

おうちで学ぶ！ 土のはたらき

[著] 含水比計測中

コミックマーケット 100

2022 年 8 月 13 日 ver 1.0

■免責

本書は情報の提供のみを目的としています。

本書の内容を実行・適用・運用したことで何が起きようとも、それは実行・適用・運用した人自身の責任であり、著者や関係者はいかなる責任も負いません。

■商標

本書に登場するシステム名や製品名は、関係各社の商標または登録商標です。

また本書では、TM、[®]、[©]などのマークは省略しています。

はじめに

みなさん、「土」にどのようなイメージを持っているでしょうか？「公園や田畠にあるもの」「泥団子を作るのに使う」「服が汚れる」など色々なイメージがあるでしょう。実は土というのは、土が身近な人にとっても、そうでない人にとっても、私たちにとって欠かせないものです。毎日食べる野菜の多くは土を使って育てられています。そして何より私たちは土の上で生活をしています。コンクリートやアスファルトにおおわれているところも、その下には土があり、その上に建物や橋が立てられているのです。

このように私たちにとって身近な土には実は、不思議な性質がたくさんあります。例えば、晴れた日が続いたときのグラウンドの土がカチカチであったのが、大雨の後は水がたくさん含まれていてドロドロになるように、状態が変化する性質を持っています。カチカチの状態になる性質は、粘土からろくろを回して作るような陶器を作った時に役立っています。一方で大雨の時にドロドロの状態になってしまった土が、山からものすごいスピードで流れてくる土石流は、時におうちを壊したり、人の命をうばってしまったりすることがあります。土は私たちにとって身近であり、欠かせないのですが、災害が起きたときには恐ろしい一面も持っているのです。この本では、おうちでできる簡単な実験を通じて、身近な土の不思議なはたらきを体験してもらいたいと思っています。

実験は学校でしかやってはいけないことではありません。実験は、安全に十分注意して、大人の方に見てもらいながらであれば、おうちでやってもいいのです。これは土だけでなく理科や算数、数学、国語、社会でも同じです。何か気になることがあつたら、模型を作って確かめてみたり、学校で習ったことを日常で使えないか試してみたり、自然の中で生き物や地形を観察してみたり。試してみる、作ってみる、観察してみる、そうすると勉強はもっと楽しくなると思います。それでは、安全に気を付けて、実験を楽しみましょう！

2022.07.16
サークル代表・江城静順

目次

はじめに

i

第1章 ミニトマトの水分量を調査しよう!	1
1.1 土ってなにからできてるんだろう?	2
1.2 ミニトマトを使って、含水比を調べてみよう!	2
1.2.1 準備するもの	3
1.2.2 手順	3
1.3 ミニトマトには水分がどれだけ含まれている?	5
第2章 最強!? 泥ダンゴを作ろう	7
2.1 最強!?泥ダンゴ道場へようこそ	8
2.2 早速作ってみよう	8
2.2.1 準備するもの	8
2.2.2 手順	9
2.3 泥ダンゴを作っているときのギモン	12
2.3.1 最も固めやすい水の量はいくら?	12
2.3.2 なぜ砂を分けたり、スタッキングでみがいたりするの?	13
[コラム] なぜ『ふよう土』や『砂浜の砂』は泥ダンゴ作りに向かないの?	15
第3章 土の「水はけ」をはかってみよう!	17
3.1 野菜の土とおコメの土	18
3.2 体感してみよう	18
3.2.1 準備するもの	18
3.2.2 実験装置の作りかた	18
3.2.3 実験の進めかた	22
3.3 土の水はけのギモン	23
3.3.1 この実験マシンはどうやって土の水はけをはかっているの?	23
3.3.2 もっとも水はけがよい土はどれ?	24
3.4 実験のまとめ	25
あとがき	27
索引	28

第 1 章

ミニトマトの水分量を調査し よう!

ミニトマト、おいしいよね

【この章の内容】

1.1	土ってなにからできてるんだろう?	2
1.2	ミニトマトを使って、含水比を調べてみよう!	2
1.3	ミニトマトには水分がどれだけ含まれている?	5

1.1 土ってなにからできるんだろう?

土の中には砂つぶと、水と、実は空気が入っています。水の量が変わると、土はべちゃべちゃのものからカラカラのものまでさまざまに変化します。泥団子を作る時、べちゃべちゃでもカラカラでも作りにくいよね。みんながご飯を腹8分目食べるのがちょうどよいのと同じで、土にとっても水は多すぎても少なすぎてもダメなんです。じゃあ、土の中の水の量ってどんな風に表せばいいんだろう? そのためにはみんなが小学校で習った、「比」を使います。

たとえば10gの水と、100gの砂つぶがあったとします。すると水と砂つぶのおもさの比は1:10、比の値すると1/10で0.1になります。この比の値のことを、「含水比(がんすいひ)」と呼びます。これで水のおもさが砂つぶのおもさの何倍になるのかが分かるようになります。今回であれば水のおもさは砂つぶのおもさの0.1倍あるとなるね。含水比は一般的に0.1%のように%で書くことが多いです。

含水比の求め方

$$\text{含水比} (\%) = \text{水のおもさ} / \text{砂つぶのおもさ}$$

第5章で水の量を調節し、含水比の値を大きくしたり、小さくしたりして、1番土を固めやすい水のおもさを探していきます。まずは含水比を感じもらうために、この章ではみんなのお家にある野菜の含水比を計算してみよう!

1.2 ミニトマトを使って、含水比を調べてみよう!

ミニトマトにはたくさんの水分が含まれていることは知っているかな? ミニトマトをかじると、赤い汁が出てきて、服をよごしてしまった経験があるかもしれません。赤い汁の正体はすべて水分なので、ミニトマトには水分がたくさん含まれているのです。

ここではどれだけの割合の水が含まれているか、さっき学んだ含水比を計算してみよう。ミニトマトは土ではないから、この章の含水比は、水の重さ/ミニトマトの皮や種の部分(水以外)のおもさということにしよう。

♣ 1.2.1 準備するもの

- ミニトマト
- 塩
- はかり
- オーブン
- クッキングシート

♣ 1.2.2 手順

0. 《下準備》オーブンを 130 °Cに予熱する。



1. ミニトマトと塩のおもさをはかる（最初のおもさ）。

- ミニトマトを何つぶでやっても大丈夫!
- 塩は 1 つぶなら一つまみ、10 つぶ程度なら小さじ 1 杯程度あると良い。
- 測った値は記録をしておこう!

2. ミニトマトを半分サイズに切り、クッキングシートで軽く水分をとる。

- 切ることで、ミニトマトの内部の水分が出やすくなるようにする。



3. ミニトマトをオーブントースターに入れる。

- 天板にクッキングシートを敷き、その上にミニトマトの切った面が上になるように並べる。
- 塩を振り、ミニトマトの水分をたくさんぬこう!



4. 余熱が完了したオーブンで 60 分加熱して、乾かす。

- 加熱後、天板の上に冷めてくるまでそのままにしておく。



5. 完全に乾いたミニトマトのおもさをはかる（最後のおもさ）。

- 測った値は記録をしておこう！

1.3 ミニトマトには水分がどれだけ含まれている?

ミニトマトの含水比を計算する時は、オーブンで乾燥させる前の（最初のおもさ）とオーブンで乾燥させた後の（最後のおもさ）を使う。トマトの中には水と、皮や種の部分があるけれど、オーブンで乾燥させると水が蒸発してなくなってしまう。だから、乾燥させる前の（最初のおもさ）は水と、皮や種の部分の両方を足し合わせた重さで、乾燥させた後の（最後のおもさ）は皮や種の部分の重さだ。だから、（最初のおもさ）から（最後のおもさ）引くと、トマトの中の水のおもさが求まります。

式で表すとこのようになります。

ミニトマトの含水比の求め方

- ミニトマトの中の水のおもさ = (最初のおもさ) - (最後のおもさ)
- ミニトマトの皮や種の部分の重さ = (最後のおもさ)
- ミニトマトの含水比 = ミニトマト中の水のおもさ / ミニトマトの皮や種の部分のおもさ

つまり含水比は、

$$\{(最初のおもさ) - (最後のおもさ)\} / (最後のおもさ)$$

で求めることができます。

作者らの実験結果を見てみよう。作者らは9個のミニトマトで実験しました。最初のおもさが100.4 g、最後のおもさが13.0 gだったときのミニトマトの含水比を求めてみよう！

- ミニトマトの中の水のおもさ = 100.4 g - 13.0 g = 87.4 g
- ミニトマトの皮や種の部分の重さ = 13.0 g
- ミニトマトの含水比 = 87.4 g / 13.0 g = 6.7

この例だと、ミニトマトの中の水のおもさは、皮や種の部分のおもさの6.7倍のおもさ（含水比=6.7%）があるということだね。つまり、ミニトマトがたくさんの水を含んでいることがわかります。ミニトマトをかじるときには、水分が飛び散らないように十分注意しよう！

第 2 章

最強！？ 泥ダンゴを作ろう

強くてピカピカな泥ダンゴ、作ろうぜ!!

【この章の内容】

2.1	最強!?泥ダンゴ道場へようこそ	8
2.2	早速作ってみよう	8
2.3	泥ダンゴを作っているときのギモン	12

2.1 最強!?泥ダンゴ道場へようこそ

みなさんは泥ダンゴを作って遊んだことはありますか？作るなら、びくともしないくらい丈夫で、ピカピカに光る最強!?泥ダンゴを作りたいですよね。大きなコツが2つ！

最強!?泥ダンゴ作りのコツ

- 固めるのにちょうど良い水の量を見つけること
- 泥ダンゴの表面を細かい砂つぶでおおって、みがく！

固めるのにちょうど良い水の量を見つけるには、1章（P.○○）で勉強した「含水比」を大きくしたり小さくしたりして見つけます。また、細かいさらさらの砂つぶを振りかけてみがくと、ピカピカ泥ダンゴが作れます。

この章では、泥ダンゴ作りに関係する土の特徴も一緒に学びながら、強くてピカピカな最強!?泥ダンゴ作りをしていこう！

2.2 早速作ってみよう

◆ 2.2.1 準備するもの

- 土（葉っぱの入った土（ふよう土）や、砂浜の砂は泥ダンゴには向きません。）
- 水
- 計量カップ
- キッチンスケール
- スコップ
- スpoon（使い捨てのものがおすすめ）
- 皿・プラカップ（使い捨てのものがおすすめ）
- 粉ふるい（お菓子作りなどに使うもの。目の粗さが1mmくらいがよい。）
- ストッキング

♣ 2.2.2 手順



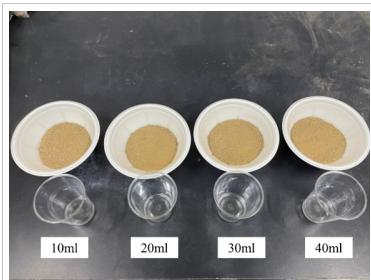
1. 必要なものを準備する。

- 土はよく乾いたものを 1kg ほど用意しよう。



2. 土を 200g ずつ 4 皿に取り分ける。

- 3で実験してみたい水量の分だけ、お皿に取り分けよう。



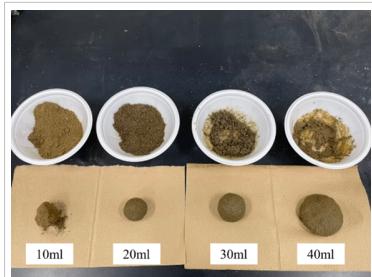
3. 10, 20, 30, 40ml ずつ水を用意する。

- 25ml などより細かく調べてみても面白いね!



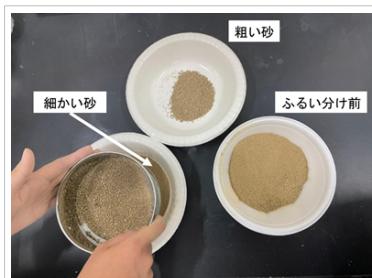
4. 土に水を加え、よくかき混ぜる。

- スpoonで底からすくって、全体に水がしみこむようにしよう。



5. 土を握って固め、泥ダンゴを作る。

- 1 番泥ダンゴが固めやすかったのはどれだったかな？ うまく固められた1つのお皿だけ選んで次に進もう。



6. 乾いた土をふるいにかけ、細かい砂つぶとそうでない砂つぶに分け、細かい方を皿に取っておく。

- なぜ細かい砂つぶとそうでない砂に分けたのだろう？



7. 湿っている所を探して砂を振りかけ、余分な砂は振り落とす。

- 余分な砂をちゃんと落とすのが、きれいに作るコツ！



8. 全体の湿り気がなくなるまでこの作業を繰り返す。

- ダンゴの黒っぽさが、白っぽくなるまで頑張ろう。



9. 風通しの良い日陰で 30 分乾燥させる。



10. ストッキングに、6 でふるい分けた細かな砂つぶを入れる。

- ストッキングはいらなくなってしまったもので大丈夫です。



11. ストッキングの両端を持って上下させると、より細かなつぶが出てくる。

- さらに細かな砂つぶが必要なんだ!



12. 乾燥後、土の粉を振りかけて指ですり込むようにみがき、また乾燥させる。

- 指を使ってやさしくダンゴをすりすりして、でこぼこをなくしていこう。



13. 乾燥後、手にスタッキングをはめて手のひらでやさしくみがく。

- なんでスタッキングを使ってみがくのだろう？



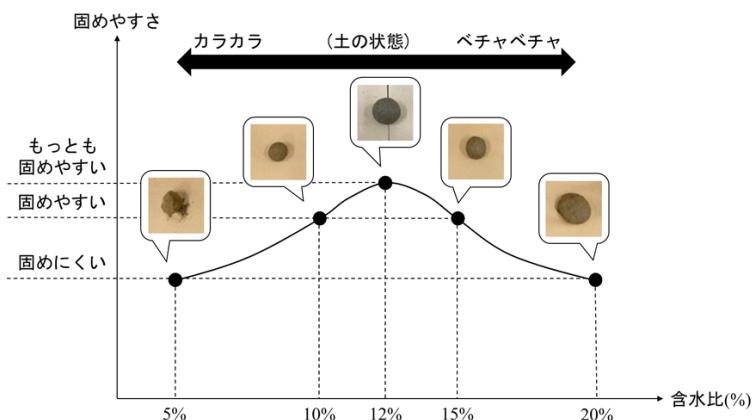
14. ピカピカになるまでみがいたら完成！

- がんばってみがくと本当に光ったようにならピカピカになるよ！

2.3 泥ダンゴを作っているときのギモン

♣ 2.3.1 最も固めやすい水の量はいくら？

土に水を加える作業では、同じ量の土（200g）に、10, 20, 30, 40ml の水を加え、4種類の湿った土を用意しました。少ない水を加えたカラカラの土はうまく固まらず、反対に多くの水を加えたべちゃべちゃの土もうまく固まりません。つまり土を固めるには、水の量が少なくて多すぎてもだめで、ほどよく中くらいの水の量が1番良いのです。今回用意した土では、含水比（第1章 P〇参照）が10%から15%の間である状態が、より丈夫な泥ダンゴ作りが作れるでしょう。



▲図 2.1: 含水比による固めやすさ

なお今回の実験では、水の量を変えてみて、200g の乾いた土に 24g の水を加えた、含水比 12% の状態の土が最も作りやすかったです。土を固めるのに最も適した状態の含水比のことを「最適含水比（さいてきがんすいひ）」と呼び、今回使った土の最適含水比は 12% くらいです。

♣ 2.3.2 なぜ砂を分けたり、スタッキングでみがいたりするの？

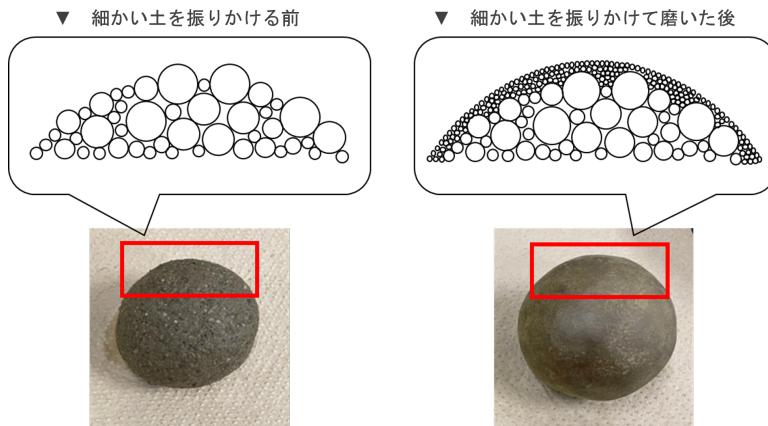
ふるい分けをした後の土を観察してみよう。



▲図 2.2: ふるい分けによる違い

ふるいを通りぬけた土はあらさがとれてさらさらに、スタッキングを通り抜けた土はさらに細かな砂つぶが集まり、粉のようになっています。このように「土」は、「大きなつぶ」から「粉のように細かなつぶ」まで、いろんな大きさのつぶが合わさってできています。泥ダンゴをピカピカにするには、その表面に細かなつぶがそろっていることが必要です。ふるいにかける前の土を湿らせて固めただけだと、その表面には

大小さまざまな大きさのつぶがあり、でこぼこしています。そこに、より細かなつぶを振りかけてみがくことで、細かなつぶがそれらででこぼこを埋め、表面が平らになります。さらに、スタッキングでやさしくみがくことで表面のつぶがきれいに整って、ピカピカになっていきます。



▲図2.3: 細かい砂つぶをふりかける前後の表面の違い

外で泥ダンゴ作りをするときは、振りかけるためのさらさらの砂が手に入る場所を探したりもしますが、ふるいやスタッキングを使うことで、細かな砂つぶを手に入れることができます。

【コラム】なぜ『ふよう土』や『砂浜の砂』は泥ダンゴ作りに向かないの？

皆さんは「土」を準備しようと思ったら、どのような土を思い浮かべますか？グラウンドの土、畑の土、森の土、砂浜の砂、河原の砂…

ひとことに「土」といってもいろんな土があります。ただし、ふよう土（森や畑の土）や砂浜の砂は泥ダンゴ作りには向いていません。確かにふよう土や砂浜の砂も、水にぬらしてぎゅっと握れば固めることはできます。

2.3.2(P.12)で説明したように、泥ダンゴをピカピカにするためには、細かい砂つぶを振りかける必要があります。しかし、砂浜の砂には細かい砂つぶがほとんど含まれていません。また、ふよう土には細かい砂が含まれていますが、細かいつぶ同士が固まってしまっていて、ストッキングで取り出すことが難しいです。これが、ふよう土や砂浜の砂が泥ダンゴづくりに向かない理由です。細かい砂つぶが多くふくまれている土としては、川の堤防や、公園の砂場、グラウンドの土などが挙げられます。乾いた状態の土をひとにぎり手に取ってさらさらと落とし、砂ぼこりが舞ったら、それは細かい砂つぶが多くふくまれた、泥ダンゴ作りに向いている土といえるでしょう。

土選びの一つの目安にしてみてください。

第3章

土の「水はけ」をはかってみ よう！

おいしい野菜、米がたべたい

【この章の内容】

3.1	野菜の土とおコメの土	18
3.2	体感してみよう	18
3.3	土の水はけのギモン	23
3.4	実験のまとめ	25

3.1 野菜の土とおコメの土

3.2 体感してみよう

♣ 3.2.1 準備するもの

- 土（100円ショップの鹿沼土や赤玉土、ふよう土、川原の砂などを使おう）
- はさみ
- 2L ペットボトル
- プラカップ 2 個
- ガムテープ
- 穴をあけるもの（千枚通しやアイスピックなど）
- 割りばし
- 口の大きいアルミストロー
- ガムテープ
- コーヒーフィルター
- マジックペン
- 割りばし
- はかり
- ストップウォッチ
- 定規

♣ 3.2.2 実験装置の作りかた



1.2L のペットボトルから写真のように飲み口の部分を取り取る。

- 曲面がまっすぐになるあたりです。



2. ペットボトル中央付近に穴をあけて、外側に向けて、口の部分が出るようにする。

- ペットボトルの切り口はとがっていて危ないので、気を付けよう。



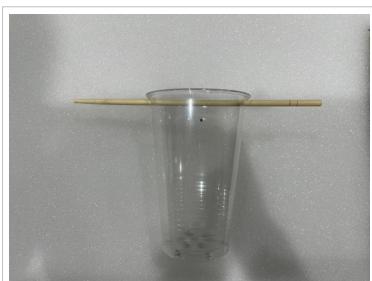
3. プラカップの底に、写真のようにペンで印をつける。

- カップの大きさによりますが、中心とそのまわりに 6 点ずつが良いと思います。



4. アイスピックなどを使って印のところに穴を開ける。

- アイスピックは危ないので、大人の人がいるところで作業しよう。



5. カップの上部に 2 つ穴を開け、割りばしをさして穴を広げる。

- 割りばしが完全に入ったら、いったん取りのぞく。



6. 割りばしを刺した下あたりに、アルミストローを刺す穴を開ける。

- 割りばしをさすのに邪魔にならないところにしよう。

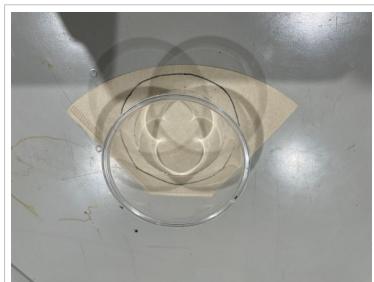


7. もう一つプラカップを準備し、上から 5cm くらいのところで切る。



8.7 に $1.5\text{cm} \times 3\text{cm}$ くらいの切り込みを一か所入れる。

- 割りばしをさすのに邪魔にならないところにしよう。



9. コーヒーフィルターに 7 を乗せ、カップに沿った円とそれより少し大きい円を描いて切る。



10.9 のコーヒーフィルターに写真のような線を描き、花びらのように切る。



11.10 を 7 にかぶせて、テープで止める。



12.6 のカップを穴を開けていないカップに重ね、水を入れる。水の中に土を落として入りていき、線のところまでを土でいっぱいにする。



13.12 に 11 をはめこむ。

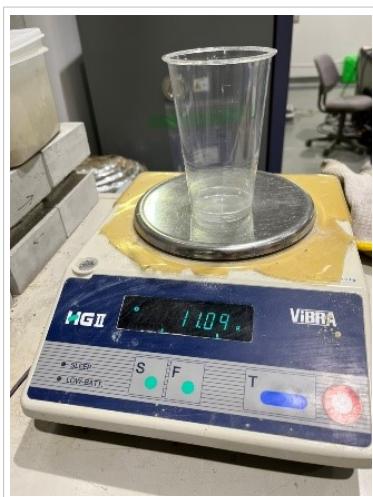


14.13 に割りばしとアルミストローを刺す。
アルミストローは水がもれないようにすきま
をテープで埋める。



15.14 を 2 にセットして、実験マシンの完成

♣ 3.2.3 実験の進めかた



1. プラカップのおもさをはかる。

2. ペットボトルに水を入れる。



3. 土入りプラカップをペットボトルにセットし、上から水を流し入れる。アルミストローとペットボトルから水が出始めたら測定を始める。

- アルミストローとペットボトルから出てくる水の量が同じくらいになるようしよう。

4.30 秒間で下から流れ出てくる水の重さをはかる。

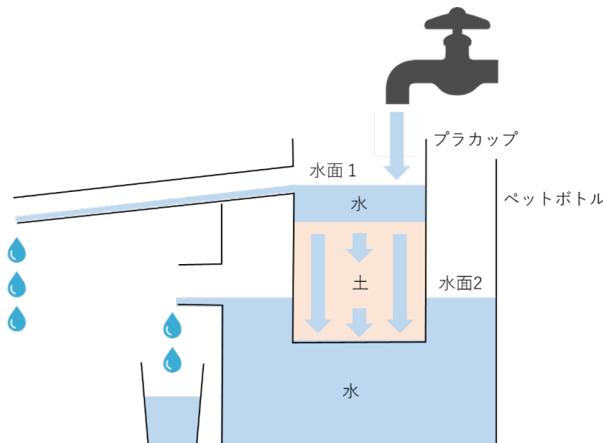
- 水を汲んだカップの重さからカップの重さを引くことで、水のみの重さを求められます。
- 測定は 5 回を行い、その平均を求めましょう。



3.3 土の水はけのギモン

♣ 3.3.1 この実験マシンはどうやって土の水はけをはかっているの？

川の水が流れたり滝の水が落ちるよう、水は高い所から低い所に流れる性質を持っています。この実験マシンはその性質を使って水はけをはかっています。今回作った実験マシンを、もう少しあわかりやすく図で表してみます。



▲図 3.1: 実験マシンのしくみ

この実験マシンには、プラカップとペットボトルに2つの水面ができるようになっています。この図を見てもわかる通り、プラカップにできる水面1の方が、ペットボトルにできる水面2よりも高い位置にあります。このような状態になると、水面1の水は、土の中を通り抜けて水面2に流れていきます。すると、ペットボトルの中の水が増えて水面2が上がります。そして、増えた分の水がペットボトルの口から流れ出ます。この流れ出た水の量は、土の中を通り抜けた水の量と同じになります。

こうして、土の中を通り抜ける水の量が多いときは「水はけのよい土」、土の中を通り抜ける水の量が少ないときは「水はけの悪い土」と見分けることができます。

♣ 3.3.2 もっとも水はけがよい土はどれ？

今回の実験では、3種類の土を使って実験しました。30秒間で土の中を通り抜けた水の量(g)は、次の表のようになりました。

▼表 3.1: キャプション

土の試料	鹿沼土	ふよう土	川原の砂
1回目	13	227	531
2回目	13	232	552
3回目	14	229	592
4回目	13	228	589
5回目	12	227	581
平均	13.0	228.6	569.0

結果を比べてみると、通り抜けた水の量は、土 A がもっとも少なく、土 C がもっとも多いことがわかります。これは、土 A がもっとも「水はけ」が悪く、土 C がもっとも「水はけ」が良いことを示しています。

このように、土の水はけが良くなったり悪くなったりするのには様々な理由がありますが、大きな原因として、①土がつまっていること、②細かい土の粒が多いことが挙げられます。

今回の実験では、水をためたカップの中に土を落とし入れているので、それほど土はつまっています。土の粒の大きさを観察すると土 A は細かい粒が多く、土 C は細かい粒が少なく、土 B はその真ん中くらいです。これが土 A, B, C で水はけが変わるのは一つです。

3.4 実験のまとめ

あとがき



「『自宅実験と素朴な疑問で学ぶ土質力学』みたいな本を出したら売れるだろうか. 」



「コミケに出しましょ！」



「えええ笑」



「FEM 本作ったし、なんとかなる？」



「もえてきたー！！！」

索引

■か

含水比 2, 8

■さ

最適含水比 13

■た

泥ダンゴ 7

■は

比 2

比の値 2

おうちで学ぶ！ 土のはたらき

2022年8月13日 ver 1.0 (c100)

著者 含水比計測中
印刷所 ○○印刷所

© 2022 土質実験中

(powered by Re:VIEW Starter)