

大谷石の岩石構造推定に関する試み

宇都宮大学 学生会員 ○木村 理紗子
 宇都宮大学大学院 学生会員 高葉 悠
 宇都宮大学大学院 正会員 清木 隆文

1. はじめに

宇都宮市の中心部から北西に7kmに位置する大谷町は、標高200mの丘陵地帯である。この地域の地質は足尾帯に属し、中・古生代のチャート・砂岩・頁岩などから成る古第三紀の基盤岩、大谷層から成る新第三紀層、宝木礫層と北関東ローム層(宝木粘土層)から成る第四紀の洪積層で構成されている。

大谷石は、今から2,000万年前新生代第三紀中新世の前半に、流紋岩質の海底火山の爆発により噴出し、火山灰や軽石を含んだ火山灰質のものが、海水中に堆積し凝結して出来た凝灰岩の一種である。また“みそ”と呼ばれる、含水量の多い沸石およびモンモリロナイトの粘土鉱物からなる軟らかい褐色の部分斑点状に含まれている¹⁾。

大谷石は耐震性、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、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、風化の進行が早いため、強度低下や変色、硫酸塩鉱物の析出や岩石表面の欠落がよくみられる。

風化現象が起こる原因として、岩石に乾湿履歴が与えられること、凍結融解履歴が与えられること、塩類の析出による大谷石表面の剥離があげられることなどから、これまでに、乾湿繰り返し試験や凍結融解試験、屋外暴露試験による強度特性、塩類を析出させる風化実験などの研究が行われてきた。しかし風化現象についての研究は多くあるものの、大谷石のどのような鉱物や構造が風化を起こしやすくしているかを探求した研究は少ない。そこで本研究では、大谷石の構造特性、およびそれらの配列から劣化メカニズムを解明することを目的とする。

2. 研究手順

本研究では、新鮮な大谷石の切断面に対し走査型

電子顕微鏡を用いさまざまな構造のパターンを確認した後、風化に影響を及ぼすと思われる構造およびその周辺に着目し詳しく観察を行った。またそれらの構造がどのような鉱物から成り立っているかを明確にするため、X線粉末回折試験、EDXにより定性定量分析を行った。このほか、各構造、鉱物を比較するため、採石後1年経過した大谷石および虎壺(ともく)と呼ばれる一定の色調値以上は変色が進行しない露天掘りの大谷石に対しても観察、試験を行った。

3. 観察・試験で用いた試料

観察、試験に用いた試料は、新鮮な大谷石、採石後1年経過した大谷石、虎壺を対象とした。

4. 試験結果と考察

4.1 走査型電子顕微鏡

各種石材の試料を2サンプルずつ用意し、そこから格子状に設定し、20点で観察した。

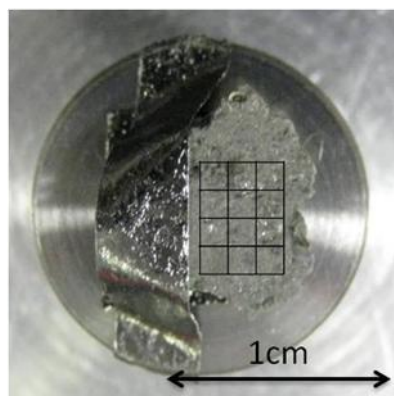


図-1 白金を付着させた試料とアルミ製試料台

(1) 新鮮な大谷石

走査型電子顕微鏡による大谷石切断面の観察の結果、そばろのような形状の構造(図-2)が大部分を占めていた。一方で、局所的に間隙があり、板状結晶が集合している様子(図-3)が確認された。また、板状結晶の周囲には海綿状の構造が付着している様子(図-5)が確認された。また、強度が弱い面の構造を確認するため、新鮮な大谷石に衝撃を与えて割った面を観察した結果、切断面より海綿状の構造の割合が高くなっていた(表-1, 2)。このことから海綿状の結晶は板状結晶とそのほかの構造をつなぎ合わせる役割をし、他の構造と比べて強度が弱いと考えられる。

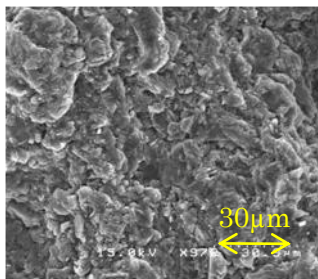


図-2 岩屑状

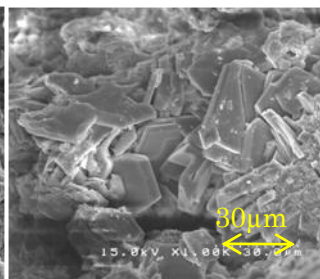


図-3 板状

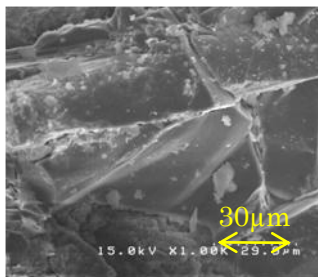


図-4 平滑

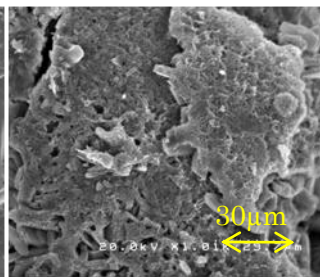


図-5 海綿状

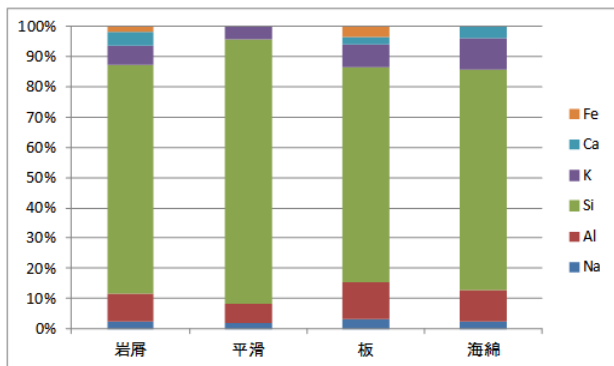


図-6 新鮮な大谷石の定量分析結果

表-1 各構造の構成比(切断面)

	岩屑	平滑	板	海綿
構成比(%)	75	14.4	8.1	2.5

表-2 各構造の構成比(割断面)

	岩屑	平滑	板	海綿
構成比(%)	83	5.4	3.4	8.2

(2) 虎杓

虎杓は新鮮な大谷石と比較して、岩屑状以外の結晶が少なく、観察した表面の大部分が岩屑状または平坦な表面であった。EDXによる定量分析の結果から、いずれの構造も構成元素の割合がほぼ等しいので、平坦に見える表面は、岩屑状の結晶の切断面であり、同一の鉱物で構成されていると考えられる。

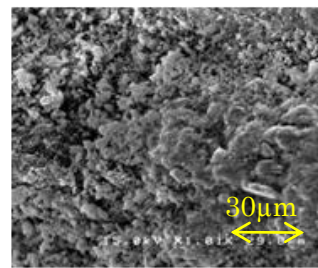


図-7 岩屑状

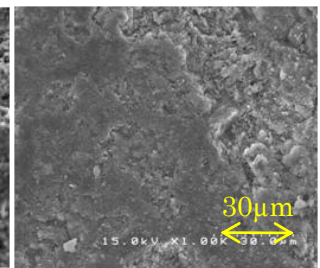


図-8 平坦

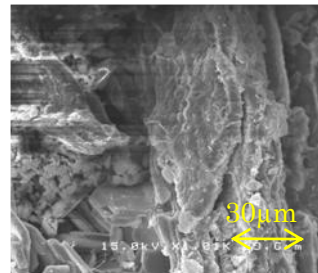


図-9 板状

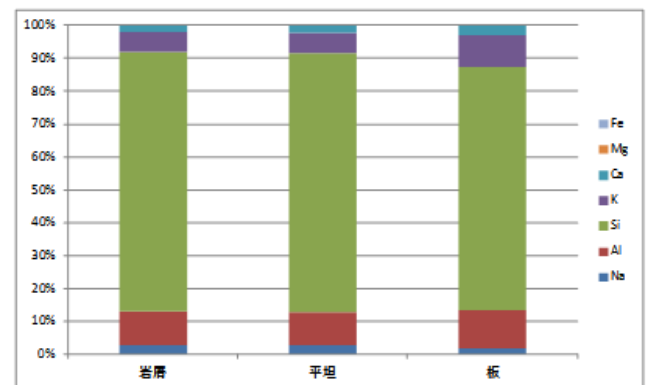


図-10 虎杓の定量分析結果

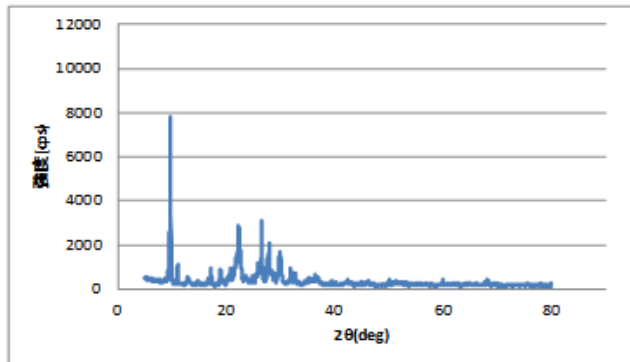
表-3 各構造の構成比(虎杓)

	岩屑	平坦	板
構成比(%)	67.5	30	2.5

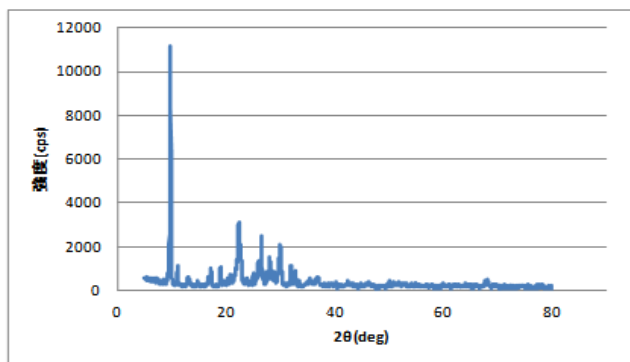
4.2 X 線粉末回折試験

X 線粉末回折試験の結果，大谷石を構成する主要な鉱物がほぼ同じピーク位置で確認され，各試料とも構成鉱物の存在については差がない結果を示す(図－11～13)。

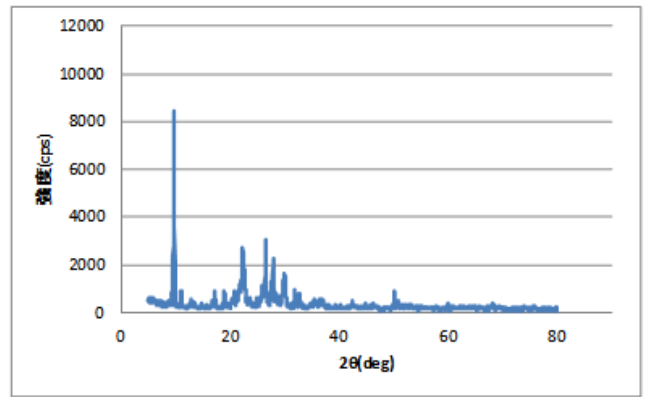
しかし，一方で，X 線粉末回折装置による定量分析の結果，新鮮な大谷石では検出されなかった灰長石(anorthite)が1年経過した大谷石試料から高い割合で検出され，鱗珪石とクリストバル石の構成割合が減少することが確認された．しかし，既往の研究²⁾で灰長石は新鮮な大谷石にも含まれていることが確認されており，また，風化によって灰長石が生成するとは考えにくい．虎杓と新鮮な大谷石の構成鉱物の割合を比較すると，新鮮な大谷石には見られない灰長石の存在や，鱗珪石の割合が低いことが確認された．



図－11 新鮮な大谷石



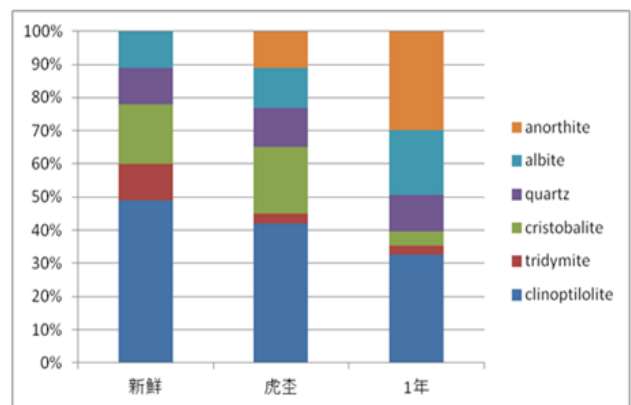
図－12 虎杓



図－13 採石後1年経過した大谷石

表－4 壁面試料の構成鉱物の化学式及び和名

構成鉱物	化学式	和名
Clinoptilolite	$(\text{Na,K})_6(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{20}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$	単斜ブチロル沸石
Quartz	SiO_2	石英
Cristobalite	SiO_2	クリストバル石
Tridymite	SiO_2	鱗珪石
Albite	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	曹長石
Anorthite	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	灰長石
Thenardite	Na_2SO_4	芒硝石
Montmorillonite	$(\text{Na,Ca})_{0.33}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	モンモリロナイト
Muscovite	$\text{KAl}_2(\text{OH})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$	白雲母
Gypsum	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	石膏



図－14 X 線粉末回折試験定量分析結果

5. まとめ及び今後の課題について

(1) まとめ

走査型電子顕微鏡による観察の結果，新鮮な大谷石切断面では岩層状の構造が大部分を占めていた．間隙では板状結晶が集合している様子が見られ，板状結晶の周囲には海綿状の構造が付着している様子が確認された．また，新鮮な大谷石の切断面を観察した結果，切断面より海綿状の構造の割合が高くな

っていたことから海綿状の構造は板状結晶とそのほかの構造をつなぎ合わせる役割をし、他の構造と比べて強度が弱いと考えられる。

虎杓は、EDX による定量分析の結果から、平坦に見える部分は、岩屑状の構造と同一の鉱物で構成されていると考えられ、観察した表面の大部分が岩屑状の構造であると考えられる。また、新鮮な大谷石と比べて、そばろのような形状が一体化し平坦になっている様子が多くみられたことから熔結度が高く、強度が高いと推測できる。

X 線粉末回折試験では、新鮮な大谷石、採石後 1 年経過した大谷石、虎杓の各試料とも構成鉱物の存在については差がない結果を示したが、定量分析の結果、経過年数に伴い灰長石の構成割合が高くなる一方、鱗珪石とクリストバル石の構成割合が減少することが確認された。しかし、既往の研究で灰長石は新鮮な大谷石にも含まれていることが確認されており、風化によって灰長石が生成するとは考えにくい。そのため、これらの変化が風化に影響しているとは考えにくい。

(2) 今後の課題

本研究では、X 線粉末回折試験については、新鮮な大谷石試料、採石後 1 年が経過した大谷石試料、虎杓の 3 種類の試料をそれぞれ 1 サンプルずつ作成し試験を行ったが、大谷石は試料を削り取る箇所によって構成成分が大きく異なるため、基質部においてより多くのサンプルをとり分析をする必要がある。

走査型電子顕微鏡による観察結果から、板状結晶と岩屑状の結晶を海綿状の結晶がつながっている構造が観察できた。しかし、海綿状の結晶は表面全体の数%しか占めておらず、そのほかの各構造がどのようにつながっているかより詳しく観察を行い、風化による劣化メカニズムとの関連性について検討する。また、虎杓が大谷石に比べて、強く、風化による劣化も起こしにくい原因を検討する。

【参考文献】

- 2) 高梨倫明, 佐藤陽, 清木隆文, 大谷石の乾湿状態の強度の違いと自硬性に関する検討, 土木学会第 37 回関東支部技術研究発表会講演概要集, 2ps, CD-ROM, III-2, 2010.
- 1) 中村洋一 松居誠一郎 鈴木陽雄:宇都宮市大谷付近の地質 宇都宮大学教育学部紀要第 2 部 31 宇都宮大学教育学部 pp.105-116, 1981.