

## 80 弓道の安土の乾燥を抑制しよう！！

**要旨** 安土の乾燥を抑える効果的な方法について、安土づくりの材料である黒土・川砂・おがくずの配合比率に着目して、土の水分量を測定、比較し探究する。

**Abstract** In this study, we examine effective methods for preventing drying by focusing on the mixing ratios of black soil, river sand, and sawdust-materials used in creating “Azuchi” soil-through measuring and comparing the soil’s moisture content.

### 1 研究背景と研究目的・意義

#### 1.0 用語説明

安土…的を掛けるために土や川砂を土手のように固めた盛土。  
候串…的を安土に立てかける際に、的枠に取りつけて的を支える道具。

#### 1.1 研究背景

部活で利用している安土が乾燥し固まってしまうことで、候串が十分に刺さらず、練習中に的が外れてしまうなどの支障が出ていた。乾燥を抑えるために水をかける回数を増やしてみたが、乾燥の抑制にはあまり効果が見られなかった。そこで、土自体に問題があるのではないかと考えた。

#### 1.2 リサーチクエストと先行研究・事例

リサーチクエスト

「安土の乾燥を抑えるのに効果的な方法、最適な土（黒土：川砂：おがくず）の配合比率とは？」  
先行研究・事例はなし

#### 1.3 研究の目的・意義

本研究で得られた結果は、畑やグラウンドの土質改善などほかの場面でも応用できる。

#### 1.4 仮説とその根拠

安土づくりにおける黒土、川砂、おがくずの役割は以下のとおりである。

黒土…粘性があり適度な硬さを持ち、安土の成形

川砂…通気性を良くし、適度な水はけを確保する

おがくず…安土の柔軟性を保ち、矢をしっかりと受け止めつつ、形状も維持できるようにする  
上記の役割から推測して、川砂は水捌けがよいため、土の水分量減少を大きく促進しているのではないかと考えた。

そのため、仮説は「安土における川砂の配合比率を小さくすると乾燥を抑制できる」とした。

## 2 研究方法1「安土の乾燥を防ぐのに効果的な土の配合を調べる」

### 2.1 研究の目的とリサーチクエスト・仮説との関係

〈研究の目的〉

川砂の割合が少ない配合の土が乾燥しづらいことを確認する。

〈リサーチクエスト・仮説との関係〉

リサーチクエストである乾燥を抑えるのに最適な土の配合比率を特定するとともに、仮説である川砂の割合が少ない土が乾燥しづらいことを確認する。

## 2.2 研究と分析方法

現在使用している弓道場の安土(以後 a と表記する)、体積比が「黒土:川砂:おがくず=1:1:1」である土(以後 b と表記する)、「黒土:川砂:おがくず=2:1:2」である土(以後 c と表記する)の3種類の土を用いて実験を行う。

※この実験は2回行っているが、後述の「結果」「考察」にある通り1回目の実験では観察ができなかったため、2回目は改善された同様の実験を行っている。1回目の実験は「改善前の実験」、2回目の実験は「改善後の実験」と表記されている。

〈実験の手順〉

- ① 上記の三種類の土を蓋のない虫かごに入れて混ぜ合わせる
- ② 虫かごの中の土に水を均一にかける
- ③ 放置して乾燥させる

〈分析方法〉

乾燥後の土の見た目や手触りを比較し、乾燥具合を調べる。

### 2.3-1 結果(改善前の実験)

土が乾燥しておらず3種類の土の比較ができなかった。

### 2.4-1 考察

土にかける水の量を少なくし、放置する日数を増やすことで土がより乾燥し、3種類の土の比較ができるようになると考えられる。

### 2.3-2 結果(改善後の実験)

	土の様子
a	奥は粘土のようにもったりとしているが、表面は固く、パリッとしていた。
b	土がパラパラで、砂場の砂のようだった。最も乾燥していた。
c	bと似ているが、bよりまとまりがあった。

川砂の割合が少ないcは そうでないbよりも乾燥していなかった。

### 2.4-2 考察

実験結果から、仮説である「川砂の配合比率を小さくすることで乾燥を抑制できる」ということが確認できたといえる。しかし、これらの実験はすべて主観的な分析であるので、客観的なデータの分析による裏付けが必要だと考える。

## 3 研究方法2 「客観的なデータに基づき乾燥しにくい土の配合を調べる」

### 3.1 研究の目的とリサーチクエスト・仮説との関係

〈研究の目的〉

研究1で行った実験について、より客観的なデータによる分析を行う。

〈リサーチクエスト・仮説との関係〉

研究方法1と同様。

コメントの追加 [梧堀1]: 改行を入れるかどうかそろえる

## 3.2 研究と分析方法

### スクーミーについて

研究方法1で必要を迫られた客観的なデータを得るために先生方に相談したところ、土壌水分量を測ることができる「スクーミー」というものを紹介してもらった。スクーミーとは簡単なプログラムを組んでセンサをつなげることで、土壌水分量の測定をはじめとする様々な用途に利用できるシステムである。今回の実験ではそのスクーミーにより作成した土壌水分計を利用しようとしていたが、後述の通りスクーミーが作動せず分析方法を変更したため利用していない。なお、スクーミーを利用した実験については研究方法3に記されている。

〈実験の手順〉

①A「現在使用している安土」、B「黒土:川砂:おがくず=1:1:1」、C「黒土:川砂:おがくず=1:2:2」、D「黒土:川砂:おがくず=2:1:2」、E「黒土:川砂:おがくず=2:2:1」の5種類の土を体積が900mLになるよう虫かごに入れる

②水を100mL入れ、均一になるよう混ぜる

〈分析方法〉

土壌水分センサを利用した水分量の測定を予定していたが、作動しなかった。しかし、土の乾燥している部分と湿っている部分が上下で明確に分かれていたため、水を入れた3日後にそれぞれの乾燥した土の深さを定規で測定し、乾燥具合を調べた。

## 3.3 結果

	A	B	C	D	E
乾燥した土の深さ	1.3cm	2.1cm	1.9cm	3.0cm	2.5cm

黒土を少なくしたもの(C)が最も乾燥しておらず、川砂を少なくしたもの(D)が最も乾燥していた。

A, B, Eの結果も含めると、黒土が多いと乾燥しやすくなると予想される。この結果は、1回目の実験の結果とも仮説とも異なっているが、1回目の実験の分析は正確なデータを用いていないため、定規を用いて測定した研究方法2の結果のほうがより信頼できるといえる。今後土壌水分センサを用いた正確な水分量の測定による分析の必要がある。

研究方法1, 2では土壌水分センサが作動しなかったが、最終的に作動させることに成功した。

作動しない理由としては、部品の破損、Wi-Fiの有無、接触不良、プログラミング、電池の残量不足が挙げられた。部品(スクーミーボード)を変更したところ作動したため、部品(スクーミーボード)が破損していたことが原因だと考えられる。

## 4 研究方法3 「客観的なデータに基づき乾燥しにくい土の配合を調べる」

### 4.1 研究の目的とリサーチクエスト・仮説との関係

〈研究の目的〉

土壌水分センサを用いて客観的なデータを入手したのち分析し、最も乾燥しにくい安土に適しているといえる土はどれか調べる

コメントの追加 [悟堀2]: インデントの調整

〈リサーチクエストとの関係〉

研究1, 2から引き続き、乾燥しにくい安土の配合を探す

〈仮説との関係〉

仮説「川砂の割合が少ない土が乾燥しにくい」とともに、研究1, 2の土の様子から考えた新たな仮説「川砂が多い方が乾燥しにくくなる」は成り立つかどうか確認する

## 4.2 研究と分析方法

〈実験の手順〉

研究1, 2と同様に蓋のない虫籠とよく乾燥させた試料を用いて実験した。

〈研究方法1, 2から変更した点について〉

・実験を行う中で黒土・川砂・おがくずの特徴や安土における役割を考え直した。

	特徴	安土での役割
黒土	粒子が細かく軽い。団粒構造を持つ。保水力・保肥力に優れている。通気性・水はけがよくない。	水を蓄える。
川砂	粒子が比較的大きく重い。通気性・水はけがよい。	土を安定させる。(的をずれにくく、手入りを容易にする。)
おがくず	吸水する。徐々に分解される。	土の保水性・保湿性を向上させる。土に適度な隙間を作り、矢が土に刺さる際に傷つきにくくする。

・わかったこと・考察…おがくずは主成分として土に混ぜすぎるとすぐに崩れてしまううえに分解されてしまうため、他の土や砂でできた土の固さを調整する目的で利用されることがわかった。保湿の面だけで考えれば黒土単体がよいということになるが、黒土だけでは土の粒子が細かく的がずれるため、性質の異なる川砂と混ぜてバランスを保っているのではないかと考えた。

\*加えて今の安土についての性質・問題点についても見直した。

・表面がすぐに乾燥してかたまり、刺激を与えるとひび割れる・土を掘り起こして形を作り直す作業をしないと、土の密度がすぐに高くなり、1週間もしないうちに的を立てられないほど固くなる  
・土がすぐに固まるので手入れがしにくく、刺さった矢が抜けにくい。以上のことから、安土はまず黒土と川砂で扱いやすく、的がずれず、乾燥しにくい状態のものを作り、そのうえで土の密度が高すぎて刺さった矢が傷つくことがないように調整するためにおがくずは加えられるということ、安土は単に乾燥のしやすさだけでなく、その乾き方や崩れにくさについても見る必要があるということが分かった。

よって、研究3では黒土・川砂のみを用いて実験し、水分量とともに土の様子についても観察して安土に適した土の配合を決定することにした。おがくずについてはできた土に後で加えて調整につかうこととした。

コメントの追加 [悟姫3]: 改行いらないかなー

・実験した土について

をA「黒土:川砂=1:1」、C「黒土:川砂=1:2」、B「黒土:川砂=2:1」、D「現在使用している安土」、の4種類の土を体積が900mlになるように配合した。

	黒砂(ml)	川砂(ml)	半高道場の安土(ml)	水(ml)
A	450	450	—	100
B	600	300	—	100
C	300	600	—	100
D	—	—	900	100

コメントの追加 [悟堀4]: ここに単位があるのは違和感

コメントの追加 [悟堀5]: 改めてA B C Dの説明した方がいいかも

〈分析方法〉

- ・スクーミーで土に含まれる水分の量を百分率で表す土壌水分センサを作成し、センサがちょうど土に埋まる程度の深さで計測した
- ・虫籠内の5か所を計測し、その平均点を求めた
- ・水を入れた直後、水を入れて6日後の2回計測した



### 4.3 結果

\*平均値は小数点第二位を四捨五入

・水を入れた直後(①)

	ア(%)	イ(%)	ウ(%)	エ(%)	オ(%)	平均値 E(①)
A	62.8	57.6	10.4	22.0	59.6	42.5
B	24.8	19.8	22.8	24.8	22.8	26.6
C	12.8	20.8	12.8	24.8	18.9	18.0
D	20.8	12.8	18.0	19.1	18.3	17.8

コメントの追加 [悟堀6]: 改ページのタイミング

・水を入れた6日後(②)

	ア(%)	イ(%)	ウ(%)	エ(%)	オ(%)	平均値 E'(②)
A	9.9	11.0	9.1	11.0	11.9	10.9
B	3.0	10.0	8.5	5.7	8.9	7.2
C	3.5	2.9	5.1	2.0	5.2	3.7
D	10.0	10.2	7.8	11.0	9.5	9.7

・水分量の変化 [E'(②)-E(①)]

A	B	C	D
-31.6	-19.4	-15.7	-8.1

ここで、水を入れた直後の数値について、A、B、Cで同じ黒土・川砂を使っているにもかかわらず、Aが異様に大きい値が出たためこの結果は本当に正しいか疑問に思った。水がよく混ざっていない状態で計測してしまった、乾ききっていない土を使っていたなどの可能性もあると考え、もう一度データを取ることにした。

\*2回目では、水を入れた直後と水を入れてから5日後に計測を行った。1回目と虫籠を置いた期間が異なるが、そもそも1回目と2回目では気候条件が異なっているため両者の数値は比較できないものとし、気温が高くなった2回目では置く日数を短くして計測を行った。

・水を入れた直後(②)

	ア(%)	イ(%)	ウ(%)	エ(%)	オ(%)	平均値 E(②)
A	31.2	35.4	35.3	25.6	32.5	32.0
B	27.1	21.5	19.2	22.5	20.7	22.2
C	38.2	43.2	42.6	36.5	34.6	39.0
D	64.9	63.8	64.3	64.6	60.3	51.6

・水を入れた5日後(②)

	ア(%)	イ(%)	ウ(%)	エ(%)	オ(%)	平均値 E'(②)
A	4.8	3.1	12.4	9.5	10.0	8.0
B	6.1	7.0	7.6	12.0	4.3	7.4
C	2.4	9.0	2.3	3.0	3.5	4.0
D	17.4	22.0	18.2	22.6	29.6	22.0

・水分量の変化 [E'(②) - E(②)]

A	B	C	D
-24.0	-14.8	-35.0	-49.4

〈土の状態について〉

- ・Dは水を混ぜたあとの嵩が残りの3つよりも小さく、乾燥させるとさらに嵩が減少していた。
- ・嵩の変化については、黒砂が多いものほど変化が大きく、Dが一番大きくなっていた。
- ・センサを抜いたときの土の様子は以下のものであった。
  - A…柔らかくも固くもなく、乾燥した部分の土が大きく崩れることもなかった。
  - B…土が柔らかくセンサを入れてから手を離すとセンサが傾き、土から抜いた時に表面の乾燥部が少し穴に崩れこんだ。
  - C…A、Bと比べ少し硬く感じた、センサを抜くと穴に土がほんの少し流れ込んだ。
  - D…表面がコンクリートのように固まっている層ができていた。中の湿った部分も密度が高いためかセンサがなかなか刺さらなかった。

コメントの追加 [悟堀7]: 箇条書きかそうでないか統一

#### 4.4 考察

- ・2では1よりも丁寧に水をまぜたため、2では同じ虫籠内の数値が近くなっており、また同じ材料を用いたA、B、Cの値はどれも近くなっていた。このことから②の数値が正しいものだと考察した。
- ・A、B、Cの水分量の変化から、川砂の割合が大きいほど(C>A>B)水分の減り方が大きくなると考えられる。
- ・乾燥後の水分量ではDが一番大きいものとなったが、これは水を加えると密度が高くなる性質のためにセンサのまわりに土がよく密着したことによるものと考えられる。
- ・Dの結果から、水分量だけでは、その土が乾燥しにくく安土に向いているかどうかを完全に判断することは難しいと考えた。
- 〈A、B、C、Dの土の特徴の考察〉
- ・A…黒土・川砂の特徴の両方をバランスよく持っている。

- ・B…黒砂の特徴をよく反映している。保湿度に優れているが乾燥した部分は崩れやすい。土がとてもやわらかい(的を固定するには心もとない)。
- ・C…川砂の特徴をよく反映している。乾燥するのが早い、土の中に入れたものをよく固定できる(一度刺すと抜けにくい)。
- ・D…一時的に水をよく蓄えるが、乾燥するのは早い。まわりの土とまとまりながら乾燥する。

## 5 結論と今後の展望

### 5.1 結論

スクーミーを用いて客観的なデータが得られた研究3から、川砂の配合比率が高い安土ほど、水分量の減少具合が大きくなると分かった。また、黒土と川砂の配合比率が等しい安土が乾燥を抑えるのに最適だという結論が得られた。しかし、この結論は、土内部の水分量を測った値を比較し、考えたものであり、水分量の減少具合と土の乾燥の関係など他の視点からは考察ができていない。そのため、現在の安土が、データでは最も水分量が高かったが、実際は乾燥で表面がひび割れて固まってしまう原因について疑問点が残ったままである。

### 5.2 今後の展望

研究3の内容をもとに、おがくずも加えた安土で研究を行い、土の水分量だけでなく土の硬さなども考慮して、乾燥を抑えることに加えて、土が成形しやすく日頃の手入れも容易にできるより良い安土について様々な視点から研究を行っていきたい。また、本研究では土の配合比率に着目して乾燥を抑える方法を調べたが、今後は、乾燥を抑制できる他の方法についても調べていきたいと思う。現時点では、例えば、黒土・川砂・おがくず以外で土の乾燥を抑制できる、安土の材料となるものを探したいと考えている。

## 6 謝辞

スクーミーの紹介をはじめ様々な助言をくださった先生方、スクーミーを開発してくださった株式会社スクーミーの方々に感謝申し上げます。

## 7 引用文献・参考文献

- ・塚弓道クラブ (2011年10月30日)。「安土整備の手順」. [https://sakai-kyudo-club.main.jp/aduchi\\_20111030\\_r001.pdf](https://sakai-kyudo-club.main.jp/aduchi_20111030_r001.pdf). 2024年5月30日
- ・株式会社塚本建設。「安土改修工事-建築・リフォーム・リノベーション工事はお任せください」. <https://builder-21.jimdofree.com/%E8%A8%AD%E8%A8%88-%E6%96%BD%E5%B7%A5/%E3%83%A8%E3%83%95%E3%82%A9%E3%83%BC%E3%83%A0-%E3%83%A8%E3%83%8E%E3%83%99%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3/%E5%AE%89%E5%9C%9F%E6%94%B9%E4%BF%AE%E5%B7%A5%E4%BA%8B/>. 2024年5月30日
- ・SchooMy (2024年6月30日)。「土壌水分センサを使ったプログラミング」. <https://hello.schoomy.com/soilmoistureblock01/>. 2024年11月14日

コメントの追加 [悟堀8]: 左揃えの方がいいかも