

鎌倉市・百八やぐらの劣化と水環境

朽津 信明・森井 順之・范 子 龍*・秋山 純子

1. はじめに

鎌倉市周辺の山腹には、「やぐら」と呼ばれる横穴の存在が多数知られている¹⁾。これらは主として鎌倉時代後半から南北朝時代頃にかけて作られた墓の一種と捉えられる場合が多い。こうしたやぐらにおいては、主として塩類の析出に伴い壁面が崩落することによって引き起こされる、いわゆる塩類風化という現象が顕著に認められる場合があることが、既に報告されている^{2,3)}。その一方で、表面に植物が繁茂することに伴って劣化が認められるケースも見られる。筆者らは、やぐらの保存対策に関する研究を進めているが³⁾、本研究では、植物繁茂の認められるやぐらについて、主としてその水環境を理解することから、その問題に対する保存対策を検討していく。

2. 調査対象

今回取り上げるのは、鎌倉市内でも最大規模の、百八やぐら群である(図1)。百八やぐら群は、覚園寺裏山の標高110m付近の丘陵上におよそ2段から4段に築かれた百数十窟からなるやぐら群であり³⁾、刻み込まれている岩質はいずれも新第三系の均質な凝灰質砂岩(飽和透水係数は、 $6.16 \sim 9.19 \times 10^{-6}$)で、やぐらごとの岩質は殆ど変わらない。既に報告されているように、百八や

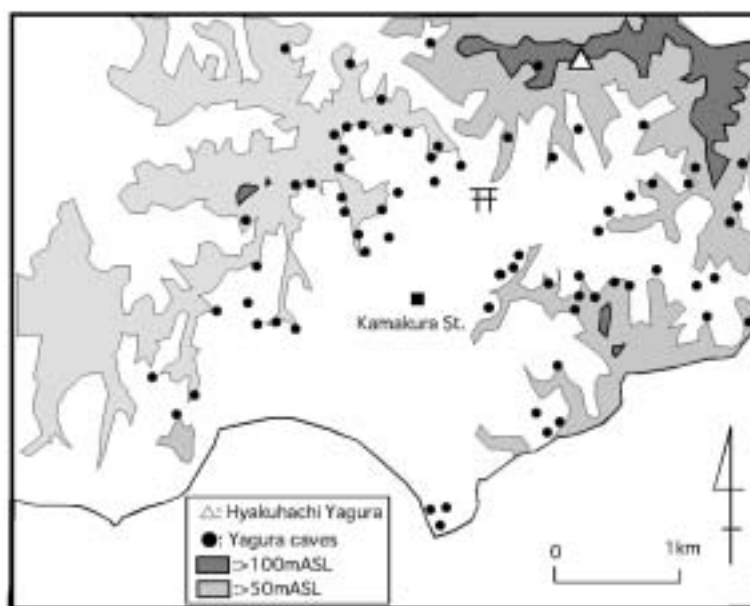


図1 百八やぐら位置図(朽津他³⁾に加筆)

ぐら群においては冬季には塩類の析出が顕著に見られる窟が多く²⁾、概してやぐら内の壁面は冬季には乾燥がちだが、一部には例外的に湿り気が感じられるものも見受けられる。ここでは、湿り気のある代表的なやぐらとして、1900年の堀田論文⁴⁾で「二十五」番と番号の付けられている、奥壁に巨大五輪塔レリーフを持つ大型のやぐら(以下、便宜的に「大五輪やぐら」と呼ぶ)を取り上げる。大五輪やぐらは、群中では比較的低い位置(下から2段目)にあり(図2)、規模的にはかなり大きめ(一辺4m程度)の部類である。現在南西側に向かって開口した状態

* 中国洛陽龍門石窟研究院

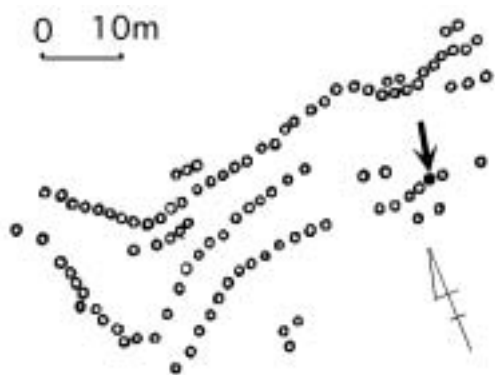


図2 大五輪やぐら位置図（朽津他³⁾に加筆）
↓：大五輪やぐら：群中では、下から二段目に位置する。

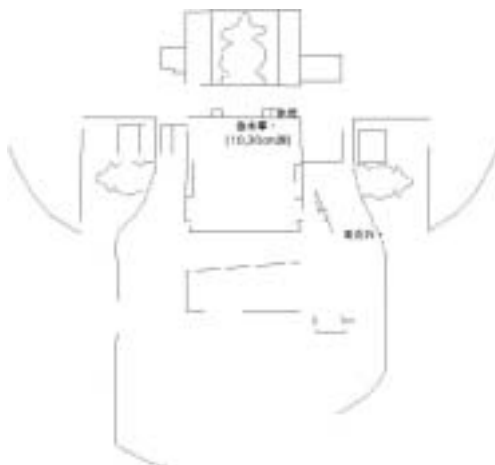


図4 大五輪やぐら立面、断面、平面図
後天的な土砂の流入で、入り口から奥壁に向かって斜面が形成されている。

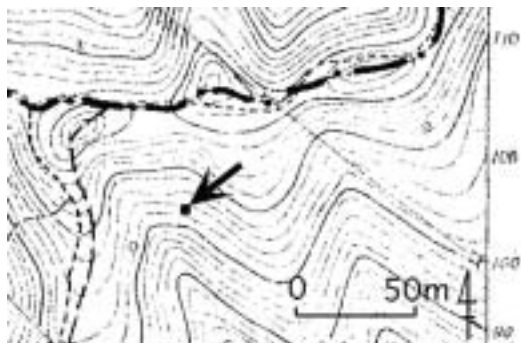


図5 大五輪やぐら周辺地形図
（鎌倉市（1954）1：3000地形図を基に加筆）
緩やかな沢地形の部分に位置している。



図3 大五輪やぐらの奥壁
下部に植物繁茂が顕著に観察される。

にあるが、内部に塩類の析出は観察されず、かわりに奥壁下部西側には、シダ類、蘚苔類、藻類などが主体と見られる植物繁茂が顕著に認められる（図3）（口絵参照）。こうした植物の存在は、景観を損ね、梵字などが表現されている貴重なレリーフの観察を困難にしているばかりでなく、そのレリーフの劣化にも関与している可能性も考えられることから、これ以上の繁殖を軽減する対策を検討することが望まれた。

大五輪やぐらの現状が特徴的な点は、恐らくは過去に岩体の一部力学的崩壊と土砂の流入があったことにより、入り口付近が埋没しかかっており、入り口から奥壁に向かって埋土による斜面が形成されている点である（図4）。また、大五輪やぐら周辺の斜面は、沢とは言えないまでも凹面状を呈しており、降雨時には水が流れやすい状況と考えられる（図5）。

3. 現状観察

3-1. 晴天時の記載

まず、大五輪やぐらの湿り気を定量的に表現するために、携帯型のTDR土壌水分計にて、晴天日（2003年3月24日）に奥壁から10cmの地点の床面で表面土壌含水率を計測した。その結果、大五輪やぐらの場合には平均約45%であるのに対

して、比較のために同日のほぼ同時刻に隣接するやぐらで同様な計測を行ったところ、平均約25%であった。

3-2. 降雨時の記載

次に、大五輪やぐらでは水の問題が重要と判断されたことから、特に降雨直後の状況も観察した。2003年4月8日には、鎌倉市に最も近接するアメダス地点である辻堂において34mmの日降雨量が観察されたため、翌2003年4月9日（この日は晴天）に同様の調査を試みた。その結果、大五輪やぐら内部には最大深28cmの水面が形成されており（図6）、やぐらの入り口付近からは、1秒間に1滴程度の頻度で、およそ30筋の雨だれが観察され、地面に落ちた水は形成されている水面に向かって斜面を流れ下っている様子が観察された。雨だれは入り口から10cmの範囲のみで表面を伝って観察され、内部の天井や側壁などからの染み出しなどによる湧水は観察した限りでは認められなかった。なお、隣接やぐらではこの時に雨だれも水面も認められず、表面土壌含水率は平均約25%であった。また、五輪やぐらが属する百八やぐら群には百窟以上のやぐらが存在するが、大五輪やぐらと同様に、土砂の流入などによ

って入り口から奥壁に向かって斜面が形成されているやぐらは少なくない。しかし、大五輪やぐら内部で水面が確認された4月9日の時点で、同じような水面が形成されていた窟は非常に少なく（5%未満）、また水面が見られた他の数窟でも水位は10cm程度に過ぎず、大五輪やぐらでは30cm程度の水位が確認されていたのとは状況が異なっていた。一般に水面が認められた窟と認められない窟とでは、入り口から奥壁への傾斜状況に目立った違いは見いだされず、むしろ各窟の立地で、小さな沢地形に位置する窟に水面ができていく傾向が認められた。

さらに、辻堂のポイントで観測史上最多の日降水量（202mm）が計測された2003年8月15日にも、現場を観察した。この時には入り口付近天井部で表面を伝う雨だれが、より顕著に認められ（図7）、観察時には大五輪やぐら全体が冠水し、やぐら入り口からは水が溢れ出していた。雨だれを一定時間ごとに容器で受け止め、その総量を計測したところ、一時間あたり約1000ℓと見積もられた。このペースで雨だれが続けば、約11時間でやぐらは冠水する計算になり、実際に観察時点では既に降り始めからは24時間以上雨が降り続いていた。なお、この時にも内部の天井や側壁などからの染み出しなどによる湧水は、観察した限りでは認められなかった。



図6 大五輪やぐら内部にできた水面
(2003年4月9日撮影)
入り口天井からは雨だれが認められ、やぐら内には深さ30cm程で水面が形成されている。



図7 冠水した大五輪やぐら（2003年8月15日撮影）

4. 連続計測

以上の観察から、大五輪やぐらでは降雨時に形成されることがある水面が、植物繁茂に密接に関係していると推測されたことから、それに関わるデータを自動計測した。具体的には、奥壁から10cmの地点での10cm深土壌含水率、同30cm深土壌含水率、そして奥壁近傍の水位の各データを、それぞれ一時間おきに計測した。含水率計測はTDR水分計を、水位計測には圧力式水位計を用いた。また、雨だれの状況を把握するために、降雨時に雨だれが落下していた箇所の一つに転倒マス型雨量計を設置し、その周期と量を計測した。また、それ以外に植物繁茂に関係していると考えられる、やぐら内の蒸発量（ポテンシャル蒸発量）についても、水で満たしたメスシリンダーの水位を周期的に読むことから計測を試みた。

それぞれの計測ポイントを図4に示す。

5. 結 果

5-1. 降雨時前後のデータ

ここでは、特に台風の接近に伴う、2003年9月20日の降雨時のデータについて記載する。そのアメダス辻堂における降水量変化、入り口付近の雨だれのデータ、そして床面土壌含水率と水位の変動を図8に示す。この日は、13時頃から降雨が観察され始め、雨だれは15時頃から見られ、床面下30cm深の土壌含水率は21日の10時頃から上昇を始め12時の時点ではほぼ飽和に到達、さらに10cm深で13時頃から含水率上昇が見られ14時にほぼ飽和に到達、最後に水面が16時頃から認められ始め、水位が急速に上昇して行くことが分かる。

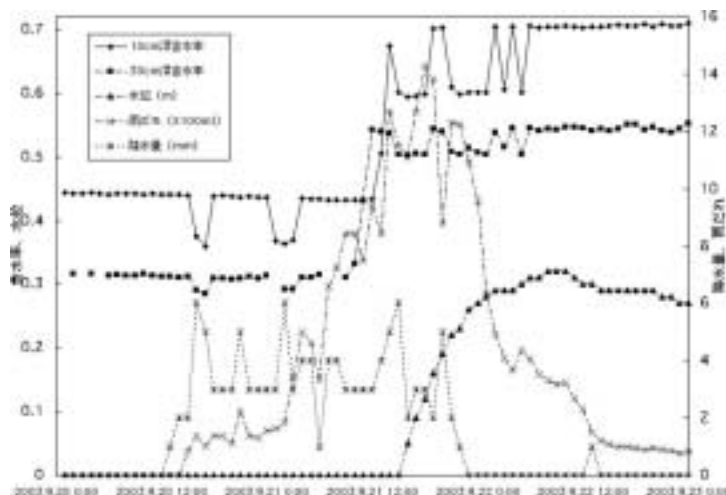


図8 2003年9月20日の降雨に伴う各値の変化
降雨が観察されて以降、各値が急速に上がる。

一方、その時の降雨は9月21日23時にはほぼおさまり、その後雨だれは徐々に少なくなりながら23日14時頃までは続いた。水位は22日12時頃から低下を開始し25日の8時頃に消滅、ついで25日10時頃に10cm深含水率が低下を始め、最後に30cm深含水率が26日8時頃から低下を始めている（図9）。含水率上昇は1時間から2時間程度の間で完結しているが、含水率低下には24時間以上の長時間を要していることが読みとれる。

なお、この時の降雨の後、10月1日12時頃に現地を観察したところ、大五輪やぐらには水面

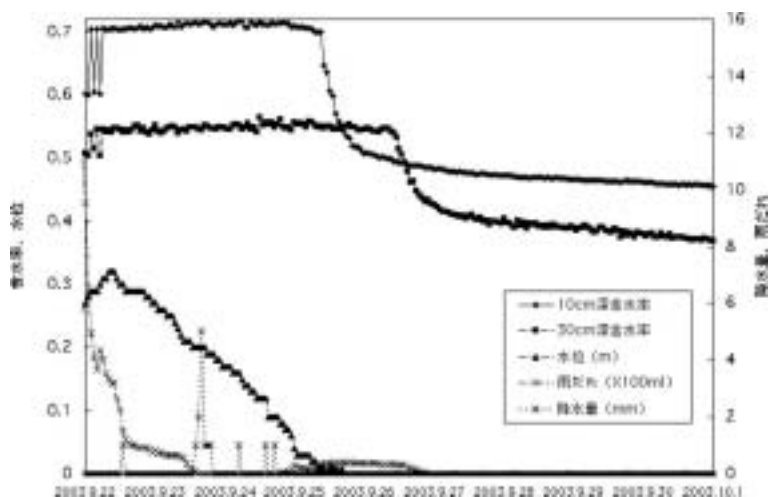


図9 降雨終了後の各値の変化

水面が消滅した後、10cm深含水率が低下を始め、ついで30cm深含水率が低下する。

が存在しなかったが、その東側の分室（図4）には、この時点でも深さ2.5cmで水面が残存していた。その分室の水面は、10月5日15時の時点の観察では消滅していることが確認された。

5-2. 長期的データ

2003年4月から9月までの、アメダス辻堂における降水量のデータと、自動計測により大五輪やぐら内に水面が確認されたタイミングとを比較すると、水位が観察された時には、その直前に降り始めからの積算で30mmを越えるような降雨がいずれも認められた。逆にそれ以下の弱い降雨の時には、水面の形成は認められなかった（図10）。積算降水量と水位との関係で見ると、降水量が多いときほど水位が高くなるという傾向は、必ずしも認められず、その前に降雨を経験している（岩盤が水を含んだ状態）かそうでないかも関係しているように見受けられた。なお、期間中にメスシリンダーの水位低下から計測されたポテンシャル蒸発速度は、平均約0.02mm/hであった。

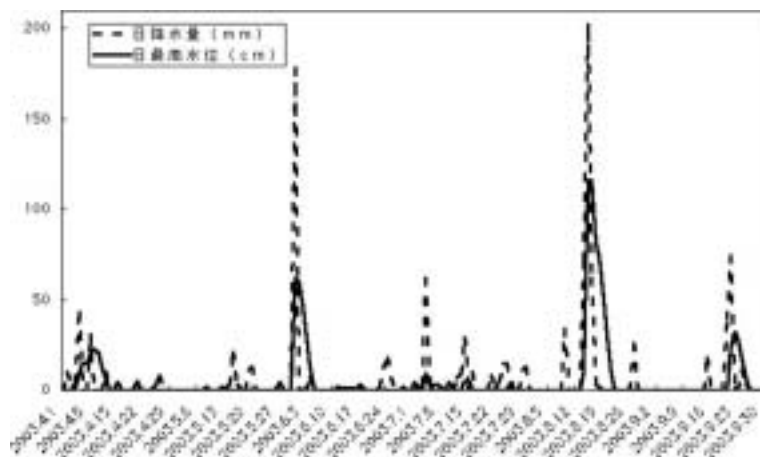


図10 降雨とやぐら内の水位との関係

およそ30mm以上の降雨が観察されると、水面の形成が認められる。

6. 考 察

まず、大五輪やぐらの大きな特徴は、入り口から奥壁に向かって斜面が形成されていることとともに、立地の面から、地形的に上側斜面に水が供給されやすいことが挙げられるだろう。特に降り始めからの積算降雨量がおよそ30mmを越える場合には、入り口天井付近からは雨だれが観察され、それがやぐらの斜面を伝って内部に供給される様子も観察される。この入り口付近の雨だれが継続して観察される時、埋土の下方から順に含水率が上昇し、最後には地上に水面が形成される。他のルートでこのやぐらに供給される水が全くないかどうかは別の議論としても、8月15日に行った雨だれ量の計測から、少なくともこのやぐら内に供給される水の量は、表層流に伴う雨だれだけでも十分に説明可能であることがわかる。他の壁面などからの湧水は今のところ豪雨時にも確認されておらず、少なくとも斜面表層流がこのやぐらへの水の供給に、大きな影響を与えていることは指摘可能であろう。なお、上記の9月20日の降雨後に自動計測された水位低下速度（約6.4mm/h程度）は、計測されたポテンシャル蒸発速度（約0.02mm/h）よりもはるかに早く、これは水が下部岩体に浸透して下からも抜けていることを示すと考えられる。ただし、飽和透水係数E-06のオーダーで岩盤内を水が透過しているとする（約0.2mm/h）だけではこの速度は説明が付かない。この点について、例えば10月1日の観察から分室（図4）での水位低下はこれと異なっていると考えられ、確認された残存水位から計算される分室における水位低下速度（約0.38mm/h）は、上記飽和透水係数のオーダーと変わらない。だとすれば、これとオーダーの異なる大五輪やぐらにおける排水については、亀裂などに伴う水みちの存在も検討する必要があるかも知れない。

以上から、このやぐらにおける植物繁茂を軽減する対策を考えると、まずは水の供給を軽減することが挙げられる。これは上記考察から、降雨時の斜面表層流が、やぐら入り口天井から雨だれによって供給されている面がかなり大きいと考えられることから、このやぐらの上側斜面上に、適切に表層流を逃がす雨樋のような概念のものを取り付け、これを有効に排出することでかなりの部分は軽減可能だろうと考えられる。上記で指摘しているように、このやぐら内に形成された水面が低下する際には、亀裂などに伴う水みちを通して水が排出されている可能性も考えられ、このことはこのやぐらへの水の供給においても、雨だれ以外に亀裂などを經由する水が存在する可能性も想定させるが、今のところ目に見える範囲では、岩盤内部からこのやぐらに水が染み出す状況が確認されていないことから、第一段階としては雨だれ対策が優先されるべきであろう。むろん植物繁茂には、光の問題など、他にも様々な要因が考えられるが、横並びの近傍の他のやぐらでは同様の問題が殆ど認められない状況を考えると、やはり大五輪やぐらに特徴的な、水の問題への対策というものがより重要であろう。

謝辞

本研究における現地調査に当たっては、鷲峰山真言院覚園寺と鎌倉市教育委員会の玉林美男氏に便宜をお図りいただいた。現地における計測機器の設置に際しては、龍門石窟研究院の陳建平氏と馬朝龍氏、パブリックコンサルタント(株)の安田匡氏、そして(株)東北電子産業にご協力いただいた。岩体の透水係数の測定は、(株)応用地質にご協力いただいた。また本稿をまとめるに当たり、日本大学の川野辰康氏から有益な情報をご教示いただいた。以上を記して御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 鎌倉市史編纂委員会：『鎌倉市史 考古編』吉川弘文館，534p（1959）
- 2) 川野辰康，小坂和夫：中世石窟遺構の塩類風化－鎌倉のやぐらの例－，応用地質，43，124－133（2002）
- 3) 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）
- 4) 堀田璋左右：鎌倉覚園寺の百八巖窟，歴史地理，2，186－193（1900）

キーワード：やぐら（Yagura tombs）；緑色生物（Green organisms）；雨水（Rain water）；
含水率（Water content）；雨だれ（Water drops）

Deterioration of Hyakuhachi-Yagura Tombs and Their Hydraulic Condition

Nobuaki KUCHITSU, Masayuki MORII, FAN Zilong* and Junko AKIYAMA

Hyakuhachi Yagura Tombs are artificial caves on a rock cliff in Kamakura, carved mainly in the 13th - 15th centuries. Their walls are generally dry but one cave exceptionally has distinct vegetation on the walls. The cave is located on a hollowed slope where rainwater is easily gathered. Measurement in this study revealed that when heavy rain (more than 30 mm) is observed : 1. water drops are observed from the ceiling near the entrance of the cave, 2. the dropped water goes into the cave, 3. water content of the floor increeces, and 4. water surface appears and the level goes up. The water brought in this way influences the vegetation. Accordingly, establishment of some drainage system above the cave will be necessary to prevent the water drops from entering the cave to eventually reduce the vegetation.

* Longmen Grottoes Research Institute, Longmen, China