

〔報文〕 鳥取県・花見瀉墓地赤碕塔に見られる ハニカム状風化

朽津 信明・森井 順之・佐藤 円香・西山 賢一*

1. はじめに

凝灰岩などの急崖に発達する、いわゆるタフォニ（径数十 cm～数 m 程度の楕円形の入り口を持つ穴地形）やハニカム（小穴が蜂の巣状に多数密集した状態）と呼ばれる凹地形は、岩盤崩落の一因ともなり得ることが指摘されており、防災の面などから注目されている¹⁾。一方でこうした凹地形は、石造文化財の表面にも見出されることが指摘されており²⁾、その保存を考える上で極めて重要な意味を持つ。本研究では、鳥取県琴浦町の花見瀉墓地にある、鳥取県指定文化財・赤碕塔で観察されるハニカム状の風化について記載し、また周辺の類例調査などに基づきその成因について議論を行うことから、同塔及び類似した石造文化財の保存に寄与することを目的とする。

2. 花見瀉墓地と鳥取県指定文化財・赤碕塔

花見瀉墓地は、鳥取県琴浦町（旧赤碕町）の海岸線に沿って立地する東西約350mに及ぶ広大な墓地であり（図1）、自然発生による墓地としては西日本最大規模とされる³⁾。同墓地の南側には、大山火山の北側斜面を構成する比高約15mの段丘面が存在し、墓地は段丘崖直下で海岸に面して東西に細長く存在する。花見瀉墓地では、中世以降現在に至るまで継続して約2万基の墓が造られ続けてきたと言われており、現在の墓地内に草木はほぼ存在せず、広大な敷地の中に人為的に建てられた墓石が林立しているのみである。墓地内には河本弥三右衛門（1693年没）及びその先代である河本甚右衛門（没年不詳）の墓が存在し、また墓地に隣接して残る河原地蔵尊は1747年の製作、さらに1820年に再建された墓地内の「赤碕殿塚」石碑には1333年の出来事が書かれていることから、墓地の管理は中世以降ある程度継続して行われてきたと推測される。つまり現在の墓地の環境は、基本的には歴史的に連続的に維持されてきていると考えられる。

赤碕塔とは、通常の石造宝塔の笠部が、石造宝篋印塔の笠に置き換わったような外観の石塔で（図2）、鳥取県の旧赤碕町（現琴浦町）周辺にのみ集中して存在が知られていることから名付けられた名称である⁴⁾。本来は石塔の形式を示す用語だが、現琴浦町の花見瀉墓地内に存在する赤碕塔は現存最大規模であり、1935年にその存在が記載されて1956年には鳥取県指定文化財・赤碕塔となって今日に至っている³⁾ため、この一基の石塔だけのことを指して単に赤碕塔と呼ばれることも多い。本塔は総高約3mの凝灰岩製で、上から相隣、笠、塔身、基礎の四つの石材が確認されるが、いずれも同種の凝灰岩と見られる。また花見瀉墓地内で海岸線から50m程南に離れた位置で石造基壇の上に建てられており、他の墓石に比べてやや高まった立地にある。現時点で銘は確認されないが、その様式から南北朝時代頃（14世紀後半?）のものではないかと推測されており⁵⁾、築造後650年程度現在地に存在し続けていると考えられる。類似した

*徳島大学



図1 花見瀉墓地の外観

凝灰岩類は、大山火山を構成する岩石として、近隣地域にも見出すことが可能である。

3. 周辺の類例

先述のように旧赤碕町周辺には、花見瀉墓地の鳥取県指定文化財・赤碕塔以外にも、石塔の一形式としての「赤碕塔」は存在することが報告されている⁵⁾。

まず、花見瀉墓地内には、鳥取県指定文化財・赤碕塔の20m程東側に、元は同型式と見られる風化した石塔がもう一基存在する(図3)。このため、以後は前者を花見瀉墓地西塔、後者を花見瀉墓地東塔と呼び分けることにする。花見瀉墓地東塔は指定文化財とはなっていないが、現存する笠の大きさからすると花見瀉墓地西塔に比べてやや小規模な赤碕塔だったと推測される(現高は約2m)。相隣、笠、塔身、基礎ともに著しく風化して一部が近代材料で補強されているものの、もともとの材料はいずれも花見瀉墓地西塔と類似した凝灰岩と見られ、西塔に含まれる岩片は砂サイズ(径2mm未満)が主体であるのに対して東塔の岩片には細礫サイズ(2~4mm)が目立つため、僅かに東塔の方が粗粒な印象を受ける。立地としても海岸近くの石造基壇上に立ち、周囲に風や日射を遮るものが存在しない点も西塔と共通する。その様式から、やや西塔より下る頃の築造との指摘があり、現在地には600年程度存在し続けていると考えられる。

花見瀉墓地内にはこの二塔以外には同形式の部材構成を示す石塔は見当たらず、殆どが笠石を伴わない角柱型墓石であるために比較検証は困難だが、花見瀉墓地の300m程東側の段丘面



図2 鳥取県指定文化財・花見瀉墓地赤碕塔(西塔)北側より撮影

上にある五輪畑という地区(図4)には、赤碕塔と見られる石塔残骸の存在が知られている(五輪畑塔とする)⁵⁾。五輪畑塔の現在の総高は約50cmで、相隣と基礎が既に欠損した状態で笠と塔身のみ確認されるが、いずれも花見潟墓地西塔と類似した凝灰岩製と見られる(図5)。本塔は現在、周囲を住宅地に囲まれた状態で僅かに数m四方の範囲だけ草木が茂る状態の草むらに、五輪畑塔とともに置かれた状態にあり、恐らくは原位置からは移動している可能性が高い。基礎を欠いているため、現状は塔身が土壤に直接置かれており、残存部材全体は草木に埋もれたような状況にある。様式から、花見潟墓地の二塔の間頃に造られたものではないかと指摘されていることから、やはり築造後600年程度は経過していると考えられるが、現在に至るまでの存在状態の推移はわからない。

また、同じ琴浦町内で花見潟墓地の4km程南の山間部にある分乗寺(図4)の境内には、琴浦町指定保護文化財・宝篋印塔とされるものが存在するが、塔身の形状が明らかに通常の宝篋印塔とは異なり、花見潟墓地西塔と類似する⁵⁾(分乗寺塔とする)。分乗寺塔の現在の総高は約150cmで、相隣は欠損しているもののその他の部材はいずれも花見潟墓地西塔と類似した凝灰岩製の赤碕塔と判断される(図6)。同塔は現在、竹林に周囲を囲まれた状態で、塔の周りだけ後天的に竹が刈られて参拝用のスペースが造られた状態で土壤の上に基礎が直接置かれているが、この環境がいつからのものであるかはわからない。様式から花見潟墓地東塔よりもさらに下るものと推定され、築造後550年程度が既に経過していると考えられ、そのうちの一部期間は少なくとも竹林内に存在してきたことになる。

さらに4km程南側の山間部にある柴尾神社(図4)の境内には、多数の石塔残骸が報告されており、そのうちの二基は、赤碕塔の部材との指摘がある⁵⁾。いずれも高さ約25cmの塔身部材



図3 花見潟墓地東塔
(南側)

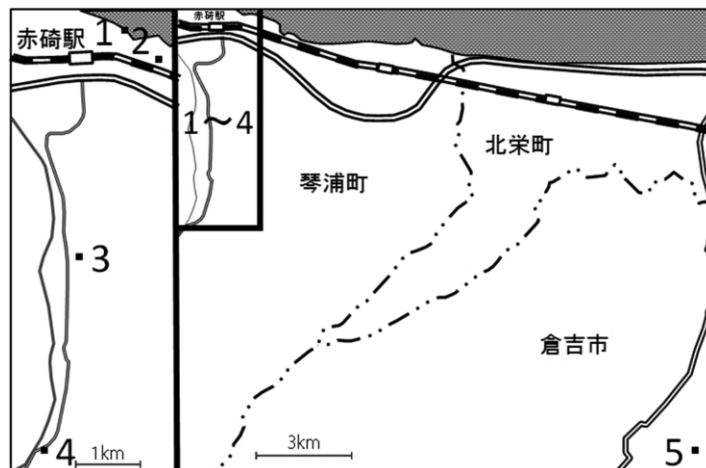


図4 調査対象位置図

1：花見潟墓地，2：五輪畑，3：分乗寺，4：柴尾神社，5：永昌寺

で、後天的に別の石塔部材と見られる石材と組み合わせられた状態で、現在はあたかもそれぞれが赤碕塔のような構成で土壌の上に基礎から順番に置かれた状態にある(図7)。塔身部材はいずれも花見瀉墓地西塔と類似した凝灰岩製と見られる。両石材とも現在は、神社境内とは言え全く管理の及ばない草むらに他塔と隣接して埋もれたような状態で置かれており、原位置からは動いている可能性が高い。様式から、北側に存在する部材(柴尾神社北塔とする)は花見瀉墓地西塔よりも古く650年以上、そして南側(柴尾神社南塔とする)に存在する部材は分乗寺塔よりも新しく500年程度、それぞれ築造後経過していると考えられるが、現在に至るまでの存在状態の推移はわからない。

最後に、花見瀉墓地の20km程南東側の山間部にある、倉吉市永昌寺(図4)には、倉吉市指定有形文化財・永昌寺石造宝塔とされるものが三基知られている。いずれも約50cmの塔身部材で、花見瀉墓地西塔と類似した凝灰岩製と見られる。現在は、後天的に別の石塔の笠石と組み合わせられた状態で、これも後天的に造られた一つの石造基壇上に並べて置かれている(図8)。当初の形式はわからないが、塔身上部に首部を持ち下部には反花を持つことから、石塔の正確な形式名はともかく、風化を検証する上では赤碕塔と対比し得る資料と判断される。各部材は、永昌寺境内で木々に囲まれながらも本堂近くで人の手の入りやすい環境で現在は管理されている。様式から、柴尾神社北塔よりも古く鎌倉時代頃まで遡る築造である可能性が指摘されているものの、1932年に現在地近傍の岩倉城跡付近で出土したと伝えられており⁵⁾、現状のような環境で存在するのは80年程度と考えられる。

4. 各塔の風化状況

上記で述べた赤碕塔及び関連部材の現在の風化状況を記載する。

まず、鳥取県指定文化財・花見瀉墓地赤碕塔(西塔)では、相隣や笠では物理的欠損は認められるものの、石材自身の風化はそれ程顕著ではなく、大きな穴も存在していない。塔身には、南西側面を中心に夥しい数の数cm大の穴(地形学で言うハニカム)が形成されている(図9)。穴の形状は一定ではなく大きさも深さもまちまちだが、おおむね開口部は縦方向に潰れた楕円形に近い形状のものが多い。穴の内部にはももとの石材とは異なる白色物質が析出しているのが認められ、表面は著しく風化している。また、ハニカム開口部に当初整形面は確認されず、既に後天



図5 五輪畑塔



図6 分乗寺塔



図7 柴尾神社塔（左：南塔，右：北塔）



図8 永昌寺塔

的な侵蝕が及んでいる部分に形成されている穴であることも確認される。これに対して塔身北東側は、ほぼ傷んでおらず当初の整形面と見られるものが残存する部分がある(図2)。基礎は、一石から基礎部と基壇部が刻出されていておおむね原形は保たれているが、基壇部上面には方位依存性はなく各面にほぼ均等に揃り鉢状の数cm大の窪みが認められる(図10)。窪みの内部に白色物質は見られず、また表面風化も顕著には認められない。

花見潟墓地東塔では、相隣や笠は西塔に比べてさらに物理的欠損が目立ち、モルタル状の後世の補強材料も目立つが、顕著な穴の形成は見られない。塔身も西塔より遥かに風化・侵蝕が進んでおり、当初部材だけでは安定して笠石を支えられず北側一部に後天的な補強が施されている。侵蝕部分の形状は西塔のようにはっきりとしたハニカムは示していないものの、塔身全体が既にある程度侵蝕されて当初の整形面は方位に関わらず全く確認することができない。北側に広く補強材が存在するため、方位による侵蝕程度の差はわからないが、補強材の存在しない南側で観察すると、最大で20cmの深さに達するような凹地形がところどころ観察される。開

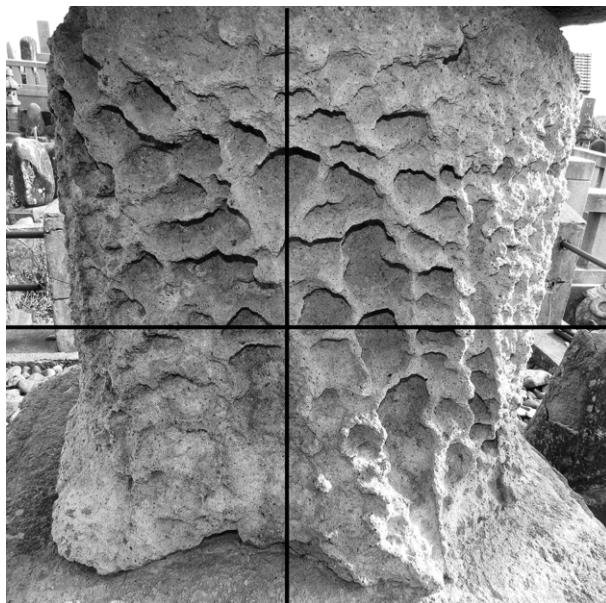


図9 花見瀉墓地西塔塔身（南西面）のハニカム
（実線は測線位置）



図10 花見瀉墓地西塔基壇部に見られる播鉢状の窪み

口部は楕円形の閉曲線として捉えることは困難で、既に上下方向に塔身上部から下部まで幅10 cm程で帯状に連なっている場合が多く(図3)、強いて表現すれば不規則な形状の開口部を持つ巨大なタフォニが形成されていることになる。タフォニの内部には、明瞭なハニカムではないものの小穴が形成されかけているような部分もあり、表面は風化し白色物質の析出も認められる。基礎は西塔に比べてさらに侵蝕が顕著で、当初表面は方位に関わらず確認できず、表面は風化している。基礎や基壇に顕著な穴は認められないが、表面は風化していて塔身で見られ

るような白色物質が表面に認められる場合がある。

五輪畑塔は、笠については侵蝕はあまり認められず当初形状を比較的良好に残している。塔身は表面がやや風化しており、整形面は確認できず細かい凹凸が形成されているため(図5)、ごく小規模なハニカムが表層だけに形成されかけていると見ることも不可能ではないかも知れない。ただし、マクロにはタフォニのような凹地形は認められず、侵蝕はあまり進行していない。

分乗寺塔は、笠、塔身、基礎ともに比較的良好に形状を残しており、当初整形面と見られる部位も観察される場合が多い(図6)。各部材とも表面は主として藻類と見られる生物に全体が覆われているが、石材自身の風化はそれ程進んでおらず、侵蝕も乏しい。

柴尾神社では、北塔南塔いずれも塔身部材は地衣類及び藻類と見られる生物に全体が顕著に覆われているが、いずれも風化はそれ程進んでおらず、当初の形状は明瞭に残存している(図7)。

永昌寺塔では、三基とも塔身は地衣類及び藻類(一部に蘚苔類も)と見られる生物に全体が顕著に覆われているが、一番東側に位置する塔で最下部に物理的欠損を示す以外にはいずれも風化はそれ程進んでおらず、当初の形状が基本的に残存している(図8)。

5. 計測方法と結果

5-1. 方法

花見潟墓地西塔塔身の中央部南西面に測線を設定し(図9)、その測線に沿ってハニカム状の穴の存在位置と最大深さを記載した。また、塔身南西側の築造当初の形状について、当初整形面が残存する北東側の形状に基づいて推測し、仮想される原形と現状との差から各部位における侵蝕の程度を検証した。さらに、2013年6月の時点でハニカム内に析出している白色物質を

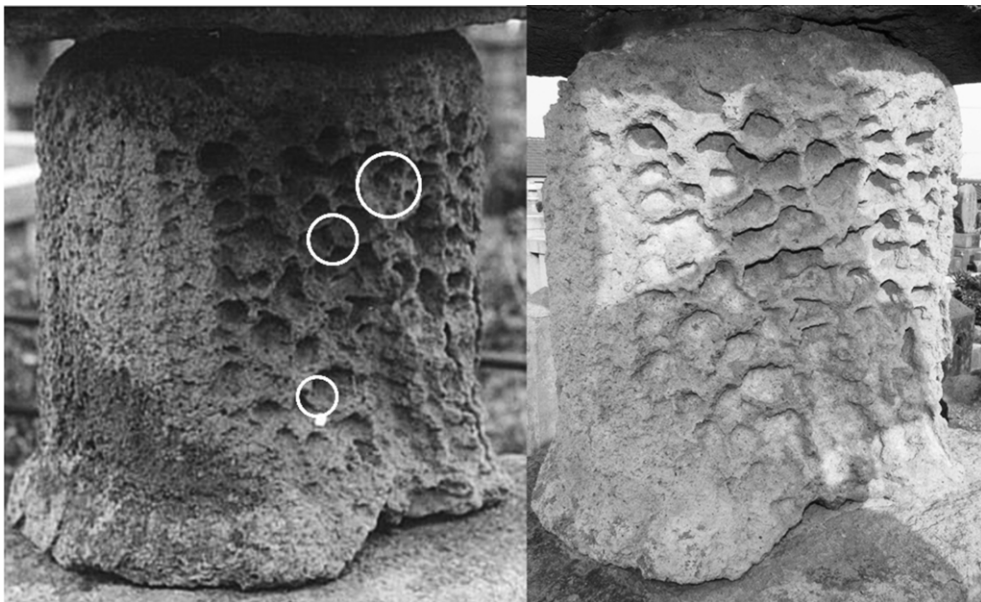


図 11 花見潟墓地西塔における過去の写真と現状との比較
 左：1974年頃（鳥取県教育委員会提供）
 右：2013年撮影
 ○内で明瞭な差異が認められる。

県の許可の下で採取し、X線粉末回折法（東京文化財研究所所蔵、PANalytical社製X'PertProMPD・CuK α 線源）により分析した。基礎部においては、基壇上面で方位ごとに測線を設定し、窪みの存在位置と深さを記載した。

また、鳥取県教育委員会に保管されていた過去の写真（1974年頃撮影。詳細日時は不明）の提供を受け、それと現状とを比較して差異点を検討した（図11）。見出された差異点について、現地で残存する部位を実測することから、2013年の調査時点までの約39年の間に起きた崩落量を見積もった。

5-2. 結果

全体的な形状としては、塔身南西側で最大11cmの侵蝕が推測され、方位的にはそこから離れるに従って侵蝕量が減少して、反対側の南東面から北西面にかけてはほぼ侵蝕は存在しない状況であることが確認された（図12）。また侵蝕の最も激しい南西側で高さ方向に観察すると、塔身中下部で侵蝕量が特に大きく、上部では減少して最上部ではほぼ侵蝕が存在しないことも明らかとなった（図13）。すなわち、もともとは円柱形に近い塔身形状を想定すると、南西側面中下部で、マクロにタフォニ状の侵蝕地形が形成されたような状態となっている。ハニカム状の数センチ大の穴は、このタフォニの内部のみに観察され、侵蝕が乏しい方位にはハニカム状の穴も認められない。穴の深さは侵蝕量の大きい南西側中下部で深く、そこから離れるに従って浅くなるという、マクロな侵蝕形状と類似した傾向が見出された（図12）。また、X線回折分析の結果、白色物質からは石膏（CaSO $_4$ ・2H $_2$ O）が検出された。基礎部の播鉢状の窪みには方位依存性は見られず、各方位に万遍なく存在し、また深さや大きさにも一定の傾向は見出されなかった（図14）。

古写真と現状とを比較すると、塔身のマクロな形状には大きな差異は見られないものの、各穴を細かく検証すると、所々に過去にあった複数の穴の境界壁がその後崩落して、一つの大きく深い穴へと変化しているような部位が見られた（図11）。1974年頃の時点で目視で確認可能な境界壁は84カ所と数えられたが、そのうちで2013年の時点で明らかな崩落が指摘されるものは

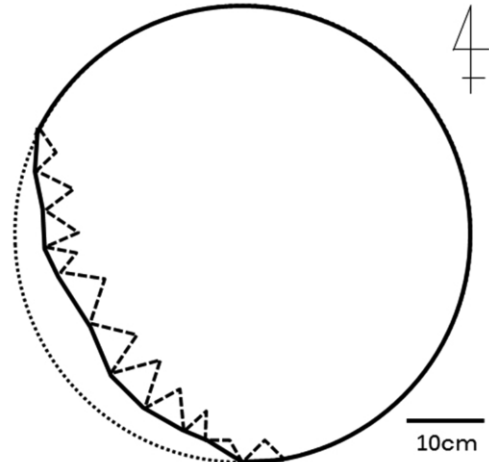


図12 花見潟墓地西塔塔身の模式水平断面図
図9の測線に基づくが、穴の形状については大きさと深さのみ反映しており、厳密な形状の断面図ではない。

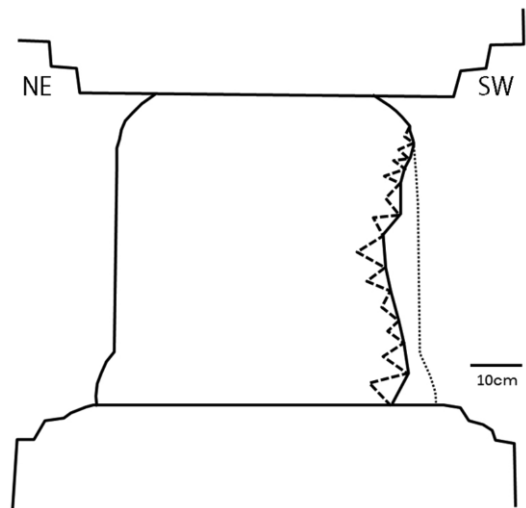


図13 花見潟墓地西塔塔身の模式垂直断面図
図9の測線に基づくが、穴の形状については大きさと深さのみ反映しており、形状の厳密な断面図ではない。

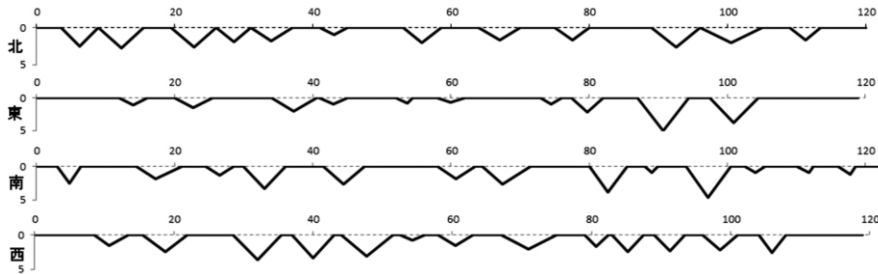


図 14 花見瀉墓地西塔基壇部における播鉢状の窪みの位置、大きさ、深さ（単位は cm）模式的に相対位置、大きさ、深さを示すだけで、断面図ではない。

12カ所に及んだ。実測の結果、この約39年の間に崩落が確認されたハニカム境界壁は、最大のもので表面が1.5cmX 1 cm、深さ方向に3.5cmの大きさと見積もられた。

6. 考察

6-1. 花見瀉墓地における風化

凝灰岩におけるハニカムの形成には、塩類風化の関与が指摘されている¹⁾。花見瀉墓地西塔においても、ハニカム内部には石膏が形成されており、その析出がハニカムの形成に関与した可能性が示唆される。岩石表面に塩類が形成されることに伴う劣化現象は各地で報告されており、一般に蒸発が大きい箇所劣化が進行しやすい傾向が指摘されている⁶⁾。また複数の石材が積まれて一つの石塔が構成される場合には、中段の部材で笠の陰になり、雨が直接当たりにくい部位で特に塩類風化が起きやすいことが報告されている⁷⁾。これは、可溶性塩類が一旦析出しても、次に雨に曝されれば再溶解して結晶成長が起きにくいものに対して、笠の陰になれば洗われることなく結晶が成長し続けられることが原因と考えられる。花見瀉墓地西塔でも、顕著な侵蝕が認められる塔身中下部は、笠の陰で雨水に洗われにくい部位に当たる。加えて南側は日射を受けやすく、また近傍の気象観測所での冬場の卓越風向が南西である⁸⁾ことから、塔身の中では南西側で特に蒸発が盛んになって塩類が析出しやすいと判断され、これが方位に依存した極端な侵蝕を促したと考えられる。塔身でも上部は笠の陰ができやすく、相対的に蒸発が起きにくいことから、特に中下部で侵蝕が顕著となったのだろう。さらに、ここまで顕著な風化が起きた要因の一つとして、中世以降、周辺が墓地として継続的に管理されてきたことも関係しているかと考えられる。現状のような、草木や建造物等の日射や風を遮るものが周辺に存在しない状況は、赤碓塔が造られてから現在に至るまで続いていると判断され、歴史的に蒸発の促進に大きく寄与してきたことだろう。これに対して基壇部の播鉢状の窪み（図10）については存在状態が全く異なるため、これとは別の成因が想定され、各地で民俗事例が報告されている、信仰上の理由で人為的に刻み込まれた盃状穴⁹⁾である可能性も検討される必要がある。いずれにしる基壇の窪みに現時点で表面の脆弱化は見られず、今後極端な速度での侵蝕の進行は想定されにくい。

ハニカム状の穴の存在状態と、マクロに見た塔身におけるタフォニ状の侵蝕状態は、その分布範囲や進行度合いが類似しており、両者の成長は一連の現象として進行した可能性が考えられる。例えば古写真から、ハニカムの境界壁がここ39年の間にいくつか崩落していることが確認されたが、いくつもの穴が合併すればそこが凹地形を形成し、マクロなタフォニの形成に繋がるだろう。そうした凹地形内に塩類が析出すると雨で洗い流されにくいので成長しやすく、

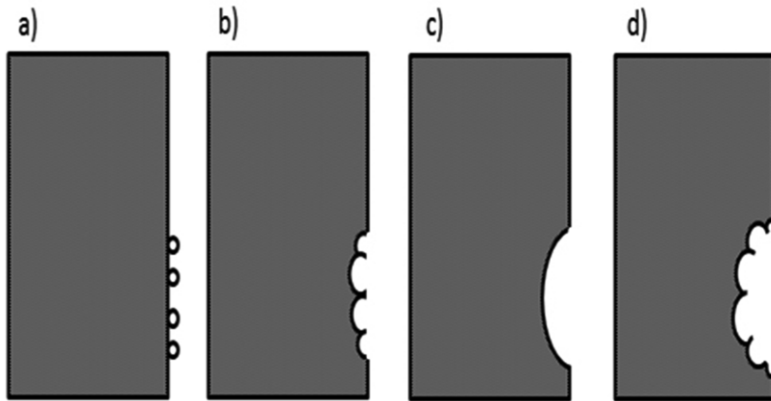


図 15 ハニカムの形成過程模式図

a)：整形面に塩類析出，b)：塩類風化で穴が形成（ハニカム），c)：穴が結合し，マクロな凹地形形成（タフォニ），d)：タフォニ内部にハニカム再形成

内部には再びハニカムが形成されやすくなるだろう。このようにして穴の形成と崩落とが繰り返されて、塔身の現状が与えられたと考えられる(図15)。確実にこの約39年間で崩落したことが指摘される境界壁は12カ所と数えられ、それは1974年頃の写真で認識可能だった境界壁84カ所のうちの14%に当たる。実測で最大深さ3.5cmと見積もられた崩落が39年間あたり14%の確率で起こると仮定し、この塔が建てられてから650年間での崩落量を計算すると、8.2cmという最大崩落深さが見積もられ、これは、深さ方向の侵蝕量として実測された最大値である11cmとオーダーとしては一致することになる。ただし、侵蝕速度は歴史を通じて常に一定なものではなく、気象など、その時々状況によって複雑に変動してきた可能性も考慮する必要があるだろう。

一方、同種の石材で造られ、ほぼ同期間同じような環境下に置かれてきたと考えられる花見瀧墓地東塔では、塔身にタフォニ状の凹地形が形成されており、また表面には白色物質も形成されていることから、西塔と類似した塩類風化が起きていることは想定されるものの、西塔ほど顕著なハニカムは現時点で観察されない。これには、塔身や基礎における石材の風化速度が、西塔に比べて東塔の方が早いことが一因として関係している可能性がある。すなわち、西塔で見たように、マクロに見た塔身の侵蝕が、ハニカムの形成と境界壁の崩落との繰り返して進行するのだとすれば、その崩壊速度が十分に早ければハニカム状の構造は発達しにくく、マクロにタフォニの凹地形だけが拡大していくのではないかと推測される。現状で観察されるタフォニ内の小穴は、崩落よりも前に形成される小穴の大きさの限界値を示している可能性があり、西塔では崩落速度がこれより遅いために、より顕著なハニカムの成長が観察され得ると解釈される。この崩落速度の違いというのが、いずれも類似した凝灰岩でありながら、僅かに東塔の方が粗粒であるという微妙な性質の差異に起因しているのか、同じ墓地内での両者の微環境の違いに起因しているのかは不明だが、現状からマクロに見ても東塔では西塔よりも風化の進行速度が勝っていると判断され、そのことが東塔では明瞭なハニカムが形成されないことに影響を与えている可能性がある。いずれにしろ同じ墓地内にあるほぼ同時期に類似した石材で構成された同形式の二基の赤碕塔では、表面形態こそ微妙に異なるものの、類似した風化現象が進行してきたと言えるだろう。

なお、花見瀉墓地にはこの二塔以外にも約2万基とも言われる墓石が林立するが、その殆どは笠石を伴わない角柱型墓石であり(図1)、赤碕塔で言えば笠石や基礎に近い状況で雨水の影響を受けやすいために、同様の現象は起きにくいのだろう。

6-2. 他の類例における風化

これに対して、花見瀉墓地以外に存在する各類例については、程度は個々に異なるものの、概して花見瀉墓地の二塔に比べると表面風化は進行していないと判断される。現在見られる風化状態に対しては、現状よりも過去の存在状態の履歴が大きく影響を与えていると判断され、花見瀉墓地以外の各塔の存在状態はわからないためその厳密な検証は困難であるものの、少なくとも現状においては花見瀉墓地とそれ以外の各塔との存在状態には、環境条件に明瞭な違いが指摘される。具体的には日射、風の当たり具合、そして湿度条件などは、海岸で周囲に樹木が全く存在しない環境と、山間部で草むらに埋もれていたり、竹林に周囲を囲まれている環境とでは全く異なるだろう。個々の塔の環境はもちろん個別に異なってはいるだろうが、概して花見瀉墓地に比べれば表面蒸発が乏しい環境にあることは十分予想され、このことは塩類の析出を起こしにくくさせていると判断される。そして花見瀉墓地が中世以降現在に至るまで継続して周辺管理がなされてきたのに比べれば、他の各塔については過去においても、恐らくはそこまで蒸発が起きやすい環境は与えられていなかったのではないかと推測される。こうしたことから、他の各塔では、基本的には花見瀉墓地の二塔に比べて塩類が析出しにくかったために、侵蝕が進行しにくかったのではないかと考えられる。

ただし、今回調査を行った範囲では、顕著な風化を起こしている花見瀉墓地の二塔は、他の赤碕塔関連資料に比べて規模が大きいという点も指摘され得る。塩類風化はイオンの濃集により引き起こされることから、その供給源、すなわち石材自身の大きさというものが風化に影響を与える可能性についても、慎重に検討する必要があるだろう。この点に関しては、赤碕塔に限定しなければ、凝灰岩でできた石塔類は日本では膨大な数が報告されており、その中では例えば沼津市の靈山寺五輪塔(図16)のように、花見瀉墓地の二塔を規模的に上回る塔身(五輪塔の場合は水輪)を持つような例も指摘可能である。にもかかわらず、靈山寺五輪塔も含め、これまでのところ他の歴史的な石塔で、塔身が今回記載した花見瀉墓地西塔で見られるような顕著なハニカム状風化を示しているような事例は他に報告がない。このことからすると、少なくとも単に規模が大きい凝灰岩製の石塔というだけではハニカム状の風化を起こす条件が満たされているとは考えにくく、やはり細かい岩質と置かれている環境条件とがハニカムの形成には重要と考えられる。

6-3. 保存対策

以上より、文化財保存の観点から、赤碕塔を今後の風化から守る方向性について考察を進めることとする。まず、花見瀉墓地にある二塔以外については、細部の見学などの人文的活用の観点を度外視すれば、その形状の保存という観点から見る限りにおいては現状で危機的な状況にあるとは言えず、科学的な保存対策とい



図16 沼津市・靈山寺五輪塔

塔身に相当する水輪部分にハニカム状風化は認められない。

う点ではまずは花見瀉墓地の二塔について検討すべきだろう。花見瀉墓地の二塔の風化には、塩類の析出が密接に関係していると考えられたが、塩類の析出には水の供給と蒸発とが関与していると考えられる。だとすれば、第一段階として水の供給を軽減するために、石塔の上に屋根を設けることで、雨水の供給を減らす対策が考えられる。この場合に、真上から降る雨だけでなく、横殴りの雨からの水の供給を想定し、また海水飛沫の供給をも軽減することを考えるのであれば、屋根だけではなく側壁を伴うような、覆屋の構築が視野に入るだろう¹⁰⁾。もう一つの蒸発の軽減という観点に立つとしても、水分蒸発を促進させている主要因が日射と風と考えられるのであるから、やはり側壁を伴うような覆屋の構築は有効な対策となるかも知れないと期待される。ただし一方で、今回観察を行った花見瀉墓地以外の石塔の現状からすると、塩類風化を軽減するような環境は、現在の花見瀉墓地の二塔ではほぼ目にされない、藻類や地衣類等の生物繁茂を誘引する可能性を含んでいるとも考えられる。加えて、中世以降継続して管理されてきていると考えられる花見瀉墓地において、墓塔として建てられていたであろう二塔の外側に覆屋が構築されるとすれば、それは同墓地の景観(図1)を変えることにも繋がる。このように、単に塩類風化を軽減するという論点だけではなく、様々な要素を考慮した慎重な判断が要求されることになる。

逆に周辺の類例の中で、花見瀉墓地以外の各事例では、藻類などの生物繁茂が顕著な事例はあっても、侵蝕という観点で見ると限りにおいては花見瀉墓地の二塔に比べれば風化は進行していないと判断される点を指摘した。もしも藻類繁茂の軽減を意図してそれらの塔の周辺環境が変えられ、乾燥化が今後導かれるようなことがあれば、むしろ塩類風化によって侵蝕が促進される可能性も懸念される⁷⁾。石造文化財の保存を考える際には、何を守るのかという点が明確に意識されておく必要があることを最後に指摘しておく。

謝辞 赤碕塔の過去の写真は、鳥取県教育委員会から提供を受けた。現地調査に当たっては、鳥取県教育委員会(当時)の北浦弘人氏と琴浦町教育委員会の大賀靖浩氏に便宜をお借りいただき、花見瀉環境保存会にご協力いただいた。また、琴浦町教育委員会の林原克幸氏からは、花見瀉墓地に関して有用な情報をご提供いただいた。以上を記して御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 西山賢一・吉田 顕・横田修一郎：和歌山県に分布する中新世凝灰岩の急崖に発達するタフォニの分布と形状，徳島大学総合科学部自然科学研究，**23**，44-60 (2009)
- 2) 池田碩：インドの石造寺院に生じている Tafoni 風化と遺跡の破壊，奈良大学紀要，**30**，83-96 (2002)
- 3) 鳥取県教育委員会：鳥取県の文化財 (1970)
- 4) 川勝政太郎：赤碕塔，考古学雑誌，**25**，437-442 (1935)
- 5) 池上悟：伯耆赤碕塔考，立正史学，**66**，37-61 (1989)
- 6) 朽津信明・高 東亮・秋山純子・森井順之：鎌倉のやぐらに見る凝灰質砂岩の風化とそれに与える温度・湿度の影響。地形，**24**，169-181 (2003)
- 7) 朽津信明・津村宏臣・森井順之：凝灰岩製石造文化財における劣化現象認識のための注意点—京都市個人所蔵石殿の一事例を通して—，保存科学，**52**，217-226 (2013)
- 8) 気象庁アメダス塩津の観測データより，最多風向
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_amd_ym.php?prec_no=69&block_

no=1231&year=&month=&day=&view=a3

9) 国領駿・小早川成博編：盃状穴考：その呪術的造形の追跡，慶友社（1990）

10) 朽津信明：石塔に対する覆屋の保護効果に関する研究，保存科学，**51**，97-109（2012）

キーワード：侵蝕（erosion）；凝灰岩（tuff）；塩類風化（salt weathering）；タフォニ（tafoni）；盃状穴（cup mark）

Honeycomb-like Weathering of Akasaki Pagoda, a Designated Cultural Property in Tottori Prefecture, Japan

Nobuaki KUCHITSU, Masayuki MORII, Madoka SATO and
Ken'ichi NISHIYAMA*

Akasaki Pagoda is a stone pagoda about 3m high located in the Hanamigata Cemetery of Kotoura town, Tottori Prefecture, Japan. Made of tuff, the Pagoda was built about 650 years ago, and has been standing there since then. The southwest side of the main body of the Akasaki Pagoda is severely weathered and shows a typical honeycomb structure. The maximum depth of erosion is estimated to be about 11cm. Such a structure is not observed on the northeast side of the Pagoda. Moreover, white salts composed of gypsum are formed inside the honeycomb holes. It is considered that these honeycombs were formed due to natural reasons, mainly salt weathering. Comparison between the present and past conditions of the honeycombs, based on old photographs, leads to the conclusion that the honeycombs are still growing continuously. Because the Hanamigata Cemetery has been continuously managed since medieval time, trees or grasses have not existed near the Pagoda. For this reason, wind containing sea splash and solar radiation has easily been supplied to the Pagoda. The crystallization of the salts, e.g. gypsum, on the southwest side of the main body of the Pagoda is probably due to such a severe condition. In order to reduce further weathering of this Pagoda, installing a shelter for the Pagoda to reduce wind and solar radiation may be effective. However, discussion from the viewpoint of landscape and authenticity will be required before putting this measure to practice.

*Tokushima University