

徳次郎石の岩質とその生成環境

中村 洋一 (宇都宮大学)

1. はじめに

宇都宮市の大谷町付近に分布する緑色凝灰岩は、「大谷石」として広く利用されている。古墳時代や縄文時代から大谷石は利用され、江戸時代には石工社会とともに採石技術などが向上し、石材としての利用が広がった(宇都宮市史第8巻、1981)。明治初期には、宇都宮藩の譜代大名戸田藩主と名主馬込勘解由らによる江戸での販路開拓が殖産興業として試みられた(高山慶子、2016、2020; など)。その後、人車軌道や軽便鉄道の輸送手段によって販路が拡大してゆき、関東大震災時に大谷石を活用した帝国ホテルの堅牢さが注目されて、全国的に大谷石が著名となった(宇都宮美術館、2017; など)。2018年5月には、日本遺産として「地下迷宮の秘密を探る旅～大谷石文化が息づくまち宇都宮～」が認定された。

大谷石は大谷地域や宇都宮丘陵などに分布する大谷層の軽石火山礫凝灰岩から採掘されている。大谷層は新第三紀中新世の火山活動で噴出した火砕物が海底などに堆積して形成された。様々な粒径の軽石が含まれ、淡緑色を呈するので、「グリーントフ(緑色凝灰岩)」の好例とされる。2016年の「地質の日(5月10日)」に、日本地質学から全国の「県の石(岩石・鉱物・化石)」が発表されて、「栃木県の石」としては大谷石(おおやいし、凝灰岩)が、足尾銅山「黄銅鉱」、那須塩原市「木の葉石(植物化石)」とともに選定された。

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(後述)」や岩片の含量がかなり少なく、清澄な淡緑灰色の細粒の石材「徳次郎石(とくじらいし)」が産出する。この徳次郎石は良質石材として評価され、地域で利用されてきた。戦後も「日光石」として採石されていたが、産出量が少なく需要に対応できなくて、採掘を止めた。

本稿では大谷石の原石としての大谷層の地質学的な概要を記し、大谷石と比較しての徳次郎石のもつ岩質の特質や生成環境について紹介する。さらに、徳次郎石のような良質な石材は貴重な自然資産であり、保全活動を早急に地域連携ですすめていくことの重要性を記す。なお、徳次郎石研究会による2019年度、2020年度報告書では、様々な観点から徳次郎石を紹介しているので参照されたい。

2. 大谷層の地質(層序、分布、構造、形成年代など)

2-1. 大谷層の層序

これまでに調査・研究され、公表された文献などから、大谷層について概略する。宇都宮市西部地域の大谷町付近に分布する珪長質火砕岩類の地層が「大谷層」として太田(1949)により定義された。その後の研究で(阿久津、1953; 中村ほか、1981; 酒井、1986; 布川ほか、2004; 吉川ほか、2010など)、この地域に茗荷沢層、横山層、大曾層、長岡層、山本層の分布、これらを宇都宮層群とする提案、一括して大谷層とする提案などがなされた。大谷層についての詳細な地質と層序の記載(大谷地域整備公社、1997、相田・酒井、2017)、宇都宮地域の地質図も公表されている(吉川ほか、2010)。

宇都宮市大谷地域における新第三系層序概要を図1に、地質図を図2に例示した。地質図では、大谷層は最下部層(茗荷沢層を含む)、下部層、中部層、上部層と区分され、西部山稜から東部平地に各層がそれぞれ分布している。

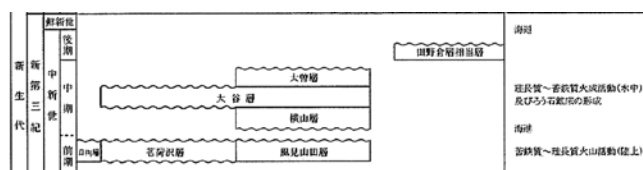


図1. 大谷付近の地質層序の総括図
吉川ほか(2010)の「宇都宮図幅地域の層序総括図」から抜粋

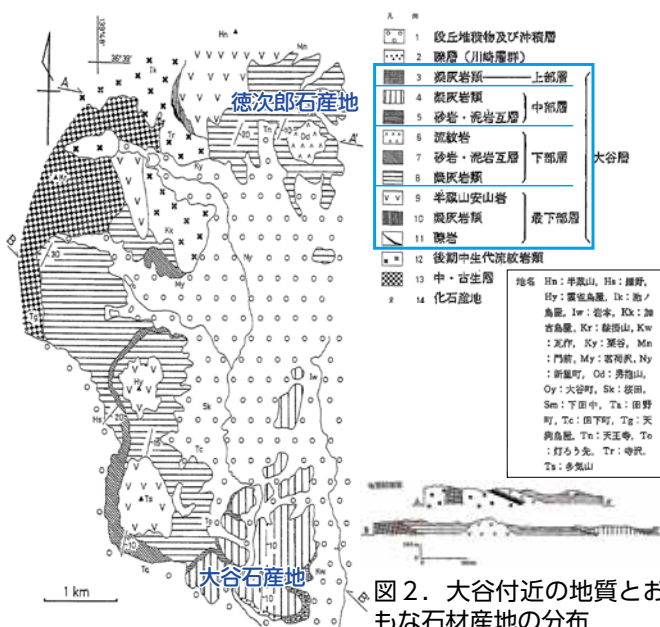


図2. 大谷付近の地質と
おもな石材産地の分布
地質図は中村他(1981)に加筆

2-2. 大谷層の岩相

大谷石は全岩組成がSiO₂含量67wt.%程度（組成範囲で64～72wt.%）のデイサイト～流紋岩である（表1）。新鮮な原岩は灰緑色だが、風化などにより茶灰白色を呈する。含有結晶として無色鉱物は斜長石と石英、有色鉱物は輝石のほかに角閃石や黒雲母を含むこともある。有色鉱物は変質して、緑泥石や粘土鉱物化し、これらの細粒変質鉱物は基質にも含まれる（表2）。

大谷石層としての岩相は、粒径64mm以下の軽石火山礫凝灰岩で、火山礫凝灰岩・軽石凝灰岩・凝灰岩・凝灰角礫岩など、およびこれらを原岩とする凝灰質砂岩・シルト岩などの堆積岩から構成される（吉川ほか、2010；など）。含有岩片として、流紋岩質溶岩や黒曜石、および同質礫岩などが含まれ、その岩片のサイズは大型では10数cmから数mm程度と様々で、その一部は下部層である茗荷沢層が起源と推定される。

大谷層の岩層変化の概要は（大谷地域整備公社、1997；相田・酒井、2017）、最下部は気泡が少なく低発泡で密度が高い軽石を多く含み、安山岩～流紋岩質の岩片も多く含む。上位に向かって軽石は発泡度が上昇し、サイズも大型化し、岩片の含量は減少する。「ミソ」が上位で目立つようになる。さらに上位では軽石は高発泡で小型となり、「ミソ」も小さくなっていく。最上部では軽石も「ミソ」もより細粒となり、縞状構造となり、細粒化した薄層互層（層厚数～数10m）の砂岩層が分布している。

表1. 大谷凝灰岩の全岩化学組成
(歌田・酒井、1983による)

	全岩組成	組成範囲
SiO ₂	67.42	64～72
TiO ₂	0.14	0.2～0.4
Al ₂ O ₃	11.36	11～15
Fe ₂ O ₃	0.73	-
FeO	0.41	0.5～1.8*
MnO	0.01	0.01～0.04
MgO	0.43	0.1～0.8
CaO	2.35	0.5～2.6
Na ₂ O	1.58	0.1～4.0
K ₂ O	3.20	0.1～8.0
H ₂ O+	9.33	-
H ₂ O-	2.77	-
Total	99.73	

* = FeO total

表2. 大谷凝灰岩中の変質鉱物組成と粒度範囲
(歌田・酒井、1983による)

鉱物	組成	粒径(mm)
斜プチロル沸石	30～50v%	0.01以下
α-クリストブル	30～50v%	0.001以下
モンモリロナイト	15～20v%	0.001以下
セラドナイト	5～10v%	0.001以下

2-3. 大谷層の分布、構造、年代など

大谷層の分布は宇都宮市北方の徳次郎町付近から大谷町周辺、大谷丘陵地帯、半蔵山の山麓地帯の東南山麓地帯から田川東岸の宇都宮丘陵地帯と南北に細長く展開する。その分布域は南北約37km、東西約8km、深さ地下200～300mで、この地域丘陵の大部分を占めている。地質構造は全体としてはNE-SW走向で、大谷層各層で20°SE落ちの傾斜で、大谷層上部では10°SE落ちの傾斜を示す同斜構造をしている。また、宇都宮丘陵西側地域の宝木段丘堆積物下で南に開いた向斜構造が推定されている。(中村ほか、1981；吉川ほか、2010；松居ほか、2011；など)。

大谷層からは、魚類化石（スズキ目スズメダイ科のソラスズメダイの一種）、貝化石（茂庭型動物群に対比される貝類化石群集）、浮遊性有孔虫化石（N.9帯を示す浮遊性有孔虫群集）の化石が産出している（中村、1948；林ほか、2004；山田ほか、2004；中村ほか、1981；松居ほか、2011；吉田、2020；など）。また、大谷層から報告されている年代値は、K-Ar放射年代：14.7±0.5Ma（半蔵山南東麓の軽石火山礫凝灰岩）、FT年代測定：12.9±0.6Ma（大谷町大谷寺西方の軽石火山礫凝灰岩のジルコン結晶など）などがある。したがって、大谷層の形成年代は新第三紀中新世、約13～15百万年前と推定される（吉川、1998；山田ほか、2004；吉川、2006；松居ほか、2011；など）。

3. 大谷石と徳次郎石の岩質－実体拡大鏡と偏光顕微鏡による検鏡結果－

3-1. 大谷石の岩質

大谷石について、岩石試料の実体拡大鏡と岩石薄片の偏光顕微鏡による検鏡を実施した。試料としては、大谷石細目、大谷石中目、大谷石荒目、また田下石などを用いた。なお、中村ほか（1981）による大谷石試料の岩石記載も参考にした。検鏡結果による岩質の概要を以下に記す（表3、写真1）。

大谷石試料はいずれも淡緑灰色あるいは淡褐灰色の軽石火山礫凝灰岩である。含有する結晶（35～5vol.%）のほとんどは破碎されている。無色鉱物としては斜長石や石英（粒径0.5～2mm程度）、有色鉱物としては輝石、まれに角閃石、ごくまれに黒雲母を含む。多くの有色鉱物は変質して、緑泥石、あるいは粘土鉱物化している。基質には褐色から無色の微粒のガラス、斜長石、石英（クリストバライトなどのシリカ鉱物）、鉄鉱物（褐鉄鉱など）や、細粒の変質鉱物の緑泥石や方解石、粘土鉱物としての沸石（斜プチロルなど）、およびモンモリロナイトなどを含む（表3）。ほかに、「ミソ」が含まれ、そのサイズは様々で、空洞化したものがある。ほとんどの「ミソ」には変質鉱物や粘土鉱物などが形成されている（歌田・酒井、1983；など）。「ミソ」の成因については、軽石の変質、あるいは有色鉱物濃集部の変質による粘土鉱物の生成などの説がある。

また、岩片が含まれ、その岩質は安山岩、デイサイト、流紋岩質で、その多くに変質鉱物、沸石族鉱物、粘土鉱物が形成されていて、サイズは数cmから数mmが多く、まれに10数cmに及ぶ大型岩片もある。

表3. 大谷石および徳次郎石の薄片試料の偏光顕微鏡の検鏡結果

試料	輝石	角閃石	黒雲母	斜長石	石英	緑泥石	方解石	岩片
下田中 採石場 (徳次郎石)				-	++		++	
下田中 西800m (徳次郎石)					+++	++	++	
大谷 田下石	0.3	-		21.8	9.4	+		2.9
大谷 桜田石	3.5	-		9.8	7.6	+		-
大谷 荒目石 (仁良塚)	4.5	-	-	6.5	5.0	+		-
大谷 細目石 (戸室)	0.2	-		3.8	1.2	+		0.8

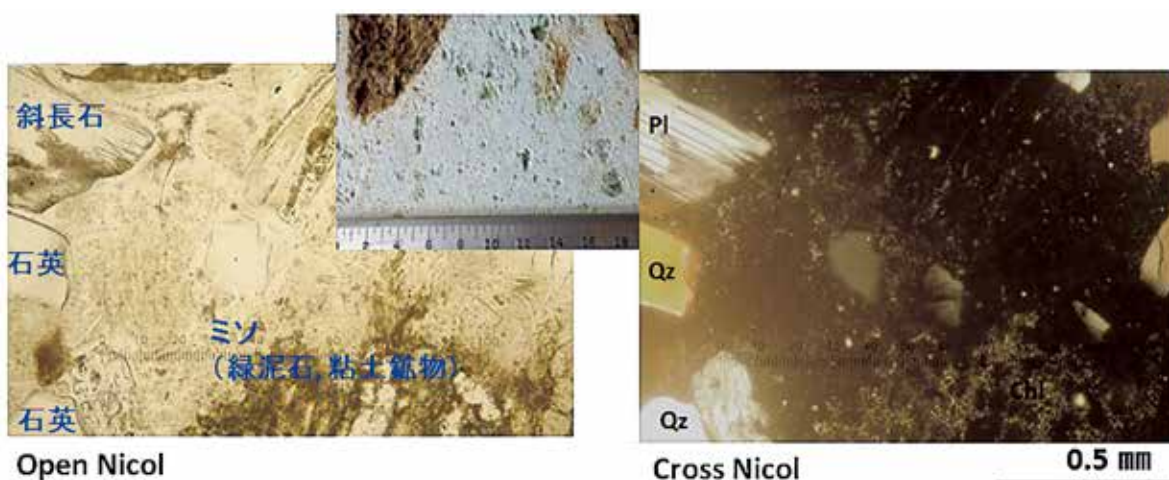


写真1. 大谷石 (荒目) の岩石試料 (横幅約20cm) の実体拡大鏡写真 (上)と岩石薄片の偏光顕微鏡 (下) 偏光顕微鏡写真は、左：開放ニコル、右：直交ニコル

3-2. 徳次郎石の岩質

徳次郎石について、岩石試料の実体拡大鏡と岩石薄片の偏光顕微鏡による検鏡を実施した。2019年春の本研究会主催での徳次郎石採石場跡地の現地踏査や、2021年9月での相田氏、清木氏、花井氏との現地調査などを実施して、その際に試料の採取をした。調査状況の一部は報告されている (中村、2020; 相田ほか2022; など)。田中場南の共有石山採石場の跡地での詳細な地質層序は相田 (2022) により報告されている。採取した徳次郎石の岩石試料は、細粒凝灰岩と火山礫凝灰岩である (図3)。

実体顕微鏡による観察結果を以下に記す。細粒凝灰岩 (写真2、3) は、青灰色、淡緑色、茶灰色などを呈する清澄な薄層互層で、堆積構造が認められることが多い。細粒凝灰岩を構成する粒子は粒径1mm以下のシルトないし粘土サイズで、淘汰が非常によい。ごくまれに粒径のやや大きな岩片や鉱物集積が含まれることがある。火山礫凝灰岩 (写真4) は、粒径1~2mm程度の大きめの粒子で構成され、淘汰が悪く、明瞭な成層構造は認められない。粒径サイズがやや大きめ (数cm~3mm程度) の、岩片、ミソ、結晶片などを含むことが多い。基質は空隙を有し、その周辺の多くに、やや大型の変質鉱物や粘土鉱物の集積がみられた。

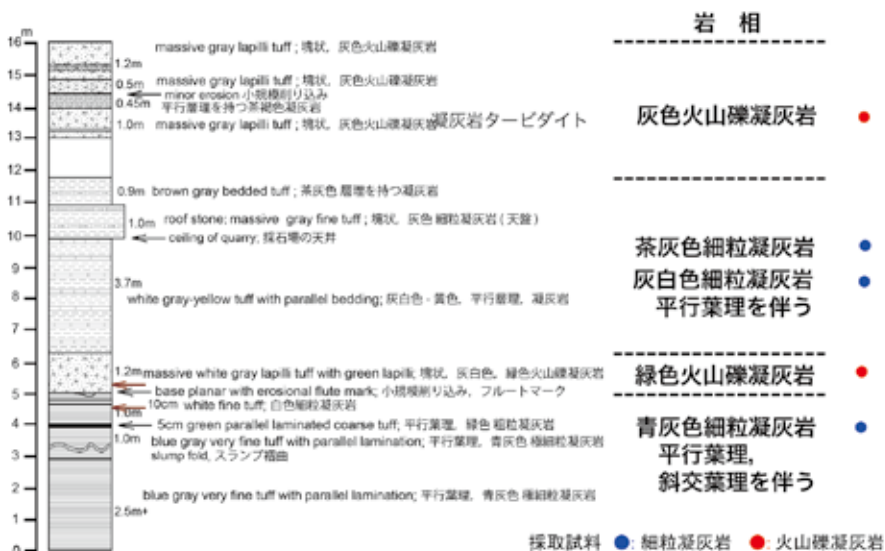


図3. 徳次郎石採石場の地質柱状図と採取した試料 地質柱状図は相田 (2022) による



写真2. 青灰色と緑灰色の徳次郎石細粒凝灰岩 左写真の格子間隔 2 cm



写真3. 淡褐色と灰白色の徳次郎石細粒凝灰岩

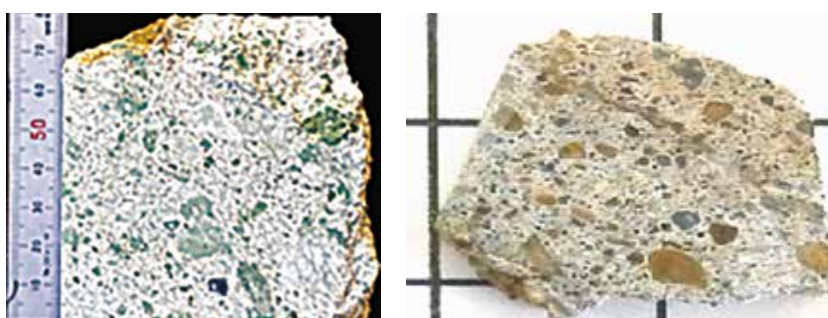


写真4. 徳次郎石火山礫凝灰岩
左：緑色火山礫凝灰岩
右：灰褐色火山礫凝灰岩
(格子間隔 2 cm)

偏光顕微鏡による岩石薄片試料の観察結果は以下の通り。含有結晶としての無色鉱物は石英と斜長石が認められた(写真5)。石英は清澄であることが多く、自形を示すものと破碎されているものがあり、結晶外形が円形化しているものが多くみられた。斜長石は結晶が破碎されていて、その多くに変質がみられた。有色鉱物片は微量だが含まれていた。その結晶外形などから輝石、まれに黒雲母と推定された。これらの有色鉱物は変質がすすみ、緑泥石、方解石、粘土鉱物が生成されていた。ほかに鉄鉱物なども微量含まれる。基質には無色ないし淡褐色ガラスや細粒の鉱物片が含まれ、微細粒子の変質鉱物の緑泥石や方解石、カルセドニー、粘土鉱物、沸石族も含まれていた。

田中場南の徳次郎石採石場跡での地質層序では、火山礫凝灰岩は緑色火山礫凝灰岩が中位下部に、灰色火山礫凝灰岩が上位に分布している(図3)。このうち、緑色火山礫凝灰岩は変質して緑泥石化した岩片、有色鉱物、およびこれらの濃集が多く認められた。また、一部の石英で淡緑色を呈したものが認められたが、これは極微細な緑泥石が含まれることによる可能性もある。

一方、灰色火山礫凝灰岩の岩片や有色鉱物濃集部分に緑泥石は少なく、ス멕タイト化した緑泥石、粘土鉱物、硫化鉄や水酸化鉄で、基質もこれらの微細粒子を含む。したがって、この結果として淡褐から淡茶を帯びた灰色を呈している。

続成・変質作用が進行すると、温度環境が低温であれば粘土鉱物ス멕タイト族(サポナイトやモンモリロナイト)がまず形成されて(図4)、その後に高温化が進行すると緑泥石が形成される(吉村、2003;など)。さらに、変質・続成作用、あるいは風

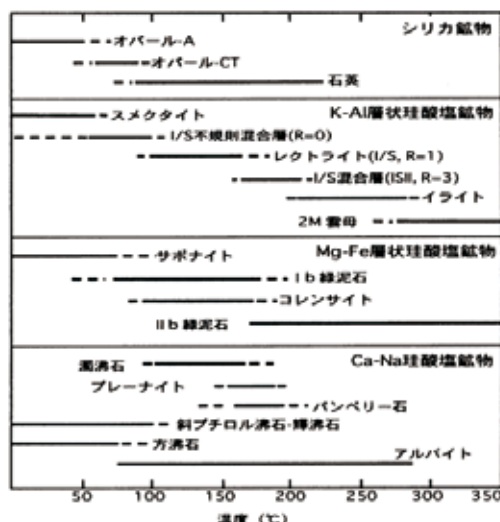


図4. 続成作用による変質鉱物の生成温度
吉村 (2003) による

化作用による温度環境の低温化が進行すると、形成された緑泥石はスメクタイト化する。また、変質・続成作用や風化作用によっては、緑泥石と粘土鉱物スメクタイトの混合層鉱物が形成されるが、これは両鉱物の結晶構造が近いためである。したがって、田中場南などでの徳次郎石産出地の堆積環境では、変質・続成作用、および風化作用の進行に伴う温度環境の変化を反映して、下位の細粒凝灰岩や火山礫凝灰岩は青灰色や緑色を呈し、上位の茶灰色や灰白色を呈したと推定される。

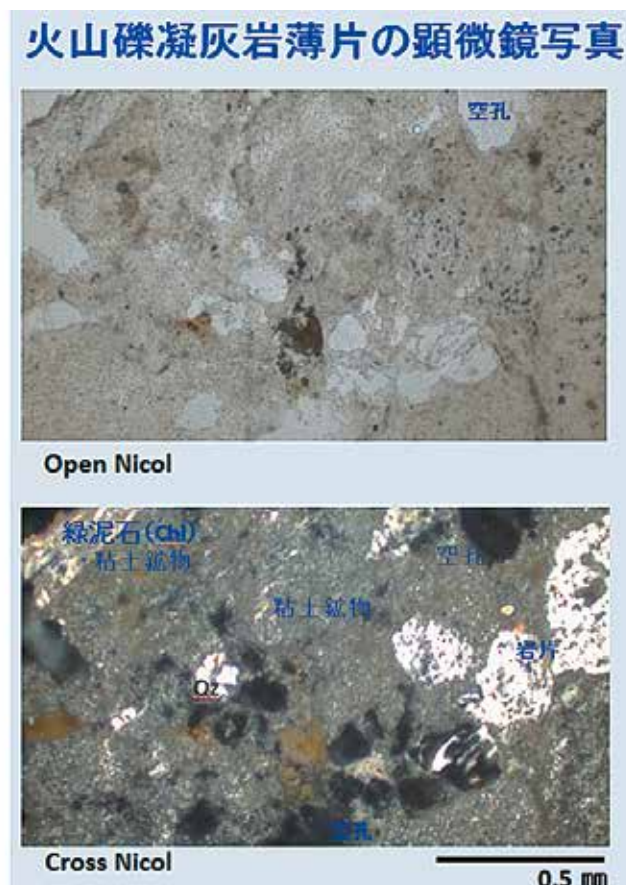
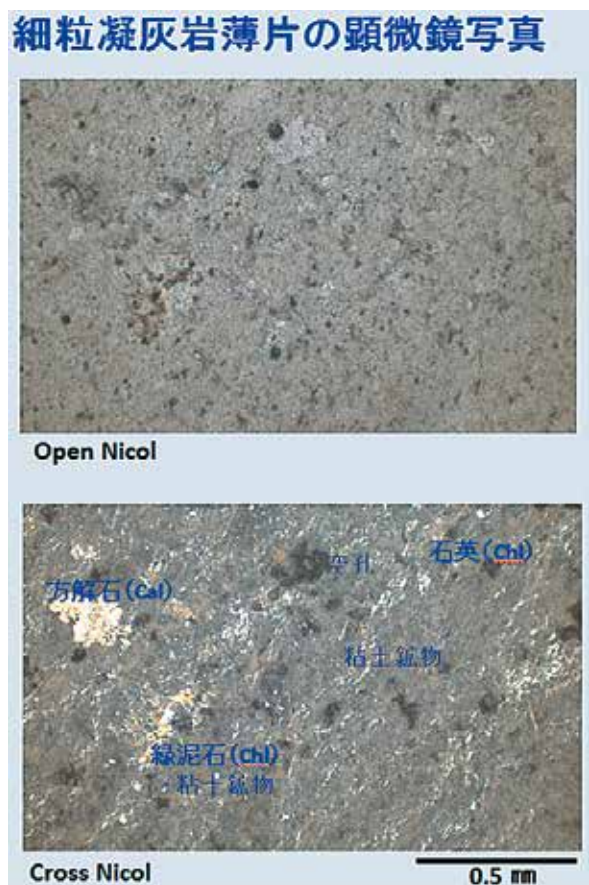


写真5. 徳次郎石薄片試料の偏光顕微鏡写真（上：開放ニコル、下：直交ニコル）
左：細粒凝灰岩、右：火山礫凝灰岩

3-3. 徳次郎石の岩質上の特徴

岩石試料の実体拡大鏡と岩石薄片の偏光顕微鏡による検鏡から、徳次郎石のもつ岩質上の特徴は、以下のよう整理される。

- ① 清澄な淡青灰色、淡緑白色、淡褐灰色、灰白色を呈する。
- ③ よく淘汰された細粒粒子（シルト～粘土サイズ）で構成される。
- ④ 含有する無色鉱物は細粒の石英と長石である。
- ⑤ 含有する有色鉱物は輝石、まれに黒曜石で、ほとんどが変質し、緑泥石ないし粘土鉱物が生成されている。
- ⑥ 基質には細粒の無色ないし白灰色のガラス、石英・長石・輝石などの結晶片を含有する。
- ⑦ 岩片やミソなどはほとんど含まないが、含んでも微細粒子である。
- ⑧ 変質鉱物として、細粒の緑泥石、粘土鉱物、ゼオライト、カルサイトなどを含む。

4. 石材としての大谷石と徳次郎石

4-1. 石材としての大谷石

石材としての大谷石の特徴は、柔らかく、加工性がよくて、耐火性をもち、断熱性が高く、軽くて質感も良く、新鮮な原石の多くが灰緑色を呈していることである。この要因となっているのは、石材原石が軽石火山礫凝灰岩であるためである。石材としての大谷石は、粒径および含有物やミソのサイズと含量などから細目、中目、荒目に区分されている。大谷石荒目は下部層に多く、全体に粒径が粗粒で、大きな軽石・岩片やミソなどが比較的多く含まれ、溶結度が強いので硬めである。このため加工が難しいので、石倉土台などの基礎石材、石塀や土留めなどに多く利用される。大谷石中目は中部層中位や上部層下位・中位から採掘される。全体とし

て粒径はやや大きめで、軽石やミソも含まれるが加工しやすい。このためもっとも採石されて、門柱・敷石・石塀などの建材に広く用いられている。大谷石細目は軽石やミソの粒径が細粒で、細工が容易な石材だが産出量は少ない。若草大谷石とも呼ばれる田下石も粒径が細かくて、軽石やミソをほとんど含まず、きめ細かい肌面をもち淡緑色を示す。これらの細粒石材は、彫刻、レリーフ、貼り石などに用いられる。最近、大谷石中に含有されているゼオライト（斜プチロル沸石など）の吸着効果が注目されて、活用されつつある。

大谷地域には、大谷採掘地以外にもいくつかの石材産地が知られていて、そのほとんどは同じ大谷層の軽石凝灰岩を原岩としている。一部の原岩は大谷層より下位層準の後期白亜紀ないし古第三紀の火成岩類である。これらの凝灰岩質の石材産地を池田・川村（2022）による報告の記載を参考に、粒径と含有物に主に着目して、概括的な岩質区分をして表4に示した。細粒岩質は徳次郎石、天王寺石、寺沢石、および中野石、桜田石、田下石、戸室石、大谷石（細目）である。中粒岩質は岩原石、大谷石（荒目）、大谷石（中目）で、粗粒岩質は下横倉石、熊之堂石、岩本石、長岡石、戸祭石である（写真6、7）。これら岩質ごとに区分した石材産地の分布を、大谷付近の地質図（吉川ほか：2010）に示した（図5）。

岩質区分した石材産地は、細粒岩質の産地は半蔵山から多気山の西部山稜に南北に分布し、粗粒岩質の産地は山稜地域裾野から宇都宮丘陵地域に分布している。両者の間で南部に、中粒を主として細粒から粗粒岩質で、層厚が最もある大谷石採石地が分布している。大谷層の層序関係などを考慮すると、まず西部で細粒岩質層の堆積があり、ついでその東部で中粒や粗粒岩質の堆積していった推移が推測されている。こうした岩質区分された石材産地の分布状況には、かつて大谷地域でマグマ活動があった時期の地形、噴火活動の位置、噴出した火山砕屑物の岩相、分布域や堆積過程、さらにその後での再堆積状況など、多くの自然環境が反映されていると示唆される。大谷地域で今後調査をすすめることで、大谷石などの石材原石の形成過程の詳細がさらに明らかにできることが期待される。

表4. 大谷石近傍地域の石材産地の岩質区分

粒径	含有物	岩石名
細粒	ほとんど含まず ミソ・不純物少し含む ミソ・不純物含む	徳次郎石 天王寺石 寺沢石 中野石 桜田石 田下石 戸室石 大谷石(細目)
中粒～粗粒	ミソ・不純物・岩片含む	岩原石 大谷石(荒目) 大谷石(中目)
粗粒	ミソ・不純物・岩片含む	下横倉石 熊之堂石 岩本石 長岡石 戸祭石

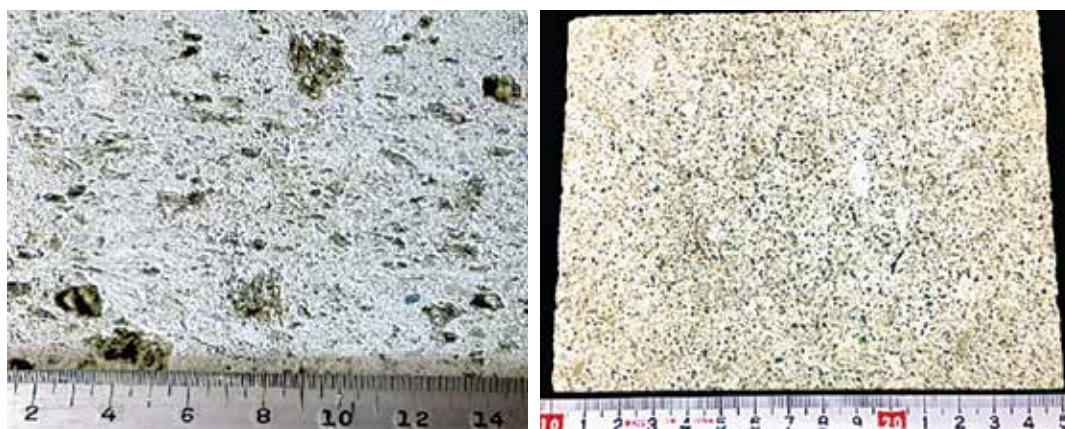
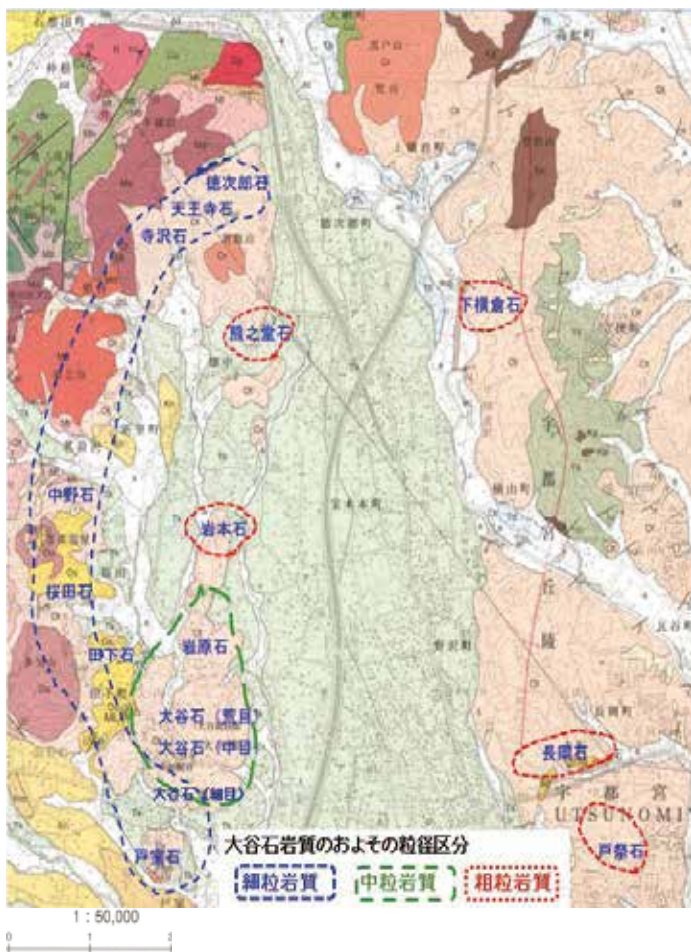


写真6. 大谷地域における大谷石(中目)と田下石
左：大谷石(中目) 右：田下石(栃木県立博物館試料)



写真7. 大谷地域近傍における熊之堂石と長岡石
左：熊之堂石(池田貞夫氏試料) 横幅約12cm 右：長岡石



宇都宮 NJ-54-30-1
UTSUNOMIYA 7-103
1:50,000



図5. 大谷地域の岩質区分による石材産地の分布
地質図は吉川ほか (2010) より部分抜粋
石材産地は池田・川村 (2022) による

4-2. 石材としての徳次郎石

大谷地域での徳次郎石、天王寺石、寺沢石には、ミソや岩片などの不純物をほとんど含まず、粒径がとくに細粒で淘汰がよくて、きめ細かい肌面をもつ清澄な灰白色の石材としての共通した岩質をもつ原岩が産出する (表3、図5)。こうした石材は細工が容易な石材で、装飾用などの石材として利用されることが多かったが、それぞれ分布が限られ、埋蔵量も少なく、採掘量も少ないため、現在は採石されてない。

このうちで徳次郎石の産出地は宇都宮市徳次郎町西方の山稜地域に分布し、大谷層分布域のほぼ北限に位置している。この地域のすぐ北西に下位層である茗荷谷層の半蔵山安山岩が、また南に大谷層を貫いた貫入岩である男抱山流紋岩が分布している。確認されたこれまでの徳次郎石5カ所の採石跡地 (池田、2020) は、すべて山稜地域の北北西から南南東の方向の標高250 ~ 400mに分布することから、連続した同一地層の同一層準を露天掘りで採掘したと推定される。

このうちのひとつが田中場南の共有石山採石場などで、半蔵山から男抱山に続く南東山稜の約1 km以内の地域である。採石されていた徳次郎石の石材は、ミソや岩片はほとんど含まず、粒径のよく揃った細粒の薄層からなる成層構造をも岩質で、岩石研磨面はきめ細かくて美しく、淡青味から淡緑色、あるいは淡褐色を帯びた清澄な灰白色を呈する (写真8)。さらに、この石材の岩質上の特徴は、風化による岩質劣化もほとんどないことである。これらのため、地域では良質の石材として評価されて、宗教関係の石塔や石祠などの石造物、石倉の彫刻部分などの装飾用石材として、大谷石とは異なる利用がされていた (本研究報告書、2020、2021など)。この徳次郎石は戦後「日光石」として日光石材(株)により採石されていたが、昭和50年頃には生産を止め、その後の平成2年頃にはすべての採石が終了した (中川、2022)。

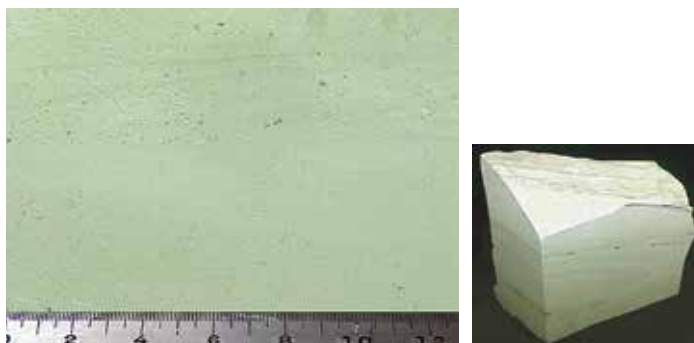


写真8. 徳次郎石の岩石試料と研磨試料
右: 徳次郎石の岩石試料 横幅約10cm (相田吉昭氏試料)
左: 徳次郎石の研磨試料 幅約12cm

5. 徳次郎石の生成環境

5-1. グリーンタフ変動と大谷層の大谷石

中新世後期に開始したグリーンタフ変動では、日本海が開くリフティング（日本海開裂）が進行した（鹿野、2018；など）。新第三紀中新世の約17～15百万年前は、大谷地域では安山岩質マグマの火山活動で風見山田や半蔵山など山稜地域（茗荷谷層）が形成された（吉川、1998；吉川ほか、2010；清水・川野、2017；ほか）。約14～13百万年前のグリーンタフ変動の沈降期には海進がすすみ、海底でのデイサイトから流紋岩質のマグマ活動があって、大規模火砕流による火山灰、軽石、岩片などの火山碎屑物が広域に堆積した。その後、これらの火山碎屑物によって水中での再堆積作用により、砂岩・泥岩・シルト岩の堆積岩が形成された。グリーンタフ変動によるマグマ活動による熱水変質、および沈降による埋没変質によって地温や圧力の上昇が進行したため、堆積物中には変質鉱物が広範に生成されて、緑色を呈するグリーンタフ（緑色凝灰岩）が形成された。これらの経緯によって、大谷地域に軽石火山礫凝灰岩質を主とする大谷層が堆積した（吉川ほか、2010；松居ほか、2011；など）。

こうしたグリーンタフ変動が発生したグリーンタフ地域は日本の油田地域であるとともに、グリーンタフ（緑色凝灰岩）の石材産地（日本海側や関東・伊豆の地域）となっている（図6）。採石地の詳細は、小林・安森（2021）に記載されている。こうしたグリーンタフの典型のひとつが、大谷層の大谷石とされる（日本地質学編「栃木の石」の記述などより）。

大谷層は下部層では粗粒の軽石や岩片が多く含まれる火山礫凝灰岩、中部層では軽石火山礫凝灰岩や中粒から細粒の凝灰質砂岩やシルト岩、上部層では軽石濃集層がある凝灰岩質堆積岩となっている。また、海底での長期にわたる続成・変質作用によって、大谷層の堆積物中にはミソの形成、さらに緑泥石、粘土鉱物、沸石類ゼオライトなどの変質鉱物が広範に生成された。現在の大谷石のもつ岩質上の特質は、こうした大谷地域の過去の自然環境の経緯が反映されている。

5-2. 徳次郎石の生成環境

徳次郎石のもつ岩質上の特徴とそれによって推定される生成環境について以下に記す。徳次郎石の岩質の特徴は、ミソや岩片をほとんど含まず、淘汰のよい細粒物質で構成され、薄層の成層構造をもつ清澄な灰白色堆積岩である。徳次郎石のこの清澄な灰白色は、含有鉱物の無色鉱物の多くが石英と長石からなり、有色鉱物やミソの含量が微量である鉱物組成に起因している。これは原岩がデイサイトないし流紋岩質で、全岩化学組成としてSiO₂含量が64～72wt%で、Al₂O₃やNa₂O、K₂Oの珪長質を多く含み、Fe、Mg酸化物の含量が少ない化学組成を有しているからでもある。また、軽石やミソがほとんど含まない細粒物質で構成されていて、変質しやすいFe-Mg成分が少ないために、風化・変質作用を受けにくくて、清澄な灰白色が長期に保存される。したがって噴火活動に係わったマグマの組成が、これら原岩の岩質に大きく起因している。

徳次郎石原岩の地層は、大谷層とほぼ同様に軽石質火砕流による堆積環境で形成された。徳次郎石の原岩は全体として淘汰のよい細粒堆積物で、薄層互層による成層構造、平行葉理や斜交葉理の堆積構造が確認される。これは粒子選別がよく働くような低速の流速がある水中環境、例えば内湾などの浅海が生成環境であった可能性が高い。また、火山礫凝灰層を複数含むことから、未固結の火山碎屑物がタービダイト（混濁流、乱泥流）として発生する堆積作用があったことも推測されるので（相田、2022）、海底扇状地のような再堆積の環境場

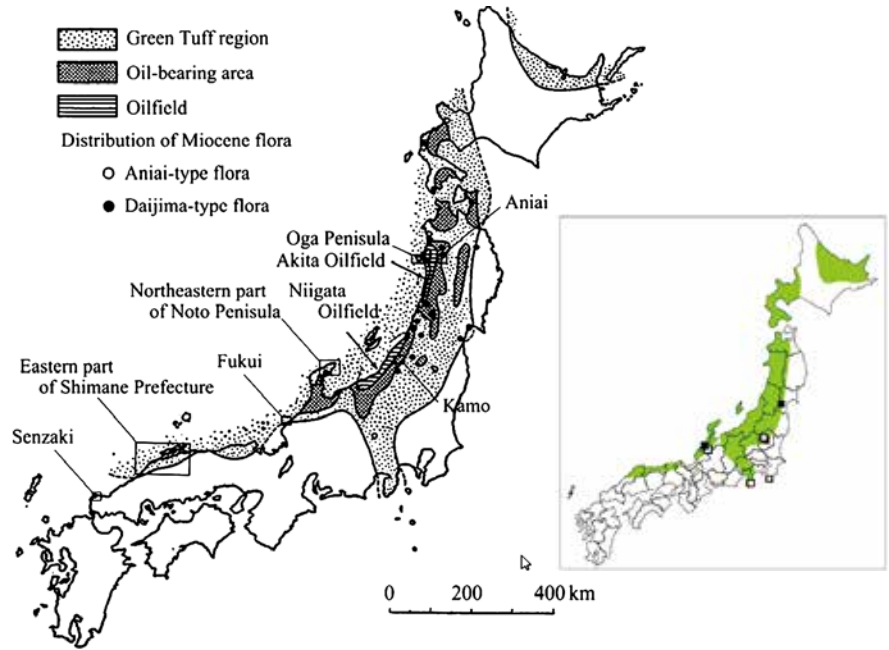


図6. 日本のグリーンタフ地域

左図：鹿野和彦（2018）

右図：グリーンタフ地帯と軟石採石地（小林・安森、2021；より抜粋）

があった可能性がある。

徳次郎石の原岩層の層序は、下位層に青灰色から淡緑灰色の細粒凝灰岩や緑色火山礫凝灰岩が分布し、上位層に茶灰色ないし灰白色の細粒凝灰岩や火山礫凝灰岩が分布している。これは堆積直後ではマグマ活動による熱水変質、埋没堆積による続成作用が進行して、地温上昇や圧力上昇があり、緑泥石や粘土鉱物（緑灰色のサポナイトなど）・沸石類（ゼオライト）などの変質鉱物・粘土鉱物が広範に生成され、青灰色から淡緑灰色を帯びた堆積物となった。その後、海退などの環境変化により、堆積場が浅所ないし陸上へと変遷したため、地温低下や低圧化の続成・風化作用を受けることとなった。このため、堆積物中の変質鉱物・粘土鉱物はスメクタイト化などの再結晶化が進行し、茶灰色ないし灰色を帯びた堆積物になった可能性が推定される。

この時期の徳次郎石などの産出地域は、近傍に半蔵山などの山稜が分布する湾岸地域で、内海などが形成されていた。このため、浅海でもやや限定的な地域で、おだやかな低速海流の場があったため、有色鉱物や岩片などが少なく、無色鉱物を主とした淘汰よい細粒物（シルト～粘土サイズ）からなる薄層互層の堆積物である徳次郎石の原岩が形成されることになった。

大谷地域ではグリーンタフ変動期の新第三紀中新世に海底での珪長質のマグマ活動があった。2022年1月15日にトンガ沖で海底噴火が発生し、映像などから活動の様子や規模の大きさが実感されるが、大谷地域に分布している大谷層軽石質凝灰岩の分布状況を考慮すると、発生した噴火はこれより遙かに巨大な活動規模であったと推測される。さらに、海進や海退の環境変遷があって大谷石原岩が形成され、徳次郎石などの清澄で灰白色をもつ細粒原岩の特質も獲得された。これらが、徳次郎石、天王寺石、寺沢石の石材産地での原岩の生成と環境の変遷であったと推定される。

6. おわりに

宇都宮市大谷地区から宇都宮丘陵付近に広く分布する凝灰石は、大谷石として古くから地域の石材として利用され、さらに近年は著名な歴史的な価値のある建築物にも活用された。この大谷石は2016年には栃木県の「県の石」に指定され、大谷地域が2018年に日本遺産に認定された。大谷地域には大谷石のほかにも、徳次郎石や田下石など、それぞれに特徴ある良質の石材が産出して、地域に根差して長く利用されてきた。しかし、こうした良質の石材産地のほとんどは採石を現在止めている。このため、これらの石材による様々な貴重な建築物などは劣化による修復が困難となり、石材そのものも廃棄されつつある。埋蔵量が限定されているこれら貴重な石材および採石場跡地について、将来に向けてどのような保存を適切にすすめるかについて、真摯な検討が必要とされる時期にきている。大谷地域が日本遺産に登録された時期こそ、こうした石材、その建築物、関係記録や資料などの保全のあり方の検討について、地域と関連自治体との連携による活動が早急に望まれる。

主要文献

- 相田吉昭（2022）徳次郎石を含む新第三系の層序と堆積構造と石材特性について．徳次郎石研究会活動成果報告書、2021（令和3）年度、徳次郎石研究会。
- 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.
- 阿久津純（1953）宇都宮付近の層序．宇都宮大学学芸学部研究論集，no.3.p.41-49.
- 池田貞夫・川村泰一（2022）宇都宮市域の石材産地を探る．徳次郎石研究会活動成果報告書、2021（令和3）年度、徳次郎石研究会。
- 鹿野和彦（2018）グリーンタフの層序学的枠組みと地質学的事象．地質学雑誌，v.124，p.781-803.
- 松居誠一郎・山本高司・柏村勇二・青島睦治（2011）栃木の新第三系：荒川層群中部の層序と化石および大谷地域の応用地質．地質学雑誌，v.117，p.89-102.
- 小林基澄・安森亮雄（2021）日本の「石のまち」における石造建築物と採石産業の調査報告．徳次郎石研究会活動成果報告書、2020（令和2）年度、徳次郎石研究会、p.16-19.
- 中川博夫（2022）徳次郎石の研究 日光石材(株)とその時代．徳次郎石研究会活動成果報告書、2021（令和3）年度、徳次郎石研究会。
- 中村久由（1948）栃木県大谷緑色凝灰岩層中の化石．地質学雑誌，54（637），129.
- 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、第2部、no. 31. p.105-116.
- 中村洋一（2020）徳次郎石の地質と岩石．徳次郎石研究会活動成果報告書、2019（令和元）年度、徳次郎石

- 研究会、p.16-24.
- 布川嘉英・酒井豊三郎・天野一男（2004）栃木県内に分布する新第三系の層序．栃木県博研究紀要－自然－、21, p.1-18.
- 太田茁司（1949）大谷石の研究－石材としての性質について－地質学雑誌, v.55, p.85-89.
- 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.
- 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.
- 高山慶子（2016）栃木県官吏仲田信亮の旧江戸町名主馬込惟長宛書簡－大谷石などの栃木県産石材をめぐって－．宇都宮大学教育学部紀要、第66号、第1部, p.51-64. 要』第66号第1部、2016年）。（宇都宮大学学術情報リポジトリUUAIR (<https://uuair.repo.nii.ac.jp/>) で公開)
- 高山慶子（2020）江戸の名主 馬込勘解由.春秋社. 293p.
- 歌田実・酒井均（1983）岩石と核種の相互作用に関する調査研究（Ⅱ）、1.1岩石試料、p.1-9. 原子力安全研究協会.
- 宇都宮市（1981）大谷石材（第7章）、宇都宮市史 第8巻.
- 宇都宮美術館（2017）石の街 うつのみや－大谷石をめぐる近代建築と地域文化.図録 宇都宮美術館開館20周年図録. 160p.
- 山田隆二・林広樹・笠原敬司（2004）栃木県鬼怒川低地の西縁および地下に分布する珪長質軽石凝灰岩のFT年代測定．フィッション・トラックニュースレター、no.17, p.9-16.
- 吉川敏之（1998）栃木県宇都宮地域に分布する新第三系の地質と層序．地質学雑誌, v.104, p.346-356.
- 吉川敏之（2006）栃木県北部に分布する中新世珪長質火山岩の形成年代．地質学雑誌, v.112, p.760-769.
- 吉川敏之・山元孝広・中江訓（2010）地域地質研究報告 宇都宮地域の地質－5万分の1地質図及び説明書－．産業技術総合研究所地質調査総合センター, NJ-54-30-1.
- 吉村尚久（2003）続成作用と粘土鉱物、粘土科学、n.42-3, p.167-173.
- 吉田貴洋（2020）徳次郎石の標本採取について．徳次郎石研究会活動成果報告書2019（令和元）年度、p.25-26.
- 財団法人大谷地域整備公社（1997）平成8年度大谷石採取場跡地調査業務委託報告書（地質編）.
- 徳次郎石研究会、2020、徳次郎石研究会活動成果報告書、2019（令和元）年度、徳次郎石研究会、27p.
- 徳次郎石研究会、2021、徳次郎石研究会活動成果報告書、2020（令和2）年度、徳次郎石研究会、30p