

琉球大学学術リポジトリ

沖縄島と南大東島における白色土の特徴

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2023-05-09 キーワード (Ja): 白色土壌, 粘土鉱物, ハロイサイト キーワード (En): White soil, Clay minerals, Halloysite 作成者: 金城, 和俊, 河津, 和真 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24564/0002019792

〔原著論文〕

沖縄島と南大東島における白色土の特徴

金城 和俊*, 河津和真

琉球大学農学部亜熱帯農林環境科学科

Properties of white soil in Okinawa island and Minamidaito island, Japan

Kazutoshi Kinjo*, Kazuma Kawatsu

Department of Subtropical Agro-Environmental Science, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

キーワード: 白色土壌, 粘土鉱物, ハロイサイト

Keywords : White soil, Clay minerals, Halloysite

Abstract

White soil was found in Okinawa island (ON : Onna village and YA : Yaese town) and Minami daito island (MI : Minami daito village), Japan. Generally, it was known that the mechanism of formation in grayish white soil, the soil was formed by dissolution iron with acid solution. Soil color was clearly different between the grayish white soil and white soil in this study. The purpose in this study was the investigation of chemical and mineral properties of the white soil. Soil color of the white soils in this study was similar, however, the properties of ratio of soil particles and composition was completely different. The peaks of X-ray diffraction in Sand, silt, and clay fraction could not confirm and it suggested that amorphous mineral in each fraction of YA. Therefore, in this study, it could not make clear the mechanism of soil formation in YA. Quartz was identified in sand and silt fraction in ON and MI. In addition, it found that the peak of halloysite in sand and silt fraction, it may be contained in a small amount. Illite and kaolinite in clay fraction of ON and MI were identified by X-ray diffraction and halloysite in both soils was also identified in the fraction. Sand, silt, and clay minerals in ON and MI were similar properties, however, particle distribution was completely different. From these results, it could not make clear the mechanism of white soil in Okinawa island and Minami daito island.

*Corresponding author (E-mail: wa614@agr.u-ryukyu.ac.jp)

緒言

一般的に、土色は黒色から暗色は有機物量と質(有色鉱物が多い場合も暗色の場合もある), 褐色・赤色・黄色は水酸化鉄, 加水酸化鉄, 酸化鉄などのこれら化合物(遊離鉄), 他に遊離鉄が少ないと灰色, 青～緑系統は鉄の還元が要因と考えられている¹⁾。これらの土色に影響する複数の要因から, 本研究で供試した土壌に当てはまる土色は無い。敢えて, 近い土色は遊離鉄が少ない灰色である。この灰色を呈する土壌は褐色・赤色・黄色を呈する要因である遊離鉄の溶脱によると考えられている。永塚²⁾によると, 水溶性低分子腐植物質などが土壌の下方に移動される際に鉄やアルミニウムをキレート洗脱することで, 褐色・赤色・黄色が抜けることが考えられている。この水溶性低分子腐植物質が生成するためには, 土壌表層に厚い有機物層を有していることが考えられ, 亜寒帯針葉樹林でポドゾル化作用が生じることが一般的な考えだった。しかし, 久間³⁾によれば, ヨーロッパの湿潤冷温帯地域, 暖温帯に属するニュージーランド, 東北地方のヒバ林下, 八甲田山, 熱帯地方やアマゾン流域, 東南アジアクランガスでポドゾル化された土壌が確認されている。従って, 沖縄のよ

うな温暖な地域でもポドゾル化された土壌が存在する可能性はあると考える。谷と東³⁾によれば, 沖縄の赤黄色土壌で低分子脂肪族カルボン酸(LACA)が確認され, それが灰白色化赤黄色の生成に関与することが報告されたが, 一般的なポドゾル土壌とは異なる特徴から, 沖縄の灰白色化赤黄色土壌はポドゾル化との関係性が低いことが報告された。

沖縄において, 白色土壌(または灰白色土壌)の研究はいつくか報告があり, 代表的なのはフェイチシャ(灰白色化赤黄色土壌)についての研究である。荒木⁴⁾は沖縄の赤黄色土壌は本土の温暖期に生成されてきた古土壌である赤黄色土とは異なる風化環境で数十万年かけて生成されてきた土壌であり, その風化過程でフェイチシャが生成され, さらに, 三土ら⁵⁾によると, そのフェイチシャの生成はレシパージュ, ポドゾル化, 表層の疑似グライ化の三つの作用が重複により土壌が生成されたと考えられている。また, 八木ら⁶⁾によってこのフェイチシャ生成は表層土壌の有機物の還元化作用による溶脱作用が土壌の表面の横方向への物質の移動の可能性があることが提案された。他に, 奄美大島に赤黄色土壌が分布する場所にて, 灰白色層が確認され, その生成要因はレシパージュ, ポドゾル化および表層グライ化が複合的に作用していること

が報告されている⁷⁾。南大東村のサトウキビ圃場の下層土で確認できた灰白色土壌は前作のサトウキビの枯死根の分解浸出物(低分子脂肪族カルボン酸)により生成されたことも報告されている⁸⁾。

本研究において、上記のフェイチャとは異なると考えられる沖縄本島と南大東島で見つかった白色土壌について、その特性を明らかにする。その特性からその白色土壌の生成要因を提案したいが、それはとても難しい。なぜなら土地改良などにより、土地が改変されてしまい、自然な状態で保存された土壌試料を得ることができなかつたためである。本来、対象の土壌の生成要因を考察する上で周辺の環境や土壌も調べる必要があるが、今回はそれができなかつた。

実験方法

1). 白色土の採取地

供試土壌の採取地は恩納村(ON)、八重瀬町(YA)および南大東村(MI)の非農耕地で、既に掘削された状態の土壌を実験に供試した。採取した土壌は 30 °C で 2 週間乾燥させた(通風乾燥機)。乾燥後の土壌は、粉碎機で粒径が 2 mm 以下になるように調製した。採取した土壌の土色(マンセルの土色帳より)は恩納村では 10YR 8/1、八重瀬町と南大東村ではそれぞれ 5Y 8/1 だった。恩納村ではやや黄色味がかつた白色土壌であるが、八重瀬町と南大東は黄色味がほとんど無く、更に灰色味も確認できなかつた。しかし、八重瀬町と南大東村が同じ土色ではなく、土色帳では区別ができなかつたが、目視では南大東島の方が、白みが強かつた。

2). 土壌化学分析

土壌 pH は土壌と蒸留水との混合割合を 1:2.5 とし、測定した。測定した土壌 pH は恩納村の pH は 7.5、八重瀬町では 7.1、南大東村では 5.5 だった。成分分析は蛍光 X 線装置(EDX-XRF)で分析した。

Table 1. chemical properties of soils

(g/kg)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	CaO	MgO	SrO	Na ₂ O
ON	653.06	259.35	17.25	48.57	11.34	n.d.	0.53	4.76	3.34	0.23	n.d.
YA	765.34	134.38	20.52	48.00	2.81	n.d.	0.94	18.31	3.18	0.17	3.73
MI	504.85	388.82	28.94	28.69	15.75	8.09	0.94	5.55	4.63	4.41	n.d.

(g/kg)	Cl	V ₂ O ₅	ZnO	Cr ₂ O ₃	ZrO ₂	CuO	Rb ₂ O	NiO	MnO	Ga ₂ O ₃	Y ₂ O ₃
ON	n.d.	0.45	0.35	0.17	n.d.	0.29	0.24	n.d.	n.d.	n.d.	0.03
YA	1.25	n.d.	0.21	n.d.	n.d.	0.24	0.16	n.d.	0.77	n.d.	0.03
MI	0.75	0.69	0.65	0.51	0.35	0.31	0.23	0.22	0.14	0.08	0.07

3). 土壌の鉱物分析

3-1). 粒径組成

粒径 2 mm 以下に調製した土壌は、6%過酸化水素水を用いて有機物分解を行った。分解処理後、500 mL のトールビーカーに移し、トリポリリン酸ナトリウムを 0.5 g 添加した。それを添加することにより、粘土鉱物のみが分散状態になった。あ

る一定時間静置し、分散した粘土鉱物(粒径 0.002 mm 以下)をサイフォンで採取した。粘土を完全に採取した後、ある一定時間静置し、シルト鉱物(粒径 0.02 mm - 0.002 mm)をサイフォンで採取した。完全にシルトを採取した後、残った画分は砂(粒径 2 mm - 0.02 mm)とした。砂画分とシルト画分は乾燥機で 105 °C で乾燥させ、それぞれの画分の重量を測定した。粘土画分量は全量からシルト画分量と砂画分量の合計量を差し引き、算出した。

3-2). 砂画分およびシルト画分の鉱物分析

砂画分とシルト画分の鉱物分析は粉末 X 線回折装置(粉末 X 線回折装置)を用いた。両画分は乾燥処理後、乳鉢で更に細かくし、鉱物分析用のガラススライドに乗せ、測定を行った。

3-3). 粘土画分の鉱物分析

粘土画分は懸濁状態で保存されており、粘土懸濁液を 2 本

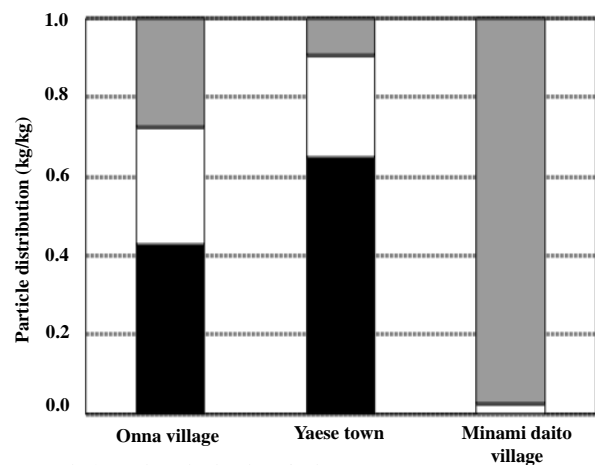


Fig.1. Particle distribution of soils.

■ Clay □ Silt ■ Sand

の試験管に分けて入れた。それぞれの試験管の粘土は遠心分離を行い、粘土画分と液体画分に分け、液体画分は廃棄した。粘土画分には酢酸ナトリウムをそれぞれ加え、混合し、遠心分離を行い、液体部分を廃棄した。この操作は粘土をナトリウムで飽和したことを意味している。次にナトリウムで飽和したそれぞれの粘土に酢酸カリウムと酢酸マグネシウムを加え、上記と同様の操作を行った。一つの土壌に対し、カリウム飽和粘土とマグネシウム飽和粘土を作成した。それぞれの粘土をガラススライドに塗布し、乾燥させた。最初にカリウム飽和粘土とマグネシウム飽和粘土の風乾処理した試料を粉末 X 線回折装置で測定した。さらに、カリウム飽和粘土は 105 °C、300 °C、および 550 °C で処理した試料をそれぞれ装置で測定した。マグネシウム飽和粘土はグリセロール処理を行った試料を装置で測定した。

実験結果および考察

1).化学組成

上述したように、土壌 pH は MI(南大東村)では弱酸性だったが、ON(恩納村)と YA(八重瀬町)では中性だった。灰白色化土壌の生成要因で挙げられたレシパージュ、ポドゾル化および表層グライ化が生じているのであれば、土壌 pH は酸性化するはずであるが、供試した土壌では MI 以外は中性だったため、これらの作用を受けていない可能性が高い。Table 1 より、最も多く含まれた成分は SiO₂ で、次いで Al₂O₃ だった。SiO₂/Al₂O₃ の値は、ON は 2.51, YA は 5.69, MI は 1.29 だった。Fe₂O₃ は MI が他の 2 種土壌よりも高かった。さらに K₂O は ON と YA はほぼ同量だったのに対し MI が最も低かった MI は他の土壌よりも元素数が多く含まれていることも明らかになった。特に、P₂O₅, Cr₂O₃, NiO, および Ga₂O₃ が MI のみで検出された。SO₃, MgO, ZnO, CuO, Rb₂O, Y₂O₃ は 3 土壌ともに同量だった。さらに、Fe₂O₃ / Al₂O₃ は、ON では 0.06, YA では 0.15, MI では 0.07, Al₂O₃ / TiO₂ は、ON では 22.87, YA では 47.82, MI では 24.68 だった。土壌の母材との対応の図を今回の土壌に当てはめると YA はケイ長質鉱物(felsic)の領域に分布したが他の ON と MI は推定できる岩石の分布領域に該当しなかった⁹⁾。これらの化学組成から、供試した土壌の 3 種類とも異なる生成過程を経てきたと考えられる。

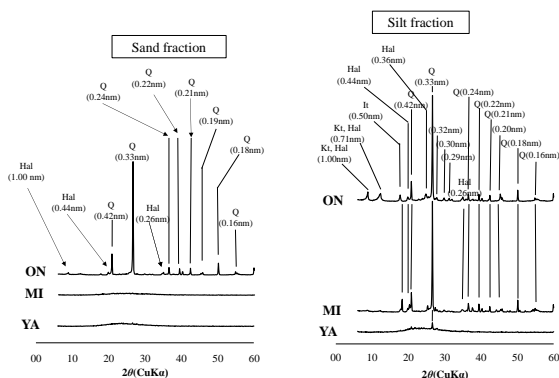


Fig. 2. Patterns of X-ray diffraction in sand and silt fractions of three soils.

2).粒径組成および鉱物組成

2-1).粒径組成

MI はほとんどが粘土画分であり、砂画分やシルト画分はほとんど含まれなかった(Fig. 1)。YA は砂画分が 0.6 g/kg で半分以上が砂であり、粘土画分(0.1 g/kg)は少なかった。ON は YA よりもやや粘土質だった。これらの土性をまとめると、ON は軽埴土、YA は壤土、MI は重埴土だった。粘土分離の過程で、MI(南大東村)の粘土は他の粘土に比べ、塩析時でも粘土がフワフワした状態だった。MI の粘土鉱物は他の土壌の粘土鉱物とは異なる鉱物種が同定できると考える。

2-2).砂画分およびシルト画分の鉱物組成

Fig. 2 より、砂画分(sand fraction)では MI(南大東村)と YA(八重瀬町)は全くピークが確認できなかった。両土壌の砂画分の X 線回折図ピークが確認できなかった理由は非晶質鉱物で

ある可能性がある。これは本研究で使用した機器では同定が不可能である。ON(恩納村)は 0.44, 0.33, 0.26, 0.24, 0.22, 0.21, 0.19, 0.18, 0.19 nm でピークが確認でき、これらは石英(Quartz)である。他に、ON と MI では 1.00 nm, 0.44 nm, 0.26 nm のピークが確認できたことから、ハロイサイト(Hal)である可能性がある。シルト画分(silt fraction)では、0.44, 0.33, 0.26, 0.24, 0.22, 0.21, 0.19, 0.18, 0.19 nm でピークが確認でき、これらは石英(Quartz)であり、1.00 nm と 0.50 nm から雲母および雲母様鉱物(イライト)が確認でき、0.71 nm のピークからカオリン鉱物(カオリナイト)も確認でき、さらに 1.00 nm, 0.71 nm, 0.41 nm, 0.26 nm のピークからハロイサイト(Hal)が同定できた。0.32 nm, 0.30 nm, 0.29 nm のピークが確認できたが、鉱物の同定ができなかった。YA の X 線回折図では、ほとんどピークが確認できなかったのは砂画分と同じ非晶質鉱物である可能性があると考えられる。

2-3).粘土画分の鉱物組成

Fig. 3. は各種粘土画分の X 線回折図である。YA(八重瀬町)の X 線回折図は砂とシルト画分と同じように、ピークが確認できなかった。その理由は上記と同じように粘土画分も非晶質鉱物である可能性が考えられる。ON(恩納村)では、1.05, 0.50, 0.33 nm にピークが確認でき、各処理においてピークの移動がなかったことから、雲母および雲母様鉱物(イライト)であることが同定でき、さらに 0.74 と 0.36 nm にピークが確認でき、カリウム飽和粘土の 550 °C 加熱処理によりピークが消失されたことからカオリン鉱物(カオリナイト)が同定できた。ON はこれらの結晶性の粘土鉱物以外は含まれていなかった。YA(八重瀬町)では、マグネシウム飽和粘土のグリセロール処理とカリウム飽和粘土の風乾処理にピークが確認できたが、他の処理ではピークが確認できなかった。とてもピーク高が低い、マグネシウム飽和粘土のグリセロール処理では 1.0 と 0.3 nm のピークが確認でき、雲母および雲母様鉱物(イライト)であることが同定できた。また、カリウム飽和粘土の風乾処理で 0.74 nm のみにピークが確認できたが、カオリン鉱物(カオリナイト)であることが考えられる。MI(南大東村)では、1.05, 0.51, 0.33 nm が各処理でピークが確認できたことから、雲母および雲母様鉱物(イライト)であることが同定でき、さらに 0.74 と 0.36 nm にピークが確認でき、カリウム飽和粘土の 550 °C 加熱処理によりピークが消失されたこと

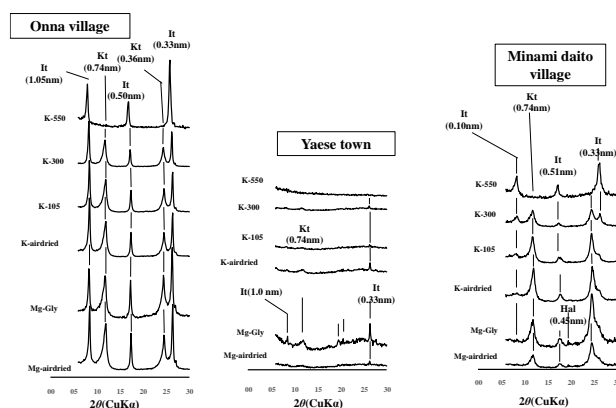


Fig. 3. Patterns of X-ray diffractions of clay fraction in soils.

からカオリン鉱物(カオリナイト)が同定できた。さらに、マグネシウム飽和粘土の風乾処理およびグリセロール処理において、0.45 nm にピークが確認できたことから、ハロイサイト(Hal)が同定できた。同定できたハロイサイトは含水ハロイサイトである。

結論

1).ON(恩納村)の白色土壌の生成

ON は砂画分とシルト画分の鉱物組成から、国頭マージにとっても近い性質であることがわかった。しかし、含まれる鉱物に石英がほとんどで、わずかにハロイサイトと考える鉱物が含まれた(Fig.2)。さらに、興味深いのは各画分にハロイサイトが含まれていることである。また、粘土鉱物組成は大半がカオリン鉱物と雲母および雲母様鉱物だった。一般的に国頭マージの粘土鉱物はパーミキュライトやパーミキュライト-クロライト中間種鉱物などが含まれていることが多いが、本研究の ON の粘土画分にはこれらの鉱物は含まれていなかった。これが示すのは、化学的風化作用によりこれらの鉱物が消失したと考えられるが、なぜ一部だけ作用して白色土壌が生成したのかは不明である。

2).YA(八重瀬町)の白色土壌の生成

YA の白色土壌の生成過程は今回のデータから考察するのはとても難しい。なぜなら、砂画分、シルト画分および粘土画分の鉱物がほとんど同定できなかったためである(Fig. 2 と Fig. 3)。この同定できなかった理由はわからなかったが、これら画分が非晶質鉱物だったためと考えられる。Table 1 より、SiO₂ が他の土壌よりも多く含まれ、さらに Al₂O₃ は他の土壌よりも少なかった。これらの結果からケイ酸塩鉱物が含まれていると想定したが、X 線回折分析では同定できなかったため、その可能性は判断できない。さらに、CaO の量が他よりも多く含まれたので、炭酸カルシウムの可能性も考えたが、それも X 線回折図でピークが確認できなかった。この YA の土壌の生成を明らかにするためには、今回の方法では難しいことが明らかになった。これを解決するための方法の一つに電子顕微鏡で鉱物を観察し、その鉱物の形状から鉱物を同定し、生成過程を考察することが可能と考える。

3).MI(南大東村)の白色土壌の生成

Table 1 から、Fe₂O₃ は他の土壌よりも多く含まれたことから、酸化鉄の溶出により生成されたことは考えにくい。なぜなら、酸性物質が環境に供給されることにより鉄やアルミニウムが溶出されていくが、MI は残存していることからである。MI 土壌の化学組成は ON とは異なったが、砂画分、シルト画分および粘土画分の鉱物組成は同じだった。ON とは存在する場所が異なるので、生成過程は異なると考えられるが、結果的にこれらの白色土壌は近い性質の土壌であることがわかった。

要約

本研究は沖縄に分布する白色土壌の特徴を明らかにし、生成について考察を行った。沖縄本島の 2 カ所と南大東島の 1 カ所の白色土壌を用いた。化学組成と鉱物組成の特徴を明らかにしたが、これらのデータのみでは白色土壌の生成過程までは考察ができなかった。今後は、非晶質鉱物の同定を明らかにすることができれば生成過程を新たに提案ができると考える。

謝辞

サンプル採取は八重瀬町および南大東島の役場の方にご協力いただき、恩納村の試料は学生の河津和真さんから提供いただきました。皆様に深く感謝いたします。

引用文献

- 1)永塚鎮男 2014. 土壌生成分類学, 養賢堂, 東京. pp12-14.
- 2)久間一剛 2001. 熱帯土壌学, 名古屋大学出版会. Pp439.
- 3)谷昌幸, 東照雄 1997. 赤黄色土における低分子脂肪族カルボン酸の断面分布. ペドロジスト, 41, 68-78.
- 4)荒木茂 1993. 国頭マージ, フェイチシャの特性: 世界の赤黄色土のなかで. ペドロジスト, 37, 43-55.
- 5)三土正則, 山田裕, 加藤好武 1977. 沖縄本島に分布するフェイチシャ(灰白化赤黄色土)の生成について. ペドロジスト, 21, 37-48.
- 6)八木久義, 山家, 富美子, 三浦, 覚 1986. 沖縄本島南明治山に分布する表層グライ灰白化赤・黄色土の生成. 日本林学会誌, 68, 417-424
- 7)佐伯岩雄 1979. 奄美大島の表層グライ系赤・黄色土について. 日本林学会誌, 61, 119-126.
- 8)金城和俊, 島田晴加 2017. 南大東島に分布する赤色土壌の一部に生成された灰白色化土壌の生成メカニズムの検討. 粘土科学, 56, 1-7.
- 9)Araki, S. and Kyuma, K. 1985. Lithological grouping of red and/or yellow colored composition and quartz content. Soil sci. and plant nutri., 31: 391-401.