

徳次郎石の地質と岩石

中村 洋一 (宇都宮大学)

1. 大谷石と徳次郎石

宇都宮市大谷町付近から産する「大谷石」は、この地域の宇都宮丘陵などに分布する大谷層の凝灰岩から採石され、石材として広く利用されている(写真1)。大谷石の原岩は新第三紀中新世の軽石火山礫凝灰岩で、特徴的に通称「ミソ」と呼ばれる扁平な褐色包有物が含まれている。この大谷石は、栃木県の「県の石」に日本地質学会によって指定されている。

宇都宮市徳次郎町付近の山稜地域には、大谷石に比べてミソが少なく、細粒で、硬くて、白色の岩質をもつ石材が「徳次郎石(とくじらいし)」として産出し、良質の石材としてとして評価され、地域で利用されてきた。この石材は戦後も「日光石」の名称で採掘され出荷されていたが、産出量が少なく、需要に充分には対応できなかったため、平成2年頃に採掘を止めた。

本稿では、徳次郎石の野外の分布状況を調査し、採取した試料の薄片検鏡などをすすめて、その地質学的、岩石学的な特徴を大谷石と比較し考察した。その結果を予察的であるが報告する。

2. 大谷層と徳次郎石

a. 大谷層の層序と分布

徳次郎石はその分布や岩質から大谷層を構成していると推定されるので、大谷層についての地質、分布、岩質などを概略し、徳次郎石の分布や岩質を記載する。

「大谷層」とは、宇都宮市大谷町地域に分布する灰緑色の凝灰岩類(軽石火山礫凝灰岩、珪長質火砕岩)を含む地層に対して定義された(太田,1949)。なお、長岡層や山本層が大谷層に対比されているが(阿久津,1953;酒井,1986;など)、ほぼ同時代に形成されて一連の地層と認定されることから一括して大谷層とする提案もされている(吉川,2017)。これらの層序対比を図1に示した。また、石材としの大谷層の詳細な層序ユニットも公表されている(大谷地域整備公社,1997)。宇都宮地域の地質については、報告書と地質図が最近公表されている(吉川ほか,2010)。この地質図の徳次郎町付近を図2に、宇都宮市地域の新第三系の層序を図1と図3に示した。大谷層の形成年代は産出化石や放射年代測定の結果から(半蔵山南東麓の軽石火山礫凝灰岩で $14.7 \pm 0.5\text{Ma}$ 、大谷町大谷寺西方の軽石火山礫凝灰岩で $12.9 \pm 0.6\text{Ma}$ など)、新第三紀中新世(約12~14百万年前)と推定されている(山田ほか,2004;中村ほか,1981;吉川,2006など)。

大谷層の分布は大谷丘陵地帯、多気山の山麓地帯、半蔵山の東南山麓地帯、田川東岸の宇都宮丘陵地帯で、全体として東南東に傾いた同斜構造をしている(中村ほか,1981など)。大谷層の大谷丘陵地帯における分布は、宇都宮市大谷町周辺から北方の徳次郎町付近まで南北にほぼ連続して細長く丘陵の大部分を占めている。分布域は南北約37km、東西約8km、深さは地下200~300mで、東南落ち 10° 前後の傾斜の構造をもつと推定されている。



写真1. 大谷景観公園付近の大谷層

本報告 (宇都宮丘陵地帯) (大谷地帯)	酒井(1986) (宇都宮丘陵地帯) (大谷地帯)	中村ほか(1981) (大谷地帯)	阿久津(1953) (宇都宮丘陵地帯)
大谷層	大谷層		大谷層
大谷層	山本層	大谷層	山本層
	長岡層		長岡層
	横山層		横山層
横山層	横山層		
風見山田層 (ナガド飯層*)	風見山田安山岩 (半蔵山山麓地帯)	半蔵山安山岩	
客荷伏層 (半蔵山山麓地帯)	ナガド飯層	客荷伏層	

図1. 宇都宮市地域の層序区対比(吉川ほか,2010に加筆)

1 : 50,000地質図幅 宇都宮 7-103
NJ-54-30-1

吉川敏之・山元孝広・中江 訓 地質調査 平成16-19年

地質図凡例 (部分)

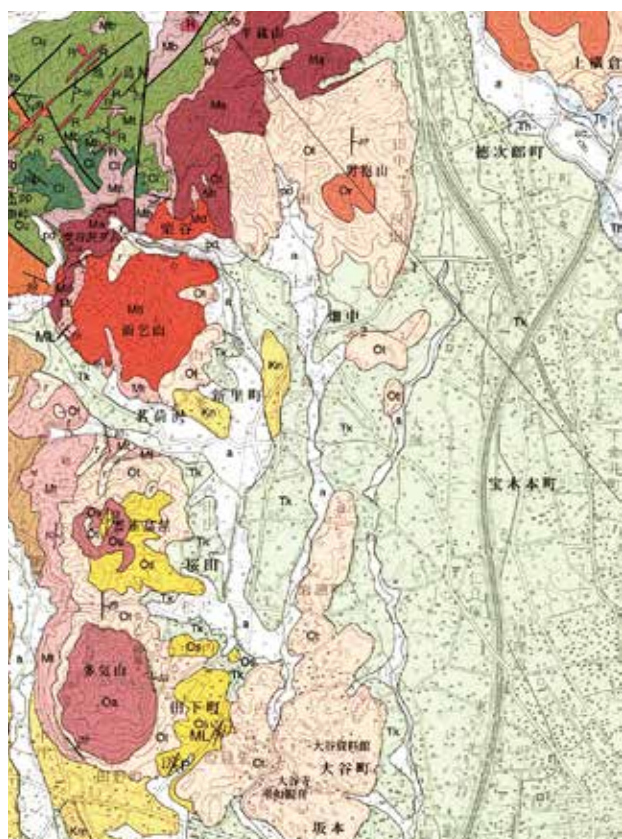


図2. 徳次郎地域の地質図 (吉川ほか, 2010 抜粋)



図3. 宇都宮市地域の第三系層序と地質断面図 (吉川ほか, 2010抜粋)

b. 大谷層の岩質

大谷層は軽石火山礫凝灰岩と総称されているが、火山礫凝灰岩・凝灰角礫岩・凝灰岩、および凝灰質砂岩・シルト岩、および流紋岩質溶岩・同質礫岩から構成されている。大谷層下部は軽石に富む塊状の凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩で、上部では成層構造を呈する火山礫凝灰岩・凝灰岩で構成され、上方ほど細粒化する堆積ユニット (層厚数~数10m) で構成されている。

大谷層の軽石火山礫凝灰岩には、「ミソ」と呼ばれる茶色斑点 (一部は空洞) が広く点在して含有する。下層ほど「ミソ」は大型で扁平でないことが多く、上層ほど小型で扁平化する傾向を示す。「ミソ」が密集して層状 (石材採掘関係者の通称では「通り」) となっていることもある。岩質はデイサイト~流紋岩質 (SiO₂含量が67wt%前後) で、結晶片に無色鉱物の斜長石と石英、有色鉱物の輝石、ときに黒雲母を含む。有色鉱物は変質して、緑泥石や粘土鉱物となっていることが多い。新鮮な原石では灰緑色であるが、風化すると茶灰白色を呈する。普通角閃石輝石安山岩・デイサイトの溶岩および貫入岩を一部で伴う。

なお、大谷層下位の茗荷沢層は輝石安山岩を主体とした半蔵山安山岩などで、風見山田層は玄武岩、安山岩、デイサイトなどである (高橋・吉川, 2008; 清水・川野, 2017; など)。

徳次郎石 (日光石) からは魚化石が発見されているので、以下に概略する。この魚化石は下田中西方の「日光石」採石場の砂質凝灰岩中から産出した。上野輝彌氏 (国立科学博物館) によれば、この魚化石はほとんど欠損のない保存良好の全身骨格標本で (本書の吉田貴洋氏による写真6参照)、スズキ目スズメダイ科のソラスズメダイの一種 (*Pomacentrus* sp.) で、現生では熱帯~亜熱帯海域に多数生息している (中村ほか, 1981)。したがって、この地域の古環境を推測する手がかりとなる。

c. 徳次郎石の分布

宇都宮市徳次郎町の半蔵山から続く南東山稜地域（徳次郎IC西方約1.5km）には日光石材（株）による採石跡が分布している（本書の池田貞夫氏による徳次郎石採石場跡図参照）。確認されている採石跡地（5カ所）はNNWからSSEの方向の標高250～300mの山稜地域に位置して、全体として小規模な地域（約1km程度）での分布（図4、図5）をしている。したがって、採掘は連続した地層の同一の岩質をもつ地点でなされたと推定される。

この地域は先に記述したように、大谷層の分布域のほぼ北限に位置し（図2）、大谷層下部（大谷下部層、VII層）に相当すると推定される地域である。この地域のすぐ北西に大谷層の下位層にあたる茗荷谷層半蔵山安山岩が、また南東には大谷層下部を貫いた男抱山流紋岩質岩が分布している（図3）。

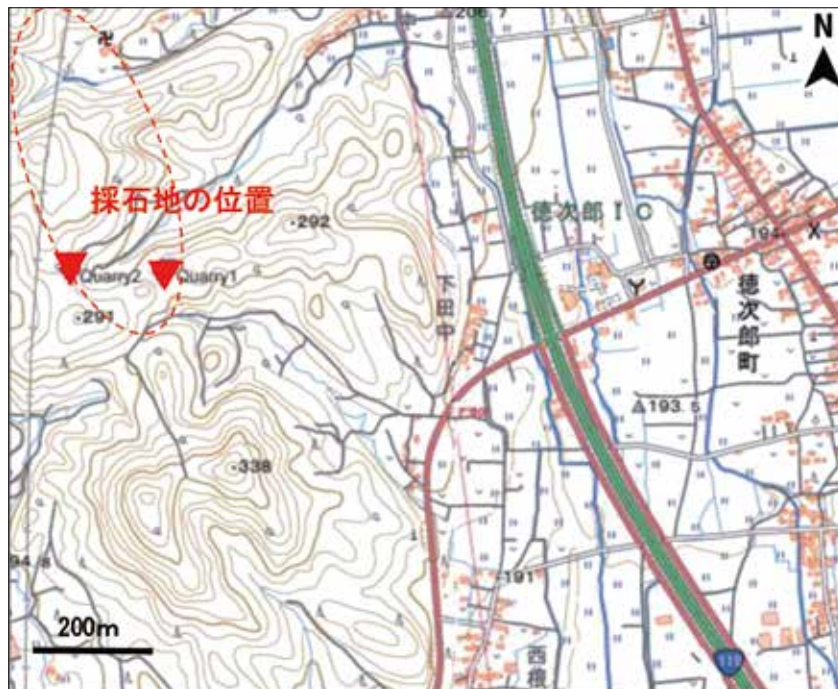


図4. 徳次郎石採石場跡地域の地形図 試料採取2地点（Quarry1, Quarry2）
破線は採石場跡の分布域（国土地理院電子地形図より作成）



北から見た採石地域付近



図5. 徳次郎石採石場跡地域の立体地形図（Google mapにより作成）

3. 徳治郎石の現地調査と試料採取

a. 採石場跡地の状況

2019年の春、徳次郎石の採石場跡地域の現地踏査を本研究会メンバーで実施した。調査したのは、徳治郎町下田中地区の西方山稜（標高約270m）の旧日光石材（株）の採石場跡地の2地点である（図4、図5）。徳次郎石としての代表的な岩質を試料として採取した。試料採取地点を写真2と写真3に示した。



写真2. 徳次郎石の採石場跡1（Quarry1）1a, 1b, 1cはそれぞれ試料採取位置を示す。



写真3. 徳次郎石の採石場跡2 (Quarry2) 2a, 2b, 2cはそれぞれ試料採取位置を示す。

これらの採石跡露頭の調査から、ほぼ平行な地層の細粒層を追って掘削し、石材の岩質として良質な部分（細粒で成層構造をもつ地層）から採石したようである。掘削は露天掘りによる「平場切り」や「垣根掘り」の採石法ですすめられて、良質な石材が途切れると採掘を止めている。

採石された石材としては、いずれも淘汰のよい細粒（おもにシルトサイズ）の凝灰質粘土岩の薄層（数cm以下）の互層から構成される岩相の部分である。これら薄層互層にやや粗粒な褐色の砂質礫層が介在する構造が全体として繰り返されている。こうした構造をもつ細粒凝灰岩薄層互層の上下層には、粒径が大きく斜交葉理をもつ地層が堆積している（したがって、石材的には良質でない）。これら露頭の状況は、いずれも同様な薄層互層での小規模連続のため、採石跡地間での地層対比は、今回の調査では確認困難であった。

b. 徳次郎石の試料採取

今回試料を採取した採取地点1 (Quarry1), 採取地点2 (Quarry2) で、岩質を粒度などで大別して、細粒から粗粒の順にa, b, cと区分して採取した。採取地点1と採取地点2のそれぞれで採取した地点を写真2と写真3に示した。

4. 徳次郎石試料の実体拡大鏡および偏光顕微鏡による検鏡結果

a. 試料の実体顕微鏡による検鏡観察結果

採取地点1の試料：Quarry1a, 1b, 1cおよび採取地点2の試料：Quarry2a, 2b, 2cについて、研磨試料の実体顕微鏡による観察を実施した。撮影写真の一部をそれぞれ写真4と写真5に示す。

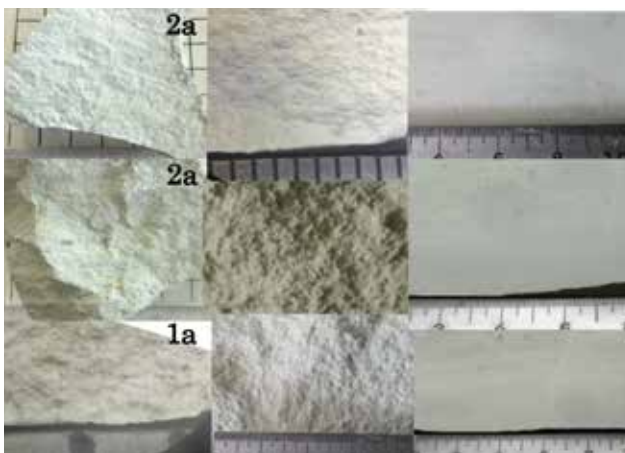


写真4. 実体顕微鏡による写真
上から下へ, Quarry2a, Quarry2a, Quarry1a

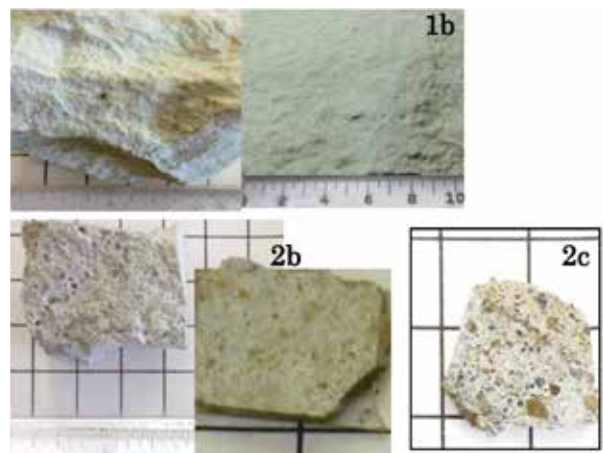


写真5. 実体顕微鏡による写真
上から下へ, Quarry1b, Quarry2b, Quarry2c

実体顕微鏡による観察の結果は、以下の通り。両地点の試料とも、全体としてほとんど変質がみられない清澄な青灰色、灰色、淡褐色を呈する試料であった。試料1aと2aは、薄層（層厚1cm以下で、多くは3～5mm程度）による成層構造が認められ、やや級化構造が認められる。薄層を構成する粒子は、粒径1mm以下の細粒砂からシルトで、淘汰が非常によい。試料2a, 2bの試料はほぼ同様の傾向を示すが、粒径がやや大きく、淘汰はやや悪い。試料2cでは、粒径がさらに大きく、淘汰は悪く、成層構造は明瞭に認められず、大きめな岩片を含む。したがって、石材として採石されたのはおもに試料aと試料bの一部までで、試料cはほとんど採石されていない。

b. 試料の偏光顕微鏡による検鏡結果

試料1a, 1c, および試料2a, 2b, 2cについて岩石薄片を作成して、偏光顕微鏡による観察、および写真撮影を実施した。偏光顕微鏡の開放ニコル（open nicol）と直交ニコル（cross nicol）での試料の撮影写真の一部を、写真6、写真7、写真8に示す。また、岩石薄片の検鏡結果を、近傍地域の関連試料の結果とともにまとめて表1に示した（中村ほか, 1981；など参照）。

偏光顕微鏡による観察の結果は、以下の通り。両地点の試料とも、含有結晶片として無色鉱物は石英（Qz）と斜長石（Pl）が認められた。石英は清澄であることが多かったが、外形は円形化していることが多い。斜長石は結晶が破碎されていて、そのほとんどにやや変質がみられた。ごく微量の有色鉱物斑晶が含まれていたが、緑泥石（Chl）化の変質がすすみ、一部にカルサイト（Cal）が形成されていた。この有色鉱物は外形などから黒雲母（Bi）であったと推定される。Quarry1の試料は、Quarry2の試料に比べて、有色鉱物の緑泥石化の変質がやや進んでいる。また、全体に無色ないし淡褐色のガラスや石英（クリストバライト）を含み、微細粒子の沸石族鉱物などが含まれていた。

男抱山中腹で採取した岩石試料の岩石薄片を参考のために検鏡した。男抱山は斑晶鉱物に石英、斜長石のほか、著しく変質した輝石を微量含む輝石流紋岩質の貫入岩であった。

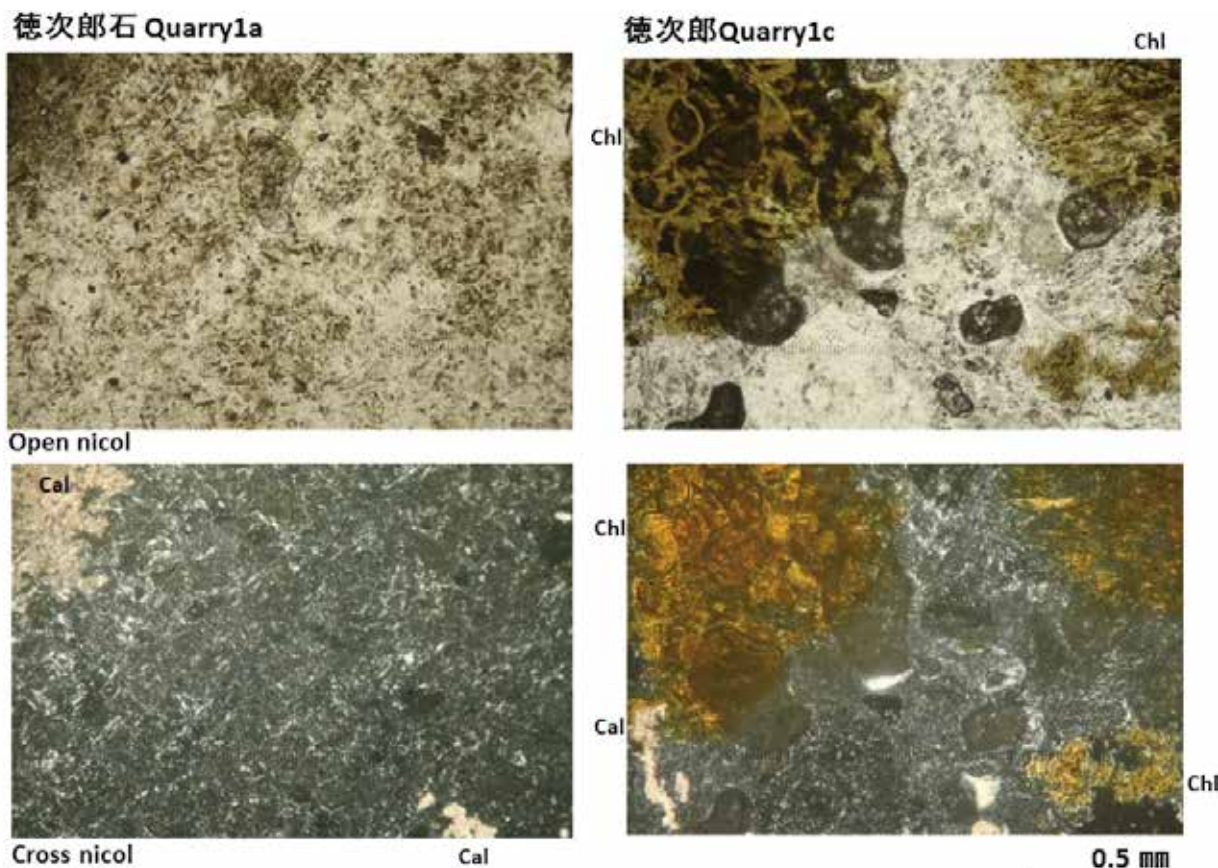
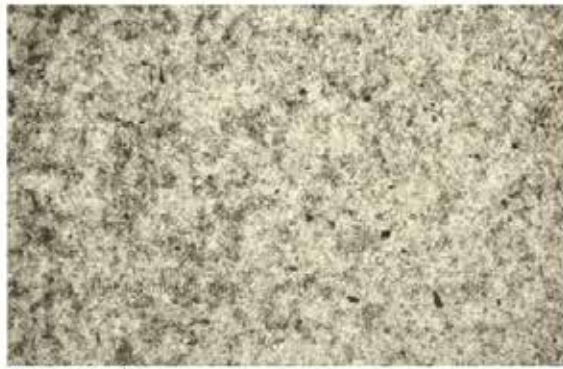


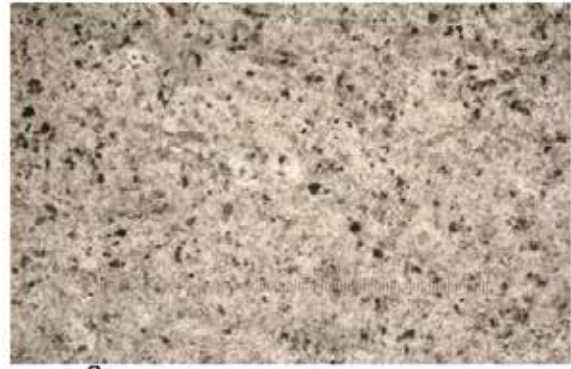
写真6. 徳次郎石岩石薄片による偏光顕微鏡写真（Quarry1a, Quarry1c）

徳次郎Quarry2a



Open nicol

徳次郎Quarry2a

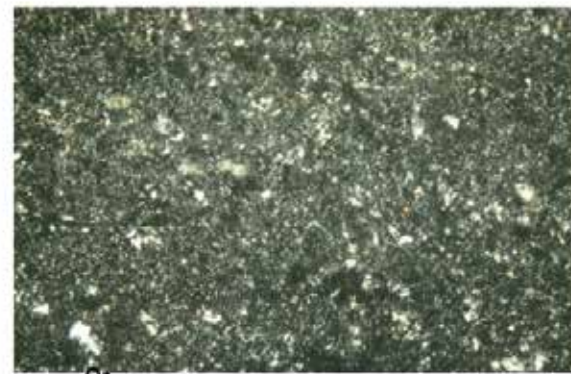


Qz



Cross nicol

Cal



Qz

0.5 mm

写真7. 徳次郎石岩石薄片による偏光顕微鏡写真 (Quarry2a)

徳次郎Quarry2b

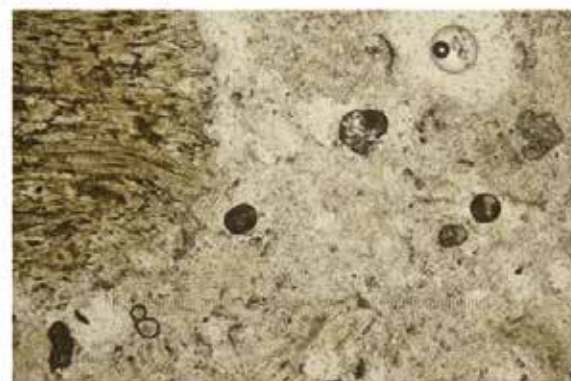


Qz

Pl

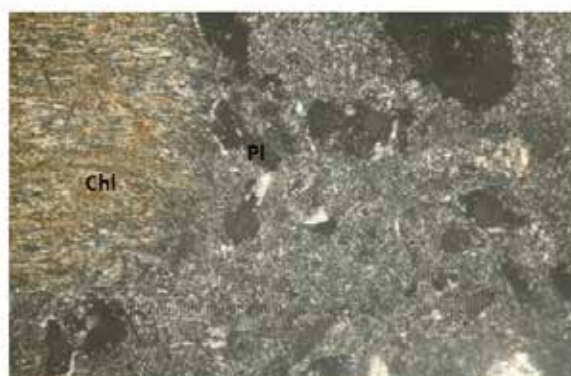
Open nicol

徳次郎Quarry2c



Cross nicol

Chl



Pl

Chl

0.5 mm

写真8. 徳次郎石岩石薄片による偏光顕微鏡写真 (Quarry2b, Quarry2c)

表 1. 徳次郎石（上の2試料），および近傍地域試料の鉱物含有量比

試料	単斜輝石	斜方輝石	角閃石	黒雲母	斜長石	石英	緑泥石	カルサイト
徳次郎石下田中探石場	-			-	-	++	++	+
徳次郎石下田中西800m Tuff	-			-	+	+++	++	+
徳次郎 神社	-				++	-	++	
大谷石荒目石 大谷層中部 仁良塚	4.5				6.5	5.0	++	+
大谷石細目 戸塞	0.2				3.8	1.2	++	+
田下石 大谷層下部	0.3				21.8	9.4	++	+
横田石 大谷層下部	3.5				9.8	7.6	++	+
男抱山					+	+++	+	
半蔵山南西 溶岩	3.8	1.3			15.4			
半蔵山南西 火砕岩					7.7	3.4	+	
半蔵山斜面	-		+	-	+++	++	+	
半蔵山山頂	+	++			+++	-		
多気山溶岩	+	++			+++	+	+	
多気山不動	0.6	1.4	0.3		22.3	3.3	+	

数値は基質の除いた鉱物%比，または含有比：+++>++>+>-

c. 大谷石試料の偏光顕微鏡による検鏡結果

大谷石の岩石薄片の偏光顕微鏡の検鏡を参考のために実施した。試料としては，石材区分の細目（大谷層凝灰岩1）と中目（大谷層凝灰岩2）などを用いた（大谷石材協同組合などの提供）。試料の実体拡大鏡と偏光顕微鏡で撮影したものを写真9に示した。なお，大谷石などの岩石薄片の偏光顕微鏡の検鏡結果の記載は，中村ほか（1981）でも既に報告されているので参考にした。その結果の概要を以下に記す（表1）。

大谷石試料はいずれも淡青灰色の流紋岩質凝灰岩である。結晶片（35～5%）は，無色鉱物として粒径0.5mm程度の斜長石（Pl）や石英（Qz）と，有色鉱物として単斜輝石（Px）と黒雲母（Bi），これらは緑泥石（Chl）化あるいは粘土鉱物化，が含有される。基質には褐色から無色のガラスのほかに斜長石や石英（クリストバライト）を含み，微細粒な鉄鉱物，沸石族ゼオライトなどを含む。モンモリロナイトなどの粘土鉱物が密集した「ミソ」を含み，空洞化していることもある。流紋岩質や黒曜岩質の岩片を含むことがあり，同質の小型岩片を含むこともある。

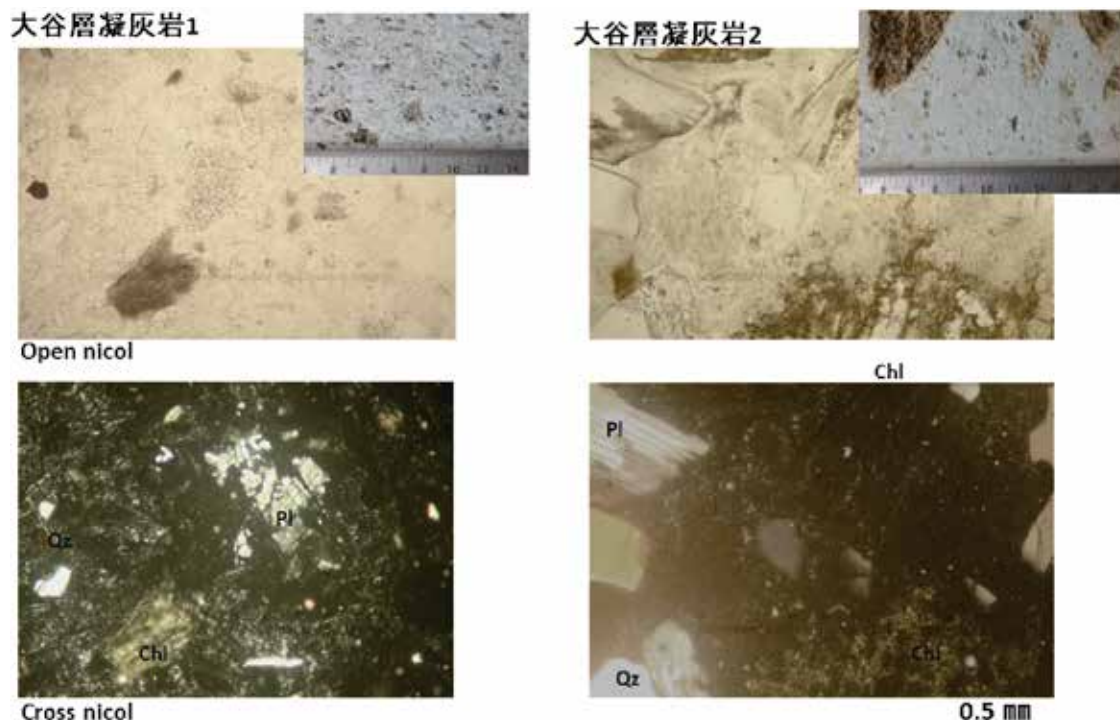


写真9. 大谷石岩石薄片による偏光顕微鏡写真

5. 石材としての大谷石と徳治郎石の岩質の特徴とその生成環境

a. 大谷石の岩質

石材としての大谷石は、大谷層中部から上部の層厚のある軽石火山礫凝灰岩が、明治初期から活発に採掘され、耐火性がよく加工しやすくて、質感もよい建材「大谷石」として広く利用されてきた。大谷石は、岩質によって区分（おもにミソのサイズと含量）されている（写真10）。大谷石細目（上部下・中位）は全体に粒径やミソが細かくて、細工が容易なため彫刻、レリーフや貼り石などに用いられる。大谷石中目は全体として粒径や「ミソ」がやや大きいが、加工しやすいため、門柱・敷石・石塀などの建材に用いられる。大谷石粗目（中部層上位・中位）は溶結度が強く、全体に粒径やみそが大きく、比較的大きな岩片なども含まれ、硬めで加工が難しいので石塀や土留めなどに用いられる。他に広義の大谷石としては、ほとんどミソを含まず、粒径が細かく、きめ細かい肌面をもち、インテリア用石材などにおもに利用されているのが、田下石（大谷下部層、VII層）、桜田石、戸室石、さらに徳次郎石（日光石）である。これらの石材は、採掘量が少ないなどの理由から、現在ほとんど採石されてない。

大谷層の「ミソ」の成因としては、軽石の変質による粘土鉱物化、有色鉱物濃集部分の変質などの諸説がある。また、大谷石に含まれるゼオライト（沸石）としては、斜プチロル沸石など（clinoptilolite ~ mordenite）が形成されていて（須藤他1963；岩生, 1963）、ゼオライトの吸着効果などから最近注目されている。



写真10, 大谷石の細目, 中目, 粗目, 田下石の試料 (大谷資料館など)

b. 大谷石（大谷層）の生成環境

大谷層流紋岩活動以前は、陸上での火山活動による安山岩質茗荷沢層および玄武岩、安山岩、デイサイト質の風見山田層が形成された（高橋・吉川, 2008；吉川ほか, 2010）。その後、新第三紀中新世の海進後の約1400万年前頃のグリーンタフ変動期に、海底火山から噴出した流紋岩質マグマによる火山灰、軽石、岩片の堆積、および同源とする砂岩・泥岩・シルト岩の堆積作用によって大谷層が形成された。緑色鉱物の変質によって形成されて堆積物全体が緑色を呈することなどから、「グリーンタフ（緑色凝灰岩）」の典型例とされている。

大谷層流紋岩は、微量成分組成の考察などから、茗荷沢層や風見山田層を形成したマグマからの結晶分化作用では形成されないこと、同様に羽黒山に産する黒雲母斑晶を有する流紋岩は大谷層流紋岩とは起源が異なるとされている（清水, 2016）。一方で、大谷層流紋岩は、後期白亜紀ないし古第三紀の宇都宮花崗岩を起源とする部分融解、あるいは宇都宮花崗岩の完全融解によるマグマ形成の可能性は示唆されているが（清水・川野, 2017）、マグマ成因の詳細についてはまだ確定されていない。

c. 徳次郎石の岩質の特徴と生成環境（予察的考察）

徳次郎石の岩質の特徴は、淘汰のよい細粒物質で構成され、ミソや岩片をほとんど含まず、やや緑味を帯びた清澄な灰白色を示す薄層からなる成層構造をもつことである（写真11）。このため、石倉や石瓦、あるいは複雑な彫刻を施した石材として、大谷石とは異なる建材として利用されてきた。こうした徳次郎石の岩質の特徴は、以下のように整理される。

- ① 全体として清澄な灰白色を示し、ミソや岩片をほとんど含まず、風化変質による褐色化が少ない。
- ② 他のサイズの粒子の混在がほとんどない、淘汰されたシルト・粘土の粒径の細粒粒子で構成される。
- ③ 級化構造をもった薄層（数mm程度）による成層構造を一部で示す。
- ④ 含有無色鉱物の多くが石英と長石からなる流紋岩である。
- ⑤ 有色鉱物（緑泥石ないし粘土鉱物化した黒雲母）をごく微量含む。
- ⑥ 無色ないし白灰色ガラスと微粒ゼオライトを含む

徳次郎石が採石された地層は、非常に淘汰がよく、粒度組成が粘土からシルトサイズ程度と非常に細かい粒子で構成された薄層の互層による成層構造からなり、摺曲、断層、スランプ構造がみられない（一部コンボルト葉理）。こうした地層の生成環境は海域で流速があまりなく、粒子選別がよく働くようなほぼ水平

な薄層が継続して堆積する環境と推定される。したがって、湾や内海などである程度深度のある海洋地域が、徳次郎石が生成された環境であったと推測される。

新第三紀中新世の大谷地域は、茗荷沢層の半蔵山が近傍にあることから、陸域からはさほど遠くない海域と推定される。この地域の海域で比較的規模の大きい火山活動が発生し、噴火による火砕物の多量噴出が起こって、火山性碎屑物の堆積と、その後の再堆積作用があった。大谷層堆積物中にはゼオライトがよく形成されている。これはシリカとアルミナ類に富む珪長質火砕岩中で、珪酸塩類を含んだ熱水の遊離、あるいは海水中での長期に渡る地熱・圧力作用などによって、ゼオライト結晶が形成されうる環境であったことが示唆される。また、日光石（徳次郎石）から魚化石が発見されていて、この魚類の現生での生息域が熱帯～亜熱帯海域であることも、徳次郎石の生成環境を推測する手がかりとなる。

徳次郎石は清澄な白色を示し、ミソが著しく少ない。したがって、 SiO_2 、 Al_2O_3 とアルカリ元素を主とし、Fe、Mg酸化物の含量が少ない珪長質の全岩化学組成をもつ火山噴出物が原岩であったと推定される。これは徳次郎石の含有鉱物が無色鉱物としての石英と長石がほとんどで、有色鉱物の含量が微量であることとも密接に関連する。

これらの結果として、風化変質作用を受け難くいため、褐色化し難く清澄な白色が保存されやすい石材が徳次郎石の岩質上の特質となる。大谷石のミソについては、その成因は軽石、あるいは濃集した有色鉱物の風化変質によって形成されたなどの説が提出されており、まだ確定していないが、ミソを含まない徳次郎石の生成はどのような環境であったのかも注目される。したがって、徳次郎石はかなり限定的な地域が分布域で、産出量が著しく少ないことから、大谷層でもかなり限定的な地域が徳次郎石の生成環境であったと推測される。徳次郎石の全岩化学組成分析などの岩石学的な詳細な検討はまだ未実施なので、実施されることが望まれる。野外調査や試料採取などをすすめて、徳次郎石の生成環境の詳細を確定するために、引き続いての今後の調査活動が必要とされる。



写真11. 徳次郎石の採取試料（試料の横幅約10cm）
相田吉昭氏提供

主要文献

- 阿久津純（1953）宇都宮付近の層序．宇都宮大学学芸学部研究結果．no3．p.41-49.
 「栃木の自然」編集委員会編（1997）栃木の自然をたずねて．築地書館．282pp.
 中村洋一・松居誠一郎・鈴木陽雄（1981）宇都宮市大谷付近の地質．宇都宮大学教育学部紀要．no.31，p.105-116.
 酒井豊三郎（1986）新第三系関東地方北部足尾山地周辺宇都宮地域．日本の地質3「関東地方」．共立出版．p.127-129.
 吉川敏之・山元孝広・中江訓（2010）宇都宮地域の地質．産業技術総合研究所地質調査総合センター．NJ-54-30-1.
 清水隆一・川野良信（2017）栃木県宇都宮市北部に分布する中期中新世大谷層流紋岩の主成分・微量成分組成．地球環境研究．v.19，p.1-9.
 相田吉昭・酒井豊三郎（2017）大谷石の作る景観と地質．石の街 うつのみや 改訂版．宇都宮市美術館，p.14-25.