

大谷石の塩類風化の影響と原因に関する検討

宇都宮大学 学生会員 ○田名網研太
 宇都宮大学大学院 学生会員 多田海成
 宇都宮大学大学院 正会員 清木隆文

1. はじめに

日本各地で岩石の凍結融解に起因する岩盤などの斜面崩壊、建造物基礎が膨れるなどの盤膨れ、堆積軟岩の風化現象に伴う様々な問題が多数報告されている。おお、耐震性、耐火性に優れていることから様々な用途に利用されてきた。また、帝国ホテル等の建築に大量に利用された大谷石は1923年の関東大震災において、その優れた耐震性、耐火性が証明されたことはよく知られている。さらに、現在では、住宅の塀や蔵、建物の内外壁などの建築材料として主に利用されている。

大谷石は、花崗岩等の硬岩と比較しても軟質であり、加工しやすい一方で、地上環境では風化の進行が早く、それに伴う変色や強度低下、岩石表面の欠落がよく見られる。こうした風化による問題の予測を可能にするためには、地上環境における風化現象によって起こる変色や強度低下、鉱物組成の変化の関係を捉え、風化による劣化状態を定量的に判断できる指標を作成する必要がある。そこで、本研究では風化した大谷石の表面と内部での構成鉱物を調べ比較することで大谷石の風化の程度における構成鉱物の変化を調査し、風化に伴い生成するとされる石膏について Ca, Na 成分の供給源の特定を主な目的とする。

2. 大谷石の風化について

大谷石の風化は、大谷石地下採石場での観察及び住宅の塀の観察に基づいて、表面が変色するものはかさぶた状に肌落ちするもの、ある一定の深さで板状に肌落ちするものの3種類に大別した。これらの風化状況を以下のように整理した。

- 1) 赤褐色に変色するもの
- 2) 白色粉状あるいはかさぶた状に肌落ちするもの
- 3) ある一定の深さで板状に肌落ちするもの

3. 研究手順

本研究では、大谷石の風化における石膏の析出を

確認するため、室内に保管されていた大谷石試料に対し表面から厚さ約1cmごとに切り出しX線粉末回折試験(XRD: X-Ray Diffraction meter test) (以下, XRD)で構成鉱物の特定を行った。加えて、石膏の析出過程における Ca, Na 成分の供給源の特定を目的とし屋外で約4年間暴露された試料に対し表面から厚さ約0.5cmに切り出しXRDを行い、構成鉱物の違いについて調査を行った。さらに大谷石壁面における板状の肌落ちとその肌落ち個所の壁面から試料を採取し、XRDを行った。

4. 試験結果

以下に各実験での結果を示す。

表-1 大谷石の主な構成鉱物

鉱物名	和名	化学式
clinoptilolite	単斜プロチル沸石	$(\text{Na,K})_6(\text{Al}_6\text{Si}_{20}\text{O}_{72}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
quartz	石英	SiO_2
clisobalite	クリストバル石	SiO_2
tridymite	鱗珪石	SiO_2
albite	曹長石	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
anorthite	灰長石	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
thenardite	テナルド石	Na_2SO_4
gypsum	石膏	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
mirabilite	ミラビル石	Na_2SO_4

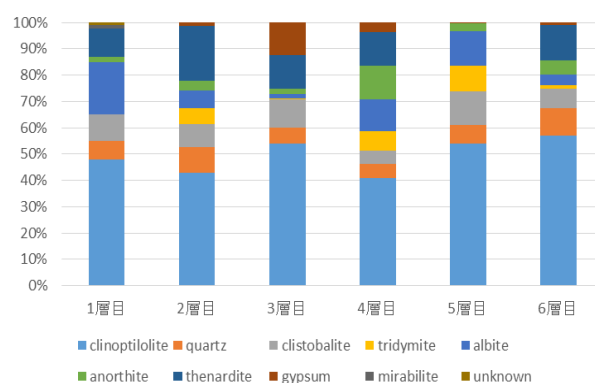


図-1 XRD 定量分析結果

(室内に約1年間保管された試料)

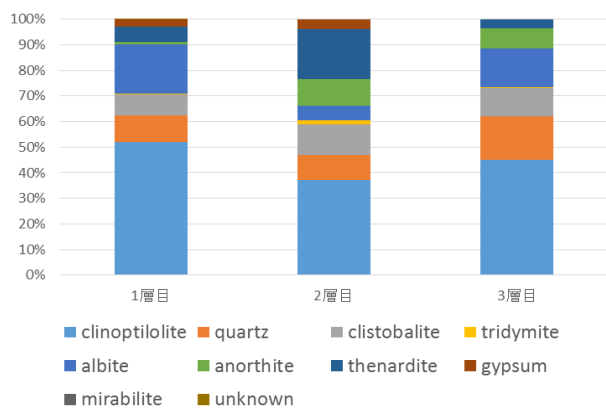


図-2 XRD 定量分析結果
(屋外に約 4 年間暴露された試料)

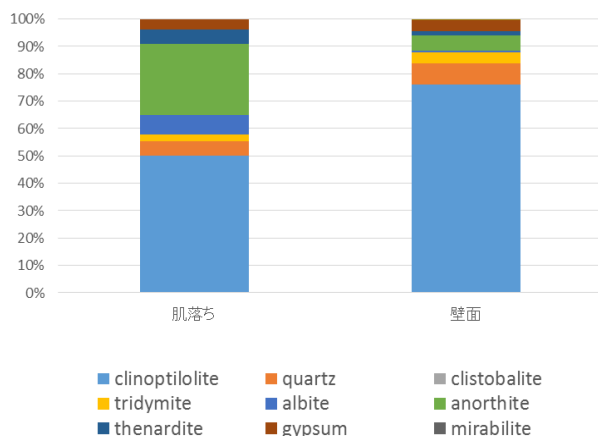


図-3 XRD 定量分析結果
(肌落ちと肌落ち部分における壁面)

5. 考察・まとめ

室内に約 1 年間保管された試料の XRD 定量分析結果(図-1)では 3 層目(約 2cm~3cm)での石膏の含有率が他の層に比べて高い結果となった。これは既往の研究では新鮮な試料からは石膏は析出しないことや、石膏の析出は地下水の蒸散、浸透によって単斜プロチル沸石の CaO が溶脱され、その溶脱された CaO の Ca 成分と地下水の酸性成分が結合することで起こる²⁾と考えられているので、室内に保管し地下水の酸性成分がない環境で表面付近ではなく内部で石膏が析出したことは地下水の残留要素と空気中の水分が結合し、大谷石中の Ca, Na 成分と反応し起こったと考えられる。

屋外に約 4 年間暴露された試料の XRD 定量分析結果(図-2)では 1 層目で 2.8%, 2 層目で 3.8%の石膏の析出が確認され、3 層目では石膏の析出は確認できなかった。このことから、屋外に暴露された大谷石は表面に近い場所(表面から約 1cm)で石膏が生成するこ

とが確認できた。加えて Ca, Na 成分を含む単斜プロチル沸石の含有率が 1 層目の 52%に比べ 2 層目では 37%, 3 層目で 45%と低下している。これらの要因は表面から約 0.5cm, 1cm 付近で Ca, Na の地下水による移動が起こったことや、単斜プロチル沸石が地下水により溶脱したこと、もともとの含有率の違いが考えられる。

肌落ちした試料とその壁面における XRD 定量分析結果(図-3)から石膏が肌落ちした試料では 3.7%, 壁面では 4.1%析出した。既往の研究⁴⁾で肌落ちと壁面の間に石膏が生成し、それが雨で流されることで板状に肌落ちが発生するので、今回は石膏の析出部分が界面となり剥離したことが考えられる。

6. 今後の課題

構成鉱物の違いが強度に与える影響を検討するために、室内に約 1 年間保管された試料と屋外に約 4 年間暴露された試料に対し強度を測定することが必要である。石膏の析出などの構成鉱物の変化が強度に与える影響を調べるために、各層ごとに強度を調べ構成鉱物の変化との関係を調べる必要がある。肌落ちに関して、肌落ちと壁面との間に石膏が析出した結果、界面ができたと考えた場合、肌落ちの界面と外気に触れやすい表面での構成鉱物を調べる必要がある。内部での石膏の析出が地下水の残留要素の影響と考えた場合、風化した大谷石の内部で複数個所に対し構成鉱物を調べ、内部での石膏の析出の確認が必要である。

参考文献

- 1) 清木隆文, 高葉悠, 井上達也, 木村理沙子(2013):大谷石の岩石構造および色調変化機構の推定, 第13回岩の力学国内シンポジウム&第6回日韓ジョイントシンポジウム講演論文集, 沖縄, 岩の力学連合会, pp.191-196.
- 2) 菊池健太, 清木隆文(2011): 大谷石の風化に影響を与える環境因子抽出に関する試み, 第40回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会, 6p, CD-ROM, pp.375-380.
- 3) 林 聖也, 高梨 倫明, 佐藤 陽, 清木 隆文 (2011): 大谷石類似石の工学的性質の比較と大谷石の自硬性に関する研究, 第 40 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会, 6p, CD-ROM, pp.381-386.
- 4) 佐藤陽, 清木隆文(2008): 風化による大谷石の構成成分と表面色調への影響及び強度変化に関する検討, 第 12 回岩の力学に関する国内シンポジウム(第 29 回西日本岩盤工学シンポジウム)講演論文集, 岩の力学連合会, pp.737-744, CD-ROM.