

実容積法による土壌物理性の測定

林業試験場九州支場 堀田 庸

1. はじめに

土壌の3相組成は土壌の特性を表示する重要な値である。林野土壌の場合、これまで一般に、礫および細土の比重を求め、それより容積を算出し、3相組成を求めている。一方、土壌の固相および液相の容積をボイルの法則を利用して測定する手法がある。その一つに実容積法があり、農学関係では一般に用いられている。この手法は、土壌の固相および液相の容積を迅速に精度良く測定でき、測定効率が良いとされている¹⁾。しかし、測定の原理上、封入気体が存在したり、土壌による気体の吸着があった場合には誤差を生じる。ここでは、400ml土壌採取円筒用の実容積計を用い、土壌の容積の測定法を検討するとともに、比重法により求められた容積と比較し、その測定誤差について検討したので報告する。

2. 装置について

用いた実容積計はD社で販売されているものである。主要な部分は、400ml円筒が収容できる約700mlの試料室、約250mlの測定管(約10ml/1cm, 10ml単位が目盛)、約100mlの微測定管(約4ml/1cm, 1ml単位が目盛)および加圧と圧力判定を兼ねたU字管である。加圧による圧力上昇は、16mmHg(試料100mlの場合)～31mmHg(試料300mlの場合)前後である。これはpF1.3～1.6に相当する。装置の基本的な構造と測定方法は農学関係で用いられている100ml円筒用実容積計と同じなので、詳細は文献1)を参照されたい。

3. 供試材料および方法

標準材料として用いたのは、石英砂(12～20, 20～40, 40～80, 80～170メッシュに篩別したもの)以下同じ)、火山放出物で、一般にボラ石と呼ばれている多孔質な園芸用材料(6～12, 12～20, 20～40, 170～)、黒色土A層(20～40)、赤色土B層(20～40, 170～)および根である。これらの水分状態を飽水、素焼吸収板使用後、風乾、40°C通風乾燥、100°C乾燥と変え、実容積を測定した。また、常法により採取した、風化岩あるいはC層6点、黒色土(A, B層)9点、砂質土(A, B層)5点、褐色森林土(A, B層)8点の計28点の土壌試料

についても測定した。この場合の水分状態は、吸収板使用後と風乾である。なお、測定誤差について検討するために、日時を変えて、風乾時の測定を2回行なった。さらに、測定の手順や結果の算出の上で、円筒容積も必要と考えられたので、円筒も測定した。比重法のための細土および礫の比重は、比重びんを用いて測定した。

4. 結果および考察

この実容積計の基本的な測定精度は測定管の感度以上にはならないと考えられる。目視で判定できる調整管の水位差は1mmと仮定すると、測定管は約10ml/1cmなので、装置自体の精度は±1mlと予想される。図-1に円筒の重量と容積の関係を示す。亜鉛メッキの有無などのちがいはあるが、円筒の材質は黄銅なので、重量と容積の関係のバラツキは測定誤差と考えられる。図より明らかなように、実際の測定上の誤差は±2ml前後はあると考えられる。標準試料の測定結果を図-2に示す。容積はすべて絶乾時の値に換算するとともに

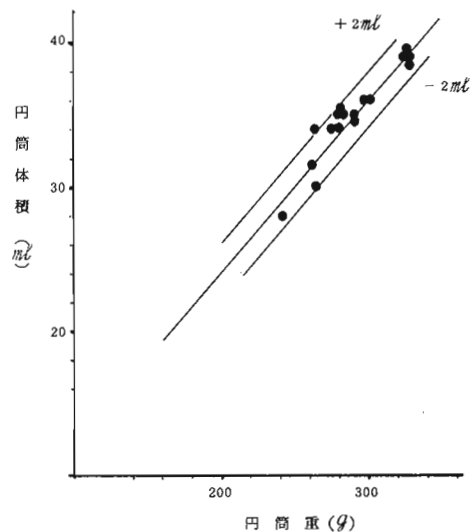


図-1 円筒重と円筒体積

に、比重法の容積との差として表示した。実容積法による測定結果のみを比較すると、図より明らかなように、石英砂と根以外は水分状態が異なると容積が大幅にちがってくる。一般的な傾向としては、飽水時より乾燥時の方が容積は少なくなる。これは、封入気体あるいは気体の吸着によるものと考えられるが、どちらが主要な原因なのかは不明である。根は多孔質体であるのに土壌とは異なった傾向を示したが、この原因は不明である。実容積法と比重法とを比較すると、例外を除いて実容積法の方が容積は少なく測定されている。封入気体や気体の吸着が少ないと考えられる石英砂で比較すると、実容積法の方が数 ml 前後少なく測定されている傾向がみられる。すなわち、定誤差が存在するようである。多孔質体であるボラ石および黒色土、赤色土の場合は、風乾以上に乾燥させると比重法よりおよそ5~10数 ml 少なくなっている。これはかなり大きな誤差であり、何らかの原因があると考えられる。比重法には理論的な誤差はないので、比重法と実容積法との差は、実容積法に起因するものと考えられる。なお、0点調整用の標準容積片(硬質塩ビ製、1個100 ml のもの3個)の容積をアルキメデスの原理により測定したところ、3片で約1.5 ml 少なかった。

実際の土壌試料28点の容積を測定した結果、吸収板使用後と風乾時の容積(いずれも絶乾時の容積に換算)の差は、 $\pm 3ml$ 以内に納まったものが20点、それ以上になったもの8点であった。この8点はすべて風乾時の方が容積が少なくなっていた。風乾時の2回の測定値を比較すると、その誤差はほぼ $\pm 3ml$ 以内に入っていた。このような点より、吸収板使用後と風乾時では、測定誤差以上の差が生じる何らかの原因があると推測された。比重法と実容積法を比較すると、いずれも実容積法の方が小さな値となっていた。その差は、吸収板使用後で数 ml ~10 ml 前後、風乾時で数 ml ~10 ml となった。風乾時の2回の測定値の差より、この実容積法の試料測定時の誤差はおよそ $\pm 3ml$ と推測された。この値は400 ml の1%以下であり、測定器として使用できる精度と考えられる。しかしながら、比重法と比較すると、最大10数 ml の差があり、400 ml の2.5%以上の誤差があることになる。これは、測定器としても測定法としても問題となる大きさであろう。

実容積法より求めた容積を用い、石英砂の比重を算出した。比重びんによる測定値は2.645~2.665であったが、実容積法では2.666~2.72となった。石英砂の比重は2.65とされているので、実容積法より比重を求めるとかなり誤差があることを示している。実容積法による容積が少なく測定される傾向があるのでこれは当然であろう。他の標準試料や一般の土壌試料についても、実容積法より細土の比重を算出したが、常識的

な細土の比重の上限値よりかなり過大な値が多かった。比重びんによる比重測定の誤差は明らかでないが、石英砂の測定の結果では ± 0.015 前後であった。この誤差による容積の誤差は細土などの重量によっても異なるが、300 g であったとしても1 ml 以下である。重量が少なれば誤差はもっと少なくなる。一方、容積誤差により、比重がどの程度変化するかをみると、細土重量が300 g の場合、容積が2 ml 異なると比重は0.05近く変わってしまう。重量が少ない場合には同じ容積誤差であっても、比重は大幅に変わってくる。

試料測定時における測器としての誤差は $\pm 1\%$ 以下で、十分利用可能な手法と考えられるが、従来の比重法と比較するとかなりの誤差がある。また、試料の含水状態のちがいによっても測定値にかなりのちがいが生じる。この誤差の原因は、封入気体あるいは気体の吸着によるものと推測されたが、主要な原因がどちらであるか特定できなかった。それ故、実容積法を利用する場合の試料の含水状態はどの程度が最も良いのか決定できなかった。容積誤差より考えて、実容積法により比重を算出するのは無理があると考えられた。容積の測定も2~3%の誤差があることを前提として行う必要があろう。

引用文献

- (1) 土壌物理性測定法委員会編：土壌物理性測定法，1~51，養賢堂，東京，1972

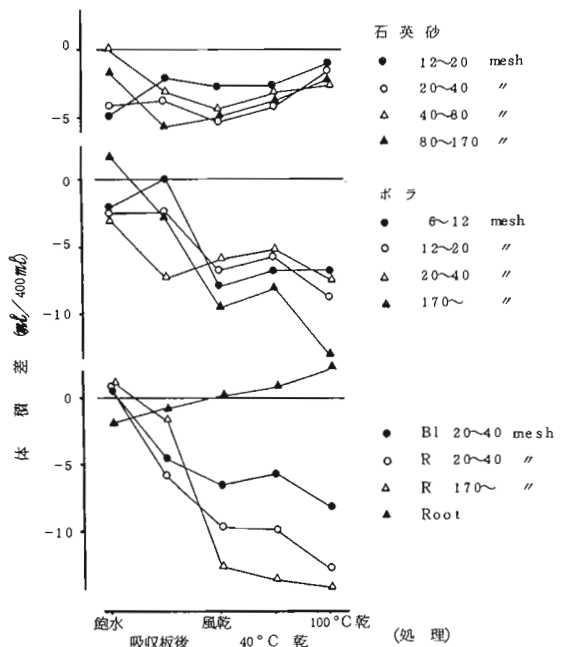


図-2 比重法と実容積法の体積差