

どの学校でも可能な土壌物理性の簡易測定法の検討

Investigation of Easy Method for the Measurement of Soil Physical Characteristics at School Practice

太田 弘一, 北村 義弘*

愛知教育大学技術教育講座

Koichi Ota and Yoshihiro Kitamura

Department of Technology Education, Aichi University of Education

キーワード: 水はけ, 水もち, 通気性, 排水性, 保水性, 吸水力

Keywords: drainage, air permeability, water retaining potential, water absorbing capacity

1. はじめに

栽培の三要素（作物・環境条件・栽培技術）の中で、技術的に重要な要素として環境条件の中の土壌がある。人類の文明のもととなった農耕の発祥の地が大河流域であったことからわかるように、肥沃な土壌は作物生育の基本といえる。環境条件の中で、他の気象的要素等が技術的にコントロールできるのは一時的なものであるのに対して、土づくりは、よい状態にするのに時間はかかるが、継続的な状態を作り出すことができる。その意味で、良い土は、栽培のための手段であり、道具や機械と同じようなものづくり＝生産活動のための労働手段と同じような意味があると同時に、直接人間が働きかける労働対象としての意味も同時にもつ存在である¹²⁾。このような人間が生産活動のために必要な手段として、自然に働きかけて作り上げた存在は人間の技術の「結晶」ということができる。土づくりによってできた「良い土」は人類の技術の「結晶」といってよいと考えるところである。ちなみに、「作物」という存在も、元々野生植物であった自然の存在から人間がその変異の中から人為選択と交雑を繰り返すことにより、遺伝的に固定した品種を作り上げた存在であり、より強固な意味で、人類の栽培（育種）技術が「結晶」化した存在といえることができる。

土壌の性質は、物理性・化学性・生物性からなるが、上記したような良い土の最も基本的な性質は物理性にあり、土づくりによる良い土は、堆肥等の有機物を土壌に入れてよく耕すことを数年に

渡って繰り返すことによって、腐植がつけられ、粘土粒子と一体化して団粒構造が形成されることによる。団粒構造によって、単粒構造では矛盾する性質である水もちと水はけ、すなわち保水性と通気性が同時に実現することになり、作物の根に供給される水と空気のバランスが保たれる。

中学校技術の栽培学習の中で、このような良い土に関わる技術の学習は最も重要な意味を持つと思われる。植物工場や水耕栽培が土を使わない最先端の栽培技術として注目されているが、人類全体の食料を永続的に供給する栽培技術の基本は、核エネルギー等を完全な形で利用できる状況が生み出されない限り、太陽エネルギーと土壌に源泉があることは明らかであり、人類の食料生産の歴史からも学びの基本であり、土づくりと太陽光を利用した栽培の意義を学ばない栽培技術学習はありえないとあえて強調したい。そうでなければ、日本における農業と国民の食料供給を支える理念となにより社会的な生産構造の危機につながりかねないことを懸念するものである。

このような考えの下に、土づくりの学習を中学校技術「生物育成」の中にしっかりと位置づけるとともに、その内容を精選していく必要がある。太田らは、これまでに生ゴミ堆肥づくりからの土づくりを行った栽培の題材化等についての報告を行ってきた³⁾⁴⁾⁵⁾。これらの報告の中で、土づくりをすることで生育の促進効果を確認することができたことを報告している。さらに、あわせて、土づくりの具体的な効果を確認することも重要であり、物理性、すなわち水はけと水もちを測定して確認するための方法を検討し、簡単な測定方法を

*2015年大学院修士課程修了

報告した⁹⁾。

今回は、特に水はけについての測定方法をさらに検討し、いくつかの方法を比較することによって、より正確な測定ができる方法を提案するものである。

2. 漏斗型(ペットボトル先端部)と寸胴型(プラスチックカップ or ペットボトル胴部)での水はけの比較測定

前報⁹⁾では、空き缶の底を切り取って作成した採土缶を土壤に差し込んでサンプリングして水はけ(通気性)・水もち(吸水力・保水性)を測定する方法を検討した。水はけの測定方法として、測定の際に土を入れる容器として漏斗を用いるのは一般的に考えられるところである。技術教科書にも、ペットボトルの上半分を切り取って漏斗状にしたものに土をつめて測定する方法が掲載されている⁷⁾。一方、先の論文⁹⁾の測定の中で、土壤の細かい粘土粒子が流出した場合には排出口の部分で目詰まりを起こして、途中から極端に水はけが悪くなる場合があることを報告した。そのことから、漏斗のように排水が狭い口から行われる場合には、より目詰まりが発生することになると思われる。そこで、そのようなことが実際に起こるかどうかを排水口を広くとった寸胴の容器やペットボトルの先端の口と底を切り取って寸胴にした容器の場合との比較で検討した。

2.1. 測定容器

(1)漏斗型容器

2ℓのペットボトルの上部を切り取り、図のように逆さまにした漏斗状態で下部に差し込む形にした。口の部分にはガーゼを1重または2重にして輪ゴムで止めて、土が流れ出さないようにした。土は400mlを入れる

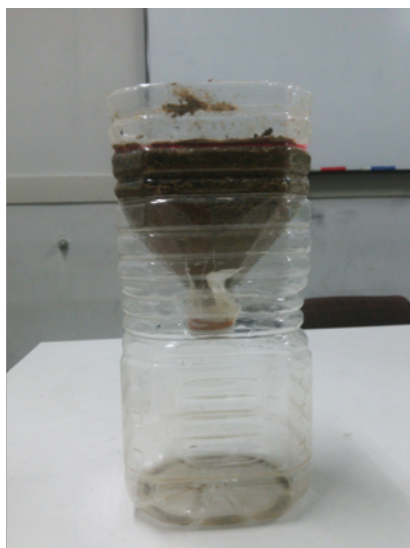


図1 測定に用いたペットボトル先端部を用いた漏斗状容器

こととし、容器に400mlのラインを記入した。

(2)寸胴容器

100円ショップで購入した図2のようなプラスチックカップの底部を周囲の1cmほどを残して切り取り、その上に載るように切り取ったプラスチックの網を入れて土壤を保持できるようにした(図3)。

もうひとつの寸胴容器は500mlの

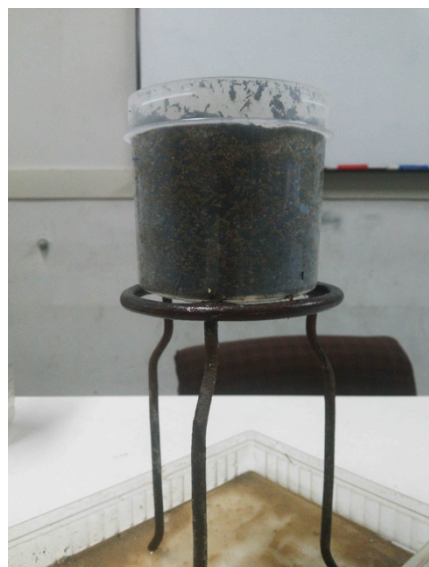


図2 底を開けたプラスチックカップの寸胴測定容器

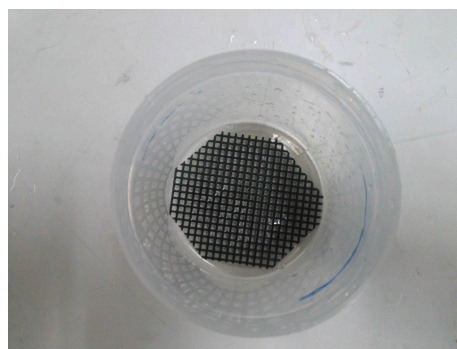


図3 カップ内部の状態

上部と底部を切り取った寸胴部の底部をガーゼで覆って輪ゴムで止めた(図4,5)。いずれも土は400mlを入れ、容器は三脚台の上に乗せて下に水受けの容器を置いて測定した。

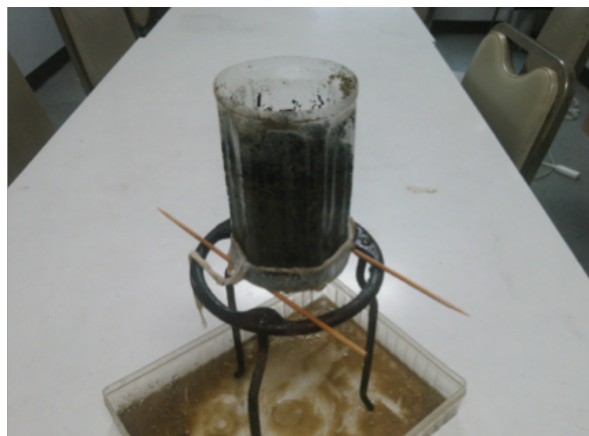


図4 上部と底を切り取った寸胴型のペットボトル(500ml)の測定容器



図5 ボトル内部の状態

2.2. 測定材料

測定に供した土（土壌資材）は、1)造園業者から購入した「山土」、2)同じく造園業者から購入した「川砂」、3)川砂を市販の台所用ザルに入れて流水で細かい粒子を洗い出して粗い粒子のみにしたもの（「川砂（洗浄）」）、4)市販の「培養土」、5)市販の「バーク堆肥」を用いた。

2.3. 測定方法

- 1) それぞれの土（資材）を容器の上から 400ml のラインまで入れた。
- 2) 容器内に水を充分注ぎ、土を完全に湿らせ、水が抜けるまで待った。
- 3) 水がほぼ抜けきったら（圃場容水量）、200ml の水を静かに注ぎ、その水が表面から完全に消失するまでの時間を測定した。

かかった時間が短いほど水はけ(通気性)がよいとした。

2.4. 結果及び考察

図6にペットボトル漏斗の測定で、口止めガーゼを2重にしたものでの排出時間を示した。山土では20分かかり、川砂でも17分ほどの時間がかかって山土と同じ程度となっており、川砂の通常の設定である水はけの良さと異なる結果となった。このことは、川砂に混ざっている細かい粘土粒子が水とともに流出し、排出口のガーゼ部分に堆積して水はけを妨げたと考えられた。このことは、あらかじめ川砂を台所用のザルに入れて流水でよく洗浄し、細かい粒子を取り除いた川砂（洗浄）区ではわずか14秒程度で水が抜ける状態が確認

されたことから明らかである。培養土やバーク堆肥では1分から4分程度の短時間で排出が確認された。これらでは、細かい粒子や有機物は存在しても、大量に存在している有機物の表面が粗い状態にあることからそこにとどまって流出することがないことによるものと推察される。

口止めガーゼを1枚のみにした場合（図7）には、川砂では半分程度の排出時間となったことから、排出口部分の目詰まりが大きな要因であることが明らかであった。山土では改善はみられておらず、後に示した寸胴容器で排水口が広い場合（図8,9）には大幅な改善がみられた結果とあわせて考えれば、漏斗の狭い排水口が目詰まりを引き起こしている大きな原因であることが明らかであった。

図8,9に排水口を大きくとった寸胴型のプラスチックカップとペットボトル胴部を用いた場合の結果を示した。どちらも、山土の排出時間は4分程度と、漏斗型の倍の5分の1程度となり、大幅に改善された。川砂も1分台であり、培養土・バーク堆肥についても大幅な短縮が確認された。

これらのことから、教科書にも掲載されているペットボトル利用も含めた漏斗状の容器による土壌の排水速度の測定方法には細かい粘土粒子による目詰まりの問題があることが明らかとなった。今回用いたような寸胴型の開口部が広くとられている容器を用いての測定が、目詰まりを避けることができ、安定的で土の性質を正確に反映した測定が可能であるといえる。

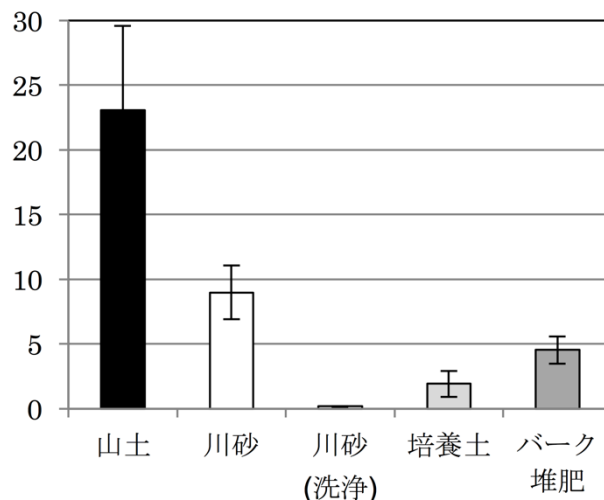


図6 ペットボトル漏斗（口止めガーゼ2枚）で測定した排水時間（分）

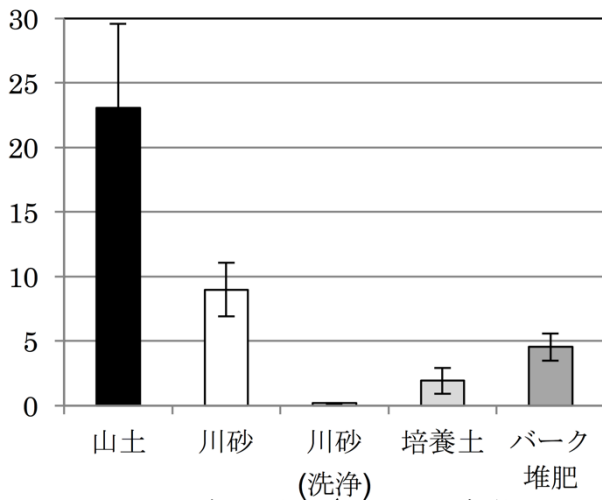


図7 ペットボトル漏斗（口止ガーゼ1枚）で測定した排水時間（分）

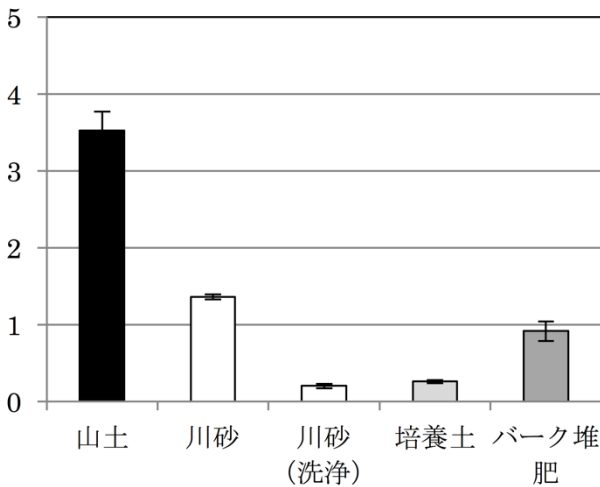


図8 プラスチックカップで測定した排水時間（分）

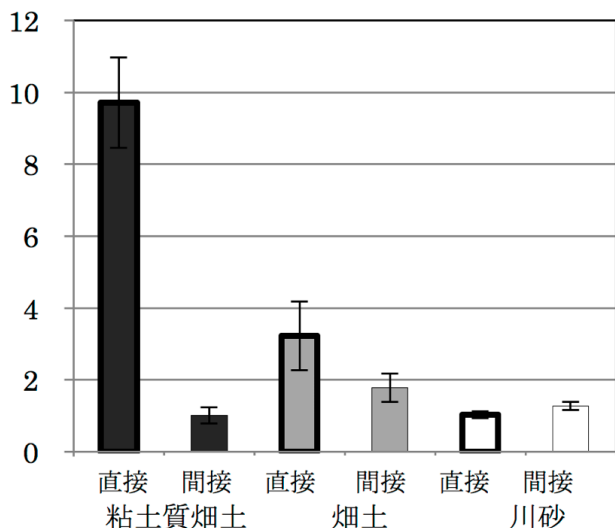


図9 ペットボトル寸胴部で測定した排水時間（分）

間接測定法の比較検討

土壌の簡易測定法を提案している大塚・岩田⁸⁾によれば、排水性の測定方法として、畑等の現地で、採土管を直接土壌に差し込んで、水が土の表面からなくならないように注意しながら、一定量の水を徐々に缶内に注ぎこみ、同時に水を注ぎ始めてから、その水が土の表面からなくなるまでの時間を測定するという方法が報告されている。また、採土管を土に差し込んで掘り上げて土を管内に保持した状態で取り出して、排水速度とともに24時間後の保水量の測定方法が報告されている。太田・前田は大塚らの方法を参考にし、採土管を排水速度についてより簡易な、保水性についてはより正確な測定が可能な方法を報告した⁹⁾。採土缶を掘り上げる方法では、掘り上げる際に土にひび割れや隙間が生ずることがあり、そのために測定誤差が発生することを報告した。そこで、ここでは、直接圃場の土壌に採土管を差し込んだまま掘り上げずに測定する直接的な方法での測定を行い、あわせて、同じ土壌を採取した上で、採土管内に入れて測定する間接的な方法での測定結果と比較することでより正確で簡単な測定方法の可能性について検討した。

3.1. 採土管の作成

直径5cmのスチール缶（250ml）の上部を缶切りであけ、底部は側面から金のこぎりで切り取って土壌に差し込めるように加工した。下端から5cmのところをマーカーで印をつけ、そこまで差し込んで100mlの土を採取、あるいは上から土を入れてマーカーまでつめられるようにした。（図6）



図9 作成した採土管

3.2. 測定方法

3.2.1. 土壌に上から差し込む直接測定法

3. 土壌の自然条件での直接測定法と採取土壌の

- ① 測定場所の土壌表面のゴミや石を取り除き、作成した缶を印を付けた所まで土に差し込む。(図 7)
- ② 缶内に水を充分注ぎ、土を完全に湿らせ、水が表面から消失後しばらく放置する。
- ③ 缶内に 100ml の水を静かに注ぎ、その水が表面から完全に消失するまでの時間を測定する。時間が短いほど通気性がよいとする。



図 10 採土管を土壌に差し込んでの測定の様子

3.2.2. 土壌を掘り上げて管につめる間接測定法

- ① スチール缶で作成した採土管の下をガーゼで包み、輪ゴムで止めた。
- ② 缶の上から測定土壌を印のところまで入れ、下に水受けを置いた柵状の台の上に載せた。
- ③ 缶内に水を注ぎ、飽和容水量まで十分に土を湿らせ、しばらく放置した。
- ④ 100ml の水を静かに注ぎ、その水が表面から完全に消失するまでの時間を測定した。測定は、それぞれ 3 反復行い、平均をとり標準誤差を示した。



図 11 測定の様子

供試土壌

愛教大自然観察実習園内の 1)「畑土」、2)同じく畑の粘土質の部分(「粘土質畑土」)、3)数年間野外放

置の造園業者から購入した「川砂」を用いた。

3.3. 結果及び考察

図 12 に、粘質畑土と畑土、川砂について、それぞれ直接測定法と間接測定法での排水時間を示した。畑等の土壌に採土管を差し込んだままの状態ですら測定した直接測定法では、10 分程度の時間がかかった粘土質畑土を最大に、普通の畑土が 3 分程度、川砂は 1 分程度の排水時間であり、土壌の水はけ特性に相当する結果が得られた。

それに対して、土壌を掘り上げて管内につめた後測定した間接測定法では、粘質土壌は 1 分程度の排水時間となり、排水時間は極端に短縮され、川砂よりも早く排出された。畑土でも直接法より短縮された。川砂はわずかではあるが間接法の方が時間がかかった。これらの結果は、土壌の元来の水はけの特性と異なる状態であることはあきらかである。その原因として考えられるのは、粘土質畑土は、移植ゴテで掘り起こすことにより、多少の水分を含んでいることもあり粘土粒子の一時的な大きな固まりが生じて、管内の土壌に大きな隙間が生じた状態になり、その隙間を通じて排水されやすくなったことによると考えられる。このことにより、本来の土壌の性質と異なる結果が生じたものと考えられる。

土壌が粘質土でなく大きな塊とその間の隙間が生じず、崩れやすい土壌の状態であれば、そのような状態は発生しないため、川砂や畑土では粘土質畑土のほどの極端な状態とはならなかったものと思われる。

このことからすると、土を掘り上げて測定容器に入れる方法で行う場合には、特に粘土質の土壌については、土をあらかじめある程度乾燥させてほぐして固まっていない状態にしたものを容器につめることで、ある程度正確な土の性質を反映した測定が可能であると考えられる。その場合、粘土質の土壌は土が完全に乾燥して固まった状態となるとほぐすことも困難になる場合が多いと思われるため、土がばらける程度の適度な乾燥状態が必要と思われる。ほぐす程度により団粒の状態ともかわることがあるためむづかしい判断と作業がともなうこと、また、先に述べたような、粘土粒子の排水流にともなう流出による排水口付近の目

詰まりの発生の問題もあるため、土を掘り上げて入れる間接法では大きな誤差の発生は避けられないと思われる。

今回の結果と先の報告⁹⁾から、畑の土を測定する際は、土の構造を崩さずに測定する方法が望ましいことが確認された。先の報告⁹⁾では、採土缶を土壤に差し込んでそれを掘り上げて採取した状態で排水性と吸水力・保水性を測定する方法を検討し、採土缶によって土壤を採取する方法が有効であることを確認した。あわせて、その方法だと掘り上げ時等にひび割れ等が発生する可能性があり測定値のばらつきが生ずることがあり慎重な土壤採取に留意する必要性を報告した。今回行った採土管を土に押し込んだ状態のまま排水時間の測定をおこなう方法は、より安定した結果を得ることができることが確認できた。ただし、今回も一定程度の誤差は生じており、測定場所の土壤の状態によるばらつきの可能性が大きいが、採土管を差し込む際にもひび割れや隙間が発生する可能性はあるため、慎重に差し込むことが重要であると思われた。また、掘り上げない場合には、差し込んだ採土管の下にある土壤部分の排水性が悪い場合にはそこが限定要因となるため、実質的には土壤の上層ではなく下層部分の排水性を確認していることとなることに留意が必要であり、作土層の水はけを正確に反映させるためには、採土管の差し込みをできるだけ浅目にするこ重要である。

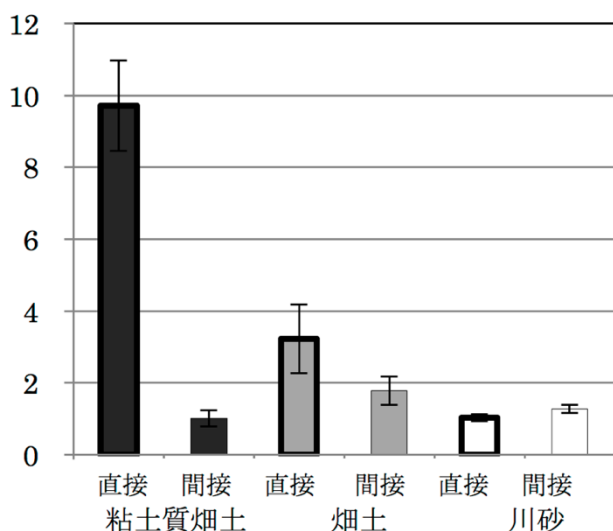


図 9 ペットボトル寸胴部で測定した排水時間 (分)

そして、保水性の測定については、通気性を直接法により測定した後に、採土管を掘り上げて、先に報告した方法⁹⁾、すなわち重量を測定し放置後の重量の漸減を測定して、保水性を確認することができる。この手順により、中学校現場での通気性、保水性を簡単に測定して、土壤の水はけ・水もちの意味を理解できる方法として有効活用できると考えるものである。

4. まとめ

土壤の通気性の測定方法について、ペットボトル上部の漏斗での測定では、排出口が狭いことによって、つめた土壤の細かい粘土粒子が流出する場合には目詰まりが発生して正確な測定はできなかった。それに対して、排水口が大きな寸胴容器が適当であった。さらにそれよりも、スチール缶利用による採土管を直接土壤に差し込んで測定する方法により最も正確な測定が可能であった。

5. 参考文献

- 1) 大谷省三：自作農論・技術論，(1973)，農山漁村文化協会
- 2) 西田周作：生物技術論，(1982)，文理閣
- 3) 太田弘一，前田泰寿：中学校技術生物育成栽培での土づくりの学習に向けての生ゴミ堆肥づくりの検討，自然観察実習園報，No.31/32，pp. 9-16 (2012)
- 4) 太田弘一，前田泰寿：中学校技術生物育成栽培での生ゴミ堆肥からの土づくりと栽培学習に向けての作物栽培の検討 (第 1 報) 畑土でのチンゲンサイ栽培における土づくりの効果について，No.31/32，pp. 17-23 (2012)
- 5) 太田弘一，前田泰寿：中学校技術生物育成栽培での生ゴミ堆肥からの土づくりと栽培学習に向けての作物栽培の検討 (第 2 報) ミズナ栽培における土づくりの効果について，No.33，pp. 9-13 (2012)
- 6) 太田弘一，前田泰寿：土壤の物理性の簡単で有効な測定方法と堆肥による土壤物理性改善効果の測定，No.37，pp. 7-13 (2017)
- 7) 中学校教科書 技術・家庭 技術分野，(2012)，開隆堂出版(株)
- 8) 塚本明美，岩田進午：だれでもできるやさしい土のしらべかた，(2005)，合同出版

(2017年3月21日受理)