

隠岐島後時張山累層の火山豆石

山 崎 博 史*

Accretionary lapilli in the Tokibariyama
Formation of Dogo, Oki Islands.

Hirofumi YAMASAKI

ABSTRACT

Accretionary lapilli are found in volcanoclastic rocks in the Tokibariyama Formation is composed of lava flows and volcanoclastic rocks ranging from intermediate to felsic in property. The volcanoclastic rocks containing the lapilli consist mainly of subaqueous pyroclastic flow deposits. The lapilli are commonly spheroidal and elliptical and range in size from 1 to 6 mm, but occasionally broken. Each of them consists of a main part (an inner coarser part with or without a core and an outer finer part) and a surrounding outer shell part. Concentrically layered structure is usually observed in the cross section. A double lapillus (MOORE & PECK, 1962) and a lapillus with an inner coarser part in unique shape (Fig. 5-5) are recognized. The lapilli are composed entirely of clastic volcanic materials similar to those of the matrix, but finer in grain size. Judging from the character of the internal structure and mode of occurrence, the lapilli were formed in the air and fell into pyroclastic flow deposits during transportation and/or deposition of them. Some of the lapilli are presumed to have been formed by agglutination of particles through the medium of ice.

はじめに

隠岐島後に分布する第三系下部は、種々の火山岩類により構成されている。これらのうち時張山累層ときばりやまの火砕岩より火山豆石 (Accretionary lapilli) を産出する。

火山豆石はこれまでに時空的に広くその産出が報告されている。したがって、その形成環境は火山地帯においては特別なものとは考えられない (MOORE & PECK, 1962) が、火山豆石が形成されるためにはいくつかの条件が満たされることが必要であろう。しかしながらその形成機構など未だ十分に解明されているとはい

えず、火山豆石の形成条件の詳細は不明である。

MOORE & PECK (1962) では、火山豆石は、噴煙柱内 (空中) の湿り気によって火山灰粒子が結合して形成された、と結論された。その後、ベースサージ堆積物からの報告 (LORENZ, 1974) もあり、その成因は1つではないことが明確になってきた。最近、加藤 (1986) は、火山豆石の成因を①形成場所、②膠着剤という2つの要素の組合せから検討した。それによると、①は空中 (A: air) と地表付近 (S: surface)、②は水 (W: water) と氷 (I: ice) がそれぞれ考えられ、火山豆石は、それらの組合せの中で実際には考えられそうにないSIを除く3通り (AW, AI, SW) に分類されている。

本論は、時張山累層から産出した火山豆石について、

* 広島大学理学部地質学鉱物学教室 (昭和56年島根大学文理学部地学教室卒業)

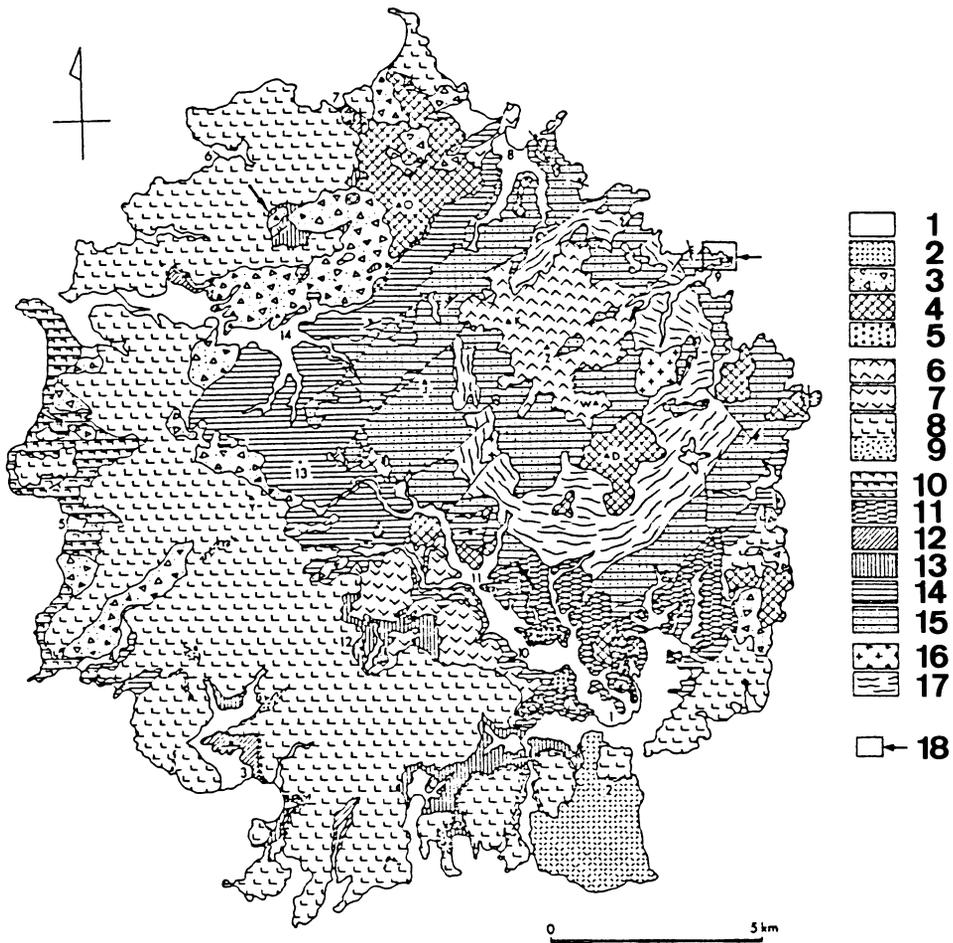
その含有層および断面形態・内部構造の特徴を記載し、若干の考察を加えたものである。

地質概説

隠岐島後島を構成する地質系統は、下位より先第三紀片麻岩・花崗岩類・“グリーンタフ層”・アルカリ火山岩類および第四系に大別される(大久保, 1984)。先第三紀片麻岩類は本島の東-東北部に比較的広く露出している。“グリーンタフ層”は、島の南西側では北東-

南西方向の背斜構造に規制されて、東・北東側では最下部層が基盤を取り巻くように分布している。さらにこれらを覆ってアルカリ火山岩類および第四系が海岸部を中心に広く発達している(第1図)。

これらのうち“グリーンタフ層”は、下位より時張山・郡・久見・都方の4累層に区分される(大久保, 1984; 山崎, 1984)。本論で問題とされる時張山累層は、流紋岩-安山岩質の火山起源物質を主体とした陸水性の堆積物と考えられる(山崎, 1984)。



第1図 島後地質図(大久保, 1984)および調査位置

1: 沖積層 2: 岬玄武岩 3: 崖錐 4: 大峯玄武岩 5: 礫層 6: 葛尾流紋岩類
7: 平粗面岩類 8: 隠岐流紋岩類 9: 流紋岩質火砕岩 10: 油井火砕岩 11: 西郷玄武岩
12: 都万累層 13: 久見累層 14: 郡累層 15: 時張山累層 16: 花崗岩類
17: 片麻岩類 18: 調査位置

調査地域である本島東海岸に面した布施崎山岬周辺には、時張山累層・アルカリ玄武岩および第四系が分布している（第2図）。本地域の時張山累層は、流紋岩溶岩・珪質頁岩薄層を挟在する流紋岩質凝灰角礫岩・細礫岩を挟在するデイサイトー流紋岩質火砕岩および角礫状を呈する部分もある安山岩溶岩より構成されている。これらはほぼ南北方向の走向で東に緩く傾斜した同斜構造をなしている。これらを覆う第四系は礫層および砂層からなり、西方に向かって薄化尖滅する。これらは、アルカリ玄武岩溶岩の下位とその中位の2層準に発達している。礫層は、流紋岩・安山岩・火砕岩などの“グリーンタフ層”起源の礫のほか、片麻岩および花崗岩礫を多量に含んでいる。アルカリ玄武岩は砂礫層により2層に分割されている。これらは、従来、大峯玄武岩とされている（UCHIMIZU, 1966）。

火山豆石について

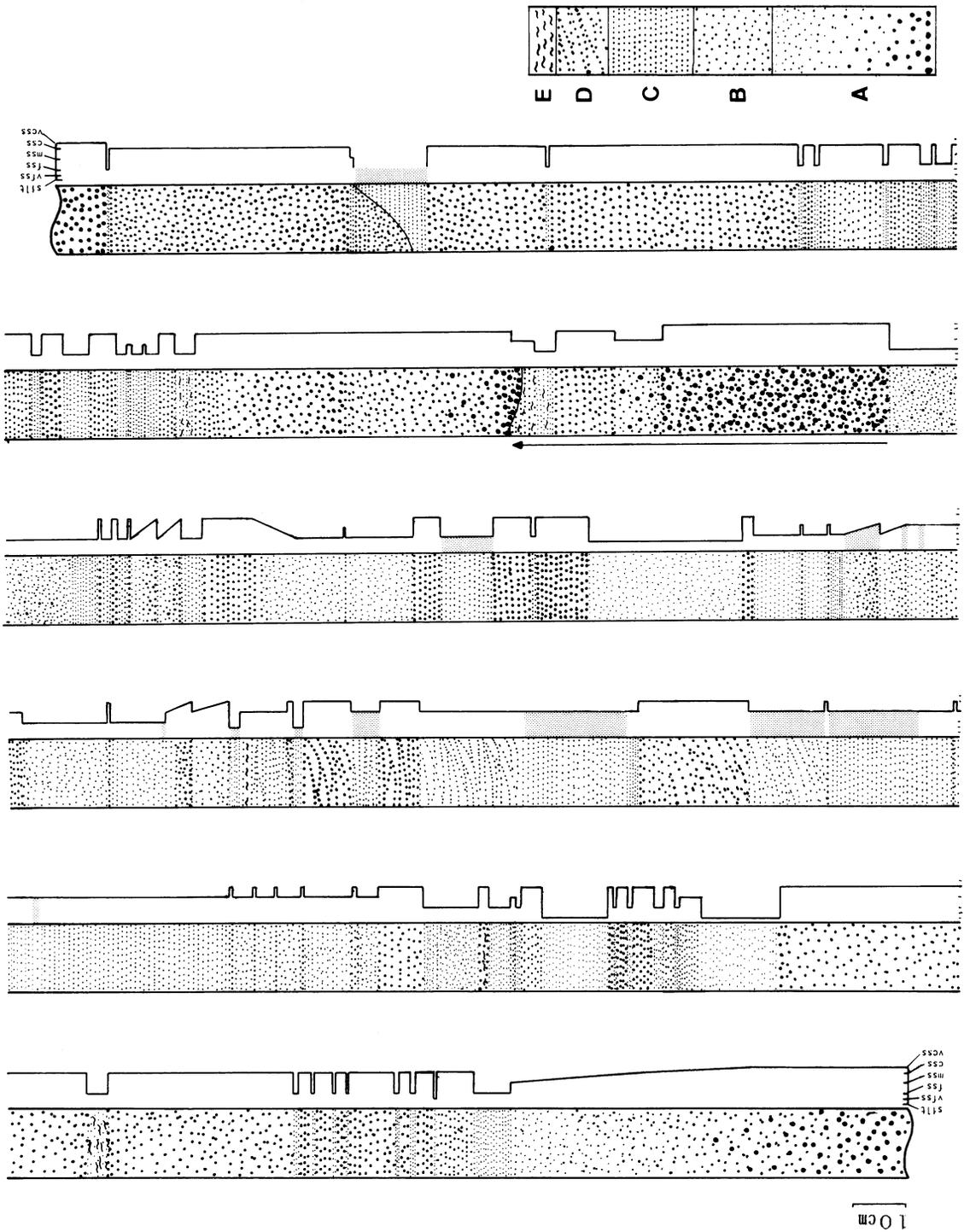
1. 含有層

火山豆石は大阪島に露出する時張山累層のデイサイトー流紋岩質火砕岩層より産出する（第2図）。含有層の北方延長は海中に没し、南方は東西性の断層によって断たれており、断層の南側ブロックでの連続は確認されていない。

火山豆石含有層は、淡灰緑色を呈し、異質礫をほとんど含まない火山礫凝灰岩・凝灰岩・砂質凝灰岩により構成されている。これらには明瞭な doubly grading (FISKE & MATSUDA, 1964) は確認できないが、塊状または正級化部から細かく成層する部分に移行したり、クロスラミナが発達する部分や score and fill 構造が観察される（第3図）。また、第3図の矢印で示

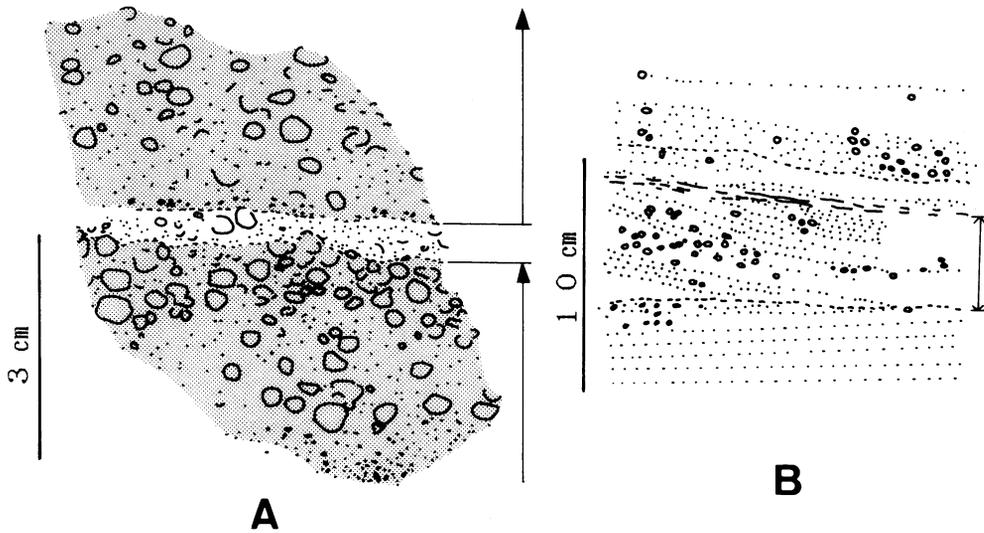


第2図 布施崎山岬周辺の地質図



第3図 大阪島に露出する火砕岩の柱状図

A：級化層理部 B：塊状部 C：平行葉理部 D：斜交葉理部 E：軽石密集部
 矢印は1つの上方細粒化サイクルを、また、柱状図の右側には目視による粒度を示す。
 この部分の網部は、火山豆石産出層準を示す。



第4図 火山豆石の産状

火山豆石は白抜き丸印で示される。

- A：級化層理部（網部）での産状
矢印は1つの上方細粒化サイクルを示す。豆石は級化層理部の上部に集中する傾向がある。
- B：斜交葉理部（←→で示される部分）での産状
豆石は碎屑粒子と同様に斜交葉理に沿って配列している。

された1つの上方細粒化ユニット中にみられる軽石は、その上部に集中しており、水中火砕流堆積物中の軽石の産状（FISKE, 1969）に類似している。化石は未発見である。

以上のことから、本層は水中に堆積した火砕流堆積物と推定される。この場合、鉛直方向の岩相の変化は、クロスラミナや score and fill 構造を伴うことから、噴煙柱内での sorting (FISKE & MATSUDA, 1964) によると考えるよりは、堆積物重力流としての火砕流の流体の性質（例えば、タービダイトを考えた YAMADA, 1972）によるものと考えたい。

2. 火山豆石

産状

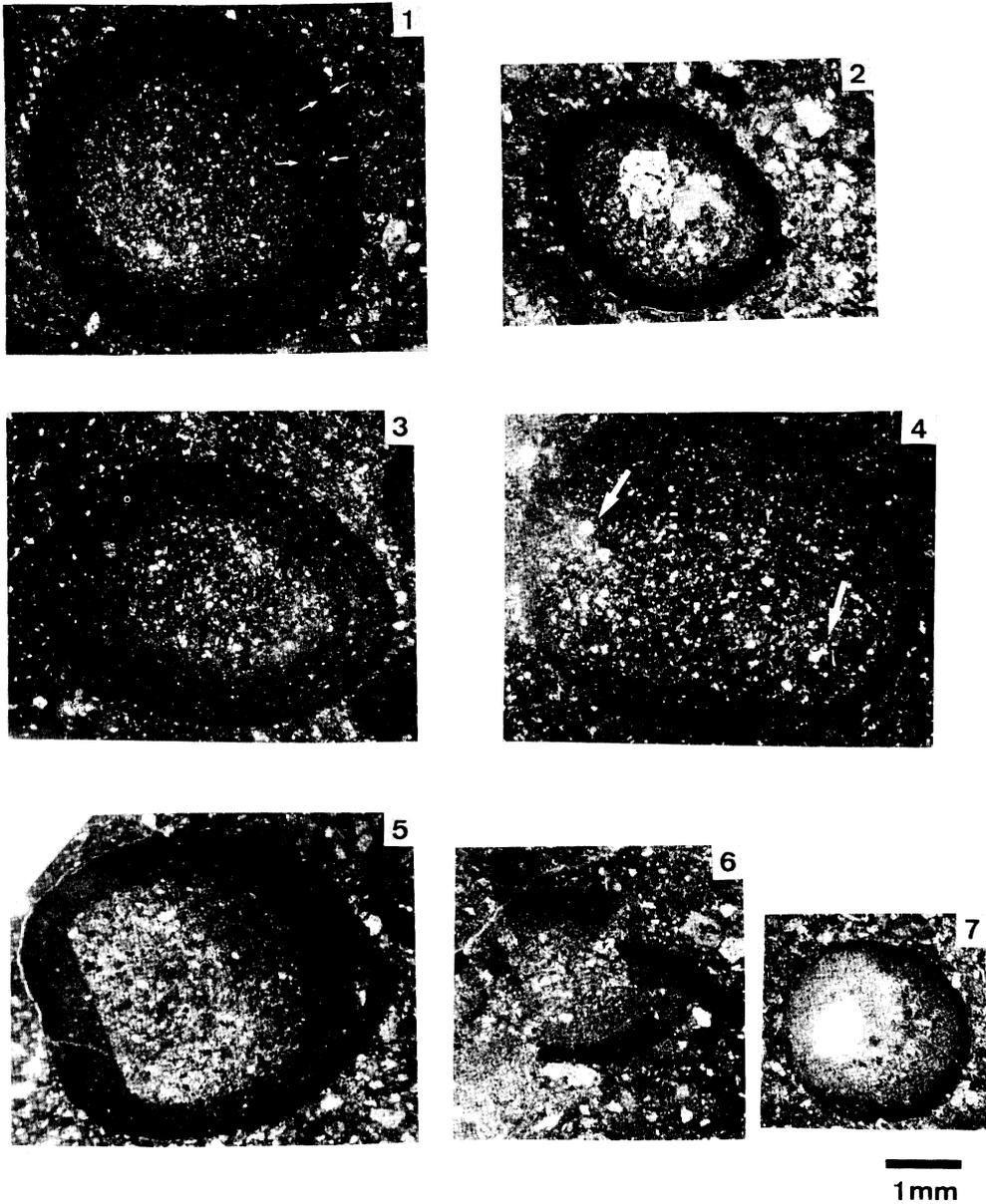
火山豆石は大阪島において13層準から産出する（第3図）。各層準において、火山豆石は密集して層を形成して堆積したり、他の鉱物や岩片（マトリックス）中に混在している（図版I）。クロスラミナが発達するところではラミナに沿って配列したり、1つの級化ユニットのなかで、細屑粒子は正級化をしているが、豆石は上部に集中（逆級化）する傾向のある豆石層も観察される（第4図-A）。後者の場合は、水中火砕流堆

積物中の軽石の産状に類似している。したがって、このような産状は豆石の間隙率と関係したものと考えられる。大頓豆石（加藤, 1986）に見られるような豆石層中の火山豆石の形状の規則的な変化は認められない。また密集部でもマトリックスとして碎屑物質が存在する。

形態及び内部構造

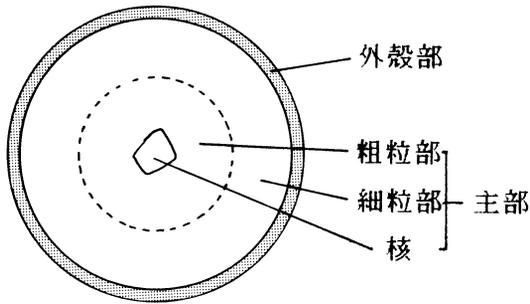
薄片において断面形態を観察すると、火山豆石の見かけの長径は1-6mmであり、ほぼ円形からやや偏平な形態を持つ。そのほか、変形・破壊して分裂直前の豆石や、分裂して破片状になったもの、削割されて不規則な形態を示す などがあ（第5図）。

火山豆石は、斜長石、石英、岩片および変質したガラスや微細粒子により構成されている。これらは、組成的には火山豆石含有層のマトリックスと同質であるが、粒度は一般にマトリックスを構成する粒子の方が粗粒である。これまでに報告された火山豆石（MOORE & PECK; 1962; BATESON; 1965; 加藤, 1986; など）と同様に、本累層中の火山豆石も基本的には、主部と外殻部からなる同心円状多層構造を持つ（第6図）。主部は外殻部に比べて粗粒であり、相対的に粗粒な中心部から細粒な外縁部に漸移するものや、境界は漸移的ではあるが、内側の粗粒部と外側の細粒部とに区分できるものおよび塊状のものがみられる。またまれにひととき大きな長石片を核として有することがある。外殻部は、主部に比べ極めて細粒であり、暗褐色の色調を呈しているため肉眼でも容易に主部と区別される。特異な内部構造を持つ火山豆石としては、2-3層の外殻部を有するもの（第5図-3）や、明瞭ではない



第5図 火山豆石の断面形態と内部構造

1. ほぼ円形の断面形態を持つ火山豆石、細粒部（f）と粗粒部（c）からなる主部と外殻部（o）が識別される。
2. 核を持つ火山豆石。
3. 複数の外殻部を持つ火山豆石。
4. 複合豆石、不明瞭ではあるが、粗粒部の中で特に粗粒な部分が2ヶ所（矢印）ある。
5. 特異な断面形態を示す粗粒部を持つ火山豆石、左端は直線状の明瞭な境界を持って粗粒部と細粒部が区分されるが、その他の部分は同心円構造を保持し、粗粒部と細粒部の境界は漸移的である。
6. 形成後に破壊された火山豆石。
7. 摩耗して外殻部および細粒部の一部が欠如した火山豆石。



第6図 火山豆石の基本的な内部構造と名称

が、2つの主部が結合してその外側を1つの外殻部に包まれている豆石(複合豆石)が観察される(第5図-4)。また、主部が粗粒部と細粒部とに区分される火山豆石で、粗粒部の大部分は細粒部とは漸移的で同心円構造を保持しているが、その一部で断面形態が直線的となり細粒部と明瞭な境界を示すものがある。すなわち、粗粒部と細粒部との境界の円周の一部が弦に置きかわった断面形態を持ち、それを覆って細粒部および外殻部が成長しているものである(第5図-5)。

若干の考察

火山豆石の成因について

時張山層中の豆石について、その生成場所と膠着剤に関して、含有層の特徴および火山豆石の内部構造から若干の考察を行う。

生成場所を地表付近とした場合、斜面状での転動とベースサージ中での形成が考えられる(加藤, 1986)。前者の場合での内部構造を考えると、核の存在は考えられるが、主部と外部殻という粒径の違いによる同心円状多層構造は考えにくいであろう。またこの場合、特に外殻部の断面構造は、同心円状よりは螺旋状となるであろう(MOORE & PECK, 1962)。後者の場合では、外殻部に孔隙があり、同心円構造をもたない豆石が知られている(LORENZ, 1974)。しかもこの場合の条件としては、陸上での噴火・運搬・堆積が必要であるが、報告地域の火山豆石含有層は、水中火砕流堆積物と考えられる。したがって、同心円状多層構造が発達する時張山累層の火山豆石の生成場所は、地表付近以外の場所、すなわち空中を考えるのが妥当である。

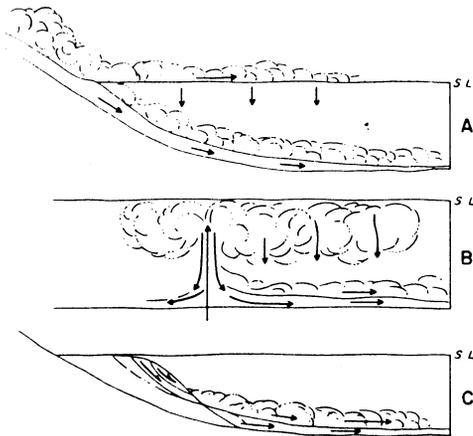
次に膠着剤が水か氷かという問題であるが、時張山層中の豆石のこれまでの検討結果では、そのどちらか一方に断定することは困難である。しかし、特徴ある内部構造を持つ火山豆石については、この問題に関し

て若干考察できると思われる。第5図-5に示された特異な内部構造を持つ豆石は、主部のうち細粒部が形成された後、噴煙柱内で他の豆石かあるいは岩片などと衝突し、その一部が剥離されながらも更に成長していったものと考えられることができる。ここで、この豆石が水を膠着剤として形成されたと仮定する。衝突後も成長しているので、衝突時には、形成途中の豆石はまだ水分を保有していたと考えられる。水分を持った粗粒な火山灰粒子の固結度は低く、脆弱であると考えられ、その様な火山灰粒子の集合体が他の豆石や岩片と衝突すると、破壊され不規則な形態となるであろう。そして破片の表面は、火山灰粒子の粒径に応じて凹凸の激しいものとなるであろう。一方、膠着剤として氷を考えた場合、それは「ひょう」すなわち氷の球体である。氷の球体が衝突・破壊するとき、球体の大部分は保存され、一部が剥離される場合は十分考えられることである。この場合剥離面は、火山灰粒子によって多少の凹凸はあるものの、概して平滑であると推定される。以上のことから、第5図-5の豆石の場合、氷を膠着剤としたものとするのが妥当であろう。また、ひょう起源の豆石として考えられた(加藤, 1986)複合豆石と共生していることは、この豆石が氷を膠着剤として成長したという考えを支持するものである。したがって、時張山累層中の火山豆石は、加藤(1986)のAIまたはAWのどちらかに分類されるが、少なくとも一部の火山豆石は、AIに分類される。

[含有層について]

含有層は火山豆石を構成する物質と同質であり、その起源は火山豆石を形成した火山活動と密接に関係したものと考えられる。

含有層は水中に堆積した火砕流堆積物と考えられた。一方、火山豆石は空中で形成されたことが明らかになった。火山豆石が空中で形成されるためには空中に噴煙柱を形成する必要がある。これらのことから、火山豆石含有層を生じさせた火山活動は、非常に浅い水域または水域に近い陸上で生じ、噴煙柱を空中高く形成しながら火砕流も噴出し、しかもその火砕流は水中で堆積した、と推定される。ところでFISHER(1984)は、水中火砕流の発達様式として3通りをreviewしている(第7図)が、この場合上記の理由から(B)は不適当と考えられる。このことは含有層の特徴からも推定される。したがってこの火山豆石を含有する火砕流は、基本的には(A)の機構で水中に運搬され定着したものと考えられる。火山豆石がクロスラミナに



第7図 水中火砕流の発達様式 (FISHER, 1984)
 A. 熱い火砕流が陸上から水中へ流れ込む場合。
 B. 火砕流が噴煙柱を下降することによって発達する場合。
 C. 火砕物によって形成された不安定な斜面でのスランプから堆積物重力流が発生する場合。

沿って配列したり、火山豆石がしばしば摩耗したり破壊されていたりすることおよび堆積時のオリジナルな構造を保持している大頓豆石(加藤, 1986)とは異なり、火山豆石の密集部においても sorting が悪く、マトリックスとして碎屑粒子が存在していることから、火山豆石に代表される降下火砕物は、火砕流が移動・定着する間にその中に混入したものと推定される。第7図-Cに示されるような堆積物の rework も考えられるが、異質礫が少なく、火山豆石も保存の良いものがあることなどから再移動は大きくはなかったであろう。

ま と め

隠岐島後、布施崎山岬周辺に分布する時張山層は、流紋岩溶岩・流紋岩質凝灰角礫岩・デイサイト一流紋岩質火砕岩および安山岩溶岩により構成されている。これらのうち、大阪島に分布するデイサイト一流紋岩質火砕岩は主として水中火砕流堆積物であり、しかも、火山豆石を含有している。

火山豆石は、基本的には径1-6mmのほぼ円形またはやや偏平な断面形態を示すが、形成後に破壊されたものも少なくない。火山豆石の内部構造は同心円状多層構造であり、その形成場所は空中であったと推定される。また、特異な内部構造から、膠着剤が水であった可能性のある火山豆石も観察される。

火山豆石を含有する火砕物を生じさせた火山活動は、

水域に近い陸上または火山豆石が形成されるのに十分な高度まで、噴煙柱を吹き上げることが可能な浅い水域で発生した。それによって生じた噴出物は、堆積物重力流によって運搬され、堆積した。火山豆石で代表される降下火砕物は、火砕流堆積物が運搬・堆積する間にそれらの中に混入した、と考えられる。

謝 辞

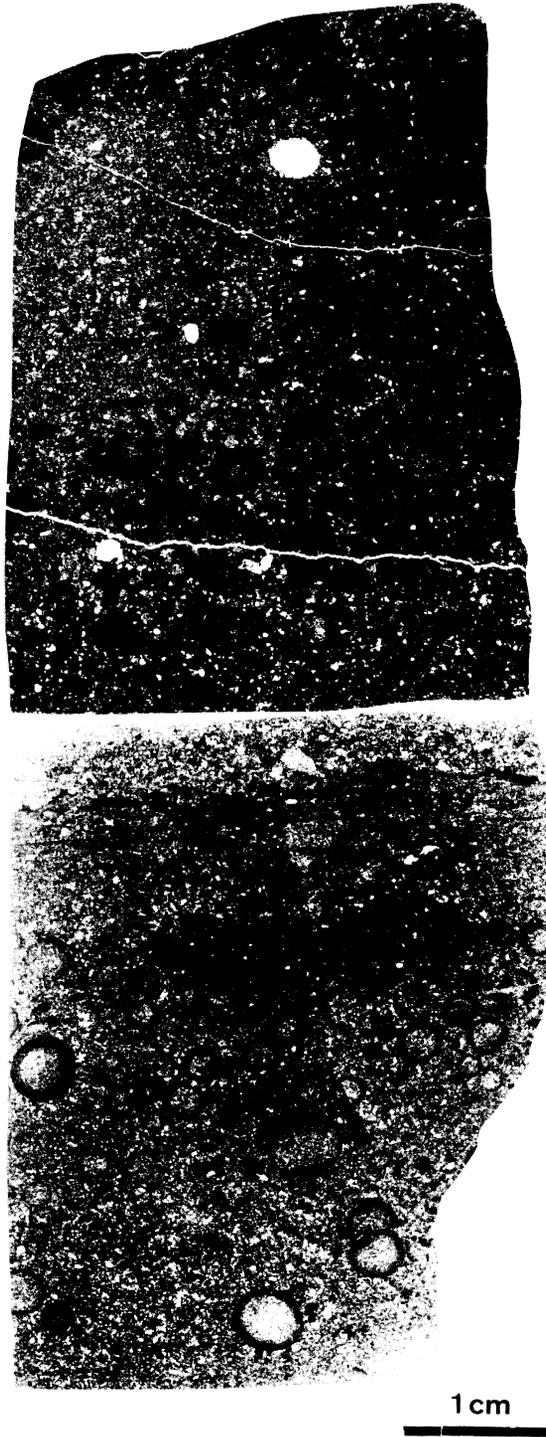
著者が隠岐島後の第三系の調査を始めたのは、大久保雅弘先生にご指導いただいた島根大学での卒業研究からである。以来、色々の面でお世話になってきた。先生に心から感謝いたします。

島根大学の山内靖喜助教授には日頃からご指導いただいております。また、広島大学の松本俊雄・木村公志両博士には英文要旨を校閲していただいた。以上の方々に、厚くお礼申し上げます。

文 献

- BATESON, J. H., 1965: Accretionary lapilli in a geosynclinal environment. *Geol. Mag.*, **102**, 1-7.
 LORENZ, V., 1974: Vesiculated tuffs and associated features. *Sedimentology*, **21**, 273-291.
 FISHER, R. V., 1984: Submarine volcaniclastic rocks. *Marginal basin geology*, 5-27, Black-

- well Scientific Publications.
- FISKE, R. S., 1969: Recognition and significance of pumice in marine pyroclastic rocks. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **80**, 1-8.
- and MATSUDA, T., 1964: Submarine equivalent of ash flows in the Tokiwa Formation, Japan. *Amer. Jour. Sci.*, **262**, 76-106.
- 加藤祐三, 1986: ひょう起源の火山豆石. *地質雑*, **92**, 429-437.
- MOORE, J. G. and PECK, D. L., 1962: Accretionary lapilli in volcanic rocks of the western continental United States. *Jour. Geol.*, **70**, 182-193.
- 大久保雅弘, 1984: 隠岐の地質概論. 島根大, 地研報, no. 3, 75-86.
- YAMADA, E., 1973: Subaqueous pumice flow deposits in the Onikobe caldera, Miyagi prefecture, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **79**, 585-597.
- 山崎博史, 1984: 隠岐島後の中新統. 島根大, 地研報, no. 3, 87-97.
- UCHIMIZU, M., 1966: Geology and petrology of alkali rocks from Dogo, Oki Islands. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. 2*, **16**, 85-159.



図版 I

火山豆石の産状（紙面の上方が上位）
火山碎屑物中に層状に挟在される。