

大谷石の色調変化の防止に関する試み

宇都宮大学 学生会員 ○金井 圭汰
宇都宮大学大学院 正会員 清木 隆文

1. 研究背景

大谷石は、栃木県宇都宮市北西部に位置する大谷地区で産出される軽石火山礫凝灰岩である。大谷石は硬岩に比べて軟らかく、加工しやすい点から、主に外壁や土蔵などの建築材料として広く使用されてきた。その一方で風化の影響を受けやすくそれに伴って色調変化(図1)や岩石表面の剥離などの現象が発生する。実際に民家の擁壁に使用されている大谷石の多くは赤褐色や黒色に変化している。

既往の研究¹⁾から大谷石の色調変化に影響を与える元素はFe(鉄)の可能性が高く、大谷石には鉄化合物として存在する可能性が考えられ、水酸化鉄の可能性が高い。色調変化のメカニズムとして大谷石に含まれる白緑色の水酸化鉄(Ⅱ)が空気中の酸素や水分と反応し、褐色の水酸化鉄(Ⅲ)に変化することが考えられる。加えて蒸留水よりも雨水のほうが色調変化の速度が速いということがわかっている。

本研究では自然な色合いと質感を損なうことなく、大谷石の色調変化を防止するために、原因として考えられる雨水について注目し、雨水による色調変化の防止策、色調変化の原因の考察を長期的な試験により検討する。また、大谷石で造られた擁壁にみられる手法に笠石(図2)というものがある。これは石垣の最上部に笠のように積まれた石のことを指す。この笠石特有の黒色変化を調べ、この現象が大谷石の色調変化にもたらす影響を検討する。



図1 大谷石色調変化



図2 笠石黒色変化

2. 試験の実施手順

2.1 変色防止試験(試験1)

大谷石に含まれると考えられる鉄分と雨水の反応を止めるために、自然乾燥させた新鮮な大谷石試供体70mm×150mm×30mmの直方体に防錆材(KURE-556, グリーススプレー, シリコンスプレー)3種類(図3)を試供体の半面塗布し分光測定器による計測で色調変化の様子を観察した。残りの半面は防錆剤塗布部との色調の差を肉眼により観察するために加工をしないでおく。(図4)



図3 防錆剤



図4 半面塗布

2.2 笠石黒色部成分解析(試験2)

黒色変化の原因を検討する方法として、X線粉末解析試験(図5.6)から笠石の黒色部に含まれる物質を特定し、新鮮な大谷石との成分の変化を調べる。対象試料の鉱物組成は、X線粉末回折試験(XRD:X-Ray Diffraction meter test, 以下XRD試験)によって特定する。



図5 X線粉末解析試験器



図6 粉末にした大谷石

3. 試験結果

3.1 変色防止試験について

雨水を塗布した大谷石の色調変化の様子を（図7）に、縦軸に a*の値を分光測定器による測定結果を（図8）に示す。約2ヶ月間後、肉眼ではっきりとわかる色の差が生まれた。ミソの部分は実験開始時の黒色のままの部分と、茶色に色調変化し、崩れる箇所もあった。それぞれの防錆剤は塗布の直後油の臭いがしたが、1ヶ月ほどでほとんど感じられない状態になった。

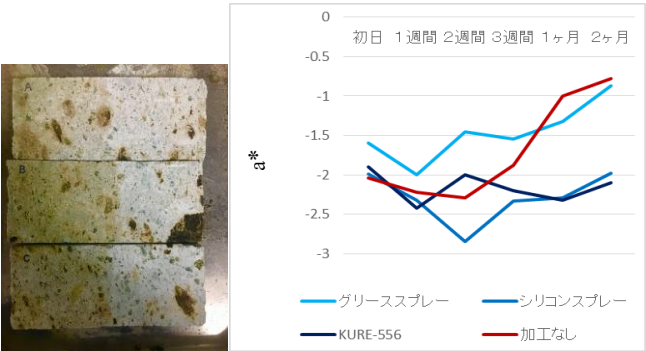


表7 雨水塗布後色調変化 図8 分光測定器測定

3.2 笠石黒色部成分解析について

XRDによる新鮮な大谷石の分析結果を（表2）に、笠石の黒色部分の鉱物分析結果を（表3）に示す。X線粉末解析の結果、Clinoptilolite（沸石）の割合が減少し、Anorthite（灰長石）Albite（曹長石）の割合が増加した。

表2 新鮮な大谷石

結晶相名	重量比(%)
clinoptilolite	89
Anorthite	10
Albite	0.7

表3 笠石黒色部

結晶相名	重量比(%)
clinoptilolite	75
Anorthite	20.4
Albite	4.3

4. 考察

4.1 変色防止試験について

防錆剤を塗布した部分とそうでない部分で大きな差が見られたことから、短期間での色調変化の防止効果が確認できた。油分は水をはじくため、試供体表面に皮膜ができ、雨水が直接触れ反応が起こることを防いだ

と考えられる。刺激臭が少ないことや、短時間の水をはじくことから、民家の用壁などで大谷石の色調変化防止剤として使用するのには、シリコンスプレーが適していると考えた。

4.2 笠石黒色部成分解析について

X線粉末解析の結果、Clinoptilolite（沸石）の割合が減少し、Anorthite（灰長石）Albite（曹長石）の割合が増加した。（表2）から大谷石を構成する鉱物の90%近くはClinoptilolite（沸石）であり、Si（珪素）を主成分としており、白色を示す割合が最も高い鉱物であると考えられる。また、（表3）からAnorthite（灰長石）とAlbite（曹長石）が増加している。Anorthite（灰長石）はもともとの色調で淡黄色や褐色を示すものが存在するため、Anorthite（灰長石）の増加により色調が変化したのではないかと考えられる。しかしAnorthite（灰長石）は科学的に安定しているため常温で短期間に増加することは考えにくい。一方、ClinoptiloliteはSi（珪素）を主成分とする鉱物であり、含まれるアルカリ金属やアルカリ土類金属のイオン交換する性質があるため、Ca, Na, Kイオンが放出、または他イオンと結合する。よってClinoptiloliteの減少が色調変化に何かしらの形で影響しているのではないかと推測した。

5. まとめ及び今後の課題

今回の実験から防錆剤により大谷石の表面に油類の皮膜ができることによって色調変化の防止が可能であることがわかった。しかし期間が2ヶ月と、短期間であることから今後さらに長期期間の調査が必要である。X線粉末解析から得られた結果から、Clinoptilolite（沸石）が減少し、黒色変化の原因に繋がっている可能性があると考えた。しかし、Anorthite（灰長石）の含有割合の上昇だけで黒色部ほどの濃い黒色ができるとは言いがたい。したがって、今後Clinoptiloliteのイオン交換についてさらに調べる必要がある。

参考文献

1) 平間 勇輝, 飯村 淳, 清木 隆文, 試験条件別に設定した大谷石の色調変化の原因究明に関する検討, 土木学会第44回関東支部技術研究発表会講演概要集, 2ps, CD-ROM, III, 2017.3.