

開聞岳起源のコラ層の噴火・堆積様式

著者	藤野 直樹, 小林 哲夫
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要. 地学・生物学
巻	25
ページ	69-83
別言語のタイトル	Mode of Sedimentation of the Kora Beds from Kaimondake Volcano
URL	http://hdl.handle.net/10232/00003935

開聞岳起源のコラ層の噴火・堆積様式

藤野直樹¹⁾・小林哲夫²⁾

(1992年9月10日受理)

Mode of Sedimentation of the Kora Beds from Kaimondake Volcano

Naoki FUJINO¹⁾ and Tetsuo KOBAYASHI²⁾

Abstract

"Kora" is the local name of consolidated tephra distributed in the southern part of Satsuma peninsula, Kagoshima prefecture. Five "Kora" beds were distinguished within the tephra group of Kaimondake Volcano, and were abbreviated as YG, GG, RPG, BG and PG in ascending order. The purpose of this study was to interpret the mode of sedimentation of "Kora" beds on the basis of grain size characteristics. They are consequently divided into two types, that is, type 1 and type 2.

Type 1 (YG and BG) is composed mainly of layers of fine ashes. It is apparent that the fine ashes were descended in the form of accretionary lapilli and/or ash aggregates. Hence, type 1 is thought to be produced by phreatomagmatic eruptions.

Type 2 is classified as a sub-plinian fall deposit accompanied by fine ash. This is further subdivided into two types, type 2a and type 2b. Type 2a (GG and RPG) is characterized by the increase of proportion of fine ash with distance from source. Field evidence shows that the fine ash particles fell in the form of ash aggregates. On the other hand, Type 2b (PG) does not show a systematic change of proportion of fine ash with distance from source, and locally shows microbedding. These evidences suggest that the fine ashes in the deposit were water-flushed origin.

Key words: kora, accretionary lapilli, ash aggregate, microbedding, Kaimondake Volcano

I. はじめに

九州南端, 薩摩半島南部の穎娃町から知覧町にかけての地域には, 地表から20~50cmの深さに, コラと呼ばれる固い盤状の土層が分布している. このコラ層は透水性が悪く, また作物の根の発

¹⁾ 金沢大学理学部地学教室 〒920 金沢市角間町

Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kanazawa University, Kakumamachi, Kanazawa 920, Japan.

²⁾ 鹿児島大学理学部地学教室 〒890 鹿児島市郡元1-21-35

Institute of Earth Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto, Kagoshima 890, Japan.

育を阻害することから、畑地での農業生産力は極めて低かった。コラとはこの地方の俗語で、亀の甲らのように固いもの、あるいは「塊」という意味であり、固くなった土層を示す言葉である。コラ層は穎娃町や知覧町のみならず、開聞岳の周辺に広く分布している。

コラ層が開聞岳起源のテフラであることは古くから知られていた。このコラに関する研究としては、花井 (1952a, b, c), 桑代 (1966), 成尾 (1984, 1986) がある。花井 (1952a, b, c) はコラ層を分布する地域により、穎娃型・枕崎型・山川型の3つに分類した。また各コラ層の化学分析を行ったが、固くなる原因については明らかにできなかった。桑代 (1966) はアオゴラ・アカゴラ・コラの3層を識別したが、やや固化したコラ状の地層についても記載している。成尾 (1984, 1986) は開聞岳の噴火を主要な4回に区分し、その堆積物中の固くしまった層について、それぞれの噴出物の層準および色の特徴から黄ゴラ・暗紫ゴラ・青ゴラ・紫ゴラと命名した。

我々はこれら4層のほかに、コラの語源となった穎娃町や知覧町に分布するコラを独自のテフラ層と認め、全体で5つのコラ層があることを明らかにした。本文では、これら5つのコラ層の成因 (噴火とその堆積様式) について考察する。

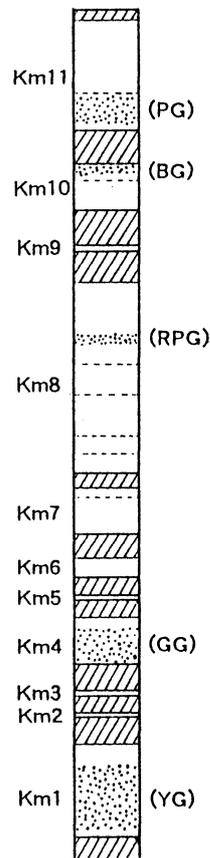


Fig. 1 Idealized columnar section (not to scale).
 Stripe area is soil.
 YG: kigora; GG: haigora; RPG: anshigora; BG: aogora;
 PG: murasakigora.

II. コラ層の記載 (分布およびテフラ層序)

開聞岳起源のテフラはその多くが東方の開聞町から山川町にかけて分布している。これらのテフラを介在するローム層により11のテフラ層に区分し、下位から Km1~Km11と命名した (Fig. 1)。コラと呼ばれる地層はこれらテフラの一部をなしており、5つのコラ層の噴出年代は約1100年前 (A.D.874)、1500年前、2300年前、3300年前、および4000年前と推定される。

黄ゴラ (YG) Km1₃ (4,000年前)

黄ゴラは開聞岳最初期の噴出物である Km1 の1つのメンバーである。Km1 は4つのテフラメンバーからなり、黄ゴラは下から3番目のメンバーに相当する。一般に成層構造が顕著な黄褐色の細粒火山灰層であり、ほとんどの露頭で固くしまっている。

黄ゴラは東に伸びた帯状の分布を示す (Fig. 2)。南北方向へは層厚が急激に減少するが、分布軸上の東方への減少傾向は緩やかであり、山麓の十町で約100cm、大隅半島の根占でも約15cmの厚さがある。山体近傍では水冷されたスコリアからなる薄層、青灰色火山砂層などを挟在するが、側方への層相変化が著しく、露頭間での詳細な対比は難しい。スコリアの薄層部では上に堆積した細粒な火山灰が入り込み、スコリアの表面に細粒火山灰が付着している。

黄ゴラは厚さ1~数cmの単位で細かく成層し、直径2~8mm大の火山豆石、2~5mm大の球状の気泡を多く含んでいる。火山豆石は岩片を核にしているものがあるが、火山灰のみからなるものも多い。露頭により火山灰層の基底部に葉のキャストの濃集した部分が認められることがある。火口から9.5km東の伏目海岸では、層厚は約70cmであるが保存状態は最も良好である。全体的に火山豆石が他の露頭より多く、粒間を埋める細粒火山灰に乏しく火山豆石のみのユニットも見られる。火山豆石の粒径の違いによる成層構造も認められる。

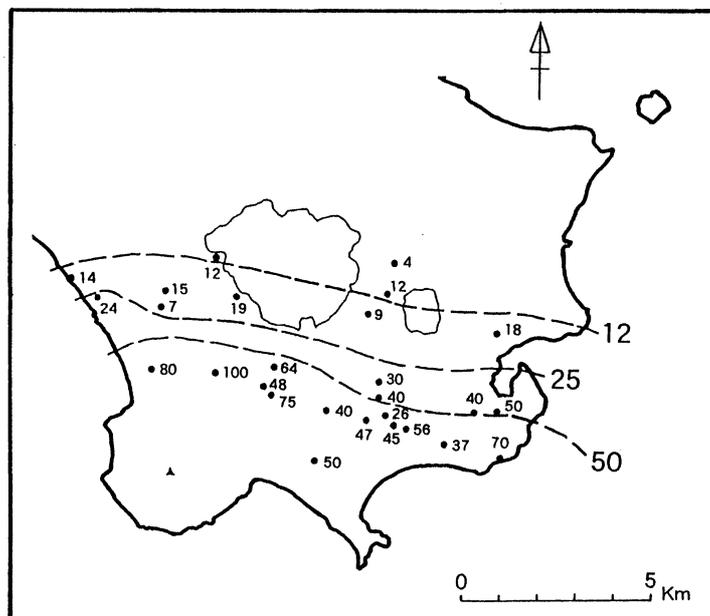


Fig. 2 Isopach maps of YG.
Values in cm.

灰ゴラ (GG) Km4 (3,300年前)

灰ゴラはコラの語源となった地層であり、Km4の一部をなしている。Km4は北西に分布するKm4₁~Km4₃と、北北東に分布するKm4₄の4つのメンバーからなる (Fig. 3)。そのうちコラと呼ばれるのは、Km4₁~Km4₃のメンバーである。しかし分布域全体がコラ状を示してはならず、その産状は火口からの距離により変化している。

火口から北西に3 kmの入野では、4つのメンバー全てが堆積している。最下位のKm4₁は発泡の悪い青黒色スコリア (MS=7.5cm) からなるが、褐色に変色した岩片が多く含まれる。基底には急冷層をもつスコリアが並ぶ。Km4₂は紫色火山灰からなり、3~8 mm大の火山豆石を多く含む。Km4₃は発泡の悪い青黒色スコリアからなり、粒径の変化により上下の2層に分けられる。下層は5 mm大の淘汰の良いスコリアからなり、上層はスコリア (MS=5.3cm) と岩片を多く含み、逆級化している。Km4₄は黄褐色の火山灰からなり、3~8 mmの火山豆石を多く含む。それぞれの厚さは、16cm, 8 cm, 16cm, 18cmである。このうちコラ状を呈するのは、Km4₂とKm4₄の2つの火山灰層である。Km4₁とKm4₃のスコリアの表面には細粒の火山灰が付着しているにもかかわらず、スコリア層全体としてはルーズである。

火口から北西に4 km程離れると、Km4₄は分布域からはずれ、Km4₁~Km4₃のみが堆積している。この付近ではKm4₁の上部とKm4₃の中央付近が細粒火山灰の混入により固くしめるようになる。火口から5 kmの露頭ではスコリア間に空隙があるが、スコリア層全体に細粒火山灰が混入し、スコリアの表面を2 mmの厚さで細粒火山灰が付着している。さらに火口から7 km以上離れると、堆積構造は不明瞭となり、各メンバーを識別することができなくなる。全体にスコリアと火山灰が混在した地層となっており、膠結度が高く、いわゆるコラ状を呈している。火山豆石は確認できない。

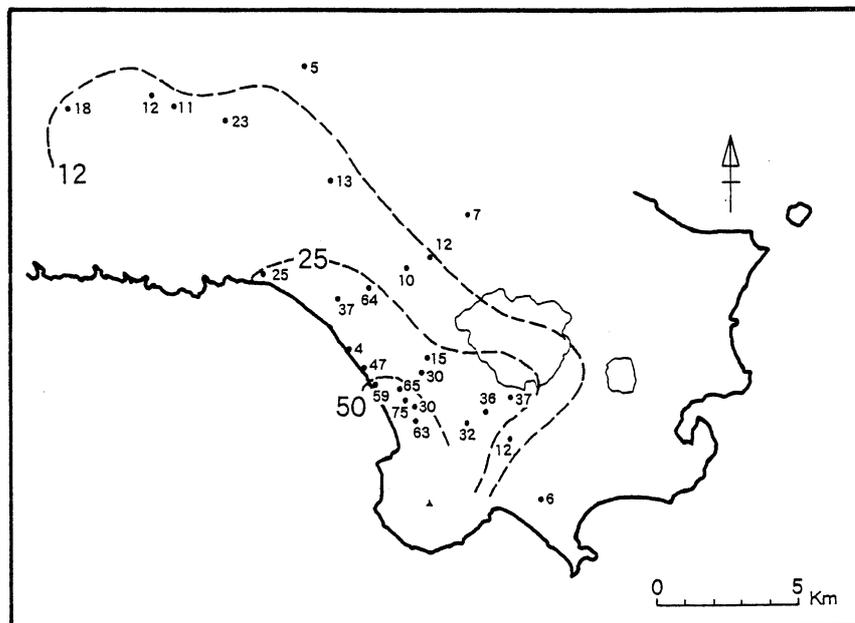


Fig. 3 Isopach maps of GG.
Values in cm.

暗紫ゴラ (RPG) Km8e₂ (2,300年前)

暗紫ゴラは発泡の悪い暗紫色スコリアからなり、開聞岳の東方に分布する (Fig. 4). 本質スコリアのみからなり、岩片をほとんど含まない. この層は Km8 の最上部をなす Km8e の 2 番目のメンバーである. 本層も火口からの距離により、層相が変化する

山体近傍の川尻町の北 1 km の露頭では層厚は 29cm (MS=2.2cm), 厚さ 2~7 cm の 7 つのフォールユニットから構成されている. ユニット間の粒径の変化はあるが、単一のユニット内での変化に乏しい. しかし弱い逆級化を示すユニットもある. ユニット間の境界にわずかに火山灰を挟み、スコリアの表面には薄く紫色の細粒火山灰が付着している. 一般の降下堆積物と同様ルーズである.

火口から離れるにしたがいスコリア層に挟まれる火山灰層が厚さを増し、下位のスコリア層内にわずかに垂れ下がるようになる. すなわち、堆積物全体に占める火山灰の割合が増加する. 火口から 8 km 東の山川町付近では全体の層厚が 15~20cm, 挟在するスコリア (MS=0.9cm) の単層の厚さは 1~3 cm となる. 細粒火山灰の部分は 4 mm 大のスコリア片をランダムに含むが火山豆石は含んでおらず、特別な級化構造も認められない. スコリア層の部分では、スコリアの粒間に空隙が認められる. 堆積物はコラ状で固くしまっているが、成層構造は保存されている.

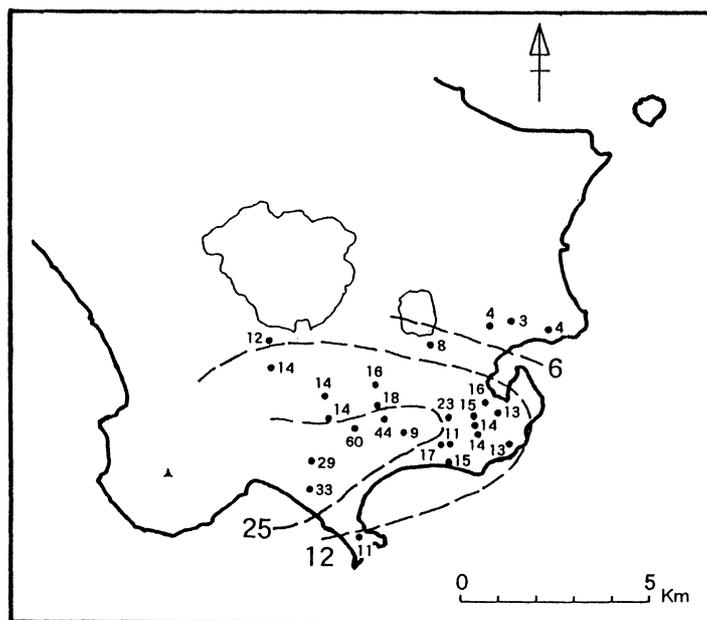


Fig. 4 Isopach maps of RPG.
Values in cm.

青ゴラ (BG) Km10c₂ (1,500年前)

青ゴラは Km10 の最上部をなす Km10c の 2 番目のメンバーである. 等層厚線図 (Fig. 5) では一定方向に分布軸を持ち、火口からの距離とともに層厚が規則的に減少している. 噴出地点は南部の海岸付近と推定され、そこにはタフリングの一部が露出している. それゆえ青ゴラはタフリングの形成と関連した水蒸気マグマ噴火に対応するテフラと考えられる.

全般的に成層構造が顕著で、直径 2~7 mm 大の火山豆石を多く含む細粒な火山灰層であるが、火口近傍ではスコリアの薄層を挟む. 豆石の多い部分では、球状または楕円球状 (短径 2~5 mm,

長径 2 cm) の気泡が多数認められる。火口から 6 km 以上離れると火山豆石の産出は稀になる。一般に層厚が 10 cm 以上の場合には固くしまっているが、それ以下の場合には下位のスコリア層 (Km10c₁) の内部に混入し、スコリア層を弱く膠結している。

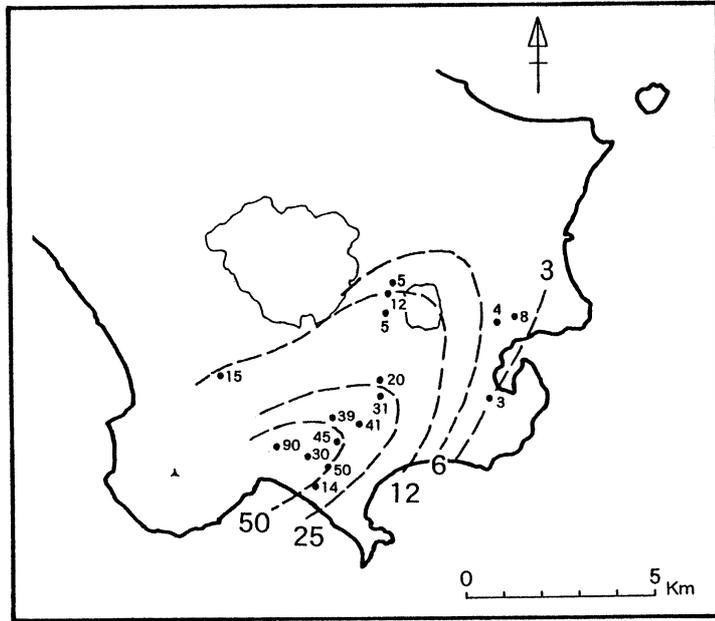


Fig. 5 Isopach maps of BG.
Values in cm.

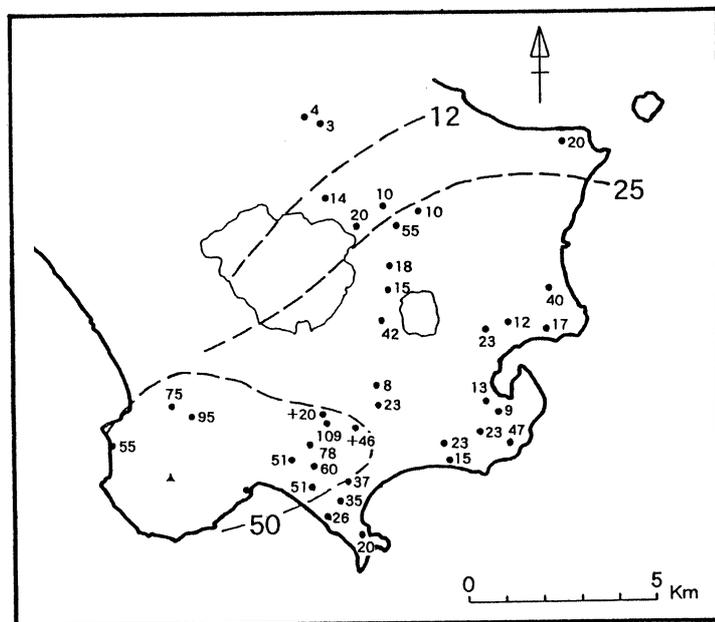


Fig. 6 Isopach maps of PG.
Values in cm.

紫ゴラ (PG) Km11a₄ (1100年前)

紫ゴラは歴史時代の噴火 (A.D. 874; 貞観16年) の産物であり, 古文書 (三代実録) の記述から噴火・堆積時の状況が推測できる唯一のテフラである。紫ゴラは Km11a の 4 番目のメンバーである。このユニットは山体に追跡すると南山麓に分布する火砕流堆積物に移化する。Fig. 6は紫ゴラの等層厚線図である。紫ゴラは一般の降下堆積物のような楕円形の等層厚線を示さず, 火口からの距離に対する層厚の変化に乏しい。層相はルーズな降下スコリアから, スコリアと火山灰が混在した状態まで変化するが, 灰ゴラや暗紫ゴラのように火口からの距離による規則性はない。ルーズな部分ではいくつかのユニットに区分できるが, ユニット単位で側方に対比することはできない。

山体近傍の川尻町の北東1.5kmの地点には, 一つの露頭内で固くしまった部分からルーズな部分へと層相の変化している露頭がある。両者の漸移部は2~4mの範囲であり, 固くしまった部分はルーズな部分にくらべ, 細粒な火山灰を多く含んでいる。また地層の上部のみがスコリアと火山灰の混在で固くなっている例もある。さらに樹幹跡の周囲1~3mの範囲だけがルーズなスコリア層となっている露頭もある。その部分だけは周囲と岩相の異なる5つのユニットに分けられる。スコリアは全般的に水冷による急冷層をもち, 表面形態はカリフラワー状であるが, 発泡度は変化にとむ。また表面には紫色細粒火山灰が付着している。

火口から約12km東の指宿市の橋牟礼川遺跡では, スコリアと火山灰が混在し固化した地層となっている。火山豆石は認められないが, 厚さ5mmで長さが3cm程度のマイクロベディングが数多く認められる。このマイクロベディングは皿状に中央部がわずかに窪み, 下部に粗粒物質が, 上部に細粒物質が濃集している。部分的には側方に連続した細粒火山灰の薄層になる。このようなマイクロベディングは, 雨滴が落下し, 流されたことにより生じたものと考えられており (Walker, 1981), 固くしまった紫ゴラに特徴的な堆積構造である。

大隅半島では厚さが約15cmのスコリア層となっており, スコリアの表面には細粒火山灰が付着している。粒子間には空隙があり, 弱く膠結している。

以上, 各コラ層の露頭における産状の特徴を記載したが, それらは大まかに細粒物質からなるものと, 細粒物質と粗粒物質のバイモーダルからなるものの2つに区分される。さらに後者は火口からの距離による産状の変化により2つに細分される。

- (1) タイプ1: 細粒火山灰が卓越し, 火山豆石, 気泡が多量に含まれ, 分布域全体が固くしまっているもの……黄ゴラ, 青ゴラ
- (2) タイプ2 a: スコリアと火山灰から構成されており, 産状が火口からの距離により規則的に変化するもの (火山近傍ではスコリアのみからなり, 遠方では火山灰とスコリアが混在し固くしまる) ……灰ゴラ, 暗紫ゴラ
- (3) タイプ2 b: スコリアと火山灰からなるが, 産状に火口からの距離による規則性が認められないもの (堆積物中にマイクロベディングが生じている) ……紫ゴラ

Ⅲ. コラの粒度特性

各コラ層の粒度特性を調べるために粒度分析を行った。なお1/16mm以下の細粒火山灰の細分は行っていない。Fig. 7は各コラ層の代表的な露頭での粒度組成を対数正規確率紙にプロットしたものである。産状の特徴から各タイプ分けしたタイプ1とタイプ2のコラは, 互いに異なっ

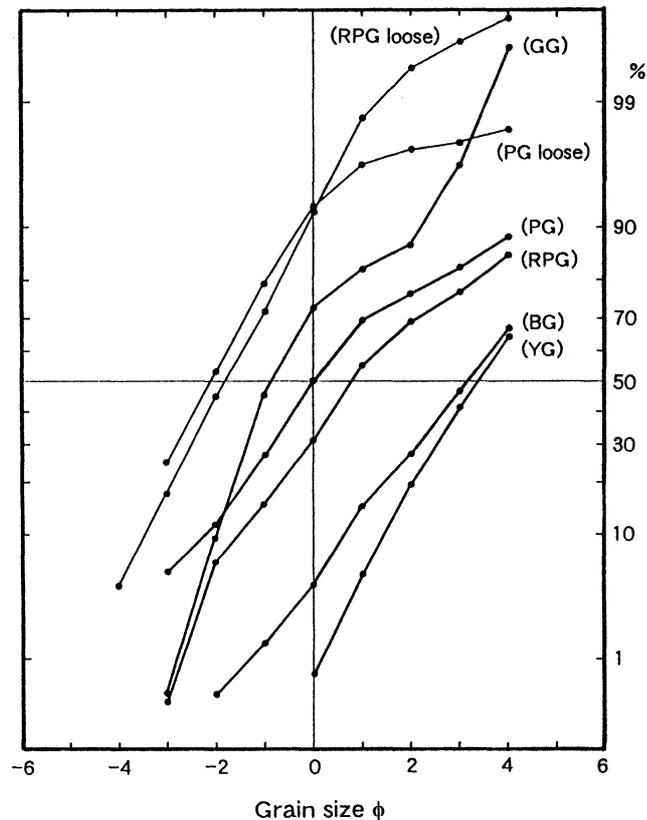


Fig. 7 Cumulative weight percentage curves of the size distribution of Kora beds on a logarithmic probability paper.

た粒度組成を示している。なお比較のために暗紫ゴラおよび紫ゴラのルーズな部分についても表示した。また灰ゴラと黄ゴラは膠結度が高く、正確な粒度分析ができない。特に灰ゴラでその傾向が顕著であり、本来の粒度組成が表されていない。

コラの粒度特性

細粒火山灰の粒度特性については、 $1/16\text{mm}$ 以下の細分を行っていないため明確ではない。しかしタイプ1の黄ゴラ、青ゴラは正規確率紙上でほぼ直線になることから、細粒部の単一のモードの粒度組成と推定できる。同紙上でこれと対をなすのは、タイプ2の暗紫ゴラと紫ゴラの固結した「コラ」の部分である。積算曲線の飽和値がルーズな部分にくらべかなり下がっており、著しいバイモーダルな粒度組成を示している。粗粒モードはスコリア・岩片である。分布域全体で $1/16\text{mm}$ 以下の細粒火山灰の占める割合は、暗紫ゴラで9~18wt.%, 紫ゴラでは11~39wt.%である。

暗紫ゴラおよび紫ゴラのルーズな部分（スコリア・岩片層）では、積算曲線が細粒部で折れ曲がることから、弱いバイモーダルな粒度組成であることがわかる。この細粒火山灰の小ピークは、暗紫ゴラではフォールユニット間の細粒火山灰、紫ゴラではスコリア表面に付着した細粒火山灰が影響している。

距離による粒度組成の変化

次に粒度特性の距離による変化を示す。粒度構成の変化を Fig. 8, 中央粒径値 ($Md\phi$) の変化を Fig. 9, 淘汰度 ($\sigma\phi$) の変化を Fig. 10に示す。なお距離変化によるデータが得られたのは、青ゴラ, 暗紫ゴラおよび紫ゴラの3つである。なお後2者については、固くしまった、いわゆる「コラ」の部分だけを用いている。

タイプ1 (青ゴラ) では、粒度分析が可能な試料が少ないため、明瞭な傾向は認められない。しかし一般的に粒度構成・ $Md\phi$ ・ $\sigma\phi$ とも、距離による変化に乏しい。火口近傍で細粒火山灰が多くなっている (Fig. 8) が、これは火山豆石が遠方ではあまり確認されないことが影響している。

タイプ2 a (暗紫ゴラ) では、1 mm より粗粒な物質は距離とともに規則的に減少し、1 mm

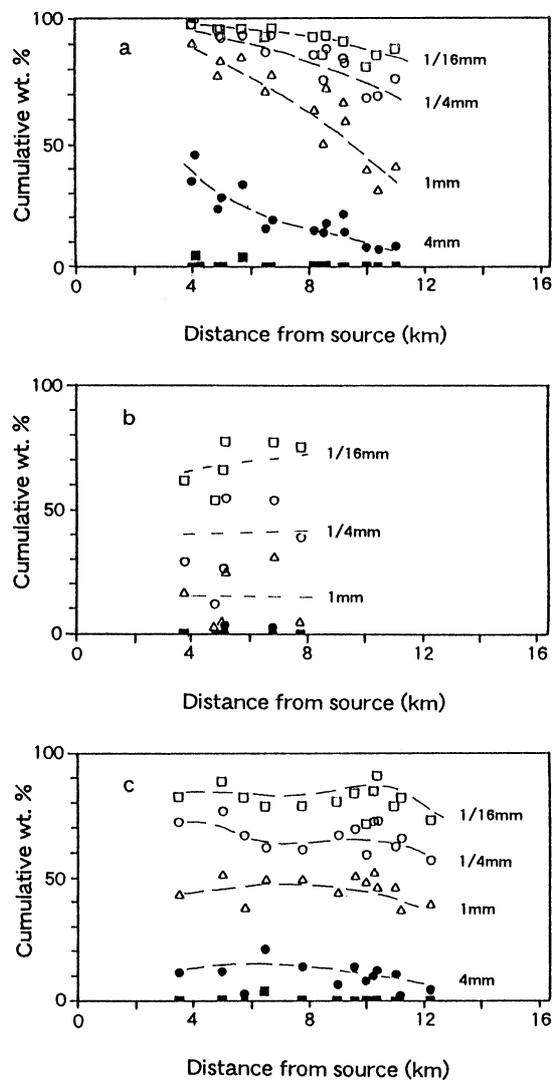


Fig. 8 Cumulative weight percentage of material finer than selected grain size, in millimeters, of the RPG(a), BG(b) and PG(c) plotted against distance from the vent.

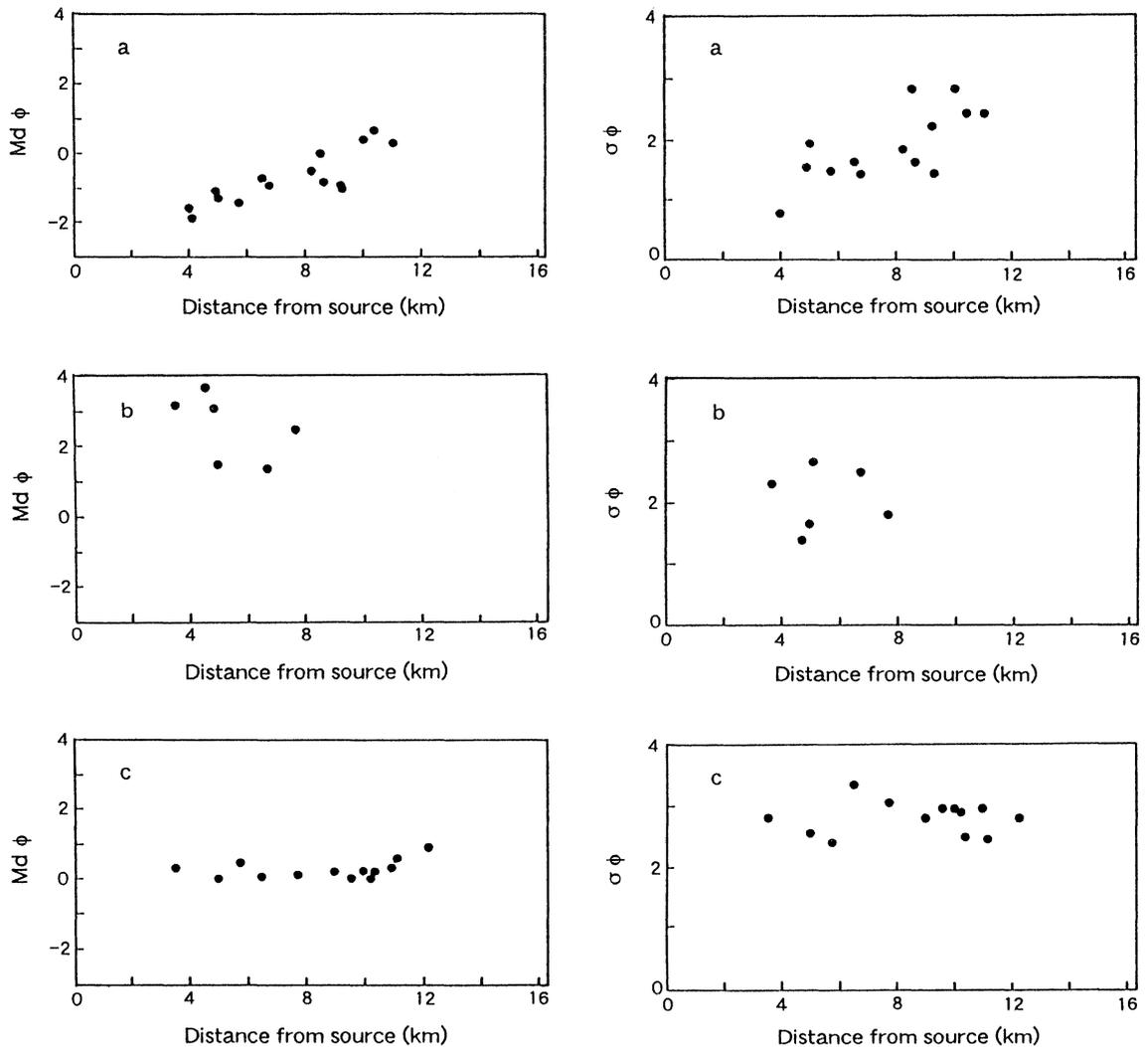


Fig. 9 $Md\phi$ of the RPG(a), BG(b) and PG(c) plotted against distance from the vent.

Fig. 10 $\sigma\phi$ of the RPG(a), BG(b) and PG(c) plotted against distance from the vent.

より細粒な火山灰は逆に増加する。特に $1/16\text{mm}$ 以下の細粒火山灰の比率は、 $8\sim 10\text{km}$ より遠方で著しく増加している。 $Md\phi$ は一般の降下火砕物と同様、距離の増加とともに細粒になるが、タイプ1・2 bとは好対照をなしている。なお $\sigma\phi$ は一般の降下堆積物とは逆に、遠方ほど淘汰が悪くなる。これは細粒物質が付加されることによる。

タイプ2 b (紫ゴラ) では、火口から 10km 以内では規則的な変化は認められない。しかしルーズな部分のみを用い同様の図にプロットした場合、 1mm より大きい粗粒モードは規則的に減少する。このことは、 10km より近い範囲内では、火山近傍ほど細粒火山灰が多量に降下していることを示唆している。そのことを反映して、全体的に淘汰が悪い。 10km より遠方では $1/16\text{mm}$ 以下の細粒火山灰が著しく増大している。この地点は指宿市の橋牟礼川遺跡である。この遺跡の発掘で、降灰により倒壊した家屋の内部でも、細粒な火山灰の薄層が発見された。これは降灰後の表面流水により、細粒火山灰が家屋内に流入したためである (成尾, 1988)。

IV. 考 察

各タイプのコラ層は細粒火山灰が含まれることにより、固化している。すなわちコラ層の形成には、細粒火山灰が不可欠であり、3つのタイプのコラの特徴は、噴火様式および堆積様式の違いを反映したものと考えられる。

ある地点においてテフラに占める細粒火山灰の割合が非常に高いのは、第1にもともとの噴煙中に含まれる細粒火山灰の量比、第2に細粒火山灰が選択的に降下・堆積する機構を反映した結果といえる。堆積物全体が細粒火山灰である黄ゴラ、青ゴラは、もともとの噴煙の性質、すなわちほとんど細粒火山灰からなる噴煙が必須の条件となる。また他の2つのタイプは火口からの距離により堆積物に占める細粒火山灰の比率が変化しており、噴煙の性質よりも細粒火山灰の降下・堆積の機構がより重要な要素になっている。

タイプ別コラの成因

1) タイプ1

タイプ1は細粒火山灰が主体のコラで、一般に多量の火山豆石を含んでいる。黄ゴラは開聞岳の最初の噴出物であり、当時の火口の位置は海域、または海岸近くで、マグマが水と接触しやすい場所だったと推定される。池田火砕流起源のリットラルコーンが十町付近にあることも、この推定を支持している。青ゴラは海岸付近に生じたタフリングの噴火による噴出物である。それゆえ両者とも、海水との接触により破碎度の高い細粒火山灰が主体の噴煙を発生させたものと思われる。

これらの堆積物には気泡が多数含まれるが、これは泥状に火山灰が降下し、空気を取り込むことによって、または含まれている水分が気化することによって生じたものと思われる。青ゴラでは火山豆石が6 kmより遠方ではほとんど確認されない。このことは、その噴煙柱があまり高い高度に達しなかったことを示唆している。

2) タイプ2 a

このタイプはスコリアと火山灰からなるバイモーダルな粒度組成を示し、遠方ほど淘汰が悪くなっている。

一般に粗粒物質とともに細粒火山灰を堆積させるためには、以下のような機構が考えられる。まず第1は、スコリア噴火で発生した大きな噴煙から、細粒な物質が火山灰塊、火山豆石、あるいは泥雨となって降下することである。粗粒な物質の表面に付着して落下することもありうる。第2は、噴火の衰退とともに噴煙柱が低くなり細粒火山灰が遠方に分布しなくなる、あるいは大きな噴火の後に引続く小規模噴火による細粒火山灰の降下が考えられる。第3は、火砕流の発生に伴って細粒火山灰が生産されるためである。第1の場合は堆積様式に主な原因があり、第2・3の場合には噴火様式の違いが主な原因となっている。もちろん第2・3の時にも第1の原因が重複することもありうる。第1の機構では条件により堆積物の見かけが異なる。細粒な物質の終端速度が十分小さいか、噴煙柱高度が高い、または噴火の継続時間が短いなどの場合には、スコリア層と火山灰層に分離した堆積物を形成するが、逆の場合、スコリアと火山灰が混在した淘汰の悪い堆積物を形成するであろう。

暗紫ゴラはスコリア層と細粒火山灰層の互層からなるが、堆積物全体の分布は楕円状であり (Fig. 4)、比較的短期間に噴火が終了したものと考えられる。スコリア層と細粒火山灰層のセッ

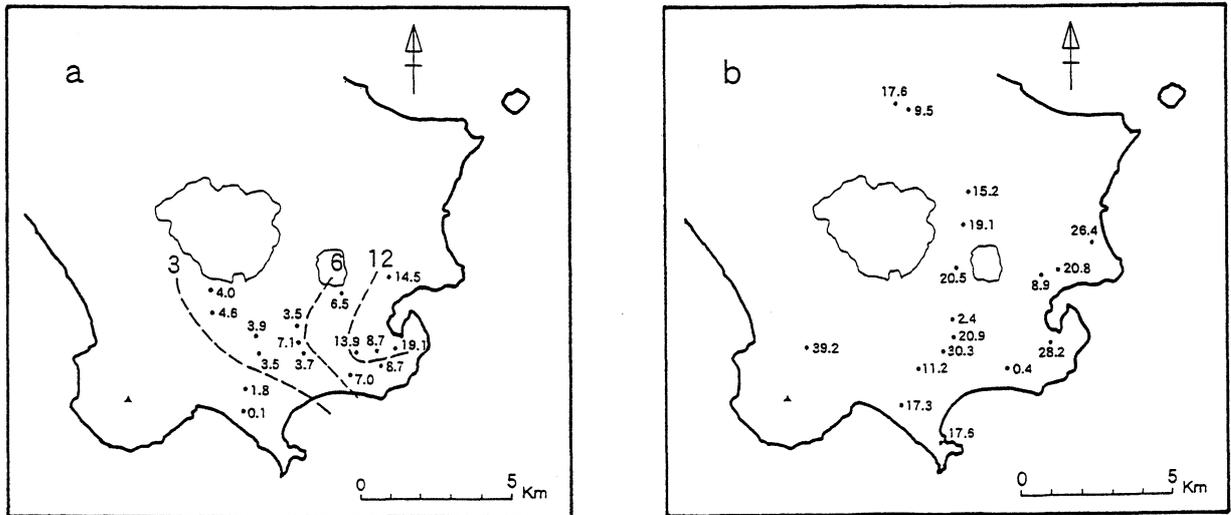


Fig. 11 Distribution of weight percentage of material finer than 1/16 mm of the RPG(a) and PG(b).

トは単一の大きな噴煙からの産物とみなすとその産状の特徴を最もうまく説明できる。細粒火山灰層には火山豆石や雨滴の落下を示す堆積構造がないことから、弱く凝縮した火山灰塊の形で降下したものと推定される。火口近傍では粗粒なスコリアが選択的に降下するが、火口から離れるにつれ細粒火山灰が細粒なスコリアとともに降下するようになる。細粒火山灰層が遠方ほど厚みを増すのは、弱く凝縮した火山灰塊の終端速度が小さいため、着地するまでの間に風下側に流されるためであろう。Fig. 11はFig. 8のデータの中で1/16mm以下の重量%の値を地図上にプロットしたものである。暗紫ゴラでは、細粒火山灰の分布は暗紫ゴラ全体の分布にくらべわずかに北に偏っている。これは高度による風向の違いで、終端速度の小さな火山灰塊が南成分を持つ風に流されたことによると理解される。

灰ゴラは、堆積構造がわずかに暗紫ゴラとは異なっているが、基本的には同じ機構で堆積している。ただ暗紫ゴラにくらべ、スコリアとともに降下する細粒火山灰の量比が大きい。細粒火山灰は火山豆石、あるいは湿った火山灰塊の状態以降下したためであろう。大規模噴火には稀な北西方向への分布を考えると、台風もしくは低気圧通過時の噴火であった可能性がある。

3) タイプ2b

紫ゴラは歴史時代の噴火の産物であり、その様子は古文書（三代実録）に記述されている。それによると「干時雨沙色如聚墨終日不止，地積之厚或処五寸或処可一寸余，比及昏暮沙變成雨」とあり、墨汁色の雨混じりの火山砂礫が降り、15cm～3cmの厚さで堆積し、夕方になって火山砂礫から雨に変わったことがうかがえる。また、「禾稼得之者致枯損河水和沙，更為蘆濁魚鼈死者無数，人民有得食死魚者或死或病」とあることから、植生の破壊があり、河川では泥流が発生し噴出物で埋積されたことが推測される。これらから降雨という気象条件のもとで噴火が生じたことは明らかである。マイクロベディングの存在もこれを支持し、細粒火山灰は泥雨の状態で激しく降下したことが推定される。固くしまる、ルーズ、または樹幹の周りのみルーズであるなどの産状の違いは、雨の降りかた、または樹木などの障害物により生じたものと考えられる。また、火山豆石が確認されないことは落下により破壊されたか、あるいは水分が多すぎて形成されなかったことによると思われ、この雨は強い通り雨、もしくは夕立のような降りかたをしたことが

推測される。一般の降下堆積物のような楕円形の等層厚線図を示していない (Fig. 6) ことは、露頭による産状の変化とともに、表面流水による二次的な層厚の増加による影響と思われる。

火口からの距離による粒度組成の変化が少ないことは、火口近傍でより大量の細粒火山灰が降下していることを意味している。すなわち噴煙中の粒子密度の高い部分でより効果的に落下しているわけである。そのことを反映して各地点での細粒物質の重量比には規則性は見られず、暗紫ゴラと好対照をなしている (Fig. 11)。全般的に淘汰が悪いのは細粒火山灰が降雨により強制的に降下したこととともに、堆積直後の表面流水により細粒火山灰が二次的に集積したことも原因になっている。火砕流の発生に伴い細粒火山灰が多量に生産されたことも影響を与えたかもしれない。

細粒火山灰の凝集機構と堆積構造

タイプ1では本質的に噴煙の粒度構成が異なっている。タイプ2 a・2 bの違いは、細粒火山灰の噴煙からの落下形態に依存している。火山灰塊の形成には静電気力が大きな役割を果たしている (Gilbert *et al.*, 1991) が、粒子の形状なども重要な要素であろう (Sorem, 1982)。水分のはたす役割については未だ定かではないが、火山豆石の形成に水が何等かの役割をはたしていることは否定できない (加藤, 1986; Tomita *et al.*, 1985)。もちろん水分が豊富であれば、湿った火山豆石、あるいは泥雨として、より効果的に落下することが可能である。

水蒸気マグマ噴火ほど「コラ」タイプのテフラが生産されやすいのは、もともと細粒物質が生産されやすいのと同時に、噴煙に通常のマグマ噴火よりも多量の水蒸気が供給されることが重要な要素となっているものと考えられる。

降下した細粒火山灰塊に含まれる水分の量は多様である。乾いた状態では降下時の堆積構造は保存されるが、泥雨ではマイクロベディングを、さらに水分が多い時には側方に連続した細粒火山灰の薄層を形成し、最も顕著な場合にはガリー浸食が生じる。堆積物表面にリップルマークが生じることもある (Lorenz, 1974)。

コラ層の中では、降雨中に噴火が生じた紫ゴラが最も表面流水の影響を受けている。マイクロベディングのほか細粒火山灰の薄層が見られ、一時的に降雨量が増加、あるいは噴出量が減少した時に表面流水が生じたと考えられる。それにより細粒物質が削剝、付加されることにより堆積物の層厚、粒度組成は本来持つ性質から著しく変化した。

ガリー浸食は噴火終了後にも生じることがあるが、マイクロベディング、堆積物中の細粒火山灰の薄層は、堆積作用と降雨が同時に進行した時にのみ生じる。すなわち、これらの堆積構造は噴火時の気象条件を推測する指標となりうるであろう。

類似例

タイプ分けしたコラ層と類似した成因のテフラは、他の多くの火山においても認められる。そのうちの一部はコラと同様に固化しているが、比較的固結度の低い例もある。今回はなぜコラ固化するのかについては、言及していない。ここでは固結度とは関係なく、各タイプのコラと類似した例について列挙する。

1) タイプ1の類似例

水蒸気マグマ噴火では、このタイプのテフラがしばしば発生している。特に水蒸気プリニー式噴火のテフラはすべてこのタイプである。例：十和田火山八戸火山灰 (早川, 1983), Hatepe・

Rotongaio 火山灰 (Walker, 1981), Oruanui Formation・Askja 1875 Layer C (Self and Sparks, 1978), 池田湖火山灰層 (成尾・小林, 1984). マール, タフリング形成時にも, しばしば同様のテフラが生じている. 例: Big Hole maar・Surtsey・Hverfjallなど (Lorenz, 1974).

その他, 阿蘇山の最近の活動様式である火山灰主体の噴火 (いわゆる灰噴火) (小野ほか, 1990) の例がある. この噴火様式は上に挙げたものとは異なるが, その堆積物はコラ状であることが多い.

2) タイプ2の類似例

有珠山1977年の噴火によるテフラのうち, Us-1977-Ⅲ, -DT は低気圧の接近にともなう降雨中の噴火の産物である (鈴木ほか, 1982). 火口から遠くなるにしたがい, Md 値が細粒になり, 粒度積算の飽和値が下がり, 細粒火山灰の割合が増加している. この細粒火山灰は雨滴とともに降下したものである. Fogo 1563では降下軽石堆積物の細粒部にマイクロベディングが確認されている (Walker and Croasdale, 1971). 桜島火山起源の降下軽石層の第5層では, 火砕流堆積物に挟まれる降下軽石層は細粒火山灰に富んでおり, 火山豆石, 気泡が認められる (小林, 1986). 霧島火山群新燃岳のテフラの中で, Sm-KP6の下半部は細粒火山灰に富む黄色軽石であり, 火山体に追跡すると非溶結の火砕流堆積物に移化する (井村・小林, 1991). これは火砕流噴火に伴う例である.

V. まとめ

コラ層は粒度特性, 産状の特徴から大きく2つのタイプに分けられる. その成因 (噴火とその堆積様式) は次のようにまとめられる.

- (1) 黄ゴラ, 青ゴラは水蒸気マグマ噴火により破碎度の高い細粒火山灰主体の噴煙が生じた. 細粒火山灰は火山豆石, 火山灰塊の形成により, 火山近傍へ降下したと考えられる.
- (2) 灰ゴラ, 暗紫ゴラおよび紫ゴラはスコリア噴出に伴う細粒火山灰の降下である. 前2者は主に細粒火山灰は凝縮した火山灰塊の形で降下したものと考えられるが, その終端速度が小さいため着地するまでの間に風下側に流されることにより, 遠方ほど細粒火山灰の量比が増大する. 紫ゴラは降雨中の噴火のため, 細粒火山灰は泥雨の状態で降下し, 堆積物にマイクロベディングを生じた. 噴煙中の粒子密度の高い部分でより効果的に細粒火山灰が落下することにより, 著しいバイモーダルな粒度組成をもつ堆積物を形成した. 細粒火山灰の降下の程度は暗紫ゴラ, 灰ゴラ, 紫ゴラの順に強くなる. 紫ゴラは降雨という気象条件の影響を最も強く受けた例といえる.

謝 辞

鹿児島市立玉龍高等学校の成尾英仁氏, および金沢大学の奥野 充氏には開聞岳のテフラについて有益な助言をいただいた. 両氏に深く感謝いたします. なお本研究には文部省科学研究費 (一般C, 62540588) の一部を使用した.

引用文献

- Gilbert, J.S., Lane, S.J., Sparks, R.S.J. and Koyaguchi, T. 1991. Charge measurements on particle fallout from a volcanic plume. *Nature*, **349**, 598-600.
- 花井七郎兵衛, 1952a. 薩摩半島南部に分布する“こら”層に関する研究 (第1報) 化学的組成について. 鹿大農

- 学術報告, **1**, 29-41.
- , 1952b. 薩摩半島南部に分布する“こら”層に関する研究 (第2報) 遊離珪酸, アルミナ, 鉄及び色素率について. 鹿大農学学術報告, **1**, 42-48.
- , 1952c. 薩摩半島南部に分布する“こら”層に関する研究 (第3報) 鉱物成分について. 鹿大農学学術報告, **1**, 49-56.
- 早川由紀夫, 1983. 火山豆石として堆積した十和田火山八戸火山灰. 火山, **28**, 25-40.
- 井村隆介・小林哲夫, 1991. 霧島火山群新燃岳の最近300年間の噴火活動. 火山, **36**, 135-148.
- 加藤祐三, 1986. ひょう起源の火山豆石. 地質雑, **92**, 429-437.
- 小林哲夫, 1986. 桜島火山の形成史と火砕流. 文部省科学研究費自然災害科学特別研究「火山噴火に伴う乾燥粉体流 (火砕流等) の特質と災害」(代表者荒牧重雄), 137-163.
- 桑代 勲, 1966. 3. 新期ロームのうち (A) 開聞火山噴出物について—薩摩半島中南部の火山噴出物 (2). 知覧文化, **3**, 1-22.
- Lorenz, V. 1974. Vesiculated tuffs and associated features. *Sedimentology.*, **21**, 273-291.
- 成尾英仁, 1984. 開聞火山噴出物と遺跡の関係—特に初期噴出物の関係について—. 鹿児島考古, **18**, 193-215.
- , 1986. 開聞岳と遺跡. 隼人文化, **18**, 47-60.
- , 1988. 南九州における弥生～平安時代の活動史. 鹿児島県地学会誌, no. 61, 8-16.
- ・小林哲夫, 1984. 池田カルデラ形成時の降下堆積物. 火山, **29**, 148.
- 小野晃司・渡辺一徳・星住英夫, 1990. 阿蘇火山中岳の活動と灰噴火. 地球惑星科学関連学会合同学会日本火山学会固有セッション講演予稿集, p. 90.
- Self, S. and Sparks, R.S.J. 1978. Characteristics of widespread pyroclastic deposits formed by the interaction of silicic magma and water. *Bull. Volcanol.*, **41**, 196-212.
- Sorem, R.K. 1982. Volcanic ash clusters: Tephra rafts and scavengers. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **13**, 63-71.
- 鈴木建夫・新井田清伸・勝井義雄, 1982. 有珠山1977年輕石・火山灰の堆積様式. 火山, **27**, 119-140.
- Tomita, K., Kanai, T., Kobayashi, T. and Oba, N. 1985. Accretionary lapilli formed by the eruption of Sakurajima volcano. *J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, **80**, 49-54.
- Walker, G.P.L. 1981. Characteristics of two phreatoplinitic ashes, and their water-flushed origin. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **9**, 395-407.
- and Croasdale, R. 1971. Two Pliniatype eruptions in the Azores. *J. Geol. Soc. Lond.*, **127**, 17-55.