

おうちで学ぶ！ 土のはたらき

[著] 江城静順、土田虎ノ助、水谷昂太郎、山本眞暉、山本亨輔

コミックマーケット 100
2022 年 8 月 13 日

■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」「服がよごれる」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 水が噴き上がる!? ボイリング現象を観察しよう	17
3.1 道路に大きな穴が!?	18
3.2 地下にはたくさんの水が溜まっている	18
3.3 体感してみよう	19
3.3.1 準備するもの	19
3.3.2 実験で使う土を用意する	19
3.3.3 実験装置の作りかた	20
3.3.4 観察してみよう	21
3.4 なぜ噴き上がってしまったのか?	22
3.5 日常に潜むボイリング現象のこわさ	22
第4章 建物が沈む? 液状化現象	25
4.1 世の中の四大おそろしいもの!	26
4.2 体感してみよう	26

目次

4.2.1	準備するもの	26
4.2.2	実験の進めかた	27
4.3	考え方	30
4.3.1	液状化では何が起こっているのか？	30
4.3.2	土をふるいにかけた後、水で洗うのはなぜ？	31
4.3.3	液状化が起こって困ることは？	32
第5章 土の「水はけ」をはやってみよう！		35
5.1	「水はけ」の良さがわかるとコレがうれしい！	36
5.1.1	めざせ！ グラウンド予報士	36
5.1.2	コメの土と野菜の土	37
5.2	体感してみよう	37
5.2.1	準備するもの	37
5.2.2	実験装置の作りかた	38
5.2.3	実験の進めかた	42
5.3	土の水はけのギモン	43
5.3.1	この実験マシンはどうやって土の水はけをはやっているの？	43
5.3.2	もっとも水はけがよい土はどれ？	44
おわりに		45

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。
- こげないように様子を見ながら加熱する。



**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な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



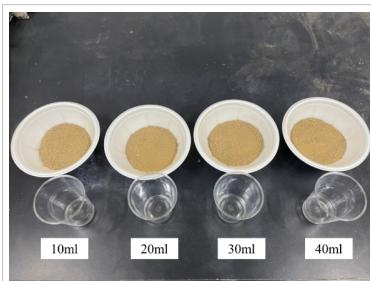
1. 必要なものを準備する。

- 土はよく乾いたものを 1 kg ほど用意しよう。



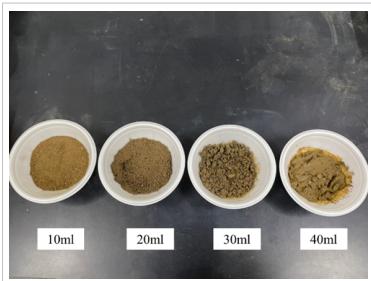
2. 土を 200g ずつ 4 皿に取り分ける。

- 3 で実験してみたいケースの数だけ、お皿に取り分けよう。



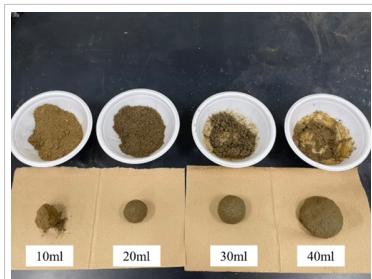
3. 10, 20, 30, 40ml ずつ水を用意する。

- 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？



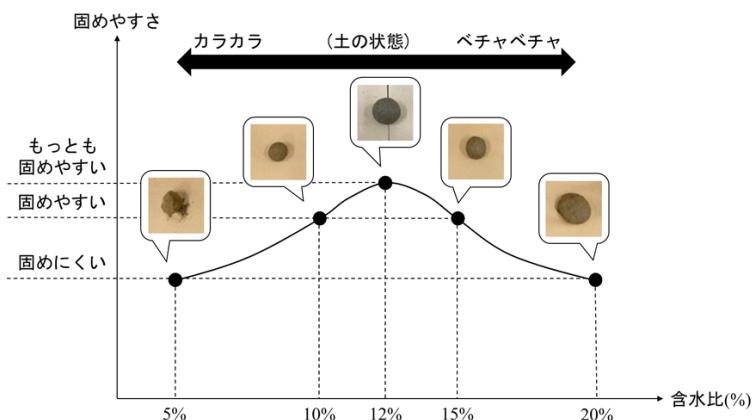
14. ピカピカになるまでみがいたら完成！

- 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？

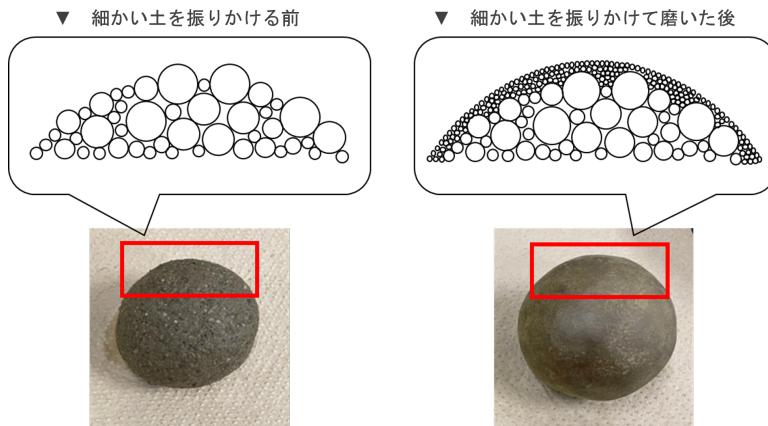
ふるい分けをした後の土を観察してみよう。



▲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のは難しいです。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

水が噴き上がる！？ ボイリング現象を観察しよう

噴砂とボイリングとクイックサンド、なにがちがうんだろうね？

【この章の内容】

3.1	道路に大きな穴が!?	18
3.2	地下にはたくさんの水が溜まっている	18
3.3	体感してみよう	19
3.4	なぜ噴き上がってしまったのか?	22
3.5	日常に潜むボイリング現象のこわさ	22

3.1 道路に大きな穴が!?

みなさんは道路に大きな穴が開いてしまったというニュースを見聞きしたことはありませんか？ 実は日本の至る箇所でこういった事故が発生しています。このような事故が起ければ、数日の間道路が使えなくなってしまい、車が通れなくなったり、近くのビルではたらいている人はビルの中ではたられなくなったりします。

道路や線路などみんなの生活を支えているものと「インフラ」といいます。インフラが使えなくなると、いろんな人の生活が止まってしまいます。

こういった問題をなくしていくためには、そもそもなんでこのようなことが起こるのか、日常にひそむ問題と一緒に考えていきましょう。

3.2 地下にはたくさんの水が溜まっている

東京をはじめ多くの都市で、地下鉄やデパートの地下階があるなど、ふだんのくらしの中で地下空間の利用は切っても切り離せません。地下を使うには、地面に穴を掘って、地下に人やモノが入れるような空間を作りていきます。そんな地下には実は、多くの場所で水がたくさん溜まっており、このたまつた水が事故を引き起こす原因になることがあります。

この章では土と地下にたまっている水に関する問題の1つである、「ポイリング現象」というものを体感しきましょう。

3.3 体感してみよう

♣ 3.3.1 準備するもの



▲図 3.1: 準備するもの

- 土
- 細かいふるい（都合の良い砂つぶを選び分けます）
- 中身の見える容器（保存容器など）
- 下敷き
- セロハンテープ
- コップ
- ペン
- 定規
- はさみ
- スマホ（現象は一瞬なので、動画で撮影しておこう!）

♣ 3.3.2 実験で使う土を用意する

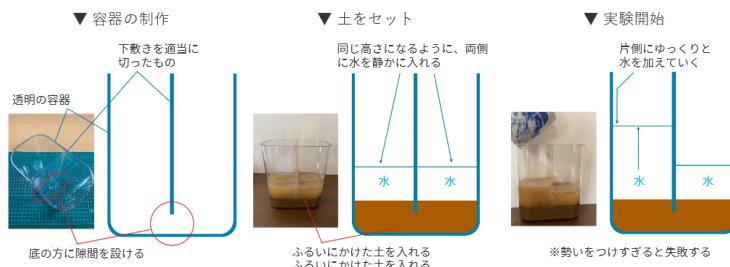
庭の土をふるいにかけ、水で洗います。ふるいで粒径が大きいものを取り除きます。また洗うことで、すごく小さなものも取り除きます。小さなものを残しておくと、実験の時、水が濁ってしまってよく見えません。ふるいを掛けた後も、土から目で見て大きめの砂があれば手で取り除きます。これで実験用の土が作れました。



▲図3.2: ふるいにかける様子

※公園の砂場から砂を取ってくるのは止めましょう。

♣ 3.3.3 実験装置の作りかた



▲図3.3: 準備～実験の手順

先ず、容器を製作しましょう。容器の長さを測り、長さが合うように下敷きを切ります。次に、下敷きで容器を仕切れます。この時、その方に隙間が開くようにしましょう（図3左）。うまく調節できたら、セロハンテープなどを使って固定します。底以外には隙間が出来ないようにしましょう。（参考: この例では、高さ 178mm、幅 78mm）

次に、ふるいにかけた土（試料）を容器の底に入れます。仕切りの隙間よりも上まで土を入れます。その上に静かに水を加えます（図3-中央）。仕切りの両側で、大体、同じ高さになるようにしましょう。

準備ができたら、コップなどを使ってゆっくりと水を加えていきます。勢いよく水を加えると、水が濁ったり、土がかき乱されたりしてしまって、ボイリング現象が観察し難くなってしまいます。

最後にカメラ等をセットして、ボイリング現象を記録できるようにしよう。

♣ 3.3.4 観察してみよう

片側にゆっくりと水を加えていくと、ある所で急に、低い側の底の土が噴き上げられ、水が濁る様子が観察されます。そして、両側の水位が同じ高さになるまでどんどん底の土が噴き上げられてしまいます。これがボイリング現象です。



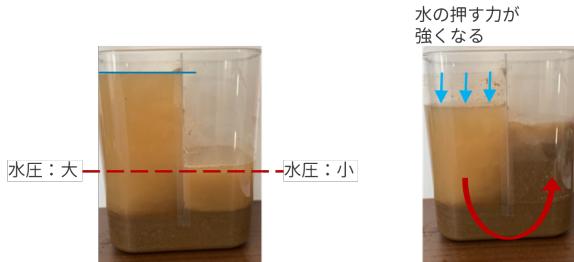
▲図 3.4: ボイリング現象の観察

実験のふり返り

- ・どこから土が噴き上げられていますか？
- ・底の土は最初、平らでした。ボイリング現象で土の堆積の様子は変わりましたか？
- ・同じ実験をもう一度やってみましょう。同じ現象が再現できましたか？

ボイリング現象が起きやすい条件、起きにくい条件はあるでしょうか?砂つぶの大きさを変えたり、容器の大きさを変えたりして確かめてみよう。

3.4 なぜ噴き上がってしまったのか？



▲図3.5: ボイリング現象のメカニズム

みなさんはお風呂の洗面器を逆さにして、お風呂のなかにしづめた経験はあるでしょうか？水面から浴槽の下になればなるほど、大きな力が必要だったとおもいます。このように水圧は、水面から深くなるほど、大きくなります。

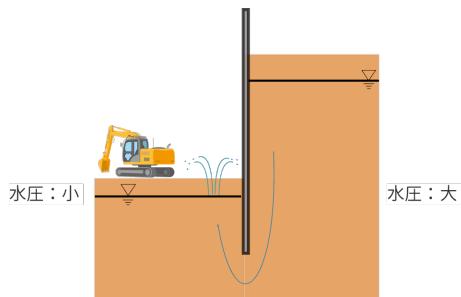
左側の図を見て、同じ高さで水圧を比較してみましょう。仕切りより左側の方が右側に比べて、水圧は大きくなります。すると力は大きいほうから小さいほうへ、仕切りを境に、反時計回りに伝わっていきます。これで水と、土が噴き上げられたようになったのです。

3.5 日常に潜むボイリング現象のこわさ

地下空間を作るためには、重機を使って地面に穴をあけて、掘り進めていきます。掘り進めていくと、だんだん水が湧いて出てきてしまいます。何も対策しないと、朝になって工事現場を行ったら、重機などが水没しで使えなくなり、工事をしている人がいたらとっても危険です。

そうならないように、掘った穴の周りをぐるっと鋼鉄の板で囲んでしまって、水が流れ込んでくるのを防ぎます。

鉄板で周りを囲ってしまえば大丈夫！ と感じますが、掘っている足元の土にも水が含まれています。この水もゆっくり上へ出てこようとしているのですが、これは掘っていきたいので、鉄板で覆うわけにも行きません。



▲図 3.6: 工事現場とボイリング現象

掘り進んでいくと、鉄板で押さえられている土の中の水と、底面の水の高低差が大きくなっています。そして、ある所まで掘り進めたら、大きな高低差によって底面の水が噴水のように上へと吹き上がってしまいます。こうなると大変です！ 土の隙間の水が動き出して隙間を広げ、周りの水がどんどん流れ込んできて、手に負えません。工事は大失敗になります。

こういった事故を防ぐために、工事現場ではたらく人は細心の注意を払って作業を進めたり、対策をしたりしています。

第4章

建物が沈む？ 液状化現象

東京ディズニーランドを一時閉鎖に追い込んだこの現象、なぜおきるのか。

【この章の内容】

4.1	世の中の四大おそろしいもの！	26
4.2	体感してみよう	26
4.3	考え方	30

4.1 世の中の四大おそろしいもの！

みなさんは、「地震・雷・火事・おやじ」という言葉を聞いたことがありますか？ これは江戸時代から伝わる言葉で「恐ろしいもの」を順番に並べたものです。ここで「地震」が最初にくることから、私たちの国日本では、地震が昔から恐れられていたことがわかります。近年も大きな地震が起っており、建物や道路が壊れてしまった様子を見たことがある人もいるでしょう。

また地震の怖い面の一つとして「液状化（えきじょうか）」というものがあります。一度はこの言葉を聞いたことがある人もいるでしょう。しかし、この「液状化」が一体何なのかを知っている人は、きっと少ないのではないでしょうか？

この章では、地面の模型を作って液状化を起こす実験の方法を紹介します。「液状化」では一体何が起こっているのか、また起こるとどんな良くないことがあるのか、実験を通して考えてみましょう。

4.2 体感してみよう

4.2.1 準備するもの

- 土（公園で実験する場合、砂場の砂を使ってみてもよいです。その場合は土は元あった場所にもどそう。）
- 水
- スコップ
- 粉ふるい（お菓子作りなどに使うもの。目の粗さが 1mm くらいのものがよい。）
- ストッキング
- 土より軽いもの（消しゴムや発泡スチロールなど）
- 土より重いもの（鉄球など）
- 水洗い用の容器（小さめのボウルやタッパー）
- 液状化実験用の容器（小さめのボウルやタッパー）

♣ 4.2.2 実験の進めかた



1. 必要なものを用意する。



2. 土をふるいでふるう。



3. ふるった後の土はこのようになる。



4. 容器に水をためる。



5. ふるった後の土をストッキングに入れる。



6. 土を入れたストッキングを水につける。



7. ストッキングをゆすったり、もんだりする。すると、細かな土の粒子が取り除かれる。



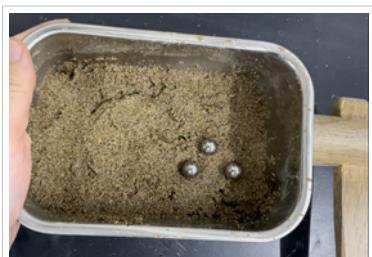
8. じやりじやりした感触になったら、土をストッキングから取り出し、液状化実験用の容器に入れる。⑤～⑦の作業を繰り返す。実験用容器の底から3cmほど厚さ分だけ洗った土を用意できたら、容器に土とかぶるくらいの水を入れ、上澄みの水を捨てる。



9. 土をかき混ぜ、表面を平らにしたら、用意した重いものを土の上にそっと置き、軽いものを土の中に埋める。



10. 埋めた後の様子はこのようになる。



11. 容器の横から木槌でたたき、振動を与える。



12. たたいていくと、土の中から水が吹き出して、重いものは沈み、軽いものは浮いてくる。

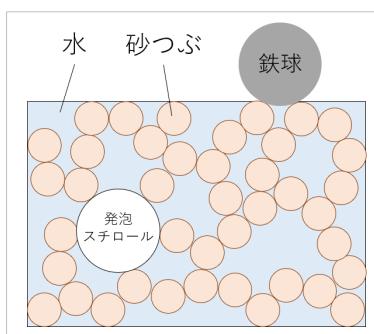
4.3 考えよう

♣ 4.3.1 液状化では何が起こっているのか？

地面が液状化すると、土から水がしみ出してくることが実験で分かりました。このとき土の中では何が起こっているのでしょうか？

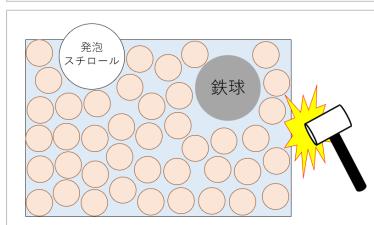
同じくらいの大きさの砂つぶの集まった土が、水を含んでゆるく積もった状態に、地震の揺れ（実験ではハンマーの衝撃）が加わることで、ゆるく積もった土がしばられますが、すると、砂つぶ同士の隙間に入り込んでいた水が中から噴き出します。この仕組みは、水を吸ったスポンジをしぼると水が出てくること似ていますね。

また土から水がしみ出す瞬間だけ、土は水のような性質に変わります。そうすると、土は上に乗っているものを支える力がなくなるため、重い鉄球は土の中に沈み、土の中の軽い発泡スチロール玉は浮き上がる、ということが起こります。



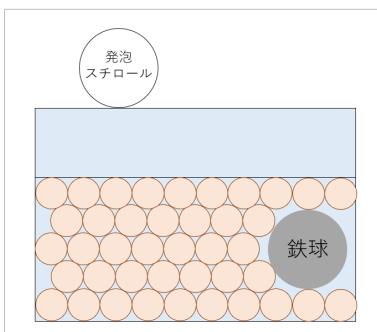
最初の状態（液状化発生前）

- 鉄球は砂から出ていて、発泡スチロールは砂の中にはあります。



振動を与えてる状態（液状化発生中）

- 鉄球がだんだん沈み、発泡スチロールがだんだん見えるようになります。



最後の状態（液状化発生後）

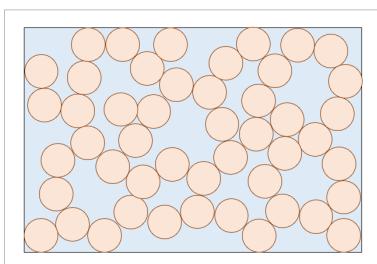
- 鉄球は完全に砂の中に沈み、発泡スチロールが完全に浮き上がります。

♣ 4.3.2 土をふるいにかけた後、水で洗うのはなぜ？

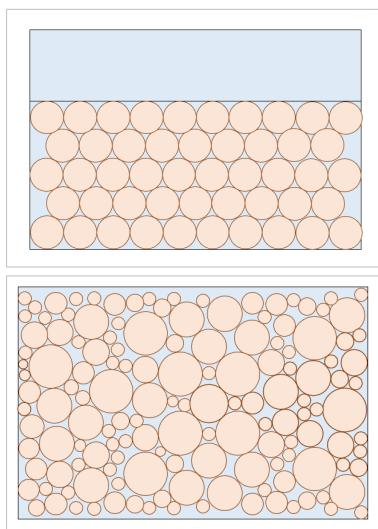
液状化しやすい土の条件として、①「同じくらいの大きさの砂つぶが集まっていること」と②「その土がふんわりとゆるい状態で積もっていること」が挙げられます。土をふるいにかけて水で洗う作業は、土を①の状態にして、液状化しやすくするためです。

用意した土を、1mmの目のふるいにかけると、ふるいを通り抜けた土は、1mmより大きい砂つぶが取り除かれています。次に、その土をスタッキングに入れて水で洗うと、スタッキングの繊維の目よりも細かい土の粉が洗い流されます。そして、スタッキングの中には、細かい土の粉が取り除かれた、1mmくらいの砂つぶだけが残ります。

こうすることで、液状化しやすい、同じくらいの大きさの砂つぶが集まった土を作ることができます。



同じくらいの大きさの砂つぶがゆるく積もっていると…



地震によって土のすき間がなくなり、水がふき出して液状化する。

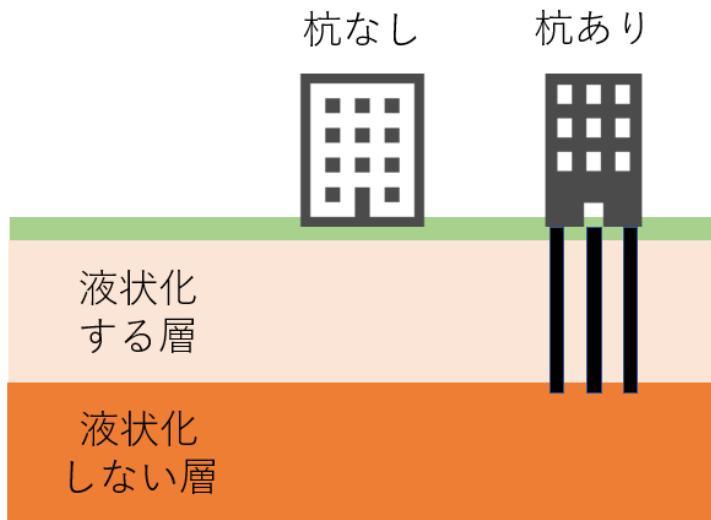
大きいつぶと小さいつぶが入った、つまっている土は、最初からすき間が小さいので、地震が起きてても水はふき出しにくい。

- つまり液状化しにくい状態にあります。

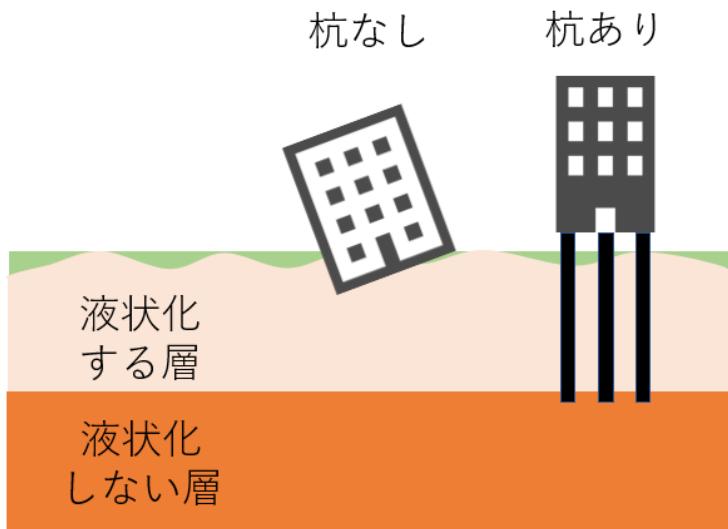
♣ 4.3.3 液状化が起こって困ることは？

液状化が起こると、地面の「支える力」がなくなります。すると、実験で鉄球が沈んだように建物が沈み込んで傾いたり、発泡スチロールが浮かび上がったように、空気の入ったマンホールが浮かびあがったりします。過去に起きた大きな地震では、こうした被害をたくさん受けました。

こうした被害が出ると、修理をするのがとても大変です。そのため、最近では液状化がおこらないようにするための工事が行われています。例えば、爆発の衝撃を使って、あらかじめ先に液状化を起こしてしまう工事や、液状化を起こさない深い層に建物が足をつけるように杭を打ったりしています。



▲図 4.1: 地震前



▲図 4.2: 地震後

第 5 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】

5.1	「水はけ」の良さがわかるとコレがうれしい！	36
5.2	体感してみよう	37
5.3	土の水はけのギモン	43

5.1 「水はけ」の良さがわかるとコレがうれしい！

実験を通じて、土によって水はけがどのように変わっていくのかを観察していくますが、その違いがわかると生活にどう生きるのか、2つの例を紹介します。

♣ 5.1.1 めざせ！ グラウンド予報士



▲図 5.1: グラウンド^{*1}

サッカーや野球で使うグラウンドは雨が降っているさなかや降り終わった後は、地面がべちゃべちゃで使えなくなってしまいますね。このあとどれくらいでまた使えるようになるかを、みなさん天気予報を見たりや普段そこを使ってているときの感覚であったりで予想している事でしょう。しかしグラウンドの土、アスファルトの校庭などをはじめとして、場所や条件が変われば、地面が乾くまでのスピードは全く違います。この「水はけ」のよさを、場所や土などによっての見極め方が分かれば、はじめての場所でもある程度どのくらいでまた使えるようになるかを分かることができます。実験を通じて、グラウンド予報士も目指してみよう！

^{*1} photoAC:https://www.photo-ac.com/main/detail/23907960#goog_rewareded

♣ 5.1.2 コメの土と野菜の土

みなさんが毎日食べているコメや野菜はどこで作られているか知っていますか？コメであれば新潟県、北海道、秋田県で、野菜のなかでも例えばトマトは北海道や茨城県、熊本県で多く収穫されています。このように作物によって各県の収穫量は様々であり、それは気候や土の状態、水が比較的得やすいなど、その土地に合わせたものを作ってきたからです。今回は特に水や土の状態について見ていくことにします。コメであれば水は5月ごろに田んぼに水一杯はらなければならず、水はけのわるい土が好まれるのに対して、野菜であればある程度水はけがよく、古い空気と新しい空気が循環できるような土が好れます。この水はけのよしあしが、土の種類によって大きく変わります。

■ 5.2 体感してみよう

♣ 5.2.1 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

♣ 5.2.2 実験装置の作りかた



1. 1.2L のペットボトルから写真のように飲み口の部分を切り取る。

- 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開けて、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、気をつけよう。



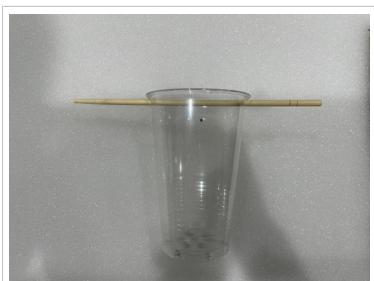
3. プラカップの底に、写真のようにペンで印をつける。

- 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 つ穴をあけ、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あける。

- 割りばしをさすのに邪魔にならないところにしよう。

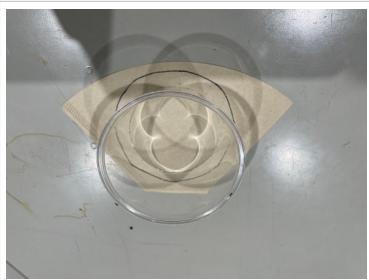


7. もう一つプラスチックカップを準備し、上から 5cm くらいのところで切る。



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れていき、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

♣ 5.2.3 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
にしよう。





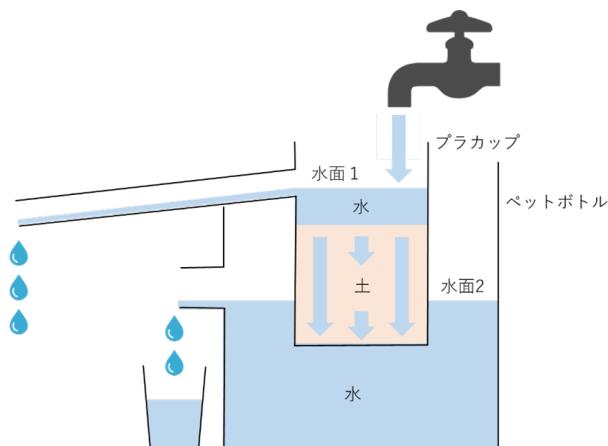
4.30 秒間で下から流れ出てくる水の重さをはかる。

- 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 回行い、その平均を求めましょう。

5.3 土の水はけのギモン

♣ 5.3.1 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すに、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 5.2: 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。

♣ 5.3.2 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5.1: 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で水はけが変わる理由のひとつです。

この水はけの良しあし(水の通りやすさ)のことを「透水性」と呼び、水はけのよい土ほど透水性が高いといいます。これらの土は比較的水はけがよい土に分類され、水田やろくろを回して作る投棄に用いる粘土が透水性が低いとされています。

おわりに

♣ 著者紹介



江城静順 (@Eshirosh)/京都大学大学院工学研究科修士 1 年
家に親が来るとときは、ベントナイトを隠しておきましょう。あと「みずかがみ」みんな食べてね！！ (<https://x.gd/QjdG7>)



土田虎ノ助 (@splitting_test)/香川高等専門学校建設環境工学科 4 年
恋する小惑星と紡ぐ乙女と大正の月はいいぞ！



水谷昂太郎 (@mizuDoboku)/東京都市大学工学部都市工学科 4 年
土にまったく関係ない出張で、100 円ショップの土を持ち歩いたのはいい思い出。



山本眞暉 (@Shearstrength20)/京都大学大学院工学研究科博士 1 年
みんな、博士課程は最高やで。



山本亨輔 (@yamamoto_k_1983)/筑波大学システム情報系助教
出会い系アプリの使い方を教えてほしい今日この頃。

♣ 前日譚



「『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。ツイートボタンぽちー」



「コミケに出しましょう！」



「1 人だと絶対だらけるので誰か手伝ってもらいたいな。
ちら |△°)」



「えええ？」



「授業で使えますよ」



「はい、かしこまりました。」



「やった！」



「私も参加したいです！ いいですか？」



「もちろん！ 頼りにしているよ！！」



「なんかおもしろいもんやってるやん、透水試験と締固め試験なら何100回とやったから手伝えるよ？」



「ぜひぜひ、お願ひします！」



「あれ、話が大きくなつた...」

～数か月後～



「完成したなあ！」



「毎度のことながら、めちゃくちゃぎりぎりになったな（笑）でも達成感はんぱないな！！」



「ただのつぶやきが現実になったー（΄；ω；΄）」



「話がすごく大きくなった...」

♣ 謝辞

本書制作では京都大学大学院工学研究科修士2年の竹川雄大氏、修士1年鎌森元吾氏と京都大学4年の藤枝大智氏にご助力いただきました。また本書印刷等のために多くの方からご支援いただきました。

ご支援ご協力いただいた全ての皆様に御礼申し上げます。

おうちで学ぶ！ 土のはたらき

2022年8月13日（コミックマーケット100）

著者 江城静順、土田虎ノ助、水谷昂太郎、山本眞暉、山本亨輔

イラスト 尾藤大喜

発行者 江城静順

連絡先 dobopro1106@gmail.com

<https://dobopro.github.io/DoboPro>

@DoboPro (<https://twitter.com/DoboPro>)

印刷所 プリントパック

© 2022 含水比計測中

(powered by Re:VIEW Starter)