

阿蘇火山における泥流堆積物の膠結物の生成

松本, 雅道
九州大学大学院生物資源環境科学府

小林, 和代
九州大学大学院生物資源環境科学府

大村, 寛
九州大学大学院農学研究院

久保田, 哲也
九州大学大学院生物資源環境科学府

<https://doi.org/10.15017/8877>

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 62 (1), pp.57-62, 2007-02-28. 九州大学大学院農学研
究院

バージョン：

権利関係：



阿蘇火山における泥流堆積物での膠結物の生成

松本雅道¹・小林和代¹
大村寛^{*}・久保田哲也¹

九州大学大学院農学研究院森林資源科学部門森林機能制御学講座森林保全学研究室
(2006年11月8日受付, 2006年12月1日受理)

Concretion development in mudflow deposit at Aso volcano

Masamichi MATSUMOTO¹, Kzuyo KOBAYASHI¹, Hiroshi OMURA^{*}
and Tetsuya KUBOTA¹

Erosion Control Division, Forest and Forest Product Science Department,
Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

緒 言

阿蘇山の外輪山の箱石峠付近は中央火口丘の東側に位置し、火山降下物も厚く堆積し、そこには多様な形態の含鉄膠結物が介在する。含鉄膠結物は、純化学的に生成することが示され(小島ら, 1979)、生物の関与も指摘されている(吉津・田崎, 1997など)。含鉄膠結物の生成による、斜面物質の物性と水移動の特性の変化は、斜面の安定性にかかわる素因として評価するべきものと考えられる。しかし、斜面物質の化学的变化は、風化による成分の溶脱と粘土の生成、それに伴う強度低下が論じられ(千木良, 1988; 丸山・武士, 2004など)、スライムの生成による地すべり地での排水孔の閉塞が報告された(丸山ら, 2003)に過ぎない。また、含鉄膠結物の生成する層位は、加藤・近藤(1960)が水田土壌の分類において検討している。しかし、火山地帯における含鉄膠結物と斜面崩壊の関連を論じるには、報告は不十分な段階にある。そこで、本論では含鉄膠結物の相互関係や分布特性について検討し、斜面崩壊との関連を考える基礎資料を提示する。

豊橋市立地下資源館の家田健吾氏には、貴重な文献を恵与いただいた。厚く御礼申し上げる。

調査対象地の概要と方法

調査対象地は根子岳と阿蘇カルデラの外輪山の接する箱石峠の北西に位置する、白川水系古恵川の右岸支川(箱石川)である。坂梨流紋岩および阿蘇火砕流が堆積し、表層は中央火口丘の噴出した降下物に覆われる。箱石川沿いにはスギが植林され、ススキ草原が広い面積を占める。なお、調査対象地の溪床は、強雨時以外に水流は見られない。

含鉄化合物の生成した層位と形態の記録のための調査を、図1に示された4箇所の露頭で行った。調査対象とした露頭1, 2, 3は、カルデラ壁を侵食する沢の溪岸崩壊である。標高は720-750mで、最も上流側の露頭1と最も下流側の露頭3の距離はおおよそ700mである。露頭4は、根子岳と外輪山が接する緩斜面を侵食する谷の標高810mにある溪岸崩壊である。

各露頭では層位と膠結物の分布を記録し、山中式土壌硬度計を用い10回測定しその平均値を土壌硬度とした。

結 果

1. 層序

最も模式的と思われる露頭1における堆積物の層序

¹九州大学大学院生物資源環境科学府森林資源科学専攻森林保全学研究室

¹Erosion Control Division, Forest and Forest Product Science Department, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

^{*}Corresponding author (E-mail: homura@agr.kyushu-u.ac.jp)

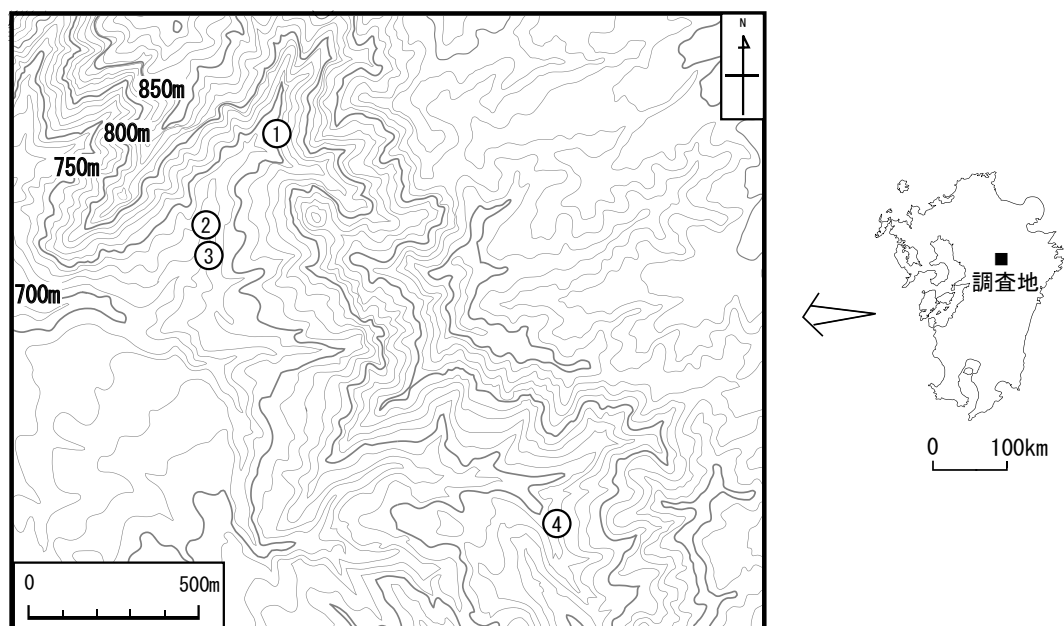


図 1 調査対象とした露頭の位置

は、次の通りであった（図 2）。地表から 2.7m の深さまでは、黒ボク土が堆積する。中岳起源のスコーリア層（以下 N2S）は 1.1～1.3m にあり、乱されていない。黒ボク土層の直下の 2.7～10.8m には、泥層が見られるが、流紋岩片や塊状の硬質ロームが散在し、泥流堆積物と推察され、往生岳スコーリア（以下 OjS）と考えられるスコーリア粒が散在する。この堆積物の 4.2～4.3m の位置に、3 層の黒色層と 1 層の火山ガラスに富む層が、ほぼ水平に堆積する。10.8m よりも下位には礫層があり、OjS のスコーリアの集積部を含む。この礫層は、泥流の発生前の溪床の堆積物と推察された。

泥流堆積物の介在する層序は、他の露頭にも見られた。露頭 2 と露頭 3 では、N2S が存在する可能性のある位置は植生に覆われており、確認できなかった。露頭 2 では、泥流堆積物は 1 層の堆積物であった。露頭 3 では、泥流堆積物には砂質層が介在し、2 層として識別された。露頭 2 と露頭 3 では、泥流堆積物の下位に礫層や砂質層が堆積しており、泥流の発生前の溪床の堆積物と推察された。露頭 1 から下流の露頭 3 にむかって、泥流堆積物の層厚は薄くなることが認められ、2 回以上発生した泥流により形成されたものと推察された。露頭 4 は露頭 1－3 とは離れているにもかかわらず、黒ボク土層の直下に、硬質ローム塊と OjS を多量に含む泥流堆積物が認められた。OjS のスコリ

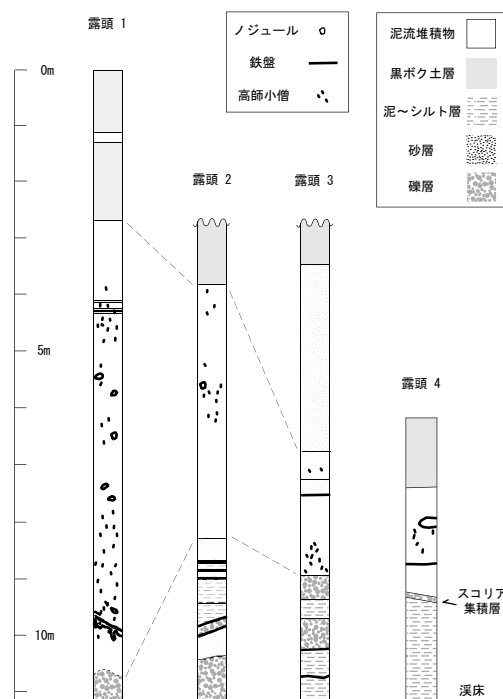


図 2 柱状図と含鉄膠結物の分布模式図

アのみが集積した層があり、直下の泥層には OjS が見られない。

表 1 含鉄膠結物の特徴

	生成層	水流	卓越する方向	Fe 集積方向
高師小僧	泥流堆積物	なし	鉛直	内から外側
ノジュール	泥流堆積物	なし	不定	内から外側
スライム	砂礫層 泥流堆積物	あり	水平	外から内側
パン・盤鉄	砂礫層	あり・なし	水平	上下

2. 膠結物の分類と生成位置

調査対象地で見られる膠結物を分類し、表 1 にまとめた。膠結物には次の特徴があり、何れも鉄を含むと膠結物と考えられた。

高師小僧は地下水中に溶解している鉄分が土壌中あるいは粘土中の植物体を交代して生じた水酸化鉄の沈殿物である（吉田・松岡，2004）。泥流堆積物内に生成しており、露頭 1 では特に多産する。形態は多様で基本は棍棒状であるが、著しく肥厚し塊状になる場合も見られ、複数の高師小僧が癒着する型も見られた。棍棒状の場合は端は急に細くなり鋭尖頭となり、塊状の場合でも突起を持つ。鉛直方向に伸びるものが多い。鉄盤から上へ伸び、石筍状の形態になるケースもある。中心には空洞があり、内部には植物の印象が残るものもある。泥流堆積物の新鮮な断面には 5 mm 以下の管状や不定形の斑鉄が観察でき、小型の高師小僧と区別できなかった。吉田・松岡（2004）は、愛知県高師原産の高師小僧の産状を、還元状態の有機質のシルト層中で、地層に対してほぼ直交する状態で生成されていると報告し、高師小僧の横断面は鉄酸化物の濃集によるリング状の構造を持ち、中心に植物の繊維組織を壁に残す孔が存在することを指摘した。また、横断面の元素分布を計測した結果、Fe と S の濃集を確認し、硫黄の濃集は鉄酸化物の濃集リングの外側にまで広がることから、周辺の地層からの元素移動が関わる事を報告した。調査対象地における高師小僧も同様に、横断面に同心円状の構造をもち、中心の空洞部分から外側に向かい成長したと考えられた。一方、赤黄色の同心皮殻構造を持つ鉄酸化物の濃集であるノジュールが、調査対象地の泥流堆積物において生成する。高師小僧や鉄盤と比較して色は薄く軟質であり、ノジュールの中心には、硬質ローム塊が見られるケースがある。露頭 1 におけるノジュールと高師小僧の直径を正規確率紙上に示した（図 3）。高師小僧の平均直径は 6 mm であるが、ノジュールの直径は 150 mm と大型である。パイプの直径は 38 mm であった。

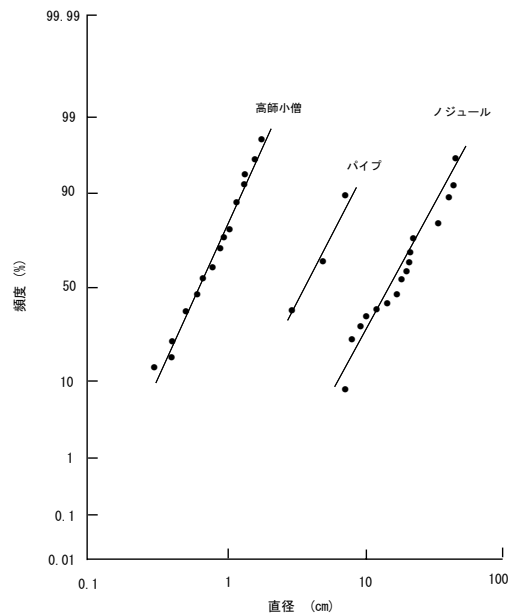


図 3 含鉄膠結物のサイズ構成

礫層や砂層においては、硬質の鉄盤が生成する。周囲の砂礫を膠着し、赤褐色で板状の硬い部分を形成し、周囲とは色調と硬度が異なる。ほぼ水平に形成される例が多く、数層が形成されるケースがある。砂礫層は現在でも地下水の通路であり、浸出する水が見られる場合がある。そこに生成する鉄盤の上部にパイプは形成されることが多い（図 4）。鉄盤は、砂層や泥層内のクラックを充填して発達する場合もあるが、このような鉄盤は軟質である。スライムは、鉄細菌が関与して生成した、酸化第二鉄を主成分とする赤褐色の粘性物質で、地すべり地の地下水排除施設の集水管において記録された（丸山ら，2000）。調査対象地においては、地下水の浸出するパイプに赤く付着し、表面は粘性を持つが、内部は硬化して数 mm 程度に厚くなる。硬化が進行すると水の供給が断たれると考えられ、それ以上の厚さに発達する例は見られなかった。

層位による土壌硬度の変化は図5に示される。鉄盤の発達する層は、土壌硬度が25mm以上に硬化していた。

考 察

含鉄膠結物は、溪床堆積物とこれを埋没させた泥流堆積物に特異的に見られた。含鉄化合物のいずれかを

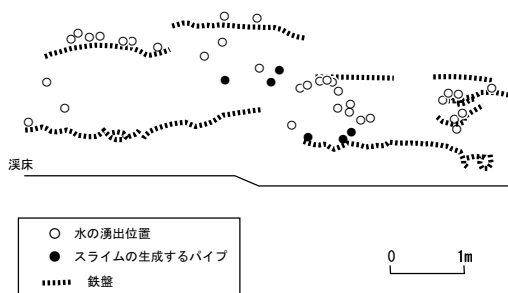


図4 露头3における鉄盤とパイプの関係

欠く露頭もあるが、下位から、「鉄盤」、「パイプの形成とスライムの付着」、「高師小僧とノジュール」の順に形成され、一連の生成系により生じたと推察された(図2, 6)。即ち、溪床堆積物を移動する地下水中の鉄イオンは、地表付近で酸化し鉄盤を形成し、難透水性である鉄盤により、部分的な間隙水圧の上昇を引き起こし、パイプを形成する。一方、地下水が毛管水として泥流堆積物内を上昇し、高師小僧やノジュールを形成するという、2つの移動経路の方向性が想定された(図7)。

含鉄膠結物に含まれる鉄イオンの供給源について考察する。阿蘇谷西部には火山活動の影響を強く受けた赤水型地下水が分布し(永井ら, 1986)、堆積した褐鉄鉱を採掘する露天掘り鉱山が稼動する。また、川崎・古閑(1976)は阿蘇谷西部の水田土壌において、上位の土層での著しい鉄の溶脱と下位の土層での集積を報告した。しかし、調査対象地に近い阿蘇市坂梨における地下水の全鉄は0.07ppmであり(地質調査所, 1970)、

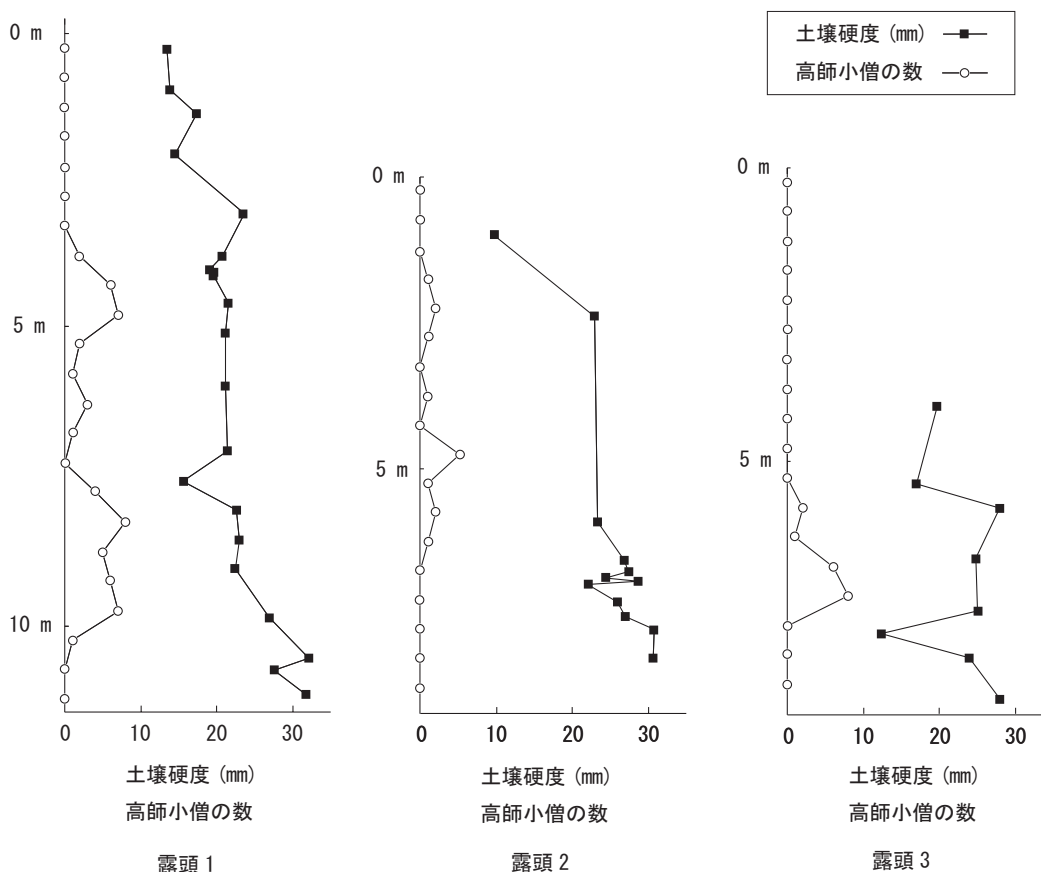


図5 土壌硬度と高師小僧の数

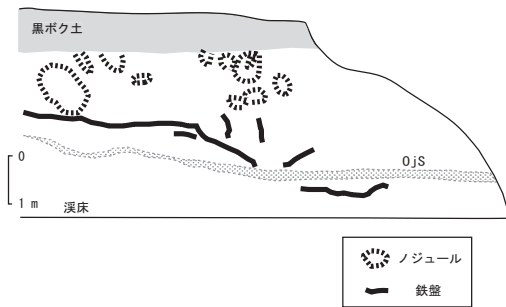


図6 露頭4における鉄盤とノジュールの生成位置
OjSは往生岳スコリア。

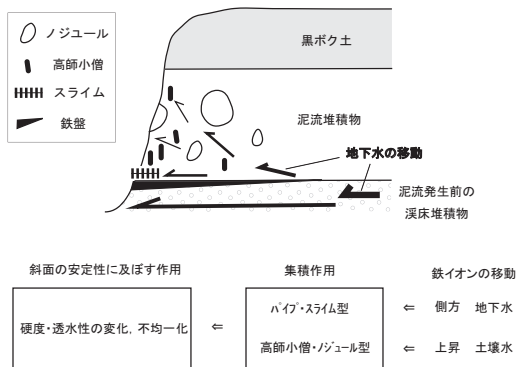


図7 含鉄膠結物の生成過程

調査対象地の地下水は赤水型よりも溶存する鉄の少ない型の地下水と推察される。したがって、調査対象地に集積する鉄イオンは流域外から供給されたものではなく、流域内の表層堆積物から供給された可能性が高いと考えられた。小坂ら（1983）は、還元性の地下水の影響で、火山灰や軽石から FeO や Fe_2O_3 の溶脱が進行することを示した。加藤・近藤（1960）は、富士山西麓において、マサと称する含鉄膠結物が生成する土壌を報告し、砂礫層が強く固結するジャリマサ系統と、スコリア混じりの有機物に富む土壌が硬化したエカスマサ系統に分類し、エカスマサの生成過程において、スコリア粒が腐植と混在することにより風化が促進されると推定した。調査対象地の泥流堆積物に見られるスコリアは、褐色火山灰土層に介在するスコリアと比較して著しく風化して脆弱である。エカスマサに類似する鉄イオンの生成機構が、泥流堆積物においても存在することが示唆された。

今回調査した露頭では、泥流堆積物の上位の N2S は乱されておらず、下位の堆積物に OjS の集積が見られた。したがって、泥流は OjS の降下から N2S の

降下までの 2700～1600 年前の期間に発生し、おそらく OjS の降下から時間を置かず泥流が発生したと推察され、スコリアの降下と泥流発生に関連がある可能性が示唆された。この含鉄膠結物の生成が認められる泥流堆積物は、箱石川と支川の緩斜面に分布すると推測される。新藤（1993）は集中流により生じる大間隙の発達を、斜面の疲労現象とした。園田ら（2002）は豪雨時以外にも土層下部にパイプが発達し、それが土砂を排出することで上位の土層の沈下や崩れが発生することを指摘した。含鉄膠結物は、溪岸崩壊に関する素因として評価されるべきであろう。また、スライムは土層中のパイプの位置を残すことも興味深い。スライムは、パイプの補強材として流路の固定と維持に寄与すると考えられ、同時にパイプのネットワークの変化の痕跡を追うことが可能な点で注目すべきものと考えられる。

要 約

阿蘇山の箱石川流域において、2700 年前に OjS の降下後に、2 回以上の泥流が発生したと推察された。この泥流堆積物と発生前の溪床堆積物に、特異的に含鉄膠結物が見られ、「鉄盤」、「パイプの形成とスライムの付着」、「高師小僧とノジュール」の順になる生成系が認められた。泥流堆積物に含まれるスコリア粒が風化して鉄イオンが生成し、これに埋没した溪床堆積物と泥流堆積物の間での地下水の移動が関与して、含鉄膠結物が生成すると推察された。このような含鉄膠結物による土層の硬化は、斜面の安定性に影響があると考えられた。

引 用 文 献

- 千木良雅弘 1988 泥岩の科学的風化—新潟県更新統灰爪層の例—。地質学雑誌, 94: 419-431
- 地質調査所 1970 熊本県白川および黒川流域水理地質図。地質調査所
- 加藤芳朗・近藤鳴雄 1960 富士山西麓のマサ（盤層）について。日本土壤肥科学雑誌, 31: 399-402
- 川崎 弘・古閑孝彦 1976 阿蘇カルデラ内の酸性硫酸塩土壌。九州農業試験場報告, 18: 271-292
- 小島道也・佐藤幸夫・金子文宜 1979 水田における斑鉄生成に関するモデル実験。日本土壤肥科学雑誌, 50: 148-154
- 小坂丈予・平林順一・岡田 清・二木昌次 1983 長野県伊那地方の風化堆積火山灰の組成変化。粘土化学, 23: 17-26
- 丸山清輝・安藤達弥・高橋正樹・飯田正巳 2000 地すべり地における地下水排除施設集水管の目詰まりに関する調査。土木技術資料, 42(6): 56-61

- 丸山清輝・武士俊也 2003 中栗地すべりにおける鮮
新世泥岩の化学的風化. 日本地すべり学会誌, **41**:
375-384
- 丸山清輝・安藤達弥・飯田正巳 2003 地下水排除施
設集水管の日詰まりに関する検討. 日本地すべり
学会誌, **39**: 409-415
- 永井 茂・田口雄作・島野安雄・田中信廣 1986 阿
蘇カルデ内の地下水および河川水に関する水文化
学的研究. 工業用水, **337**: 10-21
- 新藤静夫 1993 斜面災害における地中水の集中現象.
第四紀研究, **32**: 315-322
- 園田美恵子・吉岡龍馬・水山高幸 2002 森林斜面に
おける表土層の移動と土壌パイプの関係について
の一考. 地形, **23**: 537-560
- 吉田英一・松岡敬二 2004 愛知県豊橋市高師原台地
から産する「高師小僧」. 名古屋大学博物館報告,
20: 25-34
- 吉津 研・田崎和江 1997 鉄, マンガン鉱物形成に
おける微生物の働き. 鉱物学雑誌, **26**(2): 69-72

Summary

It is presumed that the mudflow occurred two times or more in Hakoishi River basin in Mt. Aso. These events happened after the scoria fall-out from Ojo-dake volcano, about 2.7 ka. B. P.. Iron concretions frequently developed in the mudflow deposits and the river bed sediment. In order of iron concretion formation, Takashikozo and nodule, slime grown in the pipe, iron pans were observed in that materials. The iron concretion was formed by the iron-ion produced from weathered scoria in the mudflow deposits, which was molded by the flow of groundwater between the mudflow deposit and the river bed sediment. It is possible that this phenomenon influenced upon the slope stability.