

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 5 日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26850038

研究課題名(和文) 土壌生態系改変者による鉱物風化作用の解明

研究課題名(英文) Study on Mineral Weathering induced by Soil Ecosystem Engineers

## 研究代表者

阿部 進 (ABE, Susumu)

近畿大学・農学部・講師

研究者番号：40708898

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではまず、土壌動物による鉱物風化作用に関する研究の現状と課題を明らかにするため、既往の研究のレビューを行った。また、ナイジェリア産のシロアリ塚土壌の試料を用いて、対照土壌との鉱物組成の比較を行なった結果、土壌動物が鉱物風化に及ぼす影響は小さいため、野外調査でその影響を定量的に調査することが難しいことを確認した。他方、熱帯の強風下土壌におけるシロアリの営巣活動に起因する遊離酸化鉱物の移動・集積が土壌生成過程で無視できない影響を及ぼすことを示唆した。この他、インドネシアの火山灰土壌地帯において、土地利用や管理主方が土壌動物相の変遷と非晶質鉱物の含有量に変化をもたらすことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：First of all, the present study reviewed the literature on mineral weathering by soil fauna to highlight the current status and future challenges in this study topic. Then, the study compared clay mineral composition between termite mound soils with reference soils and found that it was too little change in mineral composition to detect the effect of termite on soil minerals. On the other hand, it is revealed that the mound-building activity of termite play a significant role in dynamics of soil oxyhydroxides of iron, aluminum and manganese in highly weathered tropical soils. In addition, the present study found that the land use and management affected soil faunal community and amorphous mineral content in volcanic soils of Indonesia.

研究分野：土壌肥料

キーワード：鉱物風化 生態系改変者

## 1. 研究開始当初の背景

地球上の生命を支える「母なる土壌」はその材料(母材)となる岩石や鉱物が自然環境下で生物物理化学的に崩壊・変質することで生成する。この土壌材料の崩壊・変質を風化という。鉱物の風化は主に物理化学反応によって進行すると考えられているが、過去 30 年の研究の蓄積によって、生物活動に由来する鉱物風化についても軽視できないことが明らかになってきている。この生物的風化として、植物根や土壌動物の攪乱による岩石や鉱物の物理的な崩壊、土壌生物の呼吸に由来する炭酸ガスや植物/微生物が分泌する有機酸およびキレート化合物と反応することで進行する化学的変質をその代表的例としてしばしば参照されている。しかしながら、生態系改変者(ecosystem engineer)と呼ばれるミミズ(Oligochaeta)、シロアリ(Isoptera)、ヤスデ(Diplopoda)のような比較的大型の土壌無脊椎動物もこの生物的鉱物風化に参画していることはまだほとんど知られていない。このことは、トムソンの Web of Science で「mineralogy」と「earthworm」、「termite」、「millipede」を組み合わせてトピックキーワードとして検索してもそれぞれ 13 本、21 本、0 本しか論文が検出されない(2013 年 10 月 5 日付)ことが表徴している。近年、ミミズの消化管内での物理的破碎やシロアリの唾液による化学的変質など、土壌生態系改変者の影響による土壌鉱物の風化に関する報告されるようになってきているが(表 1)、上記のような土壌無脊椎動物がどの鉱物種をどの程度風化させることができるのか?その本質的な原因は何であるのか?まだほとんど回答を得られないでいる。

例えば、申請者のグループは、シロアリの築巣活動によって土壌中の遊離鉄鉱物の形態が変化(巣塚における酸化の進行)することを世界に先駆けて発表した(Abe & Wakatsuki, 2010)後に、別のグループによって逆の結果(巣塚における還元化の進行)が報告されている(Mujinya et al., 2013)。どちらも巣塚の建築によって、土壌水分レジームが間接的に変化することが原因であると考えていることは同じであるが、シロアリによる摂食や唾液との接触による直接的な鉱物形態の変化については検証できていない。一方、シロアリが巣塚を築く際に、土食性種は糞を使って土粒子を接着するが、共生菌をもつリター食性種は唾液を使って土粒子を接着することが知られている(Sall et al., 2002)。Jouquet et al. (2002a, 2002b, 2007)によるシロアリを対象とした一連の先駆的な研究は、マイクロコズム試験によって非土食性である共生菌培養種に雲母(あるいはイライト)を主体とする土壌を供試すること

で、このシロアリ種が利用した土壌でイライト・スメクタイト混合層鉱物の割合が減少して、単層構造であるスメクタイトの割合が増加することを報告している(表 1)。この現象について、Jouquet et al. (2002a, 2002b, 2007)は、唾液の直接的な影響と唾液によって活性化された微生物による間接的な影響を示唆しているが、その詳細は明らかにされていない。また、土食性種についてはまだ研究すらされていないが、上述したような土壌粒子を扱う際の操作が非土食性種とは大きく異なることから、鉱物風化への影響も異なるであろうことが十分に予測できる。

以上の研究事例からも明らかであるように、土壌無脊椎動物による鉱物風化作用について研究するには、複雑系である土壌と多様性に富む生物相から離れて、マイクロコズム試験のような単純系をつくって評価する以外に方法はない。実際に、本研究テーマに関する既往の知見のほとんどがマイクロコズム試験によって得られているといっている(表 1)。この理由として、野外環境のような複雑系における調査では、土壌動物が作用するオリジナル状態の鉱物特性の同定が難しいこと、他生物系での調査では目的生物の影響だけを検出できないこと、土壌動物による鉱物風化作用は実測可能な時間スケールでは変化が小さく、その検出が容易でないことなどが挙げられる。一方、既往のマイクロコズム試験では鉱物種として、一次鉱物を主体に研究が実施されており、二次(粘土)鉱物に関する試験例はほとんどない。また、日本の火山灰土壌に特徴的な非/準晶質鉱物のアロフェンやイモゴライトや、いずれの土壌にも広く存在し、特に熱帯土壌において濃縮される遊離鉄酸化物/オキシ酸化物など重要な層状ケイ酸塩鉱物以外の土壌鉱物に関する研究事例は今のところ皆無である。

## 2. 研究の目的

本研究では、「生態系経変者としての無脊椎動物がどの鉱物種に対してどのような風化作用を示すか?」という問いに基礎的解答を与えることを目的とし、温帯-熱帯の気候系列においてマイクロコズム試験と野外調査をペアで実施することで、各種無脊椎動物が風化過程に影響を及ぼす鉱物種の同定、各鉱物種の質的・量的変質の定量的評価、土壌生態系に及ぼすインパクトの推定を行う。

## 3. 研究の方法

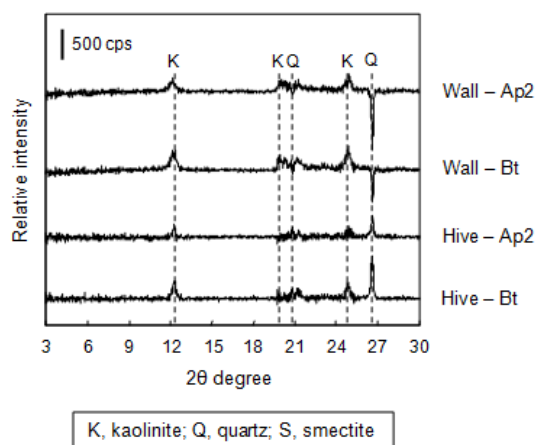
土壌生態改変者の中で土食性の無脊椎動物であるミミズ、シロアリ、ヤスデを対象動物として研究を進める。生物相や多様性の異なる生態系を取り扱うため、温暖湿润

気候の日本（奈良）と熱帯多雨気候のインドネシア（スマトラ島パダン）を調査地として設定し、天然の純鉱物あるいは合成鉱物を供試してマイクロリズム試験を実施する。マイクロリズム試験では個々の土壤動物種から風化作用を受ける鉱物種を同定し、その影響を詳細な鉱物分析によって定量的に評価する。また、土壤動物採取時には補足的に野外調査を実施し、糞塔や巣塚量から上記3種の土壤動物によって影響を受ける土壌量を推定し、人口環境下でのマイクロリズム試験と自然環境下での土壤生物活動との関係性を見出し、陸上生態系において土壤生態系改変者が及ぼす鉱物風化作用に関する基礎的知見を蓄積する。

#### 4. 研究成果

本研究では、まず土壤動物による鉱物風化作用に関する研究の現状と課題を明らかにするため、既往の研究のレビューを行った（阿部, 2014）。また、ナイジェリア産のシロアリ塚土壌の試料を用いて、対照土壌との鉱物組成の比較を行なった結果、土壤動物が鉱物風化に及ぼす影響は小さいため、野外調査でその影響を定量的に調査することが難しいことを確認した（Abe and Wakatsuki, 2014；図1参照）。

図1: 示差X線回折分析（Mg飽和粘土）による次表層土壌とシロアリ塚構成土壌の鉱物組成の比較



他方、熱帯の強風下土壌に多く含まれる遊離酸化鉱物（鉄やアルミニウム）に焦点を当て、シロアリの営巣活動による遊離酸化鉱物の移動・集積が熱帯圏における土壤生成過程で無視できない影響をもつことを示唆した（Abe, 2016）。しかし、遊離酸化鉱物の生成・分解に及ぼすシロアリの影響については詳細を明らかにできなかった。この他、インドネシアの火山灰土壌地帯における野外調査によって、土地利用の変化が土壤動物相の変遷をもたらし、非晶質ア

ルミノケイ酸塩鉱物の含有量に変化を及ぼすことを明らかにした（蘆田ら, 2015）。しかし、この変化に土壤動物がどの程度関係しているかについては十分な知見を得ることはできなかった。実験室内におけるマイクロリズム試験はミミズで実施したが、鉱物種の入手・作製が思うように進まず、また、ミミズの飼育にも苦心し、思ったような進展が得られなかった。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 3 件)

1. Abe, S. S. (2016) Accumulation of free oxyhydroxides in termite (*Macrotermes bellicosus* (Smeathman)) mounds and the implications for their dynamics in a tropical savannah Ultisol. *Soil Science & Plant Nutrition* 62: 127-132. (査読有)
2. Abe, S. S., Wakatsuki, T. (2014) The influence of the mound-building termite (*Macrotermes bellicosus*) on soil clay mineralogy. *TROPICS* 22: 169-177. (査読有)
3. 阿部 進 (2014) 土壤生態系改変者による鉱物風化作用 ミミズとシロアリに焦点を当てて. *Edaphologia* 93: 29-37. (査読有)

〔学会発表〕(計 3 件)

1. 蘆田健太・カミルムラナ・飛坂佳佑・ハルマンサ・阿部 進 (2015) 土地利用・管理手法が熱帯火山灰土の肥沃度特性に及ぼす影響 インドネシア国西スマトラ州の高原野菜栽培地帯を事例として. 2015 年度日本土壌肥科学会関西支部会 2015 年 12 月 11 日, メルパルク松山, 愛媛県松山市 (口頭発表)
2. Abe, S. (2014a) Effects of the Mound-building Termite (*Macrotermes bellicosus*) on Free Iron (Oxyhydr)oxide Mineralogy in Tropical Savanna Nigeria. The 1st Soil Biodiversity Conference, 2-5 December 2014, Dijon, France (口頭発表)
3. Abe, S. (2014b) Effects of the mound-building termite (*Macrotermes bellicosus*) on iron (oxyhydr)oxide mineralogy in highly weathered tropical soils. In: The 20th World Congress of Soil Science, 8-13 June 2014, Jeju,

Korea (口頭発表)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

阿部 進 (ABE Susumu)

近畿大学 農学部 講師

研究者番号: 40708898

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: