

# 大谷石の構成成分及び 類似石との比較による風化作用に関する研究

宇都宮大学 ○ 高橋 優  
宇都宮大学大学院 佐藤 陽  
宇都宮大学大学院 清木 隆文

## 1. 研究の目的と背景

日本各地で岩石の凍結融解に起因する岩盤等の斜面崩壊、建造物基礎が膨れるなどの盤膨れ、堆積性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。栃木県宇都宮市は代表的な堆積軟岩である大谷石（流紋岩質熔結凝灰岩）の産地であり、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。また大谷石は、花崗岩などの硬岩と比較しても軟らかく、加工しやすい一方で、風化の進行が早く、それに伴い強度低下や岩石表面の欠落がよくみられる。建設石材として使用されてから、数年経過した大谷石の表面には、凹凸や穴ができ、強度の低下につながっている。風化による問題の予測を可能にするために、大谷石の状態を判断できる指標を作成する必要がある。

しかし一方で、大谷石の類似石として位置づけられる栃木県鹿沼市で主に産出される深岩石は、大谷石と同様の凝灰岩に分類され、形成された時代も新生代新第三紀の前半の同じ時期と考えられるものの、大谷石に比べ緻密で吸水率が低く、圧縮強度が高いのが特徴で、土木・建築用材として盛んに採掘された。また、風化抵抗性も比較的高い。

そこで本研究では、切り出して間もない（以下、新鮮な）大谷石と大谷石類似石を比較し、なぜ深岩石が大谷石に比べて圧縮強度が高く、風化しにくいのかを理解することで、大谷石の状態を把握する指標を作成することを目的とした。

## 2. 用いた試料について

本研究では風化作用の原因がどこにあるのかを探るため、また、大谷石はどのような構成からできているのか調べるために、本研究では大谷石、深岩石ともに新鮮な試料を用いた。また、行った各試験と観察では、石の内部から必要な量を取り出してから使用した。

さらに、肉眼で見た色調の違いからも明らかなように、その中でも2種類の岩石試料で特に違いの大きい、岩石を構成する鉱物中主要な造岩鉱物（以下、基質部分）に着目して、研究を行った。

## 3. 観察および試験概要

### (1) 薄片観察

岩石試料で厚さ 0.03mm の薄片を作成し、偏光顕微鏡で観察することによって含有鉱物を特定した。

### (2) 岩石スラブの画像解析

岩石スラブの表面を、解像度を上げてスキャナーで読み取り、鉱物ごとの面積計算をすることで、構成鉱物の構成比を調べた。

### (3) 走査型電子顕微鏡

走査型電子顕微鏡(FE-SEM)による観察分析を行い、EDX (Energy Dispersive X-ray spectrometry) により観察領域に含まれている元素を定性的、および定量的に明らかにすることができる。

### (4) 針貫入試験

この試験は軟岩に針を貫入することで針貫入勾配 NP を算出し、一軸圧縮強さに換算する（以下、換算一軸圧縮強さ）。

### (5) X 線粉末回折試験

新鮮な石に対して X 線粉末回折試験を行い、鉱物組成を調べた。

## 4. 試験結果と考察

### (1) 薄片観察

大谷石・深岩石ともに無色鉱物（石英と長石）と岩片と呼ばれる他の軽石凝灰岩が含まれていることが確認できた。

### (2) 岩石スラブ画像解析

岩石試料を基質部分、無色鉱物、岩片、ミソ部分に分類し、画像処理ソフトを使用してそれぞれの面積計算を行ったところ2種類の石の基質部分の構成比はどちらも90%程度という結果となった(表-1)。

キーワード 大谷石、深岩石、基質部分、Clinoptilolite, Quartz

連絡先 〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科建設工学コース、岩盤工学研究室  
Tel 028-689-6218

### (3) 走査型電子顕微鏡

どちらの岩石試料も基質部分を対象にして試験を行った結果、予想に反し、Ca や Na の重量濃度の割合は 1% 程度しか差がなかった。しかし一方で Fe は大谷石が深岩石の 2 倍以上の結果となった(図-1)。

### (4) 針貫入試験

基質部分の換算一軸圧縮強さは大谷石 2.68MPa、深岩石 3.65MPa で、大谷石の方が小さい値を示す。

### (5) X 線粉末回折試験

X 線粉末回折試験を行った結果、どちらの石からも clinoptilolite ( $\text{Ca}_{1.16}\text{Na}_{1.8}\text{K}_{1.68}\text{Mg}_{0.25}\text{Al}_{6.33}\text{Si}_{29.81}\text{O}_{72}(\text{H}_2\text{O})_{20.1}$ ) と Quartz ( $\text{SiO}_2$ ) が主成分として検出された。そこで、これらの成分を定量的に評価するため、2 種類の石と純物質である  $\text{CaCO}_3$  を混ぜ合わせ、 $\text{CaCO}_3$  に対するピークの高さの比を比較してみたところ、大谷石は深岩石より Quartz が多く、逆に深岩石は大谷石より clinoptilolite が多い(図-2)。また、mordenite や montmorillonite も含有される可能性もある<sup>1)</sup>が、少量で検出されるピークも低いため、定量的な評価は現段階ではできなかった。

## 5. まとめと今後の課題

薄片を観察することにより大谷石、深岩石ともに無色鉱物や岩片を含んでいることが確認でき、岩石スラブの画像解析により、それらやミソ以外の部分が岩石試料の構成の大部分を占めていることがわかった(表-1)。よって、風化作用の原因となる部分、また一軸圧縮強さを支配する要因は基質部分が担っている(matrix support)と考えた。

そこで、基質部分に対して行った X 線粉末回折試験の結果から、clinoptilolite と Quartz の含有量に差異が見られたこと(図-2)と、風化した岩石試料からは gypsum (石膏;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) が検出されたこと<sup>2)</sup>から、clinoptilolite を構成している Ca や Na の含有量が風化作用に影響を与えたと考えられる。しかし、EDX の分析結果からは Ca や Na の重量濃度はほとんど差がないものとなった(図-1)。この原因としては、X 線粉末回折試験では検出されない非結晶質の物質としても Ca などが存在するため、元素の比と鉱物の比が同じ割合で与えられなかったと考えられる。しかし、逆に X 線粉末回折試験では検出されていないにも関わらず、Fe の重量濃度は大谷石が深岩石の 2 倍以上と顕著な違いがあるため(図-1)、風化した大谷石の表面が赤褐色に変化するという特徴から考えても、風化作用に大きく影響する要因として、基質部分に非結晶質の物質として存在すると思われる Fe の割合が挙げられる。また、clinoptilolite のモース硬度が 3.5 であるのに対し、Quartz の硬度は 7

であること<sup>3)</sup>から、含まれる Quartz の割合が大きい程より硬質な物質であるといえる(図-3)。さらに、Quartz は風化に強い鉱物であること<sup>4)</sup>も考慮すると、以上より、風化抵抗性は基質部分に含まれる  $\text{SiO}_2$  と Fe の割合に支配されると考えられる。

今後は、試験回数を増やし、データの精度を高めるとともに、深岩石の他にも数多くある大谷石の類似石を含めてデータを整理することで、より確証のある結果を追求することが必要である。

## 参考文献

- 岡田義治, 小西敏正: 大谷石百選, 大谷石研究会 pp.115, 2006.
- 菊池, 佐藤, 清木: 菊池君の関東支部の論文タイトル(風化に伴う大谷石の構成成分と力学的性質の変化に関する研究), 第36回土木学会関東支部技術研究発表会, 投稿中, 2009.
- 下中直人: 新版地学辞典, 地学団体研究会, 平凡社 pp.361, 676, 1996.
- 周藤賢治, 小山内康人: 記載岩石学, 共立出版, 2002.

表-1 各試料の構成比

|        | 面積比(%) |       |
|--------|--------|-------|
|        | 大谷石    | 深岩石   |
| 基質(軽石) | 91.14  | 86.00 |
| 岩片     | 1.48   | 0.72  |
| 無色鉱物   | 5.40   | 12.18 |
| ミソ部分   | 1.98   | 1.09  |

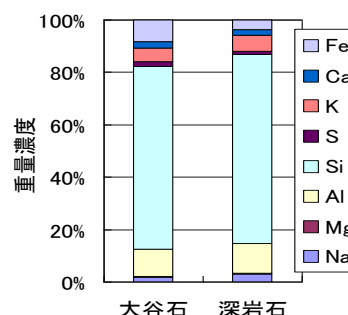


図-1 各試料の元素の定量試験

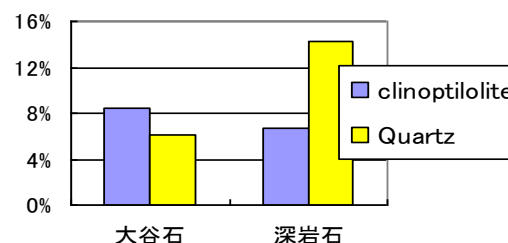


図-2  $\text{CaCO}_3$  を基準とした含有率

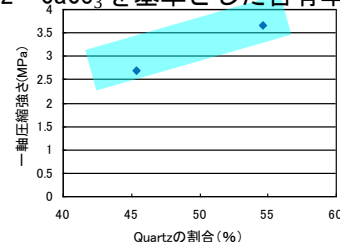


図-3 一軸圧縮強さと Quartz 含有率の関係図