確認されていないことから⁶⁾、砥石の主な研磨対象物は磨製石器ではないとみられる。また形態とサイズから、砥石自体を指で挟むように持ち、小型の対象物を擦り合わせるように研磨する動作が主体であったと推定できる (図 4)。このように使用方法を考えたとき、最も蓋然性の高い研磨対象物として、溝 SD01 の埋土下層で確認された微細鉄片が候補として挙げられよう。

不明鉄片が鉄器製作にともなう微細派生物である可能性の有無は今後検証すべき大きな課題であるものの (IV章6節)、仕上砥を含まない砥石目組成からみると、利器の刃先の日常的なメンテナンスというよりは、むしろ鉄器生産⁷⁾により近い状況で用いられたのではないだろうか。すなわち、鑿切り法により裁断した薄板状の微細鉄片を鉄鏃などに製品化するために、表面や刃部が粗く研磨成形された可能性である。時期は下り、想定される鍛冶の作業形態の差はあるが、古墳時代中期

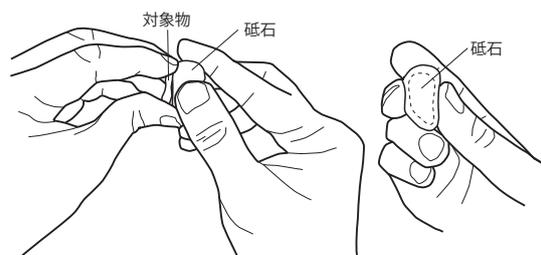


図4 砥石使用方法の推定

中葉～後期の鍛冶関連遺物（羽口、鉄滓）が多く出土した奈良県天理市布留遺跡（杣之内^{そまのうち}地区）や大阪府交野市森遺跡では、粗砥が比較的多い砥石目組成をなしており（森 2022・2023）、本遺跡の砥石目組成と共通する傾向がみられる。

本遺跡からは微細鉄片のほか、被熱を受け錆が付着した敲石（遺物番号 26）や焼土塊（10）も出土していることをふまえると（Ⅲ章 3 節）、第 1 次・第 2 次調査区周辺での鉄器製作の存在が窺われ、本章で検討した極小型の砥石がその研磨具として用いられたと推定される。

なお本稿は森が全体を執筆し、3 について月山が補訂した。

注

- 1) 砥石目は JIS により 25.4 mm（1 インチ）四方の枠を分割したふるいの目で示される。表記は「#」を用い、例えば #100 は 1 インチ四方の枠を 100 分割したふるいの目を通過できる大きさの粒子径であることを示す。
- 2) 市販されている鎌砥石（株式会社 末広製スエヒロ鎌砥石中砥 No. 100-KS）の重量が約 350 g であり、これを目安とした。
- 3) 遺物番号 13（試料番号 RW10）は、測定面が短く不安定であったため、カットオフ値 2.5 mm、測定長さ 5.0 mm で計 8 箇所測定した。
- 4) ただしカットオフ値 0.8 mm、測定長さ 4.0 mm である。
- 5) 立岩遺跡群（焼ノ正遺跡・下ノ方遺跡）では、大型の置砥を中心に、さらに砥石目の粗いもの（砥石目 #40～100）も構成されることを確認している。
- 6) 第 2 次調査では、舗装面直下からの出土のため溝 SD01 の埋土に本来含まれていたかは判断できないが、磨製石器片（遺物番号 33）が 1 点出土しているのみである。
- 7) 真鍋成史による列島における鉄・鉄器生産の段階の整理によれば、鑿切り・研磨・加熱曲げ加工をおこなう「原始鍛冶」の段階に該当する（真鍋 2022）。なお、弥生時代後期までの東日本では、高温の熱間鍛造をおこなったと考えられる明確な鍛冶炉の痕跡は認めがたいが、裁断や研磨を中心とした非常に簡素な鉄器製作は弥生中期後半から認められる（杉山 2023）。

参考文献

- 杉山和徳 2023 「東日本における弥生時代鍛冶遺構—古墳時代前期までの鉄器製作遺構を含めて—」『季刊考古学』第 162 号、雄山閣、53-57 頁。
- 土屋みづほ 2010 「砥石からみた弥生時代の社会変化」『遠古登攀 遠山昭登君追悼考古学論集』『遠古登攀』刊行会、401-423 頁。
- 真鍋成史 2022 「鍛冶実験の成果と理化学分析・田辺天神山遺跡出土例との比較」『近畿地方における弥生時代～古墳時代初頭の金属器生産と社会』（国立歴史民俗博物館共同研究公開セミナー発表要旨集）、国立歴史民俗博物館、49-68 頁。

- 村田裕一 1997「銅剣を研ぐ—荒神谷銅剣の模鑄品による研磨実験—」『古代文化研究』第5号、島根県古代文化センター、1-16頁。
- 村田裕一 2002「工具—砥石」北條芳隆・禰宜田佳男（編）『弥生・古墳時代 石器・石製品・骨角器』（考古資料大観第9巻）、小学館、197-200頁。
- 村松貞次郎 1973『大工道具の歴史』岩波書店。
- 森 貴教 2020「近畿弥生社会における鉄器化とその意義—砥石分析による再検討—」『古代文化』第71巻第4号、公益財団法人古代学協会、21-36頁。
- 森 貴教 2022「布留遺跡における砥石の消費形態—生産域出土品を対象として—」『天理市観光協会設立65周年記念事業 ここまで判った布留遺跡—物部氏以前とその後— 発表資料集』天理市観光協会、193-197頁。
- 森 貴教 2023「交野市森遺跡出土砥石の検討」『令和4年度特別展 交野の文化財Ⅴ 交野の王墓と鉄器生産』（交野市立教育文化会館展示図録Ⅰ）、交野市教育委員会、113-117頁。
- 森 貴教・月山陽介 2022「飯塚市下ノ方遺跡採集の砥石について」『環日本海研究年報』第27号、新潟大学大学院現代社会文化研究科環日本海研究室、56-63頁。
- 森 貴教・月山陽介・新田 勇 2021「砥石表面解析の方法と評価—考古資料を対象として—」『環日本海研究年報』第26号、新潟大学大学院現代社会文化研究科環日本海研究室、1-12頁。
- 森 貴教・丹羽崇史 2021「古代都城における生産遺跡出土砥石の基礎的検討—平城京の鑄銅遺跡出土品を対象として—」『奈良文化財研究所紀要2021』奈良文化財研究所、16-17頁。
- Whitehouse, D. J., 2010. *Handbook of Surface and Nanometrology*. 2nd ed. CRC Press.

赤坂遺跡 2

島崎川流域遺跡調査団報告 第3集
新潟大学考古学研究室調査研究報告 22

令和5(2023)年3月23日

発行 島崎川流域遺跡調査団
新潟市西区五十嵐2の町8050番地

印刷 有限会社平電子印刷所
福島県いわき市平北白土字西ノ内13
