

論文の内容の要旨

論文題目 九州の火山灰土壌地帯に見られる
硬盤層の特性に関する研究

氏名 久保寺 秀夫

黒ボク土は九州の主要な農耕地土壌の一つであり、その物理性は一般に優れている。しかし九州の黒ボク土の一部には、熊本県の阿蘇山西方に分布している埋没火山灰土壌（通称「ニガ土」）をはじめ、著しい硬化により農業上の問題が生じる幾つかの土壌（硬盤層）が存在する。ニガ土の諸性質については幾つかの研究事例があるが、硬化機構、土壌生成、土壌分類上の位置づけ等についての踏み込んだ考察が未だ行われていない。また九州の火山灰土壌に分布するニガ土以外の硬盤層（雲仙火山周辺の「かしの実層」、阿蘇外輪山北東部の「バンバン」、九重火山周辺の「花傘礼層」、開聞火山周辺の「コラ」等）についても、個々の研究事例は幾つか見られるが、総括的な研究による類型化や、土壌生成および土壌分類学的な考察は行われていない。これらは、土壌生成学や土壌物理学の視点から興味深い問題であり、同時に、硬盤層に対する土壌管理を行う上で重要な基礎的知見を与える研究課題である。

このような背景に基づき、本研究ではまずニガ土の基本断面各層の諸性質を明らかにして、硬化に関与する要因について検討を行った。さらに、ニガ土以外の硬盤層についても同様の検討を行い、それに基づいて硬盤層を2つのタイプに類型化して、各タイプについて土壌生成、硬化機構および土壌分類の面から考察を行った。

本研究を行う上で、土壌の硬化度合いの評価が非常に重要であるので、簡単な整形方法（2cm×2cm×5cmの角柱に削る）で作成した土塊試料を用いた一軸圧縮試験

により、硬化強度を迅速簡易かつ高精度に測定する方法を確立した。この方法で測定した硬化強度と、硬盤層の物理性、化学性、鉱物学的性質、微細形態等との関係を解析することが、本研究の主要な方法論である。

ニガ土の基本断面として、阿蘇外輪山西麓に位置する大津町高尾野の露頭を選定した。基本断面は深さ 410cm で、14 の黒～褐色の土層が互層をなし、いずれの層も土壌化が進んでいた。物理性分析の結果、すべての層で土性は HC ないし LiC、固相率は 13.4～18.8 %、仮比重は 0.41～0.53 Mg m^{-3} の範囲にあった。水分保持能は全体的に大きかったが、各マトリックポテンシャルでの含水比は 3 kPa (pF 1.5) で 1.33～1.86 kg kg^{-1} 、1.5 MPa (pF 4.2) で 1.08～1.59 kg kg^{-1} と幅があった。化学性は pH (H_2O) が 5.5～5.9、全炭素量が 30～127 g kg^{-1} 、CEC は 19.8～49.0 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ 、交換性塩基は、カルシウムは第 1 層を除き 1.7～5.8 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ 、マグネシウム、カリウムおよびナトリウムは 2.1 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ 以下、リン酸吸収係数は 22.8 $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ g kg}^{-1}$ 以上であった。元素組成は、ケイ素含量が 41.1～54.1 % (酸化物態の、主要 10 元素中に占める割合) の範囲にあり、カリウムおよびナトリウム含量との間に正の、アルミニウム、鉄、チタンおよびマンガン各含量との間に負の相関が見られた。一次鉱物組成は、重鉱物含量は 8～50 %、重鉱物組成はほとんどの層でシソ輝石>強磁性鉱物>普通輝石の順であった。軽鉱物は無色火山ガラスと斜長石が主体であった。一次鉱物組成から推定される各層の母材の岩質は、安山岩質～流紋岩質と広い範囲にあった。粘土鉱物は全ての層でアロフェン・イモゴライトを主体とした。

これらの性質を、日本各地の火山灰土壌の埋没 A 層、B 層及び埋没 B 層 (Kurobokudo Co-operative Research Group (1986)) と比較すると、水分保持能が大きいという特徴はあるが、特異な点は見られない。

土塊の一軸圧縮強度は、生土ではいずれの層でも 0.41 MPa 以下であった。風乾過程における一軸圧縮強度の変化および土塊の収縮割合は層によって異なり、風乾に伴い一軸圧縮強度が著しく増大する“ニガ土”，風乾に伴う一軸圧縮強度増大の割合が小さい，“非ニガ土に近い層” および一軸圧縮強度増大が見られない“非ニガ土”に分けられた (図 1)。風乾に伴いニガ土の土塊は生土時の体積の 58%以下まで収縮したが、ニガ土以外は収縮割合が大きい試料と小

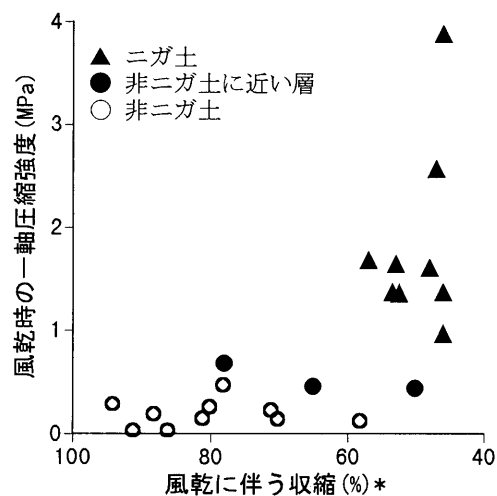


図 1 風乾に伴う収縮及び一軸圧縮強度
* 生土時の体積を 100%とする

さい試料があった。また、土塊に風乾-水漬の処理を繰り返すと、ニガ土はほとんど細土化しないが、非ニガ土はほぼ全量が細土化した。

以上からニガ土は、①風乾時の硬化強度の大きさ（一軸圧縮強度が 1 MPa 以上）、②収縮（生土体積の 60%以下）、③水漬時の非崩壊、の性質を合わせ持つ土壌である。硬化強度は、粒径組成、固相率および水分保持能といった物理性との間に関係がみられ、特に粘土含量との間に密接な正の相関があったが、化学性、一次鉱物組成、選択溶解試験結果および元素組成との間には関係がなかった。また微細形態的には、ニガ土はバグ状構造等の固相が連続して孔隙が少ない微細構造を持つものに対し、ニガ土以外の試料は軟粒状構造や海綿状構造等の孔隙の多い微細構造を持っていた。

阿蘇周辺の各地点におけるニガ土の分布を調査すると、阿蘇中岳火口から北北東 33 km の飯田高原では鬼界アカホヤ火山灰下の埋没黒色土層が、阿蘇外輪山上、火口から北 14 km の地点では表層直下から黒色土層の下端までがニガ土であった。阿蘇中岳から西 32 km の菊池台地の断面ではニガ土の性質は弱かった。何れの地点でも、硬化強度と収縮は、粘土含量と概ね正の関係にあった。

風乾したニガ土の土塊を各種の試薬で処理すると、1 M 塩酸で処理した場合に土塊が著しく崩壊し、ケイ素、アルミニウムおよび鉄が多量に溶出した。この処理は非晶質粘土を溶解していることから、ニガ土の硬化に粘土が重要な役割を果たしていることがこの試験でも示された。

以上の試験を、ニガ土以外の硬盤層（かしの実層、バンバン、花傘礼層およびコラ）についても行い、各硬盤層の諸性質を比較した。その結果、硬盤層は 2 つのタイプに大別できた。一つはニガ土とかしの実層のグループで、粘土含量が 40 %以上、仮比重が 0.7 Mg m^{-3} 以下と通常の火山灰土壌と同様のものであり、仮にタイプ 1 と呼ぶ。もう一つはバンバン、花傘礼層およびコラのグループで、粘土含量が 10 %以下、仮比重が 1.1 Mg m^{-3} 以上と、通常の火山灰土壌と異なるものであり、仮にタイプ 2 と呼ぶ。化学性の面では、タイプ 1 は炭素含量が 30 g kg^{-1} 以上と、タイプ 2 (4 g kg^{-1} 以下) に比べて大きいことが特徴で、これはタイプ 1 が土壌生成作用の影響を受けているのに対し、タイプ 2 は土壌生成作用の影響はなく、母材が埋没状態で風化したためと考えられた。元素組成や一次鉱物組成は両タイプとも特定の傾向は示さず、粘土鉱物は全ての試料でアロフェン質であった。一次鉱物組成は、火山学的に知られている各硬盤層の母材の岩質と良く整合していた。一次鉱物組成および岩質（玄武岩質～デイサイト質）が多様であることから、硬盤層の硬化は母材の性質に起因するものではない。

土塊の含水比と、収縮および一軸圧縮強度の関係は、図 2 に示したように、タイプ 1 では生土状態の含水比が 0.7 kg kg^{-1} 以上と大きく、風乾に伴って土塊が収縮し一

軸圧縮強度が増大するのに対し、タイプ2では生土の含水比が 0.4 kg kg^{-1} 以下と小さく、風乾に伴う一軸圧縮強度の増大および収縮は見られなかった。また、タイプ1の土塊は1 M 塩酸処理により崩壊するが、タイプ2は崩壊しなかった。風乾土塊の水漬に伴う細土化は、全ての試料でほとんど見られなかった。

風乾時の一軸圧縮強度は、ニガ土、かしの実層およびバンバンは 0.8 MPa 以上、花牟礼層およびコラは 0.4 MPa 以下であった。一軸圧縮強度と微細形態の間には関係があり、強度の大きい試料はバグ状～壁状、小さい試料は架橋粒子状の微細構造型であった。なお、九州に分布する非火山灰土壌のうち、南西諸島のジャーガル、島尻マージ

および国頭マージや、細粒質の低地水田土も風乾により著しく硬化するが、これらの土壌は風乾に伴う収縮が少ない点と水漬により崩壊する点で、火山灰土壌の硬盤層と異なっている。

タイプ1、タイプ2とも、現行の国際土壌分類体系において定義されている硬化層 (duripan 等) の何れにも該当せず、タイプ1は単なる埋没土層と見なされ、タイプ2は lithic contact (Soil Taxonomy の場合) 等、土壌以外のものと扱われる。また、硬化機構についても、火山灰土壌の硬盤層と国際土壌分類上の硬化層は異なっている。タイプ1はマトリックポテンシャル 1.5 MPa 以上の水分を多量に保持していることと、風乾過程でこの水分が失われる際に正規収縮が風乾状態まで継続することが硬化の原因と推測され、この性質は母材の堆積後、長期間に亘る土壌生成作用の影響下で生じたものと考えられる。タイプ2は母材の堆積時またはその直後に地質的作用 (熔結等) により硬化したものと考えられる。

土壌管理については、タイプ1は埋没状態では硬化していないが、地表に露出すると硬化し作物生育を著しく阻害するため、タイプ1が露出する場合は表土扱いまたは露出直後の徹底的な砕土が必要である。また、通常の火山灰土壌と同様の化学性改善 (リン酸多投等) が必要であり、特にニガ土はリン酸固定能が極めて大きい点に留意すべきである。タイプ2は埋没した状態でも硬いので、機械力を用いた徹底的な破碎と排除、ならびに養分の補給が必要である。

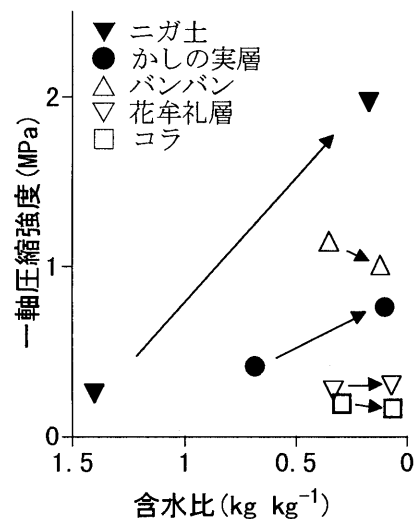


図2 各硬盤層の風乾過程における一軸圧縮強度の変化