

P3. 石造五輪塔で見る岩種による風化速度の違い

Difference in the weathering rate of various stone types,
based on the observation of *gorin* stone pagodas.

○朽津信明 (東京文化財研究所)

Nobuaki Kuchitsu

1. はじめに

年代のわかっている石造五輪塔 (図1) の現在の風化状況に注目することにより、岩種ごとに風化速度の違いを比較することを試みた。

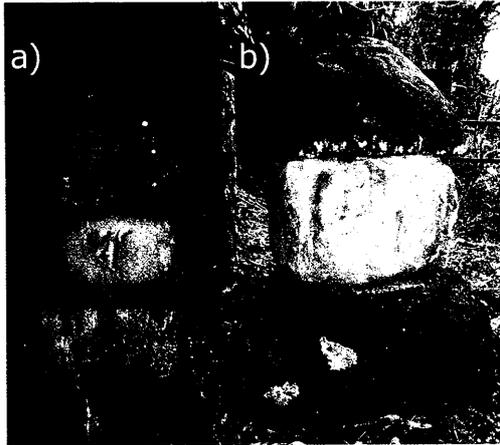


図1. 鎌倉石製(b)と安山岩製(a)五輪塔の比較

2. 石造五輪塔と調査方法

本研究では、複雑な形状を示す石造五輪塔の中で、方形で平面性および直線性が保証されている、地輪 (一番下の方形部分) 上面のみに注目した。石造五輪塔における地輪は、地域や時代を問わずいすれも直方体に造られており、本研究ではその地輪上面に造り出された正方形を構成する4本の稜線が、風化によってどのように損なわれているかで現状の風化程度を定量することを試みた。その調査手順は以下である。

- ①ある石造五輪塔の地輪上面で正方形を構成する稜線のうちの1本を選んでその全体を見渡し、当初造り出された形状が現状で最も保たれていると判断される箇所を目視で特定する。
- ②その部分について真弧を当てて、地輪上面から側面に至る断面形状 (図2) をそのまま紙に写し取る。
- ③写し取られた現状の断面図に基づき、風化を受ける以前の当初形状を推定し、推定される当初の稜線部分 (断面図における推定頂点) から、現存する石材表面までの距離の最小値を断面図上で計測する (図2)。
- ④以上の作業を、五輪塔ごとに地輪上面の4つの稜線についてそれぞれで行い、4方向における風化量 (の

最小値) を記載し、その4つの値で最大値、最小値、平均値を算出する。

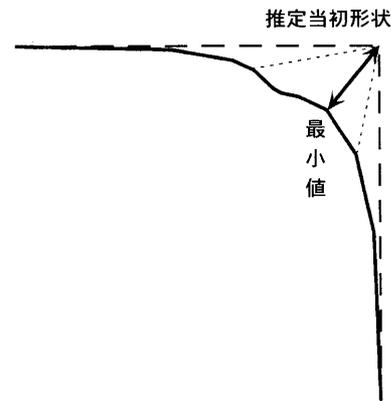


図2. 断面形状に基づく風化量の実測
断面図で仮想頂点から現表面までの距離の最小値

3. 神奈川県三浦半島における観察例

3.1. 調査対象

神奈川県三浦半島には、鎌倉時代に造られた五輪塔が数多く分布する¹⁾。それらの石材は主として鎌倉石と呼ばれる第三紀凝灰質砂岩と、箱根の安山岩 (熔岩) である。同時代のもので比較すると、鎌倉石製五輪塔は一般に著しく風化を受けている (図1b) のに対し、安山岩製五輪塔は殆ど風化していないものが多い (図1a)。ここでは、横浜市金沢区、横須賀市、逗子市、葉山町に存在する、鎌倉時代頃に造られたと推定される石造五輪塔のうち、スケール効果に配慮して地輪上面の一辺の長さが45cmを越える大型のもののみを対象として、上記の方法でそれぞれの風化量を計測した。

3.2. 結果

結果を表1に示す。4つの稜線の最大値、最小値、平均値のいずれを取っても、安山岩製と鎌倉石製とは値に著しい違いが見られ、風化量の平均値で見ると、安山岩製ではいずれも2mm以下なのに対して、鎌倉石製ではいずれも15mm以上の値を示した。

4. その他の地域における観察例

4.1. 調査対象

他の様々な石材についても同一の基準で風化しやすさを評価するために、地域を問わずに同様の調査を進めた。測定対象は熊本県、大阪府、奈良県、滋賀県、静岡県、埼玉県、茨城県にある鎌倉時代頃に製作され

たと判断される大型（地輪上面の一辺が原則として45cm以上）の五輪塔で、石材は、花崗岩類、和泉砂岩、二上山凝灰角礫岩、伊豆の細粒凝灰岩類、北関東の細粒凝灰岩類、阿蘇熔結凝灰岩、そして美濃帯の石灰岩である。なお計測の際には、現地状況から4方向での計測が行えなかった対象もあり、その場合には一箇所での計測値を代表値として採用した。

表1. 三浦半島における鎌倉時代頃の鎌倉石製および安山岩製五輪塔の風化量（数値の単位はmm）

材	所在地	年代	石塔名	最小値	平均値	最大値	風化度
安山岩	横浜市	鎌倉後期	称名寺 A1	0	1	1	I
	横浜市	鎌倉後期	称名寺 A2	1	2	2	I
	横浜市	鎌倉後期	称名寺 A3	0	1	2	I
	横浜市	鎌倉後期	称名寺 A5	0	1	1	I
	横浜市	鎌倉後期	称名寺 A6	1	2	5	I
	横浜市	鎌倉後期	称名寺 B1	0	1	2	I
	横浜市	南北朝前期	称名寺 C1	1	2	2	I
	横浜市	鎌倉後期	称名寺 D4	0	2	5	I
	逗子市	1303年	慶増院	0	1	2	I
	鎌倉石	横浜市	鎌倉	称名寺 B7	30	36	41
横須賀市		鎌倉	森崎 1	20	24	32	V
横須賀市		鎌倉	森崎 2	30	46	65	VI
横須賀市		鎌倉	岩戸 1	21	26	29	V
横須賀市		鎌倉	岩戸 2	24	33	44	VI
横須賀市		鎌倉	清雲寺 1	13	20	23	V
葉山町		鎌倉	上山口 1	10	15	17	IV
葉山町		鎌倉	上山口 2	15	23	30	V
葉山町		鎌倉	下山口	29	39	55	VI

4.2. 結果

結果を表2に示す。花崗岩製のものは、個々で値にバラツキが認められるが、おおむね風化量の平均値または代表値は16mm以下の値を示した。和泉砂岩では4mm以下の小さな値が得られ、二上山凝灰角礫岩では10mm以上のやや大きな値だった。伊豆および北関東の細粒凝灰岩類は値が大きく、阿蘇熔結凝灰岩と美濃帯の石灰岩は測定できた範囲では値が小さかった。

表2. 鎌倉時代頃の各岩種製五輪塔の風化量（数値の単位はmm, *: 数値が一つしか記入されていないものは、平均値ではなく一箇所での代表値）

石材	所在地	年代	石塔名	最小値	平均値*	最大値	風化度
凝灰角礫岩	葛城市	平安後期	当麻北墓	8	10	15	IV
	八尾市	鎌倉前期	神宮寺墓地	12	15	18	IV
花崗岩	箕面市	鎌倉前期	勝尾寺	9	10	12	IV
	葛城市	鎌倉後期	当麻踏速	2	4	4	II
	羽曳野市	鎌倉後期	高屋宝生院 1		8		III
	羽曳野市	鎌倉後期	高屋宝生院 2		0		I
	奈良市	鎌倉後期	西大寺奥/院 5		0		I
	桜川市	鎌倉前期	祥光寺	4	11	19	IV
	つくば市	鎌倉中期	北条	9	13	15	IV
	つくば市	鎌倉後期	三村山	2	2	2	I
	茨木市	1321年	忍頂寺	2	2	2	I
	和泉砂岩	河内長野市	1341年	薬師寺	1	2	3
貝塚市		1348年	孝恩寺		4		II
細粒凝灰岩	沼津市	1323年	霊山寺 1	14	21	34	V
	沼津市	鎌倉	霊山寺 2		12		IV
	沼津市	鎌倉	霊山寺 3		9		IV
	川島町	鎌倉	正福寺 1	11	17	26	V
	川島町	鎌倉	正福寺 2	11	11	11	IV
嵐山町	鎌倉	源義堅	7	10	14	IV	
熔結凝灰岩	玉東町	1304年	西安寺 1	2	3	3	II
	玉東町	1257年	西安寺 2	2	3	3	II
	玉東町	1288年	西安寺 3	3	4	4	II
石灰岩	米原市	不明	蓮華寺	0	2	2	I

5. 考察

まず三浦半島の事例については、マクロには類似した環境ではほぼ同期間風化を受け続けた状況が想定されることから、今回得られた風化量の違いは、鎌倉石と安山岩との風化速度の違いを示していると判断される。その他の事例については、環境条件が必ずしも一定ではなく、またそれぞれの岩種ごとに十分な数で測定できていない場合もあるため、あくまでも参考データに過ぎないが、得られた現状の風化量平均値または代表値を用いて、便宜的に風化量0-2mmを風化度I、2-4mmを風化度II、4-8mmを風化度III、8-16mmを風化度IV、16-32mmを風化度V、そして32mm以上を風化度VIとして岩種ごとに個体数を見た結果が図3である。

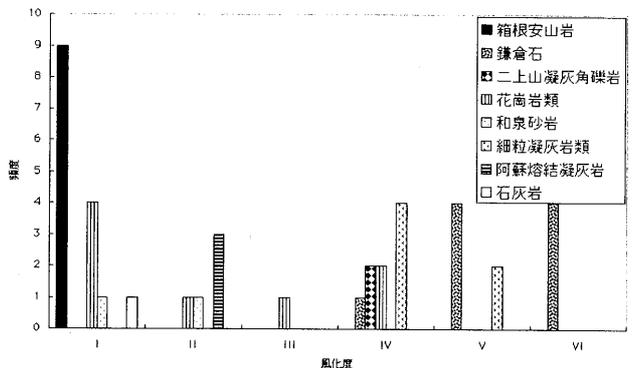


図3. 岩種ごとに見た現状の風化度の違い

箱根安山岩は、今回調査した範囲では最も風化速度が遅く（風化に対する耐久性があり）、鎌倉石（凝灰質砂岩）は最も速い（風化しやすい）。その他の岩種では、二上山凝灰角礫岩は、鎌倉石の中で最も風化しにくい部類と同程度、和泉砂岩と阿蘇熔結凝灰岩は、安山岩よりは若干風化しやすい程度、細粒凝灰岩類は一般に風化しやすく、鎌倉石よりは僅かに風化しにくい程度、そして石灰岩は安山岩とほぼ同程度の傾向とそれぞれ評価される。これに対して花崗岩類はバラツキが大きく、安山岩と同等に耐久性のあるものもあれば、二上山凝灰角礫岩と同程度に風化しやすいものまで存在すると評価されるが、それでも概して鎌倉石よりは風化しにくいと評価できそうである。これらの傾向は、これまで経験的に指摘されていた岩石の風化しやすさの概念²⁾と整合的であり、今回はそれを定量的に示せたことになる。

今回は、鎌倉時代頃という時代を限定した議論だが、今後は時代の異なる事例を見ていくことから、さらに細かく風化速度を論じられるようになる可能性も期待される。

引用文献 1) 前田元重 (1971) 称名寺開山審海五輪塔について、三浦古文化、10、95-115、2) 松倉公憲 (1996) 石造文化財の保存: 岩石・石材における風化作用とその速度、土と基礎、44、59-64