

P1 讃州豊島石の応用地質学的研究事始

Engineering approach to Teshima Stone of Kagawa Prefecture

○日本応用地質学会中国四国支部豊島石研究チーム*
研究代表者：長谷川修一（香川大学工学部）

1. はじめに

香川県土庄町豊島から産出する火山礫凝灰岩は、その独特の色調や加工しやすく、火に強いという特徴によって、「豊島石」として江戸時代から世に知られ、桂離宮を代表とする庭園の灯籠として加工されるとともに、井筒、火炉、かけいなどに広く使用されてきた。しかしながら、昭和 30 年代以降、機械を活用した石材加工技術の進歩とともに、庵治石などの花崗岩系の石材が主流を占め、また生活様式の変化から豊島石の一般需要も激減した。また最近豊島石を採掘、加工する最後の石材店が倒産したことによって、明治以降採掘が続いた貴重な坑内掘りの大丁場が閉鎖された。その結果、香川県の伝統工業品にも指定された豊島石も数百年の伝統が消えようとしている。

文化遺産、産業遺産としての豊島石のもつ価値を広く認識してもらうためには、総合的な学術調査が必要である。このため、日本応用地質学会中国四国支部では、豊島石研究チームを立ち上げ、財団法人福武学術文化振興財団の第 4 回瀬戸内文化研究・活動支援助成を受け、豊島石の応用地質学的研究を開始した。本研究では、豊島石の地質学的・応用地質学的研究によって地質遺産としての価値を明らかにすることを目的としている。

ここでは、豊島石に関するこれまでの調査結果を速報し、今後の調査研究の課題について考察する。

2. 研究内容

本研究は、豊島石の岩石としての特徴を明らかにする地質学的・応用地質学的研究と現存する石造物の製作時代とその分布を明らかにする調査からなる。調査地域の案内図を図 1 に、豊島の地形図を図 2 に示す。

(1) 豊島石の地質学的・応用地質学的研究

- ・ 豊島および周辺地域の地質調査によって、豊島石の地質学的な位置づけを明確にする。
- ・ 豊島石の岩石学的特徴を偏光顕微鏡観察、蛍光 X 線分析、微量元素分析によって解明する。
- ・ 豊島石の工学的性質を岩石試験によって把握する。
- ・ 豊島石の風化特性を色彩測定、帯磁率測定、X 線回折などによって解明する。

(2) 豊島石石造物の製作時代と分布調査

瀬戸内周辺地域に分布する豊島石の石造物の製作時代と分布を資料調査と現地調査によって確認し、豊島石石造物の製作時代と分布図を作成する。ただし、本調査はすでに松田（2009）による詳細な調査があるため、この成果を踏まえた分布図の作成を行うこととする。

(3) 豊島石石造物の原産地に関する検討

豊島石石造物の原産地を推定する方法について現地調査に基づき検討する。

(4) 研究の総括

研究を総括して、現状と課題を報告書にまとめる。

*共同研究者：石井秀明（ナイバ）、磯野陽子（エイト日本技術開発）、遠藤亮（丸亀市文化財保護協会）、小笠原洋（復建調査設計）、藤本睦（復建調査設計）、広瀬永津子（石の民俗資料館）、西山賢一（徳島大学）、鈴木茂之（岡山大学）、田村栄治（四電技術コンサルタント）、横山俊治（高知大学）

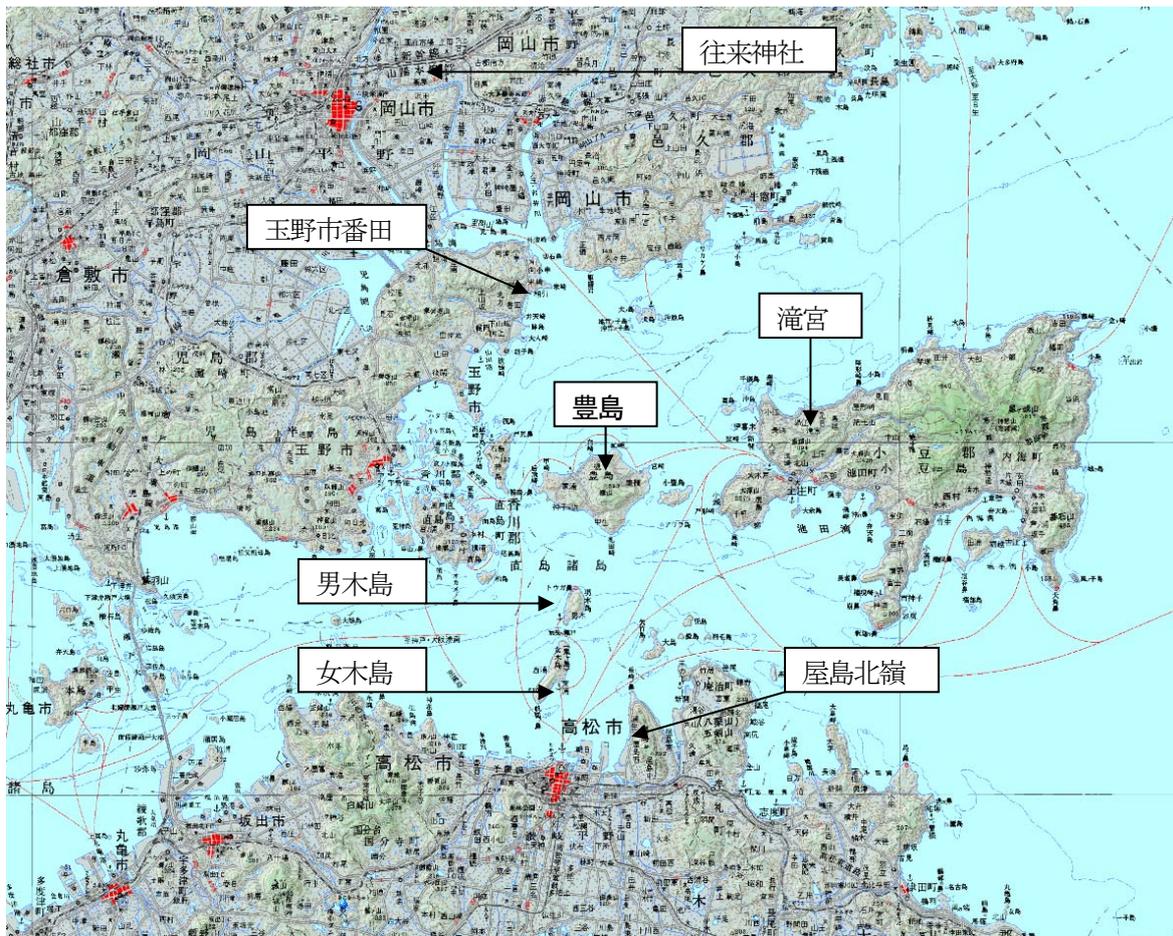


図1 豊島の案内図 (国土地理院 20 万分の 1 地勢図をカシミール3D で表示)

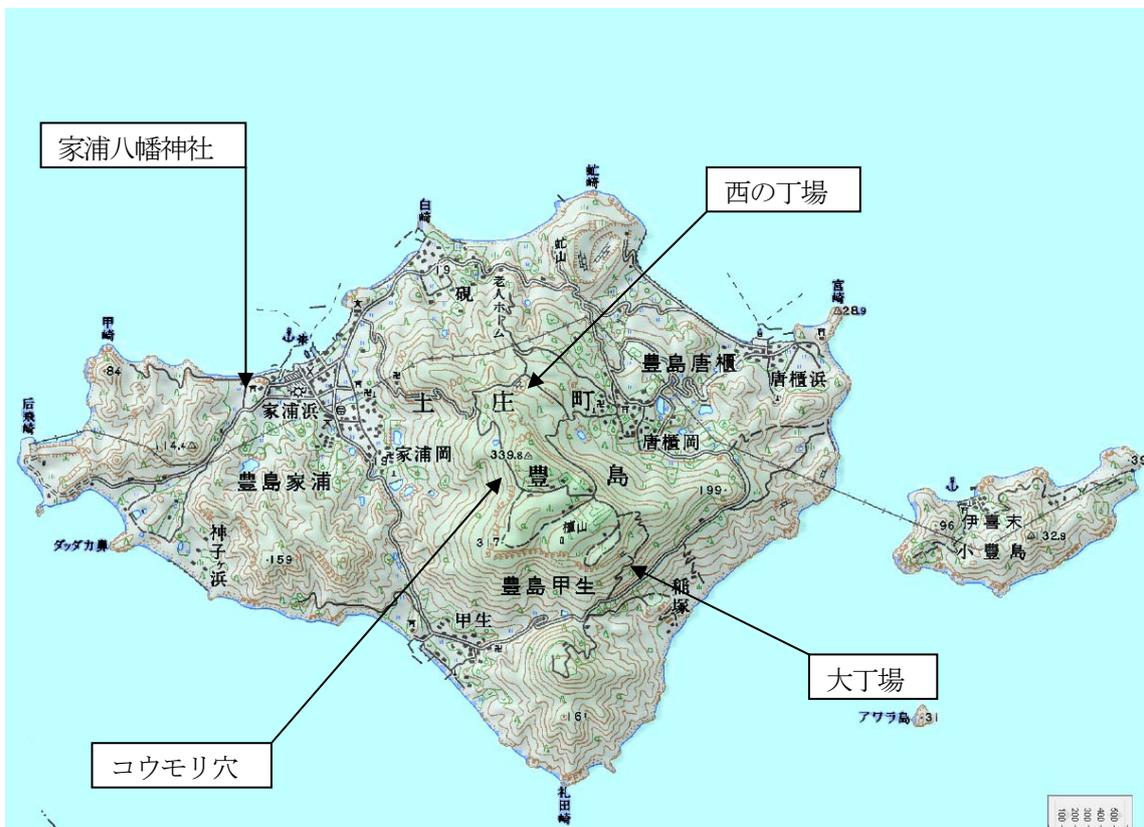


図2 豊島の地形 (国土地理院 5 万分の 1 地形図をカシミール3D で表示)

3. 豊島石の歴史

3.1 豊島石造物の歴史

松田（2009）によれば、豊島石造物は15世紀中頃に生産を開始し、中世段階では五輪塔、一石五輪塔、宝篋印塔、石仏、八角灯籠が、高松北部、岡山県の備前、備中東部の限られた地域に分布している。また、中世の豊島石製の鳥居は香川県と岡山県に1箇所ずつあり、ともに県指定の文化財に指定されている。

土庄町豊島にある家浦八幡神社の鳥居は、二本の柱は太く直径39cmあり、適当なころびがあって上方で細くなる（図1）。また、柱には「于時文明六天甲午霜月十五日」（1474年）と刻まれ、豊島石で造られた香川県では最古の石鳥居として、香川県指定文化財にも指定されている（香川県教育委員会，1996）。

豊島石製の石鳥居は、岡山市宍甘にある往来神社にもあり、岡山県指定の文化財となっている（図2）。鳥居の島木と笠木は一石でできており、左右の端は真反りをみせ、両端を垂直に切っている。向かって右側の柱には「延徳二年(1490)庚戌閏八月吉日」と造立年代が刻まれている（岡山市教育委員会説明版）。

その後17世紀の近世になると、豊島石造物は四国全域から岡山、広島、山口、大分、関西地域など広域的に流通するようになるとともに、分布の中心は中世段階の香川から、近世以降は岡山へと大きく変化していく（松田，2009）。また、中世に展開した製品は、1620年代前半で終焉し、新たな豊島型五輪塔、ラントウおよび墓標が流通するようになる。しかし、18世紀から花崗岩や砂岩製石造物が墓石の主体となり、19世紀になると豊島型五輪塔はほぼ終焉し、ラントウも19世紀中頃には衰退する。

豊島村史によれば、慶長年間（1596-1614年）には豊島石を扱う問屋が大坂に7軒あったという。また、江戸時代初期の名園の桂離宮の灯籠の多くは豊島石製と言われている。

1799年（寛政11年）に発刊された『日本山海名産図会』（平瀬補世著、蔀関月挿画）には、兵庫県の御影石や竜山石と共に“讃州豊島石”として坑内から採石している様子や“讃州豊島石細工所”としてチョーナ（先が尖ったハンマー）を使って井筒などの製作の様子が描かれている。また、「豊島石の石理（いしめ）は、石くずが集まり固まったようなもので、軽石に似て石理は粗い。そのため水たらいなどに用いては水が漏ってしまう。しかし、火に強く損壊しない。」と紹介されている。

近世になると豊島石は井筒、火炉、かきいなどの日常生活具が製品の主体となり、明治、大正から昭和の初期までは、豊島石の石屋は大変繁盛したという。「豊島千軒、石工千人」という言葉が残っているほど、石材業は島の中心産業で、豊島村の年間予算が11,000円余だった明治末、石灯籠の積算額は3万円を超えていたという（四国新聞社，2000）。しかしながら、昭和30年代以降、機械を活用した石材加工技術の進歩とともに、庵治石などの花崗岩系の石材が主流を占め、また生活様式の変化から豊島石の一般需要も激減した。

3.2 豊島石の採掘の歴史

豊島では江戸時代から家浦に豊島石の丁場が多く開かれ、豊島石は露天掘りとともに規模の大きい坑道掘り（穴丁場とか大丁場と呼ばれる）によって切り出された（石の民俗資料館，2003）。

露天丁場は主として唐櫃（からと）地区の西部に散在しており、「西の丁場」と呼ばれた。ここに20箇所以上の丁場跡があるとされており、大規模地すべり堆積物の玉石を採掘していた。

『日本山海名産図会』には、「此山」は他山にことかわりて山の表より打切掘取にはあらず。唯山に穴して金山の坑場に似たり。洞口を開きて奥深く掘入り敷口を縦横に切抜き十町廿町の道をなす。（中略）家の浦にて敷穴七ツあり。（後略）」と紹介され、江戸時代から家浦で坑道掘りされていたことがわかる。壇山西斜面にある「コウモリ穴」も穴丁場の跡とされている。

坑道掘削地（大丁場）は、壇山の南側山腹、標高約230mにあり、明治42年に開口し、4つの坑口が並列しているが、奥で連結しており、奥行きは250mである。中央部の最初に開口した坑道の高さは約15mである。最近、豊島石を採掘、加工する最後の石材店が倒産したことによって、明治以降採掘が続いた貴重な坑内掘りの大丁場が閉鎖された。

4. 豊島石の特徴

4.1 豊島石の分布

豊島石は暗灰色の火山礫凝灰岩である（図3）。このような火山礫凝灰岩は、豊島だけでなく、屋島北嶺、女木島、男木島、小豆島土庄町滝宮に分布し、採掘跡が洞窟（穴丁場）となっている（図4）。これは、豊島石造物の産地は、豊島のほか屋島北嶺、女木島、男木島、小豆島北西部の土庄町滝宮も広がっていることを示している。

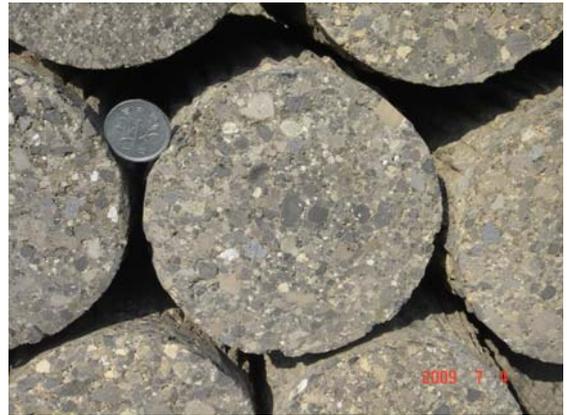


図3 豊島石の切断面

4.2 豊島石の岩質

豊島石は1cm未満の玄武岩質火山礫を主体とする火山礫凝灰岩で水成堆積を示す層理が形成されている。また植物化石を産出することから陸成層の可能性もある。

全岩試料の蛍光X線による元素分析によれば、 SiO_2 が56%と安山岩に対比される。 MgO が5.2%、 FeO が8.0%と多いことから元来は苦鉄質であると推定される。 SiO_2 分の増加は基質の化学組成の影響を受けた可能性が高いと思われる。

4.3 豊島石の年代

豊島石の火山礫凝灰岩は、これまで讃岐層群に所属するとされていた（斎藤ほか、1962；坂東・古市、1978；長谷川・斎藤、1989）。しかしながら、香川県の春日川上流地すべり調査によって得られたボーリングコアの観察から、豊島石の火山礫凝灰岩は下位の土庄層群の砂岩、泥岩層とは整合関係で、また最上部の火山礫角礫岩は約6mの風化殻が形成された後、中期中新世の讃岐層群に属する讃岐岩質安山岩に覆われている（図5-7）。

土庄層群は、これまで中新世と考えられていたが、微化石、大型植物化石および凝灰岩のフィッシュトラック年代から始新統が主体であることが明らかになってきた（栗田ほか、2000；森、2004）。豊島石の火山礫凝灰岩は、土庄層群の最上部に相当することから30Ma前後の漸新世にかかる可能性がある。

4.4 豊島石の噴出源

現在分布する豊島石は、いずれも讃岐層群の讃岐岩質安山岩ないし玄武岩に被覆された場所で確認されるが、かつては豊島周辺地域に広い範囲で堆積した可能性が高い。松浦・妹尾（2000）は玉野市番田の玄武岩溶岩から28.2MaのK-Ar年代を報告しており、豊島石の供給源として注目される。

4.5 豊島石の物性

豊島石は乾燥密度 1.71g/cm^3 、吸水率18.25%と高松クレーターの地下約300mから採取された讃岐層群基底の流紋岩質溶結凝灰岩とほぼ類似した物性である（表1）。地表近くで堆積した讃岐層群の凝灰岩類は、溶結凝灰岩に比べて固結度が小さいと予想されるので、豊島石は讃岐層群の凝灰岩類に比べて密実、硬靱と推定される。

表1 香川県産岩石の基本物性（平均値）（長谷川，2004）

試料名	密度(g/cm^3)		吸水率(%)	S波速度(m/s)		P波速度(m/s)		点荷強度(kN/mm^2)	
	乾燥	湿潤		乾燥	湿潤	乾燥	湿潤		
庵治石	中目	2.64	2.65	0.36	2098	2036	4406	5047	9.41
	細目	2.63	2.64	0.33	2191	2205	4761	5284	11.85
サヌカイト		2.60	2.60	0.04	2337	2367	6030	5922	12.92
鷲の山石		2.35	2.42	3.18	1530	1360	3025	3351	5.09
豊島石		1.71	2.02	18.25	1292	1168	2666	2643	1.81
高松クレーターの石		1.72	2.01	16.72	1483	1276	2887	2625	1.81

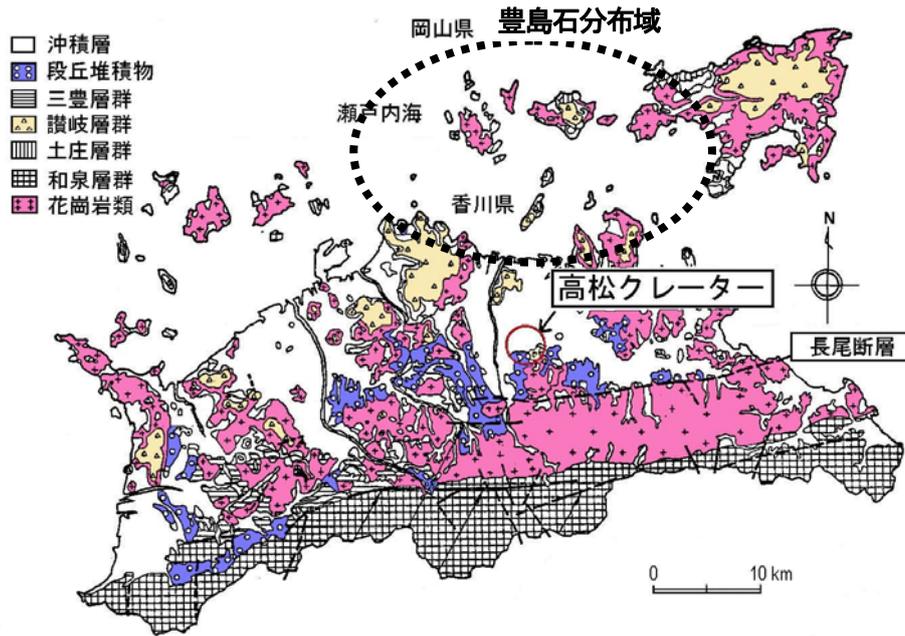


図4 豊島石の分布域

豊島石の分布域は讃岐層群ではなく、土庄層群の分布域と重なっている。

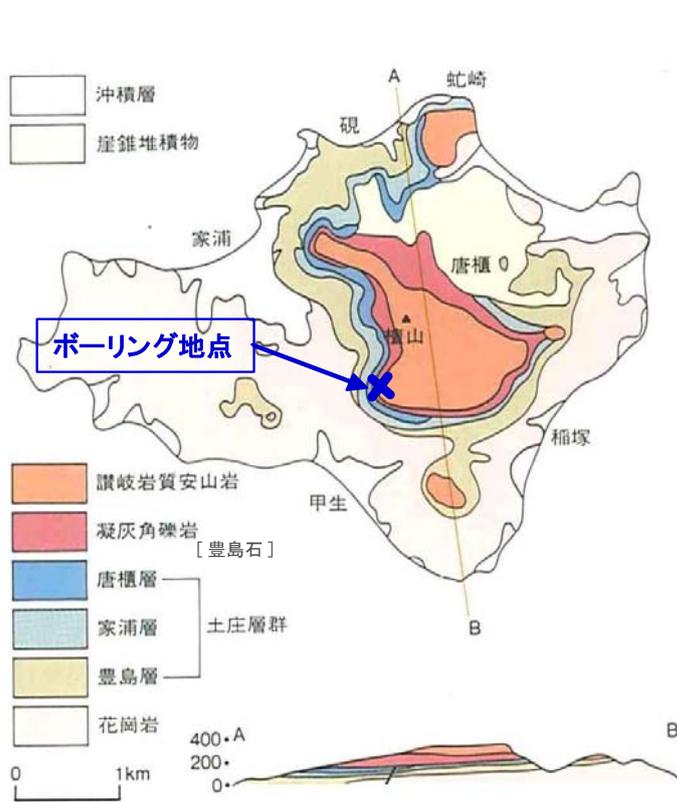


図5 豊島の地質とボーリング地点
(長谷川・斎藤, 1989)

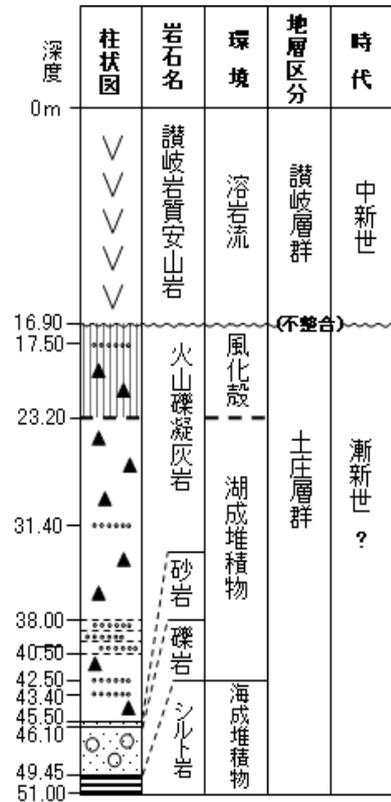
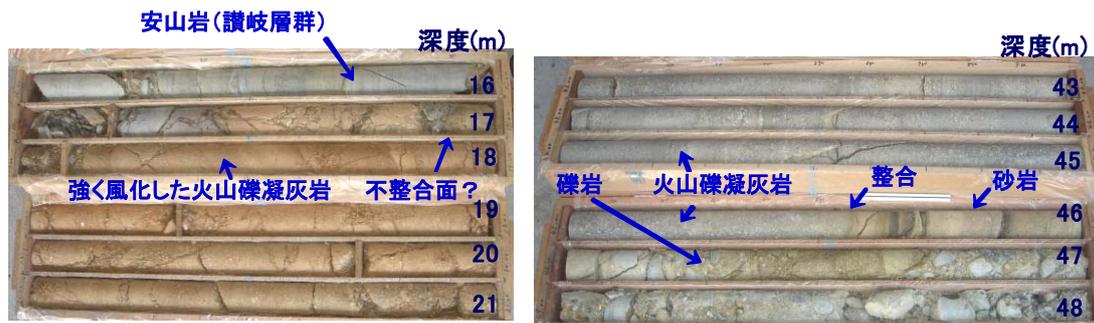


図6 豊島壇山西斜面における
ボーリング柱状図



豊島石の火山礫凝灰岩が長期間地表で風化された後、讃岐層群の安山岩で覆われている。

火山礫凝灰岩

火山礫凝灰岩とその下位の土庄層群は整合関係である。

図7 豊島石の最上部の風化殻（左）と基底部の整合関係
（香川県小豆総合事務所による地すべり調査ボーリングコア）

5. まとめと今後の課題

これまでの研究成果と今後の課題は以下のとおりである。

(1) 豊島石の火山礫凝灰岩は、これまで讃岐層群に所属するとされていたが、土庄層群の最上部に相当し、30Ma 前後の漸新世にかかる可能性がある。また、豊島石とされる玄武岩質火山角礫岩の現在の分布は、讃岐層群の讃岐岩質安山岩類に被覆されて侵食から免れた場所に限られているが、堆積当時は広い範囲に堆積したと推定される。今後は、年代測定によって生成年代を確定し、供給源と堆積場を明らかにする必要がある。また、各産地の火山礫凝灰岩の違いを明らかにし、石造物の産地を同定する基礎資料を提供したい。

(2) 豊島石は中世の讃岐層群凝灰岩類の石造物にとってかわって近世に備讃瀬戸地域の石造物の主要石材になる。豊島石は、讃岐層群の凝灰岩類と比較して密度や強度も大きく、風化もしにくい可能性があるため、その物性や風化特性を確認する必要がある。

本調査の実施に当たり、助成いただいた財団法人福武学術文化振興財団並びに調査にご協力いただいた香川県土木部河川砂防課、香川県小豆総合事務所、応用地質(株)四国支社ほか関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 坂東祐司・古市光信 (1978) : 香川県豊島の海成新第三系 (土庄層群) について, 香川大学教育学部研究報告, II, 28, 2, 65-80.
- 2) 長谷川修一・斎藤実 (1989) : 讃岐平野の生い立ち, アーバンクボタNo.28 『古瀬戸内海と瀬戸内火山岩類』, 52-59.
- 3) 長谷川修一・前田仁・前田宗一・吉福祐介 (2004) : 香川県産岩石の基本物性からみたサヌカイトの特徴, 日本応用地質学会中国四国支部平成16年度研究発表会発表論文集, 21-24.
- 4) 平瀬補世著, 薮関月挿画(1799) : 日本山海名産図会 名著刊行会 版(2005)
- 5) 石の民族資料館 (2003) : さぬき石物語展～匠の技・豊島石～, 牟礼町石の民族資料館, 10p.
- 6) 香川県教育委員会編 (1996) : 香川の文化財, 香川県教育委員会, 29p.
- 7) 栗田祐司・松原尚志・山本裕雄 (2000) : 香川県小豆島の第三系土庄層群四海層の渦鞭毛藻化石年代 (始新世) とその意義, 日本古生物学会第149 回例会講演予稿集, pp. 5-7.
- 8) 松田朝由 (2009) : 豊島石石造物の研究 I, 財団法人福武学術文化振興財団平成19年度瀬戸内海文化・研究活動支援調査・研究助成報告書, 157p.
- 9) 松浦浩久・妹尾護山 (2000) : 山陽地方の古第三紀火成活動 (ポスターセッション)
- 10) 斎藤実・坂東祐司・馬場幸秋(1962) : 香川県地質図説明書, 内場地下工業株式会社発行, p65-66
- 11) 四国新聞社 (2000) : 新瀬戸内海論島びと 20 世紀第 3 部豊島と直島 (5) 石とともに, <http://www.shikoku-np.co.jp/feature/shimabito/3/5/index.htm> (2009年9月23日閲覧)
- 12) 徳島文理大学比較文化研究所年報編集委員会 (1976) : 豊島の民俗, 比較文化調査報告, No. 1, 56-61.