

# 土壌の物理性測定法についての一考察

—赤音地データに基づいて—

山 村 善 洋\*

Methods of determination of soil physical properties

—On the basis of data from Akaonji soils—

Yoshihiro YAMAMURA

Faculty of Agriculture, Miyazaki University

## I 緒言

土壌の物理性を論じるために、その測定法を規準化し(例えば、JIS規格)同じ条件下で実験を行ない、そのデータに基づいて種々の土壌間の比較を行なうことは意義のあることである。しかし、画一化された同一条件・同一手順の測定法をとることによって、逆に、土壌の物理的特性が明瞭に表わされないことがある。本報では、赤音地を例にとりて考察する。

## II 赤音地について

### II-1. 概説

赤音地は、高知・愛媛両県にまたがる四国西南地域に分布する黄褐色火山灰土壌で、土壌孔隙が多いために乾燥した土層の表面を強く踏むと、にぶい音を発するので音のする地という意味から、その名が生じたと言われている(高知県百科事典)。町田 洋<sup>1)</sup>によると、その噴出源は鹿児島島の南、トカラ列島の鬼界カルデラで南九州に分布するアカホヤと同一噴出源の火山灰土壌であると言われている。赤音地は、その殆んどが地中部に種々のタイプの成層条件で、しかも局地的に存在する\*\*。

不攪乱状態の乾燥密度は、 $0.31 \sim 0.41 \text{ g/cm}^3$  と非常に小さく、その間げき率は80%前後と非常に大きい。乾燥させると軽石の様に重量感は全く無くなり、色も淡黄色と白っぽくなり、火山ガラスがキラキラ光って見える。自然含水比は120~130%と非常に高く、飽和含水比は200%を越える。

### II-2. 物理的性質試験

土質試験法(JIS規格準拠)に基づいて実験を行なった。赤音地についての種々のデータは拙著に報告している<sup>2)</sup>ので、ここでは赤音地の物理性について考察を行なうのに必要な最小限に留める。

### II-2-1. 比重試験(JIS A 1202—1978)

この試験方法で得られる赤音地の比重は、 $2.50 \pm 0.05$  である。採土地点、風乾の程度等の条件によってかなりのバラツキが見られる。

### II-2-2. 粒度試験(JIS A 1204—1980)

試験方法に準拠して粒度試験を行なった。分散剤として珪酸ナトリウム溶液を用いると凝集現象が認められるので、カルゴン(ヘキサメタリン酸ナトリウム)を用いた。カルゴンを分散剤とした場合の結果を表-1に示す。

表-1 赤音地の粒度試験結果(分散剤:カルゴン)

粗 砂	$0.42 < d < 2.0 \text{ mm}$	6.5%
微 砂	$0.074 < d < 0.42$	43.2
シルト	$0.005 < d < 0.074$	39.5
粘 土	$d < 0.005$	10.8
コロイド	$d < 0.001$	7.2

### II-2-3. 液性限界試験・塑性限界試験(JIS 1205, JIS 1206)

液性限界試験は、溝切りが容易でなく極めてデータがとり難いが、次の様な結果が得られる。

$$\text{流動曲線 } w = -21.7 \log N + 122.3$$

$$\text{液性限界 } w_L = 92.0\%$$

$$\text{塑性限界 } w_P = 77.6\%$$

$$\text{塑性指数 } I_P = 14.4\%$$

前述の様に、不攪乱土の自然含水比は120~130%であるので液性限界よりも大きい。

### II-2-4. 収縮定数試験(JIS A 1209—1978)

この試験方法に基づいて得られる収縮限界( $w_s$ )は、94.1%である。

### II-2-5. その他(吸湿性)

赤音地の吸湿性を蒸気圧法によって求めると、相対湿

\* 宮崎大学農学部

\*\* 日本土壌肥料学会秋季臨時大会 見学旅行案内 pp 25-39 (1967.10)

度 60%, 80% の時, 吸湿量はそれぞれ 8.0, 9.5 g/100 g と非常に大きい。

### III 赤音地の物理性についての考察

#### III-1. 赤音地の成因と乾燥密度

赤音地は, その骨格構造が火山ガラスから成りその表面が風化変質したアロフェン粘土で覆われていると考えられている\*。前述の如く, 赤音地不攪乱土の乾燥密度は非常に小さく一たん風乾させた攪乱試料を再充填してもこの様な疎な密度は得られない。ところが, 後述の方法で赤音地から分離した火山ガラス (>74 μ) のみを再充填すると不攪乱土に近い小さな乾燥密度が得られる\*\*。この事実は, 6,000~6,500年前に噴火堆積した火山ガラスが, その後, 表面が風化変質作用を受けアロフェン粘土化し, 現在の赤音地として存在する証拠であると著者は推察する。

#### III-2. 赤音地 (火山ガラス, アロフェン粘土) の真比重

赤音地の真比重は, 先述の様に 2.50±0.05 である。ところで, 赤音地を構成する火山ガラス, アロフェン粘土に分離し, 各々について比重試験を行ない次の結果が得られた。

火山ガラスの真比重は,  $G_s=2.06$  が得られた。この値は, 石英ガラス (不透明) の 2.07\*\*\* に相当し非常に小さい。

一方, アロフェン粘土の真比重は, 2.62 の値が得られ, この値は火山ガラスのそれと大きな差がある。このことは, 粒度試験の解析には真比重の値が大きな意味をもっているので, 赤音地の粒度試験は火山ガラスとアロフェン粘土を分離したもので各々行なう必要があることを意味している。

さらに, アロフェン粘土の場合, 真比重試験において, 乾燥質量を求める際の乾燥処理温度 (規定温度 110 °C) が変化することによって大きく変動する (図-1 参照)。

#### III-3. 赤音地の火山ガラスとアロフェン粘土への分離と粒度試験

表-1 の粒度試験の結果は, 分散剤としてカルゴンを使用した場合の結果を示している。しかし, 赤音地の粒子表面はアロフェン粘土で覆われており, このアロフェン粘土に関して須藤俊男はカルゴンが分散剤として適当でない<sup>3)</sup>と指摘している<sup>3)</sup>。

更に, III-2 で述べた如く火山ガラスとアロフェン粘土とは真比重が大きく異なるために赤音地の粒度分析を

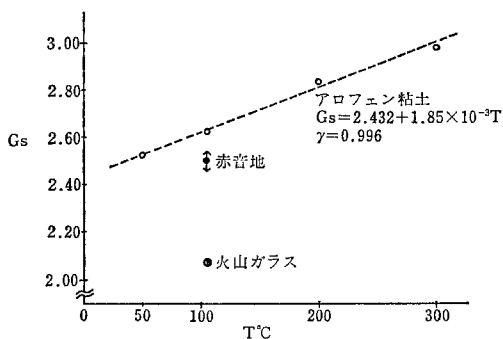


図-1 炉乾温度と真比重との関係

行なうには先づ火山ガラスとアロフェン粘土とに分離採取することが必要である。

ところで, 赤音地に酸性処理を施すと火山ガラスとアロフェン粘土に分離することは目視により確認されるが, 特に 74 μ 以下の微細な粒子について各々を完全に分離採取する方法は確立されておらず, 今後の課題である。

#### III-4. 液性限界試験

液性限界試験については, コーン法でも試みた。しかし, この場合には容器に充填する試料の含水比が液性限界に近くなると, 赤音地は膨潤し容器の表面が盛り上がり, 落下させたコーンがまともに貫入せず, 貫入深さが正確に測定できないために, この方法は赤音地に適用するのに難がある。

#### III-5. 収縮限界試験

乾燥に伴う土の収縮機構として毛管モデルによる説明がなされている<sup>4)</sup>けれども, 赤音地の場合にはこのモデルでは説明がつかない。赤音地に蒸留水を加え試料間げきを飽和させペースト状にすると, その含水比は約 120 % である。このよく練り合わさったペースト状の試料を収縮皿に入れると, 短時間のうちに沈下収縮が起こり水が表面に浮き出しタン水する。この現象に, 赤音地の主骨格が火山ガラスで構成され, その表面がアロフェン粘土化していることを考え合わせると, 赤音地の収縮限界はアロフェン粘土そのものの非常に高い収縮限界とは異なることになる。むしろ火山ガラスで構成される構造の収縮によって収縮限界が決定され, その状態での含水量が赤音地の収縮限界として示されると考える。

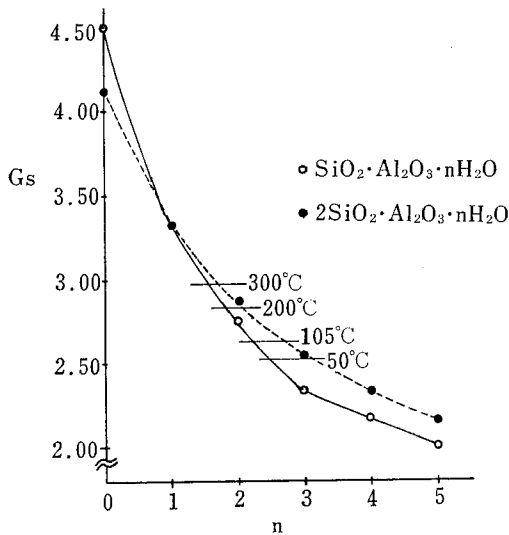
#### III-6. 吸湿性

赤音地の吸湿量を, ローゼの粒径と吸湿性との関係<sup>5)</sup>を参照して比較すると, 赤音地の吸湿量は 2 μ 以下の粘土に相当する値である。ところで, 表-1 の赤音地

\* 例えば, 前出見学案内 p 35 赤音地の粘土鉱物の示差熱分析結果参照。

\*\* ここでの再充填は数十 cm の高さから自然落下させ軽く振とうさせる方法である。

\*\*\* 東京天文台編纂 理科年表 p 435 丸善株式会社 (1983) による。



図一 アロフェン粘土の水分子数と真比重との関係

の粒度組成で見ると、この粒径に相当する粒子は僅か10%程度しか含まれていない。赤音地の場合、粒子の分散方法の不完全さを考慮しても、火山ガラス表面を覆う僅かなアロフェン粘土によってその吸湿性が特徴づけられていることは興味深い。

### III-7. 赤音地 (特にアロフェン粘土) の乾燥質量と乾燥温度との関係

一般に、赤音地は炉乾処理を行なうとその物理特性が著しく変化することが定性的に認められている。

ところで、III-2 で述べた様に、アロフェン粘土は真比重試験を行なう際の乾燥処理温度を変化させると、真比重の値が大きく変動する (図一 参照)。この結果に考察を加える。

アロフェン粘土は、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  から成っており、その比率は1~2:1:約5と言われている<sup>9)</sup>。すなわち  $\text{H}_2\text{O}$  分子が結合水として含まれているわけで、乾燥処理温度が上昇するにつれてこの  $\text{H}_2\text{O}$  分子が脱離する結果、真比重が大きくなると考えられる。

図一に、 $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  および  $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  の場合の  $n$  の変化と真比重の変化の様子を示す。ここでの真比重は次の方法で求めた。

$\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  の分子量はそれぞれ 60.1, 102.0, 18.0 であるので、例えば、 $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  の比重は次式で与えられる。

$$G_s = \frac{60.1 \times 1 + 102.0 \times 1 + 18.0 \times n}{(1+1+n) \times 18.0}$$

この結果を 図一 の真比重の乾燥処理温度依存の結果と比較すると、温度上昇による  $\text{H}_2\text{O}$  分子の脱離する割

合が推察できる。

ところで、強結合水はその密度が  $1.7 \text{ g/cm}^3$  と非常に大きく土粒子に大きな力で保水されている<sup>7)</sup>。更に、粘土鉱物の吸着水の密度は自由水の比重より大きい<sup>8)</sup> ことを考慮すると、先述の式の様に単純に比重を求めることは出来ず、水分子数  $n$  あるいは  $\text{H}_2\text{O}$  の分子量に修正を加える必要がある。

ところで水分子の脱離と吸着とは不可逆現象であるために赤音地の物理特性が著しく変化すると考えられる。

## IV 総括

以上述べた様に、赤音地は顕著な相違点をもつ火山ガラスとアロフェン粘土から成り、しかもアロフェン粘土が火山ガラスを覆う形で存在するために種々の特異な物理性を示す。

赤音地の構造に基づく特性は、火山ガラスの疎な骨格構造に起因し、その大きな間げき率によって赤音地は大きな透水性をもつ。一方、赤音地の表面特性は、アロフェン粘土の特性、例えば、非常に高い吸湿性に基づく保水力あるいは、その熱的特性に基づくヒステリシス現象と大きく関与している。

赤音地は風乾したり攪乱するとその特性が著しく変化することが認められており、現場の状態を再現し室内実験を行なおうとする時、元の状態 (密度) を再現することすら不可能である。このこと自体が赤音地の物理特性を象徴している。

赤音地の物理特性を見るためには、規格化された試験法で結果を求め他の土壌との相違点を比較すると同時に、赤音地固有の特性を見いだすために温度特性を考慮した特別な試験法や粒度試験法の開発が必要であることを提言し本論を結ぶ。

### 参考文献

- 1) 町田 洋: 火山灰は語る・火山と平野の自然史, pp. 188~208, 蒼樹書房 (1979)
- 2) 南 信弘, 山村善洋: 赤音地の物理特性, 高知大学 学術研究報告, 第32巻, 自然科学 (印刷中)
- 3) 須藤俊男: 粘土鉱物学, p. 29, 岩波書店 (1974)
- 4) 例えば, 土質工学会編, 土質試験法 (第2回改訂版) p. 158 (1979)
- 5) A, A, ローゼ著, 山崎不二夫監訳, 土壌と水, p. 30, 東京大学出版会 (1971)
- 6) 前出書3) p. 341
- 7) 前出書5) p. 38
- 8) 前出書3) p. 256

(1983.10.17受理)